UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

P

JGJ 120-99

建筑基坑支护技术规程

Technical Specification for Retaining and Protection of Building Foundation Excavations

1999-03-04 发布　　1999-09-01 实施

施(试检室)DJ-7

中华人民共和国建设部　　发布

中华人民共和国行业标准

建筑基坑支护技术规程

Technical Specification for Retaining and Protection of Building Foundation Excavations

JGJ 120－99

主编单位：中国建筑科学研究院
批准部门：中华人民共和国建设部
施行日期：1999年9月1日

中国建筑工业出版社

1999 北 京

中华人民共和国行业标准

建筑基坑支护技术规程

JGJ 120—99

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：3 字数：81 千字

1999 年 5 月第一版 2007 年 8 月第十七次印刷

印数：127,001—132,000 册 定价：**15.00** 元

统一书号：15112·11845

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）

本社网址：http://www.cabp.com.cn

网上书店：http://www.china-building.com.cn

关于发布行业标准《建筑基坑支护技术规程》的通知

建标［1999］56号

根据建设部《关于印发一九九五年城建、建工工程建设行业标准制订、修订项目计划（第二批）的通知》（建标［1995］661号）的要求，由中国建筑科学研究院主编的《建筑基坑支护技术规程》，经审查，批准为强制性行业标准，编号JGJ120—99，自1999年9月1日起施行。

本标准由建设部建筑工程标准技术归口单位中国建筑科学研究院管理，由中国建筑科学研究院负责具体解释。由建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版。

中华人民共和国建设部

1999年3月4日

前　言

本规程系根据中华人民共和国建设部建标[1995]661号文为依据制定的。

本规程共有八章，主要技术内容包括：总则、术语、符号、基本规定、排桩、地下连续墙、水泥土墙、土钉墙、逆作拱墙、地下水控制等。

本规程由建设部建筑工程标准技术归口单位中国建筑科学研究院（北京市北三环东路30号，邮政编码100013）归口管理并负责具体解释。

主编单位：中国建筑科学研究院

参加单位：深圳市勘察研究院
福建省建筑科学研究院
同济大学
冶金部建筑研究总院
广州市建筑科学研究院
江西省新大地建设监理公司
北京市勘察设计研究院
机械部第三勘察研究院
深圳市工程质量监督检验总站
重庆市建筑设计研究院
肇庆市建设工程质量监督站

主要起草人：黄　强　杨　斌　李荣强　侯伟生
杨　敏　杨志银　陈新余　陈如桂
刘小敏　胡建林　白生翔　张在明
刘金砺　魏章和　李子新　李瑞茹
王铁宏　郑生庆　张昌定

目　　次

1　总则 …… 1

2　术语、符号 …… 2

2.1　术语 …… 2

2.2　符号 …… 3

3　基本规定 …… 6

3.1　设计原则 …… 6

3.2　勘察要求 …… 7

3.3　支护结构选型 …… 9

3.4　水平荷载标准值 …… 10

3.5　水平抗力标准值 …… 12

3.6　质量检测 …… 13

3.7　基坑开挖 …… 14

3.8　开挖监控 …… 14

4　排桩、地下连续墙 …… 16

4.1　嵌固深度计算 …… 16

4.2　结构计算 …… 18

4.3　截面承载力计算 …… 19

4.4　锚杆计算 …… 19

4.5　支撑体系计算 …… 22

4.6　构造 …… 23

4.7　施工与检测 …… 25

5　水泥土墙 …… 28

5.1　嵌固深度计算 …… 28

5.2　墙体厚度计算 …… 28

5.3　正截面承载力验算 …… 29

5.4　构造 …… 30

5.5　施工与检测 …… 30

6 土钉墙 …… 32
6.1 土钉抗拉承载力计算 …… 32
6.2 土钉墙整体稳定性验算 …… 34
6.3 构造 …… 35
6.4 施工与检测 …… 36
7 逆作拱墙 …… 38
7.1 拱墙计算 …… 38
7.2 构造 …… 39
7.3 施工与检测 …… 39
8 地下水控制 …… 41
8.1 一般规定 …… 41
8.2 集水明排 …… 42
8.3 降水 …… 42
8.4 截水 …… 46
8.5 回灌 …… 47
附录A 圆弧滑动简单条分法 …… 48
附录B 弹性支点法 …… 51
附录C 支点水平刚度系数 k_T 及地基土水平抗力比例系数 m …… 54
附录D 正截面受弯承载力计算 …… 57
附录E 锚杆试验 …… 60
附录F 基坑涌水量计算 …… 64
附录G 本规程用词用语说明 …… 69
条文说明 …… 71

1 总　　则

1.0.1 为了在建筑基坑支护设计与施工中做到技术先进、经济合理、确保基坑边坡稳定、基坑周围建筑物、道路及地下设施安全，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于一般地质条件下的建筑物和一般构筑物的基坑工程勘察、支护设计、施工、检测及基坑开挖与监控。对于膨胀土和湿陷性黄土等特殊地质条件地区应结合当地工程经验应用。

1.0.3 基坑支护设计与施工应综合考虑工程地质与水文地质条件、基础类型、基坑开挖深度、降排水条件、周边环境对基坑侧壁位移的要求、基坑周边荷载、施工季节、支护结构使用期限等因素，做到因地制宜，因时制宜，合理设计、精心施工、严格监控。

1.0.4 基坑支护工程除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行的有关标准、规范和规程的规定。

2 术语、符号

2.1 术　语

2.1.1 建筑基坑　building foundation pit

为进行建筑物（包括构筑物）基础与地下室的施工所开挖的地面以下空间。

2.1.2 基坑侧壁　side of foundation pit

构成建筑基坑围体的某一侧面。

2.1.3 基坑周边环境　surroundings around foundation pit

基坑开挖影响范围内包括既有建(构)筑物、道路、地下设施、地下管线、岩土体及地下水体等的统称。

2.1.4 基坑支护　retaining and protecting for foundation excavation

为保证地下结构施工及基坑周边环境的安全，对基坑侧壁及周边环境采用的支挡、加固与保护措施。

2.1.5 排桩　piles in row

以某种桩型按队列式布置组成的基坑支护结构。

2.1.6 地下连续墙　diaphragm

用机械施工方法成槽浇灌钢筋混凝土形成的地下墙体。

2.1.7 水泥土墙　cement-soil wall

由水泥土桩相互搭接形成的格栅状、壁状等形式的重力式结构。

2.1.8 土钉墙　soil nailing wall

采用土钉加固的基坑侧壁土体与护面等组成的支护结构。

2.1.9 土层锚杆　soil anchor

由设置于钻孔内、端部伸入稳定土层中的钢筋或钢绞线与孔内注浆体组成的受拉杆体。

2.1.10 支撑体系 bracing system

由钢或钢筋混凝土构件组成的用以支撑基坑侧壁的结构体系。

2.1.11 冠梁 top beam

设置在支护结构顶部的钢筋混凝土连梁。

2.1.12 腰梁 middle beam

设置在支护结构顶部以下传递支护结构与锚杆或内支撑支点力的钢筋混凝土梁或钢梁。

2.1.13 支点 fulcurm

锚杆或支撑体系对支护结构的水平约束点。

2.1.14 支点刚度系数 stiffness coefficicient of fulcurm bearing

锚杆或支撑体系对支护结构的水平向反作用力与其位移的比值。

2.1.15 嵌固深度 embedded depth

桩墙结构在基坑开挖底面以下的埋置深度。

2.1.16 嵌固深度设计值 design value of embedded depth

根据基坑侧壁安全等级及支护结构验算条件确定的支护结构嵌固深度的设计值。

2.1.17 地下水控制 groundwater controlling

为保证支护结构施工、基坑挖土、地下室施工及基坑周边环境安全而采取的排水、降水、截水或回灌措施。

2.1.18 截水帷幕 curtain for cutting off water

用于阻截或减少基坑侧壁及基坑底地下水流入基坑而采用的连续止水体。

2.2 符 号

2.2.1 抗力和材料性能

c_k——土的粘聚力标准值；

φ_k——土的内摩擦角标准值；

e——土的孔隙比；

k——土的渗透系数；

w——土的天然含水量；

γ——土的重力密度（简称土的重度）；

γ_{cs}——水泥土墙的平均重度；

f_{csk}、f_{cs}——水泥土开挖龄期轴心抗压强度标准值、设计值；

m——地基土水平抗力系数的比例系数；

f_{ck}、f_c——混凝土轴心抗压强度标准值、设计值；

f_{cmk}、f_{cm}——混凝土弯曲抗压强度标准值、设计值；

f_{yk}、f_{pyk}——普通钢筋、预应力钢筋抗拉强度标准值；

f_y、f'_y——普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值；

f_{py}、f'_{py}——预应力钢筋的抗拉、抗压强度设计值；

e_{pjk}——基坑开挖面下 j 点水平抗力标准值；

K_{pi}——第 i 层土被动土压力系数；

k_{Ti}——第 i 支点的支点刚度系数（弹簧）系数；

k_{si}——基坑开挖面以下土体弹簧系数；

N_u——锚杆轴向受拉承载力设计值。

2.2.2 作用和作用效应

e_{ajk}——j 点水平荷载标准值；

K_{ai}——第 i 层土主动土压力系数；

M_c——弯矩计算值

V_c——剪力计算值

T_{cj}——第 j 层支点力计算值

N——轴向力设计值；

M——弯矩设计值；

V——剪力设计值；

T_d——锚杆或内支撑支点力设计值。

2.2.3 几何参数

s_a——排桩中心距；

h——基坑开挖深度；

h_d——支护结构嵌固深度设计值；

d——桩身设计直径；

b——墙身厚度；

A——桩(墙)身截面面积。

2.2.4 计算系数

γ_0——建筑基坑侧壁重要性系数。

3 基本规定

3.1 设计原则

3.1.1 基坑支护结构应采用以分项系数表示的极限状态设计表达式进行设计。

3.1.2 基坑支护结构极限状态可分为下列两类：

1. 承载能力极限状态：对应于支护结构达到最大承载能力或土体失稳、过大变形导致支护结构或基坑周边环境破坏；

2. 正常使用极限状态：对应于支护结构的变形已妨碍地下结构施工或影响基坑周边环境的正常使用功能。

3.1.3 基坑支护结构设计应根据表 3.1.3 选用相应的侧壁安全等级及重要性系数。

基坑侧壁安全等级及重要性系数 **表 3.1.3**

安全等级	破坏后果	γ_0
一级	支护结构破坏、土体失稳或过大变形对基坑周边环境及地下结构施工影响很严重	1.10
二级	支护结构破坏、土体失稳或过大变形对基坑周边环境及地下结构施工影响一般	1.00
三级	支护结构破坏、土体失稳或过大变形对基坑周边环境及地下结构施工影响不严重	0.90

注：有特殊要求的建筑基坑侧壁安全等级可根据具体情况另行确定。

3.1.4 支护结构设计应考虑其结构水平变形、地下水的变化对周边环境的水平与竖向变形的影响，对于安全等级为一级和对周边环境变形有限定要求的二级建筑基坑侧壁，应根据周边环境的重要性、对变形的适应能力及土的性质等因素确定支护结构的水平

变形限值。

3.1.5 当场地内有地下水时，应根据场地及周边区域的工程地质条件、水文地质条件、周边环境情况和支护结构与基础型式等因素，确定地下水控制方法。当场地周围有地表水汇流、排泻或地下水管渗漏时，应对基坑采取保护措施。

3.1.6 根据承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计要求，基坑支护应按下列规定进行计算和验算：

1. 基坑支护结构均应进行承载能力极限状态的计算，计算内容应包括：

1）根据基坑支护形式及其受力特点进行土体稳定性计算；

2）基坑支护结构的受压、受弯、受剪承载力计算；

3）当有锚杆或支撑时，应对其进行承载力计算和稳定性验算。

2. 对于安全等级为一级及对支护结构变形有限定的二级建筑基坑侧壁，尚应对基坑周边环境及支护结构变形进行验算。

3. 地下水控制计算和验算：

1）抗渗透稳定性验算；

2）基坑底突涌稳定性验算；

3）根据支护结构设计要求进行地下水位控制计算。

3.1.7 基坑支护设计内容应包括对支护结构计算和验算、质量检测及施工监控的要求。

3.1.8 当有条件时，基坑应采用局部或全部放坡开挖，放坡坡度应满足其稳定性要求。

3.2 勘 察 要 求

3.2.1 在主体建筑地基的初步勘察阶段，应根据岩土工程条件，搜集工程地质和水文地质资料，并进行工程地质调查，必要时可进行少量的补充勘察和室内试验，提出基坑支护的建议方案。

3.2.2 在建筑地基详细勘察阶段，对需要支护的工程宜按下列要求进行勘察工作：

1. 勘察范围应根据开挖深度及场地的岩土工程条件确定，并宜在开挖边界外按开挖深度的1～2倍范围内布置勘探点，当开挖边界外无法布置勘探点时，应通过调查取得相应资料。对于软土，勘察范围尚宜扩大；

2. 基坑周边勘探点的深度应根据基坑支护结构设计要求确定，不宜小于1倍开挖深度，软土地区应穿越软土层；

3. 勘探点间距应视地层条件而定，可在15～30m内选择，地层变化较大时，应增加勘探点，查明分布规律。

3.2.3 场地水文地质勘察应达到以下要求：

1. 查明开挖范围及邻近场地地下水含水层和隔水层的层位、埋深和分布情况，查明各含水层（包括上层滞水、潜水、承压水）的补给条件和水力联系；

2. 测量场地各含水层的渗透系数和渗透影响半径；

3. 分析施工过程中水位变化对支护结构和基坑周边环境的影响，提出应采取的措施。

3.2.4 岩土工程测试参数宜包含下列内容：

1. 土的常规物理试验指标；

2. 土的抗剪强度指标；

3. 室内或原位试验测试土的渗透系数；

4. 特殊条件下应根据实际情况选择其它适宜的试验方法测试设计所需参数。

3.2.5 基坑周边环境勘查应包括以下内容：

1. 查明影响范围内建(构)筑物的结构类型、层数、基础类型、埋深、基础荷载大小及上部结构现状；

2. 查明基坑周边的各类地下设施，包括上、下水、电缆、煤气、污水、雨水、热力等管线或管道的分布和性状；

3. 查明场地周围和邻近地区地表水汇流、排泻情况，地下水管渗漏情况以及对基坑开挖的影响程度；

4. 查明基坑四周道路的距离及车辆载重情况。

3.2.6 在取得勘察资料的基础上，针对基坑特点，应提出解决下

列问题的建议：

1. 分析场地的地层结构和岩土的物理力学性质；
2. 地下水的控制方法及计算参数；
3. 施工中应进行的现场监测项目；
4. 基坑开挖过程中应注意的问题及其防治措施。

3.3 支护结构选型

3.3.1 支护结构可根据基坑周边环境、开挖深度、工程地质与水文地质、施工作业设备和施工季节等条件，按表 3.3.1 选用排桩、

支护结构选型表 **表 3.3.1**

结构型式	适 用 条 件
排桩或地下连续墙	1. 适于基坑侧壁安全等级一、二、三级 2. 悬臂式结构在软土场地中不宜大于 5m 3. 当地下水位高于基坑底面时，宜采用降水、排桩加截水帷幕或地下连续墙
水泥土墙	1. 基坑侧壁安全等级宜为二、三级 2. 水泥土桩施工范围内地基土承载力不宜大于 150kPa 3. 基坑深度不宜大于 6m
土钉墙	1. 基坑侧壁安全等级宜为二、三级的非软土场地 2. 基坑深度不宜大于 12m 3. 当地下水位高于基坑底面时，应采取降水或截水措施
逆作拱墙	1. 基坑侧壁安全等级宜为二、三级 2. 淤泥和淤泥质土场地不宜采用 3. 拱墙轴线的矢跨比不宜小于 1/8 4. 基坑深度不宜大于 12m 5. 地下水位高于基坑底面时，应采取降水或截水措施
放坡	1. 基坑侧壁安全等级宜为三级 2. 施工场地应满足放坡条件 3. 可独立或与上述其他结构结合使用 4. 当地下水位高于坡脚时，应采取降水措施

地下连续墙、水泥土墙、逆作拱墙、土钉墙、原状土放坡或采用上述型式的组合。

3.3.2 支护结构选型应考虑结构的空间效应和受力特点，采用有利支护结构材料受力性状的型式。

3.3.3 软土场地可采用深层搅拌、注浆、间隔或全部加固等方法对局部或整个基坑底土进行加固，或采用降水措施提高基坑内侧被动抗力。

3.4 水平荷载标准值

3.4.1 支护结构水平荷载标准值 e_{ajk} 应按当地可靠经验确定，当无经验时可按下列规定计算（图 3.4.1）：

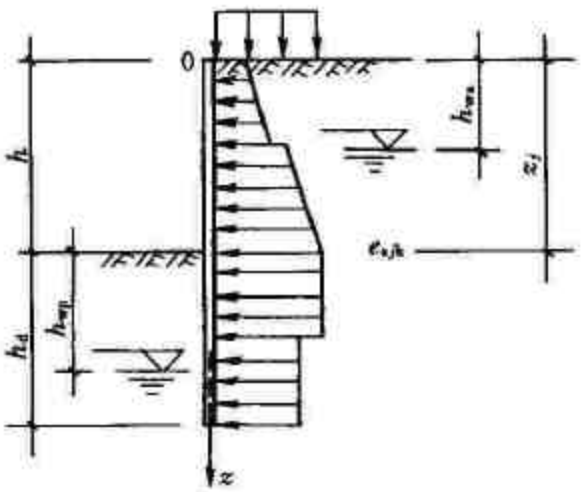


图 3.4.1 水平荷载标准值计算简图

1. 对于碎石土及砂土：

1）当计算点位于地下水位以上时：

$$e_{ajk} = \sigma_{ajk} K_{ai} - 2c_{ik}\sqrt{K_{ai}} \tag{3.4.1-1}$$

2）当计算点位于地下水位以下时：

$$e_{ajk} = \sigma_{ajk} K_{ai} - 2c_{ik}\sqrt{K_{ai}} + [(z_j - h_{wa}) - (m_j - h_{wa})\eta_{wa} K_{ai}]\gamma_w \tag{3.4.1-2}$$

式中 K_{ai}——第 i 层的主动土压力系数，可按本规程第 3.4.3 条规定计算；

σ_{ajk}——作用于深度 z_j 处的竖向应力标准值，可按本规程第 3.4.2 条规定计算；

c_{ik}——三轴试验（当有可靠经验时可采用直接剪切试验）确定的第 i 层土固结不排水（快）剪粘聚力标准值；

z_j——计算点深度；

m_j——计算参数，当 $z_j<h$ 时，取 z_j，当 $z_j\geqslant h$ 时，取 h；

h_{wa}——基坑外侧水位深度；

η_{wa}——计算系数，当 $h_{wa}\leqslant h$ 时，取 1，当 $h_{wa}>h$ 时，取零；

γ_w——水的重度。

2. 对于粉土及粘性土：

$$e_{ajk}=\sigma_{ajk}K_{ai}-2c_{ik}\sqrt{K_{ai}} \qquad (3.4.1\text{-}3)$$

3. 当按以上规定计算的基坑开挖面以上水平荷载标准值小于零时，应取零。

3.4.2 基坑外侧竖向应力标准值 σ_{ajk} 可按下列规定计算：

$$\sigma_{ajk}=\sigma_{rk}+\sigma_{0k}+\sigma_{1k} \qquad (3.4.2\text{-}1)$$

1. 计算点深度 z_j 处自重竖向应力 σ_{rk}

1）计算点位于基坑开挖面以上时：

$$\sigma_{rk}=\gamma_{mj}z_j \qquad (3.4.2\text{-}2)$$

式中 γ_{mj}——深度 z_j 以上土的加权平均天然重度。

2）计算点位于基坑开挖面以下时：

$$\sigma_{rk}=\gamma_{mh}h \qquad (3.4.2\text{-}3)$$

式中 γ_{mh}——开挖面以上土的加权平均天然重度。

2. 当支护结构外侧地面作用满布附加荷载 q_0 时（图 3.4.2-1），基坑外侧任意深度附加竖向应力标准值 σ_{0k} 可按下式确定：

$$\sigma_{0k}=q_0 \qquad (3.4.2\text{-}4)$$

3. 当距支护结构 b_1 外侧，地表作用有宽度为 b_0 的条形附加荷载 q_1 时（图 3.4.2-2），基坑外侧深度 CD 范围内的附加竖向应力标准值 σ_{1k} 可按下式确定：

$$\sigma_{1k}=q_1\frac{b_0}{b_0+2b_1} \qquad (3.4.2\text{-}5)$$

4. 上述基坑外侧附加荷载作用于地表以下一定深度时，将计算点深度相应下移，其竖向应力也可按上述规定确定。

3.4.3 第 i 层土的主动土压力系数 K_{ai} 应按下式计算：

$$K_{ai}=\mathrm{tg}^2\left(45^\circ-\frac{\varphi_{ik}}{2}\right) \qquad (3.4.3)$$

式中 φ_{ik}——三轴试验(当有可靠经验时可采用直接剪切试验)确定的第 i 层土固结不排水（快）剪内摩擦角标准值。

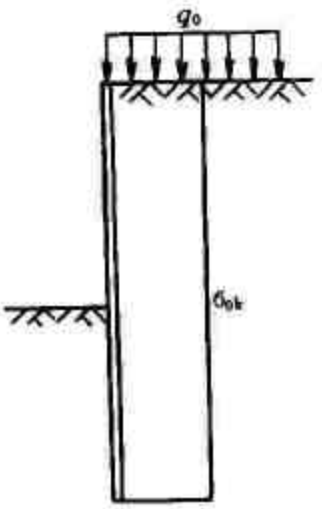


图 3.4.2-1 地面均布荷载时基坑外侧附加竖向应力计算简图

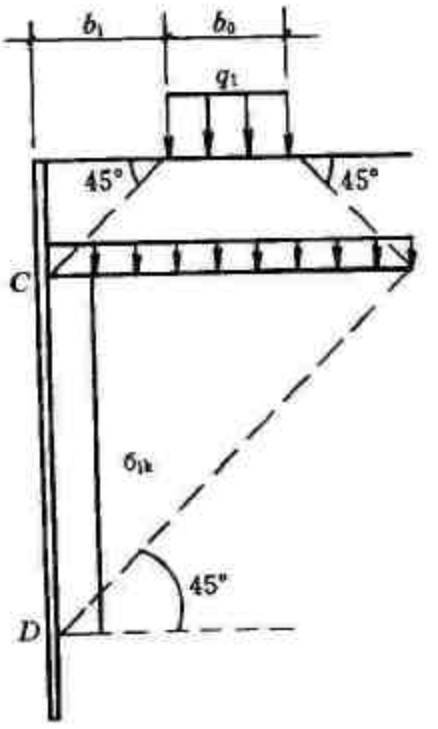


图 3.4.2-2 局部荷载作用时基坑外侧附加竖向应力计算简图

3.5 水平抗力标准值

3.5.1 基坑内侧水平抗力标准值 e_{pjk} 宜按下列规定计算（图 3.5.1）：

1. 对于砂土及碎石土，基坑内侧抗力标准值按下列规定计算：

$$e_{pjk} = \sigma_{pjk} K_{pi} + 2c_{ik}\sqrt{K_{pi}} + (z_j - h_{wp})(1 - K_{pi})\gamma_w \qquad (3.5.1\text{-}1)$$

式中 σ_{pjk}——作用于基坑底面以下深度 z_j 处的竖向应力标准值，按本规程第 3.5.2 条规定计算；

K_{pi}——第 i 层土的被动土压力系数，应按本规程第 3.5.3 条规定计算。

2. 对于粉土及粘性土，基坑内侧水平抗力标准值宜按下式计算：

$$e_{pjk} = \sigma_{pjk} K_{pi} + 2c_{ik}\sqrt{K_{pi}} \qquad (3.5.1\text{-}2)$$

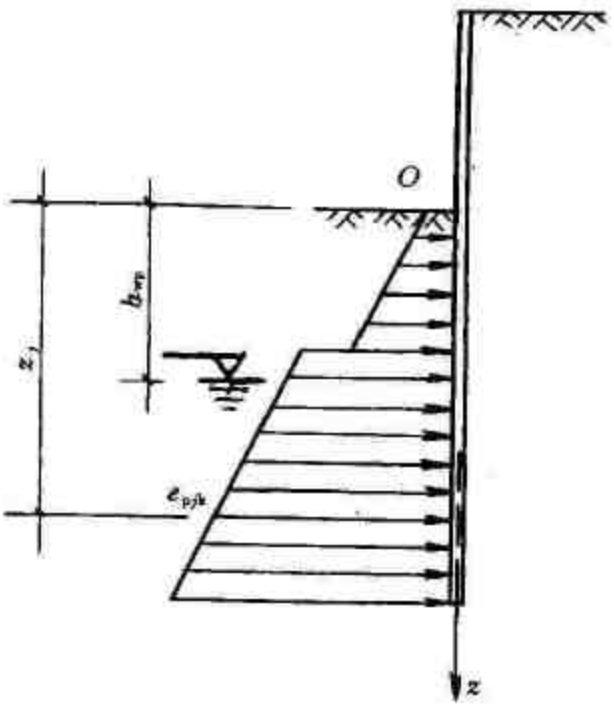


图 3.5.1　水平抗力标准值计算图

3.5.2　作用于基坑底面以下深度 z_j 处的竖向应力标准值 σ_{pjk} 可按下式计算：

$$\sigma_{pjk} = \gamma_{mj} z_j \tag{3.5.2}$$

式中　γ_{mj}——深度 z_j 以上土的加权平均天然重度。

3.5.3　第 i 层土的被动土压力系数应按下式计算：

$$K_{pi} = \mathrm{tg}^2\left(45° + \frac{\varphi_{ik}}{2}\right) \tag{3.5.3}$$

3.6　质 量 检 测

3.6.1　支护结构施工及使用的原材料及半成品应遵照有关施工验收标准进行检验。

3.6.2　对基坑侧壁安全等级为一级或对构件质量有怀疑的安全等级为二级和三级的支护结构应进行质量检测。

3.6.3　检测工作结束后应提交包括下列内容的质量检测报告：

1. 检测点分布图；
2. 检测方法与仪器设备型号；
3. 资料整理及分析方法；

4. 结论及处理意见。

3.7 基坑开挖

3.7.1 基坑开挖应根据支护结构设计、降排水要求，确定开挖方案。

3.7.2 基坑边界周围地面应设排水沟，且应避免漏水、渗水进入坑内；放坡开挖时，应对坡顶、坡面、坡脚采取降排水措施。

3.7.3 基坑周边严禁超堆荷载。

3.7.4 软土基坑必须分层均衡开挖，层高不宜超过 1m。

3.7.5 基坑开挖过程中，应采取措施防止碰撞支护结构、工程桩或扰动基底原状土。

3.7.6 发生异常情况时，应立即停止挖土，并应立即查清原因和采取措施，方能继续挖土。

3.7.7 开挖至坑底标高后坑底应及时满封闭并进行基础工程施工。

3.7.8 地下结构工程施工过程中应及时进行夯实回填土施工。

3.8 开挖监控

3.8.1 基坑开挖前应作出系统的开挖监控方案，监控方案应包括监控目的、监测项目、监控报警值、监测方法及精度要求、监测点的布置、监测周期、工序管理和记录制度以及信息反馈系统等。

3.8.2 监测点的布置应满足监控要求，从基坑边缘以外 1～2 倍开挖深度范围内的需要保护物体均应作为监控对象。

3.8.3 基坑工程监测项目可按表 3.8.3 选择。

基坑监测项目表　　表 3.8.3

监测项目 \ 基坑侧壁安全等级	一　级	二　级	三　级
支护结构水平位移	应测	应测	应测
周围建筑物、地下管线变形	应测	应测	宜测

续表

监测项目 \ 基坑侧壁安全等级	一 级	二 级	三 级
地下水位	应测	应测	宜测
桩、墙内力	应测	宜测	可测
锚杆拉力	应测	宜测	可测
支撑轴力	应测	宜测	可测
立柱变形	应测	宜测	可测
土体分层竖向位移	应测	宜测	可测
支护结构界面上侧向压力	宜测	可测	可测

3.8.4 位移观测基准点数量不应少于两点，且应设在影响范围以外。

3.8.5 监测项目在基坑开挖前应测得初始值，且不应少于两次。

3.8.6 基坑监测项目的监控报警值应根据监测对象的有关规范及支护结构设计要求确定。

3.8.7 各项监测的时间间隔可根据施工进程确定。当变形超过有关标准或监测结果变化速率较大时，应加密观测次数。当有事故征兆时，应连续监测。

3.8.8 基坑开挖监测过程中，应根据设计要求提交阶段性监测结果报告。工程结束时应提交完整的监测报告，报告内容应包括：

1. 工程概况；
2. 监测项目和各测点的平面和立面布置图；
3. 采用仪器设备和监测方法；
4. 监测数据处理方法和监测结果过程曲线；
5. 监测结果评价。

4 排桩、地下连续墙

4.1 嵌固深度计算

4.1.1 排桩、地下连续墙嵌固深度设计值宜按下列规定确定：

1. 悬臂式支护结构嵌固深度设计值 h_d 宜按下式确定（图 4.1.1-1）：

$$h_p \Sigma E_{pj} - 1.2\gamma_0 h_a \Sigma E_{ai} \geqslant 0 \qquad (4.1.1\text{-}1)$$

式中 ΣE_{pj}——桩、墙底以上根据本规程第 3.5 节确定的基坑内侧各土层水平抗力标准值 e_{pjk} 的合力之和；

h_p——合力 ΣE_{pj} 作用点至桩、墙底的距离；

ΣE_{ai}——桩、墙底以上根据本规程第 3.4 节确定的基坑外侧各土层水平荷载标准值 e_{aik} 的合力之和；

h_a——合力 ΣE_{ai} 作用点至桩、墙底的距离。

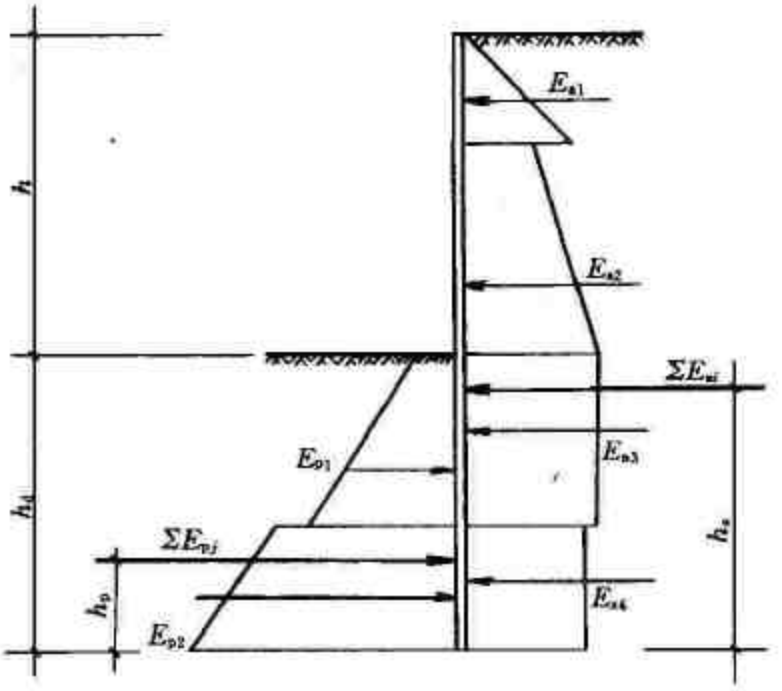


图 4.1.1-1 悬臂式支护结构嵌固深度计算简图

2. 单层支点支护结构支点力及嵌固深度设计值 h_d 宜按下列规定计算（图 4.1.1-2）：

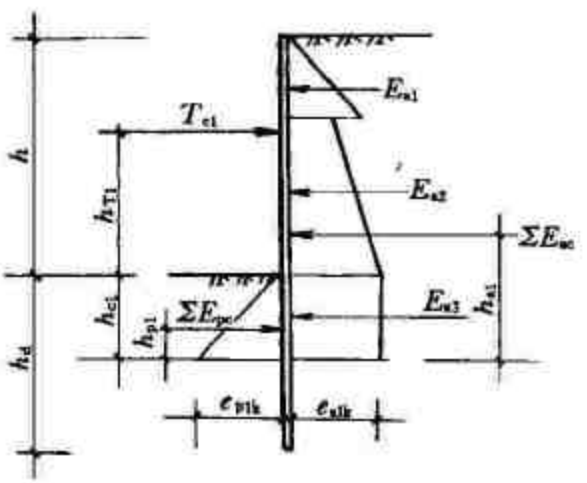


图 4.1.1-2 单层支点支护结构支点力计算简图

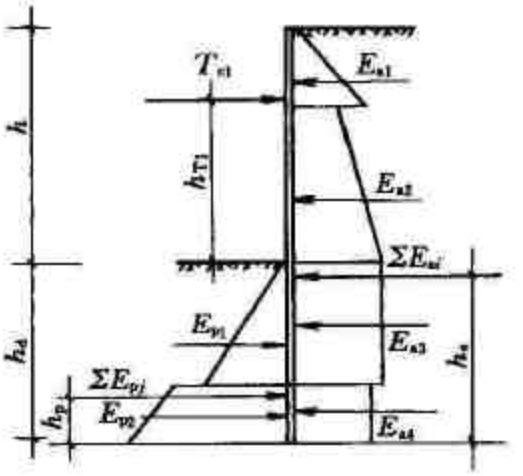


图 4.1.1-3 单层支点支护结构嵌固深度计算简图

1）基坑底面以下支护结构设定弯矩零点位置至基坑底面的距离 h_{c1} 可按下式确定（图 4.1.1-2）：

$$e_{a1k} = e_{p1k} \tag{4.1.1-2}$$

2）支点力 T_{c1} 可按下式计算：

$$T_{c1} = \frac{h_{a1}\Sigma E_{ac} - h_{p1}\Sigma E_{pc}}{h_{T1} + h_{c1}} \tag{4.1.1-3}$$

式中 e_{a1k}——水平荷载标准值；

e_{p1k}——水平抗力标准值；

ΣE_{ac}——设定弯矩零点位置以上基坑外侧各土层水平荷载标准值的合力之和；

h_{a1}——合力 ΣE_{ac} 作用点至设定弯矩零点的距离；

ΣE_{pc}——设定弯矩零点位置以上基坑内侧各土层水平抗力标准值的合力之和；

h_{p1}——合力 ΣE_{pc} 作用点至设定弯矩零点的距离；

h_{T1}——支点至基坑底面的距离；

h_{c1}——基坑底面至设定弯矩零点位置的距离。

3）嵌固深度设计值 h_d 可按下式确定（图 4.1.1-3）：

$$h_p\Sigma E_{pj} + T_{c1}(h_{T1} + h_d) - 1.2\gamma_0 h_s \Sigma E_{ai} \geqslant 0 \qquad (4.1.1\text{-}4)$$

3. 多层支点排桩、地下连续墙嵌固深度设计值 h_d 宜按本规程附录 A 圆弧滑动简单条分法确定。

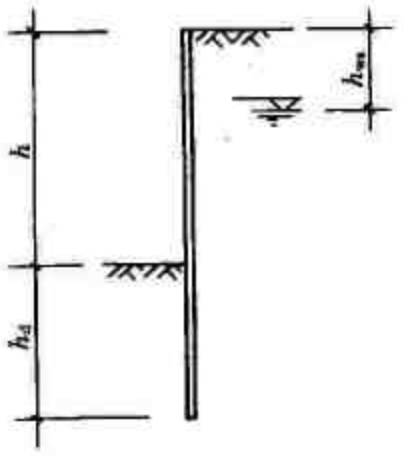


图 4.1.3 渗透稳定计算简图

4.1.2 当按上述方法确定的悬臂式及单支点支护结构嵌固深度设计值 $h_d < 0.3h$ 时，宜取 $h_d = 0.3h$；多支点支护结构嵌固深度设计值小于 $0.2h$ 时，宜取 $h_d = 0.2h$。

4.1.3 当基坑底为碎石土及砂土、基坑内排水且作用有渗透水压力时，侧向截水的排桩、地下连续墙除应满足本章上述规定外，嵌固深度设计值尚应满足式（4.1.3）抗渗透稳定条件（图 4.1.3）：

$$h_d \geqslant 1.2\gamma_0(h - h_{wa}) \qquad (4.1.3)$$

4.2 结 构 计 算

4.2.1 排桩、地下连续墙可根据受力条件分段按平面问题计算，排桩水平荷载计算宽度可取排桩的中心距；地下连续墙可取单位宽度或一个墙段。

4.2.2 结构内力与变形计算值、支点力计算值应根据基坑开挖及地下结构施工过程的不同工况按下列规定计算：

1. 宜按本规程附录 B 的弹性支点法计算，支点刚度系数 k_T 及地基土水平抗力系数 m 应按地区经验取值，当缺乏地区经验时可按本规程附录 C 确定；

2. 悬臂及单层支点结构的支点力计算值 T_{c1}、截面弯矩计算值 M_c、剪力计算值 V_c 也可按本规程第 4.1.1 条的静力平衡条件确定（图 4.1.1-1～图 4.1.1-3）。

4.2.3 结构内力及支点力的设计值应按下列规定计算：

1. 截面弯矩设计值 M

$$M = 1.25\gamma_0 M_c \qquad (4.2.3\text{-}1)$$

式中 M_c——截面弯矩计算值，可按本规程第 4.2.2 条规定计算。

2. 截面剪力设计值 V

$$V = 1.25\gamma_0 V_c \qquad (4.2.3\text{-}2)$$

式中 V_c——截面剪力计算值，可按本规程第 4.2.2 条规定计算。

3. 支点结构第 j 层支点力设计值 T_{dj}：

$$T_{dj} = 1.25\gamma_0 T_{cj} \qquad (4.2.3\text{-}3)$$

式中 T_{cj}——第 j 层支点力计算值，可按本规程第 4.2.2 条规定计算。

4.3 截面承载力计算

4.3.1 排桩、地下连续墙及支撑体系混凝土结构的承载力应按下列规定计算：

1. 正截面受弯及斜截面受剪承载力计算以及纵向钢筋、箍筋的构造要求，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ 10—89 的有关规定；

2. 圆形截面正截面受弯承载力应按本规程附录 D 的规定计算，正截面弯矩设计值可按第 4.2.3 条规定确定。

4.4 锚 杆 计 算

4.4.1 锚杆承载力计算应符合下式规定：

$$T_d \leqslant N_u \cos\theta \qquad (4.4.1)$$

式中 T_d——锚杆水平拉力设计值，按本规程第 4.2.3 条规定计算；

N_u——锚杆轴向受拉承载力设计值，按本规程第 4.4.3 条规定；

θ——锚杆与水平面的倾角。

4.4.2 锚杆杆体的截面面积应按下列公式确定：

1. 普通钢筋截面面积应按下式计算

$$A_s \geqslant \frac{T_d}{f_y \cos\theta} \qquad (4.4.2\text{-}1)$$

2. 预应力钢筋截面面积应按下式计算：

$$A_p \geqslant \frac{T_d}{f_{py} \cos\theta} \qquad (4.4.2\text{-}2)$$

式中 A_s、A_p——普通钢筋、预应力钢筋杆体截面面积；

f_y、f_{py}——普通钢筋、预应力钢筋抗拉强度设计值。

4.4.3 锚杆轴向受拉承载力设计值应按下列规定确定：

1. 安全等级为一级及缺乏地区经验的二级基坑侧壁，应按本规程附录E进行锚杆的基本试验，锚杆轴向受拉承载力设计值可取基本试验确定的极限承载力除以受拉抗力分项系数γ_s，受拉抗力分项系数可取1.3。

2. 基坑侧壁安全等级为二级且有邻近工程经验时，可按下式计算锚杆轴向受拉承载力设计值，并应按本规程附录E要求进行锚杆验收试验：

$$N_u = \frac{\pi}{\gamma_s}[d \cdot \Sigma q_{sik} l_i + d_1 \Sigma q_{sjk} l_j + 2c_k(d_1^2 - d^2)] \qquad (4.4.3)$$

式中 N_u——锚杆轴向受拉承载力设计值；

d_1——扩孔锚固体直径；

d——非扩孔锚杆或扩孔锚杆的直孔段锚固体直径；

l_i——第i层土中直孔部分锚固段长度；

l_j——第j层土中扩孔部分锚固段长度；

q_{sik}、q_{sjk}——土体与锚固体的极限摩阻力标准值，应根据当地经验取值；当无经验时可按表4.4.3取值；

c_k——扩孔部分土体粘聚力标准值；

γ_s——锚杆轴向受拉抗力分项系数，可取1.3。

3. 对于塑性指数大于17的粘性土层中的锚杆应进行蠕变试验。锚杆蠕变试验可按附录E规定进行。

4. 基坑侧壁安全等级为三级时，可按本规程式(4.4.3)确定锚杆轴向受拉承载力设计值。

土体与锚固体极限摩阻力标准值　　表 4.4.3

土的名称	土的状态	q_{sik}（kPa）
填　土		16～20
淤　泥		10～16
淤泥质土		16～20
粘性土	$I_L>1$	18～30
	$0.75<I_L\leqslant 1$	30～40
	$0.50<I_L\leqslant 0.75$	40～53
	$0.25<I_L\leqslant 0.50$	53～65
	$0.0<I_L\leqslant 0.25$	65～73
	$I_L\leqslant 0$	73～80
粉　土	$e>0.90$	22～44
	$0.75<e\leqslant 0.90$	44～64
	$e<0.75$	64～100
粉细砂	稍　密	22～42
	中　密	42～63
	密　实	63～85
中　砂	稍　密	54～74
	中　密	74～90
	密　实	90～120
粗　砂	稍　密	90～130
	中　密	130～170
	密　实	170～220
砾　砂	中密、密实	190～260

注：表中 q_{sik} 系采用直孔一次常压灌浆工艺计算值；当采用二次灌浆、扩孔工艺时可适当提高。

4.4.4　锚杆自由段长度 l_f 宜按下式计算（图 4.4.4）：

$$l_f = l_t \cdot \sin\left(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi_k\right) / \sin\left(45^\circ + \frac{\varphi_k}{2} + \theta\right) \quad (4.4.4)$$

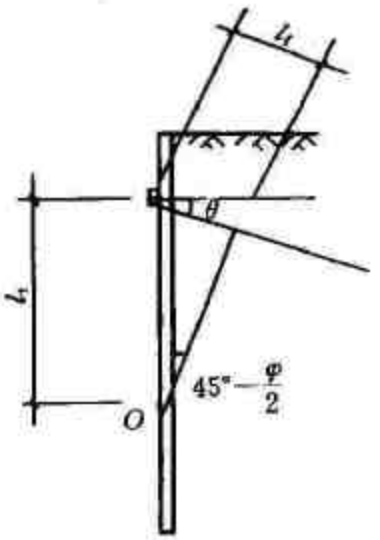


图 4.4.4 锚杆自由段长度计算简图

式中 l_1——锚杆锚头中点至基坑底面以下基坑外侧荷载标准值与基坑内侧抗力标准值相等处的距离；

φ_k——土体各土层厚度加权内摩擦角标准值；

θ——锚杆倾角。

4.4.5 锚杆预加力值（锁定值）应根据地层条件及支护结构变形要求确定，宜取为锚杆轴向受拉承载力设计值的0.50～0.65倍。

4.5 支撑体系计算

4.5.1 支撑体系结构构件内力可按下列规定计算：

1. 支撑体系（含具有一定刚度的冠梁）或其与锚杆混合的支撑体系应按支撑体系与排桩、地下连续墙的空间作用协同分析方法，计算支撑体系及排桩或地下连续墙的内力与变形；

2. 支撑体系竖向荷载设计值应包括构件自重及施工荷载，构件的弯矩、剪力可按多跨连续梁计算，计算跨度取相邻立柱中心距；

3. 当基坑形状接近矩形且基坑对边条件相近时，支点水平荷载可沿腰梁、冠梁长度方向分段简化为均布荷载，水平荷载设计值应按本规程第4.2节支点水平力设计值确定，对撑构件轴向力可近似取水平荷载设计值乘以支撑点中心距；腰梁内力可按多跨连续梁计算，计算跨度取相邻支撑点中心距。

4.5.2 支撑构件的受压计算长度可按下列方法确定：

1. 当水平平面支撑交汇点设置竖向立柱时，在竖向平面内的受压计算长度取相邻两立柱的中心距，在水平平面内的受压计算长度取与该支撑相交的相邻横向水平支撑的中心距。当支撑交汇点不在同一水平面时，其受压计算长度应取与该支撑相交的相邻横向水平支撑或联系构件中心距的1.5倍。

2. 当水平平面支撑交汇点处未设置立柱时，在竖向平面内的受压计算长度取支撑的全长。

3. 钢支撑尚应考虑构件安装误差产生的偏心弯矩作用，偏心距可取支撑计算长度的 1/1000。

4.5.3 立柱计算应符合下列规定：

1. 立柱内力宜根据支撑条件按空间框架计算；也可按轴心受压构件计算，轴向力设计值可按下列经验公式确定：

$$N_z = N_{z1} + \sum_{i=1}^{n} 0.1N_i \qquad (4.5.3)$$

式中 N_{z1}——水平支撑及柱自重产生的轴力设计值；

N_i——第 i 层交汇于本立柱的最大支撑轴力设计值；

n——支撑层数。

2. 各层水平支撑间的立柱受压计算长度可按各层水平支撑间距计算；最下层水平支撑下的立柱受压计算长度可按底层高度加 5 倍立柱直径或边长。

3. 立柱基础应满足抗压和抗拔的要求，并应考虑基坑回弹的影响。

4.5.4 支撑预加压力值不宜大于支撑力设计值的 0.4～0.6 倍。

4.6 构　　造

4.6.1 悬臂式排桩结构桩径不宜小于 600mm，桩间距应根据排桩受力及桩间土稳定条件确定。

4.6.2 排桩顶部应设钢筋混凝土冠梁连接，冠梁宽度（水平方向）不宜小于桩径，冠梁高度（竖直方向）不宜小于 400mm。排桩与桩顶冠梁的混凝土强度等级宜大于 C20；当冠梁作为连系梁时可按构造配筋。

4.6.3 基坑开挖后，排桩的桩间土防护可采用钢丝网混凝土护面、砖砌等处理方法，当桩间渗水时，应在护面设泄水孔。当基坑面在实际地下水位以上且土质较好，暴露时间较短时，可不对桩间土进行防护处理。

4.6.4 悬臂式现浇钢筋混凝土地下连续墙厚度不宜小于600mm，地下连续墙顶部应设置钢筋混凝土冠梁，冠梁宽度不宜小于地下连续墙厚度，高度不宜小于400mm。

4.6.5 水下灌注混凝土地下连续墙混凝土强度等级宜大于C20，地下连续墙作为地下室外墙时还应满足抗渗要求。

4.6.6 地下连续墙的受力钢筋应采用Ⅱ级或Ⅲ级钢筋，直径不宜小于ϕ20。构造钢筋宜采用Ⅰ级钢筋，直径不宜小于ϕ16。净保护层不宜小于70mm，构造筋间距宜为200～300mm。

4.6.7 地下连续墙墙段之间的连接接头形式，在墙段间对整体刚度或防渗有特殊要求时，应采用刚性、半刚性连接接头。

4.6.8 地下连续墙与地下室结构的钢筋连接可采用在地下连续墙内预埋钢筋、接驳器、钢板等，预埋钢筋宜采用Ⅰ级钢筋，连接钢筋直径大于20mm时，宜采用接驳器连接。

4.6.9 锚杆长度设计应符合下列规定：

1. 锚杆自由段长度不宜小于5m并应超过潜在滑裂面1.5m；

2. 土层锚杆锚固段长度不宜小于4m；

3. 锚杆杆体下料长度应为锚杆自由段、锚固段及外露长度之和，外露长度须满足台座、腰梁尺寸及张拉作业要求。

4.6.10 锚杆布置应符合以下规定：

1. 锚杆上下排垂直间距不宜小于2.0m，水平间距不宜小于1.5m；

2. 锚杆锚固体上覆土层厚度不宜小于4.0m；

3. 锚杆倾角宜为15°～25°，且不应大于45°。

4.6.11 沿锚杆轴线方向每隔1.5～2.0m宜设置一个定位支架。

4.6.12 锚杆锚固体宜采用水泥浆或水泥砂浆，其强度等级不宜低于M10。

4.6.13 钢筋混凝土支撑应符合下列要求：

1. 钢筋混凝土支撑构件的混凝土强度等级不应低于C20；

2. 钢筋混凝土支撑体系在同一平面内应整体浇注，基坑平面转角处的腰梁连接点应按刚节点设计。

4.6.14 钢结构支撑应符合下列要求：

1. 钢结构支撑构件的连接可采用焊接或高强螺栓连接；

2. 腰梁连接节点宜设置在支撑点的附近，且不应超过支撑间距的 1/3；

3. 钢腰梁与排桩、地下连续墙之间宜采用不低于 C20 细石混凝土填充；钢腰梁与钢支撑的连接节点应设加劲板。

4.6.15 支撑拆除前应在主体结构与支护结构之间设置可靠的换撑传力构件或回填夯实。

4.7 施 工 与 检 测

4.7.1 排桩施工应符合下列要求：

1. 桩位偏差，轴线和垂直轴线方向均不宜超过 50mm。垂直度偏差不宜大于 0.5%；

2. 钻孔灌注桩桩桩底沉渣不宜超过 200mm；当用作承重结构时，桩底沉渣按《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—94) 要求执行；

3. 排桩宜采取隔桩施工，并应在灌注混凝土 24h 后进行邻桩成孔施工；

4. 非均匀配筋排桩的钢筋笼在绑扎、吊装和埋设时，应保证钢筋笼的安放方向与设计方向一致；

5. 冠梁施工前，应将支护桩桩顶浮浆凿除清理干净，桩顶以上出露的钢筋长度应达到设计要求。

4.7.2 地下连续墙施工应符合下列要求：

1. 地下连续墙单元槽段长度可根据槽壁稳定性及钢筋笼起吊能力划分，宜为 4～8m；

2. 施工前宜进行墙槽成槽试验，确定施工工艺流程，选择操作技术参数；

3. 槽段的长度、厚度、深度、倾斜度应符合下列要求：

——槽段长度（沿轴线方面）允许偏差 ±50mm；

——槽段厚度允许偏差 ±10mm；

——槽段倾斜度 ≤1/150。

4.7.3 锚杆施工应符合下列要求：

1. 锚杆钻孔水平方向孔距在垂直方向误差不宜大于100mm，偏斜度不应大于3%；

2. 注浆管宜与锚杆杆体绑扎在一起，一次注浆管距孔底宜为100～200mm，二次注浆管的出浆孔应进行可灌密封处理；

3. 浆体应按设计配制，一次灌浆宜选用灰砂比1∶1～1∶2、水灰比0.38～0.45的水泥砂浆，或水灰比0.45～0.5的水泥浆，二次高压注浆宜使用水灰比0.45～0.55的水泥浆；

4. 二次高压注浆压力宜控制在2.5～5.0MPa之间，注浆时间可根据注浆工艺试验确定或一次注浆锚固体强度达到5MPa后进行；

5. 锚杆的张拉与施加预应力（锁定）应符合以下规定：

1）锚固段强度大于15MPa并达到设计强度等级的75%后方可进行张拉；

2）锚杆张拉顺序应考虑对邻近锚杆的影响；

3）锚杆宜张拉至设计荷载的0.9～1.0倍后，再按设计要求锁定；

4）锚杆张拉控制应力不应超过锚杆杆体强度标准值的0.75倍。

4.7.4 支撑体系施工应符合下列要求：

1. 支撑结构的安装与拆除顺序，应同基坑支护结构的设计计算工况相一致。必须严格遵守先支撑后开挖的原则；

2. 立柱穿过主体结构底板以及支撑结构穿越主体结构地下室外墙的部位，应采用止水构造措施；

3. 钢支撑的端头与冠梁或腰梁的连接应符合以下规定：

1）支撑端头应设置厚度不小于10mm的钢板作封头端板，端板与支撑杆件满焊，焊缝厚度及长度能承受全部支撑力或与支撑等强度，必要时，增设加劲肋板；肋板数量，尺寸应满足支撑端头局部稳定要求和传递支撑力的要求；

2）支撑端面与支撑轴线不垂直时，可在冠梁或腰梁上设置预

埋铁件或采取其它构造措施以承受支撑与冠梁或腰梁间的剪力。

4. 钢支撑预加压力的施工应符合下列要求：

1）支撑安装完毕后，应及时检查各节点的连接状况，经确认符合要求后方可施加预压力，预压力的施加应在支撑的两端同步对称进行；

2）预压力应分级施加，重复进行，加至设计值时，应再次检查各连接点的情况，必要时应对节点进行加固，待额定压力稳定后锁定。

4.7.5 混凝土灌注桩质量检测宜按下列规定进行：

1. 采用低应变动测法检测桩身完整性，检测数量不宜少于总桩数的10%，且不得少于5根；

2. 当根据低应变动测法判定的桩身缺陷可能影响桩的水平承载力时，应采用钻芯法补充检测，检测数量不宜少于总桩数的2%，且不得少于3根。

4.7.6 地下连续墙宜采用声波透射法检测墙身结构质量，检测槽段数应不少于总槽段数的20%，且不应少于3个槽段。

4.7.7 当对钢筋混凝土支撑结构或对钢支撑焊缝施工质量有怀疑时，宜采用超声探伤等非破损方法检测，检测数量根据现场情况确定。

5 水泥土墙

5.1 嵌固深度计算

5.1.1 水泥土墙嵌固深度设计值 h_d 宜按本规程附录 A 圆弧滑动简单条分法确定。

5.1.2 当基坑底为碎石土及砂土、基坑内排水且作用有渗透水压力时，水泥土墙嵌固深度设计值除应满足本规程第 5.1.1 条规定外，尚应按本规程第 4.1.3 条抗渗透稳定条件验算。

5.1.3 当按上述方法确定的嵌固深度设计值 h_d 小于 0.4h 时，宜取 0.4h。

5.2 墙体厚度计算

5.2.1 水泥土墙厚度设计值 b 宜根据抗倾覆稳定条件按下列规定计算：

1. 当水泥土墙底部位于碎石土或砂土时（图 5.2.1a）墙体厚度设计值宜按下式确定：

$$b \geqslant \sqrt{\frac{10 \times (1.2\gamma_0 h_a \Sigma E_{ai} - h_p \Sigma E_{pj})}{5\gamma_{cs}(h + h_d) - 2\gamma_0 \gamma_w (2h + 3h_d - h_{wp} - 2h_{wa})}} \tag{5.2.1-1}$$

式中 ΣE_{ai}——水泥土墙底以上基坑外侧水平荷载标准值合力之和；

h_a——合力 ΣE_{ai} 作用点至水泥土墙底的距离；

ΣE_{pj}——水泥土墙底以上基坑内侧水平抗力标准值的合力之和；

h_p——合力 ΣE_p 作用点至水泥土墙底的距离；

γ_{cs}——水泥土墙体平均重度；

γ_w——水的重度；

h_{wa}——基坑外侧水位深度；

h_{wp}——基坑内侧水位深度。

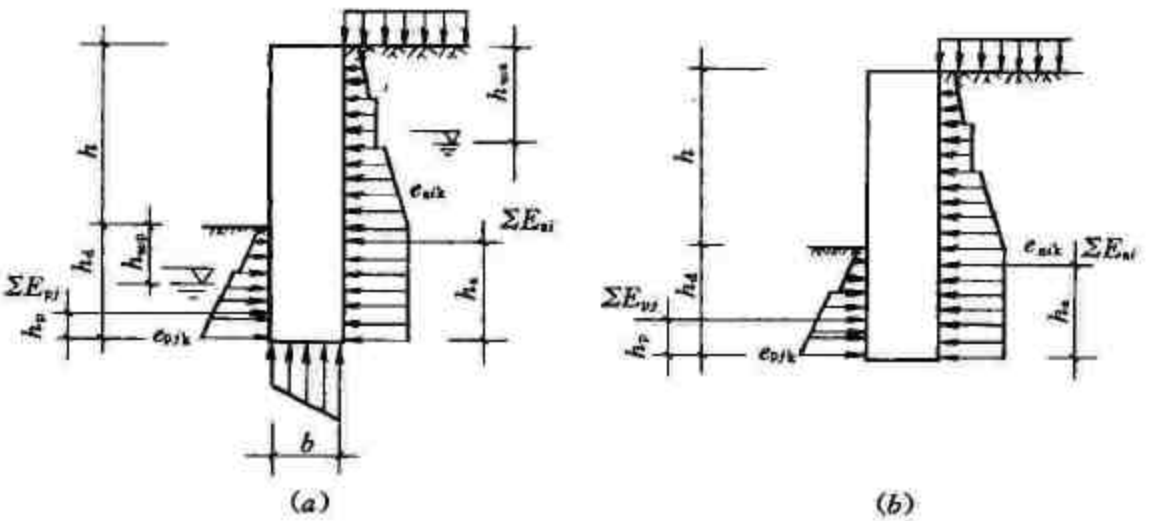


图 5.2.1 水泥土墙宽度计算简图

(*a*) 砂土及碎石土；(*b*) 粉土及粘性土

2. 当水泥土墙底部位于粘性土或粉土中时（图 5.2.1*b*）墙体厚度设计值宜按下列经验公式确定：

$$b \geqslant \sqrt{\frac{2(1.2\gamma_0 h_a \Sigma E_{ai} - h_p \Sigma E_{pj})}{\gamma_{cs}(h + h_d)}} \qquad (5.2.1\text{-}2)$$

3. 当按上述规定确定的水泥土墙厚度小于 $0.4h$ 时宜取 $0.4h$。

5.3 正截面承载力验算

5.3.1 墙体厚度设计值除应符合第 5.2 节要求外，尚应按下列规定进行正截面承载力验算：

1. 压应力验算：

$$1.25\gamma_0\gamma_{cs}z + \frac{M}{W} \leqslant f_{cs} \qquad (5.3.1\text{-}1)$$

式中 γ_{cs}——水泥土墙平均重度；

z——由墙顶至计算截面的深度；

M——单位长度水泥土墙截面弯矩设计值，可按本规程第4.2.3条规定计算；

W——水泥土墙截面模量；

f_{cs}——水泥土开挖龄期抗压强度设计值。

2. 拉应力验算：

$$\frac{M}{W} - \gamma_{cs} z \leqslant 0.06 f_{cs} \qquad (5.3.1\text{-}2)$$

5.4 构　　造

5.4.1 水泥土墙采用格栅布置时，水泥土的置换率对于淤泥不宜小于0.8，淤泥质土不宜小于0.7，一般粘性土及砂土不宜小于0.6；格栅长宽比不宜大于2。

5.4.2 水泥土桩与桩之间的搭接宽度应根据挡土及截水要求确定，考虑截水作用时，桩的有效搭接宽度不宜小于150mm；当不考虑截水作用时，搭接宽度不宜小于100mm。

5.4.3 当变形不能满足要求时，宜采用基坑内侧土体加固或水泥土墙插筋加混凝土面板及加大嵌固深度等措施。

5.5 施工与检测

5.5.1 水泥土墙应采取切割搭接法施工。应在前桩水泥土尚未固化时进行后序搭接桩施工。施工开始和结束的头尾搭接处，应采取加强措施，消除搭接沟缝。

5.5.2 深层搅拌水泥土墙施工前，应进行成桩工艺及水泥掺入量或水泥浆的配合比试验，以确定相应的水泥掺入比或水泥浆水灰比，浆喷深层搅拌的水泥掺入量宜为被加固土重度的15%～18%；粉喷深层搅拌的水泥掺入量宜为被加固土重度的13%～16%。

5.5.3 高压喷射注浆施工前，应通过试喷试验，确定不同土层旋喷固结体的最小直径、高压喷射施工技术参数等。高压喷射水泥水灰比宜为1.0～1.5。

5.5.4 深层搅拌桩和高压喷射桩水泥土墙的桩位偏差不应大于50mm，垂直度偏差不宜大于0.5%。

5.5.5 当设置插筋时桩身插筋应在桩顶搅拌完成后及时进行。插筋材料、插入长度和出露长度等均应按计算和构造要求确定。

5.5.6 高压喷射注浆应按试喷确定的技术参数施工，切割搭接宽度应符合下列规定：

1. 旋喷固结体不宜小于150mm；
2. 摆喷固结体不宜小于150mm；
3. 定喷固结体不宜小于200mm。

5.5.7 水泥土桩应在施工后一周内进行开挖检查或采用钻孔取芯等手段检查成桩质量，若不符合设计要求应及时调整施工工艺。

5.5.8 水泥土墙应在设计开挖龄期采用钻芯法检测墙身完整性，钻芯数量不宜少于总桩数的2%，且不应少于5根；并应根据设计要求取样进行单轴抗压强度试验。

6 土 钉 墙

6.1 土钉抗拉承载力计算

6.1.1 单根土钉抗拉承载力计算应符合下式要求：

$$1.25\gamma_0 T_{jk} \leqslant T_{uj} \tag{6.1.1}$$

式中 T_{jk}——第 j 根土钉受拉荷载标准值，可按本规程第 6.1.2 条确定；

T_{uj}——第 j 根土钉抗拉承载力设计值，可按本规程 6.1.4 条确定。

6.1.2 单根土钉受拉荷载标准值可按下式计算：

$$T_{jk} = \zeta e_{ajk} s_{xj} s_{zj} / \cos\alpha_j \tag{6.1.2}$$

式中 ζ——荷载折减系数，根据本规程第 6.1.3 条确定；

e_{ajk}——第 j 个土钉位置处的基坑水平荷载标准值；

s_{xj}、s_{zj}——第 j 根土钉与相邻土钉的平均水平、垂直间距；

α_j——第 j 根土钉与水平面的夹角。

6.1.3 荷载折减系数 ζ 可按下式计算：

$$\zeta = \operatorname{tg}\frac{\beta - \varphi_k}{2}\left(\frac{1}{\operatorname{tg}\dfrac{\beta + \varphi_k}{2}} - \frac{1}{\operatorname{tg}\beta}\right)\Big/\operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \tag{6.1.3}$$

式中 β——土钉墙坡面与水平面的夹角。

6.1.4 对于基坑侧壁安全等级为二级的土钉抗拉承载力设计值应按试验确定，基坑侧壁安全等级为三级时可按下式计算（图 6.1.4）：

$$T_{uj} = \frac{1}{\gamma_s}\pi d_{nj} \Sigma q_{sik} l_i \tag{6.1.4}$$

式中 γ_s——土钉抗拉抗力分项系数，取 1.3；

d_{nj}——第 j 根土钉锚固体直径；

q_{sik}——土钉穿越第 i 层土土体与锚固体极限摩阻力标准值，应由现场试验确定，如无试验资料，可采用表 6.1.4 确定；

l_i——第 j 根土钉在直线破裂面外穿越第 i 稳定土体内的长度，破裂面与水平面的夹角为 $\frac{\beta+\varphi_k}{2}$。

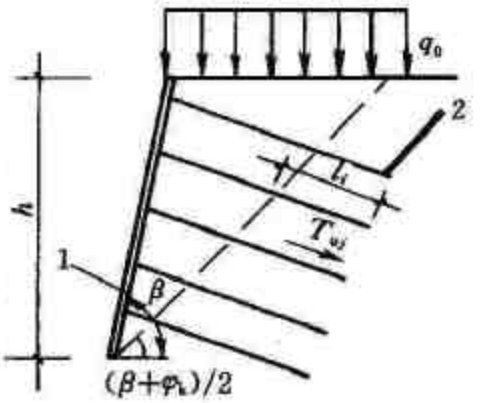


图 6.1.4 土钉抗拉承载力计算简图

1—喷射混凝土面层；2—土钉

土钉锚固体与土体极限摩阻力标准值 **表 6.1.4**

土的名称	土的状态	q_{sik} (kPa)
填　土		16～20
淤　泥		10～16
淤泥质土		16～20
粘性土	$I_L>1$	18～30
	$0.75<I_L\leqslant 1$	30～40
	$0.50<I_L\leqslant 0.75$	40～53
	$0.25<I_L\leqslant 0.50$	53～65
	$0.0<I_L\leqslant 0.25$	65～73
	$I_L\leqslant 0.0$	73～80
粉　土	$e>0.90$	20～40
	$0.75<e\leqslant 0.90$	40～60
	$e<0.75$	60～90
粉细砂	稍　密	20～40
	中　密	40～60
	密　实	60～80
中　砂	稍　密	40～60
	中　密	60～70
	密　实	70～90
粗　砂	稍　密	60～90
	中　密	90～120
	密　实	120～150
砾　砂	中密、密实	130～160

注：表中数据为低压或无压注浆值，高压注浆时可按表 4.4.3 取值。

6.2 土钉墙整体稳定性验算

6.2.1 土钉墙应根据施工期间不同开挖深度及基坑底面以下可能滑动面采用圆弧滑动简单条分法（图 6.2.1）按下式进行整体稳定性验算：

$$\sum_{i=1}^{n} c_{ik} L_i s + s \sum_{i=1}^{n} (w_i + q_0 b_i) \cos\theta_i \operatorname{tg}\varphi_{ik} + \sum_{j=1}^{m} T_{nj} \times \left[\cos(\alpha_j + \theta_j) + \frac{1}{2}\sin(\alpha_j + \theta_j)\operatorname{tg}\varphi_{ik}\right] - s\gamma_k\gamma_0 \sum_{i=1}^{n} (w_i + q_0 b_i)\sin\theta_i \geqslant 0 \qquad (6.2.1)$$

式中 n——滑动体分条数；

m——滑动体内土钉数；

γ_k——整体滑动分项系数，可取 1.3；

γ_0——基坑侧壁重要性系数；

w_i——第 i 分条土重，滑裂面位于粘性土或粉土中时，按上覆土层的饱和土重度计算；滑裂面位于砂土或碎石类土中时，按上覆土层的浮重度计算；

b_i——第 i 分条宽度；

c_{ik}——第 i 分条滑裂面处土体固结不排水（快）剪粘聚力标准值；

φ_{ik}——第 i 分条滑裂面处土体固结不排水（快）剪内摩擦角标准值；

θ_i——第 i 分条滑裂面处中点切线与水平面夹角；

α_j——土钉与水平面之间的夹角；

L_i——第 i 分条滑裂面处弧长；

s——计算滑动体单元厚度；

T_{nj}——第 j 根土钉在圆弧滑裂面外锚固体与土体的极限抗拉力，可按本规程第 6.2.2 条确定。

6.2.2 单根土钉在圆弧滑裂面外锚固体与土体的极限抗拉力可

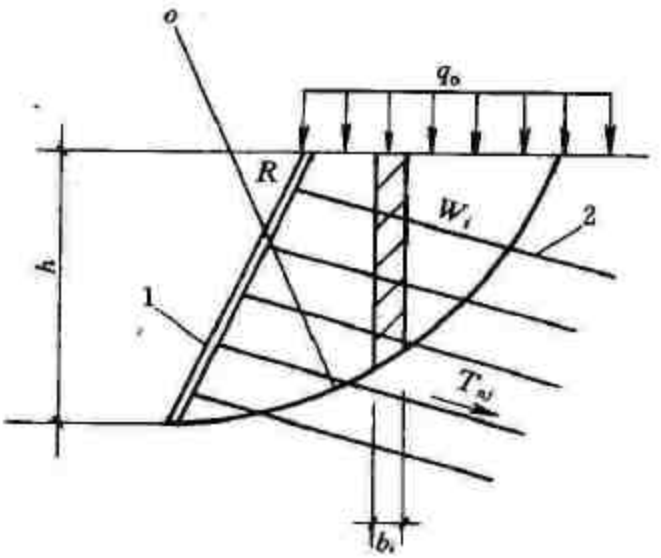


图 6.2.1 整体稳定性验算简图

1—喷射混凝土面层；2—土钉

按下式确定：

$$T_{nj} = \pi d_{nj} \Sigma q_{sik} l_{ni} \tag{6.2.2}$$

式中 l_{ni}——第 j 根土钉在圆弧滑裂面外穿越第 i 层稳定土体内的长度。

6.3 构 造

6.3.1 土钉墙设计及构造应符合下列规定：

1. 土钉墙墙面坡度不宜大于 1∶0.1；

2. 土钉必须和面层有效连接，应设置承压板或加强钢筋等构造措施，承压板或加强钢筋应与土钉螺栓连接或钢筋焊接连接；

3. 土钉的长度宜为开挖深度的 0.5～1.2 倍，间距宜为 1～2m，与水平面夹角宜为 5°～20°；

4. 土钉钢筋宜采用Ⅱ、Ⅲ级钢筋，钢筋直径宜为 16～32mm，钻孔直径宜为 70～120mm；

5. 注浆材料宜采用水泥浆或水泥砂浆，其强度等级不宜低于 M10；

6. 喷射混凝土面层宜配置钢筋网，钢筋直径宜为 6～10mm，间距宜为 150～300mm；喷射混凝土强度等级不宜低于 C20，面层

厚度不宜小于 80mm；

7. 坡面上下段钢筋网搭接长度应大于 300mm。

6.3.2 当地下水位高于基坑底面时，应采取降水或截水措施；土钉墙墙顶应采用砂浆或混凝土护面，坡顶和坡脚应设排水措施，坡面上可根据具体情况设置泄水孔。

6.4 施 工 与 检 测

6.4.1 上层土钉注浆体及喷射混凝土面层达到设计强度的 70% 后方可开挖下层土方及下层土钉施工。

6.4.2 基坑开挖和土钉墙施工应按设计要求自上而下分段分层进行。在机械开挖后，应辅以人工修整坡面，坡面平整度的允许偏差宜为±20mm，在坡面喷射混凝土支护前，应清除坡面虚土。

6.4.3 土钉墙施工可按下列顺序进行：

1. 应按设计要求开挖工作面，修整边坡，埋设喷射混凝土厚度控制标志；

2. 喷射第一层混凝土；

3. 钻孔安设土钉、注浆，安设连接件；

4. 绑扎钢筋网，喷射第二层混凝土；

5. 设置坡顶、坡面和坡脚的排水系统。

6.4.4 土钉成孔施工宜符合下列规定：

1. 孔深允许偏差　　±50mm；

2. 孔径允许偏差　　±5mm；

3. 孔距允许偏差　　±100mm；

4. 成孔倾角偏差　　±5%。

6.4.5 喷射混凝土作业应符合下列规定：

1. 喷射作业应分段进行，同一分段内喷射顺序应自下而上，一次喷射厚度不宜小于 40mm；

2. 喷射混凝土时，喷头与受喷面应保持垂直，距离宜为 0.6～1.0m；

3. 喷射混凝土终凝 2h 后，应喷水养护，养护时间根据气温确

定，宜为 3～7h；

6.4.6 喷射混凝土面层中的钢筋网铺设应符合下列规定：

1. 钢筋网应在喷射一层混凝土后铺设，钢筋保护层厚度不宜小于 20mm；

2. 采用双层钢筋网时，第二层钢筋网应在第一层钢筋网被混凝土覆盖后铺设；

3. 钢筋网与土钉应连接牢固。

6.4.7 土钉注浆材料应符合下列规定：

1. 注浆材料宜选用水泥浆或水泥砂浆；水泥浆的水灰比宜为 0.5，水泥砂浆配合比宜为 1∶1～1∶2(重量比)，水灰比宜为 0.38～0.45；

2. 水泥浆、水泥砂浆应拌合均匀，随拌随用，一次拌合的水泥浆、水泥砂浆应在初凝前用完。

6.4.8 注浆作业应符合以下规定：

1. 注浆前应将孔内残留或松动的杂土清除干净；注浆开始或中途停止超过 30min 时，应用水或稀水泥浆润滑注浆泵及其管路；

2. 注浆时，注浆管应插至距孔底 250～500mm 处，孔口部位宜设置止浆塞及排气管；

3. 土钉钢筋应设定位支架。

6.4.9 土钉墙应按下列规定进行质量检测：

1. 土钉采用抗拉试验检测承载力，同一条件下，试验数量不宜少于土钉总数的 1%，且不应少于 3 根；

2. 墙面喷射混凝土厚度应采用钻孔检测，钻孔数宜每 100m^2 墙面积一组，每组不应少于 3 点。

7 逆作拱墙

7.1 拱墙计算

7.1.1 逆作拱墙结构型式根据基坑平面形状可采用全封闭拱墙，也可采用局部拱墙，拱墙轴线的矢跨比不宜小于1/8，基坑开挖深度 h 不宜大于12m，当地下水位高于基坑底面时，应采取降水或截水措施。

7.1.2 当基坑底土层为粘性土时，基坑开挖深度应满足下列抗隆起验算条件：

$$h \leqslant \frac{c_k(k_p e^{\pi \mathrm{tg}\varphi_k} - 1)}{1.3\gamma \mathrm{tg}\varphi_k} - q_0/\gamma \qquad (7.1.2)$$

式中 q_0——地面超载；

γ——开挖面以上土体平均重度；

c_k、φ_k——基坑底面以下土层粘聚力及内摩擦角标准值。

7.1.3 当基坑开挖深度范围或基坑底土层为砂土时，应按抗渗透条件验算土层稳定性。

7.1.4 拱墙结构内力宜按平面闭合结构形式采用杆件有限元方法分道计算，作用于拱墙的初始水平力可按本规程第3.4节确定；当计算点位移指向坑外时，该位移产生的附加水平力可按“m”法确定；土体任一点最大水平压力不应超过按本规程第3.5节确定的水平抗力标准值。

7.1.5 均布荷载作用下，圆形闭合拱墙结构轴向压力设计值 N_i 应按下式计算：

$$N_i = 1.35\gamma_0 R e_a h_i \qquad (7.1.5)$$

式中 R——圆拱的外圈半径；

h_i——拱墙分道计算高度；

e_{ai}——在分道高度 h_i 范围内，按本规程第 3.4 节确定的基坑外侧水平荷载标准值的平均值。

7.1.6 拱墙结构材料、断面尺寸应根据内力设计值按《混凝土结构设计规范》（GBJ 10—89）确定。

7.2 构　造

7.2.1 钢筋混凝土拱墙结构的混凝土强度等级不宜低于 C25。

7.2.2 拱墙截面宜为 Z 字型（图 7.2.2*a*），拱壁的上、下端宜加肋梁；当基坑较深且一道 Z 字型拱墙的支护高度不够时，可由数道拱墙叠合组成（图 7.2.2*b* 和 *c*），沿拱墙高度应设置数道肋梁，其竖向间距不宜大于 2.5m。当基坑边坡地较窄时，可不加肋梁但应加厚拱壁（图 7.2.2*d*）。

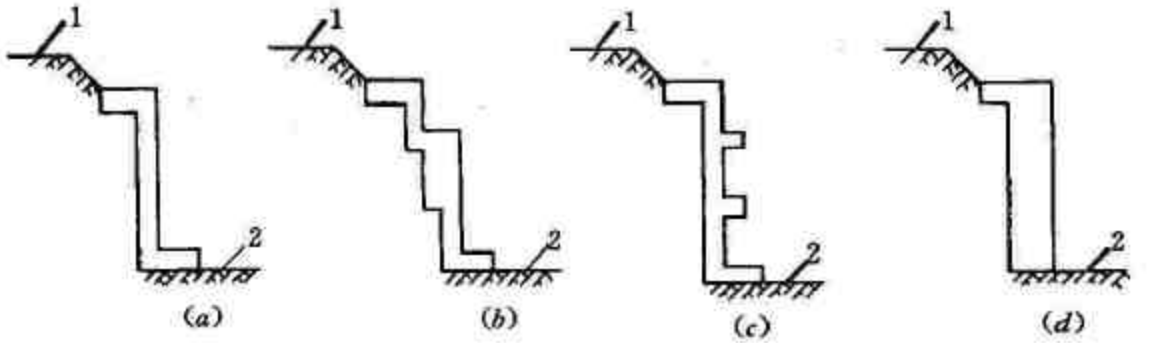


图 7.2.2　拱墙截面构造示意简图

1—地面；2—基坑底

7.2.3 拱墙结构水平方向应通长双面配筋，总配筋率不应小于 0.7%。

7.2.4 圆形拱墙壁厚不应小于 400mm，其他拱墙壁厚不应小于 500mm。

7.2.5 拱墙结构不应作为防水体系使用。

7.3 施 工 与 检 测

7.3.1 拱曲线沿曲率半径方向的误差不得超过±40mm。

7.3.2 拱墙水平方向施工的分段长度不应超过 12m，通过软弱土

层或砂层时分段长度不宜超过 8m。

7.3.3 拱墙在垂直方向应分道施工，每道施工的高度视土层的直立高度而定，不宜超过 2.5m；上道拱墙合拢且混凝土强度达到设计强度的 70%后，才可进行下道拱墙施工。

7.3.4 上下两道拱墙的竖向施工缝应错开，错开距离不宜小于 2m。

7.3.5 拱墙施工宜连续作业，每道拱墙施工时间不宜超过 36h。

7.3.6 当采用外壁支模时，拆除模板后应将拱墙与坑壁之间的空隙填满夯实。

7.3.7 基坑内积水坑的设置应远离坑壁，距离不应小于 3m。

7.3.8 当对逆作拱墙施工质量有怀疑时，宜采用钻芯法进行检测，检测数量为 100m^2 墙面为一组，每组不应少于 3 点。

8 地下水控制

8.1 一般规定

8.1.1 地下水控制的设计和施工应满足支护结构设计要求，应根据场地及周边工程地质条件、水文地质条件和环境条件并结合基坑支护和基础施工方案综合分析、确定。

8.1.2 地下水控制方法可分为集水明排、降水、截水和回灌等型式单独或组合使用，可按表 8.1.2 选用。

地下水控制方法适用条件　　表 8.1.2

方法名称		土类	渗透系数 (m/d)	降水深度 (m)	水文地质特征
集水明排		填土、粉土、粘性土、砂土	7<20.0	<5	上层滞水或水量不大的潜水
降水	真空井点		0.1～20.0	单级<6 多级<20	
	喷射井点		0.1～20.0	<20	
	管井	粉土、砂土、碎石土、可溶岩、破碎带	1.0～200.0	>5	含水丰富的潜水、承压水、裂隙水
截水		粘性土、粉土、砂土、碎石土、岩溶岩	不限	不限	
回灌		填土、粉土、砂土、碎石土	0.1～200	不限	

8.1.3 当因降水而危及基坑及周边环境安全时，宜采用截水或回灌方法。截水后，基坑中的水量或水压较大时，宜采用基坑内降水。

8.1.4 当基坑底为隔水层且层底作用有承压水时，应进行坑底突涌验算，必要时可采取水平封底隔渗或钻孔减压措施保证坑底土

层稳定。

8.2 集水明排

8.2.1 排水沟和集水井可按下列规定布置：

1. 排水沟和集水井宜布置在拟建建筑基础边净距 0.4m 以外，排水沟边缘离开边坡坡脚不应小于 0.3m；在基坑四角或每隔 30～40m 应设一个集水井；

2. 排水沟底面应比挖土面低 0.3～0.4m，集水井底面应比沟底面低 0.5m 以上。

8.2.2 沟、井截面根据排水量确定，排水量 V 应满足下列要求：

$$V \geqslant 1.5Q \tag{8.2.2}$$

式中 Q——基坑总涌水量，可按附录 F 计算。

8.2.3 抽水设备可根据排水量大小及基坑深度确定。

8.2.4 当基坑侧壁出现分层渗水时，可按不同高程设置导水管、导水沟等构成明排系统；当基坑侧壁渗水量较大或不能分层明排时，宜采用导水降水方法。基坑明排尚应重视环境排水，当地表水对基坑侧壁产生冲刷时，宜在基坑外采取截水、封堵、导流等措施。

8.3 降　　水

8.3.1 降水井宜在基坑外缘采用封闭式布置，井间距应大于 15 倍井管直径，在地下水补给方向应适当加密；当基坑面积较大、开挖较深时，也可在基坑内设置降水井。

8.3.2 降水井的深度应根据设计降水深度、含水层的埋藏分布和降水井的出水能力确定。设计降水深度在基坑范围内不宜小于基坑底面以下 0.5m。

8.3.3 降水井的数量 n 可按下式计算：

$$n = 1.1\frac{Q}{q} \tag{8.3.3}$$

式中 Q——基坑总涌水量，可按附录 F 计算；

q——设计单井出水量，可按本规程第 8.3.4 条计算。

8.3.4 设计单井出水量可按下列规定确定：

1. 井点出水能力可按 36～60m³/d 确定；

2. 真空喷射井点出水量可按表 8.3.4 确定；

喷射井点设计出水量 **表 8.3.4**

型号	外管直径 (mm)	喷射管		工作水压力 (MPa)	工作水流量 (m³/d)	设计单井出水流量 (m³/d)	适用含水层渗透系数 (m/d)
		喷嘴直径 (mm)	混合室直径 (mm)				
1.5型并列式	38	7	14	0.6～0.8	112.8～163.2	100.8～138.2	0.1～5.0
2.5型圆心式	68	7	14	0.6～0.8	110.4～148.8	103.2～138.2	0.1～5.0
4.0型圆心式	100	10	20	0.6～0.8	230.4	259.2～388.8	5.0～10.0
6.0型圆心式	162	19	40	0.6～0.8	720	600～720	10.0～20.0

3. 管井的出水量 q(m³/d)可按下列经验公式确定：

$$q = 120\pi r_s l \sqrt[3]{k} \tag{8.3.4}$$

式中 r_s——过滤器半径(m)；

l——过滤器进水部分长度(m)；

k——含水层渗透系数(m/d)。

8.3.5 过滤器长度宜按下列规定确定：

1. 真空井点和喷射井点的过滤器长度不宜小于含水层厚度的 1/3；

2. 管井过滤器长度宜与含水层厚度一致。

8.3.6 群井抽水时，各井点单井过滤器进水部分长度，可按下式验算：

$$y_0 > l \tag{8.3.6-1}$$

单井井管进水长度 y_0，可按下列规定计算：

1. 潜水完整井：

$$y_0 = \sqrt{H^2 - \frac{0.732Q}{k}\left(\lg R_0 - \frac{1}{n}\lg n r_0^{n-1} r_w\right)} \quad (8.3.6\text{-}2)$$

$$R_0 = r_0 + R \quad (8.3.6\text{-}3)$$

式中 r_0——圆形基坑半径，非圆形基坑可按附录 F 计算；

r_w——管井半径；

H——潜水含水层厚度；

R_0——基坑等效半径与降水井影响半径之和；

R——降水井影响半径，可按附录 F 计算。

2. 承压完整井：

$$y_0 = H' - \frac{0.366Q}{kM}\left(\lg R_0 - \frac{1}{n}\lg n r_0^{n-1} r_w\right) \quad (8.3.6\text{-}4)$$

式中 H'——承压水位至该承压含水层底板的距离；

M——承压含水层厚度。

当过滤器工作部分长度小于 2/3 含水层厚度时应采用非完整井公式计算。若不满足上式条件，应调整井点数量和井点间距，再进行验算。当井距足够小仍不能满足要求时应考虑基坑内布井。

8.3.7 基坑中心点水位降深计算可按下列方法确定：

1. 块状基坑降水深度可按下式计算：

1)潜水完整井稳定流：

$$S = H - \sqrt{H^2 - \frac{Q}{1.366k}\left[\lg R_0 - \frac{1}{n}\lg(r_1 r_2 \cdots\cdots r_n)\right]} \quad (8.3.7\text{-}1)$$

2)承压完整井稳定流：

$$S = \frac{0.366Q}{Mk}\left[\lg R_0 - \frac{1}{n}\lg(r_1 r_2 \cdots\cdots r_n)\right] \quad (8.3.7\text{-}2)$$

式中 S——在基坑中心处或各井点中心处地下水位降深；

$r_1, r_2, \cdots\cdots, r_n$——各井距基坑中心或各井中心处的距离。

2. 对非完整井或非稳定流应根据具体情况采用相应的计算方法；

3. 计算出的降深不能满足降水设计要求时，应重新调整井数、布井方式。

8.3.8 在降水漏斗范围内因降水引起的计算沉降量可按分层总和法计算。

8.3.9 真空井点结构和施工应符合下列技术要求：

1. 滤管直径可采用38～110mm的金属管，管壁上渗水孔直径为12～18mm，呈梅花状排列，孔隙率应大于15%；管壁外应设两层滤网，内层滤网宜采用30～80目的金属网或尼龙网，外层滤网宜采用3～10目的金属网或尼龙网；管壁与滤网间应采用金属丝绕成螺旋形隔开，滤网外应再绕一层粗金属丝；

2. 当一级井点降水不满足降水深度要求时，亦可采用多级井点降水方法；

3. 井点管的设置可采用射水法、钻孔法和冲孔法成孔，井孔直径不宜大于300mm，孔深宜比滤管底深0.5～1.0m。在井管与孔壁间及时用洁净中粗砂填灌密实均匀。投入滤料的数量应大于计算值的85%，在地面以下1m范围内应用粘土封孔；

4. 井点使用前，应进行试抽水，当确认无漏水、漏气等异常现象后，应保证连续不断抽水；

5. 在抽水过程中应定时观测水量、水位、真空度，并应使真空度保持在55kPa以上。

8.3.10 喷射井点的结构及施工应符合下列要求：

1. 井点的外管直径宜为73～108mm，内管直径为50～73mm，过滤器直径为89～127mm，井孔直径不宜大于600mm，孔深应比滤管底深1m以上。过滤器的结构与真空井点相同。喷射器混合室直径可取14mm，喷嘴直径可取6.5mm，工作水箱不应小于$10m^3$。

2. 工作水泵可采用多级泵，水压宜大于0.75MPa。

3. 井孔的施工与井管的设置方法与真空井点相同。

4. 井点使用时，水泵的起动泵压不宜大于0.3MPa。正常工作水压力宜为$0.25P_0$(扬水高度)；正常工作水流量宜取单井排水量。

8.3.11 管井结构应符合下列要求：

1. 管井井管直径应根据含水层的富水性及水泵性能选取，且井管外径不宜小于200mm，井管内径宜大于水泵外径50mm。

2. 沉砂管长度不宜小于3m。

3. 钢制、铸铁和钢筋骨架过滤器的孔隙率分别不宜小于30%、23%和50%。

4. 井管外滤料宜选用磨圆度较好的硬质岩石，不宜采用棱角状石渣料、风化料或其它粘质岩石。滤料规格宜满足下列要求：

1）对于砂土含水层

$$D_{50} = (6 \sim 8)d_{50} \qquad (8.3.11\text{-}1)$$

式中 D_{50}、d_{50}——填料和含水层颗料分布累计曲线上重量为50%所对应的颗粒粒径。

2）对于 $d_{20}<2$mm 的碎石类土含水层：

$$D_{50} = (6 \sim 8)d_{20} \qquad (8.3.11\text{-}2)$$

3）对于 $d_{20}\geqslant 2$mm 的碎石类土含水层，可充填粒径为10～20mm的滤料。

4）滤料应保证不均匀系数小于2。

8.3.12 抽水设备主要为深井泵或深井潜水泵、水泵的出水量应根据地下水位降深和排水量大小选用，并应大于设计值的20%～30%。

8.3.13 管井成孔宜用于孔或清水钻进，若采用泥浆管井，井管下沉后必须充分洗井，保持滤网的畅通。

8.3.14 水泵应置于设计深度，水泵吸水口应始终保持在动水位以下。成井后应进行单井试抽检查降水效果，必要时应调整降水方案。降水过程中，应定期取样测试含砂量，保证含砂量不大于0.5‰。

8.4 截　　水

8.4.1 截水帷幕的厚度应满足基坑防渗要求，截水帷幕的渗透系数宜小于 1.0×10^{-6}cm/s。

8.4.2 落底式竖向截水帷幕应插入下卧不透水层，其插入深度可按下式计算：

$$l = 0.2h_w - 0.5b \tag{8.4.2}$$

式中 l——帷幕插入不透水层的深度；

h_w——作用水头；

b——帷幕厚度。

8.4.3 当地下含水层渗透性较强，厚度较大时，可采用悬挂式竖向截水与坑内井点降水相结合或采用悬挂式竖向截水与水平封底相结合的方案。

8.4.4 截水帷幕施工方法、工艺和机具的选择应根据场地工程地质、水文地质及施工条件等综合确定。施工质量应满足《建筑地基处理规范》JGJ79—91 的有关规定。

8.5 回　　灌

8.5.1 回灌可采用井点、砂井、砂沟等。

8.5.2 回灌井与降水井的距离不宜小于 6m。

8.5.3 回灌井的间距应根据降水井的间距和被保护物的平面位置确定。

8.5.4 回灌井宜进入稳定水面下 1m，且位于渗透性较好的土层中，过滤器的长度应大于降水井过滤器的长度。

8.5.5 回灌水量可通过水位观测孔中水位变化进行控制和调节，不宜超过原水位标高。回灌水箱高度可根据灌入水量配置。

8.5.6 回灌砂井的灌砂量应取井孔体积的 95%，填料宜采用含泥量不大于 3%、不均匀系数在 3～5 之间的纯净中粗砂。

8.5.7 回灌井与降水井应协调控制。回灌水宜采用清水。

附录 A　圆弧滑动简单条分法

A.0.1　水泥土墙、多层支点排桩及多层支点地下连续墙嵌固深度计算值 h_0 宜按整体稳定条件采用圆弧滑动简单条分法确定（图 A.0.1）：

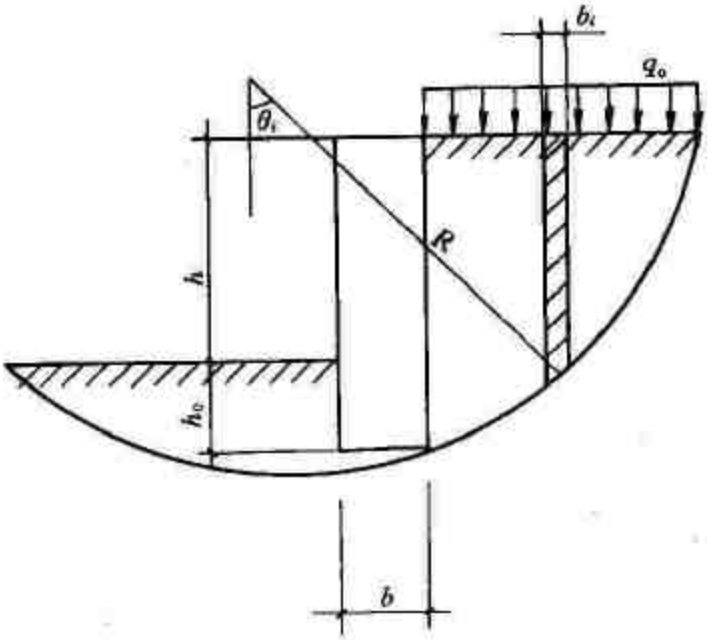


图 A.0.1　嵌固深度计算简图

$$\Sigma c_{ik} l_i + \Sigma (q_0 b_i + w_i)\cos\theta_i \mathrm{tg}\varphi_{ik} - \gamma_k \Sigma (q_0 b_i + w_i)\sin\theta_i \geqslant 0 \tag{A.0.1}$$

式中　c_{ik}、φ_{ik}——最危险滑动面上第 i 土条滑动面上土的固结不排水（快）剪粘聚力、内摩擦角标准值；

l_i——第 i 土条的弧长；

b_i——第 i 土条的宽度；

γ_k——整体稳定分项系数，应根据经验确定，当无经验时可取 1.3；

w_i——作用于滑裂面上第 i 土条的重量，按上覆土层的天然土重计算；

θ_i——第 i 土条弧线中点切线与水平线夹角。

当嵌固深度下部存在软弱土层时，尚应继续验算软下卧层整体稳定性。

A.0.2 对于均质粘性土及地下水位以上的粉土或砂类土，嵌固深度 h_0 可按下式确定：

$$h_0 = n_0 h \tag{A.0.2}$$

式中 n_0——嵌固深度系数，当 γ_k 取 1.3 时，可根据三轴试验（当有可靠经验时，可采用直接剪切试验）确定的土层固结不排水（快）剪内摩擦角 φ_k 及粘聚力系数 δ 查表 A.0.2；粘聚力系数 δ 可按本规程第 A.0.3 条确定。

A.0.3 粘聚力系数 δ 应按下式确定：

$$\delta = c_k / \gamma h \tag{A.0.3}$$

式中 γ——土的天然重度。

A.0.4 嵌固深度设计值可按下式确定：

$$h_d = 1.1 h_0 \tag{A.0.2}$$

式中 h_0——根据本规程第 A.0.1 条或第 A.0.2 条计算的嵌固深度。

嵌固深度系数 n_0 表（地面超载 $q_0=0$）　　表 A.0.2

φ_k / δ	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5
0.00	3.18	2.24	1.69	1.28	1.05	0.80	0.67	0.55	0.40	0.31	0.26	0.25	0.15	<0.1	
0.02	2.87	2.03	1.51	1.15	0.90	0.72	0.58	0.44	0.36	0.26	0.19	0.14	<0.1		
0.04	2.54	1.74	1.29	1.01	0.74	0.60	0.47	0.36	0.24	0.19	0.13	<0.1			
0.06	2.19	1.54	1.11	0.81	0.63	0.48	0.36	0.27	0.17	0.12	<0.1				
0.08	1.89	1.28	0.94	0.69	0.51	0.35	0.26	0.15	<0.1	<0.1					
0.10	1.57	1.05	0.74	0.52	0.35	0.25	0.13	<0.1							
0.12	1.22	0.81	0.54	0.36	0.22	<0.1	<0.1								
0.14	0.95	0.55	0.35	0.24	<0.1										
0.16	0.68	0.35	0.24	<0.1											
0.18	0.34	0.24	<0.1												
0.20	0.24	<0.1													
0.22	<0.1														

附录B 弹性支点法

B.0.1 基坑外侧水平荷载标准值 e_{aik} 宜按本规程第 3.4.1 条规定计算（图 B.0.1）。

B.0.2 支护结构的基本挠曲方程应按下式确定（图 B.0.1），支点处的边界条件可按本规程第 B.0.4 条确定：

$$EI\frac{d^4y}{dz}-e_{aik}\cdot b_s=0 \quad (0\leqslant z\leqslant h_n) \qquad \text{(B.0.2-1)}$$

$$EI\frac{d^4y}{dz}+mb_0(z-h_n)y-e_{aik}\cdot b_s=0 \quad (z\geqslant h_n) \qquad \text{(B.0.2-2)}$$

式中 EI——支护结构计算宽度的抗弯刚度；

m——地基土水平抗力系数的比例系数；

b_0——抗力计算宽度，地下连续墙和水泥土墙取单位宽度，排桩结构按本规程第 B.0.3 条规定计算；

z——支护结构顶部至计算点的距离；

h_n——第 n 工况基坑开挖深度；

y——计算点水平变形；

b_s——荷载计算宽度，排桩可取桩中心距，地下连续墙和水

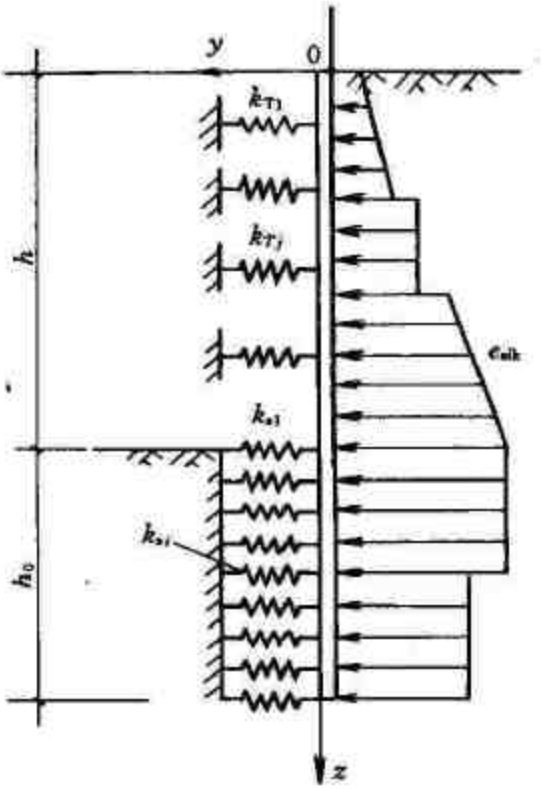


图 B.0.1 计算简图

泥土墙可取单位宽度。

B.0.3 排桩结构抗力计算宽度宜按下列规定计算：

1. 圆形桩按下式计算：

$$b_0 = 0.9 \times (1.5d + 0.5) \qquad \text{(B.0.3-1)}$$

式中 d——桩身直径。

2. 方形桩按下式计算：

$$b_0 = 1.5b + 0.5 \qquad \text{(B.0.3-2)}$$

式中 b——方桩边长。

3. 按式（B.0.3-1）或（B.0.3-2）确定的抗力计算宽度大于排桩间距时应取排桩间距。

B.0.4 第 j 层支点边界条件宜按下式确定：

$$T_j = k_{Tj}(y_j - y_{0j}) + T_{0j} \qquad \text{(B.0.4)}$$

式中 k_{Tj}——第 j 层支点水平刚度系数；可按本规程附录C确定；

y_j——按本规程第B.0.2条计算的第 j 层支点水平位移值；

y_{0j}——按本规程第B.0.2条计算的在支点设置前的水平位移值；

T_{0j}——第 j 层支点预加力。

当支点有预加力 T_{0j} 且按式（B.0.4）确定的支点力 $T_j \leqslant T_{0j}$ 时，第 j 层支点力 T_j 应按该层支点位移为 y_{0j} 的边界条件确定。

B.0.5 支护结构内力计算值可按下列规定计算（图B.0.5）：

1. 悬臂式支护结构弯矩计算值 M_c 及剪力计算值 V_c 可按下式计算：

$$M_c = h_{mz}\Sigma E_{mz} - h_{az}\Sigma E_{az} \qquad \text{(B.0.5-1)}$$

$$V_c = \Sigma E_{mz} - \Sigma E_{az} \qquad \text{(B.0.5-2)}$$

式中 ΣE_{mz}——计算截面以上根据本规程第B.0.2条确定的基坑内侧各土层弹性抗力值 $mb_0(z-h_n)y$ 的合力之和；

h_{mz}——合力 ΣE_{mz} 作用点至计算截面的距离；

ΣE_{az}——计算截面以上根据本规程第 B.0.2 条确定的基坑外侧各土层水平荷载标准值 $e_{aik}b_s$ 的合力之和；

h_{az}——合力 ΣE_{az} 作用点至计算截面的距离。

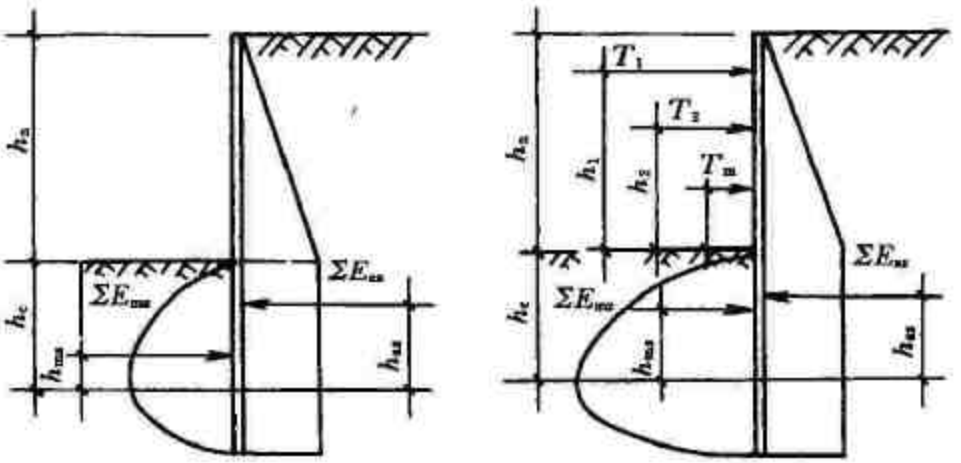


图 B.0.5　内力计算简图

2. 支点支护结构弯矩计算值 M_c 及剪力计算值 V_c 可按下式计算：

$$M_c = \Sigma T_j(h_j + h_c) + h_{mz}\Sigma E_{mz} - h_{az}\Sigma E_{az} \quad \text{(B.0.5-3)}$$

$$V_c = \Sigma T_j + \Sigma E_{mz} - \Sigma E_{az} \quad \text{(B.0.5-4)}$$

式中　h_j——支点力 T_j 至基坑底的距离；

h_c——基坑底面至计算截面的距离，当计算截面在基坑底面以上时取负值。

附录C　支点水平刚度系数 k_T 及地基土水平抗力比例系数 m

C.1　锚杆水平刚度系数

C.1.1　锚杆水平刚度系数 k_T 应按本规程附录E的锚杆基本试验确定，当无试验资料时，可按下式计算：

$$k_T = \frac{3AE_sE_cA_c}{3l_fE_cA_c + E_sAl_a}\cos^2\theta \qquad (C.1.1)$$

式中　A——杆体截面面积；

E_s——杆体弹性模量；

E_c——锚固体组合弹性模量，可按本规程第C.1.2条确定；

A_c——锚固体截面面积；

l_f——锚杆自由段长度；

l_a——锚杆锚固段长度；

θ——锚杆水平倾角。

C.1.2　锚杆体组合弹性模量可按下式确定：

$$E_c = \frac{AE_s + (A_c - A)E_m}{A_c} \qquad (C.1.2)$$

式中　E_m——锚固体中注浆体弹性模量。

C.2　支撑体系水平刚度系数

C.2.1　支撑体系（含具有一定刚度的冠梁）或其与锚杆混合的支撑体系水平刚度系数 k_T 应按支撑体系与排桩、地下连续墙的空间作用协同分析方法确定；亦可根据空间作用协同分析方法直接确定支撑体系及排桩或地下连续墙的内力与变形。

C.2.2 当基坑周边支护结构荷载相同、支撑体系采用对撑并沿具有较大刚度的腰梁或冠梁等间距布置时，水平刚度系数 k_T 可按下式计算：

$$k_T = \frac{2\alpha EA}{L}\frac{s_a}{s} \tag{C.2.2}$$

式中 k_T——支撑结构水平刚度系数；

α——与支撑松弛有关的系数，取 0.8～1.0；

E——支撑构件材料的弹性模量；

A——支撑构件断面面积；

L——支撑构件的受压计算长度；

s——支撑的水平间距；

s_a——根据本规程第 4.2.1 条确定的计算宽度。

C.3 土的水平抗力系数的比例系数 m

C.3.1 开挖面以下土的水平抗力系数的比例系数 m 应以根据单桩水平荷载试验结果按下式计算：

$$m = \frac{\left(\frac{H_{cr}}{x_{cr}}v_x\right)^{5/3}}{b_0(EI)^{2/3}} \tag{C.3.1}$$

式中 m——地基水平抗力系数的比例系数（MN/m^4），该数值为基坑开挖面以下 $2(d+1)$ m 深度内各土层的综合值；

H_{cr}——单桩水平临界荷载（MN），根据《建筑桩基技术规范》（JGJ94—94）附录 E 方法确定；

x_{cr}——单桩水平临界荷载对应的位移（m）；

v_x——桩顶位移系数，可按本规程表 C.3.1 采用（先假定 m，试算 α）；

b_0——计算宽度（m），按本规程第 B.0.3 条计算。

桩顶位移系数 ν_x 表　　表 C.3.1

换算深度 αh_d	≥4.0	3.5	3.0	2.8	2.6	2.4
ν_x	2.441	2.502	2.727	2.905	3.163	3.526

注：表中 $\alpha=\sqrt[5]{\frac{mb_0}{EI}}$。

C.3.2 当无试验或缺少当地经验时，第 i 土层水平抗力系数的比例系数 m_i 可按下列经验公式计算：

$$m_i = \frac{1}{\Delta}(0.2\varphi_{ik}^2 - \varphi_{ik} + c_{ik}) \qquad (C.3.2)$$

式中 φ_{ik}——第 i 层土的固结不排水（快）剪内摩擦角标准值（°）；

c_{ik}——第 i 层土的固结不排水（快）剪粘聚力标准值（kPa）；

Δ——基坑底面处位移量（mm），按地区经验取值，无经验时可取 10。

附录 D　正截面受弯承载力计算

D.0.1　对沿周边均匀配置纵向钢筋的圆形截面和矩形截面的排桩和地下连续墙，其正截面受弯承载力可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10—89 的有关规定进行计算，并应符合有关构造要求。

D.0.2　沿截面受拉区和受压区周边配置局部均匀纵向钢筋或集中纵向钢筋的圆形截面钢筋混凝土桩（图 D.0.2），其正截面受弯

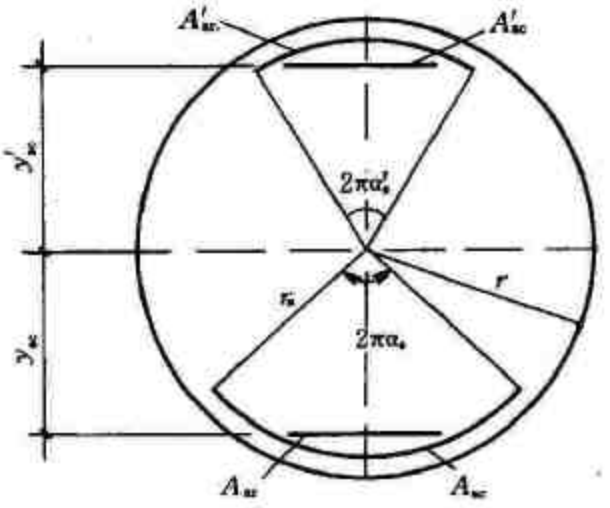


图 D.0.2　配置局部均匀配筋和集中配筋的圆形截面

承载力可按下列公式计算：

$$\alpha f_{cm} A\left(1-\frac{\sin 2\pi\alpha}{2\pi\alpha}\right)+f_y(A'_{sr}+A'_{sc}-A_{sr}-A_{sc})=0 \tag{D.0.2-1}$$

$$M \leqslant \frac{2}{3} f_{cm} A r \frac{\sin^3\pi\alpha}{\pi}+f_y A_{sr} r_s \frac{\sin\pi\alpha_s}{\pi\alpha_s}$$

$$+ f_y A_{sc} y_{sc}+f_y A'_{sr} r_s \frac{\sin\pi\alpha'_s}{\pi\alpha'_s}+f_y A'_{sc} y'_{sc} \tag{D.0.2-2}$$

选取的距离 y_{sc}、y'_{sc}应符合下列条件：

$$y_{sc} \geqslant r_s \cos\pi\alpha_s \tag{D.0.2-3}$$

$$y'_{sc} \geqslant r_s \cos\pi\alpha'_s \qquad \text{(D. 0. 2-4)}$$

混凝土受压区圆心半角的余弦应符合下列要求：

$$\cos\pi\alpha \geqslant 1 - \left(1 + \frac{r_s}{r}\cos\pi\alpha_s\right)\xi_b \qquad \text{(D. 0. 2-5)}$$

式中 α——对应于受压区混凝土截面面积的圆心角（rad）与 2π 的比值；

α_s——对应于周边均匀受拉钢筋的圆心角（rad）与 2π 的比值；α_s 值宜在 1/6 到 1/3 之间选取，通常可取定值 0.25；

α'_s——对应于周边均匀受压钢筋的圆心角（rad）与 2π 的比值，宜取 $\alpha'_s \leqslant 0.5\alpha$；

A——构件截面面积；

A_{sr}、A'_{sr}——均匀配置在圆心角 $2\pi\alpha_s$、$2\pi\alpha'_s$ 内沿周边的纵向受拉、受压钢筋截面面积；

A_{sc}、A'_{sc}——集中配置在圆心角 $2\pi\alpha_s$、$2\pi\alpha'_s$ 的混凝土弓形面积范围内的纵向受拉、受压钢筋截面面积；

r——圆形截面的半径；

r_s——纵向钢筋所在圆周的半径；

y_{sc}、y'_{sc}——纵向受拉、受压钢筋截面面积 A_{sc}、A'_{sc} 的重心至圆心的距离；

f_y——普通钢筋的抗拉强度设计值；

f_{cm}——混凝土弯曲抗压强度设计值；

ξ_b——矩形截面的相对界限受压区高度，应按《混凝土结构设计规范》GBJ10—89 第 4.1.3 条规定确定。

计算的受压区混凝土截面面积的圆心角（rad）与 2π 的比值 α 宜符合下列条件：

$$\alpha \geqslant 1/3.5 \qquad \text{(D. 0. 2-6)}$$

当不符合上述的条件时，其正截面受弯承载力可按下式计算：

$$M \leqslant f_y A_{sr}\left(0.78r + r_s \frac{\sin\pi\alpha_s}{\pi\alpha_s}\right) + f_y A_{sc}(0.78r + y_{sc}) \qquad \text{(D. 0. 2-7)}$$

注：本条适用于截面受拉区内纵向钢筋不少于3根的圆形截面的情况。

D.0.3 沿圆形截面受拉区和受压区周边实际配置均匀纵向钢筋的圆心角应分别取为 $2\frac{n-1}{n}\pi\alpha_s$ 和 $2\frac{m-1}{m}\pi\alpha'_s$，$n$、$m$ 为受拉区、受压区配置均匀纵向钢筋的根数。

配置在圆形截面受拉区的纵向钢筋的最小配筋率（按全截面面积计算）不宜小于0.2%。在不配置纵向受力钢筋的圆周范围内应设置周边纵向构造钢筋，纵向构造钢筋直径不应小于纵向受力钢筋直径的二分之一，且不应小于10mm；纵向构造钢筋的环向间距不应大于圆截面的半径和250mm两者的较小值，且不得少于1根。

附录E 锚杆试验

E.1 一般规定

E.1.1 锚杆锚固段浆体强度达到15MPa或达到设计强度等级的75%时可进行锚杆试验。

E.1.2 加载装置(千斤顶、油泵)的额定压力必须大于试验压力，且试验前应进行标定。

E.1.3 加荷反力装置的承载力和刚度应满足最大试验荷载要求。

E.1.4 计量仪表（测力计、位移计等）应满足测试要求的精度。

E.1.5 基本试验和蠕变试验锚杆数量不应少于3根，且试验锚杆材料尺寸及施工工艺应与工程锚杆相同。

E.1.6 验收试验锚杆的数量应取锚杆总数的5%，且不得少于3根。

E.2 基本试验

E.2.1 基本试验最大的试验荷载不宜超过锚杆杆体承载力标准值的0.9倍。

E.2.2 锚杆基本试验应采用循环加、卸荷载法，加荷等级与锚头位移测读间隔时间应按表E.2.2确定。

锚杆基本试验循环加卸荷等级与位移观测间隔时间表 表E.2.2

循环数 \ 加荷标准	加荷量/预估破坏荷载 (%)								
第一循环	10	—	—	—	30	—	—	—	10
第二循环	10	30	—	—	50	—	—	30	10

续表

加荷标准 / 循环数	加荷量/预估破坏荷载（%）								
第三循环	10	30	50	—	70	—	50	30	10
第四循环	10	30	50	70	80	70	50	30	10
第五循环	10	30	50	80	90	80	50	30	10
第六循环	10	30	50	90	100	90	50	30	10
观测时间（min）	5	5	5	5	10	5	5	5	5

注：1. 在每级加荷等级观测时间内，测读锚头位移不应少于3次。

2. 在每级加荷等级观测时间内，锚头位移小于0.1mm时，可施加下一级荷载，否则应延长观测时间，直至锚头位移增量在2h内小于2.0mm时，方可施加下一级荷载。

E.2.3 锚杆破坏标准

1. 后一级荷载产生的锚头位移增量达到或超过前一级荷载产生位移增量的2倍时；

2. 锚头位移不稳定；

3. 锚杆杆体拉断。

E.2.4 试验结果宜按循环荷载与对应的锚头位移读数列表整理，并绘制锚杆荷载—位移（Q—s）曲线，锚杆荷载—弹性位移（Q—s_e）曲线和锚杆荷载—塑性位移（Q—s_p）曲线。

E.2.5 锚杆弹性变形不应小于自由段长度变形计算值的80%，且不应大于自由段长度与1/2锚固段长度之和的弹性变形计算值。

E.2.6 锚杆极限承载力取破坏荷载的前一级荷载，在最大试验荷载下未达到E.2.3规定的破坏标准时，锚杆极限承载力取最大荷载。

E.3 验收试验

E.3.1 最大试验荷载应取锚杆轴向受拉承载力设计值N_u。

E.3.2 锚杆验收试验加荷等级及锚头位移测读间隔时间应符合下列规定：

1. 初始荷载宜取锚杆轴向拉力设计值的 0.1 倍；

2. 加荷等级与观测时间宜按表 E.3.2 规定进行；

验收试验锚杆加荷等级及观测时间 **表 E.3.2**

加荷等级	$0.1N_u$	$0.2N_u$	$0.4N_u$	$0.6N_u$	$0.8N_u$	$1.0N_u$
观测时间（min）	5	5	5	10	10	15

3. 在每级加荷等级观测时间内，测读锚头位移不应少于 3 次；

4. 达到最大试验荷载后观测 15min，卸荷至 $0.1N_u$ 并测读锚头位移。

E.3.3 试验结果宜按每级荷载对应的锚头位移列表整理，并绘制锚杆荷载—位移（Q—s）曲线。

E.3.4 锚杆验收标准：

1. 在最大试验荷载作用下，锚头位移相对稳定；

2. 应符合本规程第 E.2.5 条规定。

E.4 蠕 变 试 验

E.4.1 锚杆蠕变试验加荷等级与观测时间应满足表 E.4.1 的规定，在观测时间内荷载应保持恒定。

锚杆蠕变试验加荷等级及观测时间 **表 E.4.1**

加荷等级	$0.4N_u$	$0.6N_u$	$0.8N_u$	$1.0N_u$
观测时间（min）	10	30	60	90

E.4.2 每级荷载按时间间隔 1、2、3、4、5、10、15、20、30、45、60、75、90min 记录蠕变量。

E.4.3 试验结果宜按每级荷载在观测时间内不同时段的蠕变量列表整理，并绘制蠕变量—时间对数（s—$\lg t$）曲线，蠕变系数可由下式计算：

$$K_c = \frac{s_2 - s_1}{\lg(t_2/t_1)} \tag{E.4.3}$$

式中 s_1——t_1 时所测得的蠕变量；

s_2——t_2 时所测得的蠕变量。

E.4.4 蠕变试验和验收标准为最后一级荷载作用下的蠕变系数小于 2.0mm。

附录 F　基坑涌水量计算

F.0.1　均质含水层潜水完整井基坑涌水量可按下列规定计算（图 F.0.1）：

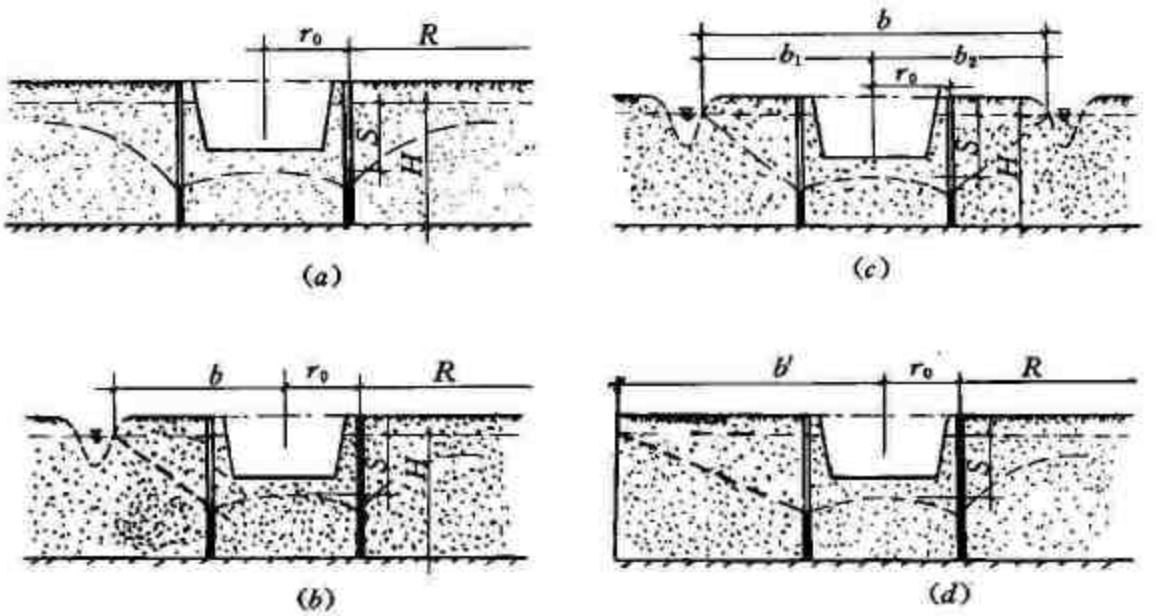


图 F.0.1　均质含水层潜水完整井基坑涌水量计算简图

(*a*) 基坑远离边界；(*b*) 岸边降水；(*c*) 基坑位于两地表水体间；(*d*) 基坑靠近隔水边界

1. 当基坑远离边界时，涌水量可按下式计算：

$$Q = 1.366k\frac{(2H - S)S}{\lg\left(1 + \frac{R}{r_0}\right)} \qquad \text{(F.0.1-1)}$$

式中　Q——基坑涌水量；

k——渗透系数；

H——潜水含水层厚度；

S——基坑水位降深；

R——降水影响半径；

r_0——基坑等效半径，按本规程第 F.0.7 条规定计算。

2. 岸边降水时涌水量可按下式计算：

$$Q = 1.366k\frac{(2H - S)S}{\lg\frac{2b}{r_0}} \qquad b < 0.5R \quad \text{(F.0.1-2)}$$

3. 当基坑位于两个地表水体之间或位于补给区与排泄区之间时，涌水量可按下式计算：

$$Q = 1.366k\frac{(2H - S)S}{\lg\left[\frac{2(b_1 + b_2)}{\pi r_0}\cos\frac{\pi(b_1 - b_2)}{2(b_1 + b_2)}\right]} \quad \text{(F.0.1-3)}$$

4. 当基坑靠近隔水边界，涌水量可按下式计算：

$$Q = 1.366k\frac{(2H - S)S}{2\lg(R + r_0) - \lg r_0(2b + r_0)} \qquad b' < 0.5R$$

(F.0.1-4)

F.0.2 均质含水层潜水非完整井基坑涌水量可按下列规定计算（图 F.0.2）

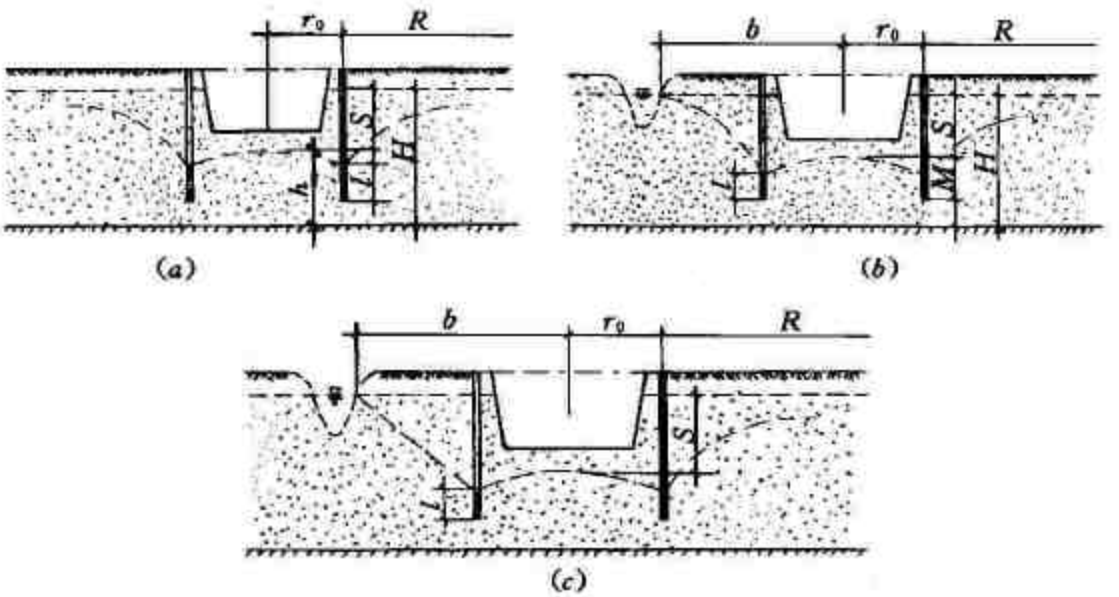


图 F.0.2 均质含水层潜水非完整井涌水量计算简图

(a) 基坑远离边界；(b) 近河基坑含水层厚度不大；(c) 近河基坑含水层厚度很大

1. 基坑远离边界时，涌水量可按下式计算：

$$Q = 1.366k\frac{H^2 - h_m^2}{\lg\left(1 + \frac{R}{r_0}\right) + \frac{h_m - l}{l}\lg\left(1 + 0.2\frac{h_m}{r_0}\right)}$$

(F.0.2-1)

$$h_m = \frac{H + h}{2}$$

2. 近河基坑降水，含水层厚度不大时，涌水量可按下式计算：

$$Q = 1.366kS\left[\frac{l + S}{\lg\frac{2b}{r_0}} + \frac{l}{\lg\frac{0.66l}{r_0} + 0.25\frac{l}{M}\cdot\lg\frac{b^2}{M^2 - 0.14l^2}}\right]$$

$$b > \frac{M}{2} \qquad \text{(F. 0. 2-2)}$$

式中 M——由含水层底板到过滤器有效工作部分中点的长度。

3. 近河基坑降水，含水层厚度很大时，涌水量可按下列公式计算：

$$Q = 1.366kS\left[\frac{l + S}{\lg\frac{2b}{r_0}} + \frac{l}{\lg\frac{0.66l}{r_0} - 0.22\text{arsh}\frac{0.44l}{b}}\right]$$

$$b > l \qquad \text{(F. 0. 2-3)}$$

$$Q = 1.366kS\left[\frac{l + S}{\lg\frac{2b}{r_0}} + \frac{l}{\lg\frac{0.66l}{r_0} - 0.11\frac{l}{b}}\right]$$

$$b < l \qquad \text{(F. 0. 2-4)}$$

F. 0. 3 均质含水层承压水完整井涌水量可按下列规定计算（图 F. 0. 3）：

1. 当基坑远离边界时，涌水量可按下式计算：

$$Q = 2.73k\frac{MS}{\lg\left(1 + \frac{R}{r_0}\right)} \qquad \text{(F. 0. 3-1)}$$

式中 M——承压含水层厚度。

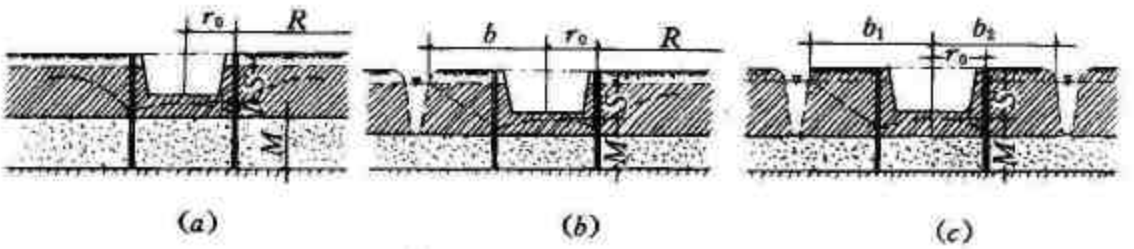
2. 当基坑位于河岸边时，涌水量可按下式计算：

$$Q = 2.73k\frac{MS}{\lg\left(\frac{2b}{r_0}\right)} \quad b < 0.5R \qquad \text{(F. 0. 3-2)}$$

3. 当基坑位于两个地表水体之间或位于补给区与排泄区之

间时，涌水量可按下式计算：

$$Q = 2.73k\frac{MS}{\lg\left[\frac{2(b_1+b_2)}{\pi r_0}\cos\frac{\pi(b_1-b_2)}{2(b_1+b_2)}\right]} \quad \text{(F.0.3-3)}$$



(a)　　(b)　　(c)

图 F.0.3　均质含水层承压水完整井基坑涌水量计算图

(a) 基坑远离边界；(b) 基坑于岸边；(c) 基坑与两地表水体间

F.0.4　均质含水层承压水非完整井基坑涌水量可按下式计算（图 F.0.4）：

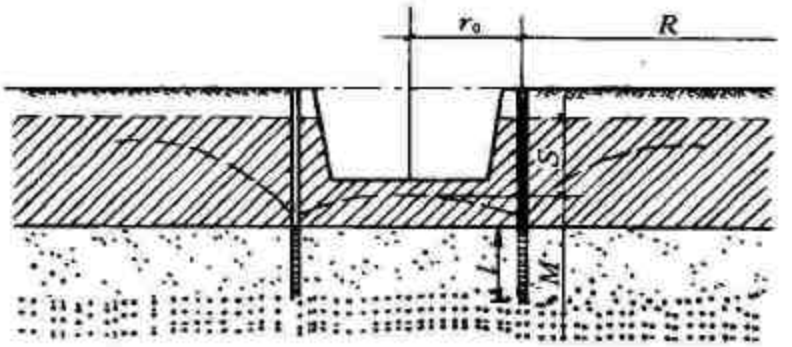


图 F.0.4　均质含水层承压水非完整井基坑涌水量计算图

$$Q = 2.73k\frac{MS}{\lg\left(1+\frac{R}{r_0}\right)+\frac{M-l}{l}\lg\left(1+0.2\frac{M}{r_0}\right)} \quad \text{(F.0.4)}$$

F.0.5　均质含水层承压～潜水非完整井基坑涌水量可按下式计算（图 F.0.5）：

$$Q = 1.366k\frac{(2H-M)M-h^2}{\lg\left(1+\frac{R}{r_0}\right)} \quad \text{(F.0.5)}$$

F.0.6　当基坑为圆形时，基坑等效半径应取为圆半径，当基坑为非圆形时，等效半径可按下列规定计算：

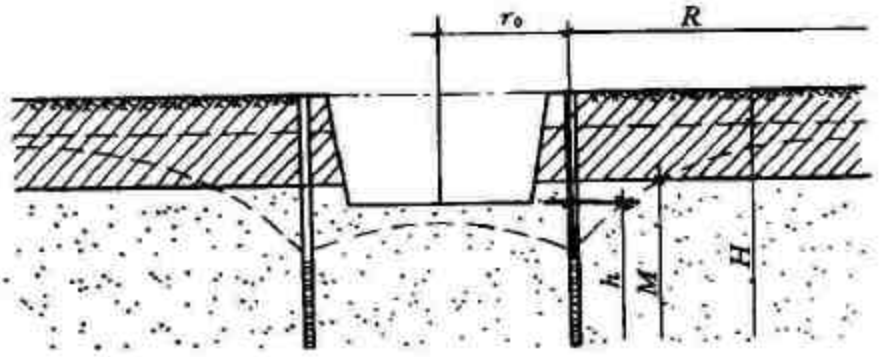


图 F.0.5　均质含水层承压～潜水非完整井基坑涌水量计算图

1. 矩形基坑等效半径可按下式计算：

$$r_0 = 0.29(a + b) \qquad \text{(F.0.6-1)}$$

式中　a、b——分别为基坑的长、短边。

2. 不规则块状基坑等效半径可按下式计算：

$$r_0 = \sqrt{A/\pi} \qquad \text{(F.0.6-2)}$$

式中　A——基坑面积。

F.0.7　降水井影响半径宜通过试验或根据当地经验确定，当基坑侧壁安全等级为二、三级时，可按下列经验公式计算：

1. 潜水含水层　　$R = 2S\sqrt{kH}$　　(F.0.7-1)

式中　R——降水影响半径（m）；

S——基坑水位降深（m）；

k——渗透系数（m/d）；

H——含水层厚度（m）。

2. 承压含水层　　$R = 10S\sqrt{k}$　　(F.0.7-2)

附录G　本规程用词用语说明

一、为便于在执行本规程条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2. 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

二、条文中指明必须按其他标准、规范执行的写法为“按……执行”或“应符合……的规定”。

中华人民共和国行业标准

建筑基坑支护技术规程

JGJ120—99

条 文 说 明

目　　次

1　总　则…… 73
2　术语、符号…… （略）
3　基本规定…… 74
4　排桩、地下连续墙…… 78
5　水泥土墙…… 82
6　土钉墙…… 84
7　逆作拱墙…… 85
8　地下水控制…… 87

1 总　　则

1.0.1　80年代以来，我国城市建设迅猛发展，基坑支护的重要性逐渐被人们所认识，支护结构设计、施工技术水平也随着工程经验的积累而提高。本规程在确保基坑边坡稳定条件下，总结已有经验，力求使支护结构设计与施工达到安全与经济的合理平衡。

1.0.2　本规程所依据的工程经验为一般地质条件，当主要土层为膨胀土和湿陷性黄土的特殊地质条件时应按当地经验应用。

1.0.3　基坑支护结构设计与基坑周边条件，尤其是与支护结构侧压力密切相关，决定侧压力大小的土层性质及与本条所述各种因素有关。应充分考虑基坑所处环境条件、基坑施工及使用时间对设计的影响。

1.0.4　基坑支护工程是岩土工程的一部分，它与其他如桩基工程、地基处理工程等相关，本规程仅根据基坑支护工程设计、施工、检测方面具有独立性部分作了规定，而在其他标准规范中已有的条文不再重复。如桩基施工可按《建筑桩基技术规范》执行，均匀配筋圆形混凝土桩截面抗弯承载力可按《混凝土结构设计规范》执行等。

3 基本规定

3.1 设计原则

3.1.1 可靠性分析设计或称概率极限状态设计方法已在《建筑结构设计统一标准》中明确规定为建筑结构的设计原则，本规程结构截面受力计算与结构规范接轨，便于设计人员使用。

3.1.2 根据支护结构的极限状态分为承载能力极限状态与正常使用极限状态，前者表现为由任何原因引起的基坑侧壁破坏，后者则主要表现为支护结构的变形而影响地下室侧墙施工及周边环境的正常使用。

3.1.3 基坑侧壁安全等数的划分与重要性系数是对支护设计、施工的重要性认识及计算参数的定量选择，侧壁安全等数划分是一个难度很大的问题，很难定量说明，因此，采用了结构安全等级划分的基本方法，按支护结构破坏后果分为很严重、严重及不严重三种情况分别对应于三种安全等级，其重要性系数的选用与《建筑结构设计统一标准》相一致。

表 3.1.3 强调了基坑侧壁安全等级，这就要求设计者在支护结构设计时应根据基坑侧壁不同条件因地制宜进行设计。

3.1.4 在正常使用极限状态条件下，安全等级为一、二级的基坑变形影响基坑支护结构的正常功能，目前支护结构的水平限值还不能给出全国都适用的具体数值，各地区可根据具体工程的周边环境等因素确定。对于周边建筑物及管线的竖向变形限值可根据有关规范确定。

3.1.5 地下水处理得当与否是基坑支护结构能否按设计完成预定功能的重要因素之一，因此，在基坑及地下结构施工过程中应采取有效的地下水控制方法。

3.1.6 承载能力极限状态应进行支护结构承载能力及基坑土体出现的可能破坏进行计算，正常使用极限状态的计算主要是对结构及土体的变形计算。

3.1.7 设计与施工密切配合是支护结构合理设计的根本要求，因此，支护结构的施工监测是支护结构施工过程中不可缺少的部分。

3.1.8 放坡开挖是最经济、有效的方式，坡度一般根据经验确定，对于较为重要的工程还宜进行必要的验算。

3.2 勘 察 要 求

3.2.1 根据主体结构的初勘阶段成果可对基坑支护提出支护方案建议，因此，本条对初勘不作专门规定而只要求根据初勘成果提出基坑支护的初步方案。

3.2.2 在详勘阶段所测取的地质资料是支护结构设计的基本依据。勘察点的范围应在周边的 1～2 倍开挖深度范围内布置勘探点，主要是考虑整体稳定性计算所需范围，当周边有建筑物时，也可从旧建筑物的勘察资料上查取。由于支护结构主要承受水平力，因此，勘探点的深度以满足支护结构设计要求深度为宜，对于软土地区，支护结构一般需穿过软土层进入相对硬层。

3.2.3 地下水的妥当处理是支护结构设计成功的基本条件，也是侧向荷载计算的重要指标，因此，应认真查明地下水的性质，并对地下水可能影响周边环境提出相应的治理措施供设计人员参考。

3.2.4 本规程支护结构基坑外侧荷载及基坑内侧抗力计算的主要参数是固结快剪强度指标 c、φ 及土体重度 γ，编制本规程收集的 36 项排桩工程按本规程方法试算时所取指标均采用直剪试验方法，由于直剪试验测取参数离散性较大，特别是对于软土，无经验的设计人员可能会过大地取用 c、φ 值，因此规定一般采用三轴试验，但有可靠经验时可用简单方便的直剪试验。含水量 w 也是分析的主要考虑因素，渗透系数 k 是降水设计的基本指标。其他土质或计算方法在特殊条件下可根据设计要求选择试验方法与参

数。

3.2.5 基坑周边环境勘查有别于一般的岩土勘察，调查对象是基坑支护施工或基坑开挖可能引起基坑之外产生破坏或失去平衡的物体，是支护结构设计的重要依据之一。

3.2.6 在获得岩土及周边环境有关资料的基础上，基坑工程勘察报告应提供支护结构的设计、施工、监测及信息施工的有关建议，供设计、施工人员参考。

3.3 支护结构选型

3.3.1 根据本规程所介绍的几种支护结构类型，表3.3.1给出了适用条件，适用条件主要包含了适用的基坑侧壁安全等级、开挖深度及地下水的情况。

3.3.2 支护结构设计要因地制宜，充分利用基坑的平面形状，使基坑支护设计既安全又节省费用。

3.3.3 当基坑内土质较差，支护结构位移要求严格时，可采用加固基坑内侧土体或降水措施。

3.4 基坑外侧水平荷载标准值

3.4.1 基坑外侧水平荷载应由地区经验确定。水平荷载是很难精确确定的，因此，在计算及参数取值上采用了直观、简单、偏于安全的方法。式（3.4.1-2）规定对于碎石土及砂土采用水土分算的形式，由于将c、φ值统一取为固结快剪指标值且不考虑有效c、φ值的影响，因此，为方便计算分析，式（3.4.1-2）的前两项即为水土合算的表达式，亦即式（3.4.1-1）的表达式，后两项是由于水土分算所附加的水平荷载。当基坑开挖面以上的水平荷载计算值为负值时，由于支护结构与土之间不可能产生拉应力，故应取为零。

3.4.2 由于在第3.4.1条中的水平荷载计算表达式中采用了总竖向应力乘以土层侧压力系数的表达方式，因此，本条中分别对各种竖向应力的计算方法作了说明，给出了定性较为合理的经验

公式。

3.4.3 侧压力系数采用简单的朗肯土压力系数。

3.5 基坑内侧水平抗力标准值

3.5.1 当基坑外侧水平荷载确定之后，欲计算结构内力，首先必须确定基坑内侧土体抗力，内侧土体抗力可用不同方法求得，如按朗肯土压力假定，内侧各点的水平抗力标准值应以被动土压力系数确定的被动土压力值较为合理。

3.8 开 挖 监 控

3.8.1 基坑支护结构在使用过程中出现荷载、施工条件变化的可能性较大，因此在基坑开挖中必须有系统的监控以防不测。施工监控的重要性越来越被业主所认识，系统的监控措施是安全设计的重要保证。

3.8.2 本条规定了在基坑边缘开挖深度 1～2 倍范围内的需要保护物体（含建筑物、地下管线等）均应作为监测对象，具体范围应根据土质条件、周边保护物的重要性等确定。

3.8.6 目前规程还不能给出统一的基坑监测项目报警值，设计人员应根据工程具体情况给定一个监控限值，如监测地点建筑物的报警值可按《建筑地基基础设计规范》中的允许变形及差异沉降等控制。

4 排桩、地下连续墙

4.1 嵌固深度

4.1.1 排桩、地下连续墙结构计算应采用弹性地基梁方法计算较符合实际，但弹性地基梁方法是建立在“弹性”基础上，当所取计算参数正确且计算限于“弹性”阶段时其结果较为合理，而土层是弹塑性材料，弹性地基梁解的结果正确与否取决于计算出的基坑内侧土抗力是否超过某一限值如标准值，而桩墙结构嵌固深度在一定范围内时，增加嵌固深度具有降低侧向抗力峰值及峰值作用点下移的作用，因此，以被动土压力为极限条件确定嵌固深度基本能达到按此嵌固深度计算出的弹性地基梁基坑内侧应力小于或少量超过被动土压力的要求，亦即按简化的塑性条件来确定弹性理论计算的基本嵌固深度。

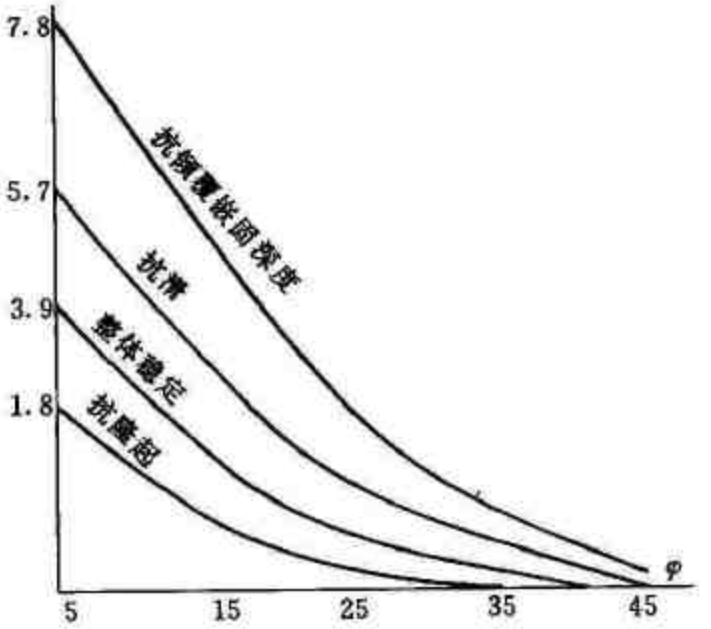


图 1 极限状态嵌固深度系数图

根据对悬臂式支护结构当 $c=0$，φ 为 5°～45°变化范围的各种

极限状态计算结果嵌固深度系数如图1，从图可见在极限状态下要求嵌固深度大小的顺序依次是抗倾覆、抗滑移、整体稳定性、抗隆起，而按式（4.1.1-1）抗倾覆要求确定的嵌固深度，基本上都保证了其他各种验算所要求的安全系数。

对于单支点支护结构，由于结构的平衡是依靠支点及嵌固深度两者共同支持，必须具有足够的嵌固深度以形成一定的反力保证结构稳定，因此，采用了传统的等值梁法确定嵌固深度，按式（4.1.1-4）确定的嵌固深度值也大于整体稳定及抗隆起的要求。

对于多支点支护结构，只要支点具有足够的刚度，且土体整体稳定能满足要求，结构不需要嵌固深度亦可平衡，因此，本条规定按附录A确定嵌固深度。由于式（A.0.1）未考虑锚杆或支撑对土体整体稳定的作用，故偏于安全。在式（A.0.1）中，γ_k 的取值是根据20余项多支点支护实际工程统计确定的，而传统的多支点支护工程嵌固深度一般是按等值梁法确定的，因此 γ_k 的取值一般情况下偏大，但小于传统方法，当具有地区经验或设计人员有工程经验参考时，按（A.0.1）计算结果可适当减小。

4.1.2 本条是根据现有工程经验统计而得到的嵌固深度构造要求。

4.2 内力与变形计算

4.2.1 桩、墙结构的内力与变形计算是比较复杂的问题，其计算的合理模型应是考虑支护结构—土—支点三者共同作用的空间分析，因此，采用分段平面问题计算，分段长度可根据具体结构及土质条件确定。为便于计算，排桩计算宽度取桩中心距，地下连续墙由于其连续性可取单位宽度。

4.2.2 支护结构分析应工况计算，考虑开挖的不同阶段及地下结构施工过程中对已有支撑条件拆除与新的支撑条件交替受力情况进行。

目前我国支护结构设计中常用的方法可分为弹性支点方法与极限平衡法，工程实践证明，当嵌固深度合理时，具有试验数据

或当地经验确定弹性支点刚度时，用弹性支点方法确定支护结构内力及变形较为合理，应予以提倡。考虑不具备弹性支点法计算条件及不同分析方法对简单结构计算误差影响甚小的事实，本条保留了悬臂式结构按极限平衡法及单层支点结构按等值梁法的计算方法。

在支点结构设计中，考虑刚度的冠梁或内支撑的平面框架上每一点的刚度不尽相同，因此对于支护结构而言按平面问题计算不尽合理，只有当支护结构周边条件完全相同，支撑体系才可简化为平面问题条件，按平面问题计算；而对于锚杆支点而言，由于锚杆腰梁间基本上不存在相互影响，假定为平面问题比较合理。因此，考虑刚度的冠梁或支撑结构体系与支护结构的共同作用结果应是采用空间协同作用分析方法，所谓的分段平面问题实际上是将空间分析计算出的内力结果分段合并按同一配筋处理。

4.2.3 为使本规程与《混凝土结构设计规范》相配套，由于荷载的综合分项系数为 1.25，支护结构为受弯构件，因此，应将计算值乘以 1.25 后变为内力设计值，便于截面设计。

4.3 截面承载力计算

4.3.1 对排桩、地下连续墙等混凝土结构，通常按受弯构件进行计算，必要时，也可考虑按偏心受压构件进行计算，本条与附录 D.0.1 相匹配，对矩形截面和沿截面周边均匀配置纵向钢筋的圆形截面构件，其正截面和斜截面承载力均可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GBJ10—89 进行设计。

4.4 锚杆计算

4.4.2 当锚杆杆件的受拉荷载设计值确定后，杆件截面面积的确定即可根据《混凝土结构设计规范》确定。

4.4.3 锚杆锚固段土与锚固体间的承载力设计值强调了现场试验的取值原则，分别对不同基坑侧壁安全等级提出了承载力的确定方法，明确了附录 E 所给的各种试验方法的应用，经验参数估

算方法仅作为试验的预估值与安全等级为三级基坑侧壁承载力的确定使用。

公式（4.4.3）端部扩孔锚杆扩孔部分承载力计算表达式是参照美国锚杆标准推导得出。

表 4.4.3 是根据我国土层锚杆施工技术水平以一次常压灌浆工艺为基础的统计值。由于我国各地区地层特性差异较大，且施工水平参差不齐，因而，在有地区经验的情况下，应优先根据当地经验选取。对于压力灌浆、二次高压灌浆工艺，可根据灌浆压力大小、二次高压灌浆方法（简单二次高压灌浆和重复分段高压灌浆）的不同，将土体与锚固体极限粘结强度标准值 q_{sik} 提高 1.2～2.0 倍。锚杆抗力分项系数取 1.30 是与传统安全系数法相配套的。

4.5 支撑体系计算

4.5.1 支撑通过冠梁或腰梁作用对排桩、地下连续墙施加支点力。支点力大小与排桩、地下连续墙及土体刚度、支撑体系布置形式、结构尺寸有关。因此，在一般情况下应考虑支撑体系在平面上各点的不同变形与排桩、地下连续墙的变形协调作用而采用空间作用协同分析方法进行分析。

应用有限元方法考虑支撑体系与排桩、地下连续墙共同作用可求出支撑体系的轴向力；按多跨连续梁计算支撑体系、构件自重及施工荷载产生的弯曲应力。

当基坑形状接近矩形且周边条件相同时，支撑体系结构可采用简化计算方法确定支撑结构构件及腰梁内力。

5 水泥土墙

5.1 嵌固深度

5.1.1～5.1.2 水泥土墙的验算应同时满足抗倾覆、抗滑移、整体稳定及抗隆起要求，由于水泥土墙为重力式墙，上述四项验算的前两项不仅与嵌固深度有关，而且与墙宽有关，而后两项验算与墙宽关系不大，因此，在确定水泥土墙嵌固深度时，可采用整体稳定与抗隆起验算，由图1可知，满足整体稳定条件时即已满足了抗隆起条件，因此仅以整体稳定性条件确定最小嵌固深度，嵌固深度的确定在特殊情况下还应满足抗渗透稳定条件。

5.2 墙体厚度

5.2.1 根据抗整体稳定性分析出了水泥土墙嵌固深度，并以抗倾覆条件确定水泥土墙宽度，经理论与实践证明已满足了抗滑移的要求，因此，不必进行抗滑移稳定性验算。

水泥土开挖龄期强度设计值指在开挖前按本规程第5.5.8条规定进行试验得出的单轴抗压强度标准值除以抗力分项系数1.5所得结果。

5.3 正截面承载力验算

5.3.1 水泥土墙的强度分别以受拉及受压控制验算，根据《建筑结构荷载规范》规定，当荷载组合为有利时，结构自重荷载分项系数取1，水泥土墙的抗拉强度类似于素混凝土，取抗压强度设计值的0.06倍。

5.4 构　　造

5.4.1 为了充分利用水泥土桩组成宽厚的重力式墙，常将水泥土墙布置成格栅式，为了保证墙体的整体性，特规定各种土类的置换率，即水泥土面积与水泥土挡土结构面积的比例，淤泥一般呈软流塑状，土的指标比较差，因此，墙宽都比较大，淤泥质土次之，其他土类相应的墙宽比较小，因此所取的置换率相差不大，以中线计算面积（图 2），置换率举例说明如下：

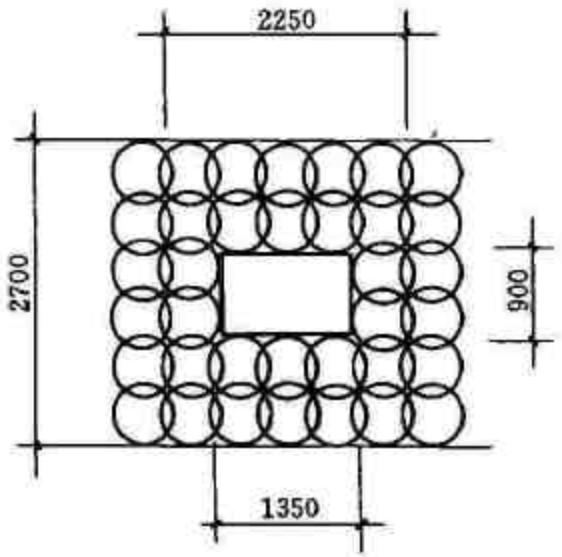


图 2

$$\frac{A_n}{A} = (2290 - 900) \times (2280 - 1350)/(2250 \times 2700)$$

$$= 0.8$$

同时为了保证格栅的空腔不致过于稀疏，规定格栅的格子长度比不大于 2。

5.4.2 水泥土挡墙是靠桩与桩的搭接形成连续墙，桩的搭接是保证水泥墙的抗渗漏及整体性的关键，由于桩施工有一定的垂直度偏差，应控制其搭接宽度。

5.4.3 为加强整体性，减少变形，可采取增设钢筋混凝土面板，桩插筋以及基坑内侧土体加固等构造措施。

6 土 钉 墙

6.1 土钉抗拉承载力计算

6.1.2 目前基本上都采用局部土体的受拉荷载由单根土钉承受的计算方法，式（6.2.2）即按此方法计算土钉受拉荷载，并考虑且有斜面的土钉墙荷载折减系数。

6.1.4 土钉极限抗拔力宜由现场抗拔力试验所获得的土钉与土体界面粘结强度 q_{sik} 计算，如无试验资料时，可采用经验值。

6.2 整体稳定性验算

6.2.1 土钉墙是随基坑分层开挖形成的，各个施工阶段的整体稳定性分析尤为重要，根据单根土钉抗拔能力设计要求给出土钉初步设计尺寸后，即可按式（6.2.1）进行整体稳定性验算。

6.2.2 土钉的有效极限抗拔力是指在土钉位于最危险圆弧滑裂面以外，对土体整体滑动具有抵抗作用的抗拔力。

7 逆作拱墙

7.1 拱墙计算

7.1.1 由于拱墙结构主要承受压应力，结构材料多采用钢筋混凝土材料，这样可充分发挥混凝土的材料特性。

逆作拱墙的矢跨比及配筋应根据基坑的周边条件并通过计算确定。尽管拱结构自身能承担较大压应力及对周边侧压力具有较强的调节作用，考虑到地质条件的非均匀性，因而本规程对拱墙的矢跨比和配筋等作了明确规定，以发挥拱的特点和抵抗其他意外弯矩。

7.1.2 当基坑周边及基坑底为砂土时，任何水流（如下雨等）都可能使在施工中的侧壁土层产生流砂等现象使土层失稳，因此还应验算渗透稳定性。

7.1.3 由于拱墙结构无嵌固深度，基坑底土体应满足抗隆起条件，式（7.1.2）是根据抗隆起条件推导得到的，对于拱墙的每一施工开挖深度都应验算。

7.1.4 实测逆作拱墙结构的侧压力尤其是下部拱墙较经典土压力小。但由于实测数据偏少，还不足以将其纳入规程中，所以逆作拱墙结构的侧压力仍按本规程第3章规定计算。

拱墙结构内力计算是一般结构力学问题，当作用于拱墙侧向荷载确定后，拱墙内力应按平面闭合结构计算。

7.2 构　造

7.2.2 规程推荐了四种拱墙断面形状，设计者可根据实际情况选用。当拱墙壁厚较小时，沿竖向设置数道肋梁可增加拱墙结构的整体刚度。

7.2.3 由于地质条件的非均匀性及施工等方面的原因，尽管拱结构本身的弯矩较小，但仍应配置适量钢筋以抵抗意外弯矩。逆作拱墙水平环向钢筋必须连通以充分发挥作用。拱墙结构最小配筋率应满足钢筋混凝土配筋的构造要求。

7.2.4 拱墙壁厚是根据已施工逆作拱墙工程壁厚经验而限定的。

7.2.5 拱墙结构是自上而下分道、分段逆作施工，支护结构也不嵌入基坑底以下，因而逆作拱墙结构的防水能力较差，所以不可将逆作拱墙作为基坑或地下室防水体系使用。

8 地下水控制

8.1 一般规定

8.1.1 在基坑开挖中，为提供地下工程作业条件，确保基坑边坡稳定、基坑周围建筑物、道路及地下设施安全，对地下水进行控制是基坑支护设计必不可少的内容。

8.1.2 合理确定地下水控制的方案是保证工程质量，加快工程进度，取得良好社会和经济效益的关键。通常应根据地质条件、环境条件、施工条件和支护结构设计条件等因素综合考虑。本条提出了控制方案的确定原则。

表 8.1.2 列出了我国基坑支护工程中经常采用的四种地下水控制方法及其适用范围。在选择降水方法上，是按颗粒粒度成分确定降水方法，大体上中粗砂以上粒径的土用水下开挖或堵截法，中砂和细砂颗粒的土作井点法和管井法，淤泥或粘土用真空法和电渗法。原苏联和我国一样，都是按渗透系数和降水深度选择降水方法，要选取经济合理、技术可靠、施工方便的降水方法必须经过充分调查，并注意以下几个方面：

(1) 含水层埋藏条件及其水位或水压；

(2) 含水层的透水性（渗透系数、导水系数）及富水性；

(3) 地下水的排泄能力；

(4) 场地周围地下水的利用情况；

(5) 场地条件(周围建筑物及道路情况，地下水管线埋设情况)。

8.1.3 在基坑周围环境复杂的地区，地下水控制方案的确定，应充分论证和预测地下水对环境的影响和变化，并采取必要的措施，以防止发生因地下水的改变而引起的地面下沉、道路开裂、管线错位、建筑物偏斜、损坏等危害。

8.2 集水明排

8.2.1 集水明排可单独采用、亦可与其他方法结合使用。单独使用时，降水深度不宜大于5m，否则在坑底容易产生软化、泥化，坡脚出现流砂、管涌，边坡塌陷，地面沉降等问题。与其他方法结合使用时，其主要功能是收集基坑中和坑壁局部渗出的地下水和地面水。本条主要规定了布置排水沟和集水井的技术要求。

8.2.2～8.2.3 根据经验排水量应大于涌水量的50%。涌水量的确定方法很多，考虑到各地区水文地质条件均各异，因此，尽可能通过试验和当地经验的方法确定，当地经验不足时，也可简化为圆形基坑用大井法计算。

8.3 降　　水

8.3.1 本条规定了降水井的布置原则。

8.3.3 本条规定了封闭式布置的降水井数量计算方法。考虑到井管堵塞或抽气会影响排水效果，因此，在计算出的井数基础上加10%。基坑总涌水量是根据水文地质条件、降水区的形状、面积、支护设计对降水的要求按附录F计算，列出的计算公式是常用的一些典型类型，凡未列入的计算公式可以参照有关水文地质、工程地质手册，选用计算公式时应注意其适用条件。

8.3.4 单井的出水量取决于所在地区的水文地质条件、过滤器的结构、成井工艺和抽水设备能力。本条根据经验和理论规定了真空井点、喷射井点、管井和自渗井的出水能力。

8.3.5 试验表明，在相同条件下井的出水能力随过滤器长度的增加而增加，尽可能增加过滤器长度对提供降水效率是重要的，然而当过滤器的长度达到某一数值后，井的出水量增加的比例却很小。因此，本条规定了过滤器与含水层的相对长度的确定原则是既要保证有足够的过滤器长度，但又不能过长，以致降水效率降低。

8.3.6 利用大井法所计算出的基坑涌水量Q，分配到基坑四周上的各降水井，尚应对因群井干扰工作条件下的单井出水量进行验

算。

8.3.7 当检验干扰井群的单井流量满足基坑涌水量的要求后，降水井的数量和间距即确定，应进一步对由于干扰井群的抽水疏干所降低基坑地下水位进行验算，计算所用的公式实际上是大井法计算基坑涌水量的公式，只是公式中的涌水量（Q）为已知。

基坑中心水位下降值的验算，是降水设计的核心，它决定了整个降水方案是否成立，它涉及到降水井的结构和布局的变更等一系列优化过程，这也是一个试算过程。

除了利用上述条文中的计算公式外，也可以利用专门性的水文地质勘察如群井抽水试验或降水工程施工前试验性群井降水，在现场实测出基坑范围内总降水量和各个降水井水位降深的关系，以及地下水位下降与时间的关系，利用这些关系拟合出相关曲线，从而用单相关或复相关关系，确定相关函数，据此推测各种布井条件下基坑水位下降数值，以便选择出最佳的降水方案。此种方法对水文地质结构比较复杂的基坑降水计算尤为合适。

条文中列出的公式为稳定流条件下潜水基坑降水的计算式。对于非稳定流的计算可参考有关水文地质计算手册。

8.4 截　　水

8.4.2 竖向截水帷幕的形式两种：一种系插入隔水层，另一种系含水层相对较厚，帷幕悬吊在透水层中。前者作为防渗计算时，只需计算通过防渗帷幕的水量，后者尚需考虑绕过帷幕涌入基坑的水量。本条根据经验规定了落底式竖向截水帷幕的插入深度。

8.4.3 采用内部井降水方法可以减少对周围环境的影响。

8.5 回　　灌

8.5.1 基础开挖或降水后，不可避免地要造成周围地下水位的下降，从而使该地段的地面建筑和地下构筑物因不均匀沉降而受到不同程度的损伤。为减少这类影响，可对保护区内采取回灌措施。如果建筑物离基坑远，且为均匀透水层，中间无隔水层时，则可

采用最简单、最经济的回灌沟的方法，如果建筑物离基坑近；且为弱透水层或者有隔水层时，则必须用回灌井或回灌砂井。

8.5.2 回灌井与抽水井之间应保持一定的距离，当回灌井与抽水井距离过小时，水流彼此干扰大，透水通道易贯通，很难使水位恢复到天然水位附近。根据华东地区、华南地区许多工程经验，当回灌井与抽水井的距离大于等于 6m 时，则可保证有良好的回灌效果。

8.5.3 为了在地下形成一道有效阻渗水幕，使基坑降水的影响范围不超过回灌井并排的范围，阻止地下水向降水区的流失，保持已有建筑物所在地原有的地下水位仍处于原有平衡状态，以有效地防止降水的影响。合理确定回灌井的位置和数量是十分重要的。一般而言，回灌井平面布置主要根据降水井和被保护物的位置确定。回灌井的数量根据降水井的数量来确定。

8.5.4 回灌井的埋设深度应根据降水层的深度和降水曲面的深度而定，以确保基坑施工安全和回灌效果。本条提出了回灌井的埋设深度和过滤器长度的确定原则。

8.5.5 回灌水量应根据实际地下水位的变化及时调节，既要防止回灌水量过大而渗入基坑影响施工，又要防止回灌水量过小，使地下水位失控影响回灌效果，因此，要求在基坑附近设置一定数量的水位观测孔，定时进行观测和分析，以便及时调整回灌水量。

回灌水一般通过水箱中的水位差自灌注入回灌井中，回灌水箱的高度，可根据回灌水量来配置，即通过调节水箱高度来控制回灌水量。

8.5.6 回灌砂井中的砂必须是纯净的中粗砂，不均匀系数和含水量均应保证砂井有良好的透水性，使注入的水尽快向四周渗透。

8.5.7 需要回灌的工程，回灌井和降水井是一个完整的系统，只有使它们共同有效地工作，才能保证地下水位处于某一动态平衡，其中任一方失效都会破坏这种平衡，本条要求回灌与降水在正常施工中必须同时启动，同时停止，同时恢复。



统一书号：15112·11845
定　　价：15.00 元