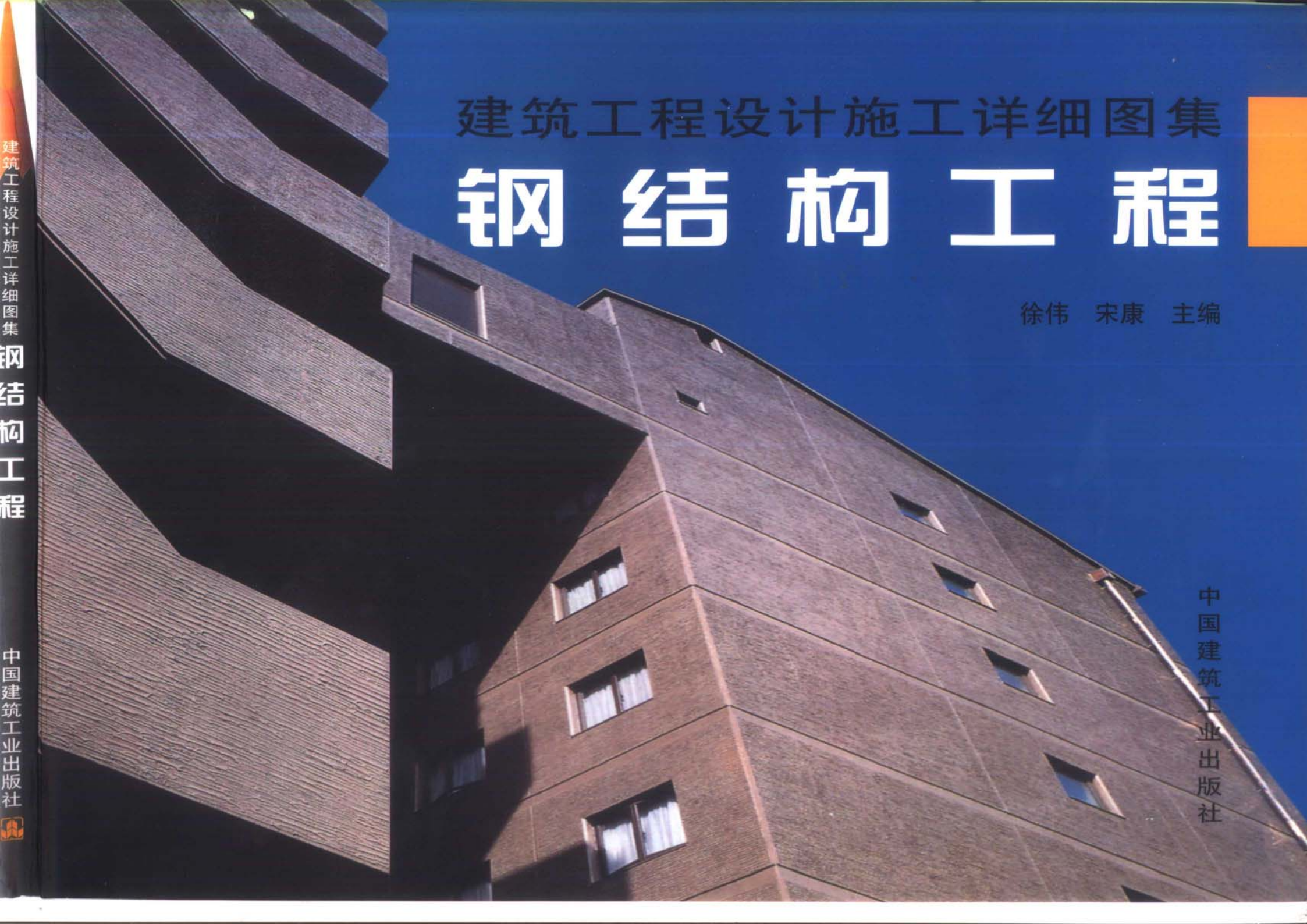
建筑工程设计施工详细图集

钢结构工程

徐伟　宋康　主编

中国建筑工业出版社



建筑工程设计施工详细图集
钢结构工程
中国建筑工业出版社

建筑工程设计施工详细图集

钢 结 构 工 程

徐 伟 宋 康 主编

中国建筑工业出版社

本图集为《建筑工程设计施工详细图集》的一分册，是以现行施工规范、验收标准为依据，结合多年的施工经验，以图文形式编写而成，具有很强的实用性和可操作性，内容包括：轻型钢结构、多层及高层钢结构、网架结构、钢与混凝土组合结构、钢结构的加固与修复、普通厂房钢结构等。可供从事建筑设计、施工、监理的工程技术人员使用，也可作为高等学校学生课程教学和课程设计的参考用书。

* * *

责任编辑　郦锁林

图书在版编目（CIP）数据

建筑工程设计施工详细图集．钢结构工程/徐伟，宋康主编．—北京：中国建筑工业出版社，2000.9
ISBN 7-112-04185-6

Ⅰ．建… Ⅱ．①徐… ②宋… Ⅲ．①建筑工程-工程施工-图表②钢结构-工程施工-图表 Ⅳ．TU7-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2000）第 34727 号

建筑工程设计施工详细图集

钢结构工程

徐伟　宋康　主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）
新华书店经销
北京市彩桥印刷厂印刷

*

开本：880×1230 毫米 横 1/16 印张：17¾ 字数：558 千字
2000 年 9 月第一版　2000 年 9 月第一次印刷
印数：1—6000 册　定价：43.00 元

ISBN7-112-04185-6
TU·3289（9530）

版权所有　翻印必究
如有印装质量问题，可寄本社退换
（邮政编码　100037）

前　言

随着国民经济的飞速发展和土木工程领域科学技术水平的不断提高，钢结构和钢与混凝土的组合结构越来越得到广泛应用。其中钢结构中又迅速发展了轻钢领域、大空间和大跨度领域的技术，使得轻钢、网架等结构应用日趋普遍，为满足土木工程领域这方面的发展需要，以施工图集形式，针对目前设计、施工中遇到的各类结构构造问题，编写这本应用性较强的工具书，以满足工程第一线的设计和施工技术人员的需要。本书在轻钢、多层与高层钢结构、网架结构、钢与混凝土组合结构、普通厂房钢结构和钢结构的加固与修复等内容上提供了较多的应用图例。由于工程结构在应用中所处的条件各不相同，所以在参照图例时，工程技术人员要根据工程的客观条件和各类现行的工程规范要求进行设计验算。本书可为设计、施工企业的工程技术人员在编制初步设计文件、施工技术方案时提供有益的参考，也可作为高等学校学生课程教学和课程设计的参考用书。

本书由徐伟、宋康主编，胡晓依、吕凤梧、阮永辉、张文博、黄艺、刘玉涛、马锦明、张路易参编。由于土木工程施工领域技术发展日新月异，全书的内容涉及面广，加之时间紧促和编者的水平局限，错误和不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

目　录

一、轻型钢结构

轻型钢结构的施工 …… 3
压型钢板各部分名称 …… 9
压型钢板的连接 …… 10
屋面板及其连接 …… 12
型钢檩条截面形式 …… 13
角钢杆件的平面桁架式檩条 …… 14
轻型钢结构的平面桁架式檩条 …… 15
T形桁架式檩条 …… 16
空间桁架式檩条节点 …… 17
二合一檩条 …… 18
蜂窝梁的切割组合图 …… 19
檩条与屋架的连接形式 …… 20
平行弦桁架式和蜂窝式檩条与屋架的连接节点 …… 21
檩条与屋面的连接 …… 22
檩条与短角钢的螺栓连接 …… 23
檩间撑杆与檩条的连接 …… 24
檩条与拉条的连接 …… 25
拉条与屋架的连接 …… 26
天窗侧壁处的檩条连接 …… 27
单根屋脊檩条与屋架的连接 …… 28
单角钢杆件的连接节点 …… 29
三角形角钢屋架节点 …… 30
梭形屋架节点（A型） …… 31
梭形屋架节点（B、C型） …… 32
三角拱屋架节点做法 …… 33
三角拱屋架支座节点做法 …… 34
三角拱屋架的屋脊节点做法 …… 35
方管屋架节点 …… 36
圆管屋架节点 …… 37
方管、圆管式屋架的接头 …… 38
天窗结构的构造 …… 39
多跨刚架节点 …… 40
刚架的柱脚 …… 41
上、下弦支撑交叉点构造 …… 42
屋架支撑交叉杆件交叉节点 …… 43
屋架弦杆与交叉支撑杆件连接 …… 44
角钢屋架上、下弦支撑连接 …… 45
角钢屋架垂直支撑与上、下弦的连接 …… 46
三角拱屋架支撑连接 …… 47
方管屋架上、下弦支撑连接 …… 48
方管屋架垂直支撑与上、下弦的连接 …… 49
圆钢拉条与屋架弦杆连接、屋架与垂直水平系杆连接 …… 50
横梁屋脊拼接、横梁和柱的角隅撑连接 …… 51
单、双侧挂墙板墙梁的拉条设置、墙梁抗扭支承设置 …… 52
墙梁的连接 …… 53
轻钢龙骨 …… 54

某工程实例 …… 55

二、多层及高层钢结构

多层及高层钢结构的制作与安装 …… 77
梁的拼接连接 …… 80
梁腹板开洞的补强 …… 82
次梁两端与主梁的连接 …… 83
斜梁的连接 …… 84
梁的侧向隅撑和角撑设置 …… 85
梁与柱的铰接连接 …… 86
梁与柱的半刚性连接 …… 87
梁与柱的刚性连接 …… 89
柱的拼接 …… 91
箱形梁的焊接连接 …… 94
箱形截面柱与十字形截面柱的连接 …… 95
H形截面柱节点板域的补强 …… 96
梁高度不同时柱中水平加劲肋的设置 …… 97
兼做与弱轴方向的梁进行连接的水平加劲肋的设置 …… 98
柱的水平加劲隔板的设置 …… 99
支撑与梁柱连接节点 …… 100
支撑与梁柱（箱形柱）连接节点 …… 102
人字形支撑与梁的连接节点 …… 103
十字形交叉支撑的中间连接节点 …… 104
其他支撑的连接节点 …… 105
铰接柱脚 …… 106
刚接固定柱脚 …… 107
埋入式柱脚钢柱埋入处配筋 …… 108
包脚式柱脚的配筋和截面有效宽度 …… 109
埋入的钢柱翼缘外侧面钢筋混凝土保护层厚度 …… 110
螺栓固定架设置 …… 111

抗剪连接件设置 …… 112
钢构件与混凝土结构的连接 …… 113
某工程实例 …… 114

三、网架结构

网架的制作、安装与检验 …… 129
十字形板节点 …… 133
钢管圆、鼓筒连接节点 …… 134
管筒形板节点 …… 135
水雷式螺栓球连接节点 …… 138
平板压力支座节点 …… 139
平板、单面弧形拉力支座节点 …… 140
单面弧形压力支座节点 …… 141
双面弧形压力支座节点 …… 143
球铰压力支座节点 …… 145
板式橡胶支座连接节点 …… 146
焊接和高强度螺栓混合连接 …… 147
螺栓球节点及与高强度螺栓的连接 …… 148
高强度螺栓与螺栓球和圆钢管杆件的连接 …… 149

四、钢与混凝土组合结构

组合结构的施工要点 …… 153
组合结构的主要形式 …… 160
组合梁的常用形式 …… 161
预制混凝土翼板组合梁 …… 162
弯起钢筋的构造要求 …… 163
组合梁构造 …… 164
连接件 …… 165
连接件的锚固及保护层 …… 166
钢梁与压型钢板的连接 …… 167

压型钢板的支承长度 …… 168
托板的截面尺寸 …… 169
压型钢板支承在混凝土梁上的连接 …… 170
组合板截面 …… 171
预制板纵向缝的构造 …… 172
组合结构柱 …… 173
加强环板的类型 …… 178

五、钢结构的加固与修复

钢结构加固修复的设计与施工 …… 181
型钢梁补强简图 …… 183
实腹梁补强简图 …… 184
桁架式吊车梁杆件补强简图 …… 185
铆接和焊接桁架的补强简图 …… 186
柱子的补强简图 …… 187
柱脚的补强 …… 188
屋架上弦的补强 …… 189
连接补强示例图 …… 190
工字钢、槽钢制成构件修复详图 …… 191
实腹梁破裂修复 …… 192
空腹结构的杆件修复详图 …… 194
桁架杆件和檩条的修复 …… 197

六、普通厂房钢结构

普通厂房钢结构的施工要点 …… 203
檩条与拉条、撑杆、屋架的连接 …… 209
型钢吊车梁 …… 210
焊接工字形吊车梁截面 …… 211
焊接工字形吊车梁的连接构造 …… 212
箱形吊车梁 …… 213
吊车桁架截面形式 …… 214
焊接吊车桁架的节点构造 …… 215
高强度螺栓连接吊车桁架的节点构造 …… 216
壁行吊车梁 …… 217
悬挂吊车轨道梁在屋架节点的连接 …… 218
悬挂吊车梁与钢筋混凝土的连接 …… 219
单轨吊车梁的连接节点 …… 220
单轨吊车梁与钢屋架的连接 …… 221
梁端垂直隔板 …… 222
单腹壁肩梁 …… 223
双腹壁肩梁 …… 224
箱形柱的肩梁 …… 225
等截面柱的工地拼接 …… 226
阶形柱的工地拼接 …… 227
分离式柱和箱形柱 …… 228
箱形柱的安装拼接 …… 229
上段柱直接对焊在肩梁上 …… 230
上、下段柱的工厂拼接 …… 231
混合拼接接头 …… 232
人孔的构造 …… 233
横隔的常用形式、缀条与柱肢的连接 …… 234
牛腿 …… 235
整体式柱脚 …… 236
分离式柱脚 …… 238
插入式柱脚 …… 239
柱脚设置的剪力键 …… 240
角钢屋架节点 …… 241
圆钢管屋架杆件的现场安装拼接连接 …… 243
圆钢管屋架腹杆与弦杆的连接节点 …… 244
圆钢管屋架屋脊节点 …… 245

圆钢管屋架支座节点 …… 246
铰接支承屋架支座节点 …… 247
刚性连接屋架支座节点 …… 248
挡风板支架节点 …… 249
挡雨板的支承构件 …… 250
三支点式天窗架节点 …… 251
三铰拱式天窗架节点 …… 252
多竖杆式天窗架节点 …… 253
屋架上弦横向支撑连接节点 …… 254
屋架下弦横向支撑连接节点 …… 255
柱间支撑的节点构造 …… 256
圆钢交叉支撑连接节点 …… 258
柱间支撑的特殊处理和抗扭支撑 …… 259
垂直支撑的常用形式 …… 260
垂直支撑连接节点 …… 261
常用钢轨连接 …… 262
轨道的鱼尾板拼接 …… 263
车挡构造 …… 264
墙架横梁的连接 …… 265
墙架横梁与柱的连接 …… 266
墙架柱的连接 …… 268
墙架柱的柱脚 …… 272
砌体墙墙架的构造 …… 273
墙架与柱的柔性连接 …… 274
参考文献 …… 275

一、轻型钢结构

轻型钢结构的施工

1. 轻型钢结构的制造

轻型钢结构的制造工艺与普通钢结构并无很大的区别。轻型钢结构的材料规格小，杆件细而薄，而且材料的调直、下料、弯曲成型、加工拼装、构件的翻身搬运容易，不需要大型的专用设备，故特别适合在中、小型工厂加工制造。

圆钢、小角钢的轻型钢结构杆件较细，容易成型，这是加工制造的有利条件。但在加工过程中也容易造成杆件弯曲和损伤等情况，这种弯曲和损伤对结构承载力的影响较大，加工制造时应加以注意。

采用冷弯薄壁型钢结构比采用普通钢结构一般多一道酸洗除锈或酸洗磷化处理工艺。当采用两个槽钢拼焊成方管时焊接量较大。由于杆件连接多为顶接，故下料的精确度要求较高。过去人们曾担心，冷弯薄壁型钢构件的壁厚较薄，材料的调直不太容易，但实践证明，其调直工艺比普通钢结构还易掌握。通常采用撑直机撑直和在平台上用锤子锤打两种方法；前者凹凸现象易于调整，且能保证质量。

对于桁架式檩条，三铰拱屋架或梭形屋架，其连续弯曲的蛇形圆钢腹杆多在胎具上用手工完成，直径较小时采用冷弯，直径较大时需利用氧气乙炔局部加热进行弯曲。冷弯和热弯的直径界限随各制造单位的具体情况而不同，其弯曲半径为圆钢直径的2.5倍。由于蛇形圆钢在弯曲后有回弹现象，成型后的误差比较大，所以胎具的定位器应比腹杆轴线间的夹角要小一些，并在成型后用样板校核。

钢材的切断应尽可能在剪切机或锯床上进行，特别是对于薄壁型钢屋架，因下料要求准确，最好采用电动锯割法，不仅工效高，而且断面光滑平整，质量好，长度误差可控制在±1mm以内。如无设备时，也可采用气割。为了提高气割质量，宜采用小口径喷嘴，并在切割后用锤子轻轻敲打，使切口平整，以清除熔渣，保证焊接质量。

焊接是轻型钢结构的主要连接方法，因杆件截面一般较小，厚度较薄，容易产生焊接变形和烧穿，因此在焊接时必须注意选择适当的焊接工艺和焊接参数，如焊条直径、焊接电流的大小和焊接程序等。焊接参数的选择应根据不同的焊件厚度和操作技术水平确定。一般常用的焊条直径为ϕ3.2～4mm，当焊接厚度≤2mm时，可用ϕ2.5mm的焊条。同时注意选择合适的焊接电流，电流过大，容易烧穿，过小又易产生焊缝夹渣。根据不同的焊条直径，焊接电流可在80～200A范围内变动，焊接技术好的，电流可适当加大。焊接时应根据不同的节点形式、空间位置和焊接件厚薄，正确地掌握焊条角度、施焊方法、焊接速度以及焊件中的温度分布，以确保焊接质量。

应尽可能采用平焊和船形焊，如需立焊或横焊时，应由技术熟练的焊工焊接。此外，应注意采用有效措施防止焊接变形。当几部焊机同时焊接一个构件时，焊点要分散，使热量在整个构件上均匀分布；长焊缝应采用逆向分段焊接法。焊缝以一次焊成为宜，如必须分两次焊接时，应在第一道焊缝冷却后再焊第二道，不宜在一条短焊缝上连续重复烧焊，以防烧伤金属。对焊工的技术水平应有一定要求，不熟练的焊工容易出现咬肉、气孔、夹渣、裂纹、未焊满的陷槽等缺陷。轻型钢结构的杆件较多，焊点分散，尤应注意检查有无漏焊和错位等现象。

图名	轻型钢结构的施工	图页	1—1

2. 轻型钢结构安装准备工作

轻型钢结构安装准备工作的内容和要求与普通钢结构安装工程相同。钢柱基础施工时，应做好地脚螺栓定位和保护工作，控制基础和地脚螺栓顶面标高。基础施工后应按以下内容进行检查验收：

(1) 各行列轴线位置是否正确；

(2) 各跨跨距是否符合设计要求；

(3) 基础顶标高是否符合设计要求；

(4) 地脚螺栓的位置及标高是否符合设计及规范要求。

构件在吊装前应根据《钢结构工程施工及验收规范》中的有关规定，检验构件的外形和截面几何尺寸，其偏差不允许超出规范规定值之外；构件应依据设计图纸要求进行编号，弹出安装中心标记。钢柱应弹出两个方向的中心标记和标高标记；标出绑扎点位置；丈量柱长，其长度误差应详细记录，并用油笔写在柱子下部中心标记旁的平面上，以备在基础顶面标高二次灌浆层中调整。

构件进入施工现场，须有质量保证书及详细的验收记录；应按构件的种类、型号及安装顺序在指定区域堆放。构件地层垫木要有足够的支撑面以防止支点下沉；相同型号的构件叠层时，每层构件的支点要在同一直线上；对变形的构件应及时矫正，检查合格后方可安装。

3. 轻钢结构安装机械选择

轻钢结构的构件相对自重轻，安装高度不大，因而构件安装所选择的起重机械多以行走灵活的自行式（履带式）起重机和塔式起重机为主。所选择的塔式起重机的臂杆长度应具有足够的覆盖面，要有足够的起重能力，能满足不同部位构件起吊要求。多机工作时，臂杆要有足够的高度，有能不碰撞的安全转运空间。

对有些重量比较轻的小型构件，如檩条、彩钢板等，也可以直接由人力吊升安装。

起重机的数量，可根据工程规模、安装工程大小及工期要求合理确定。

4. 轻钢结构安装

(1) 结构安装方法

轻钢结构安装可采用综合吊装法或分件吊装法。采用综合吊装法，是先吊装一个单元（一般为一个柱间）的钢柱（4～6根），立即校正固定后吊装屋面梁、屋面檩条等。当一个单元构件吊装、校正、固定结束后，依次进行下一单元。屋面彩钢板可在轻钢结构框架全部或部分安装完成后进行。

分件吊装法是将全部的钢柱吊装完毕后，再安装屋面梁、屋面（墙面）檩条和彩钢板。分件吊装法的缺点是行机路线较长。

(2) 构件的吊装工艺

1) 钢柱的吊装

钢柱起吊前应搭好上柱顶的直爬梯；钢柱可采用单点绑扎吊装，扎点宜选择在距柱顶1/3柱长处，绑扎点处应设软垫，以免吊装时损伤钢柱表面。当柱长比较大时，也可采用双点绑扎吊装。

钢柱宜采用旋转法吊升，吊升时宜在柱脚底部栓好拉绳并垫以垫木，防止钢柱起吊时，柱脚拖地和碰坏地脚螺栓。

钢柱对位时，一定要使柱子中心线对准基础顶面安装中心线，并使地脚螺栓对孔，注意钢柱垂直度，在基本达到要求后，方可落下就位。经过初校，待垂直度偏差控制在20mm以内，拧上四角地脚螺栓临时固定后，方可使起重机脱钩。钢柱标高及平面位置已在基面设垫板及柱吊装对位过程完成，柱就位后主要是校正钢柱的垂直度。用两台经纬仪在两个方向对准钢柱两个面上的中心标记，同时检查钢柱的垂直度，如有偏差，可用千斤顶、斜顶杆等方法校正。

钢柱校正后，应将地脚螺栓紧固，并将垫板与预埋板及柱脚底板焊接固定。

图名	轻型钢结构的施工	图页	1—2

2）屋面梁的吊装

屋面梁在地面拼装并用高强度螺栓连接紧固。屋面梁宜采用两点对称绑扎吊装，绑扎点亦设软垫，以免损伤构件表面。屋面梁吊装前设好安全绳，以方便施工人员高空操作；屋面梁吊升宜缓慢进行，吊升过柱顶后由操作工人扶正对位，用螺栓穿过连接板与钢柱临时固定，并进行校正。屋面梁的校正主要是垂直度检查，屋面梁跨中垂直度偏差不大于 $H/250$（H 为屋面梁高），并不得大于 20mm。屋架校正后应及时进行高强度螺栓紧固，做好永久固定。

高强度螺栓紧固、检验应按规范进行。

3）屋面檩条、墙面梁的安装

薄壁轻钢檩条，由于重量轻，安装时可用起重机或人力吊升。当安装完一个单元的钢柱、屋面梁后，即可进行屋面檩条和墙梁的安装。墙梁也可在整个钢框架安装完毕后进行。檩条和墙梁安装比较简单，直接用螺栓连接在檩条挡板或墙梁托板上。檩条的安装误差应在 ±5mm之内，弯曲偏差应在 $L/750$（L 为檩条跨度），且不得大于 20mm。墙梁安装后应用拉杆螺栓调整平直度，顺序应由上而下逐根进行。

4）屋面和墙面彩钢板安装

屋面檩条、墙梁安装完毕，就可进行屋面、墙面彩钢板的安装。一般是先安装墙面彩钢板，后安装屋面彩钢板，以便于檐口部位的连接。

彩钢板安装有隐藏式连接和自攻螺丝连接两种。隐藏式连接通过支架将彩钢板固定在檩条上，彩钢板横向之间用咬口机将相邻彩钢板搭接口咬接，或用防水粘结胶粘接（这种做法仅适用于屋面）。自攻螺丝连接是将彩钢板直接通过自攻螺丝固定在屋面檩条或墙梁上，在螺丝处涂防水胶封口，这种方法可用于屋面或墙面彩钢板连接。

彩钢板在纵向需要接长时，其搭接长度不应小于 100mm，并用自攻螺丝连接，防水胶封口。

彩钢板安装中，应注意几个关键部位的构造做法：山墙檐口处，用檐口包角板连接屋面和墙面彩钢板；屋脊处，在屋脊处盖上屋背盖板，可根据屋面的坡度大小，分屋面坡度大于或等于 10°和小于 10°两种不同的做法；门窗位置，依窗的宽度，在窗两侧设立窗边立柱，立柱与墙梁连接固定，在窗顶、窗台处设墙梁，安装彩钢板墙面时，在窗顶、窗台、窗侧分别用不同规格的连接板包角处理；墙面转角处，用包角板连接外墙转角处的接口彩钢板；天沟安装，天沟多采用不锈钢制品，用不锈钢支撑固定在檐口的边梁（檩条）上，支撑架的间距约 500mm，用螺栓连接。

对于保温屋面，彩钢板应安装在保温棉上。施工时，在屋面檩条上拉通长钢丝网，钢丝网间格为 250～400mm 的方格。在钢丝网上保温棉顺着排水方向垂直铺向屋脊，在保温棉上再安装彩钢板。铺保温板与安装彩钢板依次交替进行，从房屋的一端施工向另一端，施工中应注意保温材料每幅宽度间的搭接，搭接的长度宜控制在 50mm 左右。同时当天铺设的保温棉上，应立即安装好彩钢板，以防雨水淋湿。

轻钢结构安装完工后，需进行节点补漆和最后一遍涂装，涂装所用材料同基层上的涂层材料。

由于轻钢结构构件比较单薄，安装时构件稳定性差，需采用必要的措施，防止吊装变形。

5. 轻钢结构的防腐蚀

（1）轻钢结构防腐蚀的重要性和措施

轻钢结构因壁薄杆细，一经腐蚀会严重降低结构的承载力，特别是薄壁型钢结构的防腐蚀问题更为突出。因此，在设计轻钢结构时，除在结构选型、截面组成以及钢材材质上予以注意外，尚应根据结构所处的环境及其重要程度，提出相应的防腐措施。

钢结构的锈蚀与建筑物周围的环境，空气的有害成分（如酸、盐

等），建筑物内的湿度、温度和通风情况有关。轻钢结构不宜用于高湿、高温及强烈腐蚀介质的环境中。

人们在不断总结经验的基础上，逐步认识到一些轻钢结构的腐蚀与防腐蚀的规律。只要采取积极的防腐蚀措施，排除产生腐蚀的根源，轻钢结构的防腐蚀，并不比普通钢结构特殊和困难。其防腐蚀的设计原则如下：

1）全面考虑结构的整体布置，隔离有腐蚀介质区域或限制腐蚀介质的来源（即改进工艺设备和生产过程），部分或全部消除有害因素。采用有利于自然通风的结构布置方案，以降低有害物的含量。

2）尽可能选用含有适量合金元素的耐腐蚀性较高的低合金钢材（如09MnCuPTi、15MnVCu、15MnTiCu），其耐腐蚀性比Q235钢约提高50%～70%。含Cu钢普遍显示出它的良好的耐腐蚀性能。

3）从结构上采取措施，选用不易受腐蚀的合理方案，节点结构要简单，尽量避免有难于检查、清理、涂漆以及易积留湿气和灰尘的死角和凹槽。

4）尽可能采用表面面积最小的圆管和方管的管形截面。根据调查结果表明，封闭的方管即使有的有小气孔，但其内壁也不会锈蚀，故管内壁一般可不涂刷油漆。

5）将构件彻底除锈，并选用防锈性能良好的涂料。

6）在加工制造中要保证焊接质量。焊缝内的夹渣，易引起腐蚀。对于薄壁闭口截面，要求节点处焊接密封，以免水气侵入。

7）尽量避免或减少涂刷后进行焊接，以防止破坏漆膜的完整性，对施工中破坏的漆膜，应及时补涂油漆。

8）对原材料和加工好的构件要加强管理，妥善堆放，避免生锈。

（2）除锈方法

钢材的除锈好坏，是关系到涂料能否获得防护效果的关键之一，但这点往往被施工单位所忽视。如果除锈不彻底，将严重影响涂料的附着力，并能使漆膜下的金属表面继续生锈扩展，使涂层破坏失效，达不到预期的保护效果，造成经济上的浪费和生产上的损失。因此彻底清除金属表面的铁锈、油污和灰尘等，使金属表面露出灰白色，以增加漆膜与构件表面的粘结力。目前除锈的方法有四种：

1）手工除锈：工效低，除锈不彻底，影响油漆的附着力，使结构容易透锈。限于条件，圆钢、小角钢的轻钢结构多采用这种除锈方法。但在手工除锈施工过程中，应尽量做到认真细致，使露出金属表面为止。

2）喷砂、喷丸除锈：将钢材或构件通过喷砂机将其表面的铁锈清除干净，露出金属的本色。较好的喷砂机能将喷出的石英砂、铁砂或铁丸的细粉自动筛去，防止粉末飞扬，减少对工人健康的影响。这种除锈方法比较彻底，效率亦高，在较发达的国家普遍采用，是一种先进的除锈方法。

3）酸洗除锈：将构件放入酸洗槽内，除去油污和铁锈。采用这一方法时应使其表面全部呈铁灰色，酸洗后必须清洗干净，保证钢材表面无残余酸液存在。为防止构件酸洗后再度生锈，可采用压缩空气吹干后立即涂一层硼钡底漆。

4）酸洗磷化处理：构件酸洗后，再用2%左右的磷酸作磷化处理，处理后的钢材表面有一层磷化膜，可防止钢材表面过早返锈，同时能与防腐涂料紧密结合，提高涂料的附着力，从而提高其防腐蚀性能。

酸洗磷化处理的工艺并不复杂，酸洗槽的设置也比较简单，其工艺过程如下：

去油→酸洗→清洗→中和→清洗→磷化→热水清洗→涂油漆

综合来看，以酸洗磷化处理最好，喷砂除锈、酸洗除锈次之，人工除锈最差。薄壁型钢结构最好优先采用酸洗磷化处理方法，以延长其维修年限和使用寿命。

（3）防锈涂料的选择

涂料（习惯称油漆）是一种含油或不含油的胶体溶液，将它涂敷

在构件表面上，可以结成一层薄膜来保护钢结构。防腐涂料一般由底漆和面漆组成。底漆主要起防锈作用，故称防锈底漆，它的漆膜粗糙，与钢材表面附着力强，并与面漆结合好。面漆主要是保护下面的底漆，故对大气和湿气有抗气候性和不透水性，它的漆膜光泽，增加建筑物的美观，又有一定的防锈性能，并增强对紫外线的防护。

钢结构的防腐蚀，除要求彻底除锈外，选择使用防锈性能好的涂料，对于保证结构的使用年限和减少维护费用，也起很重要的作用。选择涂料的原则应以货源广、成本低为前提。涂料的品种多，性能和用途各异，在选用时要注意下列问题：

1）根据结构所处的环境，选用合适的涂料。即根据室内、室外的温度和湿度、侵蚀性介质的种类和浓度，选用涂料的品种。对于酸性介质，可采用耐酸性较好的酚醛树脂漆，而对于碱性介质，则应采用耐碱性能较好的环氧树脂漆。

2）注意涂料的正确配套，使底漆和面漆之间有良好的粘结力。例如，过氯乙烯漆对钢材表面的附着力差，与磷化底漆或铁红醇酸底漆配套使用，才能得到良好的效果。而不能与油性底漆（例如油性红丹漆）配套使用，因为过氯乙烯中含有强溶剂，会咬起这种底漆的漆膜。

3）根据结构构件的重要性（是主要承重构件还是次要承重构件）分别选用不同品种的涂料，或用相同品种的涂料，调整涂复层数。

4）考虑施工条件的可能性，有的宜刷涂。在一般情况下，宜选用干燥快，便于喷涂的冷固型涂料。

5）选择涂料时，除考虑结构使用性能、经济性和耐久性外，尚应考虑施工过程中的稳定性，毒性以及需要的温度条件等。此外，对涂料的色泽也应予以注意。

（4）油漆的施工与维护

油漆是钢结构加工制造的最后一道工序，不得与结构的焊、铆、拼接等工序交叉进行。

正确的涂装设计必须有严格的施工来保证，不仅施工技术人员应当掌握涂料的施工技术，而且涂装技术工人也应对涂料施工有一定的基本知识和熟练的操作技能。同时还应有一套严格施工管理制度，才有可能很好地完成设计规定的指标和要求。

油漆涂料的保护性能随涂层厚度的增加而提高。漆膜是涂料固化后生成的膜，在使用过程中，由于漆膜内的有机物老化或受腐蚀等多种因素作用，漆膜会受损伤。因此要有足够的漆膜厚度，以免造成钢材表面的腐蚀。但漆膜厚度还要根据结构的使用条件和耐久性要求确定，目前国内在这方面还没有统一的漆膜厚度选用标准。根据有关资料按钢结构使用要求，钢结构涂层的总厚度（包括底漆和面漆），一般室内钢结构要求涂层厚度 100～150μm，室外钢结构 150～200μm。

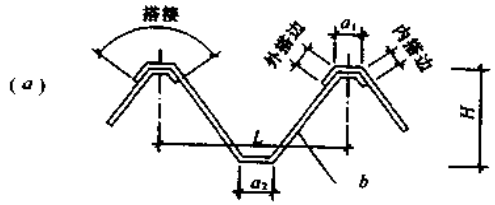
油漆的操作方法分刷涂和喷涂两种。对于油性基漆，如红丹防锈漆等，它的干性慢，但渗透性大，流平性好，以涂刷为宜。对于过氯乙烯漆、环氧树酯类漆，因干燥迅速，为使漆膜均匀平整，避免针孔，可采用喷涂。喷涂虽然工效高，但涂料利用率低，浪费大，因此，喷涂在一般钢结构涂装中并不常采用。

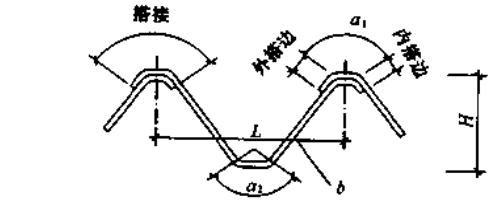
由于各种涂料性能不同，要求施工环境的温、湿也不尽相同。温度可根据有关涂料的产品说明书或涂装规程的规定进行控制，一般为 10～30℃；湿度一般控制在相对湿度不大于 80%。南方地区相对湿度小于 80%的天气较少，可采用钢材表面温度高于露点 3℃的方法来控制，此法较为合理也较实用。此外，在雨、雾、雪和有较大量灰尘条件下，应禁止在户外施工。

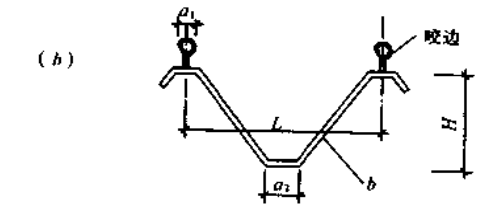
底漆的施工在制造厂进行，面漆的施工一般应在结构安装完成并固定后进行。在运输和安装过程中底漆被损坏的部分应予补涂，然后再涂面漆。

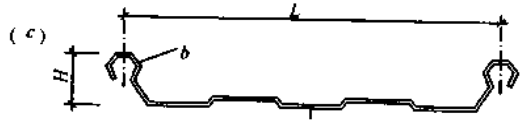
油漆防护工程一般的使用期应以具有十年以上的目标为好。但由于漆膜在使用过程中，受紫外线、温度、湿度、干湿交替、温度变化等作用和腐蚀介质的腐蚀作用后会受到破坏，有时还会发生机械损伤，因此需要对涂层进行经常性的维修。涂层的维修工作与新建时候不同，

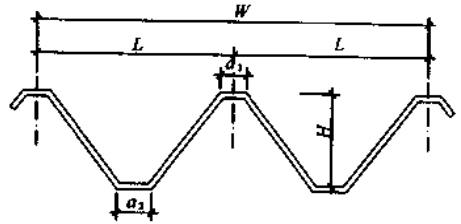
第一，基层条件不同，如涂层有的已被腐蚀，有的表面积灰、积油等；第二，施工条件不同，维修时条件往往比新建时的施工条件差，特别是在不停产条件下的维修。由于这些原因，不少维修工作往往只是在旧构件表面上罩上一道新涂料，就算是作了维修，因而继续使用时间很短，有的不到一年，长的两三年还要修，形成一两年涂一次漆，给生产带来不利影响。因此，不到使用年限的小修是可以局部地修补或表面加涂涂层，而使用到不能再用时的大修，则应彻底重作保护涂层解决。

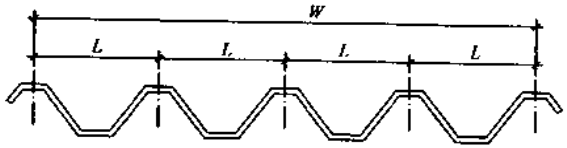


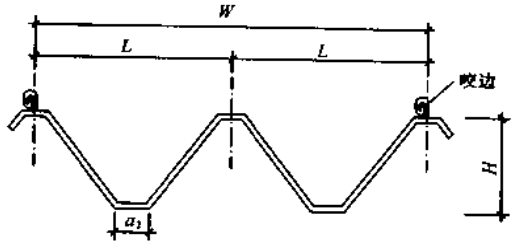


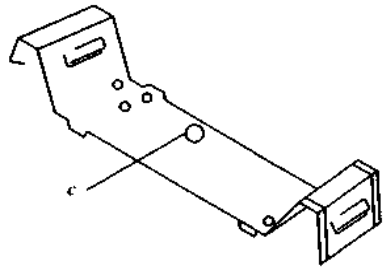












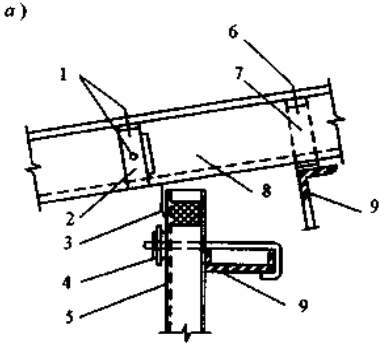
(a)搭接方式；(b)咬边方式；(c)卡扣方式

H—波高；L—波距；W—有效宽度；

a_1—上翼缘宽；a_2—下翼缘宽；b—腹板；c—卡扣件

图名	压型钢板各部分名称	图页	1—7

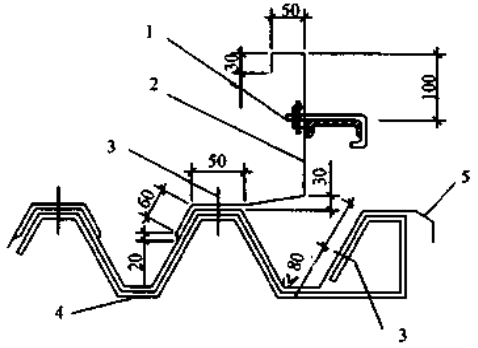
(a)



高波板—檐口连接

1—六角螺栓；2—檐口面户；3—塑料面户；4—螺栓；5—V－125墙板；6—固定螺栓；7—固定支架；8—高波压型板；9—檩条或墙梁

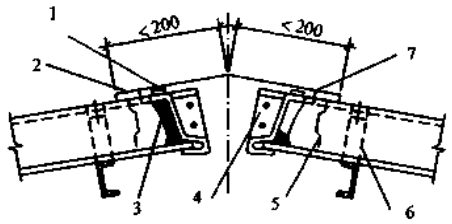
(b)



天窗矮墙处连接

1—钩形螺栓；2—泛水板；3—固定螺栓；4—固定支架；5—高波压型板

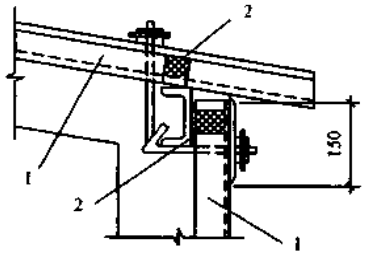
(e)



高波板—双坡屋脊

1—密封条；2—嵌缝条；3—嵌缝膏；4—封端面户；5—挡水板；6—固定支架；7—紧固螺栓

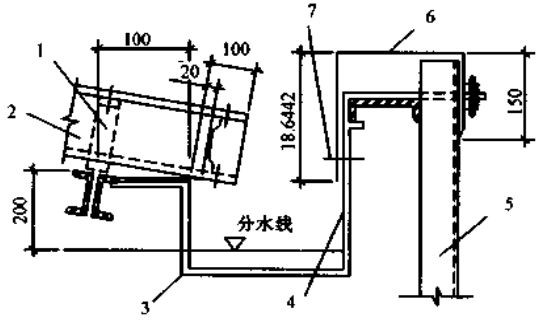
(c)



低波板—檐口连接

1—V－125墙板；2—塑料面户

(d)

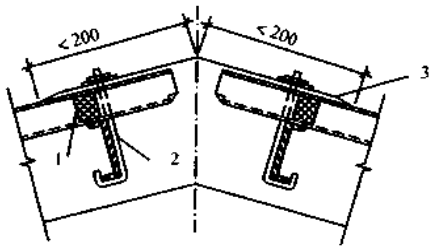


檐口采用W－550板

1—固定支架；2—高波屋面板；3—天沟支承件；4—天沟；5—低波墙板；6—泛水板；7—螺栓

图名	压型钢板的连接(一)	图页	1—8

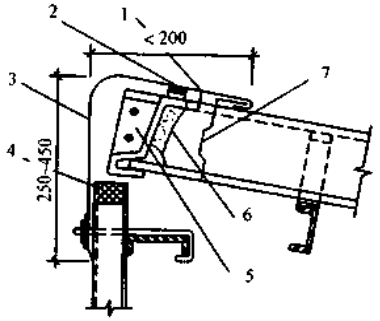
(a)



低波板—双坡屋脊

1—塑料封端面户；2—钩形螺栓；3—屋脊板

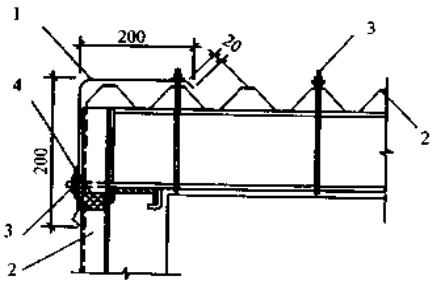
(b)



高波板—单坡屋脊

1—紧固螺栓；2—密封条；3—包脚板；4—塑料面户；
5—封端面户；6—嵌缝膏；7—挡水板

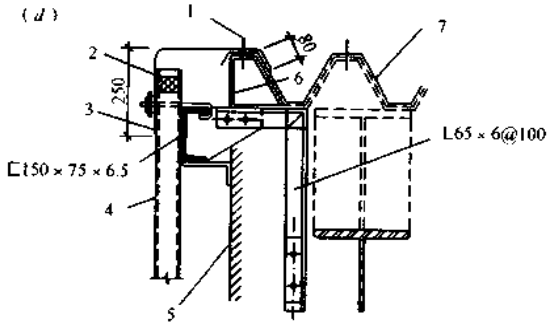
(c)



低波板—山墙包脚

1—山墙包脚板；2—低波压型板；
3—钩形螺栓；4—塑料面户

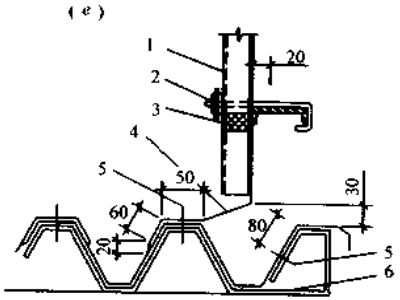
(d)



山墙包脚

1—固定螺栓；2—塑料面户；3—山墙包脚板；
4—低波压型板；5—山墙柱；6—固定支架；7—高波压型板

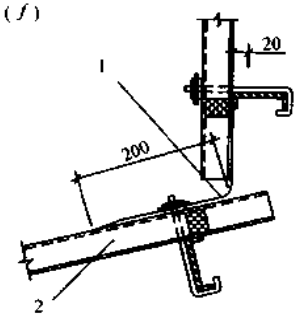
(e)



高波板—沿坡度泛水

1—低波墙板；2—钩形螺栓；3—塑料面户；
4—泛水板；5—固定螺栓；6—固定支架

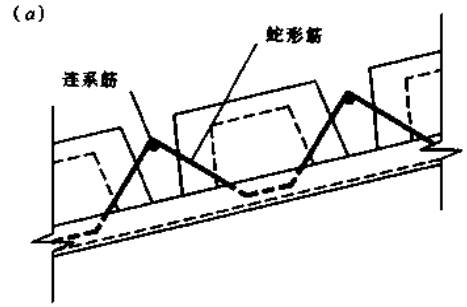
(f)

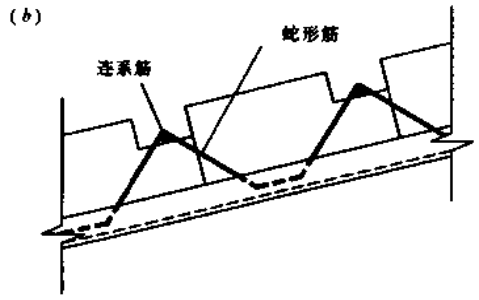


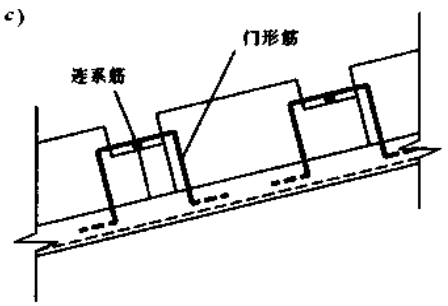
低波板—沿坡度泛水

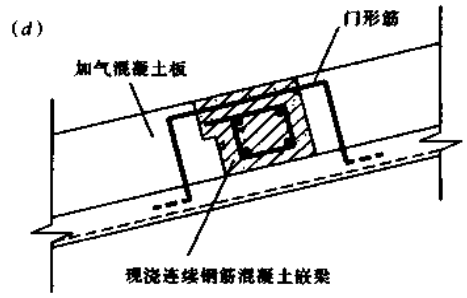
1—泛水板；2—低波板

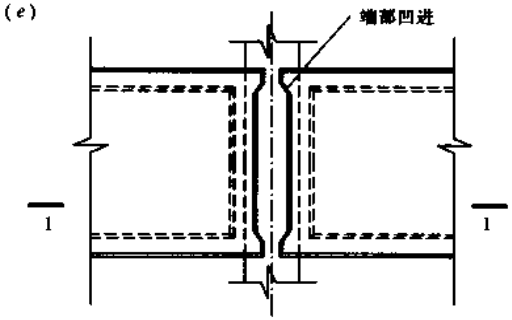
图名	压型钢板的连接(二)	图页	1—9

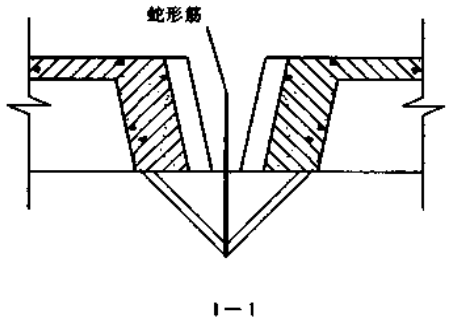


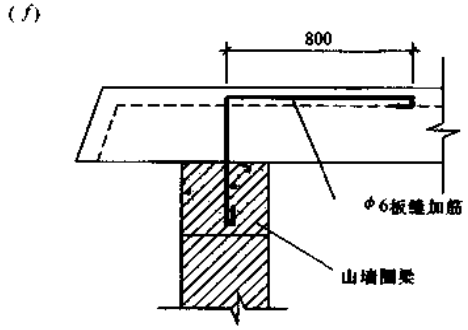






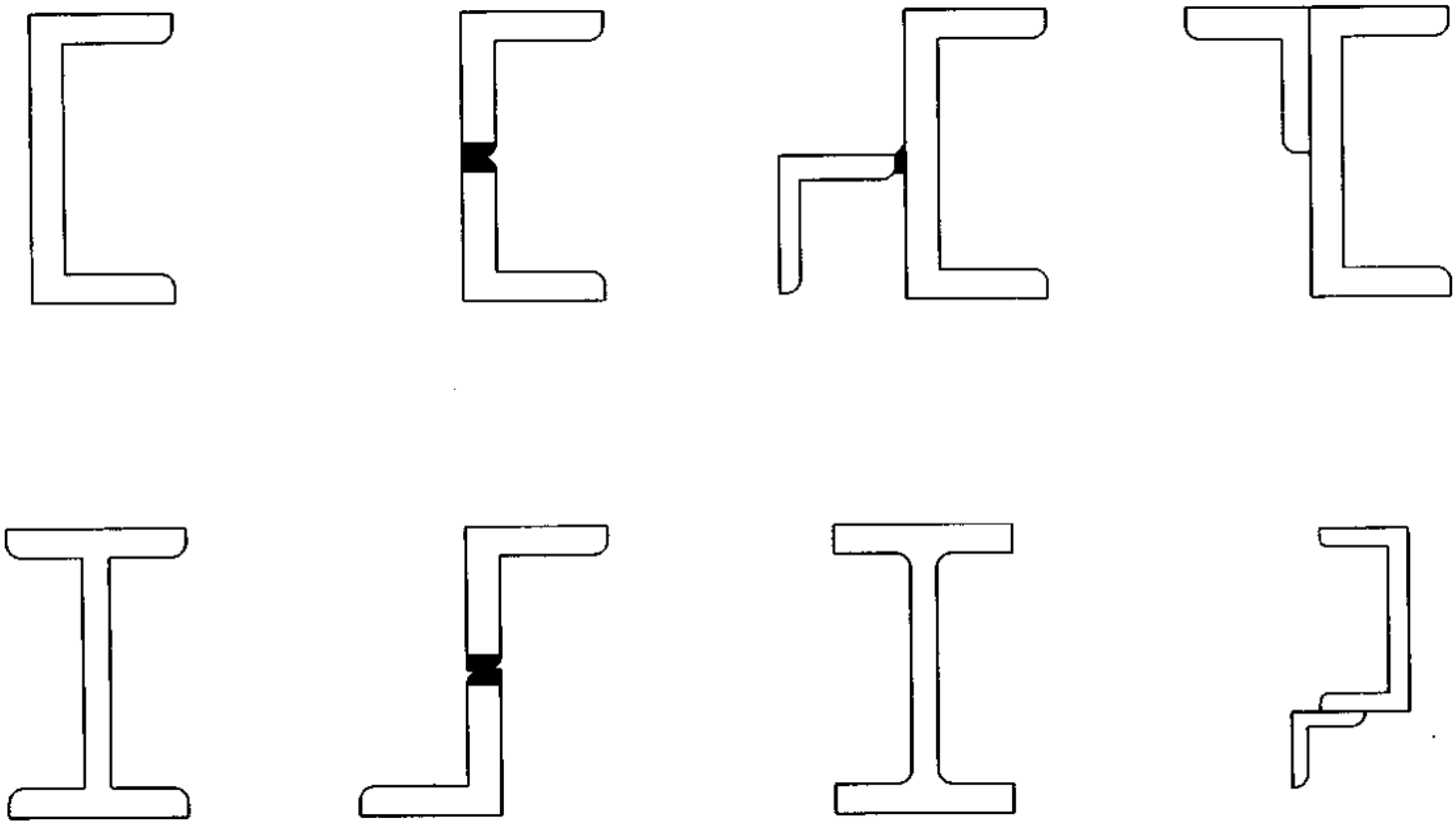




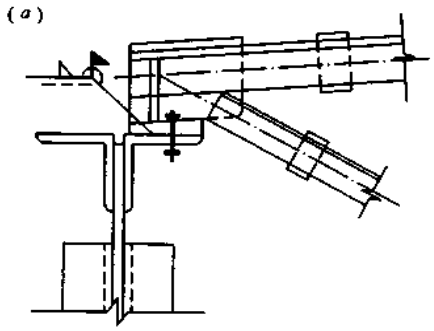


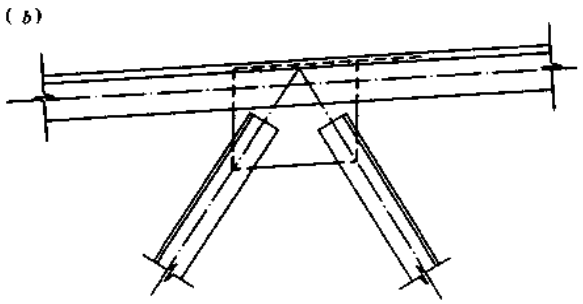
(a)槽形板缝加蛇形筋；
(b)加气混凝土板缝加蛇形筋；
(c)加气混凝土板缝加门形筋；
(d)加气混凝土板间加嵌梁；
(e)槽形板端缝节点；
(f)屋面板与山墙连接节点

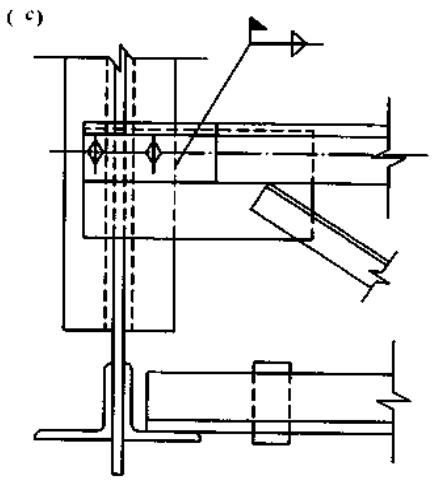
图名	屋面板及其连接	图页	1—10

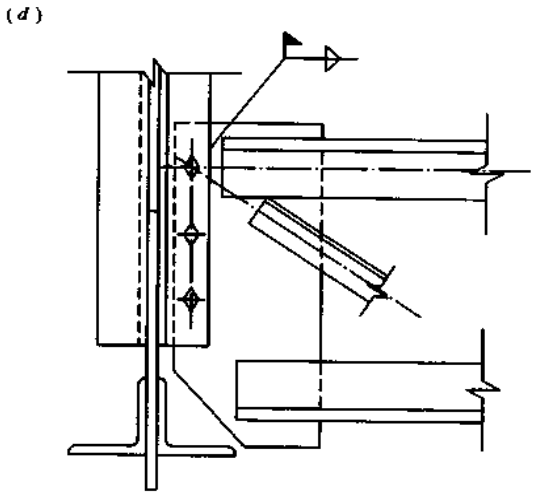


图名	型钢檩条截面形式	图页	1—11



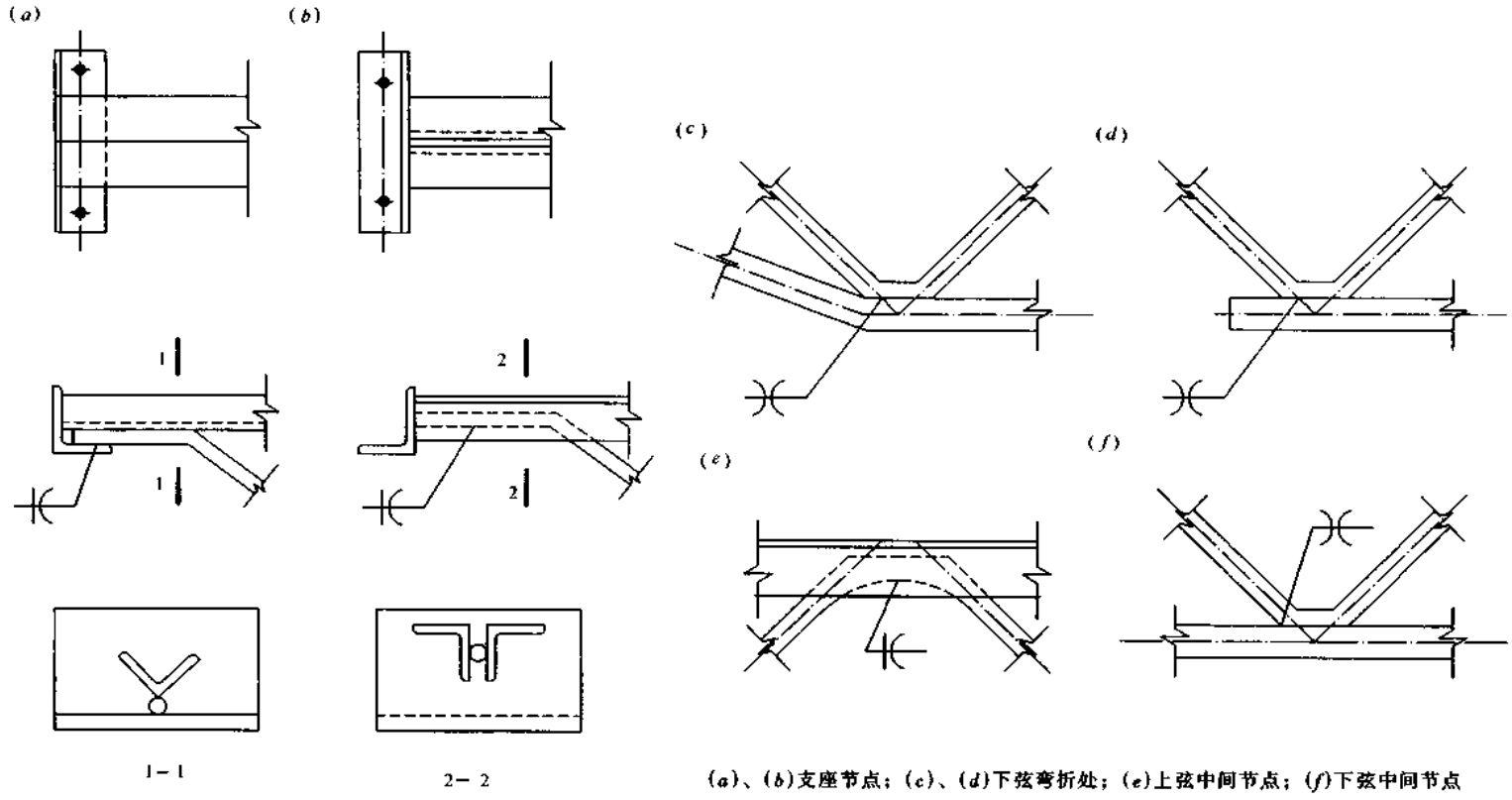






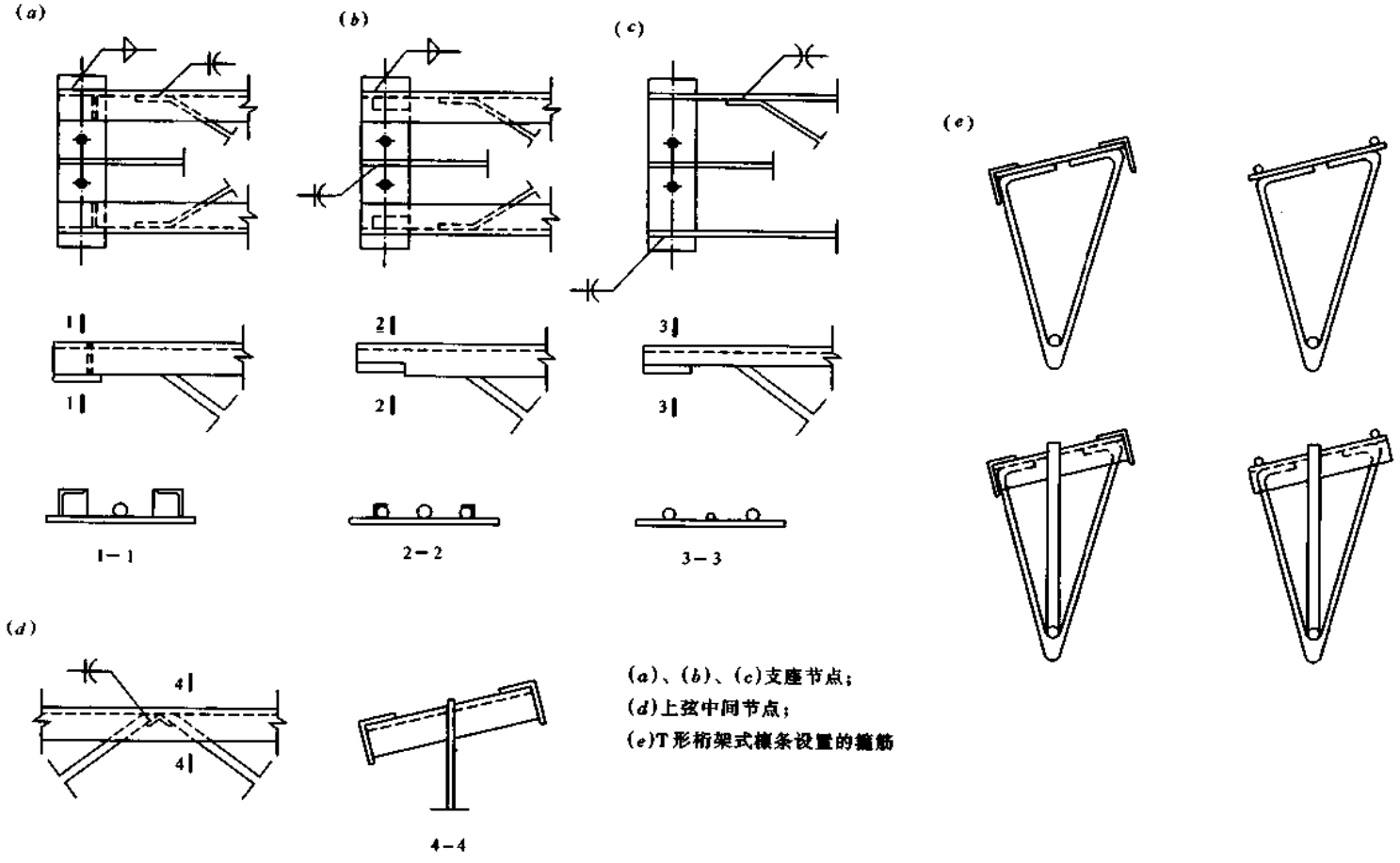
(a)支座节点；(b)中间节点；(c)、(d)井式天窗屋盖檩条与屋架下弦的连接

图名	角钢杆件的平面桁架式檩条	图页	1—12



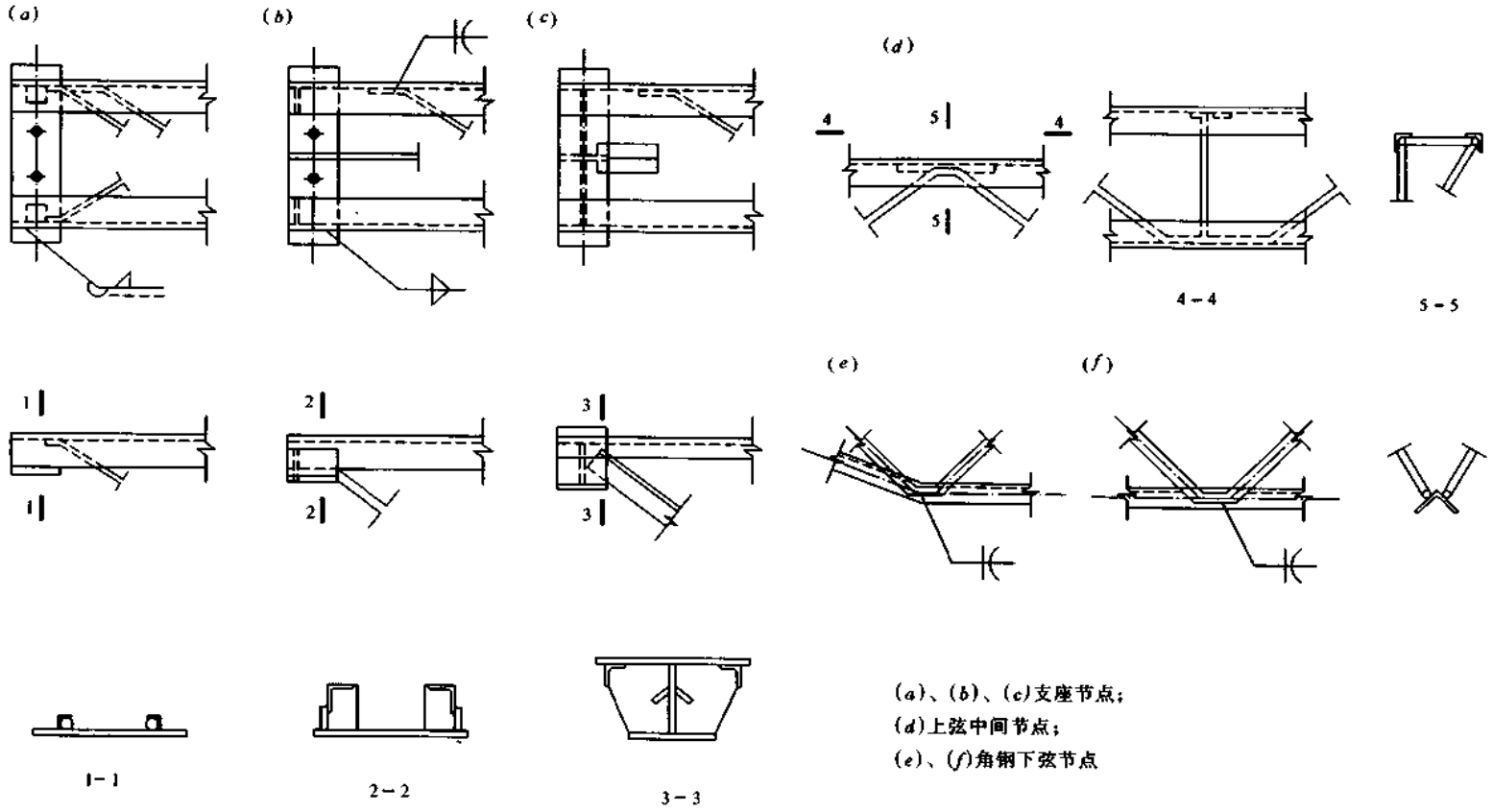
(a)、(b)支座节点；(c)、(d)下弦弯折处；(e)上弦中间节点；(f)下弦中间节点

图名	轻型钢结构的平面桁架式檩条	图页	1—13



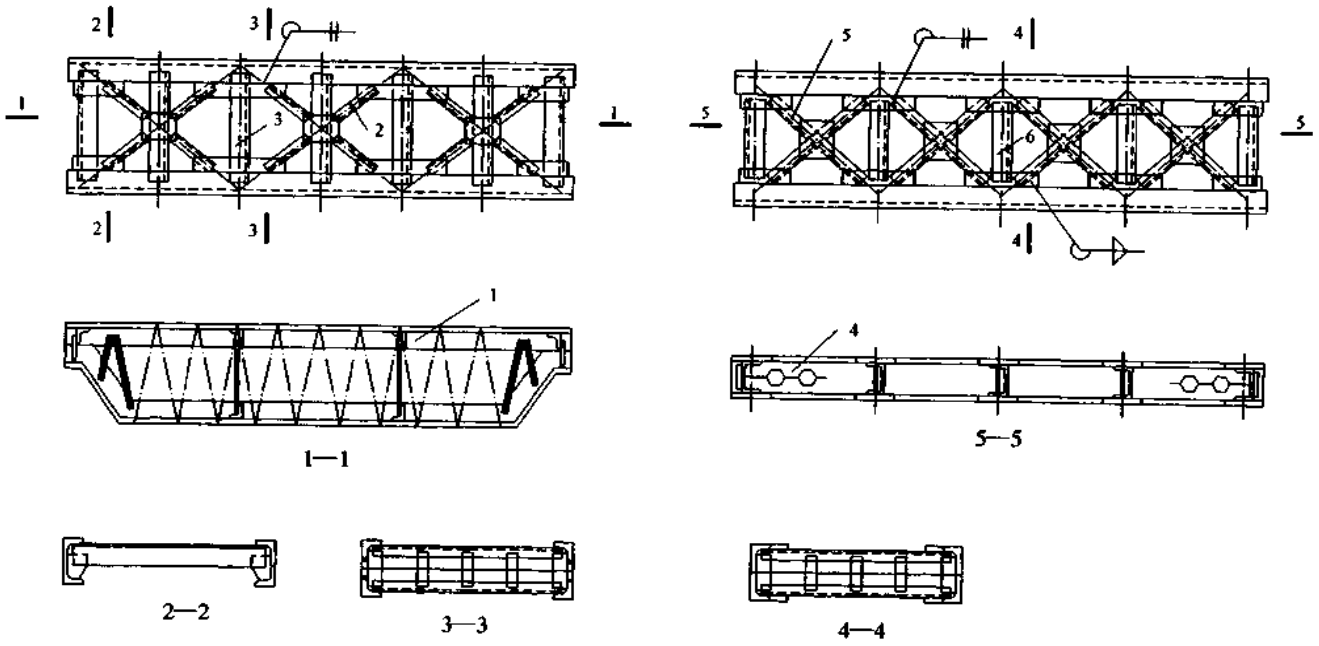
(a)、(b)、(c)支座节点；
(d)上弦中间节点；
(e)T形桁架式檩条设置的撑杆

图名	T形桁架式檩条	图页	1—14



(a)、(b)、(c)支座节点；
(d)上弦中间节点；
(e)、(f)角钢下弦节点

图名	空间桁架式檩条节点	图页	1—15



平行桁架式二合一檩条

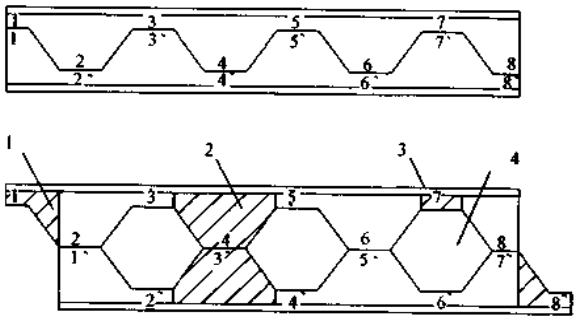
1—平行弦桁架；2—支撑；3—横肋

蜂窝梁式二合一檩条

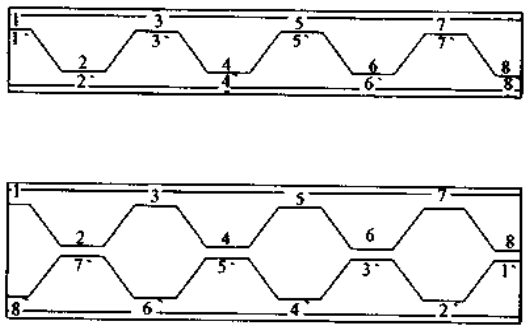
4—蜂窝梁；5—支撑；6—横肋

图名	二合一檩条	图页	1—16

(a)

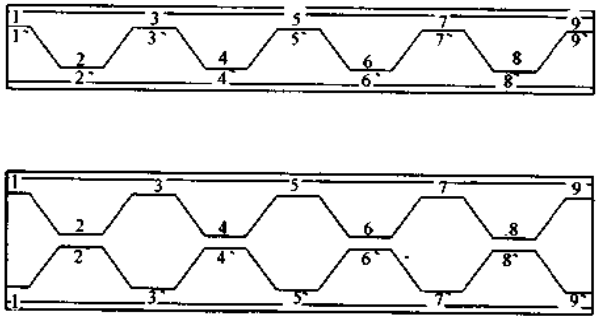


(b)

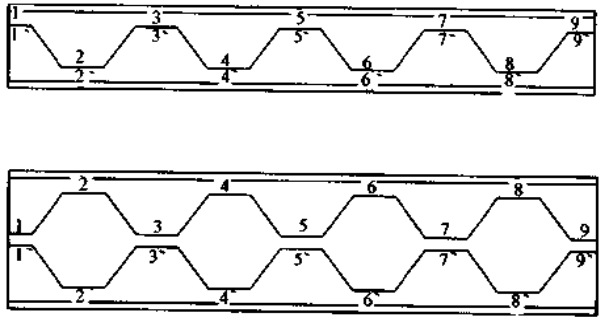


1—切去；2—墩；3—桥；4—桥趾

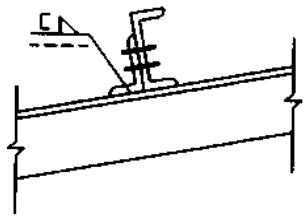
(c)



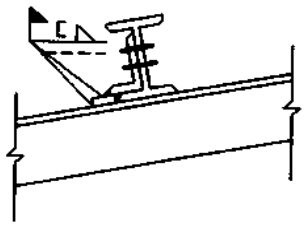
(d)



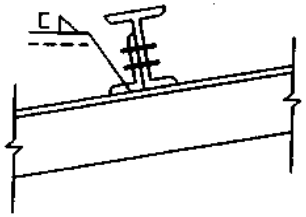
图名	蜂窝梁的切割组合图	图页	1—17



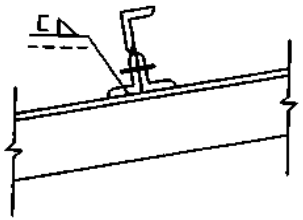
(a)



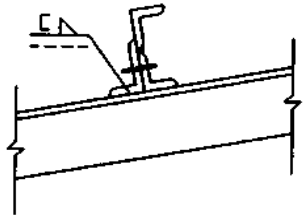
(b)



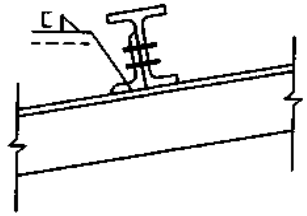
(c)



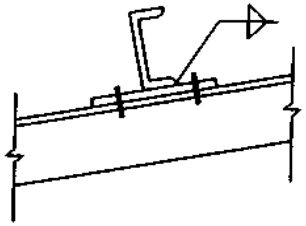
(d)



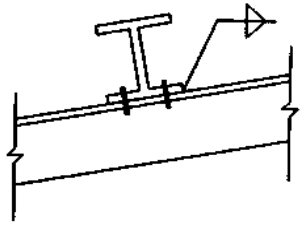
(e)



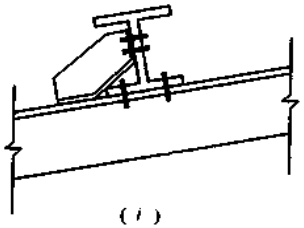
(f)



(g)

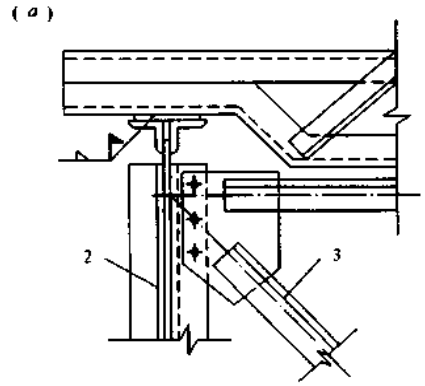


(h)



(i)

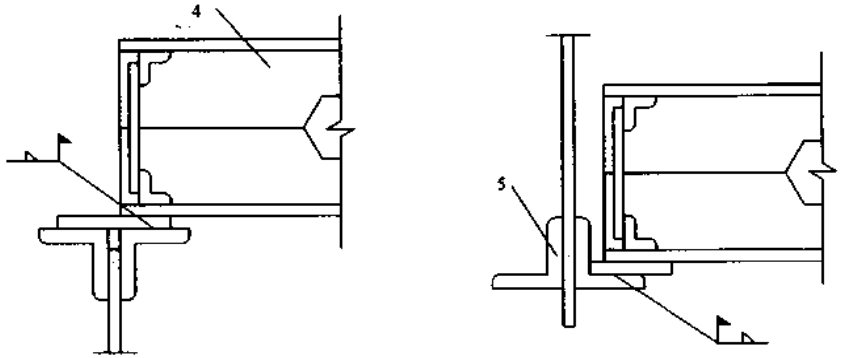
图名	檩条与屋架的连接形式	图页	1—18

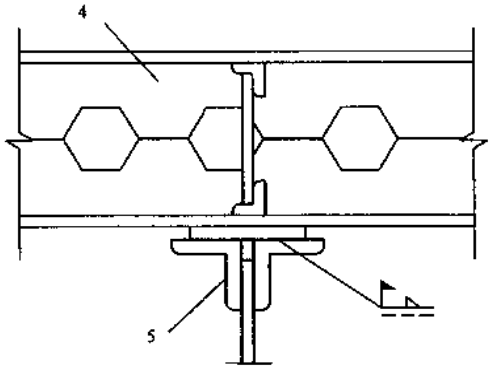


平行弦桁架式檩条与屋架连接节点

(a)上屋面；(b)下屋面

1—二合一檩条；2—屋架；3—垂直支撑

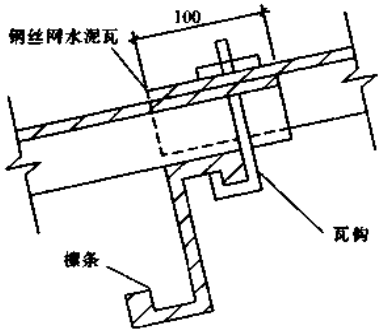




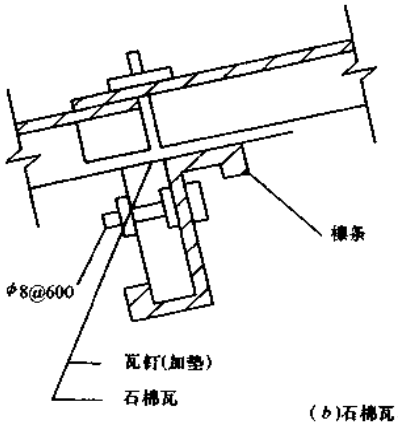
蜂窝梁式檩条与屋架连接节点

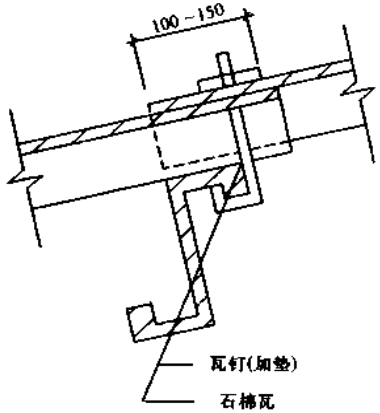
4—蜂窝梁；5—屋架

图名	平行弦桁架式和蜂窝式檩条与屋架的连接节点	图页	1—19

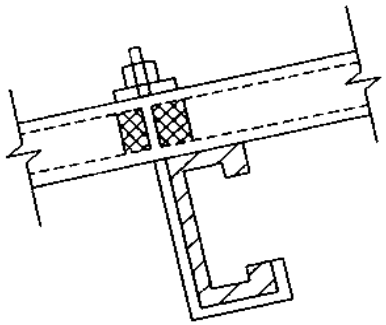


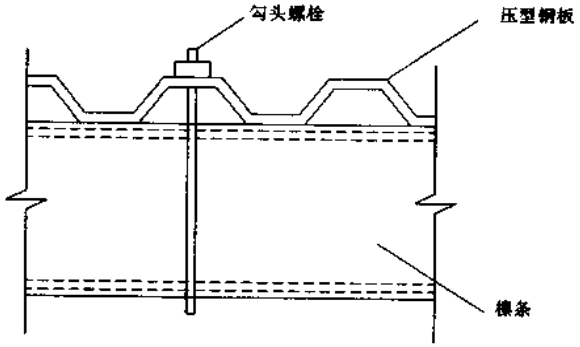
(a)钢丝水泥瓦与檩条连接





(b)石棉瓦与檩条连接

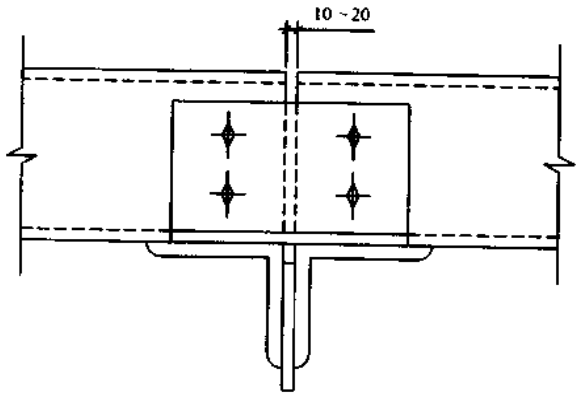


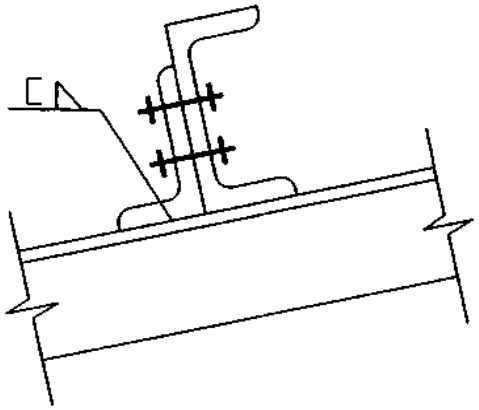


(c)压型钢板与檩条连接

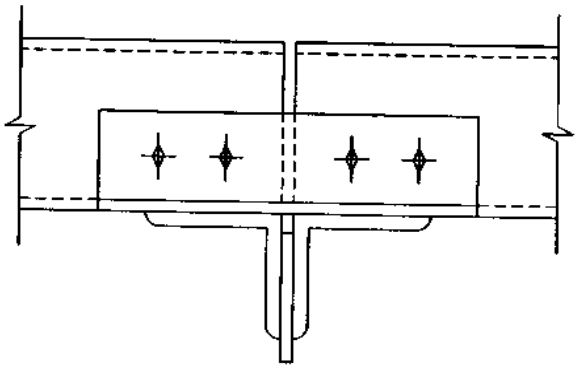
图名	檩条与屋面的连接	图页	1—20

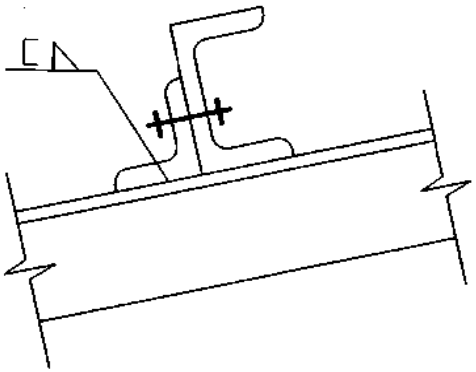
(a)



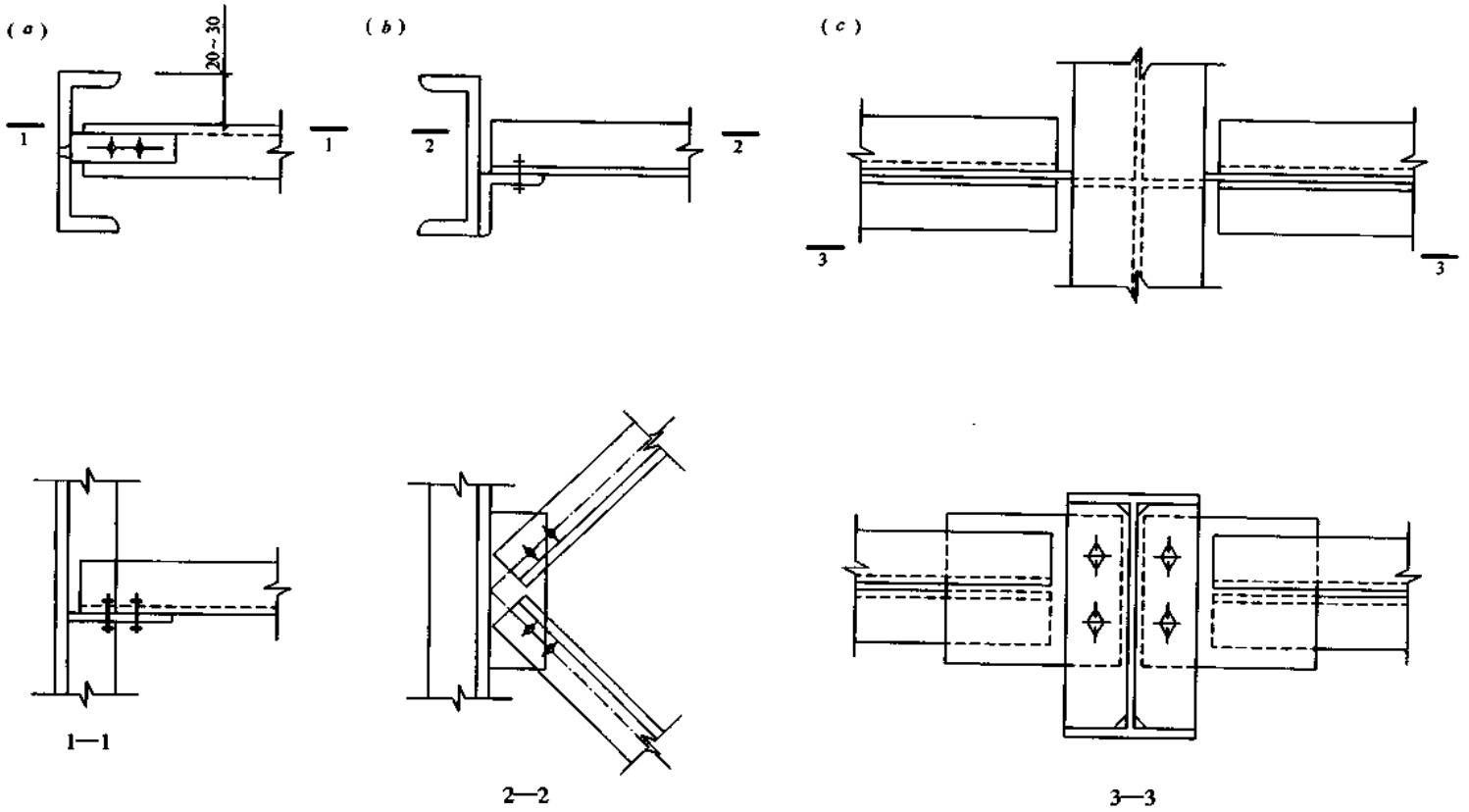


(b)

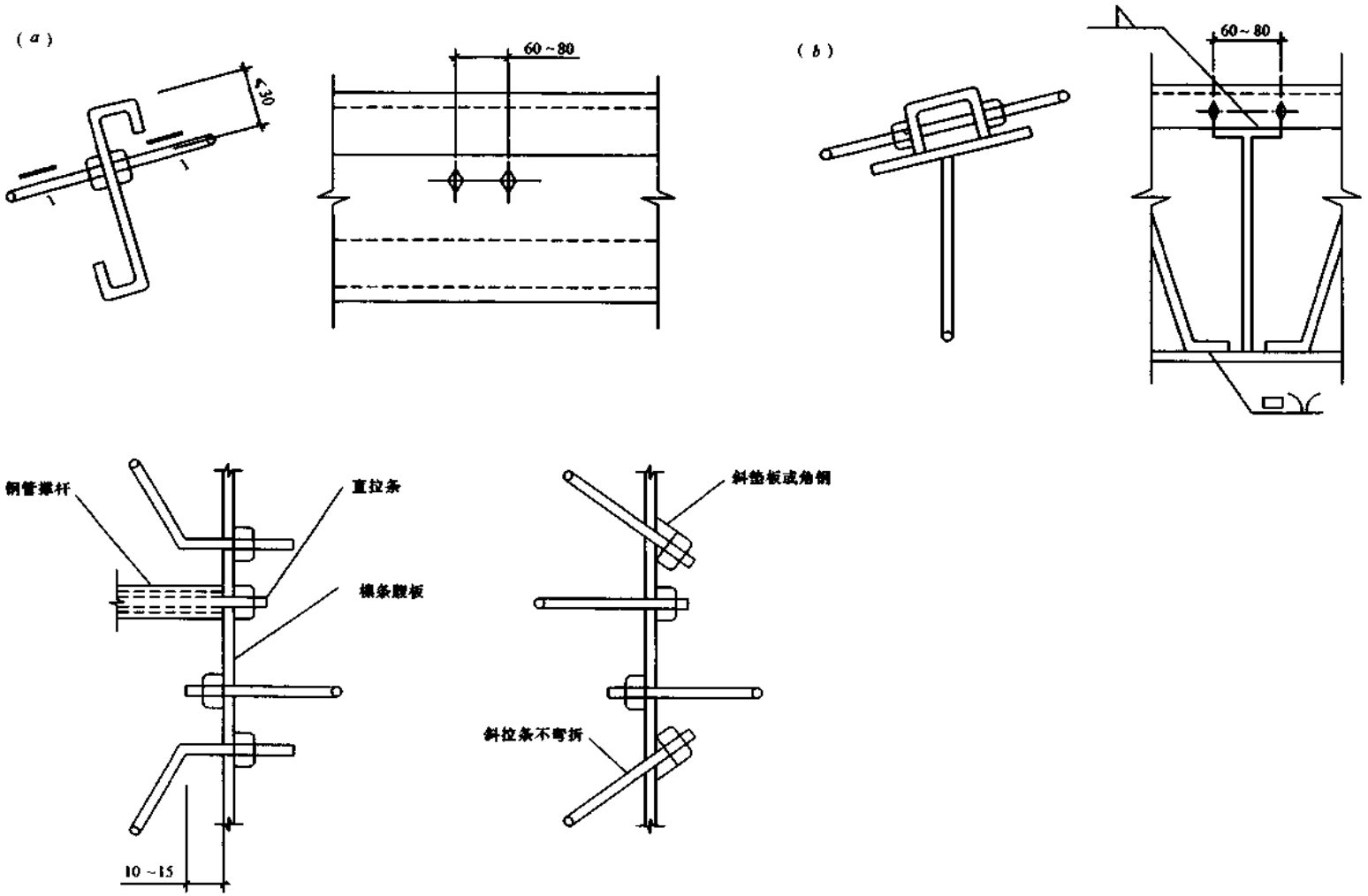




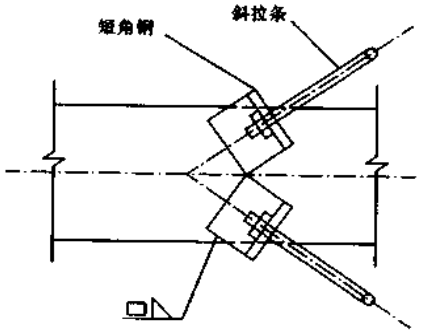
图名	檩条与短角钢的螺栓连接	图页	1—21



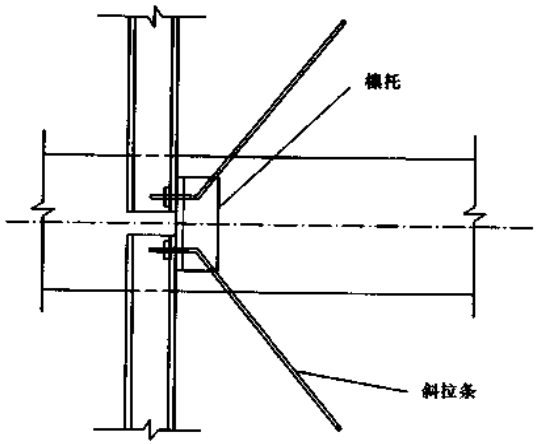
图名	檩间撑杆与檩条的连接	图页	1—22

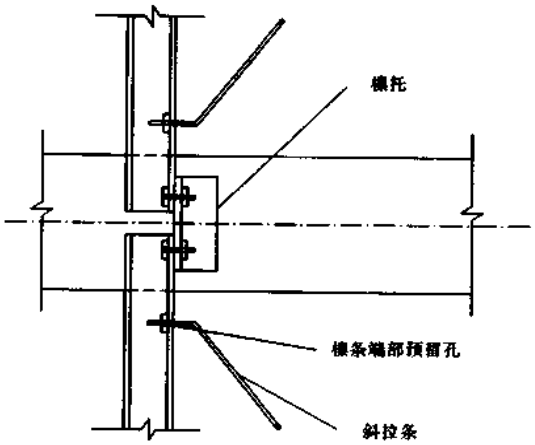


图名	檩条与拉条的连接	图页	1—23



(a)拉条直接与屋架连接

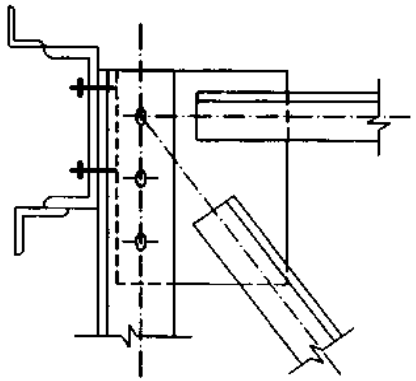




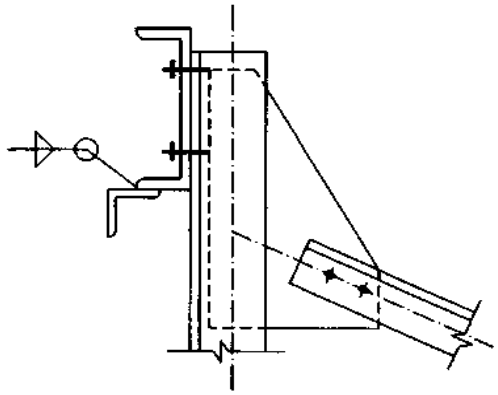
(b)拉条间接与屋架连接

图名	拉条与屋架的连接	图页	1—24

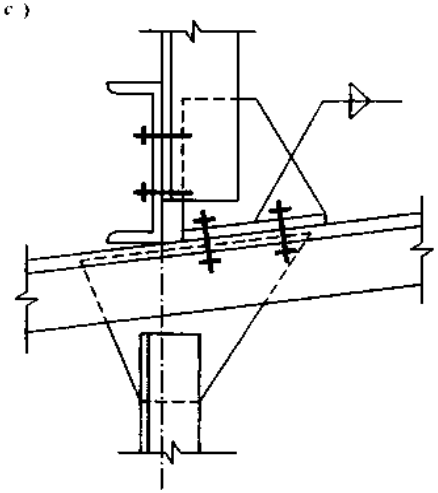
(a)



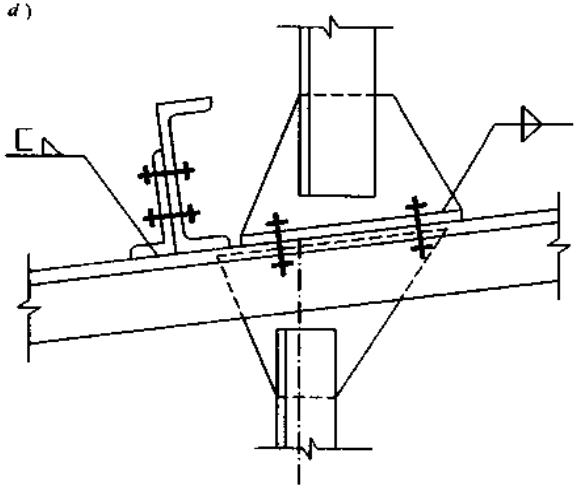
(b)



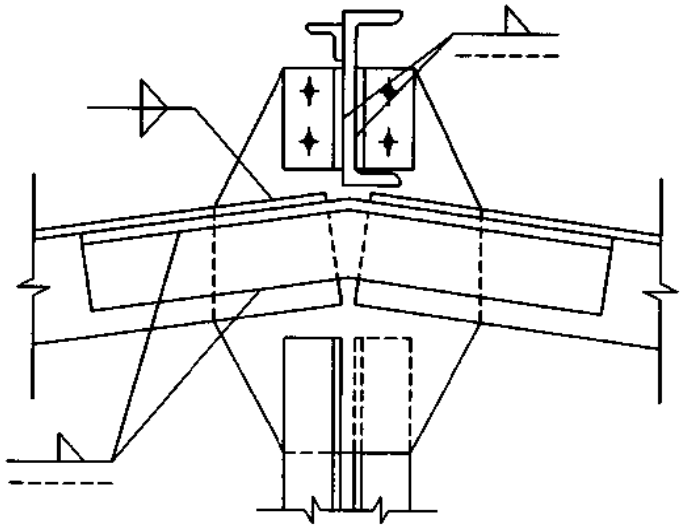
(c)



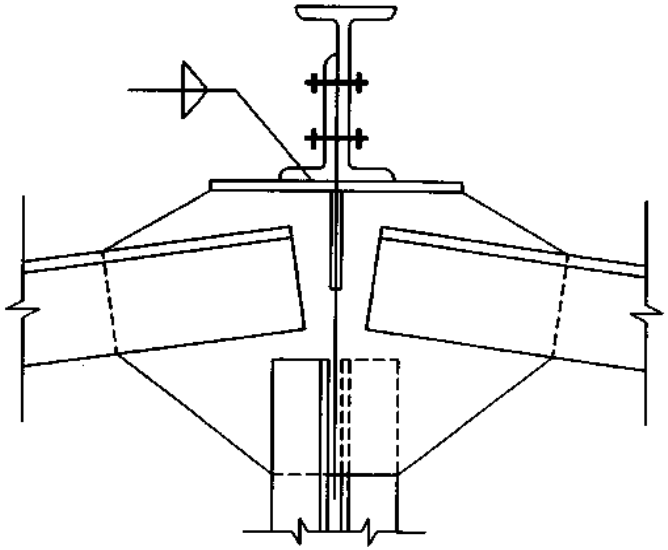
(d)



图名	天窗侧壁处的檩条连接	图页	1—25



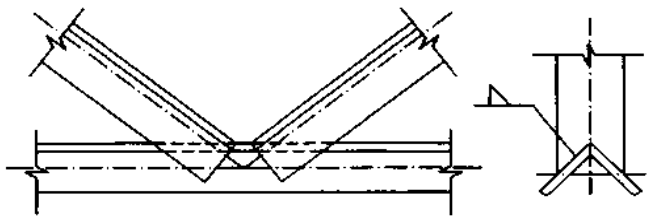
(a)



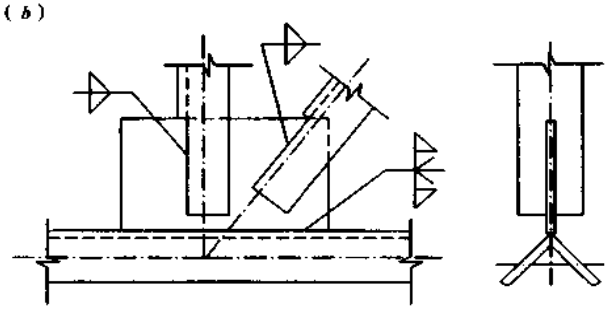
(b)

图名	单根屋脊檩条与屋架的连接	图页	1—26

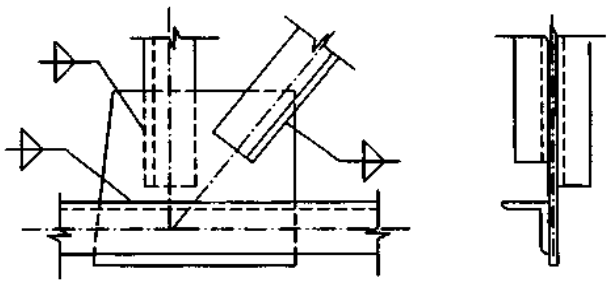
(a)



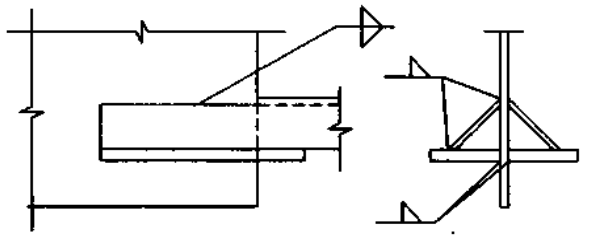
(b)



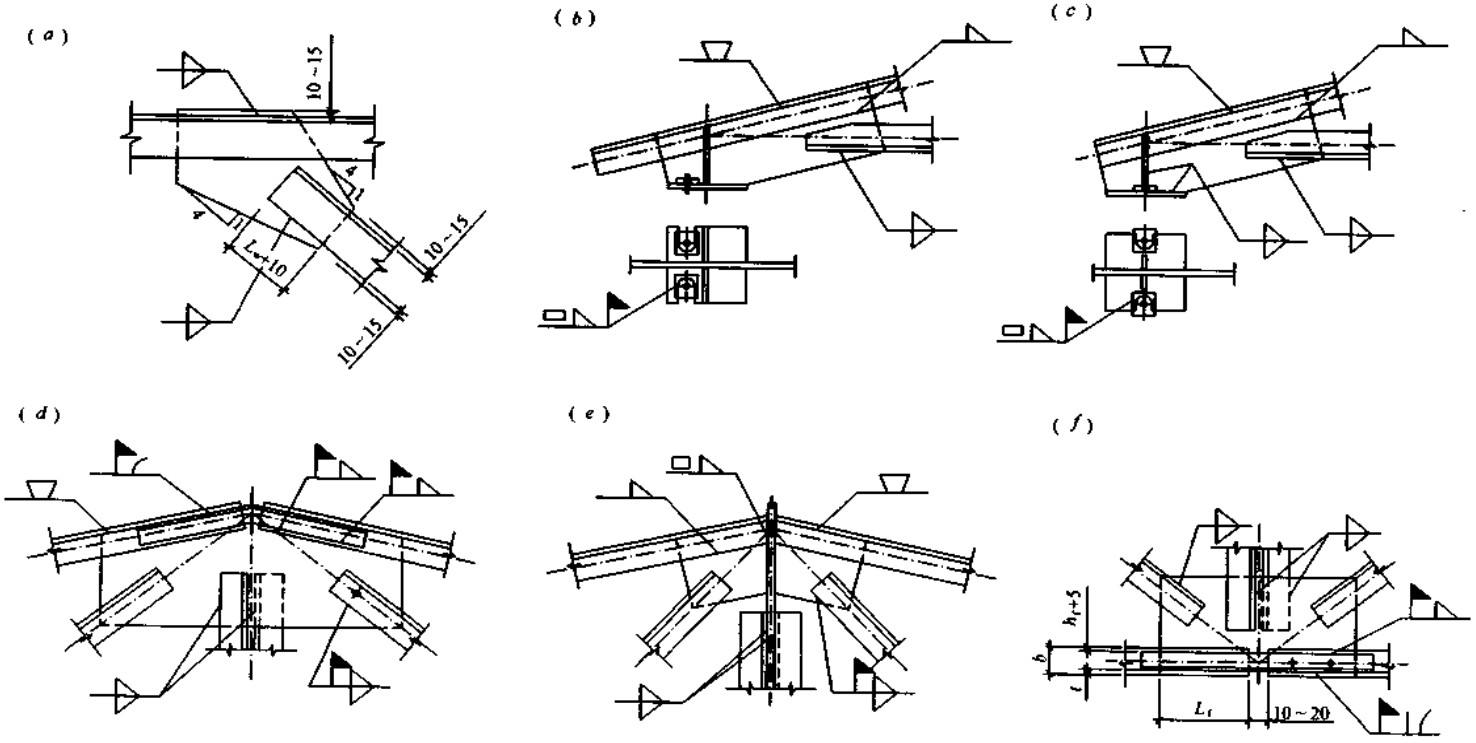
(c)



(d)



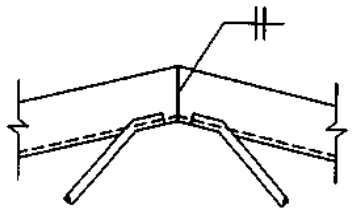
图名	单角钢杆件的连接节点	图页	1—27



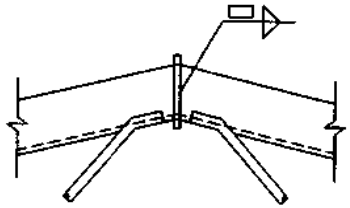
(a)单相腹板节点；(b)、(c)支座节点；(d)、(e)屋脊节点；(f)下弦拼接节点

图名	三角形角钢屋架节点	图页	1—28

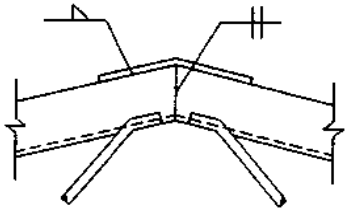
(a)



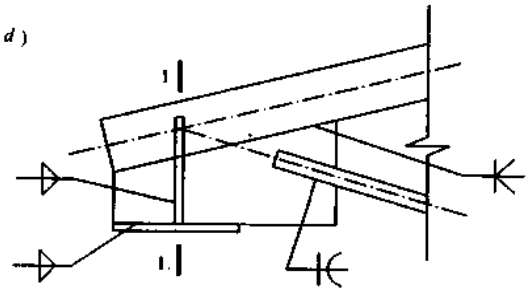
(b)

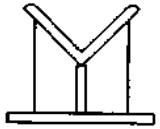


(c)



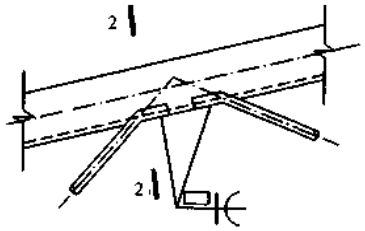
(d)





1—1

(e)

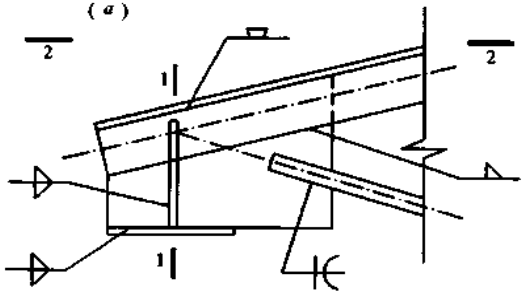


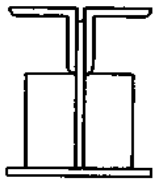


2—2

图名	梭形屋架节点(A型)	图页	1—29

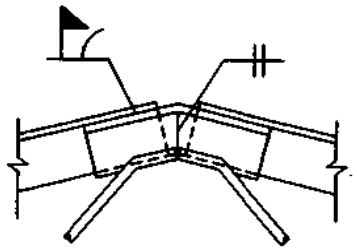
(a)

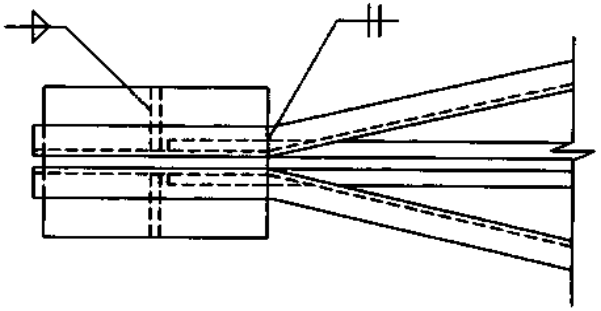




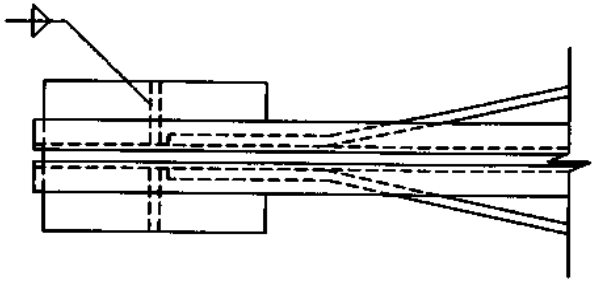
1—1

(b)





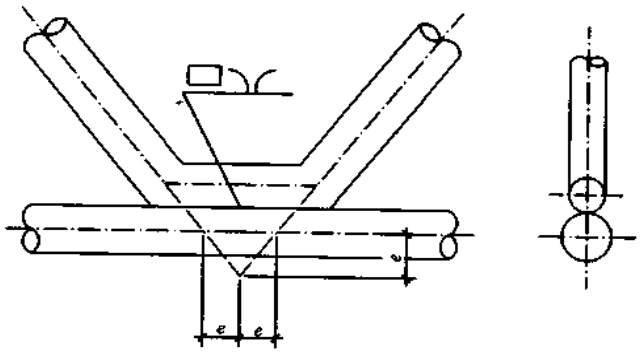
2—2(C 型屋架)



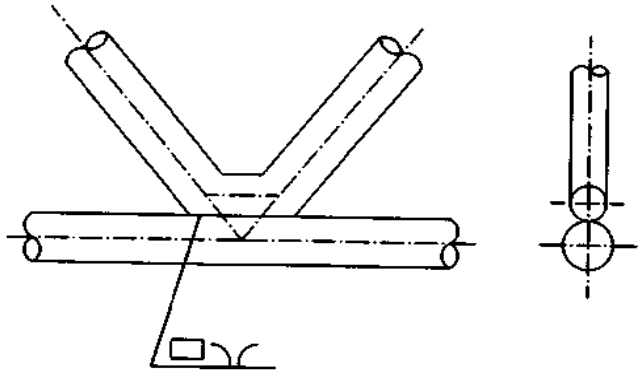
2—2(B 型屋架)

图名	梭形屋架节点(B、C 型)	图页	1—30

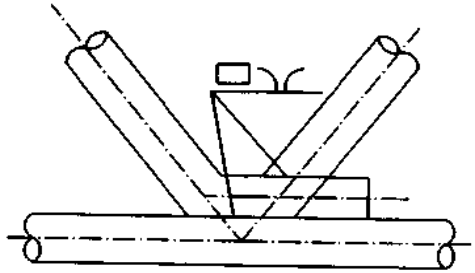
(a)



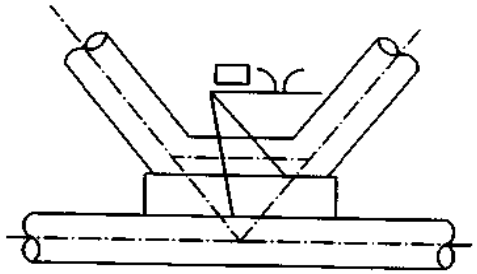
(b)



(c)



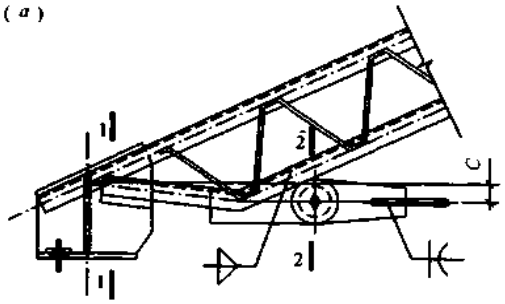
(d)

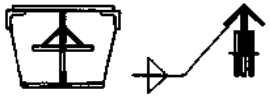


(a)节点有偏心的做法；(b)、(c)、(d)节点无偏心的做法

图名	三角拱屋架节点做法	图页	1—31

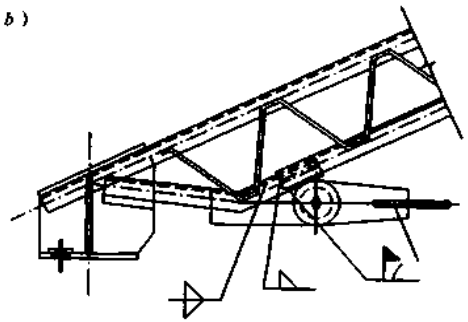
(a)



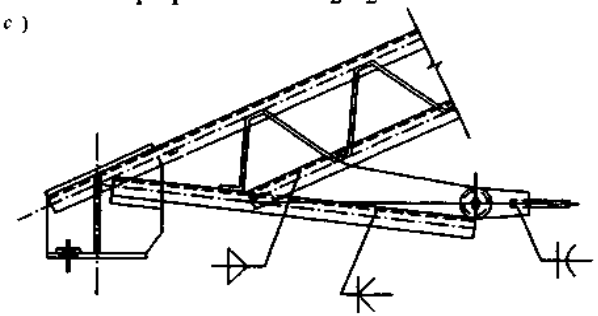


1—1　　2—2

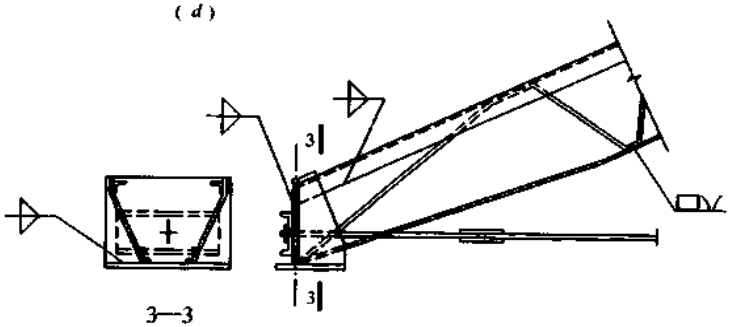
(b)



(c)

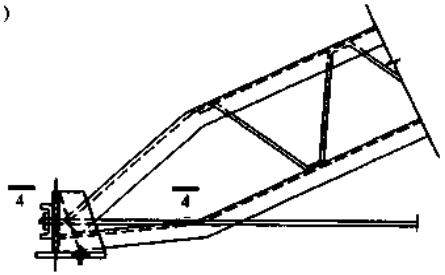


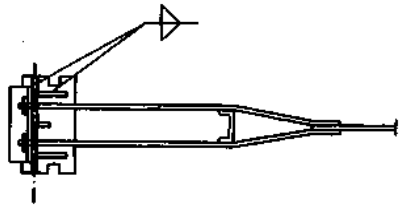
(d)



3—3

(e)

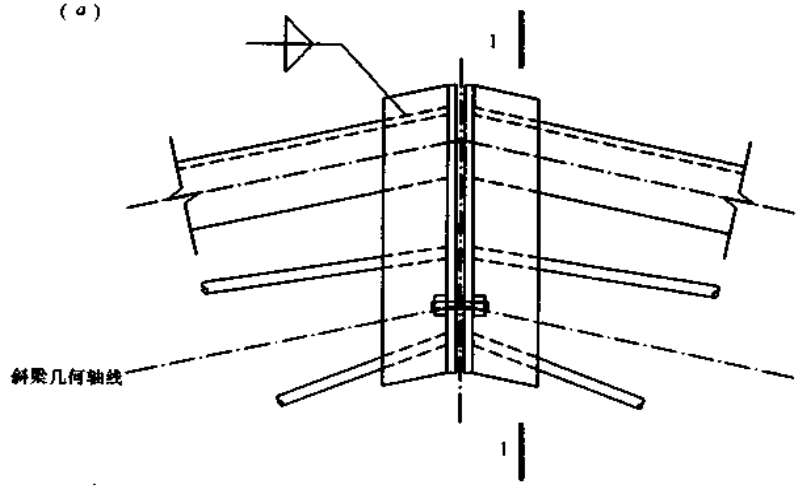


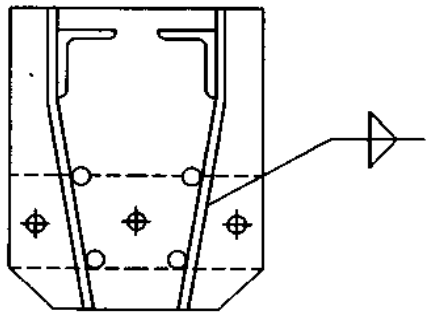


4—4

图名	三角拱屋架支座节点做法	图页	1—32

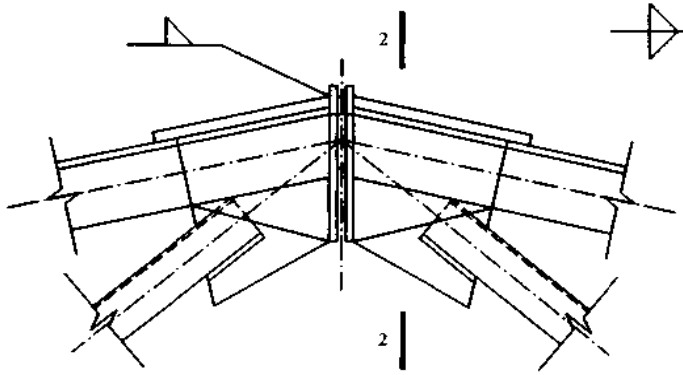
(a)

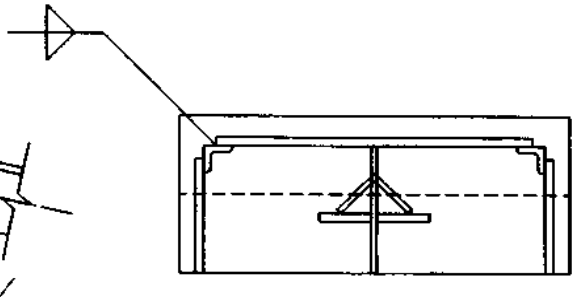




1—1

(b)

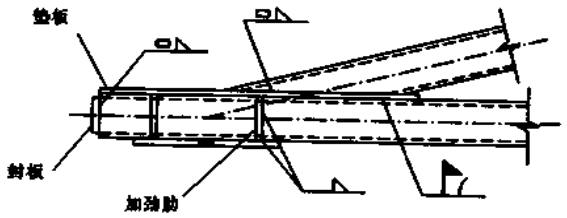




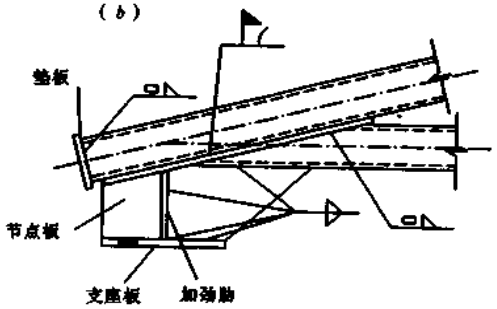
2—2

图名	三角拱屋架的屋脊节点做法	图页	1—33

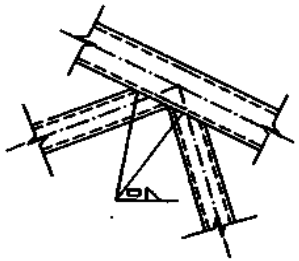
(a)



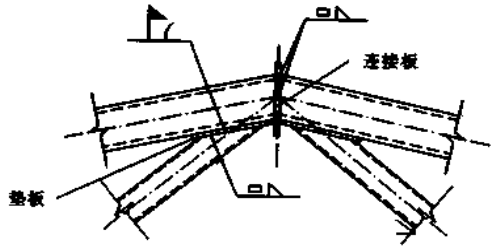
(b)



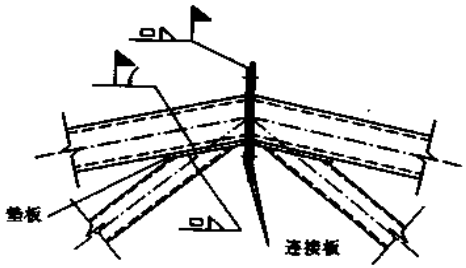
(e)



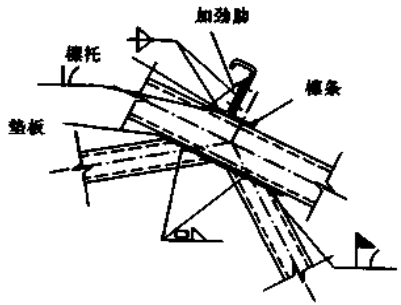
(c)



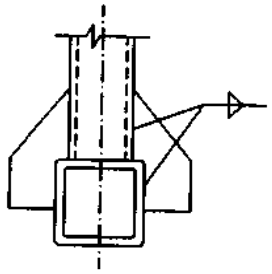
(d)



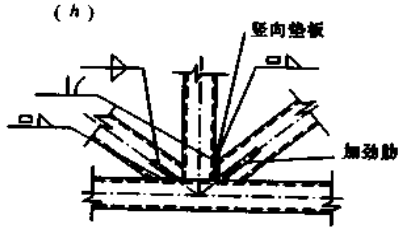
(f)



(g)

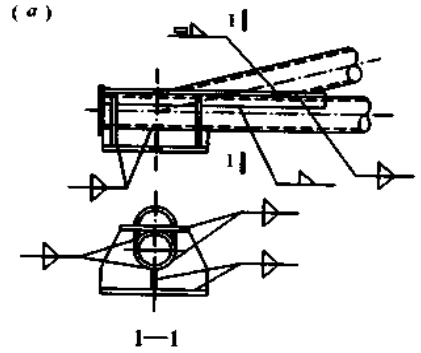


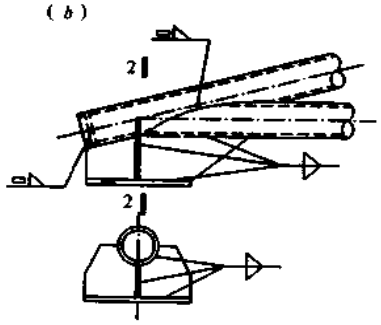
(h)

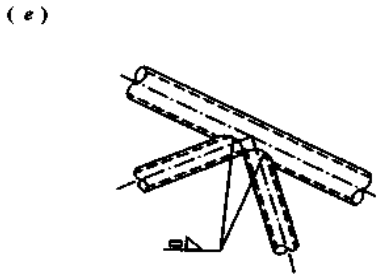


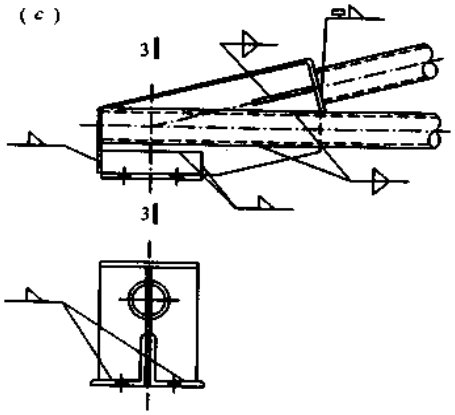
(a)、(b)方管屋架支座节点；
(c)、(d)方管屋架屋脊节点；
(e)方管屋架直接焊接节点；
(f)方管屋架垫板连接节点；
(g)方管屋架卡板连接节点；
(h)方管屋架加劲肋连接节点

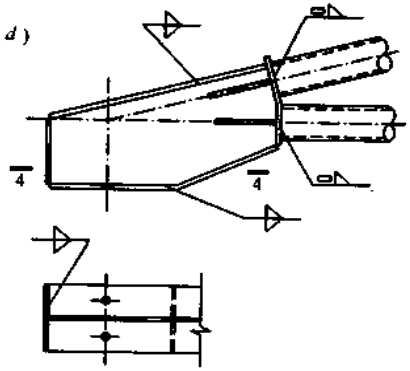
图名	方管屋架节点	图页	1—34

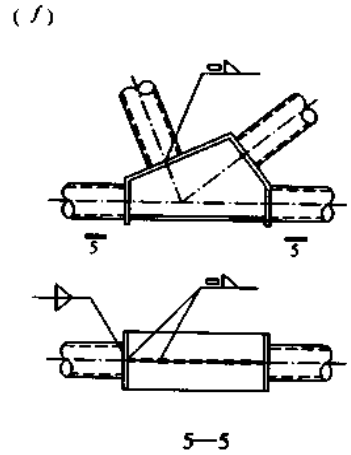






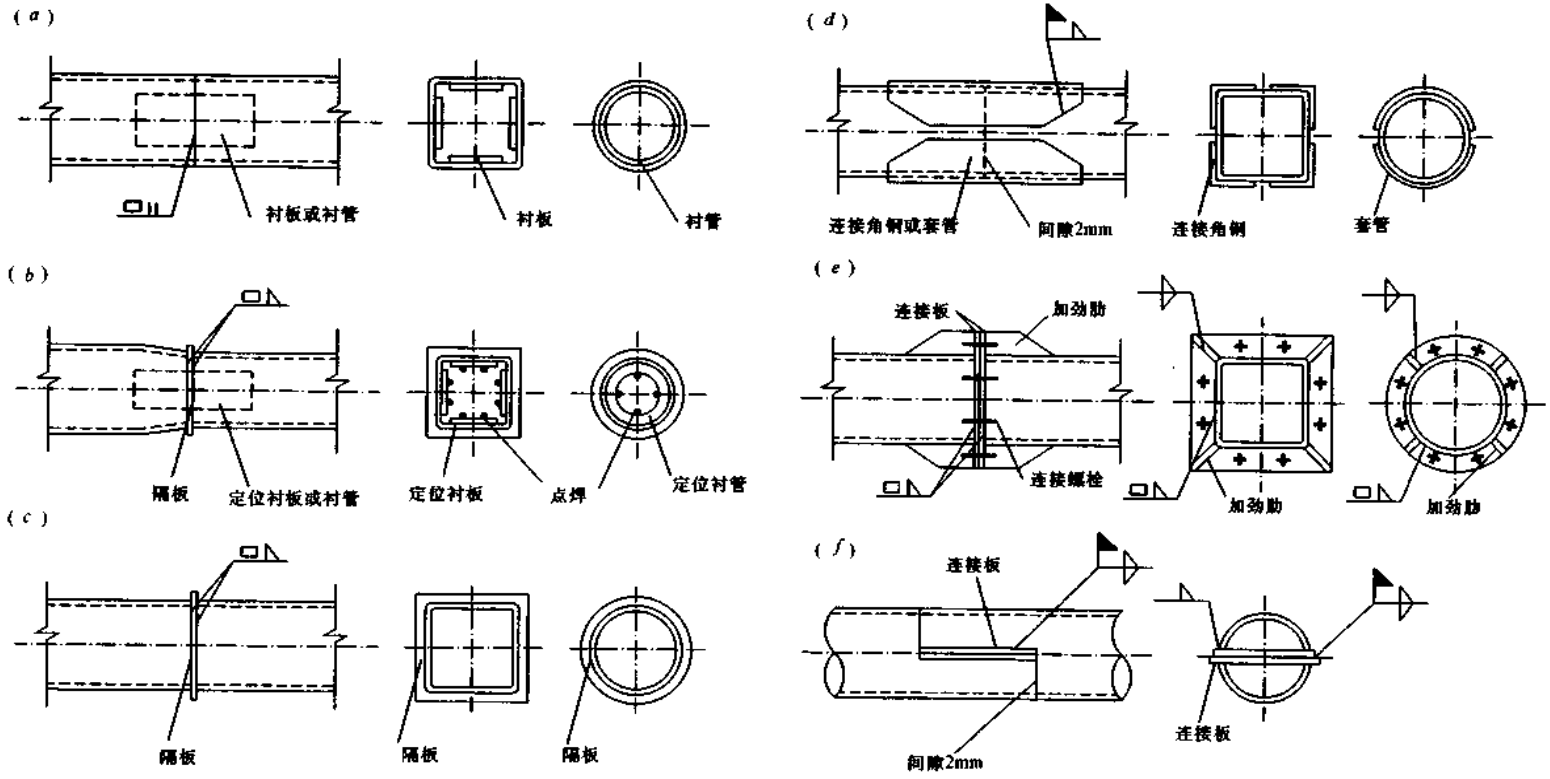






(a)、(b)、(c)、(d)圆管屋架支座节点；
(e)圆管屋架直接焊接节点；
(f)圆管屋架靴板连接节点

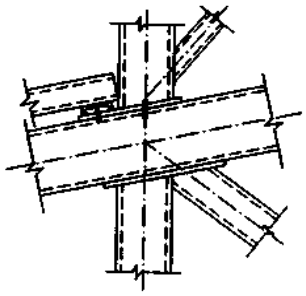
图名	圆管屋架节点	图页	1—35



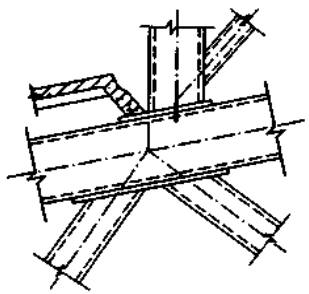
(a)、(b)有衬板的单面焊接接头；(c)隔板焊接接头；(d)、(e)、(f)焊接和螺栓拼接接头

图名	方管、圆管式屋架的接头	图页	1—36

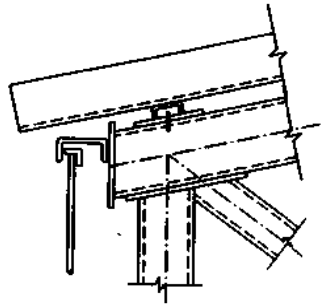
(a)



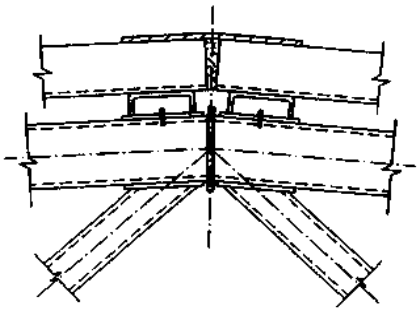
(b)



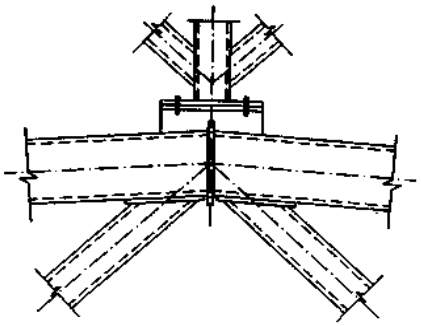
(c)



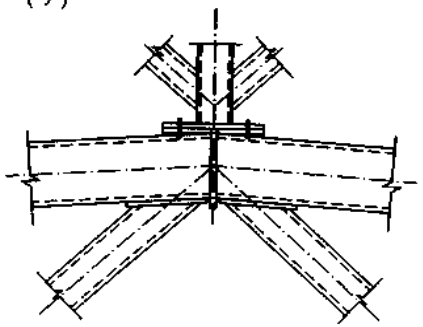
(d)



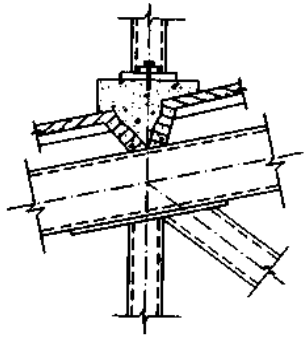
(e)



(f)



(g)



(a)、(b)天窗架侧立柱与屋架上弦杆连接节点；

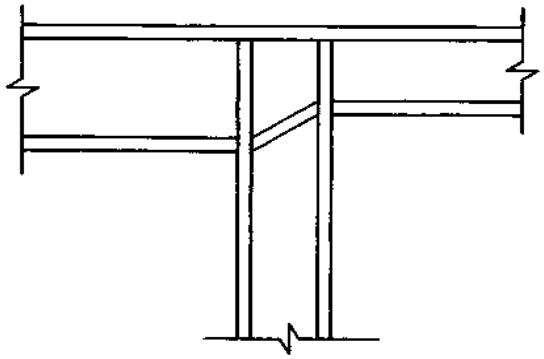
(c)、(d)天窗架杆件连接节点；

(e)、(f)天窗架中央竖件与屋架上弦杆件的连接节点；

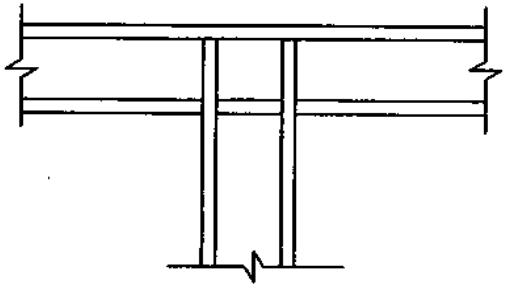
(g)支承式挡风板立柱与屋面的连接节点

图名	天窗结构的构造	图页	1—37

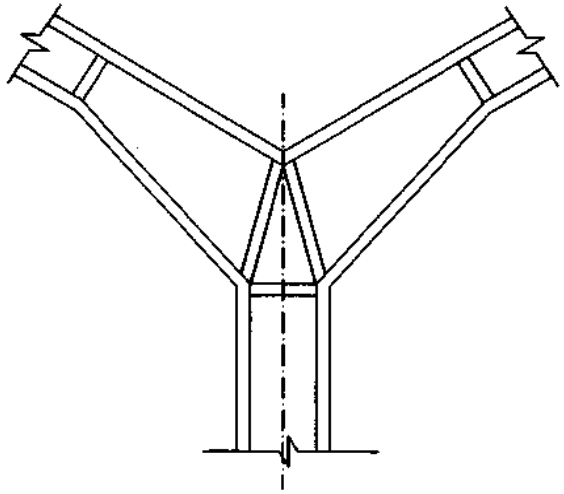
(a)



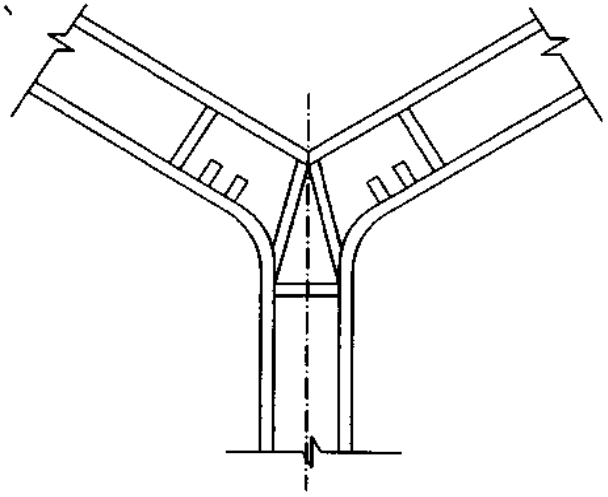
(b)



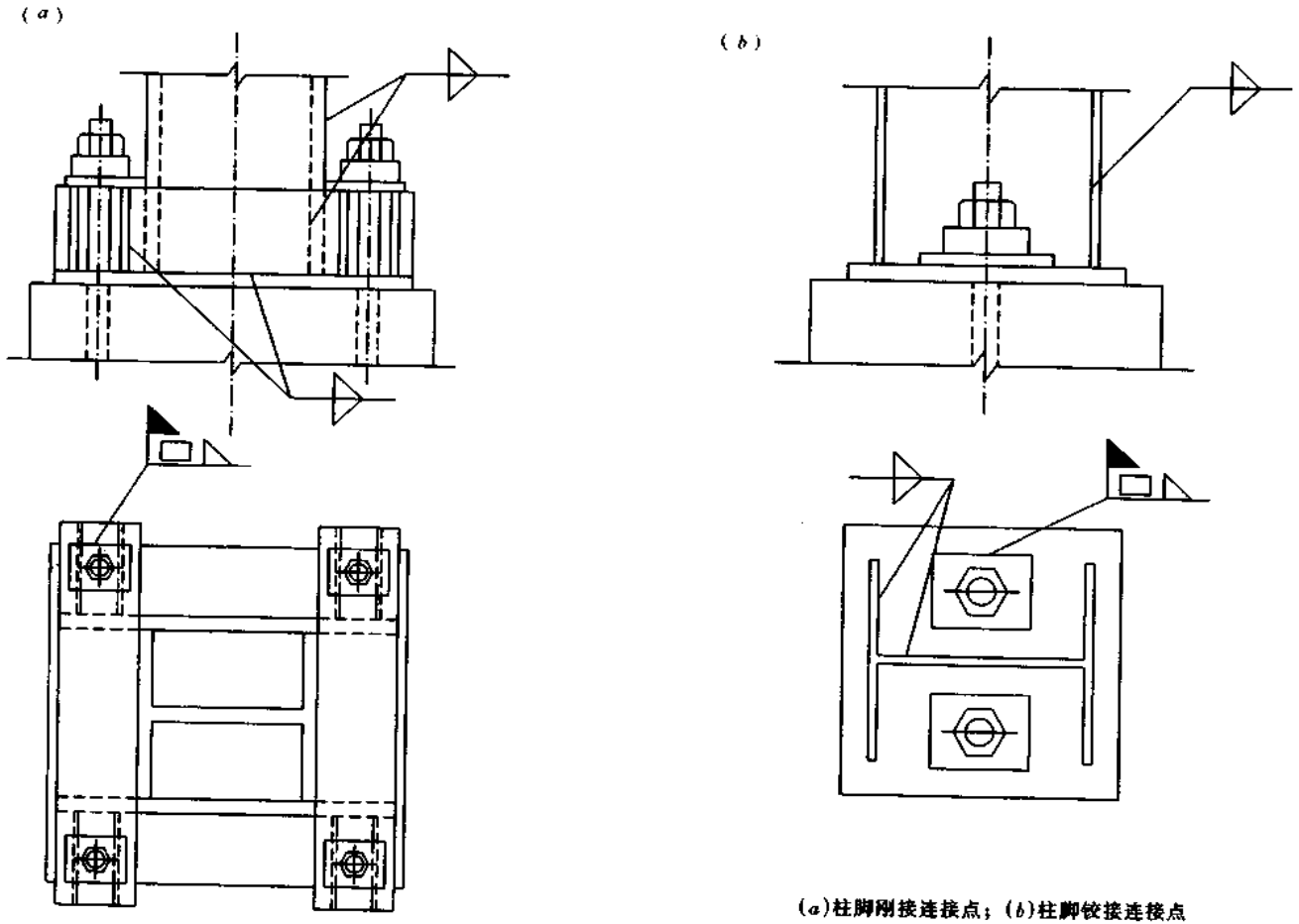
(c)



(d)

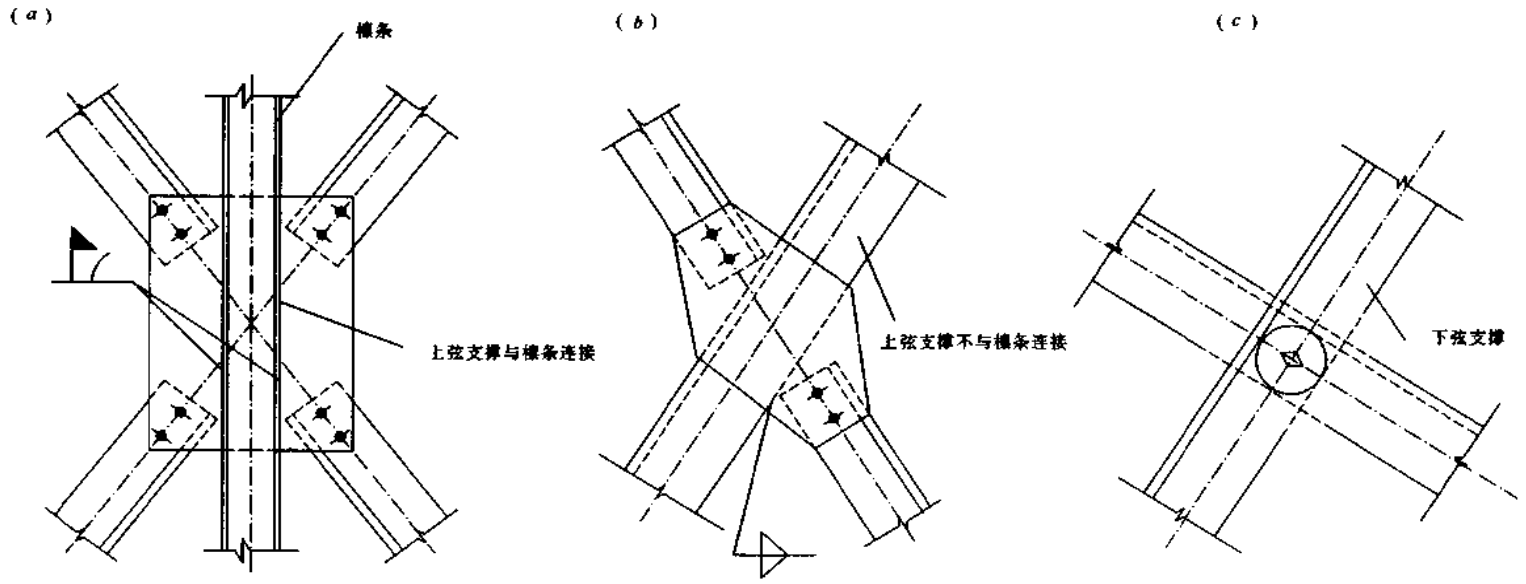


图名	多跨刚架节点	图页	1—38



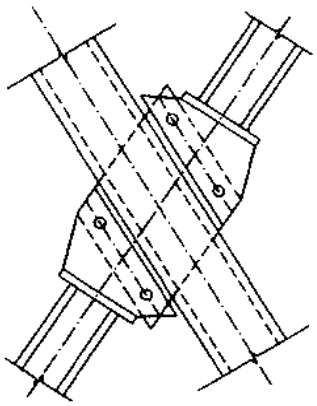
(a)柱脚刚接连接点；(b)柱脚铰接连接点

图名	刚架的柱脚	图页	1—39

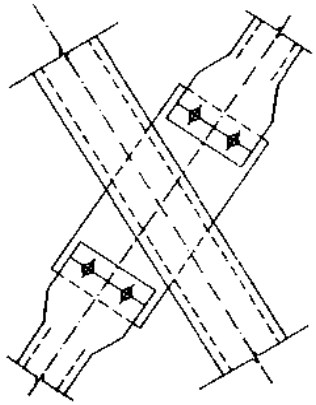


图名	上、下弦支撑交叉点构造	图页	1—40

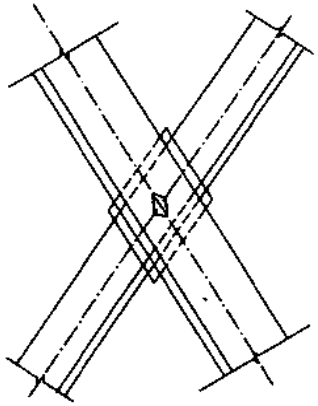
(a)



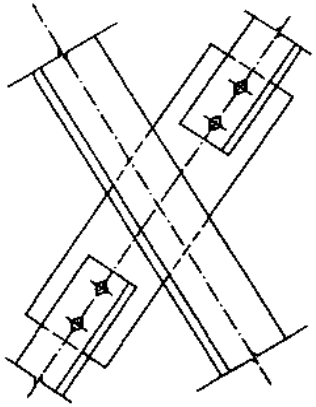
(b)



(c)

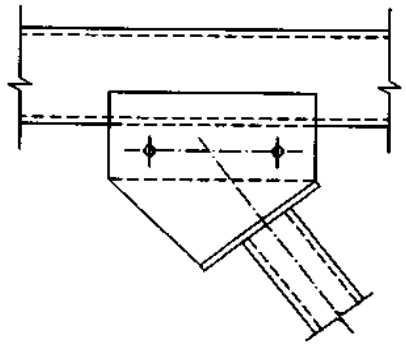


(d)

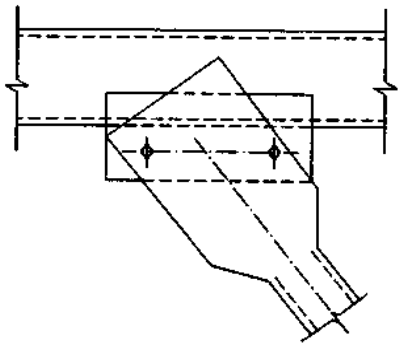


图名	屋架支撑交叉杆件交叉节点	图页	1—41

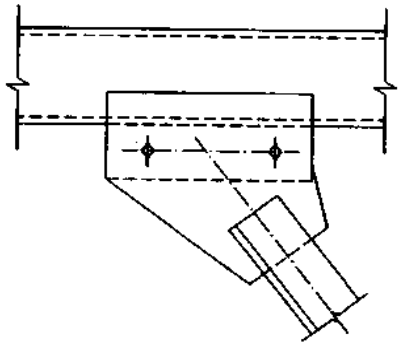
(a)



(b)

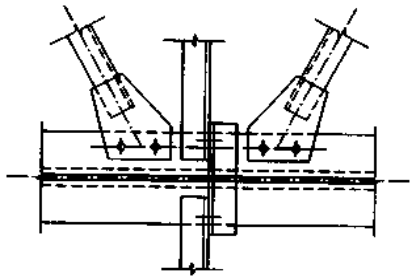


(c)

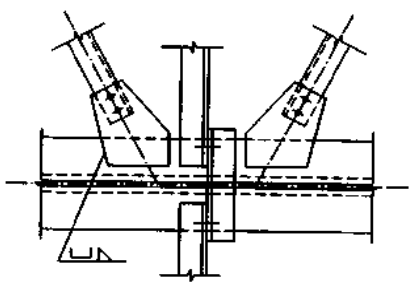


图名	屋架弦杆与交叉支撑杆件连接	图页	1—42

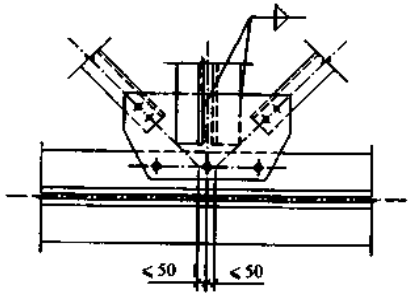
(a)



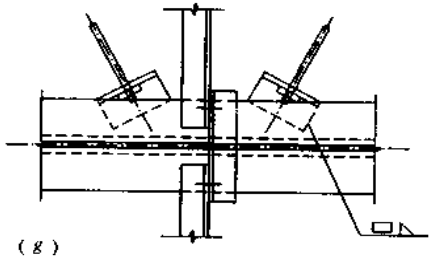
(b)



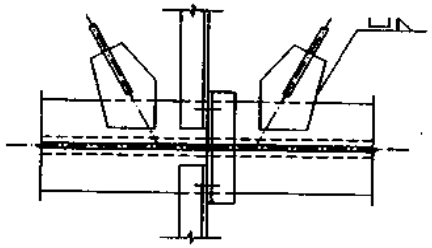
(e)



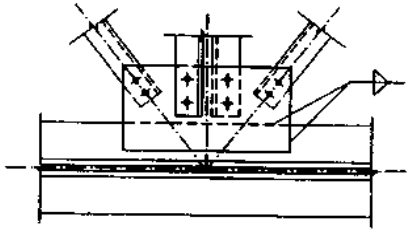
(c)



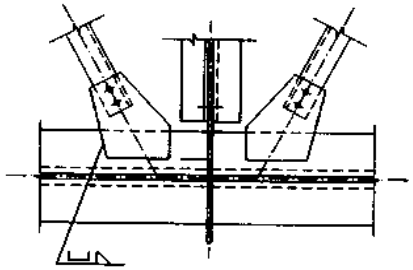
(d)



(f)



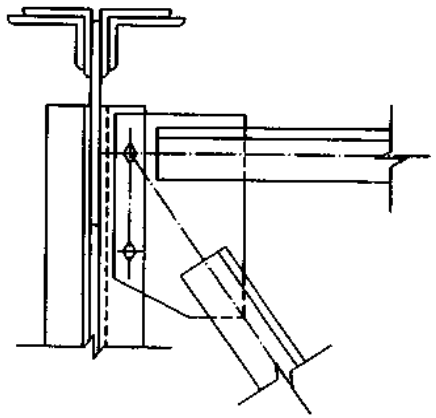
(g)



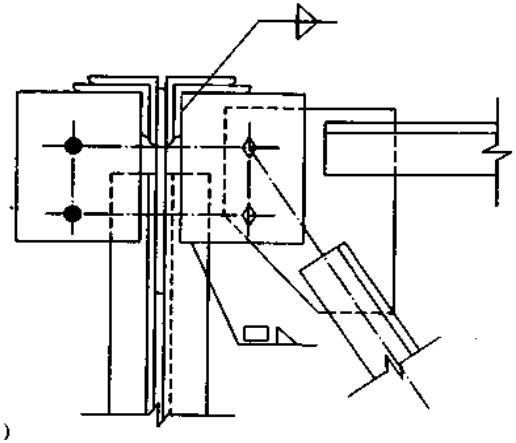
(a)、(b)、(c)、(d)角钢屋架上弦支撑连接；
(e)、(f)、(g)角钢屋架下弦支撑连接

图名	角钢屋架上、下弦支撑连接	图页	1—43

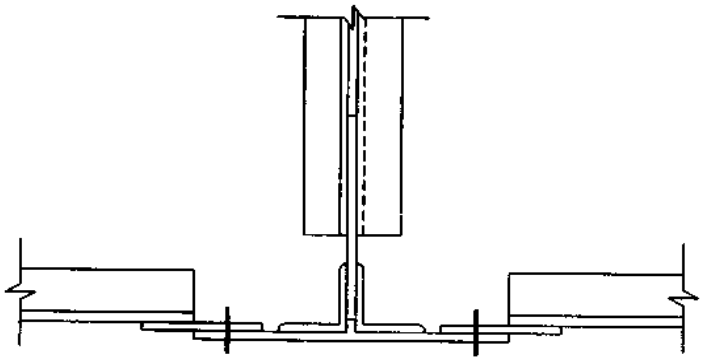
(a)



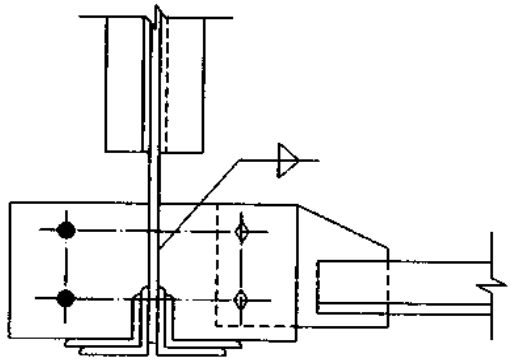
(b)



(c)



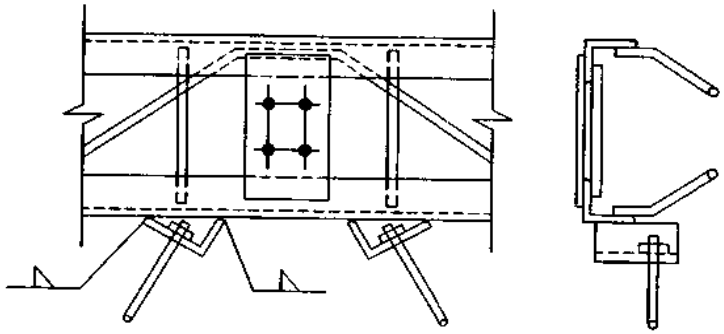
(d)



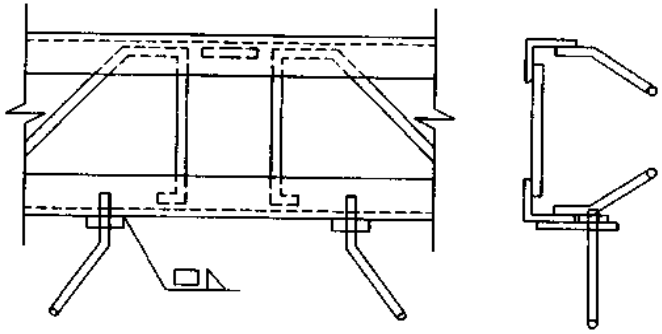
(a)、(b)角钢屋架垂直支撑与上弦的连接；
(c)、(d)角钢屋架垂直支撑与下弦的连接

图名	角钢屋架垂直支撑与上、下弦的连接	图页	1—44

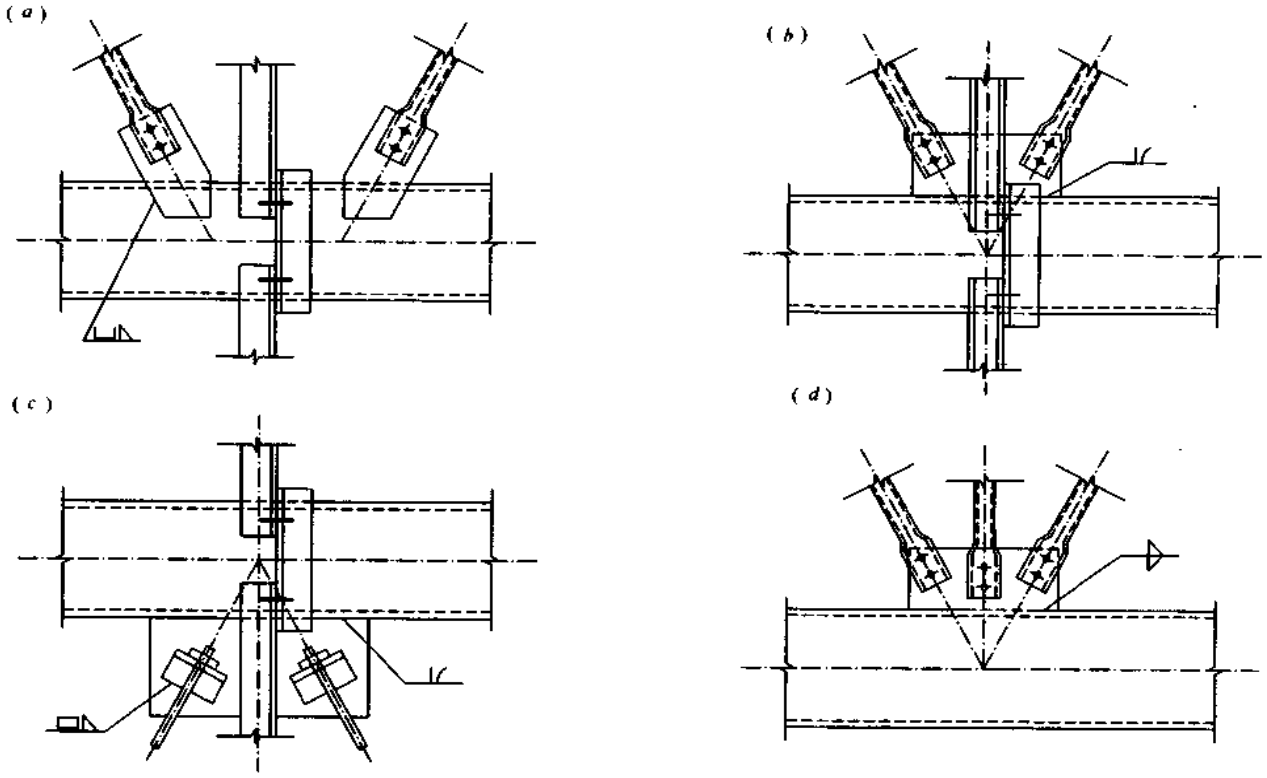
(a)



(b)

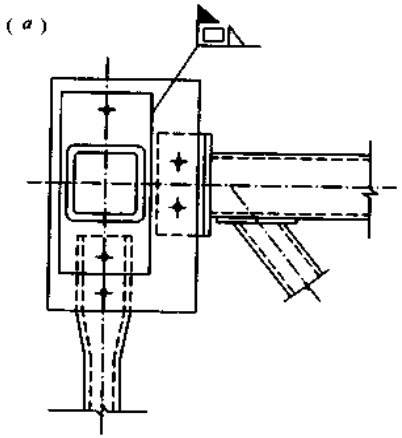


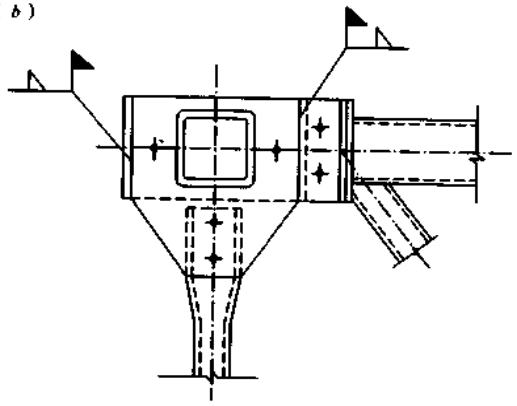
图名	三角拱屋架支撑连接	图页	1—45

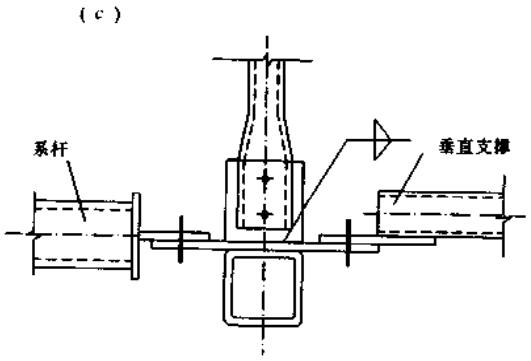


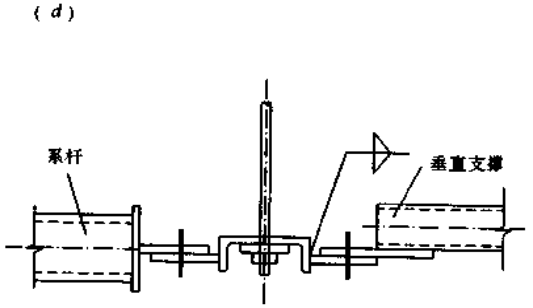
(a)、(b)、(c)方管屋架上弦支撑连接；
(d)方管屋架下弦支撑连接

图名	方管屋架上、下弦支撑连接	图页	1—46





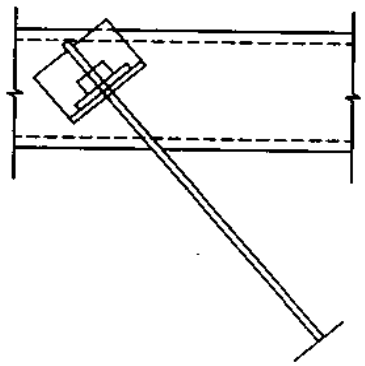




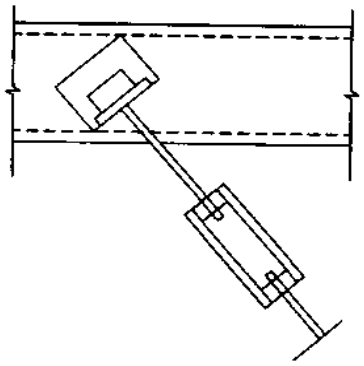
(a)、(b)方管屋架垂直支撑与上弦的连接；(c)方管屋架垂直支撑与下弦的连接；(d)方管屋架垂直支撑与槽钢下弦的连接

图名	方管屋架垂直支撑与上、下弦的连接	图页	1—47

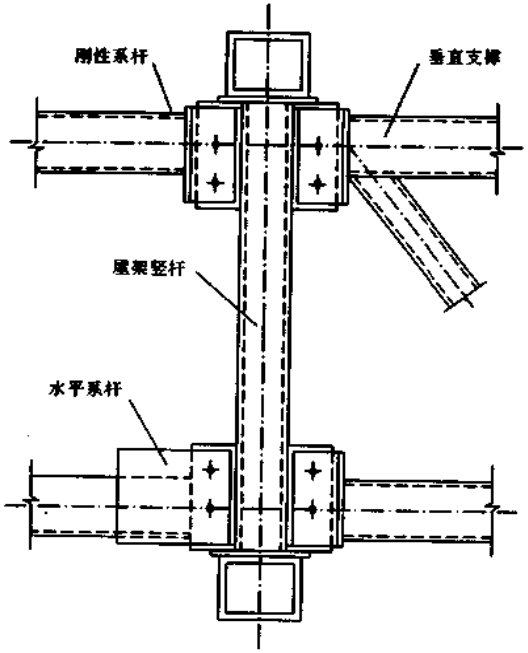
(a)



(b)



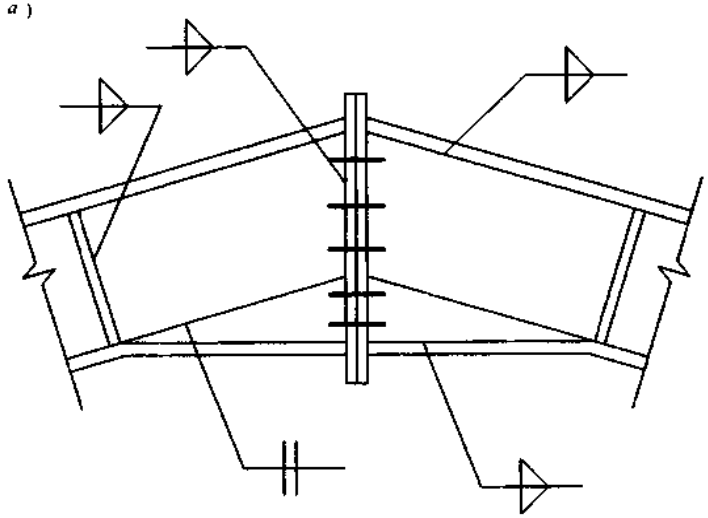
(c)



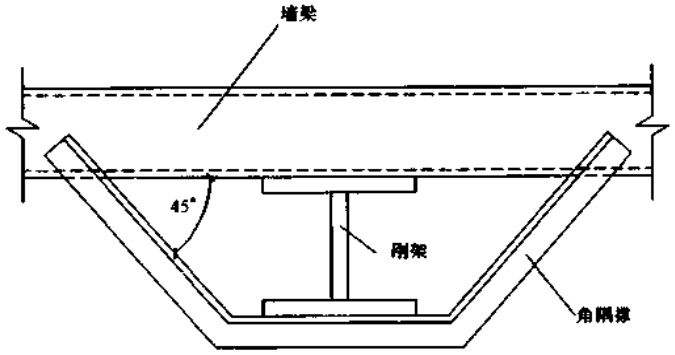
(a)、(b)圆钢拉条与屋架弦杆连接；
(c)屋架与垂直支撑、水平系杆连接

图名	圆钢拉条与屋架弦杆连接、屋架与垂直水平系杆连接	图页	1—48

(a)

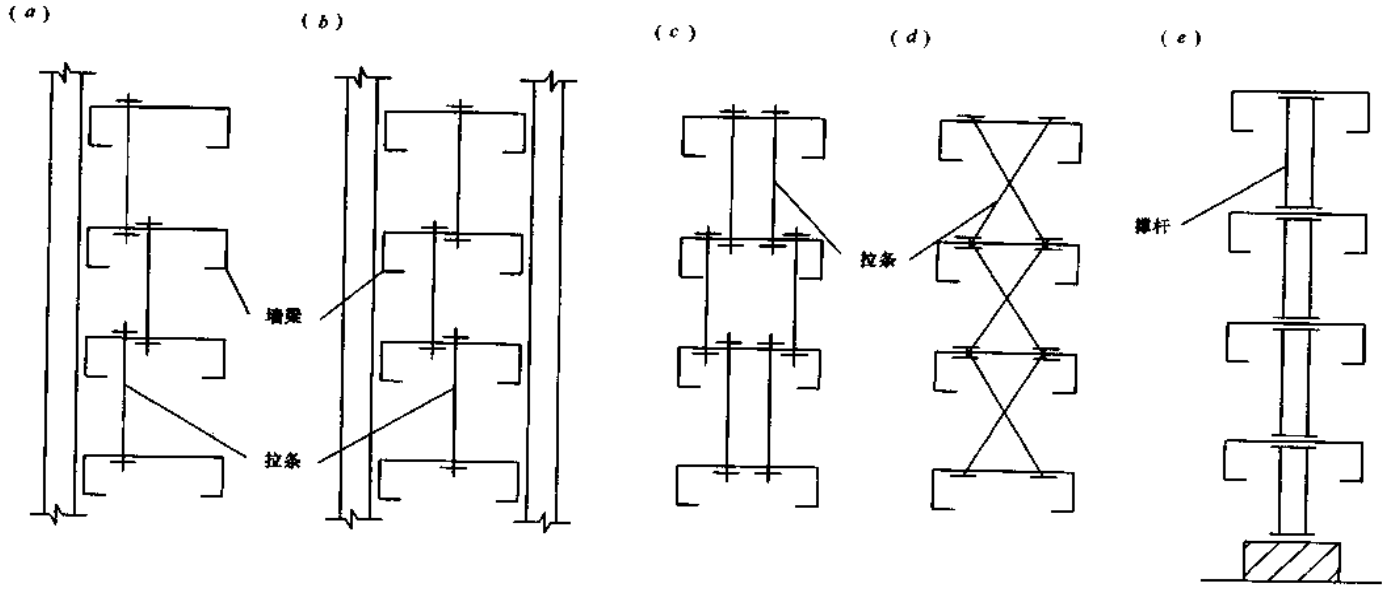


(b)



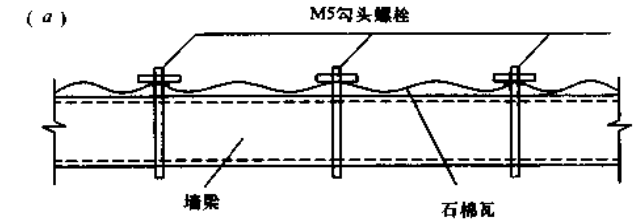
(a)横梁屋脊拼接；(b)横梁和柱的角隅撑连接

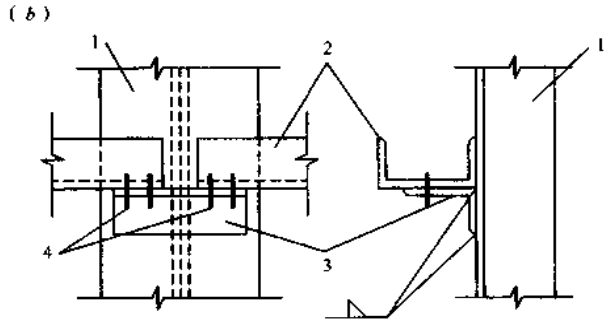
图名	横梁屋脊拼接、横梁和柱的角隅撑连接	图页	1—49

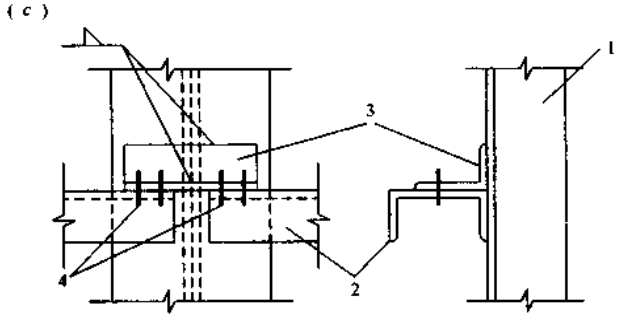


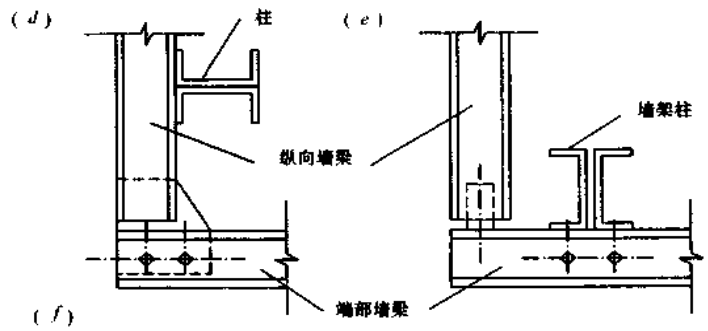
(a)、(b)单、双侧挂墙板墙梁的拉条设置；
(c)、(d)、(e)墙梁抗扭支承设置

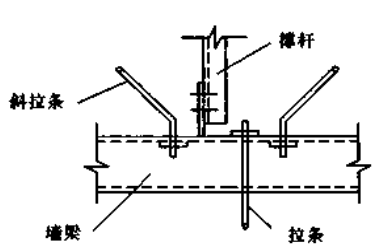
图名	单、双侧挂墙板墙梁的拉条设置、墙梁抗扭支承设置	图页	1—50

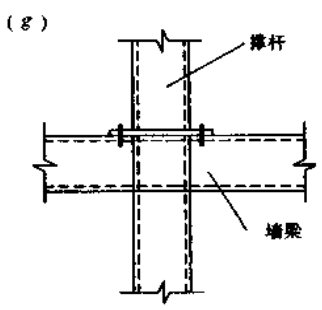


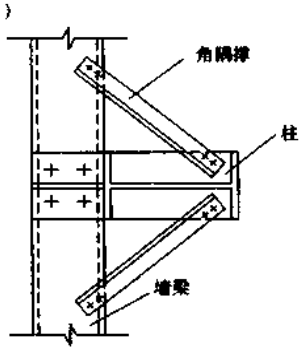






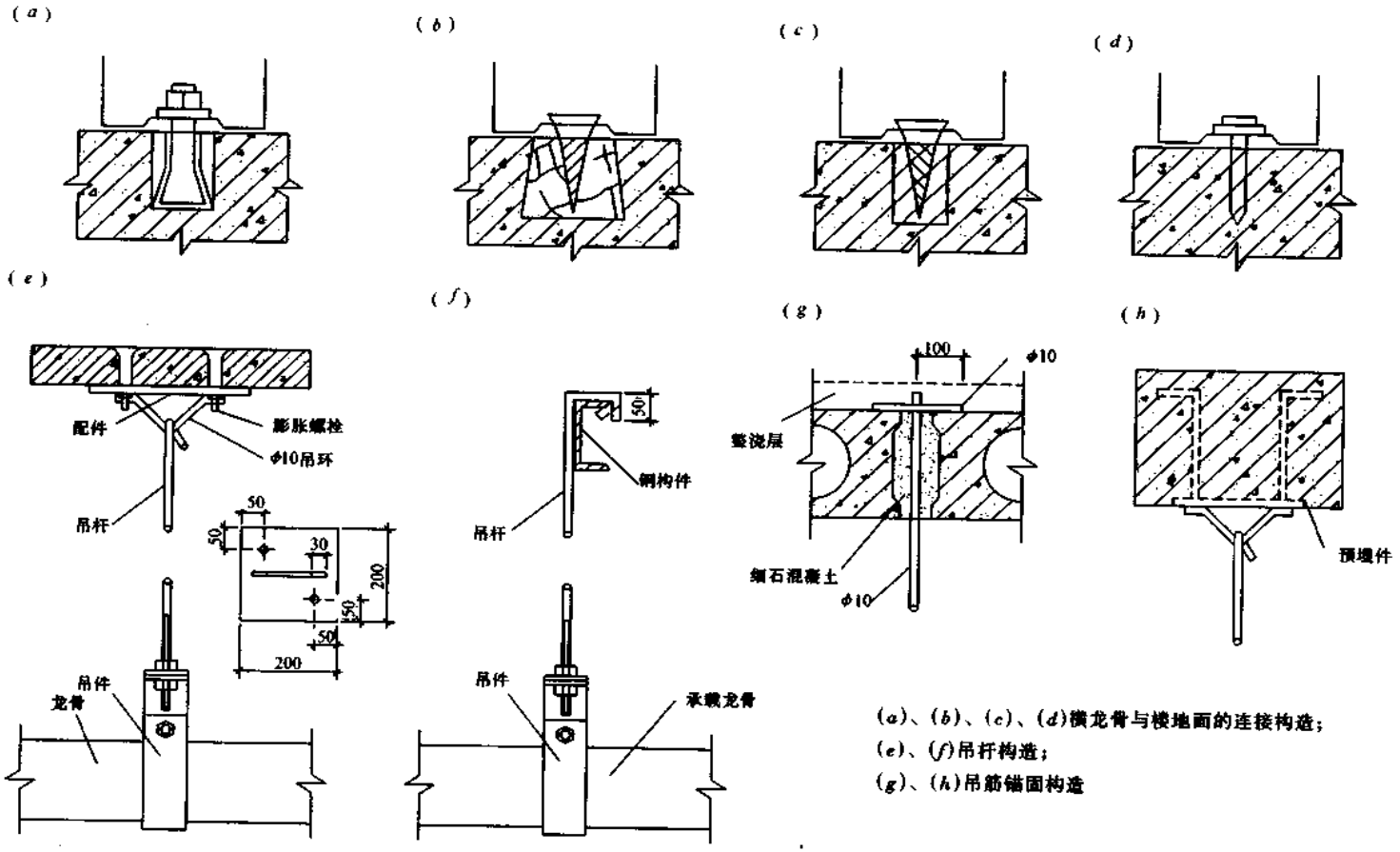






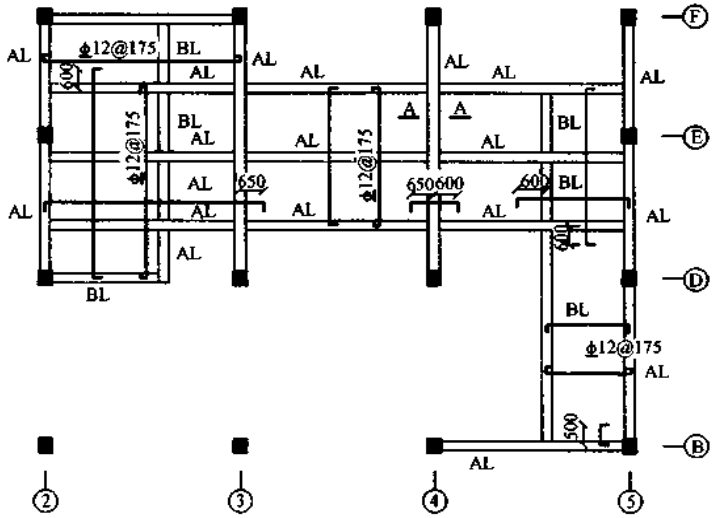
1—柱；2—墙梁；3—角钢支托；
4—连接螺栓
(a)石棉瓦墙板与墙梁连接；
(b)、(c)墙梁与柱连接；
(d)、(e)端部墙梁在墙角处的连接；
(f)、(g)墙梁与拉条、撑杆的连接；
(h)墙架角隅撑

图名	墙梁的连接	图页	1—51

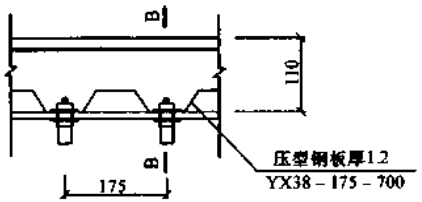


(a)、(b)、(c)、(d)横龙骨与楼地面的连接构造；
(e)、(f)吊杆构造；
(g)、(h)吊筋锚固构造

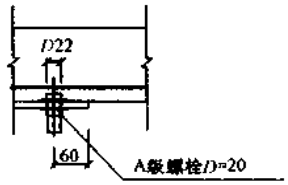
图名	轻钢龙骨	图页	1—52



三层楼面布置图

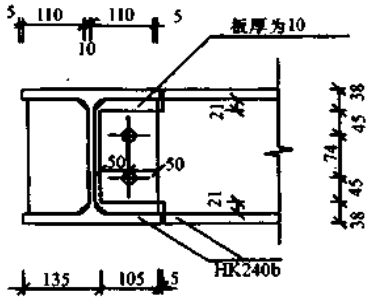


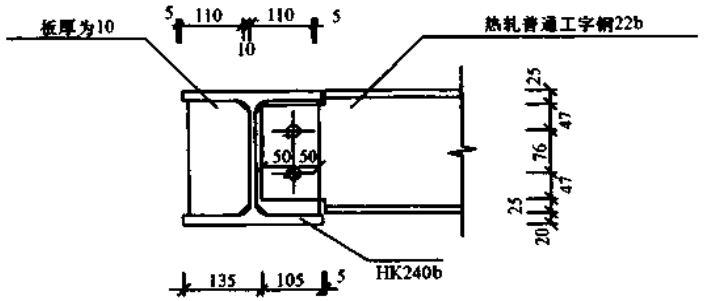
A—A

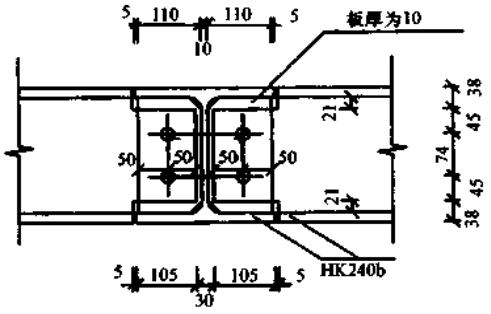


B—B

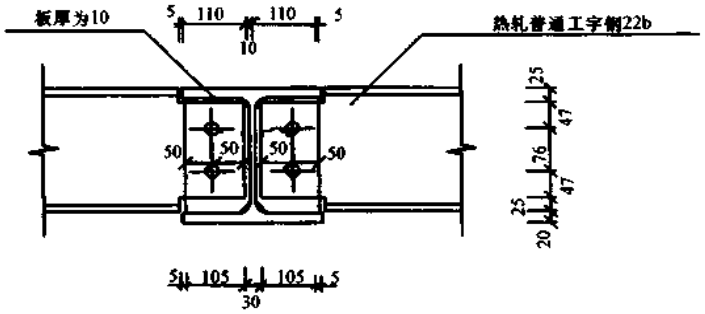
图名	某工程实例(一)	图页	1—53





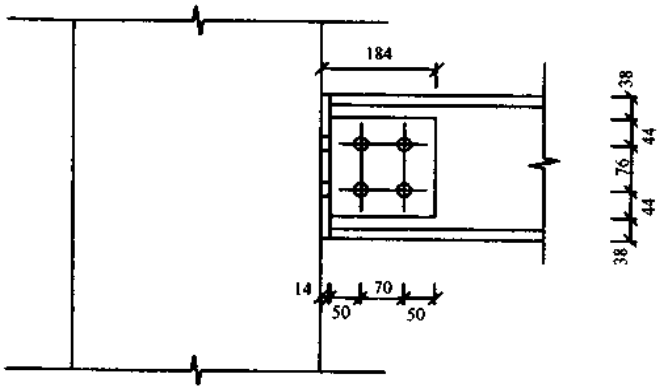


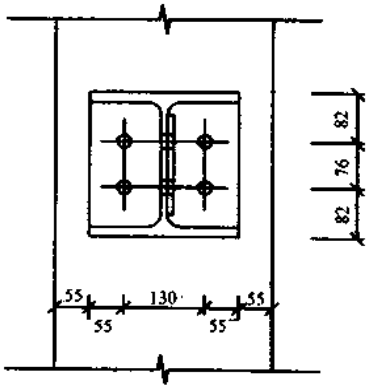
①



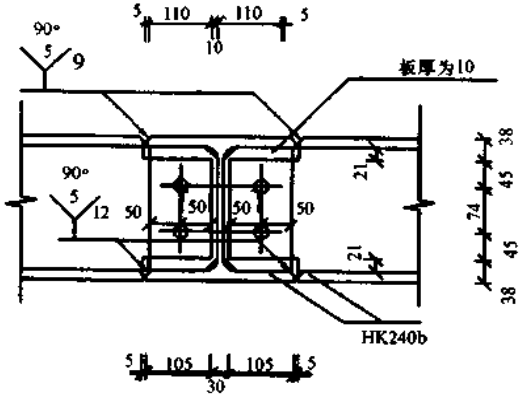
②

图名	某工程实例(二)	图页	1—54

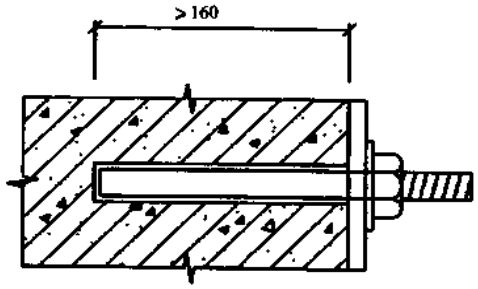




3

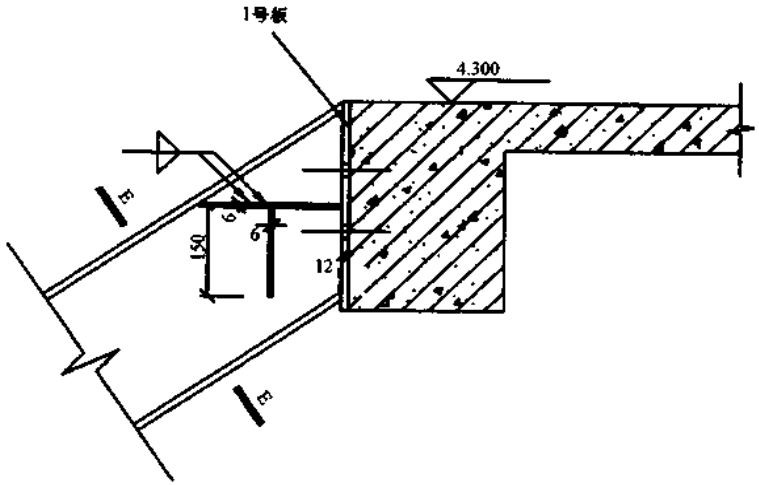


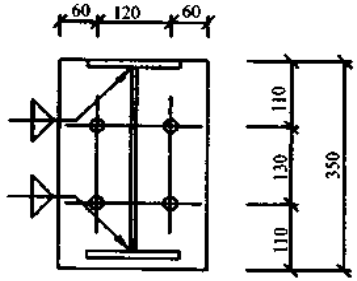
5



4

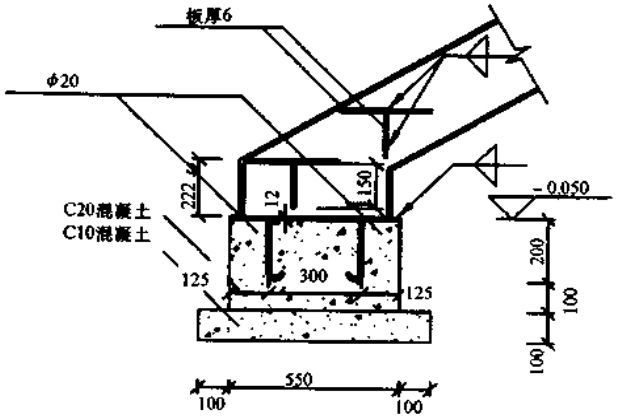
图名	某工程实例(三)	图页	1—55

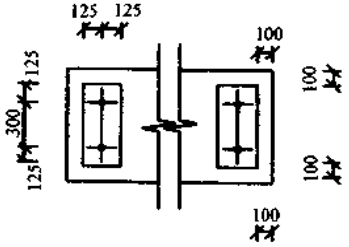




E－E

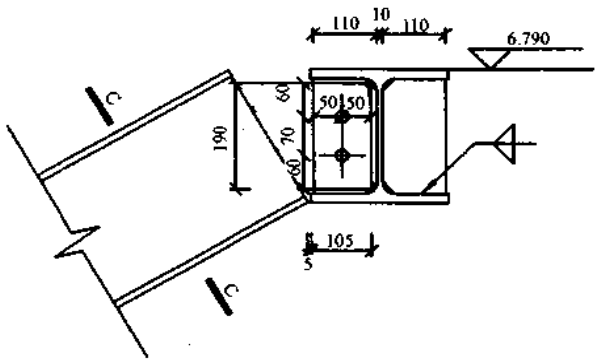
7



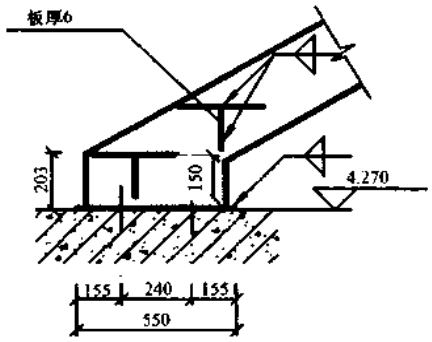


6

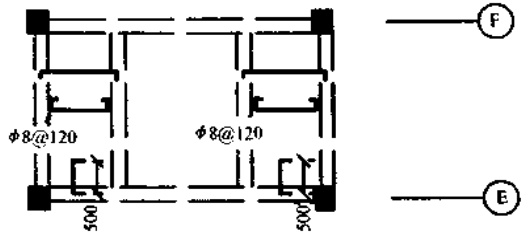
图名	某工程实例(四)	图页	1—56



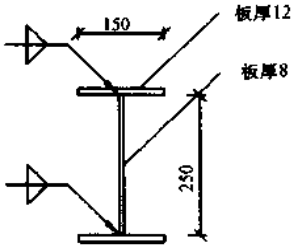
9



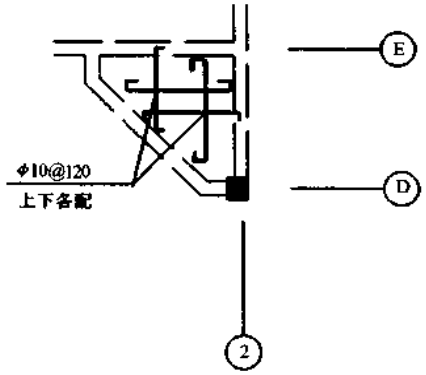
8



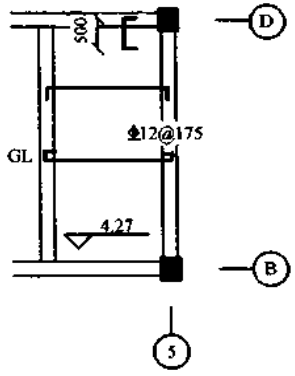
5 6



C—C

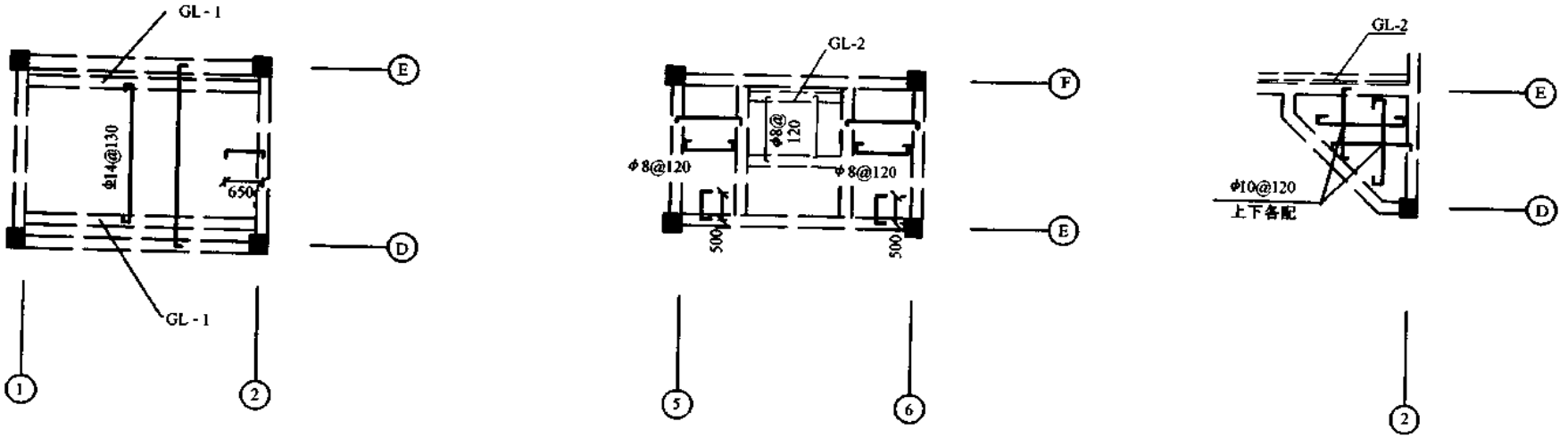


2

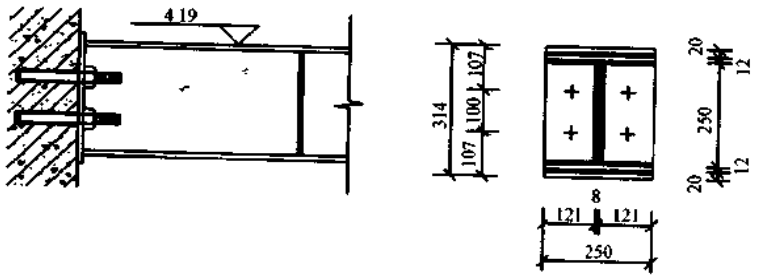


5

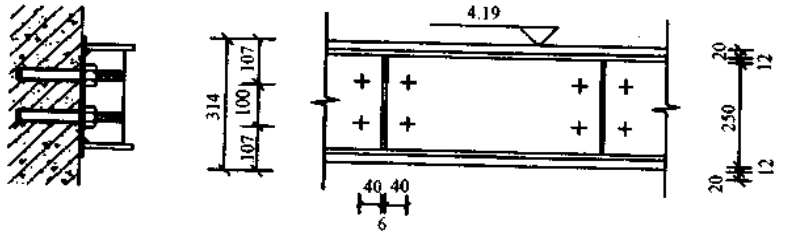
图名	某工程实例(五)	图页	1—57



补洞梁布置图

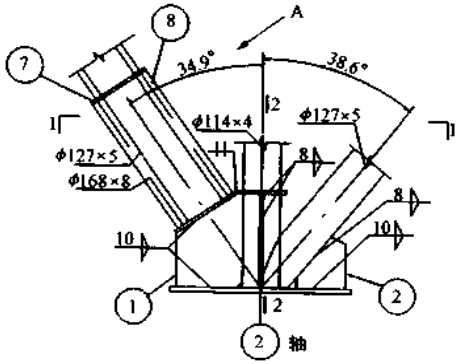


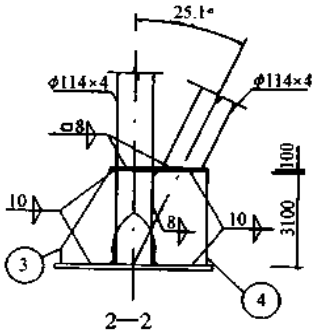
GL—1 与混凝土梁连接



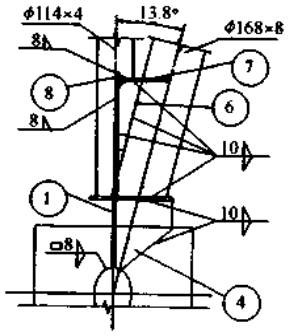
GL—2 与混凝土梁连接

图名	某工程实例(六)	图页	1—58

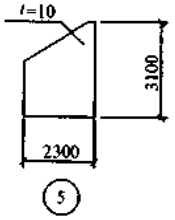




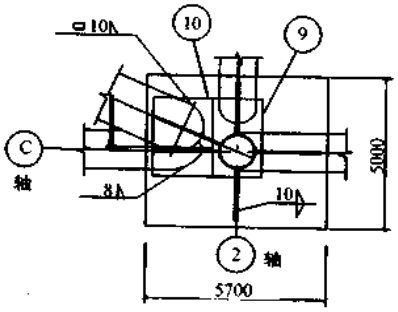
2—2



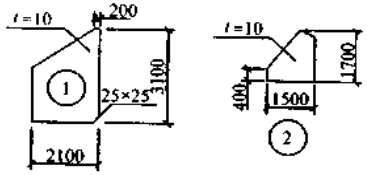
A 向

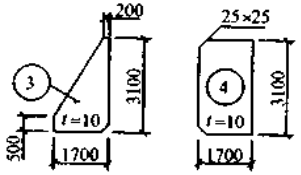


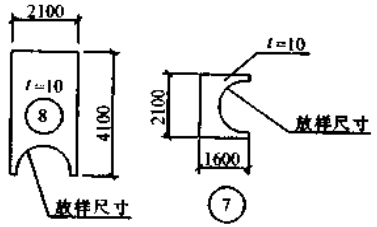
放样尺寸

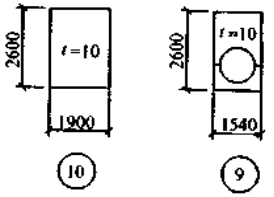


1—1

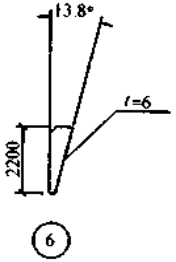






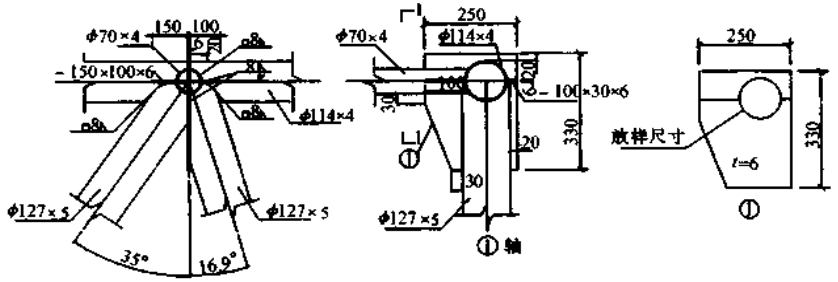


放样尺寸



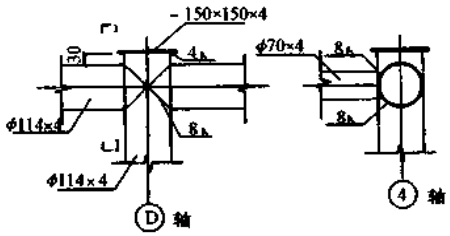
1 节点详图

图名	某工程实例(七)	图页	1—59



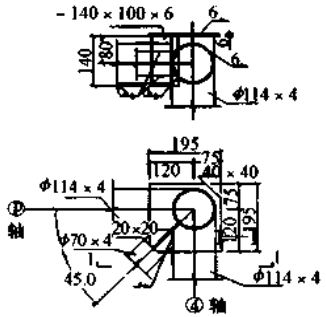
1—1

5 节点详图



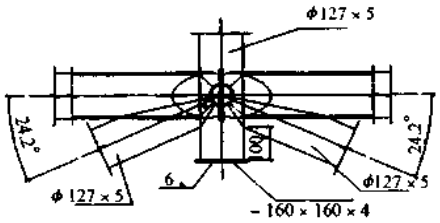
立面图　1—1

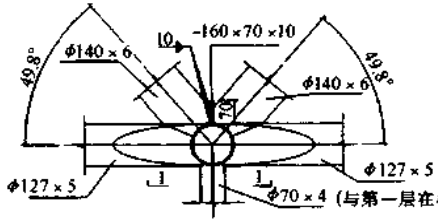
6 节点详图



平面图

7 节点详图





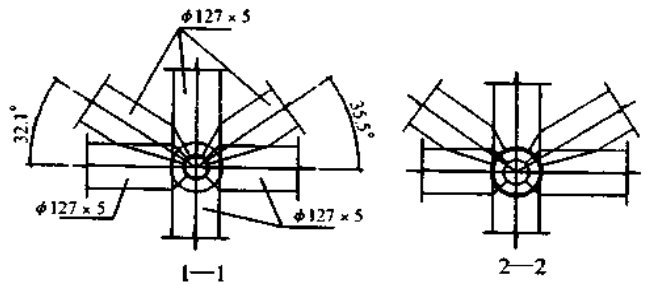
平面图

8 节点详图

注：1. 钢管与钢管相交的焊脚尺寸：除了与 φ70×4 钢管相接的焊缝为 8mm 外，其余焊缝均为 10mm

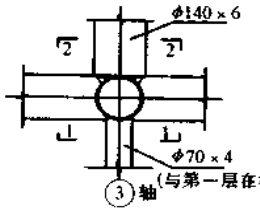
2. 先安装通长竖直钢管，其余焊接顺序为：先焊水平 φ70×4 钢管，再焊两水平 φ127×5 钢管，然后焊接竖直管两侧的 φ127×5 斜钢管，最后焊接两水平 φ140×6 斜钢管。

图名	某工程实例(八)	图页	1—60



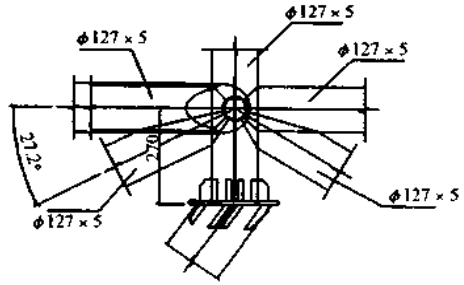
注：1. 钢管与钢管相交的焊脚尺寸除了与 φ70×4 钢管相接的焊缝为 8mm 外，其余焊缝均为 10mm。

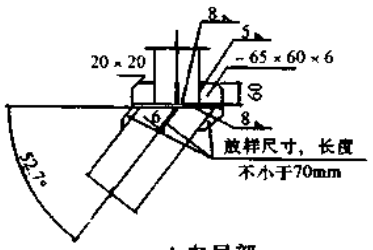
2. 先安装通长竖直钢管，其余焊接顺序为：先焊水平 φ70×4 钢管，再焊两根水平 φ127×5 钢管，然后焊水平 φ140×6 钢管，最后焊两侧斜钢管。



平面图

9 节点详图

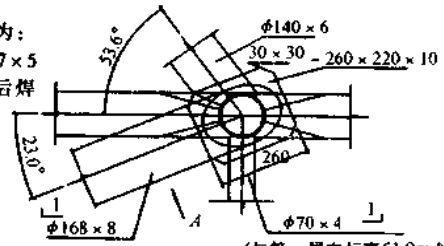




A 向局部

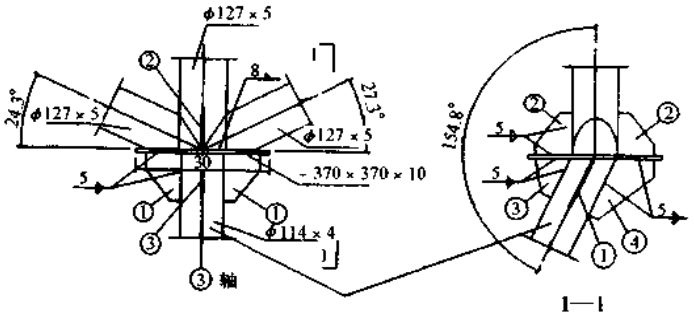
注：1. 钢管与钢管相交的焊脚尺寸，除了与 φ70×4 钢管相接的焊缝为 8mm 外，其余焊缝均为 10mm。

2. 先安装通长竖直钢管及 φ168×8 的斜管，其余焊接顺序为：先焊水平 φ70×4 钢管，再焊两水平 φ127×5 钢管，然后焊水平 φ140×6 斜钢管，最后焊接两 φ127×5 斜钢管。



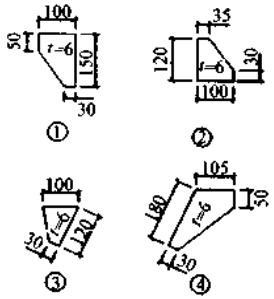
平面图

11 节点详图



立面图

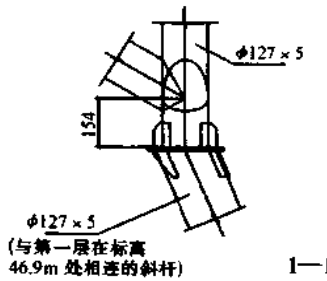
此杆为与第一层在标高46.9m处相连的斜杆



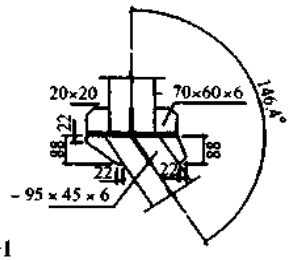
注：钢管与钢管相交的焊脚尺寸均为10mm。

10 节点详图

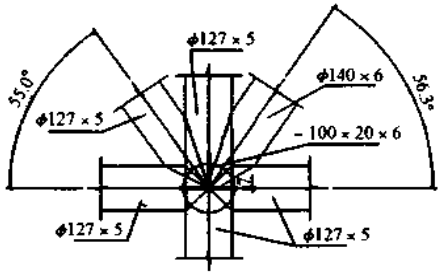
图名	某工程实例(九)	图页	1—61



1—1



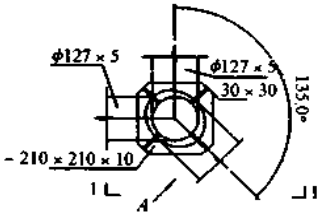
A 向局部



1—1

注：1. 钢管与钢管直接相交的焊脚尺寸均为 10mm。

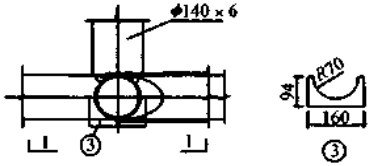
2. 先安装通长竖直钢管，其余焊接顺序为：先焊两水平 127×5 钢管，再焊水平 φ140×6 钢管，然后焊接竖直管两侧的 φ127×5 与 φ140×6 斜钢管。



平面图

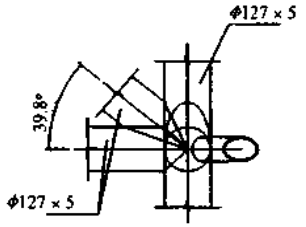
注：钢管与钢管相交的焊缝焊脚尺寸均为 10mm。

12 节点详图

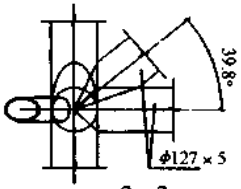


平面图

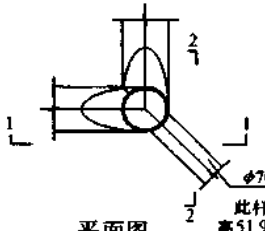
15 及 17 节点详图



1—1



2—2

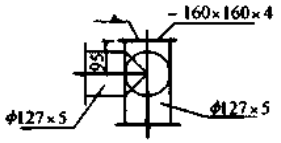


平面图

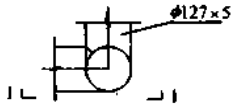
13 节点详图

注：1. 钢管与钢管相交的焊脚尺寸，除了与 φ70×4 钢管相接的焊缝为 8mm 外，其余焊缝均为 10mm。

2. 先安装通长竖直钢管，其余焊接顺序为：先焊水平 φ70×4 钢管，再焊两水平 φ127×5 钢管，然后焊接竖直管两侧的 φ127×5 斜钢管。



1—1

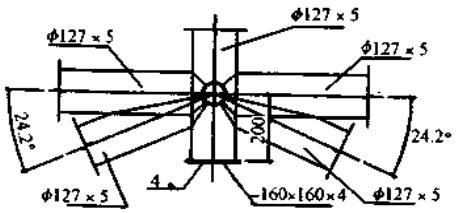


平面图

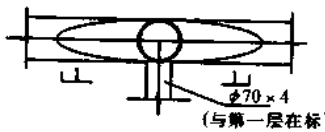
14 节点详图

注：钢管与钢管相交的焊缝焊脚尺寸均为 10mm。

图名	某工程实例(十)	图页	1—62



1—1



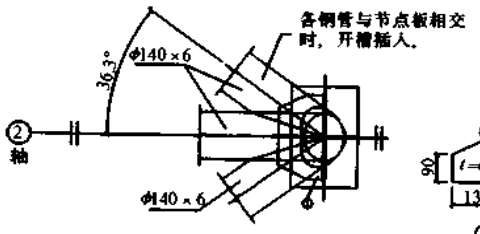
平面图

(与第一层在标高51.9 m处相连的水平杆)

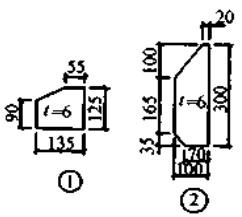
16 节点详图

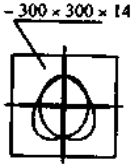
注：1. 钢管与钢管直接相交的焊脚尺寸，除了与 φ70×4 钢管相接的焊缝为 8mm 外，其余焊缝均为 10mm。

2. 先安装通长竖直钢管，其余焊接顺序为：先焊水平 φ70×4 钢管，再焊两水平 φ127×5 钢管，然后焊接水平管两侧的 φ127×5 斜钢管。

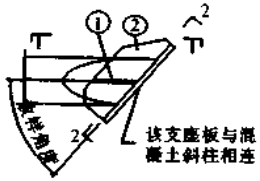


1—1





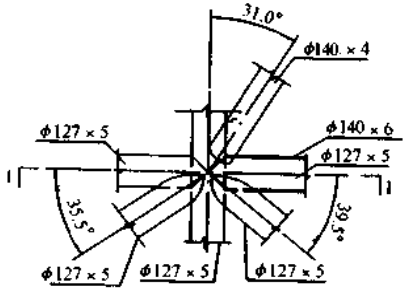
2—2



注：1. 钢管与钢管直接相交的焊缝及钢管与 14mm 厚支座板的焊缝的焊脚尺寸均为 10mm。

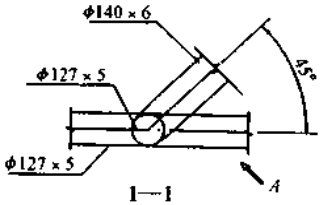
2. 节点板之间以及节点板与支座板的焊缝的焊脚尺寸均为 6mm。

18 节点详图

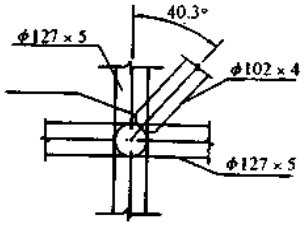


立面图

注：钢管与钢管直接交贯焊接时，壁厚 4mm 的钢管焊脚尺寸为 8mm，其他钢管焊脚尺寸均为 10mm。

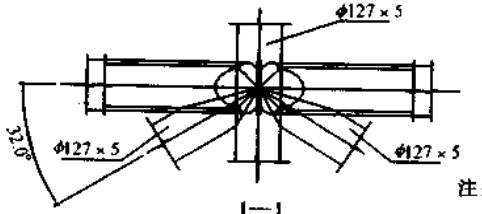


1—1

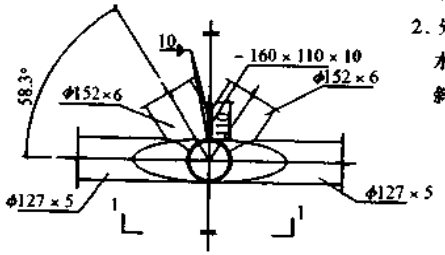


A 向

20 节点详图



1—1



平面图

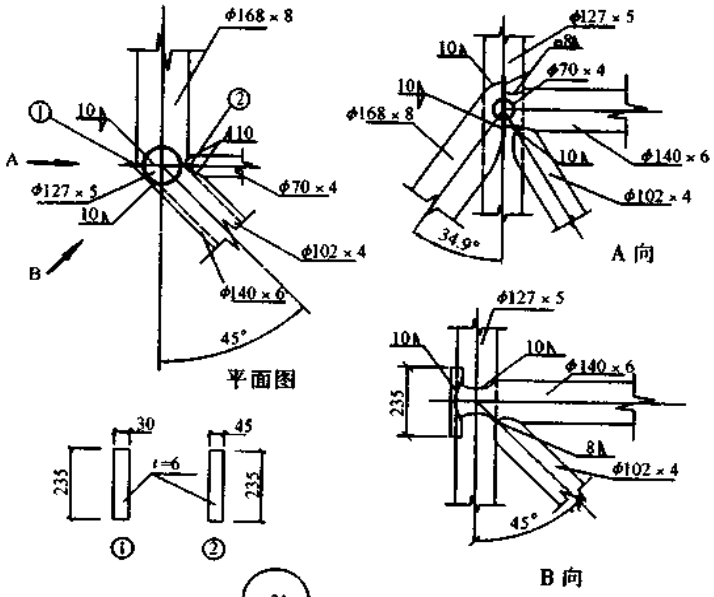
注：

1. 钢管与钢管直接相交的焊缝焊脚尺寸均为 10mm。

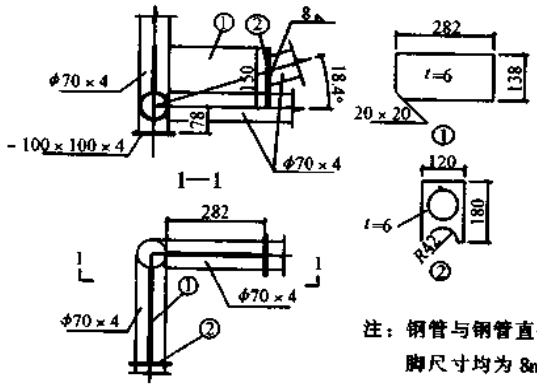
2. 先安装通长竖直钢管，其余焊接顺序为：先焊两水平 φ127×5 钢管，然后焊接竖直管两侧的 φ127×5 斜钢管，最后焊接两水平 φ152×6 斜钢管。

19 节点详图

图名	某工程实例(十一)	图页	1—63

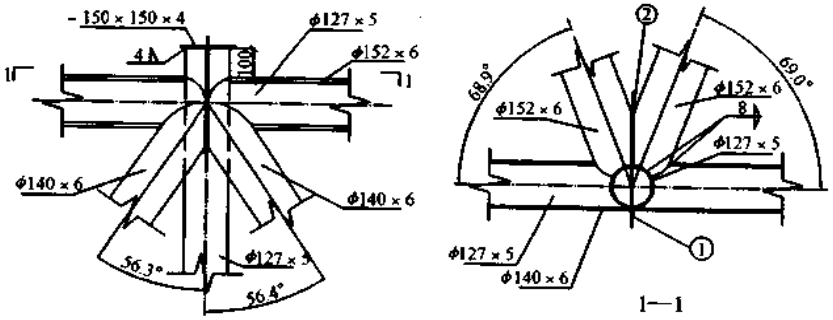


21 节点详图



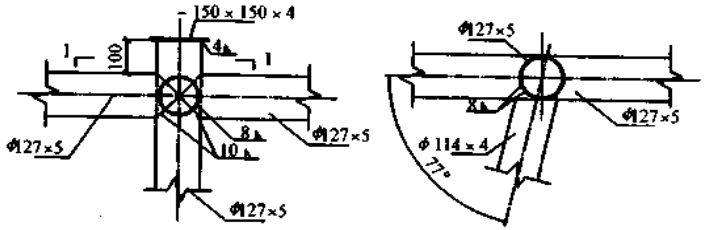
22 节点详图

注：钢管与钢管直接相交的焊缝焊脚尺寸均为 8mm。其他焊脚尺寸除了已有标注的，均为 5mm。



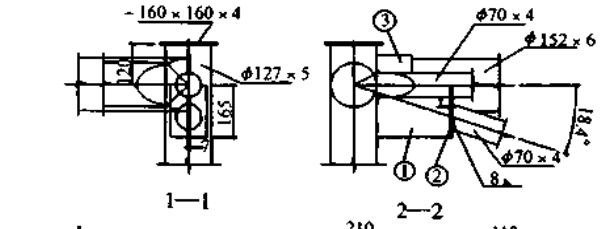
注：钢管与钢管直接相交的焊脚尺寸均为 10mm。

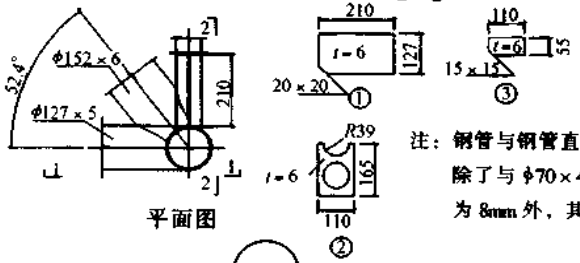
23 节点详图



24 节点详图

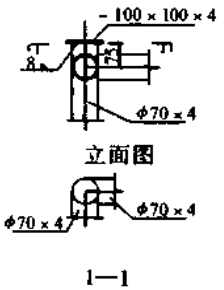
图名	某工程实例(十二)	图页	1—64





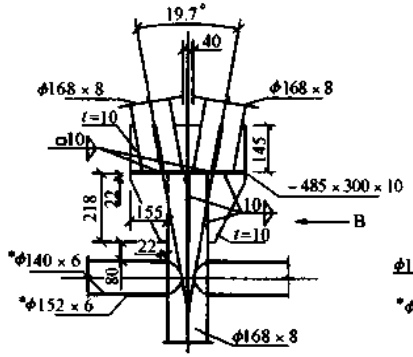
注：钢管与钢管直接相交的焊脚尺寸：除了与 φ70×4 钢管相接的焊缝为 8mm 外，其余焊缝均为 10mm。

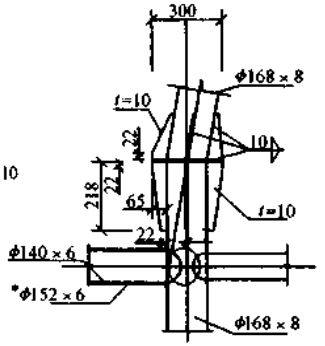
25 号节点详图

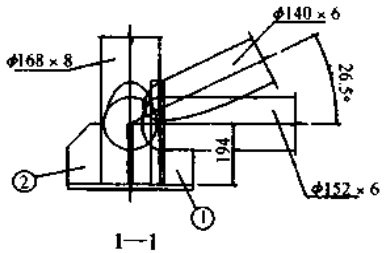


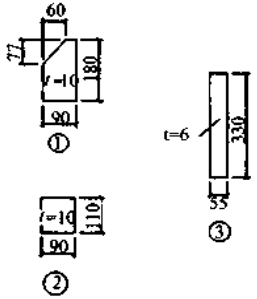
注：钢管与钢管相交的焊缝焊脚尺寸均为 8mm。

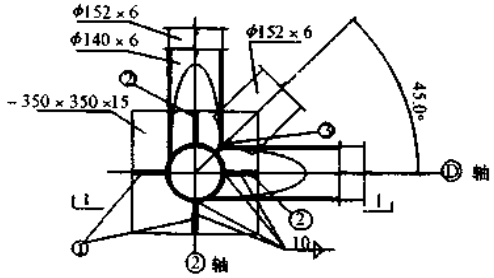
26 节点详图





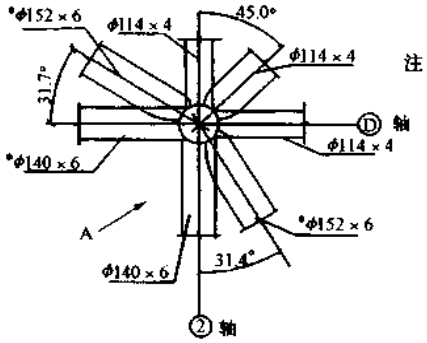






注：1. 钢管与钢管相交焊缝的焊脚尺寸均为 10mm。
2. 先安装通长竖直钢管，其余焊接顺序为：先焊水平 φ152×6 钢管，再焊竖直管两侧的 φ140×6 斜钢管，然后焊接水平 φ152×6 钢管。

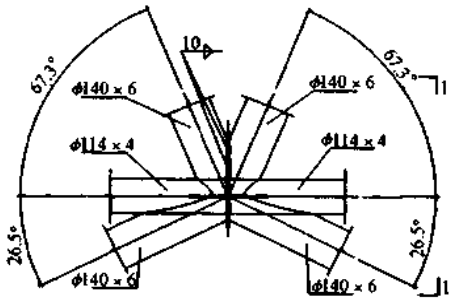
27 号节点详图



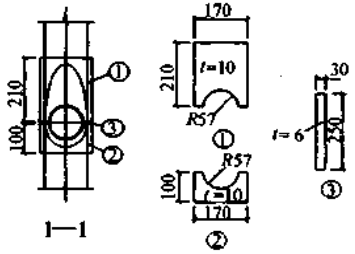
注：1. 有※的钢管为第一层在标高 54.4m 处相连的水平杆。
2. 钢管与钢管直接相连的焊脚尺寸：4mm 壁厚的钢管为 8mm，其他壁厚的钢管为 10mm。

28 号节点详图

图名	某工程实例(十三)	图页	1—65

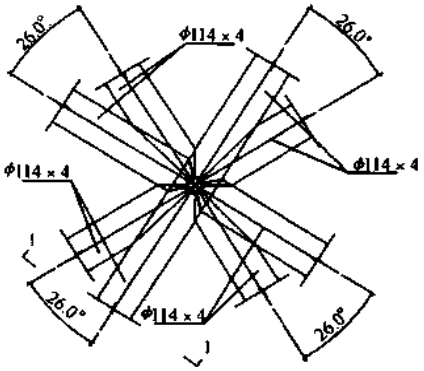


立面图

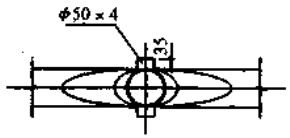


29 节点详图

注：钢管与钢管直接相交的焊脚尺寸；除了与 φ114×4 钢管相接的焊缝为 8mm 外，其余焊缝均为 10mm。

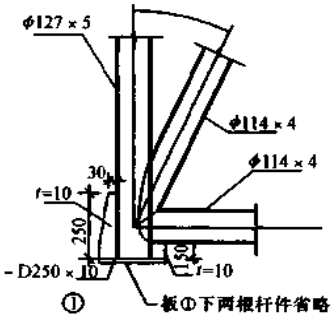


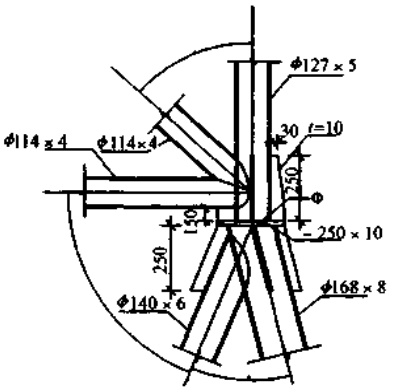
平面图

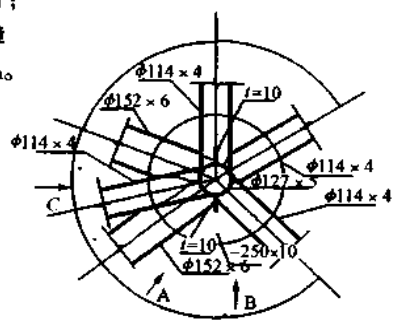


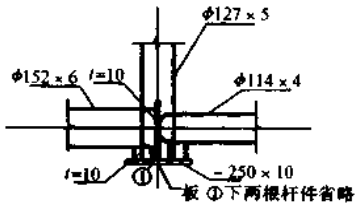
注：钢管与钢管相交焊缝的焊脚尺寸均为 8mm。

31 节点详图





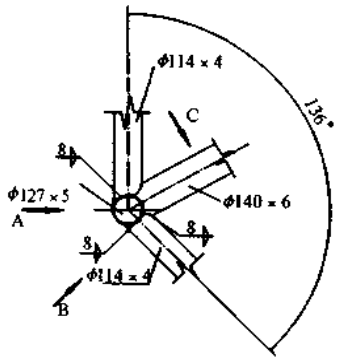


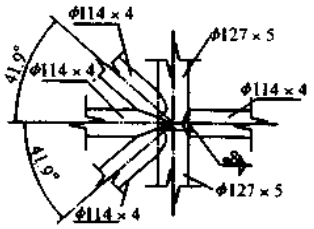


注：1. 各支管直接焊于主管时，壁厚为 4mm 的支管，焊脚尺寸均取 8mm；其他大于 4mm 的支管，焊脚尺寸取 10mm。
2. 各钢管与底板①直接焊接时，焊脚尺寸均取 10mm。
3. 其他加劲板与钢管焊接时，焊脚尺寸均取 5mm。

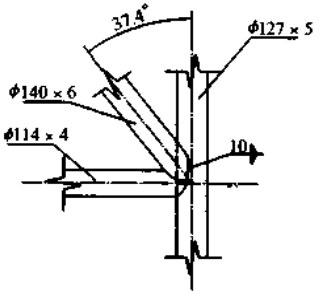
30 节点详图

图名	某工程实例(十四)	图页	1—66

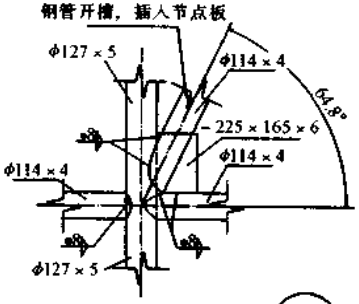




A 向

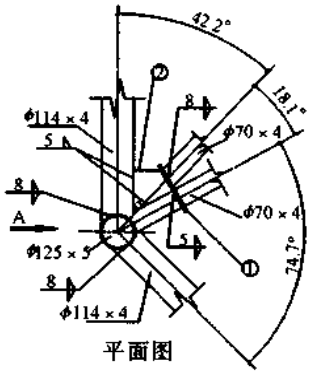


C 向

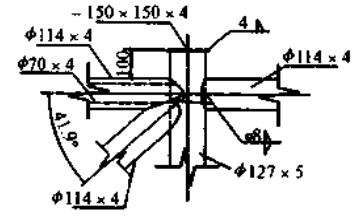


B 向

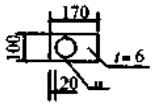
32 节点详图



平面图



A向

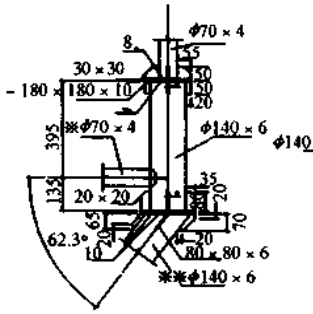


①

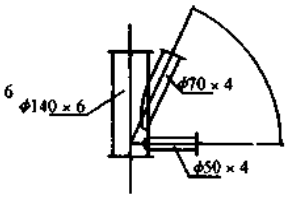


② 放样(参考)尺寸

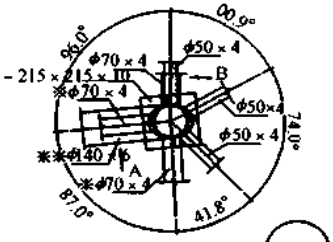
33 节点详图



A 向(局部)



B 向(局部)



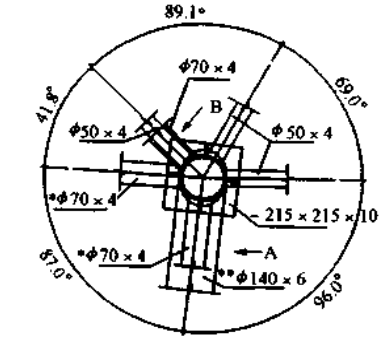
平面图

34 节点详图

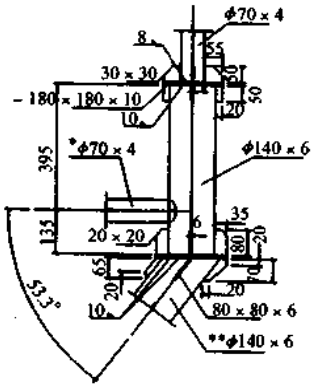
注：

1. 钢管与钢管直接相交的焊脚尺寸，除了与 φ140×6 钢管相接的焊缝为 10mm 外，其余焊缝均为 8mm。
2. 有※的钢管为与第三层在标高 69.4m 处相连的水平杆。
3. 有※※的钢管为与第三层在标高 69.4m 处相连的斜杆。

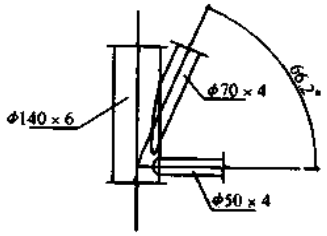
图名	某工程实例(十五)	图页	1—67



平面图



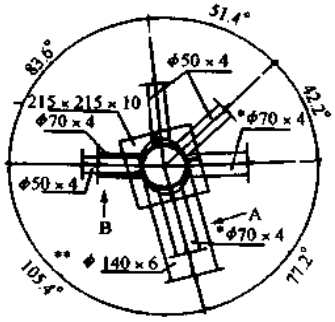
A 向(局部)



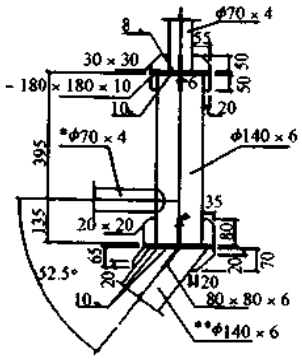
B 向(局部)

注：1. 钢管与钢管直接相交的焊脚尺寸，除了与 φ140×6 钢管相接的焊缝为 10mm 外，其余焊缝均为 8mm。
2. 有※的钢管为与第三层在标高 69.4m 处相连的水平杆。
3. 有※※的钢管为与第三层在标高 69.4m 处相连的斜杆。

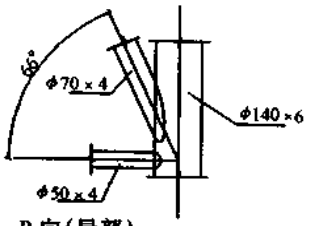
35 节点详图



平面图



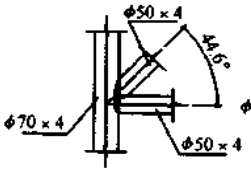
A 向(局部)



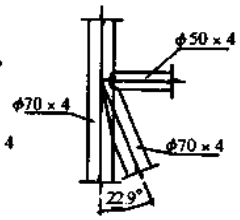
B 向(局部)

注：1. 钢管与钢管直接相交的焊脚尺寸：除了与 φ140×6 钢管相接的焊缝为 10mm 外，其余焊缝均为 8mm。
2. 有※的钢管为与第三层在标高 69.4m 处相连的水平杆。
3. 有※※的钢管为与第三层在标高 69.4m 处相连的斜杆。

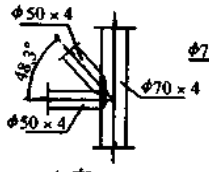
36 节点详图



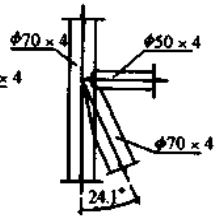
A 向



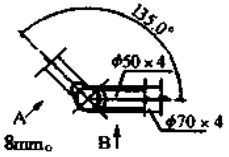
B 向



A 向



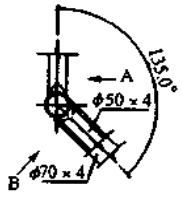
B 向



平面图

注：1. 钢管与钢管直接相交焊缝的焊脚尺寸均为 8mm。
2. 先安装通长竖直钢管，其余焊接顺序为：先焊水平钢管，再焊两侧的斜钢管。

38 节点详图

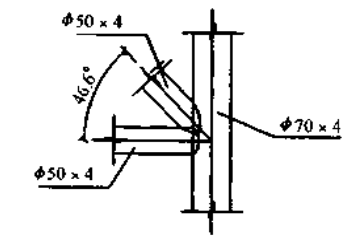


平面图

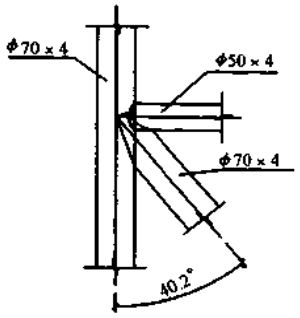
注：1. 钢管与钢管直接相交焊缝的焊脚尺寸均为 8mm。
2. 先安装通长竖直钢管，其余焊接顺序为：先焊水平钢管，再焊两侧的斜钢管。

37 节点详图

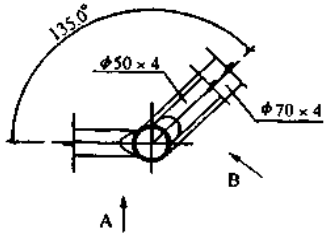
图名	某工程实例(十六)	图页	1—68



A 向



B 向

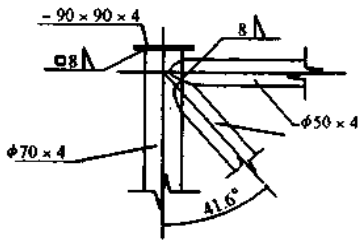


平面图

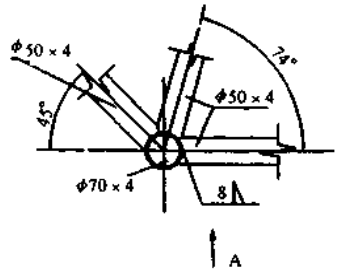
注：1. 钢管与钢管直接相交焊缝的焊脚尺寸均为8mm。

2. 先安装通长竖直钢管，其余焊接顺序为：先焊水平钢管，再焊两侧的斜钢管。

39 节点详图

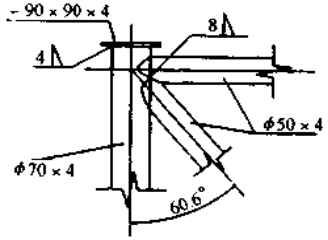


A 向

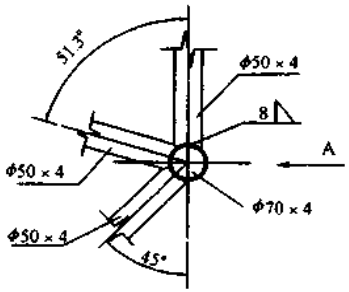


平面图

40 节点详图

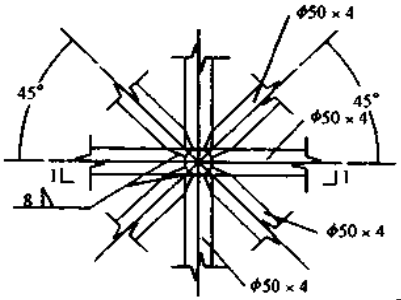


A 向

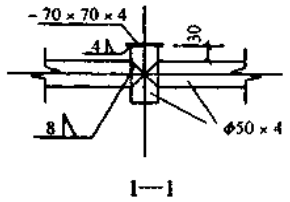


平面图

41 节点详图

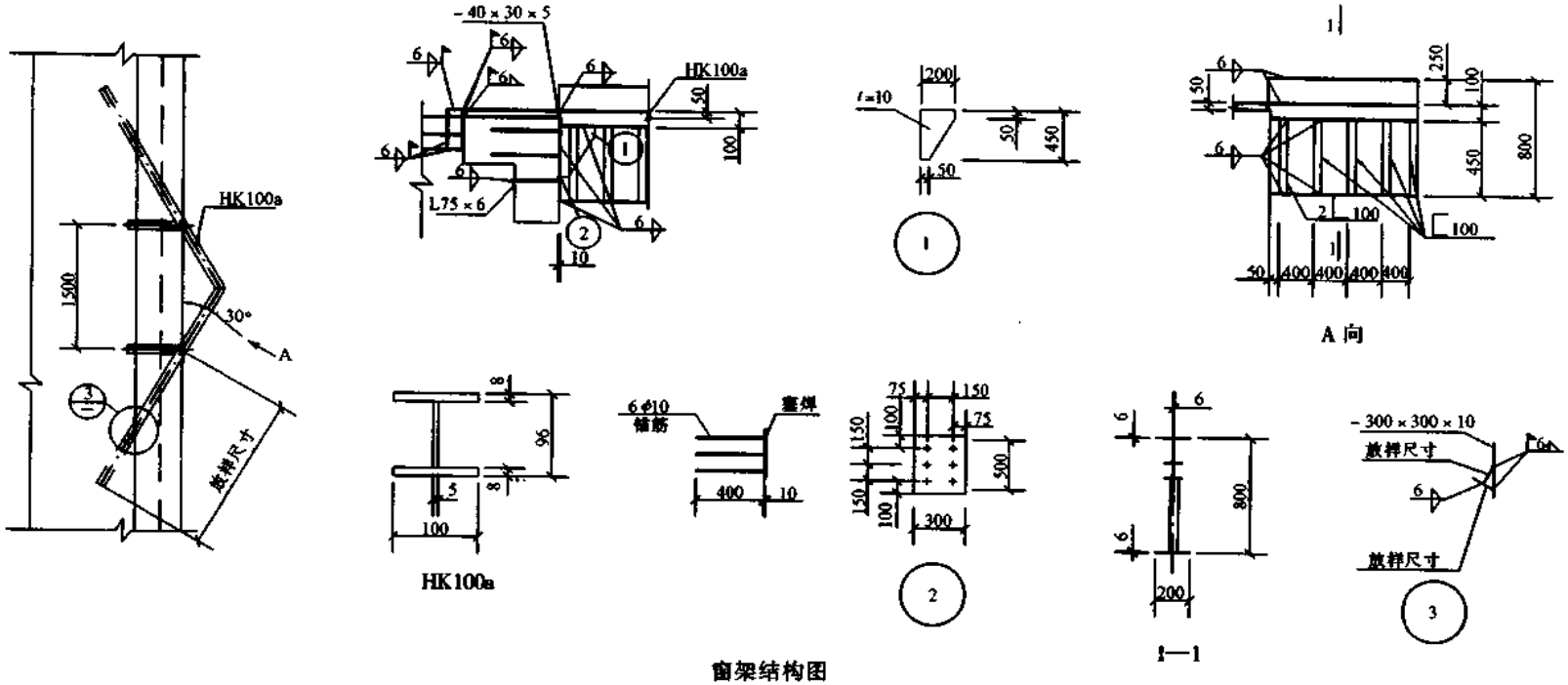


平面图

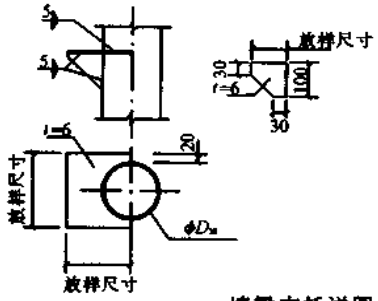


42 节点详图

图名	某工程实例(十七)	图页	1—69

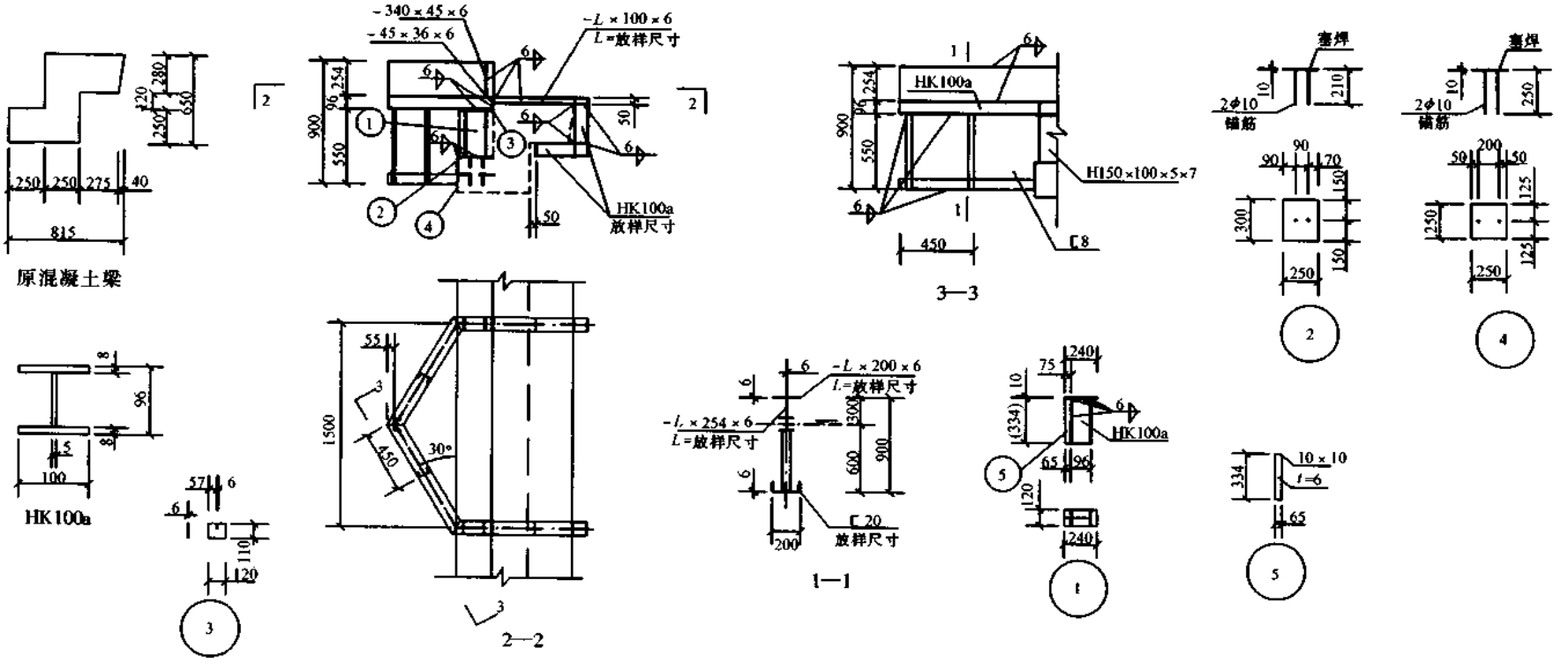


窗架结构图

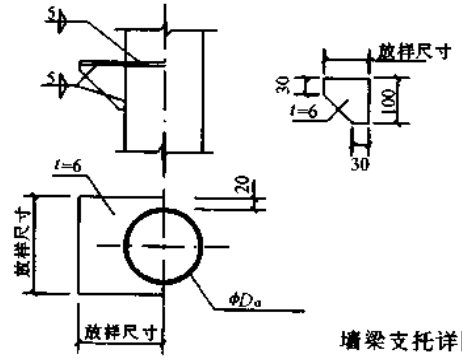


墙梁支托详图

图名	某工程实例(十八)	图页	1—70



窗架结构图



说明：1. 未注焊缝均为 h_f = 6mm。

2. 与原混凝土梁相接触的钢构件均应抱紧顶紧。

图名	某工程实例(十九)	图页	I—71

二、多层及高层钢结构

多层及高层钢结构的制作与安装

1. 一　般　要　求

(1) 多层及高层钢结构的制作和安装应按照施工图进行，并应遵守《钢结构工程施工及验收规范》GB50205—95、《高层建筑钢结构设计与施工规程》JGJ99—98及其他有关规范和规程的规定。制作和安装单位在施工前应编制制作工艺和安装工程施工组织设计，施工过程中必须严格按照规定的要求组织施工。

(2) 多层及高层钢结构制作和安装工作，必须在具有多层及高层钢结构吊装和制作的责任工程师和责任工艺师的指导下进行。对参加制作和安装的人员，必须进行各项专业培训，经培训达到要求者方能进行操作。

(3) 施工详图编制后，应提交原设计工程师负责审批，或由合同文件中明确规定的监理工程师审批。由于材料代用、工艺或其他原因需修改施工图时，必须向原设计单位申报，经同意并签署文件后，修改图才能生效。

(4) 构造复杂的构件制作时，应充分考虑各方面因素的影响，必要时要进行工艺性试验。

(5) 多层及高层钢结构安装前，必须对构件进行详细检查，构件外形尺寸，螺孔位置及直径，连接件位置及角度，焊缝、栓钉、高强度螺栓节点，摩擦面加工质量等均应达到施工图的技术要求。

2. 制　　作

(1) 多层及高层钢结构用的钢材和连接材料如焊条、焊丝、焊剂、高强度螺栓、普通螺栓、栓钉和涂料等应符合国家标准和设计图的规定，应有产品质量合格证明书，否则，不能在工程中使用。首次采用的钢材必须进行焊接工艺试验，符合设计要求后方可采用。对材料的质量有疑义时，应取样检验，取样方法与检验结果应符合国家标准的规定和设计文件的要求。

(2) 构件加工时，下料、切坡口、焊接矫正等工序，均应采用不损伤材料组织的方法。

(3) 多层及高层钢结构的焊接工作必须在焊接工程师的指导下进行，焊接工作开始前必须编制焊接工艺，并采取相应措施使结构的焊接变形和焊接残余应力减到最小。厚板焊接时，应注意严格控制焊接顺序，防止产生在厚度方向上的层状撕裂。

(4) 构件的组装工作应在坚固的平台或装配胎具内进行，保证各个零件互相间的标准尺寸。

(5) 成品出厂前应进行外观、尺寸、螺栓、接头角度、焊缝、栓钉、摩擦面等的质量检验。

3. 安　　装

(1) 多层及高层钢结构安装前，应对建筑物的定位轴线、平面封闭角、底层柱位置线、钢筋混凝土基础的标高、混凝土强度以及构件的质量进行检查，合格后才能开始安装工作。

(2) 多层及高层钢结构的安装必须按建筑物的平面形状、结构型式、安装机械的数量等因素划分安装流水区段，编制安装程序，安装

中必须严格执行。为了减少安装偏差和焊接应力，平面上应从建筑物中间向四周扩散安装，在立面上应从下部逐件往上安装。

(3) 多层及高层钢结构每一层柱子的定位轴线，必须从地面控制线引上来，避免从下层柱的轴线引上来，以免产生累积误差。

(4) 采用内爬、外附塔式起重机安装多层及高层钢结构时，应将机械重量、提升荷载、附着荷载、最大工作荷载、非工作状态荷载、地震荷载等对钢结构的影响进行必要的计算，并采用相应的措施，保证安装时结构和机械的安全。

(5) 地脚螺栓的位置必须埋设准确，露出部分的丝扣应满足安装要求。

(6) 钢结构的安装吊点必须进行计算，防止在吊装中构件产生永久变形。

(7) 柱、梁、楼梯等构件的连接板应附在构件上一起起吊，尺寸较大、质量较重的连接板，可用铰链固定在构件上，翻转过来就能安装。

(8) 多层及高层钢结构在安装外侧墙板时，应根据建筑物的平面形状对称安装，使建筑物各侧面均匀加载。

(9) 多层及高层钢结构在一个单元的安装、校正、栓接、焊接全部完成并检验合格后，再开始下一个单元的安装。当天安装的构件，要形成空间稳定体系，保证结构的安全。

(10) 柱、主梁等大型构件安装时，应将位置校正准确后立即进行永久固定，以保证建筑物的安装质量。

(11) 多层及高层钢结构安装时，楼面上临时堆放的施工荷载必须限制，不得超过梁和压型钢板的承载力。

(12) 多层及高层钢结构安装测量时，要注意日照等影响引起的偏差。

(13) 需要在雨、雪大风等情况下焊接时，应采取防护措施。

(14) 经检查不合格的焊缝，应清除重焊，直到达到要求为止。

(15) 高强度螺栓及摩擦面在施工前应进行检验，符合要求后方能安装。

(16) 高强度螺栓和栓焊混合连接的节点，焊接时产生的热影响不应使高强度螺栓连接产生松弛。

(17) 栓钉焊接前应先进行试验，取得正确的数据后，才允许在结构上焊接。穿透压型钢板的栓钉焊，钢板与构件必须密贴，焊接处的板面应清除油漆和污染。压型钢板重叠处进行栓焊时，允许在压型钢板上先开洞。

(18) 多层及高层钢结构安装工程竣工验收应提交下列文件：

1) 钢结构施工图，设计更改文件，并在施工图中注明修改部位；

2) 钢结构制造合格证；

3) 安装用材料的质量证明文件；

4) 测量检查记录，焊缝质量检查记录，高强度螺栓安装质量检查记录，栓钉焊质量检查记录；

5) 各种试验报告技术资料；

6) 隐蔽工程分段验收记录；

7) 安装过程中建设单位、设计单位、构件制造厂、钢结构安装单位达成的各种技术文件。

4. 安 全 措 施

(1) 在柱、梁安装后而未设置压型钢板的楼板时，为便于人员行走和施工方便，需在钢梁上铺设适当数量的走道板。

(2) 在钢结构吊装期间，为防止人员、物料和工具坠落或飞出造成安全事故，需铺设安全网，安全网分为平网和竖网。

安全平网设置在梁面以上 2m 处，当楼层高度小于 4.5m 时，安全平网可隔层设置。安全网要在建筑平面范围内满铺。

(3) 为便于接柱施工，并保证操作工人的安全，在接柱处要设操作

平台，平台固定在下节柱的顶部。

（4）钢结构施工需要许多设备，如电焊机、空气压缩机、氧气瓶、乙炔瓶等，这些设备需随着结构安装而逐渐升高。为此，需在刚安装的钢梁上设置存放施工设备用的平台。固定平台钢梁的临时螺栓数要根据施工荷载计算确定，不能只投入少量的临时螺栓。

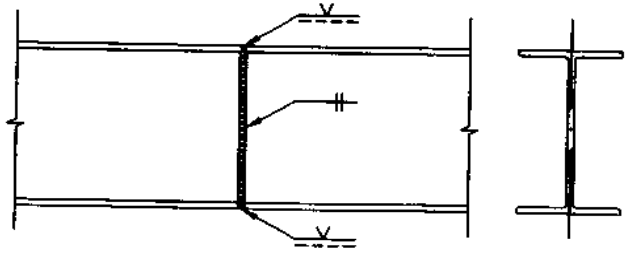
（5）为便于施工登高，吊装钢柱前要先将登高钢梯固定在钢柱上。为便于进行柱梁节点紧固高强度螺栓和焊接，需在柱梁节点下方安装挂篮脚手。

（6）施工用的电动机械和设备均须接地，绝对不允许使用破损的电线和电缆，严防设备漏电。施工用电器设备和机械的电缆，须集中在一起，并随楼层的施工而逐节升高。每层楼面须分别设置配电箱，供每层楼面施工用电需要。

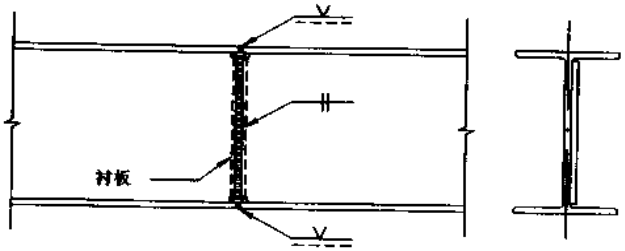
（7）高空施工，当风速达 10m/s 时，有时吊装工作要停止。当风速达到 15m/s 时，一般应停止所有的施工工作。

（8）施工期间应该注意防火，配备必要的灭火设备和消防人员。

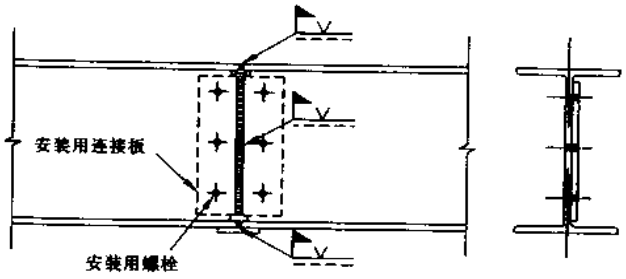
(*a*) 翼缘和腹板均采用完全焊透的对接焊缝连接(工厂连接)



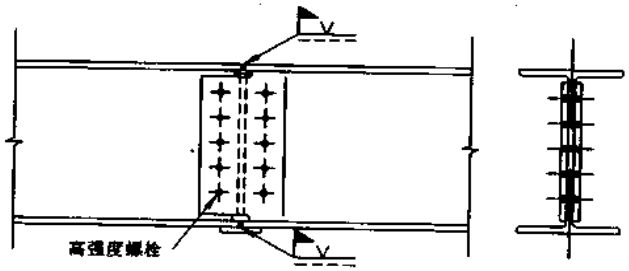
(*b*) 翼缘和腹板均采用完全焊透的坡口对接焊缝连接(工厂连接)



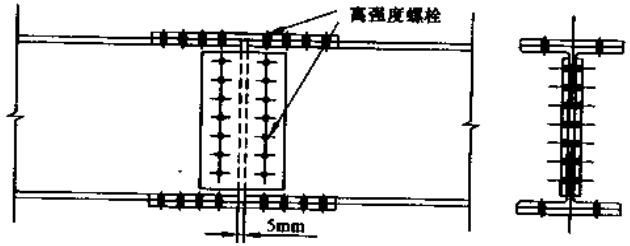
(*c*) 翼缘和腹板借助安装连接板和安装螺栓采用完全焊透的坡口对接焊缝连接(现场拼接)



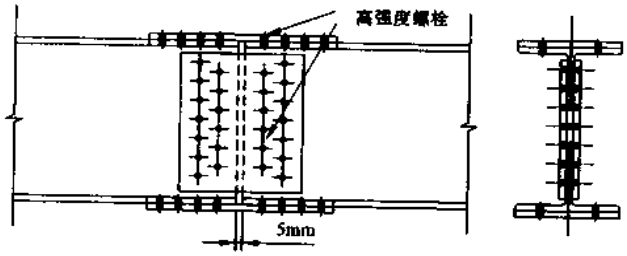
(*d*) 翼缘采用完全焊透的坡口对接焊缝连接,腹板采用高强度螺栓连接(现场拼接)



(*e*) 翼缘和腹板均采用高强螺栓连接(一)(现场拼接)

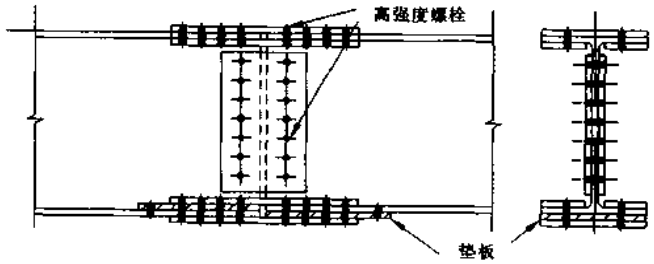


(*f*) 翼缘和腹板均采用高强螺栓连接(二)(现场拼接)

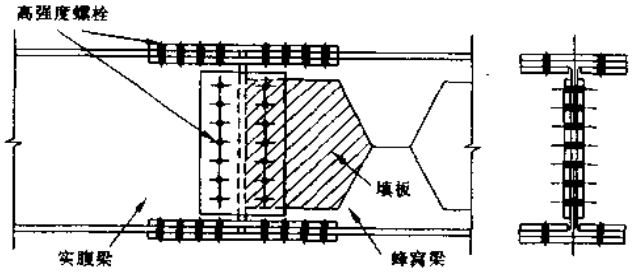


图名	梁的拼接连接(一)	图页	2—4

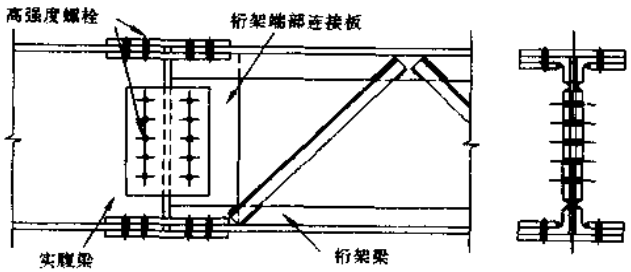
(a) 梁高差不大时，借助垫板的高强螺栓连接(现场拼接)



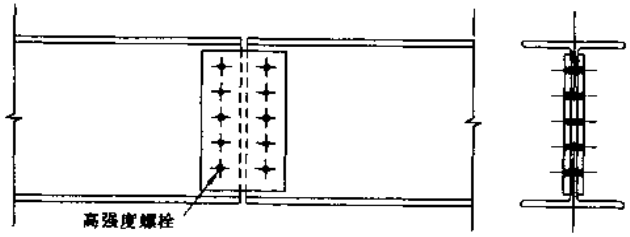
(b) 蜂窝梁与实腹梁的高强度螺栓连接(现场拼接)



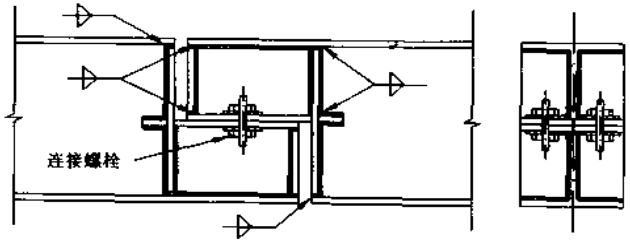
(c) 桁架梁与实腹梁的高强度螺栓连接(现场拼接)



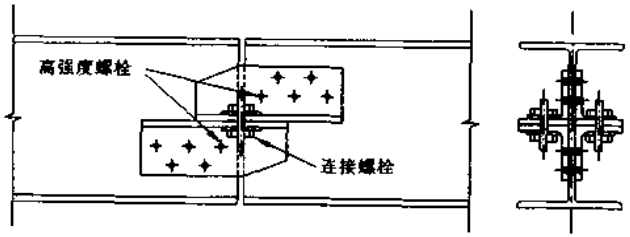
(d) 梁的铰接连接(一)(现场拼接)



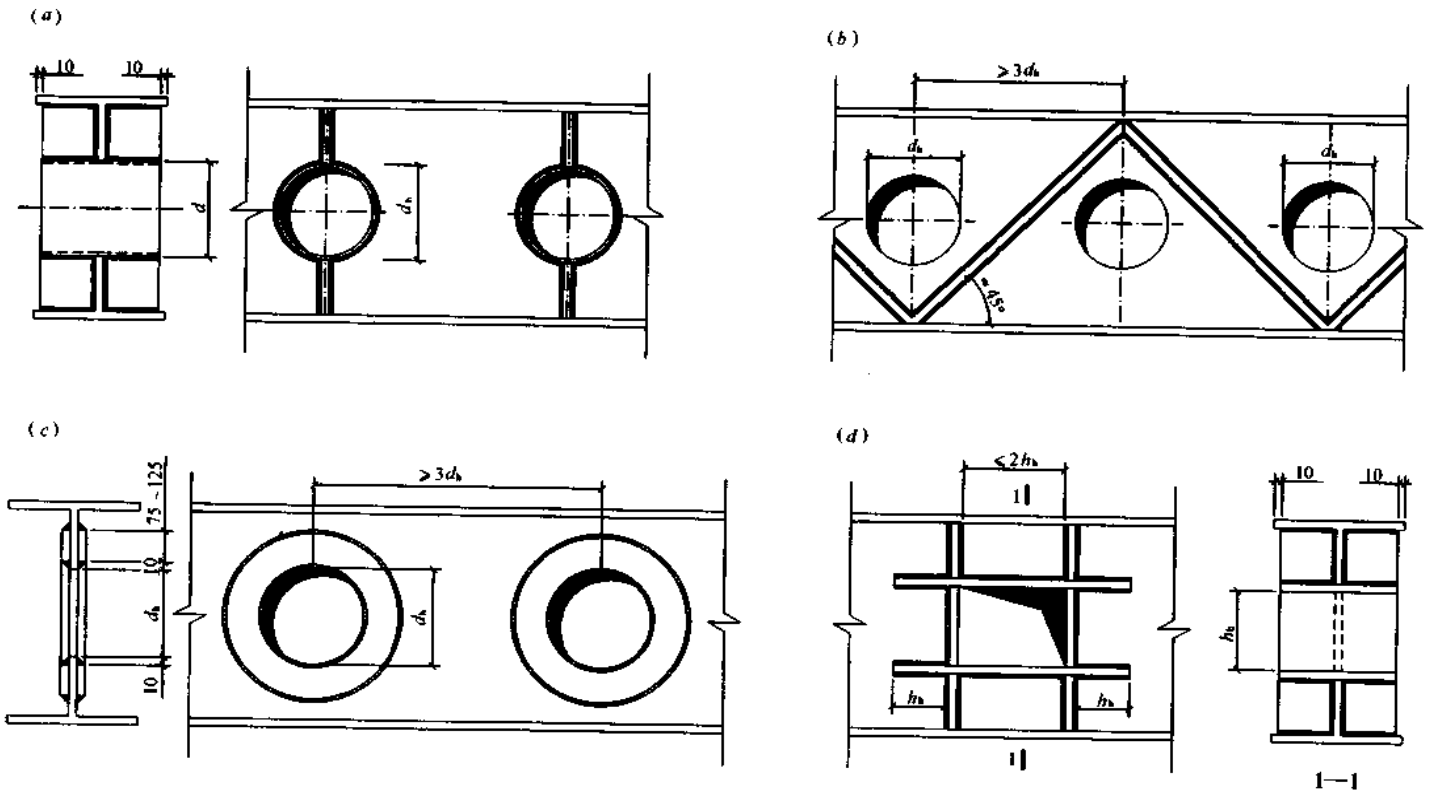
(e) 梁的铰接连接(二)(现场拼接)



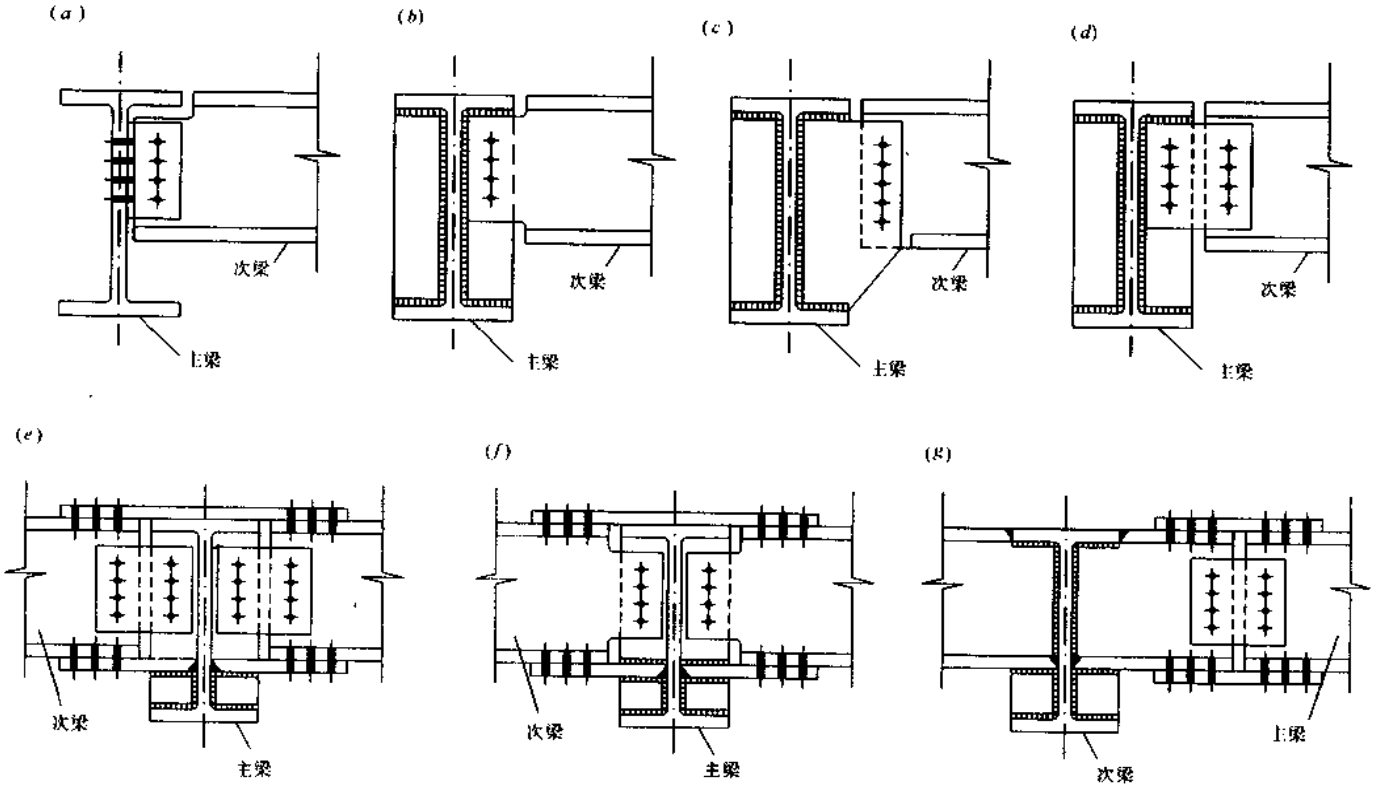
(f) 梁的铰接连接(三)(现场拼接)



图名	梁的拼接连接(二)	图页	2—5

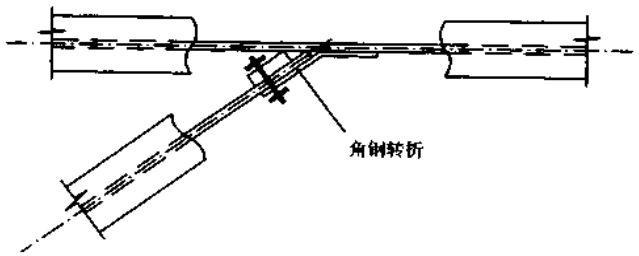


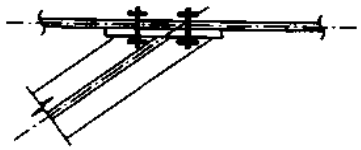
图名	梁腹板开洞的补强	图页	2—6



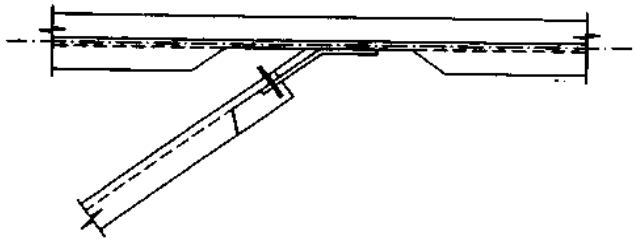
(a)～(d)铰接连接；　(e)～(g)刚性连接

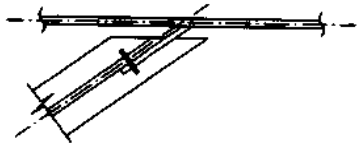
图名	次梁两端与主梁的连接	图页	2--7

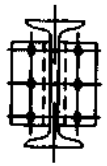


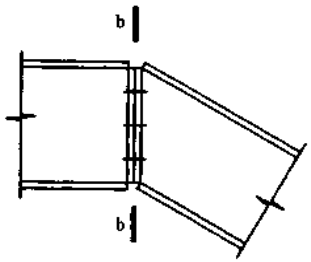


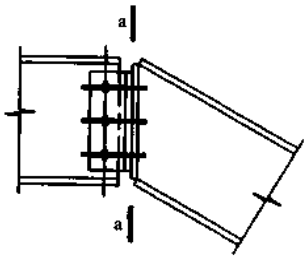






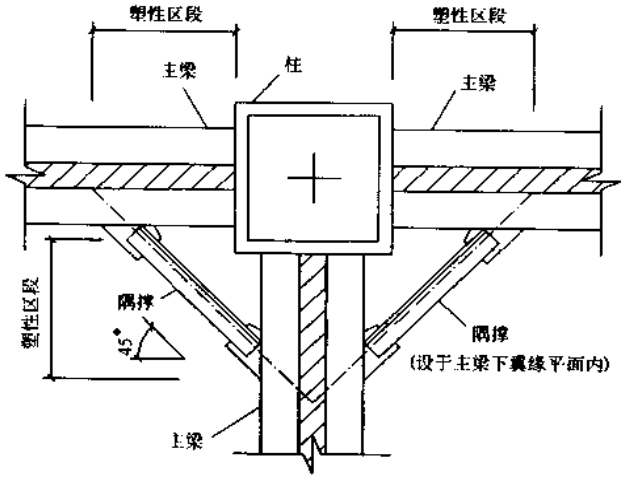




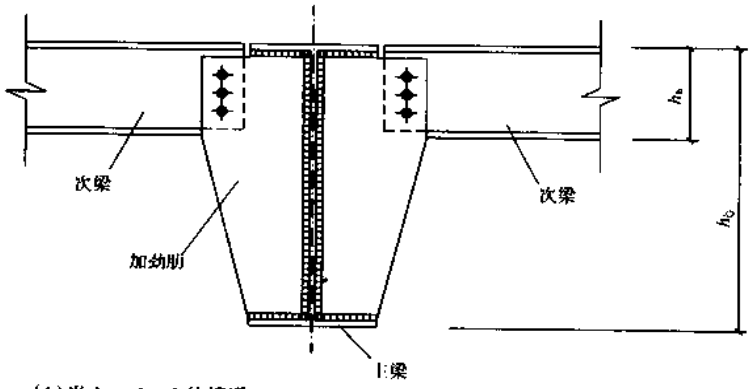




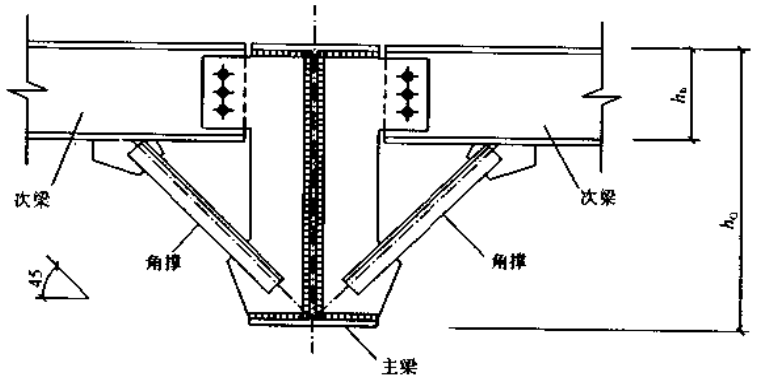
图名	斜梁的连接	图页	2—8



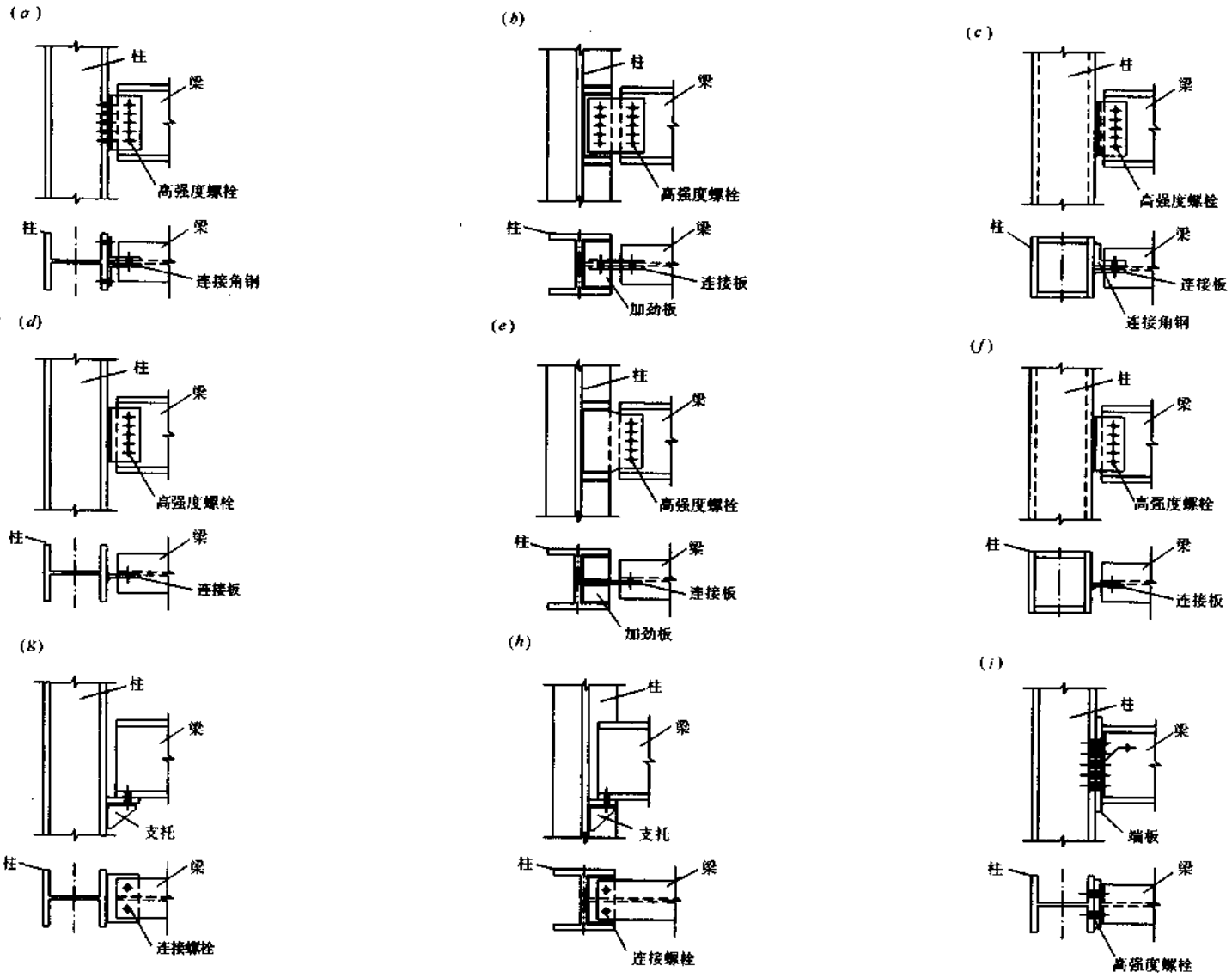
(a)当 $h_b < h_c/2$ 的情况



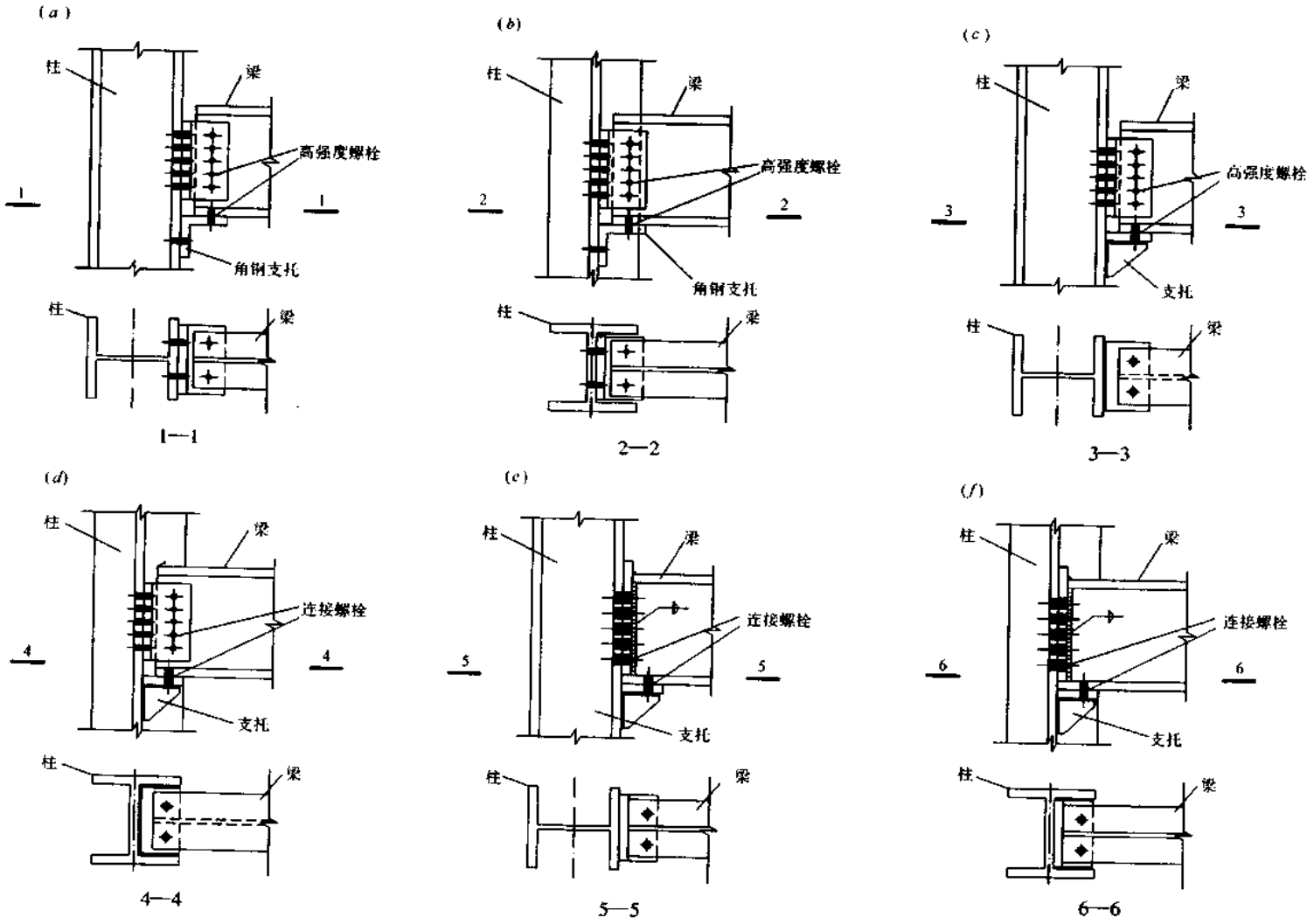
(b)当 $h_b \geq h_c/2$ 的情况



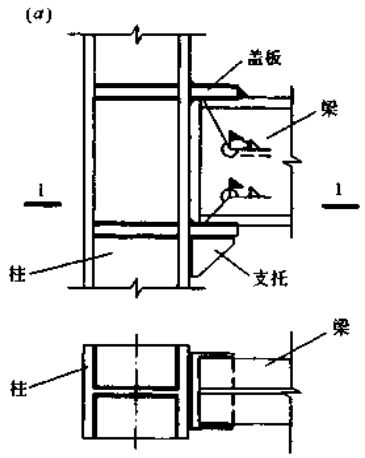
图名	梁的侧向隅撑和角撑设置	图页	2—9



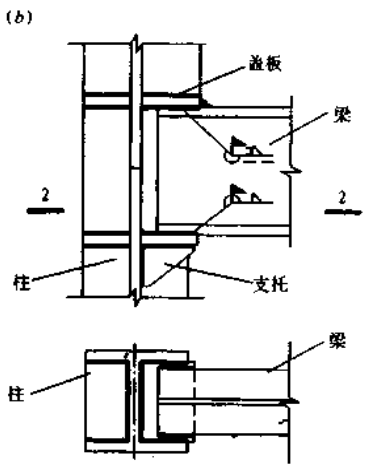
图名	梁与柱的铰接连接	图页	2—10



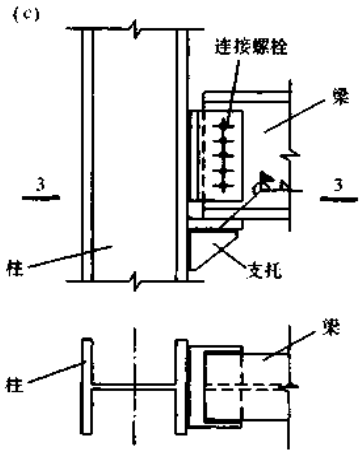
图名	梁与柱的半刚性连接(一)	图页	2—11



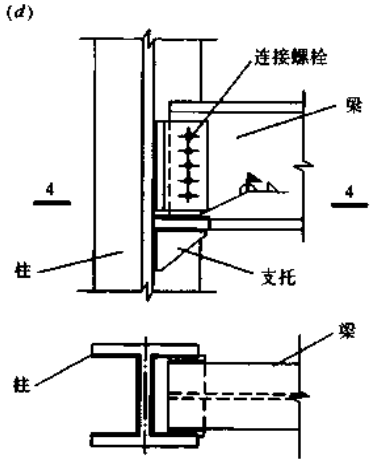
1—1



2—2

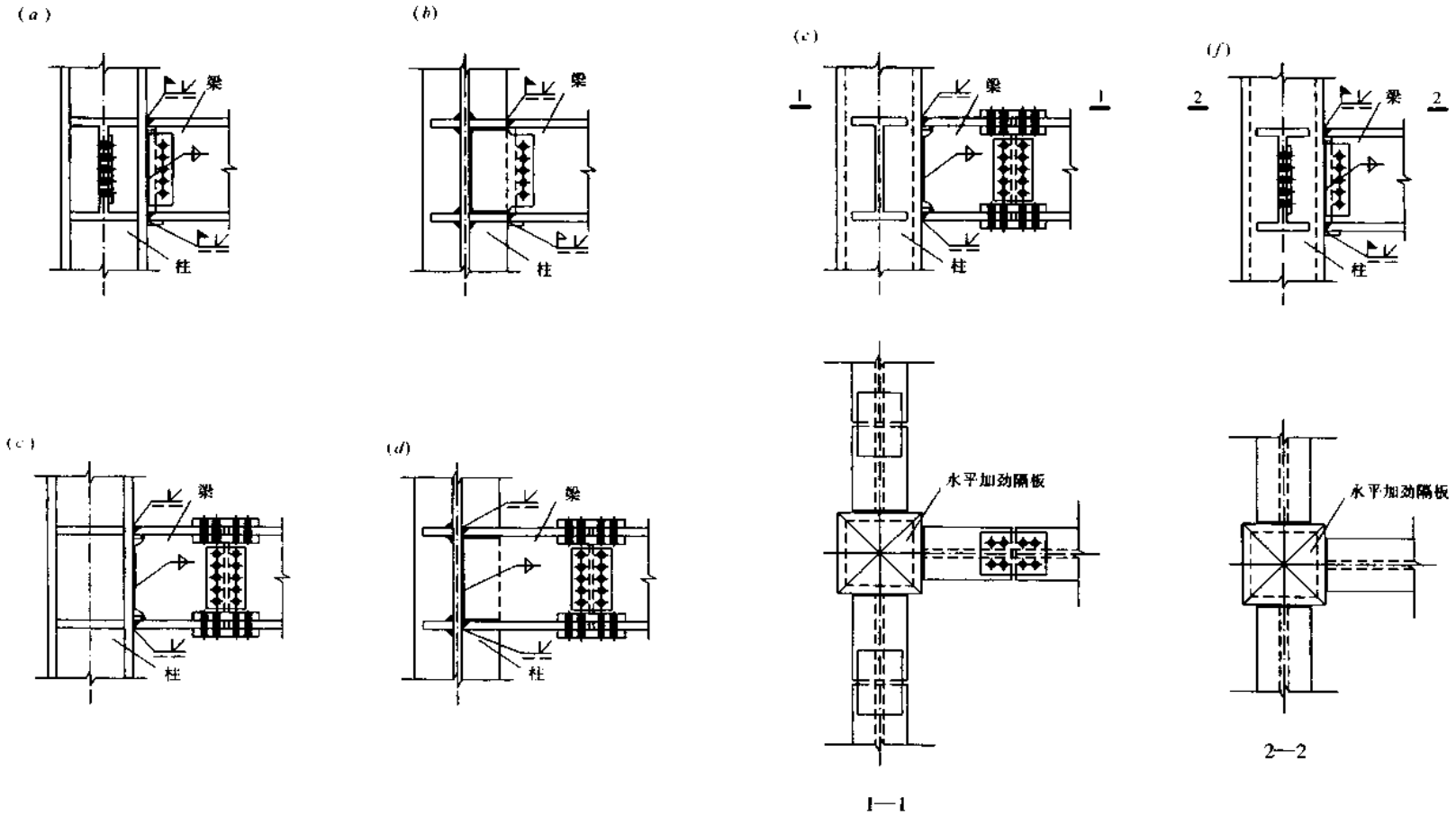


3—3

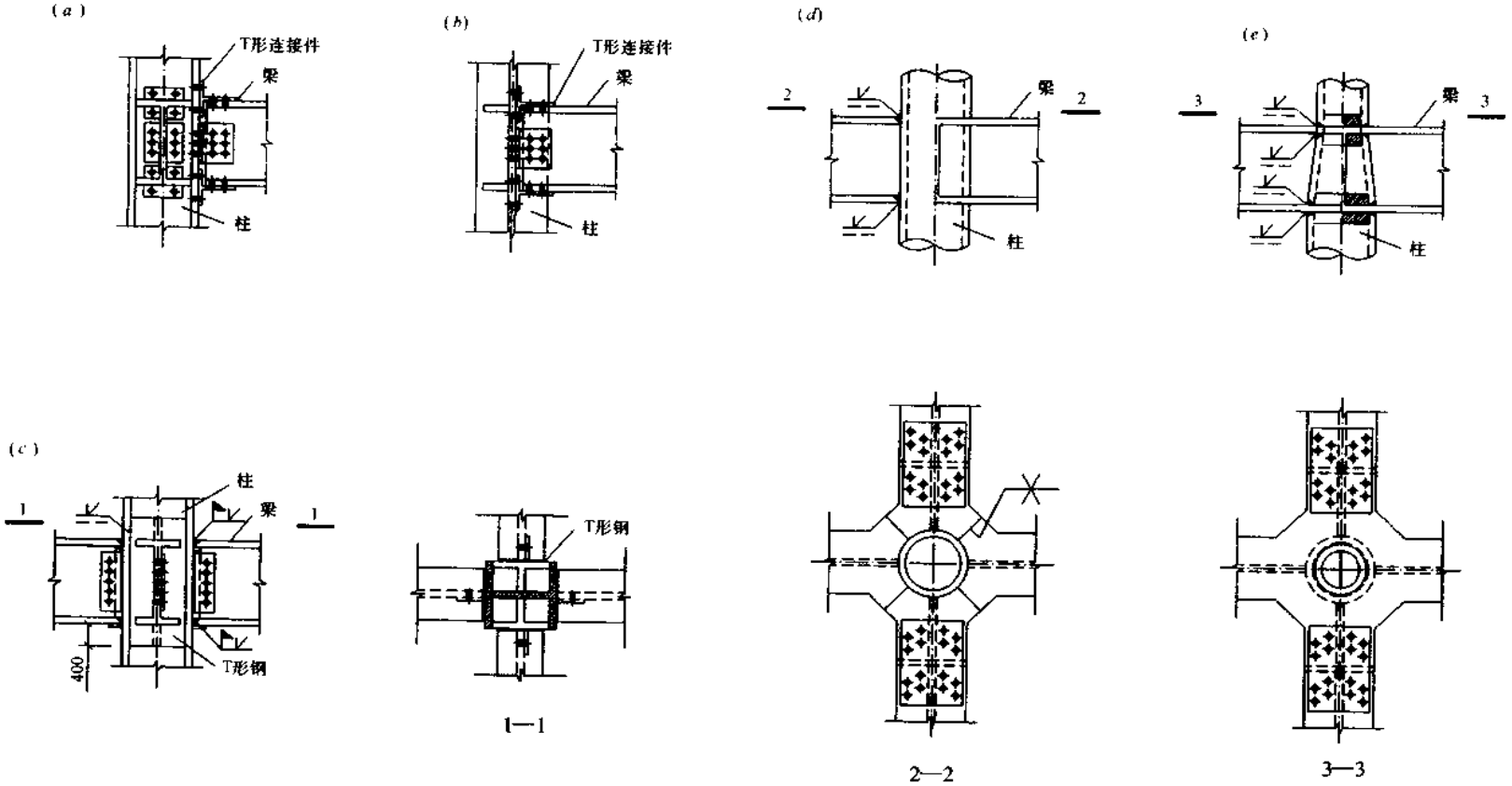


4—4

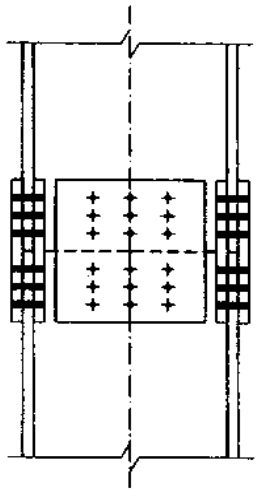
图名	梁与柱的半刚性连接(二)	图页	2—12



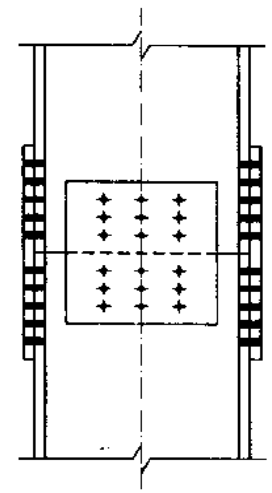
图名	梁与柱的刚性连接(一)	图页	2-13



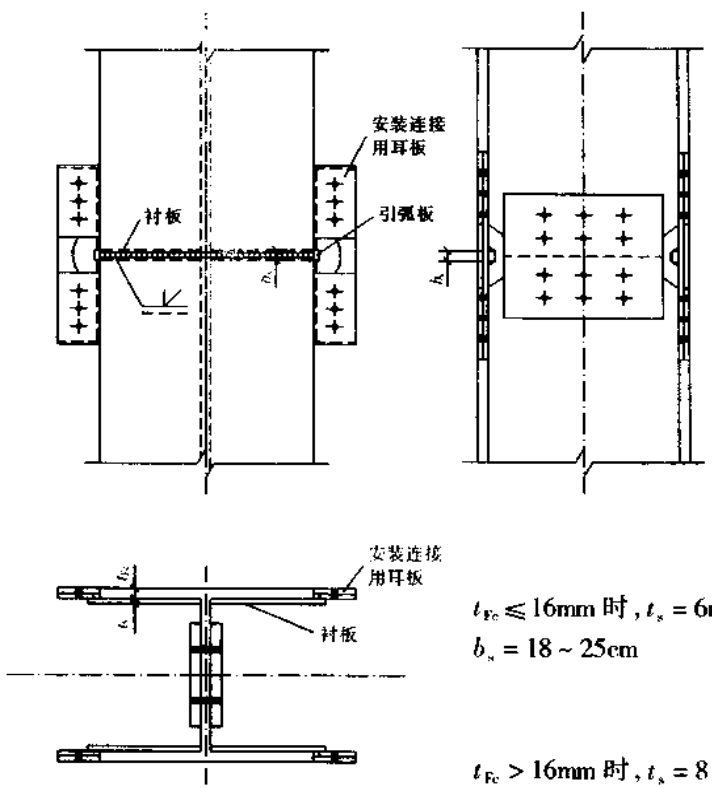
图名	梁与柱的刚性连接(二)	图页	2—14



(a)翼缘和腹板均为双剪连接



(b)翼缘为单剪连接,腹板均为双剪连接



(c)H形截面柱拼接连接设置安装耳板

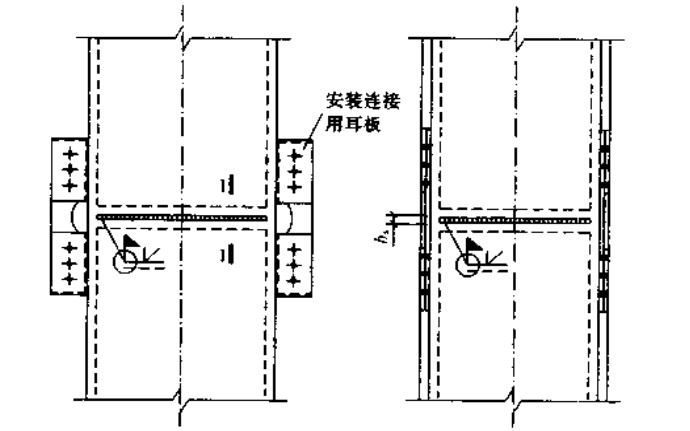
$t_{Fc} \leqslant 16mm$ 时，$t_s = 6mm$

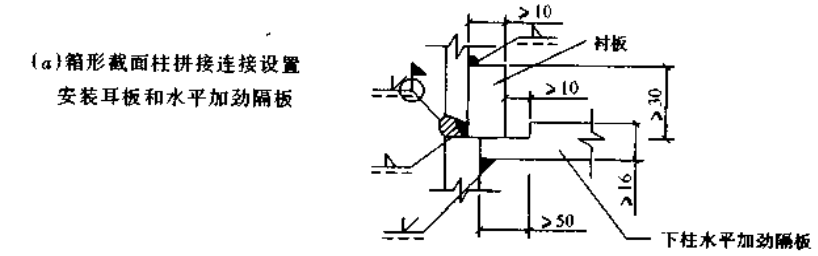
$b_s = 18 \sim 25cm$

$t_{Fc} > 16mm$ 时，$t_s = 8 \sim 10mm$

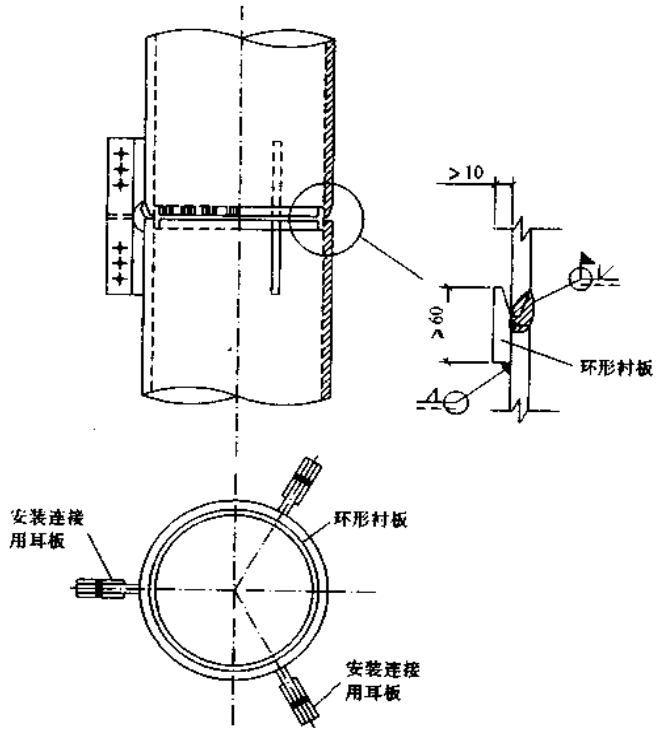
$b_s = 25 \sim 36cm$

图名	柱的拼接(一)	图页	2—15



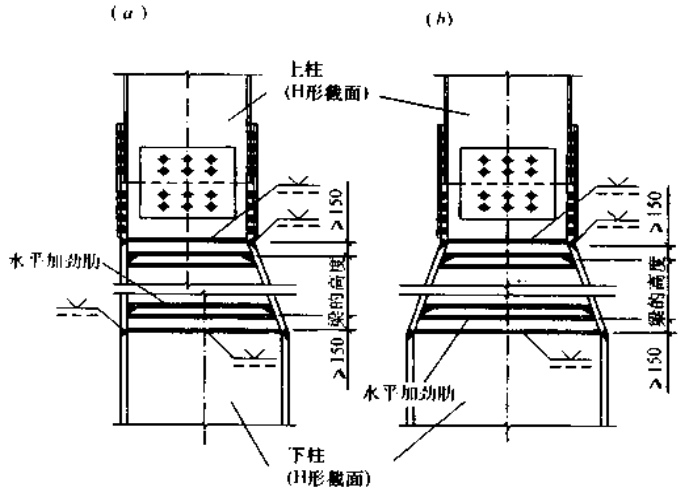


(a)箱形截面柱拼接连接设置
安装耳板和水平加劲隔板

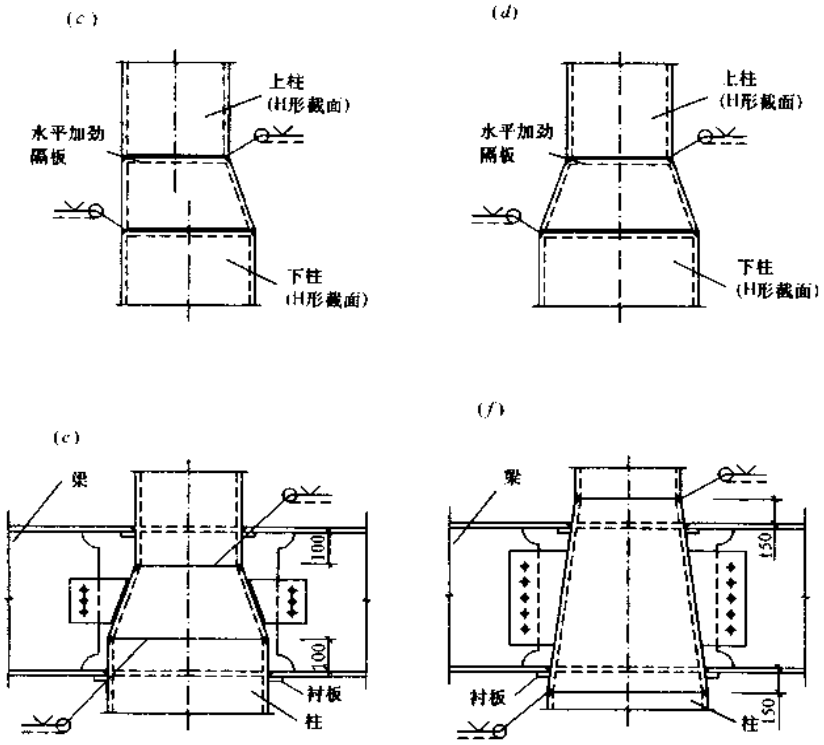


(b)圆管形截面柱拼接连接设置安装耳板和环形衬板

图名	柱的拼接(二)	图页	2—16



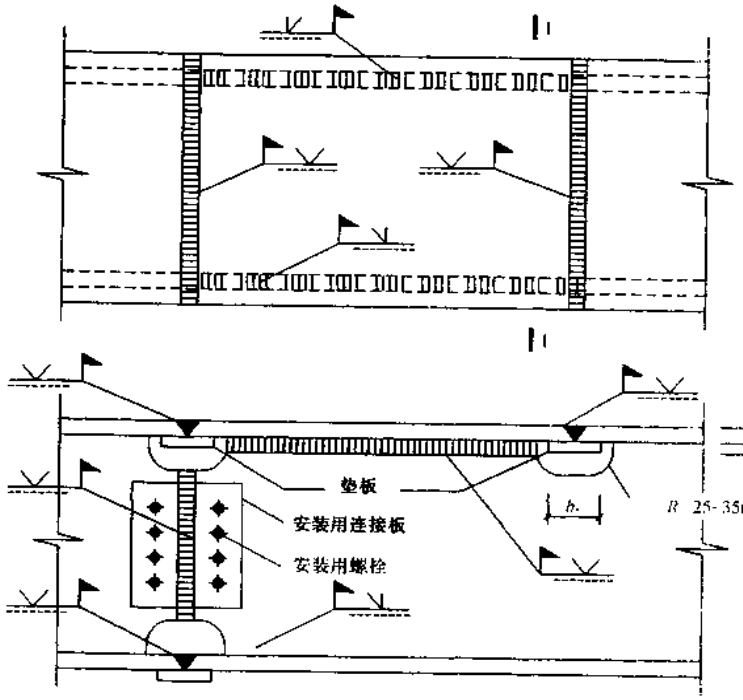
H形截面柱不同截面高度的拼接
(a)边列柱;(b)中列柱

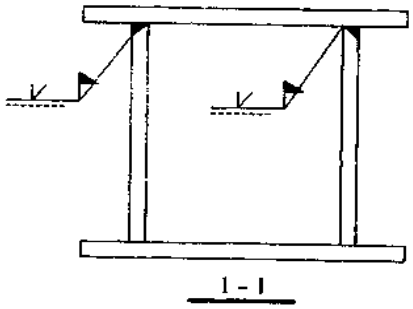


箱形截面柱不同截面高度的拼接
(c)边列柱;(d)、(e)、(f)中列柱

图名	柱的拼接(三)	图页	2—17

(a)箱形梁采用焊缝连接的拼接示例

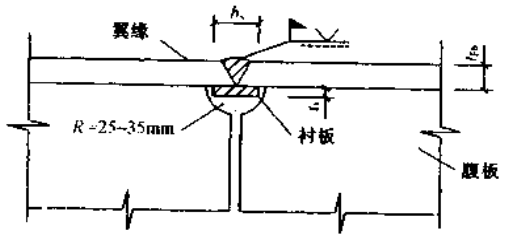




$t_{Fb} \leq 16mm$, $t_s = 6mm$, $b_s = 18 \sim 25mm$;

$t_{Fb} > 16mm$, $t_s = 8 \sim 10mm$, $b_s = 25 \sim 32mm$

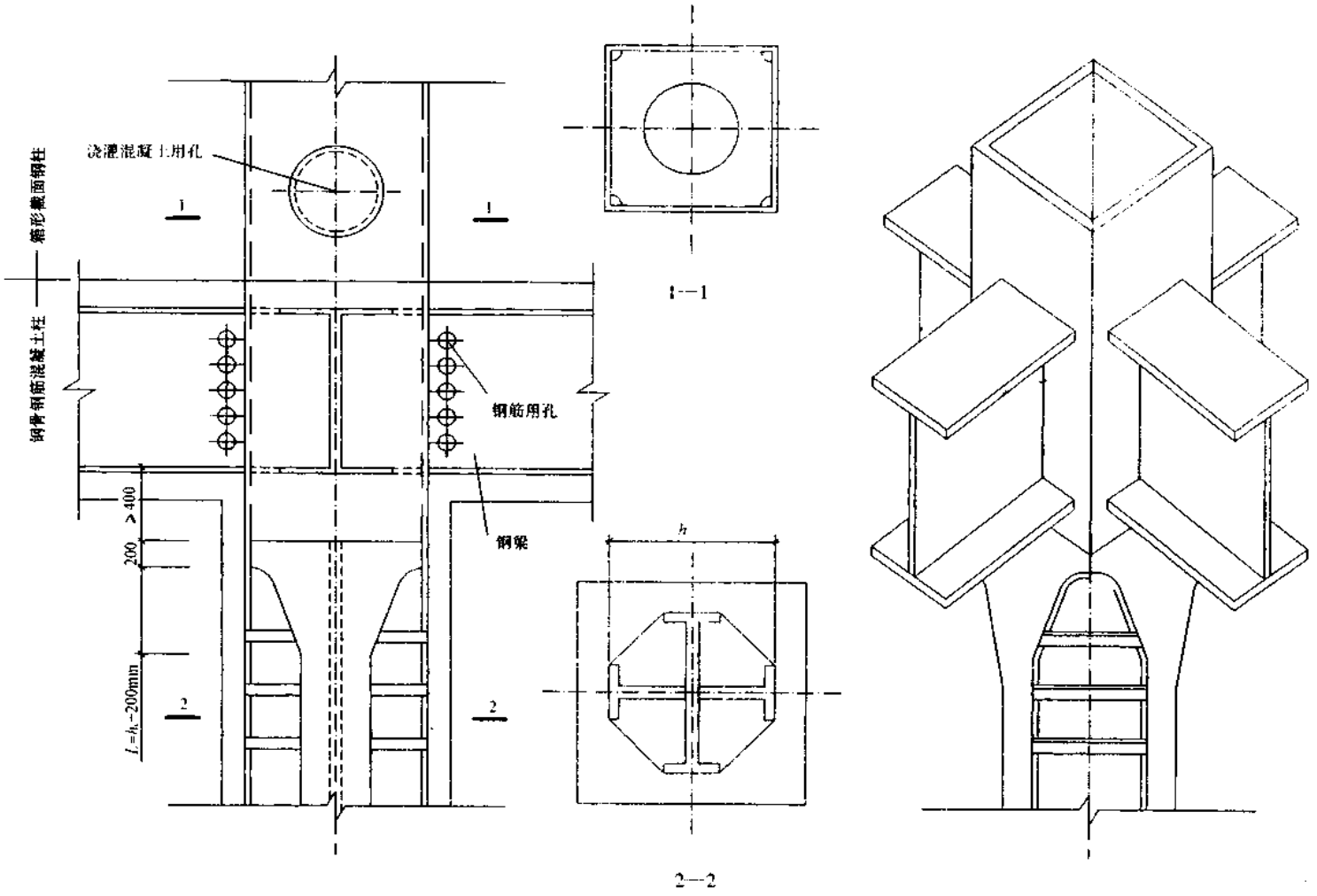
(b)翼缘衬板和腹板弧形切口尺寸图示



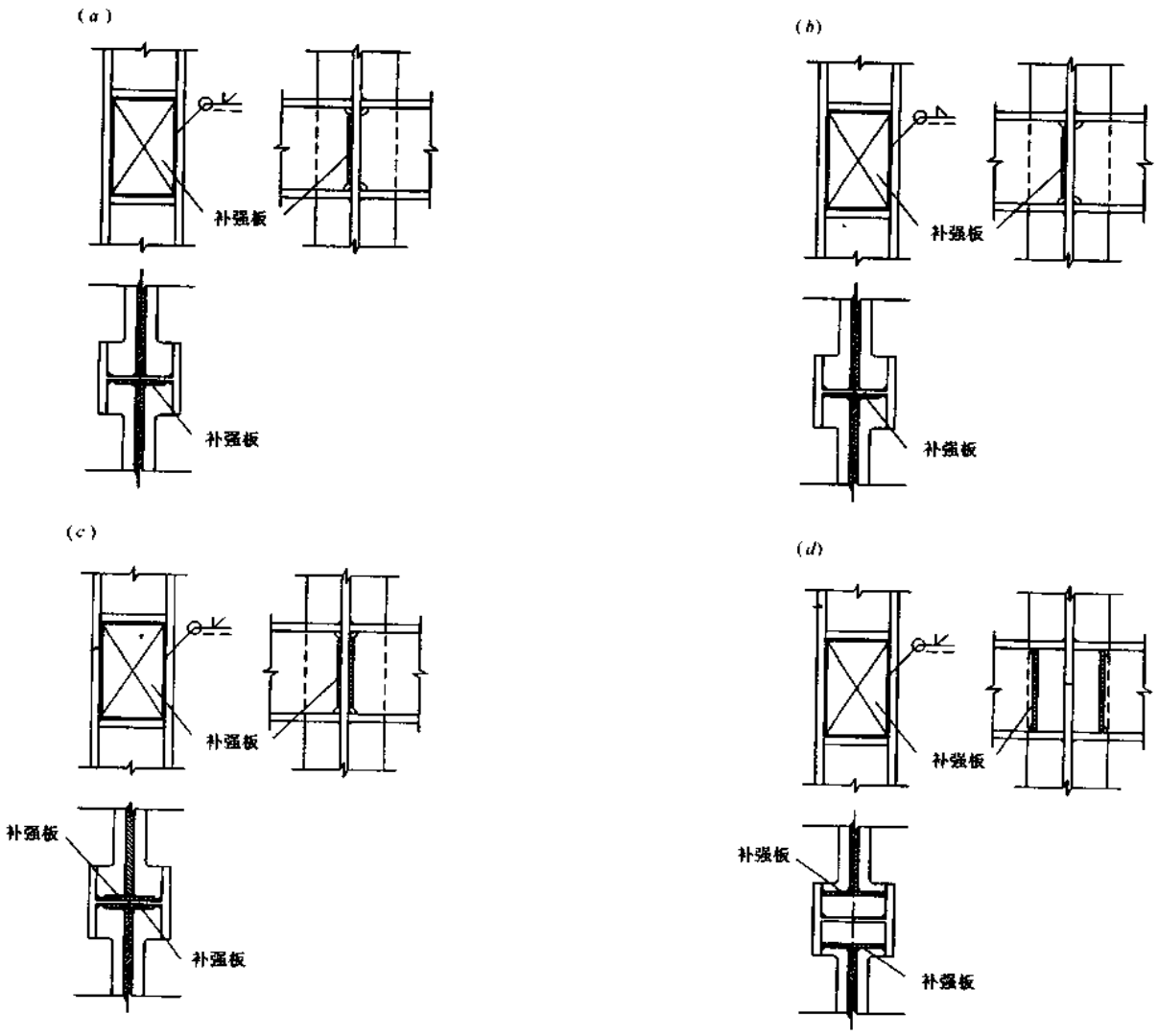
$t_{Fb} \leq 16mm$, $t_s = 6mm$, $b_s = 18 \sim 25mm$;

$t_{Fb} > 16mm$, $t_s = 8 \sim 10mm$, $b_s = 25 \sim 32mm$

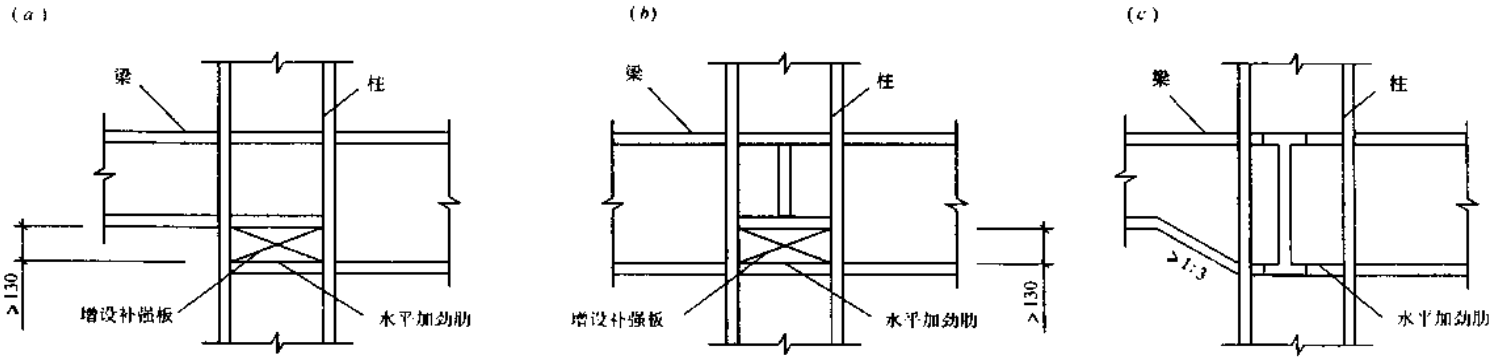
图名	箱形梁的焊接连接	图页	2—18



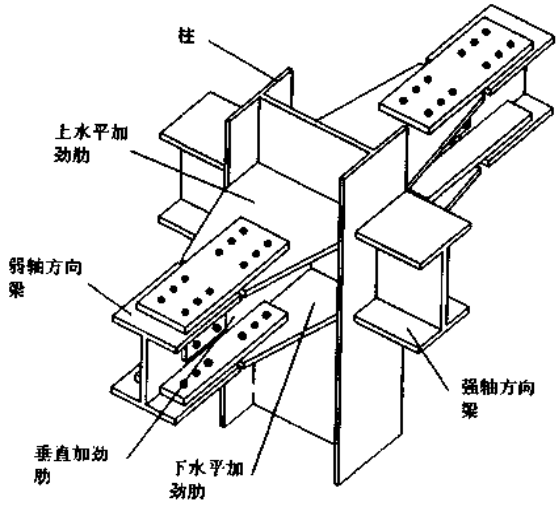
图名	箱形截面柱与十字形截面柱的连接	图页	2—19



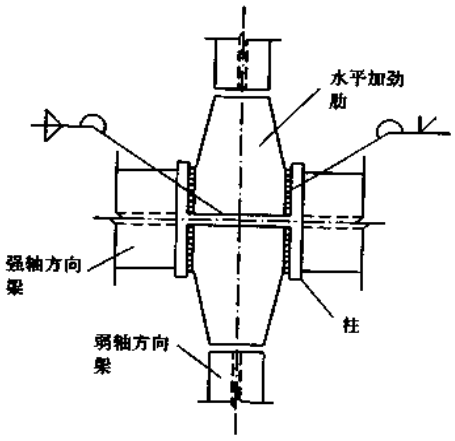
图名	H形截面柱节点板域的补强	图页	2—20



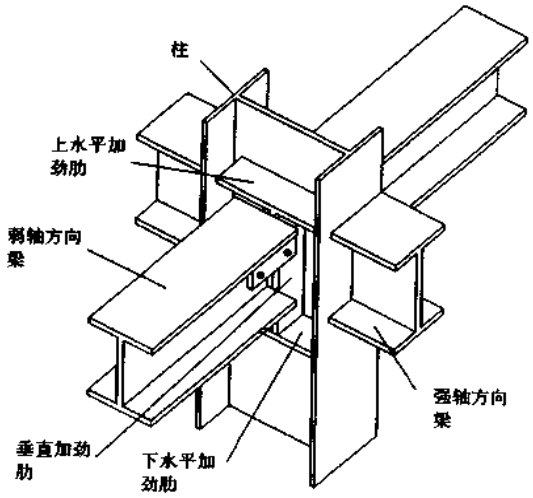
图名	梁高度不同时柱中水平加劲肋的设置	图页	2—21



（a）强轴和弱轴方向均为刚性连接

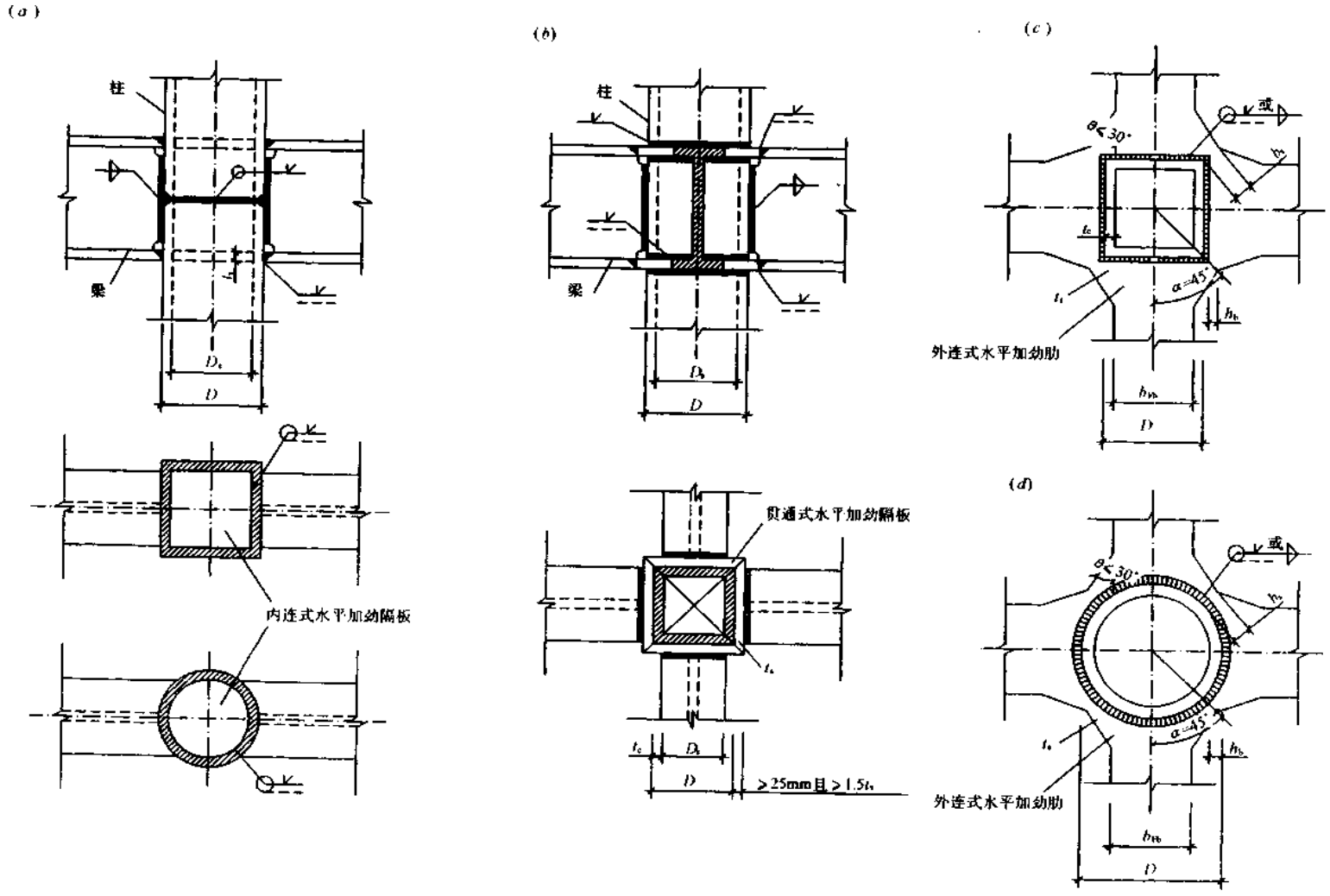


（b）水平加劲肋与柱翼缘和腹板的连接

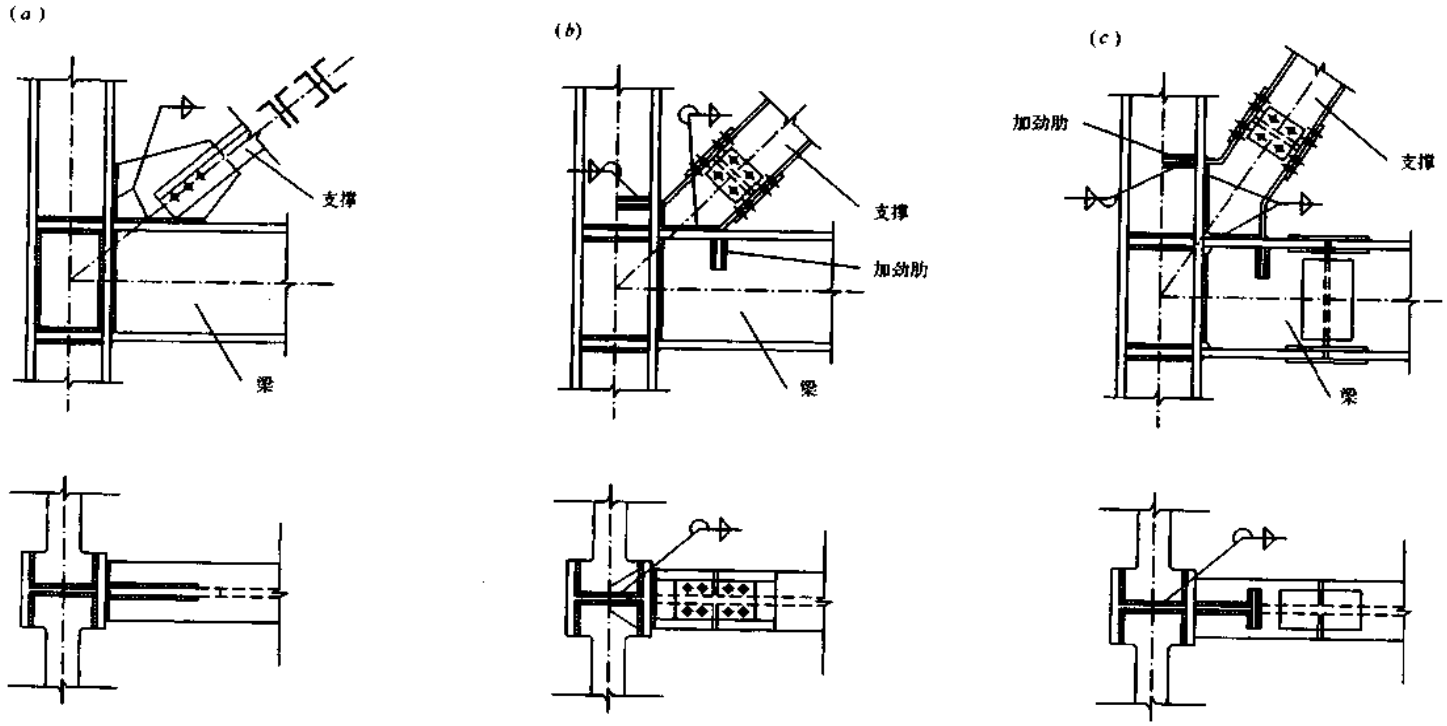


（c）强轴方向为刚性连接，弱轴方向为铰接连接

图名	兼做与弱轴方向的梁进行连接的水平加劲肋的设置	图页	2—22

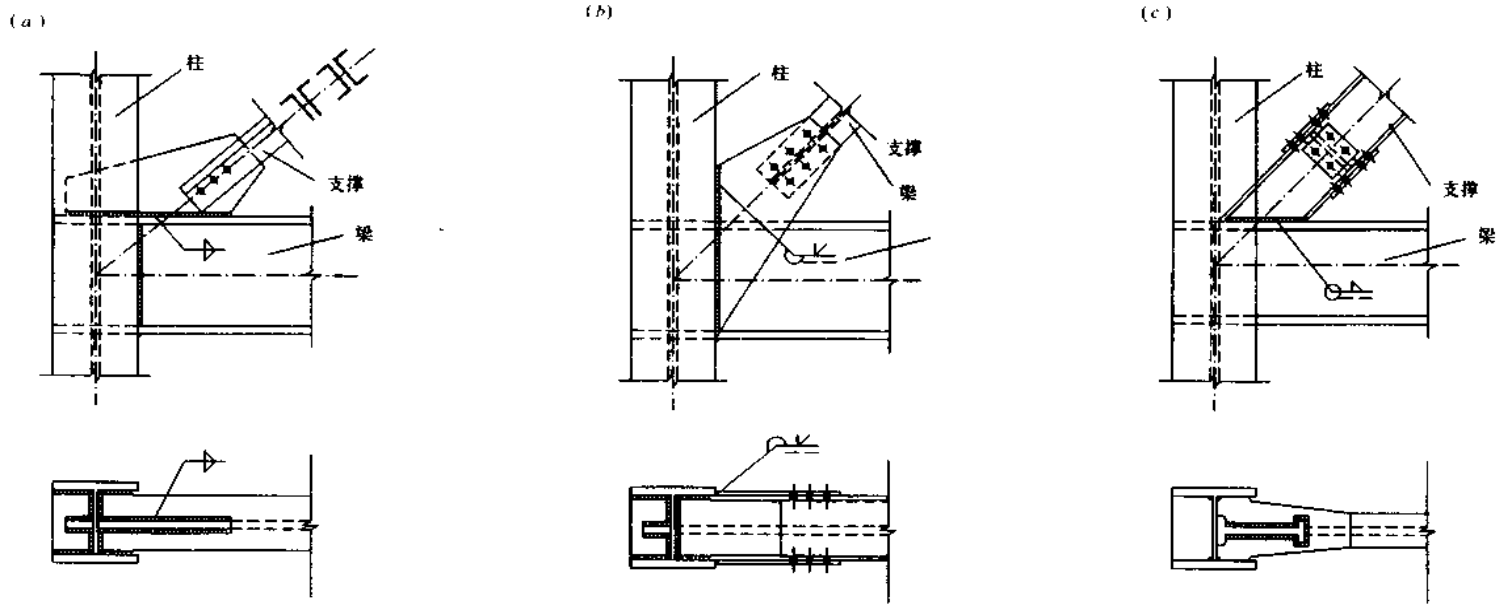


图名	柱的水平加劲隔板的设置	图页	2—23



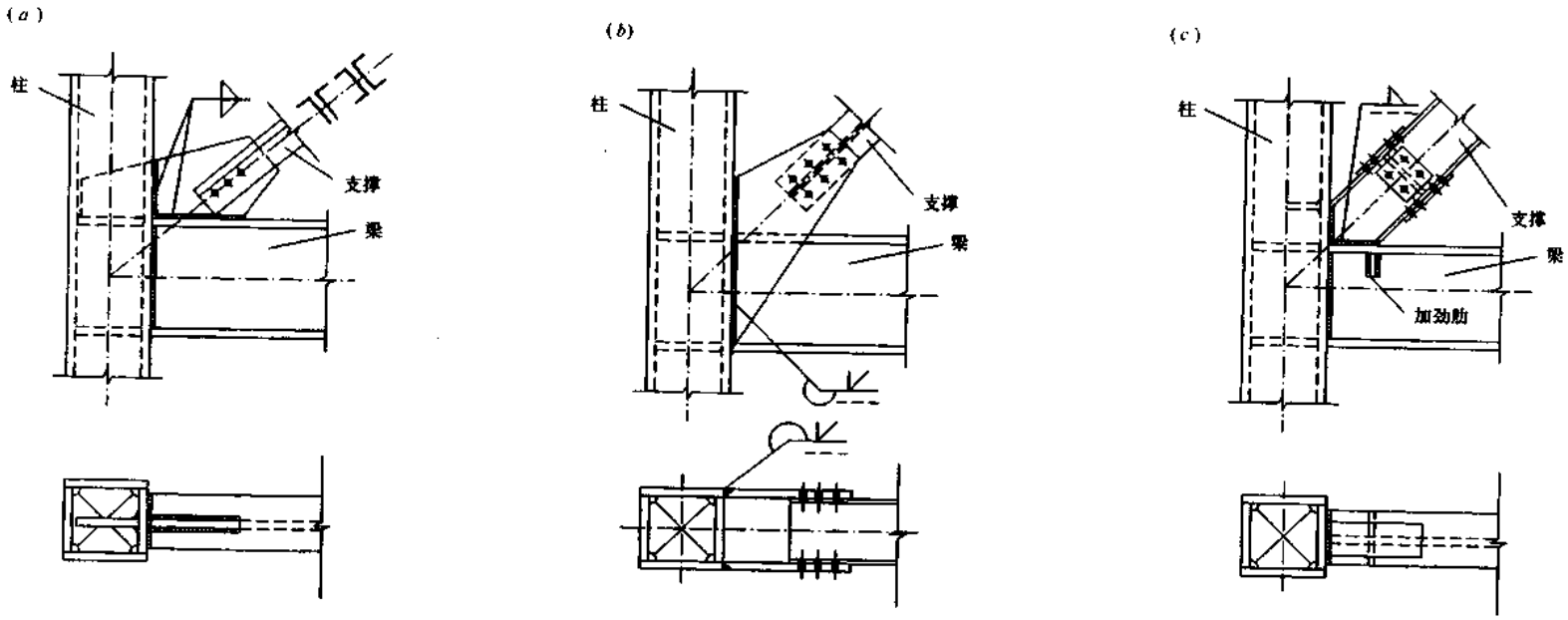
(a)节点板连接；(b)、(c)悬伸支承杆连接

图名	支撑与梁柱(强轴)连接节点(一)	图页	2—24



(a)单节点板连接;(b)双节点板连接;(c)悬伸支承杆连接

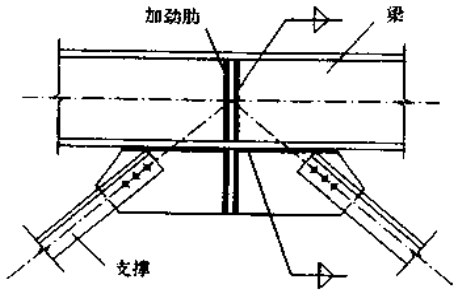
图名	支撑与梁柱(弱轴)连接节点(二)	图页	2—25



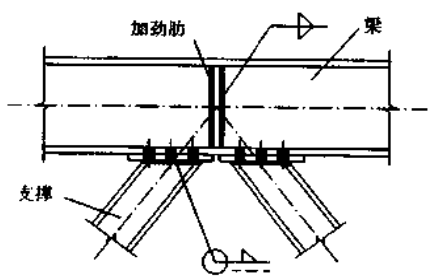
(a)单节点板连接;(b)双节点板连接;(c)悬伸支承杆连接

图名	支撑与梁柱(箱形柱)连接节点	图页	2—26

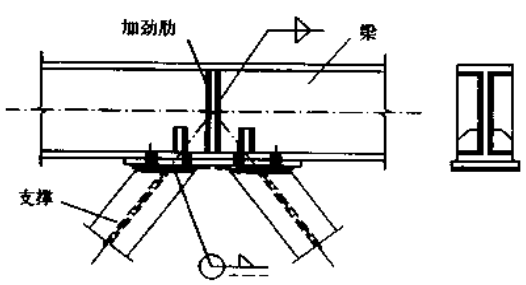
(a)



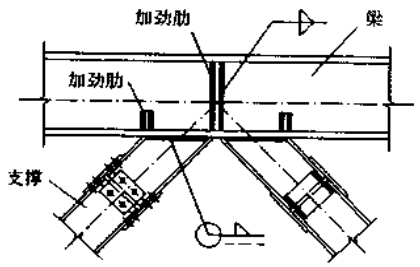
(b)



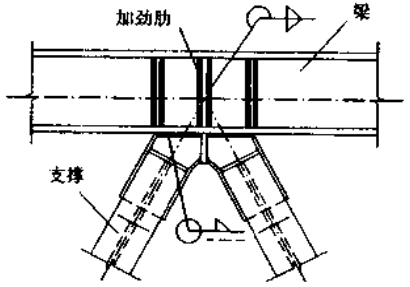
(c)



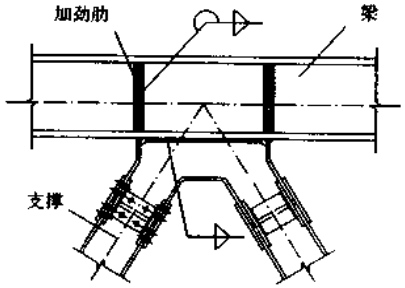
(d)



(e)



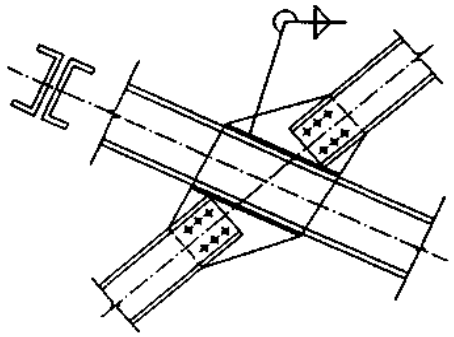
(f)



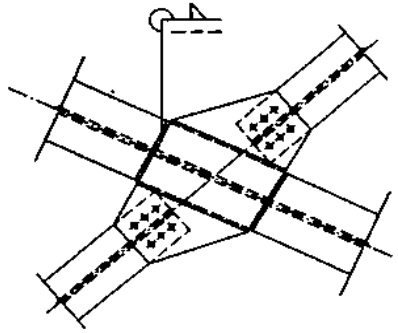
(a)支撑杆件采用双角钢组合截面的节点板连接；
(b)支撑杆件采用双槽钢组合截面的端封板连接；
(c)支撑杆件采用H型钢且弱轴垂直于支撑面的端封板连接；
(d)、(f)支撑杆件采用H型钢的悬伸支承杆连接；
(e)支撑杆件采用H型钢且弱轴垂直于支撑面的节点直接连接

图名	人字形支撑与梁的连接节点	图页	2—27

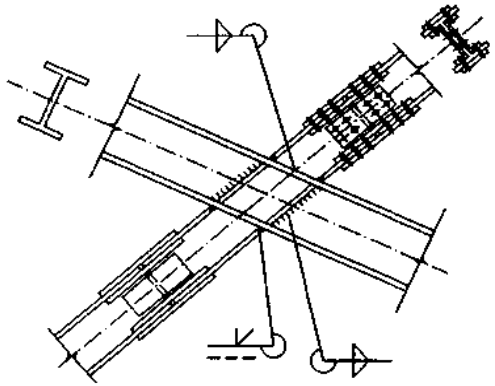
(a)



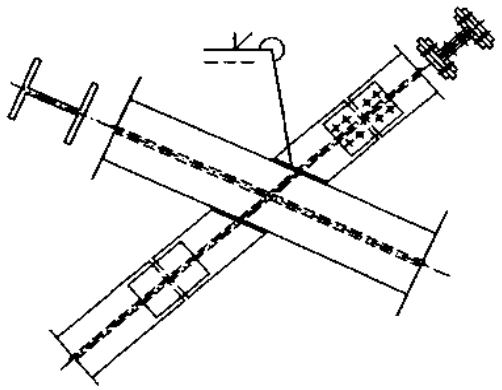
(b)



(c)

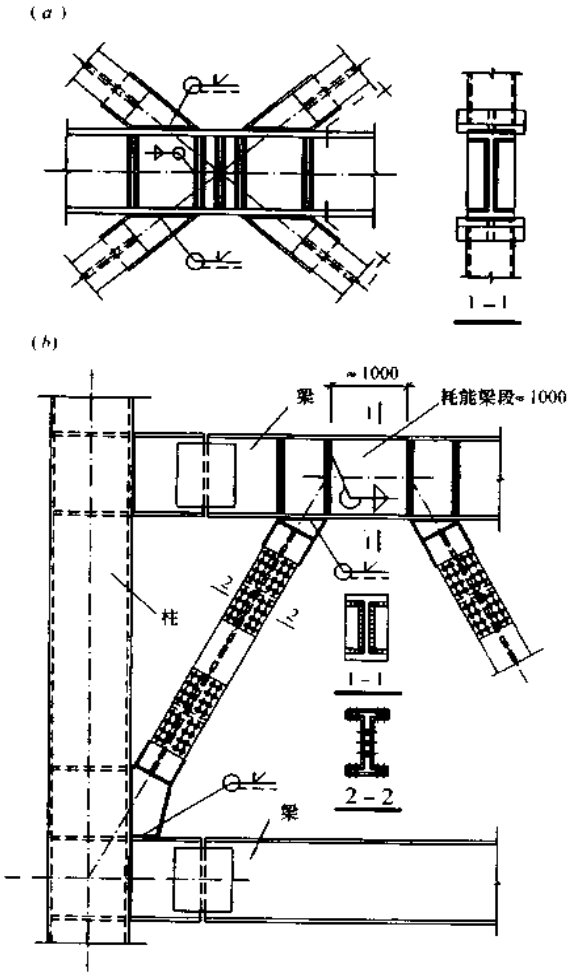


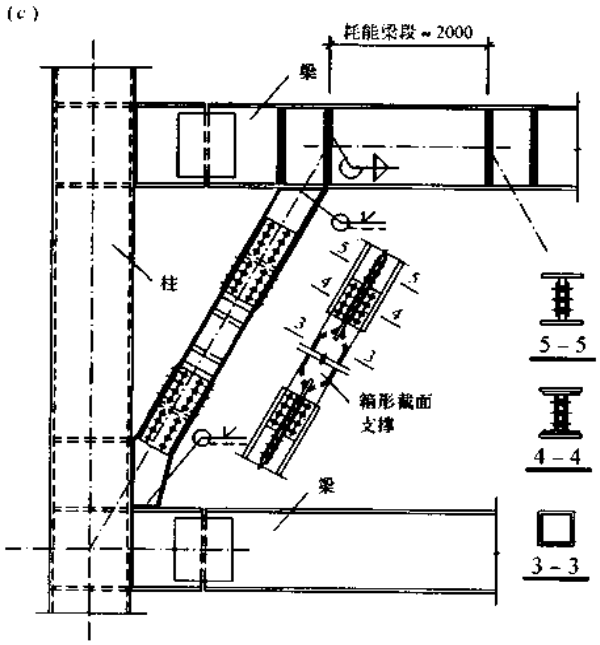
(d)



(a) 支撑杆件采用双槽钢组合截面的连接；(b)、(d) 支撑杆件采用 H 型钢且弱轴垂直于支撑面的连接；(c) 支撑杆件采用 H 型钢的连接

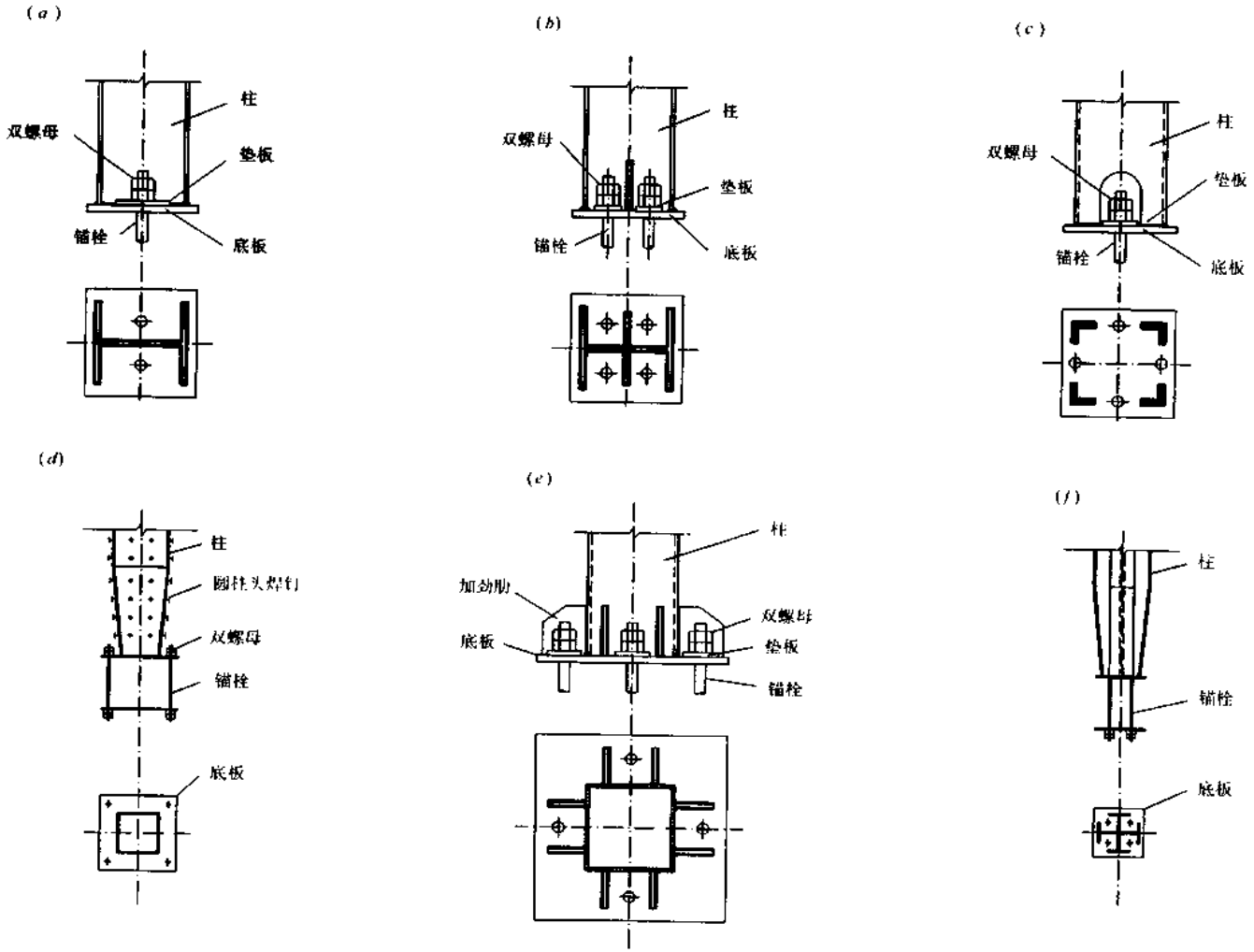
图名	十字形交叉支撑的中间连接节点	图页	2—28



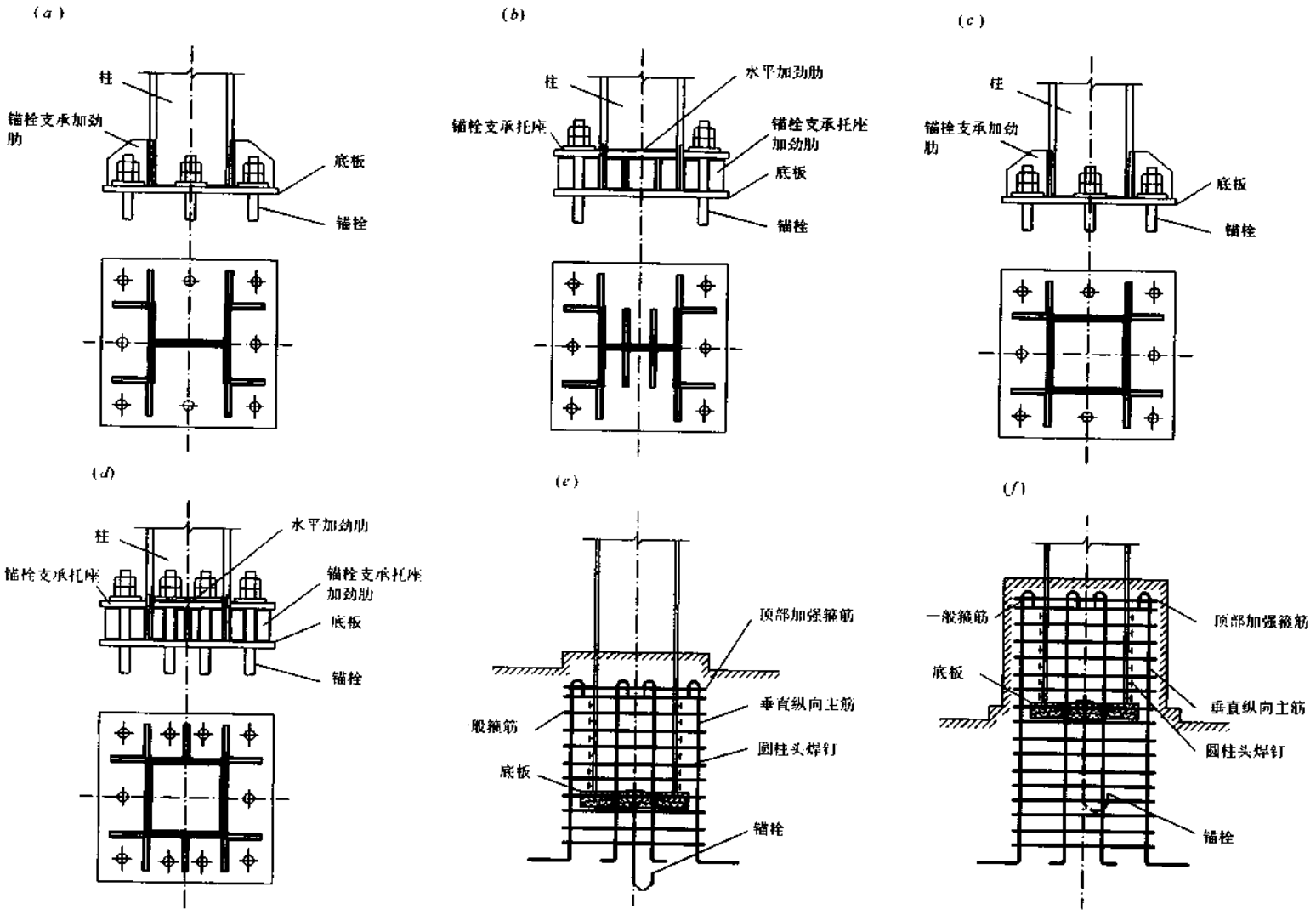


(a)米字形支撑的中间连接节点；
特设偏心支撑与梁柱的连接；
(b)支撑杆件采用H型钢；(c)支撑杆件采用箱形截面

图名	其他支撑的连接节点	图页	2—29

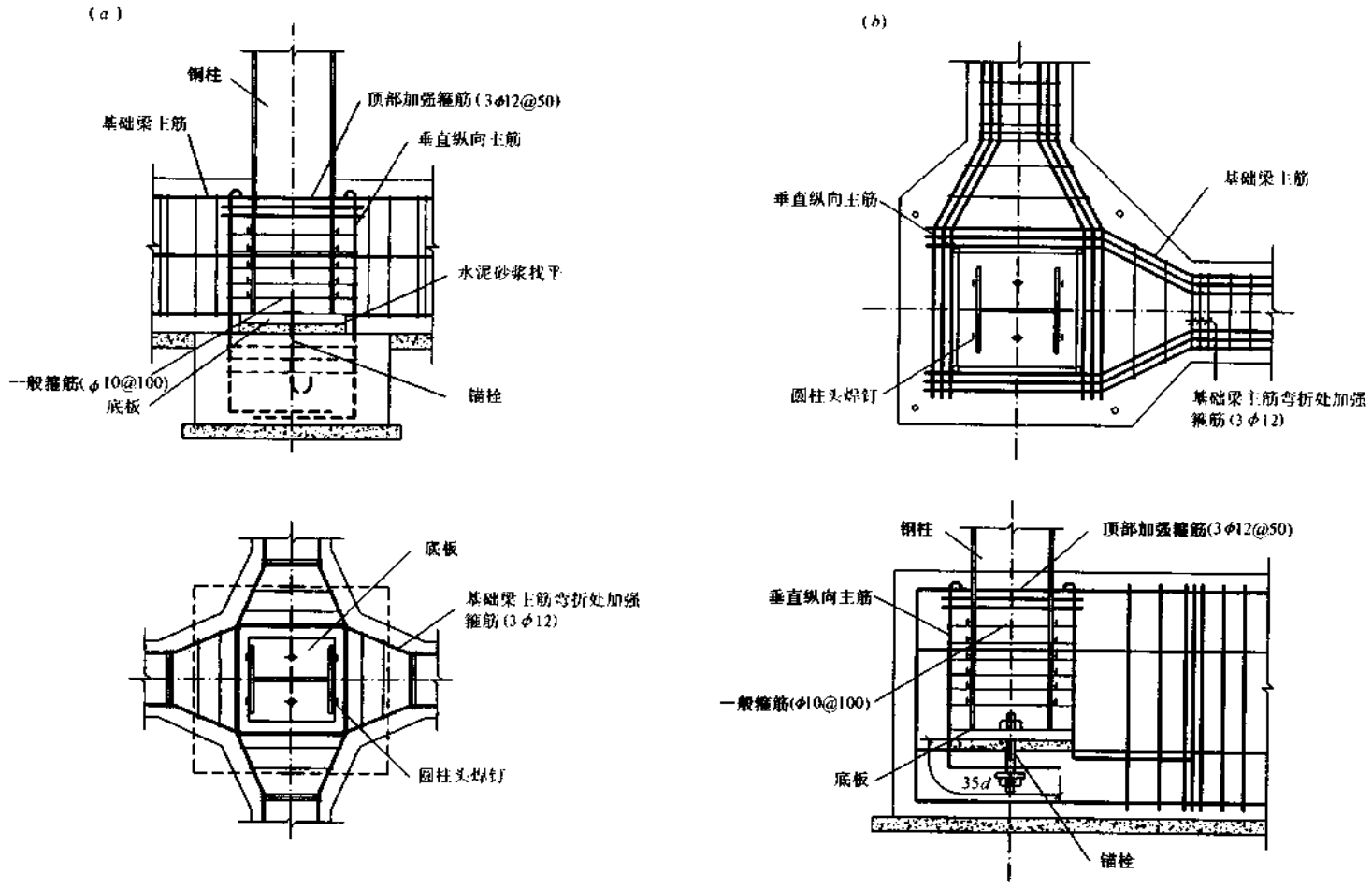


图名	铰接柱脚	图页	2—30



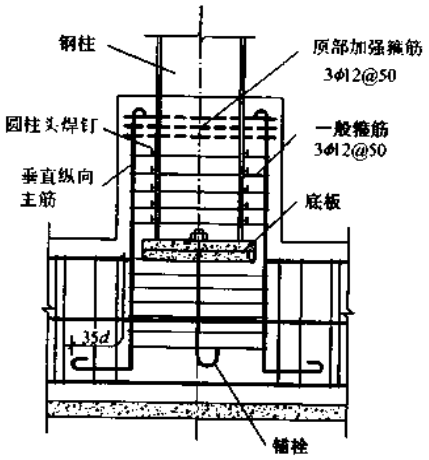
(a)、(b)、(c)、(d)露出式柱脚；(e)埋入式柱脚；(f)包脚式柱脚

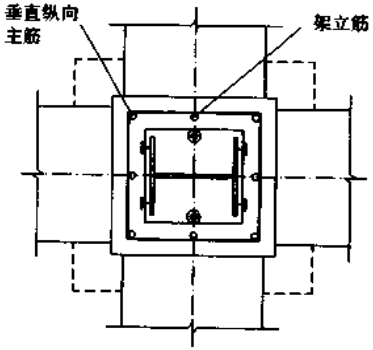
图名	刚接固定柱脚	图页	2—31



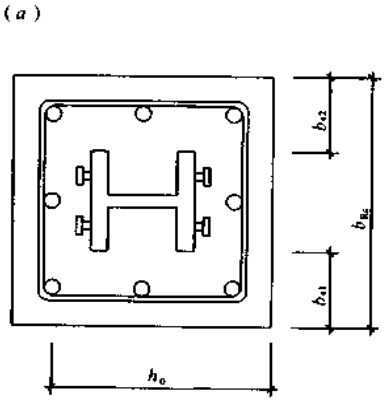
(a)中柱场合;(b)角柱或边柱场合

图名	埋入式柱脚钢柱埋入处配筋	图页	2—32





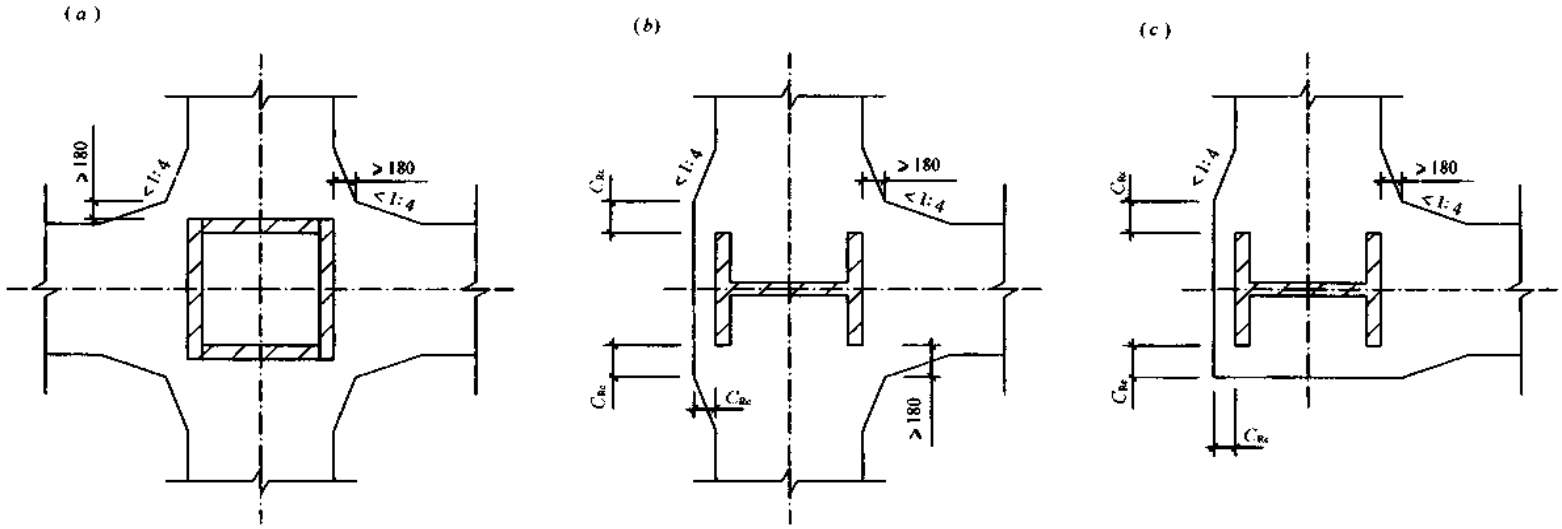
包脚式柱脚的配筋



$b_e = b_{e1} + b_{e2}$

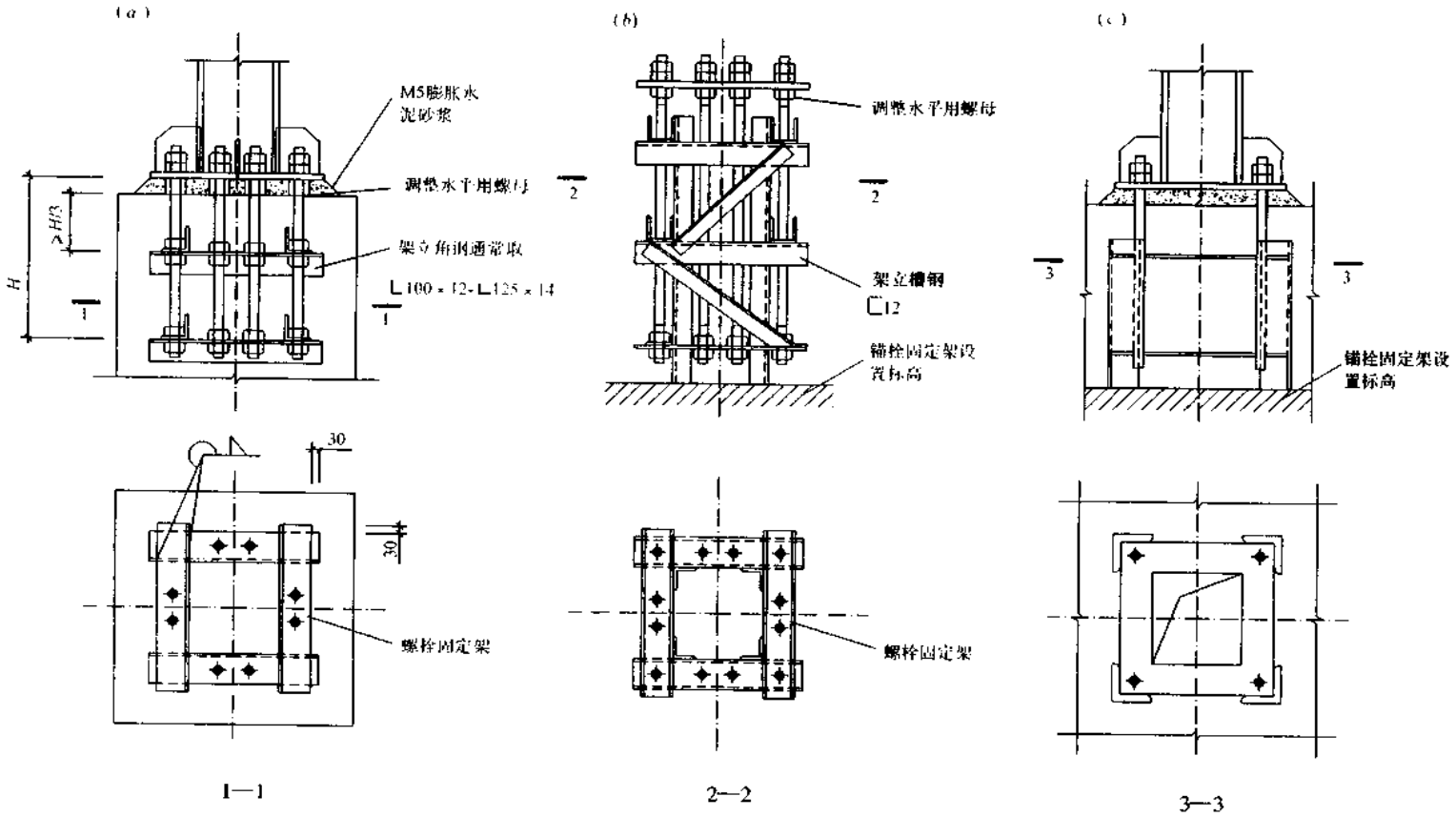
(a)H 形截面钢柱的情况；(b)箱形截面钢柱的情况；
(c)圆管形截面钢柱的情况

图名	包脚式柱脚的配筋和截面有效宽度	图页	2—33

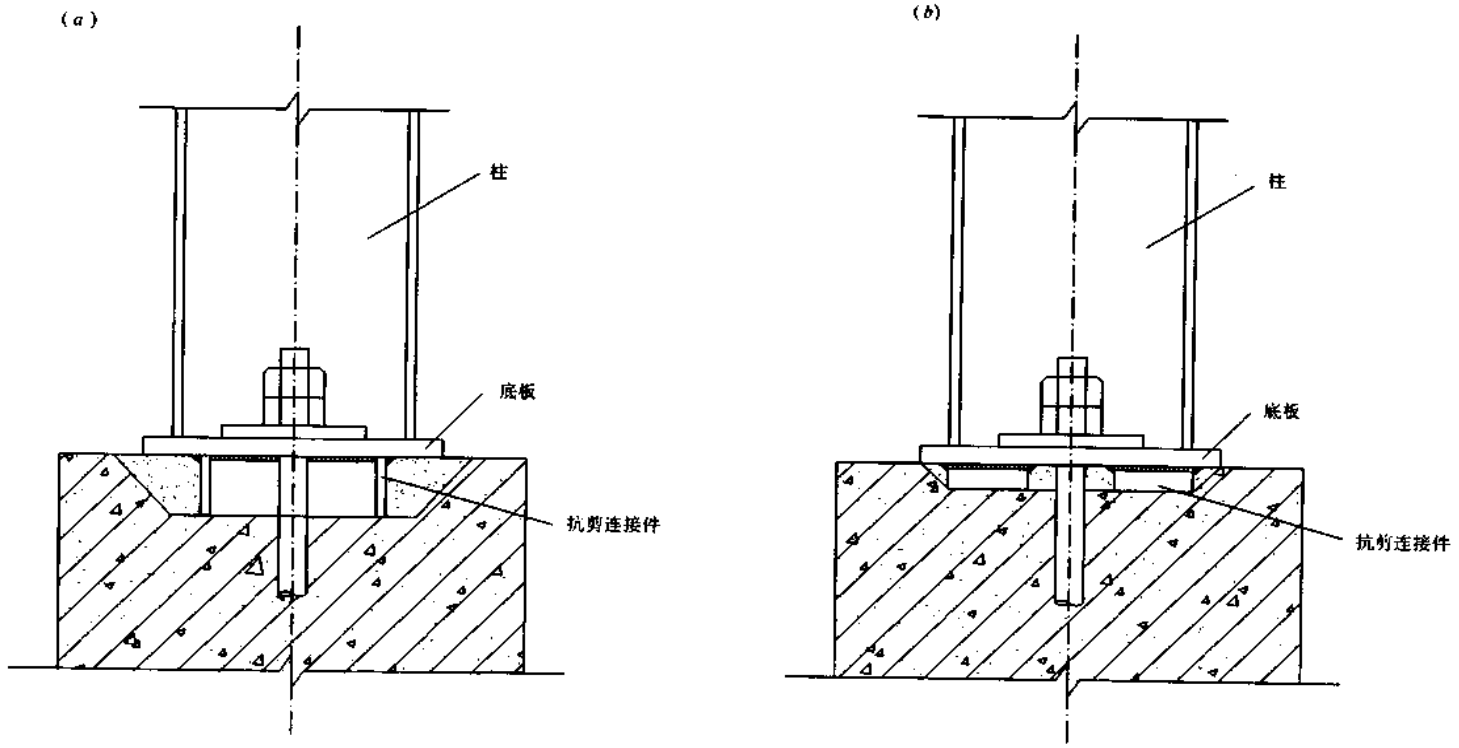


(a)中柱的场合；(b)边柱的场合；(c)角柱的场合

图名	埋入的钢柱翼缘外侧面钢筋混凝土保护层厚度	图页	2—34

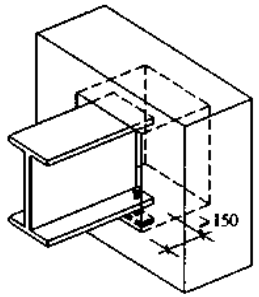


图名	螺栓固定架设置	图页	2—35

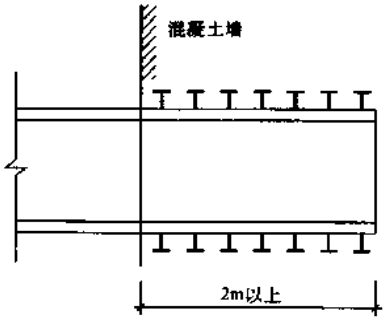


图名	抗剪连接件设置	图页	2—36

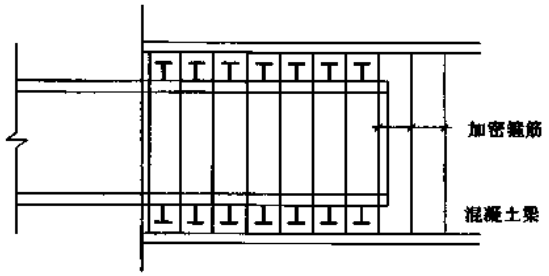
(a)钢梁与混凝土墙的简支连接



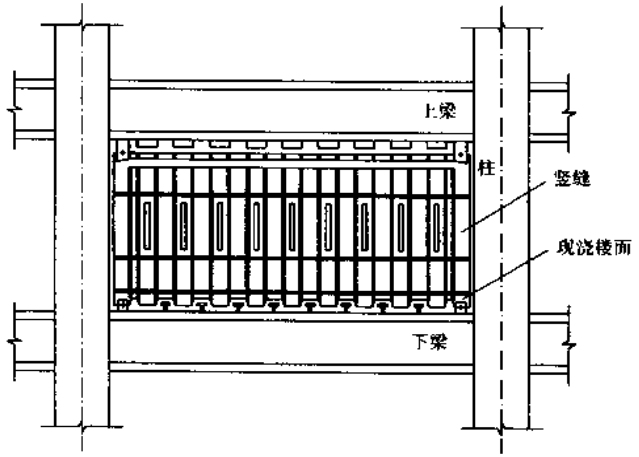
(b)钢梁与混凝土的刚性连接(一)



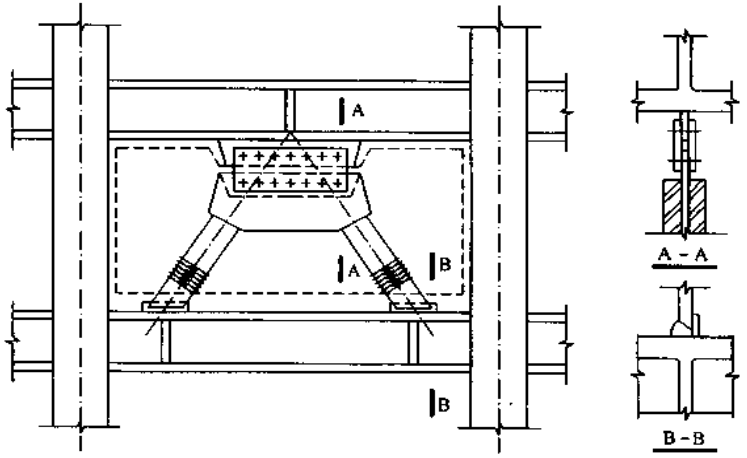
(c)钢梁与混凝土的刚性连接(二)



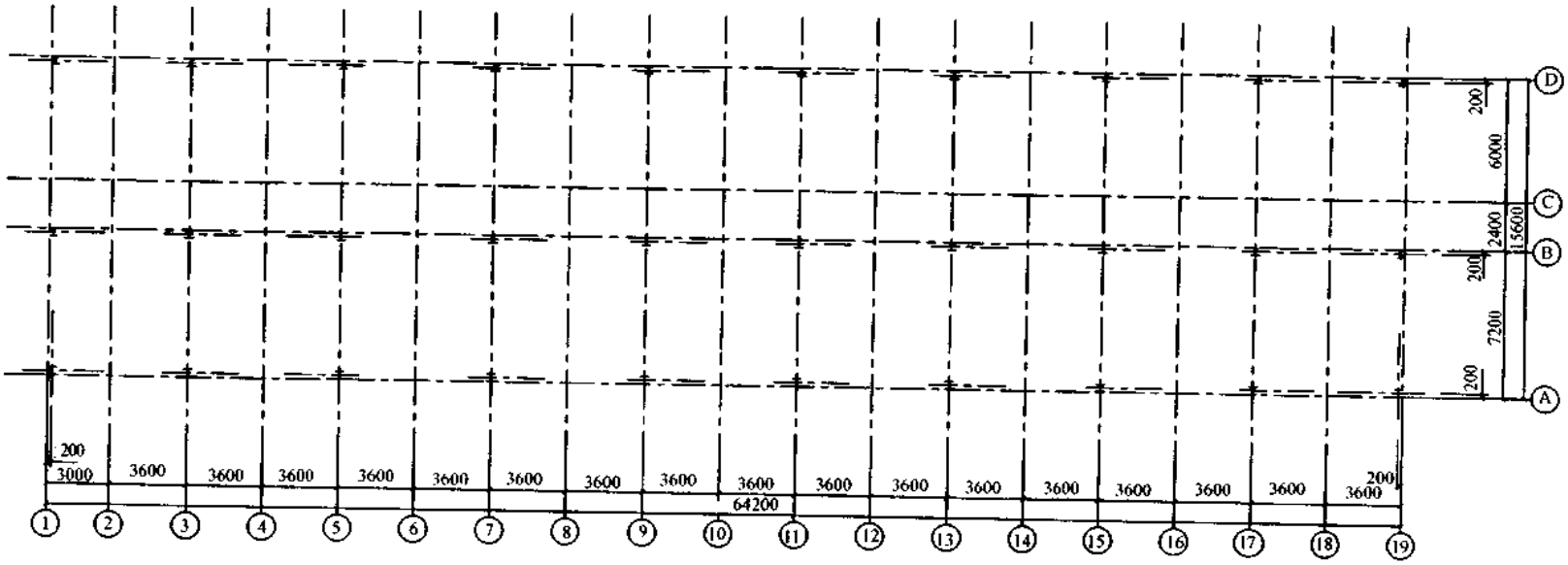
(d)带竖缝剪力墙与框架连接



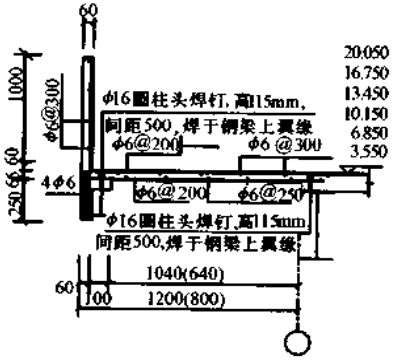
(e)内藏钢板剪力墙与框架连接



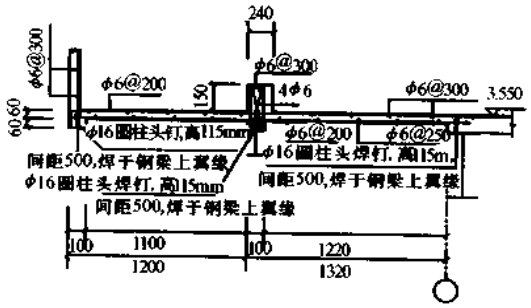
图名	钢构件与混凝土结构的连接	图页	2—37



钢柱平面布置图

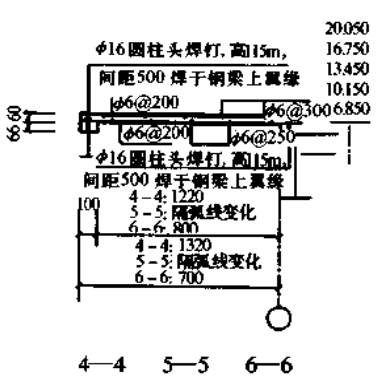


1—1(2—2)

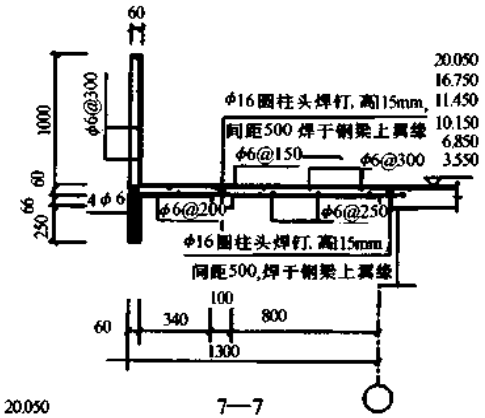


3—3

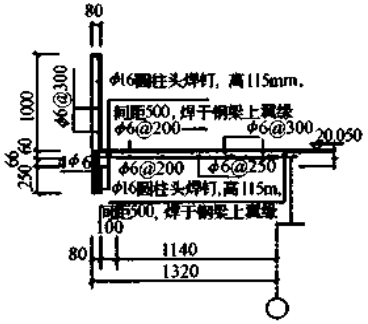
图名	某工程实例(一)	图页	2—38



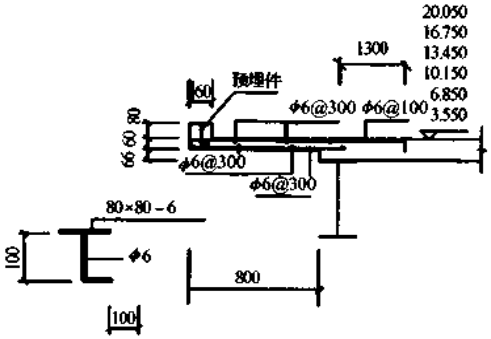
4—4　5—5　6—6



7—7

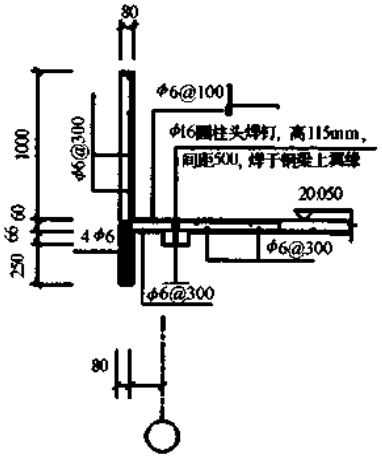


8—8

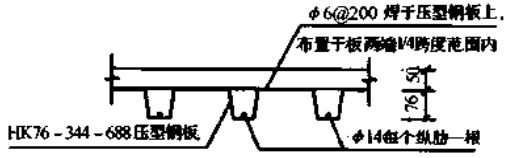


9—9

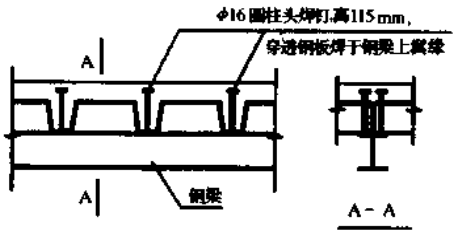
预埋件



10—10



组合楼板钢筋配置

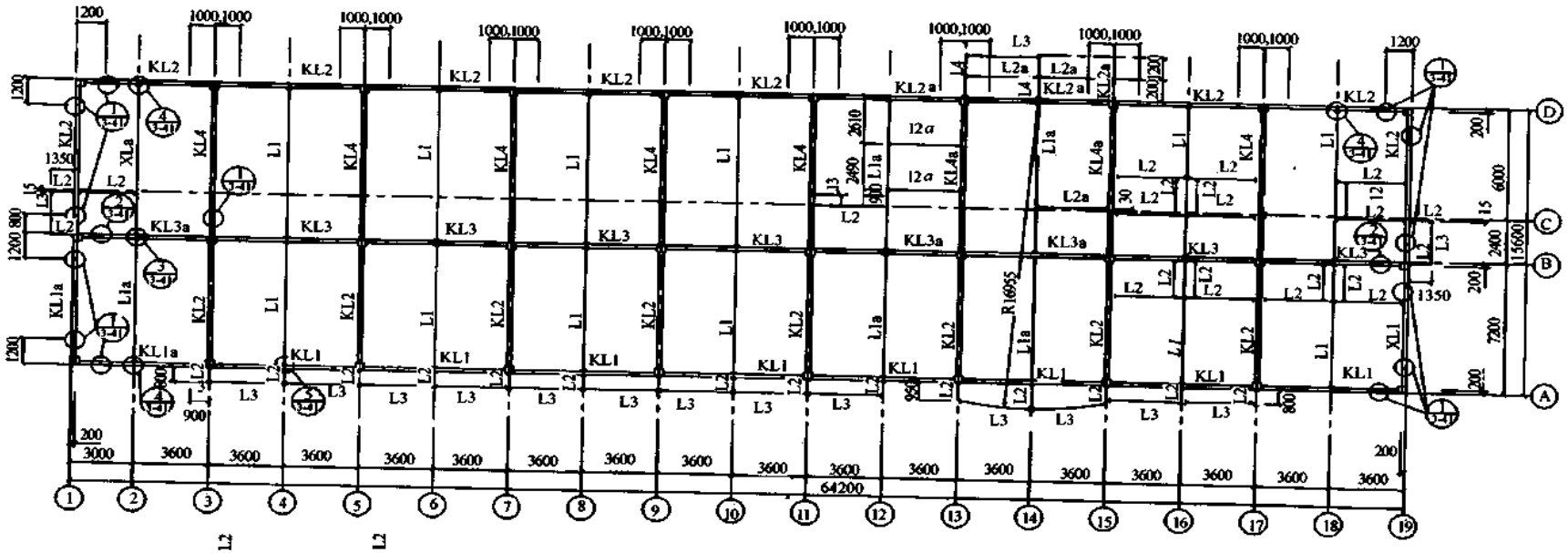


组合楼板板端焊钉布置

说明：

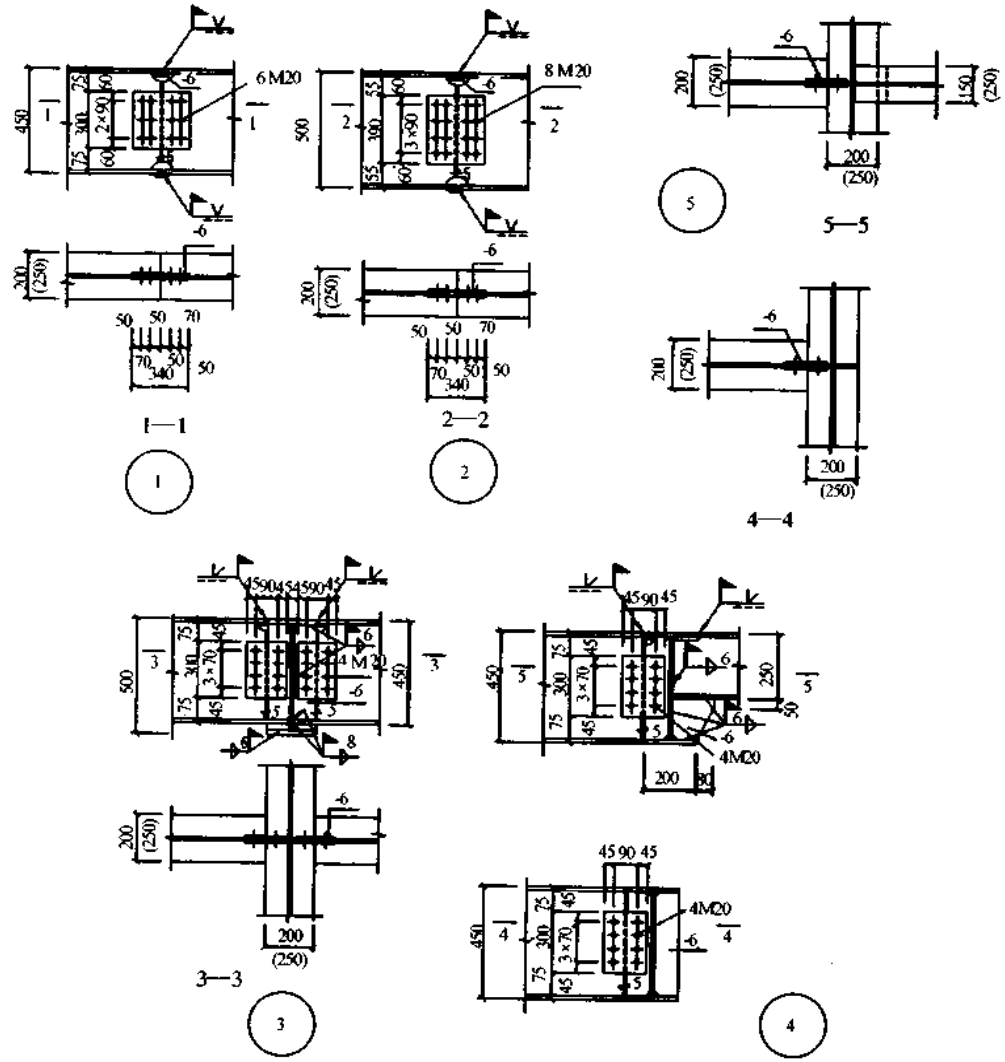
1. 本图钢柱标号和截面详见各轴线框架立面布置图。
2. 构件与构件之间的连接详见各布置图中的连接节点详图。

图名	某工程实例(二)	图页	2—39



二层结构平面布置图

图名	某工程实例(三)	图页	2—40

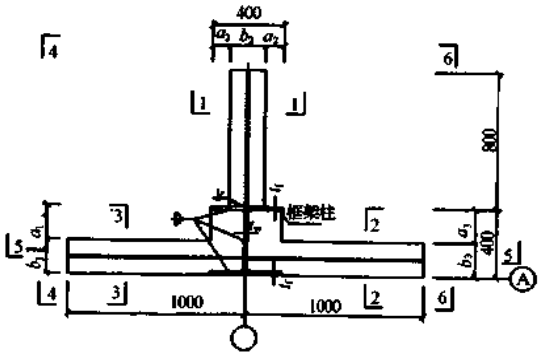


二层梁截面表

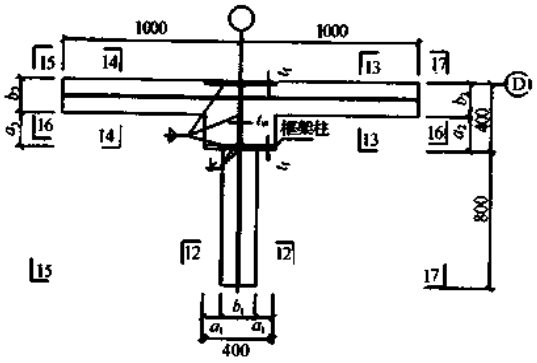
梁号	名　称	截面尺寸	备注
2KL1	框架梁工	H450×200×6×8	
2KL2	框架梁工	H450×200×6×10	
2KL3	框架梁工	H500×200×8×18	
2KL4	框架梁工	H450×200×6×12	
2KL1a	框架梁工	H450×250×6×10	
2KL2a	框架梁工	H450×250×6×12	
2KL3a	框架梁工	H500×250×8×20	
2KL4a	框架梁工	H450×250×6×12	
2L1	次 梁 工	H450×200×6×10	
2L2	次 梁 工	H250×150×4×8	
2L1a	次 梁 工	H450×250×6×12	
2L2a	次 梁 工	H250×250×4×8	
2L3	次 梁 工	H200×100×4×6	
2L4	次 梁 工	H350×250×6×8	

说明：

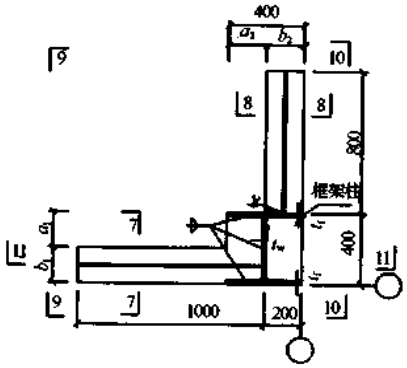
1. 本图钢柱标号和截面详见各轴线框架立面布置图。
2. 图中未表明的构件与构件之间的连接详见各图中相应连接的连接节点详图。
3. 本图中梁标号前均冠以层号“2”表示梁在二层结构。



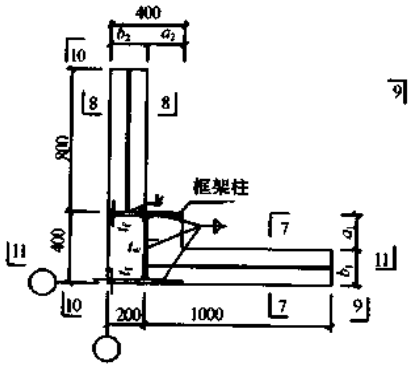
边柱梁柱节点 1



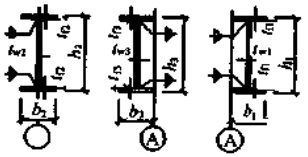
边柱梁柱节点 2



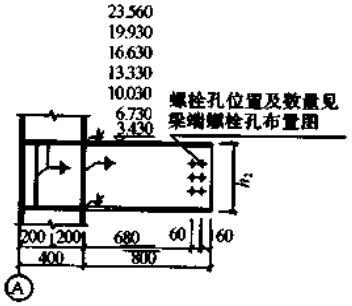
角柱梁柱节点 1



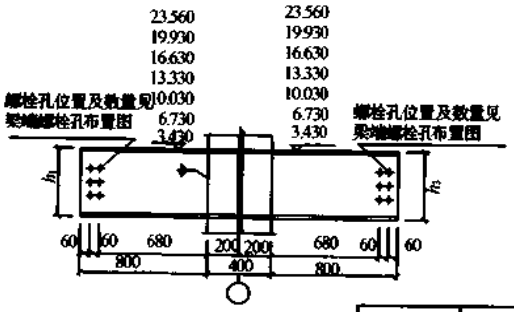
角柱梁柱节点 2



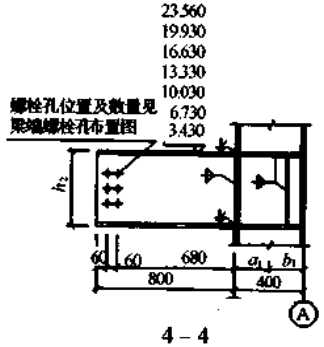
1－1　2－2　3－3



6－6

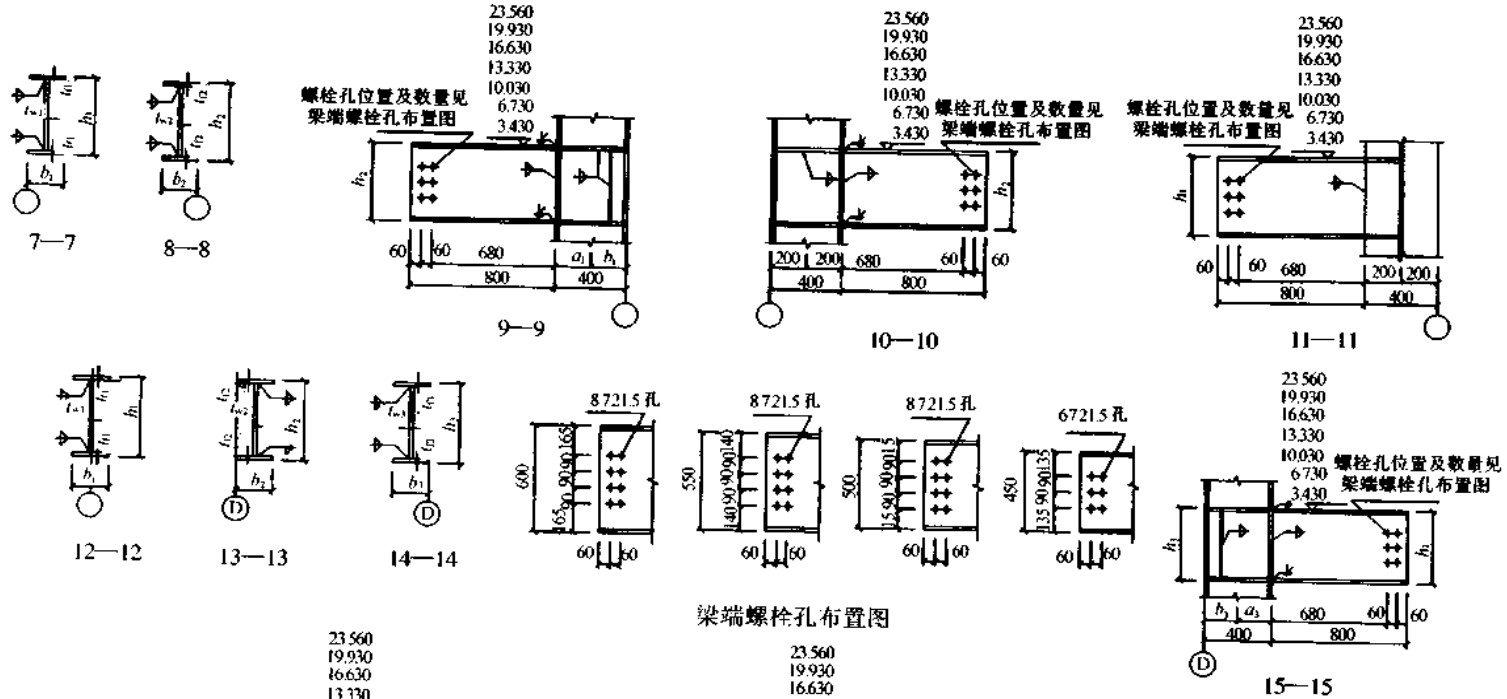


5－5



4－4

图名	某工程实例(五)	图页	2—42



梁端螺栓孔布置图

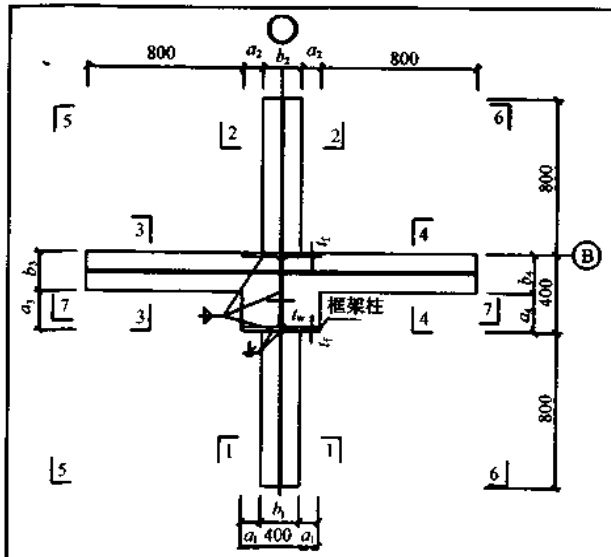
说明：1. 本图中的梁柱截面尺寸和相应的框架梁柱截面尺寸相同。

2. 本图中所有未标注的角焊缝的焊脚尺寸 h_f 为：

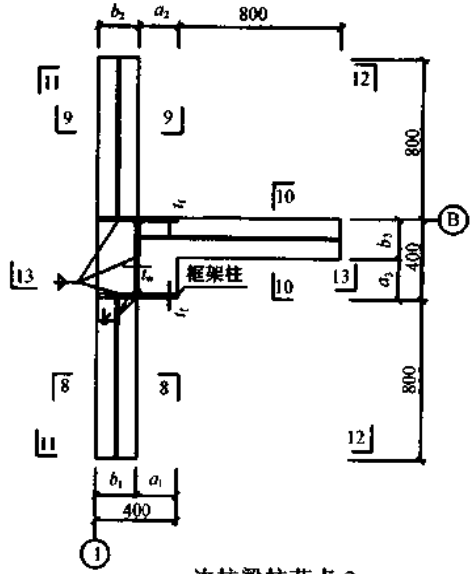
$h_f = 6\text{mm}$，当较薄板件厚度 t 不大于 6mm 时；

$h_f = t - 2\text{mm}$，当较薄板件厚度 t 大于 6mm 时。

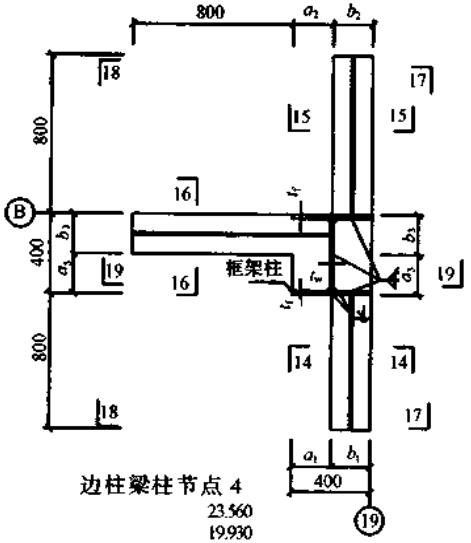
图名	某工程实例(六)	图页	2—43



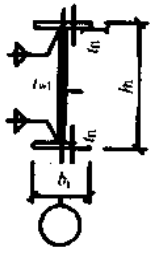
中柱梁柱节点



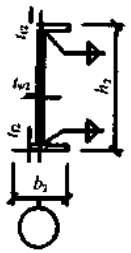
边柱梁柱节点 3



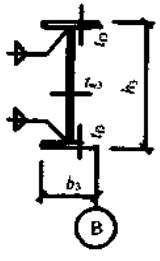
边柱梁柱节点 4



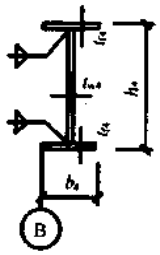
1—1



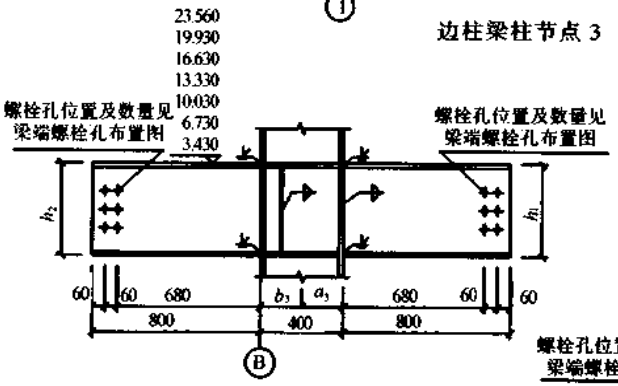
2—2



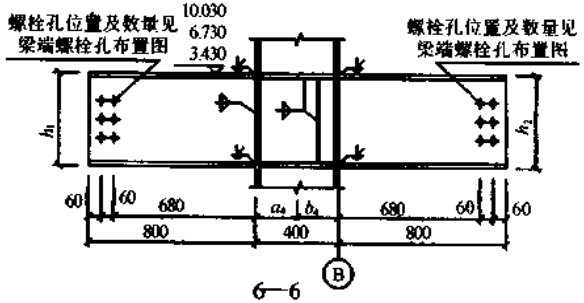
3—3



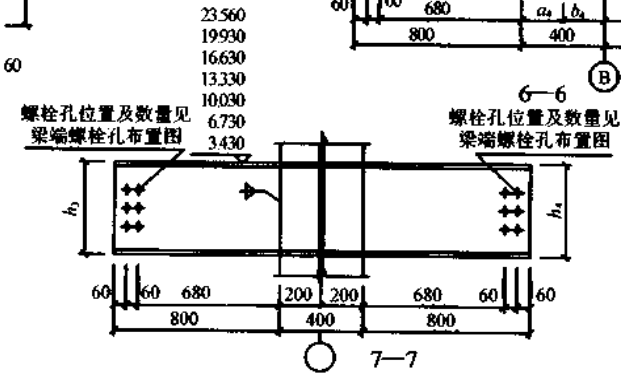
4—4



5—5

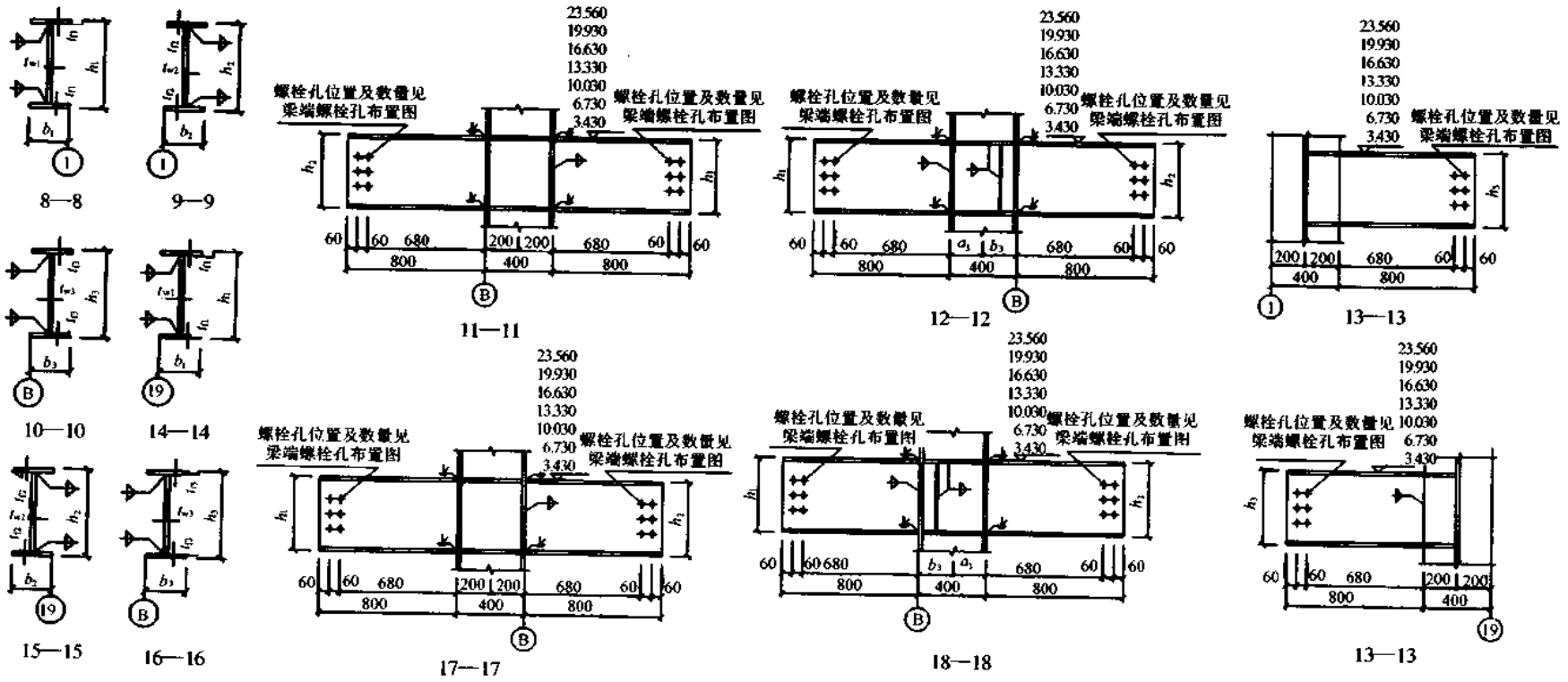


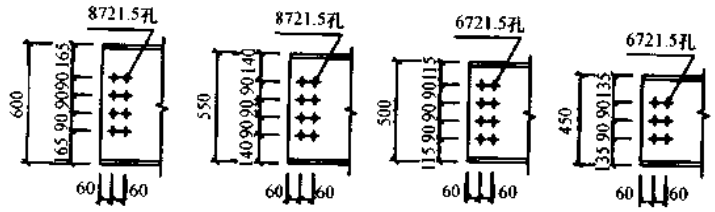
6—6



7—7

图名	某工程实例(七)	图页	2—44





梁端螺栓孔布置图

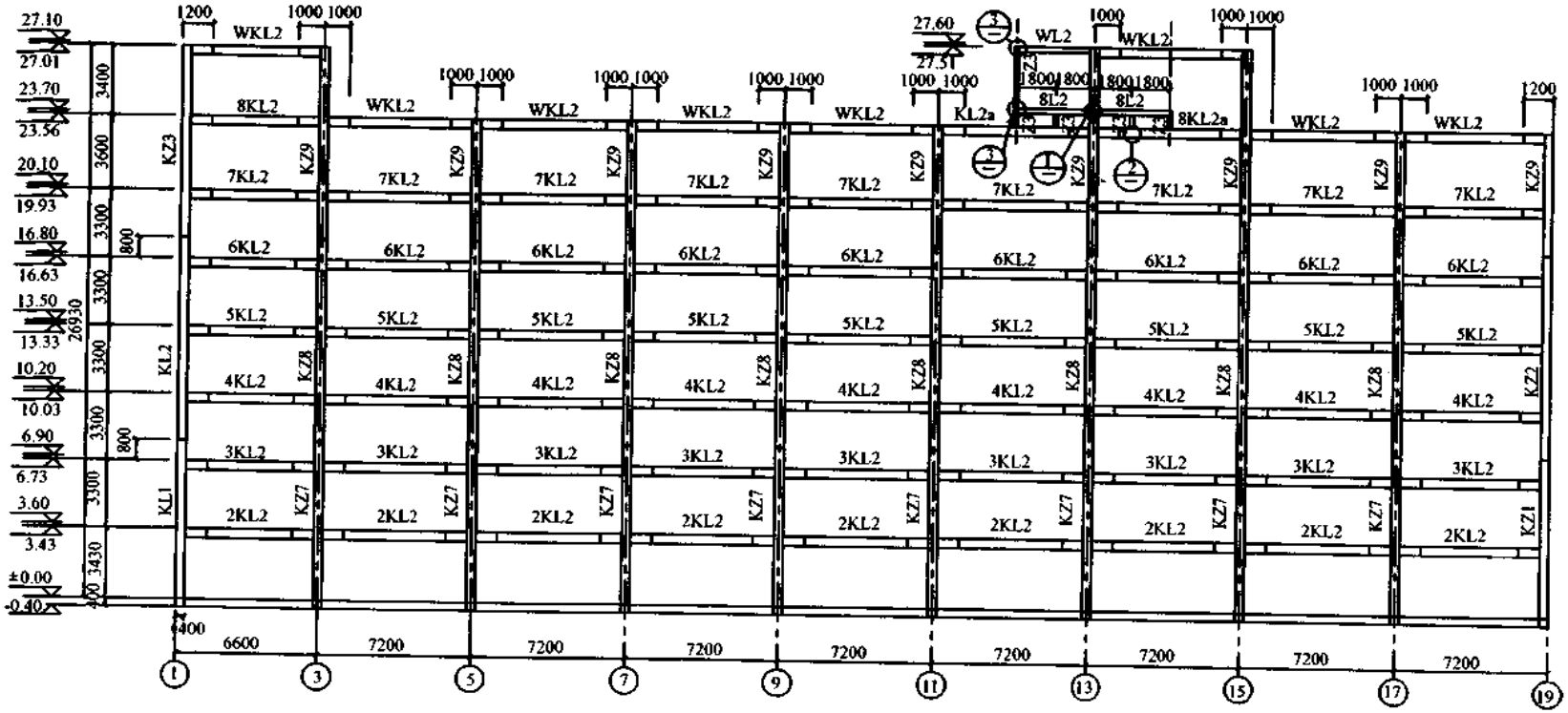
说明：1. 本图中的梁柱截面尺寸和相应的框架梁柱截面的尺寸相同。

2. 本图中所有未标注的角焊缝的焊脚尺寸 h_f 为：

$h_f = 6\text{mm}$，当较薄板件厚度 t 不大于 6mm 时；

$h_f = t - 2\text{mm}$，当较薄板件厚度 t 大于 6mm 时。

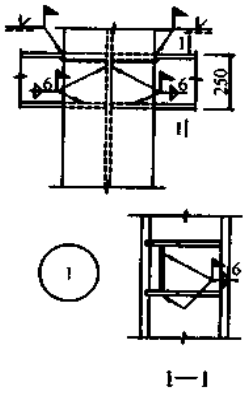
图名	某工程实例(八)	图页	2—45

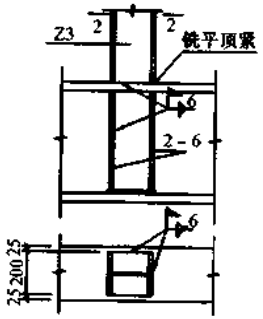


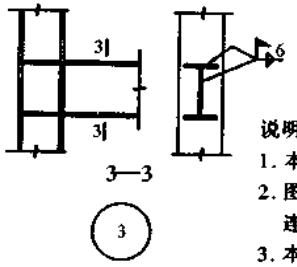
Ⓓ 轴框架立面布置图

Ⓐ 轴框架柱截面表

柱号	名称	截面尺寸	备注
KZ1	框架柱	工 H400×400×10×16	
KZ2	框架柱	工 H400×400×8×14	
KZ3	框架柱	工 H400×400×8×14	
KZ7	框架柱	工 H400×400×10×20	
KZ8	框架柱	工 H400×400×8×16	
KZ9	框架柱	工 H400×400×8×14	
Z3	框架短柱	工 H200×200×6×8	



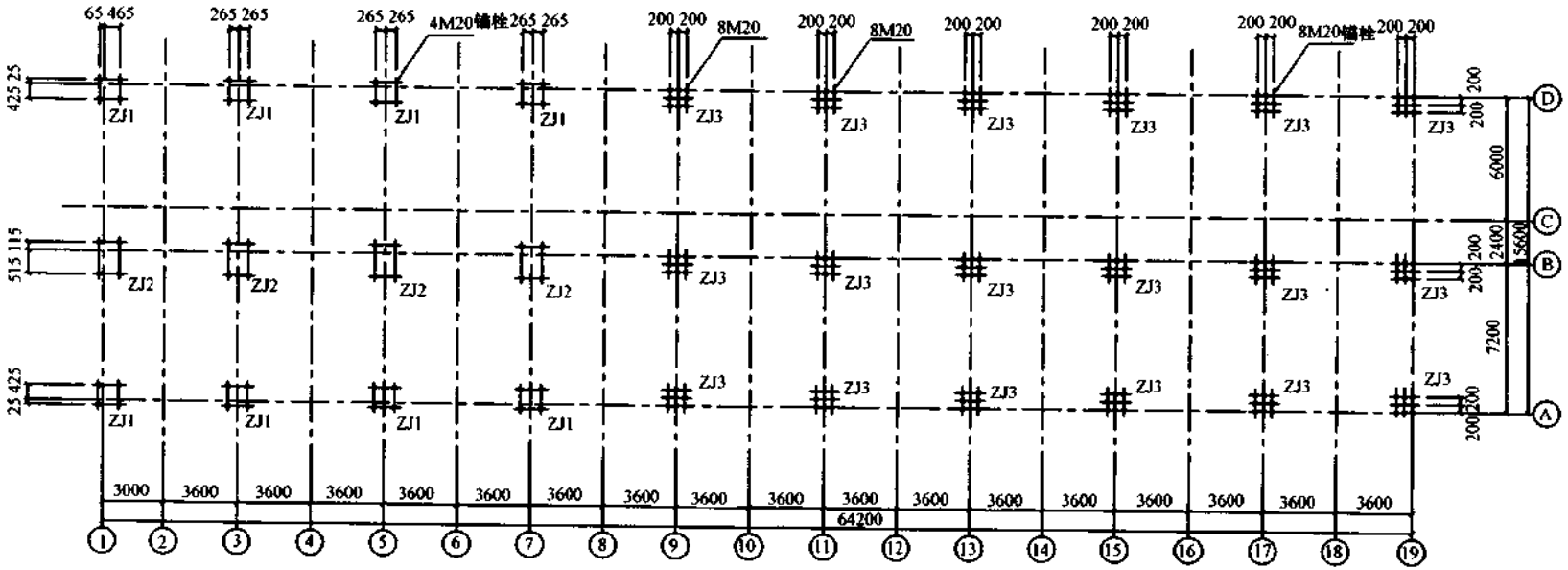




说明：

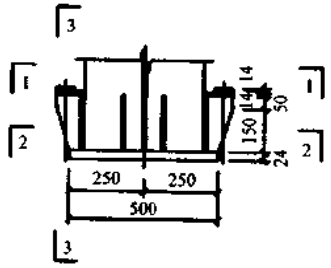
1. 本图框架柱构件标号均冠以字首 K。
2. 图中未表明的构件与构件之间的连接详见各图中相应连接节点详图。
3. 本图所示标高分别为楼层层面标高和钢梁面标高。

图名	某工程实例(九)	图页	2—46

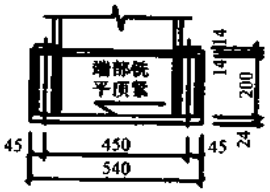


柱脚锚栓平面布置图

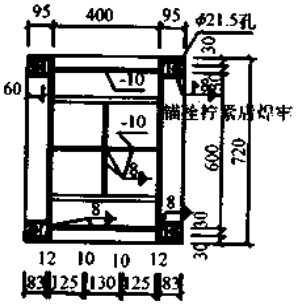
图名	某工程实例(十)	图页	2—47



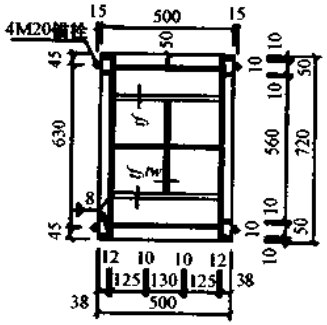
ZJ1



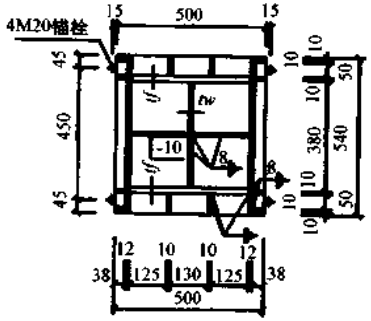
3—3



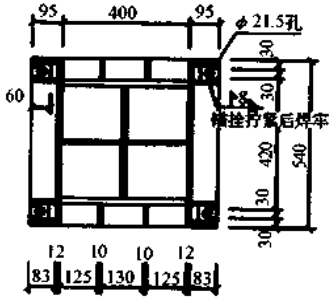
4—4



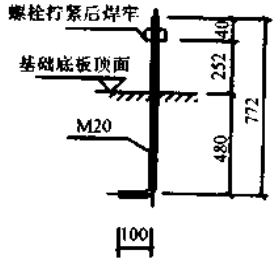
5—5



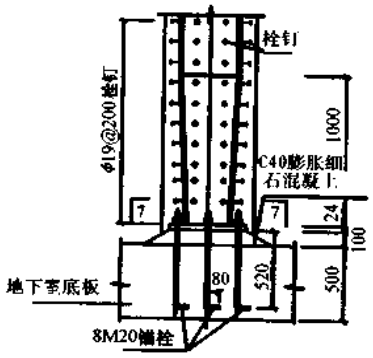
2—2



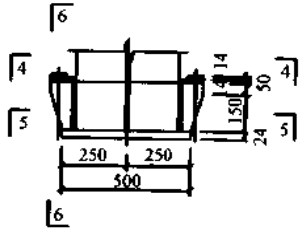
1—1



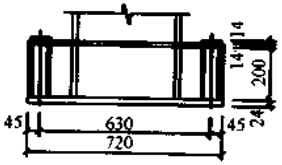
锚栓示意图



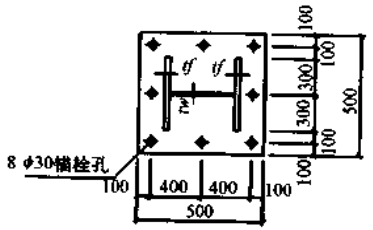
ZJ3



ZJ2



6—6

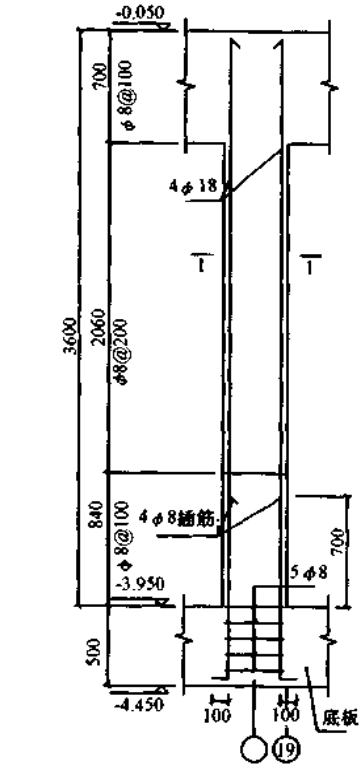


7—7

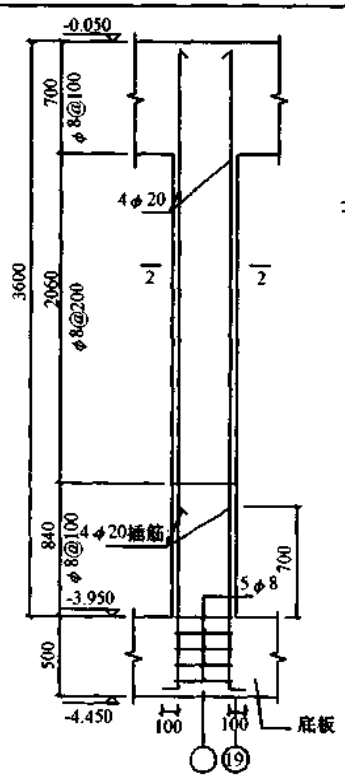
说明

1. 锚栓采用 Q235 钢。
2. 图中各柱的截面尺寸 t_f, t_w 见结施－4。
3. 图中所有未标注的焊缝的焊脚尺寸均为 8mm。

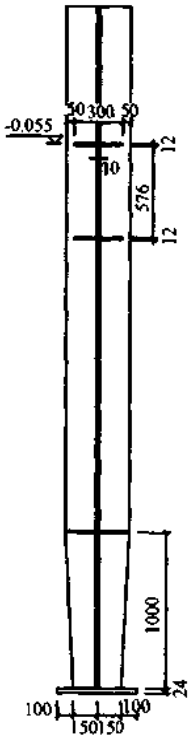
图名	某工程实例(十一)	图页	2—48



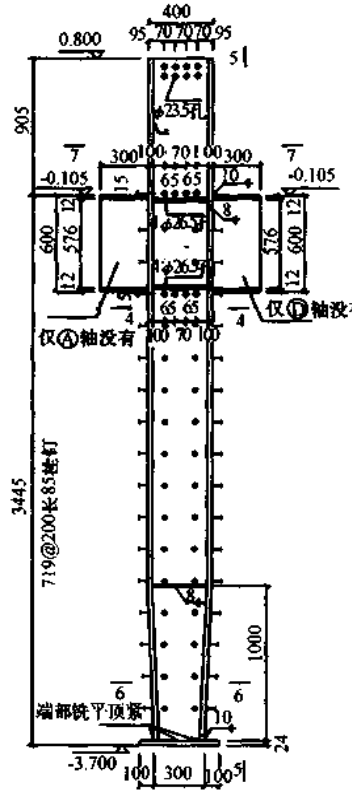
Z4(Z4a)



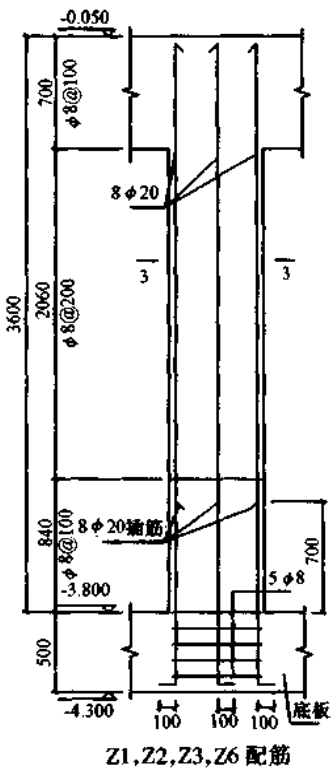
Z5(Z5a)



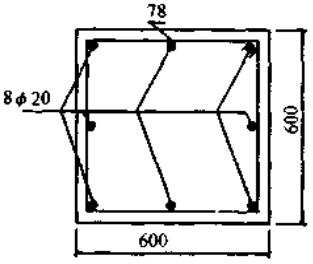
5—5



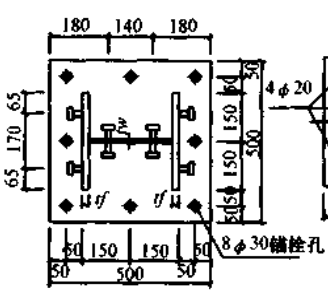
Z1,Z2,Z3,Z6 钢骨



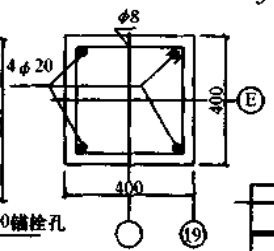
Z1,Z2,Z3,Z6 配筋



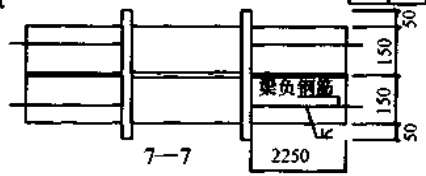
3—3



6—6

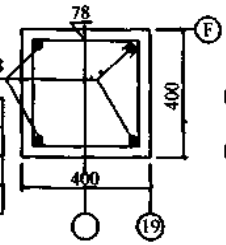


2—2

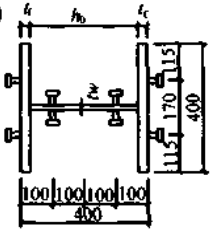


7—7

构件	Z1	Z2	Z3	Z6
t_f	30	20	28	16
t_w	16	10	14	10
h_0	340	360	344	368



1—1



4—4

图名	某工程实例(十二)	图页	2—49

三、网　架　结　构

网架的制作、安装与检验

1.一 般 规 定

钢网架的制作、安装与检验除应遵照《网架结构设计与施工检验》JGJ7—91 和《网架结构工程质量检验评定标准》JGJ78—91 或行业标准《钢网架螺栓球节点》JGJ75.1—91、《钢网架焊接球节点》JGJ75.2—91、《钢网架检验及检收标准》JGJ75.3—91 等有关网架规程标准外，还应遵守国家标准《建筑工程质量检验评定标准》GBJ301—88、现行国家标准《钢结构工程施工及验收规范》GBJ50205—95 和《螺栓球节点钢网架焊缝超声波探伤及质量分级法》JG/T3034.2—1996、《焊接球节点钢网架焊缝超声波探伤及质量分级法》JG/T3034.1—1996，以及其他有关钢材等国家标准的规定进行。

（1）材料

钢网架所用的材料，根据其在钢架中所处的位置不同而不同，如杆件、封板、锥头、套筒和焊接空心球均为 Q235 钢或 16Mn 钢；实心螺栓球为 45 号钢；螺栓、销子或螺钉均为 40Cr、40B、20MnTiB；8.8S 的高强度螺栓可采用 45 号钢等。

制作所用的材料必须符合设计要求，如无出厂合格证或有疑问时，必须按现行国家标准《钢结构工程施工及验收规范》GBJ50205—95 的规定对其进行机械性能试验和化学分析，证明符合标准和设计要求后方可使用。

（2）质量评价

在现阶段网架工程的制作和安装过程有两种形式，第一种是网架的制作和安装均由有生产和安装资质的生产厂家完成；第二种是网架的部件由专业产品制造厂提供，由具有安装能力的施工队伍安装。由于网架本身的特点，目前绝大部分网架工程都由生产厂家来生产和安装。

网架工程是单项建筑工程的结构分部工程的一部分，如果网架工程是采用上述第二种形式来完成的，则在制作过程中应对节点、杆件及各种配件按《钢网架螺栓球节点》JGJ75.1—91 或《钢网架焊接球节点》JGJ75.2—91 及《钢网架检验及验收标准》JGJ75.3—91 进行检验，检验结果不参加主体部分的质量评定。如果网架工程采用上述第一种形式来完成，则在制作、安装过程中应对各分项工程（节点制作、杆件制作、安装、油漆、防腐、防火）按《网架结构工程质量检验评定标准》JGJ78—91 进行检验，检验结果都参与主体分部工程的质量检验评定。

如果网架工程所含分项工程的质量全部合格，就可将网架结构的整体质量评定为合格。如果网架工程所含分项工程的质量全部合格，且其中 50%及以上为优良，就可将网架结构工程的整体质量评定为优良。

按《建筑工程质量检验评定标准》GBJ301—88 的要求，分项工程的质量等级评定应按下列规则进行：

合格：

1）保证项目必须符合相应质量检验评定标准的规定；

图名	网架的制作、安装与检验	图页	3—1

2）基本项目抽检处（件）应符合相应质量检验评定标准合格栏的规定；

3）允许偏差项目抽检的点数中，有70%及其以上的实测值应在相应质量检验评定标准的允许偏差范围内。

优良：

1）保证项目必须符合相应质量检验评定标准的规定；

2）基本项目每项抽检处（件）应符合相应质量检验评定标准合格栏的规定，其中50%及以上合格者的处（件）符合优良规定，该项目即为优良。优良项数应占检验项数的50%及其以上；

3）允许偏差项目抽检的点数中，有90%及其以上的实测值应在相应质量检验评定标准的允许偏差范围内。

2. 制作与检验

（1）钢网架焊接球节点的制作与检验

1）焊接球节点的制作与检验

焊接球节点的制作：

焊接球的加工有热轧和冷轧两种方法，目前生产的球多为热轧。具体步骤如下：圆板下料；热轧半球；机械加工；装配焊接。用热轧方法生产的球容易产生壁厚不均匀、“长瘤”和“荷叶边”等情况，网架规程对壁厚不均匀程度进行了限制。球体不允许“长瘤”，“荷叶边”应在切边时切除。

由于轧制模具的磨损和冷却收缩率考虑不足等原因，经常出现成品球直径偏小的情况，这种情况容易造成网架总拼尺寸偏小。因此，网架规程对球的直径偏差也有明确的限制。

球的圆度（即最小直径与最大直径之差），不仅影响拼装尺寸，而且又会造成节点偏心，故应控制在一定范围之内。

焊接球是由两个热轧的半球经车床加工后焊接而成，如果两个半球对得不准或大小不一，则在接缝处会产生“错边”，《网架结构工程质量检验评定标准》JGJ78—91对“错边”程度进行了限制。

焊接球的检验

《网架结构工程质量检验评定标准》JGJ78—91对焊接球的质量按照保证项目、基本项目和允许偏差项目分类进行了控制。

2）焊接球的杆件制作和检验

杆件的制作：

网架结构中的杆件有钢管和角钢两种，钢管的下料应使用机床，以确保其长度和坡口的准确度，而角钢的下料宜用剪床、砂轮切割或气割。

不管是钢管还是角钢都应考虑其焊接收缩量。影响焊接收缩量的因素较多，如焊缝的长度、环境温度、电流强度、焊接方法等。焊接收缩量的大小可根据各自以往的经验，再结合现场和网架的具体情况通过试验来确定。

杆件的检验：

《网架结构工程质量检验评定标准》JGJ78—91规定了焊接网架杆件质量保证项目和允许偏差项目的控制。

（2）钢网架螺栓球的制作与检验

1）螺栓球节点的制作和检验

螺栓球的制作：

螺栓球的毛坯加工方法有两种，一为铸造，一为模锻。铸造球容易产生裂缝、砂眼；模锻球质量好、工效高、成本低。

为确保螺栓球的精度，应预先加工一个高精度的分度夹具；用分度夹具生产工件成品的精度，为分度夹具本身精度的1/3。

球在车床上加工时，先加工平面螺栓孔，再用分度夹具加工斜孔，各螺栓孔螺纹和螺纹公差、螺孔角度、螺孔端面距球心尺寸的偏差详见《网架结构工程质量检验评定标准》JGJ78—91的规定。

螺栓球的检验：

《网架结构工程质量检验评定标准》JGJ78—91 规定了螺栓球节点质量检验保证项目和允许偏差项目的控制。

2）螺栓球的杆件制作和检验

杆件的制作：

在焊接球网架中杆件与球体直接焊接，而在螺栓球网架中杆件是通过螺栓与球体连接，杆件除本身的钢管之外，还包括组成杆件的封板、锥头、套筒和高强度螺栓。因此，在考虑杆件的焊接收缩量时，杆件应作为整体来考虑，其允许偏差值是指组合偏差。

杆件的检验：

《网架结构工程质量检验评定标准》JGJ78—91 对杆件本身及组成杆件的部件的质量检验标准，分别按保证项目和允许偏差项目进行了控制。

（3）焊接钢板节点的制作与检验

焊接钢板节点通常由十字节点板和盖板组成，适用于连接焊接型钢杆件。制作钢板节点的材料应与所连接杆件的材料相同。按《网架结构工程质量检验评定标准》JGJ78—91 的规定，对焊接钢板节点质量检验保证项目和允许偏差项目进行控制。

3. 安装与检验

（1）安装方法与适用范围

1）高空散装法

高空散装法是指将小拼单元或散件（单根杆件及单个节点）直接在设计位置进行总拼的方法。

高空散装法有全支架（即满堂脚手架）法和悬挑法两种。全支架法多用于散件拼装，而悬挑法则多用于小拼单元在高空总拼情况。

由于散件在高空拼装，无需用大型的起重设备，但由于搭设大规模的拼装支架，需用大量的脚手材料。

全支架法适用各种类型的螺栓球节点网架的安装，尤其是起重困难的情况。

施工的重点是确定合理的拼装顺序，控制好标高和轴线的位置。

2）分条或分块安装法

分条或分块安装法是指将网架分成条状或块状单元分别由起重设备吊装至高空设计位置就位搁置，然后再成整体的安装方法。

条状是指沿网架长跨方向分割成几段，每段的宽度可以是一个网格至三个网格，其长度为网架短跨的跨度。块状是指沿网架纵横方向分割后的单元形状为矩形或正方形。每个单元的重量以现场现有起重设备的起重能力为准。

在分条或分块安装法中大部分的焊接和拼接工作在地面进行，有利于提高工程质量，并可节省大部分拼装支架。由于分割单于时已考虑现场现有起重设备能力，可充分利用工地现有设备，减少起重设备的租赁费和大型设备进出场费，有利于降低成本。

分条或分块安装法适用于分割后的单元具有足够刚度并保证自身的几何不变性，否则应采取临时加固措施。

施工重点是条、块的正确划分以及条、块吊装过程中的安全保证。

3）高空滑移法

高空滑移法是指将分条的网架单元在事先设置的滑轨上单条（或逐条）滑移到设计位置拼接成整体的安装方法。

由于高空滑移法中的网架是架空作业，对建筑物内部施工没有影响，网架安装与下部其他施工可平行立体作业，加快施工进度，缩短施工周期，无需大型设备和牵引设备。

高空滑移法适用于正放四角锥、正放抽空四角锥、两向正交正放网架等能够分割成几何不变体系的滑移单元网架。尤其适用于采用上述网架而进行的跨越工程和需要进行立体交叉施工的情况。

施工重点是滑移单元同步滑移的控制。

4）整体吊装法

整体吊装法是指网架在地面上总拼后，用起重设备将其吊装就位的施工方法。

整个网架的焊接和拼接全部在地面上进行，容易保证施工的质量。由于整个网架的就位全靠起重设备来实现，所以起重设备的能力和起重移动的控制尤为重要。

整体吊装法适用于在场地和起重设备允许的情况下各种类型的网架。

施工重点是网架同步上升的控制，以及网架在空中位移的控制。

5）整体提升法

整体提升法是指在结构柱上安装提升设备，将在地面上总拼好的网架提升就位的施工方法。

网架整体提升法使用的提升设备一般都比较小，如升板机、液压滑模千斤顶等，利用小机群安装大网架，起重设备小，成本低。

提升阶段网架的支承情况与使用阶段相同，不需要考虑提升阶段而增设加固措施，较整体吊装法经济。

提升设备的提升能力有较大幅度选择，可将网架的屋面板、防水层、天棚、采暖通风等全部在地面及最有利的高度进行施工，从而大大节约施工费用。网架整体提升法只能在设计坐标垂直上升，不能将网架移动或转动。

网架整体提升法适用于周边支承及多点支承网架。

施工重点是同步提升的控制以及网架空中位移的控制。

6）整体顶升法

整体顶升法是指在设计位置的地面将网架拼装成整体，然后用千斤顶将网架顶升到设计高度的施工方法。

顶升法与提升法具有相同的特点，只是提升法的提升设备安置在网架的上面，而顶升法的顶升设备安置在网架的下面。

顶升法适用于点支承网架。

施工重点是网架顶升的同步控制和垂直度的控制。

（2）网架结构安装的检验

不论是什么类型的网架结构，采用何种安装方法，《网架结构工程质量检验评定标准》JGJ78—91 将其质量检验的标准分别按保证项目、基本项目和允许偏差项目加以控制。

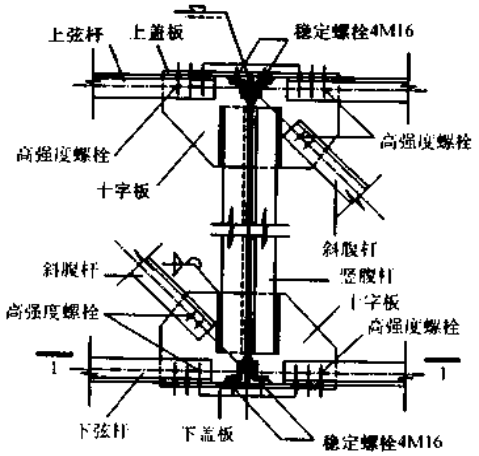
4. 其他分项工程

钢网架结构除本身制造安装过程中必不可少的节点制作、杆件制作和结构安装分项工程外，还必须包括油漆、防腐和防火涂层等分项工程。

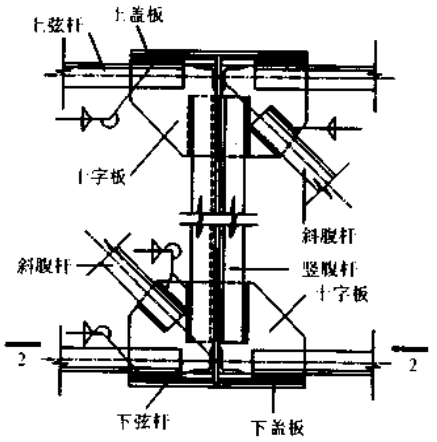
油漆分项工程包括除锈和涂底，该项工作是在生产厂完成。根据不同的使用要求可采取不同的除锈方法，当需要金属表面露出金属光泽时，宜采用喷砂、抛丸或酸洗的除锈方法；当只需要一般的除锈而允许钢材表面存在不能再清除的轧制表皮时，就可采用一般工具（钢铲、钢刷）除锈。生产厂生产网架部件经除锈和涂底后，才能进行拼接和安装。对于焊接球网架，安装焊缝处应留出 30～50mm 宽的范围暂时不涂，待焊接完成后补涂。涂料的种类和涂层厚度应按设计文件及规程的要求选用。

在一般情况下，用于体育馆、公共建筑等的钢网架，其工作环境没有较强的腐蚀介质，因此只需对钢网架进行油漆防锈处理，而不必进行防腐处理。如果钢网架处于有侵蚀性的气体环境中，就应对其进行必要的防腐处理。钢网架的防腐处理，通常采用涂刷防腐涂料的方法，防腐涂料的种类和涂层厚度应按设计文件及规程的要求选择和执行。

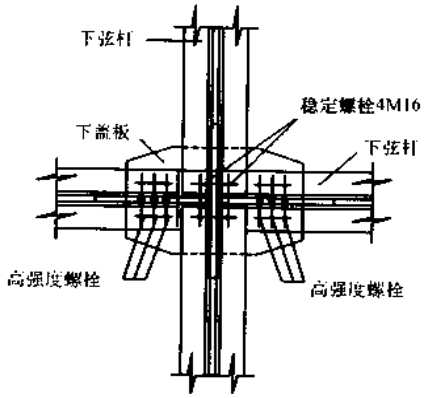
由于钢结构本身的特点，还必须对钢结构的所有部件进行防火处理。根据建筑物本身的重要程度，防火规范规定了不同的防火级别，不同的防火级别对应不同的耐火极限，耐火极限决定防火涂料的厚度，防火涂料的种类和涂层厚度应严格按照设计文件和有关规范执行，并进行逐项检查。尤其重要的是检查合格后，还要请当地消防主管部门对钢结构防火进行现场检查，检查合格后才能投入使用。



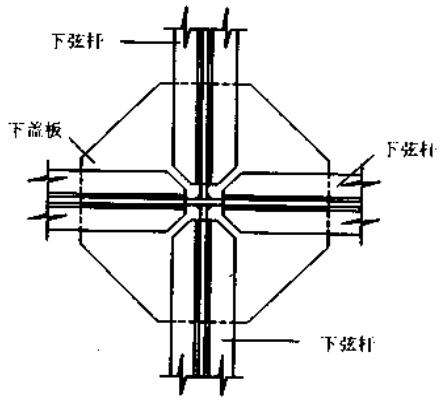
(a)焊接和高强度螺栓混合连接



(b) 全焊接连接

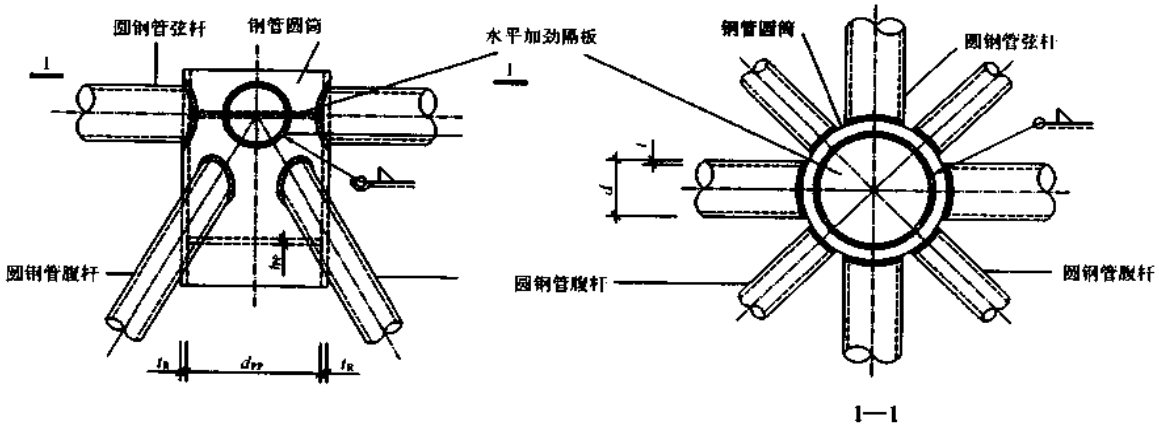


1—1

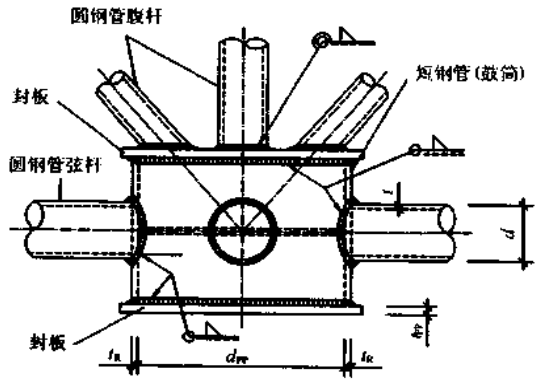


2—2

图名	十字形板节点	图页	3—5



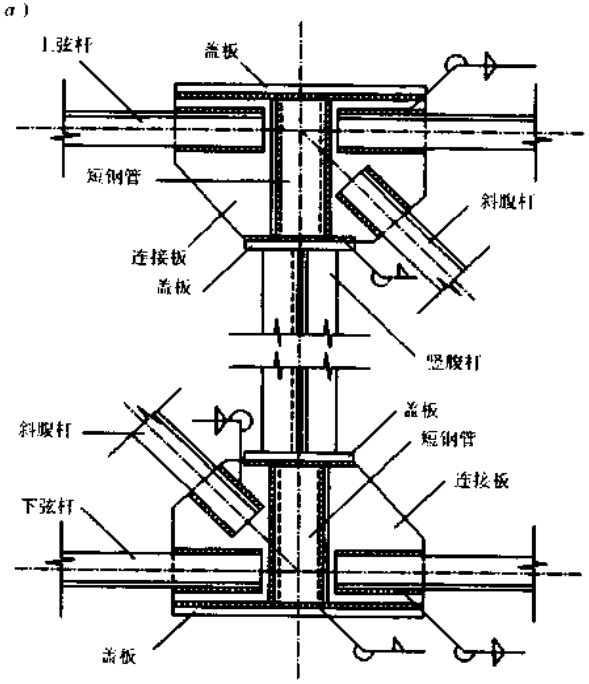
(a)钢管圆筒连接节点



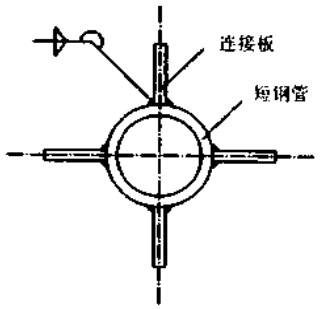
(b)钢管鼓筒连接节点

图名	钢管圆、鼓筒连接节点	图页	3—6

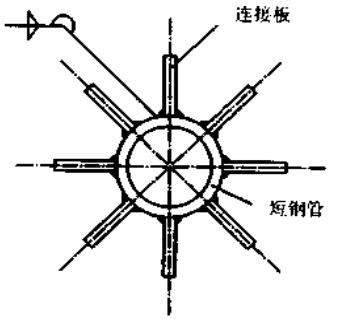
(a)



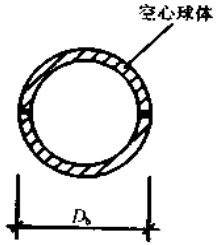
(b)

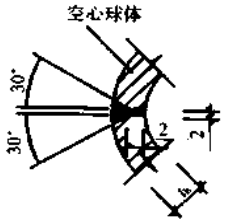


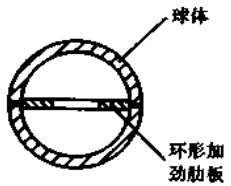
(c)

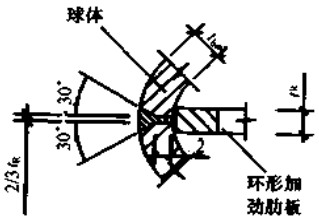


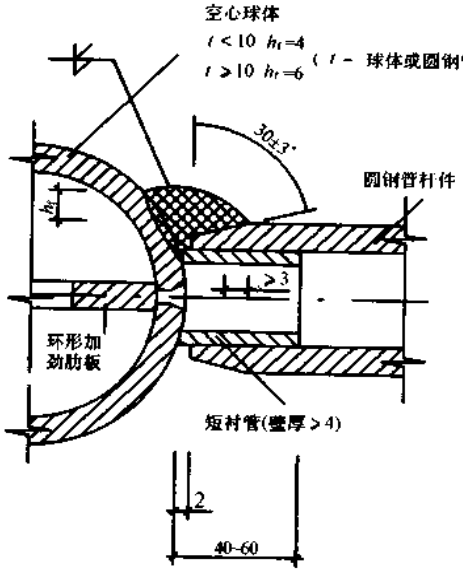
图名	管筒形板节点(一)	图页	3—7

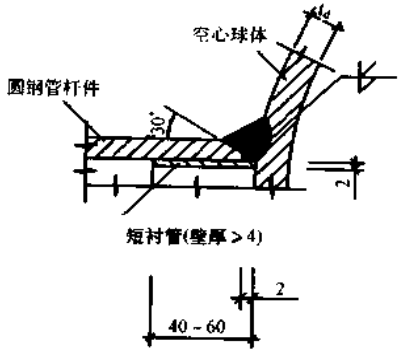


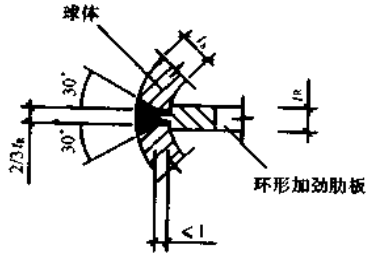




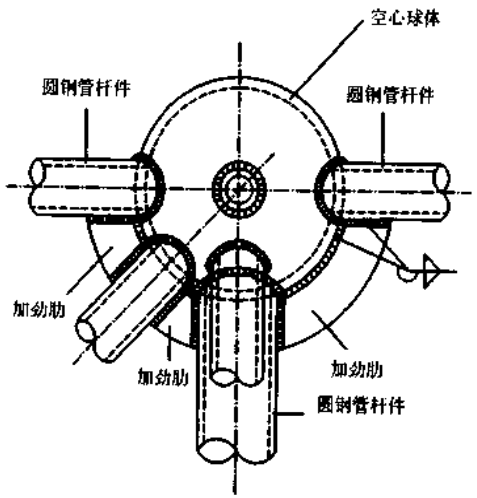




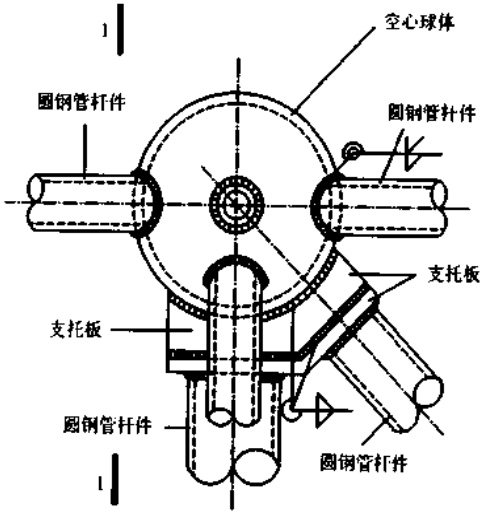


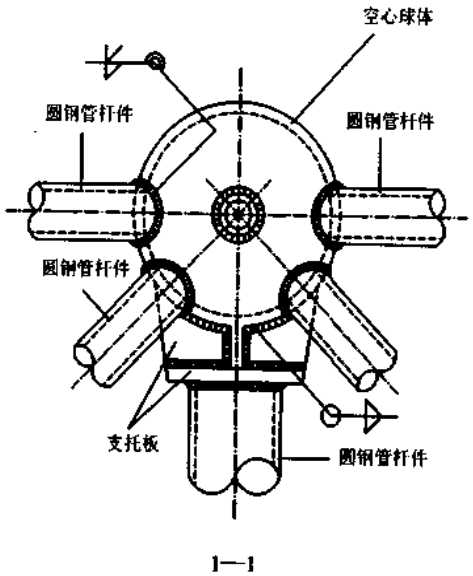


图名	管筒形板节点(二)	图页	3—8



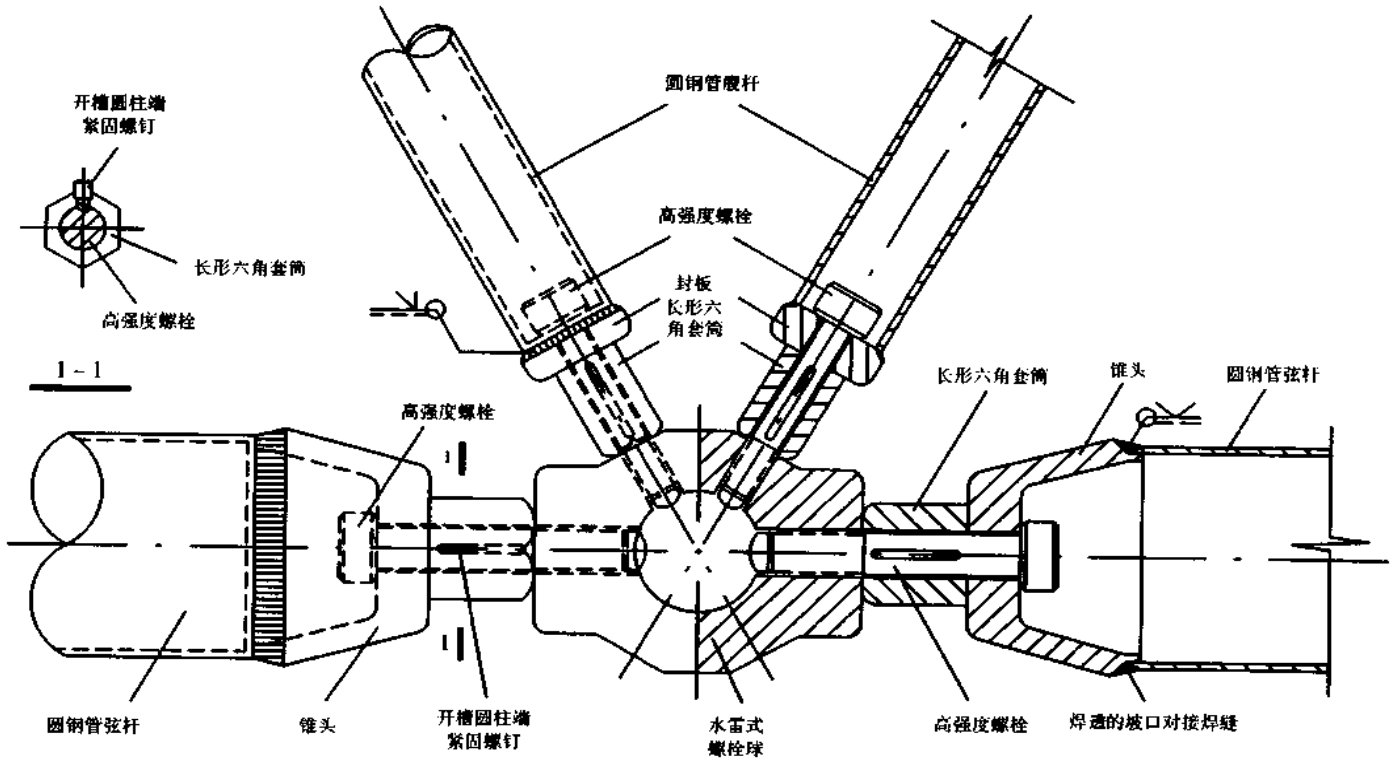
(a)局部增设加劲肋的连接节点



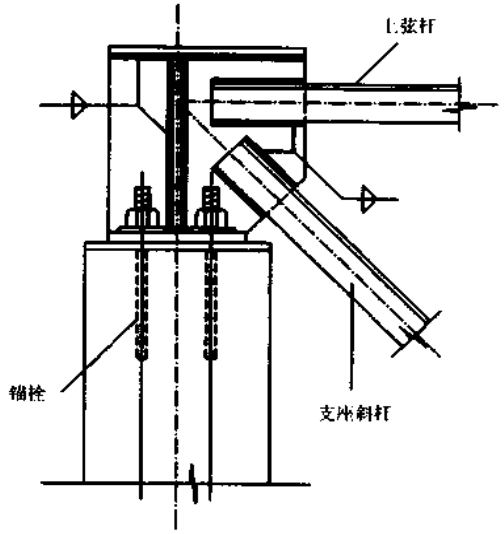


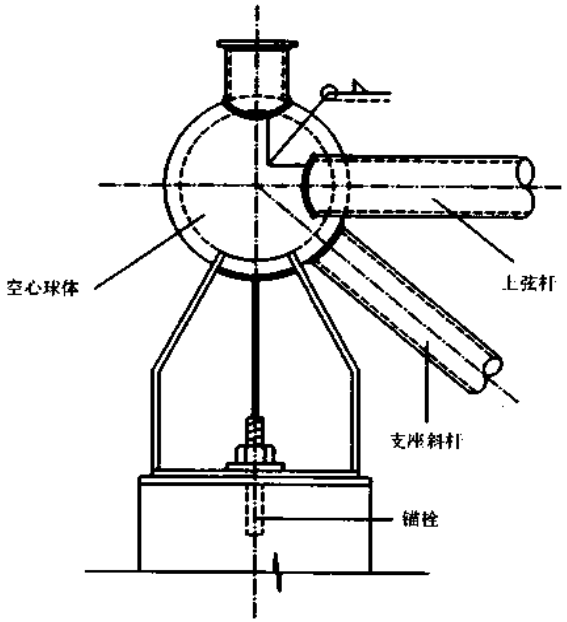
(b)增设支托板的连接节点

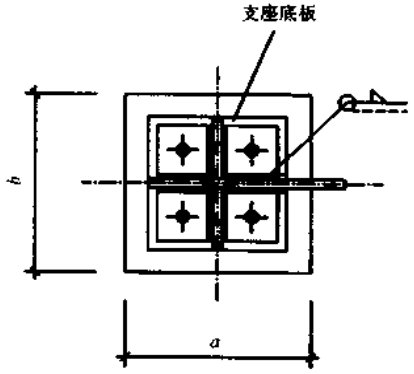
图名	管筒形板节点(三)	图页	3—9

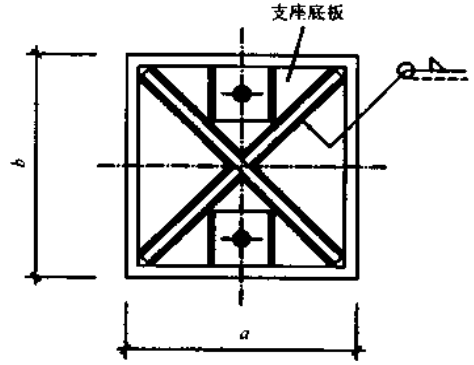


图名	水雷式螺栓球连接节点	图页	3—10

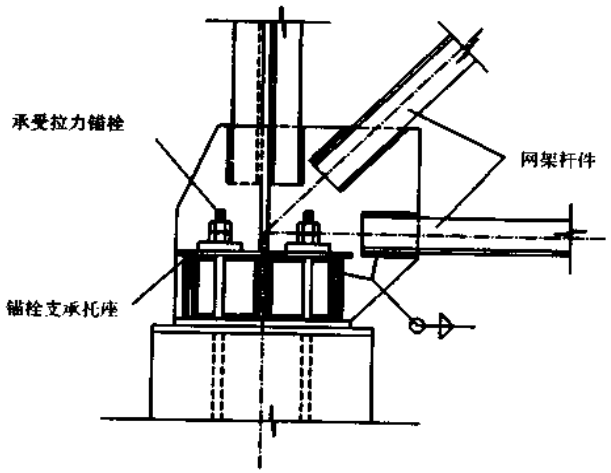


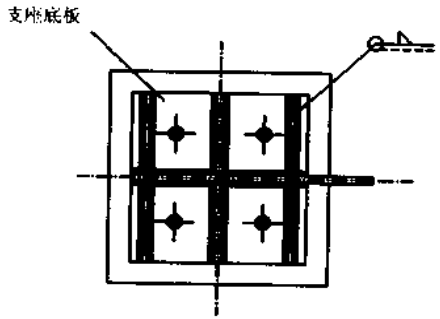




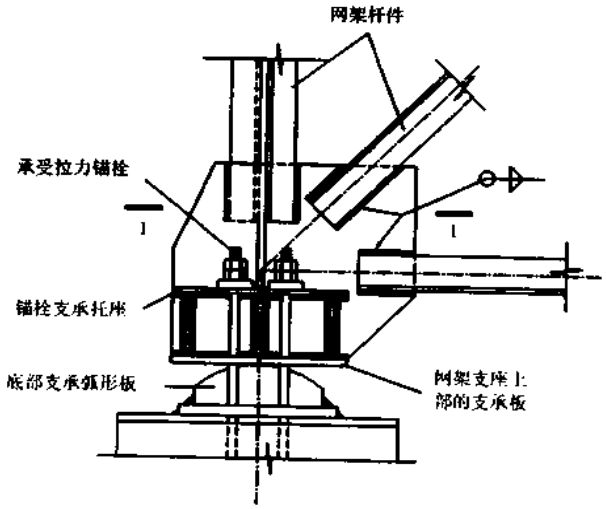


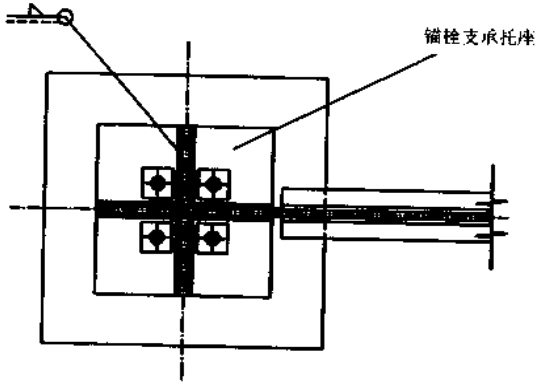
图名	平板压力支座节点	图页	3—11





(a)平板拉力支座节点

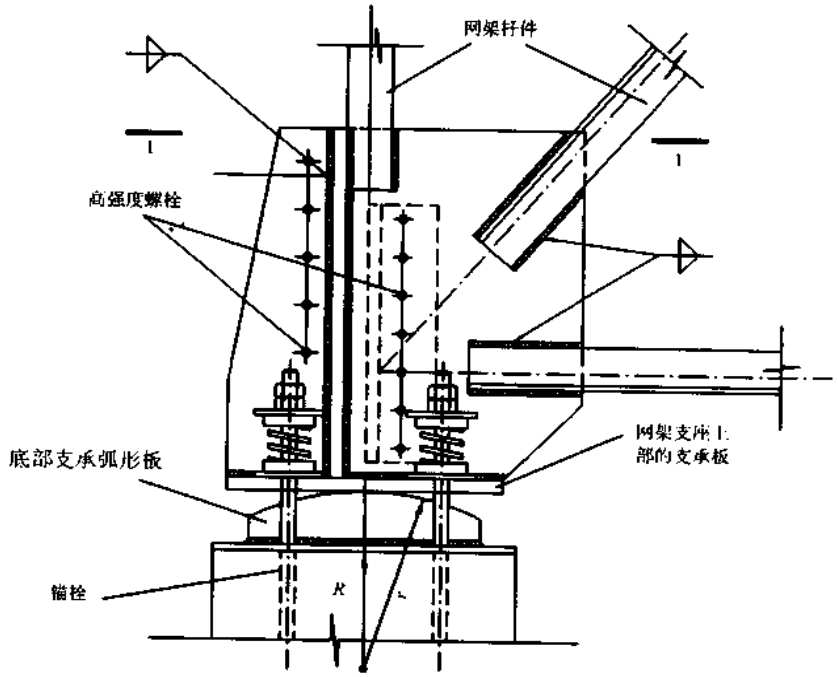


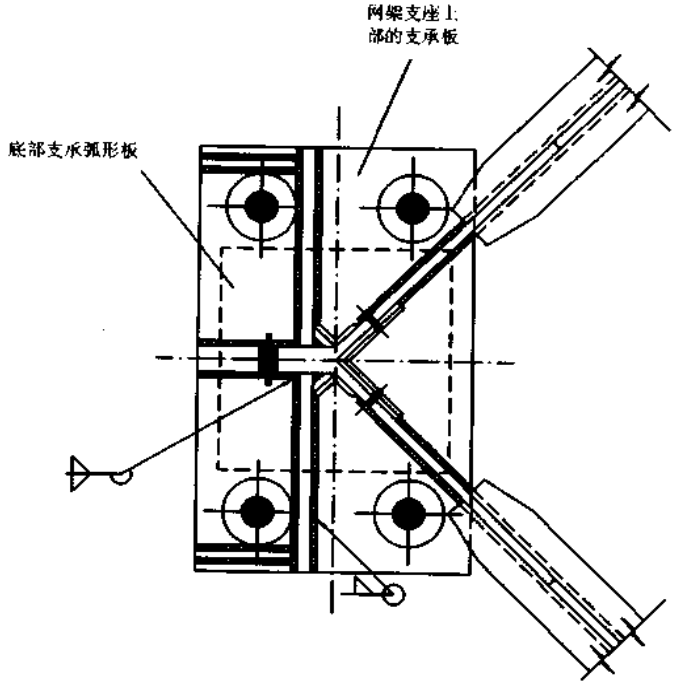


1—1

(b)单面弧形拉力支座节点

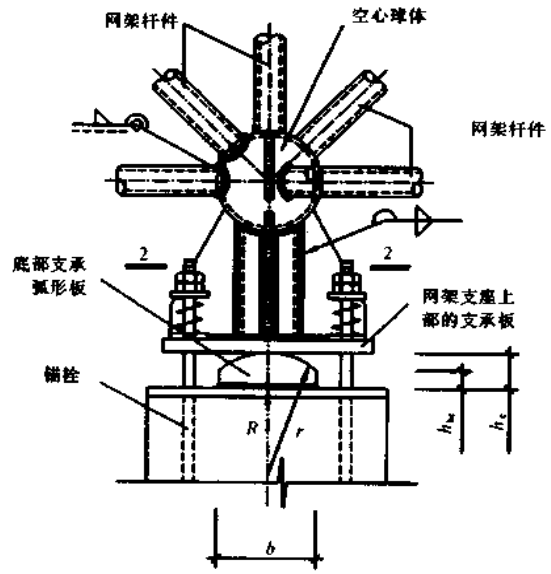
图名	平板、单面弧形拉力支座节点	图页	3—12

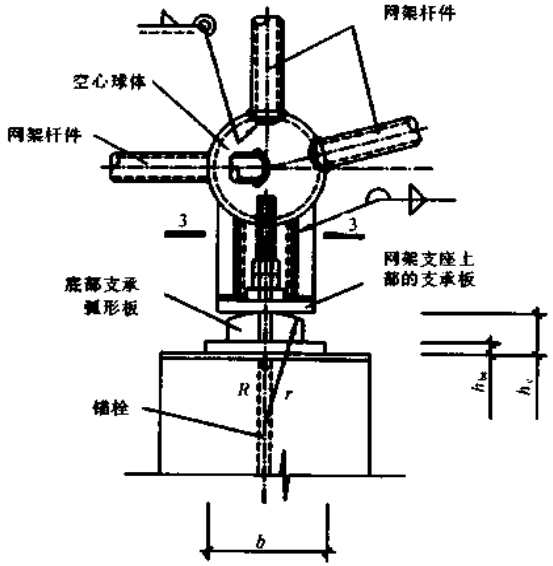


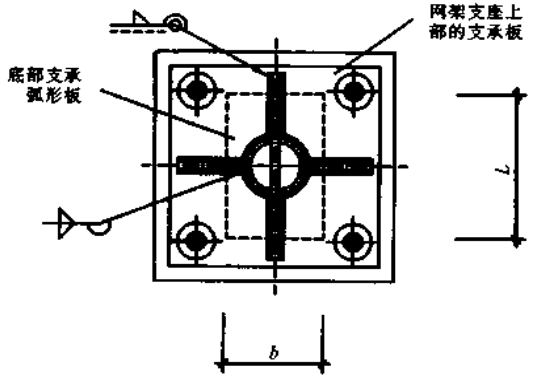


1—1

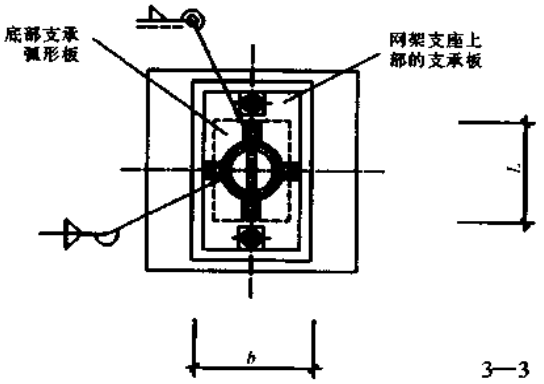
图名	单面弧形压力支座节点(一)	图页	3—13





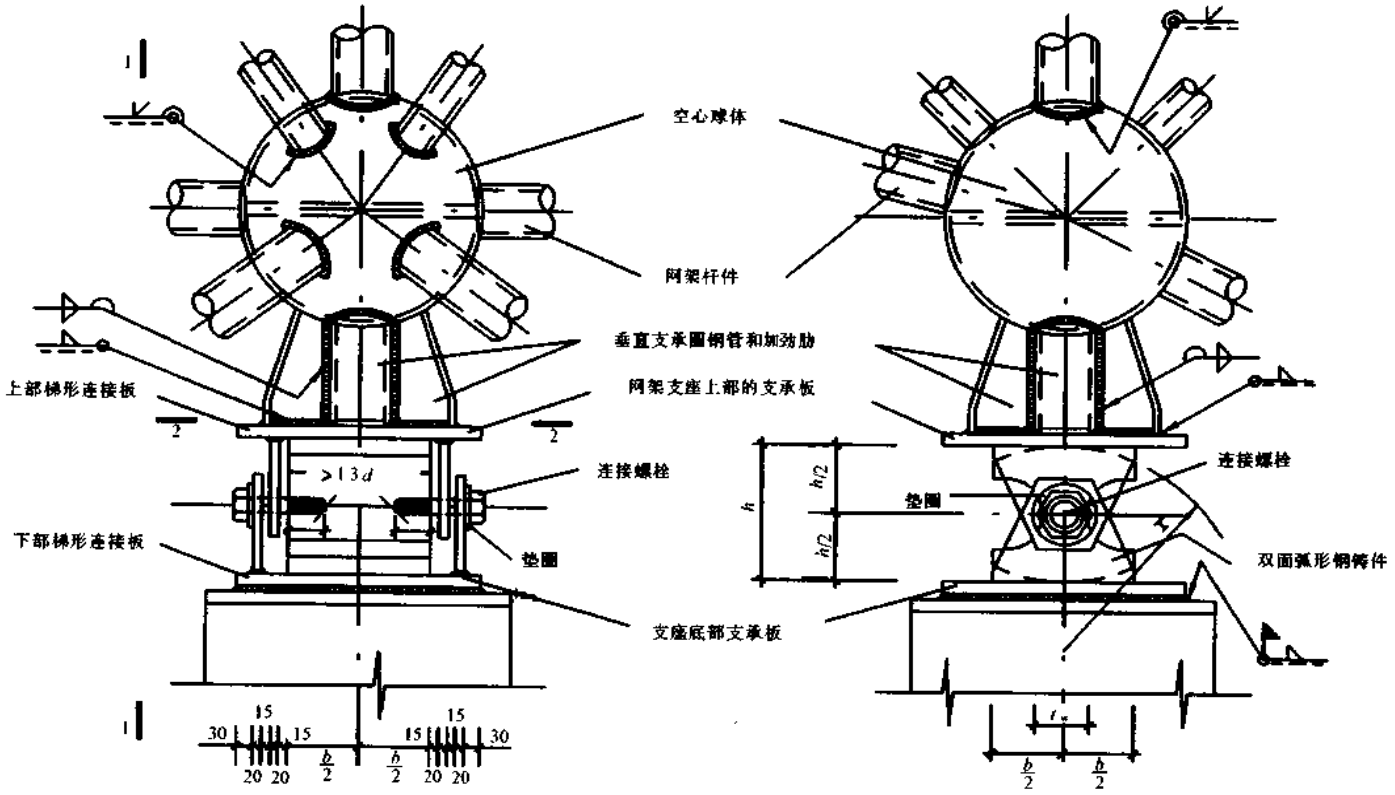


2—2

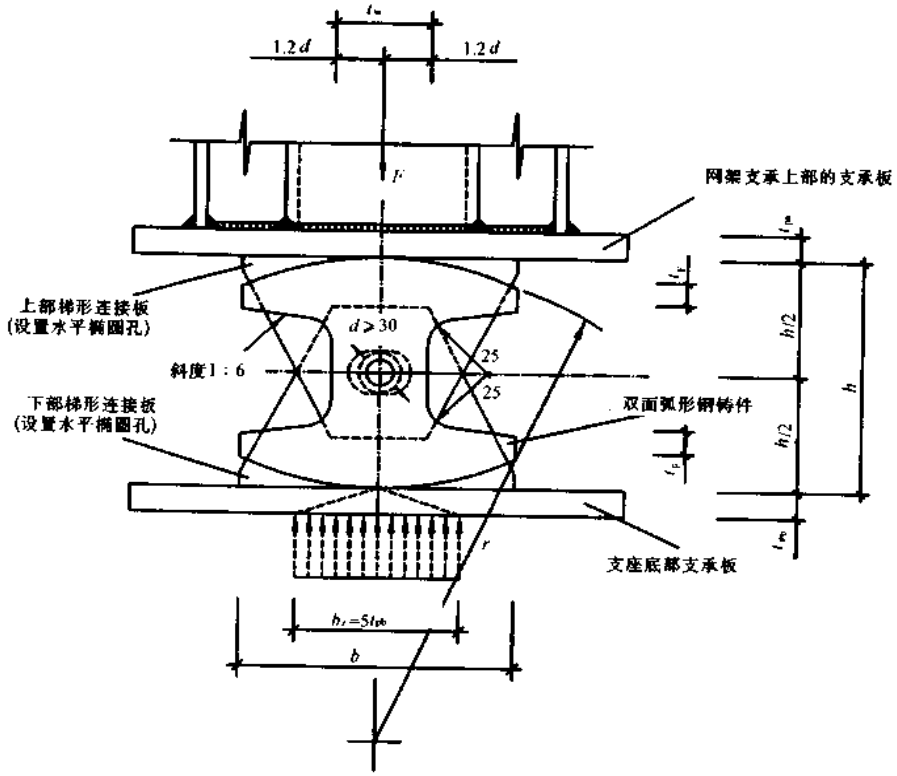


3—3

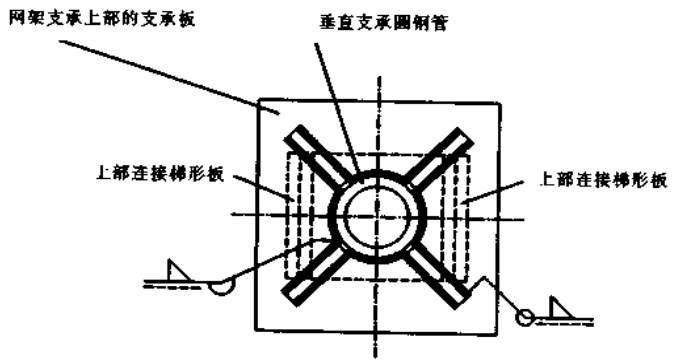
图名	单面弧形压力支座节点(二)	图页	3—14



图名	双面弧形压力支座节点(一)	图页	3—15

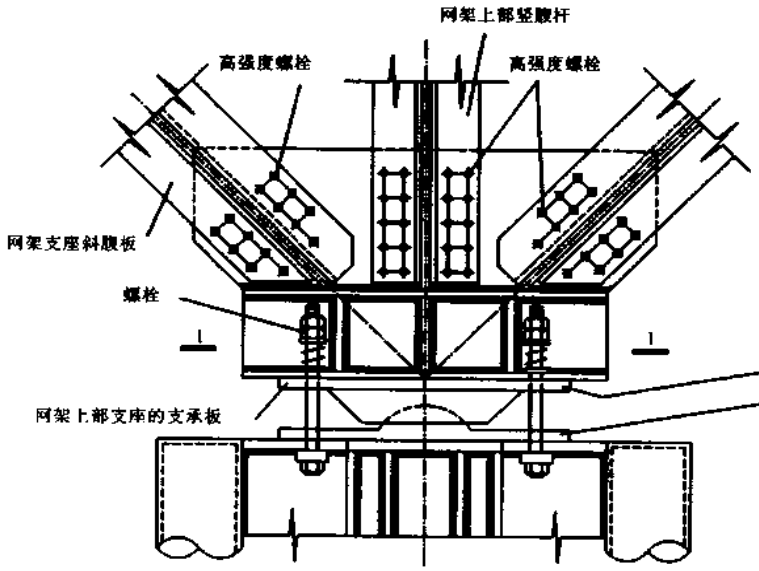


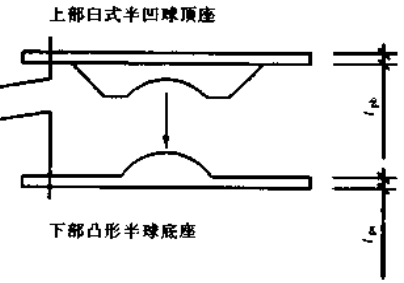
双面弧形钢细部

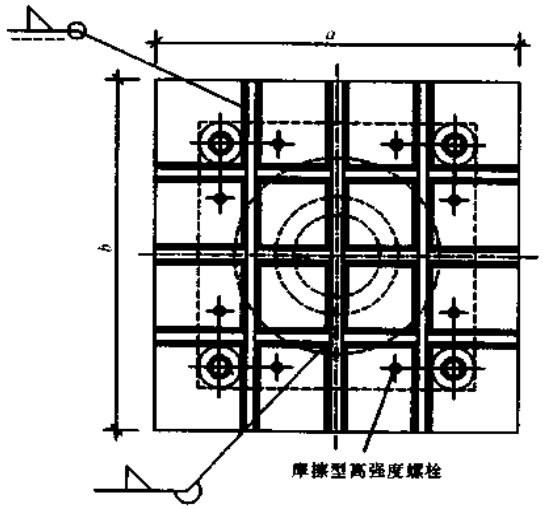


2－2

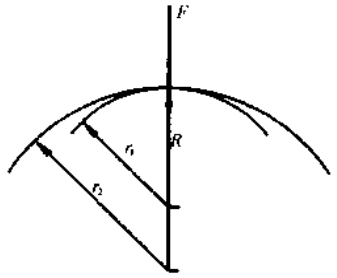
图名	双面弧形压力支座节点(二)	图页	3—16





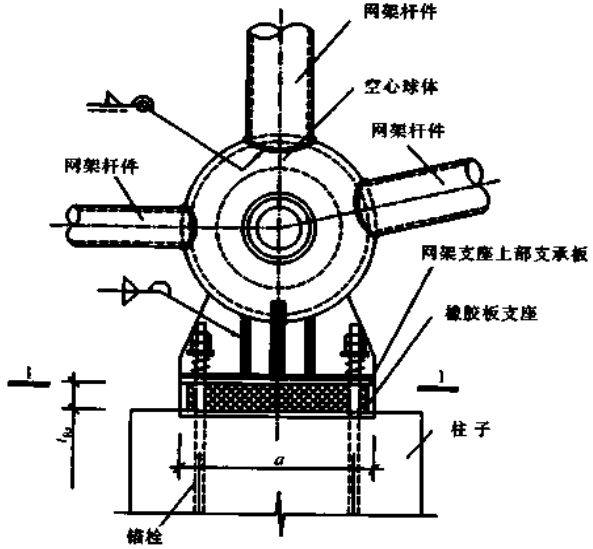


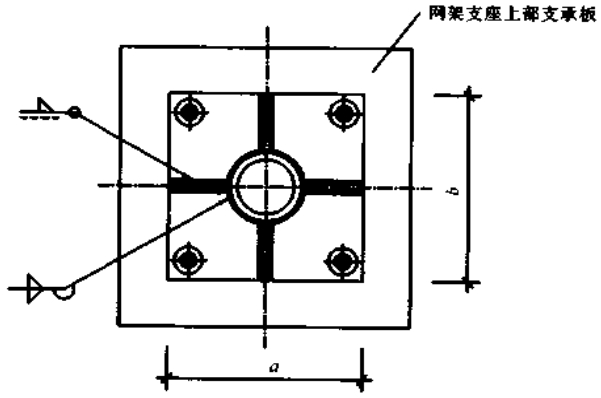
1－1



支座下部凸球与上部凹球接触

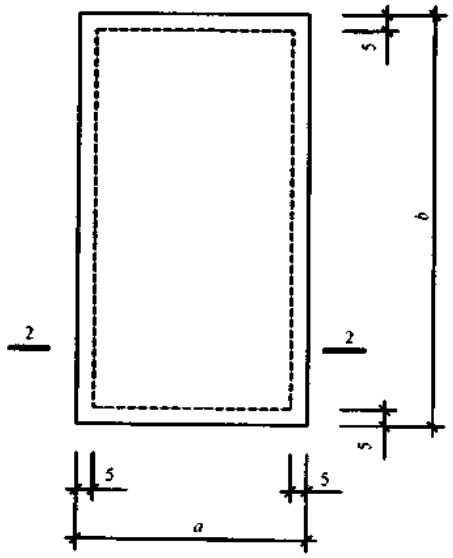
图名	球铰压力支座节点	图页	3—17

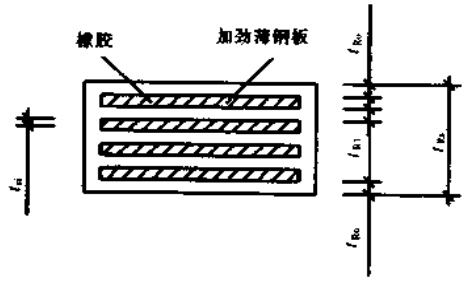




1－1

板式橡胶支座连接节点



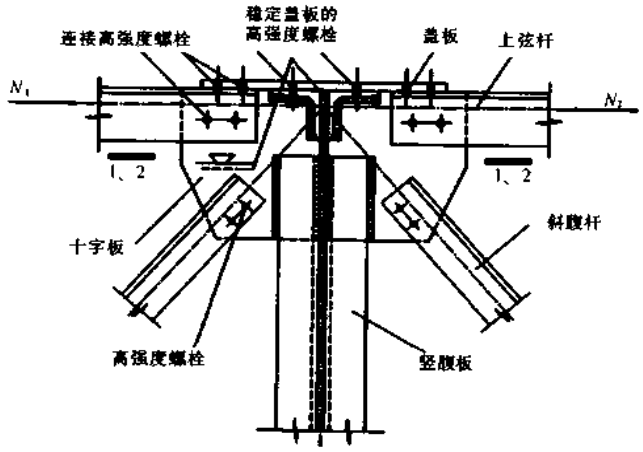


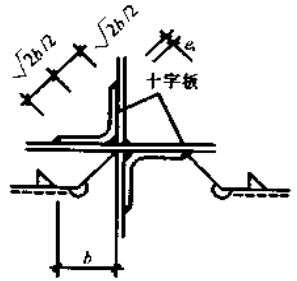
2－2

板式橡胶支座构造

图名	板式橡胶支座连接节点	图页	3—18

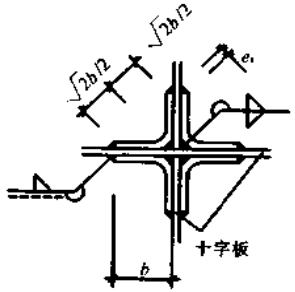
(a)





(两个角钢组成的竖腹杆)

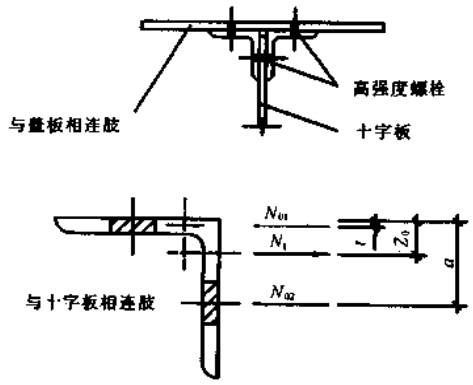
1－1



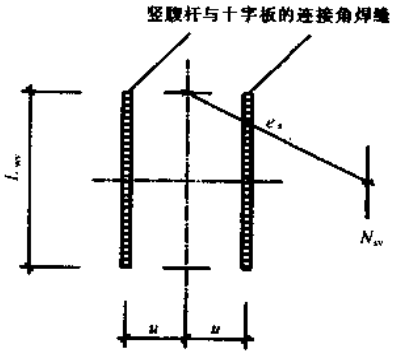
(四个角钢组成的竖腹杆)

2－2

(b)

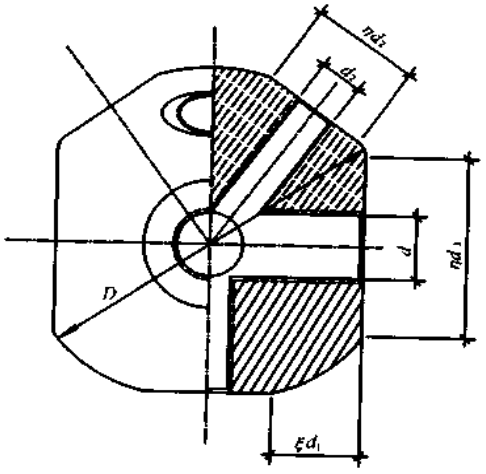


(c)

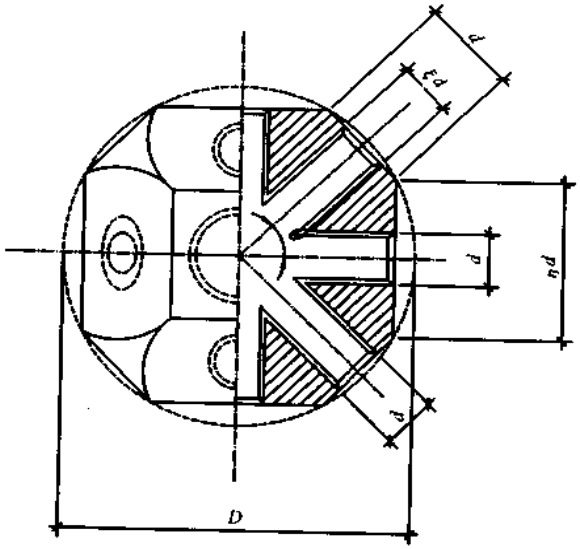


(相等距离)

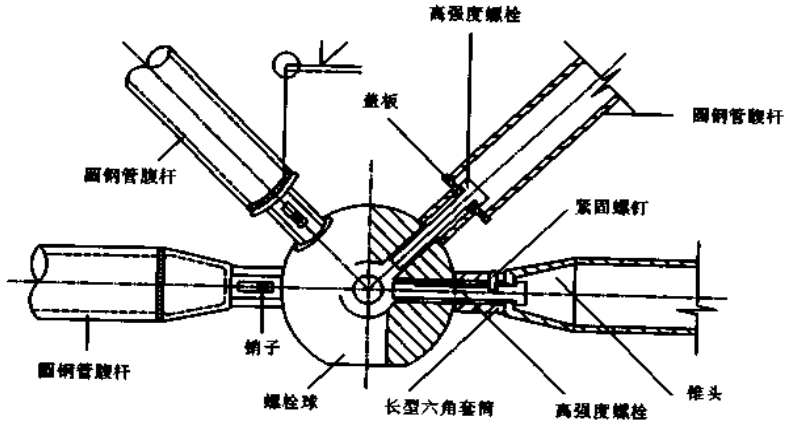
图名	焊接和高强度螺栓混合连接	图页	3—19



螺栓球与高强度螺栓的连接关系(一)

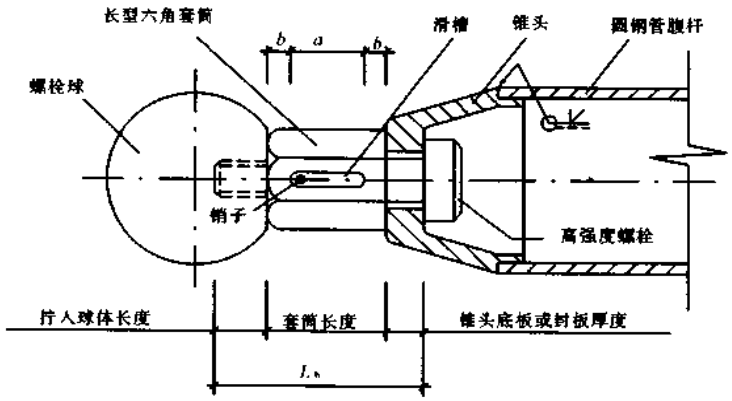


螺栓球与高强度螺栓的连接关系(二)

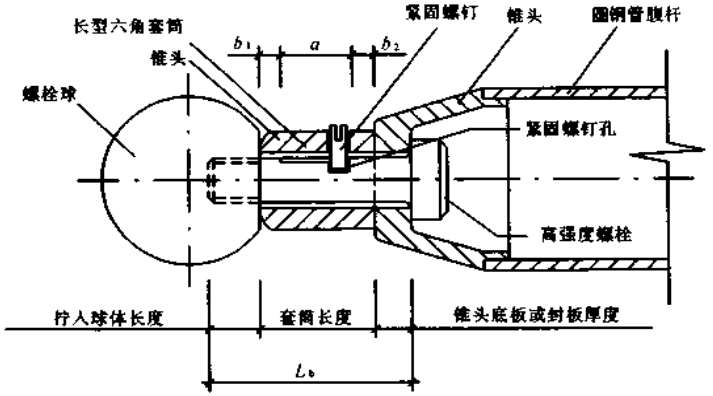


螺栓球连接节点

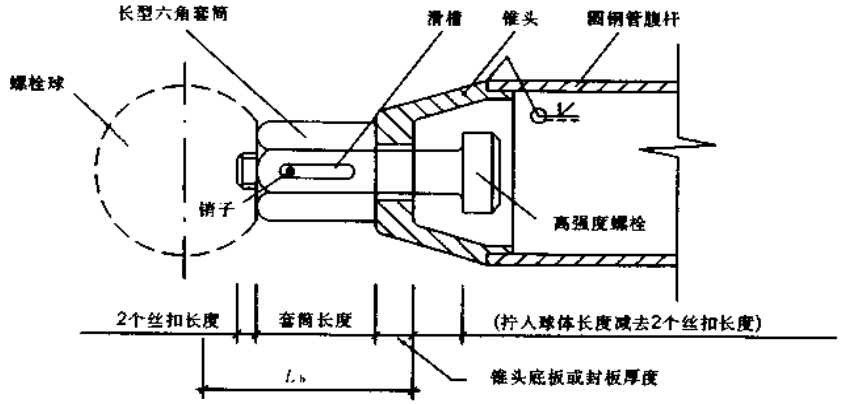
图名	螺栓球节点及与高强度螺栓的连接	图页	3—20



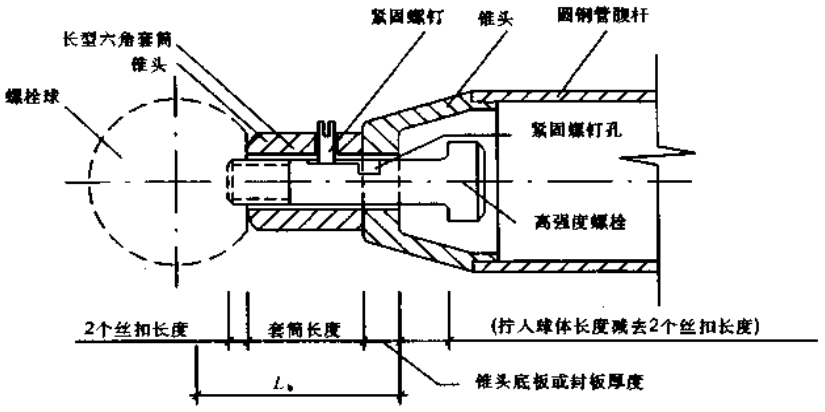
（a） 高强度螺栓与螺栓球拧紧后的状态



（c） 高强度螺栓与螺栓球拧紧后的状态



（b） 高强度螺栓未与螺栓球拧紧的状态



（d） 高强度螺栓未与螺栓球拧紧的状态

图名	高强度螺栓与螺栓球和圆钢管杆件的连接	图页	3—21

四、钢与混凝土组合结构

组合结构的施工要点

1. 一 般 规 定

组合结构的施工首先应遵守现行《钢结构施工及验收规范》及《混凝土结构施工及验收规范》。

2. 组合板的施工要点

(1) 施工组织设计

压型钢板在施工前，应对其加工、运输、铺设和保管、连接方法以及组合板内配筋、预埋件、浇灌混凝土的方法等应详细地规划，编好施工组织设计。

(2) 平面布置图

施工前应绘制压型钢板平面布置图。该图应绘上梁板连接节点详图，并尽可能减少在现场切割的工作量。平面布置时，应尽量避免特殊加工工序，并将吊挂管道或开口补强等工序统筹考虑。

压型钢板布置图上应编好构件一览表，明确压型钢板的型号、数量、规格，给施工提供方便。

强边方向板的接头，原则上应设置在梁的上部，不要在跨中设置接头，若为连续板时，板的长度、重量等应按其搬运、铺设等作业施工方便连接可靠为前提。

弱边方向板的布置，当其宽度不适合时，应在纵向挪动后将波形对准再切割。压型钢板宽度尺寸由于制造施工等原因引起的误差，也可用此法处理。

(3) 加工要求

1) 压型钢板的原料应有生产厂的质量证明书。

若对原材料的质量有疑义，则应按有关规定抽样检验，其结果应符合现行国家标准的规定或订货合同的要求。

2) 加工压型钢板的卷板应符合有关的容许误差的规定。

3) 压型钢板成型后，应对其几何尺寸进行抽样检验，原材料为卷材时，每卷抽验不应少于三块；原材料为平板时，每作业班不应少于三块。

4) 压型钢板的几何尺寸应按相应规定的方法测量。量具的精度应可靠。

5) 压型钢板应按订货合同文件的要求包装出厂，包装必须可靠，避免损伤压型钢板。

每个包装均应设置标签；标明压型钢板的材质、板型、板厚、板长（板号）、数量、净重和生产日期。

6) 压型钢板出厂必须有产品合格证明书。

(4) 质量标准

压型钢板基材不得有裂缝，镀锌板面不能有锈点，涂层压型钢板的漆膜应无裂纹、剥落和露出金属基材等损伤。

压型钢板的允许偏差应符合压型钢板尺寸允许偏差。

(5) 运输

1）装卸无外包装的压型钢板时，应采用吊具起吊，严禁直接使用钢丝绳起吊。

2）压型钢板的长途运输宜采用集装箱装载。

3）用车辆运输无外包装的压型钢板时，应在车上设置衬有橡胶衬垫的枕木，其间距不宜大于3m。长尺寸压型钢板应在车上设置刚性支承台架。

压型钢板装载的悬伸长度不应大于1.5m，压型钢板应与车身或刚性台架捆扎牢固。

（6）堆放

1）压型钢板应按材质、板型规格分别叠置堆放。工地堆放时，板型规格的堆放顺序应与施工安装顺序相配合。

2）不得在压型钢板上堆放重物，严禁在压型钢板上堆放铁件。

3）压型钢板在室内宜采用组架式货架堆放，并堆放在无污染的地带。

4）压型钢板在工地可采用衬以橡胶衬垫的架空枕木（架空枕木要保持约5%的倾斜度）堆放。应堆放在不妨碍交通，不被高空重物撞击的安全地带，并采用遮雨措施。

（7）钻孔及切割

1）压型钢板在切割之前必须矫正变形与弯曲，切割时产生的毛刺及卷边应予清除。

2）在现场的直线切割，原则上用带锯机和全能锯机进行。凸角或突出部分也可采用气割，但不应切割部分板材而产生局部破坏现象；在凹角处要避免出现锐角，应使其形成圆弧过渡区。

3）电线管及吊顶棚用的螺栓孔等最好采用电子钻钻孔。

4）有较大的套管穿过压型钢板时，为防止洞口给结构造成缺陷，应设加强钢板，并与套管用角焊缝焊于压型钢板上。

（8）压型钢板的铺设

1）压型钢板在铺设前应清除钢梁顶面的杂物，对有弯曲或扭曲的压型钢板进行矫正，使板与钢梁顶面最小间隙控制在1mm以下，以保证焊接质量。

2）除焊接部位附近和灌注混凝土接触面等处外，均应事先做好防锈处理。

3）板的铺设按板的布置图进行。首先在梁上用墨线标出每块板的位置，将运至施工现场的板按型号和使用顺序堆放好，按墨线排列在梁上，并对开洞，切口的板作补强处理。

4）压型钢板铺设后，应将板与板，板与钢梁进行焊接连接，或用其他方法固定。但对钢框架需进行安装校正的楼层，在风吹不跑的情况下，应临时固定一端，将另一端作滑动处理。如果压型钢板连续布置通过梁时，可直接采用圆柱头焊钉穿透压型钢板，焊于钢梁上。

在高层建筑施工中，压型钢板一般从最下层开始，依次往上铺设。

5）压型钢板之间的连接可采用角焊缝或塞焊，以防止相互移动。焊缝间距为300mm左右，焊缝长度在20～30mm为宜。

6）钢梁与压型钢板连接可采用角焊缝、塞焊或电铆焊。当与高强钢梁连接时，应注意焊接条件，选择合适的焊接工艺。

7）压型钢板与横向抗叠合面剪力的钢筋连接采用带弧角焊缝。

（9）板的临时支撑

板是否设临时支撑应根据施工图确定。如需设置临时支撑，应在压型钢板安装以后，就应设置支撑，再浇注混凝土，并待混凝土达到设计强度等级后，方可拆除临时支撑。临时支撑一般有以下几种：

1）压型钢板下设临时支撑；

2）底部临时支撑；

3）在压型钢板上方设置吊挂。

（10）浇注混凝土

1）支承在梁上的压型钢板，当端头未作封闭处理时，浇灌混凝土前应设堵头板或挡板，以防止施工时混凝土泄漏。

2）穿过楼板的水管和暖气管等的套管、吊顶棚用的钢丝和悬吊电线用的螺栓等都应事先固定在压型钢板上或埋在槽内。压型钢板表面应清扫干净，板槽内的杂物，宜采用电动清扫机清除。

3)压型钢板与木模板不同,模板的支撑点少,混凝土浇灌时容易振动,应采取措施避免邻近位置上已初凝的混凝土产生裂缝或分离。

4）高层建筑施工时，垂直和水平两个方向的运输速度直接影响混凝土的浇灌效率，在提高运输速度的同时应注意作业的安全。

3. 组合梁的施工要点

(1) 组合梁施工工艺流程

组合梁的钢梁施工的要求与一般钢梁相同，应符合现行《钢结构工程施工及验收规范》的要求，组合梁的施工要点阐述如下：

1）施工准备

包括平整场地、铺设平台、接电源、安置焊机、准备切割机具、砂轮及其他一切必要的工具。钢材及焊接材料的质量如有可疑也应在此阶段进行复查。

2）号料、下料

应根据施工工艺要求，预留焊接收缩余量及切割、刨边和铣平等的加工余量，与一般钢结构制造方法相同。若钢板疑有夹层，必须用超声波探伤器进行检查。

3）腹板及翼板拼接

一般应设坡口，当采用较薄钢板时（如板厚为 8mm）可不设坡口。为保证焊透，不产生气孔，板边缘均应砂轮除锈。用焊条点固后，为防止漏焊，一侧用手工焊先跑一道。两端安设引、灭弧板后，再用自动焊正反面各跑一道，上翼缘采用对接或斜接，下翼缘则采用斜接，腹板及翼板接缝要相互错开且有一定距离。

4）组装工字梁

组装前，将钢板表面及沿焊缝 30～50cm 范围内的铁锈、毛刺和油污清除干净，工字梁的组装可采用专门的固定胎具。当在现场施工时，未作专门的固定胎具，可在平台上用枋子将腹板填平，用夹具将上、下翼缘板对上，下翼缘及腹板的点固采用直径为 4mm 的焊条，焊脚约 4mm，长度 40～50mm，间距 400mm 左右，如果钢梁端部变截面，可将变截面处的下翼缘板采用火焰热煨拼接。

5）钢梁焊接

当钢梁跨度较大时，宜将梁安于临时三角架上（三角架间距约 1.5～2m 左右）施焊。对于上窄、下宽的工字形钢梁应按先下后上的焊接顺序，按此焊接顺序可减少梁的焊接变形。

6）矫正变形及上加劲肋

当梁跨较大而又在施工现场施工时，可用卡具及千斤顶将加劲肋用焊条点固于腹板两侧或一侧。点固方法同工字梁组装。点固后，由两位工人从梁中向梁端施焊两侧及一侧加劲肋，随后用千斤顶、卡具及火焰修正梁腹板的起鼓及上、下翼缘的旁弯，最后将梁立正。在跨中用焊在平台上的短工字钢或槽钢作支点，在工字钢或槽钢上用一对压板及螺栓将支承在上面的梁的下翼缘扣住，同时在梁的两端各侧焊上三角架，以保证梁的垂直位置。

7）焊连接件

当组合梁采用弯起钢筋、槽钢等作连接件（圆柱头焊钉除外）时，由于上翼缘板的连接件位于钢梁中和轴上部，因此焊接后必然使梁下挠，因此焊接连接件时，可采用分层（分两遍焊）、交错等措施，可减少焊接变形。如果钢梁在地面上施工时，可使梁中部垫起使成 T 形悬臂状再进行焊接。梁的两侧仍用三角架保证垂直位置，再分层、交错施焊连接件，更可减少梁的变形。至于先焊连接件后吊装钢梁，

还是先吊装钢梁后焊接连接件，应根据具体设计和施工要求确定。

8）钢梁吊装

与一般全钢梁吊装相同。

9）混凝土板制作

混凝土板根据施工条件，可采用预制和捣制，但板的施工及验收，需符合现行《混凝土工程施工及验收规范》的有关规定。

10）临时支撑

当根据设计要求，梁需设临时支撑时，则钢梁吊装后，即按设计图纸要求，设置临时支撑，一直到混凝土强度等级达到设计要求时，方可拆除临时支撑。

11）清除钢梁污物

为了保证钢梁与混凝土板之间的粘着力，钢梁顶面不得涂刷油漆，在现浇（或安装）混凝土板之前应清除铁锈、焊渣、冰层、积雪、泥土及其他杂物。

（2）圆柱头焊钉、焊接瓷环及焊接

1）圆柱头焊钉

用圆柱头焊钉作组合结构连接件，与其它连接件相比，它具有施工速度快、焊接质量好等优点，为许多国家所采用。圆柱头焊钉可采用冷加工也可采用热加工进行制造。冷加工是以直径约 1.5m 的卷材为原材料，经过冷张拉送入自动切割设备进行切割，加工后的短杆，将其底面加工，充填焊剂，生产全过程自成一条生产流水作业线，自动加工焊钉。此法生产效率高，成本低、焊接质量好、外表光滑。热加工是将 5～5.5m 的棒钢原材料锯成需要长度，将其一端加热后，放入预先制作好的钢模中锻成焊钉头，然后再经过车床精加工其端面和顶头，并在台钻上加工焊剂孔，填充焊剂，此法采用机械及锻压加工，生产效率低，成本高，不宜大批量生产，而且在加工过程中附有氧化层而影响焊接质量。

为了保证圆柱头焊钉质量，在其生产流程中，要进行两次中间检查和最后成品检查。第一次中间检查是检查栓钉的形状、尺寸及外观，第二次中间检查是检查填充焊剂的质量，最后成品检验较第一次中间检查的项目，多一项机械性能试验。圆柱头焊钉到现场后，为保证工程质量，需对其外观、形状、尺寸、焊剂、充填质量、化学成分及机械性能进行抽验。

2）焊接瓷环

在焊接焊钉时，必须先在母材上放置焊接瓷环，这是由于焊接瓷环在自动拉弧焊接过程中，能起到隔气保温、挡光、防止溶液飞溅的作用。瓷环应具有一定的强度和耐高温性能，其化学成分在高温时比较稳定，不与溶化的铁水发生化学反应，从而保证焊接质量。当确定焊接瓷环原材料配合比后，将原材料敲碎，进入磨碎机、混磨、筛分，再加各种粉料进行配合，最后加入结合剂和氟硅酸钠搅拌，放置 24h 后，放入可拆卸的钢模中成型，取出干燥后，放入烘箱中烘干，一般先在 30～200℃条件下干燥 10h，然后在 300～550℃条件下烘干 24h，烘干后即为成品入库或出厂。

瓷环在制造过程中，需进行中间检查及成品检查，中间检查是在瓷环成型后，检查其形状、尺寸及外观，最后一次成品检查，也检查其形状、尺寸及外观抽查，并放好瓷环，试焊焊钉，视焊钉是否合格，来检验瓷环的质量。

不同型式的焊钉，采用不同型号的瓷环，以便瓷环在焊钉插入时有一定的空隙，在焊钉底部留有较大的空隙。形成较好的焊缝，并保证熔化的金属不溢出，在底部留出气孔，也要防止外部空气对铁水发生氧化作用，使铁水不致冷却太快，而且瓷环自身要具有一定的强度。我国生产的焊接瓷环分为 B1 及 B2 两种焊接瓷环。B1 焊接瓷环适用于普通平焊，而 B2 焊接瓷环适用于穿透平焊。

3）焊钉连接

焊钉焊接前的主要工作器是应提出焊接焊钉施工要点或焊接焊钉操作规程，包括电焊机、控制器及焊枪性能；焊工的资格和作业范围；施工前及施工中的检验项目；试验及检查方法和要求；校正。

检查焊接面上不得有水分。对于轧制氧化皮、铁锈、油脂、涂料及其他影响焊接质量的脏物，必须在电弧覆盖直径的二倍范围内用钢丝刷、砂轮等清除干净。

当气温低于0℃时，不得进行焊接作业。但当采用预热等措施并经试焊，如确能保证焊接质量，可不在此限。

瓷环应保持干燥，任何有表面潮湿的磁环或吸水率较大的磁环，使用前均需先在温度达150℃的烘干炉中烘干2h。

根据焊接焊钉施工要点或操作规程，将焊接电源、电流、时间及焊枪位置调到最佳状态，进行试焊，试件检验合格后，才允许正式开焊。

焊接设备由焊接电源、焊枪、控制器、连接电缆一套组成。我国新研制的焊接设备，有QZL—200B型，日本有FRNK—2000及MRN—2000型焊机。

焊接工序主要为先将焊接用的电源及制动器接上，把焊钉插入焊枪的卡口，焊钉的下端置入母材上面的磁环内；按焊枪电钮，焊钉被提升，在磁环内产生电弧；控制器的定时器，指在所规定的时间内；电弧发生后，焊钉用适当的速度插入母材的融池；焊完以后，立即除去磁环并在焊缝的周围去掉卷边。

焊钉焊接部位的检查方法一般可分为外观检查和破坏试验两种检查方法。焊钉破坏试验有弯曲、反复弯曲、拉伸及剪切试验。当焊接外观检查合格后，采用同样条件连续焊接30个焊钉，然后进行弯曲试验、反复弯曲试验、拉伸试验及剪切试验，试验合格后，再重新焊接30个试件进行相同的试验，又都合格后，即可按焊接程序正式施焊。

外观检查应满足焊钉底部的焊脚完整、密实并均匀分布；焊钉焊接后的长度应当正确，其长度公差在±2mm以内；焊钉应垂直于母材。

弯曲检验可用锤击使其从原来轴线弯曲30°，或采用特制的导管将焊钉弯成30°，若焊钉焊缝完好，方为合格。

焊钉的反复弯曲试验应在专门的双控拉压装置中进行，直到焊钉反复弯曲30°断裂为止，当裂缝不在焊缝处，方为合格。

拉伸试验应在拉力机上进行试验，焊钉断裂应在焊接区之外，并保证屈服点抗拉强度、延伸率符合有关国家标准。

剪切试验是用以检查焊缝的抗剪强度。

4. 组合柱的施工要点

(1) 钢管制作

1) 按设计施工要求，由工厂提供的钢管应有出厂合格证。如施工单位自行卷制钢管，使用的钢板要平直，不得使用翘曲、表面锈蚀或受过冲击的钢板，并有出厂证明书或试验报告单。

2) 卷制钢管前，应根据要求将板端仔细开好坡口。为适应钢管拼接后的轴线要求，钢管坡口端应与管轴严格垂直。卷板过程中，应注意保证管端平面与管轴线垂直。

3) 当采用滚床卷管和手工焊接时，宜用直流电焊机进行反向焊接施工。按设计图纸要求，对于重要焊接部位，焊缝焊接质量不低于二级。

4) 为了保证钢管内混凝土与钢管内壁紧密粘接，钢管内不得有油渍等污物。

(2) 空钢管柱组装

1) 钢管柱的肢管和各种腹板的组装程序应严格按施工工艺设计要求进行。

2) 肢管对接时应保持焊后管肢的平直。焊接时除控制几何尺寸

外，还应特别注意焊接变形对肢管的影响。一般宜采用分段反向焊接顺序，但分段施焊应尽量保持对称。为补偿收缩影响，肢管对接间隙应适当放大 0.5～2.0mm 以抵销变形，具体数据可根据试焊后的情况确定。

3）焊接前，对小直径钢管可采用点焊定位；对大直径钢管可用附加筋焊于钢管外壁，作临时固定联焊。固定点的距离宜取 300mm 左右，但不得少于三点。钢管对接焊接过程中如发现点焊定位处焊缝出现微裂缝，其焊缝须全部铲除，重新补焊。

4）重要受力肢管，为确保连接处的焊接质量，可在管内接缝处增加附加衬管。衬管宽为 20mm、厚度为 3mm，与管内壁保持 0.5mm 的膨胀间隙，以确保焊缝根部的质量，肢管与腹杆连接尺寸和角度必须准确。

5）必须确保钢管构件中杆件的间隙，特别是腹杆与肢管连接处的间隙应按板展开图要求进行放样。焊接时，应根据间隙大小，选用适当直径的焊条。肢管与腹杆焊接时，焊接次序应考虑焊接变形的影响。

6）在各工种之间，或每个工序之间，必须按设计图纸进行自检和互检，并在钢管杆件上打上各自的记号。

7）钢管柱组装后，应按吊装平面布置图就位，在节点处用垫木支平。吊点位置应有明显标记。

8）所有钢管构件必须在检查焊缝之后方能按设计要求进行防腐处理。

（3）空钢管和钢管混凝土柱吊装

1）钢管柱组装后，为了减少安装时在吊装荷载作用下的变形，应根据施工方案选用吊车。吊点的选择应根据钢管柱本身的强度和稳定性进行计算。

2）吊装钢管柱时，应将管上口包封，以防止异物落入管内。

采用预制钢管混凝土构件时，应待管内混凝土达到强度设计值的 50% 以后方可进行吊装。

3）柱基为杯形基础时，对柱基础的轴线、底面标高和外形尺寸应做好交接和复查工作。杯口内必须清除干净。

4）将空钢管柱或钢管混凝土柱直接插入杯口后，立即进行校正、定位，并分两次向杯口内浇灌细石混凝土，固定柱脚。加固的缆绳必须在第二排柱子吊装完毕，并将纵横间联系构件完全固定后方可卸除。

（4）管内混凝土的浇灌

1）管内混凝土宜采用泵送顶升浇灌。柱高不超过 50m 时，可采用连续抛落振捣浇灌，也可在混凝土质量确有保证的情况下采用连续抛落无振捣浇灌。

2）混凝土配合比应根据混凝土设计等级计算，并通过试验后确定。除满足强度指标外，尚应注意混凝土坍落度的选择。对于抛落振捣浇灌方法，石子粒径可采用 1～4cm，水灰比不大于 0.4，坍落度 2～4cm。对于抛落无振捣浇灌方法，石子粒径宜用 0.5～2cm，水灰比不大于 0.45，坍落度 15～18cm。对泵送顶升浇灌混凝土，石子粒径宜用 0.5～3.0cm，水灰比小于 0.45，坍落度 12～16cm。为满足上述坍落度的要求，应掺适量减水剂。为减少收缩量，也可掺入适量的混凝土微膨胀剂。

3）管内混凝土浇灌采用抛落振捣时，如管径小于 350mm，可采用管外附着式振捣器振捣，每次浇灌高度不超过 2m，振捣时间约 60s；如管径大于 350mm，则宜采用内部插入式振捣器，一次振捣时间约 30s，一次浇灌高度不应超过振捣器工作的有效范围。

4）管内混凝土浇灌采用抛落无振捣方法时，混凝土可由柱顶连续抛落，但自柱顶以下 4m 内的混凝土，仍用插入式振捣器振捣，一次振捣时间约 30s。

图名	组合结构的施工要点	图页	4—6

5）浇灌混凝土前，应先浇灌一层强度等级不低于混凝土的水泥砂浆找平，厚度为 10～20cm。

6）钢管内的混凝土浇灌工作宜连续进行，必须停歇时，间歇时间不应超过混凝土的终凝时间。需留施工缝时，应将管口封闭，防止异物、水和油类等落入。

（5）钢管柱端焊接

钢管内的混凝土浇灌到钢管顶端后，可以使混凝土稍为溢出后再将留有排气孔的端板紧压在管端，随即进行点焊，此时应让混凝土从端板上的气孔中溢出，待混凝土达到 50%设计强度，再将端板补焊到设计要求。有时也可将混凝土浇灌到钢管顶部（稍低于管内），暂时不加端板，等混凝土达到 50%设计强度后，再用同强度等级的水泥砂浆填满，按上述规定一次焊完端部封板。

（6）质量要求

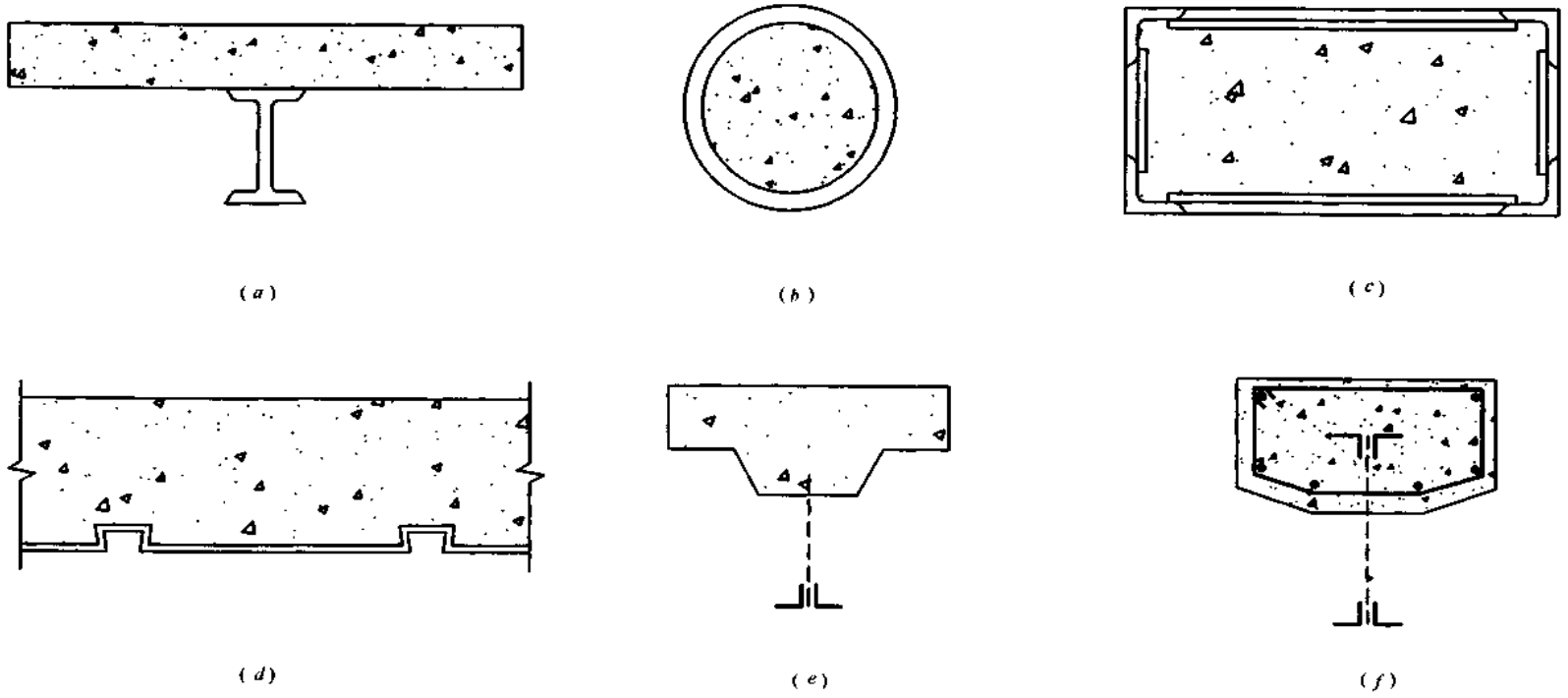
1）钢管制作除应满足《钢结构工程施工及验收规范》的规定以外，尚应满足组合结构自身的具体要求。

2）钢管柱吊装允许偏差须满足设计图纸的要求。

3）钢管中的混凝土按《钢筋混凝土工程施工及验收规范》的规定，制作试块，再标准养护 28d，然后测定抗压强度。

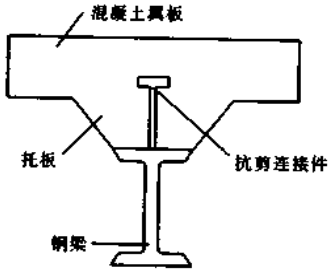
4）对于已施工完毕的管中混凝土，如发现有不密实的部位，可采用钻孔压浆法进行补强，检查和灌浆完毕后所有小孔应补焊封孔。

5）施工中各工序交接时，必须认真检查、验收。各项技术资料必须齐全。工程完成后应将所有资料整理后归档。

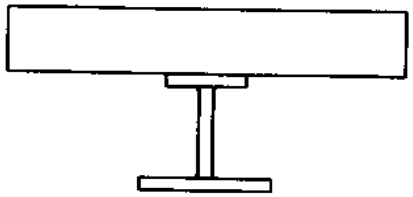


(a)组合梁；(b)钢管混凝土柱；(c)外包钢混凝土；(d)组合楼板；(e)、(f)组合桁架

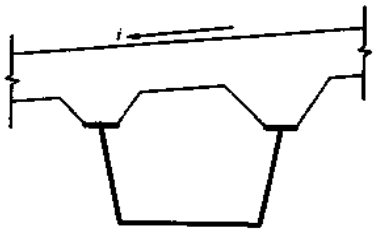
图名	组合结构的主要形式	图页	4—8



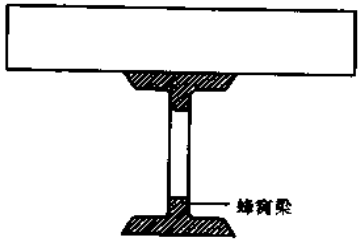
(a)



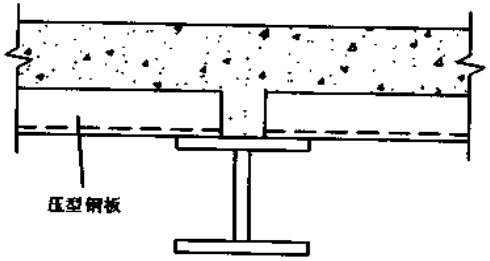
(b)



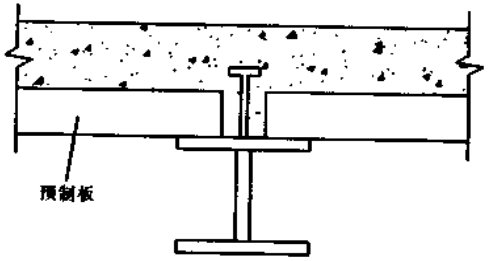
(c)



(d)

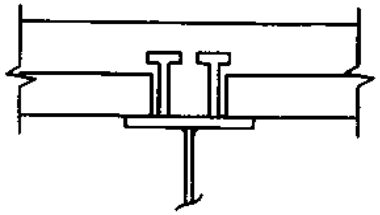


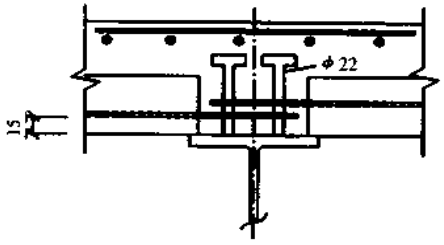
(e)



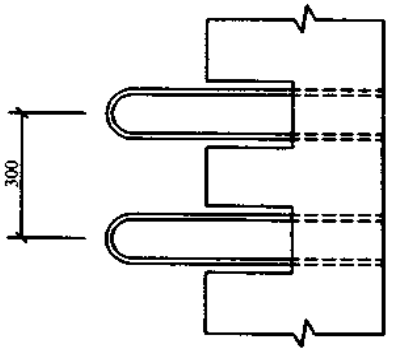
(f)

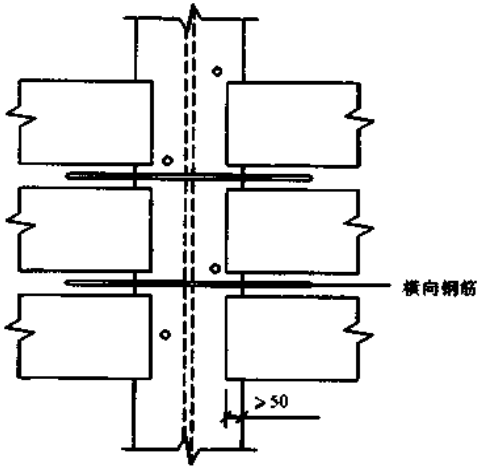
图名	组合梁的常用形式	图页	4—9

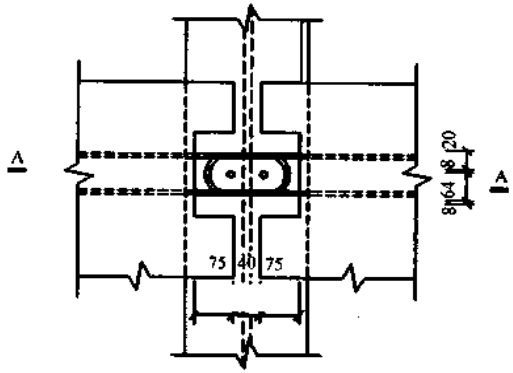




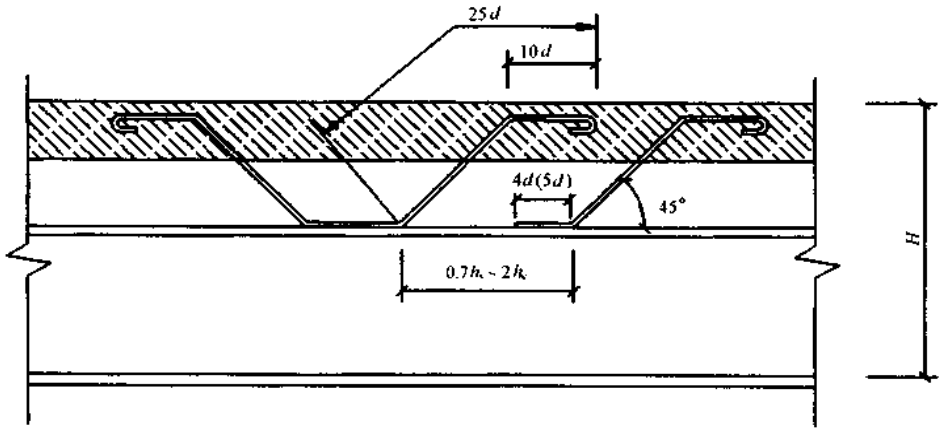
A—A



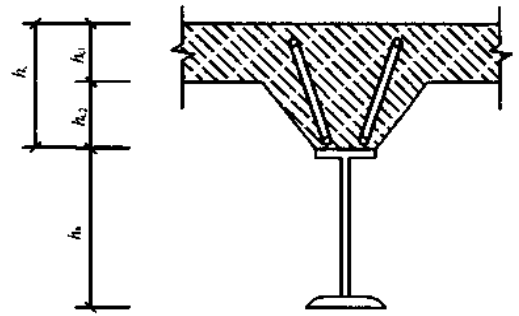




图名	预制混凝土翼板组合梁	图页	4—10

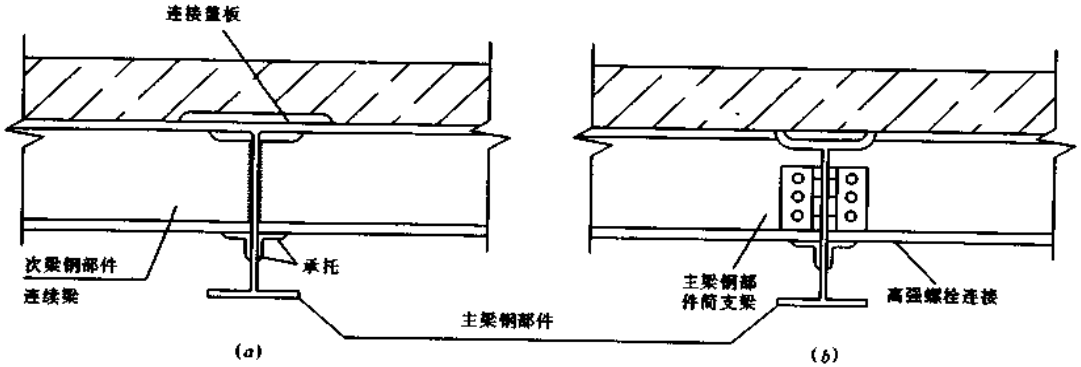


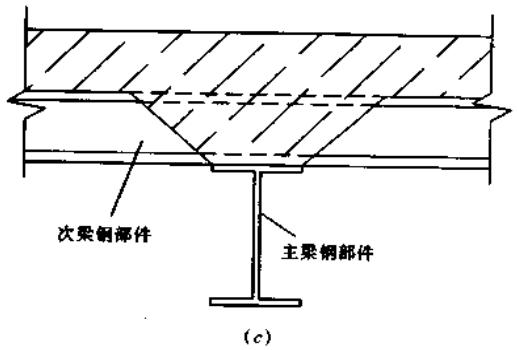
(a)



(b)

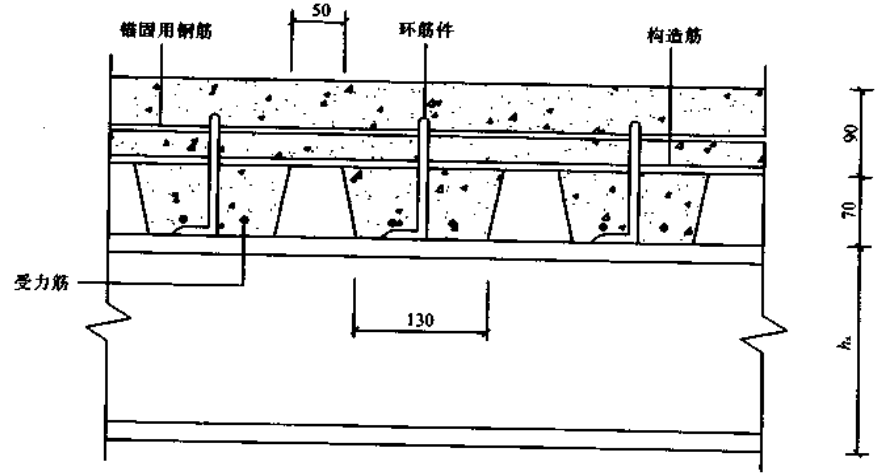
图名	弯起钢筋的构造要求	图页	4—11





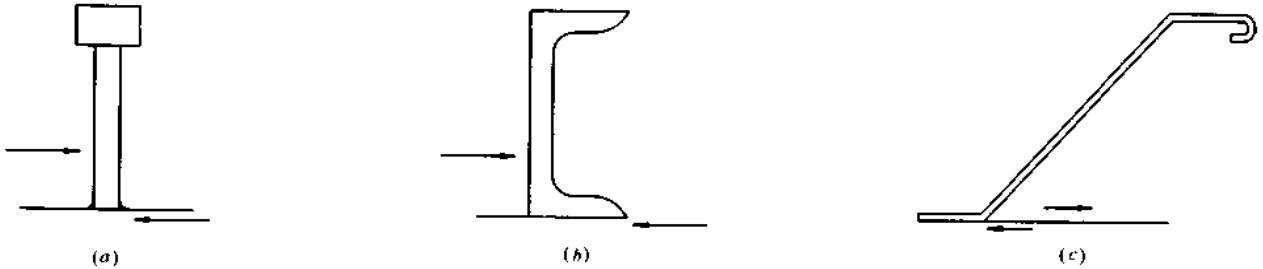
组合梁主、次梁连接形式简图

(a)、(b)平接；(c)叠接；



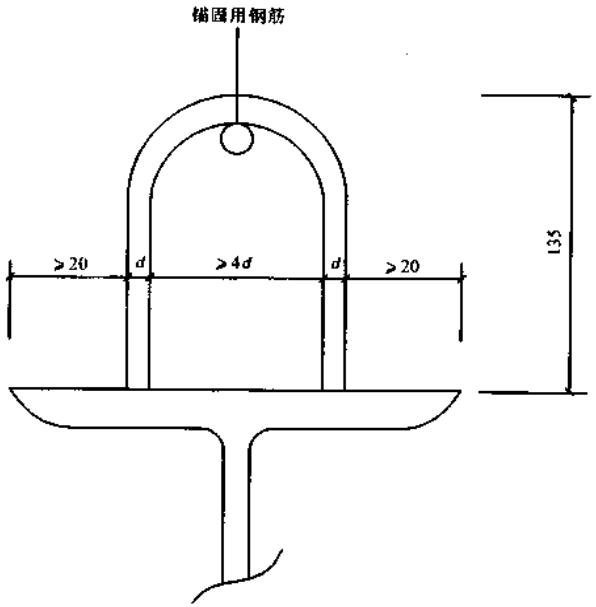
组合次梁与板的构造

图名	组合梁构造	图页	4—12

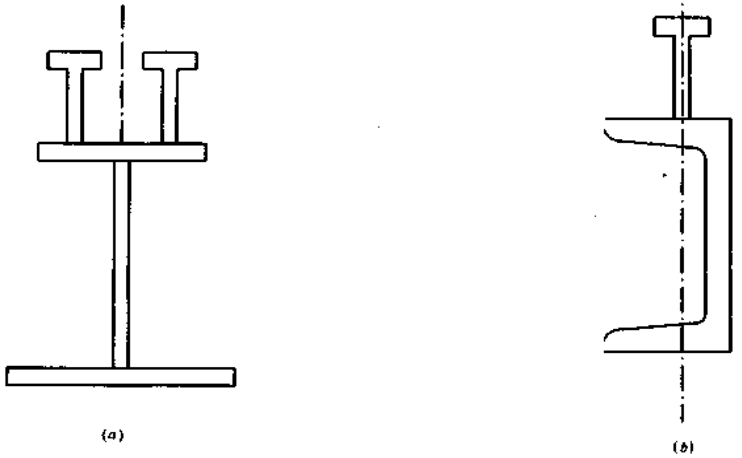


常用连接件简图

(a)圆柱头焊钉；(b)槽钢；(c)弯起钢筋

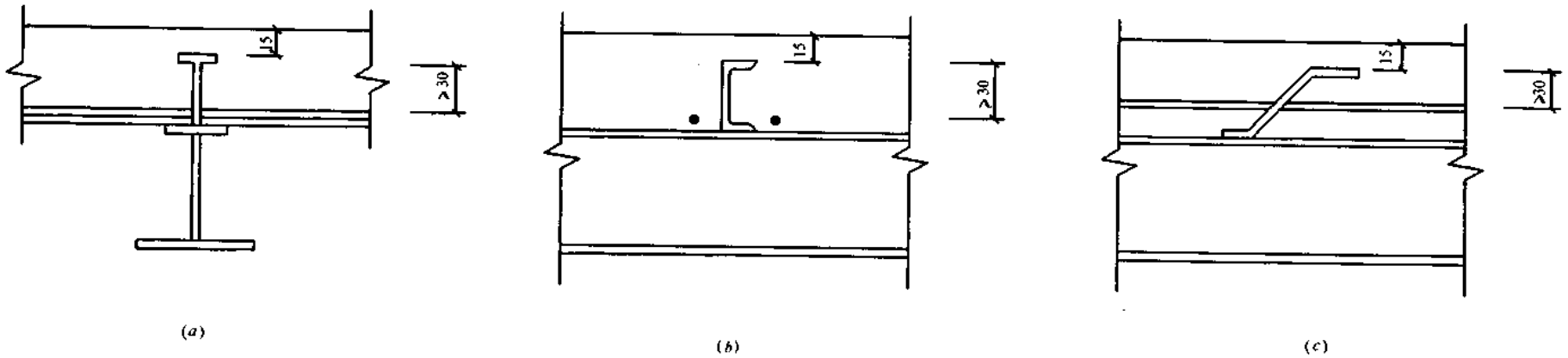


环筋连接件



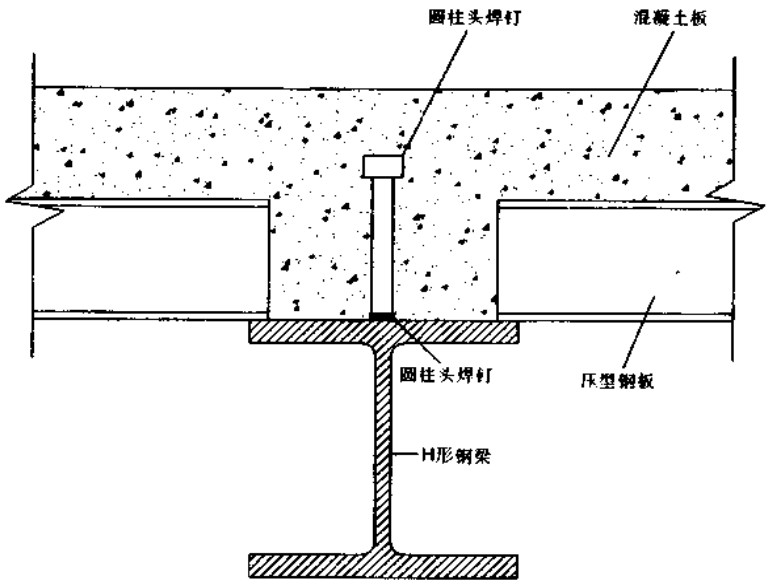
连接件配置位置示意图

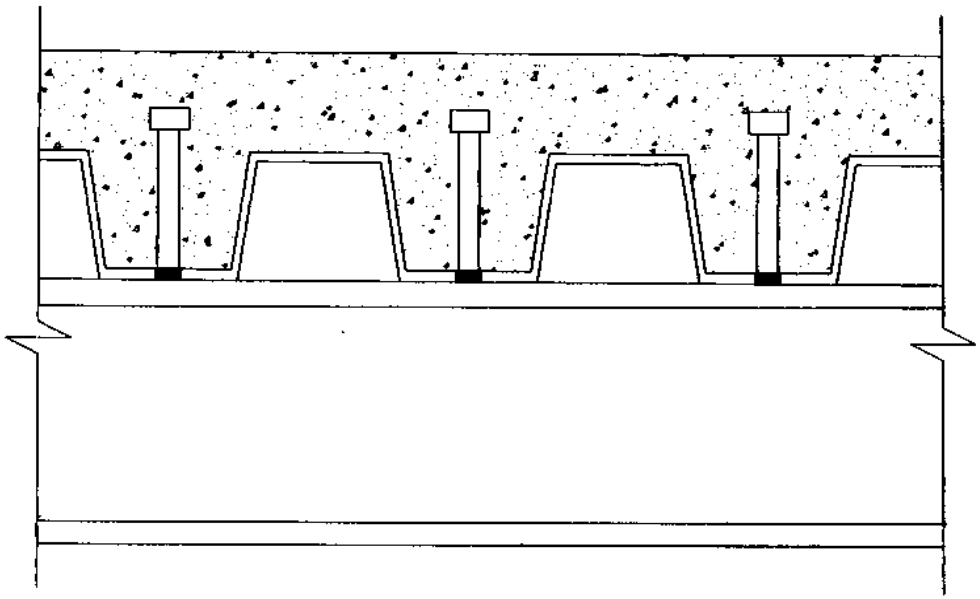
图名	连接件	图页	4—13



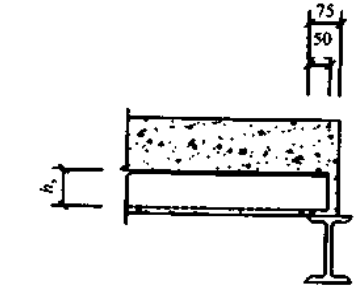
(a)　　(b)　　(c)

图名	连接件的锚固及保护层	图页	4—14

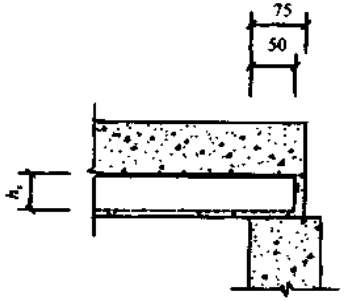




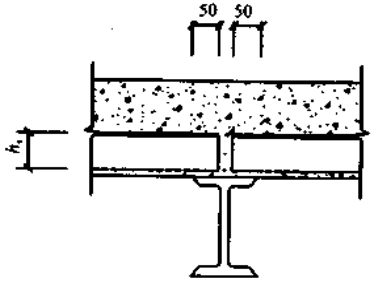
图名	钢梁与压型钢板的连接	图页	4—15



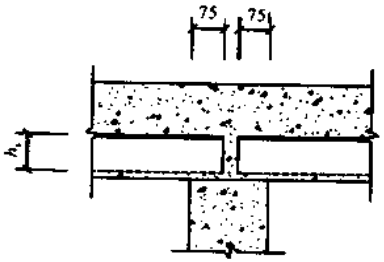
(a)



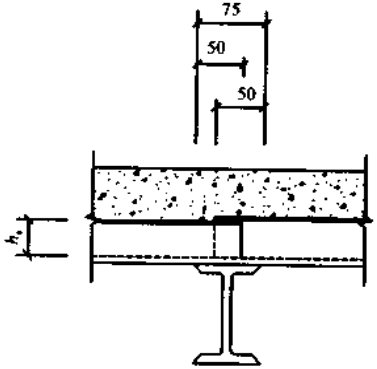
(b)



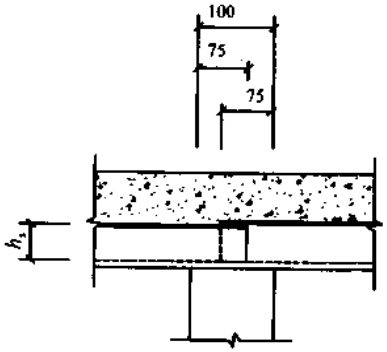
(c)



(d)

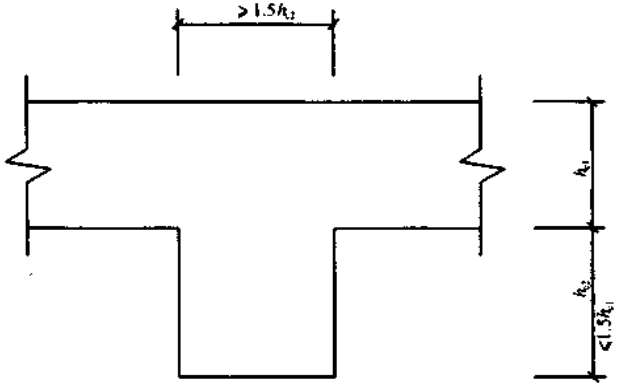


(e)

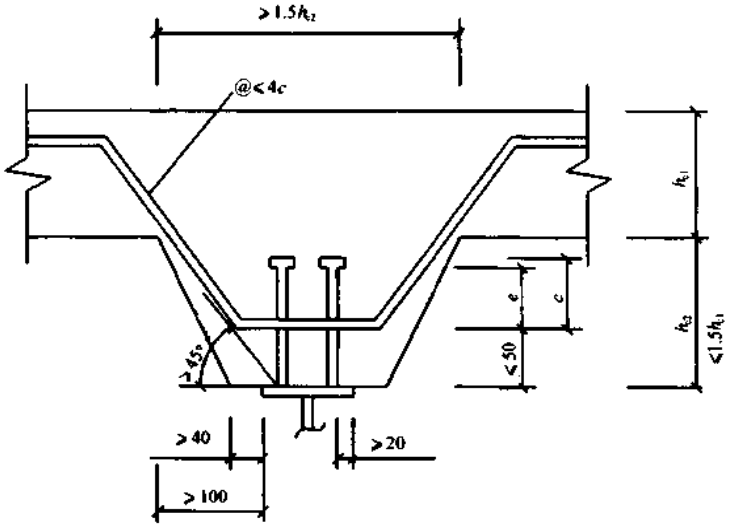


(f)

图名	压型钢板的支承长度	图页	4—16



(a)



(b)

图名	托板的截面尺寸	图页	4—17



(a)

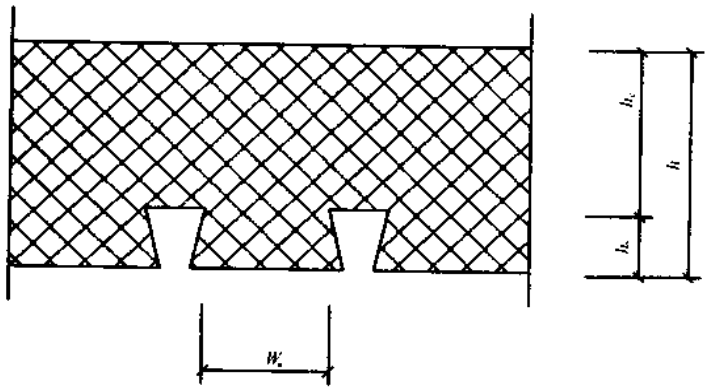


(b)

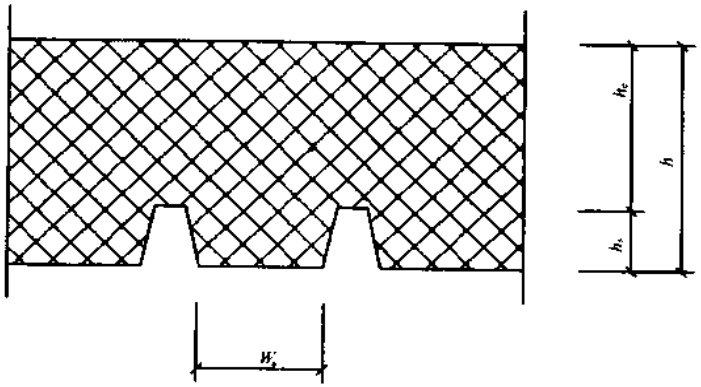


(c)

图名	压型钢板支承在混凝土梁上的连接	图页	4—18



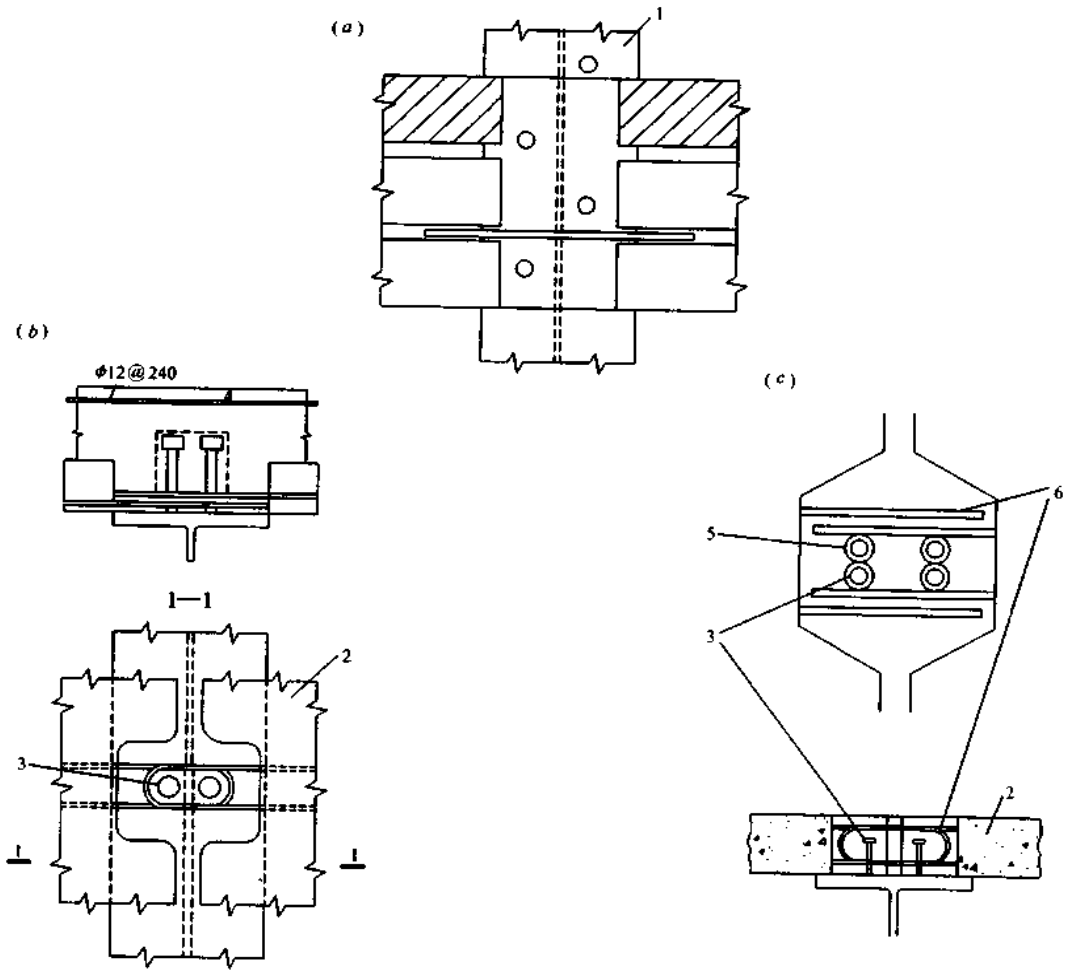
(a)



(b)

(a)倒梯型槽压型钢板；(b)正梯型槽压型钢板

图名	组合板截面	图页	4—19

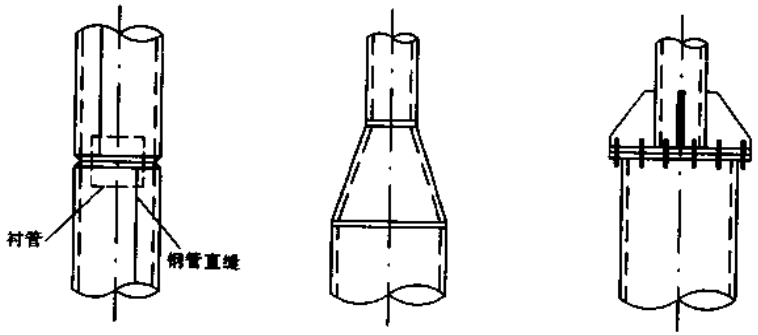


(a)窄板接缝；(b)宽板接缝；(c)圆柱头焊钉套加螺旋筋

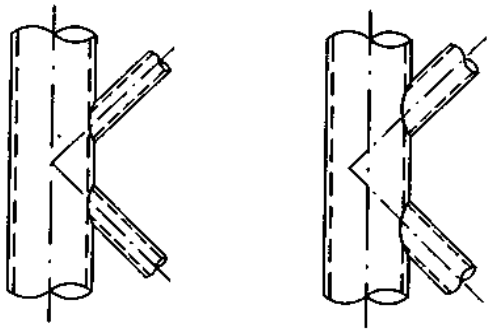
1—钢梁；2—预制混凝土板；3—栓钉连接件；4—横向筋；

5—螺旋筋；6—伸出钢筋弯钩

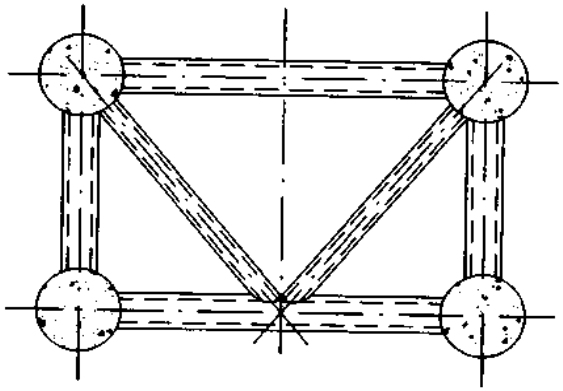
图名	预制板纵向缝的构造	图页	4—20



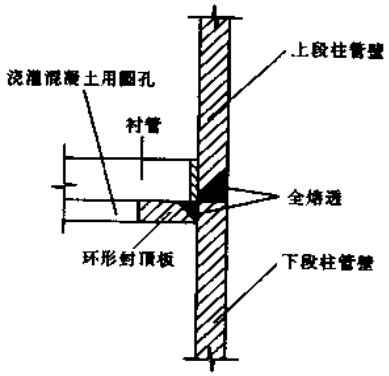
(a)钢管沿长度的连接



(b) 组合柱缀条节点

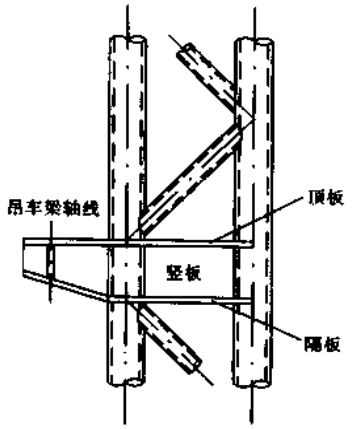


(c) 横隔构造

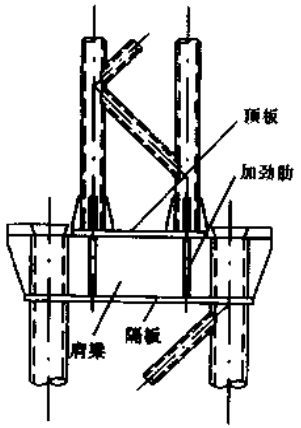


(d) 柱接头构造

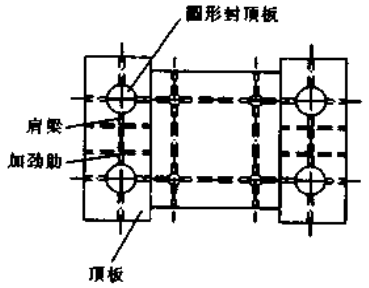
图名	组合结构柱(一)	图页	4—21

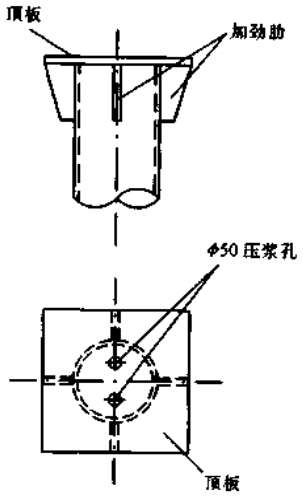


(a)

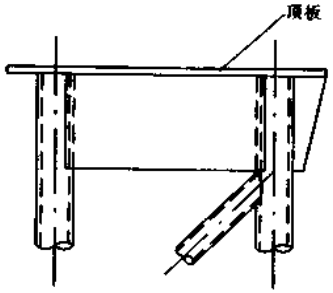


(b)

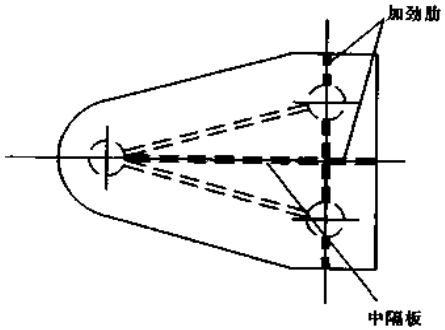




(c)

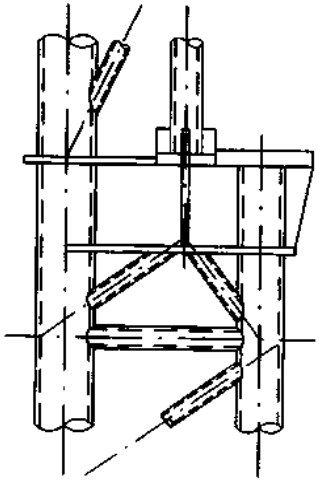


(d)

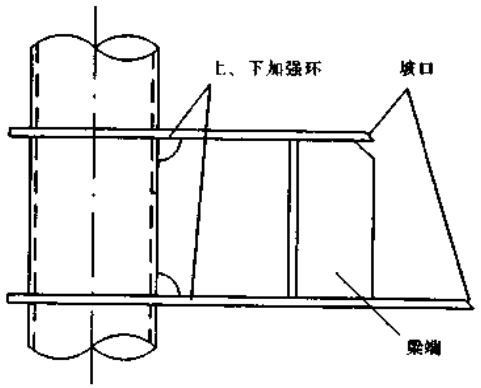


(a)、(b)单层厂房上下柱节点；
(c)单肢柱柱头；(d)组合柱柱头

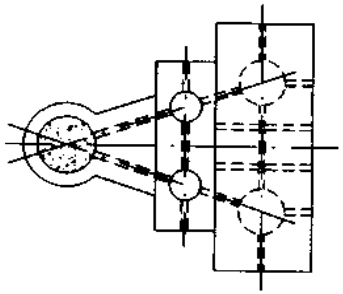
图名	组合结构柱(二)	图页	4—22

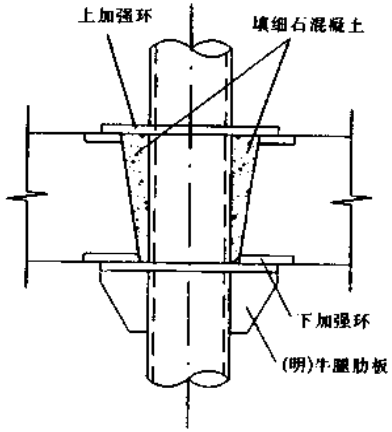


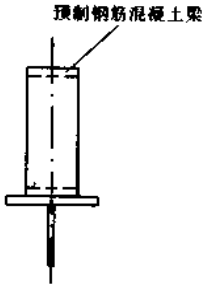
(a) 三肢柱变截面处节点



(b) 钢梁节点

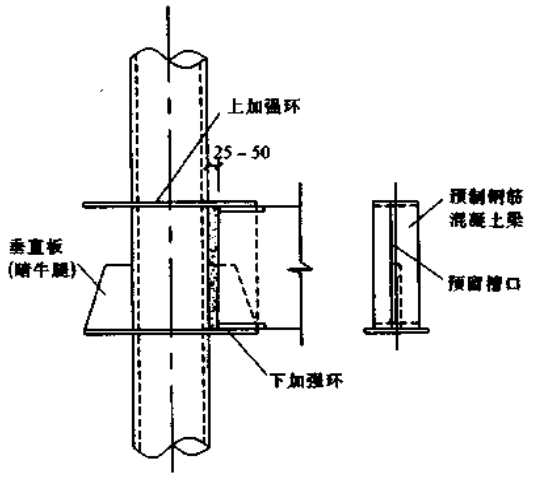




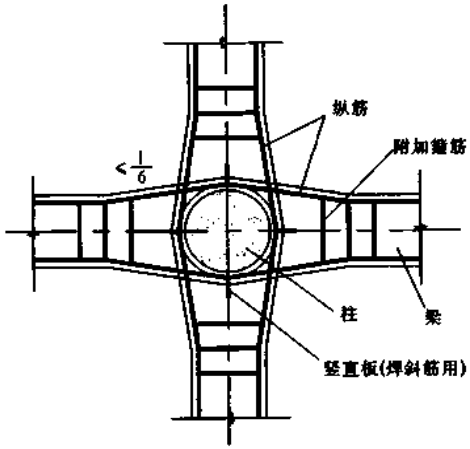


(c) 预制梁节点

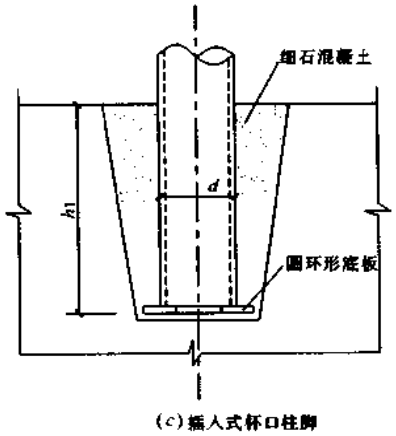
图名	组合结构柱(三)	图页	4—23



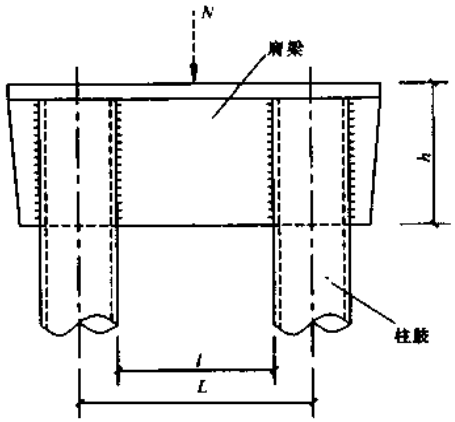
(a) 预制梁节点(晴牛腿)

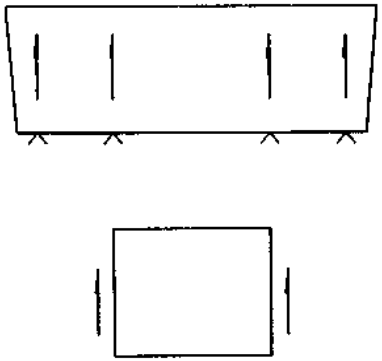


(b) 钢筋环绕式构造



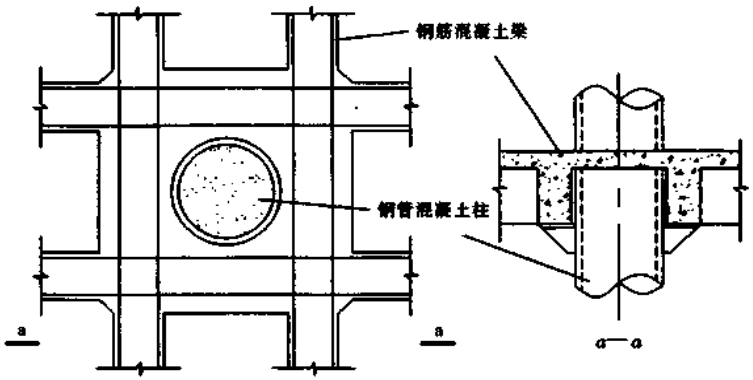
(c) 插入式杯口柱脚



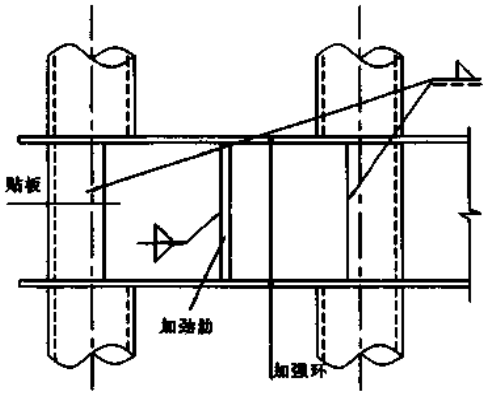


(d) 肩梁受力示意图

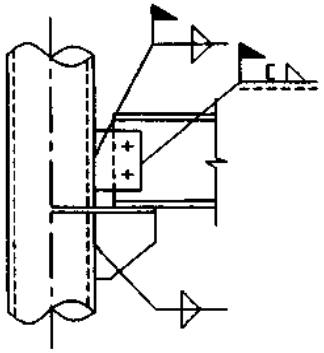
图名	组合结构柱(四)	图页	4—24



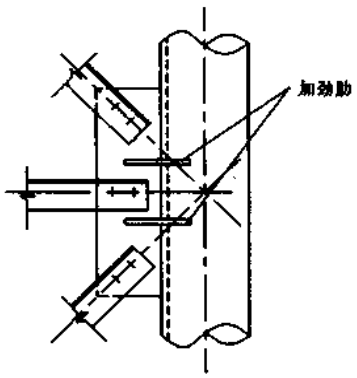
(a)



(b)



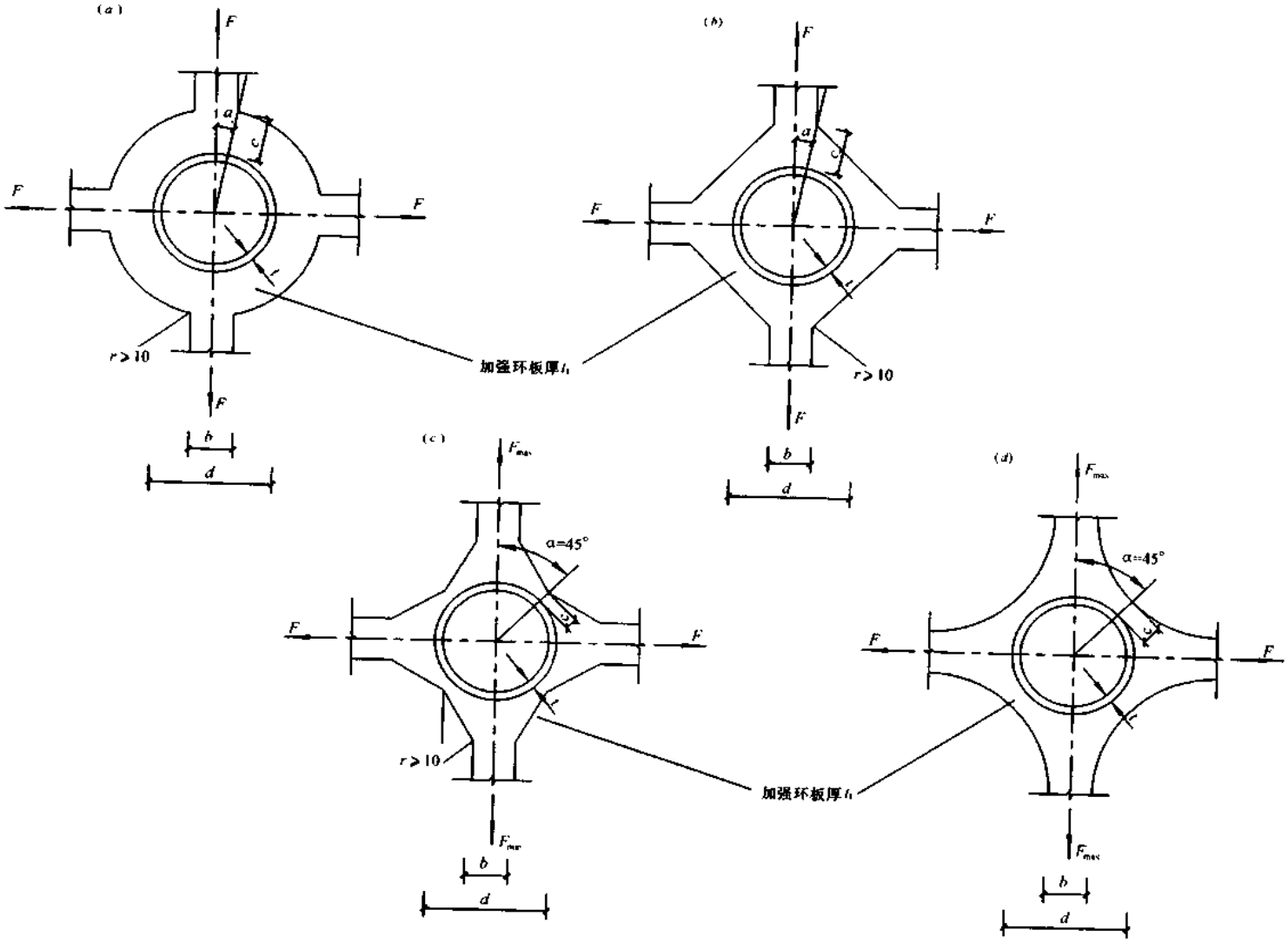
(c)



(d)

(a)双梁节点构造；
(b)双肢柱节点；
(c)、(d)框架梁柱的铰接节点

图名	组合结构柱(五)	图页	4—25



图名	加强环板的类型	图页	4—26

五、钢结构的加固与修复

钢结构加固修复的设计与施工

1. 结构加固修复设计应具备的基本资料

（1）原有结构的竣工图和施工记录。当缺乏这些资料时，应具有结构现状的测绘资料；测绘时应注意并详细记录杆件和节点的偏心情况。

（2）原有结构的计算书。

（3）原有结构的损坏、缺陷和锈蚀等情况及其原因分析。

（4）原有结构的建造历史和使用情况。

（5）原有结构钢材的力学性能和化学成分。若缺乏原始资料时，应在原有结构上取样检验。

（6）实际荷载情况，应进行称量和实测。

（7）施工能力等。

2. 钢材的取样检验

掌握原有结构钢材的材料性能和化学成分是确定加固修复方案的关键。取样检验的目的是查明钢材力学性能和可焊性，其具体检验项目视需要而定。取样时应注意以下几点：

（1）凡规格不同的钢材一般均应分别进行取样检验。

（2）试样必须在受力很小的部位割取，取完试样后立即以同号钢材修复补上。

（3）建筑物及构筑物以截面相同的构件（如屋架、吊车梁、柱等）为单元分别取样。在截面相同的构件中（即在一个单元），相同截面的零件上每一个检验内容的钢材试样不得少于三个。而且应该分散在几个构件上割取，不得集中在一个构件上。

（4）对分期分批建成的建筑物或构筑物，应按不同的建设年代分别取样。

（5）取样检验时，若发现钢材屈服点比实际采用的钢号偏高，应查明是否因混料或是因时效硬化所致，加固修复设计时不能因此而盲目提高钢材的强度设计值。

3. 加固修复的设计

（1）钢结构的加固修复工作是相当复杂的。它不仅要有在技术上合理的加固修复方案，而且方案尚需生产、施工、必要时还需要科研单位配合。一个好的加固修复方案不仅技术先进、经济合理、加固修复效果良好，还要尽可能不影响生产，方便施工。尤其是当前加固修复工作多出现在改扩建工程中，不影响生产往往成为方案中的一个主要因素。

（2）加固修复设计应遵循《钢结构设计规范》（GBJ17—88），但对工程应根据情况灵活处理，如仅是构造上没有满足规范的要求，而使用中未发生问题，强度足够的，一般均不必加固。

（3）为尽量减少加固修复的工作量，可采用下列措施，以充分发

挥原有结构的潜力：

根据实际情况确定各种荷载的代表值，如考虑邻近建筑物对风载的影响，用吊车的实际吊重来计算轮压等。

设法减轻荷载值，如改用轻质屋面材料或限制吊车小车的极限位置，甚至可考虑改造吊车，加大相邻吊车的轮距等方法来减轻荷载值。

在当前计算机广泛应用的情况下，对原有结构验算时，有可能按荷载的实际分布情况以及结构的实际工作（如节点的嵌固，结构的空间工作等）进行计算，以挖掘结构的潜力，减少加固修复的工作量。

（4）在负荷状态下加固时，首先应尽量减轻施工荷载，减轻或卸掉荷载，以减小原有结构构件中的应力。

4. 钢结构加固修复的施工

（1）加固时，必须保证结构的稳定，应事先检查各连接点是否牢固。必要时可先加固修复连接点或增设临时支撑。

（2）加固修复时，必须清除原有结构表面的灰尘，刮除油漆、锈迹，以利施工。加固修复完毕后，应重新涂刷油漆。

（3）对结构上的缺陷、损伤（如位移、变形、挠曲等）一般应首先予以修复，然后才进行加固。加固修复时，应先装配好全部加固零件。如用焊接连接，则应先两端后中间以点焊固定。

（4）在负荷状态下用焊接连接时，应注意：

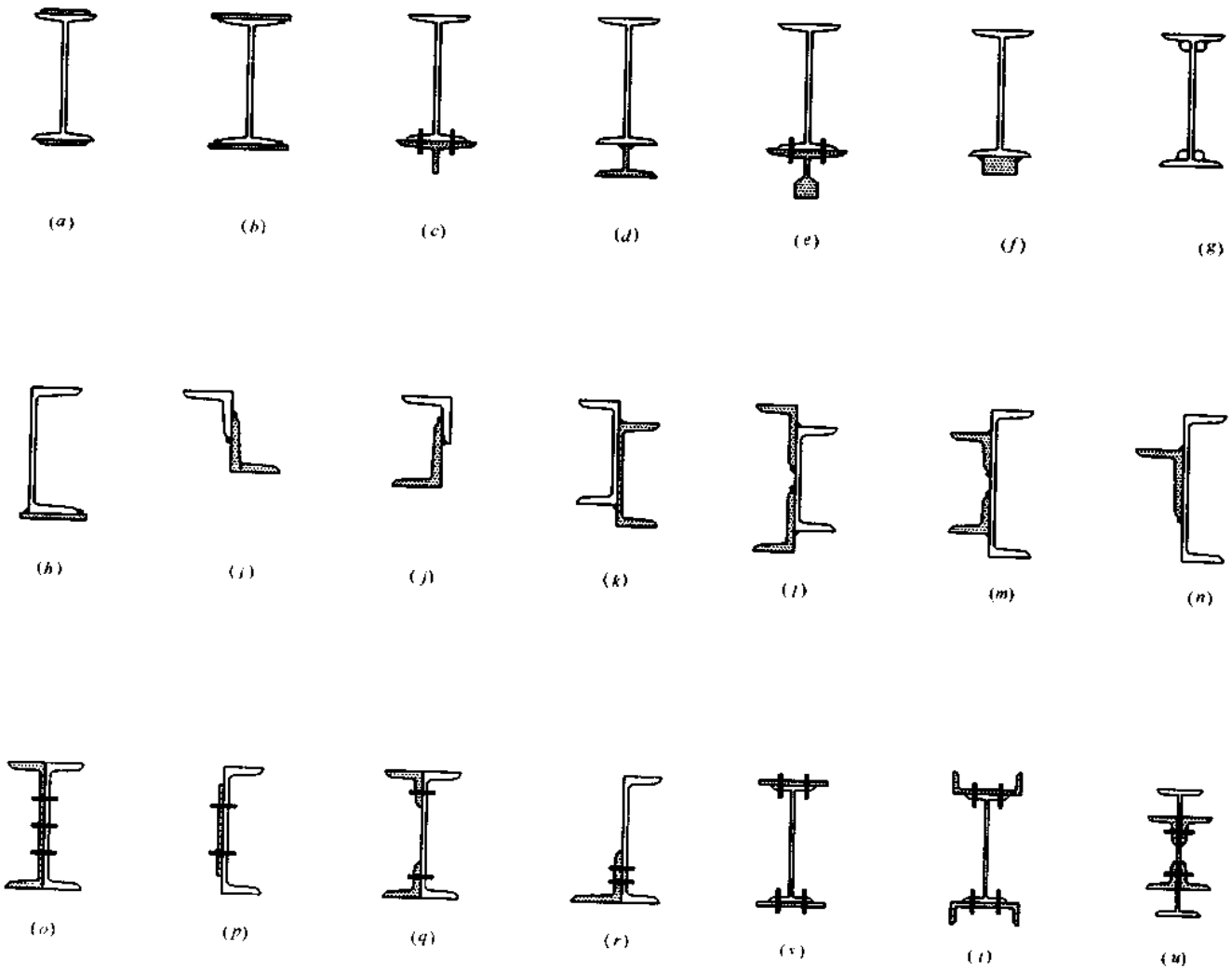
应慎重选择焊接参数（如电流、电压、焊条直径、焊接速度等），尽可能减小焊接时输入的能量，避免由于焊接输入的热量过大，而使结构构件丧失过多的承载能力。

确定合理的焊接顺序，以使焊接应力尽可能减小，并能够促使构件卸荷。如在实腹梁中宜先加固下翼缘，然后再加固上翼缘；在桁架结构中先加固下弦后加固上弦等。

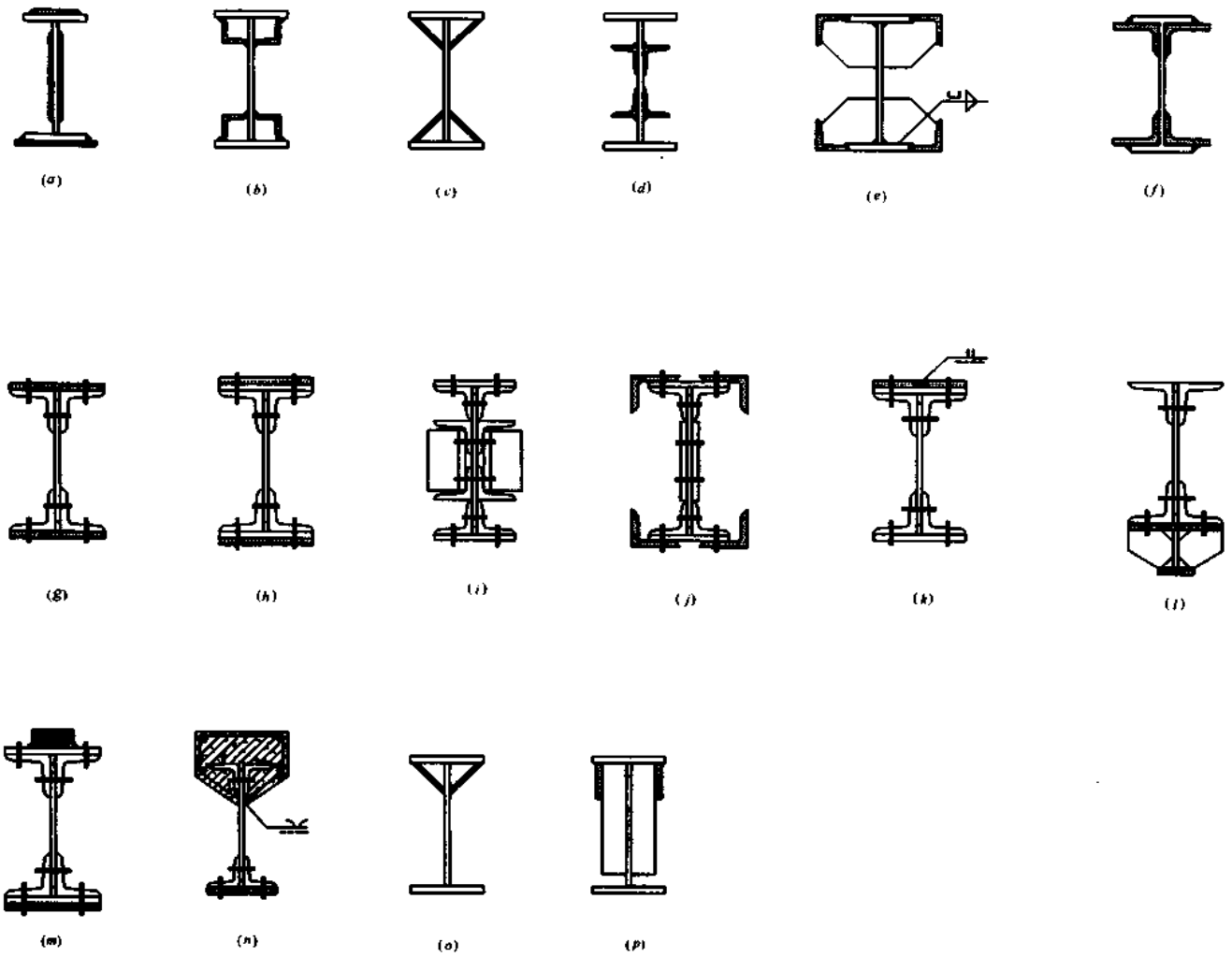
先加固修复最薄弱的部位和应力较高的杆件。

凡能立即起补强作用，并对原构件强度影响较小的部位先施焊，如加固桁架的腹杆时，应先焊好杆件两端节点的焊缝，然后再焊中段焊缝，并且在腹杆的悬出肢（应力较小处）上施焊；如加大角焊缝的厚度时，必须从焊缝受力较低的部位开始施焊；对节点板上腹杆焊缝加固时，应首先加焊端焊缝。

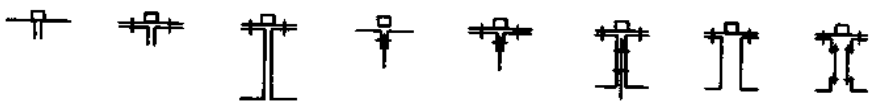
采用焊接加固的环境温度应在0℃以上，最好在大于或等于10℃的环境下施焊。



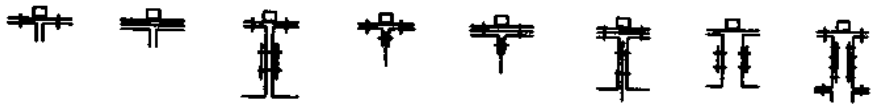
图名	型钢梁补强简图	图页	5—3



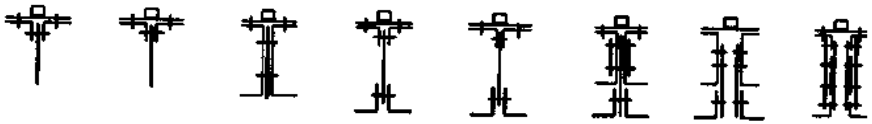
图名	实腹梁补强简图	图页	5—4



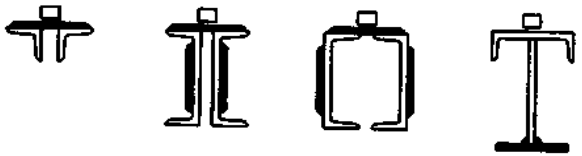
(*a*) 原有铆接桁架上弦断面型式



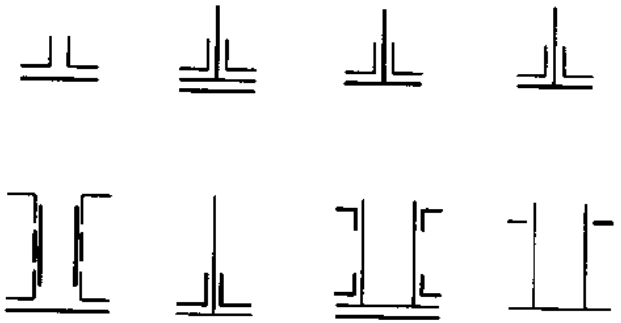
(*b*) 铆接桁架上弦补强方案(一)



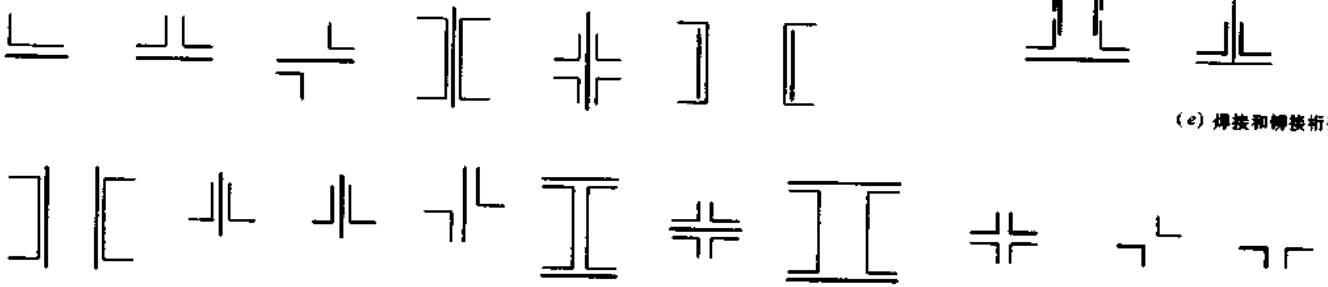
(*c*) 铆接桁架上弦补强方案(二)



(*d*) 焊接桁架上弦补强方案

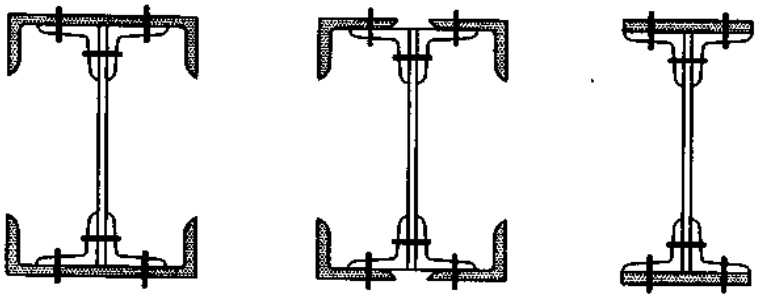


(*e*) 焊接和铆接桁架下弦补强方案

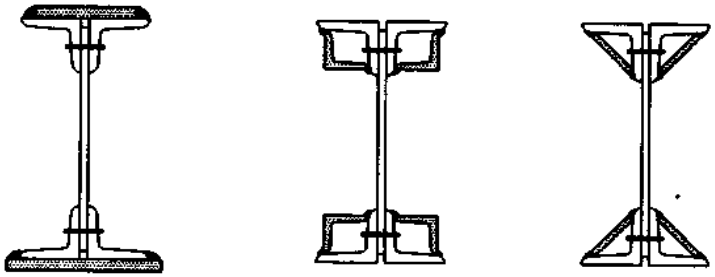


(*f*) 桁架腹杆补强方案

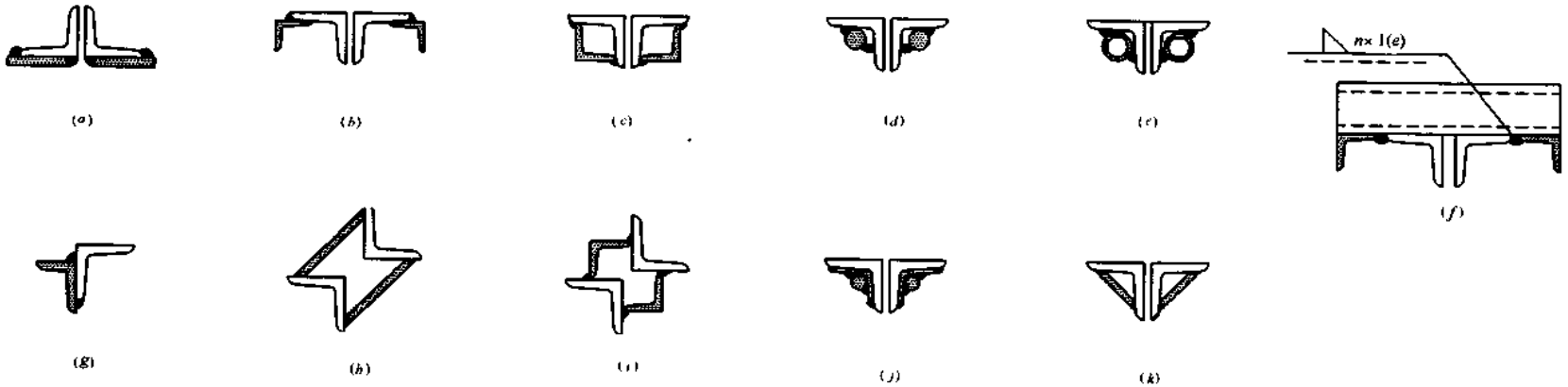
图名	桁架式吊车梁杆件补强简图	图页	5—5



(1)铆接补强



(2)焊接补强

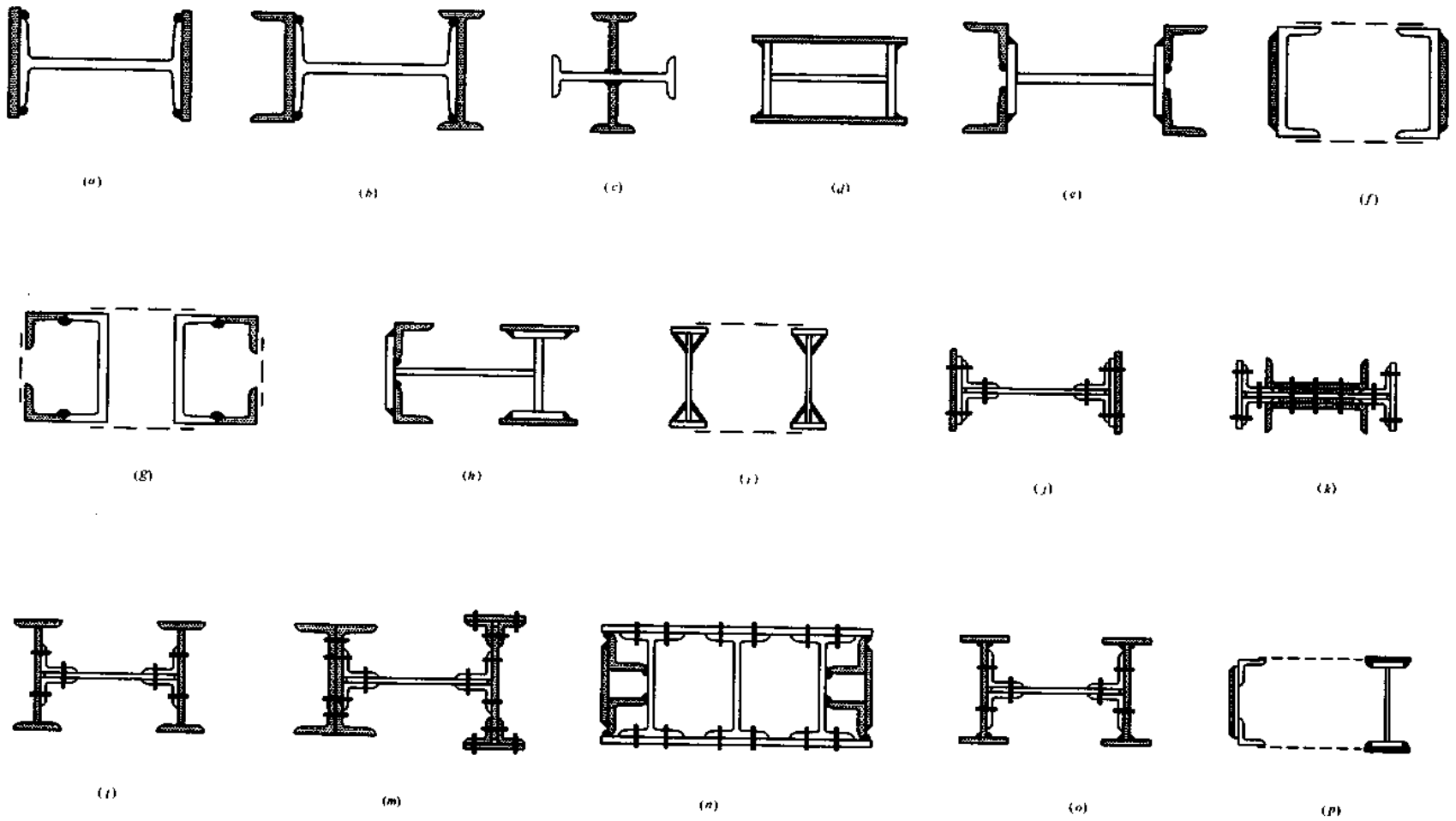


(a) (b) (c) (d) (e) (f)

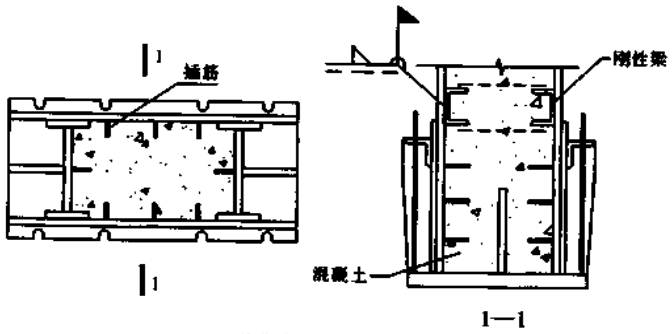
(g) (h) (i) (j) (k)

(3)焊接桁架杆件的补强

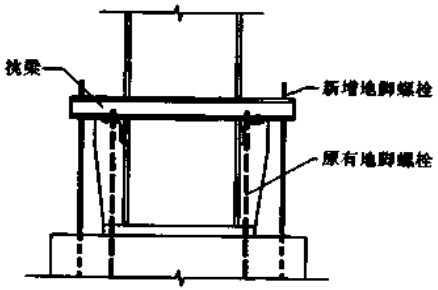
图名	铆接和焊接桁架的补强简图	图页	5—6



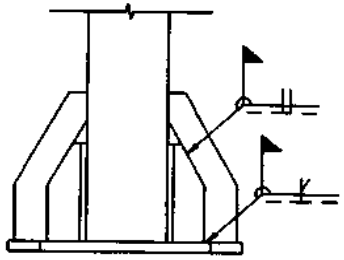
图名	柱子的补强简图	图页	5—7



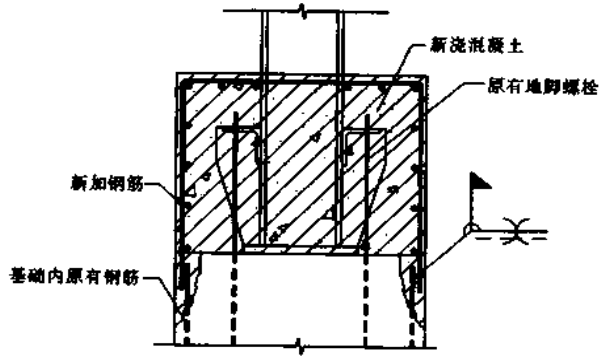
(a)柱脚浇灌混凝土补强



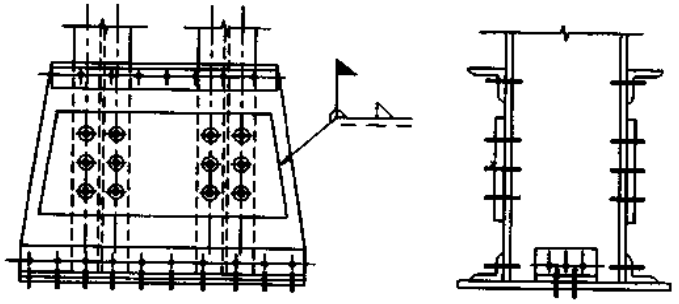
(b)柱脚增加地脚螺栓补强



(c)柱脚地板加宽

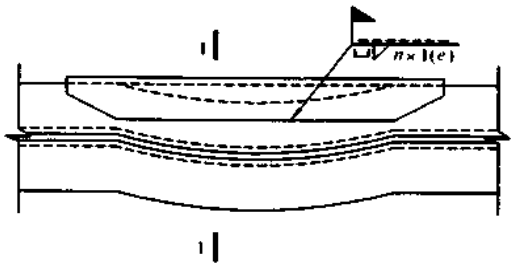


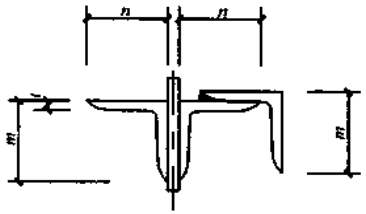
(d)柱脚包钢筋混凝土加固



(e)铆接靴梁焊接补强

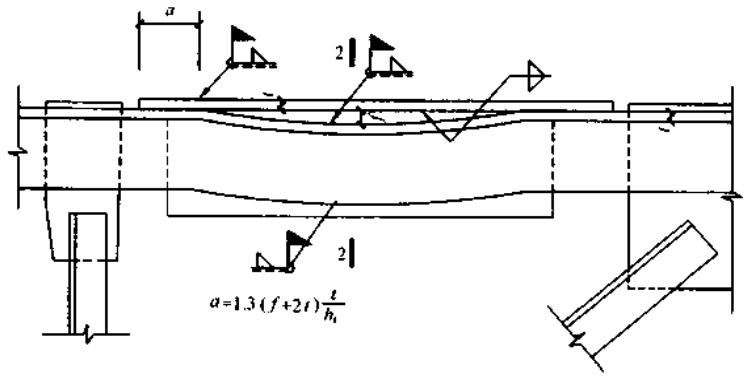
图名	柱脚的补强	图页	5—8

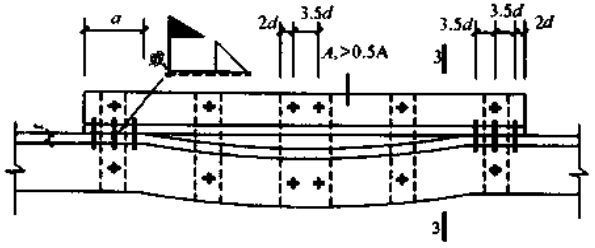




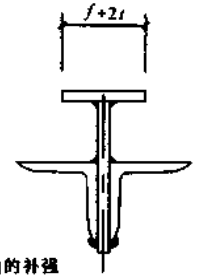
1—1

(a) 屋架上弦平面外弯曲的补强

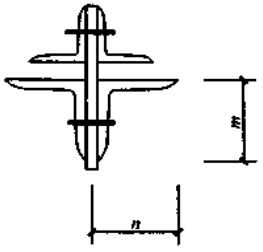




当采用焊接时，$a=1.3(n+m)\frac{t}{h_t}$



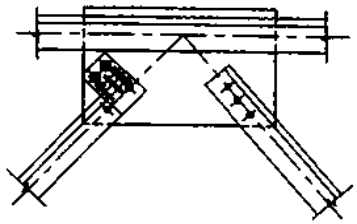
2—2



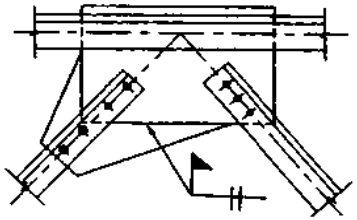
3—3

(b) 无节间荷载的屋架上弦平面内弯曲的补强

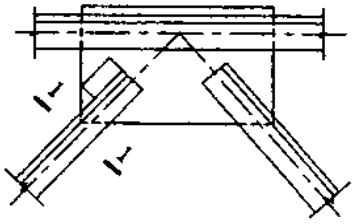
图名	屋架上弦的补强	图页	5—9



(a)



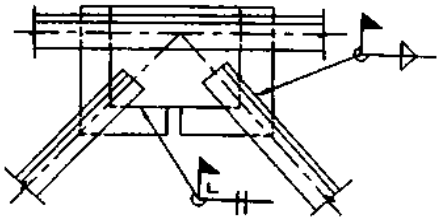
(b)



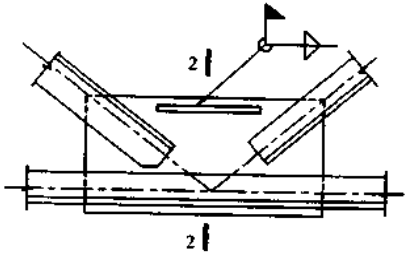
(c)



1—1



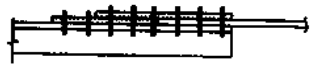
(d)



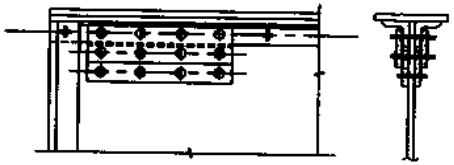
(e)



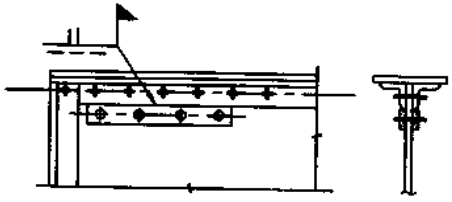
2—2



(f)

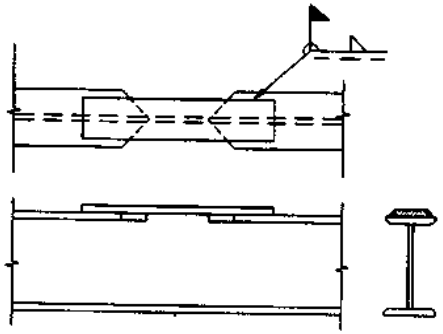


(g)

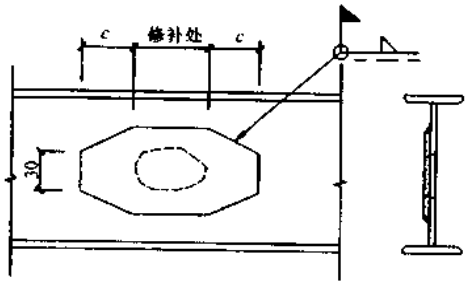


(h)

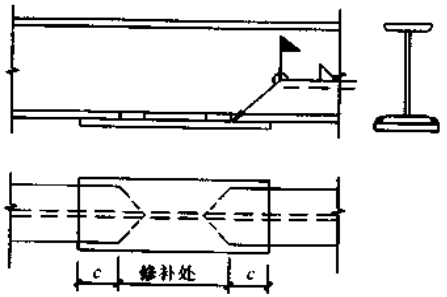
图名	连接补强示例图	图页	5—10



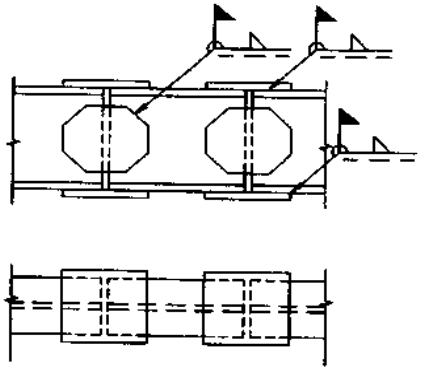
(a)受弯构件上翼缘



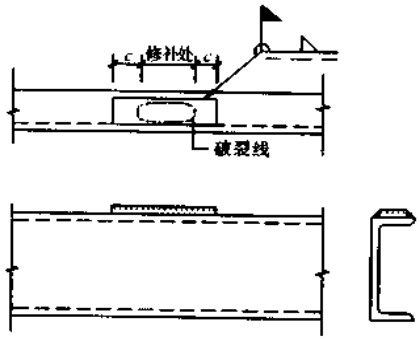
(b) 腹板



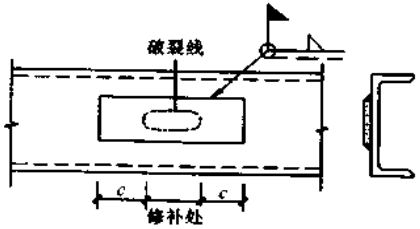
(c)受弯构件下翼板



(d)对接或嵌插

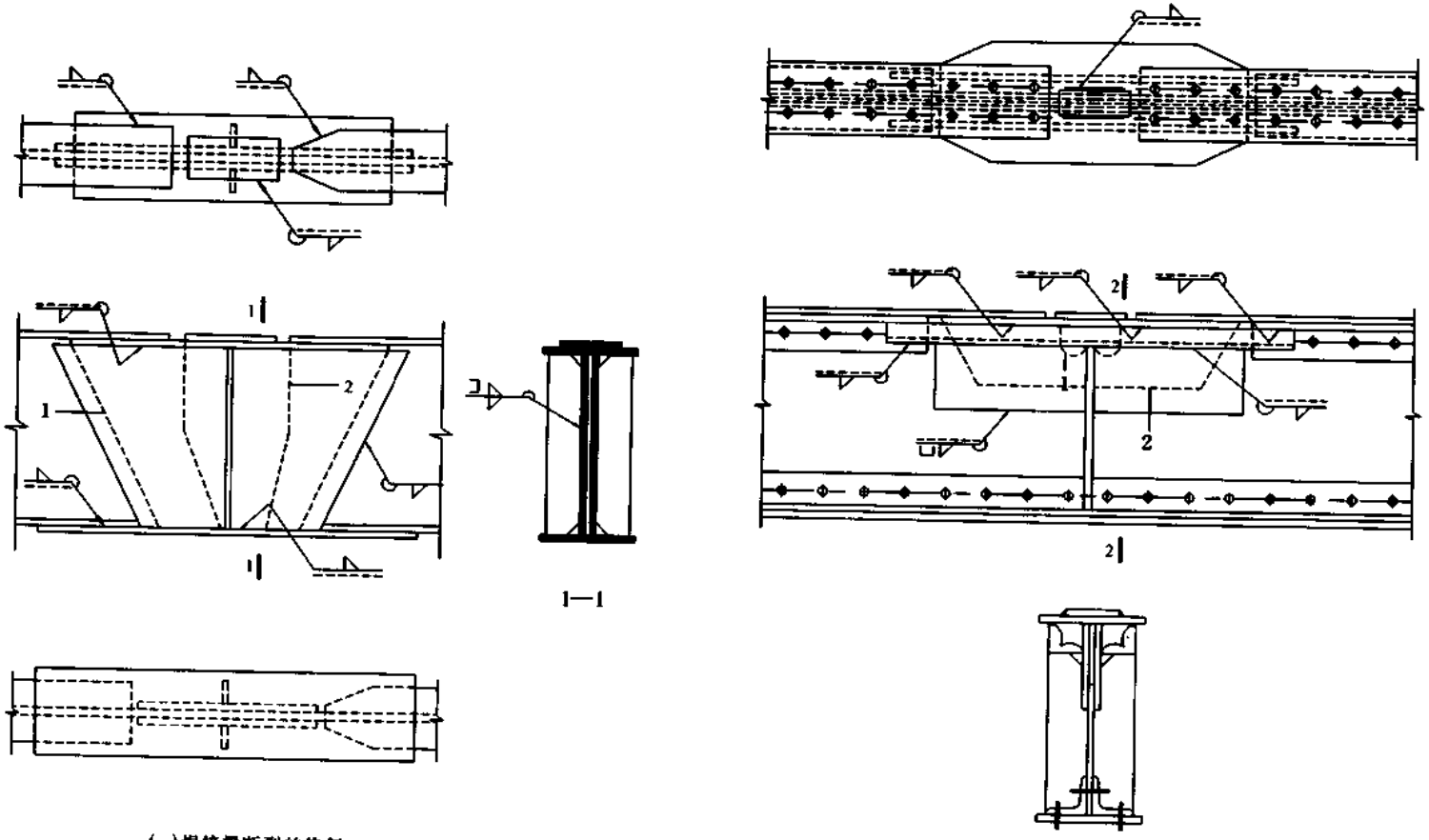


(e)受弯构件上翼缘



(f)腹板

图名	工字钢、槽钢制成构件修复详图	图页	5—11

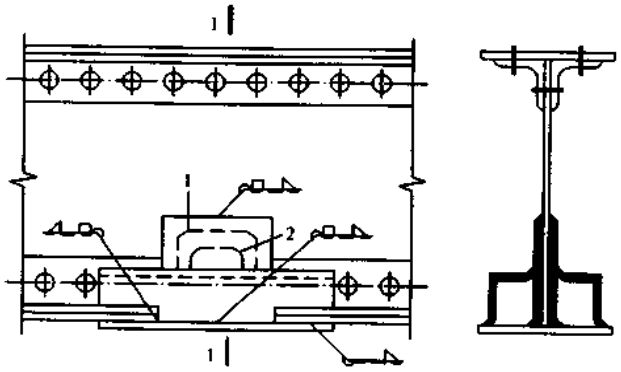


(a)焊接梁断裂的修复

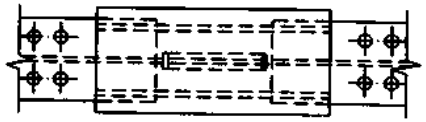
(b)上翼缘和腹板破裂的修复

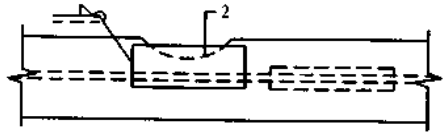
1—切割线；2—断裂线

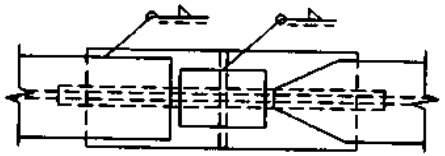
图名	实腹梁破裂修复(一)	图页	5—12

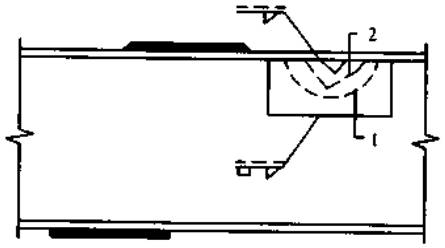


(a)下翼缘及腹板破裂的修复

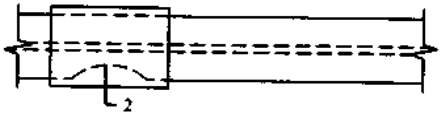






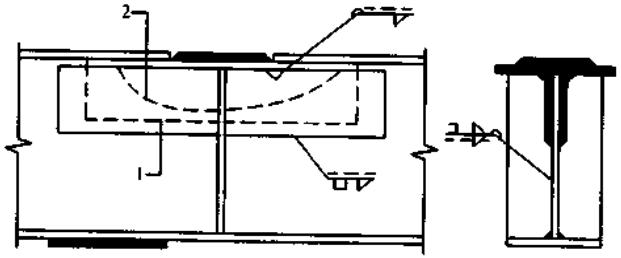






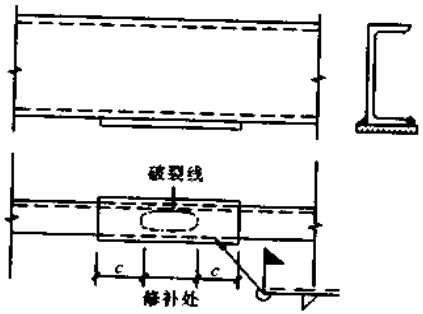
(b)翼缘和腹板局部破裂的修复

1—切割线；
2—破裂线

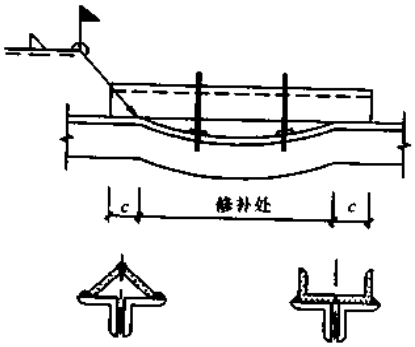


(c)上翼缘及腹板破裂的修复

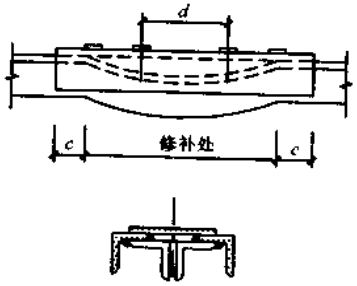
图名	实腹梁破裂修复(二)	图页	5—13



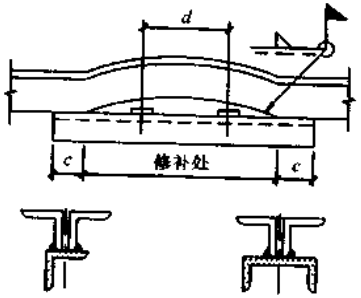
(a) 受弯构件下翼缘



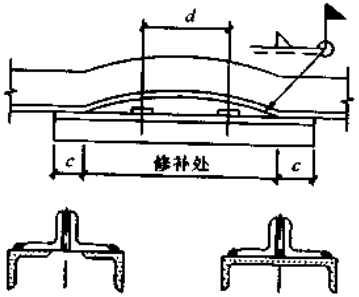
(b) 拼接件在背接面



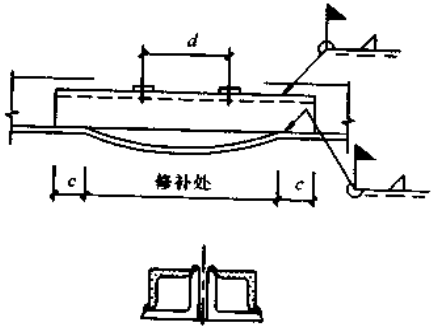
(c) 拼接件在背接面截面高度有限制



(d) 拼接件在肢尖

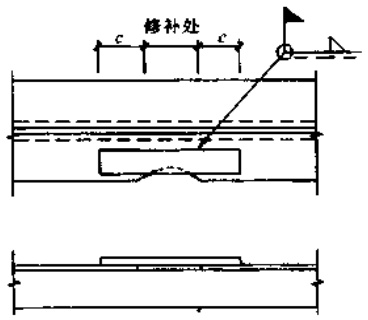


(e) 拼接件在背棱

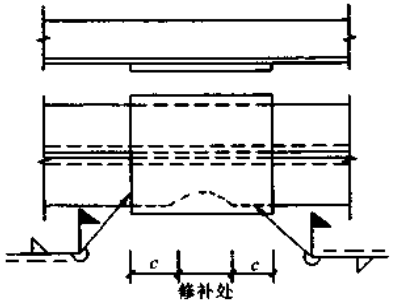


(f) 截面高度有限制

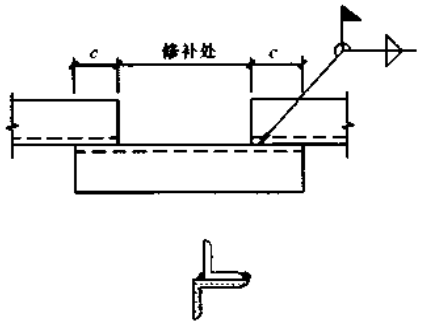
图名	空腹结构的杆件修复详图(一)	图页	5—14



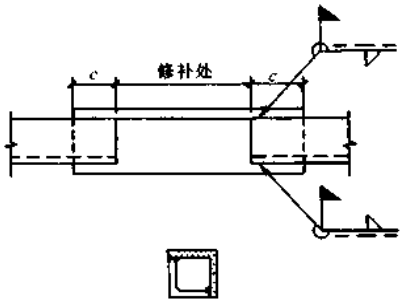
(a) 受弯构件下翼缘



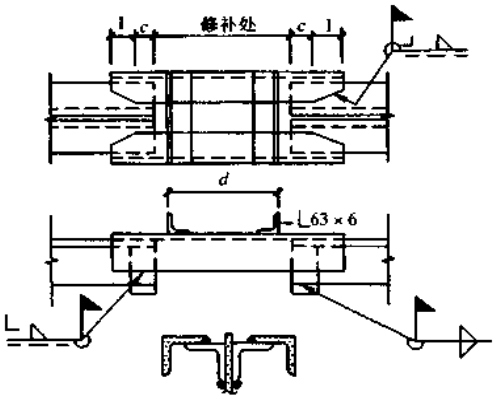
(b) 在底面修复角钢水平肢



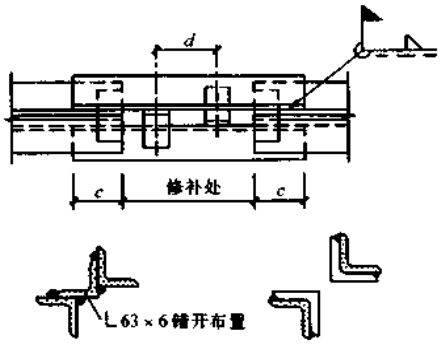
(c) 对接或嵌插



(d) 对接或嵌插

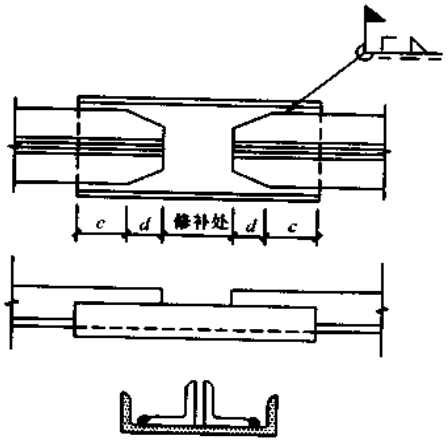


(e) 顶面以角钢拼接件对接或嵌接

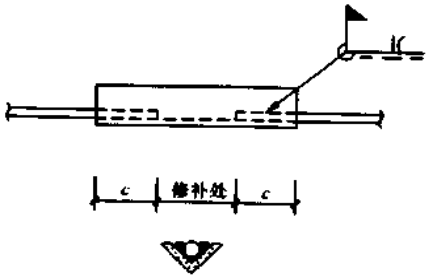


(f) 截面高度有限制

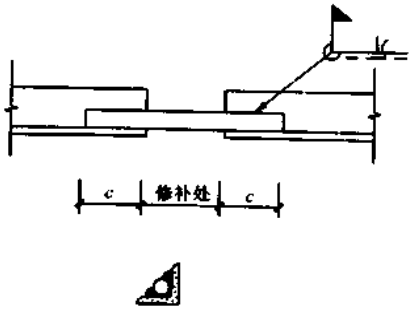
图名	空腹结构的杆件修复详图(二)	图页	5—15



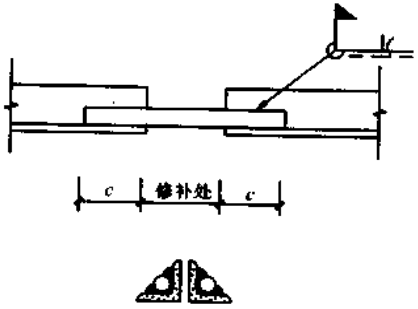
（a）槽钢拼接件对接或嵌接



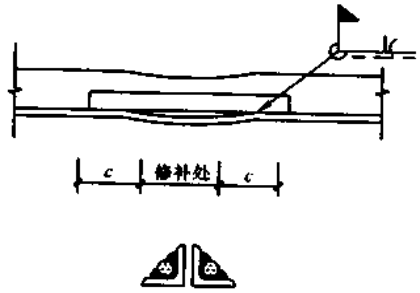
（b）圆钢杆件的对接或嵌接

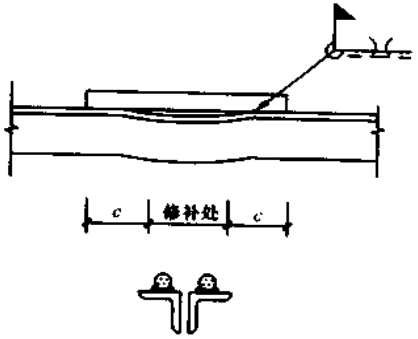


（c）单角钢的对接或嵌接



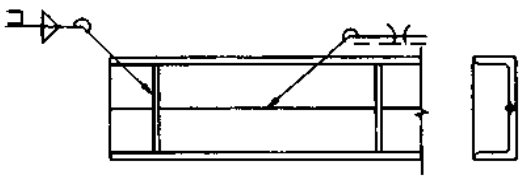
（d）双角钢的对接或嵌接



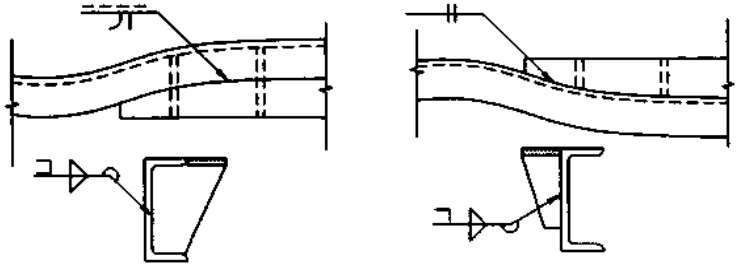


（e）杆件弯曲的补强

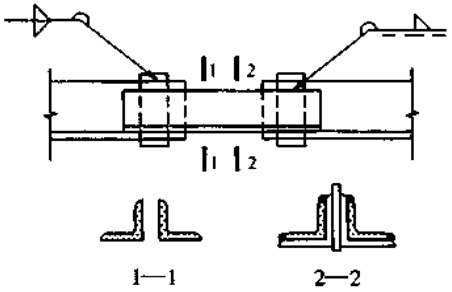
图名	空腹结构的杆件修复详图(三)	图页	5—16



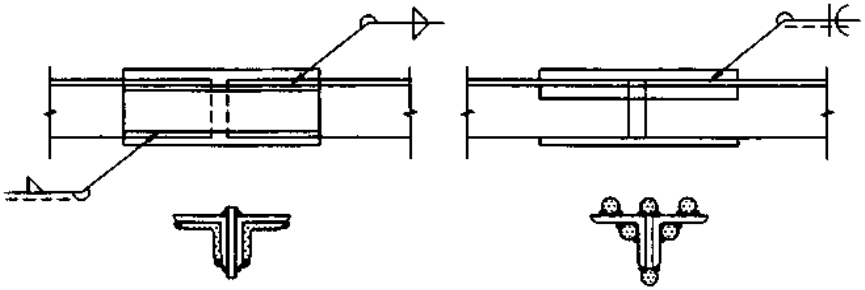
（*a*）角钢檩条的加固



（*b*）槽钢檩条弯曲的修复

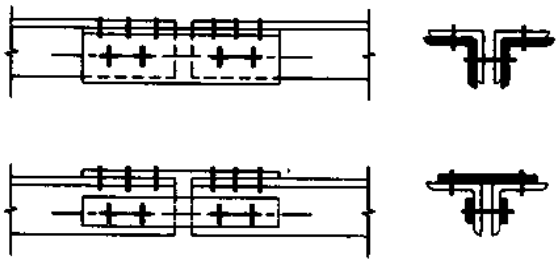


（*c*）用双角钢嵌插，电焊连接

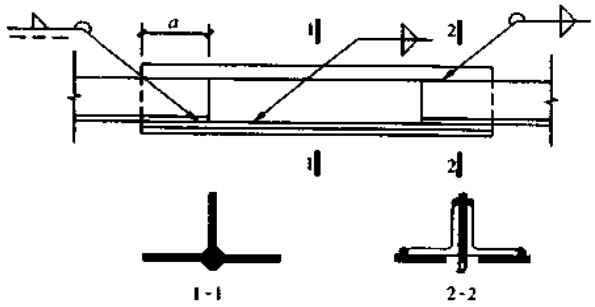


（*d*）由双角钢组成拉杆和压杆的焊接接头

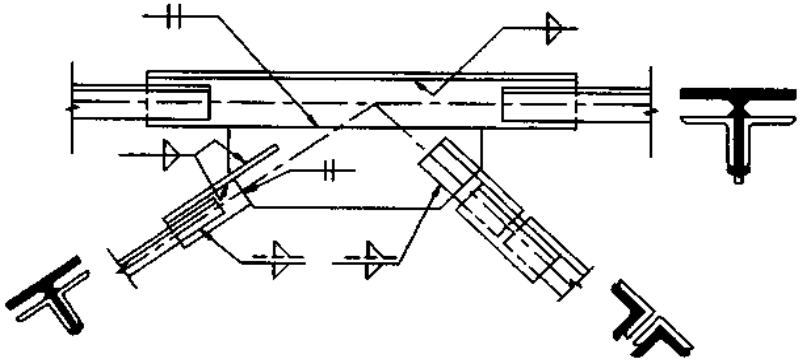
图名	桁架杆件和檩条的修复(一)	图页	5—17



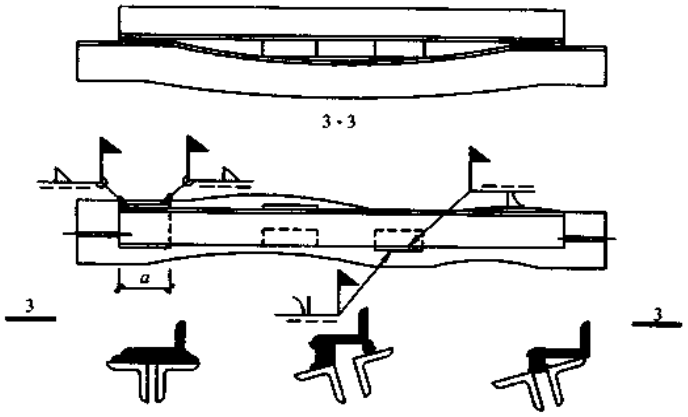
（a）由双角钢组成的压杆和拉杆的铆接接头



（b）用焊成T形截面的杆件嵌插

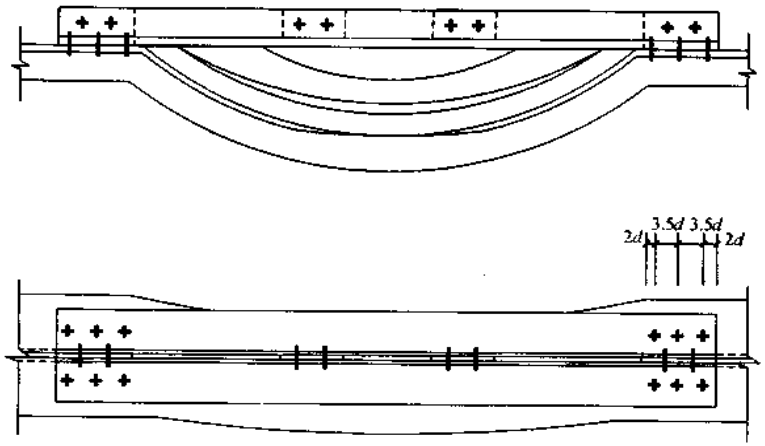


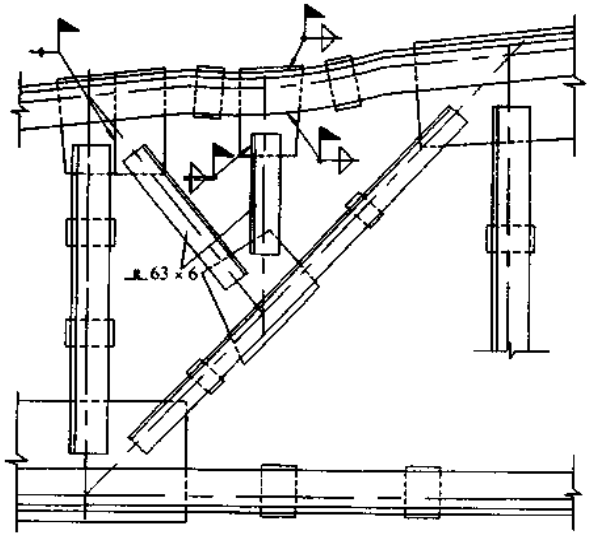
（c）桁架更换节点处理



（d）扭曲杆件的焊接加固

图名	桁架杆件和檩条的修复(二)	图页	5—18



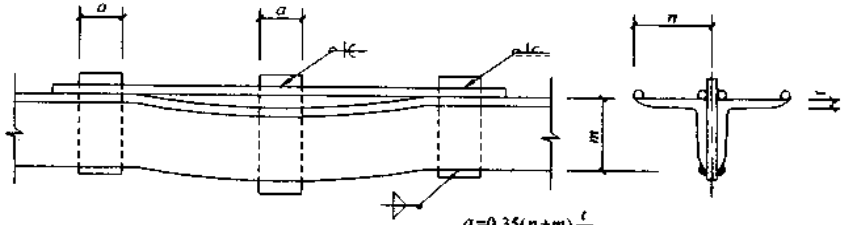


(b)屋架上弦平面内弯曲的再分杆加固

$A_n \geq 0.7A$



(a)扭曲杆件的铆钉或螺栓加固



$a=0.35(n+m)\frac{t}{K}$

$A_n=0.5A$

(c)以圆钢加固受拉杆件

图名	桁架杆件和檩条的修复(三)	图页	5—19

六、普通厂房钢结构

普通厂房钢结构的施工要点

1. 钢结构安装准备工作

在钢结构安装准备阶段，需做好以下工作：

（1）编制钢结构工程的施工组织设计

其内容包括：计算钢结构构件和连接的数量；选择起重机械；确定流水程序；确定吊装方法；制定进度计划；确定劳动组织；规划钢构件堆场；确定质量标准、安全措施和特殊施工技术等。

选择起重机械是钢结构安装的关键。起重机械的型号和数量必须满足钢构件的吊装要求和工期要求；如工业厂房面积大，宜采用自行式起重机械。对重型钢结构厂房，可选用 CC2000—30t 履带式起重机和Ⅱ—Ⅱ1495—100t 履带式起重机等。

在确定吊装流水程序时，首先要确定每台起重机械的工作内容和各台起重机械之间的相互配合。其内容深度，要达到关键构件反映到单件，竖向构件反映到柱列，屋面部分反映到节间。对重型钢结构厂房，柱子重量大，要分节吊装。

在确定吊装顺序时，要考虑安装构件方便和满足生产设备安装顺序。

（2）钢柱基础的准备

钢柱基础的顶面通常设计为一平面，通过地脚螺栓将钢柱与基础连成整体。施工时应注意保证基础标高及地脚螺栓位置的准确。

钢结构基础支承面、支座和地脚螺栓的偏差应符合有关规定。

为了保证地脚螺栓位置准确，施工时可用钢做固定架，将地脚螺栓安置在基础模板分开的固定架上，然后浇筑混凝土。为保证地脚螺栓不受损伤，应涂黄油并用套子套住。

为了保证基础顶面标高符合设计要求，可根据柱脚形式和施工条件，采用下面两种方法：

1）一次浇筑法

将柱脚基础支承面混凝土一次浇筑到设计标高。为了保证支承面标高准确，首先将混凝土浇筑到比设计标高约低 20～30mm 处，然后在设计标高处用角钢或槽钢制导架，测出其标高，再以导架为依据用水泥砂浆精确找平到设计标高。采用一次浇筑法，可免除柱脚二次浇筑的工作，但要求钢柱制作尺寸十分准确，且要保证细石混凝土与下层混凝土的紧密粘接。

2）二次浇筑法

柱脚支承面混凝土分两次浇筑到设计标高。第一次将混凝土浇筑到比设计标高约低 40～60mm，待混凝土达到一定强度后，放置钢垫板并精确校准钢垫板的标高，然后吊装钢柱。当钢柱校正后，在柱脚底板处浇细石混凝土。二次浇筑法虽然多了一道工序，但钢柱容易校正，故重型钢柱多采用此法。

（3）构件的检查及弹线

钢构件外形和几何尺寸正确，可以保证结构安装顺利进行。为此，在吊装之前应根据《钢结构工程施工及验收规范》中的有关的规定，仔细检验钢构件的外形和几何尺寸，如有超出规定的偏差，在吊

图名	普通厂房钢结构的施工要点	图页	6—1

装之前应设法消除。此外，为便于校正平面位置和垂直度、桁架和吊车梁的标高等，需在钢柱的底部和上部标出两个方向的轴线，在钢柱底部适当高度标出标高准线，同时要标出绑扎点的位置。

对不易辨别上下、左右的构件，还应在构件上加以注明，以免吊装时搞错。

(4) 验算桁架的吊装稳定性

吊装桁架时，如果桁架上、下弦角钢的最小规格满足有关规定，则不论绑扎点在桁架的任何部位，桁架在吊装时都能保证稳定。

如果弦杆角钢的规格不符合有关规定，但通过计算选择适当的吊点（绑扎点）位置，仍然可能保证桁架的吊装稳定性。具体方法可参考有关文献。

2. 起重机的选择

起重机的选择是吊装工程的重要问题，因为它关系到构件安装方法、起重机械开行路线与停机位置、构件平面布置等许多问题。

(1) 起重机类型选择

结构安装用的起重机类型，主要根据厂房跨度、构件重量、安装高度以及施工现场条件和当地现有起重设备等确定。一般中小型厂房结构采用自行式起重机安装比较合理。当厂房结构的高度和跨度较大时，可选用塔式起重机安装屋盖结构。在缺乏自行式起重机的地方，可采用桅杆式起重机等安装。大跨度的重型工业厂房，往往需要结合设备安装同时考虑结构构件的安装问题，选用的起重机既要安装厂房的承重结构又要能完成设备的安装，所以多选用大型自行式起重机、重型塔式起重机、大型牵缆式桅杆起重机等。对于重型构件，当一台起重机无法吊装时，也可用两台起重机抬吊。

(2) 起重机型号及起重臂长度选择

起重机的类型确定之后，还需要进一步选择起重机的型号及起重臂的长度。所选起重机的三个工作参数：起重量、起重高度、起重半径应满足结构吊装的要求。

(3) 起重机数量的确定

所需起重机数量，应根据工程量、工期、及起重机的台班产量定额而定。此外，在决定起重机数量时还应考虑到构件装卸、拼装和排放的工作量。

3. 构件的吊装工艺

厂房钢结构构件，包括柱、吊车梁、屋架、天窗架、檩条、支撑及墙架等，构件的形式、尺寸、重量、安装标高都不同，应采用不同的起重机械、吊装方法，以达到经济合理。

(1) 钢柱的吊装

1) 钢柱的吊升

工业厂房占地面积较大，通常用自行式起重机或塔式起重机吊装钢柱。钢柱的吊装方法与装配式钢筋混凝土柱子相似，亦为旋转吊装法和滑行吊装法。对重型钢柱可采用双机抬吊的方法进行吊装。起吊时，双机同时将钢柱吊起来，离地一定高度后暂停，使运输钢柱的平板车移去，然后双机同时提升回转刹车，由主机单独吊装，当钢柱吊装回直后，拆除辅机下吊点的绑扎钢丝绳，由主机单独将钢柱插入锚固螺栓固定。初校垂直度，偏差控制在 20mm 以内，方可松钩。

2) 钢柱的校正与固定

钢柱垂直度的偏差用经纬仪检验，如超过允许偏差，用螺旋千斤顶或油压千斤顶进行校正。在校正过程中，随时观察柱底部和标高控制块之间是否脱空，以防校正过程中造成水平标高的误差。

钢柱位置的校正，对于重型钢柱可用螺旋千斤顶加链条套环托座，沿水平方向顶校钢柱。此法在上海宝钢施工中首次采用，效果较

理想，校正后的位移精度在1mm以内。

校正后为防止钢柱位移，在柱四边用10mm厚的钢板定位，并用电焊固定。钢柱复校后，再紧固锚固螺栓，并将承重块上下点焊固定，防止走动。

(2) 吊车梁的吊装

在钢柱吊装完成后，即可吊装吊车梁。工业厂房内的吊车梁，根据起重设备的起重能力分为轻、中、重型三种。轻型重量只有几吨，重型的跨度大于30m，重量可达1000kN以上。

钢吊车梁均为简支形式，两端之间留有10mm左右的空隙。梁的搁置处与牛腿之间留有空隙，设置钢板。梁与牛腿用螺栓连接，梁与制动架之间用高强度螺栓连接。

1) 吊装前注意事项

注意钢柱吊装后的位移和垂直度的偏差；实测吊车梁搁置处梁高制作的误差；认真做好临时标高垫块工作；严格控制定位轴线。

2) 钢吊车梁的吊升

吊装吊车梁常用自行式起重机，以履带式起重机应用最多。亦可用塔式起重机、桅杆式起重机等进行吊装。对重量很大的吊车，可用双机抬吊，特别巨大者可设置临时支架分段进行吊装。

3) 钢吊车梁的校正与固定

吊车梁的校正主要是标高、垂直度、轴线和跨距的校正。标高的校正可在屋盖吊装前进行，其他项目的校正宜在屋盖吊装完成后进行，因为屋盖的吊装可能引起钢柱变位。

检验吊车梁轴线的方法与钢筋混凝土吊车梁相同，可用通线法或平移轴线法。

吊车梁跨距的检验，用钢皮尺测量，跨度大的车间用弹簧秤拉测(一般为100~200N)，防止钢尺下垂，必要时对下垂值Δ应进行校正计算。

吊车梁标高校正，主要是对梁作竖向的移动，可用千斤顶或起重机等。轴线和跨距校正是对梁作水平方向的移动，可用撬棍、钢楔、花篮螺丝、千斤顶等。

吊车梁校正后，紧固连接螺栓，并将钢垫板用电焊固定。

(3) 钢屋架的吊装和校正

钢屋架可用自行式起重机（尤其是履带式起重机）、塔式起重机和桅杆式起重机等进行吊装。由于屋架的跨度、重量和安装高度不同，宜选用不同的起重机械和吊装方法。钢屋架的侧向刚度较差，对翻身扶直与吊装作业，必要时应绑扎几道杉杆，作为临时加固措施。屋架多作悬空吊装，为使屋架在吊起后不致发生摇摆，和其他构件碰撞，起吊前在屋架两端应绑扎溜绳，随吊随放松，以此保持其正确位置。屋架临时固定用临时螺栓和冲钉。

钢屋架的侧向稳定性较差，如果起重机械的起重量和起重臂长度允许时，最好经扩大拼装后进行组合吊装，即在地面上将两榀屋架及其上的天窗架、檩条、支撑等拼装成整体，一次进行吊装，这样不但提高吊装效率，也有利于保证其吊装稳定性。

钢屋架要检查校正其垂直度和弦杆的平直度。屋架的垂直度可用垂球检验，弦杆的平直度则可用拉紧的测绳进行检验。

钢屋架的最后固定，用电焊或高强度螺栓。

4. 连接与固定

钢结构连接通常有焊接、铆接和螺栓连接。螺栓连接有普通螺栓和高强螺栓之分。高强螺栓又有大六角头高强螺栓和扭剪型高强螺栓。扭剪型高强螺栓具有施工简单，受力好，可拆换，耐疲劳，能承受动力荷载，可目视判定是否终拧，不易漏拧，安全度高等优点。

(1) 高强螺栓连接副

根据国家标准GB3633—83，钢结构用扭剪型螺栓连接副，包括

一个螺栓、一个螺母和一个垫圈。

高强螺栓一般采用 20MnTiB 钢制作，螺母用 15MnVB 或 35 号钢制作，垫圈用 45 号钢制作。

(2) 施工工艺

1) 摩擦面处理

高强螺栓连接，必须对构件摩擦面进行加工处理。在制造厂进行处理可用喷砂、喷（抛）丸、酸洗或砂轮打磨。处理好的摩擦面应有保护措施，不得涂油漆或污损。制造厂处理好的摩擦面，安装前应逐组复检摩擦系数，合格后方可安装，摩擦系数应符合设计要求。

2) 连接板安装

连接板不能有挠曲变形，否则应矫正后才能使用。

高强螺栓板面接触应平整，对因被连接构件的厚度不同，或制作和安装偏差等原因造成连接面之间的间隙，应按如下方法进行处理：间隙 $d \leqslant 1.0$mm，可不作处理；$d = 1.0 \sim 3.0$mm，将厚板一侧磨成1:10的缓坡，使间隙小于 1.0mm；$d > 3.0$mm，应加放垫板，垫板上下摩擦面的处理与构件相同。

3) 高强螺栓连接

安装要求

选用的高强螺栓的形式、规格应符合设计要求，高强螺栓连接副的扭矩系数试验或预拉力复验合格。选用螺栓长度应考虑构件的被连接厚度、螺母厚度、垫圈厚度和紧固后要露出三扣螺纹的余长。

高强螺栓在运输、保管和使用过程中，要防止锈蚀、沾污和碰伤螺纹等可能导致扭矩系数变化的情况发生。高强螺栓连接副（即高强螺栓带有配套的螺母和垫圈），应在同一包装箱中配套使用。施工有剩余时，必须按批号分别存放，不得混放混用。

高强螺栓连接面摩擦系数试验结果符合设计要求，构件连接面与试件连接面状态相同。构件连接面表面不得涂油漆、没有油污、氧化铁皮（黑皮）、毛刺和飞边，没有目视明显的凹凸不平和翘曲。组装前用细钢丝刷清除浮锈和灰尘。

安装方法

高强螺栓接头组装时应用冲钉和临时螺栓连接。临时螺栓的数量为接头上螺栓总数的 1/3，并不少于两个，冲钉使用数量不宜超过临时螺栓数量的 30%。

安装冲钉时不得因强行击打而使螺孔变形造成飞边。

严禁使用高强螺栓代替临时螺栓，以防因损伤螺纹造成扭矩系数增大。

对错位的螺栓孔应用铰刀或粗锉刀对其进行处理规整，处理时应先紧固临时螺栓至板叠间无间隙，以防切屑落入。严禁用火焰切割整理栓孔。

结构应在临时螺栓连接状态下进行安装精度校正。

结构安装精度调整达到标准规定后才可安装高强螺栓。首先安装接头中那些未装临时螺栓和冲钉的螺孔，螺栓应能自由垂直穿入螺孔（螺栓不得受剪），穿入方向应该一致。

在这些装上的高强螺栓使用普通扳手充分拧紧后，再逐个用高强螺栓环下冲钉和普通螺栓。

整个安装高强螺栓的操作过程，应保持连接面和螺栓连接副处于干燥状态，不得在雨中作业。连接副的表面如果涂有过多的润滑剂或防锈剂，应使用干净而又牢固的布，轻轻揩拭掉多余的涂脂，防止其安装后流到连接面中，且忌用清洗剂清洗，避免造成扭矩系数变化。

4) 高强螺栓的紧固

为使每个螺栓的预拉力均匀相等，高强螺栓的紧固至少分两次进行。第一次为初拧，第二次为终拧。对大型高强螺栓接头，必要时亦分为初拧、复拧、终拧。

高强螺栓的初拧、复拧、终拧在同一天内完成。螺栓拧紧按一定顺序进行，一般应由螺栓群中央顺序向外拧紧。

5）高强螺栓连接副的施工质量检验与验收

扭剪型高强螺栓终拧检查，用专用扳手拧紧时，以目测尾部梅花头拧断为合格。对于不能用专用扳手拧紧的高强螺栓，则按大六角头高强螺栓检查方法检查。

如有不符合规定的，应再扩大检查 10%，如仍有不合格者，则整个节点的高强螺栓应重新拧紧。扭矩检查应在终拧 1h 以后、24h 之前完成。

在高空进行高强螺栓的紧固，要遵守登高作业的安全注意事项。拧掉的高强螺栓尾部应随时放入工具袋内，严禁随便抛落。

5. 安装工程安全技术

（1）防止起重机倾翻措施

1）起重机的行驶道路必须平整坚实，地下坑穴和松软土层要进行处理。如土质松软需铺设道木或路基箱。起重机不得停置在斜坡上工作，也不允许起重机两个履带一高一低。当起重机通过墙基或地梁时，应在墙基两侧铺垫道木或石子，以免起重机直接碾压在墙基或地梁上。

2）应尽量避免超载吊装。但在某些特殊情况下难以避免时，应采取措施，如：在起重机起重臂上拉缆绳或在尾部增加平衡重等。起重机增加平衡重后，卸载或空载时，起重臂必须落到与水平线夹角 60°以内。在操作时应缓慢进行。

3）禁止斜吊。这里讲的斜吊，是指所要起吊的重物不在起重机起重臂顶的正下方，因而当将捆绑重物的吊索挂上吊钩后，吊钩滑车组不与地面垂直，而与水平线成一个夹角。斜吊会造成超负荷及钢丝绳出槽，甚至发生绳索被拉断。斜吊还会使重物在离开地面后发生快速摆动，可能碰伤人或其他物体。

4）应尽量避免满负荷行驶，如需作短距离负荷行驶，只能将构件吊离地面 30cm 左右，且要慢行，并将构件转至起重机的前方，拉好溜绳，控制构件摆动。

5）双机抬吊时，要根据起重机的起重能力进行合理的负荷分配，并在操作时要统一指挥，互相密切配合。在整个抬吊过程中，两台起重机的吊钩滑车组均应基本保持垂直状态。

6）不吊重量不明的重大的构件设备。

7）禁止在六级风的情况下进行吊装作业。

8）绑扎构件的吊索需经过计算，绑扎方法应正确牢靠。所有起重工具应定期检查。

9）指挥人员应使用统一指挥信号，信号要鲜明、准确。起重机驾驶人员应听从指挥。

（2）防止高空坠落措施

1）操作人员在进行高空作业时，必须正确使用安全带。安全带一般应高挂低用，即将安全带绳端的钩环挂于高处，而人在低处操作。

2）在高空使用橇杠时，人要立稳，如附近有脚手架或已安装好构件，应一手扶住，一手操作。橇杠插进深度要适宜，如果橇动距离较大，则应逐步橇动，不宜急于求成。

3）工人如需在高空作业时，应尽可能搭设临时操作台。操作台为工具式，拆装方便，自重轻，宽度为 0.8～1.0m，临时以角钢夹板在柱上部，低于安装位置 1～1.2m，工人在上面进行屋架的校正与焊接工作。

4）如需在悬空的屋架上弦行走时，应在其上设置安全栏杆。

5）在雨期或冬期里施工时，必须采取防滑措施。如：扫除构件上的冰雪；在屋架上捆绑麻袋，在屋面板上铺垫草袋等。

6）登高用的梯子必须牢固，使用时必须用绳子与已固定构件绑牢。梯子与地面的夹角一般以 65°～70°为宜。

7)操作人员在脚手板上通行时,应思想集中,防止踏上挑头板。

8)安装有预留孔洞的楼板或屋面板时,应及时用木板盖严。

9)高空作业操作人员不得穿硬底皮鞋。

(3)防止高空落物伤人措施

1)地面操作人员必须戴安全帽。

2)高空操作人员使用的工具、零配件等,应放在随身佩带的工具袋内,不可随意向下丢掷。

3)在高空用气割或电焊切割时,应采用措施,防止火花落下伤人。

4)地面操作人员,应尽量避免在高空作业面的正下方停留或通过,也不得在起重机的起重臂或正在吊装的构件下停留或通过。

5)构件安装后,必须检查连接质量,只有连接确实安全可靠,才能松钩或拆除临时固定工具。

6)吊装现场周围应设置临时栏杆,禁止非工作人员入内。

(4)防止触电、氧气瓶爆炸措施

1)起重机从电线下行驶时,起重机吊杆最高点与电线之间保持的垂直距离应符合有关规定。起重机在电线近旁行驶时,起重机与电线之间应保持的水平距离亦应符合有关规定。

2)电焊机的电源线长度不宜超过5m,并须架高。电焊机手把线的正常电压,在用交流电工作时为60~80V,要求手把线质量良好,如有破皮情况,必须及时用胶布严密包扎。电焊机的外壳应该接地。

3)使用塔式起重机或长起重机(指15m以上)等其他类型起重机时,应有避雷防触电设施。

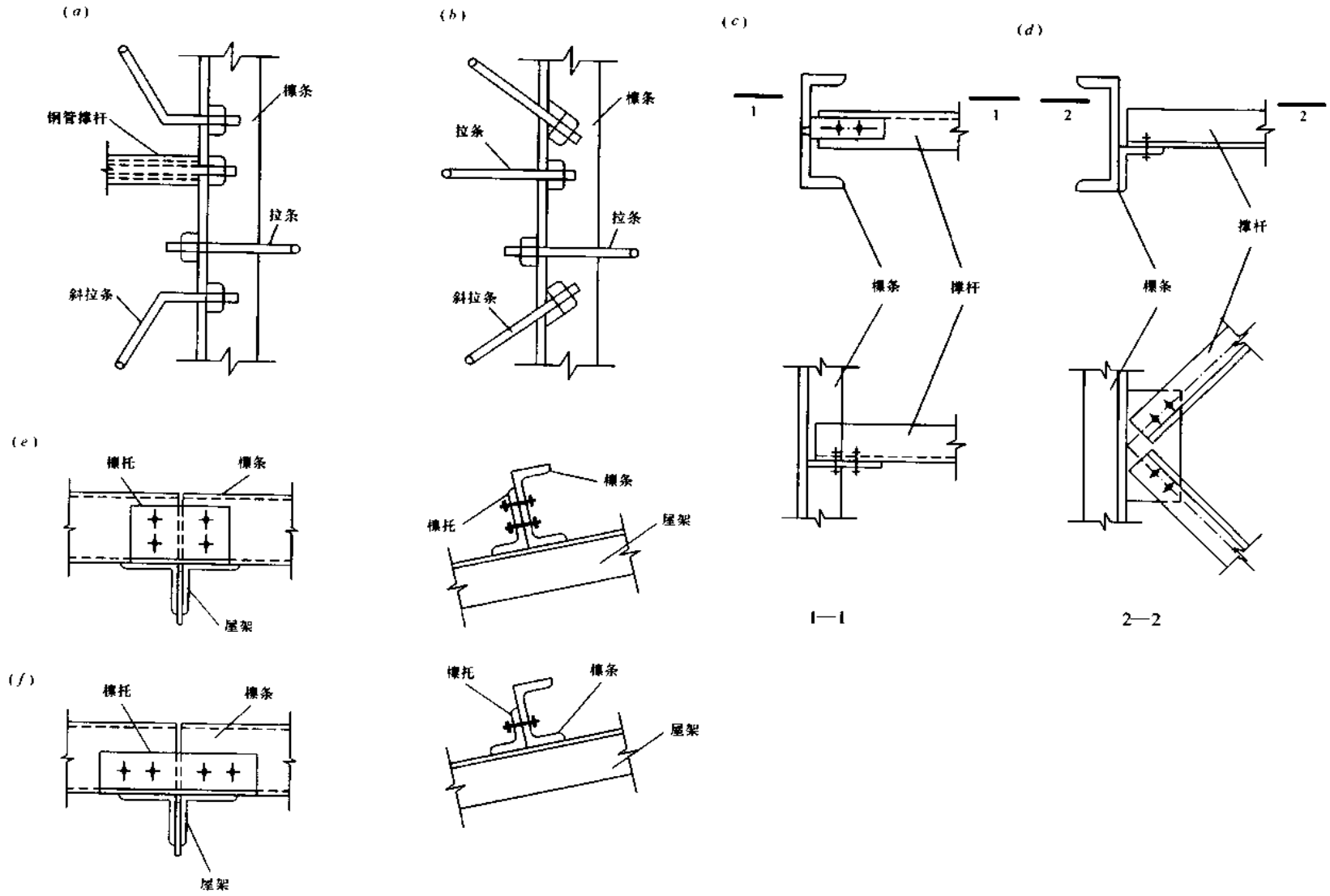
4)搬运氧气瓶时,必须采取防震措施,绝不可向地上猛摔。

5)氧气瓶不应放在阳光下暴晒,更不可接近火源。冬期如果瓶的阀门发生冻结时,应用干净的抹布将阀门烫热,不可用火熏烤。还要防止机械油落到氧气瓶上。

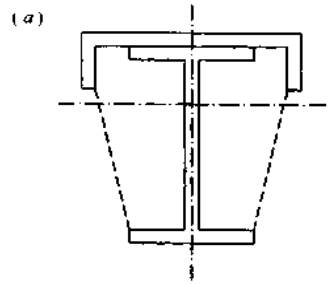
6)乙炔发生器放置地点距火电源应在10m以上。如高空有电焊作业时,乙炔发生器不应放在下风向。

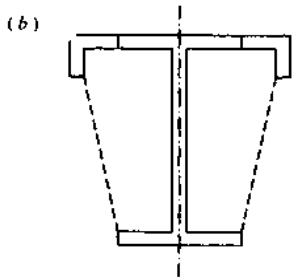
7)电石桶应存放在干燥的房间,并在桶下加垫,以防桶底锈蚀腐烂,使水分进入电石桶而产生乙炔。打开电石桶时,应使用不会发生火花的工具(如铜凿)。

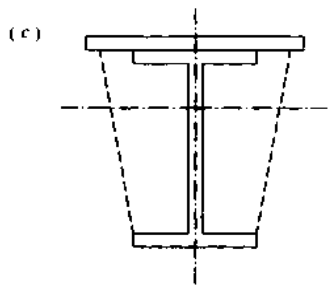
图名	普通厂房钢结构的施工要点	图页	6—6

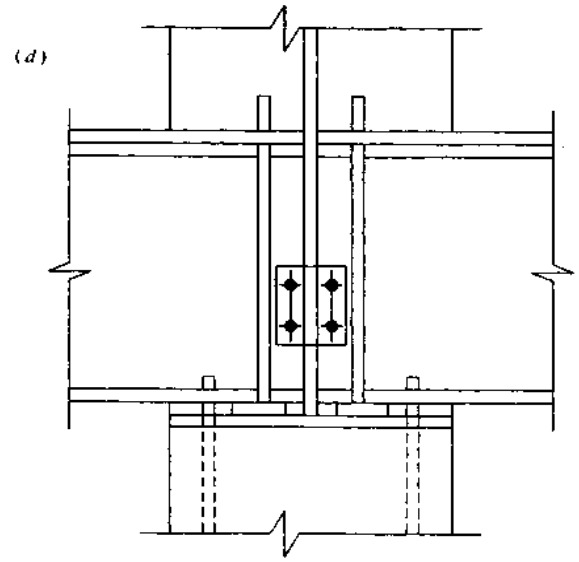


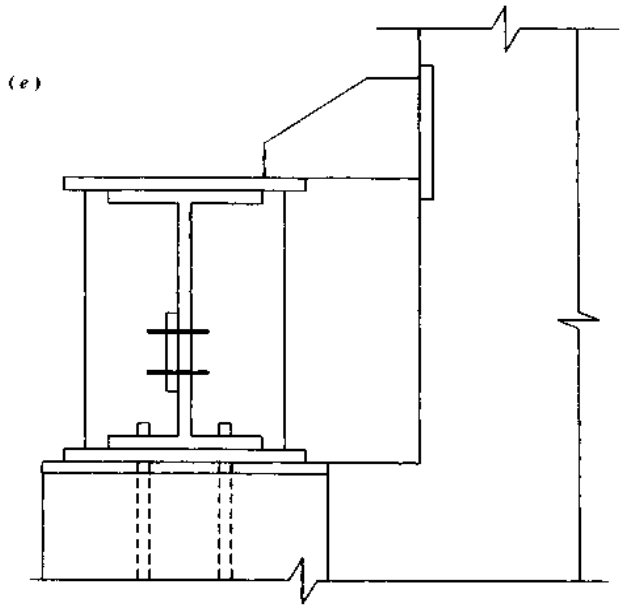
图名	檩条与拉条、撑杆、屋架的连接	图页	6—7





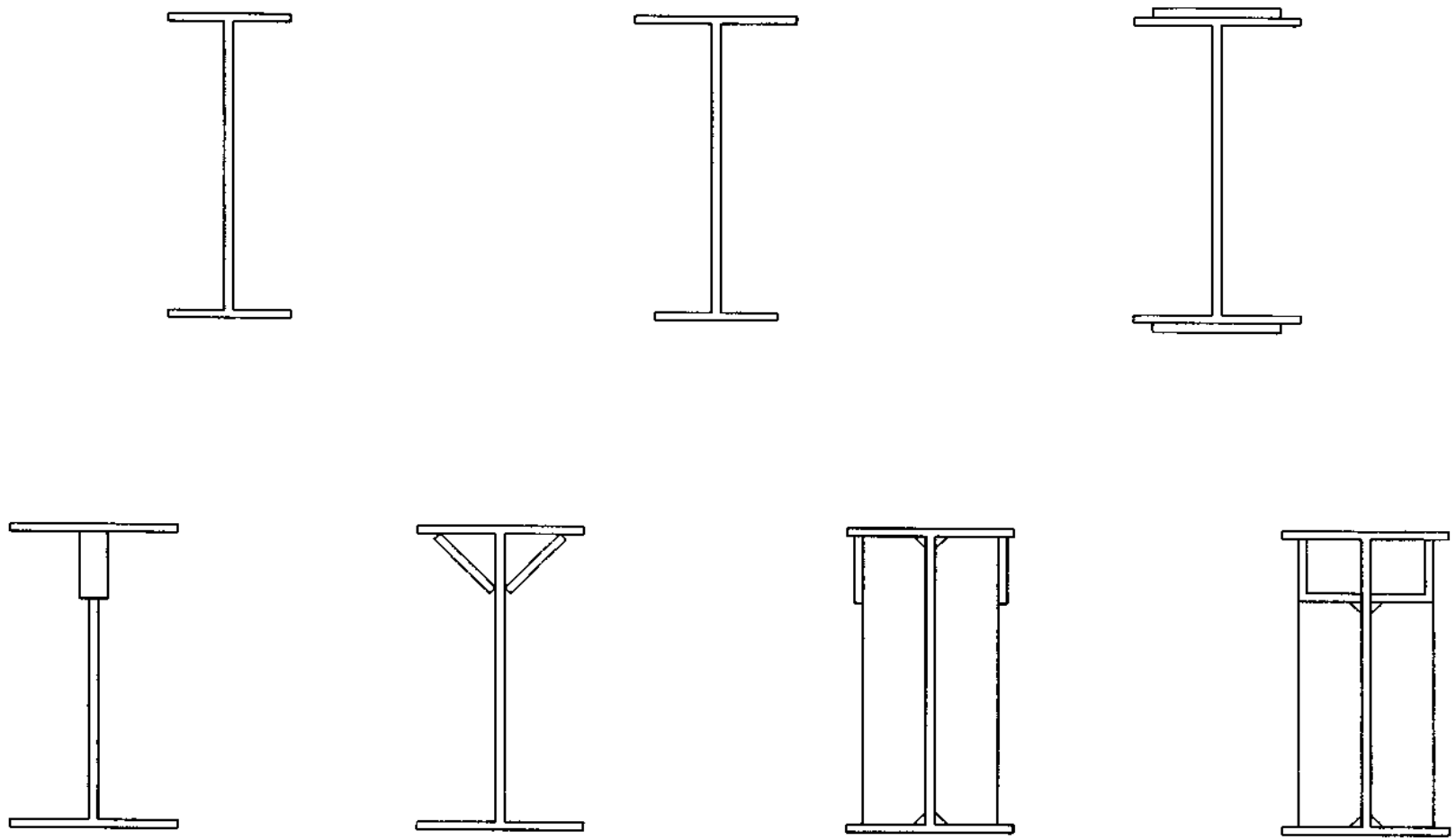




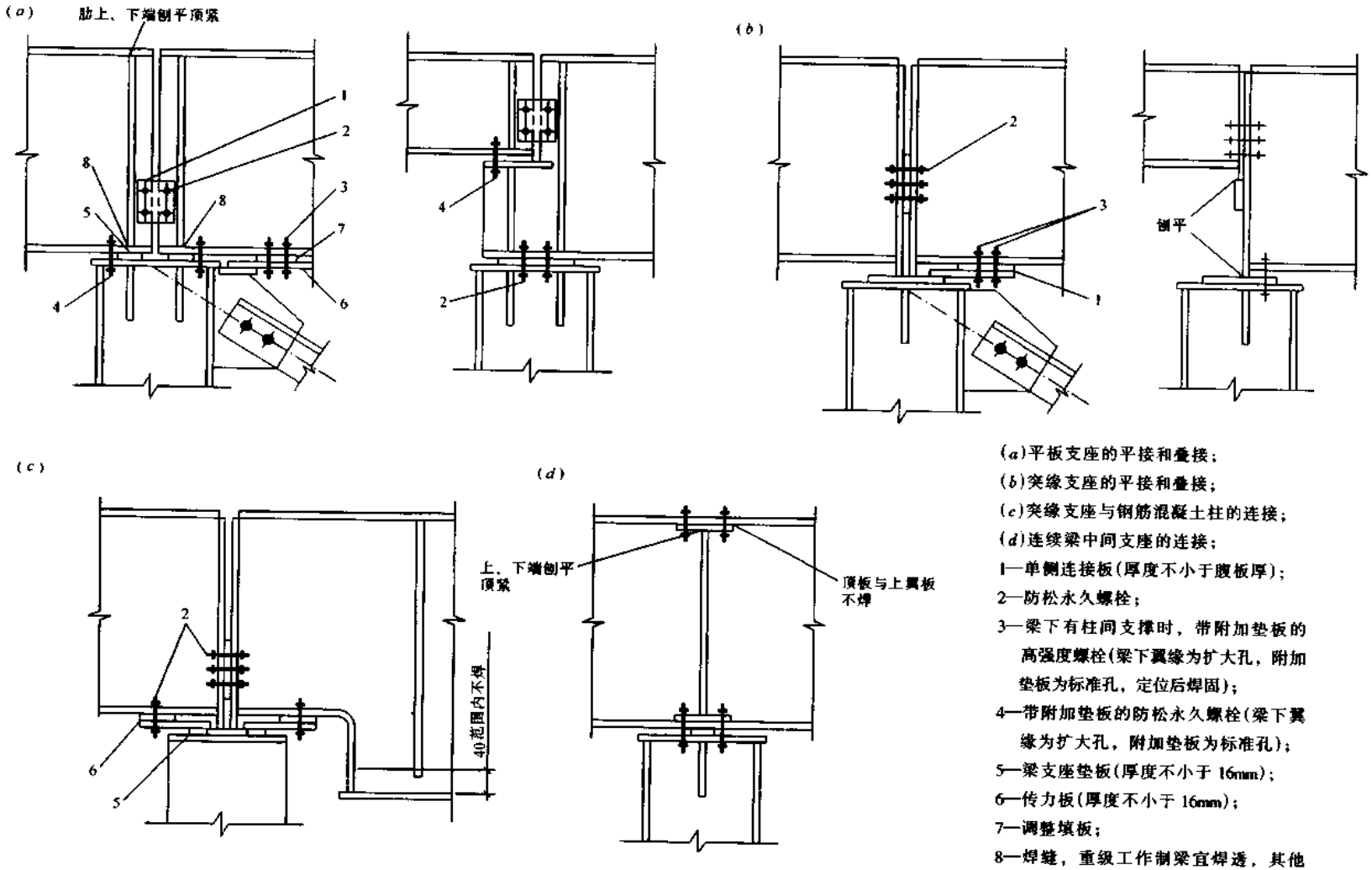


(a)槽钢加强；(b)角钢加强；
(c)盖板加强；
(d)、(e)型钢吊车梁与柱的连接节点

图名	型钢吊车梁	图页	6—8

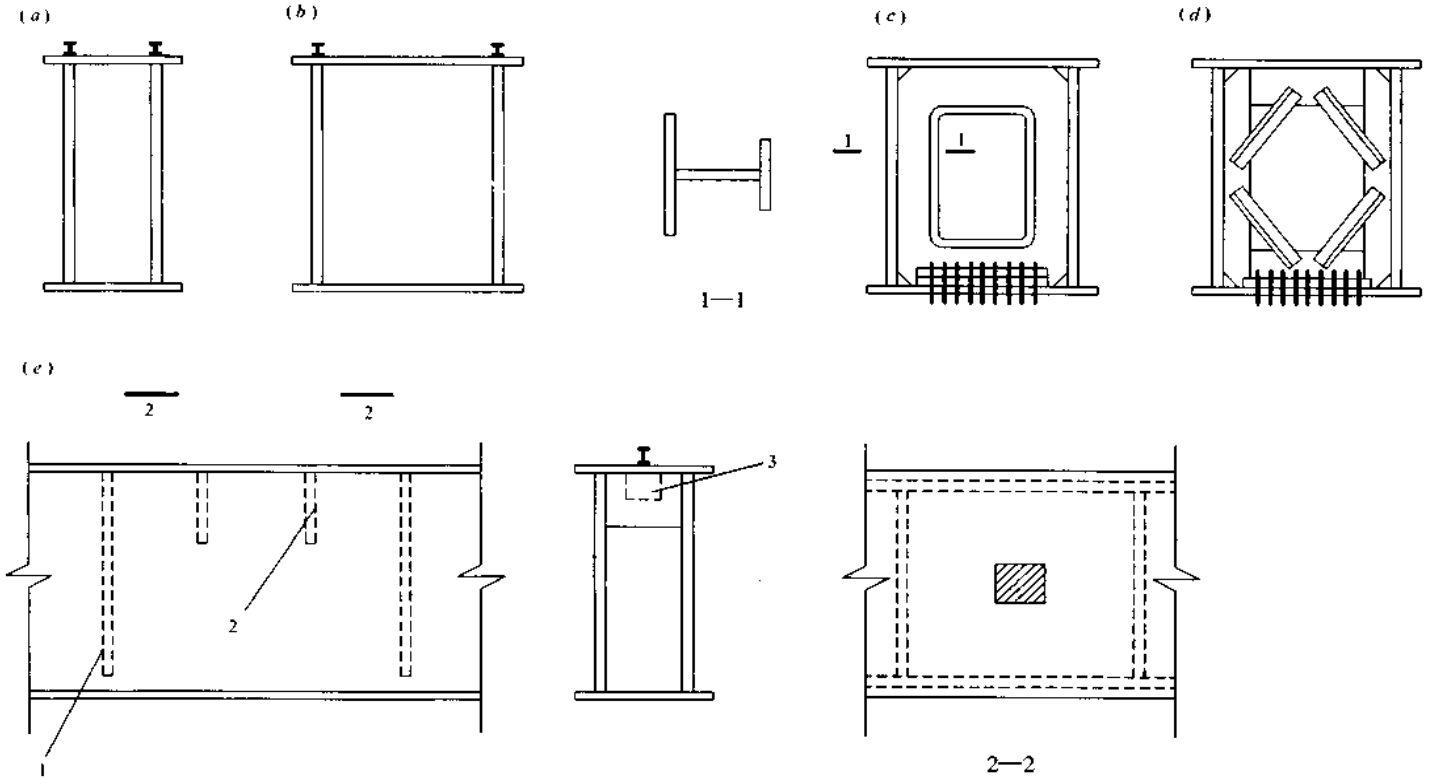


图名	焊接工字形吊车梁截面	图页	6—9



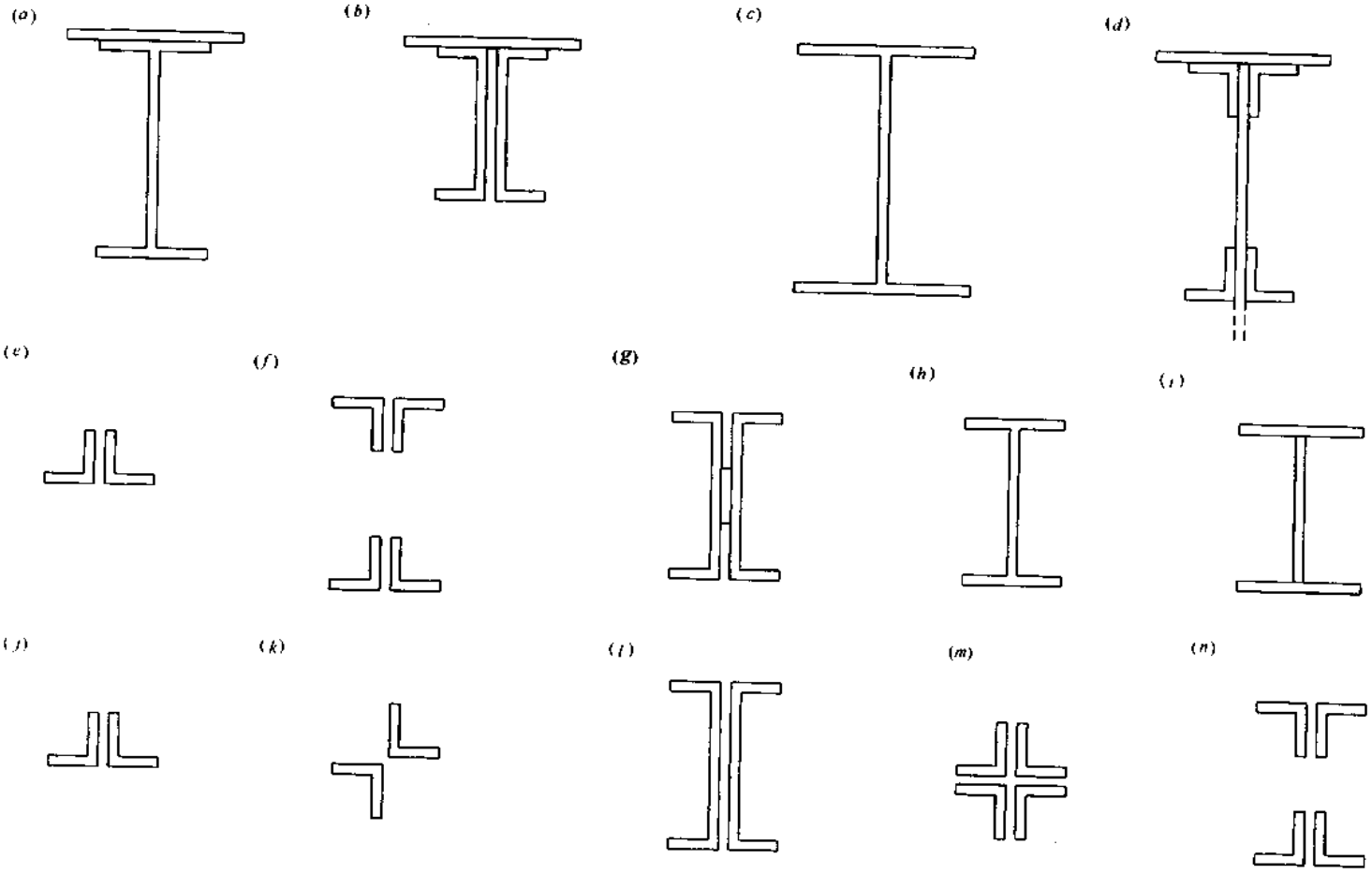
(a)平板支座的平接和叠接；
(b)突缘支座的平接和叠接；
(c)突缘支座与钢筋混凝土柱的连接；
(d)连续梁中间支座的连接；
1—单侧连接板(厚度不小于腹板厚)；
2—防松永久螺栓；
3—梁下有柱间支撑时，带附加垫板的高强度螺栓(梁下翼缘为扩大孔，附加垫板为标准孔，定位后焊固)；
4—带附加垫板的防松永久螺栓(梁下翼缘为扩大孔，附加垫板为标准孔)；
5—梁支座垫板(厚度不小于16mm)；
6—传力板(厚度不小于16mm)；
7—调整填板；
8—焊缝，重级工作制梁宜焊透，其他情况时焊缝厚度不小于10mm

图名	焊接工字形吊车梁的连接构造	图页	6—10



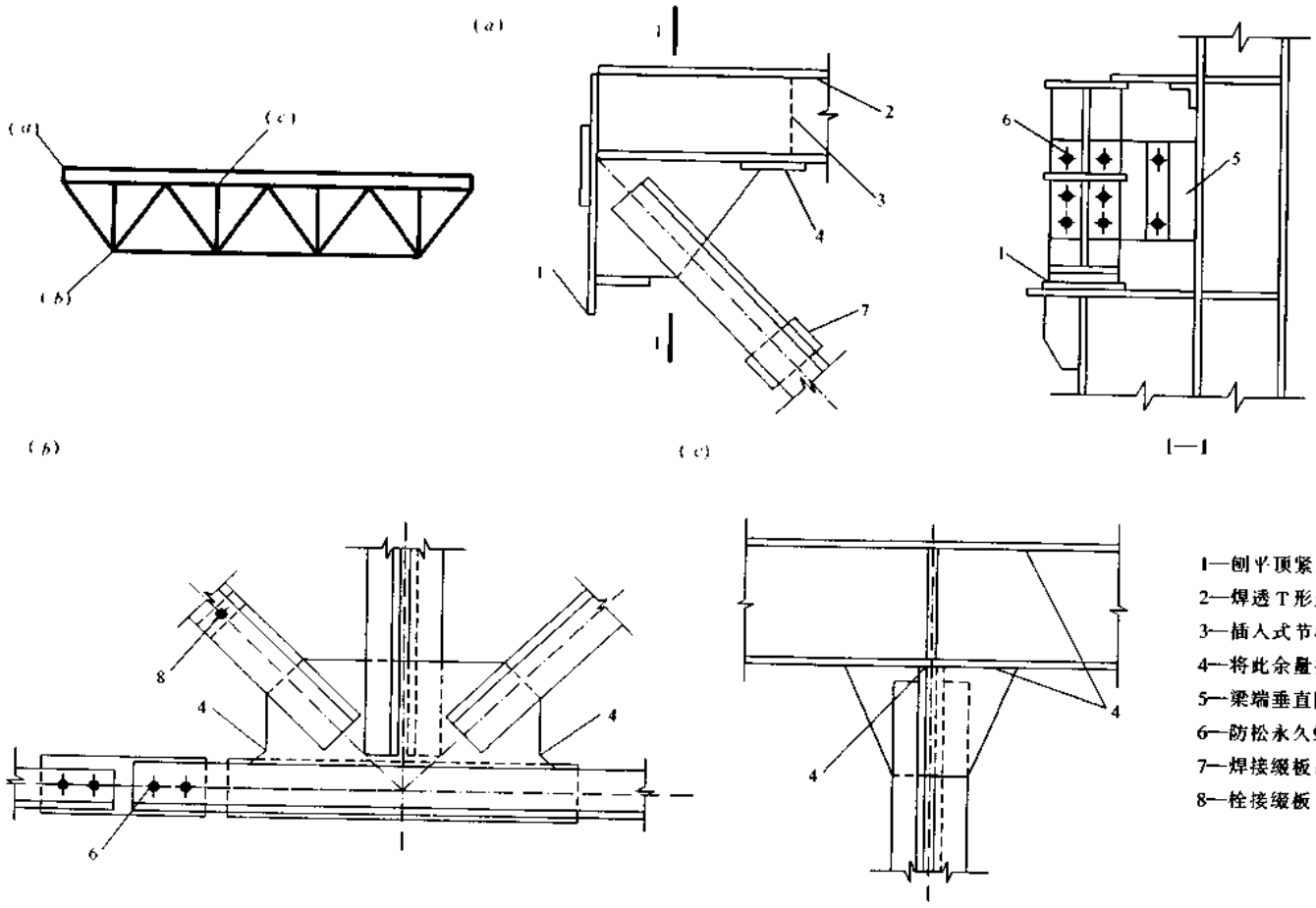
(a)窄箱形梁；(b)宽箱形梁；
(c)、(d)刚性横隔；(e)窄箱形梁上盖板构造
1—横隔板加劲肋；2—短加劲肋；3—补强铁板

图名	箱形吊车梁	图页	6—11

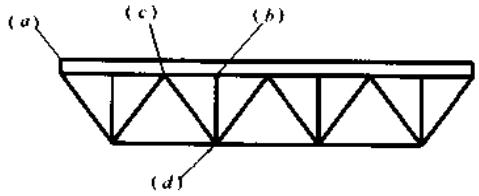


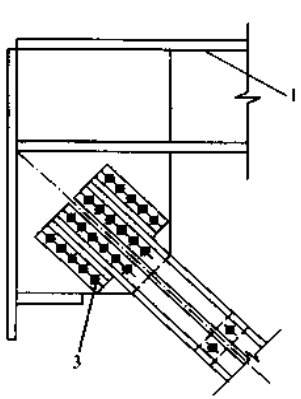
(a)、(b)、(c)、(d)上弦杆的截面形式；
(e)、(f)、(g)、(h)、(i)下弦杆的截面形式；
(j)、(k)、(l)、(m)、(n)腹杆的截面形式

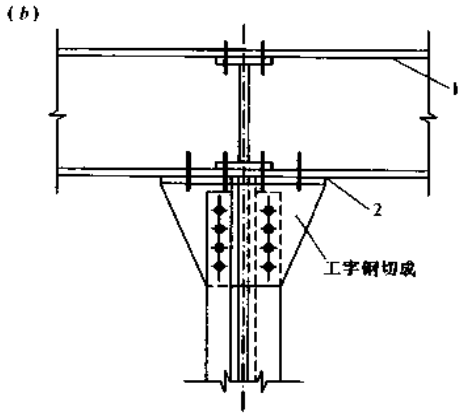
图名	吊车桁架截面形式	图页	6—12

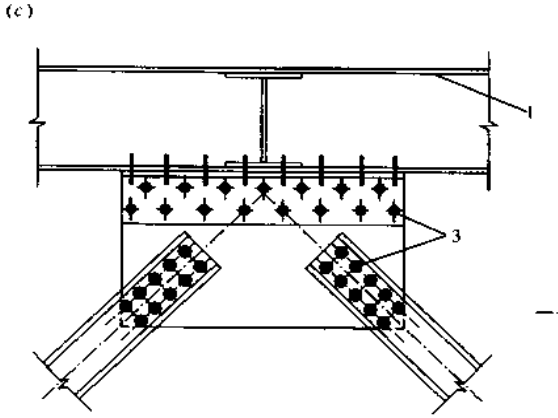


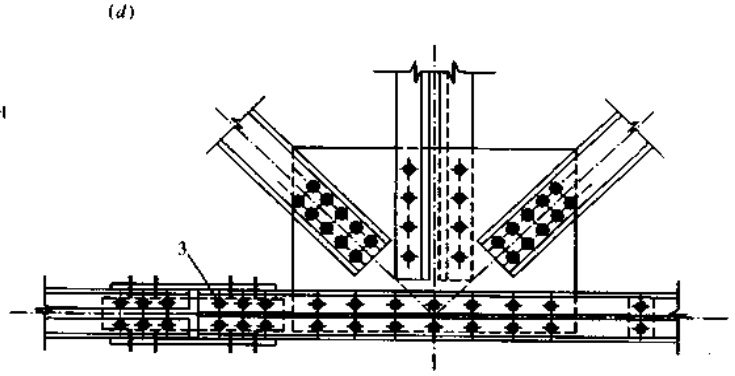
图名	焊接吊车桁架的节点构造	图页	6—13





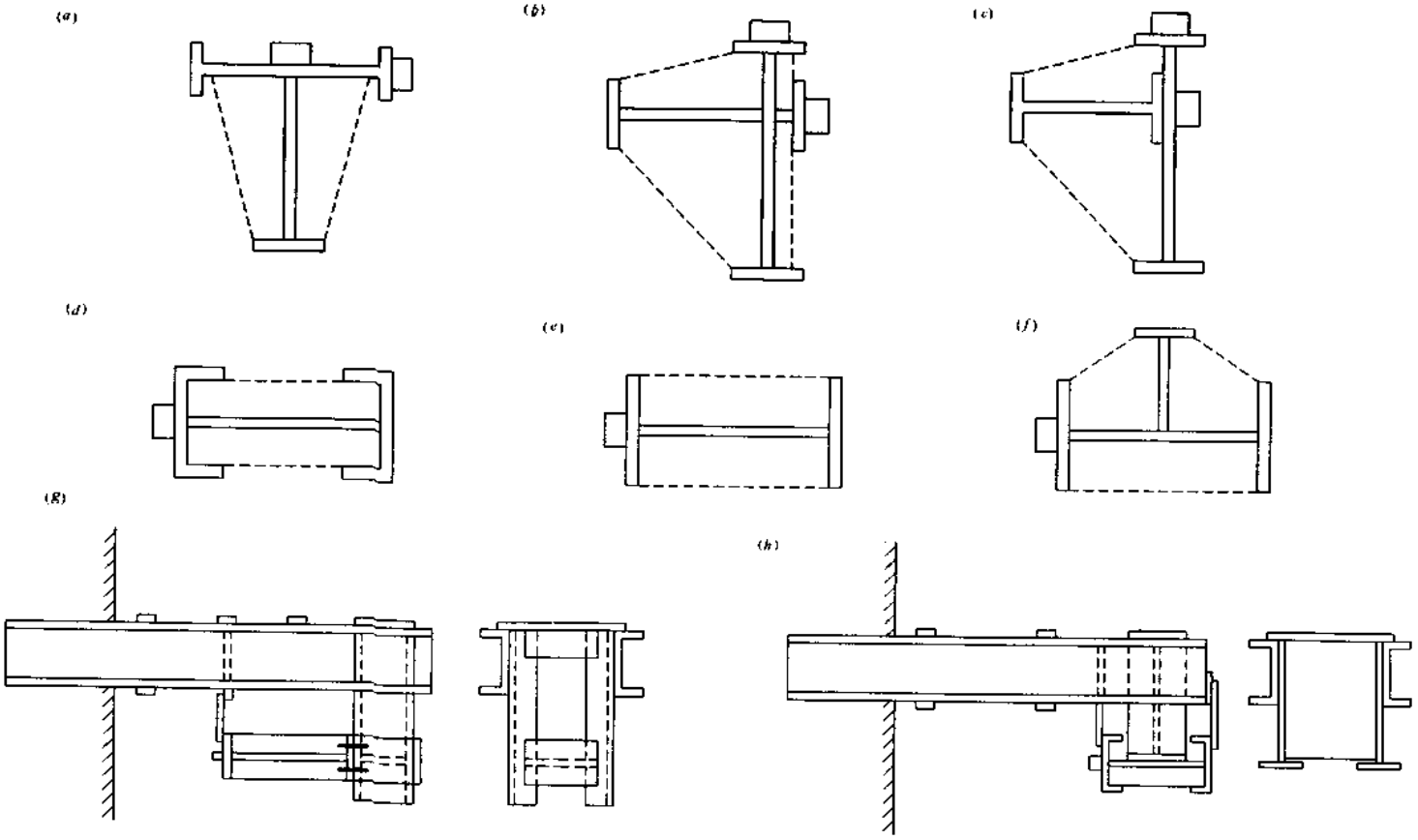






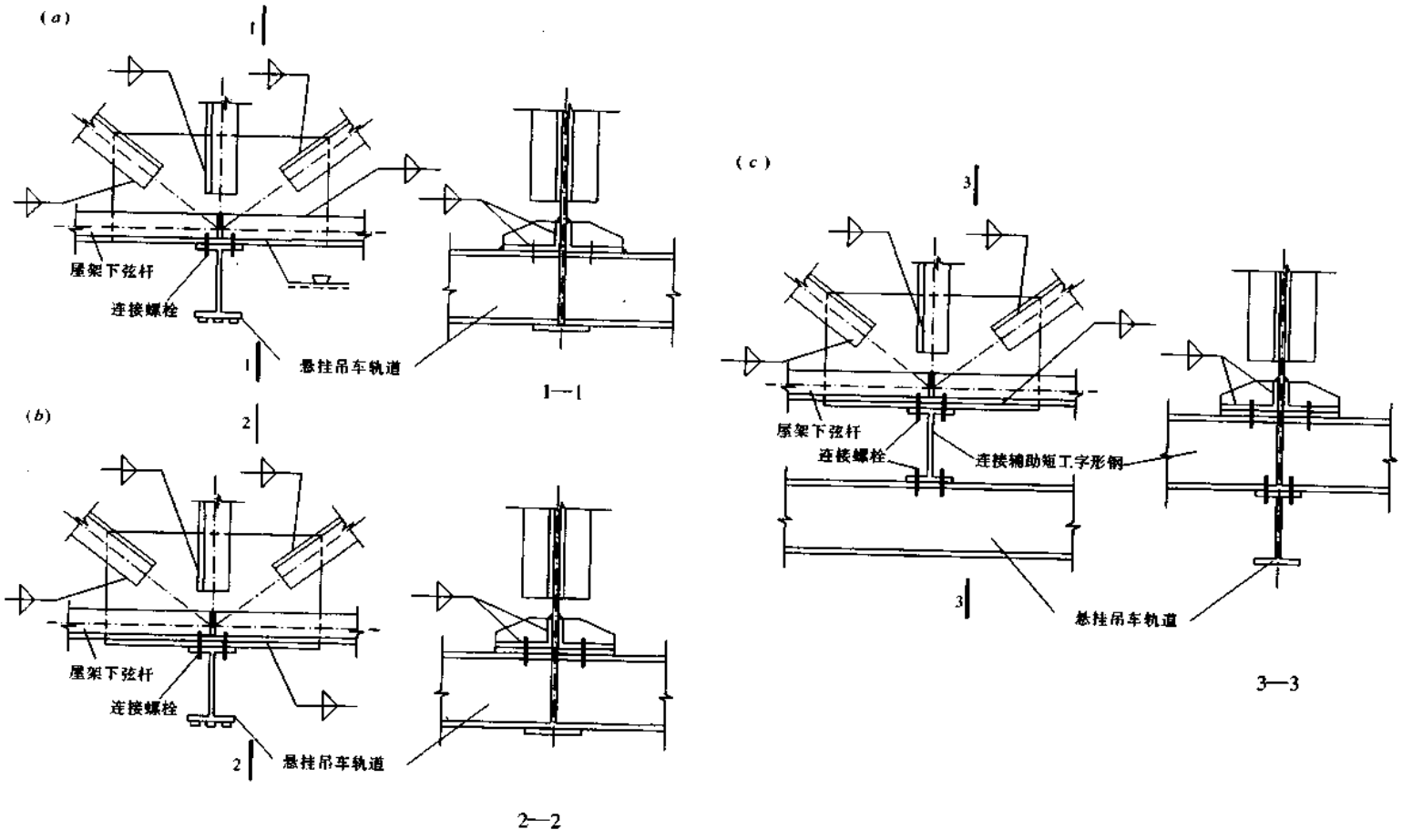
1—焊透T形连接；
2—刨平顶紧；
3—高强度螺栓

图名	高强度螺栓连接吊车桁架的节点构造	图页	6—14

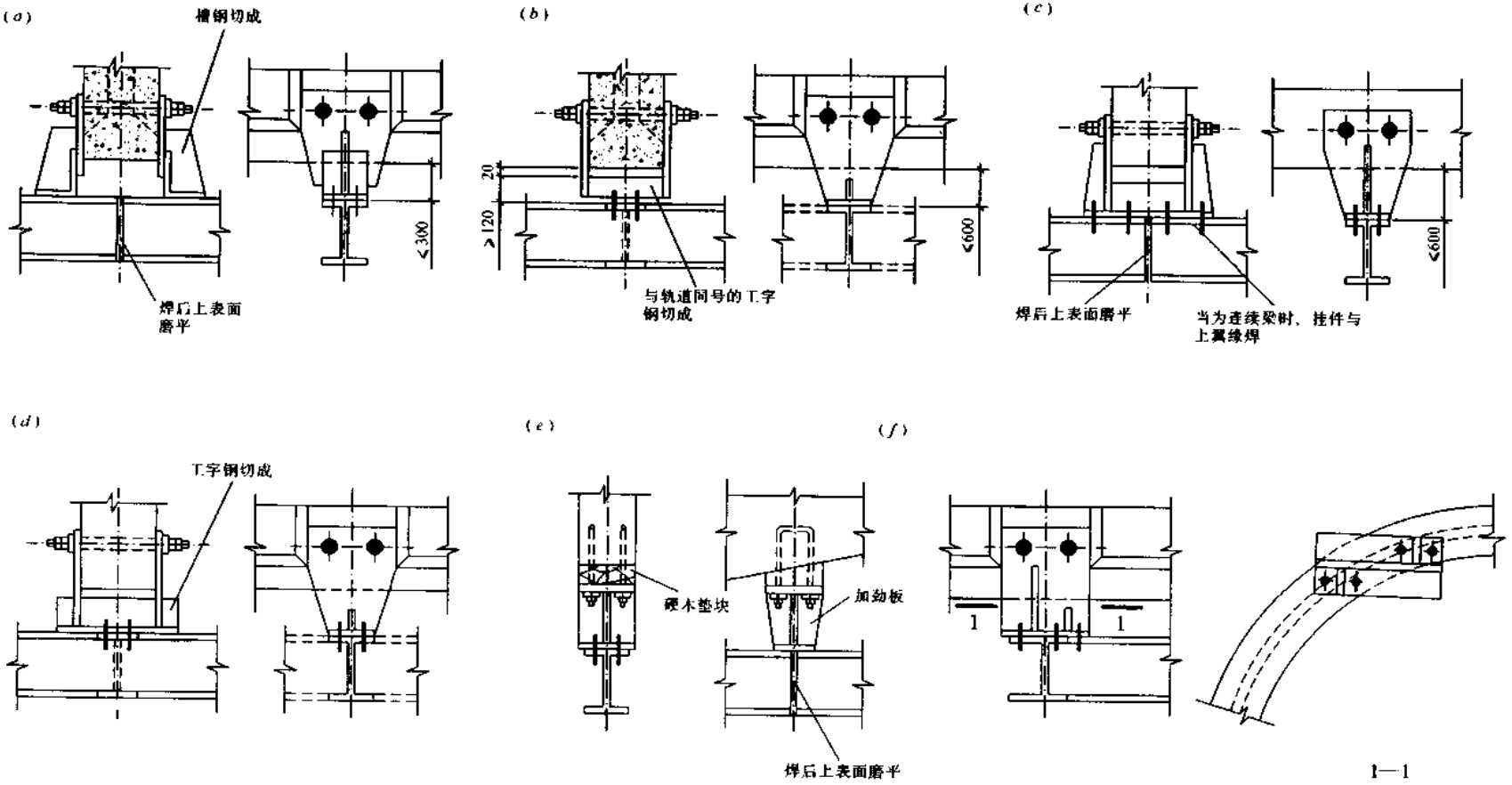


(*a*)、(*b*)、(*c*)、(*d*)、(*e*)、(*f*)壁行吊车梁的截面形式；
(*g*)、(*h*)槽钢刚臂

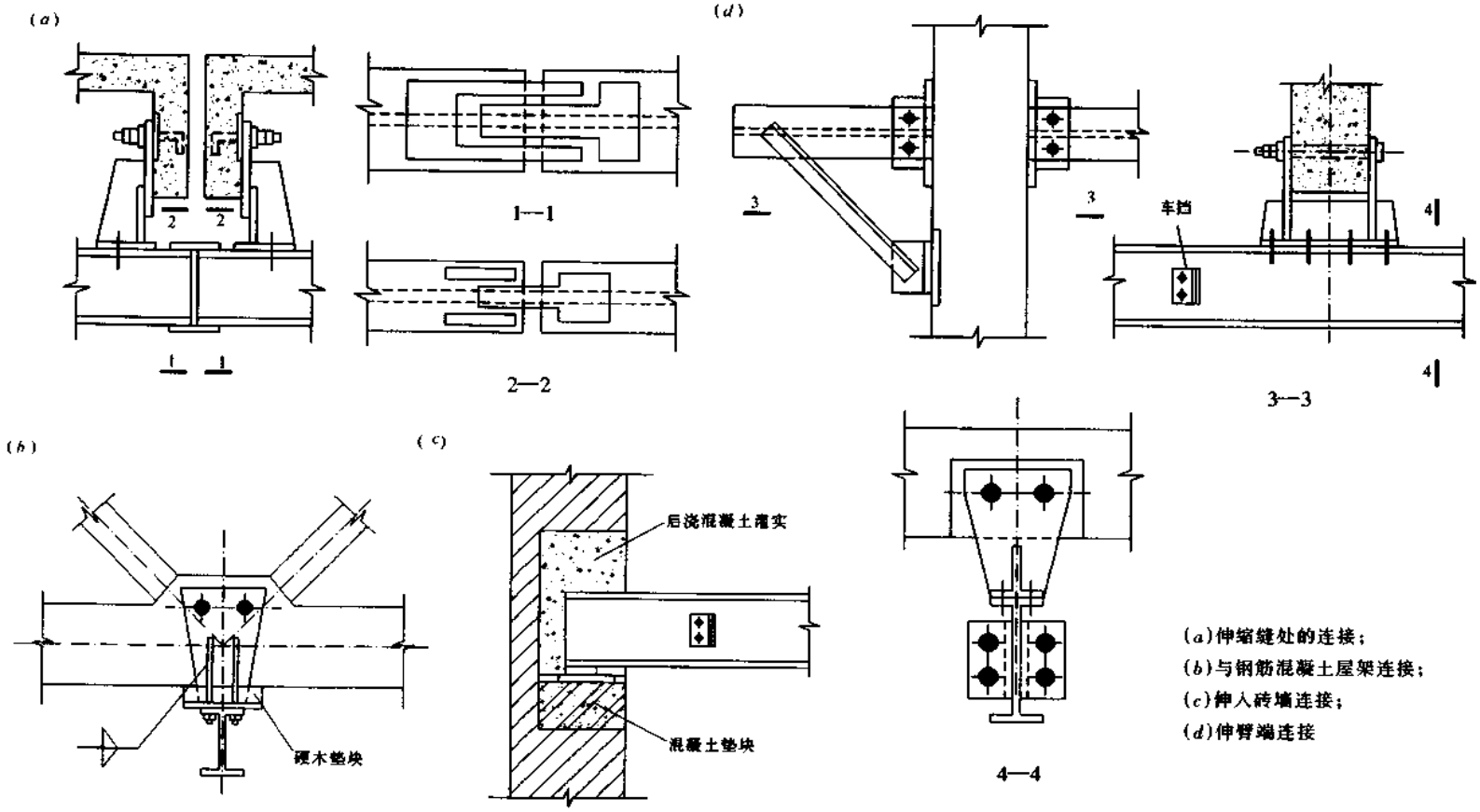
图名	壁行吊车梁	图页	6—15



图名	悬挂吊车轨道梁在屋架节点的连接	图页	6—16

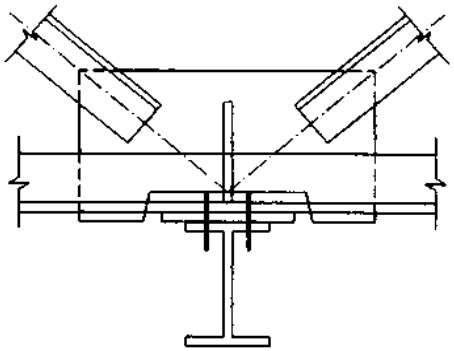


图名	悬挂吊车梁与钢筋混凝土的连接	图页	6—17

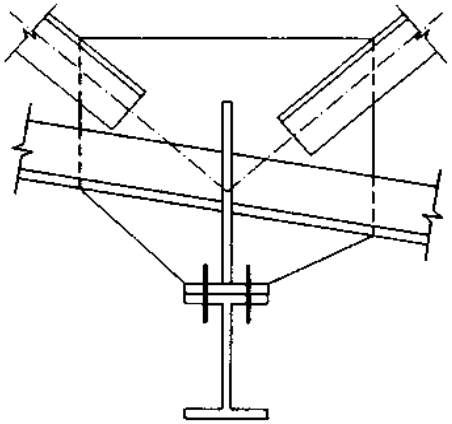


图名	单轨吊车梁的连接节点	图页	6—18

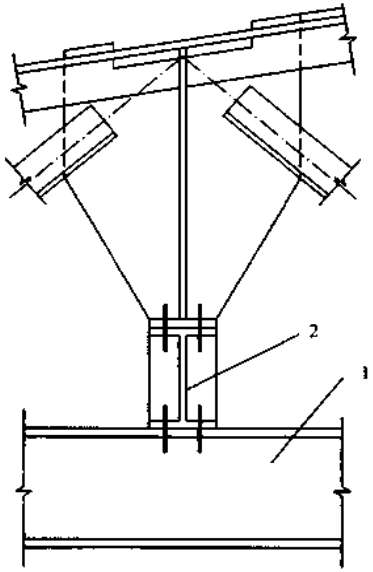
(a)



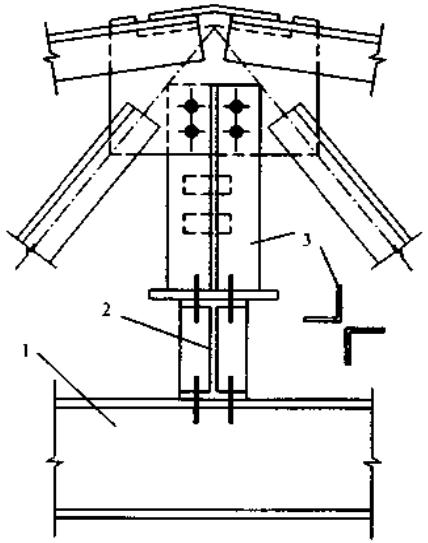
(b)



(c)

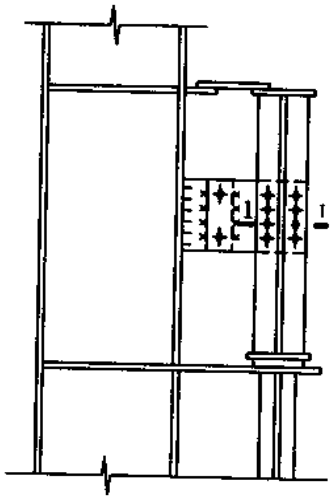


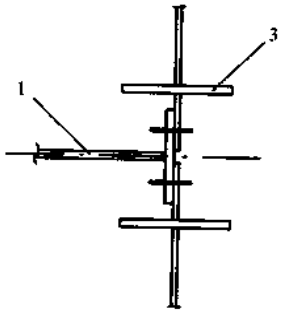
(d)



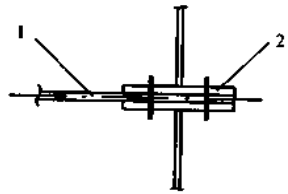
(a)、(b)轨道梁与屋架垂直；
(c)、(d)轨道梁与屋架平行
1—轨道梁；2—支承梁；3—吊杆，
其十字形双角钢搭接一个厚度

图名	单轨吊车梁与钢屋架的连接	图页	6—19





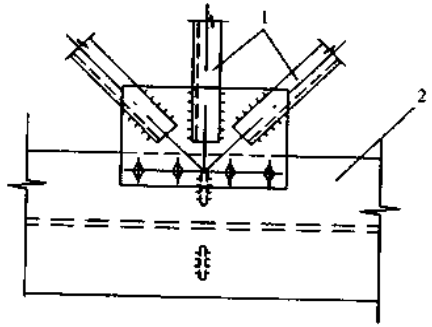
1—1
(端板支座)



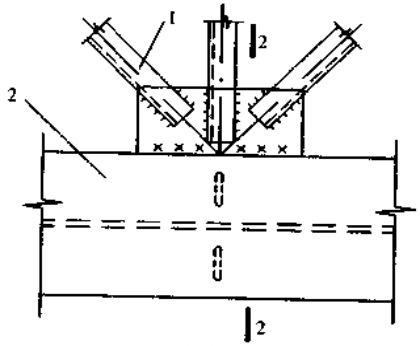
1—1
(平板支座)

1—垂直隔板；2—丁字形端加劲；3—十字形端加劲

梁端垂直隔板

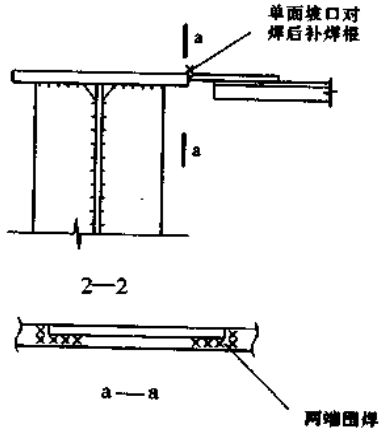


(a)



(b)

(a)高强度螺栓；(b)焊接连接
1—制动桁架腹杆；2—吊车梁上翼缘



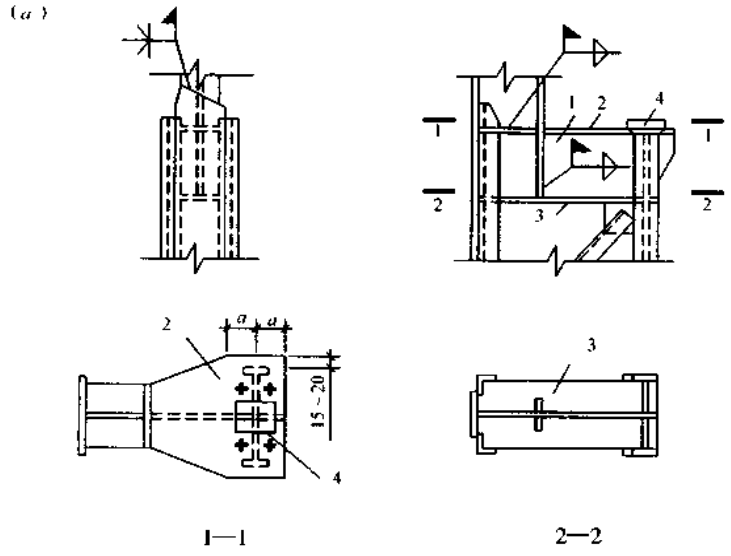
2—2

a—a

制动桁架与吊车梁上翼缘的连接

图名	梁端垂直隔板	图页	6—20

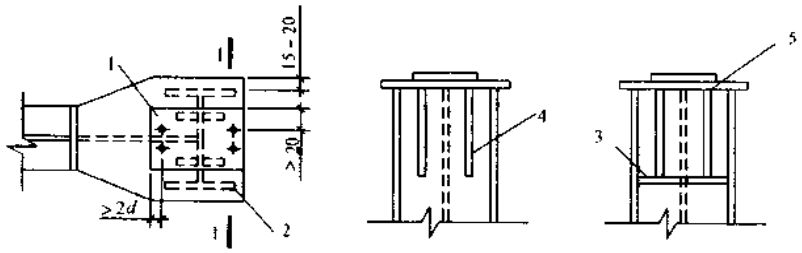
(a)



1—1　　2—2

1—腹板；2—上盖板；3—下盖板；4—垫板

(b)

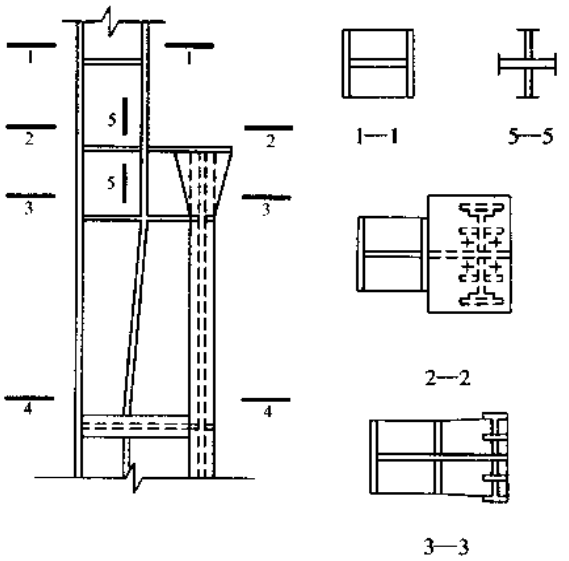


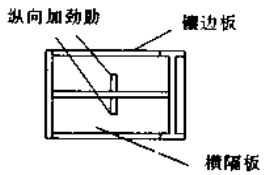
1—1(a)　　1—1(b)

1—垫板；2—吊车肢；3—横向加劲肋；4—加劲肋；5—加劲肋端部刨平顶紧处

(a)吊车梁采用突缘支座；(b)吊车梁采用普通支座；(c)吊车梁采用普通支座(上下段柱皆为实腹式的阶形柱)

(c)





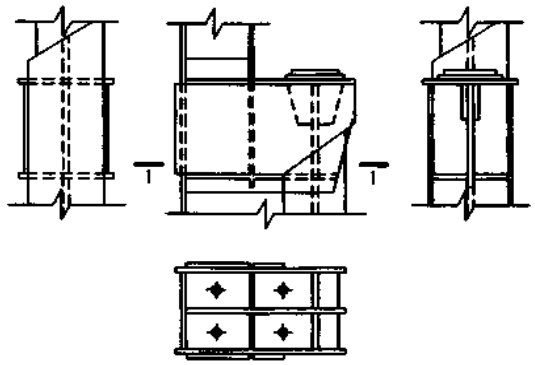
4—4

注：1—1(a)适用于一般吊车；

1—1(b)适用于特重级吊车

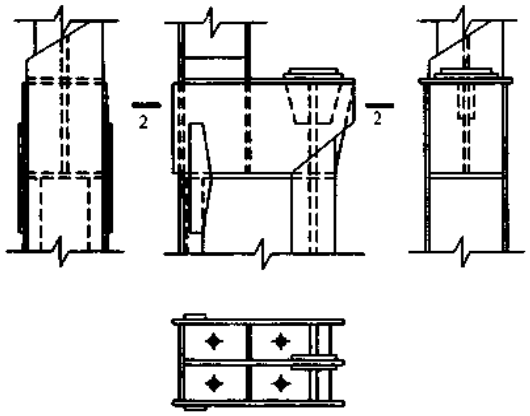
图名	单腹壁肩梁	图页	6—21

(a)



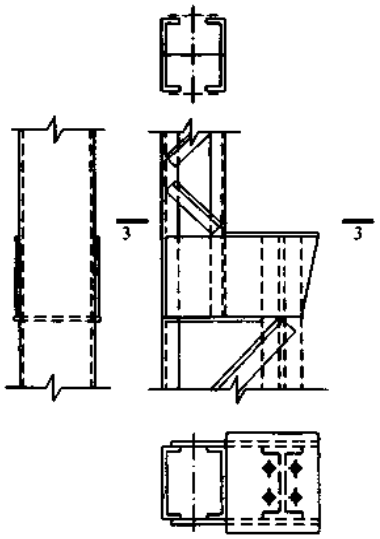
1—1

(b)



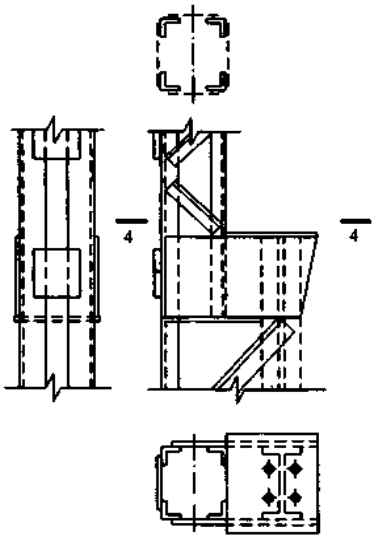
2—2

(c)



3—3

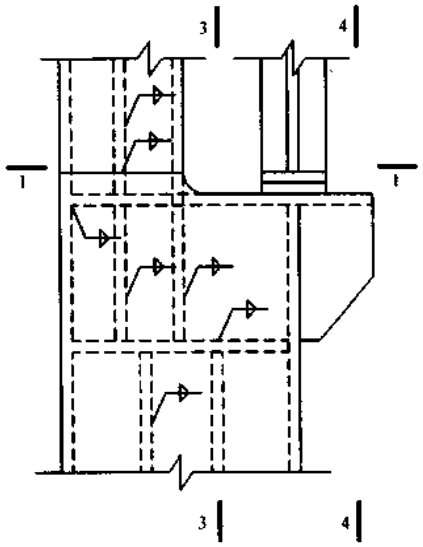
(d)

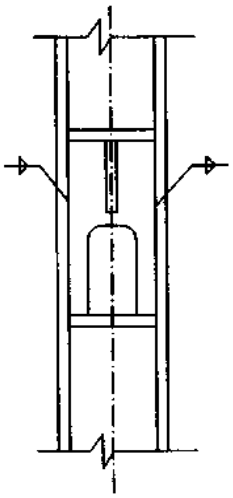


4—4

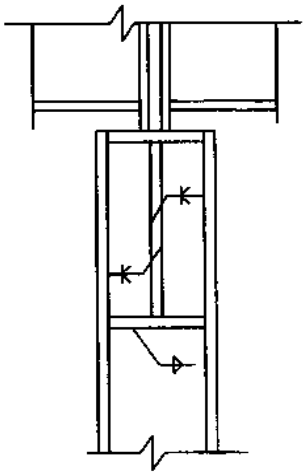
(a)全实腹式阶形柱双腹壁肩梁；
(b)上段柱为实腹式、下段柱为格构式的阶形柱双腹壁肩梁；
(c)、(d)全格构式柱双腹壁肩梁

图名	双腹壁肩梁	图页	6—22

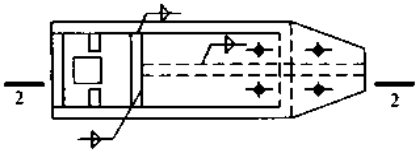




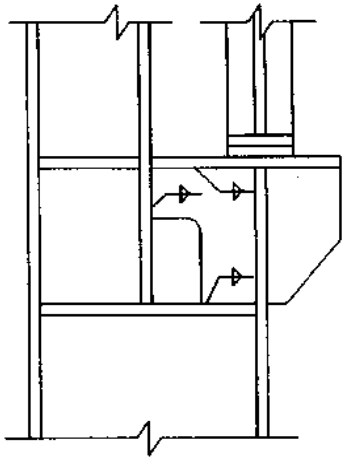
3—3



4—4



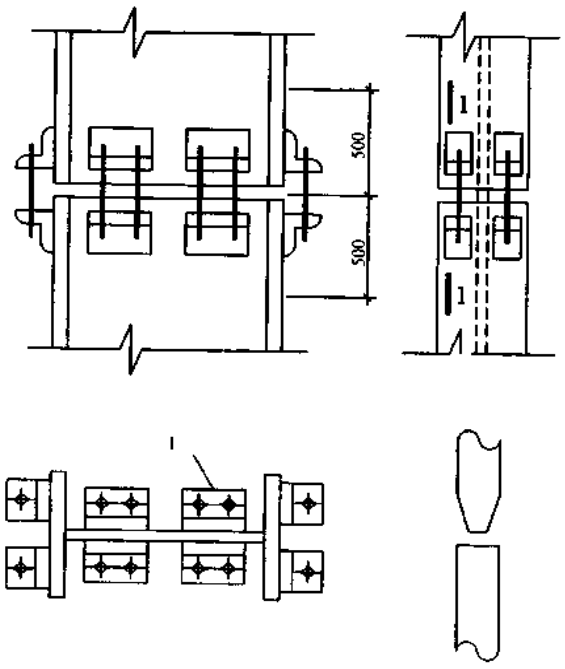
1—1



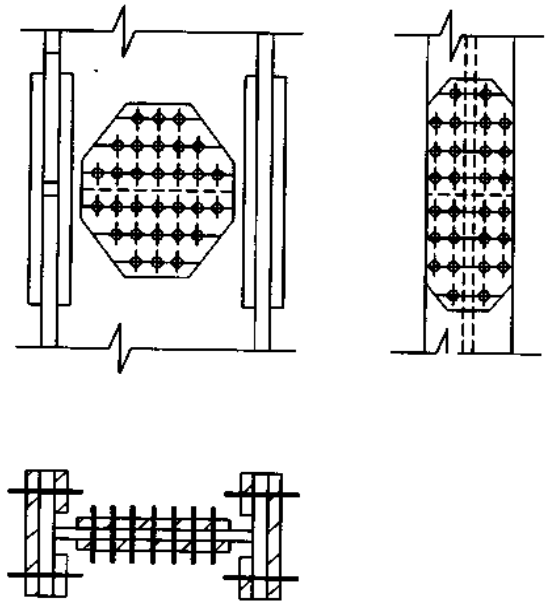
2—2

图名	箱形柱的肩梁	图页	6—23

(a)

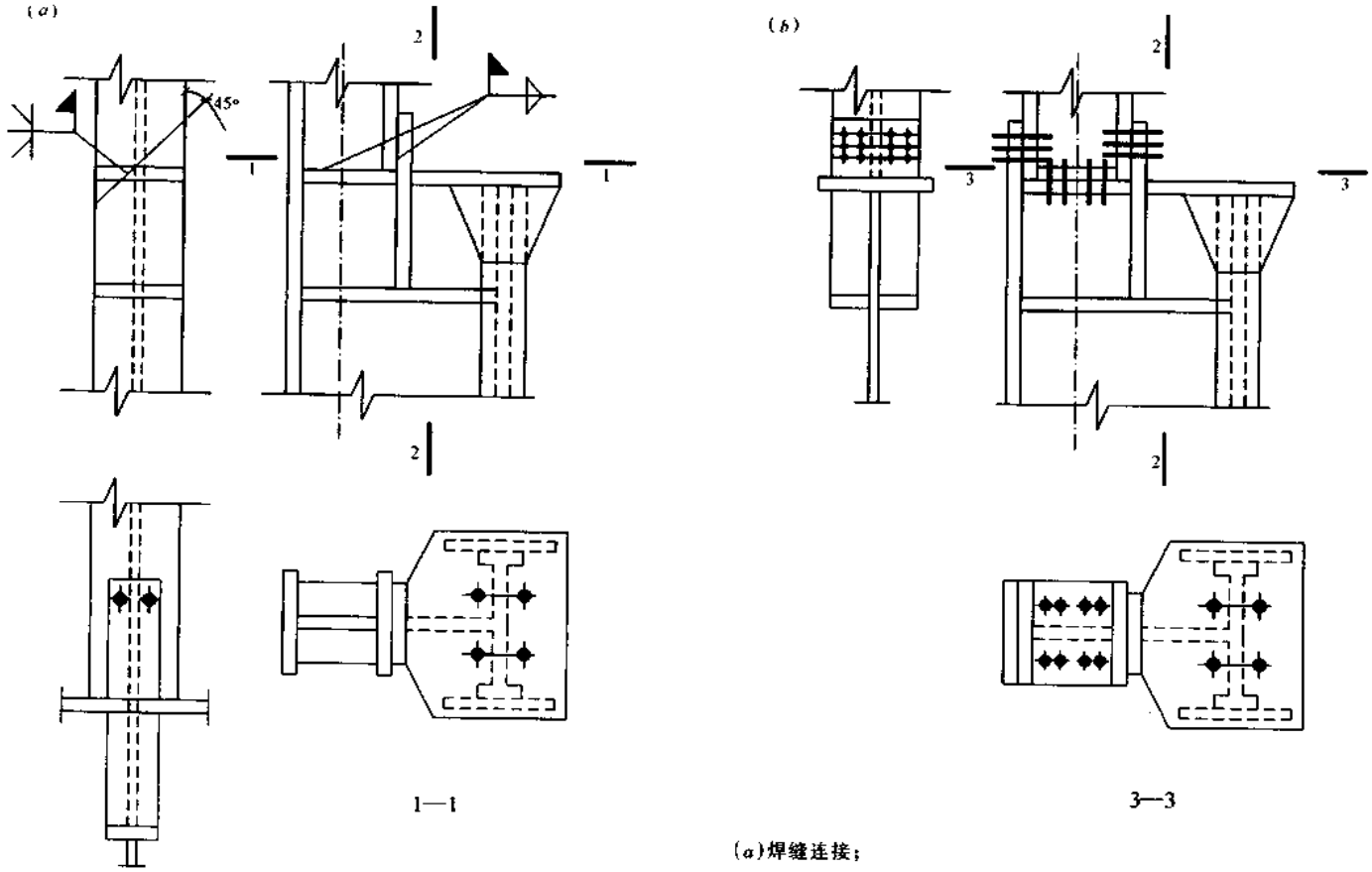


(b)



(a)对接焊缝连接；
(b)高强螺栓连接
1—安装接头角钢

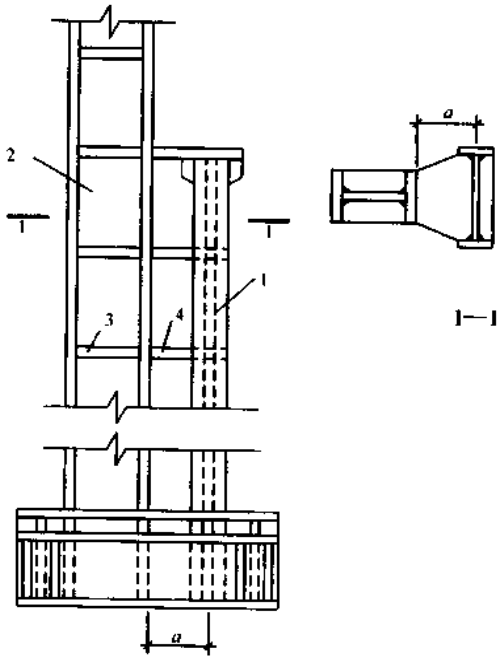
图名	等截面柱的工地拼接	图页	6—24



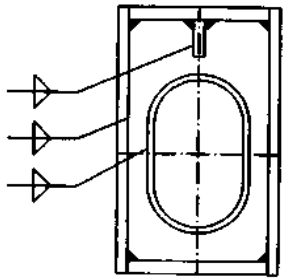
(a)焊缝连接；
(b)高强度螺栓连接

图名	阶形柱的工地拼接	图页	6-25

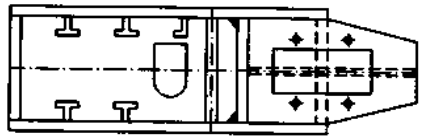
(a)



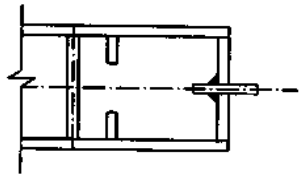
(b)



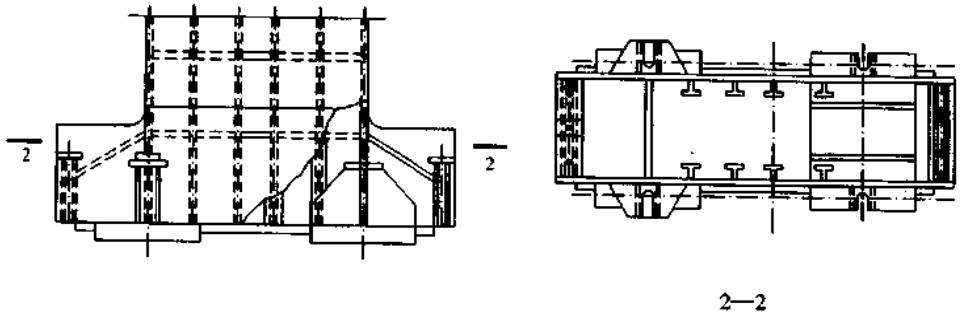
(c)



(d)



(e)



1—吊车肢；2—屋盖肢；3—横向加劲肢；4—水平缀板；

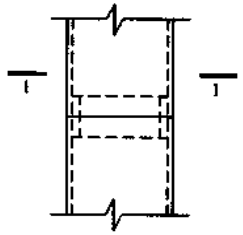
(a)分离式柱的构造；

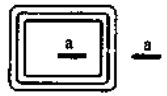
(b)、(c)、(d)箱形柱的剖面；

(e)箱形柱的柱脚

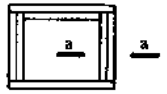
图名	分离式柱和箱形柱	图页	6—26

(a)

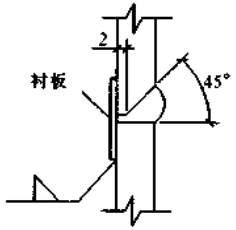




1—1 方形管柱

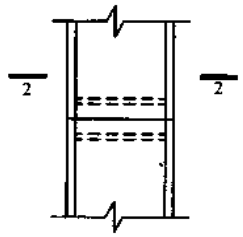


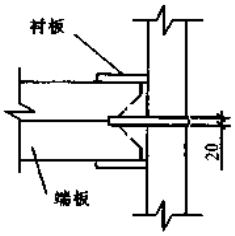
1—1 焊接箱形柱



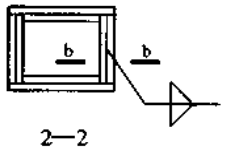
a－a

(b)



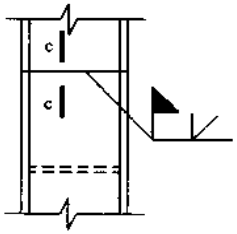


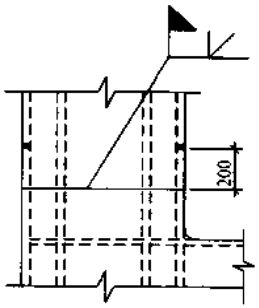
b－b

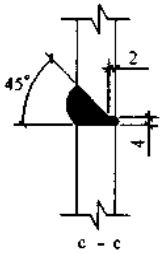


2—2

(c)



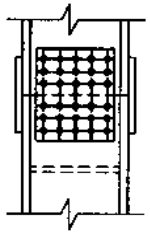


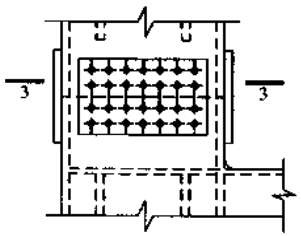


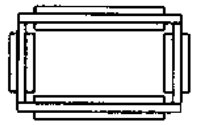
c－c

(a)、(b)小尺寸箱形柱的安装拼接；
(c)大尺寸柱采用对接焊接；
(d)大尺寸柱采用高强螺栓拼接

(d)



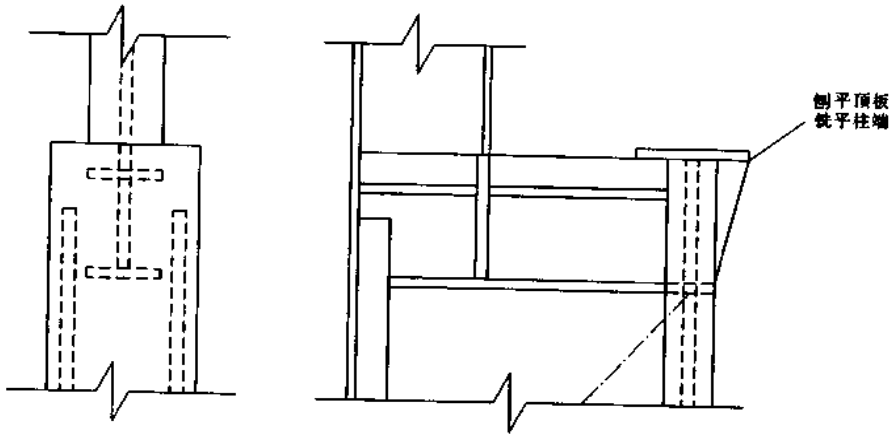




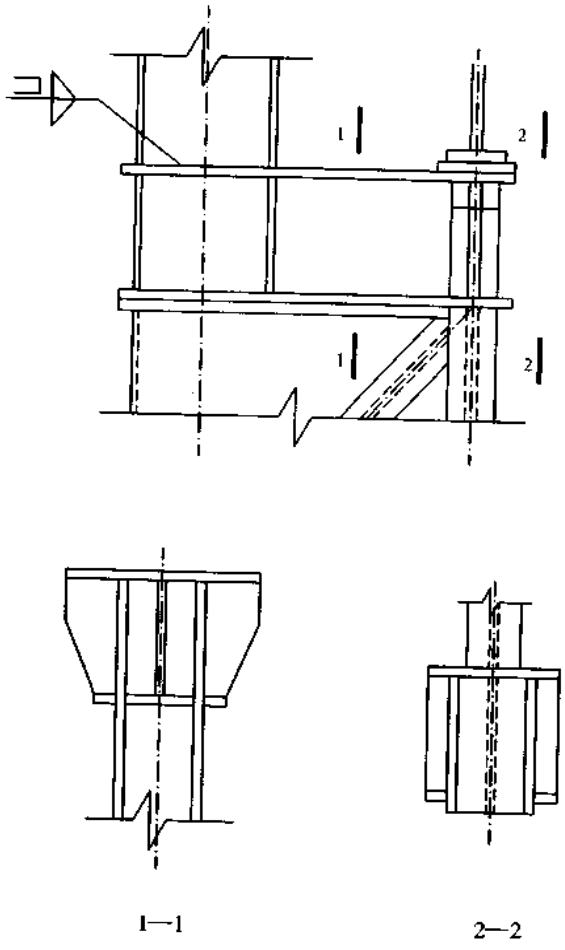
3－3

图名	箱形柱的安装拼接	图页	6—27

(a)



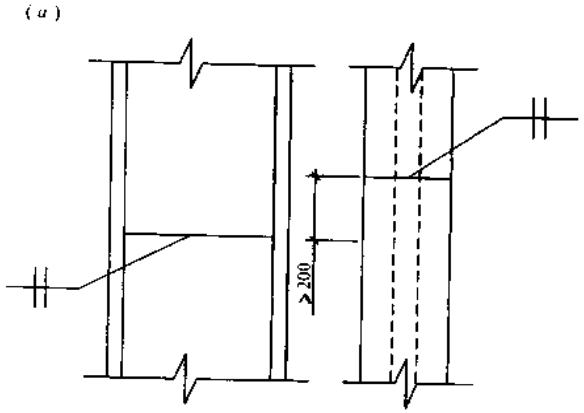
(b)

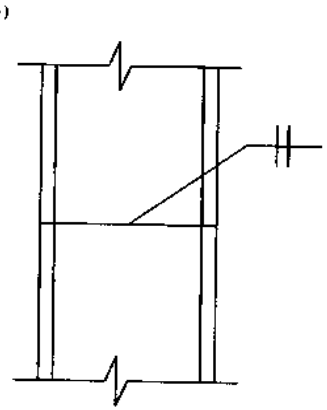


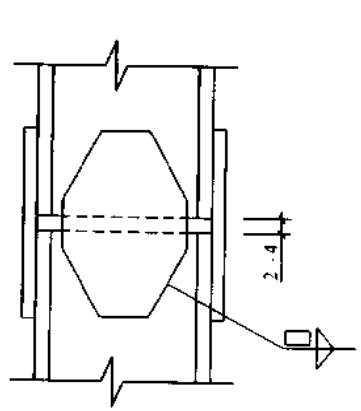
1—1

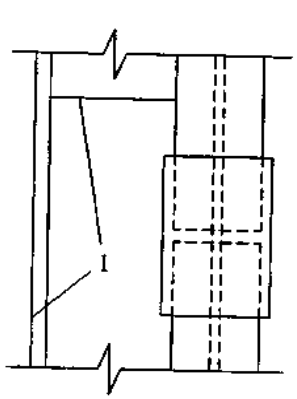
2—2

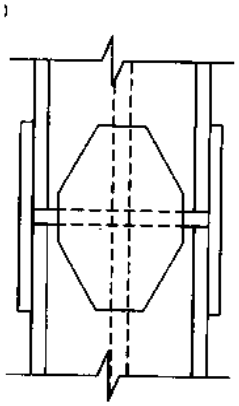
图名	上段柱直接对焊在肩梁上	图页	6—28







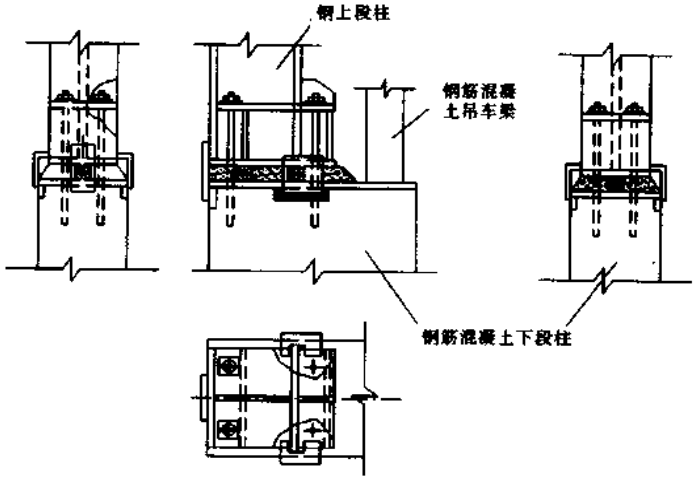




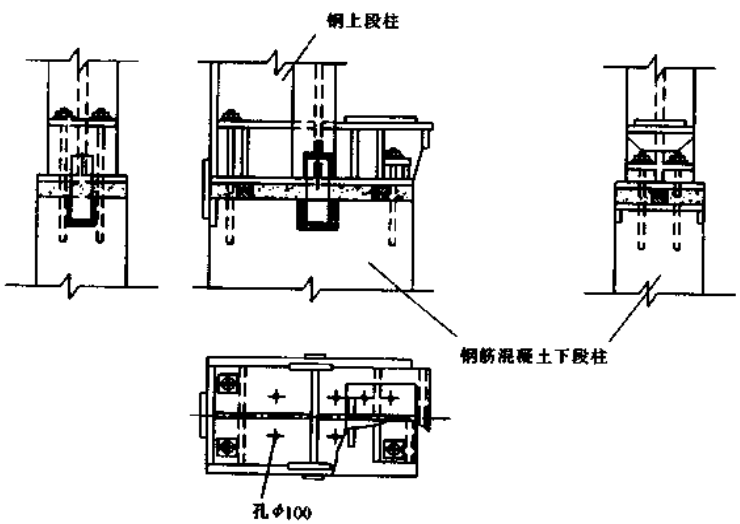
上段柱的工厂拼接形式：
(a)工字形焊接截面的对接拼接；
(b)型钢的对接拼接；
(c)盖板拼接；
(d)、(e)下段柱的工厂拼接形式
1—钢板接头

图名	上、下段柱的工厂拼接	图页	6—29

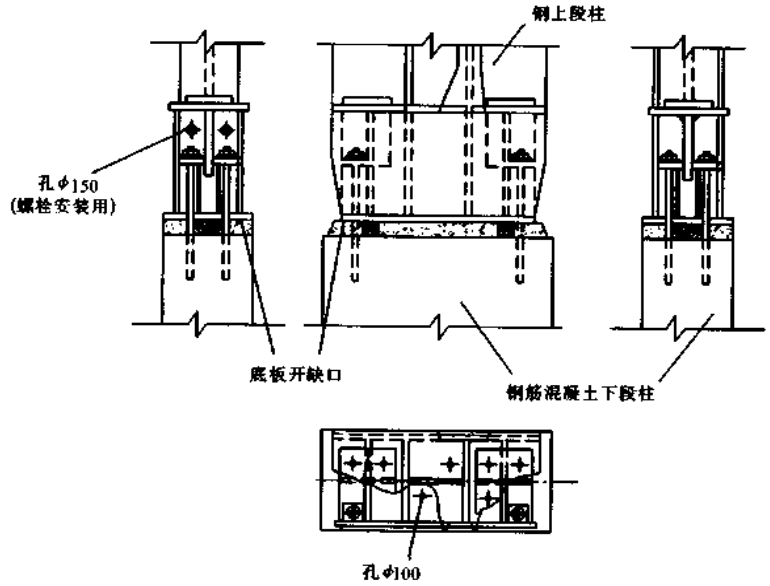
(a)



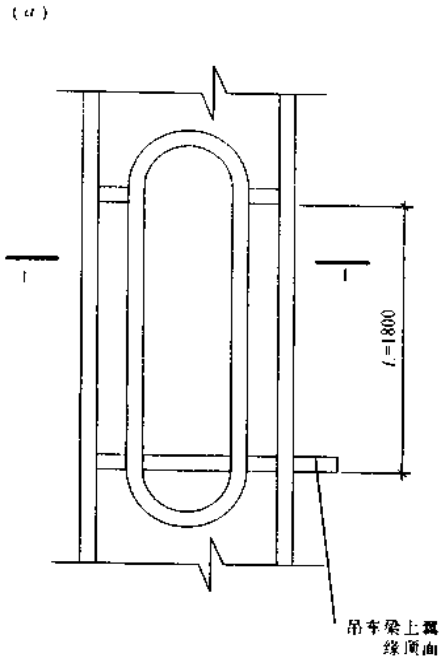
(b)

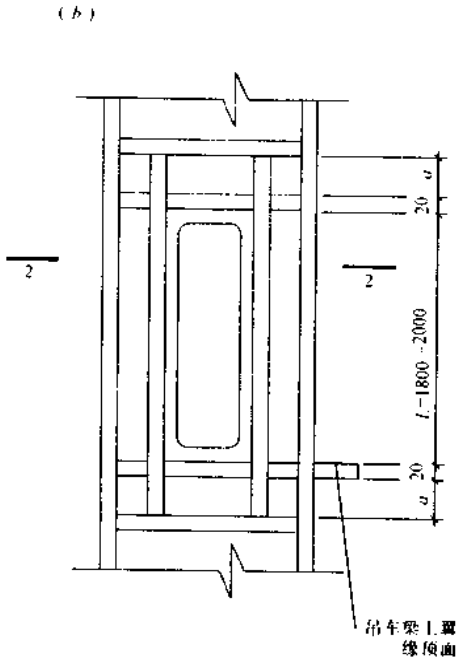


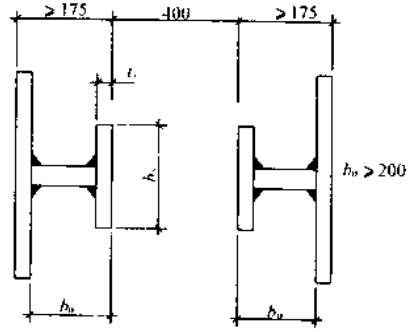
(c)

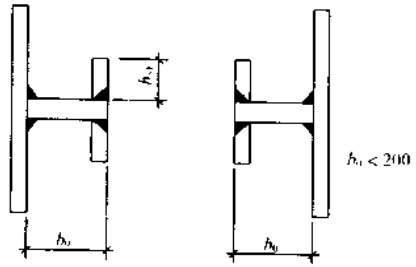


图名	混合拼接接头	图页	6—30

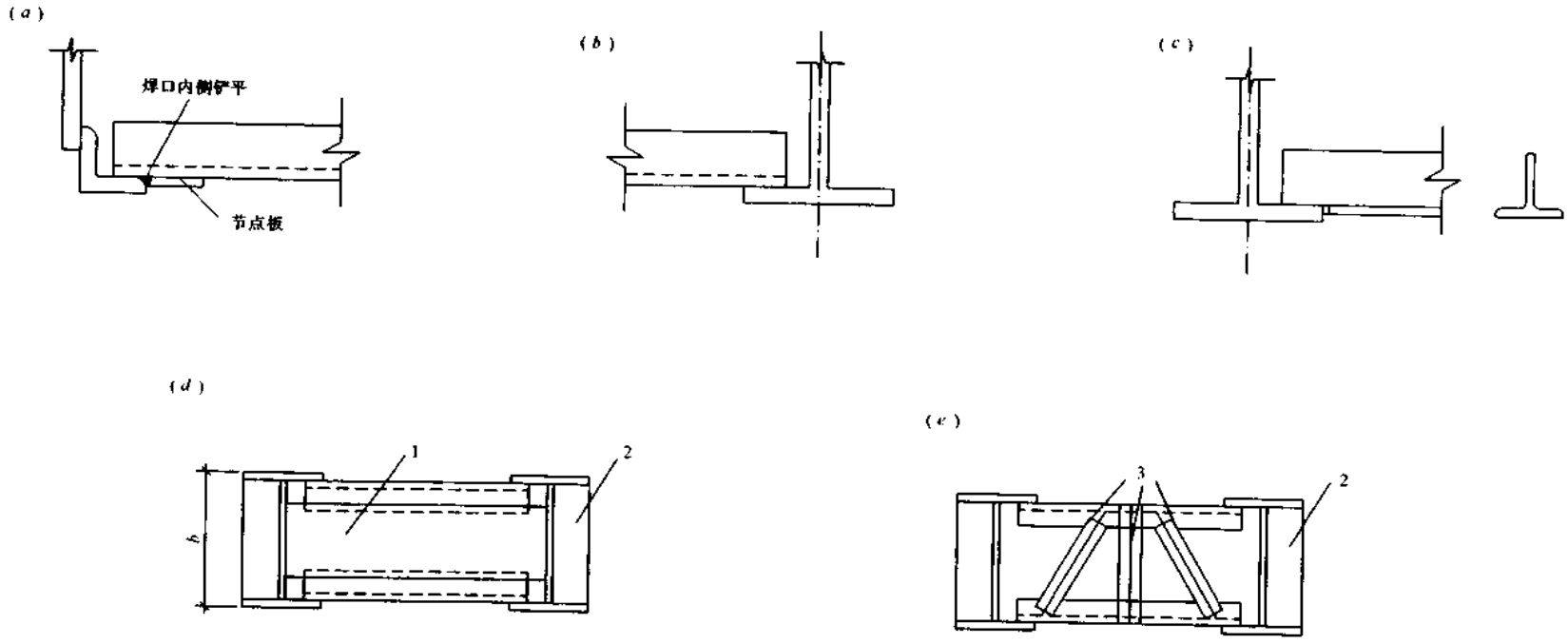








图名	人孔的构造	图页	6—31

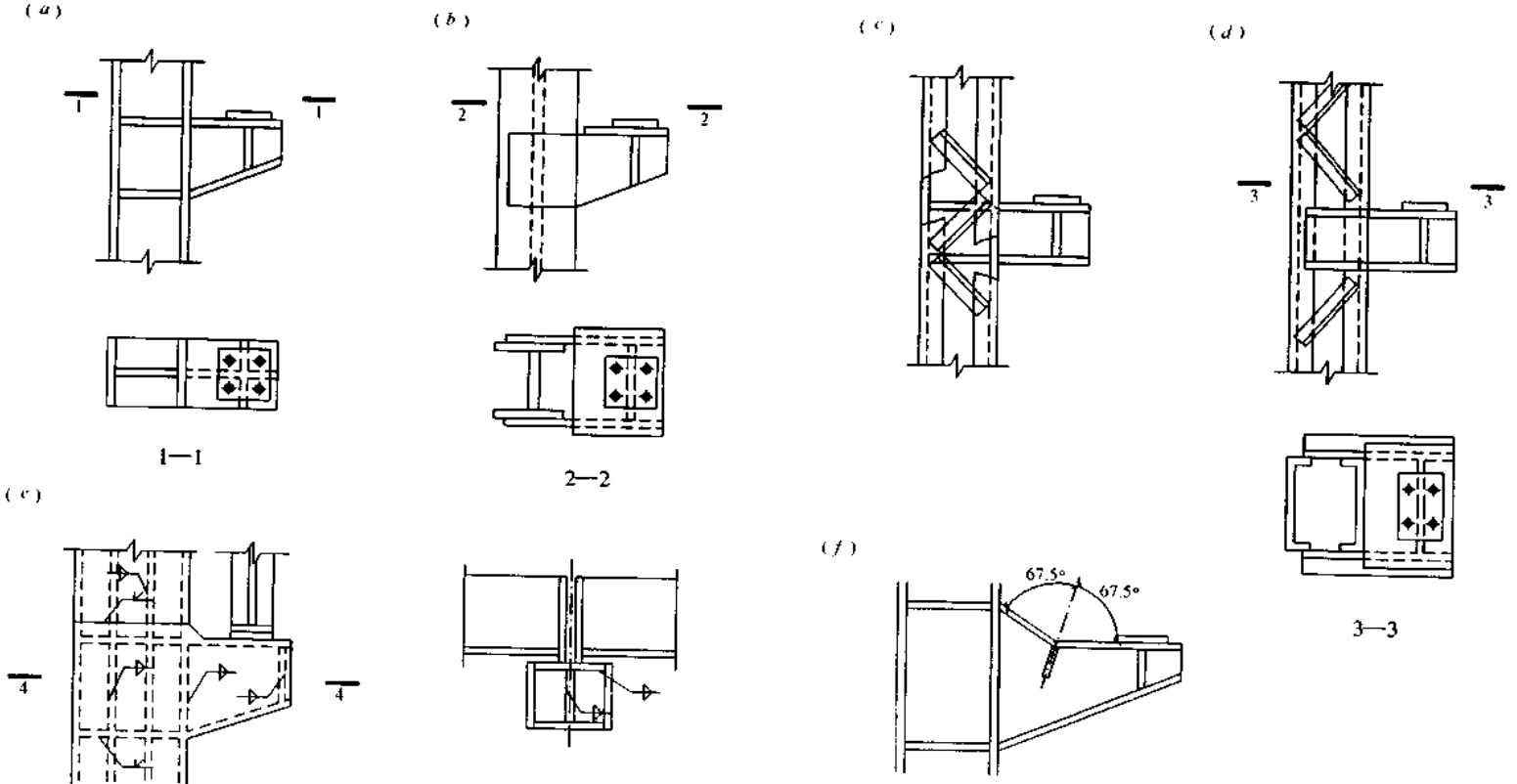


1—横隔板；2—加劲肋；3—横隔架

(a)、(b)、(c)缀条与柱肢的连接；

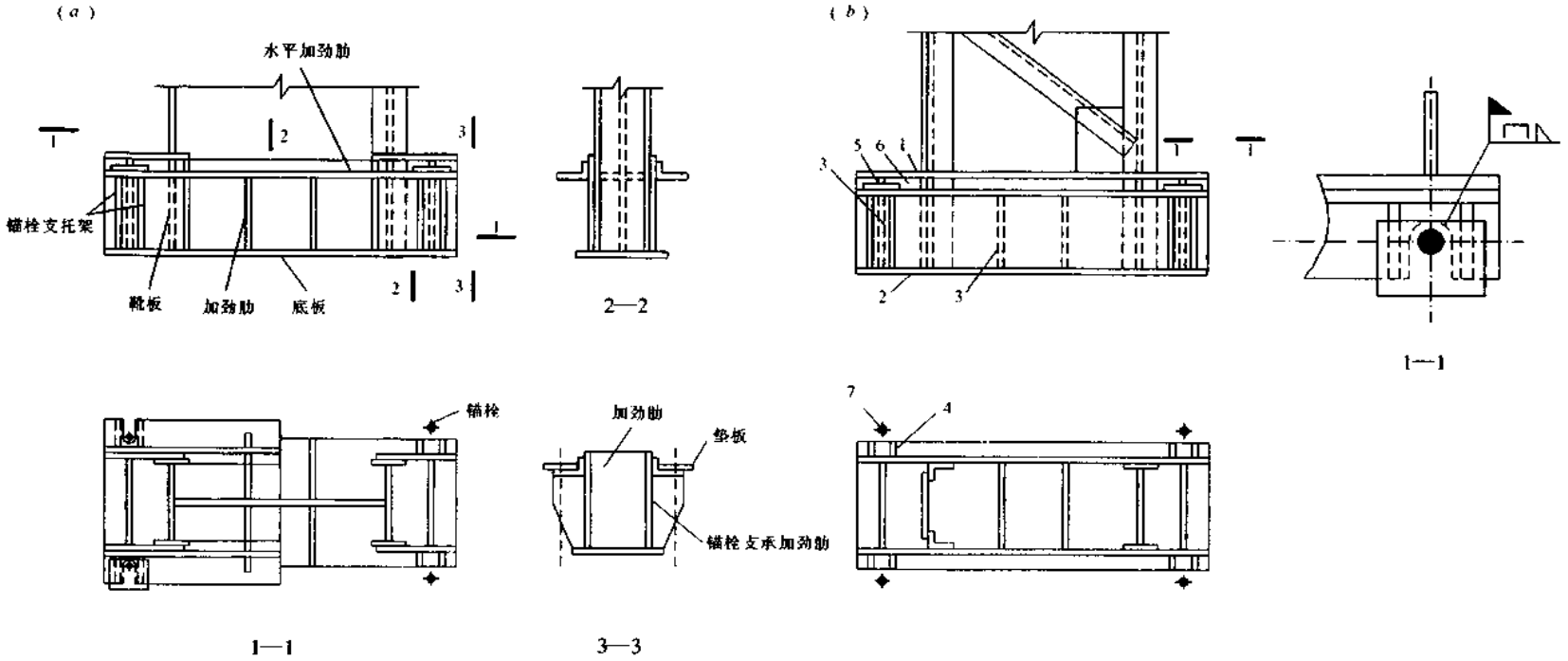
(d)、(e)横隔的常用形式

图名	横隔的常用形式、缀条与柱肢的连接	图页	6—32



(a)等截面实腹式单腹壁牛腿；
(b)等截面实腹式双腹壁牛腿；
(c)等截面格构式单腹壁牛腿；
(d)等截面格构式双腹壁牛腿；
(e)箱形柱牛腿；
(f)变截面牛腿

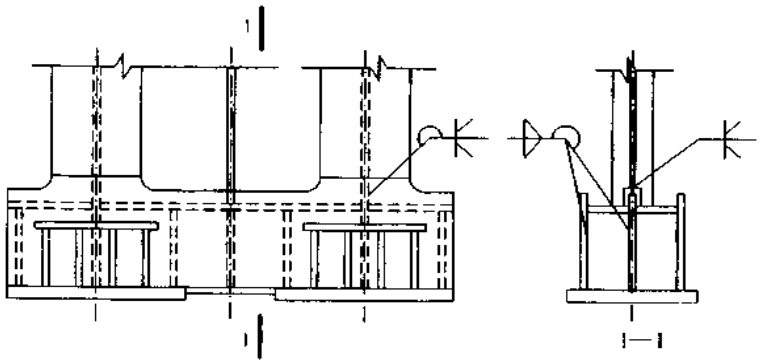
图名	牛　　腿	图页	6—33



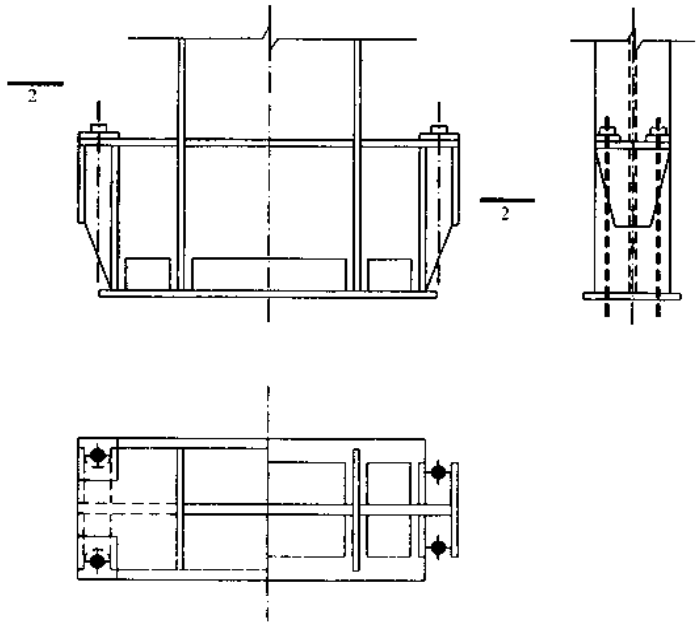
1—靴梁；2—底板；3—隔板；4—锚栓支承加劲肋；
5—垫板；6—加强角钢；7—锚栓
(a)中部为单腹壁的整体式柱脚；
(b)双腹壁靴梁式整体式柱脚

图名	整体式柱脚(一)	图页	6—34

(a)

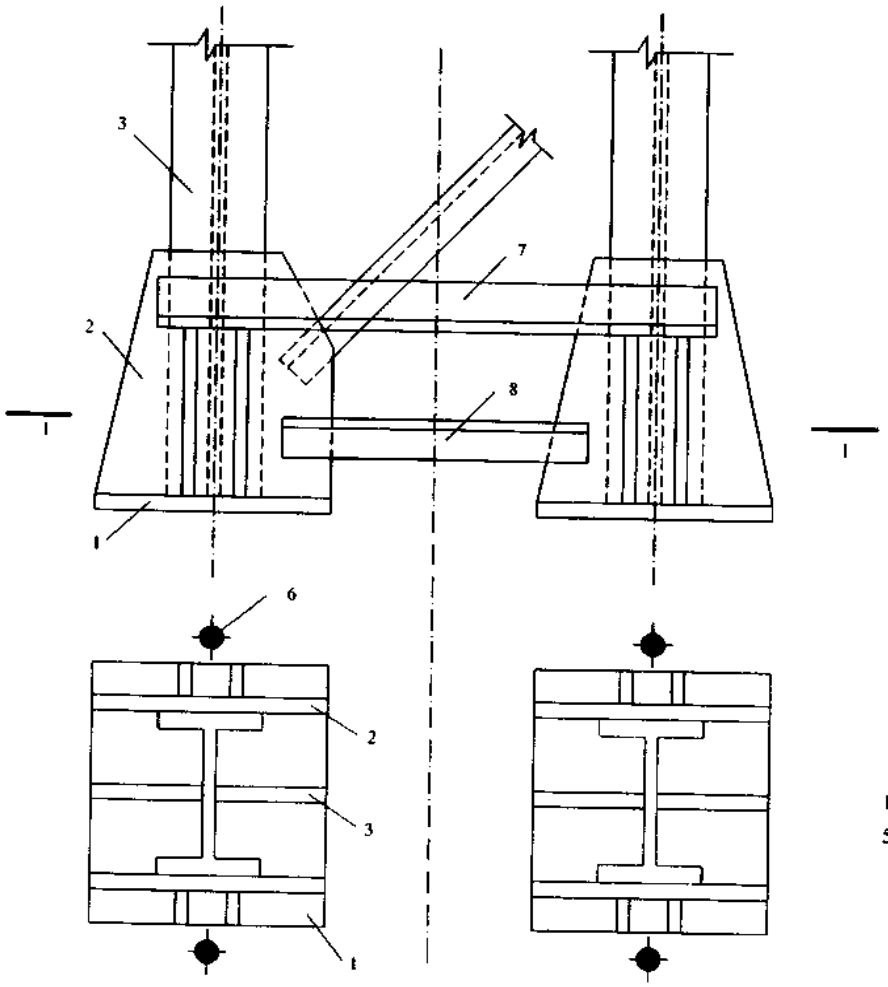


(b)

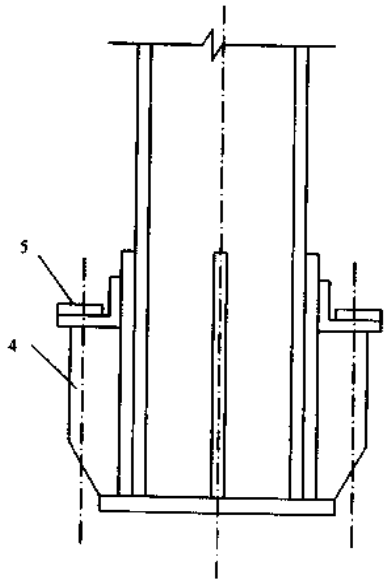


(a)底板为分离式的整体式柱脚；
(b)单腹壁靴梁整体式柱脚

图名	整体式柱脚(二)	图页	6—35

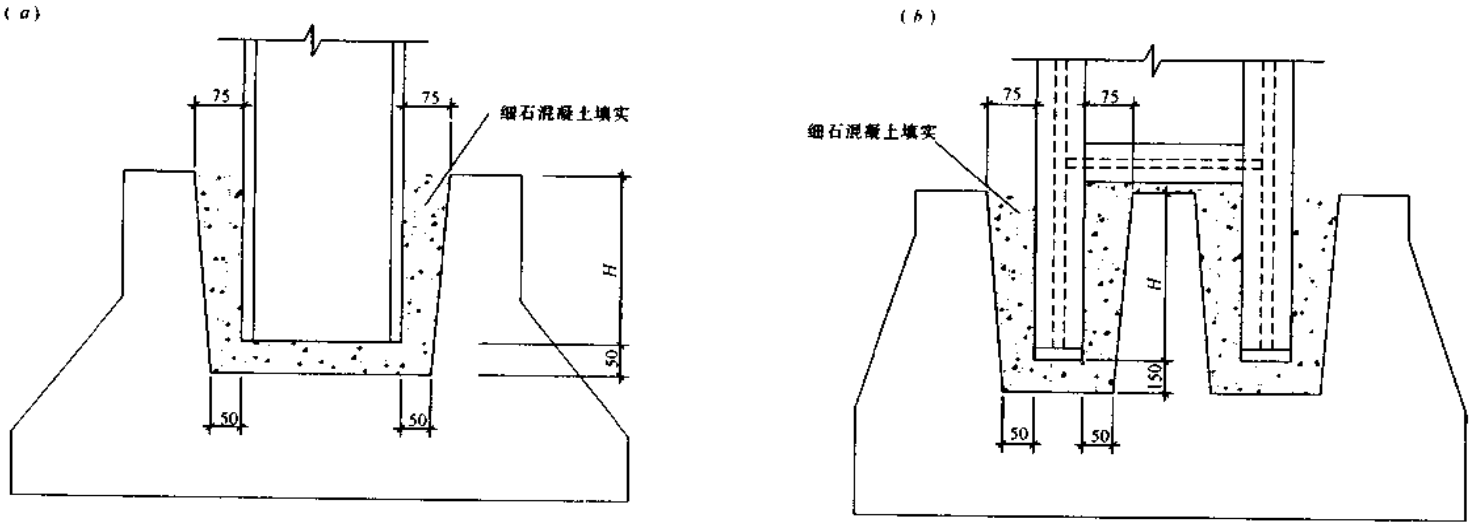


1—1



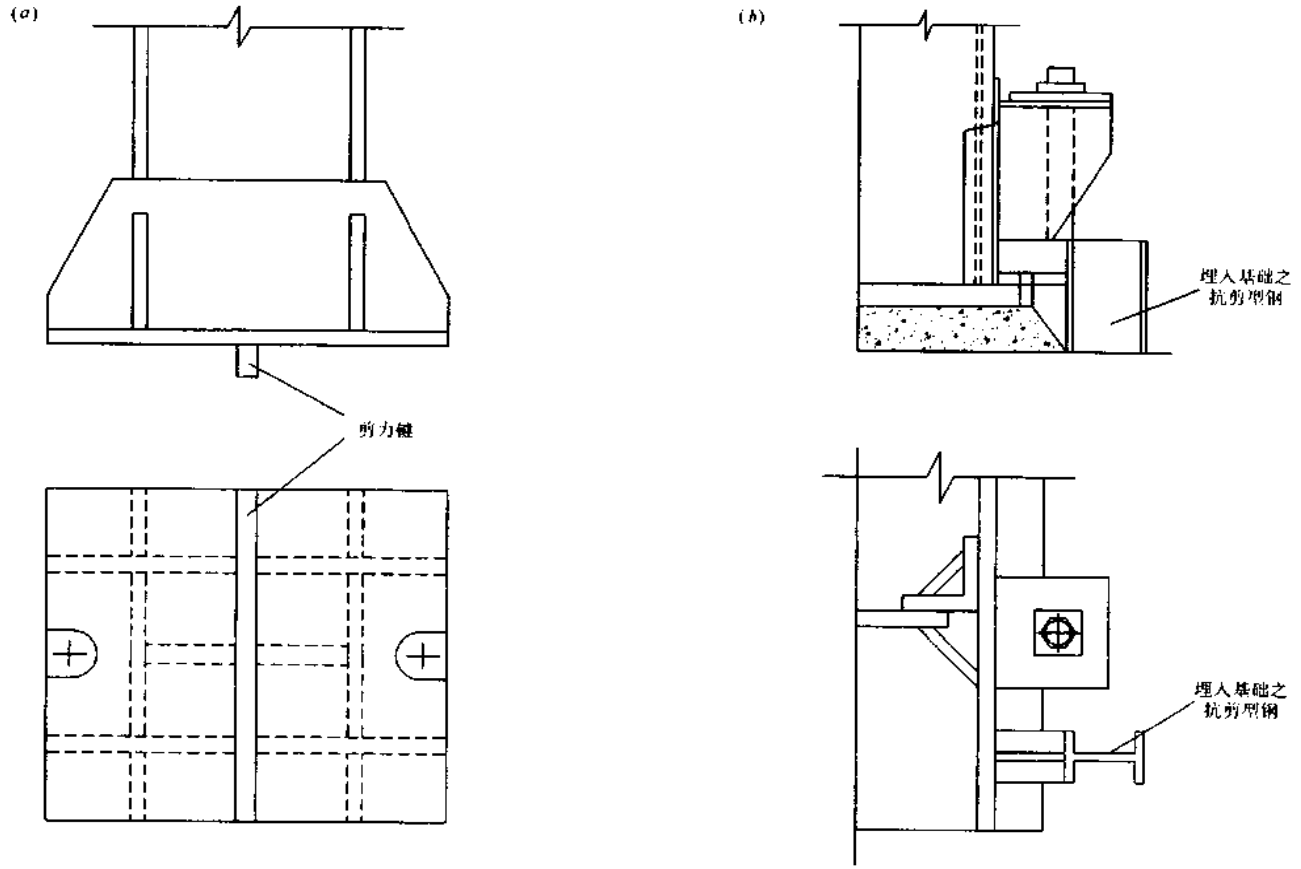
1—底板；2—靴板；3—加劲肋；4—锚栓支承加劲肋；
5—垫板；6—锚栓；7—上连系角钢；8—下连系角钢

图名	分离式柱脚	图页	6—36



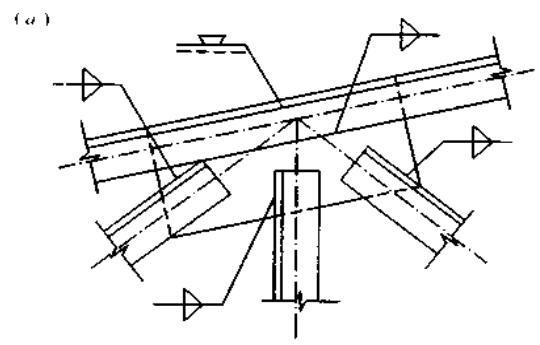
(a)实腹柱；(b)双肢格构柱

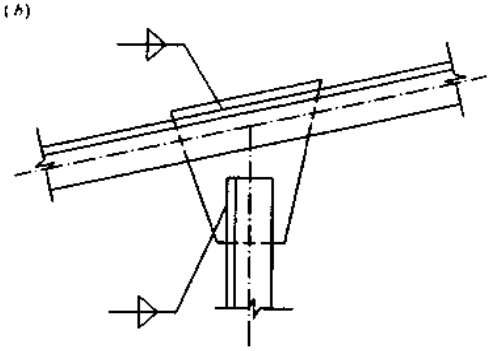
图名	插入式柱脚	图页	6—37

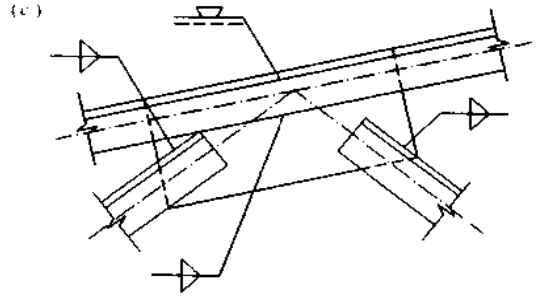


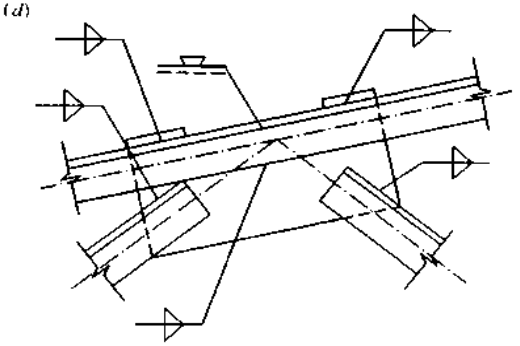
(a) 设置抗剪键；
(b) 设置抗剪型钢

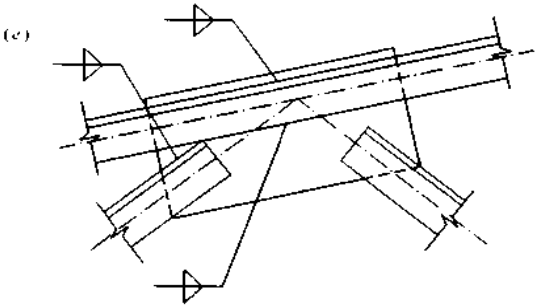
图名	柱脚设置的剪力键	图页	6—38

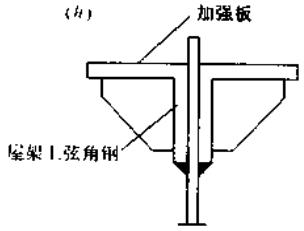


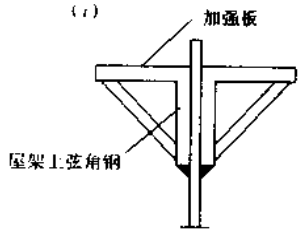




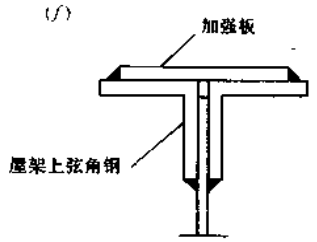




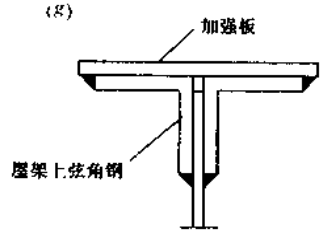




不受角钢肢宽限制



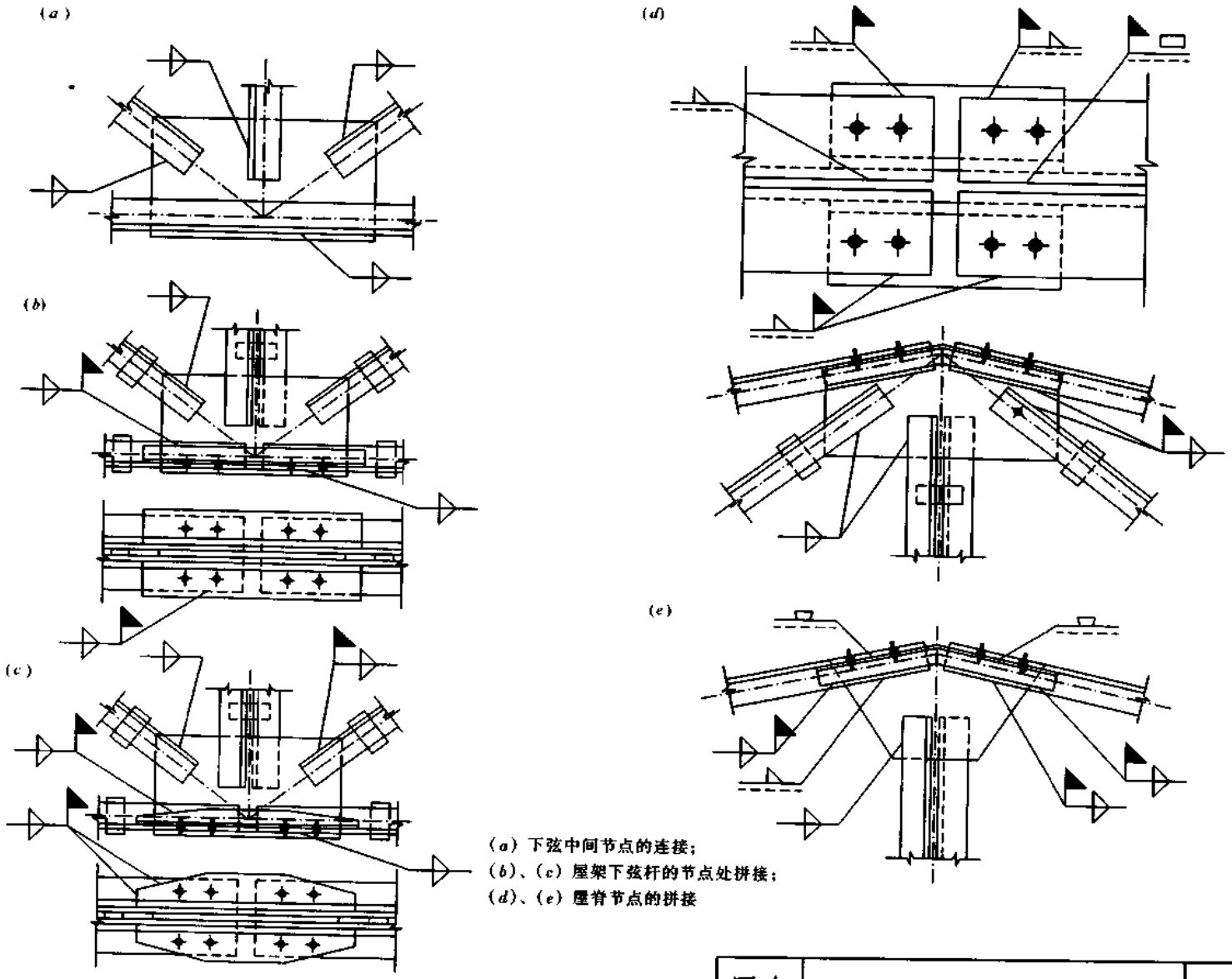
角钢水平肢宽≥100mm



角钢水平肢宽≤90mm

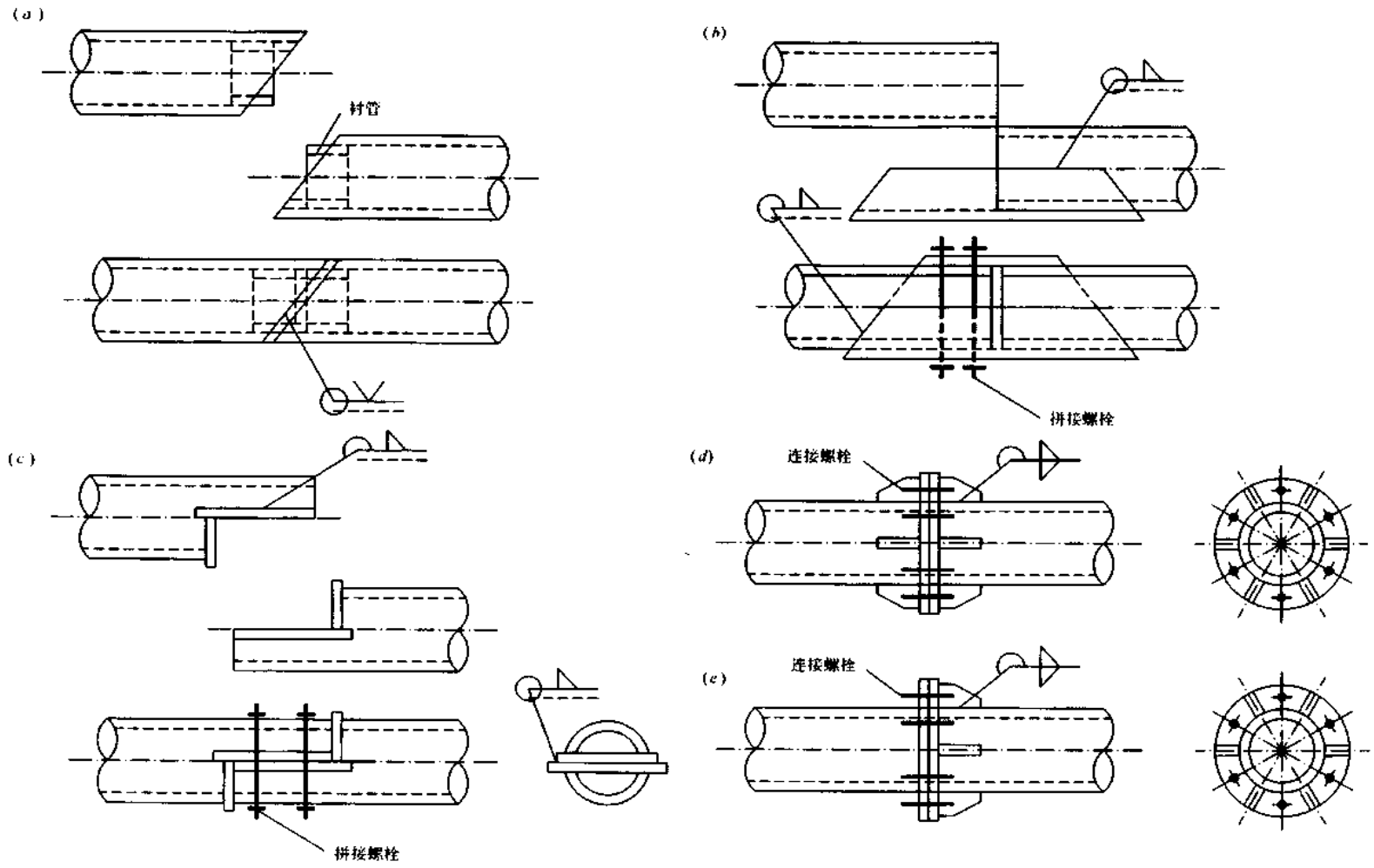
(a)、(b) 节点板与杆件连接；
(c)、(d)、(e) 屋架上弦中间节点的连接；
(f)、(g)、(h)、(i) 支承大型屋面板的屋架上弦角钢的加强

图名	角钢屋架节点(一)	图页	6—39

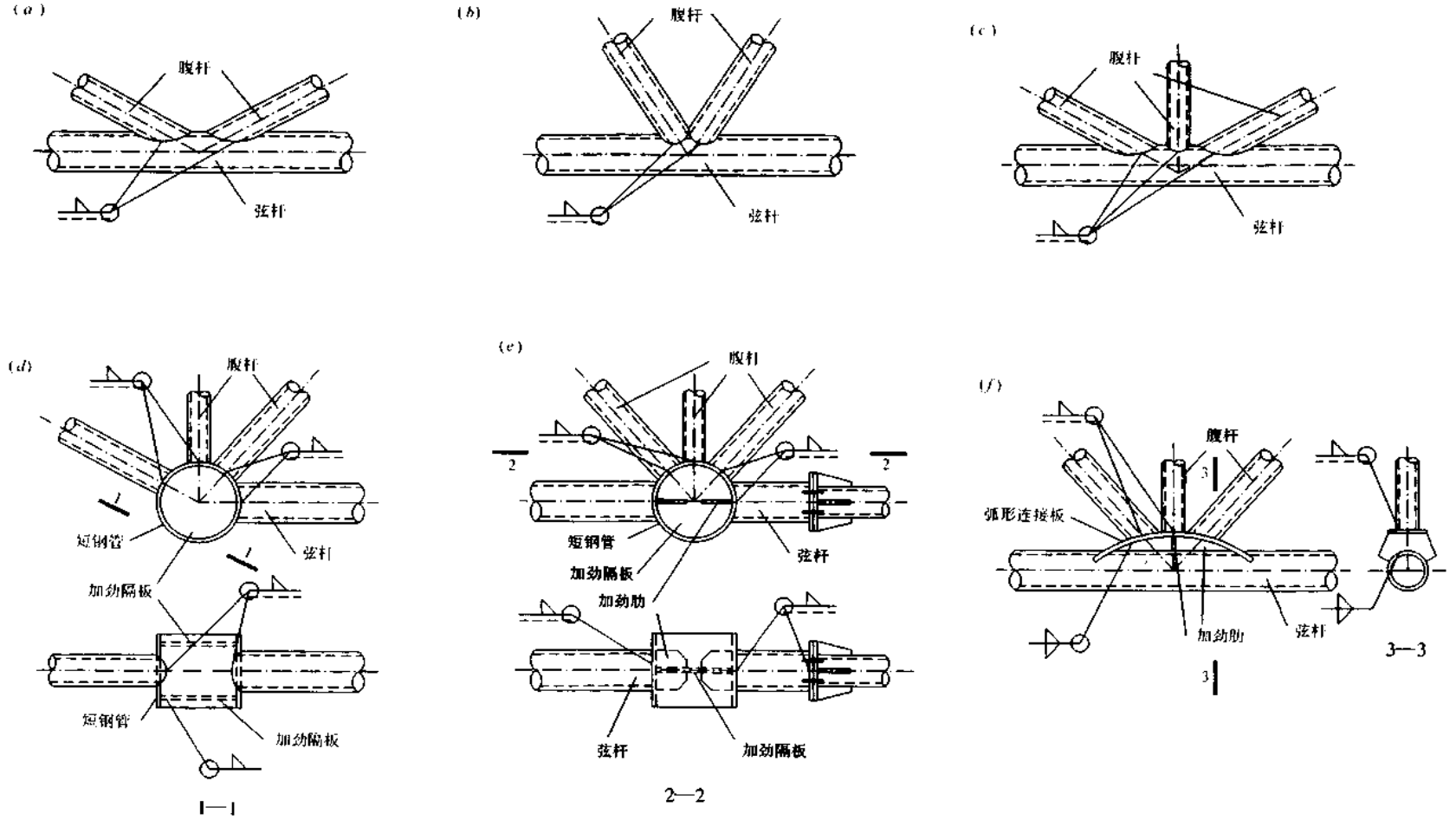


(a) 下弦中间节点的连接；
(b)、(c) 屋架下弦杆的节点处拼接；
(d)、(e) 屋脊节点的拼接

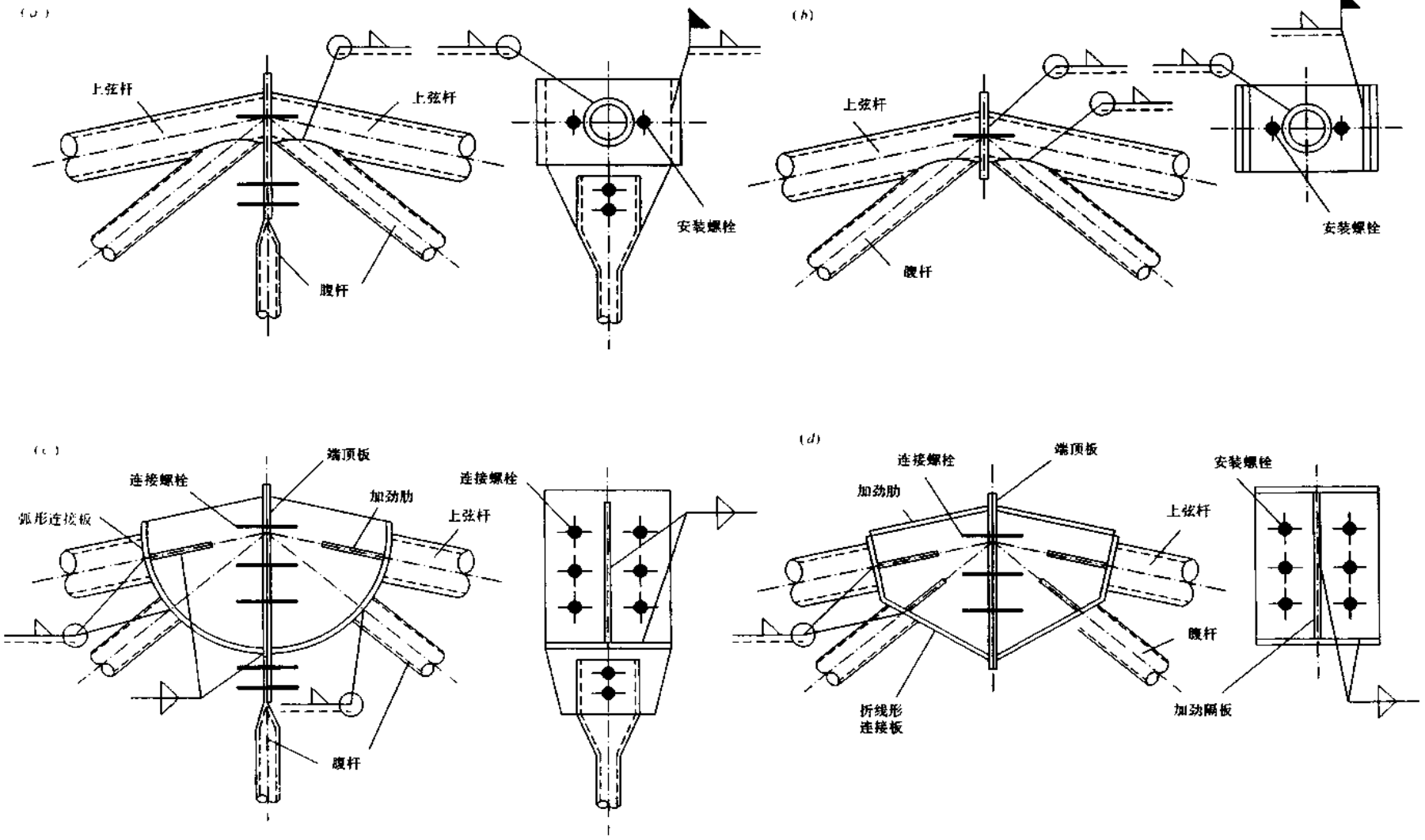
图名	角钢屋架节点(二)	图页	6—40



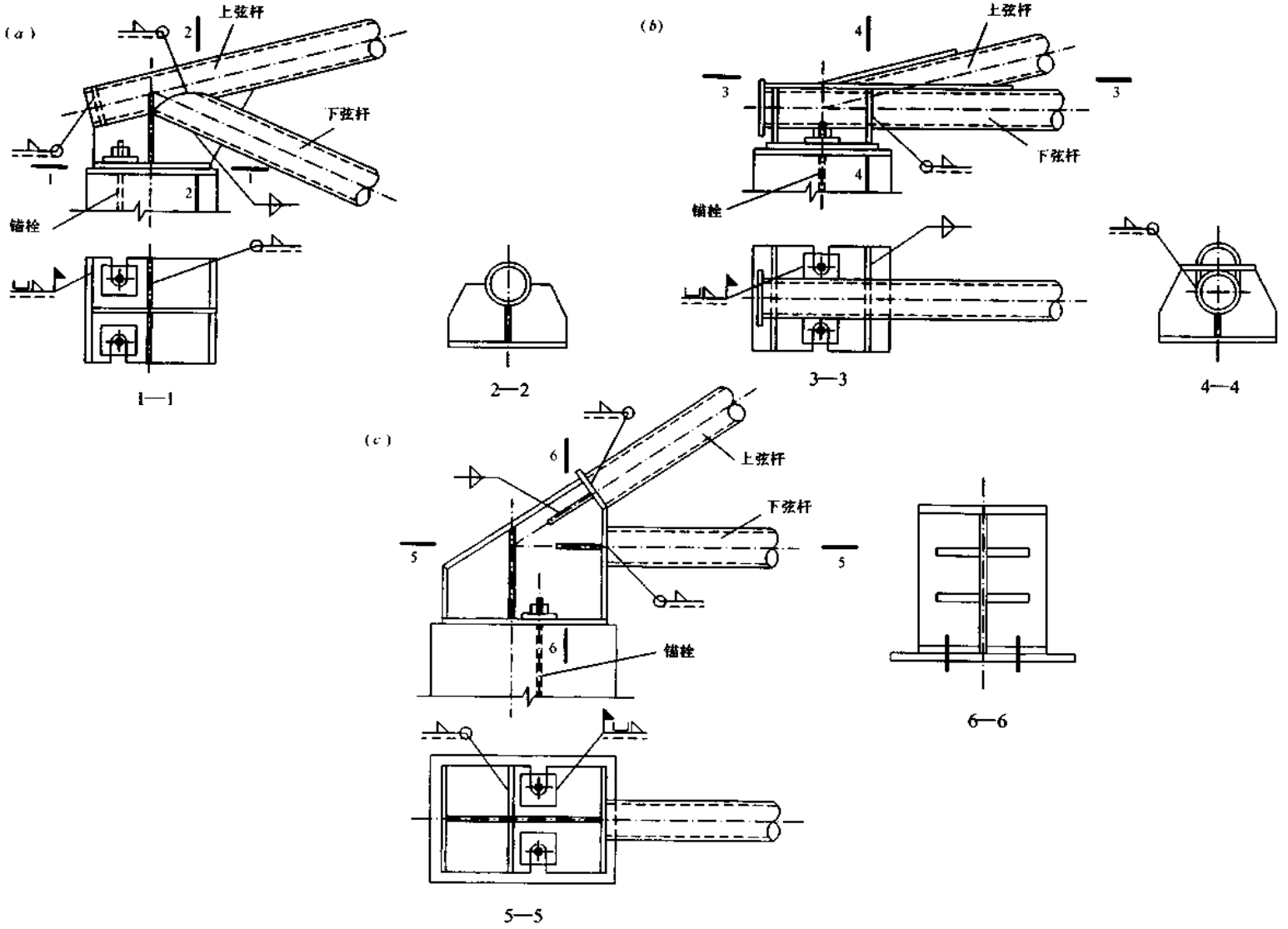
图名	圆钢管屋架杆件的现场安装 拼接连接	图页	6—41



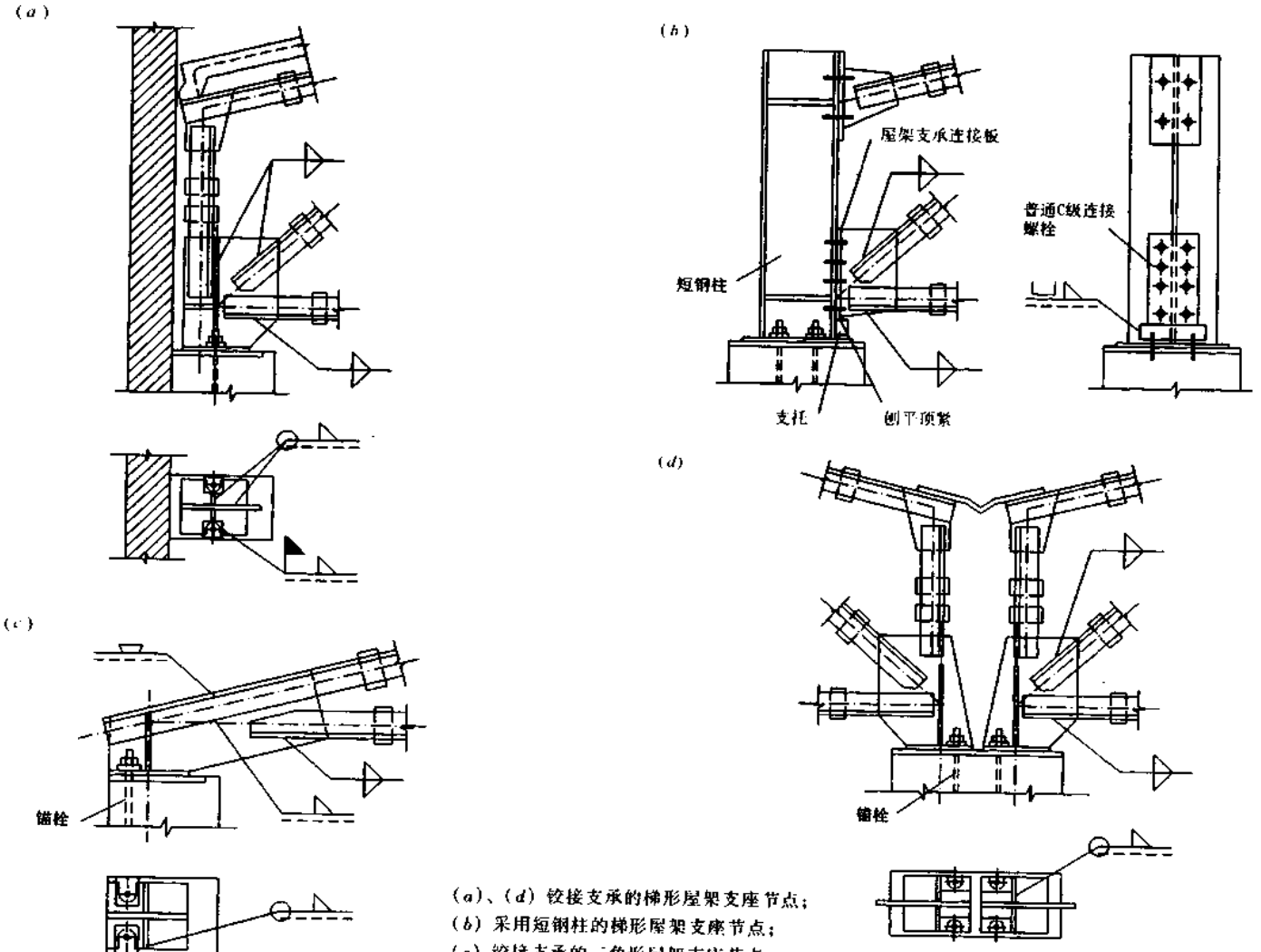
图名	圆钢管屋架腹杆与弦杆的连接节点	图页	6—42



图名	圆钢管屋架屋脊节点	图页	6-43

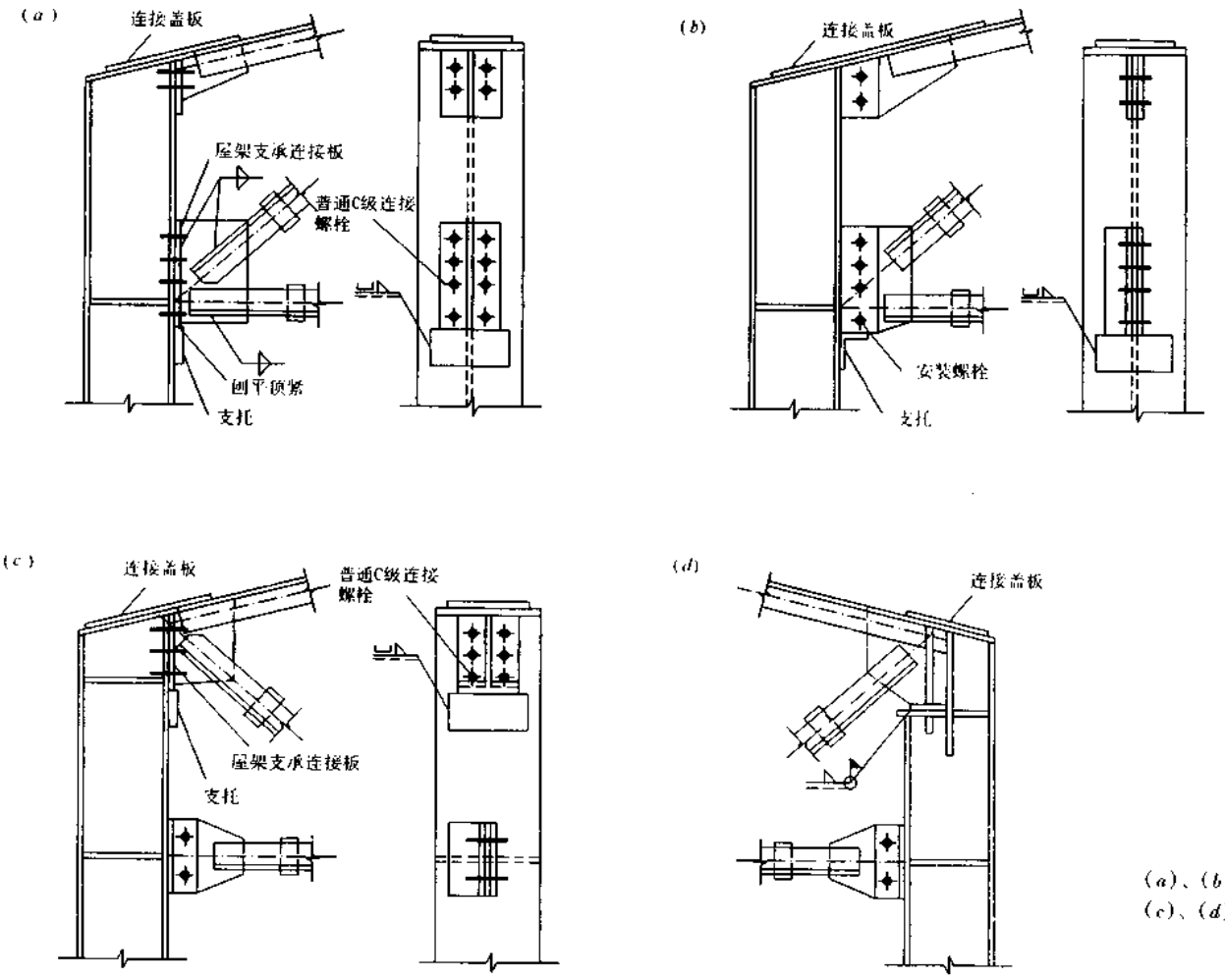


图名	圆钢管屋架支座节点	图页	6—44



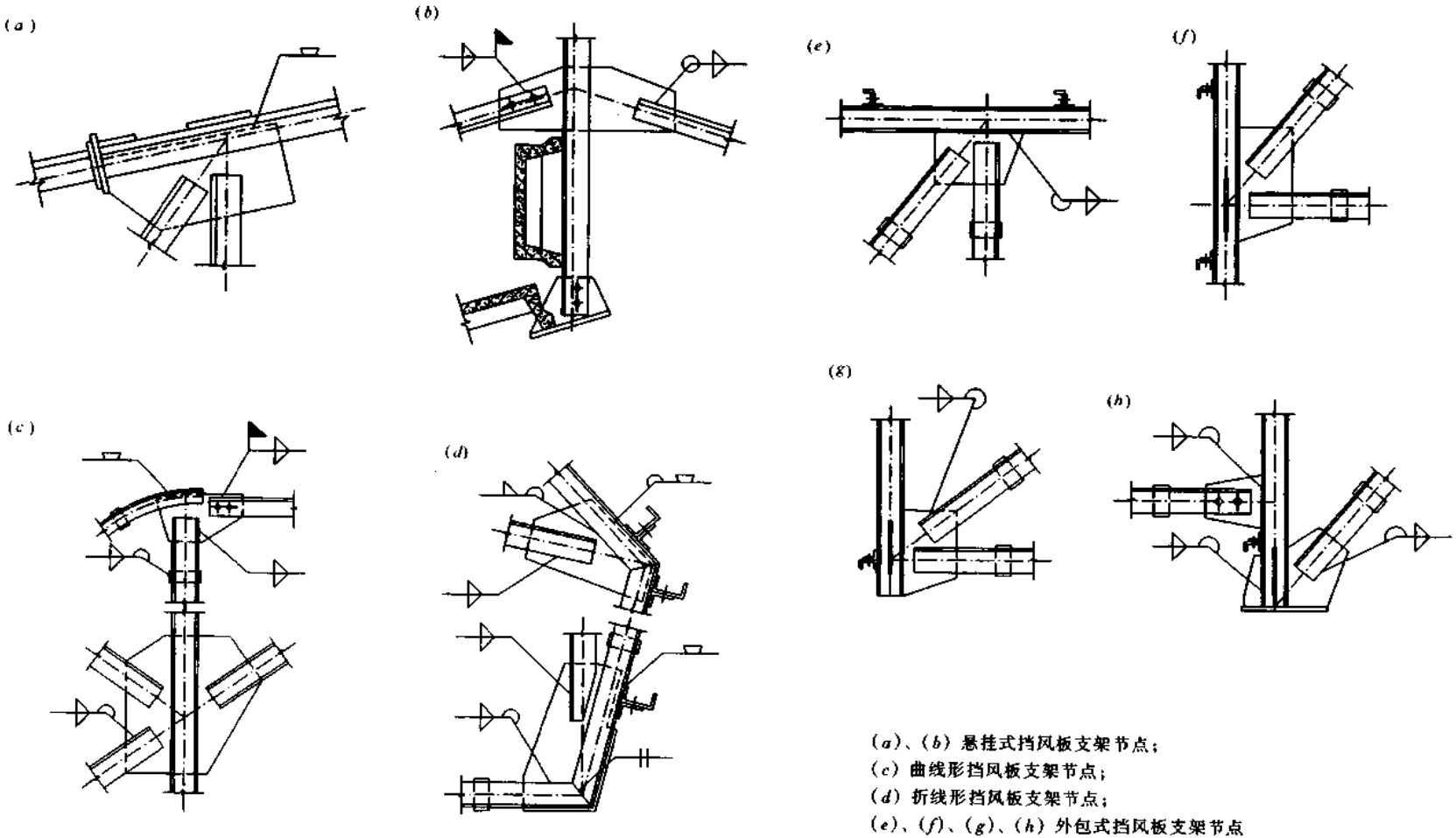
(a)、(d) 铰接支承的梯形屋架支座节点；
(b) 采用短钢柱的梯形屋架支座节点；
(c) 铰接支承的三角形屋架支座节点

图名	铰接支承屋架支座节点	图页	6—45



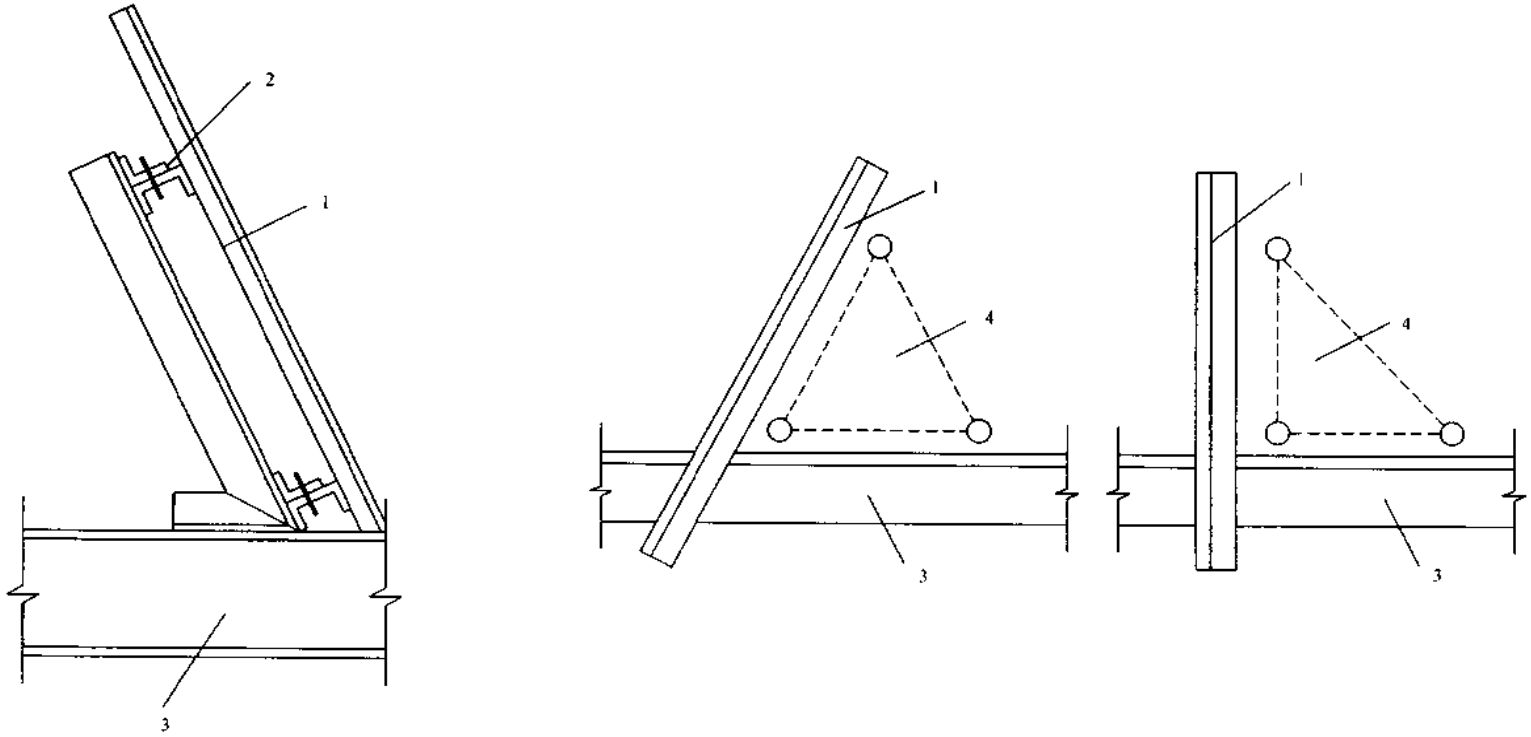
(a)、(b) 支座斜杆为上升式的梯形屋架；
(c)、(d) 支座斜杆为下降式的梯形屋架

图名	刚性连接屋架支座节点	图页	6 46



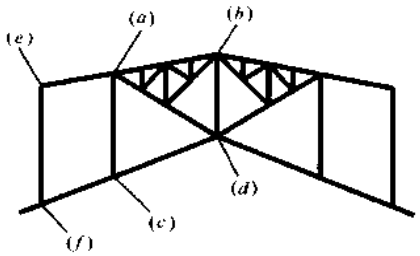
(*a*)、(*b*) 悬挂式挡风板支架节点；
(*c*) 曲线形挡风板支架节点；
(*d*) 折线形挡风板支架节点；
(*e*)、(*f*)、(*g*)、(*h*) 外包式挡风板支架节点

图名	挡风板支架节点	图页	6—47

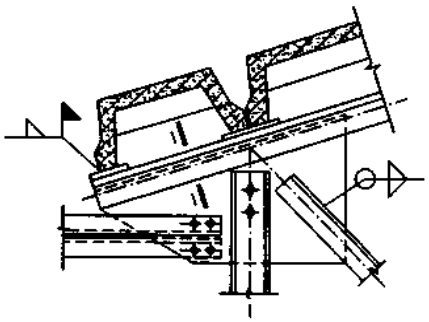


1—压型金属板或石棉瓦挡雨片；2—檩条；
3—挡风板支架横杆；4—空间桁架式檩条

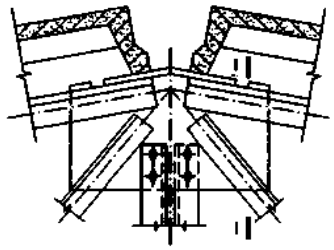
图名	挡雨板的支承构件	图页	6—46



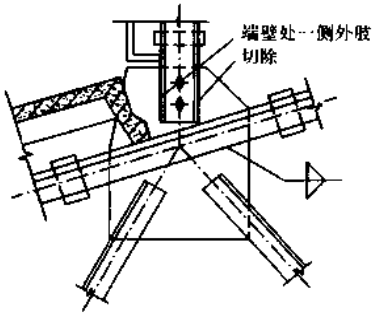
(a)



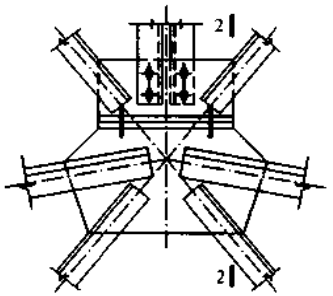
(b)

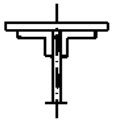


(c)

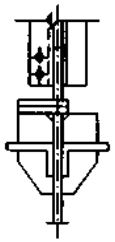


(d)

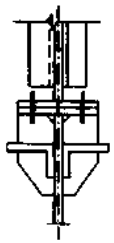




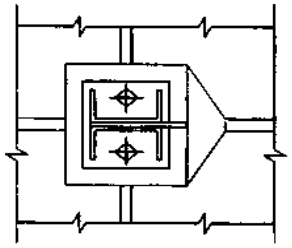
1—1



2—2(a)

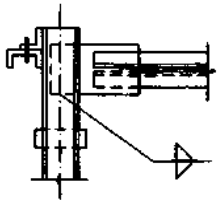


2—2(b)

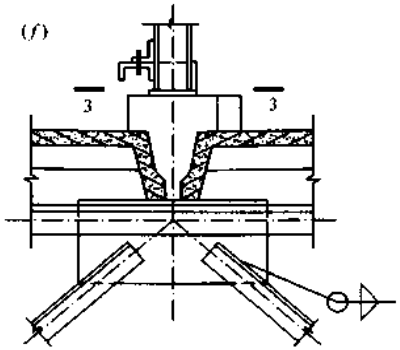


3—3

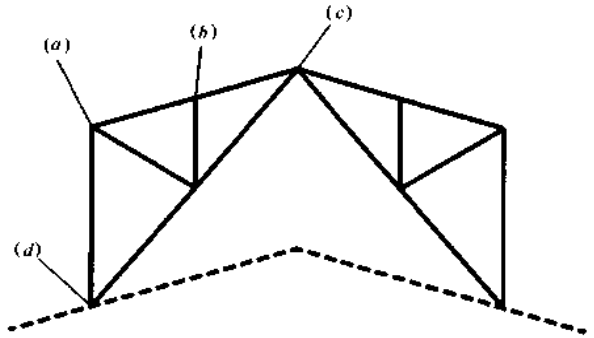
(e)



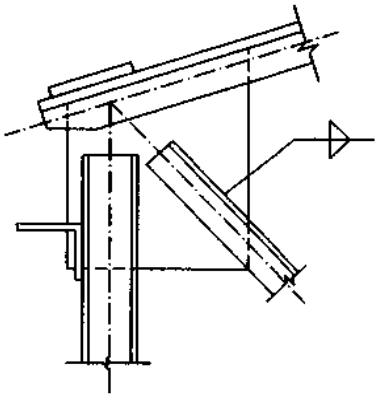
(f)



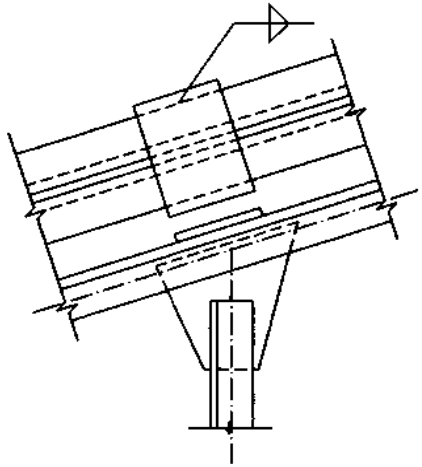
图名	三支点式天窗架节点	图页	6—47



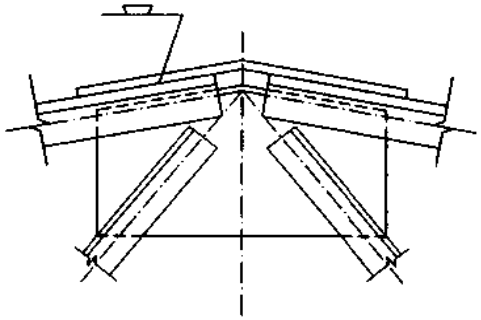
(a)



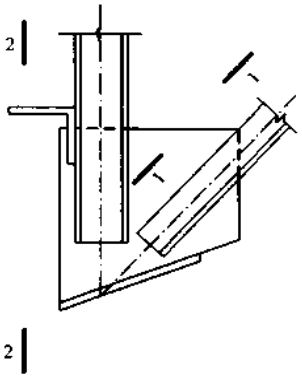
(b)

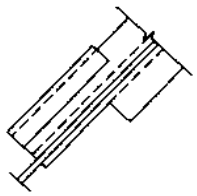


(c)

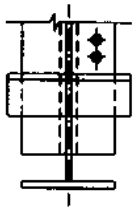


(d)

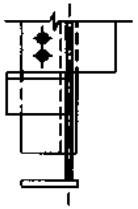




1—1

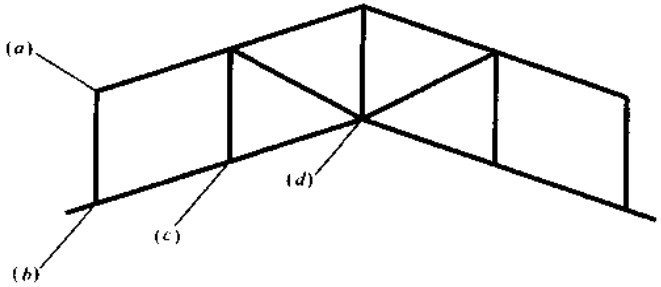


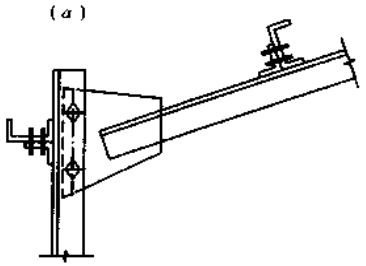
2—2
（中间）

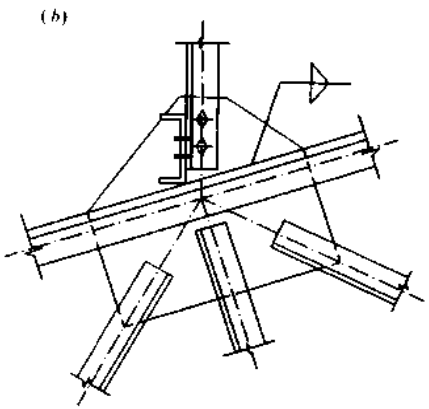


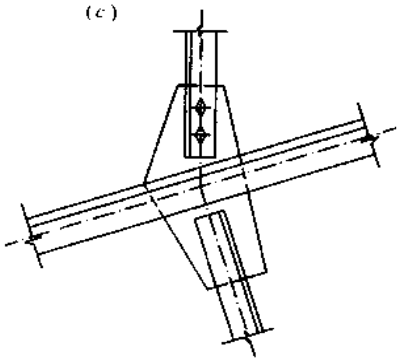
2—2
（端壁处）

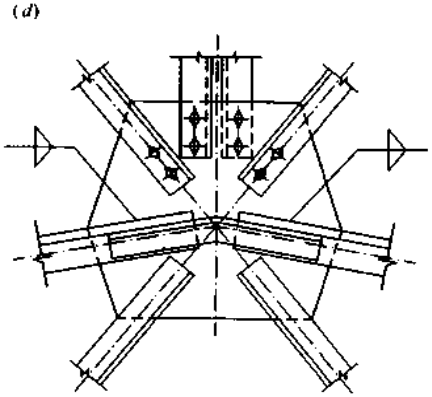
图名	三铰拱式天窗架节点	图页	6—48





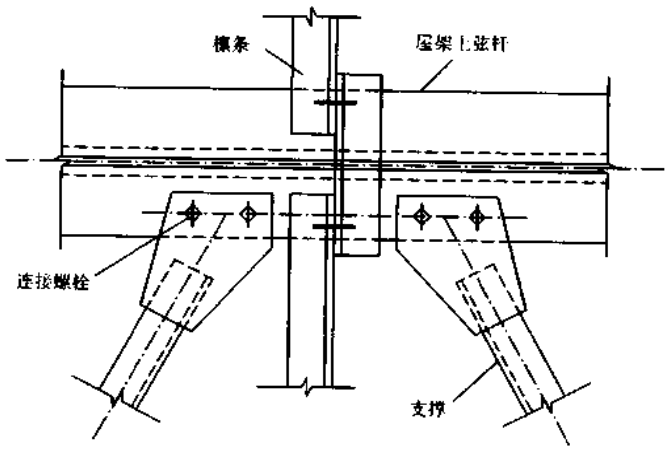




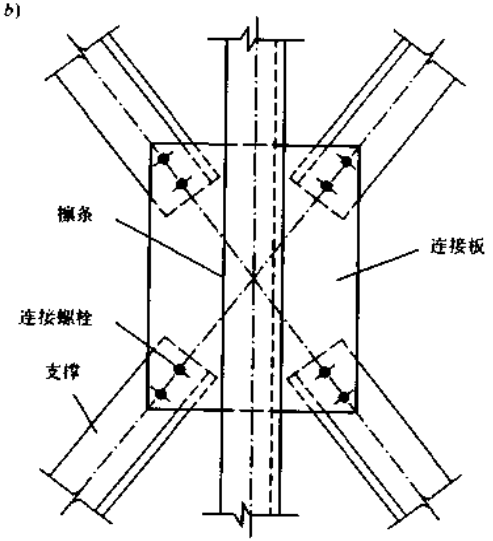


图名	多竖杆式天窗架节点	图页	6—51

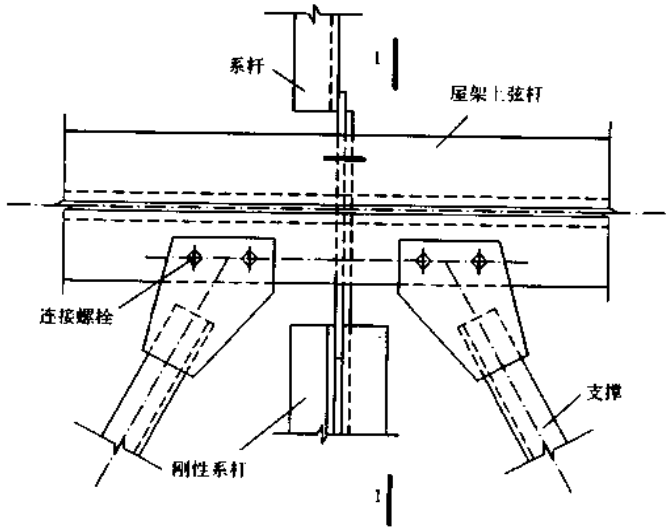
(a)

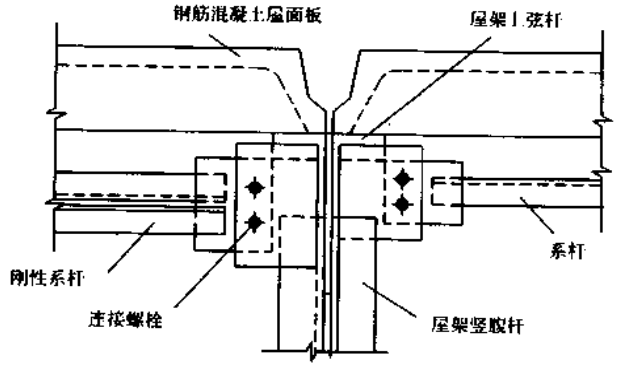


(b)



(c)

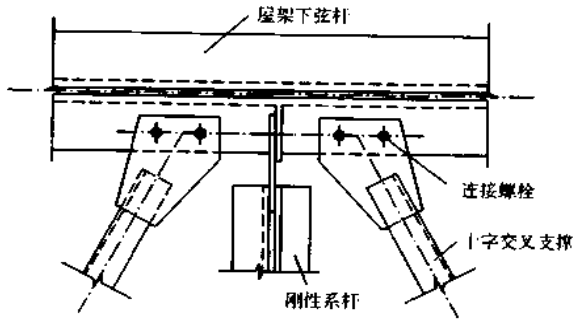




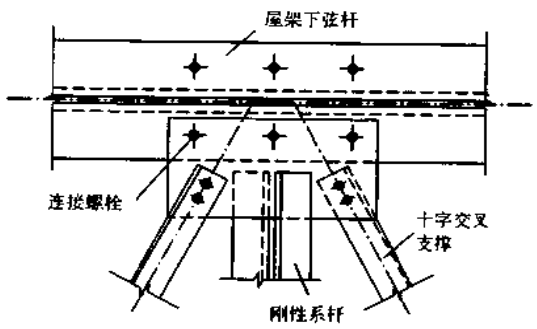
1—1

图名	屋架上弦横向支撑连接节点	图页	6—52

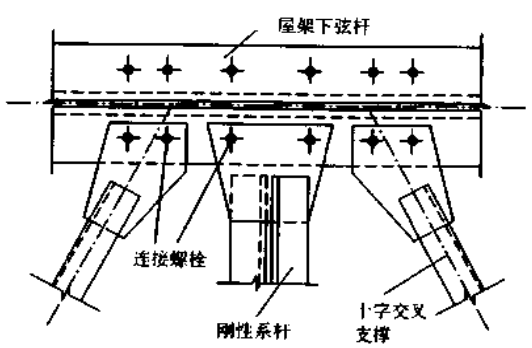
(a)



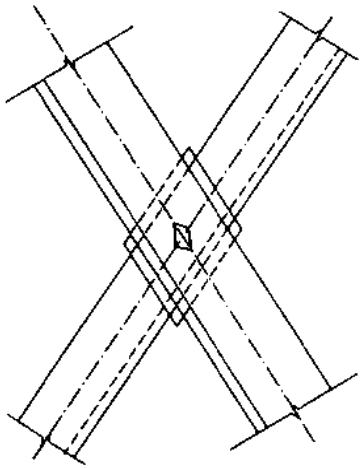
(b)



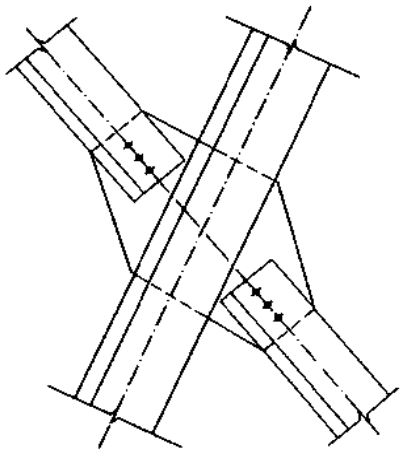
(c)



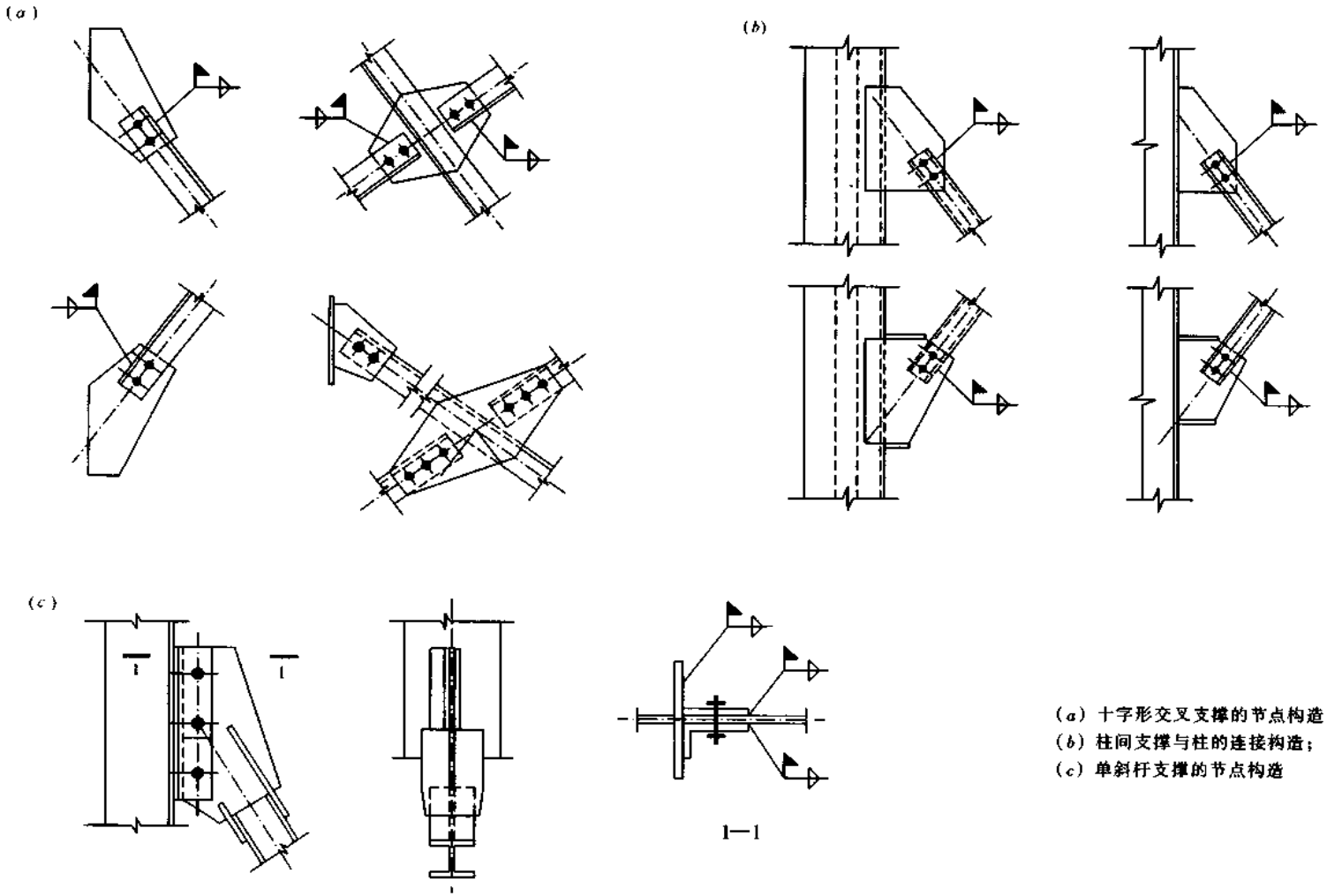
(d)



(e)



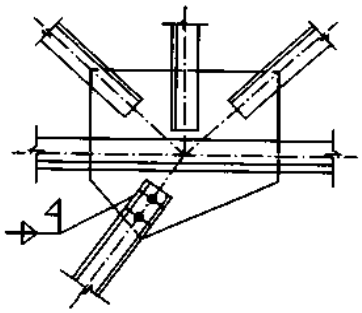
图名	屋架下弦横向支撑连接节点	图页	6—53



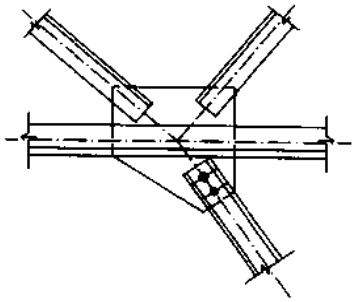
(a) 十字形交叉支撑的节点构造；
(b) 柱间支撑与柱的连接构造；
(c) 单斜杆支撑的节点构造

图名	柱间支撑的节点构造(一)	图页	6—54

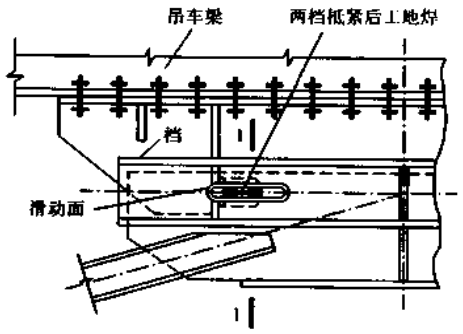
(a)

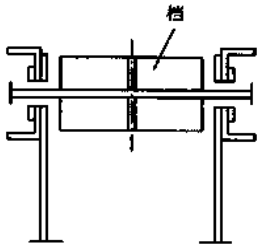


(b)



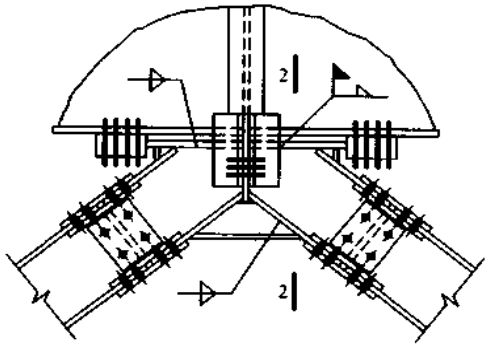
(c)

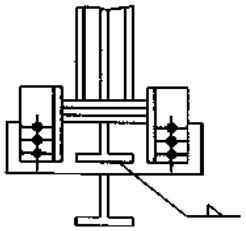




1—1

(d)



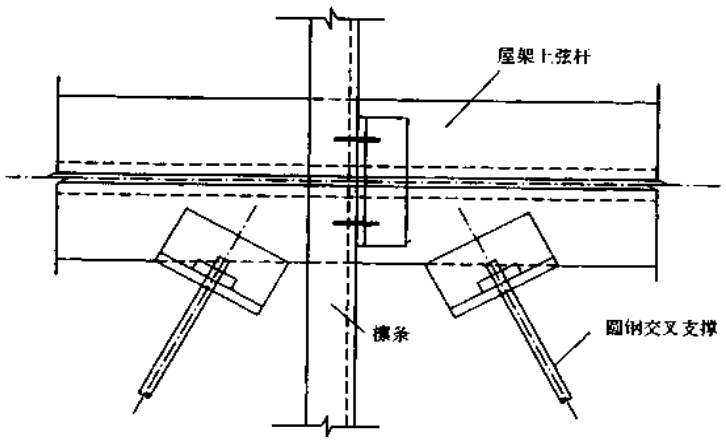


2—2

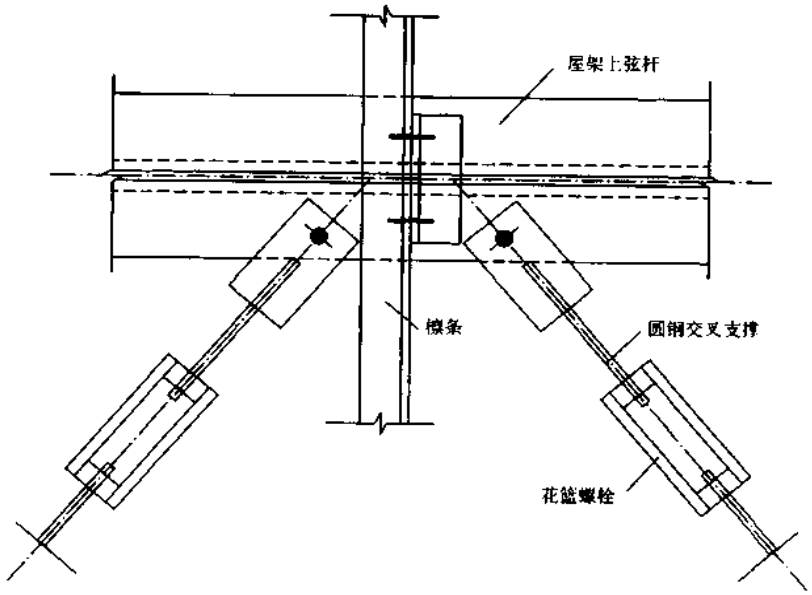
(a)、(b) 八字形支撑的节点构造；
(c)、(d) 人字形下柱支撑节点

图名	柱间支撑的节点构造(二)	图页	6—55

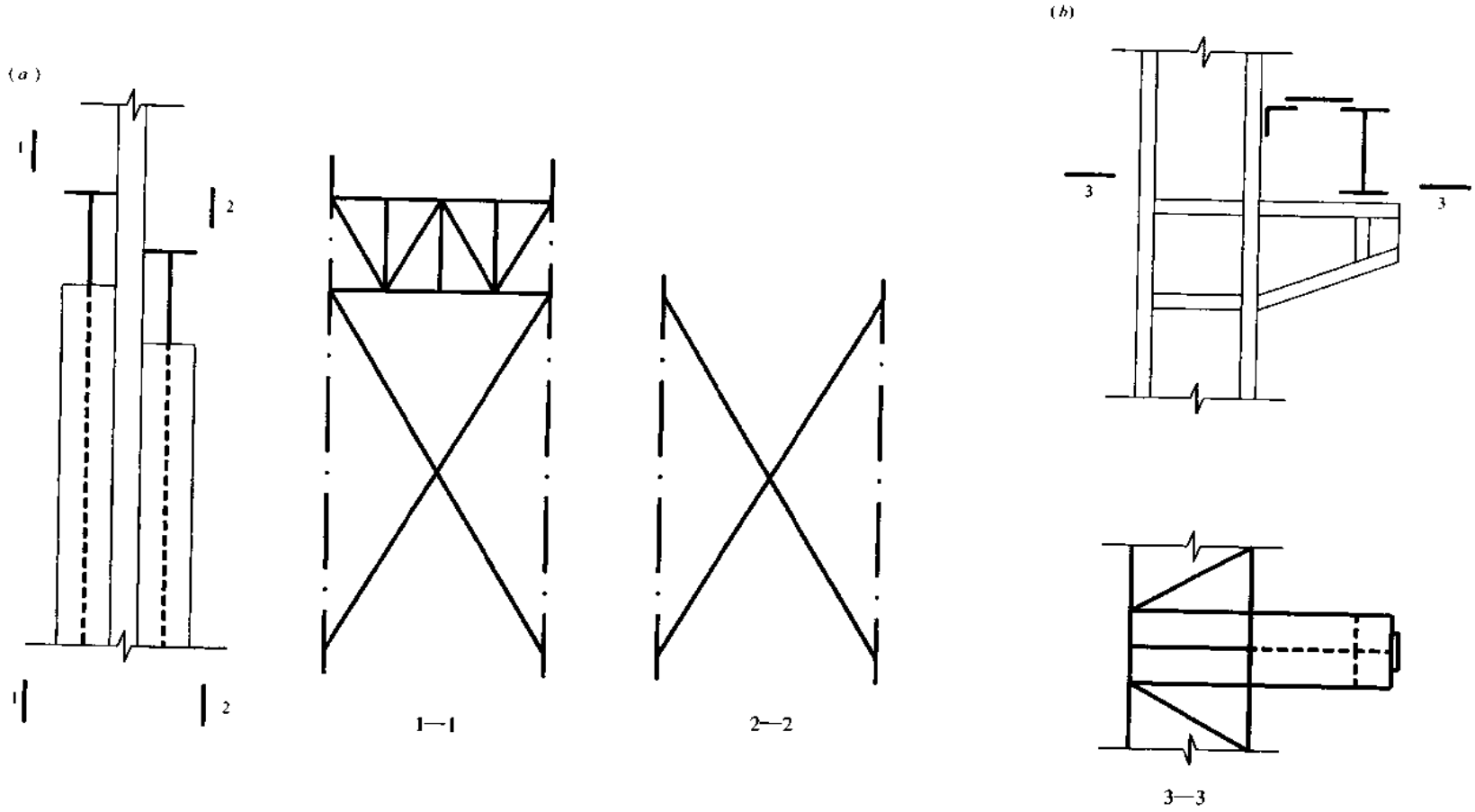
(a)



(b)

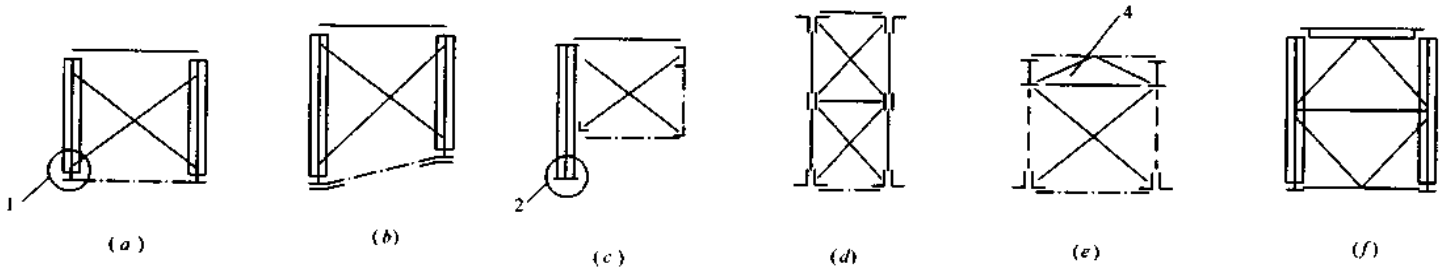


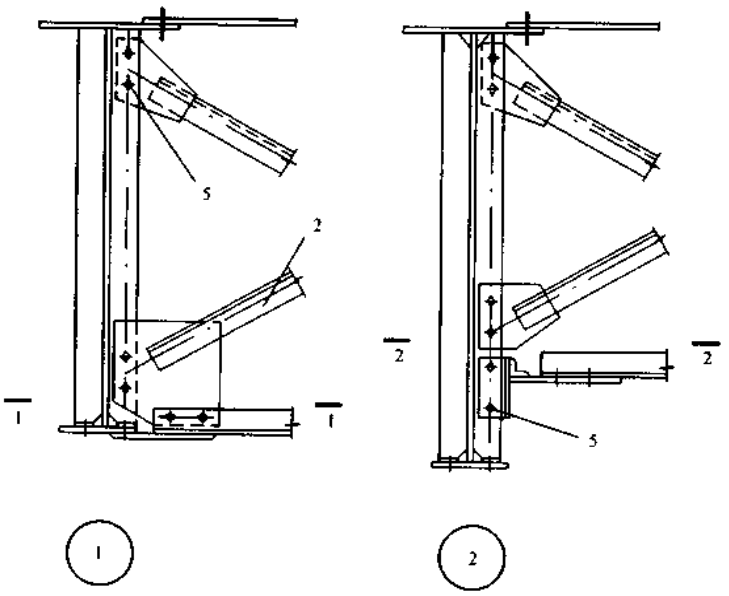
图名	圆钢交叉支撑连接节点	图页	6—56

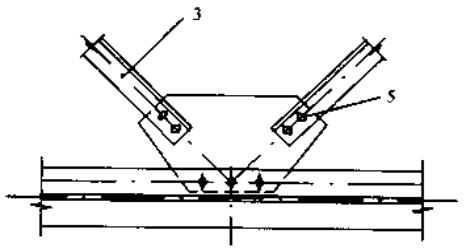


(a) 柱间支撑的特殊处理；
(b) 抗扭支撑

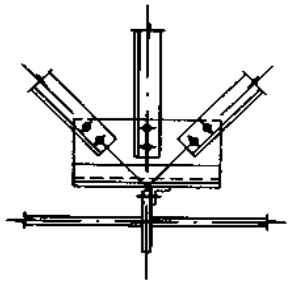
图名	柱间支撑的特殊处理和抗扭支撑	图页	6—57







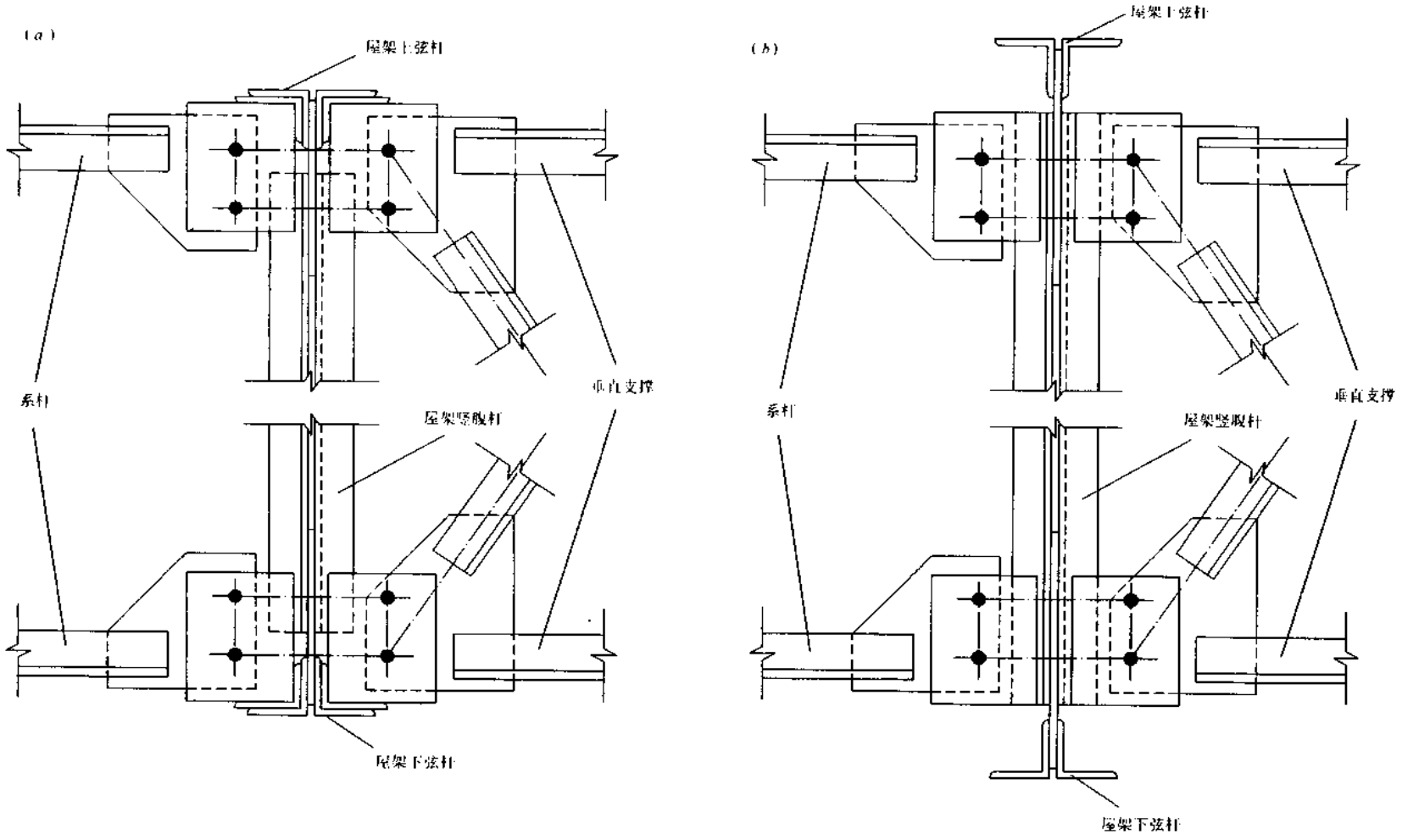
1—1



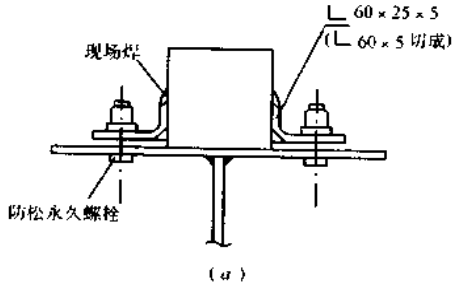
2—2

1—吊车梁；2—垂直支撑；3—下翼缘支撑；
4—吊车桁架防扭支撑；5—防松永久螺栓

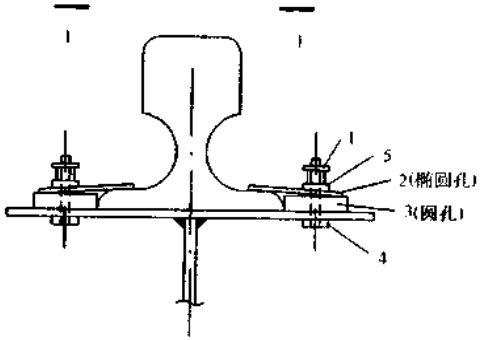
图名	垂直支撑的常用形式	图页	6—58



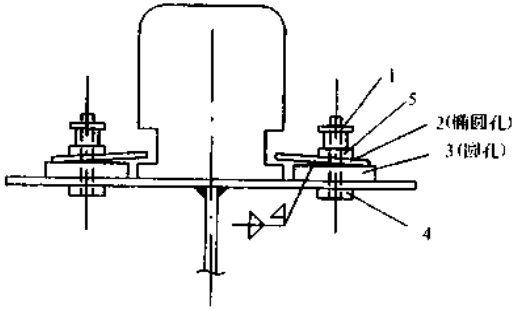
图名	垂直支撑连接节点	图页	6—59



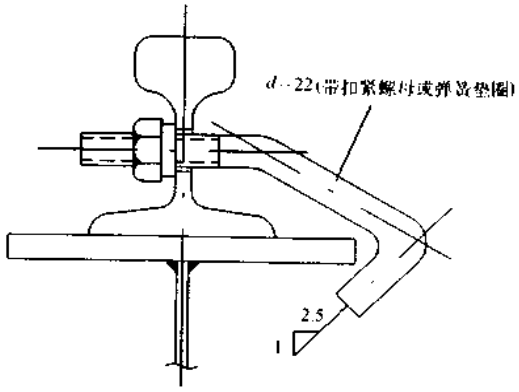
(a)



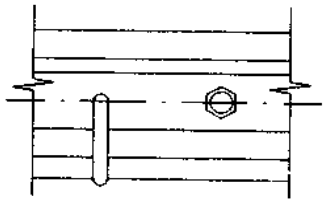
(c)

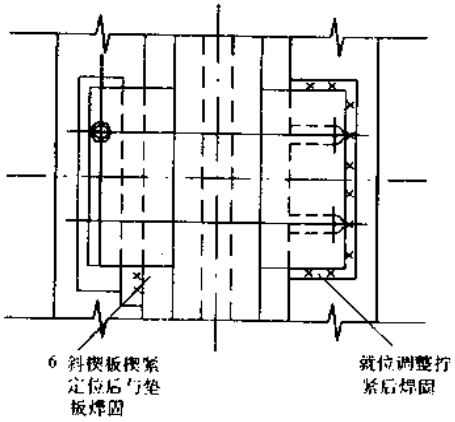


(d)



(b)



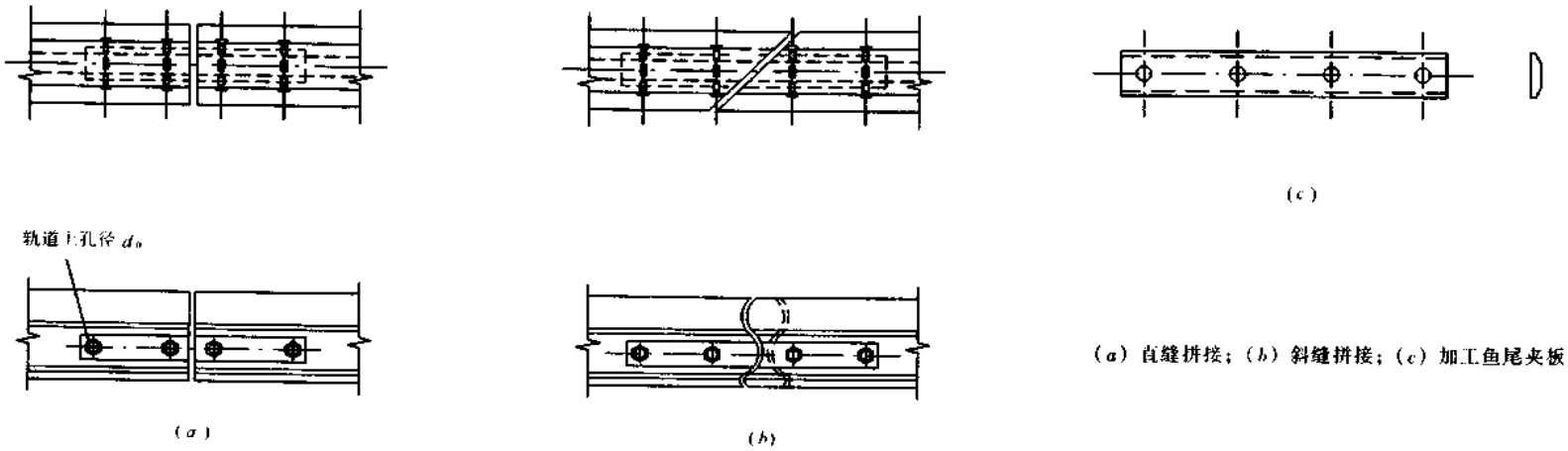


I—I

(左侧为斜楔板调整定位,右侧为垫板开槽孔调整定位)

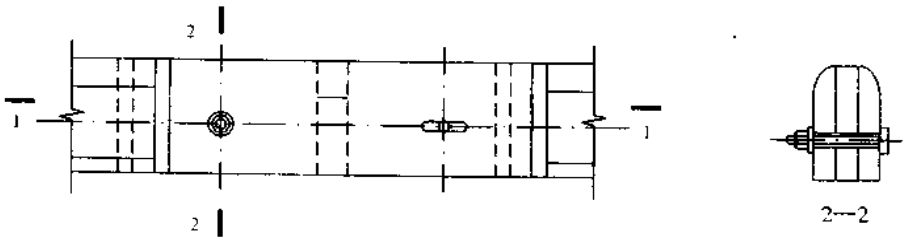
(a) 小方钢轨螺栓连接; (b) 铁路钢轨弯钩螺栓连接; (c) 吊车钢轨压板连接; (d) 140mm大方钢轨压板连接
1—扣紧螺母; 2—压板; 3—垫板; 4—放松永久螺栓; 5—斜垫圈; 6—斜楔板

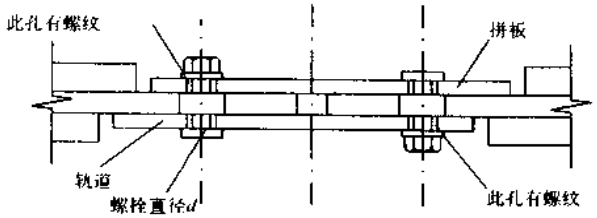
图名	常用钢轨连接	图页	6—60



(a) 直缝拼接；(b) 斜缝拼接；(c) 加工鱼尾夹板

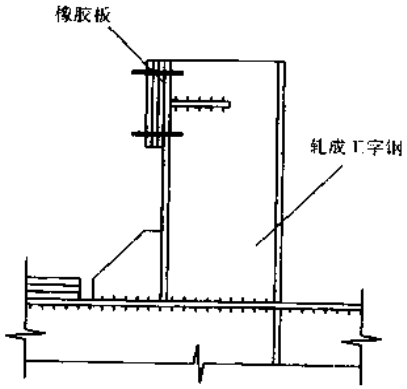
轨道的鱼尾板拼接



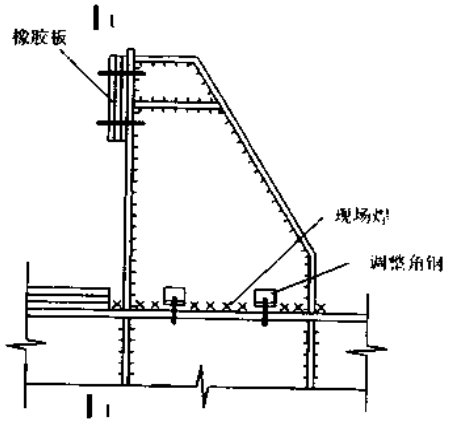


吊车钢轨伸缩缝拼接构造

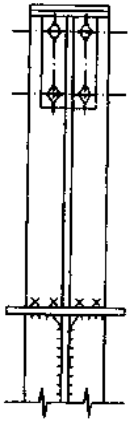
图名	轨道的鱼尾板拼接	图页	6—61



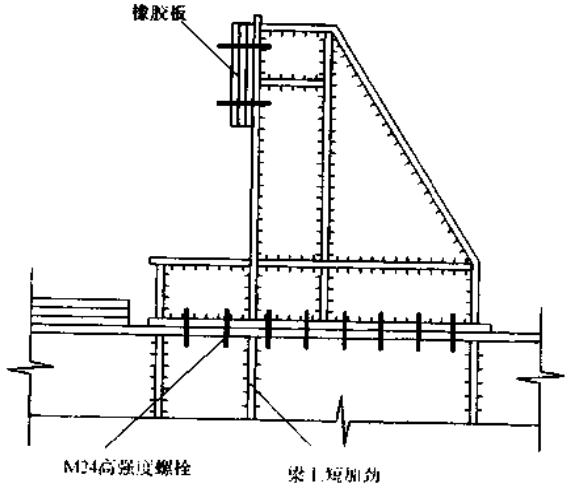
(a)



(b)

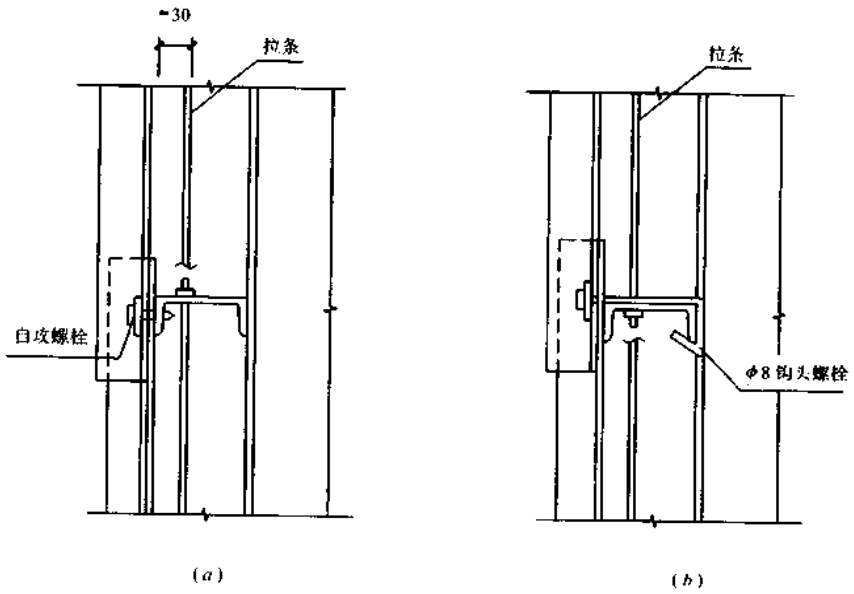


1—1

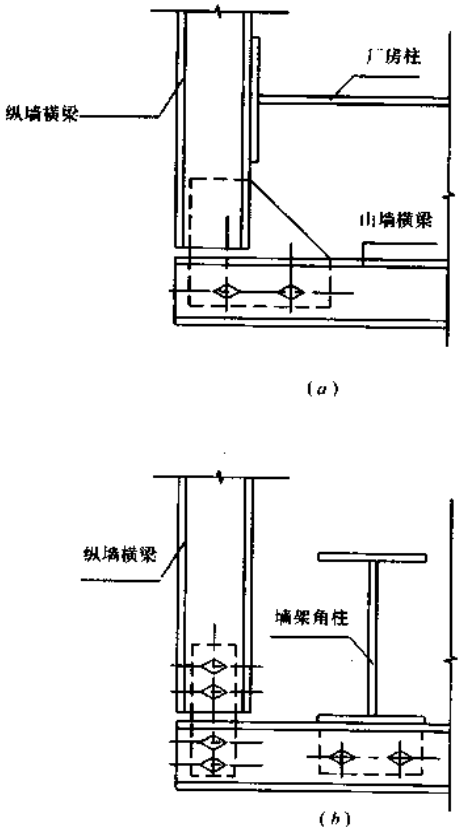


(c)

图名	车挡构造	图页	6—62

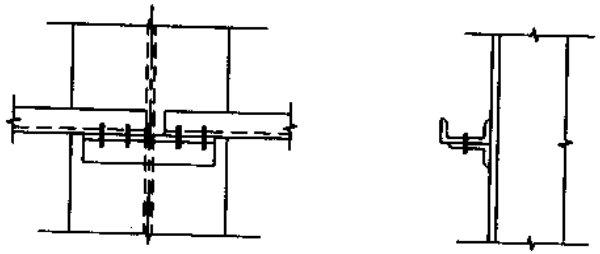


轻质墙与墙架横梁的连接

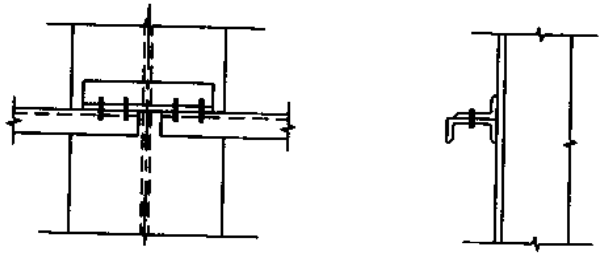


端部墙架横梁在墙角处的连接

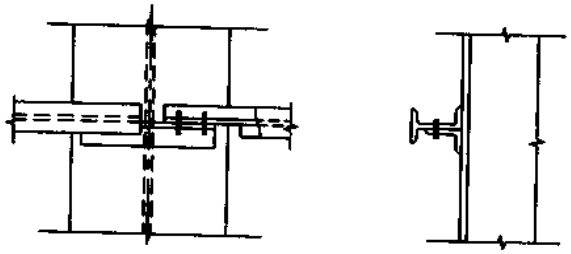
图名	墙架横梁的连接	图页	6--63



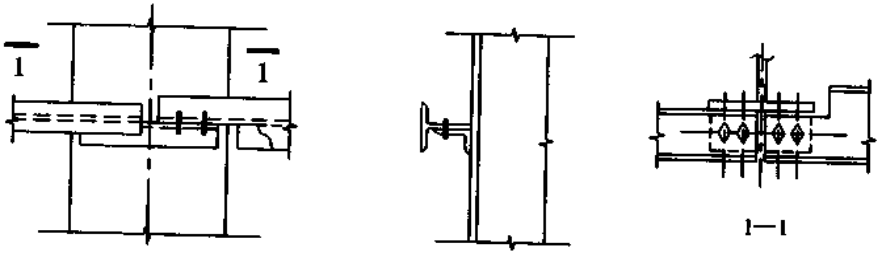
(a)



(b)

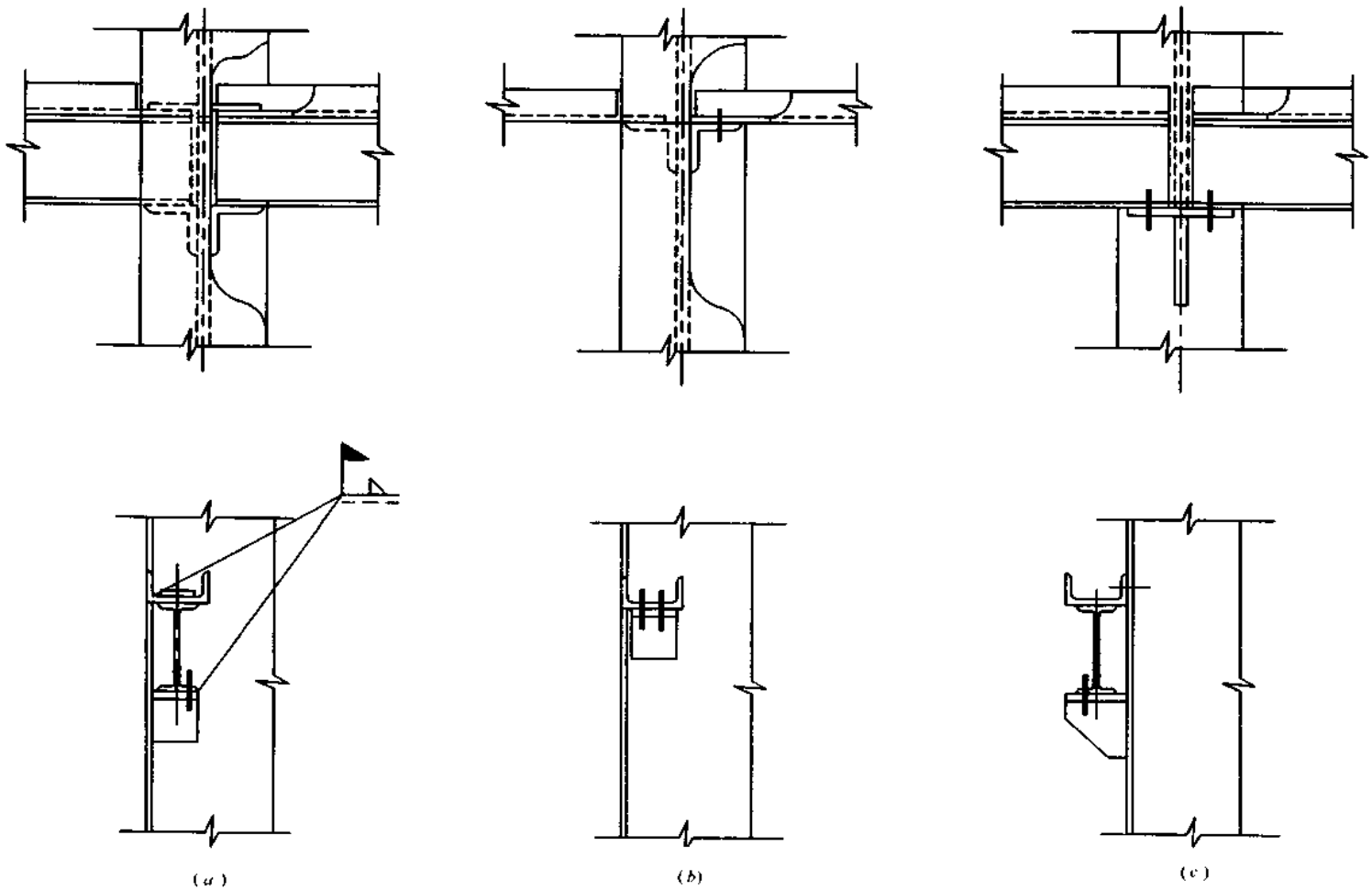


(c)

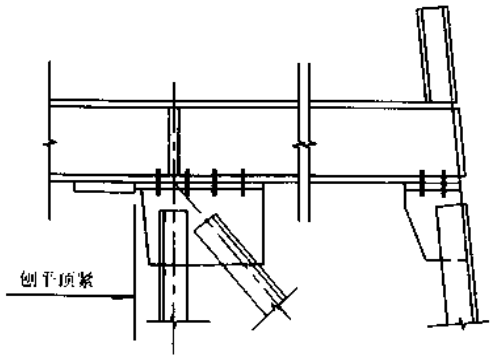


(d)

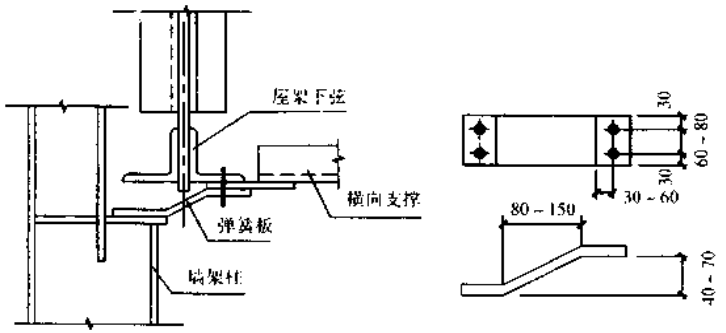
图名	墙架横梁与柱的连接(一)	图页	6—64



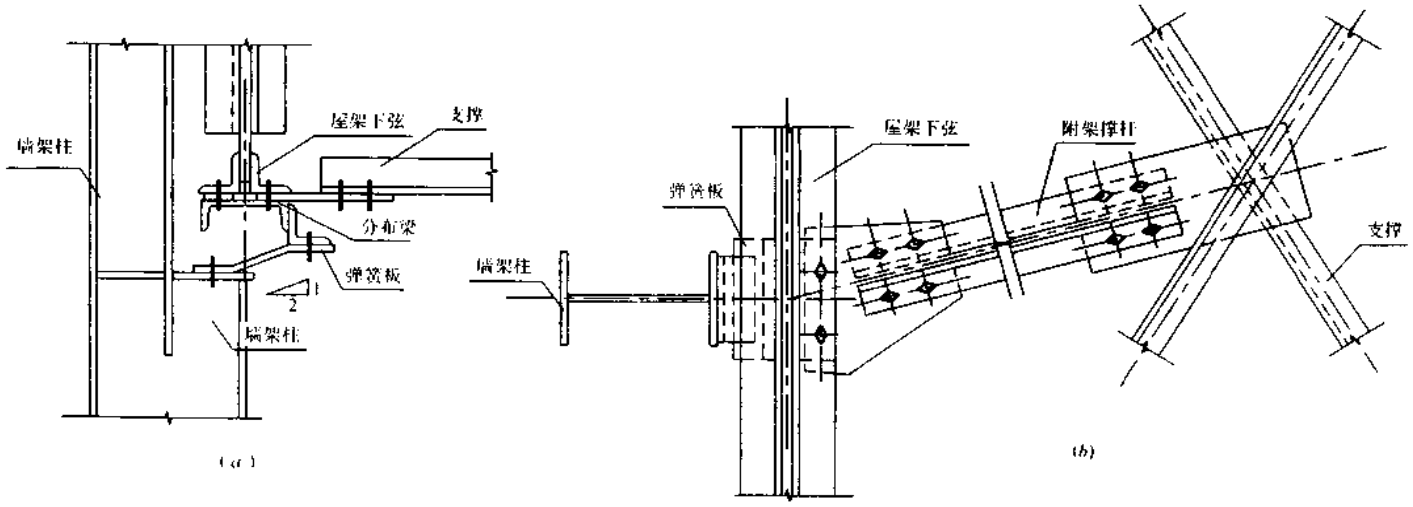
图名	墙架横梁与柱的连接(二)	图页	6—65



墙架柱支撑屋架连接

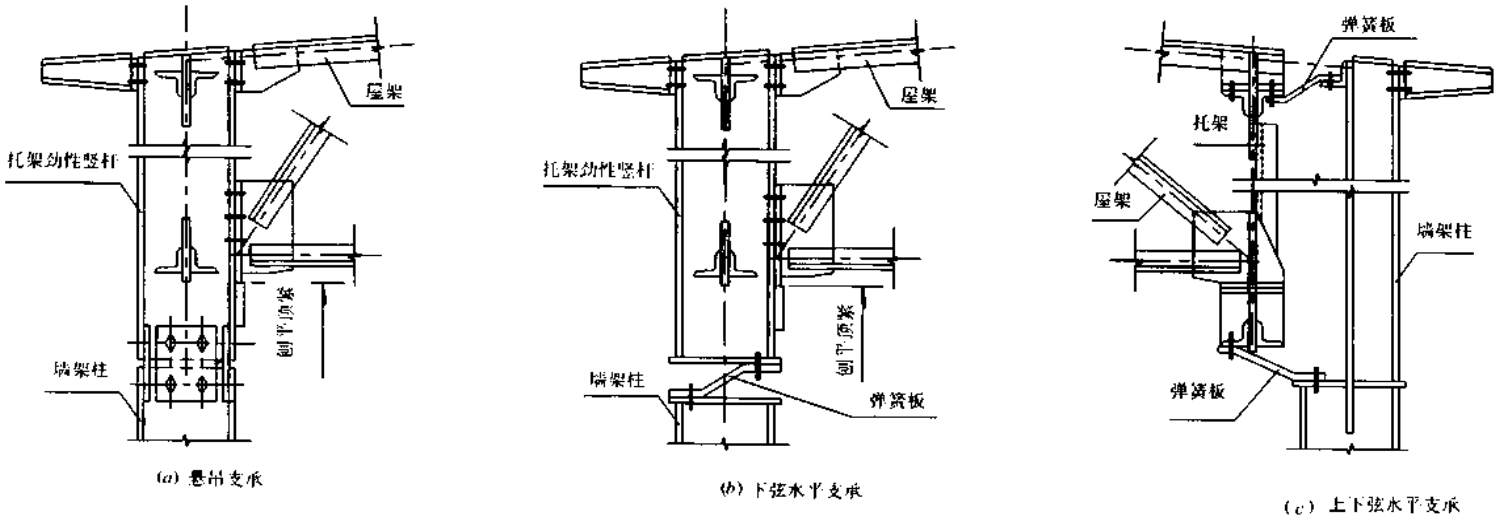


山墙墙架柱与屋架连接



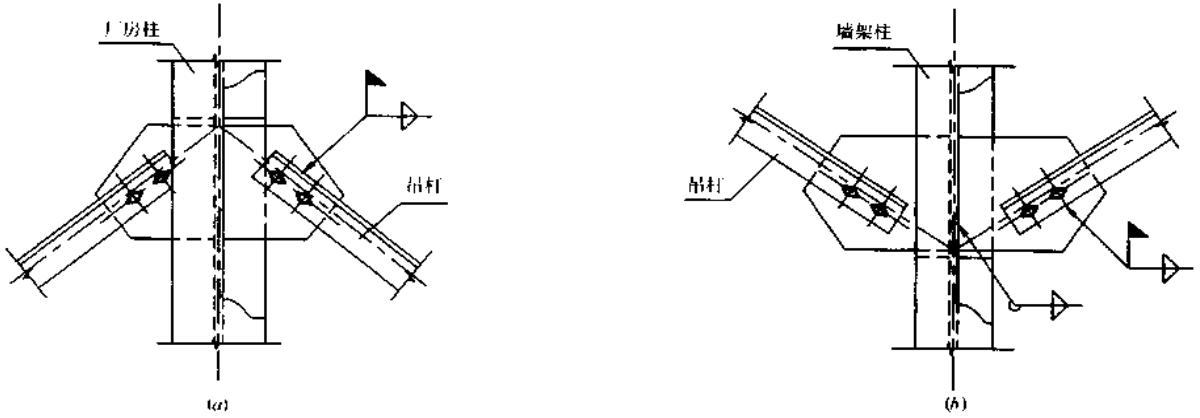
墙架柱不与支撑节点对应时的连接

图名	墙架柱的连接(一)	图页	6—66



(a) 悬吊支承　(b) 下弦水平支承　(c) 上下弦水平支承

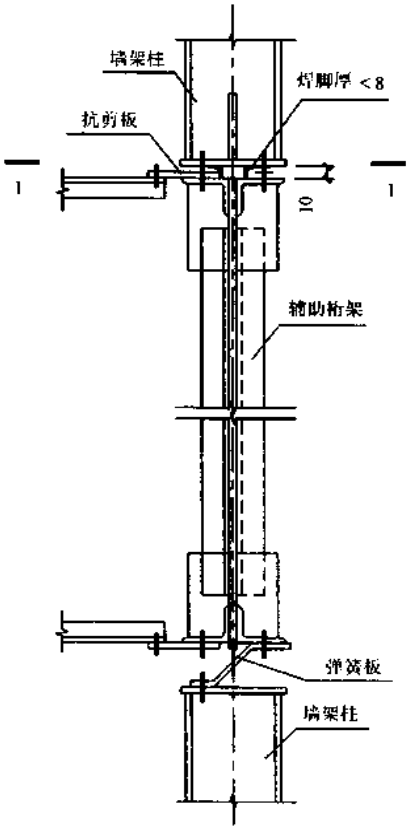
墙架柱顶与托架的连接



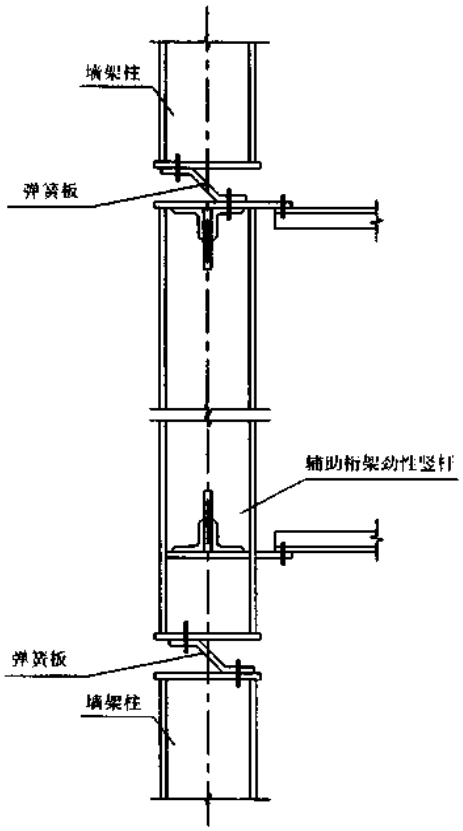
(a)　(b)

墙架柱与厂房柱的吊挂连接

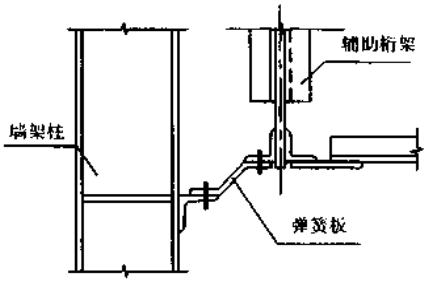
图名	墙架柱的连接(二)	图页	6—67



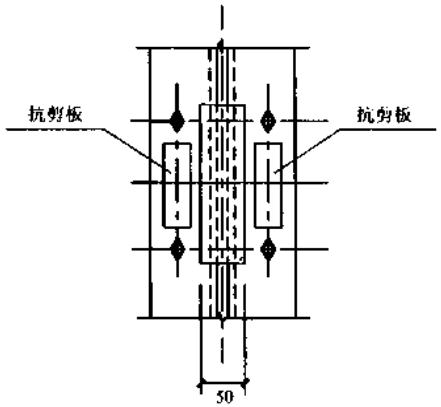
(a) 上柱与上弦铰接



(b) 柱与上、下弦水平支承



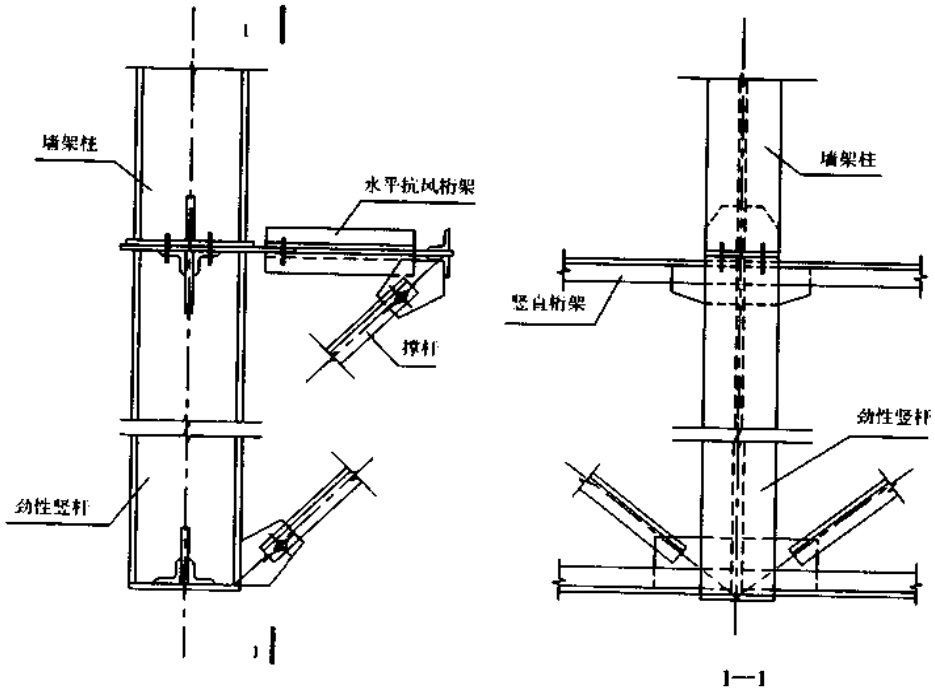
(c) 柱与下弦水平支承



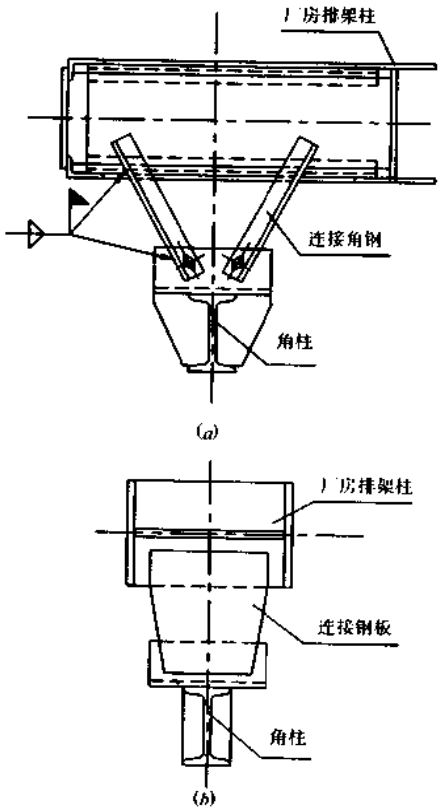
1—1

墙架柱与吊车梁辅助桁架的连接

图名	墙架柱的连接(三)	图页	6—68

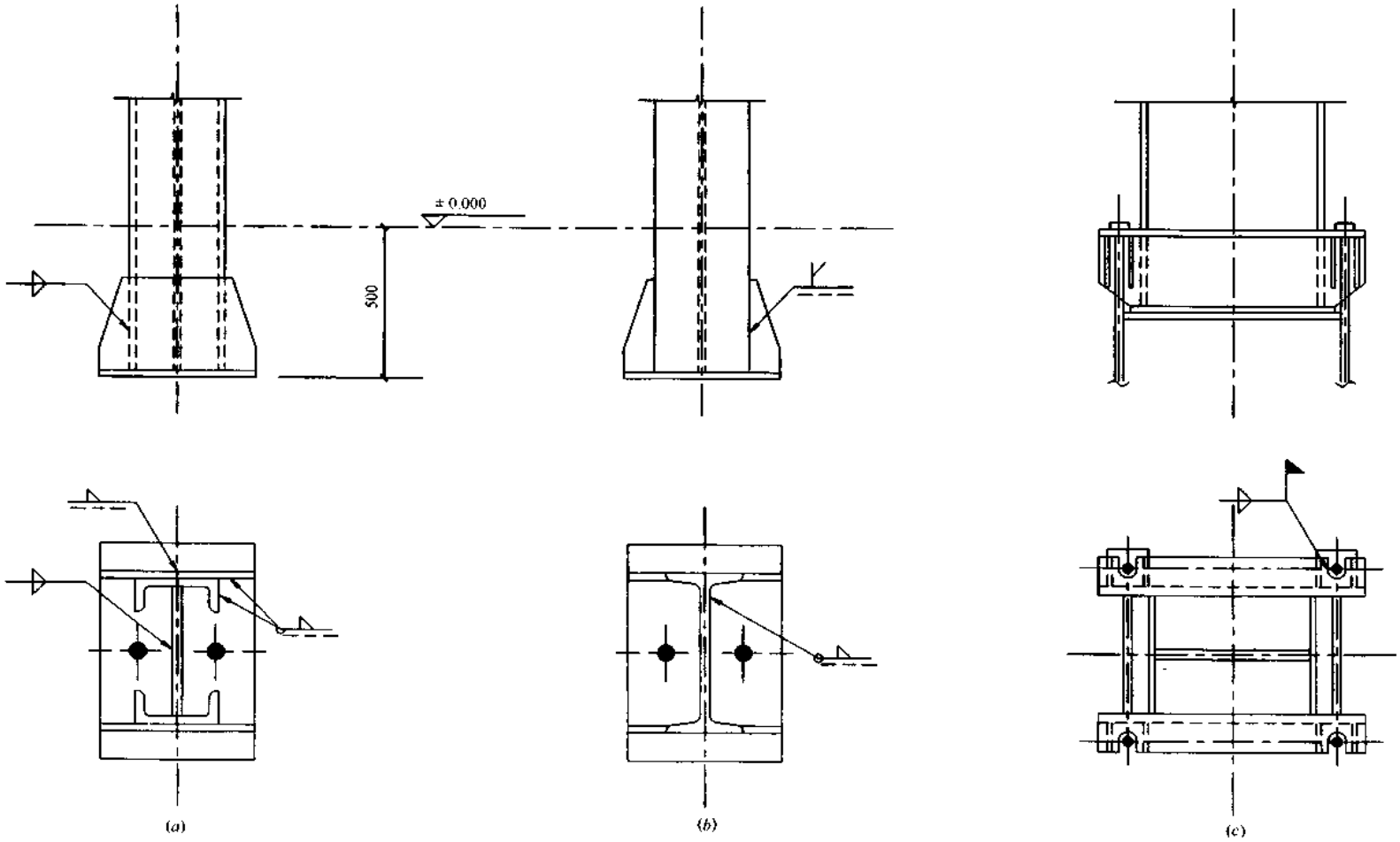


墙架柱与竖直桁架的连接

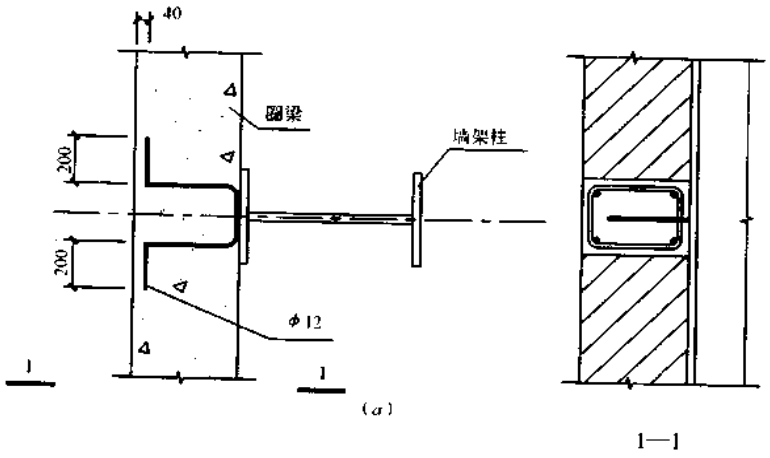


山墙角柱与厂房排架柱的连接

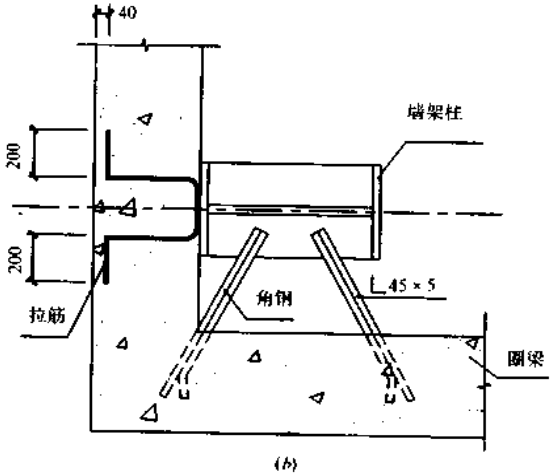
图名	墙架柱的连接(四)	图页	6—69



图名	墙架柱的柱脚	图页	6—70

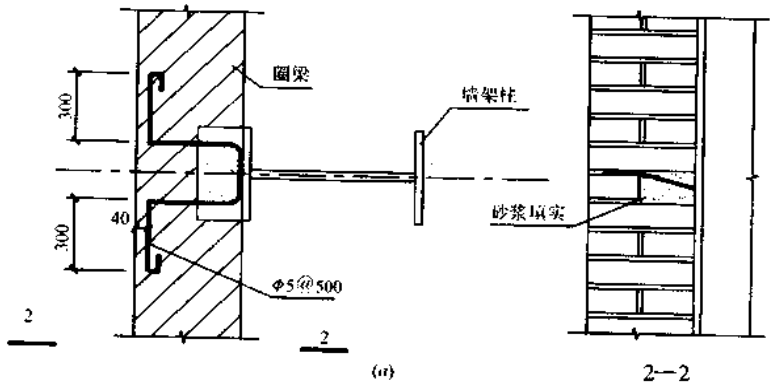


(a)

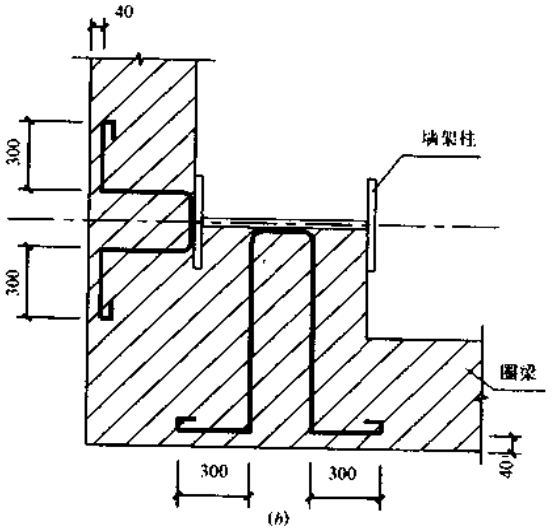


(b)

圈梁与墙架柱的拉接



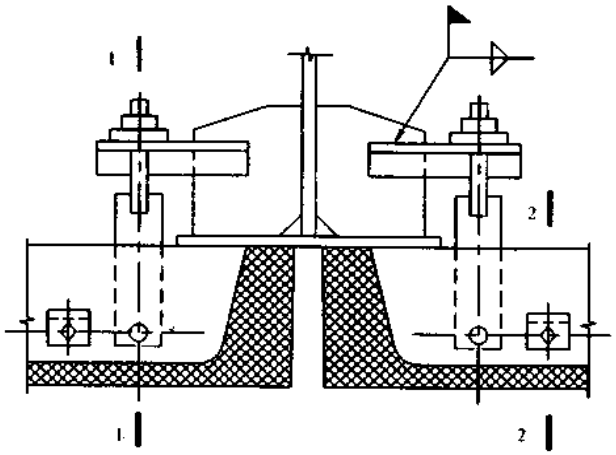
(a)



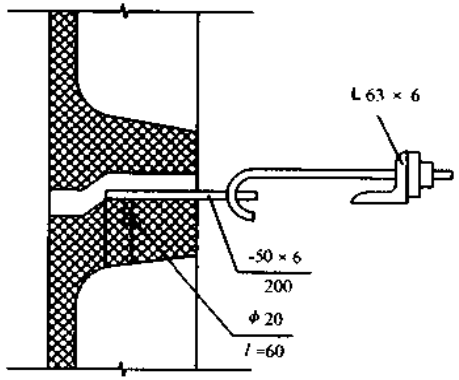
(b)

自承重墙与墙架柱的拉接

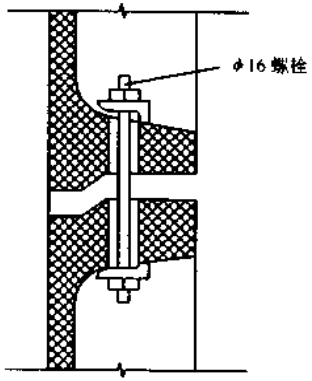
图名	砌体墙墙架的构造	图页	6—71



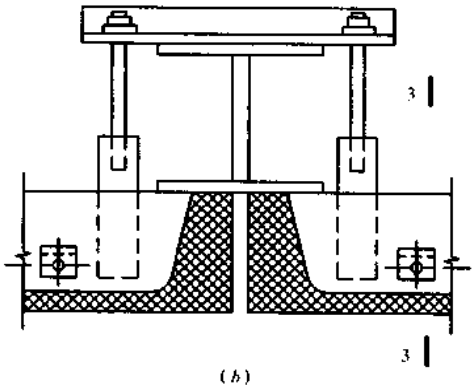
(a)



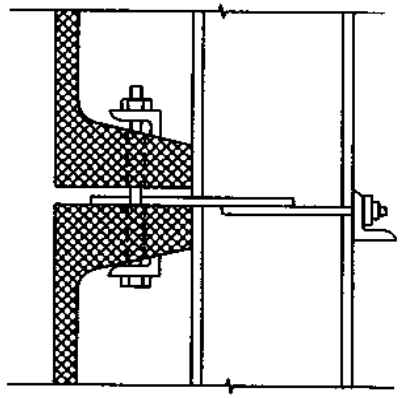
1—1



2—2



(b)



3—3

图名	墙架与柱的柔性连接	图页	6—72

参 考 文 献

1. 赵熙元等. 建筑钢结构设计手册. 北京：冶金工业出版社，1995
2. 李和华等. 钢结构连接节点设计手册. 北京：中国建筑工业出版社，1992
3.《轻型钢结构设计手册》编辑委员会. 轻型钢结构设计手册. 北京：中国建筑工业出版社，1996
4. 王燕等. 轻钢结构. 北京：冶金工业出版社，1997
5.《冷弯薄壁型钢结构设计手册》编著组. 冷弯薄壁型钢结构设计手册. 北京：中国建筑工业出版社，1996
6. 严正庭，严立. 钢与混凝土组合结构计算构造手册. 北京：中国建筑工业出版社，1996
7. 美国钢结构学会，水利电力部郑州机械设计研究所译. 钢结构细部设计. 北京：中国建筑工业出版社，1987