

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**

本电子版由中国建筑技术资料网制作

<http://www.ccdn.cn>

<http://www.build365.com>

1999 北 京

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

1999 北 京

# 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 JGJ 120—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

# 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力的钢筋混凝土梁或钢梁。

### **2.1.13 支点 fulcrum**

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 coefficient of fulcrum 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系。

## **2.2 符 号**

### **2.2.1 抗力和材料性能**

$c_k$ ——土的粘聚力标准值；

$\varphi_k$ ——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；

$\gamma$ ——土的重力密度(简称土的重度)；

$\gamma_{cs}$ ——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；

$e_{pj}$ ——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；

$k_{Ti}$ ——系  $i$  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

$e_{aj}$ —— $j$  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；

$h_a$ ——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

$\gamma_0$ ——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	$\gamma_0$
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. 勘探点间距视地质条件而定,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	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 适于基坑侧壁安全等级一、二、三级</li><li>2. 悬臂式结构在软土地带中不宜大于 5m</li><li>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</li></ol>
水泥土墙	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 基坑侧壁安全等级宜为二、三级</li><li>2. 水泥土桩施工范围内地基土承载力不宜大于 150kPa</li><li>3. 基坑深度不宜大于 6m</li></ol>
土钉墙	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 基坑侧壁安全等级宜为二、三级的排软土地带</li><li>2. 基坑深度不宜大于 12m</li><li>3. 当地下水位高于基坑底面时,应采取降水或截水措施</li></ol>
逆作拱墙	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 基坑侧壁安全等级宜为二、三级</li><li>2. 淤泥和淤泥质土地带不宜采用</li><li>3. 拱墙轴线的矢跨比不宜小于 1/8</li><li>4. 基坑深度不宜大于 12m</li><li>5. 地下水位高于基坑底面时,应采取降水或截水措施</li></ol>
放坡	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 基坑侧壁安全等级宜为三级</li><li>2. 施工场地应满足放坡条件</li><li>3. 可独立或与上述其他结构结合使用</li><li>4. 当地下水位高于坡脚时,应采取降水措施</li></ol>

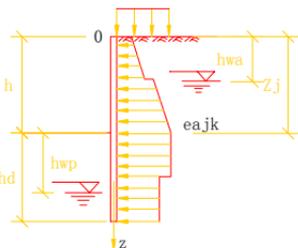
地下连续墙、水泥土墙、逆作拱墙、土钉墙、原状土放坡或采用上述型式的组合。

**3.3.2** 支护结构选型应考虑结构的空问效应和受力特点,采用有利支护结构材料受力性状型式。

**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):



1. 对于碎石土及砂土:

1) 当计算点位于地下水位以上时:

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

2) 当计算点位于地下水位以下时:

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

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;

$\sigma_{ajk}$  ——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;

图 3.4.1 水平荷载标准值计算简图

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

$h_{wa}$  —— 基坑外侧水位深度;

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

$\gamma_w$  —— 水的重度。

2. 对于粉土及粘性土:

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

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  $\sigma_{ajk}$  可按下列规定计算:**

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

1. 计算点深度  $z_j$  处自重竖向应力  $\sigma_{rk}$

1) 计算点位于基坑开挖面以上时:

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

式中  $\gamma_{mj}$  —— 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:

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

式中  $\gamma_{mh}$  —— 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  $\sigma_{ok}$  可按下列式确定:

$$\sigma_{ok} = q_0 \quad (3.4.2-4)$$

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  $\sigma_{1k}$  可按下列式确定:

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

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  $K_{ai}$  应按下列式计算:**

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

式中  $\varphi_{ik}$ ——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

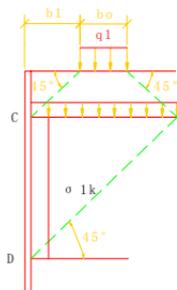


图 3.4.2-2 局部荷载作用时基坑外侧附加竖向应力计算简图

### 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:

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

式中  $\sigma_{pjk}$ ——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:

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

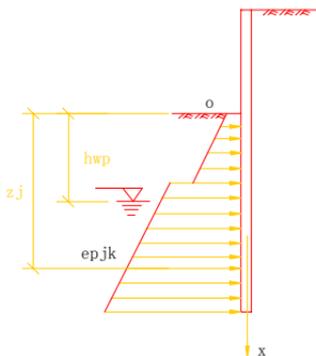


图 3.5.1 水平抗力标准值计算图

**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  $\sigma_{pjk}$  可按下式计算：

$$\sigma_{pjk} = \gamma_{mj} z_j \quad (3.5.2)$$

式中  $\gamma_{mj}$ ——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：

$$K_{pi} = \operatorname{tg}^2 \left[ 45^\circ + \frac{\varphi_{ik}}{2} \right] \quad (3.5.3)$$

### 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

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度确定。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）：

$$h_p \sum E_{pj} - 1.2 \gamma_0 h_a \sum E_{ai} \geq 0 \quad (4.1.1-1)$$

式中  $\sum E_{pj}$ ——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  $e_{pj}$  的合力之和；

$h_p$ ——合力  $\sum E_{pj}$  作用点至桩、墙底的距离；

$\sum E_{ai}$ ——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  $e_{ai}$  的合力之和；

$h_a$ ——合力  $\sum E_{ai}$  作用点至桩、墙底的距离。

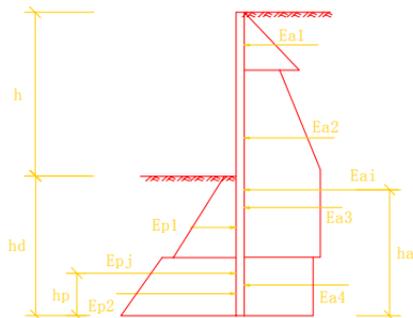


图 4.1.1-1 悬臂式支护结构嵌固深度计算简图

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):

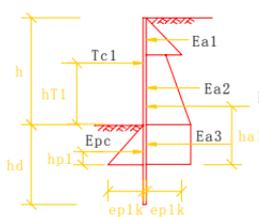


图 4.1.1-2 单层支点支护结构  
支点力计算简图

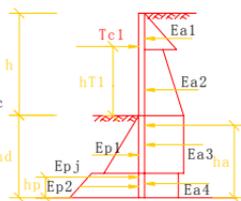


图 4.1.1-3 单层支点支护结构  
嵌固深度计算简图

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):

$$e_{a1k} = e_{p1k} \quad (4.1.1-2)$$

2) 支点力  $T_{c1}$  可按下式计算:

$$T_{c1} = \frac{h_{al} \sum E_{ac} - h_{pl} \sum E_{pc}}{h_{T1} + h_{c1}} \quad (4.1.1-3)$$

式中  $e_{a1k}$  ——水平荷载标准值;

$e_{p1k}$  ——水平抗力标准值;

$\sum E_{ac}$  ——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;

$h_{al}$  ——合力  $\sum E_{ac}$  作用点至设定弯矩零点的距离;

$\sum E_{pc}$  ——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;

$h_{pl}$  ——合力  $\sum E_{pc}$  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):

$$h_p \sum E_{pj} + T_d (h_{T1} + h_d) - 1.2 \gamma_0 h_a \sum E_{ai} \geq 0 \quad (4.1.1-4)$$

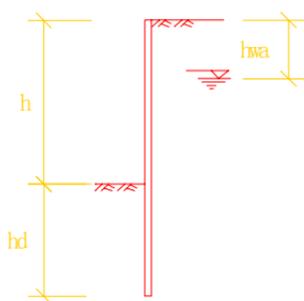


图 4.1.3 渗透稳定  
计算简图

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。

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):

$$h_d \geq 1.2 \gamma_0 (h - h_{wa}) \quad (4.1.3)$$

## 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  $T_d$ 、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  $M$

$$M=1.25\gamma_0M_c \quad (4.2.3-1)$$

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 $V$

$$V=1.25\gamma_0V_c \quad (4.2.3-2)$$

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 $T_{dj}$ :

$$T_{dj}=1.25\gamma_0T_{cj} \quad (4.2.3-3)$$

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》GBJ10-89 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:

$$T_d \leq N_u \cos \theta \quad (4.4.1)$$

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;

$\theta$ ——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

$$A_s \geq \frac{T_d}{f_y \cos \theta} \quad (4.4.2-1)$$

2. 预应力钢筋截面面积应按下列公式计算：

$$A_p \geq \frac{T_d}{f_{py} \cos \theta} \quad (4.4.2-2)$$

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  $\gamma_s$ ，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：

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

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；

$\gamma_s$ ——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
	$0.75 < I_L \leq 1$	30~40
	$0.50 < I_L \leq 0.75$	40~53
	$0.25 < I_L \leq 0.50$	53~65
	$0.0 < I_L \leq 0.25$	65~73
	$I_L \leq 0$	73~80
粉 土	$e > 0.90$	22~44
	$0.75 < e \leq 0.90$	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)：

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

式中  $l_t$ ——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；

$\varphi_k$ ——土体各土层厚度加权内摩擦角标准值；

$\theta$ ——锚杆倾角。

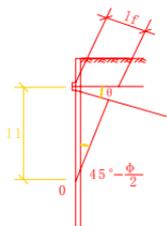


图 4.4.4 锚杆自由段长度计算简图

**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:

$$N_z = N_d + \sum_{i=1}^n 0.1N_i \quad (4.5.3)$$

式中  $N_d$ ——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  $\varnothing 20$ 。构造钢筋宜采用 I 级钢筋,直径不宜小于  $\varnothing 16$ 。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  $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ ,且不应大于  $45^{\circ}$ 。

**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(沿轴线方向)允许偏差  $\pm 50\text{mm}$ ；
  - 槽段厚度允许偏差  $\pm 10\text{mm}$ ；
  - 槽段倾斜度  $\leq 1/150$ 。

#### 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:

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

式中  $\sum E_{ai}$ ——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  $\sum E_{ai}$  作用点至水泥土墙底的距离;

$\sum E_{pj}$ ——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  $\sum E_p$  作用点至水泥土墙底的距离;

$\gamma_{cs}$ ——水泥土墙体平均重度;

- $\gamma_w$ ——水的重度；  
 $h_{wa}$ ——基坑外侧水位深度；  
 $h_{wp}$ ——基坑内侧水位深度。

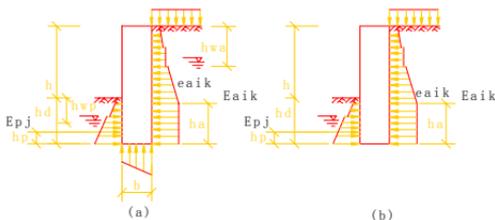


图 5.2.1 水泥土墙宽度计算简图  
 (a)砂土及碎石土；(b)粉土及粘性土

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

$$b \geq \sqrt{\frac{2(1.2\gamma_0 h_a \sum E_{ai} - h_p \sum E_{pi})}{\gamma_{cs}(h + h_d)}} \quad (5.2.1-2)$$

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：

$$1.25\gamma_0\gamma_{cs}z + \frac{M}{W} \leq f_{cs} \quad (5.3.1-1)$$

式中  $\gamma_{cs}$ ——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:

$$\frac{M}{W} - \gamma_{cs} z \leq 0.06 f_{cs} \quad (5.3.1-2)$$

## 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:

$$1.25\gamma_0 T_{jk} \leq T_{uj} \quad (6.1.1)$$

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:

$$T_{jk} = \xi e_{ajk} s_{xj} s_{zj} / \cos a_j \quad (6.1.2)$$

式中  $\xi$ ——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;

$a_j$ ——第  $j$  根土钉与水平面的夹角。

6.1.3 荷载折减系数  $\xi$  可按下式计算:

$$\xi = \operatorname{tg} \frac{\beta - \varphi_k}{2} \left[ \frac{1}{\operatorname{tg} \frac{\beta + \varphi_k}{2}} - \frac{1}{\operatorname{tg} \beta} \right] / \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (6.1.3)$$

式中  $\beta$ ——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):

$$T_{uj} = \frac{1}{\gamma_s} \pi d_{nj} \sum Q_{sik} l_i \quad (6.1.4)$$

式中  $\gamma_s$ ——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

的夹角为  $\frac{\beta + \varphi_k}{2}$ 。

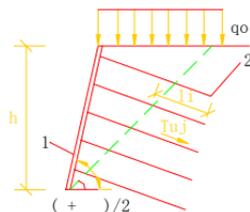


图 6.1.4 土钉抗拉承载力计算简图

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
	$0.75 < I_L \leq 1$	30~40
	$0.50 < I_L \leq 0.75$	40~53
	$0.25 < I_L \leq 0.50$	53~65
	$0.0 < I_L \leq 0.25$	65~73
	$I_L \leq 0.0$	73~80
粉土	$e > 0.90$	20~40
	$0.75 < e \leq 0.90$	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:

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

式中  $n$ ——滑动体分条数;

$m$ ——滑动体内土钉数;

$\gamma_k$ ——整体滑动分项系数,可取 1.3;

$\gamma_0$ ——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;

$\varphi_{ik}$ ——第  $i$  分条滑裂面处土体固结不排水(快)剪内摩擦角标准值;

$\theta_i$ ——第  $i$  分条滑裂面处中点切线与水平面夹角;

$\alpha_j$ ——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。



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  $\pm 20\text{mm}$ ,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** 土钉成孔施工应符合下列规定:

1. 孔深允许偏差  $\pm 50\text{mm}$ ;

2. 孔径允许偏差  $\pm 5\text{mm}$ ;

3. 孔距允许偏差  $\pm 100\text{mm}$ ;

4. 成孔倾角偏差  $\pm 5\%$ 。

**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理干净;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<sup>2</sup>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  $12\text{m}$ ,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:

$$h \leq \frac{c_k (k_p e^{m\sigma_k} - 1)}{1.3\gamma t g \varphi_k} - q_0 / \gamma \quad (7.1.2)$$

式中  $q_0$ ——地面超载;

$\gamma$ ——开挖面以上土体平均重度;

$c_k$ 、 $\varphi_k$ ——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:

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

式中  $R$ ——圆拱的外圈半径;

$h_i$ ——拱墙分道计算高度;

$e_a$ ——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 7.2.2a),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 7.2.2b 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 7.2.2d)。

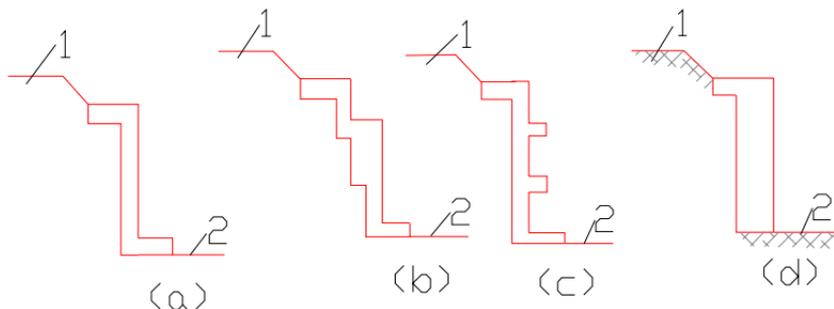


图 7.2.2 拱墙截面构造示意简图

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  $\pm 40\text{mm}$ 。

**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  $100\text{m}^2$  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	真空井点		0.1~20.0	单级<6 多级<20	
	喷射井点		0.1~20.0	<20	
水	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**；在基坑四周或每隔 **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：

$$V \geq 1.5Q \quad (8.2.2)$$

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  $n$  可按下列式计算：

$$n = 1.1 \frac{Q}{q} \quad (8.3.3)$$

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  $36\sim 60\text{m}^3/\text{d}$  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 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )	设计单井 出水流量 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )	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 $q(\text{m}^3/\text{d})$ 可按下列经验公式确定:

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

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,可按下列式验算:

$$y_0 > l \quad (8.3.6-1)$$

单井井管进水长度  $y_0$ ,可按下列规定计算:

### 1. 潜水完整井:

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

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

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:

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

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:

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

##### 2) 承压完整井稳定流:

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

式中  $S$ ——在基坑中心处或各井点中心处地下水位降深;

$r_1, r_2, \cdots, r_n$ ——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  $38\sim 110\text{mm}$  的金属管,管壁上渗水孔直径为  $12\sim 18\text{mm}$ ,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  $30\sim 80$  目的金属网或尼龙网,外层滤网宜采用  $3\sim 10$  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  $300\text{mm}$ ,孔深宜比滤管底深  $0.5\sim 1.0\text{m}$ 。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  $1\text{m}$  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  $55\text{kPa}$  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  $73\sim 108\text{mm}$ ,内管直径为  $50\sim 73\text{mm}$ ,过滤器直径为  $89\sim 127\text{mm}$ ,井孔直径不宜大于  $600\text{mm}$ ,孔深应比滤管底深  $1\text{m}$  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  $14\text{mm}$ ,喷嘴直径可取  $6.5\text{mm}$ ,工作水箱不应小于  $10\text{m}^3$ 。

2. 工作水泵可采用多级泵,水压宜大于  $0.75\text{MPa}$ 。

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  $0.3\text{MPa}$ 。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

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

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

2) 对于  $d_{20}<2\text{mm}$  的碎石类土含水层:

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

3) 对于  $d_{20}\geq 2\text{mm}$  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  $1.0\times 10^{-6}\text{cm/s}$ 。

**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:

$$l=0.2h_w-0.5b \quad (8.4.2)$$

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):

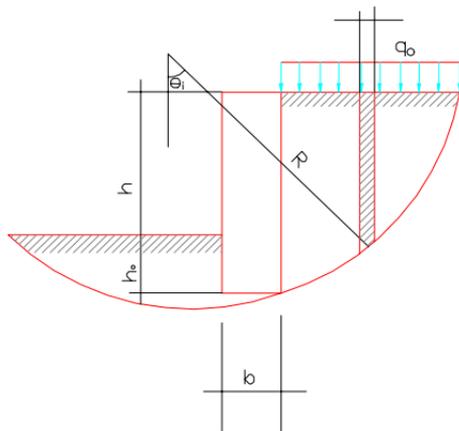


图 A. 0. 1 嵌固深度计算简图

$$\sum c_{ik}l_i + \sum (q_0b_i + w_i)\cos\theta_i \tan\varphi_{ik} - \gamma_k \sum (q_0b_i + w_i)\sin\theta_i \geq 0 \quad (\text{A. 0. 1})$$

式中  $c_{ik}$ 、 $\varphi_{ik}$ ——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;

$\gamma_k$ ——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;

$\theta_i$ ——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:

$$h_0 = n_0 h \quad (\text{A. 0. 2})$$

式中  $n_0$ ——嵌固深度系数,当  $\gamma_k$  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  $\varphi_k$  及粘聚力系数  $\delta$  查表 A. 0. 2;粘聚力系数  $\delta$  可按本规程第 A. 0. 3 条确定。

**A. 0. 3** 粘聚力系数  $\delta$  应按下式确定:

$$\delta = c_k / \gamma h \quad (\text{A. 0. 3})$$

式中  $\gamma$ ——土的天然重度。

**A. 0. 4** 嵌固深度设计值可按下式确定:

$$h_d = 1.1 h_0 \quad (\text{A. 0. 4})$$

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。



## 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:

$$EI \frac{d^4 y}{dz^4} - e_{aik} \cdot b_s = 0 \quad (0 \leq z \leq h_n) \quad (\text{B. 0. 2-1})$$

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

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

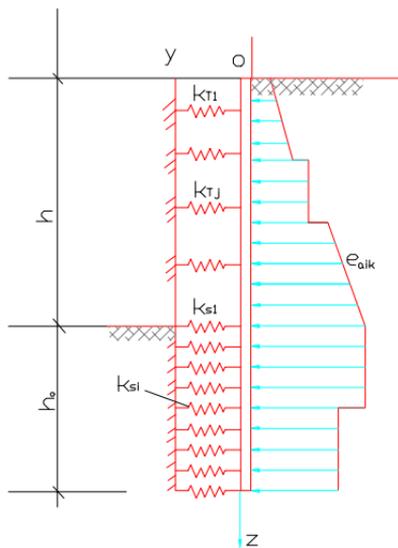


图 B. 0. 1 计算简图

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：

$$b_0 = 0.9 \times (1.5d + 0.5) \quad (\text{B. 0. 3-1})$$

式中  $d$ ——桩身直径。

2. 方形桩按下式计算：

$$b_0 = 1.5b + 0.5 \quad (\text{B. 0. 3-2})$$

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：

$$T_j = k_{Tj}(y_j - y_{0j}) + T_{0j} \quad (\text{B. 0. 4})$$

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  $T_j \leq T_{0j}$  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  $V_c$  可按下列式计算：

$$M_c = h_{mz} \sum E_{mz} - h_{az} \sum E_{az} \quad (\text{B. 0. 5-1})$$

$$V_c = \sum E_{mz} - \sum E_{az} \quad (\text{B. 0. 5-2})$$

式中  $\sum E_{mz}$ ——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  $\sum E_{mz}$  作用点至计算截面的距离；

$\Sigma E_{az}$ ——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  $\Sigma E_{az}$  作用点至计算截面的距离。

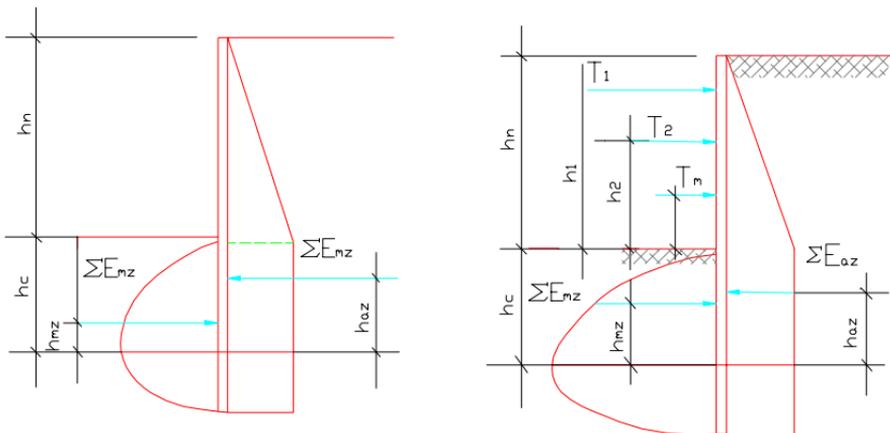


图 B. 0. 5 内力计算简图

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:

$$k_T = \frac{3AE_s E_c A_c}{3l_f E_c A_c + E_s A l_a} \cos^2 \theta \quad (\text{C.1.1})$$

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;

$\theta$ ——锚杆水平倾角。

C.1.2 锚杆体组合弹性模量可按下式确定:

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

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:

$$k_T = \frac{2\alpha EA s_a}{L s} \quad (\text{C. 2. 2})$$

式中  $k_T$ ——支撑结构水平刚度系数;  
 $\alpha$ ——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:

$$m = \frac{\left[ \frac{H_{cr} v_x}{x_{cr}} \right]^{5/3}}{b_0 (EI)^{2/3}} \quad (\text{C. 3. 1})$$

式中  $m$ ——地基水平抗力系数的比例系数( $\text{MN}/\text{m}^4$ ),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( $\text{MN}$ ),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( $\text{m}$ );  
 $v_x$ ——桩顶位移系数,可按本规程表 C. 3. 1 采用(先假定  $m$ , 试算  $\alpha$ );  
 $b_0$ ——计算宽度( $\text{m}$ ),按本规程第 B. 0. 3 条计算。

桩顶位移系数  $\alpha$  表

表 C. 3. 1

换算深度 $\alpha h_d$	$\geq 4.0$	3.5	3.0	2.8	2.6	2.4
$\nu_x$	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：

$$m_i = \frac{1}{\Delta} (0.2\varphi_{ik}^2 - \varphi_{ik} + c_{ik}) \quad (\text{C. 3. 2})$$

式中  $\varphi_{ik}$ ——第  $i$  层土的固结不排水(快)剪内摩擦角标准值( $^\circ$ )；  
 $c_{ik}$ ——第  $i$  层土的固结不排水(快)剪粘聚力标准值(kPa)；  
 $\Delta$ ——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

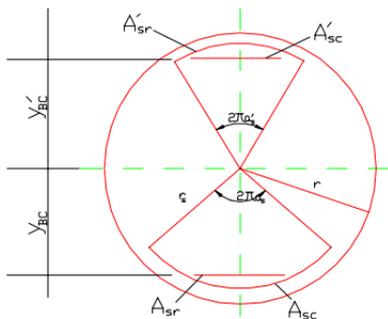


图 D. 0. 2 配置局部均匀配筋和集中配筋的圆形截面承载力可按下列公式计算:

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

$$M \leq \frac{2}{3} f_{cm} A_r \frac{\sin^3 \pi\alpha_s}{\pi} + f_y A_{sr} r_s \frac{\sin \pi\alpha_s}{\pi\alpha_s} + f_y A_{sc} y_{sc} + f_y A'_{sr} r_s \frac{\sin \pi\alpha'_s}{\pi\alpha'_s} + f_y A'_{sc} y'_{sc} \quad (\text{D. 0. 2-2})$$

选取的距离  $y_{sc}$ 、 $y'_{sc}$  应符合下列条件:

$$y_{sc} \geq r_s \cos \pi\alpha_s \quad (\text{D. 0. 2-3})$$

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

混凝土受压区圆心半角的余弦应符合下列要求：

$$\cos \pi \alpha \geq 1 - \left[ 1 + \frac{\gamma_s}{\gamma} \cos \pi \alpha_s \right] \xi_b \quad (\text{D. 0. 2-5})$$

式中  $\alpha$ ——对应于受压区混凝土截面面积的圆心角 (rad) 与  $2\pi$  的比值；

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

$\alpha'_s$ ——对应于周边均匀受拉钢筋的圆心角 (rad) 与  $2\pi$  的比值，宜取  $\alpha'_s \leq 0.5\alpha$ ；

$A$ ——构件截面面积；

$A_{sr}$ 、 $A'_{sr}$ ——均匀配置在同心角  $2\pi\alpha_s$ 、 $2\pi\alpha'_s$  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；

$\gamma$ ——圆形截面的半径；

$\gamma_s$ ——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；

$\xi_b$ ——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  $2\pi$  的比值  $\alpha$  宜符合下列条件：

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

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：

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

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

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

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
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 <sub>u</sub>	0. 2N <sub>u</sub>	0. 4N <sub>u</sub>	0. 6N <sub>u</sub>	0. 8N <sub>u</sub>	1. 0N <sub>u</sub>
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<sub>u</sub> 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 <sub>u</sub>	0. 6N <sub>u</sub>	0. 8N <sub>u</sub>
观测时间(min)	10	30	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间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：

$$K_c = \frac{s_2 - s_1}{\lg(t_2/t_1)} \quad (\text{E. 4. 3})$$

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):

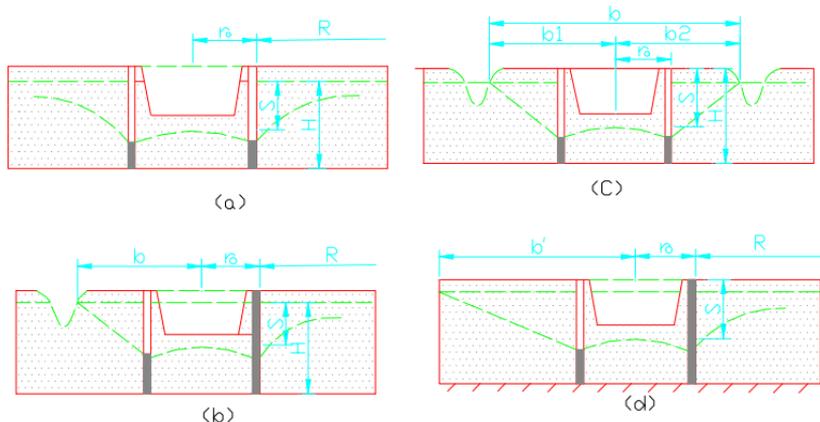


图 F. 0. 1 均质含水层潜水完整井基坑涌水量计算简图

(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, 涌水量可按下列公式计算:

$$Q = 1.366k \frac{(2H - S)S}{\lg \left[ 1 + \frac{R}{r_0} \right]} \quad (\text{F. 0. 1-1})$$

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:

$$Q = 1.366k \frac{(2H - S)S}{\lg \frac{2b}{r_0}} \quad b < 0.5R \quad (\text{F. 0. 1-2})$$

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:

$$Q = 1.366k \frac{(2H - S)S}{2\lg(R + r_0) - \lg r_0(2b + r_0)} \quad b' < 0.5R \quad (\text{F. 0. 1-4})$$

**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)

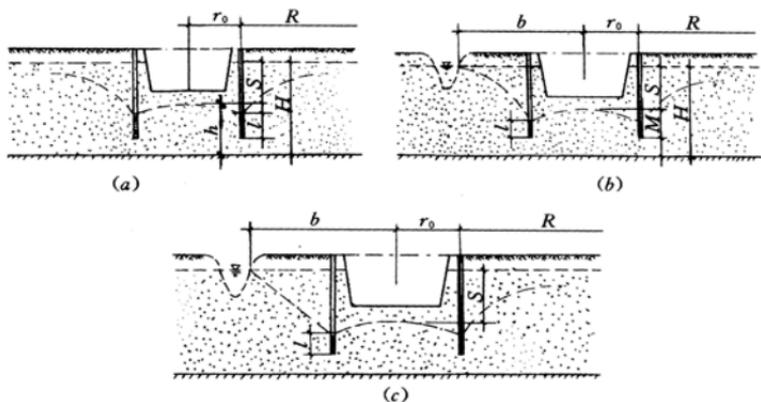


图 F. 0. 2 均质含水层潜水非完整井涌水量计算简图

(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,涌水量可按下列下式计算:

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

(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:

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

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

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:

$$Q = 1.366kS \left[ \frac{l+S}{\lg \frac{2b}{\gamma_0}} + \frac{l}{\lg \frac{0.66l}{\gamma_0} - 0.22 \operatorname{arsh} \frac{0.44l}{b}} \right]$$

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

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

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

**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:

$$Q = 2.73k \frac{MS}{\lg \left( 1 + \frac{R}{\gamma_0} \right)} \quad (\text{F. 0. 3-1})$$

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:

$$Q = 2.73k \frac{MS}{\lg \left( \frac{2b}{\gamma_0} \right)} \quad b < 0.5R \quad (\text{F. 0. 3-2})$$

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,涌水量可按下列式计算:

$$Q = 2.73k \frac{MS}{\lg \left[ \frac{2(b_1 + b_2)}{\pi r_0} \cos \frac{\pi(b_1 - b_2)}{2(b_1 + b_2)} \right]} \quad (\text{F. 0. 3-3})$$

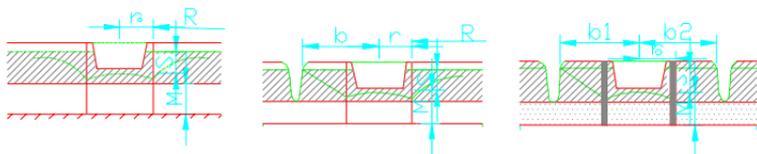


图 F. 0. 3 均质含水层承压水完整井基坑涌水量计算图

(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):

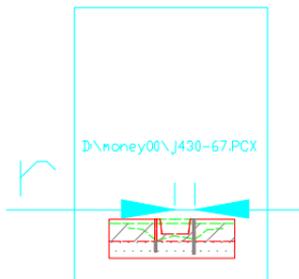


图 F. 0. 4 均质含水层承压水非完整井基坑涌水量计算图

$$Q = 2.73k \frac{MS}{\lg \left( 1 + \frac{R}{r_0} \right) + \frac{M-l}{l} \lg \left( 1 + 0.2 \frac{M}{r_0} \right)} \quad (\text{F. 0. 4})$$

**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):

$$Q = 1.366k \frac{(2H - M)M - h^2}{\lg \left( 1 + \frac{R}{\gamma_0} \right)} \quad (\text{F. 0. 5})$$

**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:

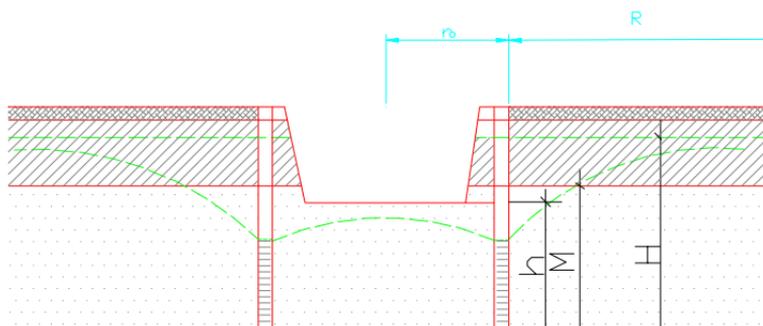


图 F.0.5 均质含水层承压~潜水非完整井基坑涌水量计算图

1. 矩形基坑等效半径可按式计算：

$$r_0 = 0.29(a+b) \quad (F.0.6-1)$$

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式计算：

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

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”。

本电子版由中国建筑技术资料网制作

<http://www.ccdn.cn>

<http://www.build365.com>