目　录

第一章　材料及一般构造…… (1)
第一节　混凝土与钢筋混凝土…… (1)
一、配制混凝土常用的水泥 …… (1)
二、混凝土的强度和弹性模量 …… (2)
第二节　钢　筋…… (4)
一、钢筋的种类、强度和弹性模量 …… (4)
二、钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构构件的钢筋 …… (6)
三、钢筋使用时的有关规定 …… (6)
第三节　焊　条…… (6)
第四节　钢筋的混凝土保护层…… (7)
第五节　钢筋的锚固…… (7)
第六节　钢筋的接头…… (8)
一、焊接接头 …… (8)
二、焊接接头的类型及适用范围…… (9)
第七节　纵向钢筋最小配筋百分率 …… (11)
第八节　伸缩缝 …… (12)
第九节　后浇施工缝 …… (13)
第二章　板 …… (17)
第一节　板的厚度 …… (17)
一、板的最小厚度 …… (17)
二、板的厚度与跨度的最小比值 …… (17)
三、现浇单向板的厚度 …… (18)
第二节　受力钢筋 …… (18)
一、受力钢筋的直径 …… (18)
二、受力钢筋的间距 …… (19)
三、受力钢筋的锚固 …… (19)
四、受力钢筋的弯起 …… (20)
第三节　分布钢筋 …… (21)
第四节　附加钢筋 …… (22)
第五节　单向板的配筋 …… (23)
一、分离式配筋 …… (23)
二、连续式配筋 …… (25)
第六节　双向板的配筋 …… (26)
一、板带的划分 …… (26)
二、分离式配筋 …… (27)
三、连续式配筋 …… (28)

第七节　悬臂板的配筋 …… (29)
第八节　板受冲切的钢筋配置 …… (31)
第九节　板上孔洞的加固 …… (31)
第十节　支承长度 …… (34)
第十一节　板上小型设备基础 …… (35)
第十二节　无梁楼盖 …… (36)
第三章　梁 …… (40)
第一节　梁截面选择 …… (40)
一、梁的截面高度 …… (40)
二、梁的截面宽度 …… (40)
第二节　梁的纵向受力钢筋 …… (40)
一、纵向受力钢筋的直径及净距 …… (40)
二、纵向受力钢筋的锚固 …… (41)
三、支座受力钢筋 …… (44)
四、纵向受力钢筋的弯起 …… (45)
第三节　箍筋 …… (47)
一、构造箍筋的设置 …… (47)
二、箍筋间距 …… (47)
三、箍筋直径 …… (48)
四、箍筋的形式 …… (48)
五、箍筋的肢数 …… (48)
第四节　构造钢筋 …… (49)
一、纵向构造钢筋 …… (49)
二、横向构造钢筋 …… (50)
第五节　梁的支承长度 …… (51)
第六节　梁腰孔洞 …… (52)
第七节　悬臂梁 …… (52)
第八节　连续梁的支托 …… (53)
第九节　梁的内折角处配筋 …… (53)
第十节　受扭及受弯扭梁 …… (54)
第十一节　圈梁 …… (55)
第十二节　梁垫 …… (56)
第四章　柱 …… (57)
第一节　柱的截面形式和截面尺寸 …… (57)
一、柱的截面形式 …… (57)
二、柱截面尺寸的拟定 …… (57)
三、常用柱截面尺寸 …… (58)
第二节　纵向钢筋 …… (61)
一、纵向受力钢筋 …… (61)

二、纵向构造钢筋 …… (61)
第三节 箍筋及附加箍筋 …… (62)
一、箍筋直径 …… (62)
二、箍筋间距 …… (62)
三、箍筋形式 …… (63)
四、矩形截面柱的箍筋及构造钢筋尺寸 …… (63)
五、工字形柱与双肢柱的箍筋 …… (68)
第四节 纵向受力钢筋的接头 …… (70)
一、轴心或小偏心及大偏心受压柱的钢筋接头 …… (70)
二、下柱截面高度大于上柱截面高度的现浇柱的钢筋接头 …… (70)
三、预制柱的钢筋接头 …… (71)
第五节 工字形柱及双肢柱的外形构造 …… (71)
一、工字形柱的外形构造尺寸 …… (71)
二、双肢柱的外形构造尺寸 …… (73)
第六节 框架柱节点构造配筋 …… (79)
一、框架柱顶部节点的构造 …… (79)
二、框架柱中部节点的构造 …… (79)
三、框架柱与横梁的支托构造 …… (80)
第七节 牛腿 …… (82)
一、柱牛腿的截面尺寸 …… (82)
二、柱牛腿配筋 …… (83)
三、钢筋混凝土柱牛腿配筋选用表 …… (84)
第五章 梯形屋架 …… (101)
第一节 屋架的节间尺寸、端高和起拱 …… (101)
第二节 杆件截面和节点构造 …… (102)
一、杆件截面尺寸 …… (102)
二、节点构造 …… (103)
第三节 钢筋的配置 …… (105)
一、杆件的配筋 …… (105)
二、节点的配筋 …… (107)
第四节 其他构造规定 …… (109)
一、混凝土保护层和预应力钢筋孔道 …… (109)
二、钢筋的接头和锚固 …… (110)
三、预埋件 …… (110)
第六章 吊车梁 …… (113)
第一节 一般规定 …… (113)
第二节 钢筋混凝土吊车梁 …… (115)
一、多排主筋的配置 …… (115)
二、梁端构造 …… (116)

第三节　先张法预应力混凝土吊车梁 …… (116)
一、下部预应力钢筋的配置 …… (116)
二、上部预应力钢筋的配置 …… (117)
三、端部预埋件和钢筋网 …… (117)
第四节　后张法预应力混凝土吊车梁 …… (118)
一、上部预应力钢筋的配置 …… (118)
二、后张法吊车梁预应力钢筋孔道的布置与构造 …… (118)
三、等截面吊车梁中曲线预应力钢筋的配置 …… (118)
四、梁端配筋及预埋件 …… (119)
五、端部的加强构造 …… (120)
六、变截面吊车梁的外形尺寸 …… (121)
七、后张自锚法吊车梁的端部构造 …… (121)
第五节　吊车梁与柱的连接 …… (121)
第七章　屋面板与墙板 …… (123)
第一节　屋面板 …… (123)
一、材料 …… (123)
二、板型选择 …… (123)
三、一般规定 …… (123)
四、板的配筋 …… (125)
第二节　钢筋混凝土肋形墙板 …… (129)
一、材料 …… (129)
二、构造 …… (129)
第八章　天窗构件 …… (132)
第一节　一般规定 …… (132)
一、钢筋的混凝土保护层厚度和钢筋的锚固长度 …… (132)
二、材料 …… (132)
三、预埋件 …… (132)
第二节　构件截面和节点尺寸 …… (132)
一、天窗架杆件 …… (132)
二、天窗架端壁板 …… (133)
三、侧板 …… (135)
四、挡风架 …… (135)
第三节　钢筋配置 …… (135)
一、天窗架杆件的钢筋配置 …… (135)
二、端壁板的构造配筋 …… (137)
三、天窗侧板的配筋 …… (137)
四、挡风架配筋 …… (137)
第九章　屋面梁 …… (141)
一、材料 …… (141)

二、预应力钢筋的锚具和夹具 …… (141)
三、混凝土保护层及预应力钢筋孔道 …… (141)
四、钢筋的接头和锚固 …… (145)
五、节点构造 …… (145)
六、预埋件 …… (147)
七、起拱值 …… (147)
八、锚具张拉后处理 …… (149)
九、屋面梁各部构造尺寸 …… (149)
十、屋面梁配筋 …… (150)
第十章 托架 …… (161)
第一节 一般规定 …… (161)
一、材料及形式 …… (161)
二、混凝土保护层和预应力钢筋孔道 …… (161)
三、钢筋的接头和锚固 …… (162)
第二节 杆件截面和节点尺寸 …… (163)
一、截面尺寸 …… (163)
二、节点尺寸 …… (164)
第三节 钢筋配置 …… (165)
一、杆件配筋 …… (165)
二、节点配筋 …… (167)
第十一章 支撑 …… (169)
第一节 支撑的分类及构造 …… (169)
一、支撑的分类 …… (169)
二、支撑的构造 …… (169)
第二节 支撑的布置 …… (172)
一、天窗支撑的布置 …… (172)
二、屋架上弦支撑的布置 …… (174)
三、屋架下弦支撑的布置 …… (175)
四、屋架垂直支撑及水平系杆的布置 …… (179)
五、柱间支撑的布置 …… (181)
第三节 支撑的设计 …… (185)
一、屋盖支撑的设计 …… (185)
二、柱间支撑的设计 …… (187)
第十二章 基 础 …… (192)
第一节 一般规定 …… (192)
第二节 钢筋混凝土单独基础的构造 …… (193)
一、基础高度 …… (193)
二、钢筋混凝土阶梯形基础的阶高及阶数 …… (193)
三、钢筋混凝土阶梯形及锥形基础构造 …… (193)

四、钢筋混凝土基础的有效高度 …… (193)
第三节　刚性基础 …… (194)
一、材料 …… (194)
二、刚性基础的柱脚高度 …… (194)
三、刚性基础台阶的宽高比 …… (195)
四、刚性基础的底面宽度 …… (195)
第四节　高杯口基础的配筋构造 …… (196)
一、高杯口基础短柱的纵向钢筋 …… (196)
二、高杯口基础短柱的箍筋 …… (196)
三、高杯口基础杯口的构造 …… (197)
四、高杯口基础杯口的纵向钢筋 …… (197)
五、高杯口基础杯口的横向钢筋 …… (197)
第五节　预制柱与基础的连接 …… (199)
一、预制柱基础的杯口形式和柱的插入深度 …… (199)
二、无短柱基础杯口的配筋构造 …… (200)
第六节　现浇柱与基础的连接 …… (201)
一、基础顶面尺寸 …… (201)
二、插筋 …… (201)
第七节　钢柱基础 …… (203)
一、钢柱与基础的连接 …… (203)
二、基础高度及地脚螺栓形式 …… (206)
第八节　钢筋混凝土条形基础 …… (206)
一、墙下钢筋混凝土条形基础 …… (206)
二、柱下钢筋混凝土条形基础 …… (207)
三、柱与条形基础梁的连接及构造配筋 …… (209)
第九节　满堂红平板式基础 …… (211)
一、墙下平板式基础构造 …… (211)
二、柱下平板式基础构造 …… (211)
第十节　壳体基础 …… (213)
一、壳体基础的型式及构造 …… (213)
二、壳体基础的壳壁厚度 …… (215)
三、壳体基础下环梁的构造 …… (215)
四、壳体基础的配筋 …… (215)
第十一节　桩基础 …… (217)
一、一般规定 …… (217)
二、方形和三角形桩 …… (217)
三、预应力混凝土管桩 …… (218)
四、桩顶和桩尖构造 …… (218)
五、接桩构造 …… (218)

六、爆扩桩 …… (220)
七、灌注桩 …… (222)
第十三章 钢筋混凝土厂房结构的抗震构造 …… (229)
第一节 单层钢筋混凝土柱厂房 …… (229)
一、防震缝的设置 …… (229)
二、屋盖系统的抗震构造 …… (229)
三、钢筋混凝土桩及柱间支撑的抗震构造 …… (245)
四、围护结构的抗震构造 …… (249)
第二节 多层钢筋混凝土框架 …… (251)
一、结构选型 …… (251)
二、防震缝的设置 …… (251)
三、现浇框架结构抗震构造 …… (251)
四、预制装配式框架结构抗震构造 …… (254)
第十四章 动力机器基础 …… (256)
第一节 一般规定 …… (256)
一、材料 …… (256)
二、地脚螺栓 …… (256)
第二节 轧钢设备基础 …… (262)
一、设计布置原则 …… (262)
二、基础外形、内部沟、槽、孔、洞及局部构造尺寸 …… (262)
三、基础与基础的衔接 …… (262)
四、管线穿过基础时的防护措施 …… (262)
五、冲渣沟连系梁 …… (264)
六、防阻隔离层 …… (264)
七、变形缝 …… (265)
八、基础配筋 …… (266)
九、基础防护 …… (268)
十、基础的防水与排水 …… (269)
第三节 破碎机及磨机基础 …… (270)
一、一般原则 …… (270)
二、基础形式 …… (272)
三、基础材料 …… (272)
四、基础配筋 …… (273)
五、基础构造 …… (273)
六、锚杆（桩）基础 …… (276)
第四节 活塞式压缩机基础 …… (278)
一、一般要求 …… (278)
二、基础构造配筋 …… (278)
第五节 汽轮机组和电动基础 …… (279)

第十五章　工业炉基础……（281）
第一节　一般规定……（281）
一、材料……（281）
二、其他要求……（281）
第二节　转炉基础……（281）
一、基础形式……（281）
二、构件的确定……（282）
三、基础的混凝土和钢筋……（282）
四、基础隔热保护措施……（284）
第三节　电炉基础……（287）
一、基础形式……（287）
二、构件的确定……（288）
三、基础的混凝土和钢筋……（288）
四、基础的防水、排水措施……（289）
五、基础的隔热保护措施……（289）
第四节　加热炉基础……（291）
一、基础形式……（291）
二、构件的确定……（293）
三、基础的混凝土和钢筋……（293）
四、基础的防水、排水措施……（297）
五、基础的隔热保护措施……（297）
第十六章　地沟……（298）
第一节　一般规定……（298）
一、地沟材料……（298）
二、钢筋的混凝土保护层厚度……（298）
三、盖板……（298）
四、地沟种类……（299）
第二节　地沟构造尺寸……（299）
一、地沟净空尺寸……（299）
二、地沟安装孔长度……（299）
三、地沟埋设深度……（299）
四、变形缝、沉降缝和伸缩缝……（300）
五、地沟盖板之间的连接构造……（301）
第三节　地沟配筋……（301）
第四节　地沟附属构筑物……（303）
一、构造尺寸……（303）
二、梯子……（304）
三、通风塔……（304）
四、地沟防火隔墙……（305）

第五节　地沟坡道及踏步……（305）
第六节　防水隔热……（306）
一、地沟防水措施……（306）
二、防水混凝土……（306）
三、卷材防水层……（306）
四、隔热措施……（306）
第十七章　预制构件连接……（309）
第一节　一般规定……（309）
第二节　柱与柱连接……（309）
一、榫式连接……（309）
二、钢帽式连接……（314）
三、密合式柱拼接连接件……（318）
第三节　梁与柱的连接……（325）
一、钢筋混凝土明牛腿刚性连接……（325）
二、钢牛腿刚性连接……（332）
三、齿槽式刚性连接……（334）
四、钢筋混凝土暗牛腿的刚性连接……（337）
五、齿槽式槽钢暗牛腿刚性连接……（338）
六、预制梁现浇柱整体式刚性连接……（341）
第四节　梁与梁的连接……（350）
一、一般规定……（350）
二、钢筋混凝土明牛腿连接……（351）
三、钢牛腿连接……（352）
四、主次梁齿槽连接……（352）
第五节　梁板连接……（356）
一、梁上牛腿……（356）
二、梁上挑耳……（357）
三、板与梁、板与板连接……（360）
第十八章　水泵站和沉井……（364）
第一节　材料及一般规定……（364）
一、混凝土……（364）
二、钢筋的混凝土保护层厚度……（364）
三、最小配筋百分率……（365）
四、变形缝……（365）
五、施工缝……（366）
六、变形缝及管道穿墙防水构造……（367）
第二节　水泵站……（379）
一、墙壁最小厚度……（379）
二、墙壁配筋……（379）

三、底板配筋 …… (383)
四、扶壁柱配筋 …… (385)
五、隔墙连接 …… (385)
六、电机支承梁、活动走道板构造 …… (385)
七、水泵基础 …… (389)
八、腋托设置 …… (389)
九、洞孔加固和闸门墩槽加固 …… (390)
第三节 沉 井 …… (396)
一、井壁厚度 …… (397)
二、井壁配筋及连接 …… (397)
三、隔墙配筋及连接 …… (398)
四、底板配筋及连接 …… (398)
五、底梁配筋及连接 …… (398)
六、刃脚构造 …… (398)
七、底部构造 …… (398)
第四节 水泵站抗震措施 …… (409)
第十九章 筒 仓 …… (410)
第一节 一般规定 …… (410)
一、混凝土 …… (410)
二、钢筋 …… (410)
三、钢构件和预埋件 …… (411)
四、受力钢筋的混凝土保护层 …… (411)
五、配筋方式 …… (411)
六、连结钢筋 …… (411)
第二节 矩形斗仓 …… (411)
一、漏斗仓 …… (411)
二、低壁浅仓 …… (415)
三、高壁浅仓 …… (418)
四、深仓 …… (422)
第三节 槽形仓 …… (422)
第四节 圆仓 …… (426)
一、圆锥漏斗 …… (426)
二、仓壁 …… (427)
三、仓壁洞口配筋 …… (430)
四、仓壁环梁 …… (431)
第五节 钢漏斗与混凝土仓壁的连接 …… (432)
一、吊挂单斗的连接 …… (432)
二、吊挂双斗的连接 …… (433)
三、座斗支承处的连接 …… (433)

四、构造要求 …… (433)
第六节 支承结构及抗震构造 …… (434)
一、支承柱 …… (434)
二、支承筒壁 …… (435)
三、抗震构造 …… (437)
第七节 内衬与防护 …… (439)
一、内衬 …… (439)
二、防护 …… (442)
第八节 其他 …… (443)
第二十章 水塔 …… (446)
第一节 一般规定 …… (446)
一、混凝土 …… (446)
二、钢筋和钢材 …… (446)
三、现浇水箱的混凝土 …… (446)
四、水箱内的防水层 …… (447)
五、管道支墩和散水 …… (447)
六、保温材料 …… (448)
第二节 英兹水塔 …… (448)
一、构造尺寸 …… (448)
二、部件的最小配筋率和构造要求 …… (449)
三、支架的配筋和构造 …… (451)
四、钢筋混凝土圈梁 …… (451)
五、构造详图及要求 …… (451)
六、竖向梯子 …… (453)
七、保温构造 …… (456)
八、施工缝设置 …… (456)
第三节 倒锥壳水塔 …… (457)
一、构造尺寸 …… (457)
二、部件的最小配筋率和断面尺寸 …… (458)
三、配筋构造 …… (458)
四、预制水箱的支承节点构造 …… (462)
五、竖向梯子 …… (465)
六、保温构造 …… (465)
七、抗震构造 …… (466)
八、施工缝 …… (466)
第二十一章 烟囱、烟道 …… (467)
第一节 筒壁 …… (467)
一、材料 …… (467)
二、筒壁坡度、厚度和分节高度 …… (467)

三、筒壁配筋 …… (467)
四、筒壁环形悬臂和筒壁顶部的构造 …… (468)
五、筒壁开孔构造 …… (470)
第二节 内衬 …… (473)
一、材料 …… (473)
二、内衬设置和构造 …… (474)
第三节 隔热层 …… (474)
一、空气隔热层 …… (474)
二、填料隔热层 …… (474)
第四节 隔烟墙 …… (474)
第五节 烟囱附件 …… (475)
一、材料 …… (475)
二、爬梯、围栏 …… (475)
三、平台 …… (475)
四、倾斜观测标、沉降观测标、测温孔 …… (475)
第六节 基础 …… (475)
一、材料 …… (475)
二、板式基础 …… (475)
三、壳体基础 …… (479)
第七节 烟道 …… (481)
一、结构形式 …… (481)
二、材料 …… (481)
三、构造 …… (481)
第八节 防护设施 …… (483)
第二十二章 预埋件 …… (484)
第一节 一般规定 …… (484)
一、预埋件的材料 …… (484)
二、预埋件的设置 …… (484)
第二节 预埋件形式 …… (485)
一、受力预埋件 …… (485)
二、构造预埋件 …… (485)
第三节 锚筋直径和钢板尺寸 …… (486)
一、锚筋直径 …… (486)
二、钢板尺寸 …… (486)
第四节 焊接要求 …… (487)
第五节 锚固长度、锚筋间距和边缘距离 …… (489)
一、锚固长度 …… (489)
二、锚筋间距和边缘距离 …… (489)
第六节 吊环 …… (490)

第五节　地沟坡道及踏步……（305）
第六节　防水隔热……（306）
一、地沟防水措施……（306）
二、防水混凝土……（306）
三、卷材防水层……（306）
四、隔热措施……（306）
第十七章　预制构件连接……（309）
第一节　一般规定……（309）
第二节　柱与柱连接……（309）
一、榫式连接……（309）
二、钢帽式连接……（314）
三、密合式柱拼接连接件……（318）
第三节　梁与柱的连接……（325）
一、钢筋混凝土明牛腿刚性连接……（325）
二、钢牛腿刚性连接……（332）
三、齿槽式刚性连接……（334）
四、钢筋混凝土暗牛腿的刚性连接……（337）
五、齿槽式槽钢暗牛腿刚性连接……（338）
六、预制梁现浇柱整体式刚性连接……（341）
第四节　梁与梁的连接……（350）
一、一般规定……（350）
二、钢筋混凝土明牛腿连接……（351）
三、钢牛腿连接……（352）
四、主次梁齿槽连接……（352）
第五节　梁板连接……（356）
一、梁上牛腿……（356）
二、梁上挑耳……（357）
三、板与梁、板与板连接……（360）
第十八章　水泵站和沉井……（364）
第一节　材料及一般规定……（364）
一、混凝土……（364）
二、钢筋的混凝土保护层厚度……（364）
三、最小配筋百分率……（365）
四、变形缝……（365）
五、施工缝……（366）
六、变形缝及管道穿墙防水构造……（367）
第二节　水泵站……（379）
一、墙壁最小厚度……（379）
二、墙壁配筋……（379）

四、板上开孔处理 …… (544)
五、敞口水池 …… (545)
第六节 预应力混凝土水池 …… (545)
一、池壁尺寸 …… (545)
二、池壁混凝土保护层与防渗层 …… (545)
三、池壁钢筋 …… (546)
四、装配式水池的竖向接缝 …… (546)
五、环向预应力钢筋的布置及锚固 …… (547)
六、池壁与底板的杯槽连接 …… (547)
七、其它构造要求 …… (548)
第七节 抗震构造要求 …… (550)
第八节 温度伸缩缝、沉降缝、施工缝、后浇缝 …… (551)
第九节 水池的保温、抗冻及防腐 …… (553)
第二十五章 挡土墙 …… (554)
第一节 一般构造与原则 …… (554)
第二节 结构形式与构造 …… (556)
一、角式挡土墙 …… (556)
二、扶壁式挡土墙 …… (560)
三、基底摩擦系数 …… (562)
第二十六章 剪力墙结构 …… (563)
第一节 一般规定 …… (563)
第二节 剪力墙的构造 …… (564)
一、截面尺寸及材料选用 …… (564)
二、现浇钢筋混凝土剪力墙 …… (565)
三、装配整体式剪力墙 …… (566)
第三节 剪力墙的连接构造 …… (568)
一、现浇钢筋混凝土剪力墙的连接构造 …… (568)
二、装配整体式剪力墙的连接构造 …… (570)
三、现浇钢筋混凝土剪力墙与装配整体式剪力墙的连接构造 …… (573)
四、剪力墙结构的楼板连接构造 …… (573)
第二十七章 楼梯 …… (576)
第一节 楼梯结构型式 …… (576)
一、梁板式楼梯 …… (576)
二、其他形式楼梯 …… (577)
第二节 一般规定 …… (578)
一、材料 …… (578)
二、楼梯构造尺寸 …… (578)
第三节 整体式楼梯 …… (579)
一、整体式板式楼梯 …… (579)

二、整体式梁式楼梯 …… (579)
第四节　螺旋楼梯 …… (580)
一、螺旋楼梯的型式 …… (580)
二、扭板式楼梯纵向钢筋的锚固 …… (580)
三、扭梁式楼梯纵向钢筋的锚固 …… (580)
第五节　对折板式楼梯 …… (581)
第六节　预制装配式楼梯 …… (581)
一、常用的预制装配式楼梯 …… (581)
二、装配式楼梯和平台板梁的连接 …… (581)
附录 …… (586)
附表1　钢筋的截面面积、质量、周边长度、弯钩长度及排成一行时的最小梁宽度 …… (586)
附表2　板宽1m内各种钢筋间距的钢筋截面面积，mm^2 …… (587)
附表3　一种直径及两种直径钢筋组合时的钢筋面积，mm^2 …… (588)
附表4　每米长钢板质量表，kg …… (589)
附表5　弯起钢筋长度表，mm …… (593)
附表6　每根弯起钢筋抗剪能力 F，N …… (594)
附表7　附加箍筋承受的集中荷载的能力 F，N …… (594)
附表8　每根附加吊筋承受集中荷载的能力 F，N …… (595)
附表9　角焊缝承载能力 F，N/cm …… (595)
附表10　对接焊缝承载能力 N，N/mm …… (596)
附表11　保温材料性能表 …… (597)
附表12　非法定计量单位与法定计量单位的换算关系 …… (597)
主要参考书目 …… (598)

第一章　材料及一般构造

第一节　混凝土与钢筋混凝土

一、配制混凝土常用的水泥

混凝土常用的水泥按表 1-1 选用。

常用水泥选用表　　表 1-1

序号	工程特点或所处环境条件	优先选用	可以选用	不得使用
1	一般地上土建工程	普通硅酸盐水泥 混合硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥 火山灰质硅酸盐水泥	
2	在气候干热地区施工的工程	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥	火山灰质硅酸盐水泥 矾土水泥
3	大体积混凝土工程	硅酸盐水泥 矿渣硅酸盐水泥	火山灰质硅酸盐水泥 普通硅酸盐水泥	矾土水泥
4	地下、水下的混凝土工程	火山灰质硅酸盐水泥 矿渣硅酸盐水泥 抗硫酸盐硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥	
5	在严寒地区施工的工程	高标号普通硅酸盐水泥 快硬硅酸盐水泥 特快硬硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥 矾土水泥	火山灰质硅酸盐水泥
6	严寒地区水位升降范围内的混凝土工程	高标号普通硅酸盐水泥 快硬硅酸盐水泥 特快硬硅酸盐水泥 抗硫酸盐硅酸盐水泥	矾土水泥	火山灰质硅酸盐水泥 矿渣硅酸盐水泥
7	早期强度要求较高的工程（≤C30 混凝土）	高标号普通硅酸盐水泥 快硬硅酸盐水泥 特快硬硅酸盐水泥	高标号水泥 矾土水泥	火山灰质硅酸盐水泥 矿渣硅酸盐水泥 混合硅酸盐水泥
8	大于 C50 的高强度混凝土工程	高标号水泥 浇筑水泥	特快硬硅酸盐水泥 快硬硅酸盐水泥 高标号普通硅酸盐水泥	火山灰质硅酸盐水泥 矿渣硅酸盐水泥 混合硅酸盐水泥
9	耐酸防腐蚀工程	水玻璃耐酸水泥	硫磺耐酸胶结料	耐铵聚合物胶凝材料
10	耐铵防腐蚀工程	耐铵聚合物胶凝材料		水玻璃型耐酸水泥 硫磺耐酸胶结料
11	耐火混凝土工程	低钙铝酸盐耐火水泥	矾土水泥 矿渣硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥
12	防水、抗渗工程	硅酸盐膨胀水泥 石膏矾土膨胀水泥	自应力（膨胀）水泥 普通硅酸盐水泥 火山灰质硅酸盐水泥	

续表 1—1

序号	工程特点或所处环境条件	优先选用	可以选用	不得使用
13	防潮工程	防潮硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥	
14	紧急抢修和加固工程	高标号水泥 浇筑水泥 快硬硅酸盐水泥	矾土水泥 硅酸盐膨胀水泥 石膏矾土膨胀水泥	火山灰质硅酸盐水泥 矿渣硅酸盐水泥 混合硅酸盐水泥
15	有耐磨性要求的混凝土	高标号普通硅酸盐水泥 （≥425号）	矿渣硅酸盐水泥 （≥425号）	火山灰质硅酸盐水泥
16	混凝土预制构件拼装锚固工程	浇筑水泥 高标号水泥 特快硬硅酸盐水泥	硅酸盐膨胀水泥 石膏矾土膨胀水泥	普通硅酸盐水泥
17	保温隔热工程	矿渣硅酸盐水泥 普通硅酸盐水泥	低钙铝酸盐耐火水泥	
18	装饰工程	白色硅酸盐水泥 彩色硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥 火山灰质硅酸盐水泥	

注：各种结构构件所需的水泥品种，一般不在图纸上注明，有特殊要求时，需注明。

二、混凝土的强度和弹性模量

混凝土结构构件的混凝土强度标准值、强度设计值、最低强度等级及弹性模量分别见表 1-2、表 1-3、表 1-4 和表 1-5。

混凝土强度标准值，（N/mm²） **表 1-2**

强度种类	符号	混凝土强度等级											
		C7.5	C10	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
轴心抗压	f_{ck}	5	6.7	10	13.5	17	20	23.5	27	29.5	32	34	36
弯曲抗压	f_{cmk}	5.5	7.5	11	15	18.5	22	26	29.5	32.5	35	37.5	39.5
抗拉	f_{tk}	0.75	0.9	1.2	1.5	1.75	2	2.25	2.45	2.6	2.75	2.85	2.95

混凝土强度设计值，（N/mm²） **表 1-3**

强度种类	符号	混凝土强度等级											
		C7.5	C10	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
轴心抗压	f_c	3.7	5	7.5	10	12.5	15	17.5	19.5	21.5	23.5	25	26.5
弯曲抗压	f_{cm}	4.1	5.5	8.5	11	13.5	16.5	19	21.5	23.5	26	27.5	29
抗拉	f_t	0.55	0.65	0.9	1.1	1.3	1.5	1.65	1.8	1.9	2	2.1	2.2

注：1. 计算现浇钢筋混凝土轴心受压及偏心受压构件时，如截面的长边或直径小于 300mm，则表中混凝土的强度设计值应乘以系数 0.8；当构件质量（如混凝土成型、截面和轴线尺寸等）确有保证时，可不受此限；

2. 离心混凝土的强度设计值应按有关专门规定取用。

混凝土结构构件的混凝土最低强度等级 **表 1-4**

项次	结构种类			混凝土强度等级
1	混凝土结构	现浇式结构		C10
2		装配式结构		C15
3		垫层及填充用混凝土		C7.5
4	钢筋混凝土结构	现浇式结构	配Ⅰ级钢筋	C15
5			配Ⅱ级钢筋	C20
6		装配式结构	主要承重结构	C20
7			次要承重结构	C15
8		承受重复荷载的结构		C20
9		需要进行验算疲劳的结构		C30
10		薄壁结构		C20
11		长期受较高温度作用的结构		C20
12		有防水要求的结构		C20
13		有浸蚀性介质作用的结构	现浇式结构	C20
14			装配式结构	C30
15			基础	C15
16	预应力混凝土结构	各种结构	配碳素钢丝、钢铰线	C40
17			配其他种类钢筋	C30
18	设备基础	构造确定的大块式基础		C10～C15
19		受力确定的	大块式	C15
20			构架式	20

注：装配式钢筋混凝土结构接头所用的混凝土强度等级应高于构件的混凝土强度等级一级。

混凝土弹性模量 E_c，(N/mm^2) **表 1-5**

混凝土强度等级	弹性模量
C7.5	1.45×10^4
C10	1.75×10^4
C15	2.20×10^4
C20	2.55×10^4
C25	2.80×10^4
C30	3.00×10^4
C35	3.15×10^4
C40	3.25×10^4
C45	3.35×10^4
C50	3.45×10^4
C55	3.55×10^4
C60	3.60×10^4

原《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ 10—74)中混凝土标号与《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89)中混凝土强度等级换算见表 1-6。

原规范（TJ 10--74）混凝土标号与新规范（GBJ 10—89）

混凝土强度等级换算表　　表 1-6

原规范混凝土标号	75	100	150	200	300	400	500	550	600
新规范混凝土强度等级	C5.5	C8	C13	C18	C28	C38	C48	C53	C58

第二节　钢　　筋

一、钢筋的种类、强度和弹性模量

钢筋的种类、强度标准值、强度设计值和弹性模量分别见表 1-7～表 1-11。

钢筋强度标准值（N/mm²）　　表 1-7

钢筋种类			f_{yk}或f_{pyk}或f_{ptk}
热轧钢筋	Ⅰ级（A3、AY3）		235
	Ⅱ级（20MnSi、20MnNb（b））		
		$d\leqslant 25$	335
		$d=28\sim 40$	315
	Ⅲ级（25MnSi）		370
	Ⅳ级（40Si2MnV、45SiMnV、45Si2MnTi		540
冷拉钢筋	Ⅰ级（$d\leqslant 12$）		280
	Ⅱ级	$d\leqslant 25$	450
		$d=28\sim 40$	430
	Ⅲ级		500
	Ⅳ级		700
热处理钢筋	40Si2Mn	（$d=6$）	1470
	48Si2Mn	（$d=8.2$）	
	45Si2Cr	（$d=10$）	

钢丝、钢铰线强度标准值，（N/mm²）　　表 1-8

钢筋种类			f_{stk}或f_{ptk}	
碳素钢丝		$\phi 4$	1670	
		$\phi 5$	1570	
刻痕钢丝		$\phi 5$	1470	
冷拔低碳钢丝	甲级		Ⅰ组	Ⅱ组
		$\phi 4$	700	650
		$\phi 5$	650	600
	乙级	$\phi 3\sim\phi 5$	550	
钢铰线		$d=9.0$　（7ϕ3）	1670	
		$d=12.0$　（7ϕ4）	1570	
		$d=15.0$　（7ϕ5）	1470	

注：碳素钢丝系指国家标准《预应力混凝土用钢丝》（GB 5223-85）中的矫直回火钢丝。

钢筋强度设计值，（N/mm²） **表 1-9**

钢筋种类		符号	f_y 或 f_{py}	f'_y 或 f'_{py}
热轧钢筋	Ⅰ级（A3、AY3）	ϕ	210	210
	Ⅱ级（20MnSi、20MnNb（6）） $d\leqslant 25$	Φ	310	310
	$d=28\sim 40$		290	290
	Ⅲ级（25MnSi）	Φ	340	340
	Ⅳ级（10Si2MnV、45SiMnV、15SizMnTi）	Φ	500	100
冷拉钢筋	Ⅰ级 （$d\leqslant 12$）	ϕ^l	250	210
	Ⅱ级 $d\leqslant 25$	Φ^l	380	310
	$d=28\sim 40$		360	290
	Ⅲ级	Φ^l	120	340
	Ⅳ级	Φ^l	580	100
热处理钢筋	40Si2Mn （$d=6.0$） 48Si2Mn （$d=8.2$） 45Si2Cr （$d=10.0$）	Φ^t	1000	400

注：1. 在钢筋混凝土结构中，轴心受拉和小偏心受拉构件的钢筋抗拉强度设计值大于 310N/mm² 时，仍应按 310N/mm² 取用；其他构件的钢筋抗拉强度设计值大于 340N/mm² 时，仍应按 340N/mm² 取用；对于直径大于 12mm 的Ⅰ级钢筋，如经冷拉，不得利用冷拉后的强度；

2. 当钢筋混凝土结构的混凝土强度等级为 C10 时，光面钢筋的强度设计值应按 190N/mm² 取用，变形钢筋（包括月牙纹钢筋和螺纹钢筋）的强度设计值应按 230N/mm² 取用；

3. 构件中配有不同种类的钢筋时，每种钢筋根据其受力情况应采用各自的强度设计值。

钢丝、钢铰线强度设计值，（N/mm²） **表 1-10**

钢筋种类		符号	f_y 或 f_{py}	f'_y 或 f'_{py}
碳素钢丝	$\phi 4$ $\phi 5$	ϕ^s	1130 1070	400
刻痕钢丝	$\phi 5$	ϕ^k	1000	360
冷拔低碳钢丝	甲级 $\phi 4$ $\phi 5$	ϕ^b	Ⅰ组 Ⅱ组 460 430 430 400	400
	乙级 $\phi 3\sim\phi 5$ 用于焊接骨架和焊接网时 用于绑扎骨架和绑扎网时	ϕ^b	320 250	320 250
钢铰线	$d=9.0$ （$7\phi 3$） $d=12.0$ （$7\phi 4$） $d=15.0$ （$7\phi 5$）	ϕ^j	1130 1070 1000	360

注：1. 冷拔低碳钢丝用作预应力钢筋时，应按表 1-8 规定的钢丝强度标准值逐盘进行检验，其强度设计值应按甲级采用；乙级冷拔低碳钢丝可按分批检验，并宜用作焊接骨架、焊接网、架立筋、箍筋和构造钢筋；

2. 当碳素钢丝、刻痕钢丝、钢铰线的强度标准值不符合表 1-8 的规定时，其强度设计值应进行换算。

钢筋弹性模量，（N/mm²）　　表 1-11

钢筋种类	E_s
I级钢筋、冷拉I级钢筋	2.1×10^5
II级钢筋、III级钢筋、IV级钢筋、热处理钢筋、碳素钢丝、冷拔低碳钢丝	2.0×10^5
冷拉II级钢筋、冷拉III级钢筋、冷拉IV级钢筋、刻痕钢丝、钢铰线	1.8×10^5

二、钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构构件的钢筋

钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构构件中的钢筋，应按表 1-12 选用。

钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构构件的钢筋　　表 1-12

结构中钢筋分类		混凝土强度等级	宜采用钢筋
受力钢筋	非预应力钢筋	C15	I级、II级
		≥C20	II级、III级
	预应力钢筋		冷拉I级、II级、III级、IV级钢筋
			光面钢丝、刻痕钢丝、钢铰线、热处理钢筋、甲级冷拔低碳钢丝
	非受力钢筋（架立、分布、构造筋）		I级、II级 乙级冷拔低碳钢丝

三、钢筋使用时的有关规定

（1）下列情况，不得采用冷拉钢筋做非预应力的受力钢筋：

1）承受冲击、脉冲及多次重复荷载的结构；

2）需验算疲劳的结构；

3）由于吊车荷载产生应力变号的柱；

4）承受冲击荷载的动力设备基础；

5）环境计算温度低于－30℃时的结构；

6）预制构件的吊环。

（2）下列情况，不宜采用冷拉钢筋做非预应力钢筋，若采用时不得利用其冷拉强度：

1）受压钢筋；

2）严格控制裂缝的钢筋混凝土结构。

（3）使用冷拔低碳钢丝时，应遵守下列规定：

1）甲级低碳冷拔钢丝主要用于预应力小型构件；乙级低碳冷拔钢丝用于焊接骨架、焊接网、绑扎骨架、绑扎网、箍筋及构造筋；

2）处于有侵蚀性介质的结构如无特殊措施者，不得采用冷拔低碳钢丝做预应力钢筋；

3）有不透水性要求的钢筋混凝土结构，不宜采用冷拔低碳钢丝。

第三节　焊　　条

（1）低碳钢及低合金高强钢焊条（简称结构钢焊条）的质量应符合国家标准 GB 5117—

85、GB 5118--85 的要求。

（2）焊条选用应符合表 1-13 的规定。

电弧焊接使用的焊条 表 1-13

钢筋种类	焊接形式		
	钢筋与型钢	搭接焊、对条焊	剖口焊
Ⅰ级	E43 X	E43 X	E43 X
Ⅱ级	E43 X	E50 X	E50 或 E55
Ⅲ级		E50 或 E55	E50 或 E55

注：1. 钢筋与型钢的焊接中，型钢为 A3F。

2. 符号“E43”为焊缝金属抗拉强度等级，“X”表示药皮类型及焊接电源种类。

第四节 钢筋的混凝土保护层

受力钢筋的混凝土保护层最小厚度（从钢筋的外边缘算起）应符合表 1-14 的规定，且不应小于受力钢筋的直径。

混凝土保护层最小厚度，（mm） 表 1-14

环境条件	构件名称		混凝土强度等级		
			≤C20	C25 及 C30	≥C35
室内正常环境	板、墙、壳	截面厚度 $h\leq100$mm		10	
		截面厚度 $h>100$mm		15	
	梁和柱			25	
露天或室内高湿度环境	板、墙、壳		35	25	15
	梁和柱		45	35	25

注：1. 属于露天或室内高湿度环境一栏的构件系指直接雨淋的构件，无维护结构房屋的构件，经常受蒸汽或凝结水作用的室内构件（如浴室等）以及与土壤直接接触的构件。

2. 混凝土强度等级等于或大于 C25 的预制构件，当施工中有可靠措施保证混凝土密实性和保护层厚度时，其保护层厚度可按表中规定减少 5mm；处于露天或室内高湿度环境的预制构件，当表面有水泥砂浆抹面层且质量确有保证时，保护层厚度可按表中室内正常环境中构件的数值采用。

3. 无张法预应力混凝土构件的钢筋保护层厚度不应小于 15mm。预制的肋形板，其主肋按梁考虑。

4. 预制钢筋混凝土受弯构件，钢筋端头的保护层厚度宜为 10mm。

5. 处于露天或室内高湿度环境中的构件，其混凝土强度等级不应低于 C25，但非主要承重结构的混凝土强度等级采用 C20 时，其保护层厚度可按表中混凝土强度等级为 C25 一栏中的规定值选用。

6. 板、墙、壳中，分布钢筋的保护层厚度不应小于 10mm；梁、柱中，箍筋和构造钢筋的保护层厚度不应小于 15mm。

7. 要求使用年限较长的重要建筑物和受滨海环境侵蚀的建筑物的承重结构，当处于露天或室内高湿度环境时，其保护层厚度应适当增加。

8. 有防火要求的建筑物，其保护层厚度尚应符合国家现行有关防火规范的规定。

第五节 钢筋的锚固

（1）当计算中充分利用纵向钢筋强度时，其锚固长度不应小于表 1-15 规定的数值。

纵向受拉钢筋的最小锚固长度 l_a，(mm)　　表 1-15

钢筋种类	混凝土强度等级			
	C15	C20	C25	≥C30
Ⅰ级钢筋	40d	30d	25d	20d
月牙纹Ⅱ级钢筋	50d	40d	35d	30d
月牙纹Ⅲ级钢筋	—	45d	40d	35d
冷拔低碳钢丝	250			

注：1. 当月牙纹钢筋直径 $d>25$mm 时，锚固长度应按表中数值增加 5d 采用。

2. 当螺纹钢筋直径 $d\leqslant 25$mm 时，其锚固长度应按表中数值减少 5d 采用。

3. 当混凝土在凝固过程中易受扰动时（如滑模施工），受力钢筋的锚固长度应适当增加。当梁的高度较大，混凝土振捣其顶部产生严重离析泌水时，梁截面上部纵向受力钢筋的锚固长度也应适当增加。

4. 在任何情况下，纵向受拉钢筋的锚固长度不应小于 250mm。

(2) 支座锚固处的纵向受拉钢筋，如计算中充分利用其强度时，则其伸入支座内的锚固长度应满足 l_{as}，如不能满足要求时，应采取可靠的锚固措施。

承受扭矩作用的构件中，如受扭纵向钢筋在计算中充分利用其强度时，也应符合上述规定。

(3) 纵向受拉钢筋不宜在受拉区截断。如必须截断时，应延伸至按正截面受弯承载力计算不需要该钢筋的截面以外，延伸的长度不应小于 20d；同时 $V\geqslant 0.07f_cbh_0$ 时，从该钢筋强度充分利用截面延伸的长度，尚不应小于 $(1.2l_a+h_0)$；当 $V<0.07f_cbh_0$ 时，从该钢筋强度充分利用截面延伸的长度，尚不应小于 $1.2l_a$。

(4) 纵向受压钢筋在跨中截断时，必须伸至按计算不需要该钢筋的截面以外，延伸的长度不应小于 15d；对绑扎骨架中末端无弯钩的光面钢筋，不应小于 20d。

(5) 对承受重复荷载的预制构件，应将非预应力受拉钢筋末端焊接在钢板或角钢上，钢板或角钢应可靠地锚固于混凝土中。钢板或角钢的尺寸应按计算确定，其厚度不宜小于 10mm。

第六节　钢筋的接头

一、焊接接头

(1) 钢筋的接头宜优先采用焊接接头（以采用接触对焊为宜）。钢筋焊接接头的类型及质量应符合国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》的要求。

(2) Ⅳ级钢筋如需采用焊接接头时，必须采用闪光对焊，且应有保证焊接质量的可靠措施。

(3) 直接承受中、重级工作制吊车的构件，其纵向受拉钢筋不得采用绑扎搭接接头，且不得在钢筋上焊有任何附件（端头锚固除外），也不宜采用焊接接头。承受中级工作制吊车的预应力混凝土吊车梁及承受悬挂吊车的屋面梁和屋架下弦，其纵向受拉钢筋除Ⅳ级钢筋外，可采用焊接接头。

(4) 轴心受拉及小偏心受拉杆件（如桁架和拱的拉杆）的受力钢筋不得采用非焊接的搭接接头。

双面配置受力钢筋的焊接骨架，不得采用非焊接的搭接接头。

当受力钢筋直径 $d>22$mm 时，不宜采用非焊接的搭接接头；对轴心受压和偏心受压柱中的受压钢筋，当钢筋直径 $d\leq32$mm 时，可采用非焊接的搭接接头，但接头位置应设置在受力较小处。

（5）绑扎骨架和绑扎网中的非预应力受力钢筋，当接头用搭接而不加焊时，受拉钢筋的搭接长度不应小于 $1.2l_a$（l_a 按表1-15的规定采用），且不应小于300mm；受压钢筋的搭接长度不应小于 $0.85l_a$，且不应小于200mm。

焊接骨架在受力方向的接头可采用非焊接的搭接接头，受拉钢筋的搭接长度不应小于 l_a；受压钢筋的搭接长度不应小于 $0.7l_a$。

（6）受力钢筋接头的位置应相互错开，当采用非焊接的搭接接头时，在规定的搭接长度的任一区段内和采用焊接接头时在焊接接头处的 $35d$ 且不小于500mm 区段内，有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积的百分率应符合表1-16的规定。

接头区段内受力钢筋接头面积的允许百分率（%） 表 1-16

接头形式	受拉区	受压区
绑扎骨架和绑扎网中钢筋的搭接接头	25	50
焊接骨架和焊接网的搭接接头	50	50
受力钢筋的焊接接头	50	不限制
预应力钢筋的对焊接头	25	不限制

注：1. 接头位置宜设置在受力较小处，在同一根钢筋上应尽量少设接头；

2. 装配式构件连接处的受力钢筋焊接接头和后张法预应力混凝土构件的螺丝端杆接头，可不受上表的限制；

3. 采用绑扎骨架的现浇柱，在柱中及柱与基础交接处，如采用搭接接头时，其接头面积允许百分率，可根据设计经验适当放宽；

4. 承受均布荷载作用的屋面板、楼板、檩条等简支受弯构件，如在受拉区内配置少于3根受力钢筋时，可在跨度两端各四分之一跨度范围内设置一个焊接接头；

5. 如有保证焊接质量的可靠措施时，预应力钢筋对焊接头在受拉区内的接头面积允许百分率可放宽到50%。

（7）在绑扎骨架中非焊接的搭接接头长度范围内，当搭接钢筋为受拉时，其箍筋的间距不应大于 $5d$，且不应大于100mm；当搭接钢筋为受压时，其箍筋的间距不应大于 $10d$，且不应大于200mm。d 为受力钢筋中的最小直径。

（8）采用焊接接头时，应符合下列规定：

1）必须采用闪光接触对焊，并去掉接头的毛刺及卷边。

2）在一个截面内有焊接接头的受拉钢筋截面面积占受拉钢筋总截面面积的百分率不应大于25%（对预应力受拉钢筋的焊接接头，其百分率按预应力钢筋总截面面积计算），且有焊接接头的截面之间的距离不得小于 $45d$（d 为纵向受拉钢筋的最大直径）。

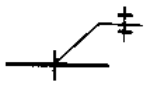
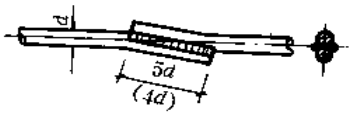
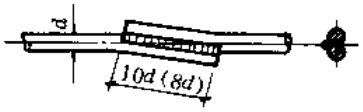
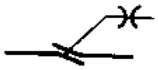
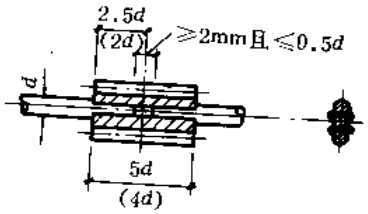
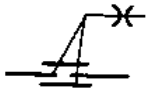
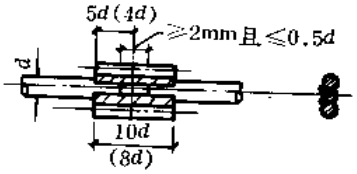
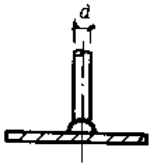
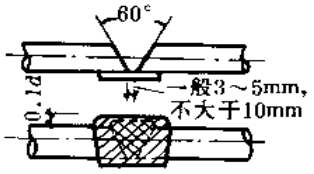
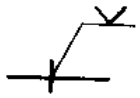
3）需要验算疲劳的构件，不得采用有焊接接头的冷拉Ⅳ级钢筋。

二、焊接接头的类型及适用范围

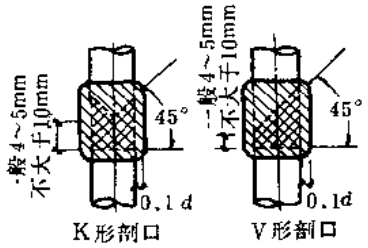
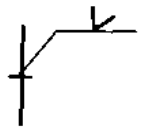
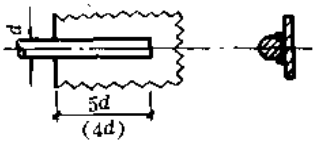
钢筋焊接接头的类型及适用范围见表1-17

钢筋焊接接头

表 1-17

项次	名称	型式	适用的钢号及直径（mm）	标注方法
1	对头接触电焊		Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级钢筋 10～40	
2	两条贴角焊缝钢筋搭接电弧焊		Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级钢筋 10～40	
3	一条贴角焊缝钢筋搭接电弧焊		Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级钢筋 10～40	
4	四条贴角焊缝帮条（夹板）电弧焊		Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级钢筋 10～40	
5	两条贴角焊缝帮条（夹板）电弧焊		Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级钢筋 10～40	
6	钢筋与钢板的接触对焊接头		Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级钢筋 10～40	
7	剖口平焊		Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级钢筋 16～40	

续表 1-17

项次	名　称	型　式	适用的钢号及直径 (mm)	标注方法
8	剖口立焊		Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级钢筋 16～40	
9	钢筋与钢板用两条焊缝的电弧焊		Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级钢筋 10～40	

注：1. 无法进行项次2、4的电弧焊时，才允许采用项次3、5的电弧焊型式。

2. 采用帮条焊时，帮条截面积应为受力钢筋截面积的1.2倍（Ⅰ级钢筋）或1.5倍（Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级钢筋）。

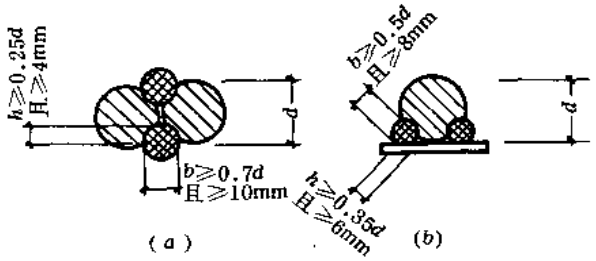
3. 钢筋与钢板的焊接宜优先采用接触对焊。

4. 不同钢号的钢筋进行焊接时，其强度应为其中最小的钢筋强度，焊条可选用一般常用的焊条。一般重要结构最好不采用此种焊接接头。

5. 项次2、3、4、5电弧焊时的焊缝长度不应小于帮条或搭接长度，焊缝高度 h 及焊缝宽度 b 按下图 a 要求，项次9的电弧焊时的焊缝高度 h 及焊缝宽度 b 按下图 b 要求。

6. d 为圆钢筋的直径或螺纹钢筋的截面号（即计算直径）。

7. 括号中的数值仅用于Ⅰ级钢筋。



第七节　纵向钢筋最小配筋百分率

混凝土构件中，纵向受力钢筋的配筋百分率不应小于表1-18规定的数值。

混凝土构件中纵向受力钢筋的最小配筋百分率（%） 表1-18

分类	混凝土强度等级	
	≤C35	C40～C60
轴心受压构件的全部受压钢筋	0.4	0.4
偏心受压及偏心受拉构件的受压钢筋	0.2	0.2
受弯构件、偏心受压构件、大偏心受拉构件的受拉钢筋及小偏心受拉构件每一侧的受拉钢筋	0.15	0.2

注：1. 受压钢筋和偏心受压构件的受拉钢筋的最小配筋百分率按构件的全截面面积计算；其余的受拉钢筋的最小配筋百分率按全截面面积扣除位于受压边或受拉较小边翼缘面积（$b_f' h_f'$）后的截面面积计算；

2. 配置碳素钢丝、刻痕钢丝、钢铰线、热处理钢筋和冷拔低碳钢丝的预应力混凝土构件，其正截面承载力设计值不应小于正截面开裂时的内力值，对配置上述钢筋的预应力混凝土受弯构件，其正截面受弯承载力应符合下列要求：

$$M_u \geqslant M_{cr}$$

此处，M_u 为预应力混凝土受弯构件正截面受弯承载力设计值，可按《混凝土结构设计规范》（GBJ 10-89）第4.1.5条、第4.1.6条或第4.1.9条的公式进行计算，但应取等号，将 M 以 M_u 代替，并考虑第4.1.10条的规定；M_{cr} 为预应力受弯构件的正截面开裂弯矩值，应按《规范》的式5.3.3-4计算；

3. 当温度、收缩等因素对结构产生较大影响时，构件的最小配筋百分率应适当增加。

第八节 伸 缩 缝

钢筋混凝土结构伸缩缝的最大间距可按表1-19的规定采用。

钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距，（m） 表1-19

结构类别		室内或土中	露天
排架结构	装配式	100	70
框架结构	装配式	75	50
	现浇式	55	35
剪力墙结构	装配式	65	40
	现浇式	45	30
挡土墙、地下室墙壁等类结构	装配式	40	30
	现浇式	30	20

注：1. 如有充分依据或可靠措施，表中数值可予以增减。

2. 当屋面板上部无保温或隔热措施时，框架、剪力墙结构的伸缩缝间距，可按表中露天栏的数值选用；排架结构的伸缩缝间距，可按表中室内栏的数值适当减小。

3. 排架结构的柱高（从基础顶面算起）低于8m时，宜适当减小伸缩缝间距。

4. 剪力墙结构系指房屋中承受竖向及水平荷载的钢筋混凝土墙体。外墙装配、内墙现浇的剪力墙结构，其伸缩缝最大间距宜按现浇式一栏的数值选用。滑模施工的剪力墙结构，其伸缩缝最大间距宜按表中数值适当减小。现浇墙体在施工中应采取措施减少混凝土的收缩应力。

5. 位于气候干燥地区、夏季炎热且暴雨频繁地区的结构或经常处于高温作用下的结构，其伸缩缝间距可按照使用经验适当减小。

6. 伸缩缝间距尚应考虑施工条件的影响（如混凝土的水灰比过大、养护不良或室内结构因施工外露时间较长等），必要时宜适当减小。

素混凝土结构伸缩缝最大间距可按表1-20采用。

素混凝土结构伸缩缝最大间距，m　　表 1-20

结构类别	室内或土中	露天
装配式结构	40	30
现浇式结构（配有构造钢筋）	30	20
现浇式结构（未配构造钢筋）	20	10

第九节　后浇施工缝

钢筋混凝土结构的长度如超过规定的伸缩缝最大间距时，一般应设置伸缩缝。如施工季节的气候条件有利于后浇施工缝施工时，可以不设伸缩缝，采取后浇施工缝的办法处理（图1-1）。后浇施工缝的宽度为800～1000mm，结构中的钢筋不应切断，且要配置适量的加强钢筋，待后浇施工缝两侧浇完混凝土28d以后，将缝两侧的混凝土表面凿毛，再用比设计的混凝土强度等级高一级的混凝土（最好用浇筑水泥配制）浇灌，并加强养护。

1. 现浇板的后浇施工缝宜布置在剪力较小的跨度中间范围内，且配置适量的加强钢筋，如图1-2所示。

2. 现浇梁的后浇施工缝宜布置在剪力较小的跨度中间范围内，根据梁截面面积的大小，配置适量加强钢筋，如图1-3所示。

3. 挡土墙、地下室墙壁、箱形基础等类结构的后浇施工缝一般为结构长度大于40～60m时宜设一道，设置在剪力较小的柱距三等分的中间范围内，并按垂直后浇施工缝主钢筋截面面积的一半配置加强钢筋，如图1-4所示。

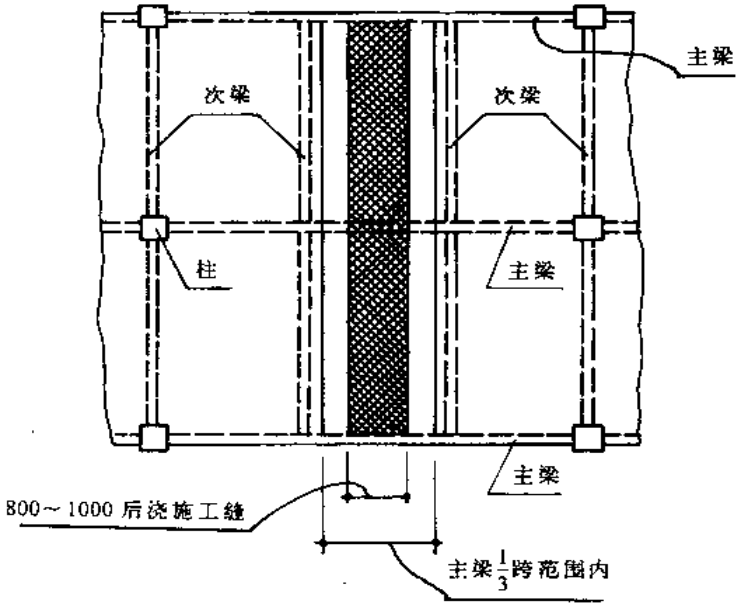


图 1-1　钢筋混凝土结构后浇施工缝

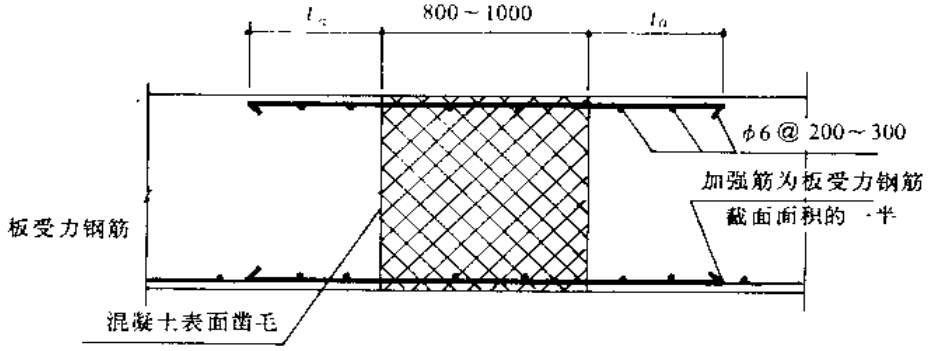
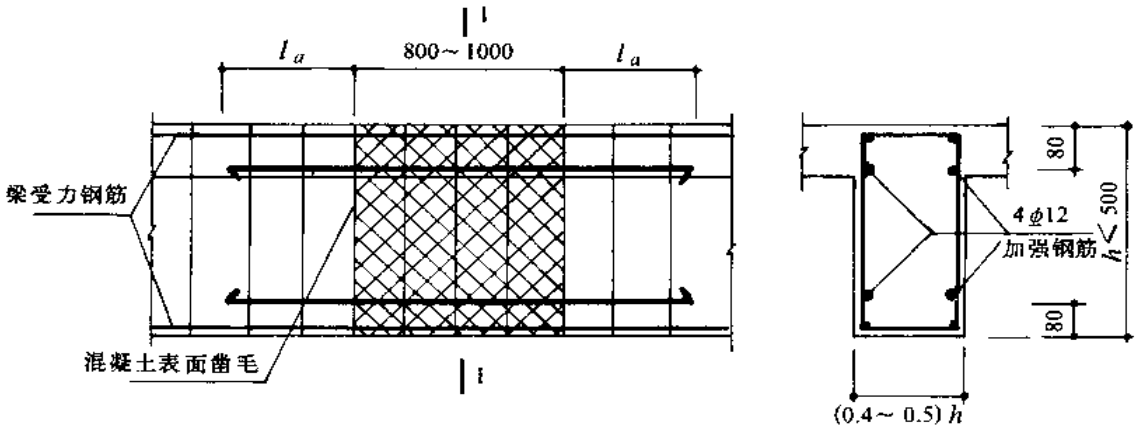
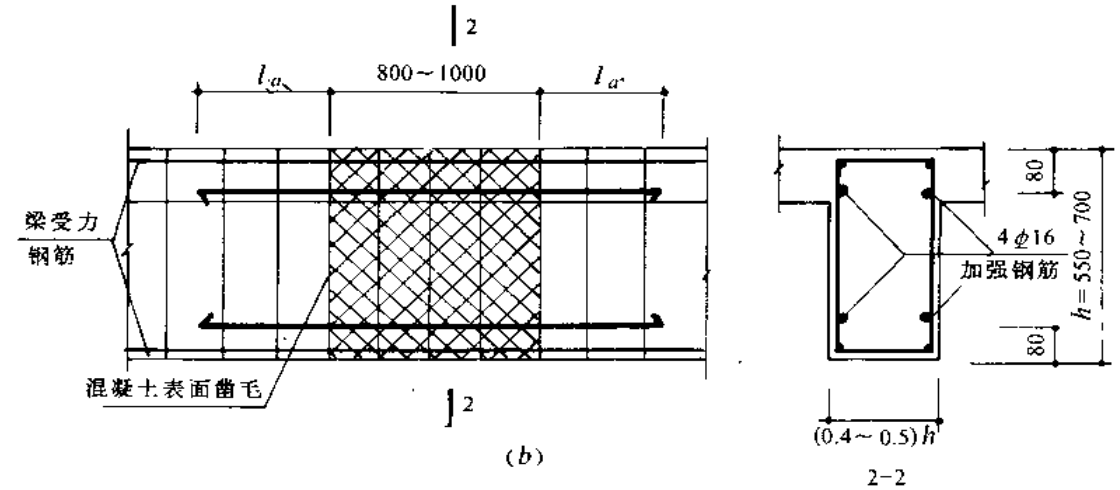


图 1-2　现浇板的后浇施工缝构造



(a)



(b)

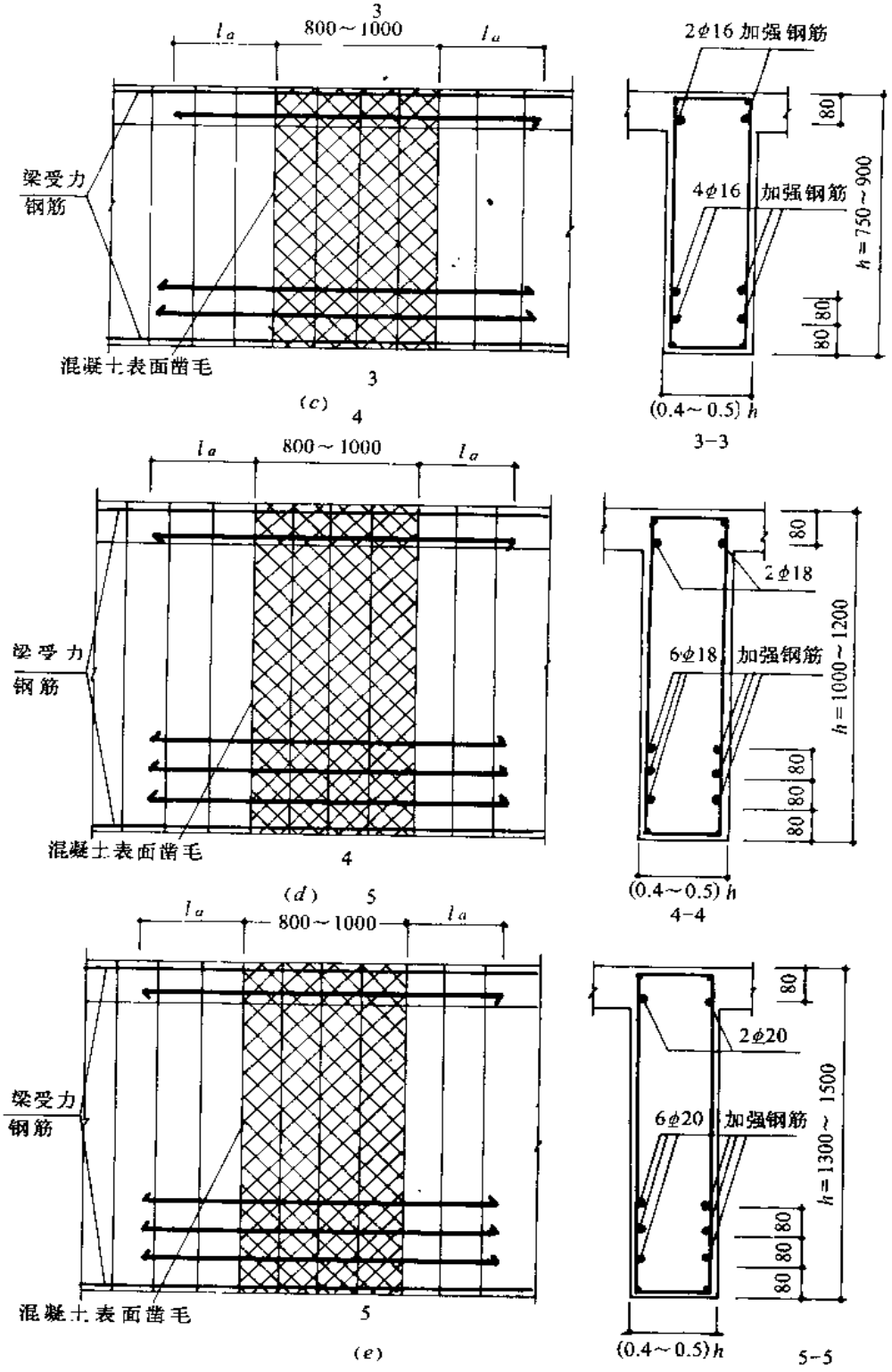


图 1-3　现浇梁的后浇施工缝构造

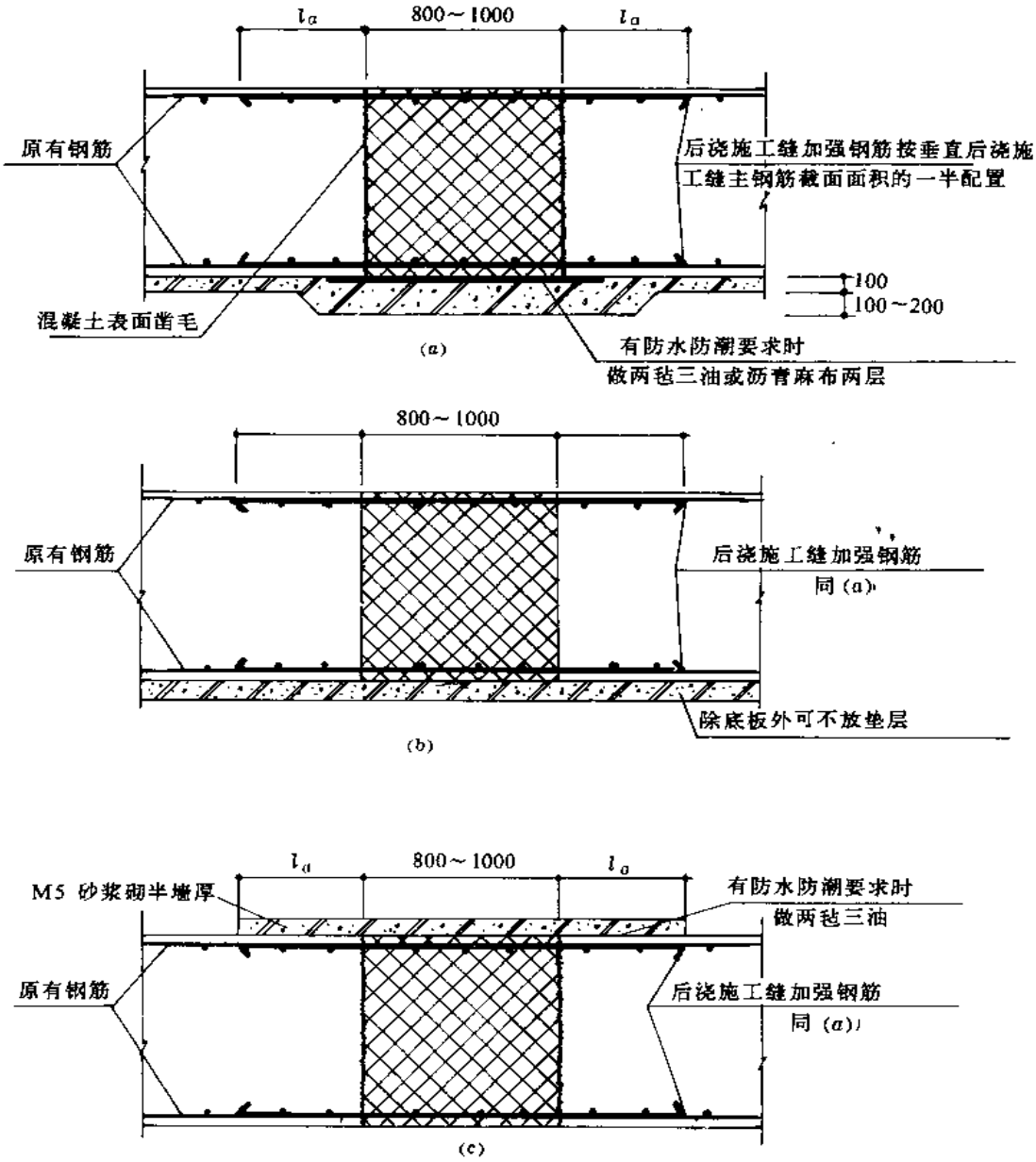


图 1-4　挡土墙、地下室墙壁、箱形基础等类结构的后浇施工缝结构

a— 底板(有防水防潮要求时)；*b*— 底板(无防水防潮要求)；*c*- 侧壁及顶部

第二章　板

第一节　板的厚度

一、板的最小厚度

装配式钢筋混凝土板的最小厚度，应根据钢筋的配置和混凝土保护层厚度的要求确定，但不得小于25mm；现浇钢筋混凝土板的最小厚度见表2-1的规定。

现浇钢筋混凝土板的最小厚度，mm　　表 2-1

项次	板类			混凝土强度等级	
				C15	≥C20
1	梁式板	屋盖板	板跨度小于1.5m	60	50
2			板跨度大于或等于1.5m		60
3		民用建筑的层间楼板		70	60
4		工业建筑的层间楼板		80	70
5		工业建筑行车道下楼板		100	80
6	双向板			80	
7	密肋板	肋的间距小于或等于700mm		30	
8		肋的间距大于700mm		50	
9	悬臂板	板的悬臂长度小于或等于500mm		板的根部60	
10		板的悬臂长度大于500mm		板的根部80及不小于 $l/10$	
11	无梁楼板			150	

注：1. 液体作用下的侧壁和底板厚度不得小于100mm。

2. 现浇钢筋混凝土板的厚度一般为10mm的倍数，装配式钢筋混凝土板的厚度一般为5mm的倍数。

3. 悬臂板设置梁时，其最小厚度按1、2、6项次规定采用。

二、板的厚度与跨度的最小比值

板的厚度与跨度的最小比值（h/l）可参照表2-2的规定。

板的厚度与跨度的最小比值 h/l　　表 2-2

项次	板的支承情况	板的种类				
		梁式板	双向板	悬臂板	无梁楼板	
					有柱帽	无柱帽
1	简支	1/35	1/45	1/12	1/35	1/30
2	连续	1/40	1/50			

注：l 为板的（短边）计算跨度。

三、现浇单向板的厚度

现浇单向板的厚度可参照表2-3选用。

单向板厚度，cm　　表 2-3

l (m) / g (kN/m²)	多跨板										
	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6
2.5											
3.0											
3.5		6～7									
4.0											
4.5							8～9				
5.0				7～8							
6.0									9～10		
7.0											
8.0											
9.0											
10.0									10～11		
l (m) / g (kN/m²)	单跨板										
	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6
2.5											
3.0	6～7										
3.5											
4.0			7～8								
4.5											
5.0							9～10				
6.0				8～9					10～11		
7.0											
8.0											
9.0											
10.0									11～12		

注：l 为板的计算跨度；g 为计算荷载(不包括板自重)。

第二节　受力钢筋

一、受力钢筋的直径

板中受力钢筋的直径应符合表2-4的规定。

受力钢筋的直径，(mm)　　表 2-4

直径 (mm)	支承板			悬臂板		预制板
	板厚 (mm)			悬出长度 (mm)		板厚
	$h<100$	$100\leqslant h\leqslant 150$	$h>150$	$L\leqslant 500$	$L>500$	$h\leqslant 50$mm
最小直径	6	8	12	6	8	3
常用直径	6～10	8～12	12～16	6～8	8～12	3～6

二、受力钢筋的间距

板中采用绑扎钢筋作配筋时，其受力钢筋的间距应符合表2-5的规定。

受力钢筋的间距，(mm)　　表 2-5

间距	跨中		支座	
	板厚 $h\leqslant 150$	板厚 $h>150$	下部钢筋	上部钢筋
最大	200	$1.5h$ 且$\leqslant 300$	400，不小于跨中受力钢筋截面面积的1/3	200
最小	70	70	70	70

注：板中受力钢筋一般距墙边或梁边50mm开始配置。

三、受力钢筋的锚固

(1) 采用绑扎配筋的板，上部受力钢筋伸入支座内的锚固长度 l_{as} 按下列规定确定：

1) 嵌固在砖石砌体墙内的简支板，$l_{as}=c-10$（图2-1*a*）。

2) 板与梁整体连接时，l_{as} 按第一章第五节的规定确定（图2-1*b*）。

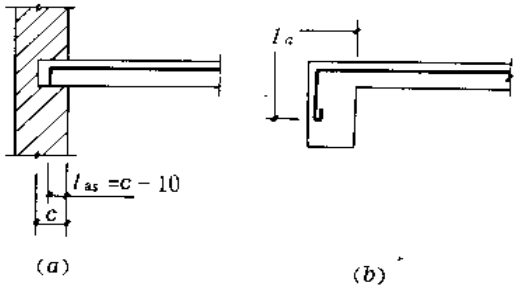


图 2-1　上部受力钢筋的锚固长度

(2) 采用绑扎配筋的板，下部纵向受力钢筋伸入支座内的锚固长度 l_{as} 不应小于 $5d$，如图2-2和图2-3所示。

(3) 采用焊接网配筋的板，下部受力钢筋伸入支座内的锚固长度 l_{as} 不应小于 $5d$，同时尚应满足：

1) 当 $V\leqslant 0.07f_cbh_0$ 时的简支板或与梁整体连续的板，其末端至少应有一根横向钢筋配置在支座边缘内（图2-4*a*、*b*、*c*）；或受力钢筋末端应制成弯钩（图2-4*d*、*e*、*f*）；或加焊附加的横向锚固钢筋（图2-4*g*、*h*、*i*）。

2) 当 $V>0.07f_cbh_0$ 时，配置在支座内的横向锚固钢筋不应少于两根，其直径不应小于纵向受力钢筋直径的一半（图2-5）。

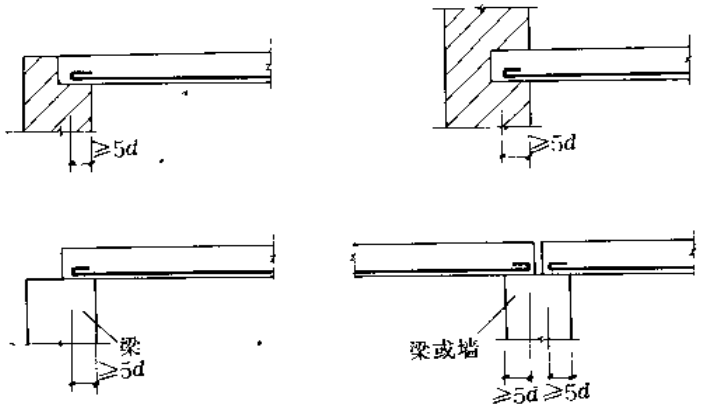


图 2-2　简支板受力钢筋的锚固长度

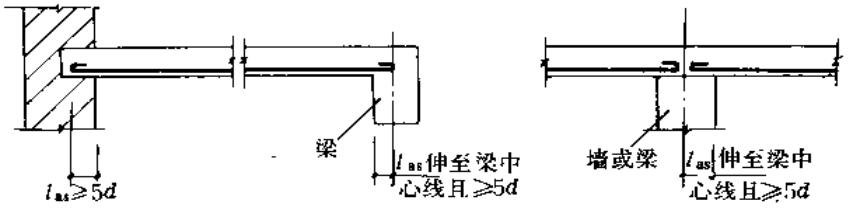


图 2-3　板与梁整体连接或连续板受力钢筋的锚固长度

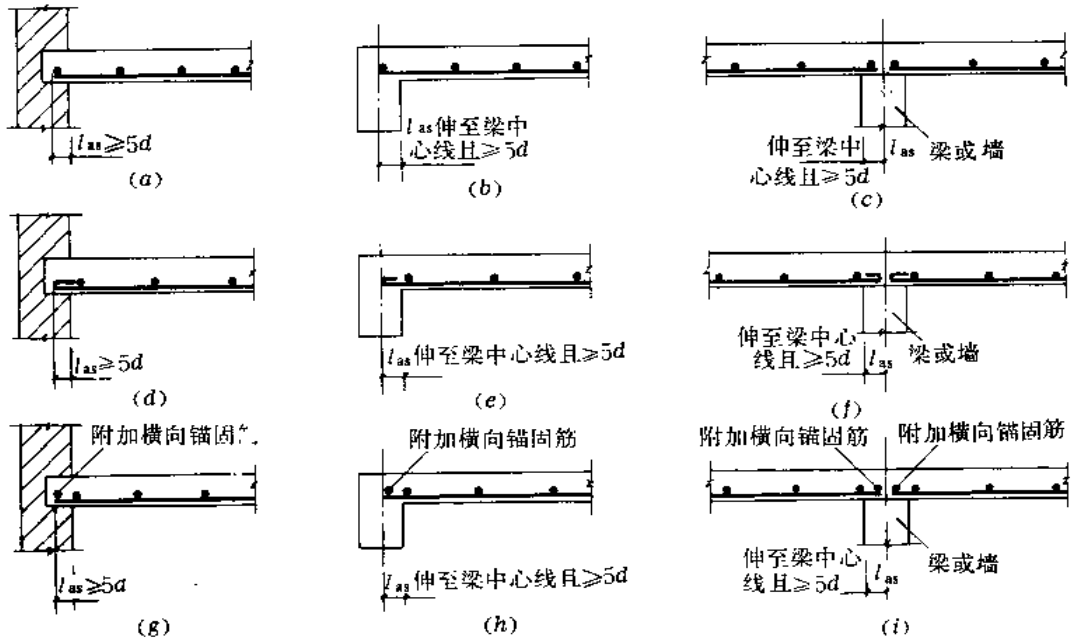


图 2-4　焊接网配筋 $V \leqslant 0.07 f_c b h_0$ 时板支座受力钢筋的锚固

四、受力钢筋的弯起

（1）板的跨中受力钢筋，一般可弯起板跨钢筋的½，但不应超过⅔。钢筋的弯起角一般采用30°，当板厚 h 大于或等于120mm 时，可采用45°。

（2）弯起钢筋的上部弯折点至支座边缘的距离为 $\frac{1}{10} l_0$（l_0 为板的净跨度），见图2-6。

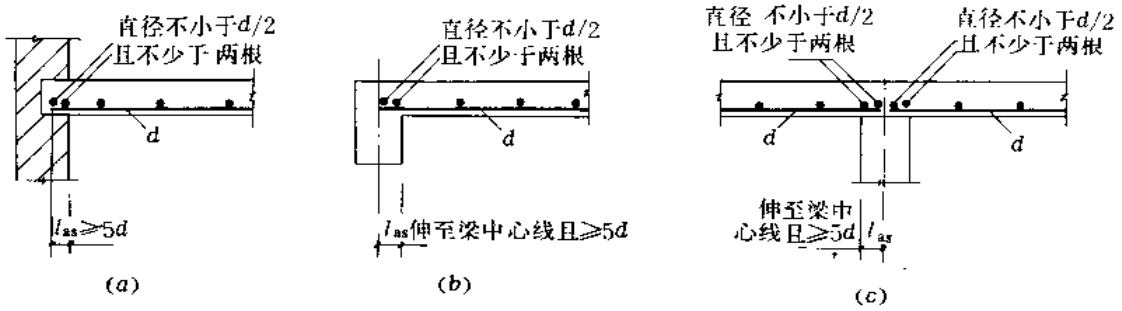


图 2-5　焊接网配筋 $V>0.07f_cbh_0$时板支座受力钢筋的锚固

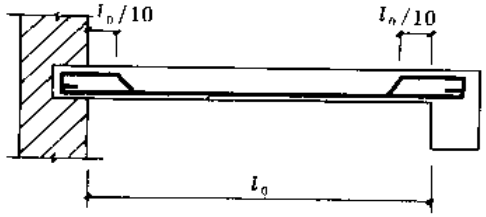


图 2-6　弯起钢筋上部弯折点至支座边缘的距离

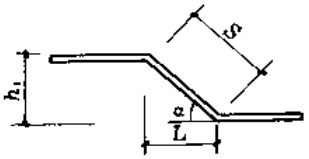
（3）板内弯起钢筋弯折部分的长度见表2-6及2-7。

板内弯起钢筋弯折部分的长度（弯起角度为30°），mm　　表 2-6

板厚 h	60	70	80	90	100	110	120
斜高 h_1	40	50	60	70	80	80	90
水平长 L	70	90	100	120	140	140	160
斜长 S	80	100	120	140	160	160	180

板内弯起钢筋弯折部分的长度（弯起角度为45°），mm　　表 2-7

板厚 h	120	130	140	150	160	170	180
斜高 h_1	90	100	110	120	130	140	150
水平长 L	90	100	110	120	130	140	150
斜长 S	130	140	160	170	180	200	210
板厚 h	190	200	210	220	230	240	250
斜高 h_1	160	170	180	190	200	210	220
水平长 L	160	170	180	190	200	210	220
斜长 S	230	240	250	270	280	300	310



$\alpha=30°$时　　$\alpha=45°$时

$L=1.73h_1$　　$L=h_1$

$S=2h_1$　　$S=1.41h_1$

第三节　分布钢筋

（1）单向板中单位长度上的分布钢筋，其截面面积不应小于单位长度上受力钢筋截面面积的10%，其间距不应大于300mm。当有实践经验或可靠措施时，预制板的分布钢筋可不受此限。

（2）分布钢筋应配置在受力钢筋的转弯处及直线段，在梁截面范围内不配置。

（3）经常处于温度变化较大的板，其分布钢筋应适当增加。

（4）现浇式板的分布钢筋的直径及间距可按表2-8选用。

现浇式板的分布钢筋直径及间距，mm　　表 2-8

受力钢筋直径	受力钢筋间距													
	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130	140	150	160	170～200
6～8	φ6@300													
10	φ6@250						φ6@300							
12	φ8@300							φ6@250		φ6@300				
14	φ8@200		φ8@250				φ8@300				φ6@250			φ6@300
16	φ8@150或φ10@250		φ8@200或φ10@300					φ8@250					φ8@300	

第四节　附加钢筋

（1）对嵌固在承重砖墙内的板，应在板的上部每米长度内配置5根直径为6mm的构造钢筋（包括弯起钢筋在内），其伸出墙边的长度不应小于$l_1/7$。对两边均嵌固在墙内的板角部分，应双向配置上部构造钢筋，其伸出墙边的长度不应小于$l_1/4$（l_1为单向板的跨度或双向板的短边跨度），见图2-7。

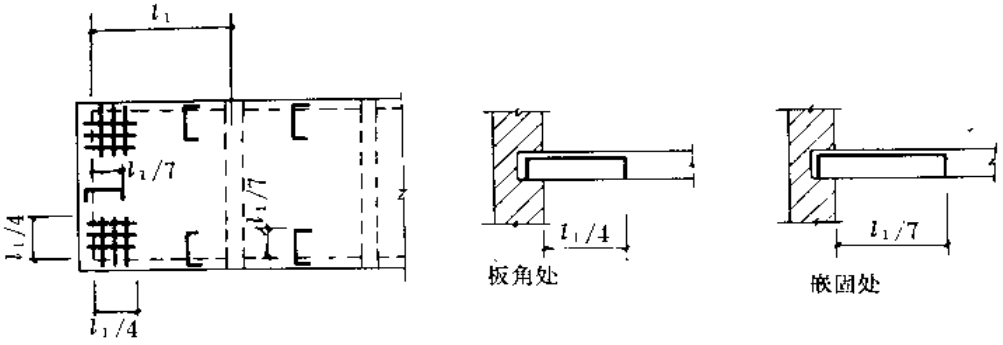


图 2-7　嵌固在砖墙内的板上部构造钢筋的配置

（2）对嵌固在承重砖墙内的板，沿受力方向配置的上部构造钢筋（包括弯起钢筋）的截面面积不宜小于跨中受力钢筋截面面积的⅓～½，且不得小于φ6mm、@200mm。

（3）当板的受力钢筋与梁的肋部平行时，应沿梁肋方向每米长度内配置不少于5根与梁肋垂直的构造钢筋，其直径不小于6mm，且单位长度内的总截面面积不应小于板中单位长度内受力钢筋截面面积的三分之一，伸入板中的长度从肋边算起每边不小于板计算跨度l_0的四分之一（图2 8）。

（4）当板的受力钢筋与边梁或墙平行时，应按上述方法同样处理（图2-9）。

（5）屋面挑檐转角处应配置放射形构造负筋，其间距在$l/2$处应不大于200mm，钢筋的锚固长度一般取$l_a \geqslant l$，见图2-10。钢筋直径与边跨支座的悬臂板受力钢筋相同。

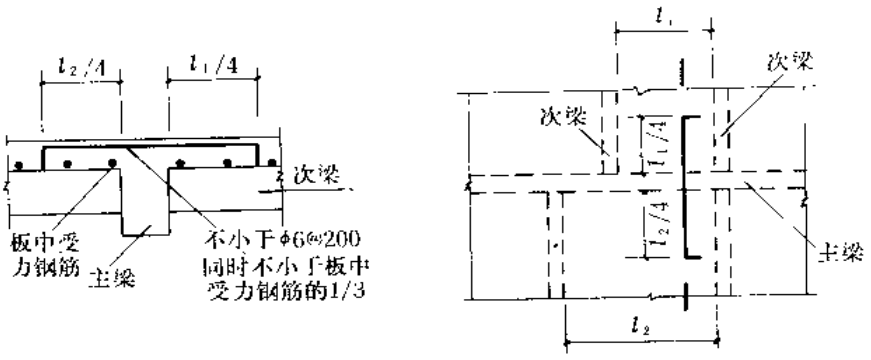


图 2-8　板的受力钢筋与梁肋部平行时构造钢筋的配置

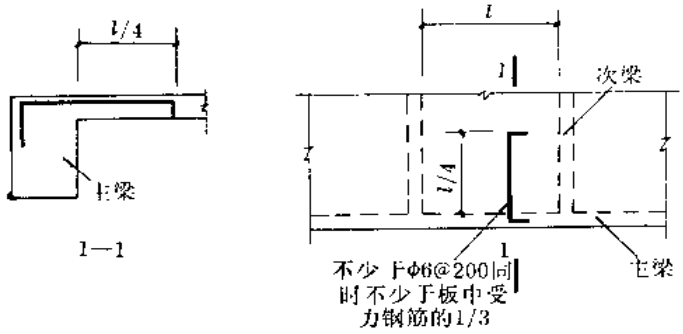


图 2-9　板的受力钢筋与边梁或墙平行时构造钢筋的配置

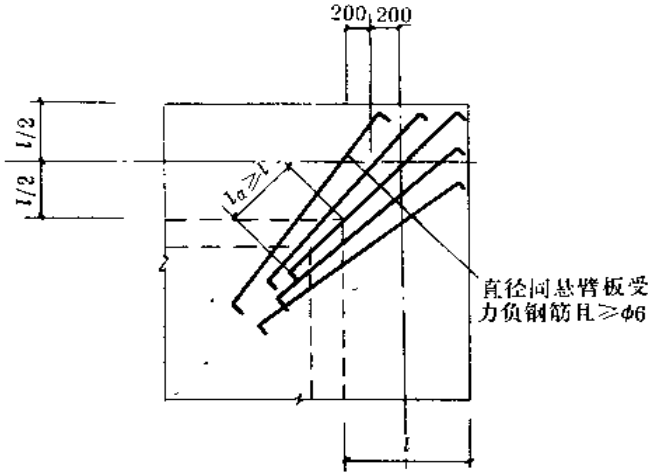


图 2-10　屋面挑檐转角处的构造配筋

第五节　单向板的配筋

单向板的配筋形式有分离式和连续式两种。

一、分离式配筋

分离式配筋一般用于板厚 h 小于或等于120mm 及不经常承受动荷载的板。

(1) 单跨板的分离式配筋形式见图2-11。

（2）等跨连续板的分离式配筋形式见图2-12。

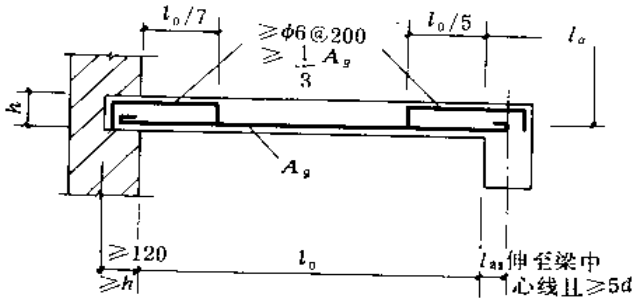


图 2-11　单跨板的分离式配筋

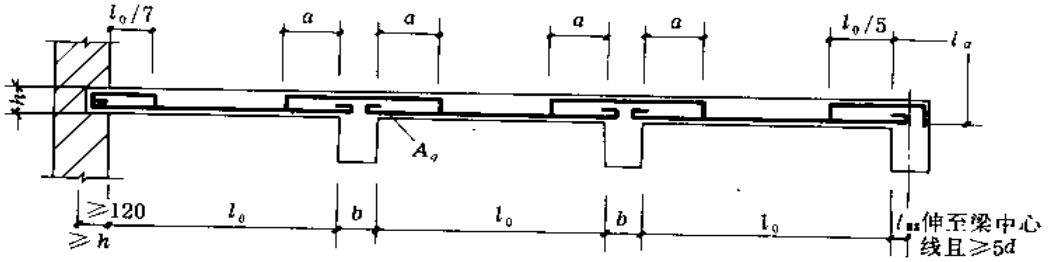


图 2-12　等跨连续板的分离式配筋

当 $P \leqslant 3q$ 时：$a = l_0/4$　　当 $P > 3q$ 时：$a = l_0/3$

式中　P—— 均布活荷载；　q—— 均布静荷载

（3）跨度相差不大于20%的不等跨连续板的分离式配筋形式见图2-13。

板中下部钢筋根据实际长度可以采取连续配筋。

当跨度相差大于20%时，上部受力钢筋伸过支座边缘的长度 a_i 值，应根据弯矩图确定。

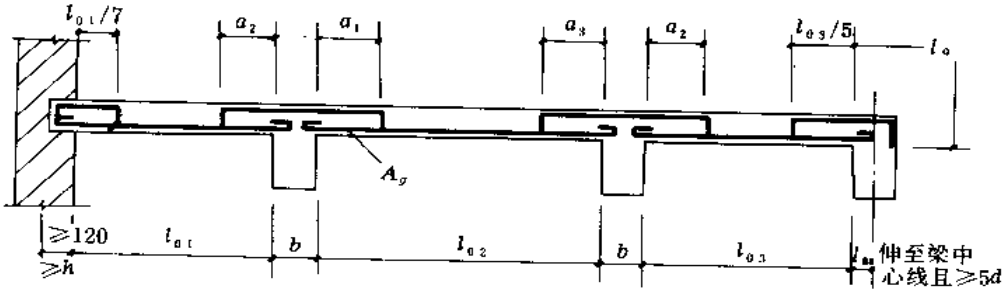


图 2-13　跨度相差不大于20%的不等跨连续板的分离式配筋

当 $P \leqslant 3q$ 时：$a_1 = l_{01}/4$；$a_2 = l_{02}/4$；$a_3 = l_{03}/4$。

当 $P > 3q$ 时：$a_1 = l_{01}/3$；$a_2 = l_{02}/3$；$a_3 = l_{03}/3$。

式中：P—— 均布活荷载；q—— 均布静荷载

二、连续式配筋

连续式配筋一般用于板厚大于120mm及经常承受动荷载的板。

（1）单跨板的连续式配筋形式见图2-14。

（2）等跨连续板的连续式配筋形式见图2-15。

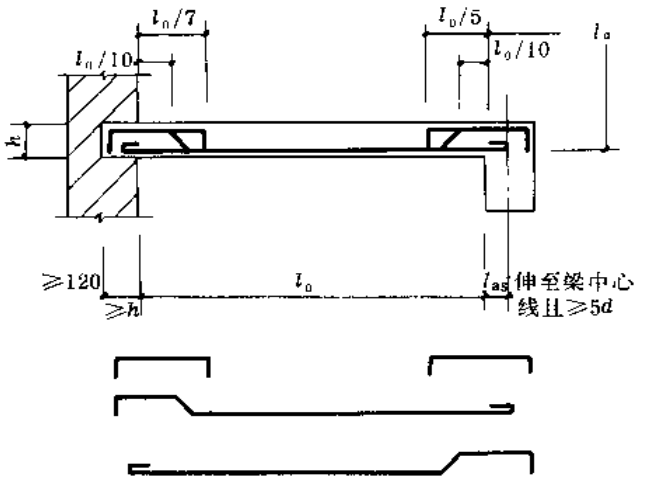


图 2-14　单跨板的连续式配筋

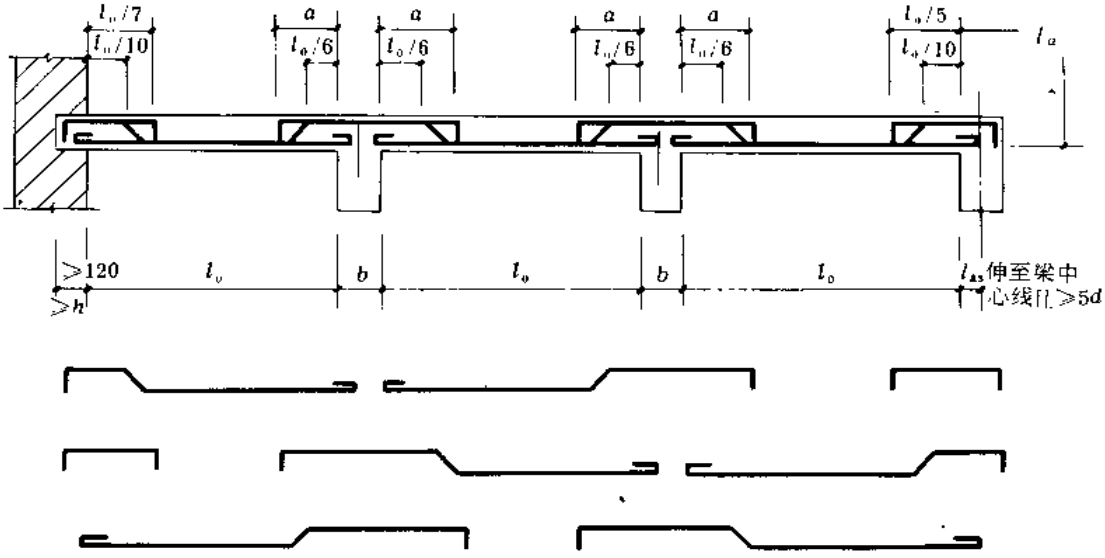


图 2-15　等跨连续板的连续式配筋

当 $P \leqslant 3q$ 时：$a = l_0/4$；当 $P > 3q$ 时，$a = l_0/3$；

式中：P　　均布活荷载；q——均布静荷载

（3）跨度相差不大于20%的不等跨连续板的连续式配筋形式见图2-16。

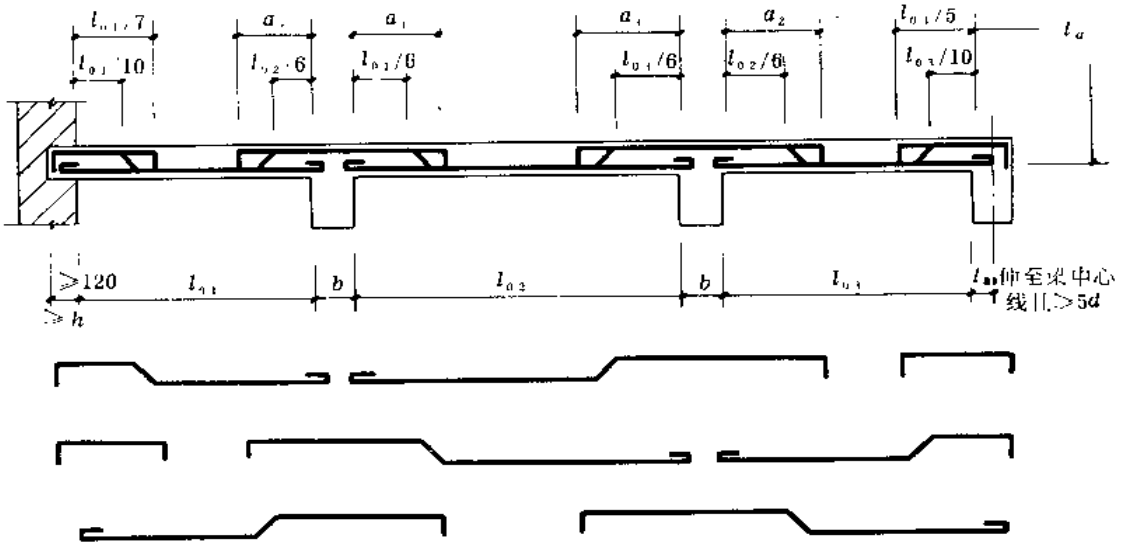


图 2-16　跨度相差不大于20%的不等跨连续板的连续式配筋

当 $P\leqslant 3q$ 时，$a_1=l_{01}/4$，$a_2=l_{02}/4$，$a_3=l_{03}/4$；

当 $P>3q$ 时，$a_1=l_{01}/3$，$a_2=l_{02}/3$，$a_3=l_{03}/3$。

P——均布活荷载；q——均布静荷载

当跨度相差大于20%时，上部受力钢筋伸过支座边缘的长度 a_1 值，应根据弯矩图确定。

第六节　双向板的配筋

一、板带的划分

（1）当双向板的短边跨度 l_1 大于或等于2.5m时，可将板的两个方向均分为三个板带，两边板带的宽度为短边跨度的1/4，余下部分为中间板带，见图2-17。中间板带按计算配筋，两边板带的配筋各为其相应中间板带的一半，且每米宽度内不少于三根钢筋，见图2-17。

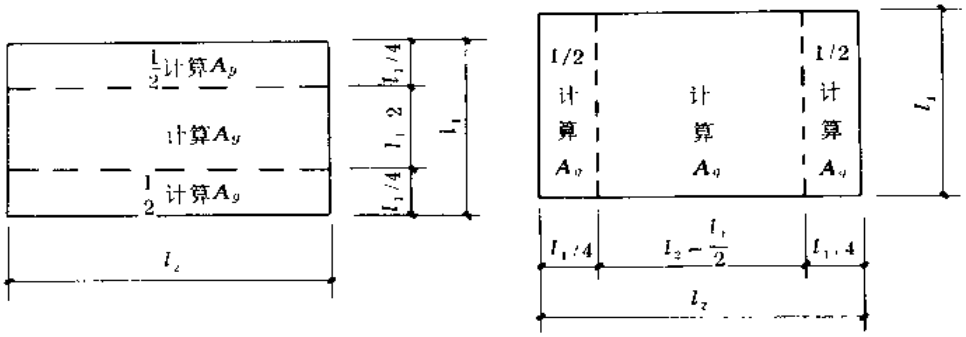


图 2-17　双向板的板带划分

（2）当双向板的短边跨度 l_1 小于2.5m时，则不分板带，跨中及支座均按计算配筋。

（3）双向板内短边跨度方向的钢筋配置在下面，长边跨度方向的钢筋配置在上面。

二、分离式配筋

（1）单跨双向板的分离式配筋形式见图2-18。

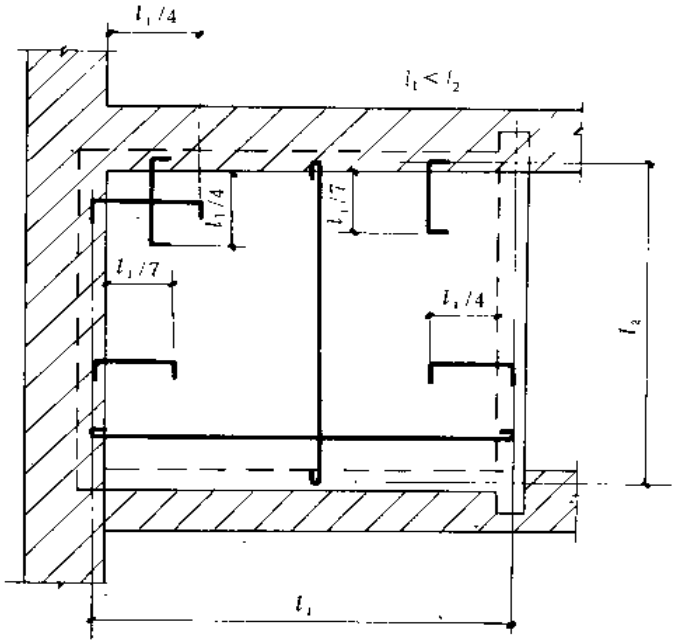


图 2-18　单跨双向板的分离式配筋

（2）连续双向板的分离式配筋形式见图2-19。

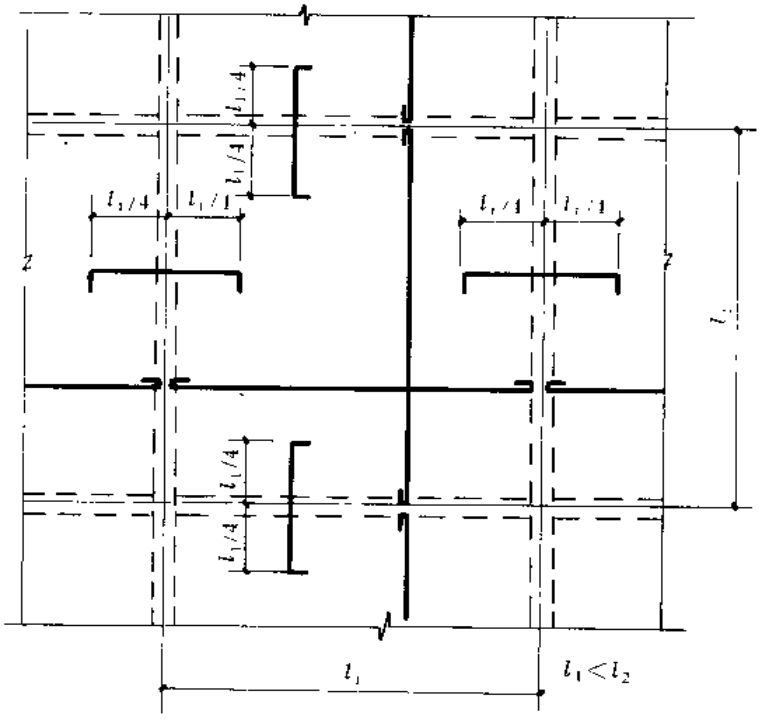


图 2-19　连续双向板的分离式配筋

三、连续式配筋

（1）单跨双向板的连续式配筋形式见图2-20。

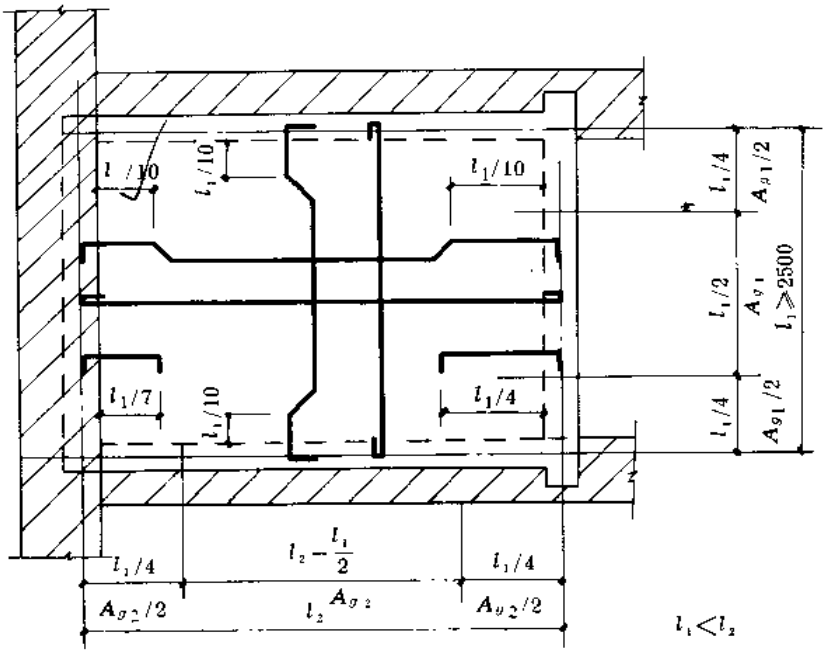


图 2-20　单跨双向板的连续式配筋

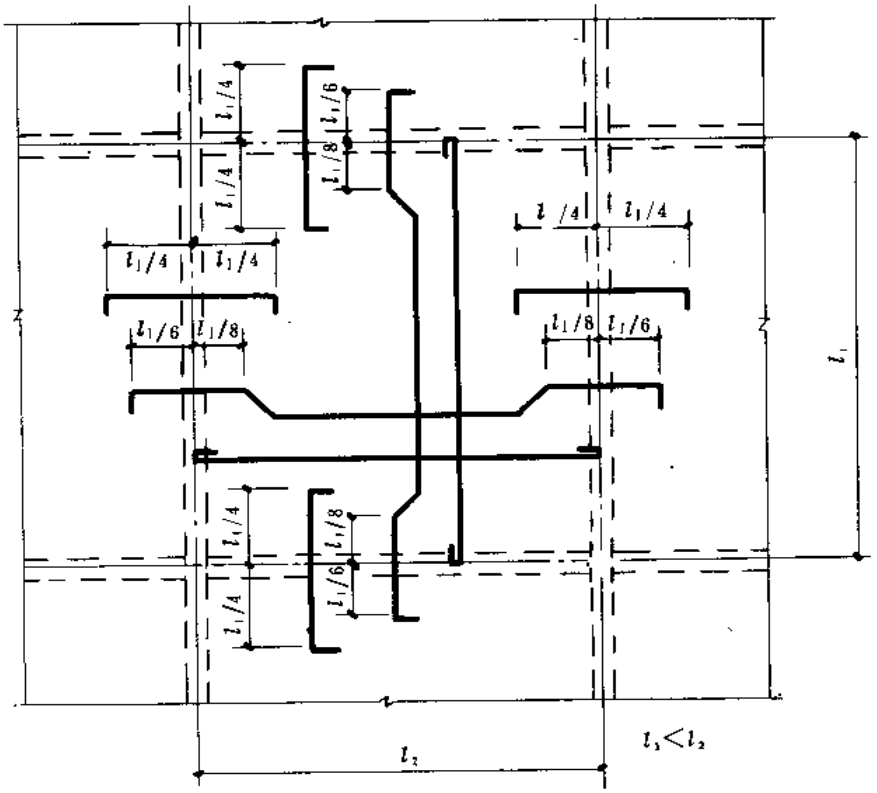


图 2-21　多跨双向板连续式配筋图（1）

（2）多跨双向板的连续式配筋形式见图2-21、图2-22。

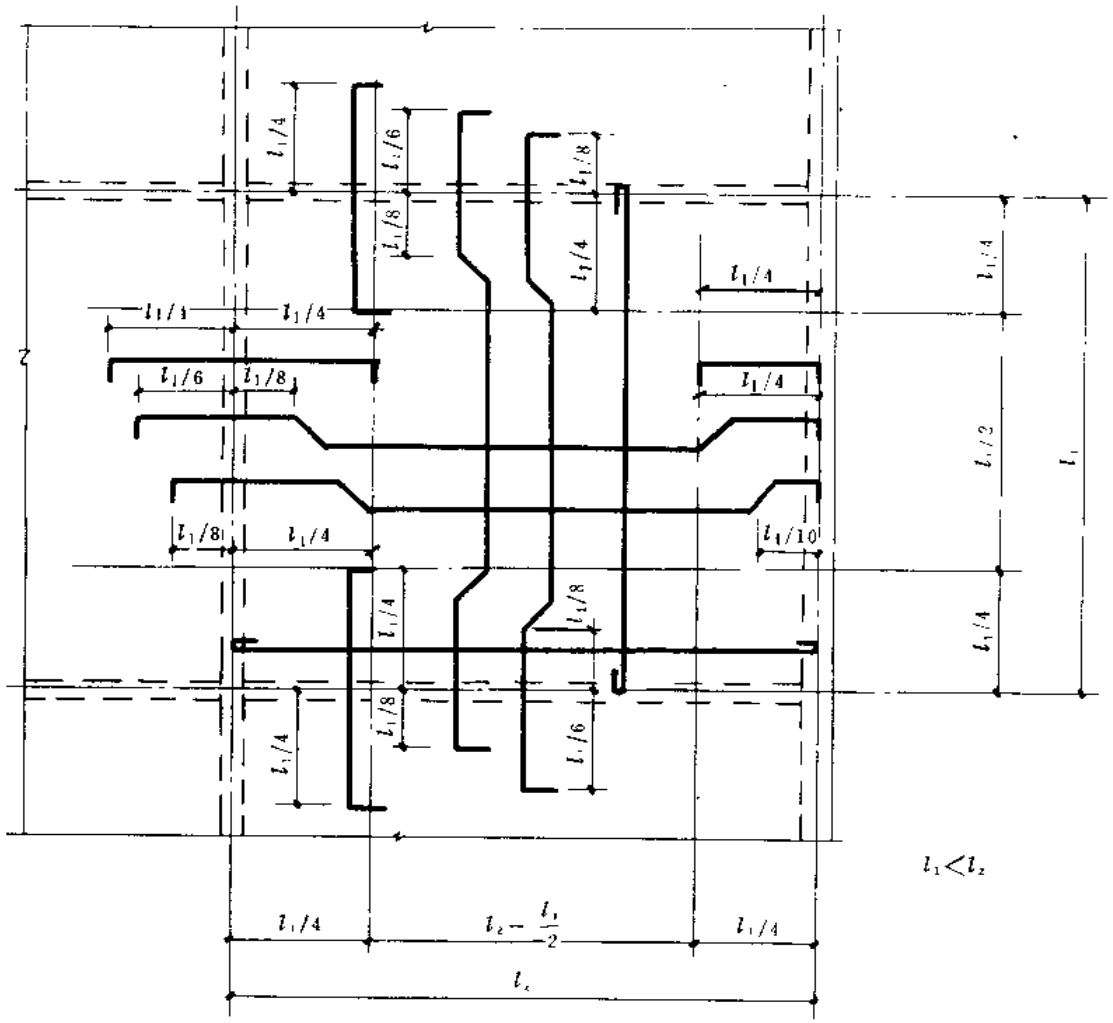


图 2-22　多跨双向板连续式配筋图（2）

第七节　悬臂板的配筋

（1）悬臂板嵌固在砖墙内的深度 a 应按计算确定，在一般情况下，当 l_0 小于或等于500mm 时，$a \geqslant 120$mm；当 l_0 大于500mm 时，$a \geqslant 240$mm，并应作倾覆验算，见图2-23。

（2）带有悬臂的板，必须考虑悬臂支座处的负弯矩对板跨中部的影响。如在板跨中部出现负弯矩时，应按图2-24配置钢筋；如板跨中部不出现负弯矩时，按图2-25配置钢筋。

（3）梁单侧和双侧带悬臂板的配筋分别见图2 26、图2-27。

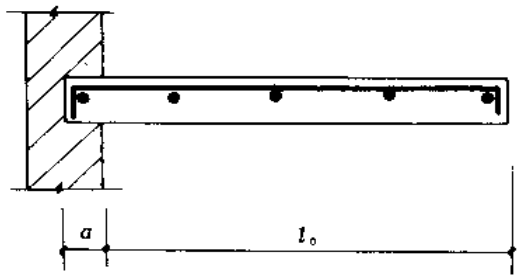


图 2-23　悬臂板的嵌固深度

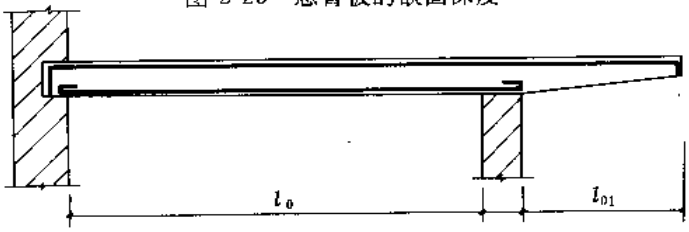


图 2-24　带悬臂的板配筋图（1）

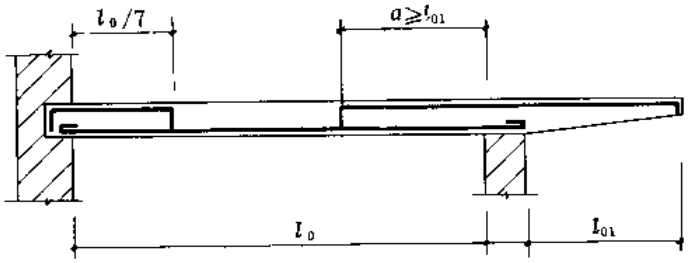


图 2-25　带悬臂的板配筋图（2）

当 $P \leq 3q$ 时，$a=l_0/4$；当 $P>3q$ 时，$a=l_0/3$。P——均布活荷载；q——均布静荷载

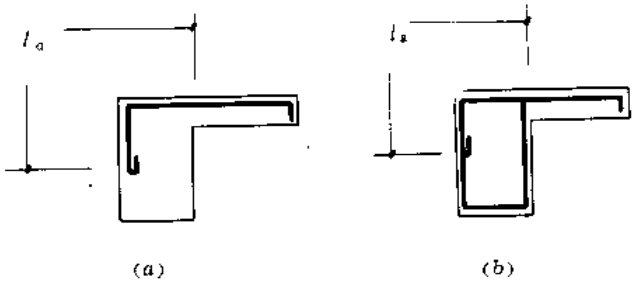


图 2-26　梁单侧带悬臂板的配筋

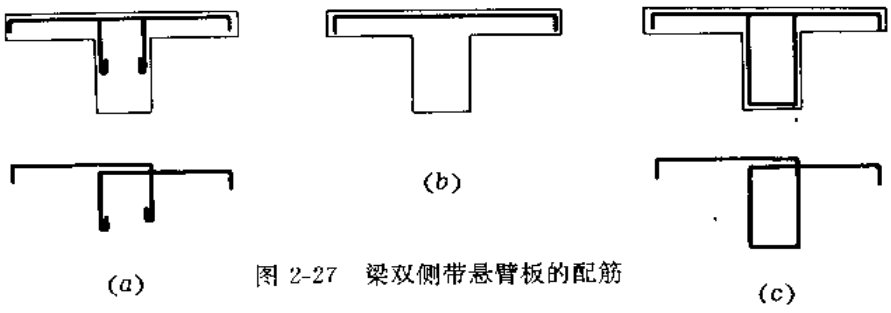


图 2-27　梁双侧带悬臂板的配筋

第八节　板受冲切的钢筋配置

为提高钢筋混凝土板受冲切承载力而配置箍筋或弯起钢筋，应符合下列构造要求：

（1）板的厚度不应小于150mm。

（2）按计算所需的箍筋截面面积应配置在冲切破坏锥体范围内；此外，尚应按相同的箍筋直径和间距向外延伸配置在不小于 $1.5h_0$ 范围内；箍筋宜为封闭式，并应箍住架立钢筋，箍筋直径不应小于6mm，其间距不应大于 $h_0/3$(图 2-28a)。

（3）弯起钢筋可由一排或两排组成，其弯起角可根据板的厚度在30°～45°之间选取（图2-28b）。弯起钢筋的倾斜段应与冲切破坏斜截面相交，其交点应在离局部荷载或集中反力作用面积周边以外 $h/2$ 至 $2h/3$ 的范围内，弯起钢筋直径不应小于12mm，且每一方向不应小于3根。

注：为提高钢筋混凝土板的受冲切承载力，当有可靠依据时，也可采用其它有效形式的配筋方法。

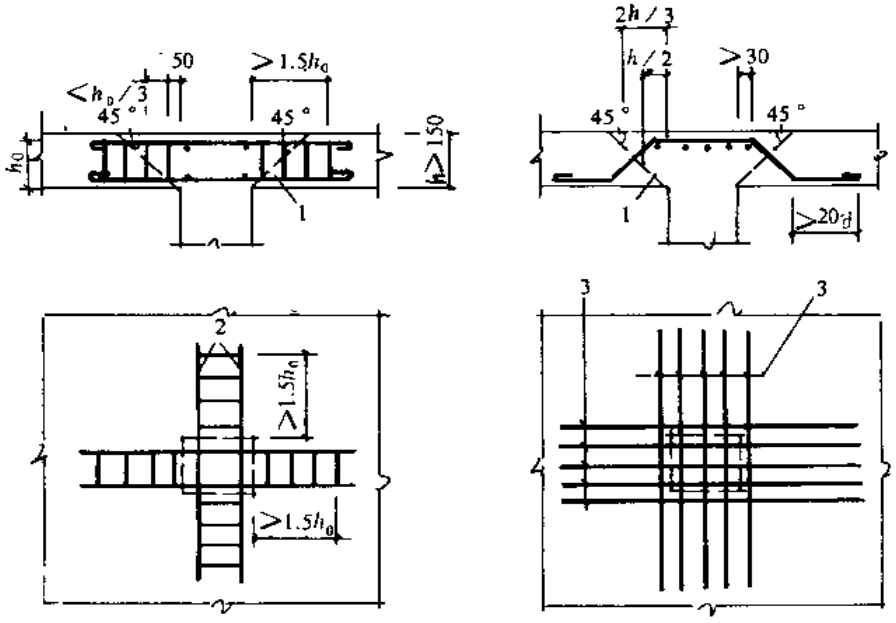


图 2-28　板中箍筋或弯起钢筋的配置

1—冲切破坏锥体斜截面；2- 架立钢筋；3—弯起钢筋，不少于3根

第九节　板上孔洞的加固

（1）当板上圆孔直径 D 及方形孔洞宽度 b(b 为垂直于板跨度方向孔洞宽度)小于300mm时，按图2-29所示将受力钢筋绕过孔洞边，不需切断。

（2）当300mm＜ D(或 b)≤1000mm 时，并在孔洞周边无集中荷载时，应在孔洞每侧配置附加钢筋，其面积应不小于孔洞宽度内被切断的受力钢筋面积的一半，且不小于2ϕ10mm。对于圆形孔洞尚应附加 2ϕ8～2ϕ12mm 的环形钢筋，其搭接长度为 30d(图 2-30a、b)，且圆形洞口应放置放射形钢筋(图 2-30c)。矩形孔洞的附加钢筋见图2-31。

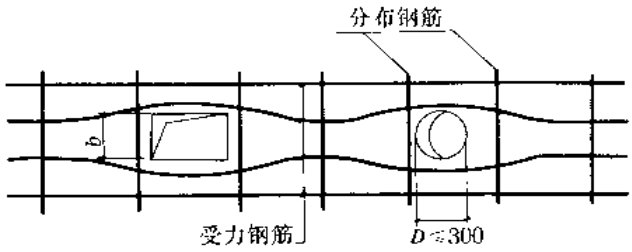
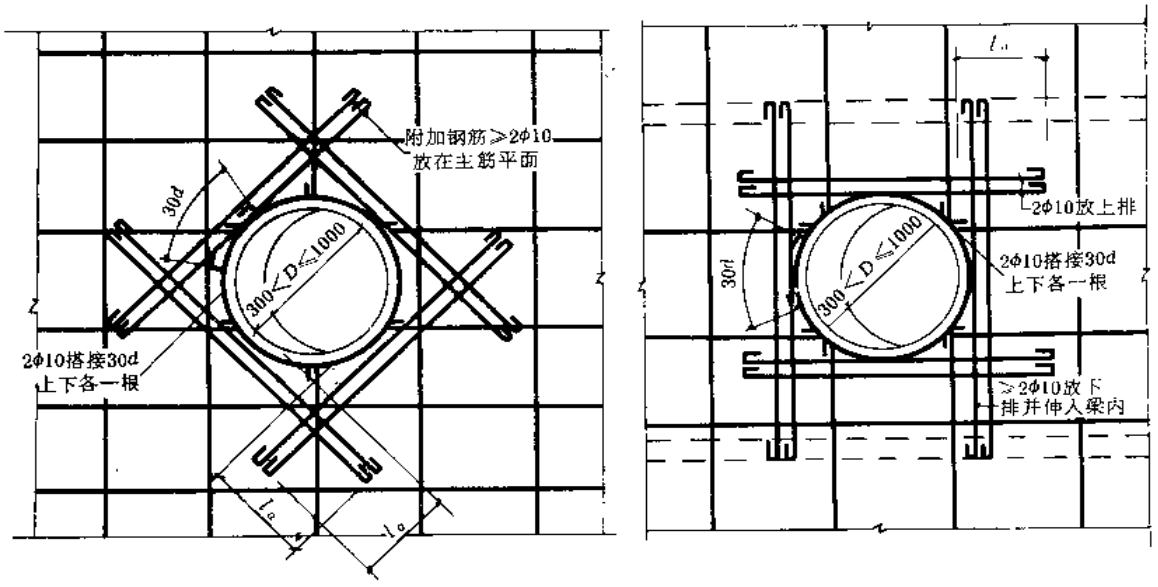


图 2-29　板上孔洞小于300mm 的钢筋加固



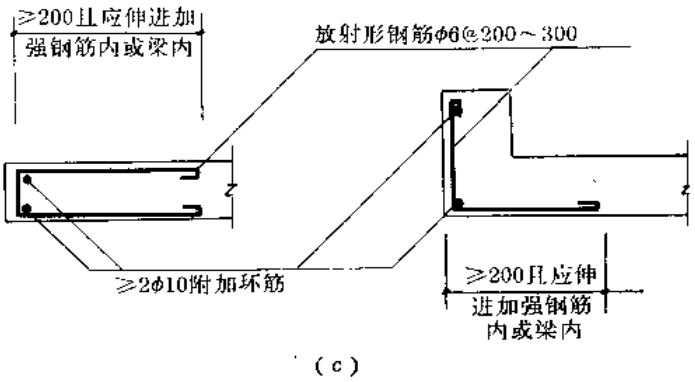


图 2-30　300mm< D ≤1000mm 的圆形孔洞钢筋的加固

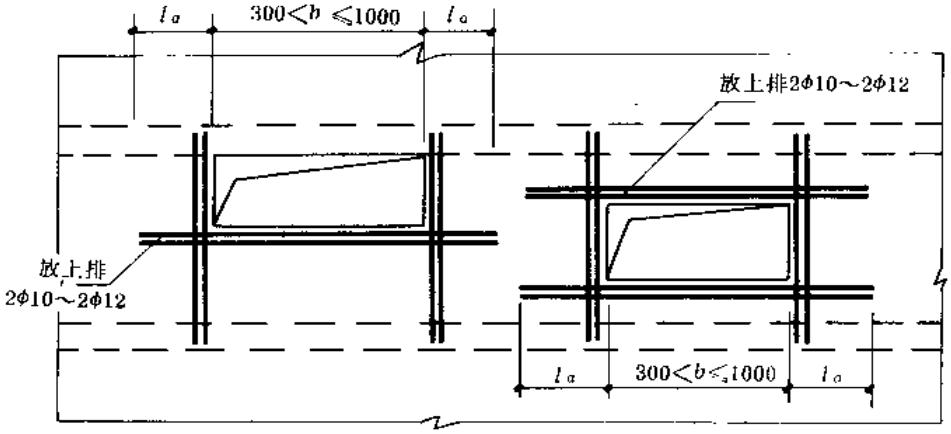


图 2-31　300mm< b ≤1000mm 的矩形孔洞钢筋的加固

(3) 当 b(或 D) 大于300mm 且孔洞周边有集中荷载，或 b(或 D) 大于1000mm 时，宜在洞边加设边梁，其配筋如图2-32、图2-33所示。

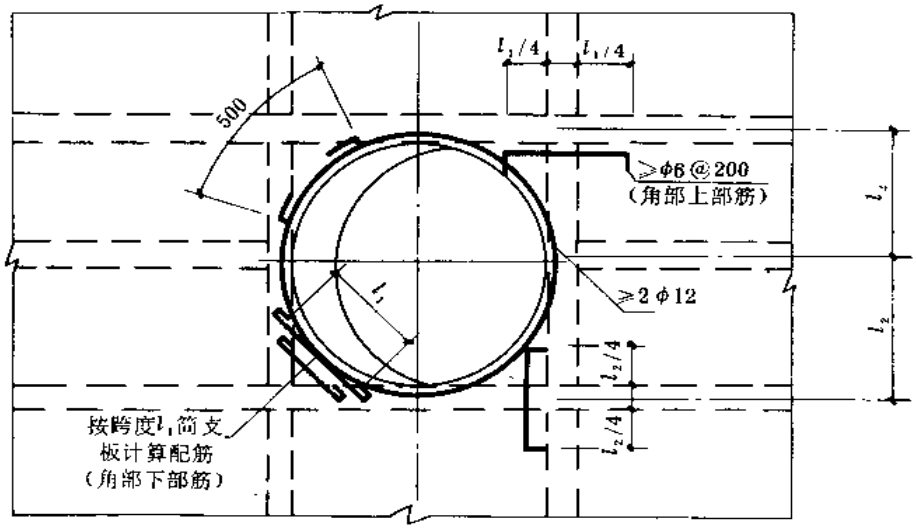


图 2-32　圆形孔洞边加设边梁的配筋

$l_1 = 0.83r$(r 为圆孔半径)

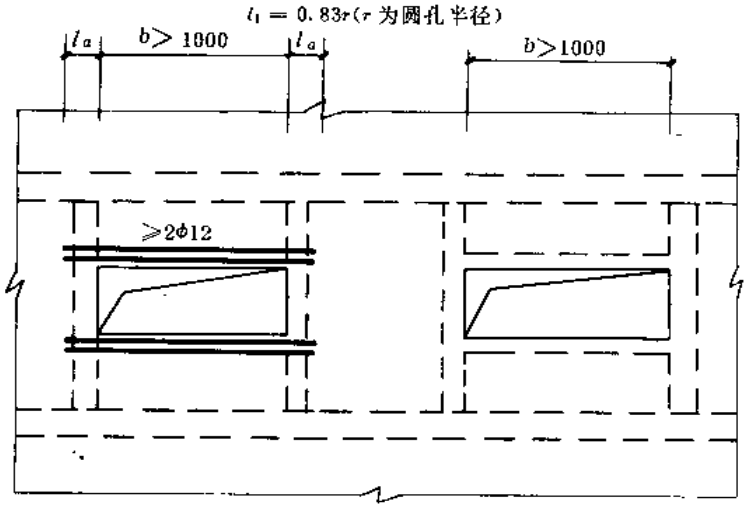


图 2-33　方形孔洞边加设边梁的配筋

（4）屋面板上的孔洞，除应符合上述前三条要求外，孔洞周边尚应做如下处理：

1）当 D（或 b）小于500mm，且孔洞周边无固定烟、气管设备时，应按图2-34a 处理，可不配筋。

2）当500mm≤ D（或 b）＜2000mm，或洞口周边固定有轻型的烟、气管设备时，应按图2-34b 处理。

3）当 D（或 b）大于或等于2000mm，或孔洞周边固定有较重的烟、气管设备时，应按图2-34c 处理。

4）冲洗平台上的孔洞如需起台时，可参考图2-34处理。

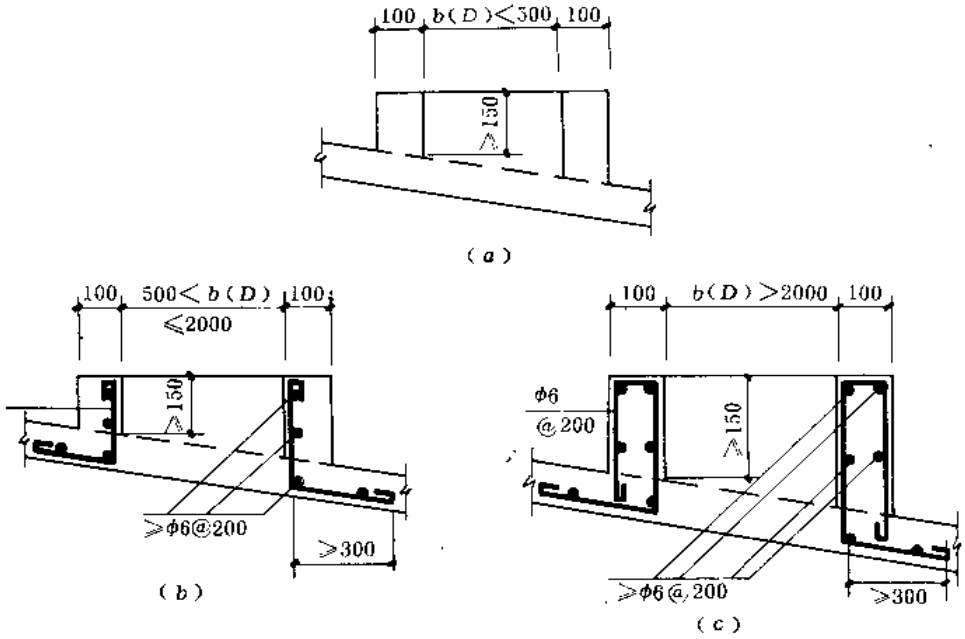


图 2-34　屋面孔洞口的加固

第十节　支承长度

（1）板的支承长度应满足受力钢筋在支座内的锚固要求。

（2）现浇板搁置在砖墙上时，其支承长度 a 一般不小于板厚度，且不小于120mm（1/2砖），见图2-35a。

（3）预制板的支承长度如下：

1）搁置在钢屋架上时，其支承长度 a 不小于60mm，见图2-35b。

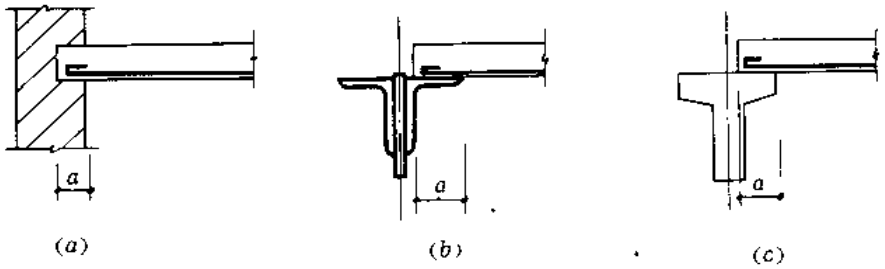


图 2-35　板的支承长度

2）搁置在钢筋混凝土屋架上或钢筋混凝土梁上时，a 不小于80mm，见图2-35c。

3）搁置在砖墙上时，a 不小于100mm。

第十一节　板上小型设备基础

（1）板上如设有集中荷载较大或振动较大的小型设备时，设备基础应放置在梁上；设备荷载分布的局部面积较小时，可设置单根梁，分布面积较大时，应设置双梁，见图2-36。

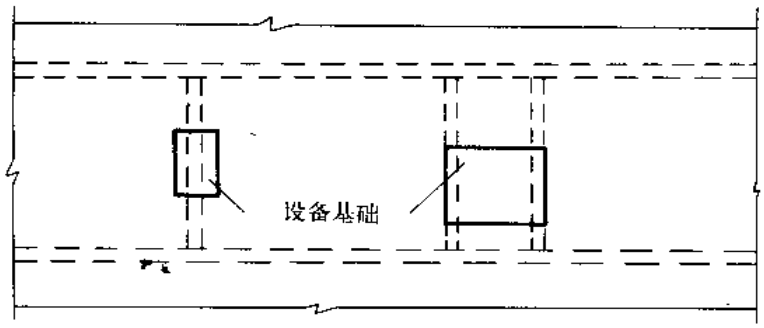


图 2-36　板上小型设备基础的设置

（2）板上的小型设备基础宜与板同时浇灌混凝土。因施工条件限制无法同时浇灌时，允许作二次浇灌，但必须将设备基础的板面做成毛面，洗刷干净后再行浇灌；当设备振动较大时，需配置板与基础的联接钢筋，见图2-37。

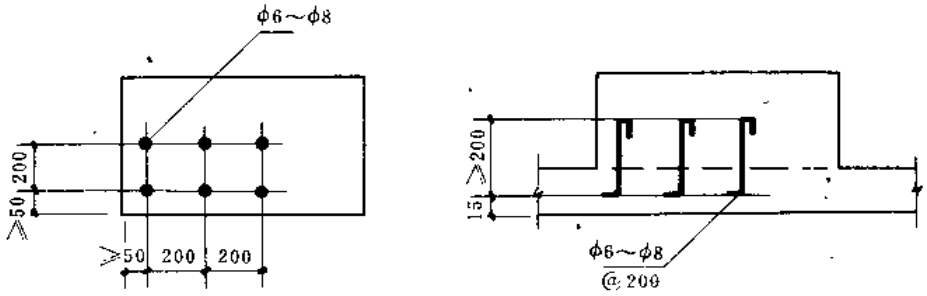


图 2-37　板与设备基础的联接钢筋布置

（3）设备基础上的预埋螺栓的中心线或预留孔壁至基础外表面的距离应不小于图2-38所示的要求；当不能满足要求时，应按图2-39加以处理。

（4）地脚螺栓拔出力量较大的设备基础，需按图2-40配置构造钢筋。

（5）当设备基础与板的总厚度不能满足预埋螺栓的埋设长度时，可按图2-41处理。

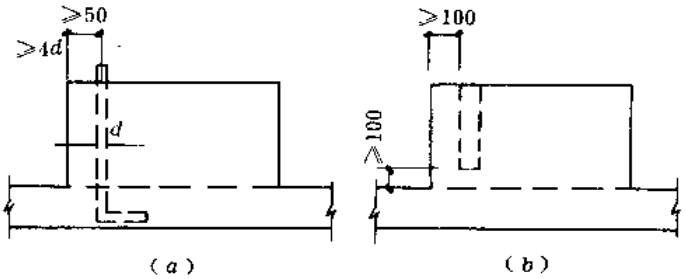


图 2-38　设备基础上预埋螺栓或预留孔至基础边的最小距离（1）

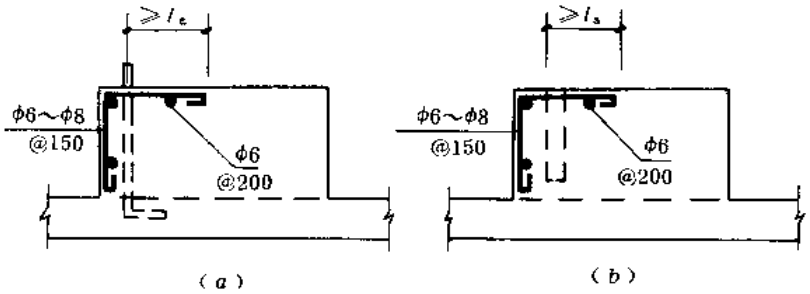


图 2-39　设备基础上预埋螺栓或预留孔至基础边的最小距离（2）

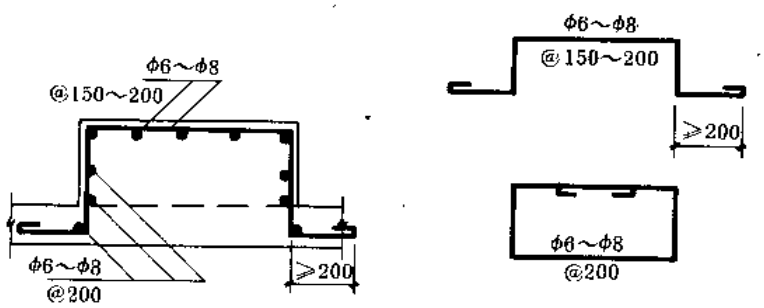


图 2-40　设备基础的构造钢筋配置

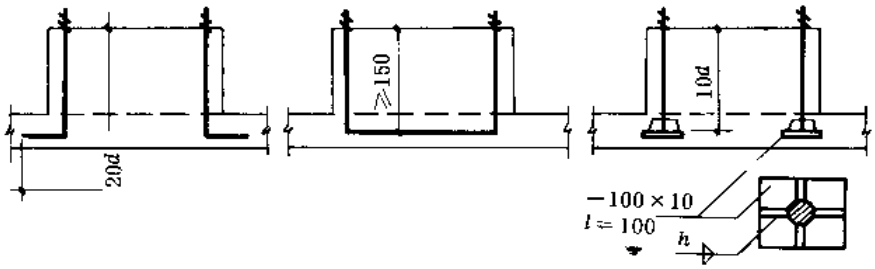


图 2-41　预埋螺栓的埋设长度处理

第十二节　无梁楼盖

（1）无梁楼盖的柱网一般布置成正方形或矩形，以正方形的区格较为经济，跨度通常不超过6m。为节省材料，方便施工，楼盖四周的板最好伸出边柱外。

（2）无梁楼盖的板厚与跨度（矩形网格中为较大跨度）比值参见表2-2，但无梁楼盖的板厚一般采用150mm。

（3）无梁楼盖通常以纵横两个方向划分为柱上板带及跨中板带来进行配筋。划分范围见图2-42。

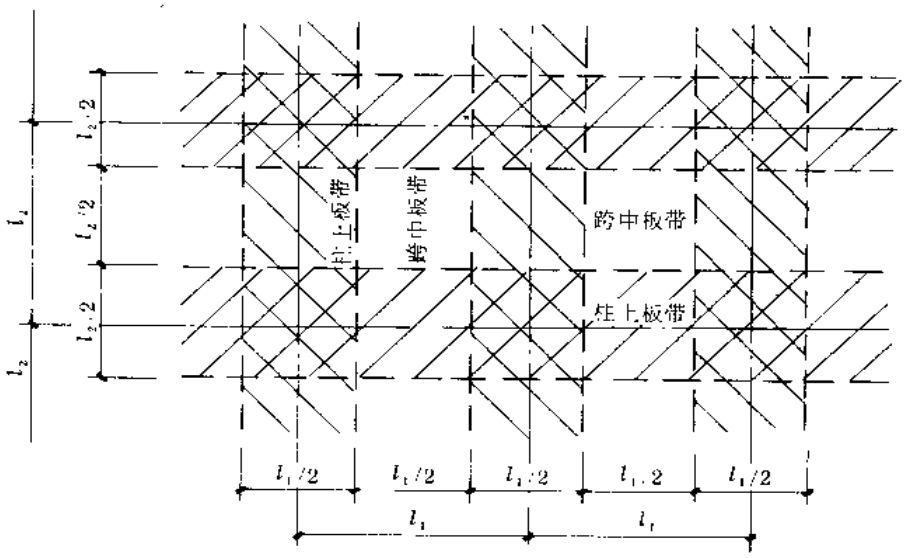


图 2-42　无梁楼盖的板带划分

（4）无梁楼盖的柱帽形式和尺寸一般由冲切强度控制。常用的柱帽形式如图2-43所示，其中图2-43*a*用于轻荷载，图2-43*b*用于重荷载，图2-43*c*受力条件稍次于图2-43*b*，但施工比较方便。

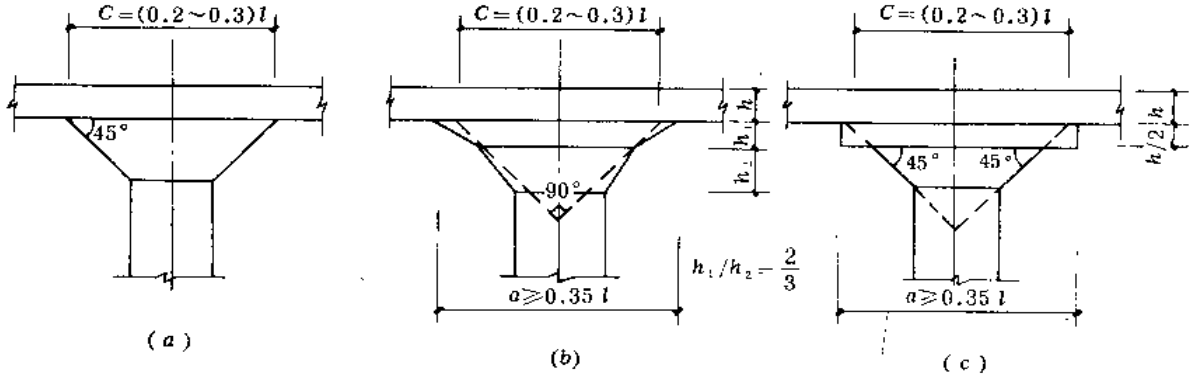


图 2-43　无梁楼盖的柱帽形式

（5）柱帽的配筋形式见图2-44。

（6）无梁楼盖板的配筋：

1）跨中板带和柱上板带的配筋形式分别见图2-45和图2-46。

2）无梁楼盖的周边应设置圈梁，其截面高度应不小于板厚的2.5倍。圈梁除与半个柱上板带一起承受弯矩外，还需承受扭矩，所以应另设置抗扭的构造钢筋。

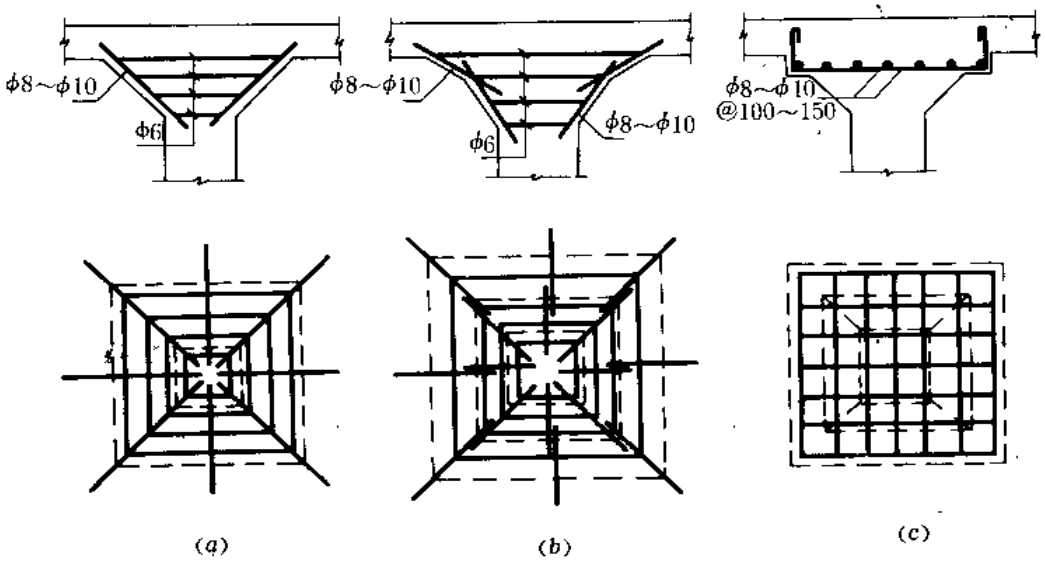


图 2-44　无梁楼盖柱帽的配筋

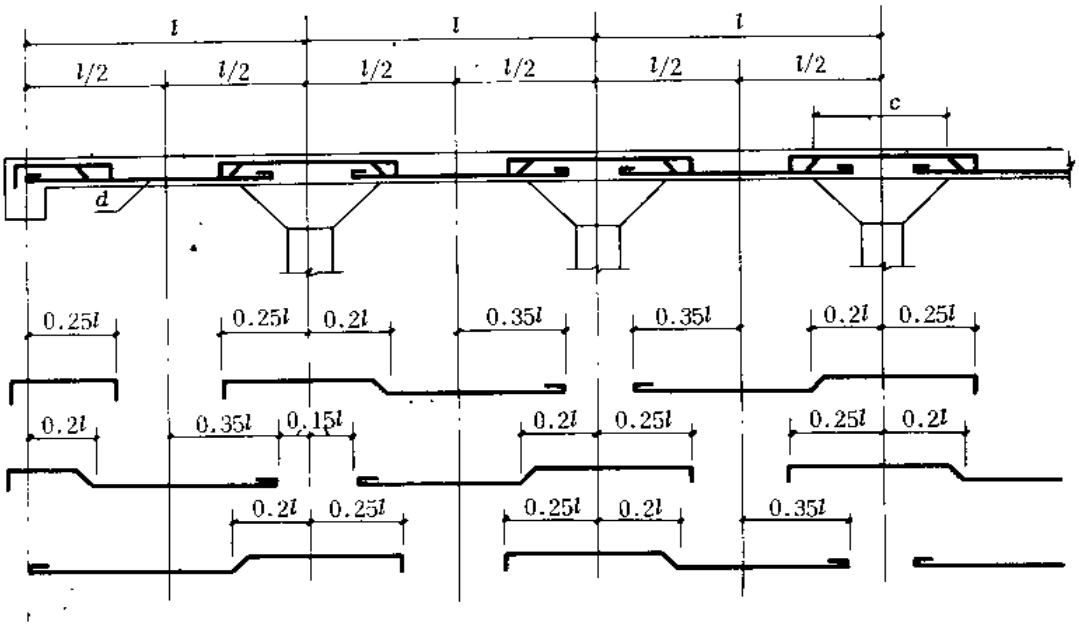


图 2-45　跨中板带的配筋

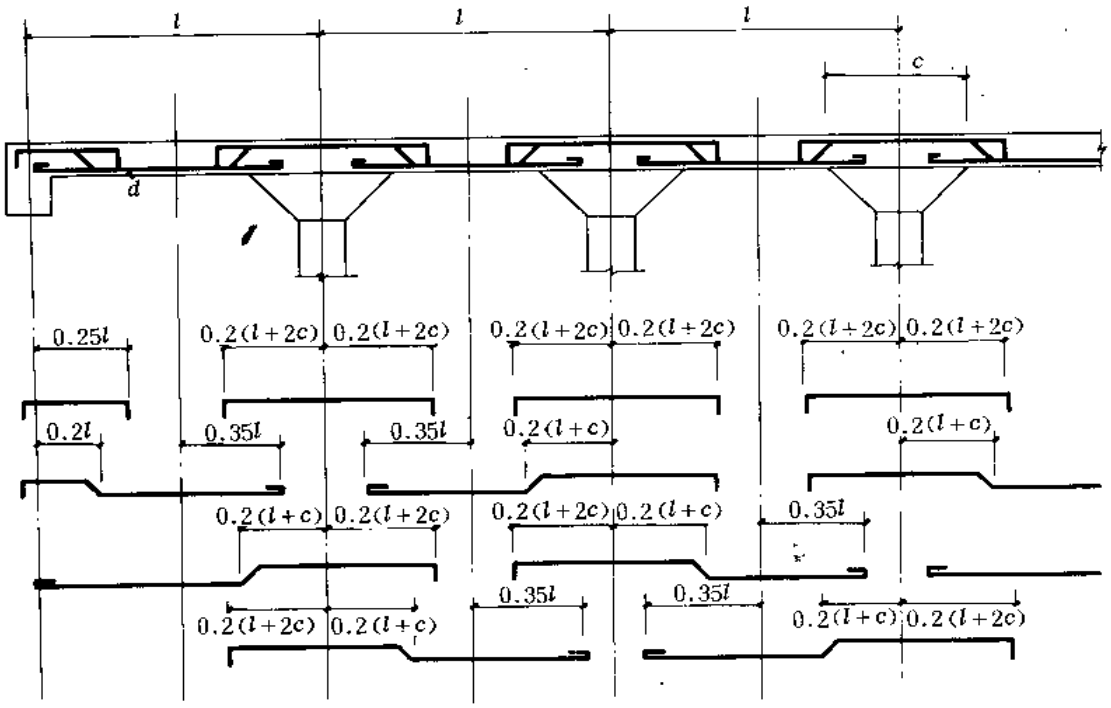


图 2-46　柱上板带的配筋

第三章　梁

第一节　梁截面选择

一、梁的截面高度

（1）梁的截面高度一般为下列数值的倍数：

截面高度 h 小于或等于800mm时，为50mm的倍数；

截面高度 h 大于800mm时，为100mm的倍数。

（2）现浇结构中，一般主梁至少应比次梁高出50mm，如主梁下部钢筋为双排配置时，应高出100mm。

（3）梁的截面高度可参照表3-1确定。一般不需作挠度验算的最小截面高度，应符合国家标准《混凝土结构设计规范》（GBJ 10—89）的要求。

梁的截面高度　　表 3-1

构件种类		简支	两端连续	悬臂
整体肋形梁	次梁	$l/20$	$l/25$	$l/8$
	主梁	$l/12$	$l/15$	$l/6$
独立梁		$l/12$	$l/15$	$l/6$

注：1. l 为梁的计算跨度。

2. 梁的跨度 l 大于或等于9m时，表中数值应乘以1.2系数。

二、梁的截面宽度

（1）现浇结构中，主梁的截面宽度不应小于200mm；次梁的截面宽度不应小于150mm。预制结构中，I形、T形梁的翼缘宽度及矩形梁的截面宽度不应小于 $l/40$（l 为梁的跨度）。

（2）梁的截面宽度宜采用150、180或200mm，如大于200mm时，一般应为50mm的倍数。

（3）梁截面的高宽比 h/b 一般在下列范围内采用：

矩形截面，$h/b=2.0\sim3.5$；

T形截面，$h/b=2.5\sim4.0$。

第二节　梁的纵向受力钢筋

一、纵向受力钢筋的直径及净距

（1）绑扎骨架的钢筋混凝土梁，其纵向受力钢筋的最小直径应符合表3-2的规定，最大直径一般不宜大于28mm。

纵向受力钢筋的最小直径　　表 3-2

梁高 h（mm）	＜300	300≤h＜500	≥500
直径（mm）	6	10	12

（2）梁内纵向钢筋的净距不应小于钢筋直径，且梁上部纵向钢筋的净距不应小于30mm和 $1.5d$（d 为钢筋的最大直径），下部纵向钢筋的净距不应小于25mm和 d。梁的下部纵向钢筋配置多于两层时，第三层及第三层以上的钢筋在水平方向的中距应比下面两层钢筋的中

距增大一倍，如图3-1所示。

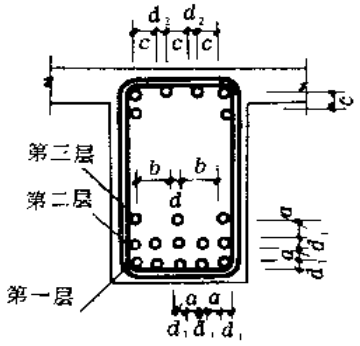


图 3-1　梁内纵向钢筋的排列

d_1、d_2 为受力钢筋直径；$c \geqslant d_2$，且 $c \geqslant 30$mm；

$a \geqslant d_1$，且 $a \geqslant 25$mm；$b \geqslant 2a$ 或 $b \geqslant 2d_1$

（3）伸入梁的支座范围内纵向受力钢筋数量：当梁宽为150mm 及以上时，不应少于两根；当梁宽小于150mm 时，可为一根。

二、纵向受力钢筋的锚固

（1）钢筋混凝土简支梁的下部纵向受力钢筋伸入支座内的锚固长度 l_{as} 应符合下列条件：

1）当 $V \leqslant 0.07 f_c b h_0$ 时　　$l_{as} \geqslant 5d$

2）当 $V > 0.07 f_c b h_0$ 时 Ⅲ 级钢筋，$l_{as} \geqslant 10d$；

Ⅱ 级钢筋，$l_{as} \geqslant 12d$；

Ⅰ 级钢筋，$l_{as} \geqslant 15d$（另加弯钩）

3）焊接骨架中采用光面钢筋作为纵向受力钢筋时，应在锚固长度 l_{as} 内加焊横向钢筋：当 $V \leqslant 0.07 f_c b h_0$ 时，至少一根，见图3-2a；当 $V > 0.07 f_c b h_0$ 时，至少两根，见图3-2b。

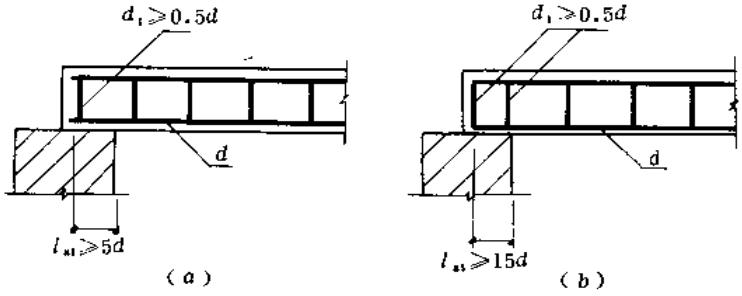


图 3-2　边支座纵向钢筋的锚固（1）

横向钢筋的直径不应小于纵向受力钢筋直径的一半。同时，加焊在最外边的横向钢筋应靠近纵向钢筋末端。

4）混凝土强度等级小于或等于 C25的简支梁，在距支座边 1.5h 范围内作用有集中荷载（包括作用有多种荷载，且其中集中荷载对支座截面所产生的剪力值的75%以上的情况），且 $V > 0.07 f_c b h_0$ 时，对 Ⅱ、Ⅲ 级钢筋宜采用附加锚固措施或取锚固长度 $l_{as} \geqslant 15d$。

（2）钢筋混凝土简支梁的下部纵向受力钢筋伸入梁支座的锚固长度不符合上述规定时，必须采取下列锚固措施，但伸入支座的水平长度 l_{as} 不宜小于 $5d$。

1）在梁端将纵向受力钢筋向上弯，并将弯折部分计入锚固长度内，见图3-3。

2）将纵向受力钢筋焊在构件支座的预埋件上，见图3-4。

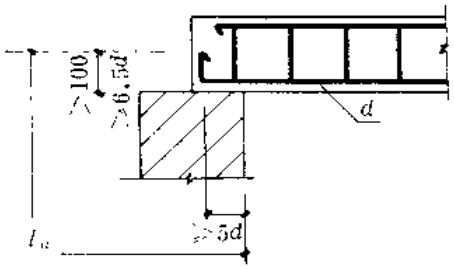


图 3-3　边支座纵向钢筋的锚固（2）

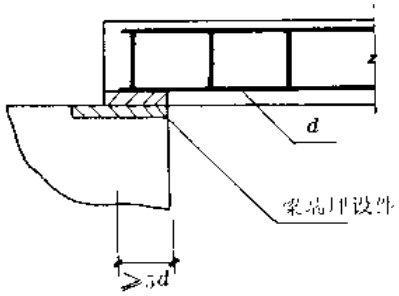


图 3-4　边支座纵向钢筋的锚固（3）

3）采取下列措施之一，可将正常锚固长度减少5d。

a. 纵向受力钢筋端头加焊锚固钢筋，见图3-5a。

b. 纵向受力钢筋端头加焊锚固钢板，见图3-5b。

c. 在梁端 $l_a+1.5h$ 区段内，箍筋面积较计算需要的增加50%，见图3-5c。

（3）支承在砖墙或砖柱上的简支梁，支座处的弯起钢筋及构造负筋的锚固长度 l_a 应满足图3-6的要求。

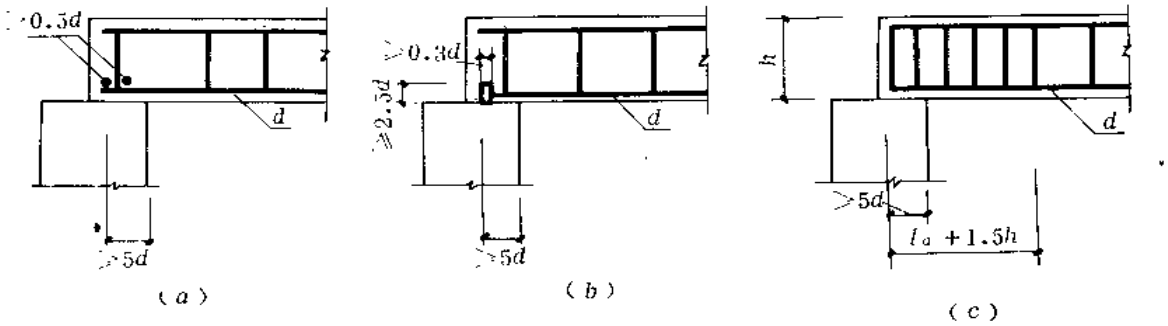


图 3-5　边支座纵向钢筋的锚固（4）

（4）梁与梁或梁与柱的整体连接，在计算中按简支考虑时，支座处的弯起钢筋及构造负筋的锚固长度 l_a 应满足图3-7的要求。

图3-6、图3-7中的①号构造钢筋如利用架立钢筋或另配置钢筋时，其截面面积不少于跨中下部纵向受力钢筋截面面积的四分之一，且不少于两根。

（5）中间支座上纵向受力钢筋的锚固：

1）连续梁或框架梁的上部纵向钢筋应贯穿其中间支座或中间节点范围。

2）当梁的中间支座下部计算不需设置受压钢筋也不出现正弯矩时，一般将下部纵向受力钢筋伸至支座中心线，且不小于 $V>0.07f_cbh_0$ 时规定的锚固长度 l_{as}，见图3-8。

3）当梁的中间支座下部计算需配置受压钢筋时，一般将下部纵向受力钢筋伸至支座中心线，且不小于规定的受压钢筋搭接长度 l_a（图3-9）。所有伸至支座的纵向钢筋均可在同一截面上搭接。

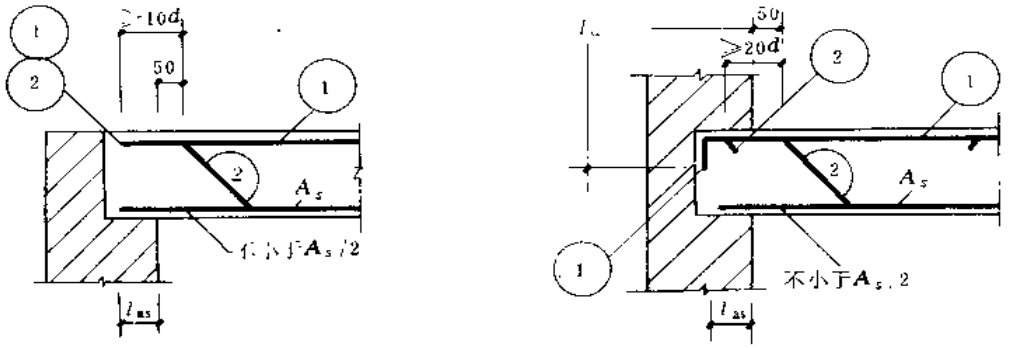


图 3-6　边支座纵向钢筋的锚固（5）

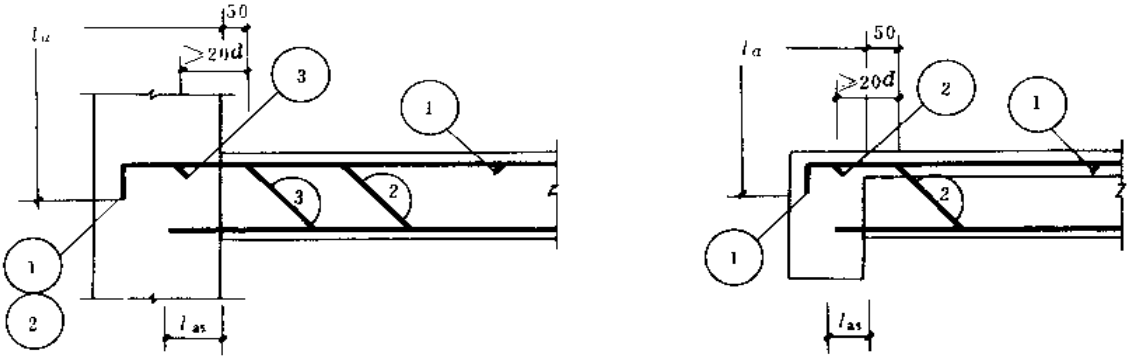


图 3-7　边支座纵向钢筋的锚固（6）

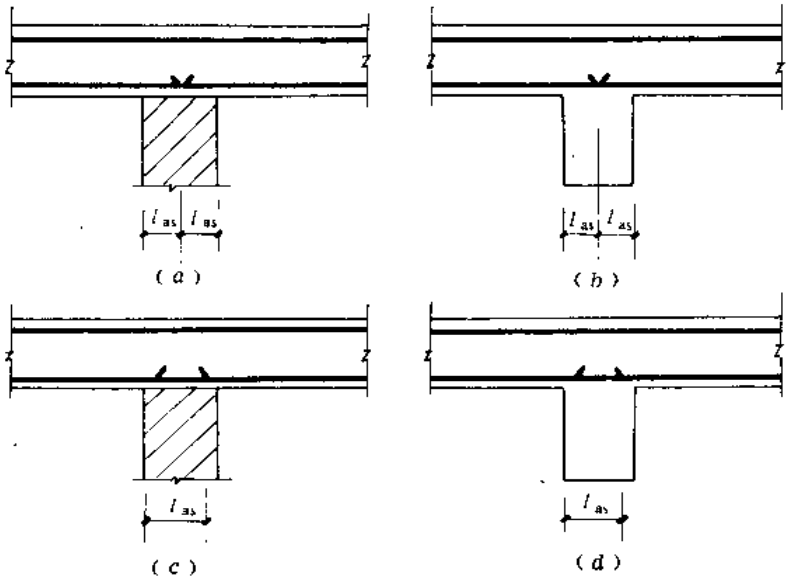


图 3-8　中间支座纵向钢筋的锚固（1）

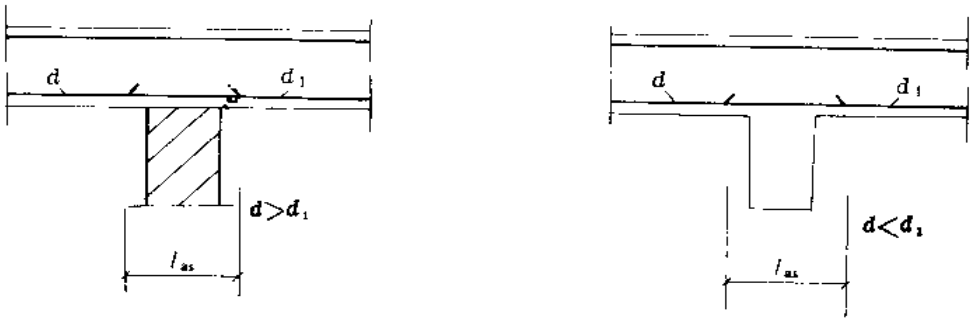


图 3-9　中间支座纵向钢筋的锚固（2）

4）当梁的中间支座下部计算需配置受拉钢筋时，其纵向受力钢筋伸入支座的锚固长度应不小于规定的受拉钢筋的搭接长度 l_l，见图3-10。所有伸至支座的纵向钢筋均可在同一截面上搭接。

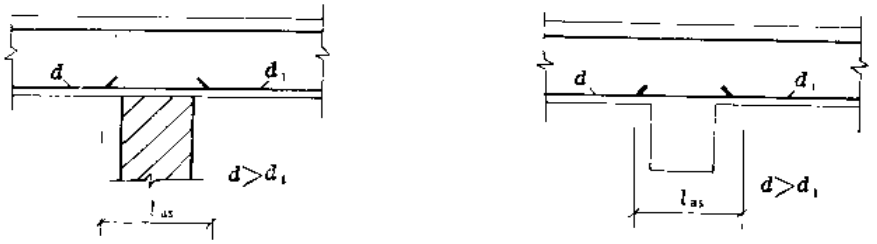


图 3-10　中间支座纵向钢筋的锚固（3）

三、支座受力钢筋

（1）承受均布荷载的不等跨梁（跨度相差大于20%）以及承受集中荷载的各种梁的中间支座负弯矩钢筋的长度，应按弯矩图决定。

（2）承受均布荷载的等跨或跨度相差不大于20%的次梁，当其荷载 $P/q \leqslant 3.0$时，中间支座的负弯矩钢筋可参照图3-11配置。

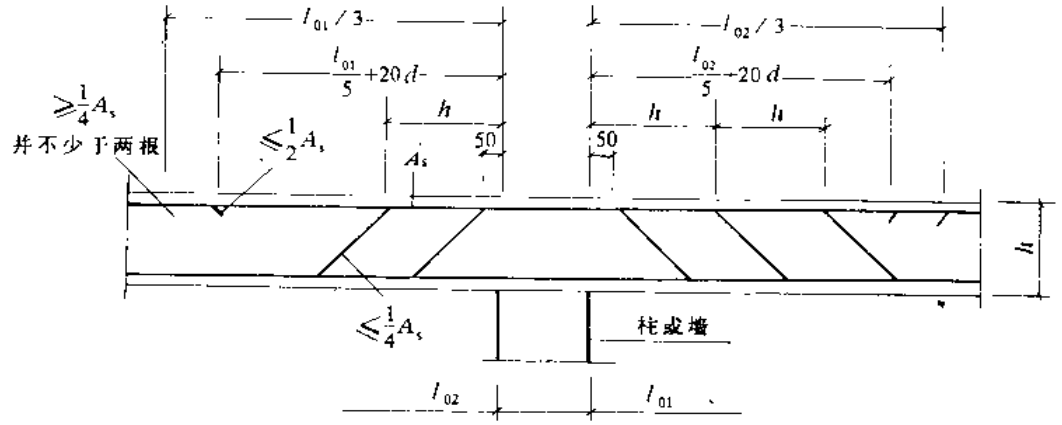


图 3-11　中间支座的负弯矩钢筋配置

l_n、l_{01} 梁的净跨；A_s 支座处计算所需负钢筋总面积；P 均布活荷载；q 均布静荷载

(3) 梁的端支座如按简支计算时，应按图3-12设置构造钢筋。

(4) 梁的端支座如按嵌固计算时，应根据计算配置支座负钢筋，见图3-13。

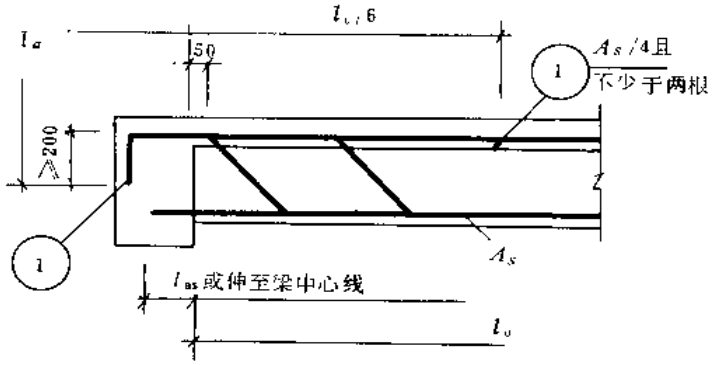


图 3-12 端支座按简支计算时的钢筋配置

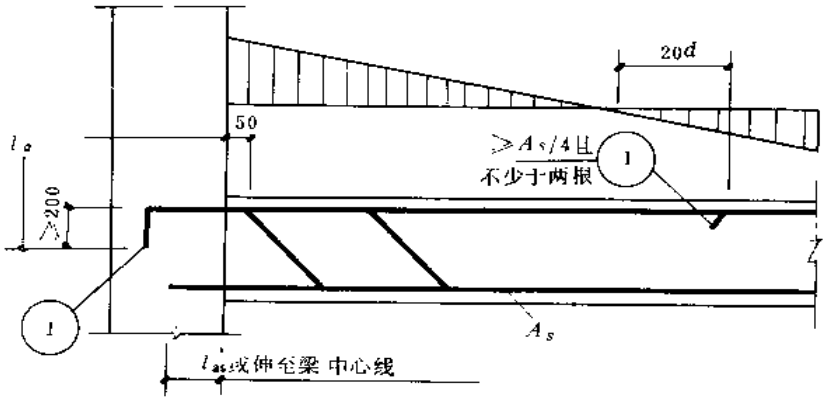


图 3-13 端支座按嵌固计算时的钢筋配置

四、纵向受力钢筋的弯起

(1) 在采用绑扎骨架的钢筋混凝土梁中，承受剪力的钢筋，宜优先采用箍筋。弯起钢筋应根据计算配置。

(2) 位于梁底层两侧的钢筋不应弯起。

(3) 弯起钢筋的弯起角度一般为45°，梁高 h 大于800mm 时，可为60°；梁高较小，并有集中荷载时，可为30°。

(4) 弯起钢筋的弯终点外应留有锚固长度，其长度在受拉区不应小于20d，在受压区不应小于 10d；对 I 级钢筋在末端尚应设置弯钩，见图3-14。

(5) 弯起钢筋应在同一截面中与梁轴线对称成对弯起，当两个截面中各弯起一根钢筋时，这两根钢筋也应沿梁轴线对称弯起。弯起一般按先第一排后第二排，先外侧后内侧的顺序进行。

(6) 在梁的受拉区中，弯起钢筋的弯起点，可在按正截面受弯承载力计算不需要该钢筋的截面面积之前弯起，但弯起钢筋与梁中心线的交点，应在不需要该钢筋的截面以外；同时，弯起点与按计算充分利用该钢筋的截面之间的距离，不应小于 $h_0/2$，见图3-15。

(7) 当按计算需设置弯起钢筋时，前一排（对支座而言）的弯起点至后一排的弯终点

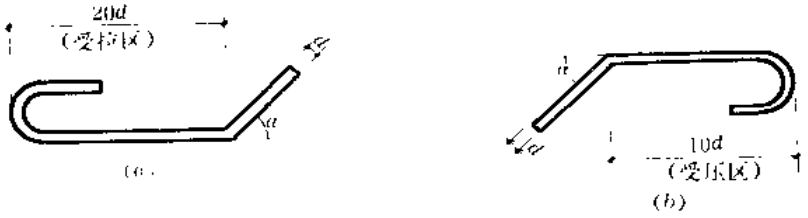


图 3-14　弯起钢筋的末端长度
a　受拉区；*b*　受压区

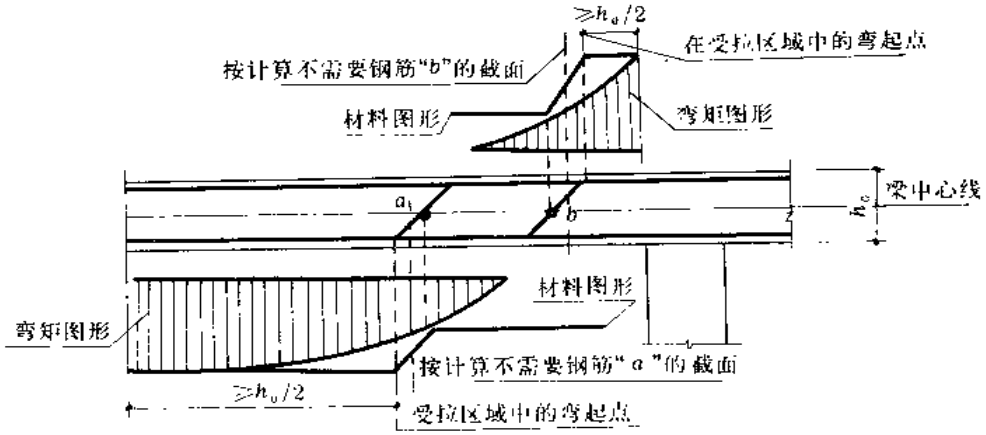


图 3-15　受拉区中弯起钢筋的弯起点位置

的距离 S_{max} 不应大于表3-3中 $V>0.07f_cbh_0$ 栏的规定，见图3-16。对需要进行疲劳验算的梁，除应满足表3-3的规定外，其距离尚不应大于 $h_0/2$。

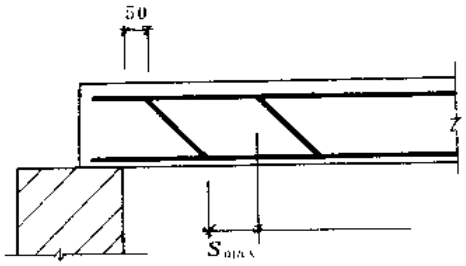


图 3-16　弯起钢筋的距离

(8) 第一排弯起钢筋的弯终点距支座边缘的距离不应大于50mm。

(9) 当纵向钢筋不能在需要弯起的地方弯起，或弯起钢筋不能承受剪力时，需增设附加斜钢筋（鸭筋），不准采用"浮筋"，见图3-17。

(10) 当主梁和次梁纵横交叉时，主、次梁的弯起钢筋高度参见图3-18。

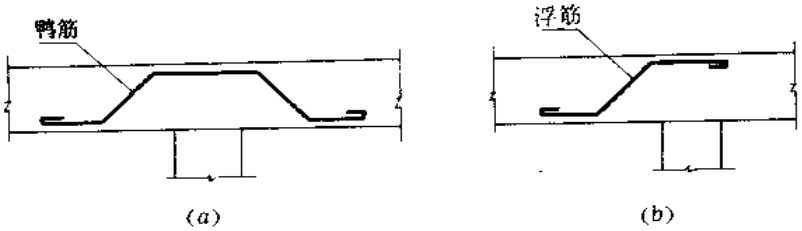


图 3-17　附加斜钢筋（鸭筋）的设置

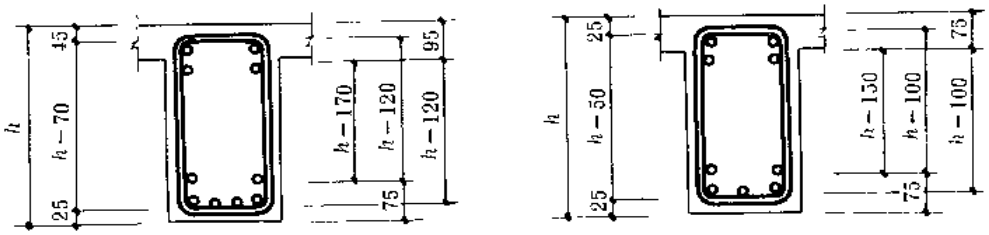


图 3-18　主、次梁的弯起钢筋高度

图中尺寸均为纵向钢筋的上或下表面尺寸，

保护层为25mm

第三节　箍　　筋

一、构造箍筋的设置

如按计算不需要箍筋的梁，截面高度大于300mm 时，仍应沿梁的全长设置箍筋；当截面高度为150～300mm 时，可仅在梁的端部各1/4跨度范围内设置箍筋，但当梁的中部1/2跨度范围内有集中荷载作用时，则应沿梁的全长配置箍筋；截面高度为150mm 以下时，可不设置箍筋。

梁支座处的箍筋从梁边（或墙边）50mm 开始放置，见图3-19。

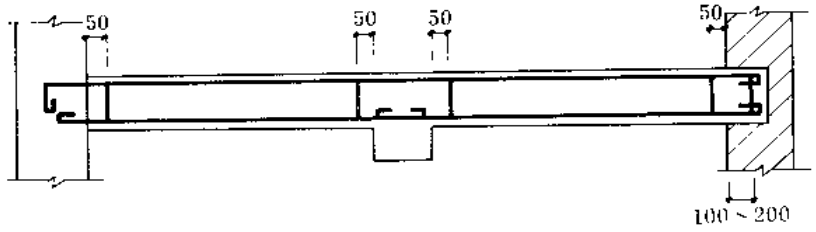


图 3-19　箍筋配置

二、箍筋间距

（1）梁中箍筋的最大间距宜符合表3-3的规定。

梁中箍筋最大间距，mm 表 3-3

梁　　高　h（mm）	$V>0.07f_cbh_0+0.05N_{p0}$	$V\leqslant 0.07f_cbh_0+0.05N_{p0}$
$150<h\leqslant 300$	150	200
$300<h\leqslant 500$	200	300
$500<h\leqslant 800$	250	350
$h>800$	300	500

注：当 $V>0.07f_cbh_0$ 时，箍筋的配筋率 $\rho_{sv}\left(\rho_{sv}=\frac{A_{sv}}{bs}\right)$ 不应小于 $0.02f_c/f_{yv}$。

式中　A_{sv} —— 同一截面各肢竖向或水平箍筋的全部截面面积；

f_{yv} —— 附加横向钢筋的抗拉强度设计值；

b —— 梁宽；

s —— 箍筋间距；

N_{p0} —— 混凝土法向预应力为零时，预应力钢筋的合力或先张法构件预应力钢筋的合力。

（2）当梁中配有计算需要的纵向受压钢筋时，箍筋应成封闭式；箍筋的间距在绑扎骨架中不应大于$15d$，在焊接骨架中不应大于$20d$（d为纵向受压钢筋的最小直径），同时在任何情况下均不应大于400mm；当一层内的纵向受压钢筋多于3根时，应设置复合箍筋；当一层内的纵向受压钢筋多于5根且直径大于18mm时，箍筋间距不应大于$10d$。

当梁的宽度不大于400mm、且一层内的纵向受压钢筋不多于4根时，可不设置附合箍筋。

（3）在梁中纵向受力钢筋的搭接长度l_l范围内，搭接钢筋受拉时，其箍筋间距不应大于$5d$；搭接钢筋受压时，其箍筋间距不应大于$10d$。d为受力钢筋的最小直径。

（4）梁中配有两片及两片以上的焊接骨架时，应设置横向连系筋，并用点焊或绑扎方法使其与骨架的纵向钢筋连成一体。横向连系钢筋的间距不应大于500mm，且不宜大于梁宽的两倍。当梁设置有计算需要的纵向受压钢筋时，横向连系钢筋的间距尚应符合下列要求：点焊时不应大于$20d$，绑扎时不应大于$15d$。d为纵向受压钢筋中的最小直径。

三、箍筋直径

（1）箍筋最小直径不应小于表3-4的规定。

梁中箍筋的最小直径，mm 表 3-4

梁　　高　h（mm）	最小直径（mm）	一般采用直径（mm）
$h\leqslant 250$	4	4～6
$250<h\leqslant 800$	6	6～10
$h>800$	8	8～12

注：梁中配有计算需要的纵向受压钢筋时，箍筋直径不应小于$d/4$（d为纵向受压钢筋的最大直径）。

四、箍筋的形式

（1）开口式箍筋只用于无震动荷载或开口处无受力钢筋的现浇式T形梁的跨中部分，见图3-20a、b。

（2）除上述情况外，一般均应采用闭合式箍筋，见图3-20c、d。

五、箍筋的肢数

（1）梁宽b小于350mm时，采用双肢箍筋。

（2）梁宽b大于或等于350mm时，采用四肢箍筋，但构造梁及圈梁除外。

（3）梁中纵向受拉钢筋在一层中多于5根时，宜采用四肢箍筋。

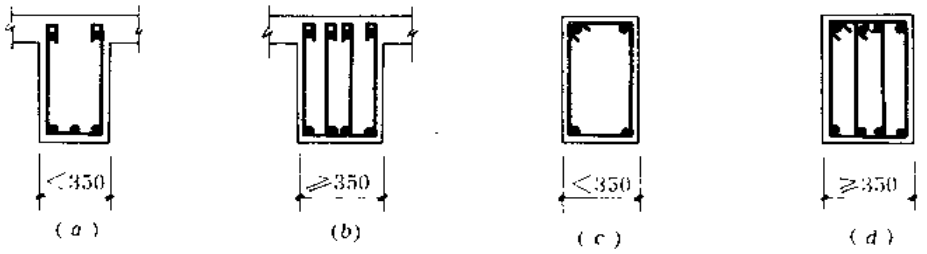


图 3-20 箍筋形式

(4) 四肢箍筋的宽度 b_0 参见表3 5。

四肢箍筋的宽度 b_0 **表 3-5**

梁宽 b (mm)	最下一层的钢筋根数						图形
	5	6	7	8	9	10	b_0
	箍筋中央两肢间的钢筋根数						
	3	2	3	4	3	1	
350	230	190	210	220			
100	270	230	240	260	230	240	
450		250	270	290	260	270	
500			310	330	290	280	

第四节 构造钢筋

一、纵向构造钢筋

1. 架立钢筋

(1) 当梁内配置箍筋、并在梁顶面箍筋转角处无纵向受力钢筋时，应设置架立钢筋。架立钢筋的直径一般不应小于表3-6的规定。

(2) 架立钢筋与受力钢筋的搭接长度应符合下列规定：

架立钢筋的直径 **表 3-6**

梁的计算跨度 (m)	架立钢筋的最小直径 (mm)
$l<4$	6
$4\leqslant l\leqslant 6$	8
$l>6$	10

1) 架立钢筋的直径小于10mm 时，搭接长度为100mm。

2) 架立钢筋的直径大于或等于10mm 时，搭接长度为150mm。

3) 当架立钢筋要承担弯矩时，其搭接长度为 l_a。

4) 绑扎骨架配筋中，采用双肢箍筋时，架立钢筋为两根；采用四肢箍筋时，架立钢筋为四根。

2. 梁侧构造钢筋及拉筋

（1）当梁高 h 大于或等于700mm 时，应在梁的两侧面沿高度每隔300～400mm，设置一根直径不小于10mm 的纵向构造钢筋；当梁高 h 大于或等于1600mm 时，纵向构造钢筋的直径不宜小于12mm。

（2）钢筋混凝土薄腹梁或需要进行疲劳验算的钢筋混凝土梁，应在下部二分之一梁高的腹板内，沿两侧配置纵向构造钢筋，其直径为8～14mm，间距为100～150mm，并按下密上稀的方式布置；在上部二分之一梁高的腹板内，可按上条规定配置纵向构造钢筋。

（3）梁两侧的纵向构造钢筋如属构造配置时，一般伸至梁端即可；若是按计算配置，则在梁端应满足受拉时的锚固长度要求。

（4）梁两侧的纵向构造钢筋宜用拉筋联系。拉筋直径与箍筋相同，其间距为500～700mm，或为箍筋间距的两倍，见图3-21。

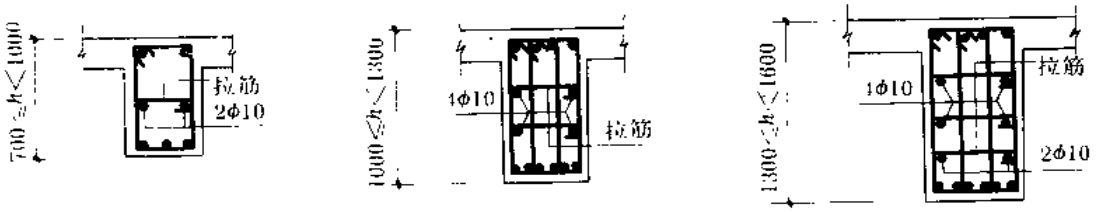


图 3-21　梁内纵向构造钢筋及拉筋布置

二、横向构造钢筋

（1）位于梁下部或在梁截面高度范围内的集中荷载应全部由附加横向钢筋承担。附加横向钢筋（吊筋、箍筋）应布置在长度为 $s = 2h_1 + 3b$ 的范围内，见图3-22。附加横向钢筋应优先采用箍筋。

所需附加横向钢筋的总截面面积按下式计算：

$$A_{sv} \geqslant \frac{F}{f_{yv}\sin\alpha}$$

式中 A_{sv} ——承受集中荷载所需的附加横向钢筋总截面面积；

F ——作用在梁的下部或梁截面高度范围内的集中荷载设计值；

f_{yv} —— 附加横向钢筋的抗拉强度设计值；

α —— 附加横向钢筋与梁轴线间的夹角。

（2）横向构造钢筋的选用原则为：

1）次梁在主梁上部或集中荷载较小时，一般在次梁每侧各配2～3根附加箍筋，见图3-22a；按构造配置时，次梁每侧应不小于两根 ϕ6mm 箍筋。

2）次梁在主梁上部或集中荷载较大时，宜配置附加吊筋，见图3-22b，该附加吊筋不得小于2ϕ12mm。

3）在整体式梁板结构中，次梁位于主梁下部，可按图3-23a 增设吊筋；当梁中预埋钢管或螺栓传递集中荷载时，可按图3-23b、c 配置吊筋。

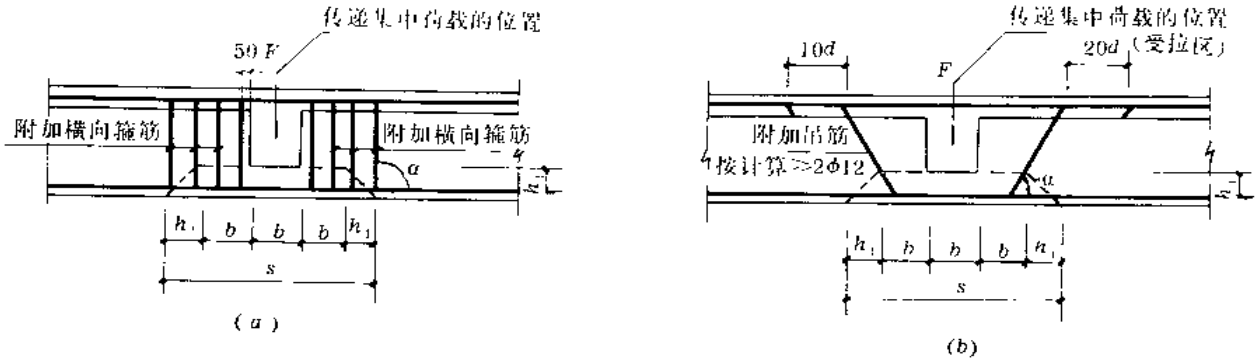


图 3-22　横向附加钢筋的配置（1）

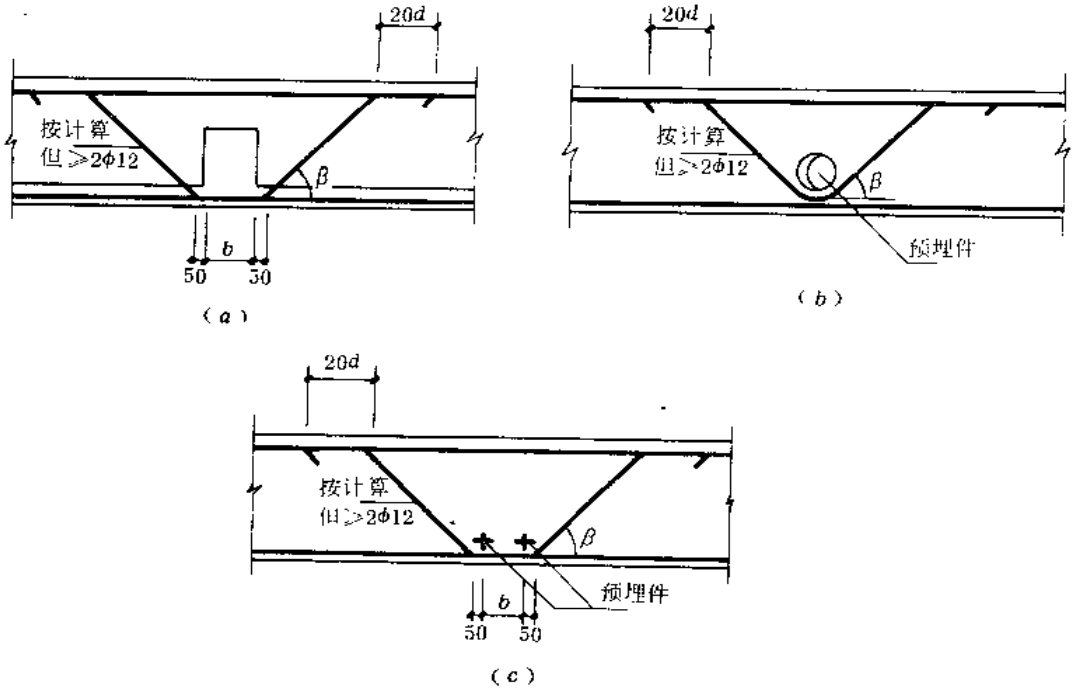


图 3-23　横向附加钢筋的配置（2）

第五节　梁的支承长度

梁的支承长度应满足纵向受力钢筋在支座处的锚固长度要求：

（1）梁支承在砖墙、砖柱上的支承长度 a 为：

梁高 h 小于或等于500mm 时，$a \geqslant 180$mm；

梁高 h 大于500mm 时，$a \geqslant 240$mm。

当支座反力较大时，应验算梁下砌体的局部承压强度，以决定是否需要扩大支承面积。

（2）梁支承在钢筋混凝土梁（柱）上的支承长度 a 应大于或等于180mm。

（3）钢筋混凝土檩条支承在砖墙上时，$a \geqslant 120$mm；支承在钢筋混凝土梁上时，$a \geqslant 80$mm。

第六节　梁腰孔洞

梁腰上的孔洞应作成圆形，且尽可能布置在拉力和剪力较小处。在梁两侧沿洞口四周应设置构造钢筋。如果梁由于截面减弱而导致强度降低时，应另行验算。洞底与下部受力钢筋的距离应不小于50mm，见图3-24。

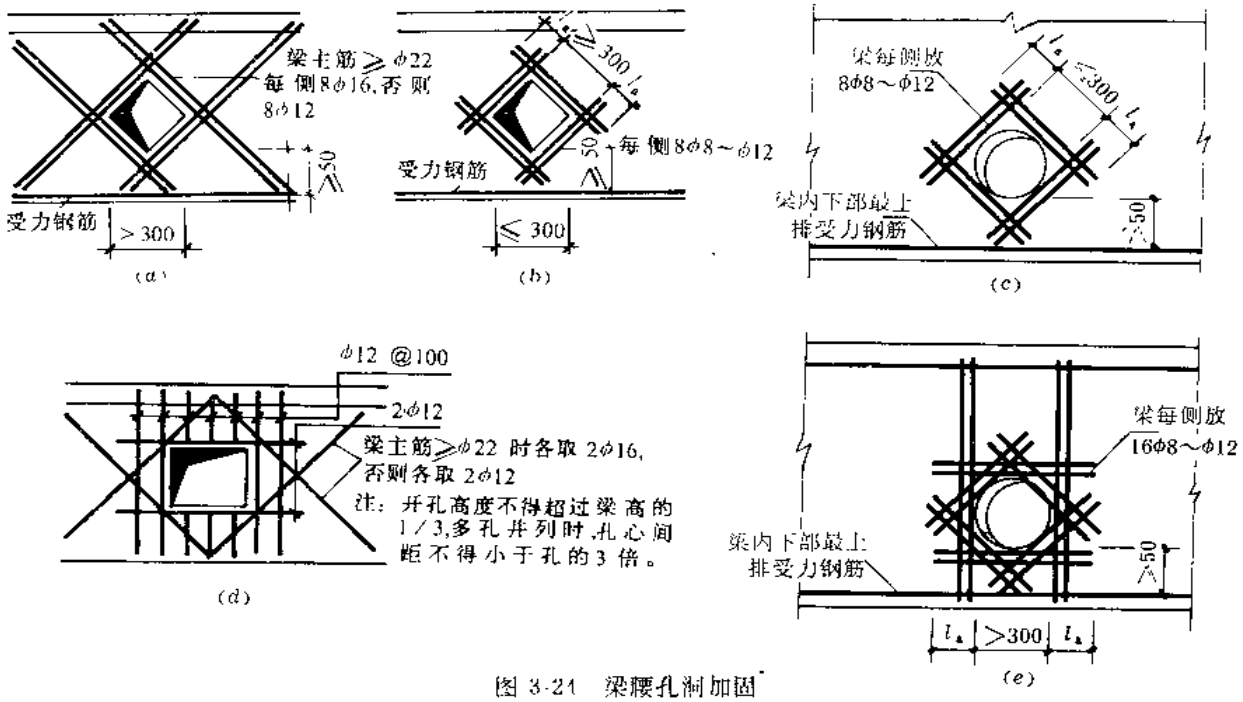


图 3-24　梁腰孔洞加固

第七节　悬　臂　梁

（1）悬臂梁的受力钢筋应按计算确定，并不少于两根，其伸入支座的长度应满足锚固要求。

（2）悬臂梁的弯起钢筋应根据计算确定。如经计算不需要弯起钢筋时，可不配置弯起钢筋，见图3-25。

（3）悬臂梁的下部架立钢筋应不少于两根，其直径也不小于12mm。

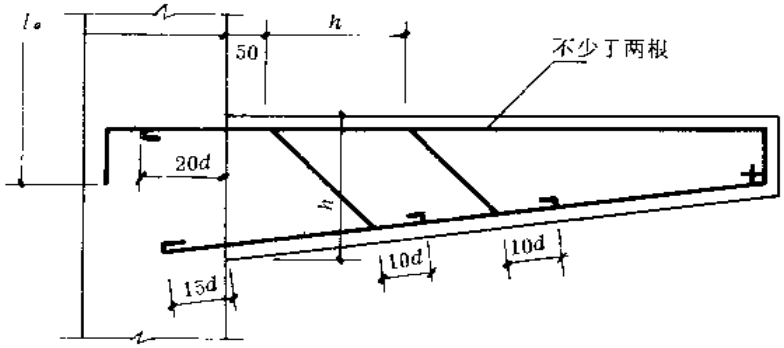


图 3-25　悬臂梁的配筋

第八节　连续梁的支托

连续梁的支托如图3-26所示，其斜钢筋一般采用 2ϕ12mm（双肢箍筋时）或 4ϕ12mm（四肢箍筋时），且总面积不小于跨中钢筋总面积的1/4。支托坡度一般取1:3。

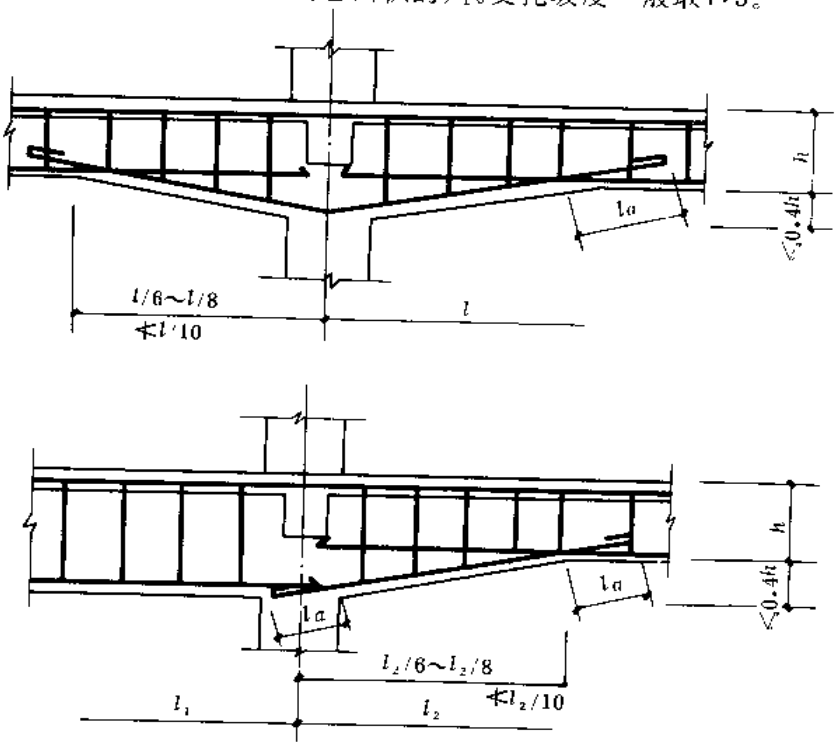


图 3-26　梁支托的配筋

第九节　梁的内折角处配筋

（1）当梁的内折角处于受拉区时，应加密箍筋。该箍筋应足以承受未伸入受压区域的纵向受拉钢筋的合力，且在任何情况下不应小于全部纵向受拉钢筋所承受合力的35%。由箍筋承受的纵向受拉钢筋的合力，可按下式计算，见图3-27。

1）未伸入受压区域的纵向受拉钢筋的合力为：

$$N_{s_1} = 2f_y A_{s_1} \cos\alpha/2$$

2）全部纵向受拉钢筋合力的35%为：

$$N_{s_2} = 0.7 f_y A_s \cos\alpha/2$$

式中　A_s　——纵向受拉钢筋的截面面积；

A_{s_1}　——未伸入受压区域的纵向受拉钢筋的截面面积；

α　——构件的内折角；

f_y　——钢筋抗拉强度设计值。

按上述条件求得的箍筋，应设置在长度 s 范围内，s 值按下式计算：

$$s = h \operatorname{tg} \frac{3}{8}\alpha$$

（2）当梁的内折角 α 大于或等于 160° 时，纵向受拉钢筋可采用折线形，不必断开

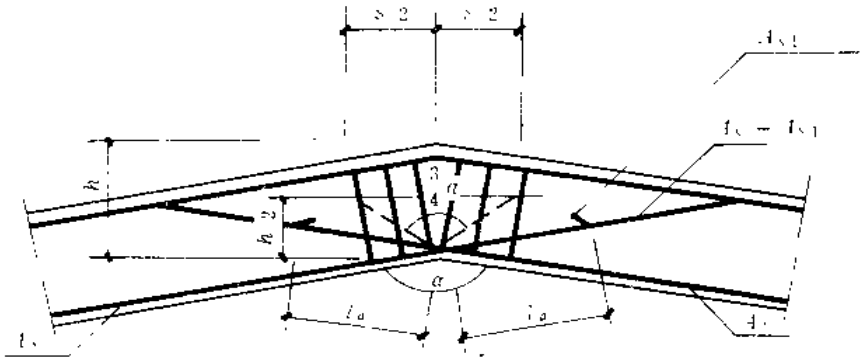


图 3-27　梁的内折角处于受拉区时的配筋

(图 3-28a)，此时在 s 范围内箍筋所承受的拉力为：

$$N_v = 2f_v A_v \cos \alpha/2$$

(3) 当梁的内折角 α 小于 160° 时，可采用图 3-28a 的形式，也可采用在内折角处增加角托的配筋形式，见图 3-28b，此时在 s 范围内箍筋所承受的拉力为：

$$N_v = A_v f_v \cos\alpha/2$$

$$s = 1/2\ h\ \mathrm{tg}\ \frac{3}{8}\alpha$$

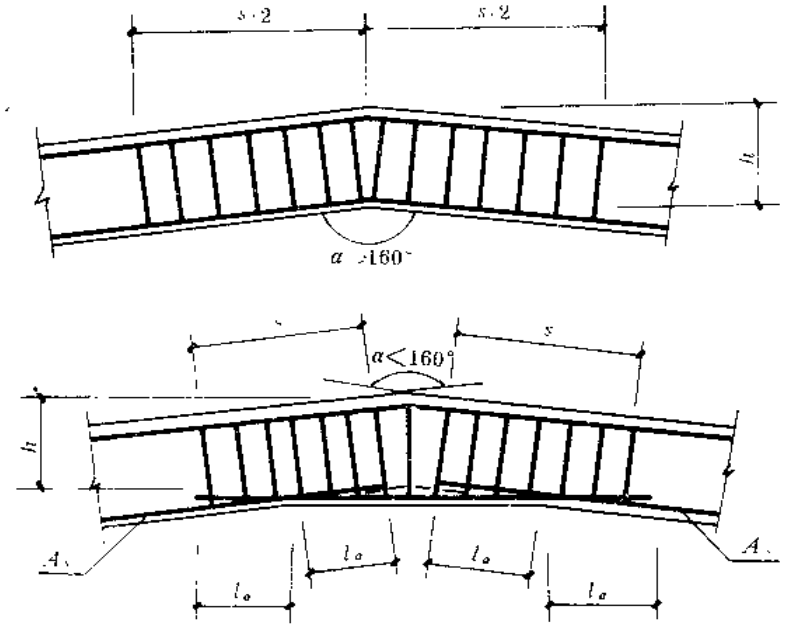


图 3-28　梁的内折角配筋

第十节　受扭及受弯扭梁

(1) 受扭附加纵向钢筋的接头和锚固均按受拉钢筋处理。

（2）箍筋的间距应符合表3-3的规定，且箍筋应制成封闭式；当采用绑扎骨架时，箍筋的末端应做成不小于135°的弯钩，弯钩端头平直段长度不应小于$5d$（d为箍筋直径）和50mm，见图3-29。

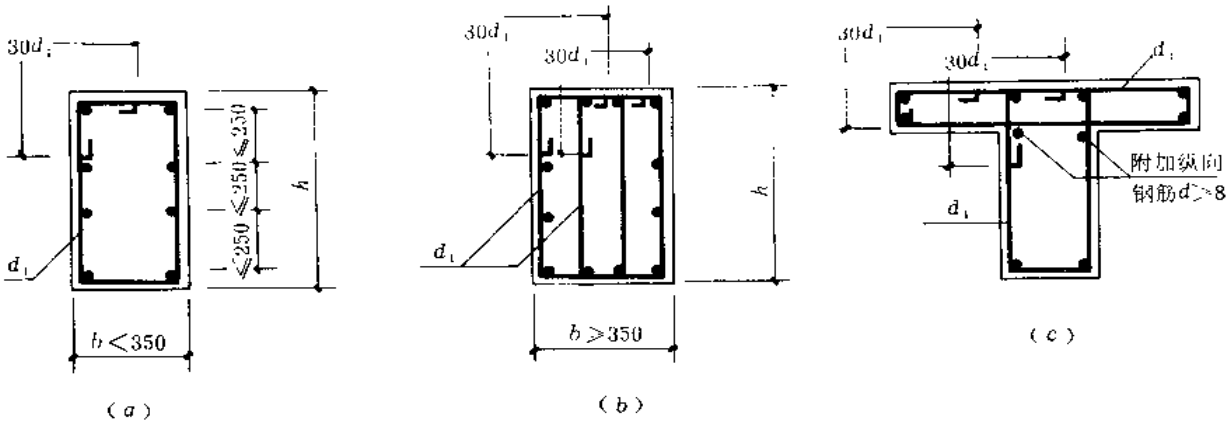


图3-29 受扭及受弯粗梁的箍筋

（3）附加纵向钢筋应尽可能沿截面周界布置，矩形截面在截面的四角必须设置纵向受力钢筋，并沿截面周边对称布置。如截面不是矩形截面时，宜在凹角处设置直径d大于或等于8mm的附加纵向钢筋，见图3-29c。

第十一节 圈 梁

（1）圈梁应连续设置在墙的同一水平面上，并尽可能形成封闭圈，圈梁应与横向墙柱、排架柱、框架柱连接。

（2）圈梁的宽度一般应与墙厚相同。当墙厚d大于或等于240mm时，圈梁宽度不宜小于$2/3d$。圈梁的高度应为砌体每皮厚度的倍数，并不应小于120mm。

（3）当圈梁被门窗洞口切断时，应在洞口上部设置一道附加圈梁，其截面应不小于被切断圈梁的截面。附加圈梁和圈梁的搭接长度l应大于$2h$，且不小于1000mm，见图3-30。

（4）圈梁的纵向钢筋不宜小于4φ10mm，钢筋的锚固搭接长度为$30d$，箍筋间距不宜大于300mm。圈梁的混凝土强度等级，现浇的不宜低于C15，预制的不宜低于C20。

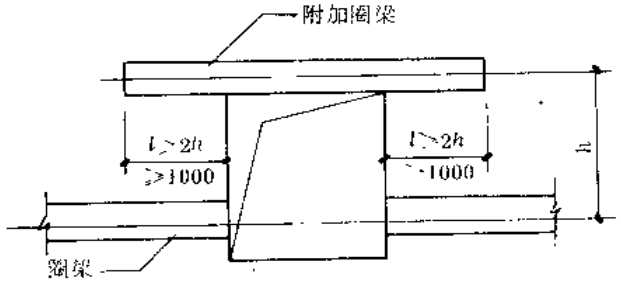


图3-30 圈梁的搭接长度

（5）当圈梁兼作过梁时，过梁部分的配筋应按计算确定。

（6）圈梁可采用现浇或预制装配现浇接头方式，圈梁转角处的配筋构造见图3-31。

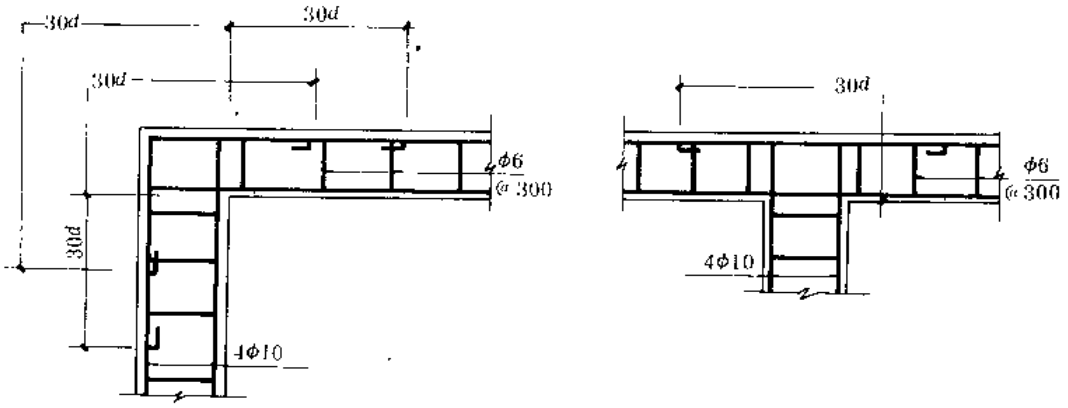


图 3-31　圈梁转角处的配筋构造

第十二节　梁　　垫

(1) 当梁端荷载较大，砖砌体的局部承压力超过允许承载力时，则需加设混凝土或钢筋混凝土梁垫。

(2) 梁垫如能按刚性角传力时，可采用混凝土梁垫；如不能按刚性角传力时，应在梁垫中配置钢筋。

(3) 梁垫厚度 c 不宜小于180mm，梁垫厚度 c 与梁垫尽端至梁边的距离 t 的比值 c/t 宜不小于1，见图3-32。

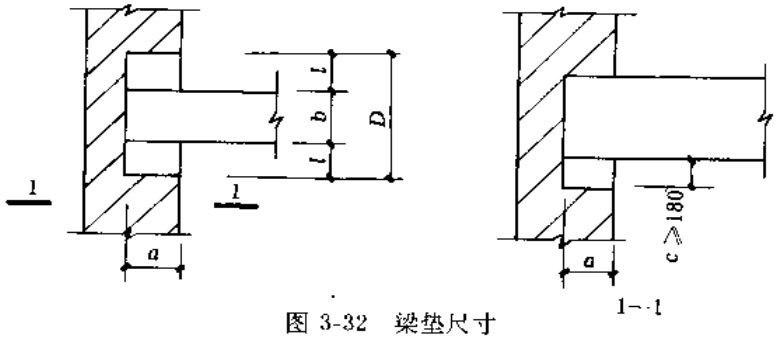


图 3-32　梁垫尺寸

(4) 梁垫按构造要求配置的双层钢筋网的钢筋总用量不应小于梁垫体积的0.5%，且钢筋网片不得小于 φ6mm@200mm，见图3-33*a*。

(5) 当采用绑扎骨架时，梁垫的配筋应采用封闭式箍筋，见图 3-33*b*。

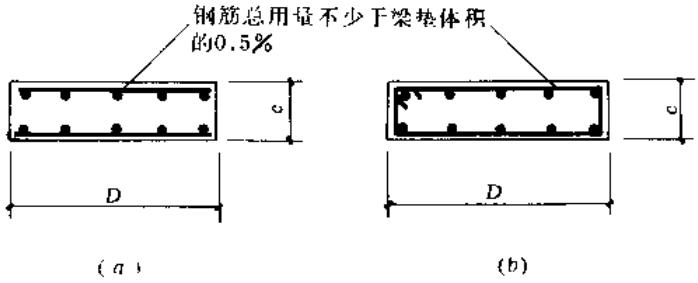


图 3-33　梁垫配筋

第四章　柱

第一节　柱的截面形式和截面尺寸

一、柱的截面形式

柱的截面形式一般可按下列情况选定：

(1) 预制的轴心受压和小偏心受压柱及现浇柱，一般采用矩形截面。

(2) 预制和捣制的大偏心受压柱，可按柱截面高度确定截面形式：

1) 当截面高度 h 小于或等于600mm 时，宜采用矩形截面；

2) 当截面高度 h 大于600mm，且小于或等于1400mm 时，宜采用工字形截面；

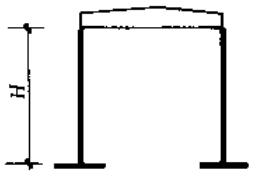
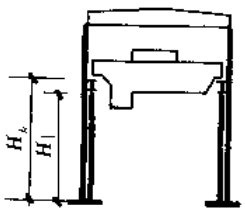
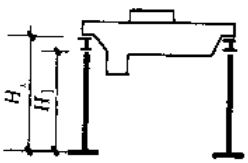
3) 当截面高度 h 大于1400mm 时，宜采用双肢柱。

(3) 露天栈桥柱，一般采用工字形柱，当截面高度 h 大于1400mm 时，可采用双肢柱。

二、柱截面尺寸的拟定

(1) 柱距为6m 的厂房柱和露天栈桥柱的截面最小尺寸，按表4-1确定，此时一般不做刚度验算。

6m 柱距实腹柱截面尺寸　　表 4-1

项目	简图	分项		截面高度 h	截面宽度 b
无吊车厂房		单跨		≥H/18	≥H/30，并≥300mm 管柱 b≥H/105D，≥300mm
		多跨		≥H/20	
有吊车厂房		Q≤10t		H_k/11	≥H/20，并≥100mm 管柱 b≥H/85，D≥100mm
		Q=15～20t	H_k≤10m	≥H_k/11	
			10m<H_k≤12m	H_k/12	
		Q=30t	H_k≤10m	≥H_k/9	
			H_k≥12m	≥H_k/10	
		Q=50t	H_k≤11m	H_k/9	
			H_k≥13m	H_k/11	
		Q75～100t	H_k≤12m	H_k/9	
			H_k≥14m	H_k/8	
露天栈桥		Q≤10t		H_k/10	≥H_1/25，并≥500mm 管柱 b≥H_1/70，D≥100mm
		Q=15～30t	H_k≤12m	H_k/9	
		Q=50t	H_k≤12m	H_k/8	

注：1. 表中 Q 为吊车起重量，H 为基础顶至柱顶的总高度，H_k 为基础顶至吊车梁顶的高度，H_1 为基础顶至吊车梁底

的高度，r 为管柱的单管回转半径，D 为管柱的单管外径

2. 当采用平腹杆双肢柱时，截面高度 h 应乘以系数1.1，采用斜腹杆双肢柱时，截面高度 h 应乘以系数1.05

3. 表中有吊车厂房的柱截面高度系按重级工作制考虑的，如为中、轻级工作制，应乘以系数0.95

4. 当厂房柱距为12m时，柱的截面尺寸宜乘以系数1.1。

（2）柱顶端为不支点（复式排架如带有贮仓）时，有吊车厂房的柱截面可按下列情况确定：

当 $Q\leqslant 10t$ 时，h 为 $\frac{H_k}{16}\sim\frac{H_k}{18}$，$b\geqslant\frac{H}{30}$，且 $b\geqslant 300mm$；

当 $Q>10t$ 时，h 为 $\frac{H_k}{14}\sim\frac{H_k}{16}$，$b\geqslant\frac{H}{25}$，且 $b\geqslant 400mm$。

（3）山墙柱、壁柱的上柱截面尺寸（$h\times b$）不宜小于350×300mm，下柱截面尺寸应满足下列尺寸要求：

截面高度 $h\geqslant\frac{1}{25}H_{s_1}$ 且 $h\geqslant 600mm$；

截面宽度 $b\geqslant\frac{1}{35}H_{s_1}$，且 $b\geqslant 350mm$。

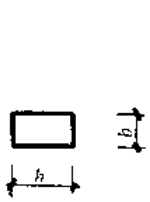
式中，H_{s_1} 为自基础顶面至屋架或抗风桁架与壁柱连结的较低连结点的距离，H_{s_1} 为柱宽方向两支点间的最大间距。

壁柱与屋架及基础的连结点均可视为柱宽方向的支点；在柱高范围内，与柱有钢筋拉结的墙梁及与柱刚性连结的大型墙板亦可视为柱宽方向的支点。

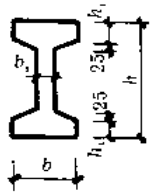
三、常用柱截面尺寸

单层厂房钢筋混凝土柱的截面选择尺寸见表4-2。

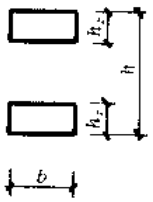
单层厂房钢筋混凝土柱的截面选择尺寸 表 4-2



矩形



工字形



双肢

单层厂房边柱

吊车起重量 (t)	轨顶标高 (m)	6m 柱距 上柱	6m 柱距 下柱	12m 柱距 上柱	12m 柱距 下柱
≤5	6～7.8	矩400×400	矩100×600	矩400×400	I 100×700×100×100
10	8.1	矩100×100	I 100×700×100×100 (矩100×600)	矩100×100	I 100×800×150×100
	10.2	矩100×100	I 400×800×150×100 (I 100×700×100×100)	矩100×100	I 400×900×150×100

续表 1 2

吊车起重量 (t)	轨顶标高 (m)	6m 柱距 上柱	6m 柱距 下柱	12m 柱距 上柱	12m 柱距 下柱
15～20	8.4	矩400×100	I 100×900×150×100 (I 400×800×150×100)	矩100×400	I 400×1000×150×100 (I 400×900×150×100)
	10.2	矩100×100	I 400×1000×150×100 (I 100×900×150×100)	矩400×100	I 400×1100×150×100 (I 400×1000×150×100)
	12.0	矩500×400	I 500×1000×200×120 (I 500×900×150×120)	矩500×100	I 500×1100×200×120 (I 500×1000×200×120)
30/5	10.2	矩500×500 (矩400×500)	I 500×1000×200×120 (I 100×1000×150×100)	矩500×500	I 500×1100×200×120 (I 500×1000×200×120)
	12.0	矩500×500	I 500×1100×200×120 (I 500×1000×200×120)	矩500×500	I 500×1200×200×120 (I 500×1100×200×120)
	14.4	矩600×500	I 600×1200×200×120	矩600×500	I 600×1300×200×120 (I 600×1200×200×120)
50/10	10.2	矩500×600	I 500×1200×200×120 (I 500×1100×200×120)	矩500×600	I 500×1400×200×120 (I 500×1200×200×120)
	12.0	矩500×600	I 500×1300×200×120 (I 500×1200×200×120)	矩500×600	I 500×1400×200×120
	14.0	矩600×600	I 600×1400×200×120	矩600×600	双600×1600×300 (I 600×1400×200×120)
75/20	12.0	矩600×900	I 600×1400×200×120	矩600×900	双600×1800×300 (双600×1600×300)
	11.4	矩600×900	双600×1600×300	矩600×900	双600×2000×350 (双600×1600×300)
	16.2	矩700×900	双700×1800×300	矩700×900	双700×2000×250
100/20	12.0	矩600×900	双600×1600×300	矩600×900	双600×2000×350 (双600×1800×300)
	14.4	矩600×900	双600×1800×300 (双600×1600×300)	矩600×900	双600×2200×350 (双600×2000×350)
	16.2	矩700×900	双700×2000×350	矩700×900	双700×2200×350
≤5	6～7.8	矩100×600	矩400×600	矩400×600	矩100×800
10	8.4 10.2	矩100×600 矩100×600	I 400×800×100×100 I 400×900×150×100	矩500×600 矩500×600	I 500×1100×200×120 I 500×1100×200×120

吊车起重量 (t)	轨顶标高 (m)	6m 柱距 上柱	6m 柱距 下柱	9m 柱距 上柱	9m 柱距 下柱
15~20	8.4	矩400×600	I 400×900×150×100 (I 400×800×150×100)	矩500×600	双500×1600×300
	10.2	矩400×600	I 400×1000×150×100 (I 400×800×150×100)	矩500×600	双500×1600×300
	12.0	矩500×600	I 500×1000×150×120	矩500×600	双500×1600×300
30~5	10.2	矩500×600	I 500×1100×200×120	矩500×700	双500×1600×300
	12.0	矩500×600	I 500×1200×200×120	矩500×700	双500×1600×300
	14.4	矩600×600	I 600×1200×200×120	矩600×700	双600×1600×300
	10.2	矩500×700	I 500×1300×200×120	矩600×700	双600×1800×300
50~10	12.0	矩500×700	I 500×1100×200×120	矩600×700	双600×1800×300
	14.4	矩600×700	I 600×1100×200×120	矩600×700	双600×1800×300
75~20	12.0	矩600×900	双600×2000×350	矩600×900	双600×2000×350
	14.4	矩600×900	双600×2000×350	矩600×900	双600×2000×350
	16.2	矩700×900	双700×2000×350	矩700×900	双600×2000×350
100~20	12.0	矩600×900	双600×2000×350	矩600×900	双600×2000×350
	14.4	矩600×900	双600×2000×350	矩600×900	双600×2200×350
	16.2	矩700×900	双700×2000×350	矩700×900	双700×2200×350

露天吊车栈桥边柱

吊车起重量 (t)	轨顶标高 (m)	6m 柱距	9m 柱距	12m 柱距
5	8	I 400×800×150×100	I 400×800×150×100	I 400×1000×150×100
	9	I 400×900×150×100	I 400×900×150×100	I 400×1000×150×100
	10	I 400×1000×150×100	I 400×1000×200×120	I 400×1100×200×120
10	8	I 400×900×150×100	I 400×1000×150×100	I 400×1100×150×100
	9	I 400×1000×150×100	I 400×1100×200×120	I 400×1100×200×120
	10	I 400×1000×200×120	I 500×1100×200×120	I 500×1100×200×120
15~3	8	I 400×1000×150×100	I 400×1100×200×120	I 500×1100×200×120
	9	I 500×1000×200×120	I 500×1100×200×120	I 500×1100×200×120
	10	I 500×1100×200×120	I 500×1200×200×120	I 500×1200×200×120
	12	I 500×1300×200×120	I 500×1300×200×120	I 500×1300×200×120
20~5	8	I 400×1000×150×100	I 500×1000×200×120	I 500×1100×200×120
	9	I 500×1000×200×120	I 500×1100×200×120	I 500×1200×200×120
	10	I 500×1100×200×120	I 500×1200×200×120	I 500×1300×200×120
	12	I 500×1300×200×120	I 500×1300×200×120	I 500×1400×200×120

续表 1-2

吊车起重量 (t)	轨顶标高 (m)	6m 柱 距	9m 柱 距	12m 柱 距
30/5	8	1 500×1000×200×120	1 500×1000×200×120	1 500×1100×200×120
	9	1 500×1100×200×120	1 500×1200×200×120	1 500×1300×200×120
	10	1 500×1200×200×120	1 500×1300×200×120	1 500×1400×200×120
	12	1 500×1300×200×120	双500×1600×250	双500×1600×250
50/10	10	1 500×1100×200×120	双500×1600×300	双600×1600×250
	12	双600×1600×300	双600×1800×300	双600×1800×300

注：1. 表中符号意义："矩"表示矩形柱，尺寸为 $b\times h$；"I"表示工字形柱，尺寸为 $b_f\times h\times h_1\times b_1$；"双"表示双肢柱，尺寸为 $b\times h\times h_2$。

2. 表中无括号的截面尺寸适用于设有重级工作制软钩吊车的厂房柱；有括号的截面尺寸适用于设有中级工作制软钩吊车的厂房柱。

3. 表中的双肢柱截面是按斜腹杆双肢柱考虑的，当采用平腹杆双肢柱时，应注意复核其刚度。

第二节 纵向钢筋

一、纵向受力钢筋

（1）纵向受力钢筋一般为对称配置，其直径不宜小于12mm，也不宜大于32mm，最大不应超过36mm。

（2）受力钢筋的最小配筋百分率应符合表1-15的规定，全部纵向钢筋率不宜超过5%。

当偏心受压柱、双肢柱的纵向受力钢筋按构造配置时，柱截面一侧的钢筋直径为10～16mm，但对于小型厂房柱，不应小于14mm。

（3）纵向钢筋的最小净距，预制柱的不应小于25mm，也不应小于受力钢筋的直径，现浇柱的不应小于50mm。

（4）在偏心受压柱中，配置在垂直于弯矩作用平面的纵向受力钢筋以及轴心受压柱中各边的纵向受力钢筋，其中距不应大于350mm。

二、纵向构造钢筋

当偏心受压柱的截面高度 h 大于或等于600mm时，在柱侧面应配置 ϕ10～ϕ16mm 纵向构造钢筋（预制柱一般为 ϕ12mm，现浇柱一般为 ϕ16mm），其间距不应大于500mm。

（1）矩形截面柱的纵向构造钢筋如图4-1所示。

（2）工字形截面柱的纵向构造钢筋见图4-2。

（3）双肢柱的纵向构造钢筋见图4-3。

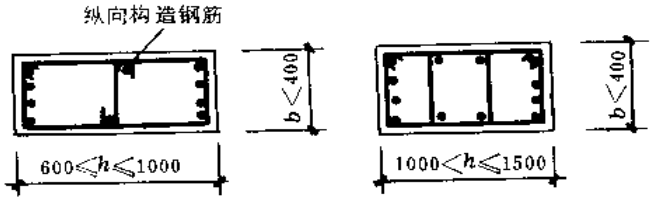


图 4-1 矩形截面柱的纵向构造钢筋

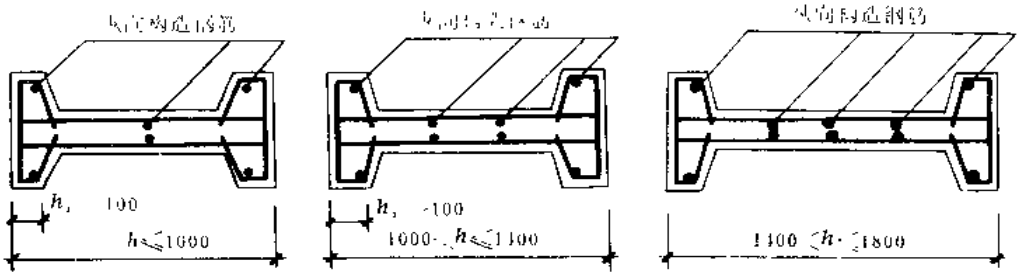


图 4-2　工字形截面柱的纵向构造钢筋

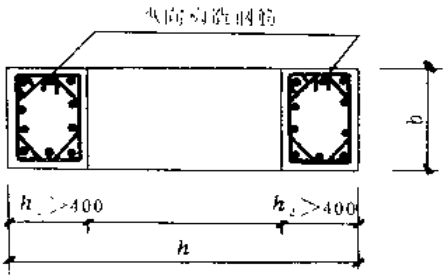


图 4-3　双肢柱的纵向构造钢筋

第三节　箍筋及附加箍筋

一、箍筋直径

（1）箍筋采用热轧钢筋时，其直径不应小于 $d/4$，且不应小于6mm；采用冷拔低碳钢丝时，其箍筋直径不应小于 $d/5$，且不应小于5mm（d 为纵向钢筋的最大直径）。

（2）常用的箍筋直径为：

1）当纵向受力钢筋的最大直径小于或等于25mm时，箍筋采用 ϕ6mm（热轧钢筋）或 ϕ5mm（冷拔低碳钢丝）；

2）当纵向受力钢筋的最大直径大于25mm、且小于或等于32mm时，箍筋采用 ϕ8mm；

3）当纵向受力钢筋的最大直径大于32mm，且小于或等于36mm时，箍筋采用 ϕ10mm。

（3）当纵向受力钢筋的配筋率大于3%时，箍筋直径应大于或等于 ϕ8mm。

（4）采用螺旋式或焊接环式间接钢筋时，其直径也应符合上述规定。

二、箍筋间距

（1）箍筋的最大间距见表4-3。

（2）在绑扎骨架中非焊接的搭接长度 l_d 的范围内，当搭接钢筋为受拉时，其箍筋间距不应大于 $5d$；当搭接钢筋为受压时，其箍筋间距不应大于 $10d$（d 为纵向受力钢筋的最小直径）。

（3）在配有螺旋式或焊接环式间接钢筋的轴心受压柱中，如计算考虑间接钢筋的作用，则间接钢筋的间距 s 不应大于80mm及 $\frac{1}{5}d_{cor}$（d_{cor} 为柱核芯直径，即间接钢筋内表面直径），也不应小于10mm，见图4-4。

箍筋最大间距　　表 4 3

配筋百分率	简　　图	最　大　间　距
≤3%	箍筋直径	不应大于400mm，且不应大于柱截面的短边尺寸；绑扎骨架中不应大于15d，焊接骨架中不应大于20d（d为纵向钢筋的最小直径）
>3%		不应大于200mm，且不应大于10d（d为纵向受力钢筋的最小直径）

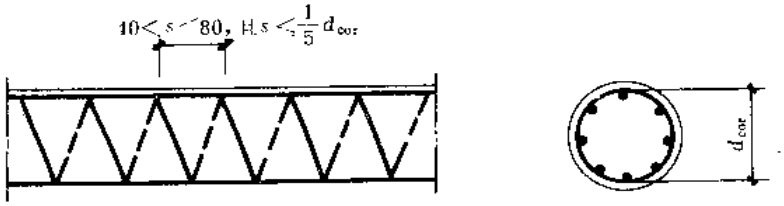


图 4 4　间接钢筋的间距

三、箍筋形式

（1）在柱及其他受压构件中，箍筋应做成封闭式。

（2）轴心受压矩形截面柱的各边大于400mm、纵向受力钢筋多于3根或柱子短边大于400mm、纵向受力钢筋多于4根时，应设置附加箍筋，见图4-5。

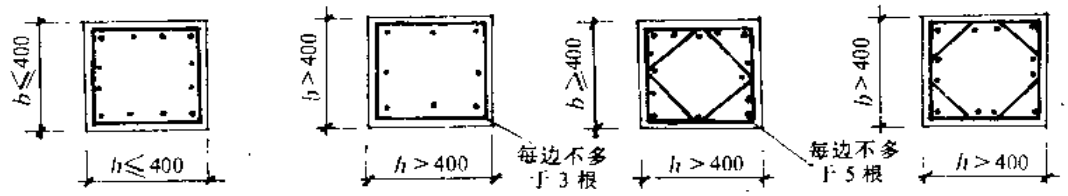


图 4 5　轴心受压矩形截面柱的附加箍筋

（3）偏心受压矩形截面柱的高度 h 大于或等于600mm 时，附加箍筋的形式见图4 6。

四、矩形截面柱的箍筋及构造钢筋尺寸

（1）柱截面的每侧主筋不多于4根时，箍筋及构造钢筋的尺寸如图4-7所示

（2）柱截面的每侧主筋为5根时，箍筋及构造钢筋的尺寸见图4-8、图4 9及表4-4、表4 5。

（3）柱截面的每侧主筋多于5根时，箍筋及构造钢筋的形式尺寸见图4-10及表4 6、4-7、4-8。

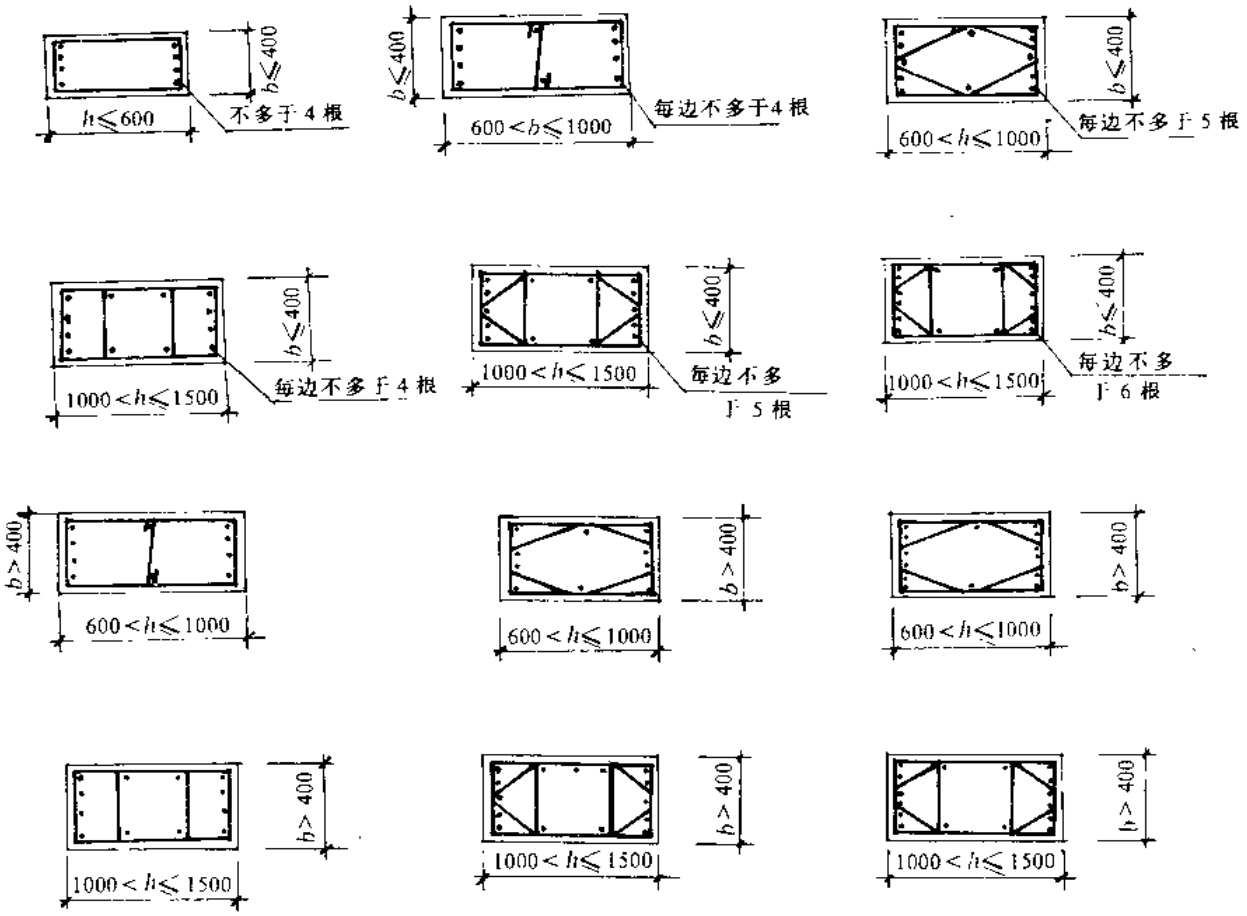


图 4-6　偏心受压矩形截面柱的附加箍筋形式

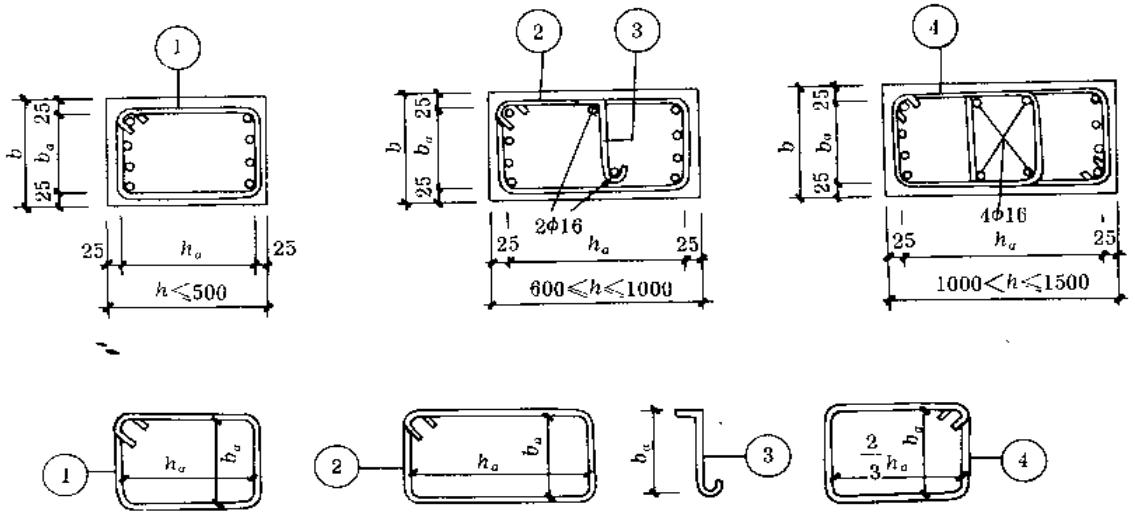


图 4-7　每侧主筋不多于4根时的箍筋及构造钢筋形成

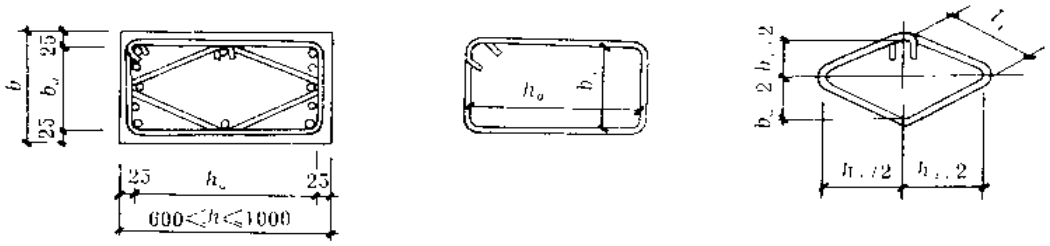


图 4-8　每侧主筋为5根时的箍筋及构造钢筋形式（1）

$$l_1 = \frac{1}{2}\sqrt{h_a^2 + b_a^2}$$

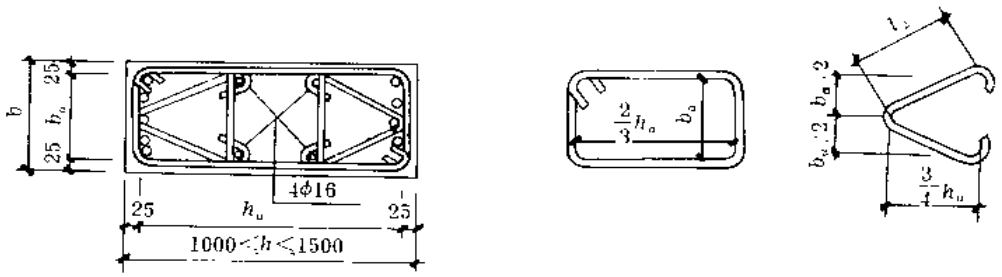


图 4-9　每侧主筋为5根时的箍筋及构造钢筋形式（2）

$$l_2 = \frac{1}{6}\sqrt{4h_a^2 + 9b_a^2}$$

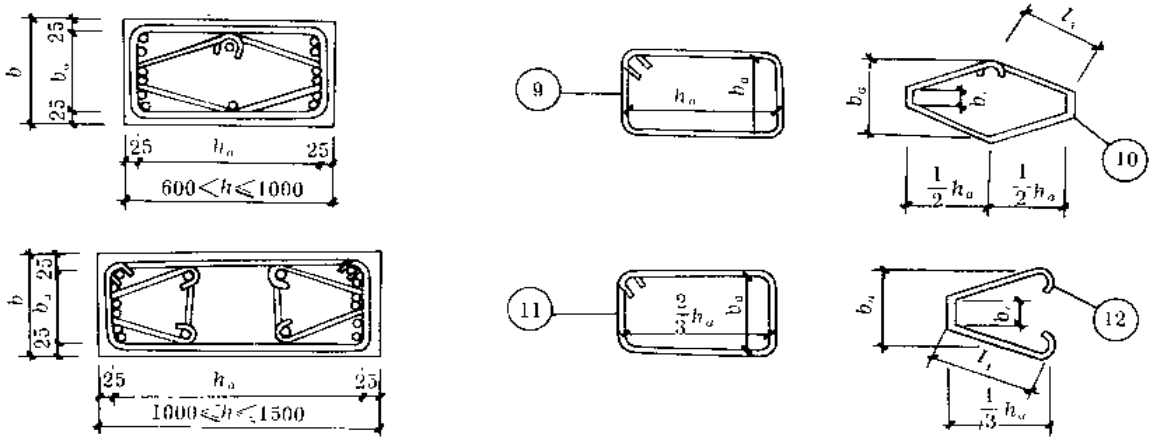


图 4-10　每侧主筋多于5根时的箍筋及构造钢筋形式

$$l_1 = \frac{1}{2}\sqrt{h_a^2 + (b_a - b_1)^2}; \qquad l_2 = \frac{1}{6}\sqrt{4h_a^2 + 9(b_a - b_1)};$$

l_1的数值，mm　　表 4 4

柱宽 b (mm) \ 柱高 h (mm)	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
100	330	350	370	390	410	440	460	480	510
150	340	360	380	400	430	450	470	490	520
500	360	380	400	420	440	460	480	500	530
550	370	390	410	430	450	470	490	510	540
600	390	410	430	450	470	490	510	530	550
650		430	440	460	480	500	520	540	560
700			460	480	500	520	540	560	580
750				500	510	530	550	570	590
800					530	550	570	590	610

l_2的数值，mm　　表 4-5

柱宽 b (mm) \ h (mm)	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500
100	360	380	390	400	420	440	450	470	480	500	510
150	370	390	400	420	430	450	460	480	490	510	520
500	390	400	420	430	450	460	470	490	500	520	530
550	400	420	430	440	460	470	490	500	520	530	540
600	420	430	450	460	470	490	500	510	530	540	560
650	440	450	460	470	490	500	510	530	540	560	570
700	450	470	480	490	500	520	530	540	560	570	580
750	470	480	500	510	520	530	540	560	570	580	600
800	490	500	510	520	540	550	560	570	590	600	610

l_s的数值，mm　　表 4-6

柱宽 b (mm)	柱截面每侧的钢筋根数	在h_c段内的钢筋根数	h_c (mm)	柱总 h (mm)								
				600	650	700	750	800	850	900	950	1000
100	6	2	90	300	330	350	370	400	420	440	470	490
150	6	2	100	310	340	360	380	400	430	450	470	500
500	6	2	120	320	340	360	390	410	440	470	490	510
	7	3	160	310	330	360	380	400	440	460	480	510
550	6	2	130	330	350	370	400	420	450	470	500	520
	7	3	180	320	340	360	390	410	440	460	490	510
	8	4	220	310	330	350	380	400	430	460	480	500
600	6	2	200	330	350	370	390	410	450	470	490	520
	7	3	210	320	340	370	390	410	450	470	490	510
	8	4	250	310	340	360	380	400	440	460	480	510
	9	3	150	340	350	380	400	430	460	480	500	530
650	7	3	230	330	350	370	400	420	450	470	500	520
	8	4	270	320	340	360	390	410	440	470	490	510
	9	3	170	350	370	390	410	430	470	490	510	530
700	7	3	250	340	360	380	400	430	460	480	500	530
	8	4	300	330	350	370	390	410	450	470	490	520
	9	3	190	360	380	400	420	440	470	500	520	540
	10	4	230	350	370	390	410	430	460	490	510	530
750	8	4	330	330	350	370	400	420	450	470	500	520
	9	3	200	370	390	410	430	450	490	510	530	550
	10	4	250	360	380	400	420	440	470	490	510	540
	11	5	290	340	360	380	410	430	460	480	510	530
800	8	4	350	340	360	380	400	430	460	480	500	530
	9	3	220	380	400	420	440	460	490	510	540	560
	10	4	270	370	380	400	420	450	480	500	520	540
	11	5	310	350	370	390	410	440	470	490	510	530
	12	4	220	380	400	420	440	460	490	510	540	560

l_1的数值，mm　　表 4-7

柱宽 h (mm)	柱截面每侧的箍筋根数	在 l_1 段内的钢筋根数	l_1 (mm)	柱高 h (mm)								
				1000	1100	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500
400	6	2	90	340	370	110	120	140	160	480	490	510
450	6	2	100	350	380	110	110	150	170	180	500	510
500	6	2	120	350	390	120	140	160	170	190	500	520
	7	3	160	350	380	110	130	150	170	180	500	510
550	6	2	130	370	100	130	150	170	480	500	510	530
	7	3	180	360	390	120	140	160	170	190	500	520
	8	4	220	350	380	110	130	150	160	180	490	510
600	6	2	200	360	390	120	150	160	180	190	510	520
	7	3	210	360	390	120	150	160	180	190	510	520
	8	4	250	350	380	110	140	150	170	180	500	510
	9	3	150	370	100	130	160	170	190	500	520	530
650	7	3	230	370	100	130	150	170	180	500	510	530
	8	4	270	360	390	120	140	160	170	190	500	520
	9	3	170	380	110	140	170	180	500	510	520	540
700	7	3	250	370	100	130	160	170	190	500	520	530
	8	4	300	360	390	120	150	160	180	190	510	520
	9	3	190	390	120	150	170	190	500	520	530	550
	10	4	230	380	110	140	160	180	190	510	520	540
750	8	4	330	370	100	130	150	170	180	500	510	530
	9	3	200	400	130	160	190	500	510	530	540	560
	10	4	250	390	120	130	170	190	500	510	530	540
	11	5	290	380	110	140	160	180	190	510	520	540
800	8	4	350	370	100	130	160	170	190	500	520	530
	9	3	220	410	140	170	190	500	510	530	540	560
	10	4	270	400	130	150	180	190	500	510	530	550
	11	5	310	390	410	140	170	180	500	510	530	540
	12	4	220	420	140	170	190	510	520	540	550	560

五、工字形柱与双肢柱的箍筋

工字形柱与双肢柱的箍筋形式见图 4-11。

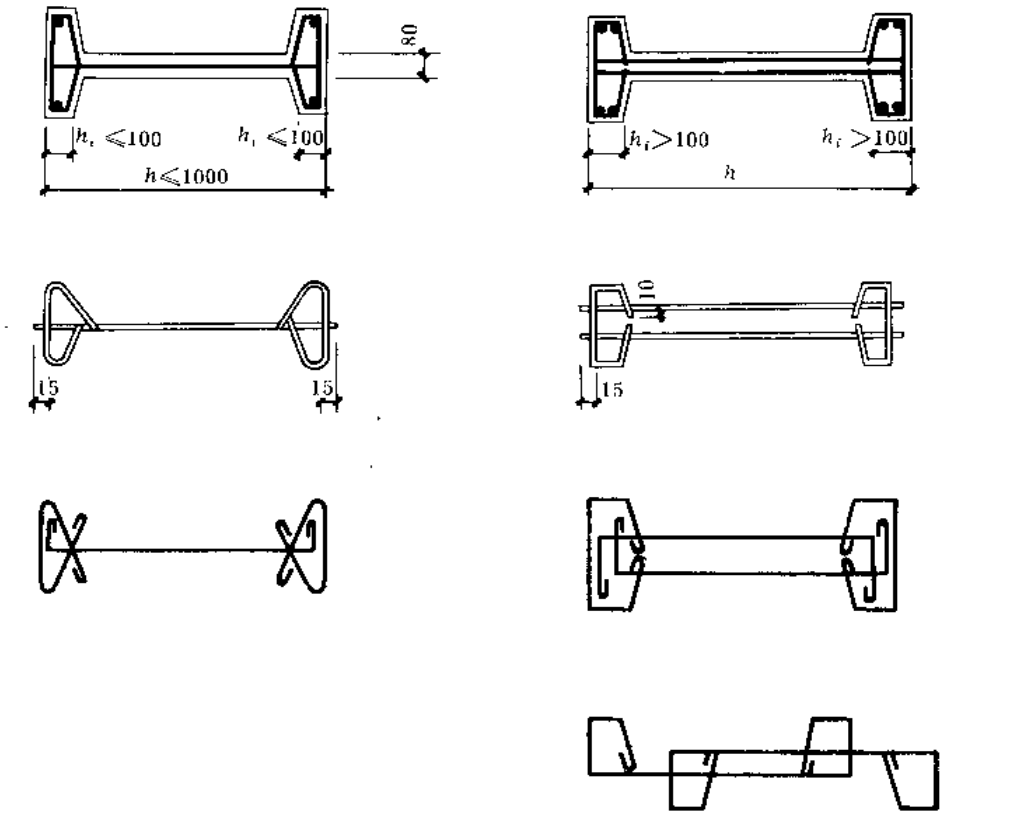


图 4-11　工字形柱及双肢柱的箍筋形式

b_s 的数值，mm　　表 4-8

柱宽（mm）	柱断面每边的钢筋数量（根）						
	6	7	8	9	10	11	12
	b_s 段内的钢筋数量（根）						
	2	3	4	3	4	5	4
100	90						
150	100						
500	120	160					
550	130	180	220				
600	200	210	250	150			
650		230	270	170			
700		250	300	190	230		
750			30	200	250	290	
800			350	220	270	310	220

第四节　纵向受力钢筋的接头

一、轴心或小偏心及大偏心受压柱的钢筋接头

当柱的每边钢筋不多于4根时，可在同一水平截面上接头，如图4-12*a*所示；每边钢筋为5～8根时，应在两个水平截面上接头，如图4-12*b*所示；每边钢筋为9～12根时，应在三个水平截面上接头，如图4-12*c*所示。当钢筋受拉时，其搭接长度 l_1 为1.2l_a，且不小于300mm；钢筋受压时，l 为0.85l_a，且不小于200mm。

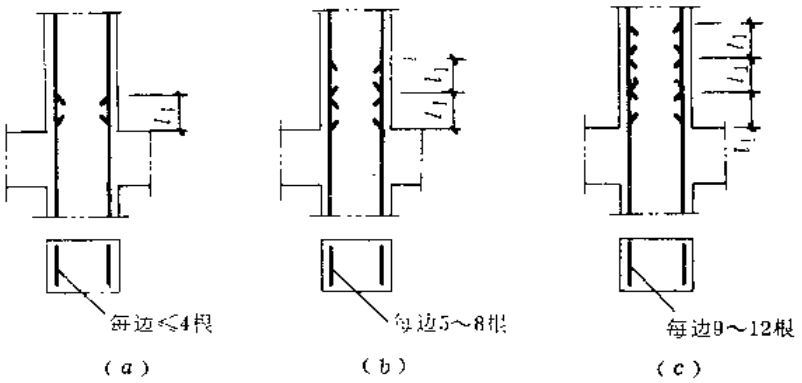
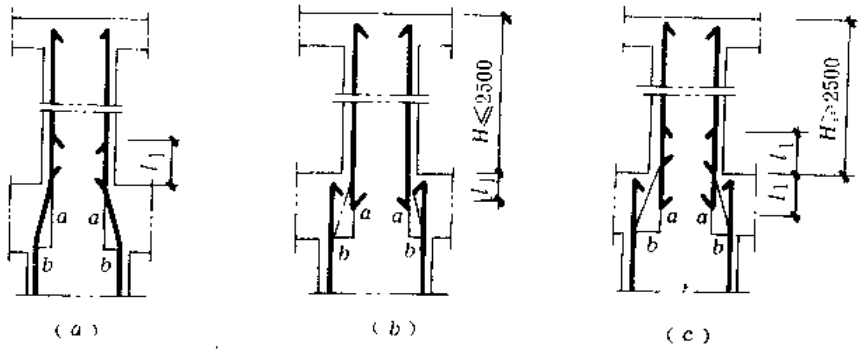


图 4-12　柱钢筋的接头（1）

a—一个水平面上接头；*b*—两个水平面上接头；*c*—三个水平面上接头

二、下柱截面高度大于上柱截面高度的现浇柱的钢筋接头

当纵向钢筋的折角坡度 b/a 不大于1/6时，钢筋可以弯折伸入上柱搭接（图4-13*a*）；当折角坡度 b/a 大于1/6时，应将上柱内的钢筋锚在下柱内（图4-13*b*），或设短筋锚在下柱内，短筋的直径和根数与上柱相同（图4-13*c*）。



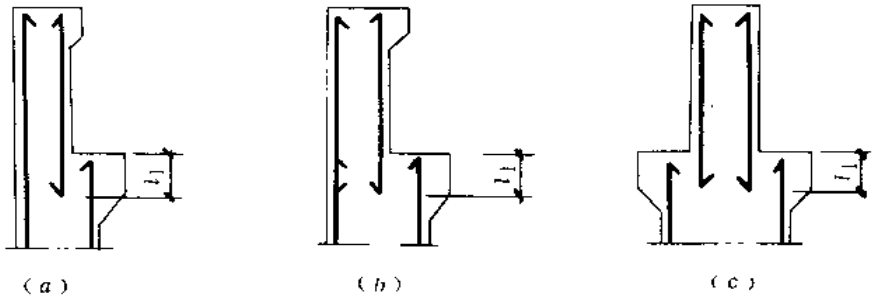
(a)　　(b)　　(c)

图 4-13　柱钢筋的接头（2）

a　$\frac{b}{a} \leq \frac{1}{6}$ 时；b　$\frac{b}{a} > \frac{1}{6}$ 时；c　$\frac{b}{a} > \frac{1}{6}$ 时

三、预制柱的钢筋接头

在预制柱中，当上柱纵向受力钢筋的直径和根数与下柱相同时，上柱钢筋伸入下柱内的形式见图4-14*a*；当上柱纵向受力钢筋的直径和根数与下柱不同时，上柱钢筋伸入下柱内的形式如图4-14*b*所示；中间柱的小柱纵向受力钢筋伸入下柱的形式如图4-14*c*所示。



(a)　　(b)　　(c)

图 4-14　柱钢筋的接头（3）

第五节　工字形柱及双肢柱的外形构造

一、工字形柱的外形构造尺寸

（1）工字形柱的翼缘厚度不宜小于100mm，翼缘宽度不小于350mm，腹板厚度不宜小于80mm。当腹板开孔时，在孔洞周边宜设置2～3根直径不小于8mm的封闭钢筋。

（2）每段工字形柱顶部应设矩形截面区段，上柱顶部矩形截面段的长度不应小于300mm，下部矩形截面段的长度应高出吊车梁顶面200mm；下柱顶部矩形截面段的长度不应小于500mm，且不小于上柱纵向受力钢筋的锚固长度l_a。

工字形柱的外形构造尺寸见图4-15。

（2）露天栈桥柱与吊车梁的连接形式：

1）当柱截面高度h大于或等于1200mm时，宜优先采用图4-16的连接形式。若h小于1200mm而又需采用这种连接形式时，可将小柱边外移，见图4-16的虚线部分。

2）当柱截面高度h小于1200mm，且不设走道板或仅设单侧走道板时，可采用图4-17的形式。

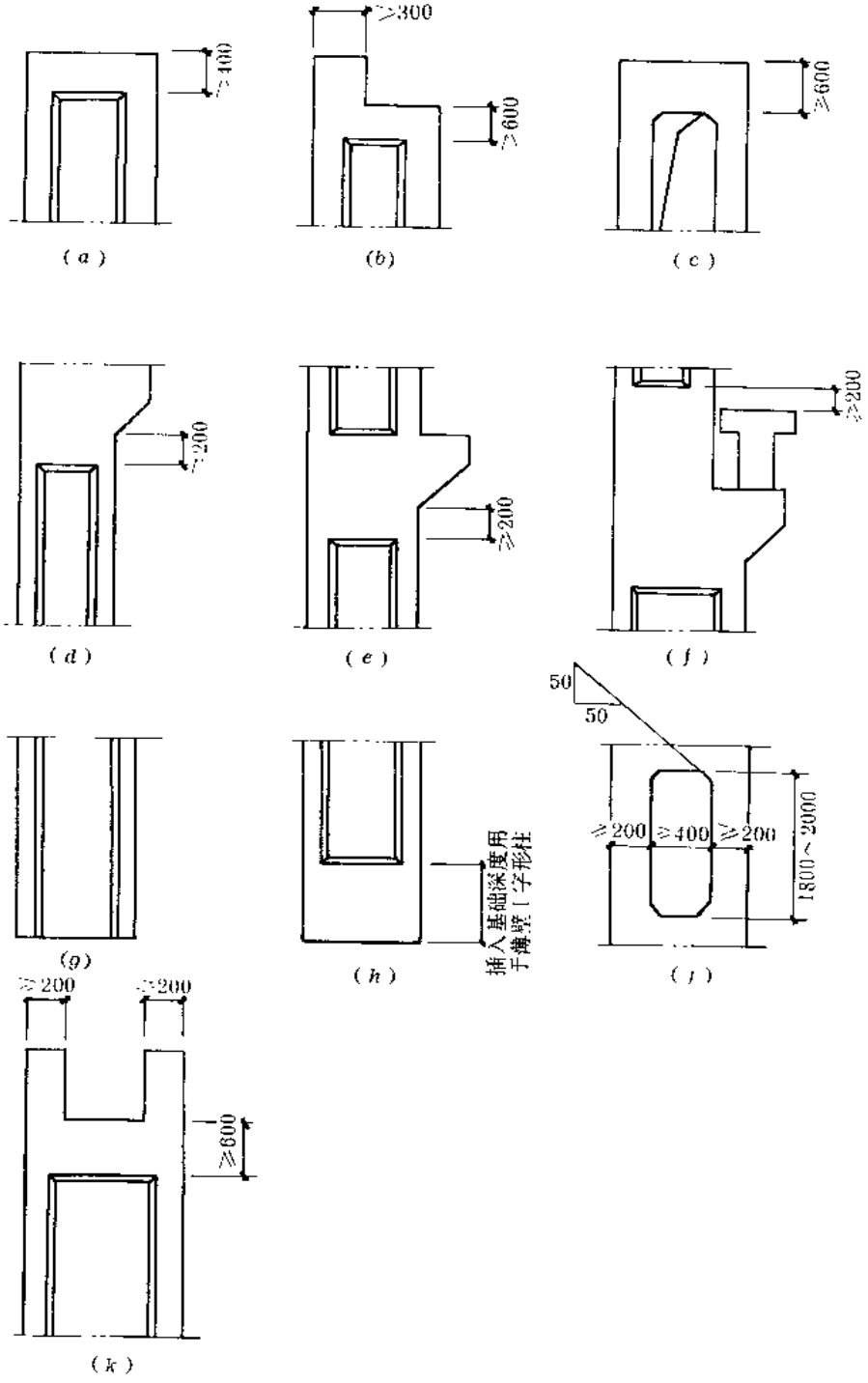


图 4-15　工字形柱的外形尺寸

3）当利用吊车梁伸出的翼缘作走道板时，可采用图4-18的形式。

（3）露天栈桥柱的柱头配筋采用图4-19的形式。

（4）露天栈桥工字形柱的吊车梁作用于顶部矩形截面处时，则在矩形截面上下各边配

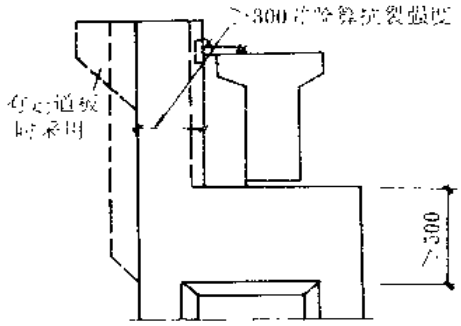


图 4-16　柱与吊车梁的连接形式

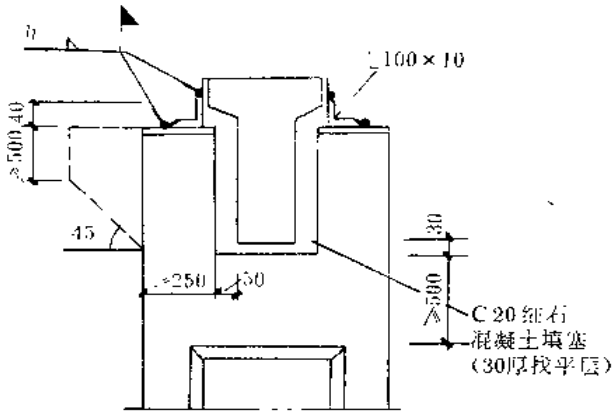


图 4-17　走道板配筋形式

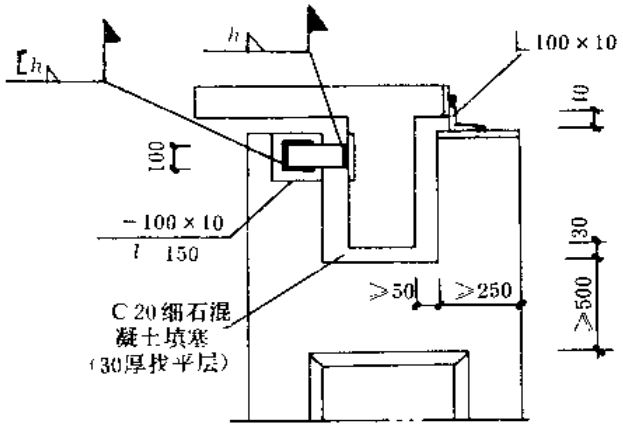


图 4-18　翼缘走道板配筋形式

置不少于4Φ16mm的水平钢筋，见图4-20。

二、双肢柱的外形构造尺寸

（1）双肢柱的柱肢中心应尽量与吊车梁中心重合，如不能重合，吊车梁中心也不宜超出柱肢外缘。斜腹杆双肢柱的斜腹杆与水平面的夹角 β 宜为15°左右，一般应在35°～55°之间，且不大于60°。设有吊车梁的柱肢上端应为斜腹杆的设置起点，如两柱肢均设有吊车梁

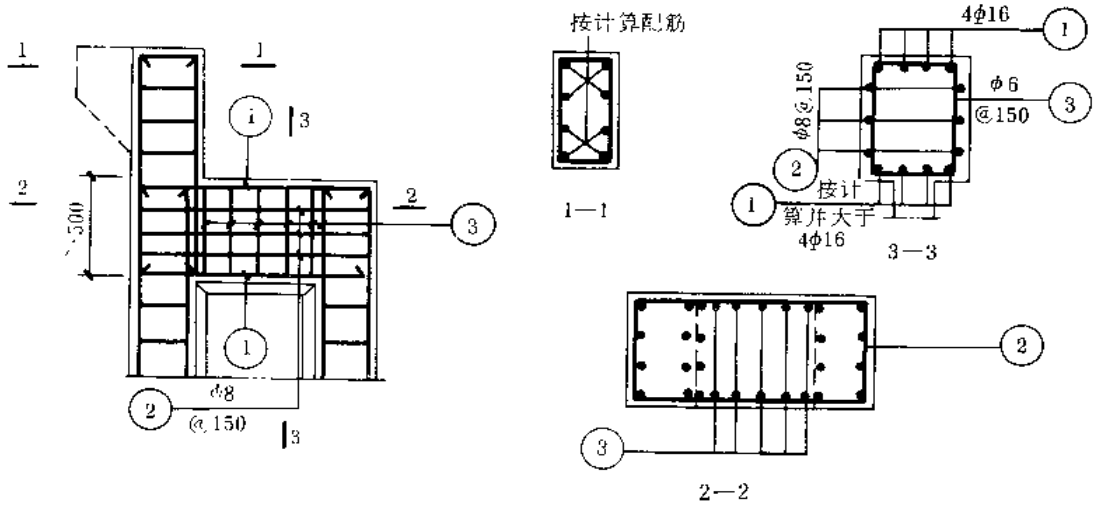


图 4-19　柱头配筋形式

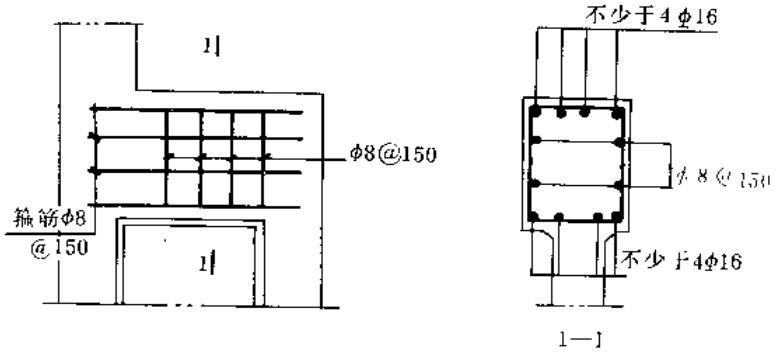


图 4-20　矩形截面上下配筋形式

时，则以承受吊车荷载较大的柱肢为斜腹杆的设置起点，见图4-21。

（2）斜腹杆双肢柱的截面尺寸如图4-22所示。

（3）平腹杆双肢柱的截面尺寸见图4-23。

1）$h \geqslant \frac{1}{25}H$，且$h \geqslant 500\text{mm}$；

2）$b_1 = b$　100mm；

3）$h_2 \geqslant 250\text{mm}$；

4）h_{01}宜大于或等于400mm，且腹杆劲度K_{11}（$K_{01} = j_{01}/l'_1$）宜大于肢杆劲度K_2（$K_2 = J_2/l'_2$）的5倍，但不得小于3倍；

5）$h_{02} \geqslant 250\text{mm}$；

6）肢杆节间的净长l'_2不宜大于$10h_{11}$，一般采用1800～2500mm。

（4）双肢柱的肩梁高度h_1应符合下列要求：

1）为肢杆厚度h_2的2倍以上，即$h_1 \geqslant 2h_2$，且$\geqslant 500\text{mm}$；

2）应满足柱肢及上柱内纵向受力钢筋锚固长度的要求；

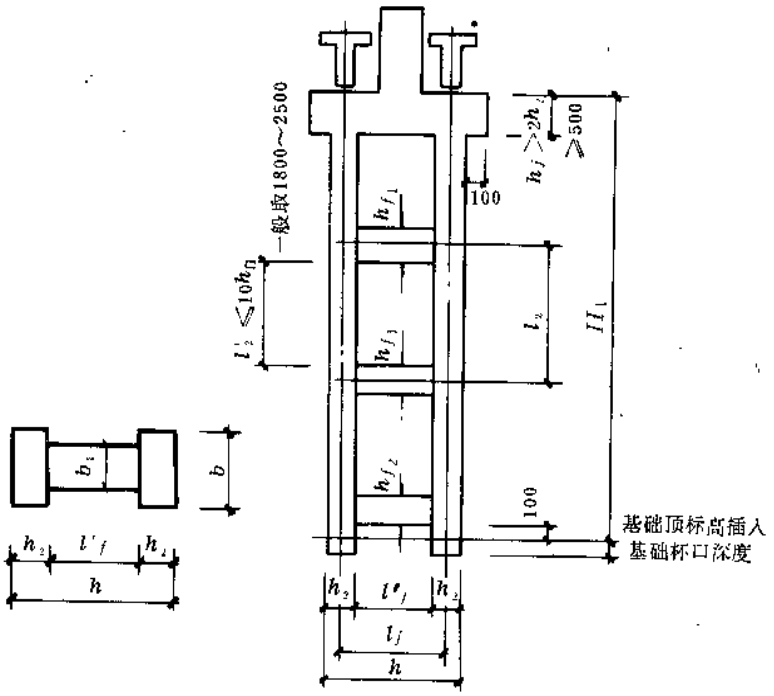


图 4-23　平腹杆双肢柱的截面尺寸

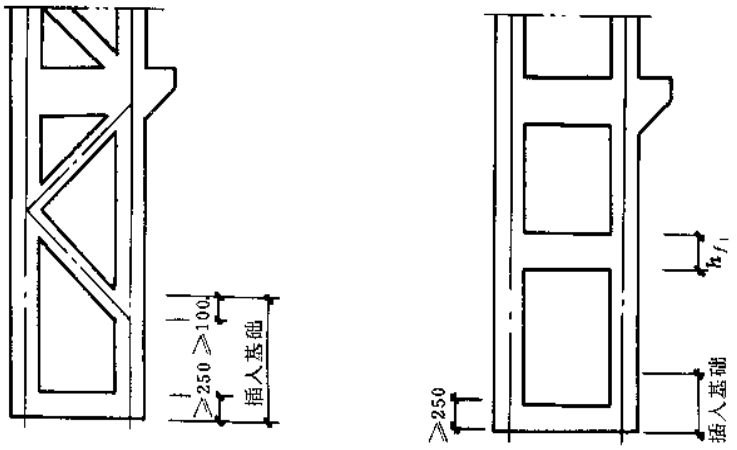


图 4-24　柱脚形式

1）边柱肩梁的配筋见图4-25。

2）中间柱肩梁的配筋见图4-26。

(8) 腹杆的配筋构造：双肢柱腹杆受力钢筋应根据计算确定，并应对称配置。斜腹杆的受力钢筋，每边不应少于2根，见图4-27，平腹杆的每边不应少于4根，见图4-28。钢筋直径均不应小于12mm，钢筋伸入柱肢内的长度应符合锚固长度要求。

(9) 双肢柱的箍筋和附加纵向构造钢筋见图4-29。

(10) 人孔处的柱肢纵向受力钢筋应根据计算确定，人孔配筋构造见图4-30。

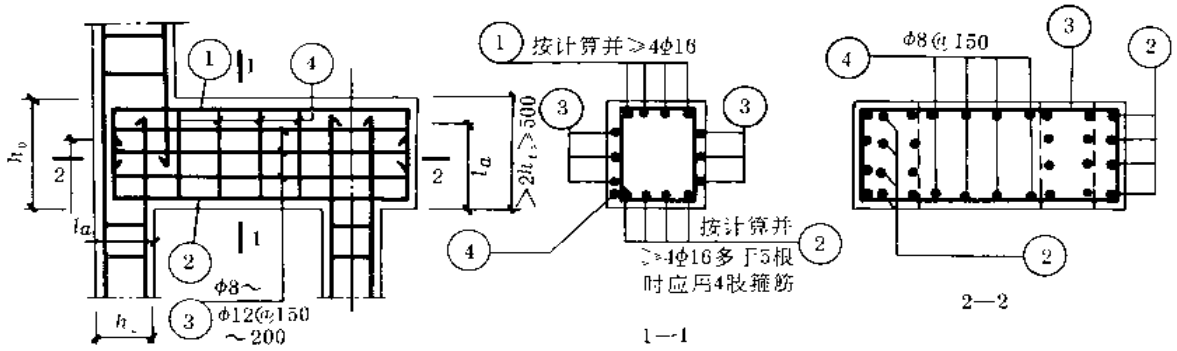
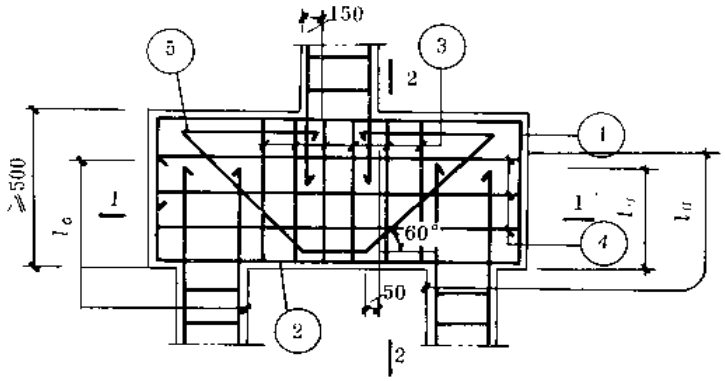


图 4-25　边柱肩梁的配筋构造



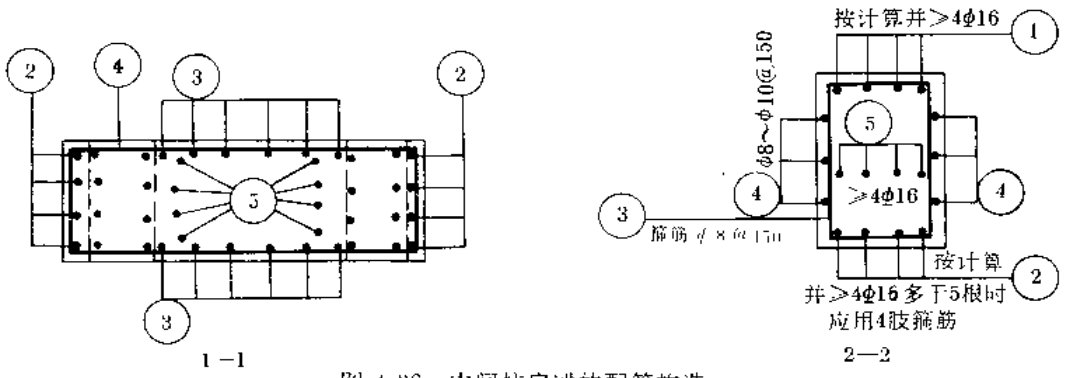


图 4-26　中间柱肩梁的配筋构造

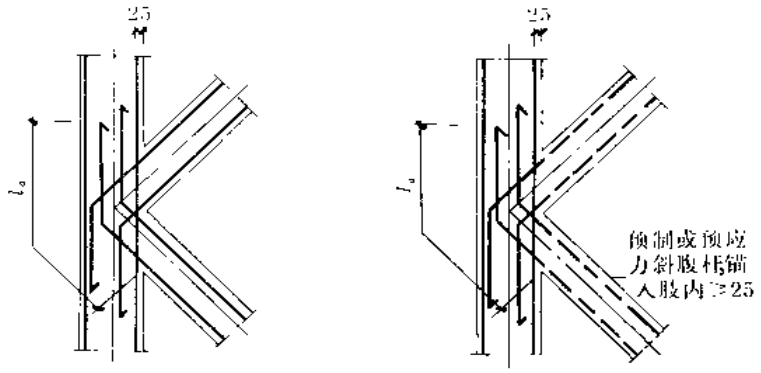


图 4-27　斜腹杆的配筋构造

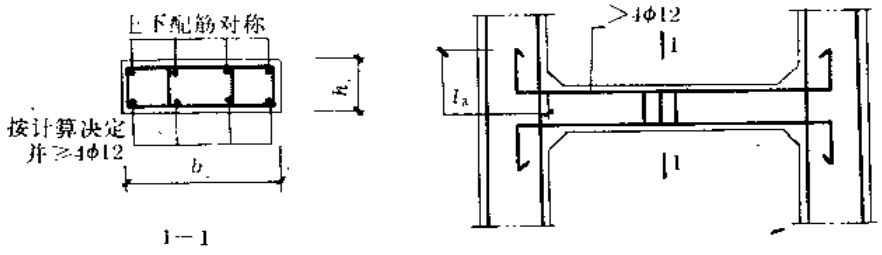


图 4-28　平腹杆的配筋构造

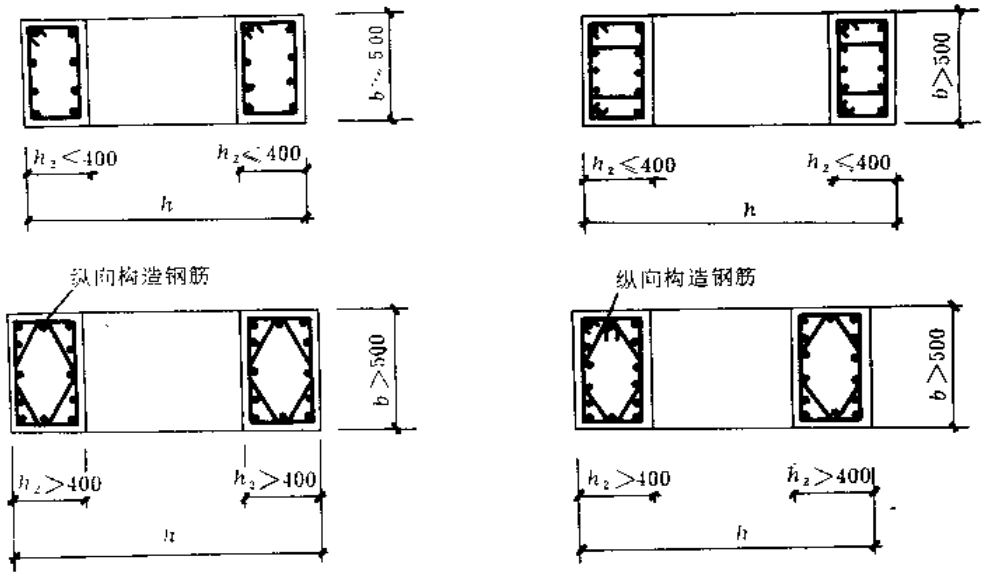


图 4-29　双肢柱的箍筋和附加纵向构造钢筋

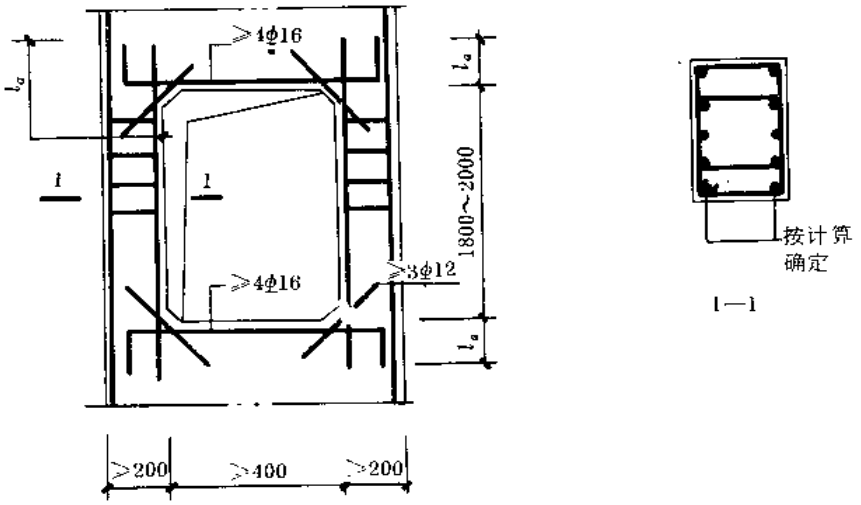


图 4-30　人孔配筋构造

第六节　框架柱节点构造配筋

一、框架柱顶部节点的构造

（1）当 e_0 小于或等于 $0.25h$ 时，横梁上部钢筋应伸进柱内并与柱内钢筋搭接 l_a，如图4-31所示。

（2）当 $0.25h<e_0\leqslant 0.5h$，横梁上部钢筋应伸进柱内，并应有不少于2根钢筋伸过横梁下边 l_a，同时在每一搭接接头内的钢筋根数不应多于4根，见图4-32。

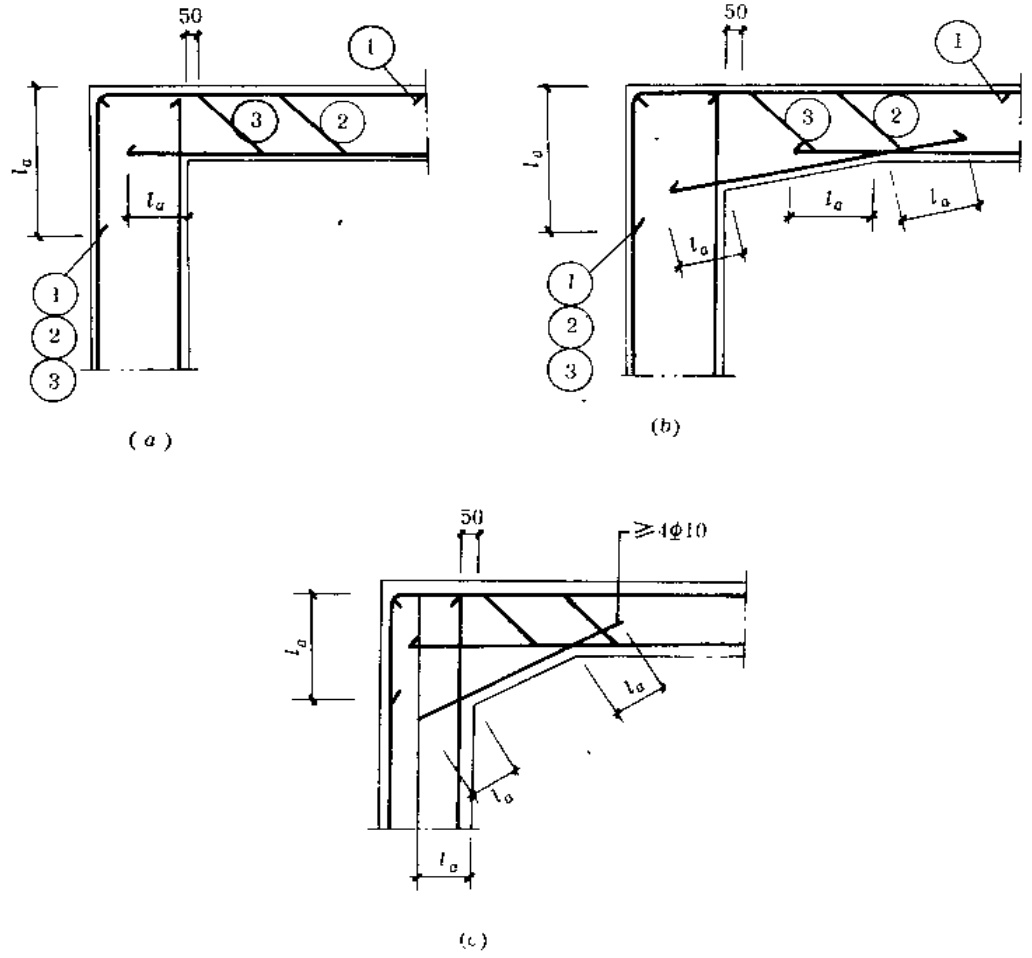


图 4-31　$e_0\leqslant 0.25h$ 时的钢筋搭接

（3）当 e_0 大于 $0.5h$ 时，横梁上部钢筋应全部伸进柱内，且伸过横梁下边应不小于 l_a，每次切断不多于2根。柱内一部分钢筋伸到顶端，另一部分钢筋应伸到横梁内，根数按计算确定，且不少于2根，如图4-33所示。

二、框架柱中部节点的构造

框架柱中部节点的构造见图4-34。

（1）横梁上部钢筋伸入柱内 l_a（当 $h-100\geqslant l_a$ 时，钢筋不必弯下）。

（2）当梁端有正弯矩时，钢筋的锚固按表1-10受拉情况的规定。

三、框架柱与横梁的支托构造

（1）当$V_b>0.25f_cbh_0$，又不增大横梁截面高度，柱与横梁刚度相差较大或有其他构造要求时，需设置支托，见图4-35。

（2）支托的坡度一般为1:3，其长度从支座轴线算起，一般取跨度l的1/6～1/8最小不小于$l/10$，高度h'应小于或等于$0.4h$（h为梁高）。

（3）增设支托后，支托高度应满足$V_b\leqslant 0.25f_cb(h+h')$。

（4）支托纵向钢筋的直径和根数，一般应与横梁伸进支托内的下部纵向钢筋的直径和根数相同。

（5）支托内的箍筋应按计算确定，其间距一般为梁箍间距的一半。

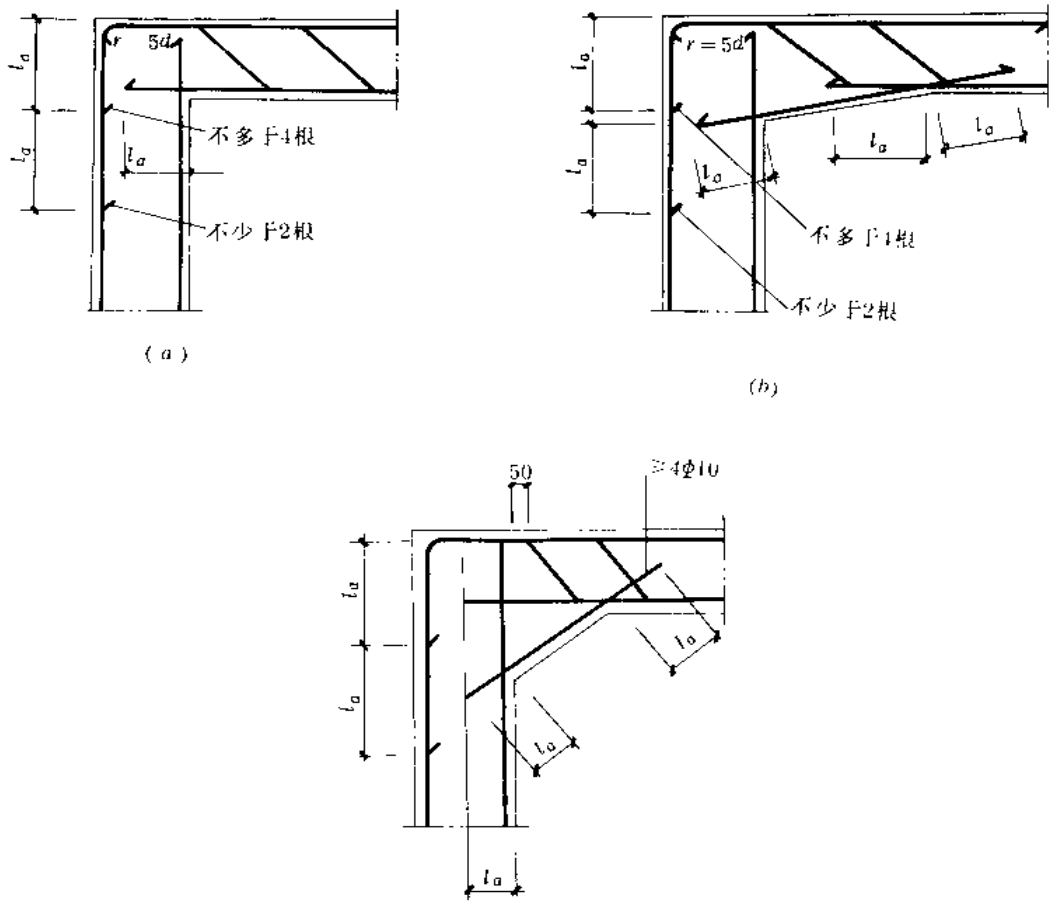


图 4-32　$0.25h<e_0\leqslant 0.5h$时的钢筋搭接

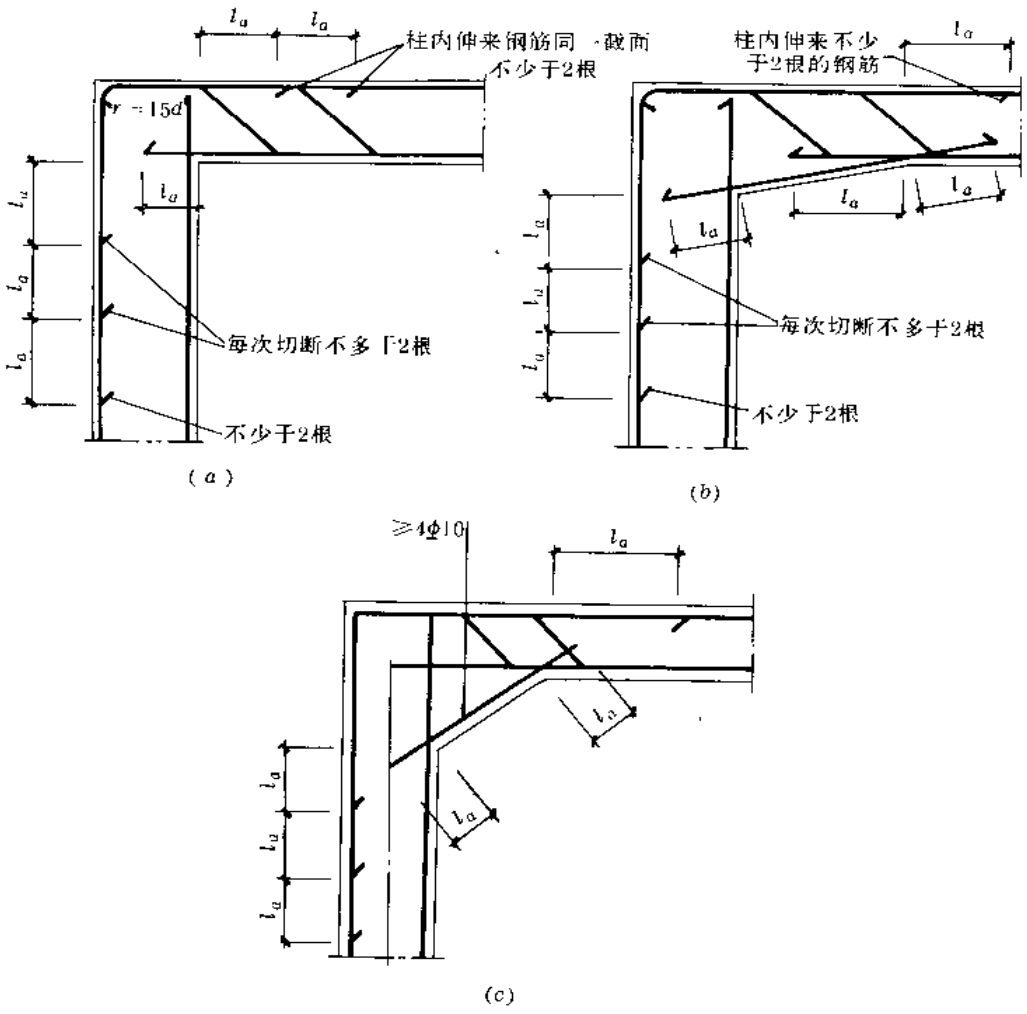


图 1-33　$e_0>0.5h$ 时的钢筋搭接

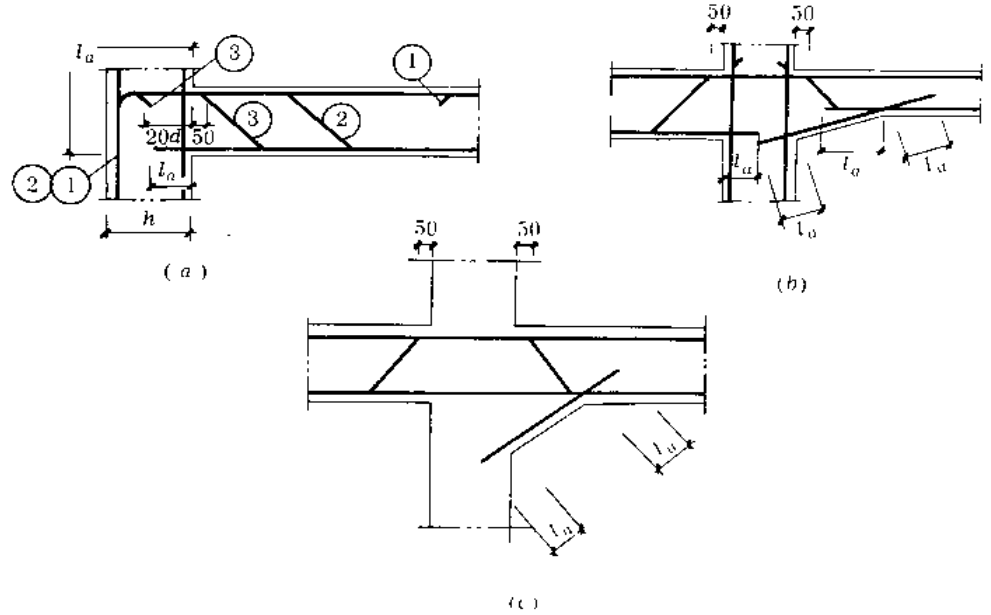


图 4-34　框架柱中部节点构造

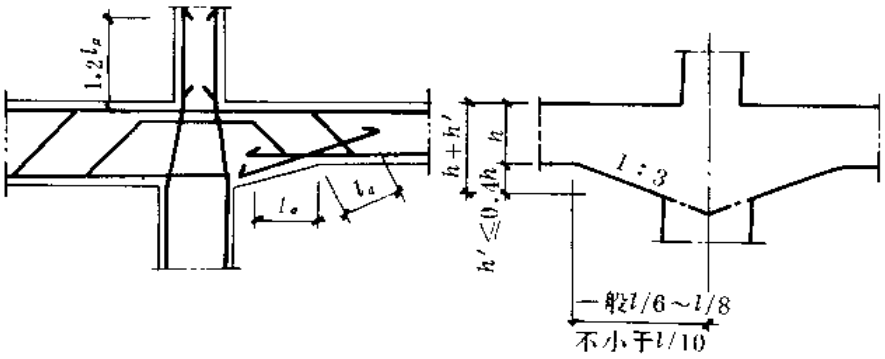


图 4-35 框架柱与横梁的支托构造

第七节 牛 腿

一、柱牛腿的截面尺寸

柱牛腿（当 $a\leqslant h_0$ 时）的截面尺寸应符合图4-36的构造要求。

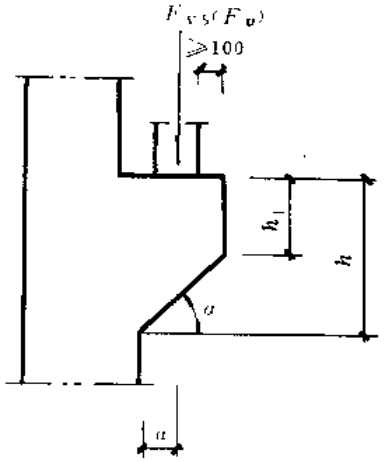


图 4-36 牛腿尺寸

(1) 牛腿的截面应符合下列公式的抗裂要求，

$$F_{vs}\leqslant\beta\left(1-0.5\frac{F_{hs}}{F_{vs}}\right)\frac{f_{tk}bh_0}{0.5+\frac{a}{h_0}}$$

式中 F_{vs}——作用于牛腿顶部的按荷载短期效应组合计算的竖向力值；

F_{hs}——作用于牛腿顶部的按荷载短期效应组合计算的水平拉力值；

β —— 裂缝控制系数，对承受重级工作制吊车的牛腿，$\beta=0.65$；对承受中、轻级工作制吊车的牛腿，$\beta=0.70$；其它牛腿，$\beta=0.80$；

a ——竖向力的作用点至下柱边缘的水平距离，此时应考虑安装偏差20mm；竖向力的作用点位于下柱截面以内时，取 $a=0$；

b 牛腿宽度；

h_0 —— 牛腿与下柱交接处的垂直截面有效高度。

（2）牛腿底面倾斜角 $\alpha \leqslant 45°$；外边缘高度 $h_1 \geqslant \frac{1}{3}h$，且不小于200mm。

（3）在竖向力值 F_v 作用下，牛腿支承面上的局部承压应力不应超过 $0.75f_c$，否则应采取必要的措施（例如加大承压面积，提高混凝土强度等级或设置钢筋网等）。

二、柱牛腿配筋

（1）牛腿的纵向受力钢筋宜采用变形钢筋，其锚固应符合表1-7、表1-10的规定。

（2）承受竖向力所需的纵向受拉钢筋的配筋率不应小于0.2%，也不宜大于0.6%，且根数不应小于4根，直径不应小于12mm。纵向受拉钢筋不得下弯兼作弯起钢筋。承受水平拉力的水平锚筋应焊在预埋件上，且不应少于2根。

（3）牛腿应设置水平箍筋，水平箍筋直径应取用6～12mm，间距为100～150mm，且上部 $\frac{2}{3}h_0$ 范围内的水平箍筋总截面面积不应小于承受竖向力的受拉钢筋截面面积 A_s 的 $\frac{1}{2}$。当牛腿的剪跨比 $\frac{a}{h_0} \geqslant 0.3$ 时，应设置弯起钢筋。弯起钢筋宜采用Ⅱ级钢筋，并宜配置在牛腿上部 $l/6$ 至 $l/2$ 之间的范围（如图4-37），其截面面积不应小于承受竖向力的受拉钢筋截面面积 A_s 的 $\frac{2}{3}$，且不应小于 $0.0015bh_0$，其根数不应少于3根，直径不应小于12mm。

（4）边柱、中间柱和柱顶支承屋架的牛腿配筋，分别见图4-37、图4-38和图4-39。

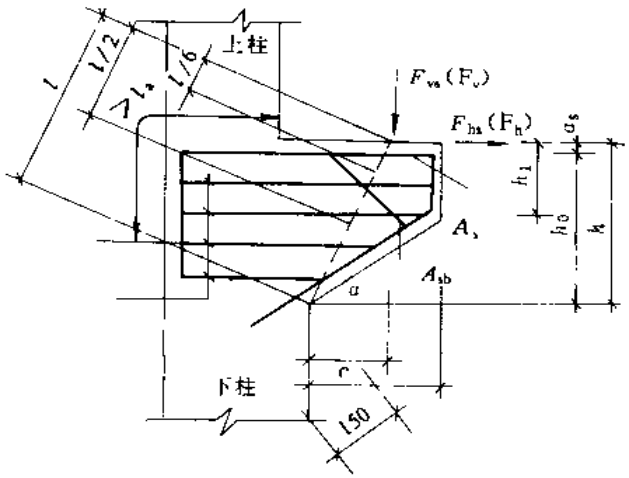


图 4-37　边柱牛腿的配筋

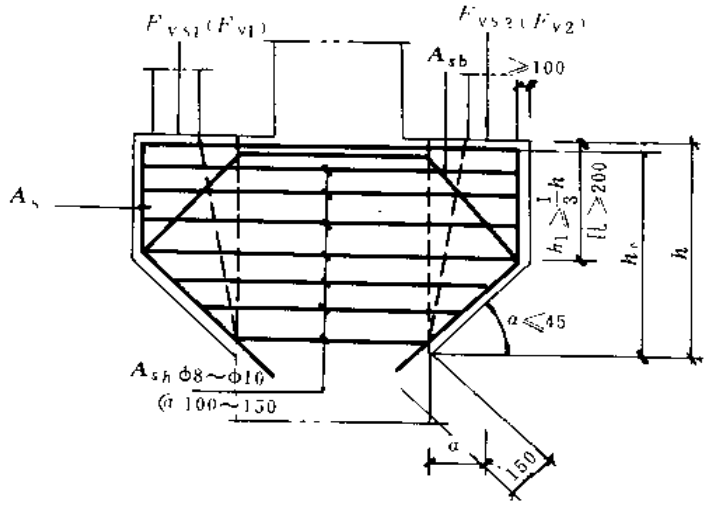


图 4-38　中间柱牛腿的配筋

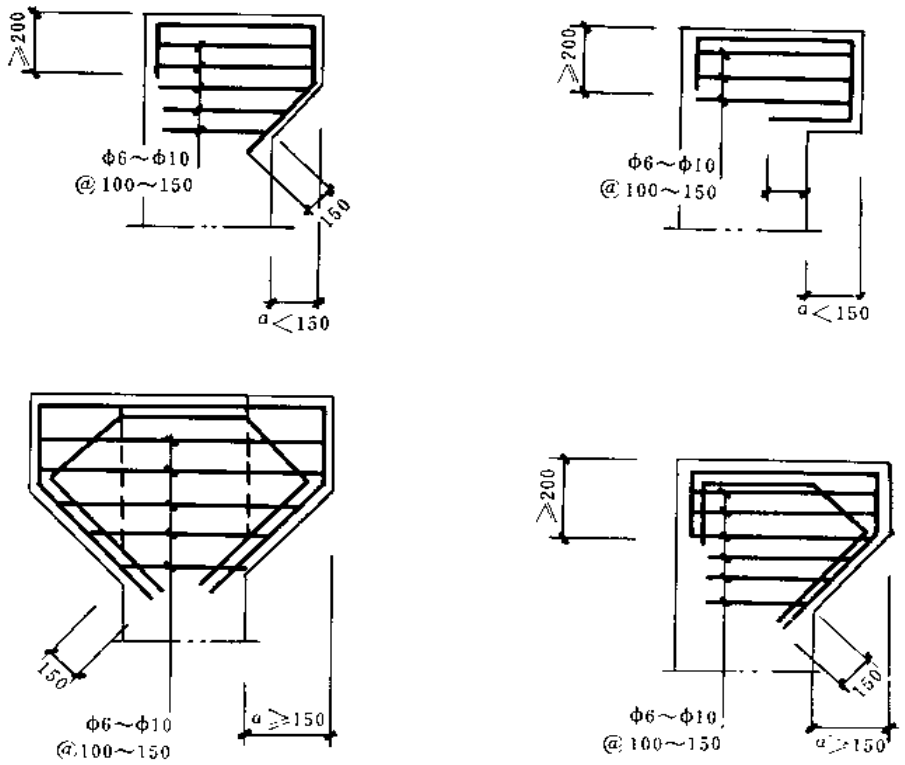


图 4-39　柱顶牛腿的配筋

三、钢筋混凝土柱牛腿配筋选用表

按牛腿混凝土 C20及 C30箍筋为 I 级，其他用 II 级钢筋，并根据不同的 F_v、不同的牛腿宽度 b 和高度 h 及不同的荷载位置 a 编制了承受预制吊车梁的钢筋混凝土柱牛腿选用表，见表4-9、表4-10。

钢筋混凝土牛腿配筋选用表(混凝土:C20;钢筋种类:箍筋Ⅰ级,其他Ⅱ级) 表 4-9

b		a								
		5	10	15	25	35	45	55	65	75
35	F_v	120(130)	120(130)	130(140)	120(130)	120(130)	120(130)	130(140)	150(160)	
	h	30	35	40	45	50	55	60	70	
	A_s	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12	2Φ12+2Φ14	4Φ14	4Φ14 (2Φ14+2Φ16)	4Φ16	
	A_{sh}	—	—	—	—	—	—	—	—	
	A_{sb}	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ14	3Φ14	3Φ14(3Φ16)	3Φ16	
35	F_v	180(190)	180(190)	180(200)	170(180)	160(180)	160(180)	170(180)	170(180)	170(190)
	h	40	45	50	55	60	65	70	75	80
	A_s	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12 (2Φ12+2Φ14)	2Φ12+2Φ14 (4Φ14)	4Φ14 (2Φ14+2Φ16)	2Φ14+2Φ16 (4Φ16)	4Φ16 (2Φ16+2Φ18)	4Φ16 (2Φ16+2Φ18)
	A_{sh}	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	A_{sb}	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12(3Φ14)	3Φ14	3Φ14(3Φ16)	3Φ16	3Φ18	3Φ18
35	F_v	210(230)	210(220)	210(230)	220(240)	210(230)	210(230)	210(220)	210(230)	210(230)
	h	45	50	55	65	70	75	80	85	90
	A_s	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ12 (2Φ12+2Φ14)	4Φ14	2Φ14+2Φ16	2Φ14+2Φ16 (1Φ16)	4Φ16 (2Φ16+2Φ18)	4Φ16 (2Φ16+2Φ18)
	A_{sh}	—	ϕ8@150	ϕ8@150	ϕ8@150	—	—	—	—	—
	A_{sb}	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12(3Φ14)	3Φ14	3Φ16	3Φ16	3Φ18	3Φ18
35	F_v	240(260)	240(260)	240(260)	240(270)	240(260)	250(280)	250(270)	250(270)	250(270)
	h	50	55	60	70	75	85	90	95	100
	A_s	4Φ12	4Φ12	1Φ12	(2Φ12+2Φ14)	4Φ14	4Φ16	1Φ16 (2Φ16+2Φ18)	4Φ16 (2Φ16+2Φ18)	4Φ16 (1Φ18)
	A_{sh}	—	ϕ8@150	ϕ8@150	ϕ8@150	—		—	—	—
	A_{sb}	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ14	3Φ14	3Φ16	3Φ18	3Φ18	3Φ18
40	F_v	130(150)	140(150)	150(160)	140(150)	140(150)	140(150)	140(160)		
	h	30	35	40	45	50	55	60		
	A_s	4Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12+2Φ14	2Φ12+2Φ14 (4Φ14)	2Φ14+2Φ16	2Φ14+2Φ16 (1Φ16)		
	A_{sh}	—			ϕ8@150	—	—	—		
	A_{sb}	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ12(3Φ14)	3Φ14	3Φ16	3Φ16		

续表 4-9

b		a								
		5	10	15	25	35	45	55	65	75
40	F_v	170(180)	170(180)	180(190)	170(180)	160(180)	160(180)	170(180)	170(180)	190(210)
	h	35	40	45	50	55	60	65	70	80
	A_s	4 Φ 12	4 Ⅰ 12	4 Ⅱ 12	2 Ⅰ 12+2 Ⅱ 14	4 Ⅱ 14	2 Φ 14+2 Ⅰ 16 (4 Ⅱ 16)	4 Ⅰ 16	4 Ⅱ 16 2 Ⅰ 16+2 Ⅱ 18	2 Ⅰ 16+2 Ⅰ 18 (4 Ⅰ 18)
	A_{sh}	—	—	—	—	—	—		—	—
	A_{sb}	3 Ⅱ 12	3 Φ 12	3 Ⅱ 12	3 Ⅰ 14	3 Ⅱ 14	3 Φ 16	3 Ⅰ 16	3 Φ 16	3 Ⅰ 16(3 Ⅰ 18)
40	F_v	200(220)	200(220)	210(220)	220(240)	210(230)	210(230)	210(230)	210(230)	210(230)
	h	40	45	50	60	65	70	75	80	85
	A_s	4 Ⅱ 12	4 Ⅱ 12	4 Φ 12	2 Ⅱ 12+2 Ⅰ 14 4 Φ 14	2 Ⅱ 14+2 Ⅰ 16	4 Φ 16	2 Φ 16+2 Ⅰ 18	2 Φ 16+2 Ⅱ 18 (4 Φ 18)	2 Φ 16+2 Ⅰ 18 (4 Ⅱ 18)
	A_{sh}	—	φ8@150	φ8@150	—	—	—	—	—	—
	A_{sb}	3 Ⅱ 12	3 Φ 12	3 Ⅰ 12	3 Φ 14	3 Ⅰ 16	3 Ⅰ 16	3 Φ 18	3 Ⅱ 18	3 Ⅰ 18
40	F_v	240(260)	240(260)	240(260)	250(270)	240(260)	260(290)	260(280)	260(280)	260(280)
	h	45	50	55	65	70	80	85	90	95
	A_s	4 Ⅱ 12	4 Φ 12	4 Ⅰ 12	4 Ⅱ 14	2 Φ 14+2 Ⅱ 16	4 Φ 16 (2 Φ 16+2 Ⅱ 18)	2 Φ 16+2 Ⅱ 18 (4 Φ 18)	4 Ⅱ 18 (2 Φ 18+2 Φ 20)	4 Ⅱ 20 (2 Ⅱ 18+2 Ⅰ 20)
	A_{sh}	Ⅰ 8@150	φ8@150	φ8@150	φ8@150	—	—	—	—	—
	A_{sb}	3 Φ 12	3 Ⅰ 12	3 Ⅱ 12	3 Ⅱ 14	3 Ⅱ 16	3 Φ 16(3 Φ 18)	3 Ⅰ 16(3 Ⅱ 18)	3 Φ 18(3 Ⅰ 20)	3 Ⅰ 18(3 Ⅰ 20)
40	F_v	310(340)	310(330)	300(330)	280(310)	300(330)	290(320)	290(310)	290(310)	280(310)
	h	55	60	65	70	80	85	90	95	100
	A_s	4 Φ 12	4 Ⅰ 12	4 Ⅰ 12	4 Φ 14	2 Φ 14+2 Φ 16 (4 Ⅱ 16)	4 Φ 16 (2 Ⅱ 16+2 Φ 18)	2 Φ 16+2 Φ 18 (4 Φ 18)	4 Φ 18 (2 Φ 18+2 Ⅱ 20)	4 Φ 20 (2 Φ 18+2 Φ 20)
	A_{sh}	φ8@150	φ8@150	φ8@150	φ8@150	—	—	—	—	—
	A_{sb}	3 Φ 12	3 Ⅱ 12	3 Ⅱ 14	3 Φ 14	3 Φ 16	3 Φ 16(3 Φ 18)	3 Φ 18	3 Φ 18(3 Ⅱ 20)	3 Ⅱ 18(3 Φ 20)
40	F_v	350(380)	340(370)	340(370)	340(370)	330(360)	350(380)	340(370)	340(370)	330(360)
	h	60	65	70	80	85	95	100	105	110
	A_s	4 Φ 12	4 Φ 12	4 Ⅱ 12 (2 Ⅱ 12+2 Φ 14)	4 Ⅰ 14 (2 Ⅰ 14+2 Ⅱ 16)	4 Ⅰ 16	4 Φ 18 (2 Φ 16+2 Φ 18)	4 Φ 18 (2 Ⅱ 18+2 Φ 20)	2 Ⅰ 18+2 Φ 20 (4 Φ 20)	2 Ⅰ 20+2 Φ 22 (4 Ⅱ 20)
	A_{sh}	φ8@150	φ8@150	φ8@125	φ8@125	φ8@150	—	—	—	—
	A_{sb}	3 Φ 12	3 Ⅰ 14	3 Φ 14	3 Ⅱ 14(3 Φ 16)	3 Ⅱ 16	3 Φ 16(3 Φ 18)	3 Ⅰ 18	3 Ⅱ 18(3 Ⅰ 20)	3 Ⅱ 18(3 Ⅱ 20)

续表 4-9

b		a								
		5	10	15	25	35	45	55	65	75
40	F_v	390(420)	380(410)	370(410)	380(410)	390(420)	380(410)	370(400)	360(390)	360(390)
	h	65	70	75	85	95	100	105	110	115
	A_s	4 Φ 12	4 Φ 12	4 Φ 12	4 Φ 14	4 Φ 16	2 Φ 16+2 Φ 18	4 Φ 18	2 Φ 18+2 Φ 20	2 Φ 18+2 Φ 20
				(2 Φ 12+2 Φ 14)	(2 Φ 14+2 Φ 16)	(2 Φ 16+2 Φ 18)	(4 Φ 18)	(2 Φ 18+2 Φ 20)	(4 Φ 20)	(4 Φ 20)
	A_{sh}	φ8@150	φ8@125	φ8@125	φ8@125	φ8@150	—	—	—	—
	A_{sb}	3 Φ 14	3 Φ 14	3 Φ 12(3 Φ 14)	3 Φ 16	3 Φ 18	3 Φ 16(3 Φ 18)	3 Φ 18	3 Φ 18(3 Φ 20)	3 Φ 18(3 Φ 20)
40	F_v	420(460)	410(450)	410(440)	410(450)	420(460)	410(440)	420(460)	420(450)	410(440)
	h	70	75	80	90	100	105	115	120	125
	A_s	4 Φ 12	4 Φ 12	2 Φ 12+2 Φ 14	2 Φ 14+2 Φ 16	4 Φ 16	2 Φ 16+2 Φ 18	2 Φ 18+2 Φ 20	2 Φ 18+2 Φ 20	2 Φ 18+2 Φ 20
						(2 Φ 16+2 Φ 18)	(4 Φ 18)	(4 Φ 20)	(4 Φ 20)	(4 Φ 20)
	A_{sh}	φ8@125	φ8@100	φ8@100	φ8@125	φ8@150	φ8@150	—	—	—
	A_{sb}	3 Φ 12	3 Φ 14	3 Φ 14	3 Φ 16	3 Φ 16	3 Φ 16(3 Φ 18)	3 Φ 18(3 Φ 20)	3 Φ 18(3 Φ 20)	3 Φ 18(3 Φ 20)
40	F_v	460(500)	450(490)	440(480)	440(480)	450(490)	460(510)	450(490)	440(480)	460(500)
	h	75	80	85	95	105	115	120	125	135
	A_s	4 Φ 12	4 Φ 12	2 Φ 12+2 Φ 14	2 Φ 14+2 Φ 16	4 Φ 16	2 Φ 16+2 Φ 18	2 Φ 18+2 Φ 20	2 Φ 18+2 Φ 20	2 Φ 18+2 Φ 20
						(2 Φ 16+2 Φ 18)	(2 Φ 18)	(4 Φ 20)	(4 Φ 20)	(4 Φ 22)
	A_{sh}	φ8@150	φ8@125	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@150	—	—	—
	A_{sb}	0	3 Φ 14	3 Φ 14	3 Φ 16	3 Φ 18	3 Φ 18	3 Φ 18(3 Φ 20)	3 Φ 18(3 Φ 20)	3 Φ 20(3 Φ 22)
40	F_v	500(540)	480(530)	480(520)	510(550)	480(530)	500(540)	480(520)	470(510)	490(530)
	h	80	85	90	105	110	120	125	130	140
	A_s	4 Φ 14	4 Φ 12	2 Φ 12+2 Φ 14	2 Φ 14+2 Φ 16	4 Φ 16	2 Φ 16+2 Φ 18	2 Φ 18+2 Φ 20	2 Φ 18+2 Φ 20	2 Φ 18+2 Φ 20
					(4 Φ 16)	(2 Φ 16+2 Φ 18)	(4 Φ 18)	(4 Φ 20)	(4 Φ 20)	(4 Φ 22)
	A_{sh}	φ8@150	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@125	φ8@150	φ8@150	—	—
	A_{sb}	0	3 Φ 16	3 Φ 14	3 Φ 16	3 Φ 18	3 Φ 18	3 Φ 18(3 Φ 20)	3 Φ 18(3 Φ 20)	3 Φ 20(3 Φ 22)
40	F_v	530(580)	520(570)	550(600)	540(590)	550(600)	530(570)	540(590)	530(580)	520(560)
	h	85	90	100	110	120	125	135	140	145
	A_s	4 Φ 14	4 Φ 12	2 Φ 12+2 Φ 14	2 Φ 14+2 Φ 16	4 Φ 16	2 Φ 16+2 Φ 18	2 Φ 18+2 Φ 20	2 Φ 18+2 Φ 20	2 Φ 18+2 Φ 20
					(4 Φ 16)	(2 Φ 16+2 Φ 18)	(4 Φ 18)	(4 Φ 20)	(4 Φ 20)	(4 Φ 22)
	A_{sh}	φ8@150	φ8@125	φ8@100	φ8@100	φ8@125	φ8@150	φ8@150	φ8@150	—
	A_{sb}	0	3 Φ 16	3 Φ 14	3 Φ 16	3 Φ 18	3 Φ 16(3 Φ 18)	3 Φ 18(3 Φ 20)	3 Φ 18(3 Φ 20)	3 Φ 20(3 Φ 22)

续表 4-9

b		a								
		5	10	15	25	35	45	55	65	75
40	F_v	570(620)	560(610)	580(640)	580(630)	580(630)	590(640)	570(620)	590(640)	570(620)
	h	90	95	105	115	125	135	140	150	155
	A_s	4Φ12	2Φ12+2Φ14	4Φ14	4Φ14	2Φ16+2Φ18	2Φ16+2Φ18	4Φ18	2Φ18+2Φ20	2Φ20+2Φ22
				(2Φ14+2Φ16)	(2Φ14+2Φ16)	(4Φ18)	(4Φ18)	(4Φ20)	(4Φ20)	(4Φ22)
	A_{sb}	φ8@150	φ8@125	φ8@100	φ8@100	φ8@125	φ8@125	φ8@150	φ8@150	
	A_{sh}	0	3Φ14	3Φ14(3Φ16)	3Φ14(3Φ16)	3Φ16(3Φ18)	3Φ16(3Φ18)	3Φ18(3Φ20)	3Φ18(3Φ20)	4Φ18(3Φ22)
40	F_v	610(660)	630(690)	620(670)	610(670)	610(670)	620(680)	600(650)	620(670)	600(660)
	h	95	105	110	120	130	140	145	155	160
	A_s	2Φ12+2Φ14	2Φ12+2Φ14	4Φ14	2Φ14+2Φ16	2Φ16+2Φ18	2Φ16+2Φ18	4Φ18	4Φ20	2Φ20+2Φ22
				(2Φ14+2Φ16)	(4Φ16)	(4Φ18)	(4Φ18)	(2Φ20+2Φ22)	(2Φ20+2Φ22)	(4Φ22)
	A_{sh}	φ8@150	φ8@125	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@125	φ8@150	φ8@150	φ8@150
	A_{sb}	0	3Φ14	3Φ14(3Φ16)	3Φ16	3Φ18	3Φ18	3Φ18(3Φ20)	3Φ20	3Φ20(3Φ22)
50	F_v	440(470)	430(460)	420(460)	430(470)	410(450)	400(430)	430(460)	430(450)	420(450)
	h	60	65	70	80	85	90	100	105	110
	A_s	3Φ12+2Φ14	3Φ12+2Φ14	3Φ12+2Φ14	5Φ14	5Φ16	5Φ18	5Φ18	3Φ18+2Φ20	3Φ18+2Φ20
				(5Φ14)	(3Φ14+2Φ16)	(3Φ16+2Φ18)	(3Φ18+2Φ20)	(3Φ18+2Φ20)	(2Φ18+3Φ20)	(5Φ20)
	A_{sh}	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@150	—	—	—	—
	A_{sb}	3Φ14	3Φ14	4Φ14	4Φ14	4Φ16	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)
50	F_v	480(520)	470(510)	470(510)	470(510)	490(530)	470(510)	460(500)	450(490)	480(520)
	h	65	70	75	85	95	100	105	110	120
	A_s	3Φ12+2Φ14	3Φ12+2Φ14	5Φ14	5Φ14	5Φ16	5Φ18	5Φ18	3Φ18+2Φ20	3Φ18+2Φ20
					(3Φ14+2Φ16)	(3Φ16+2Φ18)	(3Φ18+2Φ20)	(3Φ18+2Φ20)	(2Φ18+3Φ20)	(5Φ20)
	A_{sh}	φ8@125	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@125	—	—	—	—
	A_{sb}	3Φ14	3Φ14	4Φ14	4Φ14	4Φ16	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)
50	F_v	530(570)	510(560)	510(550)	510(560)	520(570)	510(550)	490(530)	520(560)	510(560)
	h	70	75	80	90	100	105	110	120	125
	A_s	3Φ12+2Φ14	5Φ11	5Φ14	5Φ14	5Φ16	5Φ18	5Φ18	3Φ18+2Φ20	2Φ18+3Φ20
					(3Φ14+2Φ16)	(3Φ16+2Φ18)	(3Φ18+2Φ20)	(3Φ18+2Φ20)	(5Φ20)	(5Φ20)
	A_{sh}	φ8@125	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@125	φ8@150	—	—	—
	A_{sb}	3Φ11	4Φ14	4Φ14	4Φ14	4Φ16	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)

续表 4-9

b		a								
		5	10	15	25	35	45	55	65	75
50	F_v	570(620)	560(610)	550(600)	550(600)	560(610)	540(590)	560(610)	550(600)	540(590)
	h	75	80	85	95	105	110	120	125	130
	A_s	3Φ12+2Φ14	5Φ14	5Φ14	5Φ14 (2Φ14+3Φ16)	5Φ16 (3Φ16+3Φ18)	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	3Φ18+2Φ20 (5Φ20)	5Φ20 (3Φ20+2Φ22)
	A_{sh}	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@150	φ8@150	—	—
	A_{sb}	0	4Φ14	4Φ14	4Φ14(4Φ16)	4Φ16	4Φ18	4Φ20	4Φ18(4Φ20)	4Φ20(4Φ22)
50	F_v	620(680)	610(660)	600(650)	590(650)	600(660)	620(670)	640(690)	620(680)	610(670)
	h	80	85	90	100	110	120	130	135	140
	A_s	3Φ12+2Φ14	5Φ14	5Φ14	5Φ14 (2Φ14+3Φ16)	5Φ16 (3Φ16+2Φ18)	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	5Φ18 (5Φ20)	3Φ18+2Φ20 (5Φ20)	5Φ20 (3Φ20+2Φ22)
	A_{sh}	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@125	φ8@150	—
	A_{sb}	0	4Φ14	4Φ14	4Φ16	4Φ16	4Φ18	4Φ18	4Φ20	4Φ20(4Φ22)
50	F_v	670(730)	650(710)	640(700)	680(740)	680(740)	670(720)	670(730)	660(720)	650(700)
	h	85	90	95	110	120	125	135	140	145
	A_s	3Φ12+2Φ14	5Φ14 (3Φ14+2Φ16)	5Φ14 (3Φ14+2Φ16)	5Φ14 (2Φ14+3Φ16)	5Φ16 (3Φ16+2Φ18)	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	5Φ18 (5Φ20)	3Φ18+2Φ20 (5Φ20)	5Φ20 (3Φ20+2Φ22)
	A_{sh}	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@125	φ8@150	—
	A_{sb}	0	4Φ14	4Φ14	4Φ16	4Φ18	4Φ18	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ20(4Φ22)
50	F_v	720(780)	700(760)	730(790)	720(780)	730(790)	700(760)	710(770)	730(790)	720(780)
	h	90	95	105	115	125	130	140	150	155
	A_s	3Φ12+2Φ14	5Φ14	5Φ14	5Φ14 (2Φ14+3Φ16)	5Φ16 (3Φ16+2Φ18)	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	5Φ18 (5Φ20)	3Φ18+2Φ20 (5Φ20)	5Φ20 (3Φ20+2Φ22)
	A_{sh}	φ8@150	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@125	φ8@100	φ8@125	φ8@150	φ8@150
	A_{sb}	0	4Φ14	4Φ14	4Φ14(4Φ16)	4Φ16(4Φ18)	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ20	4Φ20(4Φ22)
50	F_v	760(830)	740(810)	780(840)	760(830)	770(830)	780(840)	750(810)	770(840)	750(820)
	h	95	100	110	120	130	140	145	155	160
	A_s	3Φ12+2Φ14	5Φ14	5Φ14	5Φ14 (3Φ14+2Φ16)	5Φ16 (3Φ16+2Φ18)	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	3Φ18+2Φ20 (5Φ20)	5Φ20 (3Φ20+2Φ22)
	A_{sh}	φ8@125	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@125	φ8@150	φ8@150
	A_{sb}	0	4Φ14	4Φ14	4Φ14(4Φ16)	4Φ16(4Φ18)	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ20(4Φ22)

续表 4-9

b		a								
		5	10	15	25	35	45	55	65	75
50	F_v	810(880)	830(910)	820(890)	810(880)	810(880)	820(890)	830(900)	810(880)	830(900)
	h	100	110	115	125	135	145	155	160	170
	A_s	5Φ12	5Φ14	3Φ14+2Φ16	2Φ16+2Φ18	3Φ16+2Φ18 5Φ18	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	5Φ20 (3Φ20+2Φ22)	5Φ20 (3Φ20+2Φ22)
	A_{sh}	φ8@150	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@125	φ8@150
	A_{sb}	0	4Φ14	4Φ16	4Φ18	4Φ18	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ20(4Φ22)
50	F_v	860(930)	880(960)	870(940)	850(930)	850(920)	860(930)	870(940)	880(960)	860(910)
	h	105	115	120	130	140	150	160	170	175
	A_s	5Φ12	5Φ14	3Φ14+2Φ16	3Φ16+2Φ18	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	5Φ18 (5Φ20)	5Φ20 (3Φ20+2Φ22)	5Φ20 (5Φ22)
	A_{sh}	φ8@150	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@125
	A_{sb}	0	4Φ14	4Φ16	4Φ18	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ20(4Φ22)	4Φ20(4Φ22)
50	F_v	900(980)	930(1010)	910(990)	900(970)	890(970)	900(980)	910(980)	920(1000)	900(980)
	h	110	120	125	135	145	155	165	175	180
	A_s	5Φ12	5Φ14	3Φ14+2Φ16	3Φ16+2Φ18	3Φ16+2Φ18 (5Φ18)	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	3Φ18+2Φ20 (5Φ20)	5Φ20 (2Φ20+3Φ22)	2Φ20+3Φ22 (5Φ22)
	A_{sh}	φ8@150	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@150
	A_{sb}	0	4Φ14	4Φ16	4Φ18	4Φ16(4Φ18)	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ20(4Φ22)	4Φ20(4Φ22)
50	F_v	950(1030)	970(1060)	960(1040)	940(1020)	980(1060)	980(1070)	950(1030)	960(1040)	980(1060)
	h	115	125	130	140	155	165	170	180	190
	A_s	5Φ12	5Φ14	3Φ14+2Φ16	3Φ16+2Φ18	5Φ18	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	2Φ18+3Φ20 (5Φ20)	5Φ20 (2Φ20+3Φ22)	2Φ20+3Φ22 (5Φ22)
	A_{sh}	φ8@150	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100
	A_{sb}	0	0	4Φ16	4Φ18	4Φ18	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ20(4Φ22)	4Φ20(4Φ22)
50	F_v	990(1090)	1020(1110)	1000(1090)	1030(1120)	1020(1110)	1020(1110)	1030(1120)	1000(1090)	1020(1100)
	h	120	130	135	150	160	170	180	185	195
	A_s	5Φ12	5Φ14	3Φ14+2Φ16	3Φ16+2Φ18	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	2Φ18+3Φ20 (5Φ20)	5Φ20 (2Φ20+3Φ22)	2Φ20+3Φ22 (5Φ22)
	A_{sh}	φ8@150	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100
	A_{sb}	0	0	4Φ16	4Φ18	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ20	4Φ20(4Φ22)	4Φ22

续表 4-9

b		a								
		5	10	15	25	35	45	55	65	75
60	F_v	470(510)	510(550)	510(550)	520(560)	540(580)	520(560)	510(550)	500(540)	500(540)
	h	55	65	70	80	90	95	100	105	110
	A_s	5Φ12	3Φ12+2Φ14	2Φ12+3Φ14	2Φ14+3Φ16 (5Φ16)	2Φ16+3Φ18 (5Φ18)	3Φ18+2Φ20 (5Φ20)	5Φ20 (5Φ20)	3Φ20+2Φ22 (2Φ20+3Φ22)	3Φ20+2Φ22 (2Φ20+3Φ22)
	A_{sh}	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	—	—	—	—
	A_{sb}	4Φ12	4Φ14	4Φ14	4Φ16	4Φ18	4Φ20	4Φ20(4Φ22)	4Φ22	4Φ22
60	F_v	520(570)	560(610)	560(610)	570(610)	580(630)	560(610)	590(640)	580(630)	570(620)
	h	60	70	75	85	95	100	110	115	120
	A_s	5Φ12	3Φ12+2Φ14	5Φ14	2Φ14+3Φ16 (5Φ16)	5Φ18	3Φ18+2Φ20 (5Φ20)	5Φ20 (3Φ20+2Φ22)	3Φ20+2Φ22 (2Φ20+3Φ22)	3Φ20+2Φ22 (2Φ20+3Φ22)
	A_{sh}	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@150	—	—	—
	A_{sb}	4Φ12	3Φ14	4Φ14	4Φ16	4Φ18	4Φ20	4Φ20(4Φ22)	4Φ22	4Φ22
60	F_v	580(630)	620(670)	610(660)	610(670)	630(680)	600(660)	630(690)	620(670)	610(670)
	h	65	75	80	90	100	105	115	120	125
	A_s	5Φ12	5Φ14	3Φ14+2Φ16	5Φ16	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	3Φ18+2Φ20 (5Φ20)	5Φ20 (5Φ20)	3Φ20+2Φ22 (2Φ20+3Φ22)	2Φ20+3Φ22 (5Φ22)
	A_{sh}	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@150	φ8@150	—	—
	A_{sb}	4Φ12	4Φ14	4Φ16	4Φ16	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ20(4Φ22)	4Φ22	4Φ22
60	F_v	630(690)	670(730)	660(720)	660(720)	680(740)	650(700)	670(730)	660(720)	650(710)
	h	70	80	85	95	105	110	120	125	130
	A_s	5Φ12	5Φ14	3Φ14+2Φ16	5Φ16 (3Φ16+2Φ18)	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	3Φ18+2Φ20 (3Φ18+2Φ20)	5Φ20 (3Φ20+2Φ22)	3Φ20+2Φ22 (2Φ20+3Φ22)	2Φ20+3Φ22 (5Φ22)
	A_{sh}	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@150	φ8@150	—	—
	A_{sb}	4Φ12	4Φ14	4Φ16	4Φ16(4Φ18)	4Φ18(4Φ20)	4Φ20	4Φ20(4Φ22)	4Φ22	4Φ22
60	F_v	690(750)	730(790)	720(780)	710(780)	720(790)	690(750)	720(780)	700(770)	690(750)
	h	75	85	90	100	110	115	125	130	135
	A_s	5Φ12	5Φ14	3Φ14+2Φ16	5Φ16 (3Φ16+2Φ18)	5Φ18 (3Φ18+2Φ20)	3Φ18+2Φ20 (5Φ20)	5Φ20 (3Φ20+2Φ22)	2Φ20+3Φ22 (5Φ22)	2Φ20+3Φ22 (5Φ22)
	A_{sh}	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@150	—	—
	A_{sb}	0	4Φ14	4Φ16	4Φ16(4Φ18)	4Φ18(4Φ20)	4Φ18(4Φ20)	4Φ20(4Φ22)	4Φ22	4Φ22

续表 4-9

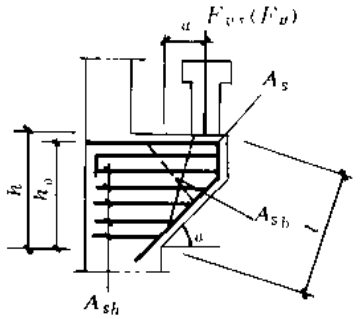
b		a								
		5	10	15	25	35	45	55	65	75
60	F_v	750(810)	780(850)	770(840)	760(830)	770(840)	740(800)	760(830)	750(810)	740(800)
	h	80	90	95	105	115	120	130	135	140
	A_s	5 Φ 12	5 Φ 14	3 Φ 14+2 Φ 16	5 Φ 16	5 Φ 18	5 Φ 18	5 Φ 20	5 Φ 20	3 Φ 20+2 Φ 22
					(3 Φ 16+2 Φ 18)	(3 Φ 18+2 Φ 20)	(3 Φ 18+2 Φ 20)	(3 Φ 20+2 Φ 22)	(3 Φ 20+2 Φ 22)	(2 Φ 20+3 Φ 22)
	A_{sh}	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@150	
	A_{sb}	0	4 Φ 14	4 Φ 16	4 Φ 16(4 Φ 18)	4 Φ 18(4 Φ 20)	4 Φ 18(4 Φ 20)	4 Φ 20(4 Φ 22)	4 Φ 20(4 Φ 22)	4 Φ 22
60	F_v	800(870)	840(910)	820(890)	810(890)	820(890)	830(900)	810(880)	830(910)	820(890)
	h	85	95	100	110	120	130	135	145	150
	A_s	5 Φ 12	5 Φ 14	3 Φ 14+2 Φ 16	5 Φ 16	5 Φ 18	5 Φ 18	5 Φ 20	5 Φ 20	3 Φ 20+2 Φ 22
					(3 Φ 16+2 Φ 18)	(3 Φ 18+2 Φ 20)	(3 Φ 18+2 Φ 20)	(3 Φ 20+2 Φ 22)	(3 Φ 20+2 Φ 22)	(5 Φ 22)
	A_{sh}	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@125	φ8@150
	A_{sb}	0	4 Φ 14	4 Φ 16	4 Φ 16(4 Φ 18)	4 Φ 18(4 Φ 20)	4 Φ 18(4 Φ 20)	4 Φ 20(4 Φ 22)	4 Φ 20(4 Φ 22)	4 Φ 22
60	F_v	860(930)	890(970)	880(950)	870(940)	870(950)	880(960)	850(930)	880(950)	860(940)
	h	90	100	105	115	125	135	140	150	155
	A_s	5 Φ 14	5 Φ 14	3 Φ 14+2 Φ 16	5 Φ 16	5 Φ 18	5 Φ 18	5 Φ 20	5 Φ 20	2 Φ 20+3 Φ 22
					(3 Φ 16+2 Φ 18)	(3 Φ 18+2 Φ 20)	(5 Φ 20)	(3 Φ 20+2 Φ 22)	(3 Φ 20+2 Φ 22)	(5 Φ 22)
	A_{sh}	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@125	φ8@150
	A_{sb}	0	4 Φ 14	4 Φ 16	4 Φ 16(4 Φ 18)	4 Φ 18(4 Φ 20)	4 Φ 18(4 Φ 20)	4 Φ 20(4 Φ 22)	4 Φ 20(4 Φ 22)	4 Φ 22
60	F_v	910(990)	950(1030)	930(1010)	920(1000)	920(1000)	930(1010)	900(980)	920(1000)	900(980)
	h	95	105	110	120	130	140	145	155	160
	A_s	5 Φ 14	5 Φ 16	5 Φ 16	3 Φ 16+2 Φ 18	5 Φ 18	5 Φ 18	5 Φ 20	3 Φ 20+2 Φ 22	2 Φ 20+3 Φ 22
						(3 Φ 18+2 Φ 20)	(5 Φ 20)	(3 Φ 20+2 Φ 22)	(2 Φ 20+3 Φ 22)	(5 Φ 22)
	A_{sh}	φ8@125	φ8@125	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100		φ8@150
	A_{sb}	0	4 Φ 16	4 Φ 16	4 Φ 18	4 Φ 18(4 Φ 20)	4 Φ 18(4 Φ 20)	4 Φ 20(4 Φ 22)	4 Φ 22	4 Φ 22
60	F_v	970(1060)	1000(1090)	980(1070)	970(1050)	970(1050)	980(1060)	940(1030)	970(1050)	950(1030)
	h	100	110	115	125	135	140	150	160	165
	A_s	5 Φ 14	5 Φ 16	5 Φ 16	3 Φ 16+2 Φ 18	5 Φ 18	3 Φ 18+2 Φ 20	5 Φ 20	2 Φ 20+3 Φ 22	2 Φ 20+3 Φ 22
						(3 Φ 18+2 Φ 20)	(2 Φ 18+3 Φ 20)	(2 Φ 20+3 Φ 22)	(5 Φ 22)	(5 Φ 22)
	A_{sh}	φ8@125	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@150
	A_{sb}	0	4 Φ 16	4 Φ 16	4 Φ 18	4 Φ 18(4 Φ 20)	4 Φ 20	4 Φ 20(4 Φ 22)	4 Φ 22	4 Φ 22

续表 4-9

b		a								
		5	10	15	25	35	45	55	65	75
60	F_v	1030(1120)	1060(1150)	1040(1130)	1020(1110)	1020(1110)	1020(1110)	1040(1130)	1010(1100)	990(1080)
	h	105	115	120	130	140	150	160	165	170
	A_s	5Φ14	5Φ16	3Φ16+2Φ18	3Φ16+2Φ18	5Φ18	5Φ20	5Φ20	2Φ20+3Φ22	3Φ20+3Φ22
						(3Φ18+2Φ20)	(2Φ18+2Φ20)	(2Φ20+3Φ22)	(5Φ22)	(6Φ22)
	A_{sh}	φ8@150	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@100	φ8@125	φ8@100	φ8@100	φ8@125
	A_{sb}	0	4Φ16	4Φ18	4Φ18	4Φ18(4Φ20)	4Φ20	4Φ20(4Φ22)	4Φ22	4Φ22(5Φ22)

注：1. 表中，F_v 的单位为 kN，b、h 和 a 的单位为 cm。

2. 本表适用于中、重级工作制吊车的柱牛腿及其他承受垂直荷载的柱牛腿，其牛腿示意图见下图：



3. 表中数值已考虑了安装偏差 20mm。

4. 牛腿与下柱交接处垂直截面的有效高度 $h_0 = h - 35$ mm。

5. 作用于牛腿上的荷载 F_v 值中，不带括号的用于承受重级工作制吊车的牛腿，带括号的数值用于其他牛腿。

6. 带括号的配筋（包括纵向受拉钢筋、弯起钢筋、箍筋）仅用于除承受重级工作制吊车牛腿以外的其他牛腿。

7. 表中弯起钢筋截面积 A_{sb} 中，"0" 表示可不设置弯起钢筋。

8. 箍筋截面积 A_{sh} 中，"—" 表示按构造设置箍筋。

9. 表中不包括作用牛腿顶面的水平拉力设计值 N 的配筋量。

钢筋混凝土牛腿选用表（混凝土：C30；钢筋种类：箍筋Ⅰ级，其他Ⅱ级） 表 4-10

b		a								
		5	10	15	25	35	45	55	65	75
35	F_v	150(160)	160(170)	170(180)	160(170)	160(170)	160(180)	170(180)	200(210)	
	h	30	35	40	45	50	55	60	70	
	A_s	4Φ12	4Φ12	4Φ12	2Φ12+2Φ14	4Φ14	2Φ14+2Φ16	4Φ16	2Φ16+2Φ18	
					(4Φ14)	(2Φ14+2Φ16)	(4Φ14)	(2Φ16+2Φ18)	(4Φ18)	
	A_{sb}	3Φ12	3Φ12	3Φ12	3Φ14	3Φ14(3Φ16)	3Φ16	3Φ16(3Φ18)	3Φ18	
35	F_v	230(250)	230(250)	240(260)	220(240)	220(240)	220(230)	220(240)	220(240)	220(240)
	h	40	45	50	55	60	65	70	75	80
	A_s	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ14	4Φ14	2Φ14+2Φ16	4Φ16	2Φ16+2Φ18	4Φ18
				(2Φ12+2Φ14)		(2Φ14+2Φ16)	(4Φ16)	(2Φ16+2Φ18)	(4Φ18)	(2Φ18+2Φ20)
	A_{sb}	3Φ12	3Φ12	3Φ12(3Φ14)	3Φ14	3Φ14(3Φ16)	3Φ16	3Φ16(3Φ18)	3Φ18	3Φ18(3Φ20)
35	F_v	270(300)	270(290)	270(300)	290(310)	280(300)	270(300)	270(300)	270(300)	270(300)
	h	45	50	55	65	70	75	80	85	90
	A_s	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ14	4Φ14	2Φ14+2Φ16	4Φ16	2Φ16+2Φ18	4Φ18
				(2Φ12+2Φ14)	(2Φ14+2Φ16)	(2Φ14+2Φ16)	(4Φ16)	(2Φ16+2Φ18)	(4Φ18)	(2Φ18+2Φ20)
	A_{sb}	3Φ12	3Φ12	3Φ12(3Φ14)	3Φ14(3Φ16)	3Φ14(3Φ16)	3Φ16	3Φ16(3Φ18)	3Φ16(3Φ18)	3Φ18(3Φ20)
35	F_v	320(340)	310(340)	310(340)	320(350)	310(340)	330(360)	330(360)	330(360)	330(360)
	h	50	55	60	70	75	85	90	95	100
	A_s	4Φ12	4Φ12	2Φ12+2Φ14	2Φ14+2Φ16	4Φ16	4Φ16	2Φ16+2Φ18	4Φ18	2Φ18+2Φ20
						(2Φ16+2Φ18)	(4Φ18)	(4Φ18)	(2Φ18+2Φ20)	(4Φ20)
	A_{sb}	3Φ12	3Φ12	3Φ14	3Φ16	3Φ16	3Φ16	3Φ18	3Φ20	3Φ20
40	F_v	180(190)	180(200)	190(210)	180(200)	180(200)	180(200)	190(210)		
	h	30	35	40	45	50	55	60		
	A_s	4Φ12	4Φ12	4Φ12	4Φ14	2Φ16+2Φ18	2Φ16+2Φ18	4Φ18		
				(2Φ12+2Φ14)	(2Φ14+2Φ16)					
	A_{sb}	3Φ12	3Φ12	3Φ12(3Φ14)	3Φ12(3Φ16)	3Φ16	3Φ16	3Φ18		
40	F_v	220(240)	220(240)	230(250)	220(240)	210(230)	210(230)	220(240)	220(240)	250(280)
	h	35	40	45	50	55	60	65	70	80
	A_s	4Φ12	4Φ12	2Φ12+2Φ14	4Φ14	4Φ16	2Φ16+2Φ18	4Φ18	2Φ18+2Φ20	4Φ20
					(2Φ14+2Φ16)	(2Φ16+2Φ18)	(4Φ18)	(2Φ18+2Φ20)	(4Φ20)	(2Φ20+2Φ22)
	A_{sb}	Φ12	3Φ12	3Φ14	3Φ14(3Φ16)	3Φ16	3Φ16(3Φ18)	3Φ18(3Φ20)	3Φ18(3Φ20)	3Φ20(4Φ20)

续表 4-10

b		a								
		5	10	15	25	35	45	55	65	75
40	F_v	270(290)	270(290)	270(290)	290(320)	280(310)	280(300)	280(300)	280(310)	280(310)
	h	40	45	50	60	65	70	75	80	85
	A_s	4Φ12	4Φ12	2Φ12+2Φ14	2Φ14+2Φ16 (4Φ16)	2Φ16+2Φ18	2Φ16+2Φ18 (4Φ18)	2Φ16+2Φ18 (4Φ18)	4Φ18 (2Φ18+2Φ20)	2Φ18+2Φ20 (4Φ20)
	A_{sb}	3Φ12	3Φ12	3Φ14	3Φ16	3Φ16	3Φ18	3Φ18	3Φ18(3Φ20)	3Φ18(3Φ20)
40	F_v	310(350)	310(340)	310(340)	330(360)	320(350)	350(380)	340(370)	340(370)	340(370)
	h	45	50	55	65	70	80	85	90	95
	A_s	4Φ12	4Φ12	2Φ12+2Φ14 (4Φ14)	2Φ14+2Φ16 (4Φ16)	2Φ16+2Φ18 (4Φ18)	4Φ18 (2Φ18+2Φ20)	4Φ18 (2Φ18+2Φ20)	2Φ18+2Φ20 (4Φ20)	4Φ20 (2Φ20+2Φ22)
	A_{sb}	3Φ12	3Φ12	3Φ14	3Φ16	3Φ16(3Φ18)	3Φ18(3Φ20)	3Φ18(3Φ20)	3Φ18(3Φ20)	3Φ20(3Φ22)
40	F_v	410(440)	400(430)	400(430)	370(400)	390(430)	380(420)	380(410)	370(410)	370(400)
	h	55	60	65	70	80	85	90	95	100
	A_s	4Φ12	4Φ12	4Φ14	4Φ16	4Φ18	4Φ18 (2Φ18+2Φ20)	4Φ18 (2Φ18+2Φ20)	2Φ18+2Φ20 (4Φ20)	4Φ20 (5Φ20)
	A_{sb}	3Φ12	3Φ12	3Φ14	3Φ16	3Φ18	3Φ18(3Φ20)	3Φ18(3Φ20)	3Φ18(3Φ20)	3Φ20(3Φ22)
40	F_v	460(500)	450(490)	440(480)	450(490)	430(470)	460(500)	450(490)	440(480)	440(470)
	h	60	65	70	80	85	95	100	105	110
	A_s	4Φ12	4Φ12 (2Φ12+2Φ14)	4Φ14	4Φ16 (2Φ16+2Φ18)	4Φ18 (2Φ18+2Φ20)	4Φ18 (2Φ18+2Φ20)	2Φ18+2Φ20 (4Φ20)	4Φ20 (2Φ20+2Φ22)	4Φ22 (3Φ20+2Φ22)
	A_{sb}	3Φ12	3Φ14	3Φ14	3Φ16	3Φ18	3Φ18(3Φ20)	3Φ20	3Φ20(3Φ22)	3Φ22(4Φ22)
40	F_v	510(550)	490(540)	490(530)	490(540)	510(550)	490(540)	480(520)	480(520)	470(510)
	h	65	70	75	85	95	100	105	110	115
	A_s	4Φ12	4Φ12 (2Φ12+2Φ14)	4Φ14	4Φ16 (2Φ16+2Φ18)	4Φ18 (2Φ18+2Φ20)	2Φ18+2Φ20 (4Φ20)	2Φ18+2Φ20 (4Φ20)	4Φ20 (2Φ20+2Φ22)	3Φ20+2Φ22 (5Φ22)
	A_{sb}	3Φ14	3Φ14	3Φ14	3Φ16	3Φ18	3Φ20	3Φ20	3Φ20(3Φ22)	4Φ20(4Φ22)
40	F_v	550(600)	540(590)	530(580)	540(580)	550(600)	530(580)	560(600)	550(590)	540(580)
	h	70	75	80	90	100	105	115	120	125
	A_s	4Φ12	4Φ12 (2Φ12+2Φ14)	4Φ14 (2Φ14+2Φ16)	2Φ16+2Φ18	2Φ18+2Φ20 (2Φ18+2Φ20)	4Φ20 (2Φ20+2Φ22)	4Φ20 (2Φ20+2Φ22)	4Φ22 (3Φ20+2Φ22)	3Φ20+2Φ22 (5Φ22)
	A_{sb}	Φ14	3Φ14	3Φ14(3Φ16)	3Φ16	3Φ18	3Φ20	3Φ20(3Φ22)	3Φ22(4Φ22)	4Φ20(4Φ22)

续表 4-10

b		a								
		5	10	15	25	35	45	55	65	75
40	F_v	600(660)	590(640)	580(630)	580(630)	590(640)	610(660)	570(650)	580(630)	610(660)
	h	75	80	85	95	105	115	120	125	135
	A_s	4 Φ 12	2 Φ 12+2 Φ 14	4 Φ 14 (2 Φ 14+2 Φ 16)	2 ⌀ 16+2 Φ 18	2 Φ 16+2 ⌀ 18 (4 Φ 20)	2 Φ 18+2 Φ 20 (4 Φ 20)	4 ⌀ 20 (2 ⌀ 20+2 Φ 22)	4 ⌀ 20 (2 Φ 20+2 ⌀ 22)	4 ⌀ 22
	A_{sb}	0	3 Φ 14	3 Φ 16	3 Φ 16	3 Φ 18	3 Φ 20	3 ⌀ 20(3 Φ 22)	3 Φ 22(3 ⌀ 22)	3 Φ 22
40	F_v	650(710)	640(690)	630(680)	670(730)	630(690)	650(710)	630(690)	620(670)	640(700)
	h	80	85	90	105	110	120	125	130	140
	A_s	2 ⌀ 12+2 Φ 14	2 Φ 12+2 ⌀ 14	4 Φ 14 (2 Φ 14+2 Φ 16)	2 Φ 16+2 ⌀ 18 (4 ⌀ 18)	2 Φ 18+2 Φ 20 (4 ⌀ 20)	4 Φ 20	4 Φ 20 (2 Φ 20+2 ⌀ 22)	2 Φ 20+2 Φ 22 (4 ⌀ 22)	4 ⌀ 22 (5 ⌀ 22)
	A_{sb}	0	3 Φ 16	3 ⌀ 16	3 Φ 16(3 ⌀ 18)	3 Φ 18(3 Φ 20)	3 Φ 20	3 Φ 20(3 ⌀ 22)	3 Φ 20(3 ⌀ 22)	3 Φ 22(4 Φ 22)
40	F_v	700(760)	680(740)	720(780)	710(770)	720(780)	690(750)	710(770)	690(760)	680(740)
	h	85	90	100	110	120	125	135	140	145
	A_s	2 ⌀ 12+2 Φ 14	2 Φ 12+2 Φ 14	4 Φ 14 (2 Φ 14+2 Φ 16)	2 Φ 16+2 Φ 18 (4 Φ 18)	2 Φ 18+2 Φ 20 (4 Φ 20)	2 Φ 18+2 Φ 20 (4 Φ 20)	4 Φ 20 (2 Φ 20+2 Φ 22)	2 Φ 20+2 Φ 22 (4 Φ 22)	2 Φ 22+2 ⌀ 25 (4 Φ 25)
	A_{sb}	0	3 ⌀ 16	3 Φ 16	3 ⌀ 18	3 ⌀ 18(3 Φ 20)	3 Φ 20	3 Φ 20(3 Φ 22)	3 ⌀ 22	3 Φ 25
40	F_v	750(820)	730(790)	770(830)	760(820)	760(830)	770(840)	750(820)	770(840)	750(820)
	h	90	95	105	115	125	135	140	150	155
	A_s	2 Φ 12+2 Φ 14	4 Φ 14	2 Φ 14+2 Φ 16	2 Φ 16+2 Φ 18 (4 Φ 18)	2 Φ 18+2 Φ 20 (4 Φ 20)	2 ⌀ 18+2 Φ 20 (4 Φ 20)	4 Φ 20 (2 Φ 20+2 Φ 22)	2 Φ 20+2 Φ 22 (4 Φ 22)	2 Φ 22+2 ⌀ 25 (4 ⌀ 25)
	A_{sb}	0	3 Φ 16	3 Φ 16	3 Φ 18	3 Φ 18(3 Φ 20)	3 Φ 20	3 Φ 20(3 ⌀ 22)	3 Φ 22	3 Φ 25
40	F_v	800(870)	830(900)	550(600)	800(870)	810(870)	820(890)	790(860)	810(880)	790(860)
	h	95	105	110	120	130	140	145	155	160
	A_s	4 Φ 14	4 Φ 14	2 Φ 14+2 Φ 16	2 Φ 16+2 Φ 18 (4 Φ 18)	4 ⌀ 20	4 Φ 20	2 Φ 20+2 ⌀ 22 (4 Φ 22)	4 Φ 22 (2 Φ 22+2 Φ 25)	2 Φ 22+2 ⌀ 25 (4 Φ 25)
	A_{sb}	0	3 Φ 16	3 Φ 18	3 Φ 18	3 Φ 20	3 Φ 20	3 Φ 22	3 Φ 22(4 Φ 22)	3 ⌀ 25
40	F_v	570(620)	560(610)	550(600)	570(610)	540(590)	520(570)	550(600)	550(600)	550(590)
	h	60	65	70	80	85	90	100	105	110
	A_s	4 Φ 12	2 Φ 12+2 Φ 14 (4 Φ 14)	2 Φ 14+2 Φ 16 (4 Φ 16)	4 Φ 18 (2 Φ 18+2 Φ 20)	4 Φ 20	4 Φ 20 (4 Φ 22)	2 Φ 20+2 Φ 22 (4 Φ 22)	4 ⌀ 22 (2 Φ 22+2 Φ 25)	2 ⌀ 22+2 Φ 25 (4 ⌀ 25)
	A_{sb}	3 Φ 14	3 Φ 14	3 Φ 16	3 Φ 18	3 Φ 20	3 Φ 20(3 Φ 22)	3 Φ 22	3 Φ 22(4 Φ 22)	3 Φ 25

续表 4-10

b		a								
		5	10	15	25	35	45	55	65	75
	F_v	630(690)	620(670)	610(660)	620(670)	640(690)	620(670)	600(650)	590(640)	630(680)
	h	65	70	75	85	95	100	105	110	120
50	A_s	2Φ12+2Φ14	4Φ14	2Φ14+2Φ16	4Φ18	2Φ18+2Φ20	4Φ20	3Φ20+2Φ22	3Φ20+2Φ22	3Φ22+2Φ22
				(4Φ16)	(2Φ18+2Φ20)	(4Φ20)	(4Φ22)	(5Φ22)	(5Φ22)	(5Φ22)
	A_{sb}	3Φ14	3Φ16	3Φ16	3Φ18	3Φ20	3Φ20	4Φ22	4Φ22	4Φ22
	F_v	690(750)	670(730)	670(730)	670(730)	690(750)	660(720)	640(700)	680(740)	670(730)
	h	70	75	80	90	100	105	110	120	125
50	A_s	2Φ12+2Φ14	4Φ14	4Φ16	4Φ18	2Φ18+2Φ20	4Φ20	3Φ20+2Φ22	3Φ20+2Φ22	3Φ22+2Φ22
					(2Φ18+2Φ20)	(4Φ20)	(4Φ22)	(5Φ22)	(5Φ22)	(5Φ22)
	A_{sb}	3Φ16	3Φ16	3Φ16	3Φ18	3Φ20	3Φ20	4Φ22	4Φ22	4Φ22
	F_v	750(820)	730(800)	730(790)	730(790)	740(800)	710(780)	740(800)	720(790)	710(780)
	h	75	80	85	95	105	110	120	125	130
50	A_s	4Φ14	4Φ14	4Φ16	2Φ18+2Φ20	2Φ18+2Φ20	4Φ20	3Φ20+2Φ22	3Φ20+2Φ22	2Φ20+3Φ22
						(4Φ20)	(4Φ22)	(5Φ22)	(5Φ22)	(5Φ22)
	A_{sb}	0	3Φ16	3Φ18	3Φ18	3Φ20	3Φ20	4Φ22	4Φ22	4Φ22
	F_v	820(890)	790(860)	780(850)	780(850)	790(860)	810(880)	830(910)	820(890)	800(870)
	h	80	85	90	100	110	120	130	135	140
50	A_s	4Φ14	4Φ14	4Φ16	2Φ18+2Φ20	2Φ18+2Φ20	3Φ18+2Φ20	3Φ20+2Φ22	3Φ20+2Φ22	4Φ25
				(2Φ16+2Φ18)	(4Φ20)	(4Φ20)	(2Φ18+3Φ20)	(5Φ22)	(4Φ25)	(3Φ22+2Φ25)
	A_{sb}	0	3Φ16	3Φ18	3Φ18(3Φ20)	3Φ18(3Φ20)	4Φ20	4Φ22	4Φ22	4Φ22(5Φ22)
	F_v	880(950)	850(930)	840(910)	890(970)	900(980)	860(940)	880(960)	860(940)	850(930)
	h	85	90	95	110	120	125	135	140	145
50	A_s	4Φ14	2Φ14+2Φ16	4Φ16	2Φ18+2Φ20	2Φ18+2Φ20	3Φ18+2Φ20	3Φ20+2Φ22	2Φ20+3Φ22	2Φ20+3Φ22
				(2Φ16+2Φ18)	(4Φ20)	(4Φ20)	(2Φ18+3Φ20)	(5Φ22)	(5Φ22)	(3Φ22+2Φ25)
	A_{sb}	0	3Φ18	3Φ18	3Φ18(3Φ20)	3Φ18(3Φ20)	4Φ20	4Φ22	4Φ22	4Φ22(5Φ22)
	F_v	940(1020)	910(990)	960(1040)	950(1030)	950(1030)	910(990)	930(1010)	960(1040)	940(1020)
	h	90	95	105	115	125	130	140	150	155
50	A_s	2Φ14+2Φ16	2Φ14+2Φ16	4Φ16	2Φ18+2Φ20	4Φ20	3Φ18+2Φ20	3Φ20+2Φ22	2Φ20+3Φ22	5Φ22
				(2Φ16+2Φ18)	(4Φ20)	(4Φ22)	(5Φ20)	(5Φ22)	(5Φ22)	(3Φ22+2Φ25)
	A_{sb}	0	3Φ18	3Φ18	3Φ20	3Φ20(3Φ22)	4Φ20	4Φ22	4Φ22	4Φ22(5Φ22)

续表 4-10

b		a								
		5	10	15	25	35	45	55	65	75
50	F_v	1000(1090)	970(1060)	1020(1110)	1000(1090)	1010(1090)	1020(1110)	980(1070)	1010(1100)	990(1080)
	h	95	100	110	120	130	140	145	155	160
	A_s	2 Φ 14+2 Φ 16	4 Φ 16	4 Φ 16	4 Φ 18	4 Φ 20	5 Φ 20	3 Φ 20+2 Φ 22	2 Φ 20+3 Φ 22	5 Φ 22
				(2 Φ 16+2 Φ 18)		(4 Φ 22)	(5 Φ 20)	(2 Φ 20+3 Φ 22)	(2 Φ 20+4 Φ 22)	(2 Φ 20+4 Φ 22)
	A_{sb}	0	3 Φ 16	3 Φ 18	3 Φ 18	3 Φ 20(3 Φ 22)	4 Φ 20	4 Φ 20	4 Φ 22(5 Φ 22)	4 Φ 22(5 Φ 22)
50	F_v	1060(1150)	1100(1190)	1080(1170)	1060(1150)	1060(1150)	1070(1160)	1080(1180)	1060(1150)	1090(1180)
	h	100	110	115	125	135	145	155	160	170
	A_s	4 Φ 16	4 Φ 16	2 Φ 16+2 Φ 18	4 Φ 18	4 Φ 20	2 Φ 18+3 Φ 20	2 Φ 20+3 Φ 22	5 Φ 22	3 Φ 22+2 Φ 25
						(4 Φ 22)	(5 Φ 20)	(5 Φ 22)	(2 Φ 20+4 Φ 22)	(6 Φ 22)
	A_{sb}	0	3 Φ 16	3 Φ 18	3 Φ 18	3 Φ 20(3 Φ 22)	4 Φ 20	4 Φ 22	4 Φ 22(5 Φ 22)	4 Φ 22(5 Φ 22)
50	F_v	1120(1220)	1160(1260)	1140(1240)	1120(1210)	1120(1220)	1120(1210)	1140(1230)	1160(1260)	1130(1230)
	h	105	115	120	130	140	150	160	170	175
	A_s	4 Φ 16	2 Φ 16+2 Φ 18	2 Φ 16+2 Φ 18	4 Φ 18	4 Φ 20	2 Φ 18+3 Φ 20	2 Φ 20+3 Φ 22	5 Φ 22	2 Φ 20+4 Φ 22
						(4 Φ 22)	(5 Φ 20)	(5 Φ 22)	(2 Φ 20+4 Φ 22)	(6 Φ 22)
	A_{sb}	0	3 Φ 18	3 Φ 18	3 Φ 18	3 Φ 20(3 Φ 22)	4 Φ 20	4 Φ 22	4 Φ 22(5 Φ 22)	4 Φ 22(5 Φ 22)
50	F_v	1190(1290)	1220(1320)	1200(1300)	1180(1280)	1170(1270)	1180(1280)	1190(1290)	1210(1310)	1180(1290)
	h	110	120	125	135	145	155	165	175	180
	A_s	4 Φ 16	2 Φ 16+2 Φ 18	4 Φ 18	4 Φ 18	4 Φ 20	5 Φ 20	2 Φ 20+3 Φ 22	5 Φ 22	2 Φ 20+4 Φ 22
					(2 Φ 18+2 Φ 20)	(3 Φ 20+2 Φ 22)	(3 Φ 20+2 Φ 22)	(5 Φ 22)	(2 Φ 20+4 Φ 22)	(6 Φ 22)
	A_{sb}	0	3 Φ 18	3 Φ 18	3 Φ 20	3 Φ 20(3 Φ 22)	4 Φ 20	4 Φ 22	4 Φ 22(5 Φ 22)	4 Φ 22(5 Φ 22)
50	F_v	1250(1360)	1280(1390)	1260(1370)	1230(1340)	1280(1390)	1290(1400)	1240(1350)	1260(1370)	1280(1390)
	h	115	125	130	140	155	165	170	180	190
	A_s	2 Φ 16+2 Φ 18	4 Φ 18	4 Φ 18	4 Φ 18	4 Φ 20	5 Φ 20	2 Φ 20+3 Φ 22	5 Φ 22	6 Φ 22
					(2 Φ 18+2 Φ 20)	(3 Φ 20+2 Φ 22)	(3 Φ 20+2 Φ 20)	(5 Φ 22)	(6 Φ 22)	(5 Φ 25)
	A_{sb}	0	0	3 Φ 18	3 Φ 20	3 Φ 20(3 Φ 22)	4 Φ 20	4 Φ 22	4 Φ 22(5 Φ 22)	4 Φ 22(5 Φ 22)
50	F_v	1310(1420)	1340(1460)	1320(1430)	1350(1470)	1340(1460)	1340(1460)	1350(1460)	1310(1420)	1330(1450)
	h	120	130	135	150	160	170	180	185	195
	A_s	2 Φ 16+2 Φ 18	4 Φ 18	4 Φ 18	4 Φ 18	5 Φ 20	5 Φ 20	2 Φ 20+3 Φ 22	5 Φ 22	6 Φ 22
					(2 Φ 18+2 Φ 20)	(3 Φ 20+2 Φ 22)	(3 Φ 20+2 Φ 22)	(5 Φ 22)	(2 Φ 20+4 Φ 22)	(5 Φ 25)
	A_{sb}	0	0	3 Φ 18	3 Φ 20	4 Φ 20	4 Φ 20	4 Φ 22	4 Φ 22(5 Φ 22)	4 Φ 22(5 Φ 22)

续表 4-10

b		a								
		5	10	15	25	35	45	55	65	75
60	F_v	610(670)	670(730)	670(720)	680(740)	710(770)	680(740)	660(720)	660(710)	650(710)
	h	55	65	70	80	90	95	100	105	110
	A_s	5 Φ 12	3 Φ 12+2 Φ 14	3 Φ 14+2 Φ 16	5 Φ 18	5 Φ 18	3 Φ 20+2 Φ 22	2 Φ 20+3 Φ 22	5 Φ 22	5 Φ 22
					(3 Φ 18+2 Φ 20)	(3 Φ 18+2 Φ 20)	(2 Φ 20+3 Φ 22)	(5 Φ 22)		(6 Φ 22)
	A_{sb}	4 Φ 12	4 Φ 14	4 Φ 16	4 Φ 18	4 Φ 18	4 Φ 22	4 Φ 22	4 Φ 22	4 Φ 22(5 Φ 22)
60	F_v	690(740)	740(800)	730(800)	740(810)	770(830)	730(800)	770(840)	760(830)	750(820)
	h	60	70	75	85	95	100	110	115	120
	A_s	5 Φ 12	3 Φ 12+2 Φ 14	3 Φ 14+2 Φ 16	5 Φ 18	5 Φ 18	3 Φ 20+2 Φ 22	2 Φ 20+3 Φ 22	5 Φ 22	2 Φ 22+3 Φ 25
				(5 Φ 16)	(3 Φ 18+2 Φ 20)	(5 Φ 20)	(2 Φ 20+3 Φ 22)	(5 Φ 22)	(3 Φ 22+2 Φ 25)	(4 Φ 22+2 Φ 25)
	A_{sb}	4 Φ 12	4 Φ 14	4 Φ 16	4 Φ 18	4 Φ 18(4 Φ 20)	4 Φ 22	4 Φ 22	4 Φ 22(5 Φ 22)	4 Φ 22(5 Φ 22)
60	F_v	760(820)	810(880)	800(870)	810(880)	830(900)	790(860)	830(900)	810(890)	810(880)
	h	65	75	80	90	100	105	115	120	125
	A_s	5 Φ 12	3 Φ 12+2 Φ 14	3 Φ 14+2 Φ 16	5 Φ 18	5 Φ 20	3 Φ 20+2 Φ 22	2 Φ 20+3 Φ 22	5 Φ 22	3 Φ 22+2 Φ 25
			(5 Φ 14)	(5 Φ 16)	(3 Φ 18+2 Φ 20)	(3 Φ 20+2 Φ 22)	(5 Φ 22)	(5 Φ 22)	(3 Φ 22+2 Φ 25)	(4 Φ 22+2 Φ 25)
	A_{sb}	4 Φ 12	4 Φ 14	4 Φ 16	4 Φ 18	4 Φ 22	4 Φ 22	4 Φ 22	4 Φ 22(5 Φ 22)	4 Φ 22(5 Φ 22)
60	F_v	830(900)	880(960)	870(950)	870(950)	890(970)	850(920)	890(960)	870(940)	860(930)
	h	70	80	85	95	105	110	120	125	130
	A_s	5 Φ 12	3 Φ 12+2 Φ 14	3 Φ 14+2 Φ 16	5 Φ 18	5 Φ 20	3 Φ 20+2 Φ 22	2 Φ 20+3 Φ 22	5 Φ 22	3 Φ 22+2 Φ 25
			(5 Φ 14)	(5 Φ 16)	(3 Φ 18+2 Φ 20)	(3 Φ 20+2 Φ 22)	(5 Φ 22)	(5 Φ 22)	(3 Φ 22+2 Φ 25)	(4 Φ 22+2 Φ 25)
	A_{sb}	4 Φ 12	4 Φ 14	4 Φ 16	4 Φ 18	4 Φ 22	4 Φ 22	4 Φ 22	4 Φ 22(5 Φ 22)	4 Φ 22(5 Φ 22)
60	F_v	900(980)	950(1040)	940(1020)	940(1020)	950(1030)	910(990)	940(1020)	920(1000)	910(990)
	h	75	85	90	100	110	115	125	130	135
	A_s	3 Φ 12+2 Φ 14	5 Φ 16	3 Φ 14+2 Φ 16	3 Φ 18+2 Φ 20	5 Φ 20	2 Φ 20+3 Φ 22	5 Φ 22	3 Φ 22+2 Φ 25	3 Φ 22+2 Φ 25
				(5 Φ 16)		(3 Φ 20+2 Φ 22)	(5 Φ 22)	(3 Φ 22+2 Φ 25)	(2 Φ 22+3 Φ 25)	(5 Φ 25)
	A_{sb}	0	4 Φ 16	4 Φ 16	4 Φ 18	4 Φ 22	4 Φ 22	4 Φ 22(5 Φ 22)	4 Φ 22(5 Φ 22)	4 Φ 25

续表 4-10

b		a								
		5	10	15	25	35	45	55	65	75
60	F_v	980(1060)	1020(1110)	1010(1100)	1000(1090)	1010(1100)	970(1050)	1000(1090)	980(1060)	960(1050)
	h	80	90	95	105	115	120	130	135	140
	A_s	3Φ12+2Φ14	3Φ12+2Φ14	3Φ14+2Φ16	3Φ18+2Φ20	5Φ20	3Φ20+2Φ22	2Φ20+3Φ22	3Φ22+2Φ25	2Φ20+4Φ22
				(5Φ18)	(5Φ20)	(3Φ20+2Φ22)	(5Φ22)	(5Φ22)	(6Φ22)	(5Φ25)
	A_{sb}	0	4Φ14	4Φ16(4Φ18)	4Φ18(4Φ20)	4Φ20(4Φ22)	4Φ20(4Φ22)	4Φ22(5Φ22)	5Φ22	5Φ22
60	F_v	1050(1140)	1100(1190)	1080(1170)	1070(1160)	1080(1170)	1090(1190)	1060(1150)	1090(1190)	1070(1170)
	h	85	95	100	110	120	130	135	145	150
	A_s	5Φ14	3Φ12+2Φ14	5Φ16	3Φ18+2Φ20	5Φ20	3Φ20+2Φ22	5Φ22	6Φ22	6Φ22
					(5Φ20)	(3Φ20+2Φ22)	(2Φ20+3Φ22)	(6Φ22)	(5Φ25)	(4Φ22+2Φ25)
	A_{sb}	0	4Φ14	4Φ16	4Φ20	4Φ20(4Φ22)	4Φ20(4Φ22)	4Φ22(5Φ22)	5Φ22	5Φ22
60	F_v	1130(1220)	1170(1270)	1150(1250)	1140(1230)	1140(1240)	1150(1250)	1120(1220)	1150(1250)	1130(1230)
	h	90	100	105	115	125	135	140	150	155
	A_s	5Φ14	3Φ14+2Φ16	5Φ16	3Φ18+2Φ20	5Φ20	3Φ20+2Φ22	5Φ22	3Φ20+3Φ22	6Φ22
					(5Φ20)	(3Φ20+2Φ22)	(5Φ22)	(6Φ22)	(5Φ25)	(3Φ22+3Φ25)
	A_{sb}	0	4Φ16	4Φ16	4Φ20	4Φ20(4Φ22)	4Φ20(4Φ22)	4Φ22(5Φ22)	5Φ22	5Φ22
60	F_v	1200(1300)	1240(1350)	1220(1330)	1200(1310)	1210(1310)	1220(1320)	1180(1280)	1210(1320)	1190(1290)
	h	95	105	110	120	130	140	145	155	160
	A_s	3Φ14+2Φ16	5Φ16	5Φ16	3Φ18+2Φ20	5Φ20	2Φ20+3Φ22	5Φ22	6Φ22	5Φ25
					(5Φ20)	(2Φ20+3Φ22)	(5Φ22)	(6Φ22)	(5Φ25)	(3Φ22+3Φ25)
	A_{sb}	0	4Φ16	4Φ16	4Φ20	4Φ20(4Φ22)	4Φ20(4Φ22)	4Φ22(5Φ22)	5Φ22	5Φ22
60	F_v	1270(1390)	1310(1430)	1290(1400)	1270(1380)	1270(1380)	1280(1390)	1240(1350)	1270(1380)	1240(1350)
	h	100	110	115	125	135	145	150	160	165
	A_s	3Φ14+2Φ16	5Φ16	5Φ16	3Φ18+2Φ20	5Φ20	2Φ20+3Φ22	3Φ22+2Φ25	6Φ22	5Φ25
				(3Φ16+2Φ18)	(5Φ20)	(2Φ20+3Φ22)	(5Φ22)	(6Φ22)	(5Φ25)	(3Φ22+3Φ25)
	A_{sb}		4Φ16	4Φ16(4Φ18)	4Φ20	4Φ20(4Φ22)	4Φ22	4Φ22(5Φ22)	5Φ22	5Φ22

注：本表中的箍筋按构造设置，其他均同表 4-9 的注。

第五章　梯形屋架

本章适用于钢筋混凝土和后张法预应力混凝土梯形屋架。对于折线形屋架、三角形屋架、管杆屋架以及组合屋架应参照其他有关规定。

第一节　屋架的节间尺寸、端高和起拱

(1) 跨度为15～36m 的屋架，可做成单坡或双坡（图5-1、图5-2）。梯形屋架的上弦坡度可采用1/7.5（用于非卷材屋面）或1/10（用于卷材屋面）。

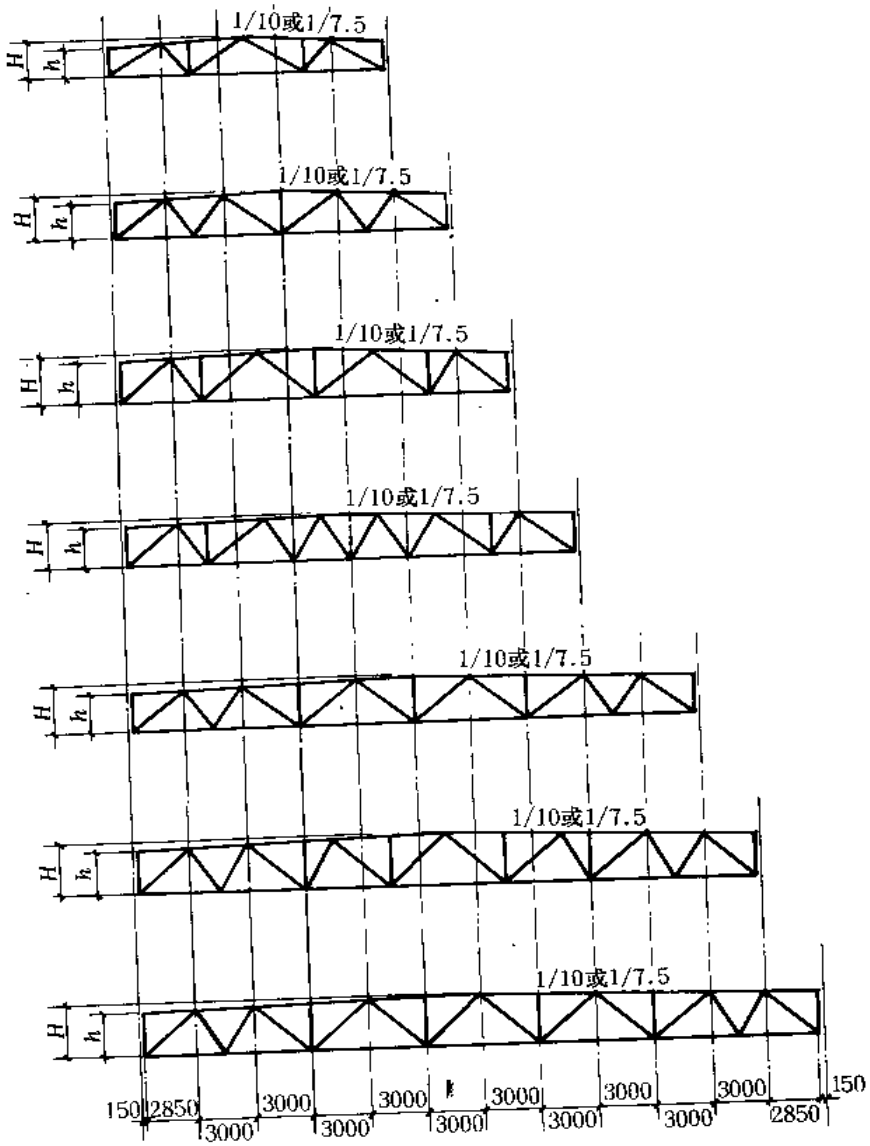


图 5-1　双坡梯形屋架简图

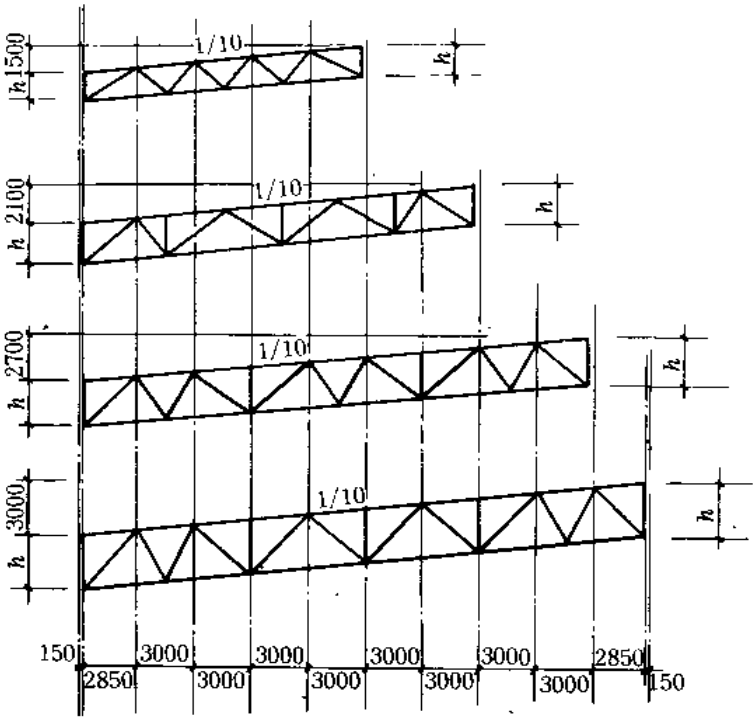


图 5-2　单坡梯形屋架简图

（2）上弦节间长度，配合大型屋面板，一般采用3m，个别的用1.5m 或4.5m（当设置9m 天窗架时）；下弦节间长度，一般采用4.5m 和6m，个别的用3m。

（3）屋架的“高跨比”（指跨中最大屋架高度与跨度之比），一般采用1/6～1/10。

（4）屋架的端部高度 h（厂房轴线处上、下弦杆中心线间的距离），建议按表5-1采用。

屋架端高 h，mm　　**表 5-1**

屋架的类型	屋面坡度	屋架跨度（m）		
		12～21	21～30	33～36
双坡梯形	1/7.5	900～1800	1200～2400	1500～2400
	1/10	1200～2100	1500～2700	1800～2700
单坡梯形	1/10	1200～2400	2100～3600	—

（5）制作屋架时，应预先起拱，起拱值可按下列规定采用：

1）钢筋混凝土屋架，一般采用 $L/600$～$L/700$（L 为厂房跨度）；

2）预应力混凝土屋架，一般采用 $L/900$～$L/1000$。

（6）钢筋混凝土屋架应设计成整体的；预应力混凝土屋架一般也宜设计成整体的，当施工确有必要时，也可采用两块体或多块体组合式。屋架腹杆，除端竖杆、端斜压杆及拼接竖杆外，均宜采用预制。

第二节　杆件截面和节点构造

一、杆件截面尺寸

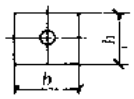
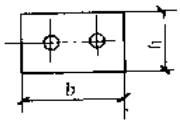
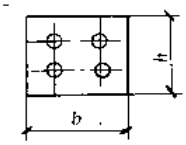
（1）屋架的上、下弦杆及端斜压杆，应采用相同的截面宽度，以便于制作。

（2）上弦杆截面宽度，应满足支承屋面板及天窗架的构造要求，一般不少于200mm；截

面高度一般不少于180mm。

(3) 钢筋混凝土屋架下弦杆的截面宽度一般不少于200mm，高度不少于140mm；预应力混凝土屋架下弦杆截面尺寸，应满足预应力钢筋孔道的构造要求，一般可按表5-2采用。

预应力混凝土屋架下弦按构造要求的最小截面尺寸（$b\times h$），mm　　表 5-2

孔道数量	下弦杆截面形式	预应力钢筋的钢种及锚具类型				
		Ⅱ、Ⅲ级粗钢筋，采用螺丝端杆锚具	Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级钢筋束，采用自锚	Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级钢筋束和钢铰线，采用JM12锚具	碳素钢丝束	
					锥形锚具	锥形螺杆锚具
1		—	200×140			
2		220×160	240×160	220×160	240×160	260×160
3		220×200	—	220×220	240×220	260×220

(4) 腹杆的截面宽度，一般宜比弦杆小；截面高度应小于或等于截面宽度，最小截面尺寸一般不小于120×100mm。组合屋架块体拼接处的双竖杆，其截面尺寸可为120×80mm，腹杆长度（中心线距离）及内力很小时，允许采用100×100mm。此外，腹杆长度与其截面短边之比，不应大于40（拉杆）或35（压杆）。

二、节点构造

1. 屋架端节点构造

屋架端节点构造尺寸与屋架的形式、跨度及杆件内力的大小、下弦纵向受力钢筋的锚固方式等有关。一般情况下，节点宽度与上、下弦杆相同，高度应局部加大，以满足节点的受力及构造要求。屋架端节点的构造尺寸（见图5-3、图5-4），可按下列规定采用：

(1) 节点高度 h_1，一般可取500～700mm，突出下弦杆底部的尺寸不宜少于50mm；节点长度 l_1，一般可取700～900mm。

(2) 豁口应做成圆弧形，或在角隅处加圆弧，避免应力集中。

2. 屋架中间节点构造

屋架各中间节点的构造尺寸，可按下列规定采用（见图5-5）：

(1) 节点宽度与屋架弦杆相同。

(2) 节点突出弦杆边缘的尺寸不宜过大，其高度应根据腹杆的布置、悬挂吊车的轨道连接和支撑的连接等条件确定。一般其突出上弦的尺寸 h_s 为100～200mm，突出下弦的尺寸 h_x 为120～240mm。

(3) 节点与腹杆相接的面，一般与腹杆轴线相垂直，当腹杆内力较小时，允许与腹杆斜交，以减小节点尺寸。

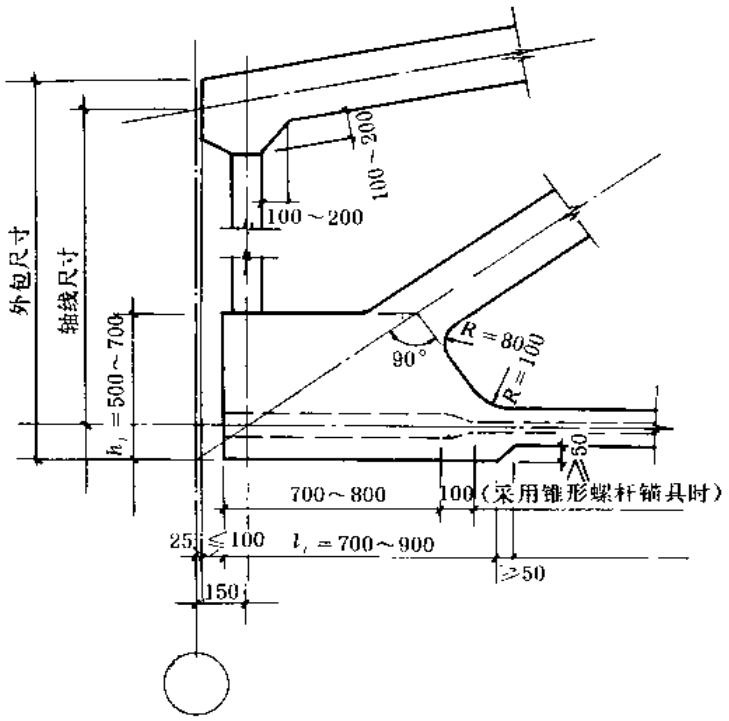


图 5-3　双坡屋架端节点构造

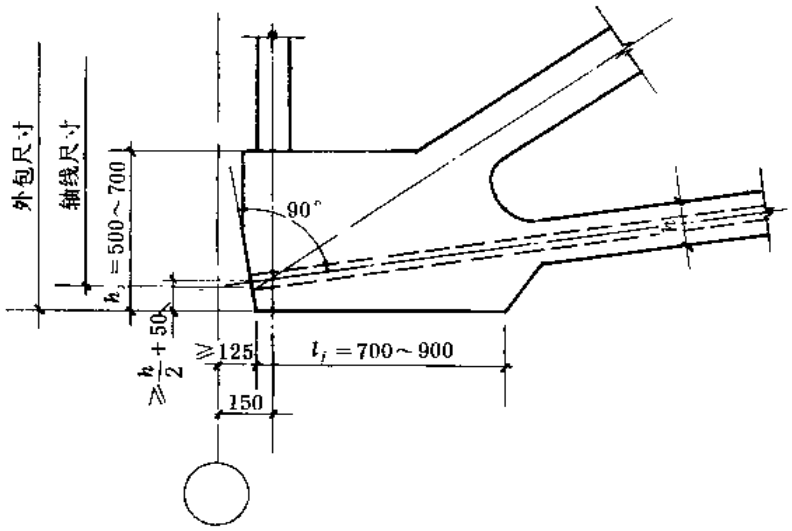


图 5-4　单坡屋架端节点构造

（4）预制腹杆在节点内的插入长度 l_{in}，应符合下列要求：

1）受压腹杆，$l_{in}\geqslant 40$mm。

2）受拉腹杆，$l_{in}\geqslant 100$mm；当为预应力芯棒时，其在接合面处的抗裂度，尚应符合规

范最大裂缝宽度允许值的要求，此时 l_{in} 应通过计算确定。

预制腹杆插入节点部分的表面宜做成锯齿形。

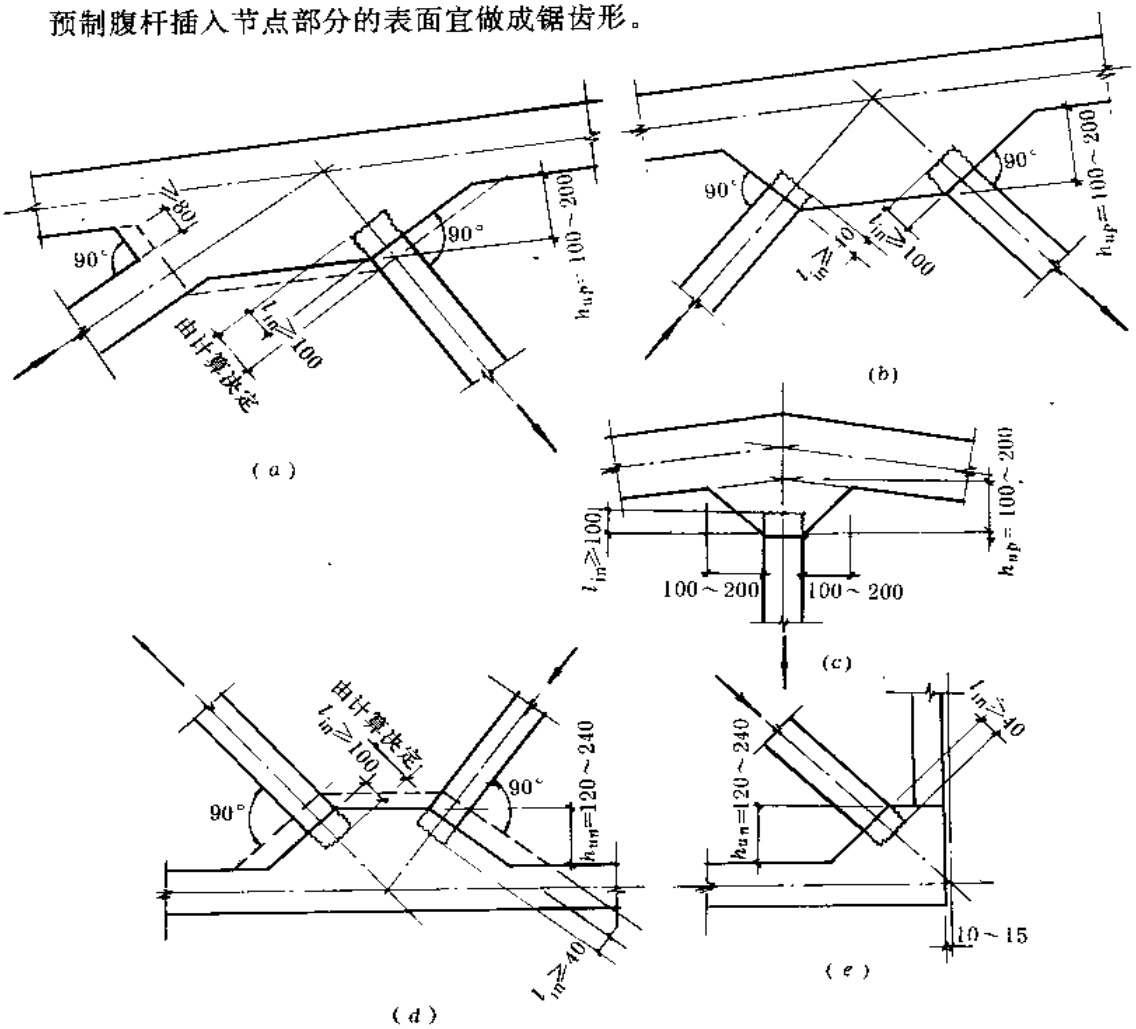


图 5-5　屋架中间节点构造

第三节　钢筋的配置

一、杆件的配筋

1. 杆件的非预应力钢筋

杆件的非预应力纵向钢筋应由计算确定，并应符合下列构造要求：

(1) 钢筋的根数及直径，不少于表5-3中的规定；

(2) 钢筋混凝土屋架下弦杆以及内力较大的非预应力受拉腹杆，为减小其裂缝宽度，宜采用直径稍小、根数稍多的螺纹钢筋，并不得采用排筋；

(3)预制腹杆的纵向钢筋直径不宜大于14mm，以便于其伸入节点部分在施工现场弯折；

(4) 当预应力混凝土屋架下弦杆的非预应力钢筋采用与预应力钢筋同级的冷拉Ⅱ级或Ⅲ级钢筋时，其面积不宜大于受拉钢筋总面积的20%，否则在计算中也取为20%。

杆件的箍筋，除上弦“零杆”应按剪力计算外，其他杆件可按表5-3的构造要求配置。

2. 杆件的预应力钢筋

构造要求的杆件配筋 表 5-3

钢筋类别	项目	上弦杆及梯形屋架端斜压杆	下弦杆		腹杆	
			钢筋混凝土屋架	预应力混凝土屋架	拉杆	压杆
纵向钢筋	钢筋数量	4	4		4	
	直径（mm）	Φ10～Φ12	Φ14	Φ10～Φ12	Φ10	
箍筋	直径（mm）	≥φ5或φ6	≥φ5或φ6		≥φ5	
	间距（mm）	≤b和200	≤b和150	≤b和200	≤b和200	≤b和150

注：1. 箍筋均为封闭式，一般宜采用 ϕ^b5mm 乙级冷拔低碳钢丝。如材料供应有困难，可用 φ6mm I 级圆钢筋。

2. 表中 b 系指杆件截面的最小边尺寸。

3. 在上弦杆危险截面（一般在上弦第二节间集中荷载下）应增配箍筋，以抽高偏压剪强度。为方便施工，可将此节间箍筋间距加密至100mm，其直径不变。

按构造配置的下弦杆预应力钢筋 表 5-4

钢种	φ12mm 的冷拉Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ级钢筋	高强碳素钢丝	钢铰线	冷拉Ⅱ、Ⅲ级粗钢筋
束（根）数	1、2、3、4、6束			2、3、4、6根
每束根数	一般为4～6根，也可用7根	最多不多于28ϕ^b5mm（根据锚具类型确定）	（4～6）ϕ^b12mm	直径不宜大于32mm

下弦杆的预应力钢筋应按计算要求配置，并应符合表5-4的构造要求。

3. 预应力芯棒

预应力芯棒受拉腹杆的配筋，应符合下列构造要求（见图5-6）：

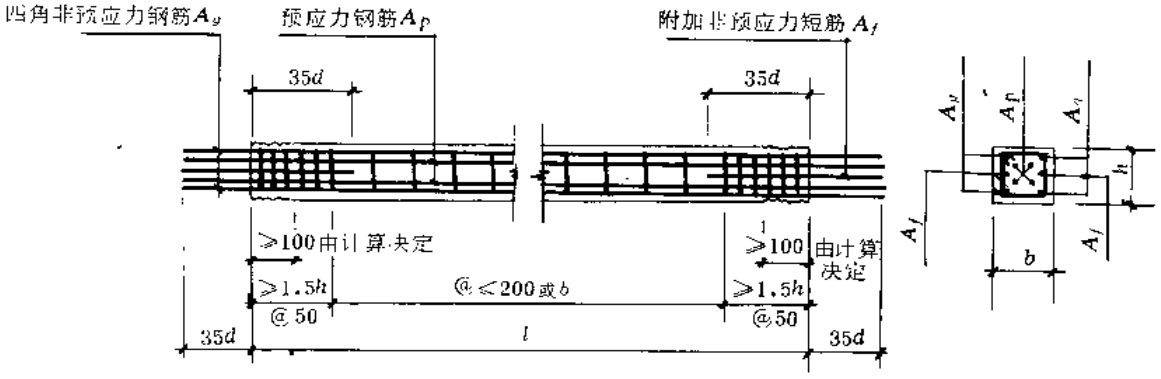


图 5-6 芯棒拉杆构造

（1）预应力钢筋一般不宜少于2根，并设于截面的中间；

（2）靠外边四角处，各设一根通长的非预应力纵向钢筋，其直径不小于8mm；

（3）杆件的箍筋，可采用 ϕ^b4mm 低碳冷拔钢丝，其间距不大于200mm，也不大于截面较小边尺寸 b。

（4）为保证屋架节点以及芯棒杆端的抗裂度，在芯棒杆端应按计算配置附加短钢筋和端部箍筋；如经计算不需要时，可在杆端1.5h 范围内将 ϕ^b4mm 箍筋的间距加密至50mm（h 为截面较大边尺寸）。

二、节点的配筋

1. 屋架端节点

屋架端节点按下列构造要求配置构造钢筋（见图5-7、图5-8）：

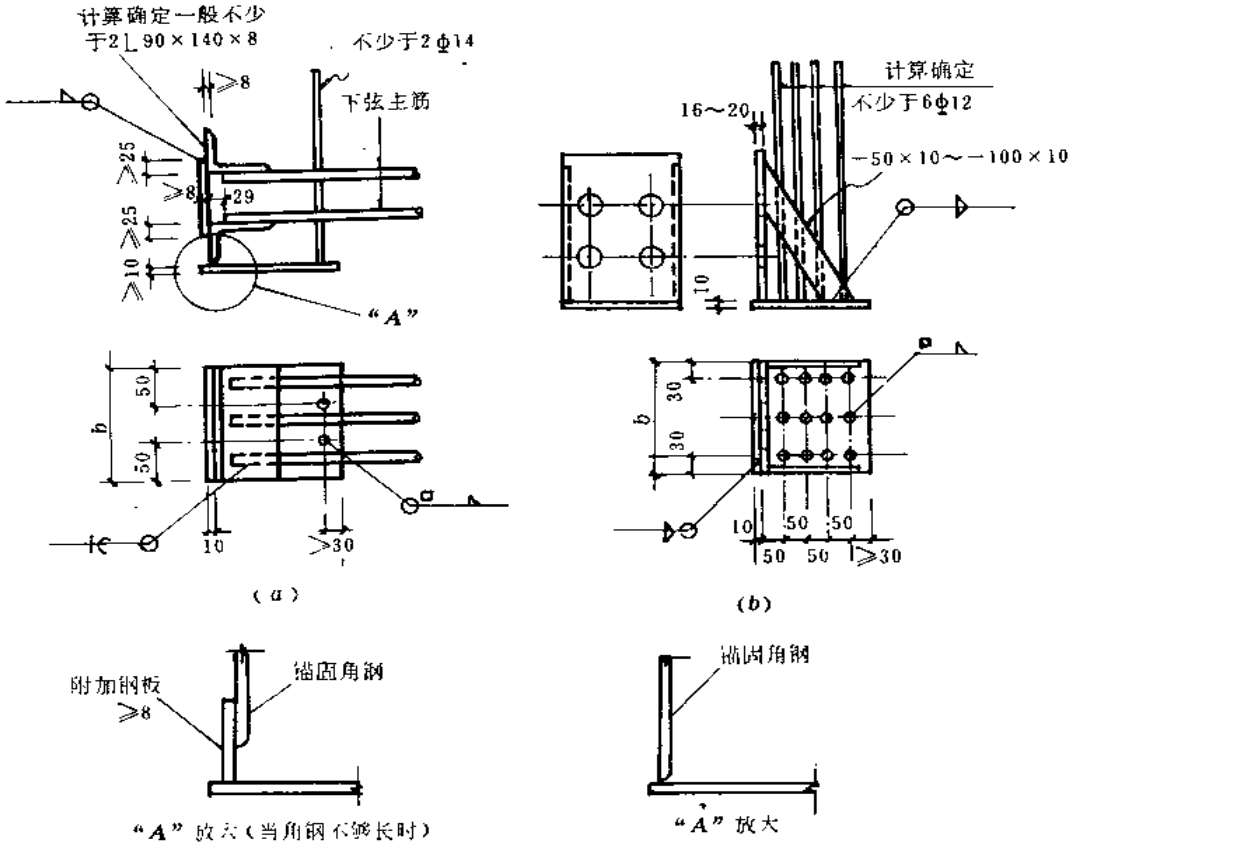


图 5-7　端节点埋件

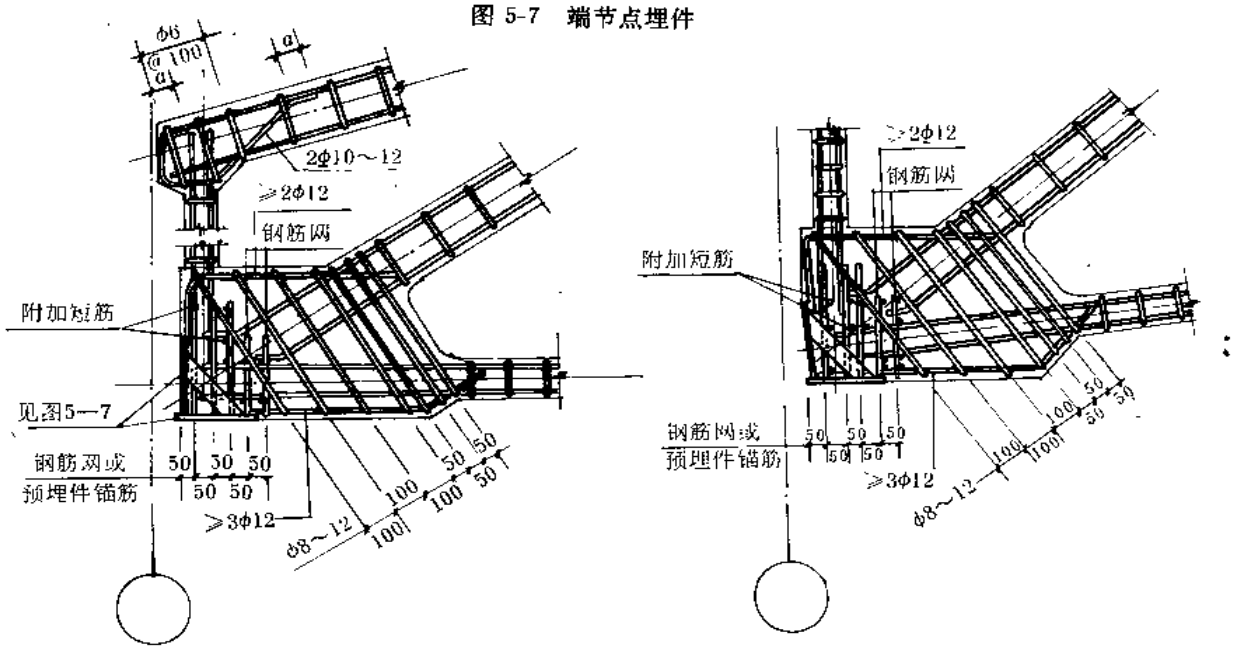


图 5-8　支座节点配筋

(1) 节点上部应配置不少于2根，下部不少于3根，且直径不小于12mm的周边钢筋。

(2) 节点内配置直径不小于10mm（当屋架跨度小于或等于18m时，也可用8mm）的封闭箍筋，其间距不大于100mm，在豁口附近应加密至不大于50mm；此箍筋宜尽量与上弦杆或端斜压杆的轴线垂直，但与下弦杆轴线的交角不宜小于60°。

(3) 为设置预应力钢筋锚具，而使屋架端部有局部凹进时，应在拐折点处配置防止裂缝的构造钢筋。

(4) 预应力屋架的端部，应设置支承锚具的钢垫板，该垫板宜与屋架的端部预埋件连接在一起（见图5-7）；垫板后面应配置提高局部承压强度的钢筋网，一部分钢筋网可由预埋件上的锚筋与附加的短筋组成（短筋与预埋件上的斜钢板相碰时，应调整其位置）。

(5) 钢筋混凝土屋架端部应设置锚固下弦杆纵向受力钢筋的锚板和锚固角钢，该项锚固零件与屋架端部预埋件连接在一起（见图5-7）。

2. 中间各节点

中间各节点，一般可按表5-5的构造要求配筋，见图5-9。

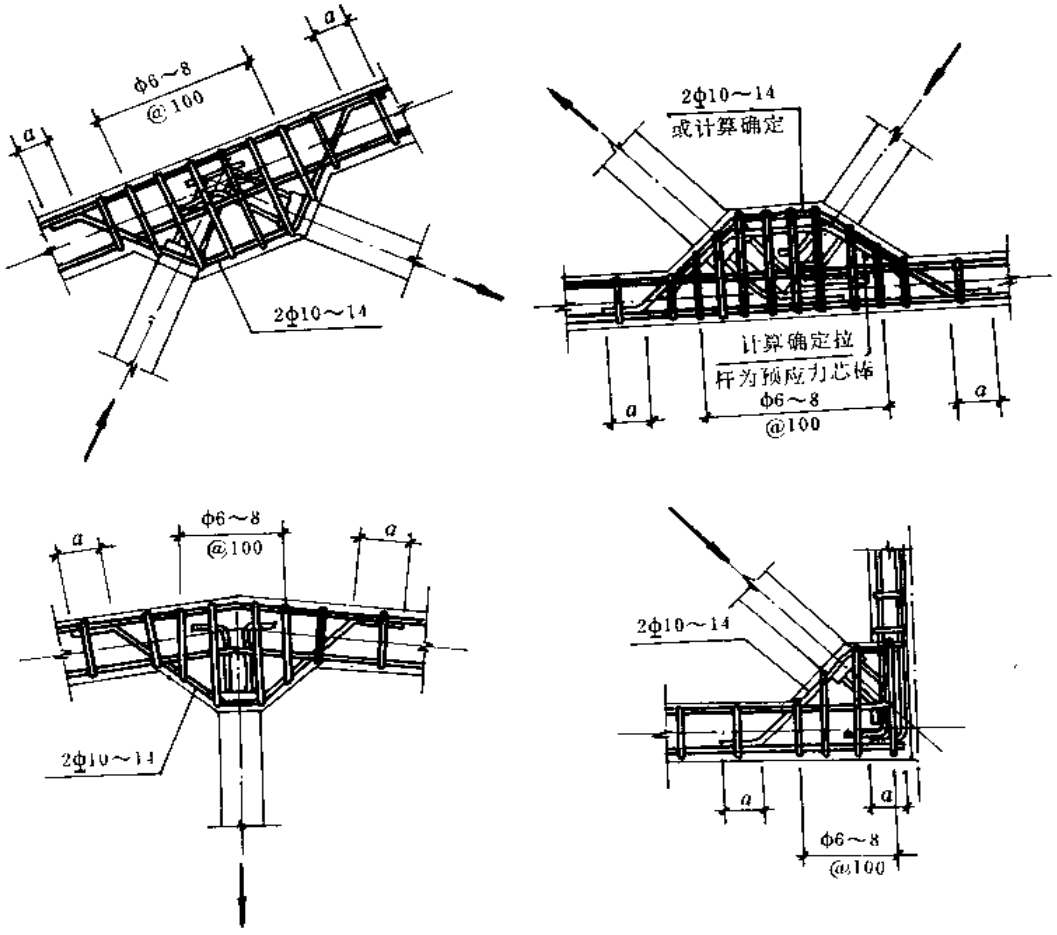


图 5-9 中间节点配筋

中间节点构造配筋　　表 5-5

节点上腹杆受力情况	腹杆轴向力 N (kN)	周边钢筋		箍筋	
		配筋 (mm)	末端水平段长度 a (mm)	直径 (mm)	间距 (mm)
有拉杆时	≤150	2Φ10	≥100	6	≤100
	160～250	2Φ12	≥150	6	≤100
	260～400	2Φ14	≥200	8	≤100
仅有压杆时	—	2Φ10～2Φ12	≥100	6	≤100

注：1. 周边钢筋的锚固长度不小于其直径的30倍（从弦杆边算起），采用表内水平段长度时，一般已可满足要求。

2. 当节点有悬挂吊车时，其周边钢筋不应少于2Φ12mm，箍筋不应小于 ϕ8mm。

3. 当箍筋与预制腹杆相碰时，可采用开口钢箍，但应将箍筋开口处与周边钢筋点焊。

第四节　其他构造规定

一、混凝土保护层和预应力钢筋孔道

1. 混凝土保护层

屋架中钢筋的混凝土保护层最小厚度，应按表5-6的规定采用。

2. 预应力钢筋孔道

下弦杆预应力钢筋的预留孔道，应符合下列要求：

（1）孔道的中距取决于锚具型式及尺寸，一般不小于100～110mm，其净距不应小于25mm。孔道至杆件上、下边缘的净距，不应小于25mm，至两侧边缘的净距不宜小于30～35mm，以保证端节点内的箍筋混凝土保护层厚度不少于10mm，见图5-10。

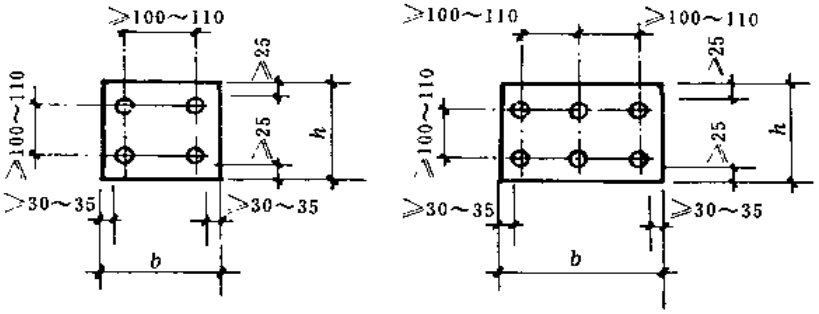


图 5-10　孔道中距和孔道至杆件边缘的净距

混凝土保护层最小厚度，mm　　表 5-6

钢筋种类	纵向钢筋		节点周边钢筋	杆件及节点箍筋
	上弦杆（包括“零杆”及端斜压杆在内）、下弦杆	腹杆		
保护层厚度	20	15	20	10

预应力钢筋孔道的直径，mm　　表 5-7

ϕ12mm冷拉Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ级钢筋（ϕ、ϕ^l、$\overline{\phi}^l$）及钢铰线（ϕ^j）			高强碳素钢丝（ϕ^s）		冷拉Ⅱ、Ⅲ级粗钢筋	
$4\phi(\phi^l,\overline{\phi}^l)$ 12mm或 4ϕ12mm	$(5\sim6)\phi(\phi^l,\overline{\phi}^l)$ 12mm或 $(5\sim6)\phi$12mm	$7\phi(\phi^l,\overline{\phi}^l)$ 12mm或 7ϕ12mm	锥形锚具	锥形螺杆锚具	$\leqslant\phi^l$25mm $\leqslant\overline{\phi}^l$25mm	ϕ^l28～32mm $\overline{\phi}^l$28～32mm
42	51	60	48	见有关规定	42	48

（2）孔道直径应比预应力钢筋束外径、钢筋对焊接头处外径或需穿过孔道的锚具外径大5～10mm，一般可按表5-7的规定采用。

（3）构件两端及跨中应设置灌浆孔或排气孔，其孔距不宜大于12m。

（4）屋架起拱时，预留孔道应随下弦杆同时起拱。

二、钢筋的接头和锚固

1．钢筋的接头

屋架中，纵向钢筋的接头应符合下列要求：

（1）整体或两块体组合屋架上弦的受力钢筋和预应力混凝土屋架下弦的非预应力构造钢筋（使用阶段强度计算中未考虑的纵向钢筋），允许采用搭强接头，此时，应遵守《混凝土结构设计规范》（GBJ 10—89）的有关规定。

（2）屋架下弦非预应力受力钢筋的接头必须采用焊接，并优先采用闪光接触对焊；而当钢筋混凝土屋架设有中级工作制悬挂吊车或电葫芦时，除必须采用闪光接触对焊外，尚应遵守下列规定：

1）去掉接头处的毛刺及卷边。

2）在一个截面内，有焊接接头的钢筋截面面积占钢筋总截面面积的百分率不应大于25%，焊接接头之间的距离不得小于$45d$（d为受拉钢筋中的最大直径）。

3）对焊后的钢筋必须逐根冷拉，以检验其焊接强度和质量，但不得利用其冷拉强度。

（3）屋架下弦的预应力钢筋接头应符合下列规定：

1）当为碳素钢丝或钢铰线时，不得有接头。

2）当为冷拉Ⅳ级钢筋时，一般不得有接头。如果屋架上无中级工作制悬挂吊车或电葫芦，且需接头时，必须采用闪光接触对焊，并应有保证焊接质量的可靠措施；接头的位置及任一搭接长度区段内有接头的钢筋截面面积，尚应符合冷拉Ⅱ、Ⅲ级钢筋时的规定。

3）冷拉Ⅱ级或Ⅲ级钢筋时，允许采用闪光接触对焊接头，接头的位置应相互错开，在任一搭接长度（取$30d$，且不少于500mm）区段内，有接头的钢筋截面面积，一般不得大于预应力钢筋总截面面积的25%；如预应力钢筋为2或3根粗钢筋，则仅当有保证质量的可靠措施时，在任一搭接长度l_a内，才允许有一个焊接接头；当屋架上有中级工作制悬挂吊车或电葫芦时，焊接接头的构造要求同上述第（2）项。

（4）屋架腹杆中的钢筋，一般不采用接头。

2．钢筋的锚固

屋架杆件中纵向钢筋伸入节点内的锚固长度l_a（见图5-11），应按表5-8的规定采用。

三、预埋件

预埋件除符合计算要求外，尚应遵守下列构造规定：

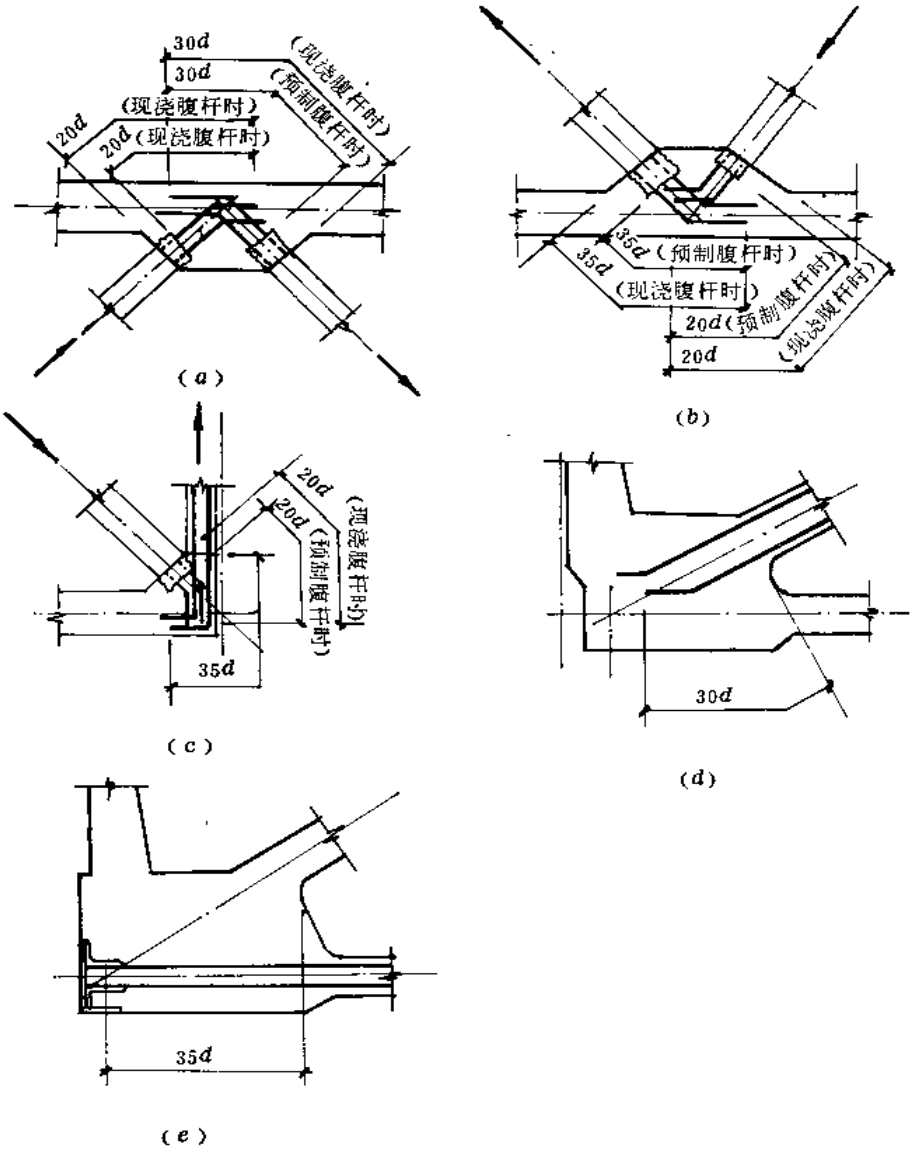


图 5-11　纵向钢筋在节点内的锚固长度

a— 上弦节点；b— 下弦中间节点；c— 组合屋架拼接处的下弦节点；

d— 端节点之一；e— 端节点之二

(1) 应有足够的平面尺寸及合适的构造形式，以满足连接的需要。

(2) 锚筋一般应设于最外排主筋的内侧，应有不小于30mm 的混凝土保护层，并应注意避免与杆件或节点内的钢筋、预应力钢筋孔道（或其他预留孔）及相邻预埋件的锚筋相碰。

(3) 位于构件顶部尺寸较大的预埋件，施工时应在钢板上设置孔洞或切口，以便于浇注预埋件下的混凝土。

(4) 为保证受力预埋件有可靠强度，宜在施工图中对预埋件钢板（或型钢）与锚筋的焊接方法提出明确要求。

纵向钢筋在节点内的最小锚固长度 l_a　　表 5-8

节点		上弦杆(包括端斜压杆)	钢筋混凝土屋架下弦杆	受压腹杆	受拉腹杆
上弦节点		—	—	$20d$(见图 5-11a)	$30d$(见图 5-11a)
下弦	中间节点	—	—	$20d$(见图 5-11b、c)	$35d$(见图 5-11b、c)
	端节点	$30d$(见图 5-11d)	$35d$(见图 5 — 11e)	—	—

注：1. 受拉腹杆的纵向钢筋应有50%以上伸过弦杆中心线，如节点上有悬挂吊车或电葫芦时，则伸过节点中心的距离尚不宜小于$15d$。

2. 腹杆的锚固长度 l_a 捣制的从节点边缘算起，预制的则从杆端算起。

3. d 为相应的纵向钢筋直径。

4. 钢筋混凝土屋架下弦纵向受力钢筋，在端节点内尚应有专门的锚固措施。

(5) 预埋件的计算及其他构造要求，应遵守本手册第二十二章预埋件中的有关规定。

第六章 吊 车 梁

第一节 一 般 规 定

(1) 吊车梁伸入支座的长度不得小于120mm。确定梁的制作长度时。梁与梁之间的空隙不应小于50mm，并应计入外露锚具等相应的尺寸。

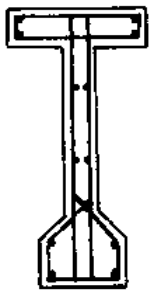
(2) 承受中、重级工作制吊车的吊车梁，其纵向受拉钢筋不得采用绑扎接头，也不宜采用焊接接头，此外也不得在钢筋上焊有任何附件（端部锚固件除外）。

如钢筋长度不够时，仅对承受中级工作制吊车并采用冷拉Ⅱ、Ⅲ级钢筋的吊车梁，其纵向受拉钢筋允许采用焊接接头，但必须有可靠的检验焊接质量手段。

(3) 吊车梁中的箍筋及附加纵向钢筋可按下列要求进行配置：

1) 上下翼缘及腹板中的箍筋及附加纵向钢筋除由计算确定外，其最小直径可按表6-1的规定采用。箍筋的间距，当梁高小于或等于600mm 时，不应大于250mm；当梁高大于600mm 时，不应大于300mm。

吊车梁中的最小箍筋和附加纵向钢筋，mm　　表 6-1

简图	部位	箍筋			附加纵向钢筋		
		直径	间距		钢筋混凝土吊车梁	预应力混凝土吊车梁	
			梁高 $h \leqslant 600$	梁高 $h > 600$		6m	12m
	上翼缘	ϕ6	250	300	ϕ10	ϕ8	四角 ϕ12① 其余 ϕ8
	腹板	ϕ8			ϕ10		
	下翼缘	ϕ6			ϕ8		

① 对6m 跨度的钢筋混凝土吊车梁应为 ϕ10mm；对12m 跨度的预应力混凝土吊车梁，上翼角部4根纵筋为 ϕ12mm。

2) 腹板中的附加纵向钢筋由受扭计算确定，并应考虑承受腹板中的收缩应力，故要求沿梁高均匀布置。

3) 梁中的箍筋及附加纵向钢筋一律采用绑扎，不得采用焊接（钢箍本身焊接除外）。不用开口箍筋，可不考虑互搭30倍箍筋直径的抗扭要求。箍筋及附加纵向钢筋的混凝土保护层厚度（从钢筋的外边缘算起），应不小于10mm。

(4) 梁的上翼缘内，按轨道联结要求应沿梁长设置间距为600mm 的钢管，钢管的内径为25mm（锚 M20螺栓）或32mm（锚 M24螺栓）。钢管之间可用直径为6mm 的钢筋点焊定位。梁端头加厚处，可设置斜放钢管或预埋螺栓，预埋螺栓的锚固长度为30d(d 为螺栓直径)。

梁的腹板应配合吊车滑触线支架预留安装孔，安装孔的直径为25mm，轨道联结用钢管及螺栓见图6-1。施工有经验时，对小吨位吊车作用的吊车梁，其轨道联结螺栓孔可不设置钢管。轨道联结螺栓的规格一般宜为：M16(5t 吊车)；M20(10～30t 吊车)；M24(50t 及以上吊车)。

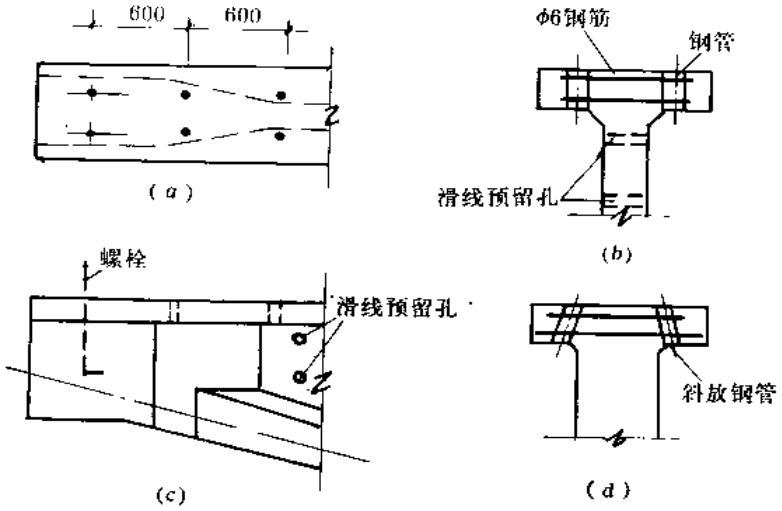


图 6-1　轨道联结用钢管及螺栓

(5) 吊车梁腹板的最小厚度应符合下列要求：

1)钢筋混凝土吊车梁取140mm。

2)先张法预应力混凝土吊车梁，当梁竖直浇捣时取120mm，当梁平卧浇捣时，取100mm。

3)后张法预应力混凝土吊车梁取140mm(考虑预应力钢筋束在腹板中通过)。

为方便脱模，一般将腹板与上翼缘交界处做成切角(见图6-2)或圆(圆弧半径 $R=20$mm)。

当与轨道联结标准图配合时，吊车梁腹板的最大厚度宜取180mm，上翼缘底面应做成水平，以便于轨道联结直螺栓的固定。

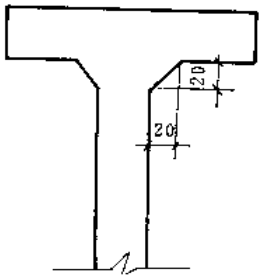


图 6-2　腹板与上翼缘交界处的切角

(6) 预应力混凝土吊车梁的高度，除符合模数制要求外，一般等截面吊车梁宜根据所作用的吊车吨位遵守下列规定：

跨度为6m 时，$h=\frac{l}{7}\sim\frac{l}{4}$；

跨度为12m 时，$h=\frac{l}{10}\sim\frac{l}{8}$ (20t 以下吊车)；

$h=\frac{l}{7}\sim\frac{l}{5}$ (30t 以上吊车)。

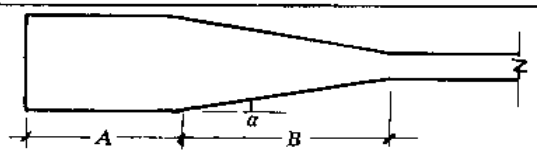
式中，l 为梁的计算跨度。

变截面吊车梁的端部高度不宜小于600mm，下翼缘底边与水平线的夹角不宜大于20°。

(7)预应力混凝土吊车梁端头加厚段的长度（A 与 B）及变厚段的倾角 α 宜按表6-2确定。

(8) 用于预应力混凝土吊车梁中的冷拉Ⅳ级预应力钢筋，当为先张法吊车梁时，应采用螺纹钢筋，以增强钢筋与混凝土间的粘着力；当为后张法吊车梁，并设JM12型夹片锚具时，宜采用光面钢筋，以利钢筋的锚固。

梁端头加厚段长度及倾角 表6-2

简图			
	A	B	α
先张法吊车梁	$\frac{1}{3}h$	$1.0h$	5°～10°
后张法吊车梁	$\frac{1}{2.5}h$	$\left(\frac{1}{3}\sim\frac{1}{2.5}\right)h$	0°～15°

注：表中 h 为梁端高。

第二节　钢筋混凝土吊车梁

一、多排主筋的配置

当梁中纵向受力主筋为多排时，其配置的范围应不超过三分之一梁高，并使梁的有效高度不小于$0.85h$；配置的直径和间距应为下大上小和下密上疏。每根梁中，纵向受力主筋的直径不宜超过三种，并宜符合下列条件：

(1) 最下两排钢筋的面积之和应约占纵向受力主筋总面积的70%。

(2) 最下三排钢筋的面积之和应约占纵向受力主筋总面积的80%。

当符合上述规定时，可用一部分纵向受力主筋兼作附加纵向钢筋，如图6-3所示

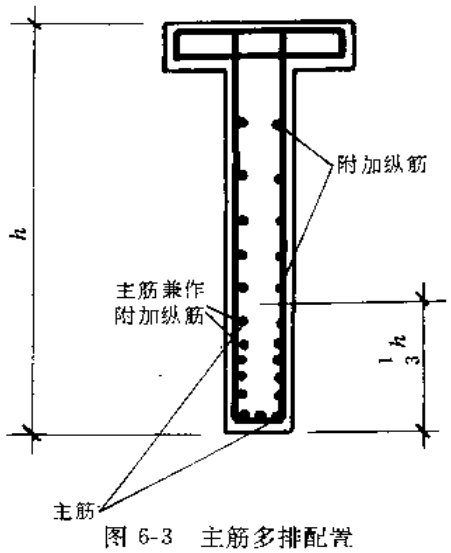


图 6-3　主筋多排配置

二、梁端构造

梁中纵向受力主筋的末端应焊在钢板或角钢上，角钢另与梁端竖向构造钢筋相焊。钢垫板的厚度不宜小于12mm，角钢的尺寸不宜小于∟125×80×10mm 钢垫板应焊在角钢的长边上。

梁端竖向构造钢筋应伸入上翼缘内，其直径不宜小于16mm；梁端水平箍筋的直径不宜小于6mm。梁端配筋构造见图6-4。

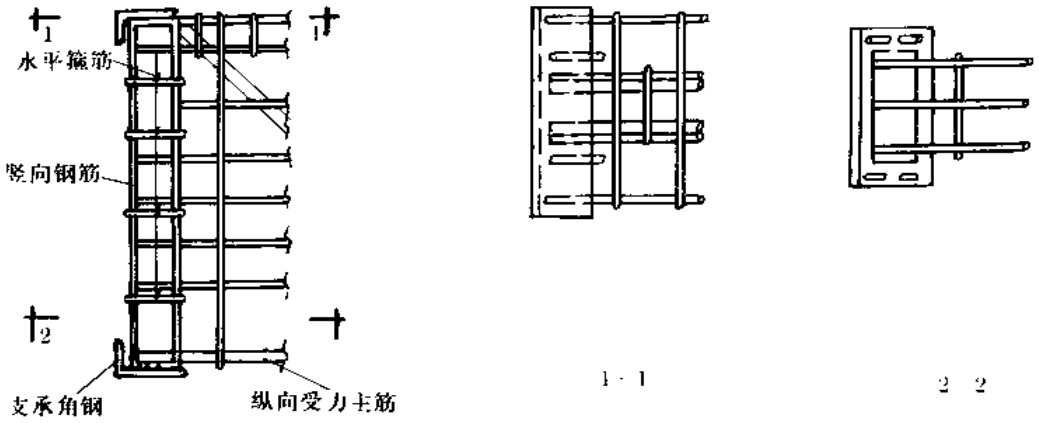


图 6-4　梁端配筋构造

第三节　先张法预应力混凝土吊车梁

一、下部预应力钢筋的配置

先张法预应力混凝土吊车梁的下部预应力钢筋的排列应尽量紧密，以减小下翼缘尺寸。为统一先张法锚夹具的型式，要求每组钢筋呈矩形排列，其钢筋间距一个方向为35mm，另一方向则为50mm。

如下部预应力钢筋兼作下翼缘的架立筋，则在排列布置时，应避免与腹板中的箍筋相碰，同时其下角钢筋至混凝土边的水平和垂直距离应分别不小于35mm 和30mm，见图6-5（仅适用于预应力钢筋直径不大于12mm）。

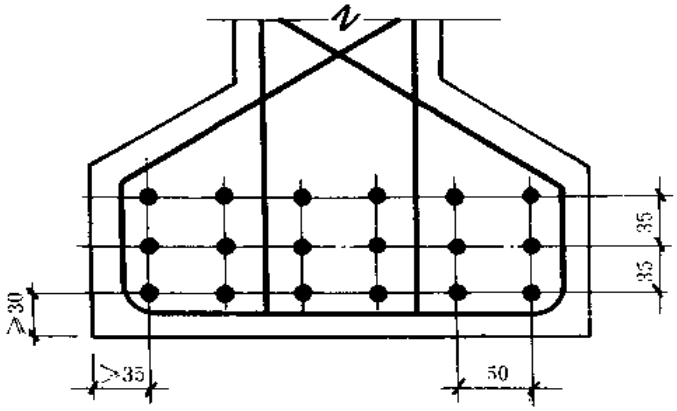


图 6-5　先张法预应力吊车梁下部预应力钢筋的排列

二、上部预应力钢筋的配置

上部预应力钢筋的面积 A'_p 由计算确定，一般宜为下部预应力钢筋面积 A_p 的 $\frac{1}{6}\sim\frac{1}{4}$；考虑到梁竖直浇捣时便于插下振动棒，上部预应力钢筋的根数宜采用偶数，并对称布置在上翼缘两侧，见图6-6。

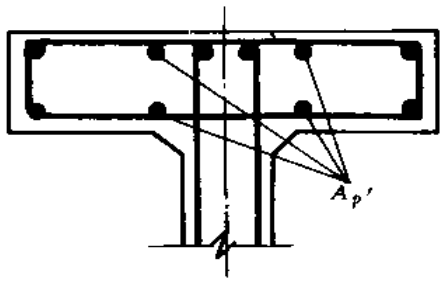


图 6-6　先张法预应力吊车梁上部预应力钢筋配置

如施工有经验时，上部预应力钢筋也可兼作上翼缘的部分的架立筋。

三、端部预埋件和钢筋网

为防止预应力钢筋放张时在梁端头产生纵向水平裂缝或限制此种裂缝的开展，应计算梁端混凝土的应力及所需横向钢筋的面积。此横向钢筋应尽量焊在支座预埋钢板上，兼作锚筋。

端部横向钢筋的面积，按构造不宜少于下部预应力钢筋的25～30%（按不同钢筋设计强度折算）。端部横向钢筋宜采用直径不小于12mm 的Ⅱ级钢筋，并以直径为6mm、间距为100mm 的箍筋绑成骨架。端部横向钢筋应布置在自梁端起 $\frac{1}{4}h$（h 为梁端高度）的范围内。此处，尚应采用在预应力钢筋两侧加插直径为8～10mm 钢筋网4～8片等局部加强措施。端部预埋件和钢筋网的设置见图6-7。

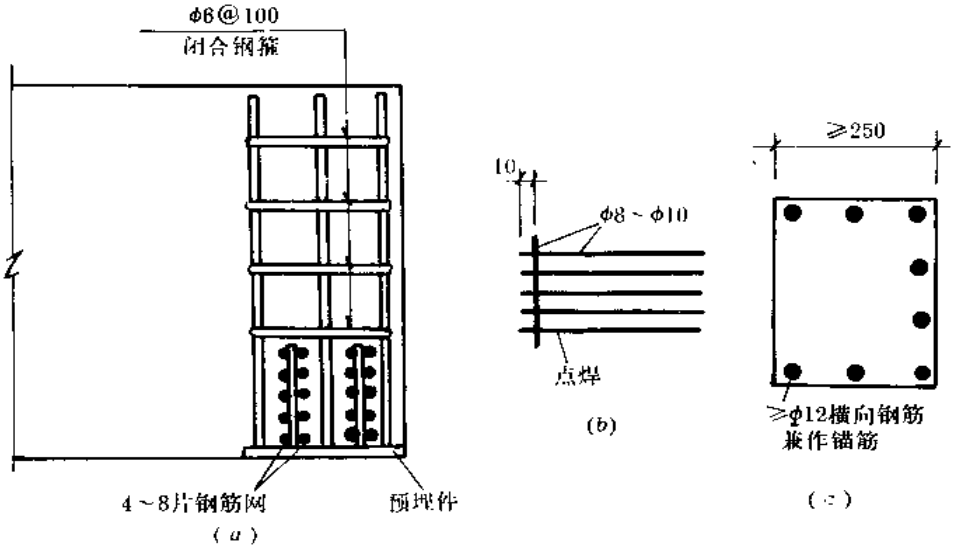


图 6-7　先张法吊车梁端部预埋件及钢筋网

a - 梁端构造；b— 钢筋网；c— 预埋件

第四节　后张法预应力混凝土吊车梁

一、上部预应力钢筋的配置

后张法预应力混凝土吊车梁的上部预应力钢筋的面积 A_p' 一般宜为下部预应力钢筋面积 A_p 的$\frac{1}{8}\sim\frac{1}{6}$。

对于成束的冷拉Ⅳ级钢筋，一般应尽量增多每束的根数，以减少束数和缩小截面尺寸。上部预应力钢筋每束应不少于二根（孔道直径为40mm）；下部预应力钢筋每束应不少于四根，也不多于七根（孔道直径为60mm），同时梁中下部预应力钢筋所采用的每束根数种类，不宜多于两种。

二、后张法吊车梁预应力钢筋孔道的布置与构造

(1) 孔道之间的净距应不小于25mm，孔道至梁边缘的净距应不小于25mm，且不宜小于孔道直径的一半；变截面吊车梁中孔道上壁的厚度，不宜小于50mm，见图6-8。

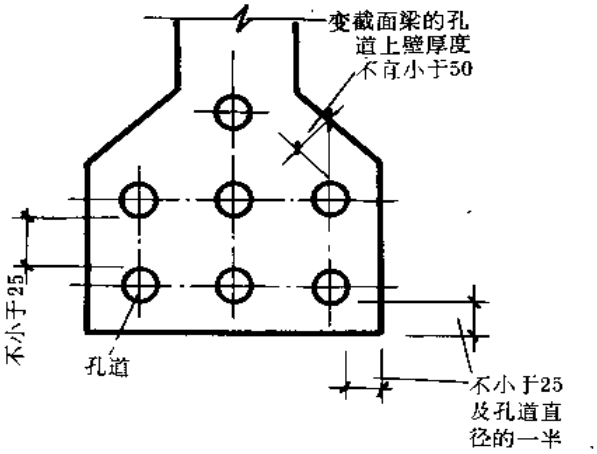


图 6-8　后张法预应力混凝土吊车梁的孔道布置

(2) 对变截面吊车梁，当采用曲线形配筋时，沿曲线孔道应设置封闭箍筋，其间距不宜大于200mm；当采用折线形配筋时，应在孔道弯折处适当增大孔道上壁的厚度，并使弯折处曲线钢筋的起弧点和终弧点均在孔壁增厚区段之内，并应加密下翼缘的封闭箍筋，见图6-9。

(3) 孔道直径按下列规定取值：

每束3～4根的钢筋束，孔道直径42mm；

每束4～6根的钢筋束，孔道直径54mm；

每束7根钢筋束，孔道直径60mm。

三、等截面吊车梁中曲线预应力钢筋的配置

后张法预应力混凝土等截面吊车梁中，其曲线预应力钢筋在梁端与水平线的倾角不宜大于30°。曲线预应力钢筋的曲率半径，宜按下列规定采用：

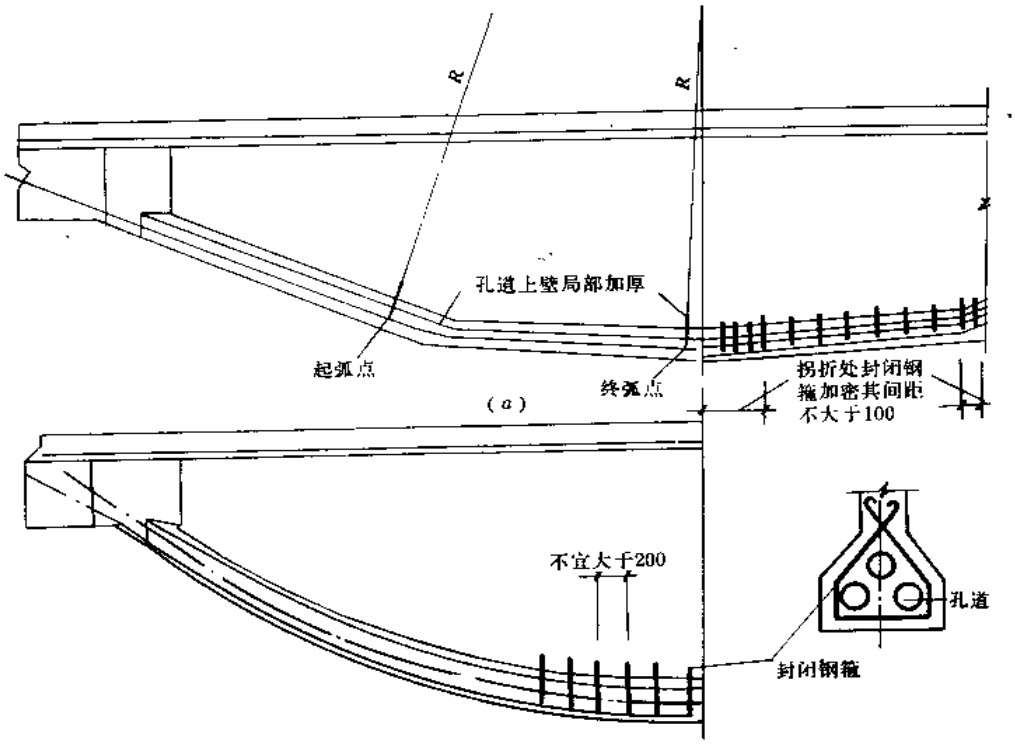


图 6-9　变截面吊车梁的孔道构造

a— 下翼缘为折线形；*b*— 下翼缘为曲线形

(1) 钢丝束、钢绞线束以及钢筋直径 $d \leqslant 12$mm 的钢筋束，其曲率半径不宜小于4m。

(2) $12 < d \leqslant 25$mm 的钢筋，其曲率半径不宜小于12m；$d > 25$mm 的钢筋曲率半径不宜小于15m。

(3) 折线形吊车梁的下部预应力钢筋弯折处的曲率半径，不宜小于2m。

四、梁端配筋及预埋件

为防止梁端产生张拉裂缝和发生短柱式破坏，应设置横向钢筋和水平箍筋。

横向钢筋应布置在自梁端起一个梁端高度 h 的范围内。靠近梁端并焊在预埋件上的横向钢筋应伸入梁的上翼缘内，其他横向钢筋则为闭合箍筋。横向钢筋的面积可按计算确定，且不少于下部预应力钢筋的30%（按不同钢筋设计强度折算）。横向钢筋宜采用直径不小于12mm 的Ⅱ级钢筋。

对于变截面吊车梁，其梁端下部受拉区应设置直径不宜小于12mm 的附加纵向水平钢筋，并应伸过下翼缘中非预应力钢筋30d（从两筋交点算起，d 为附加纵向水平钢筋的直径）。每根附加纵向水平钢筋与支承钢板的连接应通过短钢筋（直径不小于12mm 垫起焊牢，以改善附加纵向水平钢筋在支座区的抗疲劳性能。

梁端预埋件支承钢板和侧板的长度不宜小于250mm，厚度不宜小于10mm。梁端配筋及预埋件见图6-10。

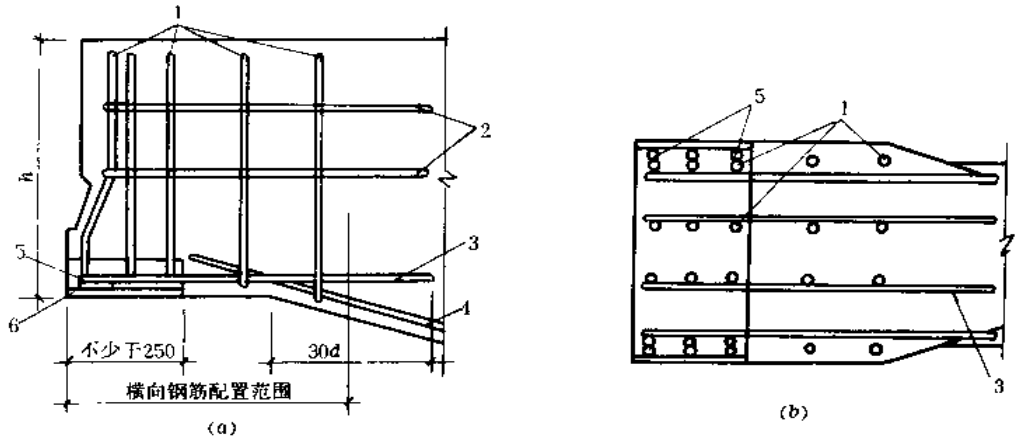


图 6-10　后张法预应力混凝土吊车梁端部配筋及埋设件

1—横向钢筋；2—水平钢筋；3—附加纵向水平钢筋；4—下翼缘非预应力钢筋；5—短筋；6—支承钢板

五、端部的加强构造

后张法预应力混凝土吊车梁的端部尺寸，应考虑锚夹具和张拉设备以及局部承压等要求，并采取下列措施（图6-11）：

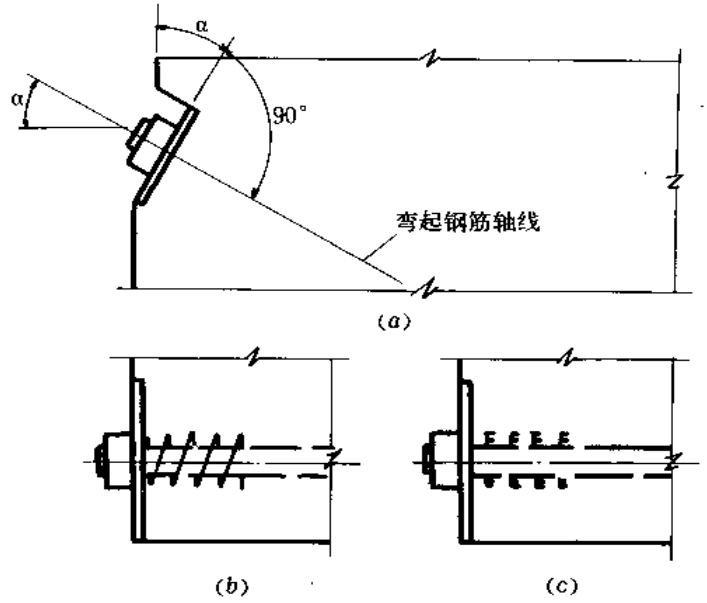


图 6-11　后张法预应力混凝土吊车梁端部的加强构造

a　弯起钢筋的锚具下预埋钢板；*b*—螺旋式钢筋；*c*—横向钢筋网片

（1）锚具下应设置钢板预埋件，其钢板厚度不宜小于18mm。

（2）下部预应力钢筋锚具下应设置螺旋式钢筋（直径6～8mm，螺距40～50mm）或横向钢筋网片（直径6～8mm，网片间距30～50mm）。

（3）弯起钢筋的锚具下钢板面应与孔道轴线成90°。梁端面应做成直头，不做斜头。

（4）外露金属锚具应采取涂刷油漆、砂浆封闭等防锈措施。

六、变截面吊车梁的外形尺寸

置于中间柱距和伸缩缝处（及端部）的变截面吊车梁，宜做成如图6-12所示的两种模板外形，即仅在靠近伸缩缝处（及端部一端）将梁端头水平段加长，这样可以使多数梁能够减小梁端头水平直段的长度，增强支座区抗主拉应力的性能。

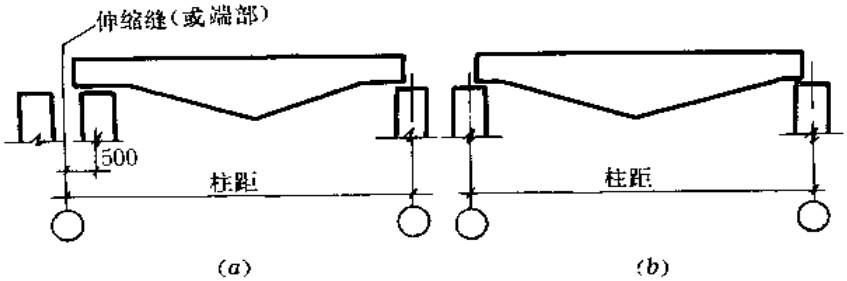


图 6-12　变截面吊车梁的外形尺寸

a— 伸缩缝或端部处；b— 中间柱距处

七、后张自锚法吊车梁的端部构造

采用后张自锚法的吊车梁，其端部构造应符合下列要求（图6-13）：

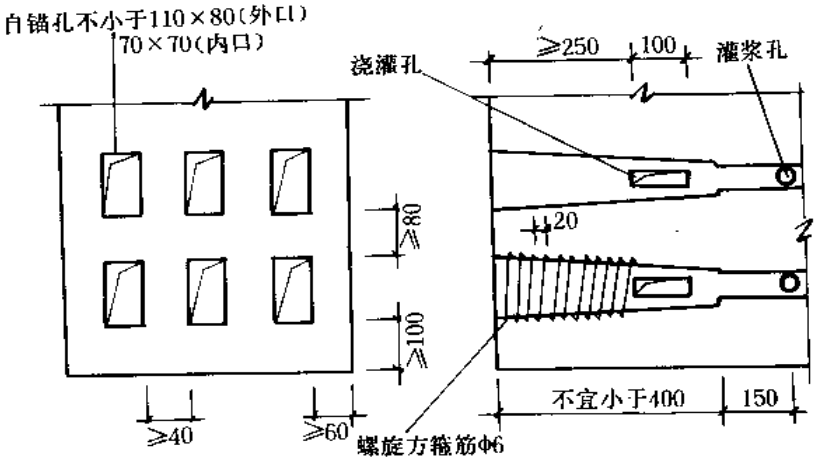


图 6-13　后张自锚法吊车梁的构造

自锚孔亦可根据施工经验做成椭圆孔

（1）自锚头的长度不宜小于400mm，自锚孔的外口和内口分别不宜小于110×80mm 和70×70mm（高×宽），自锚孔的水平净距及边距（孔边到梁边的距离）分别不宜小于40mm和60mm，自锚孔的垂直净距及边距分别不宜小于80mm 和100mm。

（2）每个自锚头外应设置螺旋方箍，方箍的直径为6mm，螺距为20mm。

（3）自锚头的浇灌孔至梁端的距离不宜小于250mm，孔道的灌浆孔宜设在距自锚孔末端150mm 处。

（4）梁的端面应尽量做到平坦，以便于张拉承力架稳固顶牢。

（5）当自锚头的抗压强度达到28N/mm²以上时，方可放张预应力钢筋。

第五节　吊车梁与柱的连接

（1）吊车梁与柱子之间通过梁顶连接件和梁底垫板两处面焊接，以传递吊车水平荷载及厂房纵向水平荷载。

梁顶连接件除根据计算确定外，其钢板尺寸（宽×厚）不宜小于100×10mm，钢板与柱子的焊接应采用坡口焊，以减小钢板受力时的偏心距。

梁端与柱子牛腿支承面之间的钢垫板尺寸（宽×厚）不宜小于160×10mm。

吊车梁端头之间及其与柱子之间空隙应用不低于C15的混凝土填实。吊车梁与柱子的连接见图6 14。

（2）吊车梁与露天栈桥柱的连接，宜利用吊车梁端部已有的预埋件。当为软弱地基时，应考虑基础转动并有大面积堆料对柱顶位移的影响，而调整轨道和吊车梁的可能性，梁柱间应留出适当的缝隙，并将连接钢板外露，以利检查（图6-15）。

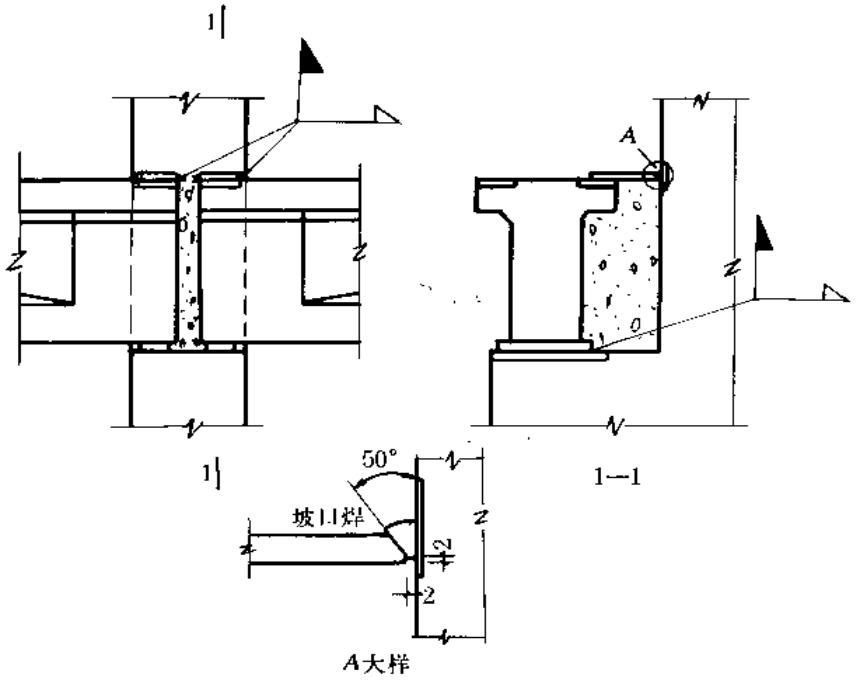


图 6-14　吊车梁与柱的连接

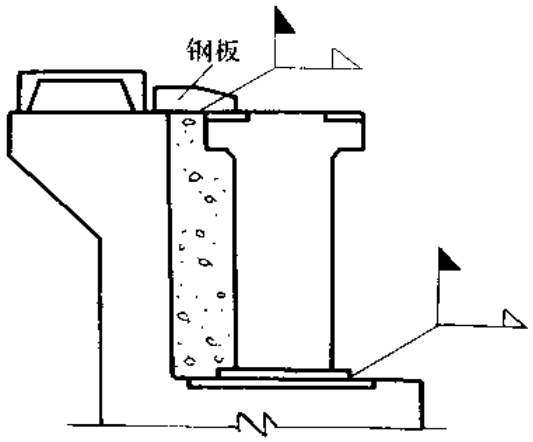


图 6-15　吊车梁与露天栈桥柱的连接

第七章　屋面板与墙板

第一节　屋　面　板

一、材料

1. 混凝土

钢筋混凝土屋面板一般采用不低于C20混凝土；预应力混凝土屋面板一般采用不低于C30混凝土。

2. 钢筋

纵肋下部预应力钢筋，一般采用冷拉Ⅳ级螺纹钢筋，亦可采用冷拉Ⅲ级或Ⅱ级螺纹钢筋。横肋及钢筋混凝土板纵肋的主筋，一般采用Ⅱ级螺纹钢筋。横向钢筋和架立钢筋，一般采用乙级冷拔低碳钢丝和Ⅰ级钢筋。板面内预应力钢丝，一般采用甲级冷拔低碳钢丝；如抗裂性能满足要求时，也可采用乙级冷拔低碳钢丝。面板内焊网采用乙级冷拔低碳钢丝。吊环应采用Ⅰ级钢筋，严禁使用冷加工钢筋。预埋件的钢板和型钢采用A3F。

二、板型选择

(1) 在工业厂房屋盖设计中，应采用标准尺寸的屋面板，尽量减少非标准板的类型。1.5×6m和3×6m的屋面板及檐口板，应优先采用预应力混凝土板结构。如板宽度小于1m时，且挠度能满足要求时，可采用钢筋混凝土结构。

(2) 屋面板、嵌板和檐口板，一般应设端部横肋及中间横肋，横肋间距为1.5m左右。嵌板或檐口板的宽度小于1m时，可不设中间横肋，但应设端部横肋。

(3) 檐口板的挑出长度为400mm以内时，其挑出部分可不设横肋，但为非卷材防水时，应设置端部横肋。

三、一般规定

1. 灌缝及涂料

屋面板安装后，其板缝应用不低于C15的细石混凝土浇灌。非卷材防水屋面板的板缝不能灌满细石混凝土，其上部应留有一定空隙，以便嵌填防水油膏，板面宜涂防水材料。

2. 混凝土保护层

屋面板及辅助板受力钢筋的混凝土保护层最小厚度（从钢筋的外边缘算起），应符合表7-1的规定。

钢筋的混凝土保护层最小厚度，mm　　表 7-1

部　位	保护层厚度
面　板	10
横　肋	15
纵　肋	20

注：非预应力钢丝端头的保护层厚度一般为5mm；非预应力钢筋端头的保护层厚度一般为10mm。

3. 钢筋的接头

(1) 采用Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级钢筋作纵肋主筋而钢筋的长度又不够时，允许在距板端四分之

一跨度范围内设置对焊接头。但同一块板的两个纵肋主筋接头位置应错开 $45d$。

(2)采用Ⅳ级钢筋作纵肋主筋时，一般不宜采用焊接接头。如有保证焊接质量的措施时，只允许每个纵肋在距板端四分之一跨度范围内设置一个闪光接触对焊接头。但同一块板的两个纵肋主筋接头位置应错开 $45d$。

4. 板的尺寸

(1) 屋面板、嵌板及檐口板非挑檐部分的面板厚度一般采用30mm。

(2) 中间横肋的截面尺寸，可参照图7-1采用。

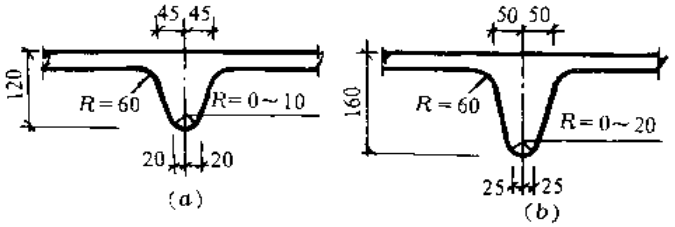


图 7-1 中间横肋截面

a 1.5×6m 屋面板；b—3×6m 屋面板

(3) 钢筋混凝土屋面板的端部横肋截面尺寸，可参照图7-2a、b 采用。端部横肋的两端与纵肋连接处应增设“八”字腋，可参照图7-2c 采用。

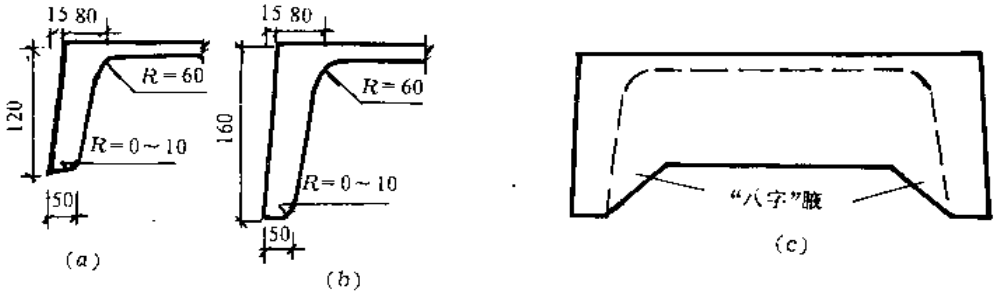


图 7-2 钢筋混凝土屋面板的端部横肋

a 1.5×6m 屋面板的端部横肋截面尺寸；b—3×6m 屋面板的端部横肋截面尺寸；

c 端部横肋两端的“八”字腋

(4) 采用钢模生产的预应力混凝土板的端部横肋截面尺寸，可参照图7-3a、b 采用；端部横肋两端与纵肋交接处，按图7-3c、d 加高、加厚。

(5) 纵肋外侧一般设计成企口式，也可设计成倾斜式，纵肋截面尺寸按图7-4采用（图中较小尺寸用于1.5×6m 宽的板，较大尺寸用于3×6m 宽的板）。其高度 h 应符合下列规定：1.5×6m 及3×6m 钢筋混凝土板，均采用300mm；1.5×6m 预应力混凝土板，采用240mm；3×6m 预应力混凝土板，采用300mm。

(6) 钢筋混凝土天沟板的两肋等高时，肋高不小于300mm；两肋不等高时，低肋高不小于200mm。预应力混凝土天沟板的肋高不小于240mm。天沟板截面如图7-5所示。

5. 屋面板上开孔

(1) 屋面板上开孔的洞口直径或边长不大于300mm 时，开洞的面板可不加厚；洞口直

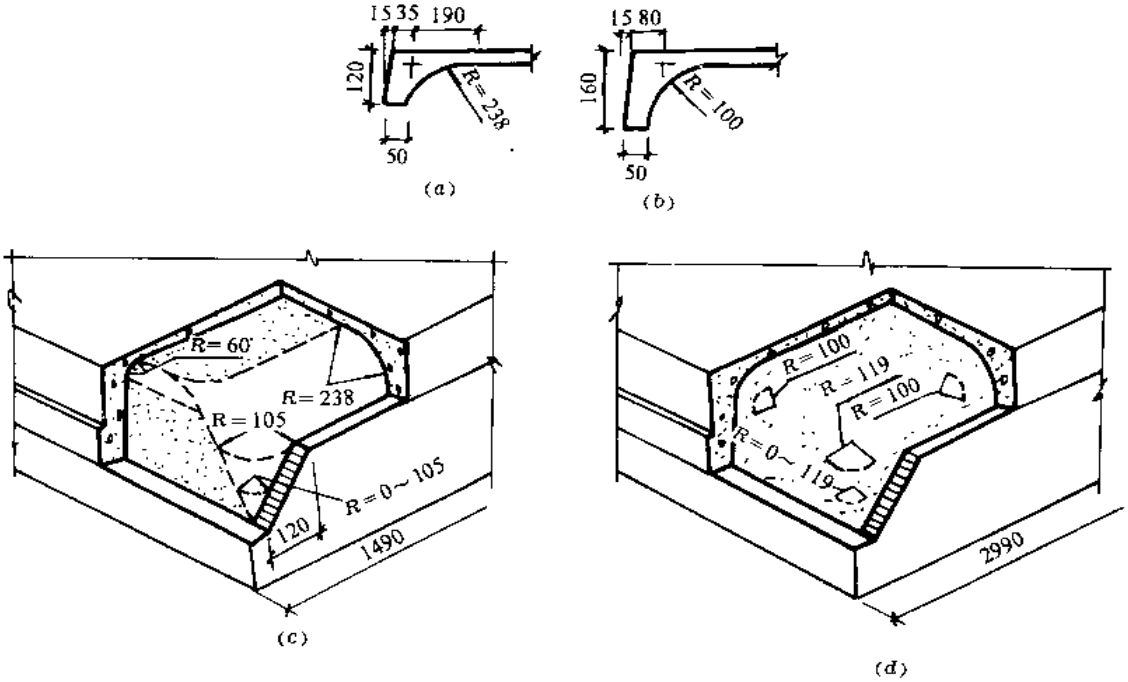


图 7-3　预应力混凝土板的端部横肋

a—1.5×6m 板的端部横肋截面尺寸；b—3×6m 板的端部横肋截面尺寸；
c—1.5×6m 板的底模角部；d—3×6m 板的底模角部

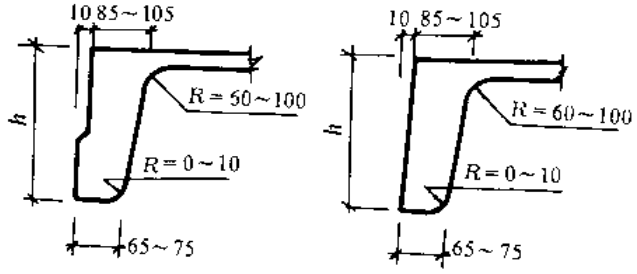


图 7-4　纵肋截面

a—企口式；b　倾斜式

径或边长大于300mm 时，洞口附近的面板，宜向上加厚50mm，见图7-6。

（2）由于屋面防水构造要求，洞口周边均设有高出屋面的钢筋混凝土筒圈，其高度不小于300mm，采用预制或与板整体浇灌，如图7-7所示。

四、板的配筋

1. 面板及开洞板筒圈配筋

（1）面板内配焊接钢丝网，3m 宽板或荷载较大时，可配 ϕ5mm 钢丝网。网格尺寸由计算确定，且应符合以下要求：非卷材防水屋面板，一般不大于150×150mm（1.5×6m 板）及150×200mm（3×6m 板）；卷材防水屋面板，一般不大于200×200mm（1.5×6m 板）和200

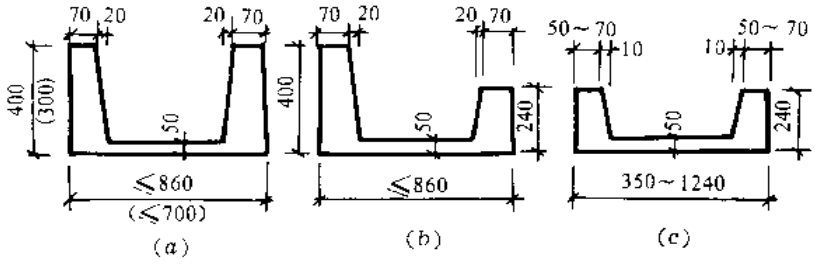


图 7-5　天沟板截面

a　两肋等高截面之一；b—两肋不等高截面；c—两肋等高截面之一

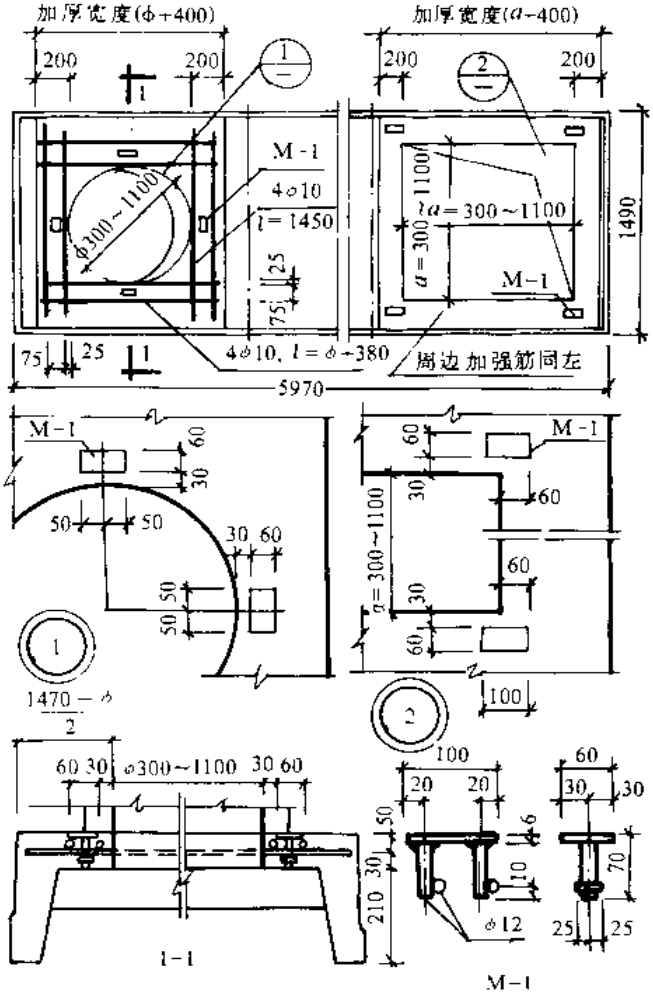


图 7-6　开洞面板构造

×350mm（3×6m 板）。

（2）非卷材防水屋面板的纵向配筋采用预应力钢丝时，至少应留3根（1.5m 宽以下的板）或6根（3m 宽的板）钢丝不施加预应力，以便与横向钢丝组成焊接网。

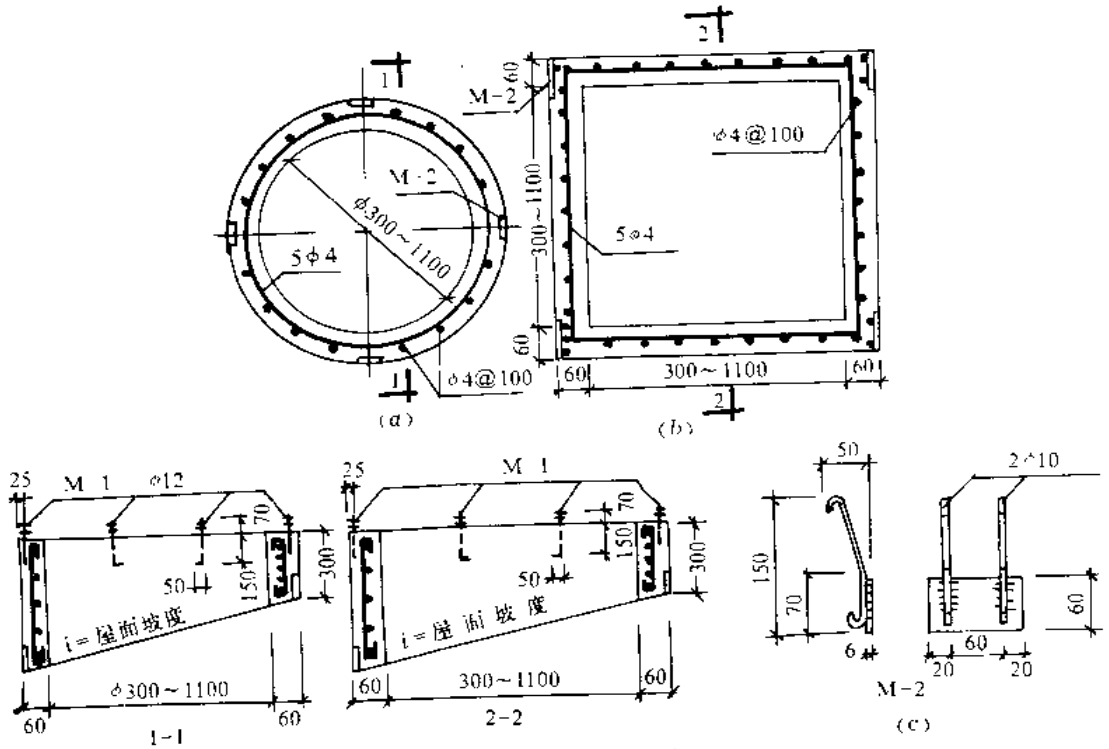


图 7-7　预制筒圈构造

a—圆筒圈；*b*—方筒圈

(3) 开洞板面板内的钢丝网，沿洞口边切断，并在洞口周边各设两根加强钢筋，见图7-6。当洞口直径或边长不大于300mm时，加强钢筋采用 ϕ4钢丝；其他情况时，加强钢筋采用 ϕ8mm 或 ϕ10mm 钢筋。

(1)预制筒圈可参照图7-7配筋。当筒圈与开洞板整体浇灌时，可将筒圈的钢筋伸入板内 $30d$ (d 为钢筋直径)。

2. 横肋与纵肋配筋

(1) 横肋采用焊接骨架。骨架的上部架立钢筋，采用 ϕ4mm 乙级冷拔低碳钢丝。横向钢筋的最小直径，可根据下部受力主筋直径按表7-2确定。

横向钢筋最小直径，mm　　表 7-2

主筋直径	8~10	12~14	16
横向钢筋最小直径	4	5	6

(2) 屋面板端部横肋的焊接骨架应弯入纵肋内，以增强板的整体性。弯入长度 l_a 应不小于20倍端部横肋主筋直径，且不小于纵肋高度。当纵肋中不设钢筋骨架时，尚应不小于500mm。见图7-8*a*。小于1m宽的板，其端部横肋焊接骨架可不弯入纵肋内，见图7-8*b*。

(3) 屋面板端部横肋和纵肋交接处“八”字腋部分，应设置 ϕ6mm 或 ϕ8mm 的加强钢筋，见图7-9。

(4) 屋面板、嵌板及檐口板的纵肋中一般应设置焊接骨架。钢筋混凝土板纵肋骨架的上部架立钢筋不宜小于 ϕ6mm。当符合 $V \leqslant 0.07 f_c b h_0$ 条件时，横向钢筋一般采用 ϕ6mm，端部1m

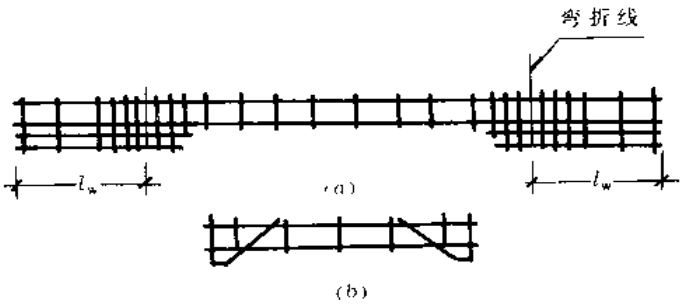


图 7-8　端部横肋焊接骨架

a　1.5×6m 和3×6m 屋面板；*b*—小于1m 宽的嵌板

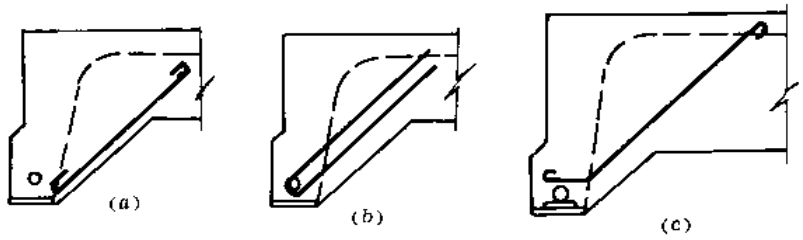


图 7-9　"八"字腋部分的加强钢筋

a　预应力混凝土板之一；*b*—预应力混凝土板之二；*c*　钢筋混凝土板

范围内的间距不大于100mm，其余部分的间距不大于200mm。

预应力混凝土板纵肋骨架上、下部架立钢筋，一般采用直径4mm 的乙级冷拔低碳钢丝。若放张预应力钢筋时，预拉区的拉应力值较大，上部架立钢筋宜适当加大。当符合 $F \leqslant 0.07 f_c b h_c$ 时，横向钢筋一般采用直径4mm 的乙级冷拔低碳钢丝，端部1m 范围内的间距不大于100mm，其余部分的间距不大于200mm。

3. 天沟板配筋

（1）天沟板底板中的纵向构造钢筋，可根据天沟板的宽度按表7-3采用。

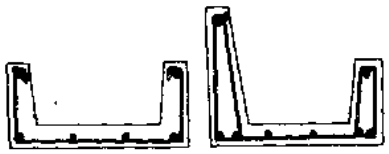
天沟板底板纵向构造钢筋　　表 7-3

天沟板宽度（mm）	≤600	≤750	≤1000	≤1250
底板纵向钢筋（mm）	2φ6	3φ6	4φ6	5φ6

（2）天沟板底板中的横向钢筋按计算确定，直径不小于 φ6m，间距不大于200。横向钢筋在板端1m 范围内的间距，宜加密为100mm。

预应力混凝土天沟板，不设焊接骨架，其横向钢筋由底板中的横向钢筋弯上伸入肋中构成。当天沟板不受扭时，横向钢筋可做成开口式，见图7-10*a*；当受扭时，应做成封闭式，见图7-10*b*。

天沟板纵肋上部架立钢筋，一般采用 φ8 ～ φ10mm。预应力混凝土天沟板，当上部也设预应力钢筋时，其架立钢筋可取消。



(a)　　(b)

图 7-10　天沟板截面配筋

a - 开口式横向钢筋；b　封闭式横向钢筋

第二节　钢筋混凝土肋形墙板

一、材料

(1) 钢筋混凝土肋形墙板一般采用不低于C20混凝土；预应力混凝土墙板一般采用不低于C30混凝土。

(2) 钢筋混凝土肋形墙板的纵肋受力纵向钢筋采用Ⅱ级钢筋，预应力混凝土墙板纵肋的预应力钢筋采用冷拉Ⅳ级钢筋或Ⅴ级钢筋。板面钢筋及肋上箍筋采用冷拔低碳钢丝。

(3) 预埋件及连接件采用A3F热轧钢板及型钢，锚筋采用Ⅰ级钢筋或Ⅱ级钢筋。焊条采用E43。

二、构造

(1) 墙板及过梁受力钢筋的混凝土保护层厚度（从钢筋外边缘算起）应符合表7-4的规定。

混凝土保护层最小厚度，mm　　表 7-4

构件		保护层厚度
墙板	板面	10
	纵肋	20
	横肋	15
过梁		25

(2) 当采用Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级钢筋作纵肋主筋时，墙板及过梁允许在距板、梁端四分之一跨度范围内设置对焊接头。在过梁的其他部位，一个截面内接头的钢筋截面积占受力钢筋截面总面积的百分率不应大于25%，对焊接头之间的距离不得小于$45d$（d为受力钢筋直径）。

(3) 当采用Ⅳ级钢筋作主筋时，一般不宜采用对焊接头。

(4) 绑扎骨架和绑扎网中受力钢筋搭接时的最小搭接长度l_l为$1.2l_a$，冷拔低碳钢丝为250mm。

(5) 墙板宜采用焊接骨架和焊接网，其受力钢筋方向的接头可采用非焊接的搭接接头。接头的搭接长度l_l：Ⅰ级钢筋为$25d$；Ⅱ级钢筋为$30d$；冷拔低碳钢丝为250mm。

(6) 墙板主要外形尺寸如图7-11所示。其截面各部尺寸应符合下列要求：

1) 纵肋：钢筋混凝土墙板端部纵肋肋宽一般不小于50mm，纵肋肋高不宜小于$l/30$（l为墙板长度的标志尺寸）；预应力混凝土墙板的纵肋肋宽不小于65mm，纵肋肋高不宜小于$l/40$；钢筋混凝土及预应力混凝土墙板的纵肋内侧坡度不小于肋高的1/10。

2) 端部横肋：钢筋混凝土墙板端部横肋肋高可与纵肋相同；预应力混凝土墙板端部横

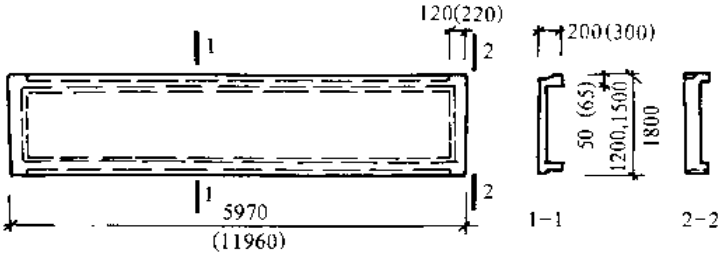


图 7-11　墙板外形尺寸

肋肋高应比纵肋肋高减少50～100mm。

3）中间横肋：墙板一般可不设置中间横肋。当墙板跨度 l>7.5m、且板宽 b>1500mm 时，方可设置中间横肋，中间横肋的高度约为纵肋高度的一半。

4）面板厚度一般为30mm。

（7）当有管道等穿过墙板时，可在板上预留孔洞。孔洞边缘距板边缘不应小于200mm。

1）当洞口直径或边长等于或小于500mm 时，开孔板的面板可不加厚。钢丝网沿洞口边切断，在洞口周边各设置两根加强钢丝，其直径不应小于4mm，如图7-12所示。

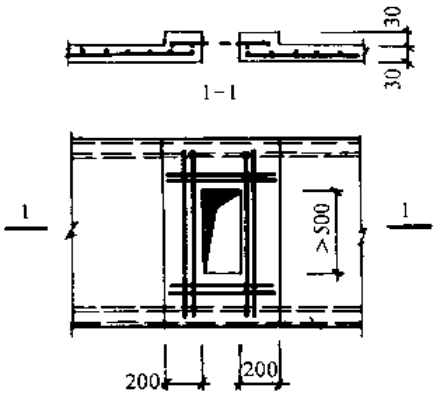


图 7-12　墙板开洞加固

2）当洞口直径或边长大于500mm 时，在孔洞周边200mm 范围内板面应加厚30mm。钢丝网沿洞口边切断，在洞口周边设置两根加强钢筋，其直径不应小于6mm。

（8）过梁主要外形尺寸如图7-13所示，其截面尺寸应符合下列要求：梁高一般不应小于600mm，梁上部应设计成企口式，挑板厚不小于60mm。

（9）墙板配筋应符合下列规定：

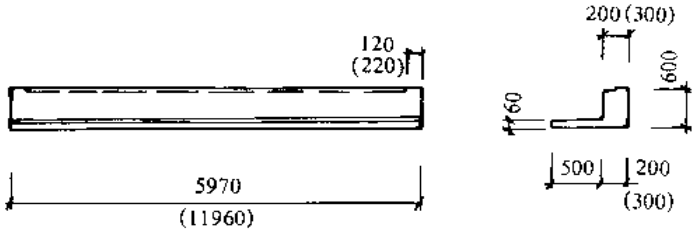


图 7-13　过梁外形尺寸

1）纵肋受力钢筋除按计算配置外，应符合下列构造要求：

a．对于6m跨度的墙板，当板高不大于1200mm时，纵肋上部及下部的受力钢筋不宜小于Φ10mm（或ϕ12mm）；当板高大于1200mm时，纵肋上部（靠近面板）的钢筋不宜小于Φ10mm（或ϕ12mm），纵肋下部的钢筋不宜小于Φ12mm（或ϕ14mm）。

b．对于12m跨度的墙板，纵肋上部及下部预应力钢筋不宜小于Φ12mm，非预应力纵向钢筋不宜小于ϕ8mm。

c．纵肋的箍筋直径不宜小于4mm，间距不宜大于300mm，纵肋端部500mm范围内，箍筋间距采用100mm。

在设防烈度8、9度的地震区，钢筋骨架应按图7-14采取加强措施。

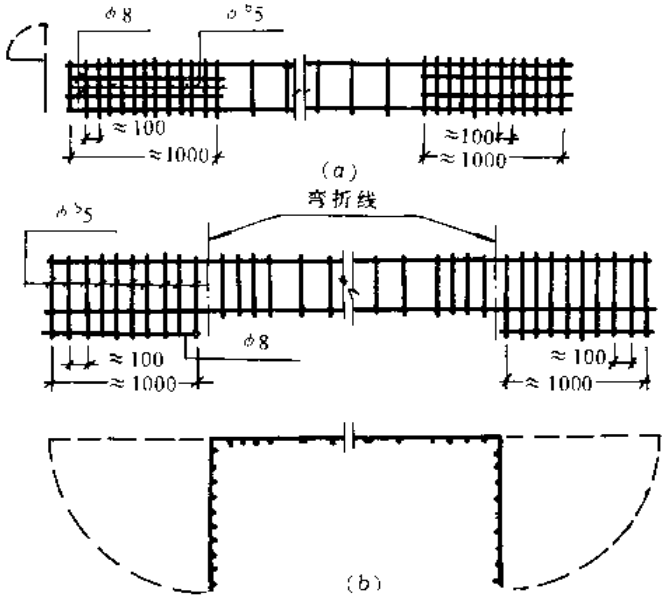


图 7-14 钢筋骨架加强措施

a 纵肋骨架；*b* 端肋骨架

2）端肋纵向钢筋不宜小于ϕ8mm，箍筋直径不宜小于4mm，其间距不应大于200mm，端肋的钢筋骨架必须插入纵肋内，其插入长度不小于500mm。

3）中间横肋纵向钢筋的直径不宜小于6mm，箍筋直径为4mm，其间距为300mm。

4）面板配筋采用焊接钢丝网，其间距按表7-5采用。

面板焊接钢丝网间距 表 7-5

墙板高度（mm）	横向钢筋（mm）	纵向钢筋（mm）	面板厚度（mm）
1800	ϕ^{b}1，@150	ϕ^{b}1，@200	30
1500	ϕ^{b}1，@200	ϕ^{b}1，@200	30
1200	ϕ^{b}1，@200	ϕ^{b}1，@200	30

注：勒脚墙板两端1000mm范围内横向钢筋的间距为100mm。

（10）过梁的配筋应符合下列规定：

1）纵向受力钢筋的直径不小于10mm。

2）高度为600mm的过梁，其箍筋直径不宜小于6mm，间距不宜大于300mm。

3）预应力混凝土过梁梁端600mm范围内的箍筋间距为100mm。

第八章　天窗构件

第一节　一般规定

一、钢筋的混凝土保护层厚度和钢筋的锚固长度

（1）纵向受力钢筋的混凝土保护层最小厚度（从钢筋的外边缘算起）应符合表8-1的规定。

钢筋的混凝土保护层最小厚度，mm　　表 8-1

构件类型	纵向钢筋		节点高虑钢筋	箍筋	板中钢筋
	C20	C30			
保护层厚度	25	20	20	10	10

（2）天窗架杆件中纵向钢筋伸入节点内的锚固长度 l_a（从节点边缘算起），应符合下列规定：受拉时，$l_a \geqslant 30d$（d 为纵向钢筋直径）；受压时，$l_a \geqslant 20d$。

二、材料

（1）天窗构件宜采用不低于C25的混凝土。

（2）受力钢筋宜采用Ⅱ级钢筋，构造钢筋宜采用Ⅱ级钢筋，也可采用Ⅰ级钢筋。

三、预埋件

预埋件除应满足强度要求外，尚应符合下列构造规定：

（1）应有足够的平面尺寸和合理的构造形式，以满足连接的需要。

（2）锚筋一般应设于最外排主钢筋的内侧，应有必要的混凝土保护层，其厚度不应小于30mm，应注意避免锚筋与构件内钢筋或相邻预埋件锚固筋相碰。

第二节　构件截面和节点尺寸

一、天窗架杆件

（1）天窗架各杆件应采用相同宽度的矩形截面，以便于施工。

（2）天窗架的截面最小宽度宜满足支承屋面板的构造要求，一般不宜小于180mm；当小于180mm时，应在支承屋面板的预埋件上加焊连接钢板，使其宽度满足屋面板支承长度的要求。

（3）天窗架杆件的截面高度应符合下列要求：

1）上弦杆：无节间荷载时，不宜小于120mm；有节间荷载时，不宜小于200mm。

2）立柱：不宜小于140mm。

3）斜杆：不宜小于120mm。

4）天窗架受压杆尚应满足 $l_{0x}/b \leqslant 30$ 或 $l_0/h \leqslant 30$ 的要求。

5）天窗架的节点构造尺寸宜符合图8-1的要求。

二、天窗架端壁板

（1）端壁板的外形尺寸应与天窗架相配合，并应符合图8-2的构造要求。

（2）端壁板板肋的间距不宜大于1.5m；肋的高度不宜小于150mm（3m宽块体时）或180mm（4.5m宽块体时）。

（3）为了便于在屋架上弦放置大型屋面板，应将天窗端壁板（或天窗架）的腿部尺寸减小，一般为100mm（图8-3）。

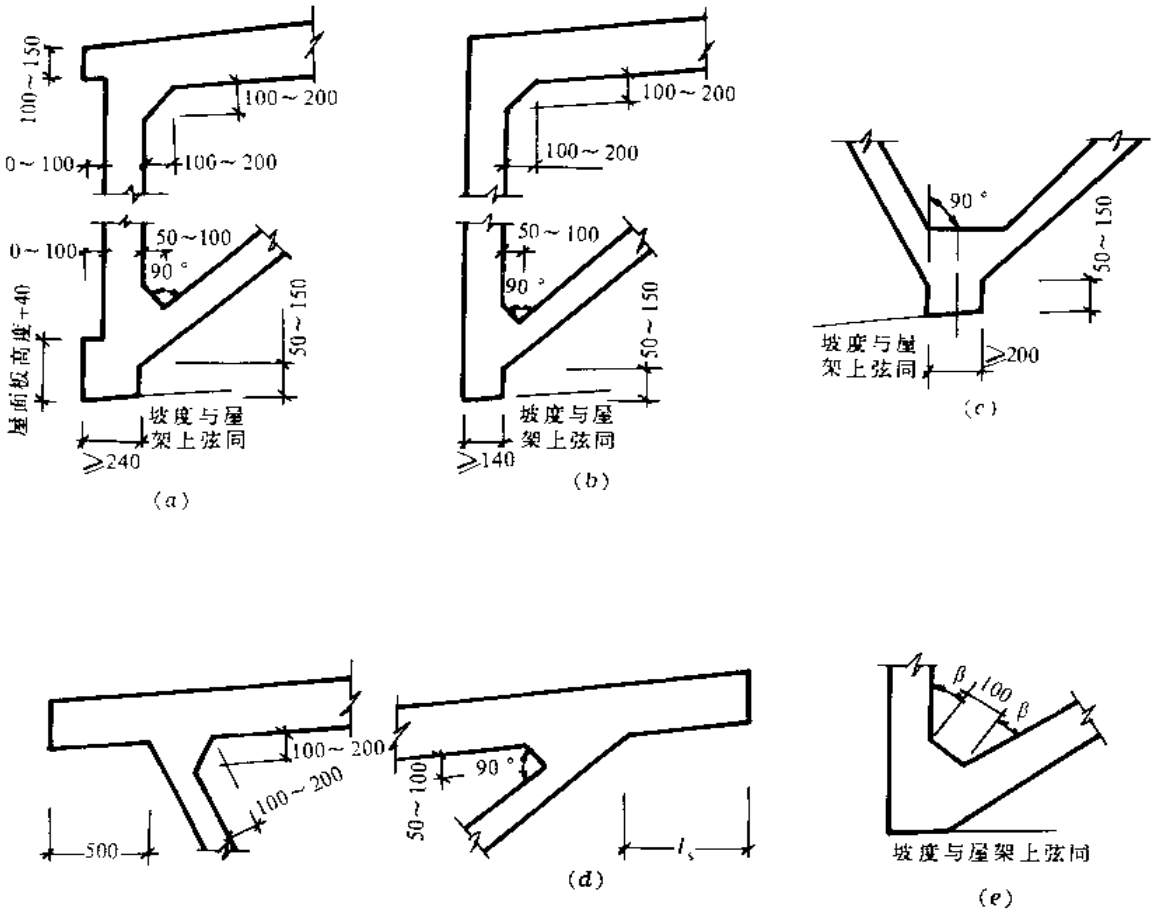


图 8-1　天窗架节点的构造尺寸

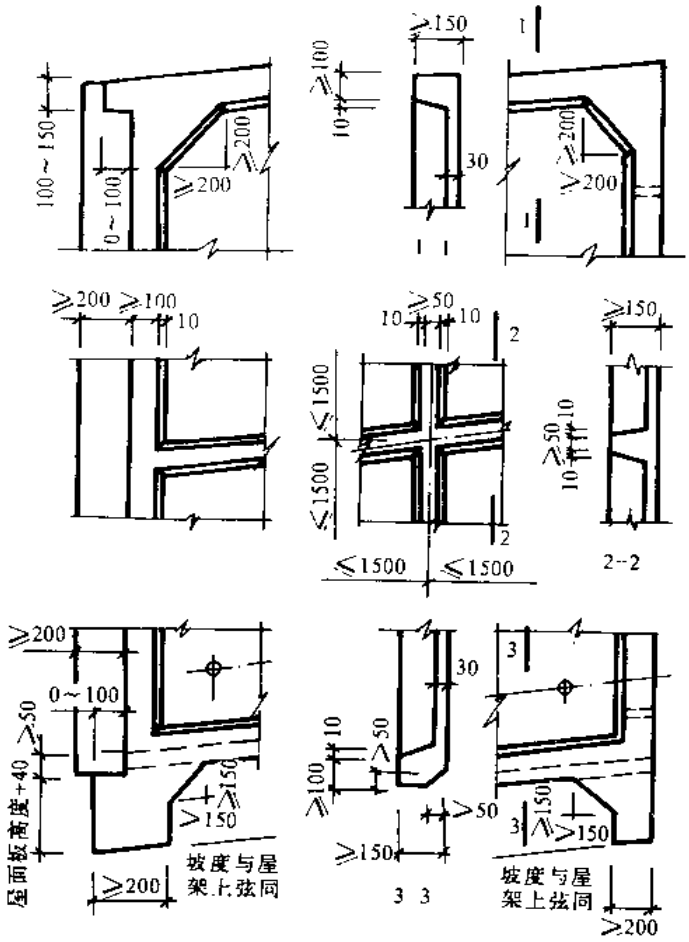


图 8-2　端壁板的截面和节点的构造尺寸

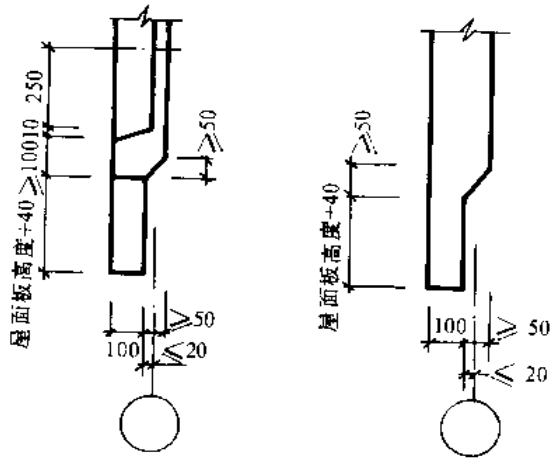


图 8-3　端壁板腿部尺寸

a— 用端壁板时；b— 用天窗架做端壁板时

（4）端壁板上应设置固定汛水铁皮和爬梯用的预留孔或预埋件。

三、侧板

侧板采用有横肋（槽口向内放时）和无横肋（槽口向外放时）两种形式。板宽宜分别取500mm或600mm，肋高宜分别取160mm或200mm。板上还应设置固定窗框和汛水铁皮用的预留孔或预埋件。

四、挡风架

（1）支承式挡风架一般采用钢筋混凝土结构，其截面尺寸按下列要求确定：

1）挡风架立柱：立柱高度小于3.6m时，截面不小于180×180mm；立柱高度小于1.4m时，截面不小于200×200mm。

2）挡风架横梁：跨度3m时，截面不小于180×200mm；跨度4.5m时，截面不小于200×300mm；跨度6m时，截面不小于200×350mm。

（2）悬挂式挡风架及檩条一般采用钢结构，其截面应由计算确定，一般不宜小于[10，拉条不宜小于φ12mm，见图8-4。

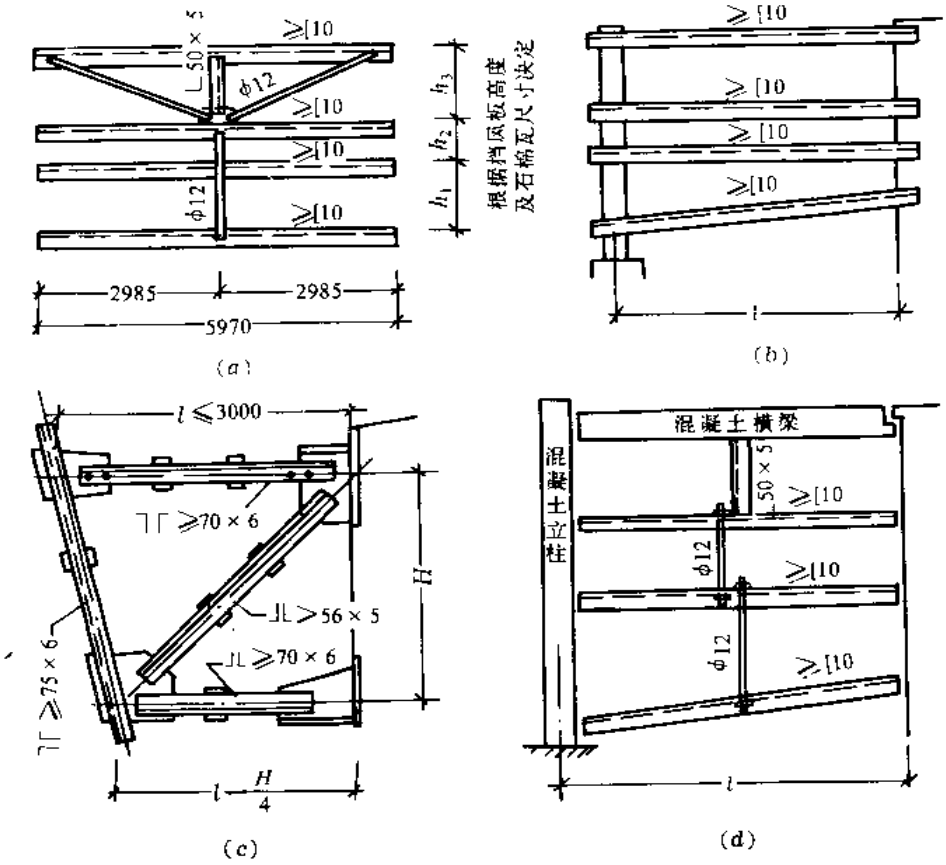


图 8-4　挡风架和檩条的形式和尺寸

a— 纵向檩条；b、d— 横向端头檩条和支承式挡风架；c— 悬挂式挡风架

第三节　钢筋配置

一、天窗架杆件的钢筋配置

天窗架杆件的受力钢筋和箍筋，应按计算确定，并应满足表8-2的构造配筋要求；节点

钢筋可按图8 5的构造要求配置。

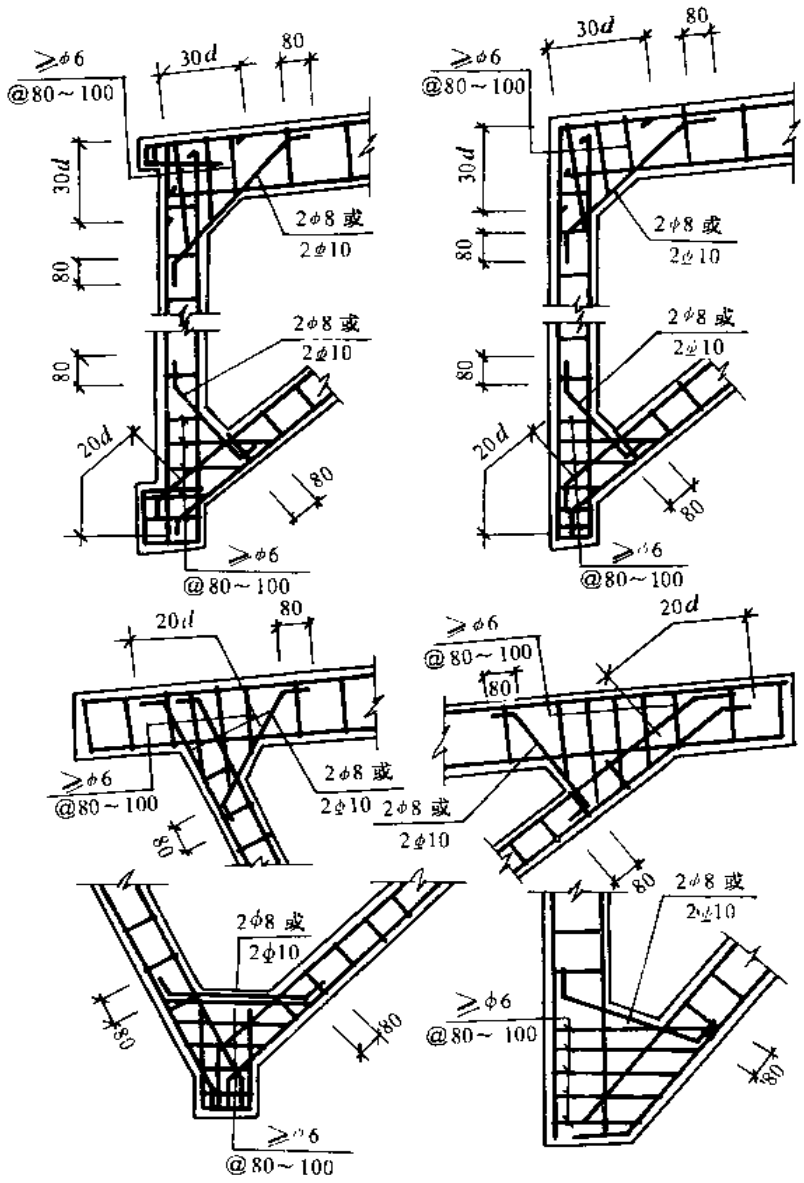


图 8-5　天窗架节点配筋

天窗架的构造配筋　　表 8-2

钢筋类别	项目	上弦杆或立杆	其他构件	节点
受力钢筋	钢筋数量 直径（mm）	≥4 ≥ 中 10～φ12	≥ 4 φ8～φ10	≥ 2 φ8～φ10
箍筋	直径（mm） 间距（mm）	φ5 或 φ6 ≤ b 和 150	φ5 或 φ6 ≤ b 和 150	φ6 ≤ 80～100

注：表中 b 为杆件截面的小边尺寸。

二、端壁板的构造配筋

端壁板的构造钢筋按表8-3的构造要求配置；节点钢筋可按图8-6的构造要求配置。

端壁板的构造配筋，mm 表 8-3

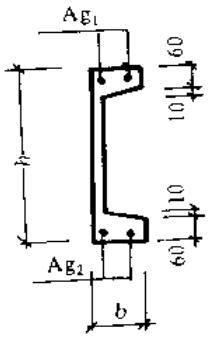
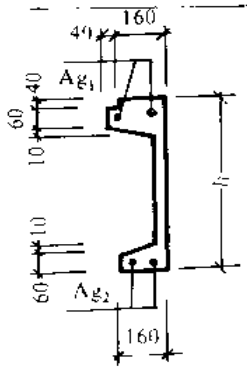
项目		两边竖肋	上下横肋	中间小肋	节点	板
受力钢筋		2Φ10	2Φ10	2Φ10	2Φ10	
箍筋	直径	Φ5或Φ6	Φ4	Φ4	Φ5或Φ6	Φ4或Φ6
	间距	≤150	≤125	≤100	≤100	@200

上下横肋一般为两根纵向钢筋，当有悬臂时，则应采用4根纵向钢筋（图8-6）。

三、天窗侧板的配筋

天窗侧板的配筋，可按表8-4和图8-7的要求选用。

天窗侧板的纵肋配筋 表 8-4

截面形式和尺寸（mm）	钢筋类别	风荷载（kN/m²）	窗扇高度（mm） 900	1500	2400	3000
	Ⅰ级钢筋	0.50	1Φ10	$\frac{2Φ10}{2Φ12}$	$\frac{2Φ12}{2Φ14}$	$\frac{2Φ12}{2Φ14}$
		0.70	$\frac{2Φ10}{2Φ12}$	$\frac{2Φ12}{2Φ14}$	$\frac{2Φ12}{2Φ14}$	$\frac{2Φ14}{2Φ16}$
		0.90	$\frac{2Φ10}{2Φ12}$	$\frac{2Φ12}{2Φ14}$	$\frac{2Φ14}{2Φ16}$	$\frac{2Φ14}{2Φ16}$
	Ⅱ级钢筋	0.50	1Φ10	1Φ10	1Φ12	1Φ12
		0.70	1Φ10	1Φ12	1Φ12	$\frac{2Φ12}{2Φ14}$
		0.90	1Φ10	1Φ12	$\frac{2Φ12}{2Φ14}$	$\frac{2Φ12}{2Φ14}$
b = 160mm或200mm h = 500mm或600mm						

注：表中有两行数字的，其横线上为 A_{g1}，横线下为 A_{g2}。

四、挡风架配筋

挡风架立柱和不放檐口板的横梁的纵向钢筋和箍筋可按图8-8和表8-5的要求选用。当横梁上放置檐口板时，其配筋应按计算确定。

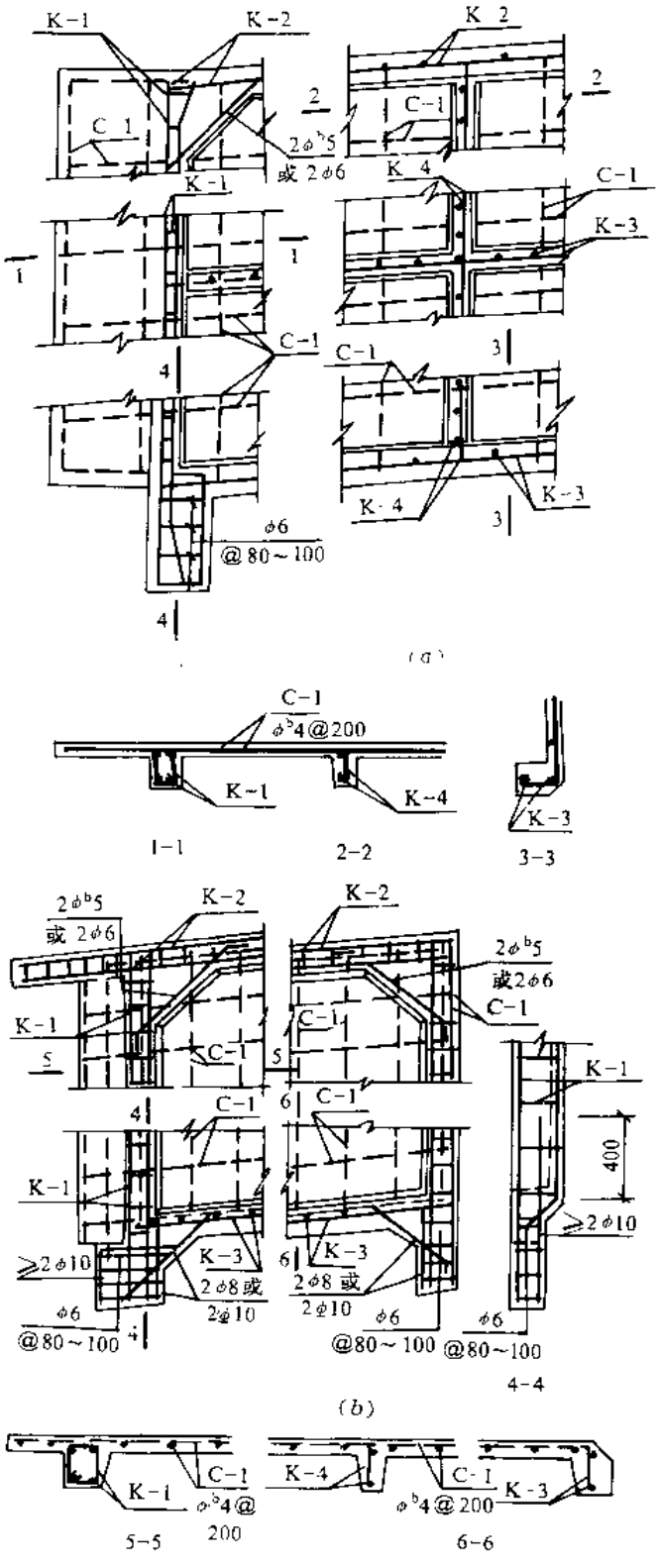


图 8-6　端壁板配筋

a　采用绑扎骨架时；*b*　采用焊接骨架时

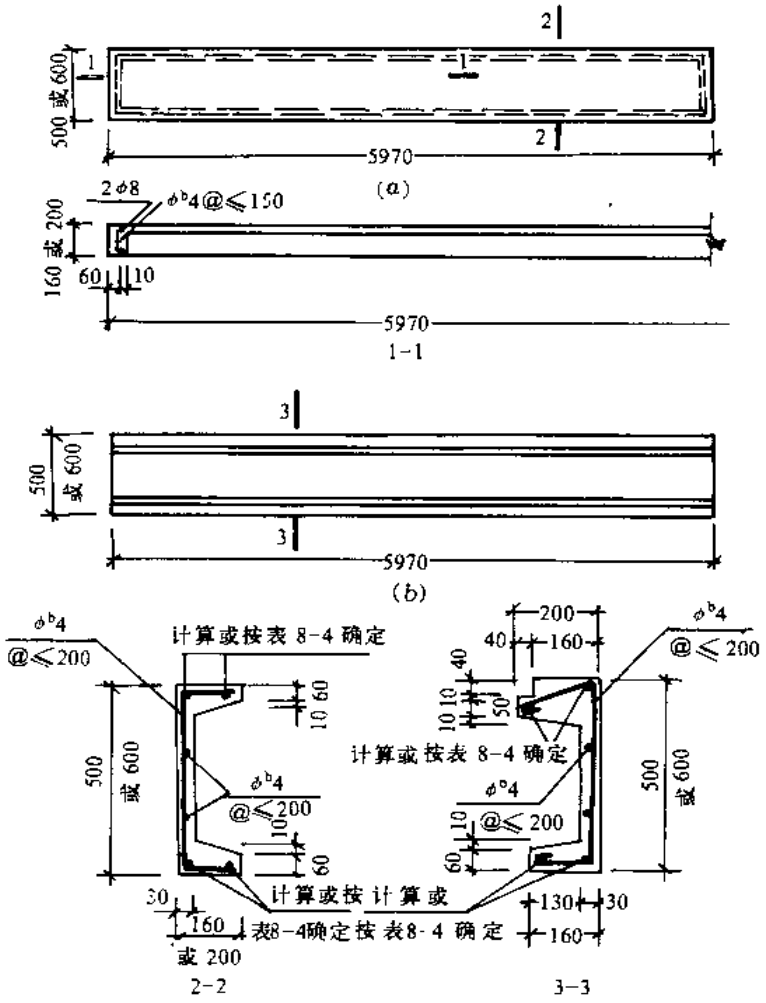


图 8-7　侧板尺寸和配筋

a— 槽口向内放置；*b* — 槽口向外放置

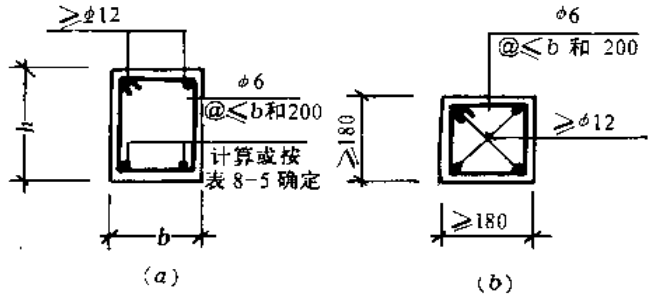


图 8-8　立柱和横梁的截面尺寸及配筋

a— 横梁；*b*　立柱

横梁配筋 **表 8-5**

横梁跨度 (m)	截面尺寸 b×h (mm)	使用位置	下部纵向钢筋 (mm)		箍筋 (mm)	
			Ⅰ级	Ⅱ级	直径	间距
3.0	160或180×200	端部 中部	2φ12	2Φ12	φ6	160
4.5	180或200×300	端部 中部	2φ12	2Φ12	φ6	180
6.0	180或200×350	端部 中部	2φ14	2Φ14	φ6	180

第九章　屋　面　梁

一、材料

（1）钢筋混凝土屋面梁一般采用C20～C30混凝土，当有悬挂吊车时，不应小于C30。

（2）预应力混凝土屋面梁一般采用C30～C40混凝土，当有悬挂吊车时，不应小于C40。

（3）后张自锚预应力混凝土屋面梁的自锚孔应采用细石混凝土灌注，其混凝土强度等级不低于C40，且不应低于屋面梁的混凝土强度等级；

（4）预应力钢筋的孔道，应采用不低于400号的普通硅酸盐水泥配制的水泥浆灌注，水泥浆的强度等级不低于MU20，水灰比宜控制在0.4～0.45。为减少收缩，宜掺入水泥重量0.01%的铝粉。

（5）预应力钢筋宜采用冷拉Ⅳ级钢筋。碳素钢丝或钢铰线，亦可采用冷拉Ⅲ级或Ⅱ级钢筋；纵向非预应力钢筋，应优先采用Ⅱ级钢筋，亦可采用Ⅰ级钢筋；箍筋宜采用Ⅰ级钢筋或乙级冷拔低碳钢丝。

二、预应力钢筋的锚具和夹具

1. 后张法预应力钢筋锚具

（1）直径12mm的钢筋束或钢铰线，采用JM12型夹片锚具（一束或两束钢筋束亦可采用后张自锚）。

（2）直径4～5mm的钢丝束，采用锥形锚具（一般每束不超过19根）或锥形螺杆锚具（每束不超过28根）。

（3）Ⅱ级和Ⅲ级粗钢筋采用螺丝端杆锚具。

2. 先张法预应力钢筋夹具

（1）直径12mm的Ⅲ、Ⅳ级钢筋，可采用九孔销片夹具。

（2）直径18～25mm的Ⅱ、Ⅲ级粗钢筋，可采用套式卡具。

三、混凝土保护层及预应力钢筋孔道

（1）纵向钢筋的混凝土保护层最小厚度为25mm；箍筋及钢筋端头的混凝土保护层最小厚度为10mm。

（2）预应力钢筋的孔道应符合下列要求：

1）孔道的水平中距为100～120mm；垂直中距为90～120mm，其净距不应小于25mm；孔道上下壁及侧壁厚度不宜小于30mm，如图9-1所示。

2）孔道直径应比预应力钢筋束外径、钢筋对焊接头处外径或需穿孔道的锚具外径大5～10mm，可按表9-1的规定采用。

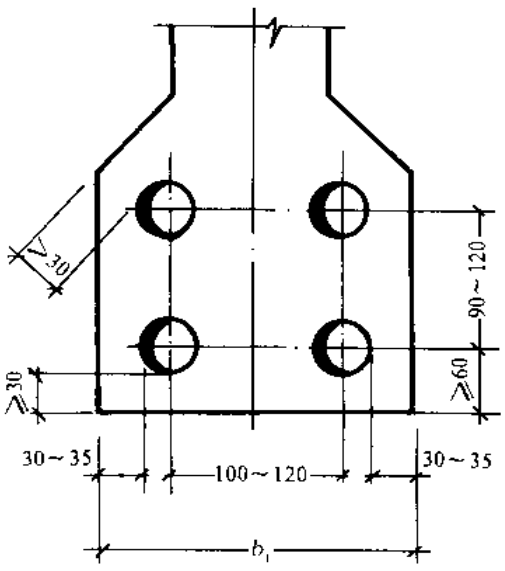


图 9-1　孔道尺寸及位置

预应力钢筋孔道的直径，mm　　表 9-1

直径12mm冷拉Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级钢筋及钢铰线			高强碳素钢丝				冷拉Ⅱ、Ⅲ级粗钢筋	
1根	5～6根	7根	锥形锚具	锥形螺杆锚具			直径	直径
				17～20根	21～24根	25～28根	25及以下	28～32
42	51	60	18	端部75 中间56	端部80 中间63	端部86 中间70	12	18

注：端部系指屋面梁端700～800mm长度范围。

3）屋面梁两端及跨中应设置灌浆孔，见图9-2、图9-3。

屋面梁下翼缘纵向钢筋的要求　　表 9-2

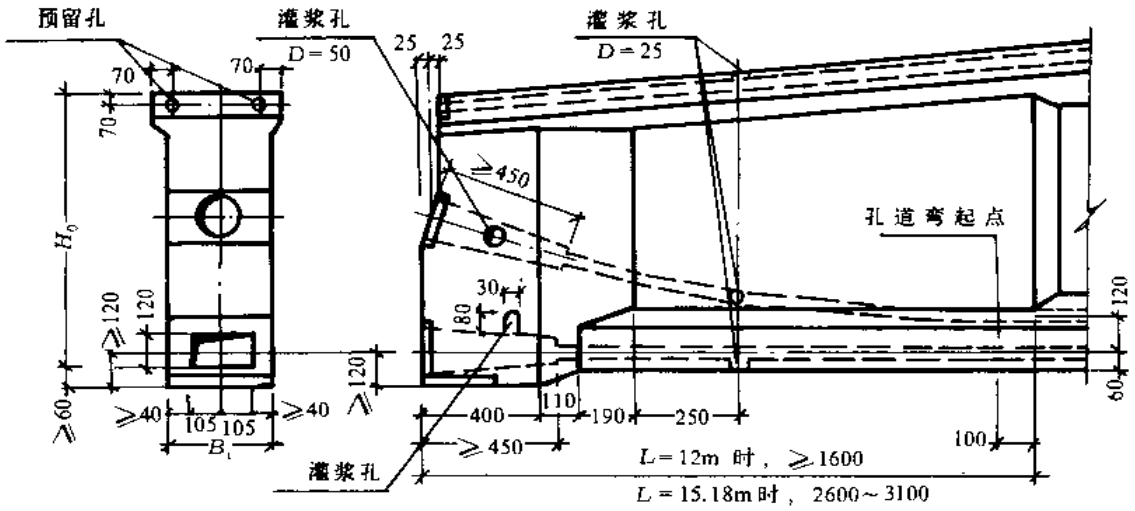
屋面梁种类	有无悬挂吊车	钢筋级别	接头种类	接头区段	
				接头的截面之间的距离（mm）	接头面积允许百分率（%）
钢筋混凝土屋面梁	有	Ⅰ、Ⅱ	必须采用闪光接触对焊	$45d$	25
	无	Ⅰ、Ⅱ	焊接接头	$30d$，且不小于500mm	50
预应力混凝土屋面梁	有	Ⅱ、Ⅲ	必须采用闪光接触对焊	$45d$	25
	无	Ⅱ、Ⅲ	优先采用闪光接触对焊	$30d$，且不小于500mm	25

注：1. 接头位置宜设置在钢筋受力较小处。

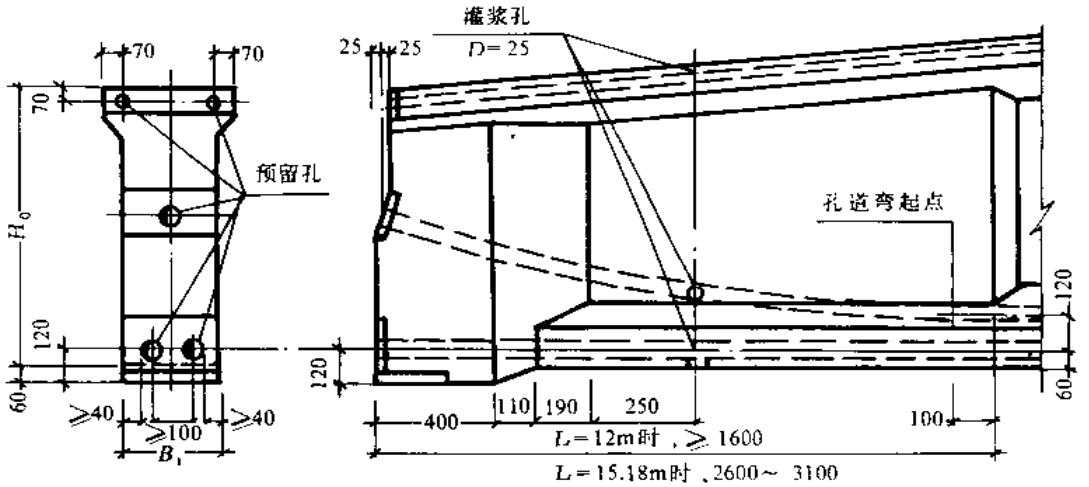
2. 如预应力钢筋为3根，且有保证焊接质量的可靠措施时，允许在接头区段内有一个接头。

3. 闪光接触对焊的接头应去掉毛刺及卷边。

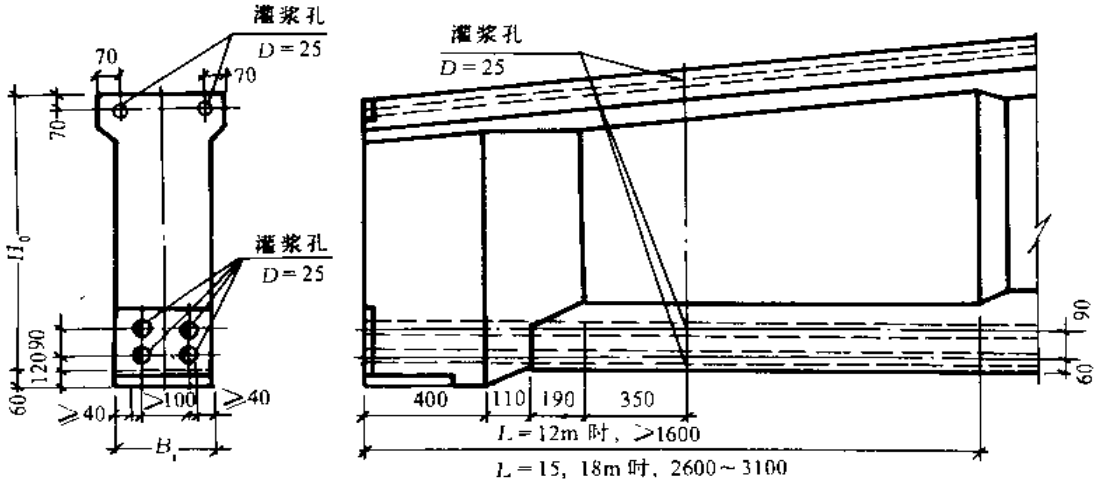
4. d 为纵向钢筋直径。


预留孔
灌浆孔
D=50
灌浆孔
D=25
孔道弯起点
灌浆孔
L=12m 时，≥1600
L=15.18m时，2600～3100

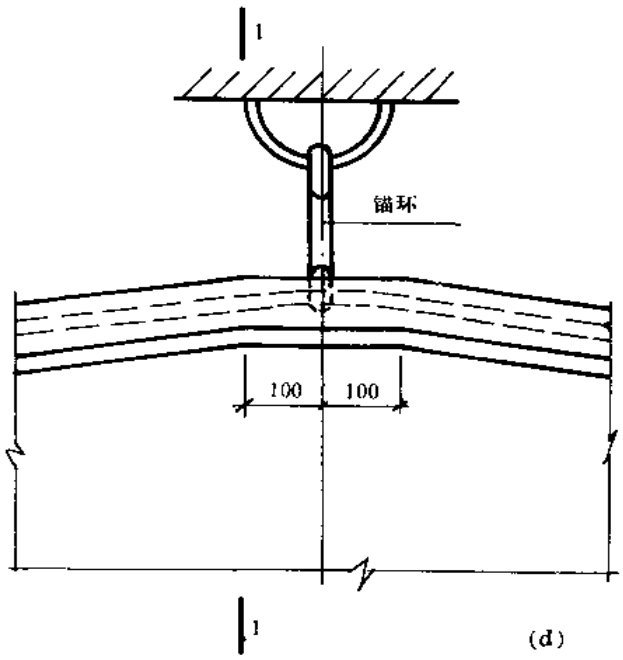
(a)


灌浆孔
D=25
预留孔
孔道弯起点
L=12m时，≥1600
L=15.18m时，2600～3100

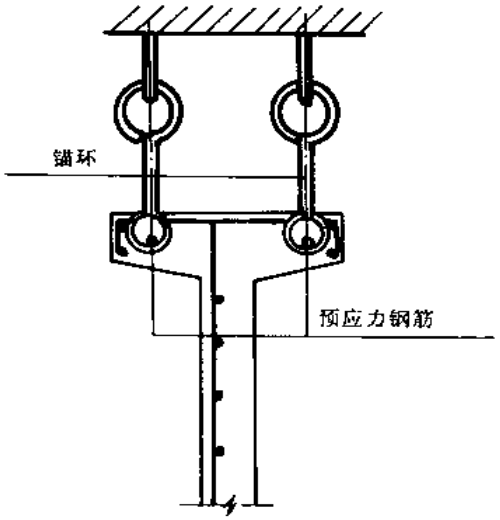
(b)


灌浆孔
D=25
灌浆孔
D=25
灌浆孔
D=25
L=12m 时，≥1600
L=15，18m 时，2600～3100

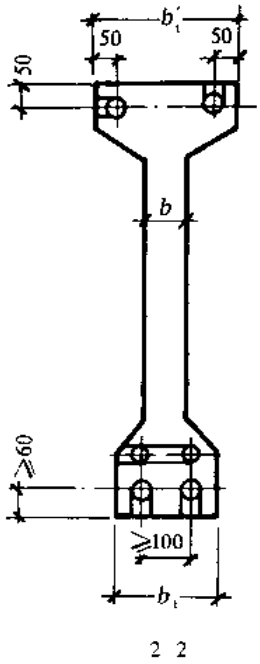
(c)



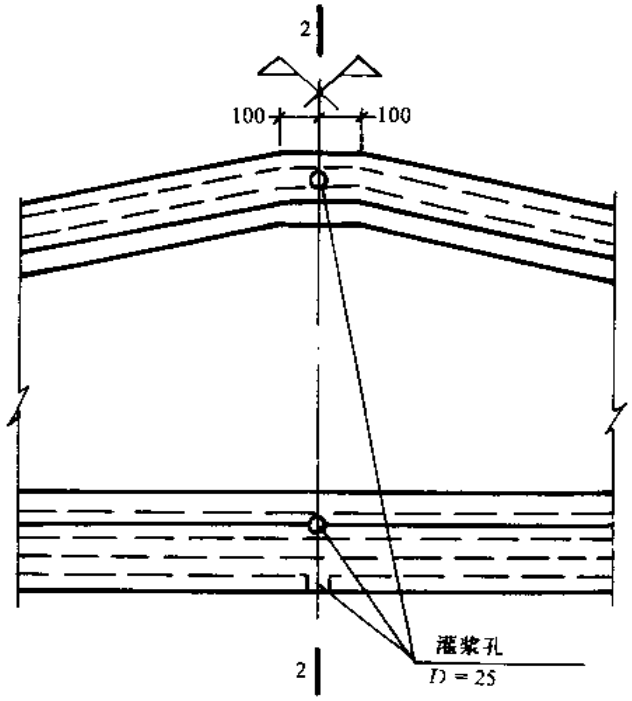
(d)



1-1



2 2



(c)

图 9-2 预应力混凝土双坡屋面梁节点构造

a— 后张自锚端部节点构造尺寸；b 采用 JM12锚具的端部节点构造尺寸；
c— 采用螺丝端杆锚具端部节点构造尺寸；d— 先张法中间节点；e— 后张法中间节点

四、钢筋的接头和锚固

屋面梁下翼缘纵向钢筋的接头应符合表9-2的要求。

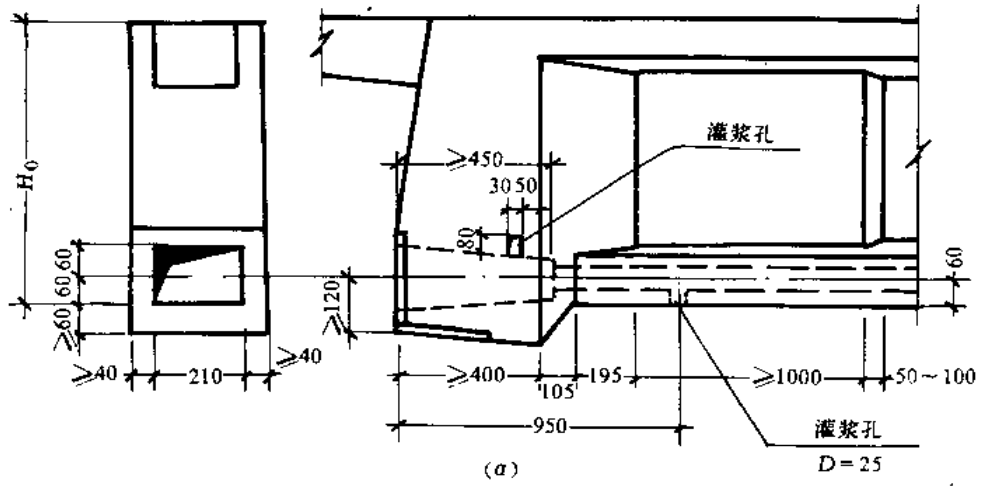
五、节点构造

(1) 预应力混凝土屋面梁节点形式及构造尺寸应符合下列要求：

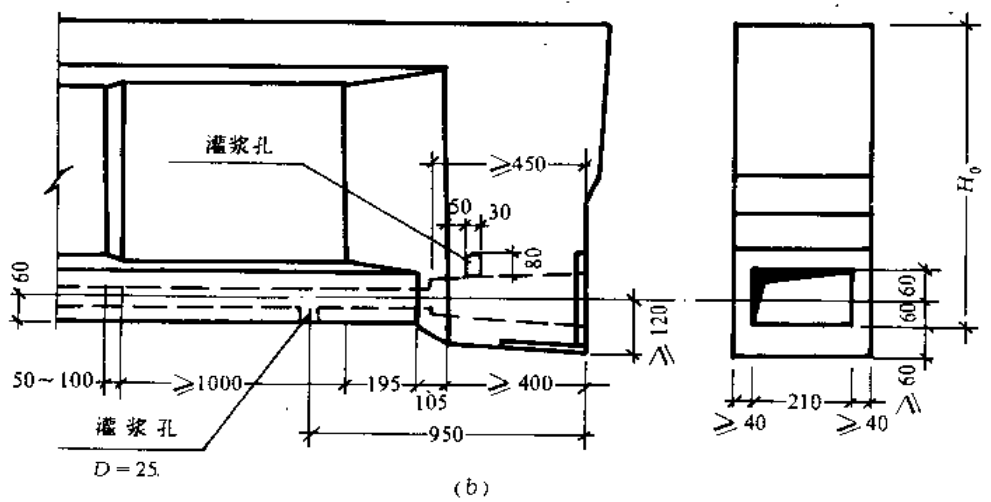
1) 端节点：端节点形式及构造尺寸，与屋面梁的跨度及内力、纵向受力钢筋的直径及锚固方式等有关，双坡屋面梁按图9-2采用，等截面单坡屋面梁按图9-3采用。

2) 中间节点：先张法屋面梁上翼缘配有预应力钢筋时，为便于张拉钢筋，需在上翼缘脊部埋设活动锚环（图9-2*d*）；后张法屋面梁上翼缘配有预应力钢筋时，为便于穿钢筋，需将上翼缘中间区段孔道设计成弧形（图9-2*e*）。

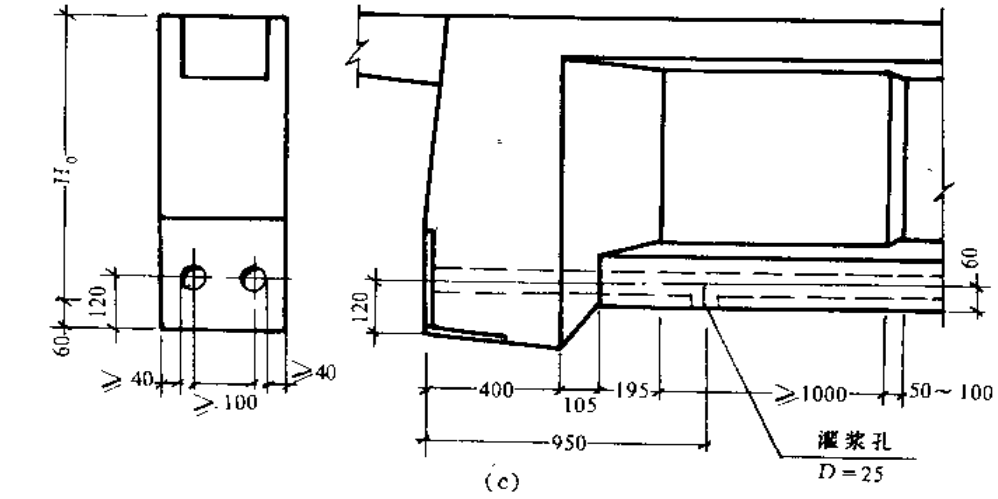
(2) 屋面梁端部需支承檐口板时，可采用下述方式处理，端部挑出钢筋混凝土悬臂梁（图9-4）；端部预埋钢板，在其上焊接悬臂钢梁或钢三角架图。



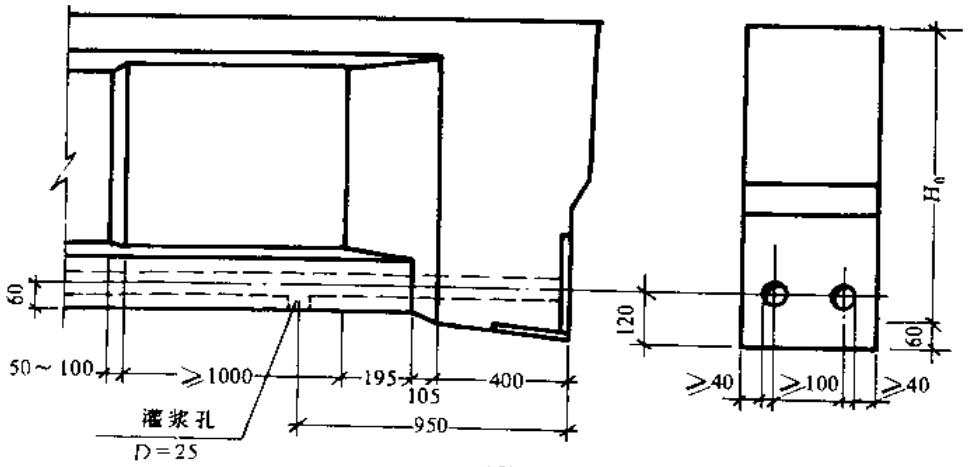
(*a*)



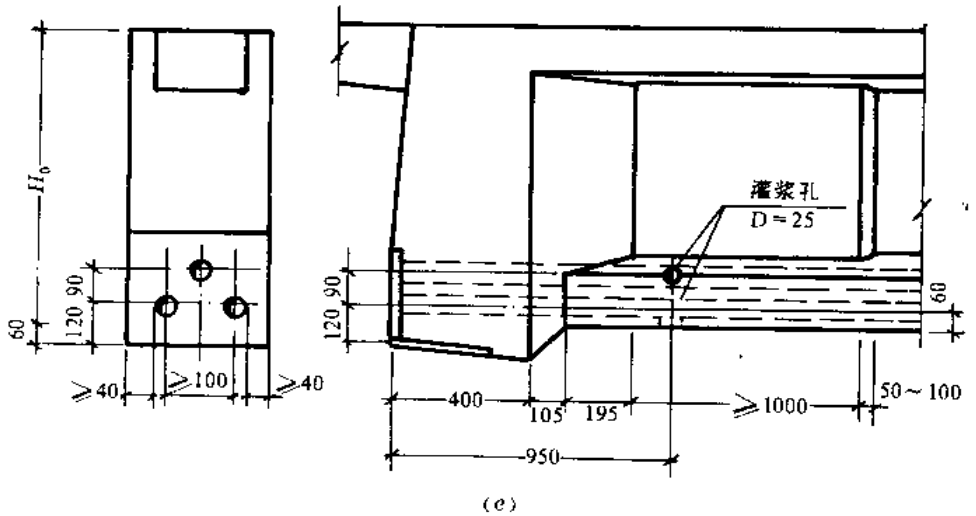
(*b*)


H_0
120
60
≥40
≥100
≥40
120
60
400
105
195
≥1000
50～100
950
灌浆孔
D=25

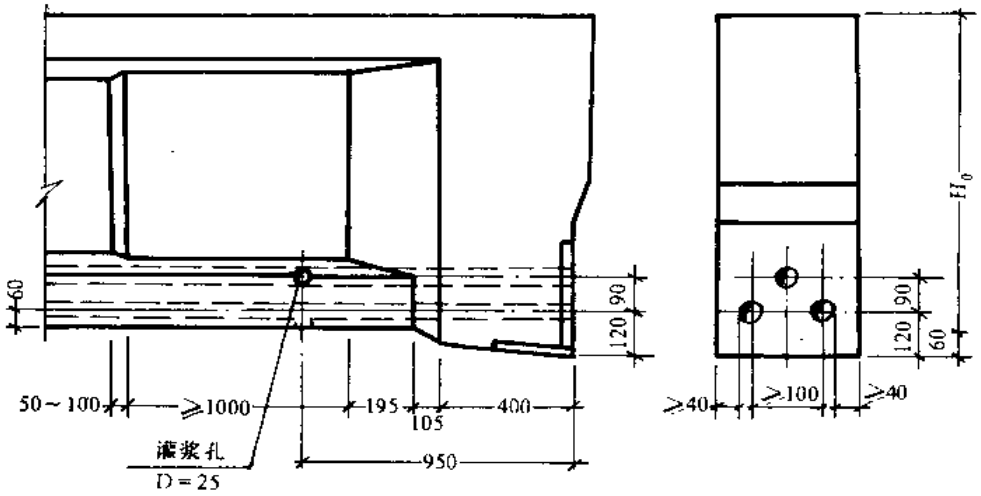
(c)


60
50～100
≥1000
195
105
400
950
灌浆孔
D=25
120
60
H_0
≥40
≥100
≥40

(d)


H_0
60
120
90
≥40
≥100
≥40
灌浆孔
D=25
120
90
60
400
105
195
≥1000
50～100
950

(e)



(f)

图 9-3　预应力混凝土单坡屋面梁节点构造

a、b— 后张自锚端节点构造尺寸；c、d— 采用 JM12锚具的端部节点构造尺寸；

e、f— 采用螺丝端杆锚具的端部节点构造尺寸

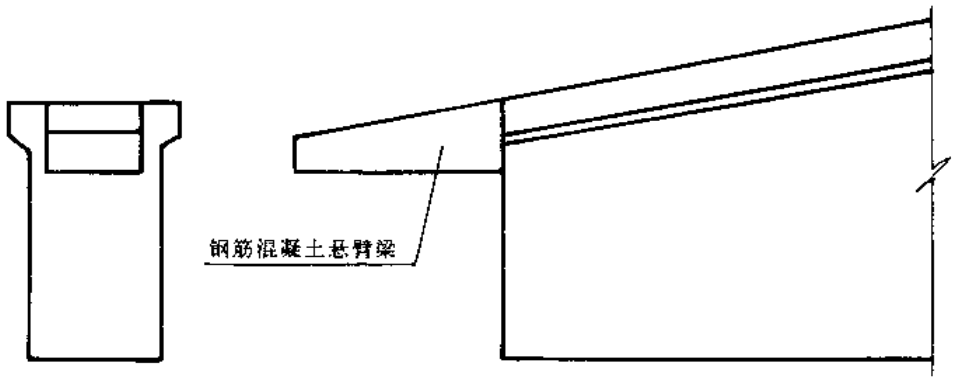


图 9-4　屋面梁端部钢筋混凝土悬臂梁

六、预埋件

(1)预埋件应符合构造要求、方便连接和便于施工。

(2)预埋件锚筋应有足够的保护层厚度和锚固长度，并避免与梁内钢筋及其他预埋件相碰。

(3)钢筋混凝土屋面梁及先张法预应力混凝土屋面梁支承处的预埋件，可参照图9-5选用。

当钢筋混凝土屋面梁承受1t 以上悬挂吊车时，支承处的预埋件可参照图9-6采用。

后张法预应力混凝土屋面梁的张拉端预埋件宜与支承钢板焊接，见图9-7。

七、起拱值

钢筋混凝土屋面梁在制作时应预先起拱。起拱值为屋面梁跨度的1/300，起拱点一般距梁端400mm(图9-8)。预应力混凝土屋面梁一般不起拱。

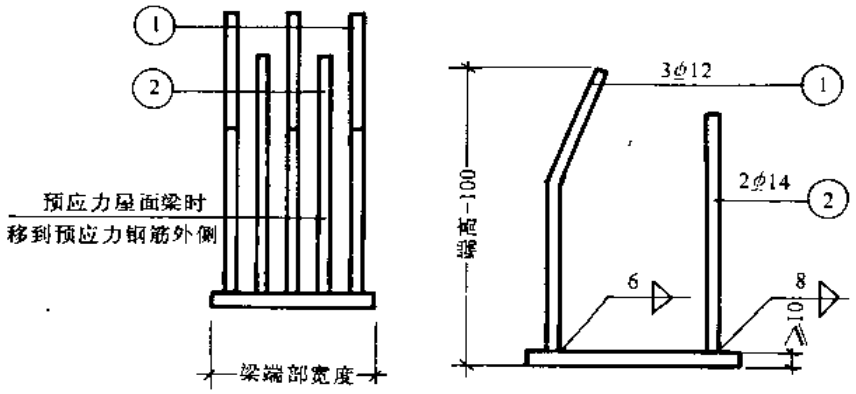


图 9-5　钢筋混凝土及先张法预应力屋面梁支座处预埋件

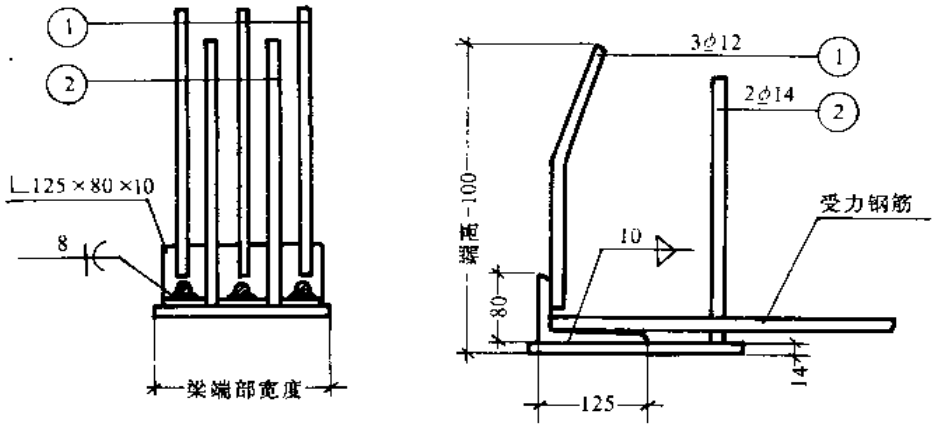


图 9-6　钢筋混凝土屋面梁承受大于1t 悬挂吊车时支座处预埋件

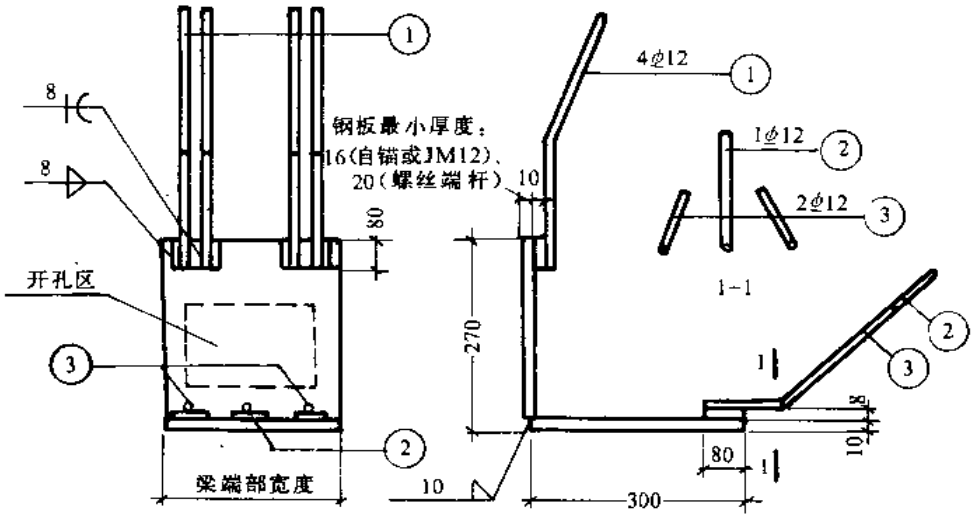


图 9-7　后张法预应力屋面梁张拉端支座处预埋件

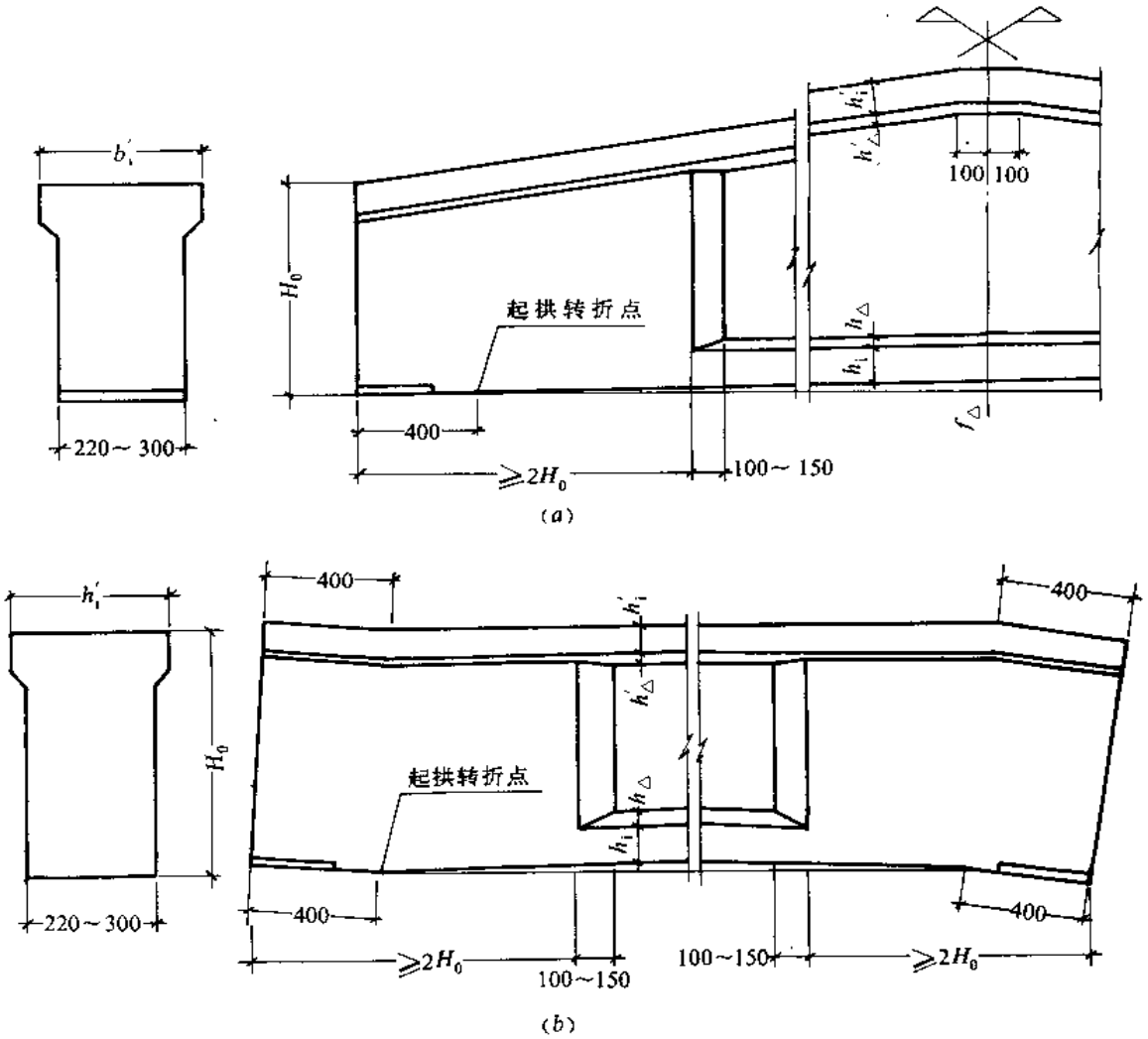


图 9-8　钢筋混凝土屋面梁的外形及截面尺寸

a— 双坡屋面梁；*b*— 单坡（等截面）屋面梁

八、锚具张拉后处理

后张法预应力混凝土屋面梁张拉完毕，孔道灌浆后，应用气割将螺丝端杆或预应力钢筋伸出锚具外的多余部分切去；如为钢丝时，可将其打弯紧贴于锚具上。然后用C20细石混凝土填灌，以防锈蚀。

九、屋面梁各部构造尺寸

（1）屋面梁的端部高度 H_0 应根据梁的跨度及屋面荷载计算确定。

（2）屋面梁的上翼缘截面尺寸应保证梁的侧向稳定性。下翼缘尺寸应满足纵向受力钢筋的排列要求。腹板厚度应满足截面受剪强度要求和便于浇灌混凝土。翼缘与腹板交界处应设计成斜坡，以便脱模。

钢筋混凝土屋面梁的外形及截面尺寸可参照图9-8、表9-3、表9-4确定。

钢筋混凝土双坡屋面梁的外形及截面参考尺寸，mm　　表 9-3

跨度 (m)	端部高度 H_0	端部加厚长度	上翼缘尺寸 $b_1' \times h_1'$	下翼缘尺寸 $b_1 \times h_1$	腹板厚度		翼缘与腹板交接处斜坡高度
					平卧浇捣	直立浇捣	
9	600～800	≥$2H_0$	300×120	180×120	≥80	≥100	$h_1' \geq 30$ $h_1' \geq 50$
12	700～900		300×140	200×120			
15	900～1200		400×160	220×140			

钢筋混凝土单坡（等截面）屋面梁的外形及截面参考尺寸，mm　　表 9-4

跨度 (m)	端部高度 H_0	端部加厚长度	上翼缘尺寸 $b_1' \times h_1'$	下翼缘尺寸 $b_1 \times h_1$	腹板厚度	翼缘与腹板交接处斜坡高度
9	700～1000	≥$2H_0$	300×120	180×120	≥80	$h_1' \geq 30$ $h_1' \geq 50$
12	800～1100		400×160	220×140		

后张法预应力混凝土屋面梁的外形及截面尺寸可参照图9-2、图9-3及表9-5、表9-6确定。

后张法预应力混凝土双坡屋面梁外形及截面参考尺寸，mm　　表 9-5

跨度 (m)	端部高度 H_0	上翼缘尺寸 $b_1' \times h_1'$	下翼缘尺寸 $b_1 \times h_1$	腹板厚度			第一变腹长度	翼缘与腹板交接处斜坡高度
				第一变腹	第二变腹			
					平卧浇捣	直立浇捣		
12	710～910	300×100	240×120	≥100	≥60	≥80	≥900	$h_1' = 30 \sim 70$ $h_1 = 60 \sim 100$
15	840～1040	320×100	240×150	≥100	≥60		1900～2100	
18	940～1140	320×100	240×150	≥120	≥80			

注：1. 端部实际高度为 H_0 +60mm（H_0 为计算高度）。

2. 第一变腹长度系指从梁端部腹板第一个变薄的区段长度（图9-2）。

后张法预应力混凝土单坡（等截面）屋面梁外形及截面参考尺寸，mm　　表 9-6

跨度 (m)	端部高度 H_0	上翼缘尺寸 $b_1' \times h_1'$	下翼缘尺寸 $b_1 \times h_1$	腹板厚度			第一变腹长度	翼缘与腹板交接处斜坡高度
				第一变腹	第二变腹			
					平卧浇捣	直立浇捣		
9	700～1000	300×100	230×120	≥100	≥60	≥80	≥1000	$h_1' = 30 \sim 50$ $h_1 = 50 \sim 70$
12	800～1100							

先张法预应力混凝土屋面梁外形及截面尺寸可参照后张法预应力混凝土屋面梁的外形及截面尺寸确定。

十、屋面梁配筋

（1）除主筋外，屋面梁的其他钢筋宜优先采用焊接骨架及焊接网片。当腹板厚度为60～80mm 时，应采用单片配筋；当腹板厚度大于80mm 时，应采用双片配筋。钢筋配置的构造要求如图9-9、图9-10和图9-11所示。

（2）先张法预应力混凝土屋面梁中下翼缘的预应力钢筋一般采用直径12mm 的冷拉Ⅲ、Ⅳ级钢筋；上翼缘的预应力钢筋一般采用冷拉Ⅱ、Ⅲ级粗钢筋。

（3）后张法预应力混凝土屋面梁中的预应力钢筋应符合表9-7的构造要求。

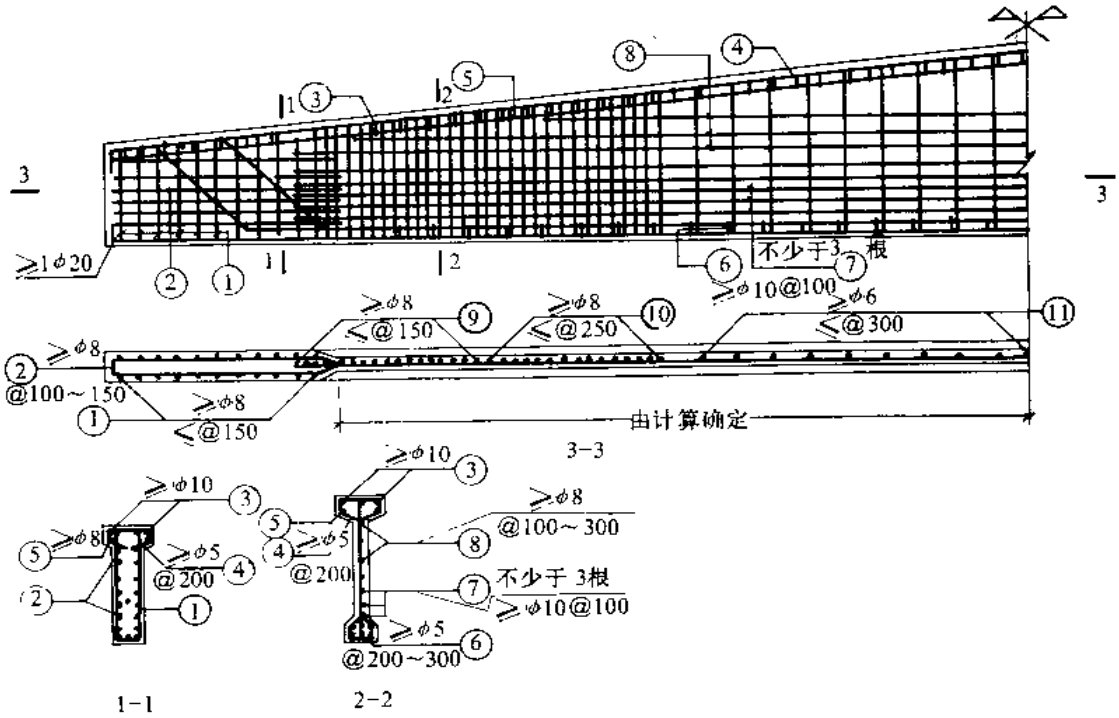


图 9-9　钢筋混凝土双坡屋面梁构造配筋

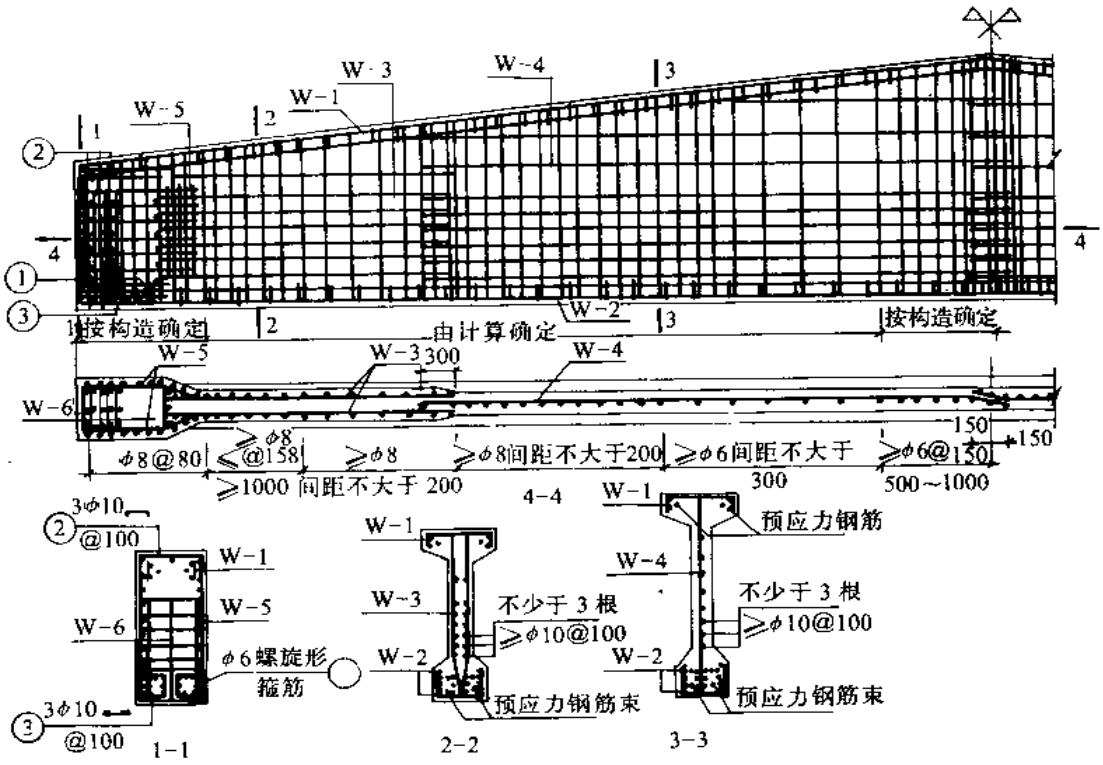


图 9-10　先张法预应力混凝土双坡

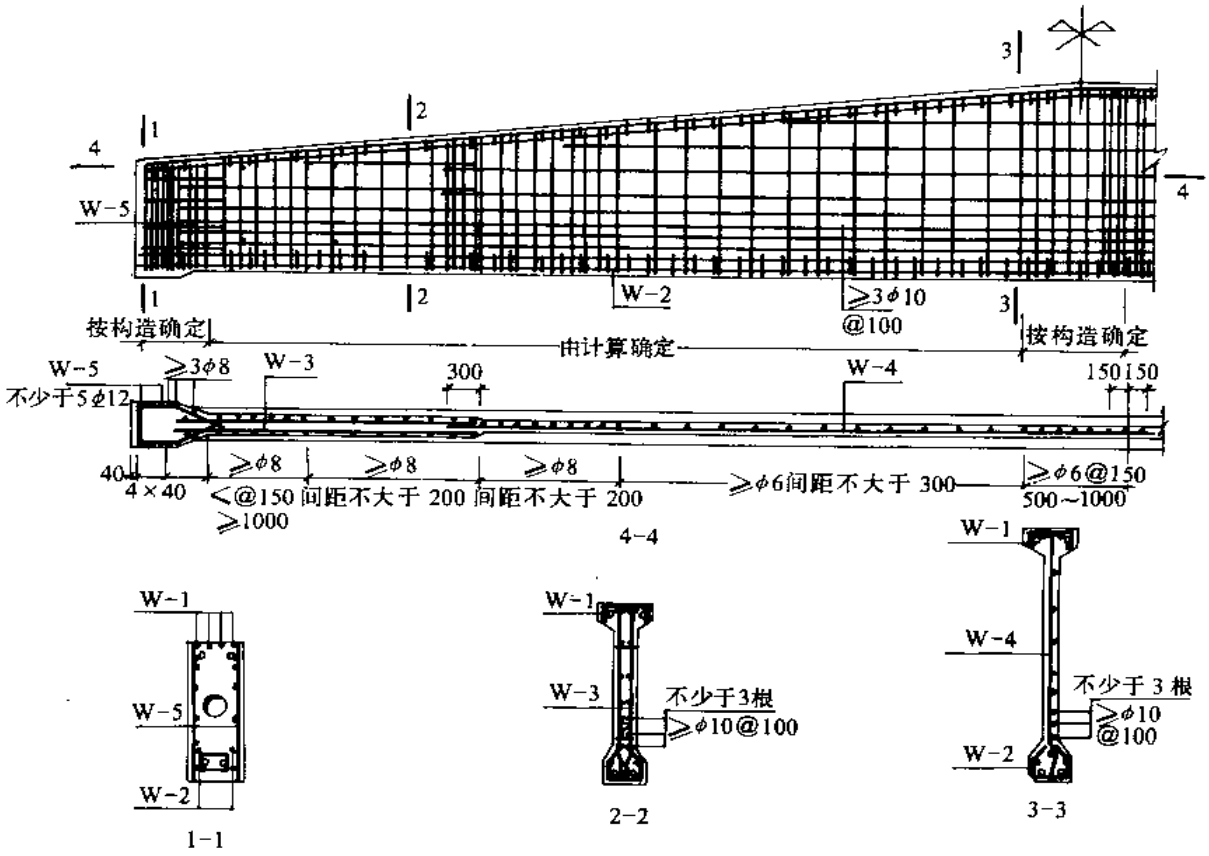


图 9-11 后张法预应力混凝土双坡屋面梁构造配筋

当为单坡屋面梁时，可相应参照图9-9～图9-11配置构造钢筋

下翼缘预应力钢筋的构造要求 表 9-7

项　　目	直径12mm，冷拉Ⅲ、Ⅳ级钢筋	高强碳素钢丝	直径12mm的钢绞线	冷拉Ⅱ、Ⅲ级粗钢筋
束（根）数	2或3束			3或4根
每束根数及直径要求	一般4～6根 也可用7根	不多于28ϕ5mm （根据锚具类型确定）	4～6根	直径不宜大于32mm
弯起情况	二束时弯起一束（曲率半径 R≥4m）			一般不弯起

（4）节点配筋：

1）一般情况下，钢筋混凝土屋面梁端节点的构造配筋按图9-12*a* 采用。当屋面梁设有1t以上的悬挂吊车时，其端节点的构造配筋按图9-12*b* 采用。

2）先张法预应力混凝土屋面梁端节点构造配筋如图9-13所示，每束预应力钢筋的端部均应配置直径不小于6mm 的方螺旋形箍筋，螺距40mm，其长度不应小于400mm，梁端两侧应配置横向点焊钢筋网片，钢筋直径应不小于8mm，间距应不大于100mm（图9-13中 W-5）。梁端部应配置不少于5片的点焊钢筋网片，钢筋直径应不小于8mm（图9-13中 W-6）。

后张法预应力混凝土屋面梁，当采用后张自锚时，下翼缘自锚头锥形孔四周宜配置矩形螺旋箍筋，箍筋直径应不小于10mm，螺距50mm，长度应不小于400mm（图9-14*a*、图 9-15*a*、

b）。弯起钢筋的自锚头锥形孔四周宜配置圆形螺旋箍筋，箍筋直径应不小于10mm，长度应不小于100mm（图9-14a、b）。

当采用JM12或螺丝端杆锚具时，锚具下应配置不少于5片点焊钢筋网片，其钢筋直径应不小于8mm（图9-14中W-6、W-7，图9-15中W-7、W-8）。

端节点箍筋直径应不小于10mm，其间距应不大于80mm。

中间节点上下翼缘纵向非预应力钢筋在跨度中间搭接时，其搭接长度应不小于400mm，在此区段应采用封闭箍筋（图9-13b）。腹板的纵向钢筋在跨度中向搭接时，其搭接长度应不小于300mm。横向钢筋应加密，加密区段长度由跨中向两侧各500～1000mm，加密的横向钢筋直径一般不小于6mm，间距不大于150mm（图9-10、图9-11）。

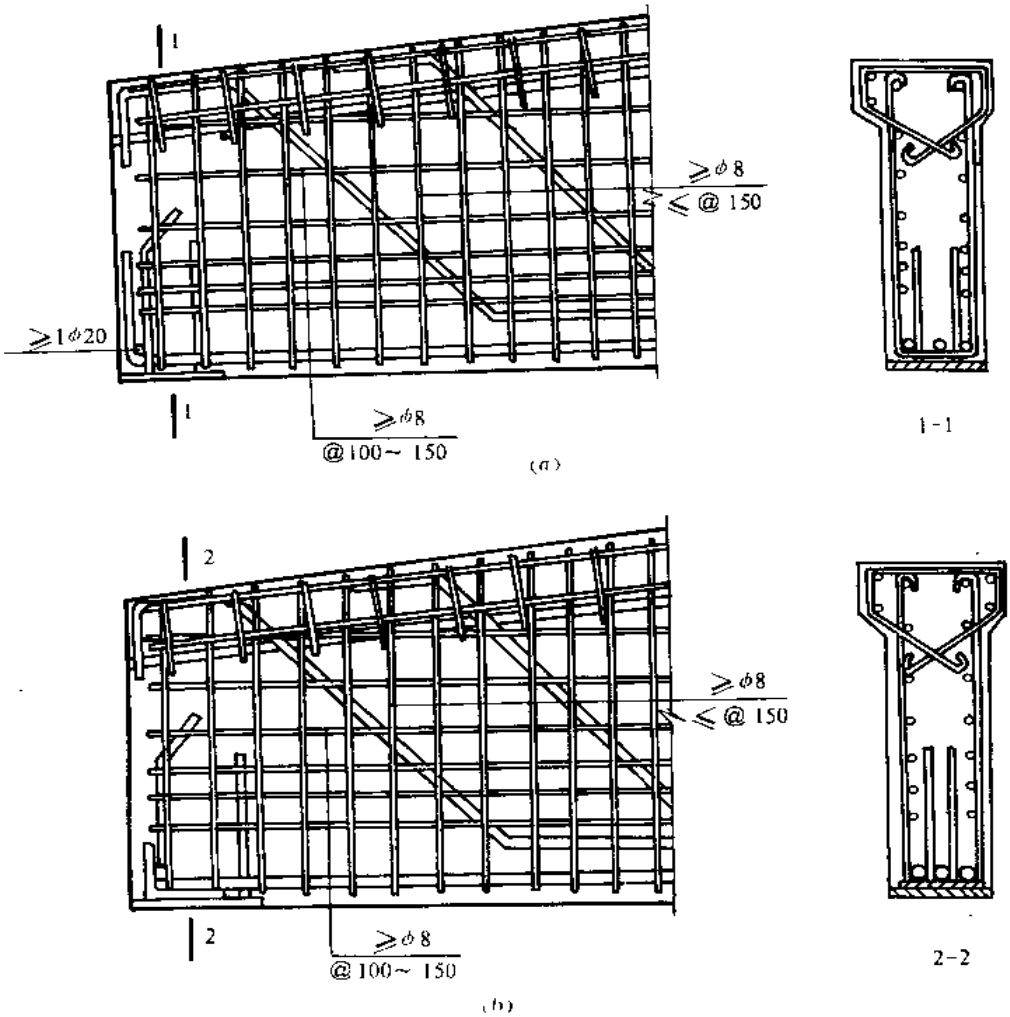
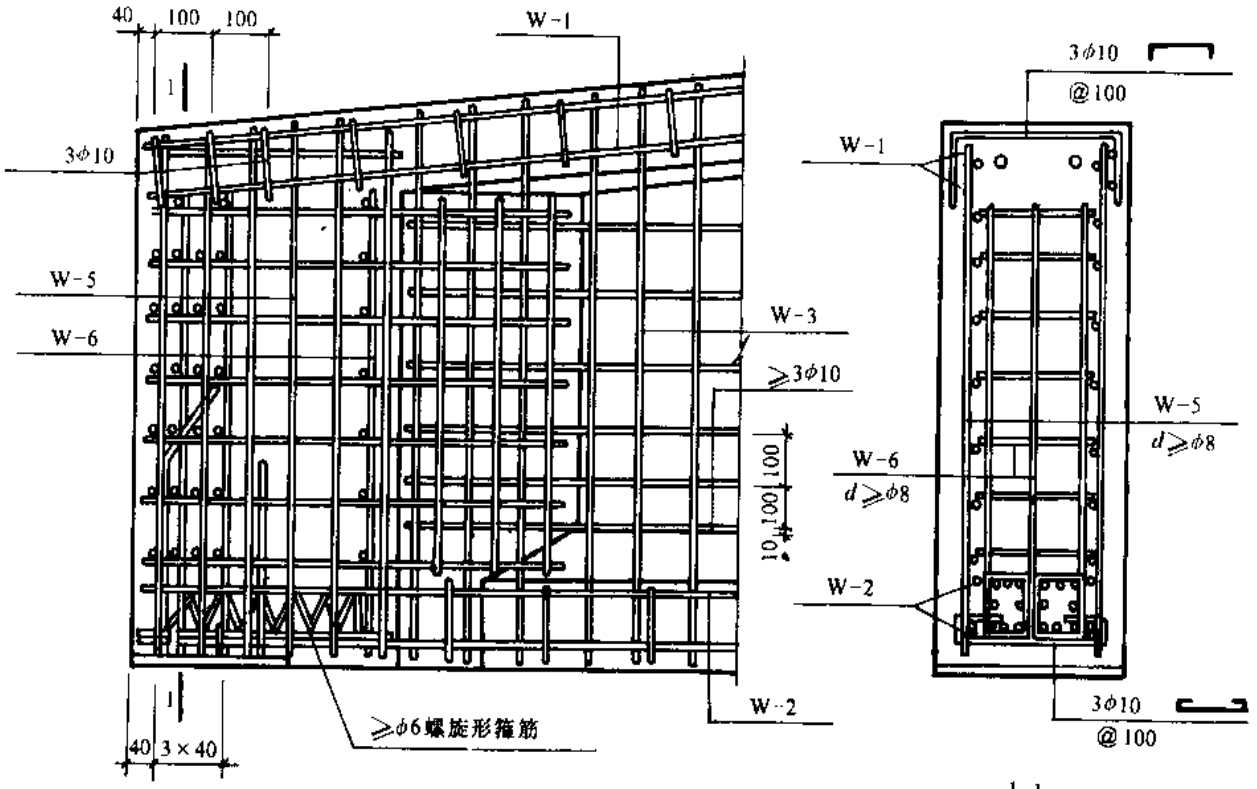


图 9-12　钢筋混凝土双坡屋面梁端节点配筋

a—一般情况下；b—设有1t以上悬挂吊车时


40
100
100
W-1
1
3φ10
W-5
W-6
W-3
≥3φ10
100
100
10
W-2
1
40
3×40
≥φ6螺旋形箍筋
(a)
3φ10
@100
W-1
W-5
d≥φ8
W-6
d≥φ8
W-2
3φ10
@100
1-1

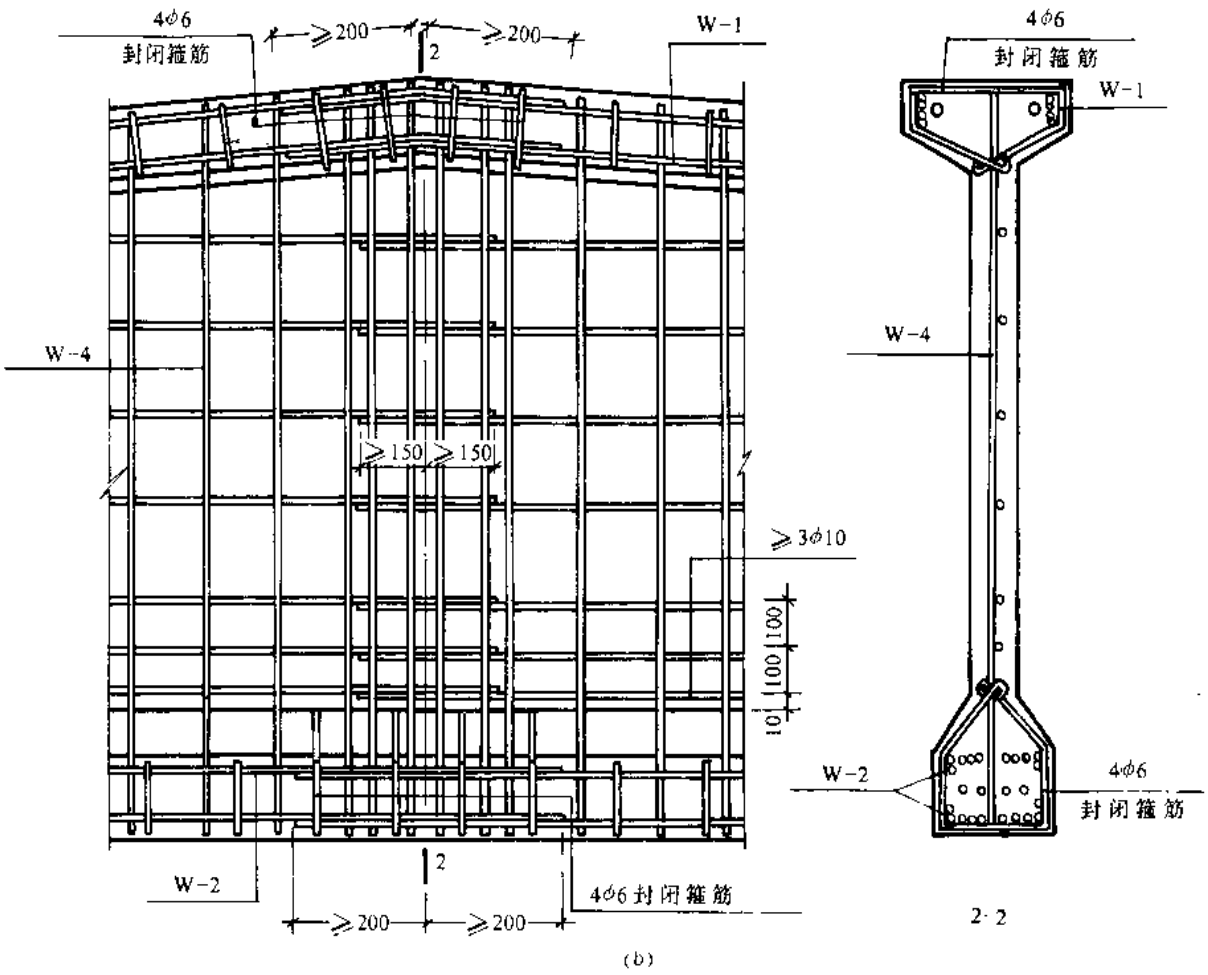
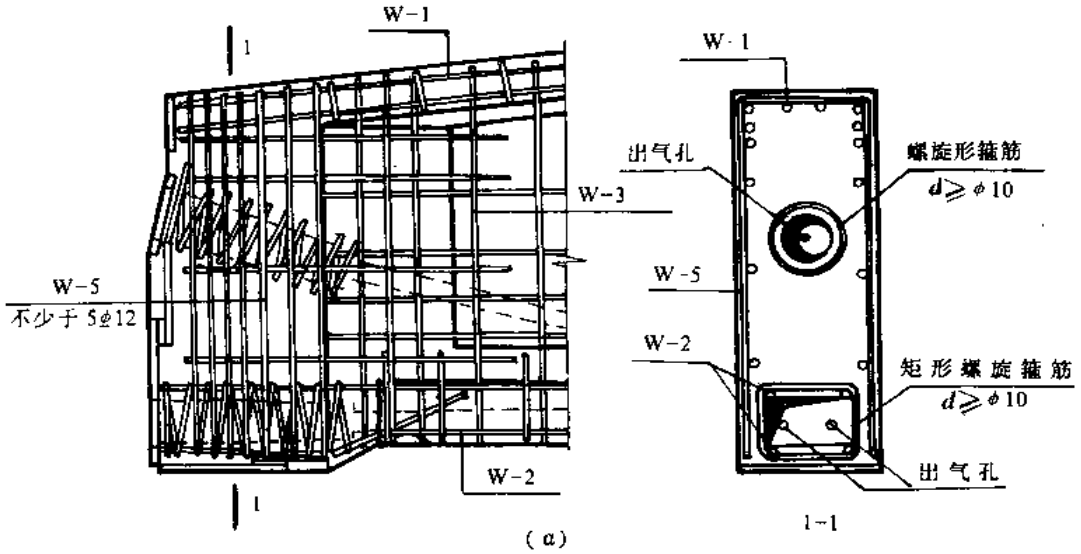
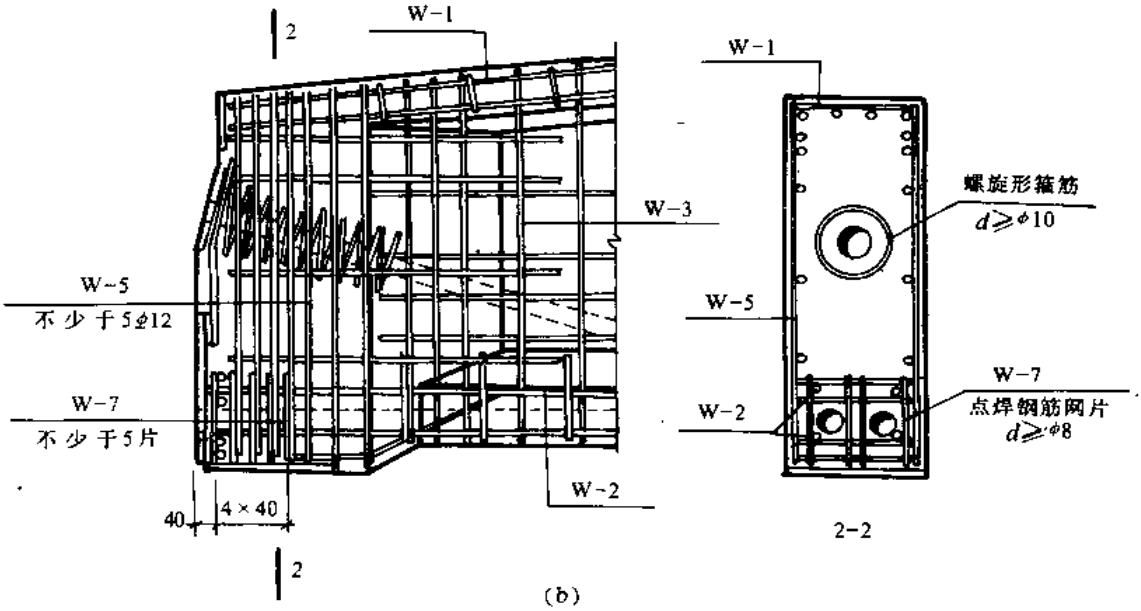


图 9-13　先张法预应力混凝土双坡屋面梁节点配筋

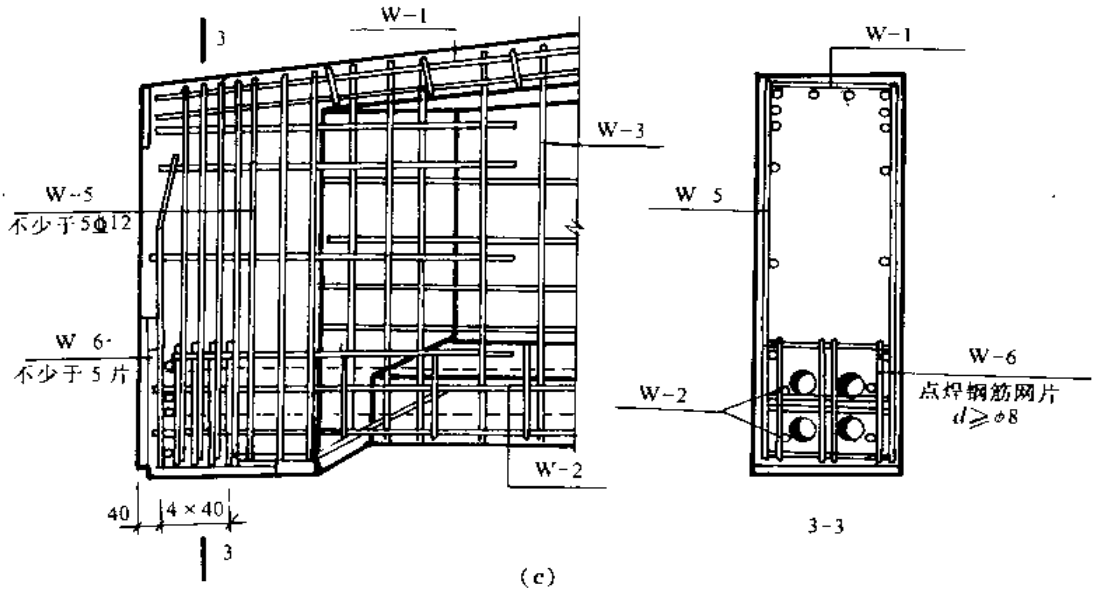
a　端部节点配筋；*b*　中间节点配筋


W-1
1
W-3
W-5
不少于5φ12
W-2
1
W-1
出气孔
螺旋形箍筋
d≥φ10
W-5
W-2
矩形螺旋箍筋
d≥φ10
出气孔
1-1

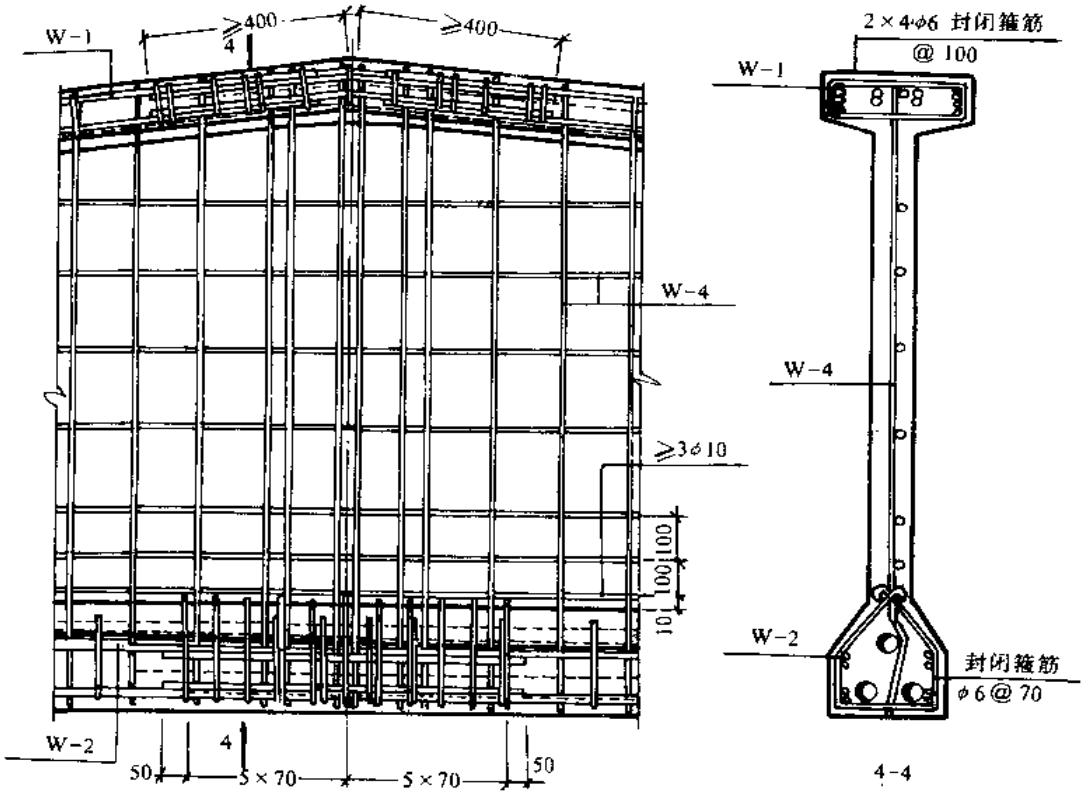
(a)


2
W-1
W-3
W-5
不少于5φ12
W-7
不少于5片
W-2
40
4×40
2
W-1
螺旋形箍筋
d≥φ10
W-5
W-7
点焊钢筋网片
d≥φ8
W-2
2-2

(b)



(c)

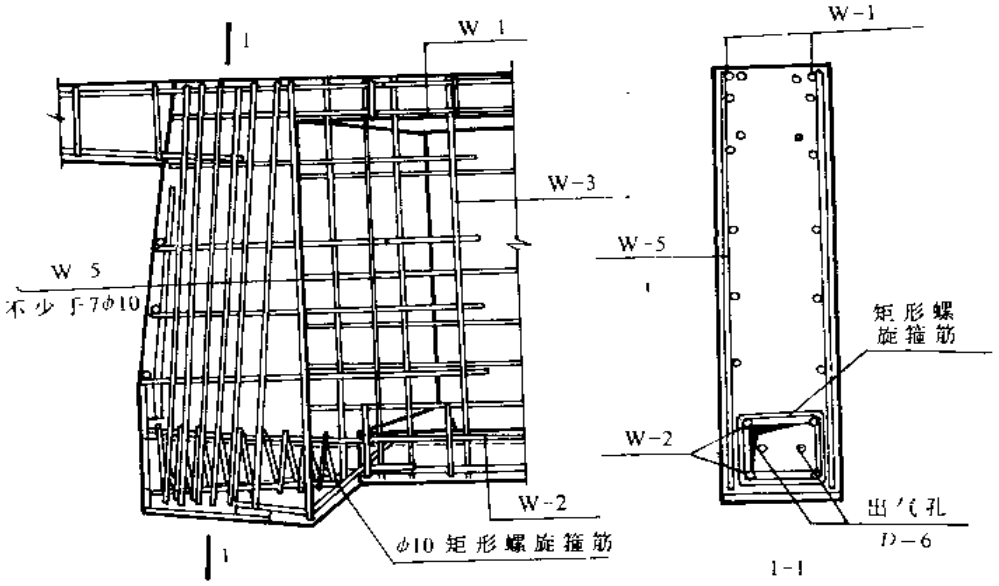


(d)

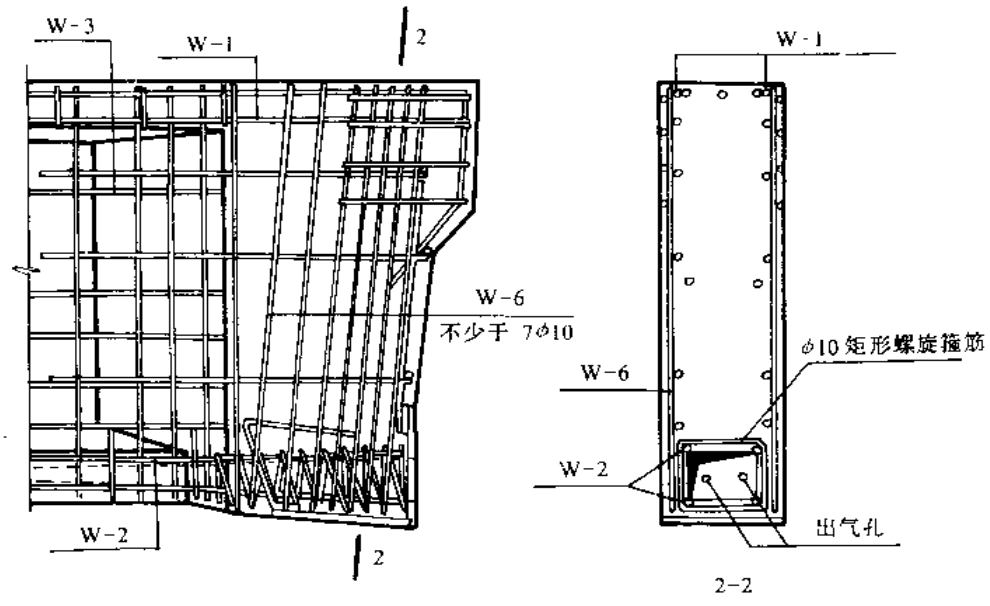
图 9-14　后张法预应力混凝土双坡屋面梁节点配筋

a— 后张自锚端部节点配筋；*b*— 采用 JM12锚具的端部节点配筋；

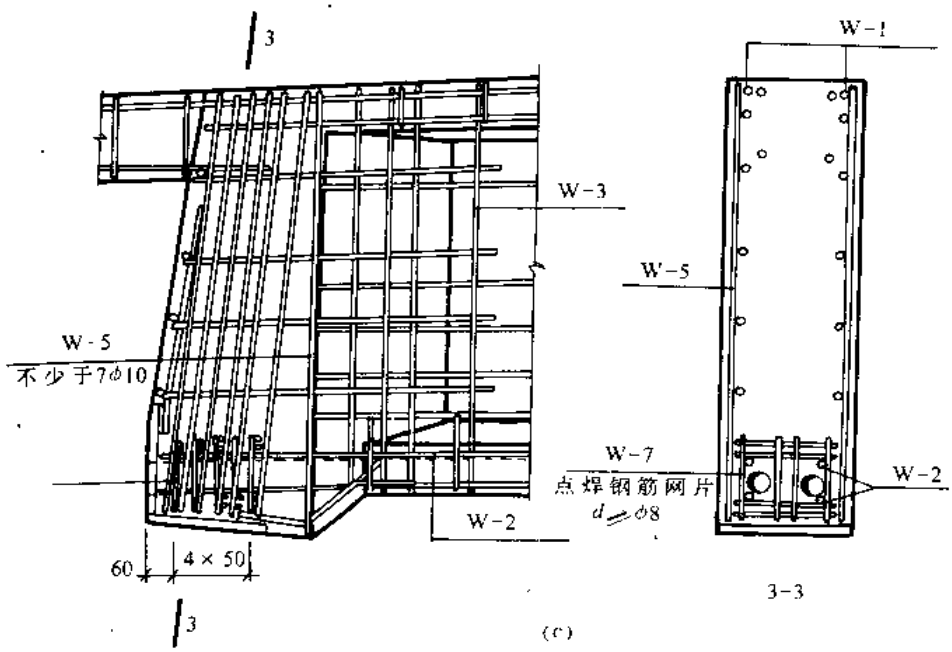
c— 采用螺丝端杆锚具的端部节点配筋；*d*— 中间节点配筋


1
W-1
W-3
W-5
不少于7φ10
W-2
φ10 矩形螺旋箍筋
1
W-1
矩形螺旋箍筋
W-5
W-2
出气孔
D-6
1-1

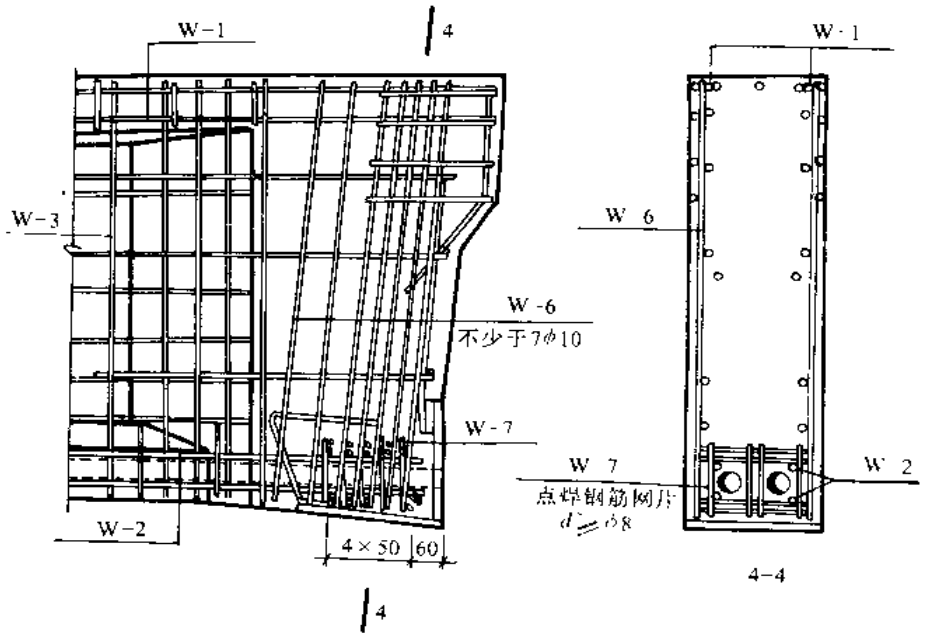
(a)


W-3
W-1
2
W-6
不少于 7φ10
W-2
2
W-1
φ10 矩形螺旋箍筋
W-6
W-2
出气孔
2-2

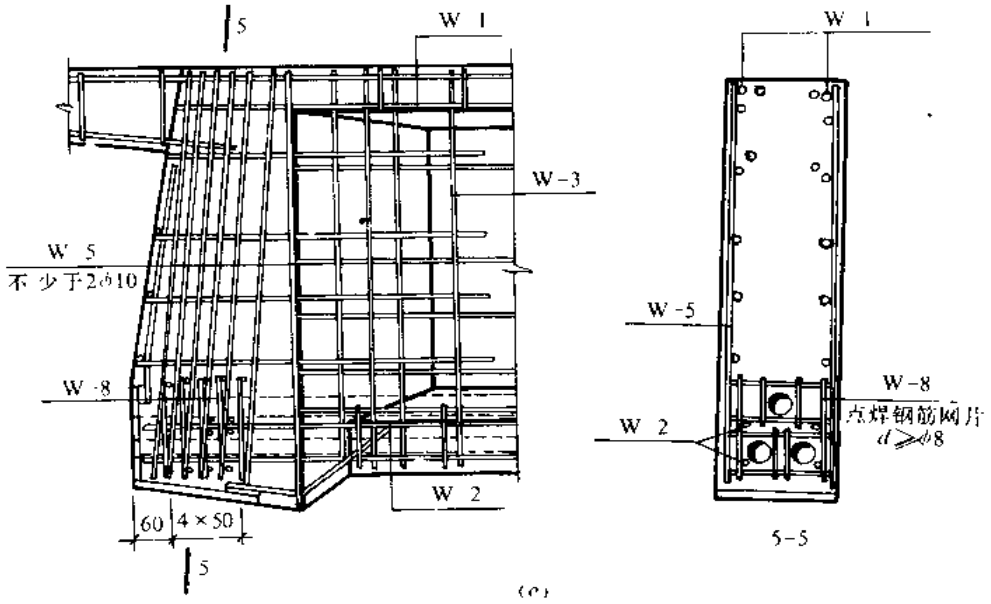
(b)


3
W-1
W-3
W-5
W-5
不少于7φ10
W-7
点焊钢筋网片
d≥φ8
W-2
W-2
60
4×50
3
3-3

(c)


W-1
4
W-1
W-3
W-6
W-6
不少于7φ10
W-7
W-7
点焊钢筋网片
d≥φ8
W-2
W-2
4×50
60
4
4-4

(d)



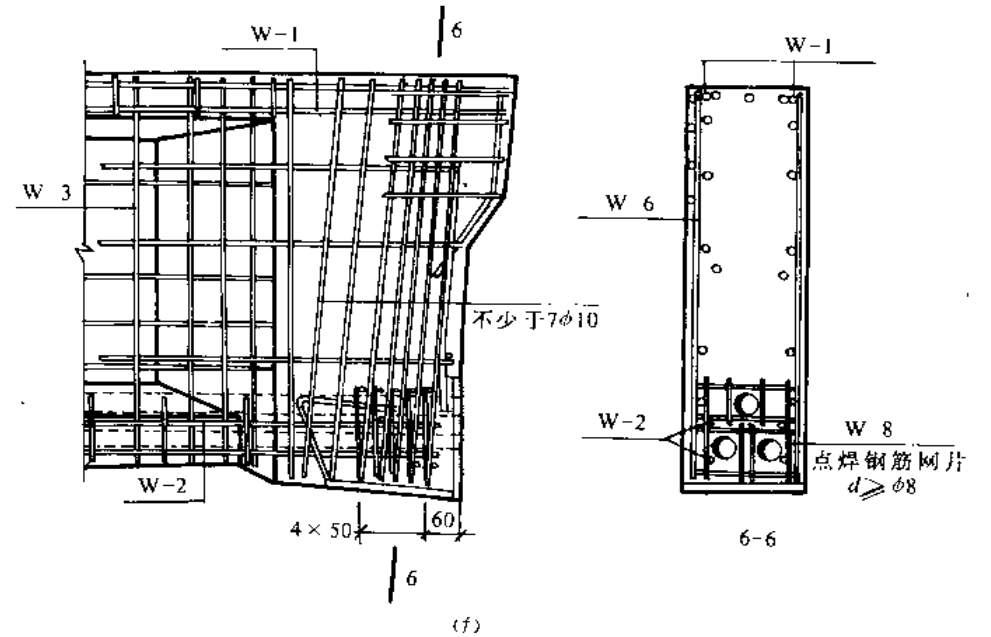


图 9-15　后张法预应力混凝土单坡（等截面）屋面梁节点配筋

a、*b*— 后张自锚端部节点配筋；*c*、*d*— 采用 JM12锚具的端部节点配筋；

e、*f*　采用螺丝端杆锚具的端部节点配筋

第十章　托　　架

第一节　一般规定

一、材料及形式

(1) 托架应采用不低于C40的混凝土，预应力钢筋可采用冷拉Ⅳ级钢筋、碳素钢丝或钢铰线，也可采用冷拉Ⅲ级或Ⅱ级粗钢筋。

(2) 托架应设计成整体的，其形式有折线形和三角形（图10-1）。12m跨托架的轴线跨度 l 宜取11.7m或11.8m，托架的跨中高度 H 一般宜取1.8、2.0或2.2m，见图10-2。

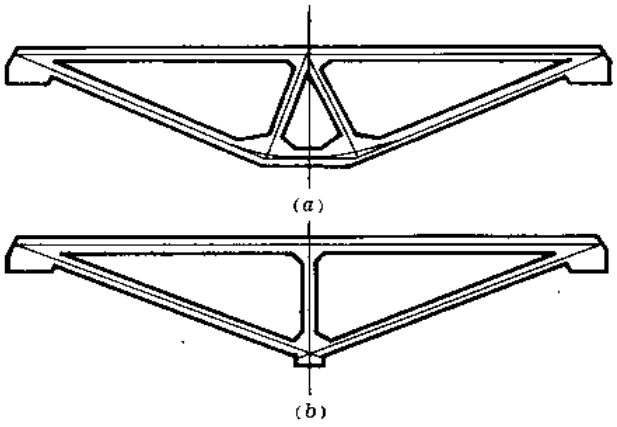


图 10-1　托架形式

a 折线形；b 三角形

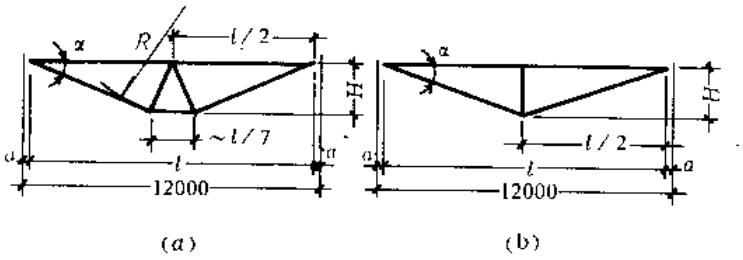


图 10-2　托架的几何尺寸

a 折线形；b 三角形

二、混凝土保护层和预应力钢筋孔道

(1) 托架中钢筋的混凝土保护层最小厚度（从钢筋的外边缘算起），应按表10-1的规定采用。

混凝土保护层最小厚度，mm　　表 10-1

纵向钢筋		节点周边钢筋	杆件及节点箍筋
上弦杆、下弦杆	腹杆		
20	15	20	10

(2)托架下弦杆预应力钢筋的预留孔道，其中心距应根据锚具的类型确定，一般为100～110mm，净距不应小于25mm；孔道至杆件上下边缘的净距不应小于25mm，且不应小于孔道直径的一半；孔道至杆件两侧的净距不宜小于30～35mm，见图 10-3。

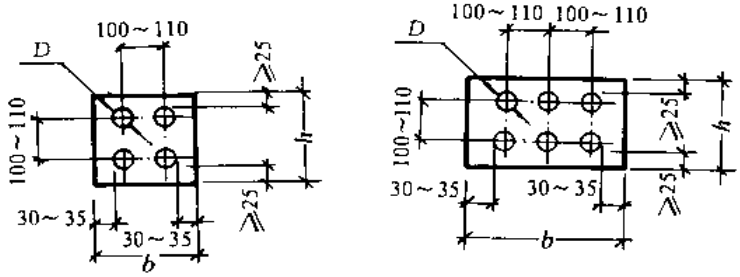


图 10-3　孔道中心距离和孔道至杆件边缘的净距

(3) 孔道直径应比预应力钢筋束外径、钢筋对焊接头处外径或需穿过孔道的锚具外径大10～15mm，一般可按表10-2的规定采用。

预应力钢筋孔道的直径，mm　　表 10-2

冷拉Ⅳ级钢筋（Φ12mm）和钢铰线（Φ12mm）		高强碳素钢丝（Φ5mm）					冷拉Ⅱ级钢筋（Φ） 冷拉Ⅲ级钢筋（Φ）	
			锥形螺杆锚具					
1～5Φ12mm或1～5Φ12mm	6Φ12mm或6Φ12mm	锥形锚检锚具	钢丝不大于20Φ5mm		钢丝不大于28Φ5mm		不大于Φ25mm或Φ25mm	Φ28～32mm或Φ28～32mm
		钢丝不大于19Φ5mm	杆件中	端节点700～800mm长度内	杆件中	端节点700～800mm长度内		
54	60	50	50～56	65～75	63～70	80～86	42	48

(1) 距托架端部3m 处应设置灌浆孔，见图10-4。

三、钢筋的接头和锚固

(1) 托架上弦杆的受力钢筋及下弦杆非预应力受力钢筋，允许采用焊接接头。

(2) 下弦杆冷拉Ⅳ级钢筋、碳素钢丝和钢铰线预应力钢筋，不得有接头；冷拉Ⅱ级或Ⅲ级预应力钢筋，允许采用闪光接触对焊接头。此时，接头的位置应相互错开，在任一搭接长度区段内，有接头钢筋截面面积一般不得多于预应力钢筋总截面面积的25%。如预应力钢筋为2根粗钢筋，则在确有保证焊接质量的可靠措施时，在任一搭接长度内才允许有一个焊接接头。

(3) 杆件纵向钢筋伸入节点内的锚固长度 l_a，应按表10-3的规定采用。节点内的锚固见图10-5。

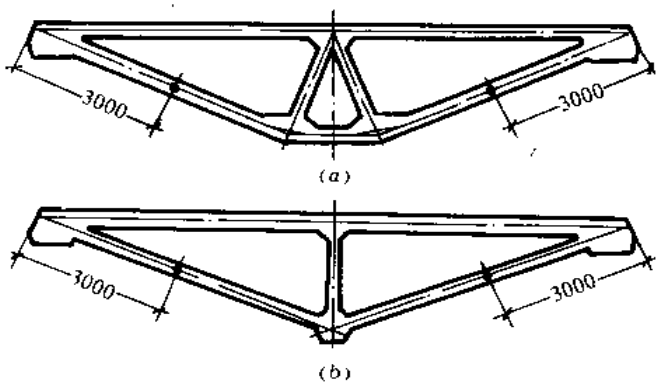


图 10-4　灌浆孔位置

a—折线形托架；*b*—三角形托架

纵向钢筋在节点内的最小锚固长度 l_a　　**表 10-3**

节　点	上弦杆	下　弦　杆	腹　杆
端节点	$30d$	伸至端面保护层处，且不小于 $35d$	—
中间节点	—	同上（对三角形托架）	$20d$

注：d 为纵向钢筋的直径。

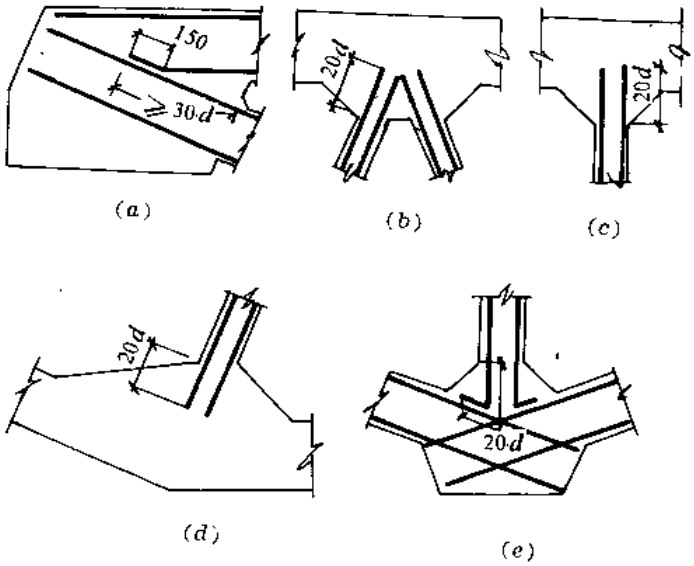


图 10-5　纵向钢筋在节点内的锚固长度

a—端节点；*b*、*c*—上弦中间节点；*d*、*e*—下弦中间节点

第二节　杆件截面和节点尺寸

一、截面尺寸

（1）托架上弦杆截面尺寸，应满足支托屋架（或屋面梁）的构造要求，一般可按表10-

4的规定采用。

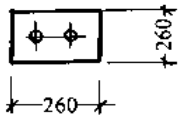
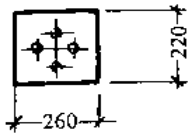
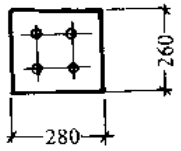
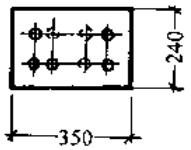
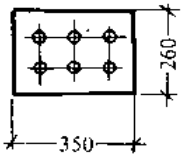
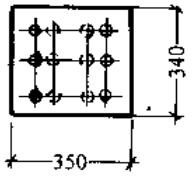
托架上弦杆截面最小尺寸，mm **表 10-4**

宽度		高度		
支托单侧屋架（或屋面梁）	支托双侧屋架（或屋面梁）	$P \leqslant 400kN$	$400kN < P \leqslant 700kN$	$700kN < P \leqslant 1000kN$
280	350	260	300	320

注：P 为托架承受的集中荷载。

（2）托架下弦杆截面尺寸，应满足预应力钢筋孔道的构造要求，一般可按表10-5的规定采用。

托架下弦杆截面最小尺寸，mm **表 10-5**

折线形托架	三角形托架
冷拉Ⅳ级钢筋束、钢铰线或碳素钢丝束	冷拉Ⅱ、Ⅲ级粗钢筋
	
	
	

注：图中虚线为另一下弦杆的预应力钢筋孔道。

（3）腹杆的截面宽度应与下弦杆相同，截面高度一般不小于120mm。此外，腹杆长度与截面短边之比，不应大于35。

二、节点尺寸

（1）托架端节点的宽度应与上弦杆相同，高度应满足节点的受力及构造要求。托架端节点的构造尺寸，其高度 h_1 一般取600～900mm，节点的长度 l_1 一般应大于或等于800mm，上下弦杆交角应做成圆弧形，如图10-6所示。

（2）托架弦杆中间节点的构造尺寸，其上弦杆中间节点宽度与上弦杆相同，节点突出上弦杆边缘尺寸 h_s 一般为150mm（图10-7）。

（3）下弦杆中间节点宽度与下弦杆相同，节点突出下弦杆边缘尺寸 h_s 一般为200～

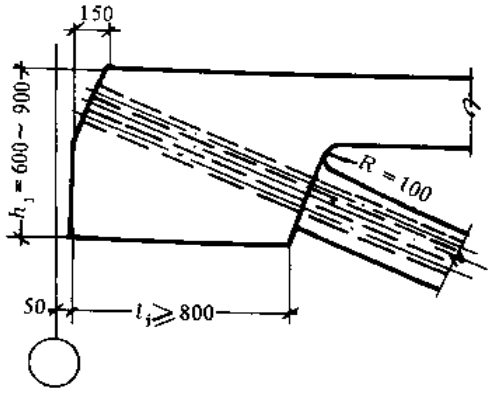


图 10-6　托架端节点尺寸

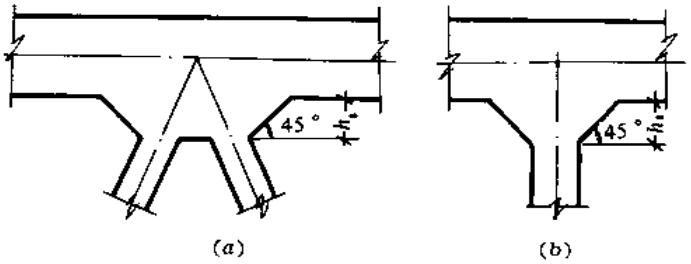


图 10-7　托架上弦杆中间节点尺寸

a　折线形托架；*b*—三角形托架

250mm（对折线形托架）或150～250mm（对三角形托架），见图10-8。

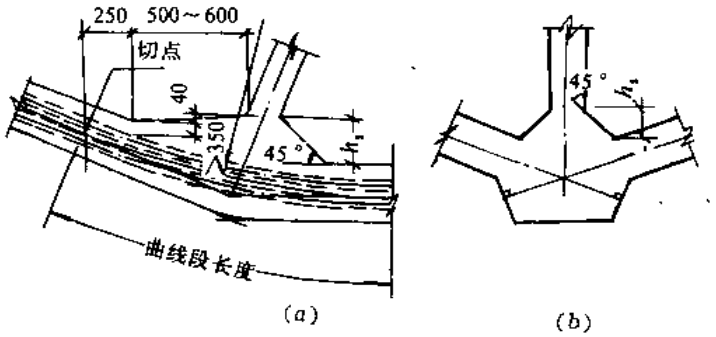


图 10-8　托架下弦杆中间节点尺寸

a—折线形托架；*b*—三角形托架

第三节　钢筋配置

一、杆件配筋

（1）杆件的非预应力纵向钢筋应由计算确定，但其根数和直径不小于表10-6的规定。

杆件的构造配筋，mm **表 10-6**

集中荷载 P (kN)	上弦杆				下弦杆				腹杆	
	纵向钢筋	箍筋	附加钢筋		纵向钢筋	箍筋	附加钢筋		纵向钢筋	箍筋
			伸缩缝处端节点	中间节点			伸缩缝处端节点	中间节点		
$P\leqslant400$	4Φ12	Φ6 @150	4Φ12	2Φ12	4Φ12	ϕ^b5 @200	2Φ12	2Φ12	4Φ10	ϕ^b5 @150
$100<P\leqslant850$	4Φ14	$\phi8$ @150	4Φ14	2Φ12	4Φ14	ϕ^b5 @200	2Φ16	2Φ12	4Φ12	ϕ^b5 @150
$850<P\leqslant1000$	4Φ14	$\phi8$ @150	4Φ14	2Φ14	4Φ14	ϕ^b5 @200	2Φ18	2Φ12	4Φ12 2Φ10	ϕ^b5 @150

注：1. 箍筋间距尚不应大于杆件截面的短边尺寸；

2. 箍筋均为封闭式。上弦杆及其节点的箍筋末端搭接 $30d$（d 为箍筋直径）或箍筋末端做30mm的直弯钩予以点焊；

3. 下弦杆中间节点的附加钢筋仅用于折线形托架。

（2）伸缩缝处端节点边缘上下弦杆配置的附加纵向钢筋，要根据由屋架（或屋面梁）传来的集中荷载和托架支座反力作用在托架端节点产生的附加弯矩和由此引起的弦杆附加弯矩计算。伸缩缝两侧托架的下弦杆尚需考虑由于支座内移而产生的附加弯矩的影响，按表10-7的规定在伸缩缝处端节点的下弦杆顶面配置附加钢筋，见图10-9。

伸缩缝两侧托架下弦杆端部配置的附加钢筋 **表 10-7**

下弦杆承受的附加弯矩 M_A (kN·m)	25	40	65	100
附加钢筋 (mm)	2Φ12	2Φ14	2Φ16	2Φ18

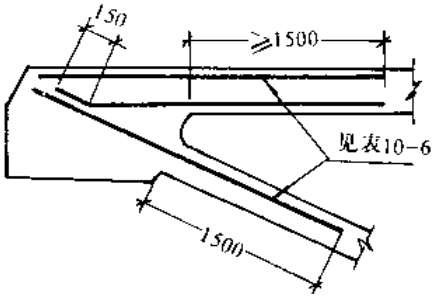


图 10-9 端节点上下弦杆配置的附加纵向钢筋

（3）下弦杆的预应力钢筋由计算确定，并符合表10-8的构造要求。

下弦杆预应力钢筋的构造要求 **表 10-8**

项目	冷拉Ⅳ级钢筋	高强碳素钢丝	钢铰线	冷拉Ⅱ级或Ⅲ级粗钢筋
束（根）数	2、4、6束			2、4、6、根
每束根数或直径	4～6Φ12mm	不多于28ϕ5mm（根据锚具类型确定）	4～6ϕ12mm	直径一般不大于32mm，有条件时亦可采用 ϕ36mm

二、节点配筋

（1）托架端节点配置2～4根直径不小于12mm的周边钢筋。

（2）节点内垂直方向配置直径不小于8mm的封闭式箍筋，其间距不大于100mm；水平方向配置1～2根直径6mm的封闭式箍筋，见图10-10。

（3）托架端部应预埋支承锚具的钢垫板。垫板后面对应预应力钢筋配置直径4～5mm的螺旋式钢丝或1片直径6mm的点焊钢筋网。

（4）托架中间节点可按图10-11和图10-12的构造要求配置钢筋。

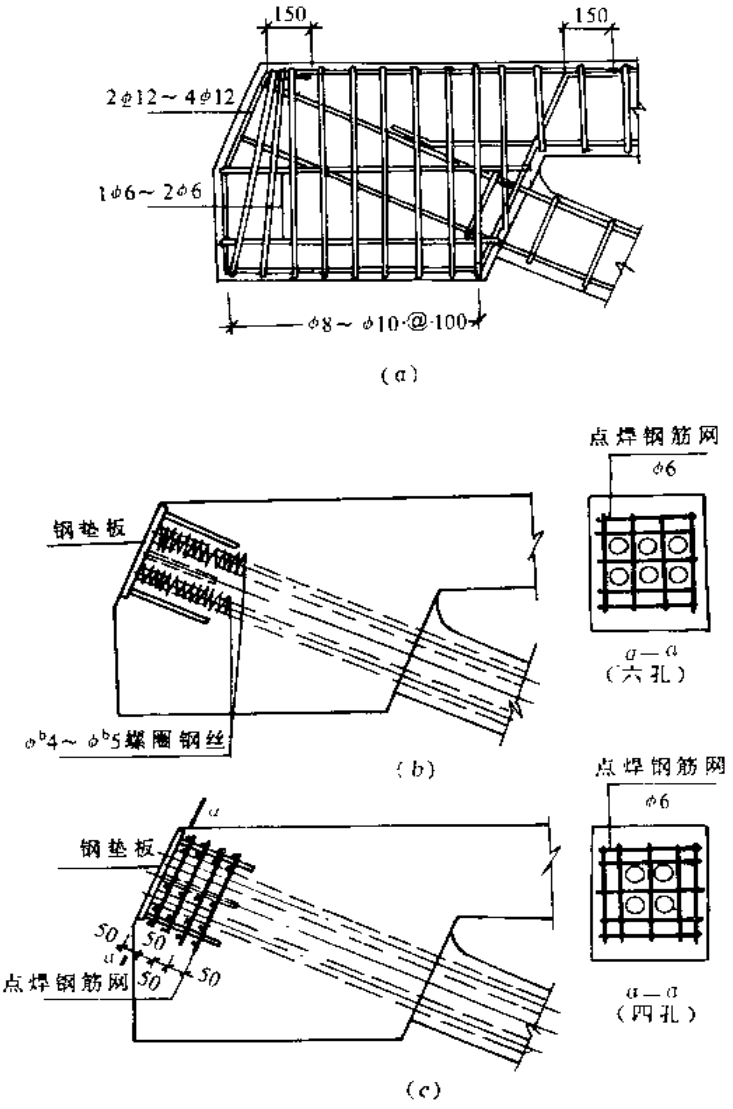
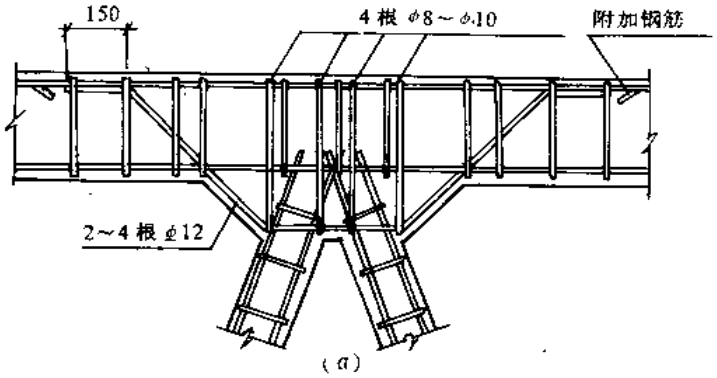
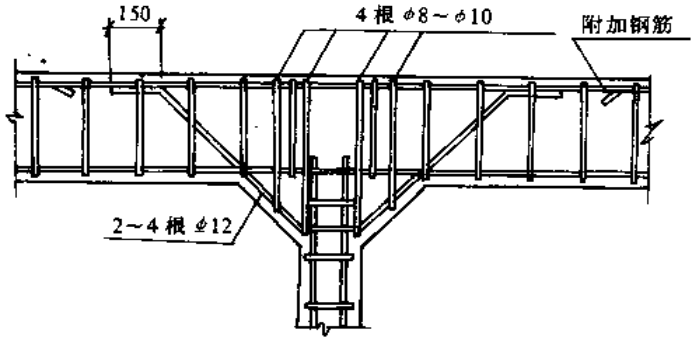


图 10-10　端节点配筋

a　节点配筋；*b*　张拉端配螺旋式钢丝；*c*　张拉端配钢筋网



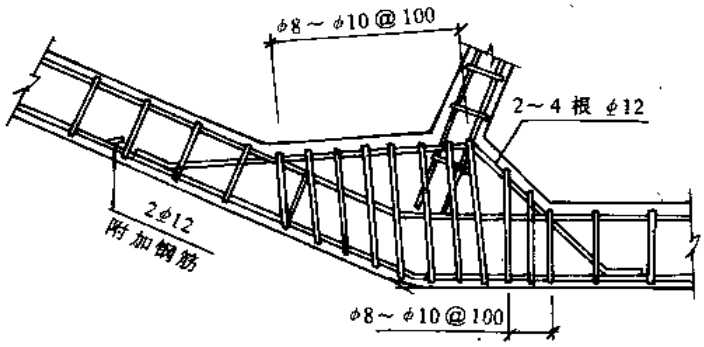
(a)



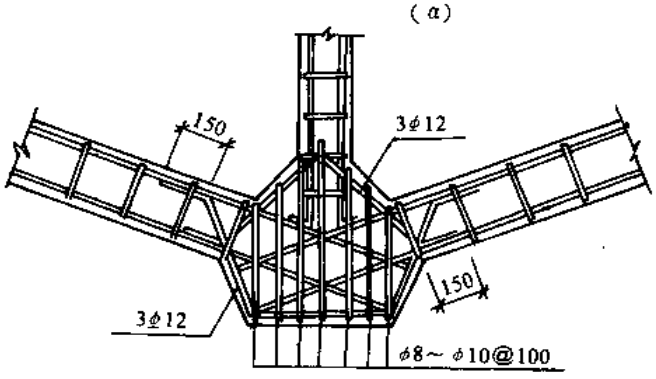
(b)

图 10-11　上弦杆中间节点配筋

a— 折线形托架；b—三角形托架



(a)



(b)

图 10-12　下弦杆中间节点配筋

a—折线形托架；b—三角形托架

第十一章　支　　撑

第一节　支撑的分类及构造

支撑结构体系的设置，其主要作用是：

（1）保证工业与民用建筑结构的整体稳定。

（2）传递结构构件间的水平方向荷载的作用力。

（3）减少结构构件间的计算长度。

（4）保证结构构件间的定位尺寸。

（5）为结构构件安装提供施工条件。

一、支撑的分类

1. 屋盖支撑

（1）屋盖上下弦水平支撑系指布置在屋架上下弦平面以及天窗架上弦平面内的水平支撑。支撑节间的划分应与屋架的节间相适应。水平支撑一般采用十字交叉形式。交叉杆件的倾角一般为30°～60°，如图11-1所示。有时也可以采用K形支撑。

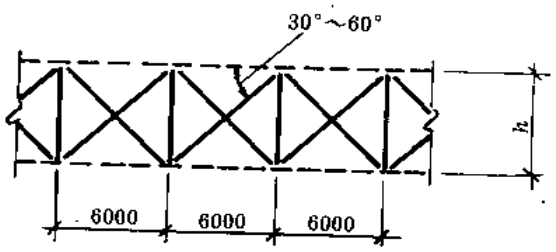


图 11-1　屋盖上下弦水平支撑形式

（2）屋盖垂直支撑系指布置在屋架间和天窗架（包括挡风板立柱）间的支撑。垂直支撑的形式见图11-2。

（3）系杆分刚性系杆（压杆）和柔性系杆（拉杆）两种。系杆设置在屋架上下弦及天窗上弦平面。

2. 柱间支撑

柱间支撑一般包括上部柱间支撑、中部柱间支撑及下部柱间支撑。柱间支撑的形式一般分为6类，如图11-3所示。

二、支撑的构造

（1）钢结构支撑的杆件按构造决定断面时，杆件的最大长细比不宜超过表11-1和表11-2规定的数值。

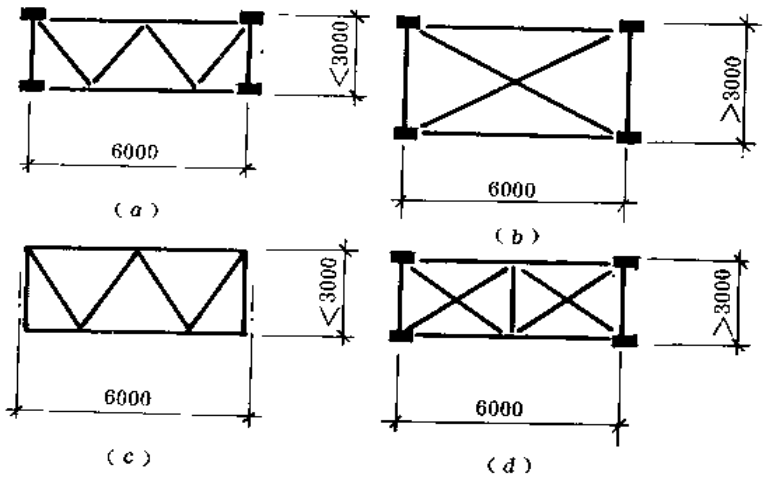


图 11-2　屋盖垂直支撑形式

a、b、d — 钢支撑；c — 钢筋混凝土支撑

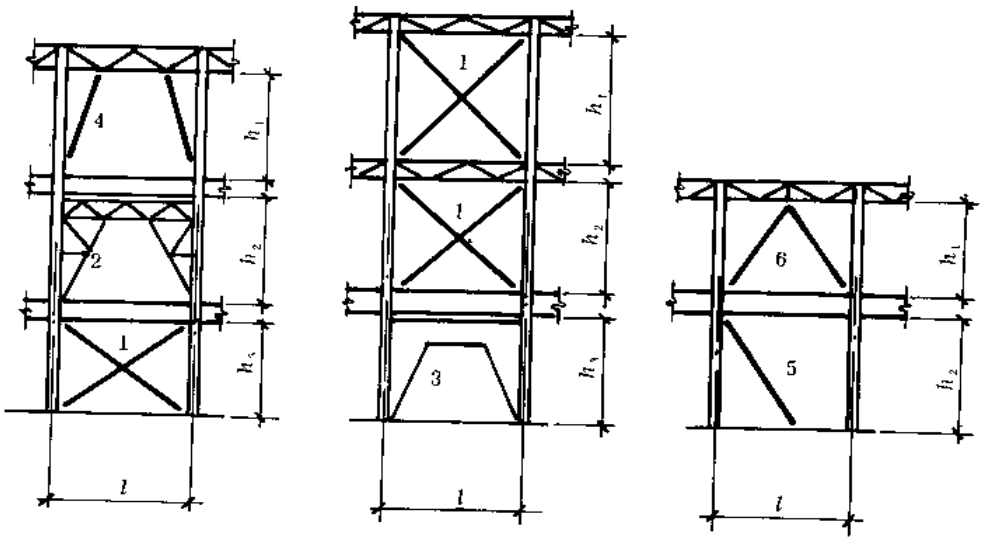


图 11-3　柱间支撑形式

1 - 十字交叉形支撑；2—空腹门形支撑；3—实腹门形支撑；4—八字形支撑；5 - 斜柱形支撑；6 - 人字形支撑

受压杆件的容许长细比　　表11-1

结构杆件名称	容许长细比
附加防风桁架的弦杆及支座斜杆	150
附加防风桁架的腹杆及柱间支撑	150
其它支撑杆件	200

受拉杆件的容许长细比　　表11-2

结构构件名称	容许长细比	
	设有重级工作制吊车的厂房	设有中级工作制吊车或无吊车的厂房
吊车梁以下的柱间支撑	200	300
吊车梁以上的柱间支撑	350	400
其它支撑杆件	350	400

(2)钢结构支撑中的受拉杆件宜设计为单角钢或双角钢断面。受压杆件应采用由双角钢组成的十字形或T字形断面。

(3) 支撑的节点构造应力求简单可靠，施工方便。天窗架支撑、屋架上弦支撑及垂直支撑的连接可以采用普通螺栓，但螺母应采取措施，防止松动。设有重级工作制吊车的厂房的屋架下弦支撑及柱间支撑要求采用焊接、高强 度螺栓连接或栓焊混合连接。为了安装时便于调整，杆件端部采用的临时安装用螺栓一般不能少于两个。

(4) 采用钢筋混凝土大型屋面板作屋面时，为使大型屋面板同时能起到支撑作用并增加厂房的空间刚度，大型屋面板在屋架或屋面梁上的支承长度不应小于60mm。同时要求每块屋面板与承重结构之间的焊接不得少于三点（温度缝处的屋面板允许沿屋面板纵肋一侧焊接两点），焊缝厚度为6mm，焊缝长度不应小于50mm。两块屋面板之间的空隙必须用C15～C20细石混凝土灌缝。

在设有振动设备、重级工作制吊车或起重量较大的中级工作制吊车的厂房中，不论大型屋面板与承重结构的连接如何，大型屋面板一律不考虑起横向支撑作用。但满足上述规定时，同样可以用来作为横向支撑以外的水平系杆。双T形屋面板与承重结构的连接焊缝不容易保证质量，故不能用它来代替横向支撑和水平系杆。

(5) 柱间支撑采用十字交叉形支撑时，交叉杆件的倾角一般为35°～55°。但在特殊情况下，如生产工艺流程的要求及结构空间的限制条件下，也可以做成其它形式的支撑。当$l/h \geqslant 2$时，采用人字形支撑；当$l/h \geqslant 2.5$时，采用八字形支撑；当柱距为12m，h值又比较小时，宜采用斜柱形支撑。

(6) 柱间支撑一般采用钢结构。当车间设有中级或轻级工作制吊车时，厂房柱间支撑可采用钢筋混凝土结构。钢筋混凝土连系杆自重产生的挠度要求小于或等于$1/200l$。采用矩形断面时，要求对称配筋。

为了减少柱间支撑在柱列平面外的计算长度，可以将两个柱肢平面内的两片柱间支撑用连系杆连接。当两片支撑间的距离等于或小于600mm时，采用直缀杆；两片支撑的距离大于600mm时，采用斜缀杆，见图11-4。

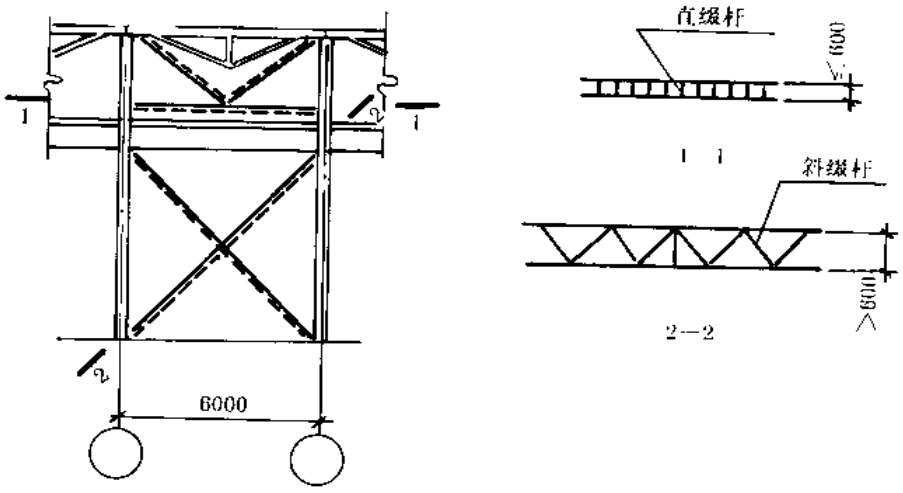


图 11-4　柱间支撑的缀杆形式

第二节　支撑的布置

屋盖结构支撑的布置应考虑下列因素：

(1) 厂房的跨度及柱距大小。

(2) 厂房高度及吊车轨面高度。

(3) 厂房平面布置及结构形式。

(4) 厂房内起重设备的特征、起重量大小及工作制度等。

(5) 有无振动设备及特殊的局部水平荷载。

一、天窗支撑的布置

(1) 天窗上弦水平支撑用来保证天窗架弦杆平面外的稳定，当屋面采用檩条时，上弦水平支撑应布置在天窗端部的第一个柱距内，见图11-5。

(2) 天窗垂直支撑应布置在天窗端部的第一个柱距内，一般沿天窗的两侧设置，见图11-6*a*。为了不妨碍天窗的开启，天窗的垂直支撑也可设在天窗斜杆平面内，见图11-6*b*。通风天窗设有挡风板时，在天窗端部的第一个柱距内应设置挡风板柱的垂直支撑，见图11-6*c*。

(3) 天窗垂直支撑除保证天窗架安装时的稳定外，还将天窗端壁上的风荷载传至屋架上弦水平支撑，因此天窗垂直支撑应与屋架上弦水平支撑布置在同一柱距内，且应设在屋架上弦水平支撑的节点处。

(4) 当天窗较高或为敞开式天窗时，为了减少天窗侧腿在天窗平面外的计算长度，可以在天窗侧腿平面内，在高度的中间局部设置连系杆，见图11-6。

(5) 当天窗区段较长时，应在设有柱间支撑的柱距内在天窗的两侧增设天窗垂直支撑。

(6) 当天窗架的跨度等于或大于12m 时，应在天窗架中部竖杆平面内设一道垂直支撑。

(7) 设有大于1t 锻锤或类似的振动设备时，应在锻锤所在跨间内的天窗两侧增设一道垂直支撑。

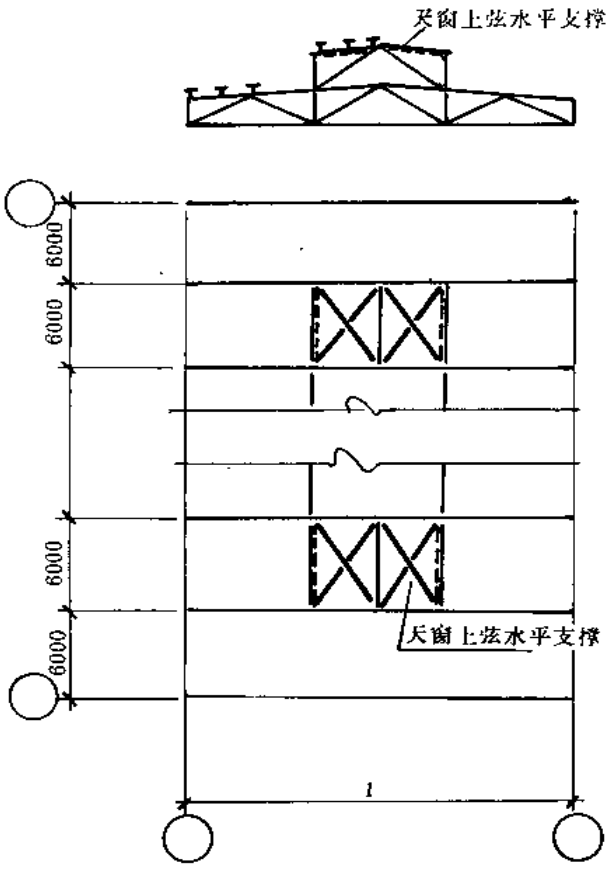


图 11-5　天窗上弦水平支撑

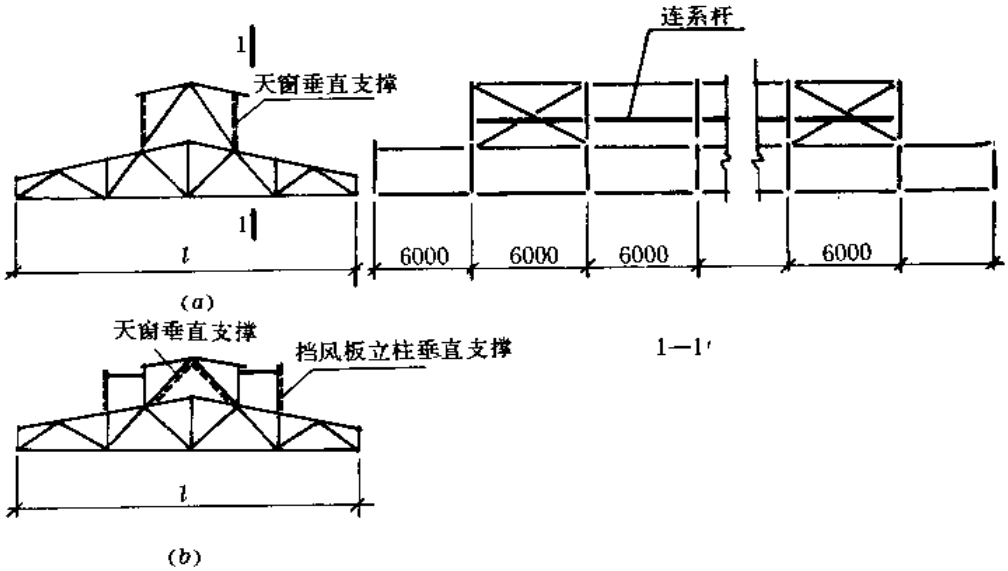


图 11-6　天窗垂直支撑

(8) 设有檩条屋盖体系中的天窗架的上弦水平系杆，一般可用檩条代替（当作为压杆

设计时，檩条必须具有足够的刚度）。

（9）无檩条屋盖体系中，不论天窗架的跨度大小，应在其上弦节点处，在未设上弦横向支撑的天窗架间设置柔性系杆。当天窗架设有窗扇时，则天窗架两侧的上弦水平系杆一般可用侧窗横挡代替。但在未设窗扇且又未设其它纵向构件时，应在未设置垂直支撑的天窗架间的天窗两侧上弦端节点处设置柔性拉杆。

二、屋架上弦支撑的布置

（1）屋架上弦支撑系指厂房每个温度缝区段端部的横向水平支撑。上弦横向水平支撑是为了保证屋架上弦（或屋面梁）在屋架平面外的稳定。

（2）对于采用钢筋混凝土屋面梁的屋盖系统，其横向水平支撑的布置为：

1）当采用檩条时，应在梁的上翼缘平面内设置横向水平支撑。支撑应布置在温度缝区段两端的第一个或第二个柱距内，见图11-7。

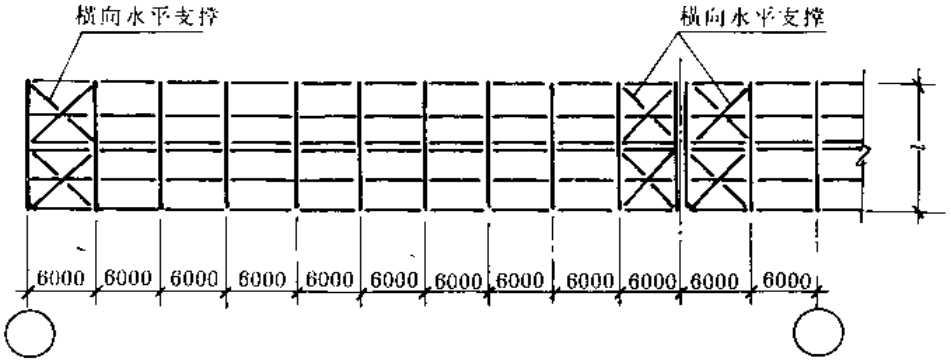


图 11-7　屋面梁上弦横向水平支撑

2）当采用大型屋面板时，可以不设置横向水平支撑。但当屋面梁上设置的天窗通过温度缝时，则应在温度缝的两侧天窗下面的柱距内设置上弦横向水平支撑，见图11-8。

3）当屋面梁上设有悬挂吊车时，为了使吊车的纵向水平制动力传至屋面梁的上翼缘平面，需在温度缝区段的两端的第一个或第二个柱距内设置斜撑，见图11-9。

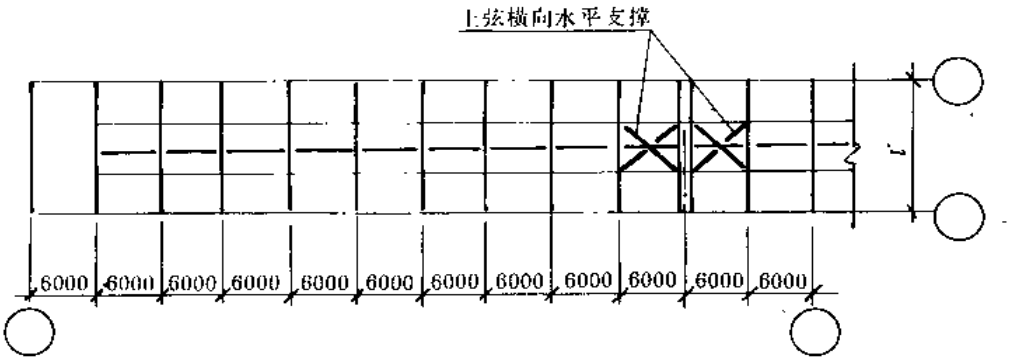


图 11-8　上弦横向水平支撑

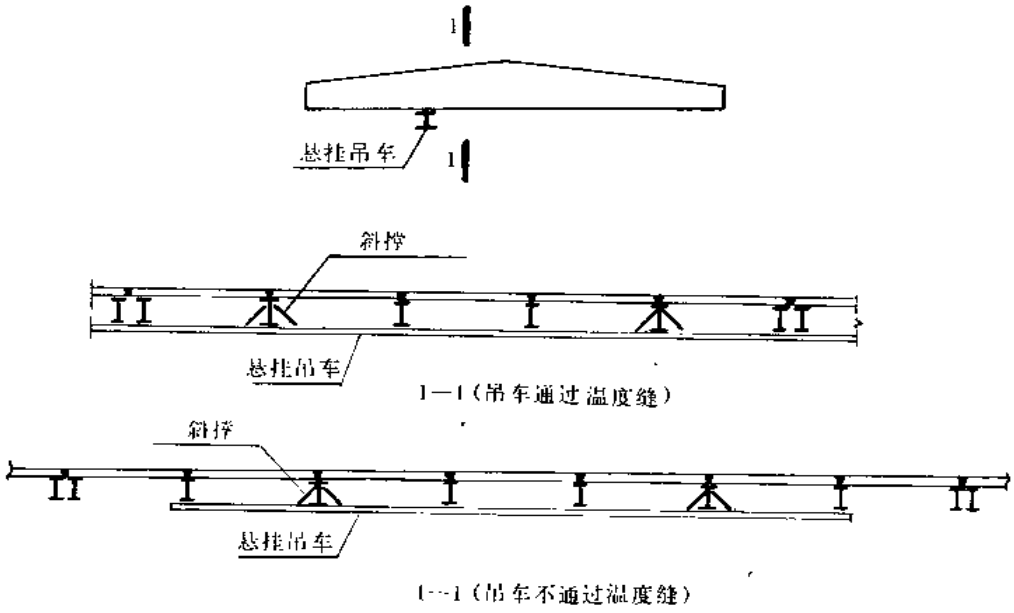


图 11-9　斜撑布置

（3）对于钢筋混凝土拱形屋架及梯形屋架，由于拱形屋架只考虑采用大型屋面板，梯形屋架则考虑采用大型屋面板或檩条屋面结构，其横向水平支撑的布置为：

1）在每一个温度缝区段的端部的第一个或第二个柱距内布置上弦横向水平支撑。

2）当厂房设有天窗时，可根据屋架上弦杆件的稳定条件，在天窗范围内沿厂房纵向设置连系杆。

3）采用大型屋面板且具有可靠连接时，一般情况下可以考虑大型屋面板起支撑系统中连系杆的作用。

4）当厂房设有工业管道且管道的水平荷载不能直接由屋盖支撑传递时，应采取适当的结构措施，避免屋架杆件承受局部弯矩。

（4）当山墙壁柱传递风力至屋架上弦时，应设置屋架上弦横向水平支撑将风荷载传至柱上。

（5）上弦横向水平支撑的承压杆件可用檩条代替，但代替的檩条应保证有足够的强度和稳定性，且与屋架间的连接应保证可靠。当屋面承重结构采用大型屋面板时，为了施工方便，可另外设置压杆。

三、屋架下弦支撑的布置

（1）屋架下弦横向水平支撑承受垂直支撑传来的荷载，并将山墙风荷载传递到两旁柱子上。厂房跨度等于或大于18m时，下弦横向水平支撑应布置在每一温度缝区段端部的第一个柱间内，见图11-10。当厂房跨度小于18m时而山墙上的风荷载由屋架上弦传递时，可以不设置屋架下弦横向水平支撑。

（2）当设有屋架下弦纵向水平支撑时，为了保证厂房的空间刚度，必须同时设置相应的下弦横向水平支撑。

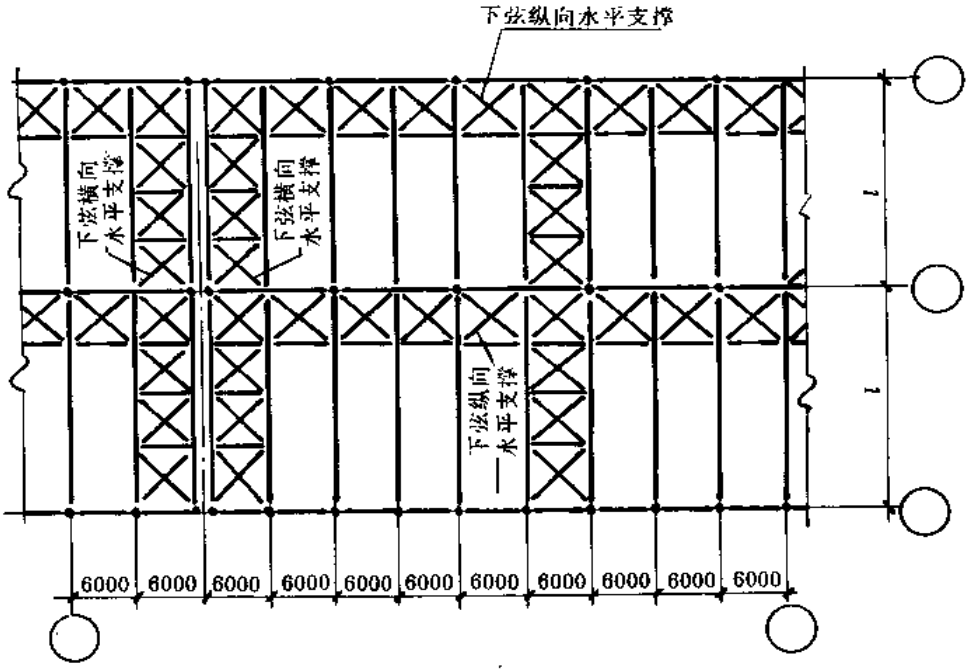


图 11-10　屋架下弦水平支撑

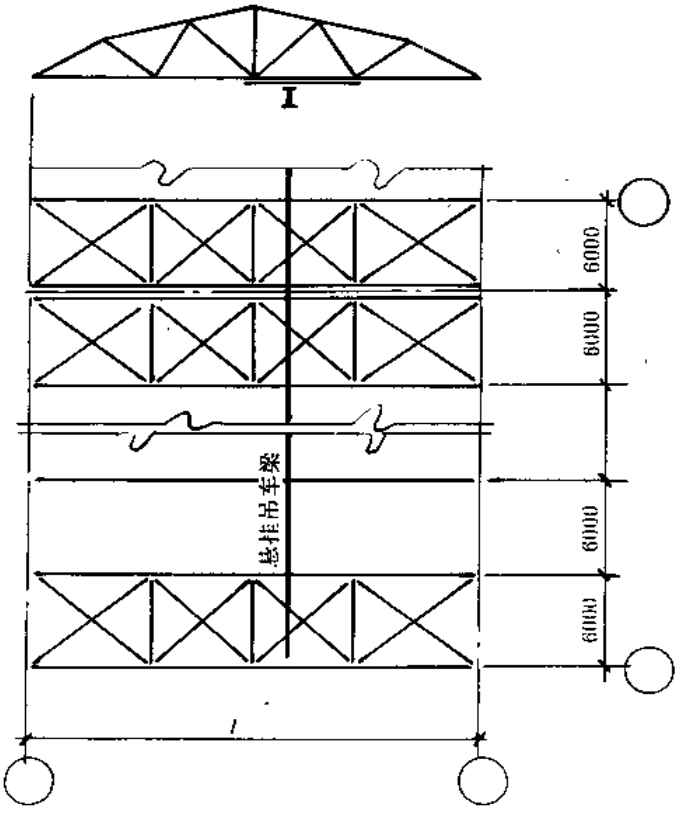


图 11-11　下弦横向水平支撑（1）

(3) 下列情况应设置下弦横向水平支撑：

1) 悬挂吊车沿厂房纵向行驶（垂直于屋架跨度方向）情况下，悬挂吊车的纵向水平制动力较大，而又无其它措施使它传至屋盖时，应使纵向水平制动力传至屋架下弦水平支撑的节点上，见图11-11。此时，下弦横向水平支撑应设在吊车梁的两端。当吊车行驶范围通过温度缝时，应在温度缝处的柱间内设置下弦横向水平支撑。

2) 当悬挂吊车沿厂房横向（平行于屋架跨度方向）行驶时，则应在其相邻两侧的柱间内增设下弦横向水平支撑，并在轨道的两端增设水平支撑，见图11-12。

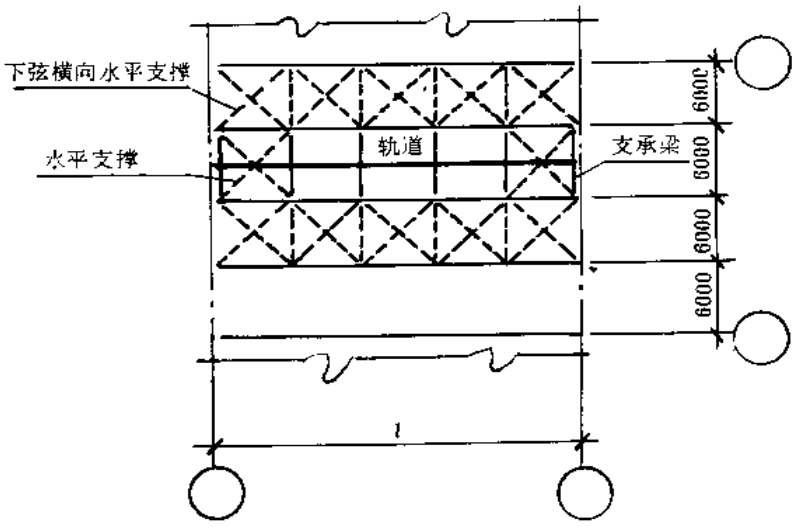


图 11-12 下弦横向水平支撑（2）

3) 为检修桥式吊车而设置的电动葫芦轨道梁，一般沿平行于屋架跨度方向设置，并通过支承梁与屋架连接。此时支承梁顶面应增设局部水平支撑，见图11-13。

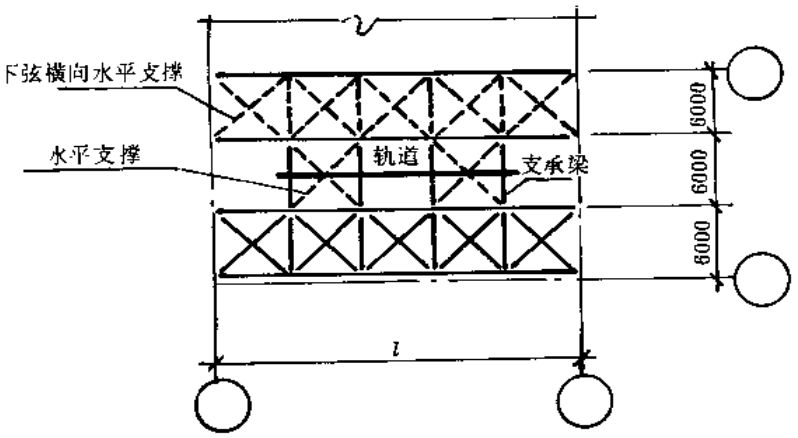


图 11-13 局部水平支撑

4) 当山墙壁柱的风荷载传至屋架下弦时，应设置屋架下弦横向水平支撑。

(4) 屋盖下弦纵向水平支撑能增加车间的空间刚度。当厂房柱距为6m，且符合下列情况之一时需设置下弦纵向水平支撑：

1）厂房内设有5t或5t以上悬臂吊车；

2）厂房内设有较大振动设备，如5t或5t以上的锻锤、重型水压机或锻压机、铸件水爆池及其它类似振动设备；

3）厂房内设有硬钩吊车；

4）屋架利用托架支承；

5）厂房排架柱之间设有墙架柱，并且墙架柱支承于屋架下弦纵向水平支撑时；

6）厂房排架分析考虑空间工作时；

7）厂房内设有普通桥式吊车，并为表11-3规定的情况。

表11-3

厂房类型	屋架下弦标高，m			
	≤15（有天窗）	≤18（无天窗）	>15（有天窗）	>18（无天窗）
单跨厂房	中级工作制吊车 $Q\geqslant 50t$ 重级工作制吊车 $Q\geqslant 15t$		中级工作制吊车 $Q\geqslant 30t$ 重级工作制吊车 $Q\geqslant 10t$	
等高多跨厂房	中级工作制吊车 $Q\geqslant 75t$ 重级工作制吊车 $Q\geqslant 20t$		中级工作制吊车 $Q\geqslant 50t$ 重级工作制吊车 $Q\geqslant 15t$	

当厂房有高低跨时，上表所指跨数，系指位于同一标高的相毗邻的跨数，见图11-14。

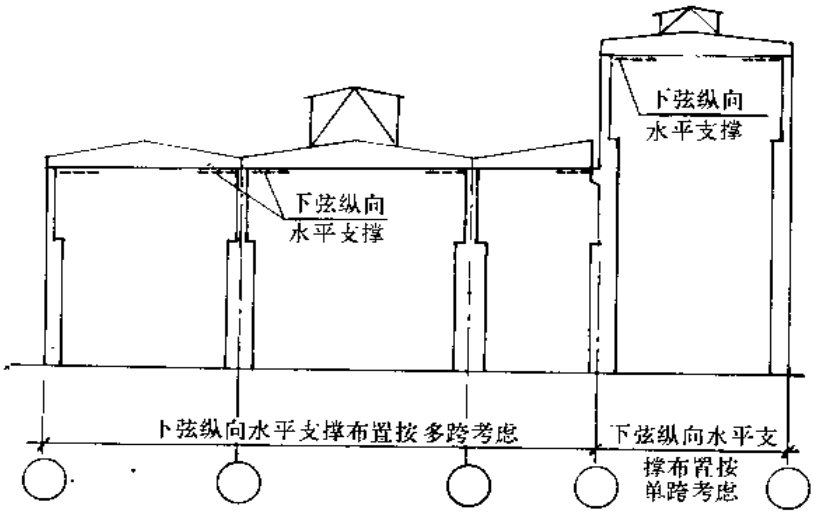


图 11-14　下弦纵向水平支撑（1）

（5）当屋盖结构中设有托架，且没有保证托架上弦稳定的特殊结构措施时，应沿托架的一侧设置下弦纵向水平支撑，见图11-15。为了保证结构的空间刚度，在局部柱间设有纵向水平支撑时，纵向水平支撑应该自托架的两端向外各延伸一个柱距，如图11-15中虚线所示部分。

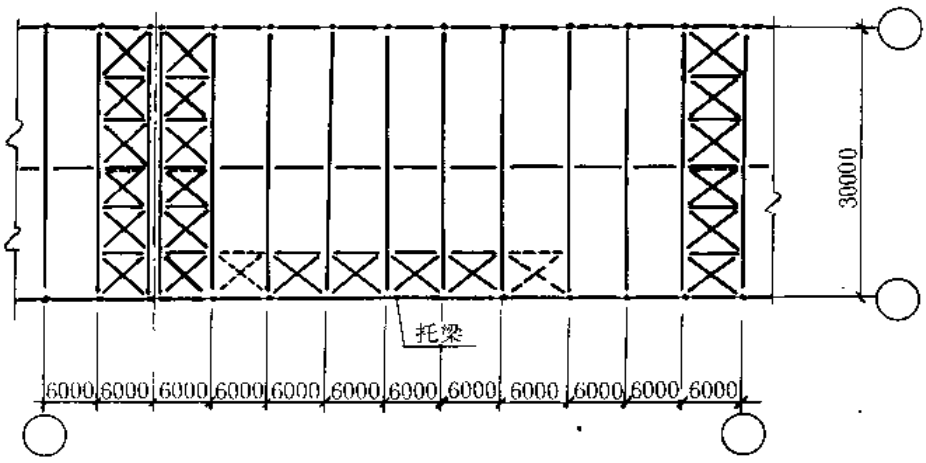


图 11-15　下弦纵向水平支撑（2）

（6）单跨厂房下弦纵向水平支撑的布置见图11-16。等高多跨厂房下弦纵向水平支撑一般可以按图11-17布置。当厂房内设有较大起重量的重级工作制吊车以及特种吊车或对厂房的空间刚度有特殊要求时，可适当增加一些纵向水平支撑，其密集程度视厂房的跨度、高度及跨数以及吊车的起重量和工作制的情况决定。等高四跨及四跨以上的厂房的下弦纵向水平支撑的布置视具体情况决定。

（7）在屋架（或屋面梁）支座处，沿厂房纵向应设置连系杆。当拱形屋架或屋面梁的支座高度不大，且屋面板与承重结构的焊接能满足计算要求时，下弦支座处的连系杆可以不设置。等高多跨厂房的中列柱只要求设置一道屋架下弦支座处的连系杆。

（8）根据屋架下弦在屋架平面外的稳定条件，沿厂房纵向应设置连系杆。当厂房跨度为18～30m时，一般应在屋架下弦中点沿厂房纵向布置一道连系杆，见图11-17。

四、屋架垂直支撑及水平系杆的布置

（1）屋架垂直支撑除保证屋盖系统空间刚度和屋架安装时的结构安全外，并将屋架上弦平面内的水平荷载传递到屋架下弦平面内。所以垂直支撑应与屋架下弦横向水平支撑布置在同一柱间内。

（2）当厂房跨度为18～30m，屋架间距为6m，屋面采用大型钢筋混凝土屋面板时，应在屋架跨度中点布置一道垂直支撑，见图11-18、图11-19。对于拱形屋架及屋面梁，因其支座高度不大，支座处可不设置垂直支撑（但须对梁的支座进行倾覆计算，如稳定性不能满足要求时，应采取措施）。但对于梯形屋架，在屋架支座处必须设置垂直支撑，见图11-18。

（3）当屋架下弦设有沿厂房纵向运行的电动悬挂起重运输设备时，在轨道垂直平面内应设置垂直支撑。垂直支撑宜布置在厂房（或温度缝）的端部第一个柱间内，当运输设备的运行范围没有达到厂房（或温度缝）端部时，需在轨道的尽端设置屋架下弦横向水平支撑，或沿轨道设置连系杆，并与厂房就近的下弦横向水平支撑连通，以便保证将运输设备的水平力经下弦横向水平支撑传递到两侧柱子上。

（4）钢筋混凝土屋架的跨度超过30m，屋架间距为6m，屋面采用大型屋面板时，应在屋架跨度的1/3左右节点处设置两道垂直支撑及系杆，见图11-20、图11-21、图11-22。

（5）在一般情况下，当屋面采用大型屋面板时，应在未设置支撑的屋架间内，相应于垂直支撑平面的屋架上弦和下弦节点处设置通长的水平系杆。对于有檩条的屋面体系中，屋

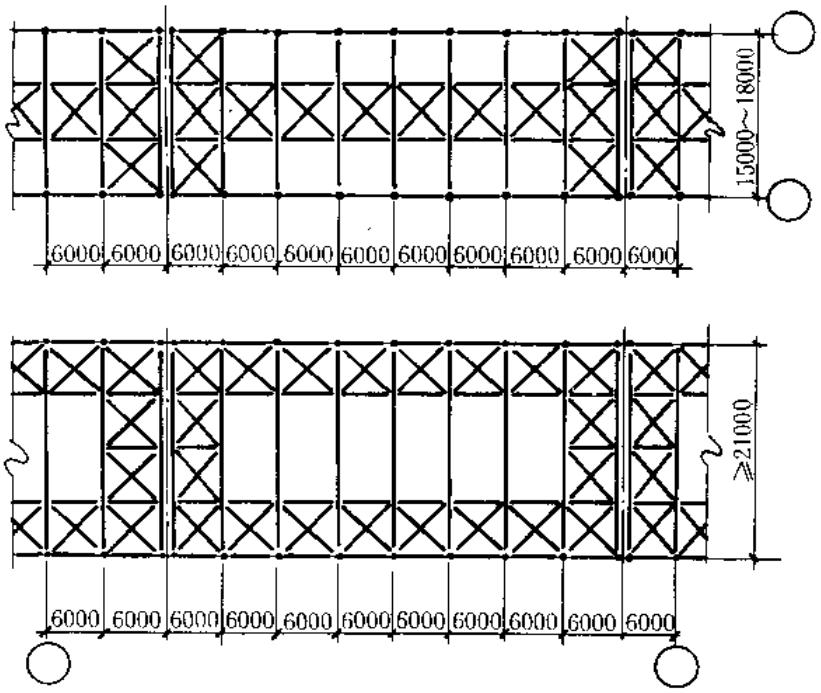


图 11-16　下弦纵向水平支撑（3）

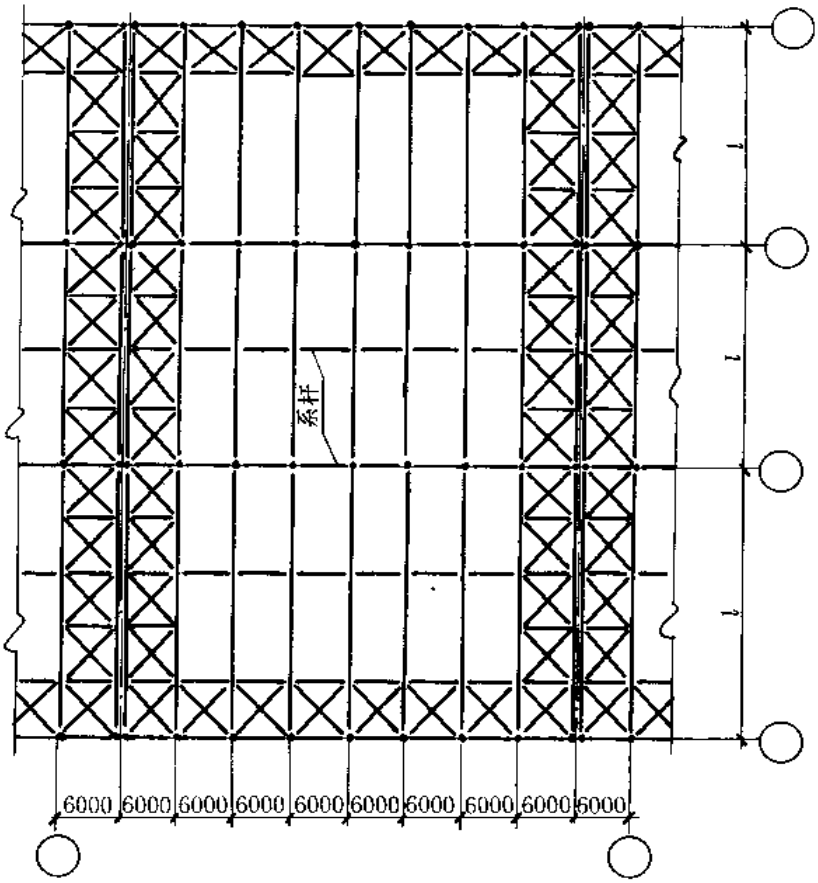


图 11-17　下弦纵向水平支撑（4）

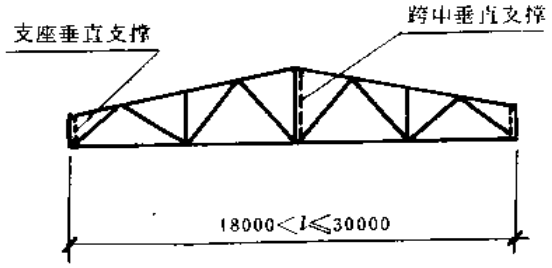


图 11-18 屋架垂直支撑

架上弦的水平系杆可以用檩条代替（但应对檩条进行稳定和强度验算），仅在屋架下弦设置通长的水平系杆。

凡设在屋架端部主要支承节点和屋架上弦脊节点处的通长水平系杆均应采用刚性系杆（压杆），其余部分的系杆按柔性系杆考虑。但当屋架横向水平支撑设在厂房端部或温度缝区段两端的第二个柱间时，则在第一个柱间内的系杆也应采用刚性系杆。当屋架端部支承在托架弦杆上或钢筋混凝土圈梁或连系梁上时，这些构件可以代替刚性系杆。

（6）垂直支撑一般在温度缝区段的两端各设置一道，但下列情况应增设垂直支撑：

1）当厂房温度缝区段长度大天60m 时，应在柱间支撑的柱间内增设一道垂直支撑。

2）当厂房设有3t 以上锻锤时，在锻锤所处的柱间内及以锻锤为中心的30m 范围内的屋架间，宜在设有一般垂直支撑的平面内每隔一个屋架跨间增设一道垂直支撑。

（7）屋架间距大于6m 时，应将下弦水平系杆改为斜撑式，其它支撑布置可参考屋架间距为6m 时的布置方法，温度缝区段两端的斜撑应按压杆设计或采用一般的垂直支撑形式，见图11-23。

（8）在钢筋混凝土屋架跨度不大于18m，屋面为大型屋面板的一般厂房中，无天窗时可不设置垂直支撑和水平系杆，有天窗时，可在屋脊节点处设置一道水平系杆，见图11-24。当厂房设有等于或大于750kg 的锻锤时，应在屋架中点设置一道垂直支撑和水平系杆。

五、柱间支撑的布置

（1）柱间支撑是用来保证厂房结构的纵向刚度和稳定，并将水平荷载（包括天窗端部和厂房山墙上的风荷载、吊车纵向水平制动力以及作用于厂房纵向的其它荷载）传至柱子基础上。

柱间支撑应布置在温度缝区段的中央或临近中央，并同时在厂房两端及温度缝区段的两侧第一个柱间内设置上部柱间支撑。并在柱顶设置通长刚性连系杆来传递水平荷载，见图11-25。当屋架端部设有下弦连系杆时，柱顶连系杆也可以不设置。

（2）下列情况之一者，应设置柱间支撑：

1）厂房内设有悬臂吊车或3t 或3t 以上悬挂吊车。

2）厂房内设有重级工作制吊车，或设有中级、轻级工作制吊车，但起重量在10t 或10t 以上。

3）厂房跨度在18m 以上，或者柱高在8m 以上。

4）纵向柱的总数在七根以下。

5）露天吊车栈桥的柱列。

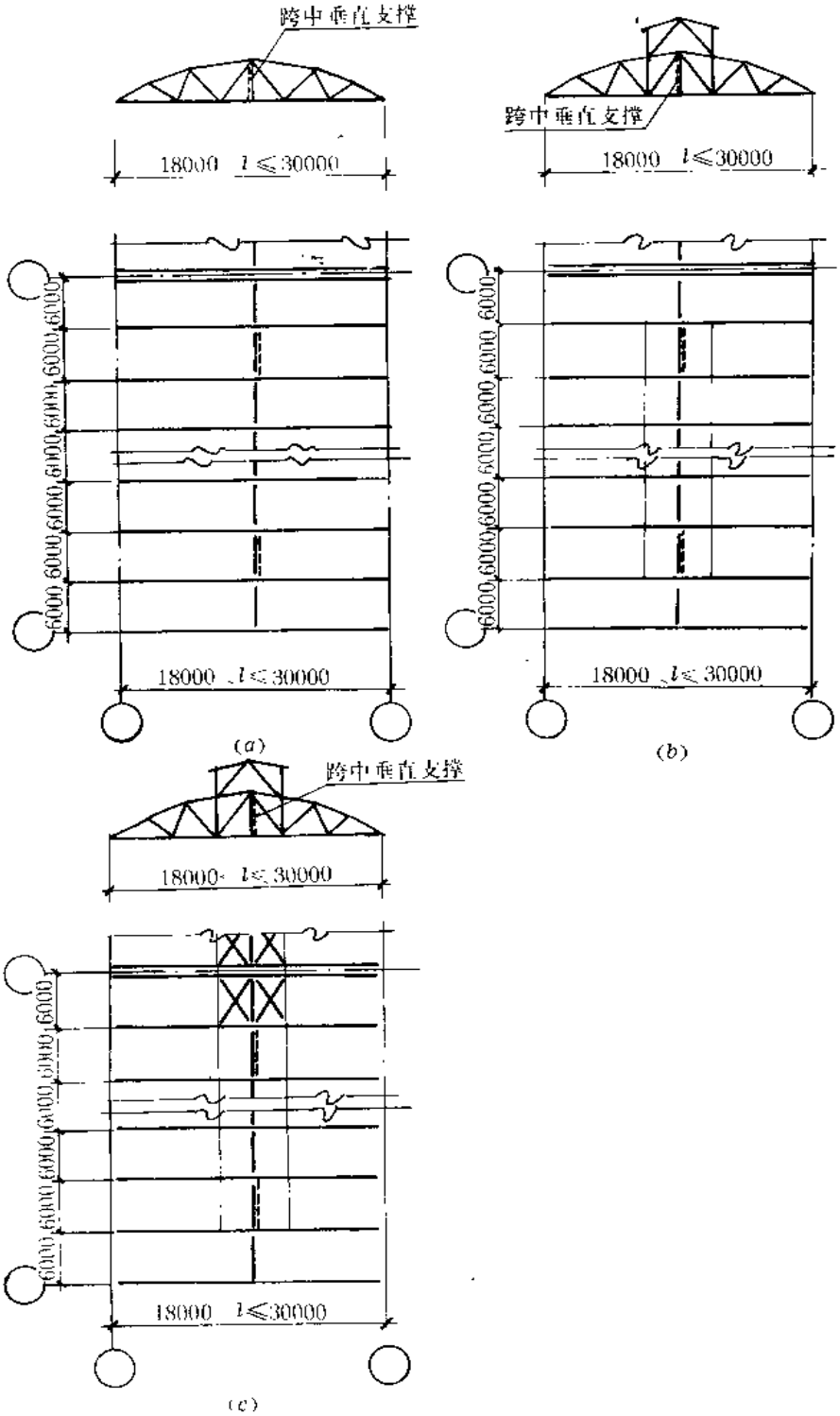


图 11-19 屋架跨中垂直支撑

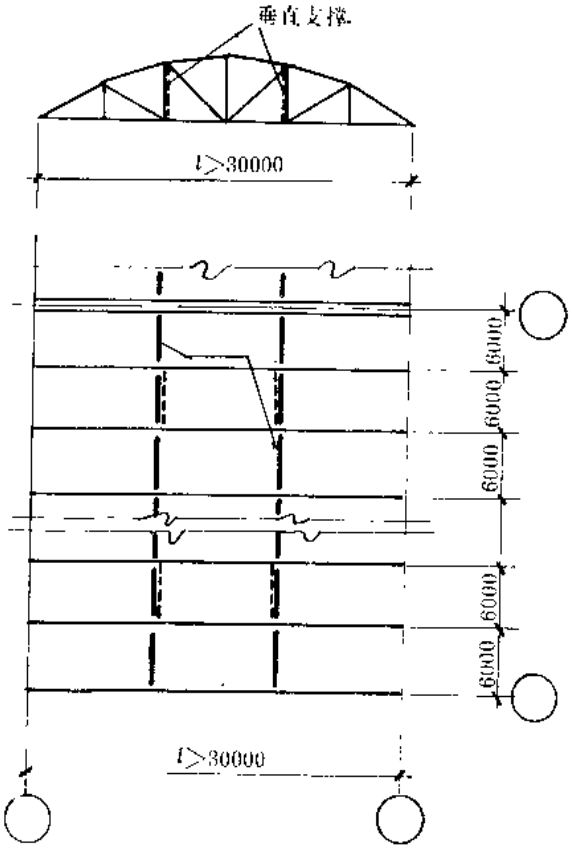


图 11-20 不设天窗时的垂直支撑布置

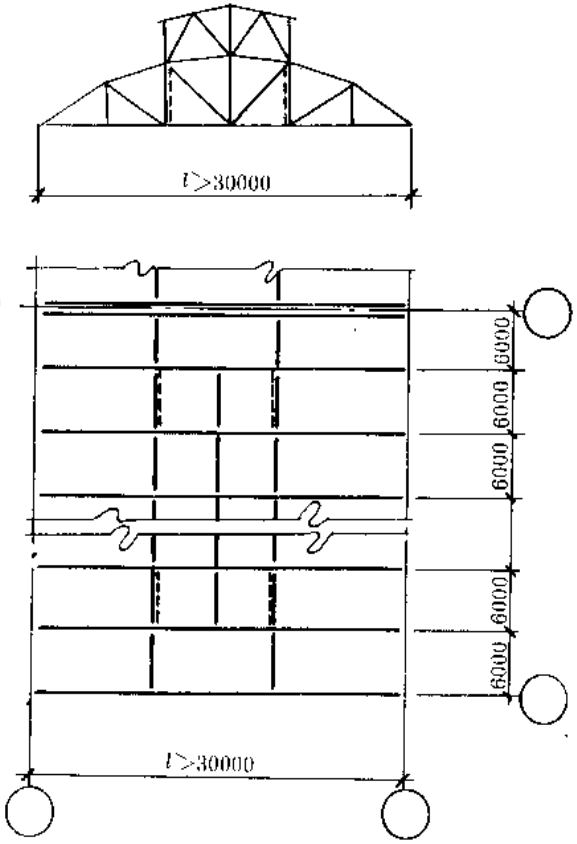


图 11-21 天窗不通过温度缝时的垂直支撑布置

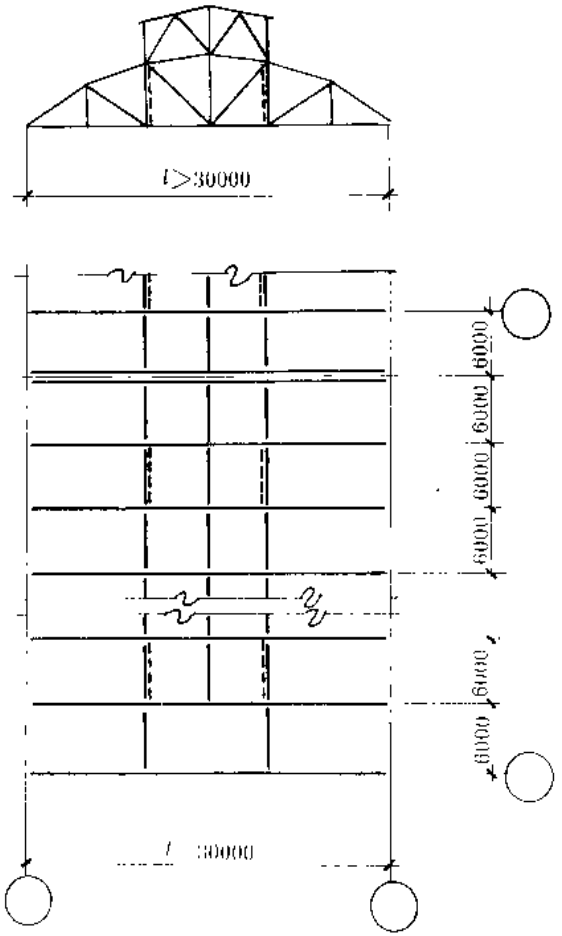


图 11-22 天窗通过温度缝时的垂直支撑布置

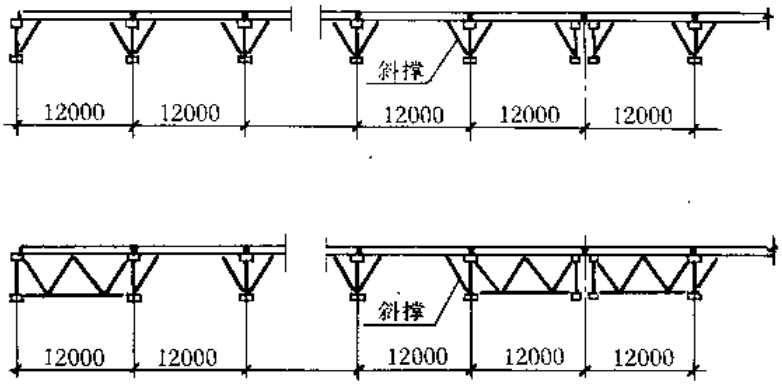


图 11-23　斜撑布置

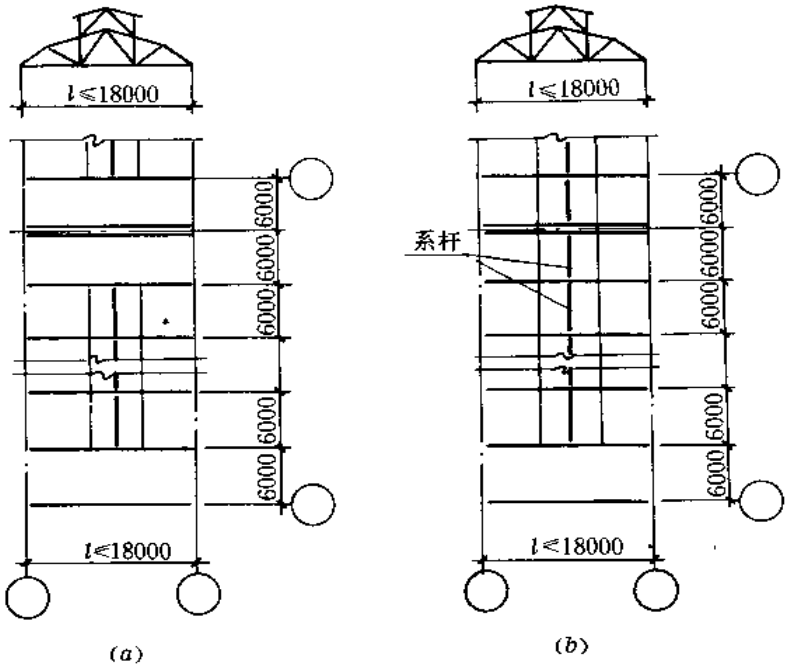


图 11-24　屋脊水平系杆布置

(3) 具有重级和中级工作制吊车的厂房，在吊车梁以下部位必须设置柱间支撑。无吊车或具有轻级工作制吊车的厂房可以不设置吊车梁以上部分的柱间支撑。当不设置柱间支撑时，纵向水平荷载对柱子的影响应在柱子设计时给予考虑。

(4) 当钢筋混凝土矩形柱或工字形柱的宽度等于或大于600mm 时，其下部柱间支撑应设计成双片，且其间距应等于柱宽减去200mm，见图11-26。双肢柱的下部柱间支撑应设在吊车梁的垂直面内，而边列柱有墙架时，可仅在吊车梁垂直面内设置一道柱间支撑，见图11-27。

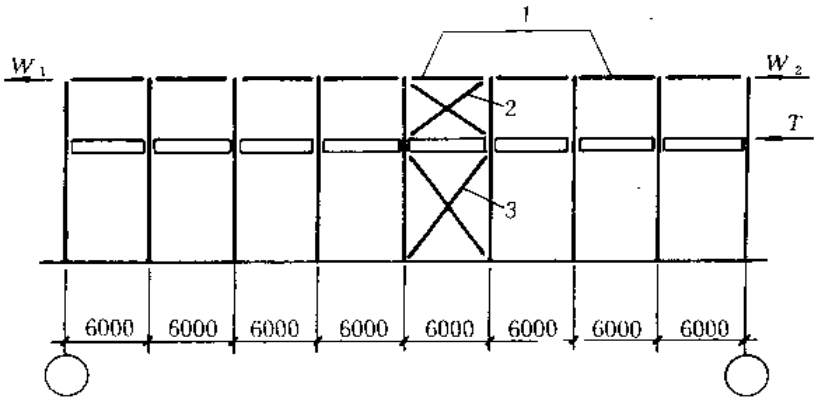


图 11-25　柱间支撑

1—柱顶系杆；2- 上部柱间支撑；3－下部柱间支撑

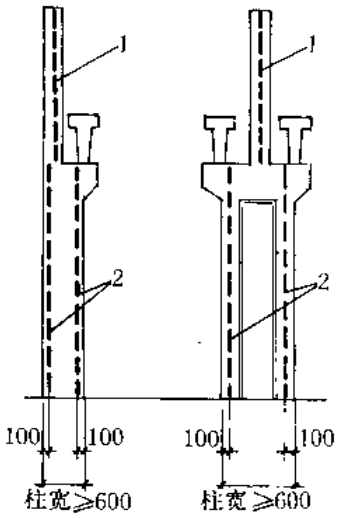


图 11-26　矩形及工字形柱的支撑布置

1—上部柱间支撑；2—下部柱间支撑

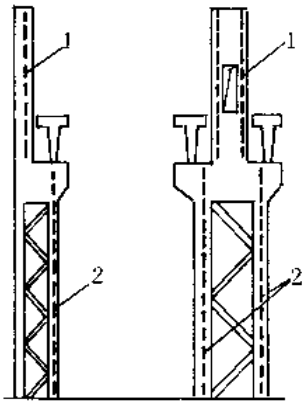


图 11-27　双肢柱的支撑布置

1—上部柱间支撑；2—下部柱间支撑

第三节　支撑的设计

一、屋盖支撑的设计

(1) 支撑承受着作用在厂房结构上的各种水平荷载，凡是经过支撑系统进行传递时，有关支撑的断面及联接节点的强度均需根据荷载的大小进行计算决定。天窗支撑、屋架上弦支撑及垂直支撑一般受力不大，可以不进行计算，其杆件断面可根据构造决定。

(2) 当屋架间距不大于6m，墙架间距不大于6m 支撑桁架跨度不大于24m，屋架下弦标高不大于15m，基本风压不大于500N/m²，厂房内桥式吊车起重量不大于50t 时，其支撑的断面可以按容许长细比确定。屋盖结构支撑的最小断面（屋架间距为6m）如表11-4所示，可供设计时参考选用。

(3) 下列支撑除其长细比应满足规定要求外，尚应计算其内力，验算其强度、稳定性

和连接强度：

1）屋架下弦标高大于15m，基本风压大于500N/m²时的承受山墙风力的屋架横向水平支撑和厂房端部的刚性系杆或垂直支撑。

2）兼作檩条或支承天沟板的垂直支撑。

3）考虑厂房的结构空间工作时，纵向水平支撑作为弹性支承连续桁架计算时的内力较大时。

（1）交叉斜杆桁架式支撑，在水平荷载作用下，它的斜杆应设计成柔性拉杆或刚性压杆。按拉杆设计，结构耗费钢材少，比较经济，采用较多。但它的刚度比用按压杆设计的要差些，其原因是因为桁架节间的剪力由一根斜杆承受，以致支撑桁架的变形较大。

按拉杆设计的支撑桁架，在荷载作用下每个节间只有一根斜杆受力，它的计算图形见图11-28*a*，图中虚线表示假定为不受力的斜杆。

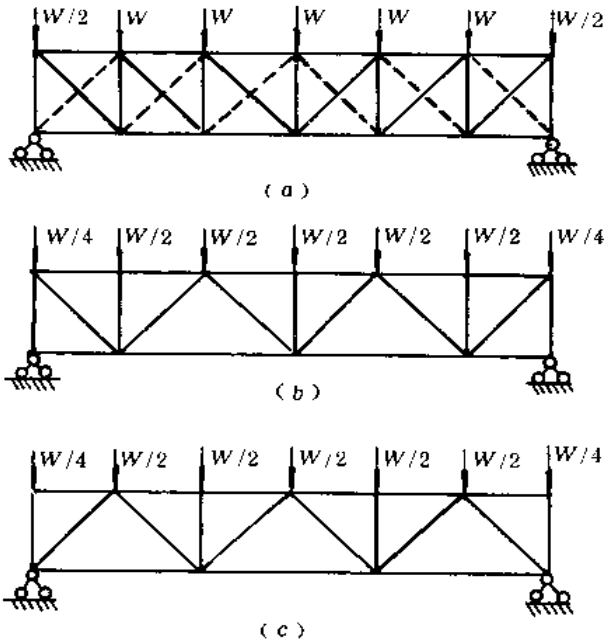
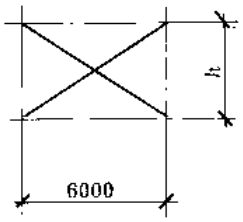
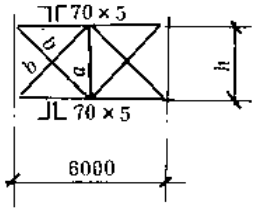
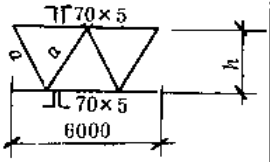
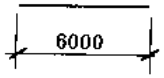
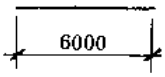


图 11-28　支撑桁架的计算图形

按压杆设计的支撑桁架，可以近似地把它分为两个静定桁架进行计算，如图 11-28*b*、图11-28*c* 所示。每个桁架承受总荷载的一半。

屋盖结构支撑的最小断面（屋架间距为6m）　　表11-4

支撑种类	支撑形式	尺寸 h (mm)		无吊车或有中、轻工作制吊车	有重级工作制吊车
上、下弦平面支撑或十字交叉垂直支撑		3000		∟56×5	∟63×5
		3500		∟63×5	∟70×5
		4000		∟63×5	∟70×5
		4500		∟63×5	∟70×5
		5000		∟70×5	∟75×6
		5500		∟70×5	∟75×6
		6000		∟70×5	∟80×6（∟90×56×6）
		7000		∟75×5	∟90×6（∟100×63×6）
		8000		∟90×6（∟100×63×6）	∟100×6（∟100×80×6）
		9000		∟90×6（∟100×63×6）	∟100×6（∟100×80×6）
垂直支撑		2500	a	∟63×4（┐└45×4）	∟63×5（┐└45×5）
			b	∟45×4	∟45×5
		3000	a	┐└45×4（⅄45×4）	┐└45×5（⅄45×5）
			b	∟45×4	∟45×5
		3500	a	┐└45×4（⅄50×4）	┐└45×5（⅄50×5）
			b	∟50×4	∟50×5
		4000	a	┐└50×4（⅄56×4）	┐└50×5（⅄56×5）
			b	∟50×4	∟50×5
		1000	a	∟45×5	∟50×5
		1500	a	∟50×4	∟50×5
		2000	a	∟63×4（⅄45×4）	∟63×5（⅄45×5）
		2500	a	⅄45×4	⅄45×4
		3000	a	⅄50×4	⅄50×5
刚性系杆				┐└75×5	┐└75×5
柔性系杆				∟70×5	∟80×6

（5）支撑的连接如图11-29～图11-32所示。

二、柱间支撑的设计

（1）当采用单片形式的柱间支撑时，由于平面外的计算长度大于平面内的计算长度，所以一般以单个不等肢角钢的短肢与柱连接，或采用两个等肢角钢组成的T形断面，见图11-33*a*、图11-33*b*。

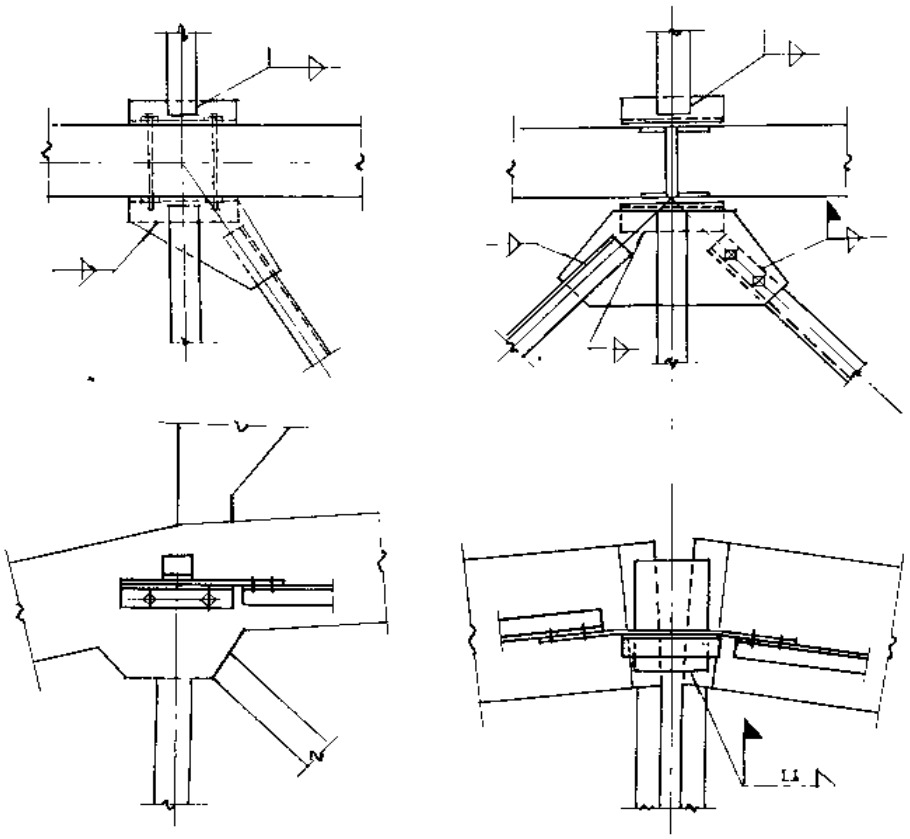


图 11-29　横向水平支撑（型钢断面）与屋架的连接

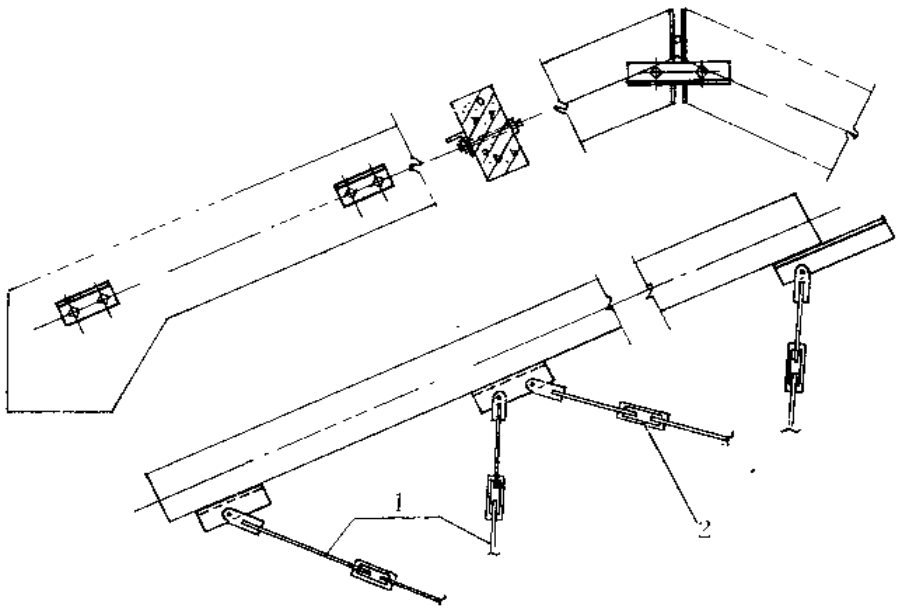


图 11-30　横向水平支撑（圆钢断面）与屋架的连接

1—圆钢；2—花蓝螺丝

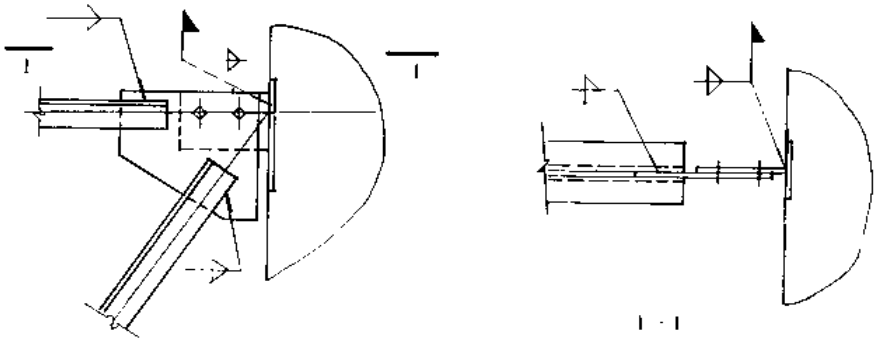


图 11-31　垂直支撑与屋架的连接

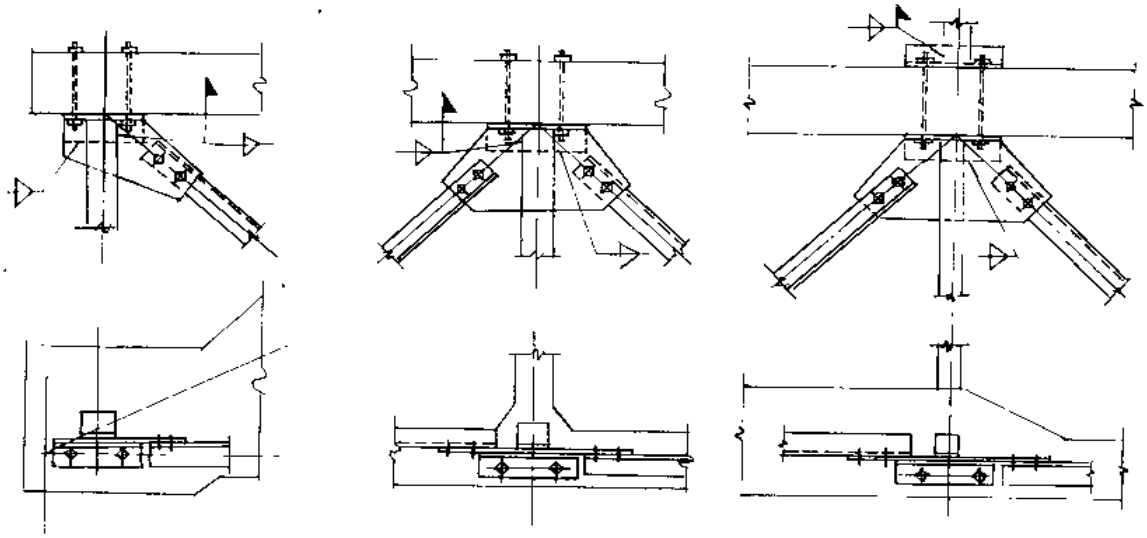


图 11-32　下弦支撑与屋架的连接

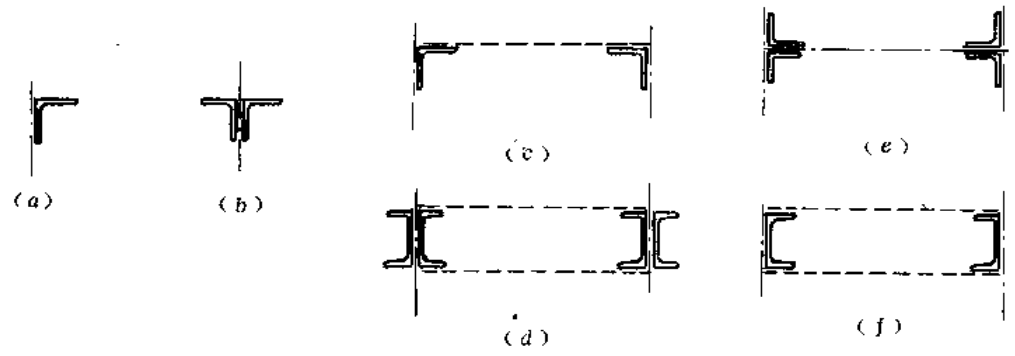


图 11-33　柱间支撑的断面

当采用双片柱间支撑时，两单片间应以连系缀杆连接。当支撑平面内的计算长度大于平面外的计算长度时，一般以不等肢角钢的长肢与柱肢连接或采用两个等肢角钢组成的 T 形断面，当荷载较大时，可采用槽钢或工字钢组成的断面，见图 11-33*c* ～ 图 11-33*f*。

(2) 柱间支撑的长细比按下式计算：

$$\lambda = \frac{l_0}{r} \leqslant [\lambda]$$

式中 $[\lambda]$ ——允许长细比，按表11-1采用；

l_0 ——支撑杆件的计算长度，按下列规定采用：

1）十字形交叉支撑杆件平面内的计算长度（包括单角钢交叉压杆斜平面内的计算长度），应取节点中心至交叉点之间的距离。

2）十字形交叉支撑杆件平面外的计算长度：

对于单片支撑的压杆，当与其相交的另一杆件受拉，且两杆件均不中断，$l_0 = 0.5l$（l 为节点中心间距离，交叉点不作为节点考虑）；当与其相交的另一杆件受拉，且两杆件中有一根中断，并以节点板连接时，$l_0 = 0.7l$。

对于单片支撑的拉杆，$l_0 = 1$；

对于双片支撑的单肢，平面外的计算长度可以取横向连系杆之间的距离。

r ——支撑杆件的回转半径。当计算单角钢受拉杆件的长细比时，应采用角钢的最小回转半径；但计算单角钢交叉受拉杆件平面外的长细比时，应采用与角钢肢边平行轴的回转半径。

（3）上部柱间支撑承受作用在柱顶处的集中荷载 H。下部柱间支撑除承受作用于吊车梁上翼缘顶面标高处的吊车纵向水平制动力 T 及集中风荷载 W 外，还承受由上部柱间支撑传来的风荷载。柱间支撑的荷载作用见图11-34。

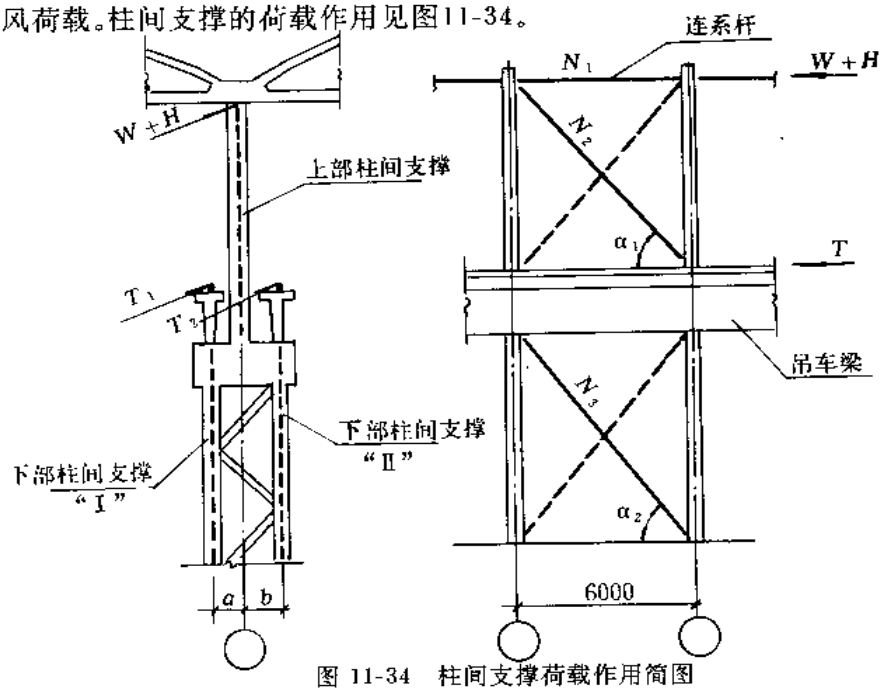


图 11-34 柱间支撑荷载作用简图

（4）进行柱间支撑内力分析时，一般均假设节点为铰接，并不考虑偏心的影响。当同一温度区段内同一柱列中设有若干道支撑时，则全部纵向力由柱列中所有支撑共同承受。

（5）柱间支撑的节点构造见图11-35。

1）柱间支撑的最小断面：采用角钢时，不宜小于∟75×6；采用槽钢时，不宜小于[12.6。对于双片支撑之间的连系杆或用来减小构件长细比的杆件，一般多采用单角钢，按杆件长细比 $\lambda \leqslant 200$ 选用断面，且不小于∟50×5。

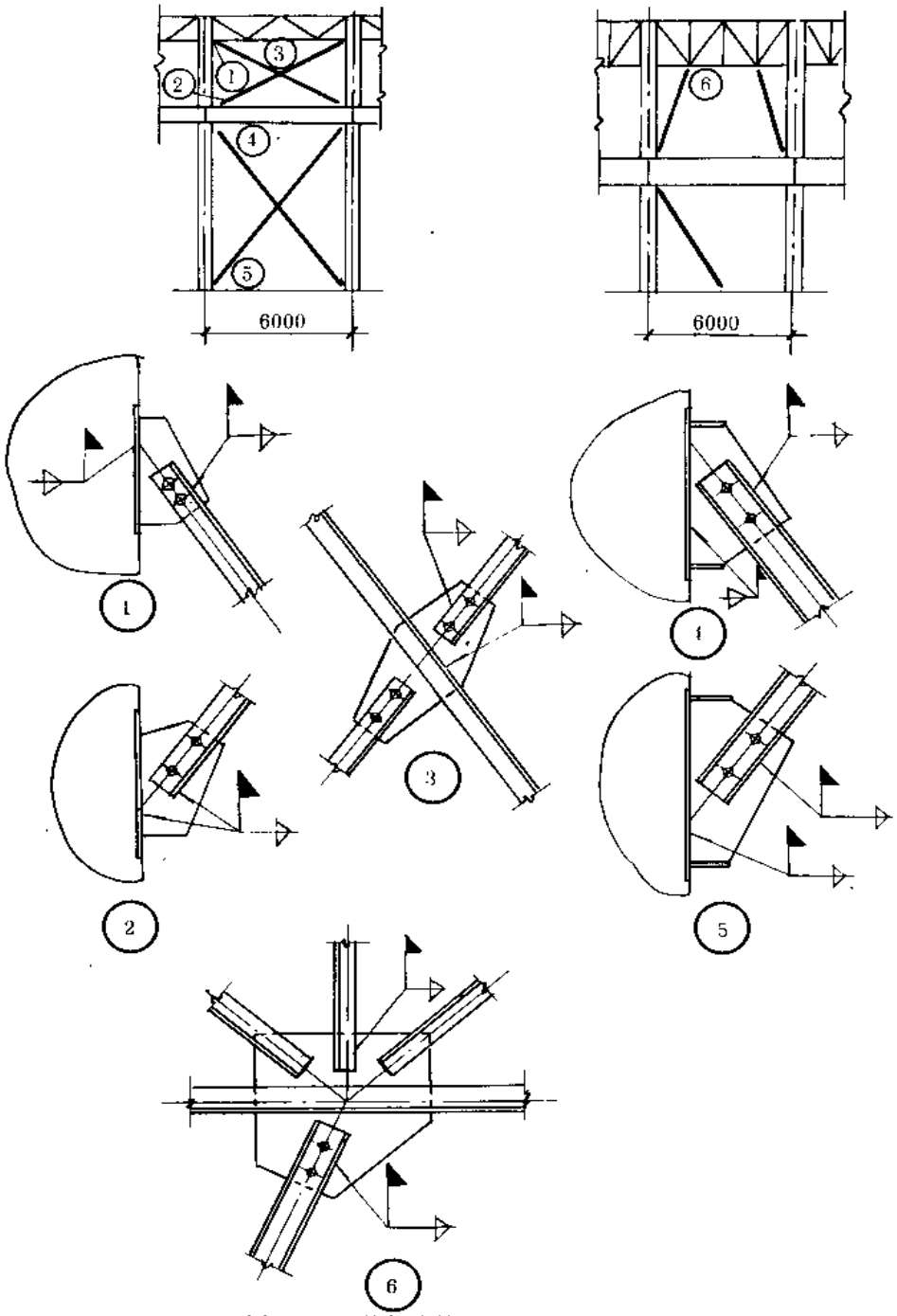


图 11-35　柱间支撑的节点构造

2）支撑节点板的厚度和大小，可根据强度计算和构造确定。节点板的厚度可参考表11-5选用。

支撑节点板的厚度　　**表11-5**

支撑杆件中的最大内力（kN）	≤200	210～350	360～500	>500
节点板厚度（mm）	6～8	10～12	14～16	>16

第十二章　基　　础

第一节　一般规定

1. 材料

(1) 钢筋混凝土基础宜采用C15或C20混凝土，Ⅰ级或Ⅱ级钢筋。壳体基础的混凝土应采用C20，但作为构筑物基础时，不应低于C25；壳体基础为非预应力配筋时，宜采用Ⅰ、Ⅱ级钢筋。

(2) 素混凝土基础宜采用C10或C15混凝土。

(3) 钢筋混凝土基础的垫层宜采用C7.5混凝土，其厚度为100mm。

(4) 预制钢筋混凝土柱与基础杯口之间的空隙，应采用不低于C20的细石混凝土充填密实，如图12-1所示。并在杯口内表面应尽量凿毛。

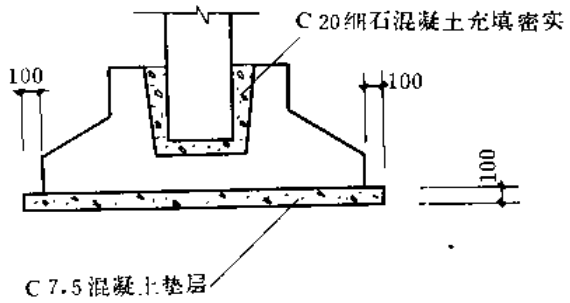


图 12-1　基础垫层及杯口充填

2. 基础顶面或基础梁顶面的标高

基础顶面或基础梁顶面的标高一般应低于设计地面50～100mm；在任何情况下，外墙基础顶面不应高于室外设计地面，内墙基础顶面也不应高于室内设计地面。

3. 基础底板受力钢筋的保护层厚度

当有垫层时，基础底板受力钢筋的保护层厚度采用35mm；当无垫层时，则采用70mm。

4. 轴心受压及偏心受压基础的底板

(1) 轴心受压基础的底板一般应采用正方形，其边长应为100mm的倍数。

(2) 偏心受压基础的底板一般采用矩形，其长边与短边之比一般为2，最大不应大于3，长边和短边的边长应为100mm的倍数。

5. 钢筋混凝土基础底板的构造钢筋

(1) 基础底板中的钢筋直径应不小于10mm，间距不应大于200mm，也不应小于100mm。

(2) 基础底板为构造配筋时，一般应采用 ϕ10 ～ ϕ12mm，间距为200mm的钢筋网。

(3) 基础底板的边长大于3米时，钢筋长度应采用0.9l，并交错排列，见图12-2。此种配筋形式必须验算钢筋截面积（不包括短钢筋的截面积）。

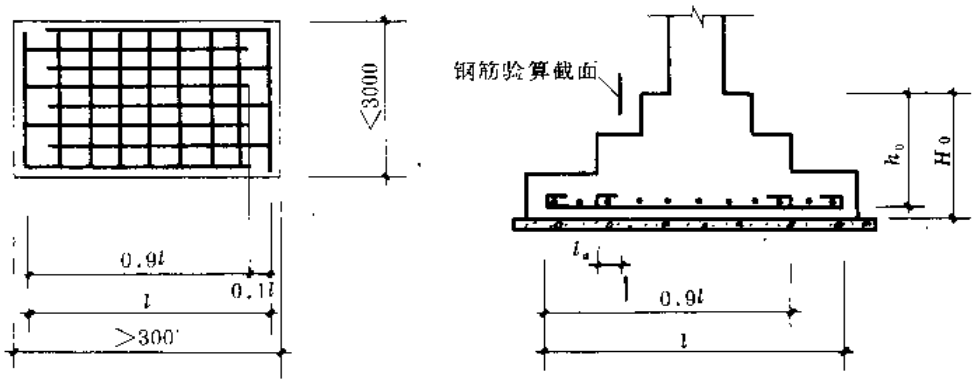


图 12-2　基础底板配筋

第二节　钢筋混凝土单独基础的构造

一、基础高度

基础高度 H_0 应按冲切强度计算确定。

二、钢筋混凝土阶梯形基础的阶高及阶数

钢筋混凝土阶梯形基础的阶高一般为300～500mm，阶数按下列规定采用，且不多于三阶，见图12-3。

$H_0 \leqslant 500$mm 时，为一阶；

$500 < H_0 \leqslant 900$mm 时，为两阶；

$H_0 > 900$mm 时，为三阶。

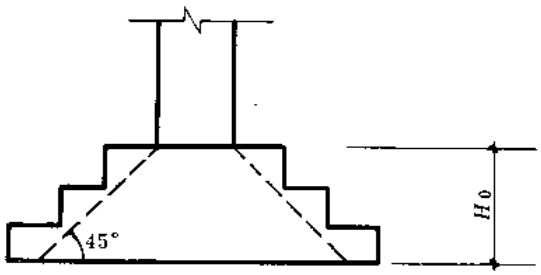


图 12-3　阶梯形基础的阶数

三、钢筋混凝土阶梯形及锥形基础构造

（1）基础下阶的边缘高度 h_1 一般不小于200mm，也不大于500mm。锥形基础的坡度角 α 应大于或等于25°，最大不得大于35°，见图12-4a。

（2）阶梯形基础的阶高 h 与阶宽 b 按下述要求（见图 12-4b）选用：

$$b_1 \leqslant 1.75h_1, b_2 \leqslant h_2, b_3 \leqslant h_3$$

（3）钢筋混凝土基础的阶高 h 及阶宽 b，应采用100mm 的倍数。

四、钢筋混凝土基础的有效高度

基础有效高度 h_0 除按现行规范计算冲切强度确定外，尚可参考下式估算：

$$h_0 = m \cdot C_1(\mathrm{m})$$

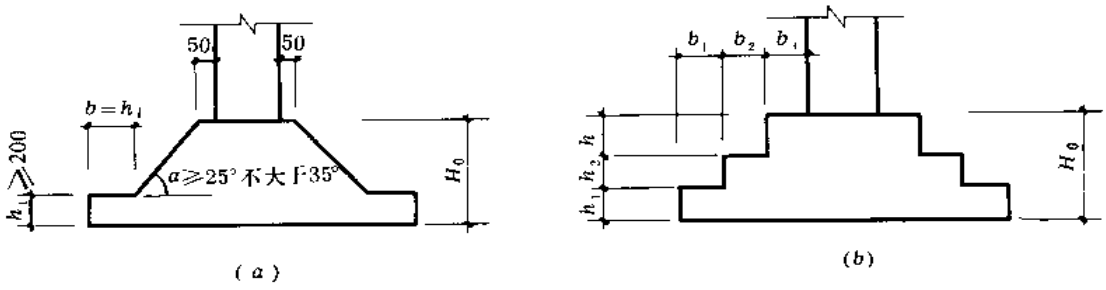


图 12-4　基础阶高及阶宽

式中　m ——与混凝土强度等级和抗拉强度有关的系数，见表12-1；

C_1 ——基础短边的边缘至柱边之间的距离（m），见图12-5。

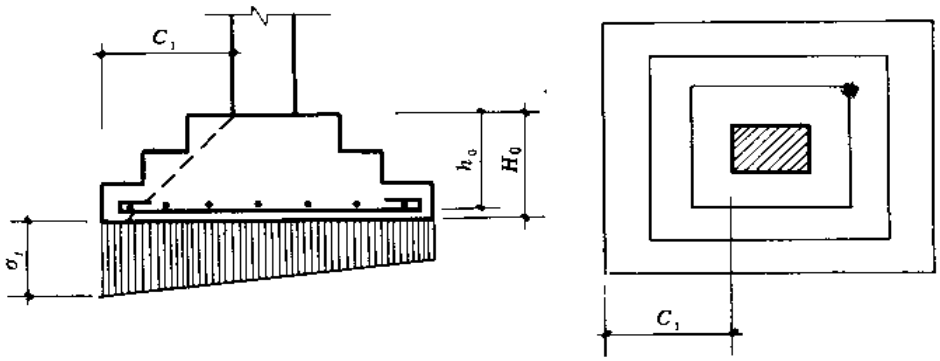


图 12-5　基础有效高度

m 系 数　　表12-1

σ_t		0.1	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20
混凝土强度等级	C15	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55
	C20	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50
σ_t		0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	
混凝土强度等级	C15	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65	
	C0	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	

注：σ_t 为标准荷载作用下的基础底面土壤净反力 N/mm²，$\sigma_t = \frac{E}{A} + \frac{M}{W}$，见图12 5。

第三节　刚 性 基 础

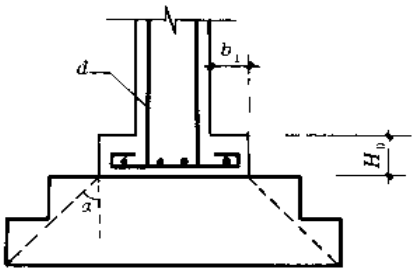
一、材料

刚性基础可采用混凝土、毛石混凝土、毛石等材料砌筑。

二、刚性基础的柱脚高度

刚性基础的柱脚高度 H_0 应大于或等于柱脚宽度 b_1（$b_1 \geqslant 300$mm），且应大于或等于20d（d

为柱中纵向受力钢筋直径），见图12-6。



$H_0 \geqslant b_1$ 且≥300并应≥20d

图 12-6　刚性基础的柱脚高度 H_0

三、刚性基础台阶的宽高比

刚性基础台阶的宽高比容许值见表12-2。

刚性基础台阶宽高比容许值　　表 12-2

基础名称	质量要求	台阶宽高比的容许值		
		$p \leqslant 100$	$100 < p \leqslant 200$	$200 < p \leqslant 300$
混凝土基础	采用C10混凝土	1:1.00	1:1.00	1:1.25
毛石混凝土基础	采用C10混凝土 掺入毛石25～30%	1:1.00	1:1.25	1:1.50
毛石基础	采用M2.5～M5砂浆砌筑	1:1.25	1:1.50	
灰土基础	体积比3:7或2:8 最小干密度： 粉土时，1.55 t/m³ 粉质粘土时，1.50 t/m³ 粘土时，1.45 t/m³	1:1.25	1:1.50	

注：1. p 为基础底面处的平均压力（kPa）；

2. 阶梯形毛石基础的每阶伸出宽度不宜大于200mm。

3. 当基础由不同材料叠合组成时，应对接触部分作抗压验算。

4. 当混凝土基础底面处的平均压力超过300kPa时，应进行抗剪验算。

四、刚性基础的底面宽度

刚性基础的底面宽度 B 按下式确定（见图12-7）：

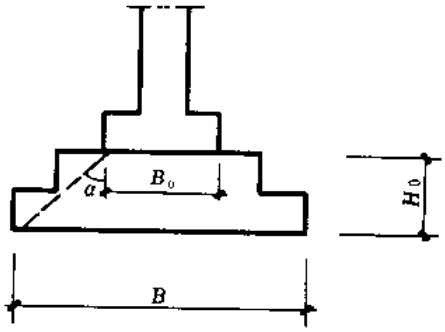


图 12-7　刚性基础底面宽度 B

$$B \leqslant B_0 + 2H_0 \mathrm{tg}\alpha$$

式中 $\mathrm{tg}\alpha$ ——基础台阶的宽高比，可按表12-2选用；

B_0 ——基础顶面上的砌体宽度；

H_0 —— 基础高度。

第四节 高杯口基础的配筋构造

一、高杯口基础短柱的纵向钢筋

(1) 基础短柱符合下列情况时，其周边的纵向钢筋应按构造配筋，直径采用12～16mm，间距为300～500mm；且四角的纵向钢筋直径应不小于20mm：

1) 偏心距 $e_0 < 0.225h_3$，且满足混凝土抗压强度 f_c 时。

2) 偏心距 $e_0 \geqslant 0.225h_3$，且满足混凝土抗拉强度 f_t 时。

(2) $0.225h_3 < e_0 \leqslant 0.45h_3$，满足混凝土抗压强度，但不能满足混凝土的抗拉强度时，其受力方向每边的配筋百分率不应少于基础短柱全截面面积的0.05%，而非受力方向每边则按构造配筋，见图12-8。

(3) 当 $e_0 > 0.45h_3$，或虽 $e_0 \leqslant 0.45h_3$，但其抗压强度及抗拉强度均不能满足时，基础短柱应按钢筋混凝土偏心受压构件计算，此时受力方向每边的纵向钢筋不应小于混凝土计算截面 $Bh_3\left(h_3 = \dfrac{N}{bf_c}\right)$ 的0.4%，也不小于基础短柱全截面面积的0.05%，非受力边按构造配筋。

(4) 基础短柱四角的纵向钢筋，应伸至基础底部的钢筋网上，中间的纵向钢筋应每隔1米左右伸下一根，并做100mm长的直钩，以支持整个钢筋骨架。其余钢筋应伸入基础顶面以下 l_a 处，见图12-9a。

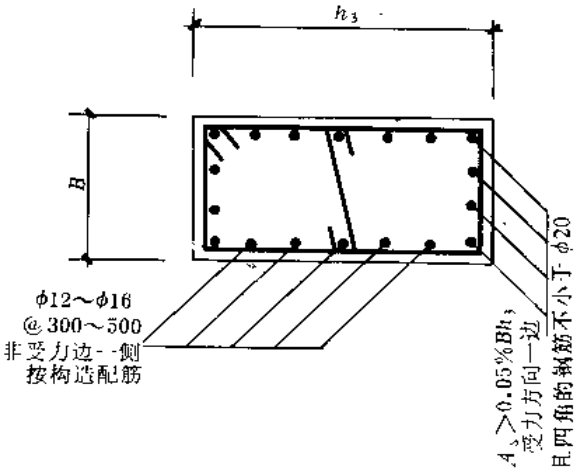


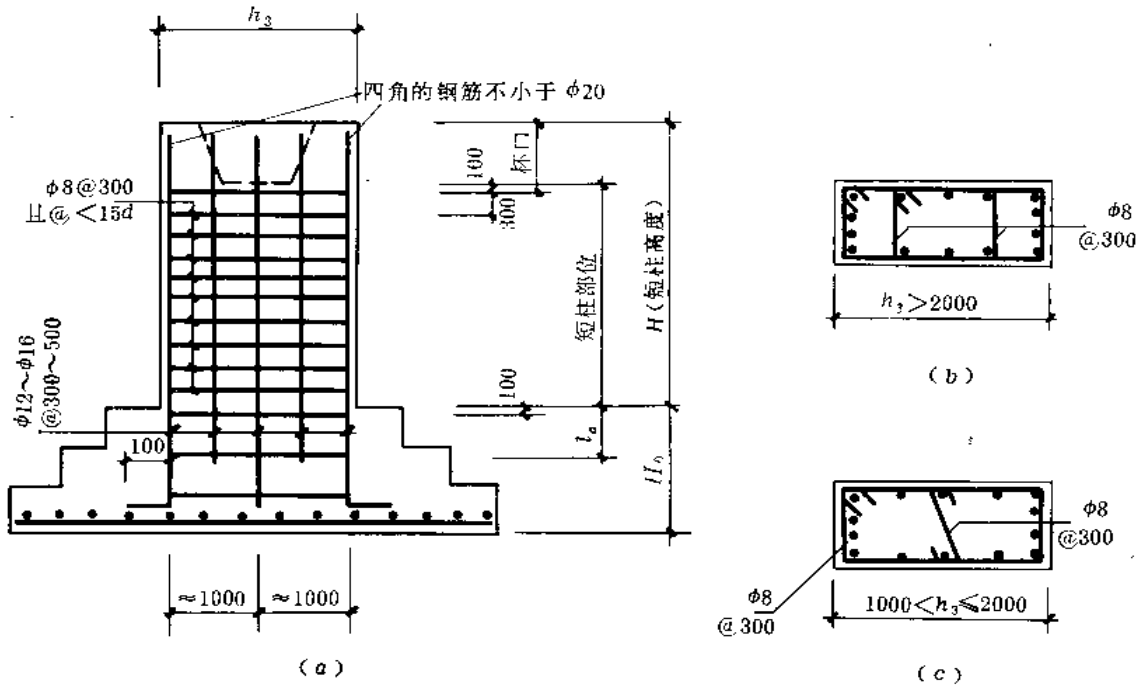
图 12-8 $0.225h_3 < e_0 \leqslant 0.45h_3$ 时基础短柱构造配筋

二、高杯口基础短柱的箍筋

基础短柱的箍筋（不包括杯口范围内的箍筋），一般按下列规定配置：

(1) 箍筋直径一般采用8mm，如图12-9所示。

(2) 箍筋间距：当基础短柱按钢筋混凝土轴心受压构件考虑时，应不大于300mm；当



(a)　　(b)　　(c)

图 12-9　高杯口基础短柱纵向钢筋及箍筋构造

a — 基础短柱配筋；b — 四肢封闭式箍筋；c — 双肢封闭式箍筋

基础短柱按钢筋混凝土偏心受压构件考虑时，应不大于15d(d 为纵向钢筋的直径)，也不应大于300mm。

(3) 箍筋形式：当基础短柱的长边 h_3 大于1000mm、小于或等于2000mm 时，采用双肢封闭式箍筋（见图12-9c）；当 h_3 大于2000mm 时，采用四肢封闭式箍筋（见图12-9b）。

三、高杯口基础杯口的构造

基础短柱杯口的壁厚 t，一般按表12-3选用。

高杯口基础杯口的壁厚 t，mm　　表 12-3

杯口形式	短柱截面长边 h_3 (mm)	壁厚 t
单杯口	600< h ≤800	275
	800< h ≤1000	325
	1000< h_3 ≤1400	375
	1400< h ≤1600	425
双杯口		一般采用275

注：当杯口上设置基础梁或勒脚墙板时，其壁厚尚应满足梁、板支承宽度的要求。

四、高杯口基础杯口的纵向钢筋

(1) 杯壁外侧的纵向钢筋配置，与基础短柱的纵向钢筋配置相同。

(2) 如在杯壁内侧配置纵向钢筋时，则应配置 ϕ10mm、间距500mm 的纵向构造钢筋，自杯口顶部伸过杯口底面下 l_a。

五、高杯口基础杯口的横向钢筋

(1) 当 $e_0 \leqslant \frac{h_3}{6}$ 时，杯口顶部应按表 12-6 配置一层钢筋网，并在杯壁外侧配置 $\phi 8 \sim \phi 10$mm、间距为150mm 为双肢封闭式箍筋，见图12-10。

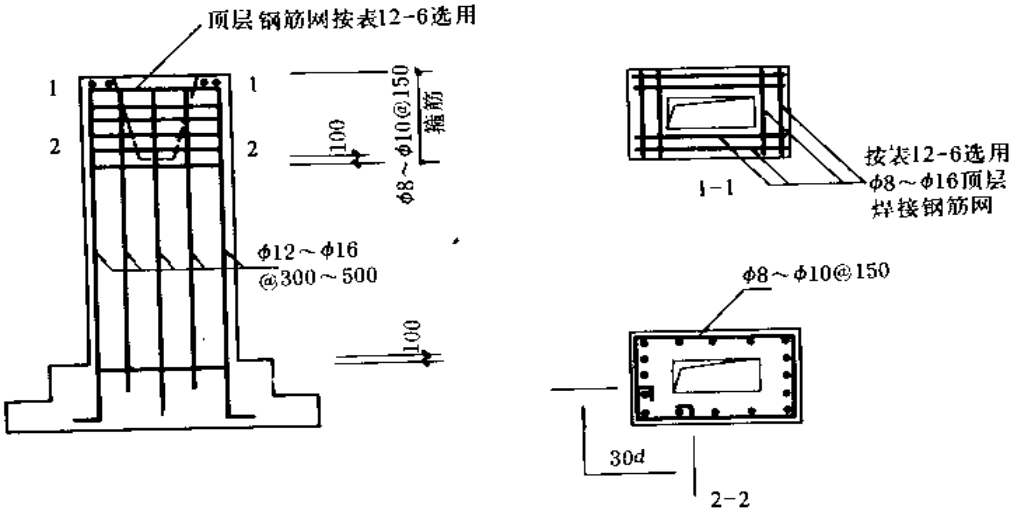


图 12-10　高杯口基础杯口的钢筋配置

(2) 当 $e_0 > \frac{h_3}{6}$ 时，杯口内的横向钢筋，应按计算配置。一般可仅在杯壁外侧配置横向钢筋，其搭接长度应为$30d$ 。但当经计算需要横向钢筋较多时，或者当 $e_0 > 0.5h_3$ 时，应在杯壁内侧同时配置 $\phi 10 \sim \phi 12$mm、间距为150mm 的横向钢筋，见图12-11。

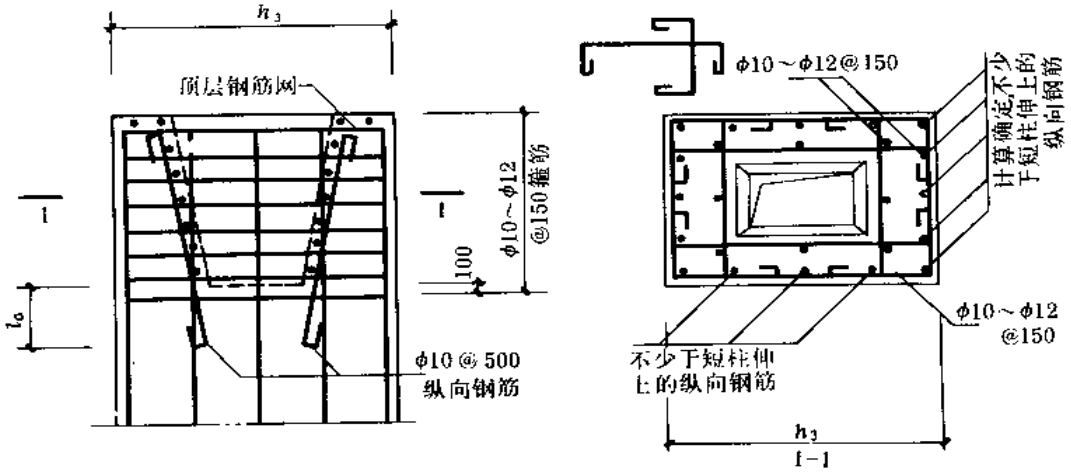


图 12-11　高杯口基础杯口的横向钢筋

(3) 当基础短柱为双杯口时，杯口内的横向钢筋不需计算，仅按构造配置 $\phi 8 \sim \phi 10$mm、间距150mm 的四肢箍筋形式的横向钢筋，见图12-12。

(4) 短柱基础的杯口，除计算所需外，不论 e_0 值的大小，一般均按图12-10配置构造钢筋。

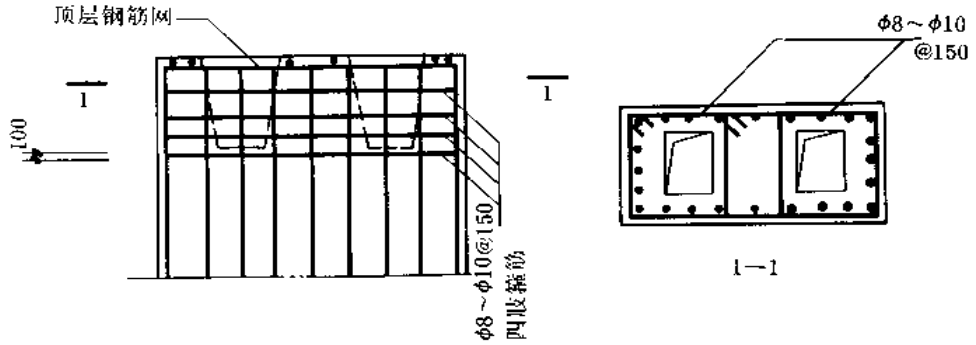


图 12-12　短柱双杯口构造配筋

第五节　预制柱与基础的连接

一、预制柱基础的杯口形式和柱的插入深度

(1) 当预制柱的截面为矩形及工字形时，柱的基础采用单杯口形式，当为双肢柱时，基础可采用双杯口形式，也可采用单杯口形式。

(2) 预制柱基础杯口的构造见图12-13。

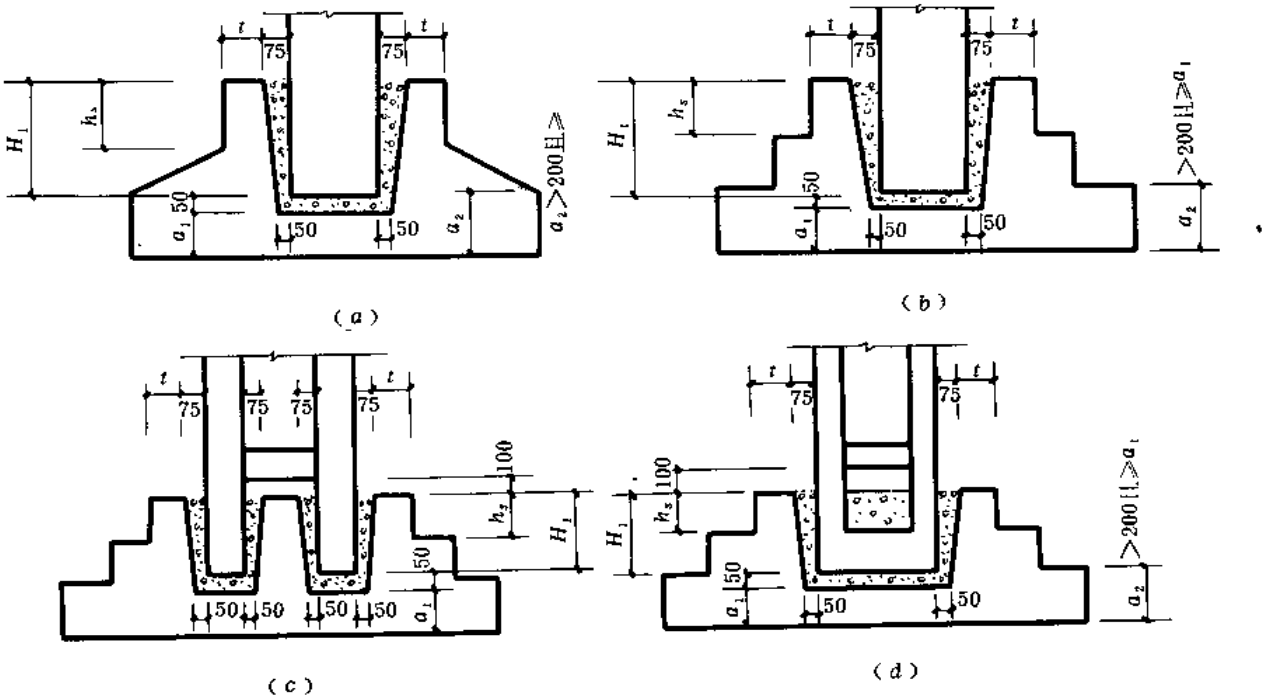


图 12-13　预制柱基础的杯口构造

(3) 预制柱基础杯口的杯底厚度 a_1 及杯壁厚度 t，可按表 12-4 选用。但基础的下阶边缘厚度 a_2 应大于或等于杯底厚度 a_1 并应大于200mm。

基础杯口的杯底厚度 a_1 及杯壁厚度 t，mm　　表 12-4

柱截面的长边 h	杯底厚度 a_1	杯壁厚度 t
$500 \leqslant h < 800$	≥200	≥275
$800 \leqslant h < 1000$	≥200	≥325
$1000 \leqslant h < 1500$	≥250	≥375
$1500 \leqslant h \leqslant 2000$	≥300	≥125

注：1. 双肢柱的杯底厚度 a_1 值可适当加大。

2. 杯壁厚度 t 还应大于或等于 $0.65h_s$（h_s 为基础的上阶高度）。

3. 设置基础梁或勒脚墙板时，杯壁厚度还应满足其支承宽度要求。

（4）预制柱插入杯口内的深度 H_1，可按表12-5选用；在任何情况下，H_1 值不得小于500mm，且应满足下列柱内纵向钢筋的锚固长度 l_a 要求：

Ⅰ级钢筋，　　$l_a = 30d$；

Ⅱ级钢筋，　　$l_a = 40d$；

Ⅲ级钢筋，　　$l_a = 45d$。

确定插入深度 H_1 时，应考虑柱吊装时的稳定性，即 H_1 应大于或等于0.05倍柱长（指吊装时的柱长）。

柱在杯口内的插入深度 H_1，mm　　表 12-5

矩形柱或工字形柱				双肢柱	单肢管柱
$h < 500$	$500 \leqslant h < 800$	$800 \leqslant h \leqslant 1000$	$h > 1000$	单杯口和双杯口	
$H_1 = 500$	$H_1 = h$	$H_1 = 0.9h$，且 $H_1 \geqslant 800$	$H_1 = 0.8h$，且 $H_1 \geqslant 1000$	$H_1 = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3}\right)h$ 或 $H_1 = (1.5 \sim 1.8)h_s$	$H_1 = 1.5D$，且 $H_1 \geqslant 500$

注：1. 当偏心矩 $e_0 > 2h$（或 $2D$）时，H_1 值应适当加大，取用 $H_1 = 1.2h$，$e_0 = \frac{M}{N}$ 中，M、N 取用控制柱底部固定端处截面配筋的一组内力。

2. h 为矩形柱或工字形柱截面的长边尺寸；双肢柱时，h 为整个截面的长边尺寸。

3. h_s 为双肢柱整个截面的短边尺寸或双肢管柱的单管外径尺寸。

4. D 为管柱的外径尺寸。

5. 双肢柱 $H_1 = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3}\right)h$ 中，当柱的安装采用缆绳固定时，即取下限值，否则取上限值。

二、无短柱基础杯口的配筋构造

（1）当柱为轴心或小偏心受压且杯壁厚度 t 大于或等于 $0.65h_s$ 时，或大偏心受压且 t 大于或等于 $0.75h_s$ 时，一般宜在杯口顶面配置 $\phi 8 \sim \phi 10$mm 的焊接钢筋网或绑扎钢筋网。h_s 为基础的上阶高度，见图12-14a。

（2）当柱为轴心或小偏心受压且 t 大于或等于 $0.50h_s$、小于 $0.65h_s$ 时，杯口顶面配筋应按表12-6选用。

（3）当柱为大偏心受压且 t 小于 $0.75h_s$ 时，杯口的配筋按计算确定。可参见图12-11基础

杯口的配筋要求配置纵、横向钢筋。

（4）当双杯口基础的中间隔板宽度小于400mm时，应在隔板内配置 ϕ12mm@200mm 的纵向钢筋和 ϕ8mm@300mm 的横向钢筋，见图12-14b。

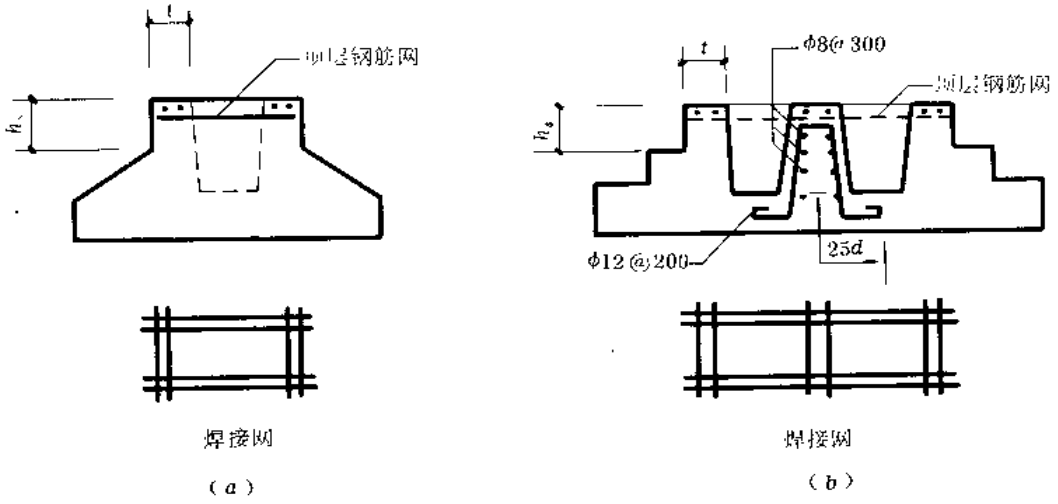


图 12-14　无短柱基础的杯口配筋构造

杯口顶层钢筋网配筋　　表 12-6

柱截面长边尺寸 h（mm）	$h<1000$	$1000\leqslant h<1500$	$1500\leqslant h<2000$
钢筋网直径（mm）	8～10	10～12	12～16

第六节　现浇柱与基础的连接

一、基础顶面尺寸

为便于模板搁置，基础顶面的每边应比柱的截面尺寸大50mm，见图12-15。

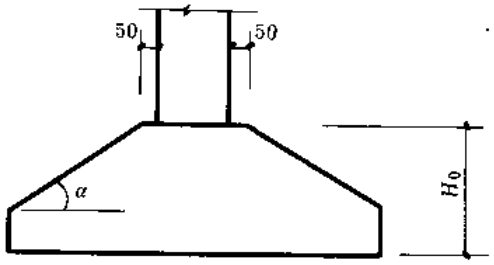


图 12-15　基础顶面与柱边尺寸

二、插筋

（1）基础中应伸出插筋与柱内的纵向钢筋进行搭接。插筋的直径、钢筋种类、根数及其

间距应与柱内的纵向钢筋相同。

(2) 基础中，插筋与箍筋共同组成骨架，竖立于基础底板的钢筋网上，如图12-16*a* 所示。当基础高度 H_0 较大时，如轴心受压或小偏心受压 $H_0 \geqslant 1200$mm，大偏心受压 $H_0 \geqslant 1400$mm，可仅将四角的插筋伸至基础底板钢筋网上，其余插筋只锚固于基础顶面下 l_a，见图12-16*b*。

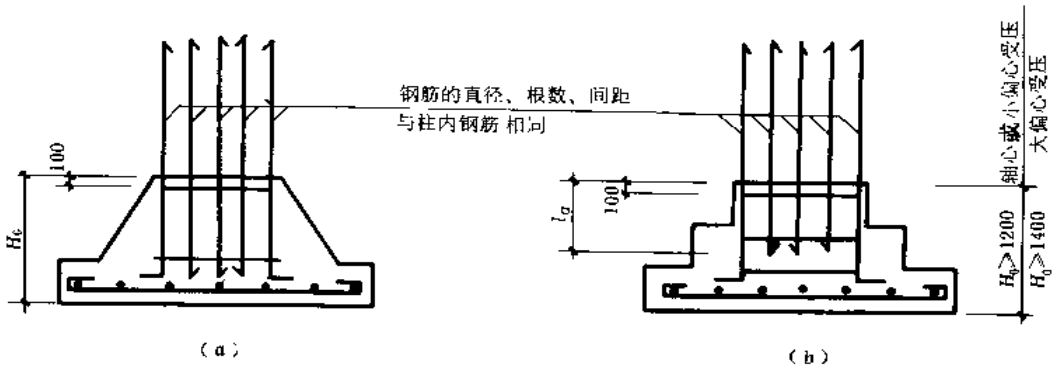


图 12-16 基础中的插筋构造

(3) 基础中的插筋搭接位置按下列规定设置：

1) 当 $H_1 < 1.5$m 时，插筋搭接位置应在基础顶面处。

2) 当 $1.5\text{m} \leqslant H_1 \leqslant 3.0$m 时，插筋搭接位置应在地面标高下150mm 处，见图12-17*a*。

3) 当 $H_1 > 3.0$m 时，插筋搭接位置应在基础顶面处和地面标高下150mm 处，见图12-17*b*。

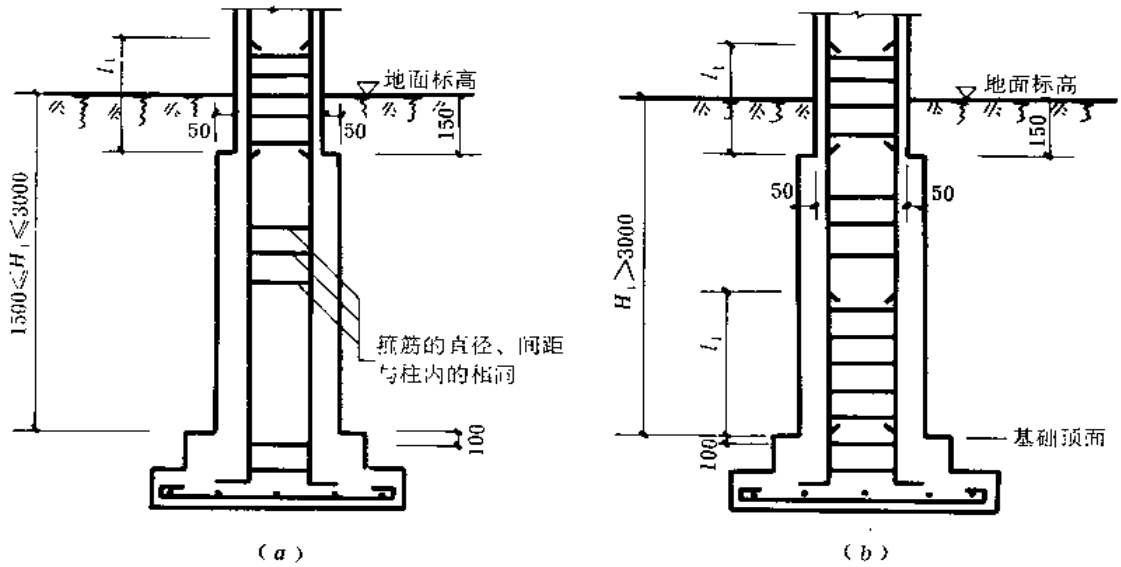


图 12-17 基础中插筋与柱中纵向钢筋搭接位置

4) 在搭接长度 $1.2l_a$ 范围内，箍筋间距不应大于100mm，也不应大于 $5d$（d 为纵向钢筋的最小直径）。

5) 基础内需按构造要求放置两个箍筋，分别设在基础顶面下100mm 处和插筋下端处。

(4) 基础内伸出的插筋与柱内纵向钢筋的搭接根数，应符合下列规定：

1) 当 $e_0 < 0.225h$ 时，插筋与柱内所有纵向钢筋的搭接可在同一个平面上，见图12-18。

2) 当 $e_0 \geqslant 0.225h$，且柱截面内受力一侧的纵向钢筋根数为4~8根时，插筋与柱内纵向钢筋应在两个平面上进行搭接。若一侧的纵向受力钢筋根数在4根以下时，钢筋接头的位置可设在一个平面上，见图12-19。

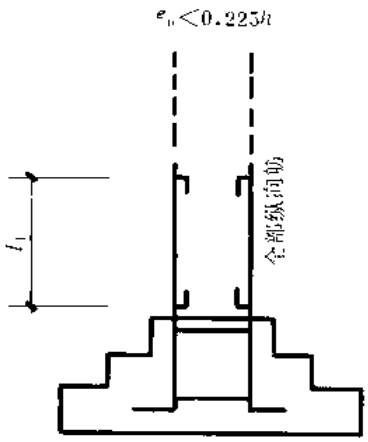


图 12-18 基础插筋与柱内纵向钢筋的搭接

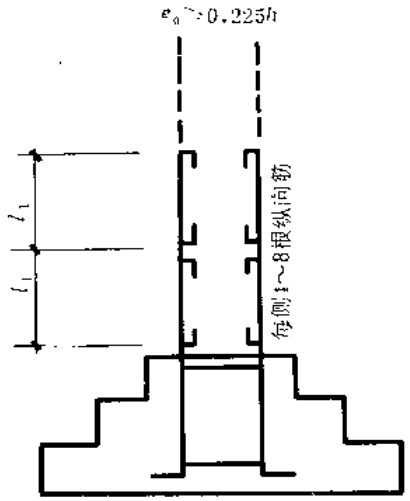


图 12-19 基础插筋与柱内纵向钢筋的两个搭接平面

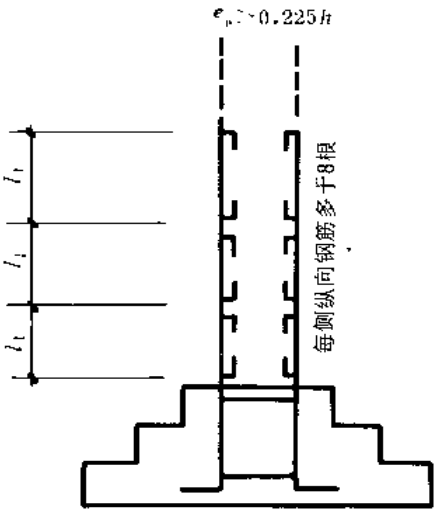


图 12-20 基础插筋与柱内纵向钢筋的三个搭接平面

3) 当 $e_0 \geqslant 0.225h$，且柱截面内受力一侧的纵向钢筋多于8根时，其搭接位置应设在三个平面上，见图12-20。

第七节 钢柱基础

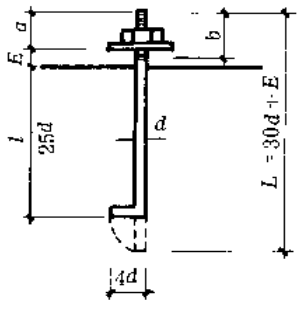
一、钢柱与基础的连接

钢柱基础顶面的平面尺寸应符合下列要求，见图12-21。

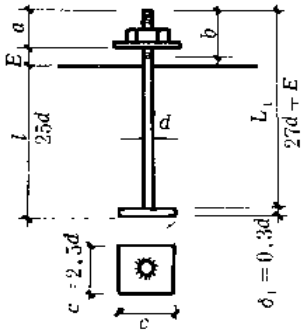
公称直径（mm）			头 长 a (mm)	丝长 b (mm)	直钩式、焊钢板式螺栓（mm）			
外 径 d	螺 距 t	内 径 d_0			锚 长 l	全 长 L	钢板尺寸 $c\times\delta_1$	全 长 L_1
14	2	11.83	30	60	350	120+ E		
16	2	13.83			400	480+ E		
18	2.5	15.29	40	70	450	540+ E		
20	2.5	17.29			500	600+ E		
22	2.5	19.29	45	75	550	660+ E		
24	3	20.75	50	80	600	720+ E		
27	3	23.75	55	85	680	810+ E		
30	3.5	26.21	60	90	750	900+ E	75×10	810+ E
36	4	31.67	70	100	900	1080+ E	90×10	970+ E
42	4.5	37.12	85	115	1050	1260+ E	110×14	1130+ E
48	5	42.58	95	125	1200	1440+ E	120×14	1300+ E
52	5	46.58	105	135	1300	1560+ E	130×16	1400+ E
56	5.5	50.04	110	140	1400	1680+ E	140×17	1510+ E
60	5.5	54.04	120	150	1500	1800+ E	150×18	1620+ E
64	6	57.50	130	160	1600		160×18	1730+ E
68	6	64.10	135	165	1700		170×20	1840+ E
72	6	65.50	145	175	1800		180×22	1940+ E
76	6	69.50	150	180	1900		190×24	2050+ E
80	6	73.50	160	190	2000		200×24	2160+ E
85	6	78.50	170	200	2130		210×26	2300+ E
90	6	83.50	180	210	2250		230×28	2430+ E
100	6	93.50	200	230	2500		250×30	2700+ E
110	6	103.50	220	250	2750		280×34	2970+ E
125	6	118.50	250	280	3130		310×38	3380+ E

注：直钩式、端部焊钢板式及端部焊锚板式螺栓形式见下图。图中 $a\approx 2d$ (mm)，$b=a+30$ (mm)；E 为钢柱脚底板厚度加二次浇灌层厚度 (mm)；d_0 = 公称直径 $d-1.0825t$，t 为螺距 (mm)；螺栓有效净面积 $=\frac{\pi}{4}\left(d_0-\frac{0.866}{6}t\right)^2$；螺帽为六角形。

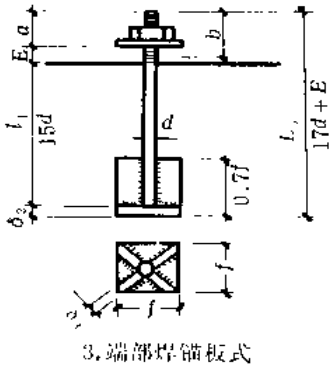
锚板式螺栓（mm）					螺帽高度（mm）	螺栓有效净面积（cm²）	螺栓质量（kg/m）
锚板尺寸			锚长 l_1	全长 L_2			
f	δ_2	δ_1					
					11	1.017	1.208
					13	1.111	1.578
					14	1.741	1.998
					16	2.252	2.466
					18	2.815	2.981
					19	3.243	3.551
					22	4.271	4.495
100	16	8	450	510+E	21	5.189	5.55
110	18	8	540	620+E	28	7.595	7.99
130	22	8	650	720+E	32	10.452	10.87
150	24	10	750	820+E	38	13.767	14.197
160	26	10	780	880+E		16.52	16.662
170	28	10	850	950+E	45	19.052	19.324
180	30	10	900	1020+E		22.27	22.184
190	32	10	960	1090+E	51	25.182	25.240
200	34	12	1020	1160+E		28.88	28.193
220	36	12	1080	1230+E	58	32.793	31.944
230	38	12	1140	1300+E		36.978	35.592
240	40	14	1200	1360+E	64	41.414	39.138
260	42	14	1280	1450+E		47.31	44.522
270	44	14	1350	1530+E	72	55.96	49.914
300	50	14	1500	1700+E	80	67.361	61.622
330	60	14	1650	1870+E		82.69	74.563
380	62	14	1880	2130+E		108.626	96.284



1.弯钩式



2.端部焊钢板式



3.端部焊锚板式

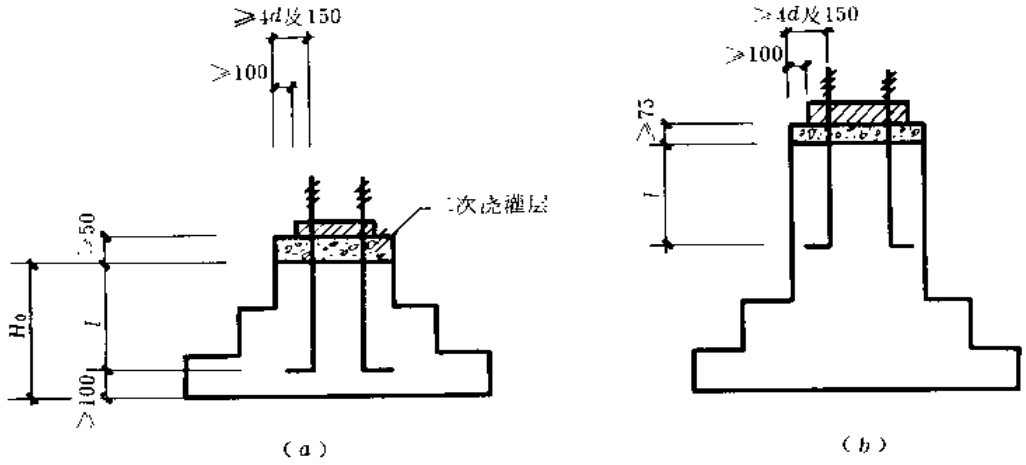


图 12-21　钢柱基础

(1) 地脚螺栓的中心至基础边缘的距离不应小于 $4d$(d 为地脚螺栓直径)，且不应小于150mm。

(2) 钢柱底板边缘至基础边缘的距离不应小于100mm。

(3) 钢柱基础顶部应设C20或比基础混凝土强度等级高一级的细石混凝土二次浇灌层，其厚度一般为50mm。

钢柱安装后，应用C10混凝土堵封柱脚，以防螺栓锈蚀。

二、基础高度及地脚螺栓形式

(1) 钢柱基础(无短柱的基础)高度 H_0，应按冲切计算确定，并应满足 $H_0 \geqslant l + 100\text{mm}$，$l$ 为地脚螺栓的埋置深度。

(2) 地脚螺栓的直径小于36mm 时，应采用直钩式，其埋置深度为25d；直径大于42mm 时，宜采用加焊锚固钢板，其埋置深度为15d。

(3) 地脚螺栓可按表12-7选用。

第八节　钢筋混凝土条形基础

一、墙下钢筋混凝土条形基础

当地基土质软弱，承载力小于100kN/m²，一般采用无肋的板式条形基础，见图12-22。

(1) 墙下条形基础的高度 H 应按剪切计算确定。构造要求一般为 $H_0 \geqslant \frac{B}{7} \sim \frac{B}{8}$；且不大于300mm。当悬挑长度 $\frac{B}{2}$ 小于或等于750mm 时，基础高度可做成等厚度；当 $\frac{B}{2} > 750\text{mm}$ 时，可做成变厚度，且板的边缘厚度不应小于150mm，坡度 $i = 1:3$。

(2) 墙下条形基础的横向受力钢筋：当混凝土为C15时，采用 $\phi 8 \sim \phi 16\text{mm}$ 的Ⅰ级钢筋，其间距应不大于200mm；当混凝土为C20时，采用 Φ 8 ～ Φ 16mm 的Ⅱ级钢筋，其间距应不大于200mm。墙下条形基础的纵向分布钢筋按构造配置，采用 $\phi 6 \sim \phi 8\text{mm}$、间距不大于250mm 的钢筋。

(3) 当墙下的地基土质不均匀或沿基础纵向荷载分布不均匀时，为了抵抗不均匀沉降，

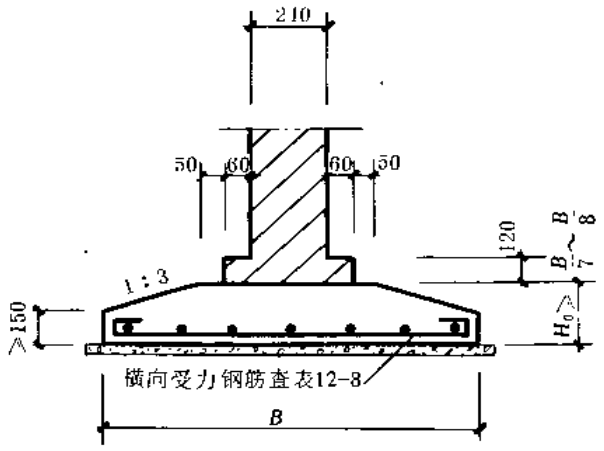


图 12-22　墙下条形基础构造

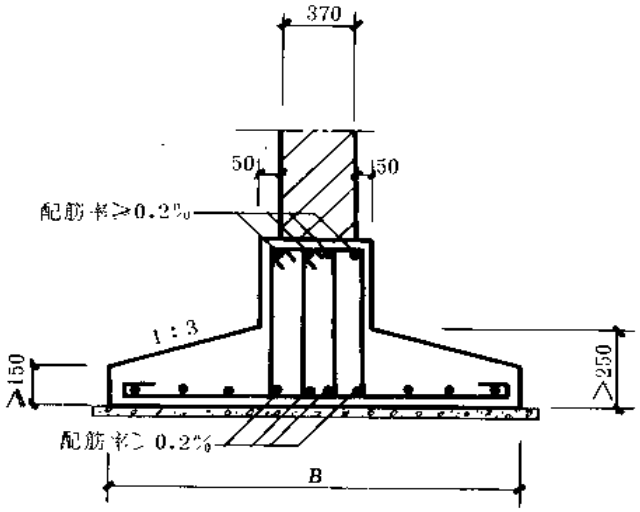


图 12-23　墙下带纵肋的条形基础构造

并加强条形基础的纵向抗弯能力，可做成有纵肋的板式条形基础，纵肋宽度为墙厚加100mm。当肋宽大于350mm 时，应采用四肢箍筋；当肋宽大于800mm 时，应采用六肢箍筋。箍筋为 $\phi6$ ～ $\phi8$mm，间距为200～400mm。纵肋内的纵向受力钢筋，按构造要求应配置上下相同的双筋，其配筋率均不应小于0.2%，见图12-23。

(4) 墙下条形基础的横向受力钢筋，可按表12-8选用。

二、柱下钢筋混凝土条形基础

柱下钢筋混凝土条形基础一般采用倒 T 形截面，由肋和翼板组成。混凝土采用 C20。

(1) 柱下钢筋混凝土条形基础的肋高 h，当柱距小于或等于6m 时。宜为 $\left(\frac{1}{5}\sim\frac{1}{7}\right)$柱距；肋宽 b 等于柱宽加100mm，且 $b\geqslant\frac{b_1}{4}$，见图12-24。

(2) 翼板厚度 h_1 为200～250mm 时，可做成等厚度截面，见图12-24a；当 h_1 大于250mm

时，可做成变厚度截面，坡度 $i \leqslant 1:3$，其边缘厚度不应小于150mm，见图12-24*b*。

(3) 肋宽 b 小于或等于350mm 时，采用双肢箍筋；

$350 < b \leqslant 800$mm 时，采用四肢箍筋；

b 大于800mm 时，采用六肢箍筋。

墙下条形基础的横向受力钢筋，mm²/m **表12-8**

P_j (kN·m²) / B (mm)	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130
900	94	102	111	119	127	136	144	153	161	170	187	205	222
1000	123	135	146	158	169	181	192	204	215	226	249	272	295
1100	159	171	188	202	217	232	247	262	276	290	320	350	380
1200	200	216	231	253	271	289	309	327	345	364	400	438	476
1300	242	264	287	310	332	355	377	400	422	445	491	536	582
1400	291	318	341	372	400	425	453	480	508	535	590	646	701
1500	344	376	408	440	472	501	536	569	601	635	700	766	832
1600	403	439	477	515	552	590	628	667	704	743	820	899	976
1700	461	508	551	595	640	683	727	772	816	861	951	1043	1134
1800	532	582	632	682	733	783	835	886	937	989	1094	1199	1306
1900	605	662	718	776	833	892	950	1008	1068	1127	1247	1369	1493
2000	682	747	812	877	942	1008	1074	1141	1208	1277	1414	1554	1695
2100	590	646	700	755	811	867	923	979	1036	1092	1206	1321	1438
2200	656	718	779	841	903	966	1028	1092	1155	1218	1347	1477	1607
2300	727	795	863	932	1001	1071	1141	1211	1281	1352	1496	1641	1788
2400	801	877	952	1029	1105	1182	1260	1337	1416	1495	1655	1817	1981
2500	879	963	1046	1131	1215	1300	1385	1472	1559	1647	1821	2004	2187

注：1. 本表适用于墙厚为240mm 的钢筋混凝土条形基础，混凝土为C15，钢筋为 I 级钢筋。

2. P_j 为地基净反力(kN·m²)，$P_j = f - \gamma d$；B 为基础底面宽度(mm)；f 为地基容许承载力；γ 为土的重度(20kN/m³)；d 为埋入深度。

3. 表中，粗线以上为构造配筋，采用 ϕ8mm、@200mm，分布筋为 ϕ6mm、@250mm。

(4) 箍筋应采用封闭式，其直径不应小于8mm，间距按计算确定，但不应大于 $15d$(d 为纵向受力钢筋直径)，也不应大于500mm。

(5) 肋梁的纵向受力钢筋一般配置为上下双筋，其直径不应小于10mm，配筋率不应小于0.2%，见图12-24。

(6) 当肋高 h 大于700mm 时，应在肋高的中部两侧配置不小于 ϕ14mm 的纵向构造钢筋。该纵向构造钢筋的上下间距为300～400mm。

(7) 翼板的横向受力钢筋由计算确定，但直径不应小于10mm，间距不应大于200mm，分布钢筋的直径为8～10mm，间距不大于300mm。

(8) 在柱列端部，肋梁伸出柱外的悬挑长度，一般为 (0.25～0.30) 柱列端跨距，见图12-25。

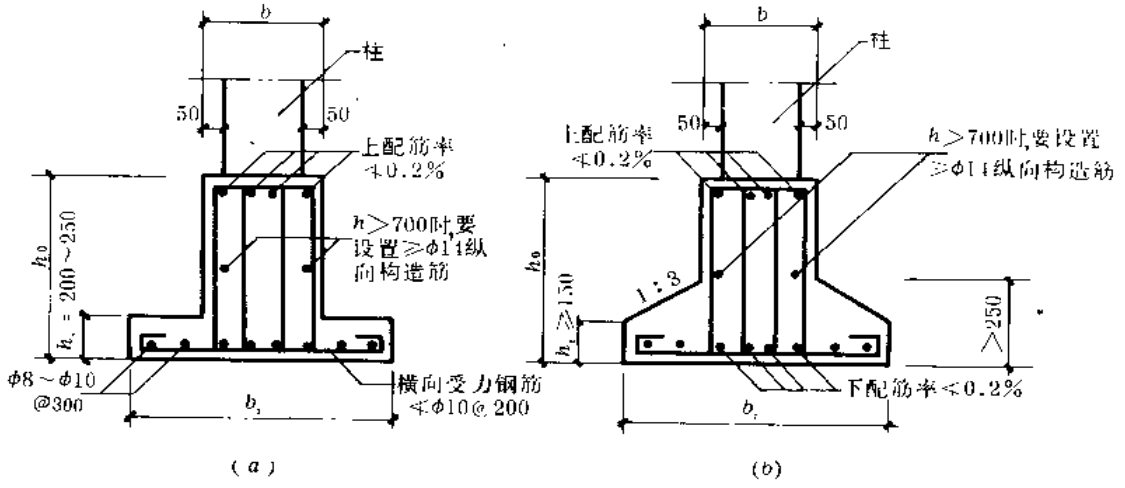


图 12-24　柱下钢筋混凝土条形基础构造

(9) 在柱下钢筋混凝土条形基础的 T 形和十字形交接处，翼板横向受力钢筋仅沿一个主要受力轴向通长放置，而另一轴向的横向受力钢筋，伸入主要受力轴向底板宽度 $\frac{1}{4}$ 即可，见图12-26。

当条形基础底板在 L 形拐角处，其底板横向受力钢筋应沿两个轴向通长放置，见图12-27；分布钢筋在主要受力轴向通长放置，而另一轴向的分布钢筋可在交接边缘处断开。

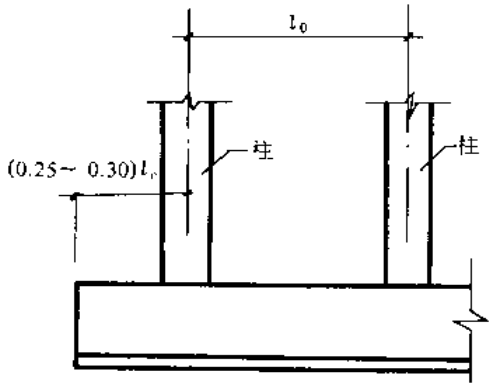


图 12-25　柱列端部肋梁悬挑长度

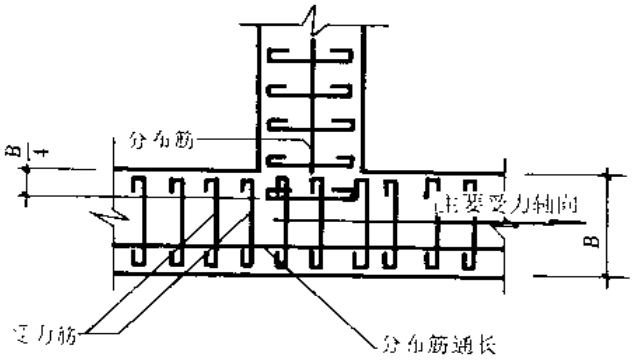


图 12-26　T 形交接处翼板受力钢筋配置构造

(10) 柱下钢筋混凝土条形基础的肋梁受力钢筋直径不应小于10mm，钢箍间距按计算确定。一般在肋梁中段0.4l_0 范围内，钢箍的间距可适当增大，但不应大于400mm，见图12-28。

三、柱与条形基础梁的连接及构造配筋。

(1) 现浇柱与基础梁的平面连接，当柱截面长边 h 小于600mm 且梁宽 b 大于 h 时，其平面连接构造如图12-29a 所示；当 h 等于或大于600mm 且 b 小于或等于 h 时，其连接和构造配筋如图12-29b 所示。

(2) 预制柱与基础梁的平面连接和构造配筋，当柱截面长边 h 大于或等于基础梁宽 b 时，如图12-30所示。

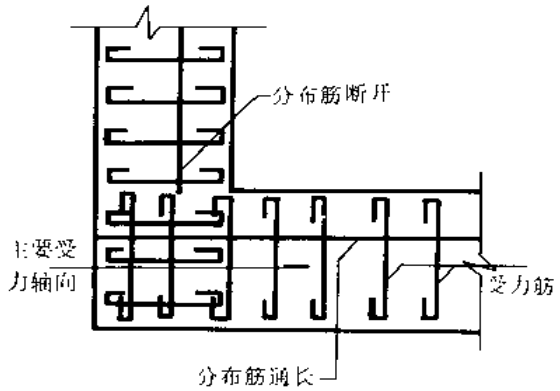


图 12-27　L 形拐角处翼板配筋构造

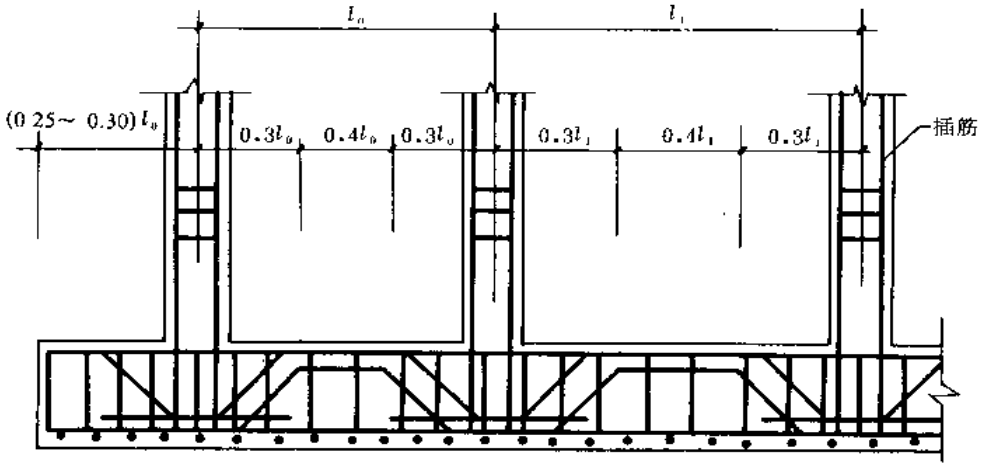


图 12-28　肋梁配筋构造

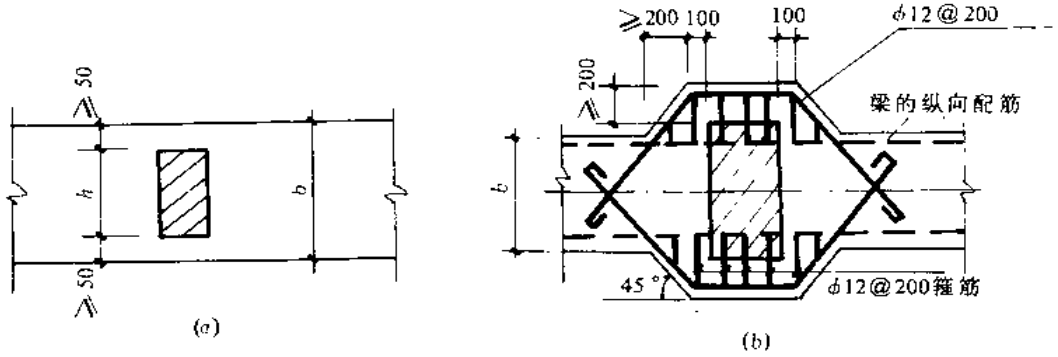


图 12-29　现浇柱与基础梁的平面连接构造配筋

$a-h_c \leqslant 600\text{mm}$ 且 $h_c < b$；　　$b-h_c \geqslant 600\text{mm}$ 且 $h_c \geqslant b$

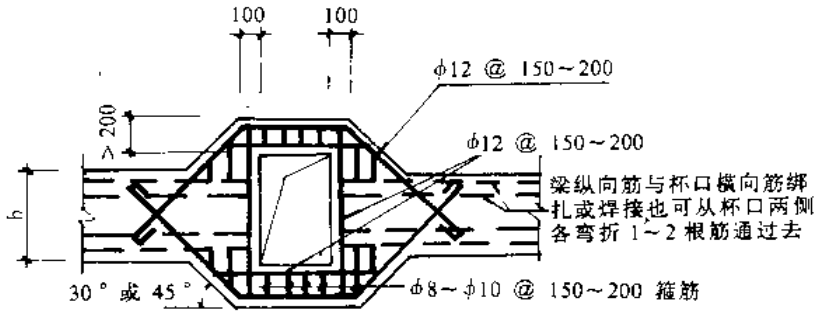


图 12-30　预制柱与基础梁平面连接构造配筋

第九节　满堂红平板式基础

平板式基础多用于地基容许承载力小于或等于90kN/m²的软弱地基土层。

一、墙下平板式基础构造

（1）混凝土标号不应低于C15。

（2）C15混凝土采用Ⅰ级钢筋，C20混凝土采用Ⅱ级钢筋。

（3）平板式基础厚度除按计算确定外，五层以下的多层民用建筑物的基础板厚大于或等于250mm，六层民用建筑物的基础板厚应大于或等于300mm。

（4）板厚小于300mm时，构造要求配置单层钢筋；板厚大于或等于300mm时，配置双层钢筋。

（5）墙厚为240mm时，墙下端每侧应挑出180mm，见图12-31；

墙厚为370mm时，墙下端每侧应挑出120mm，见图12-32。

墙厚为490mm时，墙下端每侧应挑出60mm，见图12-33。

（6）当平板的反格符合双向板时，受力筋应双向配置；当平板反格符合单向板时，可允许在两墙轴线之间的中点处出现裂缝，此时，墙下平板基础可视为两侧悬挑板进行配筋，计算的受力钢筋的一半应按构造要求连续通常配置，其余一半应在悬挑边缘处断开，见图12-34。

（7）构造要求：受力筋不应小于φ14mm，间距为100～200mm；分布筋为φ8～φ10mm，间距为200～300mm。

二、柱下平板式基础构造

（1）柱下平板式基础按无梁楼盖进行配筋。

（2）板厚按剪切计算确定，一般为250～400mm。

（3）当板厚h大于或等于300mm时，配双层筋；板厚h小于300mm时，配单层筋。受力筋直径一般不应小于12mm，间距为100～200mm。分布筋直径一般为8～10mm，间距为200～300mm。

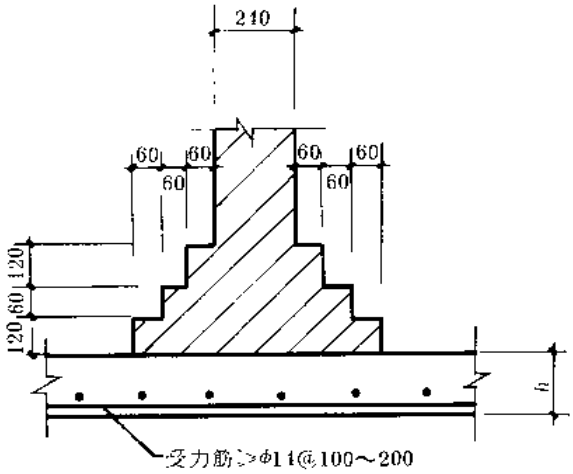


图 12-31　240mm 墙脚构造

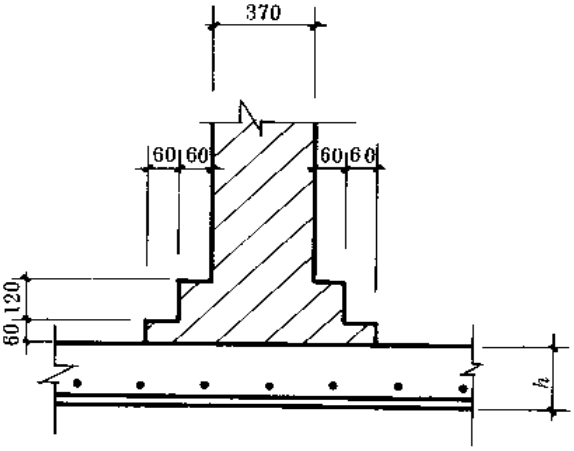


图 12-32　370mm 墙脚构造

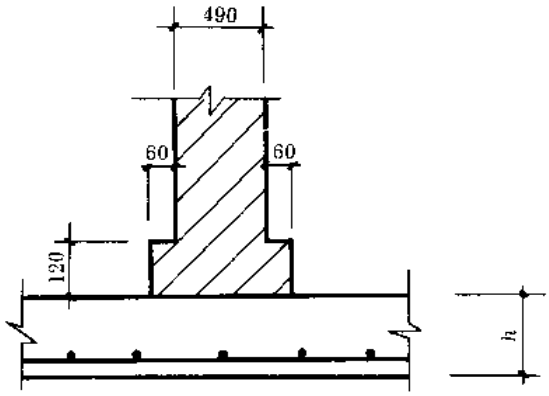


图 12 33　490mm 墙脚构造

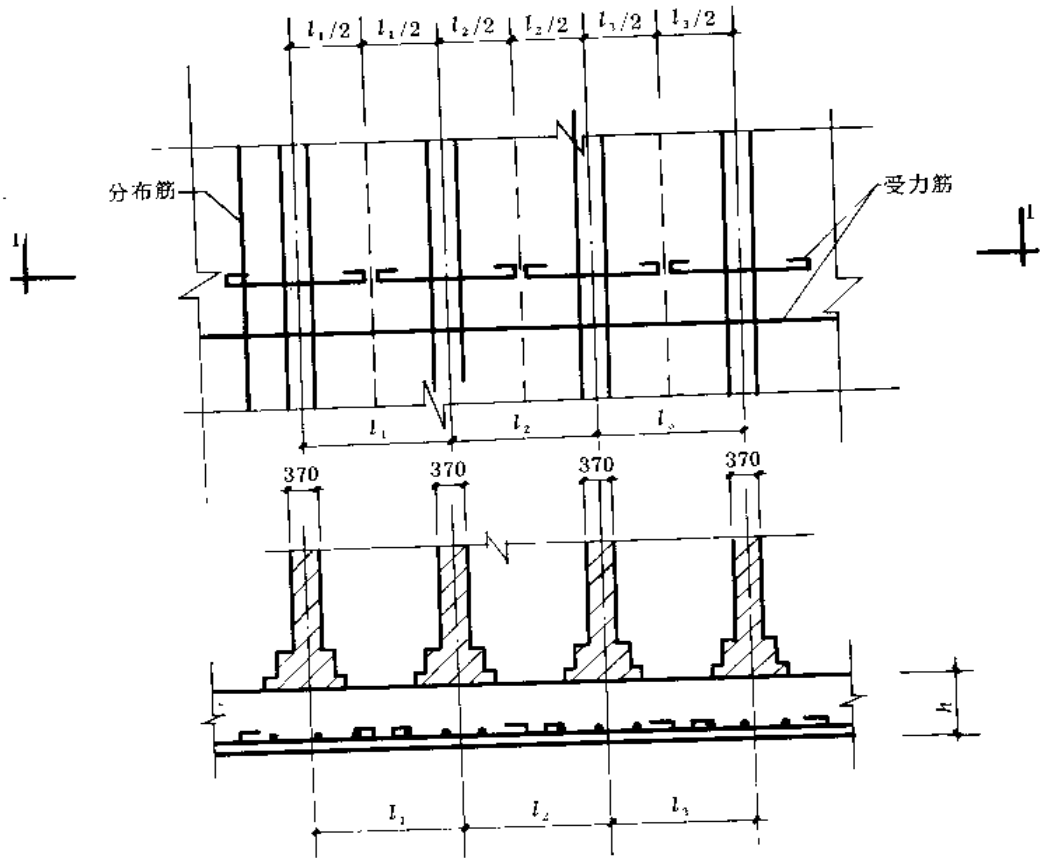


图 12-34　墙下平板基础单向板配筋构造（单层钢筋）

第十节　壳体基础

一、壳体基础的型式及构造

一般常用的壳体基础有正圆锥壳、M 形组合壳、内球外锥组合壳等。

（1）作用在壳体基础上的外荷载，其偏心距不应大于0.25R(R 为壳体半径)。

（2）壳体基础的最小半径 r_1 应符合下列条件：

正圆锥壳　　$r_1 \geqslant 0.40R$

M 形组合壳　　$0.35R \leqslant r_1 \leqslant 0.55R$

内球外锥组合壳　　$0.50R \leqslant r_1 \leqslant 0.65R$

（3）正圆锥壳体基础顶部的杯口构造与预制柱的基础杯口构造相同，其杯口底板厚度不应小于200mm，壳壁倾角 α 一般选用30°～40°，见图12-35a。

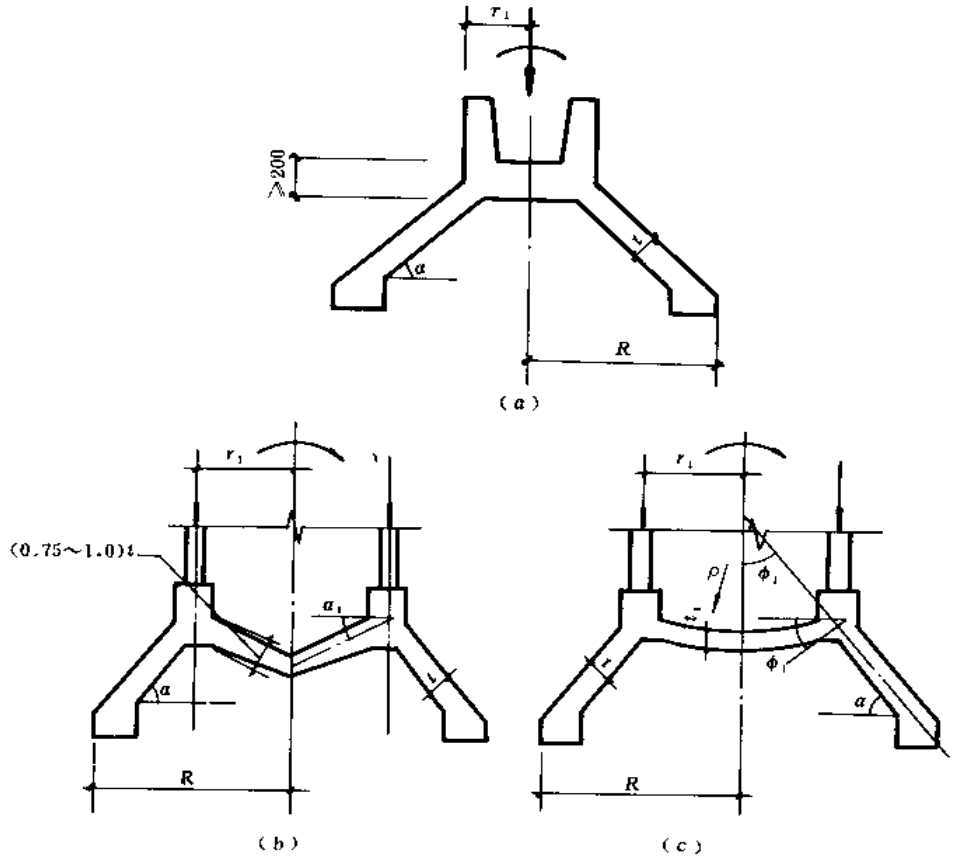


图 12-35　壳体基础结构型式构造

a — 正圆锥壳；b — M 形组合壳；c — 内球外锥组合壳

壳壁厚度 t　　表 12-9

壳体型式	基底水平面的最大净反力 P_{max} (kPa)		
	≤150	150～200	200～250
正圆锥壳	(0.05～0.06) R	$\alpha \geqslant 32°$时 (0.06～0.08) R	
内球外锥组合壳	(0.03～0.05) r_1	(0.05～0.06) r_1	(0.06～0.07) r_1
M 形组合壳	边缘最大厚度等于0.75t～1.0t，中间厚度不小于0.5倍的边缘厚度.		

注：表中正圆锥壳壳壁厚度系按不允许出现裂缝要求制定的。如不能满足此规定时，应根据使用要求进行抗裂度或裂缝宽度验算。

(4) 在组合壳体基础中，M 形组合壳壁倾角 α_1 可采用20°～30°，也可取为 $\alpha_1 \approx \alpha - 10°$，内球外锥组合壳壁倾角 ϕ_1 选用 30° ～ 40° 且 $\phi_1 \geqslant \alpha$，见图 12-35b、图 12-35c。

(5) 组合壳体基础的顶部应设置上环梁，壳壁下端应设置下环梁，即边梁。

二、壳体基础的壳壁厚度

壳体基础的壳壁厚度可按表12-9选用，但不得小于80mm。壳壁与顶部杯壁或上环梁的连接部位应适当加厚，增加的厚度应不小于壳壁厚度的50%。

三、壳体基础下环梁的构造

壳体基础下环梁的边缘高度 h 应大于或等于壳壁厚度 t，底面宽度 b 应等于(1.5～2.5)t，且不小于200mm，截面面积 A_h 应大于或等于 $1.3t.t_b$，见图 12-36。

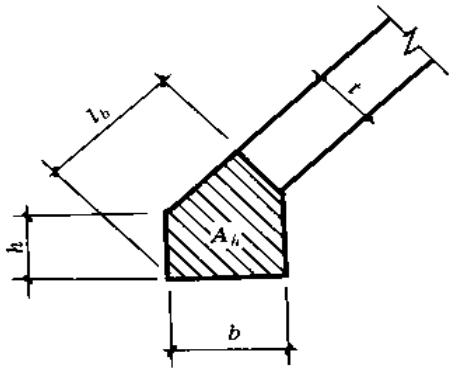


图 12-36　下环梁构造

四、壳体基础的配筋

(1) 正圆锥壳壁的环向钢筋应由计算确定。若为构造配筋时，其配筋率不应小于（0.10～0.15)%。

(2) 正圆锥壳壁的径向钢筋，以及M形组合壳、内球外锥组合壳壁的径向钢筋和环向钢筋一般按构造要求配置，其直径和最大间距可按表12-10选用。壳壁厚度大于或等于150mm的部位和M形组合壳或内球外锥组合壳距边缘不小于 $\frac{r_1}{3}$ 的范围内，均应配置双层构造钢筋。内球外锥组合壳边缘附近的环向钢筋和底层径向钢筋应适当加强，一般采用加大钢筋直径或减小钢筋间距的办法。壳壁厚度小于150mm时，可采用单层配筋。壳体基础的配筋见图12-37。

壳体基础的构造钢筋，mm　　**表 12-10**

配筋部位		壳壁厚度（mm）			
		<100	100～200	200～400	400～600
正圆锥壳径向		φ6@200	φ8@250	φ10@250	φ12@300
M形组合壳	径　向		φ8@200	φ10@200	φ12@250
	环　向		φ8@200	φ10@200	φ12@250
内球外锥组合壳	径　向		φ8@200	φ10@200	
	环　向		φ8@200	φ10@200	

注：1. 径向构造钢筋的上端应伸入杯壁或上环梁内，并满足锚固长度要求。

2. M形组合壳的构造钢筋，应按边缘最大厚度选用。

(3) 壳体基础壳壁的径向钢筋应弯折伸入壳体顶部的杯壁中或上环梁内，并在弯折处应附加一根直径大于径向钢筋的环向加强筋，其直径不应小于12mm，如图12-38所示。杯口底板应配置不少于一层直径为8mm、间距为200mm的钢筋网。

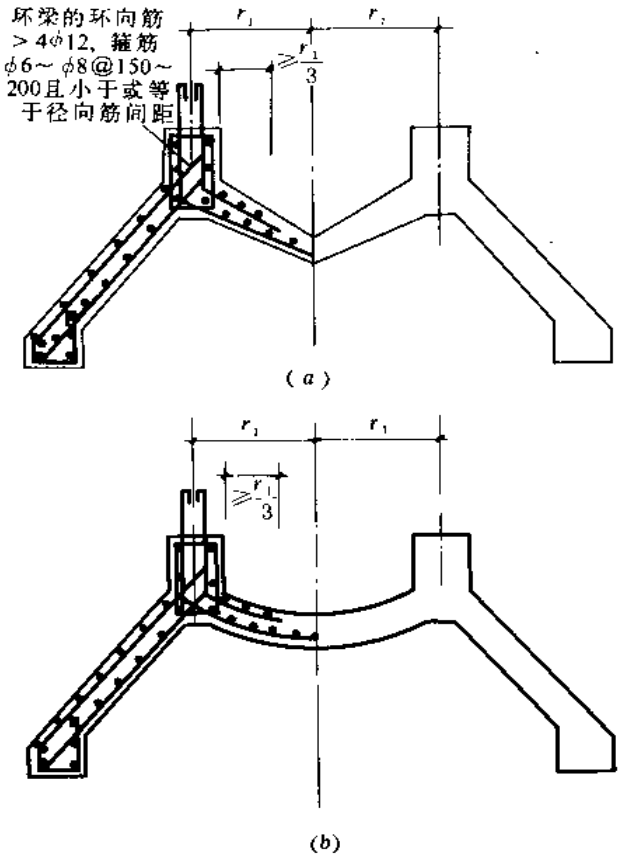


图 12-37　壳体基础的配筋构造

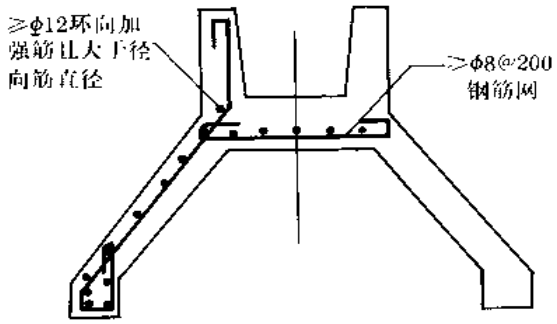


图 12-38　径向钢筋弯折伸入杯壁

径向钢筋应上密下疏配置。当在壳壁上端边缘处过密时，可将 $\frac{1}{3}\sim\frac{1}{2}$ 的径向钢筋在壳壁长度中间处截断，或调整径向钢筋直径。

(4) 壳体基础的上环梁和下端边梁的环向钢筋应按计算确定，构造配筋不应小于4焊12mm；封闭式箍筋的直径为6～8mm，间距为150～200mm且不应大于径向钢筋的间距。

当边梁尺寸较小且壳壁为单层配筋时，可将径向钢筋的下端在边梁内弯折成箍筋型式，不再另配封闭式箍筋。

径向钢筋的间距应按壳壁下端边缘处计算。

(5) 按构造要求，壳壁环向钢筋应配置在径向钢筋之上。

(6) 壳体钢筋的保护层厚度不应小于35mm。

第十一节 桩 基 础

一、一般规定

1. 桩基材料

(1) 桩采用C30混凝土或C35混凝土，最低混凝土强度等级不宜低于C25；爆扩桩桩基承台混凝土强度等级采用不低于C15。

(2) 桩内钢筋采用Ⅱ级钢筋；桩承台的钢筋、钢箍和吊钩采用Ⅰ级钢筋。

(3) 预应力钢筋采用Ⅳ级钢筋。

2. 钢筋的混凝土保护层厚度

钢筋的混凝土保护层厚度除管桩为20mm外，均为35mm，如地下水对混凝土有侵蚀时，增加5～15mm；基础承台的钢筋保护层厚度不宜小于50mm。

3. 桩基承台构造

(1) 桩顶嵌固于基础承台内的长度，一般不应少于50mm，受有水平力时不宜少于100mm；纵向钢筋伸入基础内的锚固长度不宜少于30d(d为钢筋直径)，并且不宜少于500mm。

(2) 基础承台边至桩中心距离应大于或等于桩直径或桩边长，桩边到基础承台边的距离不应小于100mm，也不应小于桩的半径或桩边的一半。

(3)桩基承台的尺寸，除按计算和满足上部结构需要确定外，其厚度一般不少于300mm。

桩基承台的配筋，可按计算确定。对于矩形承台不宜少于ϕ10mm@200mm，并应双向配筋。

二、方形和三角形桩

(1) 桩的截面边长为200～500mm；

(2) 方形桩截面尺寸：

1) 桩长L=5～12m时，其截面尺寸为250×250mm或300×300mm。

2) 12m<L≤24m时，其截面尺寸为400×400mm或450×450mm。

3) 24m<L≤30m时，其截面尺寸为450×450mm或500×500mm。

(3) 桩的布置：

1) 桩的间距应大于或等于3a(a为桩的边长)，或大于或等于3d(d为管桩直径)。

2) 排列基桩时，应尽量使桩群形心与外荷载重心相重合。

3) 桩距大于或等于3d，桩数少于9根的摩擦桩，其承载力为各单桩之和；桩距小于6d时，桩数多于9根的摩擦桩，按假想实体基础计算。

(4) 桩的配筋：

1) 桩的纵向钢筋按计算或运输吊装计算确定。桩的最小配筋率不宜少于0.8%，且也不宜少于4Φ12mm钢筋，三角形桩不宜少于3Φ12mm。

2) 箍筋直径不应小于ϕ8mm，其间距不应大于200mm，也不应小于50mm。在桩顶及桩尖约1m范围内应加密箍筋，其间距为50～100mm，此部分箍筋应焊接成封闭箍筋。

3）沿桩长每2m左右，于纵向钢筋内设置 ϕ8～ϕ12mm 加劲箍筋一个，见图12-39。

4）桩的纵向受力钢筋接头，应采用闪光接触焊接，不宜采用绑扎。桩的纵向受力钢筋的接头面积，在同一截面处不得超过钢筋总面积的25%，接头应错开35d或500mm以上。

三、预应力混凝土管桩

（1）管桩直径为400～500mm，壁厚为80～120mm。

（2）管桩的布置间距应大于或等于3d（d为管桩外径）。

（3）管桩的配筋应符合下列要求：

1）管桩的预应力钢筋应按计算确定。横向构造螺旋箍筋在桩身中部的配置应不少于ϕ5mm@80mm，配筋率不少于0.3%；在桩顶及桩尖1m范围内，横向螺旋箍筋应不少于ϕ5mm@50mm，配筋率不少于0.5%。

2）在桩顶约1m范围内灌入的混凝土强度等级不应低于C25，并在混凝土内埋设不少于4Φ16mm钢筋，钢筋伸入基础内锚固长度为30d，桩顶埋入基础承台内应为100mm，见图12-40。

四、桩顶和桩尖构造

（1）桩顶直接承受锤击，必须配置二层或四层钢筋网以增强桩顶强度，钢筋网的钢筋直径不应小于6mm，其网孔为50～70mm，钢筋必须焊接，钢筋网之间的距离为50mm。桩顶第一层钢筋网应向下弯150～250mm，如图12-41所示。

（2）预应力混凝土管桩的桩顶应设置3～6mm厚、200mm高的钢板箍以保护桩顶。

（3）方形桩和三角形桩的桩尖应设置Φ20～Φ30mm钢筋芯棒，并与桩内纵向钢筋互焊，芯棒长不宜小于700mm，应露出桩尖外30mm；桩尖锥体部分要求配置ϕ5～ϕ6mm螺旋箍筋，其间距应为50mm，见图12-42。

五、接桩构造

设计要求长桩，由于生产和运输条件以及打桩设备高度所限不能生产长桩时，必须接桩。接桩必须保证传力可靠，构造简单和施工方便。接桩一般采用以下几种方法：

（1）方形桩和三角形桩：在上桩下端和下桩顶端预埋钢板或角钢，再用钢板或角钢连接，连接焊缝长度不应少于250mm，焊缝高度不应小于8mm，见图12-43。

（2）桩内预埋的钢板或角钢应与桩内纵向钢筋互焊，焊缝长度不应小于140mm，焊缝高度不应小于6mm，见图12-43a、b。

（3）三角形桩的接桩构造见图12-39。

（4）对于方形桩，也可采用硫磺泥浆接桩。这种接桩构造简单，操作方便，安全可靠。其具体做法：在下桩顶端预留4个ϕ56mm螺旋状锚筋孔，其孔径不宜小于锚筋直径的2.5倍，孔深比锚筋长30～50mm；在上桩底端预埋4个Φ16～Φ22mm锚筋，锚筋伸入孔内长度不少于15d，锚筋埋入上桩内的长度不少于30d。为了使下桩顶不被锤击坏，所以在下桩的顶部配置钢帽或轻型钢帽，桩顶的锚筋孔就不易打坏。

接桩的施工方法是将下桩打入地下后，吊起上桩，垂直对准下桩，使锚筋插入下桩预留孔内，保持上桩与下桩接触端的间距250mm；然后浇注硫磺胶泥浆，先孔内后面层，厚度为10～20mm；缓慢放下上桩，使上下桩胶接，待其冷凝后，即可继续打桩。锚筋连接及硫磺胶泥浆锚筋连接桩节点的构造见图12-44、图12-45。

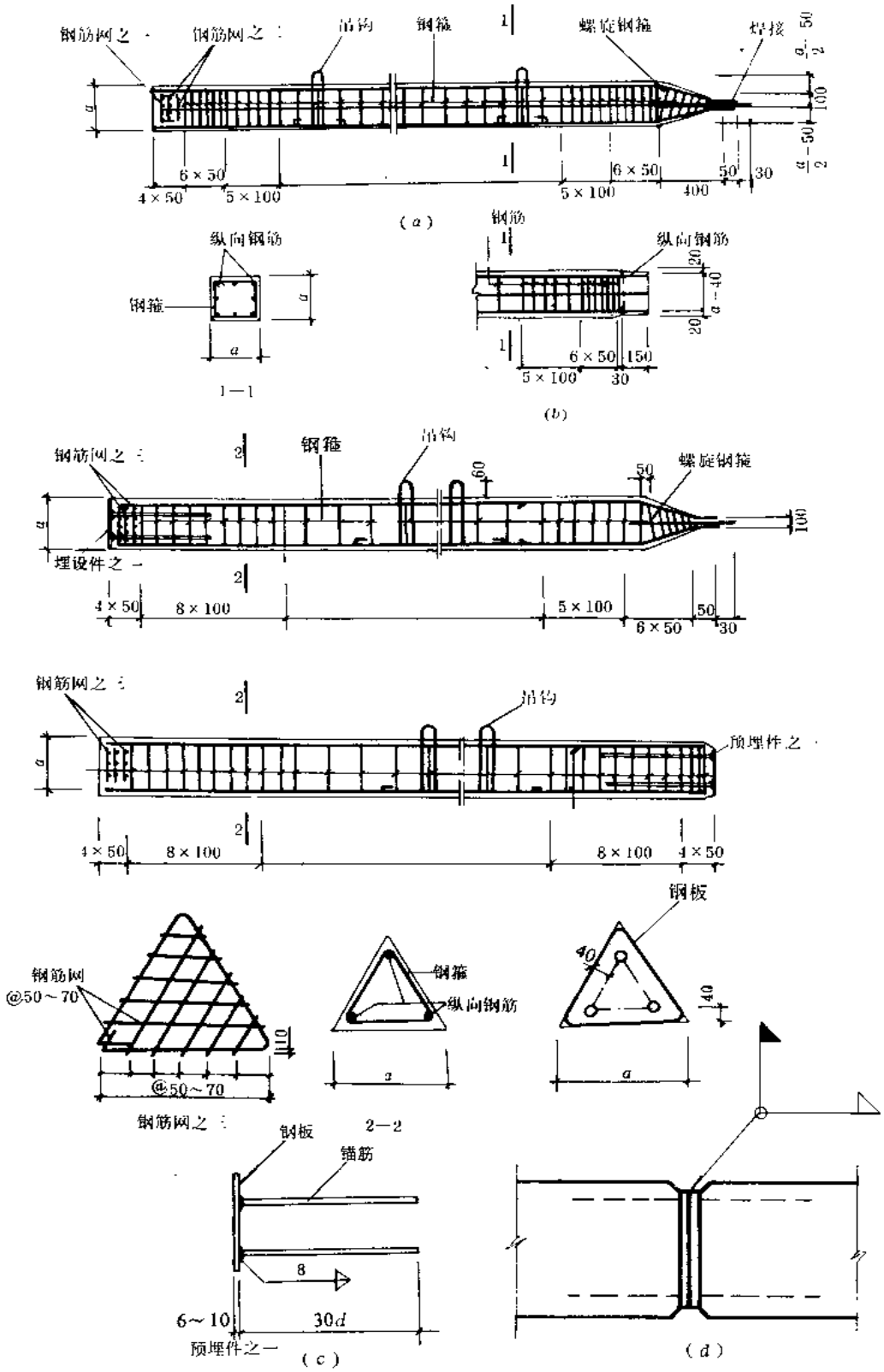


图 12-39　桩的配筋

a — 方形桩；　b — 方形桩接桩端；　c — 三角形桩；　d — 三角形桩接桩

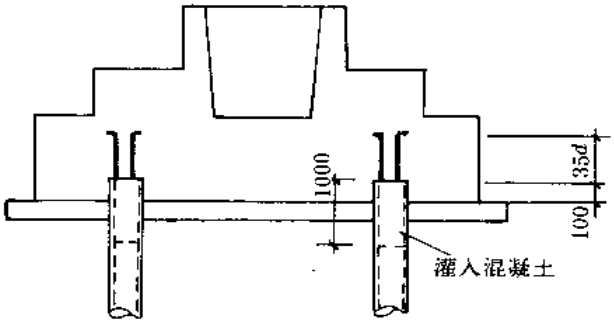


图 12-40　管桩与基础连接

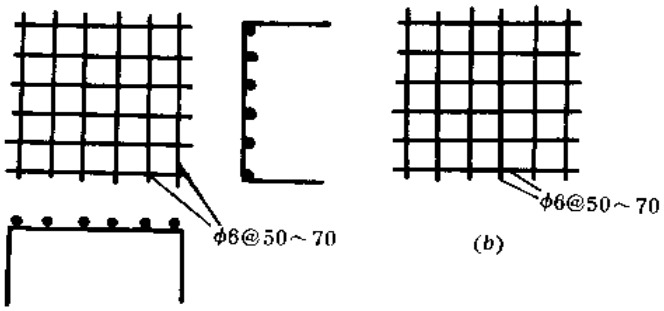


图 12-41　桩顶钢筋网

a — 第一层钢筋网；　*b* — 其他层钢筋网

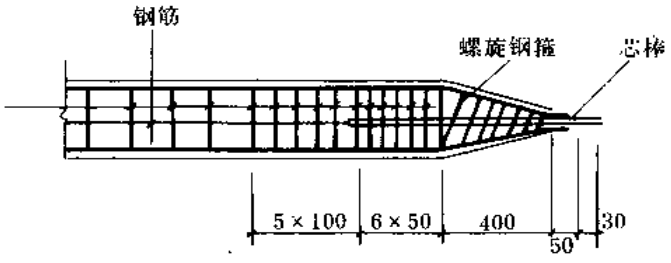


图 12-42　桩尖构造

(5) 管桩接桩一般多采用钢制法兰盘接桩，见图12-46。这种接桩方法操作虽方便，但构造复杂，用钢材较多。接桩外露法兰盘等金属构件应涂油漆或沥青防腐。打桩接桩的具体构造见图12-47。

(6) 管桩的桩帽构造见图12-48，桩帽用法兰盘与桩连接。

六、爆扩桩

(1) 爆扩桩的截面直径 d 不宜小于250mm，扩大端直径 D 为 (2.5～3.5) d，桩身长2.5～7.0m，桩与桩的中心距离 S 为 (1.5～1.8) D 。

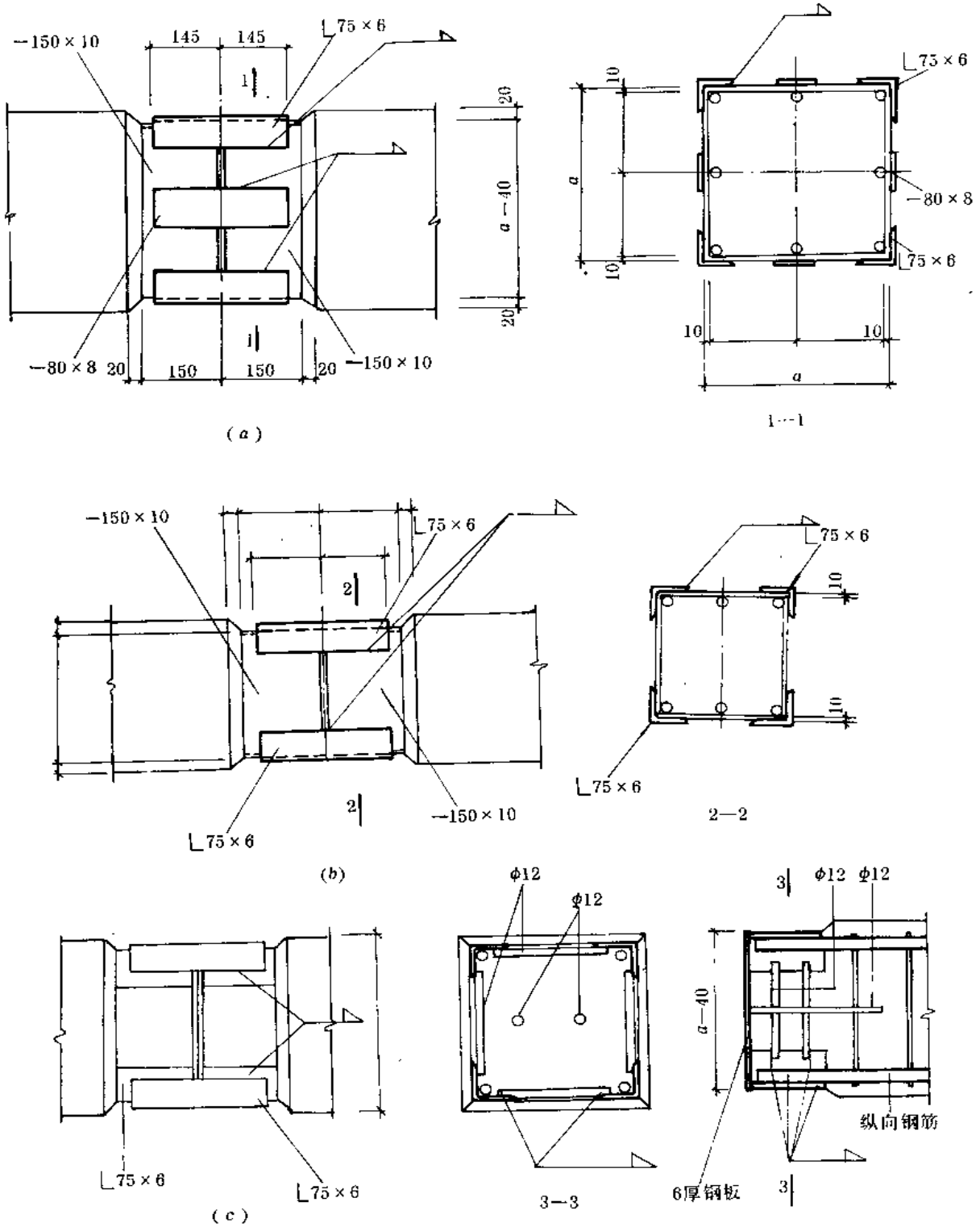


图 12-43　接桩构造

a — 方桩接桩之一；*b* — 方桩接桩之二；*c* — 方桩接桩之三

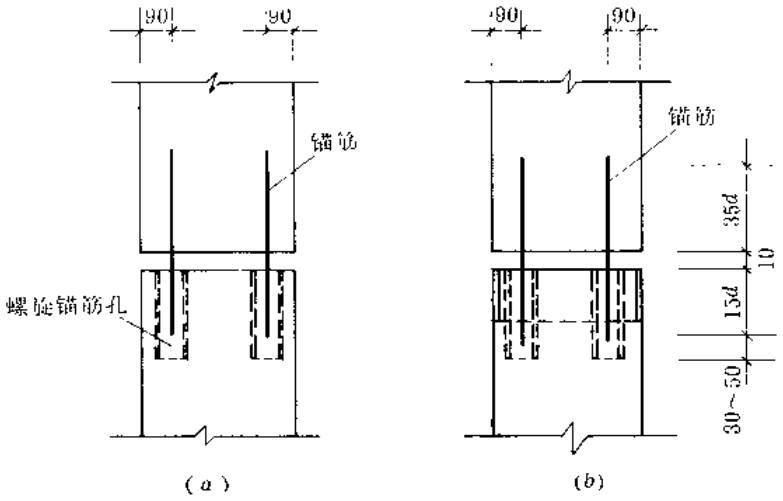


图 12-44 锚筋连接

a — 无钢帽锚筋连接；b — 设钢帽锚筋连接

(2) 桩的纵向钢筋，除计算要求外，不得少于4Φ12mm，箍筋采用 ϕ8mm@250mm。

(3) 桩顶嵌入基础承台内的长度不应小于50mm，当桩承受水平力时，则不宜小于100mm。桩内主筋埋入基础承台内的锚固长度不宜小于30d，并且不宜小于500mm。

七、灌注桩

1. 一般规定

(1) 桩长与设计桩径比 L/d 应符合表12-11的要求。

(2) 桩的最小中心距 S 按表12-12规定采用。

(3) 排列基桩时，应尽量使桩群形心与外荷载重心重合，并应使桩基在水平力和弯矩较大方向有较大的抵抗矩。

(4) 桩尖进入硬持力层的深度：对于粘性土和砂土，不宜小于2～3倍桩径；对于碎石类土不宜小于1～2倍桩径。当存在有软下卧层时，桩基以下硬持力层厚度一般不宜小于5倍桩径。穿越软弱土层支承于倾斜基岩上的端承桩，当强风化岩层厚度小于2倍桩径时，桩端应嵌入微风化或未风化基岩层，其嵌入深度不小于500mm。

2. 灌注桩构造

(1) 桩身混凝土强度等级不应低于C15，水下灌注混凝土时，不应低于C20。

(2) 对于受水平力的桩，其桩身配筋不宜小于6ϕ12mm；对于轴向承压或抗拔桩，其桩身配筋不宜少于4ϕ12mm；纵向主筋应沿桩身周边均匀布置，并尽量减少钢筋接头；水下灌注混凝土桩宜采用光圆钢筋。

桩的长径比 L/d **表 12-11**

桩型	穿越一般粘土、砂土	穿越淤泥、自重湿陷性黄土
端承桩	≤60	≤1
摩擦桩	不限	不限

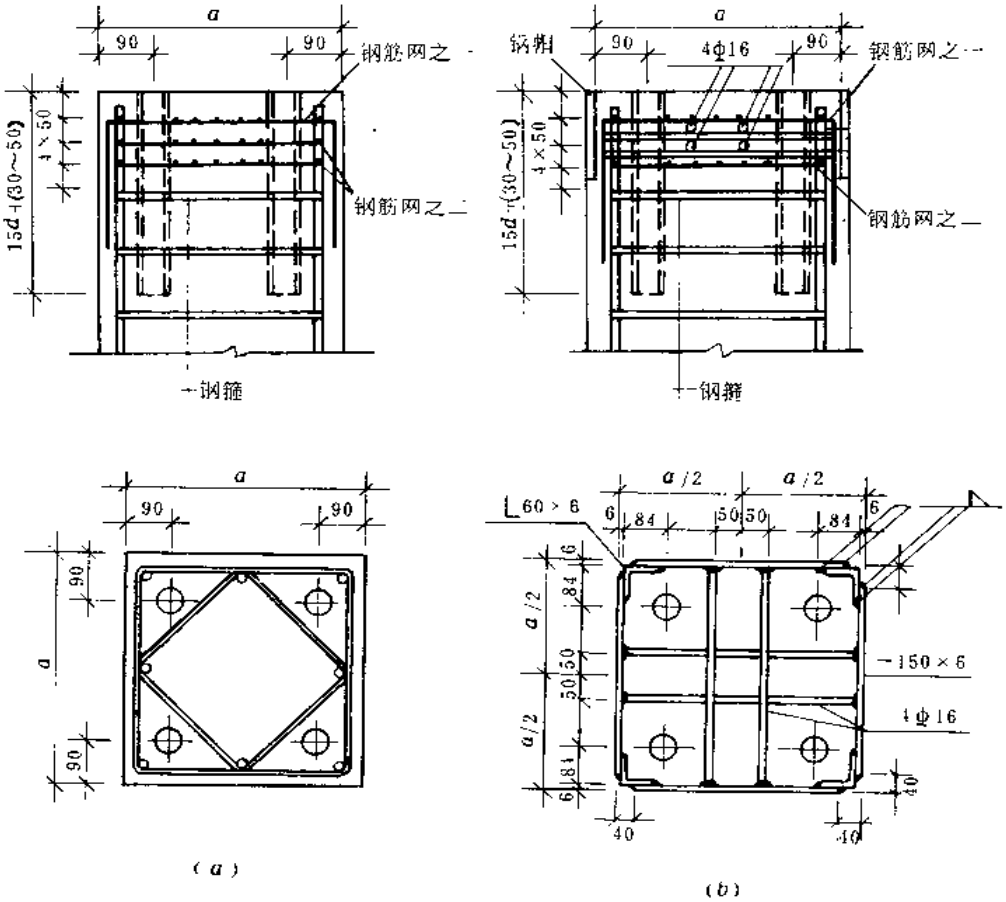


图 12-45　硫磺胶泥浆锚筋连接桩节点构造

a — 无钢帽桩顶构造；b — 设钢帽桩顶构造

桩的最小中心距 S　　表 12-12

成孔工艺		一般情况	排列超过2排、桩数超过9根的摩擦桩基础
钻、挖、冲孔灌注桩		2.5d	3.0d
钻孔扩底灌注桩		2.0D	
沉管灌注桩	穿越非饱和土	3.0d	3.5d
	穿越饱和土	3.5d	4.0d

注：d 为桩身设计直径；D 为扩大端设计直径。

（3）箍筋采用 ϕ6 ～ ϕ8mm@200～300mm，宜采用螺旋或焊接环式箍筋；桩顶承受水平力时，应在桩顶加密配置箍筋，其间距宜为100mm；当钢筋笼超过4m 时，为加强其刚度和整体性，可每隔2m 左右设置一道焊接加劲箍筋，其直径不应小于 ϕ10mm。

（4）主筋的混凝土保护层厚度不应小于30mm，水下灌注混凝土桩或地下水对混凝土有侵蚀时，其保护层厚度不应小于50mm。

3. 灌注桩桩身配筋的确定

桩身配筋应根据外力的性质与大小，以及工程地质等条件确定。

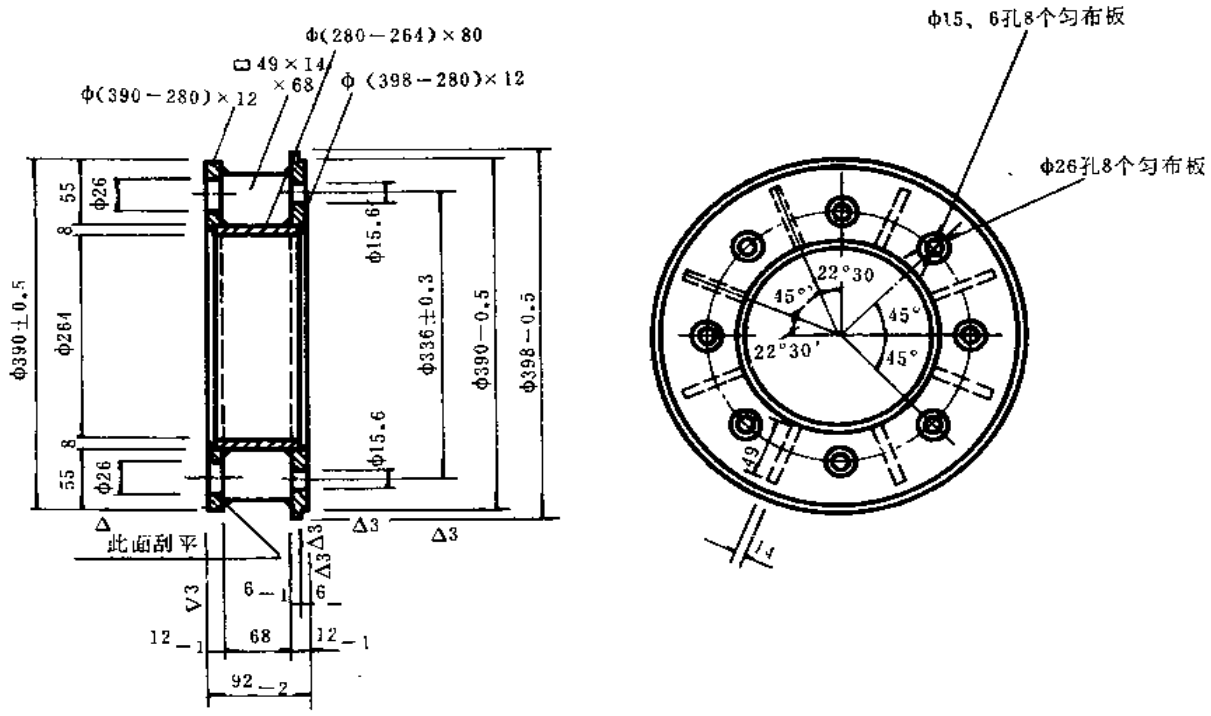


图 12-46　接桩法兰盘

（1）受水平力的桩：

1）当单桩桩顶水平力满足下列公式时，桩身可不配抗弯钢筋。对于高大和较重要的建筑物，宜配置桩顶连接构造钢筋，伸入桩身3～5d。

$$H_1 \leqslant \beta d^2 \sqrt{1.5d^2 + 0.5d}\left(1 + \frac{0.9N_1}{\gamma f_t A}\right)$$

式中　H_1——单桩桩顶水平力（kN）；

β——综合系数按表，按表12-13采用；

d——桩身设计直径（钻头或沉管直径，下同）（m）；

N_1——单桩桩顶轴向压力（kN）；

f_t——混凝土的抗拉强度设计值；

γ——桩身截面抵抗矩的塑性系数，对于圆截面，$\gamma=2$；

A——桩身截面积（m^2），按设计桩径计算。

2）当单桩桩顶水平力不满足上述公式时，应按计算配筋。对于受水平力的一般建筑物和受水平力较小（如基本地震烈度七度和七度以下的水平地震力，下同）的高大建筑物的低桩台桩基，当桩的设计直径为300～600mm 时，可按配筋率为0.4～0.65%（小桩径取高值，大桩径取低值）配筋。

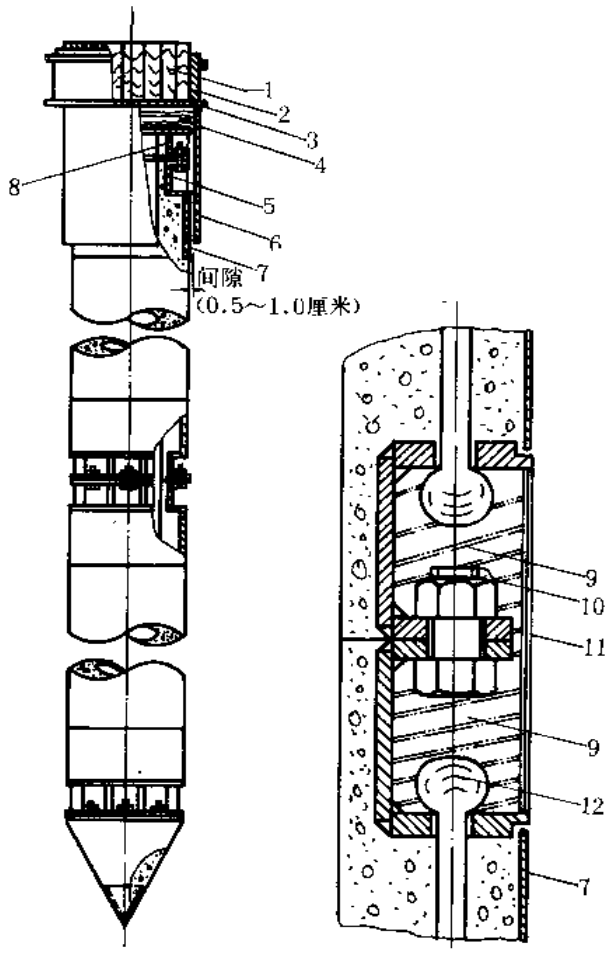


图 12-47　打桩接桩构造

1—木块(竖纹)；2—钢围箍；3—钢平板；4—软衬垫(要求平均厚度在10cm以上)；5—桩头法兰盘；6—钢围箍（可圆、可方)；7—桩头套箍；8—工具法兰盘（上、下平)；9—防蚀填料（填满)；10—螺母电焊锁定；11—表面包裹；12—钢筋墩粗头（原涂环氧树脂，后涂其他涂料)

综合系数 β　　**表 12-13**

上部土层的类别 〔承台下 $2(d+1)$ m 深度范围内〕	桩身混凝土强度等级	
	C15	C20
淤泥，淤泥质土，饱和湿陷性黄土	2.5～2.9	3.1～3.5
流塑、软塑状一般粘性土、松散粉细砂，松散填土	2.9～3.5	3.5～4.1
可塑状一般粘性土，湿陷性黄土，稍密砂土，稍密、中密填土	3.5～4.2	4.1～5.0
硬塑、坚硬状一般粘性土，湿陷性黄土，中密中粗砂，密实老填土	4.2～5.1	5.0～6.2
中密、密实砾砂，碎石类土	5.1～6.4	6.2～7.7

注：当桩基受长期或经常出现的水平荷载时，则按表中土层类别降低一类取值。

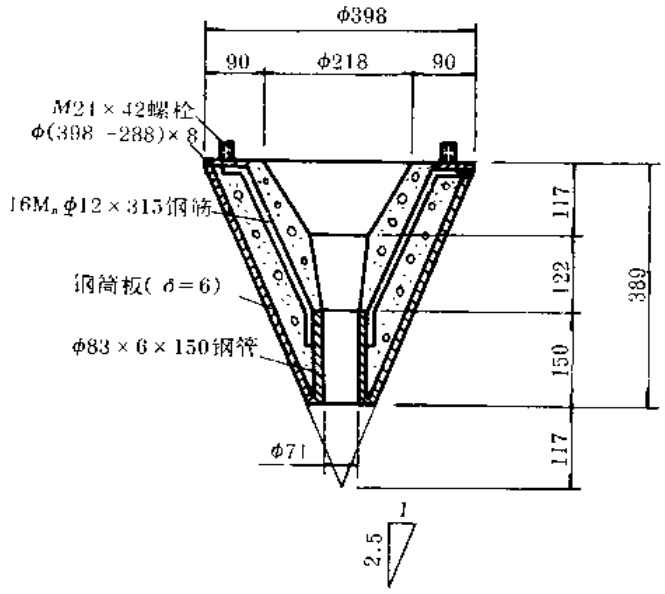


图 12-48 桩帽构造

(2) 轴向受压桩：当单桩桩顶轴向压力满足下列公式时，可不配抗压钢筋。

$$N_1 \leqslant 4.8 f_c d^2$$

式中 f_c ——混凝土的轴心抗压强度设计值 (kN/m²)；

d ——桩身设计直径 (m)。

端承桩的抗压钢筋，应沿桩身通长配置。

(3) 抗拔桩：专用抗拔桩一般应通长配筋。因地震力，冻胀或膨胀力作用而受拔力的桩，按计算配通长或局部长度的抗拉钢筋。

(4) 桩身混凝土、钢筋的混凝土保护层厚度：

1) 混凝土强度等级不应低于 C15，水下灌注混凝土时，不应低于 C20。

2) 桩身配筋时，对于受水平力的桩，主筋不宜少于6φ12mm；对于轴向承压或抗拔桩，主筋不宜少于4φ12mm。纵向主筋应沿桩身周边均匀布置，并尽量减少钢筋接头。水下灌注混凝土桩宜采用光圆钢筋。

3) 箍筋应采用 φ6 ～ φ8mm@200～300mm，宜采用螺旋或焊接环式箍筋。抗水平力桩的桩顶箍筋应适当加密。当钢筋笼长度超过4m 时，为加强其刚度和整体性，可每隔2m 左右设一道焊接加劲箍筋。

4) 主筋的混凝土保护层厚度不应小于30mm，水下灌注或受侵蚀的混凝土桩，保护层厚度不应小于50mm。

4. 桩承台的形式与基本尺寸

(1) 独立桩桩基和满堂桩基的承台，根据上部结构要求和布桩形式，可采用三角形、矩形、多边形、圆形和环形的现浇承台；其尺寸应根据上部结构要求和计算确定，但其厚度不应小于300mm，周边与边桩的净距不宜小于0.5倍桩径。

(2) 条形基础的承台，可根据受力情况、地质条件和施工条件，采用如下形式和构造：

1) 现浇连续承台梁，其构造见图12-49。

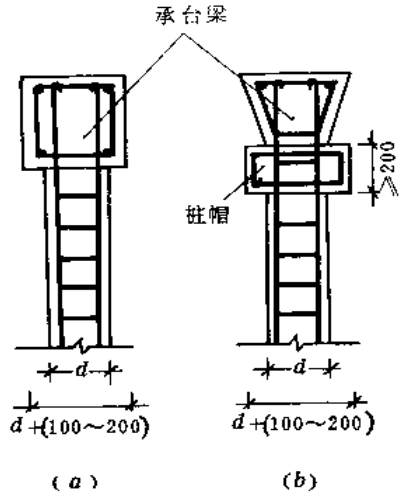


图 12-49　现浇连续承台梁

2）现浇桩帽与预制梁相结合的承台梁，其构造见图12-50。当用于抗震或其他受水平力较大的桩基时，须加强桩与预制梁的连接，为节省钢材，预制承台梁宜作成预应力连续梁，见图12-50*a*；1 ～ 3 层砖混结构房屋可采用钢筋砖过梁，见图 12-50*c*。

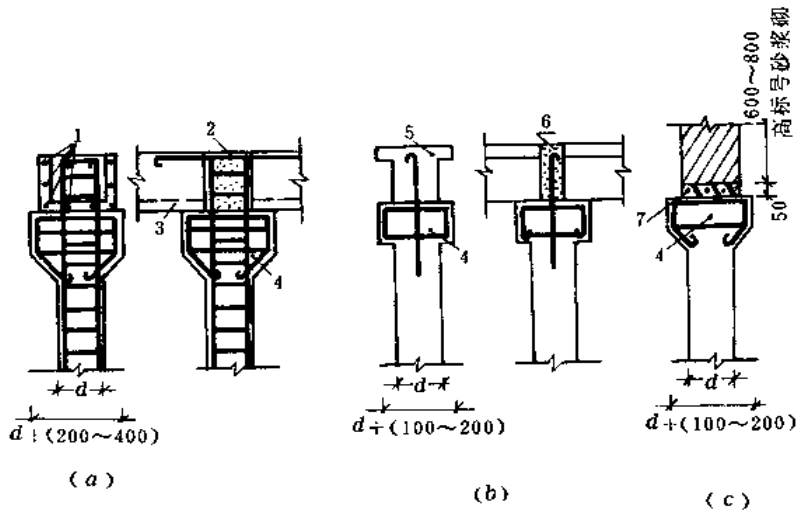


图 12-50　现浇预制组合承台梁

1—预应力钢丝；2—负弯钢筋；3—预制预应力槽形梁；4—桩帽；
5—预制承台梁；6—细石混凝土；7—预制或现浇块

5. 承台混凝土与配筋

（1）混凝强度等级宜采用 C15～C20。

（2）对于非预应力绑扎骨架钢筋混凝土承台梁，纵向钢筋不宜小于 ϕ10mm，箍筋不小于 ϕ6mm@200～300mm，板式承台双向配筋不宜小于 ϕ10mm@200mm。

（3）承台钢筋的混凝土保护层厚度，一般不小于50mm，当有混凝土垫层时，可减至

30mm。

6. 桩顶与承台的连接

(1) 桩顶嵌入承台的长度，一般不应小于50mm。

(2) 当桩身配筋时，主筋伸入承台内的锚固长度不应小于30d(d 为钢筋直径)。

当桩顶构造符合上述要求时，除单桩基础和垂直于外力作用平面的单排桩基础外，可按桩顶为固接进行计算。

7. 抗震桩基的承台拉梁

属于下列情况之一的抗震桩基，应设置承台拉梁：

(1) 上部土层属可液化土层或土质很不均匀的地基上的框架柱独立桩基。

(2) 多层框架柱采用独立的单桩或双桩基础。

(3) 上部上层属可液化上层的排架结构柱独立桩基。

对于上述前两种情况，应设置纵横向拉梁；对于后一种情况，应沿厂房纵向设置拉梁，当有承重墙梁时，可将承重墙梁与承台连接，兼起拉梁作用。

(4) 承台拉梁截面按 $\frac{L}{h}\geqslant 10\sim 15$ 确定。承受拉力钢筋按0.1N(N 为柱最大轴向压力)配置。截面宽度宜取 $\left(\frac{1}{2}\sim\frac{1}{2.5}\right)h$，但不应小于200mm。

8. 桩承台的防冻措施

为消除或减少冻胀对桩承台的危害，可采取以下处理措施：

(1) 在冻深较大（标准冻深大于1m）地区，当承台下为弱冻胀性土时，承台下应填填粗砂、中砂、炉渣等松散材料，厚度不宜小于300mm，当承台下为强冻胀性土时，承台下应预留100～150mm 空隙；或换填粗砂、中砂、炉渣等松散材料、并预留100～150mm 的空隙。承台四周应填以粗砂、中砂、炉渣等松散材料，或在承台侧表面涂沥青，包油毡作隔离层。处理构造见图12-51。

(2) 在冻深较小（标准冻深等于或小于1m）地区，承台底位于冻深线以上时，承台下宜换填粗砂、中砂、炉渣等松散材料，其厚度一般不小于100mmm。

(3) 对于膨胀土地基，可根据土的膨胀性、胀缩等级，采用上述类似措施进行承台的防膨胀处理。

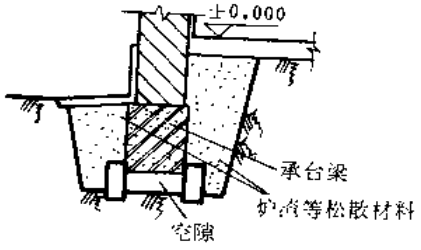


图 12-51 承台防冻胀处理

第十三章　钢筋混凝土厂房结构的抗震构造

第一节　单层钢筋混凝土柱厂房

一、防震缝的设置

合理地设置防震缝是节约建筑材料，保证结构安全的重要构造措施之一。因此，当厂房的平立面布置复杂或结构的相邻部分的侧向刚度或高度相差很大时，例如厂房侧边贴建变电所仪表车间及厂房纵横跨相交处（图13-1），宜用防震缝将相邻部分分开，使其成为若干个体形简单、结构刚度较均匀的独立单元。

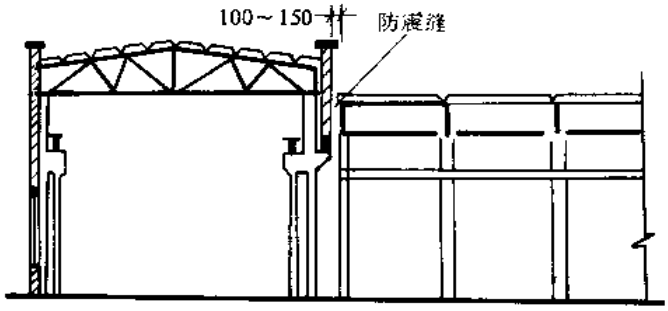


图 13-1　纵横跨相交处防震缝的设置

防震缝应沿厂房全高设置，其两侧应布置墙或柱。基础处可不设防震缝。

防震缝的宽度根据厂房高度、设防烈度和场地类别面定，一般取50～90mm，在厂房纵横跨相交处，一般取100～150mm。

当厂房设有沉降缝与伸缩缝时，这些缝应符合防震缝的要求。设防烈度为8度和9度时，一般不宜采用单柱伸缩缝。

二、屋盖系统的抗震构造

钢筋混凝土结构的屋盖形式较多，本章仅介绍以槽瓦为板材的有檩屋盖和以1.5×6.0m 屋面板为板材的无檩屋盖的抗震构造措施。

1. 有檩屋盖

（1）檩条应与屋架（屋面梁）焊牢，并应有足够的支承长度，一般不应小于80mm。

（2）槽瓦与檩条的锚拉，脊檩间的锚拉，端部盖瓦与檩条的锚 拉，盖瓦拉结，端部盖瓦锚拉及檩条与卧梁的连接见图13-2。双脊檩应在跨度三分之一处相互拉结。

（3）有檩屋盖的支撑宜按下列规定布置，见图13-3：

1）屋架上弦横向支撑：设防烈度为6、7度时，厂房单元两端第一柱间各设一道；8度和9度时，在厂房单元两端第一开间，以及当厂房单元长度大于66m（8度）或42m（9度）时，在设有柱间支撑的开间各设一道；天窗开洞范围的两端各增设局部的支撑一道。

2）屋架下弦横向支撑：设防烈度为6、7度和8度时，同非抗震设计；9度时，在厂房单元两端的第一开间，以及厂房单元长度大于42m 时，在设有柱间支撑的开间各设一道。

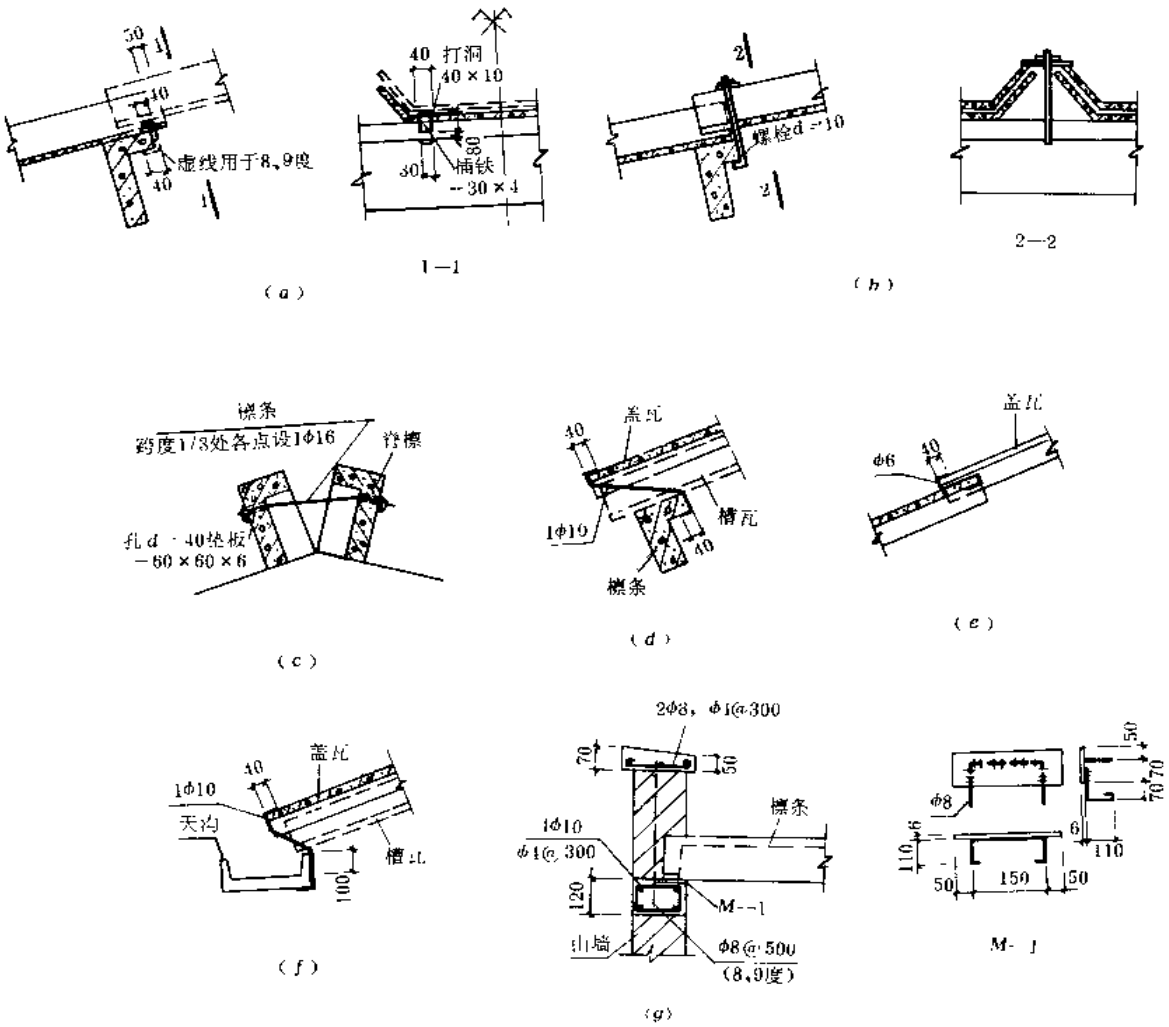


图 13-2　屋面构件间的锚拉

a 槽瓦与檩条锚拉，用于6、7、8度；*b*—槽瓦与檩条锚拉，用于9度；*c*—脊檩间的锚拉；*d*—端部盖瓦与檩条锚拉；*e*—盖瓦拉结；*f*—端部盖瓦与天沟锚拉；*g*—檩条与卧梁的连接

3）屋架跨中和端部竖向支撑：跨中竖向支撑，当设防烈度为6、7度和8度时，同非抗震设计；9度时，在上弦横向支撑的相应位置设置。端部竖向支撑，当屋架端部高度大于900mm时，厂房单元端开间及柱间支撑开间各设一道。

4）天窗架上弦横向支撑：设防烈度为6、7度时，在厂房单元天窗两端的第一开间各设一道；8度时，在厂房单元天窗两端第一开间以及每隔30m各设一道；9度时，在厂房单元天窗两端的第一开间以及每隔18m各设一道。

5）天窗架两侧垂直支撑：设防烈度为6、7度时，在厂房单元天窗两端的第一开间及每隔36m各设一道；8度时，在厂房单元天窗两端的第一开间及每隔30m各设一道；9度时，在厂房单元天窗两端的第一开间及每隔18m各设一道。

2. 无檩屋盖

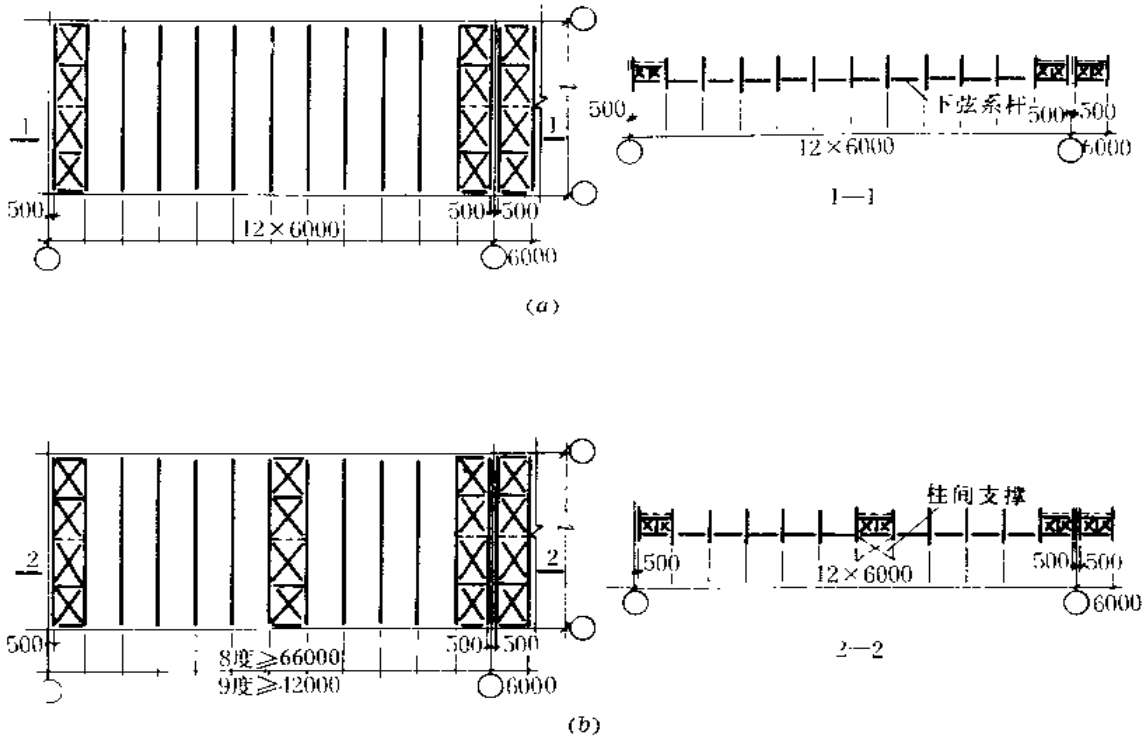


图 13-3　上弦横向支撑、竖向支撑的布置

a — 设防烈度为 6、7 度时；b — 设防烈度为 8、9 度时

当跨度 l 小于 18m 时，下弦水平系杆可不设置

(1)屋面板端部应配置抵抗地震力所产生水平拉力的钢筋。该钢筋可作为屋面板端部预埋件的锚固筋，对于1.5×6.0m 屋面板，该钢筋可采用图13-4所示的形式。

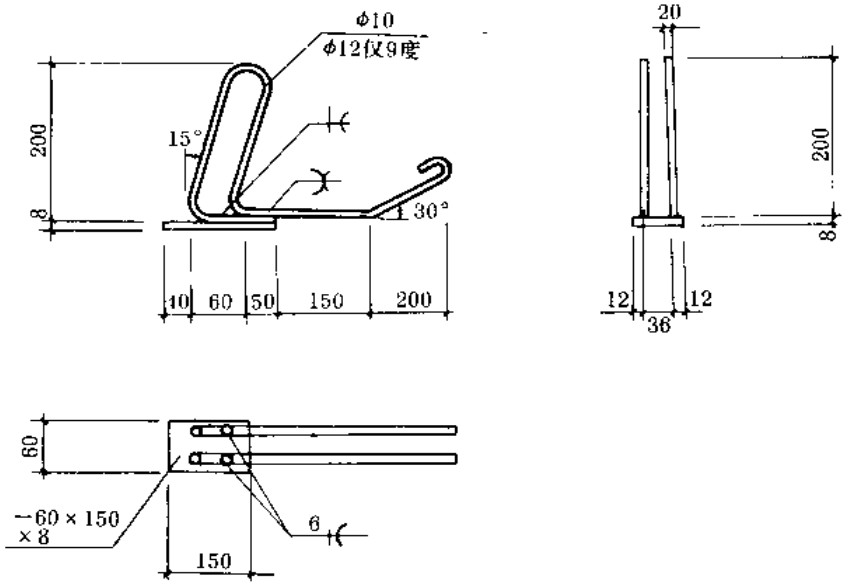


图 13-4　屋面板端部预埋件

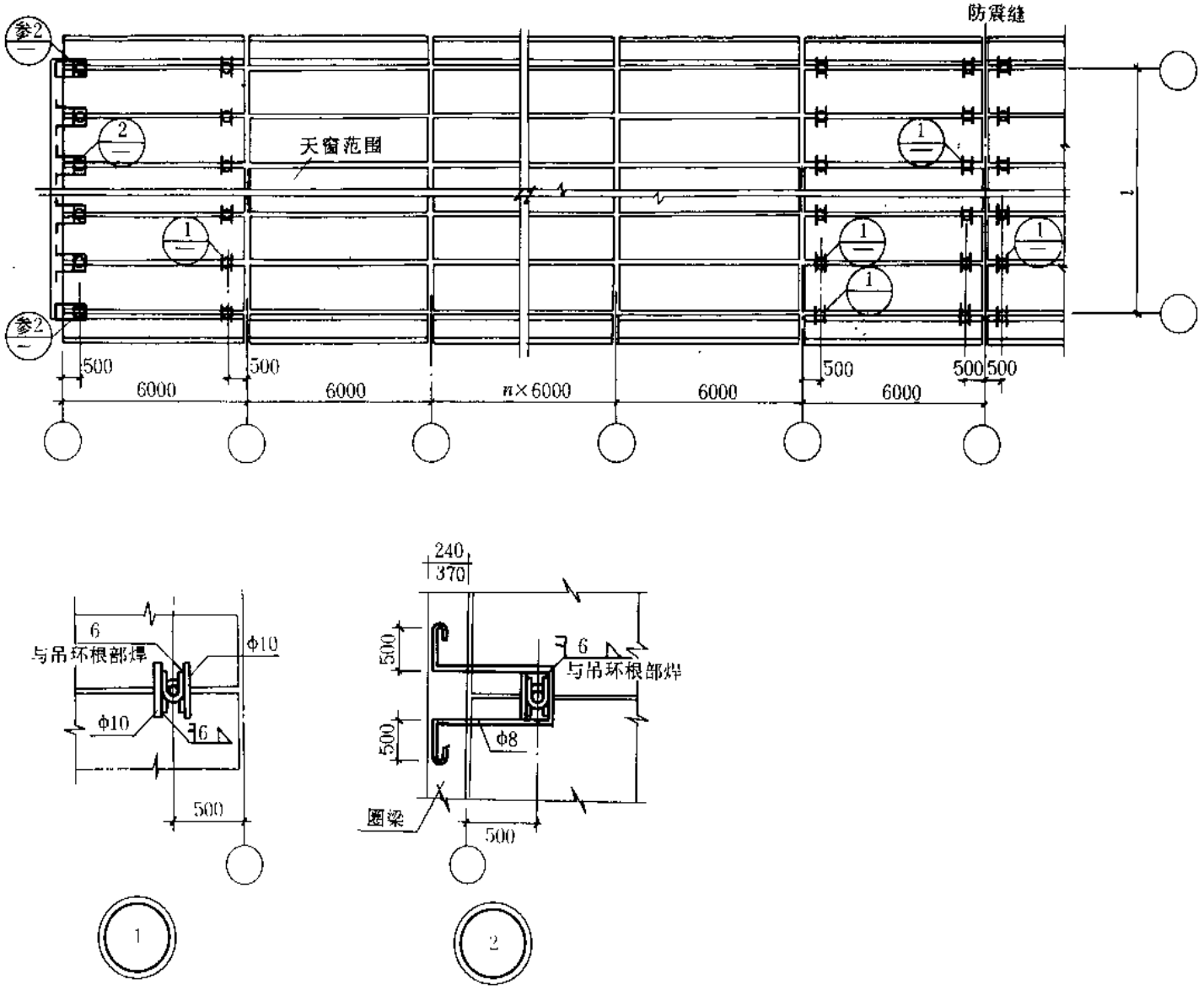


图 13-5　6、7度板面拉结

（2）应严格保证每块屋面板与屋架（梁）有三点焊。1.5×6.0m 的屋面板与屋架焊接的焊缝长度不应小于80mm，焊缝高度不应小于5mm，并按受力焊缝施焊。

（3）为提高屋盖的整体性。加强屋面板之间的连接，除满足非抗震设计的要求外，还要采取下列措施：

设防烈度为6、7度时，有天窗厂房的端开间的屋面板的吊环 打弯并加钢筋绑条，使之相互焊接，见图13-5；8度时，将每块屋面板（天沟板）的吊环打弯，并加钢筋绑条，使之相互焊接，见图13-6，其联结节点与7度相同；9度时，宜在每块屋面板的板面四角另加预埋件，并用钢筋将相邻屋面板焊接在一起，见图13-7。

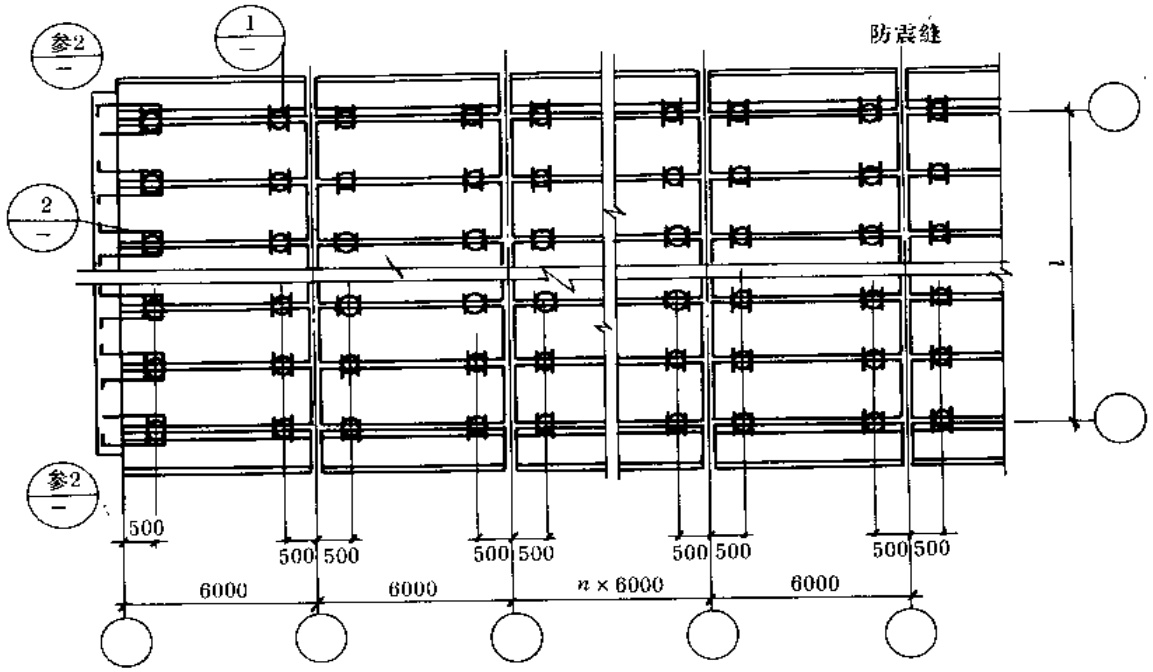


图 13-6　8度板面拉结

（4）屋架（屋面梁）端部顶面预埋件的锚筋，8度时不宜小于4φ10mm，9度时不宜小于4φ12mm。

（5）无檩屋盖的上弦横向支撑和竖向支撑、系杆及下弦横向支撑布置如下：

1）屋架端部高度小于或等于900mm 时的支撑布置：

设防烈度为6、7度，屋架跨度小于18m 的同非抗震设计；大于或等于18m，在厂房单元两端的第一开间各设上弦横向支撑和跨中竖向支撑一道，见图13-8。

设防烈度为8度，在厂房单元两端的第一开间及柱间支撑开间各设一道上弦横向支撑。沿屋架跨度不大于15m 设一道上弦通长水平系杆，见图13-9。柱顶以上有现浇圈梁时，可不设柱顶水平系杆，下弦横向支撑、跨中竖向支撑同非抗震设计。

设防烈度为9度，在厂房单元两端的第一开间及柱间支撑开间各设一道上弦横向支撑和下弦横向支撑。沿屋架跨度不大于12m 设一道上弦通长水平系杆及相应的竖向支撑，见图13-10。柱顶以上有现浇圈梁时，可不设柱顶水平系杆。

2）屋架端部高度大于900mm 时的支撑布置：与屋架端部高度小于或等于900mm 时相同，仅在屋架两端尚应增加竖向支撑。

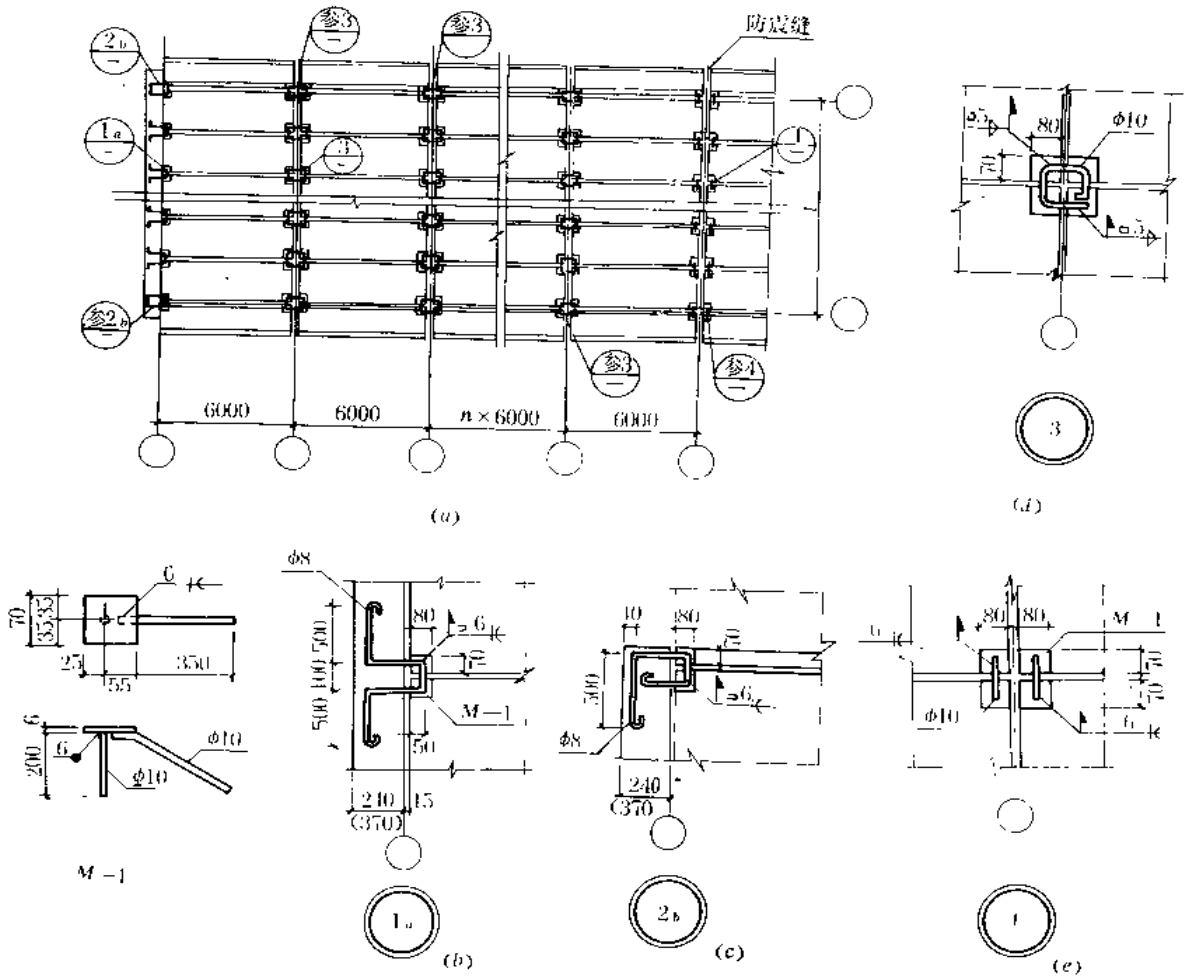


图 13-7　9度板面拉结

a — 9度板面拉结布置；*b* — 板面与山墙拉结节点；*c* — 板面、檐沟板与山墙拉结节点；*d* — 板面之间拉结节点；*e* — 伸缩缝板面拉结节点

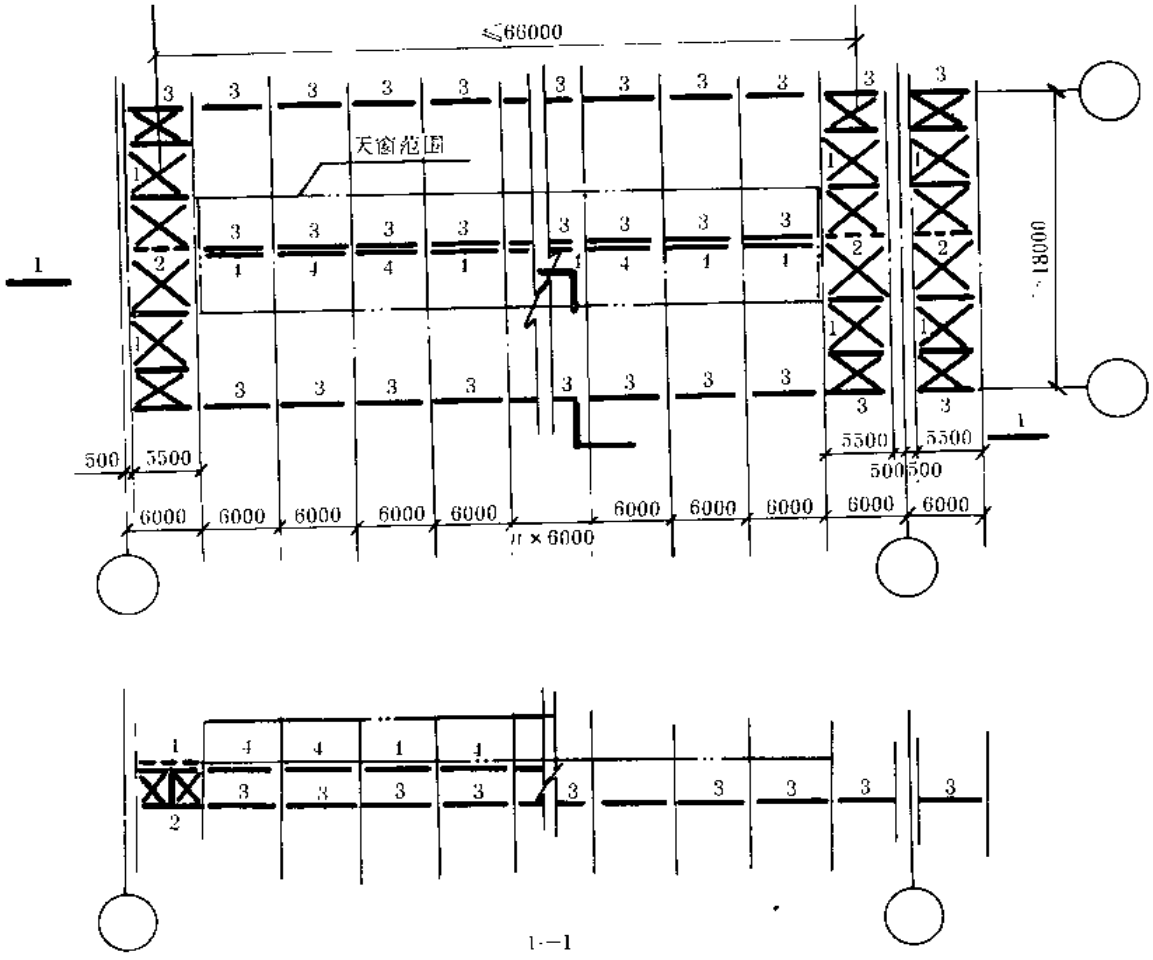


图 13.8 6、7度上弦横向支撑及竖向支撑的布置（1）

1—上弦横向支撑；2—竖向支撑；3—屋架下弦或柱顶受压系杆；4—上弦受压系杆

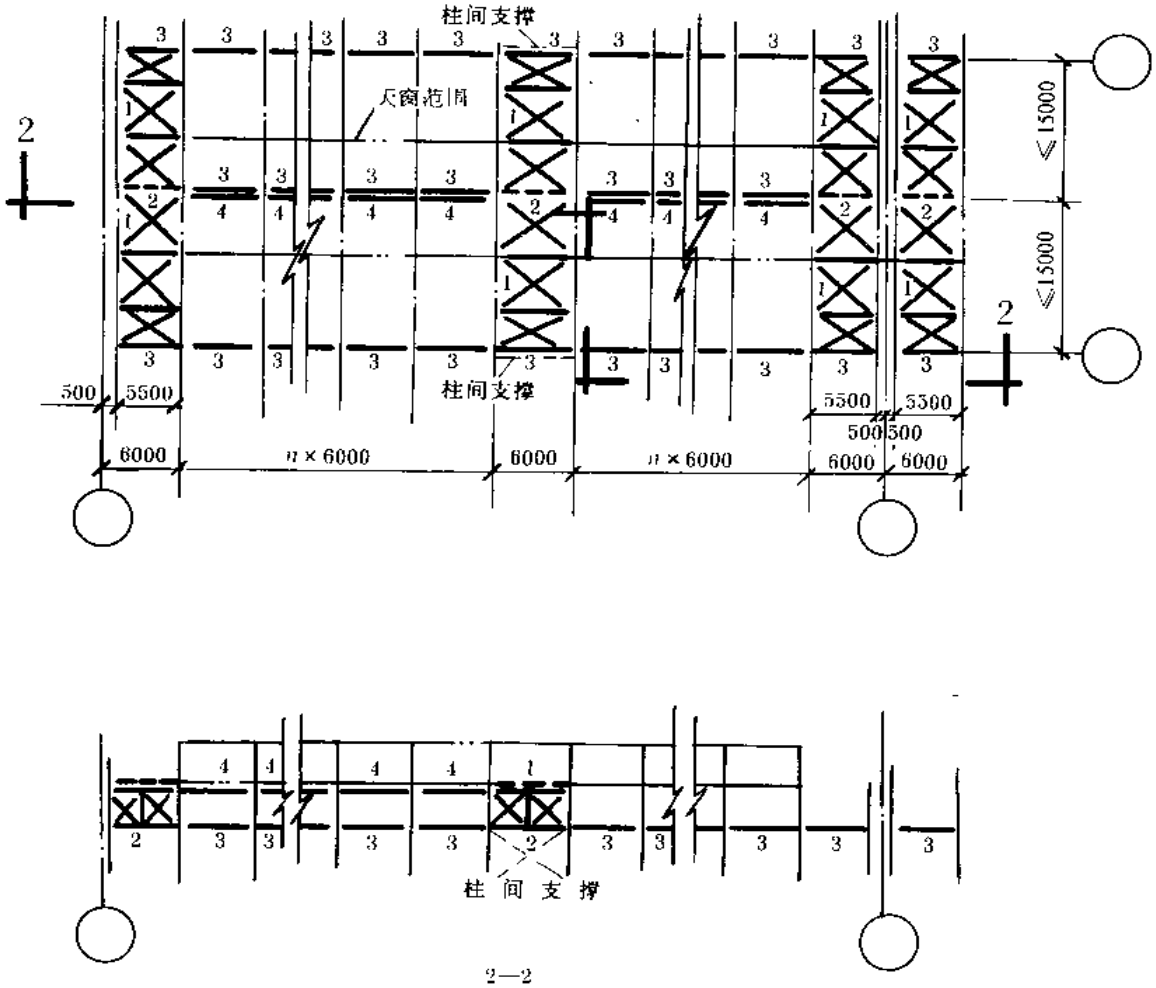


图 13-9　8度上弦横向支撑及竖向支撑的布置（1）

1　上弦横向支撑；2—竖向支撑；3—屋架下弦或柱顶受压系杆；4—上弦受压系杆

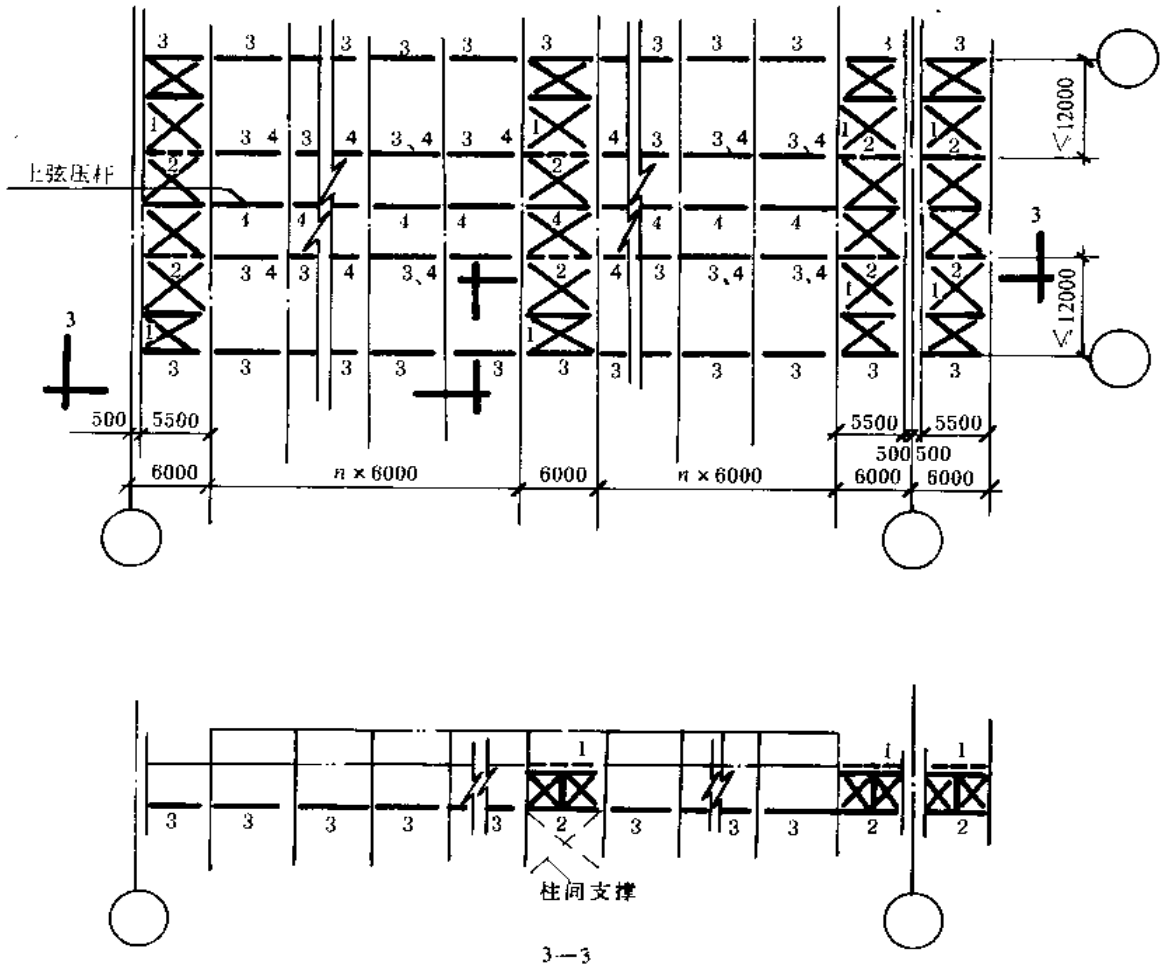


图 13-10　9度上弦横向支撑及竖向支撑的布置（1）

1—上弦横向支撑；2—竖向支撑；3—屋架下弦或柱顶受压系杆；4—上弦受压系杆

设防烈度为6、7度，屋架跨度大于或等于18m 时，在厂房单元两端的第一开间各设一道竖向支撑，见图13-11。

设防烈度为8度时，在厂房单元两端的第一开间及柱间支撑开间及每隔48m 各设一道竖向支撑，见图13-12。

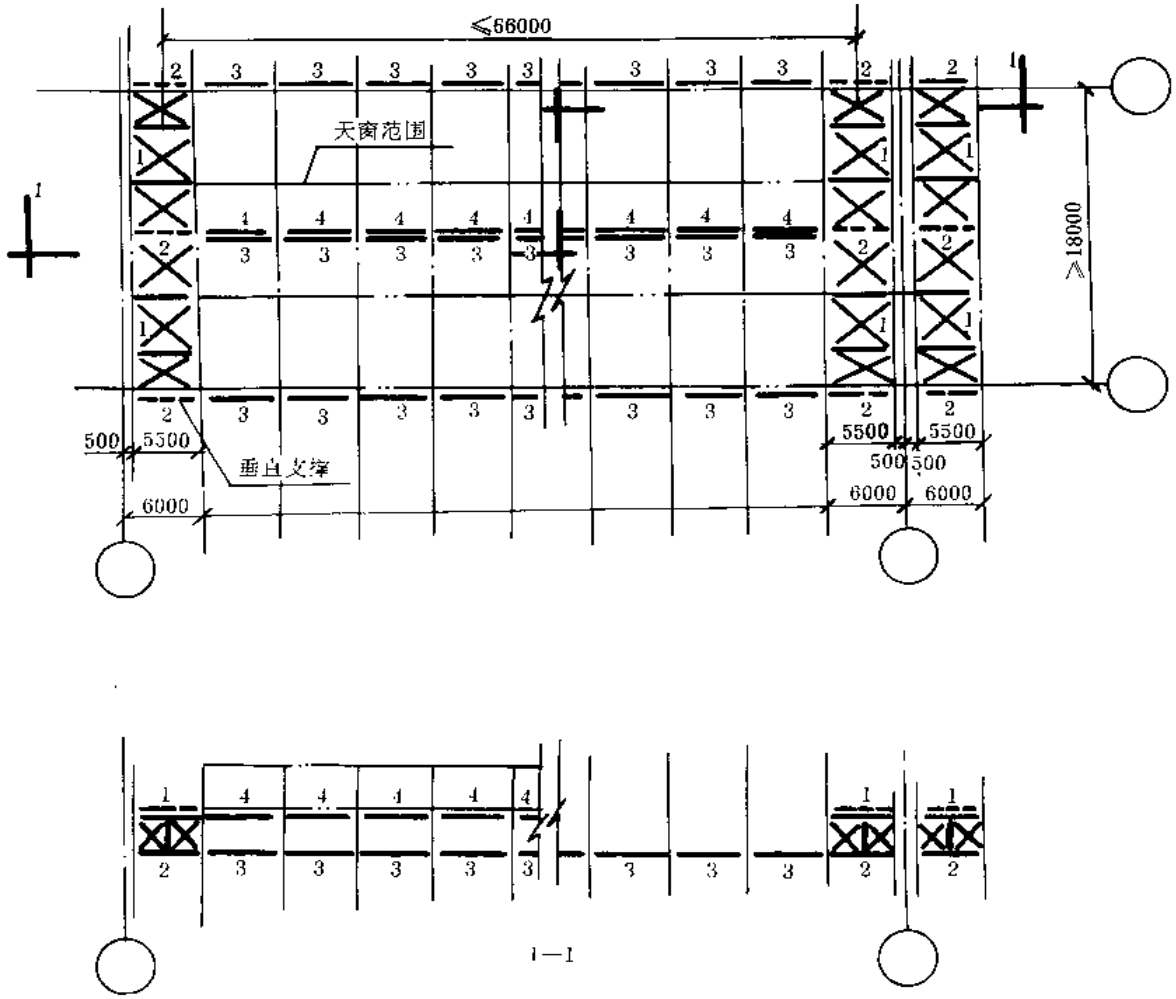


图 13-11　6、7度上弦横向支撑及竖向支撑的布置（2）

1—下弦横向支撑；2—竖向支撑；3—屋架下弦或柱顶受压系杆；4—上弦受压系杆

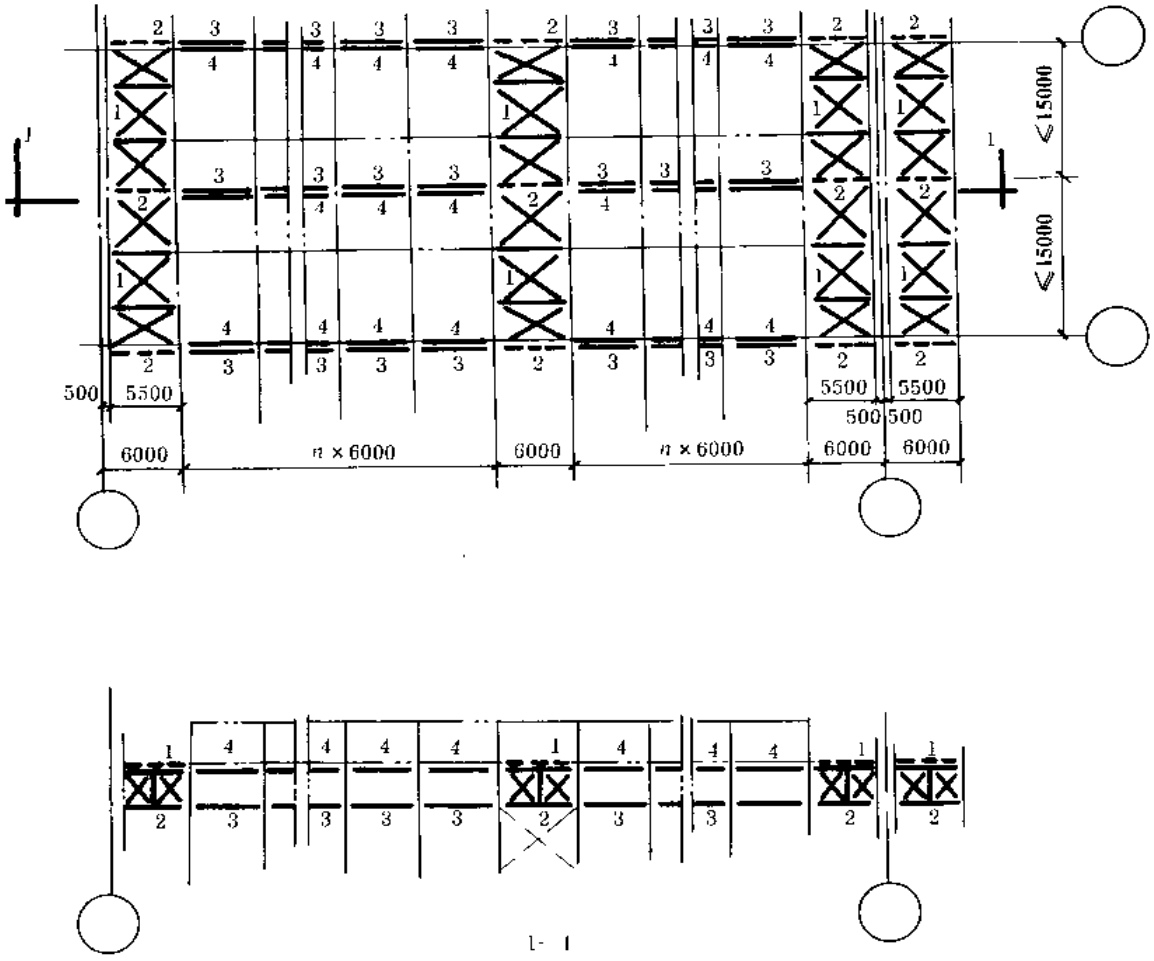


图 13-12　8度上弦横向支撑及竖向支撑的布置（2）

1—上弦横向支撑；2—竖向支撑；3—屋架下弦或柱顶受压系杆；4—上弦受压系杆

设防烈度为9度时，在厂房单元两端的第一开间和柱间支撑开间及每隔30m 各设一道竖向支撑，见图13-13。

3）钢筋混凝土天窗架的支撑布置：

设防烈度为6、7度和8度时，一般可采用钢筋混凝土天窗架；设防烈度为9度时，一般均宜采用钢结构天窗架。

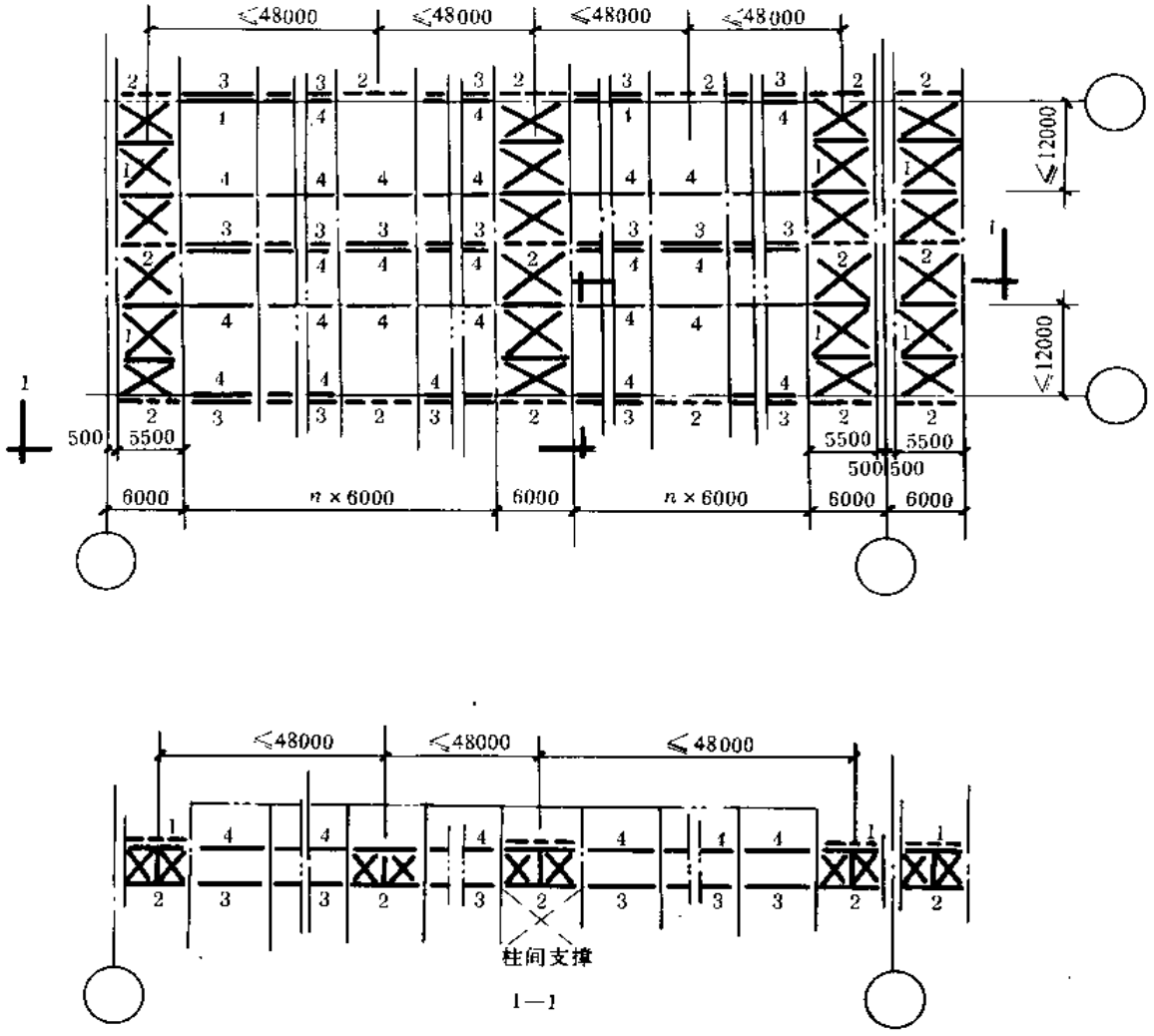


图 13-13　9度上弦横向支撑及竖向支撑的布置（2）

1—上弦横向支撑；2—竖向支撑；3—屋架下弦或柱顶受压系杆；4—上弦受压系杆

天窗两侧的竖向支撑，当设防烈度为6、7度时，在厂房单元天窗两端的第一开间及每隔30m各设一道，见图13-14；设防烈度为8、9度时，在厂房单元天窗两端的第一开间及每隔24m（8度时）和18m（9度时）各设一道，见图13-15。

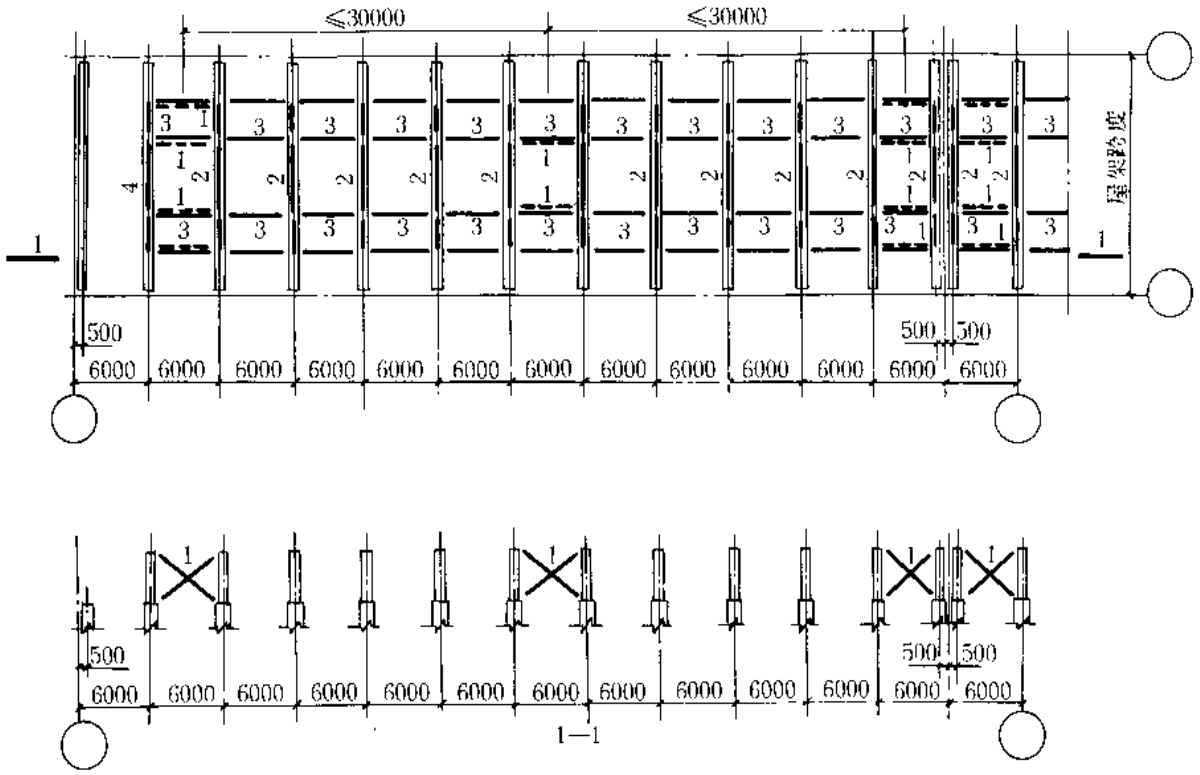


图 13-14　6、7度天窗架（带挡风架）竖向支撑的布置

1—竖向支撑；2—钢筋混凝土天窗架；3—天窗架侧板；4—端壁架

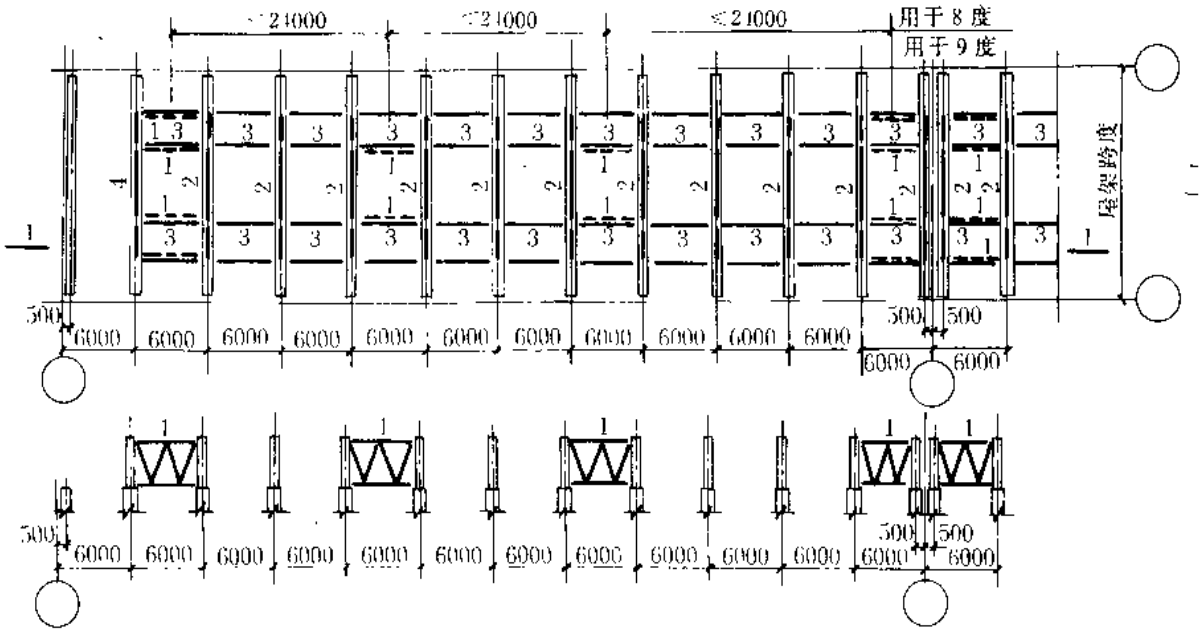


图 13-15　8、9度天窗架（带挡风架）竖向支撑的布置

1—竖向支撑；2—钢筋混凝土天窗架；3—天窗架侧板；4—端壁架

天窗架两侧的下挡（或侧板）宜采用焊缝与天窗架立柱连接。

4）设防烈度为8、9度，天窗架跨度大于6m时，在屋盖的天窗开洞范围两端局部增设一道屋架上弦横向支撑，见图13-16。

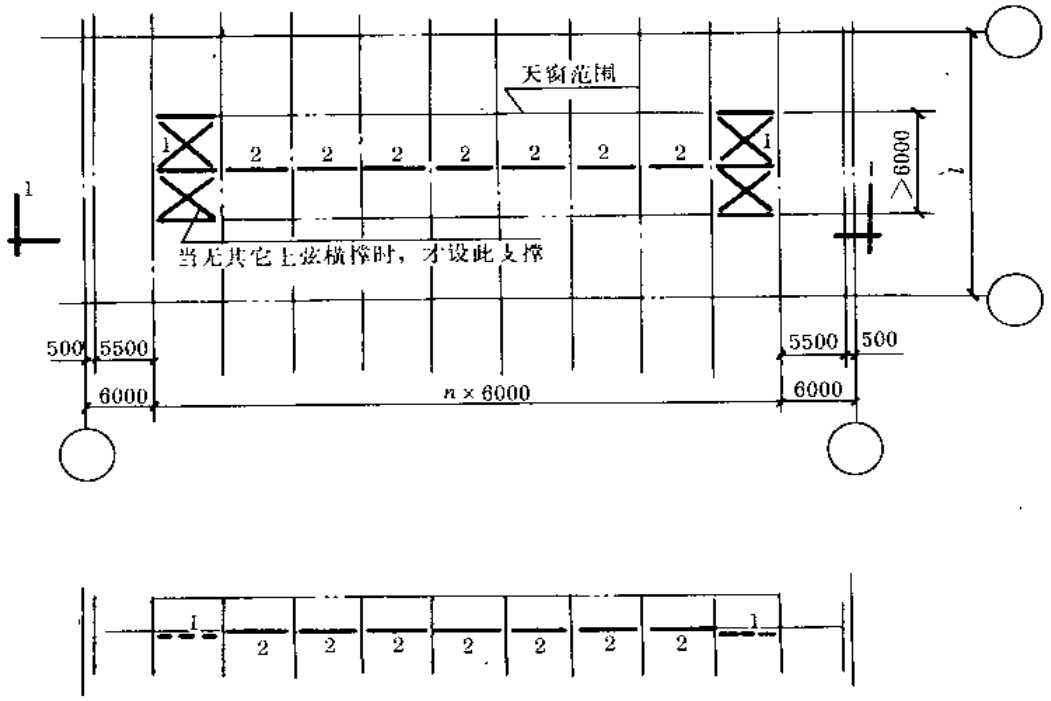


图 13-16　天窗开洞范围两端的屋架上弦横向支撑布置

1—上弦横向支撑；2—受压系杆

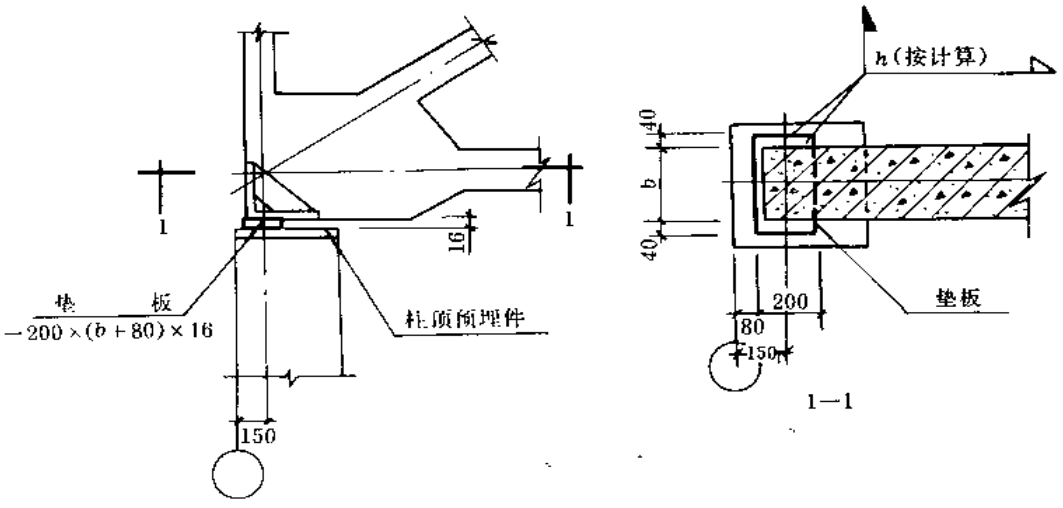


图 13-17　屋架与柱顶的焊接连接

3. 屋架与柱顶的连接

屋架与柱顶之间，设防烈度为6度和7度时，可采用焊接或螺栓连接；设防烈度为8、9度时，宜采用螺栓连接。屋架（梁）端头的支座垫板厚度不宜小于16mm。屋架与柱顶的焊接和螺栓连接分别见图13-17及图13-18。

在高烈度区，屋架与柱顶的连接也可采用消能较好的节点，如板铰节点，见图13-19。

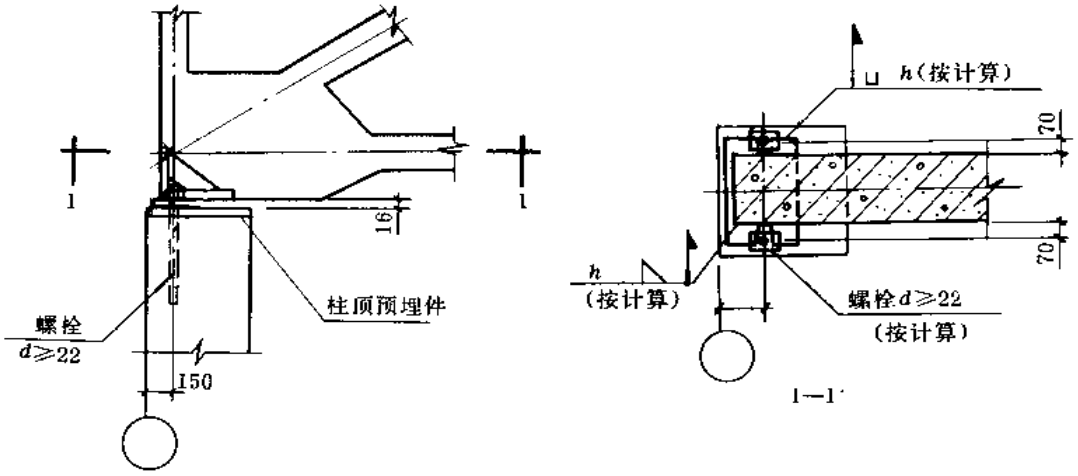


图 13-18　屋架与柱顶的螺栓连接

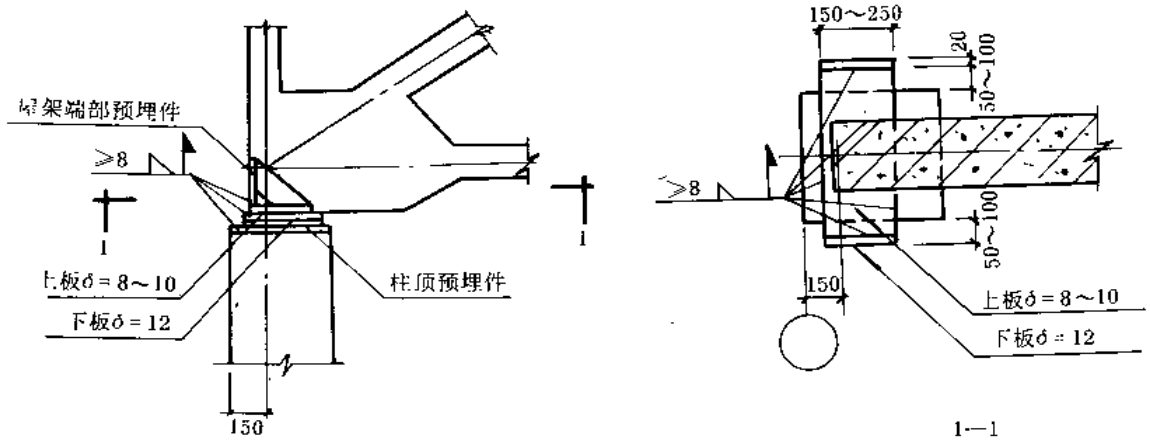


图 13-19　屋架与柱顶的板铰连接

对于山墙壁架柱，应在柱顶处与屋架上弦连接，见图13-20。此时，屋架上弦应设横向支撑。一般情况下，壁架柱应避免单独和屋架下弦连接。

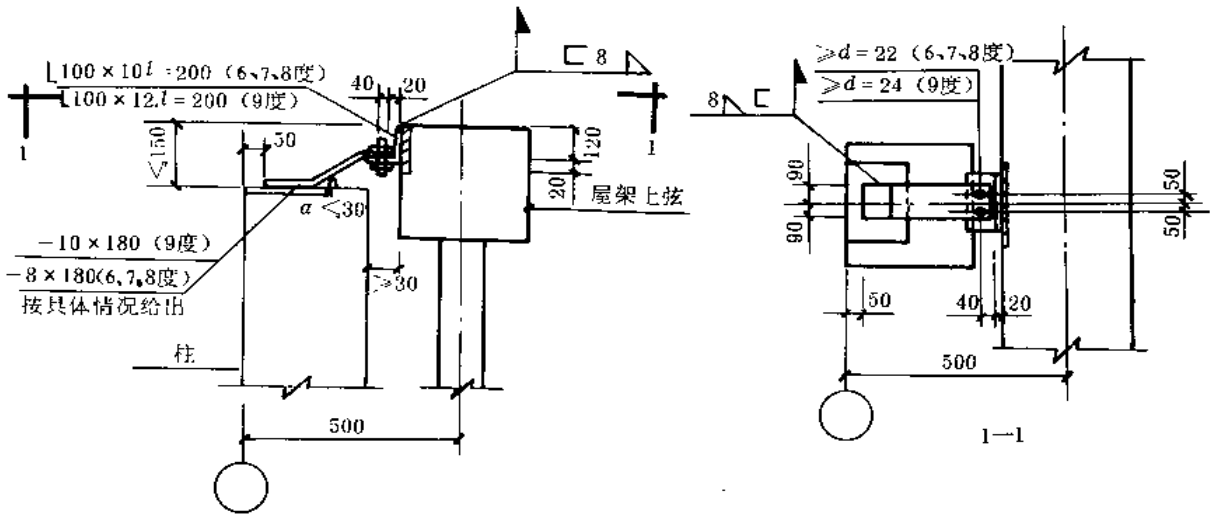


图 13-20　壁架柱柱顶与屋架上弦的连接

三、钢筋混凝土柱及柱间支撑的抗震构造

1. 钢筋混凝土柱

有吊车的厂房在地震区采用钢筋混凝土柱时，应根据不同的设防烈度和场地类别分别在柱顶、柱子根部、牛腿面附近加密箍筋，并附加纵向短筋，见图13-21。

（1）设防烈度为6度以上地震区，钢筋混凝土柱顶下500mm 范围内的箍筋应加密：6、7度Ⅰ、Ⅱ类场地时，不小于 ϕ6mm@100mm；7度Ⅲ、Ⅳ类场地和8、9度时，不小于 ϕ8mm@100mm；一般柱顶第一道箍筋下10mm 处宜增设同直径箍筋一道。对于有柱间支撑的柱子，6、7度Ⅰ、Ⅱ类场地为 ϕ8mm@100mm，7度Ⅲ、Ⅳ类场地和8、9度为 ϕ10mm@100mm，且在其柱顶两侧应加4 Φ16mm 以上的纵向钢筋。

（2）设防烈度为6度以上时，变截面柱的上柱，自牛腿面至吊车梁面以上300mm 高度范围内，宜采用矩形截面。并宜在该高度范围内柱的两侧增加纵向钢筋，8、9度时不小于4 Φ16mm。箍筋直径和间距6～8度Ⅰ、Ⅱ类场地时为 ϕ8mm@100mm，8度Ⅲ、Ⅳ类场地和9度时为 ϕ10mm@100mm，箍筋肢距不应大于200mm。

（3）柱子根部在基础顶面至地坪标高500mm 的范围内加密柱的箍筋，其直径和间距和柱头相同，有柱间支撑的柱根，其加密箍筋的直径和间距分别为：6～8度Ⅰ、Ⅱ类场地不小于 ϕ8mm@100mm，8度Ⅲ、Ⅳ类场地和9度不小于 ϕ10mm@100mm，且其柱根应采用矩形截面。柱根两侧面宜增加不小于4 Φ16mm 的纵向钢筋。

（4）支承吊车梁的牛腿箍筋，6～8度Ⅰ、Ⅱ类场地不小于 ϕ8mm@100mm，8度Ⅲ、Ⅳ类场地和9度不小于 ϕ10mm@100mm。

（5）不等高厂房（包括无吊车厂房）支承低跨屋盖的中柱牛腿（或柱肩）顶面的预埋件应按计算增设水平方向的抗拉钢筋，牛腿（或柱肩）的箍筋应加密，其直径不应小于8mm，间距不应大于100mm。

（6）钢筋混凝土壁架柱，在柱顶与屋架上弦连接时，柱顶下500mm 和变截面处上下各500mm 范围内的箍筋都需加密，见图13-22。

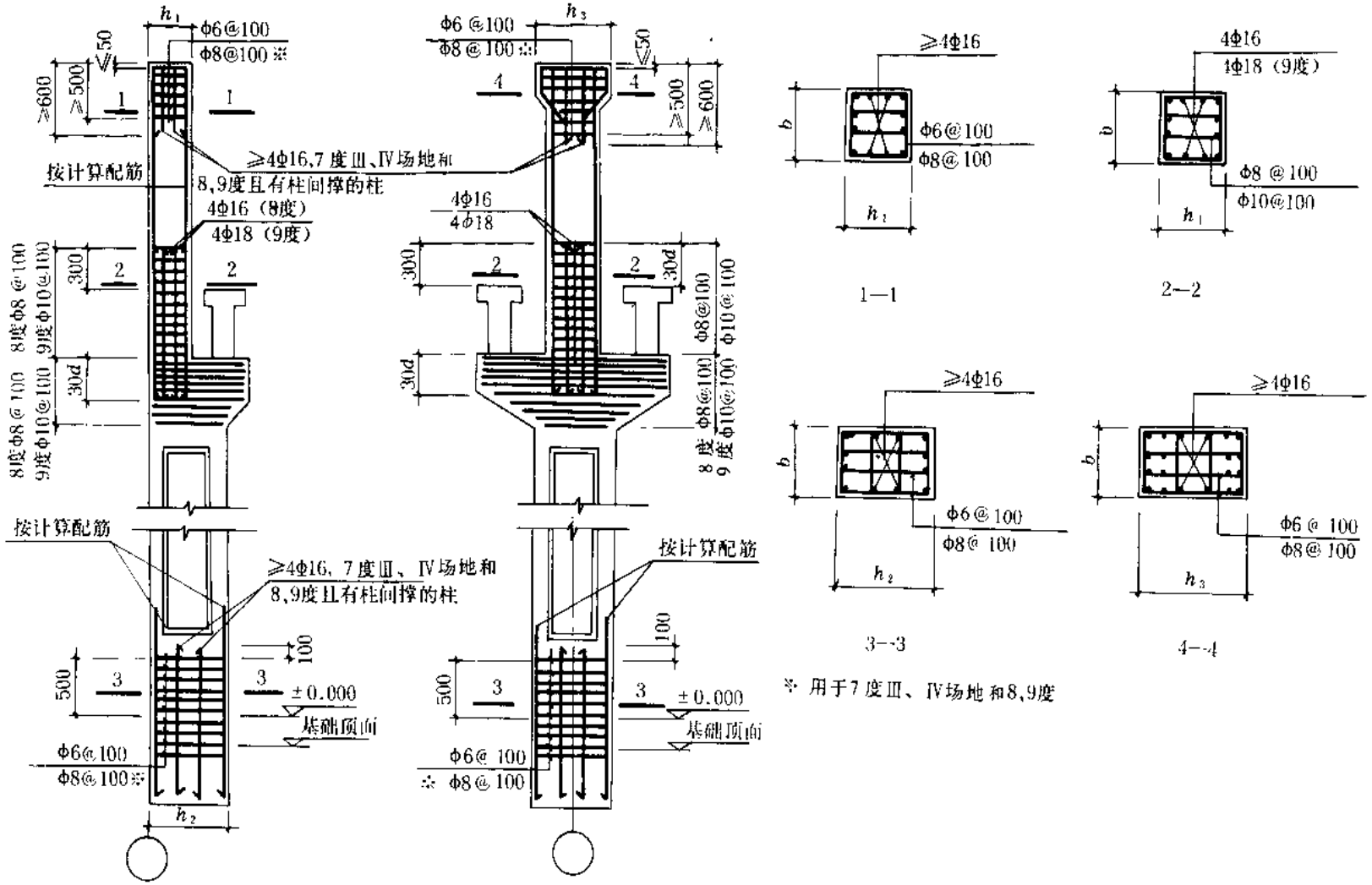


图 13.21　柱顶、柱根、牛腿面附近的箍筋加密

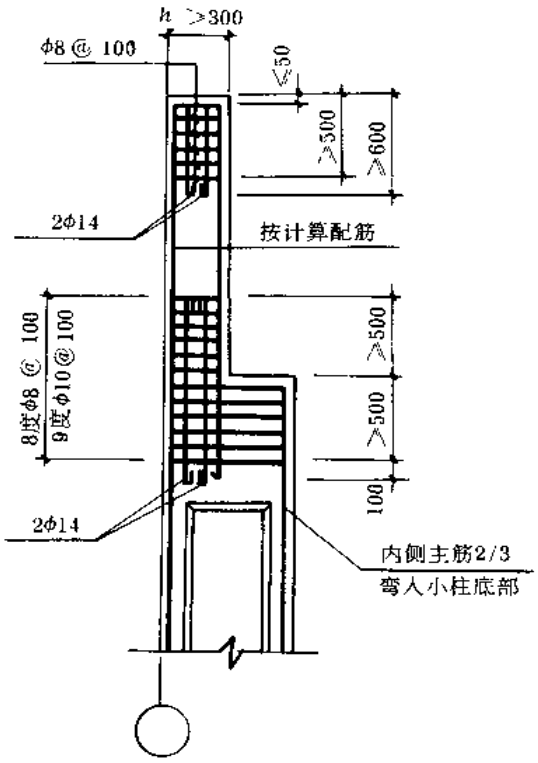


图 13-22　壁架柱顶、变截面处的箍筋加密

2. 柱间支撑的布置和要求

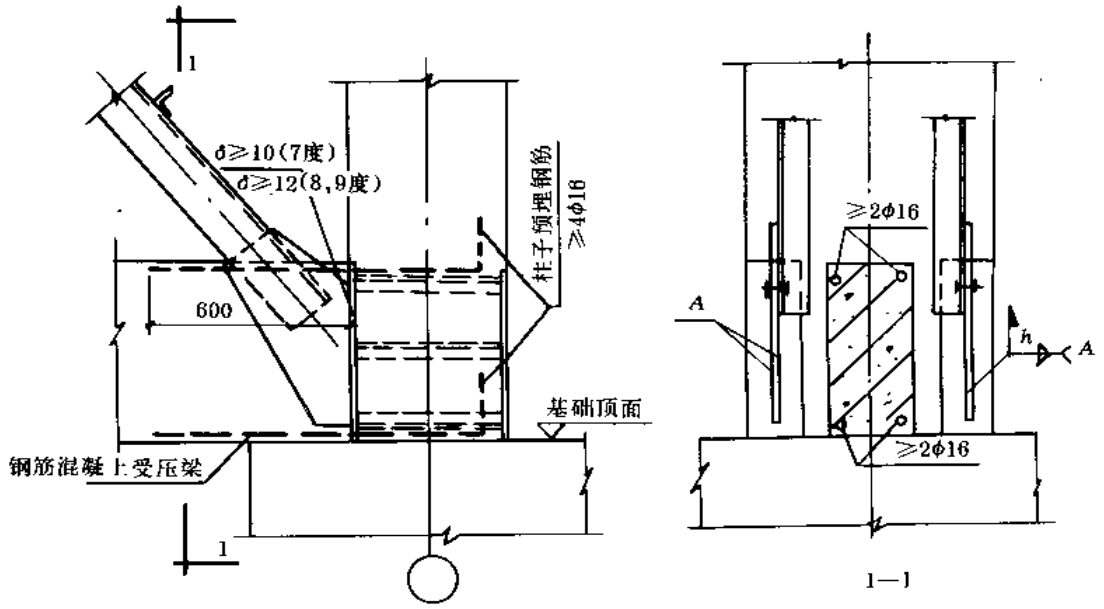
(1) 柱间支撑的布置应和屋盖支撑布置综合考虑。设防烈度为8度或9度时，上部柱间支撑除与厂房单元中段的下部柱间支撑配合设置外，还应在厂房单元的两端增设上部柱间支撑。

下部柱间支撑宜设置在厂房单元的中段。当纵向地震作用较大时，下部柱间支撑也可设置多道。

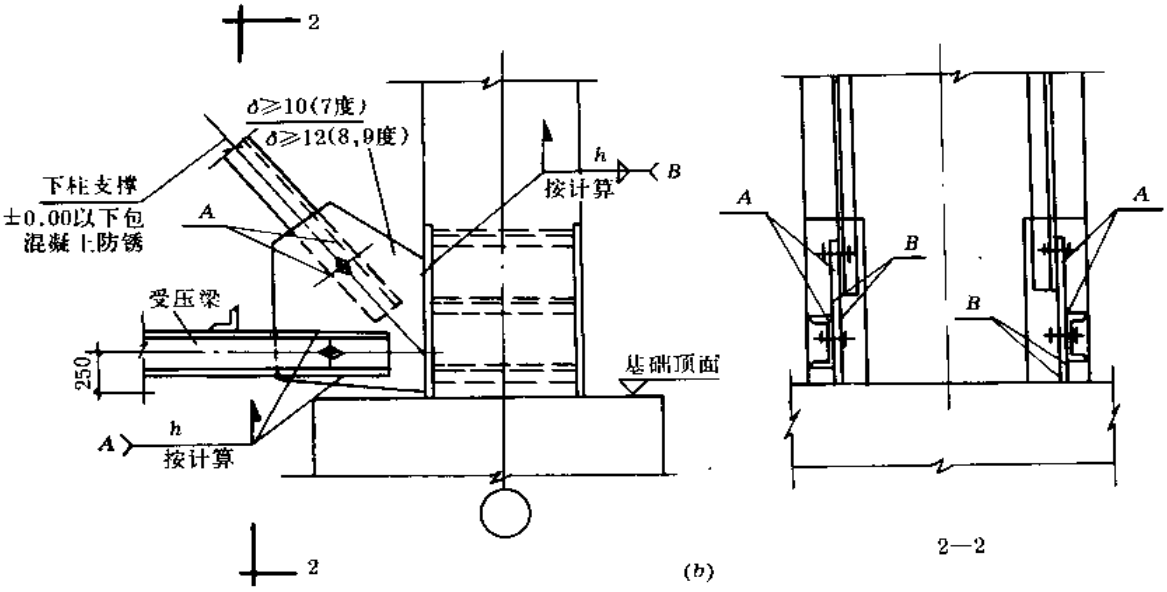
(2) 柱间支撑宜采用型钢。杆件的长细比应予控制。设防烈度为6、7度时，上柱交叉支撑长细比不大于250，下柱交叉支撑不大于200；8度时，上柱交叉支撑的长细比不大于200，下柱交叉支撑的长细比不宜大于150；9度时，上、下柱交叉支撑的长细比均不大于150。

柱间支撑杆件与柱的连接宜采用焊接，节点焊缝和锚件的承载力应大于支撑杆件。支撑斜杆在交叉点处应采取防止节点板失稳的措施。

(3) 下部柱间支撑的下节点应尽量设置在靠近基础顶面处，以使地震荷载直接传给基础，否则应验算柱子的强度。如强度不满足设计要求，可在下节点加设受压梁等措施，见图13-23。



(a)



(b)

图 13-23　受压梁与柱了的连接

a — 钢筋混凝土受压梁与柱的连接；*b* — 型钢受压梁与柱的连接

（4）柱顶水平压杆的设置：当设防烈度在6度以上，设有柱间支撑的单层厂房，其跨度大于或等于18m时，一般均应设置柱顶水平压杆。但符合下列条件时，可以不设置：

1）屋架端部下弦设有纵向水平压杆。

2）柱顶有托架的范围内。

3）柱顶有圈梁且与柱子有可靠的连接。

四、围护结构的抗震构造

1. 墙板

（1）地震区的墙板宜用挂钩连接，设防烈度为9度时，宜用封闭式挂钩连接。

（2）墙板的支承长度不应小于80mm。

（3）两个厂房单元相邻的墙板支承在同一节点上时，应使墙板在支承点上能够移动，以适应两个厂房单元地震时在同一节点上可能出现的位移差，例如在平行排架方向设防震缝时，可采用钢柱上设牛腿支承墙板，墙板内缘与钢柱间的距离应不小于50mm，见图13-24。

（4）设防烈度为8度或9度时，在螺栓连接孔两侧各100mm范围内，横向钢筋的间距不应大于50mm。

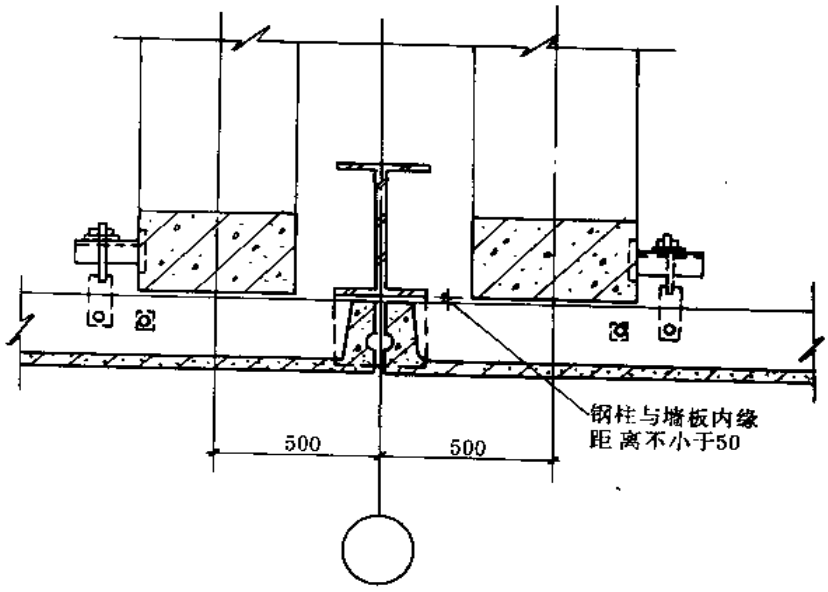


图 13-24　钢柱上设牛腿支承墙板

2. 砖墙

（1）外墙砖砌体应符合下列要求：

1）砖的强度等级不低于MU7.5。

2）一般围护墙的砂浆强度等级不低于M2.5。女儿墙、柱顶圈梁以上的封檐墙、高低跨和纵横跨的高跨悬墙的砂浆强度等级不应低于M5。

（2）围护砖墙应沿全高与柱子拉结。沿墙高每500mm配置2ϕ6mm拉结钢筋，钢筋锚入墙内不宜少于500mm，8、9度时不宜小于1000mm，转角墙应在两个方向与柱拉结。外包墙与柱子的连接见图13-25，嵌砌墙与柱子的连接见图13-26。

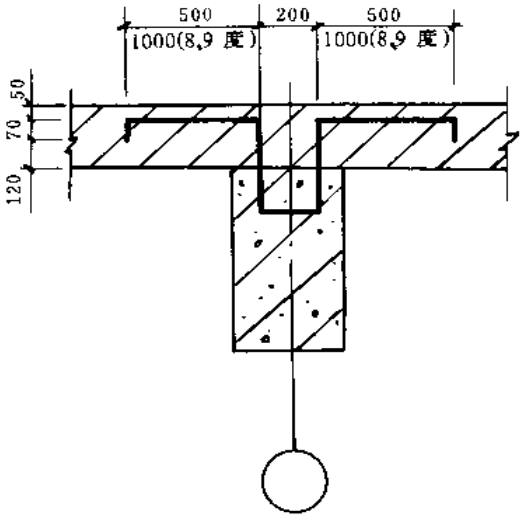


图 13 25　外包墙与柱的连接

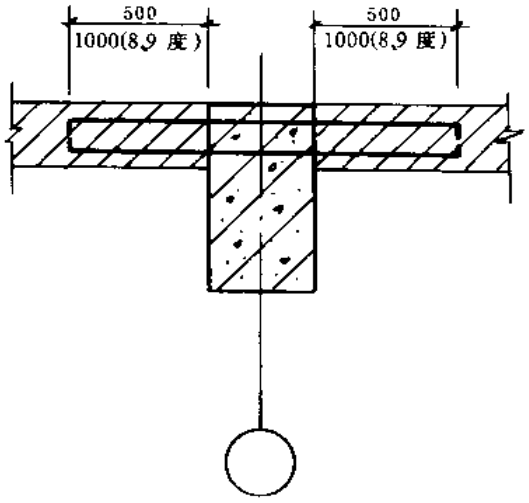


图 13-26　嵌砌墙与柱的连接

（3）钢筋混凝土圈梁的布置和连接如下：

1）在采用砖围护墙时，应沿厂房高度方向设置钢筋混凝土圈梁。圈梁应根据不同设防烈度沿墙高上密下稀布置。当设防烈度为6、7度时，每隔4m 设一道圈梁；8度或9度时，上部圈梁的间距分别不大于3m 和2m，下部圈梁的间距分别不大于4m 和3m。

在柱顶和梯形屋架上弦应各设现浇闭合圈梁一道。当屋架端部高度小于900mm，且嵌砌于屋面板底，或墙顶部与屋面板拉结时，可仅在柱顶设一道圈梁。

2）钢筋混凝土圈梁宜符合下列要求：

圈梁应尽量采用现浇的，当必须采用预制圈梁时，应采取措施，以保证梁与下部墙体的可靠连接。

圈梁的截面宽度宜与砖墙的厚度相同，高度不小于180mm。圈梁的纵向钢筋数量，在设防烈度为6、7度或8度时不应少于4ϕ12mm，9度时不应少于4ϕ14mm。

圈梁转角处柱顶圈梁，在端开间范围内的纵筋，6～8度时应大于或等于4φ14mm，9度时应大于或等于4φ16mm，转角两侧各1m范围内的箍筋直径应不小于φ8mm，间距应不大于100mm，并增设3根与纵筋相同直径的水平斜筋，见图13-27。

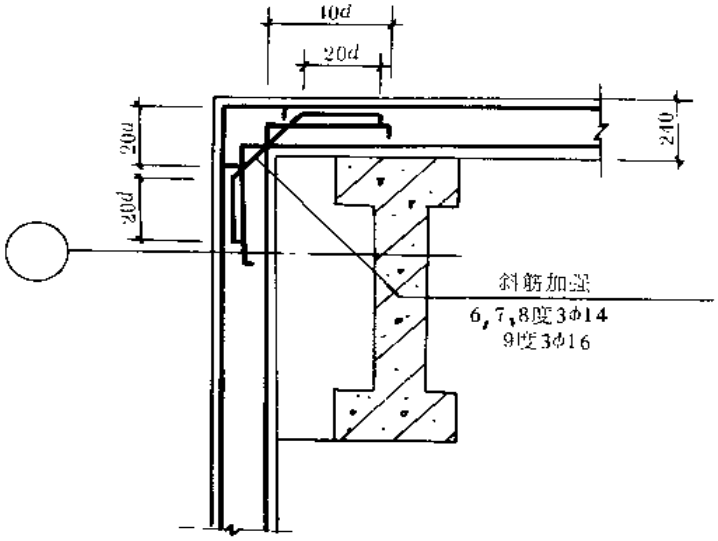


图 13-27　圈梁内增设斜向钢筋

圈梁应与柱或屋架牢固连接，山墙卧梁应与屋面板拉结；顶部圈梁与柱连接的锚拉钢筋不宜少于4φ12mm，且锚固长度不宜小于35倍钢筋直径。

第二节　多层钢筋混凝土框架

一、结构选型

（1）建筑体型简单、层数较少、刚度较均匀的多层厂房可采用框架结构；对于层数较多以及在高烈度区荷载较大的多层结构应优先采用框架——剪力墙体系。

（2）为使建筑物在纵横两个方向均能承受地震作用，框架结构宜采用双向框架。

二、防震缝的设置。

（1）当厂房平、立面形状复杂或各个结构刚度截然不同时，宜设置防震缝。防震缝的两侧均应布置框架。

（2）防震缝的宽度宜符合下列要求：

1）厂房高度在15m或15m以下时，防震缝的宽度为70mm。

2）厂房高度超过15m，设防烈度为6、7、8和9度时，其相应每增加高度5、4、3和2m时，宜加宽20mm。

（3）当厂房设有沉降缝和伸缩缝时，缝的宽度还应符合防震缝的要求。

三、现浇框架结构抗震构造

为保证结构在非弹性状态下工作的稳定性，避免柱端首先出现塑性铰，框架结构应考虑按“强柱弱梁”的原则进行设计。

1. 框架柱

（1）为保证混凝土充分发挥作用，避免柱内箍筋尚未发挥全部作用时混凝土已先行破

坏，柱截面应满足下列要求，否则应调整柱截面或提高混凝土强度等级。

抗震等级一级时 $\frac{N}{Af_c} \leqslant 0.70$

抗震等级二级时 $\frac{N}{Af_c} \leqslant 0.80$

抗震等级三级时 $\frac{N}{Af_c} \leqslant 0.90$

式中 N —— 柱组合的轴压力设计值；

A —— 柱截面面积；

f_c —— 柱的混凝土抗压强度设计值。

（2）为避免框架柱发生剪切破坏，柱的净高 H_0 与柱的截面高度 h 之比不宜小于4。如无法满足，应控制柱的箍筋体积配筋率 ρ_v：抗震等级一、二级时，$\rho_v \geqslant 1.0\%$。箍筋间距不应大于100mm，宜采用螺旋筋。有条件时，短柱可采用钢纤维混凝土。柱截面的宽度不宜小于300mm。

（3）柱应采用末端带135°弯钩的封闭箍筋，其直线段长度应不小于$10d_k$（d_k 为箍筋直径），并不小于100mm，见图13-28。

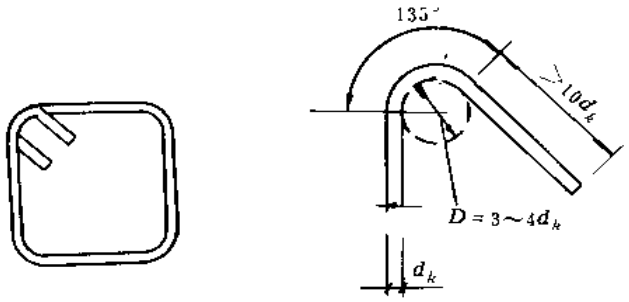


图 13-28 箍筋末端弯钩

（4）柱子横截面上，拉筋或局部重迭箍筋的肢，间距不宜大于350mm。

（5）当柱中全部纵向受力钢筋的配筋率超过3%时，箍筋应焊成封闭环式。

（6）框架柱纵向钢筋的最小总配筋率按表13-1采用。

框架柱纵向钢筋最小总配筋率，% 表13-1

柱类型	抗震等级			
	一级	二级	三级	四级
框架中柱和边柱	0.8	0.7	0.6	0.5
框架角柱	1.0	0.9	0.8	0.7

柱中全部纵向钢筋的配筋率，对Ⅱ、Ⅲ级钢筋不应大于4%。当柱截面尺寸大于400mm时，纵向钢筋的间距不宜大于200mm。

2. 框架梁

（1）为使梁满足一定的延性要求，梁端的混凝土受压区高度应符合下列要求：

一级抗震等级 $x \leqslant 0.25h_0$

二、三级抗震等级　　$x \leqslant 0.35h_0$

式中　x ——梁截面混凝土受压区高度；

h_0 —— 梁截面的有效高度。

梁端纵向受拉钢筋的配筋率不应大于2.5%。

(2) 梁截面的宽度不小于200mm，且不宜小于柱宽的二分之一；梁截面的高宽比不宜大于4。

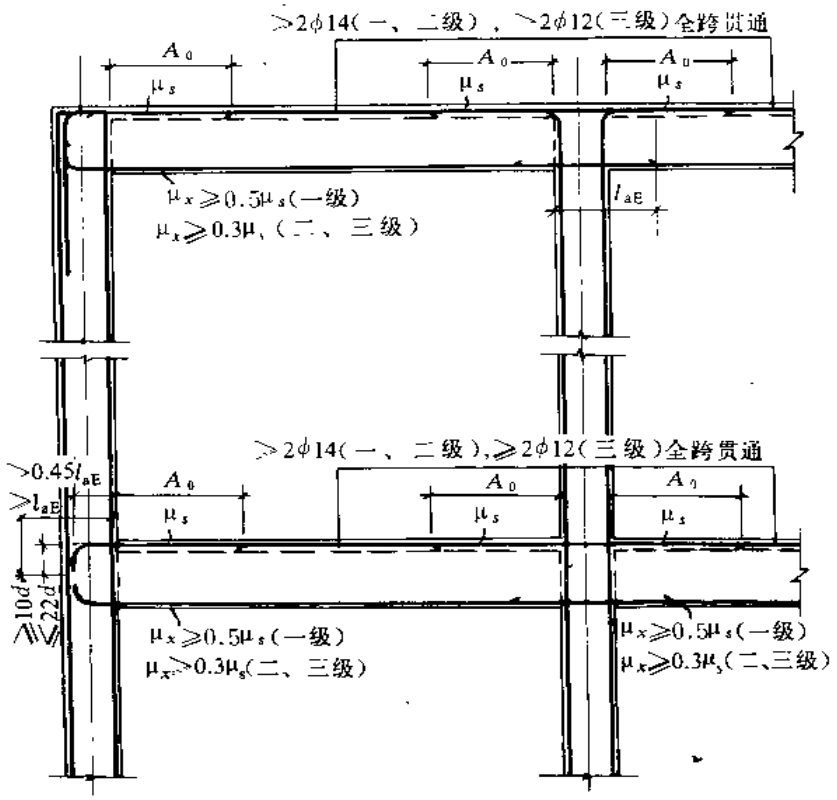


图 13-29　梁支座及跨中截面配筋

(3)框架梁纵向钢筋的配置应符合下列规定(见图13-29)：梁端截面的下部和上部钢筋，截面面积的比值，一级抗震等级不应小于0.5；二、三级抗震等级不应小于0.3；梁上部和下部至少应各配置两根贯通全长的纵向钢筋，对一、二级抗震等级，钢筋直径不应小于14mm，对三、四级抗震等级，钢筋直径不小于12mm。

(4) 梁纵向受拉钢筋的最小配筋率应符合表13-2的要求：

纵向受拉钢筋最小配筋率，%　　表 13-2

抗震等级	梁中位置	
	梁支座	梁跨中
一级	0.4	0.3
二级	0.3	0.25
三、四级	0.25	0.2

3. 框架节点构造

（1）框架节点核芯区内箍筋量不小于柱端加密区的实际配筋量。

（2）框架柱两端箍筋应加密，柱端加密范围取截面高度、层间柱净高的1/6和500mm三者的最大值；底层柱取刚性地面上下各500mm；一级抗震等级框架角柱应取柱全长。

柱加密区的箍筋最大间距和最小直径按表13-3采用。

框架柱端箍筋加密区的构造要求 表 13-3

抗震等级	箍筋最大间距（用较小值）（mm）	箍筋最小直径（mm）
一级	$6d$，100	ϕ10
二级	$8d$，100	ϕ8
三级	$8d$，150	ϕ8
四级	$8d$，150	ϕ6

注：表中 d 为纵向钢筋直径。

（3）框架梁端箍筋应加密，加密区长度、箍筋最大间距和箍筋最小直径应按表13-4规定采用。在箍筋加密区长度内，箍筋肢距不应大于200mm，当梁中同一层内纵向钢筋多于4根时，可每隔一根设置附加箍筋。

框架梁端箍筋加密区的构造要求 表 13-4

抗震等级	箍筋加密区长度（mm）	箍筋最大间距（用最小值）（mm）	箍筋最小直径（mm）
一级	$2h$，500	$6d$，$h/4$ 或 100	ϕ10
二级	$1.5h$，500	$8d$，$h/4$ 或 100	ϕ8
三级		$8d$，$h/4$ 或 150	ϕ8
四级		$8d$，$h/4$ 或 150	ϕ6

注：1. 表中 d 为纵向钢筋直径，h 为梁高。

2. 箍筋最小直径除符合表中要求外，尚不应小于 $\frac{d}{4}$（d 为纵向钢筋直径）；当梁端纵向受拉钢筋配筋率大于2%时，箍筋最小直径应提高一个抗震等级取用。

（4）梁、柱的纵向钢筋的锚固长度，根据不同的抗震等级进行确定。一级抗震等级时比非抗震设计增加 $10d$；二级时增加 $5d$；三、四级时与非抗震设计相同。

（5）梁的下部纵向钢筋伸入中间节点的锚固长度不应小于 l_{aE}，且伸过中心线不应小于 $5d$。梁的纵向钢筋在端节点内的锚固长度应符合 l_{aE}，并应伸过节点中心线，见图13-30。当纵向钢筋在端节点内的锚固长度不够时，应沿柱节点外边向下弯折，但弯折前的水平锚固长度不应小于 $0.15l_{aE}$（l_{aE} 为抗震要求的最小锚固长度），弯折后的锚固长度不应小于 $10d$（d 为被锚固钢筋的直径），但也不宜大于 $22d$。

四、预制装配式框架结构抗震构造

预制装配式框架结构的形式很多，如有梁板柱全部预制、梁柱预制板现浇、柱现浇梁板预制等。

（1）装配式楼盖应设计成装配整体式结构，板与梁之间应有可靠连接，板与板之间应

能保证剪力的传递，楼板的边缘应有抗震圈梁。当设防烈度为8度和9度时，预制板上还应现浇一层厚度不小于40mm的钢筋混凝土叠合层。

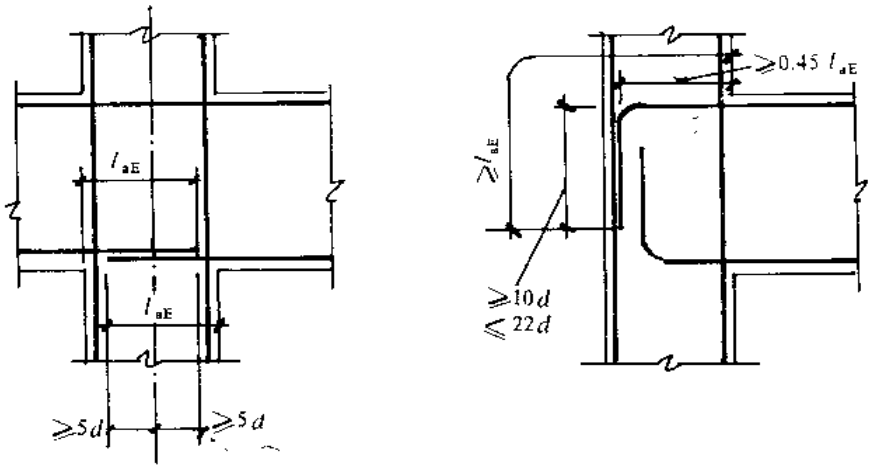


图 13-30　梁柱节点构造

（2）预制装配式框架结构对梁柱的有关抗震构造要求与现浇框架结构相同。

（3）设计装配式钢筋混凝土框架时，应尽量减少框架梁柱接头的数量。梁柱接头应有足够的强度和较好的延性，以保证其整体性。一般节点应设计成刚接，并能承受正负弯矩。

（1）对于装配式钢筋混凝土框架节点，本手册第十七章第二节所介绍的节点大多适用于6、7、8度，但图17-41和图17-42中预留孔穿主梁负筋的方法在地震区不宜采用。

对于梁柱明牛腿接头，在牛腿顶面应设置钢垫板。钢垫板下部的锚筋面积除应满足梁底水平地震拉力的要求外，且不少于梁上部纵向钢筋的一半。钢垫板与梁底预埋件焊接的焊缝长度应保证梁底纵向钢筋充分发挥作用，如图13-31所示。

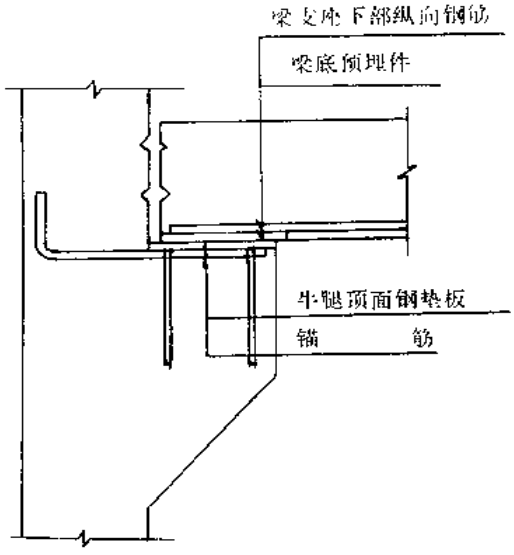


图 13-31　梁柱明牛腿节点

第十四章　动力机器基础

第一节　一般规定

一、材料

1. 混凝土

（1）对有防水、耐热要求的基础、薄壁结构、框架基础以及预制装配整体式基础应采用不低于C20的混凝土。

（2）大块式及墙式基础应采用不低于C15的混凝土。

（3）按构造要求且不直接承受冲击力的大块式或墙式基础应采用不低于C15的混凝土。

（4）基础垫层应采用C5.5混凝土。

2. 二次浇灌层

（1）当二次浇灌层厚度大于或等于50mm时，应采用细石混凝土，其强度等级不低于C20，并应比基础混凝土强度等级高一级。

（2）当二次浇灌层厚度小于50mm时，应采用1:2水泥砂浆；当有条件时，应优先采用无收缩水泥砂浆或无收缩细石混凝土。

3. 钢筋

基础钢筋一般采用Ⅰ级和Ⅱ级钢筋，一些辅助设备基础的构造钢筋可采用Ⅰ级钢筋，受冲击力较大的部位应尽量采用Ⅱ级钢筋；

4. 预埋件等

预埋件、螺栓和钢构件采用A3F，焊条采用E43。

二、地脚螺栓

（1）地脚螺栓一般采用A3钢制作。为了便于加工和安装，地脚螺栓应尽量做到标准化、定型化。

（2）死螺栓的锚固有下列三种形式，可根据不同需要进行选择：

1）一次埋入法：浇灌混凝土时，把螺栓埋入。

2）预留孔法：浇灌基础混凝土时，预先留出孔洞，然后再放入螺栓，用无收缩细石混凝土或细石混凝土灌入孔内固定。

3）钻孔锚固法：当基础混凝土浇灌完毕，并达到一定强度后，对螺栓直径、安装位置、顶部标高等与设备实物进行核对，再按螺栓直径和埋设深度要求钻孔，用环氧砂浆或其他胶结材料注入孔中，并插入直杆螺栓，经一定养护期后再安装设备。

（3）死螺栓的形式见图14-1，其中以直钩和锚板螺栓最为常用，施工方便，性能可靠。

（4）活螺栓的构造是螺杆穿过埋设于基础中的套管，下端以T形头、固定板或螺帽固定，在套管上端200mm范围内，填塞浸油麻丝予以覆盖保护。活螺栓的常用形式见图14-2，可根据不同需要进行选择。

（5）各种地脚螺栓的常用直径及埋设深度可按表14-1采用。

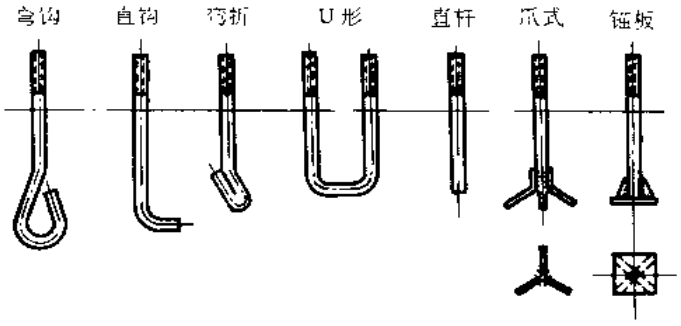


图 14-1　死螺栓的常用形式

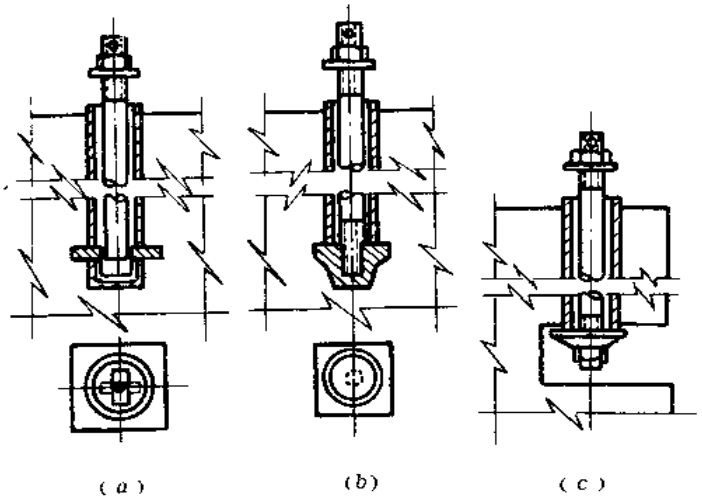


图 14-2　活螺栓的常用形式

a—*T* 形头螺栓；*b*— 拧入螺栓；*c*—对拧螺栓

地脚螺栓的常用直径及埋设深度　　表 14-1

地脚螺栓形式		地脚螺栓的常用直径 d (mm)	埋置深度	备　注
死螺栓	弯钩螺栓	10～18	(20～25) d	车床基础常用
	直钩螺栓	16～56	(20～25) d	常用螺栓
	弯折螺栓	21～36	$20d$	
	U形螺栓	≤36	$20d$	梁、板上多用
	爪式螺栓	30～76	(10～20) d	
	锚板螺栓	≥30	(10～20) d	常用螺栓
	直杆螺栓			环氧砂浆锚固螺栓
活螺栓		≥24	≥15d	更换方便

注：最小埋置深度不得小于300mm。

（6）地脚螺栓形式要考虑其受力特点、直径大小、使用部位、埋设深度、施工方法等因素，按下列规定选择：

1）大、中型轧机、破碎机、磨机及其他传动设备的固定，可采用活螺栓、锚板螺栓或直钩螺栓。

2）小型轧机及其传动设备以及推床、升降台、缓冲器等较大动力作用的设备固定，可采用活螺栓、锚板螺栓、直钩螺栓，也可采用爪式螺栓。

3）辊道、冷床等设备的固定，可采用直钩螺栓，U形螺栓。

4）一般受动力很小，或不受动力的设备，如检查台、精整台等设备的固定可采用直钩螺栓、弯折螺栓或弯钩螺栓。

5）若基础高度由螺栓埋设深度控制时，设备的固定应采用对拧螺栓、锚板螺栓或爪式螺栓。

（7）一次埋入法施工的地脚螺栓可按表14-2设置调整孔。

（8）地脚螺栓的规格尺寸分别见下：

1）弯钩地脚螺栓的规格尺寸见图14-3和表14-3。

螺栓调整孔尺寸，mm **表 14-2**

序　号	地脚螺栓直径	调整尺寸（长×宽×深）	备　注
1	20～24	100×100×200（φ100×200）	括号中为圆孔尺寸
2	30～42	130×130×300（φ130×300）	同上
3	48～56	150×150×400（φ150×400）	同上

弯钩地脚螺栓的尺寸，mm **表 14-3**

螺栓直径 d	10	12	16	20	24	30	36	42	48
D	15	20	20	30	30	45	60	60	70
h	65	82	93	127	139	192	241	261	302
埋设深度 L_0	250～300	250～300	320～400	400～500	480～600	600～750	720～900	810～1050	960～1200
展开长度 L_1	$L+53$	$L+72$	$L+72$	$L+110$	$L+110$	$L+165$	$L+217$	$L+217$	$L+255$

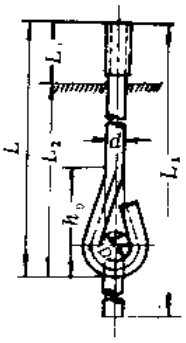


图 14-3　弯钩地脚螺栓

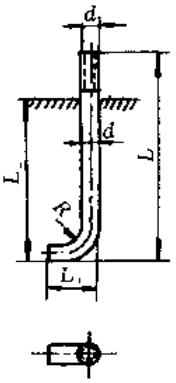


图 14-4　直钩地脚螺栓

2）直钩地脚螺栓的规格尺寸见图14-4和表14-4。

3）弯折地脚螺栓的规格尺寸见图14-5和表14-5。

直钩地脚螺栓尺寸，mm 表 14-4

螺栓直径 d	16	20	24	30	36	42	48	56
L	65	80	100	120	150	170	190	220
R	12	15	20	25	30	35	40	45
埋设深度 L_0	320～400	400～500	480～600	600～750	720～900	840～1050	960～1200	1150～1400

弯折地脚螺栓尺寸，mm 表 14-5

螺栓直径 d	24	30	36
a	24	30	36
埋设深度 L	480	600	720

注：此种螺栓适用于预留孔法施工。

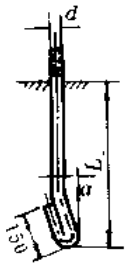


图 14-5 弯折地脚螺栓

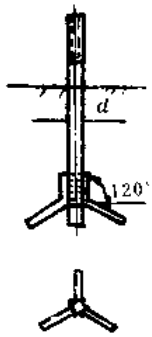


图 14-6 爪式地脚螺栓

4）爪式地脚螺栓见图 14-6。

在螺栓杆下端按下列规定焊上3～8根弯折的短钢筋而成爪型：

a．爪肢沿螺杆周长均匀布置。当爪数超过4肢时，可分上下两层错开排列。

b．爪肢截面积总和应大于螺栓杆截面积的三分之二。

c．爪肢长为 $6d$，其中长段 $4d$，短段 $2d$，弯折成120°角，短段焊于螺栓杆上。

5）锚板地脚螺栓的规格尺寸见图14-7和表14-6。

锚板地脚螺栓有两各：一种是在螺栓直杆下端焊上带有加劲肋的锚板（图14-7a），锚板为方形，边长 $c \geqslant 5d$，锚板厚度可按表 14-6 采用；另一种是用螺帽把锚板拧紧在螺杆上，见图14-7b。

（9）地脚螺栓中心线至基础边缘的距离应不小于$4d$，也不小于100mm，对于活螺栓尚应不小于固定板的宽度；预留孔的孔边至基础边缘的距离应不小于100mm。如不能满足上述要求时，应采取加固措施，见图14-8。

（10）当轧制生产线要求标高准确、各基础不允许有差异沉降时，应增加地脚螺栓的螺

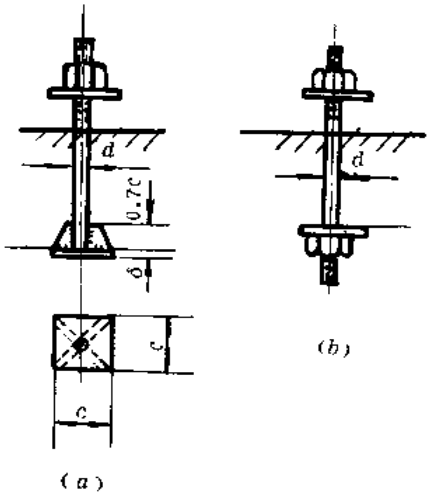


图 14-7 锚板地脚螺栓

纹长度（即提高螺栓顶面标高）。一般土质地基应加长10～30mm；对于软土地基，除增加螺纹长度外，尚应按地基下沉量提高基础顶面标高，提高值可通过计算或实践经验确定。

锚板地脚螺栓的厚度 表 14-6

螺栓直径 d (mm)	30	36	42	48	56	64	76	90	100
锚板厚度 δ (mm)	20			25		30		40	

（11）环氧砂浆锚固地脚螺栓的构造如下：

1）地脚螺栓一般采用光面直杆形式，埋设深度为 $10d$（d 为螺栓杆直径）。在特殊重要部位及螺栓直径为64mm 以上时，则螺栓埋入端部可做增加锚固作用的处理（如端部镦粗，或加焊钢筋箍等）。

2）当用环氧砂浆锚固地脚螺栓时，螺栓中心线至基础边缘的距离应不小于 $4d$ 或100mm。当不能满足此要求时，则应在基础边缘增设钢筋网或采取其他加固措施。螺栓底端至基础底面的距离应不小于100mm。

3）钻孔的直径根据螺栓直径的大小而定，可参照表14-7采用。

4）为了保证基础质量，提高成孔速度，在作基础设计时，必须使受力钢筋、水电通风等管线及其他预埋件和螺栓孔在平面位置和标高上相互避开。钻孔遇到构造钢筋时允许切断。

5）地脚螺栓的螺栓孔可由风动凿岩机或其他钻机成孔，不允许采用预留孔。钻孔时混凝土强度不应小于 C15。螺栓孔应孔壁完整、周围无裂缝和损伤。

（6）如遇螺栓长度不够或偏斜时，在不影响螺栓本身正常使用的情况下，允许焊接接长和烘烤校正。烘烤时，应在螺栓周围采取垫石棉板等隔热措施，防止环氧砂浆烧焦。螺栓烘烤校正后，应使其自然降温，不得浇水冷却。

7）地脚螺栓的拧紧，应遵守现行设备安装规程的规定。拧紧力一般不得超过钢材屈服强度的0.6～0.7倍。

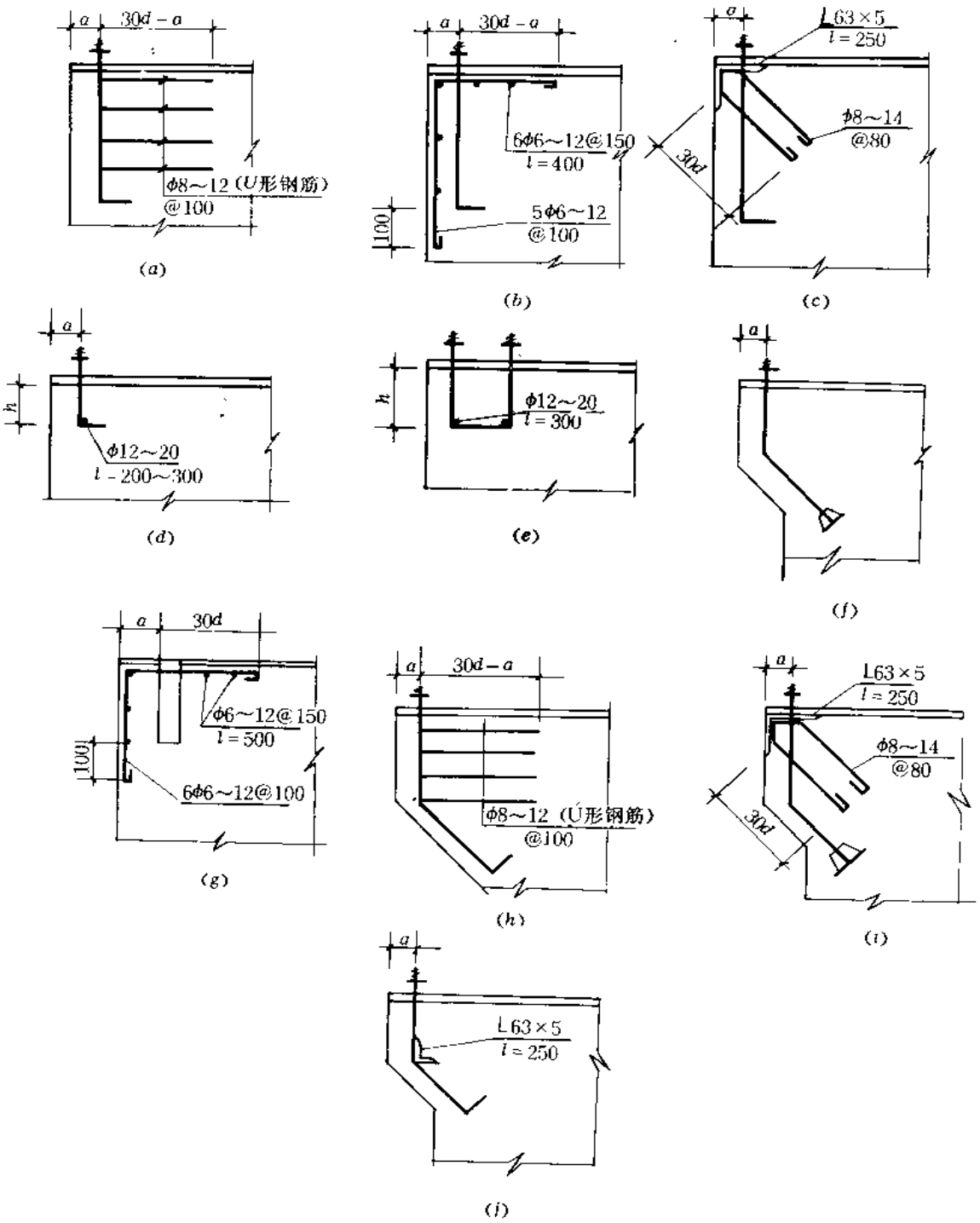


图 14-8　地脚螺栓的加固

a— 当 $a<50\text{mm}$ 或 $a<4d$；*b*　当 $a<50\text{mm}$ 或 $a<4d$；*c*— 当 $a<50\text{mm}$ 或 $a<4d$；

d— 当 $a<50\text{mm}$ 或 $a<4d$，$h>50\text{mm}$；*e*— 当 $h<15d$ 或 $h>50\text{mm}$；*f*— 当 $a<50\text{mm}$ 或 $a<4d$；

g— 当 $a<50\text{mm}$；*h*— 当 $a<50\text{mm}$ 或 $a<4d$；*i*— 当 $a<50\text{mm}$ 或 $a<4d$；*j*— 当 $a<50\text{mm}$ 或 $a<4d$

钻 孔 直 径　　表 14-7

螺栓直径（mm）	钻孔直径（mm）	环氧砂浆平均壁厚（mm）
12～24	24～34	4～5
30～42	42～58	6～8
48～64	61～84	8～10
76～100	96～130	10～15

第二节　轧钢设备基础

一、设计布置原则

（1）在满足工艺设备使用要求的前提下，应尽量简化轧钢设备基础的外形尺寸以便于施工。

（2）各有关专业应密切配合，将各种管路沟道集中整齐布置，综合利用地下空间。

二、基础外形，内部沟、槽、孔、洞及局部构造尺寸

（1）钢筋的混凝土保护层厚度一般为35mm，当基础底无垫层时，其基础底面保护层厚应为70mm。

（2）基础垫层厚度为100mm，并伸出基础底边各100mm。

（3）基础坑壁厚度不小于150mm，当为防水混凝土时，壁厚不小于250mm。

（4）基础内的人行通道宽度为600～800mm，高度为1800～2000mm。

（5）冲渣沟流槽边上的人行通道的上部必须设置钢或钢筋混凝土防护板，板面与垂直线的夹角不应大于45°。

（6）基础内的钢斜梯宽度不应小于600mm，直钢梯宽度不应小于400mm，直梯洞口不应小于800×800mm。

（7）地脚螺栓下端或预留孔底距基础底面不应小于100mm。

（8）设备底座边缘至基础边缘的距离一般不小于100mm。

（9）基础内各种沟道底部至基础底的距离为：

1）冲渣沟底至基础底的距离可取基础深度的$\frac{1}{12}\sim\frac{1}{14}$，同时不应小于300mm。

2）轧机下部的沟底至基础底的距离，大型轧机时，不应小于500mm；中小型轧机时，为300～400mm。

3）油管沟，电缆沟底至基础底的距离不应小于250mm。

（10）大块式基础的底面除主要设备部位应布置在同一标高外，一般可布置成台阶式。

三、基础与基础的衔接

（1）当大基础近旁的小基础的地基在施工中有可能被扰动时，宜采用悬臂形式，即在大基础上挑出小基础，见图14-9。如不便于采用悬臂形式，可采用厚垫层形式，见图14-10。

（2）土质地基上的设备基础与柱基础相邻时，两基础底面应尽量设置在同一标高上。如果两基础相碰，可按图14-11所示方法处理。当两基础底面不便设置在同一标高上时。基础之间的净距s应根据荷载大小和土质情况确定，一般取$\frac{s}{h}=1\sim2$，见图14-12。

四、管线穿过基础时的防护措施

（1）电缆管束由基础进入土中时，可采用填砂处理方法保护管线，见图14-13。

（2）水管通过变形缝或由基础进入土中时，可设套管防护，见图14-14，图14-15。

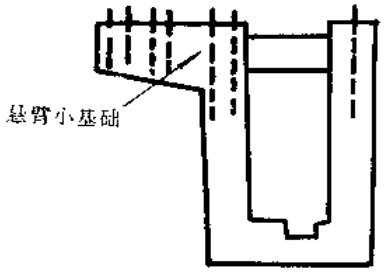


图 14-9　悬臂形式

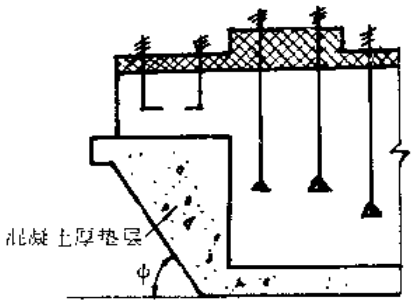


图 14-10　厚垫层形式
φ—土的自然休止角

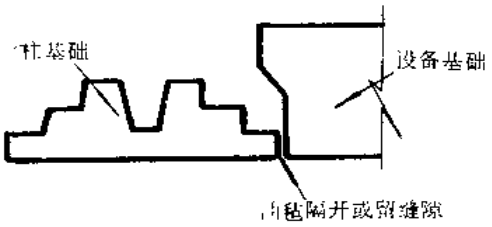


图 14-11　设备基础靠近柱基础的做法

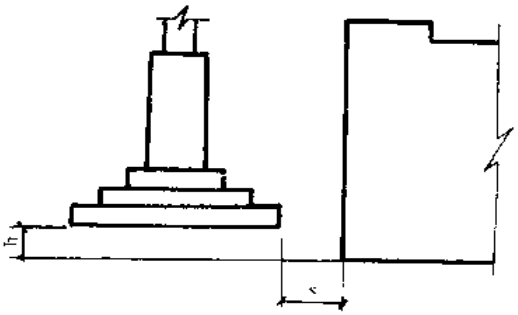


图 14-12　基础间距离控制尺寸

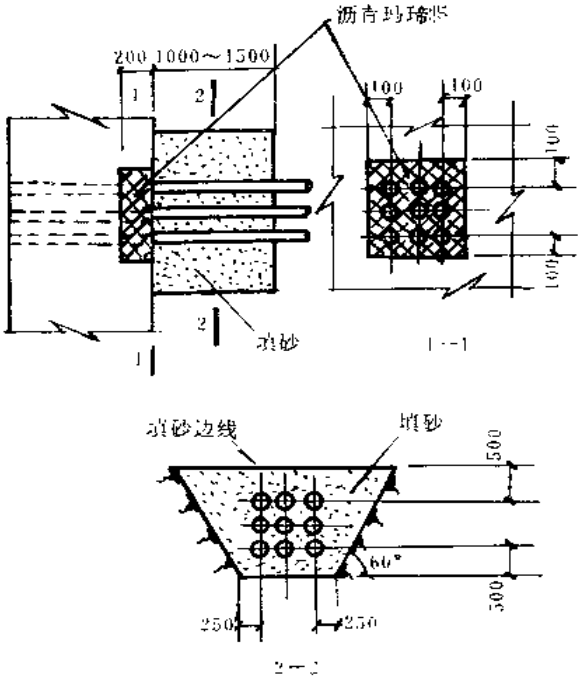


图 14-13　电缆管保护措施

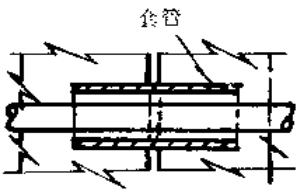


图 14-14　水管通过变形缝时的保护措施

（3）风管由基础进入土中时，可设置专门调整孔加以保护，见图14-16。

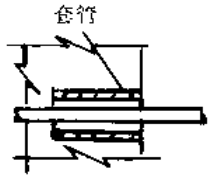


图 14-15　水管进入土中的保护措施

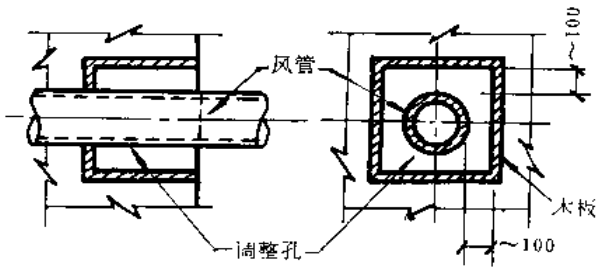
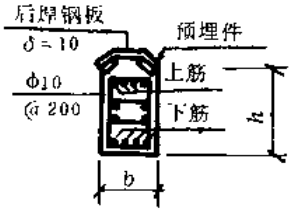


图 14-16　风管保护措施

五、冲渣沟连系梁

冲渣沟较深时，为增强其横向刚度，应沿纵向每隔4～5m 设置一道钢筋混凝土连系梁。轧机基础中的冲渣沟连系梁的截面尺寸及其配筋可参照表14-8采用。连系梁顶面可设置钢板或铁屑混凝土层防护。

冲渣沟连系梁截面和配筋　　表 14-8

梁截面	轧机基础	截面尺寸及配筋（mm）		
		$b \times h$	上部配筋	下部配筋
	大型轧机基础	700×1200	5Φ20	5Φ20
	中小型轧机基础	400×600	4Φ16	4Φ16

六、防阻隔离层

建在岩石地基上的较大基础（长度大于20m），为削弱地基对基础收缩的限制，应在基础与岩石之间，于两端 $L/4$（L 为基础全长）的区段内铺设防阻隔离层，见图14-17。此外，尚需按下列情况做防阻处理：

（1）当基础最深部位在基础中央断面时，基础底面可做成对称坡形（见图14-18）或阶梯形（见图14-19）。

（2）当基础最深部位不在中央断面时，基础底面也可做成阶梯形。此时，必须在阻碍基础收缩一侧的垂直面上贴置厚度不小于40mm 的木丝沥青板，见图 14-20。

（3）基础平面不规则时，应在突出部分靠近基础中央断面一侧的垂直面上贴置厚度不小于40mm 的木丝沥青板，见图14-21。

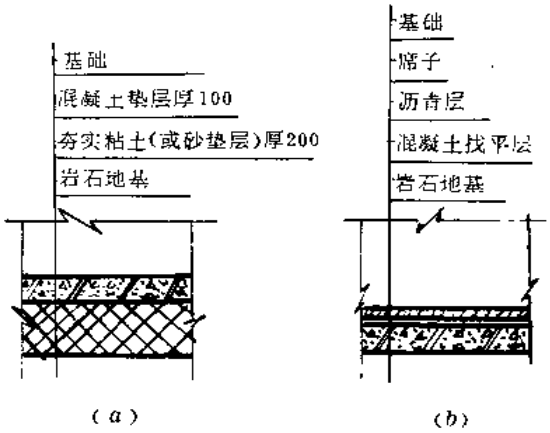


图 14-17　防阻隔离层

a— 粘土隔离层；　b— 草席隔离层

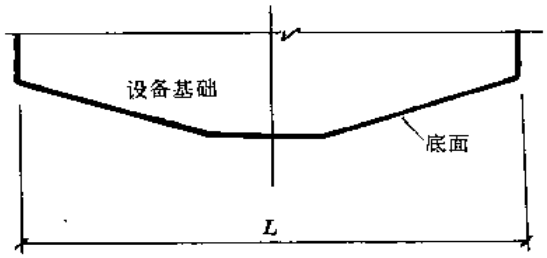


图 14-18　基础中央断面最深时的对称坡形底面

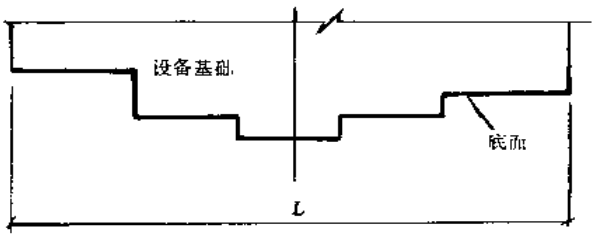


图 14-19　基础中央断面最深时的阶梯形底面

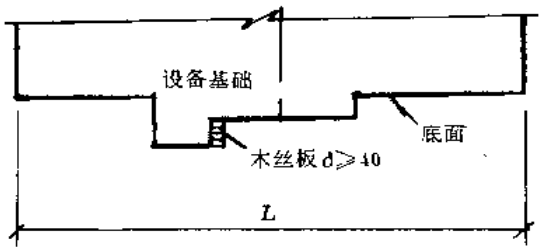


图 14-20　基础非中央断面最深时的阶梯形底面

七、变形缝

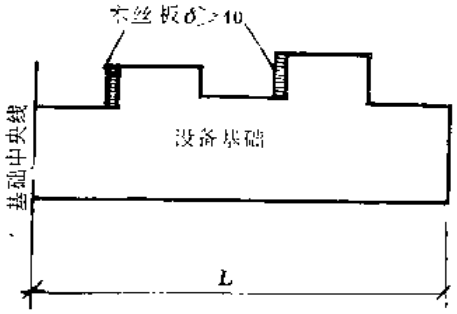


图 14-21　基础平面不规则时的防阻措施平面图

（1）变形缝（伸缩缝、沉降缝）的设置，应与设备的连接相配合，以不影响机组的正常运转为原则。土质上的设备基础，当传动轴为直接传动或刚性连接时，不得设置变形缝；当传动轴装置柔性接手（万向接手）并有较好的地基条件时，可以设置变形缝。

（2）各类基础可按表14-9规定的间距设置伸缩缝。

各类基础伸缩缝的最大间距　　表 14-9

项　次	基　础　类　别	伸缩缝最大间距（m）
1	大块式基础（配筋）	50
2	大块式基础（无筋）	25
3	框架式基础（装配式）	50
4	框架式基础（现浇式）	35
5	墙、底板	30

注：1. 如有实践经验或通过计算，表中数值可予以增减。

2. 墙、底板系指尺寸较大的地下室、油库、单独的冲渣沟、沉淀池以及筏式基础和箱形基础的墙和底板。

3. 当框架式基础为平板时，可按项次5确定伸缩缝间距。

4. 本表适用于土质地基上的基础，也可适用于按本节六规定设置隔离层的岩石地基的基础。

（3）当基础不允许设置伸缩缝，或不能满足表14-9的规定时，可设置临时伸缩缝（后浇施工缝）。

临时伸缩缝的做法是在浇灌基础混凝土时，留出0.5～1.0m宽的空隙，并从两侧混凝土基础内伸出钢筋，待一个月后，将两侧伸出的钢筋焊接起来，随后于空隙处浇灌比基础高一级的混凝土或无收缩的混凝土。

（4）伸缩缝做法如下：

1）为了调节伸缩缝两侧基础下沉量相一致或减少基础下沉量，一般可在基础底面伸缩缝处沿缝长方向设置1.0m宽的钢筋混凝土垫块，板厚300～500mm，内配Φ12mm@200mm钢筋网两层，见图14-22。

2）伸缩缝的构造详见第十八章第一节伸缩缝构造详图。

八、基础配筋

基础配筋除按计算外，应按下列要求配置构造钢筋：

（1）构造钢筋可按表14-10、表14-11规定配置。

（2）出炉缓冲器、挡板、翻钢机等受冲击的设备基础以及大型轧机基础机座下局部承压较大的部位，应于顶面配置Φ12mm@100mm钢筋网两层，层间距离100mm；独立的缓冲器和挡板的基础顶、侧面尚应配置Φ12mm、@200mm的钢筋网。

（3）洞口加固钢筋、架立钢筋，应按现行《混凝土结构设计规范》及其它有关规定执行。

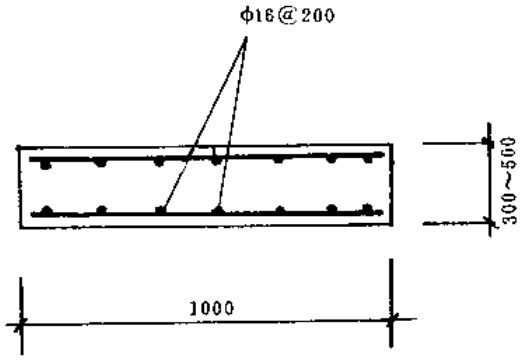


图 14-22　钢筋混凝土垫块

（4）构造钢筋的搭接长度，对于Ⅰ级钢筋，不得小于30d(d 为钢筋直径)；对于 Ⅱ 级钢筋，不得小于 35d。

大块式基础的构造配筋　　**表 14-10**

基础名称	基础顶面钢筋网直径（mm）	基础底面钢筋网直径（mm）	钢筋间距（mm）
大型轧机基础	16～20	16～20	200
中型轧机基础	14～16	14～16	200
小型轧机基础	12	12	200
剪断机基础	12～16	12	200
热锯机基础	12～14	12	200
推钢机基础	12～14	12	200

注：1. 本表适用于一般土质地基上的基础，对于岩石地基上较大的基础，除按规定在基础底设置隔离层外，尚应将钢筋直径提高一级。

2. 其他基础可参照本表配筋。

3. 应优先采用Ⅱ级钢筋。

（5）基础顶面配筋应尽量简化，以便于设计、施工，因此当基础顶面标高相差不超过或等于300mm 时，可在最低标高处的基础顶面配一层钢筋网，如图14-23所示。

（6）除计算要求外，大块式基础侧面可不配置构造钢筋，但基础长度超过40m 时，宜配置 ϕ12mm、@250mm 钢筋网。

（7）基础底面有高低差时，上下层钢筋应互相重迭30d，且不小于500mm，台阶侧面可不配钢筋，见图14-24。

墙、底板的构造配筋　　**表14-11**

墙、底板厚度（m）	0.5	1.0	1.5
墙侧面水平钢筋、底板顶面和底板底面钢筋网的钢筋直径（mm）	12	14	16

注：1. 应优先采用Ⅱ级钢筋。

2. 钢筋间距均为200mm。

3. 本表适用于一般土质地基上的墙、底板。对于岩石地基上的底板，除按规定在基础底设置隔离层外，尚应将钢筋直径提高一级。

（8）活螺栓底部锚板上方混凝土中应配以 ϕ10mm@100mm 钢筋网两层，并进行局部承压验算，见图14-25。

（9）基础孔洞周围应设置加强钢筋，每侧附加钢筋面积应不小于洞口宽度内被切断钢

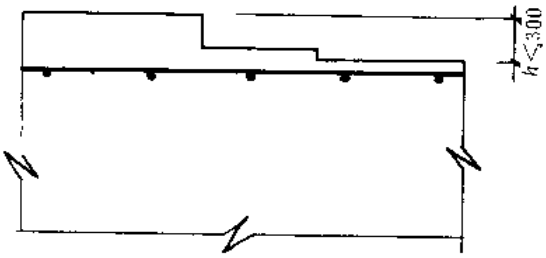


图 14-23　基础顶配筋图

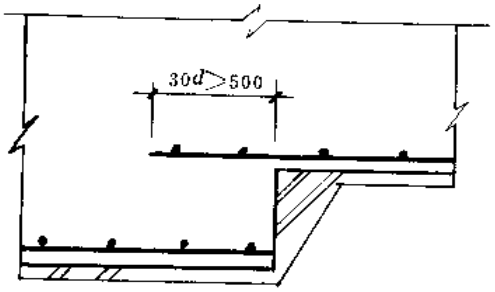


图 14-24　基础底有高差时的配筋

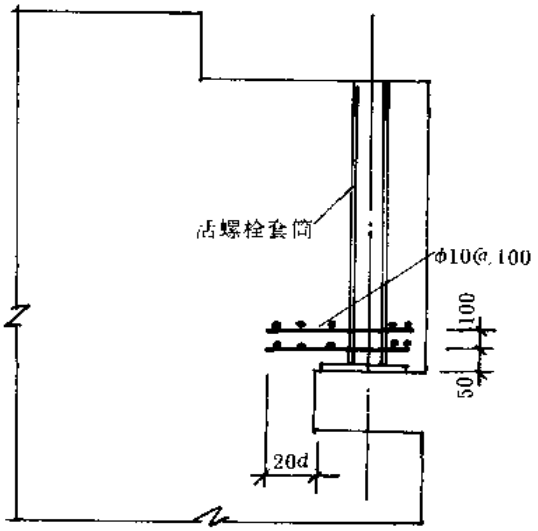


图 14-25　活螺栓锚板加固

筋面积的一半，且不小于 2ϕ16mm，此钢筋应从洞口边缘处延长 La。在洞口四个角处，各加 2Φ12mm 斜筋，长度不小于 $2La$，见图14-26。

（10）基础顶二次浇灌层的厚度大于100mm 时，应配置一层 ϕ8mm@100mm 钢筋网。

九、基础防护

（1）大、中、小型热轧冷床柱墩、收集料筐、缓冷坑、热剪切头坑垛板台、翻钢机等受高温烘烤的设备基础，应根据温度情况和受力特点，全部或局部采取隔热措施或采用耐热度不低于500℃的耐热混凝土。

（2）切头收集坑、缓冷坑、沉淀池、混凝土斜梯的踏步、设有活动盖板的地沟及易受碰撞的基础边缘，均应埋设护边角钢或其他形式的防护件。

（3）沉淀池、切头收集坑的侧壁内表面和底板上表面等易受碰撞的部位，应设防护措施。大型轧钢车间的沉淀池和切头收集坑一般设置 P38废钢轨保护，间距为300～350mm；中、小型轧钢车间的一般设置 P24或 P18废钢轨保护，间距为300mm；防护钢轨应牢固地焊在预埋件上，见图14-27。

采用人工清渣的铁皮沉淀池，在池底可抹20mm 厚的铁屑砂浆防护层或在底板上用50号水泥砂浆砌筑300～500mm 厚块石。

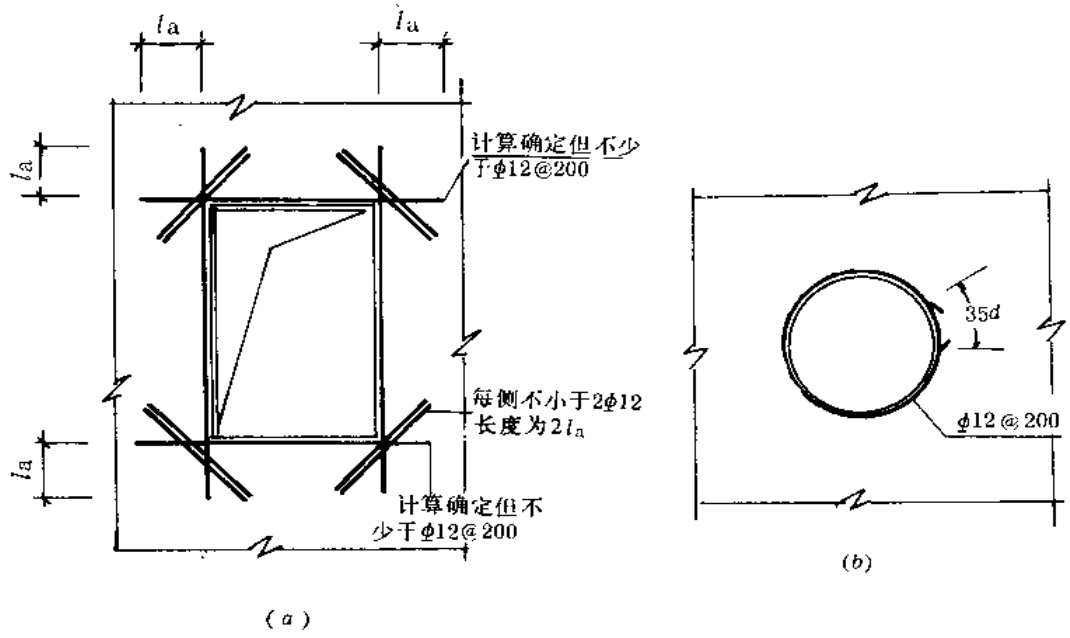


图 14-26　洞口加固

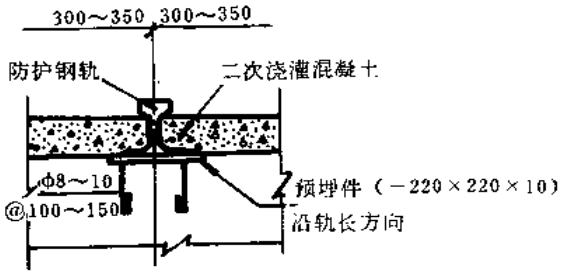


图 14-27　防护钢轨与侧壁，底板的连接

(4) 采用铸石，铸铁材料做冲渣沟流槽的面层时，应在初轧机、开坯机前后受冲击部位的流槽顶面设置用钢筋制成的防护箅子。钢筋直径一般为20mm，间距为60mm。

(5) 对于受酸碱、油等侵蚀的基础，应按现行的有关规定采取防护措施。

十、基础的防水与排水

(1) 对于有防水要求的设备基础或构筑物，应根据水文、工程地质资料、生产水情况、按防水要求的严格程度，可分别采取渗排水层、防水混凝土、钢板防水层、卷材防水层和水泥砂浆防水层等防水与排水措施。

(2) 对于主电室防水要求较高的大面积基础或基础群，当地下水为上层滞水时，宜采用渗排水层；当地下水为潜水时，宜采用防水混凝土，必要时还应增设卷材防水层，但都应采取内排水辅助措施。

采用卷材防水层时，卷材应沿基础墙外侧铺至最高地下水位以上0.5m 处，如考虑生产水可能经常渗入地下时，则卷材宜沿基础墙外侧铺至最高地下水位以上1.0m 处，但都需用半砖墙保护卷材防水层。

如地下室内要求较干燥环境时，应在墙外侧的全部高度和垫层上涂刷热沥青两遍。

(3) 地下油库、地下水泵站、铁皮沉淀池、冲渣沟、通风沟、电缆沟、电机基础等，宜采用防水混凝土。

(4) 防水要求较低的基础或构筑物，当仅需防止渗漏时，可采用卷材防水层或20mm 厚的1:2水泥砂浆防水层。

(5) 基础内部或地坑（例如冷床）应设置内部排水措施，以便积水流入排水沟。当积水不能自排时，应将水汇集到集水坑，用专用泵排出。

(6) 变形缝做法，可按下列规定采用：

1) 当变形缝位于地下水位以上，并无温度影响时，应采用沥青油毡、麻丝沥青或沥青纤维板等填缝。

2) 当变形缝位于地下水位以下，并无温度影响时，应采用橡胶止水带；当基础表面温度高于50℃时，应采用不小于3mm 厚的镀锌钢板止水带。

3) 当基础内部有生产水时，无论位于地下水位以上或以下，均应采用橡胶止水带或镀锌钢板止水带。

4)为防止基础的差异沉降破坏变形缝，应在基础底部沿缝长方向设置钢筋混凝土垫块。

第三节　破碎机及磨机基础

一、一般原则

(1) 破碎机与磨机大多属于低频设备，设计时宜使机组的自振频率高于机器的工作频率，即使机器在共振前区工作。所以，机器基础在可能条件下降低高度，宜将机器基础设计成质轻、浅埋和底面积大，以提高机组的自振频率。

(2) 基础外形应力求简单，平面规整，受力明确，基础底面置于同一标高，避免有大的孔、洞、坑和悬挑构件等。

(3) 凡是由主轴直接传动（刚性连接）的机器，其电动机、减速机与主机必须置于同一个整体基础上。

(4) 机器基础不应与厂房基础相连（岩石地基除外）。当两基础位于同一标高时，应留不小于100mm 的缝隙见图14-28。当两基础不能置于同一标高时，则其间距应满足土壤自然安息角 ϕ 的要求，见图14-29。

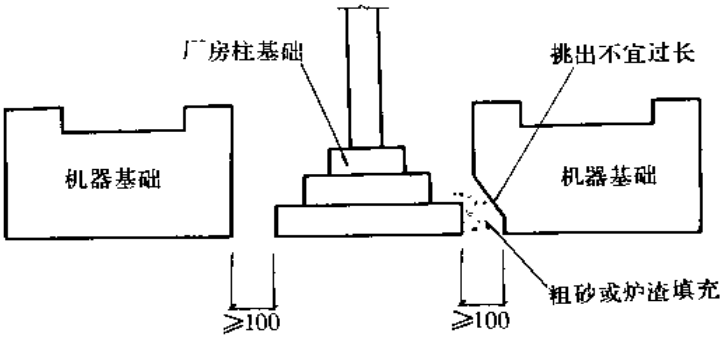


图 14-28　机器基础与厂房基础的间隙（1）

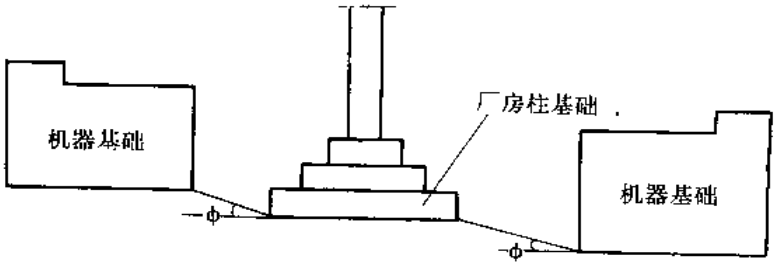


图 14-29　机器基础与厂房基础的间隙（2）

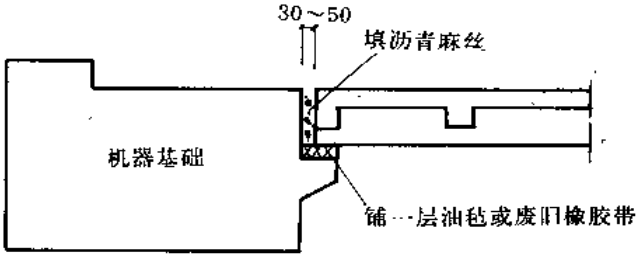


图 14-30　梁板搭放在机器基础上的处理

（5）机器基础一般不宜与厂房结构、构件等直接相连，但对次要的平台柱、梁和板等，当采取下列措施时，可自由搭放在机器基础上。

搭放在机器基础上的楼板、梁等与基础之间应留出30～50mm 宽的缝隙，并用沥青麻丝填塞，在板、梁底部尚应铺设油毡或废旧橡胶带衬垫，见图14-30。

（6）机器基础的埋置深度，应根据地脚螺栓的埋置深度、沟深度、坑深度、厂房基础埋置深度以及工程地质条件等确定，一般不应小于800mm，也不应小于底板厚。当机器基础设置于露天或非采暖房屋内时，尚应考虑冻结深度的影响。

（7）机器基础与地下沟道、通廊等相接，一般均应设置沉降缝。当有地下水时，沉降缝应采用橡胶（或塑料）止水带或镀锌钢皮。当无地下水时，沉降缝可用沥青麻丝或浸油（沥青）木板填塞（图14-31）。

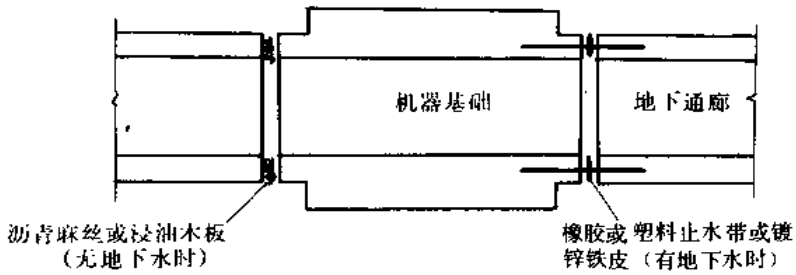


图 14-31　机器基础与地下沟道、通廊相连的沉降缝处理

（8）当机器基础置于对基础材料有浸蚀性作用的地下水位以下时，则应对基础材料提出特殊要求或采取防护措施。

二、基础形式

1. 机器基础的形式及选用

机器基础的形式应根据设计任务书提出的设备性能、外形尺寸和工艺条件等确定，一般有：

大块式：为整体浇筑的块体基础；

墙式：由底板、横墙或纵墙、梁或板彼此相连系的基础；

框架式：由支承于下部平板上的几个横向框架和上部纵梁或板相连接的基础。

（1）旋回破碎机基础：一般采用大块式或大块式与墙式结合的形式，基础的整体刚度由纵横墙体或水平隔板来保证。

（2）圆锥破碎机基础：一般多采用墙式或大块式，基础底平面宜为正方形，电动机与主机必须置于同一个整体基础上。

（3）颚式、锤式和反击式破碎机基础：一般采用墙式或大块式，基础底平面宜为矩形，其基础长边应与机器水平扰力方向一致。

（4）辊式破碎机基础：采用墙式或大块式。

（5）球磨机（短筒式）基础：球磨机基础高度小于3m时，多采用大块式；高度为3～5m时，宜采用墙式；高度大于5m时，可采用框架式。当机器基础建在容许承载力大于250kN/m²的地基上时，球磨机头部和尾部的基础可以分开，但电动机，减速机的基础应与球磨机尾部基础连在一起。

（6）管磨机（长筒式）基础：一般采用独立的块式或墙式基础（分别设磨头和磨尾基础），但电动机、减速机基础应与相邻的基础连在一起。

（7）自磨机基础：多采用墙式，且底板不应断开。

2. 墙式基础的构造尺寸

墙式基础的构造尺寸见表14-12。

3. 框架式基础的构造尺寸

框架式基础的构造尺寸见表14-13。

三、基础材料

1. 混凝土或钢筋混凝土

墙式基础构造尺寸 **表 14-12**

名称		构造尺寸
纵墙	最小厚度	≥400mm
	高厚比	≤6
横墙	最小厚度	≥500mm
	高厚比	≤4
顶板	最小厚度	≥600mm，且不小于 $\frac{1}{8}l$
	外悬长度	≤1.5m，且不大于板厚的2倍
底板	最小厚度	≥500mm，且不小于墙厚；对于联合基础，≥800mm
	外悬长度	不大于底板厚度的1.5倍

注：纵墙为与扰力方向平行的墙；横墙为与扰力方向垂直的墙；l 为板的计算跨度；高厚比系指墙高与墙厚之比。

框架式基础构造尺寸　　表 14-13

名称		构件尺寸
顶板	厚度	不小于$\frac{1}{8}l$（l为顶板计算跨度）
	悬出长度	不大于板厚的2倍
横梁	高度	不小于$\frac{1}{6}l$（l为横梁计算跨度）
	悬出长度	≤1.5m，且不大于1.25倍梁高
底板	厚度	不小于600mm，且不小于柱断面的长边尺寸
	悬出长度	不大于底板厚的1.5倍
柱断面边长		不小于600mm，且柱高与柱边之比宜小于8

（1）大块式基础：混凝土强度等级不低于C10；

（2）墙式基础：混凝土强度等级不低于C15；

（3）框架式基础：混凝土强度等级不低于C20；

（4）基础垫层：混凝土强度等级采用C7.5。

2. 二次浇灌层

二次浇灌层一般采用比基础混凝土强度等级高一级的细石混凝土，并不应低于C20，当二次浇灌层的厚度小于30mm时，可采用1:2水泥砂浆。

3. 钢筋

按计算确定的基础钢筋宜优先选用Ⅱ级钢筋，构造钢筋宜采用Ⅰ级钢筋。

四、基础配筋

基础配筋应根据计算确定，并应满足《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89)的要求，如计算结果不需配筋时，可按表14-14配置构造钢筋。

五、基础构造

（1）电动机、减速机和破碎机的基础应设计为一个整体基础，但可视地基情况设计成落地式（图14-32）或悬挑式（图14-33）；

基础构造钢筋　　表 14-14

基础形式 / 基础名称	基础体积小于40m³		基础体积大于40m³		框架式
	大块式	墙式	大块式	墙式	
破碎机基础	基础顶面配ϕ10～ϕ12mm、间距200～250mm钢筋网	墙面和底板上下配ϕ10～ϕ12mm、间距200～250mm钢筋网	基础顶面底面和四周均配ϕ10～ϕ12mm、间距200～250mm钢筋网	墙面和底板上下配ϕ10～ϕ12mm、间距200～250mm钢筋网	按最小配筋率配筋
磨机基础	基础顶面配ϕ8～ϕ12mm、间距200～250mm钢筋网	墙面和底板上下配ϕ8～ϕ12mm、间距200～250mm钢筋网	基础顶面和底面配ϕ8～ϕ12mm、间距200～250mm钢筋网	墙面和底板上下配ϕ8～ϕ12mm、间距200～250mm钢筋网	

（2）当设有多台同类型破碎机，且其基础底面积受到限制或设计有显著经济效果时，可以设计成联合基础，其构造如图14-34所示，一般不宜多于3台；

（3）当底板厚度小于1m时，墙式基础的垂直钢筋应全部伸至底部见（图14-35*a*）；当底板厚度大于1m时，钢筋的50%伸至底部，50%伸至中间折断（图14-35*b*）。

（4）墙式基础的垂直钢筋或水平钢筋伸入支座或邻壁的锚固长度应满足l_d要求，见图14-36、图14-37。

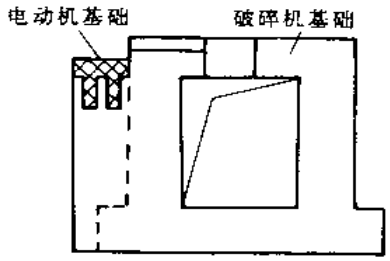


图 14-32　落地式基础（地基较差时）

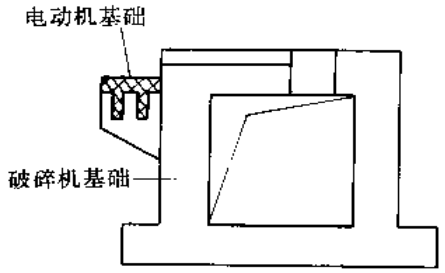


图 14-33　悬挑式基础（地基较好时）

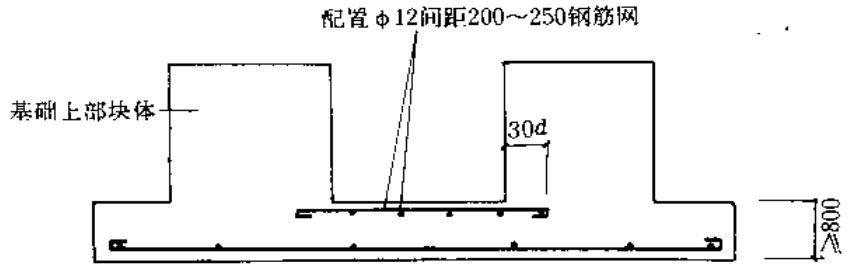


图 14-34　联合基础

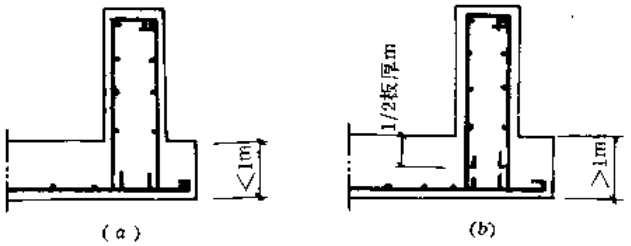


图 14-35　墙式基础的垂直钢筋布置

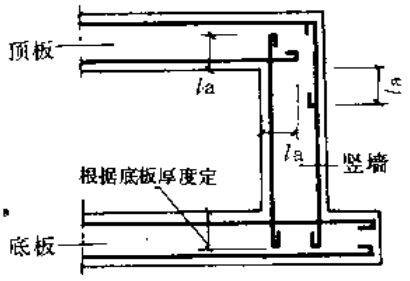


图 14-36　墙式基础垂直钢筋的锚固长度

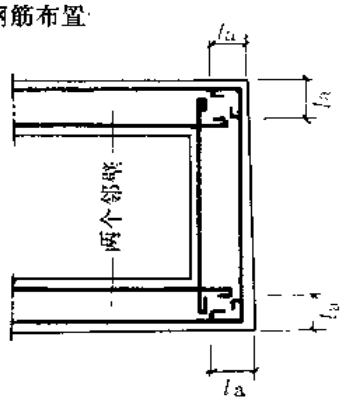


图 14-37　墙式基础水平钢筋的锚固长度

(5) 圆锥破碎机基础顶板，在跨度方向按梁计算，梁宽视孔洞至基础边的尺寸而定。当该尺寸小于1m 时，梁宽按实际尺寸取；尺寸大于1m 时，取1m 作为梁宽，计算所得出的钢筋集中配置于该范围内，在此范围之外和悬挑部分可配 ϕ12 ～ ϕ1216mm、间距150～200mm 钢筋网，见图14-38。

(6)机器底座至基础边缘的距离不宜小于150mm，螺栓或预留孔洞的外边至基础边缘的

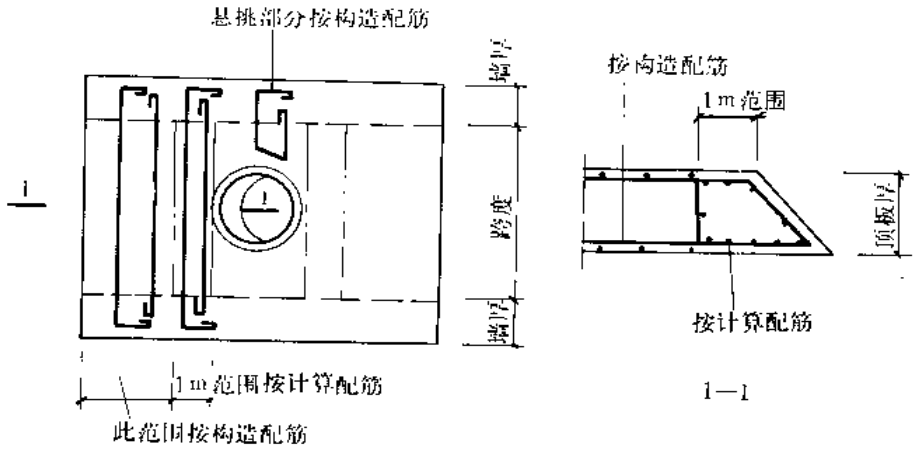


图 14-38　圆锥破碎机基础顶板的配筋构造

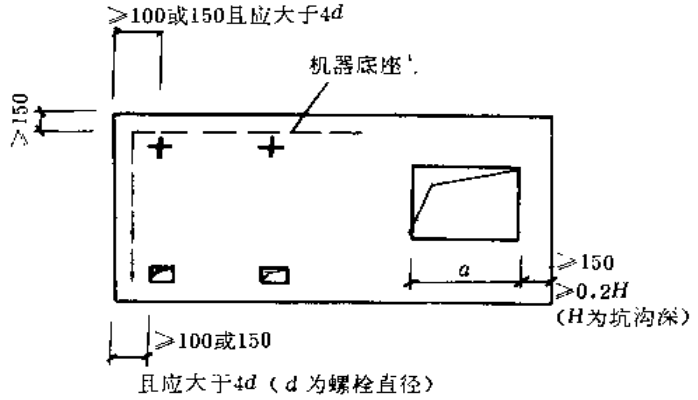
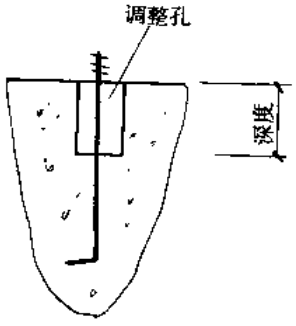


图 14-39　机器底座至基础边缘的距离

距离不小于4倍螺栓直径，且不应小于100mm。当螺栓直径大于36mm 时，应采用不小于150mm 的孔洞。孔边缘至基础边应不小于150mm，且不小于0.2H(H 为坑、沟深)。如不能满足上述要求时，则应配置 ϕ8 ～ ϕ10mm、间距100mm 的钢筋网，见图14-39。

(7) 基础上的坑、沟和洞的底部厚度不应小于150mm，并应大于0.2a(a 为坑、洞、沟的长边尺寸)。基础螺栓的下端至基础底或孔洞顶的距离应不小于100mm（预留螺栓）或150mm（预留孔洞）见图14-40。

螺栓调整孔尺寸　　表 14-15

螺栓直径（mm）	调整孔尺寸（长×宽×深）（mm）	
16～18	80×80×150	
20～24	100×100×200	
27～36	120×120×250	
40～48	150×150×300	
56以上	180×180×400	

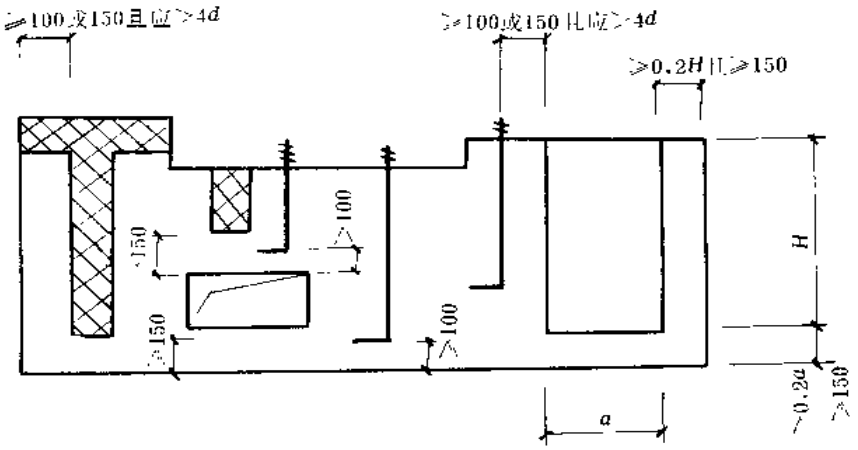


图 14-40　基础上开洞、坑和沟的要求

(8) 所有预埋螺栓应在基础顶面留有调整孔，其具体尺寸可按表14-15选用。

(9) 螺栓埋入基础的深度，一般应由机器制造厂给出。如无此数据时，当基础混凝土强度等级大于C15时，直钩、弯钩、弯折和U形螺栓等可取 (20～25) d；爪式和锚板螺栓等可取 (15～20) d；倒T形头活动螺栓，视具体情况确定。

球磨机基础在主轴承和小齿轮处通常均设倒T形头活动螺栓，所以除留有垂直孔洞外，还设200×300mm 的水平孔洞，并在下端敷设钢梁见图14-41。

(10) 基础中的孔洞、凹坑边距基础边较薄时，应在周边配置 ϕ8～ϕ10mm、间距为100mm的钢筋网，见图14-42。

(11) 基础上的二次浇灌层厚度大于50mm 时，应在基础顶面预埋 ϕ6mm、间距100mm 的短钢筋，见图14-42。

六、锚杆（桩）基础

1. 采用锚杆（桩）基础的岩石地基

(1) 岩石的饱和单轴向极限抗压强度大于30N/mm^2，且地质构造影响轻微，节理、裂隙不发育，层理夹层无粘土质，整体性较好的岩石。

(2) 岩石节理、裂隙虽较为发育，但无溶洞，无裂隙水，采用压力灌浆之后，尚能构成完整状态的岩石。

2. 基础形式

(1) 锚杆基础：锚筋为单根，一般为 ϕ16～ϕ25mm 钢筋。锚杆孔的直径为锚筋直径加50毫米，且不宜小于锚筋直径的3倍。

(2) 锚桩基础：锚筋为4～6根，直径为12～18mm 的钢筋，扎成笼形，锚桩孔的直径为100～200mm。

3. 基础材料

(1) 锚筋应采用Ⅱ级钢筋，不宜采用冷加工钢筋。

(2) 锚杆（桩）孔，采用不低于C30细石混凝土或掺速凝剂的1:2号水泥砂浆填塞。

4. 基础构造

（1）锚杆（桩）的中距不应小于5倍锚杆（桩）孔直径，且不应小于400mm，也不得大于1200mm，锚杆（桩）距基础边缘的净距不应小于150mm。

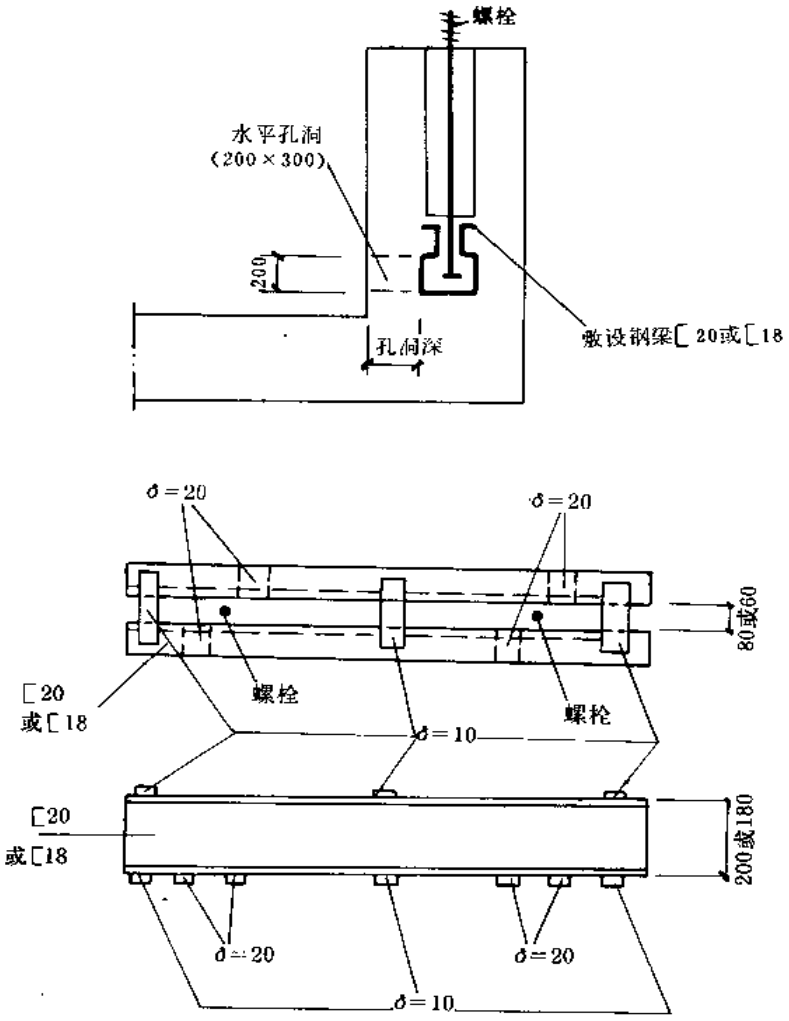


图 14-41　球磨机基础中主轴承和小齿轮处孔洞的设置

（2）锚杆（桩）锚入岩层的深度，对于锚杆基础为20倍锚杆孔直径，对于锚桩孔为15倍锚桩孔直径。

（3）锚杆（桩）锚入基础内的深度应不小于锚筋直径的35倍。

5. 基础配筋

（1）大块式基础的锚杆（桩）的总截面积，一般按基础底面积的（0.05～0.12）%配置，同时不应小于设备地脚螺栓的总断面积。

（2）墙式或框架式基础的锚杆（桩）总截面积不应小于墙内竖向钢筋或柱内主钢筋的总截面积（按强度折算），同时也不应小于设备地脚螺栓的总断面积。

6. 基础施工

（1）浇灌混凝土或砂浆之前，应将钻孔内部清洗干净，排除积水、污物等。

（2）施工时要求锚杆（桩）居中，砂浆密实，浇灌混凝土或砂浆后，初凝前不得摇晃（或松动）锚杆（桩）钢筋。

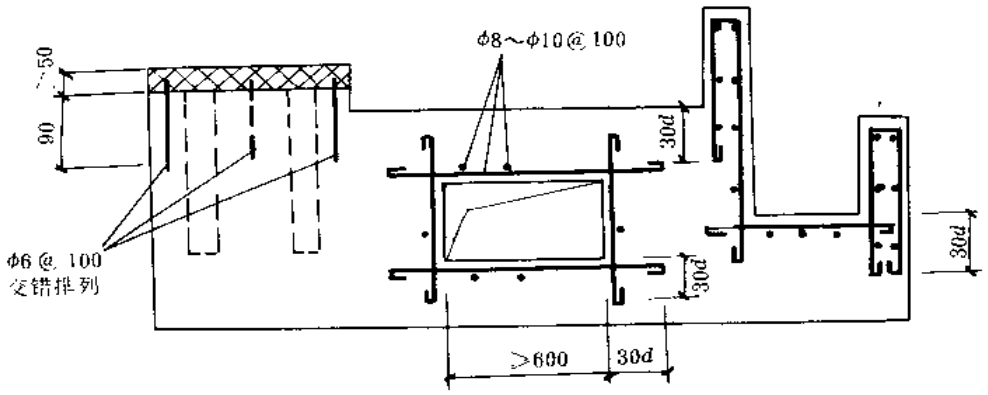


图 14-42　孔洞、凹坑周边配置钢筋网

第四节　活塞式压缩机基础

一、一般要求

(1) 基础的混凝土强度等级，一般不低于C15，基础垫层应采用C7.5混凝土；钢筋采用Ⅰ、Ⅱ级钢筋。

(2) 基础应采用钢筋混凝土墙式基础。基础的底板、纵横墙和顶板之间的连接，应保证其整体刚度。各构件尺寸按表14-16确定。

墙式基础构件尺寸　　表 14-16

构件名称	构件尺寸
上部顶板	厚度根据计算确定，但不小于150mm
顶板悬臂	长度不大于2000mm，厚度根据计算确定
机身部分的墙	厚度不小于500mm
汽缸部分的墙	厚度不小于400mm
基础底板	厚度不小于600mm
基础底板悬臂	长度：混凝土板不宜大于底板的厚度；钢筋混凝土板，垂直振动时不宜大于2.5倍底板厚；水平振动时不宜大于3.0倍底板厚

悬臂平台是最薄弱的地方。厚实的悬臂平台比轻薄的好，悬臂平台的构造要求见图14-43。

二、基础构造配筋

(1) 凡开孔或切口尺寸大于600mm时，应沿孔或切口周围配置不小于φ12mm@200mm的钢筋，钢筋锚固长度不小于l_a。

(2) 体积大于40m³的大块式基础，应沿四周和顶、底面配置φ10～14mm@200～300mm的钢筋网。

(3) 墙式基础沿墙面应配置钢筋网，其钢筋直径一般为：垂直向为φ12～16mm，水平向为φ10～14mm。钢筋间距一般为200～300mm。上部构件的配筋，应按强度计算确定。墙与底板及上部构件连接处，应适当增加构造钢筋。

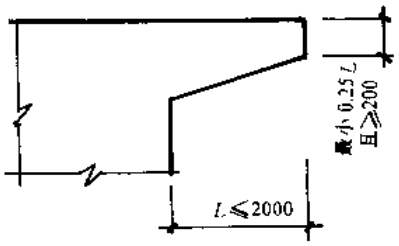


图 14-43　悬臂平台构造尺寸

（4）当基础底面最大边长与基础高度之比不大于5时，上下层钢筋网的钢筋为 ϕ12～18mm，间距为200～300mm。

（5）当基础底面最大边长与基础高度之比大于5时，则顺着最大边长所配置的下层钢筋网的钢筋截面面积，可近似按下式计算

$$A_s = \frac{W}{20} \cdot \frac{a}{h}$$

式中　A_s ——下层钢筋网的钢筋截面面积，cm^2；

W ——基础与设备总重；

a ——基础底面最大边长；

h ——基础的高度。

上层钢筋网的钢筋截面面积应不小于 A_s 值的一半。

侧面钢筋网的钢筋，根据基础尺寸宜配置 ϕ10 ～ 14mm@200～300mm 的钢筋。

（6）为了保证墙体与底板的可靠连接，若底板厚度大于1.0m 时，则墙体的垂直钢筋应有一半伸至底板的底部，其余一半伸入底板内，锚固长度要满足 l_a 的要求；若底板厚度小于1.0m 时，则墙体的所有垂直钢筋都应伸至底部的底部。

（7）当技术经济合理时，可采用2～3台机器设在同一基础底板上的联合基础。

联合基础的底板厚度，应满足刚度要求，且不应小于800mm。块体之间的底板宜上下配筋。

第五节　汽轮机组和电动基础

（1）本节适用于工作转速不大于3000r/min 的汽轮机（汽轮发电机、汽轮鼓风机等）和电机（电动发电机、调相机等）基础。

（2）汽轮机组和电机基础一般采用框架式。电机基础如采用墙式或大块式基础时，其构造应符合本章第四节的有关规定。

（3）框架式基础可采用装配整体式钢筋混凝土结构或预应力混凝土结构。

（4）框架式基础的四周应与邻近建筑物、构筑物脱开，必要时，可将走道板等构件搁置于基础顶板上，或在底板上设置加热器平台和地下室楼板的柱等。

（5）框架式基础的底板，可采用井式、梁板式或平板式。平板式底板的厚度或井式、梁板式底板的梁高不应小于柱截面的边长，并根据地基情况可按底板长度的1/15～1/20选用，且不小于800mm。

（6）基础顶板的挑台应为实腹式，其挑出长度一般不大于1.5m，悬臂支座处的截面高度不应小于悬出长度的0.75倍；梁截面高度应大于或等于500mm；平台板厚度应大于或等于200mm。

（7）柱子长细比（柱子长度与截面高度相比）一般应控制在14以内，且截面尺寸不宜小于400×400mm。汽轮发电机基础的柱子参考尺寸如表14-17所示。

汽轮发电机基础的柱子参考尺寸 **表 14-17**

机组功率（kW）	截面高度尺寸（mm）
12000～25000	600～800
50000～125000	800～1200
200000～300000	1000～1500

（8）工作转数小于或等于1000r/min的电机基础，当采用大块式和墙式基础时，其构造要求可按本章第四节有关规定执行。

（9）电机基础的顶板结构，按下列规定配置构造钢筋（图14-44）：

1）上部构造钢筋的截面面积 a_{s2} 不应小于 $0.1\%b_n h_n$；

2）下部构造钢筋的截面面积 a_{s1} 不应小于 $0.1\%bh$；

3）钢筋直径均不应小于 ϕ16mm@150～250mm。

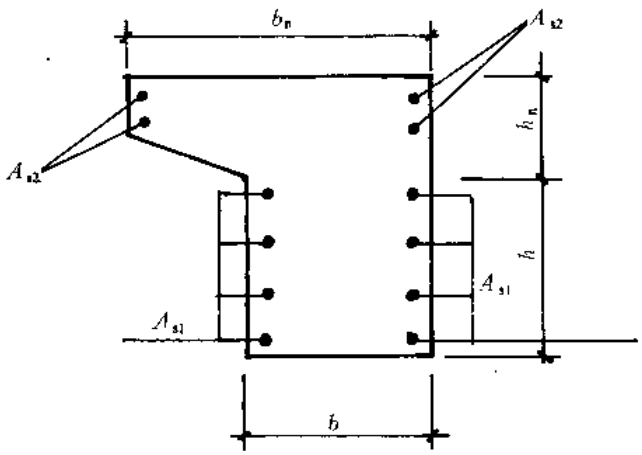


图 14-44 电机基础的顶板结构构造配置

第十五章　工业炉基础

第一节　一般规定

一、材料

1. 混凝土

(1) 基础表面温度在150℃以下时，采用不低于C15混凝土。

(2) 基础表面温度在150℃以上时，采用不低于C20的耐热混凝土。

(3) 基础需考虑防水时，采用不低于C20的防水混凝土，其抗渗标号要求见本节第十六章表16-3，但不应低于S_6。

(4) 小型基础的表面温度不高，可采用不低于C10的混凝土。

(5) 基础垫层应采用C7.5混凝土。

2. 二次浇灌层

(1) 当浇灌层厚度大于或等于50mm时，一般采用细石混凝土，其强度等级不低于C20。

(2) 当浇灌层厚度小于50mm时，一般采用1:2水泥砂浆。

3. 钢筋

基础钢筋应优先采用Ⅱ级钢筋，构造钢筋一般采用Ⅰ级钢筋。

4. 钢构件、预埋件

钢材采用A3F，焊条采用E43。

二、其他要求

(1) 工业炉基础中的地脚螺栓应符合本书第十四章第一节的有关地脚螺栓部分。

(2) 炉基础和炉基础外的烟道基础交接处一般应设置沉降缝，且应设在炉基础竖壁外约300mm处，见图15-31。如基础位于地下水位以上时，沉降缝的构造可采用图18-6的形式；如基础位于地下水位以下时，沉降缝的构造可采用图18-8的形式。

(3) 工业炉基础上受高温烘烤的操作平台，一般采用钢结构，其它平台可采用钢筋混凝土结构。

(4) 炉基础的隔热保护措施，可采用耐热混凝土、耐火砖、普通砖及铸铁板等材料，其具体要求和做法可参见有关章节。

第二节　转炉基础

转炉基础的形式分为地坑式和高架式两种。地坑式基础可参照地坑式电炉基础处理。本节主要述及高架式基础。

一、基础形式

1. 转炉容量大于50t时，其基础宜采用框架结构，见图15-1。

2. 转炉容量大于15t并小于或等于50t时，其基础宜优先采用带悬臂板的支墩结构（见图11-2），也可采用框架结构。

3. 转炉容量小于或等于15t时，其基础宜采用支墩结构。如采用带悬臂板的支墩结构，

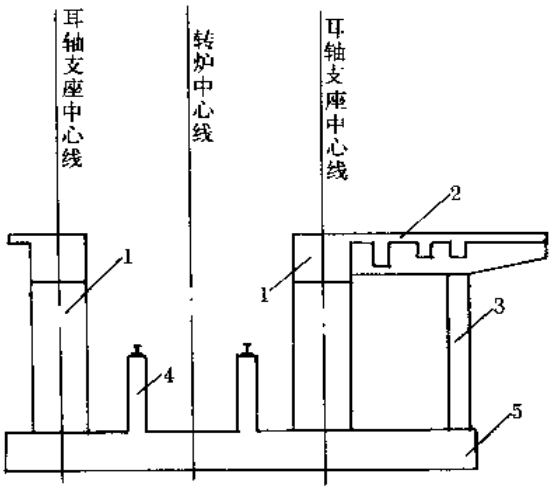


图 15-1　框架结构基础

1—框架；2　顶板；3—小柱；4—钢水包及渣罐车轨道基础；5—底板

传动设备可置于悬臂板或操作平台上，也可置于另一独立支墩上。

二、构件的确定

1. 框架结构基础

(1) 框架结构基础可设计成单跨或双跨框架，其中心线应与耳轴支座的荷载作用中心线相重合。在主要设备的地脚螺栓处应设置梁。

框架的横梁高度应按斜截面的抗剪强度计算确定。

(2) 基础的底板宜设计成整体刚性厚板或倒置的梁板式结构。当为刚性厚板结构时，板的厚度应大于或等于框架平面内柱截面高度的0.8倍；当为倒置的梁板结构时，梁的高度应大于或等于框架平面内柱截面高度。

当地基为低压缩性土或采用人工地基（如桩基）时，也可设计成分离式基础。此时沉降差应满足设备的要求。

(3) 框架平面内的柱截面高度一般可按$\frac{1}{4}\sim\frac{1}{5}$全柱的高度确定。

(4) 顶板的厚度应大于或等于120mm。

2. 支墩结构基础

(1) 支墩厚度由计算确定，一般可按$\frac{1}{4}\sim\frac{1}{5}$的支墩高度采用。

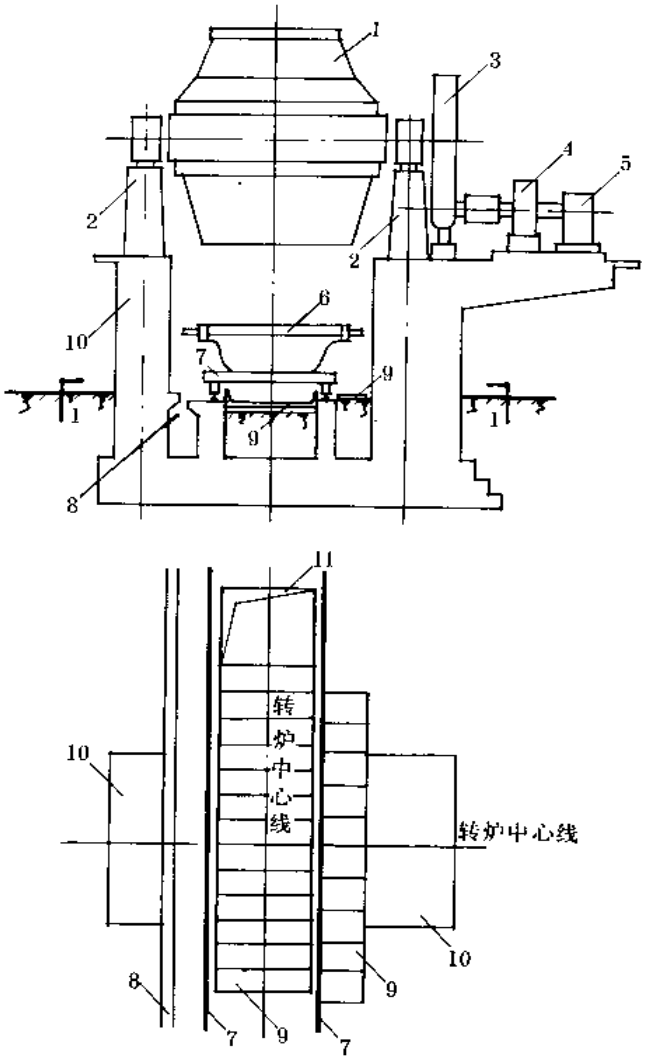
(2) 基础底板宜设计成整体基础，底板厚度应大于或等于600mm。基础底板也可设计成分离式，其地基等要求和框架结构基础相同。

(3) 悬臂板宜设计成变截面的，板的最小厚度应大于或等于120mm。

3. 轨道基础

钢水包车及渣罐车的轨道基础可设计成带形钢筋混凝土基础，直接支承在转炉基础的底板上或设置在未扰动的土层上。当转炉容量较小时，也可设置在回填土上，回填土的质量应满足有关地基基础设计规范的要求。

三、基础的混凝土和钢筋



1—1

图 15-2　带悬臂板的支墩结构基础

1　转炉；2—耳轴承座；3—半悬挂齿轮箱；4　主减速机；5　电动机；6—滴盘或钢水包；7　钢轨；8—电缆沟；9—地坪；10—基础；11　集渣坑

1. 混凝土

框架结构基础采用C20混凝土；支墩结构基础采用C15混凝土，如带悬臂板时则用C20混凝土；电缆沟基础宜采用C20防水混凝土。

2. 钢筋

基础钢筋应按计算确定，其构造配筋要求和一般钢筋混凝土构件相同。

当支墩结构基础的支墩由于工艺及构造要求而截面较大，根据计算结果，其配筋率小于《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89)中最小配筋率的要求时，宜按少筋混凝土结构考

虑，其计算方法和构造要求见《水工钢筋混凝土结构设计规范》中的有关条文。但根据转炉容量的大小，纵向钢筋不宜小于 ϕ12～ϕ16mm@200mm，横向钢筋不宜小于 ϕ10～ϕ12mm@200mm。

四、基础隔热保护措施

(1) 转炉耳轴支座下的框架或支墩，靠近转炉侧及两端表面应采取隔热保护措施，见图15-3。其做法如下：

1) 转炉容量大于15t 时，隔热保护措施可采用半砖厚骨架墙或一砖厚自承重墙；

2) 转炉容量小于或等于15t 时，隔热保护措施可采用一砖厚自承重墙；

3) 当两个耳轴支座间的距离小，钢水的渣量大或采用砖墙隔热层占净空较大时，可采用铸铁板作隔热保护措施。

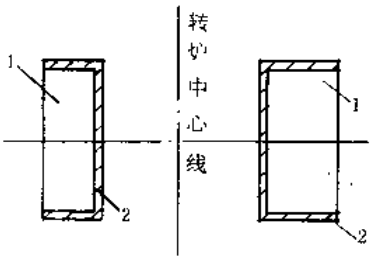


图 15-3 基础隔热保护范围

1—基础；2—隔热保护层

(2) 基础骨架墙的骨架宜用角钢组成，与基础表面的预埋件连接见图15-4。自承重墙应与基础预埋钢筋拉结，见图15-5。

骨架墙与自承重墙可采用普通砖，用耐热砂浆砌筑。

(3) 基础采用铸铁板隔热保护层时，可采用下列构造方式：

1) 悬挂铸铁板，见图15-6。

2) 螺栓固定铸铁板，见图15-7。

(4) 转炉炉下钢水包车及渣灌车通过地段的地坪材料及构造如下：

1) 机械清渣时，应采用铸铁板地坪，见图15-8。

2) 转炉容量小于15t，且为人工清渣时，宜采用耐火砖地坪，见图15-9。

3) 采用铸铁板地坪时，板平面尺寸的划分应尽量减少横向接缝。中间凹槽部分采用实体平板及实体 L 形板。L 形板的竖直边宜设计成变截面，见图15-8。

铸铁板下应铺设100～150mm 厚的砂垫层，要求板面平整并尽量减小缝隙。

4) 轨道与转炉基础的连接宜采用卡板，见图15-10。卡板厚度应大于或等于10mm，卡板外应砌耐火砖保护。见图15-8。

(5) 转炉基础集渣坑内应设内排水沟，以将水排入集水井或下水道内。集水井应设在不可能跑钢的部位。

(6) 转炉基础电缆沟内应设内排水沟，并根据工艺要求，在壁上做挡渣板，以防钢渣溅入沟内。

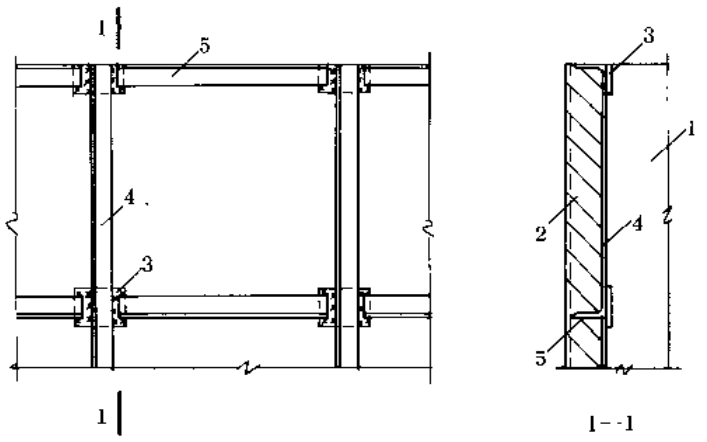


图 15-4　骨架墙构造

1—基础；2—骨架墙；3—预埋件；4—竖向角钢；5—横向角钢

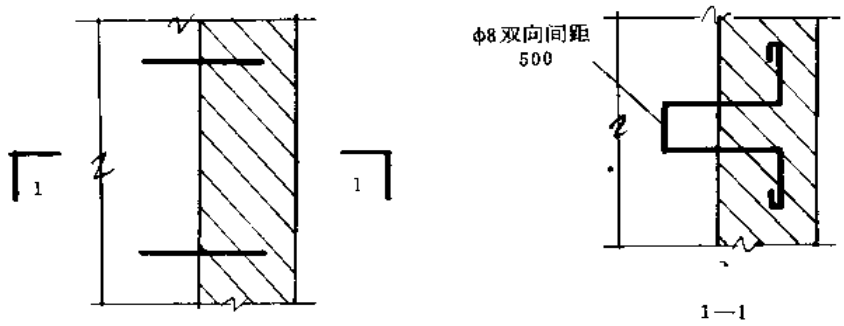


图 15-5　自承重墙构造

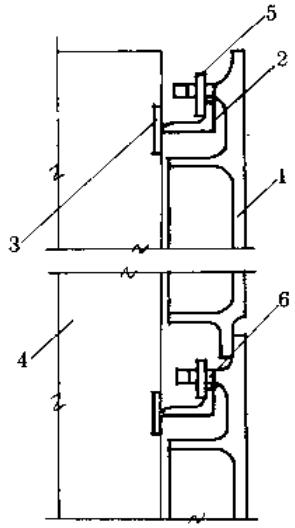


图 15-6　铸铁板隔热保护构造（1）

1—铸铁板；2—型钢（焊于预埋件上）；3—预埋件；4—基础；5—销子；6—铸铁板上预留孔

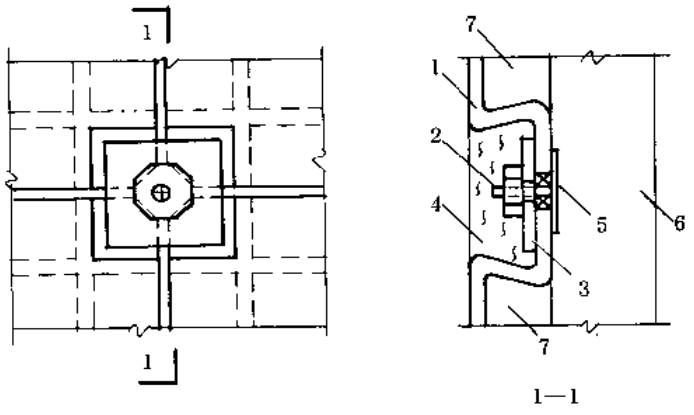
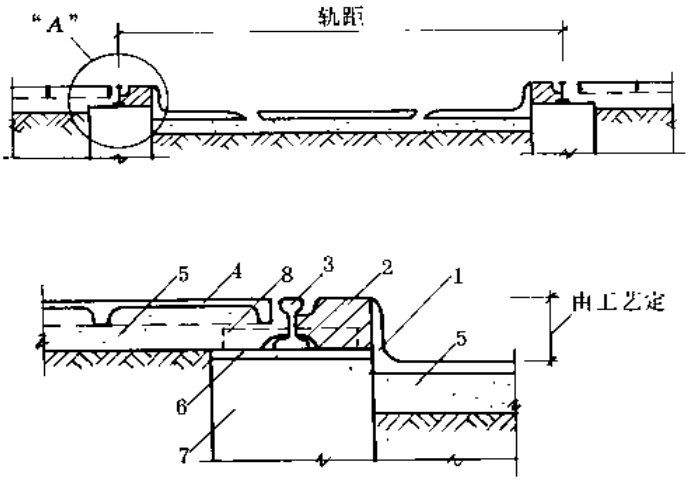


图 15-7　铸铁板隔热保护构造（2）

1—铸铁板；2　螺杆；3—垫板；4 -用水玻璃耐热砂浆抹平；5- 预埋件；6—基础；7—石棉泥



详图"A"

图 15-8　铸铁板地坪

1　L形铸铁板；2 -耐火砖砌体；3　钢轨；4—铸铁板；

5 -砂；6—预埋件；7—基础；8　轨道卡板

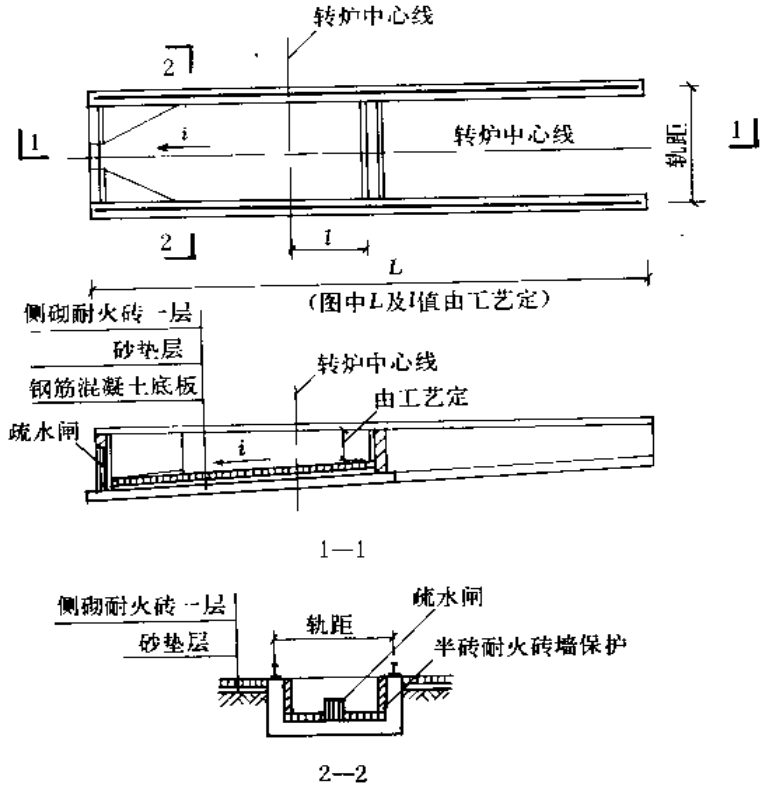


图 15-9　转炉基础的耐火砖砌地坪

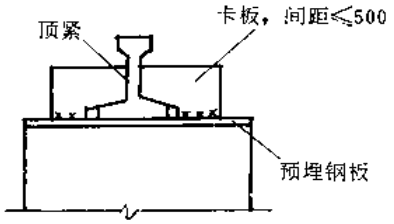


图 15-10　轨道卡板连接

第三节　电炉基础

本节适用于炼钢和铸造电弧炉基础。

一、基础形式

电炉基础的形式分为地坑式和高架式两种。

1. 地坑式基础

地坑式基础形式见图15-11。为了减少出渣坑坑壁因烘烤而破坏，应优先采用图15-11*a*。

2. 高架式基础

高架式基础一般采用支墩结构，见图15-12，也可采用框架结构，其形式可参见转炉基础。

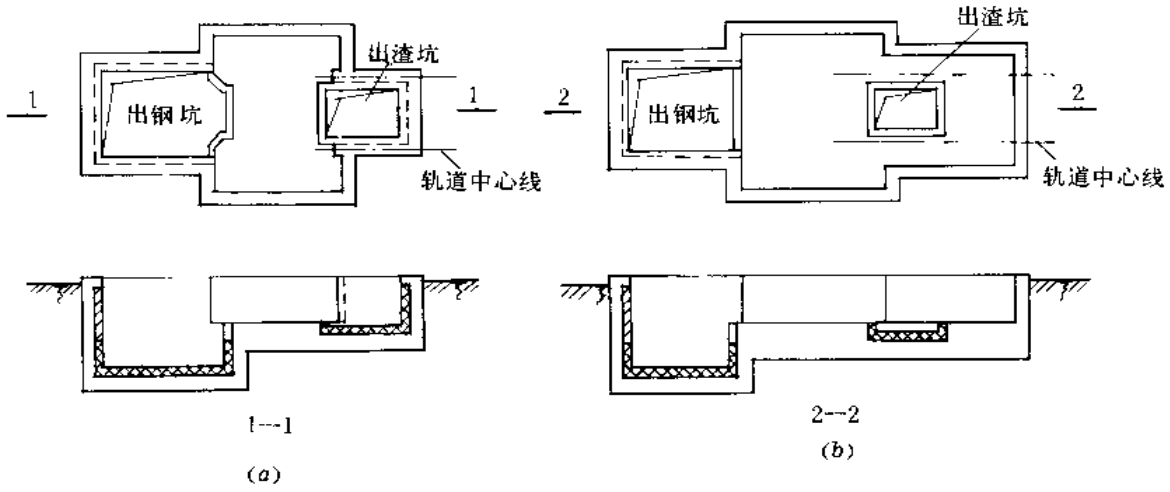


图 15-11　地坑式基础

a— 操作平车轨道在坑壁顶面；b　操作平车轨道在坑内

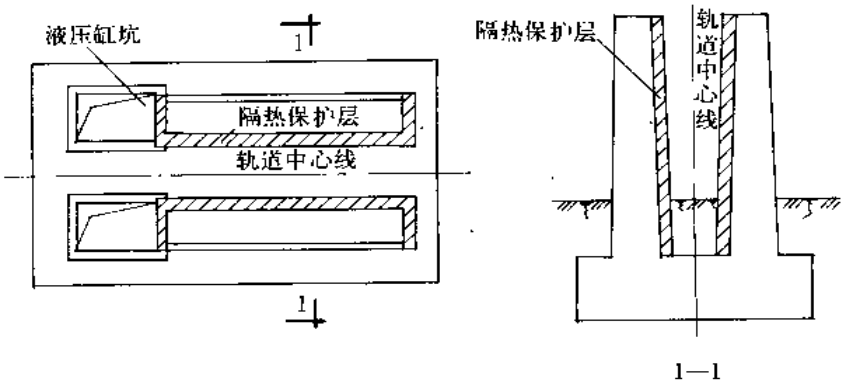


图 15-12　高架式基础

二、构件的确定

1. 地坑式基础

地坑的侧壁及底板应按计算确定，其厚度不宜小于300mm；电炉底座下基础底板的厚度不宜小于500mm。

2. 高架式基础

构造要求同高架式转炉基础

三、基础的混凝土和钢筋

1. 混凝土

(1) 当地坑式基础设置钢板防水层时，应采用C20混凝土；当为盲沟排水或处于无地下水及弱透水性土中时，应采用C20防水混凝土。

(2) 对于高架式基础，除液压缸坑处为C20防水混凝土外，其余均采用C15～C20混凝土。

2. 钢筋

钢筋应按计算确定，地坑式基础的钢筋一般为双层配置，钢筋不宜小于 ϕ10mm@200mm。

高架式基础钢筋的配置同高架式转炉基础。

四、基础的防水、排水措施

1. 地坑式基础

(1) 地坑式基础的出钢坑及出渣坑应严格防水。一般情况下，应优先采用钢板防水。

当电炉座数较多、经济上合理时，可采用盲沟排除地下水。

处于无地下水及弱透水性土中的电炉基础，为防止生产水形成的上层滞水渗入基坑，可采用防水混凝土防水，此时坑壁及底板应适当加厚。

设计地坑式基础时，应采取措施防止电极冷却水流入基坑。

(2) 地坑式基础一般采用外包钢板防水层，其顶面应与室内地坪相同。当地下水水位低于电炉底座基础顶面500mm时，也可采用内套钢板防水层，防水层应设置到炉底座基础顶面。

(3) 钢板防水层应设计成四周封闭的盒式结构，钢板厚度一般不宜小于6mm，当地下水有侵蚀性时，钢板应适当加厚。

为减少焊缝的长度，防水层宜用大块钢板制作。钢材应保证可焊性。

(4) 采用外包钢板防水层时，其外侧应砌筑不小于半砖厚的普通砖墙加以保护。

采用内套钢板防水层时，钢板必须与混凝土坑壁、底板及隔热保护层拉结，见图15-13。

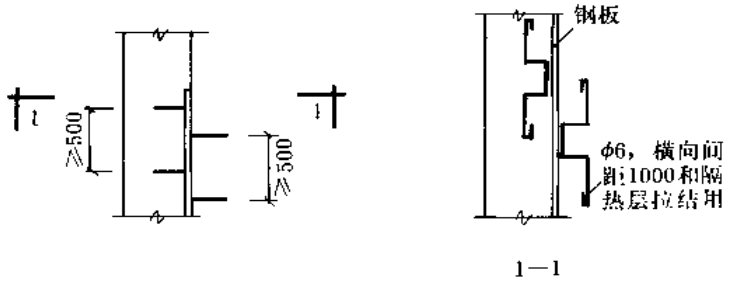


图 15-13 钢板防水层锚固示意图

(5) 钢板防水层的所有焊缝必须进行加热渗透试验（加热温度一般为150～200℃）。

(6) 钢板防水层一般刷红丹两道，再刷防锈漆或涂料两道防腐。

当地下水含有酸性介质时，外包钢板防水层外表面应刷耐酸漆等涂料，并应在其外侧浇灌不小于250mm厚的耐酸钢筋混凝土墙加以保护。

2. 高架式基础

高架式基础的液压缸坑应采取防水措施，坑壁和底板应采用防水混凝土。当坑较大时，尚应在坑内增设排水沟和集水坑等。

五、基础的隔热保护措施

1. 地坑式基础

(1) 应在出钢坑侧壁自坑底向上1/3侧壁高度范围内，砌筑一砖厚的耐火砖墙，其余部分则砌筑普通砖墙，并与基础拉结，见图15-14。

出渣坑侧壁应砌筑一砖厚的耐火砖墙。

出钢坑及出渣坑底板上应砌筑耐火砖，见图15-15。

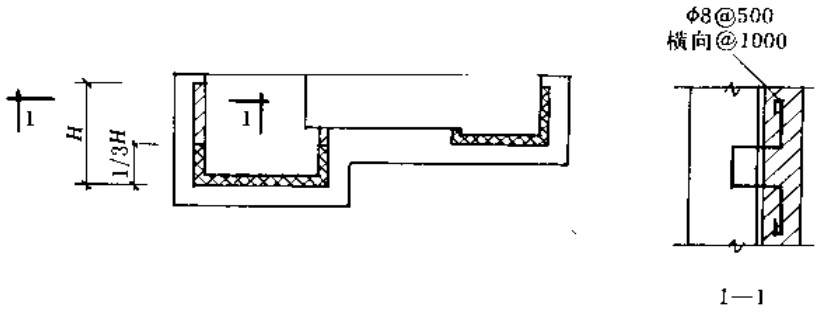


图 15-14　基坑侧壁隔热保护层砌筑

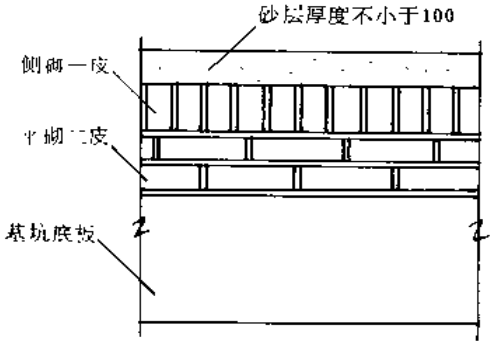


图 15-15　基坑底板隔热保护层砌筑

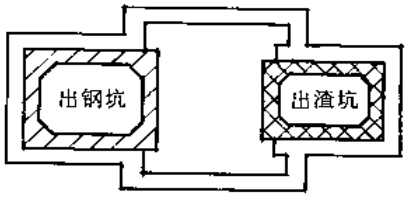


图 15-16　隔热保护层平面砌筑

所有砌体均采用耐热砂浆砌筑。

(2) 基础侧壁隔热保护层的内角宜砌成折线形，见图15-16。

(3) 地坑侧壁顶部应设计成 Γ 形，以保护隔热保护层，其顶面内边缘须埋设保护角钢。坑壁顶面标高应至少高出室内地坪100mm，见图15-17。

(4) 地坑式基础若采用图15-11*a* 的形式，应在炉前操作平车轨道下的侧壁端部设置由型钢或组合断面形式的钢支柱加固，并在至侧壁端部不小于1m 的范围内增设 ϕ10mm @100mm 的钢筋网一层，见图15-18。

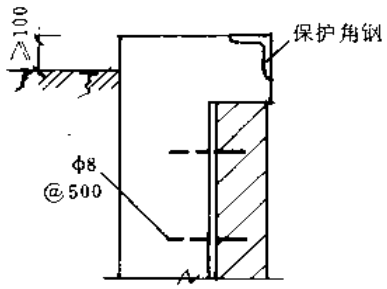


图 15-17　坑壁顶部构造

2. 高架式基础

(1) 基础支墩的内侧及两端表面，应砌筑一砖厚普通砖墙作为隔热保护层，见图15-12，砖墙应与支墩拉结。

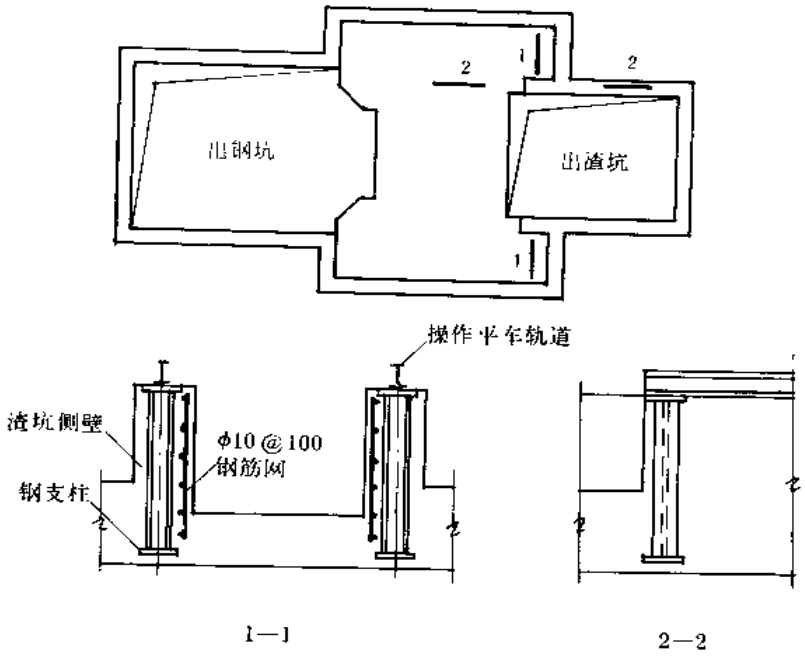


图 15-18　出渣坑侧壁端部构造

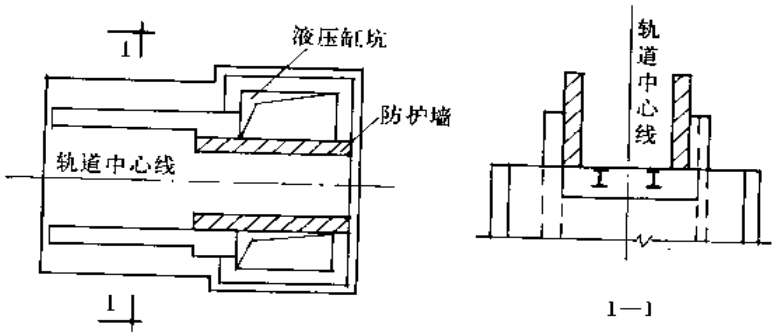


图 15-19　液压缸坑防护墙

液压缸坑靠出钢、出渣线一侧应砌筑一定高度的、用混合砂浆砌筑的普通砖保护墙，见图15-19，以防钢液或渣液溅入液压缸坑内。

(2) 基础的渣车轨道连接可参照图15-10处理。

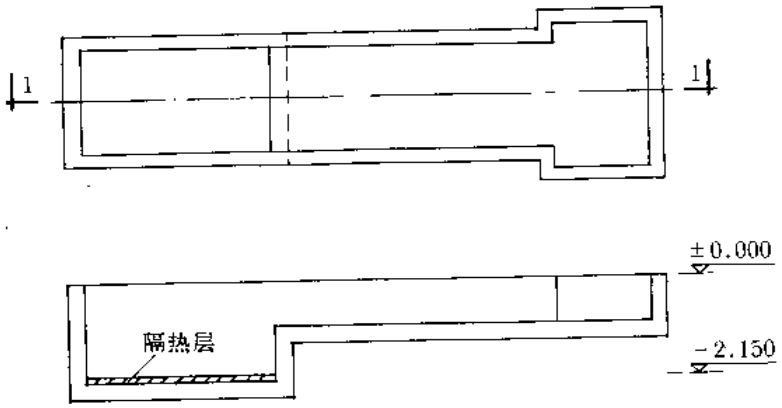
第四节　加热炉基础

本节适用于轧钢车间的连续式加热炉基础，其它车间的其它类型的加热炉基础可参照设计。

一、基础形式

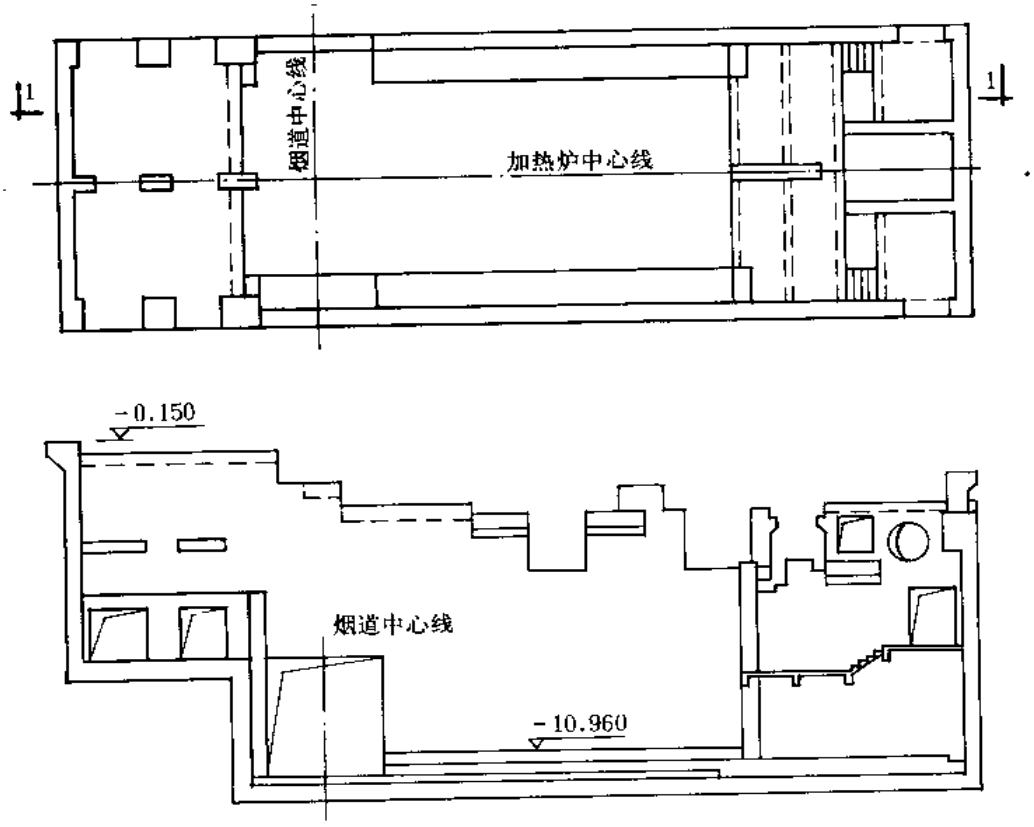
(1) 推钢式加热炉、链式加热炉及步进式加热炉一般采用地坑式基础。带陶土换热器的连续式加热炉基础内部并设有钢或钢筋混凝土平台。各种基础形式分别见图15-20～图15-23。

(2)带轧钢操作平台的步进式等加热炉采用地坑式基础，见图15-24。但其烟道和换热器基础由于上部荷载不大，可根据地基土质，设计成梁板式或平板式结构，见图15-25。



1—1

图 15-20　带金属换热器的连续式加热炉基础



1—1

图 15-21　带陶土换热器的连续式加热炉基础

(3) 带金属换热器的浅基坑连续式加热炉基础，当地基较好时，也可采用水平框架式结构，见图15-26。

(4) 当环形加热炉的炉底用钢梁支承时，其基础形式如图15-27所示；当炉底用支墩(墙) 支承时，其基础形式见图15-28。

基础底板 一般应设计成环形，当加热炉直径较小时，也可设计成圆形。

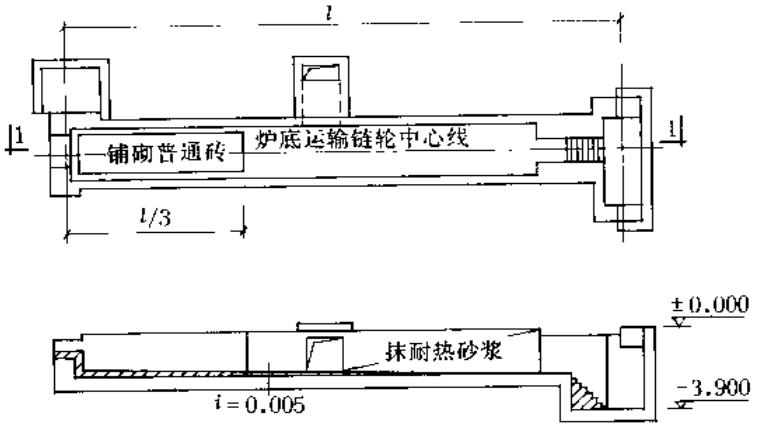


图 15-22　链式加热炉基础

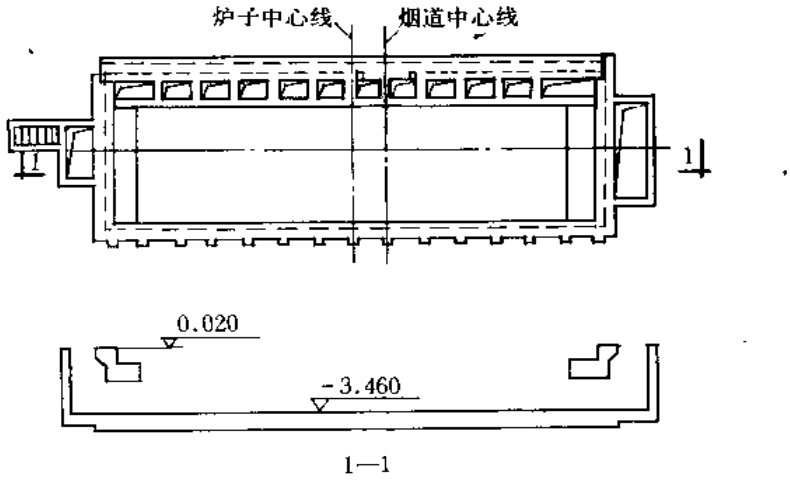


图 15-23　步进式加热炉基础

二、构件的确定

1．环形加热炉基础

（1）底板及外壁厚度应不小于300mm；

（2）支墩（墙）厚度应不小于400mm；

2．其余加热炉基础

（1）带陶土换热器的连续式加热炉深坑基础，其底板厚度不应小于500mm；其它类型加热炉基础的底板厚度应不小于300mm。

（2）侧壁厚度根据基础深度确定，一般不宜小于400mm。

（3）基础内平台按一般梁板结构考虑。

三、基础的混凝土和钢筋

1．混凝土

（1）带陶土换热器的深基坑连续式加热炉基础，当地下水水位低于基础底板顶面或无地下水而仅考虑上层滞水时，可采用C20防水混凝土。抗渗标号按本章第一节采用。

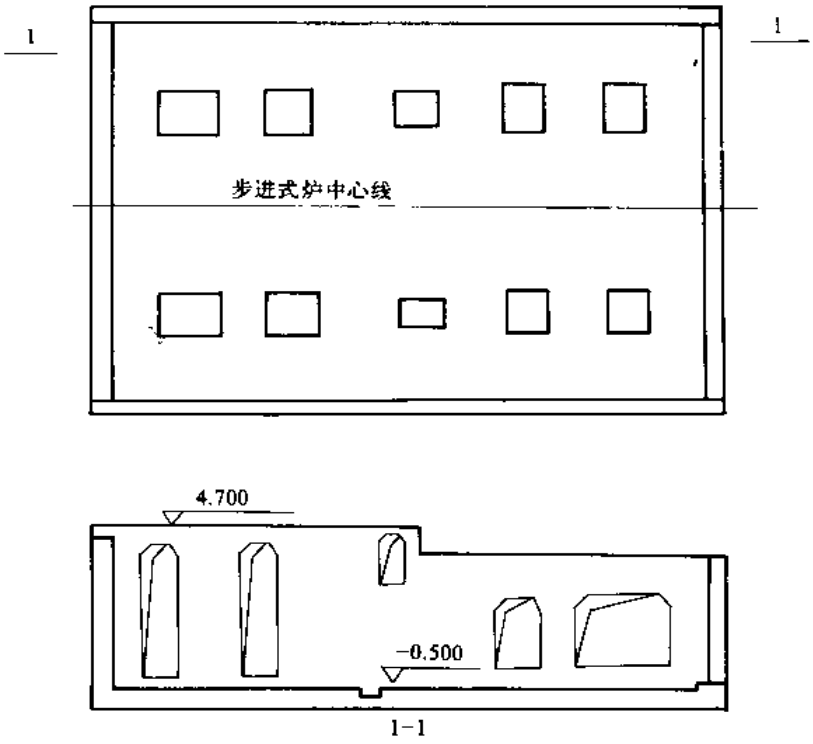


图 15-24　带轧钢操作平台的步进式加热炉基础

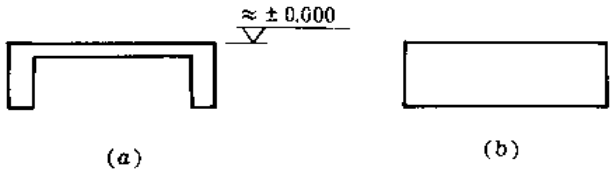


图 15-25　烟道和换热器基础

a— 梁板式；*b*—平板式

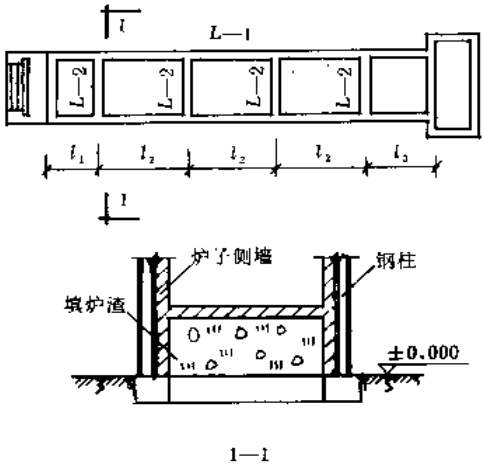
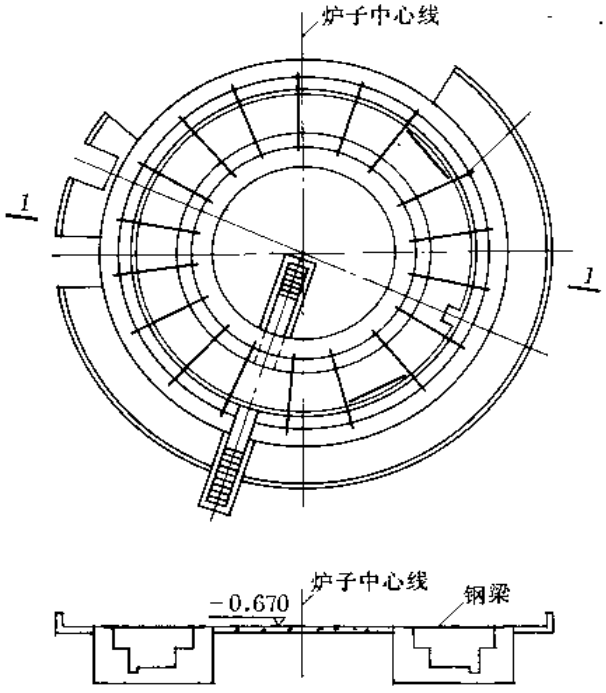
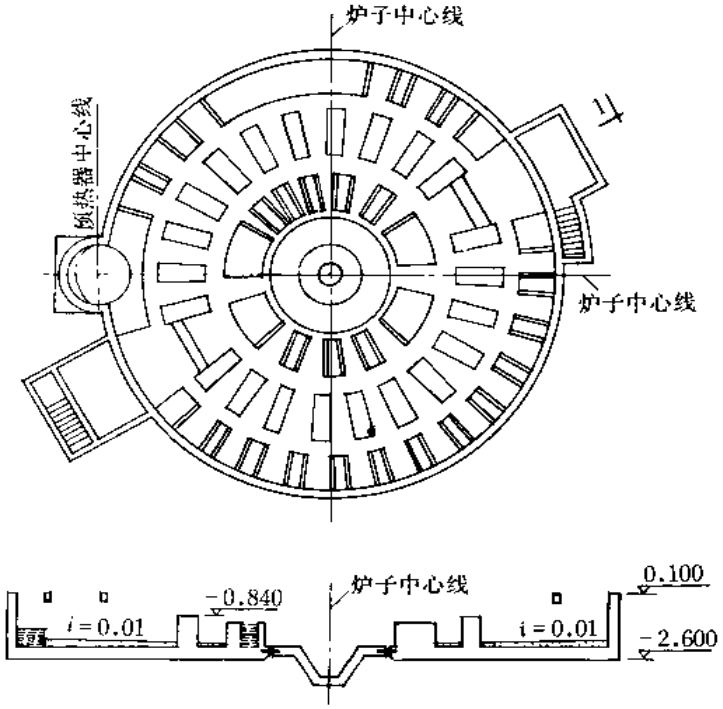


图 15-26　水平框架结构的连续式加热炉基础



1—1

图 15-27　炉底用钢梁支承的环形加热炉基础



1—1

图 15-28　炉底用支墩（墙）支承的环形加热炉基础

（2）带金属换热器的浅基坑加热炉基础，可根据地下水或上层滞水情况来确定是否采用防水混凝土。

（3）环形加热炉基础，当地下水水位高于基础底板顶面标高或有上层滞水时，可采用C20防水混凝土。

（4）换热器、烟道及其它受高温部位采用空气隔热时，预制板采用C20耐热混凝土，见图15-29。但带轧钢操作平台加热炉的换热器和烟道基础，采用C20耐热混凝土。耐热度按工艺资料确定。

（5）除上述情况外均采用C20混凝土。

2. 钢筋

（1）配筋按计算确定，一般为双层配置。当钢筋的温度大于150℃时，受力钢筋应采用Ⅱ级钢筋。中小型加热炉基础的受力钢筋不宜小于Φ12mm@200mm；大型加热炉基础不宜小于Φ16mm@200mm。构造钢筋不宜小于 ϕ10mm@200mm。

当地基较好时，环形加热炉基础的底板厚度及配筋可参考表15-1选用。

环形加热炉基础底板厚度及配筋参考值 表 15-1

环形加热炉直径（m）	基础底板厚度（mm）	钢筋直径及间距（mm）			
		径向		环向	
		直径	间距	直径	间距
≤10	300	10	200	10	200
11～15	400	12	200	12	200
16～20	500	14	200	16	200
21～25	600	16	200	16	200
>25	700	18	200	20	200

（2）为防止加热炉炉体钢柱传来的水平力造成基础外侧开裂，应在基础外侧埋设螺栓长度的范围内配置Φ12mm@100mm钢筋，见图15-30。

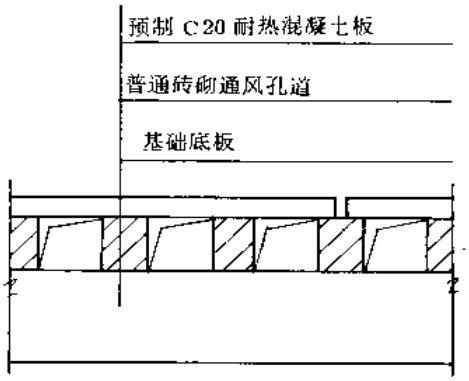


图 15-29 基础底板隔热层

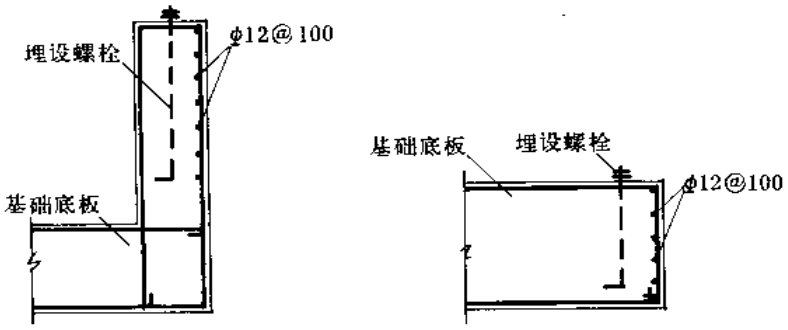


图 15-30　螺栓处加固示意图

四、基础的防水、排水措施

（1）带陶土换热器的深基坑加热炉基础处于地下水位以下时，应采用渗排水层降低地下水水位。如系上层滞水，则可采用盲沟排 水或防水混凝土结构。

（2）其余加热炉基础可根据地下水或上层滞水情况，采用盲沟排水或防水混凝土结构。

（3）烟道部分可参照上述方式处理。

不论采用哪种方案，均应在基础坑或烟道内设置排水沟及集水井等。

（4）加热炉基础和烟道基础间需设沉降缝，见图15-31。沉降缝的构造要求见本章第一节。

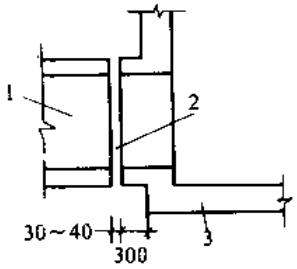


图 15-31　炉基础和烟道基础交接处

1—烟道基础；2—沉降缝；3—炉子基础

五、基础的隔热保护措施

加热炉基础受高温部位应采取隔热保护措施。

（1）带陶土换热器的深基坑加热炉基础，在换热器坑内及其他高温部位应设置空气隔热层，见图15-27。换热器与侧壁之间应留有孔隙或采用其他隔热保护措施。

（2）链式加热炉基础，须在炉头支墩及基坑内靠近炉头三分之一长度范围内，砌半砖普通砖墙作隔热保护层（见图15-22），并与基础竖壁拉结，见图15-14。基坑的其余部分抹20mm 厚耐热砂浆。

（3）其余加热炉基础在烟道通过处的部位，应采取隔热保护措施，见图15-29，烟道与侧壁之间应留有空隙。

第十六章　地　　沟

第一节　一般规定

一、地沟材料

(1) 混凝土地沟应采用C15混凝土，不应低于C10混凝土。

(2) 钢筋混凝土地沟应采用C20混凝土，不应低于C15混凝土。

(3) 当有地下水时，则采用防水混凝土。

(4) 钢筋采用Ⅰ级或Ⅱ级钢筋，构造钢筋应采用Ⅰ级钢筋。

(5) 混凝土垫层应采用不低于C5.5混凝土。

二、钢筋的混凝土保护层厚度

钢筋的混凝土保护层厚度按表16-1采用。

钢筋的混凝土保护层厚度，mm　　表 16-1

构件名称	主筋保护层厚度	箍筋分布筋保护层厚度
盖板及顶板	20	15
梁	20	15
侧壁	25	15
底板及基础	20～35	15～20

注：地沟受有地下水及其他侵蚀介质时，保护层厚度应增加5～10mm。当地下水含盐成分时，其保护层厚度不应小于40mm。

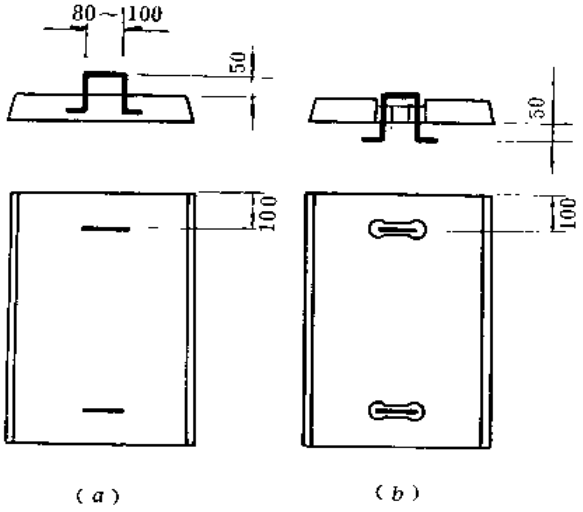


图 16-1　盖板的吊钩

a　预埋吊钩；b—活动吊钩

三、盖板

(1) 盖板的最小厚度不应小于60mm，盖板伸入支座的长度不应小于80mm，并应大于或等于板厚。

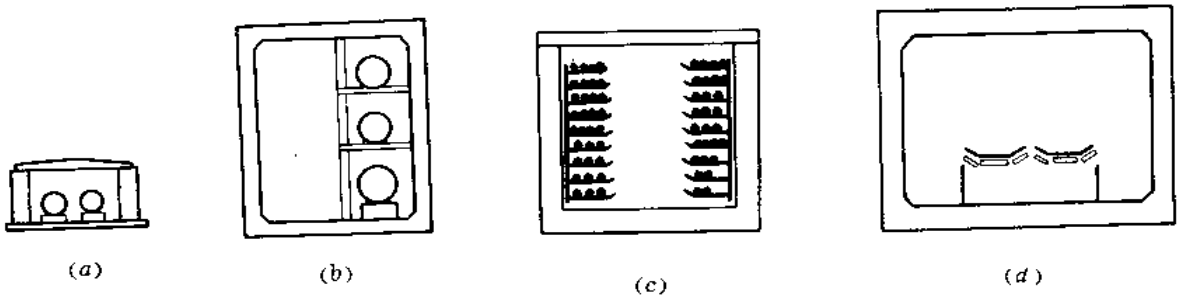


图 16-2　地沟种类（1）

a— 热力地沟；b — 输水地沟；c— 电缆沟；d　皮带运输机通廊

（2）受力钢筋的直径不应小于8mm，间距不应大于200mm；分布钢筋的直径不应小于6mm，间距不应大于300mm。

（3）盖板的吊钩采用Ⅰ级钢筋，其直径不应小于10mm，吊钩数量不得少于两个，见图16-1。

四、地沟种类

（1）按用途分，有热力地沟、输水地沟、电缆沟和皮带运输机通廊，见图16-2。

（2）按通行条件分，有可通行地沟、半通行地沟和不通行地沟，见图16-3。

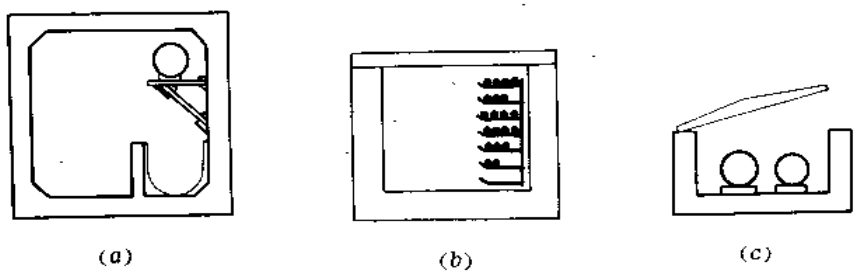


图 16-3　地沟种类（2）

a— 通行地沟；b— 半通行地沟；c— 不通行地沟

第二节　地沟构造尺寸

一、地沟净空尺寸

（1）通行地沟的内部净空高度为2m，但不应小于1.8m。内部人行通道宽度：单侧有设施时为700～800mm，两侧有设施时为900～1000mm，见图16-4。

（2）半通行地沟的内部净空高度为1.5米，宽度可根据管线设施的布置确定，一般不宜小于600mm。

（3）不通行地沟的内部净空高度和宽度可根据管线设施布置确定，但要考虑安装和检修管线操作条件。

二、地沟安装孔长度

地沟安装孔长度根据工艺要求确定，但不宜小于2m，宽度不宜小于800mm。

三、地沟埋设深度

（1）地沟顶面覆土厚度一般为0.3～0.5m，室内地沟表面可与地面相平，人孔高出地面200～500mm。

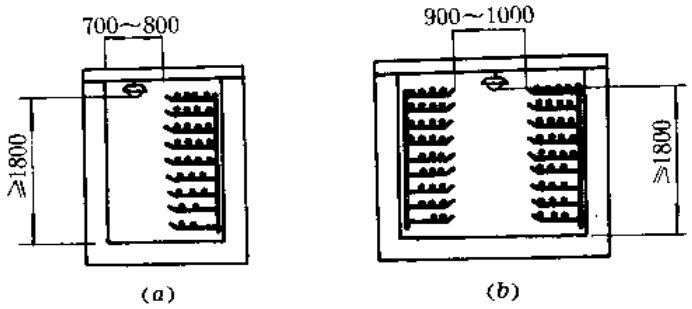


图 16-4　地沟的净空尺寸

a— 单侧有设施；b—两侧有设施

（2）当有车辆通过的地方，地沟顶面覆土厚度为0.8～1.0m。

（3）当建筑物基础或构筑物基础附近1米范围内有地沟时，为不致扰动基础地基，地沟底面标高应稍高于基础底面200～400mm；地沟底面低于基础底面标高时，其基础底边的连线同水平面的夹角应小于土壤内摩擦角 φ，见图16-5。

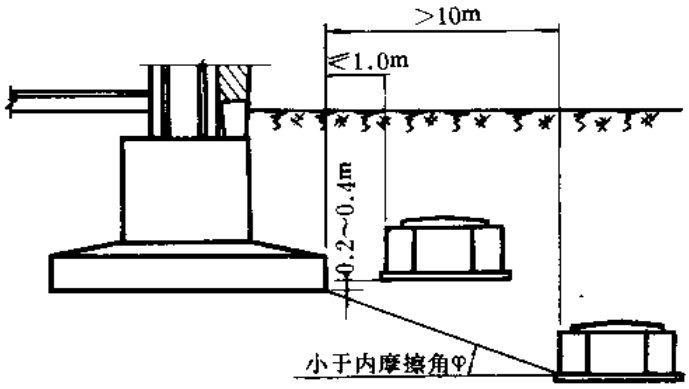


图 16-5　地沟与建（构）筑物基础的关系

四、变形缝、沉降缝和伸缩缝

1. 变形缝

变形缝的宽度不应小于30mm。

2. 沉降缝

（1）当地沟刚度较小，因差异沉降可能引起断裂时，应设置沉降缝。

（2）地沟上的荷载突然变化处，刚度变化很大处以及地沟与建筑物相接处都应设置沉降缝。

3. 伸缩缝

考虑混凝土受外界温度变化的影响和混凝土的收缩变形等会引起混凝土结构产生裂缝，因此，混凝土地沟和钢筋混凝土地沟都应留有伸缩缝。伸缩缝的间距见表16-2。

4. 变形缝构造

混凝土与钢筋混凝土地沟伸缩缝间距，m　　表 16-2

地沟温度条件			混凝土地沟		钢筋混凝土地沟
			现浇地沟（配构造筋）	现浇地沟（无构造筋）	整体地沟
不冻土层内			35	30	40
冻土层内	气温年较差	≤35℃	25	20	30
		>35℃	15	10	20

应根据地沟形式和使用条件按第十八章第一节变形缝的构造详图选用，但必须在地沟伸缩缝处设置钢筋混凝土垫块，其长度每边比地沟宽多100mm，其宽度采用800mm，厚度为200～300mm，混凝土为C15，配置上下两层 ϕ10mm@150mm 钢筋网。

5. 施工缝

如地沟长度超过允许长度，又不宜留伸缩缝时，可考虑采用施工后浇缝方法，即施工缝缝宽0.8～1.0m，两侧伸出地沟水平钢筋，待一个月左右，将两侧伸出的钢筋焊接起来，随后于空隙处浇灌比地沟混凝土强度等级高一级的混凝土。

五、地沟盖板之间的连接构造

地沟盖板之间的连接构造应根据不同的使用条件采用不同的方法处理，一般采用硬性材料（如水泥砂浆或细石混凝土）填缝，也可采用柔性材料（如沥青类）填缝，见图16-6。

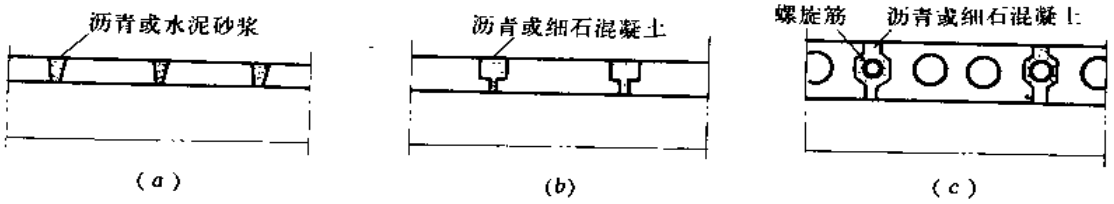


图 16-6　盖板与盖板之间的连接

第三节　地沟配筋

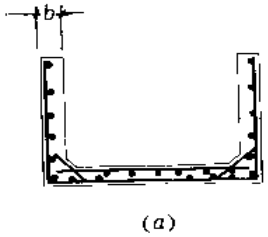
钢筋混凝土地沟除按计算要求配筋外，还应考虑构造配筋。

（1）配筋形式：一般多采用单层分离式配筋，如壁厚大于200mm 时，宜采用双层分离式配筋，见图16-7。

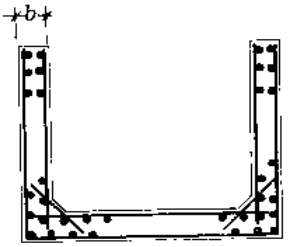
（2）当混凝土地沟置于回填土地基上时，应配置构造钢筋，钢筋直径不得小于 ϕ8mm@250mm，在地沟侧壁顶部和底部配置2～4根 ϕ12～20mm 通长钢筋，以防地基不均匀下沉而引起侧壁顶部或底部的开裂。

（3）地沟设有托角时，托角应按45°设置，其长度不应小于壁厚的二分之一并不小于100mm，应配置Φ10～Φ12mm@200mm 钢筋，见图16-8。

（4）整体封闭地沟，其受力钢筋的直径不应小于 ϕ10mm@200mm，分布钢筋直径不应小于 ϕ6mm@250mm。当壁厚小于或等于200mm 时，按图 16-9*a* 配筋；当壁厚大于200mm、小于或等于400mm 时，按图 16-9*b* 配筋；当壁厚大于400mm 时，按图16-9*c* 配筋。



(a)



(b)

图 16-7　配筋形式

a— 单层钢筋($b \leqslant 150$mm)；b— 双层钢筋($b > 200$mm)

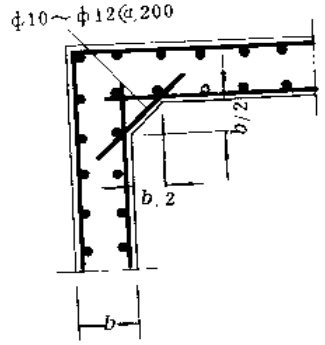
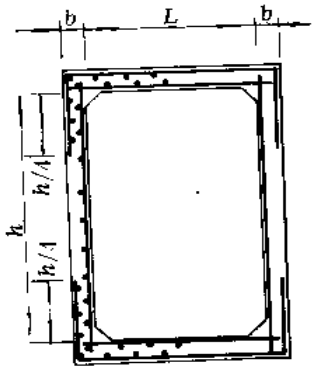
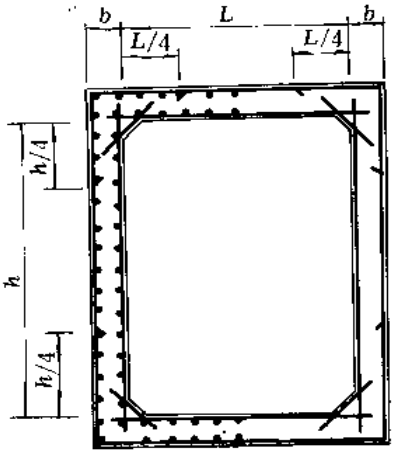


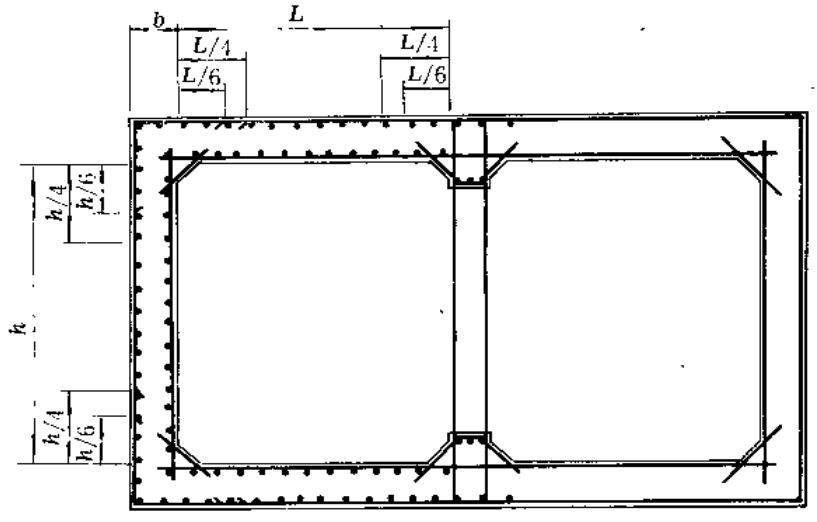
图 16-8　地沟的托角



(a)



(b)



(c)

图 16-9　整体封闭地沟配筋

a—$b \leqslant 200$mm；b —200mm$< b \leqslant$400mm；c —$b >$400mm

第四节　地沟附属构筑物

一、构造尺寸

根据地沟使用要求，应设置水道井、集水坑、通风塔、安装孔和检查井等构筑物。这些构筑物的构造尺寸，应根据检修、安装、出入方便等条件确定，其最小尺寸如图16-10所示。

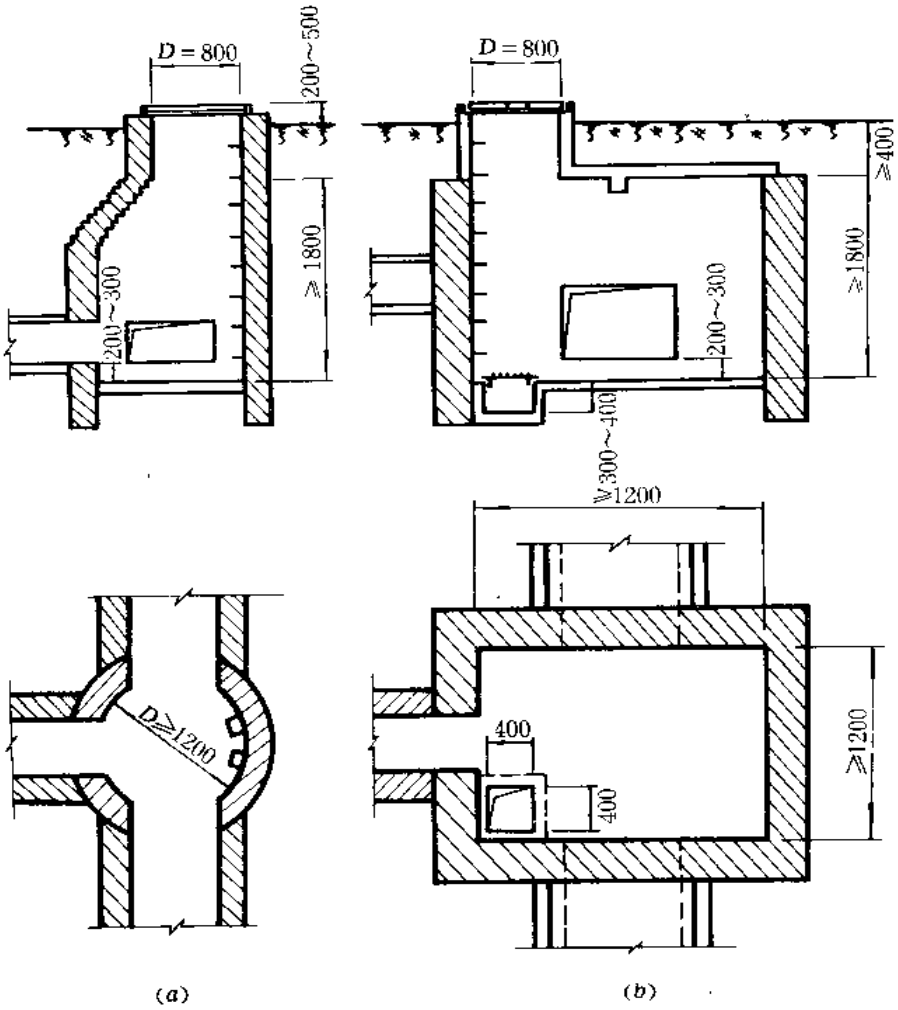


图　16-10　井的各部尺寸

a— 圆形井；b—矩形井

(1) 圆形井直径不得小于1.2m。

(2) 矩形井边长不得小于1.2×1.2m。

(3) 井的最小净空不得小于1.8m。

(4) 井的底板一般宜低于地沟底板200～300mm。

(5) 集水坑平面尺寸为400×400mm，深度不得小于400mm。

(6) 检查孔一般为圆形，其直径不得小于800mm；如为矩形时，其边长不应小于800mm。

(7) 检查孔应高出地面200～500mm，如位于道路上应与地面齐平，并可以与通风塔合并设置。

(8) 安装孔尺寸除应根据设备大小确定外，其长度不得小于2000mm，宽度不得小于800mm，高度应高出地面200～500mm。

二、梯子

一般，梯子采用 ϕ20 ～ ϕ22mm 圆钢筋组成，其间距宜为300mm，梯子宽度不得小于300mm，见图16-11；钢梯可分为直钢梯或斜钢梯，其宽度不得小于500mm，角钢规格不得小于 50×5，圆钢不应小于 ϕ18mm，以及不应小于 δ =6mm 钢板，见图16-12。

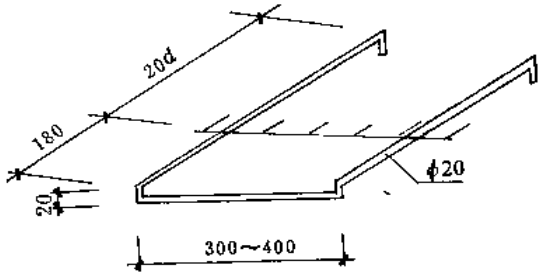


图 16-11 爬梯

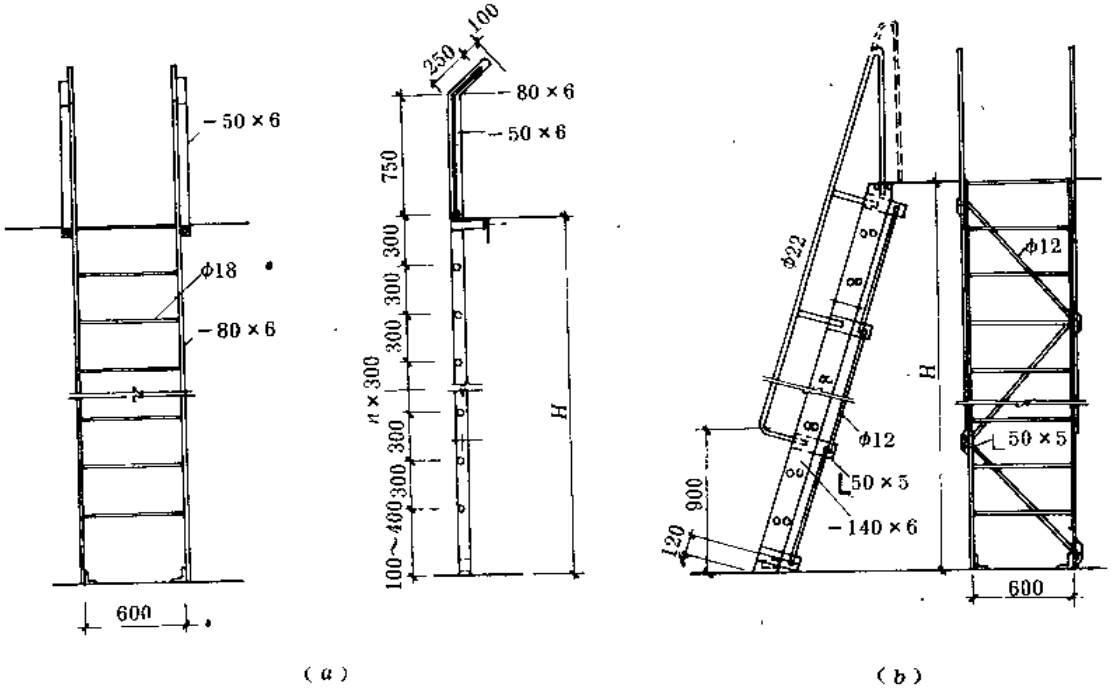


图 16-12 钢梯

a 直梯；b 斜梯

三、通风塔

通风塔的间距不得超过20m。通风塔应设置百叶窗并附有铁丝网，网眼为20×20mm，通风塔的形式见图16-13。

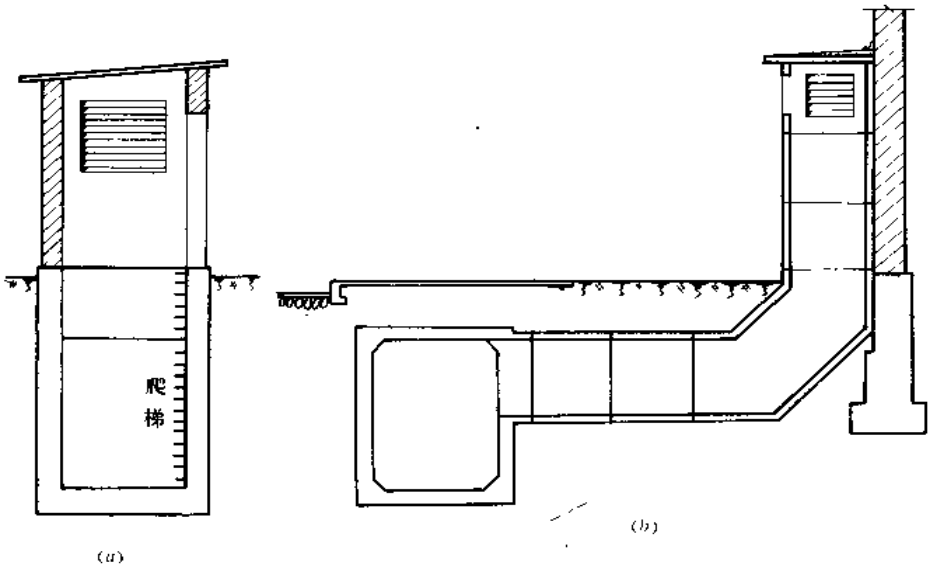


图 16-13　通风塔

a— 地沟顶面的通风塔；b— 地沟侧面的通风塔

四、地沟防火隔墙

有防火要求的可通行地沟（例如电缆沟等）应设置防火墙，把地沟分成若干区段。防火墙约100m 左右设置一道，防火墙上应设置防火门，见图16-14。

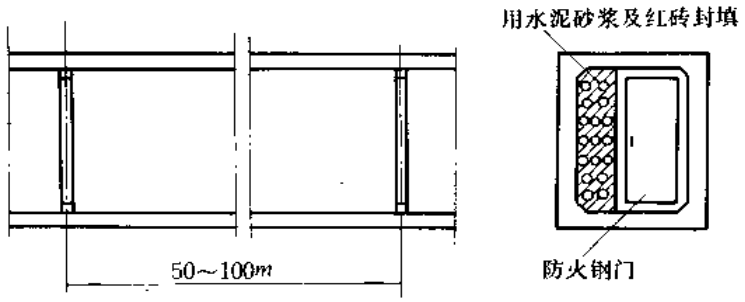


图 16-14　地沟的防火隔墙

第五节　地沟坡道及踏步

通行地沟应根据纵向坡度的大小设置坡道或踏步：

(1) 坡度 $i<8°$时，仅设坡道，不做防滑措施。

(2) 坡度 $i=8°\sim12°$时，应在坡道上设防滑措施。

(3) 坡度 $i>12°$时，应设踏步。

第六节　防水隔热

一、地沟防水措施

地沟防水措施包括防水和排水两大系统，可根据使用和地质水文条件确定采用。如果温度较高，隔热措施也难以处理，又不能采用防水混凝土和卷材防水时，可采用渗排水处理，并在地沟内设排水沟及集水井。

二、防水混凝土

（1）防水混凝土的最低抗渗等级不应低于S_4、混凝土的强度等级不应低于C20，结构壁厚不得小于250mm，钢筋直径不得小于ϕ8mm，钢筋间距不得大于250mm，钢筋保护层厚度为30mm（如地下水有侵蚀性等，不应小于40mm）。防水混凝土的抗渗等级见表16-3。

防水混凝土的抗渗标号　　**表 16-3**

最大水头与结构壁厚的比值 i	设计抗渗标号
≤ 10	S_4
$10 \sim 30$	S_6
>30	S_8

（2）防水混凝土地沟的伸缩缝间距参见表18-6。

伸缩缝接头一般采用橡胶（或塑料）止水带，有较高温度影响的可采用不小于3mm厚的钢板或镀锌铁皮止水带。

三、卷材防水层

地沟卷材防水层层数按表16-4采用。卷材防水层的保护层见图16-15。

地沟卷材防水层层数　　**表 16-4**

最大水头（静水压力），m	卷材层数
无水头（包括地表滞水）	2
<3	3
$3 \sim 5$	4
>5	5

四、隔热措施

混凝土地沟表面温度超过100℃时，应采取隔热措施；卷材防水层的表面温度超过40℃时，也应采取隔热措施。隔热措施如图16-16所示。

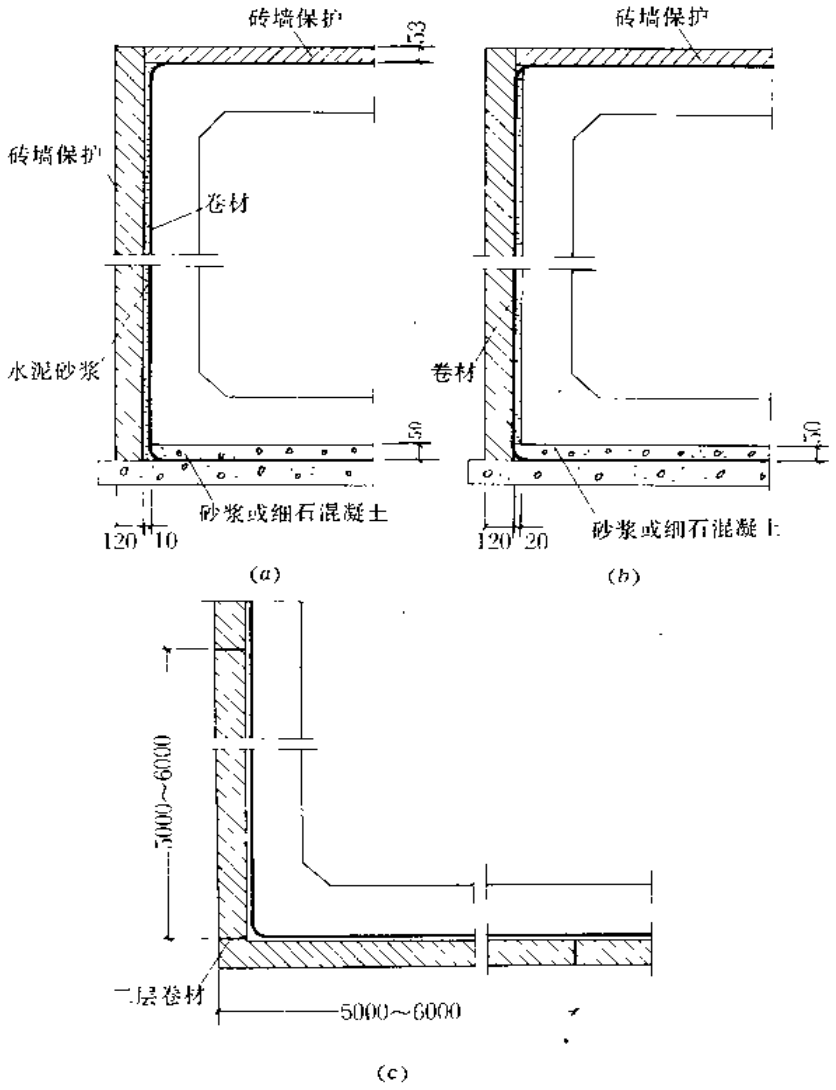


图 16-15　卷材防水层的保护层

a— 外贴卷材保护；b— 内贴卷材保护；c— 竖向保护层分段

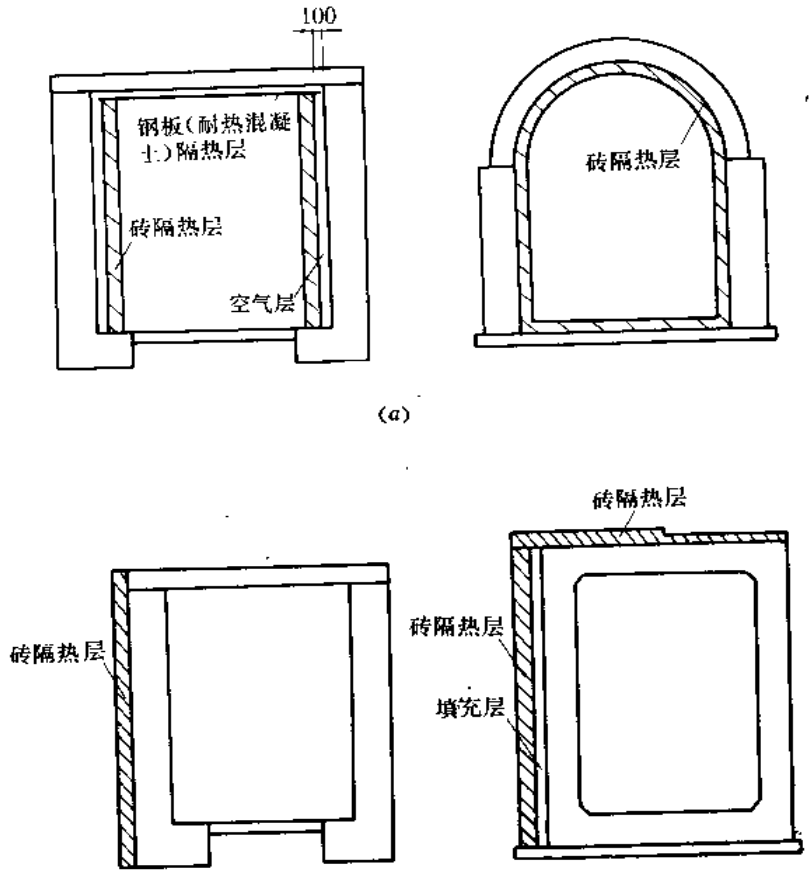


图 16-16　地沟的隔热层

a— 地沟内设隔热层；b— 地沟外设隔热层

第十七章　预制构件连接

第一节　一般规定

(1) 接头的连接形式应根据结构特点和施工条件确定，在保证结构整体受力性能的前提下，力求构造简单，传力直接，符合计算假定。

(2) 接头构造要求便于施工、安装，固定简单可靠，误差易于调整，构件连接后能尽快承受部分或全部设计荷载。

(3) 应尽量减少接头，以减少二次浇灌混凝土量和钢材的用量，减少焊接工作量。

(4) 柱接头位置应尽量接近反弯点，考虑到焊接和二次浇灌的方便，一般可设置于距楼面 1.0～1.5m 处。

(5) 通过混凝土接触面或缝隙间的砂浆传递内力时，连接节点应保证接触面处紧密吻合。

(6) 二次浇灌缝的材料、当缝宽小于 20mm 时，宜采用 1∶2 水泥砂浆，大于 20mm 时，宜采用 C30 或 C30 以上的细石混凝土。

受力的灌缝砂浆或混凝土，其强度等级应比构件强度等级高一级，并优先采用具有高强、快硬、膨胀等性能的水泥，或采用 500～600 号普通水泥，不允许采用矾土水泥。

(7) 接头处所有外露金属表面，均应进行防腐处理，一般应涂刷红丹两道，铅油两道。

(8) 构件二次浇灌混凝土时，应将接触处的混凝土表面凿毛，并用水冲洗干净后再进行浇注，以保证节点紧密结合。

第二节　柱与柱连接

一、榫式连接

榫式连接的构造特点是将柱中的受力钢筋进行焊接，然后在榫头处进行二次浇灌混凝土以形成整体。此种接头形式具有整体性好，用钢量少等优点，但对构件制作、安装精度、剖口焊接以及二次浇灌混凝土的质量要求较高，一般用于截面不小于 400×400mm 的柱子。

1. 小榫头连接

榫头接触面小于或等于 150×150mm。它具有安装校正方便，焊接固定后脱钩快的特点。

小榫头宜分段工厂预制，荷载小和柱截面较小时选用。由于上下柱不是在同一模板内预制，榫头接触面不易密合，钢筋也不易对准，因此柱内主筋宜采用搭接补焊形式，见图 17-1。小榫头与下柱头配筋见图 17-2。采用剖口焊时，如图 17-3 所示，剖口宜在安装时进行。为使榫头接触面密合，安装前应抹 10mm 厚 1∶2 水泥砂浆。

2. 大榫头连接

榫头接触面大于 150×150mm，其优点是安装稳定性好，钢筋焊接后立即能传递大部分荷载。

全柱制作宜在同一模板内进行，连接处可用钢板隔开，脱模后再将柱内纵向钢筋切断、剖口，然后将隔离钢板取出。施工时应考虑钢板取出后柱子总长度的减少。由于全柱在同

模板内制作，因此柱内纵向钢筋上下对得准，焊接方便，可适合于现场制作。

大榫头连接可分两种形式，一种是在下柱顶端留一缺口 100×200× 6mm，缺口侧的柱内纵向钢筋切断位置在下柱顶标高处（图17-4），柱预制时，缺口应在上面，以免脱模向上起吊时榫头碰撞下柱伸出的纵向钢筋。另一种形式是柱内纵向钢筋切断位置均在同一标高处，柱子不留缺口（图17-5）。这种形式的榫头在脱模向上起吊时需要拖出，否则易与柱内纵向钢筋相碰。大榫头与下柱头配筋见图17-6。

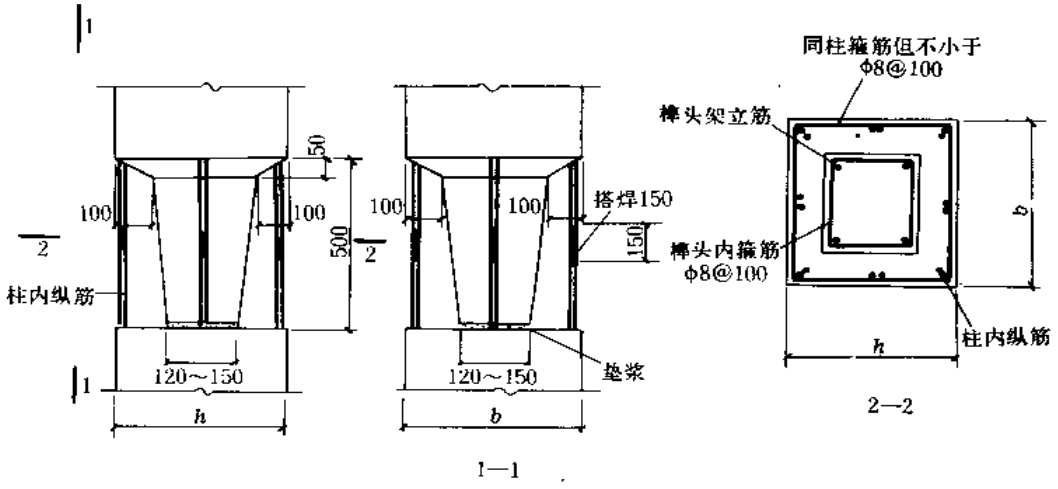


图 17-1　柱内纵向钢筋搭接

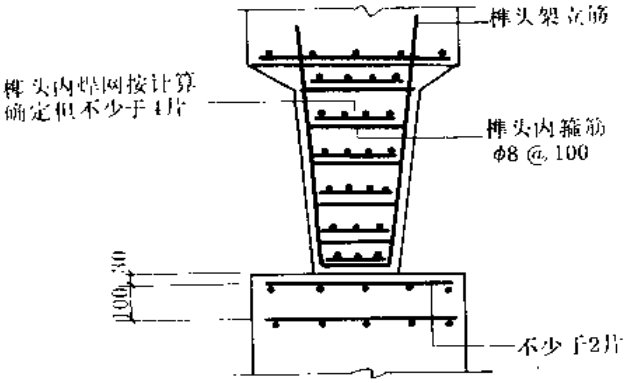


图 17-2　小榫头与下柱头配筋

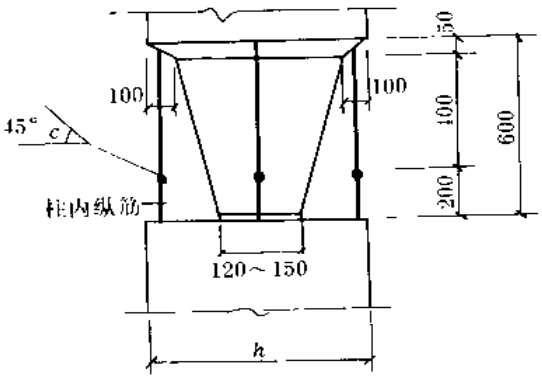


图 17-3　柱内纵向钢筋剖口焊接

3. 接头计算

按使用荷载确定榫头与下柱顶配筋，并相应复核安装荷载下的强度（见图17-7）。

(1) 使用荷载下的计算

1) 先将接头处的弯矩 M 和轴向力 N 换算为折算轴向力 N_1，然后按折算轴向力 N_1 验算节点区的强度

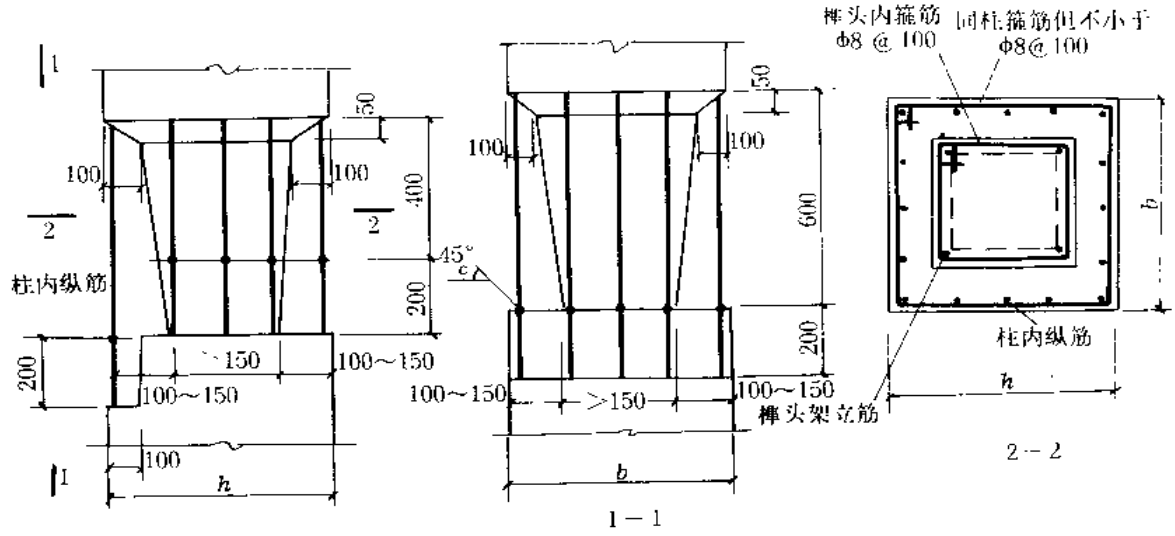


图 17-4　大牛头连接形式（1）

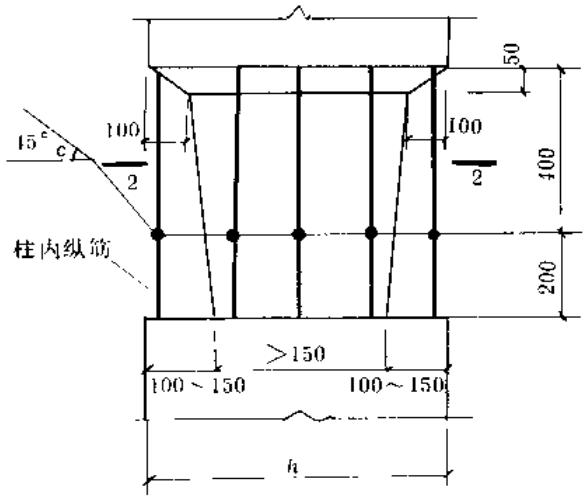


图 17-5　大牛头连接形式（2）

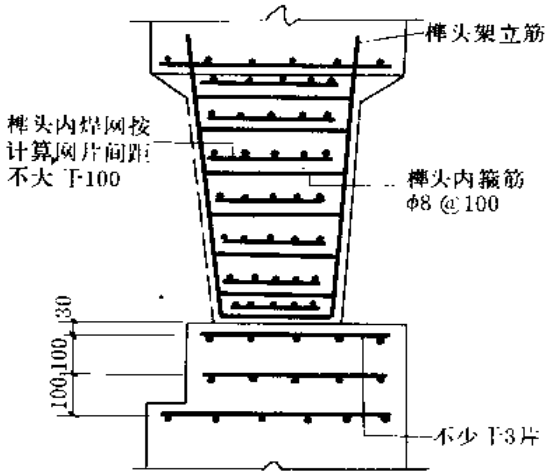


图 17-6　大牛头与下柱头配筋

$$N_1 = N\left(1 + \frac{e_0}{0.5h - a_s}\right) \tag{17-1}$$

$$e_0 = \frac{M}{N}$$

式中　N —— 计算截面的轴向力；

M —— 计算截面的弯矩；

a_s ——自柱体钢筋 A_s 的合力点至截面近边的距离；

h ——柱截面高度。

大偏心受压时：

$$N_1 = \frac{2N\left(e - h_0 + \frac{N}{2f_{cm}b}\right)}{h_0 - a_s'} + f_c bh \tag{17-2}$$

式中 e —— 纵向力作用点至柱体受拉钢筋 A_s 合力点之间的距离；

$$e = \frac{M}{N} + \frac{h}{2} - a_s$$

N —— 计算截面的轴向力；

a_s' —— 自柱体受压钢筋合力点至截面近边的距离；

h_0 —— 柱截面有效高度；

h —— 柱截面高度；

f_{cm} —— 柱体混凝土的弯曲抗压设计强度；

b —— 柱截面宽度；

f_c —— 柱体混凝土的轴心抗压设计强度。

2）接头区强度计算

$$K_g N_1 \leqslant A_{hc} \cdot 2H_1 f_{yw} + A_c \cdot f_c + (A - A_c) f_c' + A_s' f_y' + A_c f_y \tag{17-3}$$

式中 K_g ——接头强度提高系数，大偏心受压柱，$K_g = 1.2$；小偏心受压柱，$K_g = 1.3$；

N_1 ——根据柱子大小偏心受压分别按公式（17-1）或公式（17-2）进行计算的折算轴向力；

A_{hc} ——榫头焊网范围内柱体的截面积，$A_{hc} = l_1 l_2$（见图 17-7b）；

μ_t ——榫头焊网的体积配筋率（即榫头焊网范围内单位混凝土体积中所包含的焊网体积）

$$\mu_t = \frac{n_1 a_{j1} l_1 + n_2 a_{j2} l_2}{l_1 l_2 S}$$

n_1, a_{j1}, l_1 ——分别为钢筋网沿柱截面宽度 b 方向的钢筋根数、单根钢筋的截面面积和长度；

n_2, a_{j2}, l_2 ——分别为钢筋网沿柱截面高度 h 方向的钢筋根数，单根钢筋的截面面积和长度；

S ——焊网间距；

f_{yw} ——焊网钢筋的设计强度；

f_c ——榫头混凝土轴心抗压设计强度；

A ——柱体全截面面积；

A_c ——榫头端部面积；

f_c' ——接头区后浇混凝土轴心抗压设计强度；

A_s' ——榫头全部附加纵向钢筋面积；

f_y' ——附加纵向钢筋的受压设计强度；

A_s ——柱体在接头处伸出的全部纵向钢筋面积；

f_y ——柱体在接头处伸出的纵向钢筋的受拉设计强度。

（2）安装阶段的验算

接头在安装阶段，当钢筋焊完后尚未进行二次灌浆时，应验算最大轴向力和控制最大

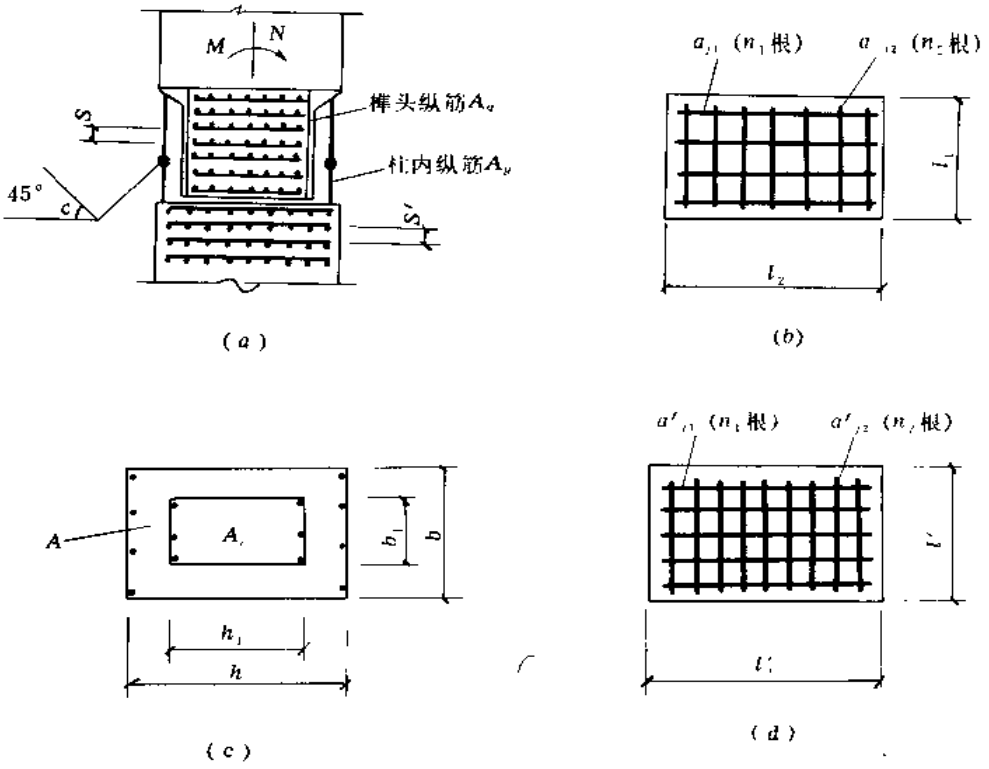


图 17-7

a— 榫头内钢筋配置；b— 榫头网片；c— 柱与榫头端部网片；d— 下柱头面积

安装弯矩。

1）对接头区，应验算榫头抗压强度及柱体钢筋的抗拉强度，

$$N_2\left(1+\frac{e_0}{0.5h-a_s}\right)\leqslant A_{hc}(f_c+2\mu_s f_{yw})+A_s' f_y' \tag{17-4}$$

$$M_2\leqslant\frac{h_0-a_s'}{2}A_s f_y \tag{17-5}$$

$$e_0=\frac{M_2}{N_2}$$

式中 N_2 ——安装阶段计算截面的轴向力；

M_2 ——安装阶段计算截面的弯矩；

A_s，f_y ——分别为柱体在接头处伸出的受拉钢筋面积及其抗拉设计强度；

其他符号意义同公式（17-1）、（17-3）。

2）下柱柱头的强度计算

$$N_2\left(1+\frac{e_0}{0.5h-a_s}\right)\leqslant(\beta f_c+2\mu_s'\beta_{hc}f_{yw})A_c \tag{17-6}$$

$$\beta=\sqrt{\frac{A}{A_c}}\leqslant 3\qquad \beta_{hc}=\sqrt{\frac{A_{hc}'}{A_c}}\leqslant 3$$

式中 β，β_{hc} ——局部承压强度提高系数；

A ——下柱截面面积；

A_c ——榫头端部截面积；

A_{hc} ——下柱头焊网范围内的柱体截面积，$A_{hc}' = l_1' \times l_2'$，见图 17-7c；

μ'_t ——下柱头焊网体积配筋率；

$$\mu'_t = \frac{n'_1 a'_{s1} l_1' + n_2' a_{s2}' l_2'}{l'_1 l'_2 S'}$$

n_1'、a_{s1}'、l_1' ——分别为钢筋网沿柱截面宽度 b 方向的钢筋根数、单根钢筋的截面面积和长度；

n_2'、a_{s2}'、l_2' ——分别为钢筋网沿柱截面高度 h 方向的钢筋根数、单根钢筋的截面面积的长度；

S' ——焊网间距；

f_{yw} ——焊网钢筋设计强度；

f_c ——下柱头混凝土轴心抗压设计强度；

其他符号意义同公式（17-4）、（17-5）。

4. 榫头构造

（1）榫头内的钢筋网不应少于四片，网片配筋率按计算确定，并沿榫头高度均匀配置。

（2）下柱顶端的强度如由局部承压控制时，配置的钢筋网一般不应少于四片，网片的配筋率按计算确定，当为非局部承压控制时，则按构造配置，但不应少于两片。

（3）网片钢筋直径为 ϕ8mm，网孔不大于 100mm×100mm，网片间距 S 为 100mm。

（4）榫头内的架立钢筋，根据预制柱的段长决定：

柱长 H ＞4m，架立钢筋直径为 ϕ16mm；

柱长 H ＝3～4m，架立钢筋直径为 ϕ14mm；

柱长 H ＜3m，架立钢筋直径为 ϕ12mm。

架立钢筋应锚入柱内 15d，榫头内箍筋采用 ϕ8mm@100mm。

（5）柱子钢筋为剖口焊时，应先焊四角钢筋，且对角钢筋应同时施焊，待第二次校正后再焊其它钢筋，若钢筋直径较大，每根钢筋可分 2～3 次焊完，以减少钢筋的焊接应力。

二、钢帽式连接

钢帽式连接，即为接头处柱的纵向钢筋焊在用钢板或角钢组成的帽框上，上下柱的帽框之间用连接钢板通过焊缝连接，其优点是施工方便，焊接后能立即传递大部分荷载，加快安装速度。这种连接形式，钢材用量与焊接工作量均大，并需采取防腐措施。

1. 接头形式

（1）密合式接头。这种接头接缝密合，内力通过接触面直接传递，因此钢材用量和焊接工作量均较少，但制作安装要求比较精确，适用于荷载较大的大截面柱的连接。为了保证接缝密合，柱子宜整根在同一模板内制作，接缝处可用钢板隔开，如图 17-8。当柱子分开制作时，安装时接触面不易密合，此时可预留 10～30mm 厚的空隙，安装时再用水泥砂浆填塞，见图 17-9。

（2）非密合式接头。这种接头接缝不要求密合，内力通过钢帽、连接板及焊缝传递，因此钢材用量较多，焊接工作量大，但制作安装较简单，适用于荷载较小的小截面柱的连接，如图 17-10 所示。

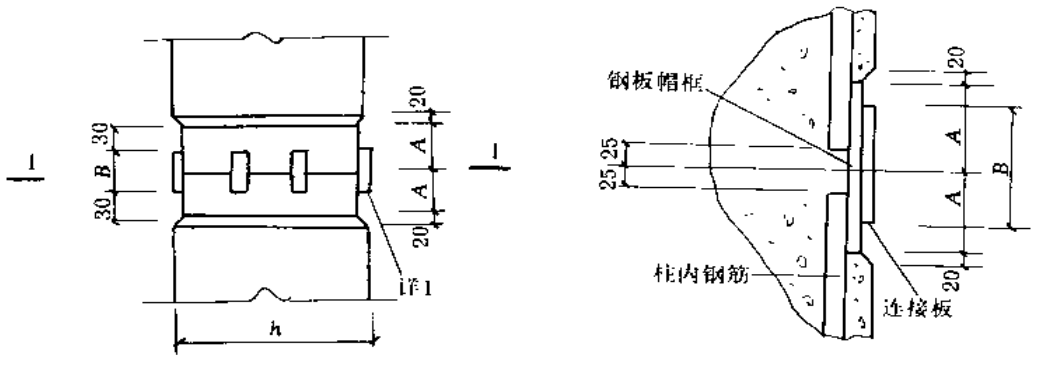


图 17-8　密合式接头

$A \geqslant 55 + 5d$；$B \geqslant 50 + 10d$；$B_1 \geqslant (60 + 80) + 10d$

（d 为柱内纵向钢筋直径）

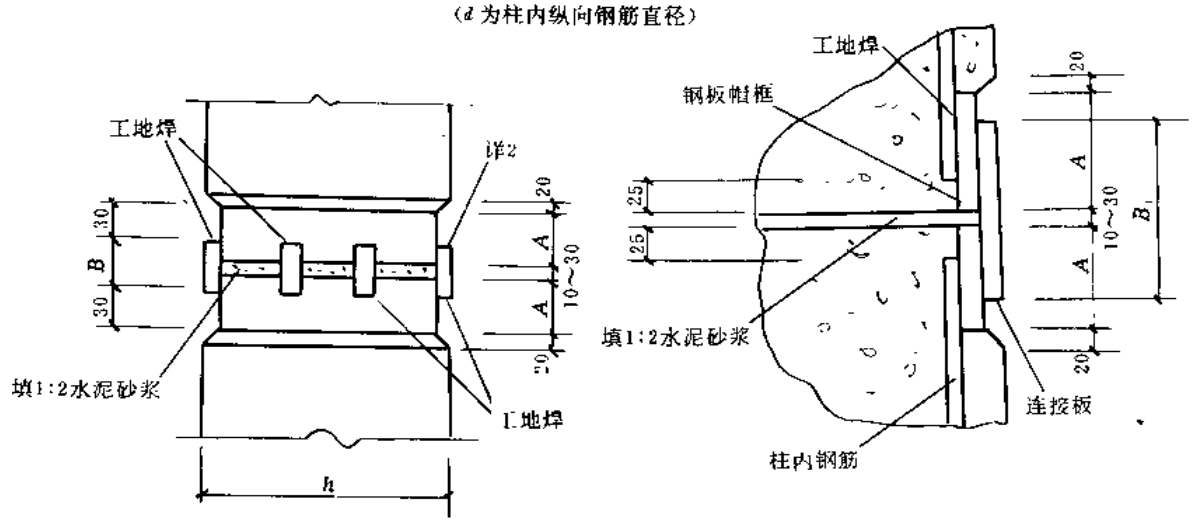


图 17-9　密合式接头（填 1：2 水泥砂浆）

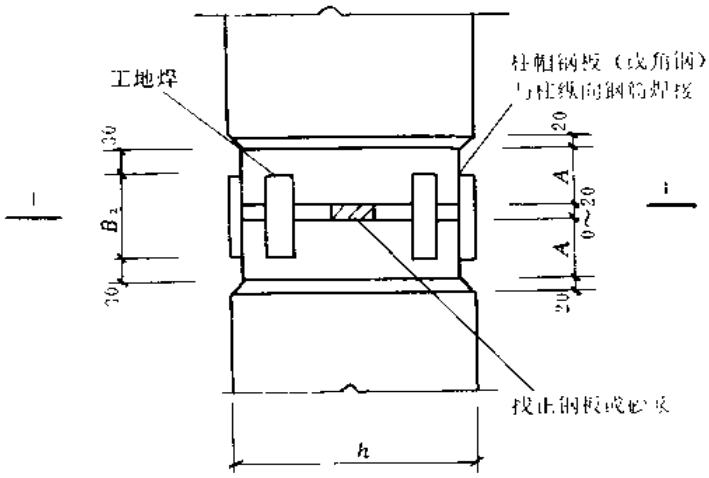


图 17-10　非密合式接头 $B_2 \geqslant (50 \sim 70) + 10d$

（3）半密合式接头。这种接头接缝处设中心垫板，内力通过中心垫板及四周角钢上的连接焊缝传递，其特点介于密合式与非密合式中间，仅适用于中等荷载的小偏心（$e_0 \leqslant 0.2h$）受压柱的连接，见图 17-11。

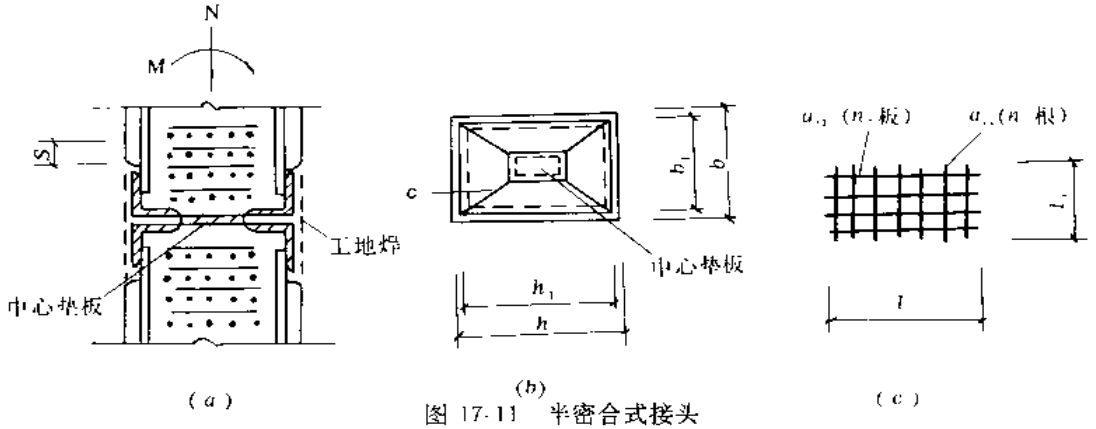


图 17-11　半密合式接头

a — 半密合式接头详图；b — 柱头钢帽详图；c — 柱头网片

2. 钢帽式连接的构造要求

（1）钢帽所用的钢板和角钢厚度 $\delta \geqslant (0.35 \sim 0.4)d$（$d$ 为柱内纵向钢筋直径），但不小于 6mm。

（2）柱内纵向钢筋焊在由钢板或角钢制成的钢帽上（双面焊缝），其焊缝长度 $l_f \geqslant 5d$，焊缝高度 $h_f \geqslant 6$mm。

（3）连接板与钢帽焊接宜采用小直径焊条，分段满焊，以免烧伤混凝土。

（4）一般在钢帽四周包钢丝网，再抹水泥砂浆，作为接头处的防腐处理。

3. 钢帽式接头的计算

（1）密合式接头的计算

1）连接板面积按下列公式进行计算

$$A_h = K_g A_s \frac{f_y}{f_{yh}} \tag{17-7}$$

式中　K_g —接头强度提高系数，当柱内钢筋为Ⅰ级钢筋时，$K_g = 1.3$，Ⅱ级钢筋时，K_g

$=1.5$；

f_y，f_{yh} ——分别为钢筋、连接板的设计强度；

A_f，A_h ——分别为柱一侧钢筋的面积和连接板的截面面积。

当不用连接板而在钢帽处直接剖口焊（如图 17-8 中的角钢帽框）时，其焊缝的承载力应比柱内钢筋承载力提高 1.3～1.5 倍。

2）钢帽和连接板之间的焊缝应与连接板等强度。

（2）非密合式接头的计算，见图 17-12。

1）连接板应承受柱接头的全部内力，其强度可按下式计算

$$K_g\left(\frac{N}{\Sigma A_h}+\frac{My}{J_h}\right)\leqslant f \tag{17-8}$$

式中 K_g ——接头强度提高系数，$K_g=1.3$；

N ——计算截面的轴向力；

M ——计算截面的弯矩；

ΣA_h ——连接板截面面积之和；

J_h ——连接板重心对弯矩作用方向重心轴的惯性矩；

y ——连接板边缘至重心轴的距离；

f ——钢材的强度设计值。

2）钢帽与连接板之间的焊缝应与连接板等强度，计算连接板焊缝时，内力可按下式计算，见图 17-12b。

$$N_f=fA_h \tag{17-9}$$

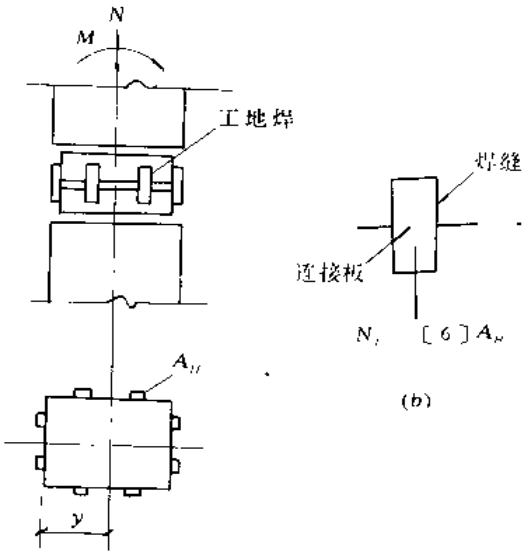


图 17-12 非密合式接头的计算简图

a — 连接板的计算简图；b — 焊缝的计算简图

（3）半密合式接头的计算，见图 17-11。

1）接头强度按下式计算（仅适用于偏心距 $e_0\leqslant 0.2h$）。

$$K_gN_1\leqslant(\beta f_c+2\mu_t\beta_{hc}f_y)A_k \tag{17-10}$$

式中 N_1 ——折算轴向力，

$$N_1 = N\left(1 + \frac{2e_0}{h}\right);$$

e_0 ——偏心距，$e_0 = \frac{M}{N}$；

M ——计算截面的弯矩；

N ——计算截面的轴向力；

K_g ——接头强度提高系数，$K_g = 1.3$；

A_k ——下柱头中心垫板面积及焊缝折算面积之和，

$$A_k = A_c + A_f;$$

A_c ——中心垫板面积；

A_f ——焊缝折算面积，$A_f = 5t(h_1 + b_1)$；

t ——钢帽用的角钢厚度；

b_1、h_1 ——分别为上、下柱体间焊缝长度；

f_c ——混凝土轴心抗压设计强度；

f_y ——焊网钢筋设计强度；

μ_t ——柱端焊网体积配筋率；

$$\mu_t = \frac{n_1 a_{s1} l_1 + n_2 a_{s2} l_2}{l_1 l_2 S}$$

S ——焊网间距；

$\beta_f\beta_{hc}$ —— 局部承压强度提高系数；

$$\beta = \sqrt{\frac{A_c}{A_k}} \leqslant 3; \quad \beta_{hc} = \sqrt{\frac{A_k}{A_{hc}}} \leqslant 3$$

A_{hc} ——焊网范围内的柱体截面积；

$$A_{hc} = l_1 \cdot l_2$$

2）四角焊缝计算：为便于计算，对于弯矩的影响可只考虑由两条横向焊缝承担，此时焊缝高度可按下式计算：

$$h_f = \frac{K_g N}{0.7 f_c^w}\left(\frac{2.5t}{A_k} + \frac{e_0}{h_1 b_1}\right) \tag{17-11}$$

式中 f_c^w ——对接焊缝的抗压设计强度；

t ——钢帽用的钢板或角钢厚度。

其他符号意义同公式 17-10。

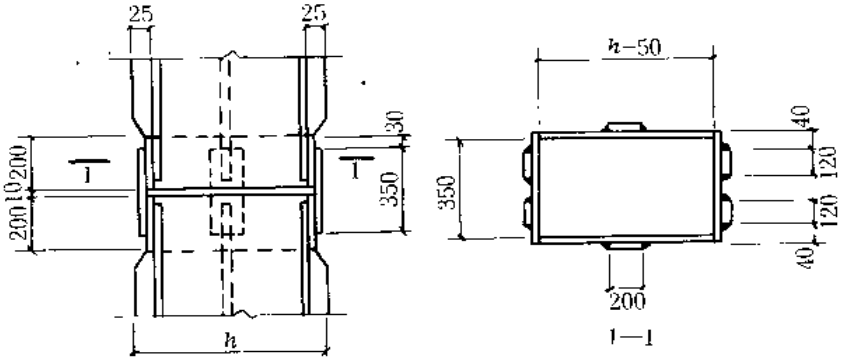
3）接头处焊网的构造要求与榫式连接的相同。

三、密合式柱拼接连接件

密合式柱拼接连接件的选用见表 17-1～表 17-6。

密合式柱拼接连接件选用表（柱宽 400mm）

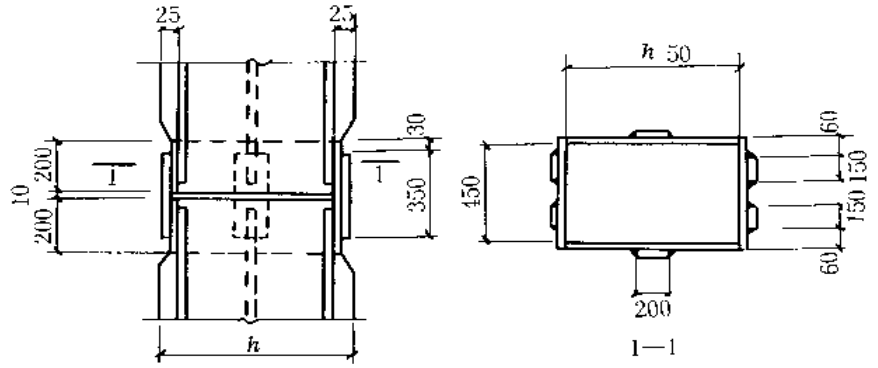
表 17-1



柱断面尺寸 $b \times h$ (mm)	柱帽钢板		贴板		连接焊缝高度 (mm)	柱一侧受力筋面积 (cm^2)
	规格 (mm)	数量	规格 (mm)	数量		
400×400	−200×12×350	1	−120×18×350	4	14	20
	−200×12×374	4	−200×18×350	2		
400×400	−200×10×350	4	−120×14×350	4	12	16
	−200×10×370	4	−200×14×350	2		
400×400	−200×8×350	4	−120×12×350	4	12	14
	−200×8×366	4	−200×12×350	2		
400×500	−200×12×450	4	−120×18×350	4	14	20
	−200×12×371	4	−200×18×350	2		
400×500	−200×10×450	4	−120×14×350	4	12	16
	−200×10×370	4	−200×14×350	2		
400×500	−200×8×450	4	−120×12×350	4	12	14
	−200×8×366	4	−200×12×350	2		
400×600	−200×14×550	4	−120×22×350	4	16	25
	−200×14×378	4	−200×22×350	2		
400×600	−200×12×550	4	−120×18×350	4	14	20
	−200×12×374	4	−200×18×350	2		
400×600	−200×10×550	1	−120×14×350	1	12	16
	−200×10×370	4	−200×14×350	2		
400×700	−200×14×650	4	−120×22×350	4	16	25
	−200×14×378	4	−200×22×350	2		
400×700	−200×12×650	4	−120×18×350	4	14	20
	−200×12×374	4	−200×18×350	2		
400×700	−200×10×650	1	−120×14×350	1	12	16
	−200×10×370	4	−200×14×350	2		
400×800	−200×14×750	4	−120×22×350	4	16	25
	−200×14×378	4	−200×22×350	2		
400×800	−200×12×750	4	−120×18×350	4	14	20
	−200×12×371	4	−200×18×350	2		

注：钢板采用 3 号钢，钢筋采用Ⅱ级钢筋。

密合式柱拼接连接件选用表（柱宽 500mm）　　表 17-2

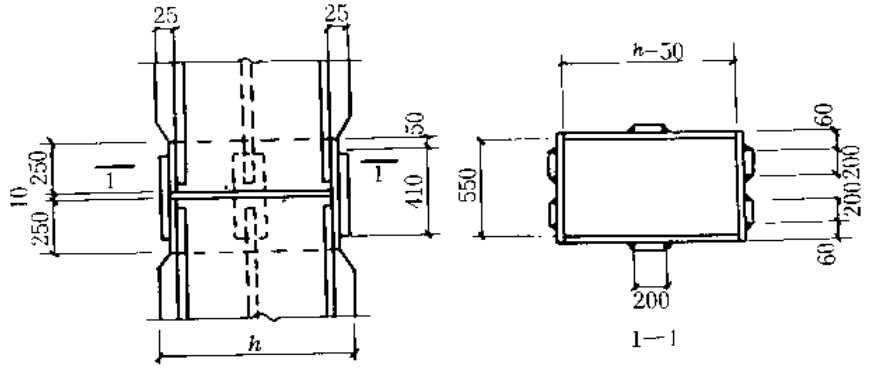


柱断面尺寸 $b \times h$ (mm)	柱帽钢板		贴板		连接焊缝高度 (mm)	柱一侧受力筋面积 (cm^2)
	规格 (mm)	数量	规格 (mm)	数量		
500×500	−200×12×450 −200×12×474	4 4	−150×18×350 −200×18×350	4 2	14	25
500×500	−200×10×450 −200×10×470	4 4	−150×14×350 −200×14×350	4 2	12	19
500×500	−200×10×450 −200×10×470	4 4	−150×12×350 −200×12×350	4 2	12	15
500×600	−200×14×550 −200×14×478	4 4	−150×22×350 −200×22×350	4 2	18	32
500×600	−200×12×550 −200×12×474	4 4	−150×18×350 −200×18×350	1 2	14	25
500×600	−200×10×550 −200×10×470	4 4	−150×14×350 −200×14×350	4 2	12	19
500×700	−200×14×650 −200×14×478	4 4	−150×22×350 −200×22×350	4 2	8	32
500×700	−200×12×650 −200×12×474	4 4	−150×18×350 −200×18×350	4 2	14	25
500×700	−200×10×650 −200×10×470	4 4	−150×14×350 −200×14×350	4 2	12	19
500×800	−200×14×750 −200×14×478	4 4	−150×22×350 −200×22×350	4 2	18	32
500×800	−200×12×750 −200×12×474	4 4	−150×18×350 −200×18×350	4 2	14	25
500×800	−200×10×750 −200×10×470	4 4	−150×14×350 −200×14×350	4 2	12	19
500×900	−200×14×850 −200×14×478	4 4	−150×22×350 −200×22×350	4 2	18	32
500×900	−200×12×850 −200×12×474	4 4	−150×18×350 −200×18×350	4 2	14	25
500×900	−200×10×850 −200×10×470	4 4	−150×14×350 −200×14×350	4 2	12	19
500×1000	−200×14×950 −200×14×478	4 4	−150×22×350 −200×22×350	4 2	18	32
500×1000	−200×12×950 −200×12×474	4 4	−150×18×350 −200×18×350	4 2	14	25
500×1000	−200×10×950 −200×10×470	4 4	−150×14×350 −200×14×350	4 2	12	19

注：同表 17-1 注。

密合式柱拼接连接件选用表（柱宽 600mm）

表 17-3

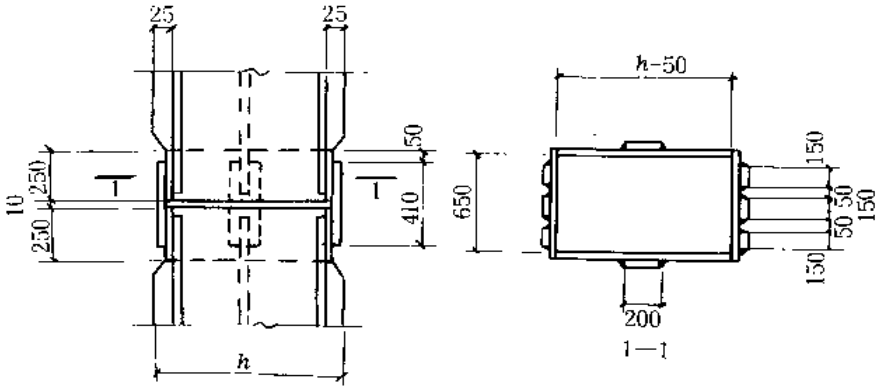


柱断面尺寸 $b \times h$ (mm)	柱帽钢板		贴板		连接焊缝高度 (mm)	柱一侧受力筋面积 (cm^2)
	规格 (mm)	数量	规格 (mm)	数量		
600×600	−250×12×550 −250×12×574	4 4	−200×18×410	6	14	32
600×600	−250×10×550 −250×10×570	4 4	−200×14×410	6	14	27
600×600	−250×10×550 −250×10×570	4 4	−200×12×410	6	12	19
600×700	−250×16×650 −250×16×582	4 4	−200×22×410	6	20	41
600×700	−250×12×650 −250×12×574	4 4	−200×18×410	6	14	32
600×700	−250×10×650 −250×10×570	4 4	−200×14×410	6	14	27
600×800	−250×16×750 −250×16×582	4 4	−200×22×410	6	20	41
600×800	−250×12×750 −250×12×574	4 4	−200×18×410	6	14	32
600×800	−250×10×750 −250×10×570	4 4	−200×14×410	6	14	27
600×900	−250×16×850 −250×16×582	4 4	−200×22×410	6	20	41
600×900	−250×12×850 −250×12×574	4 4	−200×18×410	6	14	32
600×900	−250×10×850 −250×10×570	4 4	−200×14×410	6	14	27
600×1000	−250×16×950 −250×16×582	4 4	−200×22×410	6	20	41
600×1000	−250×12×950 −250×12×574	4 4	−200×18×410	6	14	32
600×1000	−250×10×950 −250×10×570	4 4	−200×14×410	6	14	27
600×1200	−250×16×1050 −250×16×582	4 4	−200×22×410	8	20	41
600×1200	−250×12×1050 −250×12×574	4 4	−200×18×410	8	14	32
600×1200	−250×10×1050 −250×10×570	4 4	−200×14×410	8	14	27

注：① 同表 17-1 注。

② 贴板为 8 块时，在柱侧边各放 2 块。

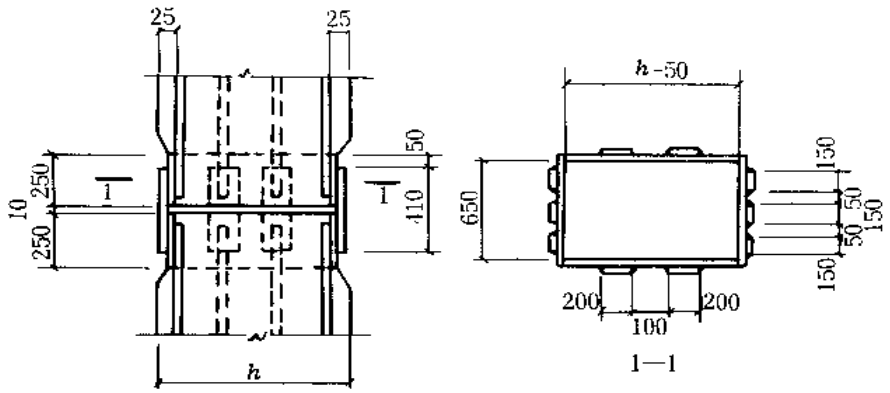
密合式柱拼接连接件选用表（柱宽 700mm）　　表 17-4



柱断面尺寸 $b \times h$ (mm)	柱帽钢板		贴板		连接焊缝高度 (mm)	柱一侧受力筋面积 (cm^2)
	规格 (mm)	数量	规格 (mm)	数量		
700×700	−250×14×650 −250×14×678	4 4	−150×20×410 −200×20×410	6 2	18	45
700×700	−250×12×650 −250×12×674	4 4	−150×16×410 −200×16×410	6 2	16	39
700×700	−250×10×650 −250×10×670	4 4	−150×14×410 −200×14×410	6 2	12	30
700×800	−250×14×750 −250×14×678	4 4	−150×20×410 −200×20×410	6 2	18	45
700×800	−250×12×750 −250×12×674	4 4	−150×16×410 −200×16×410	6 2	16	39
700×800	−250×10×750 −250×10×670	4 4	−150×14×410 −200×14×410	6 2	12	30
700×1000	−250×16×950 −250×16×682	4 4	−150×22×410 −200×22×410	6 2	20	52
700×1000	−250×12×950 −250×12×674	4 4	−150×16×410 −200×16×410	6 2	16	39
700×1000	−250×10×950 −250×10×670	4 4	−150×14×410 −200×14×410	6 2	12	30

注：同表 17-1 注。

密合式柱拼接连接件选用表（柱宽 700mm）　　表 17-5

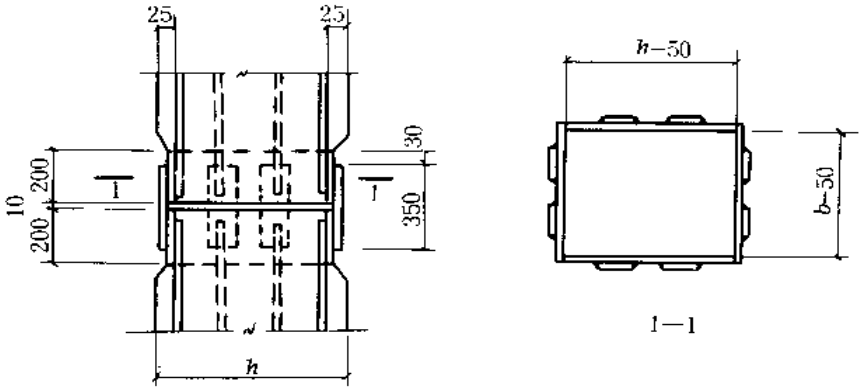


柱断面尺寸 $b \times h$ (mm)	柱帽钢板		贴板		连接焊缝高度 (mm)	柱一侧受力筋面积 (cm^2)
	规格 (mm)	数量	规格 (mm)	数量		
700×1200	−250×16×1150 −250×16×682	4 4	−150×22×410 −200×22×410	6 4	20	52
700×1200	−250×12×1150 −250×12×674	4 4	−150×16×410 −200×16×410	6 4	16	39
700×1200	−250×10×1150 −250×10×670	4 4	−150×14×410 −200×14×410	6 4	12	30
700×1300	−250×16×1250 −250×16×682	4 4	−150×22×410 −200×22×410	6 4	20	52
700×1300	−250×12×1250 −250×12×674	4 4	−150×16×410 −200×16×410	6 4	16	39
700×1300	−250×10×1250 −250×10×670	4 4	−150×14×410 −200×14×410	6 4	12	30
700×1400	−250×16×1350 −250×16×682	4 4	−150×22×410 −200×22×410	6 4	20	52
700×1400	−250×12×1350 −250×12×674	4 4	−150×16×410 −200×16×410	6 4	16	39
700×1400	−250×10×1350 −250×10×670	4 4	−150×14×410 −200×14×410	6 4	12	30

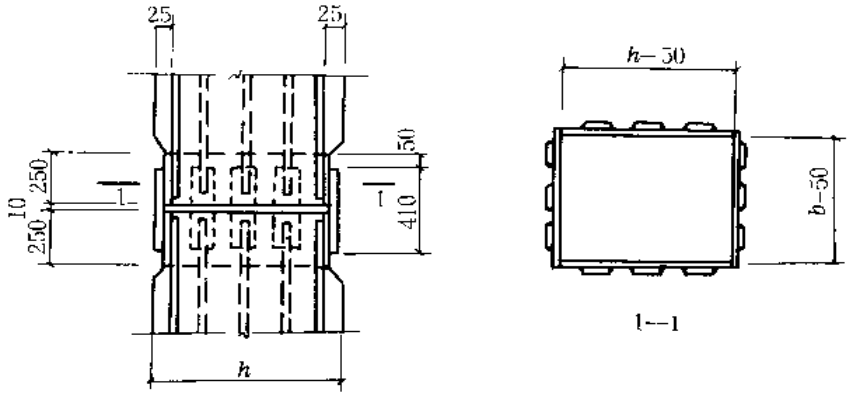
注：同表 17-1 注。

密合式柱拼接连接件选用表（双向弯曲）

表 17-6



柱断面尺寸 $b \times h$ (mm)	柱帽钢板		贴板		连接焊缝高度 (mm)	柱一侧受力筋面积 (cm^2)
	规格 (mm)	数量	规格 (mm)	数量		
400×400	−200×12×350 −200×12×374	4 4	−120×18×350	8	14	20
400×400	−200×10×350 −200×10×370	4 4	−120×14×350	8	12	16
400×500	−200×12×450 −200×12×374	4 4	−120×18×350	8	14	20
400×500	−200×10×450 −200×10×370	4 4	−120×14×350	8	12	16
500×500	−200×12×450 −200×12×474	4 4	−150×18×350	8	14	25
500×500	−200×10×450 −200×10×470	4 4	−150×14×350	8	12	19
500×600	−200×12×550 −200×12×474	4 4	−150×18×350	8	14	25
500×600	−200×10×550 −200×10×470	4 4	−150×14×350	8	12	19
600×600	−200×12×550 −200×12×574	4 4	−200×18×350	8	14	32
600×600	−200×10×550 −200×10×570	4 4	−200×14×350	8	14	27
700×700	−250×14×650 −250×14×678	4 4	−150×20×410	12	18	45



柱断面尺寸 $b \times h$ (mm)	柱帽钢板		贴板		连接焊缝高度 (mm)	柱一侧受力筋面积 (cm^2)
	规格 (mm)	数量	规格 (mm)	数量		
700×700	−250×10×650 250×10×670	4 4	−150×14×410	12	12	30
800×800	−250×18×750 −250×18×786	4 4	−200×20×410	12	18	52
800×800	−250×11×750 −250×14×778	4 4	−200×16×410	12	14	44
800×900	−250×20×850 −250×20×790	4 4	−200×22×410	12	20	64
800×900	−250×14×850 −250×14×778	4 4	−200×16×410	12	14	44

注：同表 17 1 注。

第三节　梁与柱的连接

一、钢筋混凝土明牛腿刚性连接

1. 一般规定

(1) 当梁内负筋只有一排时，剖口焊位置可设置在同一个垂直面上。

(2) 当梁内负筋有两排，下排根数又不多于两根时，剖口焊位置可设置在同一个垂直面上，若下排根数多于两根时，应使上下排负筋剖口焊的位置错开，且第一排负筋应加短钢筋与受力钢筋同直径剖口焊接。

(3) 当梁端截面剪跨比 $M/(V \cdot h_{01}) \leqslant 1.5$ 时，接头处宜设置构造齿槽，见图 17-13。V，M 分别为梁端的最大剪力及相应弯矩；h_{01} 为梁的有效高度。

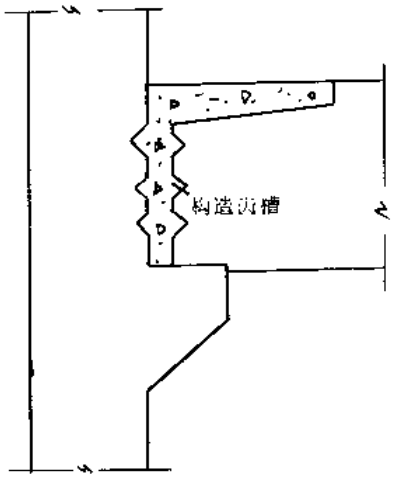


图 17-13　构造齿槽

(4)当梁柱截面同宽时，梁两侧的混凝土保护层必须加大，以免柱内的预埋插筋与梁的纵向钢筋相碰。

(5)梁柱接缝宽度一般为 100～150mm，接缝处后浇灌的混凝土强度应比梁柱混凝土强度提高一级，接缝处应设置封闭箍筋 1～2 个，箍筋直径与梁箍筋相同。

(6)迭合层厚度：当框架横梁有一排负筋时，不小于 150mm，当有两排负筋时，不小于 200mm；纵梁一般为 100mm。

当楼板为搁制时，迭合层厚度应不小于楼板厚度加 20mm。

(7)当不传递纵向水平力的梁，其支承在牛腿上的长度已满足梁下部受力钢筋锚固长度要求时，在梁内可不设置钢板。否则，应设置钢板，并与牛腿钢板焊接。

(8)非迭合层齿槽连接的厚度：单排负筋时，不小于 100mm。双排负筋时，不小于 150mm。

(9)齿槽迭合连接时的厚度：单排负筋时，不小于 100mm。双排负筋时，不小于 150mm。

(10)剖口焊如图 17-14、15 所示。

2. 连接构造

(1) 无齿槽连接：分迭合和非迭合两类，见图 17-16～图 17-23。

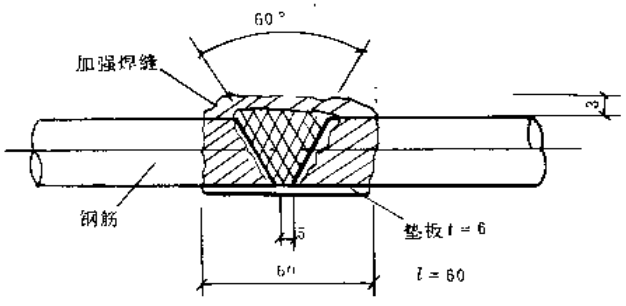


图 17-14　平剖口焊

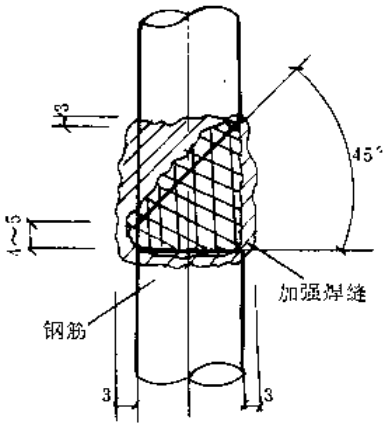


图 17-15　立剖口焊

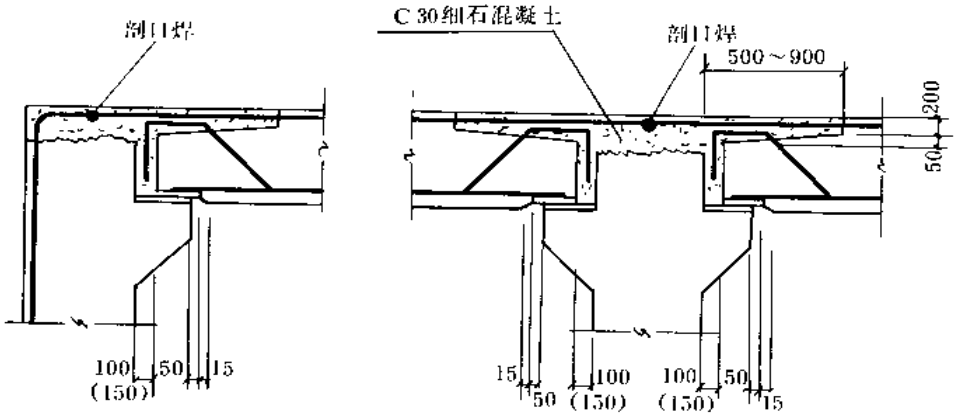


图 17-16　非迭合梁框架顶层连接（单排负筋）

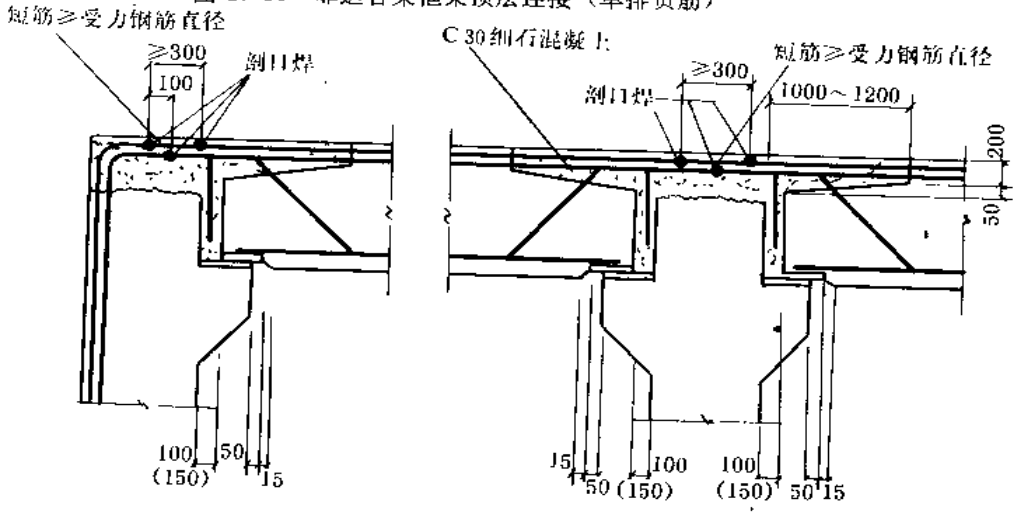


图 17-17　非迭合梁框架顶层连接（双排负筋）

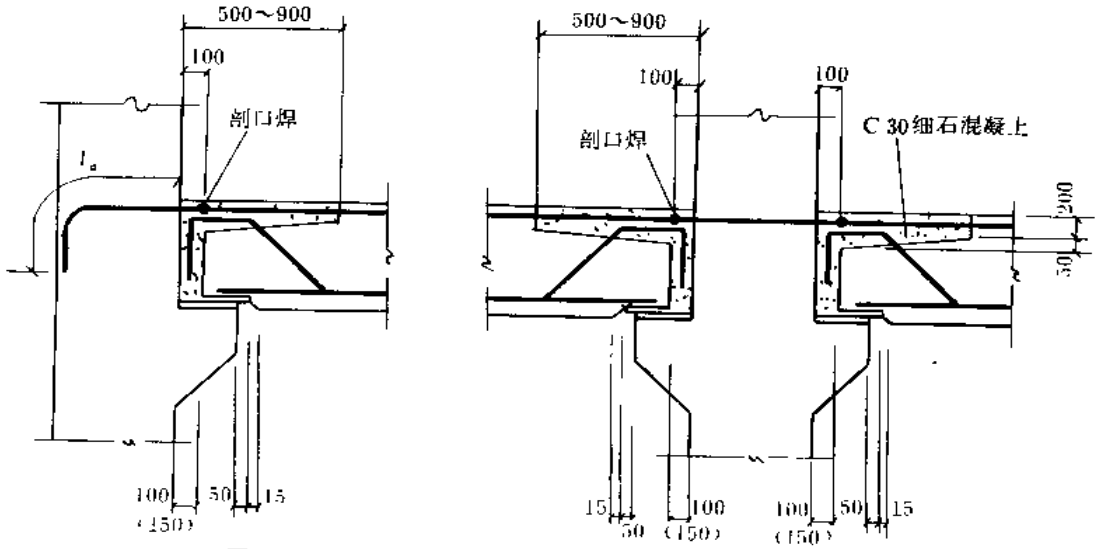


图 17-18　非迭合梁框架中层连接（单排负筋）

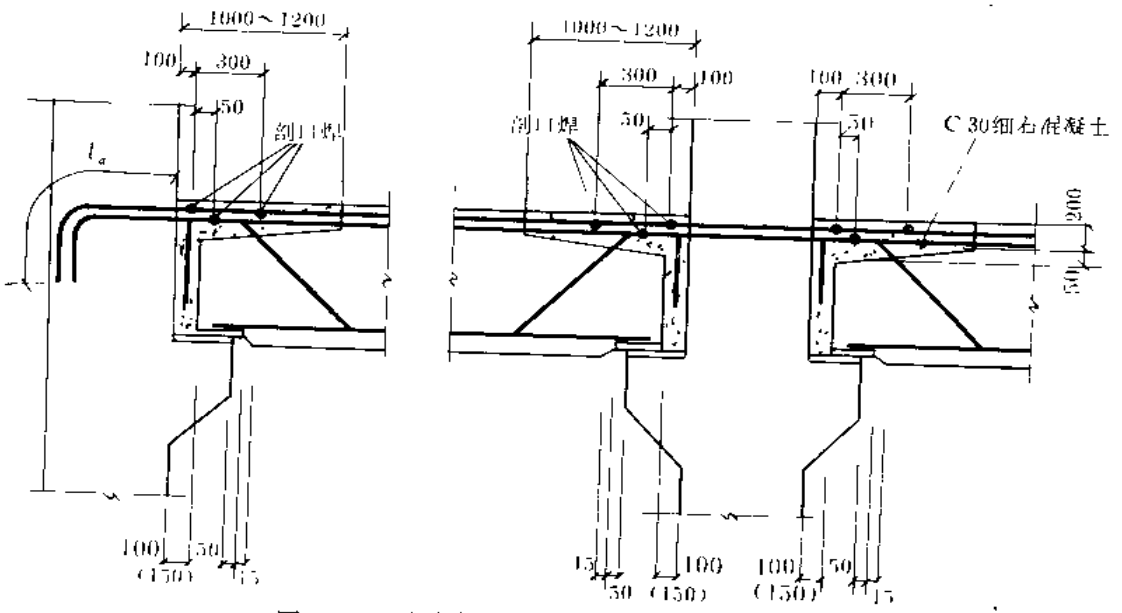


图 17 19　非迭合梁框架中层连接（双排负筋）

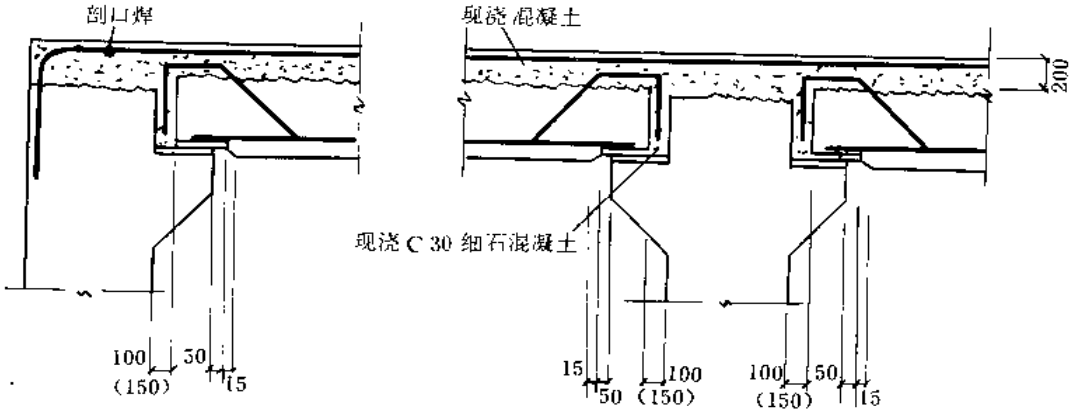


图 17-20　迭合梁框架顶层连接（单排负筋）

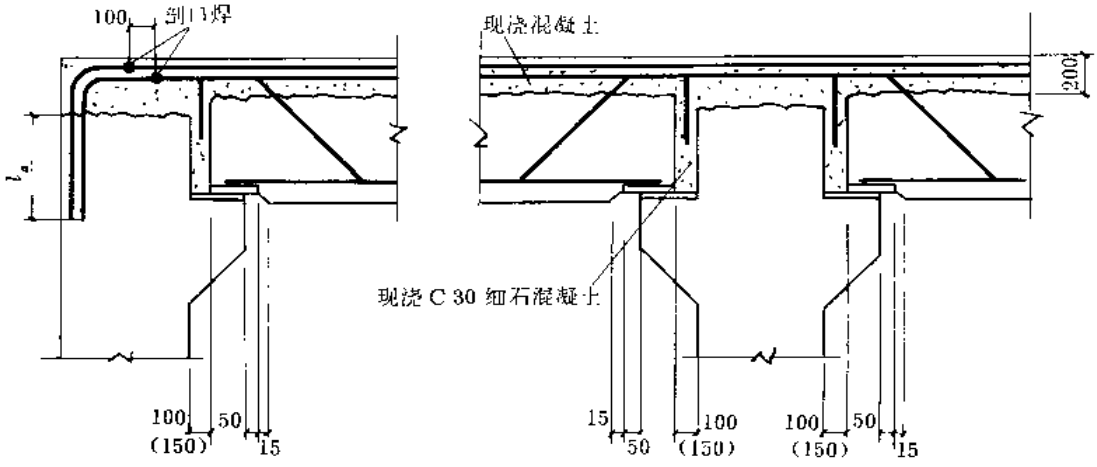


图 17-21　迭合梁框架顶层连接（双排负筋）

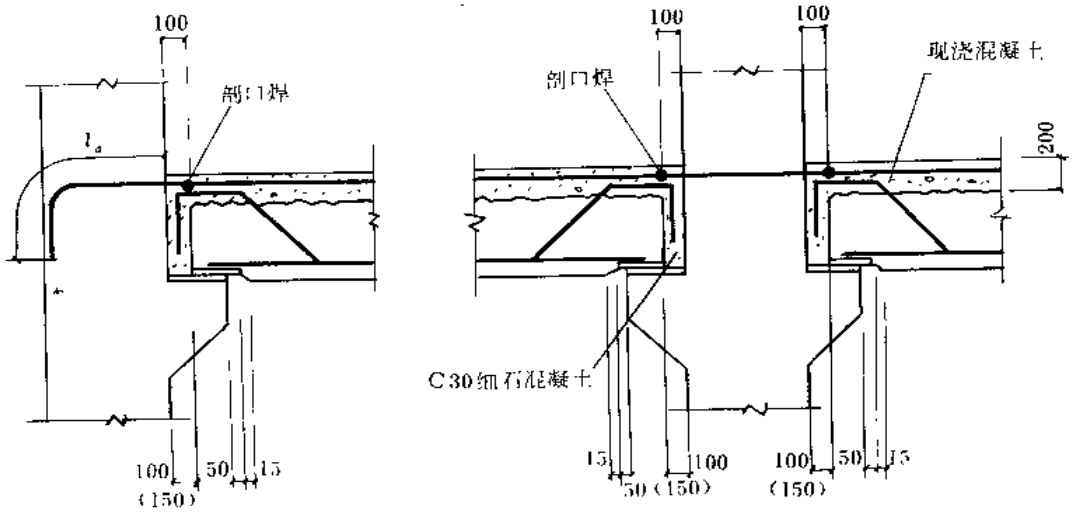


图 17-22　迭合梁框架中层连接（单排负筋）

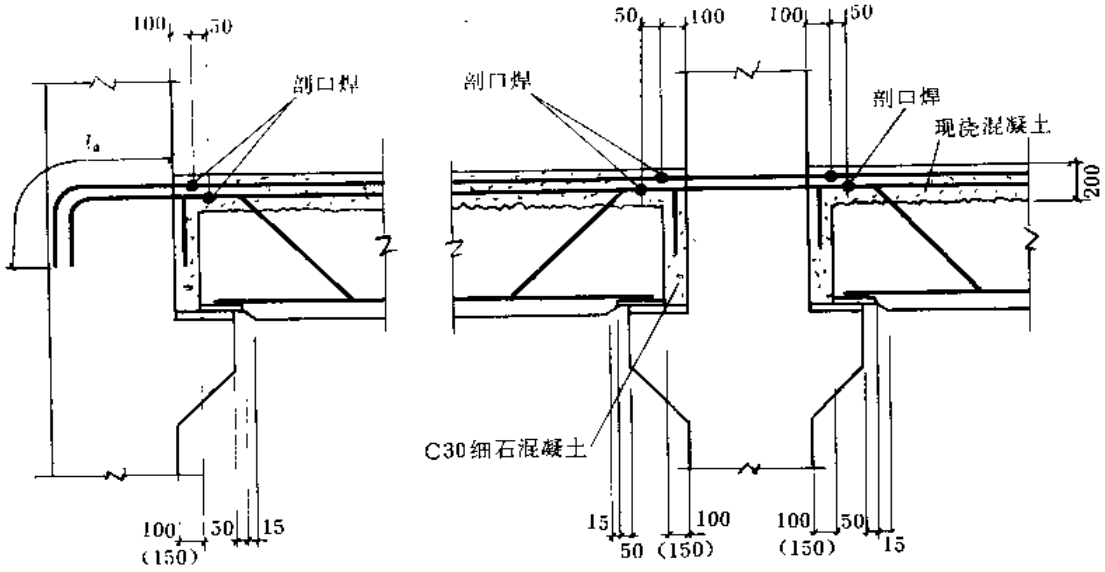


图 17-23　迭合梁框架中层连接（双排负筋）

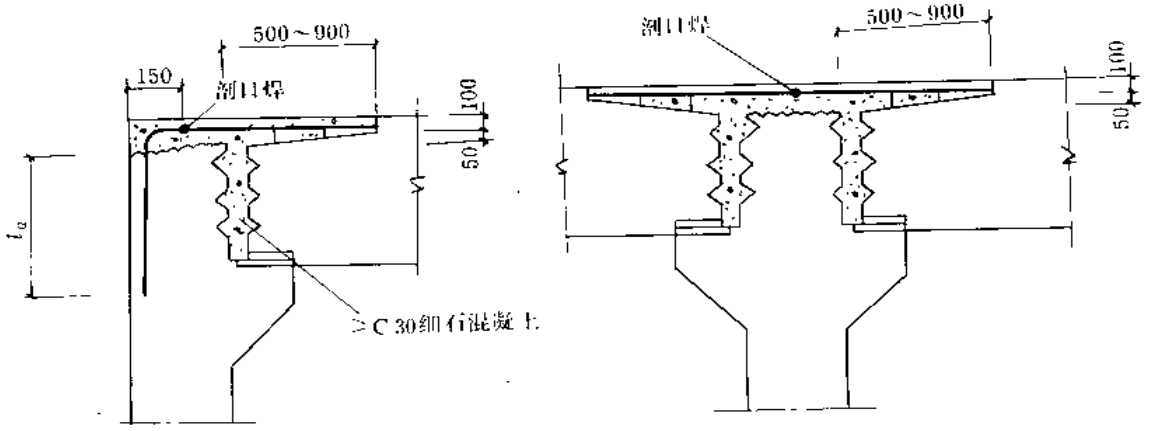


图 17-24　非迭合梁框架顶层连接（单排负筋）

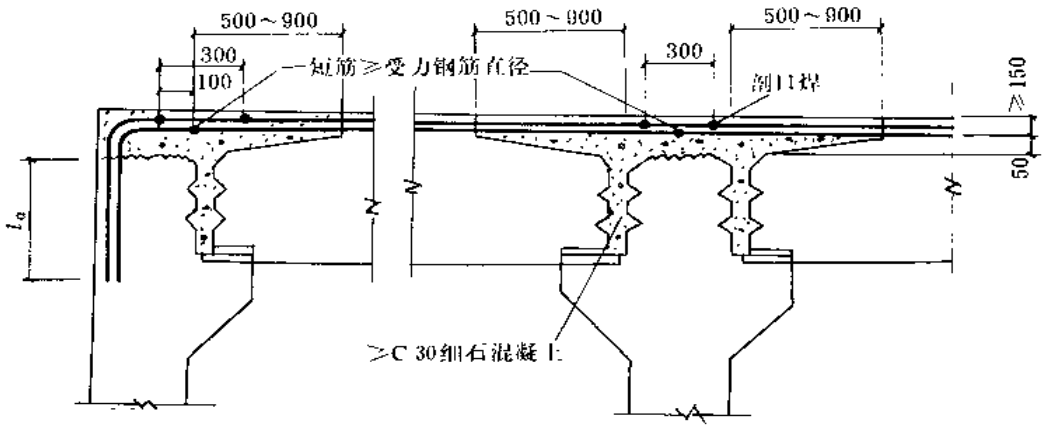


图 17-25　非迭合梁框架顶层连接（双排负筋）

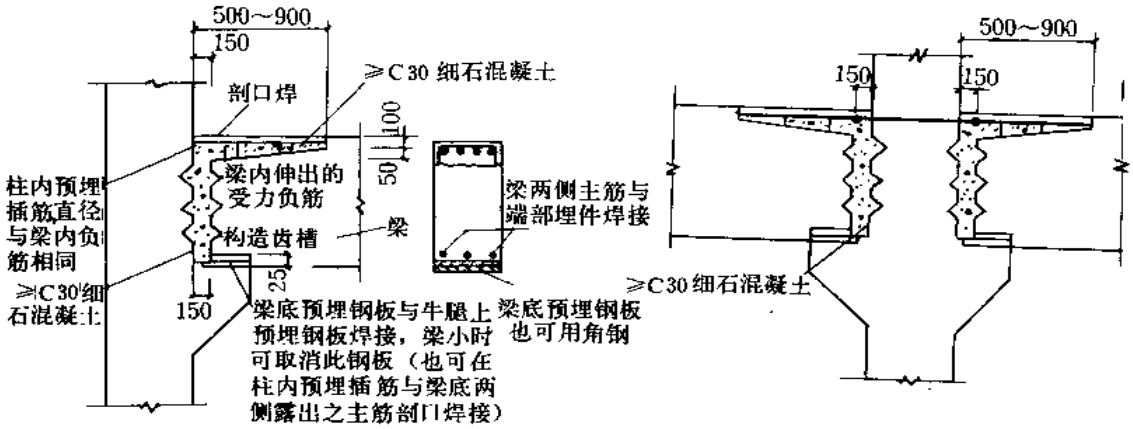


图 17-26　非迭合梁框架中层连接（单排负筋）

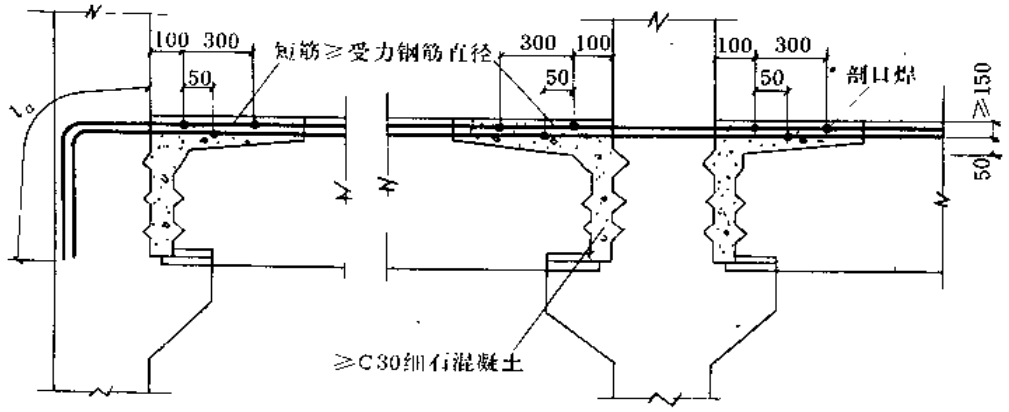


图 17-27　非迭合梁框架中层连接（双排负筋）

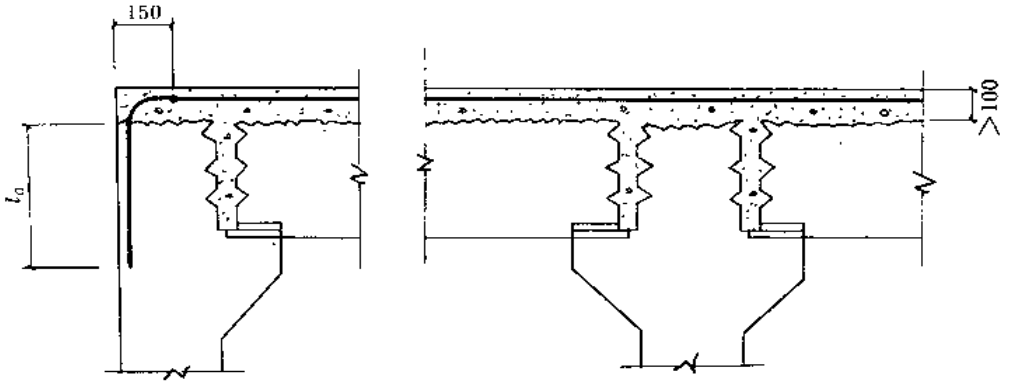


图 17-28　迭合梁框架顶层连接（单排负筋）

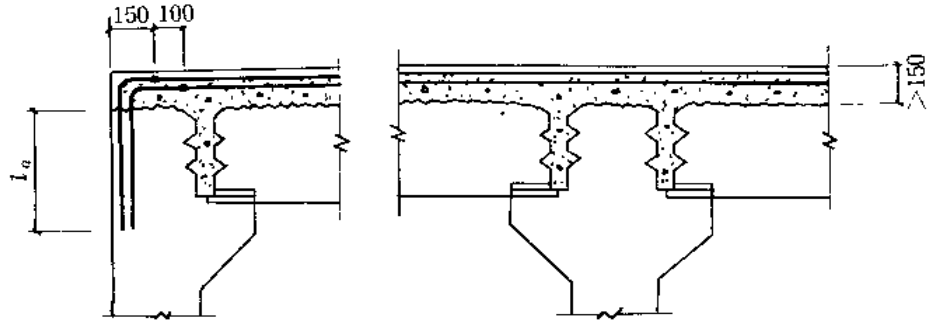


图 17-29　迭合梁框架顶层连接（双排负筋）

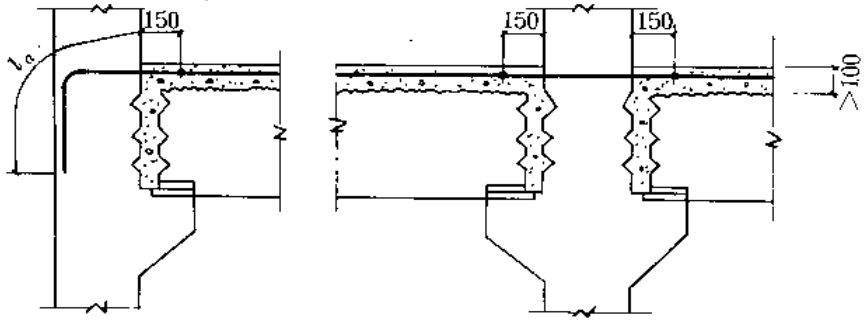


图 17-30　迭合梁框架中层连接（单排负筋）

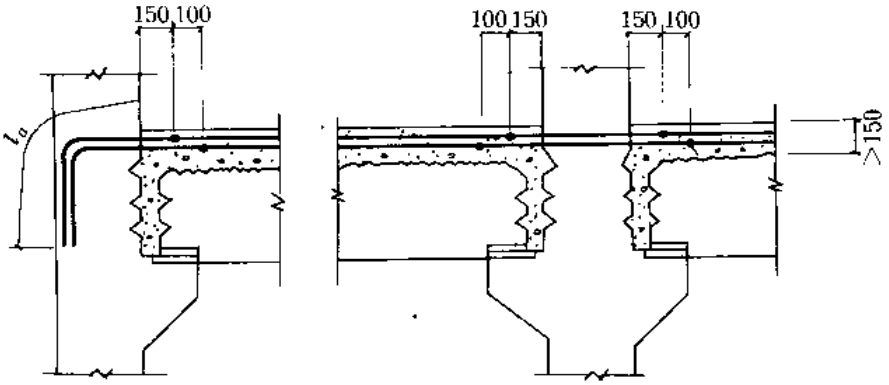


图 17-31　迭合梁框架中层连接（双排负筋）

图 17-16～图 17-23 中，当梁高大于 1m 时，应采用括号内的尺寸；梁端预埋钢板与牛腿顶面钢板的连接焊缝由计算决定；梁底的预埋钢板与牛腿上的预埋钢板焊接。

(2) 有齿槽连接：分迭合和非迭合两类，见图 17-24～图 17～31。

二、钢牛腿刚性连接

1. 构造要求

(1) 接头缝宽 一般为 20～50mm。

(2) 上部连接板的厚度超过 8mm 时，应做成剖口，如图 17～32 所示。

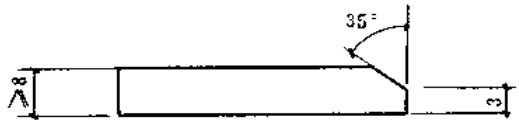


图 13-32 剖口尺寸

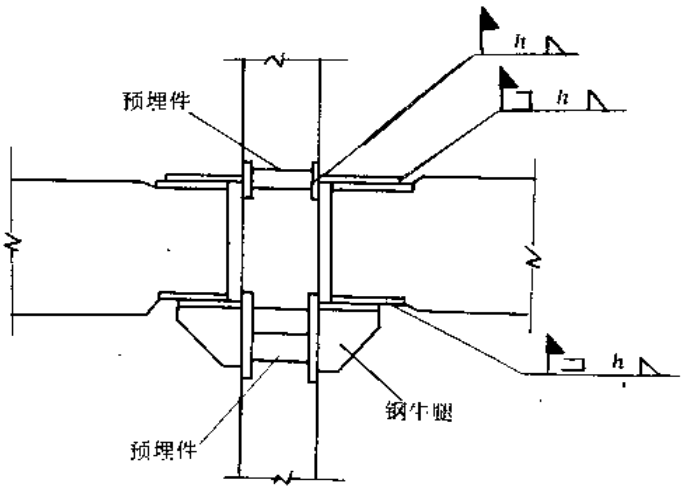


图 17-33 双面连接

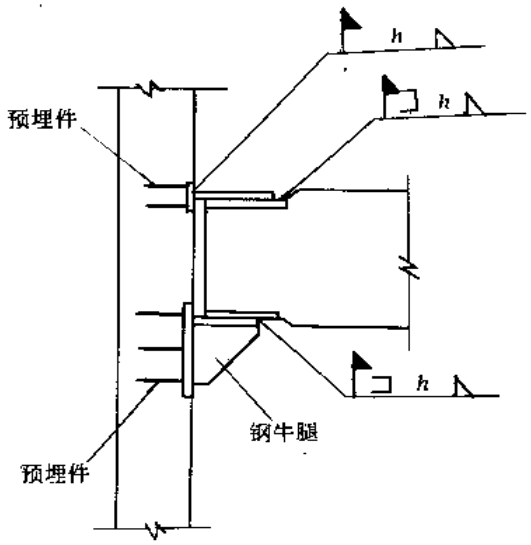
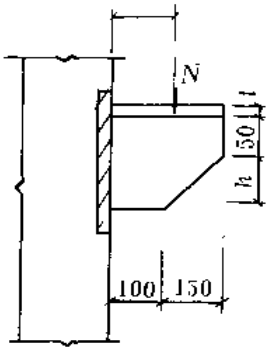
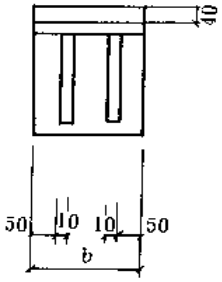
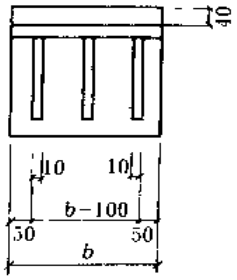


图 17-34 单面连接

钢牛腿选用表 **表 17-7**

序号	附图	荷载 N(kN)	焊缝厚度 (mm)	焊缝长度 (mm)	外形尺寸，(mm)	
					h	t
1		90	6	4×200	150	10
		120	8	4×200	150	10
		155	10	4×200	150	10
		145	6	4×250	200	10
		195	8	4×250	200	10
		240	10	4×250	200	10
		210	6	4×300	250	10
		280	8	4×300	250	10
		345	10	4×300	250	10
		280	6	4×350	300	10
		370	8	4×350	300	10
		465	10	4×350	300	10
		360	6	4×400	350	12
		480	8	4×400	350	12
		600	10	4×400	350	12
		535	6	4×500	450	12
		715	8	4×500	450	12
		895	10	4×500	450	12
2		220	6	6×250	200	10
		290	8	6×250	200	10
		365	10	6×250	200	10
		310	6	6×300	250	12
		415	8	6×300	250	12
		520	10	6×300	250	12
		420	6	6×350	300	12
		560	8	6×350	300	12
		700	10	6×350	300	12

注：1. 本表荷载作用于牛腿中心；

2. 牛腿与支座连接计算，只考虑垂直焊缝。表中焊缝长度系指垂直焊缝；

3. 表中 b 为牛腿宽度，可根据实际情况决定；

4. 钢材为 I 级钢（3 号钢），焊条为 E43××。

（3）梁端预埋件应与梁的纵向受力钢筋焊接。

（4）柱内预埋件由计算决定，但预埋钢板厚度应大于 12mm。梁柱连接见图 17-33、34。

2. 钢牛腿选用，见表 17-7。

三、齿槽式刚性连接

1. 一般构造

(1) 齿槽形状宜采用等腰三角形或梯形，锯齿形的受力性能差，$e=0$，不宜采用。齿槽尺寸及布置如图 17-35、图 17-36 所示。

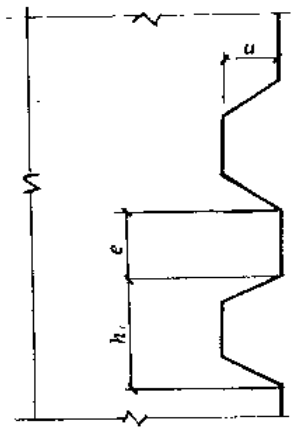


图 17-35 梯形齿槽尺寸

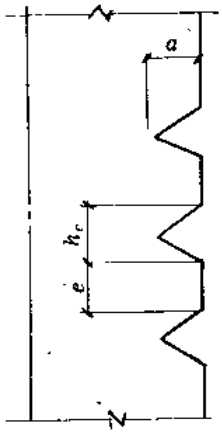


图 17-36 三角形齿槽尺寸

齿深 a 一般为 25mm；齿高 h_c 一般为 40～100mm，应大于齿深 3 倍；

齿距 e 在同一截面上齿槽的净距取值：三角形时，e 不能小于 h_c 的一半，梯形时，e 不能小于 h_c；

齿槽角度一般取 45 度。

(2) 齿槽数量一般不宜少于两个，且其受剪面积应不小于梁截面面积的三分之一。

(3) 梁与柱接缝两侧的齿槽可采用对称的和非对称布置两种，一般宜采用对称布置。

(4) 梁与柱接缝宽度应根据梁高确定，一般取 100～150mm。

(5) 在齿槽接缝内，根据接缝宽度和荷载大小宜设置封闭箍筋 1～2 个，箍筋直径与梁内箍筋相同，箍筋距柱边距离不应大于 50mm。

(6) 为确保齿槽有效工作，梁柱接头处的纵向受拉钢筋的配筋率应不小于 0.4%，当正截面强度计算所得的纵向受拉钢筋小于此数值时，应增加纵向构造钢筋。纵向构造钢筋在柱内和梁内的锚固长度均不应小于 30 倍钢筋直径。

(7) 当梁受扭时，应将梁中的抗扭钢筋与柱上预埋件或插筋焊牢，并在齿槽接缝内设置封闭箍筋，箍筋按构造配置，见图 17-37。

2. 齿槽接头区段计算

(1) 齿槽接头区段内的正截面抗弯强度和斜截面抗剪强度按《混凝土结构设计规范》有关公式计算。

(2) 齿槽接头正截面抗剪强度按下列公式计算

$$V \leqslant 3f_t b_c h_c n\alpha + 0.4\frac{M}{h_0} \tag{17-12}$$

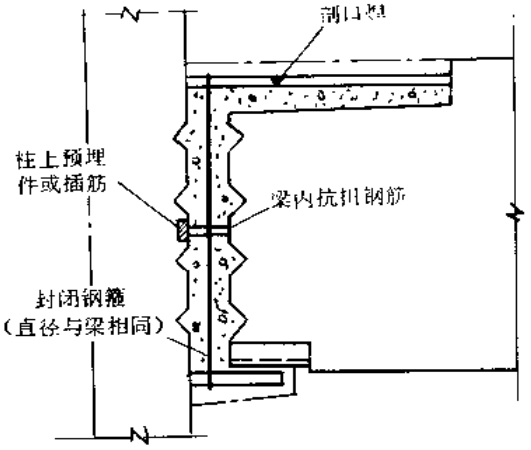


图 17-37　梁内抗扭钢筋

$$0.4\frac{M}{h_0} \leqslant \frac{1}{3}V \tag{7-13}$$

式中　V ——齿槽截面上的最大剪力（荷载组合中的 V_{max}）；

f_t ——混凝土的抗拉设计强度（取梁体的混凝土设计强度）；

b_c ——齿槽宽度（即梁宽）；

h_c ——齿槽高度；

n ——同一截面上的齿数；

h_0 ——梁截面的有效高度；

M ——齿槽截面上与 V_{max} 相应的弯矩；

α ——考虑齿数和剪跨比影响的强度折减系数，按表 17-8 选用。

折减系数 α　　**表 17-8**

齿　数　n	≤3	4～5	≥6
α	0.85	0.75	0.65

3. 梁端支承方式

梁端支承方式一般有以下三种情况。

（1）钢筋支承见图 17-38。柱内预埋插筋既作为安装牛腿，又是梁的受力钢筋。当梁端底部受拉时，柱内预埋插筋和梁内预埋角钢由计算决定。为避免施工中的仰焊，可在插筋的顶面焊一块钢板，但要保证有足够的焊缝。为防止接头处的支承钢筋锈蚀，可在支承处浇一层不低于 C30 的细石混凝土。

（2）钢板支承，见图 17-39。钢板支承与钢筋支承基本相同，只是柱子预埋插筋改为预埋钢板。

（3）角钢支承，见图 17-40。这种支承角钢只起临时支承和承担安装荷载作用，当接头浇注形成整体后，角钢可以拆除。为便于角钢拆除，可在柱子上预留孔洞。角钢上的预留孔做成椭圆形，采用螺栓连接。

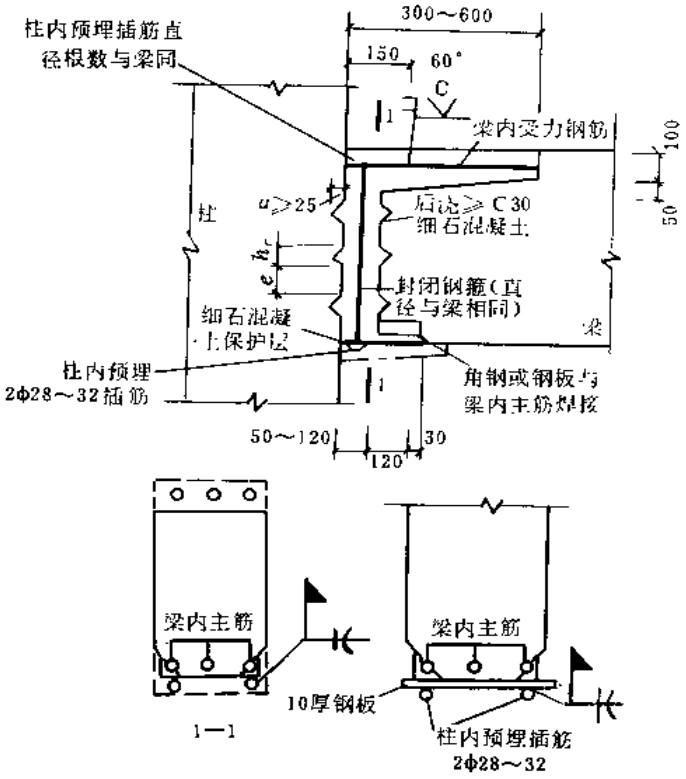


图 17-38　钢筋支承

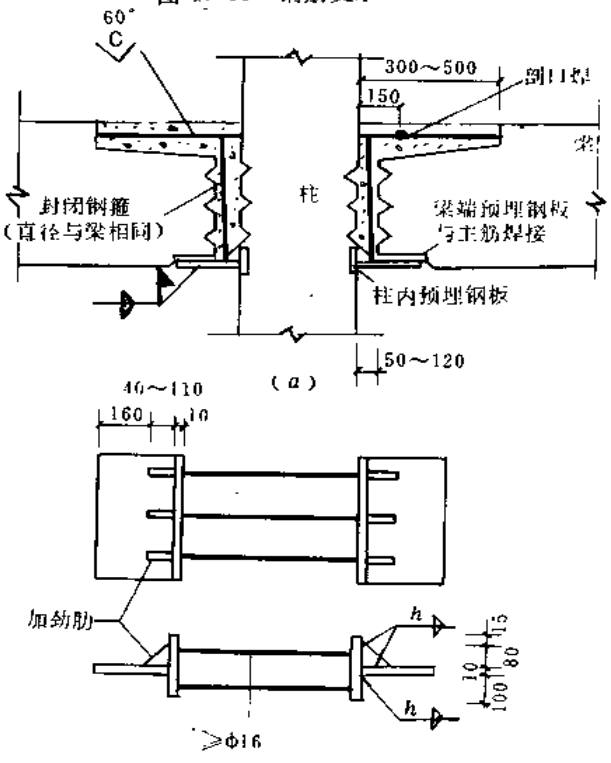


图 17-39　钢板支承

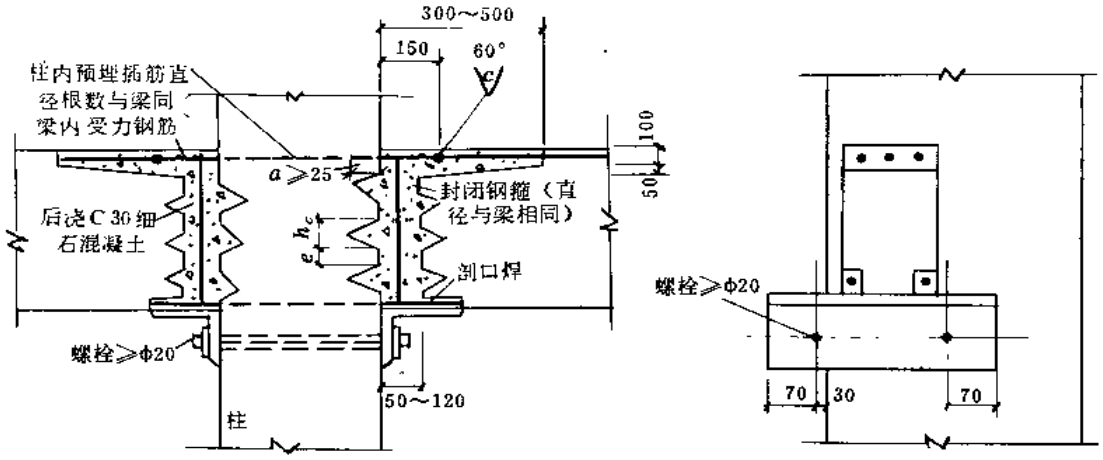


图 17-40　角钢支承

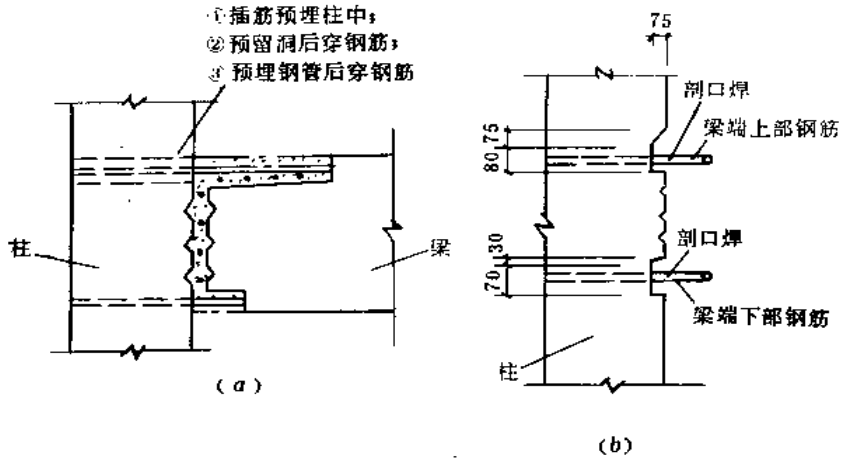


图 17-41　柱上插筋预埋

4. 柱上插筋预埋方式

与梁端上部钢筋连接的柱上插筋一般有下列三种做法，见图 17-41。

(1) 插筋直接预埋在柱中。

(2) 柱中预埋钢管，然后穿插筋与钢管端部焊接。

(3) 柱中预留孔洞，安装时再穿插筋。

四、钢筋混凝土暗牛腿的刚性连接

1. 一般规定

(1) 这种连接多用于梁端剪力较小的节点，如一般纵向梁的节点连接。

(2) 牛腿的混凝土强度由计算决定，一般要比柱子的混凝土强度等级高一级。

(3) 暗牛腿的箍筋按构造配置，其直径不应小于 8mm，间距不应大于 60mm。暗牛腿不设置弯起钢筋。

(4) 节点形成整体后，其正截面强度及斜截面强度的计算与一般构件的计算方法相同，但在正截面强度计算中，应考虑强度折减系数 0.9。

2. 节点构造

(1) 柱子四面有牛腿且支承迭合梁的构造，见图 17-42。

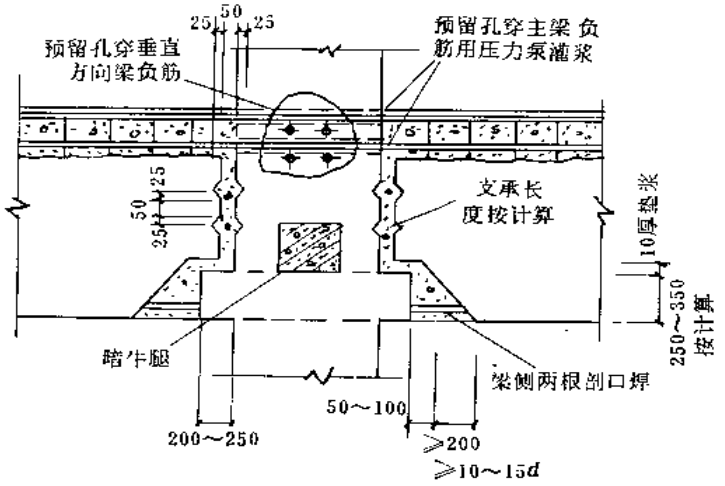


图 17-42 节点构造 (1)

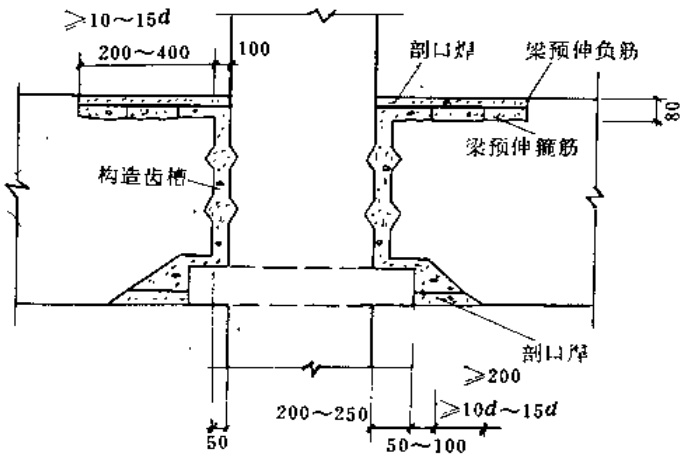


图 17-43 节点构造 (2)

(2) 柱两面有牛腿且支承非迭合梁的构造，见图 17-43。

(3) 柱两面有牛腿且支承迭合梁时，可按图 17-42 取消垂直方向柱的暗牛腿和预留孔。

(4) 柱四面有牛腿且支承非迭合梁时，可按图 17-43 加上垂直方向的暗牛腿和负钢筋。

五、齿槽式槽钢暗牛腿刚性连接

1. 一般规定

(1) 这种连接一般用于安装荷载较大时的齿槽刚性连接。

(2) 槽钢布置应尽量靠近梁底端，翼缘可朝外，也可朝内，见图 17-44、图 17-45。

(3) 齿槽的构造要求与齿槽刚性连接的相同。

2. 节点构造

(1) 非迭合梁刚性连接，见图 17-46。

(2) 迭合梁刚性连接，见图 17-47。

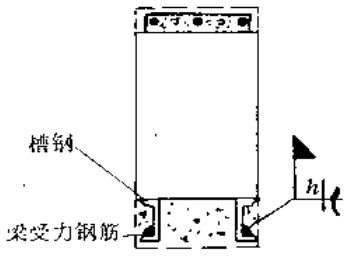


图 17-44　槽钢朝外

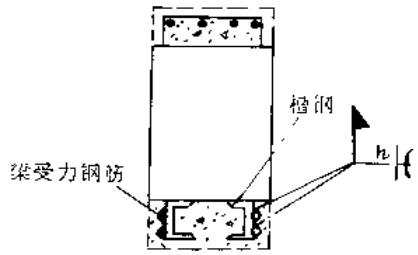


图 17-45　槽钢朝内

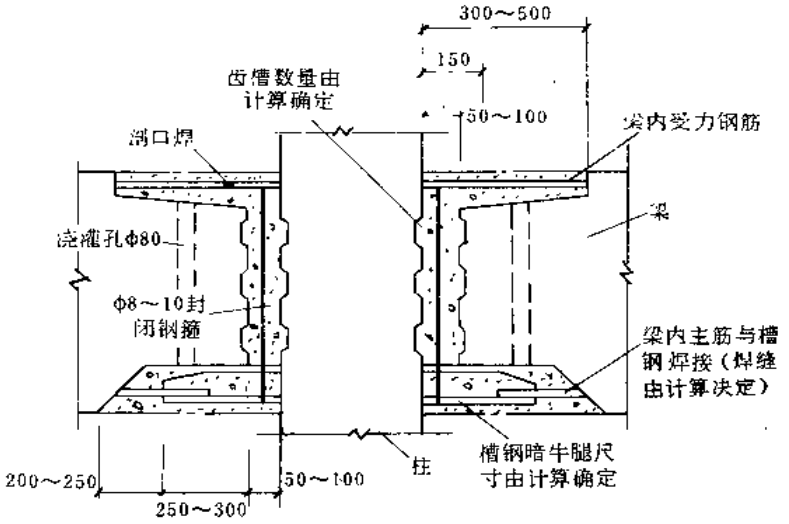


图 17-46　非迭合梁连接

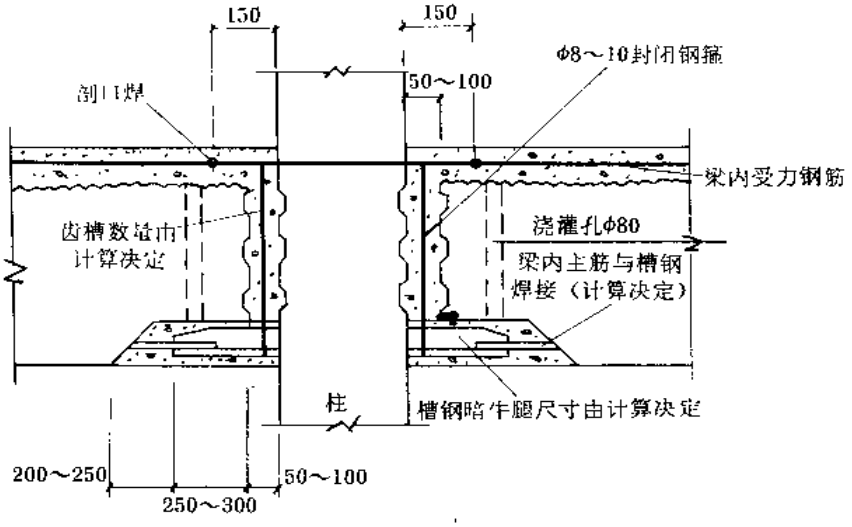


图 17-47　迭合梁连接

3. 节点计算

(1) 施工阶段的节点计算：

槽钢计算：槽钢必须满足施工阶段的抗弯及抗剪要求。

$$\frac{V_1 L}{W_x} \leqslant f \tag{17-14}$$

$$V_1 \frac{S_{max}}{Jt} \leqslant f_v \tag{17-15}$$

式中 V_1 ——施工阶段的梁端剪力（包括梁、板自重及施工荷载）；

L ——见表 13-12 图示，$L = \frac{1}{2}a_1 + a_2$；

a_1 ——梁在槽钢上的搁置长度；

a_2 ——梁柱间接缝宽度；

W_x ——槽钢截面抵抗矩；

S_{max} ——槽钢截面面积矩，取最大值；

J ——槽钢截面惯性矩；

t ——槽钢腹板厚度；

f ——槽钢抗弯强度设计值；

f_v ——槽钢抗剪强度设计值。

梁端局部承压的核算

$$V_1 \leqslant 0.75 f_c a_1 b_1 \sqrt{\frac{b}{b_1}} \tag{17-16}$$

式中 f_c ——梁的混凝土轴心抗压强度设计值；

b_1 ——槽钢翼缘总宽度；

b ——梁端截面宽度；

V_1 ——施工阶段的梁端剪力（包括梁、板自重及施工荷载）。

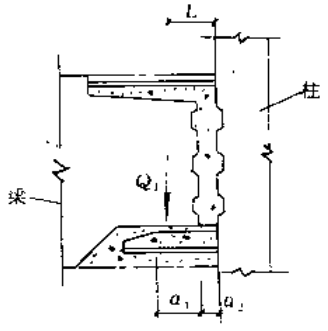
（2）使用阶段的节点计算：

使用阶段梁端产生的剪力由齿槽承担，此时可以使用荷载（不包括梁、板自重及施工荷载）组合后所得的梁端最大剪力 V_{max} 及相应的梁端弯矩 M，按计算齿槽的方法进行计算。

4. 槽钢选择

表 17-9 列出了几种槽钢类型，供设计时参考选用。

槽钢选择表 表 17-9

类型	荷载值 Q_1 (kN)		图示
	抗弯	抗剪	
][10	60	36	
][12.6	94	49	
][14a	122	57	
][16a	164	67	

六、预制梁现浇柱整体式刚性连接

1. 预制梁现浇钢筋混凝土分段柱

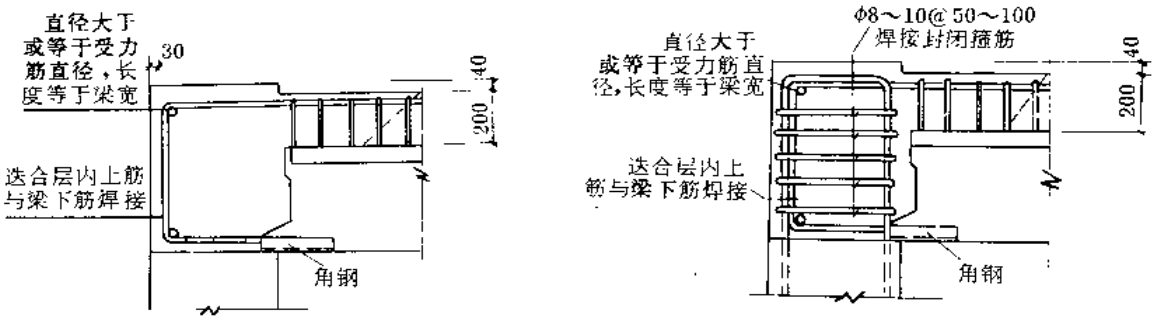


图 17-48 迭合梁非齿槽连接（边柱顶层）(1)

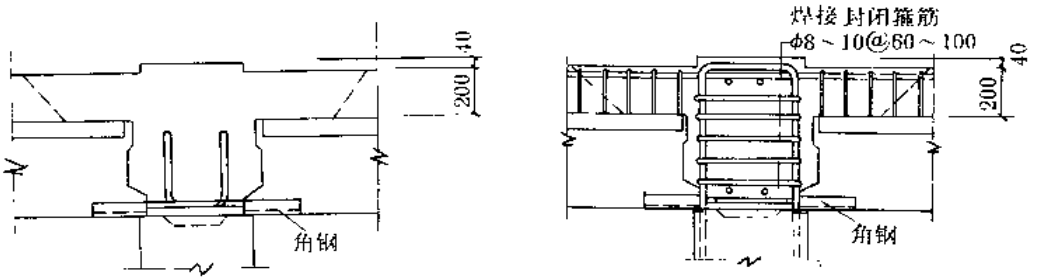


图 17-49 迭合梁非齿槽连接（中间柱顶层）(1)

这种节点构造分搭在钢筋混凝土柱上和搭在支托上两种类型，每种类型中又分非齿槽连接和齿槽连接，迭合梁和非迭合梁等。

(1) 直接搭在钢筋混凝土柱上：

1) 非齿槽连接，见图 17-48～图 17-51。连接角钢见图 17-54。

2) 齿槽连接

齿槽构造及定位埋件见图 17-52～图 17-55。

(2) 搭在支托上

当梁内角钢采用 L 75×50×10 时，角钢垫和支托角钢采用 L 50×6。当梁内角钢采用 L 100×63×10 时，角钢垫和支托角钢采用 L 63×10。

1) 非齿槽连接见图 17-56～图 17-9。

2) 齿槽连接

其构造和直接搭在柱上的相同，见图 17-52～图 17-55。

(3) 不等高梁柱连接，见图 17-60～图 17-66。

2. 预制梁现浇钢筋混凝土整体柱

这种节点构造分齿槽及非齿槽连接，承重模板和非承重模板等。

(1) 一般规定：

1) 施工缝可设在迭合梁上顶面标高处，或设在距梁底 10cm 处，施工缝处要设置清理口，以保证整体性；

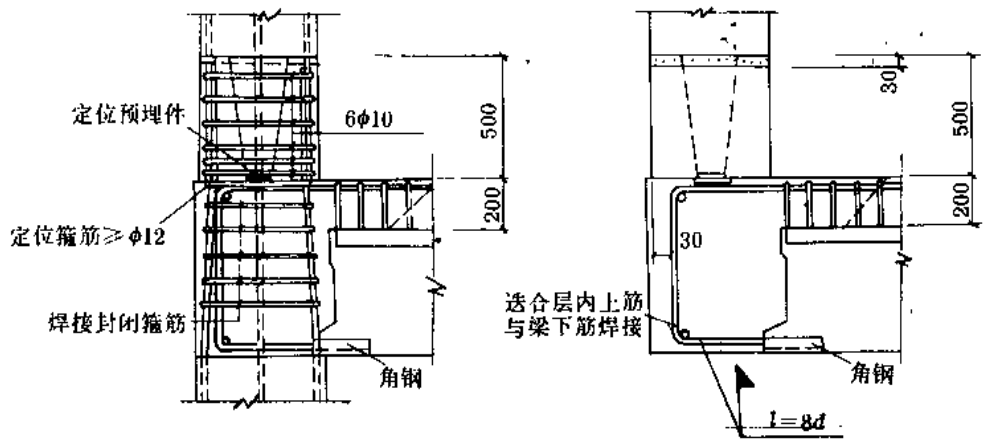


图 17-50　迭合梁非齿槽连接（边柱中间层）(1)

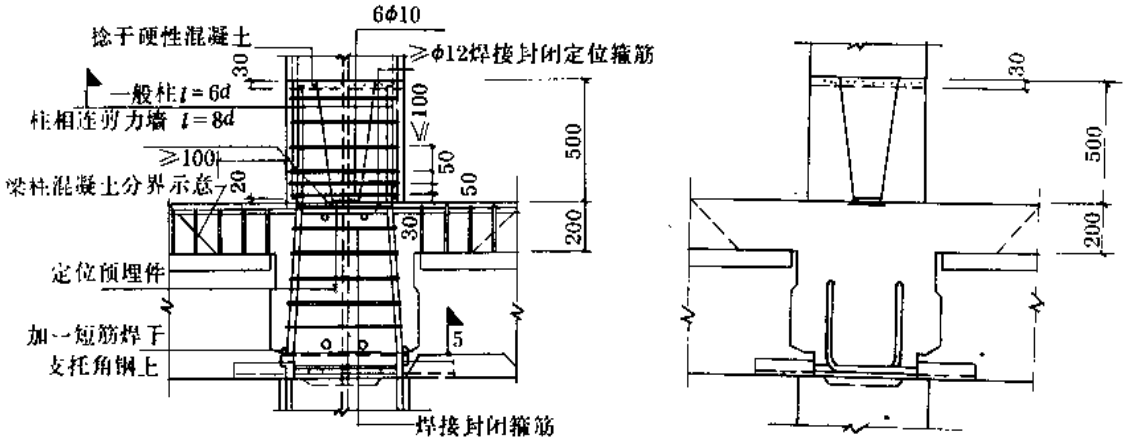


图 17-51　迭合梁非齿槽连接（中间柱中间层）(1)

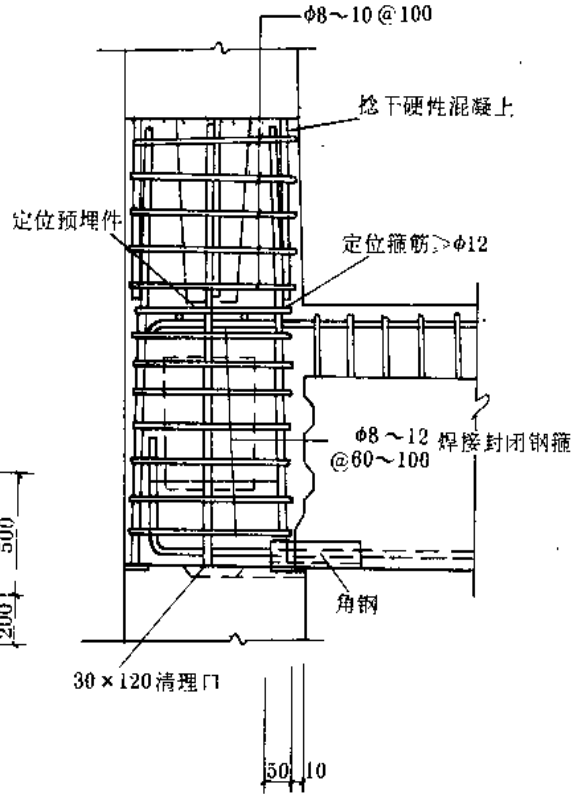


图 17-52　齿槽连接（边柱中层）

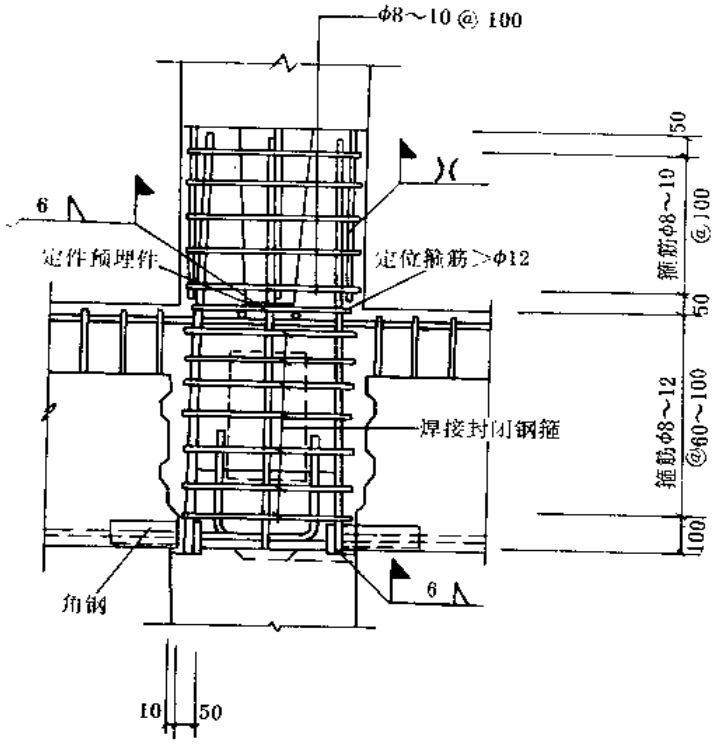


图 17-53　齿槽连接（中柱中层）

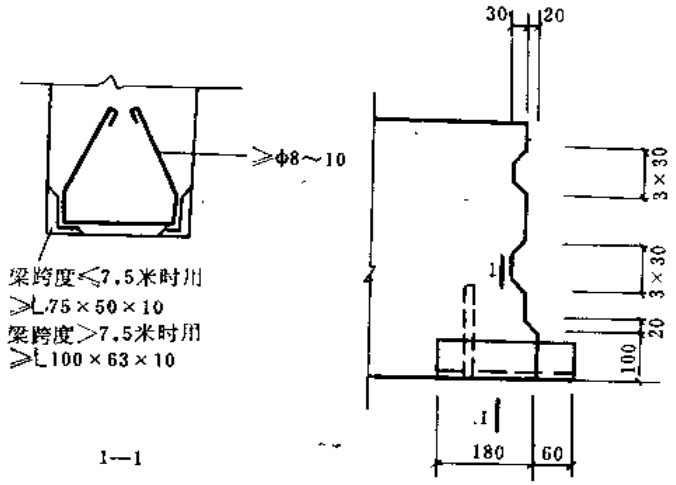


图 17-54　齿槽尺寸

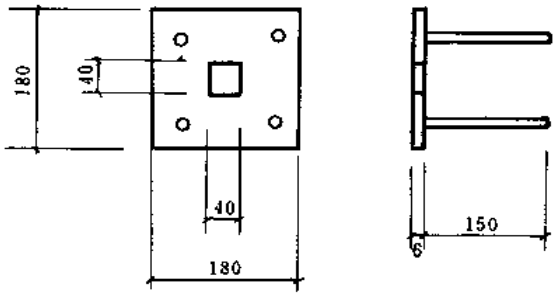


图 17-55　定位预埋件

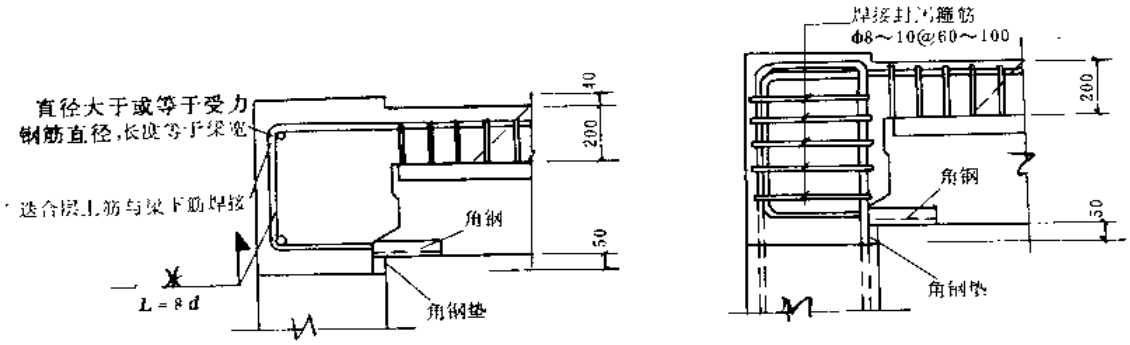


图 17-56　迭合梁非齿槽连接（边柱顶层）(2)

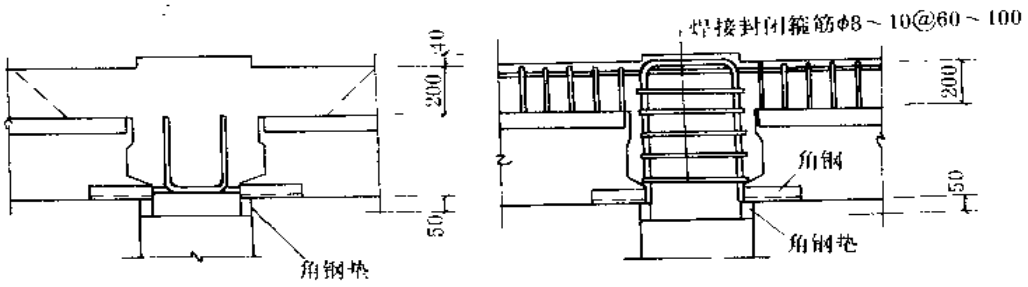


图 17-57　迭合梁非齿槽连接（中柱顶层）(2)

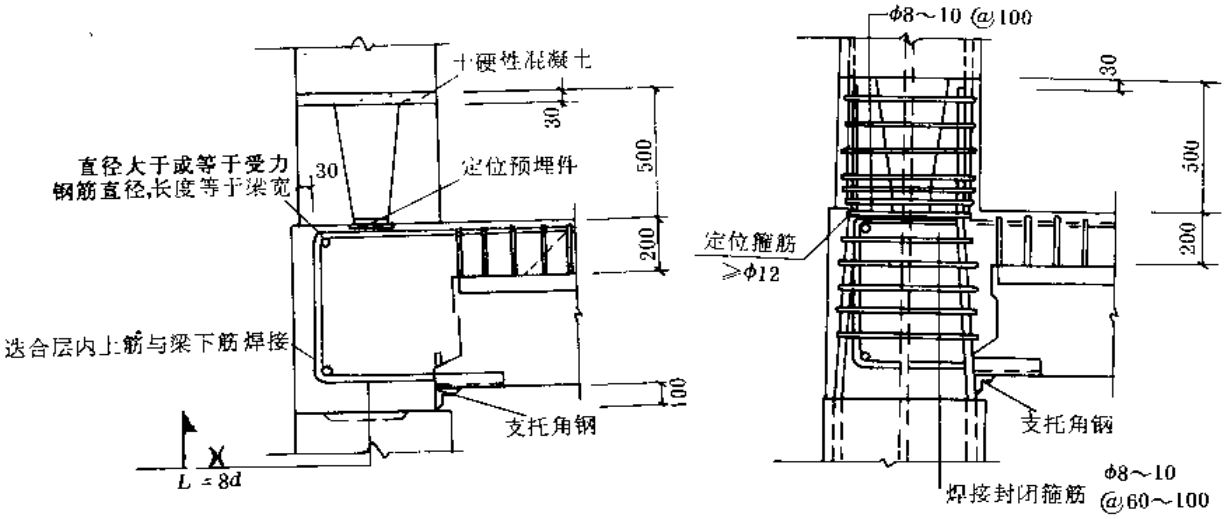


图 17-58　迭合梁非齿槽连接（边柱中层）(2)

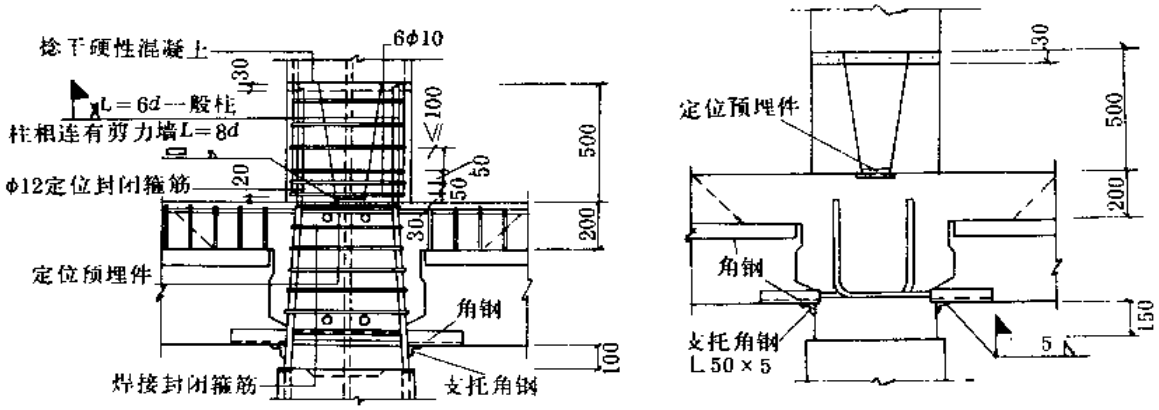


图 17-59　迭合梁非齿槽连接（中柱中层）(2)

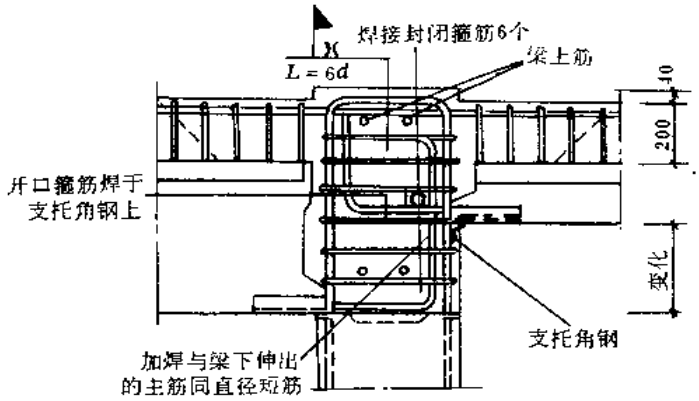


图 17-60　迭合梁顶层连接

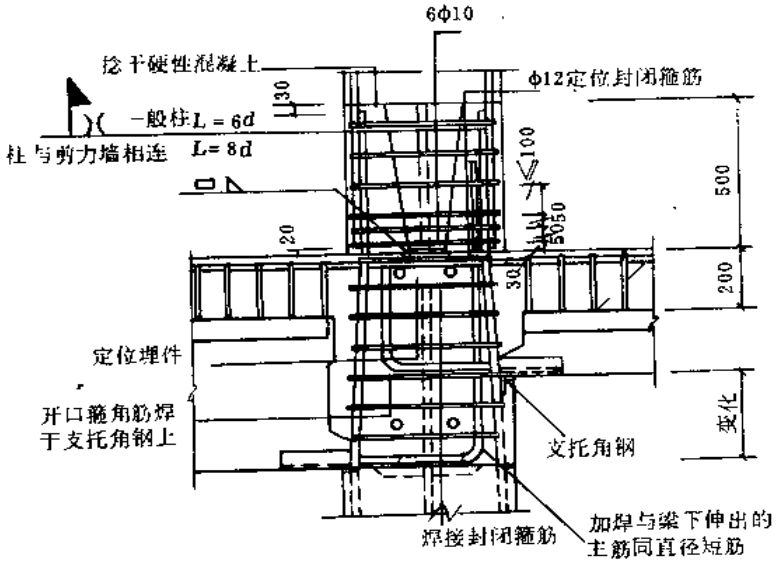


图 17-61　迭合梁中层连接

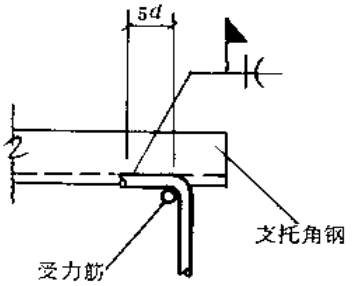


图 17-62　箍筋与支托角钢焊接

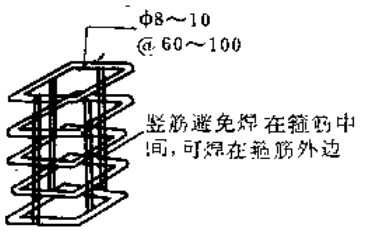


图 17-63　焊接封闭箍筋

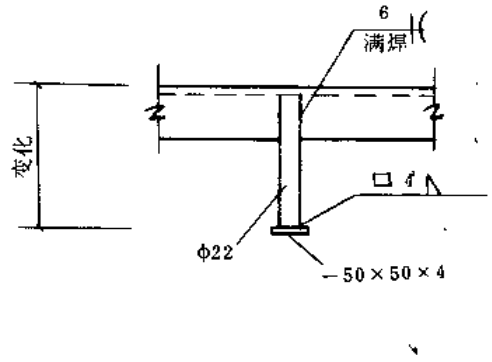


图 17-64　支托角钢中间加附加短筋图

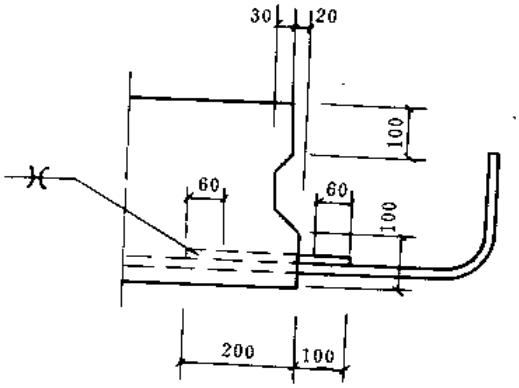


图 17-65　次梁梁端构造

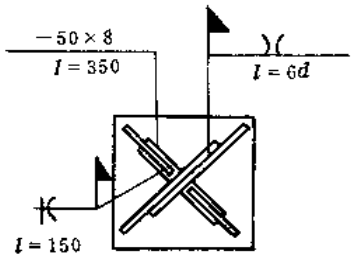


图 17-66　顶层柱主筋焊接图

2）采用非承重模板时，下柱应先浇注至框架主梁底部，待下柱混凝土达到 70%强度时，即可吊装预制梁，并浇注节点区混凝土。在梁下要加设钢筋网片；

3）齿槽做法与现浇预制短柱相同。

（2）节点连接构造：

1）非齿槽连接，见图 16-67～图 17-71。

2）齿槽连接，见图 17-72、图 17-73。

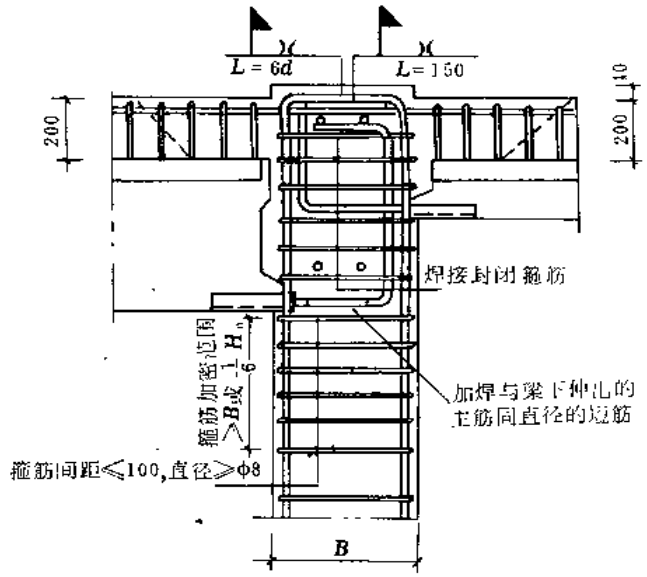


图 17-67　迭合梁连接（中柱顶层）

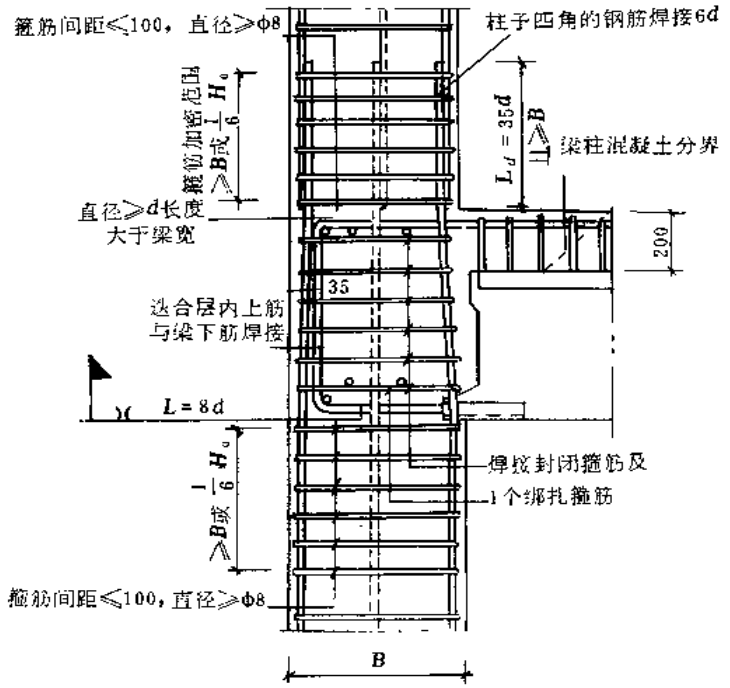


图 17-68　迭合梁连接（边柱中层）

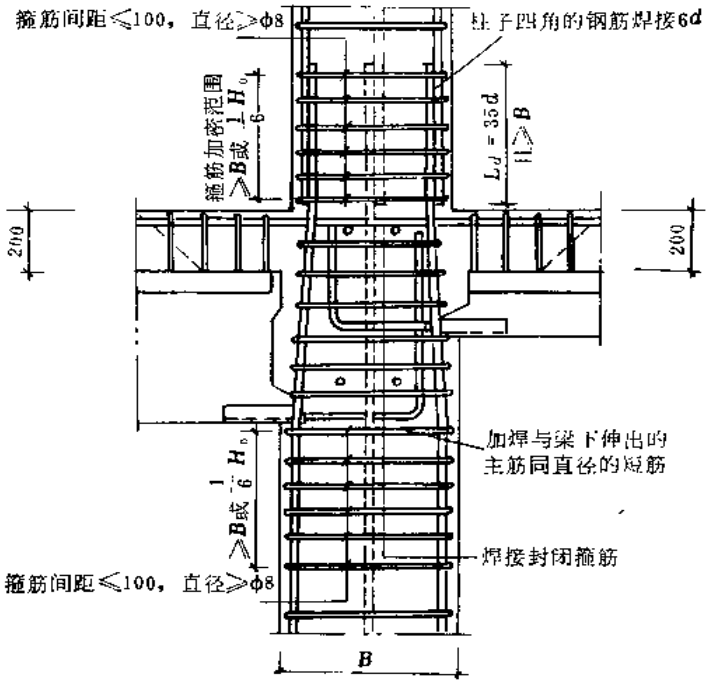


图 17-69　迭合梁连接（中柱中层梁不等高）

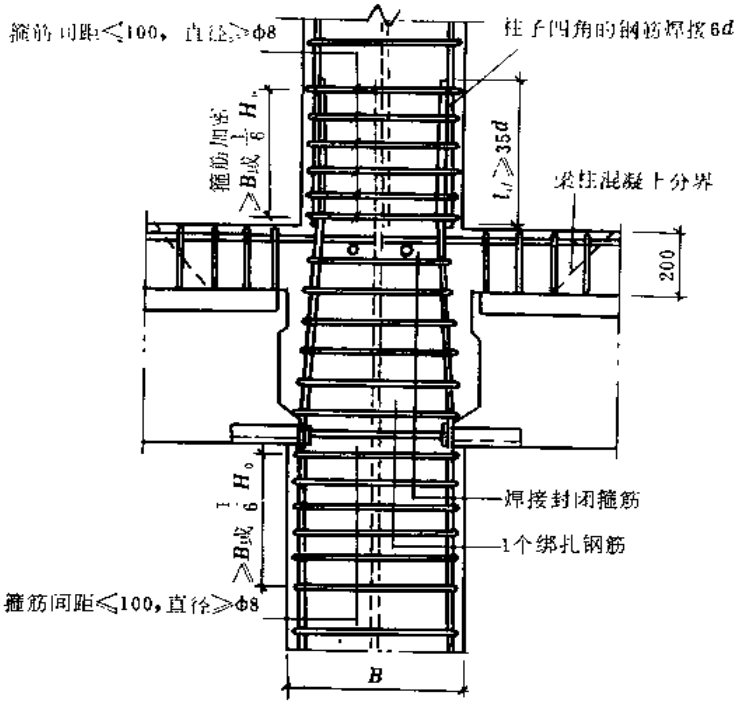


图 17-70　迭合梁连接（中柱中层梁等高）

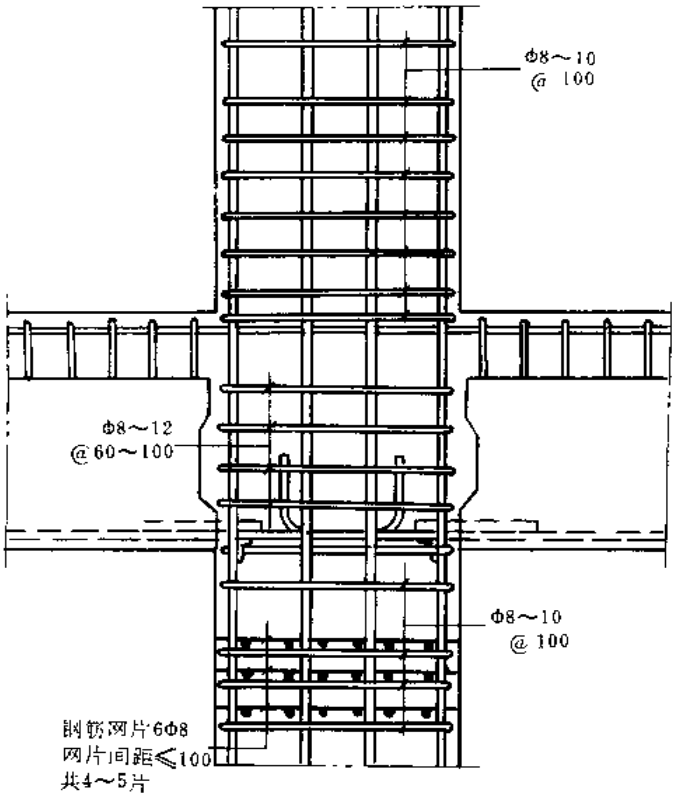


图 17-71　迭合梁连接（中柱中层加钢筋网）

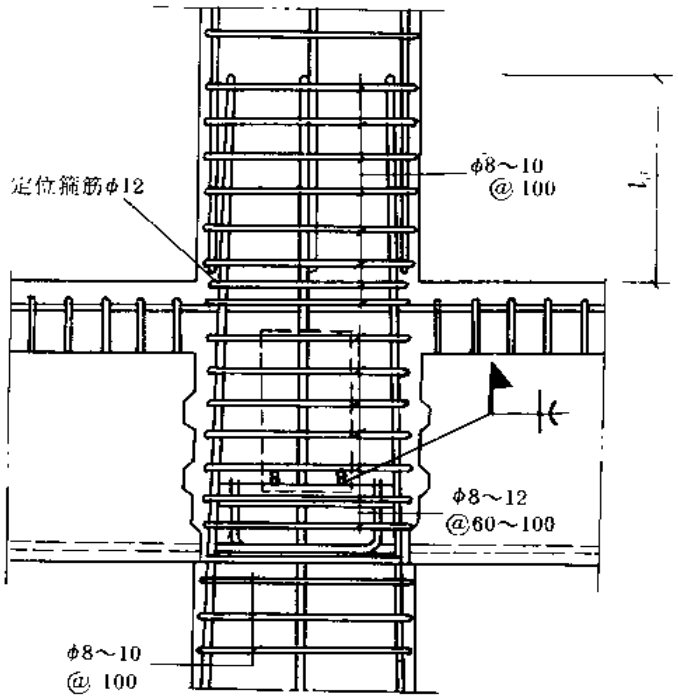


图 17-72　迭合梁连接（中柱中层）

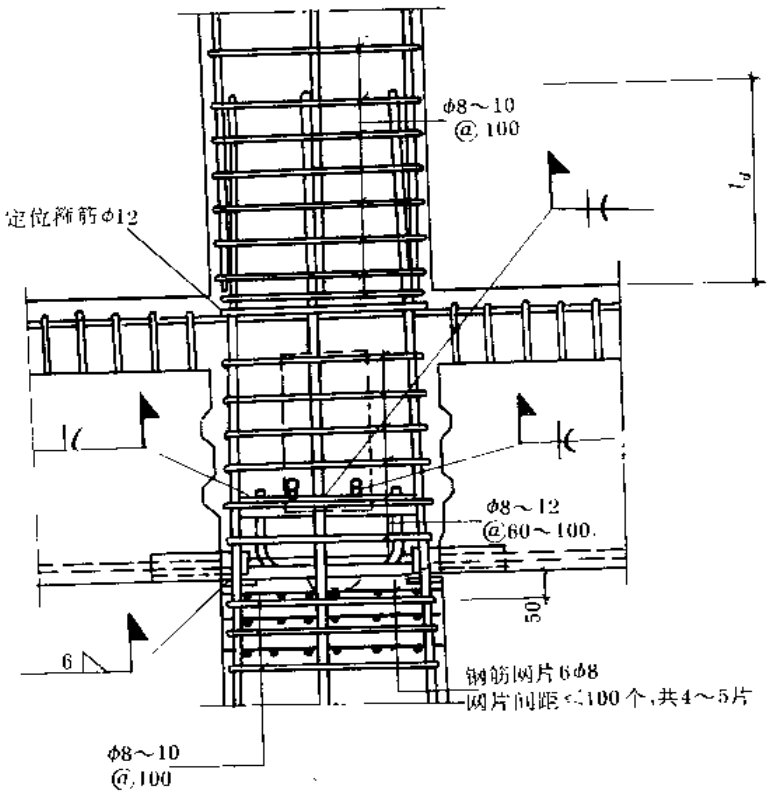


图 17-73　迭合梁连接（中柱中层加钢筋网）

第四节　梁与梁的连接

一、一般规定

（1）主梁上挑出的牛腿长度 L 一般不小于 150mm，并不小于次梁宽度 b_0。挑出的牛腿宽度一般取 $B = b_0 + 100$ mm。当次梁反力较大时，也可将牛腿加宽，但不应大于 b_1（b_1 见公式 17-21、22）。梁上挑出牛腿的构造见图 17-74。

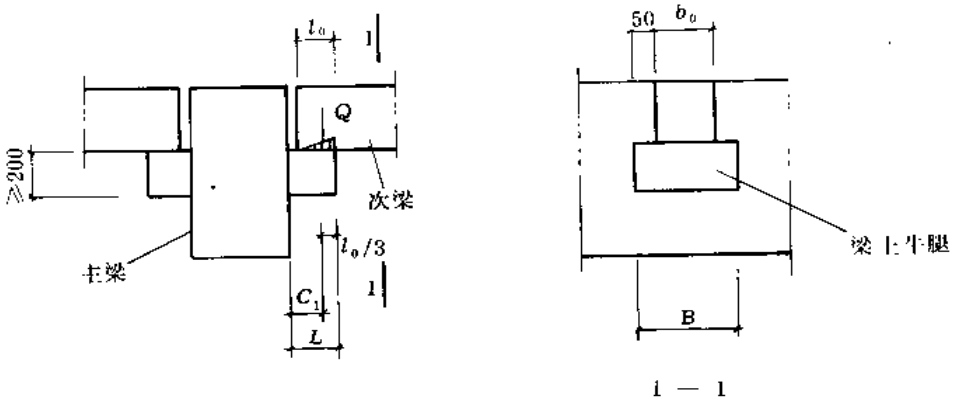


图 17-74　梁上挑出牛腿构造

（2）以作用在牛腿上的全部荷载 Q 进行梁上牛腿的验算。

（3）梁上牛腿的计算与柱上牛腿的计算相同。

二、钢筋混凝土明牛腿连接

1. 坐浆连接

（1）一般将小梁搁置在大梁侧面，或将小梁嵌入大梁的凹槽中，以减少小梁的高度。

（2）在房屋高度允许条件下，为简化模板采用定型构件，也可将小梁搁置在大梁顶面。

（3）当没有振动荷载作用时，可采用坐浆和灌浆连接方法如图 17-75 所示；有振动荷载作用时，小梁要伸出插筋与大梁伸出的钢筋套接或加设埋设件焊接，如图 17-76 所示。

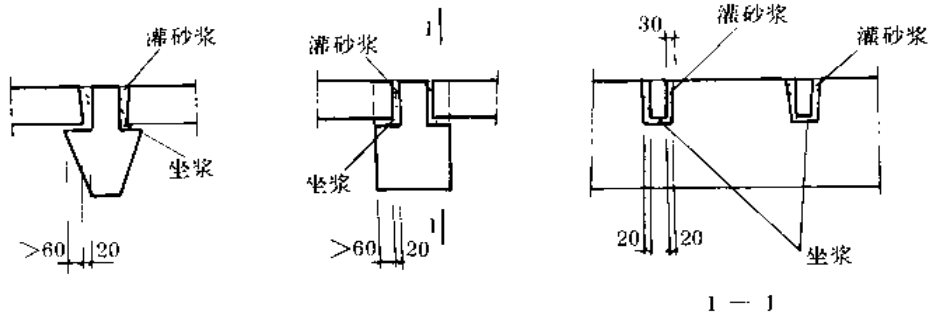


图 17-75　座浆连接

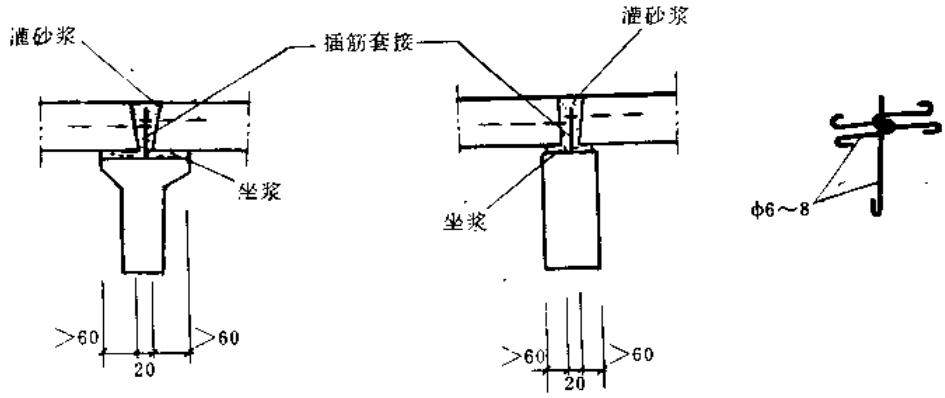


图 17-76　插筋套接

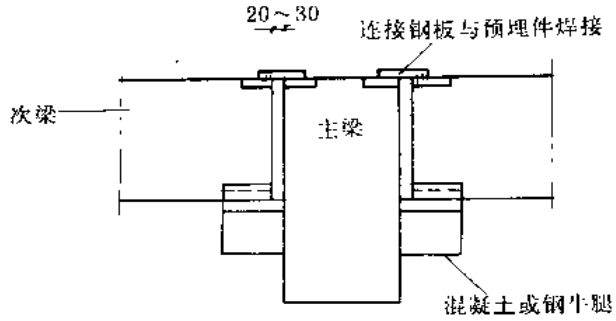


图 17-77　钢板连接

（4）梁端缝隙后灌细石混凝土的强度应比原构件的混凝土强度等级高一级。

2. 钢板连接

梁内预埋钢板和连接钢板由计算决定，但钢板的最小厚度不应小于 8～10mm。钢板连接如图 17-77 所示。

3. 迭合梁连接

迭合梁连接见图 17-78、图 17-79。

4. 非迭合梁连接

非迭合梁连接见图 17-80、图 17-81。

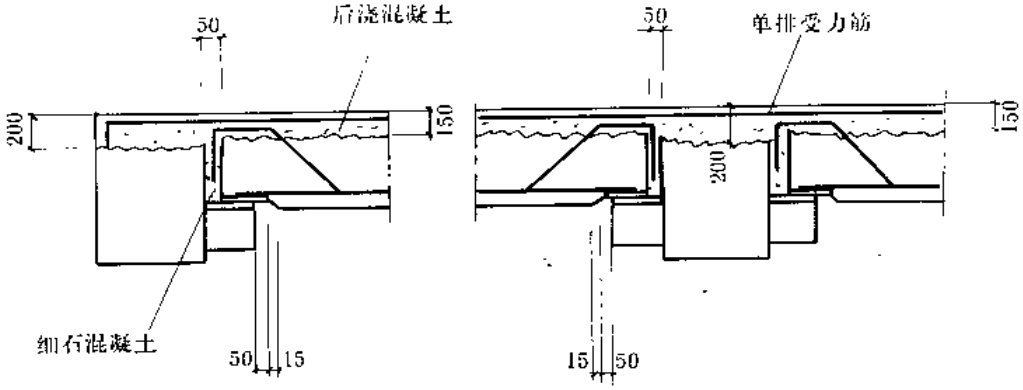


图 17-78　迭合梁连接（单排负筋）

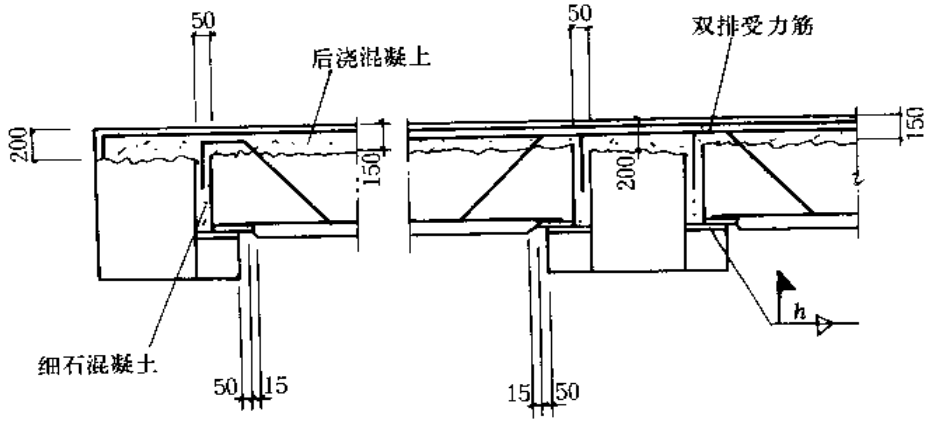


图 17-79　迭合梁连接（双排负筋）

5. 预制主梁现浇次梁连接

固定次梁的插筋锚入次梁和主梁牛腿内的长度应不小于 15d（受力钢筋直径），插筋应不少于 2ϕ 12mm，见图 17-82、图 17-83。

三、钢牛腿连接

钢牛腿可参考表 17-7 选用，也可另行设计，固定钢板的锚筋由计算决定。钢牛腿连接见图 17-84。

四、主次梁齿槽连接

主次梁齿槽连接的构造和柱梁齿槽连接的构造相同，见图 17-85～图 17-86，并应验算齿槽抗剪能力和后浇混凝土承受剪力 V_h 值。

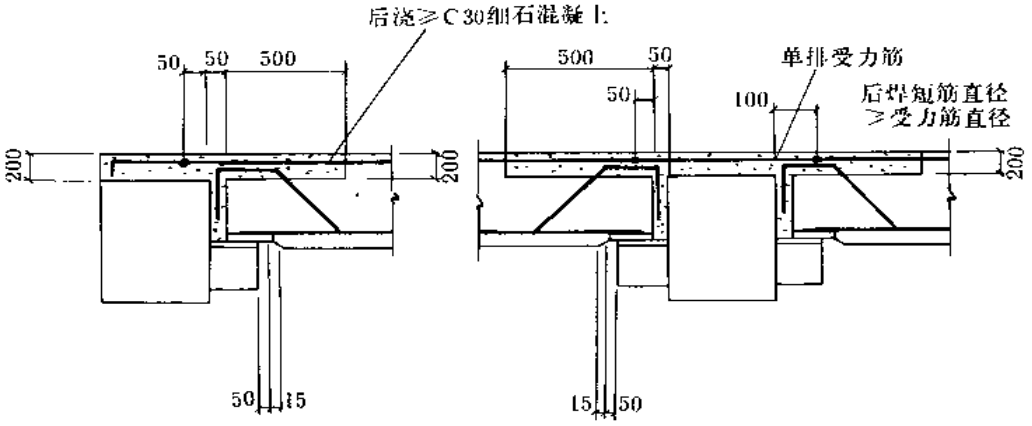


图 17-80　非迭合梁连接（单排负筋）

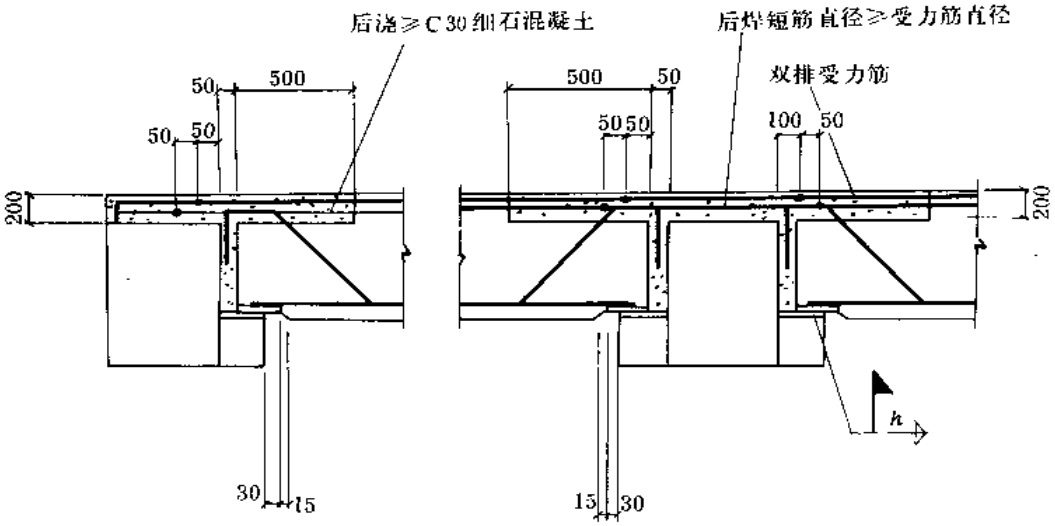


图 17-81　非迭合梁连接（双排负筋）

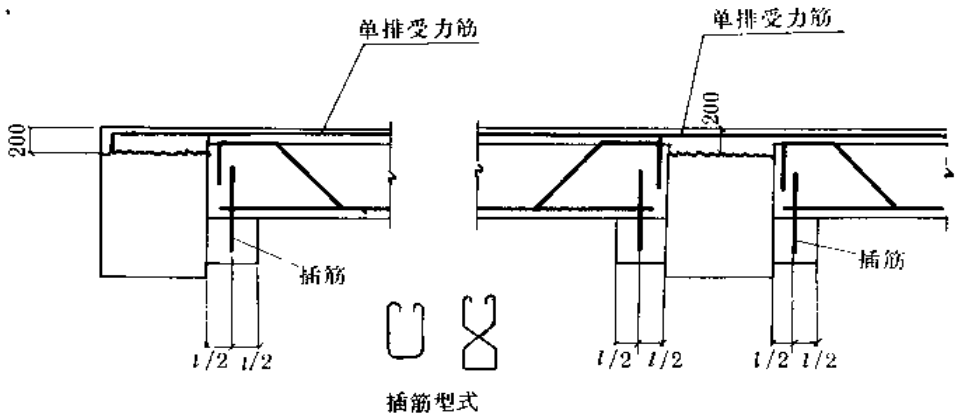


图 17-82　主次梁连接（单排负筋）

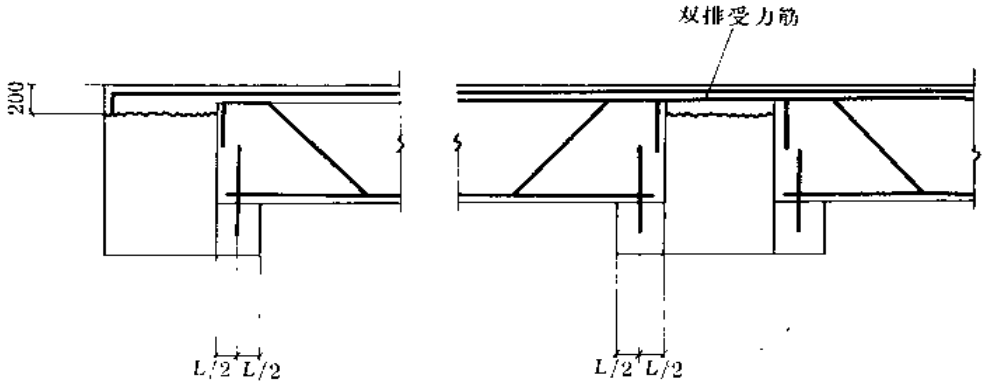


图 17-83　主次梁连接（双排负筋）

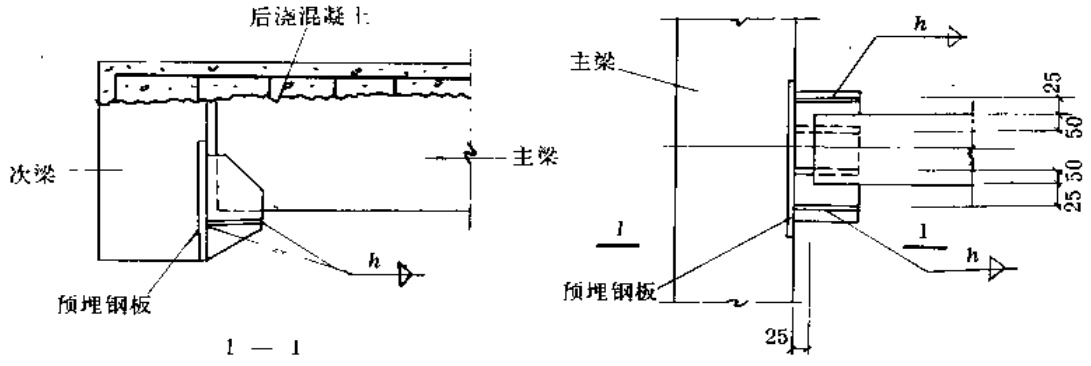


图 17-84　钢牛腿连接

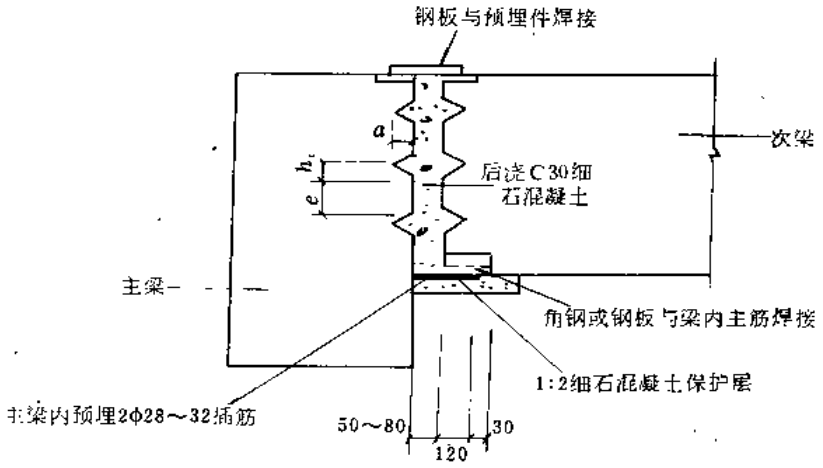


图 17-85　齿槽单侧连接

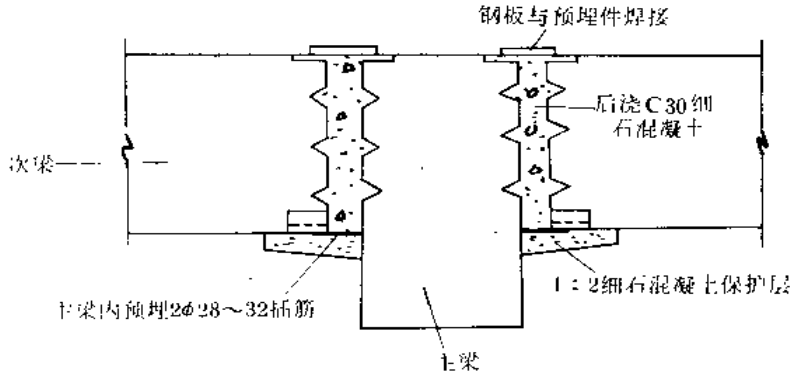


图 17-86　齿槽双侧连接

1. 齿槽的抗剪能力计算

$$V \leqslant 3 f_t b_c h_c n \alpha \tag{17-17}$$

式中　V ——齿槽截面上的最大剪力（荷载组合中的 V_{max}）；

f_t ——混凝土抗拉设计强度（取梁体的混凝土设计强度）；

b_c ——齿槽宽度（即梁宽）；

h_c ——齿槽高度；

n ——同一截面上的齿槽数；

α ——考虑齿数和剪跨比影响的强度折减系数按表 17-8 选用。

2. 后浇混凝土承受剪力 V_h 值计算

$$V_h = \frac{1}{1.55 \times 1.1} \times 0.07 f_c b_1 h_{01} \tag{17-18}$$

计算后按表 17-10 选用。

式中　f_c ——混凝土的轴心抗压设计强度；

后浇混凝土承受剪力 V_h 值，kN　　表 17-10

梁截面高度 h_1 (cm)	梁截面有效高度 h_{01} (cm)	混凝土设计强度等级											
		C20				C25				C30			
		梁截面宽度 b_1 (cm)											
		20	25	30	35	20	25	30	35	20	25	30	35
50	46.5	42	53	63	74	55	69	83	97	67	84	100	117
55	51.5	47	58	70	81	61	77	92	107	74	93	111	130
60	56.5	51	64	77	87	67	84	101	118	81	102	122	142
65	61.5	56	69	83	97	73	92	110	128	88	111	133	155
70	66.5	60	75	90	105	79	99	119	139	96	119	143	167
80	76.5	69	86	104	121	91	114	137	159	110	137	165	193
90	86.5	78	98	117	137	103	129	155	180	124	155	186	218
100	96.5	87	109	131	153	115	144	172	201	139	173	205	243
110	106.5	96	120	144	168	127	159	190	222	153	191	230	268
120	116.5	105	132	158	184	139	173	208	243	167	209	251	294

b_1 ——梁截面宽度；

h_{01} ——梁截面有效高度。

第五节　梁板连接

一、梁上牛腿

梁上的钢筋混凝土牛腿构造应满足柱上钢筋混凝土牛腿的构造要求，但传至梁上牛腿的竖向集中荷载应全部由梁内吊筋承担。吊筋包括梁内箍筋、弯起吊筋和牛腿中的弯起钢筋。梁上牛腿构造见图 17-87、图 17-88。

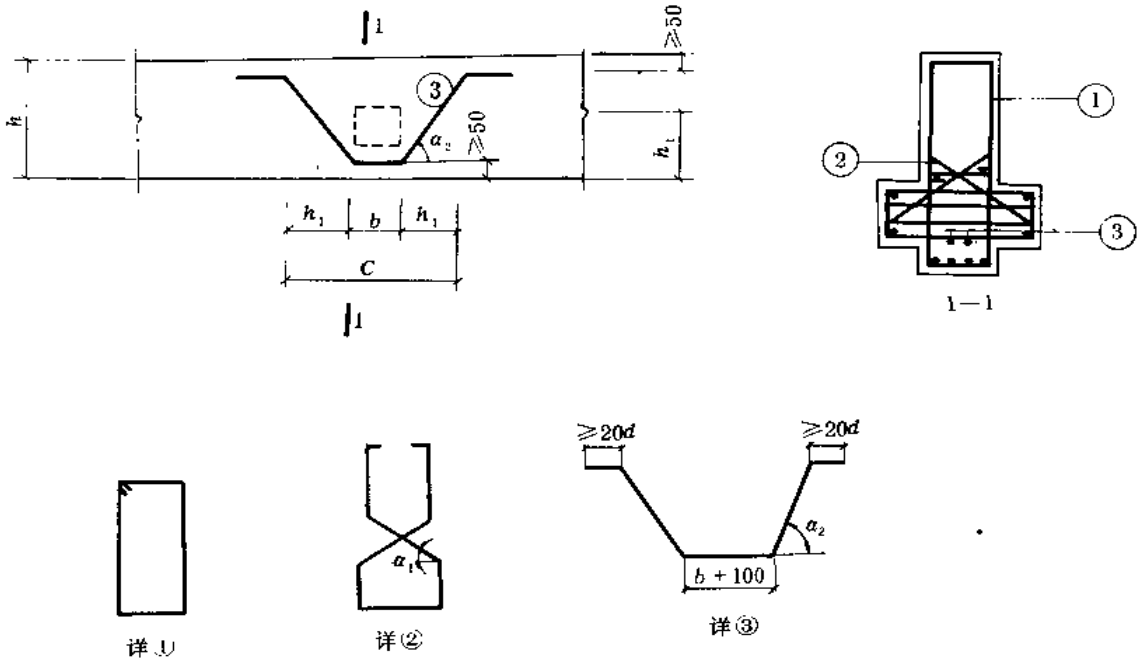


图 17-87　梁上牛腿构造（1）

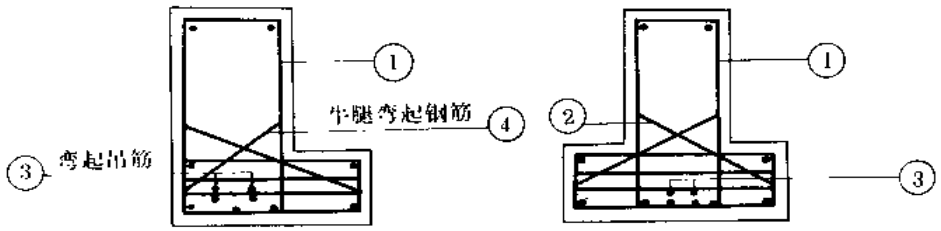


图 17-88　梁上牛腿构造（2）

1. 箍筋

箍筋应采用封闭形式，如图 17-87 中的①，承受牛腿集中荷载的箍筋范围 C 按下式计算，

$$C = b + 2h_1 \tag{17-19}$$

式中　b ——梁上牛腿宽度；

h_1 ——梁上牛腿顶面至梁底的距离。

2. 弯起吊筋

弯起吊筋一般采用两根，直径不应小于 ϕ12mm，弯起角度 α_2 为 45°，当梁高大于或等于 800mm 时，应采用 60°，其构造见图 17-87 中③。

3. 牛腿中的弯起钢筋

当牛腿中的弯起钢筋伸至梁的受压区并满足锚固长度时，弯起钢筋可作为吊筋，如图 17-87 中②，此时可按公式（17-20）计算，若不能满足时，公式（17-20）中的 $A_N\sin\alpha_1$ 应为零。

$$N \leqslant 0.8 f_y (A_k + A_w \sin\alpha_2 + A_N \sin\alpha_1) \tag{17-20}$$

式中 N ——作用在主梁牛腿上的竖向荷载；

A_k ——按公式（17-19）确定的箍筋范围 C 内的箍筋总面积。当梁上仅一边有牛腿时，A_k 仅为靠近牛腿一侧的箍筋面积；

A_w ——梁内弯起钢筋面积。当梁上仅一边有牛腿时，A_w 仅为靠近牛腿一侧的弯起钢筋面积；

A_N ——牛腿中弯起钢筋的面积。

二、梁上挑耳

挑耳承受由楼板或次梁传来的集中荷载，一般均沿梁通常设置，如图17-89～图17-91。

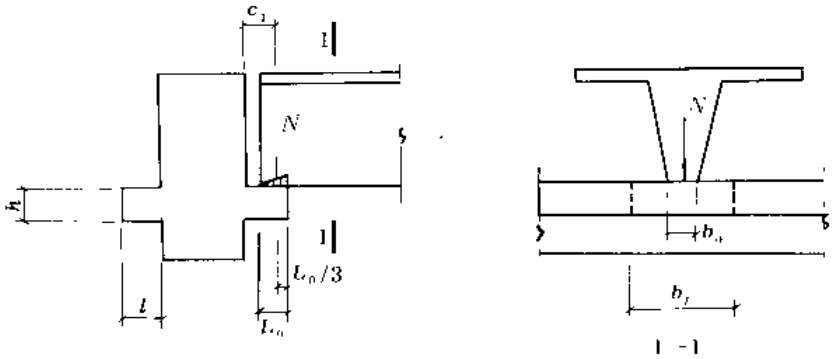


图 17-89 梁上挑耳设置（1）

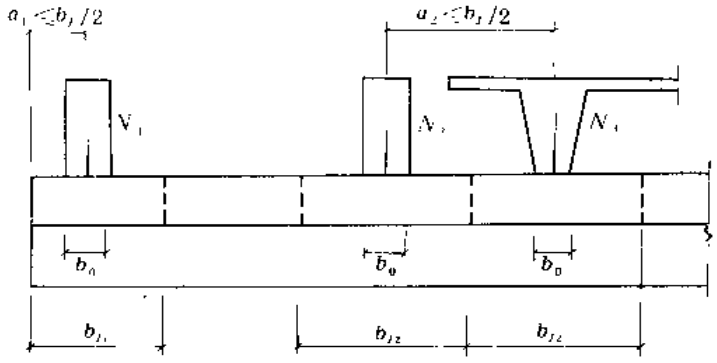


图 17-90 梁上挑耳设置（2）

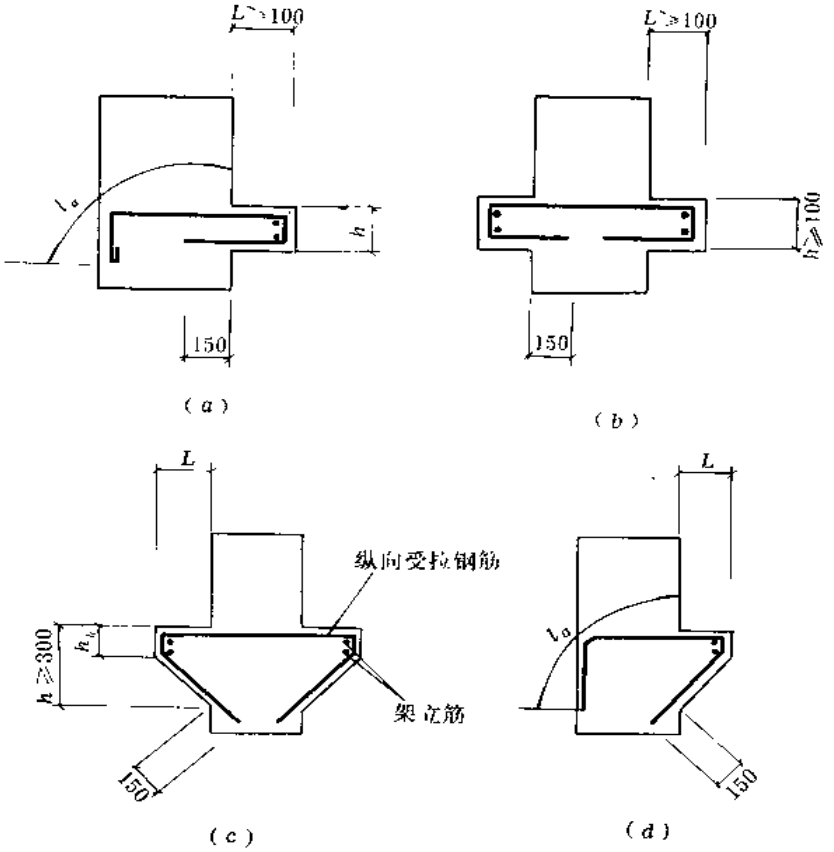


图 17-91 ，梁上挑耳配筋

1. 挑耳计算宽度

(1) 集中荷载位置在一般情况时，按下式计算，如图17-89所示。

矩形截面的挑耳：

$$b_j = b_0 + 3\alpha C_1 \tag{17-21}$$

梯形截面的挑耳：

$$b_j = b_0 + 2.5\alpha C_1 \tag{17-22}$$

式中 b_0 ——板肋或次梁的支承宽度；

C_1 ——荷载作用点至梁边的距离，一般可取 $C_1 = l - \frac{l_0}{3}$；

α ——塑性提高系数，$\alpha = 1.3$；

l ——挑耳挑出长度；

l_0 ——板肋或次梁的支承长度。

(2) 集中荷载位置在临近挑耳端部时，如图17-90所示，且 $a_1 \leqslant \frac{b_j}{2}$ 时，挑耳的计算宽度可按下式确定：

$$b_{j1} = a_1 + \frac{b_j}{2} \tag{17-23}$$

（3）当相邻两集中荷载的距离 $a_2 \leqslant \frac{b_1}{2}$ 时，如图17-90所示，挑耳的计算宽度可按下式确定：

$$b_{j2} = \frac{a_2 + b_1}{2} \tag{17-24}$$

式中 a_1 ——集中荷载距挑耳端部的距离；

a_2 ——相邻两集中荷载的距离；

b_1 ——按公式13-24、25确定的挑耳计算宽度。

2. 挑耳构造

（1）挑耳高度 $h \geqslant 100$mm，挑出长度 $l \geqslant 100$mm，但应满足 $C_1 \leqslant h$。

（2）当 $h \geqslant 300$mm 时，挑耳可采用梯形截面，如图17-91c、图 17-91d，其底面倾角 β 应小于或等于45°，外边缘高度 h_k 应大于或等于 $\frac{h}{3}$，且不小于100mm。

（3）挑耳纵向受拉钢筋的最小百分率：Ⅰ级钢筋为 $\mu = 0.2\%$，Ⅱ级钢筋为 $\mu = 0.15\%$。纵向受拉钢筋，在工业建筑中一般不小于 ϕ8mm@200mm，在民用建筑中不小于 ϕ6mm@140mm。

（4）挑耳中的架立钢筋，在工业建筑中不小于 ϕ8mm，在民用建筑中不小于 ϕ6mm。

（5）挑耳中的受拉钢筋伸入梁内的锚固长度不应小于 l_a。

3. 挑耳计算

（1）在集中荷载作用下，挑耳计算宽度范围内的纵向受拉钢筋面积按下式计算：

$$A_s = \frac{NC_1}{0.85h_0 f_y} \tag{17-25}$$

式中 N ——作用在挑耳上的设计荷载；

h_0 ——挑耳与梁交接处垂直截面的有效高度；

f_y ——纵向受拉钢筋截面积。

（2）挑耳的抗裂度和斜截面强度，通过限制纵向受拉钢筋的配筋百分率加以保证。按公式（17-25）计算得出的钢筋面积，其配筋百分率应满足下列公式要求

$$\rho \leqslant \frac{a}{0.0093(a + 0.5)} \times \frac{f_{tk}}{f_y} \tag{17-26}$$

$$\rho \leqslant \frac{a}{0.0128} \times \left(\frac{f_c}{f_y}\right)^{\frac{2}{3}} \tag{17-27}$$

式中 $a = \frac{C_1}{h_0}$；

$\rho = \frac{A_s}{b_1 h_0} \times 100$ 纵向受拉钢筋配筋百分率；

f_c ——混凝土轴心抗压设计强度；

f_{tk} ——混凝土抗拉标准强度。

当不能满足公式17-27时，一般应加大挑耳的截面高度。

4. 挑耳选用

挑耳可按表17-11选。

挑耳选用表 表 17-11

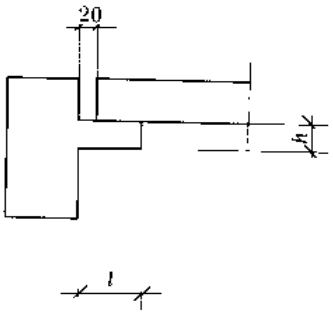
梁上通长挑耳1米宽时允许的集中荷载 N 值（kN）

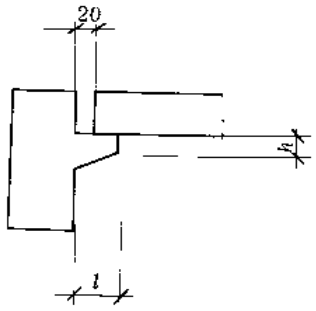
挑耳尺寸		纵向受拉钢筋 ϕ6mm 的间距					纵向受拉钢筋 ϕ8mm 的间距					纵向受拉钢筋 ϕ10mm 的间距				
l	h	100	125	140	165	200	100	125	140	165	200	100	125	140	165	200
100	100	36	29	26	21	18				39	32					
	150	61						87	78	66	54				103	89
	200						154	123	110	93	77			172	146	120
150	150	41					74	59	53	45	37			83	70	58
	200						105	84	75				131	117	99	82
	250						136					212	170	152	129	
200	200						79	63	56			123	98	88	74	61
	250						102					159	127	113	96	
	300											195	156	139		
250	250						84					131	105	94	80	
	300											161	129	115		
	350											191	153			

注：1. 本表计算中采用C20混凝土，Ⅰ级钢筋。

2. 表中挑耳计算宽度按1m计，如挑耳实际计算宽度为0.62m时，表内数值应乘以0.62系数。

3. 挑耳的计算简图如下图所示。





三、板与梁、板与板连接

预制板与梁的连接一般常采用以下三种方法：

1. 坐浆法

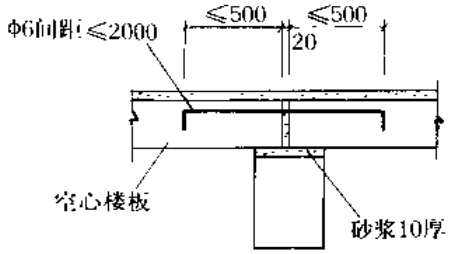
板浮放在梁上，板与板、板与梁之间用水泥砂浆浇灌。这种做法一般用于民用建筑中的无振动楼板上。

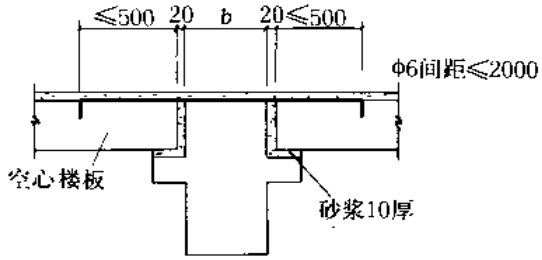
2. 板与板之间加钢筋或钢筋网

有振动的楼板一般采用此种形式。当为空心楼板时，如图17-92所示，当为肋形板时，如图17-93所示

3. 板与梁用预埋件焊接

这种做法适用于楼板上有较大振动时，见图17-94。





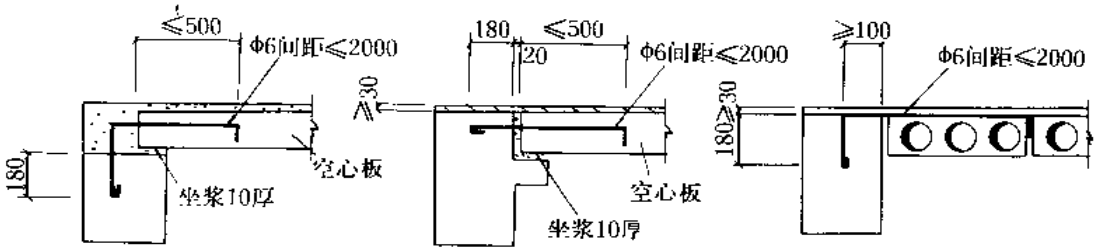


图 17-92　板与板、板与梁之间的连接（1）

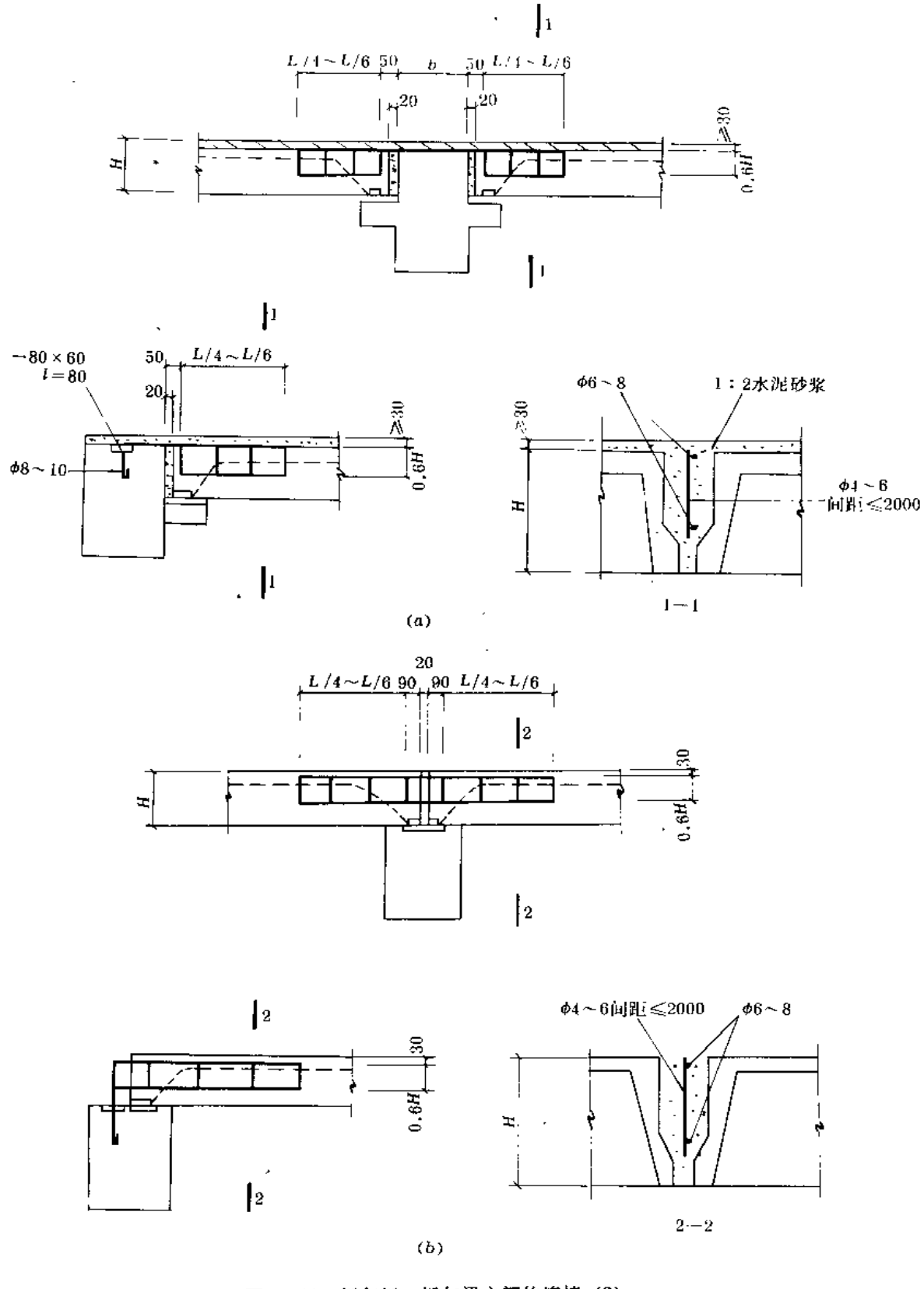


图 17-93　板与板、板与梁之间的连接（2）

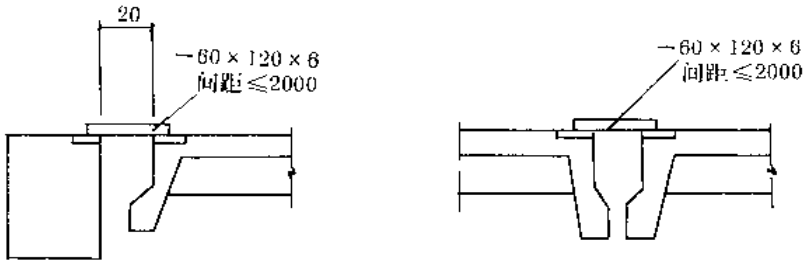


图 17-94　板与板、板与梁之间的连接（3）

第十八章　水泵站和沉井

本章适用于城、镇公用设施和工业企业中的一般给水排水工程水泵站的地下结构及其沉井结构，地上结构可参照其他有关章节的构造措施。

第一节　材料及一般规定

一、混凝土

1. 混凝土的强度等级

本泵站和沉井结构所使用的混凝土和钢筋混凝土的最低强度等级应符合下表规定：

混凝土的最低强度等级　　表 18-1

结构或构件种类	混凝土强度等级
水上部分现浇混凝土	C15
水下部分现浇混凝土	C20
防水混凝土	C20
预应力混凝土	C30
长期受热作用的钢筋混凝土结构	C20
在侵蚀介质作用下现浇钢筋混凝土结构	C20

2. 混凝土的抗渗等级

混凝土的抗渗级别一般宜以其本身的密实性满足抗渗要求划分，其水灰比不宜大于0.55，水泥用量宜控制在200～300kg/m³以内。抗渗等级的最小值可按下表采用：

混凝土抗渗等级最小值　　表18-2

构件类型及适用条件		抗渗等级
大体积混凝土结构迎水面外部	$H<30$	S_4
	$H=30\sim70$	S_6
	$H>70$	S_8
混凝土和钢筋混凝土结构构件（背水面能自由渗水者）	$i<10$	S_4
	$i=10\sim30$	S_6
	$i>30$	S_8

注：1. 表中 H 为作用水头（m），i 为水力梯度，系指最大作用水头与建筑物墙板厚度之比。

2. 受侵蚀作用的建筑物，其抗渗等级不得低于 S_6。

3. 抗渗等级 S_n 的定义系指龄期为28天的混凝土试件，施加 $n$kg/cm² 水压后保持一昼夜不渗水。

3. 混凝土的抗冻等级

混凝土的抗冻等级应根据构筑物所在地区的气候条件、工作条件、建筑物类别等因素确定，一般应不低于表18-3所规定的值：

二、钢筋的混凝土保护层厚度

受力钢筋的混凝土保护层最小厚度，一般从钢筋的外边缘算起，可根据具体情况按表

混凝土的抗冻等级最小值 **表18-3**

气候条件	结构类别	水位变化区的外部混凝土冻融循环总次数		水位变化区以上的外部混凝土
		≤50	>50	
严寒地区（最冷月平均气温低于－15℃）	钢筋混凝土	D200	D250	D100
	混凝土	D150	D200	
寒冷地区（最冷月平均气温在－5～－15℃）	钢筋混凝土	D150	D200	D50
	混凝土	D100	D150	

混凝土保护层的最小厚度 **表18-4**

构件类别	工作条件	保护层厚度（mm）
墙板	不与水或土接触	15
	与水或土接触	25
	与污水接触	30
梁、柱	不与水接触	25
	与水接触	30
	与污水接触	30
沉井壁	无地下水	30
	经常处于水位变动或有冻融影响	40～50
	位于海水中的迎水面	50
基础、底板	有垫层	35
	无垫层	70

注：1. 墙板中分布钢筋的混凝土保护层厚度，不与水接触时，不应小于10mm；与水接触时不应小于15mm。

2. 梁、柱中箍筋和构造钢筋的混凝土保护层厚度，不与水接触时，不应小于15mm；与水接触时，不应小于20mm。

3. 混凝土强度等级大于C20的预制构件，其混凝土保护层厚度可按表中规定减少5mm，但最小不少于10mm。

18-4确定：

三、最小配筋百分率

地下工程钢筋混凝土结构的最小配筋百分率一般不宜小于表18-5的规定：

四、变形缝

最小配筋百分率 **表18-5**

构件类别	最小配筋率（%）
圆形泵站墙体里外侧环筋及竖筋	0.1
矩形泵站墙体里外侧竖向、横向配筋	0.15
圆形、矩形泵站底板上下层纵向、横向钢筋	0.15
圆形沉井壁里、外侧环筋及竖筋	0.1～0.12
矩形沉井壁里、外侧竖向、横向钢筋	0.15
沉井刃脚里、外侧竖向、横向钢筋	0.3～0.4

注：1. 表中的最小配筋百分率以钢筋混凝土的计算截面积计算。

2. 当构件的最小配筋百分率小于表中要求时，应按混凝土构件考虑。

为避免由于温度变化、混凝土干缩或地基不均匀沉陷而产生裂缝，应设置永久的伸缩缝及沉降缝。伸缩缝及沉降缝宜做成贯通式。当有水压时，缝内尚应设置防水措施，缝的最大间距宜按表18-6采用。

混凝土和钢筋混凝土结构伸缩缝或沉降缝的最大间距（m） **表18-6**

结构类别			岩基		土基	
			露天	地下或有覆盖保温	露天	地下或有覆盖保温
混凝土结构	现浇式结构（配有构造筋）		15	20	20	30
	现浇式结构（未配构造筋）		10	15	15	20
钢筋混凝土结构	装配式结构		20	30	30	40
	框架结构	现浇式	35	45	35	55
		装配式	50	60	50	75
	排架结构	装配式	60	70	70	100
	墙式结构	现浇式	15	20	20	30
		装配式	20	30	30	40

注：1. 在原有混凝土上浇筑的结构，其伸缩缝的间距可参照基岩结构的间距。

2. 对于室内或地下结构，当水泥用量较多、水灰比较大、施工期外露时间较长时，宜适当减小伸缩缝的间距。

3. 当地下工程不允许设置伸缩缝时，可按伸缩缝位置设置后浇缝。

4. 表中的墙式结构系指实体墙体，挡土墙等类型结构。

五、施工缝

水泵站应尽量避免留施工缝，当必须留施工缝时，应遵循下述原则：

（1）施工缝应设在受力较小的截面处；

（2）墙身不宜留垂直施工缝，水平施工缝的位置应高于底板上表面50cm，若墙身留有洞孔时，施工缝尚应距孔洞边缘30cm 以上；

（3）底板和地梁间一般不留施工缝，当施工确有困难必须留水平施工缝时，应采取可靠措施以保证其整体性，如图18-1所示；

（4）施工缝的构造有下列几种：

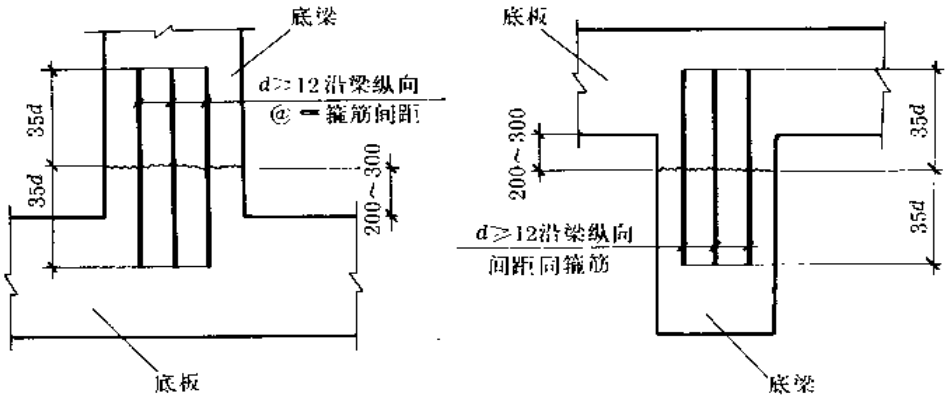


图 18-1 底板与地梁之间的施工缝

1）企口式施工缝：分凸凹两种，见图18-2、图18-3。企口式施工缝适用于壁厚大于或等

于400mm 的结构，施工比较方便，其防水效果取决于企口的施工质量。一般多用凸式企口施工缝，因凹式易积物积水，不便清理，且拆除木条困难；

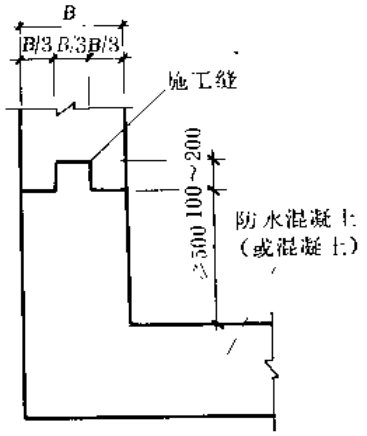


图 18-2　凸式施工缝

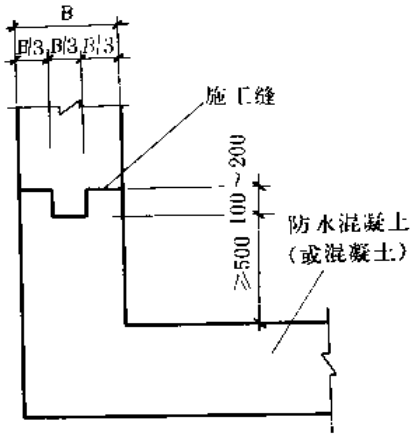


图 18-3　凹式施工缝

2）水平式施工缝：水平缝两侧留400mm 高缺口，拆模后将其表面凿毛洗净，再作20～30mm 厚防水砂浆层，如图18-4所示。该缝施工简单，适用于壁薄及受水压较小、防水要求不高的结构；

3）钢板施工缝：即为用钢板插入缝中防水，见图18-5。这种缝防水效果好，适用于防水要求较高及钢筋较多的结构。

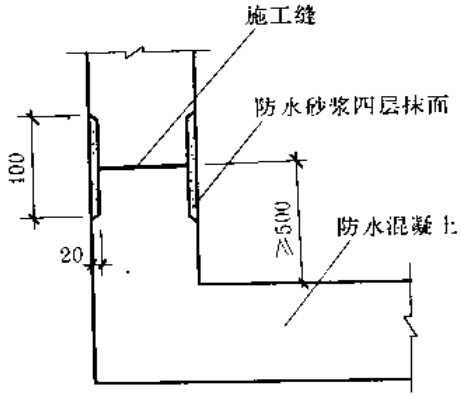


图 18-4　水平式施工缝

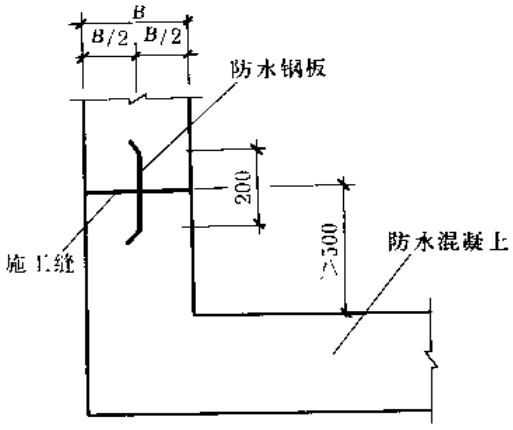


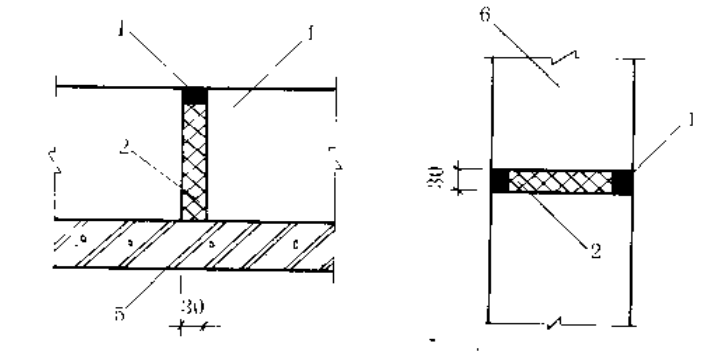
图 18-5　钢板施工缝

上述三种施工缝的施工均要求做到：下层混凝土浇筑至施工缝处，用振捣器振捣密实，但不抹光；浇筑上层混凝土时，须将表面冲洗干净，涂刷水灰比小于或等于0.4的水泥净浆两遍，再铺10mm 厚的水泥砂浆（即用原防水混凝土配合比去掉石子），过半小时左右，再继续浇灌上层混凝土。

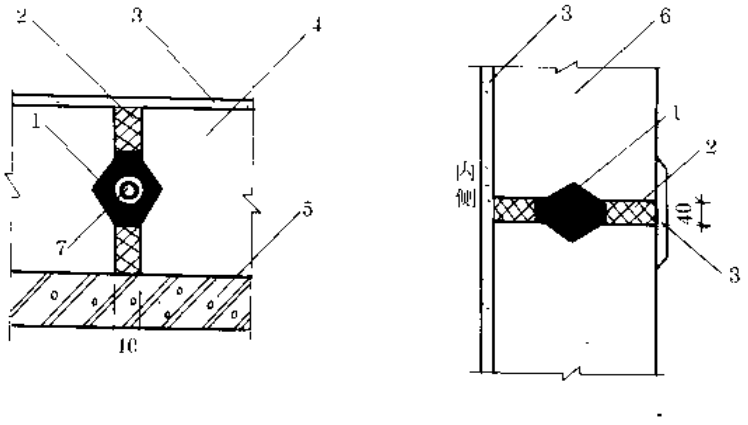
六、变形缝及管道穿墙防水构造

常用的变形缝构造有下列几种。

1．填灌式



(a)



(b)

图 18-6　沥青填灌式变形缝

a — 用于一般工程；b — 用于寒冷地区；

1—软沥青玛蹄脂；2—沥青麻丝或沥青木丝板；3—防水砂浆；4—钢筋混凝土底板；5—混凝土垫层；6—钢筋混凝土墙壁；7—蒸气管

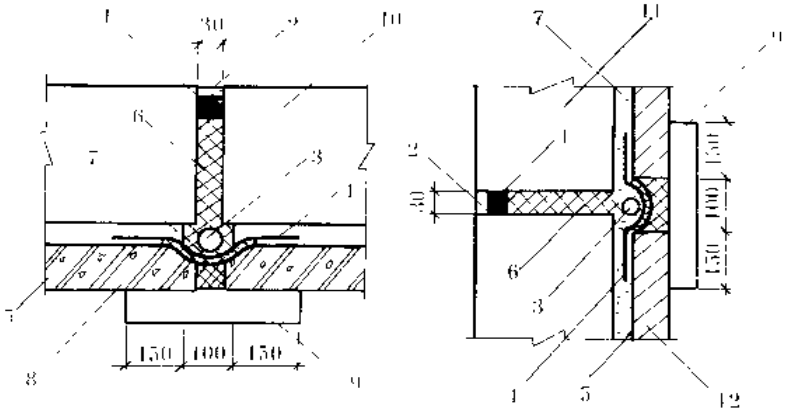


图 18-7　沥青卷材式变形缝

1—胶泥或油膏；2—水泥砂浆找平；3— φ40mm 油毡卷；4—卷材加劲层；5—卷材防水层；6—沥青胶或沥青麻丝；7—水泥砂浆；8—混凝土垫层；9—混凝土块；10—钢筋混凝土底板；11—钢筋混凝土墙壁；12—半砖保护墙

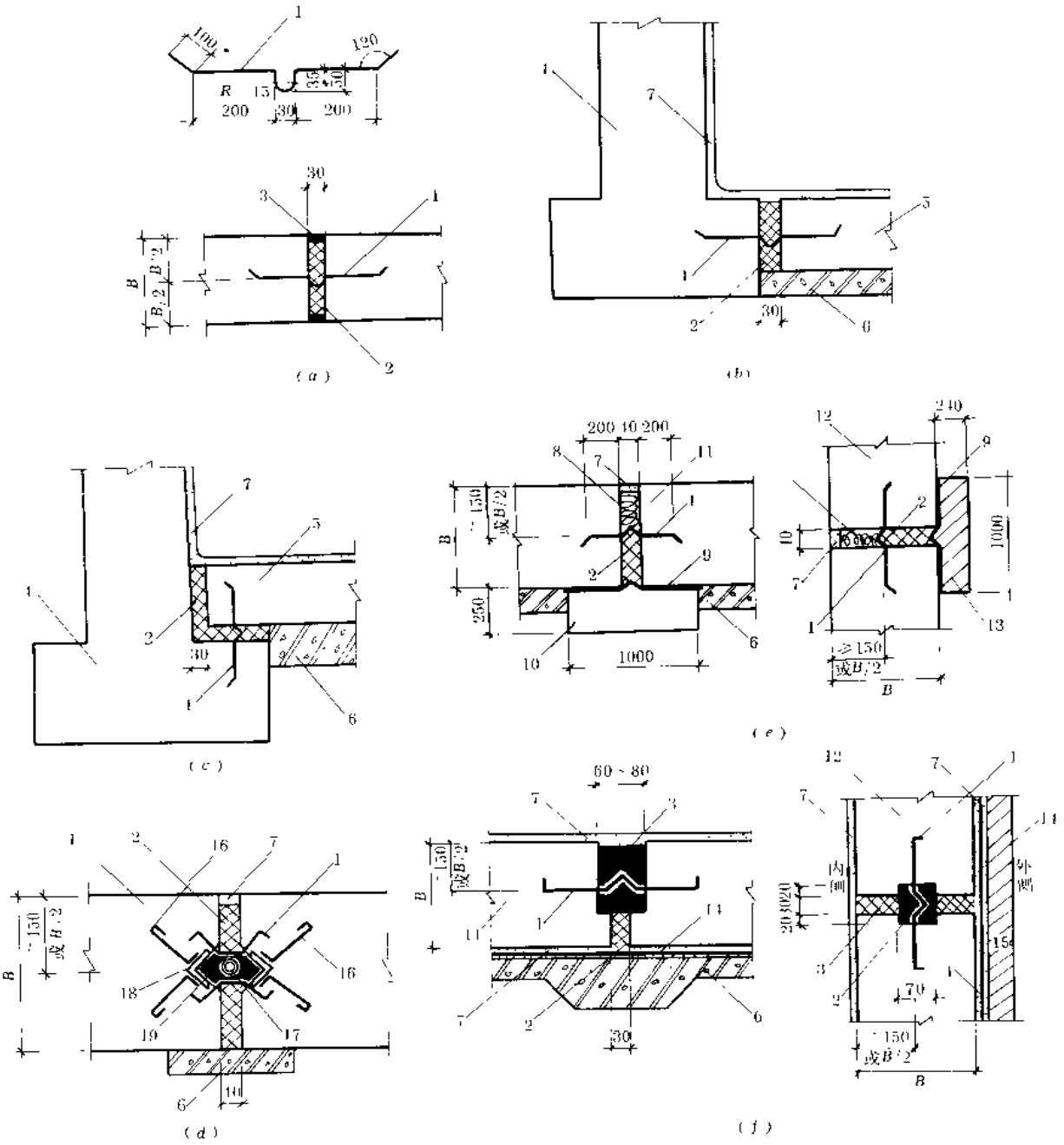


图 18-8　金属止水片埋入式变形缝

a—用于一般工程；*b*—用于有构造底板处；*c*—用于基础沉降较大处；*d*—用于北方寒冷地区；*e*—用于有卷材加固层；*f*—用于有卷材防水层

1—2～3mm 厚镀锌钢板或紫铜片；2—浸沥青木丝板或沥青麻丝；3—沥青玛瑞脂；4—防水混凝土基础或墙壁；5　钢筋混凝土构造底板；6 -混凝土垫层；7—防水砂浆或水泥砂浆找平层；8—填塞石棉绳；9—二毡三油加纫层；10　钢筋混凝土垫块；11—钢筋混凝土底板；12—钢筋混凝土墙壁；13——砖保护墙；14—沥青油毡防水层；15—半砖保护墙；16—ϕ10mm@300mm 锚固筋；17- 蒸气管；18—角钢∟75×6；19- 浇灌热沥青

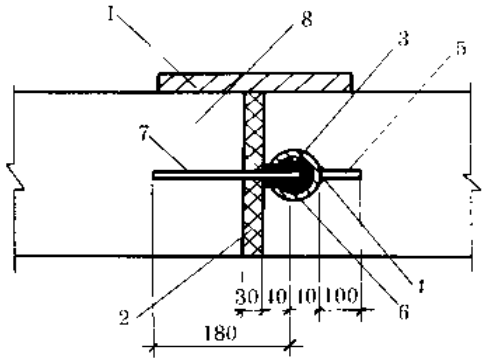
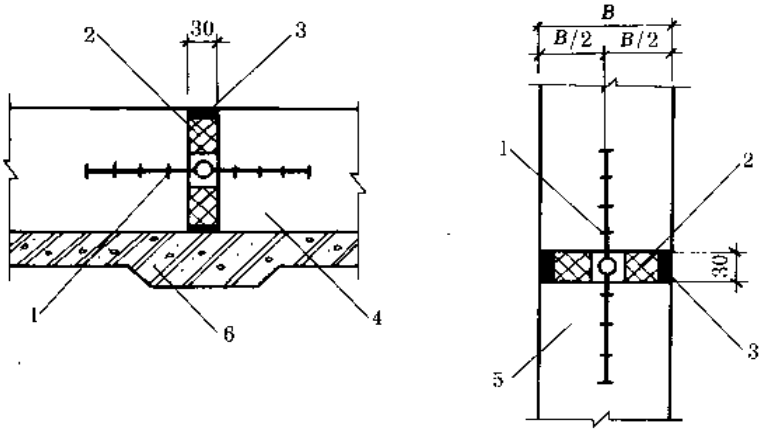
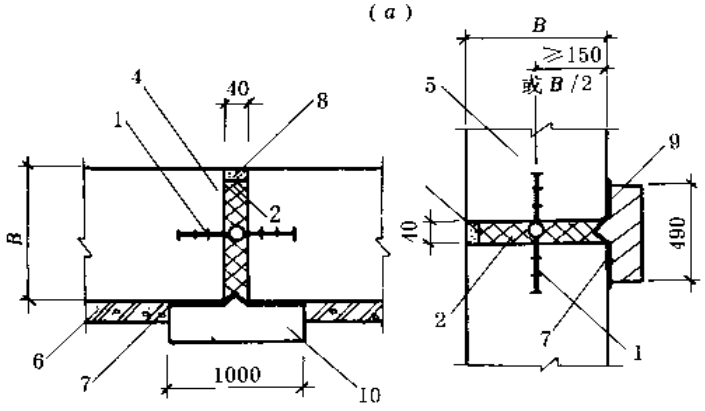


图 18-9　钢管埋入式变形缝

1—半砖保护墙；2—麻刀沥青；3—沥青胶泥；4—焊缝；
5—锚固钢板；6—钢管伸缩缝带；7—防水隔板；8—泵站壁板



(a)



(b)

图 18-10　橡胶（或塑料）止水带埋入式图

a—用于一般工程；b—用于有卷材加固层

1—橡胶（或塑料）止水带；2—浸沥青木丝板或沥青麻丝；3—沥青胶或油膏；
4—钢筋混凝土底板；5—钢筋混凝土墙壁；6—混凝土垫层；7—二毡三油防水层；
8—水泥砂浆找平层；9—红砖保护墙；10—钢筋混凝土垫块或混凝土垫层

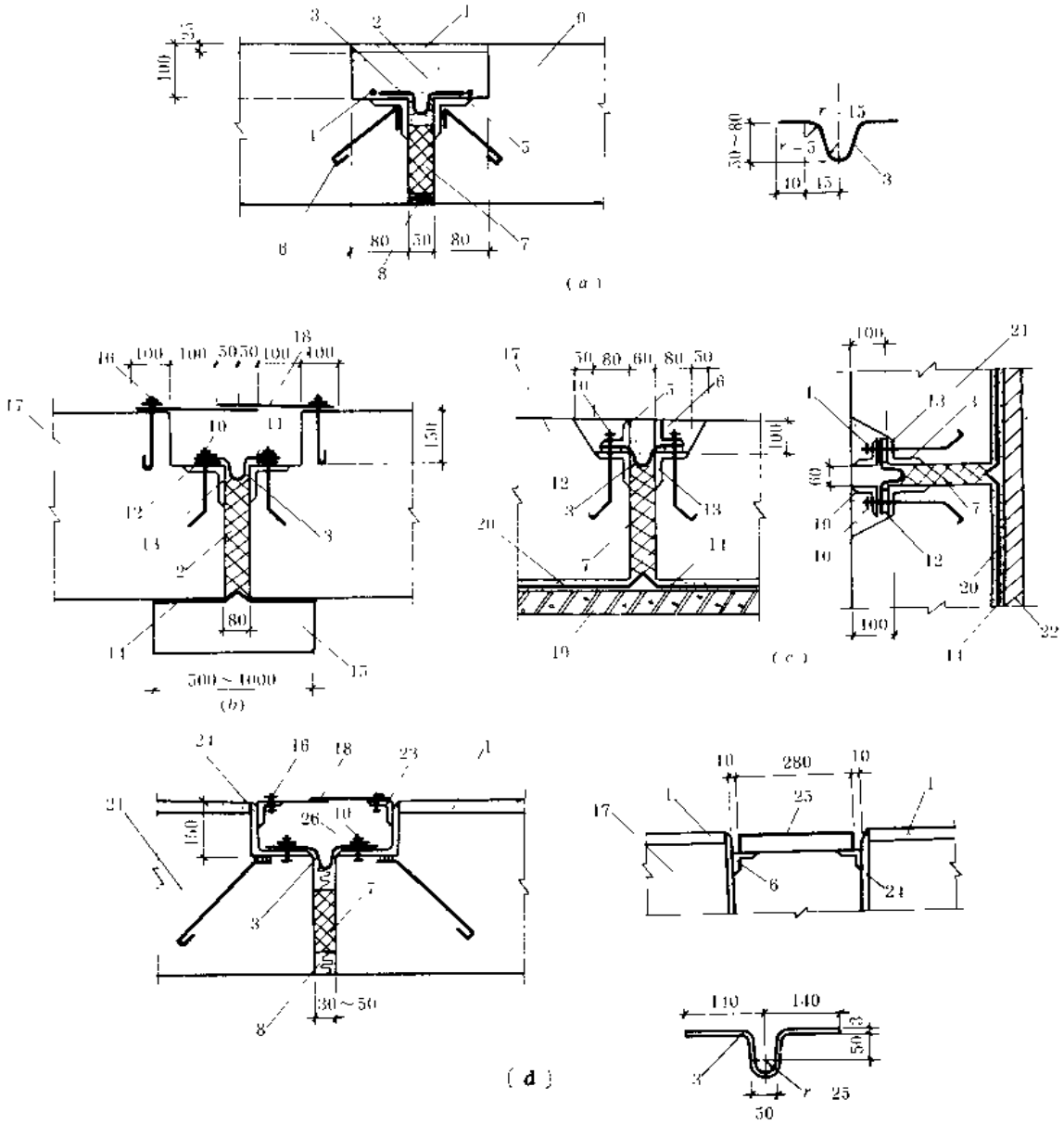


图 18-12　金属止水片可卸式变形缝

a—用于一般工程；*b*—用于有卷材加固层；*c*—用于防水要求较高处；*d*—用于较重要的工程

1—砂浆找平层；2—沥青玛蹄脂；3—3mm 厚钢板止水片；4—焊缝；5—埋设角钢，∟100×100×10mm；6—锚固件，ϕ10mm@300mm；7—浸沥青木丝板；8—沥青胶；9—防水结构物墙板；10—螺栓、ϕ16mm@200～300mm；11—钢板压条，－100×6mm；12—10mm 厚橡胶垫板；13—护边角钢，∟100×80×6mm；14—二毡三油防水层；15—钢筋混凝土垫梁或红砖保护墙；16—ϕ10mm@400mm 螺栓带2mm 厚垫片；17—钢筋混凝土底板或墙板；18—2mm 厚钢板；19—混凝土垫层；20—防水砂浆；21—钢筋混凝土墙板；22—红砖保护墙；23—固定角钢，∟30×4mm；24—预埋固定件，∟100×150×10mm；25—40mm 厚钢筋混凝土盖板；26—1mm 厚橡胶垫条

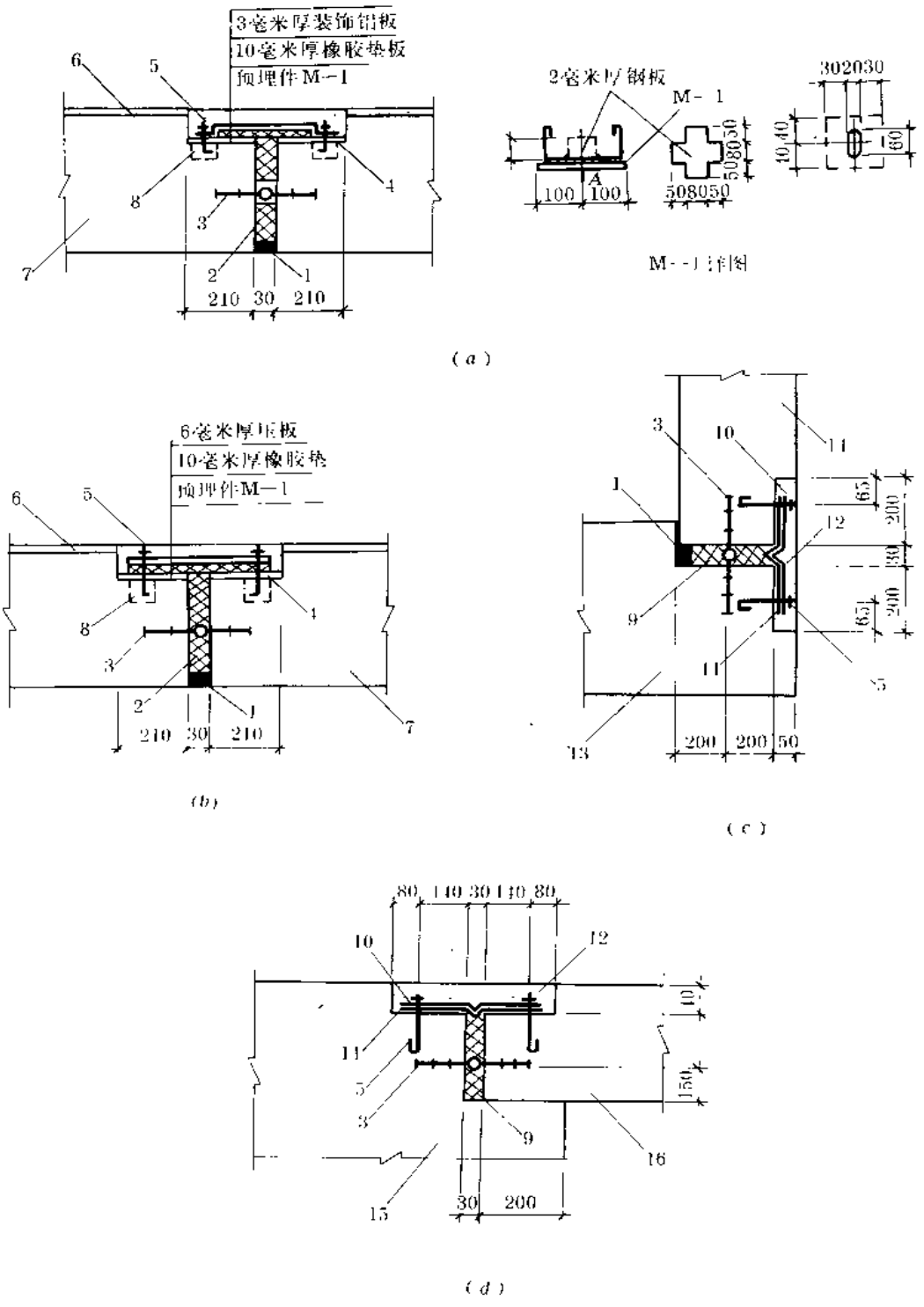


图 18-13　埋入与可卸合用式变形缝

a—用于侧壁；*b*—用于底板；*c*—用于与通道连接；*d*—用于分期施工连接

1—沥青胶；2—浸沥青木丝板或其他填缝材料；3—橡胶或塑料止水带；4—6mm 厚 *M*-1 预埋件；5—ϕ16mm 螺栓，@200～300mm；6—水泥砂浆找平层；7—需防水的结构；8—2mm 厚钢板盒，与 *M*-1 焊连；9—沥青玛瑞脂；10—4mm 厚钢板止水片；11—10mm 厚橡胶垫板片；12—石棉水泥嵌平；13—泵站墙壁洞口；14—通道竖墙；15—第一期浇灌的混凝土；16—第二期浇灌的混凝土

（1）沥青填灌式，见图18-6。这种变形缝主要用沥青胶止水，其材料用量省，施工方便，适用于一般防潮工程及对防水要求不高的地下结构。

（2）沥青卷材式，见图18-7。这种变形缝主要用沥青油毡防水，有一定的防水效果，适用于一般防水工程，但施工较麻烦，容易老化且不易检修。

2. 埋入式

（1）金属止水片埋入式，见图18-8。止水片一般采用2～4mm 厚的镀锌钢板或紫铜片。这种变形缝施工较方便，但容易锈蚀损坏，且不易修理，适用于相对变形不大的结构。

（2）钢管埋入式，见图18-9。这种变形缝施工中转折构造不易处理好，但变形灵活，适用于较大的竖向变形处。

（3）橡胶（或塑料）止水带埋入式，见图18-10。这种变形缝构造简单，施工方便，防水效果较好，但不易修理。

3. 可卸式

（1）橡胶（或塑料）止水带可卸式，见图18-11。这种变形缝比金属止水片的施工方便，防水效果好，易检修。

（2）金属止水片可卸式，见图18-12。这种变形缝施工虽麻烦，但防水效果好，且易检修。

4. 埋入与可卸合用式

埋入与可卸合用式见图18-13、图18-14。这种变形缝适用于静水压力较大，防水要求较严的结构物，材料用量多，施工较麻烦，但防水效果好。

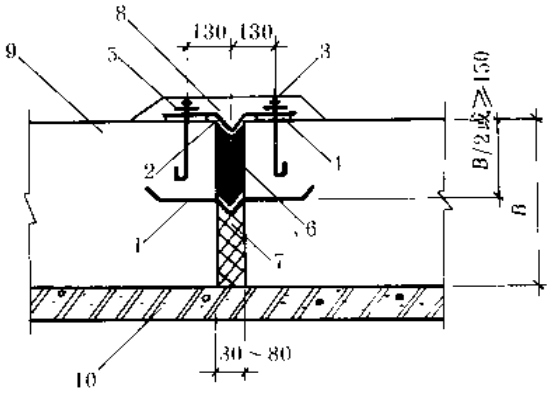


图 18-14　钢板埋入与可卸合用式变形缝

1—2～3mm 厚钢板止水片；2—1mm 厚钢板保护层；3—螺栓 ϕ16mm@200～300mm；4—10mm 厚橡胶垫层；5—钢板压条，－120×6mm；6—沥青胶；7—沥青麻丝或沥青木丝板；8—水泥砂浆找平；9—钢筋混凝土底板或墙板；10—混凝土垫层或红砖保护墙

上述变形缝的构造形式虽多，但其基本共同要求是密封防水、适应变形、施工方便、材料易得、检修容易。因此，选用时须注意下列几点：

（1）变形缝的构造形式和材料，应根据工程特点、防水要求、变形性能和地方材料等因素来确定。

（2）变形缝的设置位置至少须离开构筑物的墙角转折处50cm。斜坡上的变形缝宜沿坡度方向设置。

（3）变形缝的防水填料外面最好加铺一层延伸率较大的卷材防水层作为加固保护层。

（4）当构筑物在使用中有可能遇到50℃时，宜采用钢板止水片的变形缝。

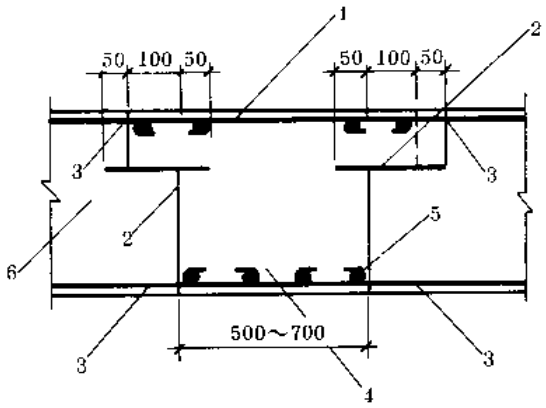
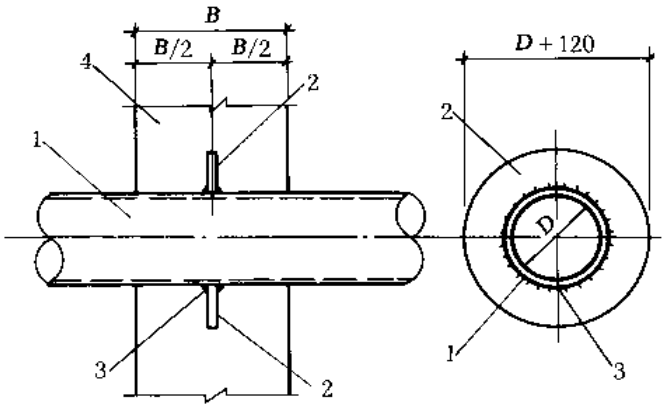
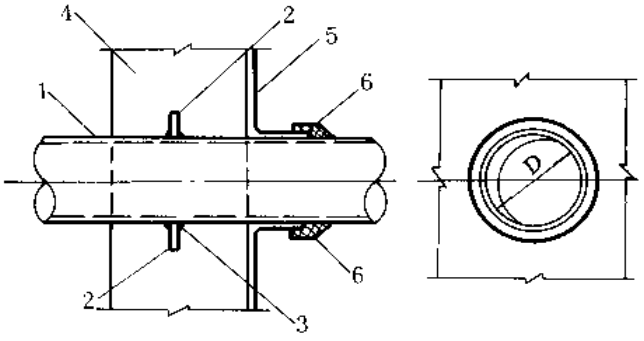


图 18-15　后浇缝防水

1—二次浇灌防水混凝土；2—4mm 厚防水钢板；3—主钢筋；4—附加钢筋（直径与主筋同）；5—ϕ12mm 架立钢筋；6—先浇混凝土



(a)



(b)

图 18-16　单管固埋法

a — 用于非卷材防水；b — 用于卷材防水

1—金属管道；2—止水钢板法兰，板厚6mm；3—连接焊缝；4—防水结构物钢筋混凝土墙壁；5—卷材防水层；6—天马牌油膏

5. 后浇缝防水

后浇缝防水见图18-15。这种防水系在浇灌混凝土时，按变形缝位置（或需增大变形缝距离）将结构物断开，留的空隙应大于或等于500毫米，待两侧混凝土收缩或结构物沉降基本稳定后（一般约一、二个月左右），再在留空部位浇注比原混凝土高一级的混凝土。这种缝构造较简单，材料消耗少，但施工时间需延长，且不能适应后期混凝土继续收缩和沉降的变形，对于一般厚壁结构，防水效果较好。

6. 管道穿墙防水构造

管道穿墙处最容易渗漏水，必须有可靠的防水构造，管道穿墙的防水构造方式一般有下列几种：

（1）单管固埋法，见图18-16，预先在管道或埋设件四周焊以止水钢板，在混凝土浇灌前将管道固定在设计位置上，使止水钢板与混凝土粘结牢固。该法施工简单，但更换困难，适用于各种单管，但不宜用于变形较大的结构。

（2）单管预留法，见图18-17，即在墙壁上预留孔洞。并在洞孔四周预埋铁件，然后安装管道，在其出入口处焊上封口钢板，并浇灌热沥青。该法焊接手续麻烦，但防水质量可靠。

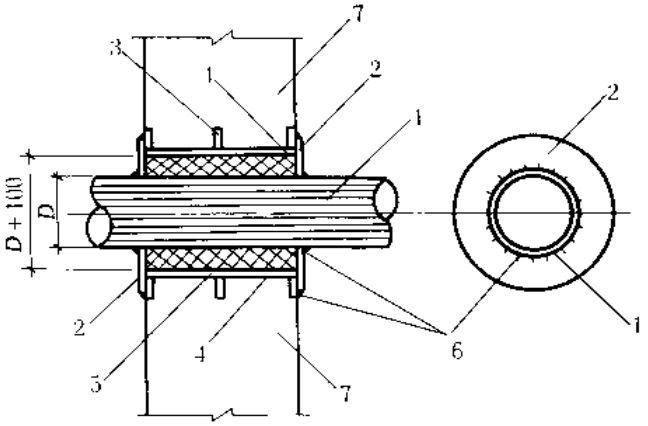


图 18-17　单管预留法

1—管道；2—封口钢板；3—法兰盘；4—套管；5—沥青玛瑞脂；6—焊缝；7—泵站或沉井墙壁

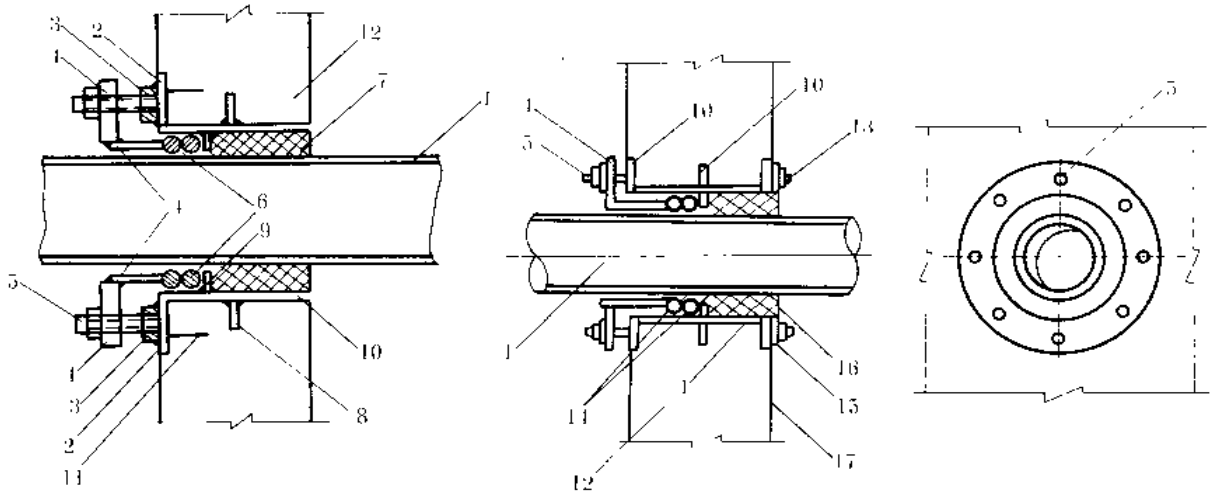
（3）单管柔性连接法，见图18-18，即在墙壁上预留孔洞，并埋设法兰盘，然后安装管道与支撑环等。该法拆卸方便，适应结构较大的变形防水质量可靠，但加工部件多，构造复杂，成本较高。

（4）群管钢板封口法，见图18-19，适用于群管集中穿过防水混凝土墙壁。该法防水质量可靠，但施工中焊缝较多。

（5）群管金属箱封口法，见图18-20，适用于群管特别集中的穿墙。该法防水质量可靠，但耗钢量较大。

（6）预埋套管法，见图18-21，用于电缆管的穿墙。该法施工方便，防水效果也可以。

上述管道穿墙的防水构造中，铁件外缘离开墙角凹槽或凸起处不应小于250mm，钢筋和锚固件较密集处混凝土的坍落度应适当增加，并应采用较小粒径的骨料，或将钢筋和锚固件的间距适当加大。



(a) (b)

图 18-18 单管柔性连接

a — 用于非卷材防水； b — 用于卷材防水

1—穿墙管道；2—预埋加劲钢环；3—钢垫板；4—压紧支撑环；5—压紧螺栓，ϕ10mm@200mm；6—橡皮圈；7 沥青麻丝或油膏；8—4mm 厚法兰盘；9—填料隔板；10—预埋钢套管；11—锚固钢筋；12—钢筋混凝土墙壁；13—螺栓，ϕ12mm@200～300mm；14—沥青麻绳；15—8mm 厚压板；16—沥青胶；17—卷材防水层

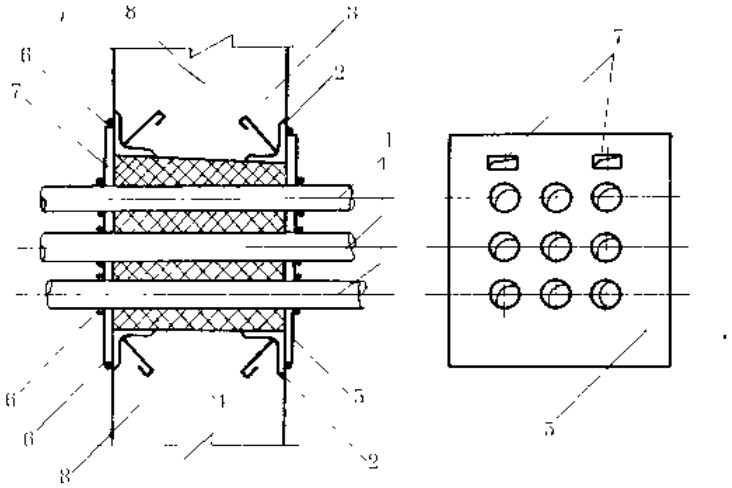


图 18-19 群管钢板封口

1—管道；2—固定角钢，∟56×4mm；3—锚固筋，ϕ10mm@300mm；4—沥青乌琥脂；5—封口钢板；6—管周焊缝；7—沥青浇灌孔；8—钢筋混凝土墙壁

7. 埋设件的处理

地下构筑物有时因预埋锚筋设置不当，造成引水通道，可采取墙板局部加厚及加放止水钢板的办法，分别见图18-22；图18-23。

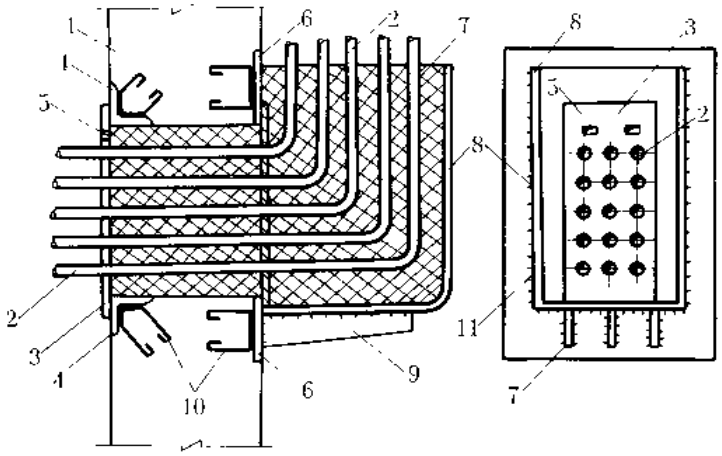


图 18-20　群管金属箱封口

1—需防水的结构；2—金属管道；3—封口钢板；4—固定角钢；5—沥青浇注孔；6—固定钢板；7—沥青玛瑞脂；8—金属箱；9—加劲板；10—预埋锚筋，ϕ10mm@300mm；11—连续焊缝

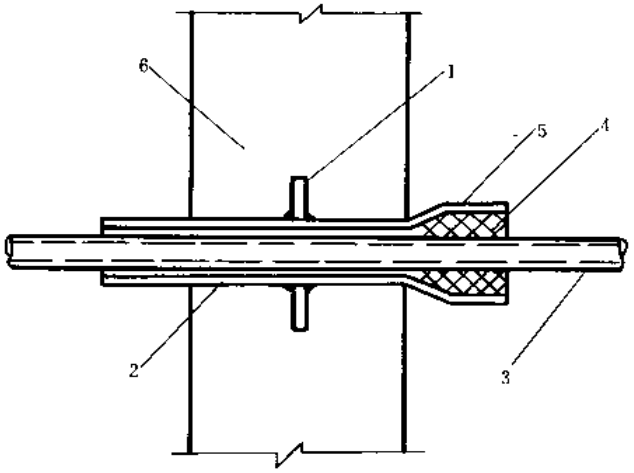


图 18-21　预埋套管法

1—法兰盘；2—套管；3—电缆管；4—油麻或沥青玛瑞脂；5—钢环；6—需防水的结构物墙壁

8. 护面措施

(1) 水泥砂浆护面层。当潮湿而无静水压力时，地下墙常采用砖或石块砌筑，墙的表面(迎水面) 宜涂刷防水砂浆护面层。防水砂浆的水泥宜采用不低于425号的普通硅酸盐水泥(侵蚀性环境除外)，掺入的防水剂为水泥重量的5%。砂浆的配合比一般为1:2～2.5 (水泥和砂的体积比)，砂应采用中粗砂，其含泥量不应超过3%。砂浆铺设的总厚度不小于20mm。

(2) 混凝土护面层。当泵站采用砖或块石砌筑而水压又较小时，或钢筋混凝土的墙壁较薄，对防水要求较高时，需在地下墙的迎水面浇注混凝土辅助防水护面层。材料宜采用 C20 防水混凝土，厚度不应小于50mm，并在中间按构造配置钢丝网或钢筋网，钢筋的直径为 ϕ6～ϕ10mm，间距为150～300mm。

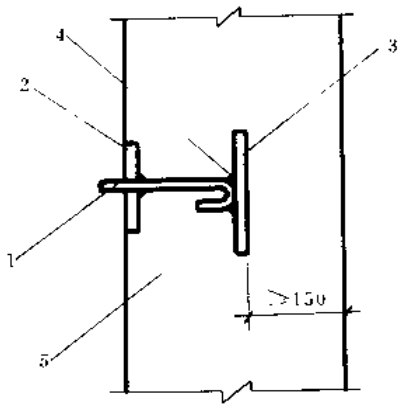


图 18-22　预埋件处理（1）

1—螺栓；2—预埋件；3—4mm 厚止水钢板；4—焊缝；5—钢筋混凝土墙壁

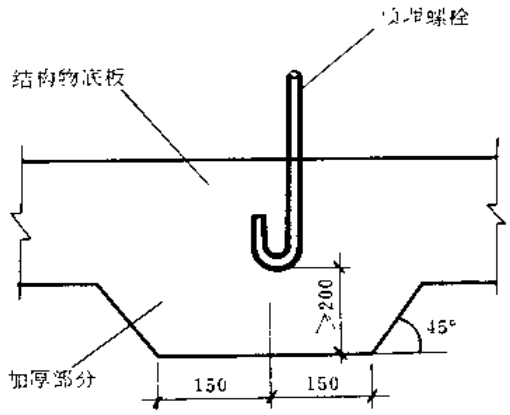


图 18-23　预埋件处理（2）

（3）沥青护面层。当地下水有侵蚀性时，地下构筑物的表面应采用沥青护面层。当侵蚀性较高时，混凝土表面应涂以冷沥青打底，然后再涂两层热沥青，并且以沥青混凝土垫层或沥青碎石垫层来代替混凝土垫层。

第二节　水　泵　站

一、墙壁最小厚度

水泵站钢筋混凝土墙壁的厚度应根据地基情况、结构型式、防渗防冻及施工条件等因素确定，一般可参照表18-7采用：

二、墙壁配筋

钢筋混凝土墙壁一般根据其支承情况按单向板或双向板配筋，配筋多采用双层分离式。

钢筋混凝土墙壁的厚度　　表18-7

地（水）下部分结构的深度 H（m）	外 墙 厚 度 （m）
4～8	0.3～0.5
8～12	0.5～0.8
≤4	根据具体情况，不应小于0.25
≥12	根据情况确定

注：1. 底板厚度不应小于外墙厚度，一般宜大于墙厚0.2～0.4m。

2. 本表仅适用于大开挖施工的水泵站，不适用于沉井结构物。

1. 纵横向配筋

纵横向受力钢筋的直径宜为ϕ12～ϕ22mm，间距宜为100～250mm。纵横筋的接头应错开布置，在任一垂直截面及水平截面上的接头数不得超过全部钢筋数的25%。纵横向的构造配筋量除应满足每边的最小配筋率外，竖向钢筋的直径不宜小于ϕ12mm，横向钢筋的直径不宜小于ϕ10mm。当壁厚大于500mm时，两层钢筋间须加设S形立筋撑住，其直径为ϕ6～ϕ10mm，@500～1000mm。

2. 墙壁角隅配筋

相交两壁板的外侧横向钢筋应相互转角伸入另一壁板，将角隅包围而成整体。转角筋的断点一般在$\frac{1}{4}$净跨处，见图18-24。

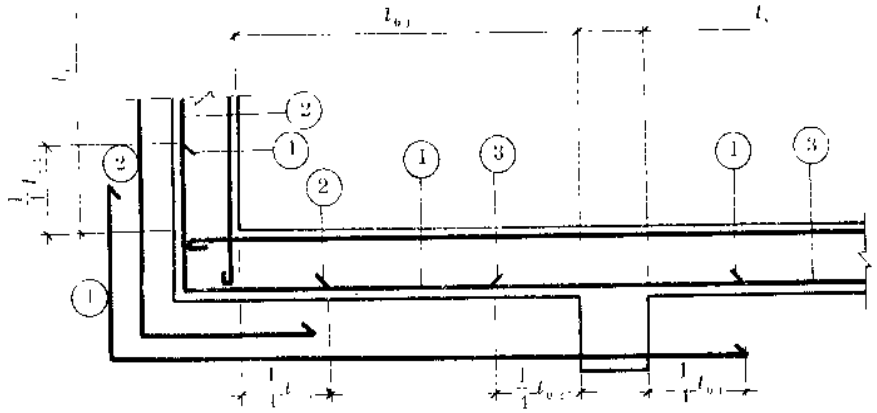


图 18-24　墙壁角隅配筋图

当壁板为四边支承且$l_x/l_y \geq 2.0$，或为三边支承且$l_x/l_y \geq 3.0$，而壁板又只能接单向受力计算时，壁板的长向角隅处必须配置水平转角构造筋，构造筋一般为ϕ12～ϕ16mm、@150～200mm，沿壁板全高配置，如图18-25所示。

泵站进水间墙壁的角隅内侧还须用构造筋ϕ8～ϕ12mm@200mm沿角隅竖向全长加固，见图18-25中的④号筋。

3. 墙壁顶端配筋

当泵房墙壁顶端为自由端时，宜采用下列构造加固：

（1）加设襟边，可适用于上部砌置砖墙，便于墙体重心向外偏移，如图18-26所示。

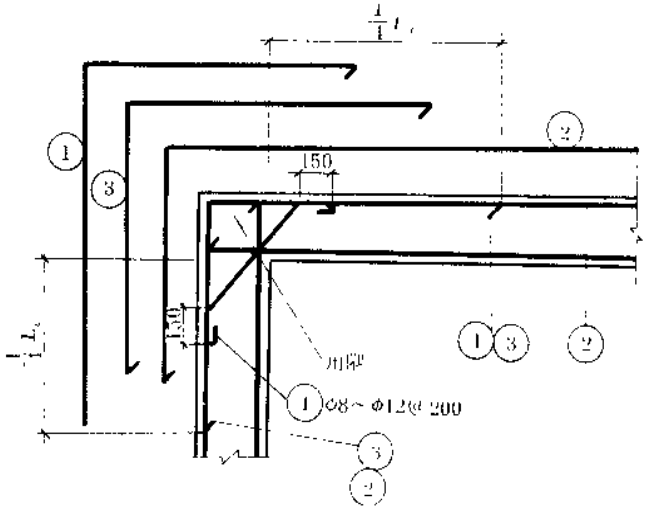


图 18-25　用箍构造加固

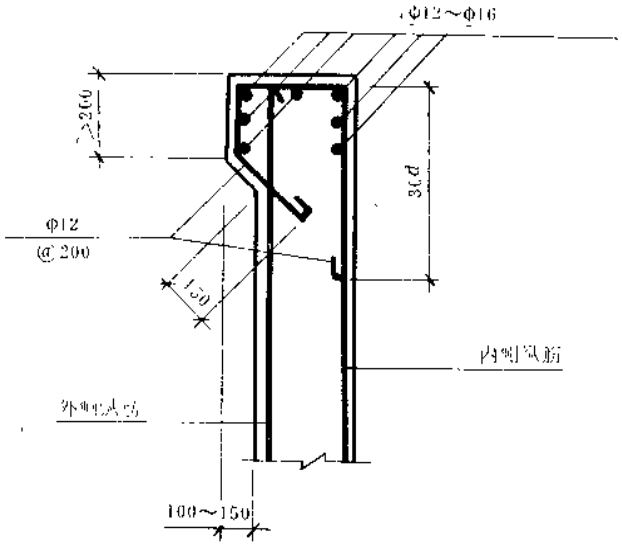


图 18-26　侧边布筋

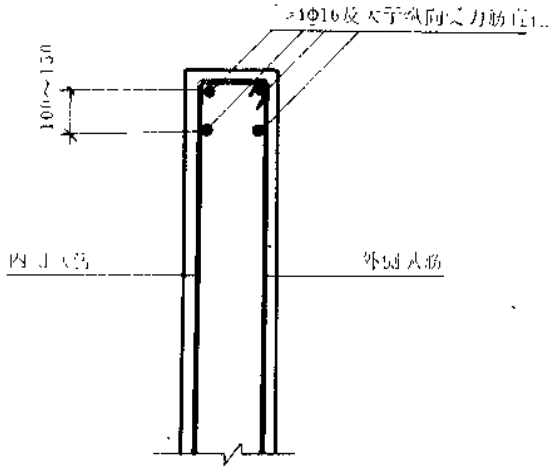


图 18-27　顶端布筋

（2）加置钢筋，挡墙式钢筋混凝土墙体的顶面宜配置加固构造筋，每侧2根，间距为100～150mm，直径不小于Φ16mm，并不小于竖向受力筋直径，见图18-27

4. 墙壁底端配筋

墙壁底部纵向受力钢筋必须插入底板内加以锚固，以便受力。当为板式结构时，见图18-28；当为挡墙式结构时，见图18-29、图18-30；当为框架结构时，见图18 31。

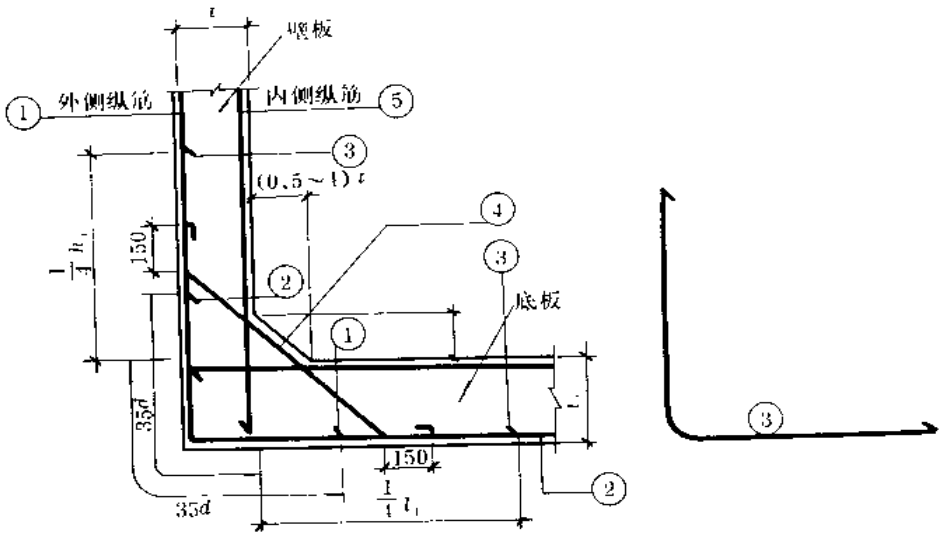


图 18-28 板式结构的墙壁底端配筋

h_1 — 壁板净高；l_1 — 底板净跨；t — 壁板厚度（$t_1 > t$）；d — 相应钢筋直径

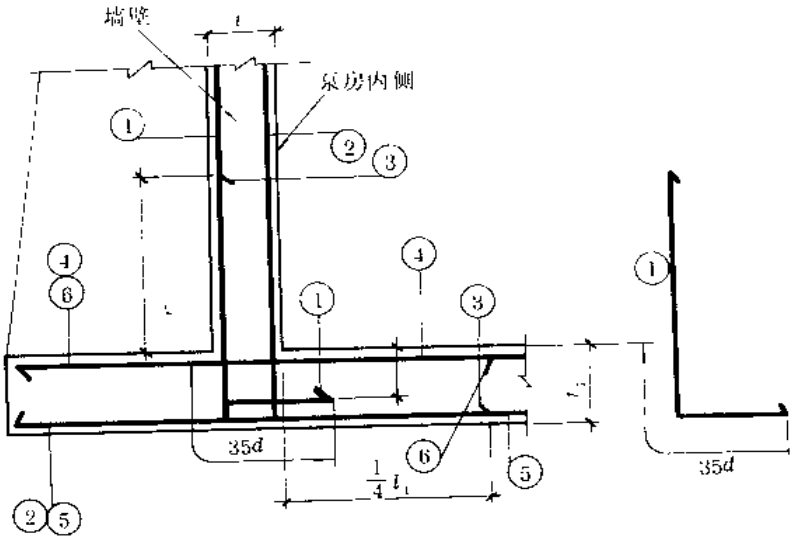


图 18-29 挡墙式结构的墙壁底端配筋（1）

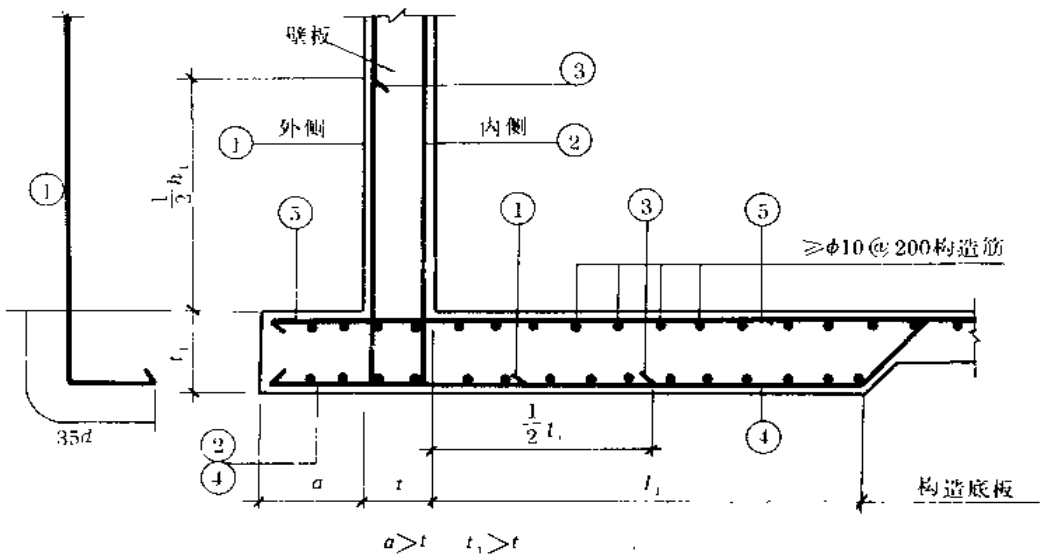


图 18-30 挡墙式结构的墙壁底端配筋（2）

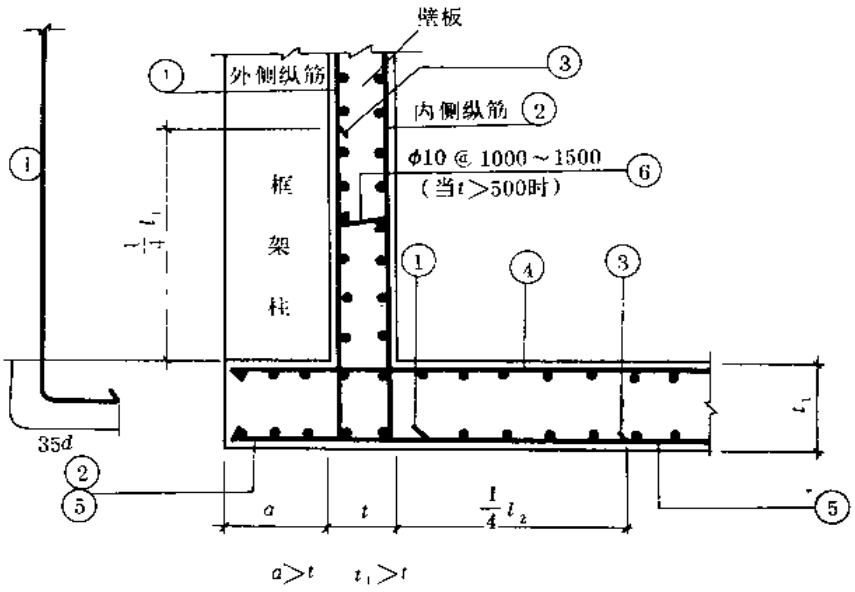


图 18-31 框架结构的墙壁底端配筋

5. 变截面墙壁的配筋

当墙壁为变截面时，配筋方式见图18-32、图18-33。

三、底板配筋

底板按受力情况上下两层均应配置钢筋，矩形泵站按单向或双向板配筋，分别见图18-34、图18-35；圆形泵站的底板配筋见图18-36。

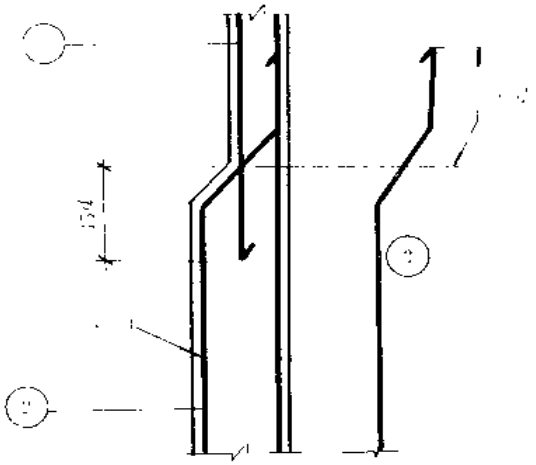


图 18-32　变截面墙壁的配筋（1）

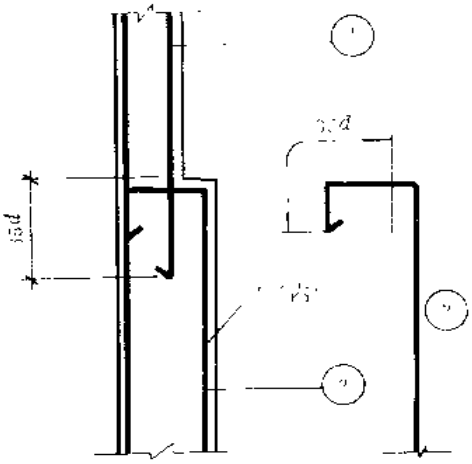


图 18-33　变截面墙壁的配筋（2）

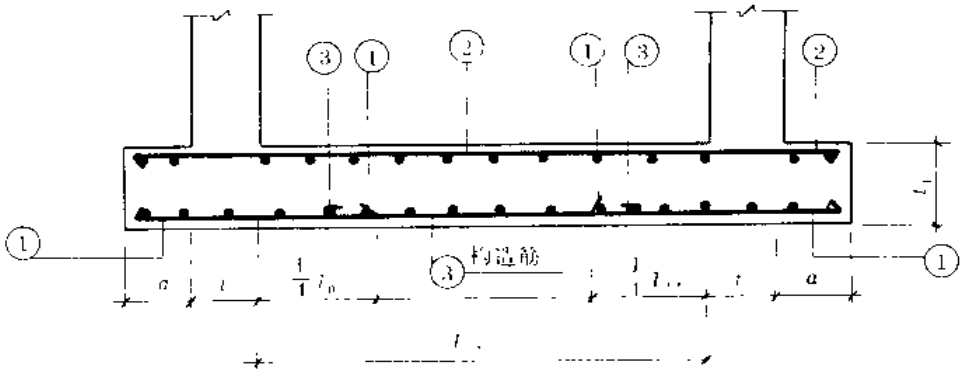


图 18-34　矩形泵站接单向板配筋

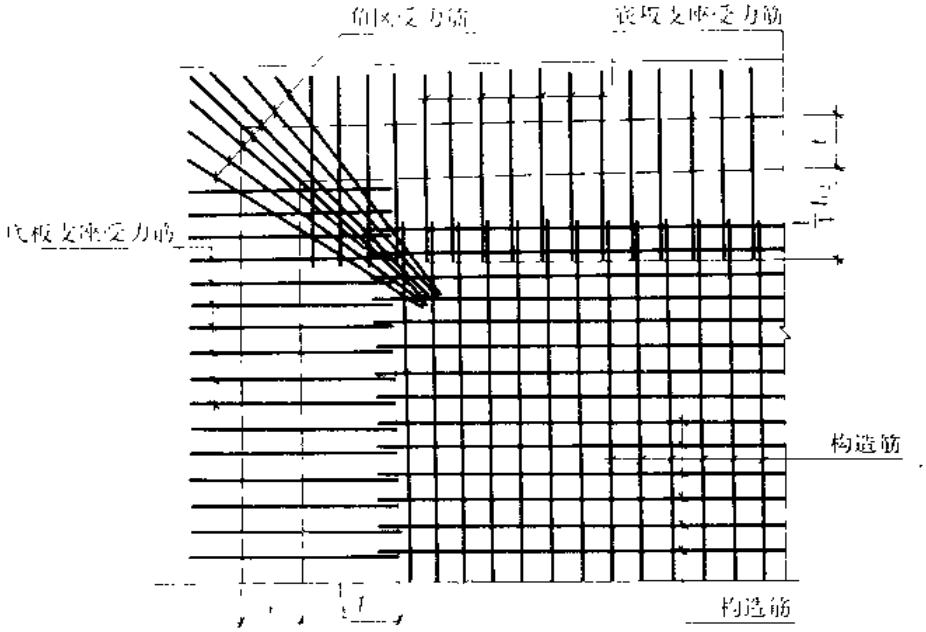


图 18-35　矩形泵站四底板双向受力下层配筋

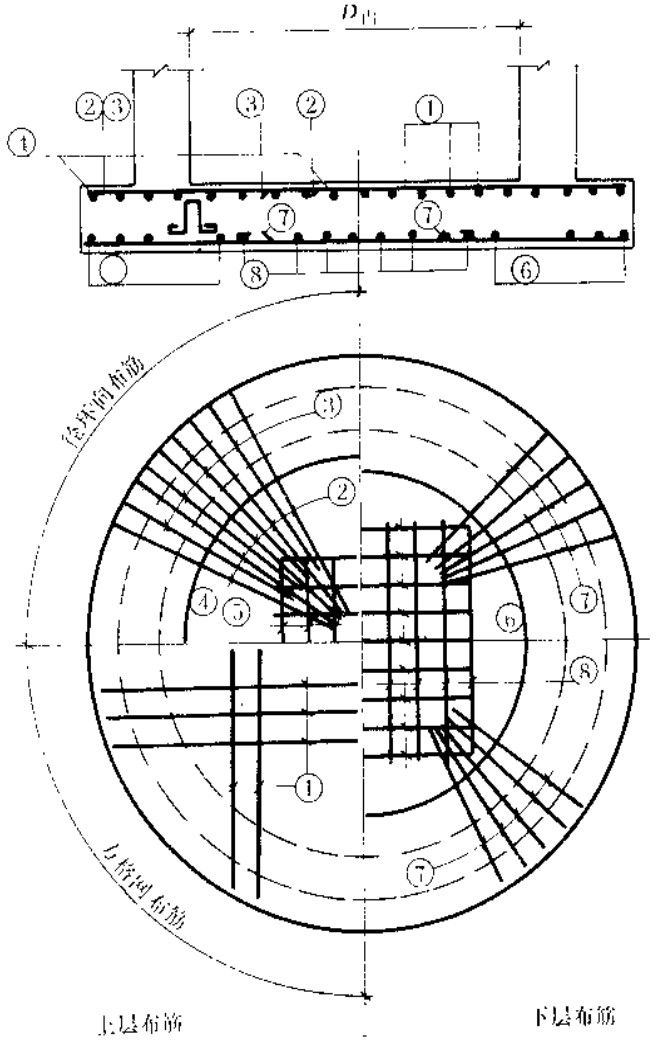


图 18-36 圆形泵站的底板上下层配筋

四、扶壁柱配筋

扶壁柱与壁板应连成整体，其配筋构造原则与梁、柱的相同，但应注意下列几点，见图18-37。

(1) 受力筋①、②号的断点应根据弯矩图形确定，其下端应伸至底板底部，并弯折35d(圆筋30d)，钢筋①弯入柱顶的数量不少于4根。

(2) 钢筋④除用作架立筋外，尚应按外底板与扶壁柱间的拉力进行核算，并应伸至底板底部，伸入长度应大于或等于35d。

(3) 钢筋⑤除用作扶壁柱的箍筋外，尚应承受墙壁与扶壁柱之间的拉力。

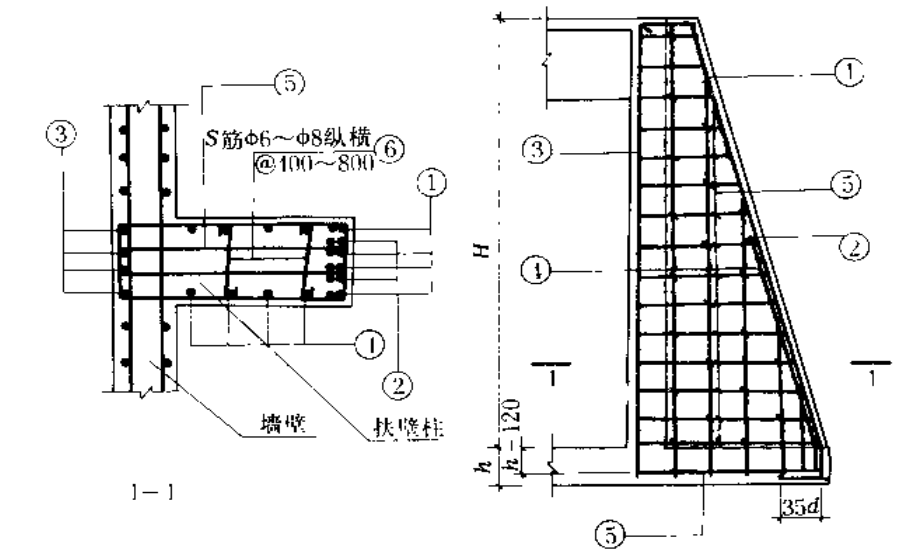
五、隔墙连接

隔墙与壁板的连接一般按弹性固定处理，其构造方式根据具体情况确定：当为矩形泵站时，如图18-38所示；

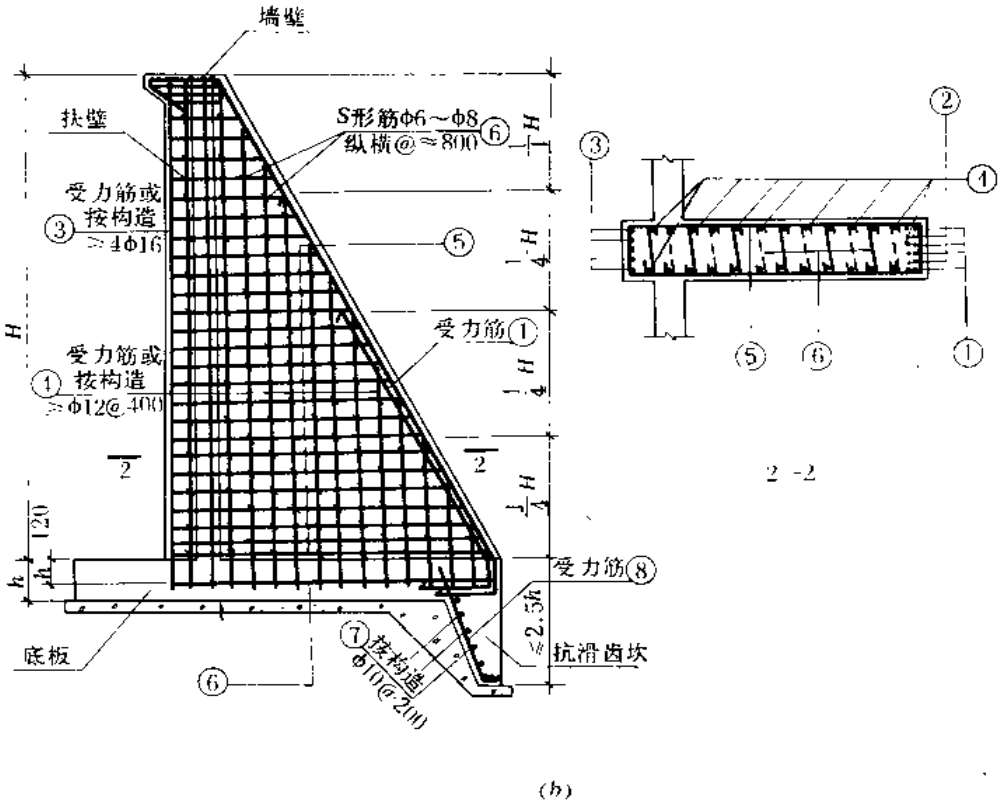
圆形泵站见图18-39；当隔墙为后浇时，可在壁板上预留插筋，见图18-40。

六、电机支承梁、活动走道板构造

1. 电机支承梁



(a)



(b)

图 18-37　扶壁柱的配筋

a — 受压弯的扶壁柱；b — 主要受弯的扶壁柱

轴流泵电机系支置于楼层上，要求其支承梁能耐震抗裂，为此须将两支承梁用拉梁连成井字形，并浇成整体，见图18-41。

2. 活动走道板

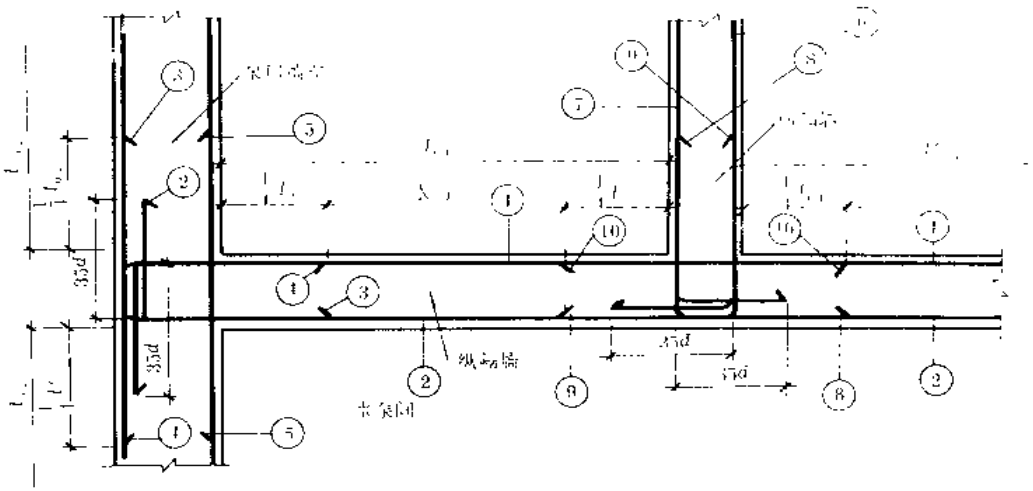


图 18-38　矩形泵站的隔墙连接

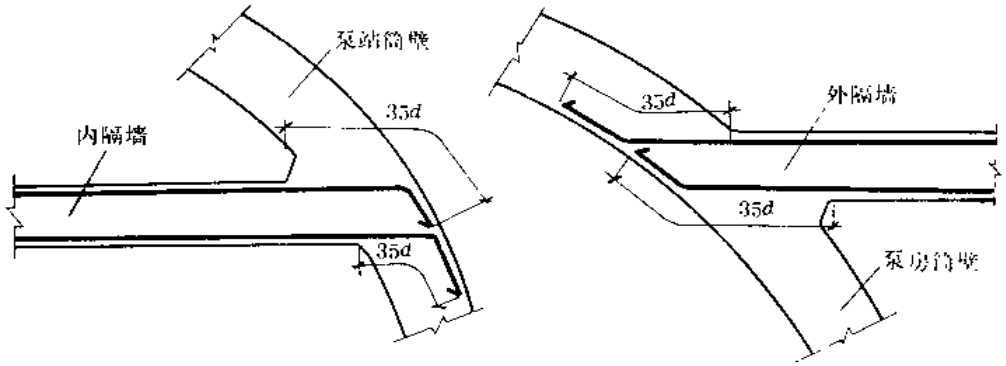


图 18-39　圆形泵站的隔墙连接

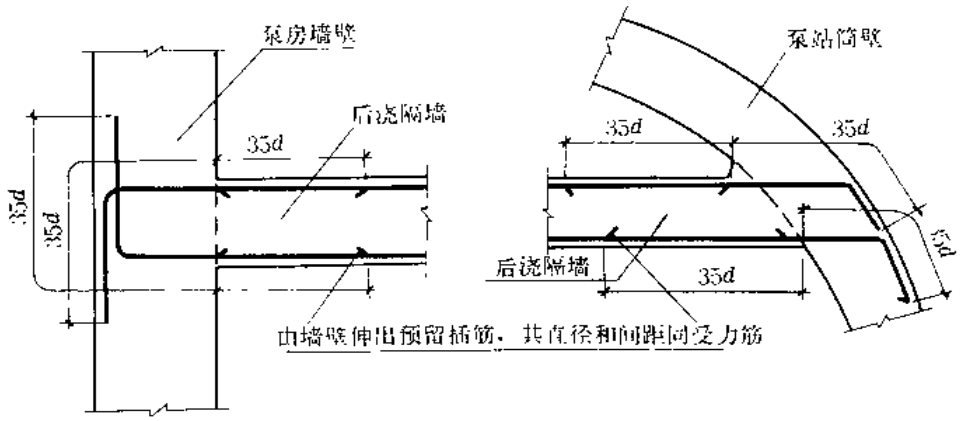


图 18-40　后浇隔墙的连接

深层取水泵站常利用多层走道板作为检修平台，要求其轻便灵活、通风，一般宜采用型钢和钢板条制作，见图18-42。

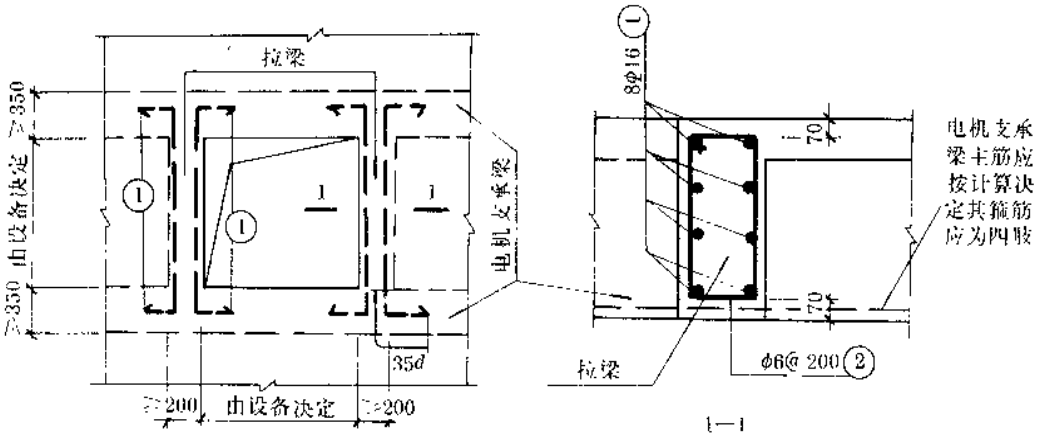
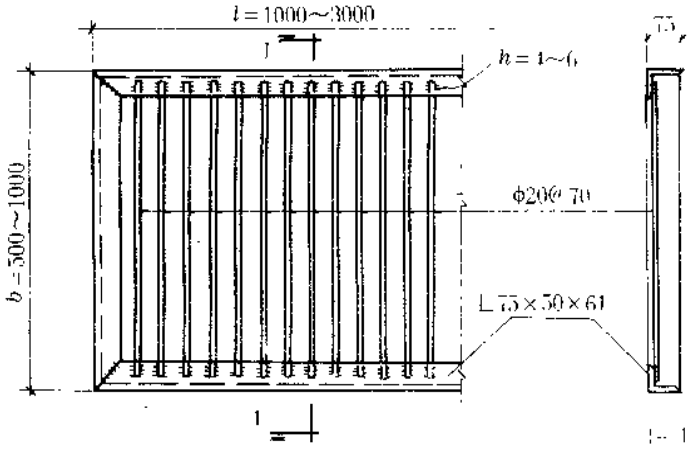


图 18-41　电机支承架



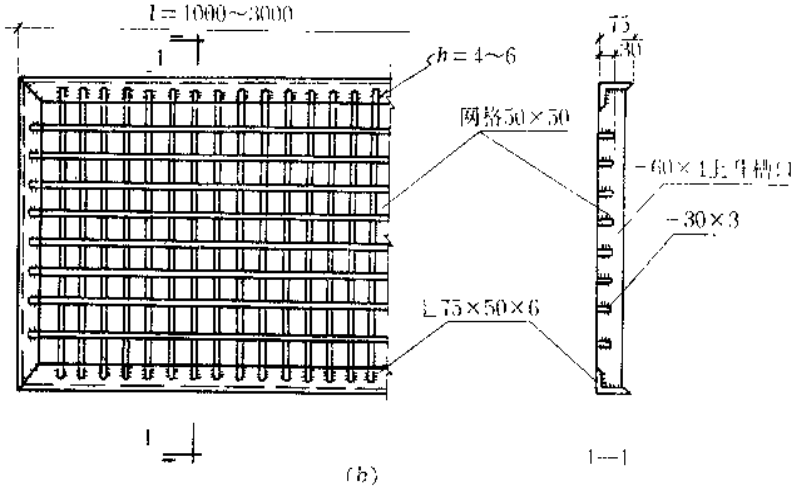


图 18-42　活动走道板

a—用圆钢筋制作；b—用钢板条制作

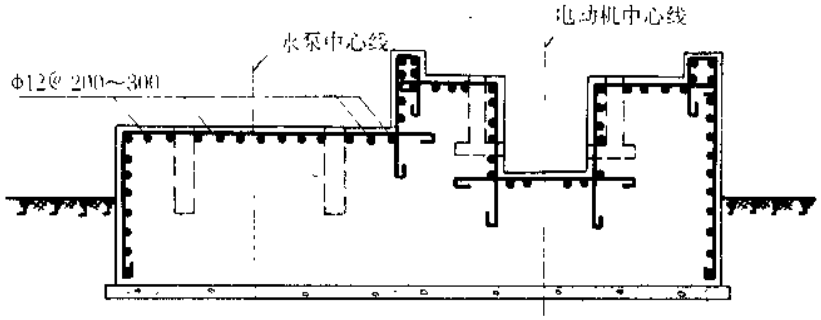


图 18-43　水泵基础锚筋

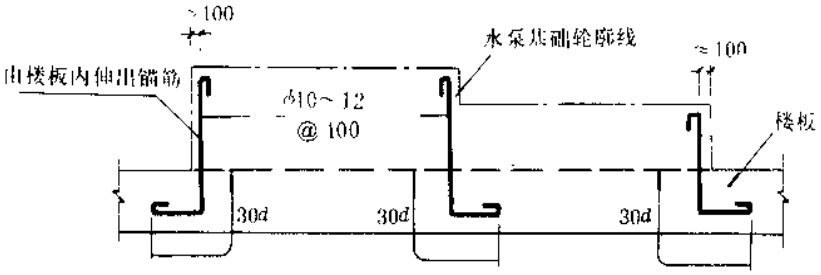


图 18-44　楼层上的水泵

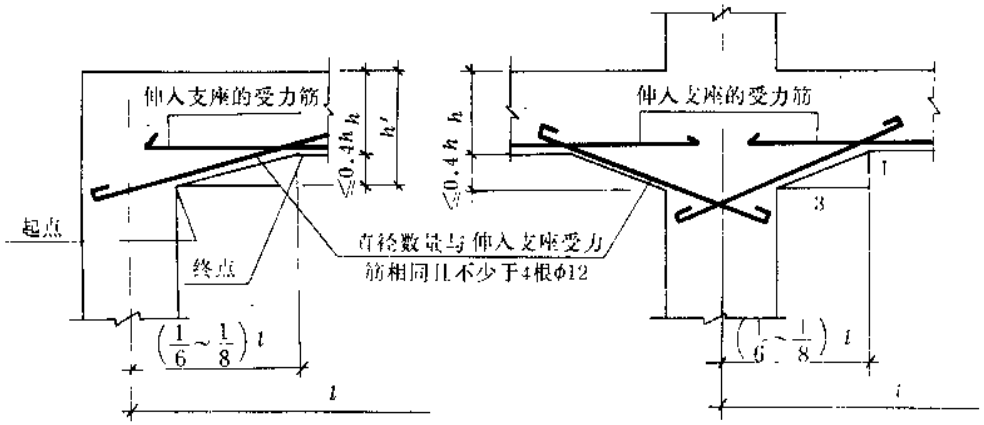


图 18-45　框架柱与横梁相交处的腋托设置

七、水泵基础

水泵基础一般采用 C10～C15混凝土浇制，当相连的电动机功率大于或等于200kW/h时，则需沿基础四周配置 ϕ12mm@200～300mm 的钢筋网，见图18-43；当基础位于楼层上时，应由楼板内伸出 ϕ10 ～ ϕ12mm 锚筋与其连牢，见图18-44。

八、腋托设置

为加强连接节点的刚度，下列结构部位需设置腋托。

1．框架柱与横梁相交处

当 $V > 0.3f_cbh_0$，又不增大横梁的截面高度，或当柱与横梁刚度相差较大时，应在梁端设置腋托，腋托起点和终点处的横梁截面应分别满足下列要求（见图18-45）：

$$V \leqslant 0.25 f_c b h_0'$$

$$V_1 \leqslant 0.25 f_c b h_0$$

式中　V、V_1 ——分别为腋托起点和终点处的剪力；

h_0、h_0' ——分别为腋托起点、终点的截面有效高度。

腋托下部配筋的直径与根数，一般应与横梁伸进腋托内的下部受力筋相同，但不应少于4ϕ12mm。

2. 悬臂板、梁与墙壁相交处

因工艺要求，需在泵站墙上挑出走道板或梁，其连接处应加设腋托，如图18-46、图18-47所示。

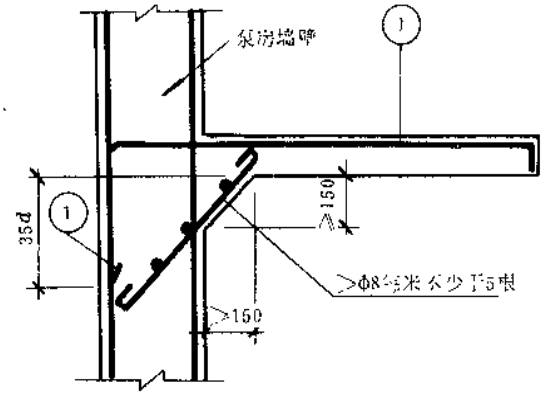


图 18-46　悬臂板与墙壁相交处的腋托设置

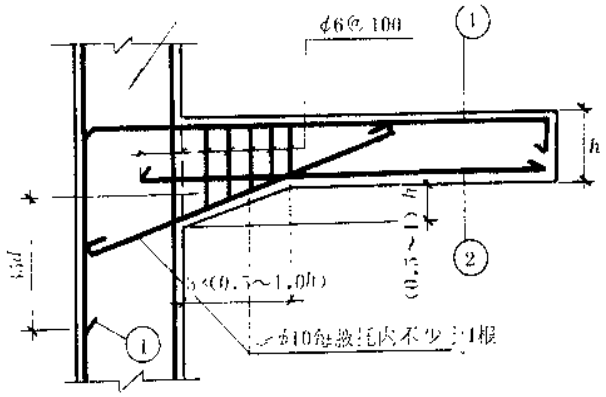


图 18-47　悬臂梁与墙壁相交处的腋托设置

3. 墙壁与底板、墙壁与隔墙相交处

墙壁与底板、墙壁与隔墙相交处，在不影响使用的条件下，一般宜设置腋托。腋托的边宽可与较小截面的厚度相同。腋托应配置构造钢筋，配筋量不宜少于受力钢筋的50%，间距不宜大于300mm，如图18-48、图18-49所示。

九、洞孔加固和闸门墩槽加固

1. 洞孔加固

钢筋混凝土墙壁上开孔宜按下列几种方式进行加固：

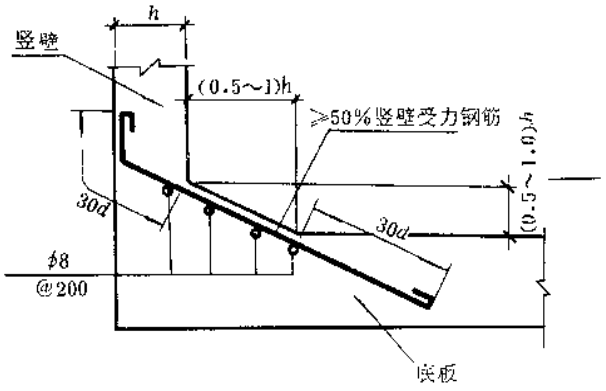


图 18-48　墙壁与底板相交处的腋托

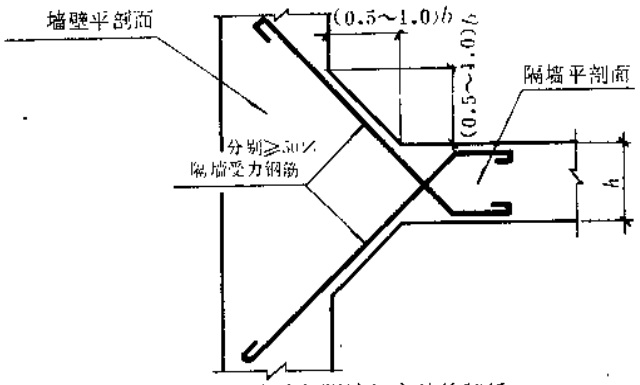


图 18-49　墙壁与隔墙相交处的腋托

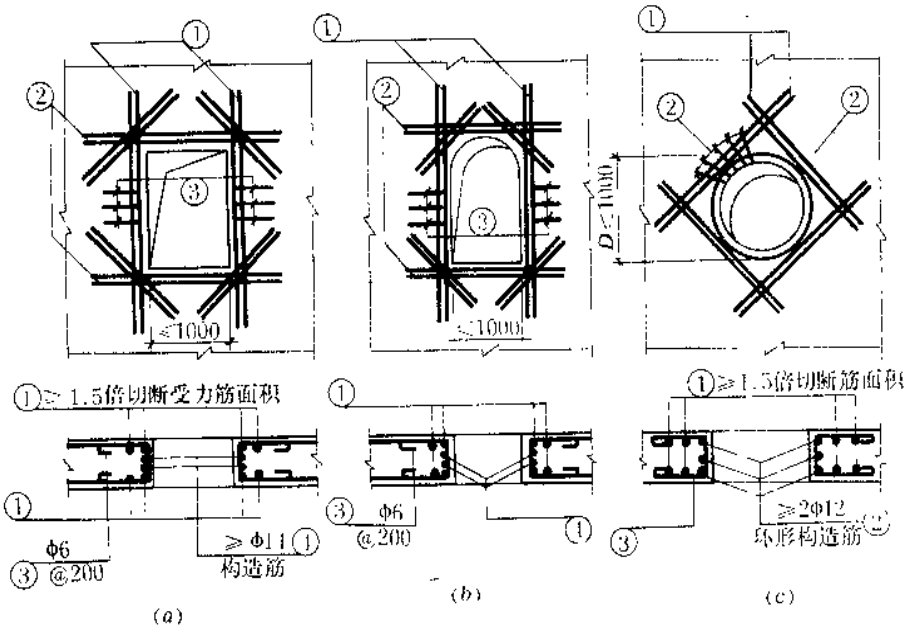


图 18-50　洞孔加固构造图

a — 用于矩形孔；*b* — 用于半圆孔；*c* — 用于圆形孔

（1）当洞孔宽度或直径小于1000mm时，应在洞孔各侧配置加固构造筋（圆孔可与主筋成45°方向配置），其两侧的钢筋截面积总和不应小于开孔切断的受力钢筋截面积的1.5倍，矩形洞孔的四角尚应加设直径不小于12mm的斜筋，圆形洞孔尚应加设直径不小于12mm的环筋和箍筋，见图18-50。加固钢筋的长度不应小于洞孔宽度（或直径）加钢筋两端的锚固长度各50d。

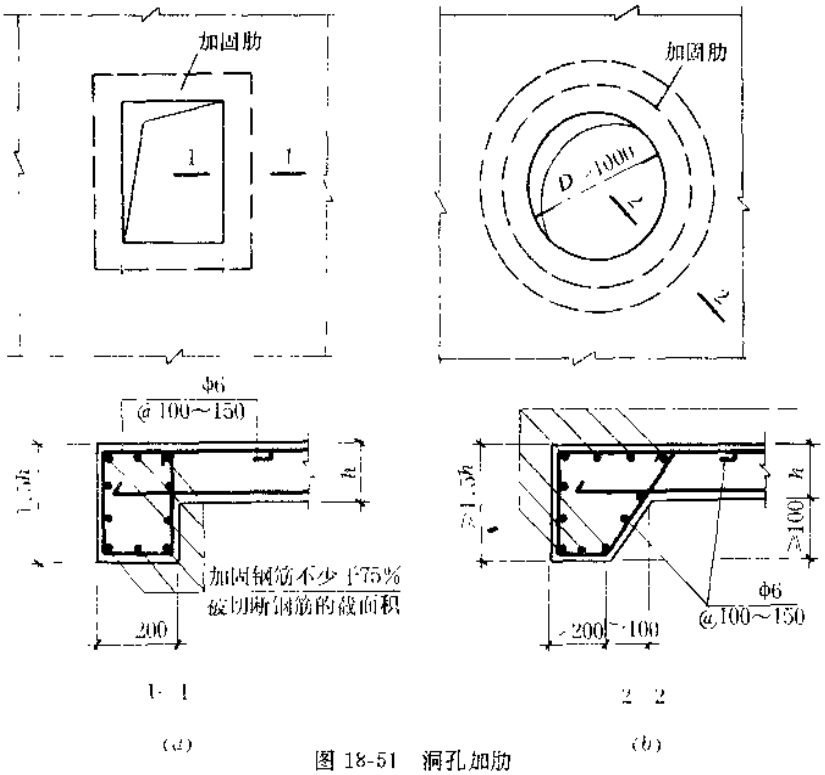


图 18-51　洞孔加肋

a — 用于矩形孔；b — 用于圆形孔

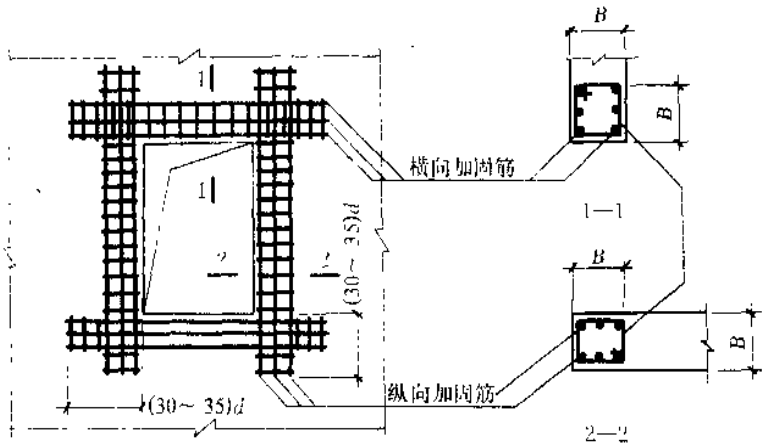


图 18-52　隐肋构造

（2）当开孔宽度或直径大于或等于1000mm时，应在洞周加设构造肋，肋宽不宜小于

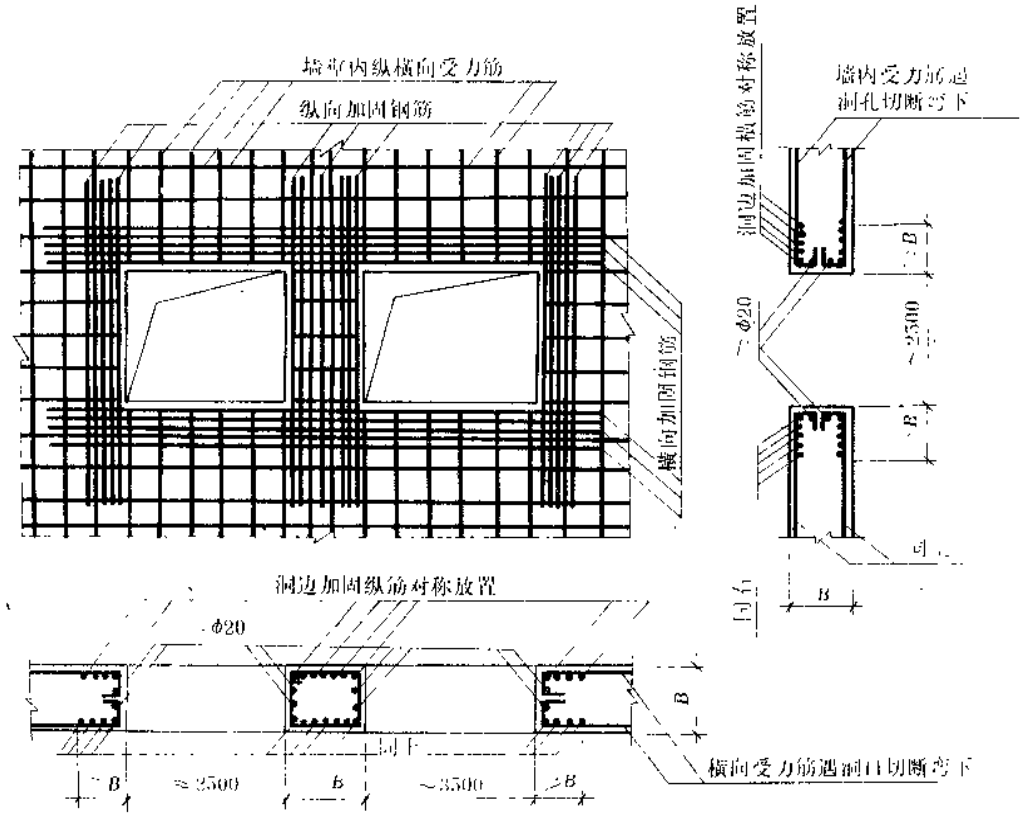
200mm，肋高不宜小于墙壁厚度的1.5倍，配筋面积不宜小于被切断钢筋截面的0.75%倍，并应配置箍筋，见图18-51。

(3) 当泵站墙壁上的开孔边缘加凸肋有碍施工或生产时，也可按上述原则加设隐肋，但隐肋内的钢筋总面积不宜小于被切断钢筋截面积的1.5倍，并应配置箍筋，见图18-52。

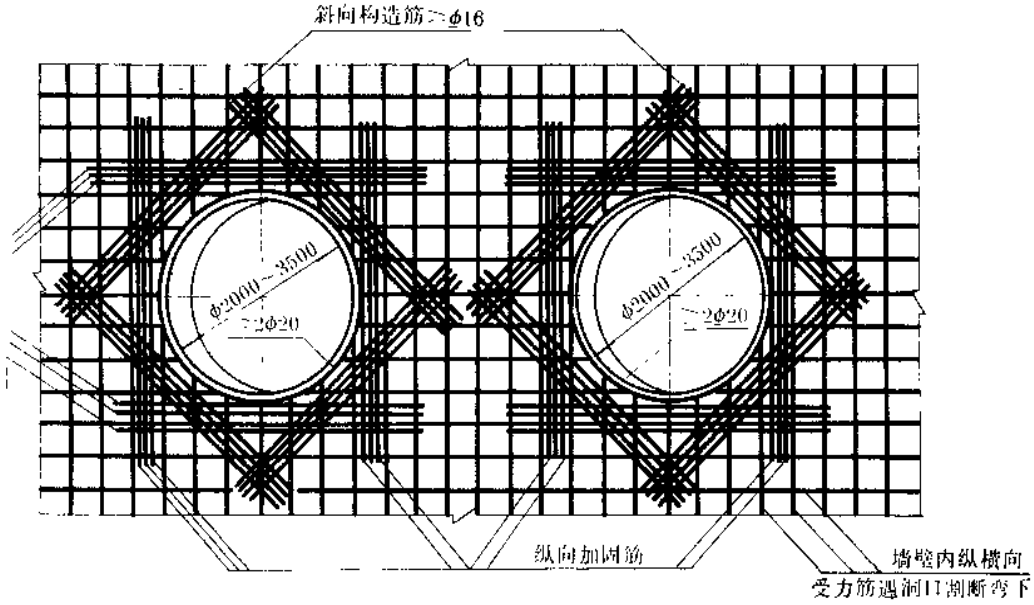
(4) 当泵站墙壁厚度在500mm以上，洞孔边缘加凸肋或隐肋均不合适时，可在洞孔四周用群筋加固。群筋的总面积不宜小于相应方向被切断钢筋截面积的1.5倍，并在洞的四角加构造斜筋，见图18-53。所加钢筋的长度均不小于孔洞宽度（或直径）再加钢筋两端的锚固长度各50d。

2. 闸门墩槽加固

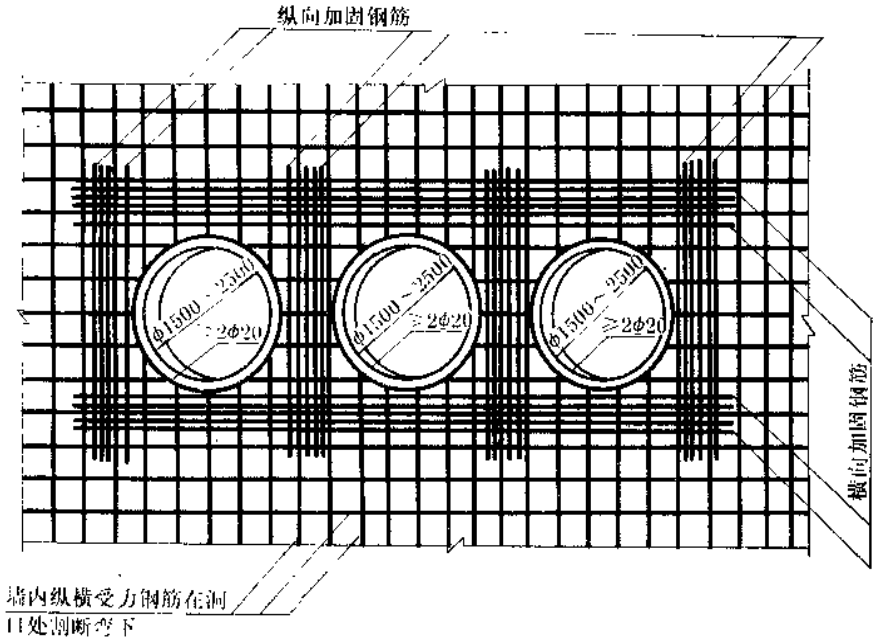
水泵站的闸门墩、槽，要求其外形整齐，坚固耐冲刷，在构造上应配筋加固，闸门墩加固构造见图18-54；闸门槽加固构造见图18-55。



(a)



(b)



(c)

图 18-53　群筋加固构造示意

a — 用于方形孔；b — 用于双圆孔；c — 用于多圆孔

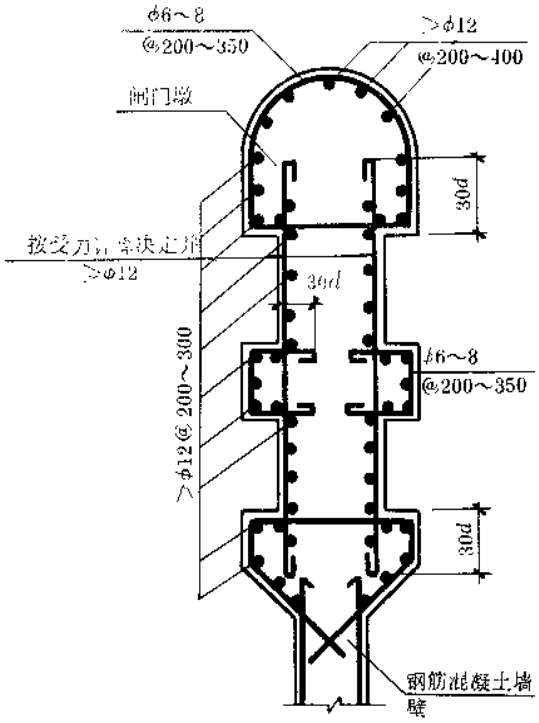


图 18-54　闸门墩加固

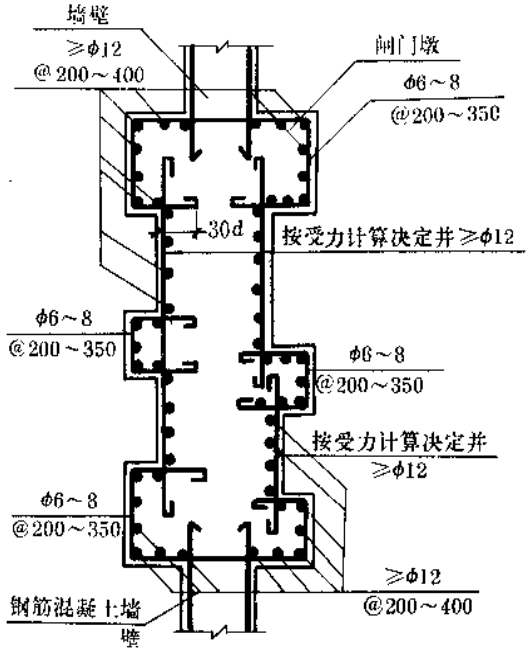


图 18-55　闸门槽加固

第三节　沉　　井

一、井壁厚度

沉井壁厚一般为0.5～1.5m，具体尺寸可按下列几个基本原则确定：

（1）满足下沉要求，井体自重应大于井壁与土壤的总摩阻力（当有地下水时，应扣除浮力）；

（2）满足沉井结构在施工、使用各个阶段的强度和刚度要求；

（3）满足使用阶段的抗渗要求；

（4）满足沉井结构在各个阶段的整体稳定要求。

按上述原则，近似的自重估算式为：

$$Q \geqslant KT + B$$

式中　Q ——沉井自重；

B ——地下水的浮力（当无水时，$B=0$）；

T ——土壤对井壁的总摩阻力；

K ——沉降系数。

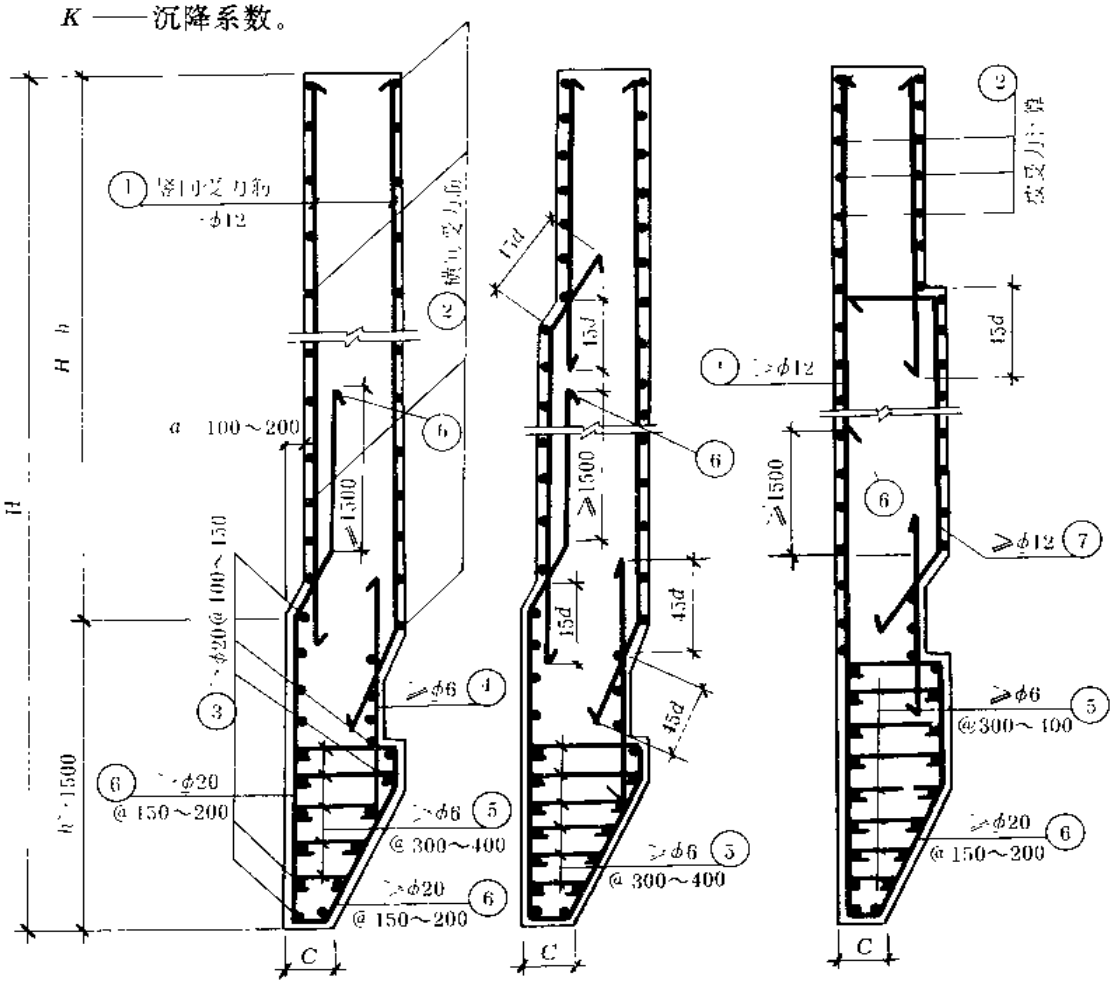


图 18-56　沉井竖壁配筋

二、井壁配筋及连接

沉井井壁有等断面及变断面两种，脚上台阶的宽度 a 一般为100～200mm，刃脚高度 h 一般大于或等于1500mm，井壁配筋原则上按受力计算决定，但竖向构造钢筋不宜小于 ϕ12mm，横向钢筋宜设在垂直钢筋的外侧，但在刃脚台阶处，横向钢筋又宜设在垂直钢筋的内侧，见图18-56。

当井壁带有扶壁柱（或框架柱）时，其连接构造见图18-57。

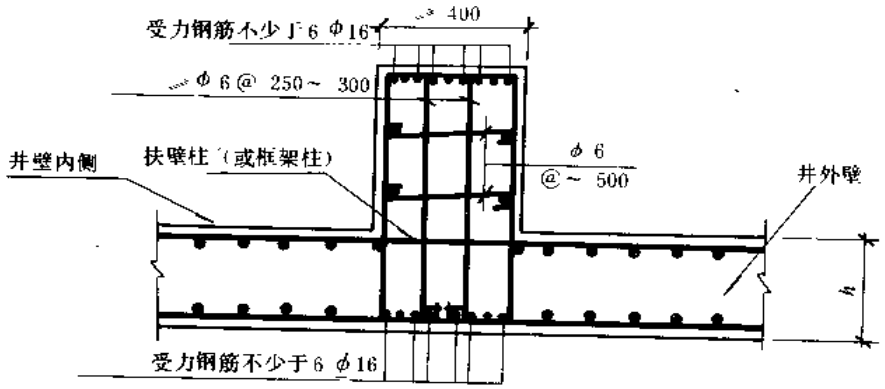


图 18-57　井壁与扶壁（或框架柱）连接图

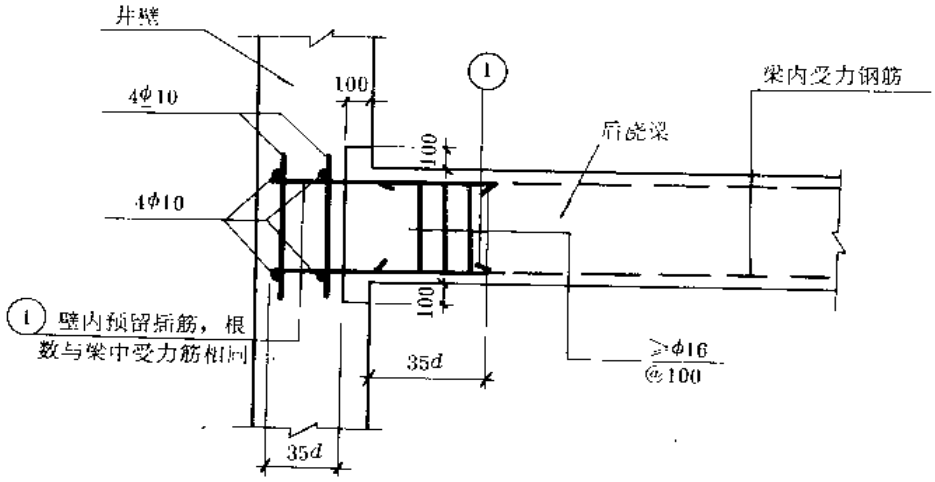


图 18-58　井壁与后浇梁的连接

沉井井壁下沉后，还须与后浇梁、板连接，其构造见图18-58、图18-59。井壁与梁交接处预留深100mm，宽比板、梁截面上下各大100mm 的凹槽，主要是考虑沉井下沉后，可能产生标高误差，以便于调整。

井壁转角处的配筋构造与水泵站的墙壁相同。

三、隔墙配筋及连接

隔墙两端与井壁相连接，由于井壁的抗扭刚度不易确定，在理论上，隔墙系按弹性固定单跨梁考虑；当其高跨比大于0.5时，则按深梁考虑。隔墙厚度一般取 $\left(\frac{1}{20}\sim\frac{1}{15}\right)l_0$（$l_0$ 为净跨度），配筋按受力计算确定，但构造钢筋直径不宜小于6ϕ10mm，其水平钢筋两端必须伸

入井壁内50d，隔墙的配筋方式一般有下列两种，见图18-60、图18-61。

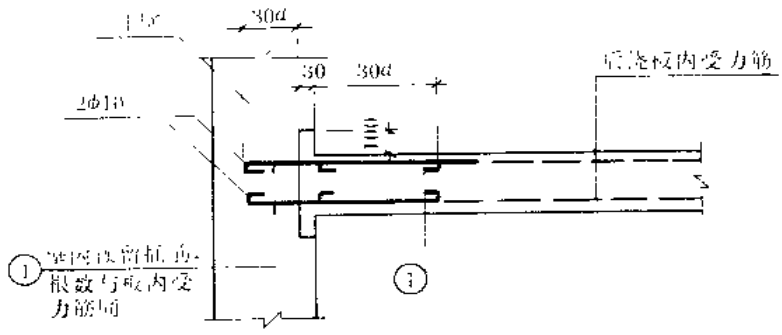


图 18-59　井壁与后浇板的连接

当隔墙与井壁为一次现浇时，其连接构造见图18-62。当隔墙与井壁分开浇筑时，井壁内应预留插筋，其构造见图18-63。

四、底板配筋及连接

底板系后浇构件，一般根据受力情况按单向或双向板配筋，其与井壁、隔墙、底梁的连接构造见图18-64～图18-67。

五、底梁配筋及连接

当沉井平面尺寸较大时，为加强下沉中的整体刚度，常在井壁底端加设底梁，与壁柱连接成整体框架。底梁上下受力，井为底板的支座，其截面高度一般为跨度的 $\frac{1}{4}\sim\frac{1}{6}$，截面底部至少高出刃脚踏面500mm，其配筋与连接构造见图18-68。

六、刃脚构造

刃脚型式如图18-69所示。

图18-69a适用于不设底板的情况，刃脚上不留凹槽；图18-69b适用于干封底及底板厚度不大的情况；图18-69c为常用的一种形式，适用范围较广；图18-69d为井壁内侧采用挑腿齿槽与底板连接。刃脚踏面宽度C一般为150～300mm，刃脚斜面与水平面夹角α常取45°～60°。刃脚底部根据土质坚硬松软情况确定构造，见图18-70、图18-71。

刃脚配筋一般按受力计算确定，但构造要求垂直与水平钢筋直径均不宜小于ϕ20mm，且垂直钢筋宜放置在水平钢筋外侧，并应伸入刃脚根部截面以上1.5m，参见图18-56。刃脚内的水平（或环向）筋，必须用大于或等于ϕ6mm的拉筋将内、外层钢筋拉牢，沿刃脚纵横每隔300～500mm放置一根。矩形沉井在刃脚转角处，由于相邻刃脚斜面上的反力作用，容易开裂，宜在刃脚内侧设置水平钢筋、斜钢筋及腋托加固，见图18-72。

七、底部构造

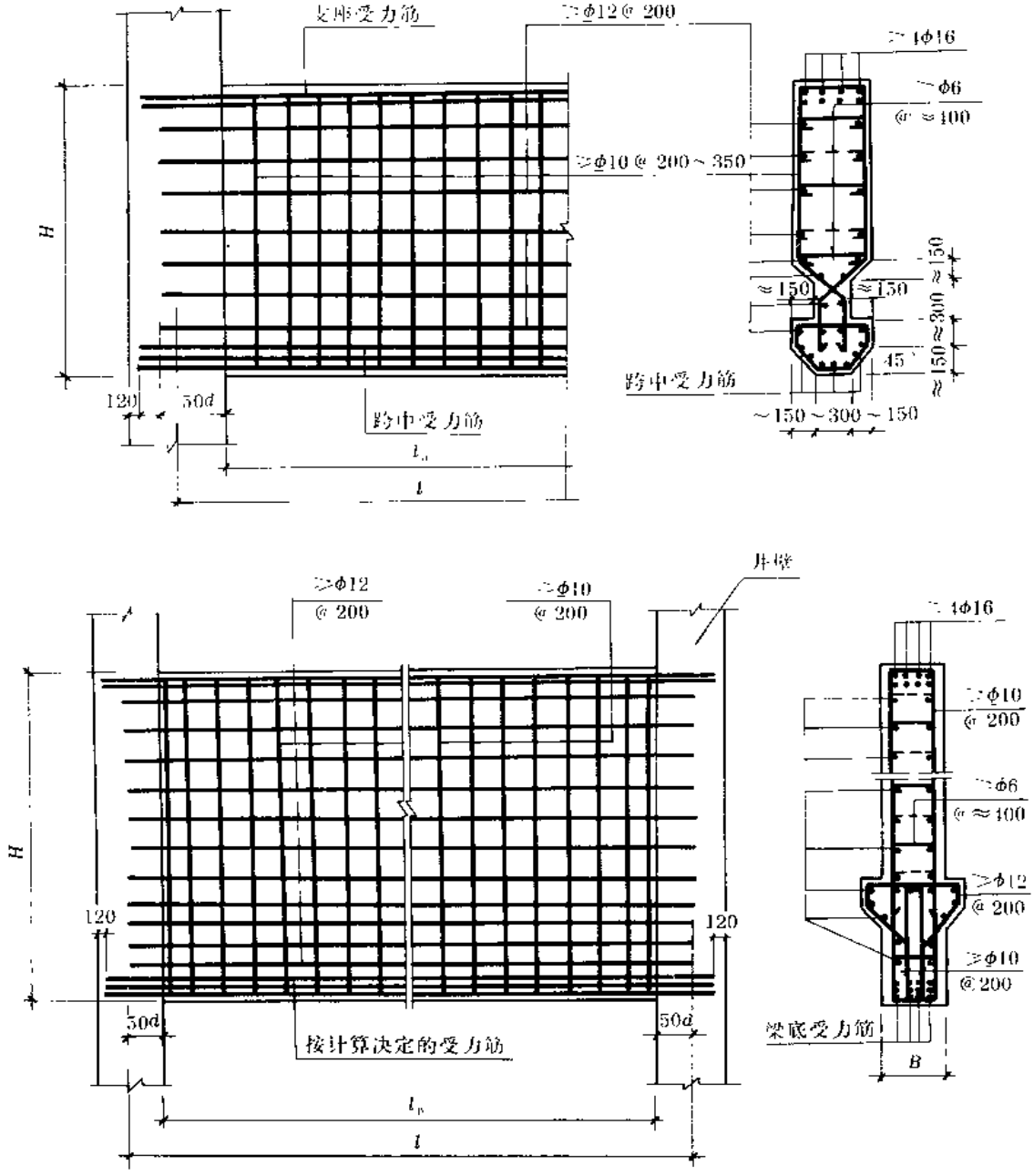
根据工程地质水文条件的不同，沉井的封底施工可采用干封底、水下封底和湿封底，其底部构造有以下两种做法：

（1）排水下沉的沉井，可以在没有地下水的条件下浇灌钢筋混凝土底板，其底部构造见图18-73a。做法为：由水泵通过泞鼓将封底垫层上的渗水抽干，然后浇灌钢筋混凝土底板，待其达到设计强度后，停止抽水，并用混凝土将法兰短管填满，再焊封钢板。

（2）不排水下沉的沉井，一般在水下封底，封底垫层承受全部水压力，为沉井底的刚性防水板，其厚度按水压力计算确定。做法为：当封底完毕，混凝土达到设计强度80%后，

即抽干积水，清净泥土残渣，然后在封底垫层上铺设排水用的砂砾层或防水层，再在上面浇灌钢筋混凝土底板，其底部构造见图18-73*b*。

（3）因工艺要求，沉井底部需做成锥形时，其底部构造见图18-73*c*。



(*b*)

图 18-60　隔墙配筋构造（$l/H \leqslant 2$）

a — 用于带槽口隔墙；*b* — 用于带牛腿隔墙

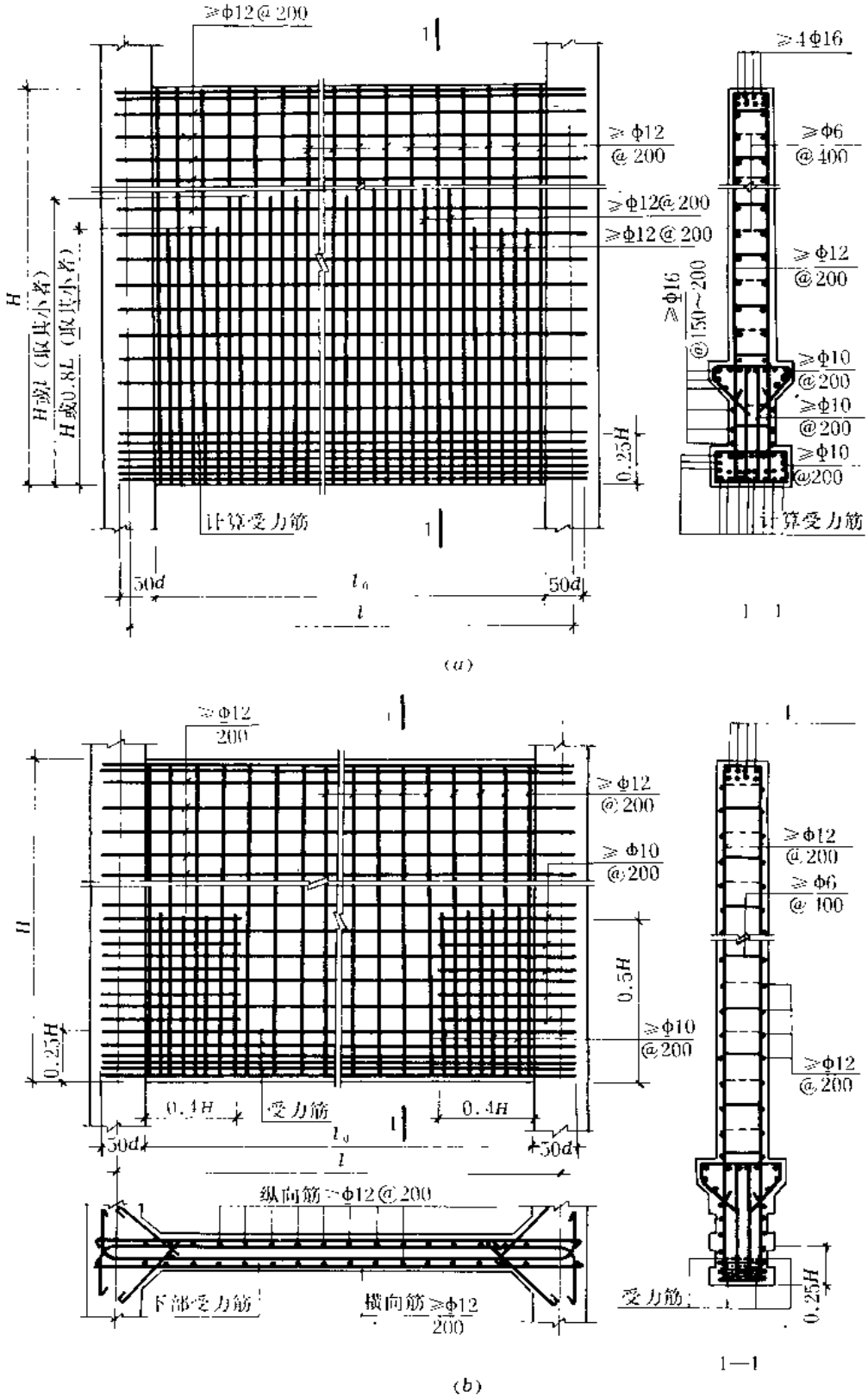


图 18-61　隔墙配筋构造（$l/H \leqslant 2$）

a　荷载作用于下部；*b*—荷载作用于上部

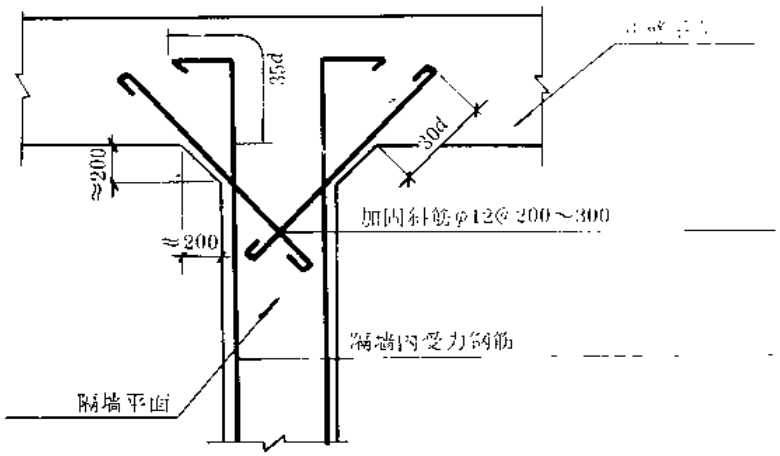
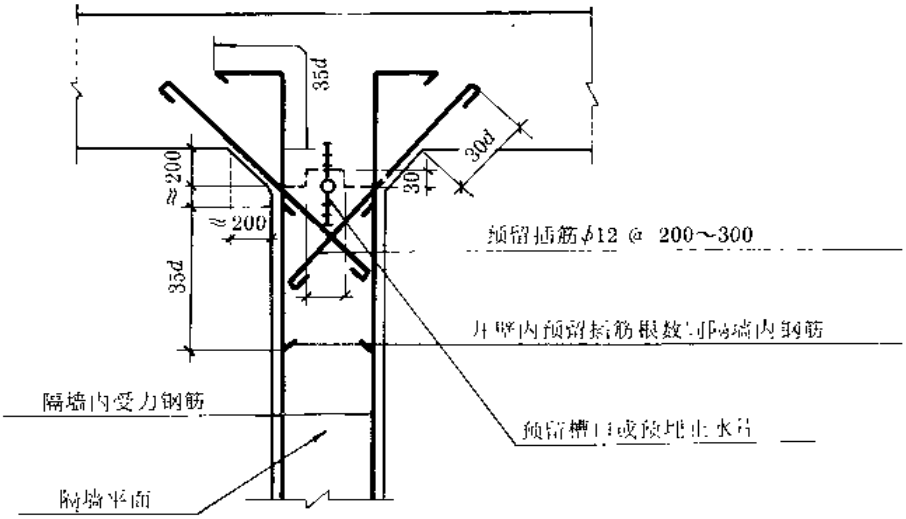
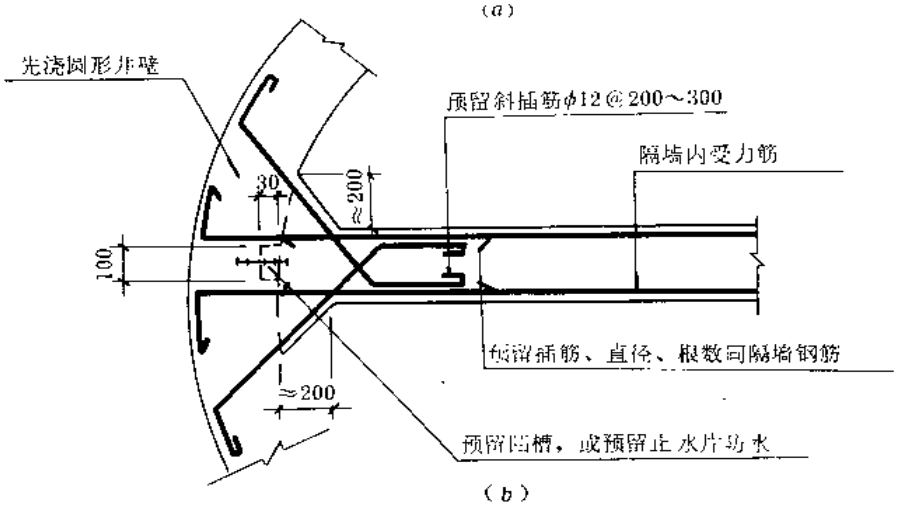


图 18-62　隔墙与井壁一次现浇时的连接构造



(a)



(b)

图 18-63　隔墙与井壁分开浇筑时的连接构造

a — 矩形沉井时；b — 圆形沉井时

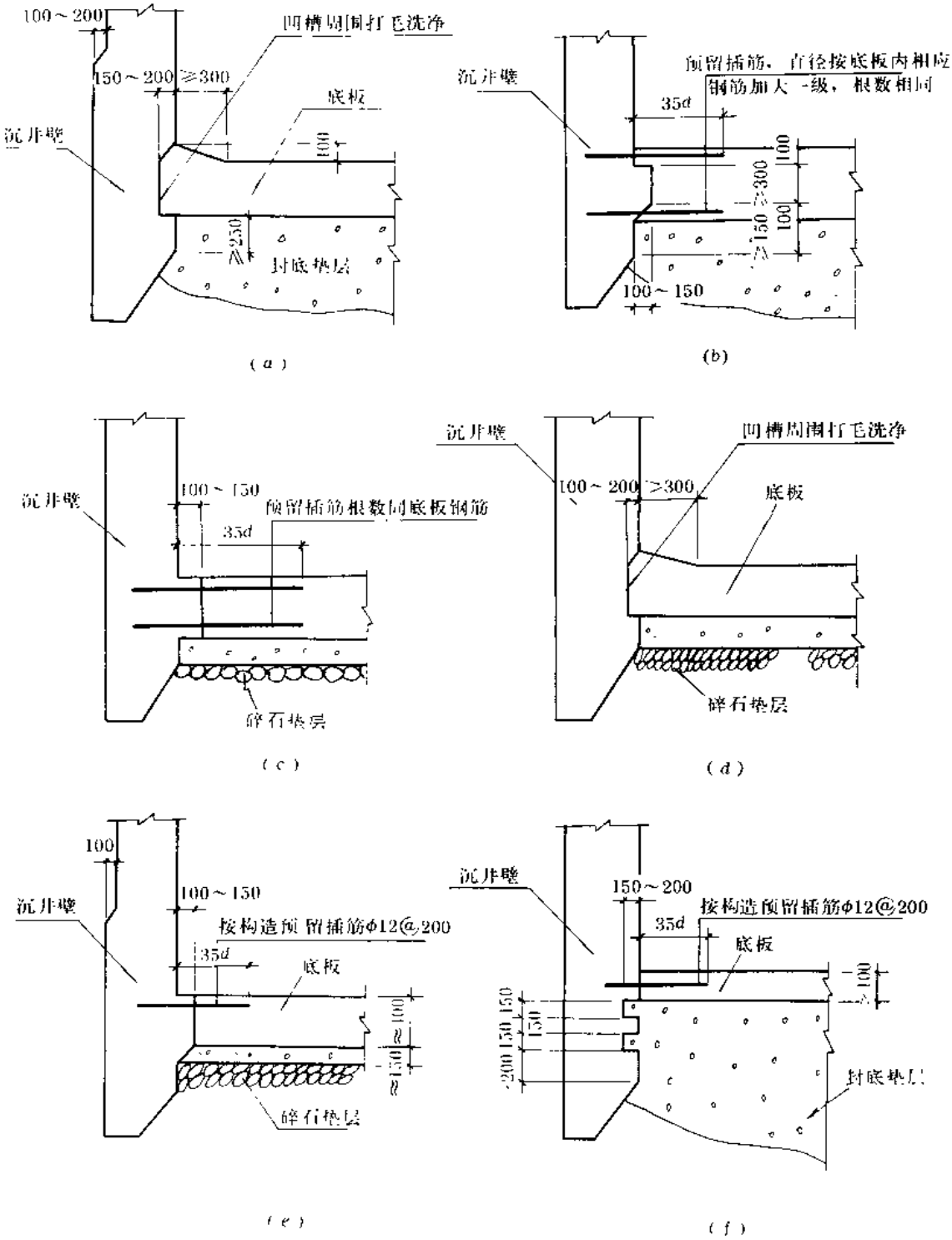


图 18-64　底板与井壁连接

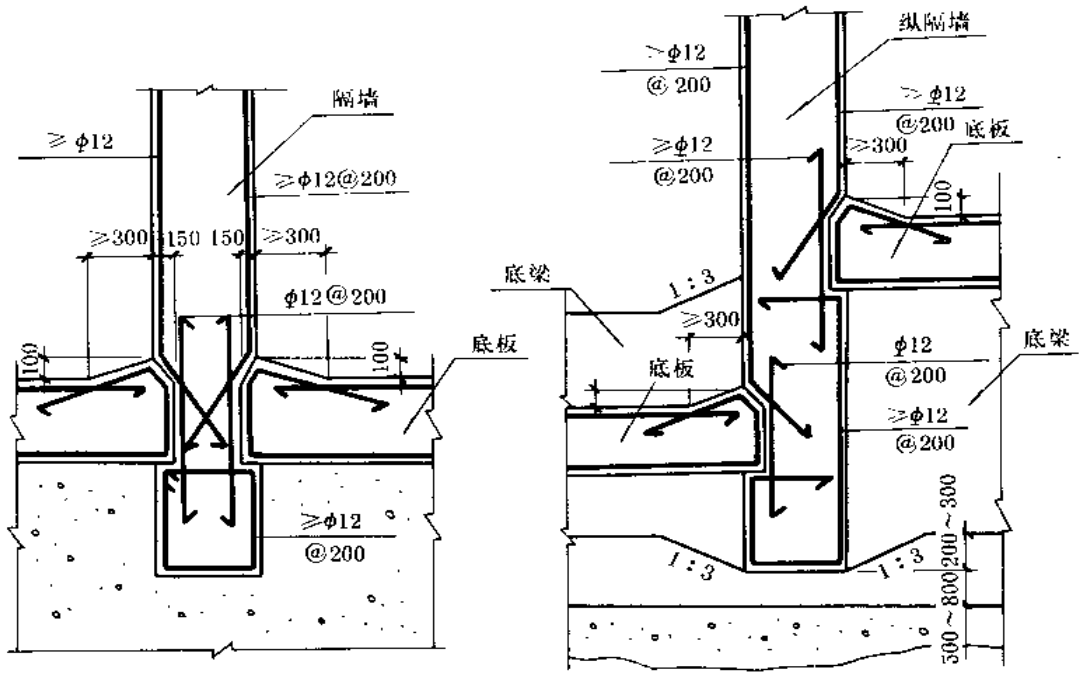


图 18-65　底板与隔墙连接

a — 两底板标高相等时；*b* — 两底板标高不等时

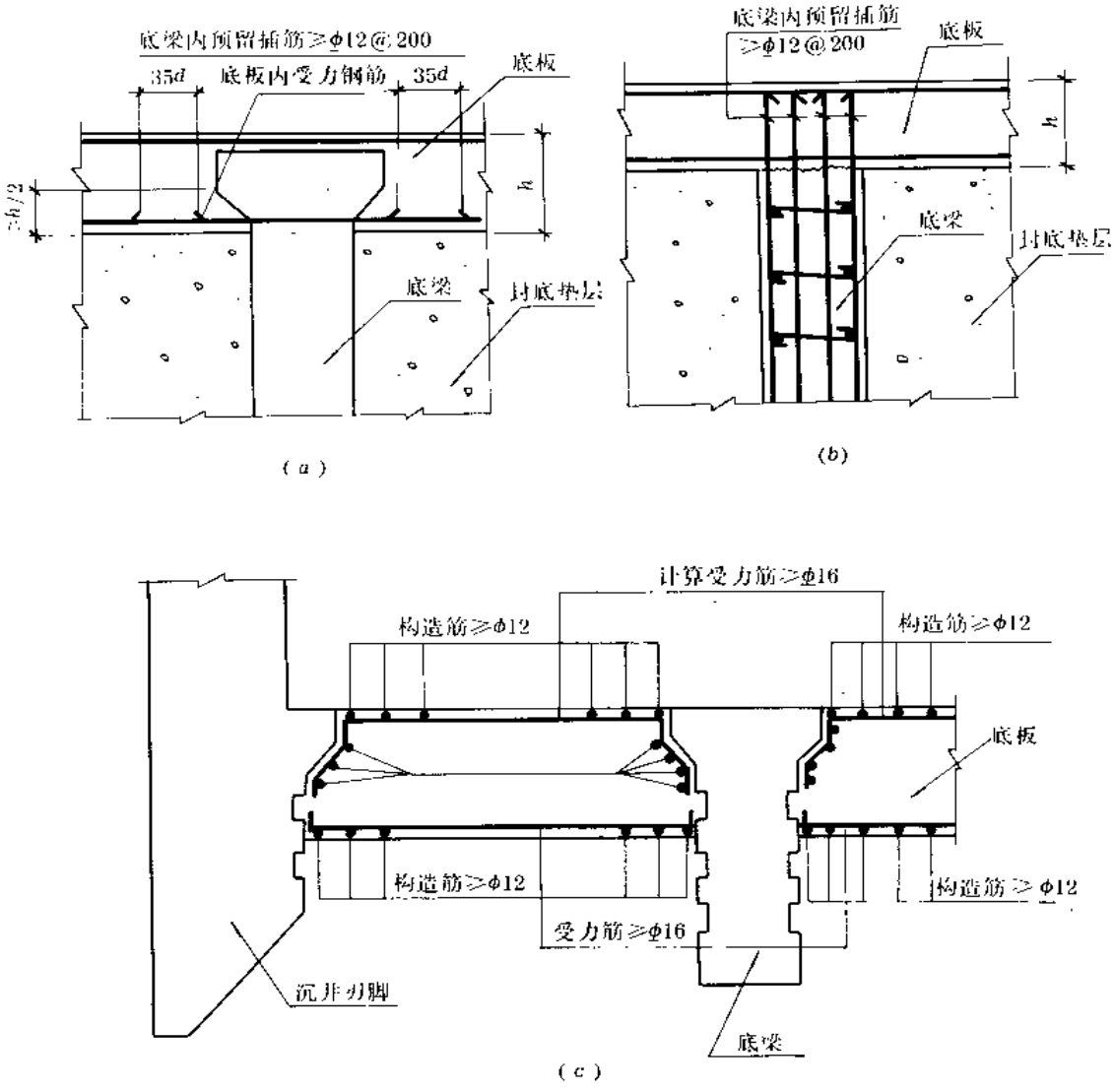


图 18-66　底板与底梁连接

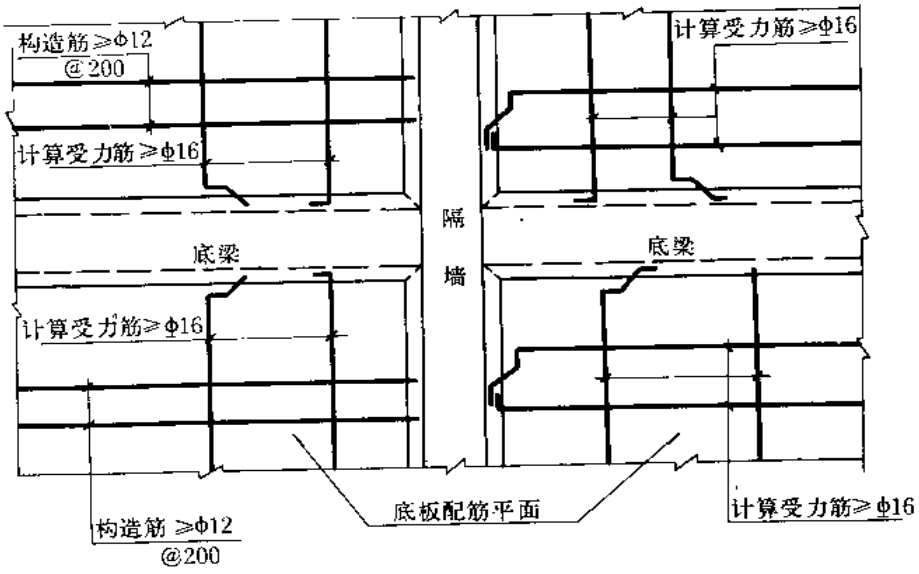
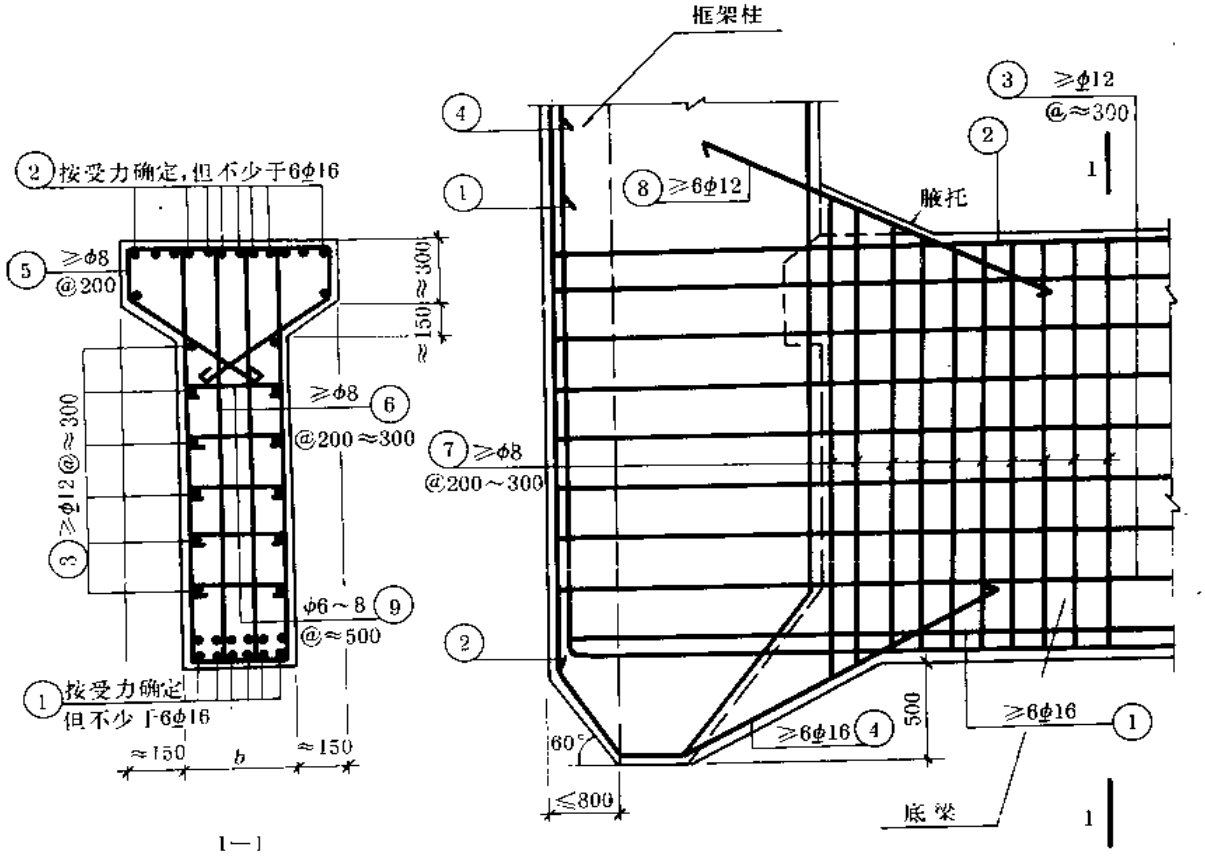
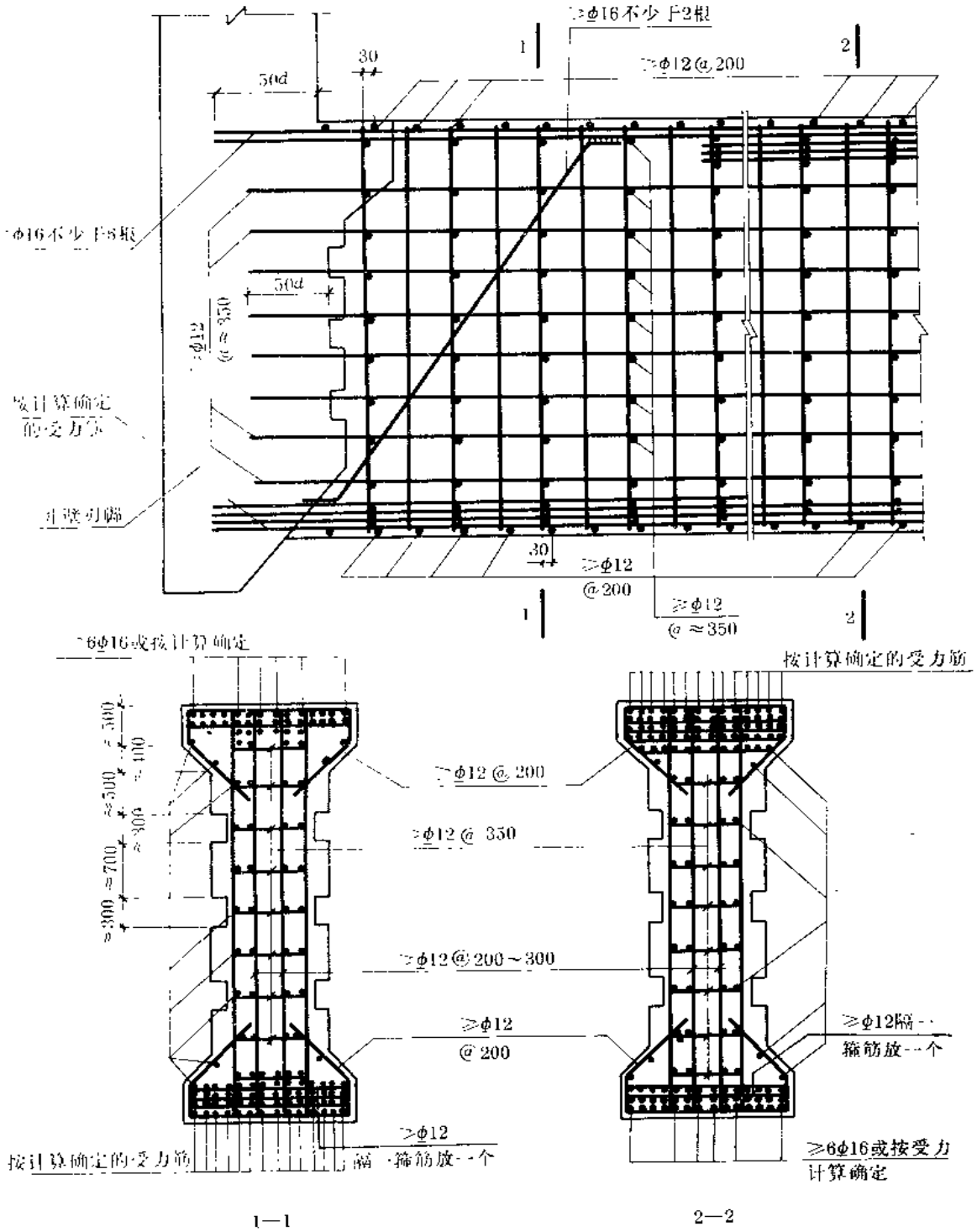


图 18-67　底板、底梁和隔墙连接



(a)



(b)

图 18-68 底梁配筋连接

a — 一般受力底梁配筋；b — 大型底梁配筋

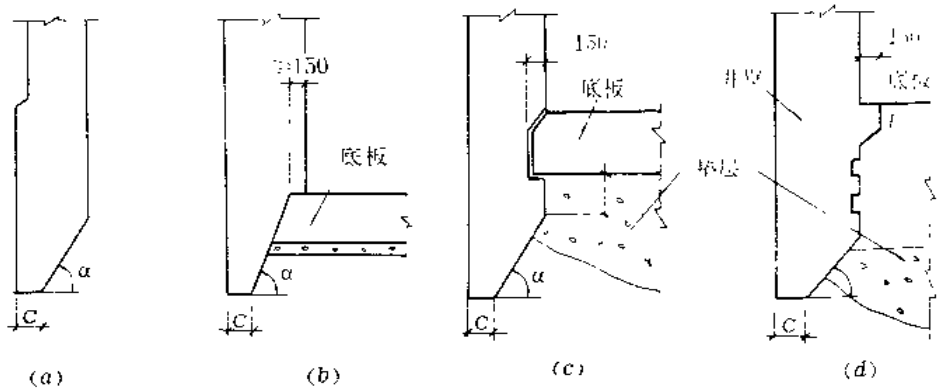


图 18-69　刃脚型式

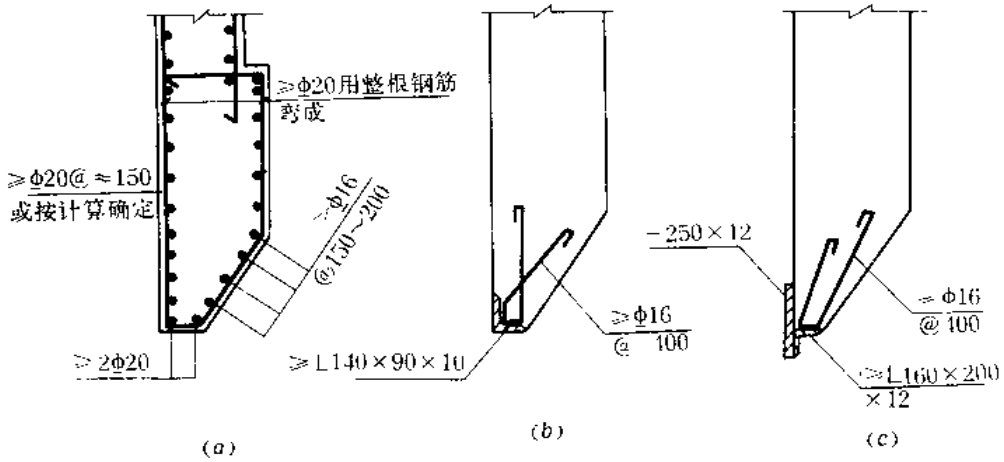


图 18-70　一般刃脚构造

a — 适用于松散土壤；b — 适用于中等粘土；c — 适用于坚硬粘土或风化岩

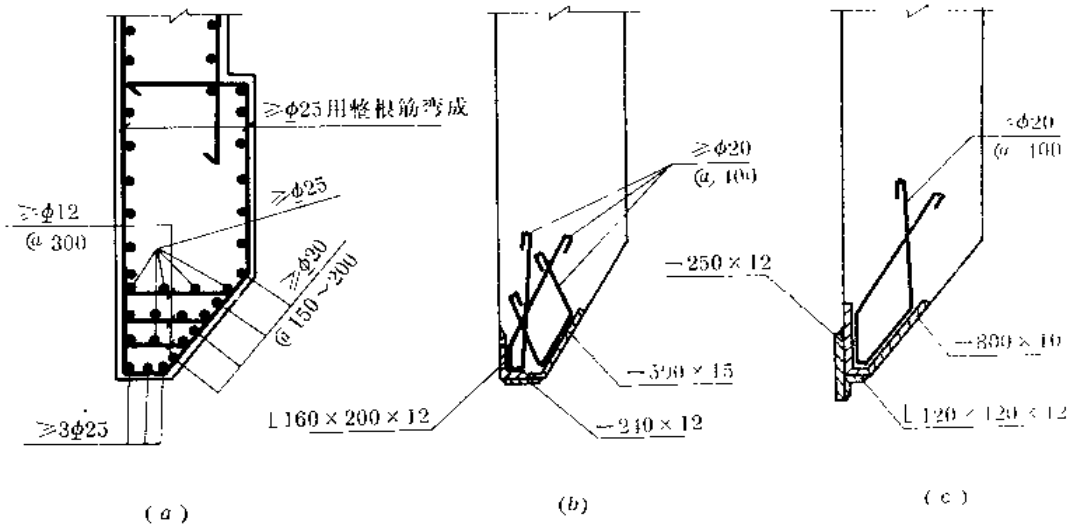


图 18-71　大型沉井的刃脚构造

a — 适用于松散土壤；b — 适用于中等粘土；c — 适用于坚硬粘土或风化岩

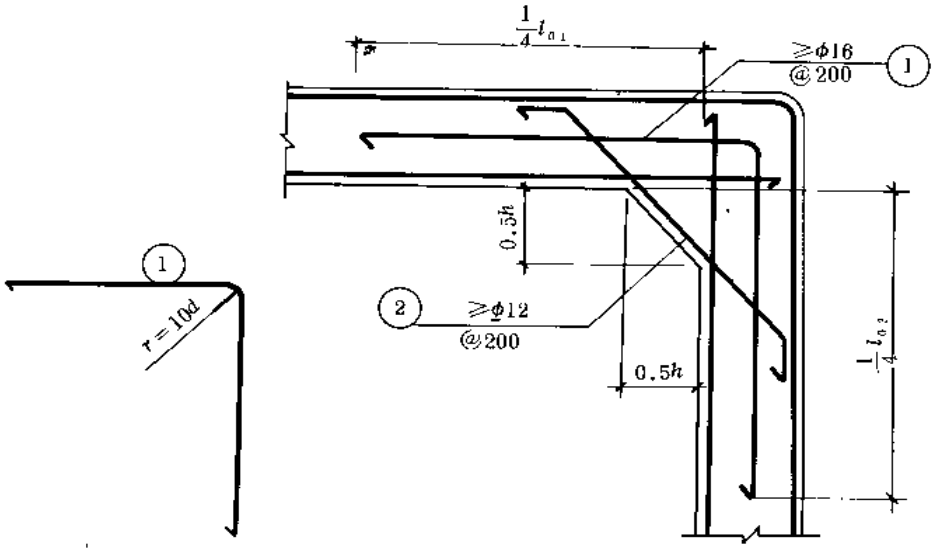
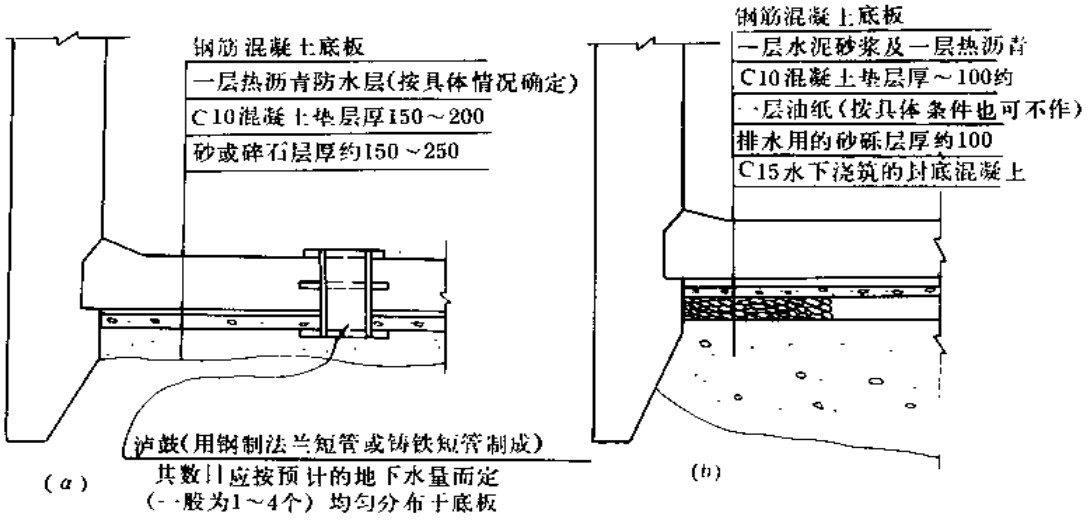


图 18-72　刃脚角隅加固



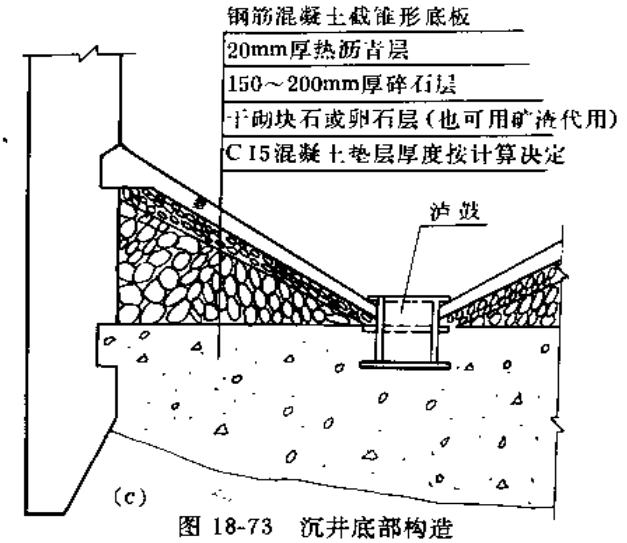


图 18-73　沉井底部构造

a — 用于排水下沉；*b* — 用于不排水下沉；*c* — 底部为锥形时

第四节　水泵站抗震措施

水泵站抗震设计烈度，一般按基本烈度采用（特殊重要部位的水泵站除外），泵站上部厂房结构抗震措施同与一般冶金工业厂房的抗震措施，可参照本手册第十三章的抗震节点构造。本节仅按地震烈度6～9度的条件补充下列抗震措施：

（1）在地震区兴建水泵站，应优先采用钢筋混凝土结构，而在下列情况下，则必须采用钢筋混凝土结构：

1）设计烈度为9度。

2）设计烈度为7度或8度，地基的主要受力层范围内有可液化土层。

3）设计烈度为7度或8度，地基的主要受力层范围内有软弱粘性土层，其相应的容许承载力分别小于80kN/m²或100kN/m²。

（2）地震区的泵站宜置于地下，其深度最好超过2m，结构不宜布置在承载能力不同的地基上，在不得已的情况下，则必须把整个结构布置在承载能力不同的组合地基上，并应用打桩或其它方法加固承载能力较低的土层，使结构物的所有基础的地基承载能力在施工前都达到一致。

（3）在地震烈度7～9度的地区内，泵站的平、剖面布置应符合下列要求：

1）平面布置应尽量符合体形简单，重量、刚度对称和均匀分布；

2）基础应尽量座落在同一高程；

3）立面高差不宜过大。

当平面布置不规则，结构刚度截然不同，基础座落高差在1.5m以上，立面高差超过3m时，均应设置防震缝。防震缝应沿建筑物全高设置，缝的两侧均应布置承重结构（墙体或框架），缝宽一般取50～70mm。基础可不设缝。

（4）固定式岸边取水泵站的场地土为Ⅲ类土或Ⅱ类土，且夹有软弱粘土层、可液化土层时，泵站应采用具有穿入稳定土层足够长度的深基础，如采用桩基或沉井基础等；进出水管宜采用钢管；应采取有效措施加强岸坡的稳定，如减缓岸坡、加设护坡等，以防由于滑坡而引起建筑物的坍陷。

（5）采用沉井结构的泵站，当其地面建筑与沉井的平面尺寸不一致时，沉井端部应设有钢筋混凝土悬臂墙或挑梁支托上部结构，应避免上部地面建筑的基础直接座落在天然地基上。

（6）当管道穿过泵站的墙壁或基础时，应符合下列要求：

1）应在墙壁或基础上设置套管，管道与套管间的缝隙宽度不小于100mm，缝隙内应用不透水而且有弹柔性的材料填塞。

2）当穿越的管道必须与墙壁或基础嵌固时，应在穿越管道处附近设置柔性连接。

（7）位于地震烈度6～9度地区的地下工程，其结构材料的选用应符合下列要求：

1）主要结构的混凝土强度等级不应低于C20；

2）砖强度等级不应低于MU10；

3）石材强度等级不应低于MU20；

4）砂浆强度等级不应低于M5。

第十九章　筒　　仓

本章内容仅适用于贮存无侵蚀性松散物料、且构件表面温度经常处于60℃以下的搁制的普通钢筋混凝土筒仓。

筒仓可分为仓上建筑、仓顶结构、仓壁、仓底、仓下支承结构（包括柱、筒壁等）和基础六个部分，如图19-1所示。

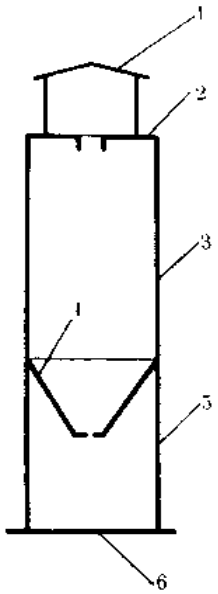


图 19-1　筒仓示意图

1—仓上建筑；2—仓顶结构；3—仓壁；4—仓底；5—仓下支承结构（筒壁和柱等）；6—基础

第一节　一 般 规 定

一、混凝土

1. 基础

贮量较小的筒仓基础其混凝土强度等级不应低于C15；而贮量较大的筒仓基础，则宜采用C20混凝土。筒仓下部为柱支承、且柱承受的荷载又较大时，也可采用强度等级为C25的混凝土。

2. 下部支承结构

不论下部支承结构为柱、筒壁、拱或墙，其混凝土强度等级一般可采用C20～C30。

3. 其它构件

筒仓其它构件的混凝土强度等级不宜低于C20。柱网尺寸较大的矩形仓的深梁仓壁和平底仓的仓底大梁的混凝土强度等级，则可采用C25或C30。

二、钢筋

受力钢筋宜采用Ⅰ、Ⅱ级钢筋；构造钢筋一般采用Ⅰ级钢筋。Ⅰ级钢筋，除特别注明者外，其末端均应设置弯钩。

钢筋的搭接长度和锚固长度，除注明者外，均按国家标准《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89）的规定采用。

三、钢构件和预埋件

一般钢结构构件（如钢梯、休息平台、钢格栅等）和钢预埋件均用A3F钢制做。连接钢筋混凝土仓壁和钢漏斗的连接件及预埋件，则应根据受力情况选用20MnSi钢或A3F钢。

四、受力钢筋的混凝土保护层

(1) 仓壁、筒壁和仓底的混凝土保护层厚度一般不应小于20mm，如钢筋直径大于20mm时，则不宜小于30mm；当上述构件的厚度小于120mm时，则混凝土保护层厚度可减少到15mm。

(2) 梁、柱的混凝土保护层厚度不应小于25mm。

(3) 基础设有垫层时，其混凝土保护层厚度不小于35mm；基础不设垫层时，则混凝土保护层厚度应为70mm。

(4) 除基础外的上述构件，当其处于露天或室内高湿度环境时，其保护层厚度宜再增加10mm。

五、配筋方式

仓顶平台板、仓壁、锥斗和仓底板，一般均宜采用分离式配筋。

六、连结钢筋

仓壁和筒壁的两层钢筋网之间，如未设定位骨架钢筋时，均应设置连结钢筋；当设有定位骨架钢筋，但仓底与仓壁为整体连接时，在距仓底六分之一的仓壁高度范围内，仍应设置连结钢筋。钢筋直径采用6mm，间距为500～700mm，并应双向交错配置。在深梁下部角区，网状筋加密的范围内，连结筋间距尚应加密，一般可取为300～400mm。

第二节　矩形斗仓

矩形斗仓系指平面形式为矩形，且仓底为矩形截锥的贮仓。根据仓的竖壁高度h与矩形平面的短边b的比值h/b，一般可将矩形斗仓分为漏斗仓($h/b=0$)、浅仓($h/b<1.5$)和深仓($h/b\geqslant 1.5$)。

一、漏斗仓

理论上漏斗仓是没有竖壁的。但在工程实践中，对斗壁上缘带有一个构造要求的或是起承重作用的小边梁的仓，也都按漏斗仓设计。

1. 壁厚

漏斗壁的厚度一般可为斗壁计算跨度的$\frac{1}{20}\sim\frac{1}{30}$，但不宜小于120mm。容量小、且贮料容重轻的漏斗，可不受此限制。

2. 斗壁配筋

(1) 壁厚大于或等于120mm时，应在斗壁的内外两侧均配置纵、横向钢筋（即双层配筋）；壁厚小于120mm时，可在斗壁上配置单层纵横向钢筋。

(2) 钢筋直径应大于8mm，间距不应小于70mm，也不应大于200mm。

（3）斗壁的斜向钢筋或水平钢筋（内外侧之和）的最小配筋百分率，应不小于斗壁构件全截面的0.3%。

（4）斜向钢筋均应锚固于斗壁的上、下边梁内。在未有其它锚固措施时，钢筋锚入上边梁的长度均不应少于50d（d为钢筋直径），见图19-2，锚入下边梁（即卸料口边梁）或邻壁的长度均按受拉钢筋的锚固长度考虑，见图19-3，如为月牙变形钢筋，则应再增加5d。

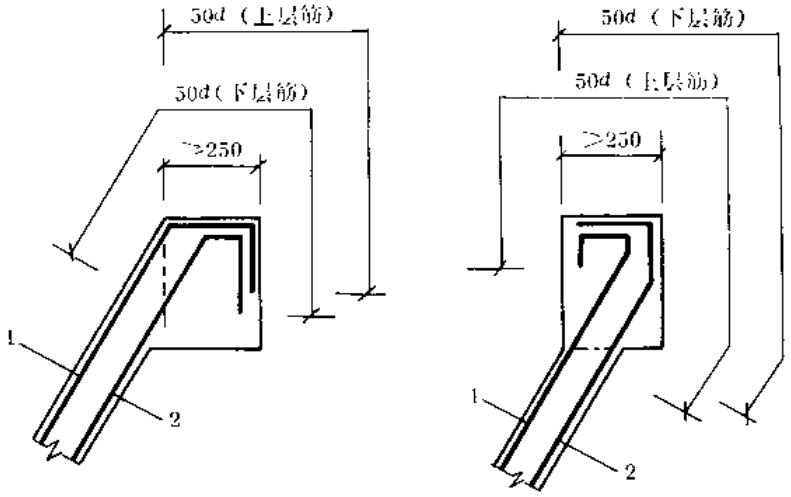


图 19-2　斗壁斜向钢筋锚入上边梁

1—上层钢筋；2—下层钢筋

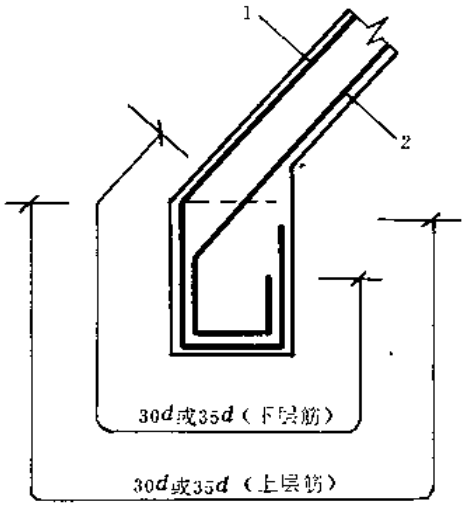


图 19-3　斗壁斜向钢筋锚入下边梁

1—上层钢筋；2—下层钢筋

（5）漏斗壁水平钢筋弯入邻壁的长度，除按强度计算外，还不应小于50d（d为钢筋直径）。

（6）漏斗壁的配筋见图19-4、图19-5。

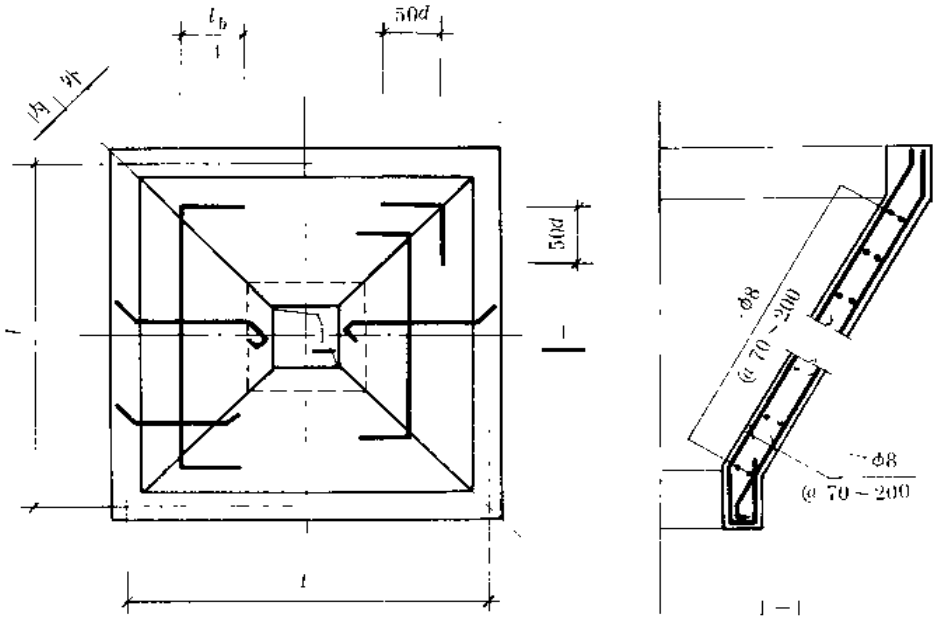


图 19-4　斗壁配筋

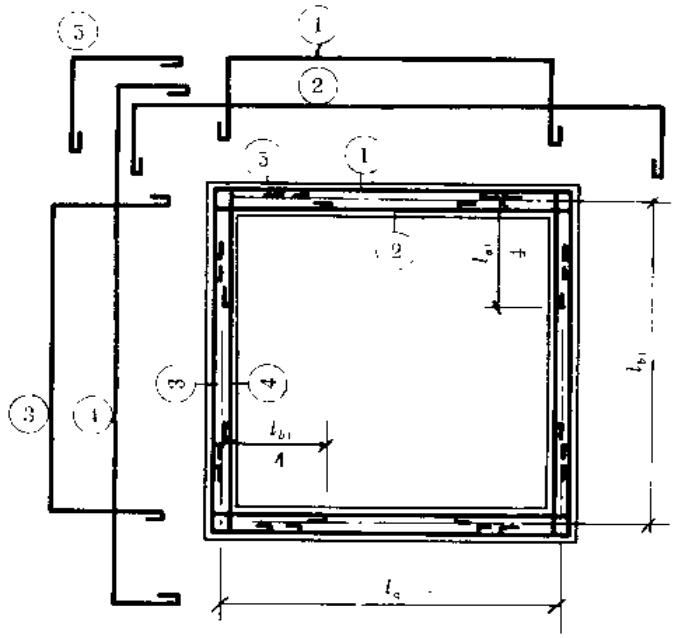


图 19-5　斗壁水平钢筋配置

3. 漏斗边梁

（1）上边梁的宽度不宜小于250mm。如有平台板与边梁连接时，梁内箍筋形式应按边梁有无受扭的可能性而选定。梁内箍筋直径不应小于6mm，间距不应大于200mm。

（2）下边梁的宽度不应小于200mm。梁内水平钢筋的直径不小于14mm。相邻边梁水平钢筋的搭接长度应按受拉接头确定，外侧钢筋应焊接成封闭方框。梁内箍筋直径不应小于6mm，间距不应大于150mm，见图19-6*a*。当漏斗设有双卸料口时，卸料口间的小梁应根据卸料可能产生的情况确定是否需设受扭箍筋。受扭箍筋的直径不应小于10mm，间距不应大于

150mm，见图19-6*b*。

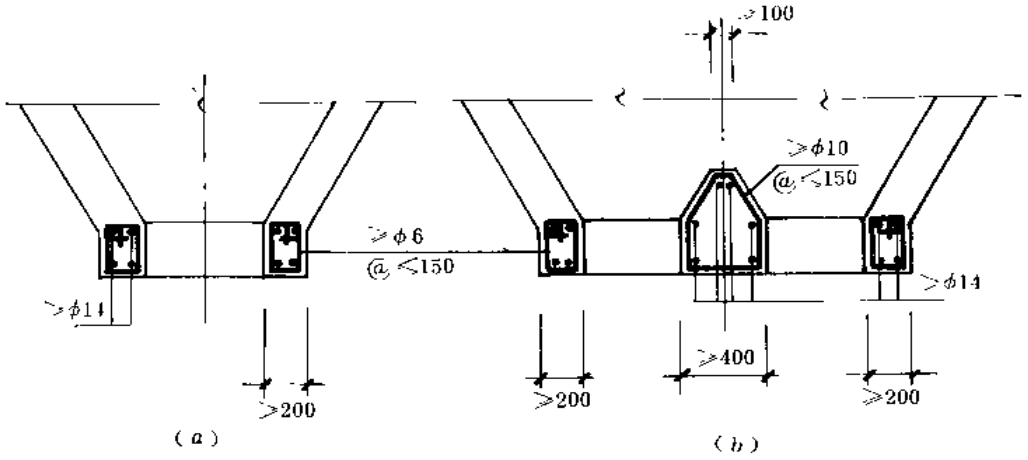


图 19-6　下边梁构造

a — 单卸料口时；　*b* — 双卸料口时

4. 斗壁交角

在两个方向漏斗壁板相交组成的交角处，除交于该处的斗壁斜向钢筋应按前述构造要求配置外，尚应采取下列措施：

(1) 漏斗四角应按计算配置吊挂骨架钢筋，其直径不应小于16mm，位置应尽量靠近两壁交角的外侧。骨架钢筋上端应锚固于漏斗的支承结构中，其锚固长度应不小于50*d* (*d* 为钢筋直径)。漏斗下部骨架钢筋的配置数量，可根据计算结果予以减少，但不得少于上部配置数量的30%。吊挂骨架钢筋的下端均应锚入下边梁，见图19-7。

(2) 漏斗壁交角的内侧宜做成圆弧形或折线形。如因工艺要求，而在该处做有较大加腋时，则加腋处上端加出的宽度 *a* 不宜小于壁厚，也不小于150mm，下端则逐渐减少到零。加腋处应加置附加钢筋，其间距和直径均同于该处斗壁内侧的水平钢筋，伸入两边斗壁的锚固长度同受拉接头的搭接长度。交角处的加腋构造见图19-8。

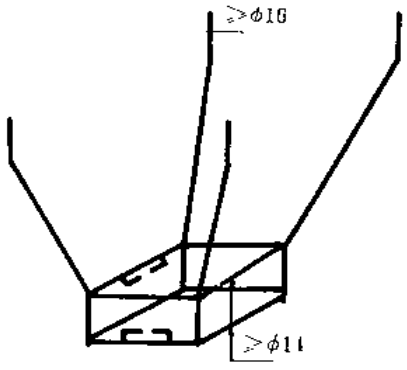


图 19-7　漏斗四角吊挂骨架钢筋

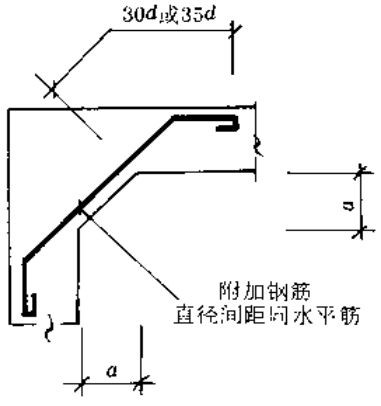


图 19-8　斗壁交角处的加腋构造

二、低壁浅仓

对于单跨仓，其竖壁高度与该壁平面内的支承跨度的比值 h/l 小于0.5时为低壁浅仓；对于多跨连续仓，当 h/l 小于0.4时为低壁浅仓。低壁浅仓的竖壁可按一般梁进行计算和构造。

1. 竖壁厚度

竖壁厚度应满足结构设计要求及施工方便，一般可取该壁板平面外计算跨度的 $\frac{1}{20}\sim\frac{1}{30}$，但不应小于150mm。

2. 配筋

低壁浅仓锥斗部分的配筋和构造要求同漏斗仓。

(1) 竖壁内外侧均应配置垂直和水平钢筋。

(2) 低壁浅仓竖壁承受平面内整体弯曲作用的强度计算，一般可按普通梁的强度计算方法进行，但由于竖壁截面计算高度的取法有两种方式，故相应的配筋构造也有所差别。

1) 当构件截面计算高度仅取竖壁高度时，承受正弯矩和邻边拉力的钢筋，应集中配置在竖壁底部，数量应不小于2ϕ16mm；而承受相应负弯矩和壁顶邻边拉力的钢筋，则应集中配置在竖壁支承点处的竖壁顶部，配置量也不小于2ϕ16mm，并应通长设置，见图19-9。

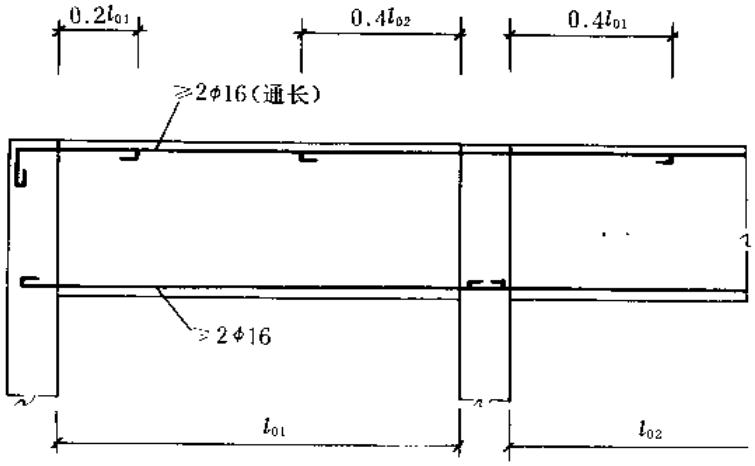


图 19-9　竖壁纵向受力钢筋的配置

2) 当构件截面计算高度取为竖壁高度再加上0.4倍的竖壁计算跨度时，承受负弯矩及壁顶邻边拉力的钢筋配置位置和要求同图19-9，而承受正弯距作用的钢筋，则应配置在所取组合截面底部的漏斗壁中，承受竖壁底边邻边拉力的钢筋，则应配置在竖壁的底部。

(3) 沿竖壁高度两侧应对称配置水平钢筋，其最大间距不得超过200mm，最小直径为10毫米，如图19-10所示。在水平截面上的配置方式见图19-5。总的最小配筋率为全截面面积的0.3%。当竖壁交角处有支承柱时，图19-5中的⑤号钢筋在有柱伸入的竖壁区段可不设置。

(4) 竖壁的垂直钢筋应按计算确定，并采用箍筋形式，其直径不应小于10mm，间距不大于200mm，总的最小配筋率为全截面面积的0.3%，见图19-10。垂直钢筋的搭接长度均按受拉接头要求考虑。

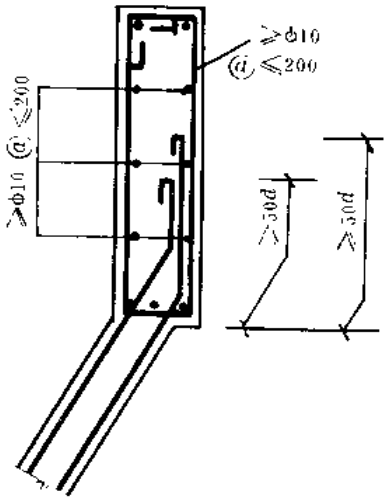


图 19-10　竖壁配筋

(5) 竖壁下方左右两侧均有斜壁时，应设置水平连接钢筋，使两侧壁间有较好的连接。连接钢筋的配置方式有两种：一是由垂直钢筋附带水平段，沿竖壁两侧均匀配置（见图19-11*a*）；二是另加一根附加的短钢筋，沿竖壁底面配置，其直径间距均可同于垂直钢筋（见图19-11*b*）。

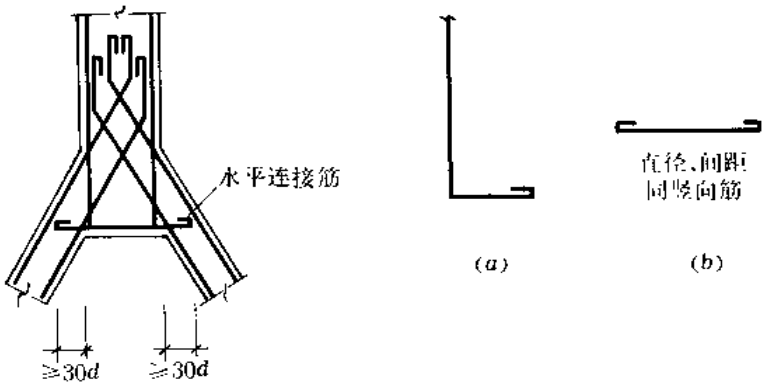


图 19-11　竖壁与双斜壁连接处的构造

3. 竖壁交角处

当仓的下部支承柱未延伸到仓顶平台时，竖壁交角处应加腋。加腋宽度不小于150mm，并应配置附加钢筋。钢筋的直径和间距应同于该处竖壁配置的水平钢筋，配筋形式见图19-12。图19-12*a*、*b*两种形式较为常用。当下部支承柱延伸到仓顶平台时，则应根据贮料特性和里衬铺砌情况确定是否加腋。

4. 竖壁配置

下部支承柱延伸至仓竖壁内时，竖壁一般应对柱居中布置。当竖壁如因设置保温层等因

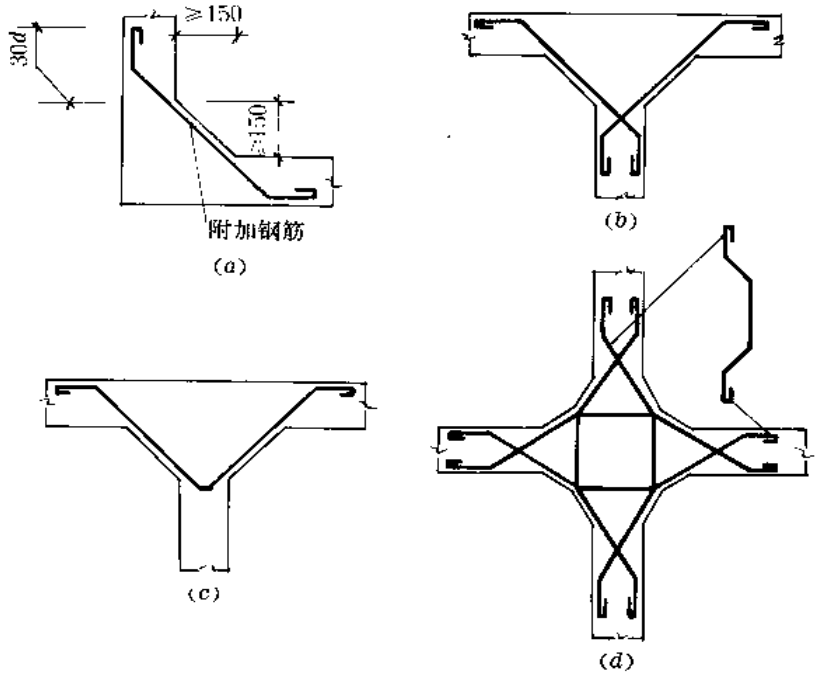


图 19-12　竖壁加腋配筋构造

素，而需对柱偏心设置时，则竖壁边至柱边的距离应不小于50mm，见图19-13。

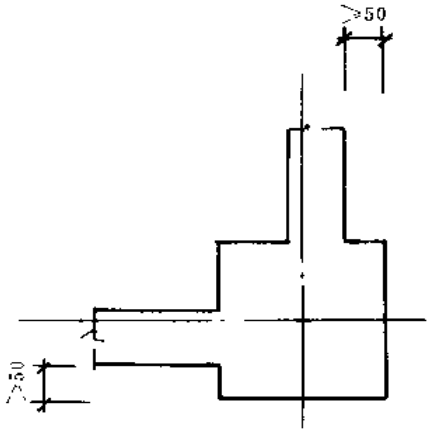


图 19-13　竖壁配置

三、高壁浅仓

高壁浅仓系指竖壁应按深梁计算的浅仓，对于单跨仓，竖壁高度与其平面内计算跨度的比值 h/l 大于或等于0.5，对于多跨连续仓，$h/l \geqslant 0.4$。

1. 壁厚

壁厚应按计算确定，一般可取该壁板平面外计算跨度的 $\frac{1}{20} \sim \frac{1}{30}$，但不应小于150mm，也不小于壁高的1/25。

2. 配筋

竖壁的配筋主要有分散配筋和集中配筋两种方式，其次尚有分散与集中相结合的配筋方式。

（1）竖壁钢筋应按计算确定，但垂直钢筋的直径不宜小于10mm，水平钢筋的直径不宜小于8mm。钢筋间距最小为70mm，最大为200mm。水平或垂直钢筋的总的最小配筋率，均不应小于构件全面积的0.3%。

（2）竖壁采用分散配筋时，其配筋方式如图19-14所示。

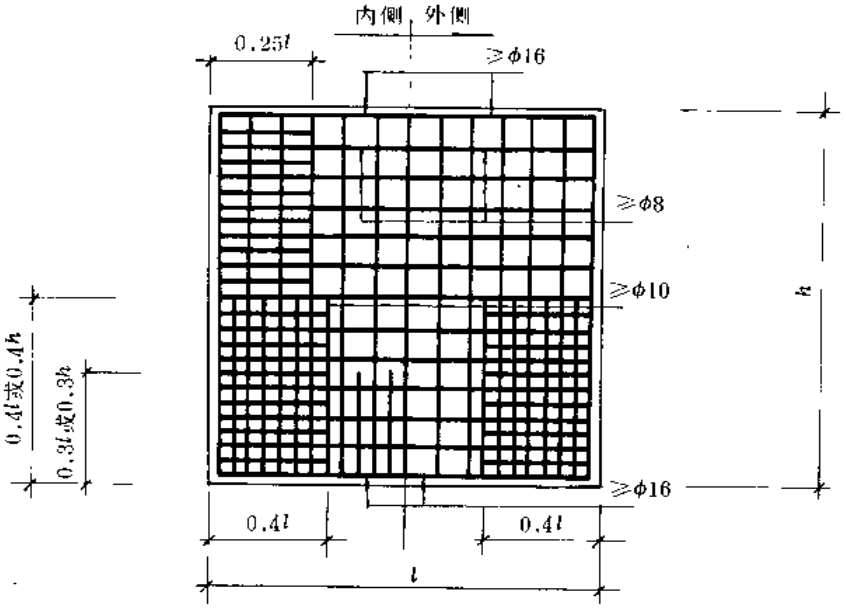


图 19-14　高壁浅仓竖壁的分散配筋

1）竖壁上缘最少应通长设置2φ16mm 钢筋（内外侧各一根），该钢筋可兼作受力钢筋。

2）两旁均可能贮存散料的中间竖壁，其两侧钢筋应按图19-14中的内侧配筋形式配置。

3）图19-14中，凡注有两个数值时，均取二者的小值。

（3）竖壁采用集中配筋方式时，根据构件边界条件可区分为：

1）单跨简支竖壁：承受纵向弯曲的主钢筋应配置在竖壁底部的（0.15～0.2）h 或（0.15～0.2）l 范围内（取二者的小值，当 $h/l=0.5$ 时，取下限；$h/l=1$ 时，取上限）。该钢筋的端部弯钩应沿水平方向配置，其最小配筋百分率按表19-1采用。

单跨简支竖壁的主钢筋最小配筋百分率，%　　表19-1

钢筋类别	混凝土强度等级	
	C20及以下	C25～C40
Ⅰ级钢筋	0.20	0.25
Ⅱ、Ⅲ级钢筋	0.15	0.20

主钢筋不允许在跨中弯起或截断，必须全部伸入支座，且过支座中心线，其锚固长度从支座边缘算起取$50d$（d为钢筋直径）并不允许采用绑扎搭接。

竖壁两侧的网状钢筋，其垂直方向的和水平方向的最小总配筋百分率均为0.3%，且水平钢筋的直径不应小于8mm，竖向钢筋的直径不应小于10mm，最大间距均为200mm，配筋形式见图19-15。

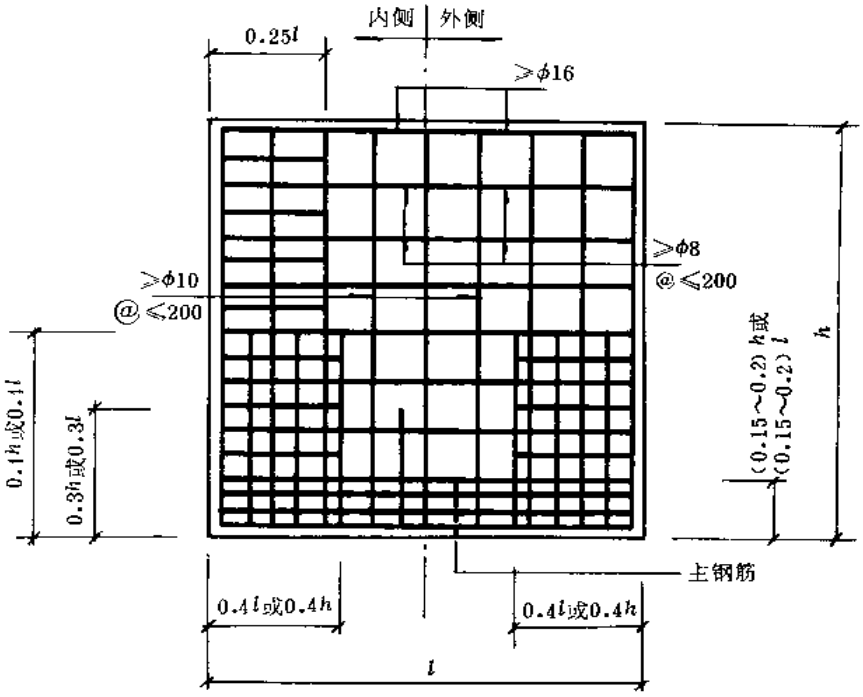


图 19-15　高壁浅仓竖壁集中配筋

竖向钢筋尚应能起到将壁下部的吊挂荷载传至壁的上部的作用。当壁的高度大于壁的计算跨度时，则下部荷载仅需传至的高度相当于壁的计算跨度以上即可。如按前述构造要求配置的竖向钢筋尚不能传递竖壁下部的吊挂荷载时，则应加设附加竖向钢筋将下部荷载传到壁的上部。附加竖向钢筋向上延伸的长度可取l或h二者的小值，在靠近梁支座的1/4跨间内可减短至$0.7h$或$0.7l$的小值，见图19-16。

全部竖向钢筋在其绕过壁下部承受弯曲拉力的纵向主筋处都不应中断。

2）多跨连续竖壁：两侧钢筋网应按计算确定，其构造要求与单跨简支竖壁的相应钢筋构造要求相同。

壁下部的受拉主钢筋应延伸至壁全跨，其最小配筋率、钢筋配置范围、伸入支座的锚固长度等构造要求，均同于单跨简支竖壁受拉主钢筋的构造要求。

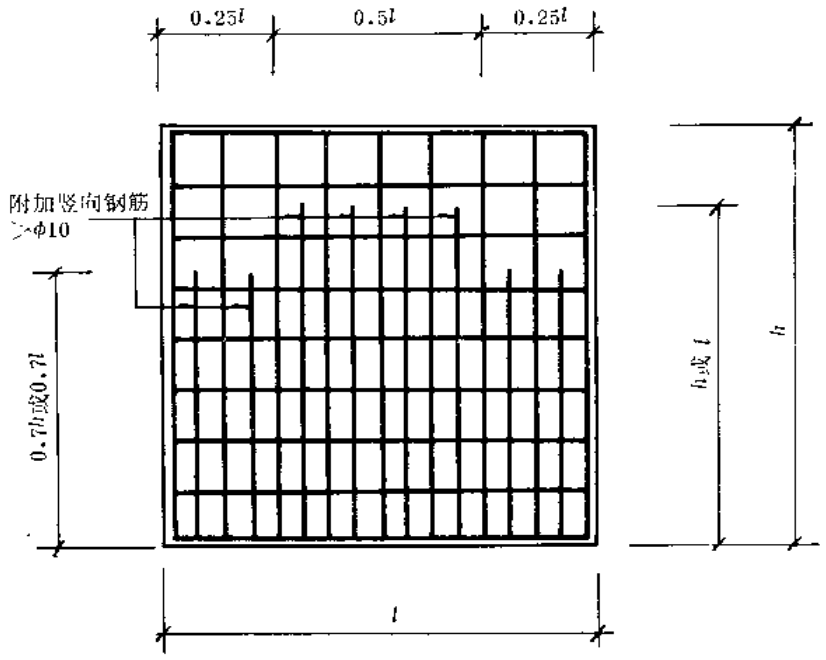


图 19-16　附加竖向钢筋配置

竖壁支座处承受负弯矩的受拉钢筋 A_s 的配置可有两种方式，一是根据壁的高跨比，按图19-17所示的范围配置。

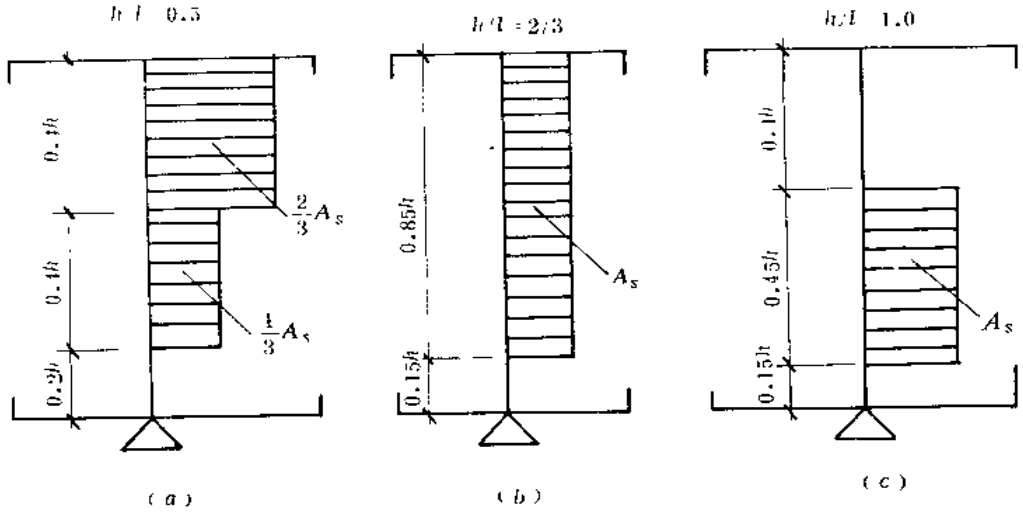


图 19-17　支座钢筋的配置

当 $h>l$ 时，在支座处由壁底算起，高度为0.6l 以上范围内壁的侧面，可仅配置同单跨简支竖壁一样的正交钢筋网，但在竖壁顶端仍应配置2ϕ16mm 的构造钢筋。

支座处配置的水平钢筋，其一半应延伸到相邻跨的全跨，而另一半钢筋则可断在离支

座0.4h或0.4l处（取二者较小值）。

另一种方法是我国《混凝土结构设计规范》中提到的，即不论竖壁高跨比为多少，支座受拉负筋均按图19-17（a）的形式配置。但对$h/l>\frac{2}{3}$的深梁，在中间支座处，从梁底算起为（0.2～0.6）h的梁腹范围内，包括纵向受力钢筋和附加水平分布钢筋在内的水平分布钢筋的配筋率不应小于0.5%，尚不应小于$1.67\frac{A_s}{bh}$。附加水平钢筋的长度可取为0.8l、对称于支座中心线放置。而支座的上部纵向受拉钢筋宜贯通全跨。

（4）当竖壁上作用着一个贯穿该壁全高的间接荷载（如贮仓竖壁上连有一个没有支承柱的中间隔板）时，则应在该间接荷载的两侧配置吊筋以传递这个荷载。吊筋可由竖向钢筋构成，且应配置在3b_1范围内（b_1为间接荷载施加范围的宽度，或上述中间隔板的厚度）。竖向吊筋的长度可取h或l二者的较小值，见图19-18。

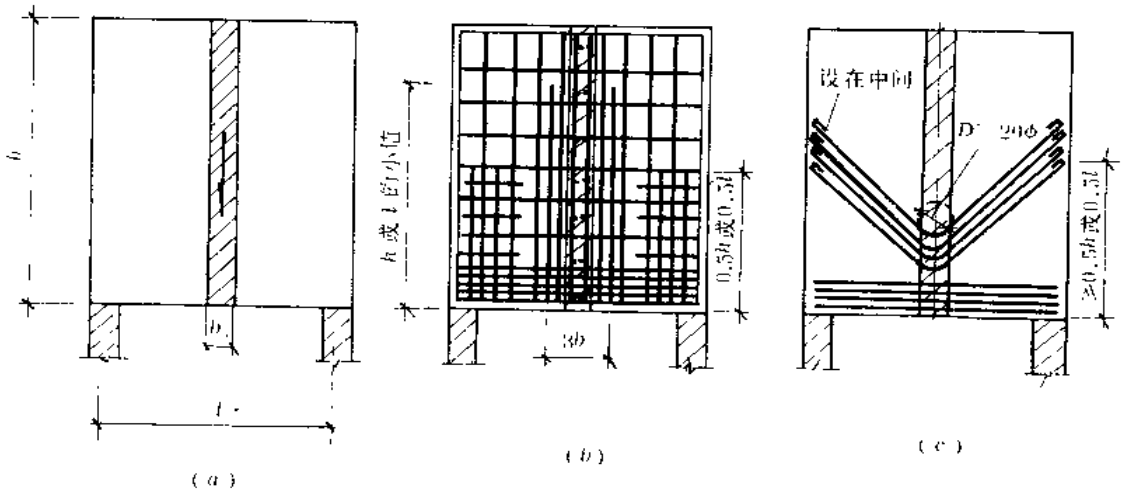


图 19-18　承受间接荷载的吊筋配置

如间接荷载较大，也可设置一部分大曲率半径的弯起吊筋（弯折处曲率半径至少等于10倍钢筋直径），对称地沿该荷载作用线配置，如图19-18c所示。但由这些弯起吊筋承受的荷载最多不应超过该间接荷载的60%。

（5）具有间接支承的竖壁（如支承在两侧仓壁上，且该处又无支承柱的中间隔板），应在壁的下部角区配置附加正交钢筋网，或除配置正交钢筋网外，尚增配附加斜向钢筋。

如角区仅配置附加正交钢筋网，则其配置范围可同图19-15所示的单跨简支竖壁的角区配筋范围。该钢筋网的竖向钢筋应能承受剪力V的拉力，水平钢筋应能承受0.8V的拉力。如竖壁配置一般钢筋网，并在支承处有可靠的锚固时，则在角区范围内的这部分钢筋网也可作为附加钢筋网的一部分纳入上述计算。

当$V\geqslant 0.075f_cbh_0$时，在角区内除配置附加正交钢筋网外，尚应配置附加斜向钢筋。附加斜向钢筋和附加钢筋网的配置数量，应均能承受0.8V。斜向钢筋的配置范围见图19-19，其直径应不小于10mm。图19-19中，h_1和l_1分别为具有间接支承的竖壁高度和竖壁跨度。

斜向钢筋和竖向钢筋均应不中断地绕过竖壁下部受力主钢筋。斜向钢筋应可靠地锚固在支座区域内。

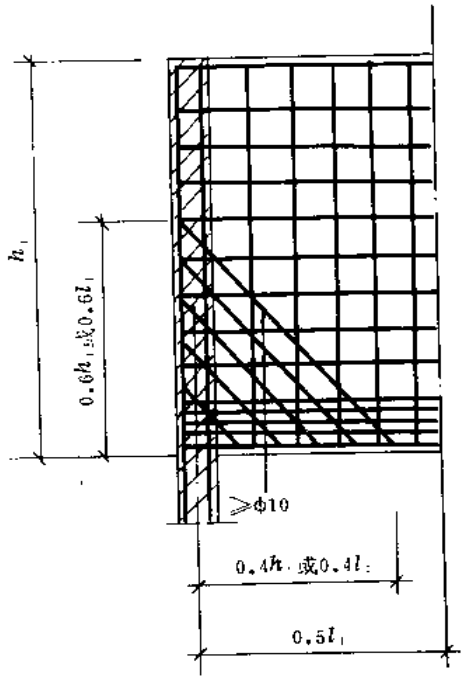


图 19-19　间接支承的角区斜向钢筋配置

(6) 如上述的几项附加钢筋同时需要，则配筋时应综合几方面因素配置钢筋。

(7) 高壁浅仓的锥斗壁和卸料口边梁的配筋构造，均与漏斗仓的相应部分相同。

四、深仓

1. 竖壁

竖壁的厚度、最小总配筋率、钢筋最小直径和间距等构造要求均同于低壁浅仓的相应部分。

(1) 竖壁下缘至高度相当于该壁计算跨度的范围内竖壁的配筋，应与高壁浅仓竖壁的配筋方式相同。

(2) 上述范围以上的竖壁配筋，主要取决于竖壁平面外的弯曲计算，可仅配置正交钢筋网，以承受平面外弯曲作用、邻边拉力和纵向压力等。其水平筋的配置方式与图19-5所示的漏斗仓斜壁水平筋的配置方式相同。

(3) 竖壁交角处的加腋和竖壁平面位置的布置分别与图19-12、图19-13的低壁浅仓的相应部分相同。

2. 锥斗壁和卸料口边梁

锥斗壁和卸料口边梁的配筋构造要求，均同于漏斗仓的相应部分。

第三节　槽　形　仓

槽形仓系指在支承结构之间，仓体各横剖面均一致的仓（卸料口的影响除外）。本节仅适用于竖壁高度 h 小于0.5倍计算跨度的单跨槽形仓。

1. 混凝土强度等级

槽形仓仓壁和仓底的混凝土强度等级不宜低于C25。

2. 壁厚

竖壁壁厚可取计算跨度的 $\frac{1}{20}\sim\frac{1}{30}$；斜壁壁厚可取计算跨度的 $\frac{1}{15}\sim\frac{1}{25}$，但最小厚度不得小于150mm。

3. 仓体配筋

(1) 竖向钢筋应按计算确定，但直径应不小于10mm，钢筋间距最大为200mm，最小为70mm。最小配筋百分率为全截面的0.4%。

(2) 贯穿全跨的水平构造钢筋的直径应不小于8mm，间距不大于200mm，总的最小配筋百分率为全截面的0.3%，且其配置量不得小于竖向最大弯矩作用处竖向钢筋配置量的40%。

(3) 承受整体弯曲作用的水平受力筋的接头应采用焊接接头，且在一个接头长度范围内，接头钢筋的根数应不超过钢筋总数的50%。

(4) 仓壁、仓底的钢筋均应伸入相邻构件，其锚固长度均为50倍钢筋直径。

(5) 槽形仓仓底（斜壁和平底）的配筋见图19-20，竖壁配筋见图19-21；仓体横剖面配筋见图19-22。

(6) 常用的槽形仓端板有矩形和多边形两种形式，其有关构造要求为：

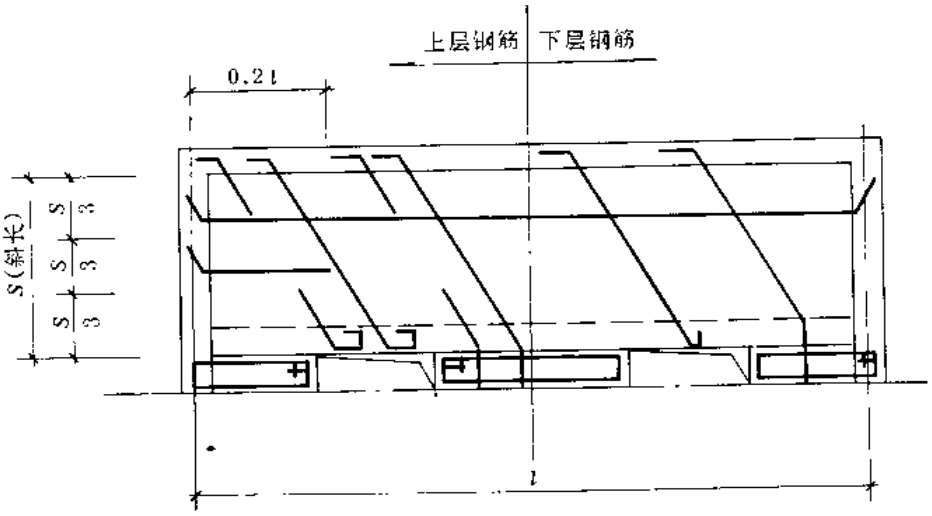


图 19-20 槽形仓仓底配筋

1) 槽形仓一般宜设置矩形端板。端板内应配置承受邻边拉力、下部吊挂力和平面外弯曲作用的钢筋。钢筋配置方式类同于高壁浅仓的配置，但除配置正交钢筋网外，尚应沿仓底的斜壁方向配置斜向钢筋，其数量应不少于2ϕ20mm，见图19-23。图19-23表示了上述斜向钢筋，未表示正交钢筋网和下部主要受力钢筋等。

2) 当采用多边形端板时，板内钢筋除按正交网格配置外，承受平面内整体弯曲作用的主要水平钢筋应配置在如图19-24所示的第二个 $\frac{h_2}{4}$ 的范围内，沿斜面亦应配置数量不少于2ϕ20mm 的钢筋。

3) 端板内所配置的钢筋弯入相邻构件的锚固长度应不小于50倍钢筋直径。

(7) 卸料口边梁的配筋应按计算确定，其构造要求同漏斗仓的卸料口边梁。

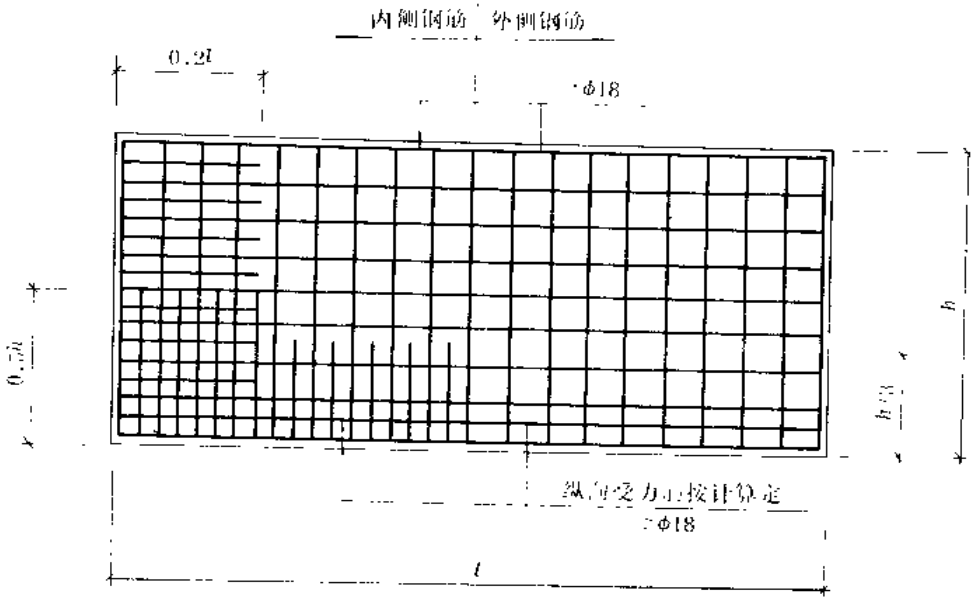
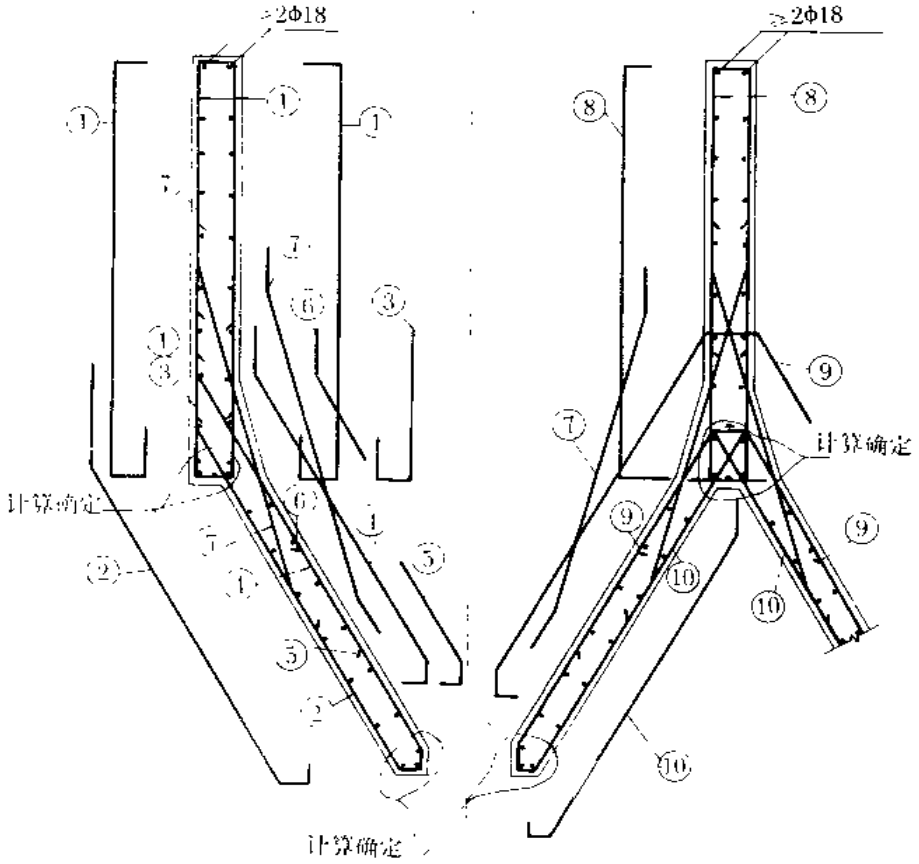


图 19-21　槽形仓竖壁配筋



全部斜向、竖向钢筋应≥ϕ10 @70～200

图 19-22　槽形仓横剖面配筋

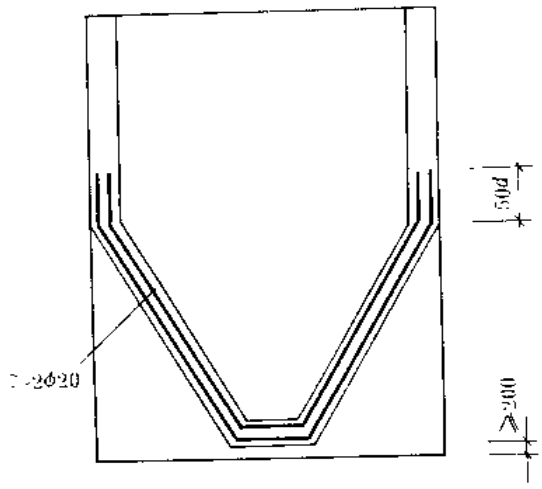


图 19-23　矩形端板的斜筋配置

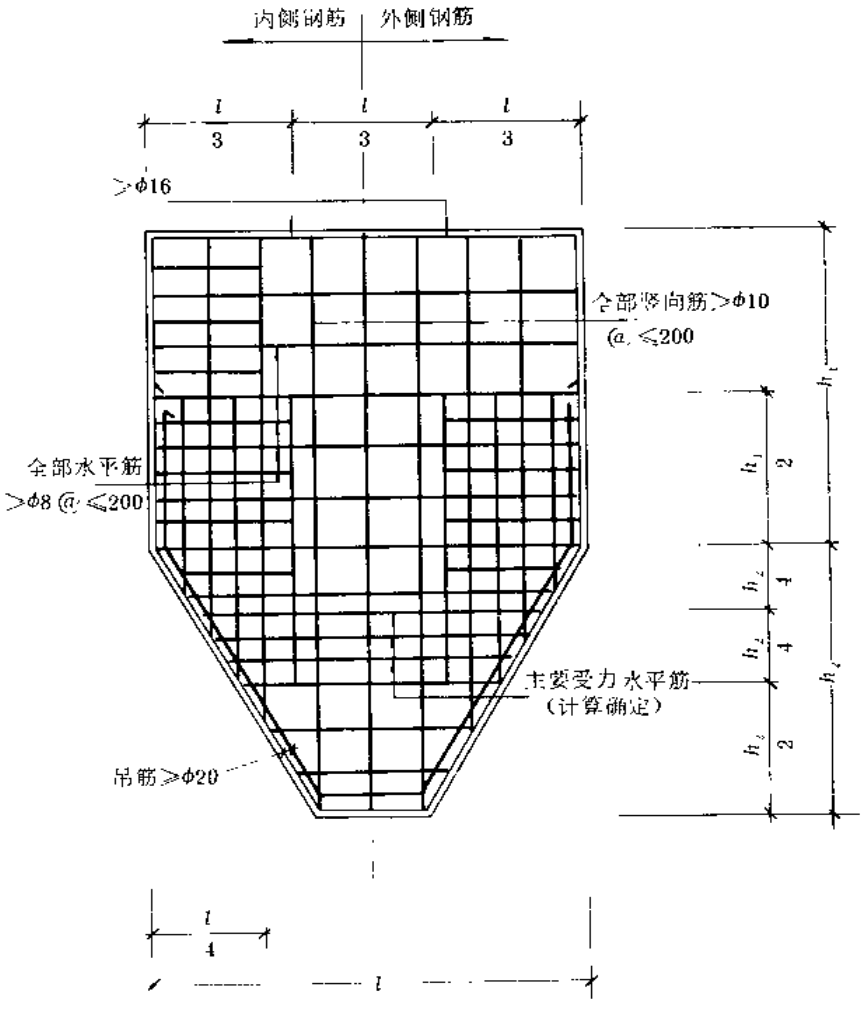


图 19-24　多边形端板的配筋

（8）竖壁平面位置的配置和竖壁交角处加腋的处置原则及构造要求，均同于矩形低壁浅仓的相应部分。

第四节　圆　　仓

本节叙述圆锥漏斗，圆形浅仓（$h/D<1.5$）和圆形深仓（$h/D\geqslant 1.5$）的配筋构造。

一、圆锥漏斗

圆锥漏斗是圆仓常用的仓底形式之一。由单一圆锥漏斗构成仓底的圆仓直径一般都较小，当贮料容重在1～1.5t/m³时，仓径宜小于或等于9m。

1. 壁厚

圆锥形吊挂锥斗的壁厚，一般不宜小于120mm。

2. 配筋

（1）壁厚大于或等于120mm时，应采用双层配筋。所有钢筋的直径均不应小于8mm，间距不小于70mm，也不大于200mm。

（2）环向钢筋或径向钢筋的总的最小配筋率应为其全截面面积的0.3%。

（3）径向钢筋不允许采用绑扎接头，其上端伸入环梁或仓壁的锚固长度应不小于50倍钢筋直径，下端伸入卸料口边梁的长度同受拉钢筋的锚固长度，如图19-2、图19-3、图19-25所示。

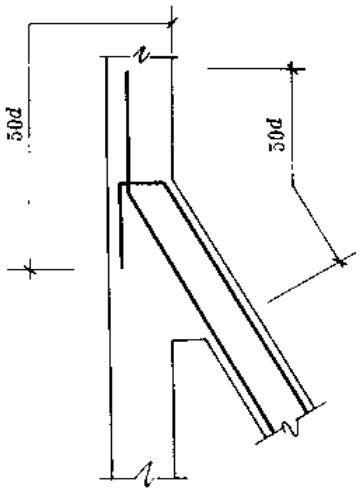


图 19-25　圆漏斗径向钢筋锚固

（4）环向钢筋采用绑扎接头时，钢筋的搭接长度不应小于50倍钢筋直径，当钢筋直径大于20mm时，则宜搭接60倍钢筋直径。接头位置应错开布置，水平方向错开的距离一般不小于1m，也不小于一个搭接长度。在一个垂直截面上，至少应每隔三根才允许有一个接头。有条件时宜采用焊接接头。

（5）圆锥漏斗斗壁的配筋见图19-26。

3. 漏斗顶部环梁

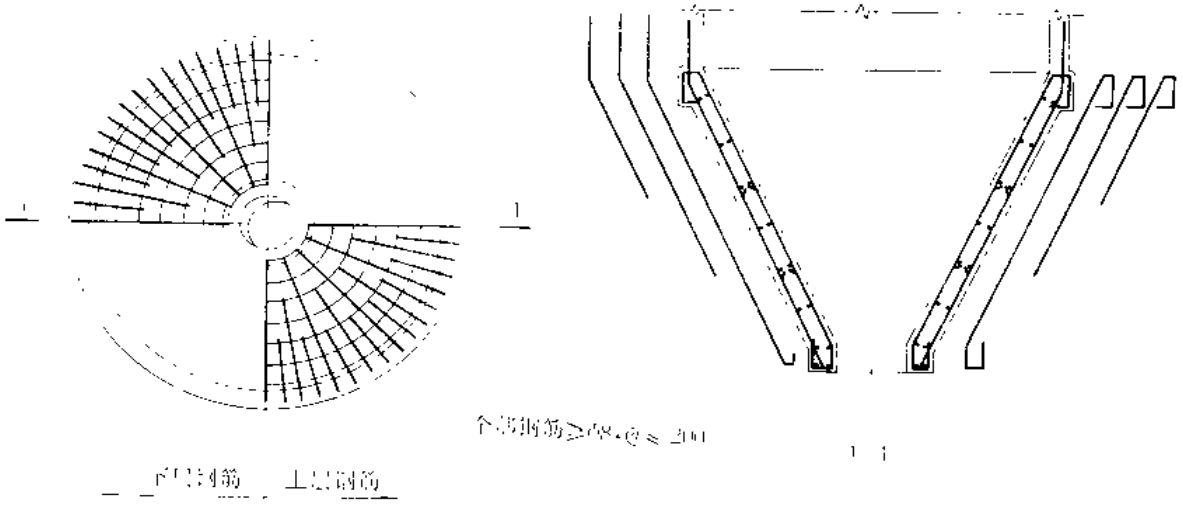


图 19-26　圆锥漏斗斗壁的配筋

漏斗壁一般都通过漏斗顶部环梁与仓壁或支承结构相连，其连接形式可分为整体连接和非整体连接两种。

(1) 漏斗壁与仓壁非整体连接时，环梁顶面宽度不宜小于300mm；环梁高度则应视支承点的间距和荷载情况确定，一般可取支承点间圆弧长度的 $\frac{1}{6}\sim\frac{1}{10}$。梁内钢筋的配置数量应按计算确定。

(2) 漏斗壁与仓壁整体连接，且仓下支承结构为筒壁时，环梁的高度可取为0.06～0.1倍仓径(仓径在6m左右取大值、10m左右取小值)。此时环梁的配筋率可为0.4%，且钢筋沿梁周边均匀配置。如仓下支承结构为柱或其它结构形式时，环梁配筋应按计算确定。

4. 卸料口环梁的配筋构造要求同矩形漏斗仓的相应部分。

二、仓壁

1. 壁厚

仓壁内力计算目前大都采用无矩理论，所以壁厚对不需控制裂缝出现或裂缝宽度的仓的配筋计算结果影响不大，但对需控制裂缝出现或裂缝宽度的仓，以及采用有矩理论计算的仓，其壁厚取值将对配筋数量有较大影响，应通过计算比较确定。

一般，圆仓直径小于或等于15m的仓壁厚度 t_1 可参照下式确定，但不小于150mm。

$$t_1=\frac{D_0}{100}+(8\sim10)\text{cm}$$

式中　D_0——圆仓内径（cm）。

圆仓直径大于15m的仓壁厚度，可较上式计算结果酌情加厚。

采用滑模施工时，仓壁宜为等厚，且厚度不宜小于160mm。

2. 配筋

(1) 仓径大于或等于6米时，仓壁受力钢筋宜采用双层钢筋，沿仓壁内外侧面配置。

(2) 水平钢筋的直径应不小于8mm、间距不宜小于100mm，也不大于200mm，其总的最小配筋率为全截面面积的0.3%。水平钢筋绑扎接头的构造要求，与圆锥漏斗的相应部分相

同。有条件时宜采用焊接接头。

为确保水平钢筋的位置符合设计要求，应沿仓壁环向每隔2～4m 设置一个如图19-27所示的焊接骨架。骨架的水平钢筋直径为6mm，间距与仓壁的水平钢筋相同。骨架的竖向钢筋直径可同于仓壁的竖向钢筋。当骨架的钢筋搭接长度与竖向受力钢筋相同时，该钢筋也可代替该处的竖向钢筋。

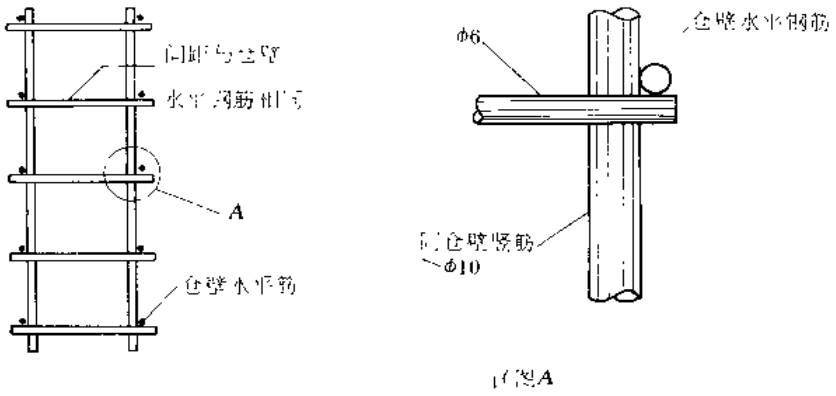


图 19-27　骨架钢筋

此外，当仓底与仓壁整体连接时，应在仓底以上 $\frac{1}{6}$ 仓壁高度的仓壁范围内的内、外两层钢筋网间设置直径为6mm 的拉结钢筋。

(3) 竖向钢筋的直径不宜小于10mm，其沿外仓仓壁配置时，每米不应少于3根，沿内仓仓壁配置时每米不少于2根。如施工需在群仓的仓壁交接处留置施工运输通道时，则可在该处将一个竖筋间距扩大到1m，但间距扩大后所减少的竖向钢筋，应在该间距的两侧补足。

单仓、单排仓和群仓外仓的仓壁竖向钢筋的总的最小配筋率为其全截面面积的0.3%。当仓底与仓壁整体连接时，在仓底以上 $\frac{1}{6}$ 仓壁高度范围内，竖向钢筋的总的最小配筋率为其全截面面积的0.4%。群仓内仓仓壁竖向钢筋的总的最小配筋率则为其全截面面积的0.2%。

在一个水平面上，竖向钢筋的搭接接头至少应每隔3根钢筋才允许搭接一根。接头的竖向间距应不小于一个搭接长度。竖向钢筋宜用焊接接头，当采用绑扎接头时，Ⅰ级钢筋的搭接长度为40倍钢筋直径，但可不设弯钩；Ⅱ级螺纹钢筋的接头长度为35倍钢筋直径。

竖向钢筋伸入柱支承的仓壁下环梁的锚固长度，不应小于50倍钢筋直径；而伸入筒壁支承的下环梁的锚固长度，则可按受拉钢筋的锚固长度选用。但当虽为筒壁支承，而下环梁下为大孔洞时，则竖筋的锚入长度应按柱支承的考虑。

(4) 水平钢筋与竖向钢筋的所有交接点均应采用绑扎，严禁以焊接代替绑扎。

(5) 除有特殊措施外，不允许在水平钢筋上焊接其它附件。

(6) 按行列式布置的群仓仓壁连接处，应配置直径不小于10毫米的附加水平钢筋，其间距与仓壁水平钢筋的相同。附加钢筋伸至仓壁内侧，其锚固长度均按钢筋受拉接头的锚固长度取用。图19-28为仓壁外缘相切时的附加钢筋配置方式；图19-29为仓壁相连处加厚时的附加钢筋的配置方式。

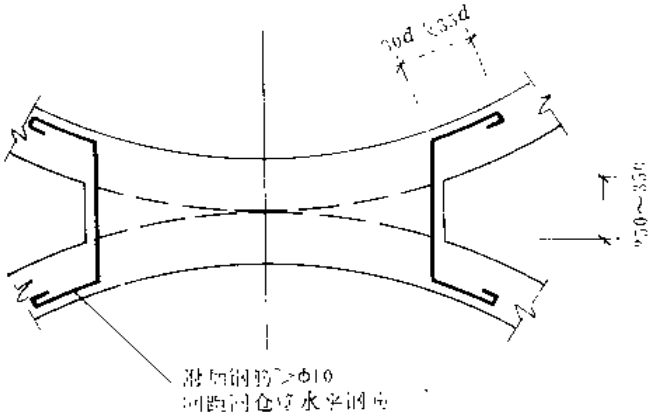


图 19-28　仓壁连接处附加钢筋配置（1）

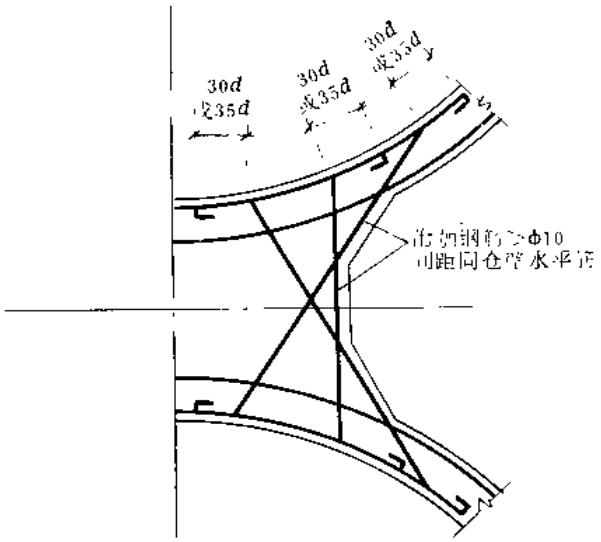


图 19-29　仓壁连接处附加钢筋配置（2）

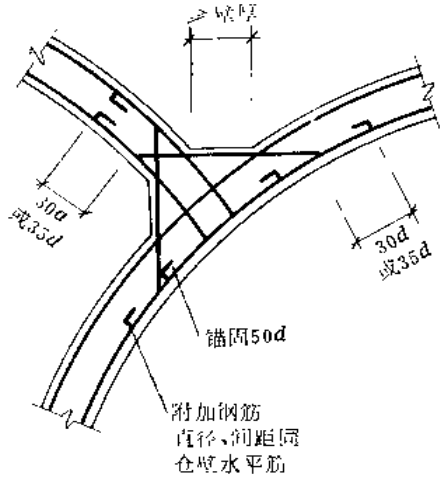


图 19-30　仓壁交接处钢筋配置

(7)组盘式配置的群仓，当其仓壁交接处需加腋时，加腋宽度应不小于壁厚，加腋处附加水平钢筋的配置如图19-30所示，该钢筋直径和间距均同于该处仓壁所配的水平钢筋。

(8)仓顶平台梁如为预制时，仓壁上端应预留槽口，槽口应较预制梁两侧各宽出100mm。仓壁水平钢筋在槽口处切断，但需露出槽口50mm，待梁安装后用混凝土将槽口填满。

三、仓壁洞口配筋

1. 小洞口

开设直径小于300mm的圆形洞口时，允许钢筋绕过洞口而不切断，但洞口两侧两根钢筋形成的喇叭口的长度不得小于6倍洞口直径，并在洞口周边沿壁的内、外侧各设1根直径为$\phi12\sim\phi16$mm的环形筋，其具体选用随洞所处部位的仓壁侧压力情况而定，如图19-31所示。

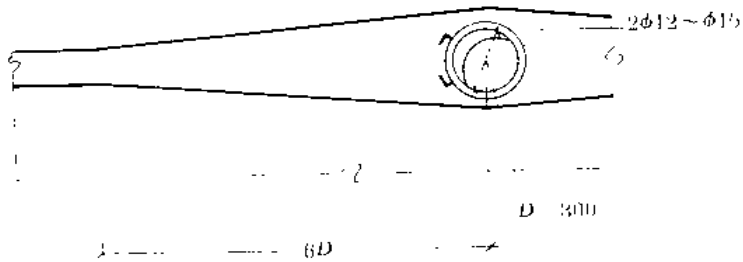


图19-31 小洞口的钢筋配置

2. 一般洞口

仓壁上开设宽度不大于0.8m、高度不大于1.0m的洞口时，应在洞口四周配置附加钢筋。

(1)洞口上、下附加水平钢筋的面积，不得少于被洞口切断的水平钢筋面积的0.6倍。洞口两侧附加竖向钢筋的面积不得少于被洞口切断的竖向钢筋的0.5倍，见图19-32。

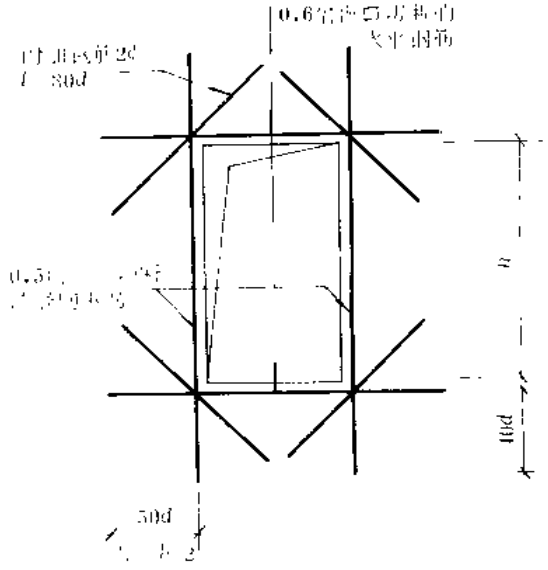


图19-32 一般洞口附加钢筋的配置

（2）附加水平钢筋的配置范围可为仓壁厚度的1.0~1.5倍；附加竖向钢筋的配置范围可为仓壁厚度的1.0倍。所有附加钢筋在洞口边第一排的根数均应不少于3根。

（3）在洞口角区均应附加设置两根直径为16mm的斜向钢筋，其长度l应大于或等于80倍钢筋直径。

（4）仓壁洞口水平附加钢筋的锚固长度，自洞边伸入应不小于50倍直径，且不小于洞高的一半。竖向附加钢筋的锚固长度，自洞边算起应不小于40倍钢筋直径。

（5）仓壁钢筋在洞口处剪断时，应弯折于壁内，且内、外侧弯折钢筋的搭接长度应满足受拉接头的要求。否则应在附加钢筋的范围内增设开口箍筋，其直径、间距与被剪断的钢筋相同，钢筋配置见图19-33。

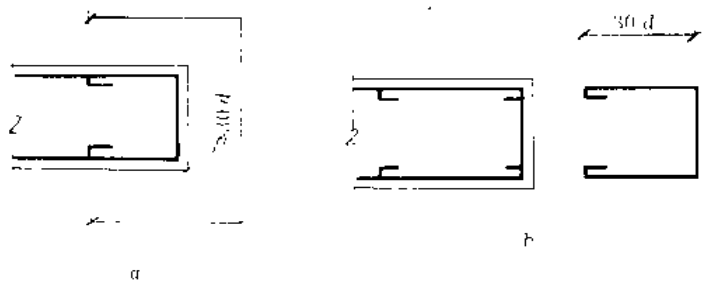


图 19-33　洞口剪断钢筋的配置

a　剪断钢筋的弯折；*b*—增设开口箍筋

3. 大洞口

当仓壁所开洞口大于上述尺寸或仓壁配置的水平钢筋较多时，洞口周边宜用钢框加固。此时被洞口切断的钢筋应与钢框焊在一起，见图19-34。

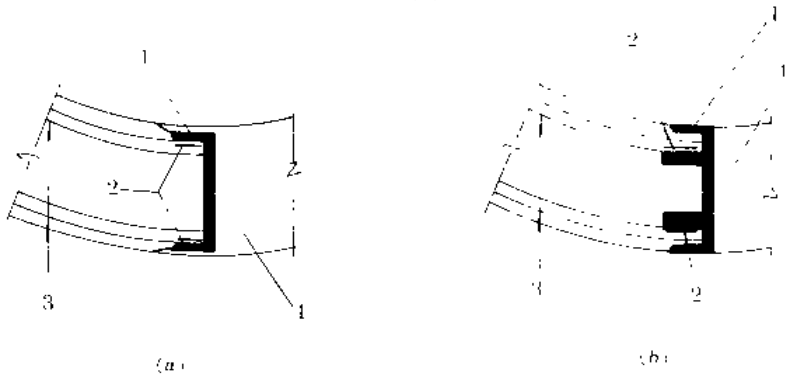


图 19-34　设钢框加固的洞口

a—用于中等直径钢筋的仓壁；*b*—用于大直径钢筋的仓壁

1—钢框；2—焊缝；3—壁内钢筋；4—洞口

四、仓壁环梁

1. 仓壁下部环梁

仓壁下部环梁的构造要求，同漏斗环梁。

2. 仓壁上部环梁

仓壁上部环梁的设置原则和构造要求为：

（1）仓顶结构为壳体，或虽为梁板结构，但仓径不大时，一般可不设环梁。

（2）仓壁上设有支承大跨度上仓胶带机走廊的牛腿，且牛腿与仓顶结构的大梁贯通时，可不设环梁。如牛腿与大梁不贯通时，则宜设置环梁。

（3）仓顶建筑为多层钢筋混凝土结构，且其承重柱座落在仓壁上时，宜设置环梁。此时环梁的宽度应与该方向的柱边长相适应，高度亦应满足上层柱的钢筋锚固要求（当上层柱与环梁铰接时，可不受此限）。

（4）一般设置环梁时，其宽度应不小于250mm，高度可取为（0.06～0.1）倍仓径。环梁最小配筋率为其全截面面积的0.4%，此时，钢筋应沿梁截面的四周配置。

第五节　钢漏斗与混凝土仓壁的连接

钢漏斗与钢筋混凝土竖壁构成的混合结构仓，具有施工简便，节约木材，流料通畅等优点，是一种常用的仓形。其类型可分为吊挂式和座式，单斗和多斗。

一、吊挂单斗的连接

单斗与竖壁的常用连接形式见图19-35。图19-35*a*、*b*、*c*用于贮料荷载较小的斗，图19-35*d*～*g*用于贮料荷载较大的斗。

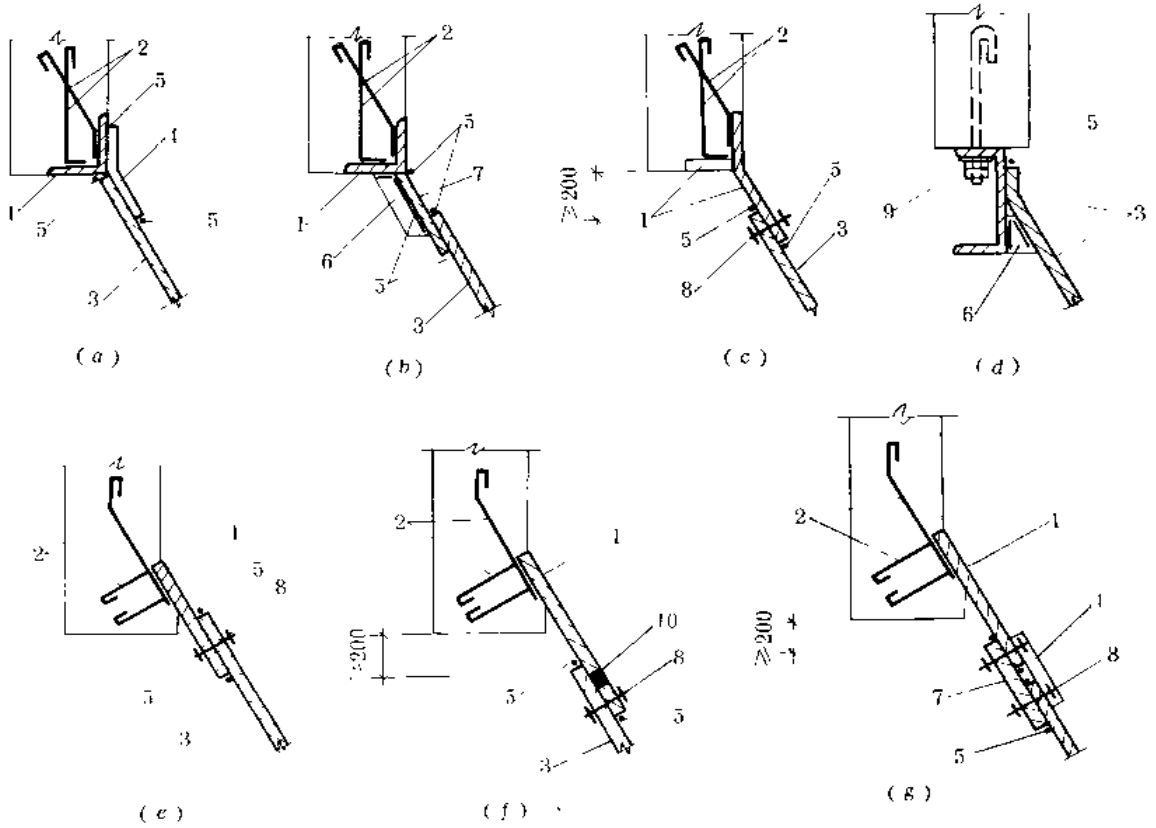


图 19-35　单侧斗壁连接

1—预埋件；2—锚筋；3　斗壁；4—连接板；5—焊缝；6　加劲板；7　连接件；8—安装螺栓；9—锚固螺栓；10—槽焊

二、吊挂双斗的连接

当仓底配置有多个钢漏斗时，斗与仓壁或梁的连接则呈现双斗连接的形式。一般常见的连接方式如图19-36所示，图19-36*a*、*b*用于贮料荷载较小的斗，图19-36*c*、*d*用于贮料荷载较大的斗。

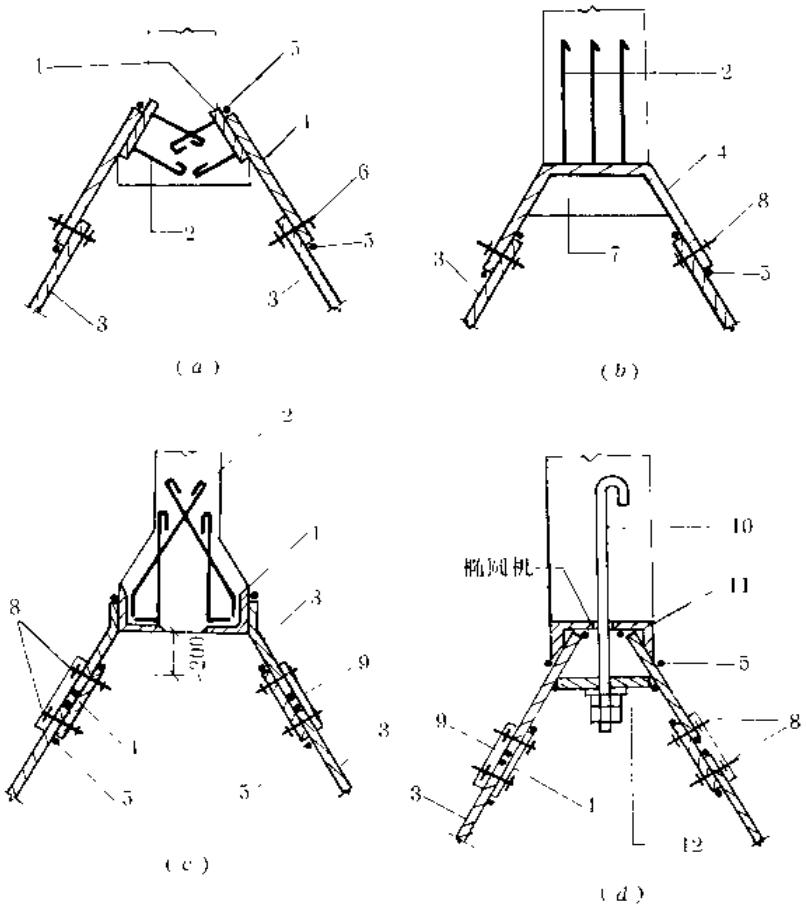


图 19-36　双侧斗壁连接

1—预埋件；2—预埋件锚筋；3　斗壁；4—连接件；5　焊缝；6—连接螺栓；7—加劲板；8—安装螺栓；9　连接板；10—锚固螺栓；11—槽钢；12—加厚连接件

三、座斗支承处的连接

常用的座斗支承处的连接如图19-37所示。图中的连接板亦可改用螺栓连接。

四、构造要求

所有焊缝、连接件、锚固螺栓、预埋件及其锚筋，除了应按计算确定其规格、数量和布置外，尚应满足下述构造要求：

1. 焊缝

焊缝厚度不小于6mm，焊条型号随焊件选定，但不低于E43型。

2. 连接板

连接板的最小尺寸为100×200mm，板厚不得小于被连接构件的厚度，也不小于10mm，连接板的最大间距为500mm，焊缝应沿周边满焊。

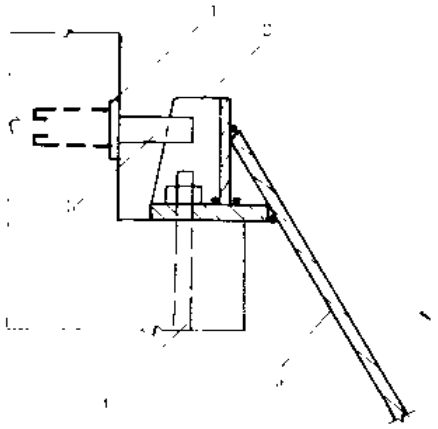


图 19-37　库斗支承处的连接

1—预埋件；2　加劲板；3—连接板；4—锚固螺栓；5—斗壁

3. 加劲板

加劲板的板厚一般不应大于被加劲的板件，但最小厚度亦不小于6mm。加劲板的最大间距为500mm，并沿两侧与被加劲件满焊。

4. 锚固螺栓

锚固螺栓一般均应采用双螺帽，直径应大于或等于18mm。最大间距：吊挂式斗为500mm；座斗式则视支承情况确定，点支承时，每处不得少于2个。螺栓末端应设弯钩或锚固板。设弯钩时，应附设直径大于或等于12mm的锚固短筋。确定螺栓直径时，应考虑锈蚀的影响。

5. 预埋件

钢板预埋件的厚度一般不小于8mm；角钢预埋件一般不小于∟100×6.3mm。预埋件的锚固筋宜细而密，最小直径为10mm，最大间距为300mm。

6. 安装螺栓

安装螺栓的直径和配置应视安装件的具体情况确定，一般直径可为16～20mm，间距可为300～500mm。

第六节　支承结构及抗震构造

筒仓的下部支承结构形式，常用的有柱支承、筒壁支承和二者的混合支承形式，间或也有墙或拱支承。在地震区，一般要求支承结构具有较大的刚度，因而宜采用筒壁支承和混合支承。

一、支承柱

1. 支承柱布置

(1) 矩形仓的支承柱大多布置在竖壁的交接处。对由于工艺要求，需将个别大仓分隔成几个小仓时，也可采用间接支承竖壁的方式，而不设支承柱。

(2) 圆形仓的支承柱一般应沿仓壁布置。在两个仓的仓壁交接处，也可设置公用柱。对采用梁板式仓底的仓，必要时也可采用行列式布置。

采用混合支承的圆仓，其内柱布置除应满足工艺配置的要求外，尚应考虑充分发挥筒

壁和内柱的承载能力，并使仓底和基础设计合理。

2. 配筋率

柱的最小配筋率为0.4%、最大配筋率为2%，过大的配筋率将导致支承柱在贮仓反复装卸贮料的过程中，产生水平或竖直裂缝。

3. 支承柱伸入仓壁的长度

支承柱与仓体连接后，其上端伸入仓壁的长度，应视仓体形式及其连接处的构造情况而定。

(1) 矩形浅仓的支承柱，一般宜伸至仓顶平台。

(2) 矩形深仓的支承柱，其上端伸入仓壁的长度 h 可按下式确定，但不应小于柱内钢筋的锚固长度。

$$h=\frac{N-Af_c}{n\cdot 0.75t_1\sqrt{f_cf_t}}$$

式中 N —— 支承柱上端的轴向力；

A ——图19-38的1-1剖面中斜线部分的面积；

t_1 —— 仓壁厚度；

n —— 与支承柱相连的仓壁数；

f_c，f_t ——混凝土的抗压、抗拉设计强度。

如柱不伸入仓体竖壁，则应核算连接处柱的局部承压强度，且柱顶处的仓壁竖向钢筋应锚入柱中。

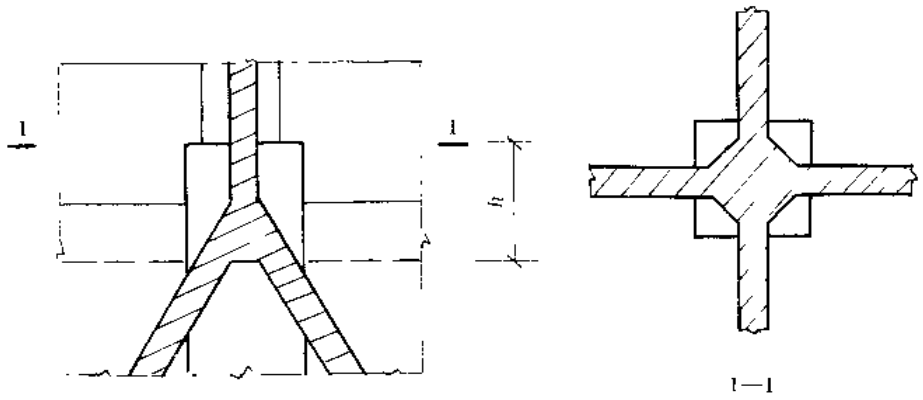


图 19-38 支承柱伸入仓壁的长度

(3) 圆形仓竖壁下端设有宽度大于或等于柱宽的环梁时，柱上端可伸至环梁底，但柱的钢筋应锚固于环梁中。如该圆形仓不设环梁，或环梁截面宽度小于柱宽时，则应按上式确定其由梁底向上延伸的长度，或是核算支承处的局部承压强度。

(4) 支承柱的钢筋伸入基础的锚固长度，同于一般厂房柱与基础连接的要求。

二、支承筒壁

1. 厚度

筒壁厚度一般宜与仓壁相同。如强度计算需要，可采用较仓壁混凝土强度等级高一级的混凝土。

2. 配筋

竖向钢筋和水平钢筋的接头要求及直径选择均同于本章的仓壁部分。

(1) 筒壁水平钢筋总的最小配筋率为其全截面面积的0.25%。

(2) 当筒壁按混凝土抗压强度计算即能满足要求时，其竖向钢筋可沿内、外侧每米配3根直径为10mm的钢筋。否则，其竖向钢筋的总量不应小于全截面面积的0.4%。

(3) 仓底与仓壁非整体连接时，应将仓底处的仓壁配筋量继续向筒壁上端延伸配置，其配置范围为6倍仓壁厚度（见图19-39）。

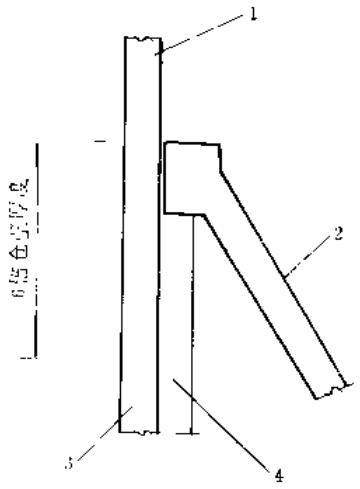


图 19-39 筒壁加强配筋范围

(4) 筒壁竖向钢筋伸入钢筋混凝土基础的长度，一般不小于30倍钢筋直径。

3. 洞口

支承筒壁上经常设有门窗和工艺要求设置的洞口，这些洞口周边的筒壁，应按洞口大小采取相应的加强措施。

(1) 洞口宽度小于1m，洞顶以上高度等于洞宽的范围内无集中或均布荷载（结构自重除外）作用时，洞口每边附加钢筋的数量应不小于2ϕ16mm。

(2) 洞口宽度大于1m，且小于3m时，应按计算配置洞口附加钢筋，但每边配置的数量应不小于3ϕ16mm。同时，沿洞口周边应配置如图19-33*b*所示的附加开口箍筋，其直径、间距同于筒壁所配置的钢筋。

(3) 洞口宽度大于或等于3m时，应在洞口两侧设置截面不小于400×600mm的扶壁柱，并按柱的构造配筋（见图19-40）。洞口周边的配筋应不少于3ϕ16mm。扶壁柱上端应伸到洞口以上、且不少于1m。如仓底以下设有楼板时，扶壁柱可伸至楼板顶面处。筒壁水平钢筋伸入扶壁柱的长度不小于30倍钢筋直径。当洞口顶部设有水平加劲构件，且有荷载作用于该构件上（该构件自重除外）时，筒壁竖向钢筋伸入该水平构件的长度，应不少于50倍钢筋直径。

(4) 洞口附加钢筋的锚固长度：水平钢筋自洞边伸入不小于50倍钢筋直径；竖向钢筋自洞边伸入不小于35倍钢筋直径。

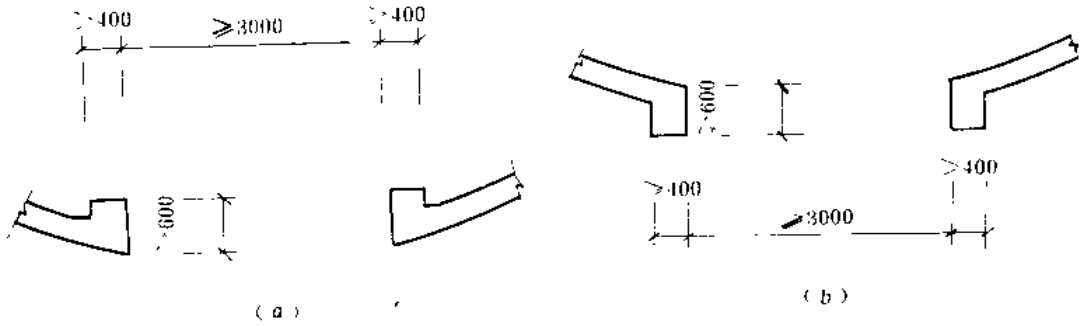


图 19-40　洞口扶壁柱构造尺寸

(5) 洞口四角的内外侧均应配置1根不小于 ϕ16mm 的钢筋，其长度最少为80倍钢筋直径。

(6)相邻洞口间的狭窄筒壁的宽度不应小于3倍壁厚，也不应小于500mm。当其宽度小于或等于5倍壁厚时，应按柱的构造配置箍筋（见图19-41）。箍筋直径不小于8mm，间距不大于200mm。

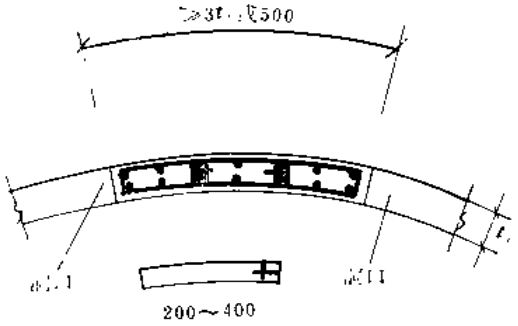


图 19-41　狭窄筒壁构造

三、抗震构造

根据震害调查，筒仓可仅在下部支承结构部分采取抗震措施，仓体和基础可不考虑地震影响，仓顶建筑的抗震措施同于一般厂房结构。

1. 支承柱

支承柱的抗震构造如下：

(1) 柱截面宜采用方形，其边长(当用矩形截面时，则为长边)不应大于柱净高的1/4。

(2) 柱内纵向钢筋的总的最小配筋率，不应小于表19-2所列数值。

柱内纵向钢筋总的最小配筋百分率，(%)　　表19-2

设计烈度	中柱、边柱	角柱
6度、7度、8度	0.7	0.9
9度	0.9	1.1

(3) 支承柱与仓壁（或环梁）或基础连接处的箍筋应加密，其间距不宜大于100mm，加密范围不应小于柱的长边、并不小于柱净高的1/6，也不小于1m。当设计烈度为7度时，箍筋直径不宜小于8mm；当设计烈度为8度或9度时，则箍筋直径不宜小于10mm。

2. 支承筒壁

支承筒壁的抗震构造如下：

(1) 不论仓径大小，筒壁都应采用双层配筋。水平钢筋的直径不小于10mm，间距不大于200mm，也不小于100mm；竖向钢筋的直径应不小于12mm，间距不大于250mm。二者各自的总配筋率均应不小于筒壁全截面面积的0.4%。

(2) 当设计烈度为9度时，应在筒壁与基础或仓壁（或环梁）连接处的筒壁外侧增加附加钢筋，如图19-42所示。

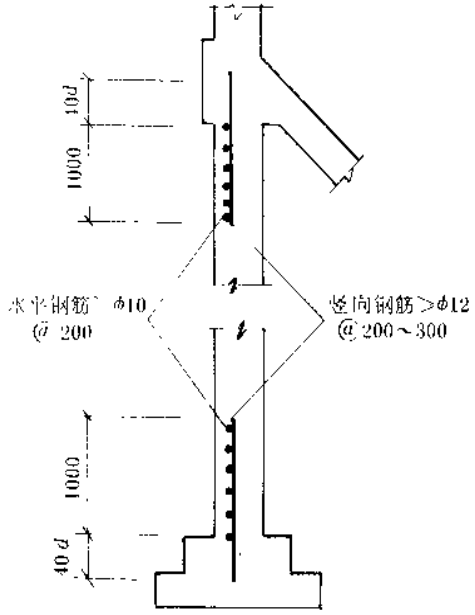


图 19-42 筒壁上下端的附加钢筋

(3) 筒壁上开设直径小于500mm 的圆洞口，或500×500mm 的方形洞口时，应在洞口周边增设附加钢筋，如图19-43所示，则做抗震计算时，可不考虑洞口削弱的影响。

(4) 筒壁扶壁柱的最小总配筋率应不小于柱全截面面积的0.6%

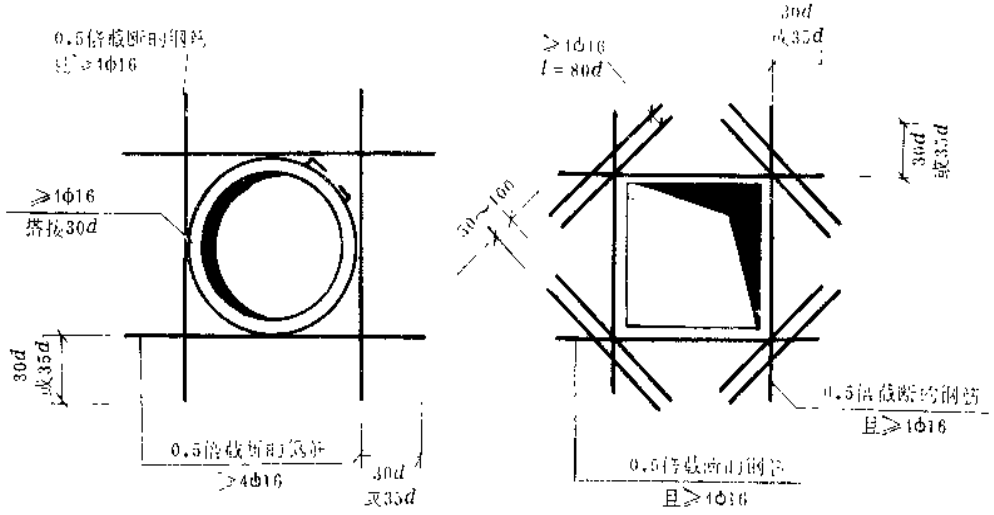


图 19-43 洞口附加钢筋配置

第七节　内衬与防护

为了使仓体内壁免受装、卸贮料的冲击和磨损，一般都设有内衬。对装贮小颗粒贮料或粉状贮料的仓，有时为了卸料通畅或防腐蚀，也在仓壁内表面装有内衬。贮仓进出料口周边和可能受贮料冲击、磨损的单独构件，均应采取防护措施。

一、内衬

1. 内衬方式

常用的内衬方式如图19-14所示。此外，利用仓底死角处的死料构成死料内衬，也是一种常用的、经济效益较好的内衬方式。

2. 内衬选用

内衬应根据贮料特性和仓内壁各部位受冲击、磨损的程度分别选用。与贮料接触的仓内壁表面，一般可分为直接冲击区、间接冲击区、间接冲击并磨损区和间接冲击并剧烈磨损区。各区在仓内所处部位和范围大小，随仓形、装卸料口的配置等情况而定，图19-15所示的内仓面防护区可供选择内衬时参考。

下列内衬选用标准，主要适用于铁、锰等金属矿石和石灰石类贮料，而对煤等硬度较低的贮料，则可酌情降低其选用标准。

(1) 直接冲击区

1) 贮料粒度大于500mm时，宜采用层厚不小于1000mm的死料内衬、重型钢轨内衬或金属厚板内衬，也可采用死料与钢轨混合的内衬。

2) 贮料粒度为250～500mm时，宜采用层厚不小于500mm的死料内衬、钢轨内衬或金属厚板内衬。

3) 贮料粒度为50～250mm时，可采用厚度为200～300mm的死料内衬、轻轨内衬、钢板内衬、以及鱼鳞板式或角钢式混合内衬。

4) 贮料粒度小于50mm、且硬度较大时，可采用厚度大于100mm的死料内衬、钢板内衬；硬度小的粒料或粉料亦可采用缸砖、铸石或石英砂浆等内衬。

(2) 间接冲击区和磨损区

1) 单斜式贮仓的卸料口附近：物料粒度大于500mm时，宜用重型钢轨内衬；物料粒度为250～500mm时，宜用钢轨或金属厚板内衬；物料粒度为50～250mm时，可用钢板内衬、鱼鳞板式或角钢式混合内衬。

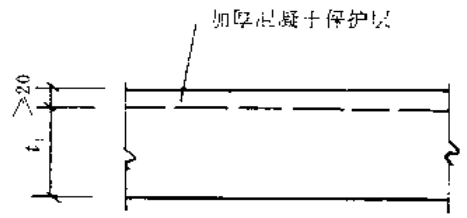
2) 单斜式贮仓的其它部位和其它类型的贮仓：

物料粒度大于500mm时，斜壁用厚度大于500mm的死料内衬、金属厚板内衬或钢轨内衬，竖壁可用钢轨内衬、金属厚板内衬或鱼鳞板式混合内衬；

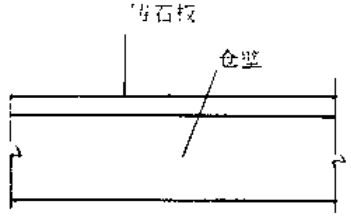
物料粒度为250～500mm时，斜壁用厚度不小于300mm的死料内衬、轻轨内衬或金属厚板内衬，竖壁用轻轨内衬或20～30mm厚的钢板内衬等；

物料粒度为50～250mm时，斜壁可用厚度为100～300mm的死料内衬、钢板内衬、鱼鳞板式或角钢式混合内衬，小粒度时，可用缸砖、天然块材等内衬，竖壁可用钢板内衬，小粒度时，可用石英砂浆内衬；

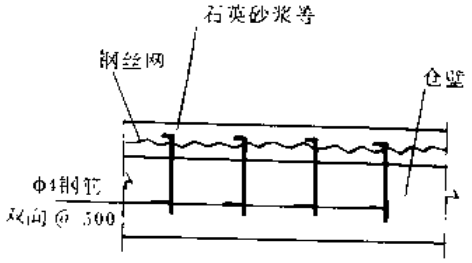
物料粒度小于50mm时，斜壁可用10～14mm厚的钢板内衬、铸石或缸砖内衬；竖壁可用石英砂浆内衬或加厚混凝土保护层内衬。


加厚混凝土保护层
≥20
t_1

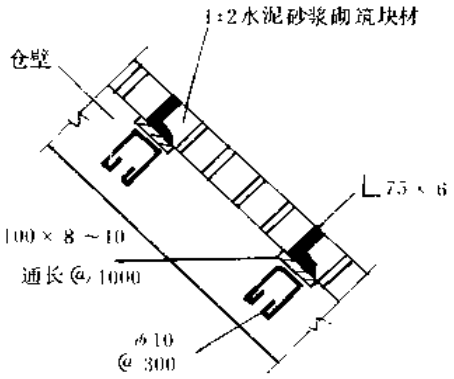
（a）


仓壁

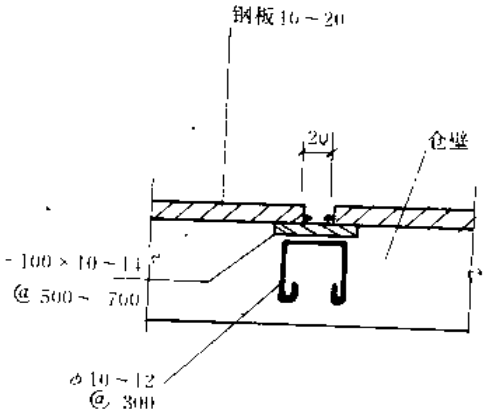
（b）


石英砂浆等
钢丝网
仓壁
Φ4钢筋
双向 @ 300

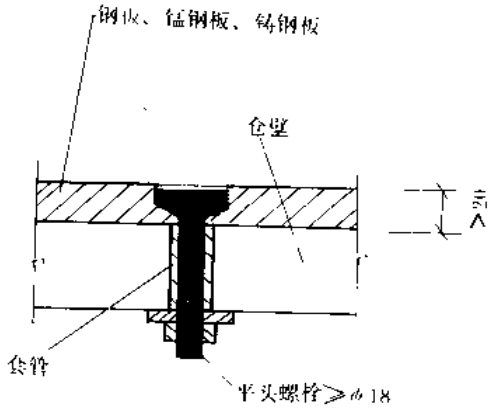
（c）


1:2水泥砂浆砌筑块材
仓壁
∟75×6
100×8～10
通长 @ 1000
Φ10
@ 300

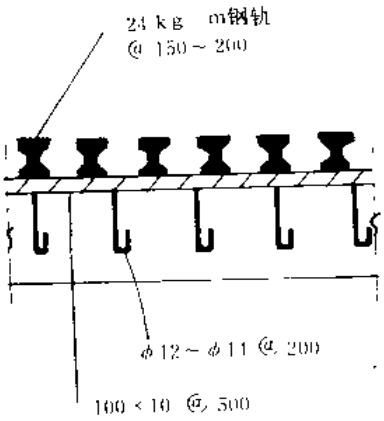
（d）


钢板10～20
20
仓壁
-100×10～14
@ 500～700
Φ10～12
@ 300

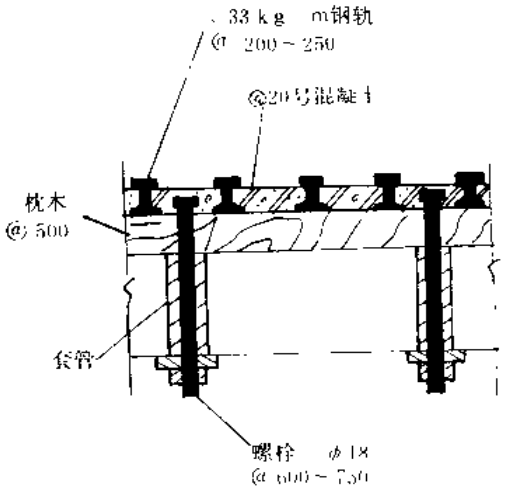
（e）


钢板、锰钢板、铸钢板
仓壁
≥2d
套管
半头螺栓≥Φ18

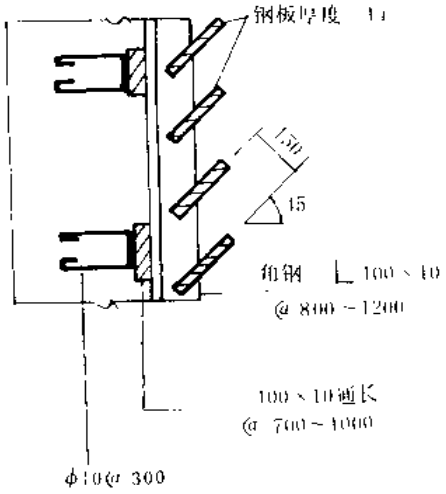
（f）



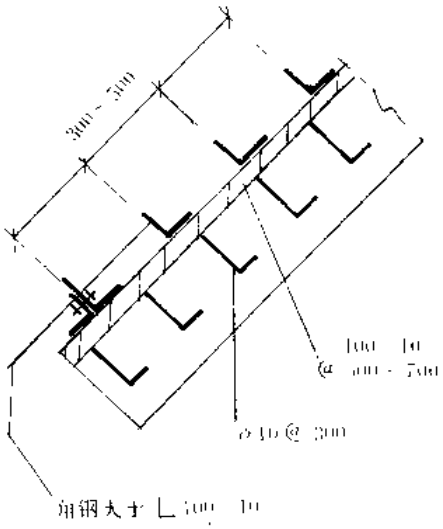
(g)



(h)



(i)



(j)

图 19-44 常用的内衬方式

a—加厚混凝土保护层内衬；b—铸石内衬；c—石英砂浆内衬；d—缸砖或天然石材内衬；e—钢板内衬；f—金属厚板内衬；g—轻轨内衬；h—重轨内衬；i—鱼鳞板混合内衬；j—角钢混合内衬

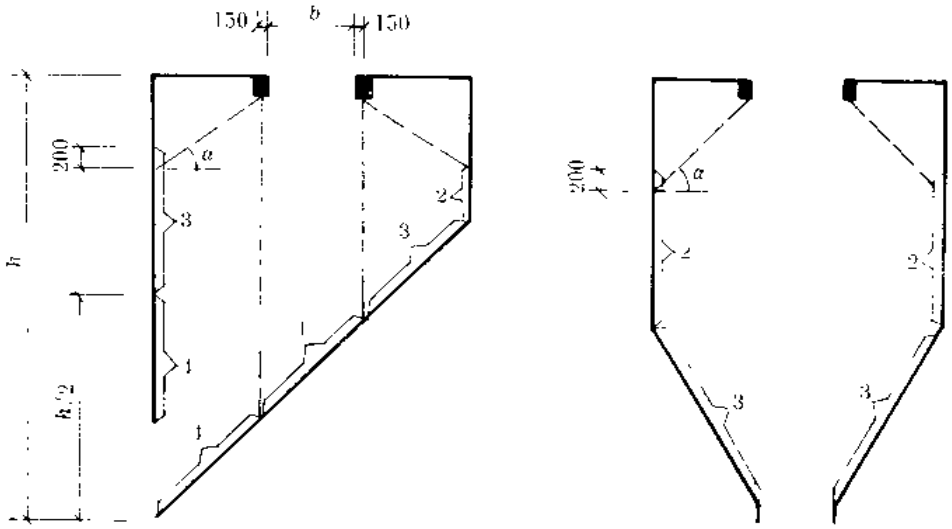


图 19-45　内仓面防护区

1—直接冲击区；2—间接冲击区；3—间接冲击并磨损区；4—间接冲击并剧烈磨损区；

a—贮料堆积角；b—进料口宽度

二、防护

（1）进料口周边的梁、板防护，应根据该处梁、板配筋的具体情况，参照图19-46、图19-47选定。

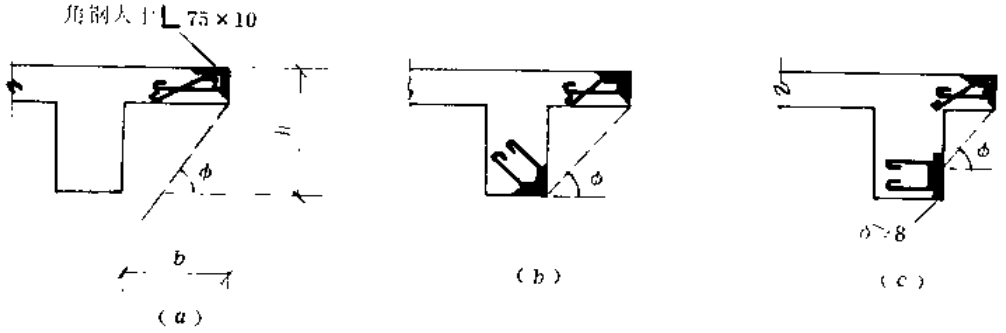


图 19-46　进料口周边防护

a—$\mathrm{tg}\phi > \frac{h}{b}$ 时；b—$\mathrm{tg}\phi = \frac{h}{b}$ 时，c—$\mathrm{tg}\phi < \frac{h}{b}$ 时；ϕ—贮料堆积角

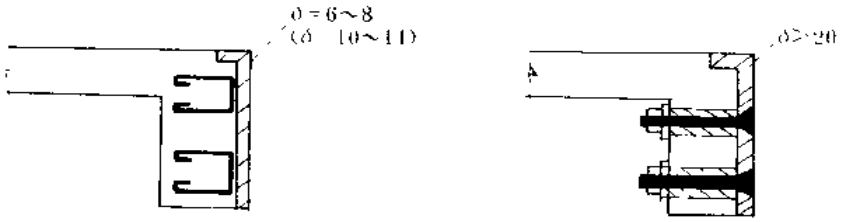


图19-47　进料口边梁防护

板边防护角钢的规格应与板厚相适应，一般不小于∠75×6.3mm，其锚筋不小于 ϕ8，间距不大于250mm。

梁侧防护钢板的厚度应按贮料粒度大小选用。

（2）卸料口周边的防护方式见图19-48。

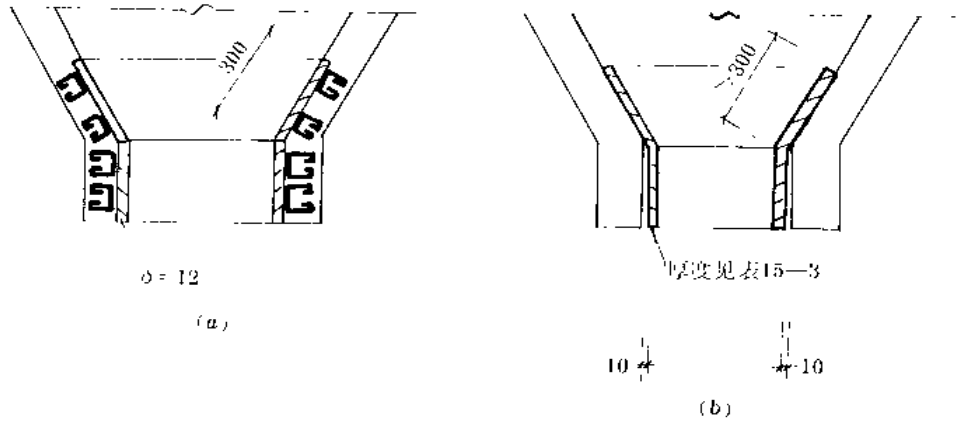


图 19-48　卸料口周边防护

a—贮料粒度小于或等于20mm；*b*—贮料粒度大于20mm

图19-48*b* 中的钢板厚度可按表19-3选用。

卸料口防护钢板厚度　　表 19-3

贮料粒度（mm）	钢板厚度（mm）
20～50	20
50～250	30
250～350	40

注：对煤或其它硬度较低的贮料，可酌情减少钢板厚度。

（3）板式给矿机卸料口内侧周边，均用30～40mm 厚的钢板防护，并用平头螺栓与卸料口边梁连接。

第八节　其　　他

1. 人孔

为了检修仓体结构、内衬和处理生产事故，一般贮仓都应设置人孔。

（1）人孔一般多设在仓顶平台，其尺寸不宜小于600×600mm，每个相互不连通的仓格均应设置人孔。

（2）人孔周边应设置高度大于100mm 的挡水条。

（3）人孔均应配置钢盖板。当用压缩空气输送物料时，则应采用周边密封的盖板。

2. 爬梯

仓内如设爬梯，其位置应与人孔相适应。爬梯所用钢筋的直径不宜小于22mm。

3. 钢格栅

为了阻止一些超规格的大物料和杂物进入贮仓和保障生产工人的人身安全，一般应在贮仓的进料口上，设置钢格栅。钢格栅的类型很多，一般常用的有：

（1）宽度小于600mm 的条形进料口格栅，如图19-49所示。

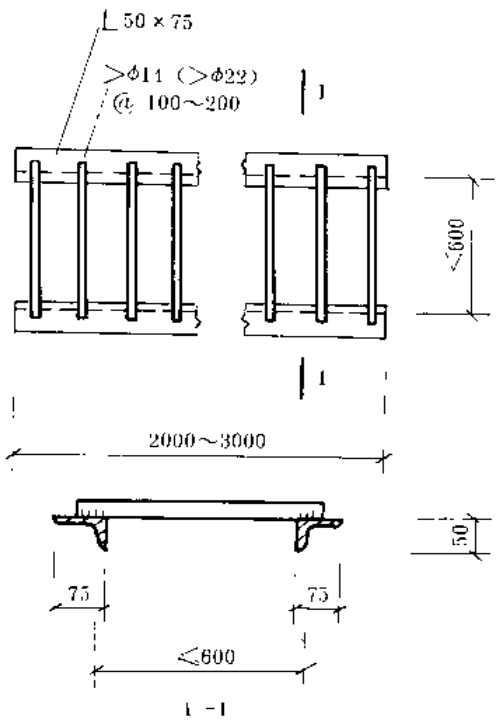


图 19-49　条形进料口格栅

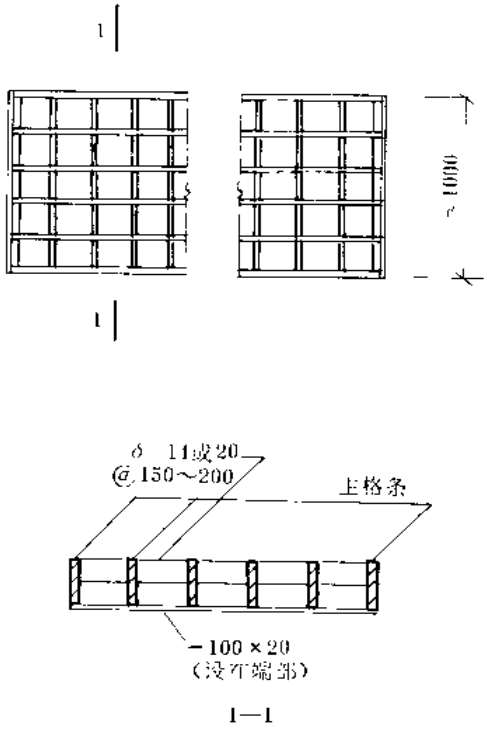


图 19-50　大面积格栅

1）用于通过粒度小于12mm 的粉、粒料的格栅，其钢筋直径不宜小于14mm，间距可为100mm。

2）用于通过粒度小于75mm 的块状料的格栅，其钢筋直径不宜小于22mm，间距可为150～200mm。

（2）大面积格栅主要用于翻车机卸料的进料口，地下受料仓的进料口，以及位于胶带端部或梭式胶带的进料口，其形式如图19-50所示。

1）用于通过粒度小于12mm 粉料的格条，宜采用14mm 厚的钢板，并组成150×150mm 的方格。主格条的高度按计算确定，但不应小于150mm。

2）用于通过粒度小于75mm 块状物料的格条，宜采用20mm 厚的钢板，并组成200×200mm 或250×250mm 的方格。主格条的高度按计算确定，但不应小于200mm。

4. 防寒设施

建于寒冷地区、且贮料含水量超过冻结湿度的贮仓，宜采取防寒设施。仓壁防寒设施的构造参见图19-51。

图19-51*a* 为仅在仓壁外侧砌筑砖砌体构成防寒层的方式，砌体厚度按热工计算确定，但不小于120mm。砌体与仓壁间应用 φ6mm 拉结筋连结。

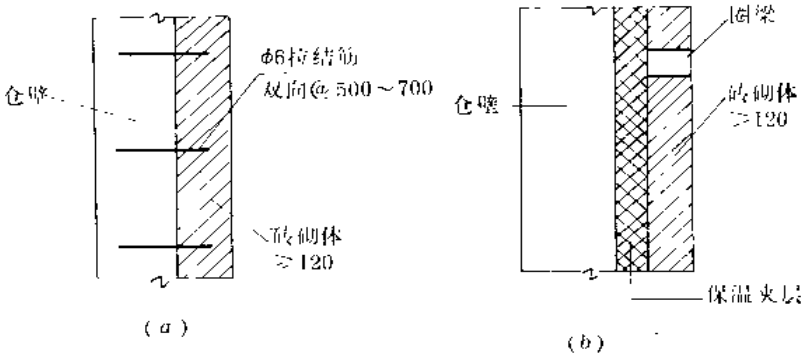


图 19-51　仓壁防寒设施构造

图19-51*b* 为在仓壁与砖砌体之间设有保温材料夹层的防寒设施。保温材料可采用泡沫混凝土、膨胀珍珠岩、矿渣棉或空气夹层等，其厚度应根据热工计算确定。外层砖砌体的厚度应根据钢筋混凝土圈梁布置情况，经计算确定，但最小厚度不应小于120mm。

当仓底需采取防寒措施时，可采用加设防寒楼板的方式。

第二十章　水　　塔

本章仅适用于贮存无侵蚀性的常温水水塔。若在水塔支筒上还设有其它设施(如通讯或电视转播设施等)，则相关部分尚应遵守各自的有关规定。

第一节　一般规定

一、混凝土

1. 基础

水塔基础为钢筋混凝土圆板、圆环、桩基等时，其混凝土强度等级不应低于C15，若采用壳体基础，则混凝土强度等级不应低于C25。

2. 支承结构（支筒或支架）

若水塔的支筒断面是由构造确定时，其混凝土强度等级可采用C15。对采用滑升模板施工的支筒或支架，其混凝土强度等级应不低于C20。

3. 水箱

预制倒锥壳水箱的混凝土强度等级不应低于C25。英兹式水塔的现浇水箱，其混凝土强度等级不应低于C20。

4. 平台梁板

和水塔各部位有关构件同时浇捣的平台梁板，其混凝土强度等级应和相关部位的构件相同。其它情况，可采用强度等级为C20的混凝土。

5. 散水和垫层

水塔周围的散水和基础的垫层均采用强度等级为C7.5的混凝土。

6. 细石混凝土

用于充填预制接头处的细石混凝土强度等级不应低于C20。

二、钢筋和钢材

1. 钢筋

Ⅰ级钢筋宜用于不允许出现裂缝的水箱构件和用作构造钢筋。Ⅱ级钢筋用于除前述情况外的构件的受力钢筋。

2. 钢材

一般的金属结构和受力埋件采用*A3F*，对受力很小或由构造确定断面的金属结构，如梯子、平台、栏杆等，可采用*A0*(但应保证其可焊性)。

三、现浇水箱的混凝土

现浇水箱的混凝土，应符合下列要求：

(1) 水灰比不应大于0.6；

(2) 水泥宜采用普通硅酸盐水泥，且水泥的用量应严格控制，当采用425号水泥时，现浇普通混凝土的水泥用量不宜少于250kg/m³，并不宜超过360kg/m³，预应力混凝土的水泥用量可提高50kg/m³作为控制值。

若采用通过试验确定的抗渗标号来保证混凝土抗渗性能，则上述的水泥最少用量可不

受约束，现浇水箱的混凝土抗渗标号，应不低于表20-1的要求。

混凝土抗渗等级的允许值　　表 20-1

最大作用水头与混凝土厚度的比值 i_w	抗渗等级 S_i
<10	S_4
10～30	S_6
>30	S_8

注：抗渗标号 S_i 的定义是指28天龄期的混凝土试件，施加 $i$kg/cm²水压后保持一昼夜不渗水。

四、水箱内的防水层

水箱内表面必须做防水层，防水层的做法可采用“五层做法”或其他行之有效的方法。“五层做法”的总厚度不宜超过20mm，其具体做法及步骤如下：

第一层（素灰层，2mm 厚）：当水箱内表面浇水润湿后，分两次抹压，第一次先抹1mm厚，用铁抹子往返括抹，使素灰填实混凝土孔隙，然后再抹1mm 厚素灰找平，抹完后表面用湿毛刷按顺序轻轻涂刷一遍。

第二层（水泥砂浆层，4～6mm 厚）：第一层素灰初凝后即可抹1:2水泥砂浆。抹水泥砂浆时要轻轻压抹，以使它和第一层结合牢固，待水泥砂浆初凝后，用扫帚将其表面按顺序扫成横向条纹。

第三层（素灰层，2mm 厚）：第二层凝固后（一般隔一夜），先浇水润湿第二层，然后施工第三层，其操作同第一层。

第四层（水泥砂浆层，4～6mm 厚）：本层作法同第二层，但抹完后不必在水泥砂浆层表面上扫条纹。

第五层（素灰层，2mm 厚）：当第四层压抹两遍后，用毛刷均匀地将水泥浆涂刷在第四层表面上，并抹压光。

五、管道支墩和散水

1. 管道支墩

管道支墩采用强度等级为C10的混凝土。置于基础底板上的管道支墩可按图20-1和表20-2的尺寸要求制作。图20-1中的支墩高度 H，应根据基础埋深、底板厚度和管底标高等因素确定。直接置于土壤上的管道支墩，其底面尺寸 l 和 b 应由计算确定。

管道支墩尺寸　　表 20-2

管径 D_g（mm）	l（mm）	b（mm）
100	400	350
150	400	350
200	500	400
250	500	500
300	600	550
350	700	600

2. 散水

水塔周围应设置混凝土散水。散水半径应比基础半径大出500mm。

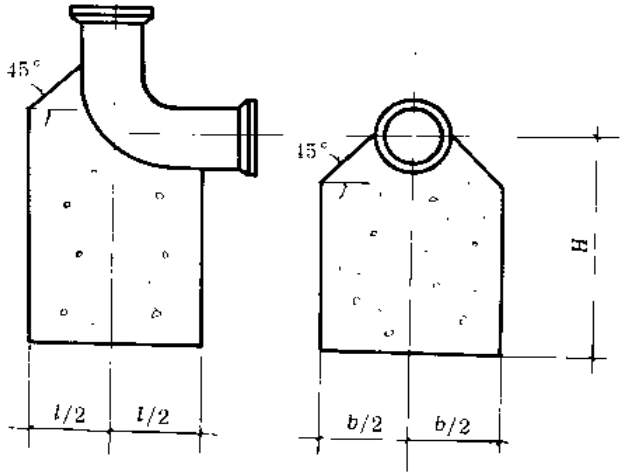


图 20-1　管道支墩

六、保温材料

用于水塔保温和保温计算用的有关建筑材料的性能，参见附录的附表。

第二节　英 兹 水 塔

一、构造尺寸

1. 水箱和支筒

水箱高 H 和直径 D（见图20-2）之比 H/D，一般宜为0.5～0.7，但当采用平底式水箱时，H/D 宜为0.6～0.8。

水箱直径 D 和支筒直径 D_1 之比 D/D_1 一般宜取1.4～1.5。

水箱顶盖若采用球形壳时，其水平直径 D 和相应的矢高 f 之比 f/D 宜取1/5；而当水箱顶盖采用锥壳时，锥壳屋盖的坡度宜取1/3～1/5。

水箱的锥壳箱底倾角 α，通常均取45°。球形箱底的矢跨比 f_1/D_1 宜取1/6～1/8。

2. 部件的尺寸

水塔各部分构件的构造要求见表20-3。

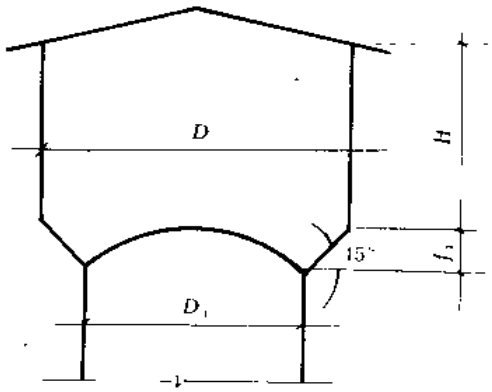


图 20-2　英兹水塔尺寸

英兹水塔构件的构造要求 **表 20-3**

序号	构件名称	钢筋名称	最小配筋		钢筋最大间距 (mm)	最小厚度或断面 (mm)	保护层 (mm)
			直径 (mm)	配筋率 (%)			
1	水箱锥顶	径向钢筋 环向钢筋	φ6～φ8 φ6～φ8	0.2 0.2	200 200	60	15
2	水箱竖壁	竖向钢筋 环向钢筋	φ8 φ8	0.2 0.2	200 200	100	20
3	水箱锥底	径向钢筋 环向钢筋	φ8～φ10 φ10	0.3 0.3	200 200	80	20
4	水箱球底	径向钢筋 环向钢筋	φ8 φ8	0.2 0.2	200 200	80	20
5	水箱环梁	箍　筋 环向钢筋	φ6 φ10	0.4	200 200	(200×300)	20 30
6	水箱平底	径向钢筋 环向钢筋	φ10 φ10		200 200	120	20
7	平　顶	径向钢筋 环向钢筋	φ6 φ6		250 250	100	15
8	悬臂板	受力筋 分布筋	φ8 φ8		200 200	80	15
9	门框梁柱	纵向钢筋 箍　筋	φ12 φ6	0.4	250 250		25 15
10	支　筒	竖向钢筋 环向钢筋	φ12 φ8	0.4	200 200	100 (160)	20
11	圆板基础	径向钢筋 环向钢筋	φ10 φ10		300 300	200	30
12	支架柱子	竖向钢筋 箍　筋	φ12 φ6	0.2	350 400	(300×300)	25
13	支架横梁	纵向钢筋 箍　筋	φ10 φ6		200 250	(200×300)	25

注：支筒最小厚度栏中，括号中的数字用于滑动模板施工。

二、部件的最小配筋率和构造要求

1．水塔

水塔各部分构件的钢筋最小配筋率和最大间距见表20-3。

2．水箱顶盖

对于锥壳顶盖，由边缘起在锥面长 S 的1/3范围内宜配双层钢筋；对于球壳顶盖，在由边缘起的1/4弧长范围内，宜配双层钢筋。双层配筋的上下层钢筋宜相间错开放置（见图20-5）。

3．水箱竖壁

水箱竖壁一般均宜配置双层钢筋，但对小容量（50m³以下）的圆柱形水箱，在其竖壁上部1/2高度范围内，可以配置单层钢筋。

4. 水箱底

锥壳水箱底应双层配筋；球壳水箱底由边缘起的1/4弧长范围内，应双层配置钢筋。

5. 支承结构

支筒钢筋一般沿筒壁外侧单层配置。支架柱子的钢筋四边宜相同配置，支架横梁应采取上下对称配筋。

6. 门窗洞口的加固

由构造确定断面的支筒壁，其门窗洞口两侧的竖向加固钢筋，应分别不少于被洞口切断钢筋面积的一半，且不应少于2ϕ12mm。当筒壁断面由计算确定时，其洞口两侧的竖向加固钢筋，应分别是被洞口切断的钢筋面积的0.55～0.63倍，且不应少于2ϕ12mm。

洞口上部的水平加固钢筋应不少于2ϕ12mm。

洞口两个方向的加固钢筋，应配置在相应洞口周围1.50～2.50倍筒壁厚度的宽度范围内，并应可靠地锚入筒壁内，满足锚固长度的要求。

7. 钢筋混凝土板式基础

钢筋混凝土水塔采用圆板或圆环基础时，基础板以上的筒壁断面一般不作任何扩大，筒壁直接和基础板相接（见图20-3）。当水塔支筒采用砖石结构而基础采用钢筋混凝土板式基础时，则在基础板和筒身相接处的基础做成杯口状，如图20-3所示。

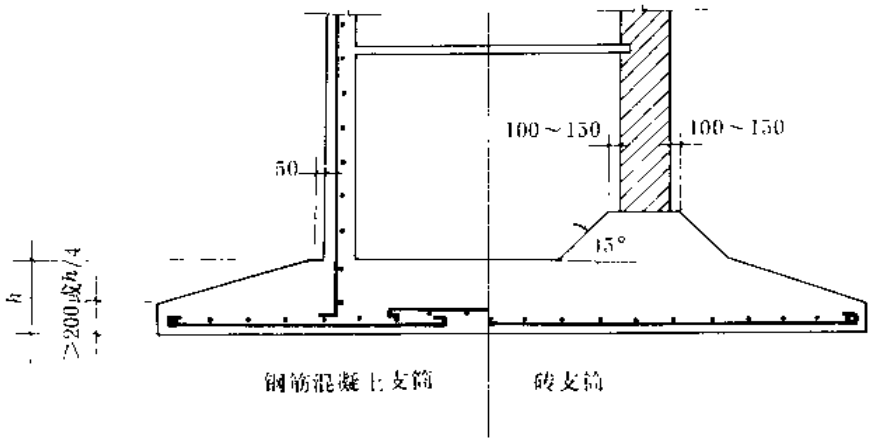


图 20-3　基础板和支筒相接处的构造

圆板基础在支筒内部应做成平的，面外挑悬臂可做成斜坡，但端部的厚度应不小于200mm 或不小于板中心厚度的1/4。

板式基础的配筋率不宜超过0.6%，板式基础的配筋方式可采取下列两种：

（1）分离式配筋，见图20-4*a*，即圆板采用径环两向钢筋，而在中心部分则采用正交方形钢筋网片，与径向钢筋搭接，其搭接长度不小于1.2l_a。

（2）连续式配筋，见图20-4*b*，即为节省钢筋且避免钢筋重迭，板中心的方形钢筋网的

两向钢筋，均和部分的径向钢筋为同一根钢筋。

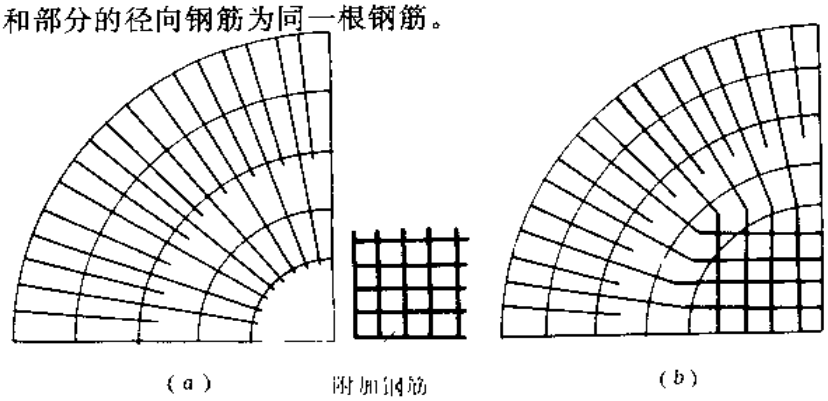


图 20-4　板式基础的配筋方式

a—分离式配筋；b—连续式配筋

三、支架的配筋和构造

1. 立柱

支架的柱子宜采用方形，柱子的根数应视水塔容量的大小而取4～8根，支柱应沿水箱环梁等间距布置。为扩大基础而将支柱做成向外倾斜时，其倾斜度一般宜为1/20左右。

2. 横梁

支架横梁间距通常为5000mm，若横梁和柱子的直接处需加腋时，加腋长度可为400～600mm，高为200～300mm，加腋宽与横梁宽相同。

3. 梁柱节点

柱子和横梁交接的节点处，箍筋宜加密，其间距不大于100mm，柱子箍筋加密范围不小于柱节间长的 $\frac{1}{6}$，横梁箍筋加密范围不小于梁高。

四、钢筋混凝土圈梁

1. 圈梁布置

对于砖支筒水塔，应在水塔门洞顶部设置一道圈梁。此外，沿筒壁高度宜每隔4000～6000mm 设置一道圈梁。

2. 圈梁的配筋及构造

设置在砖支筒中的钢筋混凝土圈梁，其宽度不宜小于240mm，高度不宜小于180mm。圈梁配筋不少于4ϕ8mm，箍筋直径应不少于 ϕ6mm，其间距应不大于250mm。

五、构造详图及要求

1. 水箱的配筋构造

小容量水箱的配筋形式如图20-5所示，当水箱容量在50米^{3}以上时，竖壁应沿全高采用双层配筋，对于非保温水箱，其上下边梁尺寸应相应扣除保温要求的尺寸。

2. 人孔

水箱顶盖上的人孔应做成圆形，其直径为700mm。水箱顶盖的钢筋遇孔口时应尽量不切断，若需切断时，就将切断的钢筋加以弯钩，并套在孔口的加固钢筋上。人孔的构造尺寸和加固钢筋见图20-6。当屋面设有保温层时，孔洞口的凸沿应高出屋面防水层外100mm。

3. 通风孔

当水箱顶部采用金属风帽而不设置避雷针时，水箱顶部的通风孔如图20-7a 所示处理。

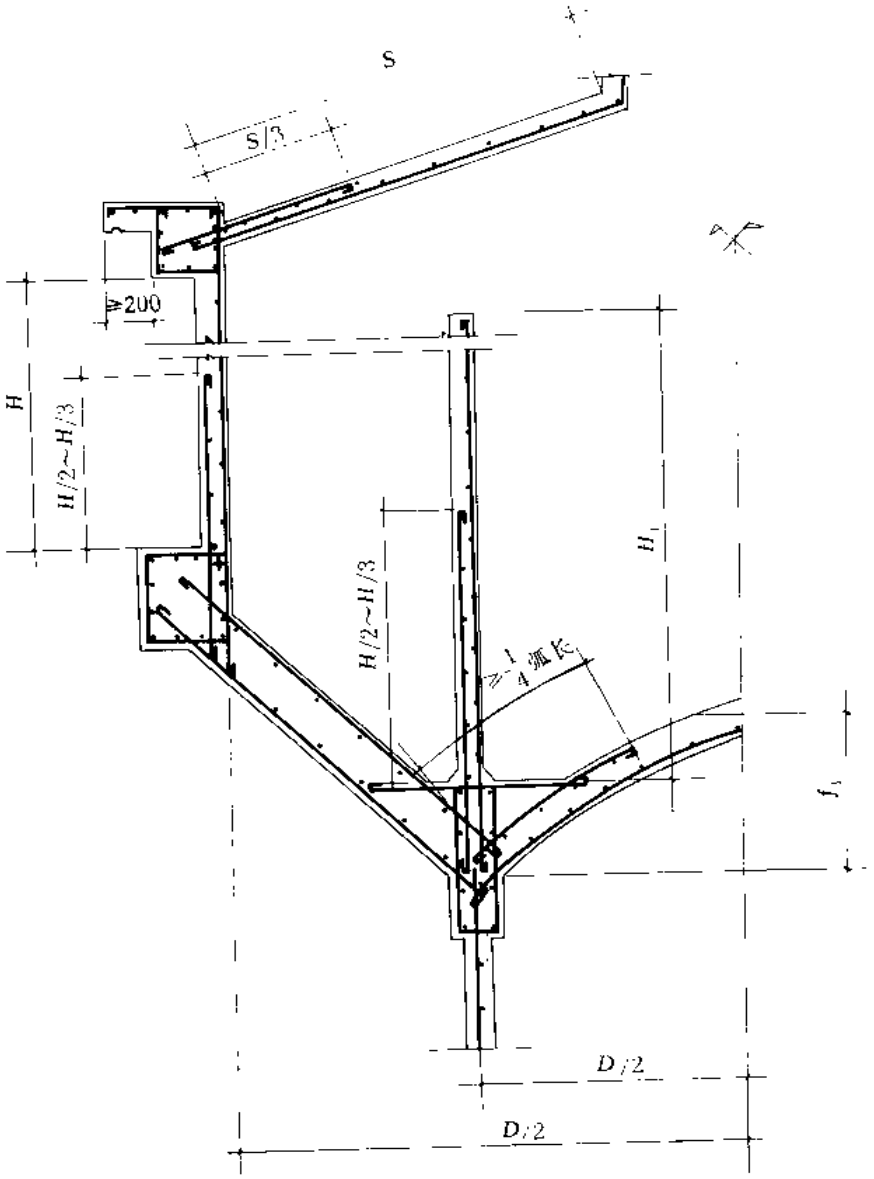


图 20-5　水箱配筋构造

当水箱顶需设置避雷针时，通风帽应为钢筋混凝土，避雷针座可设置于风帽顶上，通风口可设在风帽侧壁，如图20-7*b*。通风口在平面位置上按120°圆心角设置。通风口大小为100×(150～130) mm，其宽度视水箱容量的大小而定。图20-7*b* 中，风帽直径 d 一般可为水箱内径的1/8，沿圆周配置的钢筋，其间距均指沿直径为 d 的圆弧，图中未注明直径的环向钢筋，均为 ϕ8mm。

4. 穿箱防水套管孔口构造

穿箱防水套管通过处的混凝土壁厚应不小于200mm，当实际壁厚小于200mm 时，孔口四周的混凝土壁应按图20-8处理，孔口壁加厚的范围（或方形的边长）应大于穿箱防水套管内径 D 加200mm，同时在穿箱管孔口处应配4ϕ10mm 加固钢筋。

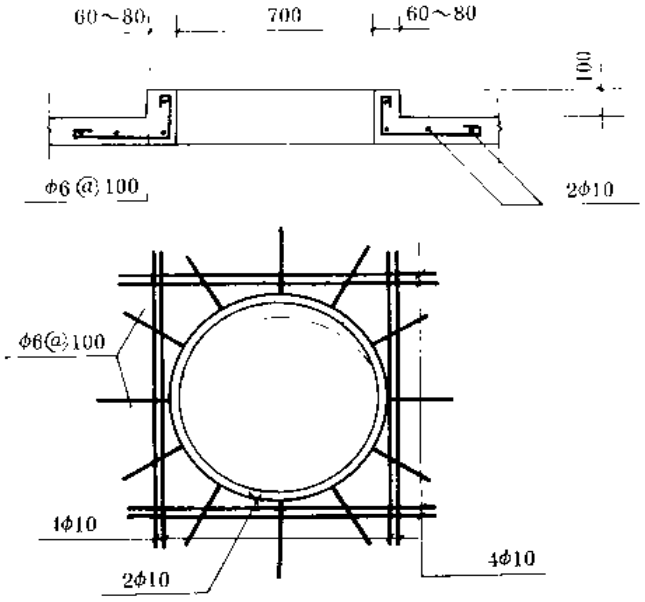


图 20-6　人孔加固图

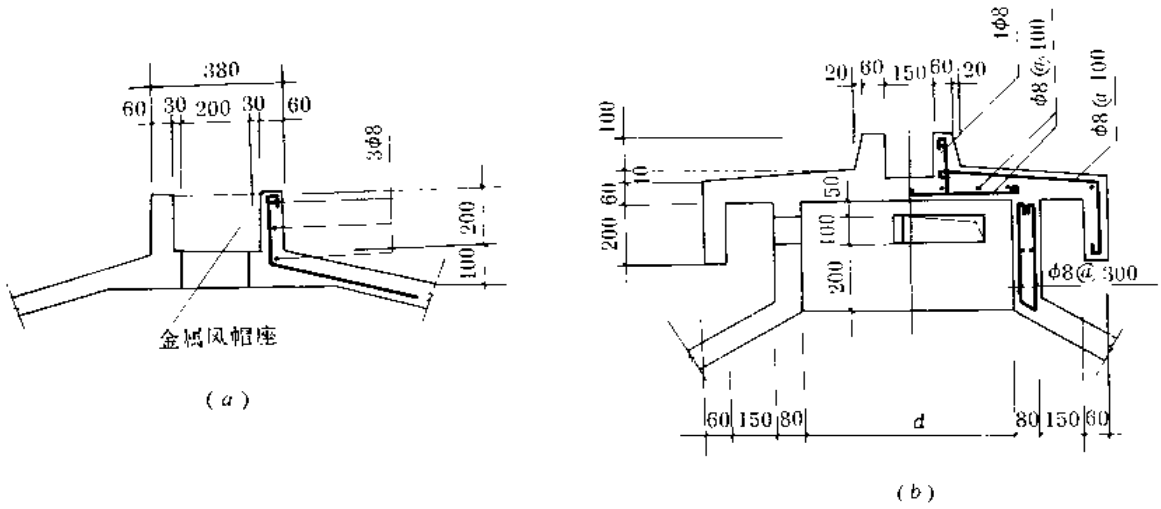


图 20-7　通风孔的构造

六、竖向梯子

英兹式水塔水箱的检修 -般均采用外进入方式，故竖向梯子包括塔内及塔外两部分，见图20-9。

1. 支筒内竖向梯子

容量为50m³及以下的水塔，可采用钢直爬梯或由嵌砌在砖筒壁中的钢筋混凝土挑板组成的旋转梯。旋转梯的梯板和休息平台的构造见图20-10，旋转梯休息平台的位置通常应和砖筒壁的圈梁位置一致。

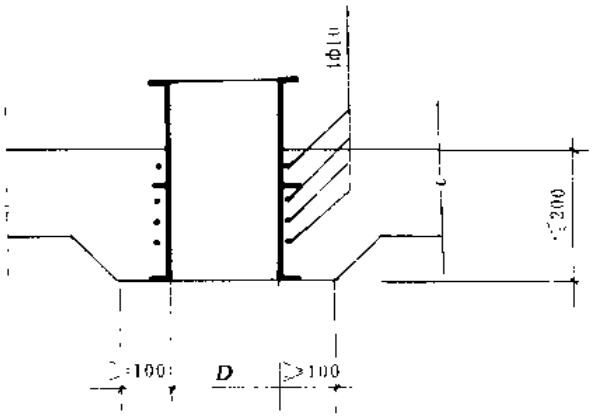


图 20-8　穿箱防水套管孔口构造

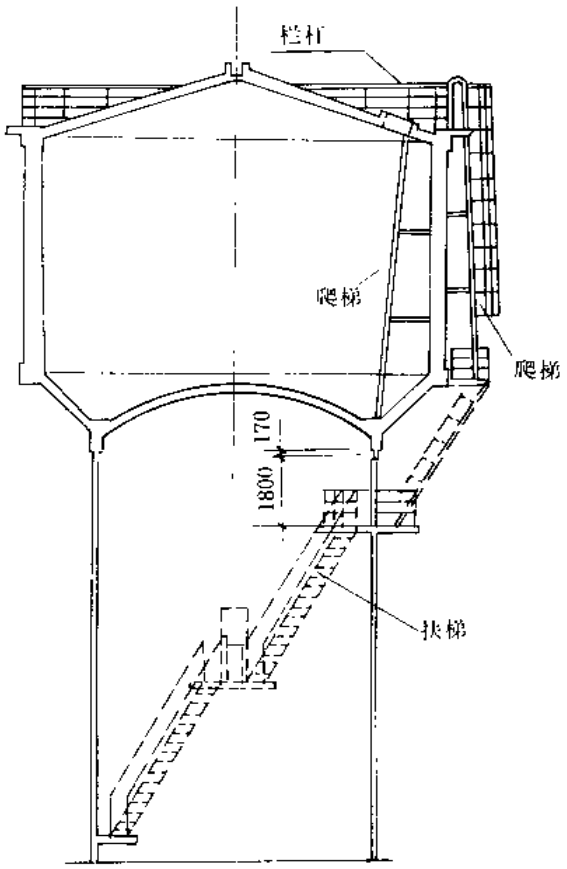


图 20-9　水塔竖向梯子

对于容量大于50m³的水塔，宜采用钢扶梯。扶梯上下两端的钢筋混凝土休息平台的中心线的水平投影的交角应是90°，见图20-11。休息平台采用嵌砌在筒身上的直角悬臂板，板厚不宜小于100mm，其分布钢筋宜不小于 ϕ6mm@200mm，该平台的配筋构造可见图20-12。

2. 支筒外竖向梯子

支筒内外联系是采用由支筒内部顶层平台（一般距水箱环梁底面1800～2000mm）向支

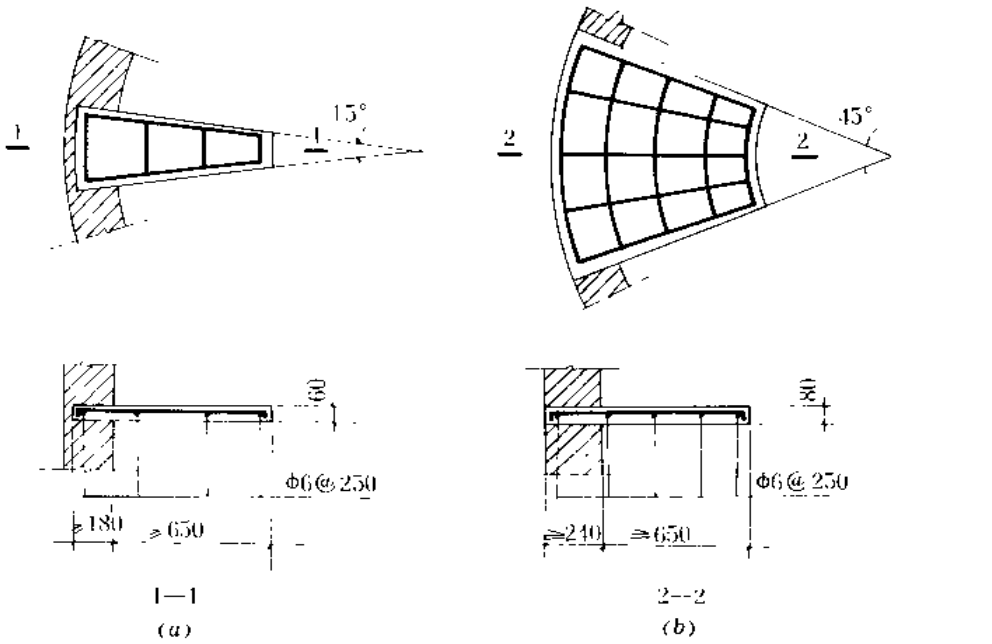


图 20-10　旋转梯构件图

a—踏步板；b—休息平台

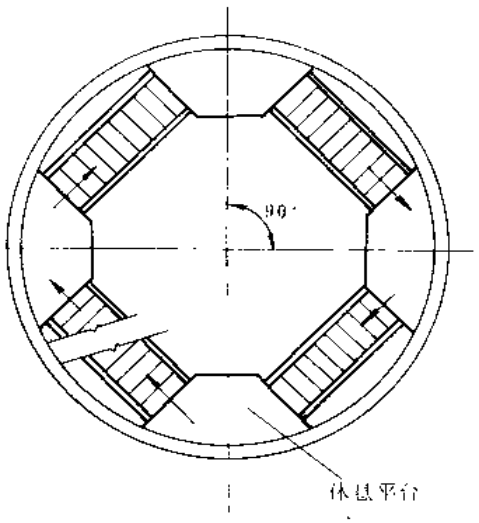


图 20-11　钢梯的休息平台布置

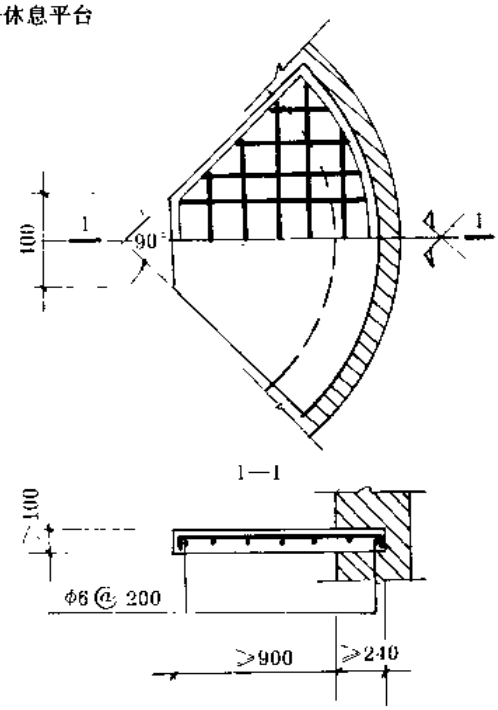


图 20-12　休息平台板

筒外悬挑钢筋混凝土板（图20-9），筒壁上的门洞尺寸通常取700×（1800～2000）mm，由塔外至水箱顶或由水箱顶进入水箱的梯子，一律采用钢直爬梯，凡设在构筑物外的直爬梯均应设保护圈。

3. 栏杆

水箱顶盖四周，沿竖壁上环梁中心线应设置栏杆，栏杆的高度应不低于1050mm，见图20-9。

七、保温构造

水塔水箱的保温采用砖护壁和钢筋混凝土水箱壁间留空气层的做法(图16-13)。当空气层满足不了保温设计要求时，相应的空间可充填其它保温材料。

当保温水塔处于地震区时，砖护壁可用240×120mm 的砖垛及 ϕ6mm 拉筋和水箱壁拉结，砖垛可按22.5°沿圆周设置，拉筋的竖向间距为1000mm（7度区）或500mm（8度区）。砖护壁的抗震构造见图20-14。

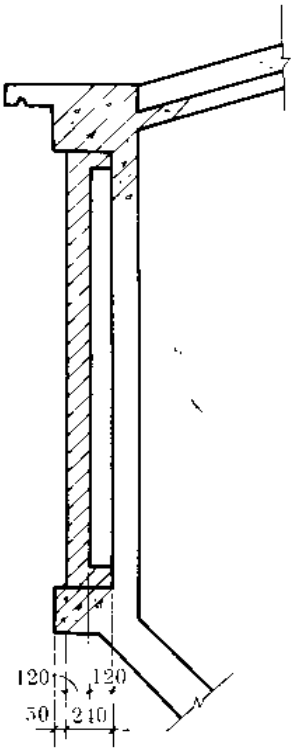


图 20-13　砖护壁保温构造

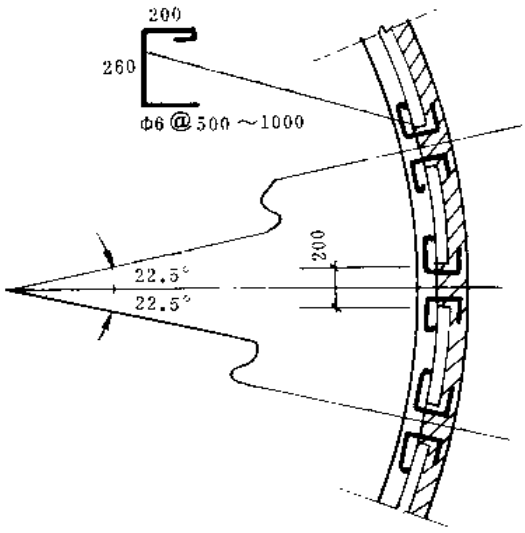


图 20-14　砖护壁抗震构造

当塔外计算温度高于－20℃时，锥形水箱底可不作其它保温构造，而当塔外计算温度低于－20℃时，钢筋混凝土锥底可用木模板间隔，然后再在外面浇捣混凝土壳，以形成中空的空气层保温（见图20-15)。锥底的其它保温处理，可见图20－29所示的形式。

八、施工缝设置

水塔的各部分混凝土宜一次浇捣完成。当施工条件受限制而必须设施工缝时，施工缝可按下述位置及要求留设。

(1) 水箱壁的施工缝可设在水箱壁的下环梁上面和上环梁下面。

(2) 混凝土支筒的施工缝可留在各相应平台上面和筒壁断面变化处。

(3) 混凝土支架的施工缝可设在基础环梁和支架横梁的斜托上面，当无斜托时，则可设在横梁上面。

施工缝应妥善处理并宜做成企口，在继续浇灌混凝土前，应先将表面清理和冲刷干净，

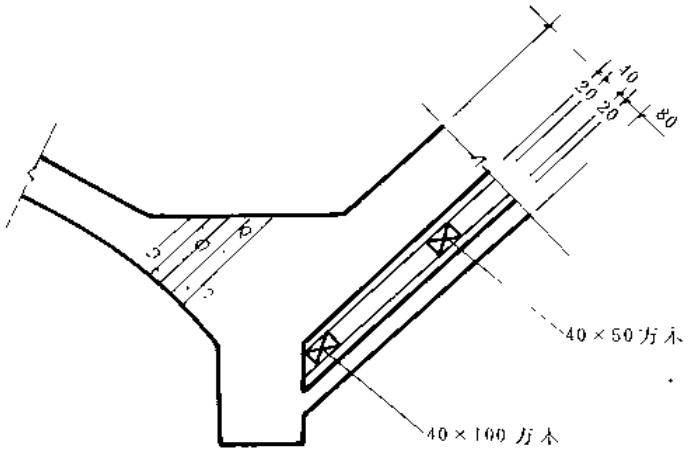


图 20-15　锥底保温构造

然后铺一层1:2水泥砂浆，最后再浇灌混凝土。对接缝部位的混凝土应特别注意捣固密实，以保证紧密结合。

第三节　倒锥壳水塔

一、构造尺寸

预制倒锥壳水塔尺寸如图20-16所示。

（1）水箱顶盖的坡度为1/3～1/5，一般宜取1/4。

（2）水箱下壳的斜度宜取45°，但当水箱容积在 100m³ 以下时，水箱下壳和斜度最小可取35°左右。

（3）水箱上环梁的内径 D_3 为

$$D_3 = D_1 + 800$$

（4）水箱下环梁的内径 D_2 为

$$D_2 = D_1 + 100$$

（5）进人井的内径 D_4 不宜小于800mm。

（6）水箱最大外径 D 和支筒外径 D_1 之比 D/D_1，应不小于4。当水箱容量不超过500m³时，其支筒外径宜在2400mm 和3200mm 两个尺寸中选用，若该两种外径满足不了强度要求，可以在水箱提升后，在筒身下部后浇筒座套，筒座套的厚度及高度应由计算确定。后浇筒座套的构造如图20-17所示，图中，尺寸 b 应大于由基础上筒座伸出钢筋的搭接长度。后浇筒座施工前，应将相关部位的混凝土洗净和打毛。

（7）气楼顶盖的坡度一般取1/5，气楼窗洞口高度宜取600～800mm，气楼的窗扇部分可以开启。

（8）进人井平台面和中环梁顶面均应高出水箱最高水位200mm。进人井平台直径一般可为2400mm。当经常要利用本平台出入气窗时，平台直径宜和上环梁内径 D_3 相同。

（9）支筒筒身上的窗洞口应做成圆形，窗洞口位置应相对交错设置，且在每两层平台间至少有两个窗洞口。窗洞口宜采用预制钢筋混凝土框，在滑模前安设在预定位置上。

（10）支筒上的门洞口的高度不宜小于2100mm，宽度应不大于800mm。

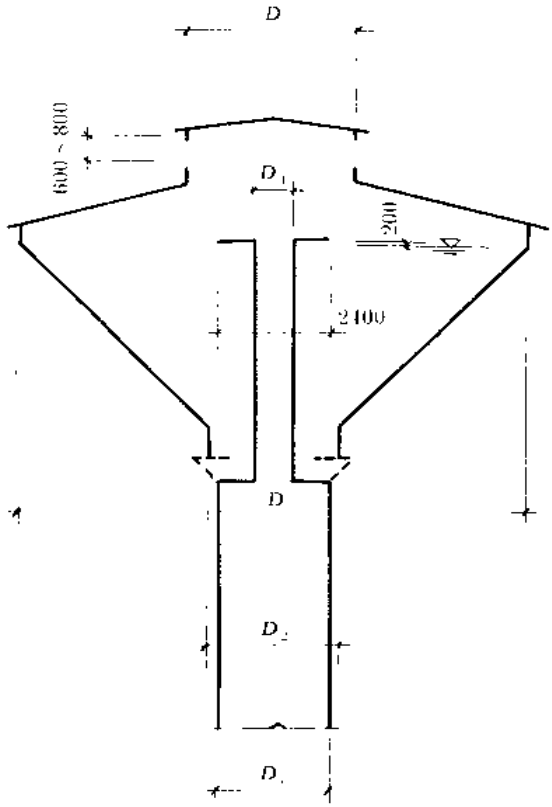


图 20-16　预制倒锥壳水塔尺寸

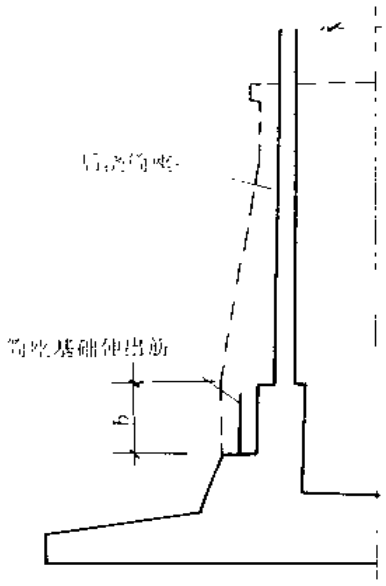


图 20-17　后浇筒座图

(11) 支筒内部休息平台的间距不宜超过5000mm，休息平台宜采用钢筋混凝土结构，且宜做成平板式。

二、部件的最小配筋率和断面尺寸

预制钢筋混凝土倒锥壳水塔各部件的最小配筋率和最小截面尺寸见表20-4，表中未列者参见现行规范。

三、配筋构造

1. 水箱配筋

水箱配筋见图20-18，图中 S 和 S' 是相应壳面的径向长度。在系列化设计中，为了不变动水箱内模，壳下部加腋长度 a 应不超过1000mm，且宜取定值。图20-18中，双层配筋处的上下层钢筋应错开放置。

2. 支筒筒身配筋

支筒筒身中的竖向钢筋宜偏外侧放置，箍筋应不小于 ϕ6mm@200mm，且置于竖筋的外侧。当筒身中的环向钢筋采用连续布筋机在竖向钢筋内侧布设螺旋形环筋时，螺旋形环筋和竖向钢筋应逐点绑扎，而且在竖向钢筋外侧应设置 ϕ10～ϕ12mm、间距为1500mm 的加强环筋，以防滑升时钢筋骨架的扭动。该筋应逐点和竖向钢筋点焊。

3. 门窗洞口的加固处理

门窗洞口加固处理如图20-19所示，门洞口的竖向加固钢筋断面应不小于被洞口切断的钢筋面积的1.1～1.2倍，并应平均配置在洞口两侧不超过1.2～1.5倍壁厚的宽度范围内。其它钢筋的配置见图20-19。各向加固钢筋均应伸过洞口边不少于钢筋的锚固长度。

倒锥壳水塔构件的最小配筋率和断面　　表 20-4

构件名称	钢筋类别	最小配筋		钢筋最大间距 (mm)	截面最小厚度 (mm)	保护层厚度 (mm)
		直径 (mm)	配筋率 (%)			
气窗顶盖	径向钢筋 环向钢筋	φ5 φ5	0.2 0.2	200	50	15
顶盖环梁	箍　筋 环向钢筋	φ5 φ5		150		10
上环梁	箍　筋 环向钢筋	φ6 φ10		150	(150×300)	20
上　壳	径向钢筋 环向钢筋	φ6 φ6	0.2 0.2	300	60	15
中环梁	箍　筋 环向钢筋	φ6 φ12				20 25
下　壳	径向钢筋 环向钢筋	φ8 φ8	0.2 0.2	300	120	15
下环梁	箍　筋 环向钢筋	φ6 φ12		250	(250×500)	20 25
进人井	箍　筋 竖向钢筋	φ5 φ12	0.15	250	150	15
支承环板	径向钢筋 环向钢筋	φ12 φ12	0.15 0.15	300		25
筒　身	箍　筋 竖向钢筋	φ5 φ12	0.4	200	180	25
平台梁	箍　筋 受弯钢筋	φ5 φ8	0.15		60	15
基础板	径向钢筋 环向钢筋	φ10 φ10		300 250		35
基础杯口	竖向钢筋 环向钢筋	φ10 φ8		300 250		35

4. 平台

平台宜在支筒筒身滑模后进行浇捣。平台通常宜采用平板式。图20-20为筒身外径为2400mm的平板式平台的配筋构造。平台板宜采用井字梁支承，梁的支座设在筒壁上的预留梁窝上（梁窝在筒身滑升后，混凝土终凝前挖留）。图20-20中，四对受力钢筋采用隐梁做法，伸入到筒壁上的8个梁窝。

5. 基础构造和配筋

圆板基础和筒身相接处宜做成杯口状（图20-21），杯口顶部最小厚度 a 应按下式确定：

$$a = \text{筒壁厚} + \text{预制水箱下环梁厚} + 50\text{mm}$$

为减少基础板的外悬尺寸，杯口宜向外扩放，但扩放角 α 应不超过混凝土的刚性角。

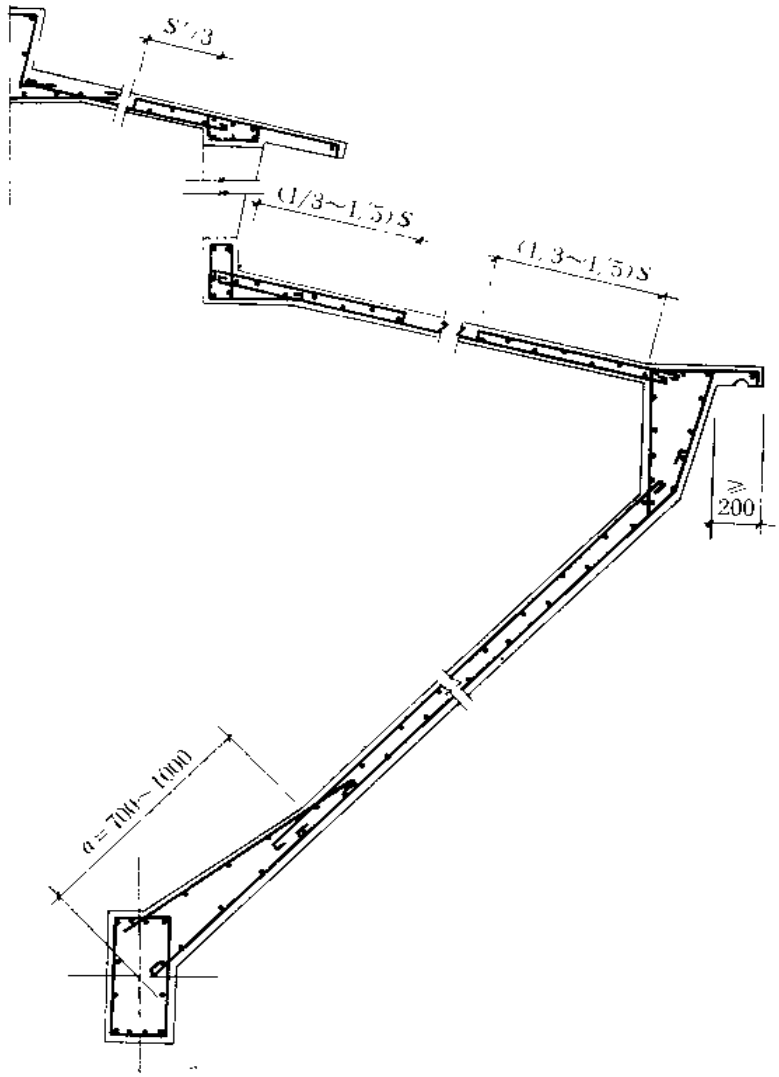


图 20-18　倒锥壳水箱配筋图

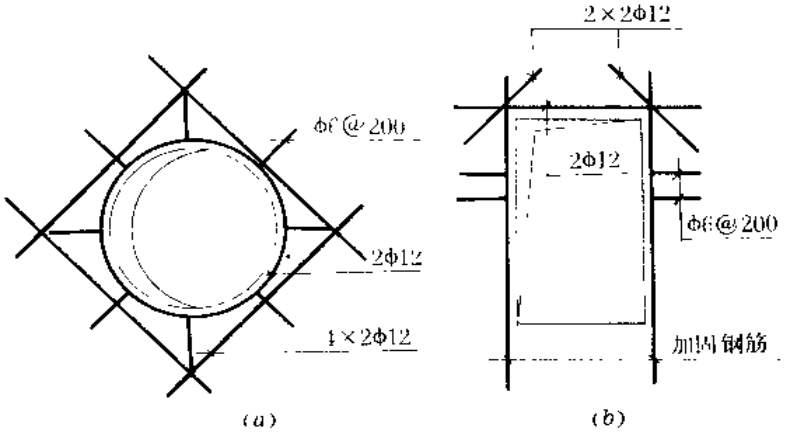


图 20-19　门窗洞口加固钢筋

a—窗洞口加固处理；b　门洞口加固处理

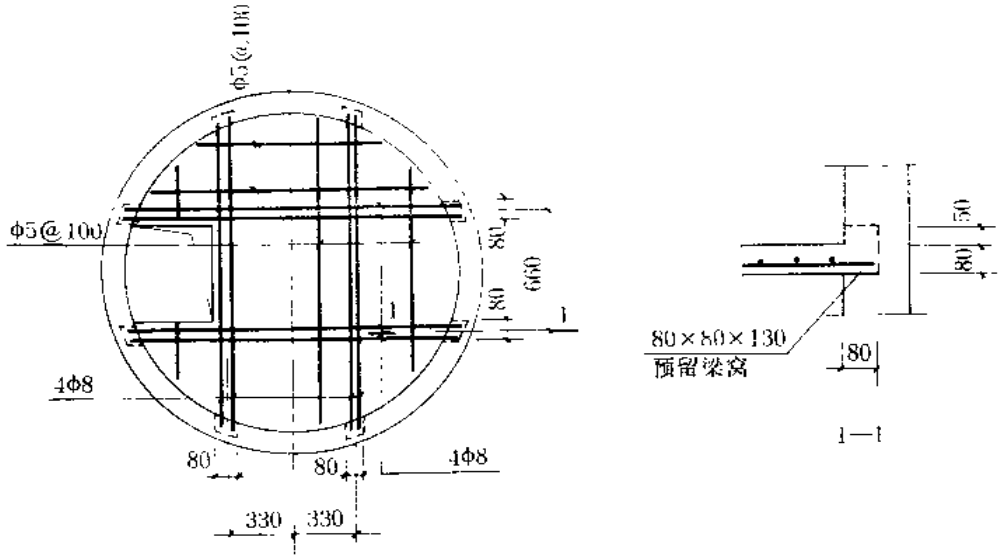


图 20-20　后浇平台配筋构造

基础的埋置深度应大于进出水管的埋深和基础板中心部分的厚度之和。基础杯壁上的进出水管等的预留孔应为椭圆形，预留孔在水管上方应保持不小于150～200mm 的空隙，以防基础沉陷而影响水管使用。

基础底板配筋可见第[illegible]节的相应部分。基础杯壁配筋可按图20-21中两种方式选用。

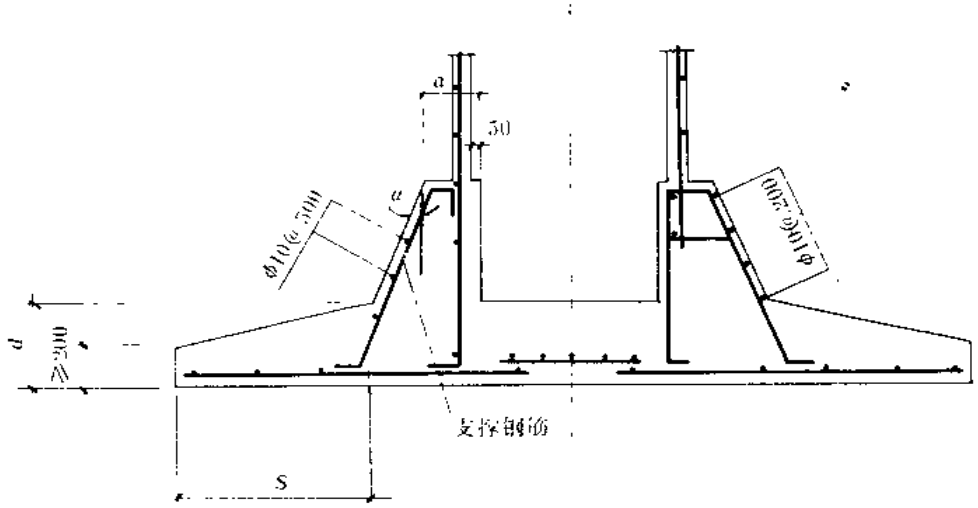


图 20-21　倒锥壳水塔圆板基础配筋

竖筋落地方案，即落地筋的数量和其它竖筋在杯口中的切断位置均由计算确定，但落地筋的数量应不少于竖筋总数的25%。为了防止竖向筋在浇捣混凝土时扭动，沿圆周应设置

不少于8φ14mm 的支撑钢筋。

骨架筋方案，即筒身竖筋伸入杯口的长度取锚固长度，骨架筋的直径不宜小于 φ14mm，其间距不大于200mm（沿竖筋排列的圆弧量度）。

基础板的厚度应不小于200mm，其外挑部分的比值 d/s 不宜小于1/3。基础板的配筋率不宜超过0.6%。

6. 水塔防雷和其它

（1）水塔的防雷设施可采用避雷针或避雷网，无论那一种防雷方法，其接地导线均宜利用钢筋混凝土结构中的钢筋（接地电阻应符合有关专业要求）。用作导线的钢筋必须互相焊接。当避雷引下线在水塔内部不能连通时，可按图20-22所示，通过预埋件将相关埋件用钢筋焊接连通；

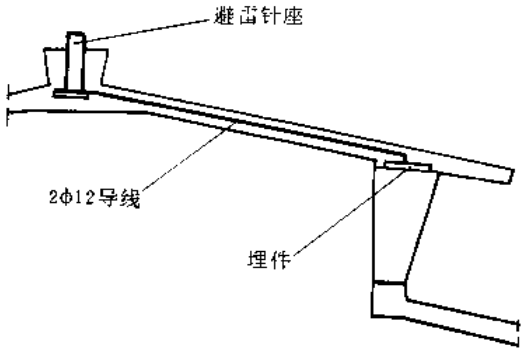


图 20-22　避雷导线的连接

（2）水箱顶面沿中环梁上方应设置高度不低于1050mm 的安全栏杆（参见图20-9）；

（3）上壳的挑檐应不小于200mm，且檐口必须设置滴水。当需要时，也可在上壳边设置檐沟，檐沟中的雨水可用专设的落水管排放，见图20-23*a*，或将其通过专门管道引入水箱中的溢流管排放，见图20-23*b*。

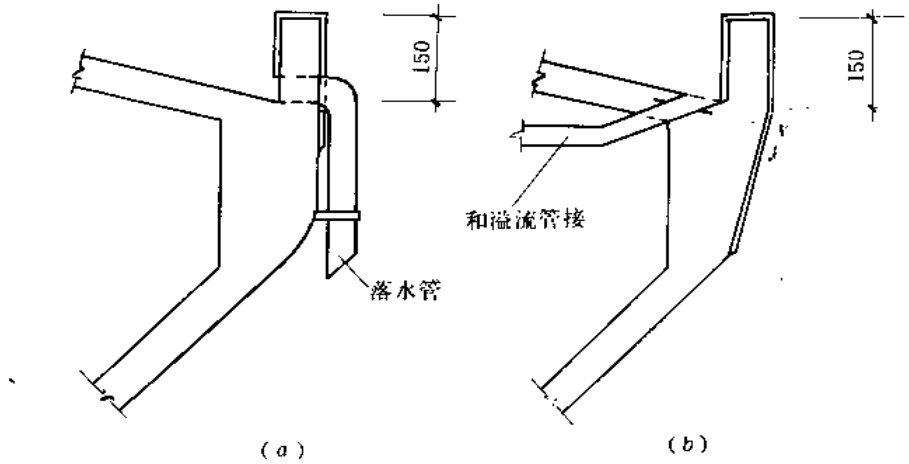


图 20-23　水塔水箱上壳檐沟

四、预制水箱的支承节点构造

1. 井式楼盖支承

井式楼盖支承如图20-24所示。水箱下环梁的临时支承和永久支承均为支筒顶层平台的井字楼盖梁的外挑部分，全部井字梁均采用钢结构拼装，并最后用钢筋混凝土包裹起来。

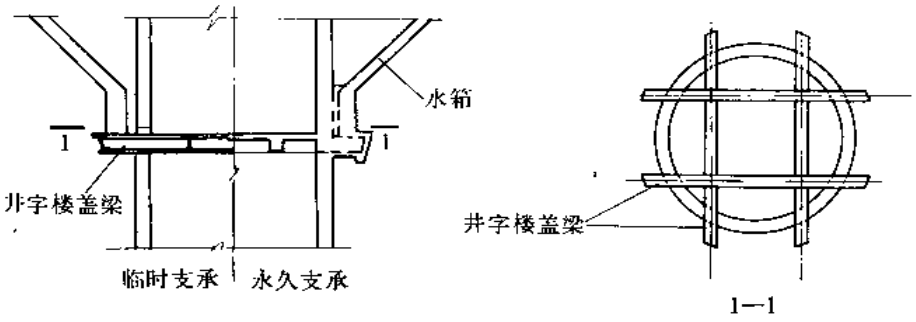


图 20-24　井式楼盖支承构造

2. 支承环板的支承

由于水箱提升架的支承位置不同，支承环板的构造有如下两种做法：

(1) 水箱提升架支承在人井的牛腿上（图20-25）。由于全部施工荷重均通过人井传到支筒顶板，再由支筒顶板传到支筒壁上，所以支筒顶板的厚度不应小于500mm。水箱的临时支承是采用支承于筒壁顶上的三角形钢架，三角形钢架的反力则由进人井牛腿下的凸缘来承受；水箱的永久固定是采用现浇钢筋混凝土环板，环板内边嵌在牛腿下的凸缘下。

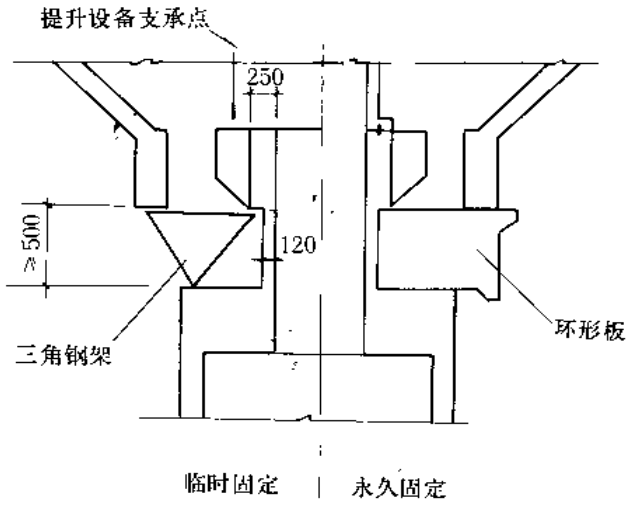


图 20-25　牛腿支承构造图

(2) 水箱提升架支承在支筒壁上的支承小柱上。这种支承构造中，支筒顶板不宜太厚，一般取200～300mm。水箱的临时支承采用由型钢做成的斜撑杆（6～8根），斜撑杆的水平力则可由相应为6～8根水平钢拉杆组成的平衡环承受（图20-26）；水箱的永久固定同样采用现浇钢筋混凝土环板，环板按环形牛腿计算。支承提升架的小柱高度不宜超过环板厚度和下环梁高度之和，小柱断面一般宜取180×180mm（可利用支筒滑模施工）。

钢筋混凝土支承环形板的厚度，通常均不宜小于500mm。

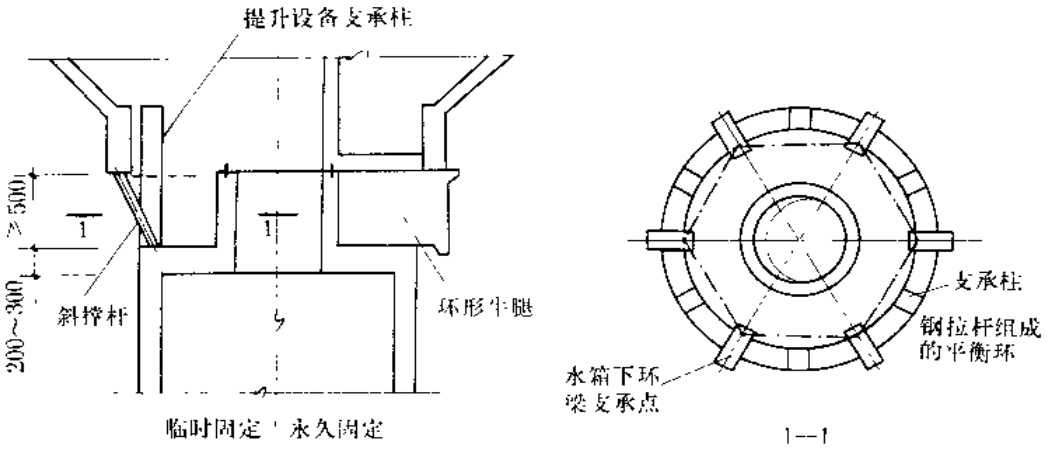


图 20-26　小柱支承构造图

按环形牛腿设计的环形板，其计算的环向和径向钢筋均应配置在板的上部，如图20-27所示。并应考虑：

1）径向钢筋应避开水管穿孔和支承小柱，沿圆周尽量均匀布置。计算所得的全部环向钢筋①应配置在水箱下环梁中心线以内范围，该范围外按构造放置⑥，且应不少于 ϕ12mm @200mm。

2）径向钢筋不应切断。环向钢筋应尽量不要切断，若必须切断时，被切断的环向钢筋不能多于1根，且切断的钢筋必须和钢制防水套管相焊。

3）径向钢筋的50%必须做成封闭式②，其余部分均应弯向底部③。

4）下部的构造环向钢筋不宜少于4ϕ10mm。

5）环形牛腿的弯起钢筋⑤及水平箍筋⑦应按照柱牛腿中的有关规定设置。

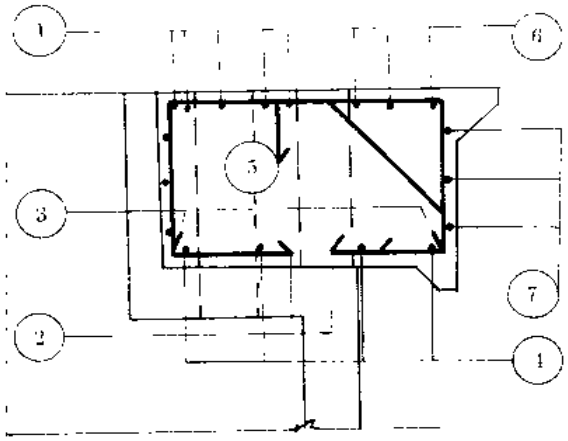


图 20-27　环形牛腿配筋图

3. 支承节点处的防水处理

当提升架支承在人井的牛腿上时，支承节点的防水处理见图20-28*a*。当提升设备支承在筒壁顶的小柱上时，支承节点的防水处理见图20-28*b*。

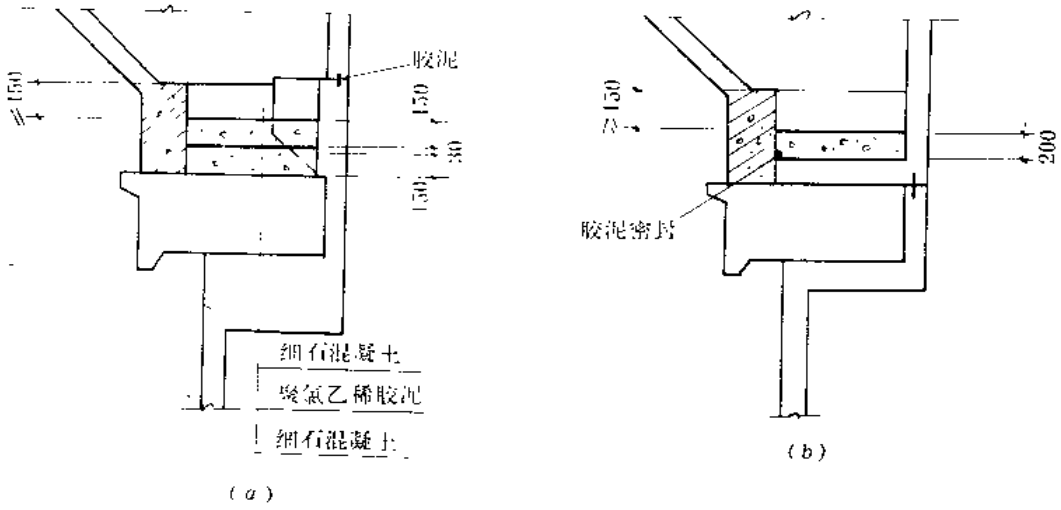


图 20-28　支承节点的防水处理

五、竖向梯子

倒锥壳水塔水箱的检修和清洗是通过水箱内的进人井而进入水箱的，支筒内的竖向梯子（包括进人井内的及由进人井平台到水箱底的）可以采用各层平台的楼梯孔互相错开的钢直爬梯。当支筒内的净空允许时，宜采用斜向扶梯，梯子的休息平台间距不宜超过5000mm。直爬梯的梯级下部距下层楼面应不大于500mm，其顶部的梯级应超过上层楼面不少于12000mm。

当支筒内部采用装配式钢筋混凝土旋转梯时，其通用梯级板构造可见图20-29。图中 R_1 为支筒的内半径（mm）。梯级板中心圆孔在配置钢筋后逐段用混凝土浇填，板中2ϕ30mm 定位孔在安装中用以控制相邻梯级板的相对错角（图中按30°设计）。

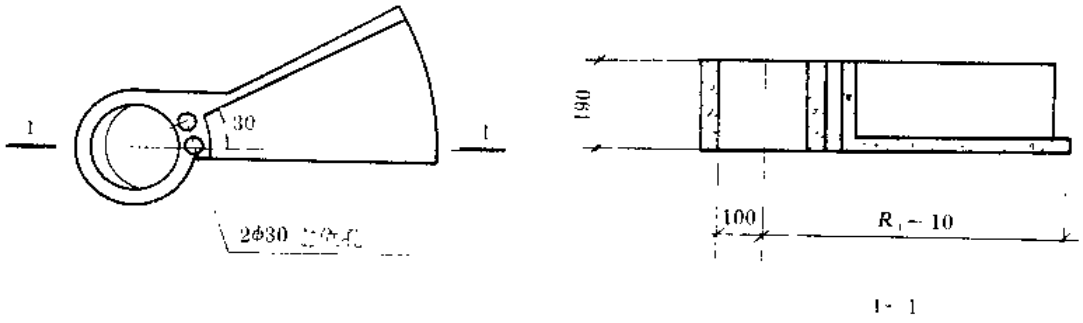


图 20-29　钢筋混凝土旋转梯踏步板

六、保温构造

倒锥壳水塔水箱顶盖的保温和防水同一般建筑，其水箱下壳面的保温，应按照热工计算决定采用空气层保温或保温材料保温。

1. 空气层保温

在钢筋混凝土锥壳水箱外，扣以钢丝网水泥砂浆槽形板以形成空气间层，槽形板可借

以金属件（焊接或螺栓固定）和锥壳水箱壁相固定，如图20-30*b* 所示。

2. 保温材料保温

这种保温方法是在锥壳水箱外铺设预制保温材料，再在保温材料外设置钢丝网水泥砂浆层以作保温材料的防水层和防老化层。施工时，先在模板上铺设钢丝网，并在钢丝网上伸出一定的拉结件和混凝土壁拉结，然后在钢丝网上铺设预制保温材料，最后浇捣水箱混凝土，拆模后再在钢丝网上抹水泥砂浆，以形成保护壳，如图20-30*a* 所示。

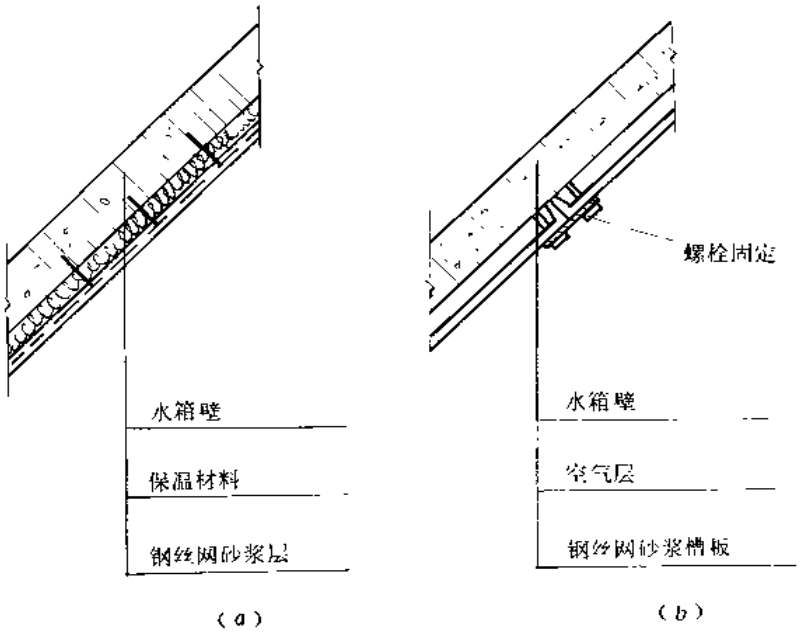


图 20-30 锥壳的保温构造

a — 保温材料保温； *b* — 空气层保温

七、抗震构造

处于地震区的预制倒锥壳水塔，应加强支承节点处同后浇混凝土间的连接，并采取下列措施：

（1）在临时安装支承节点处，水箱和支承钢架间均应焊接。

（2）在后浇混凝土环形板和支筒顶板间，后浇人井底板和环形板间（参见图20-28）均应设置预留插筋互相拉结，六、七度区用 ϕ8mm，八度区用 ϕ10mm，间距均取500×500mm。

（3）处于八度区的水塔，其支筒头部及底部，应在高度不小于支筒直径的范围内加密箍筋，箍筋直径应大于6mm，间距不大于100mm。

八、施工缝

（1）基础的施工缝应设在杯口顶面。

（2）支筒筒身应连续浇灌，其施工缝可留在支筒顶板下。

（3）水箱的贮水部分不允许留施工缝，施工缝宜留在中环梁顶面。

（4）进人井除设计为二次浇捣井采取有效的防水措施外，施工中不允许留施工缝。

第二十一章　烟囱、烟道

本章构造适用于地震区和非地震区的钢筋混凝土烟囱和烟道。

第一节　筒　　壁

一、材料

1. 混凝土

（1）采用普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥配制，混凝土强度等级不低于C20。

（2）水灰比不宜大于0.5，每米^{3}混凝土的水泥用量不应超过450kg。

（3）混凝土骨料应坚硬致密；粗骨料宜采用玄武岩、闪长岩、花岗岩、石灰岩等破碎的碎石或河卵石；细骨料宜采用天然砂，也可采用上述岩石经破碎筛分后的产品，但不得含有金属矿物、云母、硫酸化合物和硫化物。

（4）粗骨料的粒径不应超过筒壁厚度的1/5和钢筋间距的3/4，同时最大粒径不应超过60mm。

（5）沿筒壁高度宜采用相同强度等级的混凝土。当烟囱较高时，也可采用不同强度等级的混凝土。

烟囱顶部第一节和有烟气直接作用的筒壁部位，不宜采用石灰石作骨料。

2. 钢筋

筒壁中的钢筋宜采用Ⅱ级钢筋。

二、筒壁坡度、厚度和分节高度

1. 筒壁坡度

筒壁坡度一般采用2%，对高烟囱也可按分节高度采用几种不同的筒壁坡度。

2. 筒壁厚度

除由计算确定外，筒壁的最小厚度应符合表21-1的规定。

筒壁最小厚度　　表21-1

筒身顶口内直径 D (m)	最小厚度（mm）
$D\leqslant 4$	140
$4<D\leqslant 6$	160
$6<D\leqslant 8$	180
$D>8$	$180+(D-8)\times 10$

注：采用滑模施工时，筒壁厚度不宜小于160mm。

筒壁厚度可随分节高度自下而上呈阶梯形减薄，但同一分节高度的筒壁厚度应相同；

3. 分节高度

筒壁分节高度，应为移动模板高度（一般为1250mm）的倍数，且不宜超过15m。

三、筒壁配筋

（1）筒壁一般为外侧单层配筋，环向钢筋应配在纵向钢筋的外侧。

（2）属于下列情况之一的筒壁，尚应在内侧配置构造钢筋：

1）厚度大于450mm的筒壁。

2）长期处于外侧温度大于内侧温度的部位。

筒壁钢筋的最小直径和最大间距应符合表21-2的规定；当配置双层钢筋时，内外侧钢筋应拉结，见图21-1。

筒壁钢筋的最小直径和最大间距，mm 表21-2

配筋种类	钢筋最小直径	钢筋最大间距
纵向钢筋	10	外侧300，内侧500
环向钢筋	8	250，且不大于壁厚

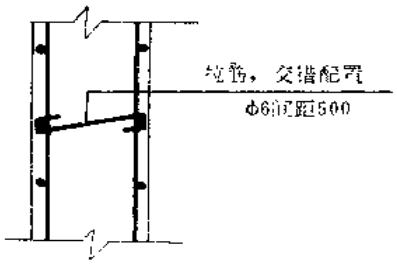


图 21-1 内外侧钢筋拉结

筒壁的最小配筋百分率，% 表21-3

筒壁钢筋	混凝土强度等级	
	C20	C25～C40
环　向	0.15	0.20
纵　向	0.30	0.40

（3）纵向钢筋的长度应为移动模板高度的倍数（一般为5m），另加搭接长度。

钢筋的搭接长度为$10d$，接头位置应相互错开，在同一截面内的接头数不应超过全部钢筋根数的1/4。

（4）筒壁钢筋最小配筋百分率应符合表21-3的规定。

（5）筒壁环向钢筋的混凝土保护层厚度不应小于30mm。

四、筒壁环形悬臂和筒壁顶部的构造

1. 筒壁环形悬臂的构造

（1）环形悬壁一般可不配置钢筋，受力较大和挑出较多的悬臂，按计算配置钢筋，见图21-2。

（2）在环形悬臂中，应沿悬臂全高留出垂直楔形缝，缝的宽度为20～25mm，中距1000mm左右，见图21-3。

（3）在环形悬臂加厚区段内，环向钢筋宜适当增加，一般可增加一倍，见图21-2。

2. 筒壁顶部的构造

（1）在筒壁顶部加厚区段内，环向钢筋宜适当增加，一般可增加一倍，见图21-4。

（2）烟囱较高，上口内径较大，烟气温度高（烟囱高度100～200米，上口内径2.5～3.5m，烟气温度为600～750℃）时，顶部花饰构造可参见图21-5。

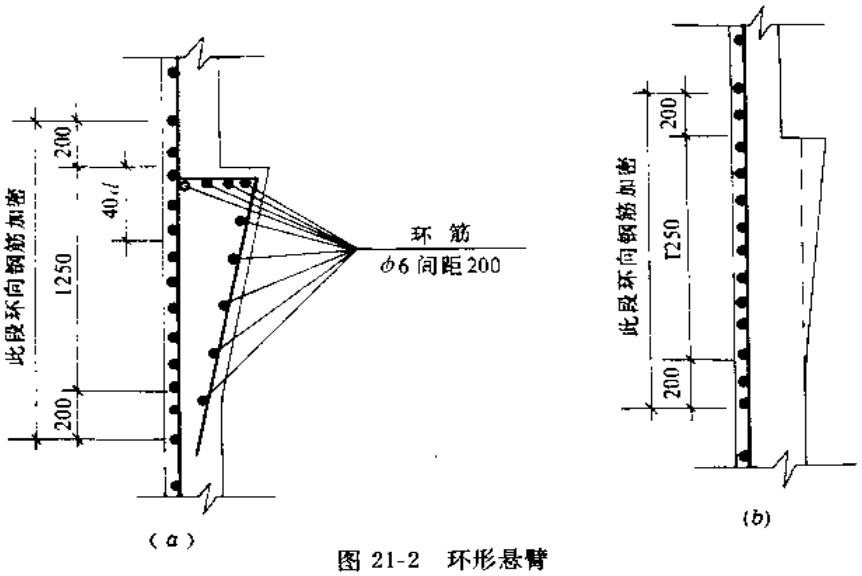


图 21-2 环形悬臂

a — 配筋环形悬臂；b — 不配筋环形悬臂

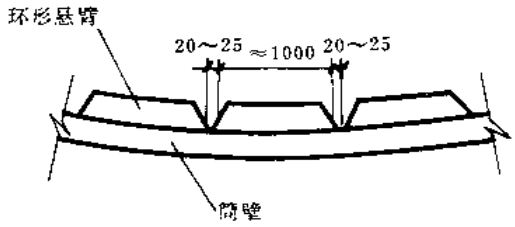


图 21-3 环形悬臂楔形缝

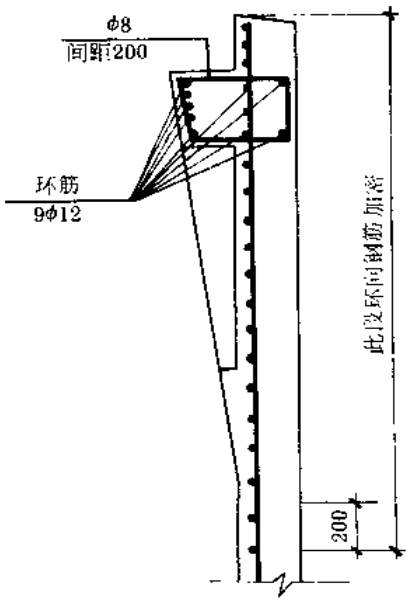


图 21-4 筒壁顶部配筋

(3) 烟囱高，上口内径大，烟气温度低（烟囱高度150～200m，上口内径5～8m，烟气温度170℃以下）时，顶部花饰构造可参见图21-6。

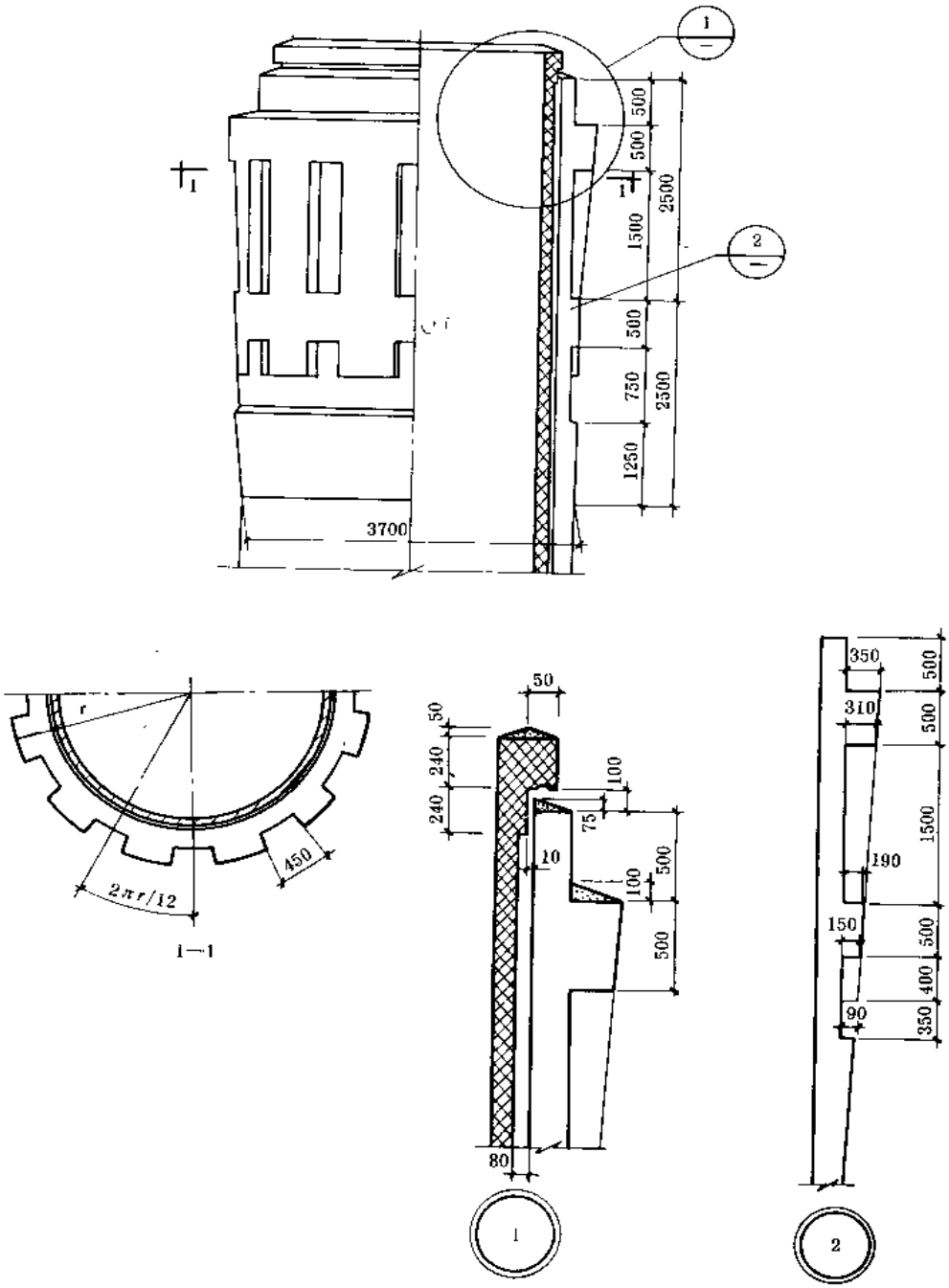


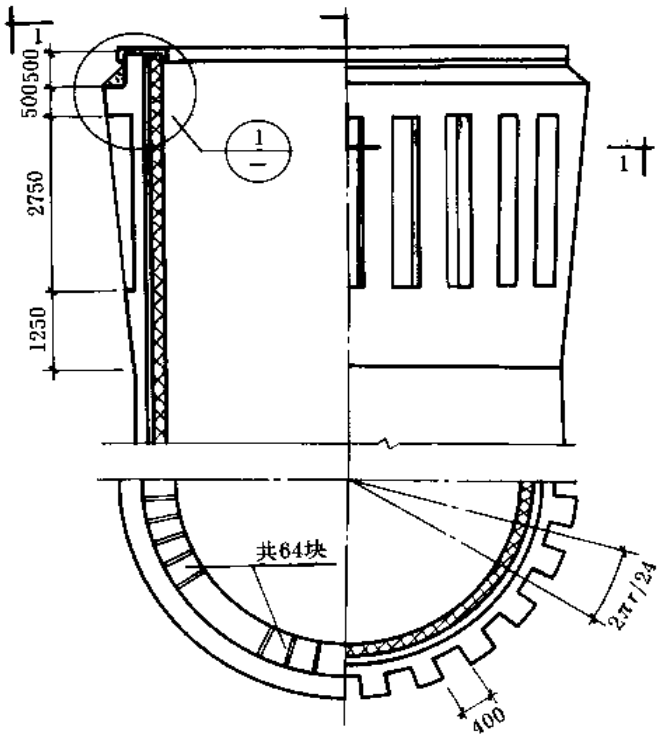
图 21-5　花饰构造（1）

（4）烟囱低，上口内径小，烟气温度高（烟囱高度60m 左右，上口内径1.5～2.0m，烟气温度600℃以上）时，顶部花饰构造可参见图21～7。

五、筒壁开孔构造

（1）在同一水平截面内有两个孔洞时，孔洞宜对称布置。

（2）孔洞对应的圆心角不应超过70度，在同一水平截面内总的开孔所对应的圆心角不得超过140度。



1—1

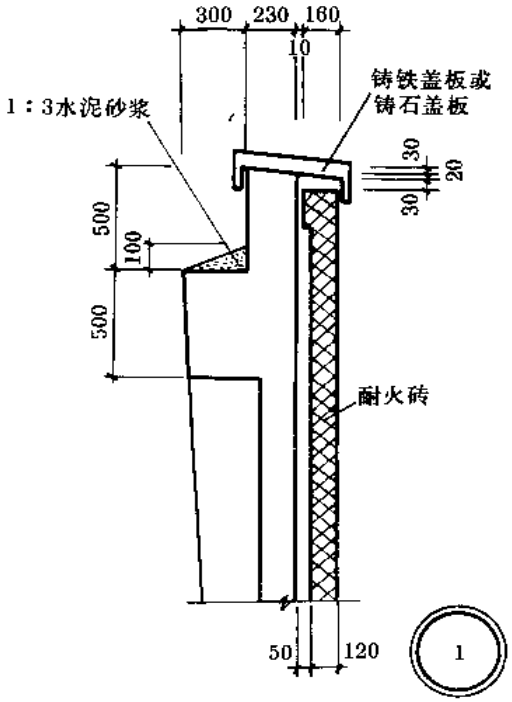


图 21-6　花饰构造（2）

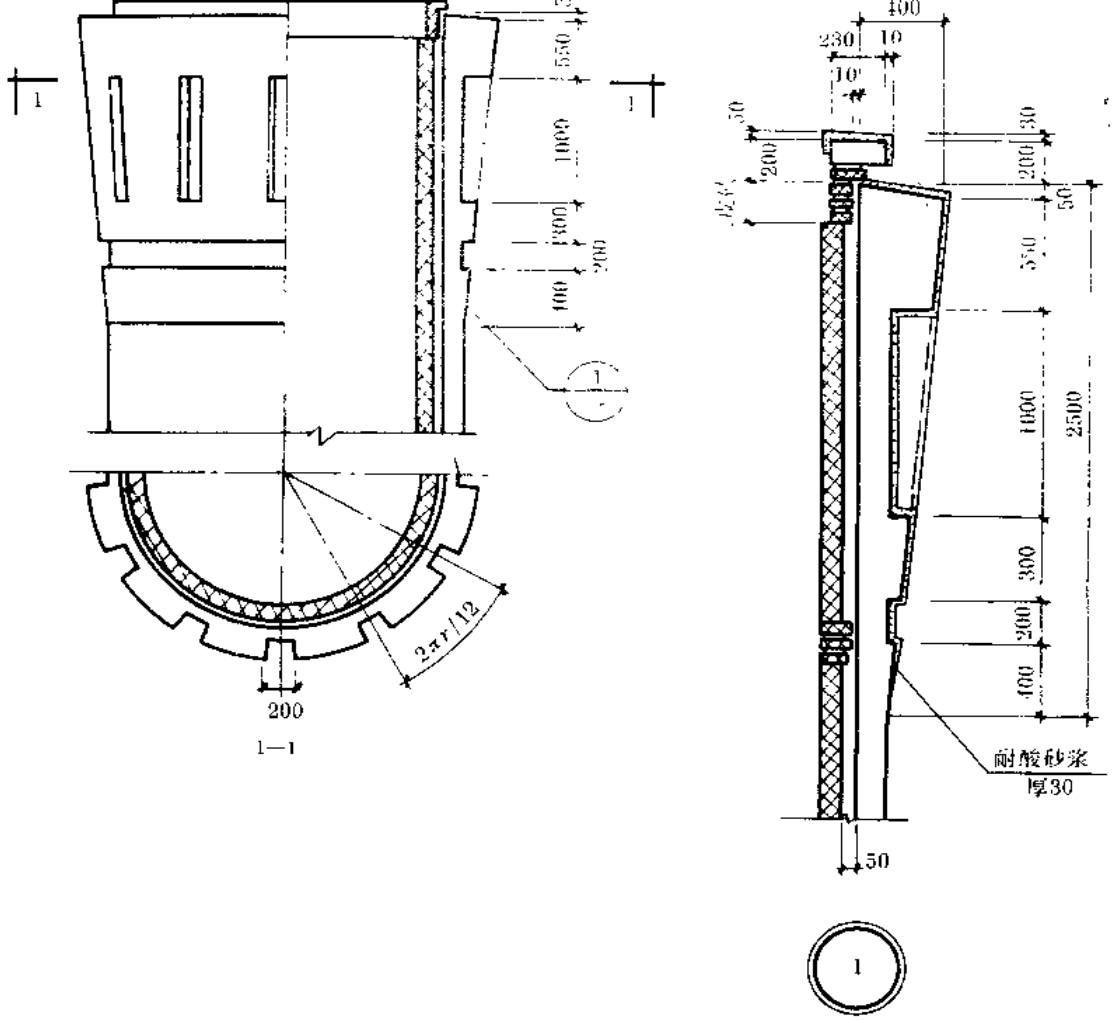


图 21-7　花饰构造（3）

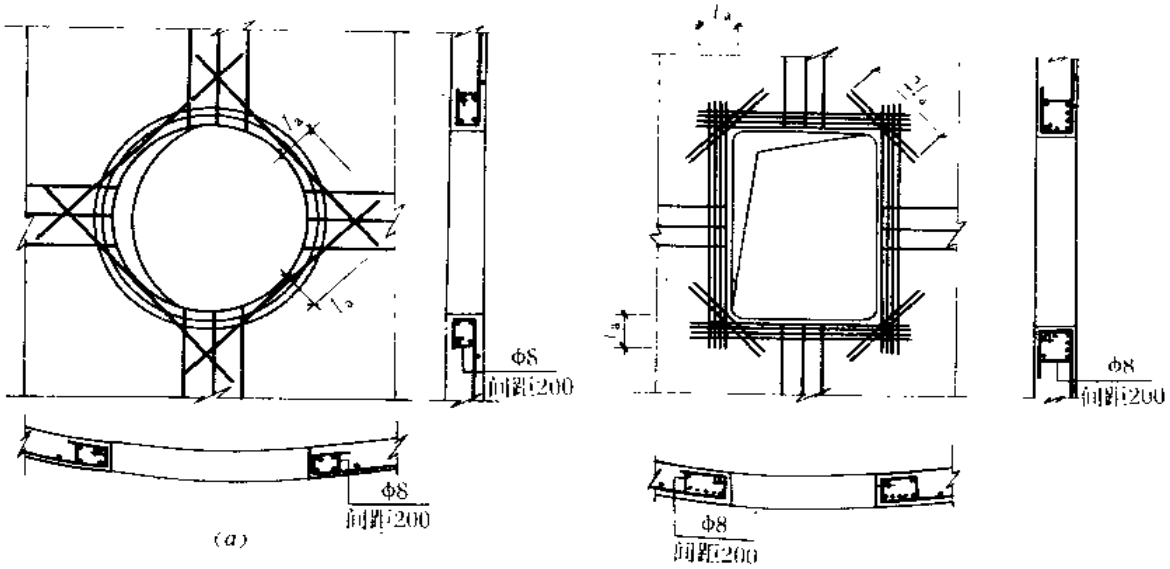


图 21-8　补强钢筋构造

a — 圆形孔洞；　b — 矩形孔洞

（3）孔洞应尽量设计成圆形，矩形孔洞的转角宜设计成弧形（见图21-8）。

（4）孔洞周围需配置补强钢筋，并尽量布置在孔洞边缘和筒壁外侧，其截面面积宜为同方向被切断钢筋截面面积的1.3倍。

矩形孔洞转角处应配置与水平方向成45度角的斜向钢筋，每个转角处的斜向钢筋按筒壁厚度每10cm不应少于2.5cm²配置，且不少于2φ16mm。

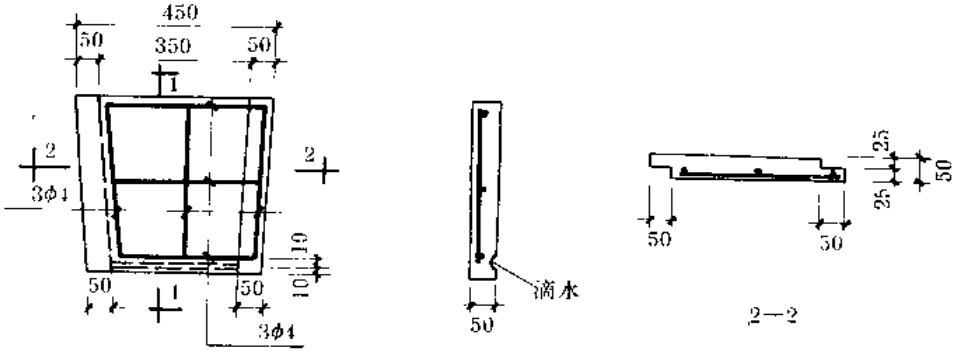
所有补强钢筋伸过孔洞边缘的长度不应小于l_a见图21-8。

第二节　内　　衬

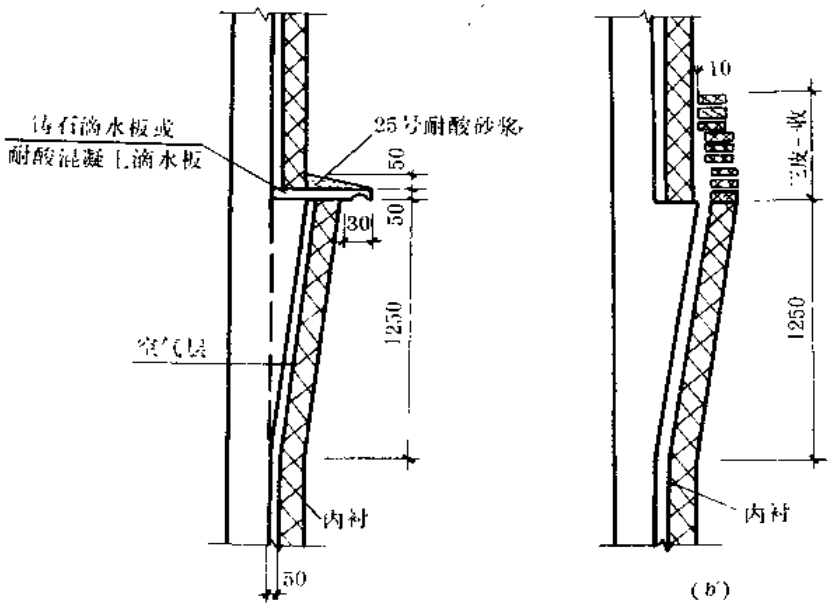
一、材料

（1）烟气温度低于400℃时，可采用75号普通粘土砖和25号混合砂浆。

（2）烟气温度为400～500℃时，可采用MU7.5普通粘土砖和耐热砂浆。



耐酸钢筋混凝土滴水板



（a）　图21-9　内衬搭接构造

a—适用于烟气温度较低，有轻微腐蚀的烟囱；　b—适用于烟气温度较高的烟囱

(3) 烟气温度大于500℃时，可采用粘土质耐火砖、耐火混凝土预制块和粘土火泥泥浆。

二、内衬设置和构造

(1) 内衬应沿全高设置。

(2) 烟道进口处一节的筒壁内衬或基础内衬，其厚度不应小于200mm或一砖，其它各节的内衬厚度不应小于100mm或半砖。

(3) 两节内衬的搭接长度不应小于360mm或六皮砖，见图21-9。

第三节 隔热层

一、空气隔热层

空气隔热层厚度宜采用50mm，同时在内衬外表面按纵向间距1m、环向间距0.5m的要求挑出一块顶砖，顶砖与筒壁之间应留出10mm宽的缝。

二、填料隔热层

填料隔热层一般可采用膨胀珍珠岩、高炉水渣、矿渣棉等隔热材料。

填料厚度宜为80～200mm，同时在内衬外表面按纵向间距1.5～2.5m设置一圈防沉带，防沉带与筒壁之间应留出10mm宽的温度缝，见图21-10。

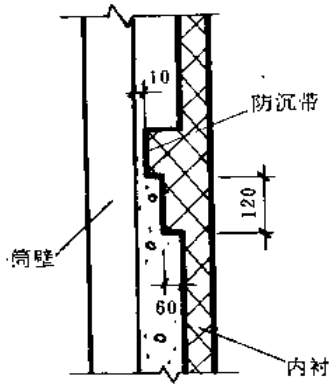


图 21-10 防沉带

第四节 隔烟墙

烟囱在同一平面内，有两个烟道口时，宜设置隔烟墙。隔烟墙的高度应超过烟道孔顶，超出的高度不小于1/2孔高。隔烟墙应具有足够的水平横向刚度，见图21-11。

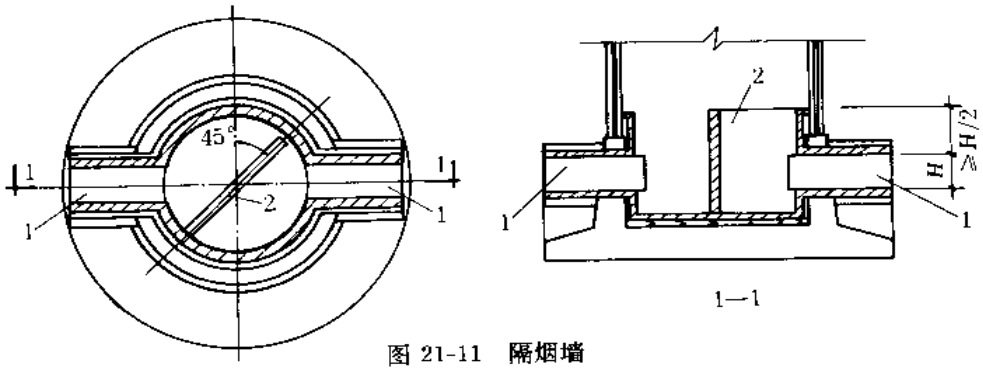


图 21-11 隔烟墙

第五节　烟囱附件

一、材料

爬梯、平台、螺栓等金属构件，宜采用3号钢，各构件的长度不宜超过2.5m，构件之间应以螺栓连接。

二、爬梯、围栏

(1) 爬梯在离地面2.5m处开始设置，直至烟囱顶部。

(2) 爬梯宜设置在常年风向的上风向。

(3) 高度小于40m的烟囱，爬梯可不设围栏；高度为40～60m的烟囱，可在上半段设置围栏；高度大于60m的烟囱，可在30m以上设置围栏。高度在40m以上的烟囱，还须每隔20m在围栏上设置一道活动休息板，见图21-12。

三、平台

无特殊要求时，高度60m以下的烟囱，可不设平台；高度60～100m的烟囱，可在顶部设置一个平台；高度100m以上的烟囱，除顶部设置平台外，烟囱中部可适当增设平台，见图21-13。

四、倾斜观测标、沉降观测标、测温孔

(1) 倾斜观测标可设在筒首变坡附近；沉降观测标可设在离地面0.5～1.0m处。倾斜观测标和沉降观测标应布置在同一垂直线上，并沿筒壁圆周等距离对称布置，各设4个点，见图21-14。

(2) 测温孔应设在离地面2.5m左右的地方，见图21-15。

第六节　基　　础

一、材料

1. 混凝土

板式基础，混凝土强度等级不应低于C15；壳体基础，不应低于C30。

2. 钢筋

采用Ⅱ级钢筋

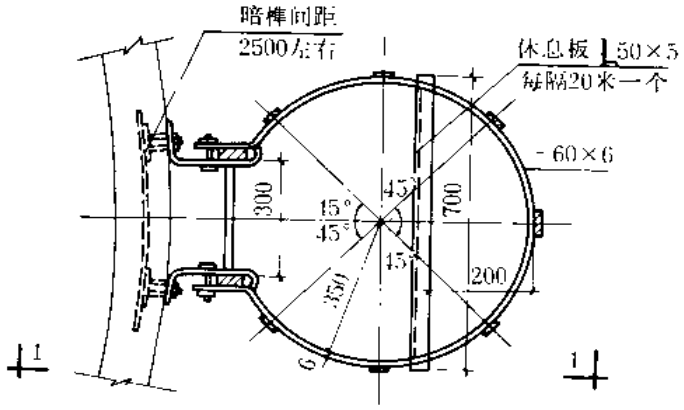
二、板式基础

(1) 基础环壁宜设计成内表面垂直外表面倾斜的形式，上部厚度应比筒壁、隔热层和内衬总厚度再放宽50～100mm，环壁顶部突出地面不宜小于400mm。

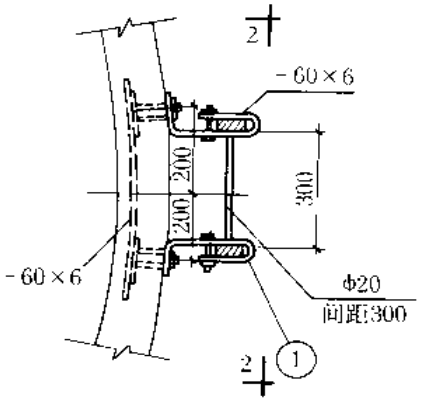
(2) 设有地下烟道的基础，宜设贮灰槽。槽底面应较烟道底面低250～500mm，见图21-16。

(3) 环壁有孔洞时，可参照筒壁开孔的构造规定。

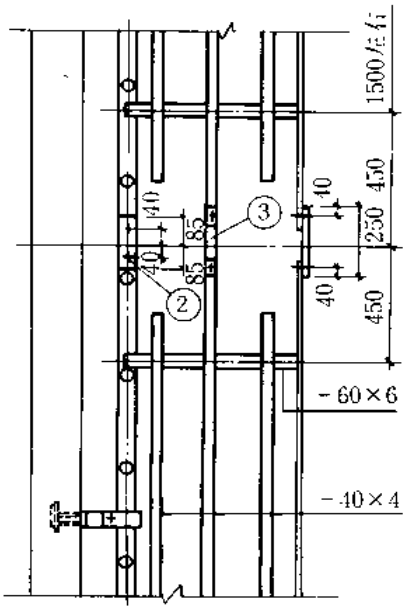
(4) 板式基础的配筋应由计算确定，其钢筋最小直径和最大间距应符合表21-4的规定。



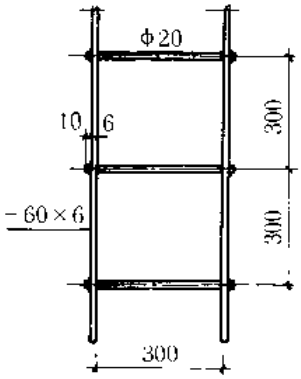
爬梯
（带护栏）



爬梯
（不带护栏）



1—1



2--2

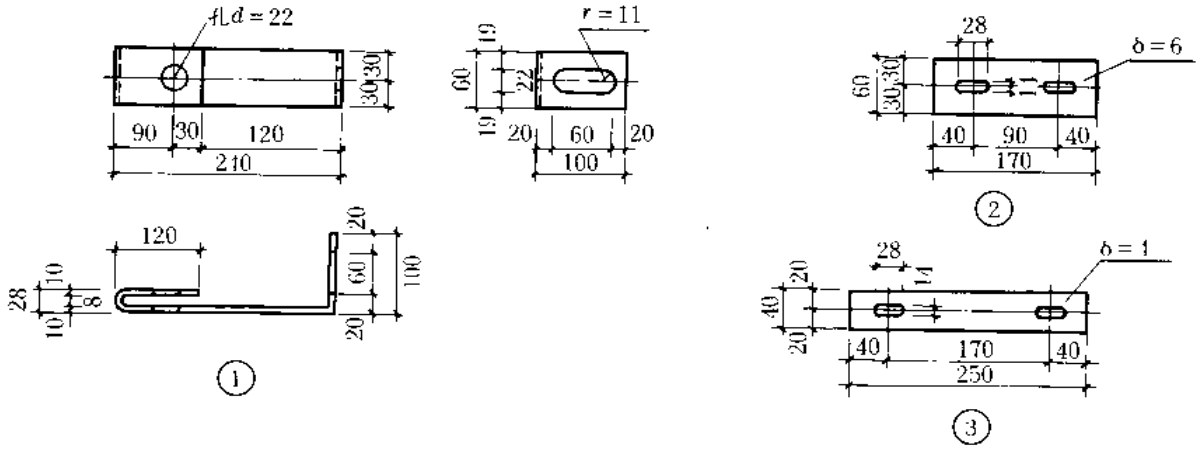
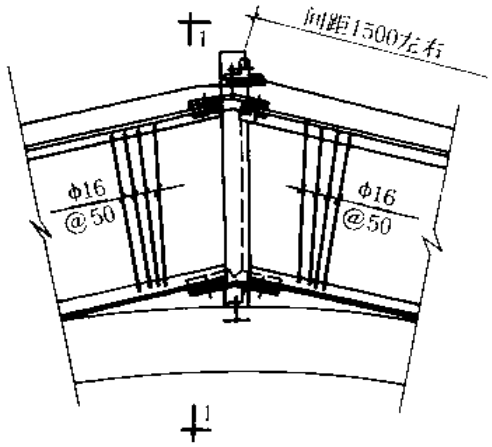
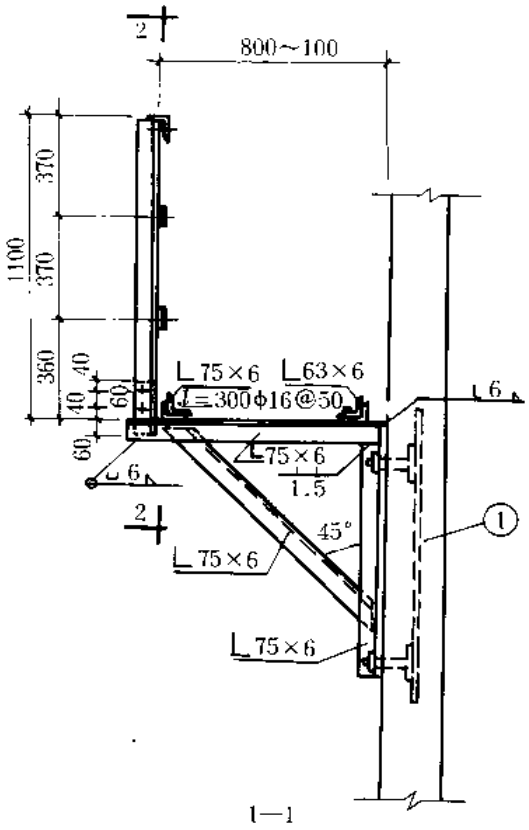


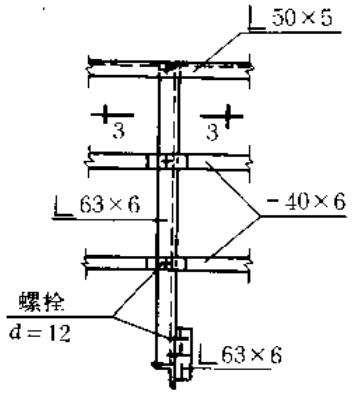
图 21-12　爬梯、围栏



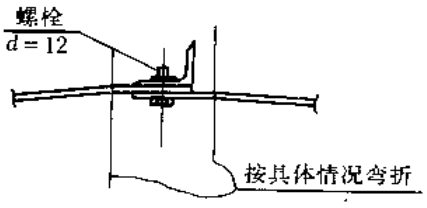
平台平面图



1—1



2—2



3—3

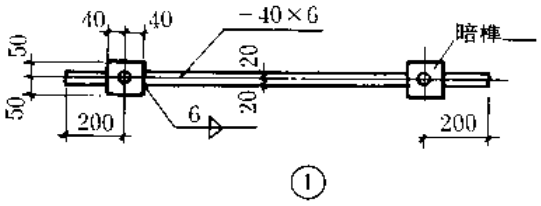


图 21-13　平台

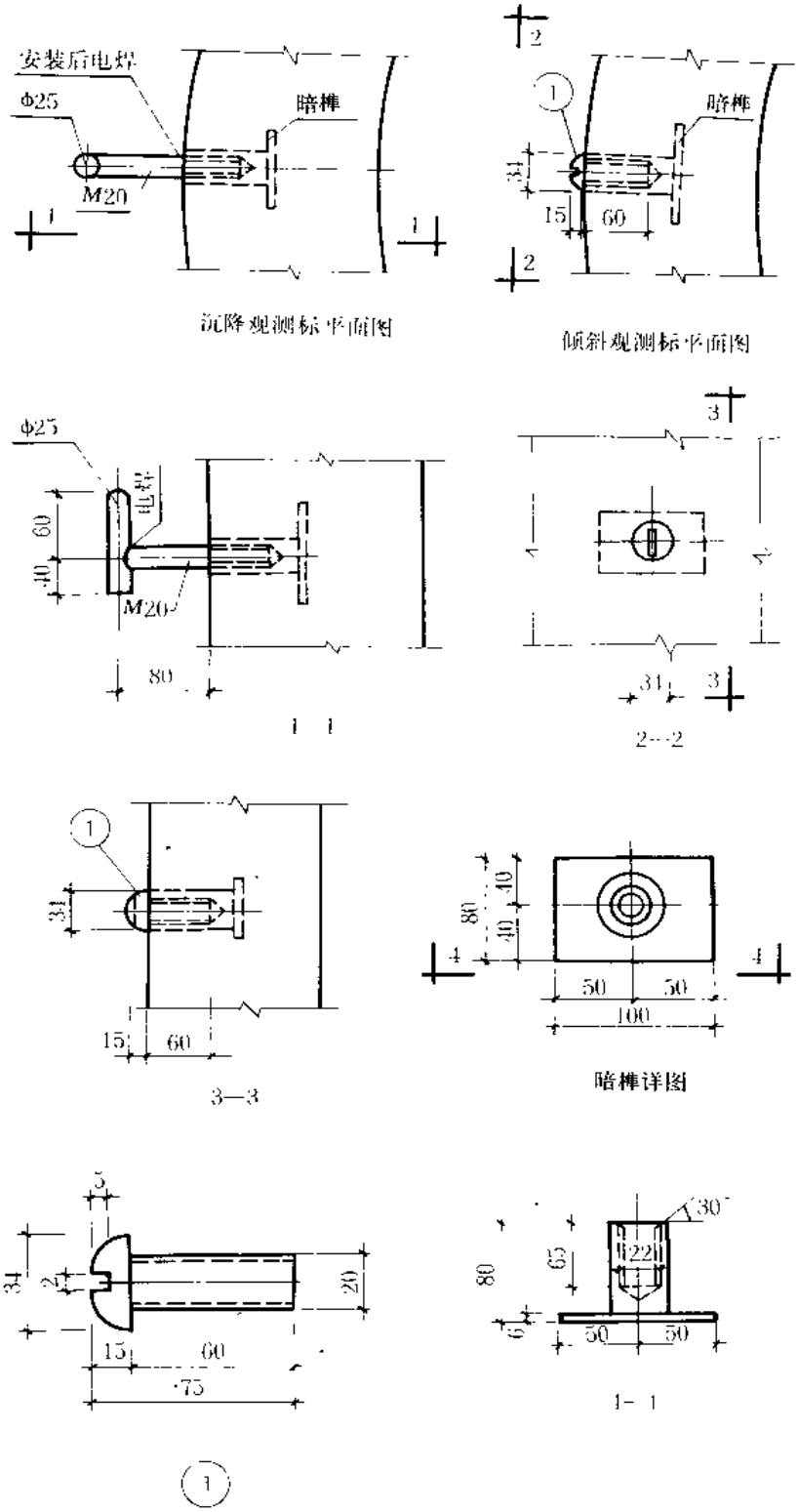


图 21-14　倾斜、沉降观测标

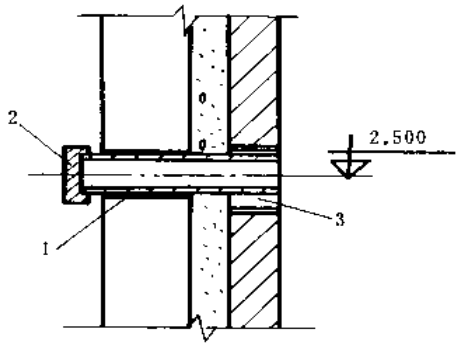


图 21-15　测温孔

1—d=50mm 铁管；2—铸铁盖；3—温度缝

板式基础的钢筋最小直径和最大间距，mm　　表21-4

部位	配筋种类	钢筋最小直径	最大间距
环壁	纵向钢筋	12	≤300
	环向钢筋	10	≤250
底板下部	径环向配筋	10	径向 半径 r_2 处　≤250 底板外边缘　≤400 环向　≤300
	方格网配筋	10	≤250

板式基础底板上部的构造配筋，mm　　表21-5

基础形式	配筋种类	钢筋最小直径	最大间距
环形基础	径环向配筋	10	径向≤400 环向≤300
圆形基础	等距离方格网配筋	10	≤300

（5）板式基础底板上部按构造配筋时，其钢筋最小直径和间距应符合表21-5的规定。

（6）基础底部应设混凝土垫层，厚度为100mm。

三、壳体基础

（1）壳体基础可按图21-17和表21-6规定的外形尺寸进行设计。壳体基础与筒身相接处宜设置环梁，壳体壁厚不宜小于300mm。

壳体基础的外形尺寸　　表21-6

壳体形式	各部位尺寸			
	δ	δ_1	b	c
M形组合壳	(0.04～0.06) r_2	(0.75～1) δ	(0.2～0.45) r_2	(0.05～0.1) r_2
正倒锥组合壳	(0.035～0.06) r_2	—	(0.35～0.55) r_2	(0.05～0.065) r_2
截锥组合壳	(0.04～0.1) r_2	—	(0.55～0.7) r_2	(0.05～0.12) r_2

（2）壳体基础一般配双层钢筋，其直径不小于12mm，间距不大于200mm。

壳体基础的受拉钢筋接头应采用焊接，当钢筋直径小于14mm 时，亦可采用搭接，搭接长度不小于40d，接头位置应相互错开。

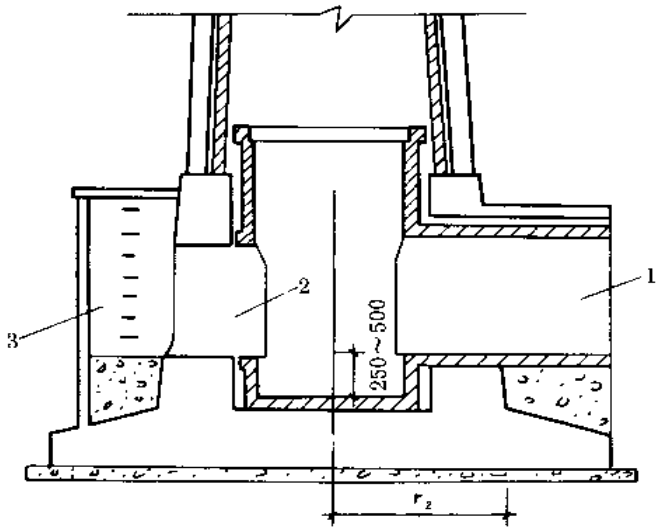


图 21-16　圆板基础构造

1—烟道；2—清灰孔；3—清灰竖井

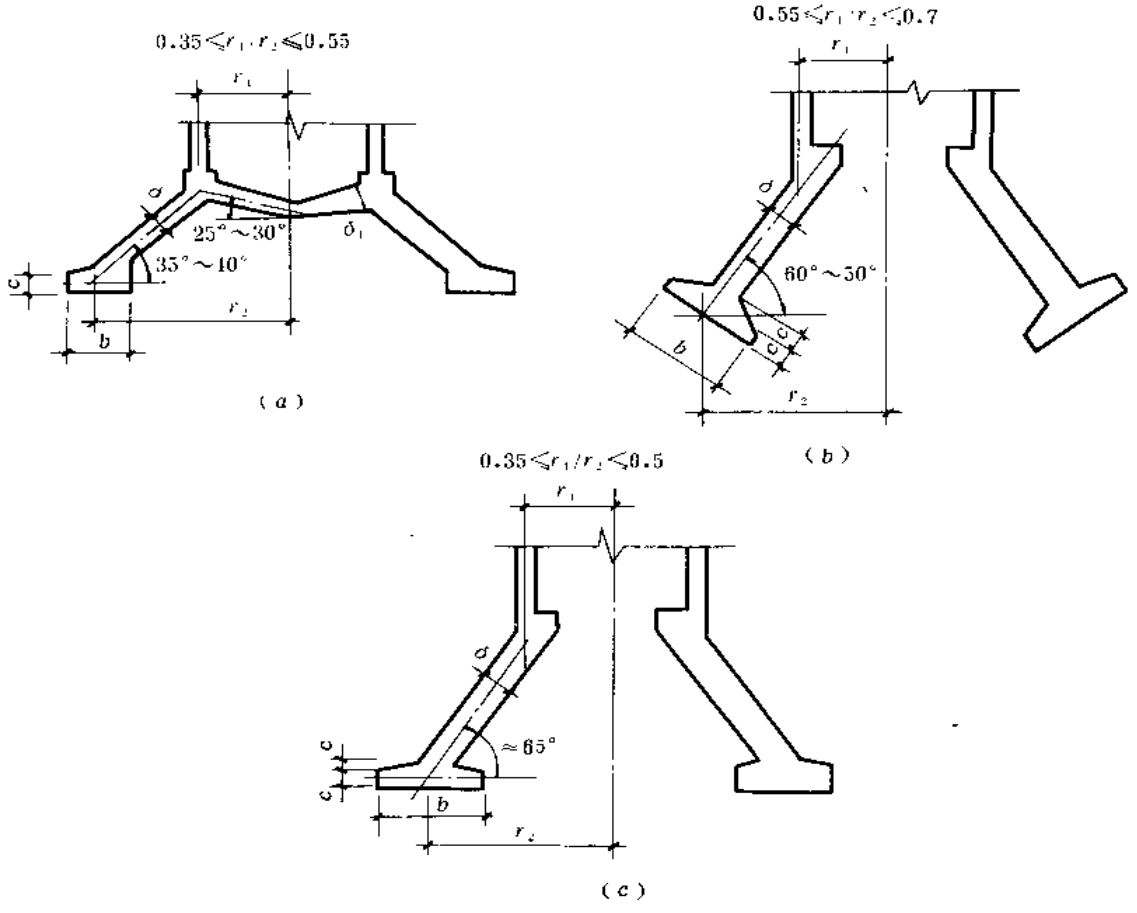


图 21-17　组合壳体基础构造示意图

a — M 形组合壳；*b* — 正倒锥组合壳；*c* — 截锥组合壳

（3）钢筋保护层厚度不小于40mm。

（4）混凝土应按水平层次一次连续浇完，不宜留施工缝。

（5）壳体有孔洞时，孔洞边缘距壳上下边距离不宜小于1m，孔洞周围可参照筒壁开孔的构造规定配置补强钢筋。

（6）M形组合壳体基础下的土胎应避免扰动，挖好后，可抹水泥砂浆垫层，使表面平整，形状准确。

（7）正倒锥和截锥组合壳体基础底部应设混凝土垫层，其厚度为100mm。

第七节　烟　　道

一、结构形式

（1）烟道外壳一般采用砖结构或钢筋混凝土顶板、砖砌侧壁的混合结构。

（2）符合下列条件之一的地下烟道，其外壳宜采用钢筋混凝土箱形结构（图21-18*a*）：

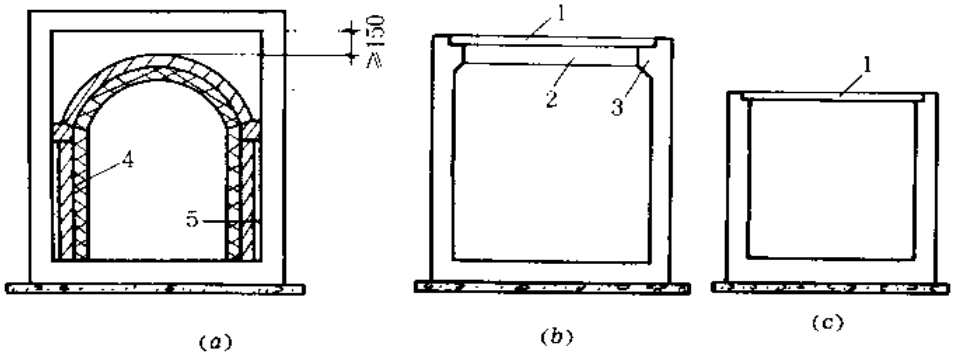


图 21-18　钢筋混凝土烟道外壳

a— 箱形烟道；*b*— 顶端有梁的槽形烟道；*c*— 顶端无梁的槽形烟道

1—盖板；2—横梁；3—纵梁；4—内衬；5—空气层

1）净空尺寸较大的烟道。

2）上部有较大地面荷载，或有车辆通过的烟道。

3）有防水要求的烟道。

（3）符合下列条件之一的地下烟道。其外壳宜采用槽形结构（图21-18*b*、*c*）：

1）烟道高度较小，做箱形结构在砌衬砖时有困难的烟道。

2）烟道尺寸较大，在操作上要求设置通长活动盖板的烟道。此时，为了减少槽形烟道侧壁的弯矩，可在两侧壁的顶端设置纵梁，并每隔5m左右设一道横梁，见图21-18*b*。

二、材料

（1）钢筋混凝土烟道外壳和混合结构的顶板、底板、所采用的混凝土和钢筋应符合第一节筒壁的相应要求。

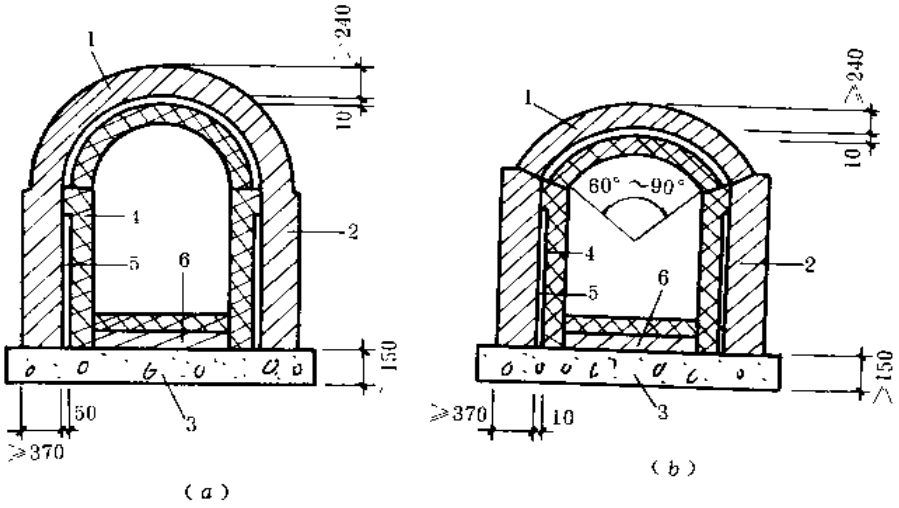
（2）砖烟道外壳所采用砖的强度等级不应低于MU7.5，砂浆不应低于M2.5。

三、构造

1. 砖烟道外壳

砖烟道外壳的构造见图21-19。

（1）烟道为砖砌拱顶时，拱的中心角应符合下列规定：



（a）　　（b）

图 21-19　砖烟道外壳

a — 地上烟道；　b — 地下烟道

1—顶拱；2—侧壁；3—底板；4—内衬；5—空气层；6—硅藻土砖

1）地下烟道时，拱的中心角为60°～90°。

2）地上烟道时，拱的中心角为180°；如果地上烟道拱顶推力由设置在两侧柱子上的金属拉杆承受时，拱的中心角可取90°～120°。

（2）拱的厚度不应小于240mm，侧壁砌体的厚度不应小于370mm。

（3）内衬顶面与烟道外壳拱顶内表面之间应留出10mm 的温度缝。

（4）烟道下的混凝土或钢筋混凝土底板的厚度不应小于150mm。

2. 钢筋混凝土 烟道外壳

钢筋混凝土烟道外壳的构造见图21-18。

(1)内衬顶面与烟道外壳顶板内表面(或槽形结构横梁下表面)的距离不应小于150mm；

（2）底板下须设100mm 厚的混凝土垫层。

3. 空气隔热层

当内衬与烟道外壳之间为空气隔热时，空气层厚度宜为50mm，当内衬的侧壁稳定性不足时，则应以锚固钢筋及由内衬中伸出顶砖与外壳拉结。

4. 沉降缝

烟道与炉子和烟道与烟囱的连接处，一般应设置沉降缝（岩石或低压缩性土壤地基除外)；烟道与烟囱连接的沉降缝宜按下列规定设置：

（1）地上烟道时，沉降缝应设在筒壁或基础环壁的外边缘处。

（2）地下烟道时，沉降缝应设在基础底板的边缘处。

5. 温度缝

烟道较长时，应沿烟道长度每隔20～50m 设置一道温度缝，缝的宽度一般为20～30mm，缝隙间对于烟道外壳应填以石棉绳等可压缩性的耐高温材料，对于内衬可抹以粘土。如烟道有特殊密封要求时，则对其缝应进行专门处理。

6. 最高受热温度

砖烟道外壳内表面最高受热温度不应超过400℃，钢筋混凝土烟道外壳内表面最高受热

温度不宜超过150℃，热工专业可根据此温度确定内衬及隔热层的材料和厚度。

第八节　防护设施

（1）设计烟囱时，应由电气专业设计防雷设施。

（2）烟囱成为飞行障碍时，应按有关规定在烟囱上设置飞行障碍标志。

（3）对于爬梯、平台等金属构件，安装前应涂防腐剂，安装后应在接头处补刷一道，使用期间还需定期涂刷。

（4）烟囱周围的地面应设排水护坡，护坡宽度不小于1.5m，坡度不小于2%。

（5）设有地下烟道的基础，当烟气温度较高时，应采用通风隔热措施。一般可在基础底板上铺砌粘土砖或耐火砖，形成通风道，通过基础环壁和内衬之间的空气层与大气相通。

（6）在有地下水的情况下，烟囱基础及地下烟道应考虑防水措施：

1）当基础及烟道外壳的最高受热温度小于100℃时，可考虑采用防水混凝土；必要时，应在烟道和基础内增设排水沟、集水井等辅助措施。

2）当基础及烟道外壳的最高受热温度等于或大于100℃时，应根据地下水和土壤性质及周围地下构筑物的防水情况，采取在基础或烟道下分别设渗水层和盲管以排除地下水的措施，或者用钢板防水。为便于施工和检修，钢板防水层宜设在基础或烟道外壳的内表面。

3）沉降缝的防水构造：烟道外壳侧壁的沉降缝防水见图21-20；烟道外壳底板的沉降缝防水见图21-12。

4）侧壁及底板的温度伸缩缝可参见图21-21。

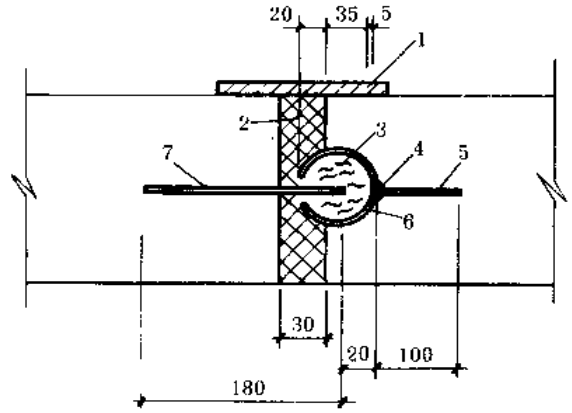


图 21-20　烟道外壳侧壁沉降缝

1－半砖保护层；2－麻刀沥青；3－沥青玛瑞脂；4－焊缝；5－锚固钢板－100×4mm；6－钢管伸缩缝；7－隔板－180×4mm

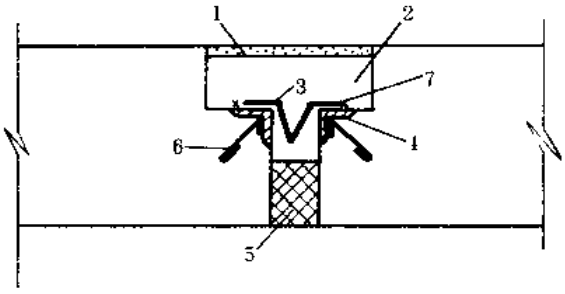


图 21-21　烟道外壳底板沉降缝

1－砂浆找平层；2－沥青玛瑞脂；3－钢板伸缩片；4－埋设角钢；5－沥青木丝板；6－锚筋；7－焊缝

第二十二章　预埋件

第一节　一般规定

一、预埋件的材料

预埋件的钢板和型钢，宜采用A3F。锚筋一般采用Ⅰ级或Ⅱ级钢筋；受力预埋件的锚筋，宜采用Ⅱ级钢筋，不得采用冷加工钢筋。

二、预埋件的设置

(1) 预埋件的锚筋不得与构件中的主筋相碰，并应放置在构件的最外排主筋的内侧，不应放在保护层内。

(2) 预埋件不应突出构件表面，也不应大于构件的外形尺寸。平面尺寸较大的预埋件位于构件混凝土浇灌面时，应在钢板中间开设排气孔，以保证混凝土浇灌密实。

(3) 预埋件的形式和位置应考虑施工和安装的方便，图22-1*a*所示的预埋件应尽量避免采用，而宜改用在锚筋一端焊锚板的方法，见图22-1*b*。

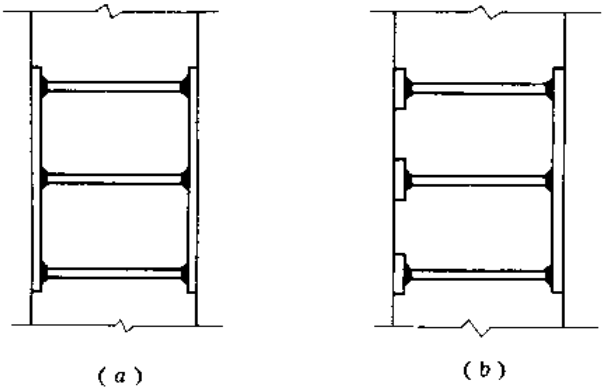


图 22-1　预埋件

a — 由钢板和直锚筋组成的预埋件；*b* — 由钢板和直锚筋及锚板组成的预埋件

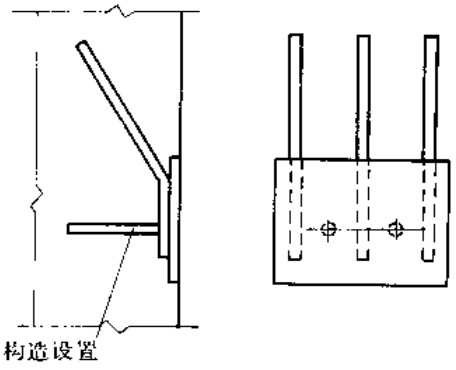


图 22-2　由钢板和弯折锚筋组成的受剪预埋件

（4）受剪预埋件的直锚筋，不得少于两根。当采用两根时，直锚筋应对称配置在剪力作用线两侧；其它受力预埋件的直锚筋，不宜少于4根，也不宜多于4排。

（5）受力预埋件的锚筋不宜采用U形或L形。

（6）受剪预埋件，若设置弯折锚筋承受全部剪力时，尚应按构造设置直锚筋，见图22-2。

第二节　预埋件形式

一、受力预埋件

受力预埋件宜采用图22-3所示各种形式。

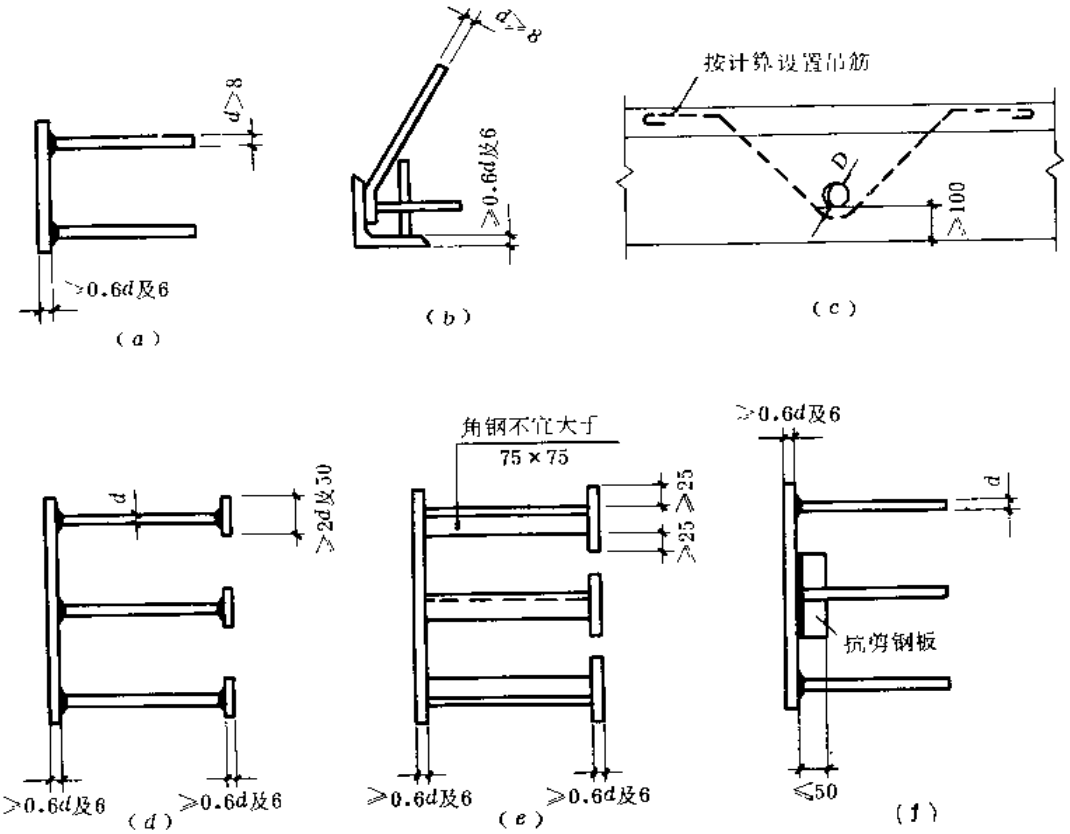


图 22-3　受力预埋件

a — 钢板和直锚筋组成的预埋件；*b* — 角钢和直锚筋及弯折锚筋组成的预埋件；

c — 钢管和吊筋组成的预埋件；*d* — 钢板和直锚筋及锚板组成的预埋件；

e — 钢板和角钢及锚板组成的预埋件；*f* — 由钢板和直锚筋及抗剪钢板组成的预埋件

二、构造预埋件

构造预埋件宜采用图22-4所示各种形式。

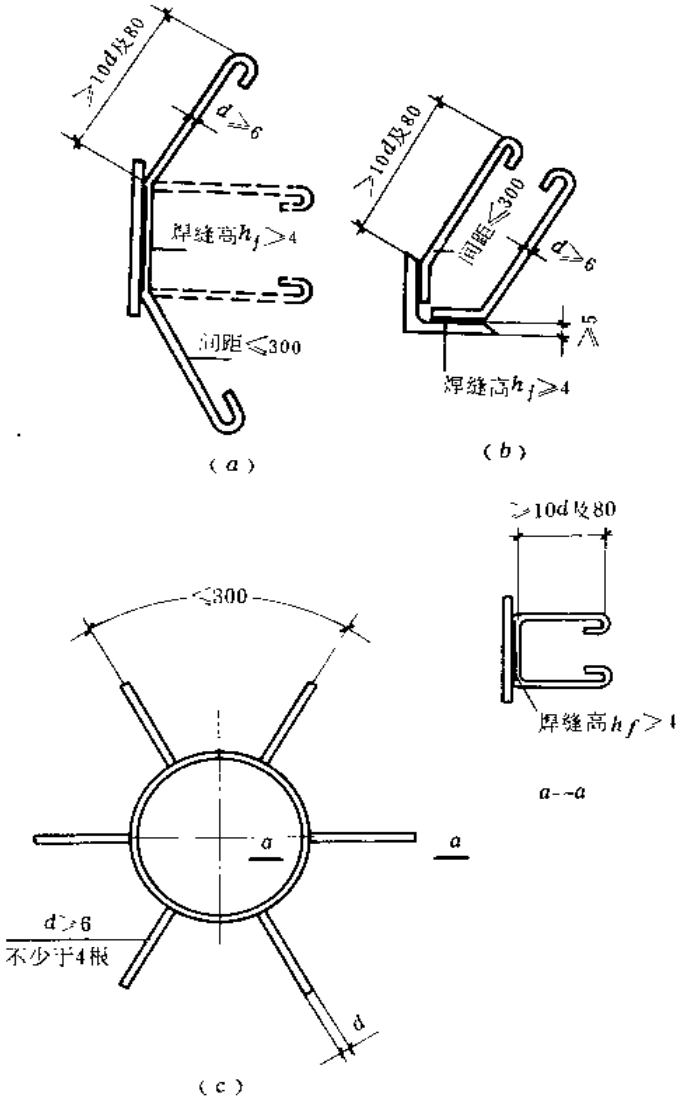


图 22-4　构造预埋件

a — 钢板和锚筋组成的预埋件；　*b* — 角钢和锚筋组成的预埋件；

c — 角钢和锚筋组成的洞口预埋件

第三节　锚筋直径和钢板尺寸

一、锚筋直径

构造预埋件的锚筋直径 d 不宜小于6mm。受力预埋件的锚筋直径 d 不宜小于8mm，也不宜大于25mm。

二、钢板尺寸

(1) 预埋件的钢板厚度 t 不宜小于6mm，并应符合下列要求：

1) 锚板厚度 t 应大于锚筋直径的0.6倍。

2) 受拉和受弯预埋件锚板厚度 t 应大于 1/8 锚筋的间距 b，见图22-5。

(2) 预埋件上的抗剪钢板厚度 t_m 不宜小于6mm，宽度不宜大于50mm。

(3) 锚筋端头加焊锚板时，锚板宽度不宜小于 $2d$（d 为锚筋直径），并不小于50mm。

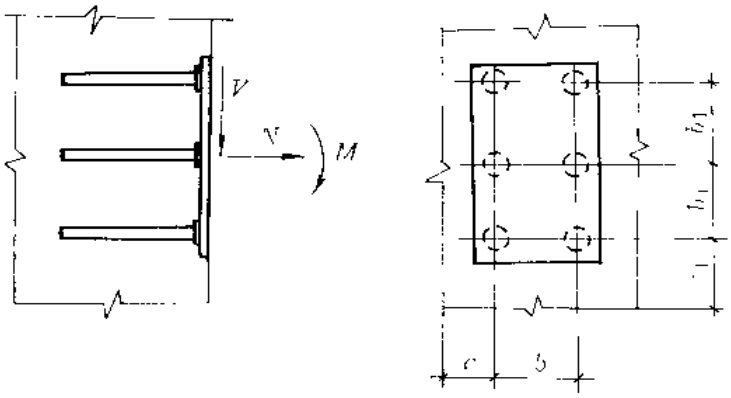


图 22-5　由锚板和直锚筋组成的预埋件

第四节　焊接要求

(1) 3号钢锚板或型钢与Ⅰ级、Ⅱ级钢筋焊接时，宜采用E4300～E4313型焊条。

(2) 弯折锚筋和锚板搭接焊时，弯折锚筋与锚板间的夹角，一般不小于15°，且不大于45°，并应使弯折点避开焊缝，其距离不小于$2d$和30mm，见图22-6。

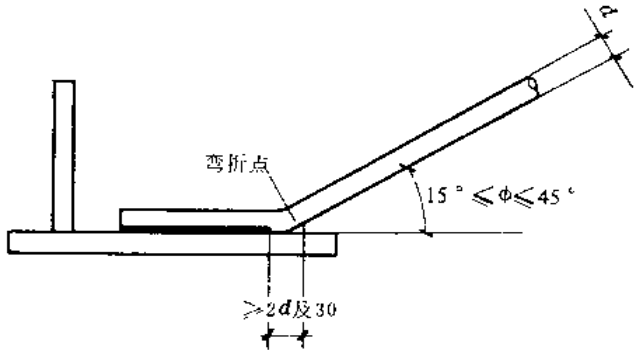


图 22-6　弯折锚筋和钢板搭接焊

(3) 锚筋直径不大于20mm时，宜优先采用压力埋弧焊；锚筋直径大于20mm时，宜采用穿孔塞焊，见图22-7。采用手工焊时，焊缝高度不宜小于6mm及$0.5d$（Ⅰ级钢筋）或$0.6d$（Ⅱ级钢筋）。有条件时也可采用电弧螺柱焊。

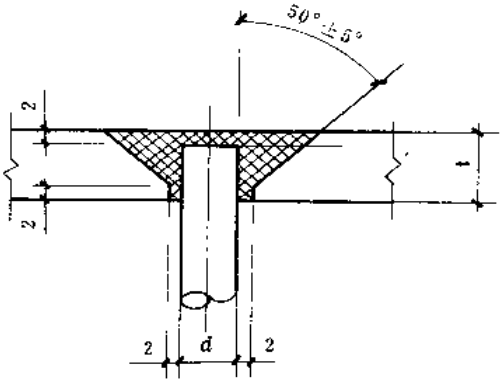


图 22-7　直锚筋和钢板穿孔塞焊

（4）直锚筋与钢板采用T形焊或搭接焊时，焊脚尺寸 h_f、宽度 b_f、长度 l_w 应符合图22-8、图22-9和图22-10的要求。

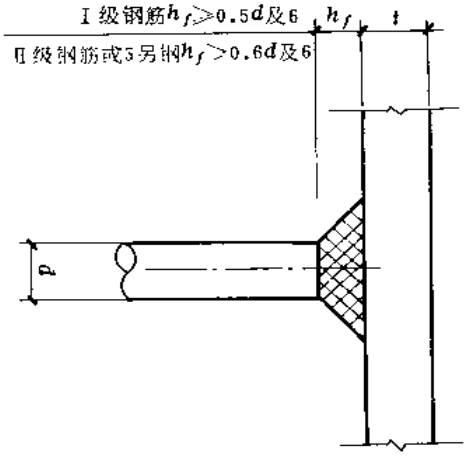


图 22-8　直锚筋和钢板T形焊

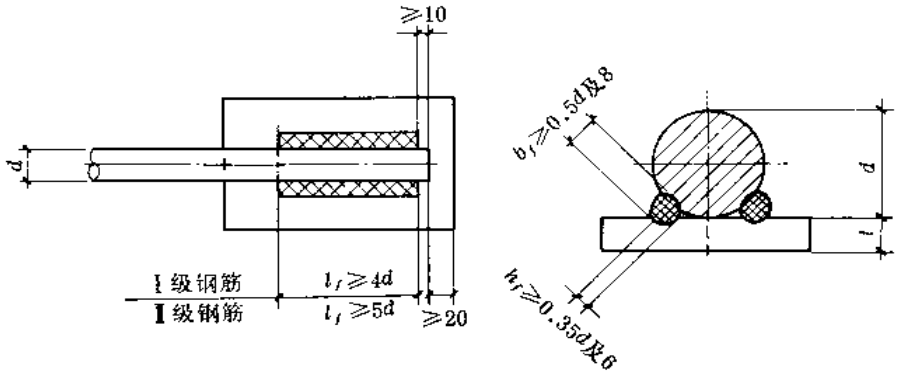


图 22-9　锚筋和钢板搭接焊

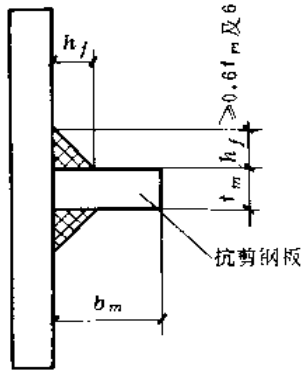


图 22-10　抗剪钢板和钢板焊接

第五节　锚固长度、锚筋间距和边缘距离

一、锚固长度

（1）受力预埋件的锚筋，如计算中充分利用其强度时，则其埋置在混凝土内的锚固长度 l_a 不应小于表22-1的规定。

锚筋锚固长度 l_a，mm　　表22-1

钢筋种类	受拉锚筋和弯折锚筋				受压或受剪锚筋	构造锚筋
	C15	C20	C25	≥C30		
Ⅰ级钢筋	40d	30d	25d	20d	15d	≥10d，且≥80mm
Ⅱ级钢筋	50d	40d	35d	30d		

注：1. 表中 d 为锚筋直径。
2. 光面受力钢筋，除轴心受压钢筋外，均应在末端做弯钩，但不计入锚固长度内。
3. 当螺纹钢筋直径 $d \leqslant 25$mm，其锚固长度应按表中数值减 5d 采用；$d > 25$mm 时，按表中数值增加 5d 采用。
4. 在任何情况下，受拉锚筋的锚固长度不应小于250mm。

（2）位于非预应力钢筋混凝土受拉构件或受弯构件受拉区的预埋件，其受拉锚筋与裂缝平行时，可采取图22-11、图22-12所示的构造，以增强锚筋的抗拔强度。

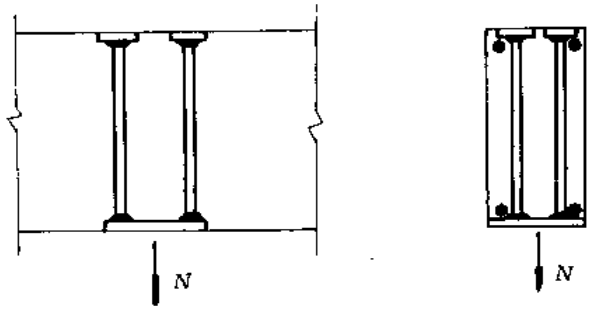
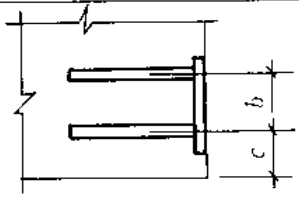
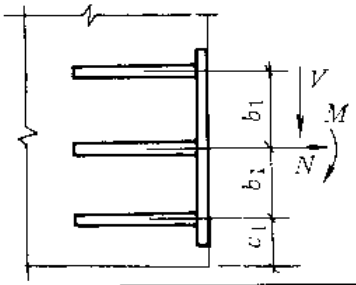


图 22-11　受拉构件中受拉锚筋的位置

二、锚筋间距和边缘距离

锚筋间距和边缘距离应符合表22-2的规定。

锚筋间距和边缘距离限值　　表22-2

预埋件形式	受力性能	
	受拉和受弯预埋件	受剪预埋件
	$b \geqslant 3d$ 及45mm	$300 \geqslant b \geqslant 3d$ 及45mm
	$b_1 \geqslant 3d$ 及45mm	$300 \geqslant b_1 \geqslant 6d$ 及70mm
	$c \geqslant 3d$ 及45mm	$c \geqslant 3d$ 及15mm
	$c_1 \geqslant 3d$ 及45mm	$c_1 \geqslant 6d$ 及70mm

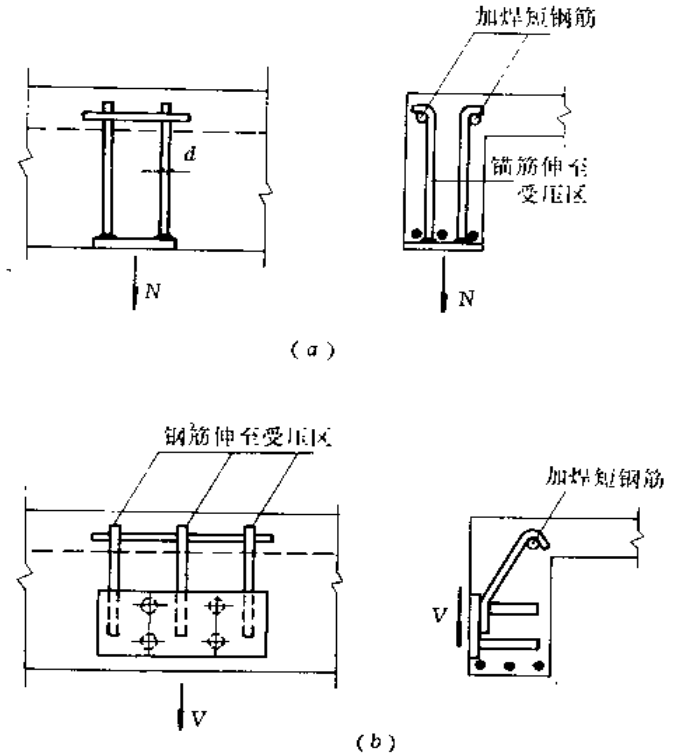


图 22-12　受弯构件中受拉锚筋的位置

a — 直锚筋伸至受压区；*b* — 弯折锚筋伸至受压区

第六节　吊　　环

(1) 预制构件的吊环应采用 I 级钢筋，严禁采用冷加工钢筋。

(2) 吊环的埋入深度不应小于30*d*，并应焊接或绑扎在钢筋骨架上。吊环形式见图22-13。

(3) 每个吊环可按两个截面计算，在构件的自重标准值作用下，吊环拉应力不应大于50N/mm²(构件自重的动力系数已考虑在内)。当在一个构件上设有四个吊环时，设计仅考虑三个吊环同时发挥作用。

每个吊环的承拉力见表22-3。

每个吊环承拉力　　表22-3

吊环直径 (mm)	截面面积 (mm²)	承拉力 (kN)	吊环直径 (mm)	截面面积 (mm²)	承拉力 (kN)
8	50.3	5.0	20	314.2	31.4
10	78.5	7.9	22	380.1	38.0
12	113.1	11.3	25	490.9	49.1
14	153.9	15.4	28	615.8	61.6
16	201.1	20.1	32	804.2	80.4
18	254.5	25.4	36	1018.0	101.8

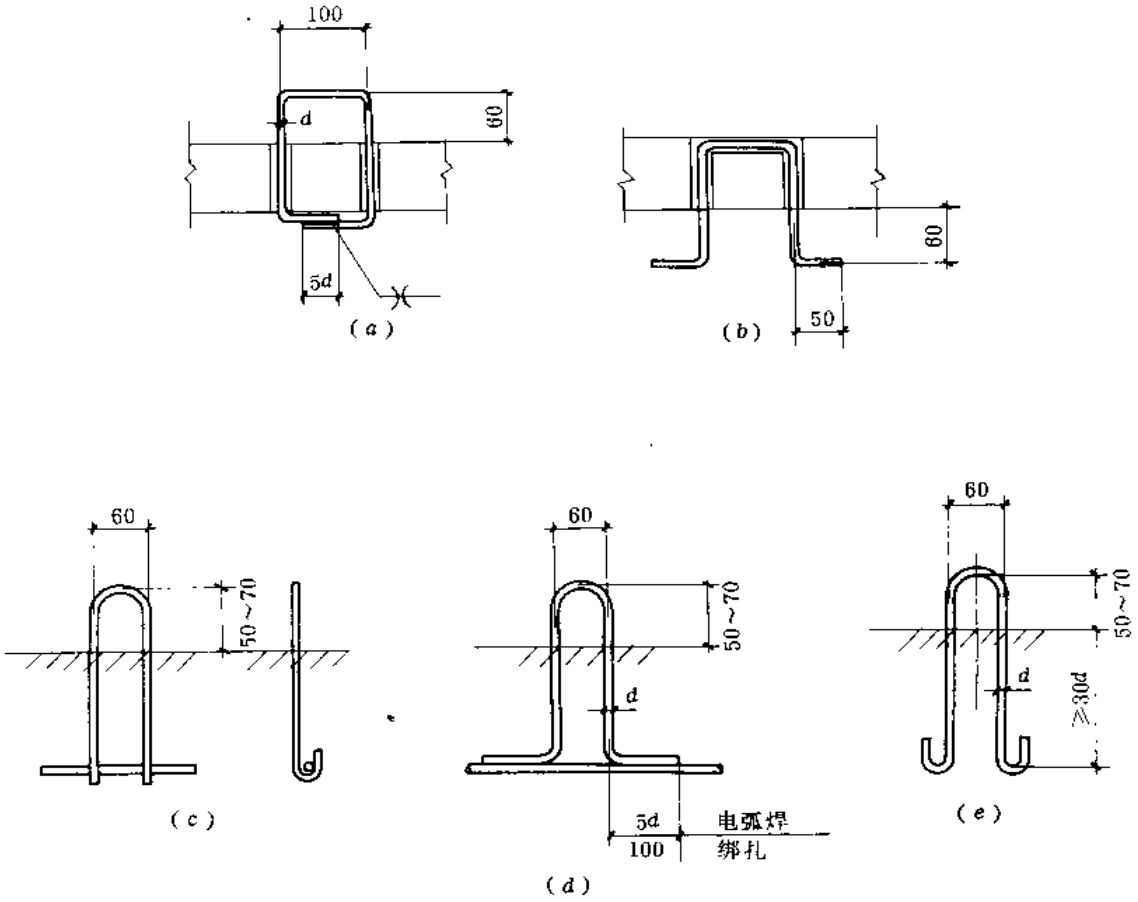

100
d
60
5d
(a)
60
50
(b)
60
50~70
(c)
60
50~70
d
5d
100
电弧焊
绑扎
(d)
60
50~70
d
≥30d
(e)

图 22-13　吊环形式

第二十三章　通　　廊

第一节　一般规定

一、一般构造及使用范围

1. 钢筋混凝土通廊跨越结构及支柱形式。

钢筋混凝土通廊跨越结构及支柱形式可参见表23-1选用。

跨越结构及支柱选用参考表　　表23-1

序号	名　　称	跨　度（m）	高　度（m）	混凝土强度等级
1	非预应钢筋混凝土大梁	6、9、12		C20
2	预应力钢筋混凝土大梁	12、15、18		C10
3	非预应力钢筋混凝土桁架	15		C30
4	预应力钢筋混凝土桁架	18、21、24		C40
5	钢筋混凝土T形柱		≤10	C30
6	钢筋混凝土平腹杆柱		6～8	C30
7	钢筋混凝土斜腹杆柱		12～18	C30
8	钢筋混凝土W形柱		≤16	C30
9	钢筋混凝土组合柱		18～24	C30
10	钢筋混凝土管柱	直径 ϕ = 300mm 直径 ϕ = 500mm	≤8 ≤12	C30 C30

注：W形柱适用于宽度大于6m的胶带通廊。

2. 管柱构造要求

（1）钢筋混凝土管柱的直径 ϕ 为300～500mm，壁厚 δ 为50～100mm，一般采用60mm。

（2）管内主筋不能少于6根，螺旋筋间距采用 $15d$（d 为主筋直径）但一般不大于200mm。

（3）混凝土强度等级为C30～C40。

（4）支柱可由单管或双管组成，采用双管时，其腹杆可用型钢组成，设计成斜腹杆或平腹杆。

（5）肩梁厚度由 l_0 确定，一般应大于300mm，肩梁挑出尺寸应大于50mm。

3. 钢筋混凝土大梁

钢筋混凝土大梁一般采用T形断面，其腹板厚度不小于100mm，支座加厚部分 B 应不小于200mm。当跨度不同的大梁相毗连时，其支座加高部分 a 不宜太高。当 a 不大于250mm时，其端部竖向钢筋一般不小于4ϕ14mm，当 a 不小于250mm时，配筋应由计算决定，见图23-1。

4. 预制钢筋混凝土板的搁置长度

预制钢筋混凝土板的搁置长度 l 应满足下列要求：

（1）支承在钢结构上，$l \geqslant 60$mm。

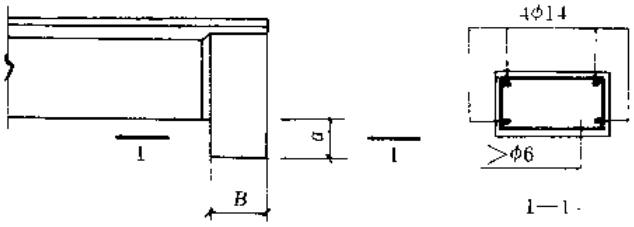


图 23-1　大梁端部构造

(2) 支承在钢筋混凝土结构上，$l \geqslant 80$mm。

(3) 支承在砖墙上，$l \geqslant 120$mm。

5. 固定胶带机支架预埋件

固定胶带机支架预埋件有两种形式：

(1) 预埋钢板，见图23-2；当胶带宽度 B 不小于1200mm 时，采用预埋件－200×150×6mm。

当胶带宽度 B 小于1200mm 时，采用预埋件－150×100×6mm。

(2) 预埋螺栓，见图23-3。

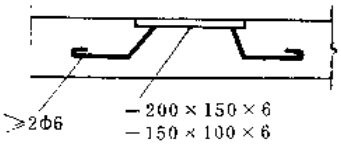


图 23-2　钢板预埋件

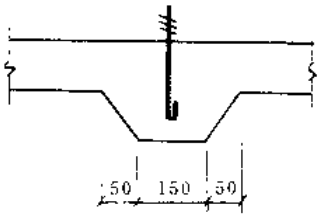


图 23-3　螺栓预埋件

6. 挡水条、截水沟和集水坑

由架空通廊改变为地面通廊或由地面通廊改变为地下通廊时，在分界线处，均应设置挡水条或截水沟，并且应将室内水流引向室外全厂性的排水系统。通廊下端与转运站或车间相连接处，不应设挡水条或截水沟，且将水流引向车间或专设的排水系统。地下通廊下端最低处，应设置集水坑。

7. 通廊的侧窗开设

当封闭通廊的宽度小于3.5m 时，侧窗可交错开设，当通廊宽度超过3.5m 时，采用对开窗。不论何种开窗方式，窗的间距不应大于6m，窗台高为1.0m 左右，窗均应平行于通廊斜向开设，窗扇应向外开启或为上悬窗，或平开，不应采用中悬窗。

二、防滑条、踏步设置及构造

防滑条、踏步的设置主要根据通廊角度确定，参照下列条件采用。

(1) 当通廊角度小于6°时，不考虑防滑措施，但在经常处于潮湿状态下的通廊可设置防滑条；

(2) 当通廊角度大于6°、小于12°时，应设防滑条，见图23 4、图23-5；

(3) 当通廊角度大于12°时，应设置踏步，见图23-5～图23-7。踏步高度可按表23-2选用。

三、分水线

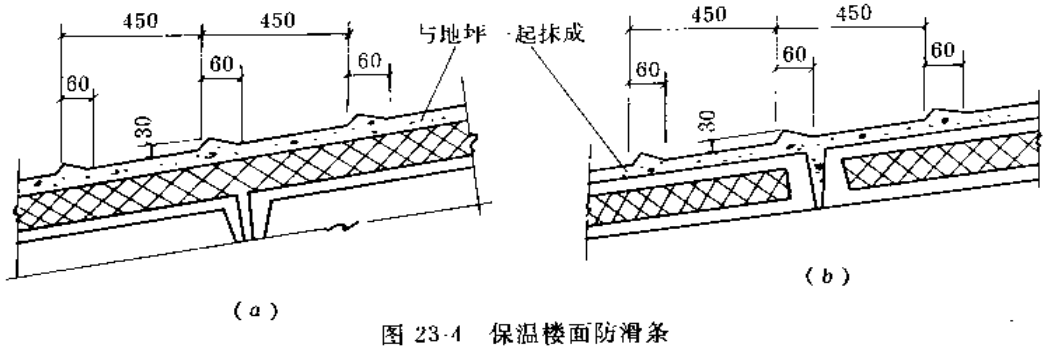


图 23-4　保温楼面防滑条

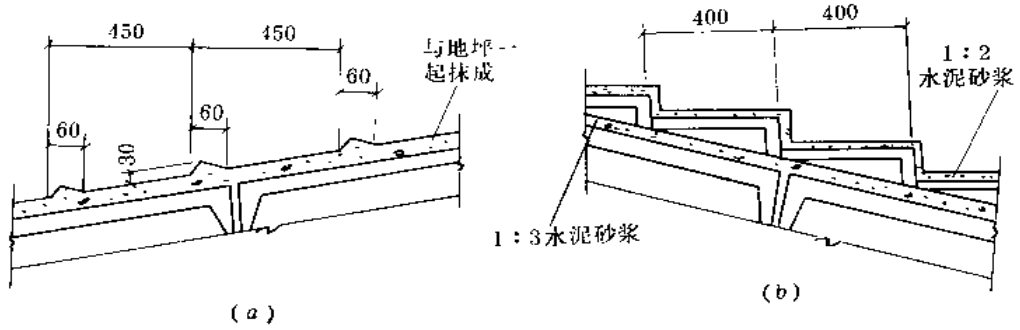


图 23-5　非保温楼面防滑条、踏步

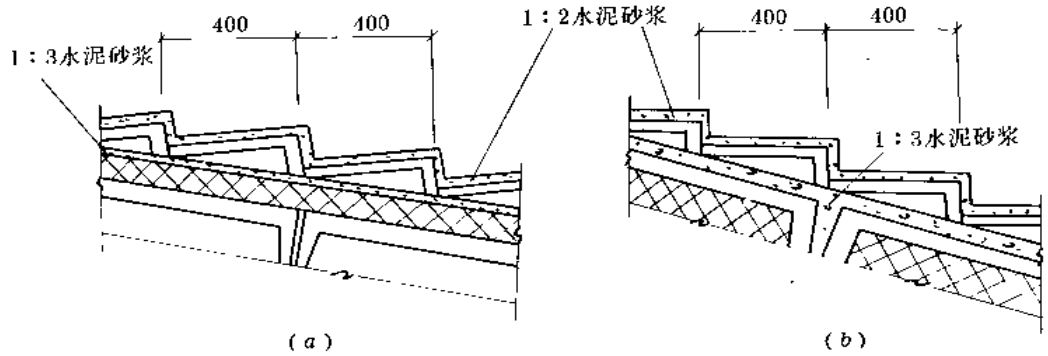


图 23-6　保温楼面踏步

分水线应根据屋面形式按下列条件设置：

(1) 当通廊为平屋顶时，分水线间距为10m。

(2) 当通廊为双坡屋顶时，分水线间距为15m。

分水线可采用1:3水泥砂浆抹成，也可采用平砌红砖一层，表面抹1:3水泥砂浆20mm厚，如图23-8所示。

踏步高度参考表　　表23-2

序号	通廊角度（度）	踏步高度（mm）
1	12	118
2	13	125
3	14	132
4	15	140
5	16	147
6	17	154
7	18	162

注：1. 踏步宽度根据人行道的宽度设置、但不小于400mm。

2. 踏步应用不低于1:3水泥砂浆砌筑；

3. 预制钢筋混凝土踏步一般采用C20混凝土制作。

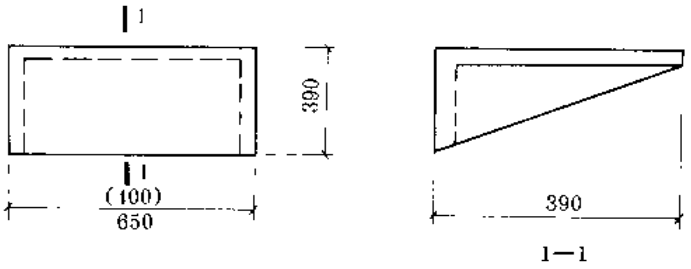


图 23-7　踏步构造

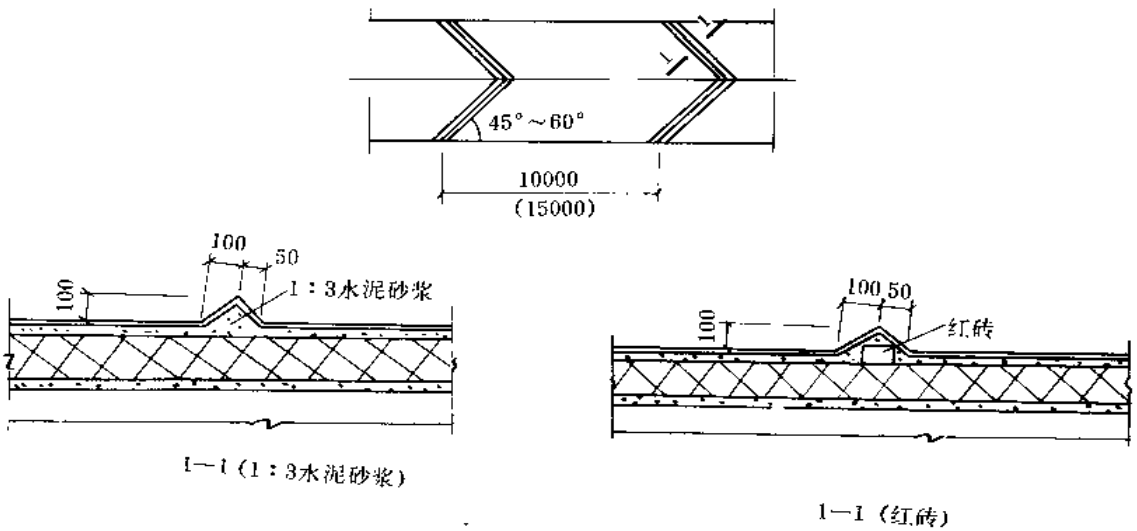


图 23 8　分水线构造

四、通廊宽度及各部尺寸

在一般情况可按下表数值选用，当有特殊要求时，可根据生产和土建设计要求另行考虑确定：

1. 单胶带通廊

（1）保温通廊采用370mm 厚砖墙承重、按表23-3选用。

胶带机与通廊各部尺寸，mm 表23-3

序　号	胶带机宽	A	C	C_1	D	G	F
1	500	2500	1000/1200	1500/1300	770	615/815	1115/915
2	650	2500	1000/1200	1500/1300	922	539/739	1039/839
3	800	3000	1300/1500	1700/1500	1126	737/937	1137/937
4	1000	3000	1300/1500	1700/1500	1486	557/757	957/757
5	1200	3500	1500/1700	2000/1800	1760	620/820	1120/920
6	1400	4000	1700/1900	2300/2100	1960	720/920	1320/1120

注：1. 表中符号见图23-9；

2. 东西向采暖通廊，暖气片须位于北侧。如通廊的宽边（操作边）在北侧，即符合图23-9、10要求、则采用表中的分子值、如宽边在南侧，采用分母值；

3. 本表根据 TD62（旧）、TD75（新）胶带机确定。

胶带机与通廊各部尺寸，mm 表23-4

序　号	胶带机宽	A	C	C_1	D	G	F
1	500	2500	1000	1500	770	615	1115
2	650	2500	1100	1400	922	639	939
3	800	3000	1250	1750	1126	687	1187
4	1000	3000	1300	1700	1486	557	957
5	1200	3500	1500	2000	1760	620	1120
6	1400	3800	1600	2200	1960	620	1220

注：表中符号见图23-10。

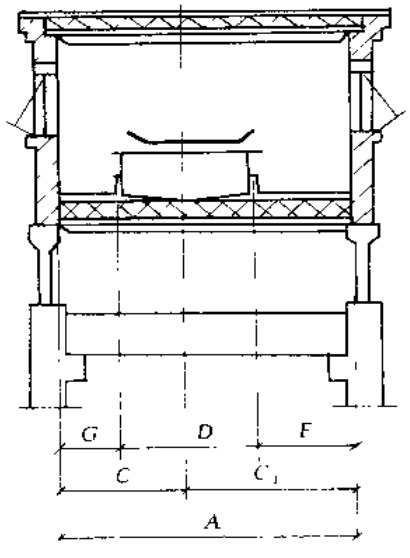


图 23-9　保温通廊

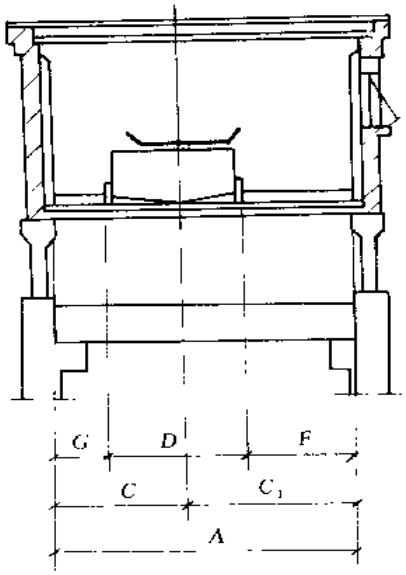


图 23-10　非保温通廊

（2）非保温通廊采用210mm厚砖墙或砖壁柱承重，砖壁柱采用130×240mm（即出墙面130mm），按表23-4选用。

2. 双胶带通廊

胶带机与通廊各部尺寸，mm 表23-5

序号	胶带宽	A	C	M	C_1	D	D_1	G	W	G_1
1	500+500	4500	1200	2100	1200	770	770	815	1330	815
2	500+650	4500	1150	2150	1200	770	922	765	1304	739
3	500+800	5000	1200	2100	1400	770	1126	815	1452	837
4	500+1000	5000	1100	2500	1400	770	1486	715	1372	657
5	650+650	5000	1350	2300	1350	922	922	889	1378	889
6	650+800	5000	1200	2450	1350	922	1126	739	1426	787
7	650+1000	5500	1350	2600	1550	922	1486	889	1396	807
8	650+1200	5500	1200	2750	1550	922	1760	739	1409	670
9	800+800	5500	1400	2700	1400	1126	1126	837	1574	837
10	800+1000	5500	1300	2750	1450	1126	1486	737	1441	707
11	800+1200	6000	1400	2950	1650	1126	1760	837	1507	770
12	800+1400	6000	1300	3050	1650	1126	1960	737	1507	670
13	1000+1000	6000	1550	2900	1550	1486	1486	807	1414	807
14	1000+1200	6500	1600	3100	1800	1486	1760	857	1477	920
15	1000+1400	6500	1550	3200	1750	1486	1960	807	1477	770
16	1200+1200	6500	1650	3200	1650	1760	1760	770	1440	770
17	1200+1400	7000	1750	3400	1850	1760	1960	870	1540	870
18	1400+1400	7000	1750	3500	1750	1960	1960	770	1510	770

注：表中符号见图23-11。

胶带机与通廊各部尺寸，mm 表 23-6

序号	胶带宽	A	C	M	C_1	D	D_1	G	W	G_1
1	500+500	4000	1050	1900	1050	770	770	665	1130	665
2	500+650	4000	1050	1850	1100	770	922	665	1004	639
3	500+800	4500	1050	2200	1250	770	1126	665	1252	687
4	500+1000	4500	1050	2150	1300	770	1486	665	1022	557
5	650+650	4500	1100	2300	1100	922	922	639	1378	639
6	650+800	4500	1100	2200	1200	922	1126	639	1176	637
7	650+1000	5000	1100	2550	1350	922	1486	639	1346	607
8	650+1200	5000	1100	2400	1500	922	1760	639	1059	620
9	800+800	5000	1250	2500	1250	1126	1126	687	1374	687
10	800+1000	5000	1250	2400	1350	1126	1486	687	1094	607
11	800+1200	5500	1250	2750	1500	1126	1760	687	1307	620
12	800+1400	5500	1250	2650	1600	1126	1960	687	1107	620
13	1000+1000	5500	1350	2800	1350	1486	1486	607	1314	607
14	1000+1200	5500	1350	2650	1500	1486	1760	607	1027	620
15	1000+1400	6500	1350	3550	1600	1486	1960	607	1827	620
16	1200+1200	6500	1500	3500	1500	1760	1760	620	1740	620
17	1200+1400	6500	1500	3400	1600	1760	1960	620	1540	620
18	1400+1400	6500	1600	3300	1600	1960	1960	620	1340	620

注：表中符号见图23-12。

（1）保温通廊采用370mm厚砖墙承重，按表23-5选用。

（2）非保温通廊采用240mm厚砖墙或砖壁柱承重，壁柱采用130×240mm（即出墙面130mm），按表23-6选用。

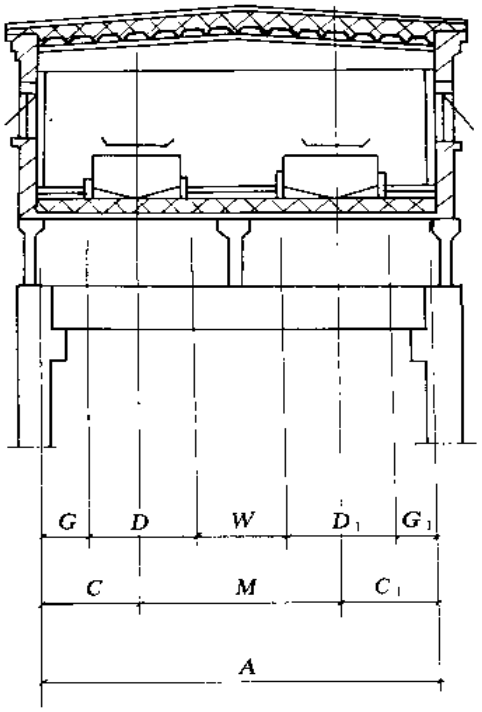


图 23-11　保温通廊

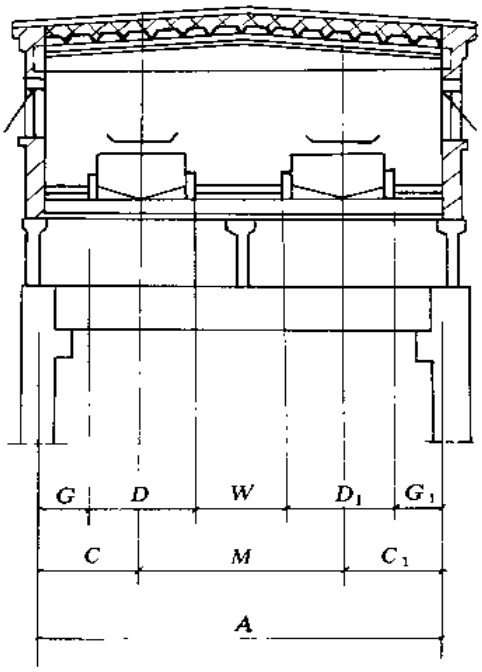


图 23-12　非保温通廊

五、伸缩缝的设置及构造

（1）伸缩缝的间距按《混凝土结构设计规范》（GBJ10—89）规定设置。

（2）伸缩缝的设置形式如下：

1）滑动支座；

2）滚动支座；

3）双支柱。

（3）伸缩缝空隙一般不小于20mm。

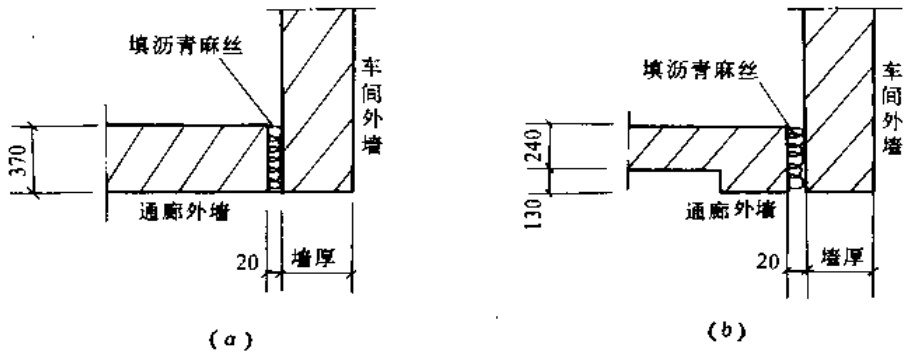


图 23-13　通廊与车间伸缩缝

a—370mm厚砖墙；*b*—240mm厚砖墙

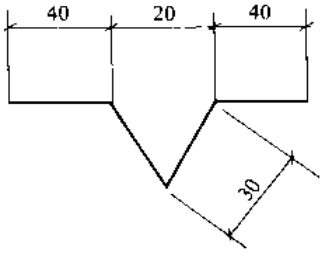


图 23-14　调整片

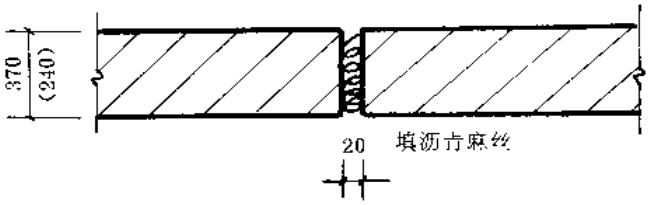


图 23-15　砖墙伸缩缝

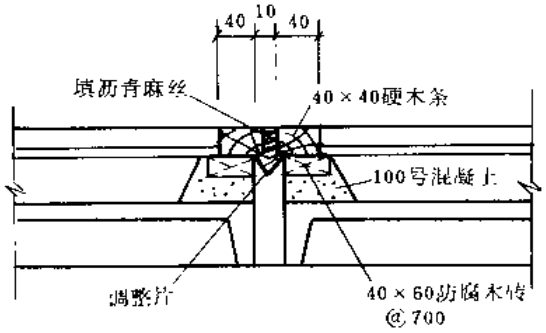


图 23-16　保温屋面

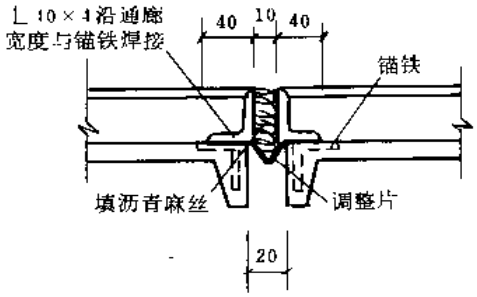


图 23-17　非保温屋面

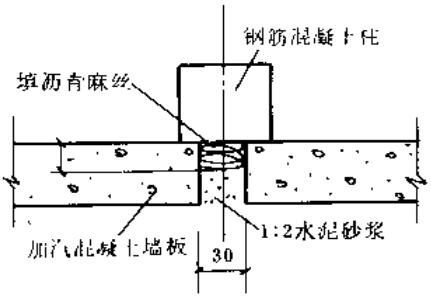


图 23-18　加气混凝土墙板

（4）采暖通廊在伸缩缝处应放置调整片。

（5）伸缩缝的构造见图23-13～图23-18。

第二节　通廊形式与构造

一、通廊形式

1．封闭式通廊

这种通廊的围护结构一般均采用砖墙或墙板，砖墙如图23-9～图23-12所示，墙板连接构造见图23-48、图23-49。

2．敞开式、半敞开式通廊

这种通廊多适用于南方地区．如图23-19所示。

二、封闭式和敞开式、半敞开式通廊构造

1．通廊栏杆

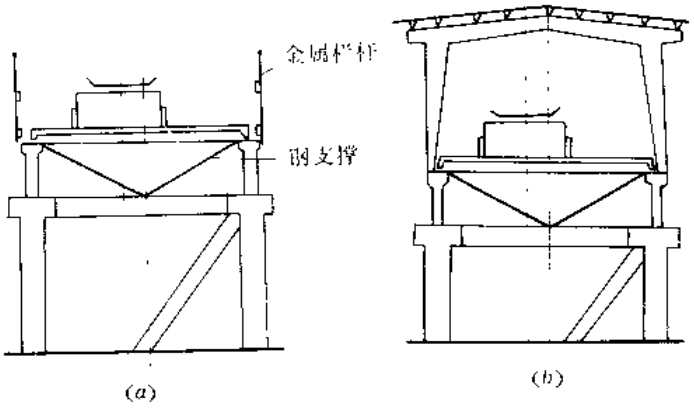


图 23-19　通廊剖面图

a — 敞开式通廊；b — 半敞开式通廊

(1) 砌筑在捣制或预制钢筋混凝土大梁上的1.2m 高的砖墙栏杆，如图23-20所示；

(2) 捣制或预制钢筋混凝土大梁上的固定金属栏杆，见图23-21；

(3) 下承式捣制或预制钢筋混凝土大梁栏杆，见图23-22；

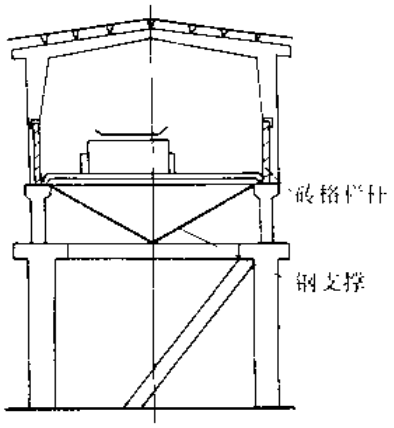


图 23-20　砖墙栏杆

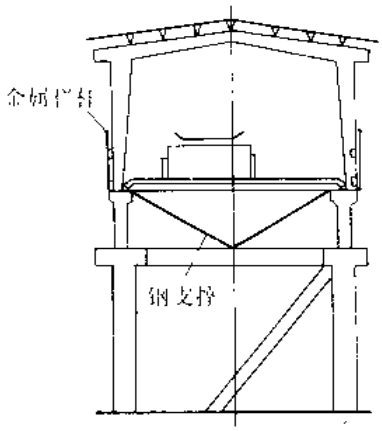


图 23-21　金属栏杆

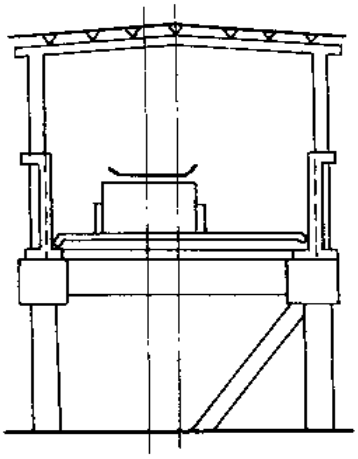


图 23-22　钢筋混凝土大梁栏杆

（4）花格墙栏杆，砌筑范围限制在两柱中间部分，长度为2m，高为0.6m内，用MU7.5砖、M2.5水泥砂浆砌筑。栏杆内外墙面采用原浆勾缝，下部做20mm厚、150mm高1:3水泥砂浆踢脚，上部用1:3水泥砂浆压顶，配2ϕ6mm通长钢筋，钢筋应与柱固定。

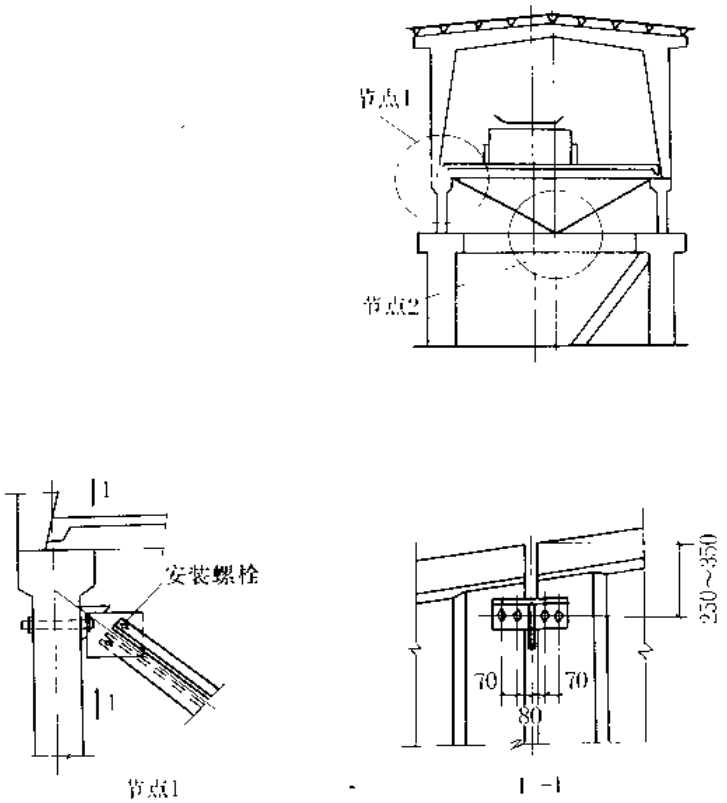


图 23-23 横向垂直撑

2. 支撑设置及构造

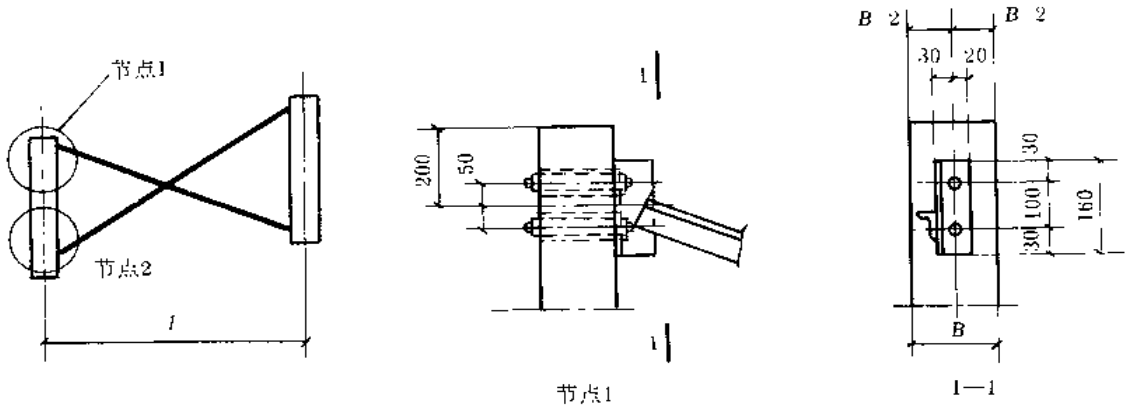
当通廊大梁的梁高大于或等于900mm，或设有滚动支座处，应加设横向垂直支撑。支撑的连接构造见图23-23。

3. II形架柱间撑

II形架柱间撑的构造见图23-24。

4. II形架柱脚的连接构造

一般采用钢垫、螺栓及钢板等连接，见图23-25～图23-28。



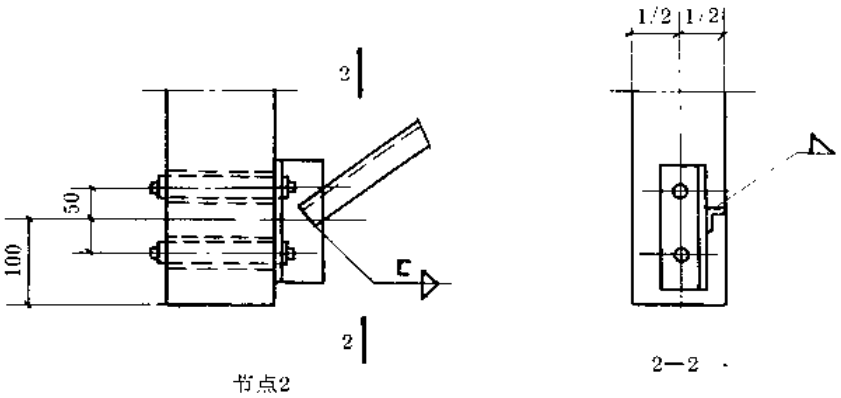


图 23-24　Π形架柱间撑

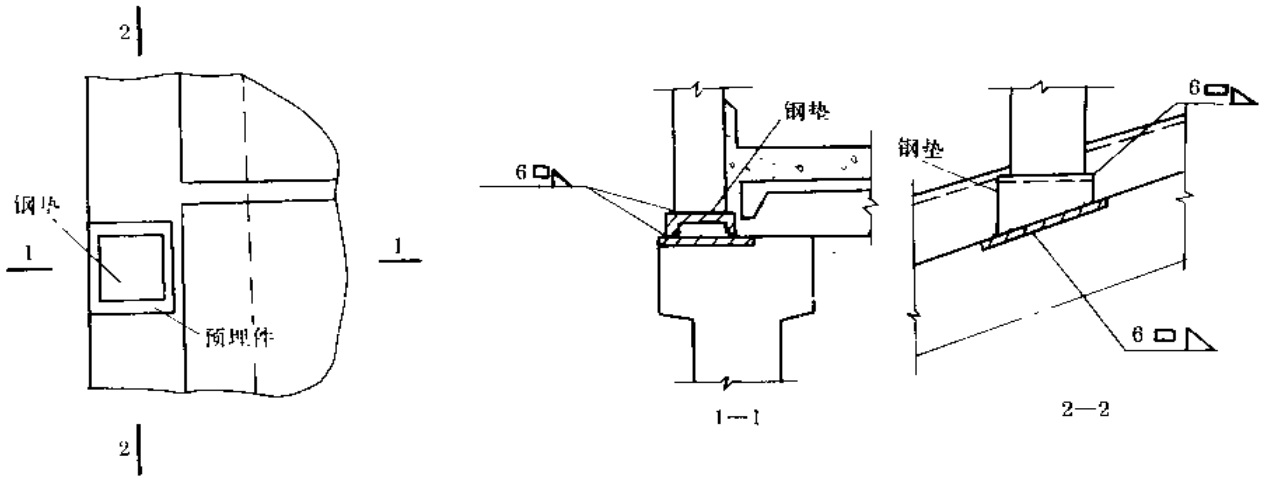


图 23-25　钢垫连接

Π形架与钢筋混凝土柱头连接时，柱头顶部应预埋钢板，钢板厚度一般不小于10mm，焊缝高度 h 由计算确定，但不能小于8mm，见图23-28。

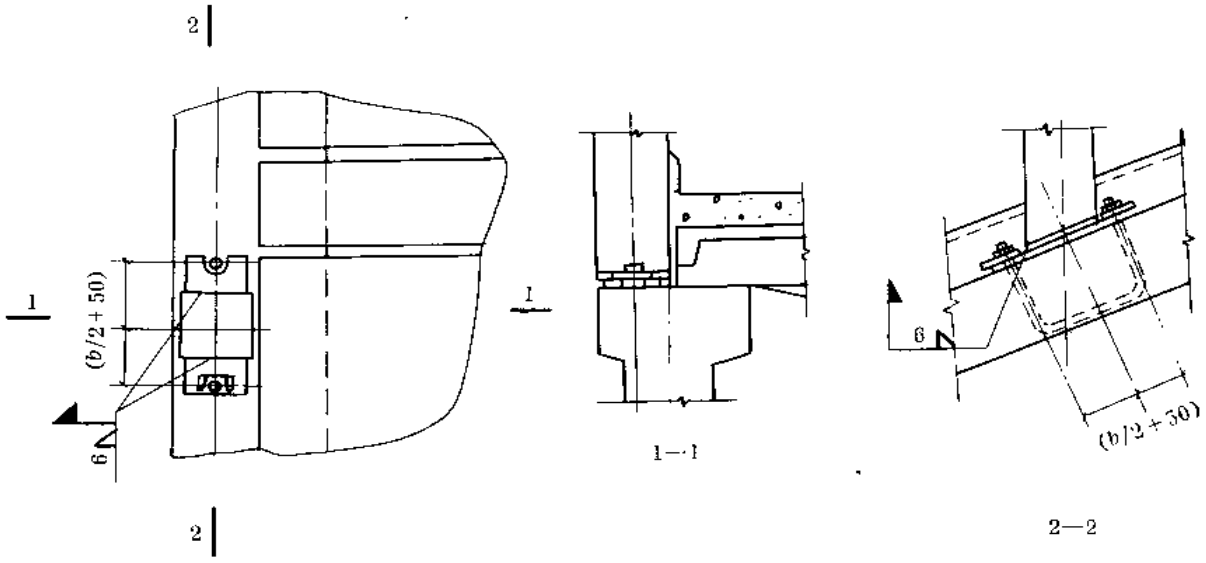


图 23-26　螺栓连接

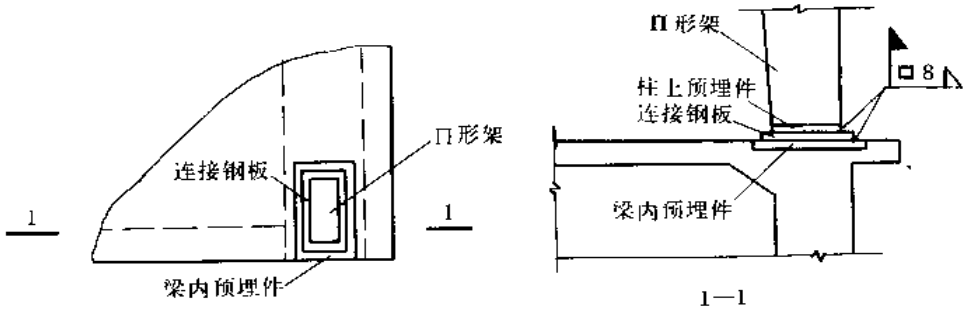


图 23-27　钢板连接

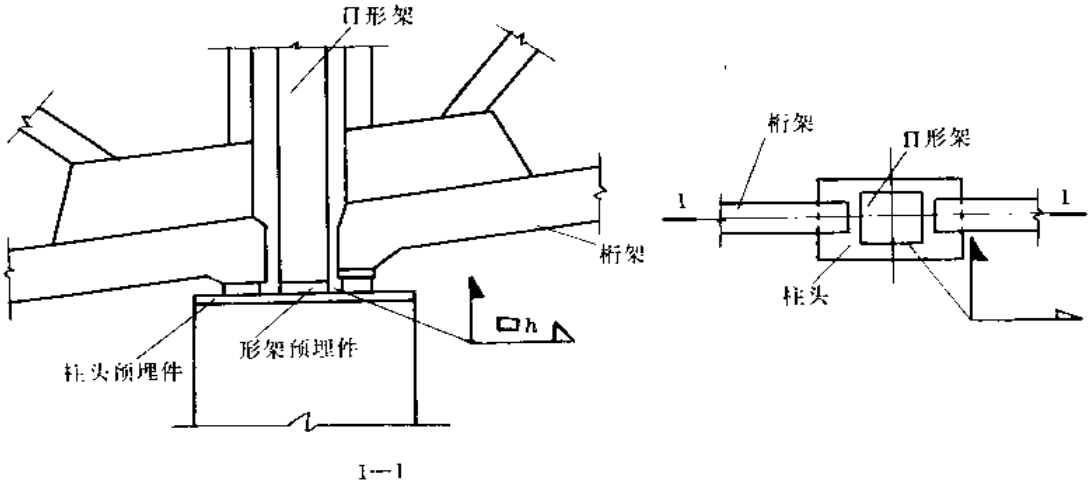


图 23-28　Π形架与柱头钢板连接

三、桁架式通廊构造

1. 屋面板连接

屋面板连接见图23-29。

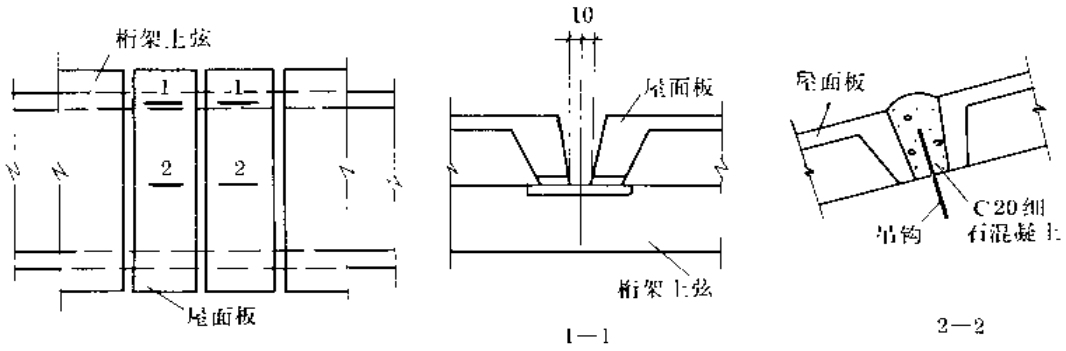


图 23-29　屋面板连接图

2. 楼板连接

(1) 横铺板连接：

1) 加设钢筋混凝土小梁连接及其预埋件设置，见图23-30～图23-32。

2) 不加设小梁采用槽形板和钢筋混凝土平板连接及其预埋件设置见图23-33、图23-34。

(2) 纵向铺板连接：横梁搁置于节点上，板直接搭在横梁挑耳上，见图23-35～图23-37。

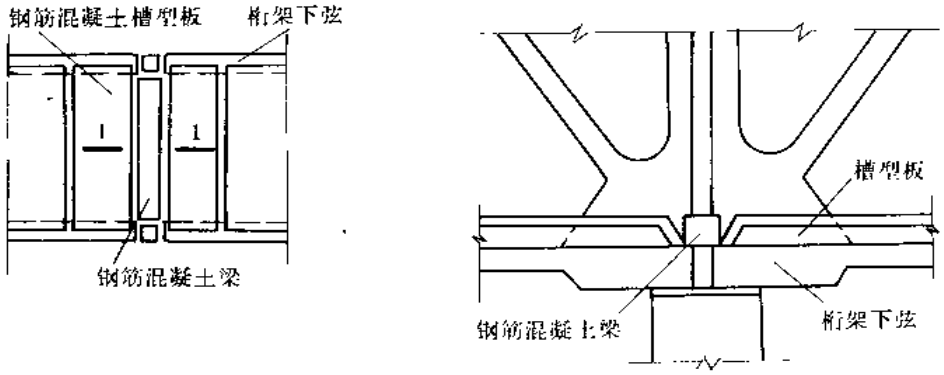


图 23-30　楼板连接（带小梁或异形板）

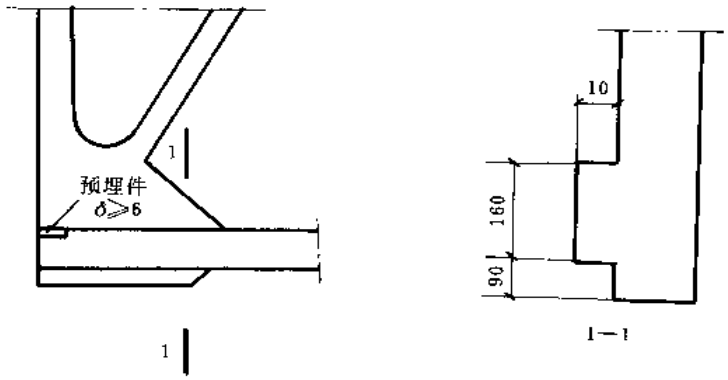


图 23-31　桁架下弦端部预埋件

3. 桁架端部构造

(1) 支架上加设钢筋混凝土 II 形架

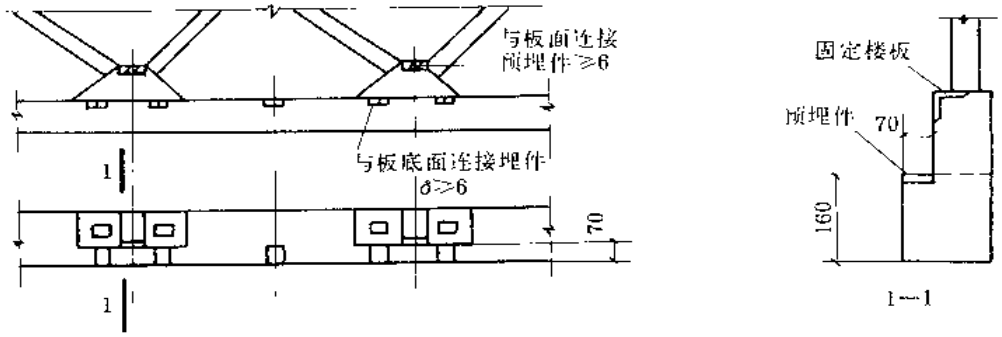


图 23-32　桁架下弦预埋件（1）

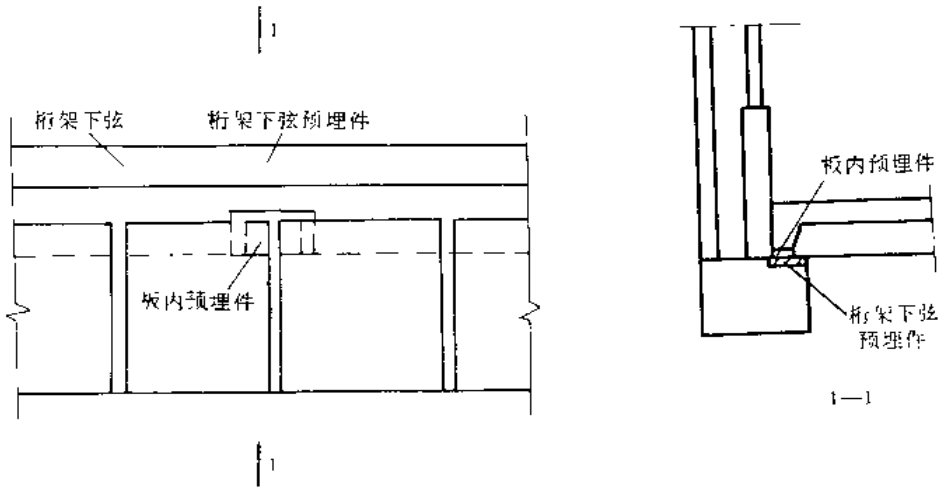


图 23-33　桁架下弦预埋件（2）

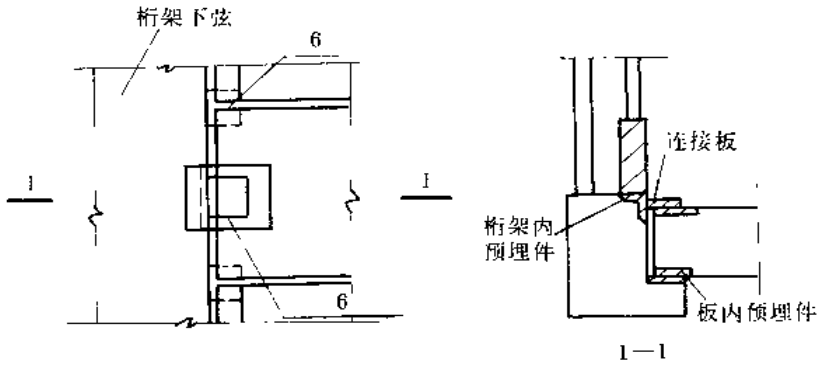


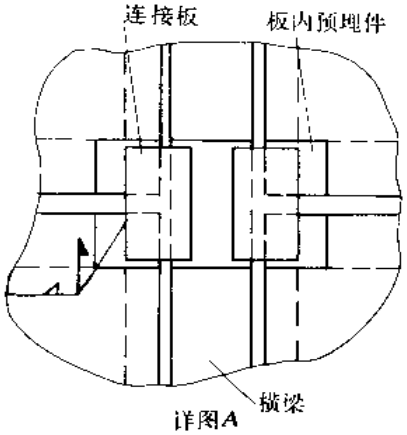
图 23-34　桁架下弦平板连接

1）中间桁架连接，见图23-38，图中 l 值由设计决定；

2）端部桁架与墙连接见图23-39；

3）桁架端部与混凝土构件连接，见图23-40；

4）连接件构造，根据连接桁架的不同部位选用，见图23-41、图23-42。



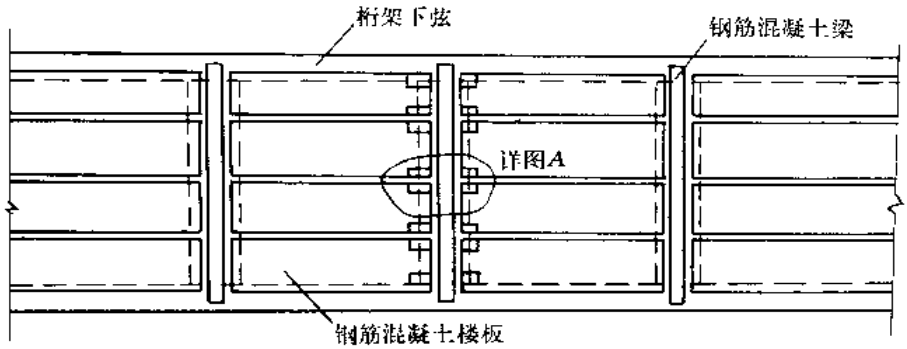


图 23-35　纵向铺板连接

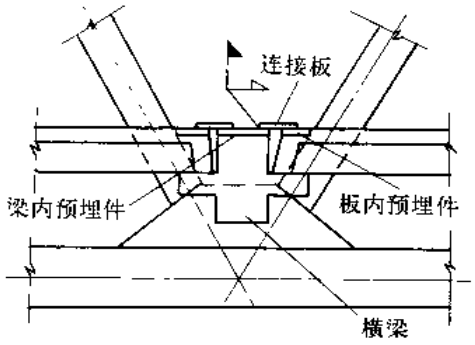


图 23-36　横梁与屋架节点连接

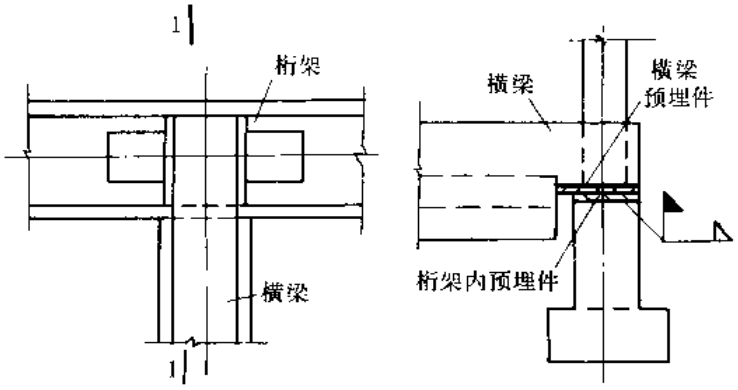


图 23-37　横梁连接

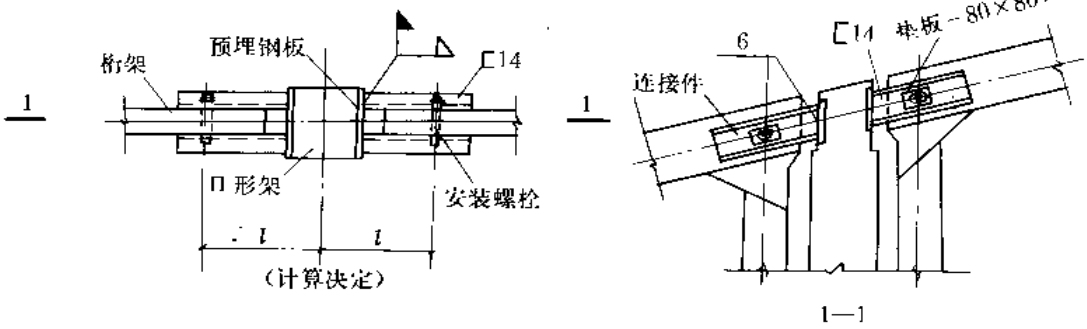


图 23-38　Π 形架与桁架连接

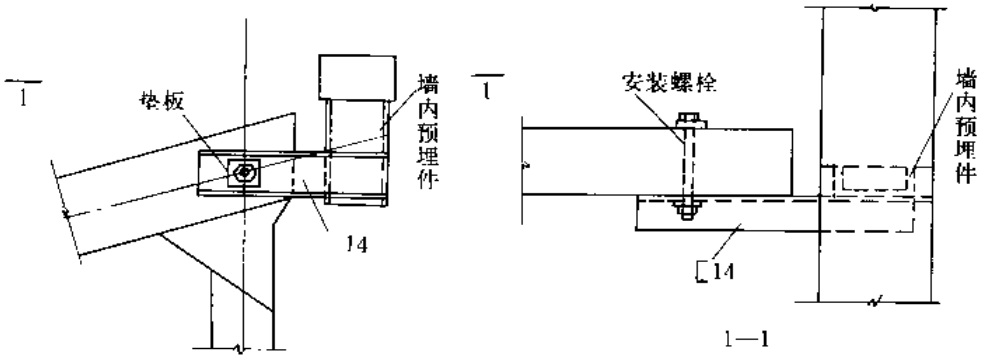


图 23-39　桁架端部与砖墙连接

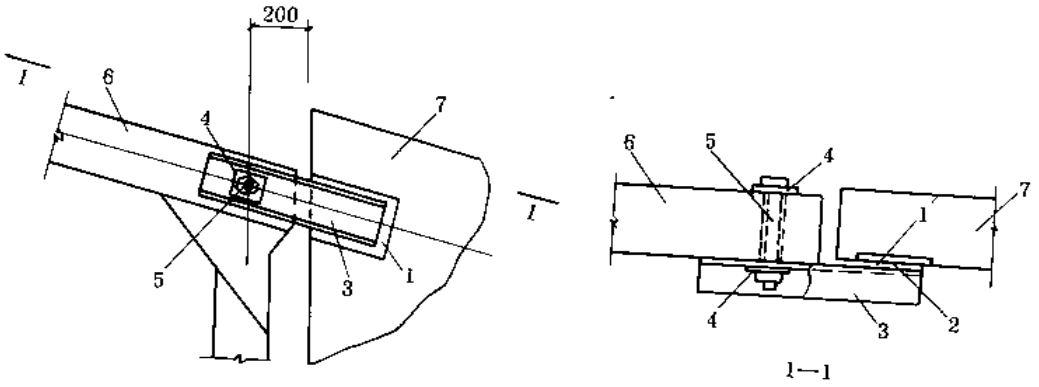


图 23-40　桁架端部与混凝土构件连接

1－混凝土或钢筋混凝土构件内预埋件，$\delta \geqslant 10$mm；2－垫板－150×10mm，$l \geqslant 180$mm；3－连接件 [14；4－垫板－80×8mm，$l = 80$mm；5－连接螺栓，$\phi \geqslant 25$mm；6－桁架上弦杆；7－混凝土或钢筋混凝土构件

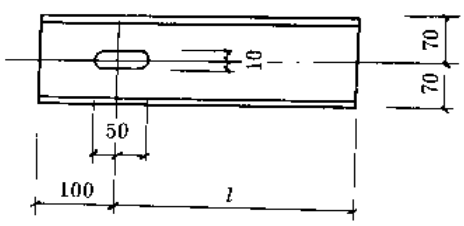


图 23-41　标准件连接

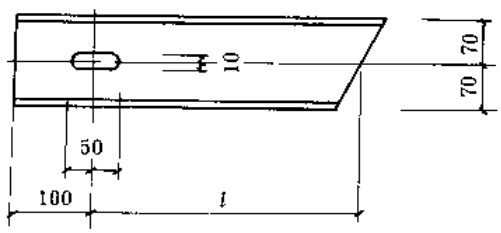


图 23-42　异形件连接

（2）支架上加设横梁

在桁架端部加设横梁与桁架组成门形架，以保证桁架的横向稳定。横梁可采用钢筋混凝土梁或钢梁，与桁架端立杆侧面预埋钢板焊接，见图23-43～图23-45。预埋钢板由计算决定。

为了确保横向形成刚架，桁架端立杆在平面外应与上弦杆等宽，在平面内应不小于300mm

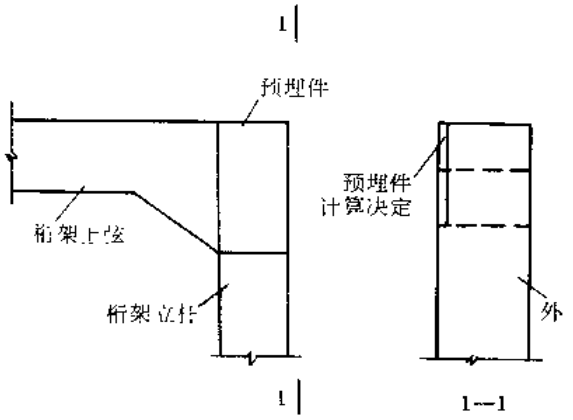


图 23-43　桁架端立杆预埋件

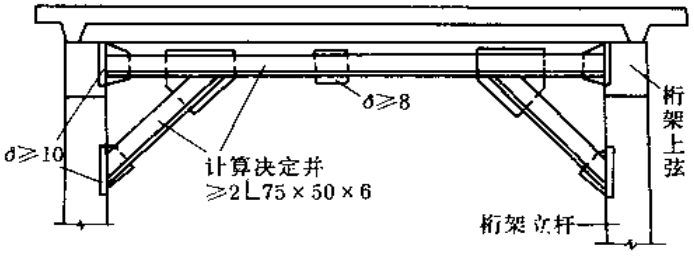


图 23-44　桁架端部横梁构造

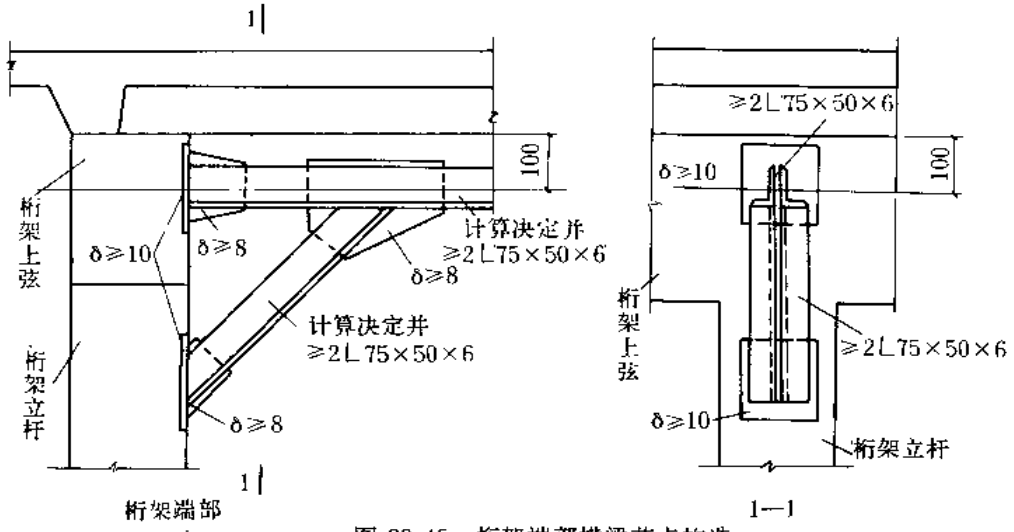


图 23-45　桁架端部横梁节点构造

4. 桁架两侧踢脚

桁架式通廊采用石棉瓦挂墙皮时，通廊两侧应设置不小于150mm 高的踢脚。

四、板式组合桁架构造

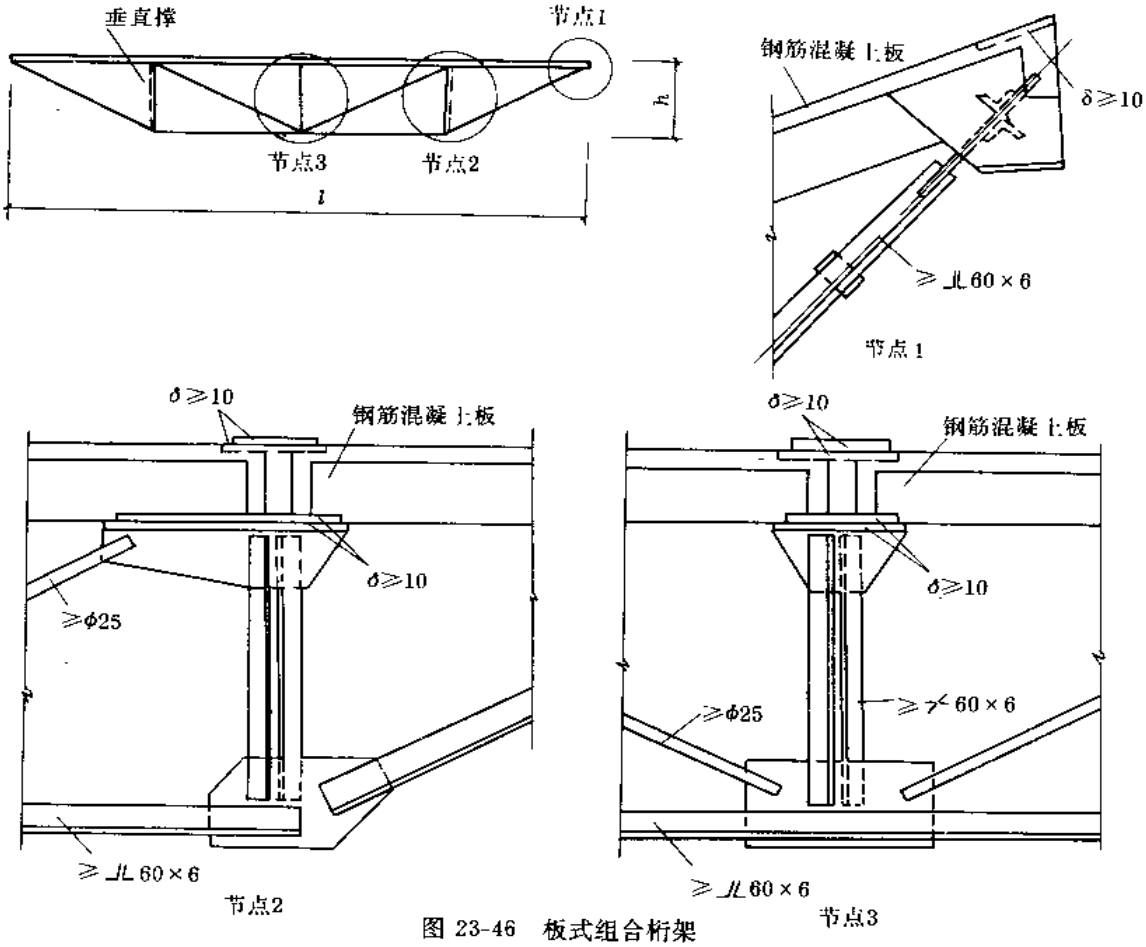


图 23-46　板式组合桁架

图中未注明厚度的节点板和连接板的厚度 $\delta \geqslant 8$mm；焊缝由计算确定；材质为 A3F

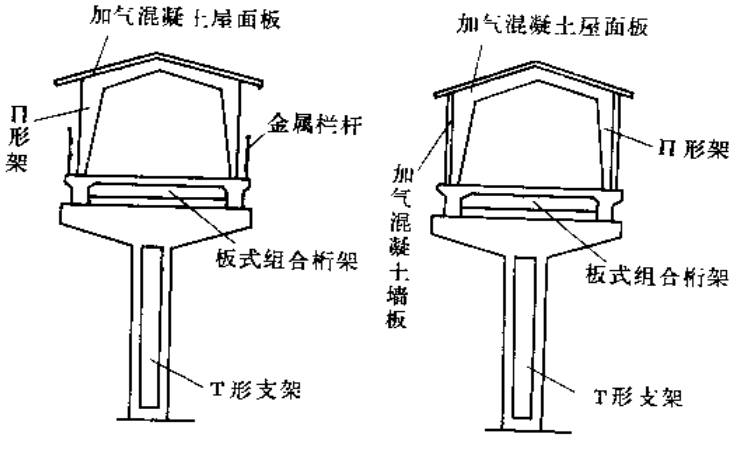


图 23-47　板式组合桁架剖面图

a — 半敞开式；b — 封闭式

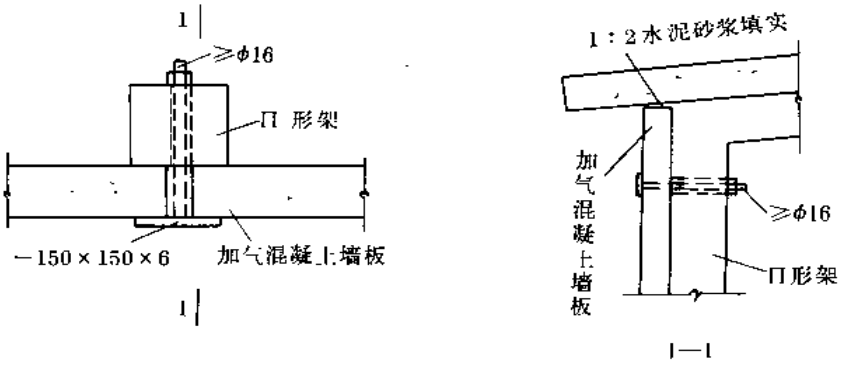


图 23-48　墙板连接

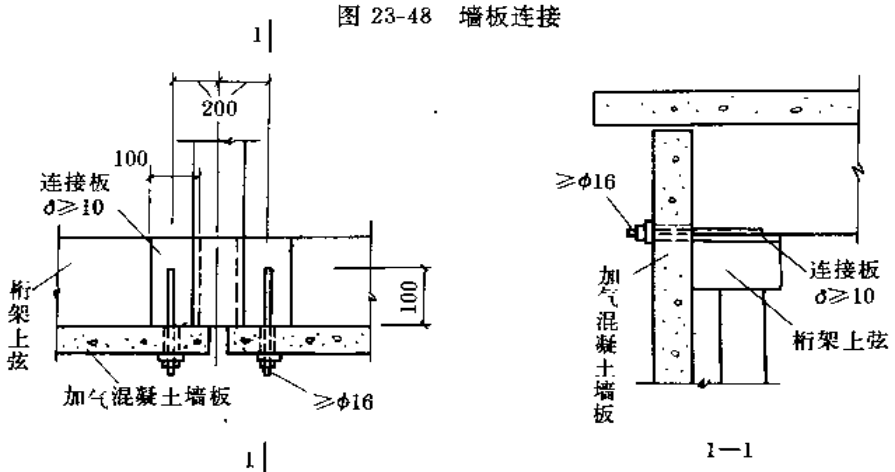


图 23-49　墙板与桁架连接

(1) 板式组合桁架由钢筋混凝土板和钢拉杆组成(见图23-46)，一般适用于采用轻质材料做围护结构的单胶带通廊，通廊剖面图见图23-47。

(2) 加气混凝土板的连接构造，见图23-48、图23-49。

第三节　通廊支架形式与构造

一、支架形式

1. 单片支架

(1)斜腹杆支架：斜腹杆支架如图23-50*b*所示。当通廊宽度大于支架跨度l时，采用图23-50*a*形式。支架顶部的横梁可与立柱分别预制，亦可整体预制。横梁悬出部分应根据通廊宽度确定。

(2) 平腹杆支架：根据施工条件，平腹杆支架可采用整体预制或梁柱分开预制，见图23-51*a*。当支架较高时，也可将支架分成上下两部分预制，如图23-51*b*所示，其拼接点位置一般为离横梁顶1m处。

(3) T形支架：一般用于胶带宽为500mm、600mm，上部为轻型结构(敞开、半敞开或轻型围护结构)，支架间距不超过12m，高度在10米以内的通廊，如图23-52所示。当$b_2 \geqslant 400$mm、$h_2 \geqslant 600$mm时，立柱可采用工字形断面。

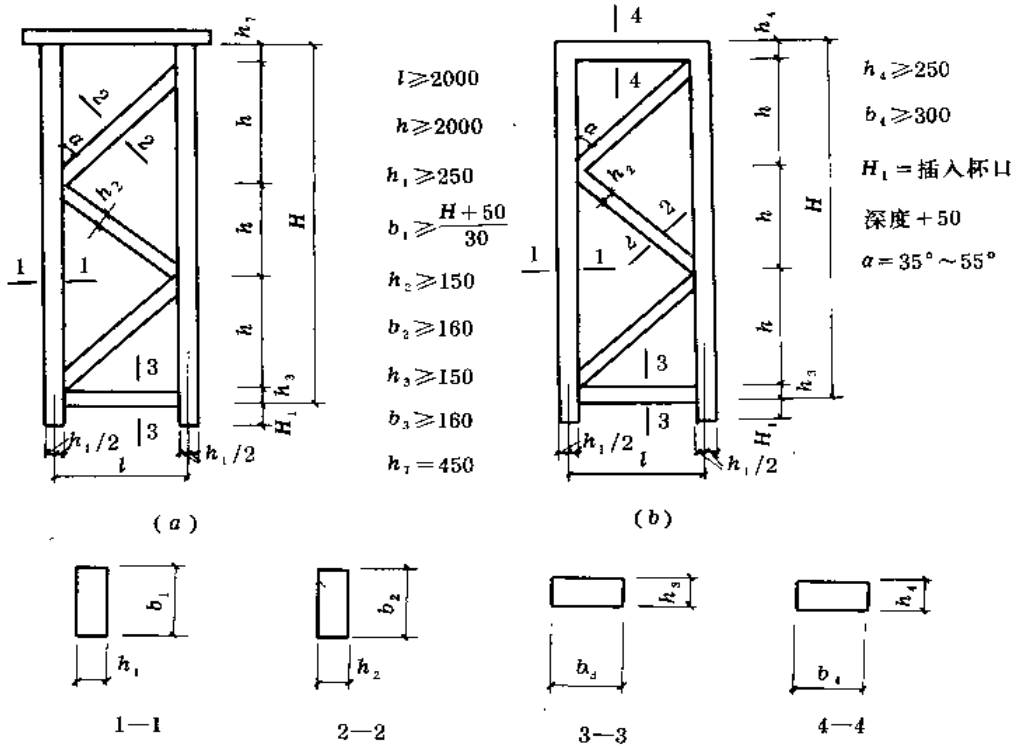


图 23-50　斜腹杆支架

a — 顶部横梁悬出形式；b — 一般形式

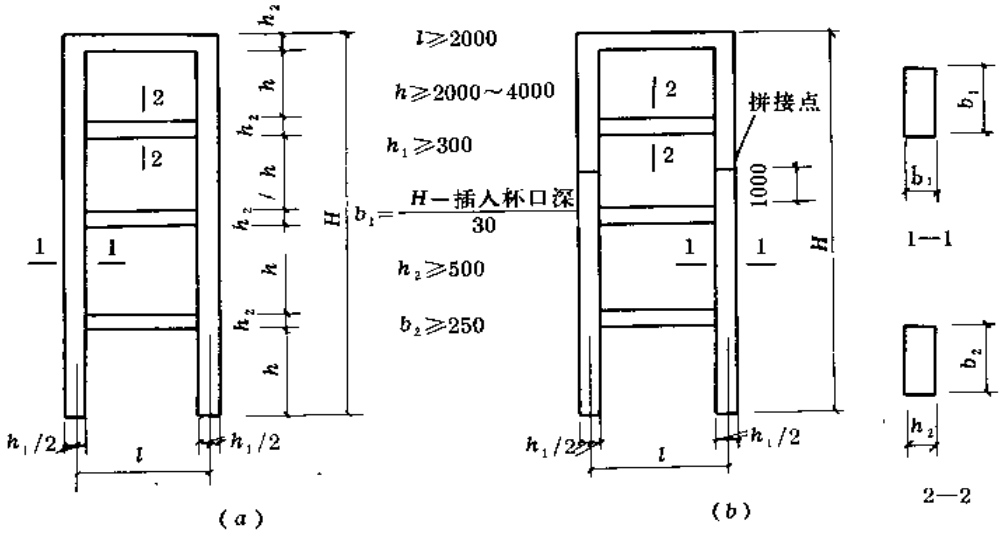


图 23-51　平腹杆支架

a — 梁柱分开或整体预制；b — 分段预制

(4) W 形支架：由两个 V 形构件在 B 点拼接组合而成，如图 23-53 所示，一般用于双胶带机通廊。大梁(或桁架) 搭放在 A、B、C 三点上。l 由通廊宽度决定。

2. 四柱预制支架

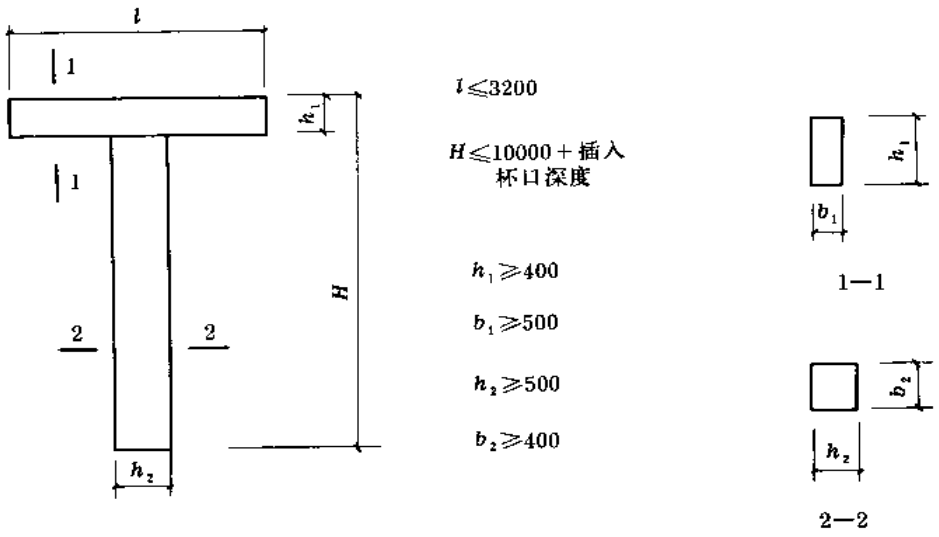


图 23-52　T 形支架

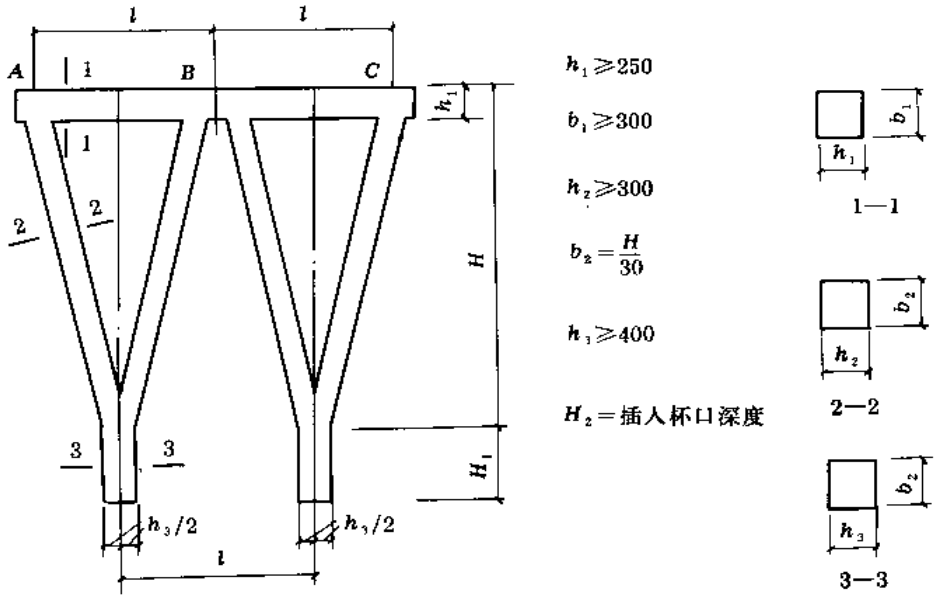
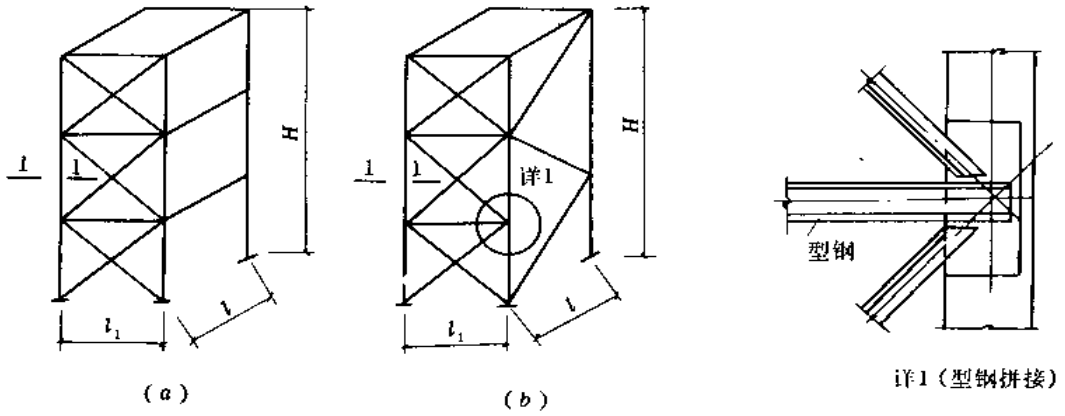


图 23-53　W 形支架

四柱预制支架是由两个单片支架用拼接杆（拼接杆可采用型钢或钢筋混凝土结构）连接组成，当通廊支架较高或为了增加通廊纵向刚度时采用。

（1）钢杆拼接四柱预制支架：拼接跨 l_1 采用型钢，整体预制跨 l 可采用平腹杆形式（见图 23-54*a*）或斜腹杆形式（见图 23-54*b*）。

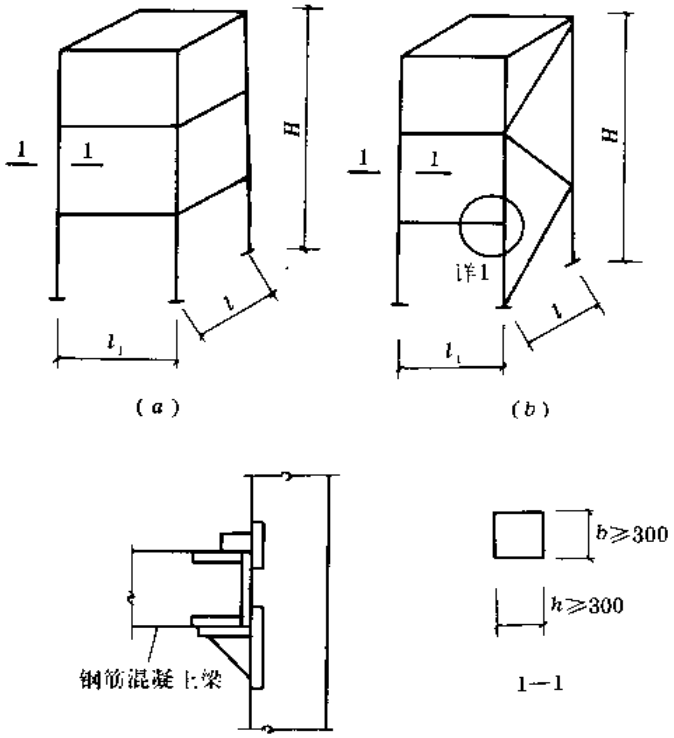
（2）钢筋混凝土梁拼接：四柱预制支架拼接跨 l_1 采用钢筋混凝土梁，整体预制跨 l 可采用平腹杆形式（图 23-55*a*）或斜腹杆形式（图 23-55*b*）。



(a)　　(b)　　详1（型钢拼接）

图 23-54　四柱支架型钢拼接

a — 平腹杆形式；b — 斜腹杆形式



(a)　　(b)

详1（钢筋混凝土梁拼接）

图 23-55　四柱支架钢筋混凝土梁拼接

a — 平腹杆形式；b — 斜腹杆形式

二、支架节点构造

1. 斜腹杆预制支架

(1) 顶部横梁与支架分别预制，如图23-56所示，斜杆箍筋从竖杆与斜杆内侧主筋交叉点开始放置，斜杆主筋伸入竖杆内的锚固长度为 l_a。节点处竖杆箍筋间距采用100mm。

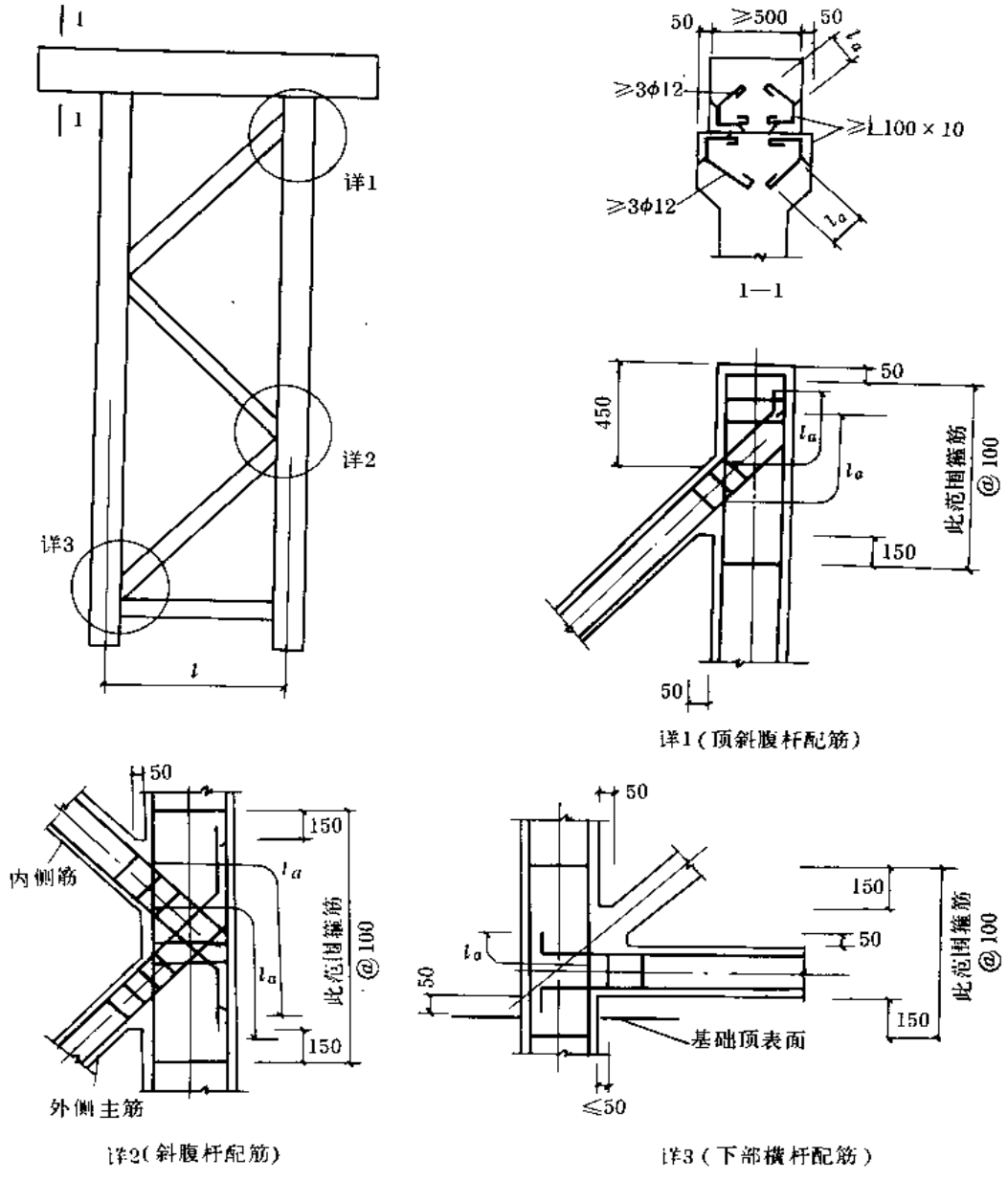
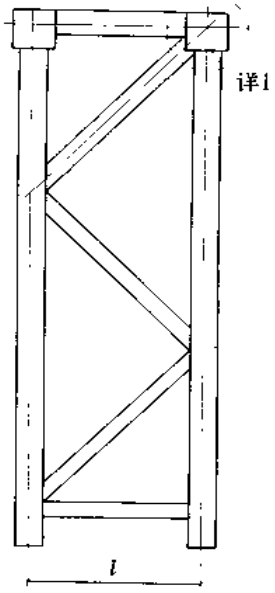
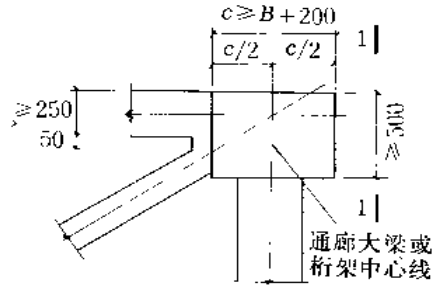


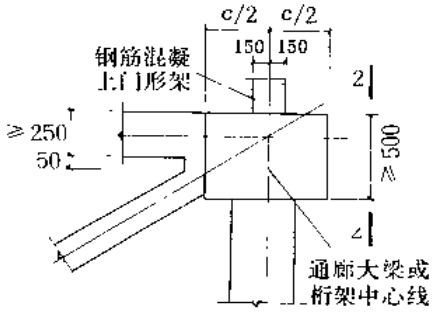
图 23-56 斜腹杆支架

(2) 整体预制支架，见图23-57，除顶部节点构造外，其他节点构造均同图23-56。顶部节点构造有不设钢筋混凝土门形架和设钢筋混凝土门形架两种。



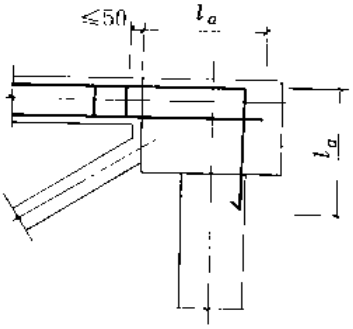


(a)

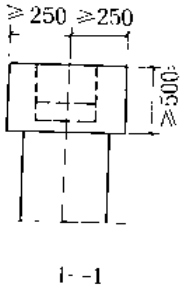


(b)

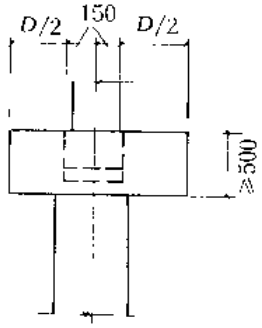
详1（横板）



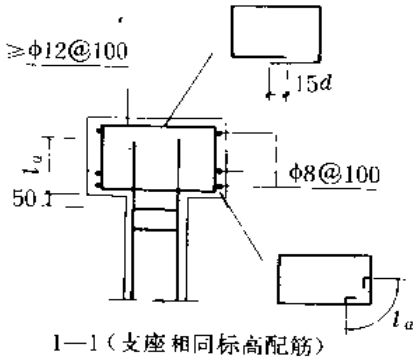
详1（钢筋）



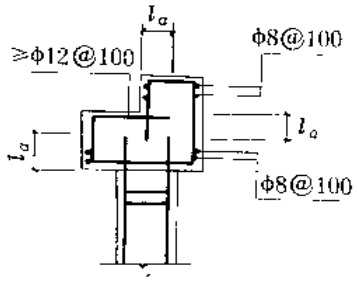
1--1



2—2



1—1（支座相同标高配筋）



1—1（支座不同标高配筋）

图 23-57　斜腹杆支架

a — 柱头模板；b — 设有钢筋混凝土门形架柱头模板

(3) 二次预制支架，先预制斜腹杆，然后再与竖杆水平杆预制在一起，其节点见图23-58～图23-60。斜腹杆的主筋锚固长度为 l_a（锚在竖柱）。

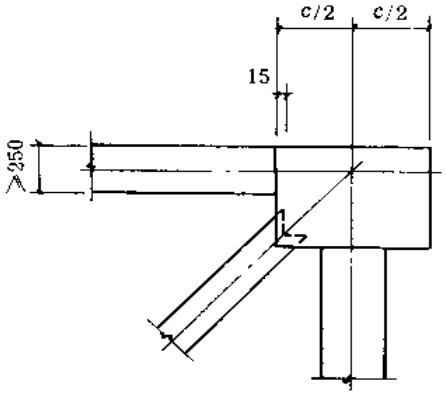


图 23-58　顶部节点

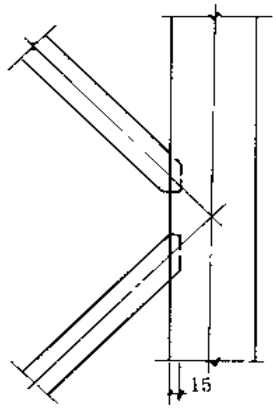


图 23-59　中间节点

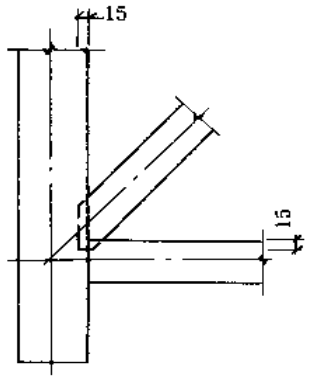


图 23-60　下部节点

2. 平腹杆预制支架：

(1) 整体预制，见图23-61。

(2) 柱与梁分开预制支架见图23-62：

1) 梁上预埋件与梁内受力钢筋焊接，柱上预埋件与柱内受力钢筋焊接。

2) 钢筋及预埋件连接板均由计算确定，但钢筋不应小于3ϕ12mm，钢板 δ 不小于8mm。

3) 柱头构造及配筋见图23-62。

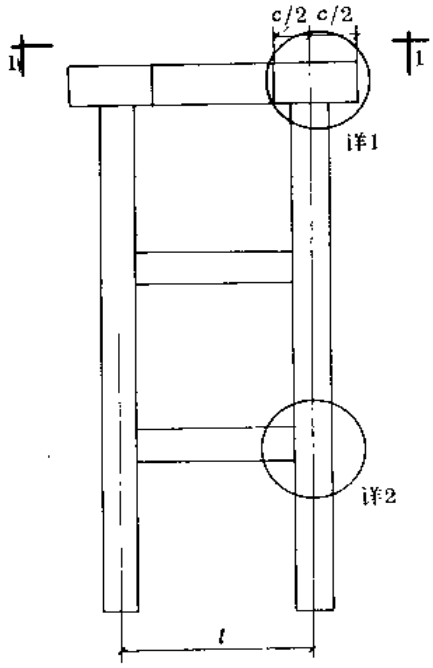
3. W 形预制支架

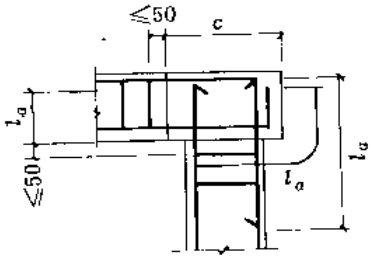
W 形预制支架见图23-63。

4. T 形预制支架

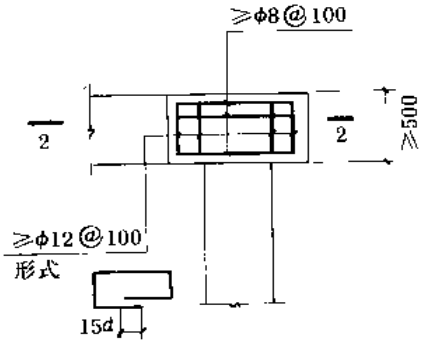
T 形预制支架的横梁箍筋一般不少于 2ϕ8mm@140mm，柱内钢筋伸入横梁内不应小于 l_a。

5. 枕梁与肩梁布置和构造

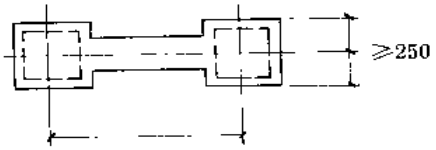




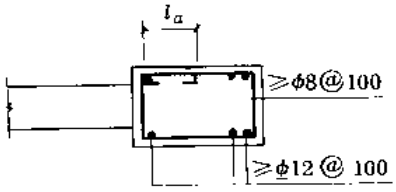
详1（梁与柱配筋）



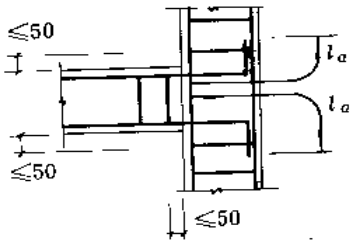
详1（柱帽配筋）



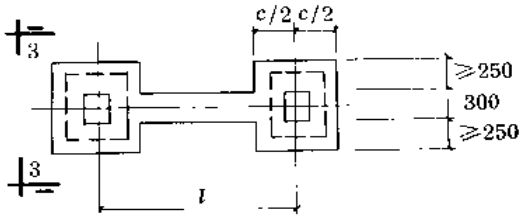
1—1



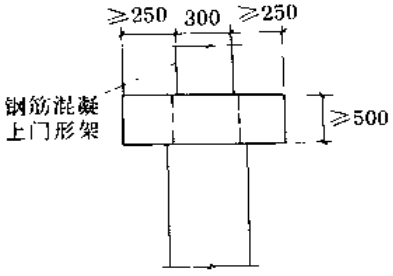
2—2



详2（配筋）

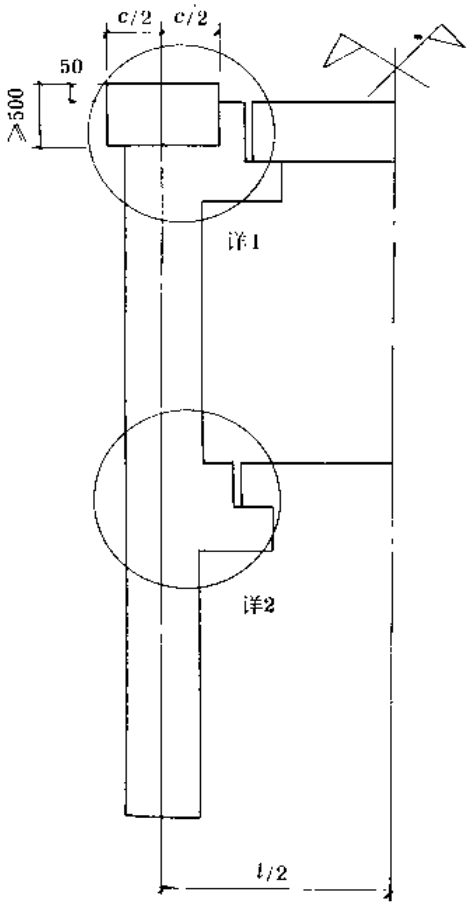


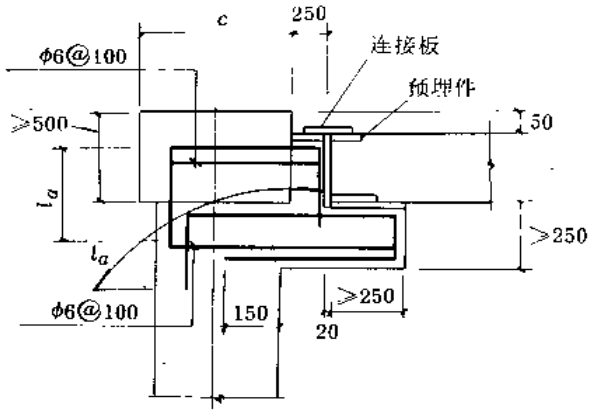
1—1（设钢筋混凝土门形架）



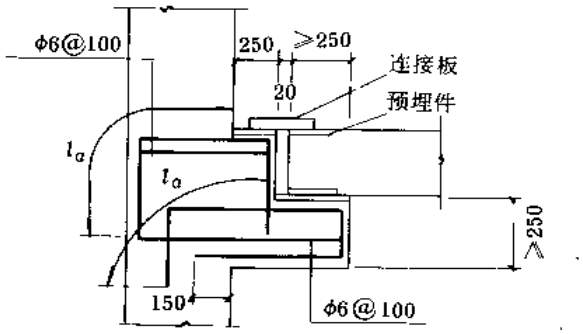
3—3

图 23-61　平腹杆支架



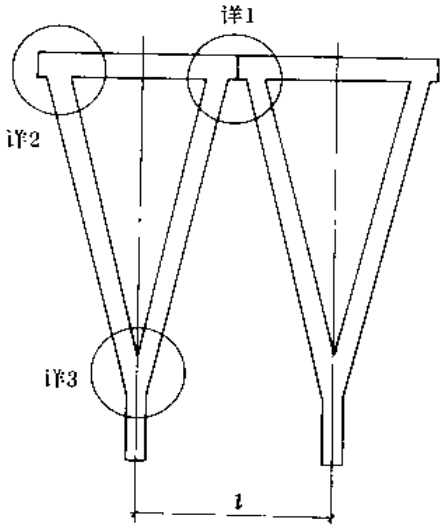


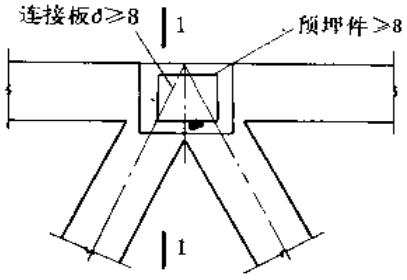
详1（配筋）



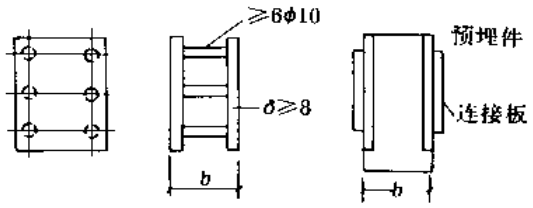
详2（配筋）

图 23-62　梁与柱分开预制支架

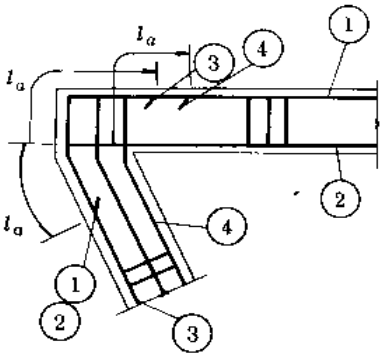




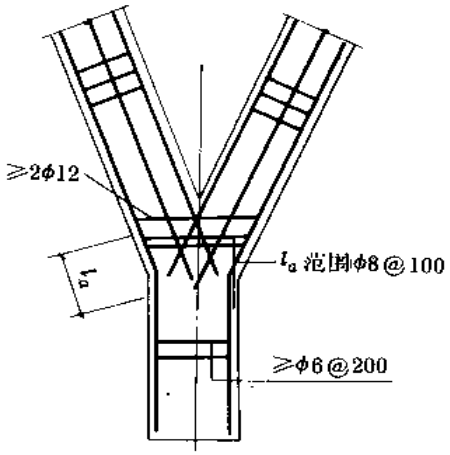
详 1



预埋件详图　　1—1



详2



详3

图 23-63　W 形预制支架

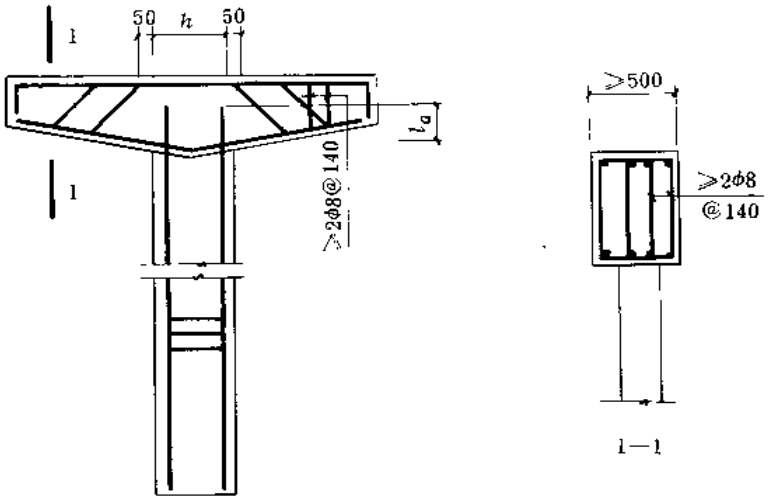


图 23-64　T 形预制支架

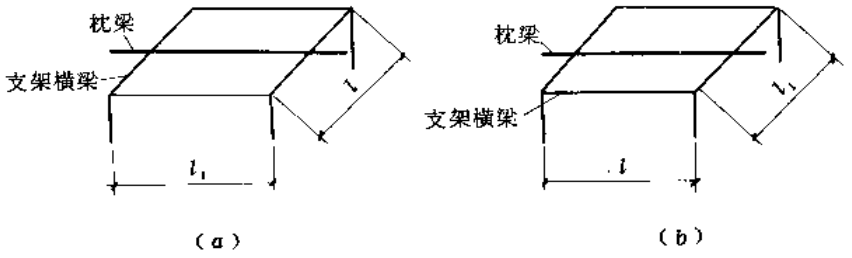


图 23-65　枕梁式四柱支架

$a-l_1>l_1$, $b-l>l_1$

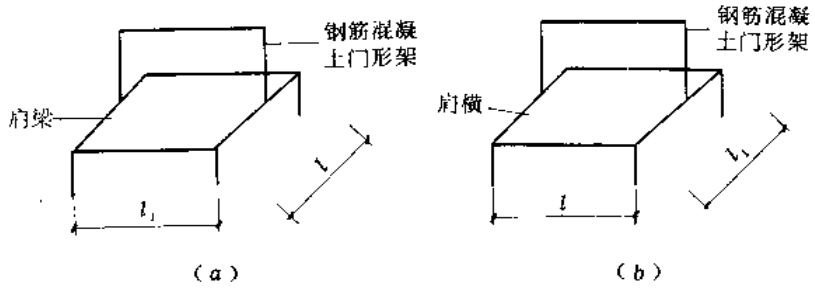


图 23-66　肩梁式四柱支架

$a-l_1>l_1$, $b-l>l_1$

(1) 枕梁与肩梁布置：支架上面通廊大梁或桁架搭放在枕梁上，如图23-65所示。当支架上面通廊为桁架结构时，亦可采用肩梁形式如图23-66所示。枕梁或门形架放在拼接横梁上时，拼接横梁应采用钢筋混凝土梁。整体预制跨上面放枕梁或钢筋混凝土门形架如图23-65*a*、图 23-66*a* 所示，此时不受 $l\geqslant 2000$mm 的限制。

(2)枕梁：支座宽度 C 应大于或等于通廊大梁或大于、等于桁架支座处的宽度加200mm。当枕梁高度大于500mm 时，悬出部分可做成变断面，变断面端部最小高度也不应小于500mm。

(3) 肩梁：搭放大梁或桁架的支座长度 A 应不小于250mm，B 不小于400mm，并应根据通廊角度 α 决定。钢筋混凝土门形架可采用预制或二次捣制的钢筋混凝土结构，其肩梁尺寸见图23-68，配筋见图23-69。

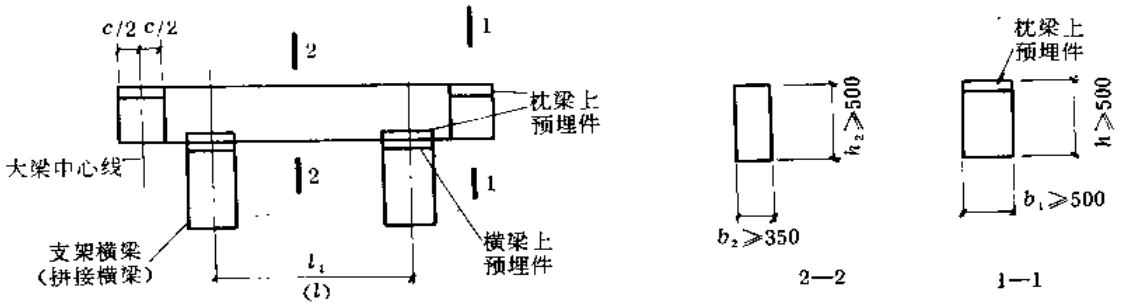


图 23-67 枕梁

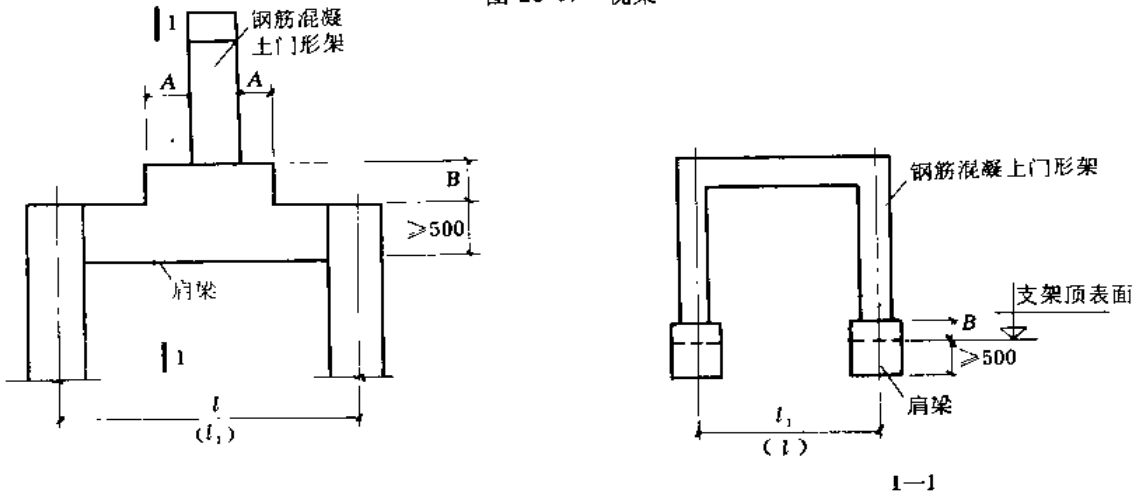


图 23-68 肩梁尺寸

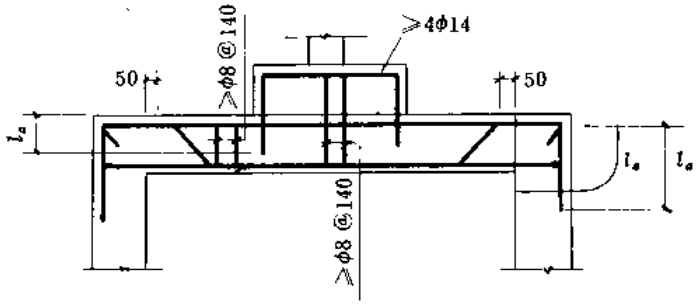


图 23-69 肩梁配筋

第四节　通廊支座连接与构造

一、铰接支座

1. 常用形式

铰接支座的常用形式如图23-70～图23～72所示。

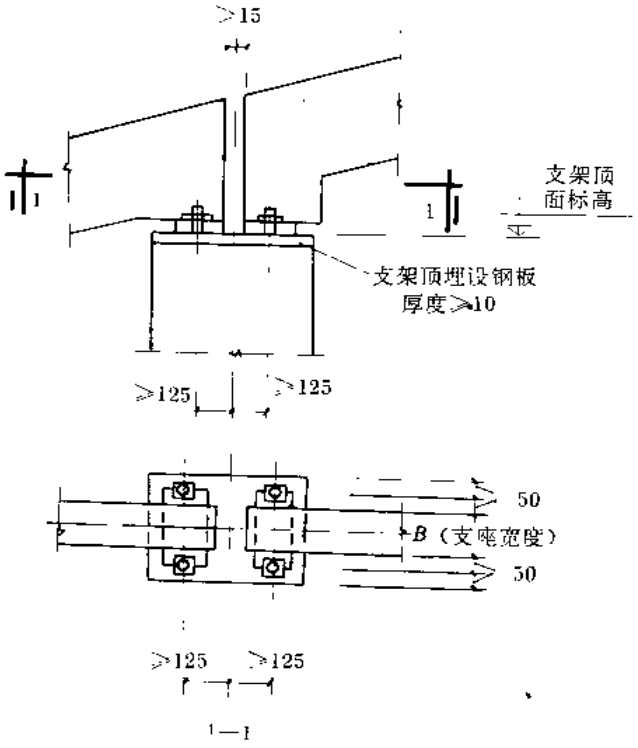


图 23-70　铰接支座（支座标高相同）

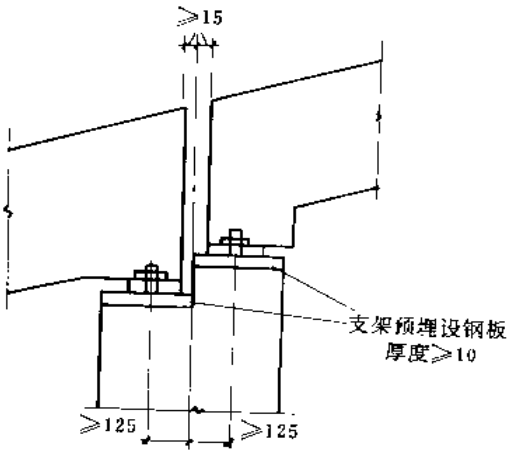


图 23-71　铰接支座（支座标高不同）

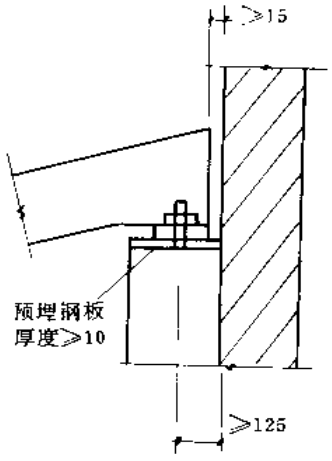


图 23-72　铰接支座（边支座）

2. 设有钢筋混凝土门形架的铰接支座

此种支座常用于桁架结构形式的通廊，钢筋混凝土门形架与桁架顶部连在一起，桁架上部横向水平力全部通过钢筋混凝土门形架传至柱头，如图23-73、图23-74所示。

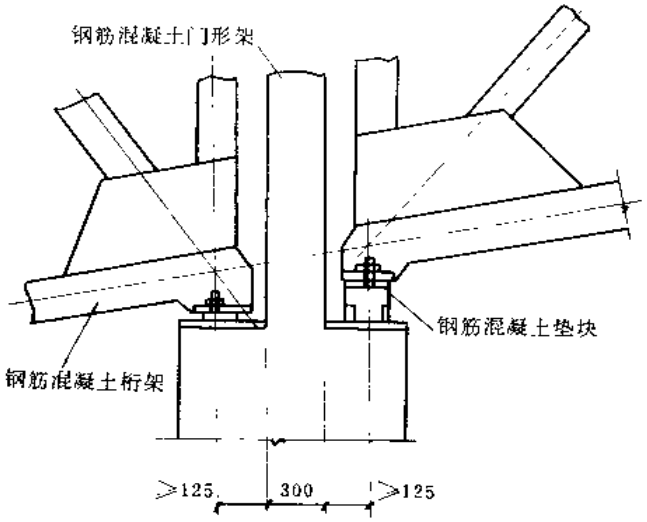


图 23-73　设有钢筋混凝土门形架的铰接支座（支座标高相同）

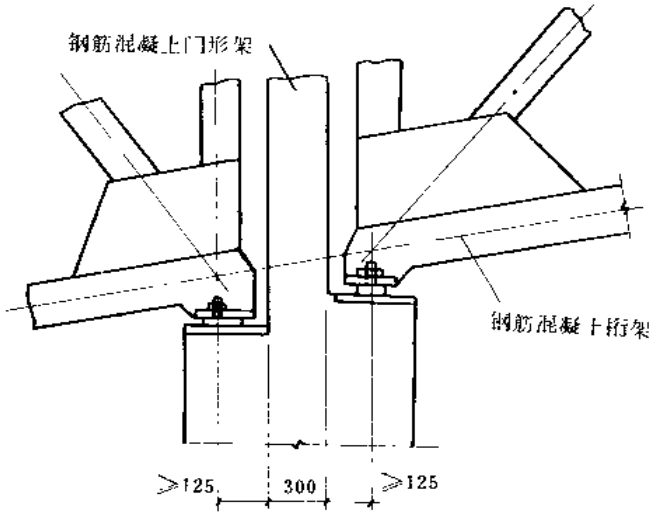


图 23-74　设有钢筋混凝土门形架的铰接支座（支座标高不同）

二、滚动支座

滚动支座可分为单辊和多辊支座，单辊支座直径不小于150mm，多辊支座直径不小于40mm，可根据胶带机通廊大梁或桁架支座的反力按表23-7选用。滚动支座的外露部分应刷红丹两道、铅油两道。

1. 常用形式

滚动支座的常用形式见图23-75、图23-76。

2. 设有钢筋混凝土门形架滚动支座

设有钢筋混凝土门形架滚动支座见图23-77、图23-78。

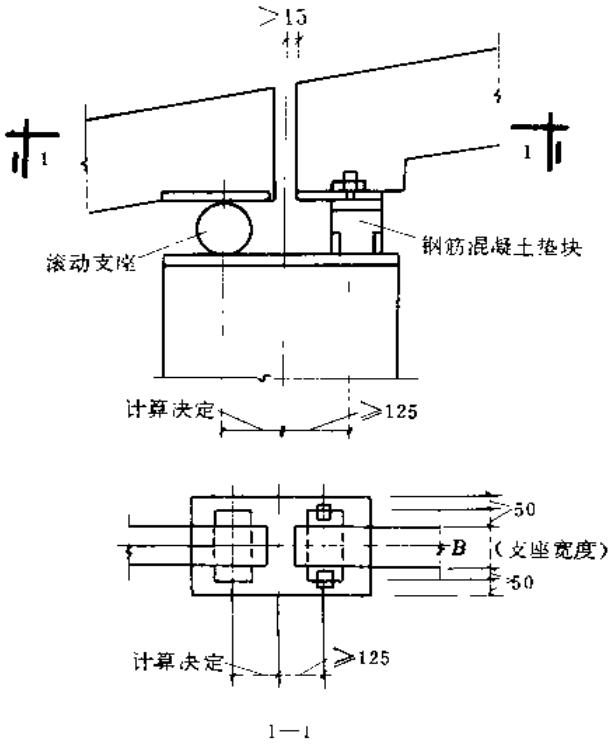


图 23-75 滚动支座（支座标高相同）

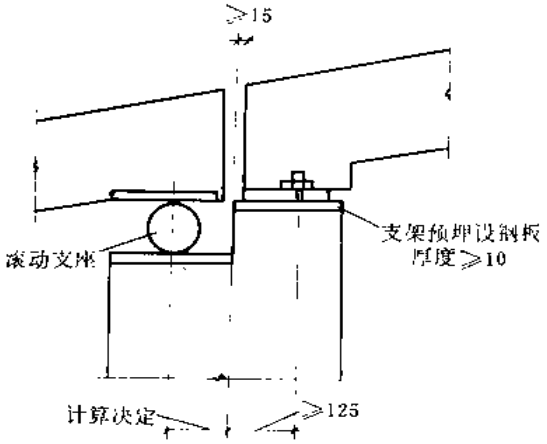


图 23-76 滚动支座（支座标高不同）

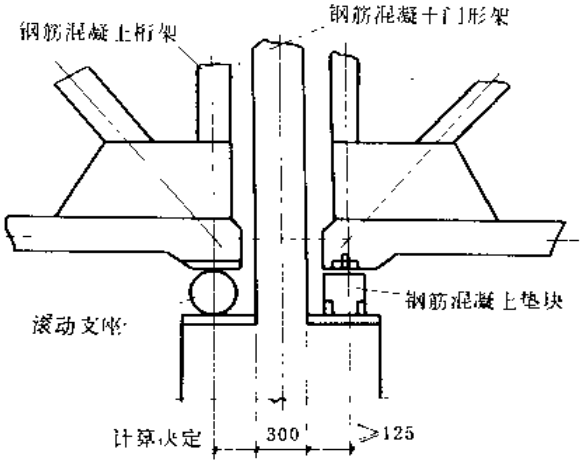


图 23-77 设有钢筋混凝土门形架滚动支座（支座标高相同）

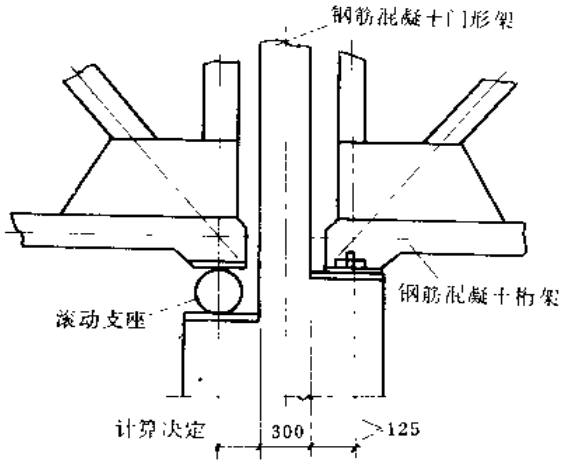


图 23-78 设有钢筋混凝土门形架滚动支座（支座标高不同）

3. 滚动支座构造

(1) 单辊构造，如图23-79所示。

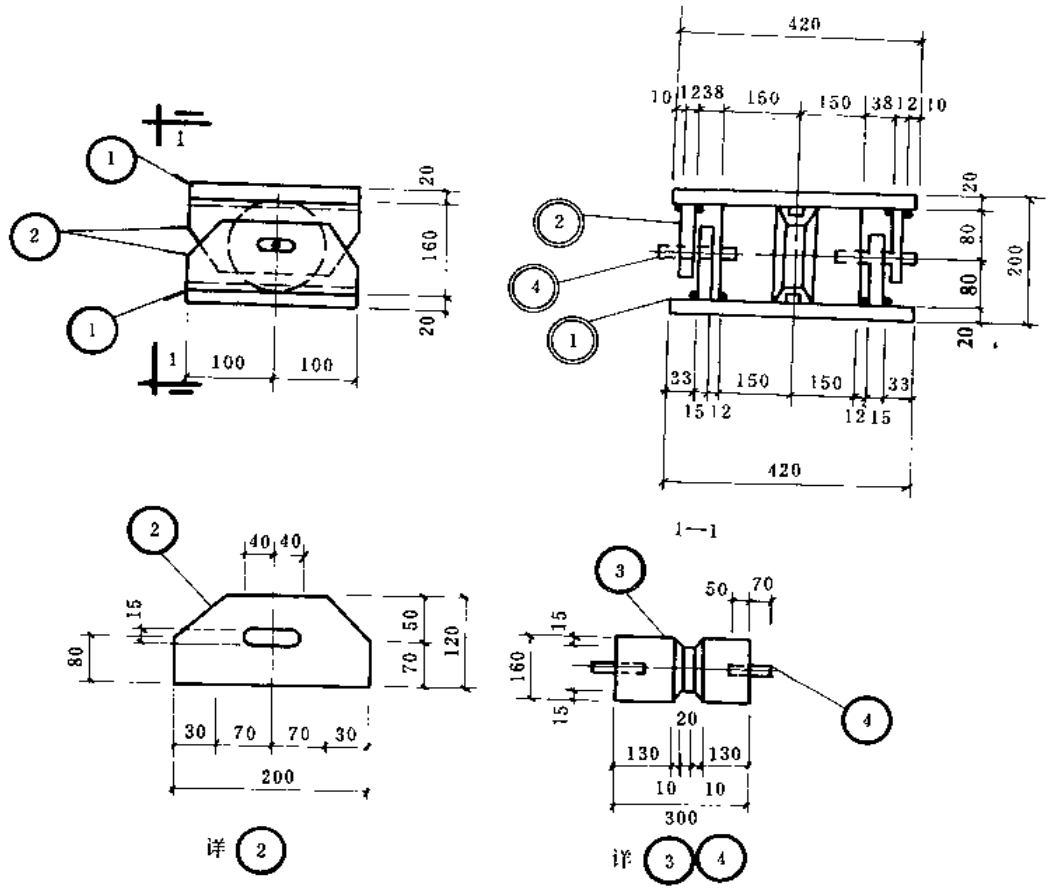


图 23-79 单辊构造

（2）四辊构造，如图23-80所示。

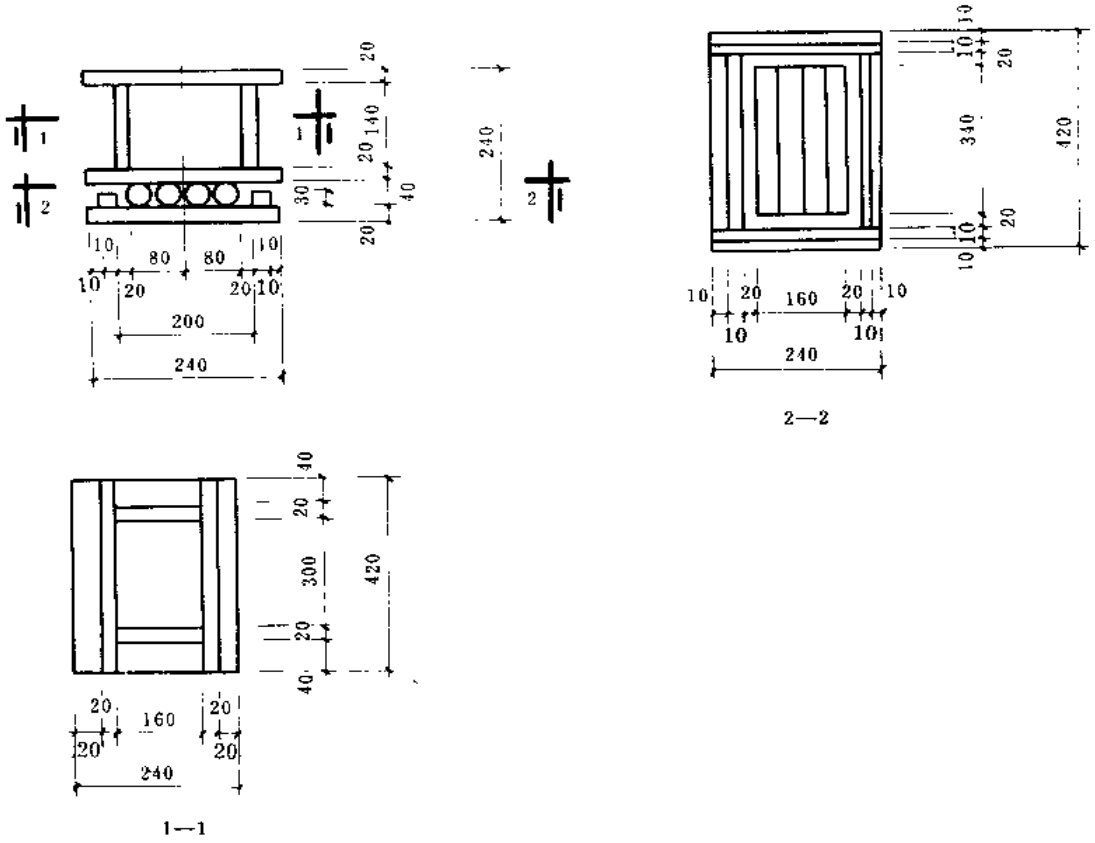


图 23-80　四辊构造

4. 滚动支座承载力及其选用

滚动支座的承载力及其选用见表23-7。

三、滑动支座

1. 聚四氟乙烯板支座

聚四氟乙烯是一种化学聚合物，它有低磨擦系数和很高的承载能力。聚四氟乙烯板的规格见表23-8。一般常用的厚度为1～6mm。其支座构造见图23-81。

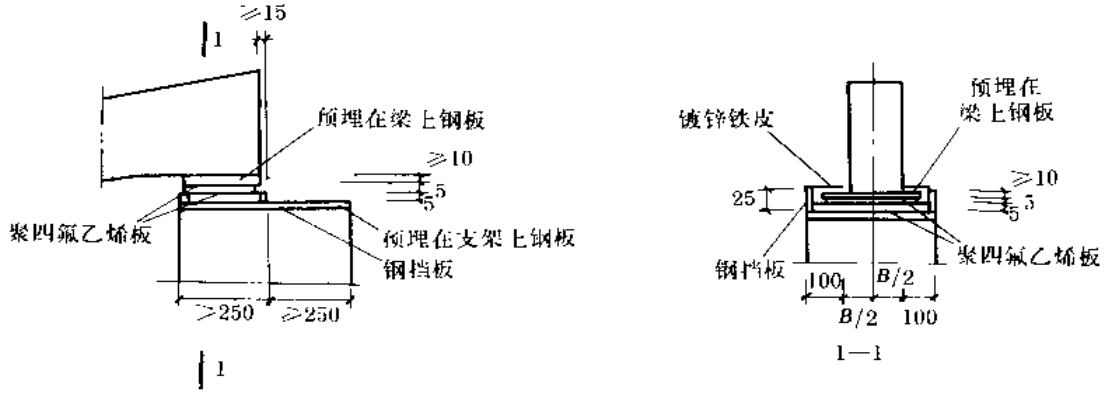


图 23-81　聚四氟乙烯板滑动支座

2. 钢板滑动支座

钢板滑动支座见图23-82。

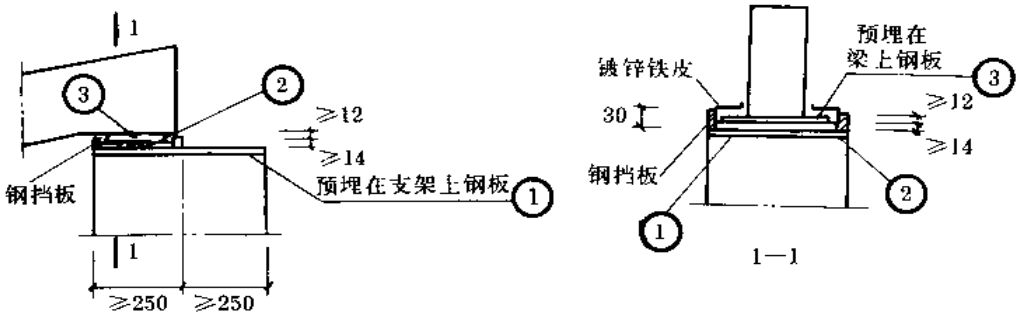


图 23-82 钢板滑动支座

滚动支座承载力选用，kN **表23-7**

轴的类型及直径，mm	钢号	
	3 号 钢	16 锰 钢
单辊 $D=160$	283	399
四辊 $D=40$	370	522

聚四氟乙烯板规格，mm **表23-8**

序 号	1	2	3	4	5	6	7
厚 度	1～10	15～30	2～30	2～40	3～30	4～30	12～35
宽 度	250	250	400	420	500	250	260
长 度	250	250	500	420	500	300	260

第二十四章　水　　池

第一节　一般规定

一、材料

水池的混凝土材料宜选用低热性、低收缩性的水泥和骨料，其强度等级须根据构件的截面要求、钢筋混凝土构件中钢筋强度及施工条件确定。一般水池的混凝土强度等级不应低于C20。

1. 水泥

(1) 在高湿度环境或水久处于水下的混凝土，一般可以使用普通硅酸盐水泥。但应优先选用矿渣硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥。

(2) 在严寒地区处于水位升降范围内的混凝土，不宜用火山灰和粉煤灰水泥，可选用普通硅酸盐水泥，且标号不宜低于425号

2. 骨料

(1) 应符合普通混凝土用砂质量标准及检验方法，普通混凝土用碎石或卵石标准及检验方法等现行规定。

(2) 砂子平均粒径不小于0.3mm，含泥量不大于3%。

(3) 石子最大粒径不宜大于40mm，含泥量不大于1%，吸水率不大于1.5%。

3. 水

(1) 能供饮用的自来水或清洁天然水。

(2) 不得用海水。

4. 外加剂掺合料

(1) 应根据具体情况掺加各种类型的混凝土外加剂。

(2) 外加剂的掺量，宜根据不同情况经试配后再大量使用。

(3) 禁止使用氯盐。

5. 单位水泥用量

水泥用量不宜超过360kg/m^3，预应力混凝土可提高50kg/m^{3}作为控制值。

6. 水灰比

应控制水灰比不大于0.55。

7. 钢筋

一般受力钢筋均为Ⅱ级钢筋，而架立钢筋、分布钢筋及构造钢筋等非受力钢筋可选用Ⅰ级钢筋。

负温下（低于－30℃）的钢筋混凝土结构中不得使用冷拉钢筋。

二、保护层

钢筋的混凝土保护层最小厚度见表24-1。

混凝土保护层最小厚度（mm） 表24-1

构件类别	工作条件	钢筋	保护层厚度（mm）
墙、板	与水、土接触或高湿度	受力钢筋	25
	与污水接触或受水气影响	受力钢筋	30
梁、柱	与水、土接触或高湿度	受力钢筋	30
		箍筋、构造筋	20
	与污水接触或受水气影响	受力钢筋	35
		箍筋、构造筋	25
基础、底板	有垫层的下层筋	受力钢筋	35
	无垫层的下层筋	受力钢筋	70

注：1. 不与水、土接触或不受水气影响的构件，其钢筋的混凝土保护层的最小厚度，应按现行《混凝土结构设计规范》的有关规定采用。

2. 当构件外表有水泥砂浆抹面，并能确保粘结质量时，保护层厚度可酌减。

三、配筋百分率

（1）钢筋混凝土构件中，纵向受力钢筋的最小配筋百分率（以混凝土计算面积计算）见表24-2。

纵向受力钢筋的最小配筋百分率 表24-2

项次	分类	混凝土强度等级	
		C20及以下	C25～C40
1	轴心受压构件的全部受压钢筋	0.4	0.4
2	轴心受压及偏心受拉构件的受压钢筋	0.2	0.2
3	受弯构件、偏心受压及偏心受拉构件的受拉钢筋	0.1	0.15

注：当构件的配筋百分率小于表24-2要求时，则应按混凝土构件考虑。

（2）各种构件合适的配筋百分率见表24-3。

各种构件合适的配筋百分率 表24-3

项次	构件名称	配筋百分率
1	梁式板	0.6～0.9
2	板	0.4～0.8
3	矩形梁	0.6～1.5
4	T形梁（对肋部面积 $b \times h_0$）	0.9～1.8
5	中心受拉、中心受压、小偏心构件	0.25～0.5（每边）
6	大偏心受拉、压构件	0.50～1.0（每边）

四、钢筋混凝土各项指标

钢筋混凝土计算各项指标的选定见表24-4。

各项指标 表24-4

指标名称	工作条件和一般要求			
强度等级	不低于C20；寒冷或严寒地区不低于C25			
抗渗标号	最小允许值	$i_w<10$ S_4	$i_w=10\sim30$ S_6	$i_w>30$ S_8
抗冻标号	严寒地区（最冷月平均气温低于－15℃）			D_{100}
	寒冷地区（最冷月平均气温在－5～－15℃）			D_{50}

注：1. i_w 为最大作用水头与混凝土最小厚度之比值。

2. S_i 系指龄期28天的混凝土试件，施加0.1iMPa（$i$kgf/cm²）水压后满足不渗水条件。

3. D_i 系指龄期28天的混凝土试件，在冻融循环i次后，其强度降低不大于25%，重量损失不超过5%。

4. 混凝土抗渗标号的试验有困难时，对混凝土的抗渗要求应符合“水池混凝土材料要求”表，并宜采用普通硅酸盐水泥。

第二节 结构型式

水池常用的结构型式为圆形及矩形。

1. 圆形现浇钢筋混凝土水池

圆形现浇钢筋混凝土水池整体刚度强，抗震抗渗漏性能好，在结构布置方面容易适应各种特殊要求，施工时不需要大型起重设备，但模板耗量大，工期长，特别是在北方寒冷季节施工时须采取专门的措施。圆形水池常用的结构型式见表24-5。

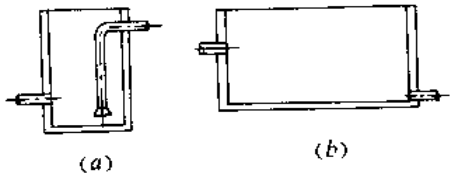
圆形水池的结构型式 表24-5

敞口水池		有盖水池	
平底	平板式	平顶	平板式
	同心圆式		肋形顶盖式
	无梁楼盖式		无梁楼盖式
旋转壳体	锥底式	旋转壳体	锥顶式
	穹底式		穹顶式
	组合底式		组合顶式

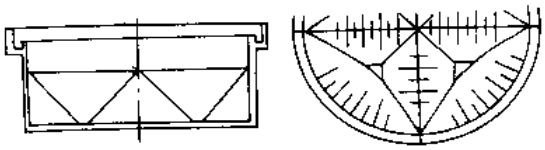
圆形水池又分敞口式及有盖式两种。敞口式水池如图24-1所示；有盖式水池如图24-2所示。

2. 矩形钢筋混凝土水池

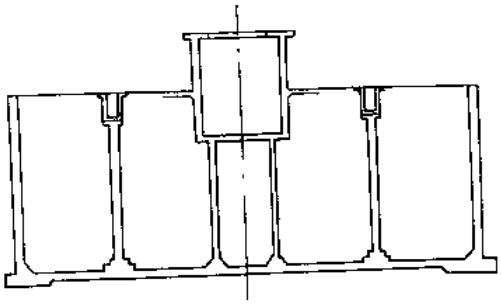
矩形钢筋混凝土水池由底板、顶板、壁板、中隔墙和中间支柱等构件组成。矩形水池也分有盖式和敞口式两大类，每类又可依池室的布置分为单格水池、多格水池和多排多格水池等。有盖矩形水池如图24-3所示；敞口矩形水池如图24-4所示。



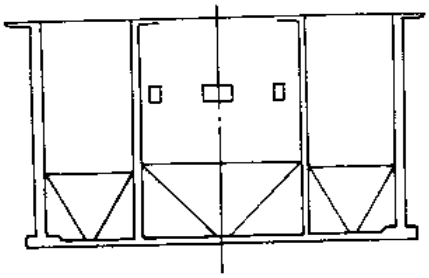
(a)　(b)



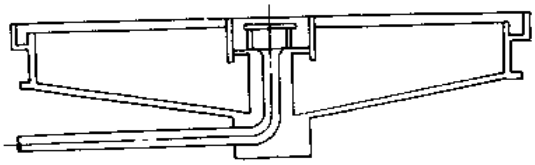
(d)



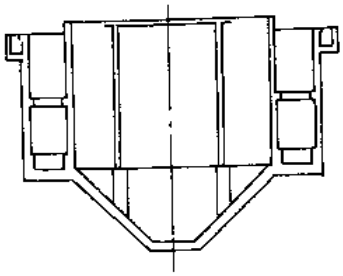
(c)



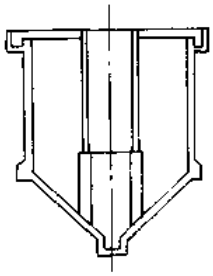
(e)



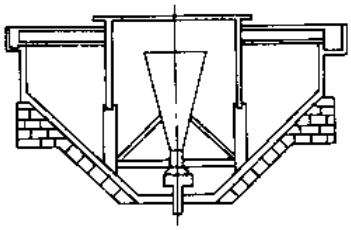
(f)



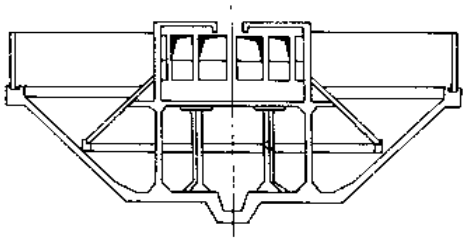
(g)



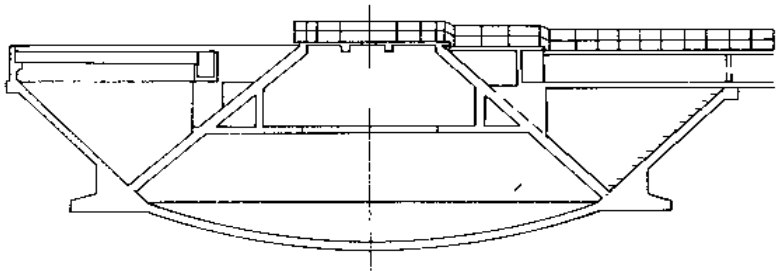
(h)



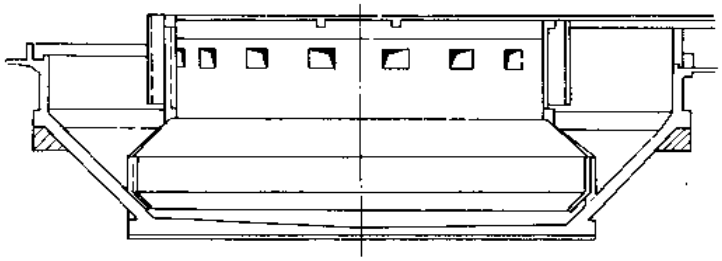
(i)



(*j*)



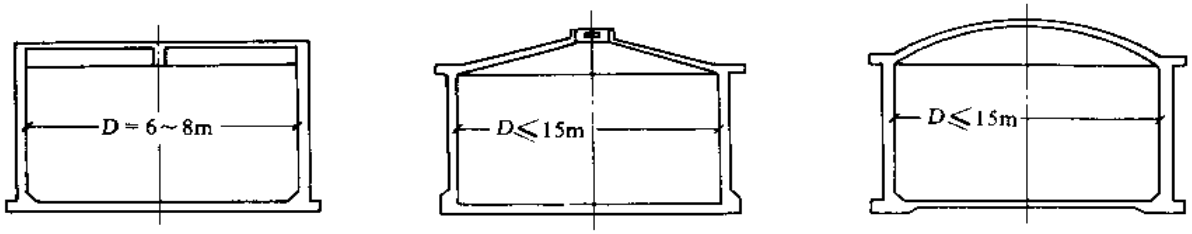
(*k*)



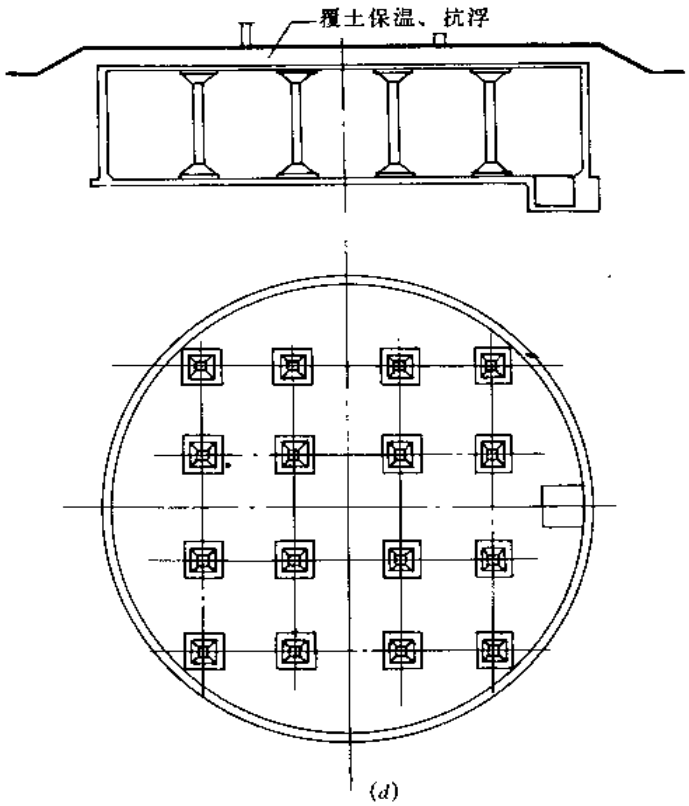
(*l*)

图 24-1　敞口式水池

a — 平板式(水井)；*b* — 平板式(调节池)；*c* — 同心圆式(脉冲澄清池)；*d* — 平板式(二次沉淀池)；*e* — 同心圆式(悬浮澄清池)；*f* — 锥底式(辐流式沉淀池)；*g* — 锥底式(组合式净水池)；*h* — 锥底式(竖流式沉淀池)；*i* — 锥底式(水力循环澄清池)；*j* — 组合底式(机械加速澄清池)；*k* — 组合底式(机械加速澄清池)；*l* — 组合底式(曝气沉淀池)



(a)　(b)　(c)



(d)

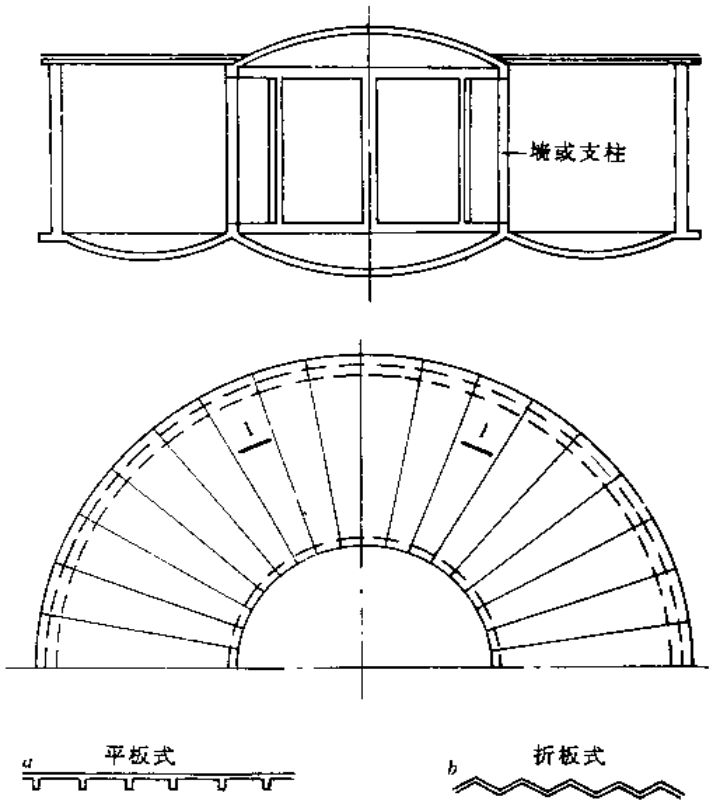


图 24-2　有盖式水池

a—肋形顶盖式；*b*—锥顶式；*c*—穹顶式；*d*—无梁楼盖式；*e*—组合顶式

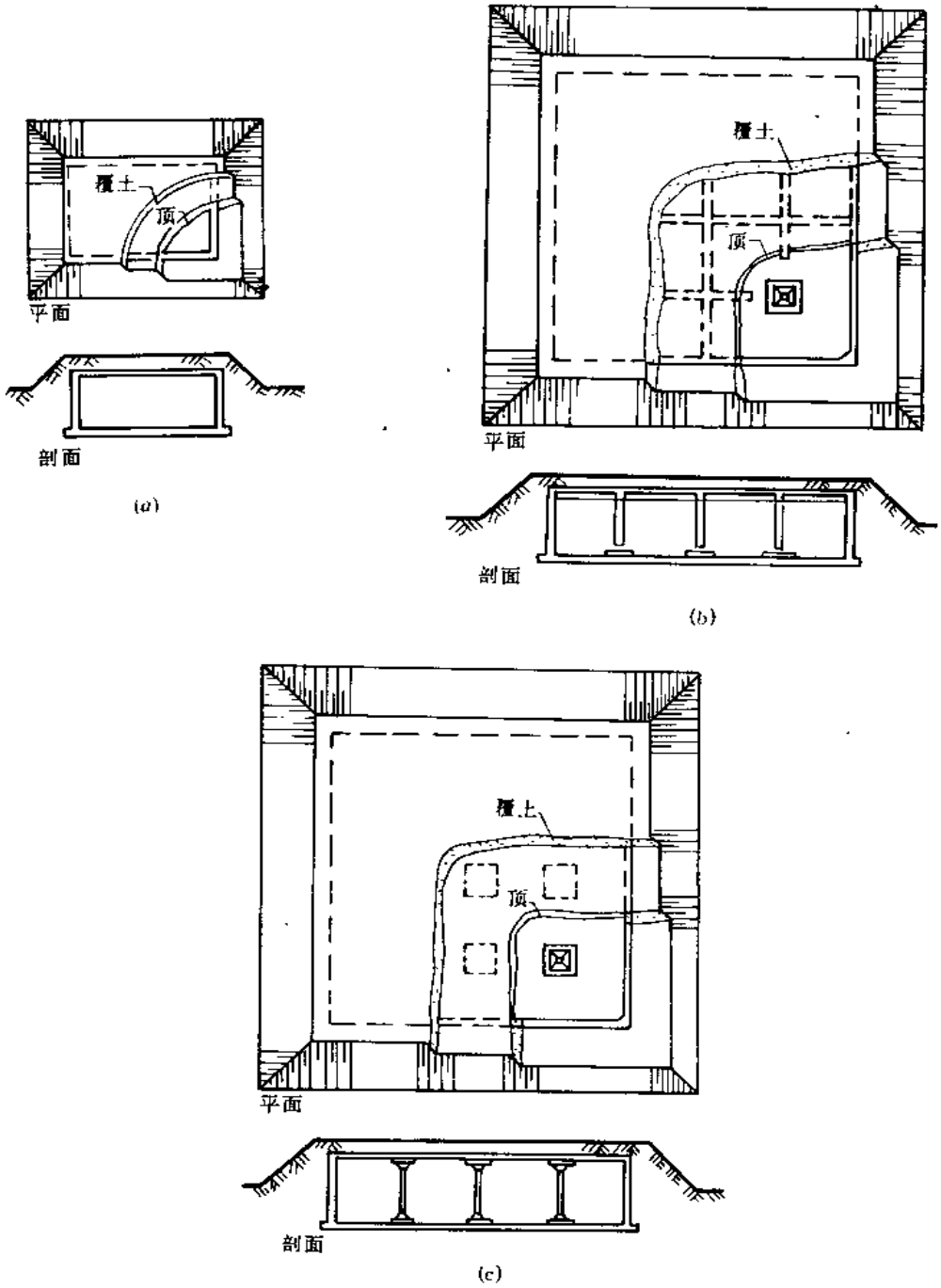


图 24-3　有盖式矩形水池

a- 板式有盖水池；*b*— 梁板式有盖水池；*c*— 无梁顶盖水池

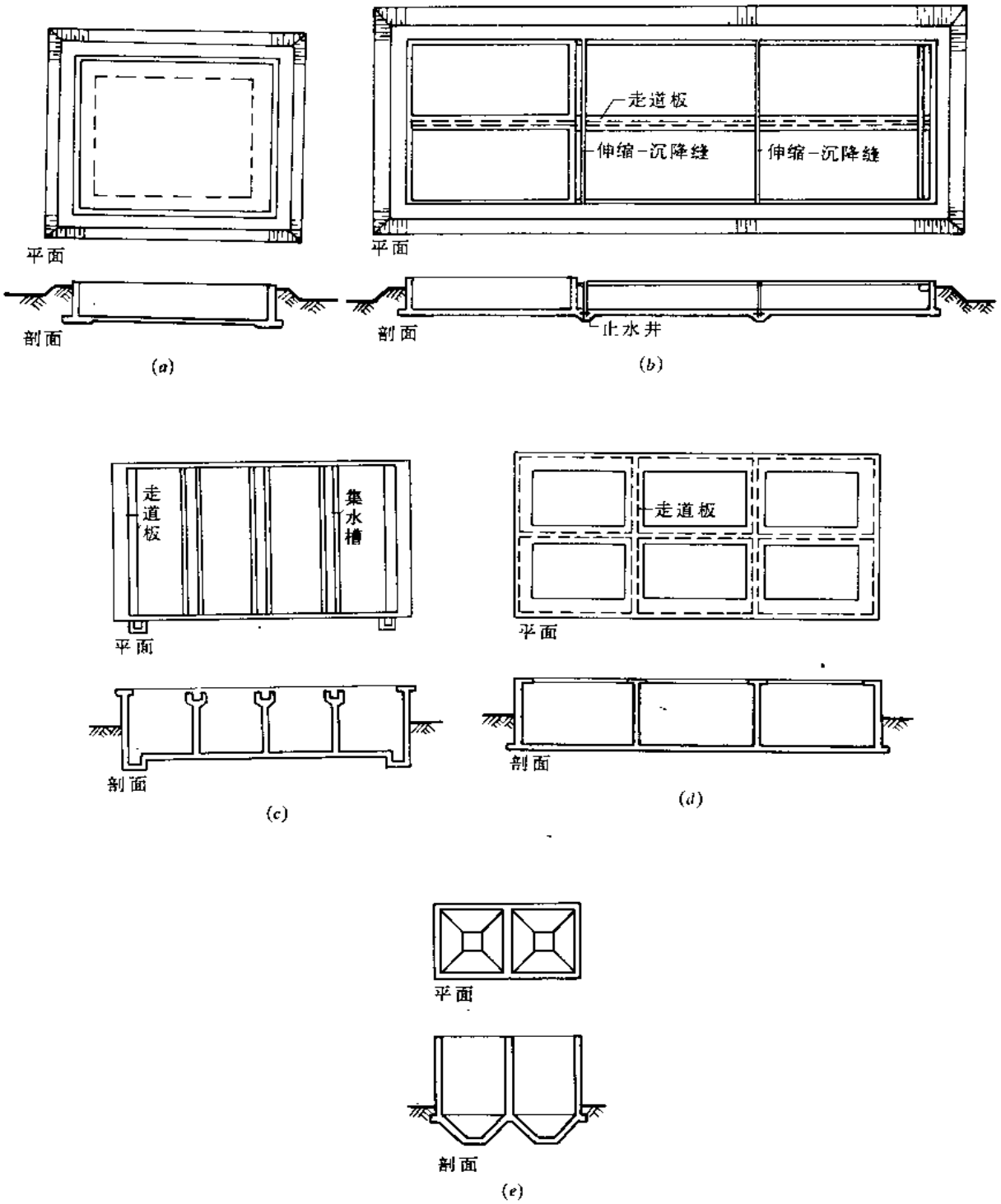


图 24-4　敞口式矩形水池

a— 单格水池；*b*　多格水池(1)；*c*— 多格水池(2)；*d*·· 多格水池(3)；*e*— 双格水池

第三节　构件的构造要求

一、板

1. 板厚

(1) 顶板：梁式板的顶板厚度一般不小于90mm，无柱或有一中心柱的平板厚度不小于100mm。无梁楼盖的板厚由计算决定，一般不小于120mm 车道下的板及池顶平板厚度不得小于100mm。板厚度与跨度的最小比值为1/35～1/40。

(2) 池壁板：单层配筋时的厚度不小于80mm；中间配筋时的厚度不小于60mm，也不大于90mm；双层配筋时的厚度不小于120mm。

(3) 底板：整体式平板池底厚度一般不小于150mm，分离式底板厚度不小于80mm，基础底板（柱基或池壁下的环形基础）厚度一般可采用200mm，圆锥底板厚板采用80mm。

(4) 悬臂平台板：平板（单向或双向）厚度为 $L/12$，肋形板厚度为 $L/10$，并且其根部的厚度不小于80mm，同时板的挠度应小于 $L/100$。L 为板的计算跨度(双向板时，L 为短方向的计算跨度)。

2. 受力钢筋

板中受力钢筋的直径一般采用6～14mm，当用冷拔钢丝时，可用 $\phi^{b}4$mm。现浇板的板中受力钢筋不宜小于 ϕ6mm，盖板的不小于 ϕ10mm，悬臂板的不小于 ϕ8mm。采用绑扎配筋时，受力钢筋的间距一般不小于70mm；当板厚 h 小于或等于150mm 时，受力钢筋的间距不应大于200mm；当板厚大于150mm 时，间距不应大于板厚的1.5倍，且每米宽度内不少于3根，板中伸入支座内的受力钢筋，每米宽度内不应少于2.5根，其截面积不应小于跨中受力钢筋截面面积的三分之一。

板中受力钢筋，一般从与受力钢筋平行的墙或梁边50～100mm 处开始配置。

受力钢筋的锚固长度 l_a 应满足下述要求：

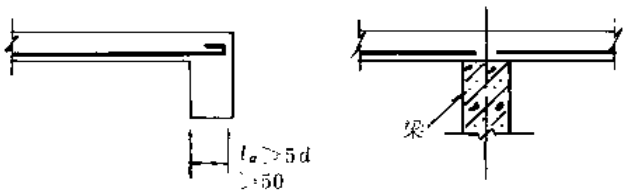


图 24-5　绑扎的下部受力钢筋的锚固长度

(1) 下部钢筋采用绑扎配筋时，伸入支座的长度 l_a，在边支座处应不小于5d，且不小于50mm；在中间支座，一般将钢筋伸至支座中心线，且钢筋端部可以不作弯钩，如图24-5所示。

(2) 下部钢筋采用焊接网时，焊网末端至少应有一根横向钢筋在支座内，或将受力钢筋末端作成弯钩，见图24-6。当 $V > 0.07f_cbh_0$ 时（f_c 为混凝土轴心抗压强度设计值），配置在支座内的横向钢筋不应少于2根，其直径应不小于纵向受力钢筋直径的一半。

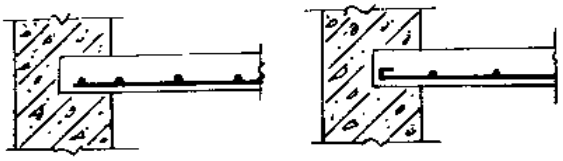


图 24-6　焊接网下部受力钢筋的锚固长度

（3）上部钢筋的锚固见图24-7，图中 l_a 为钢筋最小搭接长度（按规范采用）。当板厚 h 小于100mm 时，上部钢筋的端部弯钩通常作成直钩，并顶住模板，以保证上部钢筋的位置。板跨中受力钢筋一般可以弯起一半，当板厚小于120mm 时，弯起角度为30°；大于120mm 时，弯起角度为45°。

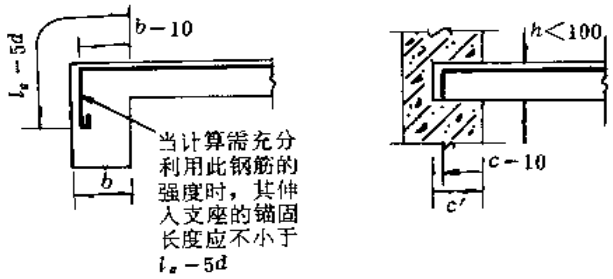


图 24-7　上部受力钢筋的锚固长度

圆形水池池壁的环向钢筋直径不小于6mm，竖向钢筋直径不小于8mm，钢筋间距不小于70mm，亦不宜大于200mm。

3. 分布钢筋

分布钢筋一般采用 ϕ6～8mm、@200～300mm，并应满足下列要求：

（1）截面面积不小于受力钢筋截面面积的10%。

（2）每米长度内不少于3根。

（3）竖向受力的长池壁板，其分布钢筋的截面面积应不小于混凝土截面面积的0.3%。

4. 附加钢筋

与板的受力钢筋平行的梁的上部，应配置与梁垂直的附加钢筋，其数量沿梁长度每米内不少于 3ϕ6mm，其截面面积不少于板中单位宽度内受力钢筋截面面积的三分之一。伸入板中的长度从肋边算起每边不少于板计算跨度 L_0 的四分之一，如图24-8所示。

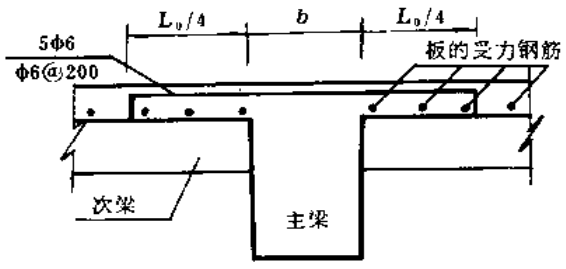


图 24-8　附加钢筋

二、梁

1. 梁的截面尺寸

梁的高度 h 由强度和刚度要求确定。现浇梁的截面高宽比 h/b，矩形截面建议采用2.0～3.0，T形截面采用2.5～3.5。

梁的截面尺寸宜标准化。梁的宽度 b 建议采用12、15、18、20、25、30cm 等，梁高 h 采用25、30、35、40、45、50cm 等。

2. 纵向受力钢筋

梁内纵向受力钢筋的直径，一般不应小于10mm，当梁高度小于30cm 时，可采用8mm。同一根梁内所用的钢筋直径种类宜少，钢筋直径相差不宜超过6mm。

梁内受拉及受压的纵向钢筋数目各不宜少于两根，但当梁宽 b 小于12cm 时可为一根。钢筋沿梁宽平均分布，列成一排，其净间距不应小于钢筋直径，也不得小于25mm（构件下部钢筋）或30mm（构件上部钢筋）。

梁内纵向受力钢筋至少应有两根伸入支座，但当梁宽小于15cm 时可为一根。

简支梁的下部纵向受力钢筋伸入支座的锚固长度 l_{as}（图24-9）可为：

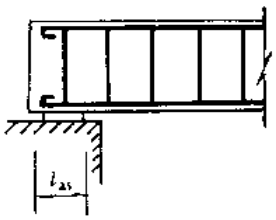


图 24-9　简支梁的下部纵向受力钢筋的锚固长度

（1）当 $V \leqslant 0.07 f_c b h_0$ 时，$l_{as} \geqslant 5d$。

（2）当 $V > 0.07 f_c b h_0$ 时，螺纹钢筋：$l_{as} \geqslant 10d$（C20混凝土），$l_{as} \geqslant 15d$（C15混凝土）。光面钢筋：$l_{as} \geqslant 15d$。

3. 弯起钢筋

采用绑扎骨架配筋的主梁，跨度为6m 及6m 以上的次梁，吊车梁及悬臂梁，均宜设置弯起钢筋。弯起钢筋的起点位置应由计算确定。弯起钢筋的终点外直线段，应留有锚固长度，其长度在受拉区不应小于20d，在受压区不应小于 10d。对光面钢筋，末端还应设置弯钩。弯起钢筋的弯起角度，一般为45°。

4. 箍筋

梁高 h 大于300mm 时，一般应沿梁的全长设置箍筋。高度为150～300mm 的梁，仅在构件端部各四分之一跨度范围内设置箍筋，但当梁的中部二分之一跨度范围内有集中荷载作用时，则应沿梁全长设置箍筋。箍筋的间距不应超过表24-6的规定。

梁中箍筋最大间距，mm　　表24-6

梁　高　h　(mm)	$V>0.07f_cbh_0$	$V\leqslant 0.07f_cbh_0$
$150<h\leqslant 300$	150	200
$300<h\leqslant 500$	200	300
$500<h\leqslant 800$	250	350

当梁内配有受压钢筋时，箍筋的间距不应大于$15d$(d为受压钢筋中的最小直径)，同时，在任何情况下，均不应大于400mm。在纵向钢筋搭接处的l_a范围内，箍筋间距不应大于$5d$(搭接钢筋受拉时)或$10d$(搭接钢筋受压时)，d为搭接钢筋的直径。

箍筋的直径：梁高h小于或等于250mm时，不小于4mm；250mm$<h\leqslant$800mm，不小于6mm。当梁中配有受压钢筋时，箍筋的直径不应小于$d/4$(d为受压钢筋的最大直径)。

箍筋一般应作成封闭式、端部应作成弯钩。

5. 架立钢筋

为了将受力钢筋与箍筋扎成整体骨架，保持在施工中的正确位置，在梁的上部(平行于受力钢筋方向)应设置架立钢筋。架立钢筋的直径：当梁跨度小于4m时，不小于6mm；跨度为4～6m时，不小于8mm；跨度大于6m时，不小于10mm。

架立钢筋与受力钢筋的搭接长度，当架立钢筋直径d大于或等于12mm时，为150mm；d小于12mm时，为100mm。

三、柱

1. 截面尺寸

一般承重柱的截面尺寸不宜小于250×250mm(圆柱的直径d不应小于300mm)，且应满足$L_0/b(L_0/d)\leqslant 30$，L_0为柱的计算长度，b为矩形截面的短边尺寸。

2. 纵向钢筋

矩形截面柱的纵向钢筋不能少于4根，圆形截面柱的，不宜少于6根，并都应沿周边等距离布置。纵向钢筋直径不小于12mm，净间距应不小于50mm，中距应不大于350mm。

3. 箍筋

箍筋应作成封闭式。当钢筋采用热轧钢筋时，箍筋直径应不小于$d/4$(d为纵向钢筋直径)，同时不小于6mm；当采用冷拔低碳钢丝时，箍筋直径应不小于$d/5$，且不小于5mm。

箍筋的间距不应大于400mm，也不大于截面的短边长，同时在绑扎骨架中不应大于$15d$，在焊接骨架中，不应大于$20d$。当纵向钢筋的配筋率大于3%时，箍筋直径不应小于8mm，且应焊成封闭环式，其间距不应大于$10d$及不大于200mm。

第四节　水池顶盖和底板的构造

一、单向肋形板顶盖

矩形水池一般都设置单向肋形板顶盖。它由板、次梁、主梁组成。次梁的间距就是板的跨度，一般以1.5～3.0m为宜。主梁的跨度一般为4～8m，具体由柱网布置决定。柱网布置除与顶盖结构有关外，还视底板结构而定。在有地下水或地基软弱地区，底板多采用无梁楼盖式，柱网间距以3.5～4.5m正方形布置为宜；如采用铺砌式，柱网布置则不受底板限制。对于小型水池或狭长形水池，可不设主梁和柱子。

有覆土的水池顶盖，其板厚不应小于跨度的1/25，并不小于90mm。

次梁的截面高度，一般为跨度的1/10～1/12。主梁的高度为跨度的1/8～1/15。主梁高度应至少比次梁高50mm。为了避免进行挠度验算，最小截面高度应符合表24-7的要求。

最小截面高度 **表24-7**

构件名称			简支	两端连续	悬臂
板	平板	单向板	$l/30$	$l/40$	$l/12$
		双向板	$l/45$	$l/50$	
	肋形板		$l/20$	$l/25$	$l/10$
梁	整体肋形梁	主梁	$l/12$	$l/15$	$l/6$
		次梁	$l/15$	$l/20$	$l/8$
	独立梁		$l/12$	$l/15$	$l/6$

注：1. l 为梁或板的计算跨度（双向板为短方向的计算跨度）；

2. 如果梁的跨度大于9m时，表中系数应乘以1.2。

二、双向肋形板顶盖（或底板）

四边支承于梁或壁上的板，当两个方向的跨比在0.5～2.0范围内时属双向板，见图24-10。小容量的矩形水池顶盖和底板，以及普通快滤池的底板，常采用四边支承在池壁上的双向板。双向板的跨度，一般可达5～7m。对有覆土的顶盖，一个区格的平面面积以不超过25m²为宜，板的厚度应不小于100mm。且由于恒载比例占的较大，不作挠度验算的最小板厚应较表24-7中的规定适当增大，对于简支双向板，宜不小于短边的1/40；对于连续双向板，宜不小于短边的1/45。

三、圆形平板（无柱或有一中心柱）

1. 形式

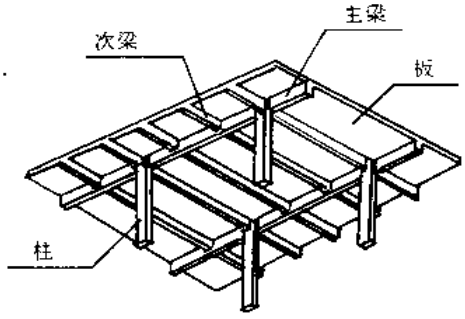


图 24-10 肋形梁板体系

直径较小（一般小于6m）的圆形水池，其顶盖及底板常采用与池壁整体连接的无支柱圆形平板。直径6～10m的圆形水池，其顶盖和底板可以采用有中心柱的圆形平板。支柱的顶部扩大成为柱帽。常用的柱帽形式有无帽顶板柱帽和有帽顶板柱帽两种，如图24-11所示。有帽顶板柱帽适用于荷载较大的顶盖。

2. 配筋构造

无柱圆板中的钢筋布置有方格状双向配筋及环状与辐射状配筋两种。方格状配筋形式

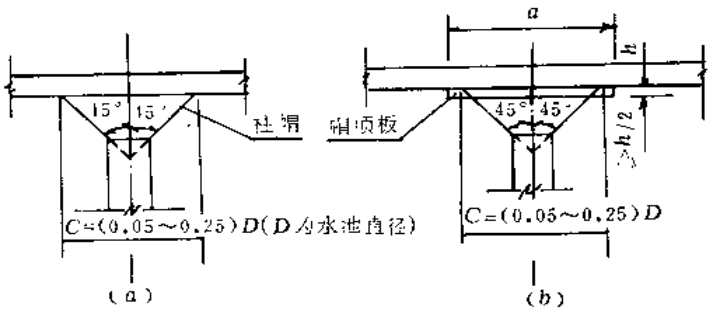


图 24-11 柱 帽

a — 无帽顶板；b — 有帽顶板

适用于无需计算的底板按构造配筋或直径较小的圆板。环状与辐射状钢筋共同组成受力钢筋网，分别抵抗两个方向的弯矩。环状钢筋由切向弯矩决定，辐射状钢筋由径向弯矩决定。计算时必须考虑两个方向上不同的 h_0。为避免圆心处的钢筋过密，通常在距圆心0.5m左右范围内，系用方格状双向配筋，可直接利用辐射状钢筋弯折而成。

有中心柱的圆板配筋要求，与上述相同，见图24-12。

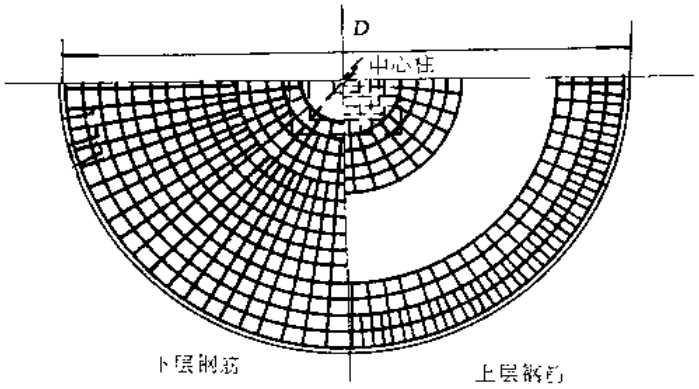


图 24-12 圆板配筋

环状钢筋的分布，通常根据切向弯矩图确定，即沿径向划分为若干区段，根据每一区段中的最大切向弯矩，确定钢筋直径和间距。辐射状钢筋可根据径向弯矩图确定，即分别算出以 $0.2R$、$0.4R$、$0.6R$……$1.0R$ 为半径的各圆周上所需的钢筋数量，由外向内分段逐步截断减少。最外圈的钢筋根数应与池壁竖向钢筋根数相对应，并尽量采用双数对称设置。配筋的有关构造要求同第二节板的部分。

由于柱帽本身刚度较大，截面内产生的拉压应力很小，故柱帽可不作计算而仅按构造配筋，见图24-13。

四、无梁楼盖（顶盖或底板）

无梁楼盖的顶、底板多用于平面尺寸较大的水池，其结构形式与有中心柱的圆板相同，由板、柱帽（多采用有帽顶板的柱帽）及柱组成。在一般荷载下柱帽的尺寸以 $a=0.35l$，$c\approx 0.22l$ 较为经济合理，参见图24-11。柱及柱帽通常采用正方形截面。柱的轴线距离 l 以3.5～

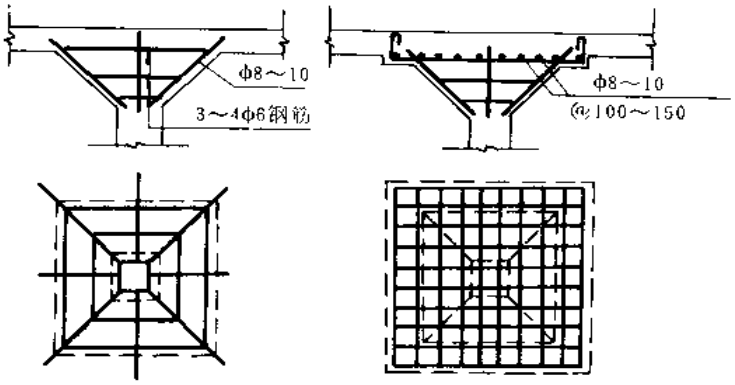


图 24-13　柱帽配筋

4.5m 为宜。板的厚度应不小于 $l/35$（当柱网为矩形时，l 应取大跨）。

无梁楼盖的板内配筋应满足板的构造要求。由于支座负弯矩较跨中正弯矩大的多，柱上板带通常采用分离式配筋。为了保证施工时，钢筋不致弯曲变形以及便于柱帽混凝土的浇注，柱帽范围上的负弯矩钢筋应不小于 ϕ10mm。

跨中板带的支座负弯矩钢筋与跨中正弯矩钢筋数量相接近，可采用分离式配筋，也可采用弯起式配筋。跨中板带与柱上板带的跨中部分相交叉处，由于一个方向受负弯矩，另一个方向受正弯矩，除按计算配置所需的受力钢筋外，均需在不受力的方向上配置分布钢筋。

第五节　连接构造

一、节点支承假定

1. 顶盖与池壁的支承假定

（1）自由支承：适用地基条件较差时。为了不使池壁和底板的变形影响顶盖的内力，允许节点有角变位和线变位，假定为自由支承。

（2）简支（绞）支承：适用地基条件中等时。允许节点有角变位，假定为简（铰）支。

（3）固定（刚接）支承：适用于地基条件较好时。为了使池壁受力均匀和增强整体刚度，假设节点没有相对变位，为固定（刚接）支承或弹性固定支承。

2. 池壁间节点的支承假定

（1）当相邻壁板的刚度接近的，假设为固定支承或弹性固定支承。

（2）当相邻壁板的刚度相差悬殊时，假定为简支或自由支承。

3. 根据刚度比例及池壁地基变形条件，假定池壁固定或弹性固定于池壁底板上。

4. 各类支承节点在构造上都必须有相应构造措施，以满足所假定的支承规定的位移条件。

二、圆形水池

池壁与顶盖及底板的连接构造见图24-14及图24-15。

三、矩形水池

池壁与顶盖及底板的连接构造与圆形水池的相同。整体浇注的结构，多采用弹性连接。为避免应力集中，池壁水平转角处，应设置45°腋角，并配置适量构造钢筋，见图24-16。

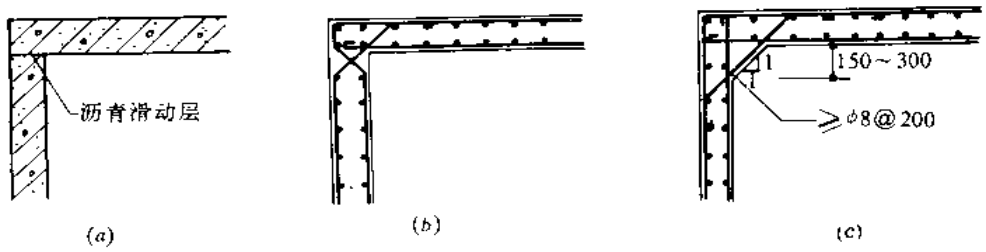
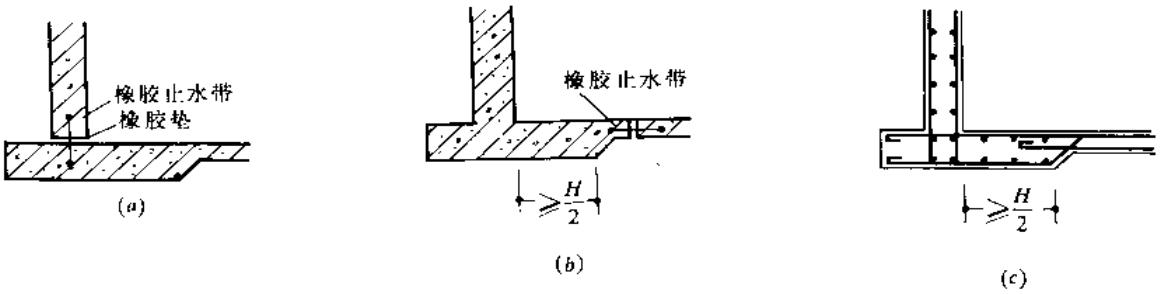
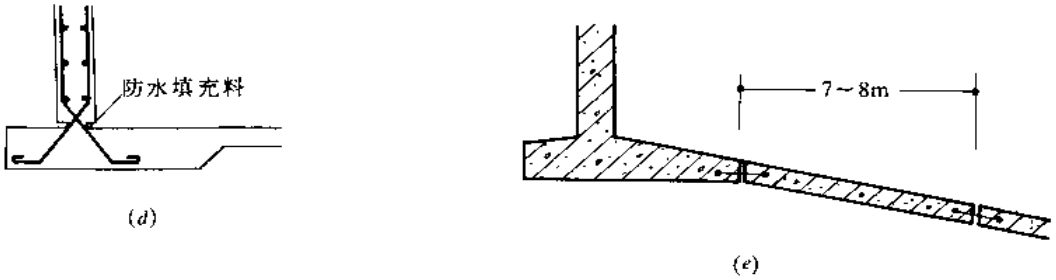


图 24-14　池板与顶盖的连接

a— 自由支承；b— 铰接支承；c— 弹性嵌固支承





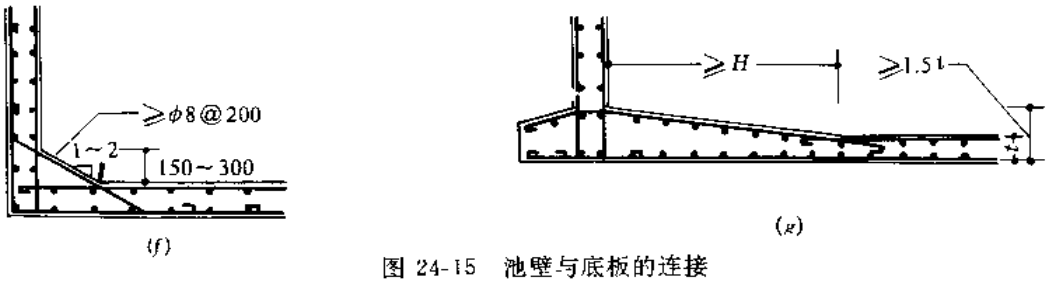


图 24-15　池壁与底板的连接

a— 分离式底角；b— 分离式底板；c— 构造底板；d— 铰接；

e— 大直径池分离式底板；f— 弹性嵌固；g— 嵌固

四、板上开孔处理

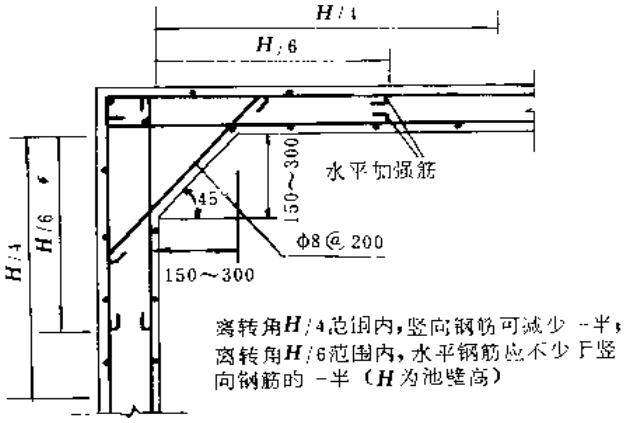


图 24-16　池壁转角构造

水池顶盖上需设置检修孔、通风管孔等时，必须进行构造处理，一般应考虑下述原则：

(1) 孔洞应尽量作成圆形；

(2) 圆孔的直径或矩形孔的边长应小于板宽的40%。且不大于1.2m。在无梁楼盖上开孔时，孔径应不大于板宽的一半，且最好设于区格的中央；

(3) 孔洞处的钢筋应尽量绕过孔洞而不截断，如须截断时，孔周应设附加钢筋加固。附加钢筋的截面应不小于在孔口处被切断的受力钢筋截面面积的1.5倍，且直径不小于12mm；

(4) 当孔口直径大于800mm 时，除按上述设置附加钢筋外，还应在洞边设置加强肋，将板内钢筋牢固地锚固在肋内。

五、敞口水池

敞口水池的顶端，宜配置水平方向的加强钢筋或设置圈梁。水平方向的加强钢筋直径，不应小于池壁的竖向受力钢筋，且不小于12mm。

第六节　预应力混凝土水池

对圆形结构的水池，通常采用后张法在池壁的环向和竖向施加预应力。

一、池壁尺寸

(1) 装配式池壁板的厚度一般不小于120mm，整体式池壁板的厚度一般不小于150mm。

(2) 预制装配式壁板宽度应视起吊机具的吊装能力确定，一般不宜大于1000mm。

(3) 为施工方便，预制壁板内侧为直线形，外侧为圆弧形，预制时内侧朝下、外侧朝上，见图24-17。预制壁板的顶端及底端应有横向分布钢筋伸出板侧面，以便吊装就位后与相邻壁板伸出的相应钢筋焊接，作临时固定用。

二、池壁混凝土保护层与防渗层

(1) 池壁混凝土保护层厚度不应小于20mm。

(2) 池壁外侧的预应力钢筋，应作喷浆保护层，砂浆强度等级不宜低于 M3.0，并应在池内满水条件喷浆，喷浆层的厚度不小于30mm，并且钢筋的净保护层厚度不小于20mm，见图24-18。处于有侵蚀性地下水的池壁，预应力钢筋的保护层厚度宜适当增加。

(3) 当环向预应力钢筋间距较大，且有可靠的施工措施和经验时，可仅沿预应力钢筋



图 24-17　预制壁板外形

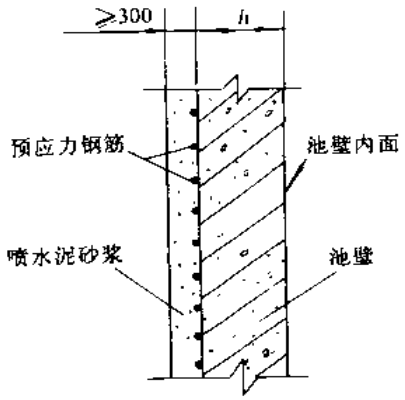


图 24-18　池壁外侧保护层

做带形保护层，带的宽度应大于其两倍厚度。

（4）池壁环向预应力钢筋的锚具，应采用混凝土封固，保护层厚度不小于35mm。

（5）池壁内表面做水泥砂浆整体防渗层或在接缝处做带状防渗层，其厚度不应小于20mm。

三、池壁钢筋

（1）池壁内竖向和环向非预应力钢筋均应双排配置。竖向受力钢筋的直径不宜小于10mm，环向构造钢筋的直径不应小于6mm。

（2）池壁内竖向受力钢筋的间距应不小于70mm，板厚在150mm 以下时不大于200mm，厚度超过150mm 时不大于1.5倍板厚，且在板的每米宽度内不少于3根。池壁内构造钢筋的间距不宜大于250mm。

（3）池壁环向预应力钢筋，当采用粗钢筋时，其直径不宜大于28mm。环向预应力钢筋的最小间距应视张拉设备及锚具尺寸确定。

（4）绕丝机强拉时，环向预应力钢丝最大与最小净距除应满足截面计算需要外，尚应考虑绕丝机的性能而定。

（5）池壁竖向预应力钢筋的最小净距不应小于其钢筋直径，且不小于25mm。竖向预应力钢丝的净距不宜小于15mm，如果采用冷拔低碳钢丝，当排列有困难时可采用两根并列。

（6）池壁无论环向或竖向，预应力钢筋每米不应少于3根。

四、装配式水池的竖向接缝

装配式池壁的接缝可根据施工条件采用宽缝和窄缝两种形式。

1. 宽缝形式

宽缝形式见图24-19*a*。接缝宽度宜不超过预制壁板宽度的1/10，一般采用100mm左右。后浇接缝混凝土一般采用比池壁混凝土强度等级高一级的细石混凝土，也可采用膨胀混凝土。

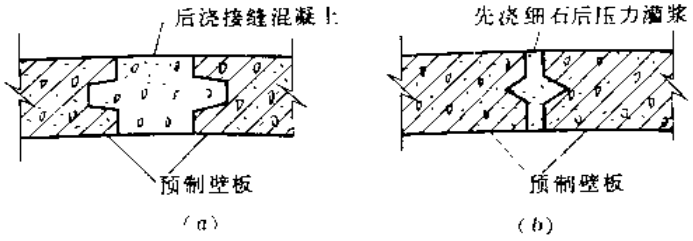


图 24-19 池壁接缝形式

a—宽缝形式；*b*—窄缝形式

2. 窄缝形式

窄缝形式见图24-19*b*。接缝宽度宜不大于20mm，采用细石填充、砂浆封面、高强度等级的水泥砂浆或水泥浆压力灌浆法施工。

五、环向预应力钢筋的布置及锚固

(1) 当采用千斤顶及电热法张拉时，宜将上下两排环向预应力钢筋的锚固位置交错对称布置，以减少锚具变形损失和摩擦损失（电热法张拉时无摩擦损失）。

(2) 当采用千斤顶分段张拉时，两锚固肋之间的圆弧角应不大于90°，并宜在钢筋两端进行张拉。

(3) 当采用电热法张拉时，两锚固肋或花篮螺丝之间的圆弧角不应大于120°，同时钢筋的长度不宜超过30m。当水池直径小于30m时，亦可采用整圈钢筋分段电热张拉。

(4) 绕丝机张拉时，锚固槽应沿池壁圆周均匀布置，其间距宜为15～20m。

(5) 千斤顶和电热法张拉采用螺帽锚固时，池壁须设置锚固肋。锚固肋有混凝土锚固肋(图24-20*a*)和钢锚固肋(图24-20*b*、*c*)等形式。

(6) 千斤顶和电热法张拉采用的螺丝端杆及螺帽按《混凝土工程施工及验收规范》(GBJ 10—83)采用。电热张拉中，当钢筋一端采用镦粗端杆时，镦头外径一般为钢筋直径的1.5～1.8倍。

(7) 电热法张拉采用花篮螺丝锚固时，池壁须留混凝土锚固槽，如图24-21所示。

(8) 绕丝机张拉中，钢丝采用楔形锚具见图24-22，池壁需设置钢锚固槽，如图24-23所示。

六、池壁与底板的杯槽连接

(1) 杯槽尺寸一般按图24-24选用。为了符合设计假定的铰接边界条件，杯槽深度应尽量减小。

(2) 目前杯槽一般采用图24-25所示的三种型式，为了符合施加预应力阶段池壁底端为滑动边界条件，杯槽内外填料均在施加预应力后进行。

(3) 对于图24-25*c*所示杯槽，为了便于杯槽清洗排水，可在杯槽两侧预埋$D_g=50$管（图24-26），间距为15～20m，清洗完管端应予封闭。

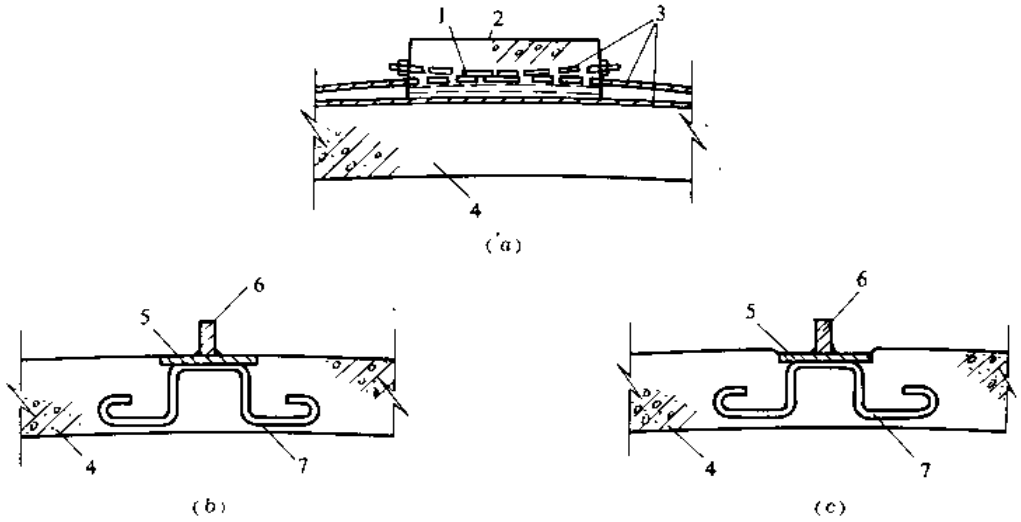


图 24-20　锚固肋

a — 混凝土锚固肋；*b* — 钢锚固肋(甲型)；*c* — 钢锚固肋(乙型)

1—预留孔；2—混凝土锚固肋；3—预应力钢筋；4—池壁；

5—预埋钢板；6—钢锚固肋；7—锚固钢筋

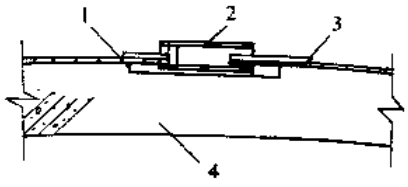


图 24-21　混凝土锚固槽

1—混凝土锚固槽；2—花篮螺丝；3—预应力钢筋；4—池壁

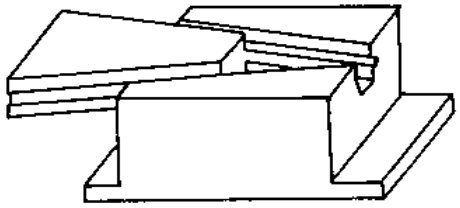


图 24-22　楔形锚具

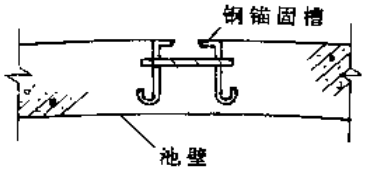


图 24-23　钢锚固槽

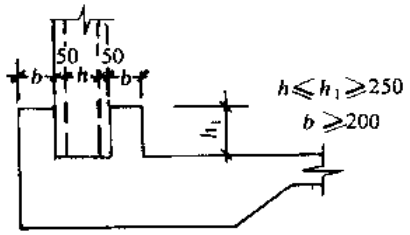


图 24-24　杯槽尺寸要求

七、其它构造要求

(1) 池壁设置孔洞应符合下列要求：

1) 孔洞的直径或边长不宜大于1000mm，当预应力钢筋为粗钢筋时，不宜大于开孔处预应力钢筋间距的3倍。

2) 孔洞的分布应力求对称，并尽可能采用圆孔。当必须采用矩形孔时，其长边与短边之比不得超过2，相邻孔洞的净距不应小于大孔洞直径（或边长）的3倍。

3) 孔洞距离池壁边缘的净距不应小于孔洞本身的直径（或边长）。

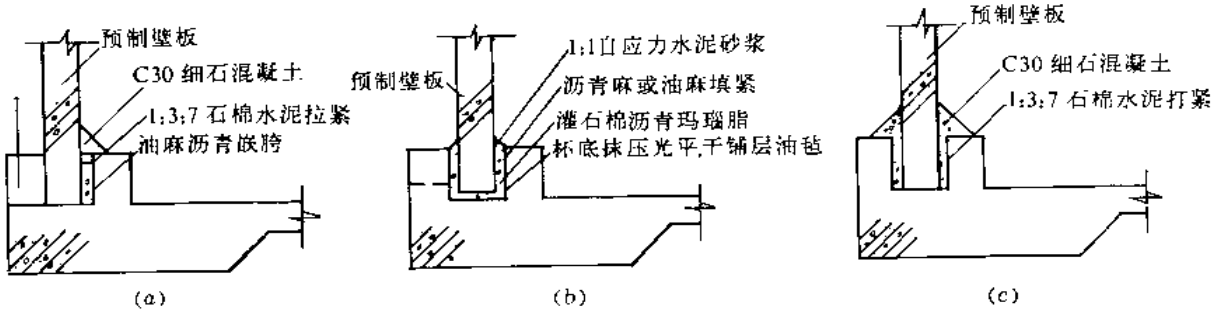


图 24-25　杯槽形式

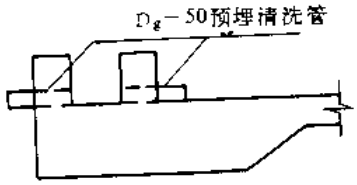


图 24-26　杯槽预埋清洗管

4）在孔洞周边的池壁应局部加厚或设置加劲肋。其加厚或加劲肋均应附于池壁内侧。

5）孔洞的四周应设置加强钢筋，见图24-27　加强钢筋的截面面积不应小于孔洞所截断的钢筋面积。

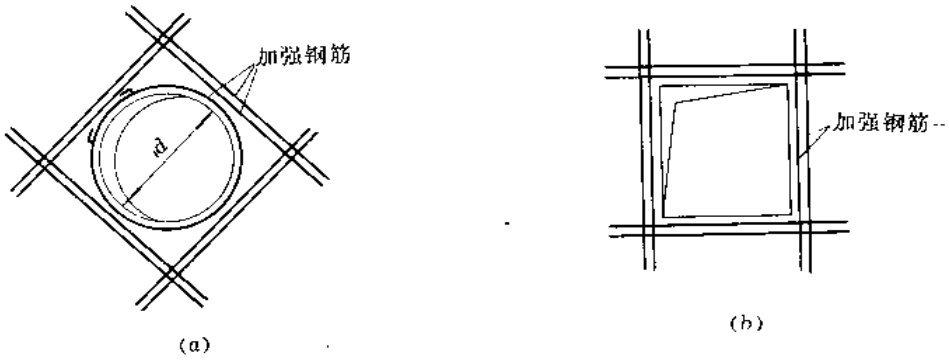


图 24-27　孔洞加强钢筋布置示意图

a— 圆孔；*b*— 方孔

（2）管道应尽量避免穿过池壁。当管道穿过池壁时，池壁上的预留管道孔洞，其直径大于环向预应力钢筋间距时，可将该处的预应力钢筋间距局部放大并绕过管道布置，见图24-28*a*。但当管道直径比钢筋间距大2倍以上时，则宜锚固在专门的钢锚固架上（图 24-28*b*），此时钢架上拉杆的总强度，应大于所锚固的预应力钢筋的合力。

（3）绕丝机张拉时，对于绕丝机的构造特点，池顶及池底不能绕丝的部位按下列方法

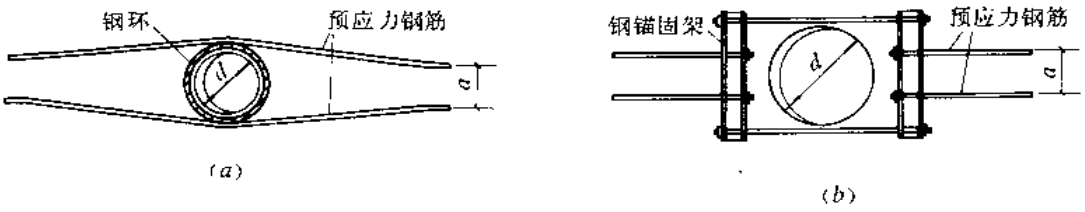


图 24-28　孔洞处预应力钢筋布置

a—$a < d < 2a$ 时；　b—$d \geqslant 2a$ 时

处理：

1）将池顶不能绕丝部位的钢丝向下移，将池底不能绕丝部位的钢丝向上移，即采取局部加密钢丝的方法。

2）池底不能绕丝部位亦可采用增设电张法加强或后浇混凝土圈梁加强。

（4）钢丝的应力测定采用 PB-3型频率计数仪时，在池壁上应布置应力测定槽，见图24-29。

（5）绕丝机张拉中，钢丝的接头可采用绑扎接头，见图24-30。

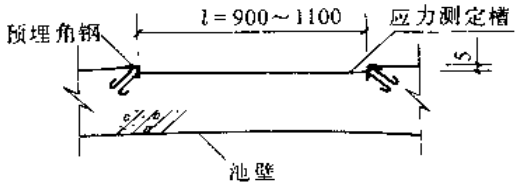


图 24-29　池壁应力测定槽构造

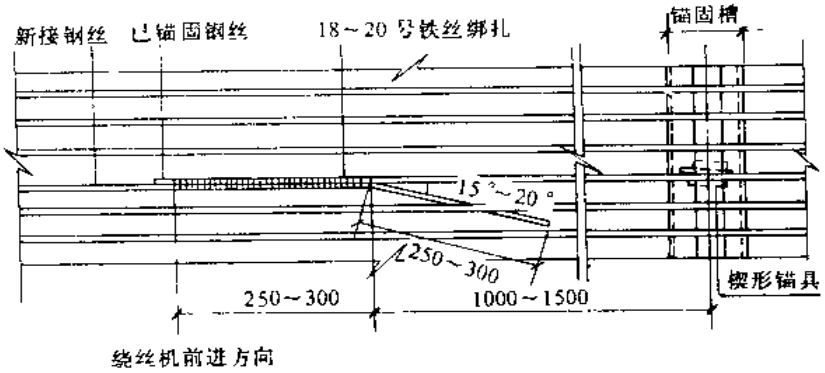


图 24-30　钢丝绑扎接头

第七节　抗震构造要求

加强结构的整体性是水池抗震构造措施的基本原则。水池的整体性主要取决于各部分构件之间连接的可靠程度以及结构本身的刚度和强度。

（1）当水池采用预制装配式顶盖时，应有加强整体刚度的构造措施，即在每条板缝内

应配置不少于1φ6mm钢筋，并用M10水泥砂浆灌实，板与梁的连接应留有预埋铁件，焊接不少于三个角。当设防烈度为9度时，宜在装配式盖板上再铺设连续钢筋网，再现浇一层厚度不少于5cm的混凝土。

（2）有盖的水池，应使顶盖与池壁间具有可靠的连接，使顶盖在地震作用下所产生的自重惯性力，可靠地传递给池壁。装配式顶盖与池壁的连接应符合下列要求：

1）顶盖在池壁的搁置长度不得小于200mm。

2）当设防烈度为8度或9度时，钢筋混凝土池壁的顶部应设置预埋件与顶盖内预埋件焊接。

（3）有盖水池内的立柱，在地震作用下将随池壁产生水平向剪切变形。当设防烈度为8度或9度，应采用钢筋混凝土结构。由于立柱受力条件改变，形成压弯构件，其最小配筋率应适量增加。立柱纵向配筋率，当设防烈度为8度时，不宜小于0.6%；设防烈度为9度时，不宜小于0.8%；相应箍筋在柱两端1/8或1/6高度范围内应加密，间距不应大于100mm。同时应使立柱与顶盖构件有可靠的连接。

（4）钢筋混凝土结构的矩形水池，当设防烈度为8度或9度时，池壁拐角处的里外层水平方向配筋率均不宜小于0.3%、伸入两侧池壁内的长度不小于1.0m。

第八节　温度伸缩缝、沉降缝、施工缝、后浇缝

1. 温度伸缩缝

在一般情况下，钢筋混凝土结构的温度伸缩缝间距按表24-8考虑。

矩形水池伸缩缝的最大间距（m）　　表24-8

结构类别		岩基		土基	
		露天	地下式或有保温措施	露天	地下式或有保温措施
钢筋混凝土	装配整体式	20	30	30	40
	现浇	15	20	20	30

注：1. 本表根据现行《给水排水工程结构设计规范》一般构造规定摘录。

2. 当有实践经验、充分依据或可靠措施时，可对表列数值增减。

3. 地下式或有保温措施的水池，由于施工条件等因素，外露时间较长时，按露天条件考虑。

对于圆形水池，应尽可能不设温度伸缩缝。当配有环向受力钢筋时，可不设温度伸缩缝；当配制的环向受力钢筋不受计算控制时，则应按线状构筑物温度缝间距考虑。

温度伸缩缝的设置必须贯穿构筑物的顶、壁和底板及基础。温度伸缩缝的构造见图24-31。

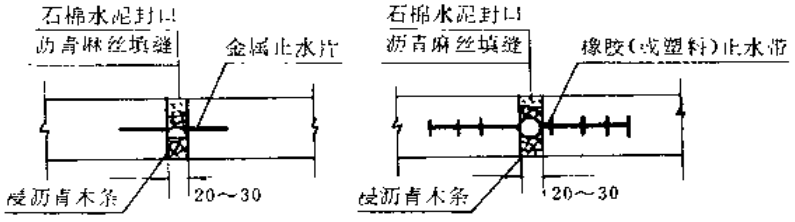


图 24-31　伸缩缝构造

2. 沉降缝

沉降缝应设置在构筑物的个别部位可能有不均匀沉降处，如：

（1）不同性质上壤上建造的构筑物相邻部位之间。

（2）原有构筑物与新建构筑物之间。

（3）相邻墙壁基础底面宽度和埋置深度相差悬殊，且地基计算变形差超过规定时。

3. 施工缝

水池池壁与底板应尽可能一起浇捣，不留施工缝。如果要留，施工缝的位置宜留在结构受剪力较小且便于施工的部位。柱应留水平缝，梁、板墙应留垂直缝。

（1）和板连成整体的大截面梁，留置在板底面以下20～30mm 处。当板下有梁托时，留在梁托下部。

（2）单向板，留置有平行于板的短边的任何位置。

（3）双向受力板、厚大结构、拱、薄壳、蓄水池、斗仓、多层刚架及其它结构复杂的工程，施工缝的位置应按设计要求留置。

在施工缝处继续浇筑混凝土时，应符合下列要求：

（1）已浇筑的混凝土，其轴心抗压强度应不小于12.5N/mm²。

（2）在已硬化的混凝土表面上，应清除水泥薄膜、松动的石子或软弱的混凝土层，并加以充分湿润和冲洗干净，不得积水。

（3）在浇筑前，施工缝处宜先铺水泥浆或与混凝土成分相同的水泥砂浆一层。

壁底施工缝见图24-32*a*；底板施工缝见图24-32*b*；池底施工缝见图24-32*c*。

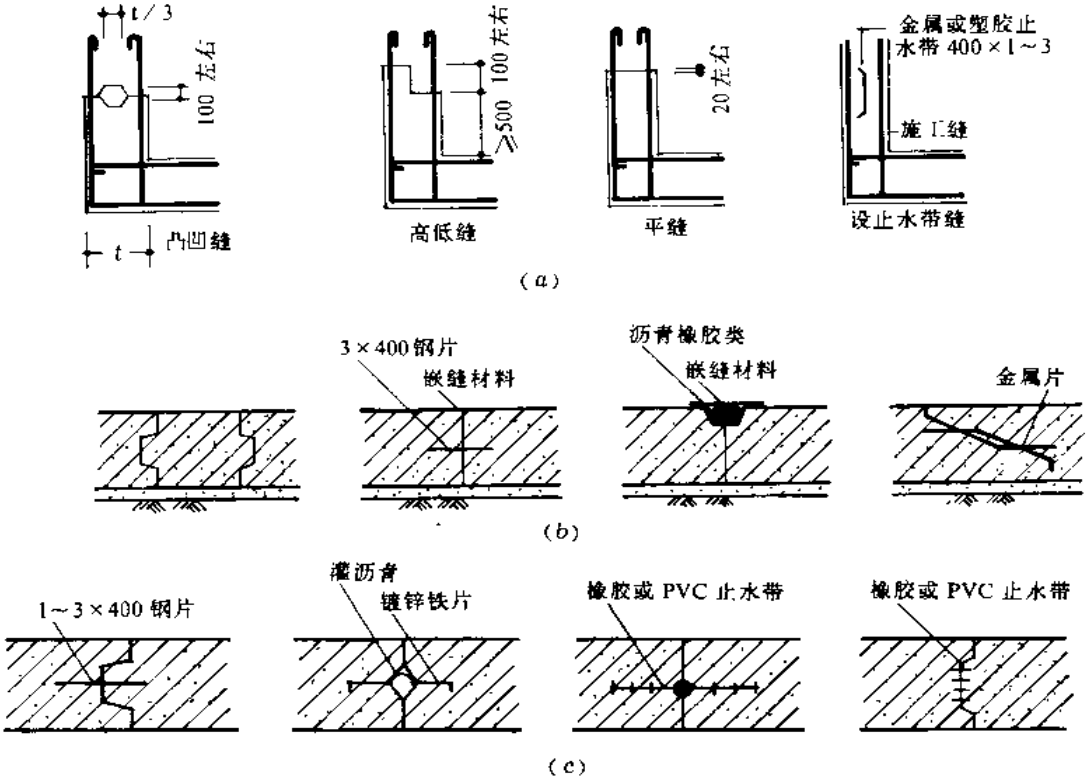


图 24-32 施工缝

a— 壁底施工缝；*b* 底板施工缝；*c*— 池壁施工缝

4. 后浇缝

后浇缝是一种刚性连接，适用于不允许留柔性变形缝的工程。施工时应符合下列规定：

(1) 后浇缝留设的位置及宽度应符合设计要求。

(2) 后浇缝可留成企口缝、阶梯缝或平直缝。

(3) 后浇缝混凝土应在其两侧混凝土浇筑完毕，并间隔6个星期后再浇筑，在此间隔期间，应保持该部位清洁。后浇缝混凝土浇筑后，其养护时间不应少于4个星期。

(4) 后浇缝应优先选用补偿收缩混凝土浇筑，其等级应比两侧混凝土高一级。施工温度应低于两侧混凝土施工时的温度，且宜选择气温较低的季节施工。浇筑前应将接缝处的混凝土表面凿毛，清洗干净，并保持湿润。

后浇缝见图24-33。

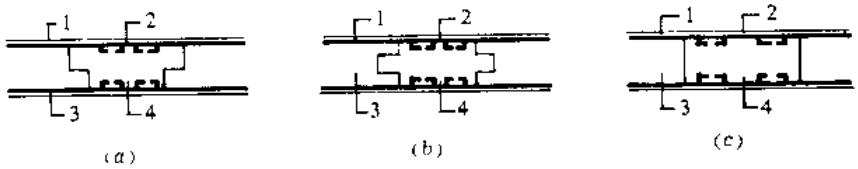


图 24-33 后浇缝

第九节 水池的保温、抗冻及防腐

封闭式水池建在寒冷地区时，应防止池内液体冰冻。一般应在池顶上用覆土保温，覆土厚度根据室外计算温度、水温及换水次数等进行计算。若缺少计算资料，可参考表24-9取定。

池顶覆土厚度除应满足保温要求外，还需满足抗浮要求。

外露构筑物的基础必须修建在冰冻线深度以内时，应采取防止基础土壤的冻胀措施，一般是将有冻胀危害的土壤换掉，回填不冻胀的土壤。

建于有地下水区的水池外部，一般应采取冷抹沥青层，以防腐蚀。

池顶保温覆土厚度　　表24-9

室外计算温度，℃	−10以内	−10～20	−20～30	−30以下
覆土厚度，m	0.3	0.5	0.7	1.0

第二十五章　挡　土　墙

第一节　一般构造与原则

1. 材料

挡土墙采用的混凝土强度等级不宜低于C15，钢筋为Ⅰ、Ⅱ级钢筋，垫层为C7.5混凝土。

2. 基础埋置深度

（1）基础埋置深度一般不应小于1.0m，如冰结深度超过1.0m时，基础应埋置在冻结深度以下0.25m。

（2）地基为岩石、大块碎石、砾砂、粗砂、中砂等时，不受冻结深度限制。

（3）地基为基岩时，基础嵌入岩层的尺寸应满足表25-1的要求。

3. 沉降缝与伸缩缝

沉降缝与伸缩缝应统一考虑。一般缝宽为20～30mm，缝内用沥青麻丝或浸沥青木板等材料填塞。下列部位应设置沉降缝和伸缩缝：

（1）不同地基土壤的分界处。

（2）挡土墙高度变化处。

（3）承受荷载有显著变化处。

（4）墙长超过25m时。

4. 排水处理及构造

为了使墙后积水易于排出，在墙身应布置泄水孔，孔眼尺寸一般直径为30～50mm的圆孔，孔眼间距为2～3m，纵横交错布置，最下排的泄水孔应高出地面0.3～0.5m，孔眼向外倾斜4%的坡度，在泄水孔附近用具有反滤作用的粗颗粒材料覆盖，以免淤塞。若在严寒气候条件下有冻胀可能时，最好以炉渣填充。

基础嵌入基岩尺寸，m　　表25-1

基底岩层名称	h	l	示意图
石灰岩，砂岩及玄武岩等	0.25	0.25～0.5	
页岩、砂岩交互层等	0.6	0.6～1.5	
松软的岩石、如千枚岩等	1.0	1.0～2.0	
砂夹砾石	1.0	1.5～2.0	

为了减少墙后土层表面渗水，应在土层上部夯填0.5m厚粘土（或弱透水性的土壤）。为防止反滤层下沉，应将墙后0.4m范围内的原土分层夯实，见图25-1。

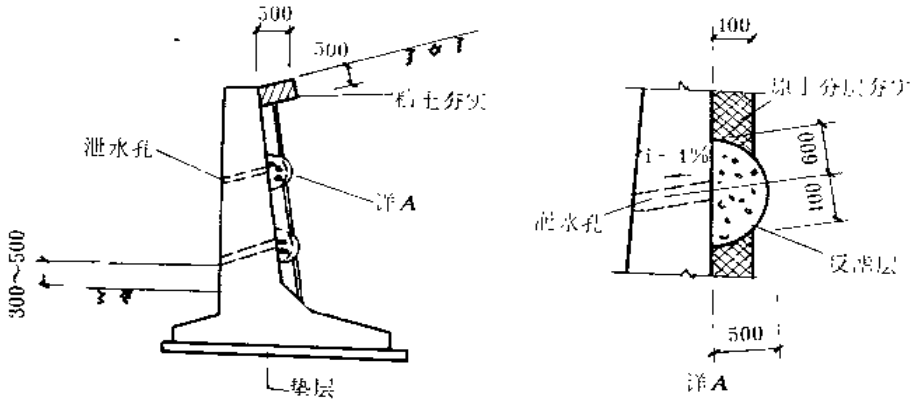


图 25-1　泄水孔及反滤层构造

反滤层的一般作法是，在泄水孔0.3m范围内填直径20mm左右的碎石（或砾石），外围再填0.2m厚、直径3mm左右的碎石或砾石。

5. 墙背面防水层

一般情况均不设置墙背面防水层，但遇有浸蚀性水或非浸蚀性水但在严寒地区需作防水处理时，一般可采用两毡三油、半砖护墙的防水处理。

6. 垫层

垫层厚度为100mm，并出基础外100mm。当地基为基岩时，可不设置垫层，仅用20mm厚1:3水泥砂浆作找平层。

7. 施工缝

为保证挡土墙质量，一般可先浇灌底板然后再浇灌立板和扶壁部分，因此底板与立板之间、底板与扶壁之间需设置施工缝：

（1）垂直缝：垂直缝的间距不宜大于墙高。当有地下水时，需在缝中放置防水材料，以防漏水。挡土墙较低时，其间距可适当加长。扶壁式挡土墙的垂直缝应设置在较小剪力处。

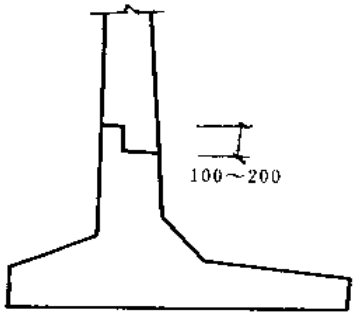


图 25-2　错开式

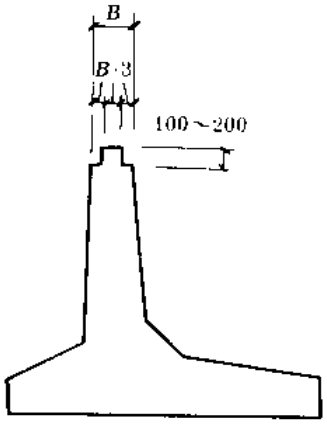


图 25-3　凸式企口

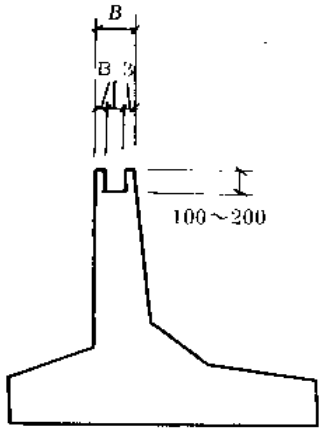


图 25-4　凹式企口

（2）水平缝：水平缝应设置在距离底板顶面500mm处，一般可采用下列几种作法：

1）向内错开式（图25-2）。

2）企口式：分为凸式企口和凹式企口，一般多采用凸式企口（图25-3），尽量避免采用凹式企口（图25-4），因凹式企口易积物积水，不易清理。

（3）施工要求：

1）下层混凝土浇筑至施工缝处，仅要求捣固密实，表面不需抹光。

2）浇筑上层混凝土时，先将混凝土表面冲洗干净，涂刷水灰比小于或等于0.4的水泥净浆两遍，再铺10mm厚的水泥浆，过半小时后再浇筑上层混凝土。

3）施工缝处的钢筋处理：在施工缝处，立板及扶壁钢筋不能直接通入底板，必须在底板内预埋短筋，以便与垂直钢筋搭接。搭接长度应满足 l_a 要求，焊接时的搭接长度为$8d$～$10d$（d 为钢筋直径）。

4）施工缝表面要求粗糙。

第二节　结构形式与构造

一、角式挡土墙

1. 一般规定

（1）角式挡土墙的高度不宜超过8m。

（2）挡土墙高度 H 小于4m时，底板和立板可采用等截面；挡土墙的高度 H 大于或等于5m时，底板和立板应采用变截面（图25～5）。

（3）底板和立板厚度一般不小于150mm，当挡土墙高度大于5m时，底板和立板的厚度不小于200mm。底板长度 l 与立板高度H的比可参考下列数值采用：

当挡土墙后无地下水时，$l/H=\frac{1}{2}\sim\frac{1}{3}$ 当挡土墙后有地下水时，l/H 可适当增大，但不应大于1。

（4）底板和立板相交处一般均设置45°填角，其高度不小于300mm。

2. 挡土墙抗滑稳定

抗滑稳定不能满足要求时，一般可采用下列几种方法：

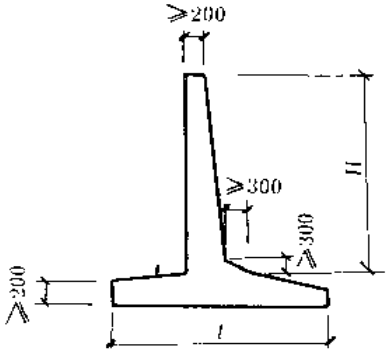


图 25-5　挡土墙剖面

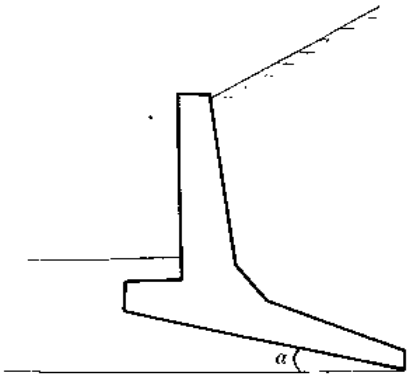


图 25-6　挡土墙底板的倾斜

（1）挡土墙底板做成倾斜式，倾斜角 α 应不大于10°，见图25-6。

（2）设抗滑板：抗滑板与底板的后挑板铰接，见图25-7。因抗滑板不承受弯矩，可不进行强度计算，其构造要求如下：

1）抗滑板与挡土墙后挑板的厚度相同。

2）抗滑板上下各配一层 ϕ6～8mm@250mm 钢筋网，见图25-8。

3）抗滑板与后挑板的连接钢筋不宜小于 ϕ25mm，锚固长度应满足 l_a 要求。

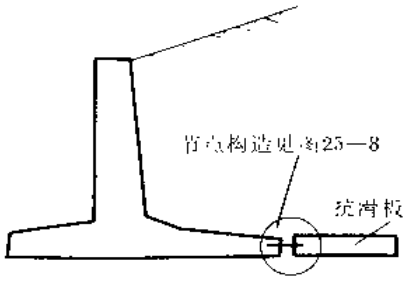


图 25-7　抗滑板连接

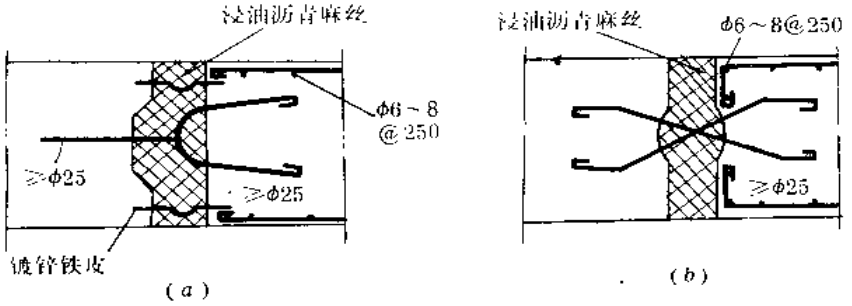


图 25-8　抗滑板连接构造

a — 有地下水；*b* — 无地下水

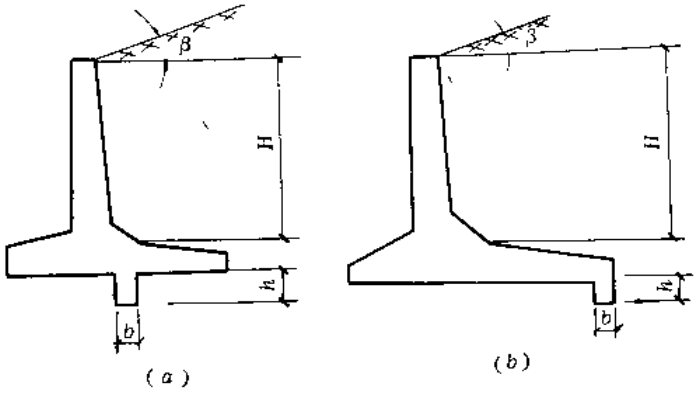


图 25-9　钢筋混凝土键

a — 中间键；*b* — 端部键

（3）在挡土墙的后挑板下设置钢筋混凝土键，见图25-9。抗滑键的宽 b、高 h 值均可取 $H/10 \sim H/12$。

3. 角式挡土墙截面

角式挡土墙截面参考尺寸见表25-2。

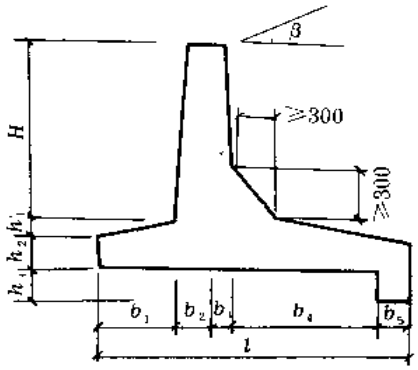
4. 钢筋设置与构造

(1) 挡土墙立板配筋有两种形式。墙高小于5m 时采用单面配筋，大于5m 时采用双面配筋，当墙后填土不均匀时，墙高小于5m 的立板亦可采用双面配筋，图25-10。

(2) 立板高度大于5m 时，受力钢筋应根据计算切断30～50%，不宜全部伸至顶部。

(3) 图25-10中，①、⑤、⑥、⑦、⑧号为受力钢筋，均由计算决定，其钢筋直径不应小于纵向构造钢筋的直径；③号为填角钢筋，其配筋与立板或底板的受力钢筋（取其较大者）相同，两端锚固均应满足 l_a；①、②、⑨号为构造钢筋，其直径与间距按下列选用：

1) $H \geqslant 5$m 时，用 ϕ8～10mm@300mm。



截面尺寸，mm **表25-2**

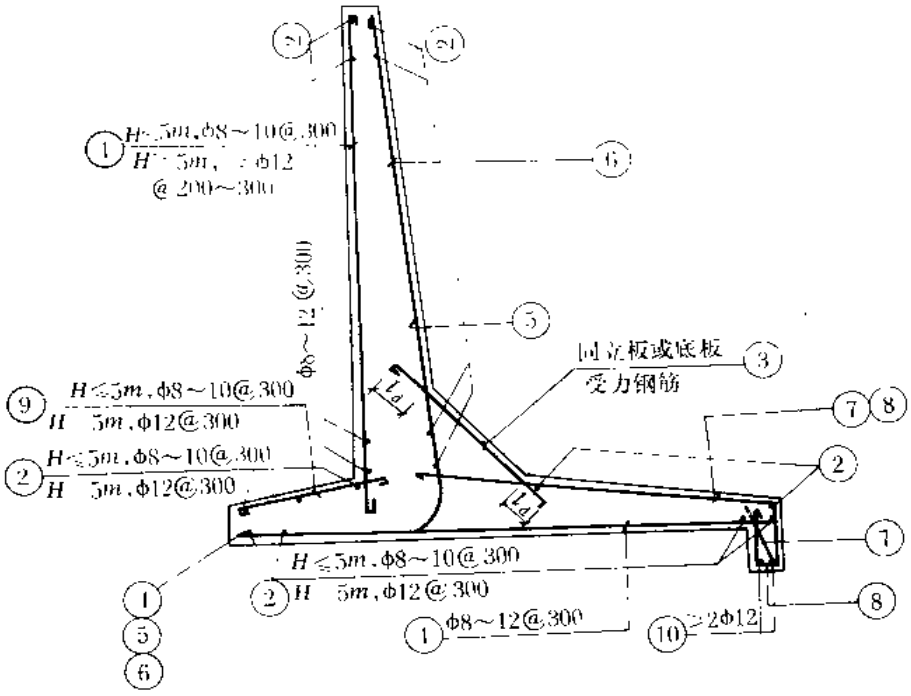
$R = 200 \sim 300\text{kN/m}^2, f = 0.3, \gamma = 1.8t/m^3, \phi = 30°, \beta \leqslant 20°$

H	h_1	h_2	h_3	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	l
2000	200	200	0	400	200	100	700	0	1400
3000	200	200	0	600	200	200	1100	0	2100
4000	250	250	400	700	200	200	1100	400	2900
5000	250	250	500	900	250	250	1600	500	3500
6000	300	300	600	1100	300	300	2000	600	4300
7000	300	300	700	1200	300	300	2500	700	5000
8000	400	300	800	1400	300	500	2800	800	5800

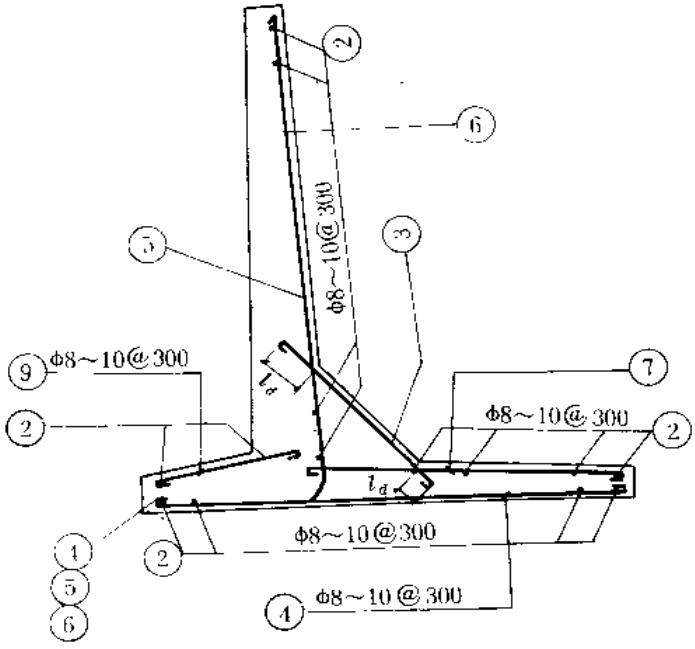
$R = 300 \sim 400\text{kN/m}^2, f = 0.4, \gamma = 1.9t/m^3, \phi = 35° \sim 40°, \beta \leqslant 20°$

H	h_1	h_2	h_3	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	l
2000	200	200	0	300	200	100	600	0	1200
3000	200	200	0	500	200	200	800	0	1700
4000	250	250	400	600	200	200	600	400	2000
5000	250	250	500	800	250	250	800	500	2600
6000	300	300	600	1000	300	300	1000	600	3200
7000	300	300	700	1100	300	300	1300	700	3700
8000	400	300	800	1300	300	500	1500	800	4400

注：γ、ϕ 分别为挡土墙背的填土容重和内摩擦角。



(a)



(b)

图 25-10　挡土墙剖面

a — 双面配筋；b — 单面配筋

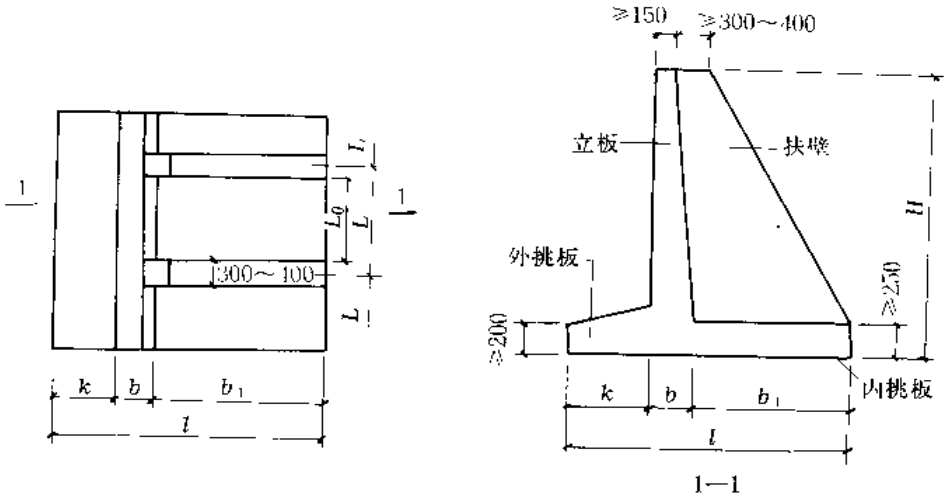


图 25-11　扶壁式挡土墙

2）$H>5$m 时，用 ϕ12mm@300mm。

二、扶壁式挡土墙

1. 一般规定

（1）当墙高 H 大于或等于8m 时，宜采用扶壁式挡土墙，见图25-11。

（2）基础宽度 l 应根据挡上墙后的填土和土壤性质确定，一般应采用 $l=(1/2\sim1/3)H$。

（3）扶壁间距取（1/2～1/3）H，扶壁厚度及扶壁顶宽均取300～400mm。

（4）底板外挑板厚度不应小于200mm，内挑板厚度不应小于250mm。

（5）立板顶部厚度不宜小于150mm，下部厚度由计算决定，也不小于150mm。

2. 钢筋设置与构造

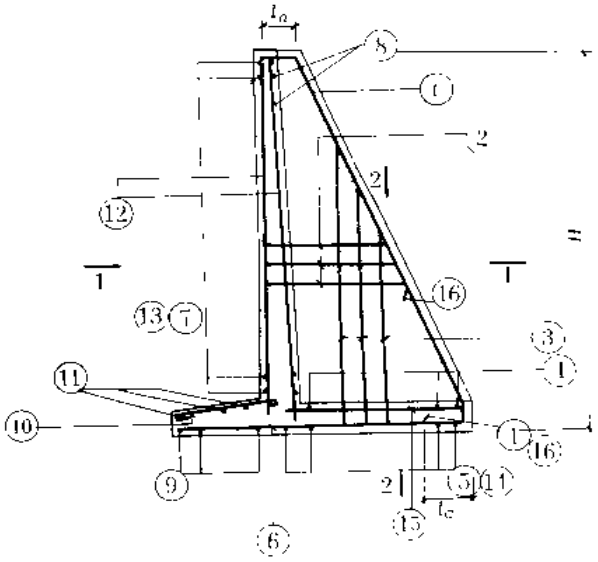
钢筋设置与构造见图25-12。

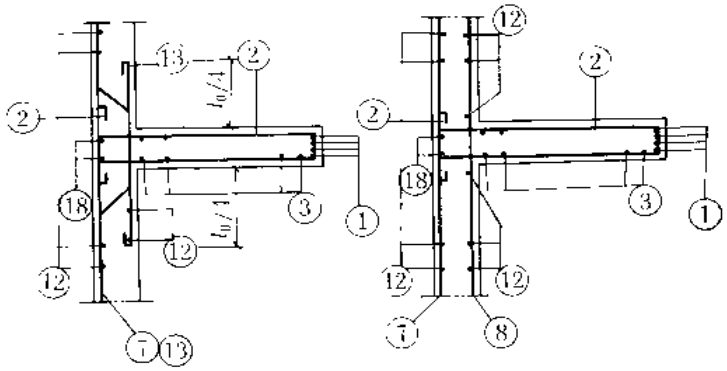
（1）立板配筋：配筋有两种形式，一种是双面配筋，一种是单面配筋，由于立板上部是连续板，下部1.5L_0范围内为三面支承板，因此配筋应满足连续板和三面支承板的构造要求。上部连续板可沿其高度划分为几个区段配置钢筋，其中⑫号构造钢筋不宜小于 ϕ6～8mm、@300mm，⑦、⑧、⑬号为受力钢筋，由计算决定，但直径不宜小于8～10mm。

（2）扶壁配筋：由下列钢筋组成：①、⑯号斜钢筋是扶壁的受力钢筋，直径不宜小于16mm，沿扶壁斜面设置；⑱号为架立钢筋，不少于 2ϕ16mm；②号为水平钢筋，不宜小于 ϕ8mm、@250～300mm，锚固于立板内；③号为垂直钢筋，不宜小于 ϕ10mm、@300～400mm，锚固于底板内。

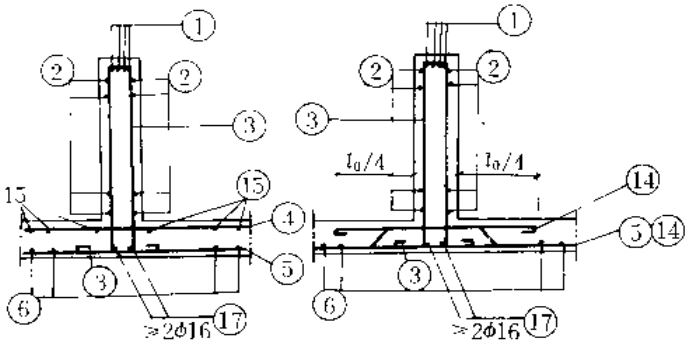
（3）内挑板配筋：有两种形式：当内挑板净宽 b_1 与扶壁净距 L_0 之比 $b_1/L_0\leqslant1.5$ 时按三面支承板配筋；当 $b_1/L_0>1.5$ 时，则由立板下部起至1.5L_0范围内，按三面支承板配筋，在此范围以外部分按单向连续板配筋（连续配筋有两种形式，一种是双面配筋，一种是单面配筋），受力钢筋直径不宜小于10～12mm，构造钢筋不宜小于 ϕ8～10mm、@300mm。

（4）外挑板配筋：⑥号为受力钢筋，直径不宜小于14～16mm；⑨、⑩、⑪号为构造钢筋，不宜小于 ϕ8～10mm、@300mm；⑰号为构造钢筋，不宜小于 2ϕ16mm。





1—1(立板跨中为单面配筋)　　1—1(立板为双面配筋)



2—2(内挑板为双面配筋)　　2—2(内挑板跨中为单面配筋)

图 25-12　挡土墙剖面配筋图

三、基底摩擦系数

（1）基底摩擦系数 f 与地基允许承载力的对应值见表25-3。

（2）钢筋混凝土基础与土壤间的摩擦系数见表25-4。

地基承载能力与摩擦系数对应表 表25-3

序号	地基种类	$[\sigma]$ kN/m²	f
1	土	250	0.3
		350	0.4
2	半岩石	450	0.5
3	岩石	600	0.6

基础与土壤的摩擦系数值 表25-4

序号	地基土名称	f
1	粘土及有滑腻表面的岩质土壤（泥质石灰岩及泥质页岩）	
	潮湿的	0.25
	干燥的	0.30
2	亚砂土、亚粘土	0.30
3	砂	0.40
4	砾石及卵石	0.50
5	表面不滑腻的岩面	0.60

第二十六章　剪力墙结构

本章叙述的钢筋混凝土剪力墙结构适用于抗震设防烈度为6、7、8、9度地区采用的剪力墙结构体系的高层建筑，如房间不大的住宅、旅馆等建筑。剪力墙结构的设计构造除应遵照有关现行规程、规范的规定要求外，可按本章的构造要求进行设计。多层居住建筑的剪力墙结构和无抗震设防的剪力墙结构也可参照本章的构造要求，但可适当简化，并酌减钢筋用量。

第一节　一般规定

(1) 建筑平面布置应力求整齐规则，均衡对称，减少建筑体形的凹凸变化。水平荷载的合力中心与剪力墙的抗侧力刚度中心应尽量对正。

(2)应采用横墙承受竖向荷载或纵横墙同时承受竖向荷载的结构方案。纵横墙的平面布置应尽量沿建筑平面对正贯通，减少错断；且墙体沿竖向直伸到建筑全高，避免设置不到顶层的剪力墙。

(3) 为了保证结构的整体刚度，门窗洞口的开设位置应力求匀称，上下楼层的门窗洞口应对齐。避免采用错洞墙。对抗震等级为一级的剪力墙结构，不允许采用错洞墙。对抗震等级为二、三、四级的剪力墙结构，在个别部位如有错洞时，应使洞口错开的水平净距不小于2m。门窗洞口的平面位置应满足图26-1的要求。如个别门窗洞口开设的位置不能满足图26-1的要求时，应适当采取加强措施。

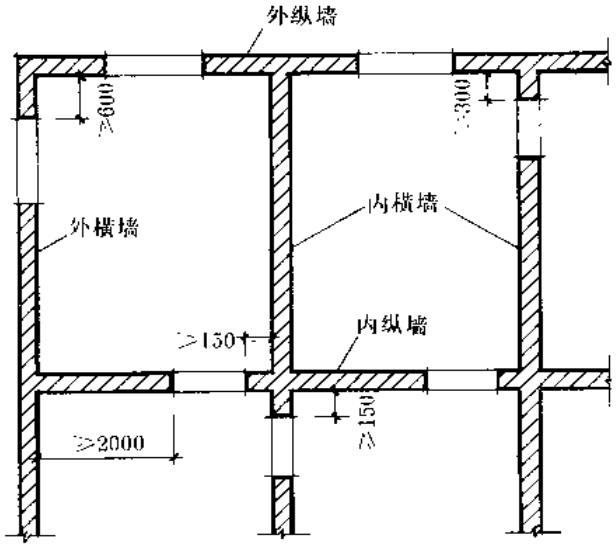


图 26-1　门窗洞口控制位置

(4)剪力墙可设计成全部现浇钢筋混凝土结构或装配整体式钢筋混凝土结构。楼板一般宜设计成大型装配整体式结构。装配整体式剪力墙和楼板均可设计成实心或圆心空心钢筋

混凝土构件。当设防烈度为9度时，剪力墙应设计成现浇钢筋混凝土结构，不宜采用装配整体式结构。

(5) 各层楼板及屋面板应设置在同一标高，避免同一楼层的楼板或屋面板高低错断。

(6) 在首层地面、各层楼板及屋面板标高处，应沿全部剪力墙设置水平圈梁，并使纵横墙交接处的竖向钢筋与水平圈梁连成整体，形成构造框架。

(7) 当设置变形缝时，应将防震缝、伸缩缝和沉降缝统一设置，使变形缝具有多功能效果。因此，缝宽应满足防震缝要求。

当全部剪力墙采用现浇钢筋混凝土结构或内墙现浇、外墙装配结构时，伸缩缝间距不得大于45m；当全部剪力墙采用装配整体式结构时，伸缩缝间距不得大于65m。

从防震考虑，防震缝的宽度 δ_s 与两侧较低的建筑物高度 H 的关系应满足下列要求：

设防烈度为6度时，$\delta_s \geqslant \frac{H}{400}$；

设防烈度为7度时，$\delta_s \geqslant \frac{H}{300}$；

设防烈度为8度时，$\delta_s \geqslant \frac{H}{200}$；

设防烈度为9度时，$\delta_s \geqslant \frac{H}{100}$。

(8)水平和竖向钢筋的主要接头一般应采用焊接。对于次要部位，且混凝土截面较大处，或无抗震设防要求时，也可在现浇混凝土内锚接钢筋。

(9) 剪力墙结构抗震等级按表26-1选用：

剪力墙结构抗震等级选用 表 26-1

设防烈度		6		7		8			9	
房屋高度 (m)		≤60 (≤35)	>60 (35~50)	≤80 (≤35)	>80	<35 (<35)	35~80	>80	≤25	>25
剪力墙结构		四 (四)	三 (三)	三 (三)	二	三 (三)	二	一	一	一
框支剪力墙结构	剪力墙	三 (三)	二 (二)	二 (二)	一	二 (二)	一			
	框架	三 (三)	二 (二)	二 (二)	一	二 (一)	一			

注：表中括号内的数字用于装配整体式钢筋混凝土剪力墙结构。

第二节 剪力墙的构造

一、截面尺寸及材料选用

剪力墙的厚度、混凝土强度等级与钢筋的配置除必须满足结构的承载能力和变形要求外，还应符合下列规定：

1. 剪力墙厚度

一级抗震等级的剪力墙，其厚度不应小于160mm，且不应小于楼层高度的1/20；二、三、四级抗震等级的剪力墙，其厚度不应小于140mm，且不应小于楼层高度的1/25。

2. 混凝土强度等级

混凝土强度等级应不低于C20。一般承重剪力墙采用普通重混凝土。对有防寒隔热要求的外墙及非承重隔墙应尽量采用轻骨料混凝土，其混凝土强度等级可适当降低。

3. 钢筋配置

墙体内一般配置双排双向钢筋网。水平和竖向钢筋均不应小于 ϕ8mm@300mm；对无抗震设防的剪力墙水平钢筋可用 ϕ6mm，竖向钢筋的间距可用400mm。双排钢筋网之间用拉筋连系，拉筋直径不应小于 ϕ6mm@600～800mm。水平和竖向钢筋的最小配筋百分率应满足表26-2要求：

水平和竖向钢筋的最小配筋百分率（%） **表 26-2**

抗震等级	墙体部位	
	一般部位	加强部位
一级	0.25	0.25
二级	0.20	0.25
三、四级	0.15	0.20

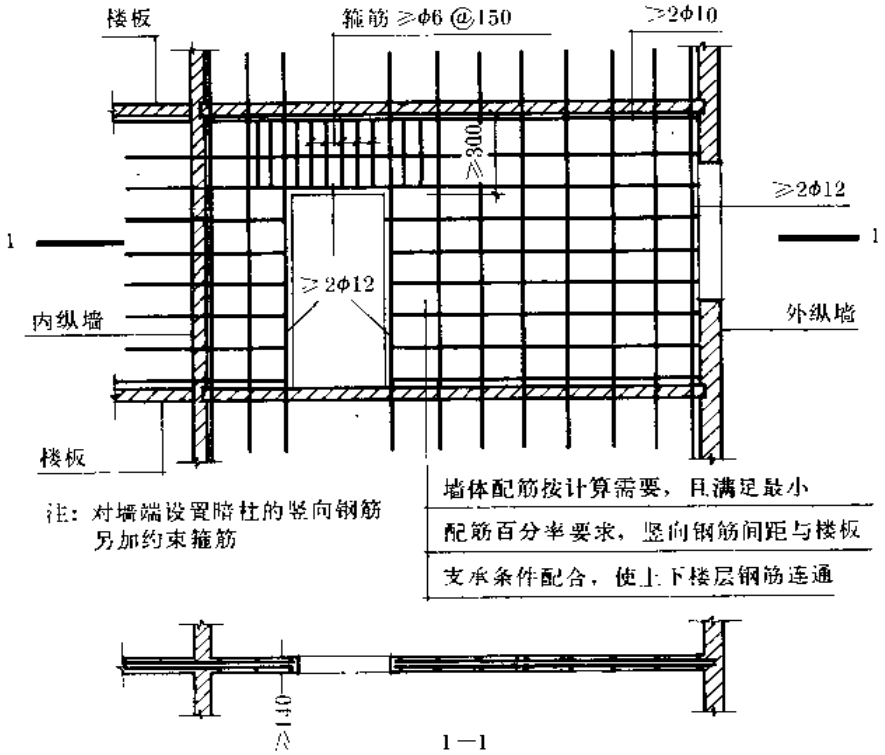
注：1. 加强部位包括建筑顶层、底部（取建筑底层层高及建筑总高的1/8二者中较大者）、尽端横墙、尽端开间纵墙和楼梯间、电梯间的墙体

2. 对于一级抗震等级、Ⅳ类场地土上的较高建筑，其一般部位的最小配筋百分率按二级抗震等级取用。

二、现浇钢筋混凝土剪力墙

1. 内墙构造

内墙构造见图26-2。



注：对墙端设置暗柱的竖向钢筋另加约束箍筋

墙体配筋按计算需要，且满足最小配筋百分率要求，竖向钢筋间距与楼板支承条件配合，使上下楼层钢筋连通

图 26-2 现浇钢筋混凝土内墙板

2. 外墙构造

外墙构造见图26-3。

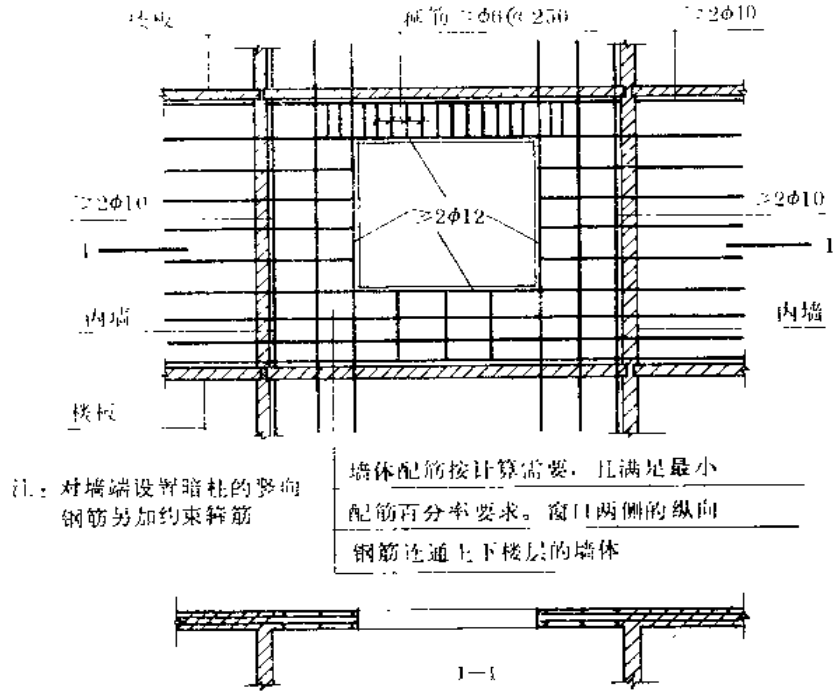


图 26-3 现浇钢筋混凝土外墙板

为了防止由于混凝土整体收缩产生过大的裂缝，应根据建筑体形及施工季节适当考虑加强外墙的配筋。一般在窗口上下通长的混凝土墙体中，水平配筋百分率不少于0.25%。

三、装配整体式剪力墙

一般墙板应按房间的开间和进深尺寸设计成大型构件。设计中应控制构件最大重量，以适应施工机械的起重能力；且尽量减少墙板构件规格类型，便于构件制作、堆放、运输和施工安装，以保证工程质量和取得较好的经济效果。

1. 内墙板构造

内墙板构造见图26-4。

2. 外墙板构造

外墙板构造见图26-5。

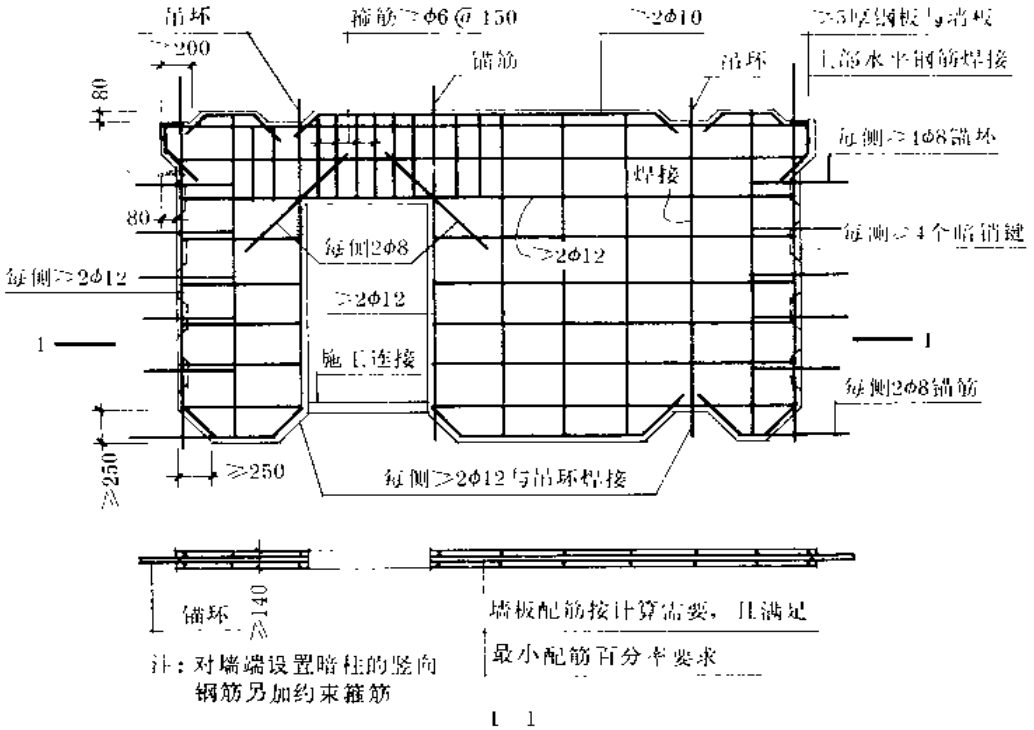


图 26-4　装配整体式内墙板

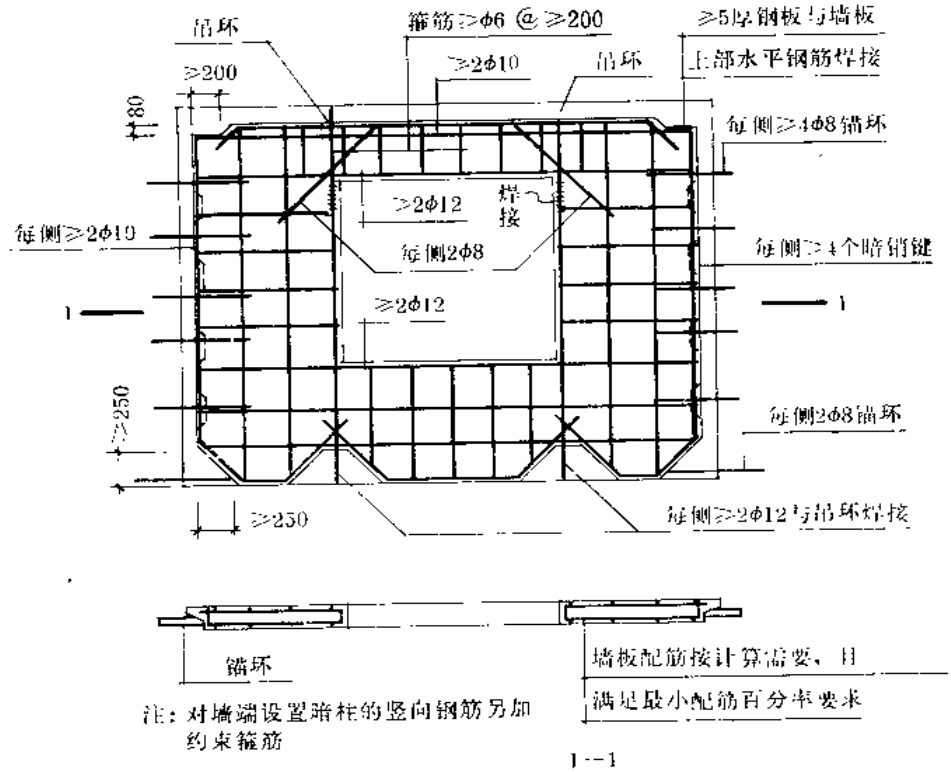


图 26-5　装配整体式外墙板

第三节　剪力墙的连接构造

一、现浇钢筋混凝土剪力墙的连接构造

1. 纵横墙连接构造

纵横墙的各种形式连接构造分别见图26-6～图26-9。

2. 上下楼层墙体连接构造

上下楼层墙体的各种部位连接构造分别见图26-10～图26-15。

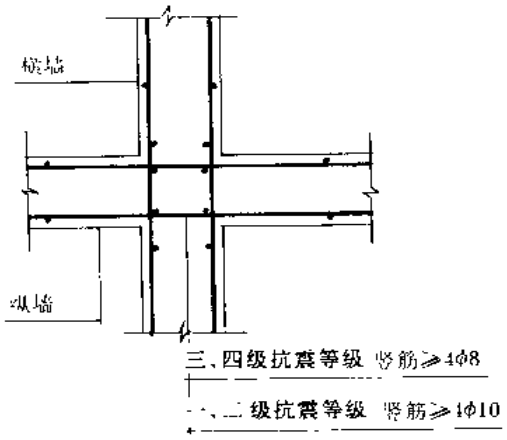


图 26-6　内墙十字连接构造

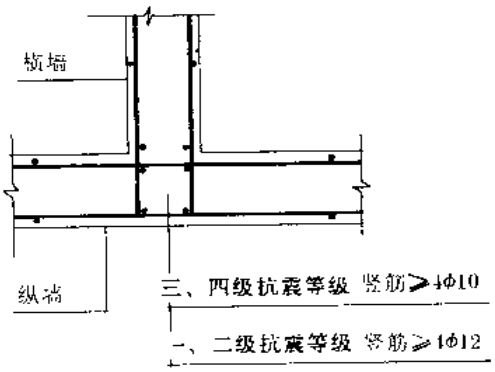


图 26-7　内墙丁字连接构造

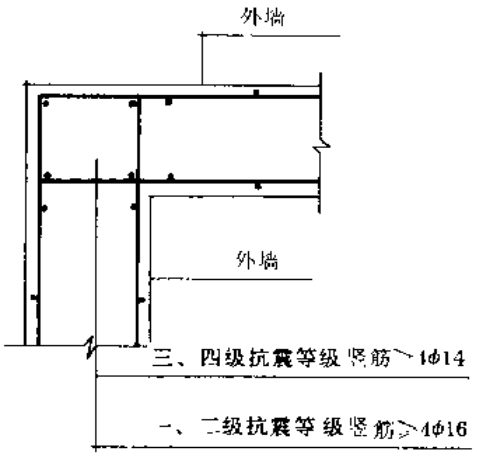


图 26-8　外墙转角连接构造

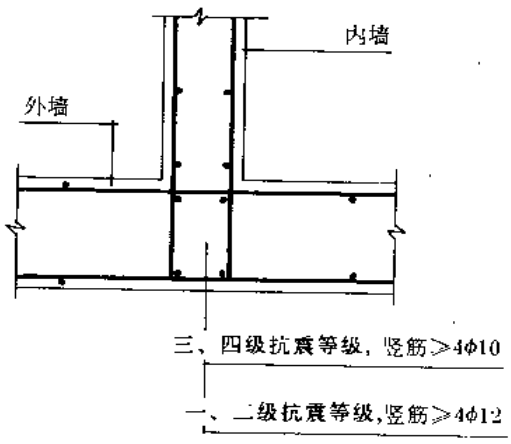


图 26-9　内外墙丁字连接构造

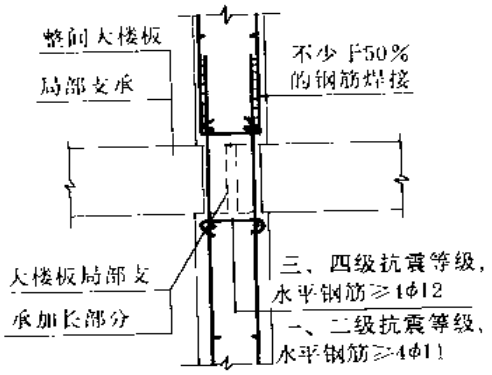


图 26-10　内横墙上下连接（1）

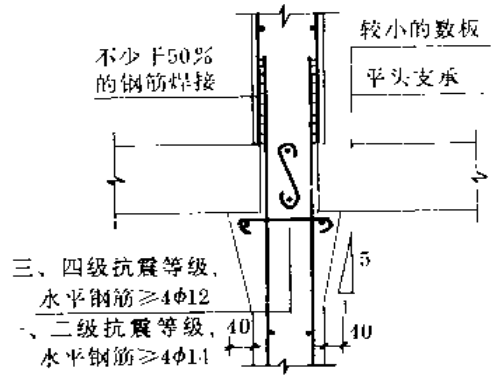


图 26-11　内横墙上下连接（2）

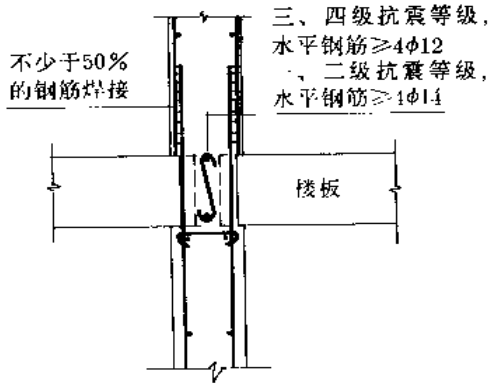


图 26-12　内纵墙上下连接

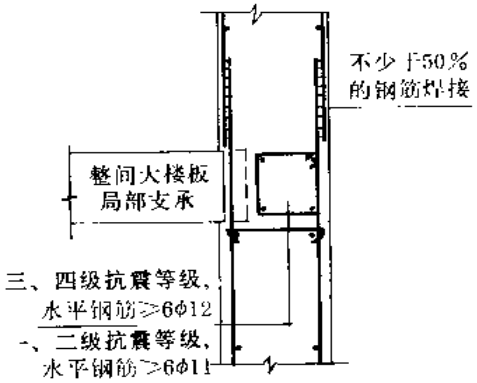


图 26-13　外横墙上下连接（1）

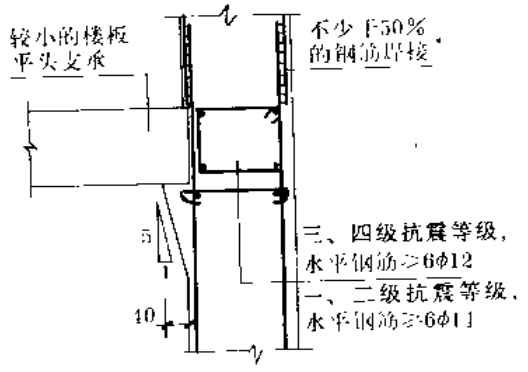


图 26-14　外横墙上下连接（2）

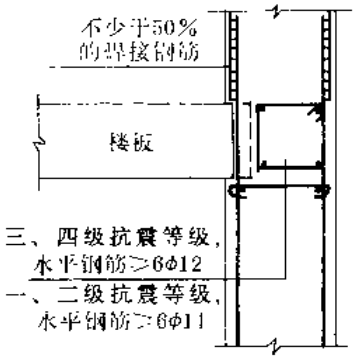


图 26-15　外纵墙上下连接

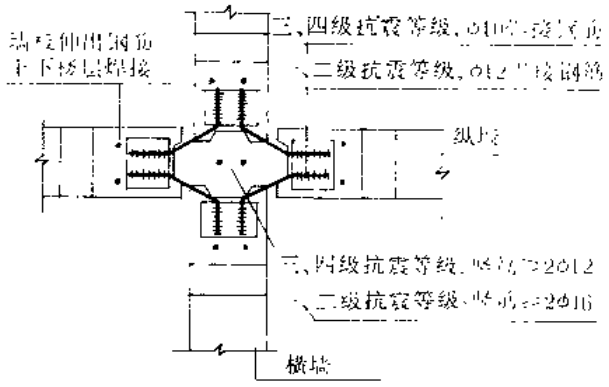


图 26-16　内墙十字连接顶部

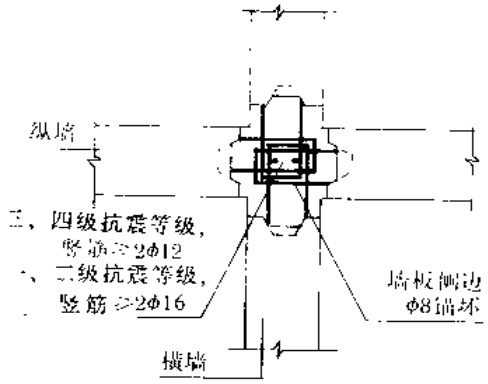


图 26-17　内墙十字连接中部

二、装配整体式剪力墙的连接构造

装配整体式剪力墙的连接构造除必须保证结构承载能力、稳定和整体性要求外，还应满足建筑使用上的防寒、隔热、防水和隔音等要求，且便于施工，容易保证工程质量，经济效果良好。在有条件的情况下，宜采用材料防水，这不仅可以避免因构造防水而减损墙板构件之间的受力接触面，且便于配制外墙板的模板和外墙板构件的制作、堆放、运输与施工安装。

1. 纵横墙连接构造

纵横墙各种部位的连接构造见图26-16～图26-27。

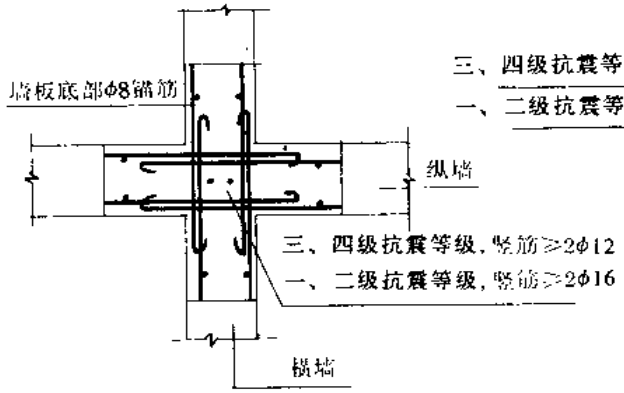


图 26-18　内墙十字连接底部

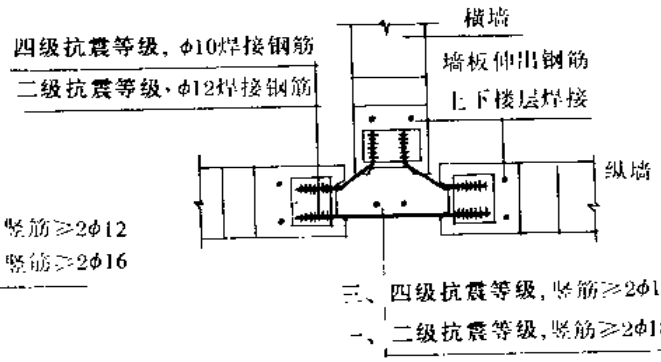


图 26-19　内墙丁字连接顶部

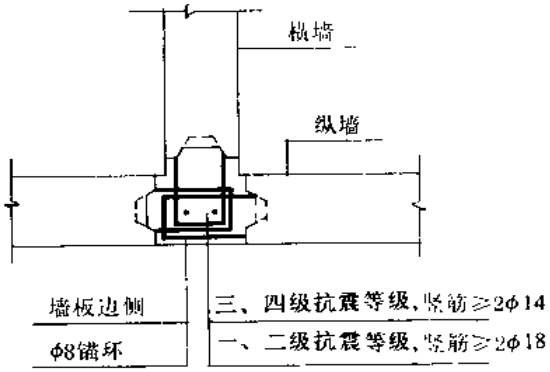


图 26-20　内墙丁字连接中部

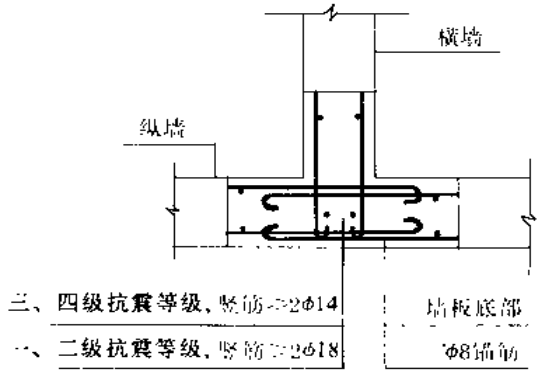


图 26-21　内墙丁字连接底部

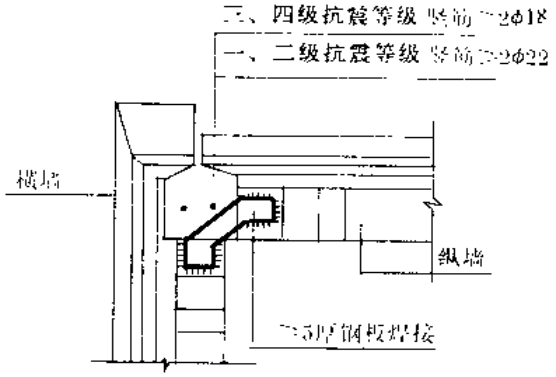


图 26-22　外墙转角连接顶部

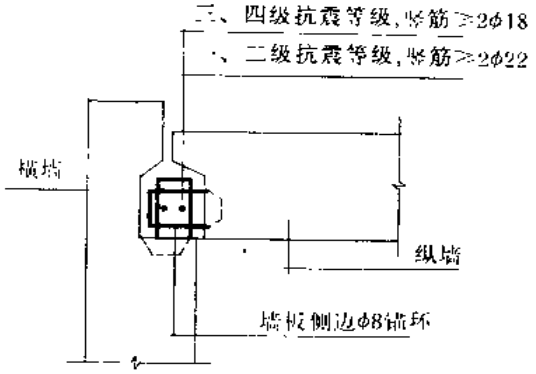


图 26-23　外墙转角连接中部

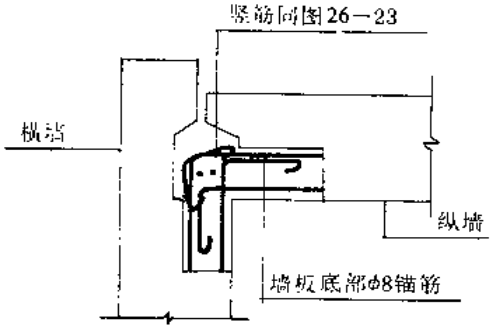


图 26-24　外墙转角连接底部

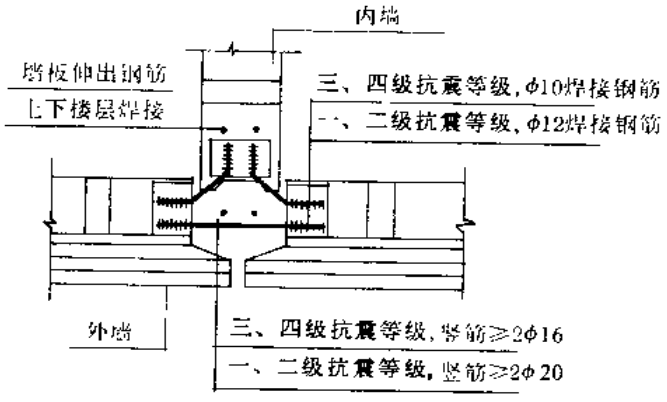


图 26-25　内外墙丁字连接顶部

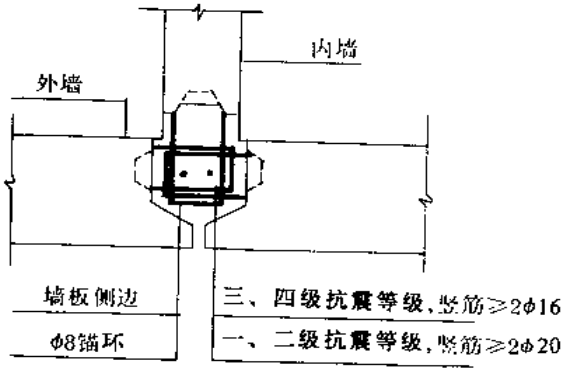


图 26-26　内外墙丁字连接中部

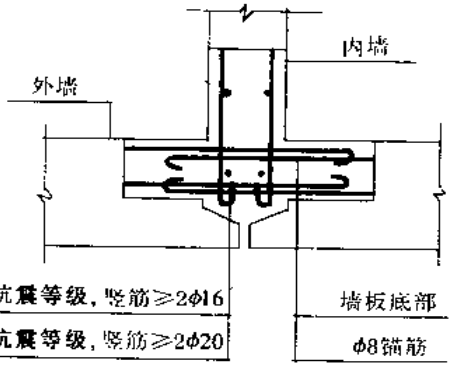


图 26-27　内外墙丁字连接底部

2. 上下楼层墙板连接构造

(1) 上下楼层内墙板连接构造见图26-28。

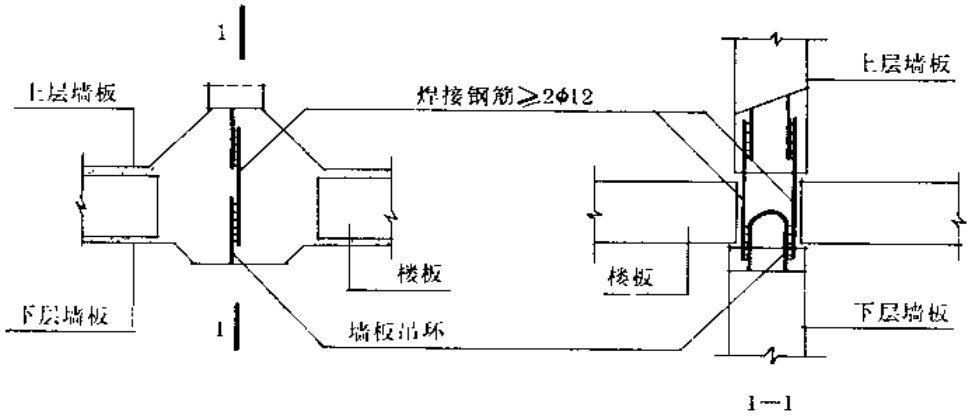


图 26-28　上下楼层内墙板连接

(2) 上下楼层外墙板连接构造见图26-29。

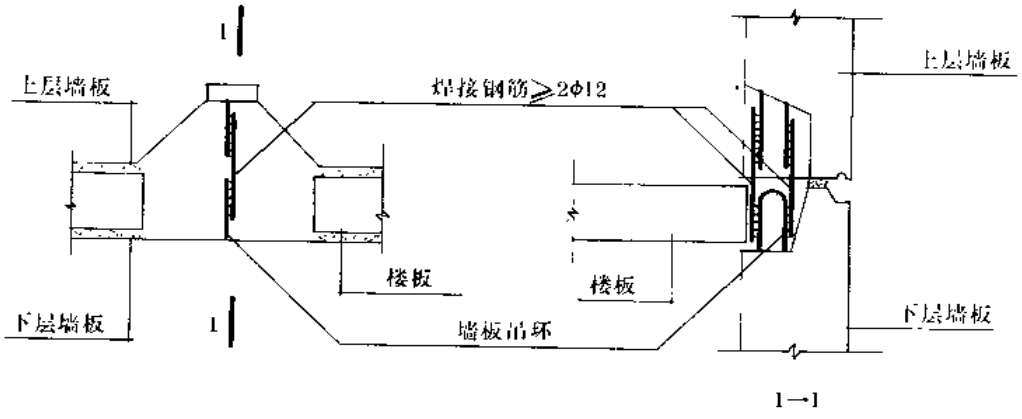


图 26-29　上下楼层外墙板连接

三、现浇钢筋混凝土剪力墙与装配整体式剪力墙的连接构造

现浇钢筋混凝土剪力墙结构的外墙可采用装配整体式。现浇钢筋混凝土内墙与装配整体式外墙的连接一般为丁字形式，连接构造见图26-30～图26-32。

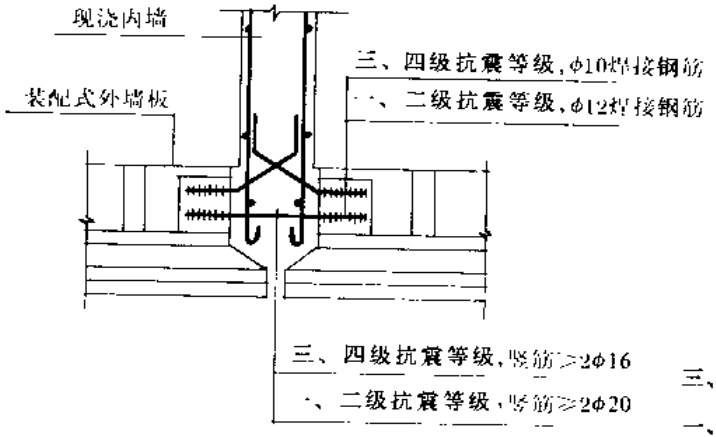


图 26-30　现浇与装配剪力墙连接顶部

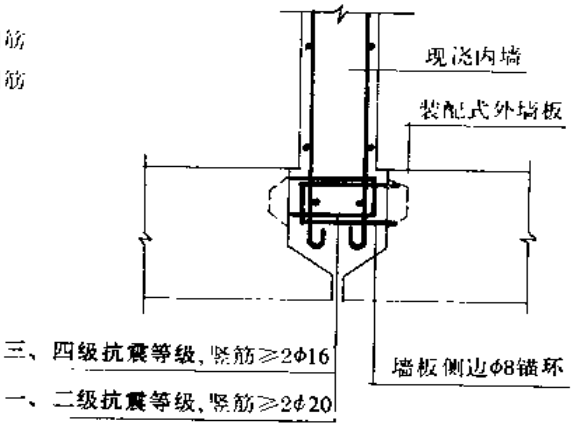


图 26-31　现浇与装配剪力墙连接中部

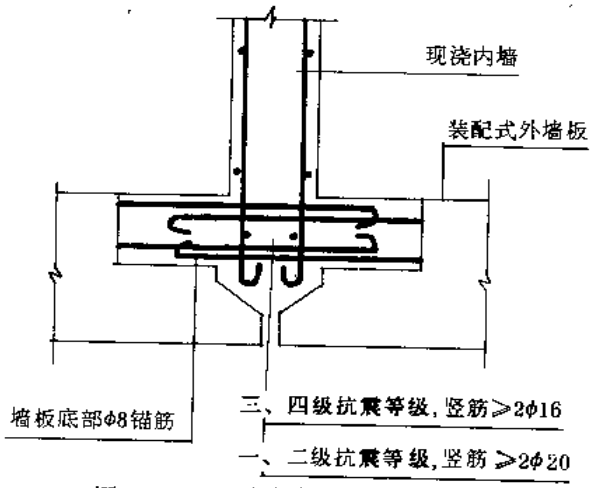


图 26-32　现浇与装配剪力墙连接底部

四、剪力墙结构的楼板连接构造

为了保证剪力墙在上下楼层之间的竖向整体连接，应将大型装配整体式楼板边缘局部凸出伸入墙内作支承边，在部分凹退未伸入墙内的楼板边缘预留水平焊接筋，把相对的楼板互相焊接。

1. 楼板端部连接构造

(1) 支承在内墙上的楼板连接构造见图26-33。

(2) 支承在外墙上的楼板连接构造见图26-34。

图26-33与图26-34为装配整体式墙板，当采用现浇钢筋混凝土剪力墙时，可利用墙内预埋焊接钢筋代替吊环。当采用楼板端部预留钢筋锚接在现浇钢筋混凝土剪力墙内时，墙顶部可适当加厚（参看图26-11与图26-14）。

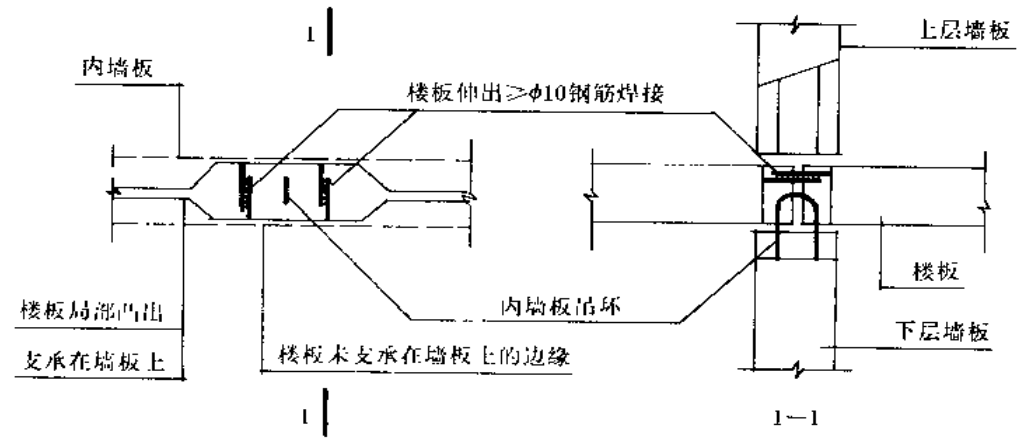


图 26-33　支承在内墙上的楼板连接

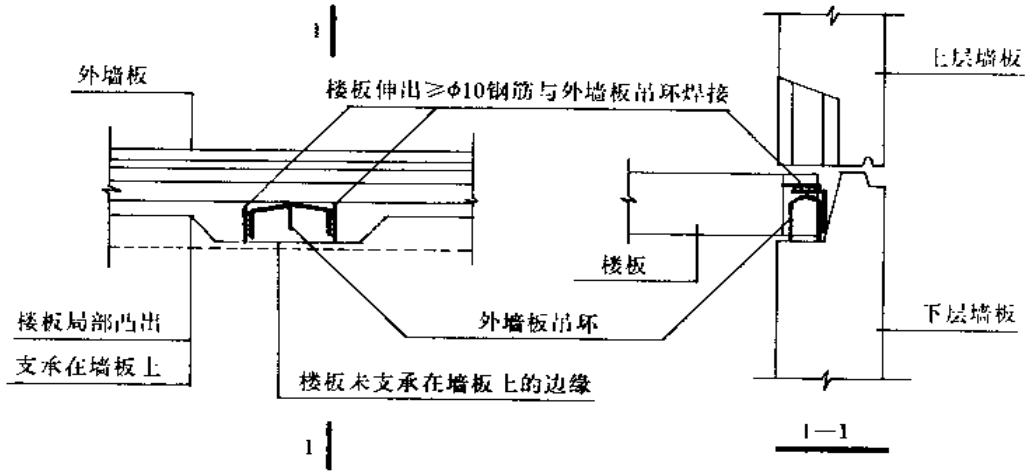


图 26-34　支承在外墙上的楼板连接

2. 楼板角部连接构造

（1）沿内墙的楼板角部连接构造见图26-35。

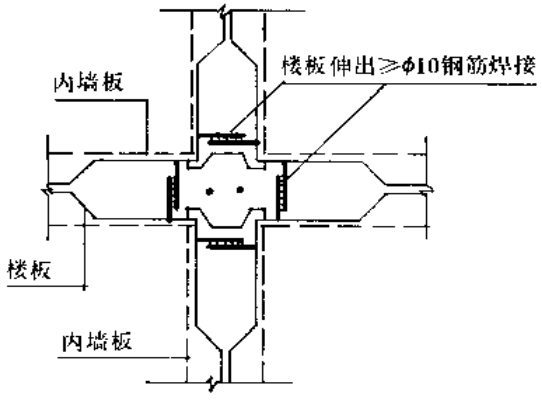


图 26-35　沿内墙的楼板角部连接

（2）沿外墙的楼板角部连接构造见图26-36。

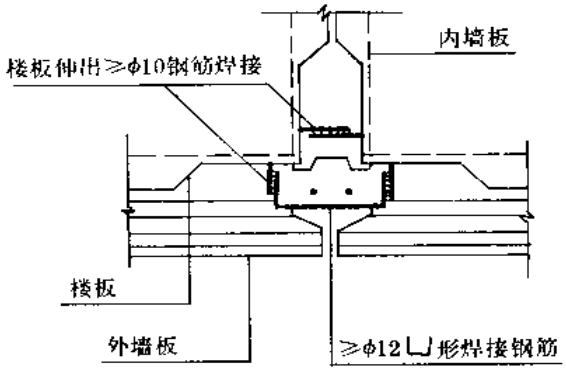


图 26-36　沿外墙的楼板角部连接

剪力墙结构建筑的楼梯、阳台、雨罩及挑檐等构件按具体设计情况除在墙上应有足够的支承外，还必须与墙体或楼板焊接，且将焊件用混凝土或水泥砂浆保护，以免锈蚀。

注：当楼板采用现浇钢筋混凝土结构时，楼板之间及楼板与其它构件之间的连接构造更便于处理，本文从略。

第二十七章　楼　　梯

第一节　楼梯结构型式

一、梁板式楼梯

楼梯按其结构型式和受力特点主要分为板式与梁式两种。当梯段的水平投影跨度 l 小于或等于3m时，宜采用板式楼梯（图27-1*a*）；当梯段水平投影跨度 l 大于3m时，宜采用梁式楼梯（图27-1*b*）。梁式楼梯可以采用双梁式，也可以采用单梁式（图27-2）。

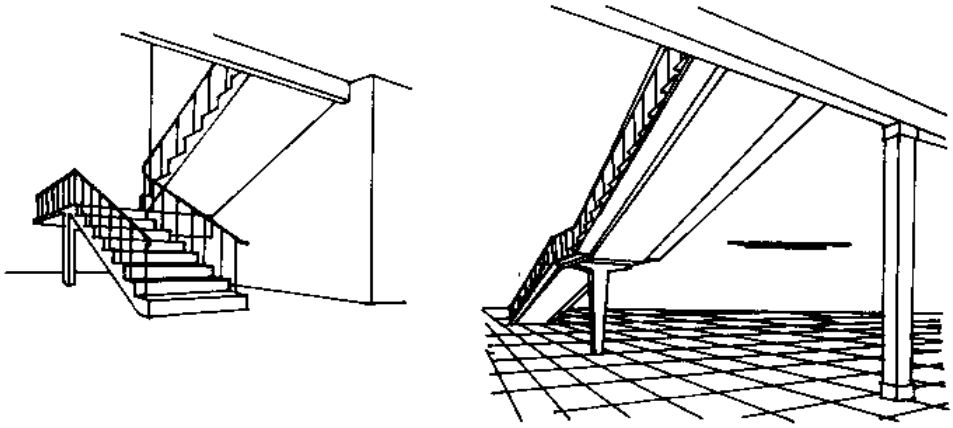


图 27-1　钢筋混凝土梁板式楼梯

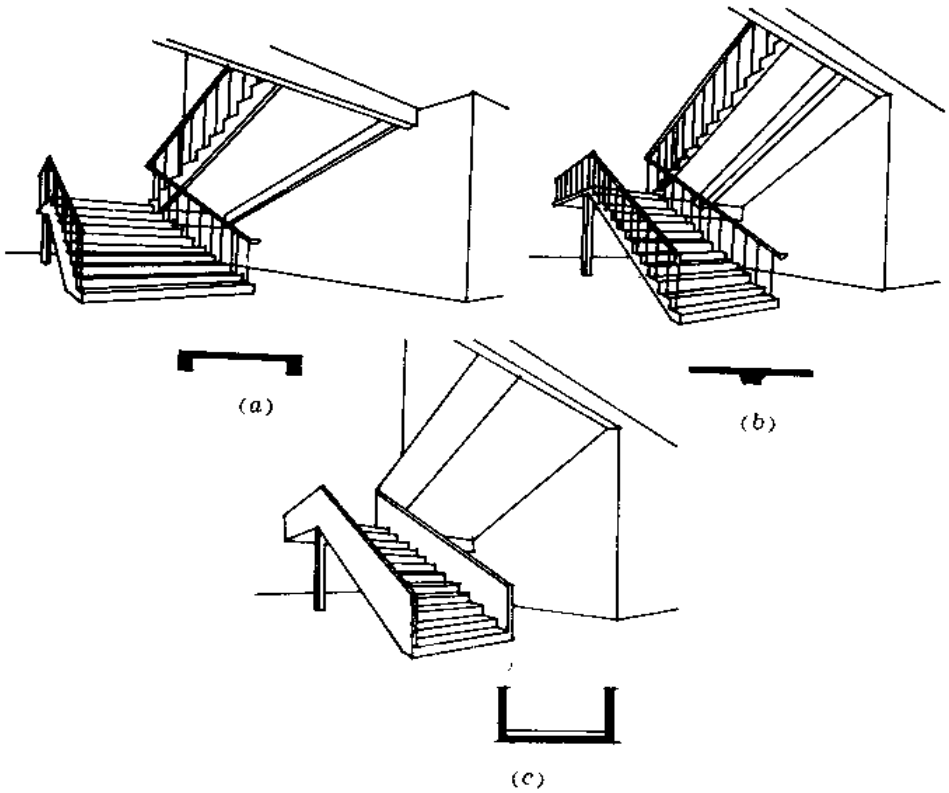


图.27-2　钢筋混凝土梁式楼梯

梁式楼梯由踏步、梯段梁、平台板和平台梁组成。梯段梁可设在踏步下面，也可设在踏步上面。也可以用现浇楼梯栏杆来代替梯段梁。

二、其他形式楼梯

其他形式楼梯有悬臂板式楼梯（图27-3）、对折板式与对折梁式楼梯（图27-4）和螺旋楼梯（图27-5）等。悬臂板式楼梯的宽度一般在1.5m以内。螺旋楼梯受力复杂，计算困难，用钢筋量较大。

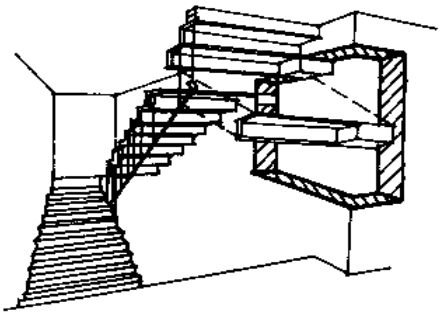


图 27-3　钢筋混凝土悬臂式楼梯

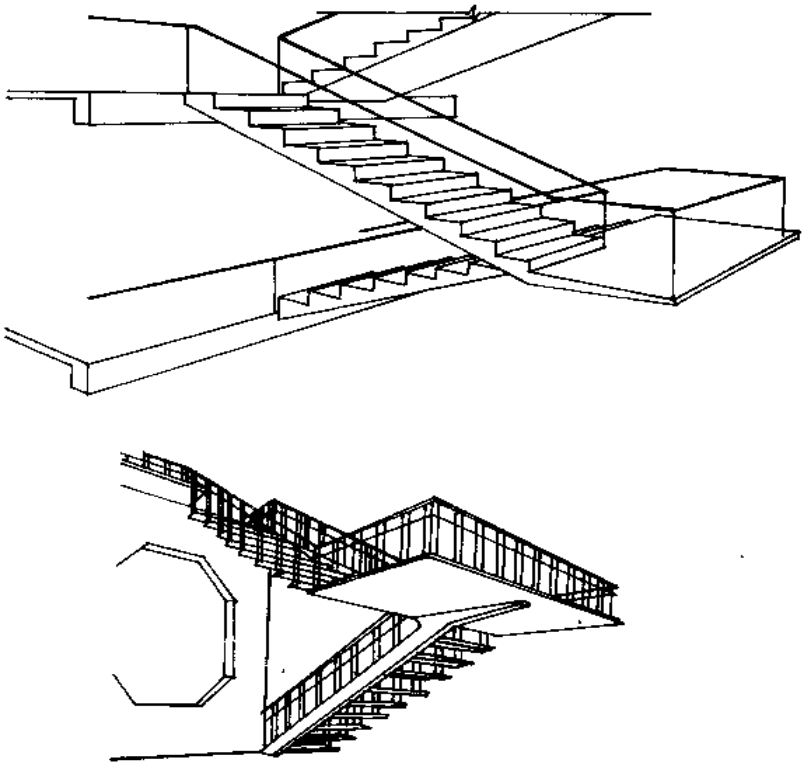


图 27-4　钢筋混凝土对折板式和对折梁式楼梯

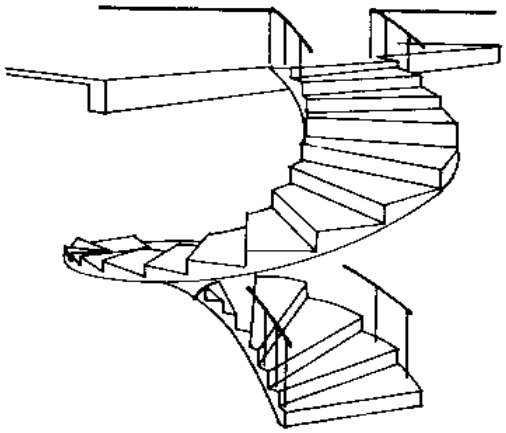


图 27-5　钢筋混凝土螺旋楼梯

第二节　一般规定

一、材料

1. 混凝土

楼梯梁、板的混凝土强度等级宜采用C20，梯基础宜采用C15。

2. 钢筋

钢筋混凝土楼梯应采用Ⅰ、Ⅱ级钢筋，分布钢筋采用Ⅰ级钢筋。

二、楼梯构造尺寸

（1）楼梯宽度一般不应小于850mm，双人通行的楼梯宽度为1000～1100mm，三人通行的楼梯宽度为1500～1650mm。

（2）楼梯的空间高度，一般不应小于2000mm。

（3）踏步高宽应符合下列公式要求：

$$2R + T = S = 600\text{mm}$$

式中　R——踏步高度；

T——踏步宽度；

S——平均步距。

一般适宜的楼梯踏步尺寸见表27-1；一般建筑物的楼梯踏步尺寸见表27-2。

一般适宜的楼梯踏步尺寸　　表 27-1

踏步高度（mm）	140	150	160	170
踏步宽度（mm）	320	300	280	260

一般建筑物楼梯踏步尺寸　　表 27-2

名　称	住　宅	学校、办公楼	剧院会堂	医院（病人用）	幼儿园
踏步高度（mm）	150～175	140～160	120～150	150	120～150
踏步宽度（mm）	250～300	280～320	300～350	300	250～280

第三节　整体式楼梯

一、整体式板式楼梯

（1）整体式板式楼梯的板厚不应小于 $l/25 \sim l/30$，一般可取为100～120mm。l 为梯段斜向净跨长度。

（2）梯段板配筋应满足图27-6所示的各项要求。配筋可采用弯起式，也可采用分离式。

（3）平台板、平台梁的配筋可按一般现浇整体式梁板的构造要求进行。

（4）折板曲折处形成内折角，该处下部受拉钢筋可不沿内折角连续弯折，而应断开各向延伸至受压区锚固，其延伸长度为 l_a，底下钢筋可伸至梁内或墙内（图27-7）。

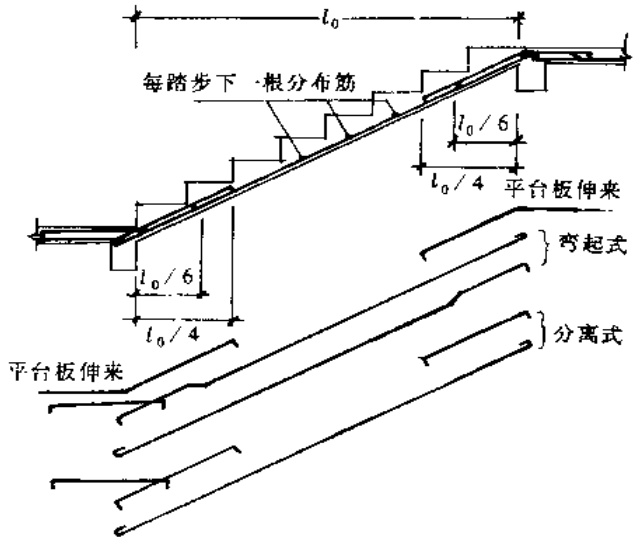


图 27-6　现浇整体式板式楼梯的配筋构造

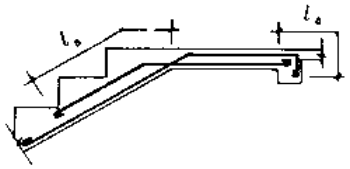


图 27-7　内折角配筋锚固长度

二、整体式梁式楼梯

（1）现浇踏步板的最小厚度应为30～40mm。

（2）梯段梁高度 h 应大于或等于 $l/20$，平台梁高度 h 应大于或等于 $l/12$。l 为梯段梁水平投影跨度，或平台梁的计算跨度。

（3）每个踏步范围内，踏步板内受力钢筋不应少于 $2\phi16$mm 且应沿垂直于受力钢筋的方向布置间距不大于250～300mm 的 $\phi6$mm 分布钢筋（图27-8）。

（4）梯段梁中，纵向受力钢筋在平台梁中应有足够的锚固长度 l_a。

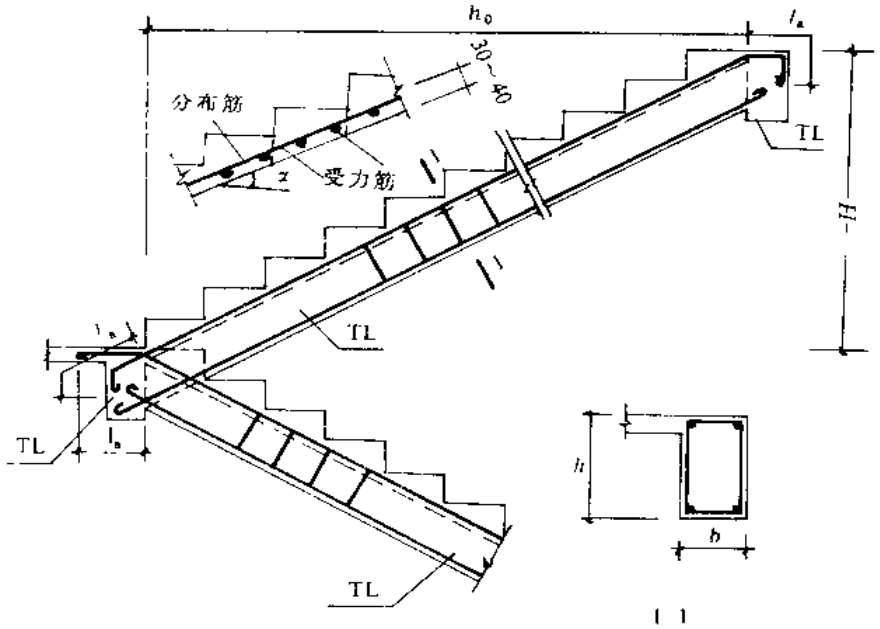


图 27-8　现浇整体式梁式楼梯的配筋构造

第四节　螺　旋　楼　梯

一、螺旋楼梯的型式

螺旋楼梯有两种型式。第一种为扭板式，即整个楼梯是由螺旋形的踏步构成；第二种为扭梁式，即整个楼梯由一根螺旋形梁及悬挑踏步构成（图27-5）。螺旋楼梯的截面尺寸可参见表27-3选择。

螺旋楼梯截面尺寸选择　　表 27-3

类　型	截面高度 h	截面宽度 b
扭板式	$l/40\sim l/50$	
扭梁式	$l/15\sim l/25$	$(1.25\sim2.0)\ h$

注：l 为截面中心线的展开长度。

二、扭板式楼梯纵向钢筋的锚固

扭板式楼梯，按计算跨中抗弯所需的纵向钢筋量的60%配置于截面中心线外侧底部，40%配置于中心线里侧底部。按计算支座水平抗弯所需的纵向钢筋应配置于截面里、外侧的侧面。按计算支座抗扭所需的纵向钢筋数量的50%配置于截面底部，其他50%配置于截面上部，且位置要对称。

三、扭梁式楼梯纵向钢筋的锚固

（1）楼梯中所有纵向钢筋伸入支座均应满足 l_a 的要求。跨中按计算出来的弯矩配筋量的

25%应在伸入距两端支座 $l/5$ 处由截面底部弯入截面上部而伸入支座内 l_a（图27-9）。

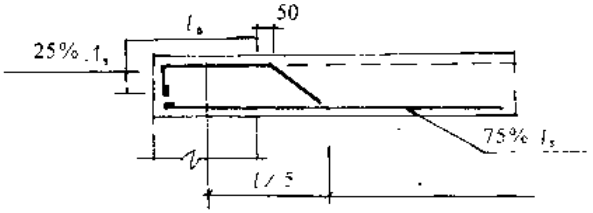


图 27-9　扭梁式楼梯纵向钢筋的锚固

（2）截面所有箍筋均按抗扭箍筋配置，在距两支座0.15l范围内配置按抗扭所需钢筋数量的50%，其余部位配置50%。

第五节　对折板式楼梯

悬挑对折板式楼梯常用于室外。这种结构型式一般采用悬挑踏步板、人字形折线梁支承。由于折线梁承受扭矩较大，截面比较肥大，体型笨重。对于一般小跨度悬挑对折板式楼梯，其骨架TL和板肋BL可不露出板底，对于梯板跨度或宽度较大的悬挑楼梯，板肋BL的截面将露出板底。为减小板肋BL尺寸，可按双筋梁或劲性钢筋梁计算配筋，以保证板底平整。对折板式楼梯的构造见图27-10。

平台板三边的板缘加强构造筋采用2ϕ8～10mm。

第六节　预制装配式楼梯

一、常用的预制装配式楼梯

1. 悬臂板式楼梯

悬臂板式楼梯（图27-3），是将单块L形或倒L形预制踏步板一端砌固在砖墙内，并一块搭一块地构成。楼梯段、板与板之间座浆粘合，一般适合2.1～3.6m楼梯，其悬臂挑出长度l可达1.6m，但对有地震地区，即设防烈度大于或等于6度时，不宜采用。

2. 预制梯段梁小型板装配式楼梯

这种装配式楼梯是由踏步板、梯段梁、平台板和平台梁等组合而成。可分为双楼梯梁（图27-11）和单楼梯梁（图27-12）两种。楼梯梁也可用墙代替。

3. 预制梯段板和大型预制梁板式楼梯

预制梯段板楼梯根据运输安装条件，可采用整体的、分条的和组合的。分条的楼梯是将梯段板沿长向分成几条。为了减轻重量，梯段板可做成空心的或者填空心砖的（图27-13）。

整体的楼梯有大型预制梁板式、槽板型（图27-14）和折板型（图27-15）

二、装配式楼梯和平台板梁的连接

装配式楼梯和平台板梁的连接可采用下述形式：采用座浆连接时，平台梁高度较小的楼梯梁端需做缺口（图27-16），平台梁高度较大的楼梯梁端不做缺口（图27-16）。平台板可支在两端墙上，也可支承在梁上做成整体。需要焊接时，可采用P-1、P-2埋设件（图27-17）进行焊接。

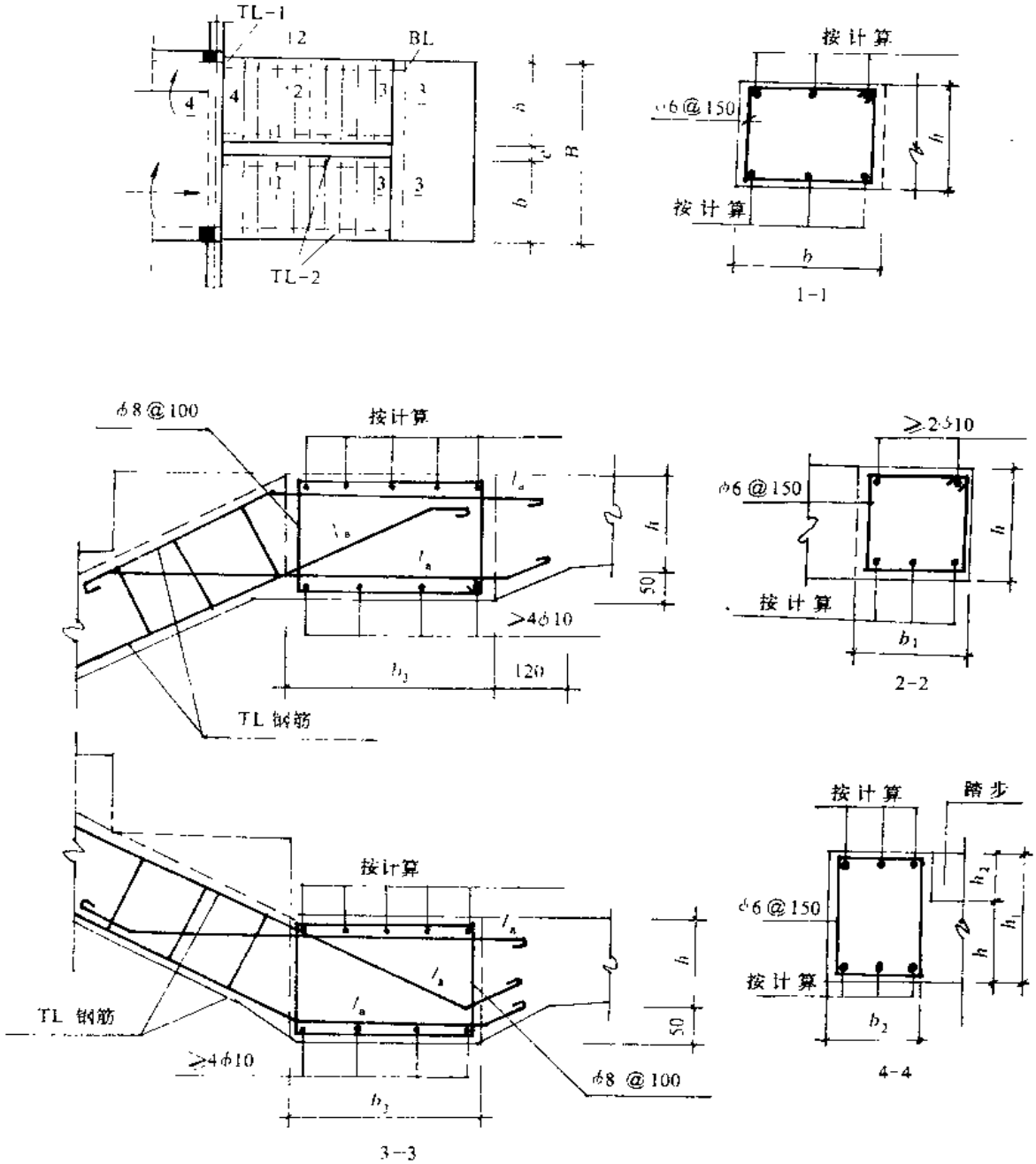


图 27-10　对折板式楼梯构造示意图



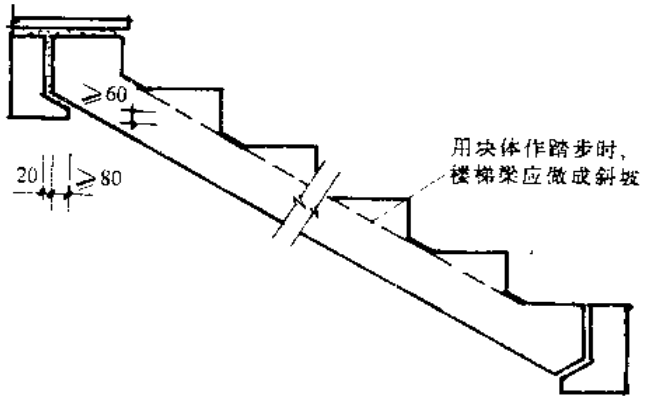


图 27-11　预制双梁式小型板踏步楼梯

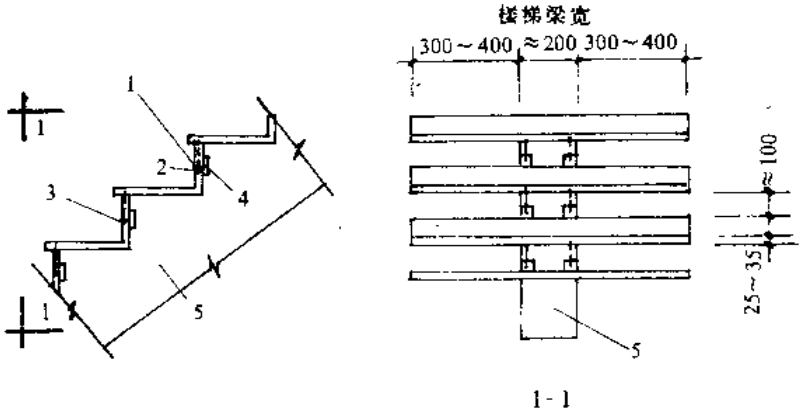


图 27-12　预制单梁式小型板踏步楼梯

1—踏步伸出钢筋；2－焊接；3－1:3水泥砂浆找平；4—梁上埋设件；5　楼梯梁

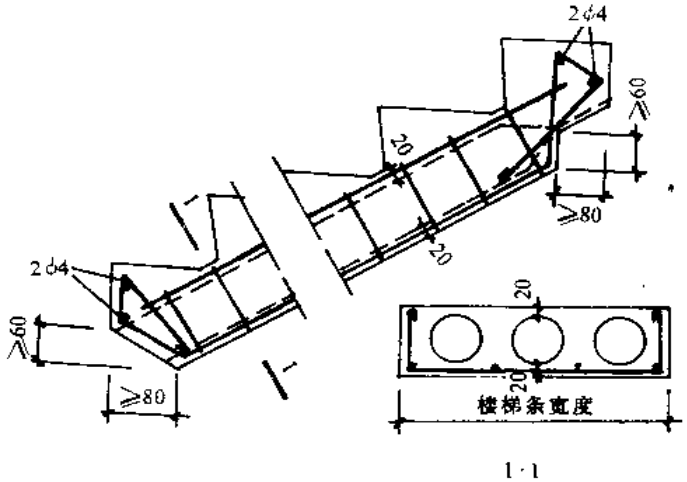


图 27-13　分条的楼梯的配筋构造

整体的楼梯有大型预制梁板式、槽板型（图27-14）和折板型（图27-15）。

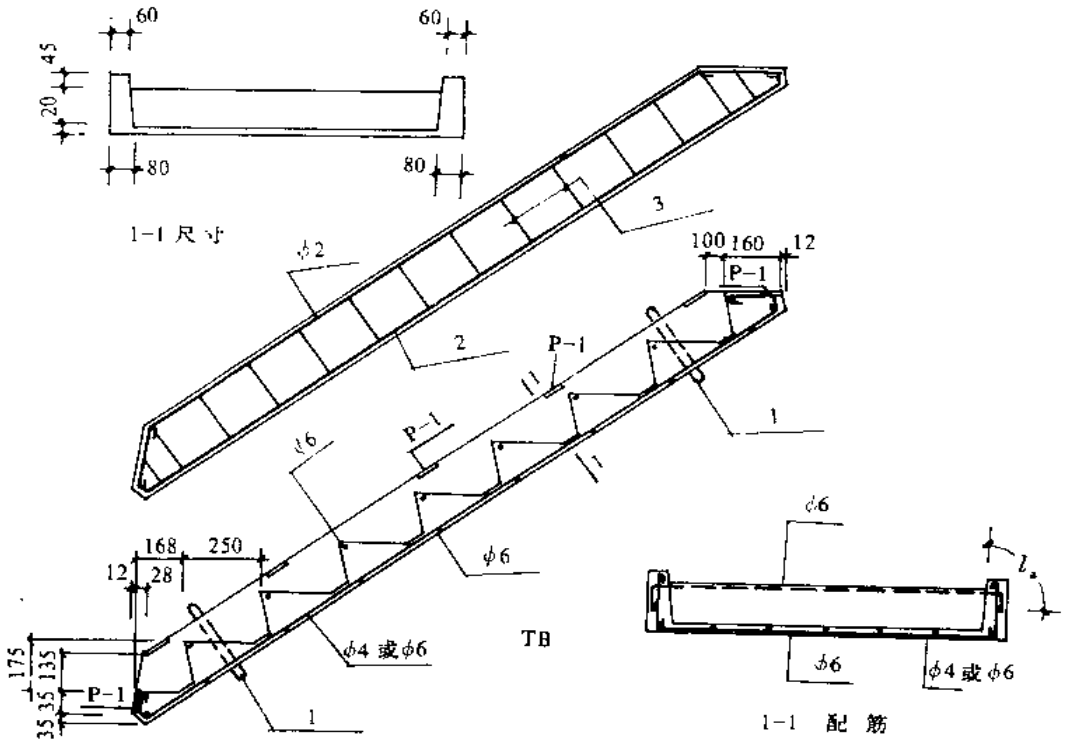


图 27-14 槽板型楼梯的配筋构造

1—吊环；2—受力筋；3—箍筋 φ6mm@150mm

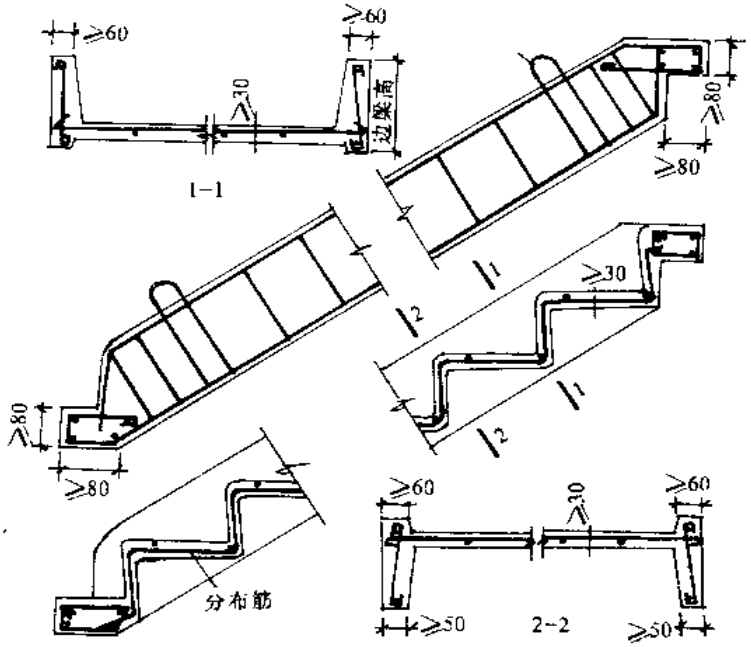


图 27-15 折板型楼梯的配筋构造

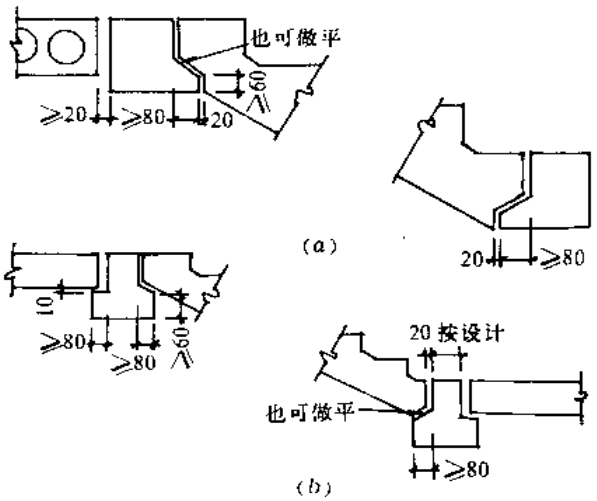


图 27-16　楼梯与平台板梁的接点连接

一般大型预制梁板式楼梯与平台梁板及基础连接可按图27-17进行。

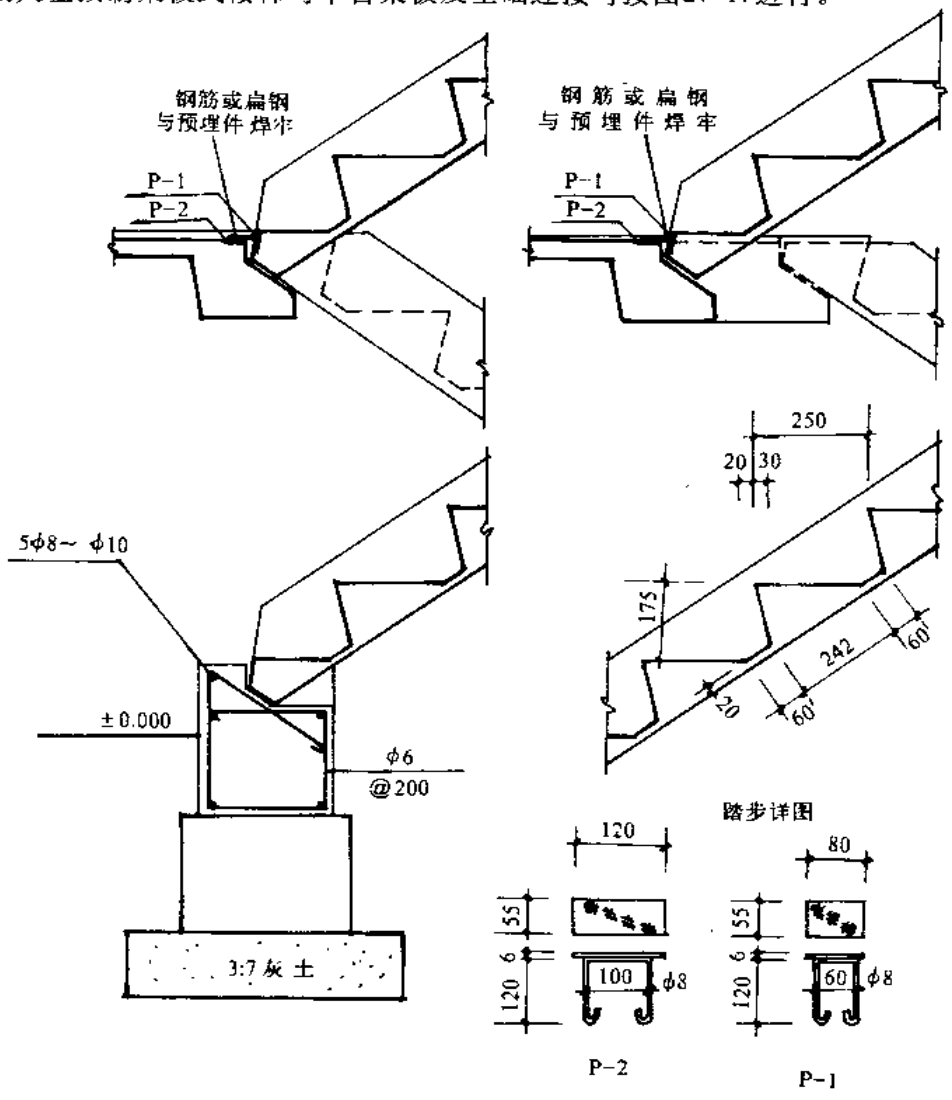


图 27-17　大型预制梁板式楼梯连接

附　　录

钢筋的截面面积、质量、周边长度、弯钩长度及排成一行时的最小梁宽度

附表 1

直径	截面面积A_s(mm²)及钢筋排成一行时的最小梁宽度b (mm)															每米质量	周边长度	弯钩长度(mm)	
	一根	二根	三根		四根		五根		六根		七根		八根		九根				
(mm)	A_s	A_s	A_s	b	A_s	b	A_s	b	A_s	b	A_s	b	A_s	b	A_s	(kg)	(mm)	6.25d	12.5d
2.5	4.9	9.8	14.7		19.6		24.5		29.4		34.3		39.2		44.1	0.039	7.9		
3	7.1	14.1	21.2		28.3		35.3		42.4		49.5		56.5		63.6	0.055	9.4		
4	12.6	25.1	37.7		50.2		62.8		75.4		87.9		100.5		113	0.099	12.6		
5	19.6	39	59		79		98		118		138		157		177	0.154	15.7		
6	28.3	57	85		113		142		170		198		226		255	0.222	18.9	40	80
8	50.3	101	151		201		252		302		352		402		453	0.395	25.1	50	100
10	78.5	157	236		314		393		471		550		628		707	0.617	31.4	70	130
12	113.1	226	339	150	452	200/180	565	250/220	678		791		904		1017	0.888	37.7	80	150
14	153.9	308	461	180/150	615	200/180	769	250/220	923		1077		1230		1387	1.208	44.0	90	180
16	201.1	402	603	180	804	220/200	1005	300/250	1206	350/300	1407		1608		1809	1.578	50.3	110	200
18	254.5	509	763	180	1017	220/200	1272	300/250	1526	350/300	1780	400/350	2236		2290	1.998	56.5	120	230
20	314.2	628	941	180	1256	250/220	1570	300	1884	350	2200	400/350	2513	450/400	2827	2.466	62.8	130	250
22	380.1	760	1140	180	1520	250/220	1900	300	2281	350	2661	400	3041	450/400	3421	2.984	69.1	140	280
25	490.9	982	1473	200/180	1964	250	2454	300	2945	400/350	3436	450/400	3927	500/450	4418	3.85	78.5	170	310
28	615.3	1232	1874	200	2463	300	3079	350	3695	400	4310	450	4926	550	5542	4.83	88	180	350
30	706.9	1413	2121	220	2827	300	3534	350	4241	450	4948	500	5655	550	6362	5.55	94.3	200	380
32	804.3	1609	2418	250	3217	300	4021	350	4826	450	5630	500	6434	600	7238	6.31	100.5	210	400
36	1017.9	2036	3054		4072		5089		6107		7125		8143	650	9161	7.99	113.1	240	450
40	1256.1	2513	3770		5027		6283		7540		8796		10053		11310	9.865	126	260	500

注，b值中分子系指梁上面钢筋排成一行时，分母系指梁下面钢筋排成一行时的最小梁宽度。

板宽1m内各种钢筋间距的钢筋截面面积，mm²

附表 2

钢筋间距(mm)	钢筋直径(mm)										
	6	6～8	8	8～10	10	10～12	12	12～14	14	14～16	16
70	404	561	719	920	1112	1369	1616	1907	2199	2536	2872
75	377	524	671	859	1047	1277	1508	1780	2052	2367	2681
80	354	491	629	805	981	1198	1414	1669	1924	2218	2513
85	333	462	592	758	924	1127	1331	1571	1811	2088	2365
90	314	437	559	716	872	1064	1257	1483	1710	1972	2234
95	298	414	529	678	825	1008	1190	1405	1620	1868	2116
100	283	393	503	644	785	958	1131	1335	1539	1775	2011
110	257	357	457	585	714	871	1028	1214	1399	1614	1828
120	236	327	419	537	654	798	942	1112	1283	1480	1676
125	226	314	402	515	628	766	905	1068	1231	1420	1608
130	218	302	387	495	604	737	870	1027	1184	1366	1547
140	202	281	359	460	561	684	808	954	1099	1268	1436
150	189	262	335	429	523	639	754	890	1026	1183	1340
160	177	246	314	403	491	599	707	834	962	1110	1257
170	166	231	296	379	462	564	665	785	905	1044	1183
180	157	218	279	358	436	532	628	742	855	985	1117
190	149	207	265	339	413	504	595	702	810	934	1058
200	141	196	251	322	393	479	565	668	770	888	1005
220	129	179	229	293	357	435	514	607	700	807	914
240	118	164	210	268	327	399	471	556	641	740	838
250	113	157	201	258	314	385	452	534	616	710	804
260	109	151	193	248	302	369	435	513	592	682	773
280	101	140	180	230	280	342	404	477	550	634	718
300	094	131	168	215	262	319	377	445	513	592	670
320	088	123	157	201	245	299	353	417	481	554	628

一种直径及两种直径钢筋组合时的钢筋面积，mm²

附表 3

直径		0	5	直径	1	2	3	4	5
12	1	113	679	10	192	270	349	427	506
	2	226	792		305	383	462	540	619
	3	339	905		418	496	575	653	732
	4	452	1018		531	609	688	767	845
	5	565	1131		644	723	801	880	958
14	1	154	924	12	267	380	493	606	719
	2	308	1078		421	534	647	760	873
	3	462	1232		575	688	801	914	1027
	4	616	1385		729	842	955	1068	1181
	5	770	1539		883	996	1109	1222	1335
16	1	201	1206	14	355	509	663	817	971
	2	402	1407		556	710	864	1018	1172
	3	603	1608		757	911	1065	1219	1373
	4	804	1810		958	1112	1266	1420	1574
	5	1005	2011		1159	1313	1467	1621	1775
18	1	254	1527	16	456	657	858	1059	1260
	2	509	1781		710	911	1112	1313	1514
	3	763	2036		964	1166	1367	1568	1769
	4	1018	2290		1219	1420	1621	1822	2023
	5	1272	2545		1473	1674	1876	2077	2278
20	1	314	1885	18	569	823	1018	1332	1587
	2	628	2200		883	1137	1392	1646	1900
	3	942	2513		1197	1451	1706	1960	2215
	4	1257	2827		1511	1766	2020	2275	2529
	5	1571	3142		1825	2080	2334	2589	2843
22	1	380	2280	20	694	1008	1322	1636	1951
	2	760	2660		1074	1389	1703	2017	2331
	3	1140	3040		1455	1769	2083	2397	2711
	4	1520	3420		1835	2149	2463	2777	3091
	5	1900	3800		2275	2529	2843	3157	3471
25	1	491	2945	22	871	1251	1631	2011	2392
	2	982	3436		1361	1742	2122	2502	2882
	3	1473	3927		1853	2233	2613	2993	3373
	4	1963	4418		2344	2724	3104	3484	3864
	5	2454	4909		2835	3215	3595	3975	4355
28	1	616	3695	25	1107	1597	2088	2579	3070
	2	1232	4310		1722	2213	2704	3195	3686
	3	1847	4926		2338	2829	3320	3811	4302
	4	2463	5542		2954	3445	3936	4427	4917
	5	3079	6158		3570	4061	4551	5042	5533
32	1	804	4825	28	1420	2036	2652	3267	3883
	2	1608	5630		2224	2840	3456	4072	4687
	3	2413	6434		3028	3644	4260	4876	5492
	4	3217	7238		3833	4448	5064	5680	6296
	5	4021	8042		4640	5253	5868	6484	7100
36	1	1018	6107	32	1822	2626	3431	4235	5039
	2	2036	7125		2840	3644	4448	5253	6057
	3	3054	8143		3858	4662	5466	6271	7075
	4	4072	9161		4876	5680	6484	7288	8093
	5	5089	10179		5894	6698	7502	8306	9111

表头 | 0 | 5 | 包括一种直径钢筋1～10根的面积。

直径	1	2	3	4	5
10	232	311	390	468	547
	386	465	543	622	701
	540	619	697	776	855
	694	773	851	930	1008
	848	927	1005	1084	1162
12	314	427	540	653	767
	515	628	741	855	968
	716	829	942	1056	1169
	917	1030	1144	1257	1370
	1118	1232	1345	1458	1571
14	408	562	716	870	1024
	663	817	971	1125	1279
	917	1071	1225	1379	1533
	1172	1326	1480	1634	1788
	1426	1580	1734	1888	2042
16	515	716	917	1118	1319
	829	1030	1232	1433	1634
	1144	1345	1546	1747	1948
	1458	1659	1860	2061	2262
	1772	1973	2174	2375	2576
18	635	889	1144	1398	1652
	1015	1269	1524	1778	2033
	1395	1649	1904	2158	2413
	1775	2029	2284	2538	2793
	2155	2410	2664	2919	3173
20	805	1119	1433	1748	2162
	1296	1610	1924	2238	2553
	1787	2101	2415	2729	3043
	2278	2592	2906	3220	3534
	2769	3083	3397	3711	4025
22	996	1376	1756	2136	2516
	1612	1992	2372	2752	3132
	2227	2608	2988	3368	3748
	2843	3223	3603	3984	4364
	3459	3839	4219	4599	4979
25	1296	1786	2277	2768	3259
	2099	2590	3081	3572	4063
	2904	3394	3885	4376	4867
	3708	4199	4690	5180	5671
	4512	5003	5494	5985	6476
28	1634	2249	2865	3481	4097
	2652	3267	3883	4499	5115
	3669	4285	4901	5517	6132
	4687	5303	5919	6535	7150
	5705	6321	6937	7552	8168

表头 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 包括两种直径钢筋各1～5根时的面积。如求3φ16，2φ12的组合钢筋面积，自第一栏φ16三根一行横查至φ12，在2φ12栏得总面积为829mm²

直径	1	2	3	4	5
10	280	358	437	515	594
	481	559	638	716	795
	682	760	839	917	996
	883	961	1040	1118	1197
	1084	1162	1241	1319	1398
12	368	481	594	707	820
	622	735	848	961	1074
	877	990	1103	1216	1329
	1131	1244	1357	1470	1583
	1385	1499	1612	1725	1838
14	468	622	776	930	1084
	782	936	1090	1244	1398
	1096	1250	1404	1558	1712
	1411	1565	1718	1872	2026
	1725	1879	2033	2187	2340
16	581	782	983	1184	1385
	961	1162	1363	1564	1765
	1341	1543	1744	1945	2146
	1722	1923	2124	2325	2526
	2102	2303	2504	2705	2906
18	745	1000	1254	1509	1763
	1236	1491	1745	2000	2254
	1727	1982	2236	2490	2745
	2217	2472	2727	2981	3236
	2709	2963	3218	3472	3727
20	930	1244	1558	1872	2187
	1547	1860	2174	2488	2802
	2161	2476	2790	3104	3418
	2777	3091	3405	3720	4034
	3393	3707	4021	4335	4650
22	1184	1565	1945	2325	2705
	1989	2369	2749	3129	3509
	2793	3173	3553	3933	4313
	3597	3977	4357	4738	5118
	4401	4782	5162	5542	5922
25	1509	2000	2490	2981	3472
	2527	3017	3508	3999	4490
	3545	4035	4526	5017	5508
	4562	5053	5544	6035	6526
	5580	6071	6562	7053	7544

直径	1	2	3	4	5
10	333	472	490	569	647
	587	666	745	823	902
	842	920	999	1078	1156
	1096	1175	1253	1332	1411
	1351	1429	1508	1586	1665
12	427	540	653	767	880
	741	855	968	1081	1194
	1056	1169	1282	1395	1508
	1370	1483	1596	1709	1822
	1684	1797	1910	2023	2136
14	493	606	719	833	946
	873	986	1100	1213	1326
	1253	1367	1480	1593	1706
	1634	1747	1860	1973	2086
	2014	2127	2240	2353	2466
16	604	717	830	943	1056
	1095	1208	1321	1434	1547
	1586	1699	1812	1925	2038
	2077	2190	2303	2416	2529
	2567	2681	2794	2907	3020
18	729	842	955	1068	1181
	1345	1458	1571	1684	1797
	1960	2073	2187	2300	2413
	2576	2690	2802	2915	3028
	3192	3305	3418	3531	3644
20	917	1030	1144	1257	1370
	1722	1835	1948	2061	2114
	2526	2639	2752	2865	2918
	3330	3443	3556	3669	3782
	4134	4247	4361	4474	4587
22	1131	1244	1357	1470	1583
	2149	2262	2375	2488	2601
	3167	3280	3393	3506	3619
	4185	4298	4411	4524	4637
	5202	5316	5429	5542	5655

每米长钢板质量表，kg

附表 4

厚度	宽度 (mm)												
(mm)	10	12	14	15	16	18	20	22	24	25	26	28	30
1	0.079	0.094	0.110	0.118	0.126	0.141	0.157	0.173	0.188	0.196	0.204	0.220	0.235
2	0.157	0.188	0.220	0.236	0.251	0.283	0.314	0.345	0.377	0.393	0.408	0.440	0.471
3	0.236	0.283	0.330	0.353	0.377	0.424	0.471	0.518	0.565	0.589	0.612	0.659	0.705
4	0.314	0.377	0.440	0.471	0.502	0.565	0.628	0.691	0.754	0.785	0.816	0.879	0.942
5	0.393	0.471	0.550	0.589	0.628	0.707	0.785	0.864	0.942	0.981	1.020	1.099	1.177
6	0.471	0.560	0.659	0.707	0.754	0.848	0.942	1.036	1.130	1.178	1.225	1.319	1.413
7	0.550	0.659	0.769	0.824	0.879	0.989	1.099	1.209	1.319	1.374	1.429	1.539	1.648
8	0.628	0.754	0.879	0.942	1.005	1.130	1.256	1.382	1.507	1.570	1.633	1.758	1.884
9	0.707	0.848	0.989	1.060	1.130	1.272	1.413	1.554	1.696	1.766	1.831	1.978	2.119
10	0.785	0.942	1.099	1.178	1.256	1.413	1.570	1.727	1.884	1.963	2.047	2.198	2.355
11	0.864	1.036	1.209	1.295	1.382	1.554	1.727	1.900	2.072	2.159	2.245	2.418	2.590
12	0.942	1.130	1.319	1.413	1.507	1.696	1.884	2.072	2.261	2.355	2.449	2.638	2.826
13	1.021	1.225	1.429	1.531	1.633	1.837	2.041	2.245	2.440	2.551	2.653	2.857	3.061
14	1.099	1.319	1.539	1.649	1.758	1.978	2.198	2.418	2.638	2.748	2.857	3.077	3.297
15	1.178	1.413	1.649	1.766	1.884	2.120	2.355	2.591	2.826	2.944	3.061	3.297	3.532
16	1.256	1.507	1.758	1.884	2.010	2.261	2.512	2.763	3.014	3.140	3.266	3.517	3.768
17	1.335	1.601	1.868	2.002	2.135	2.402	2.669	2.936	3.203	3.336	3.470	3.737	4.003
18	1.413	1.696	1.978	2.120	2.261	2.543	2.826	3.109	3.391	3.533	3.674	3.956	4.239
19	1.492	1.790	2.088	2.237	2.386	2.685	2.983	3.281	3.580	3.729	3.878	4.176	4.474
20	1.570	1.884	2.198	2.355	2.512	2.826	3.140	3.454	3.768	3.925	4.082	4.396	4.710
21	1.649	1.978	2.308	2.473	2.638	2.967	3.297	3.627	3.956	4.121	4.286	4.616	4.946
22	1.727	2.072	2.419	2.591	2.763	3.109	3.454	3.799	4.145	4.319	4.490	4.836	5.181
23	1.806	2.167	2.528	2.708	2.889	3.250	3.611	3.972	4.333	4.518	4.694	5.055	5.417
24	1.884	2.261	2.638	2.826	3.014	3.391	3.768	4.145	4.522	4.710	4.898	5.275	5.652
25	1.963	2.355	2.748	2.944	3.140	3.533	3.925	4.318	4.710	4.905	5.103	5.495	5.888

厚度	宽度 (mm)											
(mm)	32	34	35	36	38	40	42	44	45	46	48	50
1	0.251	0.267	0.275	0.283	0.298	0.314	0.330	0.345	0.353	0.361	0.377	0.392
2	0.505	0.534	0.560	0.565	0.597	0.628	0.659	0.691	0.707	0.722	0.754	0.785
3	0.754	0.801	0.824	0.848	0.895	0.942	0.989	1.036	1.060	1.083	1.130	1.177
4	1.005	1.068	1.099	1.130	1.193	1.256	1.319	1.382	1.413	1.444	1.507	1.570
5	1.256	1.334	1.374	1.413	1.492	1.570	1.649	1.727	1.766	1.805	1.884	1.962
6	1.507	1.601	1.649	1.696	1.790	1.884	1.978	2.072	2.120	2.167	2.261	2.355
7	1.758	1.868	1.923	1.978	2.088	2.198	2.308	2.418	2.473	2.528	2.638	2.747
8	2.010	2.135	2.198	2.261	2.386	2.512	2.638	2.763	2.826	2.889	3.014	3.140
9	2.261	2.402	2.473	2.543	2.685	2.826	2.967	3.109	3.179	3.250	3.391	3.532
10	2.512	2.669	2.748	2.826	2.983	3.140	3.297	3.454	3.533	3.610	3.768	3.925
11	2.763	2.936	3.022	3.109	3.281	3.454	3.627	3.799	3.886	3.972	4.145	4.317
12	3.014	3.203	3.207	3.391	3.580	3.768	3.956	4.145	4.239	4.333	4.522	4.710
13	3.266	3.470	3.572	3.674	3.878	4.082	4.286	4.490	4.592	4.694	5.898	5.102
14	3.517	3.737	3.847	3.956	4.176	4.396	4.616	4.836	4.946	5.055	5.275	5.495
15	3.768	4.003	4.121	4.239	4.474	4.710	4.945	5.188	5.299	5.416	5.652	5.887
16	4.019	4.270	4.396	4.522	4.773	5.024	5.275	5.526	5.652	5.778	6.029	6.280
17	4.270	4.537	4.671	4.804	5.071	5.338	5.605	5.872	6.005	6.139	6.406	6.672
18	4.522	4.804	4.946	5.087	5.369	5.632	5.935	6.217	6.359	6.500	6.782	7.065
19	4.773	5.071	5.220	5.369	5.668	5.966	6.264	6.563	6.712	6.861	7.159	7.457
20	5.024	5.338	5.495	5.652	5.966	6.280	6.594	6.908	7.065	7.222	7.536	7.850
21	5.275	5.605	5.770	5.935	6.264	6.594	6.924	7.253	7.418	7.583	7.913	8.243
22	5.526	5.872	6.045	6.217	6.563	6.908	7.253	7.599	7.772	7.944	8.290	8.635
23	5.778	6.139	6.319	6.500	6.861	7.222	7.583	7.944	8.125	8.305	8.066	9.028
24	6.029	6.406	6.594	6.782	7.159	7.536	7.913	8.290	8.478	8.666	8.643	9.420
25	6.280	6.673	6.869	6.065	7.458	7.850	8.243	8.635	8.831	9.028	9.429	9.813

厚度 (mm)	宽度 (mm)												
	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130
1	0.432	0.471	0.510	0.549	0.589	0.628	0.667	0.707	0.746	0.785	0.864	0.942	1.021
2	0.864	0.942	1.021	1.099	1.177	1.256	1.336	1.413	1.492	1.570	1.727	1.884	2.041
3	1.295	1.413	1.531	1.648	1.766	1.884	2.002	2.120	2.237	2.355	2.591	2.826	3.062
4	1.727	1.884	2.041	2.198	2.355	2.512	2.669	2.826	2.983	3.140	3.454	3.768	4.082
5	2.159	2.355	2.551	2.747	2.944	3.140	3.336	3.532	3.729	3.925	4.317	4.710	5.103
6	2.591	2.826	3.062	3.297	3.532	3.768	4.003	4.239	4.474	4.710	5.181	5.652	6.123
7	3.022	3.297	3.572	3.846	4.121	4.396	4.671	4.946	5.220	5.495	6.044	6.594	7.144
8	3.454	3.768	4.082	4.396	4.710	5.024	5.338	5.652	5.966	6.280	6.908	7.536	8.164
9	3.886	4.239	4.592	4.945	5.299	5.652	6.005	6.358	6.712	7.065	7.771	8.478	9.185
10	4.318	4.710	5.103	5.495	5.887	6.280	6.672	7.065	7.457	7.850	8.635	9.420	10.210
11	4.749	5.181	5.613	6.044	6.476	6.908	7.340	7.771	8.203	8.635	9.498	10.36	11.23
12	5.181	5.652	6.123	6.594	7.065	7.536	8.007	8.478	8.949	9.420	10.360	11.30	12.25
13	5.613	6.123	6.633	7.143	7.654	8.164	8.674	9.184	9.695	10.200	11.230	12.25	13.27
14	6.045	6.594	7.144	7.693	8.242	8.792	9.341	9.891	10.440	10.990	12.090	13.19	14.29
15	6.476	7.065	7.654	8.242	8.831	9.420	10.010	10.600	11.190	11.770	12.950	14.13	15.31
16	6.908	7.536	8.164	8.792	9.420	10.050	10.680	11.30	11.93	12.56	13.82	15.07	16.33
17	7.340	8.007	8.674	9.341	10.010	10.680	11.340	12.01	12.68	13.35	14.68	16.01	17.35
18	7.772	8.478	9.185	9.891	10.600	11.300	12.010	12.72	13.42	14.13	15.54	16.96	18.37
19	8.203	8.949	9.695	10.440	11.190	11.930	12.680	13.42	14.19	14.92	16.41	17.90	19.39
20	8.635	9.420	10.210	10.990	11.780	12.560	13.350	14.13	14.92	15.70	17.27	18.84	20.41
21	9.067	9.893	10.720	11.540	12.360	13.190	14.010	14.84	15.66	16.49	18.13	19.78	21.43
22	9.499	10.360	11.230	12.090	12.950	13.820	14.680	15.54	16.41	17.27	19.00	20.72	22.45
23	9.930	10.836	11.740	12.640	13.540	14.440	15.350	16.25	17.15	18.06	19.86	21.67	23.47
24	10.360	11.300	12.250	13.190	14.130	15.070	16.010	16.93	17.90	18.84	20.72	22.61	24.49
25	10.790	11.780	12.760	13.740	14.720	15.700	16.680	17.66	18.64	19.63	21.59	23.55	26.51

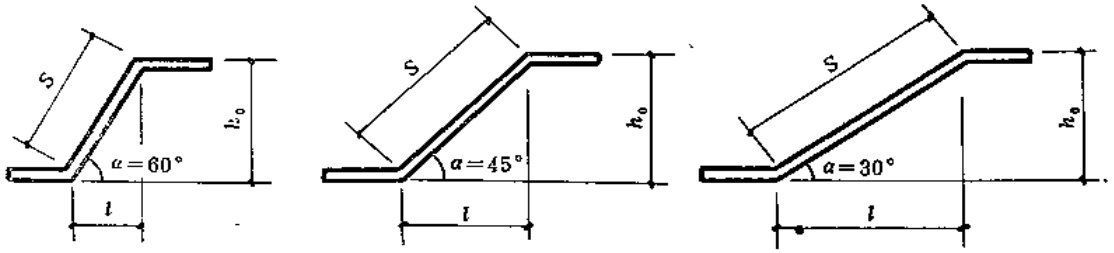
厚度 (mm)	宽度 (mm)											
	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
1	1.099	1.178	1.256	1.335	1.413	1.492	1.570	1.649	1.727	1.806	1.880	1.960
2	2.198	2.355	2.512	2.660	2.826	2.983	3.140	3.297	3.454	3.611	3.770	3.930
3	3.297	3.533	3.768	4.004	4.239	4.475	4.710	4.946	5.181	5.417	5.650	5.890
4	4.396	4.710	5.024	5.338	5.652	5.966	6.280	6.594	6.980	7.222	7.540	7.850
5	5.495	5.887	6.280	6.673	7.065	7.458	7.850	8.243	8.635	9.028	9.420	9.810
6	6.594	7.065	7.536	8.007	8.478	8.949	9.420	9.891	10.362	10.83	11.30	11.78
7	7.603	8.242	8.792	9.342	9.891	10.44	10.99	11.54	12.089	12.64	13.19	13.74
8	8.792	9.420	10.05	10.68	11.30	11.93	12.56	13.19	13.816	14.44	15.07	15.70
9	9.893	10.600	11.30	12.01	12.72	13.42	14.13	14.84	15.543	16.25	16.06	17.66
10	10.990	11.770	12.56	13.35	14.13	14.92	15.70	16.49	17.270	18.06	18.84	19.63
11	12.09	12.95	13.82	14.68	15.54	16.41	17.27	18.13	18.997	19.36	20.72	21.59
12	13.19	14.13	15.07	16.01	16.96	17.90	18.84	19.78	20.724	21.67	22.69	23.55
13	14.29	15.31	16.33	17.35	18.37	19.39	20.41	21.43	22.451	23.47	24.40	25.61
14	15.39	16.48	17.58	18.68	19.78	20.88	21.98	23.08	24.178	25.28	26.38	27.48
15	16.49	17.66	18.84	20.02	21.20	22.37	23.55	24.73	25.905	27.08	28.26	29.44
16	17.58	18.84	20.10	21.35	22.61	23.86	25.12	26.38	27.632	28.89	30.14	31.40
17	18.68	20.02	21.35	22.69	24.02	25.36	26.69	28.02	29.359	30.69	32.03	33.36
18	19.78	21.20	22.61	24.02	25.43	26.85	28.26	29.67	31.086	32.50	33.41	35.33
19	20.88	22.36	23.86	25.36	26.85	28.34	29.83	31.32	32.813	34.30	35.80	37.29
20	21.98	23.55	25.12	26.69	28.26	29.83	31.40	32.97	34.540	36.11	37.68	39.25
21	23.08	24.73	26.38	28.02	29.67	31.32	32.97	34.62	36.27	37.92	39.56	41.21
22	24.18	25.91	27.63	29.36	31.09	32.81	34.54	36.27	37.99	39.72	41.45	43.19
23	25.28	27.08	28.80	30.69	32.50	34.31	36.11	37.92	39.72	41.53	43.33	46.18
24	26.38	28.26	30.14	32.03	33.91	35.80	37.68	39.56	41.45	43.33	45.22	47.10
25	27.48	29.44	31.40	33.36	35.33	37.29	39.25	41.21	43.18	45.14	47.10	49.05

厚度 (mm)	宽度 (mm)												
	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380
1	2.04	2.12	2.20	2.28	2.35	2.43	2.51	2.59	2.67	2.75	2.83	2.91	2.98
2	4.03	4.24	4.40	4.55	4.71	4.87	5.02	5.17	5.34	5.50	5.65	5.81	5.97
3	6.12	6.36	6.59	6.83	7.05	7.30	7.54	7.77	8.01	8.24	8.48	8.71	8.95
4	8.16	8.48	8.79	9.11	9.42	9.73	10.05	10.36	10.68	10.99	11.30	11.62	1.93
5	10.20	10.60	10.99	11.38	11.77	12.17	12.56	12.95	13.34	13.74	14.13	14.52	14.92
6	12.25	12.72	13.19	13.66	14.13	14.60	15.07	15.54	16.01	16.49	16.96	17.43	17.90
7	14.29	14.84	15.39	15.94	16.48	17.03	17.58	18.13	18.68	19.23	19.78	20.33	20.88
8	16.33	16.99	17.58	18.21	18.84	19.47	20.10	20.73	21.35	21.98	22.61	23.23	23.86
9	18.31	19.08	19.78	20.49	21.19	21.90	22.61	23.31	24.02	24.73	25.43	26.14	26.85
10	20.47	21.20	21.98	22.77	23.55	24.34	25.12	25.91	26.69	27.48	28.26	29.05	29.83
11	22.45	23.31	24.18	25.04	25.90	26.77	27.63	28.50	29.36	30.22	31.09	31.95	32.81
12	24.49	25.43	26.38	27.32	28.26	29.20	30.14	31.08	32.08	32.07	33.91	34.86	35.86
13	26.53	27.55	28.57	29.59	30.61	31.63	32.66	33.68	34.70	35.72	36.74	37.76	38.78
14	28.57	29.67	30.77	31.87	32.99	34.07	35.17	36.26	37.37	38.47	39.56	40.66	41.76
15	30.61	31.79	32.97	34.15	35.32	36.49	37.68	38.85	40.03	41.21	42.39	43.56	44.74
16	32.66	33.91	35.17	36.42	37.68	38.94	40.19	41.45	42.70	43.95	45.22	46.47	47.73
17	34.70	36.03	37.37	38.70	40.08	41.38	42.70	44.04	45.37	46.71	48.02	49.38	50.71
18	36.74	38.15	39.56	40.98	42.39	43.80	45.22	46.63	48.04	49.46	50.87	52.28	53.69
19	38.78	40.29	41.76	43.25	44.74	46.25	47.73	49.22	50.71	52.20	53.69	55.19	56.68
20	40.82	42.39	43.96	45.53	47.10	48.67	50.24	51.81	53.38	54.95	56.52	58.09	59.66
21	42.86	44.51	46.16	47.81	49.46	51.11	52.75	54.40	56.05	57.70	59.35	60.99	62.64
22	44.90	46.63	48.36	50.03	51.81	53.54	55.26	56.99	58.72	60.45	62.17	63.90	65.63
23	46.94	48.75	50.55	52.36	54.17	55.98	57.78	59.59	61.39	63.19	65.00	66.81	68.61
24	48.98	50.87	52.75	54.64	56.52	58.40	60.29	62.17	64.06	65.94	67.82	69.71	71.59
25	51.03	52.99	54.95	56.91	58.88	60.85	62.80	64.76	66.73	68.69	70.65	72.62	74.58

厚度 (mm)	宽度 (mm)											
	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500
1	3.06	3.14	3.22	3.30	2.88	3.45	3.53	3.61	3.69	3.77	3.85	3.92
2	6.12	6.28	6.44	6.59	6.75	6.91	7.07	7.22	7.38	7.54	7.69	7.85
3	9.19	9.42	9.66	9.89	10.13	10.36	10.60	10.83	11.07	11.30	11.54	11.77
4	12.25	12.56	12.87	13.19	13.57	13.82	14.13	14.44	14.76	15.07	15.39	15.70
5	15.31	15.70	16.09	16.49	16.88	17.27	17.66	18.05	18.45	18.84	19.23	19.62
6	18.37	18.84	19.31	19.78	20.25	20.72	21.20	21.67	22.14	22.61	23.08	23.55
7	21.43	21.98	20.53	23.08	23.63	24.18	24.73	25.28	25.83	26.38	26.93	27.47
8	24.49	25.12	25.75	26.38	27.01	27.63	28.26	28.89	29.52	30.14	30.77	31.40
9	27.55	28.26	28.97	29.67	30.38	31.04	31.79	32.50	33.21	33.91	34.62	35.32
10	30.62	31.40	32.19	32.97	33.76	34.54	35.33	36.10	36.90	37.68	38.47	39.25
11	33.68	34.54	35.40	36.27	37.13	37.99	38.86	39.72	40.58	41.45	42.31	43.17
12	36.74	37.68	38.62	39.56	40.50	41.45	82.39	43.33	44.27	45.22	46.16	47.10
13	39.80	40.82	41.84	42.86	43.88	44.90	45.92	46.94	47.96	48.98	50.00	51.02
14	42.86	43.96	45.06	46.16	47.26	48.36	49.46	50.55	51.65	52.75	53.85	54.95
15	45.92	47.10	48.28	49.45	50.64	51.88	52.99	54.16	55.34	56.52	57.70	58.87
16	48.98	50.24	51.50	52.75	54.01	55.26	56.52	57.78	59.03	60.29	61.54	62.80
17	52.05	53.38	54.71	56.05	57.38	58.72	60.05	61.39	62.72	64.06	65.39	66.72
18	55.11	56.32	57.93	59.35	60.76	62.17	63.59	65.00	66.41	67.82	69.24	70.65
19	58.17	59.66	61.15	62.64	64.13	65.63	67.12	68.61	70.10	71.58	73.08	74.57
20	61.23	62.80	64.37	65.94	67.51	69.08	70.65	72.22	73.79	75.36	76.93	78.50
21	64.29	65.44	67.59	69.24	70.89	72.53	74.18	75.83	77.48	79.13	80.78	82.43
22	67.35	69.08	70.81	72.53	74.26	75.99	77.12	79.44	81.17	82.90	84.62	86.35
23	70.42	72.22	74.03	75.83	77.64	79.44	81.25	83.05	84.86	86.66	88.47	90.28
24	73.48	75.36	77.24	79.13	81.01	82.90	84.78	86.66	88.55	90.43	92.32	94.20
25	76.54	78.50	80.46	82.43	84.39	86.35	88.31	90.28	92.24	94.22	96.16	98.13

厚度 (mm)	宽度 (mm)												
	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150
1	4.32	4.71	5.10	5.49	5.89	6.28	6.67	7.07	7.46	7.85	8.24	8.64	9.03
2	8.64	9.42	10.21	10.99	11.77	12.56	13.36	14.13	14.92	15.70	16.49	17.27	18.06
3	12.95	14.13	15.31	16.48	17.66	18.84	20.02	21.20	22.37	23.55	24.73	25.91	27.09
4	17.27	18.84	20.41	21.98	23.55	25.12	26.69	28.26	29.83	31.40	32.97	34.54	36.11
5	21.59	23.55	25.51	27.47	29.44	31.40	33.36	35.32	37.29	39.25	41.21	43.17	45.13
6	25.91	28.26	30.62	32.47	35.32	37.68	40.03	42.39	44.74	47.10	49.46	51.81	54.17
7	30.22	32.97	35.72	38.46	41.21	43.96	46.71	49.46	52.20	54.95	57.70	60.44	63.19
8	34.54	37.68	40.82	43.96	47.10	50.24	53.38	56.52	59.66	62.80	65.94	69.08	72.22
9	38.86	42.39	45.92	49.45	52.99	56.52	60.05	63.58	67.12	70.65	74.18	77.71	81.24
10	43.18	47.10	51.03	54.95	58.87	62.80	66.72	70.65	74.57	78.50	82.43	86.35	90.28
11	47.49	51.81	56.13	60.44	64.76	69.08	73.40	77.71	82.03	86.35	90.67	94.98	99.30
12	51.81	56.52	61.23	65.94	70.65	75.36	80.07	84.78	89.49	94.20	98.91	103.60	108.31
13	56.13	61.23	66.33	71.43	76.54	81.64	86.74	91.84	96.49	102.00	107.10	112.30	117.40
14	60.45	65.94	71.44	76.93	82.42	87.92	93.41	98.91	104.40	109.90	115.40	120.90	126.40
15	64.76	70.65	76.54	82.42	88.31	94.20	100.10	106.00	111.90	117.70	123.59	129.50	135.34
16	69.08	75.36	81.64	87.92	94.20	100.50	106.80	113.00	119.30	125.60	131.88	138.20	144.48
17	73.40	80.07	86.74	93.41	100.10	106.80	113.40	120.10	126.80	133.50	140.17	146.80	153.47
18	77.72	84.78	91.85	98.91	103.00	113.00	120.10	127.20	134.20	141.30	148.31	155.40	162.47
19	82.03	89.49	96.95	104.40	111.90	119.30	126.80	134.20	141.70	149.20	156.66	164.10	171.56
20	86.35	94.20	102.10	109.90	117.80	125.60	133.50	141.30	149.20	157.00	164.85	172.70	180.55
21	90.67	98.91	107.20	115.40	123.60	131.90	140.10	148.40	156.60	164.90	173.14	181.30	189.54
22	94.99	103.60	112.30	120.90	129.50	138.20	146.80	155.40	164.10	172.70	181.34	190.00	198.64
23	99.30	108.30	117.40	126.40	135.40	144.40	153.50	162.50	171.50	180.60	189.63	198.60	207.63
24	103.60	113.00	122.50	131.90	141.30	150.70	160.10	169.60	179.90	188.40	197.82	207.20	216.62
25	107.90	117.80	127.60	137.40	147.20	157.00	166.80	176.60	186.40	196.30	206.11	215.90	225.71

厚度 (mm)	宽度 (mm)											
	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750
1	9.42	9.81	10.21	10.60	10.99	11.38	11.78	12.17	12.56	12.95	13.35	13.74
2	18.84	19.63	20.41	21.20	21.98	22.77	23.55	24.34	25.12	25.91	26.60	27.39
3	28.26	29.44	30.62	31.80	32.97	34.15	35.33	36.51	37.68	38.86	40.04	41.22
4	37.68	39.25	40.82	42.39	43.96	45.53	47.10	48.61	50.24	51.81	53.38	54.95
5	47.10	49.06	51.03	52.99	54.95	56.91	58.87	60.83	62.88	64.76	66.73	68.69
6	56.52	58.88	61.23	63.59	65.94	68.30	70.65	73.01	75.36	77.72	80.07	82.43
7	65.94	68.69	71.44	74.19	76.03	78.78	82.42	85.17	87.92	90.69	93.42	96.19
8	75.36	78.50	81.64	84.78	87.92	91.06	94.20	97.34	100.50	103.64	106.80	109.94
9	84.78	88.31	91.85	95.38	98.91	102.44	106.00	109.53	113.00	116.53	120.10	123.63
10	94.20	98.13	102.10	106.03	109.90	113.83	117.70	121.63	125.60	129.53	133.50	137.43
11	103.60	107.92	112.30	116.62	120.90	125.22	129.50	133.82	138.20	142.52	146.80	151.12
12	113.00	117.71	122.50	127.21	131.90	136.61	141.30	146.01	150.70	155.41	160.10	164.81
13	122.50	127.60	132.70	137.80	142.90	148.00	153.10	158.20	163.30	168.40	173.50	178.60
14	131.90	137.40	142.90	148.40	153.90	159.40	164.80	170.30	175.80	181.30	186.80	192.30
15	141.30	147.19	153.10	158.99	164.90	170.79	176.60	182.49	188.40	194.29	200.20	206.09
16	150.70	156.98	163.30	169.58	175.80	182.08	188.40	194.68	201.00	207.28	213.50	219.78
17	160.10	166.77	173.50	180.17	186.80	193.47	200.20	206.87	213.50	220.17	226.90	233.57
18	169.60	176.67	183.70	190.77	197.80	204.81	212.00	219.07	226.10	233.17	240.20	247.27
19	179.00	186.40	193.90	201.36	208.80	216.26	223.60	231.06	238.60	246.06	253.60	261.06
20	188.40	196.25	204.10	211.95	219.80	227.65	235.50	243.35	251.20	259.05	266.90	274.75
21	197.80	206.04	214.30	222.54	230.80	239.04	247.30	255.54	263.30	272.04	280.20	288.44
22	207.20	215.84	224.50	233.14	241.80	250.44	259.10	267.74	276.30	284.94	293.60	302.24
23	216.70	225.73	234.70	243.73	252.80	261.83	270.80	279.83	288.00	297.03	306.90	315.93
24	226.10	235.52	244.90	254.32	263.80	273.22	282.60	292.02	301.40	310.82	320.30	329.72
25	235.50	245.31	255.10	264.91	274.80	284.61	294.40	304.21	314.00	323.81	333.60	343.41



$l=\frac{h_0}{1.732}$　$S=\frac{h_0}{0.866}$　　$S=\frac{h_0}{0.707}$　　$l=\frac{h_0}{0.577}$　$S=\frac{h_0}{0.5}$

弯起高度 h_0 (mm)	$\alpha=60°$		$\alpha=45°$	$\alpha=30°$		弯起高度 h_0 (mm)	$\alpha=60°$		$\alpha=45°$
	l	S	S	l	S		l	S	S
40	25	50	60	70	80	650	380	750	920
50	30	60	70	90	100	680	390	780	960
60	35	70	90	100	120	700	410	810	990
70	40	80	100	120	140	730	420	840	1030
80	50	90	110	140	160	750	440	860	1060
90	55	100	130	160	180	780	450	900	1100
100	60	120	140	170	200	800	460	920	1130
110	65	130	160	190	220	830	480	950	1170
120	70	140	170	210	240	850	490	980	1200
130	80	150	180	230	260	880	510	1010	1240
150	90	170	210	260	300	900	520	1040	1270
170	100	200	240	300	340	930	540	1070	1310
200	120	230	280	350	400	950	550	1090	1340
230	130	260	320	400	460	980	570	1130	1380
250	150	290	350	430	500	1000	580	1150	1410
280	160	320	390	480	560	1030	600	1180	1450
300	170	350	420	520	600	1050	610	1210	1480
330	190	380	470	570	660	1080	630	1240	1520
350	200	400	490	610	700	1100	640	1270	1550
380	220	440	540	660	760	1130	660	1300	1590
400	230	460	560	690	800	1150	670	1320	1620
430	250	490	610	740	860	1180	680	1360	1660
450	260	520	630	780	900	1200	700	1380	1690
480	280	550	680	830	960	1230	710	1420	1730
500	290	580	710	870	1000	1250	730	1440	1760
530	310	610	750	920	1060	1280	740	1470	1800
550	320	630	780	950	1100	1300	750	1500	1830
580	340	670	820	1000	1160	1330	770	1530	1870
600	350	690	860	1040	1200	1380	800	1590	1940
630	370	720	890	1090	1260	1430	830	1640	2000

每根弯起钢筋抗剪能力F,N

附表 6

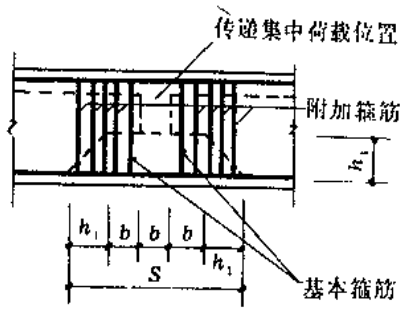
弯起钢筋直径（mm）	$F=0.8f_y \cdot A_{sb} \cdot \sin\alpha_s$			
	Ⅰ级钢筋 $f_y=210\text{N/mm}^2$		Ⅱ级钢筋 $f_y=310\text{N/mm}^2$	
	$\alpha_s=45°$	$\alpha_s=60°$	$\alpha_s=45°$	$\alpha_s=60°$
10	9323	11420	13763	16859
12	13433	16454	19830	24290
14	18279	22390	26984	33052
16	23885	29257	35260	43189
18	30228	37026	44623	54658
20	37319	45712	55090	67480
22	45146	55300	66645	81633
25	58307	71429	86072	105429
28	73082	89518	100923	123621
30	83962	102845	115948	142024
32	95531	117016	131924	161593

注：1.位于构件侧边的底层钢筋不应弯起。 2.钢筋弯起角度一般为45°，当梁高大于800mm时，可为60°。 3.弯起钢筋的末端应留有直线段，其长度在受拉区不应小于20d（d为钢筋直径），在受压区不应小于10d。

附加箍筋承受的集中荷载的能力F,N

附表 7

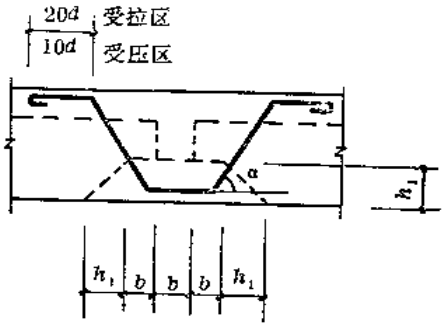
钢筋种类	直径 (mm)	双肢箍筋个数				
		1	2	3	4	5
Ⅰ级钢筋 $f_{yv}=210\text{N/mm}^2$	Φ 6	11886	23772	35658	47544	59430
	Φ 8	21126	42252	63378	84504	105630
	Φ10	32970	65940	98910	131880	164850
	Φ12	47502	95004	142506	190008	237510
Ⅱ级钢筋 $f_{yv}=310\text{N/mm}^2$	Φ 6	17546	35092	52638	70184	87730
	Φ 8	31186	62372	93558	124744	155930
	Φ10	48670	97340	146010	194680	243350
	Φ12	70122	140244	210366	280488	350610



注：1.表中所列为双肢箍筋承受集中荷载F的能力，$F=f_{yv} \cdot n \cdot A_{sv1}$。 2.若用四肢箍筋时应将表中数值加倍。

每根附加吊筋承受集中荷载的能力F，N　　附表 8

吊筋直径 (mm)	每根吊筋 $F=2f_{yv}\cdot A_{sv}\cdot\sin\alpha$			
	Ⅰ级钢筋		Ⅱ级钢筋	
	$\alpha=45°$	$\alpha=60°$	$\alpha=45°$	$\alpha=60°$
10	23308	28552	34408	42148
12	33584	41136	49576	60724
14	45698	55976	67460	82630
16	59714	73144	88150	107974
18	75570	92566	111556	138646
20	93298	114280	137726	168700
22	112866	138248	166612	204082
25	145766	178550	215180	263574
28	182706	223796	252308	309052
30	209906	257112	289870	355060
32	238828	292538	329810	403982



吊筋弯起角度α一般为45°；
当梁高大于800毫米时$\alpha=60°$

角焊缝承载能力N，N/cm　　附表 9

焊缝厚度 (mm)	抗拉、抗压和抗剪　$N=0.7h_f f_f^w$		
	采用E43X型焊条	采用E50X型焊条	采用E55X型焊条
	3号钢	16Mn钢，16Mnq钢	15MnV钢，15MnVq钢
4	4480	5600	6160
6	6720	8400	9240
8	8960	11200	12320
10	11200	14000	15400
12	13440	16800	18480
14	15680	19600	21560
15	16800	21000	23100
16	17920	22400	24640
18	20160	25200	27720
20	22400	28000	30800
22	24640	30800	33880
24	26880	33600	36960

注：1.焊接方法为电弧手工焊、半自动焊、自动焊。

2.工地高空安装焊缝按上述有效长度增加10%。

3.吊车梁连接和直载小于总荷载40%的屋面构件连接时，焊缝按上述有效长度增加5%。

对接焊缝承载能力N,N/mm

附表 10

焊缝厚度 (mm)	抗压			抗拉、抗弯						抗剪		
				3号钢用E43型焊条		16Mn、16Mnq用E50型焊条		15MnV、15MnVq用E55型焊条		3号钢用E43型焊条	16Mn 16Mnq用E50型焊条	15MnV 15MnVq用E55型焊条
	3号钢用E43型焊条	16Mn 16Mnq用E50型焊条	15MnV 15MnVq用E55型焊条	1级、2级	3级	1级、2级	3级	1级、2级	3级			
4	860	1260	1400	860	740	1260	1080	1400	1200	500	740	820
6	1290	1890	2100	1290	1110	1890	1620	2100	1800	750	1110	1230
8	1720	2520	2800	1720	1480	2520	2160	2800	2400	1000	1480	1640
10	2150	3150	3500	2150	1850	3150	2700	3500	3000	1250	1850	2050
12	2580	3780	4200	2580	2220	3780	3240	4200	3600	1500	2220	2460
14	3010	4410	4900	3010	2590	4410	3780	4900	4200	1750	2590	2870
16	3440	5040	5600	3440	2960	5040	4320	5600	4800	2000	2960	3280
18	3600	5400	6030	3600	3060	5400	4590	6030	5130	2070	3150	3510
20	4000	6000	6700	4000	3400	6000	5100	6700	5700	2300	3500	3900
24	4800	7200	8040	4800	4080	7200	6120	8040	6840	2760	4200	4680
25	5000	7500	8375	5000	4250	7500	6375	8375	7125	2875	4375	4875
26	4940	7540	8320	4940	4160	7540	6370	8320	7020	2860	4420	4810
28	5320	8120	8960	5320	4480	8120	6860	8960	7560	3080	4760	5180
30	5700	8700	9600	5700	4800	8700	7350	9600	8100	3300	5100	5550
32	6080	9280	10240	6080	5120	9280	7840	10240	8640	3520	5440	5920
34	6460	9860	10880	6460	5440	9860	8330	10880	9180	3740	5780	6290
36	6840	10440	11520	6840	5760	10440	8820	11520	9720	3960	6120	6660

注：1.表中承载能力按下式计算：　抗压，$N=h_f \cdot f_c^w$　　抗拉、抗弯，$N=h_f \cdot f_t^w$　　抗剪，$N=h_f \cdot f_v^w$

f_c^w、f_t^w、f_v^w分别为各自的焊缝设计强度（N/mm²）。

2.当用于重级工作制吊车梁连接和直载（包括自重）小于总荷载40%的屋面构件连接时，按表中数值所得的有效长度增加5%；对高空安装焊缝按表中数值所得的长度增加10%。

3.表中粗线为区分钢材的分组，分为第一组、第二组、第三组。

保温材料性能表

附表 11

材料名称	容重 kg/m³	导热系数 λ [kcal/(m·h·K)]	材料名称	容重 (kg/m³)	导热系数 λ [kcal/(m·h·K)]
钢筋混凝土	2400～2500	1.33～1.40	稻壳	120～150	0.038～0.065
砖砌体	1800～1900	0.70～0.75	矿渣棉	120～150	0.038～0.065
空心砖砌体	1300	0.45～0.50	玻璃棉	100	0.05
加气混凝土	300～1000	0.11～0.34	沥青矿渣棉毡	150～200	0.04～0.05
泡沫混凝土	300～1000	0.11～0.34	沥青玻璃棉毡	80～100	0.03～0.05
石砌体	2400	1.75	膨胀珍珠岩粉	80～200	0.03～0.04
干焦渣	135	0.348	膨胀珍珠岩制品	250～280	0.055～0.065
焦渣砂浆	1200～1400	0.44～0.55	膨胀蛭石	120～280	0.045～0.06
水泥砂浆	1800	0.80	膨胀蛭石制品	350～500	0.08～0.12
建筑用毛毡	150	0.05	油毡纸	600	0.15
钢材	7850	50	稻草	300	0.09
铸铁	7200	43	雪（密实的）	350	0.30
刨花板	250～600	0.10～0.20	普通玻璃	2500	0.65
锯末	250	0.08	石棉保温毡（纸）	420～900	0.08～0.20
防腐锯末	300	0.11	聚氯乙烯泡沫塑料	50	0.035～0.04
木材	550	0.30(顺纹) 0.15(横纹)			

非法定计量单位与法定计量单位的换算关系

附表 12

量的名称	非法定计量单位		法定计量单位		单位换算关系
	名称	符号	名称	符号	
力、重力	千克力	kgf	牛顿	N	1kgf＝9.80665N
	吨力	tf	千牛顿	kN	1tf＝9.80665kN
力矩、弯矩、扭矩	千克力米	kgf·m	牛顿米	N·m	1kgf·m＝9.80665N·m
	吨力米	tf·m	千牛顿米	kN·m	1tf·m＝9.80665kN·m
应力、材料强度	千克力每平方毫米	kgf/mm²	牛顿每平方毫米（兆帕斯卡）	N/mm²（MPa）	1kgf/mm²＝9.80665N/mm²(MPa)
	千克力每平方厘米	kgf/cm²	牛顿每平方毫米（兆帕斯卡）	N/mm²（MPa）	1kgf/cm²＝0.0980665N/mm²(MPa)
弹性模量变形模量	千克力每平方厘米	kgf/cm²	牛顿每平方毫米（兆帕斯卡）	N/mm²（MPa）	1kgf/cm²＝0.0980665N/mm²(MPa)

注：非法定计量单位与法定计量单位量值的换算，本规范取近似的整数换算值。例如1kgf＝10N，1kgf/cm²＝0.1N/mm²（MPa）。

主要参考书目

〔1〕 建筑结构设计手册（钢筋混凝土结构构造），中国工业出版社，1971年。

〔2〕 浙江大学土木系、浙江省建筑设计院、杭州市设计院合编，简明建筑结构设计手册，中国建筑工业出版社，1980年。

〔3〕 第一机械工业部设计研究总院，动力机器基础设计手册，中国建筑工业出版社，1983年。

〔4〕 建筑结构设计手册（挡土墙），中国建筑工业出版社，1973年。

〔5〕 建筑结构设计手册（贮仓结构），中国工业出版社，1970年。

〔6〕 北京钢铁设计研究总院、冶金部建筑研究总院合编，冶金工业单层厂房抗震设计节点图集（YJ—21），冶金工业出版社，1978年。

〔7〕 天津大学、西安冶金建筑学院、哈尔滨建筑工程学院、重庆建筑工程学院合编，地基与基础，中国建筑工业出版社，1978年。

〔8〕 “工程结构”教材选编小组选编，钢结构（上、下），中国工业出版社，1961年。

〔9〕 重庆钢铁设计研究院等，工业厂房钢结构设计手册，冶金工业出版社，1980年。

〔10〕 《钢结构设计手册》编写组，钢结构设计手册，中国建筑工业出版社，1980年。

〔11〕 M.L. 赖姆伯特，A.M.赖姆伯特，筒仓理论与实践，中国建筑工业出版社，1981年。

〔12〕 《建筑结构构造资料集》编委会编，建筑结构构造资料集（上下册），中国建筑工业出版社，1990年。

〔13〕 施岚青、国振喜编，简明混凝土结构设计手册，冶金工业出版社，1990年。