

ICS
CCS

DB65

新疆维吾尔自治区地方标准

J00000—2025

DB65/T 8XXX-2025

建筑基坑支护技术标准

Technical standard for building foundation pit support

(征求意见稿)

2025-00-00 发布

2025-00-00 实施

新疆维吾尔自治区住房和城乡建设厅
新疆维吾尔自治区市场监督管理局

发布

前言

根据新疆维吾尔自治区住房和城乡建设厅、新疆维吾尔自治区市场监督管理局《关于发布 2024 年第一批自治区工程建设地方标准制（修）订计划的公告》2024 年第 9 号的要求，编制组经深入调查研究，认真总结经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分 10 个章节和 8 个附录，主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、坡率法、支挡结构、土钉墙、地下水控制、基坑开挖、监测、基坑的安全使用和维护等。

本标准由新疆维吾尔自治区住房和城乡建设厅负责管理，由新疆新工勘岩土工程勘察设计院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给新疆新工勘岩土工程勘察设计院有限公司（地址：乌鲁木齐市水磨沟区安居南路 70 号中国万向招商大厦综合楼 1 栋 14 层，邮编：830063，邮箱：xingongkan@163.com）以便今后修订时参考。

主 编 单 位： 新疆新工勘岩土工程勘察设计院有限公司
新疆建筑设计研究院股份有限公司
新疆建筑科学研究院（有限责任公司）

参 编 单 位： 华诚博远岩土工程勘察有限公司
新疆圣峰建筑勘察设计院有限公司
新疆城乡勘察设计研究院有限责任公司
中建材新疆地质工程有限公司
巴州基安岩土工程勘察设计院有限责任公司
新疆花城勘测设计研究院有限责任公司
哈密建勘设计院有限责任公司

新疆铁道勘察设计院有限公司
中工武大设计集团有限公司
新疆润疆工程设计有限责任公司
新疆中力勘察设计研究院(有限公司)

主要起草人：田新平 张长城 夏洪荣 王建平 刘晓龚 周 伟
魏晓军 杨江川 杨 光 兰志兵 刘利民 张海南
马俊刚 雷 萌 张 贺 侯宪明 蔡松清 罗平凡
董 磊 罗添升 陈林红 段永斌 王明学 罗新文
牛世珍 黄新亮 冯玉勇 张希勤 雍书阁 邹 波
张海龙 高 峰 张建伟 胡鸣明 周 兴 吴 猛
陈朝霞 梁东海 史雪蕾

主要审查人：刘学军 朱瑞成 张 忠 邵争平 吴兰昊 李 琦
刘 彬

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
3 基本规定	8
3.1 设计原则	8
3.2 勘察要求	14
3.3 支护结构选型	17
3.4 水平荷载	19
3.5 质量检测	28
4 坡率法	30
4.1 一般规定	30
4.2 坡率法设计	30
4.3 施工与质量检测、验收	32
4.4 监测	33
5 支挡式结构	34
5.1 一般规定	34
5.2 结构分析	35
5.3 稳定性验算	37
5.4 截面承载力计算	46
5.5 支挡结构设计及构造要求	48
5.6 锚杆(索)设计及构造要求	51
5.7 内支撑结构设计及构造要求	57
5.8 组合式	61
5.9 施工与质量检测、验收	64
5.10 监测	71
6 土钉墙	72
6.1 一般规定	72
6.2 稳定性验算	73
6.3 土钉承载力计算	76
6.4 构造设计	80
6.5 施工与质量检测、验收	84
6.6 监测	87
7 地下水控制	89
7.1 一般规定	89

7.2	截水帷幕	90
7.3	降水	95
7.4	集水明排	101
7.5	降水引起的地层变形计算	102
7.6	回灌	104
8	基坑开挖与回填	109
8.1	一般规定	109
8.2	土方开挖	110
8.3	封底及回填	111
9	监测	112
9.1	一般规定	112
9.2	监测项目	115
9.3	巡视检查	118
9.4	监测点布置	119
9.5	监测方法和精度要求	123
9.6	监测频率	124
9.7	监测预警	126
9.8	监测成果	129
10	基坑支护工程的安全使用与维护	131
10.1	一般规定	131
10.2	使用安全	132
10.3	维护安全	133
附录 A	基坑支护设计文件的要求	134
附录 B	新疆地区土层主要物理力学指标参考值	139
附录 C	渗透稳定性验算	140
附录 D	基坑涌水量计算	143
附录 E	监测日报表	147
附录 F	巡视检查日报表	153
附录 G	基坑安全性验收表	155
附录 H	基坑支护工程碳排放量计算	170
	用词说明	157
	引用标准名录	172
	附：条文说明	173

1 总 则

1.0.1 为在建筑基坑支护工程中做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、节能环保、绿色低碳，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于房屋建筑与市政工程基坑的勘察、设计、施工、检测、监测及验收。

1.0.3 建筑基坑支护工程应综合考虑基坑及周边一定范围的场地工程地质与水文地质条件、基坑开挖深度、受水浸湿的可能性、降排水条件、主体地下结构要求、周边环境对基坑侧壁变形控制的要求、基坑周边荷载、施工季节及施工条件、支护结构使用期限等因素，特别是对湿陷性土、液化土、软土、填土等特殊土或岩石基坑，应结合工程经验，因地制宜、合理选型、动态设计、精心施工、严格管理、有效监控。

1.0.4 房屋建筑与市政工程基坑支护除应符合本技术标准的规定外，尚应符合国家、行业现行相关专业技术标准的规定，以及建设工程有关管理规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 基坑 excavations

为进行建（构）筑物地下部分的施工由地面向下开挖出的空间。

2.1.2 基坑支护 retaining and protection for excavations

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。

2.1.3 基坑侧壁 side of foundation pit

构成基坑围体的某一侧面。

2.1.4 基坑周边环境 surroundings around excavations

与基坑开挖相互影响安全的周边建（构）筑物、道路、地下设施、地下管线、岩土体地下水体等的总称。

2.1.5 支护结构 retaining and protection structure

为保证基坑开挖和地下结构的施工安全及保护基坑周边环境，对基坑侧壁进行支挡、加固的一种结构体系，包括围护墙（或桩）和支撑（或拉锚）体系。

2.1.6 设计使用期限 design workable life

设计规定的从基坑开挖到预定深度至完成基坑支护使用功能的时段。

2.1.7 坡率 slope ratio

指坡面铅垂方向上的高度与坡面水平方向上的投影长度的比值（一般按 1:m 的形式表示，与坡比、坡度相同）。

2.1.8 坡率法 slope ratio method

通过选择合理的边坡坡率（度）进行放坡，依靠土体自身强度保持基坑侧壁稳定的无支护基坑开挖施工方法。

2.1.9 锚杆 anchor

由杆体（钢绞线、预应力螺纹钢筋、普通钢筋或钢管）、注浆固结体、锚具、套管所组成的一端与支护结构构件连接，另一端

锚固在稳定岩土体内的受拉杆件。杆体采用钢筋（或钢管）时，称为锚杆；杆体采用钢绞线时，称为锚索。

2.1.10 土钉 soil nail

植入土中并注浆形成的承受拉力与剪力的杆件。例如，钢筋杆件与注浆固结体组成的钢筋土钉、击入土中的钢管土钉。

2.1.11 构造土钉 measur of soil nail construct

仅用于固定基坑侧壁保护面层且不参与基坑稳定性验算的土钉。

2.1.12 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。

2.1.13 复合土钉墙 composite soil nailing wall

土钉墙与预应力锚杆、微型桩、旋喷桩、搅拌桩中的一种或多种组成的复合型支护结构。

2.1.14 支挡式结构 retaining structure

以挡土构件和锚杆或支撑为主的，或仅以挡土构件为主的支护结构。

2.1.15 挡土构件 structural member for earth retaining

设置在基坑侧壁并嵌入基坑底面的支挡式结构竖向构件。例如，支护桩、地下连续墙。

2.1.16 冠梁 capping beam

设置在挡土构件顶部的将挡土构件连成为整体的钢筋混凝土梁。

2.1.17 腰梁 waling

设置在挡土构件侧面的连接锚杆或内支撑杆件的钢筋混凝土梁或钢梁。

2.1.18 嵌固深度 embedded depth

挡土构件在基坑开挖底面以下的配筋段的长度。

2.1.19 地下水控制 groundwater control

为保证支护结构、基坑开挖、地下结构的正常施工，防止地下水变化对基坑周边环境产生影响所采取的截水、降水、排水、回灌等措施。

2.1.20 截水帷幕 curtain for cutting drains

用以阻截或减少地下水通过基坑侧壁与坑底流入基坑和控制基坑外地下水位下降的幕墙状竖向截水体。

2.1.21 降水 dewatering

是指在开挖基坑时,地下水位高于开挖底面,地下水会不断渗入坑内,为保证基坑能在干燥条件下施工,防止边坡失稳、基础流砂、坑底隆起、坑底管涌和地基承载力下降而做的降水工作。

2.1.22 集水明排 open pumping

用排水沟、集水井、泄水管、输水管等组成的排水系统将地表水、渗漏水排泄至基坑外的方法。

2.1.23 地下水回灌 groundwater recharge

井点回灌是在井点降水的同时,将抽出的地下水通过回灌井点再灌入地基土层内,水从井点周围土层渗透,在土层中形成一个和降水井点相反的倒转降落漏斗,使降水井点的影响半径不超过回灌井点的范围。

2.1.24 基坑支护工程监测 monitoring of excavation engineering

在基坑施工及使用阶段,采用仪器测量、现场巡视等手段和方法对基坑及周边环境的安全状况、变化特征及其发展趋势实施的定期或连续巡查、量测、监测以及数据采集、分析、反馈活动。

2.1.25 监测点 monitoring point

直接或间接设置在基坑侧壁、支护体系、周边环境等并能反映其变化特征的观测点。

2.1.26 信息施工法 construction method information

根据现场的地质情况和监测数据,对地质结论、设计参数进行验证,对施工安全性进行判断并及时修正施工方案的施工方法。

2.1.27 动态设计法 method of information design

根据施工勘察和信息施工法反馈的资料,对地质结论、设计参数及设计方案进行再验证。如确认原设计条件有较大的变化,及时补充、修改原设计的设计方法。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应

- E_{ak} 、 E_{pk} ——主动土压力、被动土压力标准值；
 G ——支护结构和土的自重；
 M ——弯矩设计值；
 M_k ——标准组合的弯矩值；
 N ——轴向拉力或轴向压力设计值；
 N_k ——作用标准组合的轴向拉力值或轴向压力值；
 P_{ak} 、 P_{pk} ——主动土压力强度、被动土压力强度标准值；
 P_0 ——基础底面附加压力的标准值；
 P_S ——分布土反力；
 P_{S0} ——分布土反力初始值；
 P ——预加轴向力；
 Q ——基坑涌水量；
 q_0 ——均布附加荷载标准值；
 S_d ——作用组合的效应设计值；
 S_k ——作用标准组合的效应或作用标准值的效应；
 u ——孔隙水压力；
 V ——剪力设计值；
 V_k ——作用标准组合的剪力值；
 v ——挡土构件的水平位移；

2.2.2 材料性能和抗力

- C ——正常使用极限状态下支护结构位移或建筑物基础、地面沉降的限值；
 c ——土的黏聚力；
 E_c ——锚杆的合弹性模量；
 E_m ——锚杆固结体的弹性模量；
 E_s ——锚杆杆体或支撑的弹性模量或土的压缩模量；
 f_{cs} ——水泥土开挖龄期时的轴心抗压强度设计值；
 f_{py} ——预应力筋的抗拉强度设计值；
 f_y ——普通钢筋的抗拉强度设计值；

κ ——土的渗透系数；
 R_k ——锚杆或土钉的极限抗拔承载力标准值；
 q_{sk} ——土与锚杆或土钉的极限粘结强度标准值；
 R_d ——结构构件的抗力设计值；
 R ——降水影响半径；
 r_0 ——基坑等效半径；
 γ ——土的天然重度；
 γ_{cs} ——水泥土墙的重度；
 γ_w ——地下水的重度；
 φ ——土的内摩擦角；

2.2.3 几何参数

A ——构件的截面面积；
 A_p ——预应力筋的截面面积；
 A_s ——普通钢筋的截面面积；
 b ——截面宽度；
 d ——桩、锚杆、土钉的直径或基础埋置深度；
 h ——基坑深度或构件截面高度；
 H ——潜水含水层厚度；
 l_d ——挡土构件的嵌固深度；
 l_0 ——受压支撑构件的长度；
 β ——土钉墙坡面与水平面的夹角；
 α ——锚杆、土钉的倾角或支撑轴线与水平面的夹角；

2.2.4 设计参数和计算系数

K ——安全系数；
 k_s ——土的水平反力系数；
 k_R ——弹性支点轴向刚度系数；
 K_a ——主动土压力系数；
 K_p ——被动土压力系数；
 m ——土的水平反力系数的比例系数；
 α ——支撑松弛系数；
 γ_F ——作用基本组合的综合分项系数；

- γ_0 ——支护结构重要性系数；
 ξ ——坡面倾斜时的主动土压力折减系数；
 λ ——支撑不动点调整系数；
 μ ——墙体材料的抗剪断系数；
 ψ_w ——沉降计算经验系数；

3 基本规定

3.1 设计原则

3.1.1 设计文件应明确支护结构的设计使用期限。除有特殊要求外，本技术标准所列各种支护结构，均应按设计使用年限 12 个月的临时性结构进行设计。基坑支护设计应依据工程及水文地质条件、开挖工况、荷载变化、基坑变形等情况遵循动态设计原则。

3.1.2 基坑支护结构应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

3.1.3 当出现下列状态之一时，应判定达到了承载能力极限状态：

1 支护结构构件或连接因应力超过材料强度而破坏，或因过度变形而不适于继续承载；

2 支护结构转变为机动体系，支护结构或结构构件丧失稳定；

3 支护体或土体因土中剪应力达到其抗剪强度而发生滑动、隆起、推移、倾覆、滑移；

4 地下水渗流引起土体渗透破坏。

3.1.4 当出现下列状态之一时，应判定达到了正常使用极限状态：

1 支护结构的变形或地下水的状态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。

2 造成基坑周边建构筑物、地下管线、道路等损坏或影响其正常使用的支护结构位移；

3 因地下水下降、渗流或施工因素而造成基坑周边建构筑物、地下管线、道路等损坏或影响其正常使用的土体变形。

3.1.5 基坑安全等级的划分应根据邻近既有建（构）筑物或管线与基坑下口边的相对距离 X 与基坑周边既有建（构）物或管线底部到基坑底部垂直距离 h_0 的比值 α 结合工程地质、水文地质条件，按破坏后果的严重程度，依据表 3.1.5 可将基坑侧壁的安全等级划分为 3 个安全等级。对同一基坑的不同部位，可采用不同的基坑侧壁的安全等级。

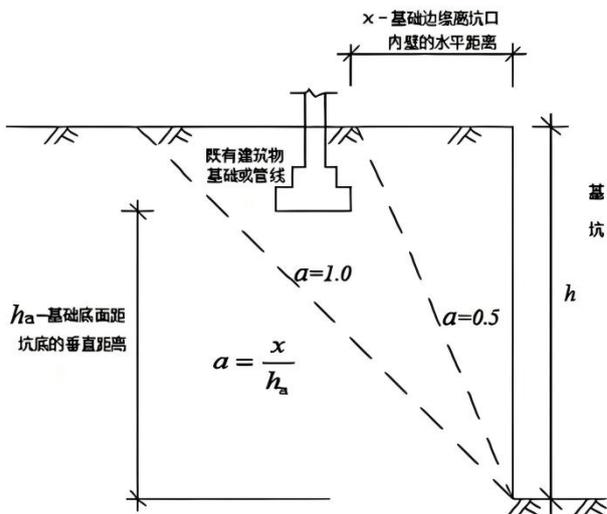


图 3.1.5 周边建构筑物（管线）与基坑相对关系示意图

h ——基坑开挖深度；

h_a ——相邻建（构）筑物基底标高与拟建基坑基底标高之间的垂直距离；

x ——为邻近建（构）筑物或管线等基础边缘（桩基础桩端）离基坑下口内壁的水平距离。

表 3.1.5 基坑侧壁安全等级划分

周边环境、地质、水文地质条件 基坑深度 h (m)	$a \leq 0.5$			$0.5 < a \leq 1$			$a > 1$		
	复杂	较复杂	简单	复杂	较复杂	简单	复杂	较复杂	简单
$h \geq 12$	一级			一级			一级	二级	
$6 < h < 12$	一级	二级		一级	二级		二级	三级	
$h \leq 6$	二级	三级		二级	三级		三级		

1 基坑影响范围内建(构)筑物、地下管线重要性等级分类应根据其失效后损失程度严重性,并结合《建筑地基基础设计规范》GB50007 有关规定按表 3.1.5-1 基坑影响范围内建(构)筑物重要性等级确定。

表 3.1.5-1 基坑影响范围内建(构)筑物重要性等级

重要性等级	基坑变形影响范围内建(构)筑物工程特征
很重要	周边环境存在对变形敏感的四层及四层以上建(构)筑物或低于四层的重要建筑物、重要管线(煤气、供水、排水、重要通讯、高压电力电缆)和地下设施、须保护的文物、或有特殊保护要求等。
重要	周边环境存在对变形较敏感的二~三层的一般建(构)筑物、地下管线等。
一般	周边环境无邻近建(构)筑物或单层建筑物、临时建筑物、其它次要设施地下管线等,一旦破坏没有危险且易于修复。

注:基坑影响范围内建(构)筑物为很重要,当基坑侧壁安全等级为二级或三级时,应提高一级;基坑影响范围内建(构)筑物为重要,当基坑侧壁安全等级为二级或三级时,宜提高一级;基坑影响范围内建(构)筑物为一般,则a值可增大一个范围值。

2 工程地质、水文地质条件分类:

表 3.1.5-2 基坑侧壁工程地质、水文地质条件分类

分类	基坑侧壁工程地质、水文地质条件
复杂	1、基坑侧壁受水可能性大;2、基坑侧壁松散填土厚度大于基坑深度三分之二,湿陷性强烈或 III 级以上自重湿陷性场地、严重液化土地;3、基坑降水深度大于 6m,降水对周边环境影响很大;4、基坑侧壁分布有饱和的粉土、淤泥质土、流塑-软塑土、松散砂土、高灵敏土等;5、土岩组合基坑基岩或构造面倾向与基坑方向一致等。
较复杂	1、基坑侧壁受水可能性较大;2、基坑侧壁多为松散填土,湿陷性中等或 II 级自重湿陷性场地或中等液化土地;3、基坑降水深度 3m~6m,降水对周边环境有一定影响;4、土岩组合基坑基岩或构造面倾向与基坑方向相交等。
简单	1、基坑侧壁受水可能性不大;2、基坑侧壁少有松散填土、湿陷性、液化土、软弱土;3、基坑降水深度小于 3m,降水对周边环境影响轻微;4、土岩组合基坑基岩或构造面倾向与基坑方向相反等。

3 从一级开始，有二项(含二项)以上符合该级标准者，即可划分为该等级，当破坏后果与工程条件判定等级不一致时，按较高一级考虑。

4 当基坑支护结构作为地下建筑结构的一部分时，基坑侧壁安全等级应为一级。

3.1.6 支护结构设计应根据不同的安全等级确定结构重要性系数 γ_0 ，安全等级为一级时，破坏后果很严重 $\gamma_0=1.1$ ；安全等级为二级时，破坏后果严重取 $\gamma_0=1.0$ ；安全等级为三级时，破坏后果不严重取 $\gamma_0=0.9$ 。

3.1.7 支护结构变形控制应符合下列规定：

1 应根据周边环境的重要性、对变形的适应能力及土(岩)的性质等因素确定支护结构的水平变形限值，最大水平变形值应满足正常使用要求；

2 周边地面竖向变形应根据邻近建筑结构形式及使用现状进行控制；

3 当邻近有重要管线或支护结构作为永久性结构时，其水平变形和竖向变形应按满足其正常工作的要求控制；

4 基坑变形控制标准及监测频率应符合本技术标准第八章要求；

5 基坑周边地面沉降允许值应满足使建(构)筑物产生倾斜变形不超过《建筑地基基础设计规范》GB50007 有关规定；

6 邻近道路和各种管线的变形应不超过相关标准的规定，并不影响其正常使用；

7 湿陷性黄土区域支护结构安全使用最大水平位移限值应符合《湿陷性黄土地区建筑基坑工程安全技术规程》JGJ167有关规定；

8 当基坑邻近有地铁隧道时，应满足其特殊要求。

3.1.8 基坑支护应以对地下水资源和环境影响最小为原则，确定地下水控制方法。

1 当采用降水方案时，应充分考虑降水对周围环境的影响，并进行评估；

- 2 当采用降排水方案时，应进行专项设计，并进行评估；
- 3 对粉土或粉砂、细砂层，降排水设计应进行抗管涌、抗流土验算；
- 4 当基坑底埋藏有承压水时，尚应进行基坑底抗突涌、抗隆起验算。

3.1.9 基坑支护工程设计应包括下列内容：

- 1 支护结构体系方案的选定原则；
- 2 基坑支护体系的稳定性验算；
- 3 支护结构的强度、稳定和变形计算；
- 4 地下水控制设计；
- 5 对周边环境影响的控制设计；
- 6 基坑支护工程的监测、检测要求；
- 7 基坑开挖、支护影响范围内的既有建构筑物、道路、地下设施、地下管网、架空设施、岩土体及地下水等的工程周边环境安全要求。

3.1.10 支护结构设计、施工应具备以下基本资料：

- 1 建筑场地及其周边地表至基坑底面下一定深度范围内地层结构、土（岩）的物理力学性质，地下水分布、含水层类型、渗透系数和施工期地下水位可能的变化等资料；
- 2 标有建筑红线、施工红线的总平面图及基础结构设计图；
- 3 建筑场地内及周边的地下管线、地下设施、架空设施的位置、深度、结构形式、架空高度及使用现状等；
- 4 已有邻近建筑的位置、层数或高度、结构类型、使用状况、沉降观测资料以及基础类型、埋置深度、主要尺寸、基础距基坑侧壁的净距、已有建（构）筑允许变形指标等；
- 5 基坑周围的地面排水方式和能力，地面雨水、污水、上下水管线排入或漏（渗）入基坑的可能性及其管理控制体系资料；
- 6 施工期间基坑周边的地面堆载及车辆、设备的动、静载情况等。

3.1.11 土压力及水压力计算、土的各类稳定性验算时，土、水压力的分、合算方法及相应的土的抗剪强度指标类别应符合下列规

定:

1 对地下水位以上的黏性土、黏质粉土,应采用三轴固结不排水剪切试验确定的抗剪强度指标 c_{cu} 、 φ_{cu} 或采用直剪固结快剪试验确定的抗剪强度指标 c_{cq} 、 φ_{cq} ,对地下水位以上的砂质粉土、砂土、碎石土,土的抗剪强度指标应采用有效应力强度指标 c' 、 ϕ' ;

2 对地下水位以下的密实的黏性土、黏质粉土,可采用土压力、水压力合算方法。对于透水性相对较好、孔隙水压力易产生和消散的黏性土、黏质粉土,宜采用土压力、水压力分算方法。其中,对正常固结和超固结土,土的抗剪强度指标应采用三轴固结不排水剪切试验确定的抗剪强度指标 c_{cu} 、 φ_{cu} 或采用直剪固结快剪方法确定的抗剪强度指标 c_{cq} 、 φ_{cq} ;对欠固结土,宜采用有效自重压力下预固结的三轴不固结不排水试验确定的抗剪强度指标 c_{uu} 、 φ_{uu} ;

3 对地下水位以下的砂质粉土、砂土和碎石土,应采用土压力、水压力分算方法,土的抗剪强度指标应采用有效应力抗剪强度指标 c' 、 ϕ' ;对砂质粉土,当缺少有效应力强度指标时,也可采用三轴固结不排水抗剪强度指标 c_{cu} 、 φ_{cu} 或直剪固结快剪强度指标 c_{cq} 、 φ_{cq} 代替;对砂土和碎石土,有效应力抗剪强度指标 ϕ' 可根据标准贯入试验击数和水下休止角等物理力学指标取值;当采用土压力、水压力分算方法时,水压力可按静水压力计算;当存在地下水渗流时,宜按渗流理论计算水压力和土的竖向有效应力;当存在多层地下水时,应根据地下水赋存条件,分别计算与各层地下水相关的水压力;

4 有工程经验时,土的抗剪强度指标可根据室内或原位测试得到的其物理力学指标,按经验方法确定。

3.1.12 季节性冻土地区支护结构设计应根据冻胀、冻融对支护结构受力和基坑侧壁的影响采取相应的措施。

3.1.13 基坑支护设计应选择符合支护结构实际条件的计算模型,并在确认参数的合理性、计算结果的可靠性后,方可将计算结果用于设计。

- 3.1.14** 基坑支护设计应对施工质量检测及施工监控提出要求。
- 3.1.15** 基坑支护设计应提出监测技术要求，包括监测项目、监测频率、监测点位置及监测控制值和报警值等。
- 3.1.16** 基坑设计及施工应遵循动态设计法和信息施工法原则。
- 3.1.17** 当基坑或周边出现下列征兆或现象时，应立即停止开挖，并根据其原因和可能引发的破坏后果，及时采取有效加固措施：
- 1 开挖揭露的实际土层性状或地下水状况与设计依据的勘察资料不符，或出现异常现象；
 - 2 支护结构位移达到或超过设计要求预警值，位移速率出现持续增长趋势；
 - 3 周边需要保护的建(构)筑物、设施出现不正常裂缝或变形，且接近限定要求并有继续增长的趋势；
 - 4 支护结构构件受损且已不能满足设计要求；
 - 5 基坑出现局部坍塌。
- 3.1.18** 基坑支护工程使用应符合下列规定：
- 1 建筑地下结构施工不得损害基坑支护工程维护的构件或系统；
 - 2 在基坑设计使用年限内基础施工完成后，应及时进行基坑回填；
 - 3 当超过设计使用年限不能回填或继续使用，或变形超过设计限值、周边保护等要求时，由具有相应资质及技术能力的单位进行安全性鉴定，必要时进行加固处理。
- 3.1.19** 地下结构完成后，应及时对施工肥槽进行回填，回填时应分层夯实，并应满足工程设计要求。
- 3.1.20** 基坑支护设计文件内容应符合本标准附录 A 的要求。

3.2 勘察要求

- 3.2.1** 基坑支护工程安全等级为一级的应进行基坑专项勘察工作。安全等级为二~三级的基坑，建筑物勘察应包括基坑支护工程勘察的内容，勘察报告应满足基坑支护工程设计要求。
- 3.2.2** 勘探点范围应按基坑的复杂程度及基坑开挖深度确定。对

于水平方向分布稳定的地层单元，勘察测试范围不应小于基坑周边范围。当地层空间分布不稳定、跨越工程地质单元或需查明专门问题时，勘探范围应根据支护设计需要扩大，查明基坑影响范围内的不利岩土层的分布，外扩范围宜达到基坑深度的1~2倍。当基坑开挖边界范围外场地条件受限，无法进行勘探时，应通过调查和收集取得相应资料。

3.2.3 勘探点宜沿基坑边线及外扩范围布置。勘探点间距应按基坑的复杂程度及工程地质及水文地质条件确定，宜取15m~30m，当场地存在厚层填土、人为空洞等不利地质体或当地层水平方向变化较大、有相对不利的岩土层或软弱结构面时，须加密勘探点。

3.2.4 勘探孔的深度应根据基坑支护结构设计要求、场地周边环境复杂程度及工程地质与水文地质条件确定，并应满足设计计算的要求，其深度不宜小于基坑深度的1.5倍，并应穿过软弱土层。当基坑设计开挖深度以下遇有稳定基岩或密实碎石类土时，可根据岩土类别及支护要求适当减少勘探深度，但进入稳定岩土层的深度不应小于基坑设计开挖深度的0.5倍。

3.2.5 抗剪强度指标的确定，对于基坑侧壁安全等级为一级的基坑，可根据基坑施工工况或地区经验采用直接快剪、固结快剪及固结不排水剪方法，必要时应进行现场直剪试验。除主要土层外，对于基坑深度范围内分布的填土也宜进行抗剪强度试验或现场原位测试提出相应的抗剪强度指标。对于岩质基坑，当存在顺层软弱结构面时，应在室内或现场测定结构面的抗剪强度指标。对于基坑侧壁安全等级为二~三级基坑，可采用地区经验值。

3.2.6 当基坑需要降水时，勘察报告中应提出各含水层的渗透系数及影响半径。对于基坑侧壁安全等级为一级的基坑，渗透系数及影响半径宜通过现场试验确定，当设计需要且模拟工况相符时，可采取室内渗透试验。对于基坑侧壁安全等级二~三级的基坑，可采用地区经验值。

3.2.7 当场地水文地质条件复杂、在基坑开挖过程中需要对地下水进行控制且已有资料不能满足要求时，应进行专门的场地水文地质勘察。场地水文地质勘察应达到以下要求：

1 查明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 查明地下水的流速及流向，预测基坑施工期间和使用期间地下水位的变化幅度；

3 分析施工过程中地下水位变化对支护结构和基坑周边环境的影响，应提出采取措施的建议。

3.2.8 湿陷性黄土地区基坑岩土工程勘察除应满足《湿陷性黄土地区建筑标准》GB50025 要求外，尚应符合下列规定：

1 勘探孔的布置应有一定数量的探井，采取原状土试样的勘探点应根据基坑安全等级、地貌单元和基坑土体湿陷等级布置，取 I 级土样数量不应少于基坑周边沿线上勘探点总数的1/2，且不得少于3个勘探点；

2 应查明场地湿陷性土层的湿陷类型、湿陷性土层厚度及湿陷等级，分析基坑土体浸水湿陷的可能性和程度；

3 对于基坑侧壁安全等级为一级或浸水可能性较大的基坑，应分别测定天然状态及饱水状态下的抗剪强度指标，且宜采用三轴剪切强度指标。

3.2.9 基坑周边环境调查应包括下列主要内容：

1 勘察与调查范围应超过基坑开挖边线之外、基坑深度的2倍；有降水时调查范围应在降水影响范围之内；

2 查明既有建（构）筑物的位置、层数、结构类型、基础形式、尺寸、埋深、使用年限、用途、损坏情况等使用现状；

3 查明基坑影响范围各类地上、地下管线的类型、材质、用途、尺寸、埋深、敷设方式、使用年限、使用情况、对施工振动和变形的承受能力，地面和地下贮水、输水等用水设施的渗漏情况及其对基坑支护工程的影响程度；

4 查明场地存在的既有建（构）物基础、人防工程、其他洞穴、河流水渠、边坡等不良工程地质现象的空间分布特征及其对基坑支护工程的影响；

5 查明基坑周边道路及运行车辆载重情况，基坑附近地面堆

载情况，有振动荷载时，应查明其影响范围和程度；

6 查明场地周围区域地表水的汇集和排泄情况；

7 邻近基坑与地下工程的支护方法、开挖和使用对本基坑支护工程安全的影响。

3.2.10 基坑支护工程的岩土工程勘察成果，除应符合一般要求外，尚应包括下列内容：

1 提供基坑支护工程设计所需的地层结构、岩土的物理力学性质指标以及含水层水文地质参数。基岩边坡还应查明岩层及结构面产状、裂隙发育及风化程度等情况；

2 评价地下水对基坑支护工程的影响，提出地下水控制方法的建议，验算基坑边坡稳定性时，应考虑地下水对基坑边坡稳定性的不利影响；

3 对施工过程中形成的流砂、流土、管涌及整体失稳等现象的可能性进行评价并提出预防措施；

4 对软土、湿陷性土、液化土、人工填土等具有特殊性质的岩土，应分析其对基坑支护工程的影响，并提出对设计施工的相应措施的建议；

5 位于斜坡地段的基坑，应分析评价边坡整体稳定性及边坡与基坑支护工程的相互影响，并根据分析评价结果提出相应防护的治理措施建议；

6 评价基坑支护工程与周边环境的相互影响并提出设计、施工应注意的事项和必要的保护措施的建议。

3.3 支护结构选型

3.3.1 支护结构选型时，应综合考虑工程地质与水文地质条件、基坑深度、基坑周边环境条件、变形控制要求、工程造价、碳排放量、周边相近条件基坑的工程经验、施工场地条件、基坑使用要求及基坑规模、施工工期及施工季节等因素。

3.3.2 基坑支护结构可采用的类型如表 3.3.2 各类支护结构的选型。

表 3.3.2 各类支护结构的选型

结构类型		适用条件		
		基坑侧壁安全等级	基坑深度、环境条件、工程地质与水文地质条件	
支护式结构	锚拉式	一级 二级 三级	适用于 $h \geq 12\text{m}$ 较深基坑	1、排桩适用于地下水位以上、可降水或结合截水帷幕的基坑 2、地下连续墙宜同时用作主体地下结构外墙，可同时用于截水 3、因基坑周边环境条件限制，锚杆（索）的有效锚固长度不足时，不宜采用锚杆（索） 4、在复杂地质条件下，应通过现场试验确定锚杆（索）的适用性 5、当锚杆施工会造成基坑周边建（构）筑物的损坏或违反城市地下空间规划等规定时，不应采用锚杆
	悬臂式		适用于 $h \leq 12\text{m}$ 较浅基坑	
	双排桩		当锚拉式、悬臂式结构不适用时，可考虑采用双排桩	
	内支撑		适用于 $h \geq 12\text{m}$ 深基坑	
	地下连续墙		适用于主体结构地上、地下同步施工的 $h \geq 12\text{m}$ 深基坑	
	咬合桩		适用于任何复杂周边环境的基坑支护工程，尤其是基坑深度大，坑壁土体为工程性质差的软弱土，基坑周边地面或坑底高程以上地下附加荷载大，周边环境对坑壁土体变形位移控制要求严格，临近周边地下建筑物或构筑物多，不宜降低地下水的基坑，永久结构可全部或一部分使用地下连续墙，根据施工方法不同决定是否进行降低地下水	
土钉墙	单一土钉墙	二级 三级	适用于地下水位以上或降水的非软土基坑，且基坑深度不宜大于 12m	当基坑潜在滑动面内有建（构）物或重要地下管线管道时，不宜采用土钉墙
	预应力锚杆复合土钉墙		适用于地下水位以上或可实施降水的基坑，但基坑深度不宜大于 15m	
	水泥土桩复合土钉墙		基坑深度不宜大于 10 m 且不宜用在含有高水头地下水的碎石土、砂土、粉土层中	
	微型桩复合土钉墙		适用于地下水位以上或可实施降水的基坑，但基坑深度不宜大于 10m	
坡率法	一级 二级 三级	基坑周围场地允许，邻近基坑周边无重要建筑物或地下管线；开挖深度超过 4~5m 时，宜采用分级放坡；地下水位较高或单一放坡不满足基坑稳定性要求时，宜事先进行截、降、排水；抗冲刷能力差，暴露时间长的基坑坡面宜进行封闭防护		
组合式	一级 二级 三级	单一支护结构型式难以满足基坑支护技术要求、抗周边环境要求和经济要求时，宜考虑组合式支护结构；支护结构组合方式根据技术可靠性和经济合理性论证选择		

注： 1. 根据基坑周边环境条件，可采用不同的支护形式；

2. 支护结构可采用上、下部不同结构类型组合的形式；
3. 其他支护结构类型参考国家现行有关规范或标准。

3.3.3 采用两种或两种以上组合支护结构形式时，其结合处应有可靠的过渡连接措施。

3.3.4 基坑开挖采用放坡或支护结构上部采用放坡时，应验算边坡的滑动稳定性，且边坡圆弧滑动稳定安全系数不应小于 1.2。放坡坡体宜设置截排水措施及防护层。

3.4 水平荷载

3.4.1 支护结构设计时，所采用的作用效应，应符合下列规定：

1 支护结构构件承载力计算时，取承载能力极限状态下的作用效应的基本组合；临时支护时，其作用效应基本组合的综合分项系数不应小于 1.25；

2 支护结构整体稳定性计算时，取作用标准组合的效应；

3 支护结构水平位移及周边地面沉降计算时，取正常使用极限状态下作用标准组合的效应。

3.4.2 基坑支护结构设计、计算应考虑下列水平荷载作用与影响：

1 基坑内外土压力、水压力；

2 基坑周边地面超载；

3 基坑影响区范围内既有和在建的建（构）筑物荷载；

4 基坑周边施工材料、设备、临建荷载；

5 基坑周边道路车辆荷载；

6 冻胀、温度变化等产生的作用；

7 湿陷性黄土地区基坑支护工程设计采用的荷载效应最不利组合与之相应的抗力限值应按《湿陷性黄土地区建筑基坑工程安全技术规程》JGJ167 有关规定执行。

3.4.3 作用在支护结构上的土压力应按下列规定确定。

1 支护结构外侧的主动土压力标准值、支护结构内侧的被动土压力标准值应按下列公式计算：

1) 对地下水位以上或水土合算的土层

$$P_{ak} = \sigma_{ak} K_{a,i} - 2c_i \sqrt{K_{a,i}} \quad (3.4.3-1)$$

$$K_{a,i} = \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi_i}{2} \right) \quad (3.4.3-2)$$

$$P_{pk} = \sigma_{pk} K_{p,i} + 2c_i \sqrt{K_{pi}} \quad (3.4.3-3)$$

$$K_{p,i} = \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi_i}{2} \right) \quad (3.4.3-4)$$

式中:

P_{ak} ——支护结构外侧,第*i*层土中计算点的主动土压力强度标准值(kPa);

当 $P_{ak} < 0$ 时,应取 $P_{ak} = 0$;

σ_{ak} 、 σ_{pk} ——分别为支护结构外、内侧计算点的土中竖向应力标准值(kPa);

$K_{a,i}$ 、 $K_{p,i}$ ——分别为第*i*层土的主动土压力系数、被动土压力系数;

c_i 、 φ_i ——分别为第*i*层土的粘聚力(kPa)、内摩擦角($^\circ$);

P_{pk} ——支护结构内侧,第*i*层土中计算点的被动土压力强度标准值(kPa)。

2) 对地下水位以下或水土分算的土层

$$P_{ak} = (\sigma_{ak} - u_a) K_{a,i} - 2c_i \sqrt{K_{ai}} + u_a \quad (3.4.3-5)$$

$$P_{pk} = (\sigma_{pk} - u_p) K_{p,i} + 2c_i \sqrt{K_{pi}} + u_p \quad (3.4.3-6)$$

式中:

u_a 、 u_p ——分别为支护结构外侧、内侧计算点的水压力(kPa)。对静止地下水,按本规程第3.4.5条的规定取值;当采用悬挂式截水帷幕时,应考虑地下水沿支护结构向基坑面的渗流对水压力的影响。

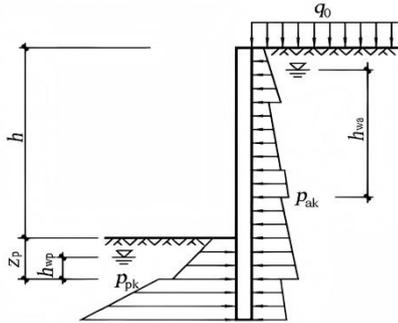


图3. 4. 3土压力计算

2 在支护结构土压力的影响范围内，存在相邻建筑物地下墙体等稳定的刚性界面时，可采用库仑土压力理论计算界面内有限滑动楔体产生的主动土压力，此时，同一土层的土压力可采用沿深度线性分布形式；

3 需要严格限制支护结构的水平位移时，支护结构外侧的土压力宜取静止土压力；

4 有可靠经验时，可采用支护结构与土相互作用的方法计算土压力。

3.4.4 对成层土，土压力计算时的各土层计算厚度应符合下列规定：

1 当土层厚度较均匀、层面坡度较平缓时，宜取邻近勘察孔的各土层厚度，或同一计算剖面内各土层厚度的平均值；

2 当同一计算剖面内各勘察孔的土层厚度分布不均时，应取最不利勘察孔的各土层厚度；

3 对复杂地层且距勘探孔较远时，应通过综合分析土层变化趋势后确定土层的计算厚度；

4 当相邻土层的土性接近，且对土压力的影响可以忽略不计或有利时，可归并为同一计算土层。

3.4.5 对静止地下水的水压力可按下列公式计算

$$u_a = \gamma_w h_{wa} \quad (3.4.5-1)$$

$$u_p = \gamma_w h_{wp} \quad (3.4.5-2)$$

式中:

γ_w ——地下水的重度(kN/m³), 取 $\gamma_w = 10\text{kN/m}^3$;

h_{wa} ——基坑外侧地下水水位至主动土压力强度计算点的垂直距离(m);
对承压水, 地下水水位取测压管水位; 当有多个含水层时, 应以计算点所在含水层的地下水水位为准;

h_{wp} ——基坑内侧地下水水位至被动土压力强度计算点的垂直距离(m);
对承压水, 地下水水位取测压管水位。

当采用悬挂式截水帷幕时, 应考虑地下水沿支护结构向基坑面的渗流对水压力的影响。

3.4.6 土中竖向应力标准值应按下列公式计算:

$$\sigma_{ak} = \sigma_{ac} + \sum \Delta\sigma_{k,i} \quad (3.4.6-1)$$

$$\sigma_{pk} = \sigma_{pc} \quad (3.4.6-2)$$

式中:

σ_{ac} ——支护结构外侧计算点, 由土的自重产生的竖向总应力(kPa);

σ_{pc} ——支护结构内侧计算点, 由土的自重产生的竖向总应力(kPa);

$\Delta\sigma_{k,i}$ ——支护结构外侧第*j*个附加荷载作用下计算点的土中附加竖向应力标准值(kPa)。

3.4.7 均布附加荷载作用下的土中附加竖向应力标准值应按下列规定计算:

1 计算公式:

$$\Delta\sigma_{k,i} = q_0 \quad (3.4.7)$$

式中:

q_0 ——均布附加荷载标准值(kPa)。

2 计算简图:

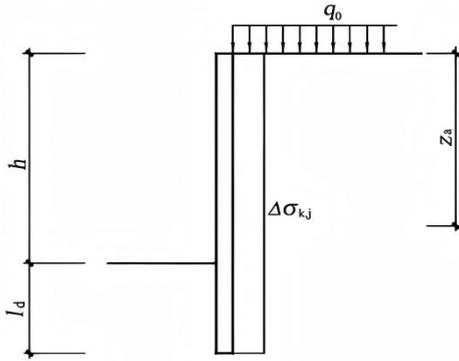


图 3.4.7 均布竖向附加荷载作用下的土中附加竖向应力计算

3.4.8 局部附加荷载作用下的土中附加竖向应力标准值应按下列规定计算：

1 对条形基础下的附加荷载：

当 $d + a / \tan \theta \leq z_a \leq d + (3a + b) / \tan \theta$ 时

$$\Delta \sigma_{k,j} = \frac{p_0 d}{b + 2a} \quad (3.4.8-1)$$

式中：

p_0 —— 基础底面附加压力标准值 (kPa) ；

d —— 基础埋置深度 (m) ；

b —— 基础宽度 (m) ；

a —— 支护结构外边缘至基础的水平距离 (m) ；

θ —— 附加荷载的扩散角 ($^\circ$)，宜取 $\theta = 45^\circ$ ；

z_a —— 支护结构顶面至土中附加竖向应力计算点的竖向距离。

当 $z_a < d + a / \tan \theta$ 或 $z_a > d + (3a + b) / \tan \theta$ 时，取 $\Delta \sigma_{k,j} = 0$ 。

2 对矩形基础下的附加荷载：

当 $d + a / \tan \theta \leq z_a \leq d + (3a + b) / \tan \theta$ 时

$$\Delta \sigma_{k,j} = \frac{p_0 d}{(b + 2a)(l + 2a)} \quad (3.4.8-2)$$

式中:

b ——与基坑边垂直方向上的基础尺寸 (m) ;

l ——与基坑边平行方向上的基础尺寸 (m) 。

当 $z_a < d + a / \tan \theta$ 或 $z_a > d + (3a + b) / \tan \theta$ 时, 取 $\Delta\sigma_{k,j} = 0$ 。

3 对作用在地面的条形、矩形附加荷载, 按本条第 1 款、第 2 款计算土中附加竖向应力标准值 $\Delta\sigma_{k,j}$ 时, 应取 $d = 0$ 。局部附加荷载作用下的土中附加竖向应力计算简图如下:

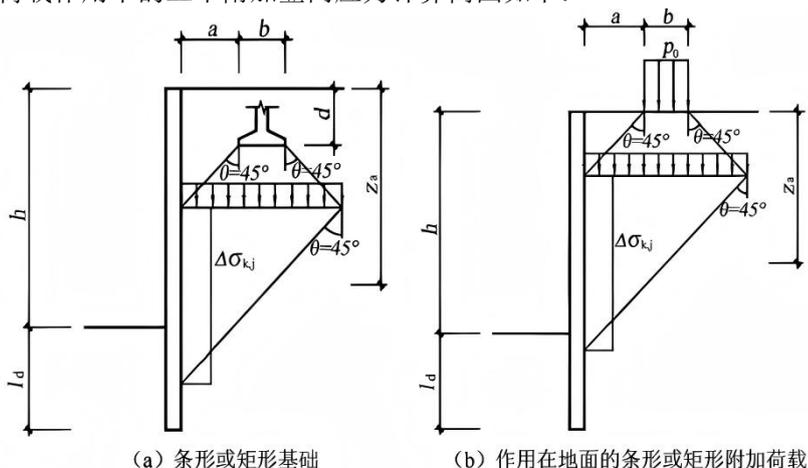


图 3.4.8 局部附加荷载作用下的土中附加竖向应力计算

3.4.9 当支护结构的挡土构件顶部低于地面, 其上方采用放坡时, 挡土构件顶面以上土层对挡土构件的作用宜按库仑土压力理论计算, 也可将其视作附加荷载并按下列公式计算土中附加竖向应力标准值:

1 当 $a / \tan \theta \leq z_a \leq (a + b_1) / \tan \theta$ 时

$$\Delta\sigma_{k,j} = \frac{\gamma_m h_1}{b_1} (z_a - a) + \frac{E_{ak1} (a + b_1 + z_a)}{K_{an} b_1^2} \quad (3.4.9-1)$$

$$E_{ak1} = \frac{1}{2} \gamma_m h_1^2 k_{am} - 2c_m h_1 \sqrt{K_{am}} + \frac{2c_m^2}{\gamma_m} \quad (3.4.9-2)$$

2 当 $z_a > (a + b_1) / \tan \theta$ 时

$$\Delta \sigma_{k,j} = \gamma_m h_1 \quad (3.4.9-3)$$

3 当 $z_a < a / \tan \theta$ 时

$$\Delta \sigma_{k,j} = 0 \quad (3.4.9-4)$$

式中：

γ_m —— 支护结构顶面以上土的重度 (kN/m^3)；对多层土取各层土按厚度加权的平均值；

h_1 —— 地面至支护结构顶面的竖向距离 (m)；

b_1 —— 放坡坡面的水平尺寸 (m)；

z_a —— 支护结构顶面至土中附加竖向应力计算点的竖向距离 (m)；

a —— 支护结构外边缘至放坡坡脚的水平距离 (m)；

E_{ak1} —— 支护结构顶面以上土层所产生的主动土压力的标准值 (kN/m)；

K_{am} —— 支护结构顶面以上土的主动土压力系数；对多层土取各层土按厚度加权的平均值；

c_m —— 支护结构顶面以上土的粘聚力 (kPa)。

4 计算简图：

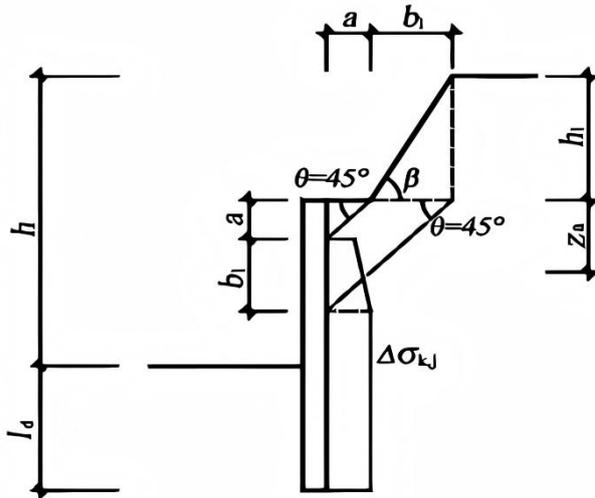


图 3.4.9 支护结构顶部以上采用放坡或土钉墙时土中附加竖向应力计算

3.4.10 当邻近基坑的建筑物基础低于基坑底面时，且外墙距支护结构净距 $b < h \times \tan(45^\circ - \phi_k/2)$ 时，可按下列方法计算有限宽度土体作用在支护结构上的土压力强度标准值 p_{ak} (图 3.4.10)。

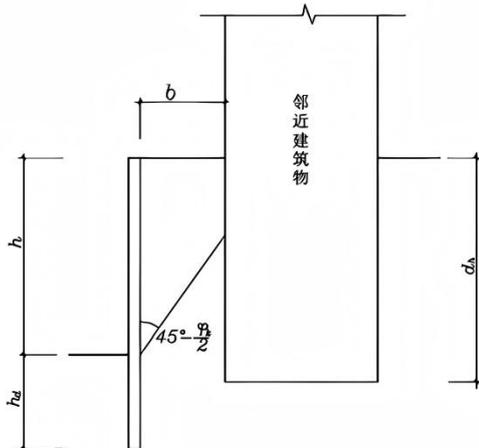


图 3.4.10 有限范围土体的土压力计算简图

1 当 $z \leq b \times \cot(45^\circ - \phi_k/2)$, 或 $z \geq b \times \cot(45^\circ - \phi_k/2) + d_h$ 时, 按本标准第 3.4.3 条~3.4.7 条的规定计算;

2 当 $b \times \cot(45^\circ - \phi_k/2) < z < b \times \cot(45^\circ - \phi_k/2) + d_h$ 时:

1) 对于地下水位以上或水土合算的土层

$$p_{ak} = (2 - n_b)n_b \cdot \sigma_{ak} K_{a,i} - 2c_i \cdot n_b \sqrt{K_{a,i}} \quad (3.4.10-1)$$

2) 对于水土分算的土层

$$p_{ak} = (2 - n_b)n_b \cdot \sigma_{ak} \cdot K_{a,i} - 2c_i \cdot n_b \sqrt{K_{a,i} + u_a} (1 - K_{a,i}) \quad (3.4.10-2)$$

式中: h ——基坑深度 (m);

ϕ_k ——坑底以上各土层按厚度加权的内摩擦角;

z ——计算点深度 (m);

d_h ——邻近建筑物基础埋置深度 (m);

n_b ——系数, $n_b = b / [h \times \tan(45^\circ - \phi_k/2)]$ 。

3.4.11 湿陷性黄土区域的土压力设计计算和验算, 当基坑壁受水浸湿可能性较大时, 宜采用饱和状态下黄土的强度参数进行计算

和验算，计算和验算采用的安全系数宜根据基坑重要性及浸水可能性大小确定，但不宜小于 1.05。

3.4.12 计算作用在基坑支护结构上的土压力时，应根据支护结构、土体的位移情况、施工措施等因素，确定土压力计算模式，分别按静止土压力、主动土压力、被动土压力及与基坑侧向变形条件相应的土压力计算。计算水压力时宜考虑地下水的渗流条件。

3.4.13 计算基坑周边地面超载、施工材料、设备、临建荷载时，应按不小于 20kPa 施工荷载作为大面积均布荷载计算，对于局部的过大荷载按超载计算。计算基坑周边道路车辆荷载时，宜按 20kPa~30kPa 荷载作为大面积均布荷载计算。

3.4.14 计算基坑影响区范围内既有和在建的建（构）筑物荷载时，宜按建筑物的基底压力的大小以及面积的大小，采用局部荷载影响的方法计算。

3.5 质量检测

3.5.1 基坑施工的现场检验应符合下列要求：

1 基坑土方开挖后，应对土层实际分层厚度、土性状态等与勘察报告的一致性进行核实，并对岩土参数进行校核。如现场基坑地质情况与勘察报告存在较大差异，应复核设计方案的适用性，并作出相应调整；

2 基坑支护工程场地位于既有建（构）筑物拆迁、人为坑洞等区域，对采用支护桩的支护结构，应复核桩位处旧基础、地下建（构）筑物、地下管线及洞穴的分布情况，判定成孔、成桩的可行性及适宜性；

3 支护结构施工中应复核基坑开挖边界，对各支护结构的施工工艺进行检查，复核各支护结构的尺寸、规格及材料用量，对采用放坡或放坡结合其他支护结构的基坑，应复核开挖坡率。

3.5.2 支护结构施工及使用的原材料和半成品应遵照相关标准规范进行检验。主要材料的检验内容不应少于以下内容：

1 钢筋、钢绞线应进行力学性能试验，并对其外观、几何尺寸、直线度及工艺性能等进行检验，按批次进行检验；

- 2 混凝土应进行试块抗压强度试验；
- 3 砂浆、注浆体应进行试块强度试验；
- 4 砌体、石料应进行强度试验；
- 5 其他原材料及半成品按相关标准规范进行检验。

3.5.3 支护结构应进行质量检测，检测方法 & 检测要求应满足相关标准规范的相关规定，并不应少于以下内容：

1 混凝土灌注桩应采用低应变动测法进行桩身完整性检测；当根据低应变判定的桩身缺陷有可能影响桩的水平承载力时，应采用钻芯法进行补充检测；

2 锚杆（索）、土钉应进行抗拔承载力检测，应在锚固体浆体强度达到15MPa或设计强度的75%后，方可进行抗拔承载力试验检测。

3 土钉墙喷射混凝土面层的强度检测可采用钻芯法进行单轴抗压强度试验，其厚度检测可采用凿开法或钻芯法。

3.5.4 基坑支护工程质量检测报告应包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 检测主要依据；
- 3 基坑支护工程主要设计参数及检测要求；
- 4 检测方法与仪器设备型号；
- 5 检测点分布图；
- 6 资料整理及检测数据分析；
- 7 检测结论及建议；
- 8 附图、附表、附件。

4 坡 率 法

4.1 一 般 规 定

4.1.1 当场地具备坡率法开挖条件，且坡率法开挖不会妨碍地下结构施工或影响基坑周边环境的正常使用功能时，可采用坡率法支护。

4.1.2 对于基坑周边开挖影响范围内存在对变形敏感的地下管线或对变形控制要求严格的建（构）物不宜采用坡率法支护。

4.1.3 基坑深度较大的边坡应分级放坡，并应验算边坡整体和各分级的稳定性。

4.1.4 基坑坡率法设计与施工应考虑雨水的不良影响。

4.1.5 严禁在基坑边坡潜在塌滑区超限堆载。

4.1.6 应合理确定坡率法坡度，保证坡壁的稳定性和减少土方开挖量。

4.1.7 基坑开挖时，坡顶应设置有效的安全围护措施，场地内应设置人员及设备上下的坡道。严禁在坡壁掏坑攀登上下。

4.1.8 当不具备全深度坡率法开挖条件时，坡率法可以与其他支护形式结合使用。

4.1.9 坡率法设计应进行边坡整体稳定性验算，对于多级边坡，应验算不同工况的各级边坡和多级边坡整体稳定性，坡脚附近有局部坑内深坑时，应按深坑深度验算边坡稳定性。基坑整体稳定性验算，各危险滑裂面均应满足下式要求：

$$M_R / M_S \geq 1.2 \quad (4.1.9)$$

M_R ——作用于危险滑裂面上的抗滑力矩标准值（kN·m）；

M_S ——作用于危险滑裂面上的滑动力矩标准值（kN·m）。

4.2 坡 率 法 设 计

4.2.1 土质基坑边坡坡率允许值应根据工程经验，按工程类比的原则并结合已有稳定边坡的坡率值分析确定；当土质均匀良好、无地下水影响、无不良地质作用和地质环境条件简单时，土质基

坑边坡坡率允许值可按表 4.2.1 土质边坡坡率允许值规定确定。

表 4.2.1 土质边坡坡率允许值

边坡土体类别	状态	坡率允许值（高宽比）	
		坡高小于 5 m	坡高 5 m~10 m
碎石土	胶结	1:0.30~1:0.40	1:0.40~1:0.50
	密实	1:0.40~1:0.50	1:0.50~1:0.75
	中密	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00
	稍密	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25
砂土		宜按现场自然休止角试验确定	/
粉土	密实	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00
	稍密~中密	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25
黏性土	坚硬	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00
	硬塑	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25
	可塑	1:1.00~1:1.25	1:1.25~1:1.50

注：1. 碎石土的充填物为坚硬或硬塑状态的黏性土，设计坡率大于上表的，除应满足设计计算，尚应结合地质水文条件、周边环境变形控制等要求，论证其安全性后方可采用；

2. 对于砂土或充填物为砂土的碎石土，其边坡坡率允许值宜按现场自然休止角试验确定。当砂土中含有胶结物时，基坑放坡坡率可进行设计调整；

3. 压实填土放坡坡率可根据填土类型及状态对应上表按下限值选用；

4. 黄土状粉土可按粉土状态对应上表按下限值选用。

4.2.2 在边坡保持整体稳定的条件下，岩质基坑边坡开挖的坡率允许值应根据工程经验，按工程类比的原则结合已有稳定边坡的坡率值分析确定。对无顺层及外倾软弱结构面的边坡，放坡坡率可按表 4.2.2 岩质边坡坡率允许值确定。

表 4.2.2 岩质边坡坡率允许值

边坡岩体类型	风化程度	坡率允许值（高宽比）		
		H<5 m	5 m≤H<10 m	10 m≤H<15 m
I类	微风化	≤1:0.10	1:0.10~1:0.15	1:0.15~1:0.25
	中等风化	1:0.10~1:0.15	1:0.15~1:0.25	1:0.25~1:0.35
II类	微风化	1:0.10~1:0.15	1:0.15~1:0.25	1:0.25~1:0.35
	中等风化	1:0.15~1:0.25	1:0.25~1:0.35	1:0.35~1:0.50
III类	微风化	1:0.25~1:0.35	1:0.35~1:0.50	1:0.50~1:0.75

	中等风化	1:0.35~1:0.50	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00
IV类	中等风化	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25
	强风化	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25	1:1.25~1:1.50
V类	强风化	1:1.00~1:1.25	1:1.25~1:1.50	/

注：1.H——边坡高度；

2.全风化岩体可按土质边坡坡率取值；

3.具有膨胀性的风化岩边坡坡率宜在以上取值范围根据膨胀性等级、风化程度、水文条件、坡高等因素乘以0.3~0.5系数；

4.边坡岩体类型按《工程岩体分级标准》GB50218由岩石的坚硬程度和完整性确定。

4.2.3 当基坑深度较大时，宜采取设置过渡平台分级放坡开挖，各级过渡平台的宽度、坡度和高度应通过稳定性计算确定。每次“退台”的高度不宜大于5.0m，土质边坡退台宽度不宜小于1.50m，岩质边坡退台宽度不宜小于1.0m。

4.2.4 下列基坑边坡的坡率允许值应通过稳定性计算分析确定：

1 有顺层及外倾软弱结构面的岩质边坡；

2 坡顶边缘附近有较大载荷的边坡；

3 基坑边坡高度超过本标准表4.2.1和表4.2.2范围的基坑边坡。

4.2.5 基坑边坡整体深度可按同一坡率进行放坡，也可根据边坡岩土的变化情况按不同的坡率放坡。

4.2.6 基坑边坡排水系统的设置：在边坡坡顶、坡面、坡脚和水平台阶应设排水沟，并做好坡脚防护；在坡顶外围应设截水沟或止水台；

4.2.7 对于基坑放坡坡面及坡顶一定宽度范围宜采用密目网或土工布覆盖、短钢管（筋）土钉挂网喷浆等措施防护。

4.3 施工与质量检测、验收

4.3.1 基坑边坡开挖应严格按设计放坡坡率自上而下有序进行，并保持两侧边坡的稳定，保证弃土、弃渣的堆填不应导致基坑边坡附加变形或破坏现象发生。

4.3.2 对局部不稳定块体应清除，或采用锚杆和其他有效加固措施。

4.3.3 复核基坑边坡工程周边环境地质条件与放坡设计条件是否相符。

4.3.4 坡率法应检验基坑边坡坡率、坡底标高、坡面平整度等。质量验收标准应符合表 4.3.4 质量检验检测表。

项目	序列	检查项目		允许值或允许值偏差		检查方法
				单位	数值	
主控项目	1	坡率		设计值		目测法或用坡度尺检查；每 20m 抽查 1 处
	2	坡底标高		mm	±100	
一般项目	1	坡面平整度	土坡	mm	±100	3m 直尺测量；每 20m 测 1 处
			岩坡	mm	软岩±200 硬岩±350	
	2	平台宽度	土坡	mm	+200 0	用钢尺量测
			岩坡	mm	软岩+300 硬岩+500	
	3	坡脚线偏位	土坡	mm	+500 -100	经纬仪测量；每 20m 测点不宜少于 2 点
			岩坡	mm	软岩+500 -200	
mm				硬岩+800 -250		

4.4 监测

采用坡率法放坡开挖的基坑监测，监测点的布设、监测内容、监测预警值、特殊阶段的加强监测等详见本技术标准 9 章节基坑监测相关内容。

5 支挡式结构

5.1 一般规定

5.1.1 支挡式结构选型及适用条件应符合本技术标准第 5.3 节规定。

5.1.2 支挡式结构的挡土构件采用排桩时，排桩的桩型及成孔工艺应符合下列要求：

1 应根据土层的性质、地下水条件及基坑周边环境要求等选择混凝土灌注桩、型钢桩、钢管桩、预制桩、钢板桩等桩型；

2 当支护桩施工影响范围内存在对地基变形敏感、结构抗裂性能差的建筑物或地下管线时，不应采用挤土效应严重、易塌孔、易缩径或震动大的桩型和施工工艺；

3 采用挖孔桩且成孔需要降水时，降水引起的地层变形应满足周边建筑物和地下管线正常使用的要求，否则应采取截水措施。采用人工成孔应做好孔内护壁的措施。

5.1.3 基坑支护采用锚拉式结构时，锚杆（索）应符合下列要求：

1 锚拉结构宜采用钢绞线锚杆；承载力要求较低时，也可采用钢筋锚杆；当环境保护不允许在支护结构使用功能完成后锚杆杆体滞留在地层内时，应采用可回收杆体的钢绞线锚杆；

2 在易塌孔的松散或稍密的砂土、碎石土、粉土、填土层，高液性指数的饱和黏性土层，高水压力的各类土层中，钢绞线锚杆、钢筋锚杆宜采用套管护壁成孔工艺；

3 锚杆注浆宜采用二次压力注浆工艺；

4 锚杆锚固段不应设置在未经处理的软弱土层、不稳定土层和不良地质作用地段；

5 在自重湿陷性土中层不宜采用锚杆（索）。如确要使用，在施工工艺及锚索长度构造等方面应能保证其在使用过程中的有效性和耐久性，且宜通过现场试验确定锚杆（索）的适用性。

6 当基坑临近建（构）筑物、地下管线时，应考虑锚杆（索）施工产生的不利影响。

5.2 结构分析

5.2.1 支挡式结构应根据结构的具体形式与受力、变形特性等可采用下列分析方法：

1 锚拉式支挡结构，可将整个结构分解为挡土结构、锚拉结构(锚杆(索)及腰梁、冠梁)分别进行分析；挡土结构宜采用平面杆系结构弹性支点法进行分析；作用在锚拉结构上的荷载应取挡土结构分析时得出的支点力；

2 支撑式支挡结构，可将整个结构分解为挡土结构、内支撑结构分别进行分析；挡土结构宜采用平面杆系结构弹性支点法进行分析；内支撑结构可按平面结构进行分析，挡土结构传至内支撑的荷载应取挡土结构分析时得出的支点力；对挡土结构和内支撑结构分别进行分析时，应考虑其相互之间的变形协调；

3 悬臂式支挡结构、双排桩，宜采用平面杆系结构弹性支点法进行分析；

4 当有可靠经验时，可采用空间结构分析方法对支挡式结构进行整体分析或采用结构与土相互作用的分析方法对支挡式结构与基坑土体进行整体分析。

5.2.2 支挡式结构应对下列设计工况进行结构分析，并按其中最不利作用效应进行支护结构设计：

1 基坑开挖至坑底时的状况；

2 对锚拉式和支撑式支挡结构，基坑开挖至各层锚杆(索)或支撑施工面时的状况；

3 在主体地下结构施工过程中需要以主体结构构件替换支撑或锚杆的状况；此时，主体结构构件应满足替换后各设计工况下的承载力、变形及稳定性要求；

4 对水平内支撑式支挡结构，基坑各边水平荷载不对等的各种状况。

5.2.3 采用平面杆系结构弹性支点法时，宜采用图 5.2.3 所示的结构分析模型，主动土压力强度标准值、分布土反力、水平反力系数、作用在挡土结构（单根支护桩或单幅地下连续墙）上的主动土压力及土反力计算宽度、锚杆（索）和内支撑对挡土结构的作用力、弹性支点刚度系数（锚拉式支挡结构、内撑式支挡结构）应按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定确定。

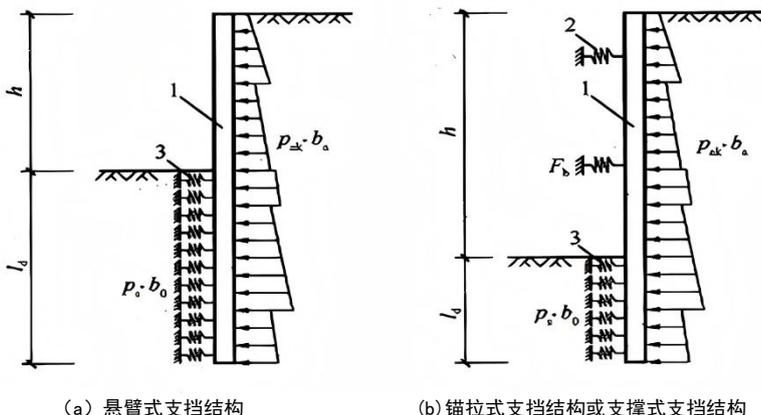


图 5.2.3 弹性支点法计算

1—挡土结构；2—由锚杆或支撑简化而成的弹性支座；3—计算土反力的弹性支座

5.2.4 双排桩结构可采用图 5.2.4 (a)、(b) 所示的平面刚架结构模型进行计算，作用在后排桩上的主动土压力、前排桩嵌固段上的土反力、作用在单根后排支护桩上的主动土压力计算宽度和土反力计算宽度、双排桩桩间土对桩侧的压力、双排桩桩间土水平刚度系数、双排桩桩间土对桩侧初始水平压力应符合现行行业

标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 的有关规定。

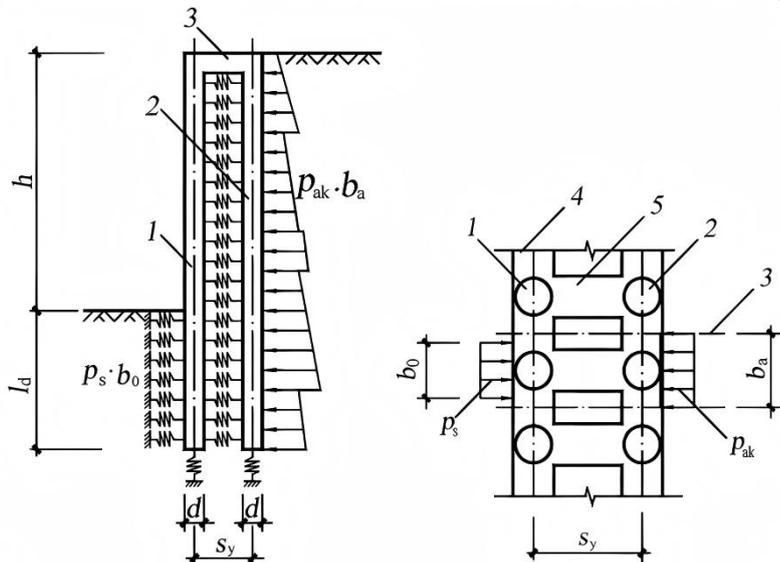


图 5.2.4 (a) 双排桩计算图

(b) 双排桩桩顶连梁及计算宽度

1—前排桩；2—后排桩；3—刚架梁

1—前排桩；2—后排桩；

3—排桩对称中心线；4—桩顶冠梁；5—刚架梁

5.2.5 按第 5.2.1 条～第 5.2.4 条计算时，水平荷载按本技术标准第 3.4 节的有关规定确定；计算的每个工况下挡土构件嵌固段上的水平土反力合力，不应大于按本技术标准第 3.4 节计算的该工况时嵌固段的被动土压力合力，否则应调整嵌固深度重新计算。

5.3 稳定性验算

5.3.1 悬臂式支挡结构的嵌固深度 (l_d) 应符合下式嵌固稳定性要求：

1 计算公式：

$$\frac{E_{pk} a_{pl}}{E_{ak} a_{al}} \geq K_e \quad (5.3.1)$$

式中：

K_e ——嵌固稳定安全系数；安全等级为一级、二级、三级时， K_e 分别取1.25、1.2、1.15；

E_{ak} 、 E_{pk} ——基坑外侧主动土压力、基坑内侧被动土压力标准值(kN)；

a_{al} 、 a_{pl} ——基坑外侧主动土压力、基坑内侧被动土压力合力作用点至挡土构件底端的距离(m)。

2 计算简图：

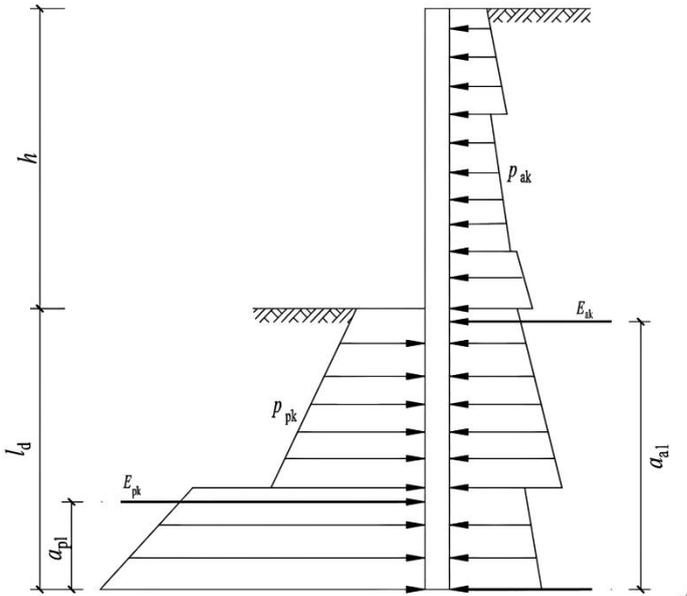


图 5.3.1 悬臂式结构嵌固端稳定性验算

5.3.2 单层锚杆和单层支撑的支挡式结构的嵌固深度 (l_d) 应符合下式嵌固稳定性要求：

1 计算公式:

$$\frac{E_{pk} a_{p2}}{E_{ak} a_{a2}} \geq K_e \quad (5.3.2)$$

式中:

K_e ——嵌固稳定安全系数; 安全等级为一级、二级、三级时, K_e 分别取1.25、1.2、1.15;

a_{a2} 、 a_{p2} ——基坑外侧主动土压力、基坑内侧被动土压力合力作用点至支点的距离 (m)。

2 计算简图:

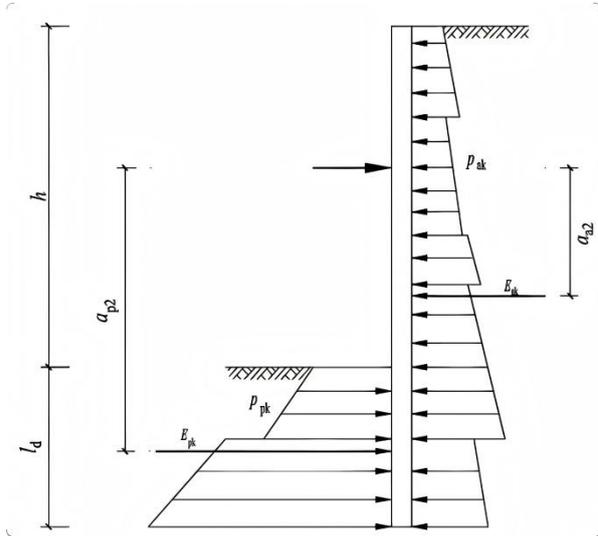


图5.3.2 单支点锚拉式支挡结构和支撑式支挡结构 嵌固稳定性验算

5.3.3 双排桩结构的嵌固深度 (l_d) 应符合下式嵌固稳定性要求:

1 计算公式:

$$\frac{E_{pk} a_p + G a_G}{E_{ak} a_a} \geq K_e \quad (5.3.3)$$

式中：

E_{ak} 、 E_{pk} ——基坑外侧主动土压力、基坑内侧被动土压力标准值(kN)；

K_e ——嵌固稳定安全系数；安全等级为一级、二级、三级时， K_e 分别取1.25、1.2、1.15；

a_a 、 a_p ——分别为基坑外侧主动土压力、基坑内侧被动土压力的合力作用点至双排桩底端的距离(m)；

G ——双排桩、桩顶连梁和桩间土的自重之和(kN)；

a_G ——双排桩、桩顶连梁和桩间土的合力重心至前排桩边缘的水平距离(m)。

2 计算简图：

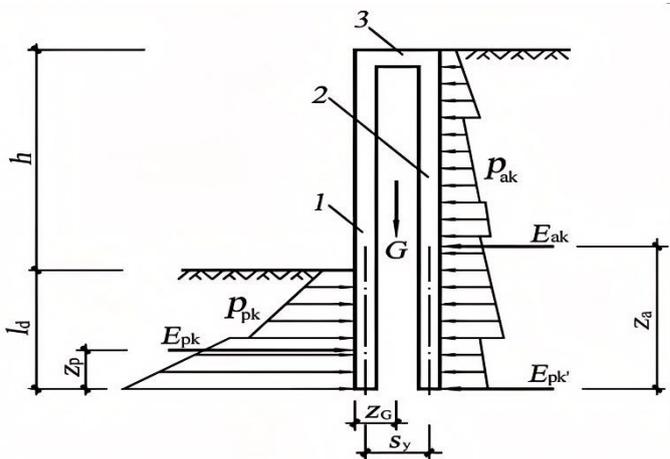


图 5.3.3 双排桩抗倾覆稳定性验算

1—前排桩；2—后排桩；3—刚架梁

5.3.4 锚拉式、悬臂式支挡结构和双排桩应按下列规定进行整体滑动稳定性验算：

- 1 整体滑动稳定性可采用圆弧滑动条分法进行验算；
- 2 圆弧滑动条分法整体滑动稳定性应符合下列规定：

$$\min \{ K_{s,1}, K_{s,2}, \dots, K_{s,i}, \dots \} \geq K_s \quad (5.3.4-1)$$

$$K_{s,i} = \frac{\sum \{c_j l_j + [(q_j b_j + \Delta G_j) \cos \theta_j - u_j l_j] \tan \phi_j\} + \sum R_{K,k} [\cos(\theta_k + \alpha_k) + \psi_i]}{\sum (q_j b_j + \Delta G_j) \sin \theta_j} / s_{x,k} \quad (5.3.4-2)$$

式中：

K_s ——圆弧滑动稳定安全系数；安全等级为一级、二级、三级时， K_s 分别取 1.35、1.3、1.25；

$K_{s,i}$ ——第 i 个圆弧滑动体的抗滑力矩与滑动力矩的比值；抗滑力矩与滑动力矩之比的最小值宜通过搜索不同圆心及半径的所有潜在滑动圆弧确定；

c_j 、 ϕ_j ——第 j 土条滑弧面处土的粘聚力 (kPa)、内摩擦角 ($^\circ$)，按技术标准第 5.2.5 条的规定取值；

l_j ——第 j 土条的滑弧长度 (m)，取 $l_j = b_j / \cos \theta_j$ ；

q_j ——第 j 土条上的附加分布荷载标准值 (kPa)；

b_j ——第 j 土条的宽度 (m)；

ΔG_j ——第 j 土条的自重 (kN)，按天然重度计算；

θ_j ——第 j 土条滑弧面中点处的法线与垂直面的夹角 ($^\circ$)；

u_j ——第 j 土条滑弧面上的水压力 (kPa)；采用落底式截水帷幕时，对地下水位以下的砂土、碎石土、砂质粉土，在基坑外侧，可取 $u_j = \gamma_w h_{wp,j}$ ，在基坑内侧，可取 $u_j = \gamma_w h_{wp,j}$ ；滑弧面在地下水位以上或对地下水位以下的黏性土，取 $u_j = 0$ ；

γ_w ——地下水重度 (kN/m^3)；

$h_{wa,j}$ ——基坑外侧第 j 土条滑弧面中点的压力水头 (m)；

$h_{wp,j}$ ——基坑内侧第 j 土条滑弧面中点的压力水头 (m)；

$R'_{K,k}$ ——第 k 层锚杆在滑动面以外的锚固段的极限抗拔承载力标准值与锚杆杆体受拉承载力标准值 ($f_{pk} A_p$) 的较小值 (kN)；锚固段的极限抗拔承载力应按本技术标准第 5.6.4 条的规定

计算，但锚固段应取滑动面以外的长度；对悬臂式、双排桩支挡结构，不考虑 $\sum R'_{K,k} [\cos(\theta_k + \alpha_k) + \psi_V] / s_{x,k}$ 项；

θ_k ——滑弧面在第k层锚杆处的法线与垂直面的夹角（°）；

α_k ——第k层锚杆的倾角（°）；

ψ_V ——计算系数；可按 $\psi_V = 0.5 \sin(\theta_k + \alpha_k) \tan \varphi$ 取值；

$s_{x,k}$ ——第k层锚杆的水平间距（m）；

φ ——第k层锚杆与滑弧交点处土的内摩擦角（°）。

3 当挡土构件底端以下存在相对软弱的土层时，整体稳定性验算滑动面中应包括由圆弧与软弱土层层面组成的复合滑动面。

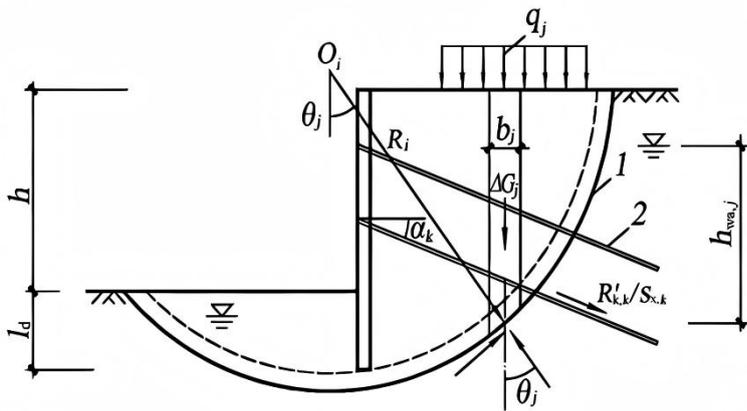


图 5.3.4 圆弧滑动条分法整体稳定性验算

1—任意圆弧滑动面；2—锚杆

5.3.5 支挡式结构的嵌固深度应符合下列坑底隆起稳定性要求：

1 锚拉式支挡结构和支撑式支挡结构的嵌固深度应符合下列规定：

1) 计算公式：

$$\frac{\gamma_{m2} l_d N_q + c N_c}{\gamma_{m1} (h + l_d) + q_0} \geq K_b \quad (5.3.5-1)$$

$$N_q = \tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2}) e^{\pi \tan \phi} \quad (5.3.5-2)$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \phi \quad (5.3.5-3)$$

式中：

K_b ——隆起稳定安全系数；安全等级为一级、二级、三级时， K_b 分别取1.8、1.6、1.4；

γ_{m1} 、 γ_{m2} ——基坑外、基坑内挡土构件底面以上土的天然重度（ kN/m^3 ）；对多层土，取各层土按厚度加权的平均重度；

l_d ——挡土构件的嵌固深度（ m ）；

h ——基坑深度（ m ）；

c 、 ϕ ——挡土构件底面以下土的黏聚力（ kPa ）、内摩擦角（ $^\circ$ ），按本技术标准第3.2.5条的规定取值。

N_c 、 N_q ——承载力系数；

q_0 ——地面均布荷载（ kPa ）；

2) 计算简图：

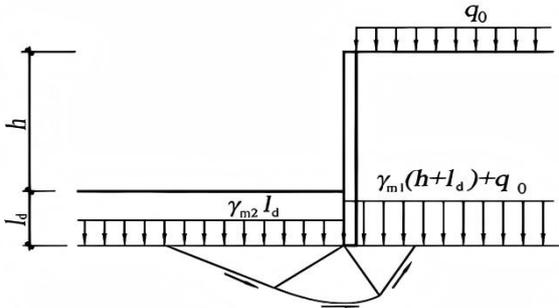


图 5.3.5-1 挡土构件底端平面下土的隆起稳定性验算

2 当挡土构件底面以下有软弱土层时，坑底隆起稳定性的验算部位尚应包括软弱土层。软弱土层的隆起稳定性可按公式（5.3.5-1）验算，但式中的 γ_{m1} 、 γ_{m2} 应取软弱土层顶面以上土

的重度（图 5.3.5-2）， l_d 应以 D 代替， D 为基坑地面至软弱下卧层顶面的土层厚度（m）。

3 悬臂式支挡结构可不进行隆起稳定性验算。

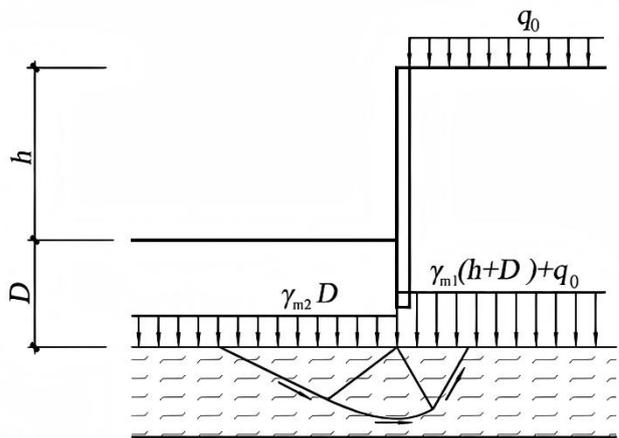


图 5.3.5-2 软弱下卧层的隆起稳定性验算

5.3.6 锚拉式支挡结构和支撑式支挡结构，当坑底以下为软土时，其嵌固深度应符合下列以下层支点为轴心的圆弧滑动稳定性要求（图 5.3.6）。

1 计算公式：

$$\frac{\sum [c_j l_j + (q_j b_j + \Delta G_j) \cos \theta_j \tan \phi_j]}{\sum (q_j b_j + \Delta G_j) \sin \theta_j} \geq K_r \quad (5.3.6)$$

式中：

K_r ——以最下层支点为轴心的圆弧滑动稳定安全系数；安全等级为一级、二级、三级的支挡式结构， K_r 分别不应小于 2.2、1.9、1.7；

c_j 、 ϕ_j ——分别为第 j 土条在滑弧面处土的黏聚力（kPa）、内摩擦角（°），按本标准第 3.1.14 条的规定取值；

$$l_d \geq \alpha \gamma_0 h \quad (5.3.8)$$

式中:

α ——土、岩层系数,可按表5.3.8排桩嵌固深度设计土、岩层系数确定;

h ——基坑开挖深度。

表 5.3.8 排桩嵌固深度设计土、岩层系数

支护型式 嵌固段岩性	悬臂排桩	单支点排桩
强风化软质岩,硬塑~坚硬土层	0.7~0.8	不小于 0.3
中风化软质岩、稍密~中密碎石土	0.6~0.7	
强风化硬质岩、密实~很密碎石土	0.5~0.6	不小于 0.2
中风化硬质岩、胶结状碎石土	0.4~0.5	
微风化岩	0.3~0.4	

2 流塑土、软塑土、淤泥质土、淤泥、松散填土等嵌固深度应通过计算确定。

3 多支点支挡式结构,不宜小于 0.2h;

4 双排桩结构,对淤泥质土,不宜小于 1.0h;对淤泥,不宜小于 1.2h;对一般黏性土、砂土,不宜小于 0.6h。

5.4 截面承载力计算

5.4.1 进行支挡式结构的截面设计时,截面弯矩设计值 M 、剪力设计值 V 、轴力设计值 N 应按下列公式计算:

$$M = \gamma_F \gamma_0 M_K \quad (5.4.1-1)$$

$$V = \gamma_F \gamma_0 V_K \quad (5.4.1-2)$$

$$N = \gamma_F \gamma_0 N_K \quad (5.4.1-3)$$

式中:

γ_F ——综合分项系数;

γ_0 ——结构构件重要性系数；

M_K ——截面弯矩标准值（kN·m）；

V_K ——截面剪力标准值（kN）；

N_K ——截面轴力标准值（kN）。

5.4.2 挡土构件的截面承载力应按下列规定计算：

1 圆形截面混凝土支护桩，其正截面受弯承载力可按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 的规定计算，斜截面承载力可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定计算；；

2 圆形截面支护桩的斜截面承载力，可用截面宽度为 $1.76r$ 和截面有效高度为 $1.6r$ 的矩形截面代替圆形截面（注： r 为圆形截面半径），按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 对矩形截面斜截面承载力的规定进行计算，但其剪力设计值应按本技术标准第 5.4.1 条确定，计算所得的箍筋截面面积应作为支护桩圆形箍筋的截面面积；

3 地下连续墙或矩形截面支护桩的正截面受弯承载力和斜截面受剪承载力，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定进行计算，但其弯矩设计值和剪力设计值应按本技术标准第 5.4.1 条确定。

4 预制管桩截面承载能力应符合现行行业标准《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T406 的有关规定。其他预制空心或实心矩形桩截面承载能力应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定进行计算；

5 当预制桩接桩需达到等强要求且无工程经验或试验数据时，接桩部位承载力应通过试验验证确定；当采用焊接连接时，接桩部位承载力应按现行行业标准《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T406 的相关规定计算确定；

6 其它材料、形状的挡土构件，其截面承载力计算应按相应的现行国家规范的有关规定执行。

5.4.3 型钢、钢管、钢板支护桩的受弯、受剪承载力应按现行国

家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定进行计算，但其弯矩设计值和剪力设计值应按本技术标准第 5.4.1 条确定。

5.5 支挡结构设计及构造要求

I 单排桩

5.5.1 采用混凝土灌注桩时，对悬臂式排桩，支护桩的桩径宜大于或等于 800mm；对锚拉式排桩或支撑式排桩，支护桩的桩径宜大于或等于 600mm。钢筋混凝土排桩间距应根据排桩受力及桩间土稳定条件确定，排桩间距宜取 $1.5d \sim 3.0d$ （ d 为桩径），桩径大时宜取大值，反之宜取小值；黏性土宜取大值，砂土宜取小值。基坑土体为密实碎石土时，排桩间距不应大于 $3.0d$ ；岩质基坑，基坑岩体基本质量等级为 III~IV 类时，排桩间距可取至 $3.0d$ 。

5.5.2 采用混凝土灌注桩时，支护桩的桩身混凝土强度等级、钢筋配置和混凝土保护层厚度应符合下列规定：

1 桩身混凝土强度等级干作业不宜低于 C25，水下作业不宜低于 C30；

2 纵向受力钢筋宜选用 HRB400、HRB500 钢筋，单桩的纵向受力钢筋不宜少于 8 根，其净间距不应小于 60mm；

3 箍筋可采用螺旋式箍筋；箍筋直径不应小于纵向受力钢筋最大直径的 $1/4$ ，且不应小于 6mm；箍筋间距宜取 100mm~200mm；

4 沿桩身配置的加强箍筋应满足钢筋笼起吊安装要求，宜选用 HPB300、HRB400 钢筋，其间距宜取 1000mm~2000mm；

5 纵向受力钢筋的保护层厚度不应小于 35mm；采用水下灌注混凝土工艺时，不应小于 50mm；

6 当采用沿截面周边非均匀配置纵向钢筋时，受压区的纵向钢筋根数不应少于 5 根；当施工方法不能保证钢筋的方向时，不应采用沿截面周边非均匀配置纵向钢筋的形式；

7 当沿桩身分段配置纵向受力主筋时，纵向受力钢筋的搭接应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的相关规定。

5.5.3 排桩采用素混凝土（或水泥土）桩与钢筋混凝土桩间隔布

置的钻孔咬合桩形式时，支护桩的桩径可取 800mm~1500mm，相邻桩咬合长度不宜小于 200mm。素混凝土桩应采用强度等级不低于 C20 的超缓凝混凝土，其初凝时间宜控制在 40h~70h 之间，水下灌注时坍落度宜取 160mm~200mm，干孔灌注时宜取 100mm~140mm，且混凝土的 3d 强度不宜大于 3MPa。

5.5.4 预制混凝土桩支护结构的构造要求应符合下列规定：

- 1 预制桩桩身混凝土强度等级不宜低于 C60；
- 2 桩身纵向钢筋宜采用预应力钢筋和非预应力钢筋混合配筋；
- 3 预应力纵向钢筋宜采用预应力混凝土用钢棒，其质量应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢棒》GB/T 5223.3 的相关规定；
- 4 非预应力纵向钢筋宜采用热轧带肋钢筋，其质量应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 的相关规定；
- 5 预制桩桩身与腰梁不宜采用钻孔植筋的形式连接；
- 6 当采用多节预制桩时，接桩位置不宜设在计算弯矩或剪力大的位置；
- 7 预制混凝土桩嵌入冠梁长度不应小于 100mm；
- 8 空心预制桩宜采用填芯钢筋笼形式与冠梁连接，填芯混凝土强度等级不应低于 C35，填芯长度应满足设计要求，且不宜小于 1500mm；
- 9 实心预制桩宜采用桩顶端板焊接锚固筋或桩顶预埋套筒后设锚固筋的形式与冠梁连接；
- 10 当支护结构有止水要求时，预制混凝土桩宜采用搅拌桩或等厚度水泥土搅拌墙内植桩、墙背高压旋喷等方式止水。

5.5.5 排桩桩间土应采取防护措施，并应符合下列要求：

- 1 桩间土防护措施宜采用内置钢筋网的喷射混凝土面层。排桩间距不大于 2.0d 且桩间土稳定性好时，可采用内置直径不宜小于 3mm 的钢丝网喷射水泥砂浆面层。喷射面层的厚度不宜小于 50mm，混凝土强度等级不应低于 C20，水泥砂浆强度等级不应低于 M10，面层内配置的钢筋网（或钢丝网）的纵横向间距不宜大于 200mm。钢筋网（或钢丝网）宜采用横向拉筋与两侧桩体连接，拉

筋直径不宜小于 12 mm，拉筋与桩体可采用植筋或膨胀螺栓连接，锚固在桩内的长度不宜小于 100mm。钢筋网（或钢丝网）宜采用桩间土内打入直径不小于 12mm 的钢筋钉固定，钢筋钉打入桩间土中的长度不宜小于排桩净间距的 1.5 倍且不应小于 500mm。

2 当采用装配式面层（板）时，其主要性能应符合《绿色装配式边坡防护技术规程》T/CECS812 相关要求；面层的锚固构件、连接构件与紧固构件的技术参数和构件型号应满足设计要求及《绿色装配式边坡防护技术规程》T/CECS812 相关要求。

5.5.6 当存在地下水且不设截水帷幕时，应在含水层部位的基坑侧壁设置泄水孔，泄水孔应采取防止土颗粒流失的反滤措施。

II 双排桩

5.5.7 双排桩排距宜取 $2d\sim 5d$ 。刚架梁的宽度不应小于 $1d$ ，高度不宜小于 $0.8d$ ，刚架梁高度与双排桩排距的比值宜取 $1/6\sim 1/3$ 。

5.5.8 双排桩应按偏心受压、偏心受拉构件进行截面承载力计算，刚架梁应根据其跨高比按普通受弯构件或深受弯构件进行截面承载力计算。双排桩结构的截面承载力和构造应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定。

5.5.9 双排桩与刚架梁节点处，受拉钢筋的搭接长度不应小于受拉钢筋的锚固长度的 1.5 倍。其节点构造尚应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 对框架顶层端节点的有关规定。

III 地下连续墙设计

5.5.10 当基坑深度较大、基坑周边环境复杂对支护结构位移要求严格或严格控制地下水，需采用地下连续墙作为支挡结构时，地下连续墙设计应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定。

IV 冠梁

5.5.11 排桩冠梁应符合下列规定：

1 排桩顶部应设钢筋混凝土冠梁与桩身连接，冠梁的宽度不宜小于桩径，高度不宜小于桩径的 0.6 倍，且不应小于 400mm。

2 冠梁仅按构造设置时，排桩受力主筋锚入冠梁的长度宜取冠梁厚度。冠梁按结构受力构件设置时，排桩受力主筋在冠梁内的锚固要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010对钢筋锚固的有关规定。当不能满足锚固长度的要求时，其钢筋末端可采取机械锚固措施；

3 冠梁按构造设置时，可按构造配筋；支护结构计算中冠梁作为受力构件时，应按实际受力情况配筋，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的有关规定；

4 冠梁的主筋应位于排桩受力主筋的外侧。

5.5.12 在有主体建筑地下管线的部位，排桩顶部冠梁宜低于地下管线。

5.5.13 地下连续墙墙顶应设置混凝土冠梁。冠梁宽度不宜小于墙厚，高度不宜小于墙厚的0.6倍。冠梁钢筋应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010对梁的构造配筋要求。冠梁用作支撑或锚杆的传力构件或按空间结构设计时，尚应接受力构件进行截面设计。

5.6 锚杆（索）设计及构造要求

I 锚杆（索）设计

5.6.1 确定锚杆（索）杆体截面面积时，锚杆（索）轴向拉力设计值 N 应按式5.4.1-3计算。

5.6.2 锚杆（索）的极限抗拔承载力应符合下式规定：

$$\frac{R_K}{N_K} \geq K_t \quad (5.6.2)$$

式中：

K_t ——锚杆（索）抗拔安全系数；安全侧壁等级为一级、二级、三级时， K_t 分别取1.8、1.6、1.4；

R_K ——锚杆（索）极限抗拔承载力标准值（kN）；

N_K ——锚杆（索）轴向拉力标准值（kN）。

5.6.3 锚杆（索）的轴向拉力标准值应按下式计算：

$$N_K = \frac{F_h s}{b_a \cos \alpha} \quad (5.6.3)$$

式中:

N_K ——锚杆(索)轴向拉力标准值(kN);

F_h ——挡土构件计算宽度内的弹性支点水平反力(kN);

s ——锚杆(索)水平间距(m);

b_a ——挡土结构计算宽度(m);

α ——锚杆(索)倾角($^\circ$)。

5.6.4 锚杆(索)极限抗拔承载力应按下列规定确定:

1 锚杆(索)极限抗拔承载力应通过抗拔试验确定, 试验方法应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120的规定。

2 锚杆(索)极限抗拔承载力标准值可按式估算, 并按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120的有关规定进行锚杆(索)验收试验。

$$R_K = \pi d \sum q_{sk,i} l \quad (5.6.4)$$

式中:

d ——锚杆(索)的锚固体直径(m);

l_i ——锚杆(索)的锚固段在第*i*土层中的长度(m); 锚固段长度为锚杆(索)在理论直线滑动面以外的长度, 理论直线滑动面按本技术标准第5.6.5条的规定确定;

$q_{sk,i}$ ——锚固体与第*i*土层之间的极限粘结强度标准值(kPa), 应根据工程经验并结合表5.6.4取值。

表 5.6.4 岩土体与锚固体极限粘结强度标准值(q_{sk})

岩(土)的名称	岩(土)状态或密实度	一次常压注浆 q_{sk} (kPa)	二次压力注浆 q_{sk} (kPa)
填土	稍密-中密	16~20	20~35
黏性土	$I_L > 1$	18~30	25~45
	$0.75 < I_L \leq 1$	30~40	45~60
	$0.50 < I_L \leq 0.75$	40~53	60~70
	$0.25 < I_L \leq 0.50$	53~65	70~85

	$0.0 < I_L \leq 0.25$	65~73	85~100
	$I_L \leq 0$	73~90	100~130
粉土	$e > 0.90$	22~44	40~60
	$0.75 < e \leq 0.90$	44~64	60~90
	$e \leq 0.75$	64~100	80~130
粉砂、细砂	稍密	22~42	40~70
	中密	42~63	75~110
	密实	63~85	90~130
中砂	稍密	54~74	70~100
	中密	74~90	100~130
	密实	90~120	130~170
粗砂	稍密	80~130	100~140
	中密	130~170	170~220
	密实	170~220	220~250
砾砂	稍密	100~140	140~190
	中密	140~190	190~240
	密实	190~260	240~290
碎石土	稍密	120~160	160~210
	中密	160~220	210~260
	密实	220~300	260~320
岩石	全风化	60~100	90~150
	强风化	150~200	200~280
	中风化	200~400	300~500
	微风化	400~600	500~700

- 注：1. 采用泥浆护壁成孔工艺时，应按表取低值后再根据具体情况适当折减；
2. 采用套管护壁成孔工艺时，可取表中的高值；
3. 采用扩孔工艺时，可在表中数值基础上适当提高；
4. 采用二次压力分段劈裂注浆工艺时，可在表中二次压力注浆数值基础上适当提高；
5. 当砂土中的细粒含量超过总质量的30%时，表中数值应乘以0.75；
6. 对有机质含量为5%~10%的有机质土，应按表取值后适当折减；
7. 对黄土状粉土可参照表中粉土第一档，取低值后再根据具体情况适当折减；
8. 对于软质岩石表中数值宜取低值，硬质岩石宜取高值；
9. 当锚杆（索）锚固段长度大于16m时，应对表中数值适当折减；
10. 适用于注浆体强度等级不小于20MPa；
11. 以上为初步设计时参考使用，基坑侧壁安全等级为一级时，最终应以试验结果为准。

3 当锚杆（索）锚固段主要位于黏土层、淤泥质土层、填土层时，应考虑蠕变对锚杆预应力损失的影响，并应根据蠕变试验确定锚杆的极限抗拔承载力，试验方法应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 的规定。

5.6.5 锚杆(索)的非锚固段长度应按式(5.6.5)确定，且不应小于 5.0m。

1 计算公式：

$$l_i \geq \frac{(a_1 + a_2 - d \tan \alpha) \sin(45^\circ - \frac{\phi_m}{2})}{\sin(45^\circ + \frac{\phi_m}{2} + \alpha)} + \frac{d}{\cos \alpha} + 1.5 \quad (5.6.5)$$

式中：

l_i ——锚杆（索）非锚固段长度（m）；

a_1 ——锚杆（索）的锚头中点至基坑底面的距离（m）；

a_2 ——基坑底面至基坑外侧主动土压力强度与基坑内侧被动土压力强度等值点O的距离（m）；

d ——挡土构件的水平尺寸（m）；

α ——锚杆（索）倾角（°）；

ϕ_m ——O点以上各土层按厚度加权的等效内摩擦角（°）。

2 计算简图：

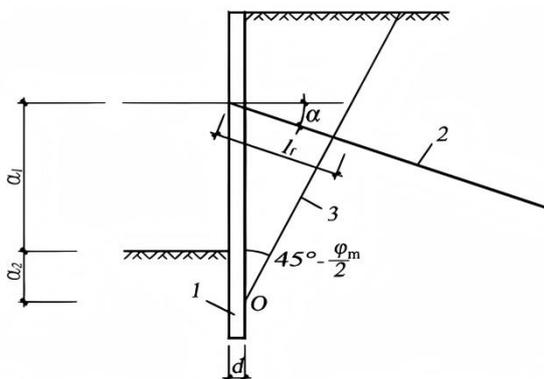


图 5.6.5 锚杆非锚固段长度计算

1—挡土构件；2—锚杆（索）；3—理论直线滑动面

5.6.6 锚杆（索）杆体的受拉承载力应符合下式规定：

$$N \leq f_{py} A_p \quad (5.6.6)$$

式中：

N —— 锚杆（索）轴向拉力设计值（kN）；

f_{py} —— 普通钢筋、预应力钢筋抗拉强度设计值（kN/m²）；

A_p —— 锚杆（索）杆体的普通钢筋、预应力钢筋截面面积（m²）。

5.6.7 锚杆（索）锁定值应根据支护结构变形要求及锚固段地层条件确定，宜取锚杆（索）轴向拉力标准值的(0.75~0.9)倍，且应与支护结构计算时的锚杆预加轴向拉力值一致。

5.6.8 锚杆（索）腰梁的内力应按受弯构件设计，当锚杆（索）锚固在混凝土冠梁上时，冠梁应按受弯构件设计。其内力应根据实际约束条件按连续梁或简支梁计算，计算腰梁内力时，腰梁的荷载应取结构分析时得出的支点力设计值，腰梁正截面、斜截面承载力计算应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017 或《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定。

5.6.9 采用楔形钢垫块时，楔形钢垫块与挡土构件、腰梁的连接应满足受压稳定性和锚杆垂直分力作用下的受剪承载力要求。采用楔形现浇混凝土垫块时，混凝土垫块应满足抗压强度和锚杆垂直分力作用下的受剪承载力要求，且其强度等级不宜低于 C25。

II 构造要求

5.6.10 锚杆（索）的布置应符合下列规定：

1 锚杆（索）的水平间距不宜小于 1.5m；对多层锚杆（索），其竖向间距不宜小于 2.0m；当锚杆的间距小于 1.5m 时，应根据群锚效应对锚杆抗拔承载力进行折减或改变相邻锚杆的倾角；

2 锚杆（索）锚固段的上覆土层厚度不宜小于 4.0m；

3 锚杆（索）倾角宜取 15°~25°，不应大于 45°，不应小于 10°；锚杆的锚固段宜设置在强度较高的土层内；

4 当锚杆（索）上方存在天然地基的建筑物或地下构筑物时，宜避开易塌孔、变形的土层。

5.6.11 锚杆（索）的构造应符合下列规定：

- 1 锚杆（索）成孔直径宜取 100mm~150mm；
- 2 锚杆（索）自由段的长度不应小于 5.0m，且应穿过潜在滑动面并进入稳定土层不小于 1.5m；钢绞线、钢筋杆体在自由段应设置隔离套管；
- 3 土层中的锚杆（索）锚固段长度不宜小于 6.0m；
- 4 锚杆（索）杆体的外露长度应满足腰梁、台座尺寸及张拉锁定的要求；
- 5 锚杆（索）杆体采用钢绞线应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T5224 的有关规定；
- 6 锚杆（索）杆体采用钢筋宜选用预应力螺纹钢筋、HRB400、HRB500 螺纹钢筋；
- 7 应沿锚杆（索）杆体全长设置定位支架；定位支架应能使相邻定位支架中点处锚杆（索）杆体的注浆固结体保护层厚度不小于 10mm，定位支架的间距宜根据锚杆（索）杆体的组装刚度确定，对自由段宜取 1.5m~2.0m；对锚固段宜取 1.0m~1.5m；定位支架应能使各根钢绞线相互分离；
- 8 锚具应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的规定；

5.6.12 锚杆（索）注浆体应符合下列要求：

- 1 注浆体宜采用水泥浆或水泥砂浆，其试块抗压强度标准值不宜低于 20MPa；
- 2 注浆宜采用二次压力注浆工艺。

5.6.13 锚杆（索）腰梁应符合下列要求：

- 1 当腰梁采用型钢组合梁时，可选用双槽钢或双工字钢，两型钢之间应用缀板连接，连接焊缝应采用贴角焊；两型钢之间的净间距应满足锚杆（索）杆体平直穿过的要求；
- 2 型钢组合腰梁应满足在锚杆（索）集中荷载作用下的局部受压稳定与受扭稳定的要求，当需要增加局部受压和受扭稳定性时，可在型钢翼缘端口处设置加劲肋板。

3 混凝土腰梁、冠梁宜采用斜面与锚杆（索）轴线垂直的梯形截面；腰梁、冠梁的混凝土强度等级不应低于 C25。采用梯形截面时，截面的上边水平尺寸不宜小于 250mm。

5.7 内支撑结构设计及构造要求

I 内支撑结构设计

5.7.1 内支撑结构可选用钢支撑、混凝土支撑、钢与混凝土的混合支撑。

5.7.2 内支撑结构选型应符合下列原则：

- 1 宜采用受力明确、连接可靠、施工方便的结构形式；
- 2 宜采用对称平衡性、整体性强的结构形式；
- 3 应与主体地下结构的结构形式、施工顺序协调，应便于主体结构施工；
- 4 应利于基坑土方开挖和运输；
- 5 需要时，可考虑内支撑结构作为施工平台。

5.7.3 内支撑结构应综合考虑基坑平面形状及尺寸、开挖深度、周边环境条件、主体结构形式等因素，选用有立柱或无立柱的下列内支撑形式：

- 1 水平对撑或斜撑，可采用单杆、桁架、八字形支撑；
- 2 正交或斜交的平面杆系支撑；
- 3 环形杆系或环形板系支撑；
- 4 竖向斜撑。

5.7.4 内支撑结构宜采用超静定结构。对个别次要构件失效会引起结构整体破坏的部位宜设置冗余约束。内支撑结构的设计应考虑地质和环境条件的复杂性、基坑开挖步序的偶然变化的影响。

5.7.5 内支撑结构分析应符合下列原则：

- 1 水平对撑与水平斜撑，应按偏心受压构件进行计算；支撑的轴向压力应取支撑间距内挡土构件的支点力之和；腰梁或冠梁应按以支撑为支座的多跨连续梁计算，计算跨度可取相邻支撑点的中心距；

2 矩形基坑的正交平面杆系支撑，可分解为纵横两个方向的结构单元，并分别按偏心受压构件 进行计算；

3 平面杆系支撑、环形杆系支撑，可按平面杆系结构采用平面有限元法进行计算；计算时应考虑基坑不同方向上的荷载不均匀性；建立的计算模型中，约束支座的设置应与支护结构实际位移状态相符，内支撑结构边界向基坑外位移处应设置弹性约束支座，向基坑内位移处不应设置支座，与边界平行方向应根据支护结构实际位移状态设置支座；

4 内支撑结构应进行竖向荷载作用下的结构分析；设有立柱时，在竖向荷载作用下内支撑结构宜按空间框架计算，当作用在内支撑结构上的竖向荷载较小时，内支撑结构的水平构件可按连续梁计算，计算跨度可取相邻立柱的中心距；

5 竖向斜撑应按偏心受压杆件进行计算；

6 当有可靠经验时，宜采用三维结构分析方法，对支撑、腰梁与冠梁、挡土构件进行整体分析。

5.7.6 内支撑结构分析时，应同时考虑下列作用：

1 由挡土构件传至内支撑结构的水平荷载；

2 支撑结构自重；当支撑作为施工平台时，尚应考虑施工荷载；

3 当温度改变引起的支撑结构内力不可忽略不计时，应考虑温度应力；

4 当支撑立柱下沉或隆起量较大时，应考虑支撑立柱与挡土构件之间差异沉降产生的作用。

5.7.7 混凝土支撑构件及其连接的受压、受弯、受剪承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定；钢支撑结构构件及其连接的受压、受弯、受剪承载力及各类稳定性计算应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017 的规定。支撑的承载力计算应考虑施工偏心误差的影响，偏心距取值不宜小于支撑计算长度的 1/1000，且对混凝土支撑不宜小于 20mm，对钢支撑不宜小于 40mm。

5.7.8 支撑构件的受压计算长度应按下列规定确定：

1 水平支撑在竖向平面内的受压计算长度，不设置立柱时，应取支撑的实际长度；设置立柱时，应取相邻立柱的中心间距；

2 水平支撑在水平平面内的受压计算长度，对无水平支撑杆件交汇的支撑，应取支撑的实际长度；对有水平支撑杆件交汇的支撑，应取与支撑相交的相邻水平支撑杆件的中心间距；当水平支撑杆件的交汇点不在同一水平面内时，水平平面内的受压计算长度宜取与支撑相交的相邻水平支撑杆件中心间距的 1.5 倍；

3 对竖向斜撑，应按本条第 1、2 款的规定确定受压计算长度。

5.7.9 预加轴向压力的支撑，预加力值宜取支撑轴向压力标准值的 (0.5~0.8) 倍，且应与支护结构计算时的支撑预加轴向压力一致。

5.7.10 立柱的受压承载力可按下列规定计算：

1 在竖向荷载作用下，内支撑结构按框架计算时，立柱应按偏心受压构件计算；内支撑结构的水平构件按连续梁计算时，立柱可按轴心受压构件计算；

2 立柱的受压计算长度应按下列规定确定：

1) 单层支撑的立柱、多层支撑底层立柱的受压计算长度应取底层支撑至基坑底面的净高度与立柱直径或边长的 5 倍之和；

2) 相邻两层水平支撑间的立柱受压计算长度应取此两层水平支撑的中心间距；

3 柱的基础应满足抗压和抗拔的要求。

5.7.11 内支撑的平面布置应符合下列规定：

1 内支撑的布置应满足主体结构的施工要求，宜避开地下主体结构的墙、柱；

2 相邻支撑的水平间距应满足土方开挖的施工要求；采用机械挖土时，应满足挖土机械作业的空间要求，且不宜小于 4.0m；

3 基坑形状有阳角时，阳角处的支撑应在两边同时设置；

4 当采用环形支撑时，环梁宜采用圆形、椭圆形等封闭曲线形式，并按使环梁弯矩、剪力最小的原则布置辐射支撑；环形支撑宜采用与腰梁或冠梁相切的布置形式；

5 水平支撑与挡土构件之间应设置连接腰梁；当支撑设置在挡土构件顶部时，水平支撑应与冠梁连接；在腰梁或冠梁上支撑点的间距，对钢腰梁不宜大于 4.0m，对混凝土梁不宜大于 9.0m；

6 当需要采用较大水平间距的支撑时，宜根据支撑冠梁、腰梁的受力和承载力要求，在支撑端部两侧设置八字斜撑杆与冠梁、腰梁连接，八字斜撑杆宜在主撑两侧对称布置，且斜撑杆的长度不宜大于 9.0m，斜撑杆与冠梁、腰梁之间的夹角宜取 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ；

7 当设置支撑立柱时，临时立柱应避免主体结构的梁、柱及承重墙；对纵横双向交叉的支撑结构，立柱宜设置在支撑的交汇点处；对用作主体结构柱的立柱，立柱在基坑支护阶段的负荷不得超过主体结构的设计要求；立柱与支撑端部及立柱之间的间距应根据支撑构件的稳定要求和竖向荷载的大小确定，且对混凝土支撑不宜大于 15.0m，对钢支撑不宜大于 20.0m；

8 当采用竖向斜撑时，应设置斜撑基础，且应考虑与主体结构底板施工的关系。

5.7.12 支撑的竖向布置应符合下列规定：

1 支撑与挡土构件连接处不应出现拉力；

2 支撑应避免主体地下结构底板和楼板的位置，并应满足主体地下结构施工对墙、柱钢筋连接长度的要求；当支撑下方的主体结构楼板在支撑拆除前施工时，支撑底面与下方主体结构楼板间的净距不宜小于 700mm；

3 支撑至坑底的净高不宜小于 3.0m；

4 采用多层水平支撑时，各层水平支撑宜布置在同一竖向平面内，层间净高不宜小于 3.0m。

II 构造要求

5.7.13 混凝土支撑的构造应符合下列规定：

1 混凝土的强度等级不应低于 C25；

2 支撑构件的截面高度不宜小于其竖向平面内计算长度的 $1/20$ ；腰梁的截面高度(水平尺寸)不宜小于其水平方向计算跨度的 $1/10$ ，截面宽度(竖向尺寸)不应小于支撑的截面高度；

3 支撑构件的纵向钢筋直径不宜小于 16mm，沿截面周边的间距不宜大于 200mm；箍筋的直径不宜小于 8mm，间距不宜大于 250mm。

5.7.14 钢支撑的构造应符合下列规定：

1 钢支撑构件可采用钢管、型钢及其组合截面；

2 钢支撑受压杆件的长细比不应大于 150，受拉杆件长细比不应大于 200；

3 钢支撑连接宜采用高强螺栓连接，必要时可采用焊接连接；

4 当水平支撑与腰梁斜交时，腰梁上应设置牛腿或采用其他能够承受剪力的连接措施；

5 采用竖向斜撑时，腰梁和支撑基础上应设置牛腿或采用其他能够承受剪力的连接措施；腰梁与挡土构件之间应采用能够承受剪力的连接措施；斜撑基础应满足竖向承载力和水平承载力要求；

6 钢支撑应采取防坠落措施。

5.7.15 立柱的构造应符合下列规定：

1 立柱可采用钢格构、钢管、型钢或钢管混凝土等形式；

2 当采用灌注桩作为立柱基础时，钢立柱锚入桩内的长度不宜小于立柱长边或直径的 4 倍；

3 立柱长细比不宜大于 25；

4 立柱与水平支撑的连接可采用铰接；

5 立柱穿过主体结构底板的部位，应有有效的止水措施。

5.7.16 混凝土支撑构件的构造，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定。钢支撑构件的构造，应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017 的有关规定。

5.8 组合式

5.8.1 当采用单一支护结构体系不能满足基坑安全、经济要求时，应考虑在同一支护段采用两种或两种以上不同支护结构的组合式支护体系。

5.8.2 组合式支护结构应根据工程地质条件、水文地质条件、环境条件和基坑开挖深度等因素，结合当地的施工能力和工程经验

合理确定组合形式，可采用混合式组合支护结构、阶梯式组合支护结构及拱形排桩或连续墙结构；各支护型式应相互作用紧密，形成整体性支护结构体系，并采取保证支护结构整体性的构造措施。

5.8.3 土钉墙+预应力锚杆(索)支护结构设计应符合下列规定：

1 预应力锚杆(索)的位置设在控制基坑变形和有效增强稳定性的部位；

2 预应力锚杆(索)数量和间距应根据土层实际条件确定，预应力锚杆(索)总的抗拔力不小于 $H/2$ (H 为基坑深度)以上全部荷载的 70%，且预应力锚杆(索)长度满足下式的要求：

$$L \geq L_{\text{设}} + L_{\text{设}}/3 \quad (5.8.3)$$

式中： $L_{\text{设}}$ ——按常规设计的土钉长度，如图 5.8.3 所示。

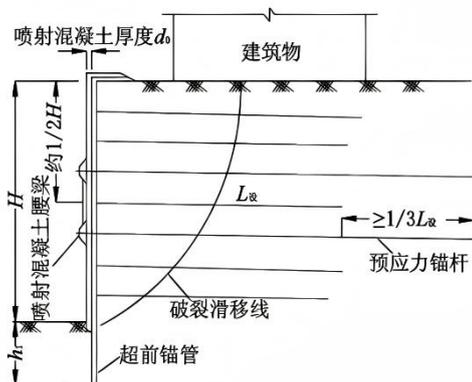


图 5.8.3 土钉墙-预应力锚杆(索)支护图

3 钢筋网按双层布置，其直径和网筋除按锚杆(索)抗拔力计算确定，且不小于 $\Phi 12@150\text{mm} \times 150\text{mm}$ ，预应力锚杆(索)部位喷射混凝土厚度和宽度不小于 250mm；

4 对预应力锚杆(索)施加的预应力值较大时，设截面尺寸不小于 $250\text{mm} \times 350\text{mm}$ 腰梁，梁上荷载由预应力锚杆(索)的抗拔力确定，其内力按连续梁计算。

5.8.4 挡土结构+预应力锚杆(索)支护结构设计及构造应符合下列规定:

1 柱板式挡土结构锚杆(索)连接在肋柱上,肋柱间加挡土板;墙板式挡土结构锚杆(索)应与钢筋混凝土面板联合作用;

2 土压力选用三角型分布的主动土压力,多级锚杆(索)时,土压力采用延长墙背法计算,墙背与填土之间摩擦角 $\delta = \varphi/2$;

3 肋柱与锚杆(索)及挡土板的内力计算应符合下列规定:

1) 当采用双排锚杆(索)时,肋柱底端为自由端时,可按简支外伸梁计算,肋柱底端为铰支或固定端,且锚杆(索)为两排或多排时,肋柱应按连续梁计算;

2) 肋柱的支反力、节点力及各截面的弯矩、剪力可按静力结构计算,当挡土结构因设计刚度较弱倾斜时,作用于肋柱上的土压力荷载取垂直于肋柱方向的土压力分力;

3) 锚杆(索)内力为:

$$N_n = \frac{R_n}{\cos(\beta_{mx} - \alpha_{lz})} \quad (5.8.4-1)$$

式中: R_n ——肋柱支反力;

α_{lz} ——肋柱的竖向倾角;

β_{mx} ——锚杆(索)对水平方向的倾角。

4) 挡土板按两端支承在肋柱上的简支梁,其计算跨度为挡土板两端肋柱中心的距离,如挡土板较长且中间有助柱时,连续梁计算,荷载应取挡土板所在位置土压力最大值;

5) 肋柱的配筋量应按《混凝土结构设计规范》GB 50010 设计计算。

4 壁板式锚杆(索)挡土结构中锚杆(索)内力可采用与柱板式锚杆(索)内力相同的计算方法,计算间距是取两列锚杆(索)的间距,壁板内力按与锚杆(索)支撑的无梁板计算;

5 稳定性宜采用克兰茨代替墙法进行验算:

$$K_{ms} = KA_h / N_{ms} \quad (5.8.4-2)$$

式中: KA_h ——最大可能承受的水平力;

N_{ms} ——锚杆(索)轴向力设计值;

K_{ms} ——深层滑动稳定安全系数,取 1.2~1.5。

6 柱板式锚杆(索)挡土结构的构造符合下列规定:

1) 锚杆(索)布置按本规范 5.6 的规定,对黏性土和非黏性土采用扩大圆柱体锚杆(索)或多段扩大圆柱体,对淤泥质土层并要求较高承载力的锚杆(索),可进行高压灌浆处理;

2) 肋柱截面多为短形或“T”形,混凝土强度等级不低于 C20,截面宽度不小 300mm,肋柱的间距视锚杆(索)的抗拔力而定,且不小于 2m;

3) 每根肋柱根据其高度可布置 2~3 层锚杆(索),位置尽量使肋柱最大正、负弯矩值相近,肋柱的底端视地基承载力的大小和埋置深度不同设计为铰支端或自由端;

4) 挡土混凝土强度等级不低于 C20,挡土板的厚度应由肋柱间距及土压力大小计算确定,且不小于 150mm,挡土板与肋柱搭接长度不小于 100 mm;

5) 肋柱浇注时,锚杆(索)必须插入肋柱,其锚固长度符合规范相关要求,肋柱为预制拼装时,锚杆(索)与肋柱之间可采用螺栓连接;

6) 锚杆(索)及锚杆(索)的头部采取防锈措施。

5.8.5 排桩-预应力锚索、排桩-内撑组合支护结构设计应符合下列规定:

1 排桩设计及构造按本标准 5.5 中相关规定;

2 预应力锚索、内支撑设计及构造按本规范 5.6、5.7 中相关规定;

3 支护计算方法采用弹性地基板法;

5.8.6 坡率-支护结构、土钉墙-支护结构以及其他形式的上下或水平组合,设计计算时应考虑相互作用及其影响,并在结合部位采取相互连结措施。

5.9 施工与质量检测、验收

I 排桩施工与质量检测、验收

5.9.1 排桩的施工应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 对相应桩型的有关规定。

5.9.2 当排桩桩位邻近的既有建筑物、地下管线、地下构筑物对地基变形敏感时，应根据其位置、类型、材料特性、使用状况等相应采取下列控制地基变形的防护措施：

1 宜采取间隔成桩的施工顺序；对混凝土灌注桩，应在混凝土终凝后，再进行相邻桩的成孔施工；

2 对松散或稍密的砂土、稍密的粉土、软土等易坍塌或流动的软弱土层，对钻孔灌注桩宜采取改善泥浆性能等措施，对人工挖孔桩宜采取减小每节挖孔和护壁的长度、加固孔壁等措施；

3 支护桩成孔过程出现流砂、涌泥、塌孔、缩径等异常情况时，应暂停成孔并及时采取有针对性的措施进行处理，防止继续塌孔；

4 遇有湿陷性土层、地下水位较深，不宜采用泥浆护壁工艺施工灌注桩；当必须采用泥浆护壁工艺时，应采用低失水量泥浆、控制孔内水位等措施减少或避免对周边环境和相邻建（构）筑物的影响；

5 当成孔过程中遇到不明障碍物时，应查明其性质，且在不会危害既有建筑物、地下管线、地下构筑物的情况下方可继续施工；

6 严禁在基坑边坡潜在塌滑区超限堆载。

5.9.3 对混凝土灌注桩，其纵向受力钢筋的接头不宜设置在内力较大处。同一连接区段内，纵向受力钢筋的连接方式和连接接头面积百分率应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 对梁类构件的规定。

5.9.4 混凝土灌注桩采用分段配置不同数量的纵向钢筋时，钢筋笼制作和安放时应采取控制非通长钢筋竖向定位的措施。

5.9.5 混凝土灌注桩采用沿桩截面周边非均匀配置纵向受力钢筋时，应按设计的钢筋配置方向进行安放，其偏转角度不得大于 10° 。

5.9.6 混凝土灌注桩设有预埋件时，应根据预埋件用途和受力特

点的要求，控制其安装位置及方向。

5.9.7 钻孔咬合桩的施工可采用液压钢套管全长护壁、机械冲抓成孔工艺，其施工应符合下列要求：

1 桩顶应设置导墙，导墙宽度宜取 3.0m~4.0m，导墙厚度宜取 0.3m~0.5m；

2 相邻咬合桩应按先施工素混凝土桩、后施工钢筋混凝土桩的顺序进行；钢筋混凝土桩应在素混凝土桩初凝前，通过成孔时切割部分素混凝土桩身形成与素混凝土桩的互相咬合，但应避免过早切割；

3 钻机就位及吊设第一节钢套管时，应采用两个测斜仪贴附在套管外壁并用经纬仪复核套管垂直度，其垂直度允许偏差应为 0.3%；液压套管应正反扭动加压下切；抓斗在套管内取土时，套管底部应始终位于抓土面下方，且抓土面与套管底的距离应大于 1.0m；

4 孔内虚土和沉渣应清理干净，并用抓斗夯实孔底；灌注混凝土时，套管应随混凝土浇筑逐段提拔；套管应垂直提拔，阻力过大时应转动套管同时缓慢提拔。

5.9.8 除有特殊要求外，排桩的施工偏差应符合下列规定：

1 桩位的允许偏差应为 50mm；

2 桩垂直度的允许偏差应为 0.5%；

3 预埋件位置的允许偏差应为 20mm；

4 桩的其他施工允许偏差应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定。

5.9.9 冠梁施工时，应将桩顶浮浆、低强度混凝土及破碎部分清除。冠梁混凝土浇筑采用土模时，土面应修理整平。

5.9.10 采用混凝土灌注桩时，其质量检测应符合下列规定：

1 应采用低应变动测法检测桩身完整性，检测桩数不宜少于总桩数的 20%，且不得少于 5 根；

2 当根据低应变动测法判定的桩身完整性为Ⅲ类或Ⅳ类时，应采用钻芯法进行验证，检测数量不宜少于该施工段或检验批总桩数的 2%，且不得少于 3 根；

3 对排桩、冠梁等现场浇筑的混凝土构件，应进行混凝土试块的抗压强度试验，每台班或每 50m³ 混凝土的取样数量应不少于 1 组。

II 锚杆（索）施工与质量检测、验收

5.9.11 当锚杆（索）穿过的地层附近存在既有地下管线、地下构筑物时，应在调查或探明其位置、尺寸、走向、类型、使用状况等情况后再进行锚杆（索）施工。

5.9.12 锚杆（索）的成孔应符合下列规定：

1 应根据土层性状和地下水条件选择套管护壁、干成孔或泥浆护壁成孔工艺，成孔工艺应满足孔壁稳定性要求；

2 对松散和稍密的砂土、粉土，碎石土，填土，有机质土，高液性指数的饱和黏性土宜采用套管护壁成孔工艺；

3 在地下水位以下时，不宜采用干成孔工艺；

4 在高塑性指数的饱和黏性土层成孔时，不宜采用泥浆护壁成孔工艺；

5 当成孔过程中遇不明障碍物时，在查明其性质前不得钻进。

5.9.13 锚杆（索）杆体的制作安装应符合下列规定：

1 钢绞线锚杆杆体绑扎时，钢绞线应平行、间距均匀；杆体插入孔内时，应避免钢绞线在孔内弯曲或扭转；

2 当锚杆杆体选用 HRB400、HRB500 钢筋时，其连接宜采用机械连接、双面搭接焊、双面帮条焊；采用双面焊时，焊缝长度不应小于杆体钢筋直径的 5 倍；

3 杆体制作和安放时应除锈、除油污、避免杆体弯曲；

4 采用套管护壁工艺成孔时，应在拔出套管前将杆体插入孔内；采用非套管护壁成孔时，杆体应匀速推送至孔内；

5 成孔后应及时插入杆体及注浆。

5.9.14 锚杆（索）的注浆应符合下列规定：

1 注浆液采用水泥浆时，水灰比宜取 0.5~0.55；采用水泥砂浆时，水灰比宜取 0.4~0.45，灰砂比宜取 0.5~1.0，拌合用

砂宜选用中粗砂；

2 水泥浆或水泥砂浆内可掺入提高注浆固结体早期强度或微膨胀的外加剂，其掺入量宜按室内试验确定；

3 注浆管端部至孔底的距离不宜大于 200mm；注浆及拔管过程中，注浆管口应始终埋入注浆液面内，应在水泥浆液从孔口溢出后停止注浆；注浆后浆液面下降时，应进行孔口补浆；

4 采用二次压力注浆工艺时，注浆管应在锚杆末端 $1a/4 \sim 1a/3$ 范围内设置注浆孔，孔间距宜取 500mm~800mm，每个注浆截面的注浆孔宜取 2 个；二次压力注浆液宜采用水灰比 0.5~0.55 的水泥浆；二次注浆管应固定在杆体上，注浆管的出浆口应有逆止构造；二次压力注浆应在水泥浆初凝后、终凝前进行，终止注浆的压力不应小于 1.5MPa； $1a$ 为锚杆的锚固段长度。

5 采用二次压力分段劈裂注浆工艺时，注浆宜在固结体强度达到 5.0MPa 后进行，注浆管的出浆孔宜沿锚固段全长设置，注浆应由内向外分段依次进行；

6 基坑采用截水帷幕时，地下水位以下的锚杆注浆应采取孔口封堵措施；

7 寒冷地区在冬期施工时，应对注浆液采取保温措施，浆液温度应保持在 5℃以上。

5.9.15 锚杆（索）的施工偏差应符合下列要求：

- 1 钻孔孔位的允许偏差应为 50mm；
- 2 钻孔倾角的允许偏差应为 3°；
- 3 杆体长度不应小于设计长度；
- 4 自由段的套管长度允许偏差应为 ± 50 mm。

5.9.16 组合型钢锚杆（索）腰梁、钢台座的施工应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的有关规定；混凝土锚杆腰梁、混凝土台座的施工应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

5.9.17 预应力锚杆（索）的张拉锁定应符合下列要求：

1 当锚杆（索）固结体的强度达到 15MPa 或设计强度的 75% 后，方可进行锚杆（索）的张拉锁定；

2 拉力型钢绞线宜采用钢绞线束整体张拉锁定的方法；

3 锚杆（索）锁定前，应按本技术标准表 5.8.18 的检测值进行锚杆（索）预张拉；锚杆（索）张拉应平缓加载，加载速率不宜大于 0.1kN/min；在张拉值下的锚杆（索）位移和压力表压力应能保持稳定，当锚头位移不稳定时，应判定此根锚杆不合格；

4 锁定时的锚杆（索）拉力应考虑锁定过程的预应力损失量；预应力损失量宜通过对锁定前、后锚杆（索）拉力的测试确定；缺少测试数据时，锁定时的锚（索）杆拉力可取锁定值的 1.1 倍~1.15 倍；

5 锚杆（索）锁定应考虑相邻锚杆（索）张拉锁定引起的预应力损失，当锚杆（索）预应力损失严重时，应进行再次锁定；锚杆（索）出现锚头松弛、脱落、锚具失效等情况时，应及时进行修复并对其进行再次锁定；

6 当锚杆（索）需要再次张拉锁定时，锚具外杆体长度和完好程度应满足张拉要求。

5.9.18 锚杆（索）抗拔承载力的检测应符合下列规定：

1 检测数量不应少于锚杆（索）总数的 5%，且同一土层中的锚杆（索）检测数量不应少于 3 根；

2 检测试验应在锚固段注浆固结体强度达到 15 MPa 或达到设计强度的 75% 后进行；

3 检测锚杆（索）应采用随机抽样的方法选取；

4 抗拔承载力检测值应按表 5.8.18 确定；

5 检测试验应按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 规定的验收试验方法进行；

6 当检测的锚杆（索）不合格时，应扩大检测数量。

表 5.9.18 锚杆（索）的抗拔承载力检测值

基坑侧壁安全等级	抗拔承载力检测值与轴向拉力标准值的比值
一级	≥ 1.4
二级	≥ 1.3

三级	≥ 1.2
----	------------

III 内支撑结构施工与质量检测、验收

5.9.19 内支撑结构的施工与拆除顺序，应与设计工况一致，必须遵循先支撑后开挖的原则。

5.9.20 混凝土支撑的施工应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的规定。

5.9.21 混凝土腰梁施工前应将排桩、地下连续墙等挡土构件的连接表面清理干净，混凝土腰梁应与挡土构件紧密接触，不得留有缝隙。

5.9.22 钢支撑的安装应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的规定。

5.9.23 钢腰梁与排桩、地下连续墙等挡土构件间隙的宽度宜小于 100mm，并应在钢腰梁安装定位后，用强度等级不低于 C30 的细石混凝土填充密实或采用其他可靠连接措施。

5.9.24 对预加轴向压力的钢支撑，施加预压力时应符合下列要求：

- 1 对支撑施加压力的千斤顶应有可靠、准确的计量装置；
- 2 千斤顶压力的合力点应与支撑轴线重合，千斤顶应在支撑轴线两侧对称、等距放置，且应同步施加压力；
- 3 千斤顶的压力应分级施加，施加每级压力后应保持压力稳定 10min 后方可施加下一级压力；预压力加至设计规定值后，应在压力稳定 10min 后，方可按设计预压力值进行锁定；
- 4 支撑施加压力过程中，当出现焊点开裂、局部压曲等异常情况时应卸除压力，在对支撑的薄弱处进行加固后，方可继续施加压力；

5 当监测的支撑压力出现损失时，应再次施加预压力。

5.9.25 对钢支撑，当夏期施工产生较大温度应力时，应及时对支撑采取降温措施。当冬期施工降温产生的收缩使支撑端头出现空隙时，应及时用铁楔将空隙楔紧或采用其他可靠连接措施。

5.9.26 支撑拆除应在替换支撑的结构构件达到换撑要求的承载力后进行。当主体结构底板和楼板分块浇筑或设置后浇带时，应在分块部位或后浇带处设置可靠的传力构件。支撑的拆除应根据支撑材料、形式、尺寸等具体情况采用人工、机械和爆破等方法。

5.9.27 立柱的施工应符合下列要求：

- 1 立柱桩混凝土的浇筑面宜高于设计桩顶 500mm；
- 2 采用钢立柱时，立柱周围的空隙应用碎石回填密实，并宜辅以注浆措施；
- 3 立柱的定位和垂直度宜采用专门措施进行控制，对格构柱、H 型钢柱，尚应同时控制转向偏差。

5.9.28 内支撑的施工质量检测应符合下列要求：

- 1 用于检查支撑结构混凝土强度的试件，应在混凝土浇筑地点随机抽取，取样与试件留置应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的要求；钢支撑的安装应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的要求；
- 2 钢筋混凝土支撑截面尺寸允许偏差+20mm，-10mm；
- 3 钢支撑预加力检测应满足现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 相关要求；
- 4 支撑标高的允许偏差应为 30mm；
- 5 支撑水平位置的允许偏差应为 30mm；
- 6 临时立柱平面位置的允许偏差应为 50mm，垂直度的允许偏差应为 1/150；
- 7 立柱基础标高，腰梁和冠梁连接预埋件的位置与标高等应在构件安装前进行测量。

5.10 监测

支挡式结构监测点的布置、监测内容、监测预警值、特殊阶段的加强监测等详见本技术标准 9 章节基坑监测相关内容。

6 土 钉 墙

6.1 一 般 规 定

6.1.1 土钉墙、预应力锚杆复合土钉墙的坡率不宜大于 1:0.3；当基坑较深，土的抗剪强度较低时，宜取较小的坡率。对砂土、碎石土、松散填土确定土钉墙坡率时应考虑开挖时坡面的局部自稳能力。微型桩、其它类型的桩复合土钉墙，应采用桩与土钉墙面层贴合的垂直墙面。基坑平面形状不规则存在较多阳角时，应做修直开挖处理，尽可能使坡面顺直。严禁出现倒坡、直立边坡。

6.1.2 对于基坑侧壁安全等级为一级、变形要求严格的基坑，采用土钉墙支护方式应通过专项论证；对坡率大于 1:0.3 土钉墙、预应力锚杆复合土钉墙，除应满足设计计算要求，尚应结合地质水文条件、周边环境变形控制等要求，经充分论证其安全性后方可采用。

6.1.3 采用土钉墙支护，基坑侧壁安全等级为一级的基坑，可通过现场大型直剪试验确定岩、土体的强度指标。基坑侧壁安全等级为二、三级基坑支护工程无试验条件时可根据地区经验确定，可按附录 B 选用。

6.1.4 土钉墙支护设计应满足下列要求：

1 支护结构的选型、平面及立面布置、剖面图、计算书、构造大样图和排水，并对施工、监测、检测及质量验收等提出要求。

2 可根据工程类比确定施工工艺、设计土钉墙结构各部分尺寸和材料参数，应包括：

- 1) 土钉的直径、长度、间距、倾角及分层、施工高度；
- 2) 土钉材料、面层材料、注浆材料等。

3 整体稳定性分析；

4 土钉承载力计算；

5 构造设计包括：土钉墙坡率、面层、土钉与面层连接、坡顶防护等；

6 截、排水设计。

6.1.5 土钉墙支护设计应考虑下列荷载：

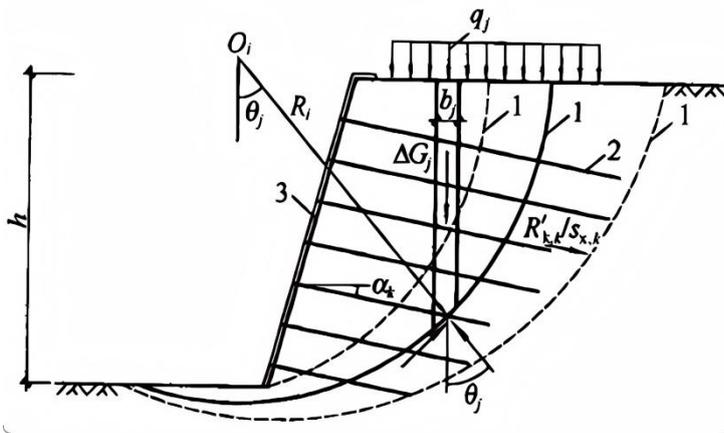
- 1 土压力、水压力；
- 2 一般地面荷载（包括材料堆放、车辆、超重运输造成的荷载等），当地面荷载小于 20kN/m^2 时按 20kN/m^2 取值；
- 3 临近建（构）筑物荷载；
- 4 跨年度回填的基坑支护工程，应考虑季节性冻土对土钉墙产生的冻胀力。

6.2 稳定性验算

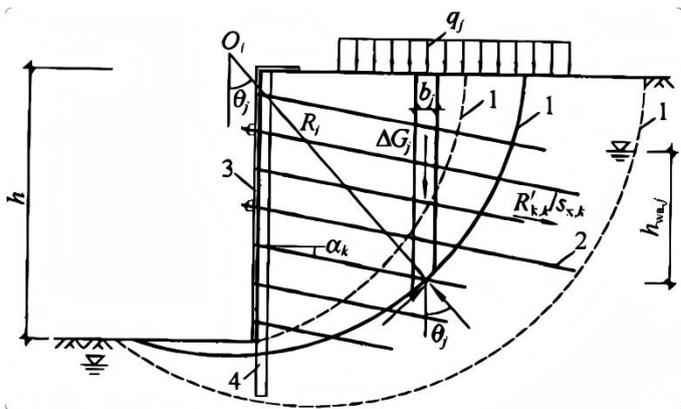
6.2.1 土钉墙对基坑开挖的各工况进行整体滑动稳定性验算应满足下列规定：

- 1 整体滑动稳定性可采用圆弧滑动条分法进行验算。
- 2 采用圆弧滑动条分法时，整体滑动稳定性应符合下列规定：

1) 计算简图：



(a) 土钉墙在地下水位以上



(b) 水泥土桩或微型桩复合土钉墙

图 6.2.1 土钉整体滑动稳定性验算

1-滑动面；2-土钉或锚杆；3-喷射混凝土面层；4-水泥土或微型桩

2) 计算公式:

$$\min \{K_{s,1}, K_{s,2} \cdots K_{s,i} \cdots\} \geq K_s \quad (6.2.1-1)$$

$$K_{s,i} = \frac{\sum [c_j l_j + (q_j b_j + \Delta G_j) \cos \theta_j \tan \varphi_j] + \sum R'_k [\cos (\theta_k + \alpha_k) + \psi_v] / s_{x,k}}{\sum (q_j b_j + \Delta G_j) \sin \theta_j} \quad (6.2.1-2)$$

式中:

K_s ——圆弧滑动稳定安全系数:基坑侧壁安全等级为二级、三级的土钉墙, K_s 分别不应小于1.3、1.25;

$K_{s,i}$ ——第*i*个圆弧滑动体的抗滑力矩与滑动力矩的比值;抗滑力矩与滑动力矩之比的最小值宜通过搜索不同圆心及半径的所有潜在滑动圆弧确定;

c_j 、 φ_j ——分别为第*j*条滑弧面处土的黏聚力(kPa)、内摩擦角($^\circ$),按本技术标准第6.1.3条的规定取值;

l_j ——第*j*条的滑弧长度(m),取 $l_j = b_j / \cos \theta_j$;

q_j ——第*j*条上的附加分布荷载标准值(kPa);

b_j ——第 j 土条的宽度 (m) ;

ΔG_j ——第 j 土条的自重 (kN), 按天然重度计算;

θ_j ——第 j 土条滑弧面中点处的法线与垂直面的夹角 ($^\circ$);

$R'_{k,k}$ ——第 k 层土钉或锚杆在滑动面以外的锚固段的极限抗拔承载力

标准值与杆体受拉承载力标准值 ($f_{yk} A_s$ 或 $f_{ptk} A_p$) 的较小值 (kN); 锚固段的极限抗拔承载力应按技术标准第 6.3.5 条和 5.6.4 条的规定计算, 但锚固段应取圆弧滑动面以外的长度;

θ_k ——滑弧面在第 k 层土钉或锚杆处的法线与垂直面的夹角 ($^\circ$);

α_k ——第 k 层土钉或锚杆的倾角 ($^\circ$);

ψ_v ——计算系数: 可取 $\psi_v = 0.5 \sin(\theta_k + \alpha_k) \tan \phi$;

$s_{x,k}$ ——第 k 层土钉或锚杆的水平间距 (m);

φ ——第 k 层土钉或锚杆与滑弧交点处土的内摩擦角 ($^\circ$).

3 当基坑面以下存在软弱下卧土层时, 整体稳定性验算滑动面中应包括由圆弧与软弱土层层面组成的复合滑动面。

6.2.2 基坑底面下有软土层的土钉墙结构应进行坑底隆起稳定性验算, 应符合下列规定:

1) 计算简图:

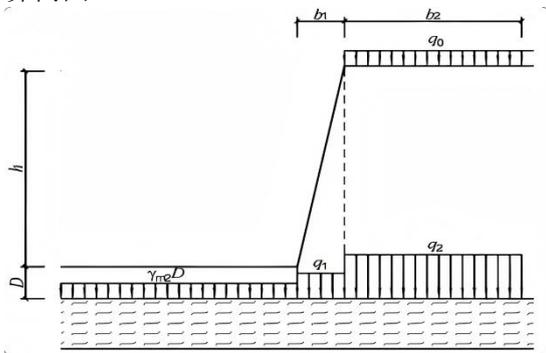


图 6.2.2 基坑底面下有软土层的土钉墙隆起稳定性验算

2) 计算公式:

$$\frac{\gamma_{m2}DN_q + cN_c}{(q_1p_1 + q_2p_2)/(b_1 + b_2)} \geq K_b \quad (6.2.2-1)$$

$$N_q = \tan^2(45^\circ + \frac{\varphi}{2})e^{\pi \tan \varphi} \quad (6.2.2-2)$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi \quad (6.2.2-3)$$

$$q_1 = 0.5\gamma_{m1}h + \gamma_{m2}D \quad (6.2.2-4)$$

$$q_2 = \gamma_{m1}h + \gamma_{m2}D + q_0 \quad (6.2.2-5)$$

式中:

K_b ——抗隆起安全系数: 基坑侧壁安全等级为二级、三级的土钉墙,
 K_b 分别不应小于1.6、1.4;

q_0 ——地面均布荷载(kPa);

γ_{m2} ——基坑底面至抗隆起计算平面之间土层的天然重度(kN/m³); 对
多层土取各层土按厚度加权的平均重度;

D ——基坑底面至抗隆起计算平面之间土层的厚度(m); 当抗隆起计算
平面为基坑底平时, 取 $D=0$;

N_q 、 N_c ——承载力系数;

c 、 φ ——分别为抗隆起计算平面以下土的黏聚力(kPa)、内摩擦角(°);

b_1 ——土钉墙坡面的宽度(m); 当土钉墙坡面垂直时取 $b_1 = 0$;

b_2 ——地面均布荷载的计算宽度(m), 可取 $b_2 = h$;

γ_{m1} ——基坑底面以上土的天然重度(kN/m³); 对多层土取各层土按厚
度加权的平均重度;

h ——基坑深度(m)。

6.2.3 土钉墙与截水帷幕结合时, 应按现行行业标准《建筑基坑
支护技术规程》JGJ 120的有关规定进行地下水渗透稳定性验算。

6.3 土钉承载力计算

6.3.1 单根土钉的极限抗拔承载力应符合下式规定：

$$\frac{R_{k,j}}{N_{k,j}} \geq K_t \quad (6.3.1)$$

式中：

K_t ——土钉抗拔安全系数；基坑侧壁安全等级为二级、三级的土钉墙， K_t 分别不应小于1.6、1.4；

$R_{k,j}$ ——第 j 层土钉的极限抗拔承载力标准值(kN)，应按本技术标准第 6.3.5 条的规定确定；

$N_{k,j}$ ——第 j 层土钉的轴向拉力标准值(kN)，应按本技术标准第 6.3.2 条的规定计算。

6.3.2 单根土钉的轴向拉力标准值可按下式计算：

$$N_{k,j} = \frac{1}{\cos \alpha_j} \zeta \eta_j p_{ak,j} S_{x,j} S_{z,j} \quad (6.3.2)$$

式中：

$N_{k,j}$ ——第 j 层土钉的轴向拉力标准值(kN)；

α_j ——第 j 层土钉的倾角($^\circ$)；

ζ ——墙面倾斜时的主动土压力折减系数，可按本技术标准第 6.3.3 条确定；

η_j ——第 j 层土钉轴向拉力调整系数，可按本技术标准公式 (6.3.4-1) 计算；

$p_{ak,j}$ ——第 j 层土钉处的主动土压力强度标准值(kPa)，应按本技术标准第 3.4.3 条确定；

$S_{x,j}$ ——土钉的水平间距(m)；

$S_{z,j}$ ——土钉的垂直间距(m)。

6.3.3 坡面倾斜时的主动土压力折减系数可按下式计算：

$$\zeta = \tan \frac{\beta - \varphi_m}{2} \left[\frac{1}{\tan \frac{\beta + \varphi_m}{2}} - \frac{1}{\tan \beta} \right] / \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_m}{2} \right) \quad (6.3.3)$$

式中：

β ——土钉墙坡面与水平面的夹角($^{\circ}$)；

φ_a ——基坑底面以上各土层按厚度加权的等效内摩擦角平均值($^{\circ}$)。

6.3.4 土钉轴向拉力调整系数可按下列公式计算：

$$\eta_j = \eta_a - (\eta_a - \eta_b) \frac{z_j}{h} \quad (6.3.4-1)$$

$$\eta_a = \frac{\sum (h - \eta_b z_j) \Delta E_{aj}}{\sum (h - z_j) \Delta E_{aj}} \quad (6.3.4-2)$$

式中：

η_a ——计算系数；

η_b ——经验系数，可取0.6~1.0；

z_j ——第 j 层土钉至基坑顶面的垂直距离(m)；

h ——基坑深度(m)；

ΔE_{aj} ——作用在以 $S_{x,j}$ 、 $S_{z,j}$ ，为边长的面积内的主动土压力标准值(kN)；

n ——土钉层数。

6.3.5 单根土钉的极限抗拔承载力应按下列规定确定：

1 单根土钉的极限抗拔承载力应通过抗拔试验确定，试验方法应符合应按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120的有关规定。

2 单根土钉的极限抗拔承载力标准值也可按下式估算，但应通过现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的有关规定的土钉抗拔试验进行验证：

1) 计算公式：

$$R_{k,j} = \pi d_j \sum q_{sk,i} l_i \quad (6.3.5)$$

式中：

d_j ——第 j 层土钉的锚固体直径(m)；对成孔注浆土钉，按成孔直径计算，对打入钢管土钉，按钢管直径计算；

$q_{sk,i}$ ——第 j 层土钉与第 i 土层的极限粘结强度标准值(kPa)；应根据工程经验并结合表6.3.5取值；

l_i ——第 j 层土钉滑动面以外的部分在第 i 土层中的长度 (m)，直线滑动面与水平面的夹角取 $\frac{\beta + \phi_m}{2}$ 。

2) 计算简图:

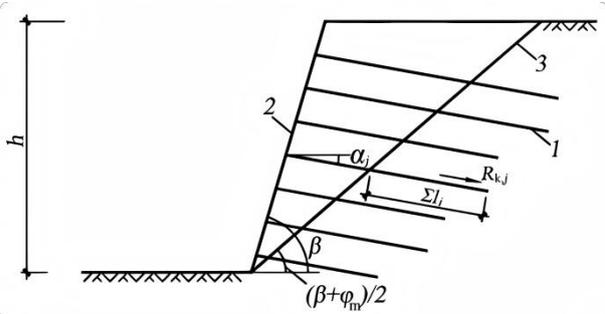


图 6.3.5 土钉抗拔承载力计算

1—土钉；2—喷射面层；3—滑动面

3 对基坑侧壁安全等级为二、三级的土钉墙，可按公式 (6.3.5) 确定单根土钉的极限抗拔承载力。土钉的极限粘结强度标准值可参考本标准表 5.6.4 中一次常压注浆取值。

4 当按本条第 (1~3) 款确定的土钉极限抗拔承载力标准值大于 $f_{yk} A_s$ 时，应取 $R_{k,j} = f_{yk} A_s$ 。

6.3.6 土钉杆体的受拉承载力应符合下列规定：

$$N_j \leq f_y A_s \quad (6.3.6-1)$$

式中：

N_j ——第 j 层土钉的轴向拉力设计值 (kN)；

f_y ——土钉杆体的抗拉强度设计值 (kPa)；

A_s ——土钉杆体的截面面积 (m^2)。

6.3.7 在下列基坑开挖工况时应进行整体滑动稳定性验算：

1 微型桩复合土钉墙，在需考虑地下水压力的作用时，其整体稳定性应进行验算。

2 当基坑面以下存在软弱下卧层时，整体稳定性验算滑动面中应包括由圆弧与软弱土层面组成的复合滑动面。

3 微型桩、（钉、锚结合）复合土钉墙，滑弧穿过其嵌固段的土条可适当考虑桩的抗滑作用。

6.4 构造设计

6.4.1 对不易塌孔的松散或稍密的砂土、稍密的粉土、填土、或易缩径的软土宜采用打入式钢管土钉。对洛阳铲成孔或钢管土钉打入困难的土层，宜采用机械成孔的钢筋土钉。

6.4.2 土钉水平间距和竖向间距宜为 1.5m~3.0m；当基坑较深，土的抗剪强度较低时，土钉间距应取小值。土钉倾角宜为 5° ~ 20° 。土钉长度应按各层土钉受力均匀，各土钉拉力与相应土钉极限承载力的比值相近的原则确定。

1 土钉长度 L 与基坑深度 H 之比对非饱和黏性土、粉土、砂土宜取0.8~1.2，对碎石类土宜取0.5~1.0。

2 为减少支护变形，控制地面开裂，顶部土钉的长度宜适当增加，而底部土钉长度可适当减少。

3 在土钉布置范围内，当遇到局部地下埋设物时，可适当调整土钉的长度和方向，但不得影响基坑的整体稳定性。

6.4.3 成孔（注浆型）钢筋土钉的构造应符合下列要求：

1 成孔直径宜取 70mm~120mm；

2 土钉钢筋宜选用 HRB400、HRB500 钢筋，钢筋直径宜取 16mm~32mm；应沿土钉全长设置对中定位支架，其间距宜取 1.5m~2.5m，土钉钢筋保护层厚度不宜小于 20mm；

3 植入式土钉构造图：

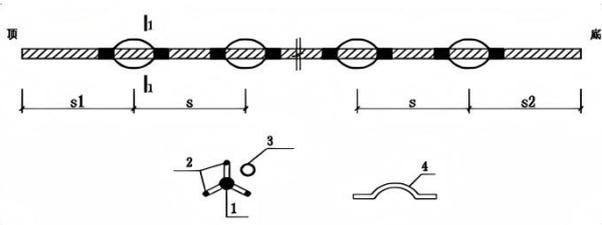


图 6.4.3 钢筋土钉细部构造

1-土钉钢筋；2-对中支架；3-注浆管；4-支架钢筋

6.4.4 钢管土钉的构造应符合下列要求：

1 钢管土钉外径不宜小于 48mm，壁厚不宜小于 3mm；钢管土钉的注浆孔设置在钢管末端 $L/2 \sim 2L/3$ 范围内；每个注浆截面的注浆孔宜设置 2 个，且应对称布置，注浆孔的孔间距 300mm~500mm，孔径宜取 5.0mm~8.0mm，注浆孔外应设置保护倒刺。

2 钢管的连接采用焊接时，其连接应满足承受土钉拉力的要求；钢管焊接可采用数量不少于 3 根，直径不小于 12mm 的钢筋沿截面均匀分布拼焊，双面焊接时钢筋长度不应小于钢管直径的 2 倍。

3 打入式钢管土钉末端宜制成锥形。

4 钢管土钉构造图：

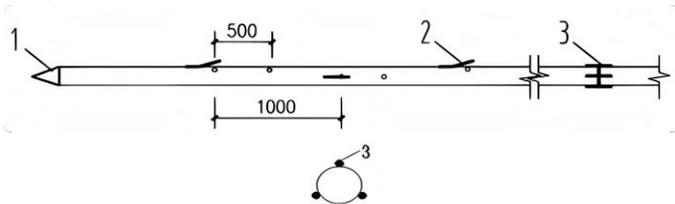


图 6.4.4 钢管土钉细部构造

1-锤尖；2-倒刺短钢筋或角钢（填土、松散-稍密细颗粒等地层）；3-接头管绑焊

6.4.5 土钉注浆材料可采用水泥浆或水泥砂浆其强度不宜低于 20MPa。

6.4.6 土钉墙高度不大于 12.0m 时，面层的构造应符合下列要求：

1 喷射面层厚度宜取 80mm~120mm；

2 面层在基坑上口宜上翻一定的宽度，并应设构造土钉锚固。坡顶、坡面、坡脚土层严禁浸水；

3 喷射面层设计强度不应低于 M10；喷射面层中应配置钢筋网和通长的加强钢筋，钢筋网宜采用 HPB300 级钢筋，钢筋直径宜取 6mm~8mm，钢筋间距宜取 150mm~300mm；钢筋网间的搭接长度应大于 300mm；加强钢筋的直径宜取 12mm~20mm；当充分利用土钉

杆体的抗拉强度时，加强钢筋的截面面积不应小于土钉杆体截面面积的 1/2。

4 当采用装配式面层时，其主要性能应符合《绿色装配式边坡防护技术规程》T/CECS812 相关要求；面层的锚固构件（土钉）、连接构件与紧固构件的技术参数和构件型号应满足设计要求及《绿色装配式边坡防护技术规程》T/CECS812 相关规定。

6.4.7 土钉与加强钢筋采用焊接连接，其连接应满足承受土钉拉力的要求；当在土钉拉力作用下喷射面层的局部受冲切承载力不足时，应采用设置承压钢板等加强措施。连接件的构造应符合下列要求：

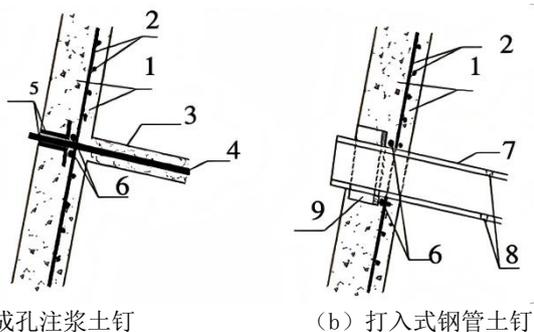


图 6.4.7 土钉与面层连接构造示意图

1-面层 2-钢筋网 3-钻孔 4-土钉杆体 5-钉头筋 6-加强筋 7-钢管 8-注浆孔 9-角钢或钢筋

6.4.8 当土钉墙后存在滞水时，应在含水层部位的墙面设置泄水孔或采取其它疏水措施。

6.4.9 当基坑开挖深度大、基坑侧壁土质差或变形控制较严格时，可在土钉支护中局部采用预应力锚杆（索）与土钉的联合支护方法。采用预应力锚杆（索）复合土钉墙时，预应力锚杆应符合下列要求：

1 宜采用钢绞线、螺纹钢筋锚杆（索）；

2 用于减小地面变形时，锚杆宜布置在土钉墙的较上部；用于增强面层抵抗土压力的作用时，锚杆应布置在土压力较大及墙背土层较软的部位；锚杆的拉力设计值不应大于土钉墙面的局部承压承载力；

3 预应力锚杆（索）应设置自由段、自由段长度应超过土钉墙坡体潜在滑动面；锚杆（索）与喷射面层之间应设置腰梁连接，腰梁可采用槽钢腰梁或钢筋混凝土腰梁，腰梁与喷射面层应紧密接触，腰梁规格应根据锚杆拉力设计值确定；

4 除应符合上述规定外，锚杆（索）的构造尚应符合本技术标准 5.6 章节有关锚杆（索）设计的规定。

6.4.10 当基坑侧壁由于土质差、侧壁土坡自稳性差时，可采用超前微型桩局部补强。采用微型桩垂直复合土钉墙时，微型桩应符合下列要求：

1 应根据微型桩施工工艺对土层特性和基坑周边环境条件的适用性选用微型钢管桩、型钢桩或灌注桩等桩型；

2 采用微型桩时，宜同时采用预应力锚杆；

3 微型桩的直径、规格应根据对复合墙面的强度要求确定；采用成孔后插入微型钢管桩、型钢桩的工艺时，成孔直径宜取 130mm~300mm，对钢管，其直径宜取 48mm~250mm，对工字钢，其型号宜取 I 10~I 22，孔内应灌注水泥浆或水泥砂浆并充填密实；采用微型钢筋混凝土灌注桩时，其直径宜取 200mm~300mm；

4 微型桩的间距应满足土钉墙施工时桩间土的稳定性要求；

5 微型桩伸入坑底的长度宜大于桩径的 5 倍，且不应小于 1.0m；

6 微型桩应与喷射面层面层贴合。

6.4.11 采用水泥土桩复合土钉墙时，水泥土桩应符合下列要求：

1 应根据水泥土桩施工工艺对土层特性和基坑周边环境条件的适用性选用搅拌桩、旋喷桩等桩型；

2 伸入基坑底面的长度宜大于桩径的 2 倍，且不应小于 1m；

3 水泥土桩应与喷射混凝土面层贴合；

4 桩身 28d 无侧限抗压强度不宜小于 1MPa；

5 水泥土桩兼作截水帷幕时，应符合本标准第 7.2 节对截水的要求。

6.4.12 采用台阶式复合土钉墙时，台阶应符合下列要求：

1 每步台阶均应满足局部与整体的稳定性要求；

2 单步台阶高度不宜大于 5.0m，且应满足土钉施工工艺的要求，与土层开挖厚度相协调；

3 台阶面宽度不宜小于 1.0m，台面宜设构造土钉，锚固面层钢筋网。

6.5 施工与质量检测、验收

6.5.1 土钉墙支护工程施工流程宜符合下列规定：

1 按设计要求开挖工作面，依据设计坡率修整边坡；

2 喷射第一层面层，一般厚度 30.0mm~40.0mm；

3 土钉定位、预成孔、打入式植入注浆管及土钉；

4 浆液制备、注浆；

5 加工钢筋、绑扎钢筋网，焊接纵横向加强钢筋且与土钉有效焊接；

6 钉孔内、钢管钉内压力注浆、补浆；

7 喷射第二层面层；

8 养护；

9 开挖下一层工作面，重复以上工作直到完成。

10 根据现场的岩土特点，放坡条件，上述顺序可适当变化；当坡面较平整、坡率较小，坡体自稳能力较强时，可采用一次性喷射面层工艺。

6.5.2 土钉墙应按施工图土钉层数分层、分段设置土钉、喷射面层、开挖基坑。；

6.5.3 当遇特殊地层或有地下水时，对易产生流砂或塌孔等现象的砂土、粘土、碎石土等土层，应通过试验确定土钉施工工艺及其参数。

6.5.4 在土钉长度范围内存在地下管线等设施时，应查明其位置采用避让，或其他有效的措施后，才可以进行土钉的具体施工。

6.5.5 钢筋土钉的成孔应符合下列要求：

1 应根据土层的性状选用洛阳铲、螺旋钻、冲击钻、地质钻等成孔方法，采用的成孔方法应能保证孔壁的稳定性，减少对孔壁的扰动；

2 当成孔遇到不明障碍物时，应停止成孔作业，在查明障碍物的情况并采取针对性措施后方可继续成孔；

3 对易塌孔的松散土层宜采用机械成孔工艺；成孔困难时，可采用注入泥浆等方法进行护壁。

4 对灵敏度高的粉土、砂土及可能产生液化的土体，严禁采用振动法进行土钉成孔；

5 土钉施工时应先降低地下水位，严禁在地下水位以下进行土钉成孔施工。

6.5.6 钢筋土钉杆体的制作安装应符合下列要求：

1 钢筋使用前，应调直并清除污锈；

2 当钢筋需要连接时，宜采用搭接焊，帮条焊连接；焊接应采用双面焊，双面焊的搭接长度或帮条长度不应小于主筋直径的5倍，焊接高度不应小于主筋直径的0.3倍；

3 对中支架的截面尺寸应符合对土钉杆体保护厚度的要求，对中支架可选用直径6mm~8mm的钢筋焊制；

4 土钉成孔后应及时插入土钉杆体，遇塌孔、缩径时，应在处理后在插入杆体。

6.5.7 钢筋土钉的注浆应符合下列要求：

1 注浆材料可选用水泥浆或水泥砂浆；水泥浆的水灰比宜取0.5~0.55；水泥砂浆的水灰比宜取0.4~0.45，灰砂比宜取0.5~1.0，拌和用砂宜选用中粗砂，按重量计的含泥量不得大于3%；

2 水泥浆或水泥砂浆应拌和均匀，一次拌和的水泥浆或水泥砂浆应在初凝前使用；

3 注浆前应将孔内残留的虚土清除干净；

4 注浆应采用将注浆管插至孔底，由孔底注浆的方式，且注浆管端部至孔底的距离不宜大于200mm；注浆及拔管时，注浆管出浆口应始终埋入注浆液面内，应在新鲜浆液从孔口溢出后停止注浆；注浆后，当浆液液面下降时，应进行补浆。

6.5.8 打入式钢管土钉的施工应符合下列要求：

1 钢管端部应制成尖锥状；钢管顶部宜设置防止施打变形的加强构造；

- 2 注浆材料应采用水泥浆；水泥浆的水灰比宜取 0.5~0.6；
- 3 注浆压力不宜小于 0.6MPa；应在注浆至钢管周围出现返浆后停止注浆；当不出现返浆时，可采用间歇注浆的方法。

6.5.9 喷射面层的施工应符合下列要求：

- 1 粗骨料宜选用级配砾石；细骨料宜选用中粗砂，含泥量应小于 3%；
- 2 水泥与砂石的重量比宜取 1:4.0~1:4.5，砂率宜取 45%~55%，水灰比宜取 0.40~0.45；
- 3 使用速凝剂等外加剂时，应通过试验确定外加剂掺量；
- 4 喷射作业应分段依次进行，同一分段内应自上而下均匀喷射，一次喷射厚度宜为 30mm~40mm；
- 5 喷射作业时，喷头应与土钉墙面保持垂直，其距离宜为 0.6m~1.0m；
- 6 喷射混凝土终凝 2h 后应及时喷水养护；
- 7 钢筋与坡面的间隙应大于 20mm；
- 8 钢筋网可采用绑扎固定；钢筋连接宜采用搭接焊，焊缝长度不应小于钢筋直径的 10 倍；
- 9 采用双层钢筋网时，第二层钢筋网应在第一层钢筋网被喷射面层覆盖后铺设。

6.5.10 土钉墙的质量检测、验收应符合下列规定：

- 1 支护工程竣工后，应由工程发包单位、监理支护设计（勘察）和施工单位（基坑的使用单位）共同按设计要求进行工程质量验收。
- 2 支护工程质量验收内容：
 - 1) 原材料检验和试验报告；
 - 2) 施工记录和隐蔽工程检查验收记录；
 - 3) 喷射混凝土（或砂浆）强度、厚度、土钉抗拔力等检查和试验报告；
 - 4) 设计变更报告和工程重大问题处理文件；
 - 5) 支护工程竣工之前的、支护变形（位移、沉降）及

周围地表、地下管线（沟）、基坑影响范围内的建（构）筑物等各项监测内容和测量记录与观察报告（包括自检及第三方监测的内容）；

6) 竣工图纸。

3 土钉墙的质量检测应符合下列规定：

1) 应对土钉的抗拔承载力进行检测，土钉检测数量不宜少于土钉总数的 1%，且同一土层中的土钉检测数量不应少于 3 根；对安全等级为二级、三级的土钉墙，抗拔承载力检测值分别不应小于土钉轴向拉力标准值的 1.3 倍、1.2 倍；检测土钉应采用随机抽样的方法选取；检测试验应在注浆固结体强度达到 10MPa 或达到设计强度的 70% 后进行，应按《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 中附录 D 的试验方法进行；当检测的土钉不合格时，应扩大检测数量；

2) 应进行土钉墙面层喷射面层的现场试块强度试验，每 500m² 喷射混凝土面积的试验数量不应少于一组，每组试块不应少于 3 个；

3) 应对土钉墙的喷射面层厚度进行检测，每 500m² 喷射混凝土面积的检测数量不应少于一组，每组的检测点不应少于 3 个；全部检测点的面层厚度平均值不应小于厚度设计值，最小厚度不应小于厚度设计值的 80%。

4) 当采用装配式面层时，其检测及验收应符合《绿色装配式边坡防护技术规程》T/CECS812 相关要求。

6.5.11 土钉支护施工所用原材料的质量及各种材料的性能的检验，均应以现行的国家技术标准为依据。

6.6 监测

6.6.1 土钉支护施工监测应包括下列内容：

- 1 支护体及边坡体水平位移和垂直位移的量测；
- 2 地表开裂状态、位置、裂宽等的观察记录；
- 3 附近建筑物和重要管线等社会的变形测量和裂缝观察及记录；

- 4 基坑渗、漏水和基坑内外的地下水变化；
 - 5 在支护施工阶段，按本技术标准 9 章节的要求进行监测，在完成基坑开挖及支护施工，变形趋势稳定的情况下可适当减少监测次数；
 - 6 施工监测应自基坑开挖前持续至整个基坑回填结束。
- 6.6.2** 土钉墙监测点的布置、监测内容、监测预警值、特殊阶段的加强监测等详见本技术标准 9 章节基坑监测相关内容。

7 地下水控制

7.1 一般规定

7.1.1 地下水控制应根据工程地质和水文地质条件、基坑周边环境要求及支护结构形式选用截水、降水（集水明排）和回灌三类。不同地下水控制方法可单独或组合使用。

7.1.2 当降水会对基坑周边建（构）筑物、地下管线、道路等造成危害或对环境造成长期不利影响时，应采用截水方法控制地下水。采用悬挂式帷幕时，亦可同时采用坑内降水，宜根据水文地质条件结合坑外回灌措施。基坑内、外降水井完成降水后，必须进行“先内后两边”的全井回填。

7.1.3 地下水控制设计应符合支护结构的水平位移控制值和基坑周边环境的沉降控制值的要求。

7.1.4 当坑底以下有水头高于坑底的承压水时，各类支护结构均应按规定进行承压水作用下的坑底突涌稳定性验算。

7.1.5 抽水系统的使用期应满足主体结构的施工要求。当主体结构有抗浮要求时，停止降水的时间应满足主体结构施工期的抗浮要求。

7.1.6 地下水控制过程中抽排出的地下水经沉淀处理后应综合利用（除就地回灌）；当多余的地下水符合城市地表水排放标准时，可排入城市雨水管网或河湖，不应排入城市污水管道。

7.1.7 降水、截水工程复杂程度划分为简单、中等和复杂。地下水控制工程复杂程度划分应符合下表规定：

表 7.1.7 降水、截水工程复杂程度分类一览表

工程	条件		复杂程度分级		
			简单	中等	复杂
降水	工程环境限制要求		无明确要求	有一定要求	有严格要求
	降水工程规模	面状围合面积A (m ²)	A<5000	5000≤A≤20000	A>20000
		条状宽度B	B<3	3≤B≤8	B>8

		(m)			
		线状长度L (km)	$L < 0.5$	$0.5 \leq L \leq 2$	$L > 2$
	水位降深值s (m)		$s < 6$	$6 \leq s \leq 12$	$s > 12$
	含水层类型	含水层数	单层	双层	多层
		承压水	无承压水	承压含水层水头低于开挖深度	承压含水层水头高于开挖深度
渗透系数k (m/d)		$0.1 \leq k \leq 20$	$20 < k \leq 50$	$k < 0.1$ 或 $k > 50$	
	构造裂隙发育程度	构造简单, 裂隙不发育	构造较简单, 裂隙较发育	构造复杂, 裂隙很发育	
截水	截水深度h (m)		$h \leq 7$	$7 < h \leq 13$	$h > 13$
	含水层特征	渗透系数k (m/d)	$k \leq 20$	$20 < k \leq 50$	$k > 50$
当两种以上地下水控制方法组合使用时, 应划分为复杂工程					

注: 1. 降水工程复杂程度分类选择以工程环境、工程规模和降水深度为主要条件, 符合主要条件之一即可, 其他条件宜综合考虑;

2. 长(L)宽(B)比小于或等于20时为面状, 大于20且小于或等于50时为条状, 大于50时为线状;

3. 截水工程复杂程度分类选择以工程环境和截水深度为主要条件, 符合主要条件之一即可, 其他条件宜综合考虑;

4. 工程环境是指人类在利用和改造自然环境中创造出来的人工环境。比如农田、林场、工场等等。

7.2 截水帷幕

7.2.1 当降水会对基坑周边建(构)筑物、地下管线、道路等造成危害或对工程环境造成长期不利影响时, 可采用截水帷幕方法控制地下水。截水帷幕方法分类:

1 按布置形式: 悬挂式竖向截水帷幕、落底式竖向截水帷幕、水平向截水帷幕;

2 按结构形式: 独立式截水帷幕、嵌入式截水帷幕、支护结构自抗渗式截水帷幕;

3 按施工方法: 咬合式排桩截水帷幕、地下连续墙截水帷幕、潜孔冲击高压旋喷桩法截水帷幕、水泥土搅拌桩截水帷幕。

7.2.2 截水帷幕功能应符合下列规定：

1 截水帷幕设计应与支护结构设计相结合；

2 应满足开挖面渗流稳定性要求，应按本技术标准附录 C 渗透稳定性验算第 C.0.1 条的规定进行承压水作用下的坑底突涌稳定性验算。当不满足突涌稳定性要求时，应对该承压水含水层采取截水、减压措施；

3 截水帷幕应满足自防渗要求，渗透系数不宜大于 1.0×10^{-6} cm / s。

7.2.3 当采用咬合式排桩、水泥土搅拌桩法、潜孔冲击高压旋喷桩法和地下连续墙截水帷幕时，应结合工程情况进行现场工艺性试验，确定施工参数和工艺。

7.2.4 截水帷幕施工方法的选择应根据工程地质条件、水文地质条件、场地条件、支护结构形式、周边工程环境保护要求综合确定。截水帷幕施工方法可按表 7.2.4 截水帷幕施工方法及适用条件选用。

表 7.2.4 截水帷幕施工方法及适用条件

适用条件 截水方法	土质类别	注意事项与说明
咬合式排桩	适用于黏性土、粉土、填土、黄土、砂、卵石。	对施工精度、工艺和混凝土配合比均有严格要求。
潜孔冲击 高压旋喷桩法	适用于素填土、杂填土、黏性土、砂土、砂卵石层、漂石、抛石、混凝土旧基础、基岩等。	基坑水平封底帷幕技术正在研发、试验阶段。本方法施工效率高、成桩质量高、止水效果好、节能、环保效果明显、对周边环境影响小。
水泥土搅拌法	适用于淤泥质土、淤泥、黏性土、粉土、填土、黄土、软土，对砂、卵石等地层有条件使用。	不适用于含大孤石或障碍物较多且不易清除的杂填土，欠固结的淤泥、淤泥质土，硬塑、坚硬的黏性土，密实的砂土以及地下水渗流影响成桩质量的地层。
地下连续墙	适用于除岩溶外的各类岩土。	施工技术环节要求高，造价高，泥浆易造成现场污染、泥泞，墙体刚度大，整体性好，安全稳定。

注：截水帷幕基坑涌水量计算公式与适用条件见附录D.0.3。

7.2.5 当坑底以下存在连续分布、埋深较浅的隔水层时，应采用落底式帷幕。落底式帷幕进入下卧隔水层的深度应满足下式要求，不能穿透隔水层，且还应满足本标准 7.2.2 条要求：

$$l \geq 0.2\Delta h - 0.5b \quad (7.2.5)$$

式中：

l ——帷幕进入隔水层的深度（m）；

Δh ——基坑内外的水头差值（m）；

b ——帷幕的厚度（m）。

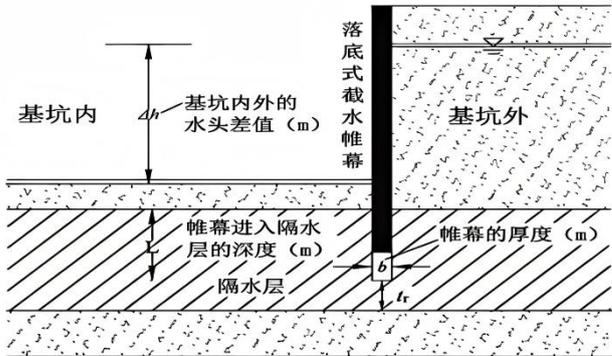


图7.2.5 落底式帷幕进入下卧隔水层的深度示意图

7.2.6 悬挂式截水帷幕在坑底以下的插入深度应满足地下水从帷幕底绕流的渗流稳定性验算的要求。对非均质含水层宜采用数值方法进行渗流稳定性分析；对均质含水层，可按本技术标准附录 C 渗透稳定性验算第 C.0.2 条和 C.0.3 条进行流土稳定性验算和土的管涌可能性判别。

7.2.7 截水帷幕的施工应与支护结构施工相协调，施工顺序应符合下列规定：

- 1 独立的、连续性截水帷幕，宜先施工帷幕，后施工支护结构；
- 2 对嵌入式截水帷幕，当采用搅拌工艺成桩时，可先施工帷

幕桩，后施工支护结构；当采用高压喷射注浆工艺成桩，或可对支护结构形成包覆时，可先施工支护结构，后施工帷幕；

3 当采用咬合式排桩帷幕时，宜先施工非加筋桩，后施工加筋桩；

4 当采取咬合支护结构时，应控制其养护强度，应同时满足相邻支护结构施工时的自身稳定性要求和相邻支护结构施工要求。

7.2.8 咬合式排桩帷幕施工应符合下列规定：

1 当采用软切割工艺施工时，加筋基桩应在非加筋基桩初凝前进行施工，并确保相互咬合；

2 咬合排桩基桩垂直度偏差不应大于 3%，桩位允许偏差应为 50mm，预埋件位置的允许偏差应为 20 mm；成孔过程中如发现垂直度偏差过大，必须及时进行纠偏调整；

3 因混凝土出现早凝现象或机械设备故障等原因，造成咬合排桩的施工未能按正常要求进行而形成事故桩，必须采取截水补救措施。

7.2.9 潜孔冲击高压旋喷桩截水帷幕施工时应符合下列规定：

1 采用与排桩咬合的嵌入式截水帷幕时，应先进行排桩施工，后进行高压旋喷桩施工；

2 独立式截水帷幕应采用隔孔作业的施工顺序，相邻孔喷射注浆的间隔时间不宜小于 24h；

3 喷射注浆时，应由下而上均匀喷射，停止喷射的位置宜高于帷幕设计顶面 1m；

4 当高压喷射注浆因故中途停喷后，继续注浆时应与停喷前的注浆体搭接，其搭接长度不应小于 0.5m；

5 可采用复喷工艺增大固结体半径、提高固结体强度；

6 喷射注浆时，当孔口的返浆量大于注浆量的 20%时，可采用高喷射压力、增加提升速度等措施；

7 当因喷射注浆的浆液渗漏而出现孔口不返浆的情况时，应在漏浆部位停止提升注浆管进行喷射注浆，并宜同时采用从孔口填入中粗砂、注浆液掺入速凝剂等措施，直至出现孔口返浆；

8 喷射注浆后，当浆液析水、液面下降时，应进行补浆；

9 施工中遇地下障碍物、洞穴、涌水、漏水及与工程地质报告不符等情况，应采取相应的措施。

表 7.2.9 本工艺技术指标与同类技术综合对比

名称	高压旋喷桩 (三重管)	长螺旋搅喷法	潜孔冲击高压旋喷桩
适用地层	淤泥、黏性土、粉土、砂土、素填土等一般地层	一般地层	淤泥、黏性土、粉土、砂土、素填土、卵砾石、漂石、基岩、支护桩扩径等复杂地层
布桩方式	自咬合/支护桩间两根咬合	自咬合/支护桩间单根布置	自咬合/支护桩间单根布置
是否引孔	成孔较深或地层较硬时需引孔	成孔较深或地层较硬时需引孔	无需引孔
成桩深度	≤25m	≤25m	≤40m
成桩效率	≤80m/天	≤160m/天	≤250m/天
成桩垂直度	一般	一般	好
成桩直径	≤800mm	≤900mm	≤1500mm
水泥用量	400~600kg/m	400~500kg/m	300~350kg/m
环境影响	返浆量大	弃土+返浆量大	返浆量少

7.2.10 水泥土搅拌法帷幕施工应符合下列规定：

1 可采用单轴、双轴、多轴搅拌工艺施工，施工工艺参数应通过试验确定。

2 孔位偏差不应超过 50mm，垂直度偏差不应超过 1%。

3 水泥土搅拌固结体搭接宽度应符合下列规定：

1) 对单排施工，当水泥土搅拌孔深度小于 10m 时，搭接宽度不应小于 150mm；当水泥土搅拌孔深度为 10m~15m 时，搭接宽度不应小于 200mm；当水泥土搅拌孔深度大于或等于 15m 时，搭接宽度不应小于 250mm；

2) 对双排施工, 当水泥土搅拌孔深度小于或等于 10m 时, 搭接宽度不应小于 100mm; 当水泥土搅拌孔深度为 10m~15m 时, 搭接宽度不应小于 150mm; 当水泥土搅拌孔深度大于或等于 15m 时, 搭接宽度不应小于 200mm;

3) 多轴搅拌工艺宜采用套接一孔法施工。

4 停止搅拌的位置宜高于帷幕设计顶面 0.5m, 当水泥土搅拌因故中途停止, 继续搅拌时应与停止搅拌前的固结体搭接, 其搭接长度不应小于 1.0m。

5 喷浆搅拌下沉、提升速度和重复次数应符合设计和工艺要求, 并有施工过程记录。

7.2.11 地下连续墙式帷幕施工应符合下列规定:

1 应根据地质条件、场地条件等因素选择成槽设备;

2 当采用地下连续墙兼作截水帷幕时, 槽段之间的接头应满足防渗截水的要求, 墙体混凝土抗渗等级不宜小于 P6;

3 在吊放钢筋笼前, 应对槽段接头和相邻墙段的槽壁混凝土面用刷槽器等方法进行清刷, 清刷后的接头和混凝土面不得夹泥; 对设置防渗构件的接头, 应将防渗构件装配到位。

7.2.12 截水帷幕施工尚应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79 和《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 的有关规定。

7.2.13 帷幕的施工质量验收尚应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB50202 和《地下防水工程施工质量验收规范》GB50208 的相关规定。

7.3 降水

7.3.1 基坑降水可采用管井井点、轻型井点(真空井点)、喷射井点(空气压缩机井点)和电渗井点等方法, 并宜按表 7.3.1 降水方法及其适用条件的适用条件选用。

表 7.3.1 降水方法及其适用条件

适用条件 降水方法	土质类别	渗透系数 m/d (cm/s)	降水深度 (m)
管井井点	粉土、砂土、 碎石土、岩石	>1 (>0.001)	不限
轻型井点 (真空井点)	粉质黏土、粉 土、砂土	$0.01 \sim 20.0$ ($1 \times 10^{-5} \sim 0.02$)	单级 ≤ 6 , 多级 ≤ 12
喷射井点 (空气压缩机井点)	粉土、砂土	$0.1 \sim 20.0$ ($1 \times 10^{-4} \sim 0.02$)	≤ 20
电渗井点	黏性土、淤泥、 淤泥质黏土	≤ 0.1 ($\leq 1 \times 10^{-4}$)	≤ 6

7.3.2 降水后基坑内的水位应低于坑底 $0.5 \sim 1.0m$ 。基坑采用截水结合坑内、坑外减压降水的地下水控制方法时，尚应规定降水井水位的最大降深值和最小降深值。

7.3.3 降水井在平面布置上应沿基坑周边形成闭合状。当地下水流速较小时，降水井宜等间距布置；当地下水流速较大时，在地下水补给方向宜适当减小降水井间距。对宽度较小的狭长形基坑，降水井也可在基坑一侧布置。

7.3.4 基坑地下水位降深应符合下式规定：

$$S_i \geq S_d \quad (7.3.4)$$

式中：

S_i ——基坑内任一点的地下水位降深 (m)；

S_d ——基坑地下水位的的设计降深 (m)。

7.3.5 含水层的影响半径宜通过试验确定。缺少试验时，可按下列公式计算并结合当地经验取值：

1 潜水含水层

$$R = 2s_w \sqrt{kH} \quad (7.3.5-1)$$

2 承压水含水层

$$R = 10s_w \sqrt{k} \quad (7.3.5-2)$$

式中:

R ——影响半径 (m);

s_w ——井水位降深 (m); 当井水位降深小于10m时, 取 $s_w = 10\text{m}$;

k ——含水层的渗透系数 (m/d);

H ——潜水含水层厚度 (m)。

7.3.6 当基坑降水影响范围内存在隔水边界、地表水体或水文地质条件变化较大时, 可根据具体情况, 对按本技术标准第 7.3.4 条计算的单井流量和地下水位降深进行适当修正或采用非稳定流方法、数值法计算。

7.3.7 降水井间距和井水位设计降深, 除应符合公式 (7.3.4) 的要求外, 尚应根据单井流量和单井出水能力并结合当地经验确定。

7.3.8 喷射井点(空气压缩机井点)降水的井间距宜取 1.5m~3.0m; 降深较大时, 可采用多级井点降水。

7.3.9 降水井的单井设计流量可按下式计算:

$$q = 1.1 \frac{Q}{n} \quad (7.3.9)$$

式中:

q ——单井设计流量 (m^3/d) 相应条件的公式计算;

Q ——基坑降水总涌水量 (m^3/d);

n ——降水井数量 (眼)。

7.3.10 降水井的单井出水能力应大于按本技术标准公式 (7.3.10) 计算的设计单井流量。当单井出水能力小于单井设计流量时, 应增加井的数量、直径或深度。管井的单井出水能力可按下式计算:

$$q_0 = 120\pi\gamma_s l \sqrt[3]{k} \quad (7.3.10)$$

式中:

q_0 ——单井出水能力 (m^3/d);

r_s ——过滤器半径 (m);

l ——过滤器进水部分的长度 (m);

k ——含水层渗透系数 (m/d)。

7.3.11 含水层的渗透系数应按下列规定确定：

- 1 宜按现场抽水试验确定；
- 2 对粉土和黏性土，也可通过原状土样的室内渗透试验并结合经验确定；
- 3 当缺少试验数据时，可根据土的其它物理指标按工程经验确定。

表 7.3.11 岩土层的渗透系数 K 的经验值

土的名称	渗透系数 K	
	m/d	cm/s
黏土	<0.005	<6×10 ⁻⁶
粉质黏土	0.005~0.1	6×10 ⁻⁶ ~1×10 ⁻⁴
黏质粉土	0.1~0.5	1×10 ⁻⁴ ~6×10 ⁻⁴
黄土	0.25~10	3×10 ⁻⁴ ~1×10 ⁻²
粉土	0.5~1.0	6×10 ⁻⁴ ~1×10 ⁻³
粉砂	1.0~5	1×10 ⁻³ ~6×10 ⁻³
细砂	5~10	6×10 ⁻³ ~1×10 ⁻²
中砂	10~20	1×10 ⁻² ~2×10 ⁻²
均质中砂	35~50	4×10 ⁻² ~6×10 ⁻²
粗砂	20~50	2×10 ⁻² ~6×10 ⁻²
均质粗砂	60~75	7×10 ⁻² ~8×10 ⁻²
圆砾	50~100	6×10 ⁻² ~1×10 ⁻¹
卵石	100~500	1×10 ⁻¹ ~6×10 ⁻¹
无充填物卵石	500~1000	6×10 ⁻¹ ~1×10

7.3.12 管井的构造应符合下列要求：

- 1 管井的滤管需满足强度及耐久性要求。
- 2 滤管内径应按满足单井设计流量要求而配置的水泵规格

确定，宜大于水泵外径 50mm。滤管外径不宜小于 200mm。管井成孔直径应满足填充滤料的要求。

3 井管与孔壁之间填充的滤料宜选用磨圆度好的硬质岩石成分的圆砾，不宜采用棱角形石渣料、风化石或其他黏质岩石成分的砾石。滤料规格宜满足下列要求：

1) 砂土含水层应按下列公式计算：

$$D_{50} = 6d_{50} \sim 8d_{50} \quad (7.3.12-1)$$

式中：

D_{50} ——小于该粒径的填料质量占总填粒质量50%所对应的填料粒径 (mm)；

d_{50} ——含水层中小于该粒径的土颗粒质量占总土颗粒质量50%所对应的土颗粒质量50%所对应的土颗粒粒径 (mm)。

2) d_{20} 小于 2.0mm 的碎石土含水层应按下列公式计算：

$$D_{50} = 6d_{20} \sim 8d_{20} \quad (7.3.12-2)$$

式中：

d_{20} ——含水层中小于该粒径的土颗粒质量占总土颗粒质量20%所对应的土颗粒粒径 (mm)。

3) 对 d_{20} 大于或等于 2.0mm 的碎石土含水层，宜充填粒径为 10.0mm~20.0mm 的滤料。

4) 滤料的不均匀系数应小于 2。

4 采用深井泵或深井潜水泵抽水时，水泵的出水量应根据单井出水能力确定，水泵的出水量应大于单井出水能力的 1.2 倍。

5 井管的底部应设置沉砂段，井管沉砂段长度不宜小于 3.0m。

7.3.13 轻型井点（真空井点）的构造应符合下列要求：

1 井管宜采用金属管，管壁上渗水孔宜按梅花状布置，渗水孔直径宜取 12mm~18mm，渗水孔的孔隙率应大于 15%，渗水段长度应大于 1.0m；管壁外应根据土层的粒径设置滤网；

2 轻型井点（真空井点）井管的直径应根据单井设计流量确

定,井管直径宜取 38mm~110mm;井的成孔直径应满足填充滤料的要求,且不宜大于 300mm;

3 孔壁与井管之间的滤料宜采用中粗砂,滤料上方应使用黏土封堵,封堵至地面的厚度应大于 1.0m。

7.3.14 喷射井点的构造应符合下列要求:

1 井点的外管直径宜为 73mm~108mm,内管直径为 50mm~73mm,过滤器直径为 89mm~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,正常工作水压力宜为 $0.25H$ (H 为扬程);正常工作水流量宜取单井排水量。

7.3.15 电渗井点的构造应符合下列要求:

1 井点管的构造、布置、埋设与轻型井点管(或喷射井点管)相同。

2 阳极用直径 50mm~75mm 或直径 20mm~25mm 钢筋,以与井点管同等数量埋设在井点管内侧,成平行交错排列。

3 阴阳极的距离:①采用轻型井点时,为 0.8m~1.0m;②采用喷射井点时,为 1.2m~1.5m。

4 阳极管(钢筋)的埋设,采用 75mm 旋叶式电动钻机成孔埋设。

5 阳极外露 0.2m~0.4m,入土深度比井点管深 0.5m,以保证水位能降到所要求的深度。

6 阴、阳极的数量相同,分别用电线连接成通路,并分别接到直流发电机或直流电焊机的相应电极上。

7.3.16 管井的施工应符合下列要求:

1 管井的成孔施工工艺应适合地层特点,对不易塌孔、缩颈的地层宜采用清水钻进;成孔直径宜选择 600mm~800mm,钻孔深度宜大于降水井设计深度 0.3m~0.5m;

2 采用泥浆护壁时,应在钻进到孔底后清除孔底沉渣并立即

置入井管、注入清水，当泥浆比重不大于 1.05 时，方可投入滤料；遇塌孔时不得置入井管，滤料填充体积不应小于计算量的 95%；

3 填充滤料后，应及时洗井，洗井应直至过滤器及滤料滤水畅通，并应抽水检验井的滤水效果。

7.3.17 轻型井点（真空井点）和喷射井点的施工应符合下列要求：

1 轻型井点（真空井点）和喷射井点的成孔工艺可选用清水或泥浆钻进、高压水套管冲击工艺（钻孔法、冲孔法或射水法），对不易塌孔、缩颈的地层也可选用长螺旋钻机成孔；成孔深度宜大于降水井设计深度 0.5m~1.0m；

2 钻进到设计深度后，应注水冲洗钻孔、稀释孔内泥浆；滤料填充应密实均匀，滤料宜采用粒径为 0.4mm~0.6mm 的纯净中粗砂；

3 成井后应及时洗孔，并应抽水检验井的滤水效果；抽水系统不应漏水、漏气；

7.3.18 电渗井点的施工应符合下列要求：

1 井点管：用直径 38mm~55mm 钢管，长 5.0m~7.0m，下端 1.0m~1.8m 的同直径钻有 $\Phi 10\text{mm}$ 梅花形孔（6 排）的滤管，外缠 8 号铁丝、间距 20mm，外包尼龙窗纱二层，棕皮三层，缠 10 号铁丝，间距 40mm；

2 连接管：用直径 38mm~55mm 的胶皮管、塑料透明管或钢管，每个管上宜装设阀门，以便检查井点。

3 集水总管：用直径 75mm~127mm 的钢管分节连接，每节长 4.0m，每截 0.8m~1.6m 设一个连接井点管的接头。

4 滤料：中、粒砂，含泥量小于 3%。

7.3.19 当基坑面积较大时，可在基坑内设置一定数量的疏干井。基坑排水系统的输水能力应满足基坑降水的总涌水量要求。

7.3.20 降水过程中，正常运行时的抽排水含砂量含砂量小于 1/50000。

7.4 集水明排

7.4.1 基坑内排水适用于填土、黏性土、粉土、砂土、碎石土，开挖深度较浅的基坑。当周围土体稳定、渗透性小或基坑壁虽有

局部地下水渗出但不会形成流土、管涌时,可采用明沟排水;当基坑底部为软土或松散砂土时可采用盲沟排水。

7.4.2 基坑明沟排水宜设在基坑周边的坡脚处,对于分级放坡的基坑,宜在平台的内侧设置排水沟。基坑底部明沟应布置在地下室外墙轮廓线以外,明沟边线应距坡脚 0.3m~0.5m,明沟底宽大于 0.3 m,沟底比基坑底低约 0.3m~0.5m,排水沟每截 30m~50m 应设置一个直径为 0.6m~0.8m 的集水井,集水井应比排水沟底低约 0.5m~1.0m,集水井的井壁宜用混凝土滤水管或其他类似材料制作。

7.4.3 采用盲沟排水时,宜沿基坑底周边和坑内布设盲沟,坑内盲沟间距可按 30m~50m 纵横布设。应在盲沟交叉处以及坑底四角或每截 30m~50m 设一集水井。盲沟应采用土工织物裹碎石和中粗砂混合料制成。

7.4.4 在坑顶周边应布设排水沟,在适当位置设置沉淀池。坑内地下水抽排到地面排水沟,经三级沉淀后有组织地排入市政雨水管内。对基坑周边集水区面积大或位于山地的建筑物,基坑周边应考虑地表水的截排措施。

7.4.5 排水沟、集水井的截面应根据设计排水流量确定,设计排水流量应根据下式计算:

$$V \geq 1.5Q \quad (7.4.5)$$

式中:

V ——排水沟、集水井的排水量(m^3/d);

Q ——基坑涌水量(m^3/d),可按本技术标准附录 E 确定。

7.5 降水引起的地层变形计算

7.5.1 降水引起的地层变形量可按下式计算:

$$s = \psi_w \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{zi} \Delta h_i}{E_{si}} \quad (7.5.1)$$

式中:

s ——降水引起的地层变形量(m);

ψ_w ——沉降计算经验系数，应根据地区工程经验取值，无经验时，宜取 $\psi_w=1$ ；

$\Delta\sigma_{zi}$ ——降水引起的地面下第*i*土层中点处的附加有效力（kPa）；对黏性土，应取降水结束时土的固结度下的附加有效应力；

Δh_i ——第*i*层土的厚度（m）；

E_{si} ——第*i*层土的压缩模量（kPa）；应取土的自重应力至自重应力与附加有效应力之和的压力段的压缩模量值。

7.5.2 基坑外土中各点降水引起的附加有效应力宜采用地下水渗流分析方法按稳定渗流计算；当符合非稳定渗流条件时，可按地下水非稳定渗流计算。按下列公式计算（图 7.5.2）：

1 计算点位于初始地下水位以上时

$$\Delta\sigma_{zi} = 0 \quad (7.5.2-1)$$

2 计算点位于降水后水位与初始地下水位之间时

$$\Delta\sigma_{zi} = \gamma_w a_0 \quad (7.5.2-2)$$

3 计算点位于降水后水位以下时

$$\Delta\sigma_{zi} = \gamma_w s_i \quad (7.5.2-3)$$

式中：

γ_w ——水的重度（kN/m³）；

a_0 ——计算点至初始地下水位的垂直距离（m）；

s_i ——计算点对应的地下水位降深（m）。

4 计算简图：

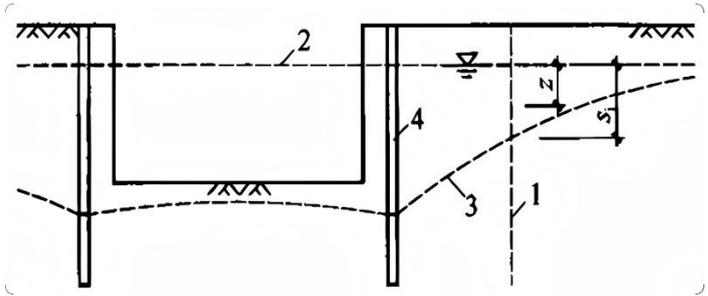


图 7.5.2 降水引起的附加有效应力计算

1—计算剖面1；2—初始地下水位；3—降水后的水位；4—降水井

7.5.3 确定土的压缩模量时，应考虑土的超固结比对压缩模量的影响。

7.6 回 灌

7.6.1 降水工程影响周边工程环境安全时可进行地下水回灌。

7.6.2 地下水回灌宜采用井灌法，回灌方法可按表 7.6.2 回灌方法选择。

表 7.6.2 回灌方法选择

回灌方法	适用条件
管井回灌	各种含水层
大口井回灌	埋藏不深、厚度不大、透水性条件较好的含水层

7.6.3 地下水回灌方式可按表 7.6.3 地下水回灌方式选择。

表 7.6.3 地下水回灌方式选择

回灌方式	适用条件
重力回灌	地下水位较低，渗透性较好的含水层
真空回灌	厚度较大，渗透性较好的含水层
压力回灌	地下水位高，渗透性差的含水层

7.6.4 回灌宜首选同层地下水回灌；当非同层回灌时，回灌水源

的水质不应低于回灌目标含水层地下水的水质；当回灌目标含水层与饮用地下水联系较紧密时，回灌水源的水质应达到饮用水的标准。

7.6.5 地下水回灌应采取有效措施，防止恶化地下水水质。

7.6.6 回灌井布置应符合下列规定：

- 1 回灌井应优先布设在地面沉降敏感区；
- 2 回灌井宜布设在截水帷幕外侧与保护对象之间；
- 3 回灌井宜布设于降水井群的最大影响区和重点保护区；
- 4 对控制地面沉降的工程，回灌与降水应同步进行，降水井与回灌井宜保持一定的间距或过滤器布设在不同的深度；
- 5 布置回灌井时，应同时布置回灌水位观测井，对回灌效果进行动态监测。

7.6.7 当采用管井或大口井进行回灌时，应符合下列规定：

1 对潜水含水层回灌井(图 7.6.7-1)，单井回灌量可按下式进行计算：

$$q = 1.366k \frac{h_0^2 - H_0^2}{\lg R / r_w} \quad (7.6.7-1)$$

2 对承压水含水层回灌井(图 7.6.7-2)，单井回灌量可按下式进行计算：

$$q = 2.732kM \frac{h_0 - H_0}{\lg R / r_w} \quad (7.6.7-2)$$

式中：

q——单井回灌量(m³/d)；

k——渗透系数(m/d)；

R——影响半径(m)；

r_w——回灌井半径(m)；

h₀——井内回灌动水位(m)；

H₀——自然状态下含水层底板至井内水位高度(m)；

M——承压含水层厚度(m)。

3 计算简图：

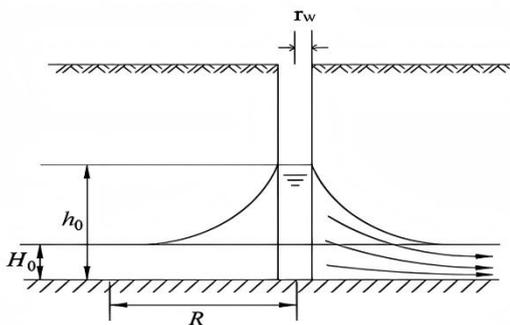


图 7.6.7-1 潜水井回灌计算简图

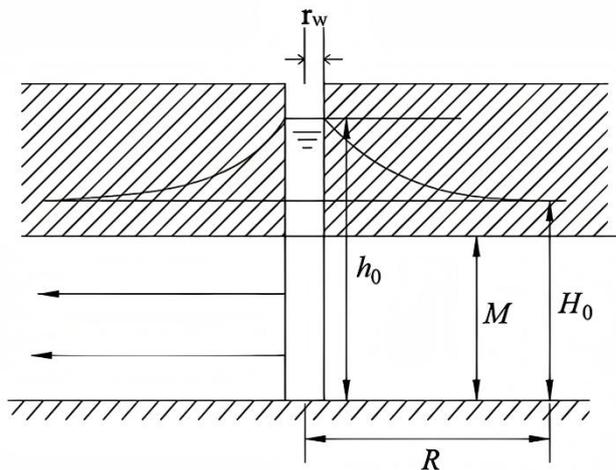


图 7.6.7-2 承压水井回灌计算简图

7.6.8 回灌井结构应符合下列规定：

- 1 回灌井宜包括井壁管(实管)、滤水管、沉砂管；
- 2 管井的成孔口径宜为 600mm~800mm，井径宜为 250mm~300mm；大口径井的成孔口径宜为 1.0m~2.0m；

3 井管上部的滤水管应从常年地下水位以上 0.5m 处开始，滤水管可采用铸铁或无缝钢管，管外应用 φ 6mm 钢筋焊作垫筋，并应采用金属缠丝均匀缠在垫筋上，缠丝间隙宜为 0.75mm~1.00mm；当地层中夹有粉细砂时，可在缠丝外再包扎一层 30 目左右的铜网；

4 回灌井过滤器长度应根据场地的水文地质条件及回灌量的要求综合确定，管径应与井点管直径一致，滤水段管长度应大于 1.0m；管壁上应布置渗水孔，直径宜为 12mm~18mm；渗水孔宜呈梅花形布置，孔隙率应大于 15%；

5 沉砂管应与井管同质同径，且应接在滤水管下部，长度不宜小于 1.0m；

6 井管外侧应填筑级配石英砂作过滤层，填砂粒径宜为含水层颗粒级配 d_{50} 的 8 倍~12 倍；

7 单层(鼓形)滤水管应设置补砂管。补砂管可选用薄壁钢管或高强度 PVC 管，直径宜为 50 mm~70mm；补砂管应布置在井管两侧，与井管同步下入，埋设深度至含水层上部，插入填砂层内 1.0 m~2.0 m，上部露出孔口。

7.6.9 回灌井施工除符合本规范降水井成井施工的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 过滤层的级配砂填筑宜采用动水回填法；

2 在回填的过滤砂层之上，应填筑大于 3.0m 厚的高膨胀性止水黏土球。

7.6.10 井灌法回灌施工应符合下列规定：

1 回灌井成井深度不应小于设计深度，成井后应及时洗井；

2 回灌井在使用前应进行冲洗工作；

3 应选择与井的灌水能力相匹配的水泵；

4 降水、回灌期间应对抽水设备和运行状况进行检查，每天检查不应少于 3 次，同时应有备用设备；

5 应经常检查灌入水的污浊度及水质情况，防止机油、有毒有害物质、化学药剂、垃圾等进入回灌水中；

6 回灌井点必须与降水井点同时工作。

7.6.11 在回灌过程中，应对回灌井、观测井水位及流量观测资料

进行分析，必要时调整回灌参数。

7.6.12 回灌水量应根据地下水位的变化及时调整，保证抽灌平衡。

7.6.13 完成地下水回灌任务、停止回灌后，应进行回填封井。回填封井应符合下列规定：

- 1 回填前应对井深、水位等进行测量；
- 2 回填材料宜选用直径 20mm~30mm 的黏土球缓慢填入；
- 3 回填后应灌水检查封井效果。

8 基坑开挖与回填

8.1 一般规定

8.1.1 基坑支护设计文件应根据支护结构设计要求、地下水控制方法及周边环境条件，确定基坑土方开挖方案及技术要求。

8.1.2 基坑土方工程施工之前应依据以下资料编制详尽、切合实际的施工组织方案：

- 1 建设工程合同、主体设计技术及其他相关要求；
- 2 场地内工程地质、水文地质详细勘察报告；
- 3 基坑设计文件和土建施工需要；
- 4 场地环境调查与评估资料；
- 5 国家、地方现行规范、规程和工程法规等。

8.1.3 基坑土方开挖应严格按设计要求进行，不得超挖。基坑周边堆载不得超过设计规定。土方开挖完成后应减少暴露坑底时间和防止浸泡，并按基坑施工组织设计方案进行垫层与地下结构施工。

8.1.4 在基坑土方开挖过程中，基坑内地下水控制应满足土方挖运的施工要求。

8.1.5 基坑土方开挖按“分层开挖，先撑后挖，及时支护”的原则施工，尽可能对称开挖，严禁超挖；在雨季、汛期施工时，若发生异常情况，应立即采取处理措施。基坑平面形状不规则存在较多阳角时，应做修直开挖处理，尽可能使坡面顺直。严禁出现倒坡现象。

8.1.6 在土方开挖和成孔过程中应随时观察土质变化情况并与设计条件加以对比，如发现异常及时进行反馈设计，体现动态设计法和信息施工法原则。

8.1.7 在开挖和地下室施工期间应严密监测边坡水平位移；当边坡或支护结构有位移增大或失稳迹象时，应及时采取卸荷、削坡、坡脚压载、支护体系补强等防治措施。

8.1.8 基坑开挖宜采取信息化施工方法，监测信息应及时进行反

馈，对出现的异常情况及时处理。

8.2 土方开挖

8.2.1 土方开挖前，应根据基坑支护设计要求和现场条件编制包括下列主要内容的土方开挖专项方案：

- 1 明确土方开挖起止时间，说明降水启动及终止运行的时间；
- 2 土方的开挖方式、开挖顺序、运输线路、分层厚度、分段长度、对称均衡开挖的必要性；
- 3 土方开挖过程中对支护结构(桩、墙、锚、支撑、立柱等)、地下水治理设施、监测标志、坡体、工程桩等的具体保护措施及施工详图；
- 4 土方开挖机械上下基坑坡道的处理措施，必要时应有专门设计；
- 5 土方开运线路图。

8.2.2 基坑主要运输坡道的坡面倾角不应大于 1:7，弯道的曲率半径应大于 10m，路面宽度应大于 4.5m。同时应在路面两侧设置引导及警戒标志，必要时应对坡道边侧进行支护加固。

8.2.3 土方开挖过程中遇有不易采用抽降水方式进行控制时，应在基坑内设置或分级设置排水沟，并利用集排水系统有序排出坑外。

8.2.4 基坑开挖前应保证相应部位的支护结构施工完毕，且强度达到设计要求，同时应完成排水系统的设置。

8.2.5 土方开挖过程中，特别是在冬季、夏季施工时，应根据实际天气情况，采取针对性的安全、环境保护措施。

8.2.6 支护结构、周边建（构）筑物、地下管线、道路、地面变形和位移超过控制值或发生异常情况，应立即停止土方开挖，并采取相应措施。

8.2.7 当坑内地下水位低于开挖面 500mm 以上时，方可进行土方开挖。开挖过程中，不得碰撞或损害测量定位桩、监测点、降水井、工程桩、支护结构等设施，禁止扰动基底原状土。当采用机械开挖土方时，应在基坑底预留 300mm~500mm 厚的土层，由人

工挖掘修整至设计标高。

8.2.8 基坑土方开挖时，应对平面控制桩、水准点、基坑平面位置、开挖面标高、边坡坡度等进行经常性复测检查。

8.2.9 采用内支撑的基坑应在支护结构内侧留出一定高度和宽度的护壁土，并将基坑中部或斜撑坑底支撑处挖至设计标高并浇灌加厚垫层或承台后，采用分段间隔开挖的方式挖出斜撑位置，安好斜撑后再挖该斜撑所在段的护壁土和浇灌垫层。

8.2.10 基坑开挖过程中，若遇基岩或废弃基础等应采取非爆破施工方式进行挖掘或拆除。

8.3 封底及回填

8.3.1 基坑开挖完成后，应及时清底验槽，减少地基土暴露时间，地基土不应长期暴晒或雨水浸泡。

8.3.2 基坑验槽后，应及时浇注垫层封闭基坑；垫层应做到基底满封闭，并应及时进行基础工程施工。

8.3.3 地下结构完成后，应及时对施工肥槽进行回填，回填时应分层夯实，并回填材料及压实度应满足工程设计要求。

9 监测

9.1 一般规定

9.1.1 进行监测的基坑类型、范围应满足下列规定：

- 1 基坑侧壁安全等级为一、二级的基坑；
- 2 开挖深度小于 5 m 但现场地质情况和周围环境较复杂的三级基坑；
- 3 深基坑支护工程监测的空间范围：水平方向应包括从基坑边缘向外 1~2 倍基坑深度范围内建（构）筑物、地下设施和土体包括基坑本身；垂直方向应包括从地表建（构）筑到地下一定深度范围（基坑影响深度内）的土、水、地下设施、支护结构等；
- 4 基坑支护工程支护设计时，应对变形监测的内容和范围做出要求，并应由具有相关资质的单位制定变形监测技术设计方案；
- 5 首次观测应获得监测体初始状态的观测数据；
- 6 基坑各监测项目采用的监测仪器的精度、分辨率及测量精度应能反映监测对象的实际状况，并应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497 的有关规定。

9.1.2 进行基坑监测的技术要求应满足下列规定：

- 1 基坑支护工程设计文件应对监测范围、监测项目及监测点布置、监测频率和监测预警值等做出规定；
- 2 深基坑作为监测对象，根据实际的工程情况主要进行变形、应力和地下水动态这三个方面的监测；
- 3 对于基坑侧壁安全等级为一级基坑、需要进行高频次或连续实时观测的监测项目及环境条件不允许或不可能用人工方式进行观测的监测项目时宜采用自动化监测；
- 4 地下水控制复杂程度为复杂工程，应设置专门的地下水水位观测孔进行水位监测；中等复杂工程宜设置地下水水位观测孔进行水位监测；简单工程可利用抽水井进行水位监测。

9.1.3 基坑监测的委托及监测方案的审核要求应满足下列规定：

1 建设单位应依法选择工程勘察综合资质或同时具备与基坑安全等级对应的工程勘察专业类岩土工程物探测试检测监测和工程测量两方面资质的单位对深基坑开展第三方监测工作；

2 监测工作开始前，监测单位应编制监测方案，监测方案应经建设、设计、监理等单位认可，必要时还应与基坑周边环境涉及的有关管理单位协商一致后方可实施。

9.1.4 基坑监测的工作步骤应满足下列要求：

1 现场踏勘，收集资料；

2 制定监测方案；

3 基准点、工作基点、监测点布设与验收，仪器设备检定和元器件标定；

4 实施现场监测；

5 监测数据的处理、分析及信息反馈；

6 提交阶段性监测结果和报告；

7 现场监测工作结束后，提交完整的监测资料。

9.1.5 监测方案编制前，委托方应提供下列资料：

1 岩土工程勘察报告；

2 基坑支护设计文件；

3 基坑支护工程施工方案或施工组织设计；

4 周边环境各监测对象的相关资料；

5 其他所需资料。

9.1.6 基坑监测方案的内容、专项论证

1 基坑监测方案应包含以下内容：

1) 工程概况；

2) 建设场地岩土工程条件及基坑周边环境状况；

3) 监测目的和依据；

4) 监测范围、对象及项目；

5) 基准点、工作基点、监测点的布设要求及测点布置图；

6) 监测方法及精度；

7) 监测人员的配备；

8) 主要使用的监测仪器设备；

- 9) 监测周期和监测频率;
 - 10) 监测预警指标;
 - 11) 监测预警、异常及危险情况下的监测措施;
 - 12) 监测数据处理与信息反馈的管理制度;
 - 13) 作业安全及其他管理制度。
- 2 下列基坑支护工程的监测方案应进行专项论证:
- 1) 邻近重要建筑、设施、管线等破坏后果很严重的基坑工程;
 - 2) 工程地质、水文地质条件复杂的基坑支护工程;
 - 3) 已发生严重事故,重新组织施工的基坑支护工程;
 - 4) 采用新技术、新工艺、新材料、新设备的基坑侧壁安全等级为一、二级基坑支护工程;
 - 5) 其他需要论证的基坑支护工程。

9.1.7 基坑监测的要求应满足下列规定:

- 1 基坑的监测工作必须在基坑开挖前开始,并获得监测点的初始值。
- 2 施工单位、第三方监测单位应按各自监测方案实施监测。
- 3 监测期间,施工单位、第三方监测单位应及时处理、分析监测数据,并将监测结果和评价及时向建设方及相关单位作信息反馈。当出现第 9.6.3 条情况时,施工单位、第三方监测单位应及时向建设、设计单位报告,并增加监测频率,当有危险事故征兆时,应实时跟踪监测,并实时向建设单位报告;当出现第 9.7.3 条情况时,施工单位、第三方监测单位必须立即进行危险报警,并立即向建设、设计单位报告,建设单位应组织设计、施工等相关单位立即对深基坑支护工程支护结构及周边环境中的保护对象采取应急措施,确保安全。

9.1.8 基坑监测期间,监测方应做好监测设施的保护。建设、施工、监理单位应协助监测单位保护监测设施。

9.1.9 基坑监测结束后,监测单位应向建设单位提供监测总结报告,并做好监测资料的归档工作。

9.1.10 基坑采用智能化监测技术,需符合现行《建筑基坑工程智

能化监测技术标准》DB65/T8012 的要求。

9.2 监测项目

9.2.1 基坑监测的内容、方法应满足下列要求：

1 基坑支护工程监测的内容主要分为两大部分，即基坑围护结构的监测及周围影响范围内保护对象的监测。

2 基坑支护工程现场监测的对象包括：支护结构；地下水状况；基坑及周围岩土体；周边建筑；周边管线及设施；周边重要的道路；其他应监测的对象。

3 基坑支护工程的现场监测应采用仪器监测与巡视检查相结合的方法。

9.2.2 根据基坑类别选择监测项目应满足下列要求：

1 监测项目应与基坑支护工程设计、施工方案相匹配。应针对监测对象的关键部位进行重点观测；各监测项目的选择应利于形成互为补充、验证的监测体系。

2 基坑支护工程仪器监测项目应根据表 9.2.2-1 土质基坑支护工程仪器监测项目和表 9.2.2-2 岩体基坑支护工程仪器监测项目进行选择。

表 9.2.2-1 土质基坑支护工程仪器监测项目表

监测项目 \ 基坑侧壁安全等级	一级	二级	三级
围护墙（边坡）顶部水平位移	应测	应测	应测
围护墙（边坡）顶部竖向位移	应测	应测	应测
深层水平位移	应测	应测	宜测
立柱竖向位移	应测	应测	宜测
围护墙内力	宜测	可测	可测
支撑轴力	应测	应测	宜测
立柱内力	可测	可测	可测
锚杆内力	应测	宜测	可测
坑底隆起（回弹）	可测	可测	可测
围护墙侧向土压力	可测	可测	可测
孔隙水压力	可测	可测	可测

地下水位		应测	应测	宜测
土体分层竖向位移		可测	可测	可测
周边地表竖向位移		应测	应测	宜测
周边建筑	竖向位移	应测	应测	应测
	倾斜	应测	宜测	可测
	水平位移	宜测	可测	可测
周边建筑裂缝、地表裂缝		应测	应测	应测
周边管线	竖向位移	应测	应测	应测
	水平位移	可测	可测	可测
周边道路竖向位移		应测	宜测	可测

表 9.2.2-2 岩体基坑支护工程仪器监测项目表

监测项目		基坑侧壁安全等级		
		一级	二级	三级
坑顶水平位移		应测	应测	应测
坑顶竖向位移		应测	宜测	可测
锚杆轴力		应测	宜测	可测
地下水、渗水与降雨关系		宜测	可测	可测
周边地表竖向位移		应测	宜测	可测
周边建筑	竖向位移	应测	宜测	可测
	倾斜	宜测	可测	可测
	水平位移	宜测	可测	可测
周边建筑裂缝、地表裂缝		应测	宜测	可测
周边管线	竖向位移	应测	宜测	可测
	水平位移	宜测	可测	可测
周边道路竖向位移		应测	宜测	可测

9.2.3 当采用施工降、隔水时，尚应考虑降、隔水及地面沉降的影响范围，并按表 9.2.3 地下水控制工程监测项目对地下水控制效果及影响进行监测。

表 9.2.3 地下水控制工程监测项目

控制方法 监测项目	降水	截水帷幕	回灌	起止时间
地下水位	应测	应测	应测	降水联网抽水前~降水完成帷幕形成前~帷幕完成
总出水量	应测	-	-	降水开始~降水完成
含砂量	应测	-	宜测	降水开始~降水完成 回灌开始~回灌完成
地下水水质	宜测	-	应测	降水开始~降水完成 回灌开始~回灌完成
回灌水量	-	-	应测	回灌开始~回灌完成
回灌压力	-	-	应测	回灌开始~回灌完成
回灌水质	-	-	应测	回灌开始~回灌完成

注： 1. 地下水控制应进行巡视检查；
 2. 轻型井点（真空井点）降水应监测真空压力；
 3. 工程环境监测的项目和要求应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497的相关规定。

9.2.4 湿陷性黄土和膨胀岩土基坑，当坑壁土体浸水可能性较大时，宜对土体含水量进行监测。

9.2.5 基坑周边有地铁、隧道或其它对位移有特殊要求的建（构）筑物及设施时，监测项目应与有关管理部门或单位协商确定。

9.3 巡视检查

9.3.1 基坑支护工程整个施工和使用期内，每天均应由专人进行巡视检查。

9.3.2 基坑支护工程巡视检查应包括以下内容：

1 支护结构应包括以下内容：

- 1) 支护结构成型质量；
- 2) 冠梁、支撑、围檩或腰梁是否有裂缝；
- 3) 冠梁、围檩或腰梁的连续性，有无过大变形；
- 4) 围檩或腰梁与围护桩的密贴性，围檩与支撑的防坠落措施；
- 5) 锚杆垫板有无松动、变形；
- 6) 立柱有无倾斜、沉陷或隆起；
- 7) 止水帷幕有无开裂、渗漏水；
- 8) 基坑有无涌土、流砂、管涌；
- 9) 面层有无开裂、脱落。

2 施工工况应包括以下内容：

- 1) 开挖后暴露的土体情况与岩土勘察报告有无差异；
- 2) 基坑开挖分段长度、分层厚度及支撑（锚杆）设置是否与设计要求一致；
- 3) 基坑侧壁开挖暴露面是否及时封闭；
- 4) 支撑、锚杆是否施工及时；
- 5) 边坡、侧壁及周边地表的截水、排水措施是否到位，坑边或坑底有无积水；
- 6) 基坑降水、回灌设施是否运转正常；
- 7) 基坑周边地面有无超载。

3 周边环境应包括以下内容：

- 1) 周边管线有无破损、泄漏情况；
- 2) 围护墙后土体有无沉陷、裂缝及滑移现象；
- 3) 周边建筑有无新增裂缝出现；
- 4) 周边道路（地面）有无裂缝、沉陷；

- 5) 邻近基坑施工（堆载、开挖、降水或回灌、打桩等）变化情况；
 - 6) 存在水力联系的邻近水体（湖泊、河流、水库等）的水位变化情况。
- 4 监测设施应包括以下内容：
- 1) 基准点、监测点完好状况；
 - 2) 监测元件的完好及保护情况；
 - 3) 有无影响观测工作的障碍物。
- 5 根据设计要求或当地经验确定的其他巡视检查内容。
- 9.3.3** 巡视检查宜以目测为主，可辅以锤、钎、量尺、放大镜等工器具以及摄像、摄影等设备进行。
- 9.3.4** 对自然条件、支护结构、施工工况、周边环境、监测设施等的巡视检查情况应做好记录，及时整理，并与仪器监测数据进行综合分析，如发现异常情况时，应及时通知建设方及其他相关单位。

9.4 监测点布置

- 9.4.1** 为确保基准点的稳定性，要注意以下几点：
- 1 基准点应选在变形影响范围以外且稳定、易于长期保存的地点提前埋设，并确定其稳定后方可投入使用；
 - 2 每个工程至少应有 3 个基准点；
 - 3 监测期间应进行联测，检验工作基点与基准点的稳定性；
 - 4 整个监测期内采取有效措施，加强保护，确保正常使用。
- 9.4.2** 基坑及支护结构监测点的布置应满足下列要求：
- 1 监测网点布置时宜一次独立布网，同时应避开车辆、人员流量大和有机械振动的地段；监测网点之间应通视良好，视线距离地面应大于 1.0m，距离侧方物体应大于 0.5m。
 - 2 支挡式结构水平和竖向位移监测点应布设于冠梁上，土钉墙等基坑边坡顶部的水平和竖向位移监测点应沿基坑周边布置，基坑各侧边中部、阳角处、邻近被保护对象的部位应布置监测点；支挡式结构顶部水平位移监测点水平间距不宜大于 20m，土钉墙顶

部水平位移监测点水平间距不宜大于 15m，且每边监测点数不宜少于 3 个；水平和竖向位移监测点宜为共用点，监测点宜设置在围护墙顶或基坑坡顶上。

3 支护结构或土体深层水平位移监测点宜布置在基坑周边的中部、阳角处及有代表性的部位，水平间距宜为 20m~60m，每侧边监测点数据不应少于 1 个；采用测斜仪观测深层水平位移时，埋设在围护墙体中的测斜管，布置深度宜与围护墙入土深度相同；当测斜管埋设在土体中，测斜管长度不宜小于基坑开挖深度的 1.5 倍，并应大于围护墙的深度。以测斜管底为固定起算点时，管底应嵌入到稳定的土体中。

4 支护结构内力监测断面的平面位置应布置在设计计算受力、变形较大且有代表性的部位。监测点数量和水平间距视具体情况而定。竖直方向监测点间距宜为 2m~4m 且在设计计算弯矩极值处应布置监测点，每一监测点沿垂直于围护墙方向对称放置的应力计不应少于 1 对。

5 支撑轴力监测断面的平面位置宜设置在支撑设计计算内力较大、基坑阳角处或整个支撑系统中起控制作用的杆件上；每层支撑的轴力监测点不应少于 3 个，各层支撑的监测点位置宜在竖向保持一致；钢支撑的监测断面宜选择在支撑的端头或两支点间 1/3 部位，混凝土支撑的监测断面宜选择在两支点间 1/3 部位，并避开节点位置；每个监测点传感器的数量及布置应满足不同传感器的测试要求。

6 立柱的竖向位移监测点宜布置在基坑中部、多根支撑交汇处、地质条件复杂处的立柱上；监测点不应少于立柱总根数的 5%，逆作法施工的基坑不应少于 10%，且均不应少于 3 根。立柱的内力监测点宜布置在设计计算受力较大的立柱上，位置宜设在坑底以上各层立柱下部的 1/3 部位，每个截面传感器埋设不应少于 4 个。

7 锚杆轴力监测断面的平面位置应选择在设计计算受力较大且有代表性的位置，基坑每侧边中部、阳角处和地质条件复杂的区段内宜布置监测点。每层锚杆的内力监测点数量应为该层锚

杆总数的 1%~3%，且基坑每边不应少于 1 根。各层监测点位置在竖向上宜保持一致。每根杆体上测试点宜设置在锚头附近和受力有代表性的位置。

8 坑底隆起（回弹）监测点宜按纵向或横向断面布置，断面宜选择在基坑的中央以及其他能反映变形特征的位置，断面数量不宜少于 2 个；同一断面上监测点横向间距宜为 10m~30m，数量不宜少于 3 个，监测标志宜埋在坑底以下 20cm~30cm。

9 支护结构侧向土压力监测断面的平面位置应布置在受力、土质条件变化较大或其他有代表性的部位；在平面布置上，基坑每边的监测断面不宜少于 2 个，竖向布置上监测点间距宜为 2.0 m~5.0 m，下部宜加密；当按土层分布情况布设时，每层土布设的测点不应少于 1 个，且宜布置在各层土的中部。

10 孔隙水压力监测断面宜布置在基坑受力、变形较大或有代表性的部位。监测点竖向布置宜在水压力变化影响深度范围内按土层分布情况布设，竖向间距宜为 2.0m~5.0m，数量不宜少于 3 个。

11 当采用深井降水时，基坑内水位监测点宜布置在基坑中央和两相邻降水井的中间部位；当采用轻型井点、喷射井点降水时，水位监测点宜布置在基坑中央和周边拐角处，监测点数量视具体情况确定；基坑外地下水位监测点应沿基坑、被保护对象的周边或两者之间布置，监测点间距宜为 20m~50m，相邻建筑、重要的管线或管线密集处应布置水位监测点，当有止水帷幕，宜布置在止水帷幕的外侧约 2 m 处；水位观测管的管底埋置深度应在最低设计水位或最低允许地下水位之下 3.0m~5.0m，承压水水位监测管的滤管应埋置在所测的承压含水层中；在降水深度内存在 2 个以上（含 2 个）含水层时，宜分层布设地下水位观测孔；岩体基坑地下水监测点宜布置在出水点和可能滑面部位；回灌井点观测井应设置在回灌井点与被保护对象之间。

9.4.3 基坑周边环境监测点布置应满足下列要求：

1 从基坑边缘以外 1~2 倍基坑开挖深度范围内需要保护的周边环境应作为监测对象，必要时尚应扩大监测范围。

2 当基坑邻近轨道交通、高架道路、隧道、原水引水、合流污水、重要管线、重要文物和设施、近现代优秀建筑等重要保护对象时，监测点的布置尚应满足相关管理部门的技术要求。

3 周边建筑竖向位移监测点布置应符合下列要求：

- 1) 建筑四角、沿外墙每 10m~15m 处或每隔 2~3 根柱基上，且每侧外墙不小于 3 个监测点；
- 2) 不同地基或基础的分界处；
- 3) 不同结构的分界处；
- 4) 变形缝、抗震缝或严重开裂处的两侧；
- 5) 新、旧建筑或高、低建筑交接处的两侧；
- 6) 高耸构筑物基础轴线的对称部位，每一构筑物不应少于 4 点。

4 周边建筑水平位移监测点应布置在建筑的外墙墙角、外墙中间部位的墙上或柱上、裂缝两侧以及其他有代表性的部位，监测点间距视具体情况而定，一侧墙体的监测点不宜少于 3 点。

5 周边建筑倾斜监测点的布置应满足下列要求：

- 1) 监测点宜布置在建筑角点、变形缝两侧的承重柱或墙上；
- 2) 监测点应沿主体顶部、底部上下对应布设，上、下监测点应布置在同一竖直线上；
- 3) 当由基础的差异沉降推算建筑倾斜时，监测点的布置应符合本技术标准第 9.4.3-3 条的规定。

6 周边建筑裂缝、地表裂缝监测点应选择有代表性的裂缝进行布置，当原有裂缝增大或出现新裂缝时，应及时增设监测点。对需要观测的裂缝，每条裂缝的监测点至少应设 2 个，且宜设置在裂缝的最宽处及裂缝末端。

7 周边管线监测点的布置应满足下列要求：

- 1) 应根据管线修建年份、类型、材料、尺寸及现状等情况，确定监测点设置；
- 2) 监测点宜布置在管线的节点、转角点和变形曲率较大的部位，监测点平面间距宜为 15m~25m，并宜延伸至基坑边缘以外 1~3 倍基坑开挖深度；

- 3) 供水、煤气、暖气等压力管线宜设置直接监测点，也可利用窨井、阀门、抽气口以及检查井管管线设备作为监测点，在无法埋设直接监测点的部位，可设置间接监测点。

8 周边地表竖向位移监测剖面宜设在坑边中部或其他有代表性的部位，并与坑边垂直，监测剖面数量视具体情况确定。每个监测剖面上的监测点数量不宜少于 5 个。

9.5 监测方法和精度要求

9.5.1 监测方法的选择应根据监测对象的监控要求、现场条件、当地经验和方法适用性等因素综合确定，监测方法应合理易行。仪器监测可采用现场人工监测或自动化实时监测。

基坑支护工程各种监测的具体对象与方法详见表 9.5.1 监测内容、对象与方法：

表 9.5.1 监测内容、对象与方法

内容	对象	方法
变形	地面、边坡、坑底土体、支护结构（桩、锚、内支撑、连续墙等）、建（构）筑物、地下设施	目测巡检，对倾斜、开裂、鼓凸等迹象进行丈量、记录、绘制图形或摄影 精密光学仪器、导线或收敛计测量水平和垂直位移，经纬仪投影测量倾斜 埋设测斜管、分层沉降仪测量深层土体变形
应力	支护结构中的受力构件、土体内应力	埋设应力传感器、钢筋应力计、电阻应变片等测量元件 埋设土压力盒或应力铲测压仪
地下水动态	地下水位、水压、抽（排）水量、含砂量	设置地下水观测孔 埋设孔隙水压力计或钻孔测压仪 对抽水流量、含砂量定期观测、记录

9.5.2 各监测项目采用的监测仪器的精度、分辨率及测量精度应能反映监测对象的实际状况。

- 1 各监测方法的监测精度要求按现行国家标准《工程测量标准》GB50026 的相关要求执行。

- 2 监测仪器、设备和元件应符合下列要求：
 - 1) 满足观测精度和量程的要求，且应具有良好的稳定性和可靠性；
 - 2) 应经过校准或标定，且校核记录和标定资料齐全，并应在规定的标准有效期内使用；
 - 3) 监测过程中应定期进行监测仪器、设备的维护保养、检测以及监测元件的检查。
- 3 对同一监测项目，监测时宜符合下列规定：
 - 1) 采用相同的观测方法和观测路线；
 - 2) 使用同一监测仪器和设备；
 - 3) 固定的观测人员；
 - 4) 在基本相同的环境和条件下工作。
- 4 监测项目的初始值应在基坑开挖前测定，并取得至少连续观测 3 次的稳定值的平均值。

9.6 监测频率

9.6.1 基坑支护工程监测工作应贯穿于基坑支护工程和地下工程施工全过程。监测工作应从基坑支护工程施工前开始，直至地下工程回填完毕为止。对有特殊要求的基坑周边环境的监测应根据需要延续至变形趋于稳定后才能结束。地下水控制工程监测开始、终止时间应根据设计要求和施工情况确定，并应覆盖地下水控制实施全过程。

9.6.2 监测频率根据基坑类型、施工阶段、基坑设计深度等确定应符合下列要求：

- 1 监测项目的监测频率应综合考虑基坑类别、基坑及地下工程的不同施工阶段以及周边环境、自然条件的变化和当地经验而确定。对于应测项目，在无数据异常和事故征兆的情况下，开挖后仪器监测频率可按表 9.6.2 现场仪器监测的监测频率确定。

表 9.6.2 现场仪器监测的监测频率

基坑侧壁安全等级	施工进程		监测频率
一级	开挖深度 h (m)	$\leq H/3$	1 次/(2~3) d
		$H/3 \sim 2H/3$	1 次/(1~3) d
		$2H/3 \sim H$	(1~2) 次/d
	底板浇筑后时间 (d)	≤ 7	1 次/1d
		7~14	1 次/3d
		14~28	1 次/5d
		>28	1 次/7d
二级	开挖深度 h (m)	$\leq H/3$	1 次/3d
		$H/3 \sim 2H/3$	1 次/2d
		$2H/3 \sim H$	1 次/d
	底板浇筑后时间 (d)	≤ 7	1 次/2d
		7~14	1 次/3d
		14~28	1 次/7d
		>28	1 次/10d
三级	开挖深度 h (m)	$\leq H/2$	1 次/5d
		$H/2 \sim H$	1 次/3d
	底板浇筑后时间 (d)	≤ 7	1 次/3d
		7~14	1 次/5d
		14~28	1 次/10d
		>28	1 次/14d

注： 1. h——基坑开挖深度；H——基坑设计深度；
 2. 支撑结构开始拆除到拆除完成后3d内监测频率加密为1次/d；
 3. 宜测、可测项目的仪器监测频率可视具体情况适当降低。

2 当基坑支护结构监测值相对稳定,开挖工序无明显变化时,可适当降低支护结构的监测频率。当基坑支护结构、地下水位监测值相对稳定时,可适当降低对周边环境的监测频率。

9.6.3 当出现下列情况之一时,应加强监测,提高监测频率,当有危险事故征兆时,应实时跟踪监测,并实时向建设单位报告。

- 1 监测值接近预警值;
- 2 监测值变化较大或者速率加快;
- 3 存在勘察未发现的不良地质状况;
- 4 超深、超长开挖或未及时加撑等未按设计工况施工;
- 5 基坑及周边大量积水、长时间连续降雨、市政管道出现泄漏;
- 6 基坑附近地面荷载突然增大或超过设计限值;
- 7 支护结构出现开裂;
- 8 周边地面突发较大沉降或出现严重开裂;
- 9 邻近建筑突发较大沉降、不均匀沉降或出现严重开裂;
- 10 基坑底部、侧壁出现管涌、渗漏或流砂等现象;
- 11 膨胀岩土、湿陷性黄土等水敏性特殊土基坑出现防水、排水等防护设施损坏,开挖暴露面有被水浸湿的现象;
- 12 多年冻土、季节性冻土等温度敏感性土的基坑经历冻、融季节;
- 13 高灵敏性软土基坑受施工扰动严重、支撑施作不及时、有软土侧壁挤出、开挖暴露面未及时封闭等异常情况;
- 14 地下水水位、含砂量出现异常情况时;
- 15 出现其他影响基坑及周边环境安全的异常情况。

9.7 监测预警

9.7.1 监测预警值应有变化速率值和累计变化值两类控制值。监测预警值应满足基坑支护结构、周边环境的变形和安全控制要求。监测预警值应由基坑支护工程设计方确定。

9.7.2 基坑及支护结构的监测预警值应符合下列规定:

1 周边环境监测预警值的限值应根据主管部门的要求确定，如无具体规定，可按表9.7.2-1建筑基坑支护工程周边环境监测预警值采用。

2 基坑及支护结构监测预警值应根据基坑侧壁安全等级、工程地质条件、设计计算结果及当地工程经验等因素确定；控制值可按表 9.7.2-2 确定，预警值宜取控制值的 80%，其中锚杆轴力低限预警值宜为锁定值的 1.25 倍。

表 9.7.2-1 建筑基坑支护工程周边环境监测预警值

监测对象			项目	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	备注
1	地下水		水位	1000~2000 (常年变幅以外)	500	-
			含砂量	1/10000 (体积比)	持续增加	设计流量
2	管线位移	刚性管道	压力	10~20	2	直接观察点数据
		非压力	10~30	2		
		柔性管	10~40	3~5	-	
3	邻近建筑位移		小于建筑物地基变形允许值	2~3	-	
4	邻近道路路基沉降	高速公路、主干道路	10~30	3	-	
		一般城市道路	20~40	3	-	
5	裂缝宽度		建筑结构裂缝	1.5~3 (既有裂缝) 0.2~0.25 (新增裂缝)	持续发展	-
			地表裂缝	10~15 (既有裂缝) 1~3 (新增裂缝)	持续发展	-
注：1. 建筑整体倾斜度累计值达到2/1000或倾斜速度连续3d大于0.0001H/d (H为建筑承重结构高度)时应预警； 2. 建筑物地基变形允许值应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007的有关规定取值。						

表 9.7.2-2 基坑支护结构及周边环境监测控制值

序号	监测项目	支护结构类型	基坑侧壁安全等级								
			一级			二级			三级		
			累计值		变化速率 (mm/d)	累计值		变化速率 (mm/d)	累计值		变化速率 (mm/d)
			绝对值 (mm)	相对基坑深度 (h)		绝对值 (mm)	相对基坑深度 (h)		绝对值 (mm)	相对基坑深度 (h)	
1	支护结构顶部水平位移	放坡、土钉墙、复合土钉墙、悬臂桩	—	—	—	50	0.4%	10	60	0.6%	15
		支护桩+锚杆、地下连续墙+锚杆、内支撑	—	0.2%	5	—	0.4%	10	—	—	—
2	支护结构顶部竖向位移	放坡、土钉墙、复合土钉墙、悬臂桩	—	—	—	40	0.3%	10	50	0.5%	15
		支护桩+锚杆、地下连续墙+锚杆、内支撑	20	—	5	30	—	10	—	—	—
3	基坑周边地面沉降	放坡、土钉墙、复合土钉墙、悬臂桩	—	—	—	40	0.3%	10	50	0.5%	15
		支护桩+锚杆、地下连续墙+锚杆、内支撑	—	0.2%	5	—	0.3%	10	—	—	—
4	支护结构深层水平位移	放坡、土钉墙、复合土钉墙、悬臂桩	—	—	—	50	4%	10	60	0.6%	15
		支护桩+锚杆、地下连续墙+锚杆、内支撑	—	0.3%	5	—	0.4%	10	—	—	—
5	支撑立柱竖向位移		25	—	5	35	—	10	—	—	—
6	锚杆轴力		最大值：0.8R 最小值：锁定值		5%R	最大值：0.8R 最小值：锁定值		5%R		—	—
<p>注：1. 累计值取绝对值和相对基坑深度(h)值两者的小值。 2. 对于复合型支护结构的变形监控值，可按不同支护形式叠加考虑。</p>											

9.7.3 当出现下列情况之一时，必须立即进行危险预警，并立即向参建各方报告，建设单位应组织设计、施工等相关单位立即对深基坑支护工程支护结构及周边环境中的保护对象采取应急措施，确保安全。

- 1 监测值达到预警值时；
- 2 基坑支护结构的位移值突然明显增大或基坑出现流砂、管涌、隆起、陷落等；
- 3 基坑支护结构的支撑或锚杆体系出现过大大变形、压屈、断裂、松弛或拔出的迹象；
- 4 基坑周边建筑的结构部分出现危害结构的变形裂缝；
- 5 基坑周边地面出现较严重的突发裂缝或地下空洞、地面下陷；
- 6 基坑周边管线变形突然明显增长或出现裂缝、泄露等；
- 7 冻土基坑经受冻融循环时，基坑周边土体温度显著上升，发生明显的冻融变形；
- 8 出现基坑支护工程设计方提出的其他危险预警情况，或根据当地工程经验判断，出现其他必须进行危险预警的情况。

9.8 监测成果

9.8.1 监测单位应对整个项目的监测方案实施以及监测技术成果的真实性、可靠性负责。监测技术成果应有相关责任人签字，并加盖成果章。

9.8.2 外业观测值和记事项目，必须在现场直接记录于观测记录表中；任何原始记录不得涂改、伪造和转抄；采用电子方式记录的数据，应完整存储在可靠的介质上。监测记录应有相应的工况描述，并使用正式的监测记录表格，监测记录应有相关责任人签字。

9.8.3 取得现场监测资料后，应及时进行整理、分析。监测数据出现异常时，应分析原因，必要时应进行复测。

9.8.4 监测项目数据分析应结合施工工况、地质条件、环境条件以及相关监测项目监测数据的变化进行，并对其发展趋势做出预

测。监测数据的处理与信息反馈宜利用监测数据处理与信息管理系统软件或平台，并宜具备数据采集、处理、分析、查询和管理一体化以及监测成果可视化的功能。

9.8.5 监测日报、阶段性报告的编制应符合下列要求：

1 技术成果应包括当日报表、阶段性报告、总结报告。技术成果提供的内容应真实、准确、完整，并宜用文字阐述与绘制变化曲线或图形相结合的形式反映。技术成果应按时报送。

2 基坑支护工程监测总结报告的内容应包括：工程概况；监测依据；监测项目；监测点布置；监测设备和监测方法；监测频率；监测预警值；各监测项目全过程的发展变化分析及整体评述；监测工作结论与建议。

9.8.6 基坑支护工程监测的观测记录、计算资料和技术成果应进行组卷、归档。

10 基坑支护工程的安全使用与维护

10.1 一般规定

10.1.1 基坑支护工程完成后，施工单位应组织有关人员进行检查评定，确认自检合格后，向建设单位或监理单位提交工程移交验收申请。建设单位收到工程验收申请后，应组织施工、勘察、设计、监理、检测、监测及总包等单位进行基坑支护工程移交验收，基坑支护工程质量验收合格后，建设单位应在规定时间内，将工程竣工验收报告和有关文件交付总包单位。基坑使用与维护进行工序移交时，应办理移交签字手续。

10.1.2 基坑支护工程的日常安全管理工作，基坑支护工程验收合格且办理移交手续后，由总包单位承担。

10.1.3 总包单位在进入基坑进行作业前，应进行基坑安全使用与维护技术培训，并应制定巡视检查、安全演练等方案。并在基坑使用过程中定期开展应急处置演练。

10.1.4 基坑使用中针对极端雨、雪等灾害天气及地震等突发情况，应及时对基坑安全进行现场检查。

10.1.5 主体结构施工过程中，严禁损坏基坑支护结构。当需改变支护结构工作状态时，应经原基坑支护设计单位复核，并重新进行专家论证。

10.1.6 当基坑的使用期预计需要超过基坑支护设计使用周期时或存在过冬时，继续使用前应组织建设单位、设计单位、总包单位、监理单位监测及检测单位等汇同专家对现状基坑进行评估鉴定，并按鉴定结论处置。

10.1.7 基坑支护工程使用与维护期间，应巡查其对基坑周边环境的影响。基坑周边施工材料、设施、可能出现的交通荷载或振动荷载等使用荷载严禁超过设计要求的地面荷载限值。开挖边坡土方，严禁切割、掏挖坡脚以防导致边坡失稳，不得在基坑坡顶堆土、停滞机械设备、堆放材料。

10.1.8 基坑在施工过程及使用中应符合现行《建筑深基坑工程施

工安全技术规程》JGJ311 中的相关规定。

10.2 使用安全

10.2.1 基坑支护工程使用期内，应按下列要求对基坑进行维护：

1 按设计要求进行基坑周边地面硬化或防渗处理，并在周边设置防水围挡和防护栏杆；

2 基坑周边的施工用水应有排放措施，不得渗入土体内；

3 在坑顶、坑底采取有效的截排水措施：对地势低洼的基坑，应考虑周边汇水区域地面径流向基坑汇水的影响；排水沟、集水井应采取防渗措施；

4 主体地下结构施工时，结构外墙与基坑侧壁之间应及时回填。回填采用天然级配砂砾石填料时，宜选用碎石、卵石、角砾、圆砾、砾砂、粗砂、中砂等，并应级配良好且不具腐蚀性、不含植物残体、垃圾等杂质；采用粉土、黏性土回填时，土料中的有机质含量不得超过 5%，且不得含有冻土或膨胀土。填料的压实系数不宜小于 0.94。

10.2.2 在基坑周边设计计算破裂面以内不应建造临时设施；必须建造时应经设计复核，并应采取相应加固措施。

10.2.3 基坑支护工程使用期内，建筑施工时，严禁在支护体系上增加附加荷载。

10.2.4 基坑支护工程使用期内，应有防洪、防暴雨、防冻胀措施及排水、除冰雪备用材料和设备。

10.2.5 冬春交替期或大气降水频繁期，应增加监测频率，对基坑的边坡位移、沉降、地下水位、支护结构内力等进行实时监测，及时发现异常并采取措施。

10.2.6 基坑临边、临空位置及周边危险部位，应设置明显的安全警示标识，并应安装可靠围挡和防护。

10.2.7 基坑内应设置作业人员上下坡道或爬梯，数量应符合安全生产的相关规定。作业位置的安全通道应畅通。

10.2.8 当基坑周边地面产生裂缝时，应分析裂缝产生原因，及时反馈设计，宜采取相应技术措施。

10.3 维护安全

10.3.1 基坑使用期内，使用单位应有专人对基坑安全进行定期巡查，灾害性天气时应增加巡查次数，并应作好记录；发现异常必须立即进行报警，及时通报基坑支护工程参与各方及有关部门，并应对基坑支护结构和周边环境所保护对象采用相应应急措施。

10.3.2 降水系统维护应符合下列规定：

1 定时巡视降排水系统的运行情况，及时发现和处理系统运行的故障和隐患。

2 应采取措施保护降水系统，严禁损害降水井。

3 在更换水泵时应先量测井深，确定水泵埋置深度。

4 备用发电机应处于准备发动状态，并宜安装自动切换系统，当发生停电时，应及时切换电源，缩短停止抽水时间。

5 负温环境时，抽排水系统应采取防冻措施。

10.3.3 基坑围护结构出现损伤时，应编制加固修复方案并及时组织实施。

10.3.4 基坑使用与维护期间，遇有相邻基坑开挖施工时，应做好协调工作，防止相邻基坑开挖造成的安全损害。

10.3.5 邻近建（构）筑物、市政等管线出现渗漏时，必须立即采取措施，阻止渗漏并应进行加固修复，排除危险源。

10.3.6 基坑应及时按设计要求进行回填，当回填质量可能影响坑外建筑物或管线沉降、裂缝等发展变化时，应采取相应技术措施进行处理。

附录 A 基坑支护设计文件的要求

设计文件应符合危大工程施工现场实际情况及安全生产、环境保护要求的图纸、文件或报告，列出危大清单，注明涉及危大工程的重点部位和环节，提出保障工程周边环境安全和工程施工安全的意见，并应符合现行自治区标准《危险性较大的分部分项工程管理规程》XJJ133 的要求。

A.0.1 基坑支护设计文件应包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 周边环境条件；
- 3 工程地质及水文地质条件；
- 4 设计方案选择；
- 5 支护结构设计；
- 6 地下水控制设计；
- 7 监测要求；
- 8 检测要求；
- 9 土方开挖及基坑回填要求；
- 10 程周边环境安全和工程施工安全的意见和建议；
- 11 计算书；
- 12 施工图纸。

A.0.2 基坑支护工程概况部分应明确下列内容：

- 1 基坑周长、面积、开挖深度、设计使用年限；
- 2 ± 0.00 标高、自然地面标高及其相互关系。

A.0.3 基坑周边环境条件部分应明确下列内容：

- 1 邻近建（构）筑物、道路及地下管线与基坑的位置关系；
- 2 邻近建（构）筑物的工程重要性、层数、结构形式、基础形式、基础埋深、建设及竣工时间、结构完好情况及使用状况；
- 3 邻近道路的重要性、交通负载量、道路特征、使用情况；
- 4 地下管线（包括供水、排水、燃气、热力、供电、通信、消防等）的重要性、特征、埋置深度、走向、使用情况；

5 环境平面图应标注与基坑之间的平面关系及尺寸；条件复杂时，还应画剖面图并标注剖切线及剖面号；剖面图应标注邻近建（构）筑物的埋深、地下管线的用途、材质、规格尺寸、埋深等。

A.0.4 工程地质及水文地质条件部分应明确下列内容：

1 与基坑有关的地层描述，包括岩性类别、厚度、工程地质特征等；

2 含水层的类型，含水层的厚度及顶、底板标高，含水层的富水性、渗透性、补给与排泄条件，各含水层之间的水力联系，地下水位标高及动态变化；

3 地层简单且分布稳定时，可绘制一个典型剖面；对于地层变化较大的场地，宜沿基坑周边绘制地层展开剖面图。图中标明基坑支护设计所需的各有关地层物理力学性质参数如： γ 、 c_k 、 φ_k 、 k 等。岩层及软弱结构面产状、裂隙发育程度等。

A.0.5 设计方案应明确下列内容：

1 分析工程地质特征，指明应重点注意的地层；

2 分析地表水、地下水特征，明确需进行降水或隔水控制的含水层；

3 分析基坑周边环境特征，预测基坑支护工程对环境的影响，明确需保护的邻近建（构）筑物、管线、道路等，提出相应的保护措施；

4 结合上述分析，划分基坑侧壁安全等级；基坑周边条件差异较大者，应分段划分其安全等级，各分段可采用不同的支护方式；

5 根据上述分析，提出可行的支护和地下水控制设计方案。

A.0.6 常见支护结构形式的设计内容应包括：

1 排桩支护：桩型、桩径、桩间距、桩长、嵌固深度及桩顶标高；桩身混凝土强度等级及配筋情况；冠梁的截面尺寸、配筋及顶面标高；

2 锚（索）杆：分层开挖厚度、锚杆直径、自由段、锚固段及锚杆总长；锚杆间距、倾角、标高及数量；锚杆杆体材质、注

浆材料及其强度等级，锚杆与腰梁或压板的连接；锚杆轴向拉力标准值、锁定值、极限承载力等；

3 土钉墙：边坡开挖坡率，分层开挖厚度，各层土钉的设置标高，水平、竖向间距；各层土钉直径、长度、倾角、杆体材料规格、注浆材料及其强度等级；面层钢筋网、加强筋、面层强度、厚度、土钉与面层的连接方式等。

A.0.7 地下水控制设计内容应包括下列内容：

1 基坑降水设计：论证帷幕隔水方法可行性；降水方法的比较与选择；水位降深计算、井数、井身结构设计和抽水设备能力的选择、抽水持续时间的估计；降水井施工质量检验及井孔回填要求；降水影响范围建（构）筑物及地面沉降、地下水位等监测要求；回灌；降水设备及连接管线；坑内降水时，降水井与地下室底板的连接方式及防渗处理措施、降水结束后的封井要求等；

2 基坑帷幕截水设计：截水范围、方法及其工艺参数等。

A.0.8 基坑支护结构及周边环境监测点平面布置图，变形控制值、报警值、监测频率等。

A.0.9 常见支护结构计算书应包括以下内容：

1 基坑支护设计参数：基坑深度、地下水位深度、土钉墙坡率、超载类型及超载值，基坑侧壁重要性系数等。

2 基坑相关土层名称及其参数取值，如土层厚度、 γ 、 c_k 、 φ_k 、 k 等，土压力计算模式，水土合算或水土分算。

3 当采用计算软件计算时，应注明所采用的软件名称和版本。

4 计算结果应包括的内容：

1) 排桩：桩径、桩间距、桩长及嵌固深度；最大弯矩及其位置；最大位移及其位置；配筋量及配筋方式；支护结构受力简图等；

2) 锚（索）杆：自由段、锚固段长度；直径、倾角及杆体材料、数量；轴向拉力标准值、极限承载力、锁定值等；

- 3) 土钉墙：土钉位置及长度；水平向及垂直向间距、直径、倾角及杆体材料及规格；受拉荷载标准值、极限承载力；土钉墙整体稳定分析验算；必要时进行变形计算等。

A.0.10 常见支护结构施工图应包括：

- 1 设计说明：设计使用年限、周边环境设计条件、分层开挖分层支护要求、需要说明的其他事项；
- 2 基坑周边环境条件图：建（构）筑物的平面分布、尺寸、基底埋深、使用状况等。道路与基坑之间的平面关系、尺寸，地下管线的用途、材质、管径尺寸、埋深等；
- 3 基坑支护平面布置图，并符合下列规定：
 - 1) 支护桩平面布置，应标明桩的编号、桩径、桩间距及平面位置，桩中心线与建筑物边轴线及基础承台或底板外边线的位置关系；锚杆平面布置标明锚杆编号、锚杆间距及平面位置；
 - 2) 土钉墙平面布置标明建筑物边轴线、基础边承台或底板边线、基坑开挖上边线、下边线及其与建筑物边轴线的位置关系。
- 4 基坑支护结构立面图，并符合下列规定：
 - 1) 排桩立面图标明排桩的布置、冠梁标高、冠梁与上部结构的关系（如土钉墙、砖墙等）、锚杆布置及其标高等；
 - 2) 土钉墙立面图标明面层钢筋网、加强筋、土钉的间距及连接方式。
- 5 基坑支护结构剖面图及局部详图，并符合下列规定：
 - 1) 基坑支护结构剖面图应标明自然地面标高、槽底标高、桩顶桩底标高、周围建（构）筑物、管线等情况。支护桩的竖向、横向截面配筋图，配筋图应标明配筋数量、钢筋布置形式、钢筋规格、级别、保护层厚度等，非对称配筋时应在配筋图上明确标示方向；冠梁施工图包括梁的截面尺寸、梁顶标高，混凝土强度及配筋图等；

- 2) 锚（索）杆剖面详图标明锚杆设置标高，锚杆自由段、锚固段长度及总长，锚杆直径、倾角及杆体材料、数量，锚杆与腰梁或压板的连接等；
- 3) 锚（索）杆施工说明应对锚杆浆体材料、配比、浆体设计强度、注浆压力及轴向拉力标准值、极限承载力等加以说明；对锚杆的基本试验及验收提出具体要求；
- 4) 土钉墙剖面图标明自然地面标高，边坡开挖坡率，各层土钉设置标高，各层土钉直径、长度、倾角、杆体材质及面层强度、厚度等；
- 5) 土钉与面板连接大样图应采用可靠的连接构造形式，依据土钉受力大小，土钉与加强筋宜采用“L”型焊接，或其他可靠连接形式。
- 6) 土钉墙施工说明应对土钉浆体材料、配比、浆体设计强度、注浆要求等加以说明。

6 基坑降水平面布置图：标明井的类型、编号、井间距、排水系统及供电系统布设等；

7 降水井、观测井、回灌井构造大样图：降水井及观测井、回灌井结构图标明井的直径，实管、滤水管的长度及孔隙率，井的深度，滤料及封孔材料的回填深度和标高；

8 土方开挖要求、出土坡道设置、基坑回填时间要求、回填材料及回填质量控制要求；

9 基坑监测点布置平面图。

A.0.11 质量检测及验收

A.0.12 文件审查、评审资料。

附录 B 新疆地区土层主要物理力学 指标参考值

表 B 新疆地区土层主要物理力学指标参考值

土层名称	状态	天然密度 γ	粘聚力 c	内摩擦角 φ	泊松比 μ
		kN/m^3	kPa	(度)	
黏土	可塑	16~17	28~35	8~12	0.35~0.38
	硬塑	18~19	35~45	12~16	0.31~0.32
粉质黏土	可塑	18~19	30~35	14~18	0.33~0.35
	硬塑	19~20	36~40	16~20	0.32~0.33
粉土	稍密	17~18	20~25	12~16	0.32~0.33
	中密	18~19	25~30	16~20	0.32~0.31
细砂	稍密	17.0~17.5		25~28	0.26~0.28
	中密	17.5~18.5		28~32	0.25~0.26
中砂	稍密	17~18		30~32	0.24~0.25
	中密	18~18.5		33~35	0.24~0.26
粗砂	稍密	18~18.5		30~33	0.24~0.26
	中密	18.5~19		33~35	0.23~0.24
圆砾 (角砾)	稍密	18~18.5	3~5	33~38	0.22~0.20
	中密~密实	19~20		38~45	0.22~0.23
卵石 (碎石)	稍密	18~19	6~8	38~44	0.22~0.24
	中密~密实	19~22		45~50	0.20~0.22

附录 C 渗透稳定性验算

C.0.1 坑底以下有水头高于坑底的承压水含水层，且未用截水帷幕截断其基坑内外的水力联系时，承压水作用下的坑底突涌稳定性应符合下列规定：

1 计算简图：

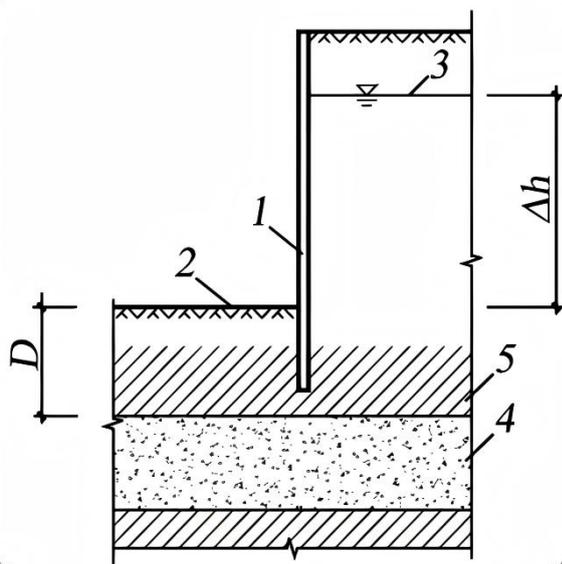


图 C.0.1 坑底土体的突涌稳定性验算

1—截水帷幕；2—基底；3—承压水测管水位；
4—承压水含水层；5—隔水层

2 计算公式：

$$\frac{D\gamma}{h_w\gamma_w} \geq K_h \quad (\text{C.0.1})$$

式中：

K_h ——突涌稳定安全系数； K_h 不应小于1.1；

D ——承压水含水层顶面至坑底的土层厚度 (m)；

γ ——承压水含水层顶面至坑底土层的天然重度 (kN/m^3)；

对多土层，取按土层厚度加权的平均天然重度；

h_w ——承压水含水层顶面的压力水头高度 (m)；

γ_w ——水的重度 (kN/m^3)。

C.0.2 悬挂式截水帷幕底端位于碎石土、砂土或粉土含水层时，对均质含水层，地下水渗流的流土稳定性应符合下式规定，对渗透系数不同的非均质含水层，宜采用数值方法进行渗流稳定性分析。

1 计算简图：

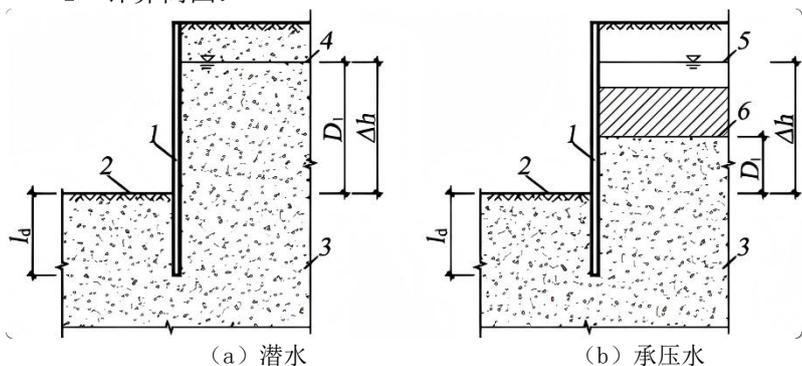


图 C.0.2 采用悬挂式帷幕截水时的流土稳定性验算

1—截水帷幕；2—基坑底面；3—含水层；

4—潜水水位；5—承压水测管水位；6—承压水含水层顶面

2 计算公式：

$$\frac{(2l_d + 0.8D_1) \gamma'}{\Delta h \gamma_w} \geq K_f \quad (\text{C.0.2})$$

式中：

K_f ——流土稳定性安全系数；安全等级为一、二、三级的支护结构， K_f 分别不应小于 1.6、1.5、1.4；

l_d ——截水帷幕在坑底以下的插入深度 (m)；

D_1 ——潜水面或承压水含水层顶面至基坑底面的土层厚度 (m)；

γ' ——土的浮重度 (kN/m^3)；

Δh ——基坑内外的水头差 (m)；

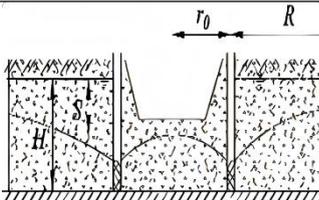
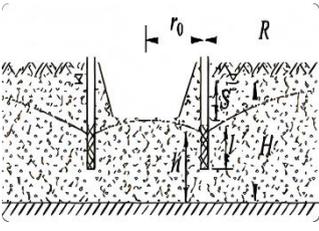
γ_w ——水的重度 (kN/m^3)。

C.0.3 坑底以下为级配不连续的砂土、碎石土含水层时，应进行土的管涌可能性判别。

附录 D 基坑涌水量计算

D.0.1 面状基坑潜水含水层涌水量计算公式与适用条件应符合表 D.0.1 规定。

表 D.0.1 面状基坑潜水含水层涌水量计算公式与适用条件

序号	图形	计算公式	适用条件
1		$Q = 1.366K \frac{(2H - S)S}{\lg(R + r_0) - \lg r_0}$	①潜水完整井； ②均质含水层； ③基坑远离边界
2		$Q = 1.366K \cdot \frac{H^2 - h^2}{\lg \frac{R+r_0}{r_0} + \frac{h-l}{l} \lg(1+0.2 \frac{h}{r_0})}$ $\bar{h} = \frac{H + h}{2}$ $Q = \frac{1.366K(2H_0 - S)S}{\lg \frac{R+r_0}{r_0}}$	①潜水非完整井； ②均质含水层； ③基坑远离边界
<p>除以上基坑潜水含水层涌水量计算公式外，潜水基坑岸边降水、靠近隔水边界降水完整井、非完整井涌水量计算公式参阅与其相关的文献计算即可</p> <p>式中：Q——基坑涌水量 (m^3/d)；K——渗透系数 (m/d)； H——潜水含水层厚度 (m)；H_0——非完整井有效含水层厚度 (m)； S——水位降深 (m)；R——降水影响半径 (m)； r_0——基坑等效半径 (m)；h——基坑动水位至含水层底板深度 (m)； \bar{h}——潜水含水层厚度与动水位以下的含水层厚度的平均值； l——过滤器有效工作部分长度 (m)。</p>			

D.0.2 圆形或不规则形基坑承压水含水层涌水量计算公式与适用条件应符合表 D.0.2 规定。

表 D.0.2 圆形或不规则形基坑承压水含水层涌水量计算公式与适用条件

序号	图形	计算公式	适用条件
1		$Q = \frac{2.73kMs}{\lg[(R+r_0)/r_0]}$	①承压水完整井； ②均质含水层； ③基坑远离边界。
2		$Q = \frac{2.73kMs}{\lg[(R+r_0)/r_0] + \frac{M-1}{l} \lg(1+0.2M/r_0)}$	①承压水非完整井； ②均质含水层。
3		$Q = 1.366k \frac{2HM - M^2 - h^2}{\lg \frac{R+r_0}{r_0}}$	①承压-潜水完整井； ②均质含水层。
<p>除以上基坑承压水含水层涌水量计算公式外，承压水基坑岸边降水、靠近隔水边界降水完整井、非完整井涌水量计算公式参阅与其相关的文献计算即可</p> <p>式中：Q——基坑涌水量（m^3/d）；K——渗透系数（m/d）； S——水位降深（m）；M——含水层厚度（m）； R——降水影响半径（m）；r_0——基坑等效半径（m）； l——过滤器有效工作部分长度（m）； h——基坑动水位至含水层底板深度； H——承压水的初始水头高度（m）</p>			

D.0.3 狭长条形基坑潜水、承压水含水层涌水量计算公式与适用条件应符合表 D.0.3 规定。

表 D.0.3 狭长条形基坑潜水、承压水含水层涌水量计算公式与适用条件

序号	图形	计算公式	适用条件
1		$Q = \frac{kL(2H-s)s}{R} + \frac{1.366k(2H-s)s}{\lg R - \lg(B/2)}$	①均质潜水含水层； ②完整井点； ③位于无界含水层中； ④直线井点排二侧进水； ⑤ $L > 50\text{m}$ ； ⑥基坑长宽比 20~50 之间。
2		$Q = \frac{2kMLs}{R} + \frac{2.73kMs}{\lg R - \lg(B/2)}$	①均质承压水含水层； ②完整井点； ③位于无界含水层中； ④直线井点排二侧进水； ⑤ $L > 50\text{m}$ ； ⑥基坑长宽比 20~50 之间。

式中： L ——基坑长度（m）；

B ——基坑宽度（m）；

其他符号同表D.0.1。

D.0.4 截水帷幕基坑涌水量计算公式与适用条件应符合表 D.0.4 规定。

D.0.4 截水帷幕基坑涌水量计算公式与适用条件

序号	图形	计算公式	适用条件
1		$Q = \mu A s$	① 潜水完整井; ② 均质含水层; ③ 落底式截水帷幕
2		$Q = 1.366k(2H_0 - s)s / \log\left(\frac{R+r_0}{r_0}\right)$	①②同上; ③ 悬挂式截水帷幕
3		$Q = \mu^* A s$	① 承压水完整井; ② 均质含水层; ③ 落底式截水帷幕
4		$Q = 2.73kMs / \log\left(\frac{R+r_0}{r_0}\right)$	①②同上; ③ 悬挂式截水帷幕

式中： Q ——为基坑涌水量（疏干降水排水总量， m^3 ）；

μ ——为疏干潜水含水层的给水度；

μ^* ——为疏干承压水含水层的弹性释水系数；

A ——为基坑开挖面积（ m^2 ）；

s ——为基坑开挖至设计深度时的疏干含水层中平均水位降深（ m ）；

其他符号同表D.0.1、表D.0.2。

E.0.2 深层水平位移监测日报表应符合表 E.0.2 规定。

表 E.0.2 深层水平位移监测日报表

孔号 () 第 () 次

工程名称:

报告编号:

天气:

观测者:

计算者:

校核者:

仪器型号:

仪器编号:

检定有效期:

本次监测时间:

上次监测时间:

深度 (m)	累计位移 (mm)	本次变化量 (mm)	变化速率 (mm/d)	<p>位移量 (mm)</p> <p>深度 (m)</p>
工况描述:				
简要分析及判断性结论:				

工程负责人:

监测单位:

第 页 共 页

附录 F 巡视检查日报表

表F 巡视检查日报表

第（ ）次

工程名称：

报告编号：

天 气：

观 测 者：

巡视时间：

分类	巡视检查内容	巡视检查结果	备注
支护结构	支护结构成型质量		
	冠梁、支撑、围檩或腰梁是否有裂缝		
	冠梁、围檩或腰梁的连续性，有无过大变形		
	围檩或腰梁与围护桩的密贴性，围檩与支撑的防坠落措施		
	锚杆垫板有无松动、变形		
	立柱有无倾斜、沉陷或隆起		
	止水帷幕有无开裂、渗漏水		
	基坑有无涌土、流砂、管涌		
	面层有无开裂、脱落		
其他			
施工工况	开挖后暴露的土体情况与岩土勘察报告有无差异		
	基坑开挖分段长度、分层厚度		
	基坑侧壁开挖暴露面是否及时封闭		
	支撑、锚杆是否施工及时		
	边坡、侧壁及周边地表的截水、排水措施是否到位，坑边或坑底		

	有无积水		
	巡视检查内容	巡视检查结果	备注
	基坑降水、回灌设施是否运转正常		
	基坑周边地面堆载情况		
	爆破后岩体是否出现松动		
	吊脚桩支护形式时，岩肩处岩体有无开裂、掉块		
	其他		
周边环境	周边管线有无破损、泄漏情况		
	围护墙后土体有无沉陷、裂缝及滑移		
	周边建筑有无出现新增裂缝、有无发展		
	周边道路（地面）有无出现新裂缝、沉陷，有无发展		
	邻近基坑施工（堆载、开挖、降水或回灌、打桩等）变化情况		
	存在水力联系的邻近水体（湖泊、河流、水库等）的水位变化情况		
	其他		
监测设施	基准点、监测点完好状况、保护情况		
	监测元件的完好及保护情况、保护情况		
	观测工作条件		

工程负责人：

监测单位：

第 页 共 页

附录 G 基坑安全性验收表

G.0.1 基坑支护工程施工完成后安全性验收记录表应符合表 G.0.1 规定。

表 G.0.1 基坑支护工程施工完成后安全性验收记录表

工程名称		分项工程名称	
验收部位及范围		验收时间	
基坑尺寸及支护的结构形式描述			
安全 验收 情况	验收内容	验收数据	验收结论(合格、不合格、无此项)
	支护施工质量或自然放坡系数	施工图, 专项施工方案	
	变形监测情况	施工图, 变形监测方案	
	坡顶周边荷载	施工图, 专项施工方案	
	坡顶排水、截水、硬化的实施情况。坑底有组织排水情况	施工图, 专项施工方案	
	临边防护	JGJ80	
	周边环境的安全评价	专项防护方案	
	其他内容		
勘察单位意见(签章)		项目负责人:	日期:
设计单位意见(签章)		项目负责人:	日期:
第三方监测单位意见(签章)		项目负责人:	日期:
施工单位意见(签章)		项目负责人:	日期:
施工总承包单位意见(签章)		项目负责人:	日期:
监理单位意见(签章)		总监理工程师:	日期:
建设单位意见(签章)		业主代表:	日期:

注: 本表一式三份, 建设、施工、监理各执一份。

G.0.2 基坑支护工程验收意见应符合表 G.0.2 的规定。

表 G.0.2 基坑支护工程验收意见表

建设单位及工程名称				
基坑平面尺寸	深度	土质	地下水	支护体系
		/		
工程建设基坑支护参与各方验收意见				
勘察单位意见	签字： （盖章） 年 月 日			
设计单位意见	签字： （盖章） 年 月 日			
第三方监测单位意见	签字： （盖章） 年 月 日			
施工单位意见	施工单位签字： （盖章） 年 月 日		分包单位签字： （盖章） 年 月 日	
监理单位意见	签字： （盖章） 年 月 日			
建设单位意见	签字： （盖章） 年 月 日			

注：本表一式七份，以上六方单位各一份，监督站存档一份。

附录 H 基坑支护工程碳排放量计算

H.0.1 基坑支护工程碳排放量计算应以基坑支护设计方案为对象，在设计阶段完成，计算范围应从开工起至基槽回填完工止，包括支护施工、土方开挖、地下水控制、基坑维护、基槽回填和支护结构拆除。

H.0.2 基坑支护工程的碳排放量包括计算范围内工程使用的机械、材料和人工产生的碳排放量。

H.0.3 基坑支护工程碳排放量宜按本规程提供的方法和数据进行计算。

H.0.4 基坑支护工程设计应采用就地取材、可回收材料、多功能构件等减碳措施。

H.0.5 基坑支护工程碳排放量应按下列公式计算：

$$S = \sum \beta_i C_{qi} M_i \quad (\text{H.0.5})$$

式中：

S ——基坑支护工程碳排放量总和 (kgCO₂e)；

M_i ——基坑支护工程依据现行定额计算的单位工程量总量，按表 H.0.7-1~H.0.7-5 中“定额编号”相应的编号计算取值；

C_{qi} ——与单位工程量对应的碳排放因子，按表 H.0.7-1~H.0.7-5 取值，表 H.0.7-1~H.0.7-5 中未包含的特殊施工过程，其碳排放因子可按第 H.0.7 条计算；

β_i ——调整系数，与施工复杂程度、地层岩性、构件重复利用等因素相关，按表 H.0.7-1~H.0.7-5 取值；

i ——对基坑支护工程施工过程进行分部分项后计入总体碳排放量计算的分项序号。

H.0.6 基坑支护工程碳排放量计算结果应包括总碳排放量、支护结构碳排放量、土方工程碳排放量、地下水控制碳排放量等，并应符合表 H.0.6。

表 H.0.6 基坑支护工程碳排放量计算成果表

工程名称					
支护形式					
设计成果					
支护面积 (m ²)	基坑体积 (m ³)	混凝土 支撑量 (m ³)	钢支撑量 (t)	土方工程量 (m ³)	地下水控制面积 (m ²)
总碳排放量 (kgCO ₂ e)		其中	分部分项 工程	碳排放量 (kgCO ₂ e)	总占比
			支护结构		
			土方工程		
			地下水控制		
			监测工程		
			其他		

计算人:

审核人:

H.0.7 基坑支护工程碳排放因子应按照式 H.0.7 计算，包括：建材生产阶段、建材运输阶段、施工阶段、使用阶段、拆除阶段。基坑支护工程常用碳排放因子列入表 H.0.7-1~H.0.7-5。

$$C_u = C_{up} + C_{ut} + C_{uc} + C_{uo} + C_{ud} \quad (\text{H.0.7})$$

式中：

C_u ——基坑支护工程碳排放因子 (kgCO₂e/工程量计量单位)；

C_{up} ——建材生产阶段单位工程量碳排放因子 (kgCO₂e/工程量计量单位)，按 H.0.10 计算；

C_{ut} ——建材运输阶段单位工程量碳排放因子 ((kgCO₂e/工程量计量单位)，按 H.0.11 计算；

C_{uc} ——施工阶段单位工程量碳排放因子 ((kgCO₂e/工程量计量单位)，按 H.0.12 计算；

C_{u0} —— 基坑使用阶段单位工程量碳排放因子 ((kgCO₂e/ 工程量计量单位), 按 H.0.13 计算;

C_{ud} —— 支护结构拆除阶段单位工程量碳排放因子 ((kgCO₂e/ 工程量计量单位), 按 H.0.14 计算。

表 H.0.7-1 土方工程单位工程量碳排放因子表

序号	项目	特征	单位工程量碳排放因子(C)	单位	调整系数(β _i)	备注	
1	平整场地	机械平整场地	0.25	kgCO ₂ e/m ²	0.95-1.05		
2		场地碾压	0.02	kgCO ₂ e/m ²	0.95-1.05		
3		原土打夯	0.09	kgCO ₂ e/m ²	0.95-1.05		
4	挖一般土方	人工挖土方(一、二类土)	0.35	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05		
5		人工挖土方(三类土)	0.43	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05		
6		人工挖土方(四类土)	0.50	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05		
7		机挖独立土方	0.76	kgCO ₂ e/m ³	1.50 (石方)		
8		机挖土方(槽深≤5m)	0.76	kgCO ₂ e/m ³			
9		机挖土方(槽深≤13m)	0.85	kgCO ₂ e/m ³			
10		机挖土方(槽深≤21m)	0.95	kgCO ₂ e/m ³			
11		机挖土方(槽深≤30m)	1.11	kgCO ₂ e/m ³			
12			挖桩间土	2.83	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
13			机挖渣土	2.81	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
14		挖沟槽、 基坑土方	人工挖沟槽(一、二类土)	0.35	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
15	人工挖沟槽(三类土)		0.43	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05		
16	人工挖沟槽(四类土)		0.50	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05		
17		机挖沟槽	1.04	kgCO ₂ e/m ³	1.50 (石方)		
18	挖基坑土方	人工挖基坑(一、二类土)	0.35	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05		
19		人工挖基坑(土)	0.43	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05		
20		人工挖基坑(四类土)	0.50	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05		
21		机挖基坑	1.04	kgCO ₂ e/m ³	1.50 (石方)		

22	挖内支撑土方	挖掘机挖内支撑土方(槽深≤5m)	3.59	kgCO ₂ e/m ³	1.50 (石方)	
23		挖掘机挖内支撑土方(槽深≤13m)	4.32	kgCO ₂ e/m ³		
24		挖掘机挖内支撑土方(槽深≤21m)	5.00	kgCO ₂ e/m ³		
25		挖掘机挖内支撑土方(槽深≤30m)	6.01	kgCO ₂ e/m ³		
26	基础 回填	回填土(松填)	4.57	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
27		回填土(夯填)	5.79	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
28		灰土(2:8)	534.43	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
29		灰土(3:7)	801.16	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
30		级配碎石	5.41	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
31		混凝土	231.52	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
32		泡沫混凝土	231.52	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
33		固化土	5.18	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
34		房心回填土	5.29	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
35		地下室内回填(回填土)	5.29	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
36		地下室内回填(钢渣混凝土)	231.52	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
37		场地 回填	素土	5.72	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05
38	灰土(2:8)		538.43	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
39	灰土(3:7)		804.78	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
40	天然级配砂石		7.10	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
41	车库顶板回填		6.23	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
42	土方 运输	土方装车	0.73	kgCO ₂ e/m ³	1.10	
43		土方运输(运距1km以内)	0.67	kgCO ₂ e/m ³	(淤泥、泥浆)	
44		土方运输(运距每增1km)	0.30	kgCO ₂ e/m ³		

表 H.0.7-2 锚拉式支护工程单位工程量碳排放因子表

序号	项目	特征	单位工程量 碳排放因子 (Cui)	单位	调整系数 (β ₁)	备注		
1	灌注桩	螺旋钻成孔	≤400mm	359.36	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	钢筋另计	
2			600mm	351.83	kgCO ₂ e/m ³			
3			≥800mm	348.60	kgCO ₂ e/m ³			
4		泥浆护壁 (旋挖)	≤800mm	400.46	kgCO ₂ e/m ³	1.30~1.60 (岩层)	钢筋另计	
5			>800mm	390.99	kgCO ₂ e/m ³			
6		泥浆护壁 (冲击钻)	≤800mm	432.39	kgCO ₂ e/m ³	1.30~1.60 (岩层)	钢筋另计	
7			>800mm	423.58	kgCO ₂ e/m ³			
8		泥浆护壁 (回旋钻)	≤800mm	406.84	kgCO ₂ e/m ³	1.30~1.60 (岩层)	钢筋另计	
9			>800mm	402.34	kgCO ₂ e/m ³			
10		钢筋笼	≤15m	2500.04	kgCO ₂ e/t	0.95-1.05		
11			≤25m	2507.14	kgCO ₂ e/t			
12			>25m	2512.21	kgCO ₂ e/t			
13	锚杆 (锚索)	土层	钢绞线	56.57	kgCO ₂ e/m	1.0-1.2	D≤150 mm	
14			锚杆钻机	钢筋	78.79			kgCO ₂ e/m
15		土层		钢绞线	67.13	kgCO ₂ e/m		1.02-1.08
16			套管钻机	钢筋	89.33	kgCO ₂ e/m		1.0-1.05
17		岩层		钢绞线	101.66	kgCO ₂ e/m		1.02-1.08
18			钢筋	123.84	kgCO ₂ e/m	1.00-1.05		
19	钢腰梁		356.41	kgCOe/m	0.95-1.05			
20	冠梁	冠梁(不含钢筋)		299.43	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05		
21		冠梁钢筋	≤φ10	2447.31	kgCO ₂ e/t			
22			>φ10	2450.48	kgCO ₂ e/t			
23	喷射混	80mm厚	钢板网	34.87	kgCO ₂ e/m ²	1.05-1.15		
24			钢筋网	53.37	kgCO ₂ e/m ²			

25	凝土		素喷	27.06	kgCO ₂ e/m ²	(垂直面)	
26		每增减 10mm		2.91	kgCO ₂ e/m ²		

注：1 岩层灌注桩调整系数，桩径小时取大值，桩径大时取小值。

2 锚杆(锚索)的调整系数为考虑未计材料及锚头的碳排放量，如为岩层，还需再乘以 1.3 的调整系数。

3 钢筋混凝土腰梁可按照冠梁取值。

4 锚拉式支护喷射混凝土为垂直面，调整系数取 1.09。

5 表中项目采用的混凝土，除“喷射混凝土”采用 C20 豆石混凝土外，其余均按照 C30 混凝土计算，工程中应按照实际采用的混凝土标号进行调整。

表 H.0.7-3 内支撑工程单位工程量碳排放因子表

序号	项目	特征	单位工程量碳排放因子(C _{ui})	单位	调整系数(β)	备注	
1	灌注桩	螺旋钻成孔	≤400mm	359.36	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	钢筋另计
2			600mm	351.83	kgCO ₂ e/m ³		
3			≥800mm	348.60	kgCO ₂ e/m ³		
4		泥浆护壁(旋挖)	≤800mm	400.46	kgCO ₂ e/m ³	1.30~1.60(岩层)	钢筋另计
5			>800mm	390.99	kgCO ₂ e/m ³		
6		泥浆护壁(冲击钻)	≤800mm	432.39	kgCO ₂ e/m ³	1.30~1.60(岩层)	钢筋另计
7			>800mm	423.58	kgCO ₂ e/m ³		
8		泥浆护壁(回旋钻)	≤800mm	406.84	kgCO ₂ e/m ³	1.30~1.60(岩层)	钢筋另计
9			>800mm	402.34	kgCO ₂ e/m ³		
10		钢筋笼	≤15m	2500.04	kgCO ₂ e/t	0.95-1.05	
11			≤25m	2507.14	kgCO ₂ e/t		
12			>25m	2512.21	kgCO ₂ e/t		
13		≤15m	528.58	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05		

14	地连墙	履带式液 压抓斗成 槽	≤25m	544.03	kgCO ₂ e/m ³		钢筋 另计
15			>25m	560.45	kgCO ₂ e/m ³		
16		二钻一抓 成槽	≤25m	536.85	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	钢筋 另计
17		锁口管吊 拔	≤15m	406.83	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
18			≤25m	480.06	kgCO ₂ e/m ³		
19			>25m	623.50	kgCO ₂ e/m ³		
20		钢筋笼	≤15m	2711.16	kgCO ₂ e/t	0.95-1.05	
21			≤25m	2704.58	kgCO ₂ e/t		
22			>25m	2699.68	kgCO ₂ e/t		
23		导墙	导墙开挖		2.17	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05
24	导墙混凝土		291.48	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05		
25	导墙钢筋		≤φ10	2519.06	kgCO ₂ e/t	0.95-1.05	
26			>φ10	2543.75	kgCO ₂ e/t		
27	钢腰 梁	—		356.41	kgCO ₂ e/m	0.95-1.05	
28	冠梁	冠梁(不含钢筋)		299.43	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
29		冠梁钢 筋	≤φ10	2519.06	kgCO ₂ e/t	0.95-1.05	
30			>φ10	2543.75	kgCO ₂ e/t		
31	喷射 混凝土	80mm厚	钢板网	34.87	kgCO ₂ e/m ²	1.05-1.15	(垂直面)
32			钢筋网	53.37	kgCO ₂ e/m ²		
33			素喷	27.06	kgCO ₂ e/m ²	0.95-1.05	
34		每增减10mm		2.91	kgCO ₂ e/m ²	0.95-1.05	
35	混凝土 支撑	支撑(不含钢筋)		299.43	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
36		支撑钢筋	≤Φ10	2519.06	kgCO ₂ e/t	0.95-1.05	
37			>Φ10	2543.75	kgCO ₂ e/t		
39	钢支 撑	制作		2836.04	kgCO ₂ e/t	0.05(重复 利用时)	
39		安装及拆除		75.54	kgCO ₂ e/t		

表 H.0.7-4 基坑监测工程单位工程量碳排放因子表

序号	项目	特征	单位工程量碳排放因子 (C _{ui})	单位	调整系数 (β _i)	备注
1	基准点 布设	深埋钢管	366.10	kgCO ₂ e/点	0.95-1.05	
2		钢筋混凝土	277.04	kgCO ₂ e/点	0.95-1.05	
3	地表沉降与位 移布设	混凝土结构	75.65	kgCO ₂ e/点	0.95-1.05	
4		沥青混凝土结构	75.65	kgCO ₂ e/点	0.95-1.05	
5		其他地面	75.18	kgCO ₂ e/点	0.95-1.05	
6	建筑物 变形测 点布设	沉降	1.70	kgCO ₂ e/点	0.95-1.05	
7		倾斜	148.50	kgCO ₂ e/点	0.95-1.05	
8	土体分 层沉降 测点布 设	土体分层沉降(深 10m 以内)	480.40	kgCO ₂ e/孔	0.95-1.05	
9		土体分层沉降(深 20m 以内)	961.22	kgCO ₂ e/孔	0.95-1.05	
10		土体分层沉降(深 30m 以内)	1443.23	kgCO ₂ e/孔	0.95-1.05	
11		土体分层沉降(每增 1m)	48.53	kgCO ₂ e/孔	0.95-1.05	
12	桩体变 形测点 布设	桩体变形(深 10m 以内)	16.91	kgCO ₂ e/孔	0.95-1.05	
13		桩体变形(深 20m 以内)	31.80	kgCO ₂ e/孔	0.95-1.05	
14		桩体变形(深 30m 以内)	46.70	kgCO ₂ e/孔	0.95-1.05	
15		桩体变形(每增 1m)	1.55	kgCO ₂ e/孔	0.95-1.05	
16	孔隙水 压力测 孔布设	孔隙水压力(深 10m 以内)	16.42	kgCO ₂ e/孔	0.95-1.05	
17		孔隙水压力(深 20m 以内)	32.11	kgCO ₂ e/孔	0.95-1.05	
18		孔隙水压力(深 30m 以内)	47.88	kgCO ₂ e/孔	0.95-1.05	
19		孔隙水压力(每增 1m)	1.61	kgCO ₂ e/孔	0.95-1.05	
20		水位观察孔(深 10m 以内)	228.39	kgCO ₂ e/孔	0.95-1.05	
21		水位观察孔(深 20m 以内)	447.91	kgCO ₂ e/孔	0.95-1.05	
22		水位观察孔(深 30m 以内)	683.77	kgCO ₂ e/孔	0.95-1.05	
23		水位观察孔(每增 1m)	22.80	kgCO ₂ e/孔	0.95-1.05	

表 H.0.7-5 土钉和土钉墙工程单位工程量碳排放因子表

序号	项目	特征	单位工程量碳排放因子 (C _{ui})	单位	调整系数 (β ₁)	备注
1	平整土地	机械平整土地	0.26	kgCO ₂ e/m ²	0.95-1.05	
2	深层搅拌桩	1.下钻、水泥浆制作、喷浆 2.搅拌提升成桩、材料运输等。	253.15	kgCO ₂ e/m ³	0.95-1.05	
3	高压喷射混凝土桩(定喷)	1.钻孔、水泥浆制作、高压 2.喷射注浆、材料运输等。	295.46	kgCO ₂ e/m	0.95-1.05	
4	高压喷射混凝土桩(摆喷)	--	350.29	kgCO ₂ e/m	0.95-1.05	
5	高压喷射混凝土桩(钻孔)	--	18.58	kgCO ₂ e/m	0.95-1.05	
6	旋喷桩(单重管)	--	317.55	kgCO ₂ e/m	0.95-1.05	
7	旋喷桩(双重管)	--	395.94	kgCO ₂ e/m	0.95-1.05	
8	旋喷桩(三重管)	--	515.23	kgCO ₂ e/m	0.95-1.05	
9	旋喷桩(钻孔)	--	19.19	kgCO ₂ e/m	0.95-1.05	
10	土层锚杆(锚杆钻机成孔-钢绞线)	1.钻孔、浆液制作、运输、压浆。 2.锚杆(锚索)安装。3.锚头安装、张拉锚固等。	56.57	kgCO ₂ e/m	1.0-1.2	D≤150 mm
11	土层锚杆(锚杆钻机成孔-钢筋)	--	78.79	kgCO ₂ e/m	1.05-1.10	
12	土层锚杆(套管钻102机成孔-钢124绞线)356	--	67.13	kgCO ₂ e/m	0.95-1.05	
13	土层锚杆(套管钻机成孔-钢筋)	--	89.33	kgCO ₂ e/m	1.00-1.05	

14	岩层锚杆(钢绞线)	--	101.66	kgCO ₂ e/m	0.95-1.05	D≤200
15	岩层锚杆(钢筋)	--	123.8	kgCO ₂ e/m	1.00-1.05	mm
16	钢腰梁	钢腰梁制作、安装。	356.41	kgCO ₂ e/m	0.95-1.05	
17	土钉支护	1. 钻孔、浆液制作、运输、压浆。 2. 土钉制作、安装。 3. 土钉施工平台搭设、拆除。	42.83	kgCO ₂ e/m	0.95-1.05	
18	喷射混凝土(80mm, 钢板网)	--	34.87	kgCO ₂ e/m ²	0.95-1.05	
19	喷射混凝土(80mm, 钢筋网)	--	53.37	kgCO ₂ e/m ²	0.95-1.05	
20	喷射混凝土(80mm, 素喷)	--	27.06	kgCO ₂ e/m ²	0.95-1.05	
21	喷射混凝土(每增减 10mm)	--	2.91	kgCO ₂ e/m ²	0.95-1.05	
22	喷射水泥砂浆(50mm, 钢板网)	--	16.50	kgCO ₂ e/m ²	0.95-1.05	
23	喷射水泥砂浆(50mm, 钢筋网)	--	15.47	kgCO ₂ e/m ²	0.95-1.05	
24	喷射水泥砂浆(50mm, 素喷)	--	21.23	kgCO ₂ e/m ²	0.95-1.05	
25	喷射水泥砂浆(每增减 10mm)	--	2.75	kgCO ₂ e/m ²	0.95-1.05	
26	降水	--	0.88	kgCO ₂ e/kwh	0.95-1.05	依据电力碳排放因子计算

H.0.8 表 H.0.7-1~H.0.7-5 中单位工程量材料消耗按照现行建设工程计价依据中规定的预算消耗量标准进行计算。

H.0.9 基坑支护工程碳排放因子计算中取用的碳排放因子源自现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T51366, 常用碳排放因子列入表 H.0.9。

表 H.0.9 常用建材碳排放因子

序号	材料/能源	碳排放因子	单位
1	C30 混凝土	295	kgCO ₂ e/m ³
2	C20 豆石混凝土	250	kgCO ₂ e/m ³
3	C15 素混凝土	227.5	kgCO ₂ e/m ³
4	C25 素混凝土	295	kgCO ₂ e/m ³
5	钢渣混凝土	227.5	kgCO ₂ e/m ³
6	泡沫混凝土	227.5	kgCO ₂ e/m ³
7	水泥	0.735	kgCO ₂ e/kg
8	石灰生产	1.19	kgCO ₂ e/kg
9	消石灰(熟石灰、氢氧化钙)	0.747	kgCO ₂ e/kg
10	级配砂石	0.00218	kgCO ₂ e/kg
11	膨润土	0.00269	kgCO ₂ e/kg
12	固化土	0.00269	kgCO ₂ e/kg
13	页岩砖	292	kgCO ₂ e/m ³
14	热轧碳钢筋	2.340	kgCO ₂ e/kg
15	钢绞线	2.375	kgCO ₂ e/kg
16	热轧碳钢中厚板	2.4	kgCO ₂ e/kg
17	工字钢	2.350	kgCO ₂ e/kg
18	钢护筒	2.400	kgCO ₂ e/kg
19	钢板网	1.025	kgCO ₂ e/m ²
20	镀锌铁丝	3.110	kgCO ₂ e/kg
21	火烧丝	2.375	kgCO ₂ e/kg
22	导向铝管	28.5	kgCO ₂ e/kg
23	泥浆护壁	0.374	kgCO ₂ e/m ³
24	预埋铁件	2.310	kgCO ₂ e/kg
25	槽钢	2.310	kgCO ₂ e/kg
26	自来水	0.168	kgCO ₂ e/t
27	柴油	3.096	kgCO ₂ e/kg
28	电	0.6671	kgCO ₂ e/kwh

H.0.10 建材生产阶段单位工程量碳排放因子(Cu)，计算应包

含支护结构材料、止水结构材料、支撑与换撑结构材料、拉锚结构材料、冠梁腰梁材料、护坡护面材料、降水结构材料、附属设施材料的碳排放量。建筑材料消耗量包括净用量和损耗量，损耗量包括从工地仓库、现场集中堆放地点或现场加工地点至操作或安装地点的运输损耗、施工操作损耗和施工现场堆放损耗。建材生产阶段碳排放因子应按下式计算：

$$C_{up} = \sum_{i=1}^n m_i \times EF_i \quad (\text{H.0.10})$$

式中：

C_{up} ——建材生产阶段单位工程量碳排放因子 ($\text{kgCO}_2\text{e}/$ 工程量计量单位)；

m_i ——单位工程量第 i 种建材消耗量 (参见工程预算定额)；

EF_i ——第 i 种建材碳排放因子 ($\text{kgCO}_2\text{e}/$ 单位建材数量)，按表 H.0.8 取值。

H.0.11 建材运输阶段单位工程量碳排放因子 (C_{ut}) 计算应包含成品、半成品材料运输的碳排放量。主要建材的运输距离宜优先采用实际的建材运输距离。当建材实际运输距离未知时，混凝土的默认运输距离应为 40km，其他建材的默认运输距离值应为 500km，或根据具体支护工程估计。建材运输阶段碳排放因子应按下式计算：

$$C_{ut} = \sum_{i=1}^n m_i \times D_i \times T_i \quad (\text{H.0.11})$$

式中：

C_{ut} ——建材运输阶段单位工程量碳排放因子 ($\text{kgCO}_2\text{e}/$ 工程量计量单位)；

m_i ——单位工程量第 i 种建材消耗量 (t) (参见工程预算定额)；

D_i ——单位工程量第 i 种建材平均运输距离 (km)；

T_i ——第 i 种建材的运输方式下，单位重量运输距离的碳排放因子 ($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{t} \cdot \text{km}$)。

H.0.12 施工阶段单位工程量碳排放因子 (C_{uc}) 计算应包含施工产生的碳排放与临时设施产生的碳排放量。若定额中缺乏施

工机械的能源数据,可使用施工机械台班数量和单位台班能耗的乘积。基坑施工阶段碳排放因子应按下式计算:

$$C_{uc} = \sum_{i=1}^n e_j \times EF_j + C_{ud} \quad (\text{H.0.12-1})$$

$$e_j = \sum_{j=1}^n T_j \times R_j \quad (\text{H.0.12-2})$$

式中:

C_{uc} ——施工阶段单位工程量碳排放因子 ($\text{kgCO}_2\text{e}/$ 工程量计量单位);

e_j ——单位工程量第 j 类施工机械能源投入量 (kwh 或 kg);

EF_j ——第 j 类施工机械能源的碳排放因子 ($\text{kgCO}_2\text{e}/$ 能源计量单位),按表 H.0.8 取值;

C_{ud} ——施工阶段单位工程量临时设施碳排放因子(($\text{kgCO}_2\text{e}/$ 工程量计量单位),可依据临时设施类型, 根据定额按照现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T51366 计算;

T_j ——单位工程量第 j 类施工机械的台班数量(台班);

R_j ——第 j 类施工机械单位台班能耗 (kw·h 或 kg/台班)。

H.0.13 基坑使用阶段单位工程量碳排放因子(C_{uo})计算应包含运行产生的碳排放量。若没有使用阶段产生的能源数据,可选择使用阶段机械台班数量和单位台班能耗的乘积。基坑使用阶段碳排放因子应按下式计算:

$$C_{uo} = \sum_{i=1}^n e_j \times EF_j \quad (\text{H.0.13-1})$$

$$e_j = \sum_{j=1}^n T_j \times R_j \quad (\text{H.0.13-2})$$

式中:

C_{uo} ——基坑使用阶段单位工程量碳排放因子 ($\text{kgCO}_2\text{e}/$ 工程量计量单位);

e_j ——基坑使用阶段单位工程量 j 类施工机械能源投入量 (kwh 或 kg);

EF_j ——单位工程量 j 类施工机械能源的碳排放因子 ($\text{kgCO}_2\text{e}/$ 能源计量单位),按表H.0.8取值;

T_j ——单位工程量第 j 类施工机械的台班数量(台班);

R_j ——第 j 类施工机械单位台班能耗 (kw·h 或 kg/台班)。

H.0.14 支护结构拆除阶段单位工程量碳排放因子(C_{ud})计算应包含支护结构拔除与外运、支撑结构拆除与外运 和拆除临时设施产生的碳排放量。支撑爆破拆除、静力破损拆除及机械整体性拆除的能源用量应根据拆除专项方案确定。拆除后的垃圾外运产生的能源用量应按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T51366 的相关规定计算。若没有拆除机械所产生的能源数据,可使用拆除机械台班数量和单位台班能耗的乘积。基坑支护结构拆除阶段碳排放因子应按下式计算:

$$C_{ud} = \sum_{i=1}^n e_j \times EF_j + C_{udl} \quad (\text{H.0.14-1})$$

$$e_j = \sum_{j=1}^n T_j \times R_j \quad (\text{H.0.14-2})$$

式中:

C_{ud} ——支护结构拆除阶段单位工程量碳排放因子 (kgCO_2 / 工程量计量单位);

e_j ——单位工程量拆除阶段 j 类施工机械能源投入量 (kwh 或 kg);

EF_j ——第 j 类施工机械能源的碳排放因子 (kgCO_2 e/能源计量单位), 按表 H.0.8 取值;

C_{udl} ——支护结构拆除阶段单位工程量临时设施碳排放因子 (kgCO_2 e/工程量计量单位), 可依据临时设施类型, 根据定额按照现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T51366 计算;

T_j ——单位工程量第 j 类施工机械的台班数量(台班);

R_j ——第 j 类施工机械单位台班能耗 ($\text{kw} \cdot \text{h}$ 或 kg/台班)。

用词说明

为便于在执行本标准条文时区别对待，对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：
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：
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：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

引用标准名录

《建筑基坑支护技术规程》	JGJ120
《建筑边坡工程技术规范》	GB50330
《建筑深基坑工程施工安全技术规程》	JGJ311
《建筑地基基础设计规范》	GB50007
《混凝土结构设计规范》	GB50010
《建筑结构荷载规范》	GB50009
《建筑桩基技术规范》	JGJ94
《工程测量规范》	GB50026
《建筑基坑工程监测技术标准》	GB50497
《建筑工程施工质量验收统一标准》	GB50300
《预应力混凝土用钢绞线》	GB/T5224
《预应力筋用锚具、夹具和连接器》	GB/T14370
《锚杆喷射混凝土支护技术规范》	GB50086
《建筑结构检测技术标准》	GB/T50344
《岩土工程勘察规范》	GB50021
《建筑与市政地基基础通用规范》	GB55003
《建筑基坑工程智能化监测技术标准》	DB65/T8012
《危险性较大分部分项工程安全管理规程》	XJJ133
《绿色装配式边坡防护技术规程》	T/CECS812
《建筑碳排放计算标准》	GB/T51366

新疆维吾尔自治区地方标准

建筑基坑支护技术标准

Technical standard for building foundation pit support

DB65/T 8XXX-2025

条文说明

目 次

1	总则	176
3	基本规定	177
	3.1 设计原则	177
	3.2 勘察要求	181
	3.3 支护结构选型	183
	3.4 水平荷载	185
	3.5 质量检测	185
4	坡率法	187
	4.1 一般规定	187
	4.2 坡率法设计	188
	4.3 施工与质量检测、验收	188
5	支挡式结构	189
	5.1 一般规定	189
	5.2 结构分析	190
	5.3 稳定性验算	193
	5.4 截面承载力计算	196
	5.5 支挡结构设计及构造要求	197
	5.6 锚杆(索)设计及构造要求	199
	5.7 内支撑结构设计及构造要求	203
	5.8 组合式	205
	5.9 施工与质量检测、验收	206
6	土钉墙	209
	6.1 一般规定	209
	6.2 稳定性验算	209
	6.3 土钉承载力计算	210
	6.4 构造设计	210
	6.5 施工与质量检测、验收	211
7	地下水控制	213
	7.1 一般规定	213
	7.2 截水帷幕	214
	7.3 降水	218
	7.4 集水明排	227
	7.5 降水引起的地层变形计算	228

7.6 回灌.....	229
8 土方开挖与回填.....	231
9 监测.....	232
9.1 一般规定.....	232
9.2 监测项目.....	233
9.3 巡视检查.....	234
9.4 监测点布置.....	234
9.5 监测方法和精度要求.....	235
9.6 监测频率.....	235
9.7 监测预警.....	236
9.8 监测成果.....	236
10 基坑支护工程的安全使用与维护.....	238
10.1 一般规定.....	238
10.2 使用安全.....	240
10.3 维护安全.....	241
附录 H.....	247

1 总 则

1.0.1 随着新疆地区城市建设的快速发展，尤其是地下工程得到了迅猛的发展，基坑支护工程的重要性逐渐被人们所认识，基坑支护工程设计、施工、检测、监测等技术也随着工程经验的不断积累而提高，本技术标准在确保基坑侧壁稳定及保护基坑周边环境不受到危害的条件下，总结已有经验，结合乌鲁木齐地区工程地质条件，力求使得基坑支护设计、施工、使用等做到安全适用、绿色环保、技术先进、经济合理、确保质量的要求。

基坑支护工程中保证环境安全与工程安全，提高支护技术水平，控制施工质量，同时合理地降低工程造价，是基坑工作的技术与管理人员应遵守的基本原则。

1.0.2 本技术标准的规定限于临时性基坑支护，支护结构是按临时性结构考虑，有关结构和构造的规定未考虑耐久性问题，荷载及其分项系数按临时作用考虑。地下水控制的一些方法也是仅适合临时性措施考虑。对于特殊土岩土，应在充分考虑其特殊性质对基坑支护的影响后，再按本标准的相关内容进行设计与施工。对于岩石地层，本标准未涉及岩石压力的计算，但有关支护结构的内容，岩石地层的基坑支护可以参照。房屋建筑与市政工程之外的类似基坑支护的工程可以参照本标准执行。

1.0.3 基坑支护工程不仅用于主体地下结构的施工创造条件和保证施工安全，更为重要的是保护周边环境不受到危害，这在城市的建设中表现得尤为突出。因此，工程建设及监理单位、基坑支护设计单位、施工单位、基坑使用单位及工程建设监督管理部门应予以高度重视。

1.0.4 基坑支护技术涉及岩土与结构的多门学科及技术，对于基坑支护工程涉及结构工程、岩土工程的工程问题，需要同时采用相应的技术标准。因此，在应用本技术标准时，尚应根据具体的问题，遵守其他相关现行的技术标准的要求。

3 基本规定

3.1 设计原则

3.1.1 本技术标准适用于临时性基坑支护，本条明确在基坑支护设计时应明确支护结构的设计使用期限，其支护结构的控制目标应保证支护结构安全和正常使用12个月，原则上应自土方开挖后支护体系开始施工起算。

3.1.4 本条对承载能力极限状态与正常使用极限状态在基坑支护中的具体表现形式进行了归类，设计时依据国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153并结合基坑支护工程自身特点，对各种破坏模式和影响正常使用的状态进行控制。

3.1.5 本标准深基坑支护工程安全等级的划分主要考虑了破坏后果及影响的严重性、基坑深度（小于6m、6m~12m、大于12m）、地质条件复杂程度（复杂、比较复杂、简单）、地下水控制对周边的影响程度（严重、一般、轻微）、拟建建筑基坑边线与邻近既有建筑（构）筑物或重要管线边缘净距与其基础底距离基坑底相对距离比 α （小于0.5、0.5~1.0、大于1.0）等综合确定，并分为三个等级。可根据基坑侧壁不同情况确定的安全等级选用侧壁重要性系数并分别进行基坑各侧壁支护设计。如果邻近建（构）筑物为价值不高的、待拆除的或临时性的，管线为非重要干线，一旦破坏没有危险且易于修复，尽管离基坑较近，其 α 值可提高一个等级；但对变形特别敏感的邻近建（构）筑物或重点保护的古建筑等有特殊要求的建（构）筑物、当基坑侧壁安全等级为二级或三级时，应提高一级安全等级；当基础（包括地基地基处理）或桩基础桩端埋深大于基坑开挖深度时，由于情况较为复杂，应根据基础距基坑底的相对距离、附加荷载大小，桩基础形式（箱筏或独立承台）以及上部结构对变形的敏感程度等因素综合确定 α 值范围及安全等级。

3.1.6 遵循现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153的规定，确定支护结构的重要性系数。当需要提高安全标准

时，支护结构的重要性系数可以根据具体工程的实际情况高于上述数值。

3.1.7 根据周边环境允许的受影响程度确定支护结构的水平变形控制限值。支护结构设计应考虑其结构水平变形、地质及水文的变化对周边环境的影响，明确设计要求。其限值应满足正常使用要求或根据工程经验确定。当无明确的设计要求及工程经验值时，根据地区经验，可按推荐值进行控制。

3.1.8 地下水控制应包括在施工期间的地表、地下水控制。特别强调了降排水设计应以对地下水资源和环境影响最小为原则，符合可持续发展、保护地下水资源的国策，并应保证降排水不致引起周边环境产生过量沉降，应控制不致因渗漏而引起水土流失。当场地周围有地表水径流、排泄或地下管涵渗漏可能引发基坑支护工程风险时，应及早切断水源并对基坑采取截水、封堵、导流等保护措施。

3.1.9 本条规定了基坑支护设计应进行的计算和验算内容，大致可分为三大类问题：

稳定性问题：主要包括本技术标准正文第3.1.3条中提及的“支护体或土体因土中剪应力达到其抗剪强度而发生滑动、隆起、推移、倾覆、滑移，地下水渗流引起土体渗透破坏”。

承载力问题：主要包括本标准正文第3.1.3条中提及的“支护结构构件或连接因应力超过材料强度而破坏，或因过度变形而不适于继续承载；支护结构转变为机动体系，支护结构或结构构件丧失稳定”。

变形问题：主要包括本技术标准正文第3.1.4条中提及的“支护结构的变形或地下水的状态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”。

3.1.11 根据土力学中有效应力原理，土的抗剪强度与有效应力存在相关关系，也就是说只有有效抗剪强度指标才能真实的反映土的抗剪强度。但在实际工程中，黏性土无法通过计算得到孔隙水压力随基坑开挖过程的变化情况，从而也就难以采用有效应力法计算支护结构的土压力、水压力和进行基坑稳定性分析。从实际

情况出发，本条规定在计算土压力与进行土的稳定分析时，黏性土应采用总应力法。采用总应力法时，土的强度指标按排水条件是采用不排水强度指标还是固结不排水强度指标应根据基坑开挖过程的应力路径和实际排水情况确定。由于基坑开挖过程是卸载过程，基坑外侧的土中总应力是小主应力减小，大主应力不增加，基坑内侧的土中竖向总应力减小，同时，黏性土剪切过程可看作是不排水的。因此认为，土压力计算与稳定性分析时，均采用固结快剪较符合实际情况。对于地下水位以下的砂土、碎石土等粗颗粒地层，可认为剪切过程水能排出而不出现超静水压力。

根据土的有效应力原理，理论上对各种土均采用水土分算方法计算土压力更合理，但实际工程应用时，黏性土的孔隙水压力计算问题难以解决，因此对黏性土采用总应力法更为实用，可以通过将土与水作为一体的总应力强度指标反映孔隙水压力的作用。对于密实的粘性土，由于其透水性较差，孔隙水压力的传递和消散较为缓慢，在短期荷载作用下，土颗粒骨架承担了大部分荷载，水对土压力的影响相对较小，此时采用水土合算能得到较为接近实际的结果。对于静水沉积环境，植被发育，存在较多生物遗迹、植物根系孔洞的疏松的黏性土，其透水性相对较好，孔隙水压力容易产生和消散，在这种情况下，地下水对土压力的影响不能忽视，若采用水土合算，会低估土压力，导致工程设计偏于不安全，建议采用水土分算方法。对砂土、碎石土等粗颗粒地层采用水土分算方法。

对静止地下水，孔隙水压力可按水头高度计算。所以，采用有效应力方法并取相应的有效强度指标较为符合实际情况，但砂土、碎石土难以用三轴剪切试验与直接剪切试验得到原状土的抗剪强度指标，要通过其它方法测得。土的抗剪强度指标试验方法有三轴剪切试验与直接剪切试验。理论上讲，用三轴试验更科学合理，但目前大量工程勘察仅提供了直剪剪切试验的抗剪强度指标，致使采用直剪试验强度指标设计计算的基坑支护工程为数不少，在支护结构设计上也积累了丰富的工程经验。从目前岩土工程试验技术的实际发展状况看，直剪试验尚会与三轴试验并存，

不会被三轴剪切试验完全取代。同时，相关的勘察规范也未对采用哪种抗剪强度试验方法作出明确规定。因此，为适应目前的现实状况，本标准采用了上述两种试验方法均可选用的处理办法。但从发展的角度，应提倡用三轴剪切试验强度指标，并应与已有成熟工程应用经验的直接剪切试验指标进行对比。

为避免个别工程勘察项目抗剪强度试验数据粗糙对直接取用抗剪强度试验参数所带来的设计不安全或不合理，选取土的抗剪强度指标时，尚需将剪切试验的抗剪强度指标与土的其它室内与原位试验的物理力学参数进行对比分析，判断其试验指标的可靠性，防止误用。当抗剪强度指标与其他物理力学参数的相关性较差，或岩土勘察资料中缺少符合实际基坑开挖条件的试验方法的抗剪强度指标，在有经验时应结合类似工程经验和相邻、相近场地的岩土勘察试验数据并通过可靠的综合分析判断后合理取值，缺少经验时，则应取偏于安全的试验方法得出的抗剪强度指标。

3.1.13 本条强调了在基坑支护工程设计中应确认其计算工况、计算参数等应与实际工程相符，并在确认计算结果的可靠性后方可用于设计。关于土的抗剪强度的可靠性分析，参见本标准第3.1.1条条文说明。关于计算结果的可靠性问题，由于目前基坑支护工程领域工程技术人员有过分依赖软件的倾向，而目前基坑支护设计计算的商业软件参差不齐，其中有些甚至存在着错漏，设计人员也常发现不同的软件其计算结果不同，这就需要岩土工程师根据力学、岩土工程基本理论、工程经验等综合分析判断计算结果的可靠性、合理性。

3.1.14 质量检测是评价基坑支护工程施工质量的重要手段，防止不合格的分项。基坑支护工程技术标准对质量检测的规定是原则性的，设计需根据工程的具体特点提出有针对性的质量检测要求，以使检测能够真正起到评价工程质量、发现隐患的作用。尤其支护结构中的重要构件或易出现质量问题的构件，质量检测工作需更加重视。

3.1.16 由于工程因地质条件和周边环境条件的多样性，导致基坑支护工程出现事故的原因也千变万化，因此，本条旨在强调在基

坑设计和施工时应根据工程的实际条件及进度情况及时调整不适宜的设计和施工方案，确保施工及使用期间基坑及周边环境的安全。

动态设计法是指在基坑支护工程设计时，充分考虑工程施工过程中可能出现的各种变化因素，根据施工过程中反馈的信息，对设计方案进行动态调整和优化。首先要对基坑支护工程的地质条件、周边环境等进行详细勘察和分析，预测可能出现的情况。然后，在设计中预留一定的调整空间，例如支护结构的参数可根据实际情况进行微调。同时，建立监测系统，以便及时获取施工过程中的数据，为设计调整提供依据。能更好地适应复杂多变的地质条件和施工环境，提高设计的合理性和安全性，避免因设计与实际情况不符而导致的工程事故或浪费。

信息施工法是在基坑支护工程施工过程中，通过对现场监测数据以及其他相关信息的收集、分析和反馈，及时调整施工方法和参数，以确保工程安全、顺利进行。施工前先布置监测点，包括对基坑边坡的位移、沉降，地下水位变化，周边建筑物和地下管线的变形等进行监测。施工过程中，定期采集监测数据并进行分析，一旦发现数据异常，立即组织相关人员进行研究，判断是否需要调整施工进度、改变施工工艺或加强支护措施等，并及时将决策反馈到施工一线进行实施。可以根据实际情况实时调整施工策略，有效预防事故的发生，同时也有助于优化施工过程，降低工程成本，缩短工期。

3.2 勘察要求

3.2.1 建筑物勘察的目的主要是为主体结构设计提供依据，其勘察内容应包括基坑支护工程，但部分工程的勘察报告其勘察范围及精度仍然不能有效满足基坑支护设计的要求。因此，本条规定了对于安全等级为一级的基坑应进行基坑专项勘察工作。

3.2.2 基坑支护工程的详细勘察，目前大多数是沿建筑物外轮廓布置勘探工作，使基坑的设计和施工依据资料不充分。基坑支护工程设计与施工对岩土勘察的要求有别于主体建筑的勘察要求，

勘察重点部位是基坑外对支护结构和周边环境有影响的范围，故本条规定了要求扩大勘察范围的情况，且规定外扩范围可达到基坑深度的1倍~2倍。

3.2.3 基坑支护结构设计重点考虑基坑边线及周边1倍~2倍基坑深度范围内的地层条件，应重点查明。除应注意岩土层的水平变化外，还应重点查明人工填土的变化。近年，城市建设已不断向城市外围扩展，外围的未利用土地往往伴随有采砂坑、垃圾坑、采空区等人为形成的不良地质，这些采砂坑、垃圾坑、采空塌陷等人为坑洞多以废土、垃圾填平，填筑成分复杂，其分布范围和厚度变化可能非常大，而人工填土的空间分布及其工程特性对支护结构的稳定性影响显著，所以应特别关注。

3.2.4 基坑勘察深度范围1.5H相当于在一般土质条件下悬臂桩的嵌入深度，在土质特别软弱时可能需要更大的深度，但一般地勘勘察的深度更大，所以满足本条规定的勘探深度要求基本能满足基坑支护设计的要求。

3.2.5 土的抗剪强度指标随排水、固结条件及试验方法的不同有多种类型的参数，不同试验方法做出的抗剪强度指标结果差异很大，计算和验算是不能任意取用，应采用与基坑开挖过程土中孔隙水的排水和应力路径基本一致的试验方法得到的指标。

鉴于三轴剪切试验力学概念明确，能够控制排水状态，故土的抗剪强度试验宜优先考虑采用三轴剪切试验方法。但三轴试验无论设备、取样、试验制备、操作及计算都比直剪试验复杂得多，就目前乌鲁木齐地区工程与水文地质条件及各勘察单位的试验设备及取样和试验水平的实际状况来看，抗剪强度指标试验主要采用直剪试验，市内能承担三轴剪切试验的试验室很少，直剪试验在很长一段时间内仍将是主要的试验手段，短时间内不会被三轴剪切试验完全取代。无论采用哪种试验方法，应根据土的性质、排水条件、加荷速率等，尽可能与工程实际一致。

3.2.7 对地下水作用的正确认识分析及其相关问题的妥当处理是支护结构设计成功的重要的基本条件，也是支护结构侧向荷载计算的重要指标，因此，应认真查明地下水的性质和特性，并对地

下水可能影响周边环境的存在问题提出相应的治理措施建议，作为设计参考。

3.2.8 基坑土体：按基底标高和基础平面尺寸所开挖的土坑范围岩土体以及采用支护支挡结构影响范围内的岩土体。

行业标准《湿陷性黄土地区建筑基坑工程安全技术规程》JGJ 167强制性条文3.1.5条规定：“对安全等级为一级且易于受水浸湿的坑壁以及永久性坑壁，设计中应对湿陷性黄土基坑采用天然状态下的土性参数进行稳定和变形计算，并应采用饱和状态（ $S_r=85\%$ ）条件下的参数进行校核；校核时其安全系数不应小于1.05”。为满足湿陷性黄土基坑支护设计计算机校核需要，本条对安全等级为一级且受水浸湿可能性较大的自重湿陷性黄土地域的基坑支护工程，提出了应同时测定天然状态及饱和状态下抗剪强度指标的试验要求。对安全等级为二、三级的湿陷性黄土基坑支护工程，不作统一规定，是否进行饱和状态下抗剪强度指标的试验，可根据受水浸湿的机率和具体设计要求确定。

3.2.9 基坑周围环境调查的对象主要指会对基坑支护工程产生影响或受基坑支护工程影响的周围建（构）筑物、道路、地下（地上）管线、贮输水设施及相关活动等。

3.2.10 在获得岩土及周边环境有关资料的基础上，基坑支护工程勘察报告应提供支护结构的设计、施工、检测及信息施工的有关建议，作为设计、施工参考。

3.3 支护结构选型

3.3.2 在本标准中支挡式结构是由挡土构件和锚杆或支撑组成的一类支护结构体系的统称，其结构类型包括：排桩-锚杆结构、排桩-支撑结构、地下连续墙-锚杆结构、地下连续墙-支撑结构、悬臂式排桩或地下连续墙、双排桩等，这类支护结构都可用弹性支点法的计算简图进行结构分析。支挡式结构受力明确，计算方法和工程实践相对成熟，是目前应用最多也较为可靠的支护结构形式。支挡式结构的具体形式应根据本标准第3.3.1条、第3.3.2条中的选型因素和适用条件选择。锚拉式支挡结构（排桩-锚杆结构、

地下连续墙-锚杆结构)和支撑式支挡结构(排桩-支撑结构、地下连续墙-支撑结构)易于控制水平变形,挡土构件内力分布均匀,当基坑较深或基坑周边环境对支护结构位移的要求严格时,常采用这种结构形式。悬臂式支挡结构顶部位移较大,内力分布不理想,当基坑较浅且基坑周边环境对支护结构位移的限制不严格时,可采用悬臂式支挡结构。双排桩支挡结构是一种刚架结构形式,其内力分布特性明显优于悬臂式结构,水平变形也比悬臂式结构小得多,适用的基坑深度比悬臂式结构略大,但占用的场地较大,当不适合采用其他支护结构形式且在场地条件及基坑深度均满足要求的情况下,可采用双排桩支挡结构。

土钉墙是一种经济、简便、施工快速、不需大型施工设备的基坑支护形式。目前的土钉墙设计方法,主要按土钉墙整体滑动稳定性控制,同时对单根土钉抗拔力控制,而土钉墙面层及连接按构造设计。土钉墙设计与支挡式结构相比,如:①土钉墙作为一种结构形式,没有完整的实用结构分析方法,工作状况下土钉拉力、面层受力问题没有得到解决。面层设计只能通过构造要求解决,本标准规定了面层构造要求,但限定在深度12m以内的非软土、无地下水条件下的基坑。②土钉墙位移计算问题没有得到根本解决。由于土钉墙的通常作法是土钉不施加预应力,只有在基坑有一定变形后土钉才会达到工作状态下的受力水平,因此,理论上土钉墙位移和沉降较大。当基坑周边变形影响范围内有建筑物等时,是不适合采用土钉墙支护的。土钉墙与水泥土桩、微型桩及预应力锚杆组合形成的复合土钉墙,主要有以下几种形式:①土钉墙+预应力锚杆;②土钉墙+水泥土桩;③土钉墙+水泥土桩+预应力锚杆;④土钉墙+微型桩+预应力锚杆。不同的组合形式作用不同,应根据实际工程需要选择。

水泥土墙是一种非主流的支护结构形式,适用的土质条件较窄,实际工程应用也不广泛。水泥土墙一般用在深度不大的软土基坑。这种条件下,锚杆没有合适的锚固土层,不能提供足够的锚固力。这时,当经济、工期、技术可行性等的综合比较较优时,一般才会选择水泥土墙这种支护方式。水泥土墙一般采用搅拌桩,

墙体材料是水泥土，其抗拉、抗剪强度较低。本标准对水泥土墙的规定，均指重力式结构。

3.4 水平荷载

3.4.2 支护结构作为分析对象时，作用在支护结构上的力或间接作用为荷载。除土体直接作用在支护结构上形成土压力之外，周边建筑物、施工材料、设备、车辆等荷载虽未直接作用在支护结构上，但其作用通过土体传递到支护结构上，也对支护结构上土压力的大小产生影响。土的冻胀、温度变化也会使土压力发生改变。本条列出影响土压力的常见因素，其目的是为了在土压力计算时，要把各种影响因素考虑全。基坑周边建筑物、施工材料、设备、车辆等附加荷载传递到支护结构上的附加竖向应力的计算，本标准给出了简化的具体计算公式及荷载计算参数。

3.4.3 挡土结构上的土压力计算是个比较复杂的问题，从土力学这门学科的土压力理论上讲，根据不同的计算理论和假定，得出了多种土压力计算方法，其中有代表性的经典理论如朗肯土压力、库仑土压力。由于每种土压力计算方法都有各自的适用条件与局限性，也就没有一种统一的且普遍适用的土压力计算方法。

本标准当土层为无黏性土时，主动土压力系数可按库仑土压力理论确定；当支挡结构满足朗肯条件时，主动土压力系数可按朗肯土压力理论确定；黏性土或粉土的主动土压力也可采用楔体试算法图解求得；当基坑周边环境对基坑变形有严格要求时，宜采用库仑土压力理论或朗肯土压力理论的静止土压力进行计算。

3.5 质量检测

3.5.1 基坑支护设计是根据勘察报告及搜集相关资料进行设计的，勘察报告的准确程度及岩土参数取值合理性与现场实际情况多少会存在一定差异，因此基坑开挖后，有必要复核现场土层分布、土性状态等与勘察报告的一致性，若存在较大差异，应对设计方案作出相应调整。

对于拆迁、人为坑洞场地，很多工程案例表明，支护桩桩位处若存在既有地下室、旧基础、坑洞等情况，桩施工过程中需要先对上述情况采取回填加固、注浆等措施进行处理，再进行成孔、成桩施工。此举费时、耗材且对周边环境影响较大。因此本条规定了支护桩位于既有建（构）筑物拆迁、人为坑洞等区域，需判定成孔、成桩的可行性及适宜性。

4 坡 率 法

4.1 一 般 规 定

坡率法适用于场地地质条件简单、地下水对基坑支护工程无影响、基坑周边环境条件许可的场地。本条强调放坡的适用条件，放坡是指控制边坡高度和坡度，无需对边坡进行整体加固就能使边坡达到自身稳定的方法。基坑采用放坡开挖，施工简单、经济，地质环境和周边环境简单时宜优先采用。

影响基坑放坡开挖安全的主要因素是基坑边坡高度和坡度，但同时也要考虑地面荷载、雨水等因素的影响，并采用相应措施。对于深度大于 5m 的土质边坡，整体稳定性较差，建议采用分级放坡，中间加过渡平台，以提高整体稳定性。分级的高度可根据现场的实际情况及土层土性而定，分级的坡度应根据分层土性而定。自然放坡可与其他支护形式结合起来综合选用。如在开挖高度范围内，上部为较好的砂、黏性土层，可采用坡度较小的土钉墙支护，下部为密实的卵石层，可采用较为经济、可行的自然放坡即可。

垂直边坡对地下水、侧壁土质条件及开挖施工要求较高，无特殊要求尽量不采用垂直边坡。若采用垂直边坡时，首先应按下式估算侧壁土体自然稳定的最大临界深度 H_c ，以确定垂直边坡的高度。

$$H_c = \frac{4C}{\gamma\sqrt{K_a}} \text{ 或 } H_c = \frac{2C}{\gamma} \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

式中， C 为土的内聚力标准值（kPa）， γ 为土的天然重度（kN/m³）， K_a 为朗金主动土压力系数。

应用上式时应注意：

- 1) 坑壁由于吸水或失水等原因，一旦形成裂隙，公式不成立；
- 2) 基坑附近有超载时，应重新验算坑壁的稳定性。

对于土质边坡稳定分析计算，规程推荐采用考虑平面问题的瑞典条分法是基于该方法计算简单、方便，工程应用较为普及的原因。稳定系数应大于 1.2 是根据工程实践经验确定的。当采用

多级边坡时，应对每一级段边坡分别计算稳定性。

4.2 放坡设计

4.2.2 地质条件简单的土质边坡和无外倾软弱结构面的岩质边坡，在有地区经验时，可参照地区工程经验或表4.2.1、表4.2.2的规定确定。鉴于同一类土的力学性能差异较大，设计时在选取坡高和坡度后，原则上都应进行稳定性验算。

4.2.3 对于深度较大的基坑边坡，整体稳定性较差，建议采用分级放坡，中间加过渡平台，以提高整体稳定性。

4.2.6 考虑雨水对坡面的冲刷破坏作用很大，在基坑周围影响边坡稳定的范围内，应对地面采取防水、排水、截水等保护措施，禁止雨水等浸入土体。

4.2.7 为防止由于岩土体裸露，使坡面土体风化而塌落，宜对放坡坡面采取保护措施，如密目网或土工布、短钢管（筋）土钉挂网喷浆等。短钢管（筋）土钉挂网喷浆护坡面层的厚度不宜小于50mm，砂浆强度等级不宜低于M10，垂直于坡面的钢管（筋）土钉长度不宜小于0.5m，间距不宜大于3.0m，短钢管（筋）土钉采用直径不小于48mm，壁厚3.0mm的钢管或直径不小14mm的钢筋，面层钢丝网直径不小于2.0mm，间距不宜大于250mm。

4.3 施工与质量检测、验收

4.3.1 本条强调基坑放坡土方开挖要求，在开挖过程中，应分层、分段开挖，不得超挖，挖成倒坡，影响基坑边坡的稳定性。

4.3.3 放坡基坑周边不得进行堆载，堆载超过设计限值，会直接影响基坑放坡土体的稳定。

5 支挡式结构

5.1 一般规定

5.1.2 新疆地区的基坑支护工程中，排桩的桩型主要是钢筋混凝土灌注桩，但有些情况下，适合采用钢管桩、钢板桩或预制桩等，有时也可以采用SMW工法施工的型钢水泥土搅拌墙。这些桩型用作挡土构件时，与混凝土灌注桩的结构受力类型是相同的，可按本章支挡式支护结构进行设计计算。但采用这些桩型时，应考虑其刚度、构造及施工工艺上的不同特点，不能盲目使用。

5.1.3 锚杆（索）有多种类型，当杆体材料为钢绞线时，一般称为锚索，杆体材料为钢筋时，一般称为锚杆。基坑支护工程中杆体材料主要采用钢绞线，当设计的承载力较低时，有时也采用钢筋。钢绞线杆体为预应力钢绞线，具有强度高、性能好、运输安装方便等优点，由于其抗拉强度设计值是普通热轧钢筋的4倍左右，是性价比最好的杆体材料。预应力钢绞线在张拉锁定的可操作性、施加预应力的稳定性方面均优于钢筋。因此，预应力钢绞线应用最多、也最有发展前景。随着锚杆（索）技术的发展，钢绞线锚索又可细分为多种类型，最常用的是拉力型预应力锚索，还有拉力分散型锚索、压力型预应力锚索、压力分散型锚索，压力型锚索可应用钢绞线回收技术，适应愈来愈引起人们关注的环境保护的要求。这些内容可参见中国工程建设标准化协会标准《岩土锚杆(索)技术规程》CECS 22: 2005。

锚杆（索）成孔工艺主要有套管护壁成孔、螺旋钻杆干成孔、浆液护壁成孔等。套管护壁成孔工艺下的锚杆（索）孔壁松弛小、对土体扰动小、对周边环境的影响最小。工程实践中，螺旋钻杆成孔、浆液护壁成孔工艺锚杆承载力低、成孔施工导致周边建筑物地基沉降的情况时有发生。设计和施工时应根据锚杆所处的土质、承载力大小等因素，选定锚杆的成孔工艺。

目前常用的锚杆（索）注浆工艺有一次常压注浆和二次压力注浆。一次常压注浆是浆液在自重压力作用下充填锚杆孔。二次压力注浆需满足两个指标，一是第二次注浆时的注浆压力，一般

需不小于1.5MPa，二是第二次注浆时的注浆量。满足这两个指标的关键是控制浆液不从孔口流失。一般的做法是：在一次注浆液初凝后一定时间，开始进行二次注浆，或者在锚杆锚固段起点处设置止浆装置。可重复分段劈裂注浆工艺(袖阀管注浆工艺)是一种较好的注浆方法，可增加二次压力注浆量和沿锚固段的注浆均匀性，并可对锚杆实施多次注浆，但这种方法目前在工程中的应用还不普遍。

湿陷性土层具水敏性，考虑到其浸水后强度降低的特性。因此，在湿陷性土中层采用锚杆(索)时，应充分考虑其在使用过程中浸水的可能性，评估其遭受周边环境水影响时锚杆(索)体系的有效性。

5.2 结构分析

5.2.1 支挡式结构应根据具体形式与受力、变形特性等采用下列分析方法：

第1~3款方法的分析对象为支护结构本身，不包括土体。土体对支护结构的作用视作荷载或约束。这种分析方法将支护结构看作杆系结构，一般都按线弹性考虑，是目前最常用和成熟的支护结构分析方法，适用于大部分支挡式结构。

本条第1款针对锚拉式支挡结构，是对如何将空间结构分解为两类平面结构的规定。首先将结构的挡土构件部分(如：排桩、地下连续墙)取作分析对象，按梁计算。挡土结构宜采用平面杆系结构弹性支点法进行分析。

由于挡土结构端部嵌入土中，土对结构变形的约束作用与通常结构支承不同，土的变形影响不可忽略，不能看作固支端。锚杆作为梁的支承，其变形的影响同样不可忽略，也不能作为铰支座或滚轴支座。因此，挡土结构按梁计算时，土和锚杆对挡土结构的支承应简化为弹性支座，应采用本节规定的弹性支点法计算简图。经计算分析比较，分别用弹性支点法和非弹性支座计算的挡土结构内力和位移相差较大，说明按非弹性支座进行简化是不合适的。

腰梁、冠梁的计算较为简单，只需以挡土结构分析时得出的支点力作为荷载，根据腰梁、冠梁的实际约束情况，按简支梁或连续梁算出其内力，将支点力转换为锚杆轴力。

本条第2款针对支撑式支挡结构，其结构的分解简化原则与锚拉式支挡结构相同。同样，首先将结构的挡土构件部分(如：排桩、地下连续墙)取作分析对象，按梁计算。挡土结构宜采用平面杆系结构弹性支点法进行分析。分解出的内支撑结构按平面结构进行分析，将挡土结构分析时得出的支点力作为荷载反向加至内支撑上，内支撑计算分析的具体要求见本技术标准第5.7节。值得注意的是，将支撑式支挡结构分解为挡土结构和内支撑结构并分别独立计算时，在其连接处是应满足变形协调条件的。当计算的变形不协调时，应调整在其连接处简化的弹性支座的弹簧刚度等约束条件，直至满足变形协调。

本条第3款悬臂式支挡结构是支撑式和锚拉式支挡结构的特例，对挡土结构而言，只是将锚杆或支撑所简化的弹性支座取消即可。双排桩支挡结构按平面刚架简化，具体计算模型见本技术标准第5.2.4条。

本条第4款针对空间结构体系和针对支护结构与土为一体进行整体分析的两种方法。

实际的支护结构一般都是空间结构。空间结构的分析方法复杂，当有条件时，希望根据受力状态的特点和结构构造，将实际结构分解为简单的平面结构进行分析。本技术标准有关支挡式结构计算分析的内容主要是针对平面结构的。但会遇到一些特殊情况，例如，在乌鲁木齐地区不乏采用类双排桩支护体系成功的案例，即前后排桩非一一对应，后排桩桩间距为前排桩桩间距的数倍，或前后排桩桩长非等长支护体系，按平面结构简化难以反映实际结构的工作状态。此时，需要按空间结构模型分析。但空间结构的分析方法复杂，不同问题要不同对待，难以作出细化的规定。通常，需要在有经验时，才能建立出合理的空间结构模型。按空间结构分析时，应使结构的边界条件与实际情况足够接近，这需要设计人员有较强的结构设计经验和水平。

考虑结构与土相互作用的分析方法是岩土工程中先进的计算方法，是岩土工程计算理论和计算方法的发展方向，但需要可靠的理论依据和试验参数。目前，将该类方法对支护结构计算分析的结果直接用于工程设计中尚不成熟，仅能在已有成熟方法计算分析结果的基础上用于分析比较，不能滥用。采用该方法的前提是要有足够把握和经验。

传统和经典的极限平衡法可以手算，在许多教科书和技术册中都有介绍。由于该方法的一些假定与实际受力状况有一定差别，且不能计算支护结构位移，目前已很少采用了。经与弹性支点法的计算对比，在有些情况下，特别是对多支点结构，两者的计算弯矩与剪力差别较大。本技术标准取消了极限平衡法计算支护结构的方法。

5.2.2 支护结构分析应分工况计算，考虑实际分层开挖的不同阶段支护结构的内力和变形情况。因为有时最大弯矩、剪力或位移，并不一定出现在开挖到基底时的最后工况。同理，当地下结构施工过程中要求拆除锚杆或支撑，并用楼板结构替代锚杆或支撑的作用时，拆除时的工况支护结构内力也有可能大于基坑开挖到基底时的受力状况。

5.2.3 由于平面杆系有限元弹性支点法的具体要求在现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120已有明确规定，为避免重复并符合国家工程建设标准编制的要求，本条采用了引用相关规范的写法。

5.2.4 实际的基坑支护工程中，在某些特殊条件下，锚杆、土钉、支撑受到实际条件的限制而无法实施，而采用单排悬臂桩又难以满足承载力、基坑变形等要求或者采用单排悬臂桩造价明显不合理的情况下，双排桩刚架结构是一种可供选择的基坑支护结构形式。与常用的支挡式支护结构如单排悬臂桩结构、锚拉式结构、支撑式结构相比，双排桩刚架支护结构有以下特点：

与单排悬臂桩相比，双排桩为刚架结构，其抗侧移刚度远大于单排悬臂桩结构，其内力分布明显优于悬臂结构，在相同的材料消耗条件下，双排桩刚架结构的桩顶位移明显小于单排悬臂桩，

其安全可靠、经济合理性优于单排悬臂桩。

与支撑式支挡结构相比，由于基坑内不设支撑，不影响基坑开挖、地下结构施工，同时省去设置、拆除内支撑的工序，大大缩短了工期。在基坑面积很大、基坑深度不很大的情况下，双排桩刚架支护结构的造价低于支撑式支挡结构。

与锚拉式支挡结构相比，在某些情况下，双排桩刚架结构可避免锚拉式支挡结构难以克服的缺点。如：

在拟设置锚杆的部位有已建地下结构、障碍物，锚杆无法实施；

拟设置锚杆的土层为高水头的砂层（有截水帷幕），锚杆无法实施或实施难度、风险大；

拟设置锚杆的土层无法提供要求的锚固力；

锚杆不得超出用地红线。此外，由于双排桩具有施工工艺简单、不与土方开挖交叉作业、工期短等优势，在可以采用悬臂桩、支撑式支挡结构、锚拉式支挡结构条件下，也应在考虑技术、经济、工期等因素并进行综合分析对比后，合理选用支护方案。

双排桩采用平面刚架结构模型进行计算，其具体要求在现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120已有明确规定，为避免重复并符合国家工程建设标准编制的要求，本条采用了引用相关规范的写法。

5.2.5 由于土反力与土的水平反力系数的关系采用线弹性模型，计算出的土反力将随位移 v 增加线性增长。但实际上土的抗力是有限的，如采用摩尔-库仑强度准则，则不应超过被动土压力，即以 $P_{sk}=E_{pk}$ 作为土反力的上限。

5.3 稳定性验算

5.3.1 是对悬臂结构嵌固深度验算的规定，是绕挡土构件底部转动的整体极限平衡，控制的是挡土构件的倾覆稳定性。

5.3.2 对单支点结构嵌固深度验算的规定，是绕支点转动的整体极限平衡，控制的是挡土构件嵌固段的踢脚稳定性。悬臂结构绕挡土构件底部转动的力矩平衡和单支点结构绕支点转动的力矩平

衡都是嵌固段土的抗力对转动点的抵抗力矩起稳定性控制作用，因此，其安全系数称为嵌固稳定安全系数。

5.3.3 双排桩的嵌固稳定性验算问题与单排悬臂桩类似，应满足作用在后排桩上的主动土压力与作用在前排桩嵌固段上的被动土压力的力矩平衡条件。与单排桩不同的是，双排桩绕挡土构件底部转动的力矩平衡，抵抗力矩包括嵌固段土的抗力对转动点的力矩和重力对转动点的力矩两部分，但由于嵌固段土的抗力作用在总的抵抗力矩中占主要部分，因此其安全系数也称为嵌固稳定安全系数 K_e 。

5.3.4 支挡结构的整体滑动稳定性验算公式(5.3.4-2)以瑞典条分法边坡稳定性计算公式为基础，在力的极限平衡关系上，增加了锚杆拉力对圆弧滑动体圆心的抗滑力矩项。极限平衡状态分析时，仍以圆弧滑动土体为分析对象，假定滑动面上土的剪力达到极限强度的同时，滑动面外锚杆拉力也达到极限拉力（正常设计情况下，锚杆极限拉力由锚杆与土之间的粘结力达到极限强度控制，但有时由锚杆杆体强度或锚杆注浆固结体对杆体的握裹力控制）。

滑弧稳定性验算应采用搜索的方法寻找最危险滑弧。由于目前程序计算已能满足在很短时间对圆心及圆弧半径以微小步长变化的所有滑动体完成搜索，所以不提倡采用经典教科书中先设定辅助线，然后在辅助线上寻找最危险滑弧圆心的简易方法。最危险滑弧的搜索范围限于通过挡土构件底端和在挡土构件下方的各个滑弧。因支护结构的平衡性和结构强度已通过结构分析解决，在截面抗剪强度满足剪应力作用下的抗剪要求后，挡土构件不会被剪断。因此，穿过挡土构件的各滑弧不需验算。

对于地下水位以下的圆弧滑动体，当滑弧同时穿过砂土、黏性土时，在滑弧面上，黏性土的抗剪强度指标需要采用总应力强度指标，砂土的抗剪强度指标需要采用有效应力强度指标，并应考虑水压力的作用。公式(5.3.4-2)是通过将土骨架与孔隙水一起取为隔离体进行静力平衡分析的方法，可用于滑弧同时穿过砂土、黏性土的情况。

5.3.5 对深度较大的基坑，当嵌固深度较小、土的强度较低时，土体从挡土构件底端以下向基坑内隆起挤出是锚拉式支挡结构和支撑式支挡结构的一种破坏模式。这是一种土体丧失竖向平衡状态的破坏模式，由于锚杆和支撑只能对支护结构提供水平方向的平衡力，对隆起破坏不起作用，对特定基坑深度和土性，只能通过增加挡土构件嵌固深度来提高抗隆起稳定性。

本技术标准抗隆起稳定性的验算方法，采用目前常用的地基极限承载力的Prandtl(普朗德尔)极限平衡理论公式，但Prandtl理论公式的有些假定与实际情况存在差异，具体应用有一定局限性。如：对无黏性土，当嵌固深度为零时，计算的抗隆起安全系数 $K_{he}=0$ ，而实际上在一定基坑深度内是不会出现隆起的。因此，当挡土构件嵌固深度很小时，不能采用该公式验算坑底隆起稳定性。

抗隆起稳定性计算是一个复杂的问题。需要说明的是，当按本技术标准抗隆起稳定性验算公式计算的安全系数不满足要求时，虽然不一定发生隆起破坏，但可能会带来其他不利后果。由于Prandtl理论公式忽略了支护结构底以下滑动区内土的重力对隆起的抵抗作用，抗隆起安全系数与滑移线深度无关，对浅部滑移体和深部滑移体得出的安全系数是一样的，与实际情况有一定偏差。基坑外挡土构件底部以上的土体重量简化为作用在该平面上的柔性均布荷载，并忽略了该部分土中剪应力对隆起的抵抗作用。对浅部滑移体，如果考虑挡土构件底端平面上土中剪应力，抗隆起安全系数会有明显提高；当滑移体逐步向深层扩展时，虽然该剪应力抵抗隆起的作用在总抗力中所占比例随之逐渐减小，但滑动区内土的重力抵抗隆起的作用则会逐渐增加。如在抗隆起验算公式中考虑土中剪力对隆起的抵抗作用，挡土构件底端平面土中竖向应力将减小。这样，作用在挡土构件上的土压力也会相应增大，会降低支护结构的安全性。因此，本技术标准抗隆起稳定性验算公式，未考虑该剪应力的有利作用。

5.3.6 本条以最下层支点为转动轴心的圆弧滑动模式的稳定性验算方法是我国软土地区习惯采用的方法。特别是上海地区，在这

方面积累了大量工程经验，实际工程中常常以这种方法作为挡土构件嵌固深度的控制条件。该方法假定破坏面为通过桩、墙底的圆弧形，以力矩平衡条件进行分析。现有资料中，力矩平衡的转动点有的取在最下道支撑或锚拉点处，有的取在开挖面处。本技术标准验算公式取转动点在最下道支撑或锚拉点处。在平衡力系中，桩、墙在转动点截面处的抗弯力矩在嵌固深度近于零时，会使计算结果出现反常情况，在正常设计的嵌固深度下，与总的抵抗力矩相比所占比例很小，因此在公式(5.3.6)中被忽略不计。

上海市标准《上海市基坑工程技术标准》DG/TJ08-61-2018，根据几十个实际基坑支护工程抗隆起验算结果，将安全等级为一级、二级、三级的支护结构抗隆起分项系数分别调整为2.2、1.9和1.7。因此本技术标准参照上海规范，对安全等级为一级、二级、三级的支挡结构，其安全系数分别取2.2、1.9和1.7。

5.3.8 本条规定了支挡式结构在满足稳定性验算条件下的最小构造嵌固深度，是根据新疆地层条件及多年基坑支护工程经验的总结。

5.4 截面承载力计算

5.4.1 该条是将计算的结构内力标准值转换为设计值的规定。系数 γ_r 是结构可靠度设计标准中荷载分项系数的体现。由于满足荷载和荷载效应的线性关系，将荷载基本组合的永久荷载分项系数放在荷载效应计算后相乘与在永久荷载标准值上相乘，其计算结果是相同的。

需特别指出的是，当支护结构或构件兼作永久结构时，其荷载分项系数、弯矩折减系数的取值不能按照本技术标准，应符合其它相关技术标准的规定。

5.4.2 该条规定针对挡土构件的截面承载力计算。各种工程材料的截面承载力计算，是普通结构构件计算的常规内容，国家相关技术标准均有详细规定，本技术标准不再另行规定。

关于圆形截面的斜截面承载力计算公式，由于现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010中没有规定，所以采用了将圆

形截面等代成矩形截面，然后再按上述规范中矩形截面的斜截面承载力公式计算的方法，即“可用截面宽度 b 为 $1.76r$ 和截面有效高度 h_0 为 $1.6r$ 的矩形截面代替圆形截面后，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010对矩形截面斜截面承载力的规定进行计算，此处， r 为圆形截面半径。等效成矩形截面的混凝土支护桩，应将计算所得的箍筋截面面积作为圆形箍筋的截面面积，且应满足该规范对梁的箍筋配置的要求。”

5.5 支挡结构设计及构造要求

5.5.1 钢筋混凝土排桩支护结构在乌鲁木齐地区广泛采用，是安全可靠、技术成熟、施工方便的支护形式。本条规定悬臂桩桩径不宜小于600mm、锚拉式排桩与支撑式排桩桩径不宜小于400mm，是通常情况下桩径的下限，桩径的选取主要还是应按弯矩大小与变形要求确定，以达到受力与桩承载力匹配，同时还要满足经济合理和施工条件的要求。一般桩直径大时，净间距稍大；桩直径小时，净间距小。特殊情况下，桩间土的土拱效应使桩间土具有一定的自稳能力，因而排桩间距的确定还要考虑桩间土的稳定性要求。黏性土其自稳能力和颗粒连接性状较好的，可以取大值；相反，砂土地层较厚或较松散，应取小值。基坑无地下水，桩间土为密实碎石土时，其自稳能力较好，排桩间距最大可取至 $3.0d$ 。乌鲁木齐地区岩质基坑，一般在开挖深度范围内，常见岩体基本质量等级为III~IV类，鲜见I~II类，因此本条规定了III~IV类岩质基坑排桩间距取值，对于V类岩质基坑排桩间距取值可参考一般砂土类。

5.5.2 该条对混凝土灌注桩的构造规定，以保证排桩作为混凝土构件的基本受力性能。有些情况下支护桩不宜采用非均匀配置纵向钢筋，如，采用泥浆护壁水下灌注混凝土成桩工艺而钢筋笼顶端低于泥浆面，钢筋笼顶与桩的孔口高差较大等难以控制钢筋笼方向的情况。

5.5.4 该条规定了预制桩支护结构的相关构造要求。其中第5款主要为防止预制桩桩身钻孔破坏预应力筋和桩身结构，进而引起

挡土结构结构破坏。第 10 款规定当采用止水帷幕时，预制桩宜与帷幕结合形成一体式结构。

5.5.5 鉴于目前基坑支护工程的使用要经历雨季或者冬季，加之坑边不明地下水或场区施工及生活用水的影响，设计和施工中均要求进行护面。本地区钢筋混凝土排桩桩间土的防护措施，一般采用内置钢筋网（或钢丝网）片的喷射水泥砂浆或混凝土护面的方法，排桩间距小，桩间土稳定性好，作用在面层上的土压力相对较小，可采用内置钢丝网片的水泥砂浆面层，反之，应采用内置钢筋网片的混凝土面层。拉筋与桩体的连接，排桩间距小，桩间土稳定性好，作用在面层上的土压力相对较小，可采用膨胀螺栓连接，反之，应采用植筋连接。

装配式面层是近年发展起来的绿色岩土工程技术，由工厂标准化生产、装配施工的防护层，如高分子材料复合面层等装配式面层等，根据场地的工程地质和水文地质条件及工程设计要求，装配式复合构件通常由多层构件组合而成，包括加筋层、反滤层、防护层等其中，加筋层具有一定抗拉强度，满足承受坡面土压力的要求，反滤层具有防止土颗粒流失的作用，防护层具有防水、阻燃等功能。

5.5.6 泄水管的构造与规格应根据土的性状及地下水特点确定。一些实际工程中，泄水管采用长度不小于300mm，内径不小于40mm的塑料制管，泄水管外壁包裹土工布并按含水土层的粒径大小设置反滤层。此外，桩间土在存在有外来渗水影响的情况下，也应该充分重视泄水，以保证壁面的稳定，确保坑内作业的正常施工。

5.5.7 双排桩的排距、刚架梁高度是双排桩设计的重要参数。根据相关文献的报道，排距过小受力不合理，排距过大刚架效果减弱，排距合理的范围为 $2d \sim 5d$ 。双排桩顶部水平位移随刚架梁高度的增大而减小，但当梁高大于 $1d$ 时，再增大梁高桩顶水平位移基本不变了。因此，规定刚架梁高度不宜小于 $0.8d$ ，且刚架梁高度与双排桩排距的比值取 $1/6 \sim 1/3$ 为宜。

5.5.8 双排桩的桩身内力有弯矩、剪力、轴力，因此需按偏心受压、偏心受拉构件进行设计。双排桩刚架梁两端均有弯矩，在根

据《混凝土结构设计规范》GB50010判别刚架梁是否属于深受弯构件时，按照连续梁考虑。

5.5.9 本标准的双排桩结构是指由相隔一定间距的前、后排桩及桩顶梁构成的刚架结构，桩顶与刚架梁的连接按完全刚接考虑，其受力特点类似于混凝土结构中的框架顶层，因此，该处的连接构造需符合框架顶层端节点的有关规定。

5.5.10 根据新疆地区地层条件及基坑周边环境特征、规模特征，目前鲜有采用地下连续墙作为支挡结构的设计案例及施工经验，因此当需采用地下连续墙时，地下连续墙设计、施工、检测应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 等相关标准规定。

5.5.11 冠梁是排桩结构的组成部分，应符合梁的构造要求。当冠梁作为一般联系梁时，配筋按照构造要求配置。此时，冠梁的作用是将排桩连成整体，调整各个桩受力的不均匀性。当冠梁作为锚杆或支撑传力结构时，除需满足构造要求外，应按梁的内力进行截面设计，执行现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010。

5.5.12 排桩冠梁低于地下管线是从后期主体结构施工上考虑的。因为，当排桩及冠梁高于后期主体结构各种地下管线的标高时，会给后续的施工造成障碍，需将其凿除。所以，排桩桩顶的设计标高，在不影响支护桩顶以上部分基坑的稳定与基坑外环境对变形的要求时，宜避开主体建筑地下管线通过的位置。一般情况，主体建筑各种管线引出接口的埋深不大，是容易做到的，但如果将桩顶降至管线以下，影响了支护结构的稳定或变形要求，则应首先按基坑稳定或变形要求确定桩顶设计标高。

5.5.13 地下连续墙采用分幅施工，墙顶设置通长的冠梁将地下连续墙连成结构整体。冠梁宜与地下连续墙迎土面齐平，用导墙对墙顶以上挡土护坡。

5.6 锚杆（索）设计及构造要求

5.6.1 与现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120有关规定相同，锚杆（索）长度设计采用了传统的安全系数法，锚杆（索）

杆体截面设计仍采用原规程《建筑基坑支护技术规程》DB11/489-2007的分项系数法。原规程中，锚杆承载力极限状态的设计表达式是采用分项系数法，其荷载分项系数、抗力分项系数和重要性系数三者的乘积在数值上相当于安全系数。其乘积，对于安全等级为一级、二级、三级的支护结构分别为1.7875、1.625、1.4625。实践证明，该安全储备是合适的。本技术标准规定临时支护结构中的锚杆抗拔安全系数对于安全等级为一级、二级、三级的支护结构分别取1.8、1.6、1.4，与原规程取值相当。需要注意的是，当锚杆为永久结构构件时，其安全系数取值不能按照本技术标准的规定，需符合其他有关技术标准的规定。

5.6.4 本条强调了锚杆极限抗拔力应通过现场抗拔试验确定的取值原则。

1 由于锚杆（索）抗拔试验的目的是确定或验证在特定土层条件、施工工艺下锚固体与土体之间的粘结强度、锚杆（索）长度等设计参数是否正确，因而试验时应使锚杆在极限承载力下，其破坏形式是锚杆摩阻力达到极限粘结强度时的拔出破坏，而不应是锚杆杆体被拉断。为防止锚杆（索）杆体应力达到极限抗拉强度先于锚杆（索）摩阻力达到极限粘结强度，必要时，试验锚杆（索）可适当增加预应力筋的截面面积。

2 表5.6.4给出的土体与锚固体极限粘结强度值主要参考现行国家标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120、《建筑边坡工程技术规范》GB50330有关经验数值，并结合了乌鲁木齐地区及国内其他地方的工程经验。表中给出的数据，是根据土层锚杆（索）施工技术水平以一次常压灌浆工艺为基础的统计值。由于物理性质相同的土层力学性质不一定相同，施工水平参差不齐，二次高压灌浆工艺的效果差异也很大（根据灌浆压力大小、二次高压灌浆方法，有普通二次高压灌浆和重复分段高压劈裂灌浆之分），因此，使用该表数值时应充分研究土性、考虑施工工艺与技术水平等因素，并结合工程经验。

3 试验研究表明，在锚杆（索）长期剪应力作用下锚固体周围土体会发生蠕变，蠕变会导致锚杆预应力减小，土体力学特性

愈差，蠕变变形愈大，锚杆（索）预应力损失就愈大。因此，在具蠕变特征的土体中设置预应力锚杆时，需考虑蠕变对锚杆预应力损失的影响，并根据蠕变试验确定锚杆的极限抗拔承载力。

5.6.5 锚杆（索）自由段长度是锚杆杆体不受注浆固结体约束可自由伸长的部分，也就是杆体用套管与注浆固结体隔离的部分。锚杆（索）的非锚杆段是理论滑动面以内的部分，与锚杆（索）自由段有所区别。锚杆（索）自由段应超过理论滑动面（大于非锚固段长度）。锚杆（索）总长度为非锚固段长度加上锚固段长度。锚杆（索）的自由段长度越长，预应力损失越小，锚杆（索）拉力越稳定。自由段长度过小，锚杆（索）张拉锁定后的弹性伸长较小，锚具变形、预应力筋回缩等因素引起的预应力损失较大，同时，受支护结构位移的影响也越敏感，锚杆（索）拉力会随支护结构位移有较大幅度增加，严重时锚杆会因杆体应力超过其强度发生脆性破坏。因此，锚杆（索）的自由段长度除了满足本条规定外，尚需满足不小于5m的规定。自由段越长，锚杆（索）拉力对锚头位移越不敏感。在实际基坑支护工程设计时，如计算的自由段较短，宜适当增加自由段长度。

5.6.7 正常情况下，锚杆（索）锁定后随基坑开挖和支护结构的进一步变形，锚杆（索）拉力相对与锁定拉力的增长不宜过大。为控制锚杆（索）工作状态下的拉力不超过设计要求，同时也要满足变形控制的要求，取锁定拉力为锚杆（索）轴向拉力标准值的0.75倍~0.9倍。

腰梁是锚杆（索）与挡土结构之间的传力构件。钢筋混凝土腰梁一般是整体现浇，梁的长度较长，应按连续梁设计。组合型钢腰梁需在现场安装拼接，每节一般按简支梁设计，腰梁较长时，则可按连续梁设计。

5.6.9 组合型钢腰梁与挡土构件之间的连接构造，需有足够的承载力和刚度。连接构造一般不能有变形，或者变形相对于腰梁的变形可忽略不计。

5.6.10 锚杆（索）布置是以排和列的群体形式出现的，如果其间距太小，会引起锚杆（索）周围的高应力区叠加，从而影响锚杆

抗拔力和增加锚杆位移，即产生“群锚效应”，所以本条规定了锚杆（索）的最小水平间距和竖向间距。为了使锚杆（索）与周围土层有足够的接触应力，本条规定锚固体上覆土层厚度不宜小于4.0m，上覆土层厚度太小，其接触应力也小，锚杆（索）与土的粘结强度会较低。当锚杆（索）采用二次高压注浆时，上覆土层有一定厚度才能保证在较高注浆压力作用下注浆不会从地表溢出或流入地下管线内。

理论上讲，锚杆（索）水平倾角越小，锚杆（索）拉力的水平分力所占比例越大。但是锚杆（索）水平倾角太小，会降低浆液向锚杆（索）周围土层内渗透，影响注浆效果。锚杆（索）水平倾角越大，锚杆（索）拉力的水平分力所占比例越小，锚杆（索）拉力的有效部分减小或需要更长的锚杆（索）长度，也就越不经济。同时锚杆（索）的竖向分力较大，对锚头连接要求更高并使挡土构件有向下变形的趋势。本条规定了适宜的水平倾角的范围值，设计时，应按尽量使锚杆（索）锚固段进入粘结强度较高土层的原则确定锚杆（索）倾角。

锚杆（索）施工时的塌孔、对地层的扰动，会引起锚杆（索）上部土体的下沉，若锚杆（索）之上存在建筑物、构筑物等，锚杆（索）成孔造成的地基变形可能使其发生沉降甚至损坏，此类事故在实际工程中时有发生。因此，设置锚杆（索）需避开易塌孔、变形的地层。根据有关参考资料，当土层锚杆（索）间距为1.0m时，考虑群锚效应的锚杆（索）抗拔力折减系数可取0.8，锚杆（索）间距在1.0m~1.5m之间时，锚杆（索）抗拔力折减系数可按此内插。

5.6.13 加强型钢腰梁的受扭承载力及局部受压稳定性有多种措施和方法，如：可在型钢翼缘端口、锚杆（索）锚具位置处配置加劲肋（图5.6.13），肋板厚度一般不小于8mm。

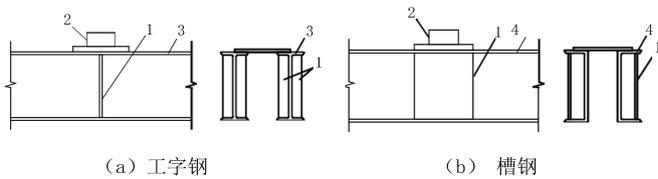


图 5.6.13 钢腰梁的局部加强构造形式

1—加强肋板；2—锚头；3—工字钢；4—槽钢

5.7 内支撑结构设计及构造要求

5.7.1 钢支撑，不仅具有自重轻、安装和拆除方便、施工速度快、可以重复利用等优点，而且安装后能立即发挥支撑作用，对减小由于时间效应而产生的支护结构位移十分有效，因此，对形状规则的基坑常采用钢支撑。但钢支撑节点构造和安装相对复杂，需要具有一定的施工技术水平。

混凝土支撑是在基坑内现浇而成的结构体系，布置形式和方式基本不受基坑平面形状的限制，具有刚度大、整体性好、施工技术相对简单等优点，所以，应用范围较广。但混凝土支撑需要较长的制作和养护时间，制作后不能立即发挥支撑作用，需要达到一定的材料强度后，才能进行其下的土方开挖。此外，拆除混凝土支撑工作量大，一般需要采用爆破方法拆除，支撑材料不能重复使用，从而产生大量的废弃混凝土垃圾需要处理。

5.7.3 内支撑结构形式很多，从结构受力形式划分，可主要归纳为以下几类(图 5.7.3)：①水平对撑或斜撑，包括单杆、桁架、八字形支撑。②正交或斜交的平面杆系支撑。③环形杆系或板系支撑。④竖向斜撑。每类内支撑形式又可根据具体情况有多种布置形式。一般来说，对面积不大、形状规则的基坑常采用水平对撑或斜撑；对面积较大或形状不规则的基坑有时需采用正交或斜交的平面杆系支撑；对圆形、方形及近似圆形的多边形的基坑，为能形成较大开挖空间，可采用环形杆系或环形板系支撑；对深度较浅、面积较大基坑，可采用竖向斜撑，但需注意，在设置斜撑基础、安装竖向斜撑前，无撑支护结构应能够满足承载力、变形和整体稳定要求。对各类支撑形式，支撑结构的布置要重视支撑

体系总体刚度的分布，避免突变，尽可能使水平力作用中心与支撑刚度中心保持一致。

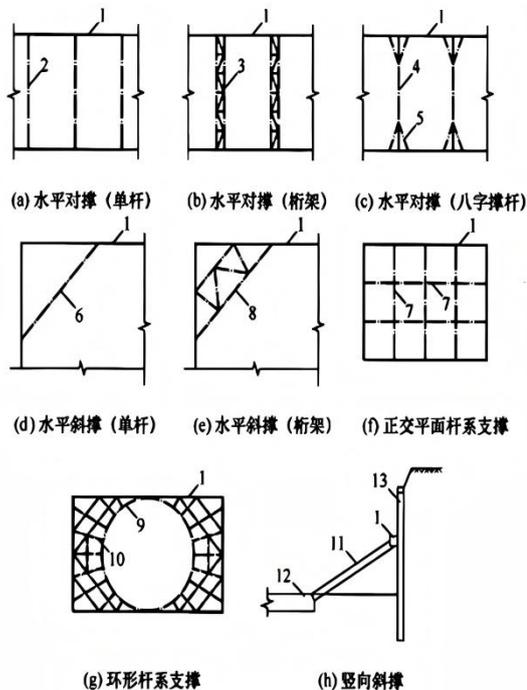


图 5.7.3 内支撑结构常用类型

1—腰梁或冠梁；2—水平单杆支撑；3—水平桁架支撑；4—水平支撑主杆；5—八字撑杆；6—水平角撑；7—水平正交支撑；8—水平斜交支撑；9—环形支撑；10—支撑杆；11—竖向斜撑；12—竖向斜撑基础；13—挡土构件

5.7.5 实际工程中支撑和冠梁及腰梁、排桩或地下连续墙以及立柱等连接成一体并形成空间结构。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优先采用整体分析的空间分析方法。但是，支护结构的空间分析方法由于建立模型相对复杂，部分模型参数的确定也没有

积累足够的经验，因此，目前将空间支护结构简化为平面结构的分析方法和平面有限元法应用较为广泛。

5.7.6 温度变化会引起钢支撑轴力改变，但由于对钢支撑温度应力的研究较少，目前对此尚无成熟的计算方法。温度变化对钢支撑的影响程度与支撑构件的长度有较大的关系，根据经验，对长度超过40m的支撑，认为可考虑10%~20%的支撑内力变化。

目前，内支撑的计算一般不考虑支撑立柱与挡土构件之间、各支撑立柱之间的差异沉降，但支撑立柱下沉或隆起，会使支撑立柱与排桩、地下连续墙之间，立柱与立柱之间产生一定的差异沉降。当差异沉降较大时，在支撑构件上增加的偏心距，会使水平支撑产生次应力。因此，当预估或实测差异沉降较大时，应按此差异沉降量对内支撑进行计算分析并采取相应措施。

5.7.9 预加轴向压力可减小基坑开挖后支护结构的水平位移、检验支撑连接结点的可靠性。但如果预加轴向力过大，可能会使支挡结构产生反向变形、增大基坑开挖后的支撑轴力。根据以往的设计和施工经验，预加轴向力取支撑轴向压力标准值的(0.5~0.8)倍较合适。但特殊条件下，不一定受此限制。

5.7.14 钢支撑的整体刚度依赖于构件之间的合理连接，其构件的拼接尚应满足截面等强度的要求。常用的连接方法有螺栓连接和焊接。螺栓连接施工方便，速度快，但整体性不如焊接好。焊接一般在现场拼接，由于焊接条件差，对焊接技术水平要求较高。

5.8 组合式

5.8.1~5.8.6 组合式支护结构虽然不是规范确定的一个固定的支护结构，但由于基坑支护工程千变万化，并未有一个固定的模式对基坑支护结构的合理性进行判定，只能根据工程经验和工程的实际条件，选择一种或多种行之有效的支护结构，只要对控制基坑稳定或减少变形有利，在节约工程费用的同时，应提倡多种结构的合理结合。

5.9 施工与质量检测、验收

5.9.1 基坑支护中支护桩的常用桩型与建筑桩基相同，主要桩型的施工要求在现行国家行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94中已作规定。因此，本技术标准仅对桩用于基坑支护时的一些特殊施工要求进行了规定，对桩的常规施工要求不再重复。

5.9.2 本条是对当桩的附近存在既有建筑物、地下管线等环境且需要保护时，应注意的一些桩的施工问题。这些问题处理不当，经常会造成基坑周边建筑物、地下管线等被损害的工程事故。因具体工程的条件不同，应具体问题具体分析，结合实际情况采取相应的有效保护措施。

5.9.3 支护桩的截面配筋一般由受弯或受剪承载力控制，为保证内力较大截面的纵向受拉钢筋的强度要求，接头不宜设置在该处。同一连接区段内，纵向受力钢筋的连接方式和连接接头面积百分率应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010对梁类构件的规定。

5.9.7 相互咬合形成竖向连续体的排桩是一种新型的排桩结构，是本次标准修订新增的内容。排桩采用咬合的形式，其目的是使排桩既能作为挡土构件，又能起到截水作用，从而不用另设截水帷幕。由于需要达到截水的效果，对咬合排桩的施工垂直度就有严格的要求，否则，当桩与桩之间产生间隙，将会影响截水效果。通常咬合排桩是采用钢筋混凝土桩与素混凝土桩相互搭接，由配有钢筋的桩承受土压力荷载，素混凝土桩只用于截水。目前，这种兼作截水的支护结构形式已在一些工程上采用，施工质量能够得到保证时，其截水效果是良好的。

液压钢套管护壁、机械冲抓成孔工艺是咬合排桩的一种形式，其施工要点如下：

- 1 在桩顶预先设置导墙，导墙宽度取(3~4)m，厚度取(0.3~0.5)m；
- 2 先施作素混凝土桩，并在混凝土接近初凝时施作与其的钢筋混凝土桩；
- 3 压入第一节钢套管时，在钢套管相互垂直的两个竖向平面

上进行垂直度控制，其垂直度偏差不得大于 3‰；抓土过程中，套管内抓斗取土与套管压入同步进行，抓土面在套管底面以上的高度应始终大于 1.0m；

4 成孔后，夯实孔底；混凝土浇筑过程中，浇筑混凝土与提拔套管同步进行，混凝土面应始终高于套管底面；套管应垂直提拔；提拔阻力大时，可转动套管并缓慢提拔。

5.9.9 冠梁通过传递剪力调整桩与桩之间力的分配，当锚杆（索）或支撑设置在冠梁上时，通过冠梁将排桩上的土压力传递到锚杆（索）与支撑上。由于冠梁与桩的连接处是混凝土两次浇筑的结合面，如该结合面薄弱或钢筋锚固不够时，会剪切破坏不能传递剪力。因此，应保证冠梁与桩结合面的施工质量。

5.9.12 锚杆（索）成孔是锚杆（索）施工的一个关键环节，主要应注意以下问题：①塌孔。造成锚杆（索）杆体不能插入，使注浆液掺入杂物而影响固结体完整性和强度、影响握裹力和粘结强度，使钻孔周围土体塌落、建筑物基础下沉等。②遇障碍物。使锚杆（索）达不到设计长度，如果碰到电力、通信、煤气管线等地下管线会使其损坏并酿成严重后果。③孔壁形成泥皮。在高塑性指数的饱和黏性土层及采用螺旋钻杆成孔时易出现这种情况，使粘结强度和锚杆（索）抗拔力大幅度降低。④涌水涌砂。当采用帷幕截水时，在地下水位以下特别是承压水土层成孔会出现孔内向外涌水冒砂，造成无法成孔、钻孔周围土体坍塌、地面或建筑物基础下沉、注浆液被水稀释不能形成固结体、锚头部位长期漏水等。

5.9.17 锚杆（索）张拉锁定时，张拉值大于锚杆（索）轴向拉力标准值，然后将拉力在锁定值的(1.1~1.15)倍进行锁定。第一，是为了在锚杆（索）锁定时对每根锚杆（索）进行过程检验，当锚杆（索）抗拔力不足时可事先发现，减少锚杆（索）的质量隐患。第二，通过张拉可检验在设计荷载下锚杆（索）各连接节点的可靠性。第三，可减小锁定后锚杆（索）的预应力损失。

工程实测表明，锚杆（索）张拉锁定后一般预应力损失较大，造成预应力损失的主要因素有土体蠕变、锚头及连接的变形、相

邻锚杆（索）影响等。锚杆（索）锁定时的预应力损失约为10%~15%。当采用的张拉千斤顶在锁定时不会产生预应力损失，则锁定时的拉力不需提高10%~15%。

钢绞线多余部分宜采用冷切割方法切除，采用热切割时，钢绞线过热会使锚具夹片表面硬度降低，造成钢绞线滑动，降低锚杆（索）预应力。当锚杆（索）需要再次张拉锁定时，锚具外的杆体预留长度应满足张拉要求。确保锚杆（索）不用再张拉时，冷切割的锚具外的杆体保留长度一般不小于50mm，热切割时，一般不小于80mm。

5.9.18 岩土类型对锚杆（索）抗拔承载力影响较大，为了使检测更具代表性，本条除了对检测总数做了规定外，还增加了对同一土层中（主要指锚固段岩土类型相同）的锚杆检测数量最少规定。

5.9.28 鉴于目前新疆地区内支撑施工经验较少，内支撑的施工及检测除满足现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 相关规定外，还应参考其它地区类似经验。

6 土钉墙

6.1 一般规定

6.1.1 土钉墙及锚杆复合土钉墙是土体、土钉及锚杆和面层的共同作用，首先土体本身要有一定的自稳能力，所以应有一定的坡率。其他类型的复合土钉墙，自身的结构体系有很强的作用力，对坡率没有很强烈的要求，但不应出现直立坡、倒坡的现象。

6.1.4 在新疆地区经常出现很多的在基坑支护完成后，当年无法完成基坑回填，需过冬以待来年开春后再进行主体的施工及基坑的回填工作；有更甚者的基坑支护可以放置两年以上，因此，在基坑支护设计时入冬前基坑无法回填的，则需考虑冻融作用对土钉墙支护结构体系的影响。

6.1.5 在新疆地区有采用土钉墙支护方式，支护深度大于12m的一级基坑支护工程成功案例；但依然强调对于用土钉墙支护一级基坑可通过现场大型直剪试验确定土、岩体的强度指标。二、三级基坑支护工程无试验条件时可根据地区经验确定，亦可按附录A选用。

附录 A 是在《新疆建筑基坑土钉支护统一技术规定》（XJJ038-2008）的基础上加以补充而来；通过这十几年的工程应有表明，这些参数是安全可靠的。希望同行们在以后的工作中，能提供更多的安全可靠的参数，我们共同来进一步不断的丰富新疆地区的主要岩土层物理力学指标。

6.2 稳定性验算

6.2.1 土钉墙是分层开挖、分层设置土钉及面层形成的。每一开挖状况都可能是不利工况，也就需要对每一开挖工况进行土钉墙整体滑动稳定性验算。采用圆弧滑动条分法，取单一安全系数法进行验算。

在复合土钉墙中注意以下几点：

1 由于土钉墙整体稳定性验算采用的是极限平衡法，假定锚钉和土钉同时达到极限状态，与锚杆预加力无关。

2 锚杆应施加预应力，预应力的应考虑土钉与锚杆的变形协调。其原则为：选取锚杆长度和不确定锚杆预应力时，力求土钉和锚杆同时达到极限状态。

3 微型桩、搅拌桩等对总抗滑力矩是有贡献的，但难以定量。当有充足的经验时，可适当考虑其抗滑作用；当无经验时，其抗滑作用可当做安全储备来处理。

6.3 土钉承载力计算

6.3.1 按要求确定土钉抗拔承载力，目的是控制单根土钉拔出或土钉杆体拉断所造成的土钉墙局部破坏。单根土钉拉力取分配到每根土钉的土钉墙墙面面积上的土压力；单根土钉抗拔力为假定直线滑动面处土钉的抗拔承载力。

由于土钉墙墙面是柔性的，且分层开挖裸露面上土压力为零，建立新的力平衡使土压力向周围转移，墙面上的土压力则重新分布。故而对朗肯公式计算的土压力线性分布进行了修正，对计算的每根土钉轴向拉力分别乘以不同的调整系数。

6.3.2 锚固体与土层之间的粘结强度大小与很多因素有关，主要包括土层条件、注浆工艺及注浆量、成孔工艺等，在采用表或附录取值时，还应根据这些因素及施工经验合理选择。

6.3.3 土钉的承载力由以土的粘结强度控制的抗拔承载力和以杆体强度控制的受拉承载力两者的较小值决定。

6.4 构造设计

6.4.9 提出了采用局部预应力锚杆与土钉联合支护的构造等定性技术措施，以指导目前预应力锚杆与土钉联合支护的设计与施工。预应力锚杆与土钉联合支护其作用机理更为复杂，目前对此认识

还不十分深入，只能根据以往理论研究、工程实践与实测分析，综合在构造及定性（概念）设计角度予以规定。由于土钉墙支护侧壁变形一般均为中部鼓出型（支护深度较大时），因此预应力锚杆建议宜设置在加固侧壁的中部，同时为了充分发挥预应力锚杆限制侧壁水平变形的作用，建议锚杆间宜保证一定的间距。考虑到锚杆与土钉的受力机理不同，为减小锚杆与土钉之间的相互影响、从构造性要求规定锚杆宜比常规设计相应位置处土钉长度长0.35倍。

6.4.10~6.4.11 针对侧壁土坡自稳性差的工程，可采用超前微型桩或水泥土桩进行局部补强后施作土钉墙。本条对超前微型桩、水泥土桩的构造要求进行了规定。

6.5 施工与质量检测、验收

6.5.1 施工土钉墙是分层分段施工形成的，每完成一层土钉和土钉位置以上的喷射面层后，基坑才能挖至下一层土钉施工标高。施工时，应在每层土钉及相应面层完成并达到设计要求的强度后才能开挖下一层土钉施工面以上的土方，挖土严禁超过下一层土钉施工面。

6.5.3 面层是土钉墙结构的重要组成部分之一，但其施工方法与现场浇筑混凝土不同，一般采用以下做法和要求：

1 喷射机设备能力的允许输送粒径一般需大于25mm，允许输送水平距离一般不小于100m，允许垂直距离一般不小于30m；

2 根据喷射机工作水压和耗水量的要求，空压机耗水量一般需达到 $9\text{m}^3/\text{min}$ ；

3 输料管的承受压力需不小于0.8MPa；

4 供水设施需满足喷头水压力不小于0.2MPa的要求；

5 喷射面层的回弹率不大于15%；

6 喷射面层的养护时间根据环境的气温条件确定，一般为3d~7d；

7 上层面层终凝超过 1 小时后，再进行下层面层喷射，下层面层喷射时应先对上层喷射面层表面喷水。

土钉墙中，土钉群是共同受力，以整体作用考虑的。土钉抗拔检测是工程质量竣工验收依据，本条件规定了试验数量和要求。

抗压强度是喷射面层的主要指标。试块量好采用在喷射面层板件上切取制作，也允许使用 150mm 的立方体无底试模，喷射面层制作试块。喷射面层厚度是质量控制的主要内容，检测在施工中随时进行，也可喷射面层施工完成后统一检查。

7 地下水控制

7.1 一般规定

7.1.1 地下水控制方法包括：截水、降水（集水明排），地下水回灌属于地下水控制方法的一个手段，应根据降水工程对周边环境的影响以及保护需要配合使用。仅从支护结构安全性、经济性的角度，降水可消除水压力从而降低作用在支护结构上的荷载，减少地下水渗透破坏的风险，降低支护结构施工难度等。但降水后，随之带来对周边环境的影响问题。在有些地质条件下，降水会造成基坑周边建筑物、市政设施等的沉降而影响其正常使用甚至损坏。降水引起的基坑周边建筑物、市政设施等沉降、开裂、不能正常使用的工程事故时有发生。另外，有些城市地下水资源紧缺，降水造成地下水大量流失、浪费，从环境保护的角度，在这些地方采用基坑降水不利于城市的综合发展。为此，有的城市的地方政府已实施限制基坑降水的地方行政法规。

根据具体工程的特点，基坑支护工程可采用单一地下水控制方法，也可采用多种地下水控制方法相结合的形式。如悬挂式截水帷幕+坑内降水，基坑周边控制降深的降水+截水帷幕，截水或降水+回灌，部分基坑边截水+部分基坑边降水等。一般情况，降水或截水都要结合集水明排。

7.1.4 采用哪种地下水控制的方式是基坑周边环境条件的客观要求，基坑支护设计时应首先确定地下水控制方法，然后再根据选定的地下水控制方法，选择支护结构形式。地下水控制应符合国家和地方法规对地下水资源、区域环境的保护要求，符合基坑周边建筑物、市政设施保护的要求。当降水不会对基坑周边环境造成损害且国家和地方法规允许时，可优先考虑采用降水，否则应采用基坑截水。采用截水时，支护结构可能需采取防止土的流砂、管涌、渗透破坏的措施。当坑底以下有承压水时，还要考虑坑底突涌问题。

为了保证全井回填工作的一次成功，并且做到回填井严禁漏水，必须遵照全井回填工艺流程和严把工程材料关。具体的全井

回填方法和技术要求参照《废弃井封井回填技术规程(试行)》(2020年)及其相关文献执行。

7.1.6 新疆地区是地下水紧缺的地区,合理利用地下水尤为重要。

7.1.7 本条明确了降水工程和截水工程的复杂类型分类。水下工程降水风险大直接划分为复杂,不再分类;明确了两种以上地下水控制方法组合使用时,划分为复杂工程。地下水回灌难度大,且不单独使用,没有进行单独分类。

7.2 截水帷幕

7.2.1 截水帷幕是指帷幕体本身是相对不透水体,渗透系数小于 0.001m/d ($1\times 10^{-6}\text{cm/s}$)。

竖向截水帷幕是最常见的截水帷幕,阻止水流从坑壁和坑底涌入坑内。悬挂式竖向截水帷幕指底端未穿透含水层的截水帷幕(图7.2.1-1);落底式竖向截水帷幕指底端穿透含水层并进入下部不透水层一定深度的截水帷幕(图7.2.1-2)。当水头较高,水量充分,可采用竖向截水帷幕与水平向截水帷幕相结合的方法。

独立式截水帷幕是指在非连续性支护桩外独立设置的帷幕体;嵌入式截水帷幕是指利用旋喷桩、搅拌桩、素混凝土桩等嵌入不连续支护结构中间共同形成帷幕体;自抗渗支护结构指支护结构本身就具备抗渗性能。

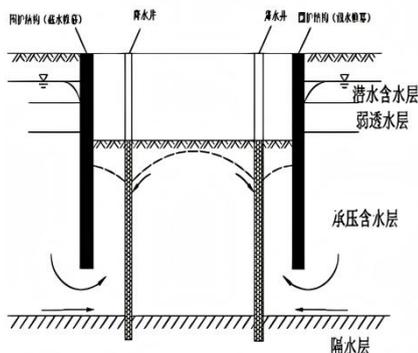


图7.2.1-1 悬挂式截水帷幕示意图

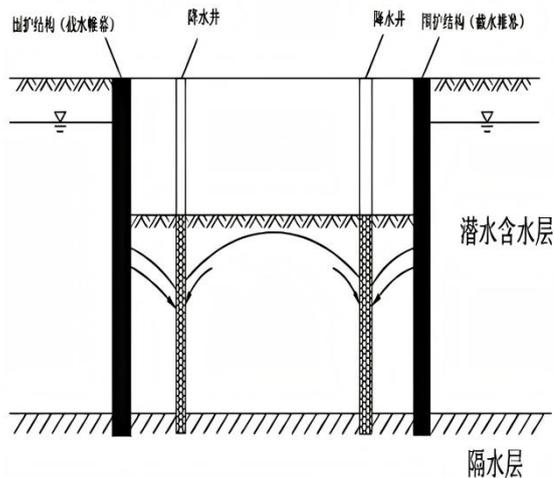


图7.2.1-2 落底式截水帷幕示意图

7.2.2 本条是截水帷幕设计的基本要求，由于地下工程涉及支护工程，统一考虑非常必要。

7.2.3 本条所列的截水帷幕施工方法都具有很强的经验性，处理效果与设计参数、地基土性质密切相关，还与施工方法、施工设备甚至施工人员有紧密关系，施工前进行现场试验可以验证帷幕效果。

7.2.4 截水帷幕的施工方法种类繁多，选择时既要考虑截水效果，又要因地制宜、就地取材，还要考虑与基坑支护合理组合。本技术标准表7.2.4给出的截水帷幕施工方法及适用条件可供设计参考。水泥土搅拌法软土地层施工效果好，砂、砾石、卵石地层施工效果差。

7.2.5 插入不透水层的竖向截水帷幕在内外形成较大的水头差，公式是根据截水层的允许渗透梯度求得。

7.2.6 本条以渗流水力梯度不大于地基土的临界水力梯度来判断坑底土体的抗渗流稳定性（考虑一定的安全系数），计算方法较多，工程上常用的有基于平面稳定渗流的直线比例法、流网法、

阻力系数法等。为便于计算且满足工程设计要求,在水头15m~20m内,设计人员惯于采用直线比例法。需要说明的是,直线比例法没有考虑渗流流场的三维性,也没有考虑坑周土不透水层的深度,以及地基土的不均匀性。

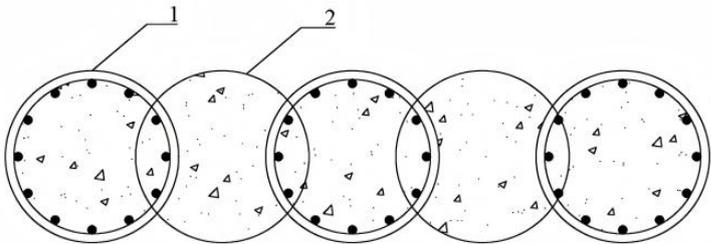
7.2.7 连续性截水帷幕常采用灌注桩支护结构,灌注桩在部分土层容易扩孔,如果先施工灌注桩,截水帷幕施工时常与灌注桩无法贴近,容易出现截水帷幕垂直度偏低或截水帷幕与灌注桩缝隙大,以及桩间土流失等不利情况,故先施工帷幕。嵌入型截水帷幕要根据支护桩而定位切割,故先施工支护结构。

7.2.8 钻孔咬合桩(图7.2.8 a. b. c)分软切割工艺和硬切割工艺。硬切割施工质量可靠度较高,一般采用全回转钻机施工;软切割施工可采用全回转钻机施工,也可多功能套管钻机,或采用旋挖钻机施工。

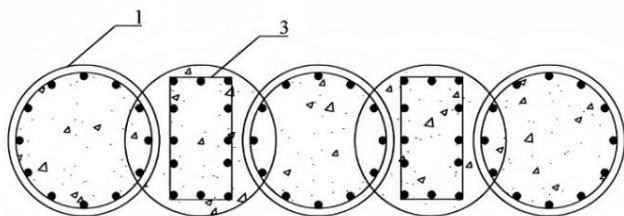
1 钻孔咬合桩垂直度要求高,一般要采取垂直度自动测量措施,并宜采取导墙提高垂直度控制能力。

2 软切割工艺可通过保持取土面始终高于套管底口一定深度,或采用向套管内注入一定量的水,通过水压力来平衡前序桩混凝土的压力,避免管涌。

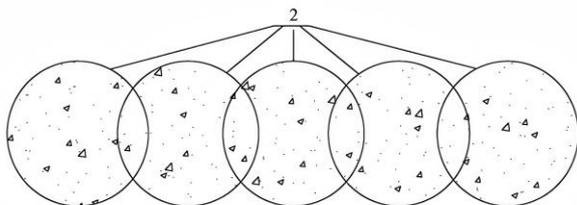
3 硬切割工艺成孔时应复核地下水对取土的影响。下压套时,取土面应始终高于套管底口不小于2.5m;终孔时取土面应高于套管底口不小于1.5m;取土时遇承压水、特殊地质等影响时,取土面高于套管底口土体高度应根据试桩结果确定。



(a) 有筋桩和无筋桩搭配的咬合式排桩



(b) 有筋桩和有筋桩搭配的咬合式排桩



(c) 无筋桩和无筋桩搭配的咬合式排桩

图7.2.8 咬合桩平面布置形式

1—钢筋圆形配置的有筋桩；2—无筋桩；3—钢筋矩形配置的有筋桩

7.2.9 本项技术自2011年研发成功后，陆续在国内三十多个工程中成果应用，在保证基坑安全施工的同时，大幅节约工期和造价；通过统计过往诸多成功应用案例，将本工艺在适应性、施工效率、施工质量和材料节约方面与传统工艺进行了全面的对比分析，如表7.2.9所示。结果表明本技术为行业提供了一种解决复杂地层难题，且稳定性高、抗渗性能高、节材环保的施工新工艺。

7.2.10 搅拌桩是最常见的截水帷幕，至少有三种：三轴搅拌桩、两轴搅拌桩、单轴搅拌桩。三轴搅拌桩施工深度可达30m，两轴和单轴一般施工深度可达15m~18m，施工深度越深，垂直度和搭接要求越高。搅拌桩的强度和均匀性是影响截水帷幕质量的关键；搅拌桩的下沉和提升速度会影响土体中水泥掺入量和水泥掺入的均匀性；搅拌次数和搅拌时间影响水泥浆与土体的拌合及水泥土

的均匀性，需要重视。施工中断浆和冷接缝会出现质量隐患，故该情况均需记录和加强处理。

7.2.13 截水帷幕是隐蔽工程，开挖前对其进行检验，尤其是深度和连续性是必要的。对于水泥土类，还要重视强度检测。对于地下连续墙，采取超声波检测深度和密实度；对于水泥土类截水帷幕，采取浆液试块强度试验的方法检测其强度，应建立静力触探、标准贯入或动力触探等原位测试结果与试块强度试验结果的对应关系，也有根据试块强度结合原位试验方法综合检验。钻芯检验方法除检测芯样强度外，更直接检测深度和均匀性。注意钻孔取芯完成后注浆填充。

7.3 降水

7.3.1 基坑降水方法见图7.3.1-1管井井点构造示意图、图7.3.1-2轻型井点（真空井点）构造示意图、图7.3.1-3喷射井点（空气压缩机井点）构造示意图和图7.3.1-4电渗井点构造示意图。

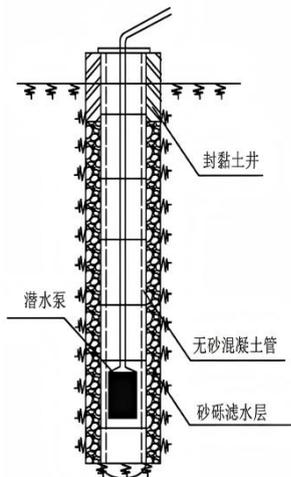


图7.3.1-1管井井点

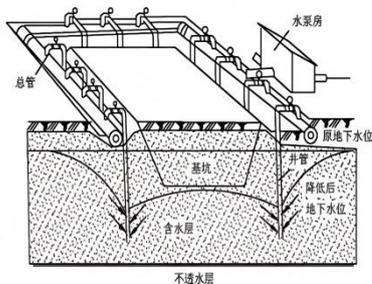


图7.3.1-2轻型井点（真空井点）

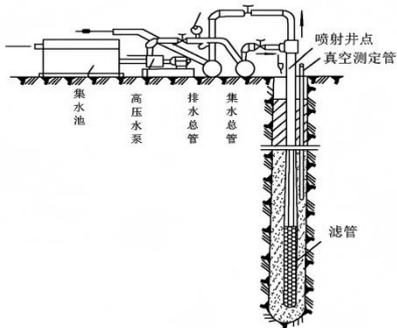


图7.3.1-3 喷射井点（空气压缩机井点）

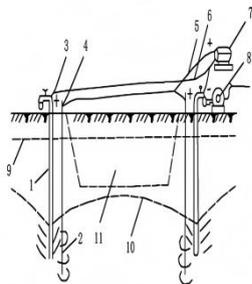


图7.3.1-4电渗井点

- 1—阴极（轻型或喷射井点管）；2—阳极（钢管或钢筋）；3—连接阴极电线（或扁钢）；
 4—连接阳极钢筋或电线；5—阳极与发电机连接电线；6—阴极与发电机连接电线；
 7—直流发电机（或直流电焊机）；8—水泵；9—原地下水位线；10—降低后地下水位
 线；11—基坑

7.3.2 基坑采用截水结合坑内、坑外减压降水的地下水控制方法：

1 选用坑内减压降水方案如下：

当截水帷幕部分插入减压降水承压含水层中，截水帷幕进入承压含水层顶板以下的长度 L 不小于承压含水层厚度的 $1/2$ (如图 7.3.2-1 所示)，或不小于 10.0m (如图 7.3.2-2 所示)，截水帷幕对基坑内外承压水渗流具有明显的阻截效应；

当截水帷幕进入承压含水层，并进入承压含水层底板以下的半截水层或弱透水层中，截水帷幕已完全阻断了基坑内外承压含水层之间的水力联系 (如图 7.3.2-3 所示)。

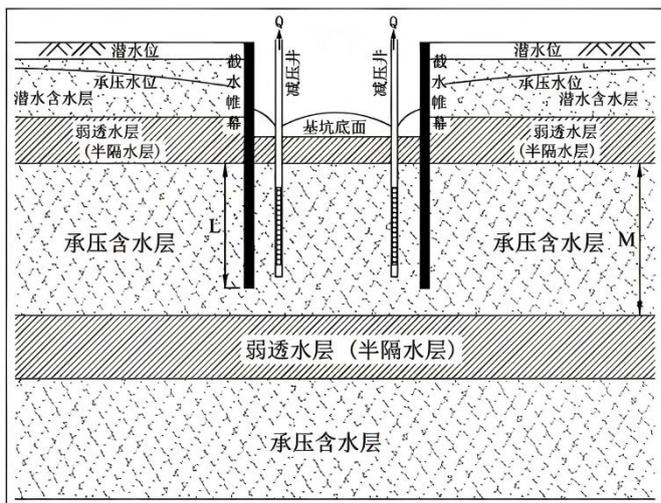


图7.3.2-1 承压水悬挂式截水帷幕，承压水坑内减压降水示意图

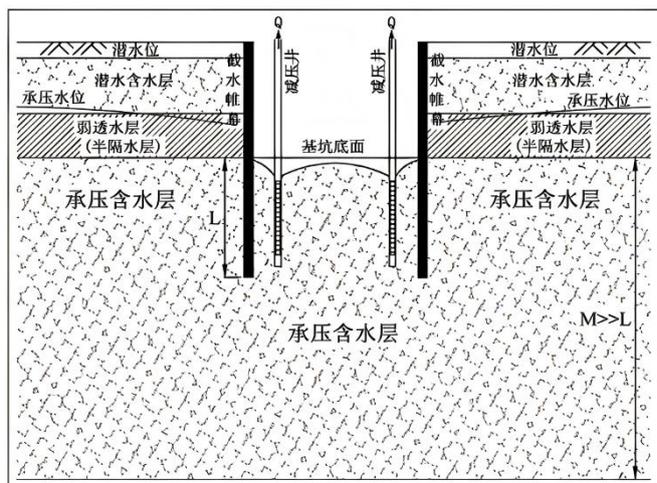


图7.3.2-2 承压水悬挂式截水帷幕，承压水坑内减压降水示意图

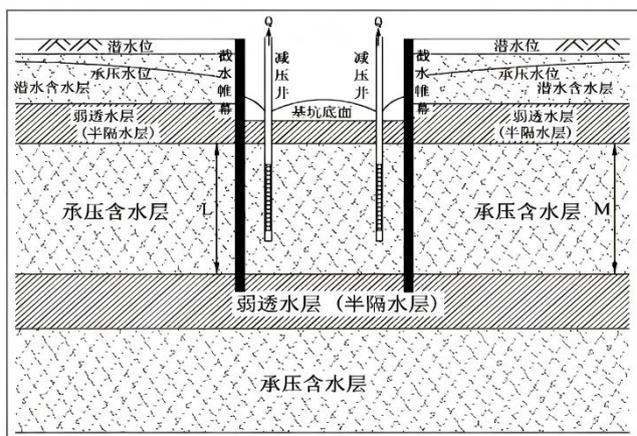


图 7.3.2-3 承压水落底式截水帷幕，承压水坑内减压降水示意图

2 选用坑外减压降水方案如下：

当截水帷幕未进入下部降水目的承压含水层中(如图 7.3.2-4 所示)；

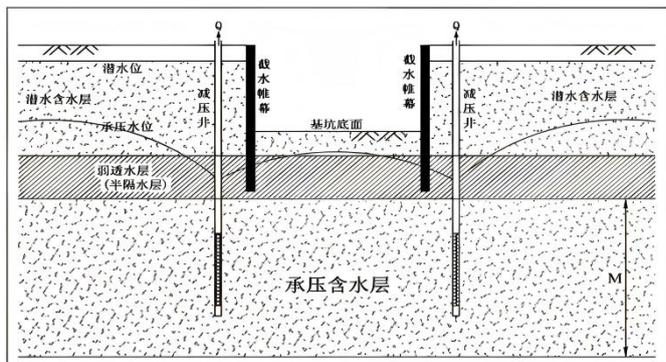


图 7.3.2-4 潜水落底式截水帷幕，承压水坑内减压降水示意图

3 截水帷幕进入降水目的承压含水层顶板以下的长度 L 远小于承压含水层厚度，且不超过 5.0m(如图 7.3.2-5)所示)。

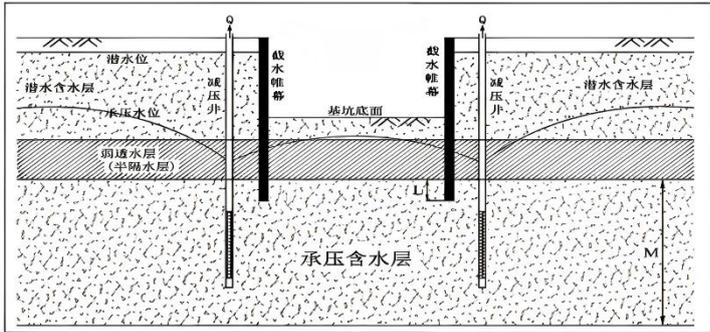


图 7.3.2-5 承压水落底式截水帷幕，承压水坑内减压降水示意图

7.3.4 潜水、承压水含水层基坑地下水水位降深预测计算方法及其公式如下：

1 当含水层为粉土、砂土或碎石土时，潜水完整井的地下水位降深可按下式计算(图 7.3.4-1、图 7.3.4-2)：

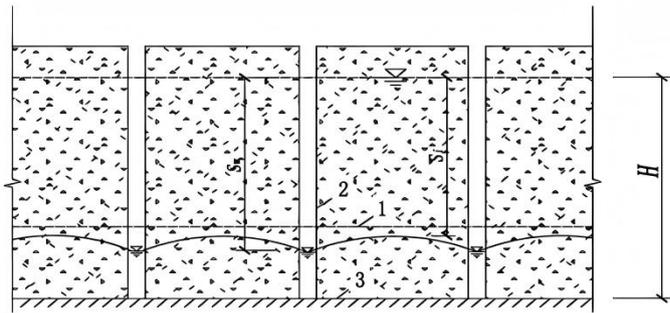


图7.3.4-1 潜水完整井地下水位降深计算

1—基坑面；2—降水井；3—潜水含水层底板

$$s_i = H - \sqrt{H^2 - \sum_{j=1}^n \frac{q_j}{\pi k} \ln \frac{R}{r_{ij}}} \quad (7.3.4-1)$$

式中： s_i ——基坑内任一点的地下水位降深 (m)；基坑内各点中最小的地下水位降深可取各个相邻降水井连线上地下水位降深的最小值，

当各降水井的间距和降深相同时，可取任一相邻降水井连线中点的地下水位降深；

H ——潜水含水层厚度（m）；

q_j ——按干扰井群计算的第 j 口降水井的单井流量

（ m^3/d ）；

k ——含水层的渗透系数（m/d）；

R ——影响半径（m），应按现场抽水试验确定；缺少实验时，也可按本标准公式（7.3.5-1）、公式（7.3.5-2）计算并结合当地工程经验确定；

r_{ij} ——第 j 口井中心至地下水位降深计算点的距离（m）；当 $r_{ij} > R$ 时，应取 $r_{ij} = R$ ；

n ——降水井数量。

$$s_i = H - \sqrt{H^2 - \sum_{j=1}^n \frac{q_j}{\pi k} \ln \frac{R}{r_{ij}}} \quad (7.3.4-2)$$

式中： s_i ——基坑内任一点的地下水位降深（m）；基坑内各点中最小的地下水位降深可取各个相邻水井连线上地下水位降深的最小值，当各降水井的间距和降深相同时，可取任一相邻水井连线中点的地下水位降深；

H ——潜水含水层厚度（m）；

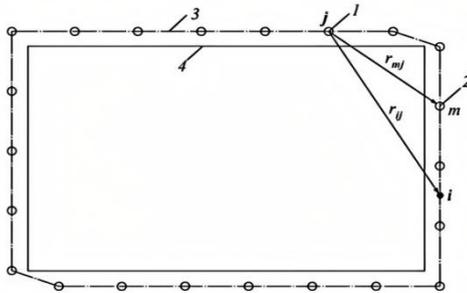


图7.3.4-2 计算点与降水井的关系

1—第 j 口井；2—第 m 口井；3—降水井所围面积的边界；4—基坑边界

2 对潜水完整井,按干扰井群计算的第 J 个降水井的单井流量可通过求解下列 n 维线性方程组计算:

$$s_{w,m} = H - \sqrt{H^2 - \sum_{j=1}^n \frac{q_j}{\pi k} \ln \frac{R}{r_{jm}}} \quad (m=1, \dots, n) \quad (7.3.4-3)$$

式中: $s_{w,m}$ ——第 m 口井的井水位设计降深 (m);

r_{jm} ——第 j 口井中心至第 m 口井中心的距离 (m); 当 $j=m$ 时,应取降水井半径 r_w ; 当 $r_{jm} > R$ 时,应取 $r_{jm} = R$ 。

3 当含水层为粉土、砂土或碎石土,各降水井所围平面形状近似圆形或正方形且各降水井的间距、降深相同时,潜水完整井的地下水位降深也可按下列公式计算:

$$s_i = H - \sqrt{H^2 - \frac{q}{\pi k} \sum_{j=1}^n \ln \frac{R}{2r_0 \sin \frac{(2j-1)\pi}{2n}}} \quad (7.3.4-4)$$

$$q = \frac{\pi k (2H - s_w) s_w}{\ln \frac{R}{r_w} + \sum_{j=1}^{n-1} \ln \frac{R}{2r_0 \sin \frac{j\pi}{n}}} \quad (7.3.4-5)$$

式中: q ——按干扰井群计算的降水井单井流量 (m^3/d);

r_0 ——井群的等效半径 (m); 井群的等效半径应按各降水井所围多边形与等效圆的周长相等确定,取 $r_0 = u/(2\pi)$; 当 $r_0 > R/(2\sin((2j-1)\pi/2n))$ 时,公式 (7.3.7-1) 中应取 $r_0 = R/(2\sin((2j-1)\pi/2n))$; 当 $r_0 > R/(2\sin(j\pi/n))$ 时,公式 (7.3.7-2) 中应取 $r_0 = R/(2\sin(j\pi/n))$;

j ——第 j 口降水井;

s_w ——井水位的设计降深 (m);

r_w ——降水井半径 (m);

u ——各降水井所围多边形的周长 (m)。

4 当含水层为粉土、砂土或碎石土时, 承压完整井的地下水位降深可按下式计算 (图 7.3.4-3) :

$$s_i = \sum_{j=1}^n \frac{q_j}{2\pi M k} \ln \frac{R}{r_{ij}} \quad (7.3.4-6)$$

式中: M ——承压水含水层厚度 (m)。

对承压完整井, 按干扰井群计算的第 J 个降水井的单井流量可通过求解下列 n 维线性方程组计算:

$$s_{w,m} = \sum_{j=1}^n \frac{q_j}{2\pi M k} \ln \frac{R}{r_{jm}} \quad (m=1, \dots, n) \quad (7.3.4-7)$$

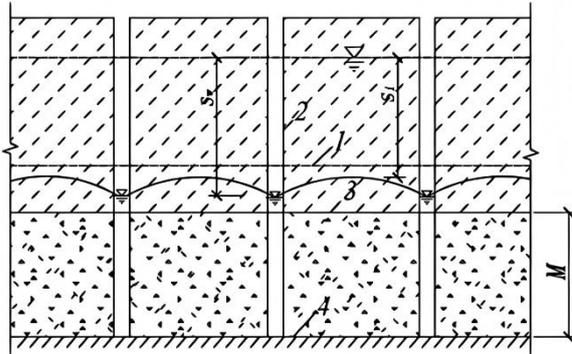


图 7.3.4-3 承压水完整井地下水水位降深计算

1—基坑面; 2—降水井; 3—承压水含水层顶板; 4—承压水含水层底板

5 当含水层为粉土、砂土或碎石土, 各降水井所围平面形状近似圆形或正方形且各降水井的间距、降深相同时, 承压完整井的地下水位降深也可按下列公式计算:

$$s_i = \frac{q}{2\pi M k} \sum_{j=1}^n \ln \frac{R}{2r_0 \sin \frac{(2j-1)\pi}{2n}} \quad (7.3.4-8)$$

(7.3.4-9)

$$q = \frac{2\pi Mks_w}{\ln \frac{R}{r_w} + \sum_{j=1}^{n-1} \ln \frac{R}{2r_0 \sin \frac{j\pi}{n}}}$$

式中:

r_0 ——井群的等效半径 (m) ;

井群的等效半径应按各降水井所围多边形与等效圆的周长相等确定, 取 $r_0 = u/(2\pi)$; 当 $r_0 > R/(2\sin(2j-1)\pi/2n)$ 时, 公式 (7.3.10-1) 中应取

$r_0 = R/(2\sin((2j-1)\pi/2n))$;

当 $r_0 > R/(2\sin(j\pi/n))$ 时, 公式 (7.3.10-2) 中应取

$r_0 = R/(2\sin(j\pi/n))$ 。

7.3.9 基坑降水的总涌水量, 可将基坑视作一口大井按概化的大井法计算。本标准附录E给出了均质含水层潜水完整井、均质含水层潜水非完整井、均质含水层承压水完整井、均质含水层承压水非完整井和均质含水层承压水一潜水完整井5种典型条件的计算公式。实际的含水层分布远非这样理想, 按上述公式计算时应根据工程的实际水文地质条件进行合理概化。如, 相邻含水层渗透系数不同时, 可概化成一层含水层, 其渗透系数可按各含水层厚度加权平均。当相邻含水层渗透系数相差很大时, 有的情况下按渗透系数加权平均后的一层含水层计算会产生较大误差, 这时反而不如只计算渗透系数大的含水层的涌水量与实际更接近。大井的井水位应取降水后的基坑水位, 而不应取单井的实际井水位。这5个公式都是均质含水层、远离补给源条件下井的涌水量计算公式, 其它边界条件的情况可以参照有关“引用标准名录”及水文地质、工程地质手册。

7.3.13 轻型井点 (真空井点) 管壁外的滤网一般设两层, 内层滤网采用30目~80目的金属网或尼龙网, 外层滤网采用3目~10目的金属网或尼龙网; 管壁与滤网间应留有间隙, 可采用金属丝螺旋形缠绕在管壁上截离滤网, 并在滤网外缠绕金属丝固定。

7.3.14 喷射井点 (空气压缩机井点) 的常用尺寸参数: 外管直径

为 73mm~108mm, 内管直径为 50mm~73mm, 过滤器直径为 89mm~127mm, 井孔直径为 400mm~600mm, 井孔比滤管底部深 1.0m 以上。喷射井点的常用多级高压水泵, 其流量为 $50\text{m}^3/\text{h}\sim 80\text{m}^3/\text{h}$, 压力为 $0.7\text{MPa}\sim 0.8\text{MPa}$ 。每套水泵可用于 20 根~30 根井管的抽水。

7.4 集水明排

7.4.1 明沟排水是收集坑中和坑壁局部渗出的地下水和其他施工时的地面水, 在单独使用时可采用多梯级排水, 每梯级深度宜小于 5m。盲沟排水是近年来借鉴堆载预压处理或地下水抗浮措施的经验, 在坑底周边及坑内纵横向布置盲沟和集水井抽排地下水, 基坑底为软土层时常采用。

7.4.2 明沟和集水井 (图 7.4.2) 均属临时工程, 应采用灰砂砖砌筑, 沟内侧壁抹水泥砂浆。

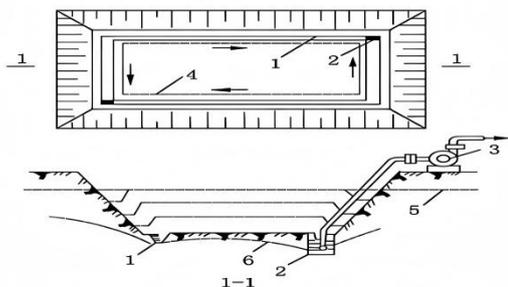


图 7.4.2 明沟、集水井排水方法

1—排水明沟; 2—集水井; 3—离心式水泵; 4—设备基础或建筑物基础边线; 5—原地下水水位线; 6—降低后地下水水位线

7.4.3 盲沟尺寸可参照明沟尺寸, 并应通过计算基坑涌水量的大小来复核。土工织物技术指标可按《铁路路基土工合成材料应用设计规范》TB10118有关规定确定。

7.4.4 在坑顶周边应布设排水沟, 在适当位置设沉淀池。坑内地下水抽排到地面排水沟, 经三级沉淀后, 有组织地排入市政雨水管内。对基坑周边集水区面积大或位于山地的建筑物, 基坑周边应考虑地表水的截排措施。

7.5 降水引起的地层变形计算

7.5.3 降水引起的地层变形计算可以采用分层总和法。与建筑物地基变形计算时的分层总和法相比，降水引起的地层变形在有些方面是不同的。主要表现在以下方面：①附加压力作用下的建筑物地基变形计算，土中总应力是增加的。地基最终固结时，土中任意点的附加有效应力等于附加总应力，孔隙水压力不变。降水引起的地层变形计算，土中总应力基本不变。最终固结时，土中任意点的附加有效应力等于孔隙水压力的负增量。②地基变形计算，土中的最大附加有效应力在基础中点的纵轴上，基础范围内是附加应力的集中区域，基础以外的附加应力衰减很快。降水引起的地层变形计算，土中的最大附加有效应力在最大降深的纵轴上，也就是降水井的井壁处，附加应力随着远离降水井逐渐衰减。③地基变形计算，附加应力从基底向下沿深度逐渐衰减。降水引起的地层变形计算，附加应力从初始地下水位向下沿深度逐渐增加。降水后的地下水位以下，含水层内土中附加有效应力也会发生改变。

计算建筑物地基变形时，按分层总和法计算出的地基变形量乘以沉降计算经验系数后的数值为地基最终变形量。沉降计算经验系数是根据大量工程实测数据统计出的修正系数，以修正直接按分层总和法计算的方法误差。降水引起的地层变形，直接按分层总和法计算的变形量与实测变形量也往往差异很大。由于缺少工程实测统计资料，暂时还无法给出定量的修正系数对计算结果进行修正。如采用现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 中地基变形计算的沉降计算经验系数，则由于两者的土中附加应力产生的原因和附加应力分布规律不同，从理论上没有说服力，与实际情况也难以吻合。目前，降水引起的地层变形计算方法尚不成熟，只能在今后积累大量工程实测数据及进行充分研究后，再加以改进充实。现阶段，宜根据地区基坑降水工程的经验，结合计算与工程类比综合确定降水引起的地层变形量和分析降水对周边建筑物的影响。

7.6 回灌

7.6.2 地下水回灌的方法主要有地面入渗法和井灌法。地面入渗法包括渗坑入渗法和渗渠入渗法；井灌法包括管井回灌法（图7.6.2）和大口径井回灌法等。

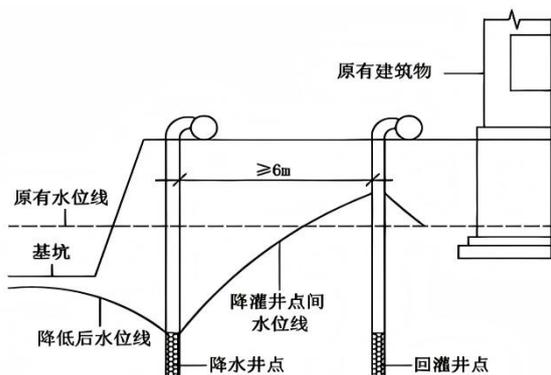


图7.6.2 回灌井构造示意图

7.6.4 同层回灌是防止进一步恶化地下水水质的有效方法；回灌水源要求和回灌目的含水层的地下水为同一类水质或更好；当回灌目标含水层与饮用地下水联系较紧密时，本条要求控制回灌水源的水质达到现行国家标准《地下水质量标准》GB / T 14848有关饮用水水质标准的要求。

7.6.6 在基坑降水影响范围内进行浅部含水层回灌工作时，地面沉降剖面线和监测剖面应包括降水影响范围的纵、横两个方向。

7.6.7 当含水层厚度有限时，降水引起的环境影响比较迅速，而回灌恢复水位具有一定的滞后性，需采取必要的预防措施。

7.6.8 在整个透水土层中，井管上部的滤水管从常年地下水位以上0.50m处开始，设置目的在于使回灌恢复的水位尽量与常年地下水位保持一致，过滤器的长度大于降水井过滤器的长度的目的是使水迅速回灌进地下，减少降水不利影响。

通常回灌井中的砂是纯净的中粗砂，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；回灌砂井的灌砂量过多或含泥量过大，将影响水向四周渗透效果。回灌井成井结构示意图如图 7.6.8 所示。

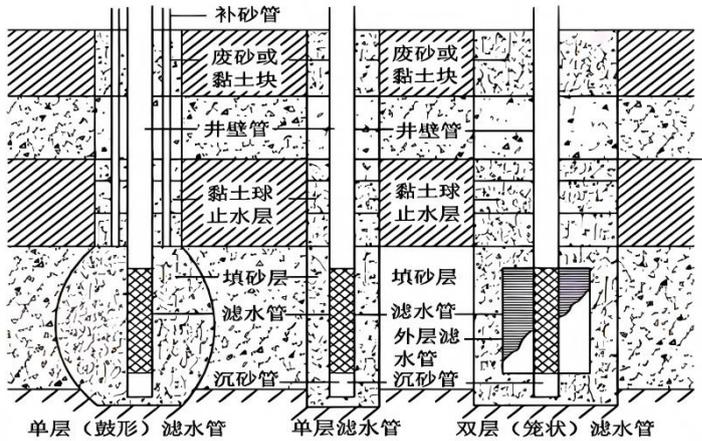


图7.6.8 回灌井成井结构示意图

7.6.9 回填的过滤砂层之上填筑高膨胀性止水黏土球，目的在于增强回灌效果和预防不符合水质要求的地表水渗入。

8 土方开挖与回填

8.1.1 本条强调应根据支护结构设计、地下水控制及周边环境要求确定基坑开挖方案，且开挖方案要符合设计条件及要求。

8.1.2 鉴于目前基坑支护工程的盲从性，本条强调指出了基坑施工的前提条件和设计依据。

8.1.3 基坑周边荷载包括施工材料、设施、设备或车辆荷载等。基坑周边荷载严禁超过设计要求的地面荷载限值，且其分布范围严禁越过设计要求的边界。基坑土方开挖应本着：自上而下分段分层、依次进行，随时作成一定的坡度，以利泄水，避免先挖坡脚，造成坡体失稳。相邻基坑和管沟开挖时，应遵循先深后浅或同时进行的施工顺序。

8.1.6~8.1.7 鉴于目前基坑支护工程地质资料、设计及施工的现状，尤其现场条件的变化，因此，要求基坑设计、施工和勘察单位及监测单位，密切配合，加强基坑支护工程的动态控制。

8.2 本节规定了基坑开挖方案应包括的内容，特别强调应考虑与支护结构形式相适应的开挖方式、开挖时间、开挖顺序。特别强调应考虑冬季、雨季等气候影响因素对开挖的影响。在土方开挖过程中，发生支护结构、周边环境变形超过控制值或发生与原设计条件及设计工况不符现象等异常情况时，应立即停止开挖，采取相应处理措施后方可继续开挖施工。坑内地下水位指坑内大面积的地下水水位，应低于开挖面0.5m以上方可进行土方开挖。对基坑土方开挖时的支护结构、工程桩和槽底的防护及保护提出了基本要求。

9 监 测

9.1 一 般 规 定

9.1.1 本条必须严格执行。本条是对建筑基坑支护工程监测实施范围的界定。

根据住房城乡建设部办公厅关于实施《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》有关问题的通知（2018年05月17日）内容，针对基坑支护工程中开挖深度超过3m（含3m）的基坑（槽）的土方开挖、支护、降水工程和开挖深度虽未超过3m，但地质条件、周边环境和地下管线复杂，或影响毗邻建、构筑物安全的基坑（槽）的土方开挖、支护、降水工程属于危险性较大的分部分项工程范围，其施工安全保证措施中提出了监测监控措施项目；而开挖深度超过5m（含5m）的基坑（槽）的土方开挖、支护、降水工程则属于超过一定规模的危险性较大的分部分项工程范围，其施工方案的论证中关于第三方监测方案的主要内容包括工程概况、监测依据、监测内容、监测方法、人员及设备、测点布置与保护、监测频率、监测频次、预警标准及监测成果报送等；因此对于属于危险性较大的基坑支护工程在工程实施时需进行相应的监测活动。

9.1.2 由于基坑支护工程设计理论还不够完善，施工场地也存在各种复杂因素的影响，单单根据地质勘察资料和室内土工试验参数来确定设计和施工方案，往往含有许多不确定因素，基坑支护工程设计方案能否真实地反映基坑支护工程实际状况，只有在方案实施过程中才能得到最终的验证，其中现场监测是获得上述验证的重要和可靠手段，因此在基坑支护工程设计阶段应由设计方提出对基坑支护工程进行现场监测的要求。这里的监测要求，并非是一个很详尽的监测方案，但有些内容或指标应由设计方明确提出。

根据实际的工程情况主要进行变形、应力和地下水动态这三个方面的监测。对应的变形，它主要的监测对象是地面、边坡、坑底土体、支护结构（桩、锚、内支撑、连续墙等）以及周边的建（构）筑物、地下设施等，这里需明确基坑支护结构水平方向

的变形观测应测定支护结构或基坑边坡顶部（退台）部位的垂直于基坑支护体系方向水平位移值；对应的变力，主要是监测支护结构中的受力构件、土体内应力等；对应的地下水动态，主要是监测地下水位、水压、抽（排）水量、含砂量等。

对一级基坑需要高频次或连续实时观测时，宜采用自动化监测方式；对于其它因环境条件不允许或不可能用人工方式进行观测的监测项目，宜考虑采用自动化监测。自动化监测是信息化施工的一部分，进行信息化管理可以减少施工的盲目性，及时发现施工过程中的异常并预警，预测基坑及结构的稳定性和安全性，提出工序施工的调整意见及应采取的安全措施，保证整个工程安全、可靠推进；通过监测数据的搜集为基坑支护的动态设计提供了充分的依据，从而优化设计，使主体结构设计达到优质、安全、经济合理、施工快捷的目的。

9.1.3 实施第三方监测有利于保证监测的客观性和公正性，一旦发生重大环境安全事故或社会纠纷，监测结果是责任判定的重要依据。因此本条规定基坑支护工程施工前，由建设单位委托具备相应能力的第三方对基坑支护工程实施现场监测。第三方系指独立于建设方、施工方之外的监测单位。

9.1.5 周边环境各监测对象的状况资料包括周边建筑、管线、道路、人防等周边环境各监测对象位置及性状的相关资料。

9.1.6 监测方案是监测单位实施监测的重要技术依据和文件。

9.1.7 监测单位应严格按照审定后的监测方案对基坑支护工程进行监测，不得任意减少监测项目、测点、降低监测频率。根据《关于规范乌鲁木齐市房屋建筑深基坑支护工程设计、监测工作的通知》乌建发[2017]20号的有关要求规定，当监测数据达到监测预警时监测单位应立即通报建设方和有关单位，以便建设单位和有关各方及时分析原因、采取措施。

9.2 监测项目

9.2.1 基坑支护工程监测包括巡视检查和仪器监测。仪器监测可以取得定量的数据，进行定量分析；以目测为主的巡视检查更加

及时，可以起到定性、补充的作用，从而避免片面地分析和处理问题。采用仪器监测与巡视检查相结合的方法，多种监测方法互为补充、相互验证，以便及时、准确地分析、判断基坑及周边环境的状态。

9.3 巡视检查

9.3.1 本条强调在基坑支护工程的施工和使用期间，应由有经验的监测人员每天对基坑支护工程进行巡视检查。因基坑支护工程施工期间的各种变化具有时效性和突发性，加强巡视检查是预防基坑支护工程事故非常简便、经济而又有效的方法。

9.3.3 巡视检查主要以目测为主，配以简单的工器具，这样的检查方法速度快、周期短，可以及时弥补仪器监测的不足。

9.4 监测点布置

9.4.1 基准点是变形监测的基准，点位要求稳定，且须建立在变形区以外的稳定区域，一般为3倍基坑开挖深度以外。其平面控制点位，一般要有强制归心装置。

进行基坑支护工程监测前，应提前根据基坑围护边线情况布置基准点，基准点须在基坑施工前埋设，并确定已稳定后方可投入使用。

9.4.2 基坑支护工程监测点的布置应能反映监测对象的实际受力、变形状态，以保证对监测对象的状况做出准确的决断。在监测对象内力和变形变化大的代表性部分及周边环境重点监测部位，监测点应适当加密，以便更加准确地反映监测对象的受力和变形特征。

基坑支护工程监测点的布置应不妨碍监测工作的正常进行，并且便于监测、易于保护。不同的监测项目尽可能地布置在同一监测断面上，有利于监测数据的相互印证及对变化趋势的准确分析、判断。

9.4.3 周边环境监测主要根据基坑各侧边工程监测等级、周边邻近建筑物性质、建筑年代、重要性、基础形式、埋深，地下管线的现状、重要性等进行测点布置。

9.5 监测方法和精度要求

9.5.1 基坑监测方法的选择应综合考虑各种因素，监测方法简便易行有利于适应施工现场条件的变化和施工进度的要求。

在满足监测精度要求和保证工程安全的前提下，应鼓励基坑支护工程现场监测的技术进步，以减轻劳动强度、提高工作效率、降低监测成本。自动化实时监测系统应采用性能稳定、技术成熟且经过工程实践检验的新设备、新技术、新方法。

9.5.2 变形监测的精度等级，应根据《工程测量标准》GB50026的相关要求确定，按变形观测点的水平位移点位中误差、垂直位移的高程中误差或相邻变形观测点的高差中误差的大小来划分的。

监测时尽量使仪器在基本相同的环境和条件（如环境温度、湿度、光线、工作时段等）下工作，但在异常情况下可不作强制要求。

各监测项目都不可能取得绝对稳定的初始值，因此本条所说的稳定值实际上是指在较小范围内变化的初始观测值，且其变化幅度相对于该监测项目的预警值而言可以忽略不计。监测项目初始值就在相关施工工序之前测定。位移监测项目取至少连续观测3次的且较差满足要求的观测值之平均值作为初始值。轴力等直接测试的项目可取连续3次相对稳定观测值之平均值作为初始值。

9.6 监测频率

9.6.1 基坑支护工程监测频率的确定应以能系统反映监测对象所测项目的重要变化过程而又不遗漏其变化时刻为原则。基坑监测应从基坑土方施工开始，直至地下建（构）筑物施工到±0.00标高为止。也可根据需要，特别是对周围环境有严格要求时，延长监测期限。

9.6.2 基坑支护工程的监测频率不是一成不变的，应根据基坑开挖及地下工程的施工进度、施工工况以及其他外部环境影响因素的变化及时做出调整。一般在基坑开挖期间，地基土处于卸荷阶段，支护体系处于逐渐加荷状态，应适当加密监测；当基坑开挖完成后一段时间，监测值相对稳定时，可适当降低监测频率。当出现异常现象和数据或临近预警状态时，应提高监测频率甚至连续监测。一般情况下，基坑开挖期间宜根据基坑开挖深度和基坑安全等级每1-2d观测1次，位移速率或位移量大时应每天1次~2次。基坑开挖间隙或开挖及桩基施工结束后，且变形趋于稳定时，可7d观测1次。

9.6.3 当基坑的位移速率或位移量迅速增大、达到预警值或出现其它异常时，应在确保观测作业安全的前提下，提高观测频率，并立即报告建设单位。

9.7 监测预警

9.7.1 确定监测项目的预警值（即监控值）非常重要，一般应根据支护结构计算时的设计（容许）值和周围环境情况，由设计事先确定相应监测项目的预警值。

9.7.2 监测预警值应由基坑支护工程设计方根据基坑设计安全等级、工程地质条件、设计计算结果并结合以往工程经验等因素确定，不应不加分析地盲目采用该表提供的监测预警参考值。

本表预警值采用了累计变化量和变化速率两项指标共同控制。

9.7.3 由于变形监测的目的是及时掌握监测体的变形情况，确保监测体在施工或运营期间安全，并提供准确的安全预报，因此，一旦出现本条所列情形，要求立即通知建设单位和相关单位并采用应急措施。

9.8 监测成果

9.8.1 第三方监测分析报告的项目负责人应具备注册土木工程师（岩土）执业资格或工程测量高级工程师职称，监测速报最主要的形式是日报表，日报表应在每天规定的时间内及时提交给建设

方、监理、施工、设计等单位。报表中应尽可能配备形象化的图形或曲线，使阅读者一目了然。

9.8.5 监测当日报表应包含以下内容：当日的天气情况和施工现场的工况；仪器监测项目各监测点的本次测试值、单次变化值、变化速率以及累计值等，必要时绘制有关曲线图；巡视检查的记录；对监测项目应有正常或异常的判断性结论；对达到或超过监测预警值的监测点应有预警标示，并有原因分析和建议；对巡视检查发现的异常情况应有详细描述，危险情况应有预警标示，并有原因分析和建议；其他相关说明。

监测报告又分为阶段监测报告和监测总报告。对于施工和监测时间较长，工程情况复杂的基坑支护工程，可分阶段出阶段监测报告，最后汇总成监测总报告。阶段性监测报告应包括下列内容：该监测阶段相应的工程、气象及周边环境概况；该监测阶段的监测项目及测点的布置图；各项监测数据的整理、统计及监测成果的过程曲线；各监测项目监测值的变化分析、评价及发展预测；相关的设计和施工建议。

对于一般基坑支护工程可以只在最后出监测总报告。报表中除了各监测项目的是变化量，累计变化量外，现场的施工情况，天气情况，基坑周边的超载或其他异常情况均应有记载。当观测数据达到或超过预定的预警值时要有明显的预警标识。遇异常情况要进行简要分析并提出相关建议。另外根据需要也可增加周、月报表。所有报表均应经过仔细认真的计算、校对、审核签字方可提交。并在监测报告中签字、加盖注册执业印章。

9.8.6 测报告应包括：工程概况（包括地质情况、设计计算概况、天气、工程实际进度及相应发生的应记录的工程事件等）；监测项目和测点的平面立面布置图；监测仪器及监测方法；监测数据处理方法和结果汇总表，分析曲线等；还要包括实测结果与设计计算数据的对比资料、数据变化与相应工程的关系以及对监测结果的评价。

10 基坑支护工程的安全使用与维护

10.1 一般规定

10.1 基坑支护工程具有以下特征：

1 其一是临时性工程，安全储备相对较小，周边环境往往较为复杂，一旦出现事故，处理十分困难，造成的危害较大，社会影响严重。

2 其二是基坑支护工程施工及使用周期相对较长，从开挖到完成地面以下的全部隐蔽工程，常需经历天气变化，周边堆载、振动、施工失当、监测与维护失控等许多不利条件，其安全度的随机性变化较为复杂，事故的发生往往具有突发性。

3 长期以来，人们对基坑支护工程施工质量较为重视，对施工方法、工艺不当引发的环境变形问题也愈加重视，但对使用阶段的安全问题重视不够，许多基坑支护工程事故出现在使用阶段。因此，应特别重视使用期间基坑支护工程的安全和维护工作。

10.1.1 在基坑支护工程投入使用前，应按规定程序对各个施工阶段进行分步验收，判断基坑支护工程安全质量合格后才能投入使用。应重视基坑支护工程的验收交接及基坑支护工程使用过程中的安全管理，明确工程责任主体和安全管理职责，避免发生事故后互相推诿扯皮的现象。基坑支护工程验收应按分项工程进行，验收时应提供以下资料：

- 1 施工测量放线定位图；
- 2 基坑支护工程竣工图；
- 3 各种主要材料的合格证、材质检验报告；
- 4 隐蔽工程验收记录；
- 5 设计变更通知、事故处理记录
- 6 阶段性监测报告
- 7 有关试验及质量检测报告；
- 8 其他有关资料。

基坑支护工程施工单位在将工程移交下一道作业工序的接收单位时，应同时将相关的水文地质、工程地质、基坑支护、环境

状况分析等安全技术资料和相关评估报告同时移交，并应办理移交手续。移交文件应由建设单位、设计单位、监测单位、监理单位、施工移交和使用接收单位等共同签章。应包括但不限于以下资料：

1 基坑支护施工质量验收合格说明，填写“基坑支护工程施工完成后安全性验收记录表”“基坑支护工程验收意见表”见附表 G.0.1、G.0.2；

2 基坑支护体系的使用说明，使用注意事项等；

3 安全使用及维护技术交底记录。

10.1.3 总包单位应明确负责人和岗位职责，联系基坑设计、施工、使用和监测等相关单位，进行基坑安全使用与维护技术安全交底和培训，制定基坑支护工程安全使用的应急处置等处理程序，检查现场作业安全交底情况，并定期组织应急处置演练。

10.1.4 极端雨、雪等灾害天气后基坑支护工程易发生事故，因此，应对基坑支护工程进行现场检查，检查的重点是基坑本身安全及周边建（构）筑物的安全状况。

对于周边存在管线的基坑，其日常维护及检查工作应以基坑周边管线跑、冒、漏水、基坑内地下水位上升等特殊情况为主。

10.1.5 基坑使用中应确保基坑支护结构的安全，主体结构施工不得对基坑支护造成损坏。现场如需要对支护结构工作状态进行改变时，应报告设计单位并进行复核，符合安全要求后方可进行施工。

10.1.6 基坑支护工程可能超过设计使用期限，因此，总包单位在后续使用中应严格按设计文件和本技术标准规定的注意事项和规定等进行维护和使用。

基坑支护工程使用超过了设计使用年限，基坑支护工程安全评估应组织建设单位、设计单位、监理单位、总包单位、监测及检测单位等共同参加。对需要进行加固的，应由原支护设计单位、施工单位对加固方案进行复核，并由建设单位或总包单位组织专家进行论证。

10.2 使用安全

10.2.1 为了保证基坑使用安全，宜对基坑周围地面采取硬化处理，并定期检查基坑周围原有的排水管、沟，确保不得有渗水漏水迹象。当地表水、雨水渗入土坡或挡土结构外侧土层时，应立即采取截、排等处置措施。

基坑内发生积水时，应及时排出。基坑土方开挖或使用中，基坑侧壁和地表如出现裂缝，根据基坑沉降或变形监测数据判断，应及时采用灌缝封闭处理。

基坑支护工程应在四周设置防水围挡和设置防护栏杆。防护栏杆埋设牢固，高度不小于1.20m，并增加两道间距均分的水平栏杆，应挂密目网封闭，栏杆柱距不得大于2.0m，距离坑边水平距离不得小于0.5m。

10.2.2 由于场地所限，在基坑周边破裂面范围内建造临时设施时，应符合基坑计荷载规定要求，同时，对临时设施采用保护措施，应经施工项目技术负责人、工程项目总监批准后方可实施。

10.2.4 基坑支护工程使用期内现场应备有防洪、防暴雨的排水措施及应急材料、设备，同时，设备的备用电源应处在良好的工作状态。

10.2.5 冬春交替时，气温变化大，冻土融化，降水增多，对基坑支护体系会产生诸多影响，土体物理性质改变：冬春交替时气温回升，基坑内的冻土开始融化，土的含水量增加，重度增大，抗剪强度降低，使基坑边坡的稳定性受到威胁。水压力变化：春季降水增多，地下水位上升，基坑侧壁及底部受到的水压力增大，可能导致支护结构变形、渗漏，甚至引发流砂、管涌等现象。温度应力作用：气温波动使支护结构产生温度应力。对于混凝土结构，可能导致裂缝出现或原有裂缝扩展，降低结构的抗渗性和耐久性；对于钢结构，温度变化会影响其力学性能，使连接部位出现松动。

预防措施：加强监测：增加监测频率，对基坑的边坡位移、沉降、地下水位、支护结构内力等进行实时监测，及时发现异常并采取措。做好排水工作：在基坑周边设置截水沟、排水沟，

在坑底设置集水坑，及时排除雨水和积水，防止基坑浸泡。对地下水丰富的地区，可采用井点降水等措施降低地下水位。保温与防护：对混凝土支护结构，可采用覆盖保温材料等措施，减少温度变化对结构的影响。对钢结构连接部位，进行检查和加固，防止因温度变化导致松动。土体加固：对基坑边坡和坑底的土体，可采用注浆、搅拌桩等方法进行加固，提高土体的抗剪强度和承载力，增强基坑的稳定性。应急预案：制定完善的应急预案，备好抢险物资和设备。一旦出现基坑变形过大、渗漏等险情，立即启动应急预案，组织人员进行抢险救援。

10.2.6 基坑临边、临空位置及周边危险部位，应设置明显的安全警示标识，并应安装可靠围挡和防护。夜间设置亮红色警示灯，严禁人员，翻越钻入护栏内。夜间作业时，机上及工作地点必须有充足的照明设施，在危险地段应设置明显的警示标志和护栏。

10.2.8 当基坑周边地面产生裂缝时，结合基坑监测数据，应分析裂缝产生原因，判断可能产生的影响，并应及时反馈给设计单位共同商议处理方案。

10.3 维护安全

10.3 基坑支护工程是大面积的挖土卸荷过程，易引起周边环境的变化，特别是使用过程中水的渗入及周边的随意堆载、保护措施的设置及降水方案的合理性、监测工作质量等，直接影响着施工使用中的基坑维护安全、周边建（构）筑物安全以及作业人员安全。所以，基坑支护工程的维护安全，包括基坑本体的安全，同时还包括周边建（构）筑物及环境保护安全，这不仅涉及勘察、设计、施工单位的责任，还涉及使用单位（下道工序的施工单位）、监测单位、监理单位、降排水施工、回填土施工等多家单位的施工质量及安全管理责任。

10.3.1 基坑验收合格移交给使用单位后，基坑使用单位应对基坑支护工程安全负责。基坑使用单位应保护基坑安全，避免造成各种损坏。使用单位应对后续施工中存在的影响基坑安全的行为及时采取措施，消除可能发生的安全隐患。为确保基坑使用安全，

基坑使用单位宜每天早晚各1次进行巡查，灾害性天气时，应增加巡查次数，并应作好记录。现场巡查时应检查有无下列现象及其发展情况：

- 1 基坑外地面和道路开裂、沉陷；
- 2 基坑周边建(构)筑物、围墙开裂、倾斜；
- 3 基坑周边水管漏水、破裂，燃气管漏气；
- 4 挡土构件表面开裂；
- 5 锚杆锚头松动，锚具夹片滑动，腰梁及支座变形，连接破坏等；
- 6 支撑构件变形、开裂；
- 7 土钉墙土钉滑脱，土钉墙面层开裂和错位；
- 8 基坑侧壁和截水帷幕渗水、漏水、流砂等；
- 9 降水井抽水异常，基坑排水不畅通。

10.3.2 基坑使用中，降水期间应对抽水设备和运行状况进行维护检查，每天检查不应少于2次，并应观测记录水泵的工作压力、真空泵、电动机、水泵温度、电流、电压、出水等情况，发现问题及时处理，使抽水设备和备用电源及设备始终处在正常状态。

对现场所有的井点要有明显的安全保护标识，避免发生井点破坏，影响降水效果。同时，注意保护井口，防止杂物掉入井内，检查排水管、沟，防止渗漏。冬期降水应采取防冻措施。

10.3.3 基坑使用中一旦围护结构出现缺陷，将可能直接影响基坑安全，应由基坑使用单位组织建设单位、设计单位、施工单位和监测单位等共同编制修复方案，并经评审后实施。

10.3.4 基坑使用中除应符合自身的稳定性和承载力等安全要求之外，应符合基坑周边环境对变形控制要求，根据基坑周围环境的状况及保护要求，做好相互协调工作，采取相应的变形控制措施，避免发生相互影响。必要时可对邻近建（构）筑物及管线采取土体加固、结构托换、架空管线的防范措施。

10.3.5 坑外地下管线沉降变形的产生原因比较复杂，后果影响范围可能较大，应利用监测数据等综合判断采取处理措施。基坑使用中应采用信息法施工，施工中以数据分析、信息分析以及过程

监测反馈设计为基础，实施必要的安全控制技术措施，同时，可结合现场情况和进展，适时调整安全技术措施。如发现邻近建（构）筑物、管线出现受损时，可采取铺杆静压桩、树根桩、隔离桩及注浆加固保护等修复措施。在实施修复中，应注意加强对保护对象和基坑变形的安全监测。

10.3.6 另一方面，符合设计要求的回填材料质量也将影响主体结构质量，同时，对主体结构起到防护作用，尤其对防止地下水对地基的侵入及地基土的侧向位移变形至关重要，这点也是与现行国家标准《建筑地基基础设计规范》（GB50007）和现行行业标准《建筑桩基技术规范》（JGJ94）等的规定是一致的。当回填质量可能影响坑外建筑物或管线沉降、裂缝等发展变化时，应采用砂、砂石料回填并注浆处理，必要时可采用低强度等级混凝土回填密实。

附录 H 基坑支护工程碳排放量计算

H.0.1 本条规定了基坑支护工程碳排放量计算的对象和范围。以基坑支护设计方案为对象是指依据合同或管理要求，独立进行基坑支护设计和施工的项目，可以是一个基坑，也可能是由多个基坑组成的综合项目。考虑到碳排放量计算的目的之一在于指导设计人合理选择基坑支护类型、优化设计参数，只有在设计方案初步确定后同时计算出与该方案对应的碳排放量，才能够进行比较，并确定方案的合理性，因此，规定在基坑支护设计阶段计算碳排放量。基坑支护工程是一项为主体结构施工服务的临时工程，有始有终，短则 3、5 个月，长则 2、3 年，工程从开工起至基槽回填完工止，因此，碳排放量也应包括这一过程中因工、料、机消耗所产生的碳排放量。该过程通常包括支护施工、土方开挖、地下水控制、基坑维护、基槽回填和支护结构拆除。

H.0.3 鉴于基坑支护工程碳排放量计算是新生事物，其中规定的技术路线、计算方法、碳排放因子计算等都需要不断完善，为便于计算和比较，本着“一把尺子量到底”的原则，本条规定宜按本规程提供的方法和数据进行计算。

H.0.4 就地取材、采用可回收材料和多功能构件等措施是基坑支护工程中实现减碳的重要途径，其中多功能构件是指同时具有多项作用的构件，如同时具有支护、隔水和地下结构外墙作用的地下连续墙，同时具有支护和隔水作用的 SMW 桩等。

H.0.5 本条列出基坑支护工程碳排放量计算公式中 β_1 是调整系数，与地层岩性、周边环境、施工条件等因素相关。

H.0.6 本条规定了基坑支护工程碳排放量计算结果，为便于比较和统计，规定了基坑支护工程碳排放量计算结果中应当列明的几个参数，包括总碳排放量、支护结构碳排放量、土方工程碳排放量、地下水控制碳排放量等。

H.0.7 表 H.0.7-1~H.0.7-5 中单位工程量材料消耗具体数据主要来源《建筑碳排放计算标准》GB/T51366、《新疆维吾尔自治区房屋建筑与装饰工程消耗量定额》（2020 版）等。