

陕西省工程建设标准

市政管网工程基坑支护安全技术规程

Safety technical specification for foundation pit support in
municipal pipe network engineering

(征求意见稿)

《市政管网工程基坑支护安全技术规程》编制组

2026 年 2 月

前 言

根据陕西省住房和城乡建设厅、陕西省市场监督管理局《关于下达 2025 年度工程建设标准制定计划的通知》（陕建标发〔2025〕6 号文件）文件的要求，规程编制组经深入调查研究，认真总结了工程实践经验，参考国内相关标准，结合陕西省特点在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程主要技术内容是：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.勘察；5.坡率法；6.木支撑；7.钢板桩；8.钢筋混凝土桩；9.逆作法钢筋混凝土壁板；10.沉井法；11.地下水控制与防排水；12.基坑开挖、回填与监测；13.检查与验收。

本规程由陕西省住房和城乡建设厅负责归口管理，陕西省建设标准设计站负责日常管理，由西北综合勘察设计研究院负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中如有意见建议反馈给西北综合勘察设计研究院技术质量部（地址：西安市习武园 9 号，邮政编码：710003，邮箱：zgb@xbzk.com，电话 029-87340426）。

本规程主编单位：西北综合勘察设计研究院

西安水务（集团）规划设计研究院有限公司

本规程参编单位：中国金属工业西安勘察设计院有限公司

西安排水集团有限公司

信电综合勘察设计研究院有限公司

机械工业勘察设计院有限公司

西安市自来水有限公司

陕西工程勘察研究院有限公司

中建城科市政勘察设计有限公司

陕西省建设工程质量安全监督总站

陕西建工基础建设集团有限公司

西安市市政工程（集团）有限公司

陕西省建筑科学研究院有限公司

西安市政设计研究院有限公司

西安建筑科技大学

西安市建设工程质量安全监督站

陕西核工业工程勘察院有限公司
西安水务建设工程集团有限公司
西安水务（集团）工程建设管理有限公司
西安北拓岩土工程有限公司
西安净水处理有限责任公司

本规程主要起草人：谭新平 马平安 徐张建 赵晓峰 刘 勇
南亚林 王勇华 勾建朋 刘文华 龙 照
魏小勇 咎海洋 彭 杰 刘 华 王 靖
贾 飞 杨 勇 刘 健 王明皎 任会明
毛 雨 任军锋 张建春 卫一华 徒腾飞
范 博 甄俊田 陈能远 郝 旭 秦杏春
黄建明 俞 红 刘 艇 李 通 孟繁钰
张 勇 魏宝华 何彦伟 谭 璐 田 甜
练剑波 孙红芳 董鹏伟 张思豪

本规程主要审查人：

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	5
3	基本规定	8
3.1	设计 要求	8
3.2	施 工 要 求	19
3.3	安全技术措施	22
4	勘察与周边环境探查	24
4.1	一 般 规 定	24
4.2	地质勘察	26
4.3	周边环境调查与探测	32
5	坡 率 法	38
5.1	一 般 规 定	38
5.2	设 计	39
5.3	施工与质量检验	42
6	木 支 撑	45
6.1	一 般 规 定	45
6.2	设 计	46
6.3	施工与质量检验	51
7	钢 板 桩	55
7.1	一 般 规 定	55
7.2	设 计	56
7.3	施工与质量检验	59
8	钢筋混凝土桩	64
8.1	一 般 规 定	64
8.2	设 计	65
8.3	施工与质量检验	77
9	逆作法钢筋混凝土壁板	85
9.1	一 般 规 定	85
9.2	设 计	87
I	逆作法设计	87
II	竖向支承结构	91

III 水平支承结构.....	94
9.3 施工与质量检验.....	102
10 沉井法.....	108
10.1 一般规定.....	108
10.2 设计.....	110
I 设计计算.....	110
II 构造.....	116
10.3 施工与质量检验.....	119
11 地下水控制与防排水.....	124
11.1 一般规定.....	124
11.2 设计.....	126
I 截水.....	126
II 降水.....	130
III 集水明排.....	137
11.3 施工与质量检验.....	138
12 基坑开挖、回填与监测.....	145
12.1 一般规定.....	145
12.2 基坑开挖.....	148
12.3 基坑回填.....	152
12.4 基坑监测.....	159
13 基坑工程检查、验收.....	166
13.1 一般规定.....	166
13.2 检查.....	166
13.3 验收.....	169
附录 A 水平荷载与被动土压力.....	171
A.1 水平荷载.....	171
A.2 被动土压力.....	174
附录 B 方木、原木材料强度参数.....	175
附录 C 内支撑及腰梁节点图.....	177
C.1 钢支撑.....	177
C.2 混凝土支撑.....	180
附录 D 沉井及止水构造图.....	186
D.1 沉井构造图.....	186
D.2 止水构造图.....	189

附录 E 基坑涌水量与降水井单井出水量计算	190
E.1 基坑涌水量计算	190
E.2 降水井单井出水量计算	195
附录 F 危大工程验收意见表	197
附录 F.0.1 危险性较大的分部分项工程验收意见表	197
附录 F.0.2 超过一定规模的危险性较大的分部分项工程验收意见表	198
本标准用词说明	199
本标准引用标准名录	200
条文说明	201

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	5
3	Basic Requirements.....	8
3.1	Design Requirements.....	8
3.2	Construction Requirements.....	19
3.3	Safety Technical Measures.....	22
4	Survey and Exploration of the Surrounding Environment.....	24
4.1	General Requirements.....	24
4.2	Geological Survey.....	26
4.3	Surrounding Environment Investigation and Detection.....	32
5	Slope Ratio Method.....	38
5.1	General Requirements.....	38
5.2	Design Requirements.....	39
5.3	Construction and Quality Inspection.....	42
6	Timber Shoring.....	45
6.1	General Requirements.....	45
6.2	Design Requirements.....	46
6.3	Construction and Quality Inspection.....	51
7	Steel Sheet Piles.....	55
7.1	General Requirements.....	55
7.2	Design Requirements	56
7.3	Construction and Quality Inspection	59
8	Reinforced Concrete Pile	64
8.1	General Requirements.....	64
8.2	Design Requirements.....	65
8.3	Construction and Quality Inspection.....	77
9	Reinforced Concrete Wall Panel by Top-Down Method.....	85
9.1	General Requirements.....	85
9.2	Design Requirements	87
I	Top-Down Method.....	87
II	Vertical Support Structure	91
III	Horizontal Support Structure.....	94
9.3	Construction and Quality Inspection.....	102
10	Open Caisson.....	108
10.1	General Requirements.....	108

10.2	Design Requirements.....	110
I	Design Calculation.....	110
II	Constructional Detail.....	116
10.3	Construction and Quality Inspection.....	119
11	Groundwater Control and Waterproof Drainage.....	124
11.1	General Requirements.....	124
11.2	Design Requirements.....	126
I	Water Interception.....	126
II	Dewatering.....	130
III	Open Pumping.....	137
11.3	Construction and Quality Inspection.....	138
12	Excavation, Backfilling and Monitoring of Foundation Pits.....	145
12.1	General Requirements.....	145
12.2	Excavation.....	148
12.3	backfilling.....	152
12.4	monitoring.....	159
13	Inspection in Foundation Pits.....	166
13.1	General Requirements.....	166
13.2	Inspection.....	166
13.3	Check before Acceptance.....	169
Appendix A	Horizontal Load and Passive Earth Pressure.....	171
A.1	Horizontal Load.....	171
A.2	Passive Earth Pressure.....	174
Appendix B	Strength Parameters of Square and Log Materials.....	175
Appendix C	Node Detail in Waling and Strut.....	177
C.1	Steel Support.....	177
C.2	Concrete Support.....	180
Appendix D	Detail in Open Caisson and Water Sealing.....	186
D.1	Detail in Open Caisson.....	186
D.2	Detail in Water Sealing.....	189
Appendix E	Calculation of Water Outflow in Foundation Pit and Output in Dewatering Single Well.....	190
E.1	Calculation of Water Outflow in Foundation Pit.....	190
E.2	Calculation of Output in Dewatering Single Well.....	195
Appendix F	Acceptance Opinion Form for Hazardous Engineering Projects.....	197
F.0.1	Acceptance Opinion Form for Sub item projects with High Risks.....	197
F.0.2	Acceptance Opinion Form for Sub item projects with High Risks Beyond a Certain Scale.....	198

Explanation of Wording in this Code.....	199
List of Quoted Standards.....	200
Explanation of Provisions.....	201

1 总 则

1.0.1 为保障市政管网工程基坑及周边环境安全,在各个环节中做到安全适用、技术先进、经济合理和保护环境,促进绿色发展,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于市政管网工程基坑勘察、设计、施工、检测、监测、验收、运行维护的安全技术及管理。

1.0.3 市政管网工程基坑勘察、设计、施工、检测、监测、验收、运行维护的安全技术及管理,除应符合本规程的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 市政管网工程 municipal pipe network engineering

构建并维护城镇内部各类公共管线的系统工程总称。包括供水、供电、供气、通信等各类工程。

2.1.2 基坑工程 excavation engineering

为保证地面向下开挖形成的地下空间在地下结构施工期间的安全稳定所需的挡土结构及地下水控制、环境保护等措施的总称。

2.1.3 基坑周边环境 surroundings around excavation

在建筑基坑施工及使用阶段，与基坑开挖相互影响的既有建（构）筑物、道路、地下设施、地下管线、岩土体及地表、地下水体等的统称。

2.1.4 基坑支护 retaining and protecting for excavation

为保证人员生命安全、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临时性支挡、加固及保护地下水控制措施。

2.1.5 开槽施工 trench installation

从地表开挖沟槽，在沟槽内敷设管道（渠）的施工方法。

2.1.6 不开槽施工 trenchless installation

在管道沿线地面下开挖形成的洞内敷设或浇筑管道（渠）的施工方法，有顶管法、盾构法、浅埋暗挖法、定向钻法、夯管法等。

2.1.7 坡率法 slope ratio method

通过选择合理的坡度进行放坡，依靠土体自身强度保持基坑侧壁稳定的基坑开挖施工方法。

2.1.8 木支撑 timber shoring

在土方开挖过程中，为防止坑壁或槽壁坍塌，使用木板、木方和原木等组成的支护系统。根据土质和开挖深度，可分为断续式支撑、连续式支撑、井字式支撑等形式。

2.1.9 排桩 row pile wall

沿基坑侧壁排列设置的支护桩及冠梁所组成的支挡式结构部件或悬臂式支挡结构。

2.1.10 钢板桩 steel sheet piles

经冷弯或热轧工艺加工而成的带有锁口连接的钢构件，可分为冷弯钢板桩和热轧钢板桩。

2.1.11 冠梁 capping beam

设置在挡土构件顶部的将挡土构件连为整体的钢筋混凝土梁。

2.1.12 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。

2.1.13 内支撑 strut

设置在基坑内的由钢筋混凝土或钢构件组成的用以支撑挡土构件的结构部件。

2.1.14 工作井 working shaft

用顶管、盾构、浅埋暗挖法等不开槽施工法施工时，从地面垂直开挖至管道底部的辅助通道，也称工作坑、竖井等。

2.1.14 【条文说明】工作井是市政工程中的工作坑、竖井的总称。但在顶管施工及相关规范中的顶管工作井分为：顶进工作井（简称“工作井”）、中继间、接收井等，“工作井”专门指顶管始发端放置顶进设备并进行顶进作业的竖井，“中继间”指为控制最大顶力而设置在管道中间的续顶竖井和机构，“接收井”指顶管终端接收顶管机的竖井。

2.1.15 反力墙（后座墙）reaction wall

工作井中承受顶力的墙体。

2.1.16 逆作法 top-down method

自上而下施工地下结构并与土方开挖交替实施的施工方法。

2.1.17 沉井 open caisson

地面上制作井筒，通过井内取土使之下沉至地下预定深度的地下结构。

2.1.18 刃脚 cutting curb

沉井壁板下端带有斜面的部分，用于支承沉井重量和切土下沉。

2.1.19 下沉系数 subsidence factor

沉井下沉时向下作用力与阻力的比值。

2.1.20 压沉法 sinking by additional force

用压重或地锚反力装置将井体压至地下预定深度的施工方法。

2.1.21 排水下沉法 sinking by drainage

沉井下沉过程中，使井内保持无水状态进行取土的下沉方法。

2.1.22 不排水下沉法 sinking under water

沉井下沉过程中，控制井内水位保持井内水土稳定，进行水下取土的下沉方法。

2.1.23 地下水控制 ground-water control

为基坑工程施工及减少对周边环境的影响而采取的排水、降水、隔水或回灌等措施。

2.1.24 截水帷幕 curtain for cutting off drains

用以阻隔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。

2.1.25 集水明排 open pumping

基坑工程施工时，采取构筑排水沟、排水管及集水井坑等措施，有组织地排除坑内、外积水的方法。

2.1.26 时空效应 effect of time and space

基坑工程施工中，基坑开挖的空间尺度、无支撑围护墙体的暴露面积大小和时间长短对基坑变形的影响。

2.1.26【条文说明】时空效应就是基坑开挖过程中受到的时间效应和空间效应的共同作用。基坑只要开挖就会伴随着基坑周边地层的位移和变形，时间越久位移、变形就越大，这就是基坑开挖过程中的时间效应。基坑周边地层的位移、变形还与开挖基坑的空间几何尺寸、基坑暴露面积有关，开挖的空间几何尺寸越大、暴露面积越大，位移、变形就越大，这就是空间效应。市政管网工程基坑尺寸有限、地层和周边环境条件复杂，时空效应在基坑开挖支护中反映较明显，因此在市政管网工程基坑支护中严格执行合适分层、分段和及时支护的原则，充分发挥对土层开挖和结构支护的最佳时效衔接，达到基坑支护经济、安全双控目标。

2.1.27 信息化施工 information construction

根据施工现场的地质情况和监测数据，对地质结论、设计成果进行验证，对施工安全性进行判断并及时修正施工过程。

2.1.28 动态设计法 method of dynamic 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变化，及时补充、修改原设计的设计方法。

2.1.29 施工监测 construction monitoring

基坑工程施工和使用过程中，以施工管控为目的，对基坑及周边环境实施的量测、监视、巡查、预警等工作。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能与抗力

c_k	——	土的黏聚力标准值；
e_{pk}	——	被动土压力标准值；
f_{ck} 、 f_c	——	混凝土轴心抗压强度标准值、设计值；
f_{cu}	——	水泥石立方体抗压强度标准值；
f_{py} 、 f_{py}	——	预应力钢筋的抗拉、抗压强度设计值；
f'_{py}	——	预应力钢筋的抗压强度设计值；
f_y 、 f'_y	——	普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值；
f_{yk} 、 f_{pyk}	——	普通钢筋、预应力钢筋抗拉强度标准值；
f_m	——	木材的抗弯强度设计值；
f_c	——	木材横撑顺纹抗压强度设计值；
k	——	土的渗透系数；
k_s	——	基坑开挖面以下土的水平反力系数；
K_T	——	支点刚度系数（弹簧系数）；
m	——	地基土水平抗力系数的比例系数；
S_k	——	荷载效应的标准组合值；
ω	——	土的天然含水量；
γ	——	土的重力密度（简称土的重度）；
φ_k	——	土的内摩擦角标准值；
W	——	木支撑水平挡土板截面抵抗矩；
λ	——	长细比；
α_s	——	截面抵抗矩系数；

2.2.2 作用和作用效应

e_{ak}	——	水平荷载标准值；
F_0	——	顶管总顶力标准值；
G_k	——	结构及土的自重标准值；
M	——	弯矩设计值；
M_k	——	弯矩标准值；
M_R	——	微型桩、水泥土桩抗滑力；
N_k	——	轴向压力或轴向拉力标准值；
Q_k	——	水平推力标准值；
q'	——	坑壁附近超载；
R_t	——	锚杆（土钉）抗拔承载力特征值；
T_d	——	锚杆（土钉）抗拔力设计值；
T_{hk}	——	支点水平力标准值；
T_k	——	土钉受拉荷载标准值；
V_k	——	剪力标准值；
τ_q	——	微型桩桩体材料的抗剪强度标准值；
τ_f	——	水泥土桩桩体材料 28 天龄期抗剪强度标准值；

2.2.3 几何参数

A	——	桩（墙）身截面面积；
A_s	——	土钉中钢筋截面面积；
A_c	——	木支撑横撑截面积；
a_s	——	排桩中心距；
b	——	墙身厚度；
d	——	锚杆锚固体直径；
l_d	——	支护结构嵌固深度；
h	——	基坑开挖深度；
D	——	排桩直径。

2.2.4 计算系数

K ——	安全系数；
γ_0 ——	支护结构重要性系数；
γ_F ——	作用基本组合的综合分项系数；
γ_G ——	永久荷载的分项系数
K_0 ——	静止土压力系数；
K_a ——	主动土压力系数；
K_p ——	被动土压力系数；
k_{st} ——	沉井下陷系数；
k_{f1} ——	沉井抗浮系数；
φ ——	木支撑轴心受压构件稳定系数；
γ_L ——	结构设计使用年限的调整系数；

3 基本规定

3.1 设计要求

3.1.1 在市政管网工程设计文件中应当注明涉及危险性较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，对基坑工程要进行专项设计。

3.1.1【条文说明】本条是为避免市政设计与基坑支护设计、施工脱节对设计提出的要求，市政管网工程基坑是市政工程重要的分部分项工程，施工前必须进行专项设计。由于市政设计单位的专业分工不同，一些市政管网工程设计文件中对涉及的基坑工程要求施工单位编制专项施工方案时进行专项设计，按照有关规定，对达到一定规模的基坑支护与降水工程、土方开挖应进行专项设计，编制专项施工方案，并附安全验算结果。因基坑工程是一项专业性很强、技术难度较大、牵涉面较广的系统工程，无论如何专项方案中的设计工作必须由具备相应资质和专业能力较强的单位承担，以保证基坑工程设计方案的合理与安全，同时对超过一定规模的危险性较大的分部分项工程专项方案通过专家论证后方可实施。

3.1.2 市政管网工程基坑设计应综合考虑基坑及其周边一定范围内的工程地质与水文地质条件、基坑开挖尺寸和深度、周边环境、基坑重要性、受水浸湿的可能性、支护结构使用期限、施工条件等因素。

3.1.2【条文说明】市政管网工程基坑一般沿市政道路呈线性开挖施工，受道路、既有管线等周边环境影响，地质、水文条件复杂，基坑宽度相对较小、深宽比大，沿道路开挖沟槽容易积水，施工工期短，基坑周边荷载等环境条件变化大，市政管网工程施工工序工艺较复杂，基坑支护结构的选型受限性较强，为保证基坑支护质量、安全，支护设计应综合考虑多种影响因素。

3.1.3 基坑工程设计时应明确基坑使用期限，具体应按照市政管网工程分段施工的具体特点和实际需要分别确定，临时基坑使用期限不得超过 12 个月，分别自各段基坑开挖时起算；若使用期限超过设计期限应进行质量检测评估和加固措施。

3.1.3【条文说明】基坑的使用期限是指从基坑开挖至地下结构完成基坑回填完毕的时间段。市政管网工程基坑主要为线性工程，一般采取分段开挖分段施工，由于各段的工程地质条件和水文地质条件、周边环境条件（包括周边荷载、市政挖掘

占道时限、气候季节变化等)、施工工艺条件及工期要求等差异较大,基坑工程的时空效应明显;基坑支护体系运行期间变形将持续发展,基坑支护结构长时间暴露将给工程带来累积的风险。同时基坑开挖作为一项临时性的工程,也需要对支护体系的使用期限加以限定。根据市政工程基坑分段施工且工期较短的特点,原则上各段支护结构使用期限按月控制,一般1-3个月,对于类似穿河的深大市政管网顶管工作坑,施工时间较长一般也不大于12个月,基坑使用期起算时间为第一层土方开挖时起算,参数选用时应充分考虑强度参数衰减、施工荷载和周边环境的不利变化。若因基坑面积过大或暂停施工等原因导致基坑暴露时间超过本条规定,设计和施工应进行分析并需要视情况对支护结构质量进行检测评估和增加加固措施。

3.1.4 基坑工程设计应按以下状态进行设计:

1 承载能力极限状态:支护结构达到受压、受弯、受剪、受扭承载力破坏,支撑支挡系统失效或基坑侧壁失稳,地下水渗流引起基坑土体破坏;

2 正常使用极限状态:支护结构或基坑侧壁的变形达到结构本身或周边建构筑物的正常使用限值或影响其耐久性能,地下水影响正常施工或周边环境正常使用。

3.1.4【条文说明】为保证支护结构耐久性和防腐性达到正常使用极限状态的功能要求,支护结构钢筋混凝土构件的构造和抗裂应按现行有关规定执行。承载能力极限状态应进行支护结构承载能力和基坑土体可能出现破坏的计算和验算,而正常使用极限状态的计算主要是对结构和土体的变形计算。对一级基坑的变形控制,按第3.1.7条执行或依当地工程经验和工程类比法确定,并在基坑工程施工和监测中采取有效措施控制。

3.1.5 根据基坑地质环境条件的复杂程度,可按下列规定划分场地等级:

1 符合下列条件之一者为I级场地(复杂场地):

1) 基坑侧壁受水浸湿可能性大;

2) 基坑工程水位降深大于6m,降水对周边环境有较大影响;

3) 坑壁土多为松散填土、松散砂土或粉土、饱和软黄土,场地因开挖施工对临近建(构)筑物正常使用影响较大;

4) 基坑周边环境条件复杂、对支护结构变形控制要求严格的工程。

2 符合下列条件之一者为II级场地(较复杂场地):

1) 基坑侧壁有受水浸湿可能性;

2) 基坑工程水位降深介于 3m~6m, 降水对周边环境有一定的影响;
 3) 坑壁土局部为松散填土、松散砂土或粉土、饱和软黄土, 场地因开挖施工对临近建(构)筑物正常使用影响一般;

4) 基坑周边环境条件一般、对支护结构变形控制要求一般。

3 符合下列条件者为III级场地(一般场地):

1) 基坑侧壁受水浸湿可能性小;

2) 基坑工程水位降深小于 3m, 降水对周边环境影响轻微;

3) 坑壁土很少有松散填土、松散砂土或粉土、饱和软黄土, 场地因开挖施工对临近建(构)筑物正常使用影响较小;

4) 基坑周边环境条件简单、对支护结构变形控制要求不严格的工程。

3.1.5 【条文说明】根据市政工程基坑地质环境条件的特点, 结合《湿陷性黄土地区建筑基坑工程安全技术规程》JGJ 167、《建筑基坑支护技术与安全规程》DBJ61/T 105, 主要从施工期间基坑侧壁受水浸湿可能性, 降水深度、坑壁土性及对周边环境的影响程度, 周边环境对支护变形的适应条件等, 将地质环境条件的复杂程度分为复杂场地、较复杂场地、一般场地。

3.1.6 基坑设计时应根据基坑开挖深度、周边建(构)筑物与基坑侧壁的相对距离、场地等级等, 按表 3.1.5 划分支护结构安全等级, 同一基坑依据周边条件不同, 可划分为不同的安全等级, 支护结构与主体结构相结合的安全等级应为一级。

表 3.1.5 支护结构安全等级划分

开挖深度 h (m)	场地等级								
	$\alpha < 1$			$1 \leq \alpha \leq 2$			$\alpha > 2.0$		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
$h > 10$	一级			一级			一级		
$5 < h \leq 10$	一级			一级		二级	一级	二级	
$h \leq 5$	二级			二级		三级	二级	三级	

注: 1 h —— 基坑开挖深度 (m)。

2 α —— 相对距离比 ($\alpha = x/h'$), 为邻近管线或建(构)筑物基础最外边缘距基坑侧壁的水平距离与基础底面距基坑底垂直距离的比值, 如图 3.1.5 所示。

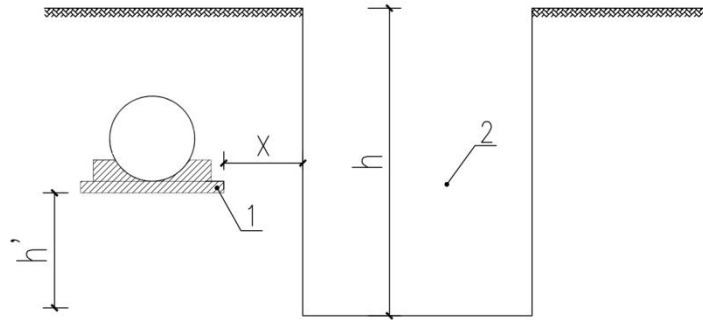


图 3.1.5 相邻管线或建（构）筑物基础与基坑相对关系

1—既有管线或建（筑）物基础； 2—基坑

3.1.6 【条文说明】黄土地区基坑工程根据重要性、工程规模，所处环境、相邻建（构）筑物对基坑影响及坑壁黄土受水浸湿可能性，按其失效可能产生后果的严重性，分为三级。根据市政工程基坑特点，市政管网基坑一般与附近既有管线平行敷设，原管道开挖施工运行对开挖地层特性影响大，若原管道基坑回填土土性较差，当有管道渗漏时地质条件将会更差；同时，考虑到市政管网基坑的一般埋深，并结合超过一定规模的危险性较大基坑危险程度划分要求，在场地等级分级时对开挖深度范围比《湿陷性黄土地区建筑基坑工程安全技术规程》JGJ 167、《建筑基坑支护技术与安全规程》DBJ61/T 105 要稍微严格一些，对开挖深度划分范围减小了 1-2m，将更贴近市政管网工程基坑特点。

在基坑支护结构安全等级划分时，同时也包含了基坑侧壁，划分时将地质环境条件列为主要考虑要素，同时考虑了水文地质、工程地质条件，主要是由于市政基坑多处城市主要道路上，地下管线分布密集，对变形敏感，一旦功能受损，影响较大。此外，考虑黄土基坑受水浸湿后，坑侧坡体与基坑 1 倍等深范围属于滑动体，基坑 2 倍等深范围变形较大，对周边环境条件影响较大，因而需严加保护；而 2 倍等深范围以外的则影响相对较小，因而采用了相对距离比 α 的概念。并在此前提下，结合受水浸湿影响、工程降水影响、坑壁土土质影响，将基坑侧壁分为 3 类，进行区别对待，体现了可靠性和经济合理性的统一。

3.1.7 基坑工程设计应包括下列内容：

- 1 支护结构体系上的作用和作用组合确定；
- 2 支护结构的承载力、稳定和变形计算；
- 3 支护结构体系整体和局部稳定性验算；

4 支护结构构件的抗裂度和裂缝宽度验算，支护结构作为顶管反力墙时的承载力验算、结构的抗浮稳定性验算等；

5 基坑开挖与地下水变化对临近建筑物和周边环境安全的影响验算，对变形控制有要求的基坑工程，应结合当地工程经验进行变形验算；

6 地下水控制计算和验算；

7 基坑开挖施工方法、工序，基坑安全使用相关的检测、监测、验收、维护要求；

8 支护结构的工作期限；

9 水平荷载和被动土压力计算按附录 A 要求计算。

3.1.8 基坑支护结构设计应考虑结构变形、地下水位升降对周边环境变形的影响，并应符合下列规定：

1 应根据周边环境重要性、对变形的适应能力及岩土工程性质等因素确定支护结构变形限值，最大变形限值应符合设计要求。当设计无要求时，最大变形限值可按表 3.1.8 确定；

2 基坑开挖、降低地下水对相邻建（构）筑物产生的沉降量允许值，可采用现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 规定的建筑物地基变形允许值1/2；

3 当建筑基坑邻近重要结构或支护结构用作永久性结构时，其水平变形和竖向变形应按满足安全使用要求。

表 3.1.8 支护结构安全使用的最大变形限值

支护结构安全等级	绝对值（mm）	基坑深度 h 相对值
一级	15	$0.0015h \sim 0.0025h$
二级	25	$0.0025h \sim 0.0035h$
三级	30	$0.0035h \sim 0.0050h$
燃气、热力输气压力管道	10	/
自来水压力管道	15	/
排水及电力、通讯管道	20	/

注：1 h —— 基坑开挖深度（mm）；

2 限值取绝对值和基坑设计深度 h 相对值两者的较小值。

本条考虑了压力管道的变形爆裂敏感性，相比其他规范对最大变形值要求较严。

3.1.8【条文说明】1 岩土设计人员根据拟建基坑的尺寸、深度结合场地地层状

态、环境条件采取合理的支护结构。基坑支护变形限制的取值在计算结果基础上，依据黄土等土层的状态和当地经验确定。例如，桩+锚结构、桩+内支撑结构、钢板桩加内支撑结构等支护对基坑侧壁变形控制和局部变形的调节能力较强，变形限值结合环境要求可取大值。当基坑采用放坡或土钉墙支护形式时，若基坑变形过大，湿陷性黄土侧壁浸水后，发生破坏的概率增大，其变形限值宜取小值。

基坑支护结构水平变形绝对值，依据黄土地区大量的基坑变形监测结果，基坑水平变形很少能达到40mm~50mm。当观测到基坑侧壁坡顶变形达到40mm时，现场巡查显示基坑坡顶多有贯通裂缝、多处出现险情。本次根据基坑周边既有管网特别是压力管道对变形影响较敏感特性，将基坑支挡结构的水平变形绝对值控制在15mm~25mm之间。基坑支护结构水平变形预警值宜按水平变形限值的80%控制。

2 人工降水对基坑邻近建(构)筑物竖向变形影响不可忽视，应满足相邻建(构)筑物地基变形允许值。一般在城市市政道路附近的市政管网基坑相对较浅，人工降水降幅较小，人工降水对基坑相邻建(构)筑物竖向变形影响较小。对于一些基坑降水深度特别大，如穿河的市政管网考虑冲刷深度及施工工艺，管道埋深大，河床及附近含水层水位浅且砂砾层含水量丰富，顶管工作坑特别深，基坑降水对周边环境影响较大，应加强地下水控制与变形监测预警工作。

3 各类地下管线对变形的承受能力因管线的陈旧、埋设情况、材料结构、管节长度和接头构造不同而相差甚远，必须事先调查清楚。接头是管线最易受损的部位，可以将管接头对差异沉降产生相对转角的承受能力作为设计和监控的依据。依据上海市工程建设规范《基坑工程技术标准》DG/TJ 08-61，对于接头能转动的柔性管线（承插式接头），如上水管、输气管可按相对转角1/1000或由这些管线的管理单位提供数据，作为设计和监控标准；对于焊接管等刚性管，则按管子的直径、弯曲抗拉强度来估算管子允许的最小弯曲半径R，再从R估算每个分段长度L（一般5m~10m）相邻段的沉降坡度差 Δs ， $\Delta s=R/L$ ，对于直径为500mm~1500mm的大中型上水、输气钢管，允许的 Δs 也在1/1000或更小，故管线变形应按行业规定特殊要求对待。对于重要地下管线对变形预警要求严格，如燃气、热力等输气压力管道要求变形一般不超过10mm，对于压力自来水压力管道要求变形一般不超过15mm，排水及其他非压力管道要求变形一般不超过20mm。

3.1.9 基坑工程设计前应具备下列资料：

- 1 通过行政规划部门审批的管网设计线位图；
- 2 满足基坑工程设计及施工要求的地质勘察报告；
- 3 用地红线范围图，建（构）筑物总平面图，基坑开挖图，地下结构平面、剖面图，地基处理图、基础平面及其结构图等；
- 4 场地地下管线探测和周边建筑地基基础等相关报告资料，掌握临近既有建（构）筑物、道路、管线及地下结构等条件，其重要性、结构型式、类型、材质、空间分布、地基处理和基础形式等埋设条件，运行状况等技术资料；
- 5 施工现场用水及水流量大的建（构）筑物、管线分布；基坑周边地面汇、排水情况，地下给排水、废气管道、空洞等漏水、汇水、渗入基坑的可能性及其管理控制资料；
- 6 基坑场地施工布置条件，动载、堆载分布，施工工序等资料；
- 7 当地基坑工程经验及施工能力。

3.1.9【条文说明】对基坑工程设计应具备的资料进行说明如下：

1 市政管网工程基坑关系到与既有市政管网的线位空间关系问题，为确保既有管线安全、规划管线协调，以便拟设计管线的顺利落地施工，需取得行政规划部门审批通过的管网设计线位图；

2 认真阅读分析场地岩土工程勘察报告，掌握基坑周边土层的分布、构成、物理力学性质、地下水条件及土的渗透性能等，以便选择合理的支护结构体系并进行设计计算。需要注意的是，由于市政管网工程沿线的周边地质环境差异变化较大，针对市政管网工程而完成的岩土工程勘察报告，不一定能完全满足基坑支护设计的使用需求，必要时可进行补充勘察；

3 取得地下管线探测报告，用地界线、建筑总平面、地下结构平面、剖面图和地基处理、基础形式及埋深等资料，主要是考虑在满足市政工程施工可能的前提条件下，尽量减小市政挖掘占道、基坑土方开挖范围和支护工程量，最大限度做到对周边环境的保护；

4 邻近建筑和地下设施及结构质量、基坑周边已有道路、地下管线等情况，主要依靠建设单位提供或协调，进行现场调查取得。经验表明，在开挖市政管网工程深基坑时，周边地下管线关系较复杂，且属多个部门管理，仅靠建设单位提供往往

不够及时，也不尽能满足设计要求，且提供的成果往往与实际情况并不完全相符，因而强调设计应重视实地现场调查复核，据实设计；

5 此条用于判定基坑在使用期间受水浸湿的可能性。市政管网工程位置多处于城市市政道路上，降雨时容易汇水积水于基坑，开挖出的既有雨污水管道渗漏对基坑安全有影响，有些施工如顶管或定向钻，常用泥水量较大，而黄土或黄土类填土具有遇水湿陷、软化特殊性，湿陷后强度迅速降低且基坑侧壁土体重量迅速增加，对基坑侧壁稳定十分不利，因而需掌握基坑周围地面和地下管线排水入渗、施工用水对基坑影响等相关资料。

6 基坑工程应考虑施工荷载（堆料、设备）及可能布置的机械车辆运行路线，应考虑市政管网基坑开挖机械设备荷载、外侧通行荷载、临边堆载，市政管网吊装荷载与基坑的距离等情况；

7 当地基坑工程经验及施工能力对支护设计至关重要，尤其是市政管线分区、分段施工，环境地质条件变化较大，存在施工队伍分段调整变化频繁，因此需注意了解、收集当地已有的经验教训，施工单位的施工能力水平，按工程类比法指导设计，根据施工能力水平进行安全技术交底。

3.1.10 基坑工程不同支护体系的计算模式应与所采用的坑壁土体土性指标、土工试验方法以及设计安全系数相适应。当进行土压力及水压力计算、土的各类稳定性验算时，土压力、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 对地下水位以上的黄土类土，宜采用固结快剪试验确定的抗剪强度指标 c_{cq} 、 φ_{cq} ；

2 对地下水位以下的黄土类土，宜采用土压力、水压力合算方法；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} 或采用直接剪切固结快剪试验确定的抗剪强度指标 c_{cq} 、 φ_{cq} ；

3 按水土分算原则计算时，作用在支护结构上的侧压力等于土压力与静水压力之和，地下水位以下的被动土压力应采用浮重度和有效应力抗剪指标；

4 按水土合算原则计算时，地下水位以下的土压力应采用饱和重度和总应力抗剪强度指标；

5 对地下水位以下砂土和碎石土，应采用土压力、水压力分算方法；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；

6 基坑土体的强度计算指标宜根据基坑降水情况、坑内地基处理加固方法、工程类型和桩的分布形式，并结合工程经验进行适当调整；

7 当有工程经验时，土的抗剪强度指标可根据室内或原位测试得到的其他物理力学指标确定。

3.1.10【条文说明】考虑黄土地区目前基坑工程设计的现状，土体作用于支护结构上的侧压力计算，采用朗肯土压力理论，对地下水位以下土体计算侧压力时，砂土和粉土的渗透性较好，且土的孔隙中有重力水，可采用水土分算原则，即分别计算土压力和水压力，二者之和即为总侧压力。黏土、粉质黏土渗透性差，以土粒和孔隙水共同组成的土体的饱和重度计算土的侧压力。黄土具大孔隙结构，垂向渗透性能好，黄土中有重力水，但以竖向运移为主，结合长期使用习惯，按水土合算原则进行。

采用土的抗剪强度参数应与土压力计算模式相配套，采用水土分算时，理论上应采用三轴固结不排水（CU）试验中有效应力抗剪强度指标粘聚力 c' 和内摩擦角 ϕ' 或直剪（固结慢剪）的峰值强度指标，并采用土的有效重度；采用水土合算时，理论上应采用三轴固结不排水剪切（CU）的总应力强度指标 c 和 ϕ 或直剪（固结快剪）试验指标，并采用土的饱和重度。试验结果表明，固结不排水较不固结不排水指标， c 值高 4kPa~8kPa， ϕ 值高 $2^\circ\sim 4^\circ$ ，计算所得的安全度结果差别很大。正常固结土一般采用室内自重固结下的不排水指标计算主动土压力，采用不固结不排水指标计算被动土压力。实际应用中，岩土工程勘察报告提供 c' 和 ϕ' 存在一定困难，常规参数在黄土地区应用已较为广泛，具有一定经验。

黄土地区深基坑支护工程与人工降水同时实施时，因有土方开挖要求，降水应先期进行。黄土以垂向渗透为主，降水实施后，原基坑侧及坑底的饱和黄土在降水期间，变为非饱和黄土，土的力学性质会有一定改善；深基坑地基处理采用桩基础或复合地基增强体后，被动区的土体力学强度有明显提高，因而应结合工程经验，依地基加固桩的类型、密集程度和分布位置、形式，适当提高土的力学性质指标。黄土的强度指标大小与土的干密度（密实程度）和含水量（物理状态）关系密切，当干密度为确定值时，随含水量增大（液性指数增加）， c 、 ϕ 值减小，尤以黏聚力

减少较多。而在基坑工程中，采用基坑排水措施时，情况则恰恰相反，土的强度指标随土中含水量减小而增大，并以黏聚力恢复提高为主。

值得注意的是，黄土地区基坑坍塌工程事故大多与坑壁土体浸水增湿密切相关，按正常状态计算的深基坑，往往由于局部坑壁浸水增湿，土体重度增大和强度大幅降低，酿成坍塌或塌滑事故。对此类情况，设计应给予足够重视，并依基坑重要性等级进行综合考虑设防，尤其应做好坑外地表排水，杜绝水渗入和浸泡坡体，酿成工程事故。

3.1.11 基坑工程计算应考虑下列荷载作用的影响：

- 1 土压力、水压力；
- 2 材料和设备等一般地面超载；
- 3 影响范围内建筑物荷载；
- 4 场地内运输时车辆所产生的荷载；
- 5 支护结构作为主体结构一部分时应考虑地震作用；
- 6 冻胀、温度变化等产生的影响。

3.1.11 【条文说明】 基坑工程设计考虑的主要作用荷载有：

1 土压力、水压力是支护结构设计的主要荷载，其取值大小及合理与否，对支护结构内力和变形计算影响显著。目前国内主要还是应用朗肯公式计算；

2 一般地面超载：指坑边荷载。如施工器材、机具等，一般可根据场地容纳情况按 $10\text{kN/m}^2\sim 20\text{kN/m}^2$ 考虑，场地宽阔时取低值，场地狭窄时取高值；坑边用作施工堆料场地或其他施工用途所产生的荷载，超过一般地面荷载时，应据实计算；

3 影响区范围内建、构筑物荷载：可依基础形式、埋深条件及临坑建筑立面情况进行简化，按集中荷载、条形荷载或均布荷载考虑；并应根据基础、地基处理形式及埋深，结合工程经验进行适当调整。

4 场地内运输车辆产生的荷载：基坑施工过程中由于土方开挖及施工进料，需要场内车辆通行或相邻有道路通行，应根据车辆荷载大小及行驶密度，与坑边距离等，综合考虑。地面超载及车辆行驶等动荷载往往引起支护结构变形增大，有的甚至使支护结构长期强度降低，应引起重视；

5 当支护结构兼用作主体结构永久构件时，如逆作法施工的支撑作为主体结构的地下室梁板、柱、内墙等，在内力计算时，除了计算基坑施工时的内力外，还应

计算永久使用时的内力，在地震设防区，还应考虑地震作用力。

3.1.12 基坑支护型式应依据场地工程地质与水文地质条件、场地湿陷类型及地基湿陷等级、开挖深度、周边环境、工程经验等选用。同一基坑可采用一种支护结构形式，也可采用几种支护结构形式或组合，同一坡体水平向宜采用相同的支护形式。市政管网工程基坑常用的支护结构形式可按表 3.1.12 选用。

表 3.1.12 支护结构选型

支护型式	适用条件：基坑深度、环境条件、土类和地下水条件
坡率法	适用于场地空旷、周边环境条件简单、土性较好、深度较浅的线状坑槽基坑。
木支撑	适合一般土质深度不大（深度一般不大于 5m）可适当放坡的线状坑槽、检查井、不需要提供反力的定向钻坑等基坑支护；木支撑结构构件包括纵向、横向挡土板、横撑等；不得用于需提供反力的顶管坑支护。
钢板桩	适用无放坡条件的沟槽、工作井、水池等基坑支护，一般深度 4m-9m；有止水、防流砂功能，可为普通顶管提供较小反力；可采取内支撑辅助措施。
钢筋混凝土桩	适用深度较大、条件复杂的基坑，如各类水池、深大工作井、地铁站等场地较开阔的市政基坑支护；可采取内支撑、锚杆等其他辅助支挡措施。
逆作法钢筋混凝 土壁板	适合市政顶管工作井、转接井、检查井等基坑支护，特别适用于土性直立性较好的黄土地区；当地地下管线复杂，施工空间受限时采取该方法相比较安全便利；
沉井法	适用于埋深大且场地相对开阔，土质相对软弱地区的顶管工作井、既是基础又是挡土和挡水围堰的深大市政设施或大型设备基础等构造物等，其整体性强，稳定性好，承载力大；对于一些小的市政检查井，可采用较快捷的预制装配式钢筋混凝土管作为沉井来施工。

注：1 当基坑开挖受地下水影响，上述支护难以实施时，常采取管井降水、截水帷幕、集水明排、地表截水等地下水地表水控制辅助措施。

2 坡率法可与其他支护结构配合在基坑上部选用；内支撑、冠梁、环撑梁或腰梁等措施常配合钢板桩、钢筋混凝土桩等可达到较好的支护效果。

3.1.12 【条文说明】该条列举了陕西地区在市政管网工程基坑常用的几种支护结构形式。对于其他的支护形式，如土钉墙支护，适用空旷地带的较深的可放坡基坑，因土钉延伸到基坑外侧，对周边环境和后期临近地下空间开发利用影响较大，在市政管网工程基坑中使用较少，本标准未列入；微型桩适用无放坡条件，受场地空间条件限制钢板桩难以施工的较浅基坑支护，该方法在市政管网工程基坑中使用较少，本标准将其列入了钢筋混凝土章节中；地下连续墙在西北黄土地区应用较少也未列

入；南方地区常采用锚喷混凝土逆作法支护采取喷射混凝土（或辅助土钉锚杆）、工字钢环撑梁等组合措施应用于较深顶管井基坑支护，而陕西地区的经验则是采取类似的钢筋混凝土桩、逆作法钢筋混凝土壁板、钢筋混凝土环撑梁或腰梁等组合实施深度较大且条件复杂的顶管井基坑支护，故也未列入锚喷混凝土逆作法支护措施；对于一些钢木结合的支撑结构，其难以相互连接，稳定性难以保障而未列入；一些装配式钢支撑在沟槽内安装人工操作不轻便，且未普遍使用等，也未列入。在市政管网基坑支护中应不断总结积累和探索创新，根据不同地质、环境条件和工程需要制定出更具针对性、安全经济性较好的支护方法。

3.1.13 基坑支护工程所采用的材料，在保证安全前提下宜采用可回收材料或其他节能环保材料。

3.1.14 基坑工程应采用动态设计法与信息化施工。

3.1.14【条文说明】 采用动态设计和信息施工法，是基坑工程支护设计和施工的基本原则。由于基坑工程的复杂性和不可预见性，当土性参数难以准确测定，设计理论和方法带有经验性和类比性时，根据施工中反馈信息和监测资料完善设计，是客观求实，准确安全的设计方法，可以达到以下目的：

- 1 避免采用土的基本数据失误；
- 2 可依施工中真实情况，对原设计进行校核、补充、完善；
- 3 变形监测和现场宏观监控资料是减少风险，加强质量和安全管理的重要依据，利于进行警戒、风险评估和采取应急措施；
- 4 有利于进行工程经验积累，总结和推进基坑工程技术发展。

3.2 施工要求

3.2.1 基坑工程施工应根据基坑工程地质条件、水文地质条件、周边环境保护要求、支护结构类型及使用年限、施工季节等因素，注重地区经验、因地制宜、精心组织、确保安全。

3.2.1【条文说明】 本条是依据《建筑基坑工程安全技术规程》（JGJ/T 311），对施工提出的总体要求。

3.2.2 基坑工程施工前应具备下列资料：

- 1 岩土工程勘察报告及基坑环境调查报告。明确基坑周边市政管线及渗漏情况，临近建（构）筑物地基基础形式、埋深、结构类型、使用状况；相邻区域内各

类工程活动情况及重载车辆通行情况等。

2 基坑工程设计图纸。明确基坑变形控制设计指标，明确基坑变形、周围保护建筑、相关管线变形预警值；

3 基坑工程专项施工方案：包括基坑支护、土方开挖及基坑降水等方案；

4 明确测量所需基准点等基础资料，编制基坑工程监测方案；

5 对处于文物和城市轨道交通等保护区范围内的基坑工程，应取得相关合规性程序资料。

3.2.2【条文说明】 本条是依据《建筑基坑工程安全技术规程》(JGJ/T 311)，对基坑施工前应具备的资料进行说明。施工周边环境专项调查对象应包括既有或在建(构)筑物、地下管线、架空线缆、道路、桥梁、轨道交通、铁路、地表水体及文物建筑等；地下管线空间位置不明确时应探查清楚。文物和城市轨道交通等保护区范围内的基坑，应满足合规性要求。

3.2.3 基坑工程施工前应编制专项方案，并应包括下列内容：

1 工程概况：包括基坑工程概况和特点、周边环境条件（市政管网空间分布及材质类型、建构筑物、各类荷载等）、基坑支护、地下水控制及土方开挖设计（包括基坑支护平面、剖面布置，施工降水、帷幕隔水，土方开挖方式及布置，土方开挖与加撑的关系）、施工平面布置、施工要求、风险辨识与分级、参建各方责任主体单位；

2 编制依据：包括基坑工程所依据的法律法规、规范性文件、标准、规范、项目文件、施工组织设计等；

3 施工计划：包括施工进度计划、材料与设备计划、劳动力计划等；

4 施工工艺技术：包括支护结构施工、降水、帷幕、关键设备等工艺技术参数，工艺流程、施工方法及操作要求、检查要求等；

5 施工安全保证措施：包括组织保障措施、技术措施、监测监控措施等；

6 施工管理及作业人员配备和分工：包括施工管理人员、专职安全生产管理人员、特种作业人员及其他作业人员配备和分工；

7 验收要求：包括验收标准、验收程序及人员、验收内容；

8 应急处置措施；

9 必要的施工设计计算文件及相关施工图纸。

3.2.3【条文说明】 本条要求基坑施工前应根据设计要求和相关规定编制基坑工

程专项施工方案，专项方案内容应该全面并具有针对性。

3.2.4 基坑工程专项施工方案应符合下列规定：

- 1** 应针对风险因素及其特征制定具体安全技术措施；
- 2** 应按消除、隔离、减弱风险的顺序选择基坑工程安全技术措施；
- 3** 应根据工程施工特点，提出方案实施过程中的控制原则，明确重点监控部位和监控指标要求；
- 4** 应包括基坑安全使用与维护全过程；
- 5** 设计和施工发生变更或调整时，专项施工方案应进行相应的调整和补充；
- 6** 专项施工方案应按有关规定通过专家论证。

3.2.5 基坑工程应实施信息施工法，并应符合下列规定：

- 1** 施工准备阶段应根据监测方案完成监测设备的检校及监测设施的安装工作；
- 2** 应依据施工工序，完成监测设施的验收及相应监测项目初始值采集；
- 3** 旋喷类帷幕、搅拌类帷幕、土钉、锚杆等注浆类施工时，应通过对基坑周边岩土体、地下水及周边环境等监测与分析，评估施工对基坑周边环境的影响，必要时调整施工速度、工艺或工法；

4 对同时进行土方开挖、降水、支护结构、截水帷幕、工程桩等施工的基坑工程，应根据现场施工的具体情况，通过试验与实测，分析不同风险因素对基坑周边环境造成的影响，并应采取相应的控制措施；

5 应对变形控制指标按实施阶段性和工况节点进行控制目标分解；当阶段性控制目标或工况节点控制目标超标时，应立即采取措施在下一阶段或工况节点时实现累加控制目标；

6 应建立基坑施工和使用过程的安全巡查制度，及时反馈巡查中发现的安全状况，巡查时应有专业技术人员参与，做好施工过程中的风险管控和监测预警工作。

3.2.6 支护结构施工与拆除应采取对周边环境的保护措施，不得影响周边建（构）筑物及邻近市政管线与地下设施等的正常使用；支撑结构拆除前，应对永久性结构及周边环境采取隔离防护措施。

3.2.7 基坑工程施工中的防雷、防电措施以及外电线路的安全距离应符合《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》JGJ/T46 的要求。

3.3 安全技术措施

3.3.1 应根据施工图设计文件、危险源识别和风险因素辨识结果、周边环境与地质条件、施工工艺设备、施工经验等进行安全分析，选择相应的安全控制、监测预警、应急处理技术措施等。

3.3.2 风险因素辨识应根据基坑工程周边环境条件和控制要求、工程地质条件、支护设计与施工方案、地下水与地表水控制方案、施工能力与管理水平、工程经验等进行，并应根据危险程度和发生的频率，识别为主要风险因素和次要风险因素。

3.3.3 临近市政道路的管网基坑工程，影响车辆、人员通行时，安全措施满足下列要求：

- 1 评估施工对交通流、视距、行人通道的影响，识别高风险环节；
- 2 应编制专项交通组织方案与安全防护方案，完成方案审批与报备；
- 3 通行警示、警告标识明显，使用锥形桶、水马、临时护栏等清晰分隔施工区域与通行区域，渐变引导车道变更；
- 4 现场围挡、临基坑道路保护、路面防滑、防撞等安全措施应到位；
- 5 分时段施工，尽量避开交通高峰，复杂路段安排专职交通协管员；
- 6 施工区域做好隔离、夜间与低能见度等安全防护措施；
- 7 加强机械设备，防坠落与坍塌等现场作业安全管理；
- 8 建立日常巡查、预警、公众沟通、监督与动态调整，强化各部门协调联动机制，施工后及时恢复交通。

3.3.3【条文说明】市政管网工程基坑常位于市政道路上，施工占道影响车辆、人员通行，由于施工环境条件与车辆、人员的不稳定因素相互叠加会出现不安全的结果，公众投诉、舆情等也会影响施工，因此各项施工安全措施应该仔细周到，有利于公众顺畅出行和交通安全，也有利于施工本身安全。

3.3.4 汛期应急措施应包含下列内容：

- 1 防汛应急物资、设备、人员组织；
- 2 地下结构及管道抗浮措施；
- 3 支护结构及周边岩土体保护措施；
- 4 基坑监测保证措施。

3.3.5 基坑工程引起临近地下管线破裂时，应采取下列应急处置措施：

1 立即关闭危险管道阀门，采取措施防止产生火灾、爆炸、冲刷、渗流破坏等安全事故；

2 停止基坑开挖，回填反压、基坑侧壁卸载；

3 及时加固、修复、导改或更换破裂管线。

3.3.6 基坑工程变形监测数据超过报警值，或出现基坑、周边建（构）筑、管线失稳破坏征兆时，应立即停止基坑危险部位的施工作业，撤离人员，采取应急处置措施防止危害进一步发展，并进行风险评估，待险情排除后方可恢复施工。

3.3.7 应急响应前的抢险准备，应包括下列内容：

1 应急响应需要的人员、设备、物资准备；

2 增加基坑变形监测手段与频次的措施；

3 储备截水堵漏的必要器材；

4 清理应急通道。

3.3.8 施工过程中各工序开工前，施工技术管理人员应根据专项施工方案向所有参加作业的人员进行安全技术交底，如实告知危险源和风险因素、防范措施、应急预案，形成文件并签署。

3.3.8【条文说明】 基坑安全事故一般都是发生在现场施工一线，因此，施工过程中各工序开工前，施工技术管理人员对施工作业人员的安全教育培训和安全技术交底必不可少，如实告知危险源和风险因素、防范措施、应急预案，形成文件并签署，对安全行为形成自我约束机制。

3.3.9 安全技术交底应包括下列内容：

1 现场勘查与环境调查报告；

2 专项施工方案；

3 主要施工技术、关键部位施工工艺工法、参数；

4 各阶段风险因素辨识结果与安全技术措施；

5 应急预案及应急响应等。

3.3.10 基坑工程施工过程中的土石方作业、高处作业、脚手架、施工用电、起重吊装等施工安全技术措施应符合《建筑施工安全技术统一规范》GB 50870 的要求。

3.3.11 基坑使用单位应有专人对基坑安全进行定期巡查，雨期应增加巡查次数，并应作好记录；发现异常情况应立即报告建设、设计、施工、监理等单位。

4 勘察与周边环境探查

4.1 一般规定

4.1.1 城市地下管道工程中的各类基槽、工作井等基坑，支护设计前应具备符合要求的岩土工程勘察资料与环境调查资料；当资料不能满足基坑支护设计与施工要求时，应按现行相关规范进行补充勘察、环境调查和探测工作。

4.1.1 条文说明：本条规定了市政管网基坑岩土工程勘察与环境调查资料的强制性要求。市政管网基坑具有空间尺寸相对较小、明挖基槽“窄、深、长”的典型特征，其稳定性控制、支护结构设计及降水方案制定均依赖对地质环境和周边条件的精准把握。由于市政基坑多为线状工程，沿线地质条件复杂，且前期各阶段勘察往往未充分聚焦基坑工程的特殊需求，易出现勘察资料不全、环境调查不充分、周边管线分布不清楚等问题，难以支撑支护设计与施工安全。因此，明确资料缺失或不足时的补充勘察、调查与探测工作要求，是保障基坑支护安全的基础前提。本条执行时应结合《岩土工程勘察规范》GB 50021、《市政工程勘察规范》CJJ 56 等现行标准的相关规定。

4.1.2 市政管网工程各阶段岩土工程勘察，其工作量与成果资料应统筹兼顾基坑工程设计与施工需求，确保勘察成果能直接服务于基坑安全管控。

4.1.2 条文说明：本条强调市政管网工程勘察与基坑工程需求的协同性，核心是避免勘察工作与基坑支护设计、施工脱节。采用基坑勘察与市政管网各阶段勘察同步开展的一体化模式，具有双重优势：一是可系统掌握工程区域地质构造、岩土分布及水文地质特征，形成完整地质认知体系；二是能避免单独勘察造成的重复工作，减少对场地土体的多次扰动，降低对后续施工的不利影响。在确定勘察工作量（范围、深度、布点密度等）和成果内容时，需重点考虑四方面因素：一是管道设计方案的约束（走向、埋深、管径、掘进、基坑线型、开挖深度及断面形式等，进而影响勘探点布置）；二是施工工法的差异化需求（明挖法需关注坑底持力层，顶管法等非开挖工艺需聚焦工作井周边土体指标）；三是支护结构的适配性要求（排桩支护需延伸勘探至桩端以下，土钉墙支护需重点测试土层锚固力）；四是复杂环境与风险预判需求（需结合踏勘、钻探、物探等综合手段，预判边坡失稳、管涌等风险）。

4.1.3 基坑施工过程中，出现下列情况之一且既有勘察资料不能满足施工安全要求

时，应开展施工勘察：

- 1 实际揭露地质条件与原勘察资料差异较大；
- 2 管道施工工艺发生变更；
- 3 基坑边坡出现裂缝、沉降、局部坍塌等险情。

4.1.3 条文说明：本条明确施工勘察的触发条件，旨在应对市政管网基坑施工中的动态风险。市政管网基坑具有显著复杂性：一是沿线地质条件多变，易遭遇杂填土、孤石、废弃构筑物等隐蔽不良地质体；二是周边环境敏感，密集分布地下管线、建（构）筑物等保护对象；三是施工工艺多样且易变更，对地质参数需求差异显著。仅靠前期勘察难以完全覆盖施工全过程需求，因此需明确施工勘察启动场景：

1 地质条件差异触发：前期勘察受勘探间距、地下障碍物遮挡等限制，可能无法精准反映局部地层特性（如老城区未探明的建筑垃圾回填层、古河道暗浜），导致原支护设计参数失效，需通过加密钻探、原位测试等补充勘察；

2 工艺变更触发：施工中因场地条件、周边环境制约，可能发生明挖改顶管或顶管改明挖、明挖改复合支护等工艺变更，不同工艺对地质参数需求本质不同（如顶管需关注管底地层稳定性，明挖需精准边坡土体参数），需针对性补充勘察；

3 边坡险情触发：基坑边坡裂缝、沉降等险情多与未探明的软弱夹层、隐伏断层等地质因素相关，且易引发连锁灾害，需通过快速勘察（地质雷达+应急钻探）查明险情根源，为抢险支护提供依据。

施工勘察应遵循“针对性、时效性、精准性”原则，成果需及时反馈至设计、施工单位，实现动态调整。

4.1.4 基坑工程完成回填后，若出现地面沉降、地表开裂、地面塌陷等异常情况，可根据异常规模、影响范围及环境敏感性开展竣工勘察，排查异常根源并支撑风险处置。

4.1.4 条文说明：本条明确竣工勘察的适用场景及核心价值。市政管网基坑多位于城市建成区，周边建（构）筑物及地下管线密集，回填后异常易引发连锁灾害。异常诱因主要包括：回填压实不足、基底软弱土层未充分处理、地下水位波动（黏性土回填层易湿胀干缩）、隐伏空洞失稳等。竣工勘察的核心作用是精准溯源（查明回填层密实度、地下水状态及隐伏隐患，区分施工、地质或环境诱因）、支撑处置（为补夯、注浆等措施提供技术依据）、保障周边安全（明确风险范围）。实施时应遵循

“针对性、高效性、微创性”原则，结合环境敏感特点选择勘察手段，成果需聚焦“根源-范围-建议”，并与前期勘察形成闭环。需说明的是，竣工勘察为弹性措施，非强制要求，若异常位于主干道、燃气管道等敏感区域，应优先启动。

4.1.5 基坑勘察除应符合本规程规定外，尚应遵守《市政工程勘察规范》CJJ 56、《岩土工程勘察规范》GB 50021、《工程勘察通用规范》GB 55017 等现行国家标准及行业标准的相关规定。

4.1.5 条文说明：本条明确本规程的定位及与其他规范的衔接关系。鉴于市政管网工程已有成熟的通用勘察规范，本规程仅针对基坑勘察的特殊要求作出补充规定，不重复现行规范的通用性内容。在实际工程中，应优先执行本规程对基坑勘察的专项要求，涉及勘察阶段划分、通用技术方法、基本质量控制等共性内容，需严格遵循《市政工程勘察规范》CJJ 56、《岩土工程勘察规范》GB 50021 等通用标准，确保勘察工作的合规性与完整性。

4.2 地质勘察

4.2.1 市政管网工程岩土工程详细勘察前，编制勘察方案时应收集下列资料，并重点关注与基坑相关的内容：

- 1 现状地形资料，且核对坐标系、高程基准；
- 2 拟建管道工程总平面布置图，拟建管道类型、管底控制高程、管径（或断面尺寸）、管材；
- 3 基坑开挖边线、开挖深度；
- 4 周边既有地下管线（类型、位置、走向、埋深、材质等）、构筑物分布情况；
- 5 周边地表水汇集、排泄及地下管网渗漏情况；
- 6 可能采取的施工工艺；
- 7 当地常用的支护形式、降水方法和施工经验；
- 8 地下管线及埋设物的相关资料（设计图、竣工测量图、管线探测成果等）。

4.2.1 条文说明：本条明确详细勘察方案编制的资料收集要求，核心是确保勘察方案能兼顾管道勘察与基坑支护需求。根据《市政工程勘察规范》CJJ 56，市政工程勘察分为可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察三个阶段，详勘阶段需聚焦具体工程实施需求。收集本条所列资料，可全面掌握基坑与拟建管道、既有地下管线及构筑物的空间关系，明确施工工艺、支护形式对勘察的要求，从而制定针对性强、

可操作性高的勘察方案，避免勘察工作与基坑设计、施工脱节。其中，地下管线及埋设物相关资料是重点收集内容，直接关系到勘察布点的安全性与合理性，需优先核查整理。

4.2.2 勘察工作宜采用工程地质测绘、调查与钻探、坑探、槽探、井探、静力触探、物探等相结合的综合方法，并应根据场地实际情况及地下管线分布特点合理选择；在地下管线密集区域，可事先取得管线分布情况资料并经现场复核确认后再开展钻探作业。

4.2.2 条文说明：本条规定基坑勘察的方法选择原则，强调方法的综合性与针对性。市政管网基坑场地条件复杂，尤其是城市建成区地下管线密集，单一勘察方法难以全面反映场地地质条件。工程地质测绘与调查可快速掌握区域地形地貌、不良地质现象分布；钻探、坑探等可直接获取岩土试样及地层结构数据；静力触探适用于软弱土地层的连续测试；物探则能高效查明地下管线、隐伏空洞等隐蔽对象。在地下管线密集区域，取得地下管线分布资料并经现场确认，可避免钻探作业破坏既有管线，保障勘察安全。

4.2.3 基坑勘探范围应根据基坑开挖范围、深度和场地岩土工程条件确定，基坑外宜布置勘探点，其范围不宜小于基坑深度的2倍；当开挖边界外无法进行勘探时，可通过调查或其他方法取得相应资料并综合分析。

4.2.3 条文说明：本条规定基坑勘探的平面范围要求，参考《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001 第4.8.3条“基坑工程勘察平面范围宜超出开挖边界外开挖深度的2~3倍”的相关规定，结合市政工程场地受限的实际情况，明确“不宜小于基坑深度的2倍”的最低要求。实践表明，基坑开挖对周边2倍基坑深度范围内的土体扰动最显著，该区域土体位移、应力变化及地下水扰动可能对周边环境造成实质性影响，因此需将该范围纳入主要勘探区域。若因道路、建（构）筑物等限制导致开挖边界外无法勘探，可通过收集周边已有勘察资料、开展现场调查等方式补充完善，确保对影响区域地质条件的判断准确。

4.2.4 勘探点的布设数量与间距应根据场地或岩土工程复杂程度、工作井平面尺寸等确定，以能控制地层土质变化为原则，具体应符合下列要求：

1 当管线外侧基坑影响范围内地层变化不大时，对于采用明挖法、顶管和定向钻施工的基坑，勘探点布置可按《市政工程勘察规范》CJJ 56 第8章规定执行，且

应满足基坑支护与降水设计需要；

2 工作井基坑处宜布置勘探点，当工作井宽度或直径超过 12m 时，应在角部或边部适当增设勘探点；

3 基坑穿越或处于可能产生湿陷、膨胀、流沙、液化等工程病害的地段，或地下管线密集区域，勘探孔应适当加密。

4 对于基坑处于高边坡或西安地裂缝场地，应加密勘探点，勘探深度应满足评价需要。

4.2.4 条文说明：本条规定勘探点布置的核心原则及具体要求，旨在确保勘探点能有效控制地层变化，为基坑支护设计提供充足依据。

1 对于地层变化平缓的区域，明确引用《市政工程勘察规范》CJJ 56 第 8 章“城市室外管道工程”的勘察规定，避免重复约定，同时强调需满足基坑支护与降水设计的专项需求；

2 矩形工作井和接收井的四边是受力关键部位，基坑尺寸较大时应根据支护与地下水控制需要适当增设勘探点；圆形井受力相对均匀，沿圆周均匀布置且保证一定数量和间距的勘探点，能反映圆形井周边各方位的地层情况；

3 湿陷性土、膨胀土等特殊地层及流沙、液化等工程病害地段，对基坑稳定性威胁较大，需加密勘探点以精准掌握地层分布及特性；地下管线密集区域，加密勘探可避免勘察盲区，同时为管线保护提供地质依据；

4 处于高边坡或西安地裂缝上的工作井等基坑，勘探点布设应查明其不利影响。

4.2.5 勘探深度应满足开挖、地下水控制、支护设计及施工的要求，不应小于管底设计高程以下 5m，且不应小于基坑深度的 2 倍；当预定深度内有软弱夹层时，勘探孔深度应适当增加，必要时予以钻穿。

4.2.5 条文说明：本条规定勘探深度的最低要求及特殊情况处理原则。基坑勘探深度需同时满足三个核心目标：一是查明基坑开挖范围内及影响深度内的地层结构；二是提供地下水控制所需的水文地质参数；三是支撑支护结构设计（如桩端持力层选择、土钉锚固深度确定）。“不应小于管底设计高程以下 5m”是针对市政管道基坑的专项要求，确保覆盖管道基础及基坑影响深度；“不应小于基坑深度的 2 倍”参考了一般土质条件下悬臂桩的嵌入深度要求，保障支护结构稳定性。若预定深度内存在软弱夹层，其力学性能差，可能影响基坑抗隆起、抗失稳能力，因此需增加勘探

深度，必要时钻穿软弱夹层，查明下卧层地质条件。

4.2.6 勘察时应及时测量孔内初见水位和稳定水位；当存在多层地下水时，应采取有效隔水措施分层测量各层稳定水位；对基坑工程影响较大的地下水层位，可设置专用地下水观测孔，分别观测各分层地下潜水位及承压水头。

4.2.6 条文说明：地下水是影响基坑安全的关键因素，准确掌握地下水特征是评估涌水、管涌风险、选择降水方案的核心依据。初见水位反映地下水初始埋藏状态，稳定水位是设计计算的重要参数，勘察时需及时测量并记录。对于多层地下水，若不采取隔水措施分层测量，易导致水位数据混淆，无法准确判断各含水层的水力联系及水压特征，因此需采用套管隔离等有效隔水措施。当某一含水层（如承压水层）可能引发基坑突涌风险时，设置专用观测孔可长期监测水位变化，为施工过程中的地下水控制提供动态数据支持。

4.2.7 勘探揭露的各层土均应提供一般物理力学参数和抗剪强度指标：

1 黏性土、素填土等宜取样试验；

2 杂填土、砂土、碎石土应结合填土土性组成、原位测试密实度、环境条件和经验等综合确定；

3 有锚固结构构件进入的土层，应提供土的极限粘结强度标准值；

4 沉桩、沉井进入的地层，应提供土的侧阻力和端阻力；

5 需要进行地下水控制的基坑工程，应提供含水层的渗透系数。

4.2.7 条文说明：本条明确不同类型土层及特殊工程需求的参数提供要求，确保勘察成果能直接支撑基坑支护设计与施工。

1 黏性土、素填土质地相对均匀，取样试验可获取精准参数；

2 杂填土成分复杂、砂土及碎石土颗粒不均，单纯取样试验难以反映整体工程特性，需结合原位测试（如标贯试验、静探试验）、土性分析及工程经验综合确定；

3 锚固结构（如土钉、锚杆）的承载力与土层极限粘结强度直接相关，需专门测试提供；

4 沉桩、沉井的施工难度及承载力计算依赖土的侧阻力和端阻力参数；

5 渗透系数是降水方案设计（如管井布置、降水深度计算）的核心参数，需通过抽水试验等方式准确获取。

4.2.8 采取不扰动土试样和原位测试的勘探点数量不应少于全部勘探点的 1/2，其

中采取不扰动土试样的勘探点不宜少于全部勘探点的 1/3。

4.2.8 条文说明：本条规定不扰动土试样采集及原位测试的勘探点数量要求，旨在保障勘察数据的可靠性与代表性。不扰动土试样能最大程度保留土体天然结构，其试验结果是评价土体工程特性的重要依据；原位测试可直接在场地内获取土体力学参数，反映土体原位状态下的特性。规定“不扰动土试样和原位测试的勘探点不少于全部勘探点的 1/2”，可确保足够数量的勘探点能提供精准参数；“不扰动土试样勘探点不宜少于 1/3”，则平衡了取样试验的精准性与原位测试的高效性，避免因取样不足导致参数代表性不足。

4.2.9 每一主要岩土层的原状土试样或原位测试数据不应少于 6 件（组）；为进行抗剪强度试验、渗透试验和湿陷性试验而采取的土试样，其质量等级应为 I 级。原位测试、室内土工试验应符合《岩土工程勘察规范》GB 50021、《土工试验方法标准》GB/T 50123 的相关规定。

4.2.9 条文说明：本条规定试样数量及质量等级要求，同时明确试验方法的合规性。土性指标具有天然变异性，单个或少量试样数据无法反映土层整体特性，需通过统计分析确定代表值，因此规定“每一主要岩土层的原状土试样或原位测试数据不应少于 6 件（组）”，满足统计分析的最低要求。抗剪强度试验、渗透试验、湿陷性试验的结果直接影响基坑稳定性评价、降水方案设计及地基处理决策，因此要求对应的土试样质量等级为 I 级（不扰动土），确保试验数据准确。原位测试及室内土工试验的操作方法、数据处理等需严格遵循现行国家标准，保障试验成果的规范性与可比性。

4.2.10 基坑工程勘察中的安全防护及取样操作，应符合《岩土工程勘察安全标准》GB 50585 和《建筑工程地质勘探与取样技术标准》JGJ/T 87 的有关规定。

4.2.10 条文说明：本条明确勘察作业的安全与技术操作依据。基坑勘察多在城市建成区开展，作业环境复杂，周边人员、地表上下管线密集，安全防护至关重要。

《岩土工程勘察安全标准》GB 50585 对勘察作业中的安全管理、现场防护、设备安全等作出了全面规定；《建筑工程地质勘探与取样技术标准》JGJ/T 87 明确了勘探取样的操作流程、技术要求，确保取样质量。执行本条规定可保障勘察作业安全，避免安全事故，同时确保取样操作规范，为后续试验提供合格试样。

4.2.11 勘探孔及探井施工结束后，应按工程要求选用适宜的材料分层回填，回填

质量应满足《建筑工程地质钻探技术标准》JGJ 87 的相关规定。

4.2.11 条文说明：本条规定勘探孔及探井的回填要求，核心是避免因回填不当引发次生灾害。勘探孔及探井若回填不密实，可能成为地下水渗透通道，导致周边地面沉降、基坑涌水等问题；在道路、绿化带等区域，回填质量不佳还可能影响后续地面使用功能；对于定向钻、托管法施工时的泥浆也容易沿钻孔被挤入地面影响施工环境。因此，需根据场地条件（如地下水位、土层特性）选用适宜的回填材料（如夯实黏土、级配砂石或水泥材料），并分层回填夯实。《建筑工程地质钻探技术标准》JGJ 87 对回填材料、回填厚度、压实度等作出了具体规定，需严格执行，确保回填质量满足工程要求。

4.2.12 勘察作业现场应设置安全警示标志，划定安全作业区域，严禁非作业人员进入；在道路、人行道等公共区域作业时，应采取交通疏导措施，设置防护围栏及夜间警示灯。

4.2.12 条文说明：本条规定勘察作业现场的安全防护要求。市政管网基坑勘察多位于城市公共区域，人流、车流密集，作业现场安全防护不到位易引发交通意外或人员伤亡。设置安全警示标志（如警示灯、警示锥、警示牌）、划定安全作业区域，可明确警示范围，提醒过往行人和车辆避让；在公共区域作业时，交通疏导措施能保障交通通行秩序，防护围栏和夜间警示灯可进一步提升作业安全性，避免夜间通行人员、车辆误入作业区域。执行时应结合《岩土工程勘察安全标准》GB 50585 及城市道路作业相关管理规定。

4.2.13 勘察作业过程中，应实时监测周边环境变化，若发现周边地面沉降、裂缝、建（构）筑物变形或地下管线渗漏等异常情况，应立即停止作业，撤离作业人员，设置警戒区域，并及时通报相关单位开展风险处置。

4.2.13 条文说明：本条明确勘察作业中的动态监测及应急处置要求。勘察作业（如钻探、坑探）可能扰动周边土体，引发地面沉降、裂缝等次生风险，尤其在地下管线密集或软土地区，风险隐患更突出。实时监测周边环境变化，能及时发现异常征兆；规定“停止作业、撤离人员、设置警戒、通报处置”的应急流程，可快速控制风险扩散，避免事故扩大。监测内容应包括地面位移、建（构）筑物沉降及裂缝、地下管线压力或渗漏等，监测频率应能反映环境变化动态。

4.2.14 基坑工程勘察评价应包含下列内容：

1 基坑及周边地层结构,查明湿陷性土、膨胀土和填土等特殊土分布规律,分析开挖时揭露的软弱结构面(带)的分布特征及与基坑开挖临空面的组合关系;

2 地下含水层和隔水层的厚度、埋藏及分布特征,与基坑工程有关的地下水埋藏深度、补给排泄条件、各层地下水之间的水力联系及变化,以及地表水与地下水的联系情况,分析评价地下水对支护工程设计、施工的影响;

3 提供各类地层土体物理、力学指标及地下水控制所需的地层水文地质参数;

4 明确基坑安全等级,分析地质条件可能造成的工程风险,提出基坑支护方案建议;对可能产生液化、流砂、管涌或其他工程病害的地层,提出预加固处理建议;

5 提出地下水控制方案及该方案对工程周边环境的影响分析;

6 分析基坑开挖、支护与地下水控制可能对周边环境(含既有地下管线、构筑物)的影响,提出现场监测建议。

4.2.14 条文说明:本条明确基坑工程勘察评价的核心内容,确保勘察成果能直接指导基坑支护设计、施工及风险管控。勘察评价需围绕“地质条件-工程风险-技术建议”展开:

1 地层结构分析是基础,重点关注特殊性土及软弱结构面,因其可能导致基坑边坡失稳、坑底隆起等问题;

2 地下水评价需明确各含水层特征及对工程的影响,为降水方案设计提供依据;

3 参数提供是核心产出,需确保指标全面、准确,满足设计计算需求;

4 安全等级划分及风险分析是关键,需结合地质条件预判潜在风险,并针对性提出支护方案及地层加固建议;

5 地下水控制方案建议需兼顾有效性与环境影响,避免降水引发周边地面沉降;

6 周边环境影响分析及监测建议,是保障施工期间周边设施安全的重要支撑,需明确监测重点、监测指标及监测频率。

4.2.15 勘察成果资料由文字和图表构成,应满足基坑开挖、支护与地下水控制的设计、施工要求,并符合《岩土工程勘察规范》GB 50021的有关规定。

4.3 周边环境调查与探测

4.3.1 基坑周边环境调查的平面范围应能覆盖基坑设计、土方开挖、支护及地下水控制等施工可能影响的区域,且不应小于基坑开挖线以外2倍基坑深度范围。

4.3.1 条文说明：本条规定周边环境调查的平面范围，与本规程第 4.2.3 条勘探范围要求保持一致，参考《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001 第 4.8.3 条相关规定。基坑施工对周边环境的影响主要体现在三个方面：一是土方开挖导致的地面沉降，影响范围多在 2 倍基坑深度内；二是支护结构施工的设备振动、临时荷载，可能影响周边建（构）筑物稳定性；三是地下水控制可能引发的土体固结沉降，波及范围与地下水补给、地层渗透性相关。将调查范围明确为“不小于基坑开挖线以外 2 倍基坑深度”，可确保全面覆盖潜在影响区域。若场地岩土工程条件复杂（如强透水地层、软土地区），可根据实际情况适当扩大调查范围。

4.3.2 基坑周边环境调查应包括下列内容，重点查明地下管线及埋设物相关信息：

1 建（构）筑物：结构类型、层数、高度、建成年代、使用功能、基础形式与规格、基础埋深、地基处理情况、使用现状及与基坑的空间位置关系；特别注意建（构）筑物既有开裂变形情况。

2 地下管线与基础设施：

1) 地下管线的类型、位置、走向、埋深、规格、材质、建设年代、埋设方式、权属单位、使用与维护情况，以及对施工振动和变形的承受能力；

2) 地下管廊、检查井、化粪池、地下储罐等埋设物的位置及运行状态；

3) 地面和地下贮水、输水等用水设施的位置、渗漏情况及其对基坑工程的影响程度；

4) 早期已废弃人防工程、管线等的位置；

3 周边道路及附属设施：道路等级、路面结构、路面宽度、与基坑的位置关系，日常车流量、重型车辆通行频率、荷载等级，人行道、绿化带、路灯基础等；

4 地质与水文条件：地形地貌、基坑周边特殊土分布（如填土、湿陷性土、膨胀土等）、不良地质现象（如地裂缝、地下空洞），基坑周边地表水的汇集和排泄情况；

5 周边荷载与相邻工程：周边堆土、材料堆放、临时建筑的位置及重量，邻近施工机械（如起重机、打桩机）的振动频率及影响范围，周边正在施工的基坑、桩基工程的位置、施工方法及影响；

6 环境敏感点与保护要求：学校、医院、文物建筑、历史街区等对振动、沉降敏感的区域，噪声、扬尘、污水排放的限值标准及周边居民的环保诉求。

4.3.2 条文说明：本条规定周边环境调查的具体内容，突出地下管线及埋设物的调查重点。市政管网基坑施工与周边环境的相互影响复杂，全面调查是风险预判的基础：

1 建（构）筑物调查需重点关注基础形式、埋深及与基坑的距离，老旧建筑、浅基础建筑对沉降和振动更敏感，需作为重点保护对象；

2 地下管线及埋设物是调查核心：燃气、电力、通信等重要管线一旦受损，可能引发安全事故，需明确其位置、材质、抗扰动能力；废弃人防工程、化粪池等埋设物可能形成隐蔽空洞，影响基坑稳定性；

3 周边道路调查需考虑车辆荷载对基坑边坡的附加应力影响，尤其是重型车辆通行频繁的路段，需评估其对支护结构的影响；

4 地质与水文条件调查需补充基坑周边特殊土及不良地质现象，与勘察工作形成互补；

5 周边荷载与相邻工程调查可预判施工期间的外部干扰，避免多工程交叉施工引发的叠加风险；

6 环境敏感点调查需满足环保及文物保护要求，提前制定降噪、降尘等防护措施。

4.3.3 基坑周边环境调查宜采用资料收集、现场踏勘、现场测量与探测、走访调研、遥感与无人机技术相结合的综合方法，同步开展地下管线与埋设物探测、地质勘察工作，避免重复作业。

4.3.3 条文说明：本条规定周边环境调查的方法体系，强调综合性与协同性。单一调查方法存在局限性：资料收集可获取既有管线、建（构）筑物的基础信息，但可能存在资料滞后、缺失问题；现场踏勘能直观了解场地现状，但难以发现隐蔽管线及地下埋设物；现场测量与探测（如物探、全站仪测量）可精准获取位置数据，但需结合资料验证；遥感与无人机技术适用于大范围地形地貌调查及环境敏感点识别。采用综合方法可实现相互验证、补充，提升成果可靠性。同时，将环境调查与地下管线探测、地质勘察同步开展，一方面可避免重复进场、重复探测，提高工作效率；另一方面可实现地质条件与周边环境的联动分析，更全面地预判工程风险。

4.3.4 环境调查作业前应对作业人员进行安全技术交底；作业人员应配备个人防护用品，熟练掌握应急处置流程。

4.3.4 条文说明：本条规定环境调查作业的前置安全要求。周边环境调查涉及场地踏勘、管线探测、井下作业等多类场景，作业前开展安全风险评估可精准识别地形复杂区域、管线密集区、易燃易爆管线周边等高危作业点风险。专项安全作业方案需明确各作业环节的安全防护措施、人员分工及应急响应机制；安全技术交底能确保作业人员掌握风险点及防护要求。个人防护用品（如安全帽、反光背心、绝缘手套、防毒面具等）是保障作业人员人身安全的基础，需根据作业类型针对性配备，同时强化应急处置培训，提升突发情况应对能力。

4.3.5 现场踏勘及探测作业时，应避开高压线路、燃气管道等危险区域；在陡坡、坑洼、临近水体等地形复杂区域作业时，应设置防滑、防坠落防护措施，必要时安排专人监护。

4.3.5 条文说明：本条明确现场作业的特殊场景安全防护要求。高压线路、燃气管道周边作业易引发触电、爆炸等安全事故，因此需提前划定危险避让区域，严禁在安全距离内开展钻探、重型设备作业等可能产生干扰的操作。陡坡、坑洼区域作业易发生滑倒、坠落事故，临近水体区域可能面临溺水风险，设置防滑垫、安全绳等防护措施及安排专人监护，可实时管控作业风险，避免意外发生。作业前需对场地地形进行初步排查，针对性制定防护措施。

4.3.6 地下管线及埋设物探测应符合下列要求：

1 地下管线及埋设物探测应有专业单位完成，探测前应收集基坑影响区内管线及埋设物的设计图、竣工测量图、原有探测成果、控制测量资料、地形图等技术资料，编绘地下管线现状调绘图；

2 应探明地下管线及埋设物的类别、平面位置、走向、埋深、规格、材质、载体特征、建设年代、埋设方式、权属单位等，测量其平面坐标和高程；

3 对明显管线点可采用实地调查方法获取属性信息，对隐蔽管线点宜采用实地调查与地球物理探查相结合的方法；

4 探测仪器设备应性能稳定、状态良好，测量仪器应在计量检定有效期内，探查仪器使用前应按规定检校；

5 探测应采用 CGCS 2000 国家大地坐标系和 1985 国家高程基准，测量成果应与城市地下管道工程总平面布置采用的坐标系与高程基准一致或建立换算关系；

6 用于测量地下管线及埋设物的控制点，相对于邻近控制点的平面点位中误差

和高程中误差不应大于 50mm；

7 探测精度应以中误差作为衡量标准，以二倍中误差作为极限误差，探测方法、数据处理等应符合《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 的相关规定；

8 作业时应采取安全保护措施，打开井盖作业时需设置安全防护围栏及专人看管，夜间作业应设置安全警示灯；井下作业前应测定有害、有毒及可燃气体浓度，严禁在易燃易爆管道上进行充电法作业，严禁在塑料管道和燃气管道使用钎探，高压作业时配备绝缘防护用品。

4.3.6 条文说明：本条针对地下管线及埋设物探测制定专项要求，确保探测结果准确、作业安全。

1 探测前资料收集与现况调绘图编绘，是明确探测重点、避免遗漏的基础，尤其对于老旧城区，需结合多源资料交叉验证；

2 明确探测需查明的核心信息，涵盖管线及埋设物的“位置-属性-状态”，为基坑设计（如支护结构避让）、施工防护（如管线加固）提供全面依据；

3 针对明显管线点（如井盖、阀井）和隐蔽管线点的差异化探测方法，可在保证精度的前提下提高效率，地球物理探查（如电磁法、雷达法）需与实地调查结合，避免误判；

4 仪器设备的计量检定与检校，是保障探测精度的前提，需严格执行相关标准；

5 统一坐标系与高程基准，可确保探测成果与工程设计、施工坐标系衔接，避免因坐标偏差导致管线避让失误；

6 明确控制点测量误差要求，为探测精度提供基础保障；

7 引用《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61，明确探测方法、精度及数据处理的合规性要求；

8 安全保护措施针对探测作业的高风险环节（如井下作业、易燃易爆管线周边作业）制定，避免发生安全事故，保障作业人员及周边设施安全。

4.3.7 环境调查成果资料应整理为文本、图表、图纸、影像等多种形式，并在施工前及施工过程中进行核查验证；地下管线及埋设物探测成果应在相应比例尺地形图上标绘相关属性及空间位置关系，作为环境调查成果资料的重要支撑。

4.3.7 条文说明：本条规定环境调查成果的整理要求及动态核查机制。环境调查

成果需满足设计、施工单位的使用需求，文本部分应系统阐述调查结论、风险分析及保护建议；图表、图纸应直观呈现周边环境与基坑的空间关系，尤其是地下管线及埋设物的位置、埋深等关键信息；影像资料可留存场地现状，为后续争议处理提供依据。由于市政场地周边环境可能随时间变化（如临时管线铺设、道路改造），需在施工前及施工过程中对调查成果进行动态核查验证，发现与实际情况不符时及时调整。地下管线及埋设物探测成果标绘于地形图，可直接用于基坑开挖边线划定、支护结构布置，提升成果的实用性。

5 坡率法

5.1 一般规定

5.1.1 市政管网工程基坑采用坡率法开槽施工时，应按 3.1.5 条确定支护结构安全等级，同时考虑承载能力极限状态和正常使用极限状态设计放坡坡率。

5.1.1 【条文说明】坡率法虽无显性的支护结构，但放坡开挖作为一种支护措施可视为“类支护结构”。由于放坡开挖使临近管线或建（构）筑物基础的地基持力层失去侧限作用，造成地基承载力降低、地基土压缩变形增大；此时，基坑整体稳定性验算可能依然满足设计要求，但周边环境可能已达正常使用极限状态。因此，按表 3.1.5 确定支护结构安全等级时，宜取临近管线或建（构）筑物基础最外侧边缘距基坑放坡坡面的水平距离。当有可靠依据表明基坑土方开挖对相邻管线或建（构）筑物无显著影响时，亦可取临近管线或建（构）筑物基础最外侧边缘距基坑底边缘的水平距离；具体仍需结合基坑地质环境条件的复杂程度和放坡开挖对周边环境的影响程度综合分析确定。

5.1.2 单独采用坡率法适用于支护结构安全等级为二、三级的基坑，安全等级为一级的基坑侧壁可采用上部放坡、下部支挡的复合结构型式。

5.1.3 当存在下列情况之一时，不宜单独采用坡率法：

- 1 场地周边交通组织、市政设施等不满足开槽放坡条件；
- 2 基坑使用期间坑顶边缘存在重型车辆等地面荷载；
- 3 不能保持基坑内干作业；
- 4 基坑侧壁存在松散填土、饱和软黄土、松散砂层等软弱土层。

5.1.3 【条文说明】 城区内基坑工程与周边人类工程活动密切交织，当坡率法施工与交通组织、既有重要设施、地面荷载以及地下水等条件冲突，严重影响周边环境正常运行同时威胁基坑安全时，不宜单独采用坡率法。同时应该注意到市政管网工程多处于绿化带附近，市政洒水、既有管线渗漏等均会造成表层土体长期处于软弱状态，进而因坑壁稳定性问题影响了坡率法的适用性；但是对于因基坑侧壁稳定性无法得到有效保障而无法采用坡率法的，通过在市政管网基坑顶部铺设保护钢板以有效扩散车辆荷载、有效加固松散坑壁软弱土以增强土体强度，最终稳定性满足要求者，仍可采用坡率法或结合其他支护方式进行支护。

5.1.4 城区采用坡率法时，应考虑基坑周边放坡空间、相邻建（构）筑物的地基承载力和变形限值等要求，并进行经济对比综合分析后确定。

5.1.4【条文说明】 城区相对有限的空间、表层较大厚度的不均匀填土、管道渗漏、沿线密集在建（构）筑物和市政设施、来往的交通车流等均造成了相对复杂的工程环境条件，放坡开挖可能造成的承载力损失与变形过大对周边环境的影响极易引发放大效应，加之放坡存在占地范围较大、施工期间交通不便等影响，很大程度上限制了坡率法在城区的适用性。

因此，城区市政管网工程如果采用坡率法开槽施工，应充分评估施工期所需空间、周边环境的承载力与变形要求，坡率法可以满足要求后方可使用。此外，考虑到城区线性基槽土方工程开挖、转运以及回填的非连续性，土方开挖外运处置、购土回填导致支护综合成本较高，因此在开挖断面较大时，应注意坡率法与其他支护形式的经济比选。

5.2 设计

5.2.1 应根据基坑各段落基坑开挖深度、侧壁型式和施工期荷载组合，对侧壁土体进行整体和局部稳定性验算，其稳定安全系数不应小于 1.2。设计验算应符合下列规定：

- 1 均质土体宜按照圆弧滑动法或者条分法进行稳定性验算；
- 2 有软弱夹层时宜按折线法对夹层位置进行稳定性验算；
- 3 受雨水、地下水、管道破裂或施工用水等影响，对浸水可能大的基坑，宜按饱和工况进行稳定性验算；
- 4 基坑侧壁后缘具有垂直张拉裂隙的黄土基坑，在稳定性计算中应考虑裂隙充水对抗壁整体稳定的影响。

5 基坑侧壁变形不应超过表 3.1.8 变形限值且不能影响周边管线和建（构）筑物正常使用。

5.2.2 对土质均匀、无地下水、自坑顶边缘向外一倍基坑深度范围内无地面荷载的土质边坡，其坡率允许值可结合地区经验，按表 5.2.2 初步确定。

表 5. 2. 2 土质基坑侧壁放坡坡度允许值（高宽比）

岩土类别	岩土性状	坡率允许值（高宽比）	
		坑深 5.0m 以内	坑深 5.0~8.0m
填土	中密~密实	1:0.40~1:0.75	/
砂土	/	自然休止角（内摩擦角）	
粉土	饱和度 ($S_r \leq 50\%$)	1:1.00~1:1.25	1:1.25~1:1.50
黄土	黄土状土 (Q_4)	1:0.40~1:0.50	1:0.50~1:0.75
	马兰黄土 (Q_3)	1:0.30~1:0.40	1:0.40~1:0.50
	离石黄土 (Q_2)	1:0.20~1:0.30	1:0.30~1:0.40
	午城黄土 (Q_1)	1:0.10~1:0.20	1:0.20~1:0.30
其他黏性土	坚硬	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25
	硬塑	1:1.00~1:1.25	1:1.25~1:1.50
	可塑	1:1.25~1:1.50	1:1.50~1:1.75

注：1 市政管网工程基坑在无降水因素干扰的条件下，基坑暴露时间小于15天时，坡率可取大值；大于15天时，坡率应取小值；若实际坡率大于上表大值时可采取辅助内支撑措施；若坑壁渗水时上述坡率仅供参考。

2 基坑顶部存在临时堆载、车辆动荷载等可能影响基坑侧壁安全的偶然荷载时，初步确定方案坡率可按小值考虑，但应进一步进行稳定性和变形验算。

5.2.2 【条文说明】 根据市政管网工程的特点，一般开槽施工基坑深度不超过5.0m，上述放坡坡比主要适用于周边环境条件简单的空旷场地，如开发区新建道路附近的市政管网工程，对于市内既有道路及附近的市政管网受挖掘占道要求对开挖范围有要求，往往难以放缓达到上表坡比的大值，故要求配合辅助内支撑措施如木支撑等。

城区道路5.0m以下深度范围内主要开挖地层为经过分层碾压的填土，固结程度良好，多处于中密~密实状态，土体自稳性一般较好，表5.2.2基于上述条件给出建议坡度允许值，若填土密实度不够或者包含杂填土成分，则放坡坡比应大于1:0.75。

砂土由于成因、状态和人类工程活动的影响，空间分布和力学性质往往相差较大，且规律性较差，因此表5.2.2建议维持自稳的自然休止角，设计人员可根据当地砂土地层施工经验进行具体设计。

表中所述粉土和黏性土特指分布于低阶地的、按照《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001,2009版）3.3节分类命名，不具备大孔隙（ $e < 1.0$ ）、低含水量（ $w < 20\%$ ）等物理性质和典型结构性与压密性等力学性质的细颗粒土，本条根据不同的性

状分类对粉土与黏性土分别给出坡度允许值。

对于主要分布于黄土梁洼、黄土台塬和高阶地的具有典型黄土力学性质的土类，相较于其他粉土与黏性土在相同高度下往往具有更好的自稳性。表中黄土的坡度允许值主要针对地下水位及毛细带水以上的可塑~坚硬状态的黄土，对于水位附近存在毛细带水或存在上层滞水的可塑~软塑黄土放坡坡比应慎重考虑，对于降水后的黄土放坡比应通过计算确定。

根据调查走访大量实际工程案例，城区空间有限，市政管网工程基坑尺寸相对狭小，对于一些市政管网工程应急修复工程，在严格限制坑边堆载，优化施工组织设计和加强监控的前提下，大量深度小于 3.0m 的应急类市政管网工程基坑往往采用陡立开挖的施工形式，弃土直接转运出场，短期内抢修完成后快速回填，整个抢修过程中严格执行安全监测和巡视工作，高效、快速地完成了大量市政管网应急抢修任务。

5.2.3 基坑侧壁型式可结合坑深和侧壁土性选用下列类型：

- 1 单坡型：适用于基坑深度小于 5.0m，且土质均匀的基坑侧壁；
- 2 折线型：基坑深度小于 5.0m，开挖深度范围内存在力学性质明显差异的土层，可根据土层性质差异采用折线型基坑侧壁；
- 3 台阶型：基坑深度大于 5.0m 时，应根据工程实际条件在岩土分界或一定深度处设置一级或多级过渡平台，平台宽度不宜小于 1.0m，并在平台处设置防排水措施；
- 4 组合型：上部采用放坡、下部采用其他支护结构的组合型基坑侧壁，其稳定性验算时须考虑下部支护结构变形对上部放坡部分的不利影响。

5.2.3【条文说明】 对于折线型、台阶型和组合型的基坑侧壁形式，由于不同土层存在力学性质差异、不同支护形式防护程度不一，依据 5.2.1 所述方法进行整体稳定性验算后，尚应根据具体支护型式进行局部稳定性验算，确保整个侧壁的安全稳定。

5.2.4 基坑侧壁应根据绿色环保要求、土质条件、裸露时间以及受水侵蚀等情况，选取下列适宜的坡面防护措施：

- 1 防水膜覆盖：对基坑和侧壁采取土工膜、塑料薄膜、防水毯等防水膜材料通过压茬搭接覆盖，坡顶、坡角等部位用土包压边，适用于土质条件相对较好、裸露

时间较短的基坑：

2 水泥砂浆覆盖：基坑侧壁坡面喷射或抹 30mm 厚水泥砂浆，砂浆强度等级不宜低于 M7.5，适用于土质相对较好、裸露时间较长的基坑；

3 土袋覆盖：在基坑坡脚码放土袋，适用于土质相对较差、裸露时间较长的基坑。

5.2.4 【条文说明】 市政管网工程周边环境条件较为复杂，基坑内空间尺寸相对狭小，作业时间短、施工作业场地有限，因此挂网混凝土喷护、砌筑砖（石）挡墙（除砖胎膜）等坡面防护环保经济性较差，不予推荐。一般市政管道工程线路长，常采取分段开挖施工，开挖的基坑裸露时间长短取决于该作业段市政管网是否可在短期内迅速完成开挖和施工，基于市政管网工程的特殊性，裸露时间一般不大于一个月。若基坑侧壁土质条件较好，裸露时间较短，期间无较大的连续降雨和积水，或短时间内降雨小对基坑安全影响不大，基坑侧壁受水侵蚀冲刷安全风险很小时，则可仅考虑环保要求，防尘网覆盖。

5.3 施工与质量检验

5.3.1 施工开挖前应校核基坑位置及开挖尺寸线，人工开挖沟槽的槽深超过 3m 时应分层开挖，每层的深度不超过 2m。

5.3.2 机械开挖时，坑壁坡度及坡面平整度应满足设计要求。开挖过程中应根据工程节点和时间要求检查平面尺寸、竖向标高、坡面坡度及周边环境条件的变化，坑底应预留 200mm~300mm 厚保护层进行人工修整。

5.3.3 城区土方开挖和转运过程宜喷雾降尘，开挖完成后应及时采用防尘网对临时堆土、侧壁坡面等裸露部位进行覆盖。

5.3.4 基坑周边市政道路应根据实际情况布置保护钢板，坑边超载应满足支护设计要求；当设计未明确要求或堆载超出设计要求时，应在专项施工方案中结合实际堆载进行稳定性验算，必要时应采取补充加固措施。

5.3.4 【条文说明】 城区空间有限，线性基槽开挖产生的弃土一般直接转运出场；空旷场地或者市内道路周边空间条件允许时，可以在基坑周边安全距离临时堆置弃土，临时堆土应首先确保堆土自身安全稳定，其次不应对基坑工程造成安全隐患。由于空间受限、环境条件复杂，管网基坑周边往往存在大量行人、车辆等动荷

载，可能在某一区域产生短时集中荷载，引发基坑安全事故，因此，在基坑周边存在市政道路时，应根据现场条件在既有路面铺设保护钢板以分散应力，防止集中荷载的影响。

5.3.5 雨季、冬期施工时，应按要求做好排水和防冻措施；当坡面有渗水时，应查明渗水来源，并采取外倾泄水孔等措施进行疏导；夜间施工时，现场照明应能满足施工要求。

5.3.6 放坡开挖工程施工质量检验应检查坡面平整度、坡度、标高及基坑长度、宽度等几何尺寸是否符合设计要求，设计无明确要求时应符合表 5.3.6 的要求：

表 5. 3. 6 坡率法施工质量检验要求

检验类别	项目	允许偏差或允许值 (mm)			检验方法
		线性基槽	基坑、工作井		
			人工	机械	
主控项目	边坡形态	设计要求			观察，坡度尺检查
一般项目	标高	±20	±30	±50	水准仪
	长度、宽度 (设计中心线向两边量测)	+200 -50	+300 -100	+500 -150	经纬仪，钢尺
	表面平整度	±20	±20	±20	2m 靠尺和楔形塞尺检查

5.3.7 放坡开挖工程施工安全和监测应符合下列要求：

1 放坡开挖施工前应制定切实可行的施工方案，明确现场施工安全和监测方案，完善紧急情况下的防护预警及疏散救援措施。

2 当开挖土层与设计条件不符时，应反馈设计并进行复核，必要时可进行局部支护处理；

3 施工过程中应加强对关键部位坡顶水平位移、过渡平台、地面沉降监测；

4 应有专人负责对坡面、地面裂缝及其发展情况进行检测与巡视；应对地面排水、可能存在的地下管线渗漏和坡面变化情况进行定期巡视检查；

5 当基坑周边交通条件复杂时，应有专人负责交通疏导和地面安全管理。

【条文说明】 市政管网工程城区内开挖施工时，由于周边环境条件复杂，各种偶然因素较多，极易出现安全隐患，因此施工前必须制定完善的施工方案，尤其是安全监测以及防护预警方面的内容，出现安全事故时应能快速响应处理。城区土体状态受开挖扰动、水网渗漏侵蚀等影响较大，开挖过程中应加强地层复核、巡视巡查和监测预警工作，在基坑开挖过程中如果出现局部大厚度填土、含水率异常等地层条

件与勘察结论的土质条件不一致时，应及时向各方反馈对设计方案进行现场调整。
另外，城区复杂环境条件下应加强施工现场组织管理，确保坡率法施工安全可控。

6 木支撑

6.1 一般规定

6.1.1 木支撑体系适用于地下水位以上且侧壁土体自稳能力较好的，深度不超过5m、宽度不大于6m的市政管网基坑工程。

6.1.1【条文说明】当施工临时荷载小，周边环境简单、基坑深度不超过3m、侧壁土质较好，且开挖深度范围内无地下水时可采用非连续式挡土板支护结构体系，可根据土质、深度不同采取一定水平和竖向间距的密支撑体系；当土质较差时应采用连续式挡土板支护结构体系。采用木支撑的市政管网基坑工程，在土方开挖修坡过程中，坡率可设置为1:0.1~1:0.3，能增加基坑侧壁稳定性且方便木支撑施工。

6.1.2 木支撑体系主要结构为受弯和压弯构件，当采用目测分级木材时，最低材质等级应选用IIa级，且应符合现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005的相关要求。

6.1.2【条文说明】挡土板及楞木按受弯构件计算；横撑自重较小时为受压构件，横撑自重不可忽略时按压弯构件计算。依据现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005，受弯和压弯构件的最低材质目测分级等级为IIa级。IIa级方木目测分级的主要指标如下：不允许出现腐朽；木节在构件任一面任何150mm长度上所有木节尺寸的总和，不应大于所在面宽的2/5；斜纹在任何1m材长上平均倾斜高度，不应大于80mm；在连接部位的受剪面上不允许出现裂缝，在连接部位的受剪面附近，其裂缝深度不应大于材宽的1/3。

6.1.3 横撑等主要受力构件应优先采用细密、直纹、无节和无其他缺陷的耐腐硬质阔叶材。

6.1.4 木支撑材料存储时应注意防水防潮、防白蚁及防火，使用前应进行化学防腐处理。

6.1.4【条文说明】阻燃剂、防火涂料及防腐防虫等药剂，不得危及人畜安全，不得污染环境。

6.1.5 木支撑结构的设置应遵循随挖随支、严禁超挖、分段开挖的基本原则；木支撑结构的拆除应随基坑回填自下而上进行，并遵循先支后拆的原则，必要时进行换撑和加强支撑。

6.1.5【条文说明】木支撑结构充分利用了土层开挖后的临时自稳直立高度，在基坑侧壁土体未出现变形时应及时进行支护，若支撑妨碍施工，应先进行换撑。设计施工应遵循随挖随支、严禁超挖、分段开挖的基本原则。木支撑结构的拆除应随基坑回填自下而上进行，并遵循先支后拆的原则，必要时进行换撑。木支撑施工前应制定安全可靠的开挖方案、支护施工工艺、工序流程，规范开挖和支护人员的作业行为，确保施工人员始终处于基坑安全防护范围内或能随时撤离到安全区域。开挖时应提前准备支撑材料，每段沟槽开挖与后续支撑形成有序衔接，从支护段向开挖段逐步推进，作业人员应避免进入未支护区域。

6.1.6 定向钻拖管工作坑及管道检查井基坑采用木支撑结构支护时应设置边部对撑和角撑，当基坑长宽比大于2时宜设置对撑。

6.1.7 采用木支撑的基坑，应按照本规程第11章相关要求，做好地表水的防排措施。

6.2 设计

6.2.1 木支撑结构体系包含水平挡土板、竖向挡土板、楞木、横撑及木楔等构件。

6.2.1【条文说明】一般情况下水平挡板、立楞木、横撑及木楔为一种组合形式，竖向挡土板、横楞木、横撑及木楔为另外一种组合形式，可根据现场实际情况灵活使用。当楞木与挡土板、楞木与横撑之间有缝隙时，可设置木楔。施工过程中可简化材料种类，一般将较厚的木板作为水平、竖向挡土板或楞木使用。用圆木作为横撑，用圆木的下脚料作为木楔，也能满足木支撑需要。

6.2.2 木支撑结构连接应牢固、可靠，受力简单、传力明确。

6.2.2【条文说明】木支撑结构计算模型应与实际情况相符，当计算模型不明确时，应通过试验或工程经验确定。

6.2.3 木支撑体系主要构件可按下列方法确定

1 水平挡土板设计，水平挡土板的厚度可按下列公式计算确定：

$$d = \sqrt{\frac{6W}{b}} \quad (6.2.3-1)$$

$$W = \frac{M_{\max}}{f_m} \quad (6.2.3-2)$$

$$M_{\max} = \frac{q_1 L^2}{8} \quad (6.2.3-3)$$

$$q_1 = pb \quad (6.2.3-4)$$

式中： d ——挡土板的厚度（m）；

W ——挡土板截面抵抗矩（ 10^{-3}m^3 ）；

b ——每道横撑与相邻横撑上下半高度范围内挡土板的总高度（m）；

M_{\max} ——计算横撑处水平挡土板所受最大弯矩（ $\text{kN}\cdot\text{m}$ ）；

f_m ——木材的抗弯强度设计值（ $10^3\text{kN}/\text{m}^2$ ）；

q_1 ——计算横撑处每延米的荷载（ kN/m ）；

L ——立楞木间距（m）；

p ——计算横撑处主动土压力强度（ kPa ），由本规程附录 A 计算确定。

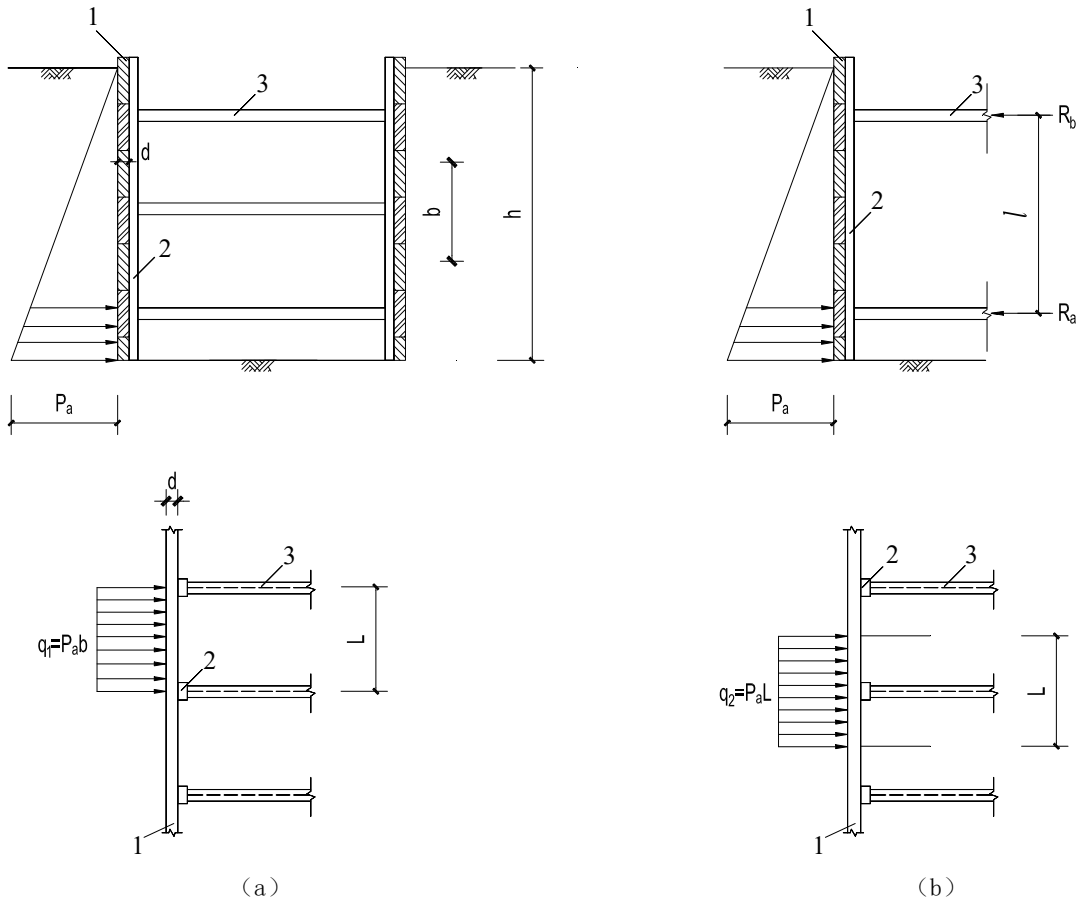


图 6.2.3-1 连续水平板式支撑简图

(a) 水平挡土板计算简图； (b) 立楞木计算简图

1—水平挡土板；2—立楞木；3—横撑

2 立楞木设计，立楞木的截面尺寸可按下列公式计算确定：

立楞木下端支点反力为： $R_a = q_2 l / 2$ ；立楞木上端支点反力为： $R_b = q_2 l / 6$ 。最大

弯矩所在截面与上端支点的距离为： $x = \frac{l}{\sqrt{3}} \approx 0.577l$ 。

$$bh^2 = 6W \quad (6.2.3-5)$$

最大应力为：
$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} \leq f_m \quad (6.2.3-6)$$

最大弯矩为：
$$M_{\max} = 0.064q_2l^2 \quad (6.2.3-7)$$

式中： b ——垂直于弯矩作用方向立楞木的宽（m）；

h ——平行于弯矩作用方向立楞木的高（m）；

σ ——立楞木应力（ 10^3kN/m^2 ）；

q_2 ——下端支点处主动土压力（ kN/m ）；

l ——上下横撑间距（m）。

3 水平支撑设计，横撑截面可按下列公式计算确定：

$$A_c = \frac{R_a}{\varphi f_c} \quad (6.2.3-8)$$

$$R_a = \frac{q_2l_2 + q_3l_3}{2} \quad (6.2.3-9)$$

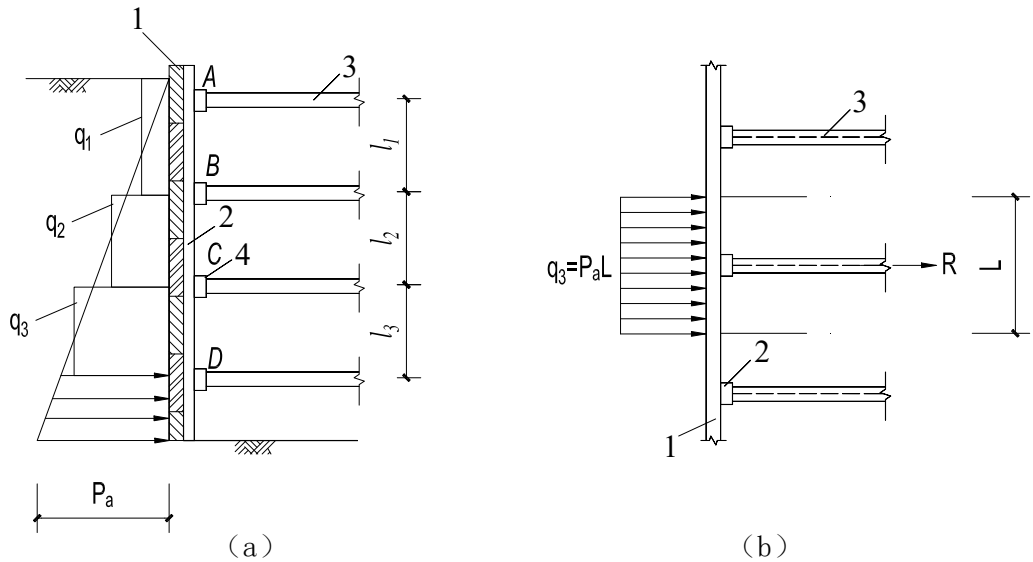


图 6.2.3-2 多道横撑计算简图

(a) 多道横撑简图；(b) 立柱横撑受力简图

1—水平挡土板；2—立楞木；3—横撑；4—木楔

对于原木等级为 TC15、TC17 及 TB20 的横撑构件，

当 $\lambda > 75$ 时
$$\varphi = \frac{2993}{\lambda^2} \quad (6.2.3-10)$$

$$\text{当 } \lambda \leq 75 \text{ 时} \quad \varphi = \frac{1}{1 + \frac{\lambda^2}{6377}} \quad (6.2.3-11)$$

对于原木等级为 TC11、TC13 及 TB11、TB13、TB15、TB17 的横撑构件，

$$\text{当 } \lambda > 91 \text{ 时} \quad \varphi = \frac{2810}{\lambda^2} \quad (6.2.3-12)$$

$$\text{当 } \lambda \leq 91 \text{ 时} \quad \varphi = \frac{1}{1 + \frac{\lambda^2}{4230}} \quad (6.2.3-13)$$

截面为矩形时 $\lambda = 2\sqrt{3}\frac{l}{b}$ ，其中 b 为矩形截面的短边；截面为圆形时 $\lambda = 4\frac{l}{d}$ ，其中 d 为圆形截面的直径。

式中： A_c ——横撑截面积（ m^2 ）；

R_a ——立楞木下端支点反力（ 10^3kN ）；

φ ——轴心受压构件稳定系数；

f_c ——横撑顺纹抗压强度设计值（ 10^3kN/m^2 ）；

TC——针叶树种原木抗弯强度设计值（ 10^3kN/m^2 ）；

TB——阔叶树种原木抗弯强度设计值（ 10^3kN/m^2 ）；

λ ——横撑的长细比。

6.2.3 【条文说明】根据工程实践，挡土板横向设置时，有利于土方开挖及挡土板的放置。当挡土板竖向设置时，可按三角形荷载计算。依据主动土压力分布特征，考虑到木材有一定韧性，且木支撑体系有楞木连接的结构特征，为简化计算过程并本着经济合理的原则，计算挡土板的厚度时，依据本规程附录 A，先计算每道横撑处的主动土压力强度，每道横撑与相邻横撑上一半高度范围内的水平挡土板所承受荷载的分布形式为三角形，横撑处的荷载为三角形中线处荷载，可等效为均布荷载。

依据工程经验，水平挡土板的最大变形一般发生在两道横撑之间的跨中位置，考虑到木支撑结构体系的支点连接形式、强度及受力特点，按照简支梁跨中最大弯矩计算挡土板的厚度符合工程实际，能保证计算结果可靠，确保基坑安全。

考虑到横撑的自重相较于其所受轴向压力很小，根据横撑构件受力特征，横撑按照轴心受压构件计算其稳定系数。横撑的长细比可按照现行国家标准《木结构设

计标准》GB 50005 计算，长度计算系数 k_l 的建议取值为1.0。

6.2.4 木支撑体系的强度及稳定性应按下列方法验算。

挡土板及楞木为受弯构件按下式验算：

$$\text{强度验算} \quad \frac{M}{W} \leq f_m \quad (6.2.4-1)$$

$$\text{稳定性验算} \quad \frac{M}{\varphi W} \leq f_m \quad (6.2.4-2)$$

对于截面形状为矩形的构件： $W = \frac{bh^2}{6}$ ，其中 b 为垂直于弯矩作用方向的边长，单

位为 m。对截面形状为圆形的横撑： $W = \frac{\pi d^3}{32}$ ，其中 d 为横撑直径，单位为 m。

对于横撑按轴心受压构件按下式计算：

$$\text{强度验算} \quad \frac{N}{A_n} \leq f_c \quad (6.2.4-3)$$

$$\text{稳定性验算} \quad \frac{N}{\varphi A_0} \leq f_c \quad (6.2.4-4)$$

式中： N ——横撑的压力设计值（ 10^3kN ）；

A_n ——横撑的净截面面积（ m^2 ）；

A_0 ——横撑截面的计算面积（ m^2 ）。

6.2.4【条文说明】立楞木一般为矩形截面，为提高材料利用率，按照材料力学基本理论，楞长边应平行于弯矩作用方向设置。横撑截面按细处计算，原木无缺口时计算面积可按全截面面积计取。

6.2.5 横撑的长细比、横撑截面的计算面积可按照现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005 确定。方木、原木材料强度参数见附录 B。

6.2.6 横撑与楞木间距保持一致，其数值应通过本规程 6.2.3 条及 6.2.4 条计算确定，横撑的水平间距不宜大于 2m，竖向间距不宜大于 1.5m。

6.2.6【条文说明】木支撑结构体系材料强度、刚度及节点连接强度均比钢结构及混凝土结构低，横撑是重要的传力构件，为了确保基坑安全，规定横撑的水平间距不宜大于 2m，竖向间距不宜大于 1.5m。为保证结构传力可靠，横撑与楞木在水平面及横断面上应保持垂直。

6.2.7 挡土板与楞木之间应采用钢钉连接，钢钉长不应小于 80mm，直径不应小于 2.8mm，每一垂直交点处最少钢钉数为两颗，且间距应小于 150mm。

6.2.7【条文说明】木支撑属于轻型木结构，本条参照了现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005 中轻型木结构构件之间钉连接的相关要求。

6.2.8 横撑与楞木采用锚固钢钉连接，每个节点钢钉不少于 3 根，且均匀布置，锚固钢钉长度不小于 300mm，弯钩部分不小于 150mm，直径不小于 12mm，宜采用 HRB400 级钢材制作。

6.2.8【条文说明】锚固钢钉可在现场加工，数量较大时，可委托专业公司加工，其母材质量应符合现行国家标准要求，规格尺寸等指标应符合设计要求。

6.2.9 基坑深度不超过 3m 且侧壁土层干燥稳定时，可采用断续式挡土板；基坑深度大于 3m 时应采用密支撑或连续式挡土板。

6.3 施工与质量检验

6.3.1 木支撑的施工方法，应根据设计要求、地质条件、场地条件、周边环境条件及基坑深度等因素综合确定。

6.3.2 木支撑材料在使用前应对其材质性能进行复核检查，并应符合下列要求：

1 用于木支撑体系各类构件的圆木、方木、板材及规格材进场时应测定其含水率。进场规格材应有产品质量合格证书、产品标识或可追溯来源；

2 当进场木支撑为新加工木材时，应按设计要求进行材质、外观质量、长度、宽度、厚度和平直度检查；

3 利用周转木支撑材料的，在使用前应对挡土板、楞木及横撑等主要构件进行检查，对其完整性和强度指标进行评估，满足设计要求时方可进场。

6.3.2【条文说明】原木进场时的含水率不应大于 25%，板材及规格材进场时含水率不应大于 20%。木材材质、外观质量、长度、宽度、厚度和平直度存在明显缺陷的，如木质疏松、腐朽、开裂破损，以及横撑、挡土板、楞木截面尺寸小于设计值或弯曲变形的，严禁使用。

6.3.3 采用木支撑支护施工前应经计算确定木支撑构件的规格尺寸、布设，且应符合下列规定：

1 木支撑构件规格应符合下列规定：

1) 挡土板厚度不宜小于 50mm，长度不宜小于 4m。

2) 楞木宜为方木, 其断面尺寸不宜小于 150mm×150mm。

3) 横撑宜为圆木, 其梢径不宜小于 100mm。

2 木支撑的布置应符合下列规定:

1) 每根立楞木上不得少于 2 根横撑。

2) 横撑的水平间距不宜大于 2.0m。

3) 横撑的垂直间距不宜大于 1.5m。

4) 横撑影响下管等施工作业时, 应有相应的换撑措施或采取其他有效的支撑结构。

6.3.4 基坑土方应分层分段开挖, 无地下水且侧壁为黄土时, 每层开挖深度控制在 1.5m 以内, 填土较厚或土层疏松时每层开挖深度应控制在 1m 以内。

6.3.4【条文说明】为方便挡土板施工, 提高基坑侧壁稳定性, 当场地条件允许时, 开挖修坡后可设置为 1:0.1~1:0.3。

6.3.5 基坑土方开挖及支护过程中, 木支撑结构安装施工应符合下列规定:

1 木支撑安装应符合设计工况及要求, 随挖土及时安装支撑;

2 应保证横撑的支点位于楞木上, 横撑与楞木在水平和竖向均垂直, 确保横撑轴心受压且抵紧、牢固; 若坡面倾斜, 则横撑两端也应加工为斜面, 其斜率应与坡面相同, 必要时增加木楔夹紧;

3 若遇其他管道横穿沟槽, 横撑应靠近既有管道布置;

4 挡土板的接缝应设置在楞木与横撑支点处, 同一断面挡土板接缝率不应超过 50%; 严禁将木材对接后作为横撑使用。

6.3.5【条文说明】楞木跨中弯矩大, 接缝不宜设置在远离支点的位置。为确保结构受力合理, 同一断面挡土板的接缝率不应超过 50%。

6.3.6 木支撑结构体系施工应遵循如下安全技术要求:

1 基坑周边施工材料、设施或车辆荷载严禁超过设计要求的地面荷载限值;

2 木支撑构件应随开挖及时安装, 土方开挖应由支撑区向非支撑区逐步推进, 作业人员不得进入未支撑区域;

3 挖土机械不得对已完成支护结构产生扰动和撞击;

4 横撑上不得放置任何物品及材料;

5 管节、材料和设备吊装过程中, 应做好对已经架设完成的横撑的保护, 不得

碰撞。

6.3.7 木支撑支护结构体系质量检验除需符合现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206 的相关要求外，尚应符合下列规定：

- 1 挡土板及横撑与楞木之间的连接钢钉、锚固钢钉的规格、数量，应符合设计文件的要求；
- 2 被连接件间的接触面应平整，钉紧后局部裂隙宽度不应超过 2mm，连接钢钉钉帽与被连接件外表面齐平；
- 3 连接钢钉和锚固钢钉钉孔周围不应有木材胀裂现象；
- 4 挡土板、楞木及横撑等主要构件数量及位置应符合设计要求。

6.3.8 木支撑结构体系质量检验标准应符合表 6.3.8 的规定。

表 6.3.8 木支撑结构质量检验标准

项目	序号	检测项目	允许值或允许偏差		检测方法
			单	数值	
主控项目	1	木材腐朽	不允许		目测
	2	竖向挡土板长度	不小于设计值		钢尺量测
	3	挡土板间距	不大于设计值		钢尺量测
	4	横撑水平间距	不大于设计值		钢尺量测
	5	横撑竖向间距	不大于设计值		钢尺量测
一般项目	1	锚固钢钉及连接钢钉数量	不少于设计值		目测、现场核
	2	锚固钢钉位置	mm	20	钢尺量测
	3	挡土板、楞木及横撑挠度	m	L/250	全站仪或钢尺
	4	挡土板、楞木裂缝深度	≤1/3b		钢尺量测
	5	挡土板、楞木及横撑截面	mm	-5	钢尺量测
	6	横撑平面及垂面垂直度	mm	≤10	经纬仪、铅垂
	7	横撑两端顶部高程	mm	10	水准仪

注：1、L 为挡土板及楞木跨度，单位为 m。

2、b 为挡土板、楞木截面最小尺寸。

6.3.9 木支撑结构在日常使用中，应进行常规检查，当发现不满足设计要求或存在安全隐患时应及时整改。常规检查重点项目为：

- 1 检查支撑结构构件的弯曲、劈裂、倾斜、变形迹象；
- 2 检查结构构件之间的连接松动、移位情况，以及连接破损失效或缺失情况；

3 结构的腐朽和白蚁危害情况；

4 基坑两侧坡面土层开裂、松动变形、附近建（构）筑物变形、既有管道变形渗漏等不利情况。

6.3.10 木支撑结构拆除应符合下列规定：

1 支撑的拆除应符合设计要求，拆除作业与基坑回填应密切配合，基坑回填应及时；

2 对于多层支撑的基坑，应待下层回填完成后再拆除其上层支撑；

3 拆除单层密排支撑时，应先回填至下层横撑底面，再拆除下层横撑，待回填至支撑净高度一半以上时再拆除上层横撑；对一次拆除有危险的部位，宜采取替换拆除法拆除支撑。

6.3.11 竖向挡土板及立楞木拔除后，应按设计要求对孔隙填充处理，填充材料可采用原土、级配良好的砂土，也可采用注浆法等，应填充密实。

6.3.11【条文说明】 场地存在湿陷性黄土时不应采用砂土等粗颗粒土回填，原土回填困难时可采用注浆法处理。

6.3.12 木支撑绿色环保施工应符合下列要求：

1 有条件时采用周转材料；

2 施工过程中采取措施降低对周边环境的污染。

6.3.13 需要回收再利用的木支撑材料，应清理干净，并做好防腐、防白蚁及防火措施后存放于干燥通风的仓库中。

7 钢板桩

7.1 一般规定

7.1.1 钢板桩支护适用于直立开挖的市政管网沟槽和顶管基坑支护，一般也具有侧面止水功能。

7.1.2 钢板桩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。

7.1.3 承载能力极限状态应包括：

1 钢板桩支护结构构件或连接构件因应力超过材料强度而破坏，或因变形过大而不适于继续承载；

2 钢板桩支护结构或结构构件丧失稳定；

3 钢板桩支护结构或土体发生倾覆，或发生滑动、隆起、推移、滑移等变形，且变形不收敛甚至有加速趋势；

4 地下水渗流引起土体渗透破坏；

5 水中钢板桩围堰等工程中尚需考虑深水基础抗浮失效等问题。

7.1.4 正常使用极限状态应包括：

1 钢板桩支护结构的变形或地下水的状态已影响地下结构或周边环境的正常使用功能；

2 当钢板桩支护结构构件同时用作主体地下结构构件时，钢板桩支护结构水平位移控制值大于主体结构设计对其变形的限值；

3 当无本条第 1 款、第 2 款情况时，钢板桩支护结构水平位移已达到控制值。

7.1.5 钢板桩支护可以兼做止水帷幕，通过浇筑封底混凝土后排水，达到沟槽和基坑内降水的目的。

7.1.6 钢板桩的型号、性能、外形尺寸允许偏差应符合《热轧钢板桩》GB/T 20933 或《钢板桩》JG/T 196 的相关规定。钢板桩支护设计中钢板桩的型号标注不能采用其他国家钢板桩型号。

7.1.6【条文说明】目前很多设计单位出图采用日本产 U 形钢板桩型号进行截面选型，给施工单位在进场材料质量方面造成困难，要求设计单位按照国标选型，且国标的型号已完全涵盖了日本产 U 形钢板桩型号。

7.1.7 钢板桩宜采用整材，通用长度一般为 6m、9m、12m、15m、18m。

7.1.8 钢板桩的转角桩，宜采用成型锁口产品焊接而成，也可由原钢板桩沿纵向割下的带锁口的肢体焊接而成。

7.1.9 悬臂式、支撑式钢板桩支护的基坑深度不宜超过 9m。若基坑上部采用自然放坡或土钉墙支护、下部采用钢板桩支护的组合式支护体系，可用于开挖深度大于 9m 的深基坑。

7.1.9【条文说明】钢板桩支护体系类型包括悬臂式、支撑式和组合式。悬臂式支护结构顶部位移较大，钢板桩挡土构件内力分布不均匀，但可省去支撑和锚杆，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，可采用此支护形式。支撑式支护结构易于控制水平变形，钢板桩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要求严格时，常采用这种结构形式。当钢板桩顶部采取放坡，下部采取支撑或锚拉支护等组合式支护体系时，钢板桩支护深度可加深。

7.1.10 钢板桩支护设计应分析锤击或振动成桩对周围环境的不利影响，以及施工结束后钢板桩拔除对周围环境的不利影响，并提出相应的措施。

7.1.11 钢板桩沉桩方法应根据地质条件、噪声及振动控制要求、钢板桩长度等因素确定，宜采用免共振振动锤沉桩或静压沉桩。

7.1.11【条文说明】本条规定是为了降低振动沉桩法或锤击沉桩法的噪声和振动对周边环境的影响。免共振振动锤通过改变振动锤的频率和振幅，避免共振引起钢板桩周围土体的剧烈振动。

7.2 设计

7.2.1 钢板桩的平面布置宜平直整齐，宜避免不规则的转角。

7.2.2 钢板桩转角处可采用特制的转角钢板桩或通过切割、焊接等方法加工钢板桩成异型钢板桩进行转角连接。转角处钢板桩结构性能应满足受力及稳定等要求，转角桩或定位桩可比其他板桩长 2.0m。

7.2.3 当悬臂式钢板桩支护变形较大时，宜设置水平钢支撑或对撑，竖向支撑数须根据计算确定。钢板桩支护明挖沟槽的支撑结构类型如下图所示：

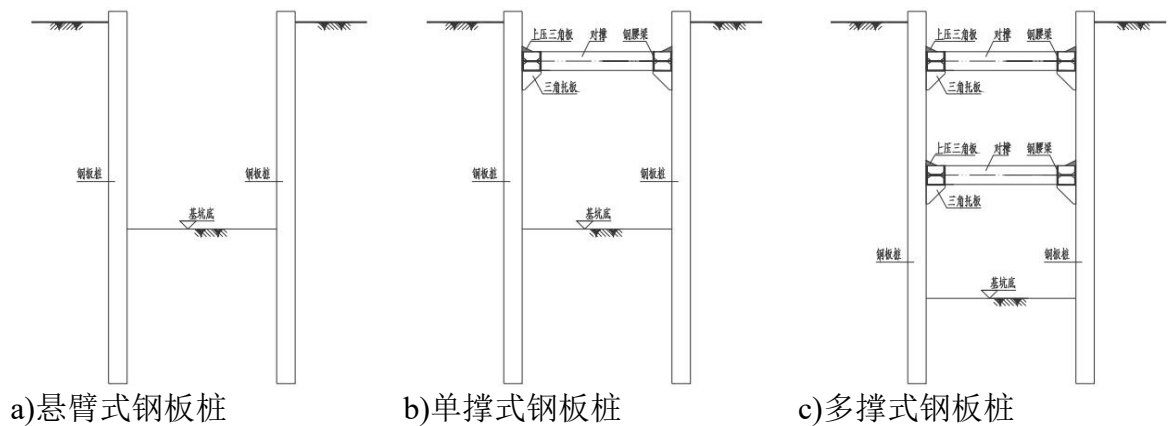


图 7.2.3 钢板桩结构类型

7.2.4 钢板桩支护结构的设计施工应符合下列原则：

1 满足钢板桩支护结构稳定性要求：不产生倾覆、滑移和局部失稳，基坑底部不产生隆起、管涌；

2 对于要求具有止水功能时，钢板桩支护侧壁不应出现明显渗漏和水土流失，不得影响邻近建（构）筑物、道路或重要管线的安全和正常使用；

3 钢板桩支护结构的变形不应大于周边环境保护要求的控制值，对一、二级基坑工程应采取设计、施工及监测相结合的综合措施，严格控制变形。

7.2.5 钢板桩支护结构的设计应包括以下内容：

- 1 荷载计算；
- 2 钢板桩、锚杆或支撑体系的选型；
- 3 钢板桩支护结构的内力、变形计算；
- 4 钢板桩支护结构的稳定计算；
- 5 锚杆或支撑体系的内力、稳定和变形计算；
- 6 钢板桩支护结构的构造设计；
- 7 施工技术要求、地下水控制要求及环境保护要求；
- 8 基坑监测要求。

7.2.6 钢板桩支护结构应按基坑各部位的开挖深度、周边环境条件、地质条件等因素划分设计计算剖面。每一计算剖面应按设计方案对应的各施工工况进行计算。

7.2.7 钢板桩支护结构的内力、变形计算应根据基坑深度和规模、基坑周边环境条件和地质条件、变形控制要求等因素，选择下列结构计算方法：

- 1 对于多撑式钢板桩，宜采用弹性支点法计算结构内力与变形；
- 2 对于悬臂式钢板桩及单撑式钢板桩，可采用静力平衡条件计算结构内力；对

于有变形控制要求的悬臂式排桩及单层支点排桩，可采用弹性地基梁法计算内力及变形量。

7.2.8 钢板桩支护体系构件承载能力计算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的相关规定。计算钢板桩的抗弯强度和刚度时，每延米钢板桩墙的截面惯性矩应乘以折减系数，对于首次使用的新钢板桩，取值 1.0，对于重复使用的旧钢板桩，根据重复利用次数，参考取值 0.65~0.95。

7.2.9 钢板桩支护结构的稳定计算包括：抗倾覆稳定性验算、整体稳定性验算，必要时进行基底抗隆起稳定性验算、抗突涌稳定性验算及抗渗流稳定性验算。

7.2.10 当坑底以下为软弱土时，可采用水泥土搅拌、高压旋喷注浆、注浆等方法对坑底土体进行局部或整体加固，水泥土搅拌桩、高压旋喷桩、注浆加固体宜采用格栅或实体形式。

7.2.11 钢板桩支护使用的支撑结构，其设计计算和施工方法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。

7.2.12 钢板桩宜采用钢围檩。钢围檩的截面承载能力宜根据设置情况按双向偏心受压连续梁或简支梁计算，并应验算在锚拉(支撑)处的局部受压承载力。圆形钢板桩支护结构围檩兼作环形支撑时，应进行结构稳定性验算。

7.2.13 钢围檩的构造应符合下列规定：

- 1 钢围檩可采用型钢或组合型钢，型钢之间宜增加连接缀板或连接钢板；
- 2 钢围檩分段之间可采用焊接，连接位置宜设置在 1/3 支撑跨度处，在支撑作用范围内钢围檩的翼缘和腹板均应加焊加劲板；
- 3 钢围檩应贴合钢板桩，钢围檩与钢板桩墙宜采用焊接连接方式；钢腰梁高度范围内钢板桩的空隙内采用强度不小于 C30 的细石混凝土填充(如下图 7.2.13 所示)，并应在其底部采取可靠措施封堵以防止混凝土坍落。

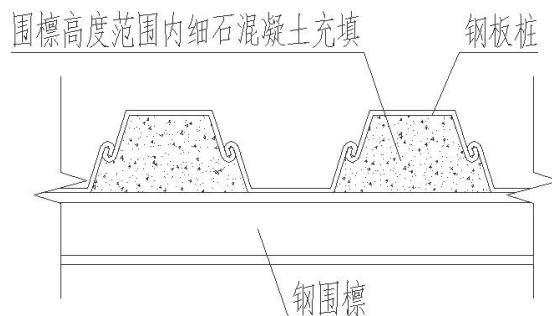


图 7.2.13 腰梁高度范围内钢板桩的空隙填充图示

7.2.14 支撑的平面布置应符合下列规定：

1 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 4m；

2 基坑形状有阳角时，阳角处的支撑应在两边同时设置；

3 支撑与钢围檩下应设三角托架，支撑伸入托架内长度不宜小于 50mm，三角托架应能承受支撑和钢围檩的自重，钢围檩上宜设置三角板，各构件之间宜满焊连接，焊缝高度不小于 8mm，如下图 7.2.14 所示；

4 水平支撑与钢板桩之间应设置钢围檩；在钢围檩上支撑点的间距不宜大于 6.5m。

7.2.14 【条文说明】 常规管材一节长度为 6m，为便于施工将钢腰梁的支撑之间的间距规定为不宜大于 6.5m，过小不便于安装，过大则不利于安全。

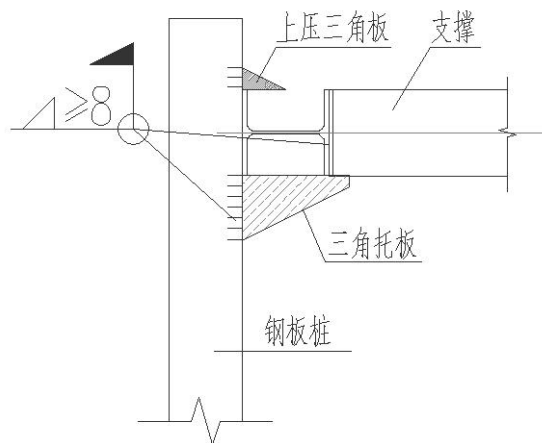


图 7.2.14 支撑与钢围檩的连接节点图

7.2.15 钢板桩入土深度应按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的稳定性要求计算确定，对悬臂式结构，不宜小于开挖深度的 80%；对单撑式钢板桩，不宜小于开挖深度的 30%；对多撑式钢板桩，不宜小于开挖深度的 20%。

7.3 施工与质量检验

7.3.1 钢板桩支护施工前应完成下列准备工作：

1 施工前建设单位应委托专业单位进行地下管线勘察，避免钢板桩插打过程中破坏地下管线，因地下管线影响不能插打钢板桩的部位，采取木支撑等其他支护措施，并对管线进行悬吊加固，或报请设计单位变更为顶管暗挖施工。

2 施工单位应调查施工场地及毗邻区域内的地下和地上管线、建筑物及障碍物，判断可能影响施工或受施工影响范围和程度，采取相应的安全技术措施；

- 3 对可能受施工影响范围内的建筑物，应对其进行鉴定；
- 4 平整及处理施工场地，达到地面平整、排水畅通、打桩机平整行走的要求；
- 5 在不受施工影响的地方设置钢板桩支护结构轴线的控制点和水平基准点；
- 6 选择适合本工程的施工设备安装就位，试运转正常；
- 7 首批钢板桩进场且验收合格。

7.3.2 振动法及静压法适用于标准贯入试验锤击数小于 25 的地层。螺旋钻预钻孔辅助沉桩法适用于标准贯入试验锤击数大于 25 的地层。正式开工前宜进行沉桩试验。

7.3.2【条文说明】：钢板桩打桩方法主要有锤击法、振动法和静压法，这三种方法各有优缺点。锤击法穿透能力比较强，适合在非常坚硬的土层中沉桩作业，但其缺点是噪声较大、冲击能量影响范围广，不适合周围环境条件敏感和限制施工的场地。振动法打桩快捷高效、作业成本低，是目前最常用的一种打桩方法，打桩时会产生一定的振动和噪声，可以通过选用合适的设备将噪声控制在最小程度，该方法不适用于非常敏感的场地。静压法是一种无振动无噪声的液压静力压桩方法，在黏性土中压桩非常有效，静压法在无法打桩的敏感地区是最有效的方法，但需要反力配重且占地范围较大。

7.3.3 沉桩试验宜符合下列规定：

- 1 利用支护桩位置试桩，试桩后作为支护桩使用；
- 2 试桩的位置、地质条件、设备规格、长度具有代表性；
- 3 试验桩选择在控制性勘探孔附近。

7.3.4 沉桩及拔桩施工可能影响邻近建筑物正常使用和安全时，应采取减少振动和挤土影响的措施。必要时，应对邻近建筑物进行加固处理并设点监测。

7.3.5 采用振动沉桩或锤击沉桩施工时，应采取下列防振动、噪声措施：

- 1 设置隔声屏或隔声带；
- 2 设置地面隔振沟，隔振沟下口宽度可取 0.5m~0.8m，深度应按隔振要求确定；
- 3 应设置振动、噪声监测点；
- 4 对沉桩阻力过大的坚硬土层，宜采用预引孔或高压射水等辅助措施。

7.3.6 采用振动法进行多桩的沉桩宜采用逐根法、屏风法或错列法。对钢板桩垂直度有较高要求时，沉桩前宜设置导向架，导向架的安装应符合下列规定：

- 1 用经纬仪和水准仪控制和调整导向架位置；

- 2 导向架的高度应有利于提高施工工效；
- 3 导向架不能随着沉桩而产生下沉和变形；
- 4 导向架不能与钢板桩碰撞。

7.3.6【条文说明】：钢板桩振动法既可以打桩又能拔桩，是目前最常用的一种打桩方法。振动法可以借助于吊车配合施工，也可以由挖掘机直接改装成机械手进行一体式施工。由于机械手是由挖掘机直接改装而成，所以可进行一体式施工，施工非常灵活快捷，但其一般会受到桩长和地质条件限制，在使用时应根据经验慎重选择。振动法是利用共振理论设计的，当桩的强迫振动频率与土壤颗粒的振动频率一致时，土壤颗粒产生共振，此时，土壤颗粒有最大的振幅，足够的振动速度和加速度能迅速破坏钢板桩和土壤之间的粘合力，使钢板桩桩身与土壤从压紧状态过渡到瞬间分离状态，沉桩阻力尤其侧面阻力迅速减小，钢板桩在振动锤自重作用下下沉。由于振动法是靠减小钢板桩与土壤之间的摩阻力达到沉桩的目的，所以在钢板桩和土壤之间的摩阻力减小的情况下，可以用稍大于桩自重和桩身阻力的力即可将钢板桩拔起。因此，钢板桩振动法施工发展迅速，已经广泛用于打拔钢板桩支护工程中。逐根法是采取单块打入，易向一边倾斜，累积误差不易纠正，单桩垂直度和排桩平直度难以控制，适用于要求不高，打桩长度不超过12m的情况，但这种打入方式非常方便快捷。屏风式打入方式需要安装足够高度的辅助导向架，插桩的自立高度较大，必须注意插桩的稳定和施工安全，较单块打入法施工速度较慢，适用于要求较高，打桩长度超过12m的情况。这种打入方法可减少误差积累和倾斜，易于控制打桩垂直度和排桩平直度。

7.3.7 采用静压法进行沉桩时应采取逐根法施工。设置反力基座时应确保地面平整并具备足够地基承载力，且确保静压植桩机处于水平状态。在反力基座上搭载配重时，应符合下列规定：

- 1 单侧搭载的配重不应超过160kN；
- 2 单列搭载的钢板桩数量不应超过10根；
- 3 搭载超过10根以上时，应分多列布置。

7.3.8 钢板桩拆除应符合下列规定：

- 1 在基坑沟槽回填达到规定高度后，方可拆除钢支撑、拔除钢板桩；
- 2 拔桩困难时，不宜强行拔除，宜先拔出相邻容易起拔的桩，再拔出较难拔出

的桩；

3 钢板桩拔除后应按设计要求及时将桩孔回填密实；采用灌砂回填时，非湿陷性黄土层可水冲助沉；也可采用水泥与水玻璃双液浆、水泥浆或水泥砂；填充方法可采用振动法、挤密填入法及注入法等。

7.3.9 钢板桩拔桩起点和顺序应符合下列规定：

- 1 拔桩的顺序宜与沉桩顺序相反，可根据沉时的情况确定拔桩起点；
- 2 宜采用分次、分段、间隔拔桩的顺序，不宜采用一次连续拔桩的方法；
- 3 对封闭式钢板桩墙，拔桩起点应离开角桩 5 根以上。

7.3.10 钢板桩振动拔桩法应符合下列规定：

- 1 依靠吊车或机械手施加提升力，并应边振边拔，直至拔桩完成；
- 2 可采用振动锤先将桩振打入 100mm~300mm，再交替振打、振拔，如此反复将桩拔出；
- 3 拔桩时，应注意桩机的负荷情况，发现上拔困难或无法上拔时，应停止拔桩；
- 4 对引拔阻力较大的钢板桩，可采用间歇振动的方法，每次振动 15min，振动锤连续工作不宜超过 1.5h。

7.3.11 桩顶设有冠梁时，可采用液压千斤顶、拔桩夹具并配备吊车进行拔桩。

7.3.12 振动法拔桩困难时，宜采取以下措施：

- 1 先将桩向下振沉 100-200mm，再边振边拔；
- 2 间歇振动拔桩，每次连续振动时间不超过 3min，振动锤连续工作不超过 1.5h。

7.3.13 钢板桩支护结构施工结束后的检验项目应符合下表的要求。

表7.3.13 钢板桩支护结构检验项目

序号	检验项目	允许偏差	检测方法
1	桩轴线偏差	±100mm	测量仪器
2	桩身垂直度	1%桩长且最大不超过200mm	测量仪器
3	整排桩侧面平直度	每10延米不超过100mm且累计不超过200mm	测量仪器
4	桩长	不小于设计长度	用钢尺量
5	桩顶标高	±100mm	测量仪器
6	侧壁渗漏	仅有局部渗漏	观察

7.3.14 钢板桩支护结构，在基坑开挖过程与支护结构使用期内，应委托具有相应资质的第三方专业监测机构对钢板桩支护结构及周边环境安全进行有效监测。钢板桩支护结构监测要求应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497 的相关规定。

8 钢筋混凝土桩

8.1 一般规定

8.1.1 本章适用于市政管网沟槽、顶管工作井及泵房基坑支护中采用的现浇钢筋混凝土灌注桩和微型桩的设计、施工与质量检验。

8.1.1【条文说明】本章的钢筋混凝土桩主要是指现浇钢筋混凝土灌注桩及微型桩。钢筋混凝土桩包含现浇钢筋混凝土灌注桩、微型桩及预制钢筋混凝土桩，一般市政管网基坑中常用现浇钢筋混凝土灌注桩和微型桩，近年来预制桩在基坑工程中也有使用，但在市政管网工程基坑中应用较少。钢筋混凝土桩在市政管网工程中主要用于基坑深大、地质和水文条件较复杂的沟槽、顶管工作井、市政管廊基坑以及市政管网工程配套的各类水池泵房类基坑，现浇钢筋混凝土灌注桩需要场地相对开阔便于大型桩基设备施工的场地条件。

8.1.2 钢筋混凝土桩的桩型与施工工艺应根据工程地质与水文地质条件、基坑深度与规模、周边环境（邻近建筑物或构筑物、道路、管线等）保护要求、施工条件、设备性能、工期及造价等因素，经技术经济对比后确定。

8.1.2【条文说明】：钢筋混凝土灌注桩的桩型根据其施工工艺分为泥浆护壁钻孔灌注桩、旋挖成孔灌注桩、冲孔灌注桩、长螺旋钻孔压灌桩后插钢筋笼及沉管灌注桩等。具体的适用条件应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008 中相关规定并结合本条中其他要求综合对比后确定。

8.1.3 钢筋混凝土桩支护应根据基坑深度、土的性质、基坑周边环境条件和施工场地条件等因素，选用锚杆-排桩、内支撑-排桩、悬臂式排桩等结构形式。其选取原则如下：

1 基坑较深或基坑周边环境对支护结构位移的限制严格时，宜选用锚杆-排桩、内支撑-排桩结构；

2 基坑较浅时，可选用悬臂式排桩结构；

3 当基坑形状为规则的矩形、圆形时可考虑采用钢筋混凝土桩加矩形、圆环形钢筋混凝土冠梁、腰梁或钢围檩的支护方式，但在设计时除应遵循相关规范标准中结构及稳定性计算要求外，宜采用数值模拟分析方法作为对常规设计方法的补充和验证。

8.1.3 【条文说明】：市政小尺寸深基坑（如深度较大的工作井）支护中常采取钢筋混凝土桩加矩形、圆环形钢筋混凝土冠梁、腰梁或钢围檩的支护形式，该支护有控制变形好、施工速度快、便于止水和对周边环境影响小等优点。这类基坑深度较大但平面尺寸有限，基坑中间需要吊装管道无法设置支撑横梁，为充分发挥市政小尺寸深基坑的空间效应，常采用钢筋混凝土桩加矩形、圆环形钢筋混凝土冠梁、腰梁或钢围檩的支护，有时在角部设斜撑。在西安地区靠近或穿越浐河、灞河、沣河和有关重大工程等深度较大的顶管工作井中有数个应用实例，其中基坑最大支护深度约30m，直径10m~12m。由于应用实例总体不多，因此设计时除应遵循相关规范标准中结构及稳定性计算要求外，宜采用数值模拟分析方法，深入评估支护结构与土体的相互作用、变形特性及对周边环境的影响，作为对常规设计方法的补充和验证。

8.1.4 当支护结构施工影响范围内存在对地基变形敏感、结构性能差的地下管线或建（构）筑物时，不应采用挤土效应严重、易塌孔、易缩径或有较大振动的施工工艺，其施工应采取避让或防止对其造成损害的措施。

8.1.4 【条文说明】：市政管网基坑周边常常分布有大量的地下管线，其中不乏一些带压或带电管线，而管线埋设位置常与图纸资料略有偏差，因此不能盲目施工。施工前应现场采取手段确认管线实际类型、平面位置、走向及埋深，竖向支护结构应选择合理的施工工艺及避让措施，水平支护结构施工前在施工人员做好安全防护措施的前提下宜采用人工探孔等方式避让地下管线及建（构）筑物。

8.1.5 基坑分层开挖时，应对开挖至各层锚杆或支撑施工面的工况及开挖至坑底时的工况分别进行结构计算，并按各工况结构计算的最不利值进行支护结构设计；需要以主体结构构件替换支撑时，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。

8.1.5 【条文说明】：一般情况下，基坑开挖至坑底受力与变形最大，但有时也会出现开挖中间过程支护结构内力最大，支护结构构件的截面或锚杆抗拔力按开挖中间过程确定的情况。特别是当用结构楼板作为支撑替换内支撑时，此时支护结构构件的内力和变形可能处于最不利工况。

8.2 设计

I 桩设计

8.2.1 钢筋混凝土桩支护设计应包括下列内容：

- 1 土压力、水压力计算；
- 2 桩嵌固长度、桩径、桩距及桩长设计，桩结构计算，桩身配筋计算；
- 3 基坑支护结构整体稳定性验算，必要时进行抗隆起稳定性和抗渗流稳定性等验算；
- 4 锚杆或支撑设计计算；
- 5 冠梁、腰梁设计计算，冠梁、腰梁与锚杆、支撑的连接构造设计；
- 6 桩间土护面构造设计；
- 7 基坑的降水、截水和排水设计；
- 8 基坑开挖与监测要求。

8.2.2 钢筋混凝土桩土压力计算应符合本规程附录 A 的规定。结构分析计算及稳定性验算应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 有关规定。

8.2.3 当采用悬臂式钢筋混凝土灌注桩时，桩径不宜小于 600mm；当采用锚拉结构或内撑结构时，桩径不宜小于 400mm；当采用人工挖孔工艺时，桩径不宜小于 800mm；排桩桩间距不宜大于桩直径的 2.0 倍。

8.2.3【条文说明】：本条规定中的桩径是通常情况下桩径的下限，桩径的选取主要应根据弯矩与变形计算确定，同时应满足施工可行性及经济合理性的要求。人工挖孔桩属于限制级施工工艺，存在下列条件之一的地区不得使用：1.地下水丰富、软弱土层、流沙等不良地质条件的地区；2.孔内空气污染物超标；3.机械成孔设备可以到达的区域。

8.2.4 灌注桩桩身与冠梁的混凝土强度等级不应低于 C25；当桩孔内有水或干作业浇筑难以保证振捣质量时，应采用水下混凝土浇筑工艺，混凝土各项指标应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 关于水下混凝土浇筑的相关规定。

8.2.4【条文说明】：本条对混凝土灌注桩的构造规定，以保证桩作为混凝土构件的基本受力性能。

8.2.5 混凝土灌注桩桩身配筋及混凝土保护层厚度应符合下列规定：

- 1 纵向受力钢筋应选用 HRB400 或 HRB500 级钢筋；单桩的纵向钢筋数量不宜少于 8 根，净间距不宜小于 60mm；

- 2 箍筋可选用 HPB300 钢筋并采用螺旋式。其直径应不小于纵向受力钢筋最大直径的 1/4 且不小于 6mm，间距宜取 100~200mm，且不应大于 400mm 及桩的直径；

3 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 或 HRB400 钢筋，其间距宜取 1000mm~2000mm；

4 纵向受力钢筋的保护层厚度不应小于 35mm，水下灌注混凝土时不应小于 50mm；

5 桩身长度较大，纵向受力钢筋分多段设置时，其搭接应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定；

6 桩身沿截面周边宜采用均匀配置纵向钢筋的形式。

5.2.5【条文说明】：本条是对混凝土灌注桩的构造要求，以保证混凝土桩的基本受力性能。由于非均匀配筋导致钢筋笼质量分布不均，重心明显偏离几何中心，钢筋笼起吊与下放时易导致钢筋笼旋转，方向难以维持，另实际施工过程中存在钢筋笼顶端低于泥浆面或钢筋笼顶与桩孔口高差较大等难以控制钢筋笼方向的情况，因此桩身宜采用均匀配置纵向钢筋的形式。

8.2.6 灌注桩桩顶应设置钢筋混凝土冠梁与桩身连接，当冠梁仅起连系梁作用时，可按构造配筋，纵向钢筋锚入冠梁的长度宜取冠梁高度；冠梁宽度（水平方向）不宜小于桩径，冠梁高度（竖直方向）不宜小于 400mm 且不宜小于桩径的 0.6 倍。当冠梁作为内支撑、锚杆的传力构件或作为空间结构构件时，应按计算内力确定冠梁的尺寸和配筋，桩身纵向受力钢筋伸入冠梁的锚固长度应符合现行《混凝土结构设计规范》GB50010 对钢筋锚固的有关规定。冠梁纵向受力钢筋的保护层厚度不应小于 35mm。

8.2.6【条文说明】：冠梁上不设置锚杆和支撑，不受力时可按构造冠梁考虑，其作用是将排桩连成整体，调整各个桩受力的不均匀性，此时不需进行受力计算，可按构造配筋。当冠梁按传力构件考虑时，需进行受力计算，除需满足构造要求外，应按梁的内力进行截面设计。

8.2.7 微型桩应符合下列要求：

1 当基坑深度较大及对变形要求严格时，宜同时采用预应力锚杆或内支撑措施；

2 微型桩的直径和间距应能满足复合墙面强度的需要和稳定桩间土的要求，桩径宜为 120mm~300mm，桩间距宜取 500mm~1000mm。孔内注浆材料强度不宜低于 20MPa；灌入材料强度等级不应低于 C25；

3 微型桩桩顶宜设置通长连接梁；桩端伸入基坑底面以下长度宜为桩径的4倍~5倍，且不应小于1m。

8.2.7【条文说明】：微型桩适用于受场地周边环境条件所限，灌注桩、钢板桩等难以施工的市政工程场地，微型桩设计一般针对自稳性较差的土体进行超前加固和补强，需控制变形时采用预应力锚杆或内支撑。

8.2.8 桩间土应采取防护措施，宜采用内置钢筋网或钢丝网的喷射混凝土面层。喷射混凝土面层构造应符合下列要求：

- 1 面层的厚度在黏性土地层中不宜小于50mm，砂土等松散地层中不宜小于80mm；
- 2 面层混凝土的强度不宜低于C20；
- 3 面层内配置的钢筋网宜采用HPB300，直径不宜小于6mm；钢筋网的纵横向间距在砂土等松散地层中不宜大于200mm，黏性土地层中不宜大于300mm；
- 4 钢筋网宜采用横向加强钢筋与两侧桩体连接或采用桩间土内打入直径不小于12mm的摩擦钉固定，加强钢筋直径不宜小于12mm，加强钢筋锚固在桩内的长度不宜小于100mm，摩擦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1倍桩径。

8.2.9 当桩间有渗水可能时，应在桩间设泄水孔，泄水孔宜采用梅花形布置，竖向间距为2.0m~3.0m，并应采取防止土颗粒流失的反滤措施。

8.2.9【条文说明】：泄水管的构造与规格应根据土的性状及地下水特点确定。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。

8.2.10 排桩支护工作坑坑内衬板设计可按下列要求进行：

- 1 对于地质与水文条件、施工环境条件复杂，如砂土层厚且地下水丰富的深大顶管工作井，可设临时内置钢筋混凝土内衬井壁板、底板作为排桩支护工作井的工作空间防护。
- 2 壁板厚度范围200-350mm、底板厚度范围250-400mm，混凝土强度不宜低于C30。
- 3 配筋计算可仅考虑施工期间抗浮水位压力作用。

II 锚杆设计

8.2.11 锚杆的分析计算应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120有

关规定。

8.2.12 锚杆设计应符合下列一般规定：

1 本节中的锚杆是指土层锚杆，包括拉力型锚杆、压力型锚杆和扩孔型锚杆。

2 锚杆杆体材料宜优先选用高强度低松弛的钢绞线，也可采用高强度精轧螺纹钢；杆体材料的性能应符合国家相关标准的规定；当基坑临近地铁等其他地下建（构）筑物，因环境保护或后续施工有要求不允许锚杆杆体滞留在地层中时，应采用可拆卸回收式锚杆或可切削的玻璃纤维增强筋。

3 锚杆锚固段不宜设置在未经处理的淤泥和有机质土层、松散的新近堆填土层以及含承压水砂层内。

4 复杂地质条件下的基坑或缺乏经验的地层中的锚杆，施工前应进行基本试验，并根据试验结果对设计参数和施工工艺进行调整。

8.2.12【条文说明】：锚固支护是一种岩土主动加固和稳定技术，作为其技术主体的锚杆，一端锚入稳定的土(岩)体中，另一端与各种形式的支护结构物联结，通过杆体的受拉作用，调用深部地层的潜能，达到基坑和建筑物稳定的目的。鉴于深基坑支护的特点和目前的工程实践经验，本节的有关规定主要是针对拉力型预应力土层锚杆及压力型预应力土层锚杆提出的，锚杆的应用对象主要是各类土层。拉力型锚杆的锚固段中的杆体与注浆体直接粘结，压力型锚杆的杆体与注浆体不直接粘结，它是通过锚杆底端的承载体使锚固段注浆体受压来传递拉力。扩孔型锚杆是采用高压流体在锚孔底部按设计长度对土体进行喷射切割扩孔并灌注水泥浆，形成直径较大的圆柱状注浆体。

锚杆有多种类型，基坑工程中主要采用钢绞线锚杆，钢绞线锚杆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，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。当设计的承载力较低时，也可采用钢筋锚杆。随着城市用地环境日益紧张，出于环境保护或后续施工的需求很多情况下锚杆杆体不允许滞留在土体中或滞留在土体中的锚杆不允许对后续工程施工造成影响，而随着锚杆技术发展，可回收钢绞线的压力型锚杆及可切削的玻璃纤维筋锚杆可以很好的解决此类问题。

8.2.13 锚杆锁定值应根据支护结构变形要求及锚固段地层条件确定，宜取锚杆轴向拉力标准值的0.75倍~0.90倍。

8.2.14 锚杆布置应符合下列要求：

1 锚杆的水平间距不宜小于 1.5m，多层锚杆，其上下排垂直间距不宜小于 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相邻锚杆应取不同的倾角；

2 锚杆锚固体上覆土层厚度不宜小于 4.0m，锚杆的锚固段宜设置在粘结强度高的土层内；

3 锚杆倾角宜为 $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ ，且不应大于 45° ，不宜小于 10° ；

4 当锚杆穿过的地层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、变形的地层，当存在桩基础时应进行避让。

8.2.14【条文说明】：锚杆布置是以排和列的群体形式出现的，若其间距太小，会引起锚杆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的最小水平和竖向间距。根据有关参考资料，当土层锚杆间距为 1.0m 时，考虑群锚效应的锚杆抗拔力折减系数可取 0.8，锚杆间距在 1.0~1.5m 之间时，锚杆抗拔力折减系数可内插取得。

为了使锚杆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，锚杆与土的粘结强度会较低。当锚杆采用二次高压注浆工艺时，上覆土层要有一定厚度才能保证在较高注浆压力作用下浆液不会从地表渗出或流入地下管线内。

理论上讲，锚杆水平倾角越小，锚杆拉力的水平分力占比越大。但倾角太小，会降低浆液向锚杆周围土层内渗透，影响注浆效果。锚杆水平倾角越大，拉力水平分力越小，则需要更长的锚杆，经济性上不好，同时锚杆的竖向分力较大，对锚头连接要求更高。因此本条规定了适宜的水平倾角范围值，设计时，应按尽量使锚杆锚固段进入粘结强度较高土层的原则确定锚杆倾角。

8.2.15 锚杆尺寸和构造应符合下列要求：

1 锚杆杆体外露长度应满足锚杆底座、腰梁尺寸及张拉作业要求；

2 锚杆钻孔直径宜为 120mm~150mm，当采用旋喷工艺时，锚固体直径不宜小于 300mm；

3 预成孔锚杆杆体安装时，应设置定位支架，定位支架间距宜为 1.5m~2.0m，且能确保锚固段的保护层不少于 10mm；

4 锚杆自由段的长度不应小于 5m，且应穿过潜在滑动面并进入稳定地层不小于 1.5m；土层中的锚杆锚固段长度不宜小于 6m；钢绞线、钢筋杆体在自由段应设置隔离套管；

5 锚杆注浆体宜采用水泥浆或水泥砂浆，其强度不宜低于 20MPa；

6 锚杆杆体用钢绞线应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的有关规定；钢筋锚杆的杆体宜选用预应力螺纹钢筋、HRB400、HRB500 螺纹钢筋；

7 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。

8.2.15 【条文说明】：锚杆自由段是施加和保持预应力的必要条件，自由段长度的最小值规定有利于保持预应力的正常发挥。杆体总长度由自由段长度(l_f)，锚固段长度(l_m)和外露长度三部分组成，其中外露长度包括台座(横梁)，垫板(三角形垫板与平垫板)，千斤顶、锚具等厚度及必要的超量，设计时应根据各部分的具体尺寸确定。

对隔离架(定位架)的规定，目的在于保证锚筋具有必要的保护层厚度，特别是黏土层中，该规定是确保锚固作用的重要措施之一，设计与施工中不可任意加大隔离架的间距。

8.2.16 锚杆腰梁可采用型钢腰梁或混凝土腰梁。锚杆腰梁应按受弯构件设计。锚杆腰梁的正截面、斜截面承载力，对混凝土腰梁，应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB 50010 的规定；对型钢腰梁，应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。当锚杆锚固在混凝土冠梁上时，冠梁应按受弯构件设计，其截面承载力应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB 50010 的规定，腰梁的构造见图 8.2.16。

1 锚杆腰梁应根据实际约束条件按连续梁或简支梁计算。计算腰梁的内力时，腰梁的荷载应取结构分析时得出的支点力设计值。

2 型钢腰梁可选用双槽钢或双工字钢，槽钢之间或工字钢之间应用缀板焊接为整体构件，焊缝连接应采用贴角焊。双槽钢或双工字钢之间的净间距应满足锚杆杆体平直穿过的要求。

3 采用型钢腰梁时，腰梁应满足在锚杆集中荷载作用下的局部受压稳定与受扭稳定的构造要求。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配置加劲肋板。

4 锚杆的混凝土腰梁宜采用斜面与锚杆轴线垂直的梯形截面，腰梁的混凝土强度等级不宜低于 C25。采用梯形截面时，截面的上边水平尺寸不宜小于 250mm。

5 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。

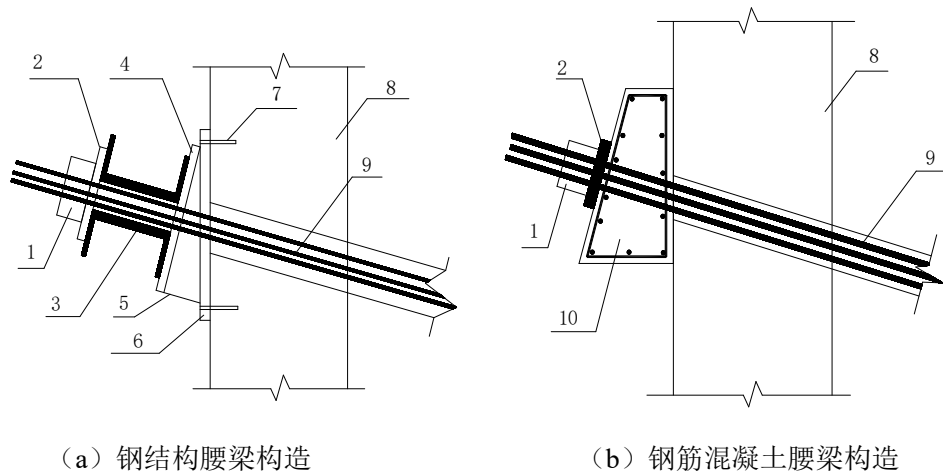


图 8.2.16 腰梁构造示意图

- 1—锚具 2—垫板 3—槽钢腰梁 4—斜铁盖板 5—楔形钢垫块 6—钢垫块或垫板
7—膨胀螺栓 8—钢筋混凝土桩 9—钢绞线 10—钢筋混凝土腰梁

8.2.16 【条文说明】：腰梁是锚杆与挡土构件之间的传力构件。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。组合型钢腰梁需要在现场安装拼接，每节一般按简支梁设计，腰梁较长时，则可按连续梁设计；根据工程经验，在常用的锚杆拉力、锚杆间距条件下，槽钢的规格常在 [18~ [36 之间选用，工字钢的规格常在 I 16~ I 32 之间选用。具体使用中腰梁规格取值应根据上一条规定计算的腰梁内力确定。

对于组合型钢腰梁，锚杆拉力通过锚具、垫板以集中力的形式作用在型钢上。当垫板厚度不够大时，在较大的局部压力作用下，型钢腹板会出现局部失稳，型钢翼缘会出现局部弯曲，从而使腰梁失效，进而引起整个支护结构的破坏。因此，设计需要考虑腰梁的局部受压稳定性。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、锚杆锚具位置处配置加劲肋板，肋板的厚度一般不小于 8mm。

混凝土腰梁截面的上边水平尺寸不宜小于 250mm，是考虑到混凝土浇筑、振捣

的施工要求而定。

III 支撑设计

8.2.17 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 必要时，可考虑内支撑结构作为施工平台。

8.2.18 市政管网基坑内支撑结构应综合考虑基坑平面的形状、尺寸、开挖深度、周边环境条件、主体结构的形式等因素，宜选用如下的平面支撑体系：

- 1 水平对撑或斜撑，可采用单杆、八字形支撑；
- 2 正交或斜交的平面杆系支撑；
- 3 闭合的环形杆系或板系支撑。

8.2.18【条文说明】：内支撑结构形式很多，一般来说，市政管网基坑往往面积不大，形状较为规则，多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要采用正交或斜交的平面杆系支撑；对矩形、圆形基坑可采用闭合的矩形、环形杆系或板系支撑。市政管网基坑空间一般较为有限，其内支撑型式应根据需要具体选取。

8.2.19 内支撑结构设计时，应考虑地质条件的复杂性和基坑开挖步序的变化而出现的偶然状况，并应在设计上采取必要的防范措施。内支撑结构宜采用超静定结构；在复杂环境或软弱土质中，应选用平面或空间的超静定结构。内支撑结构，应考虑支护结构个别构件的提前失效而导致土压力作用位置的转移，并宜设置冗余支撑。

8.2.20 内支撑结构分析时，应考虑下列作用：

- 1 当简化为平面结构计算时，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。

8.2.20【条文说明】：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。

8.2.21 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《混凝土结构设计标准》GB 50010 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《钢结构设计标准》GB 50017 的规定，钢支撑的承载力计算应考虑安装偏心误差的影响，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。

8.2.22 立柱的受压承载力可按下列规定计算：在竖向荷载作用下，当作用在支撑体系上的施工荷载较小时，可按连续梁计算，计算跨度可取相邻立柱的中心距；

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；内支撑结构按连续梁计算时，可按轴心受压构件计算；

2 立柱桩的桩端不宜位于湿陷性黄土中，且应有防排水措施；

3 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水平支撑的中心间距；

3) 立柱的基础应满足抗压和抗拔的要求。

8.2.23 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 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时候，应有有效的止水措施。

8.2.24 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或管道等施工要求，宜避开地下主体结构的墙、柱或管道顶管、吊装施工空间位置；工作井平面尺寸有限时内支撑应设置为规则形状，如封闭框架或封闭圆环形。

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4m；

3 基坑形状有阳角时，阳角处的斜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；并应按使环梁弯矩、剪力最小的原则布置辐射支撑；宜采用环形支撑与腰梁或冠梁相切的布置形式；

5 水平支撑应设置与挡土构件连接的腰梁；当支撑设置在挡土构件顶部所在平面时，应与挡土构件的冠梁连接；在腰梁或冠梁上支撑点的间距，对钢腰梁不宜大于4m，对混凝土腰梁不宜大于9m；

6 当需要采用相邻水平间距较大的支撑时，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9m，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，应避开主体结构的梁、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15m，对钢支撑不宜大于20m。

8.2.25 内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应力；

2 支撑应避开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3m；

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3m。

8.2.26 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（竖平尺寸）不宜小于其水平方向计算跨度的1/10，截面宽度（水向尺寸）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；

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3m。

8.2.27 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。

8.2.27【条文说明】：钢支撑的整体刚度依赖于构件之间的合理连接，其构件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。

8.2.28 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倍~0.8倍。

8.2.28【条文说明】：支撑预加轴向压力可减小基坑开挖后支护结构的水平位移、检验支撑连接节点的可靠性。但如果支撑预加轴向力过大，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倍~0.8倍较为合适。特殊条件下不受此限制。

8.2.29 钢支撑及钢筋混凝土内支撑、腰梁节点构造设计可参考附录C“内支撑及腰梁节点图”。

8.2.30 内支撑结构可选用钢支撑、混凝土支撑、钢与混凝土的组合支撑。

8.2.30【条文说明】：钢支撑相比钢筋混凝土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，一般需要爆破拆除方法，支撑材料不能重复利用，从而产生大量的废弃混凝土垃圾需要处理。

8.3 施工与质量检验

8.3.1 钢筋混凝土桩应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 对相应桩型的有关施工规定进行施工。

8.3.2 灌注桩施工应符合下列技术要求：

1 垂直轴线方向的桩位偏差不宜大于 50mm。垂直度偏差不宜大于0.5%，且不应影响地下结构的施工；

2 当排桩不承受垂直荷载时，钻孔灌注桩桩底沉渣不宜超过 200mm；当沉渣难以控制在规定范围时，应通过加大钻孔深度来保证有效桩长达到设计要求；当排桩兼作承重结构时，桩底沉渣应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94的有关要求执行；

3 采用灌注桩工艺的排桩宜采取隔桩施工的成孔顺序，并应在灌注混凝土24h或终凝后进行邻桩成孔施工；

4 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，对钻孔灌注桩宜采用改善泥浆性能等措施，对人工挖孔桩宜采用减少每节挖孔和护壁的长度、加固孔壁等措施；

5 混凝土灌注桩的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《混凝土结构设计标准》GB 50010 对梁类构件的规定；

6 灌注桩成孔过程中以及成桩后应及时进行洞口防护；

7 灌注桩钢筋笼宜整体制作和吊装。如采用分段制作，孔口对接时，在孔口宜采用能保证质量的钢筋连接工艺，并应加强隐蔽验收检查；

8 灌注桩设预埋件时，应根据预埋件的用途和受力特点的要求，控制其安装位置及方向。预埋件位置的允许偏差应为 20mm；

9 冠梁施工前，应将桩顶浮浆、低强度混凝土及破碎部分凿除并清理干净，桩

顶以上出露的钢筋长度应满足设计要求；冠梁混凝土浇筑采用土模时，土面应修整整平。

8.3.2【条文说明】： 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。

冠梁通过传递剪力调整桩与桩之间力的分配，当锚杆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，如果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。

8.3.3 灌注桩机械成孔施工安全应符合下列规定：

- 1 作业前应对钻机进行检查，各部件验收合格后方可使用；
- 2 钻头和钻杆连接螺纹应良好，钻头焊接应牢固，不得有裂纹；
- 3 钻机钻架地基应坚实、整平，地基承载力应满足设备基底压力要求，作业范围内地下应无管线或其他地下障碍物，作业现场与架空输电线路的安全距离应符合现行行业标准《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》JGJ/T 46 的规定；
- 4 钻进中，应随时观察钻机的运转情况，当发生异响、吊索具破损、漏气、漏渣以及其他不正常情况时，应立即停机检查，排除故障后，方可继续施工；
- 5 当桩孔净间距过小或采用多台钻机同时施工时，相邻桩应间隔施工，当无特别措施时完成浇筑混凝土的桩与邻桩间距不应小于 4 倍桩径，或间隔施工时间宜大于 36h；
- 6 泥浆护壁成孔时发生斜孔、塌孔或沿护筒周围冒浆以及地面沉陷等情况应停止钻进，采取措施处理后方可继续施工；
- 7 当采用空气吸泥时，其喷浆口应遮挡，并应固定管端；
- 8 桩机架下方采用枕木托垫移位时，枕木应铺垫平直，且保持枕木平行，并派专人巡护。

8.3.3【条文说明】： 受地质地层、场地环境条件、机械性能、人员机械管理等多因素影响，灌注桩机械成孔施工过程中很容易出现安全事故，该条借鉴了国家行业标准《建筑深基坑工程施工安全技术规程》JGJ/T 311中关于对灌注桩机械成孔施工

安全要求的内容条款。

8.3.4 微型桩施工应符合下列规定：

- 1 施工前应对水泥、砂石、型钢、钢筋等原材料及其制品进行质量检验；
- 2 微型桩施工宜间隔成孔；
- 3 成孔前应根据工程特点尤其是地质状况选择合理的施工工艺；
- 4 在灌注细石砼或水泥浆前应进行清孔；
- 5 型钢或钢筋笼保护层厚度不宜小于20mm；
- 6 型钢或钢筋笼安装入孔时，应保持垂直状态，对准孔位徐徐轻放，避免碰撞孔壁；
- 7 细石混凝土或水泥浆灌注过程中用吊筋将型钢或钢筋笼固定，避免灌注过程中上浮；
- 8 细石混凝土或水泥浆抗压强度不宜小于20MPa。
- 9 微型桩的施工，除应满足上述要求外尚应符合现行国家标准《复合土钉墙基坑支护技术规范》GB 50739 的有关规定。

8.3.5 锚杆的成孔施工应符合下列要求：

- 1 当成孔地层附近存在既有管线及地下构筑物时，应调查探明其位置、尺寸、走向、管材类型、使用状况等情况再进行锚杆施工；
- 2 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；
- 3 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；
- 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，在地下水位以下时，不宜采用干成孔工艺；
- 5 锚杆孔位垂直方向偏差不宜大于50mm，偏斜角度不应大于3°；锚杆孔深宜大于设计深度0.5m；自由段的套管长度允许偏差为±50mm。

8.3.5【条文说明】：锚杆成孔是锚杆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。使锚杆达不到设计长度，如果遇到电力、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成孔

时易出现这种情况，使粘结强度和锚杆抗拔力大幅度降低。

8.3.6 锚杆杆体的制作安装应符合下列技术要求：

1 钢绞线杆体绑扎时，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 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、双面绑条焊；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；成孔后应及时插入杆体并注浆。

8.3.7 锚杆的注浆应符合下列技术要求：

1 一次注浆当采用水泥浆时，水泥浆的水灰比宜为0.45~0.5；当采用水泥砂浆时，拌合用砂宜选用中粗砂，灰砂比宜为0.5~1.0、水灰比宜为0.38~0.45；锚杆注浆时，一次注浆管距孔底距离宜为100mm~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，当浆液液面下降时，应进行孔口补浆；

2 二次高压注浆宜使用水灰比0.45~0.55的水泥浆；注浆压力宜控制在2.5MPa~5.0MPa，注浆时间可根据注浆工艺试验确定或第一次注浆锚固体的强度达到5MPa后进行；二次注浆管应牢固绑扎在杆体上，注浆管的出浆口应采取逆止措施；二次压力注浆时，终止注浆的压力不应小于1.5MPa；采用二次压力注浆工艺时，注浆管应在锚固段末端1/4~1/3范围内设置注浆孔，孔间距宜取500~800mm，每个注浆截面的注浆孔宜取2个；

3 冬季施工时应应对注浆液采取保温措施，浆液温度应保持在5℃以上。

8.3.8 预应力锚杆的张拉锁定应符合下列要求：

1 锚固段强度达到设计强度的75%且不小于15MPa后，方可进行张拉锁定；

2 锚杆锁定值宜取锚杆轴向拉力标准值的0.75~0.9倍，锁定时的锚杆拉力可取锁定值的1.1倍~1.15倍；

3 拉力型钢绞线锚杆宜采用钢绞线束整体张拉锁定的方法；

4 锚杆出现锚头松弛、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；当锚杆需要再次张拉锁定时，锚具外杆体的长度和完好程度应满足张拉要求。

8.3.8【条文说明】：锚杆张拉值大于锚杆轴向拉力标准值，然后将拉力在锁定值的（1.1~1.15）倍进行锁定。首先是为了在锚杆锁定时对每根锚杆进行过程检验，当锚杆抗拔力不足时可事先发现，减少质量隐患。其次通过张拉可检验在设计荷载下锚杆各连接点的可靠性。最后可减小锁定后锚杆的预应力损失。

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，降低锚杆预应力。当锚杆有再次张拉锁定可能时，锚具外的杆体预留长度应满足张拉要求。确保锚杆不再张拉时，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。

8.3.9 喷射混凝土施工安全应符合下列要求：

1 施工中应每班检查注浆、喷射机械密封和耐压情况，检查输料管、送风管的磨损和接头连接情况；

2 施工作业前，输料管应顺直无堵管；送电、送风前应通知施工人员；处理施工故障应先断电、停机。施工中以及处理故障时，注浆管和喷射管头前方严禁站人；

3 施工所用工作台架应牢固可靠，应有安全护栏，安全护栏高度不得小于1.2m；

4 喷射混凝土作业人员应配备个体防护装备。

8.3.10 立柱的施工应符合下列要求：

1 混凝土立柱桩的浇筑面宜高于设计桩顶标高500mm；

2 钢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；

4 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；

5 立柱用作主体结构构件时，其平面位置偏差和垂直度偏差应符合主体结构要求。

8.3.11 钢腰梁的施工应符合下列要求：

1 型钢腰梁的焊接应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205及《钢结构焊接规范》GB50661的有关规定执行；

2 安装腰梁时应使其与排桩桩体结合紧密，必要时可采用型钢材料或现浇混凝土等垫补措施；

3 可采用钢支撑支座托盘、角钢支架、防坠拉杆（索）等措施，防止型钢腰梁

发生脱落。

8.3.12 内支撑结构施工应符合下列要求：

1 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；

2 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程》GB 50204的规定；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程》GB 50205的规定；

3 混凝土腰梁施工前应将排桩的连接表面清理干净，混凝土腰梁应与排桩紧密接触，不得留有缝隙；

4 钢腰梁与排桩间隙的宽度宜小于100mm，并应在钢腰梁安装定位后，用强度等级不低于C25的细石混凝土填充密实；

5 支撑标高的允许偏差应为30mm，支撑水平位置的允许偏差应为30mm。

8.3.12【条文说明】：为保证支撑的受力与设计相符，施工中应保证开挖工况与设计计算工况一致。特别要注意土方开挖的对称性，以保证坑周土压力的对称性。

8.3.13 钢支撑施工安全应符合下列要求：

1 钢支撑吊装就位时，吊车及钢支撑下方人员不应入内，现场应做好防下坠措施。

2 钢支撑吊装过程中应缓慢移动，操作人员应监视周围环境，避免钢支撑刮碰坑壁、冠梁、上部钢支撑等。

3 起吊钢支撑应先进行试吊，检查起重机的稳定性、制动的可靠性、钢支撑的平衡性、绑扎的牢固性，确认无误后，方可起吊。

8.3.14 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 10分钟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 10分钟后，方可按设计预压力值进行锁定；

4 支撑在施加预压力过程中，若出现焊点开裂、局部压曲等异常情况时应立即卸载，在对出现异常的部位进行加固后，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；

6 支撑拆除应在替换支撑的结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。应根据支撑材料、型式、尺寸等具体情况采用人工拆除、机械切割等方法；

7 可采用钢支撑活动端和固定端的挂板、防坠拉杆（索）等防脱落措施。

8.3.15 支撑拆除施工应符合下列规定：

1 拆除支撑施工前，应对施工作业人员进行安全技术交底，施工中应加强安全检查；

2 拆撑作业施工范围非操作人员不应入内，切割焊和吊运过程中工作区不应入内，拆除的零部件不应随意抛落。当钢筋混凝土支撑采用爆破拆除施工时，现场应划定危险区域，并应设置警戒线和相关的安全标志，警戒范围内不得有人员逗留，并应派专人监管；

3 支撑拆除时应设置安全可靠的防护措施和作业空间，当需利用永久结构底板或楼板作为支撑拆除平台时，应采取有效的加固及保护措施，并应征得主体结构设计单位同意；

4 换撑工况应满足设计工况要求，支撑应在梁板柱结构及换撑结构达到设计要求的强度后对称拆除；

5 支撑拆除施工过程中应加强对支撑轴力和支护结构位移的监测，变化较大时，应加密监测，并应及时统计、分析上报，必要时应停止施工加强支撑；

6 钢支撑可采用人工拆除和机械拆除。钢支撑拆除时应避免瞬间预加应力释放过大而导致支护结构局部变形、开裂，应采用分步卸载钢支撑预应力的方法对其进行拆除。

8.3.16 钢筋混凝土灌注桩的质量检测应符合下列规定：

1 宜采用低应变动测法全数检测所有支护桩的桩身完整性；

2 当根据低应变动测法判定的桩身缺陷有可能影响桩的水平承载力时，应采用钻芯法补充检测。

8.3.17 锚杆的质量检测应符合下列要求：

1 锚杆抗拔力检测数量不应少于总数的 5%，且同一土层中的锚杆检测数量不应少于 3 根；

2 当基坑支护采用任何一种新型锚杆或锚杆用于从未用过的地层时，应进行锚

杆的基本试验。

3 检测试验应在锚杆的锚固体强度达到设计强度的75%且不小于15MPa后进行；

4 锚杆抗拔力检测应随机抽样，抽样应能代表不同地段土层的土性和不同抗拔力要求；对施工质量有疑义的锚杆应进行抽检；

5 当检测的锚杆不满足设计要求时，应扩大检测数量；

6 锚杆的抗拔承载力检测值与轴向拉力标准值的比值对于一级基坑应 ≥ 1.4 ，对二级基坑应 ≥ 1.3 ，对三级基坑应 ≥ 1.2 。

7 锚杆的抗拔承载力、基本试验、验收试验等应符合《湿陷性黄土地区建筑基坑工程安全技术标准》JGJ 167附录E的相关规定。

8.3.18 内支撑的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，应在混凝土的浇筑地点随机抽取；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 立柱基础标高，腰梁和冠梁连接预埋件位置与标高等应在构件安装前进行测量。

3 支撑结构安装允许偏差应符合表 8.3.17 的规定。

表 8.3.17 支撑结构安装允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	钢筋混凝土支撑构件截面尺寸	+8, -5
2	同层支撑中心标高高差	± 30
3	支撑构件两端标高差	1/600 支撑长度且不大于 20
4	支撑构件挠度	不大于 1/1000 支撑长度
5	立柱垂直度	不大于 1/100 基坑开挖深度
6	支撑与立柱轴线偏差	不大于 50
7	支撑水平轴线偏差	不大于 30

9 逆作法钢筋混凝土壁板

9.1 一般规定

9.1.1 逆作法钢筋混凝土壁板法，常用于开挖过程中具有一定自然直立高度地层的逆作法工作井基坑开挖和支护，满足施工要求的地层自然直立高度不得小于 1m，不足时应采取预加固措施。

9.1.1【条文说明】：逆作法钢筋混凝土壁板法施工便利，常用于市政工程顶管工作井、中继间、顶管接收井、转接井等各类工作井的支护施工，又称“逆作法工作井壁板”。近年来该方法在市政工作井基坑支护应用越来越广，数量多且规模也越来越大，在全国范围尚没有针对性的安全技术规程。

工作原理为分层直立开挖基坑土质，直立支模浇筑钢筋混凝土板墙形成基坑支护，向下分层施工形成直立的钢筋混凝土工作井，该施工方法在陕西当地俗称“倒挂壁法”施工。该方法充分利用陕西黄土地区黄土类和一般黏性土地层具有一定自然直立高度的特点进行开挖和支护，满足逆作法施工的土层自然直立高度不得小于 1m，不足时应采取加固措施。逆作法施工时为利于提高施工工效和安全度，每层开挖和支护高度一般取 1m~2m。

9.1.2 当基坑周边环境条件和土性特点不满足逆作法开挖和支护要求，存在下列情况之一时，应对土层进行预加固处理：

1 开挖范围内为砂砾土、粉土、饱和软黄土或其他软弱土、较厚的松散杂填土或素填土等易坍塌的地层；

2 开挖范围周边荷载较大，土压力大，地基土承载力不能满足需要时；

3 基坑临近重要的构（建）筑物或重要的管线时；

4 存在上层滞水或稳定地下水位较高，需要采取基坑降水时。

9.1.2【条文说明】：当开挖土质土性较差，自然直立高度不满足施工要求，或开挖时周边环境存在不安全风险时，应在开挖前对地层进行预加固处理，一般采取高压旋喷桩、搅拌桩等方法对基坑外侧土层进行预加固处理。通过总结市政工作井预加固处理经验，是否采取预加固措施，应依据工作井的深度、开挖范围内土层、地下水位、所处位置周边环境等情况综合确定，原则是要能满足逆作法开挖施工安全。

9.1.3 逆作法钢筋混凝土壁板设计施工，当规模超过下列情况时应通过不少于 2 种计算方法进行专门研究分析后确定：

- 1 对矩形工作井边长或圆形工作井内径平面净尺寸大于 12 米；
- 2 工作井深度大于 16 米；
- 3 基坑降水降深大于 12m，降水对周边环境有较大影响。

9.1.3【条文说明】：市政管网工程基坑一般尺寸相对较小，工作井本身具有一定空间尺寸效应，开挖时又对土层起到土拱作用，有利于逆作法钢筋混凝土壁板法工作坑的实施，设计和施工时应充分考虑市政管网工程基坑的时空（时间和空间）效应特点。目前，虽然在逆作法钢筋混凝土壁板法方面积累了较丰富的设计施工经验和相关标准图集支撑，但对于规模较大、地质条件和周边环境条件复杂时为确保支护结构安全经济，应采取多种方法进行专门研究设计和计算。

矩形工作井适用于多根平行顶进的工作井，圆形工作井受力性能好，特别适用于超深的情况。基坑支护设计时为初步确定基坑净尺寸范围，对于矩形工作井则需要计算工作井的最小长度、宽度和深度，可按以下方法计算：

1 工作井最小长度：当按顶管机长度确定时，工作井最小内径长度=顶管机下井时的最小长度（小直径管 3.5m/大直径管 5.5m）+千斤顶长度（2m/2.5m）+后座和顶铁的厚度及安装富余量（1.0m）；当按下井管节长度确定时，工作井最小内径长度=下井管节长度（钢管 6m/钢筋混凝土管 2.5m~3.0m）+千斤顶长度（2m/2.5m）+后座和顶铁的厚度及安装富余量（1.0m）+留在井内的管道最小长度（0.5m）；按上述两种方法计算结果取大值。

2 工作井最小宽度：工作井内净宽度=管道外径+管道两侧施工空间（两侧各 1m~1.2m），深工作井根据需要可增大宽度。

3 工作井最小深度：工作井底板面最小深度=管顶覆土厚度+管道的外径+管底操作空间（钢管 0.7m~0.8m/钢筋混凝土管 0.4m~0.5m）。

9.1.4 逆作法钢筋混凝土壁板每一施工段设计和施工宜形成整体水平闭合结构。每一层壁板开挖和支护高度不宜超过 2m，应根据土性特点和现场施工实际通过计算分析、现场开挖试验后确定每层开挖和支护施工高度。

9.1.4【条文说明】：市政管网工程基坑一般尺寸相对较小，限制每一层壁板开挖

深度不宜超过 2m，目的在于防止突发极端情况（如连续降雨坑内突然涌水、涌砂；坑边出现明显超出设计规定的荷载等）下，基坑局部坍塌、倾斜，确保不出现人员伤亡事故发生。

9.1.5 采用逆作法开挖设计和施工，当地下水位较高时应将工作井周边地下水位降至坑底以下，机械开挖时为开挖面以下不小于 1.0m；人工开挖时为开挖面以下不小于 0.5m；难以降水或降水对周边环境有影响时，可采用截水帷幕并配合坑内疏干降水措施；地下水控制与防排水设计应符合第 11 章的规定。

9.2 设计

I 逆作法设计

9.2.1 逆作法钢筋混凝土壁板应进行承载能力极限状态设计，对于永久结构还应进行正常使用极限状态设计和耐久性极限状态设计。承载能力极限状态采用荷载基本组合，正常使用极限状态采用荷载准永久组合，各类组合分项系数按《工程结构通用规范》GB55001 取值。

9.2.2 逆作法钢筋混凝土壁板上的作用荷载应分为下列三类：

1 永久荷载：结构自重、土压力、水压力等。

2 可变荷载：逆作壁板周边放置的材料及设备荷载、施工荷载、人行荷载、汽车荷载等。

3 偶然荷载：根据工程实际情况计入的偶然发生的作用。

9.2.3 逆作法钢筋混凝土壁板结构设计工况应符合下列要求：

1 结构设计计算工况宜按施工阶段设计工况和正常使用设计工况进行设计。

2 荷载效应的标准组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定。结构构件的截面承载力计算和强度设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。

3 临时结构壁板可不进行地震作用计算，但需要满足相应的抗震构造措施；永久结构应按《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB 50032 相关要求进行地震作用验算并按设计采用抗震等级采取抗震措施。

9.2.3【条文说明】：一般逆作法钢筋混凝土壁板永久结构为地下结构，需按地震土压力进行地震作用验算，按下列换算即可：

$$\gamma \rightarrow \gamma_E = \gamma / \cos \rho$$

$$\varphi \rightarrow \varphi_E = \varphi - \rho$$

$$\delta \rightarrow \delta_E = \delta + \rho$$

地震角 ρ

类型	7度		8度		9度
	0.10g	0.15g	0.20g	0.30g	0.40g
水上	1.5°	2.3°	3.0°	4.5°	6.0°
水下	2.5°	3.8°	5.0°	7.5°	10.0°

9.2.4 逆作法钢筋混凝土壁板结构侧向土压力宜按郎肯主动土压力进行计算，侧向土压力系数 K_a 宜根据地勘提供土层参数分层分段进行计算；当无地质资料时，对砂类土或粉土 K_a 可取 1/3~1/4，对黏性土、黄土及预加固后的土体 K_a 可取 1/4~1/5。

9.2.4 【条文说明】：当缺乏试验数据时，根据《给水排水工程管道结构设计规范》（GB 50332）并结合对市政小尺寸工作井的试验研究结果，对砂类土或粉土可取 1/3~1/4，对黏性土可取 1/4~1/5；根据《给水排水工程结构设计手册（第二版）》，无地质资料时对原状土可取其当量内摩擦角为 30° 计算。

根据甘肃中建市政工程勘察设计院有限公司对市政小尺寸工作井倒挂壁支护结构内力计算研究结论如下：

1 小尺寸深竖井基坑下部形成土拱后，其土压力沿竖向呈梯形分布，且土压力值明显降低，与传统土压力计算结果差异明显，这对限制竖井变形有利，设计中应予以考虑。

2 不同平面尺寸深竖井侧向位移分布沿深度呈递减分布，最大位移发生在竖井地面附近。但小尺寸深竖井侧移受土拱效应影响显著，最大位移显著降低。

3 下部形成土拱，深竖井侧壁法向有效应力大小以及分布形式与传统土压力方法计算值具有较大差异。土拱临界位置以下法向应力几乎为定值，总体大致呈梯形分布。

4 深竖井侧壁支护结构受力大小与分布，受宽深比影响显著。对于下部出现土拱的小尺寸深竖井，其侧壁支护结构受力急剧减小，对支护结构强度要求小。因此，在进行深竖井支护结构设计时，可以此作为设计优化参考。

9.2.5 土层自然直立高度可按下式计算：

$$h = \left(\frac{2 \cdot C}{\sqrt{K_a}} - q' \right) / \gamma \quad (9.2.5)$$

式中：
 h —— 土的自然直立高度 (m)；
 C —— 土的粘聚力 (kPa)；
 K_a —— 土的主动土压力系数；
 q' —— 坑壁附近超载 (kN/m²)；
 γ —— 土的容重 (kN/m³)。

注：

- 1 坑壁土由于湿陷或失水、工程扰动等原因，一旦形成裂隙或沉降缝隙，公式不成立；
- 2 坑壁外侧存在上层滞水、地下水时，应考虑渗透性和降水情况影响；
- 3 若本层支护高度以上已形成土拱，可不考虑上部土层压力及坑壁附近超载向下传递的影响；
- 4 基坑周边土层加固后，可按加固后土层的综合强度参数计算。

9.2.6 对逆作法钢筋混凝土壁板外侧地层进行预加固，可采取高压旋喷桩、搅拌桩等方法。一般设 1~2 排桩并相互搭接，具体根据地层特性、降水效果、荷载大小、周边环境要求等情况综合确定；当壁板预留洞口直径大于 1.5m 时，尚应在洞口外土层加固桩的基础上再另行增加 3~5 排桩，洞口外加固范围宜为洞口直径范围外上下左右各 1~1.5 倍的设计开洞洞径，且不得小于 2.0m。

9.2.6 【条文说明】： 根据经验，高压旋喷桩预加固深度为环梁顶至基坑底以下 2 米，桩径不小于 500mm、桩中心间距为 400mm 并相互搭接咬合；当为多排桩时，桩为等边三角形排布的方式。

9.2.7 逆作法钢筋混凝土壁板顶部应设置水平环梁结构、外放设挡土墙，其设置应符合下列要求：

- 1 当逆作法钢筋混凝土壁板周围土层采用预加固处理时，水平环梁应设置于预加固土层顶部；
- 2 当逆作法钢筋混凝土壁板周围土层没有预加固处理时，水平环梁可设置于现状地面下 1~1.5 米的位置，水平环梁上部宜外放设挡土墙，挡土墙高度宜高出现状地面 200mm，必要时挡土墙周边宜设置截排水沟。
- 3 挡土墙结构底部土层应具有足够的承载力，如承载力不足时应采取相应的地基处理；挡土墙可根据需要采取砖砌或钢筋混凝土结构，采取钢筋混凝土挡墙时应

与水平环梁钢筋一并绑扎浇筑。

9.2.7【条文说明】：逆作法钢筋混凝土壁板周围土层采用预加固处理时，土层承载力提高，这种情况水平环梁顶面可高于现状地面 200mm 设置，这样可以减少土方开挖量、方便施工和挡水，逆作法钢筋混凝土壁板周围土层没有预加固处理时，水平环梁设计至地面以下一定高度，挖除地表不稳定土层，有利于减小地面荷载影响、提高工作坑整体稳定性、缓冲坑口坠落风险，同时地面恢复时可免于拆除；环梁以上的外放挡墙设至地面以上，起隔离超载、挡土和阻挡地面积水流入坑内，地面荷载较大时一般采取钢筋混凝土挡墙。

9.2.8 逆作法钢筋混凝土壁板结构材料应符合下列要求：

1 混凝土强度等级宜采用 C30 及以上、对于永久结构其抗渗等级不应小于 P6，且应满足同时满足现行通用规范规定。垫层混凝土强度等级不宜小于 C15。

2 钢筋宜采用 HRB400、HRB400E 级及以上等级钢筋。

3 设计采用的建筑结构材料同时应满足《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T50476 相关规定。

4 当混凝土配制中采用外加剂时，应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定，并应根据试验确定外加剂适用性及相应的掺量。

5 冬季施工时，严禁采用氯盐作为防冻剂。

9.2.8【条文说明】：《混凝土结构设计标准》（GB/T 50010）4.1.2 规定素混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C20，其条文说明解释素混凝土结构一般不包含地下室或其他地下结构的素混凝土垫层。本规范规定垫层混凝土强度等级不宜小于 C15。

9.2.9 钢筋混凝土壁板的钢筋连接可采用绑扎搭接、机械连接或焊接，受力钢筋的接头位置应相互错开；钢筋绑扎搭接接头连接区段的长度为 1.3 倍搭接长度；采取机械连接时，连接区段的长度为 35d；当采取焊接时，连接区段长度为 35d 且不小于 500mm。纵向受拉钢筋接头面积百分率不宜大于 50%。

9.2.10 钢筋混凝土保护层最小厚度分别为壁板 25mm，底板上 30mm，底板下 40mm，梁、柱 35mm。对于永久性检查井或有严格的防水要求时，保护层厚度应在上述厚度值基础上增加厚度不小于 25mm。

9.2.11 逆作法钢筋混凝土壁板永久结构裂缝控制等级宜取三级，最大裂缝宽度 ω_{\max} 不应大于 0.2mm，且不得出现贯通裂缝；逆作法钢筋混凝土壁板临时结构，在

地下水位以下按裂缝控制等级三级最大裂缝宽度 ω_{\max} 不应大于0.3mm，且不得出现贯通裂缝；逆作法钢筋混凝土壁板临时结构，且在地下水位以上不按裂缝控制。

9.2.11【条文说明】：当逆作法钢筋混凝土壁板为永久结构时，裂缝需满足《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2010 规范要求，即裂缝控制等级为三级，最大裂缝宽度 ω_{\max} 不应大于0.2mm；当逆作法钢筋混凝土壁板临时结构在地下水位以下时，考虑到地下水对基坑内部有一定的影响，但此结构只是临时结构将裂缝规定为不应大于0.3mm，且不得出现贯通裂缝；当逆作法钢筋混凝土壁板临时结构且在地下水位以上时，基坑内部不会有坑外水渗入，则可不按裂缝控制。

9.2.12 逆作法钢筋混凝土壁板分段较多，每一个分段处均形成施工缝，施工缝防水做法宜采用遇水膨胀止水条止水；对于永久结构宜同时采用预埋二次注浆管做法；当采用止水钢板止水时，应采取可靠措施，确保止水钢板背侧混凝土浇筑饱满密实。施工缝界面处理和其他防水做法，还应满足《地下工程防水技术规范》GB 50108、《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030 的相关要求。

II 竖向支承结构

9.2.13 逆作法钢筋混凝土壁板支承结构设计主要由挡土墙、环梁、钢筋混凝土壁板和底板、预留洞口等组成，组成结构示意图如图9.2.13所示。

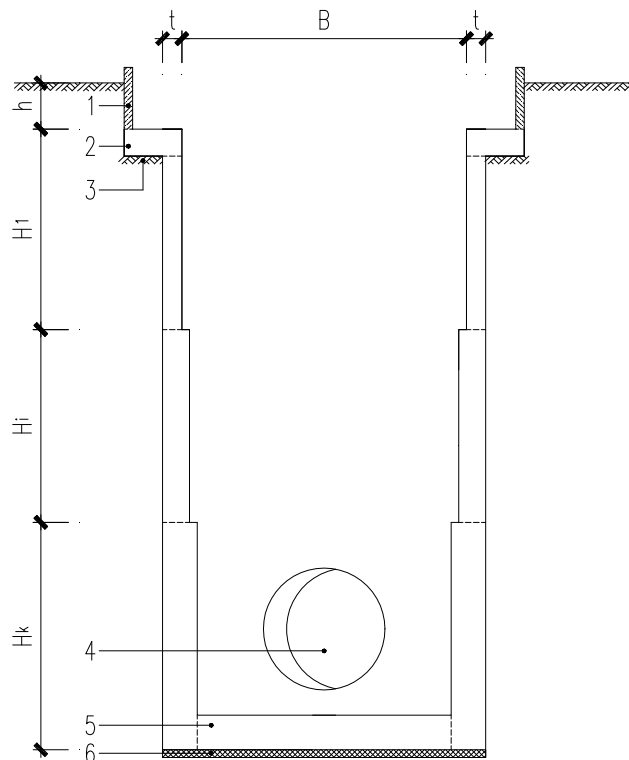


图 9.2.13 逆作钢筋混凝土壁板结构组成剖面

1—挡土墙；2—环梁；3—环梁支承土体；4—预留洞口；5—底板；6—素混凝土垫层

h —环梁顶至地面高度； H_1 —首节逆作钢筋混凝土壁板高度； H_i —第 i 节逆作钢筋混凝土壁板高度； H_k —末节逆作钢筋混凝土壁板高度； t —逆作钢筋混凝土壁板厚度； B —逆作钢筋混凝土井室宽度（内径）。

9.2.14 环梁承受挡土墙传递的水平推力、挡土墙和逆作钢筋混凝土壁板的竖向力及弯矩，如图 9.2.14 所示。水平推力可按式(9.2.14-1)计算，竖向力可按式(9.2.14-2)计算，弯矩可按式(9.2.14-3)计算。

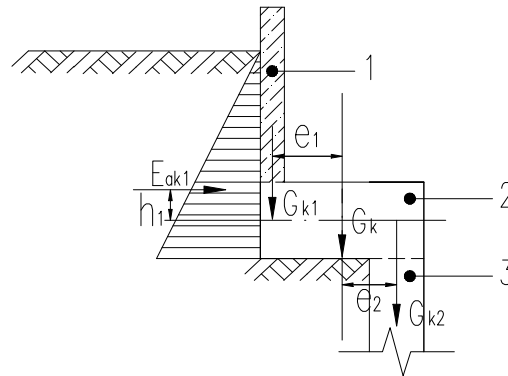


图 9.2.14 环梁的荷载计算简图

1—挡土墙；2—环梁；3—壁板

$$Q_k = E_{ak1} \quad (9.2.14-1)$$

$$N_k = G_k + G_{k1} + G_{k2} \quad (9.2.14-2)$$

$$M_{k1} = E_{ak1} \cdot h_1 - G_{k1} \cdot e_1 + G_{k2} \cdot e_2 \quad (9.2.14-3)$$

式中： Q_k —— 环梁每延米承受的水平推力标准值（kN/m）；

E_{ak1} —— 墙背所承受的水平土压力（kN/m）；

N_k —— 环梁每延米的竖向力标准值（kN/m）；

G_k —— 环梁自重（kN/m）；

G_{k1} —— 挡土墙自重（kN/m）；

G_{k2} —— 壁板自重（kN/m）；

M_{k1} —— 环梁每延米承受的弯矩标准值（kN·m/m）；

h_1 —— 水平土压力作用点至环梁中点的距离（m）；

e_1 —— 挡土墙自重作用点至环梁中点的距离（m）；

e_2 —— 壁板自重作用点至环梁中点的距离（m）。

9.2.15 环梁底面的承载力应按现行《建筑地基基础设计规范》GB 50007 进行计算，

其环梁基底的力矩按式(9.2.15-1)计算,计算简图如图9.2.15所示。砂土、填土等不良土质以及不满足承载力要求的环梁底面土层,应进行土体加固后再作为环梁的支承土体。

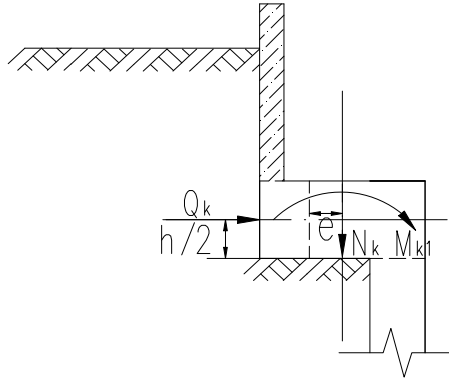


图9.2.15 环梁基底的荷载计算简图

$$M_k = M_{kl} + Q_k \cdot h/2 + N_k \cdot e \quad (9.2.15-1)$$

式中: M_k —— 相应于作用标准组合时, 作用于环梁基底每延米的力矩值
($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$);

h —— 环梁高度 (m);

e —— 偏心距 (m)。

9.2.15 【条文说明】环梁底面的承载力不满足现行《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的要求时, 需对环梁底面土层进行土体加固, 工程中常采用高压旋喷桩加固。

9.2.16 环梁内力计算应符合下列规定:

1 环梁结构上的荷载包括挡土墙传递的水平力、竖向力, 壁板传递的竖向力和环梁的自重;

2 根据环梁水平受力特点, 环梁沿水平方向可按两端固定的单跨梁计算;

3 根据地基条件, 环梁可按弹性地基梁计算。

9.2.17 环梁的计算跨度按下式(9.2.17)计算:

$$l_0 = \min(1.1l_n, l_c) \quad (9.2.17)$$

式中: l_0 —— 环梁计算跨度 (m);

l_n —— 环梁净跨 (m);

l_c —— 环梁支座的中心距离。

9.2.18 环梁结构设计应符合现行《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的规定。

III 水平支承结构

9.2.19 逆作法钢筋混凝土壁板配筋设计应符合下列要求:

1 逆作法钢筋混凝土第一节壁板需按环梁及两侧壁板为固定支座下端为自由端计算水平钢筋,需按照环梁为固定端其他为自由端计算竖向钢筋,并满足计算单元壁板自重的受拉要求;

2 逆作法钢筋混凝土壁板从第二节壁板往下宜按水平封闭框架结构进行计算;

3 逆作法钢筋混凝土壁板需按深度进行分段,各段壁板上的水平荷载取壁板断面变化处以上单位高度井壁计算,逆作壁板水平钢筋为受力钢筋;

4 末节逆作法钢筋混凝土壁板,宜按双向板验算竖向壁板的竖向钢筋;

5 底板宜按双向板计算底板钢筋。

9.2.20 逆作法钢筋混凝土壁板应由闭合的井筒承受水平荷载,水平力计算应符合附录 A 的有关规定。

9.2.21 逆作法钢筋混凝土壁板作为顶管后背墙,顶进过程中后背所受总顶力可按下列下式计算:

$$F_0 = \pi \cdot D_1 \cdot L \cdot f_k + N_F \quad (9.2.21-1)$$

$$N_F = \frac{\pi}{4} \cdot D_g^2 \cdot \gamma \cdot H_s \quad (9.2.21-2)$$

式中: F_0 —— 总顶力标准值 (kN);

D_1 —— 管道的外径 (m);

L —— 管道设计顶进长度 (m);

f_k —— 管道外壁与土的平均摩阻力 (kN/m²);

N_F —— 顶管机的迎面阻力 (kN);

γ —— 土的重度 (kN/m³);

D_g —— 顶管机外径 (m);

H_s —— 管顶至地面的覆土厚度 (m)。

9.2.21【条文说明】市政上常用的顶管机为土压平衡式或泥水平衡式,本规范的顶管机的迎面阻力按此常用方式选取,若顶管机选用其他机型时,可按《给水排水工程顶管技术规程》(CECS 246) 12.4.2 条计算。

9.2.22 顶管顶力作用下,逆作法钢筋混凝土壁板后背土体抗力应符合下列下式要求:

$$R_L \geq 1.5 \cdot F_0 \quad (9.2.22)$$

式中： R_L —— 工作井后背土体抗力 (kN)。

9.2.22 【条文说明】 逆作法钢筋混凝土壁板后背土体抗力可按照《给水排水工程钢筋混凝土沉井结构设计规程》(CECS 137) 6.3.4~6.3.5 条计算。

9.2.23 逆作法钢筋混凝土壁板的计算跨度取壁板支座的中心距离。

9.2.24 逆作法钢筋混凝土第一节壁板按悬臂构件进行内力计算时，其弯矩按下式计算：

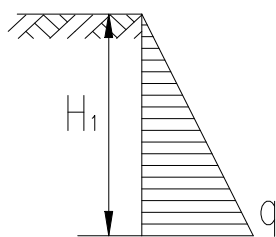


图 9.2.24 第一节壁板荷载简图

$$M = q \cdot H_1^2 / 3 \quad (9.2.24)$$

式中： M —— 第一节壁板每延米支座弯矩设计值 (kN·m)

q —— 第一节壁板下端每延米荷载设计值 (kN/m)；

H_1 —— 第一节壁板高度 (m)。

9.2.25 逆作法矩形钢筋混凝土壁板（除第一节壁板外）按封闭框架进行内力计算，其弯矩按下式计算：

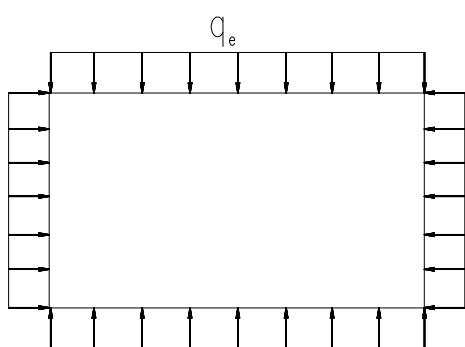


图 9.2.25-1 等效均布荷载简图

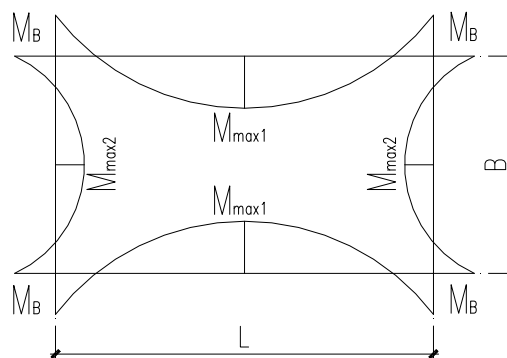


图 9.2.25-2 弯矩分布图

$$M_b = q_e \cdot B^2 \cdot [1 + (L/B)^3 / (1 + L/B)] / 12 \quad (9.2.25-1)$$

$$M_{\max 1} = q_e \cdot L^2 / 8 - M_b \quad (9.2.25-2)$$

$$M_{\max 2} = q_e \cdot B^2 / 8 - M_b \quad (9.2.25-3)$$

式中： M_b —— 每节壁板每延米支座弯矩设计值 (kN/m)
 q_e —— 每节壁板每延米等效均布荷载设计值 (kN/m)；
 L —— 封闭框架长边计算跨度 (m)；
 B —— 封闭框架短边计算跨度 (m)；
 $M_{\max 1}$ —— 每节壁板每延米封闭框架长边跨中弯矩设计值 (kN·m)；
 $M_{\max 2}$ —— 每节壁板每延米封闭框架短边跨中弯矩设计值 (kN·m)。

9.2.26 逆作法圆形钢筋混凝土壁板（除第一节壁板外）按封闭圆环进行内力计算，其弯矩按下式计算：

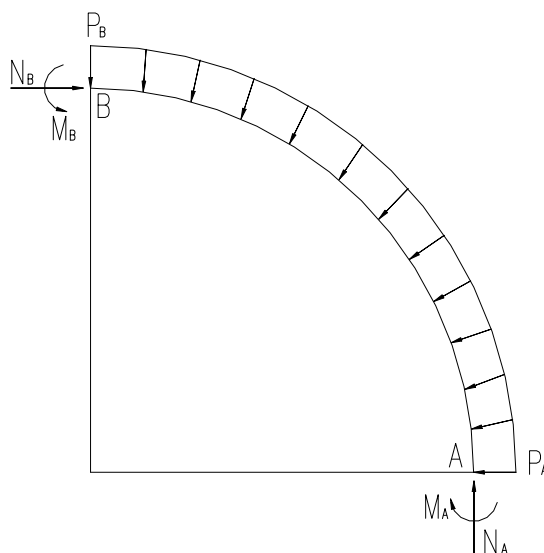


图 9.2.26 圆形井壁计算简图

$$\omega' = \frac{P_B}{P_A} - 1 \quad (9.2.26-1)$$

$$N_A = P_A \cdot r_c \cdot (1 + 0.7854 \cdot \omega') \quad (9.2.26-2)$$

$$N_B = P_A \cdot r_c \cdot (1 + 0.5 \cdot \omega') \quad (9.2.26-3)$$

$$M_A = -0.1488 \cdot P_A \cdot r_c^2 \cdot \omega' \quad (9.2.26-4)$$

$$M_B = -0.1366 \cdot P_A \cdot r_c^2 \cdot \omega' \quad (9.2.26-5)$$

式中： P_A —— 每节井壁外侧 A 点的水平土压力设计值 (kN·m²)；
 P_B —— 每节井壁外侧 B 点的水平土压力设计值 (kN·m²)，一般假定互成 90° 的两点处土的内摩擦角差值为 4°~8°；
 ω' —— 土压力调整系数；

- N_A —— 每节壁板每延米 A 截面上轴力设计值 (kN);
- r_c —— 每节壁板的中心半径 (m);
- N_B —— 每节壁板每延米 B 截面上轴力设计值 (kN);
- M_A —— 每节壁板每延米 A 截面上弯矩设计值 (kN·m);
- M_B —— 每节壁板每延米 B 截面上弯矩设计值 (kN·m)。

9.2.27 逆作法钢筋混凝土壁板按纯弯构件进行计算, 其配筋设计如下:

$$\alpha_s = \gamma_L \cdot M / (\alpha_1 \cdot f_c \cdot b \cdot h_0) \quad (9.2.27-1)$$

$$\gamma_s = 0.5 \cdot [1 + 0.5 \cdot (1 - 2 \cdot \alpha_s)] \quad (9.2.27-2)$$

$$A_s \geq \gamma_L \cdot M / (\gamma_s \cdot f_y \cdot h_0) \quad (9.2.27-3)$$

- 式中: α_s —— 截面抵抗矩系数;
- γ_L —— 结构设计使用年限的调整系数, 临时结构取 0.9, 永久结构取 1.0;
- M —— 计算截面弯矩 (kN·m);
- α_1 —— 当混凝土强度等级不超过 C50 时, 取为 1.0, 当混凝土强度等级为 C80 时, 取为 0.94, 其间按线性内插法确定;
- f_c —— 混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm²);
- b —— 每延米计算宽度 (mm);
- h_0 —— 有效截面高度 (mm);
- γ_s —— 折减系数;
- f_y —— 普通钢筋抗拉强度设计值 (N/mm²);
- A_s —— 受拉区纵向普通钢筋的截面面积 (N/mm²)。

9.2.28 逆作法工作井第一节壁板还需按受拉构件进行计算, 其配筋设计如下:

$$A_s \geq \gamma_G \cdot G_{k2} / f_y \quad (9.2.28)$$

式中: γ_G —— 永久荷载的分项系数。

9.2.29 对于逆作法钢筋混凝土壁板配筋计算, 当设置顶部环梁时逆作法钢筋混凝

土第一节壁板，需按环梁及两侧壁板为固定支座，下端为自由端模型计算水平钢筋；环梁第一节壁板以下的其他壁板，需按照环梁为固定端其他为自由端计算竖向钢筋，并满足计算单元壁板自重的受拉要求。逆作法钢筋混凝土壁板支承结构的裂缝、配筋计算尚应符合现行《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 规定。

9.2.29【条文说明】近年来城市更新市政管道工程项目多，逆作法钢筋混凝土壁板法施工大量应用于给排水、供热、燃气、电力、通讯等地下管网顶管井工程支护施工中。省内虽然有一部推广应用标准设计图集，但城市道路上环境条件复杂，特别是道路荷载较大，设计人员在钢筋混凝土设计计算方面把控程度差异性较大，造成支护工程造价和安全风险不可控。为此，规范编制组做了大量的工程实际调研和分析试验研究，选择了西安市高陵区某水厂输水管线湿陷性黄土场地上的实际逆作法钢筋混凝土壁板工作井，在基坑侧部地面分别进行了原土和浸水状态下的分级加载超载试验。

采取的监测方法为：(1)对工作井基坑和周边，利用全站仪、水准仪进行了水平位移、沉降监测；(2)利用三维激光扫描，在每级加载前后及卸载完成后，对工作井坑壁进行扫描，获取其三维变形数据；(3)通过在基坑环梁设视频标靶，高清摄像机对其进行实时监测，来确定每一级加载及卸载变形稳定趋势和需要加载的时间间隔；(4)在加载处基坑内侧钢筋混凝土面层设表面型智能弦式应变计，监测每级荷载下的应力应变情况。超载试验及监测点布设示意图见图 9.2.29。

1 基坑支护设计情况

工作井内净尺寸长 11m 宽 3.4m 深 6.4m，考虑基坑外侧有土方车重载车辆荷载，壁板顶环梁宽 600mm 厚 400mm，E16@150 双层双向，钢筋混凝土挡墙高 1m（高出地面 0.2m）厚 200mm，E14@150 双层双向。钢筋混凝土壁板上部 1.5m 高度厚 350mm，水平钢筋 E25@200 双层，竖向钢筋 E16@150 双层；下部 4.1m 高度厚 450mm，水平钢筋 E25@200 双层，竖向钢筋 E16@150 双层；底板 E18@150 双层双向。混凝土强度等级均采用 C30。

2 场地地质情况

场地位于渭河北岸二级阶地，属自重湿陷性黄土场地，黄土地基湿陷等级为 II（中等），20m 深度范围主要地层为第四纪晚更新世风积（ Q_3^{eol} ）黄土、残积（ Q_3^{el} ）古土壤、第四纪中更新世风积（ Q_2^{eol} ）黄土、残积（ Q_2^{el} ）古土壤，地下稳定水位约 18m。

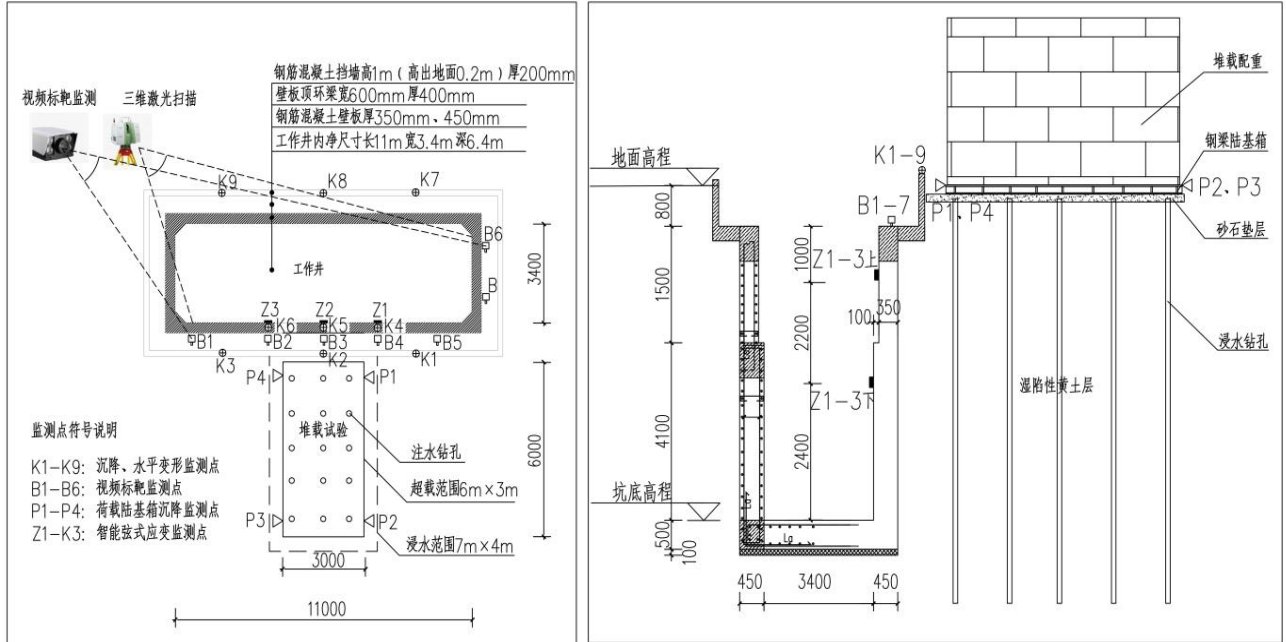


图 9.2.29：逆作法钢筋混凝土壁板法施工基坑侧壁超载试验示意图

现场对工作井开挖及影响深度 8m 范围内的更新世风积（ Q_3^{eol} ）黄土进行了勘探取样，浸水前在堆载 6m×3m 范围间隔 1m 布置深 8m 直径 150mm 钻孔，成孔后贯入中砂，最后在上部再设 300mm 砂石垫层，浸水坑范围 7m×4m，按照基本达到饱和状态控制，浸水前、后土样主要土性参数见下表：

表 9.2.29：浸水前、后土样土性参数表

浸水状况	含水量 W (%)	重度 (kN/m^3)	饱和度 (%)	湿陷系数 δ_s	固结快剪 C_q	
					C(kPa)	Φ (°)
浸水前黄土	11.0~19.3	14.7~16.6	33~51	0.022 ~ 0.066	28.5~38.0	23.7~32.7
浸水后黄土	21.9~25.1	16.3~18.6	63~79	0.006 ~ 0.023	21.3~26.8	20.3~23.5

3 堆载试验加载、卸载情况

堆载承载板尺寸为 $6\text{m} \times (1.5\text{m}+1.5\text{m})$ 钢梁陆基箱，陆基箱底面位于工作井周边地面下 0.5m 处，堆载配重为钢筋混凝土预制块，分 10 级加载，前 3 级每级 20kPa ，后 7 级每级 25kPa ，总荷载达到 235kPa ，堆载总重达 4230kN ，分两次完成卸载。加荷稳定时间依据视频标靶高清摄像机实时监测稳定结果确定，当变形曲线平稳后达 60 分钟以上时，按上述方法进行变形、应变等各项监测后再加卸下一级荷载。加载试验分别进行了第一次基坑外侧原状黄土条件各级堆载配重下的变形和应变监测、第二次原位浸水试验条件为同样加载并继续监测原监测点。

4 监测结果

1) 水平、沉降变形监测

原土加载试验，加载过程中实测临加载侧的基坑顶部 $K1 \sim K6$ 点水平变形规律表现为随荷载增大整体向坑外侧发生变形的趋势，最大荷载时向坑外侧发生最大位移为 $1.3 \sim 3.5\text{mm}$ ，基坑中部位移量大，卸载完毕后变形回弹归零并向坑内发生变形 $0.3 \sim 0.7\text{mm}$ ；沿基坑壁竖向中、下部的 2 道 $Z1 \sim Z3$ 点总体向坑内变形为 $1.2 \sim 2.3\text{mm}$ 。基坑周边 $K1 \sim K9$ 点沉降变形为总体抬升了 $0.5 \sim 1.7\text{mm}$ （基坑未堆载侧 $K7 \sim K9$ 值小）。堆载承载板钢梁陆基箱 $P1 \sim P4$ 下沉了 $9 \sim 53\text{mm}$ （第 1 级预压荷载下沉量未计入）。

浸水试验是在原堆载位置进行，浸水完毕 48 小时后按第一次堆载方案对原监测点位继续进行监测。 $K1 \sim K6$ 点水平变形规律仍表现为随荷载增大整体向坑外侧变形的趋势，最大荷载时向外侧最大位移为 $0.8 \sim 3.4\text{mm}$ ；基坑竖向中下部的 2 道 $Z1 \sim Z3$ 点总体向坑内变形达 $2.4 \sim 2.8\text{mm}$ ；基坑中部位移量较大，卸载完毕后各点变形基本未出现回弹变化。基坑周边沉降变形 $K1 \sim K9$ 点总体下沉了 $0.4 \sim 2.1\text{mm}$ （基坑未堆载侧 $K7 \sim K9$ 值小）。堆载承载板钢梁陆基箱下沉了 $141.39 \sim 327.5\text{mm}$ （第 1 级预压荷载下沉量未计入）。

视频标靶监测的基坑顶部水平、沉降变形值及规律结果变化基本与高精度经纬仪、水准仪结果基本一致；三维激光扫描结果值与上述结果值相比略大 $2 \sim 3\text{mm}$ ，但变形规律基本一致。

2) 应变监测

在工作井基坑原始地面以下 1.8m、4.0m 处的堆载侧钢筋混凝土井壁上，分别设上、下 2 道表面型智能弦式应变计 (Z1~Z3)。

上一道应变监测点：随荷载增加到最大，中间 Z2 点混凝土均受压，浸水前后监测应变值均在 $-9\mu\epsilon \sim -32\mu\epsilon$ 之间变化，远未达到混凝土峰值压应变（一般普通混凝土峰值压应变为 $-2000\mu\epsilon$ ），两侧 Z1、Z3 点混凝土均受拉，浸水前、后监测应变值分别在 $50\mu\epsilon \sim 74\mu\epsilon$ 、 $77\mu\epsilon \sim 134\mu\epsilon$ 之间变化，均未超过混凝土开裂应变值（一般普通混凝土开裂应变为 $150\mu\epsilon$ ），卸载后现场观测未发现受力裂缝，与变形监测数据吻合。

下一道应变监测点：随荷载增加到最大，中间部位 Z2 点混凝土受拉，浸水前后监测应变值在 $2\mu\epsilon \sim 18\mu\epsilon$ 之间变化，未超过混凝土开裂应变值（一般普通混凝土开裂应变为 $150\mu\epsilon$ ），两侧 Z1、Z3 点侧混凝土均受压，浸水前、后监测应变值分别在 $-14\mu\epsilon \sim -26\mu\epsilon$ 、 $-23\mu\epsilon \sim -40\mu\epsilon$ 之间变化，远未达到混凝土峰值压应变（一般普通混凝土峰值压应变为 $-2000\mu\epsilon$ ），卸载后现场观测未发现任何受力裂缝，与变形监测数据吻合。

监测总体变化规律为浸水前后加载至最大荷载情况下，上一道监测点中间受压，两侧均为受拉，下一道则相反。浸水后拉、压应力均比浸水前略大，拉应力均未超过混凝土开裂应变值、压应力，远未达到混凝土峰值压应变值。

5 结果分析

通过在上述工作井基坑外侧地面进行超载试验，由于工作井钢筋混凝土结构整体刚度较大，浸水前后在地面 235kPa 超载作用下，工作井整体略倾（上部向坑外、下部向内）未超过 5mm，即使在地层浸水状态加载地面整体平均下沉约 240mm 的情况下，监测的工作井壁板混凝土最大应变值均未超过混凝土开裂应变值，工作井及现场未发现任何异常开裂现象。通过对该有限尺寸工作井基坑外侧进行超载试验和反演分析，将对逆作法钢筋混凝土壁板法施工工作井的土压力分析、支承结构的裂缝、配筋优化计算起到借鉴作用。

针对以上研究及试验，当无土层试验参数初步设计时对砂性、一般黏性土或黄土的侧向主动土压力系数可分别取 1/4、1/5；对于逆作法钢筋混凝土壁板配筋计算，当设置顶部环梁时逆作法钢筋混凝土第一节壁板，需按环梁及两侧壁板为固定支座，

下端为自由端模型计算水平钢筋；环梁第一节壁板以下的其他壁板，需按照环梁为固定端其他为自由端计算竖向钢筋并满足计算单元壁板自重的受拉要求。

9.2.30 工作井井壁转角处的钢筋，应有足够的长度锚入相邻的井壁内；锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

9.2.31 工作井井壁转角处应设计腋角，井壁腋角的边宽不应小于 150mm，并应配置钢筋，其用量可按井壁板截面内受力钢筋的 50%采用；当井壁受力较大时，腋角应按剪切计算进行钢筋的配置。

9.3 施工与质量检验

9.3.1 逆作法钢筋混凝土壁板工作井施工工序主要为：场地平整→测量放线→井周土体加固→基坑降水→第一段土方开挖→钢筋制作→模板制作→第一段壁板混凝土浇筑→混凝土养护、拆模→第二段壁板施工→重复工序→地基处理→最下段壁板钢筋及底板钢筋制做→最下段壁板和底板混凝土施工。

9.3.2 逆作法钢筋混凝土壁板工作井在施工过程中，应满足下列要求：

1 开挖前，对施工时的挖土方法、每次挖土深度、挖土时间、施工钢筋混凝土各道工序的方法和时间、风险防控及应急处理均应有严格的施工组织安排；

2 场地三通一平，根据地勘资料按 9.1.1、9.1.2 条要求进行场地土层预加固；

3 对于周边地下水位较高的工作井，应进行专业降水设计，专项降水方案通过评审后方可实施；

4 每段壁板挖土时每次下挖深度不应超过 2.0 米；开挖的井壁不得久置，每段井壁施工从开始挖土到浇筑完成混凝土所用时间不宜超过 5 天。

5 工作井壁侧模应待混凝土强度达到 80%以上设计强度时方可拆模。

6 工作井施工至设计底标高后，应避免基坑底面暴露时间过长，应加快施工进度尽快将底板混凝土施工完毕。

9.3.3 当逆作法钢筋混凝土壁板工作井作为永久性检查井或有严格的防水要求时，在施工过程中，应满足下列要求：

1 每段壁板可在施工时设置跳角浇筑混凝土，施工缝及跳角做法见下图 9.3.3；

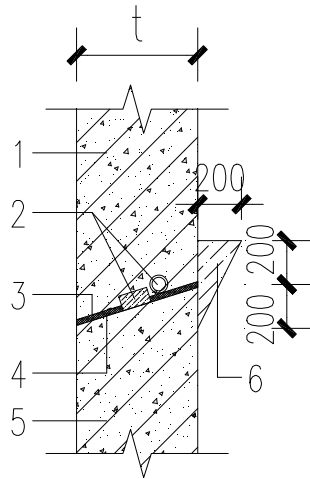


图 9.3.3 施工缝及跳角做法

- 1—上节壁板浇筑混凝土；2—遇水膨胀止水条及注浆管；3—水泥浆一道；4—施工缝筋；
5—下节壁板浇筑混凝土；6—跳角（浇筑完成后凿除）

t—壁板厚

2 抗浮水位以上，在每段壁板间可不设遇水膨胀止水条，工作井为永久结构时应增设注浆导管，进行工后注浆防渗处理；

3 壁板施工缝处设置 10mm×30mm 遇水膨胀止水条（缓胀型），应保证止水条安装到位，混凝土振捣密实；

4 应采取其他可靠的防水施工措施，保证施工缝的质量，确保不渗漏。

9.3.3【条文说明】壁板施工缝止水是一个关键环节，施工缝可按图 9.3.3 设为“—”字形，也可设为“V”字形。影响施工缝防水效果因素较多，建议设预埋注浆管做防渗处理，注浆施工应注意以下几点：其一，注意封堵注浆孔防止混凝土浆液堵管，由于混凝土浇筑过程中，在承受外部混凝土压力时，包裹在注浆管外侧的橡胶盖条紧贴在中心轴管的注射出料孔上，以防止浇筑过程中混凝土浆液混入注浆管。其二，在注浆以前需清孔，采用压送空气或水的方法对孔道进行疏通、开口，且这些水最后要被完全排出。其三，注意控制注浆压力，浆液注入时用压力泵，压力为(0.4~0.8)MPa，从一个注入孔注入，在注浆过程中，当注浆管管道内部的压力达到一定程度时，浆液可在压力作用下顶起橡胶盖条，从注射出料孔溢出，从而对混凝土空洞处进行填塞，达到止水密封的作用。注浆从另一个注入孔流出，封堵并保持注入压力 5min，完成注入作业。实验表明，采取充填法、环氧树脂注入法、水泥浆注入法(缝隙 3mm)处理的接头，它们的抗剪强度、抗渗能力无大差别，可根据实际情况选用。

9.3.4 逆作法钢筋混凝土壁板工作井施工关键节点做法可参照下图做法进行：

- 1 地面处水平环梁节点做法可参照图 9.3.4-1；
- 2 地面下水平环梁节点做法可参照图 9.3.4-2；
- 3 逆作法壁板变厚度处、壁板与基础相接处节点做法可参照图 9.3.4-3。

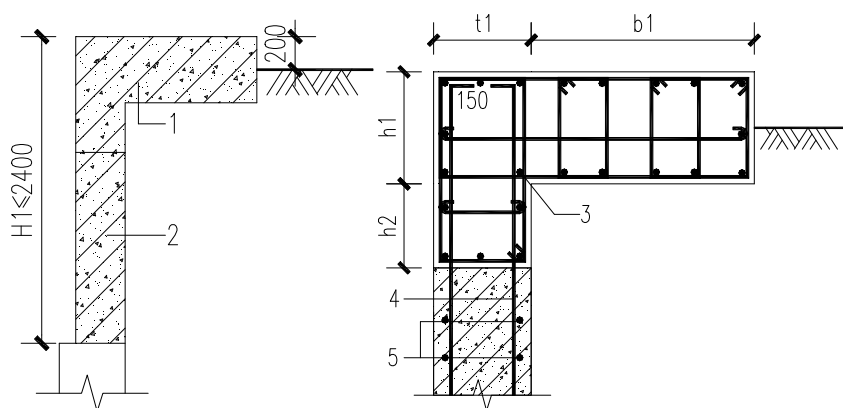


图 9.3.4-1 地面处水平环梁节点做法

1—环梁；2—第一次浇筑；3—环梁配筋；4—壁板竖向钢筋；5—壁板水平钢筋
 t_1 —第一节壁板厚； b_1 —环梁支承土体宽度； h_1 —环梁高度； h_2 —环梁下暗梁高度

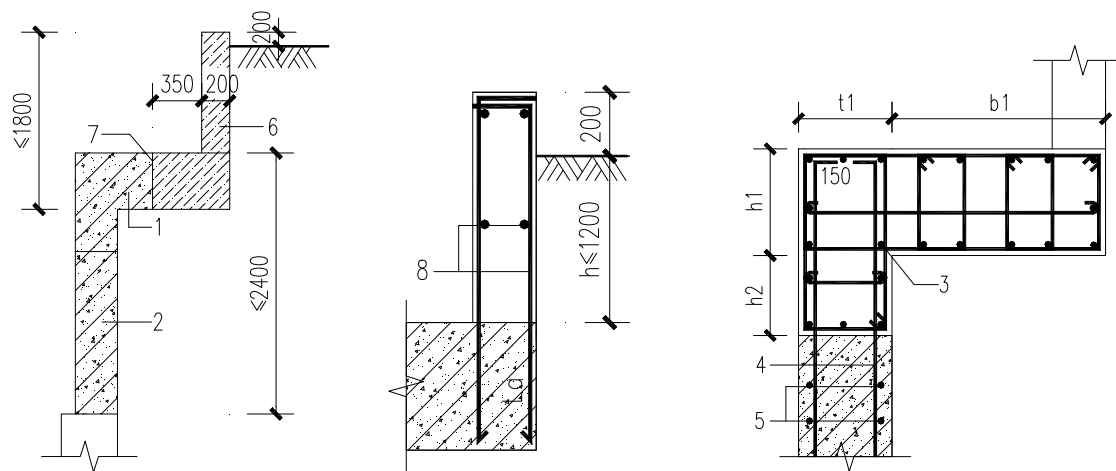


图 9.3.4-2 地面下水平环梁节点做法

1—环梁；2—第一次浇筑；3—环梁配筋；4—壁板竖向钢筋；5—壁板水平钢筋；6—第一次浇筑（挡土墙及部分环梁）；7—施工缝；8—挡土墙配筋
 t_1 —第一节壁板厚； b_1 —环梁支承土体宽度； h_1 —环梁高度； h_2 —环梁下暗梁高度

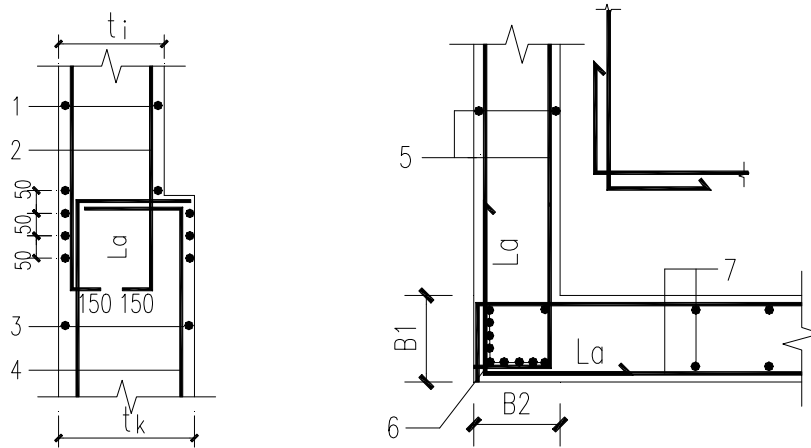


图 9.3.4-3 逆作法壁板变厚度处、壁板与基础相接处节点做法

1—第 i 节壁板水平钢筋；2—第 i 节壁板竖向钢筋；3—第 k 节壁板水平钢筋；4—第 k 节壁板竖向钢筋；5—末节壁板钢筋；6—壁板或底板同向钢筋；7—底板钢筋
 t_i —第 i 节逆作钢筋混凝土壁板厚度； t_k —第 k 节逆作钢筋混凝土壁板厚度； B_1 —底板厚度； B_2 —末节壁板厚度

9.3.5 逆作法工作井施工质量检验应满足《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的相关要求。

9.3.6 基坑工程施工前，应按相关规定编制逆作法钢筋混凝土壁板工作井基坑工程专项施工方案、监测方案，并经建设方、设计方、监理方等认可，必要时还需通过专家评审、经基坑周边环境涉及的有关管理单位认可后方可实施。

9.3.7 逆作法钢筋混凝土壁板质量检验应符合国家现行标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107、《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定。

9.3.8 开工前，应将工程划分为单位、分部、分项工程和检验批，作为施工质量检查、验收的基础。

9.3.9 隐蔽工程在隐蔽前应进行验收，确认合格后，形成隐蔽验收文件。

9.3.10 检验批合格质量应符合下列规定：

- 1 主控项目的质量应经抽样检验合格；
- 2 一般项目的质量应经抽样检验合格；当采用计数检验时一般项目的合格点率应达到 80%及以上，且不合格点的最大偏差值不得大于规定允许偏差值的 1.5 倍。
- 3 应具有完整的施工操作依据和质量检查记录。

9.3.11 工程原材料、成品、半成品的产品质量应符合国家相关标准规定和设计要求。

检查方法：检查产品质量合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

检查数量：全数检查。

9.3.12 逆作井结构的构造和尺寸应满足设计要求。

检查方法：检查施工记录。

检查数量：全数检查。

9.3.13 混凝土的抗压强度等级、抗渗等级应符合设计要求。

检查方法：检查混凝土浇筑记录，检查试件的抗压强度、抗渗试验报告。

检查数量：每根桩为一个验收批，抗压强度试件不少于1组；每节段井壁为一个验收批，抗压强度、抗渗试件应各留置一组，并留取同条件试件。

9.3.14 逆作法钢筋混凝土壁板的相对位移应符合设计要求。

检查方法：检查施工及监测记录。

检查数量：全数检查。

9.3.15 逆作井的严密性应符合设计要求。

检查方法：检查严密性试验记录。

检查数量：每座井。

9.3.16 逆作法钢筋混凝土壁板节段的位置、高程应满足设计要求。

检查方法：水准仪检查高程，全站仪检查位置。

检查数量：每节段。

9.3.17 结构无明显渗水现象。

检查方法：观察。

检查数量：全数检查。

9.3.18 逆作井施工的允许偏差应符合本表 9.3.18 的规定。

表 9.3.18 逆作井施工的允许偏差

检查项目				允许偏差 (mm)	检查数量		检查方法
					范围	点数	
1	尺寸	矩形	每侧长、宽	不小于设计要求	每座	2点	挂中线用尺量测

	圆形	直径				
2	预留洞口	中心位置	± 10	每处	1 点	用钢尺量测
		内径尺寸	± 10			
3	底板高程		± 30	每座	4 点	用水准仪量测
4	壁板垂直度		$0.1\%H$	每座	1 点	用垂线、角尺量测
5	预埋件中心线位置		± 10	每件	1 点	用钢尺量测

注：H 为逆作井的高度（mm）。

10 沉井法

10.1 一般规定

10.1.1 对于市政管网工程的工作井基坑，当符合下列条件之一时可采用沉井法进行支护：

- 1 当顶管埋置深度大于 6m 时；
- 2 井深范围内见地下水，且降水可能引起地面沉降时；
- 3 位于管道埋深和顶力较大的软弱土地区时；
- 4 与逆作法钢筋混凝土壁板及其他支护方法相比，具有技术和经济优势时。

10.1.1 【条文说明】对于市政管网工程的工作井基坑，当顶管埋置较深、顶力较大、地下水埋深较浅，地面下沉对周边环境无影响时，与逆作法钢筋混凝土壁板支护具有一定技术和经济优势时，常选取沉井法施工。根据市政顶管工程经验，一般情况下当顶管埋置深度小于 6m 时与其他支护方案相比经济性不具优势。井深范围内见地下水，当降水可能引起地面沉降时可考虑沉井方案，采用不排水下沉时，能有效避免降水引起地面下沉的问题。位于深度较大软弱土地区，采取沉井相比其他支护方式较经济，故常选择沉井法。顶管工作井常采用的支护形式除钢筋混凝土壁板、灌注桩、钢板桩等方法外，由于近年来工作井深度、顶管直径、顶进力等规模指标加大，沉井支护在我省市政管网工作井支护中应用也较为普遍。

10.1.2 根据本省沉井工程实际，本章沉井法仅针对钢筋混凝土沉井结构；沉井结构材料可根据其尺寸和施工难度综合确定，沉井应满足使用功能和安全要求。

10.1.2 【条文说明】钢筋混凝土沉井支护结构在本省应用较广泛，经验也比较成熟，故本章沉井法主要针对钢筋混凝土沉井。我省地域范围较大，各类工作井大小、深度、使用功能、地质地层、应急处理及安全风险等情况差异较大，故可根据当地实际情况灵活选取沉井结构材料，必须均应满足使用功能和安全要求。一般情况下，当沉井平面外部尺寸大于 $4\text{m}\times 4\text{m}$ 时，宜采用现浇钢筋混凝土结构；当沉井外部平面尺寸大于 $4\text{m}\times 4\text{m}$ 时，预制构件运输和吊装难度高、成本大、不经济；沉井外部平面尺寸小于 $4\text{m}\times 4\text{m}$ 时也可采用预制混凝土结构或钢板、钢壳结构，并分段下沉并采取可靠连接措施。预制混凝土管或钢板、钢壳沉井的连接措施可采用法

兰连接、焊接或灌浆连接等，连接部位都应满足抗渗和结构强度要求，具体设计可参考相关施工手册等。

10.1.3 沉井平面形状可分为圆形、矩形和多边形。管线交叉处的沉井和深度大的沉井宜采用圆形或多边形工作井，管线直线段或直角转弯处的沉井宜采用矩形沉井。

10.1.3 【条文说明】当顶管方向与沉井轴线夹角小于 5° 时可视为直线段，可采用矩形沉井。

10.1.4 沉井竖向断面形状可选取直壁形或阶梯形。当沉井尺寸和深度不大、井壁摩阻力不大时宜选用直壁形沉井，当沉井尺寸和深度较大、井壁摩阻力较大时宜选用阶梯形沉井。

10.1.5 沉井设计计算应符合下列要求：

- 1 进行沉井下沉、下沉稳定性及抗浮稳定性验算；
- 2 进行封底混凝土厚度验算；
- 3 沉井在顶管力作用下后背土体的稳定性验算；
- 4 底板与井壁的内力与配筋计算；
- 5 进行沉井结构的倾覆和滑移验算；
- 6 验算时抵抗力应只计永久作用(可变作用不计入)，参与组合的作用力均应采用标准值；
- 7 沉井的工作特征设计系数应符合表 10.1.5 的规定。

表 10.1.5 沉井的工作特征设计系数

工作特征	设计系数
下沉系数	$k_{st} \geq 1.05$
下沉稳定系数	$K_{st,s} = 0.8 \sim 0.9$
抗滑动稳定系数	$k_s \geq 1.30$
抗倾覆稳定系数	$k_{fw} \geq 1.50$
抗浮稳定系数	$k_{fw} \geq 1.0$ (不计侧壁摩阻力)
	$k_{fw} \geq 1.15$ (计侧壁摩阻力)

10.1.6 当沉井作为临时工程时，可按临时结构设计；当沉井作为永久结构使用时，应考虑抗震、耐久性、防水和裂缝控制、防爆等因素，并应满足永久性构筑的要求。

10.1.6 【条文说明】 市政工程基坑支护常为临时工程，顶管完成后应在井内砌筑检查井，并对沉井按要求进行回填；当沉井用作永久结构使用时，沉井设计应

考虑抗震、腐蚀性、防水、裂缝控制等因素；当沉井用于污水管网的永久工程时，井室空间应做二次结构优化尽量减小污水及沼气储存空间，并设置排气措施，防止沼气浓度超标，引起爆炸。

10.1.7 当沉井的下沉深度范围内有地下水时，应根据周边环境条件综合分析验算，选择合适的地下水控制、沉井下沉方法和其他辅助措施。

10.1.7【条文说明】 当沉井的下沉深度范围内有地下水时，根据岩土地层、施工对周边环境的影响，沉井下沉施工常采取排水下沉法或不排水下沉法。排水下沉法是通过基坑降水或截水等地下水控制措施，确保井内在无水状态下的取土下沉施工，因注意加强基坑降水与渗流、取土扰动等造成沉井周边土体或地面变形问题；采取不排水下沉法，是通过控制井内水位保持井内的水土稳定，以便进行水下取土的下沉方法，由于挖土、水位变化、水渗透、沉井下沉、井周边土体沿井底刃脚向井内流动变形等都是一个动态变化的过程，容易造成井内流泥、流沙涌入过多，使沉井周围地面塌陷，故应注意保持井内水头压力，有效控制水下挖土、沉井下沉量，并做好监测预警和风险防控；当沉井附近存在已有建筑物或构筑物，则应采取较为严格地下水控制、井内挖土下沉措施，必要时可采取降水、截水、加固地层、可控压沉等辅助措施。

10.2 设计

I 设计计算

10.2.1 沉井井壁外侧与土层间的摩阻力及其沿井壁高度的分布形状，应根据工程地质条件、井壁外形和施工方法等，通过试验或对比积累的经验资料确定。当无试验条件或无可靠资料时，可按下列规定确定：

1 井壁外侧与土层间的单位摩阻力标准值 f_k 可根据土层类别按表 10.2.1 选用。

表 10.2.1 单位摩阻力标准值 f_k (kPa)

土层类别	f_k (kPa)	土层类别	f_k (kPa)
流塑状态黏性土	10~15	砂性土	12~25
可塑、软塑状态黏性土	12~25	砂砾土	15~20
硬塑状态黏性土	25~50	卵石	18~30
泥浆套	3~5		

注：当井壁外侧为阶梯型并采用灌砂助沉时，灌砂段的单位摩阻力标准值可取 7kPa~10kPa；气幕减阻时，可按表中摩阻力乘 0.5~0.7 系数。

2 当沿沉井下沉范围内分布多层土时,单位摩阻力可取各层土单位摩阻力标准值的加权平均值。

3 摩阻力沿沉井井壁外侧的分布形状可分为直壁形和阶梯形,直壁形可按图 10.2.1 (a) 采用;阶梯形可按图 10.2.1 (b) 采用。

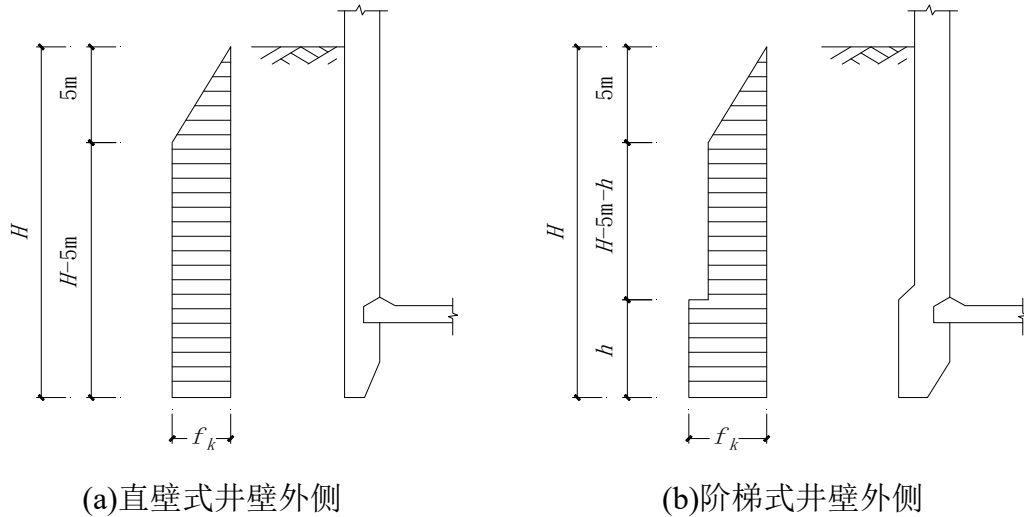


图 10.2.1 摩阻力沿井壁外侧分布

10.2.2 沉井下沉系数应满足下列公式要求:

$$k_{st} \geq 1.05 \quad (10.2.2-1)$$

$$k_{st} = \frac{G_{ik} - F_{w,k}}{F_{fk}} \quad (10.2.2-2)$$

式中: k_{st} ——下沉系数;

G_{ik} ——沉井自重标准值(包括外加助沉重量的标准值)(kN);

$F_{w,k}$ ——下沉过程中水的浮托力标准值(kN);

F_{fk} ——井壁总摩阻力标准值(kN)。

10.2.3 当下沉系数较大,或在下沉过程中遇有软弱土层时,应根据实际情况进行沉井的下沉稳定验算,并满足下列公式的要求:

$$k_{st,s} = 0.8 \sim 0.9 \quad (10.2.3-1)$$

$$k_{st,s} = \frac{G_{ik} - F'_{fw,k}}{F'_{fw} + R_b} \quad (10.2.3-2)$$

式中: $k_{st,s}$ ——下沉稳定系数;

$F'_{fw,k}$ ——验算状态下水的浮托力标准值(kN);

F'_{fw} ——验算状态下井壁总摩阻力标准值(kN);

R_b ——沉井刃脚、隔墙和底梁下地基土的极限承载力之和(kN)，当无极限承载力试验资料时，可按表 10.2.3 选用。

表 10.2.3 软弱土层极限承载力参考表 (kPa)

土的种类	极限承载力(kPa)
淤泥质土	80~90
软弱黏性土	90~110
饱和软黄土	110~120
饱和粉细砂	100~110

10.2.4 沉井抗浮应按沉井封底和使用两个阶段，分别根据实际可能出现的最高水位进行验算，并满足下列公式的要求：

$$k_{fw} \geq 1.00(\text{不计侧壁阻力}) \quad (10.2.4-1)$$

$$k_{fw} = \frac{G_{ik}}{F_{fw,k}^b} \quad (10.2.4-2)$$

式中： k_{fw} ——沉井抗浮系数；

$F_{fw,k}^b$ ——基底的水浮托力标准值(kN)。

10.2.5 当封底混凝土与底板间有拉结钢筋等可靠连接时，封底混凝土的自重可作为沉井抗浮重量的一部分。

10.2.5【条文说明】 当封底混凝土与底板间设置拉结钢筋时，其直径不宜小于 12mm，间距不宜大于 300mm，锚固长度应符合现行规范要求，确保封底混凝土与底板协同受力。

10.2.6 在施工阶段，井壁的竖向抗拉应按下列规定计算：

1 土质为硬土且沉井下沉系数接近 1.05 时，等截面井壁的最大拉断力应为：

$$N_{\max} = \frac{G}{4} \quad (10.2.6)$$

式中： G ——沉井下沉时的总重量设计值(kN)，自重分项系数取 1.20，即 $G=1.2G_{1k}$ 。

2 土质均匀的软土地基，沉井下沉系数较大(大于或等于 1.5)时，可不进行竖向拉断计算，但竖向配筋不应小于最小配筋率及使用阶段的设计要求。

3 当井壁上有预留洞时，应对孔洞削弱断面进行验算和加强，可参照附录 D.1.6。

10.2.7 水下封底混凝土的厚度应根据基底的向上净反力计算确定。水下封底混凝土

土的厚度，应按下式计算：

$$h_t = \sqrt{\frac{9.09M}{bf_t}} + h_u \quad (10.2.7)$$

式中： h_t ——沉井水下封底混凝土厚度(mm)；

M ——每米宽度最大弯矩的设计值(N·mm)；

b ——计算宽度(mm)，取 1000mm；

f_t ——混凝土抗拉强度设计值(N/mm²)；

h_u ——附加厚度(mm)，可取 300mm~500mm。

10.2.8 封底混凝土板的边缘应进行冲剪验算，冲剪处的封底厚度应在设计图中注明，计算厚度应扣除附加厚度。

10.2.9 沉井井壁土压力计算时，直壁式外侧井壁应采用静止土压力计算，阶梯式外侧井壁采用主动土压力计算。排水法下沉土压力计算时应考虑渗流作用的影响。

10.2.9 【条文说明】排水法下沉时通常井内水位低于井周边水位，存在水头差，地下水通过井底向井内渗流，土压力计算时应考虑渗流作用的影响，即：土重度增大 j ，水重度减小 j ，单位渗透力按下式计算：

$$\text{单位渗透力： } j = \gamma_w \cdot i \quad 10.2.9-1$$

$$\text{水力坡度： } i = \frac{\Delta h}{L} \quad 10.2.9-2$$

式中： j ——单位渗透力(kN/m³)；

i ——水力坡度；

γ_w ——饱和重度(kN/m³)；

Δh ——井内外水土差(m)；

L ——渗流路径(m)；

10.2.10 沉井内力计算可简化为平面体系进行结构分析。

10.2.11 在沉井下沉阶段，不带内框架的井壁结构进行内力计算时，可在垂直方向截取单位高度的井段，按水平闭合结构进行计算；对带内框架的井壁结构，则应根据框架的布置情况，按连续的平板或拱板计算。计算可采用下列假定：

1 在同一深度处的侧压力可按均匀分布考虑；

2 井壁上设置竖向框架或水平框架时,当框架梁与板的刚度比不小于 4 时,框架梁视为井壁的不动铰支承;

3 刃脚根部至凹槽顶以上高度等于该处井壁厚度 1.5 倍的一段井壁,施工阶段计算时除考虑作用在该段上的水、土压力外,尚应考虑由刃脚传来的水、土压力作用。外层水平配筋时可考虑计入刃脚的水平钢筋。

10.2.12 在沉井的使用阶段,其结构应根据底板及后浇隔墙浇筑完成后的结构体系和实际作用进行计算。

10.2.13 刃脚、壁板、底板内力及结构计算应符合《给水排水工程钢筋混凝土沉井设计规程》CECS 137 的规定。

10.2.14 湿陷性黄土地区应考虑黄土水敏性对抗剪强度指标的影响,膨胀土地区应考虑膨胀力的作用,有地下水时应考虑地下水的作用。

10.2.15 阶梯形外壁沉井在下沉过程中,井壁外侧的空隙应及时采用中砂灌缝,下沉完成后应对地下水位以上的灌砂段采用水泥浆进行注浆固化。

10.2.15 【条文说明】 根据我省大量沉井施工经验,采用阶梯形外壁沉井时,须在井壁外侧空隙及时灌缝,起助沉和填充固土作用,回灌材料须具备流动性和低压缩性,经多次试验验证,回填中砂效果最好。如:在某项目沉井施工过程中,施工单位采用 3:7 灰土进行回填缝隙,沉井下沉时,灰土与周边土体粘连较好,灰土不下沉,沉井井壁外侧空隙在深部出现缩孔,造成地面大范围沉降开裂,随后经各方研究后采用中砂回填,效果较好,偶尔出现中砂下沉不均匀时用振动棒稍作振动便可顺利下沉。

10.2.16 沉井作为工作井使用时,应符合顶力验算的要求。

1 管道的总顶力可按下式估算

$$F_0 = \pi D_1 L f_k + N_F \quad (10.2.16-1)$$

式中 F_0 ——总顶力标准值(kN);

D_1 ——管道的外径(m);

L ——管道设计顶进长度(m);

f_k ——管道外壁与土的平均摩阻力(kN/m²);

N_F ——顶管机的迎面阻力(kN)。不同端口

顶管机的迎面阻力计算可按 10.2.16 表选用。

表 10.2.16 顶管机迎面阻力 (N_F) 的计算式

顶管机端面	常用机型	迎面阻力 N_e (kN)	式中符号
刃口	机械式 人工挖掘式	$N_F = \pi(D_g - t)tR$	t —刃口厚度 (m)
喇叭口	挤压式	$N_F = \frac{\pi}{4}D_g^2(1 - e)R$	e —开口率
网格	挤压式	$N_F = \frac{\pi}{4}D_g^2\alpha R$	α —网格截面参数, 可取 $\alpha = 0.6 \sim 1.0$
网格加气压	气压平衡式	$N_F = \frac{\pi}{4}D_g^2(\alpha R - P_n)$	P_n —气压 (kN/m ²)
大刀盘切削	土压平衡式 泥水平衡式	$N_F = \frac{\pi}{4}D_g^2\gamma_s H_s$	γ_s —土的重度 (kN/m ³) H_s —覆盖层厚度 (m)

注: 1. D —顶管机外径 (m);

2. R —挤压阻力 (kN/m²), 可取 $R=300 \sim 500$ kN/m²。

2 沉井在顶力作用下, 后背土体的稳定性应符合下列公式的规定

$$F_0 \leq \xi (0.8E_{pk} - E_{ep,k}) \quad (10.2.16-2)$$

$$\xi = \frac{(h_f - |h_f - h_p|)}{h_f} \quad (10.2.16-3)$$

$$h_p = H/3 \quad (10.2.16-4)$$

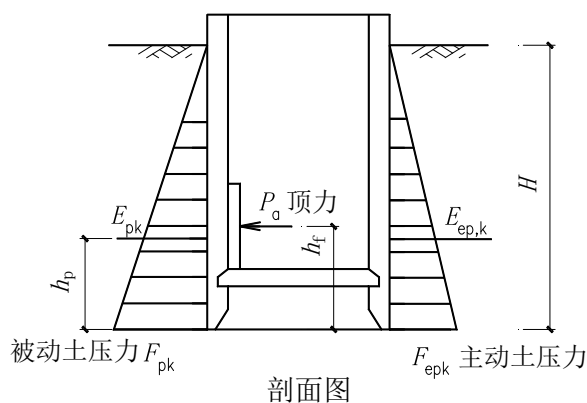
式中: ξ —顶管顶力与土压力合力作用点可能不一致的折减系数;

E_{pk} —沉井后方被动土压力合力标准值 (kN);

$E_{ep,k}$ —沉井前方主动土压力合力标准值 (kN);

h_p —土压力合力至刃脚底的距离 (kN)

h_f —顶管力至刃脚底的距离 (kN)



3 当估算总顶力大于管节允许顶力设计值或工作井允许顶力设计值时,应设置中继间。

10.2.15 【条文说明】 沉井作为工作井使用时,应验算顶力作用下后背土体的稳定性。

II 构造

10.2.17 沉井周边 1.5 倍沉井深度范围内有重要建(构)筑时,应在沉井周边采取支护桩、微型桩、搅拌桩帷幕、旋喷桩帷幕或注浆帷幕等防止变形的加固措施。

10.2.17 【条文说明】 根据大量工程监测统计,在沉井周边 1.5 倍沉井深度范围内变形风险可能性大,在该区域内存在重要建(构)筑时,应在沉井周边采取防止变形的加固措施。

10.2.18 受力钢筋的最小配筋率应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 和《给水排水工程构筑物结构设计规范》GB 50069 的规定。钢筋保护层厚度尚需满足《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 要求,并不小于 35mm。

10.2.19 沉井主体结构的混凝土强度等级不宜低于 C30。水下封底混凝土强度等级不宜低于 C25。有抗渗要求的沉井壁板和底板混凝土等级不应小于 P6。

10.2.20 普通钢筋应选用 HPB300、HRB400 和 HRB500 钢筋,必须进行裂缝宽度验算的构件宜优先选用变形钢筋。

10.2.21 沉井平面宜对称布置,矩形沉井的长宽比不宜大于 2,高宽比不宜大于 2.5。沉井剖面构造应符合附录 D.1.1 的规定。

10.2.22 沉井起沉标高应高于地下水位以上不小于 500mm。

10.2.23 刃脚的长度应满足封底混凝土厚度的要求。刃脚的踏面底宽宜为 150mm~400mm,刃脚斜面与水平面夹角宜为 50°~60°。遇坚硬土层时,刃脚踏面外缘端部宜设置钢板护角,刃脚构造应符合附录 D.1.2 的规定。

10.2.24 刃脚的配筋应符合下列规定:

1 刃脚的竖向钢筋应设置在水平向钢筋的外侧,并应锚入刃脚根部以上,锚固长度应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 的要求;

2 刃脚的内、外层竖向钢筋之间应设置 $\phi 6 \sim \phi 8$ 拉筋,拉筋间距可取 300mm~500mm。

10.2.25 钢筋混凝土底板应符合附录 D.1.3 的规定,沉井封底完成后,应尽快施工

钢筋混凝土底板。

10.2.26 沉井井壁变截面台阶宽度可取 100mm~200mm。沉井最下部台阶宜设在沉井底板以上，距底板面不应小于 1.0 倍凹槽处壁厚。为减少下沉摩阻力设置的台阶应设在井壁外侧，为满足受力要求设置的台阶应设在井壁内侧。井壁变截面台阶构造应符合附录 D.1.4 的规定。

10.2.27 分节制作的沉井应符合下列规定：

- 1 沉井分节浇筑时，每节高度宜取 4m~6m，底节沉井高度宜取 5m~8m；
- 2 沉井井壁上端和沉井分节下沉时每节井壁上端的环向或水平向钢筋均应加强，沉井的竖向框架在沉井下沉前应形成封闭体系；
- 3 大型沉井采用现浇钢筋混凝土分节制作时，上节沉井井壁应增加水平构造钢筋。

10.2.28 井壁与后浇隔墙的连接处，宜在井壁上加设腋角，并预留凹槽、连接钢筋和止水片。凹槽的深度不宜小于 200mm，连接钢筋的直径和间距应与隔墙边的水平向钢筋一致。因施工要求需弯折的预留插筋，钢筋直径不宜大于 20mm。

10.2.33 沉井穿墙管止水装置可分为盘根止水穿墙管和橡胶板止水穿墙管。穿墙构造应符合附录 D.2.1 和 D.2.2 的规定。

1 盘根止水穿墙管可用于：穿墙管处透水层为砂土、粉土、砾石；穿墙管处地下水压力大于 0.08MPa；兼作释放管道温度应力的伸缩机构；

2 橡胶板止水穿墙管可用于：穿墙管处透水层为渗透系数小的黏性土；穿墙管处地下水压力 $\leq 0.08\text{MPa}$ 。

10.2.33 【条文说明】 沉井穿墙止水装置是顶管作业的关键构造措施，其性能直接影响作业安全与周边环境稳定，核心作用体现在以下几方面：

1 阻断地下水通过顶管外壁与沉井预留洞口的间隙涌入井内通道，防范地下水汇集和突涌风险，保障沉井内施工作业安全。

2 顶管施工中，为控制地面沉降，需向顶管外壁与周边土体的孔隙注入压力触变泥浆发挥润滑及保持土压力平衡起到固土的作用。若止水装置止水效能不足，将导致触变泥浆渗漏、注浆压力流失，顶管机头土压力降低泥沙流失量大进而引发地面沉降问题。

3 盘根止水穿墙管构造(附录 D.2.1)中的具体尺寸可参照表 10.3.13-1 使用。

表 10.2.33-1 盘根止水管穿墙尺寸 (mm)

管道外	800~1800	1800~2400	3000~4000
穿墙管内径中 AE	D1+90	D1+120	D1+140
间隙 b	45	60	70
盘根断面	35×35	45×45	50×50
Ad	20	25	30
L	300	350	400

4 橡胶板止水穿墙管的构造(附录 D.2.2)中的具体尺寸可参照表 10.3.13-2 使用。

表 10.2.33-2 橡胶板止水管穿墙尺寸 (mm)

管道外	800~1800	1800~2400	3000~4000
AC	D1+40	D1+50	D1+60
AG	D1-60	D1-80	D1-100
AE	D1+120	D1+140	D1+160
AF	D1+260	D1+280	D1+320
a	20	25	30
b	60	70	80
J	160	180	210

10.2.29 现浇钢筋混凝土沉井壁板厚度宜为 300mm~1200mm，厚度过大时应采取结构措施进行调整，如在井内设置隔墙或框架梁或调整沉井平面形状为圆形或多边形，提高下沉刚度。

10.2.30 顶管工作井承受顶力壁板的凹槽内应预留插筋(或采用植筋)与沉井底板连接。沉井壁板在底板上侧设凸缘时，凸缘宽度不应大于 150mm，井壁与底板连接构造应符合附录 D.1.5 的规定。

10.2.31 不设刃脚的底梁和隔墙的底面距沉井刃脚底的距离，不宜小于 500mm。

10.2.32 沉井作为顶管工作井或接收井时，井壁预留洞口尺寸应符合以下要求：

1 沉井井壁预留顶出洞口的直径：对于钢管顶管不宜小于(120mm+顶管外径)，对于钢筋混凝土顶管不宜小于(200mm+顶管外径)；

2 沉井井壁预留接收洞口的直径：对于钢管顶管不宜小于(400mm+顶管外径)，对于钢筋混凝土顶管不宜小于(300mm+顶管外径)；

3 预留洞口的底与沉井底板面的距离：对于钢管不宜小于 700mm，对于钢筋混

凝土管不宜小于 600mm。

10.3 施工与质量检验

10.3.1 沉井法施工前，应做好下列准备工作：

- 1 结合施工前取得的资料，对施工现场周边环境条件进行调查复核；
- 2 施工前应设置测量控制网，进行定位放线、布置水准基点等工作；
- 3 沉井制作时地基承载力不能符合沉井制作、接高等稳定要求时，在施工前应进行地基处理；
- 4 当基底位于地下水位以下时，应做好地下水控制工作。

10.3.2 沉井的制作与施工应符合下列规定：

- 1 搭设外排脚手架应与模板脱开，且外排脚手架应具有防下沉、倾覆的安全措施；
- 2 分节制作的沉井，下沉前首节的混凝土强度应达到设计强度，其余各节不应低于设计强度的 70%；
- 3 沉井挖土下沉应分层、均匀、对称进行，并应根据现场施工情况采取止沉或助沉措施，沉井下沉应平稳。下沉过程中应采取信息施工法及时纠偏；
- 4 沉井不排水下沉时，井内水位不得低于井外水位；流动性土层开挖时，应保持井内水位高出井外水位不少于 1m；
- 5 采用压沉法助沉时，应均匀对称加重。堆载应确保下沉施工的空间及作业人员安全；
- 6 沉井施工中挖出的土方宜外运。当现场条件许可在附近堆放时，堆放地距井壁边的距离不应小于沉井下沉深度的 2 倍，且不应影响现场的交通、排水及后续施工；
- 7 大型沉井封底应分仓、均匀、对称进行，且任一区域混凝土封底均应连续浇筑完成。

10.3.3 沉井刃脚施工应符合下列规定：

- 1 沉井刃脚内侧与底板连接的凹槽在浇筑前应进行凿毛处理；
- 2 沉井刃脚内侧与底板连接的凹槽深度宜为 150mm~200mm，连接处不应漏水。

10.3.4 沉井模板和浇筑施工应符合下列要求：

- 1 沉井模板施工时模板表面应平整光滑且具有足够的强度、刚度、整体稳定性，

縫隙不应漏漿；

2 混凝土浇筑应分层平铺，均匀对称，每层混凝土的浇筑厚度宜为 300mm～500mm；

3 水平施工缝应留置在底板凹槽、凸榫或沟、洞底面以下 200mm～300mm，沉井井壁及框架不宜设置竖向施工缝；

4 沉井浇筑完成后应及时养护，侧模板待混凝土强度达到能保证表面和棱角不受损伤时方可拆除。

10.3.5 沉井下沉施工过程中的测量工作应符合下列要求：

1 沉井下沉前，应检查结构外观，并复测其垂直、平整度，应做好下沉高差、平面偏差的观测；

2 应在沉井外壁四周沿竖向标出刻度尺，下沉中应对井体倾斜度和下沉量进行测量，每 8h 应至少测量 2 次；

3 每下沉 1m 应测量 1 次，确认倾斜度满足要求后方可继续挖土下沉，当倾斜度超过标准时应及时纠偏，并分析原因、纠正施工工艺；

4 沉井在下沉到距离设计标高 2m 时，应控制四角高差及下沉速度，下沉深度距设计标高应有一定的预留量，预留量宜为 50mm～200mm。

5 沉井下沉前及下沉时，应做好地下水位和周边环境的监测工作。

10.3.6 对于地下水位以上的沉井，下沉挖土时应符合下列规定：

1 挖土下沉时，应分层、均匀、对称，严格控制分层取土厚度及下沉速率、禁止竖向和水平向超挖；

2 下沉系数较大时应先挖中间部分，保留刃脚周围土体，使其切土缓慢下沉；

3 当下沉过程中出现突沉时，应及时采取坑内回填反压等有效措施，并及时查明原因、分析研究、调整施工工艺；

4 下沉应按勤测勤纠的原则进行。

10.3.7 沉井下沉应实时测量与纠偏，下沉至设计标高，且 8h 累计下沉量不大于 10mm 时可封底施工。当采用排水法下沉，井内土体稳定时可采用干封底，当井内土体不稳定时或采用不排水下沉时应采用水下封底。大型沉井封底应分仓、均匀对称进行，且任一区域的混凝土封底工作均应一次连续浇筑完成。

10.3.8 排水法下沉时可选用机械挖土或高压水冲泥等下沉方法。不排水下沉时可选择空气吸泥或机械挖土等下沉方法，施工时井内水位不宜低于井外水位。

10.3.9 空气吸泥下沉施工应符合下列规定：

- 1 在黏性土层下沉时，应在高压水冲碎土层后进行吸泥；
- 2 吸泥装置在水下的深度应大于 5m，在初期下沉时可采用机械挖土等方式；
- 3 吸泥施工时应采取补水措施，保持井内外的水位平衡；
- 4 吸泥施工时应及时测量排出泥水的浓度、探测锅底各部位的标高。

10.3.10 当沉井下沉系数小于 1 时，宜采用触变泥浆、空气幕、桩锚反压法、压重法等助沉措施配合沉井下沉，根据实际情况可选用一种或多种助沉措施。

10.3.10 【条文说明】助沉方法及原理如表 10.3.10 所示。

表 10.3.10 助沉方法及原理

工法名称		原 理	适用性能
加载方法	加载荷重	在沉井顶端堆放重物(各种型钢、预制混凝土块等)，从而增加下沉力的方法。	1.在下沉抵抗很大的情况下，仅靠增加上方堆载可能仍然不能符合要求，因此需要同时采用其他辅助工法。 2.由于上方堆载妨碍挖土作业，需要反复进行加载与卸载作业导致施工繁琐。
	压入	从埋地锚杆获得反力，借助于设置在沉井顶端的加压桁架通过液压千斤顶将沉井压入地基的方法。	由于采用强制性的垂直输入方式，因此倾斜少而且纠正容易。但是，压入的效果需要井内土方开挖相配合。
减小摩擦方法	涂抹特殊表面活性剂	在沉井外表面涂抹表面活性剂，极力降低摩擦系数从而降低摩擦抵抗的方法。	1.对于黏性土地基有良好效果，但是对于砂质土/硬质地基通常不能期待其效果。 2.需要同时采用其他辅助施工方法。
	泥水注入	通过设置在沉井侧壁上的孔向沉井与侧壁间注入比重大的膨润土等泥水，从而降低摩擦抵抗的方法。	对砂质地基效果明显而且对地基的扰动也小。但是在地下水流动的情况下泥水也有可能流出。
	夹入薄膜	在沉井外周面和地基之间布置薄钢板或是与地基紧密结合的高分子强化薄膜从而降低摩擦抵抗的方法。	在施工过程中切断夹入薄膜的情况下破坏周围摩擦力的平衡从而容易导致沉井下倾。

10.3.11 在沉井施工过程中应加强信息法施工和动态设计措施。沉井下沉前应检查结构外观，并复核混凝土强度及抗渗等级，验算下沉系数并确定下沉方法及技术参数，避免突沉或下沉困难。当沉井周边环境条件对沉井施工引起的扰动较敏感时，可采取井外土层加固、设截水帷幕、井内疏干降水控制、量化挖土、压入式可控助沉等施工方法，并对沉井及周边采取监测预警、风险防控等综合措施。

10.3.12 沉井预留洞口临时封填可采用砖砌、低强度混凝土或钢板焊接。顶管结束

后，沉井预留洞口和管道之间应进行永久性止水封堵。

10.3.13 沉井制作应满足以下质量检验要求：

1 混凝土浇筑前应对模板的位置、尺寸和密封性以及钢筋、预埋件、预留洞口的位置进行检查验收，拆模后应对浇筑质量进行外观检查和强度检测。

2 沉井结构制作允许偏差应符合表 10.3.13 的规定。

表 10.3.13 沉井结构制作允许偏差

序号	检查项目	允许偏差或允许值	检查数量		检验方法
			范围	点数	
1	长度(mm)	$\pm 0.5\%L_1$ ，且 ≤ 100	每边	1	尺量
2	宽度(mm)	$\pm 0.5\%B$ ，且 ≤ 50	每边	1	尺量
3	高度(mm)	± 30	每边	1	尺量
			圆形沉井4点		
4	直径 (圆形沉井，mm)	$\pm 0.5\%D_1$ ，且 ≤ 100	2		尺量 (互相垂直)
5	对角线(mm)	$\pm 0.5\%$ 线长，且 ≤ 100	2		尺量(两端、中间各取1点)
6	井壁厚度(mm)	± 15	每边	3	尺量
			圆形沉井4点		
7	井壁隔墙垂直度(mm)	$\leq 1\%H_1$	每边	3	经纬仪或线垂
			圆形沉井4点		
8	预埋件中心线位置 (mm)	± 20	每件	1	尺量
9	预留孔(洞)位移(mm)	± 20	每件	1	尺量
			每孔(洞)	1	

注：1. L_1 为设计沉井长度(mm)， B 为设计沉井(箱)宽度(mm)， H_1 为设计沉井高度(mm)， D_1 为设计沉井直径(mm)；2. 检查中心线位置时，应沿纵、横两个方向测量，并取其中较大值。

10.3.14 沉井下沉及终沉应满足以下质量检验要求：

1 沉井下沉过程中的允许偏差应符合表 10.3.14-1 的规定。

表 10.3.14-1 沉井下沉阶段允许偏差

项目	允许偏差及允许值	检查数量		检验方法
沉井四角高差	$\leq 1.5\%L_1 - 2.0\%L_1$ ， 且 $\leq 500\text{mm}$	下沉阶段	≥ 2 次/8h	全站仪
		终沉阶段	1次/h	
中心位移	$\leq 1.5\%H_2$ ，且 $\leq 300\text{mm}$	下沉阶段	≥ 1 次/8h	全站仪
		终沉阶段	≥ 2 次/8h	

注：L₁ 为设计沉井长度(mm)，H₂ 为下沉深度(mm)；

- 2 下沉速度较快时适当增加测量频率；
- 3 进行接高时，应对地基强度、沉井的稳定性以及下沉偏差进行复核；
- 4 沉井终沉后的允许偏差应符合表 10.3.14-2 的规定。

表 10.3.14-2 沉井终沉后允许偏差

序号	检查项目		允许偏差 或允许值	检查数量		检验 方法
				范围	点数	
1	刃脚平均标高 (mm)		±100	每个	4	全站仪
2	刃脚中心线位移 (mm)	H ₃ ≥10m	<1%H ₃	每边	1	全站仪
		H ₃ <10m	100	每边	1	全站仪
3	四角中任何两角 高差 (mm)	L ₂ ≥10m	<1%L ₂ , 且 ≤ 300	每角	2	全站仪
		L ₂ <10m	100	每角	2	全站仪

注：L₂ 为矩形沉井两角的距离，圆形沉井为互相垂直的两条直径(mm)；H₃ 为下沉总深度(mm)。

10.3.14 【条文说明】 沉井下沉过程中应严格控制下沉偏差，防止沉斜、沉偏对周边环境造成影响。

10.3.15 沉井封底施工检验应符合下列规定：

- 1 封底前应检验混凝土的工作性能，符合要求后方可进行封底；
- 2 沉井干封底时，井内地下水位应控制在坑底以下 0.5m，沉井封底结束后应检查混凝土的强度和厚度。

11 地下水控制与防排水

11.1 一般规定

11.1.1 地下水控制与防排水应能满足管网工程基坑土方开挖、支护和管网结构正常施工的要求，保证周边环境安全，并符合保护地下水资源相关法规要求。

11.1.1【条文说明】地下水控制主要是指为基坑工程施工及减少对周边环境影响而采取的排水、降水、截水或回灌等措施。对于市政管网基坑，常位于市政道路上，沿道路积水、周边管道渗漏等汇入基坑对地下水控制影响较大，故应加强防排水工作。降水过程中应保护好环境不得污染地下水，依据《地下水质量标准》GB/T 14848，地下水水质类别分为五类，地下水控制全过程中，不得对原地下水质产生类别上的变化。

11.1.2 地下水控制与防排水方法有截水、降水、集水明排、回灌、地表设挡水坎或排水渠、周边管道渗漏处理等，方法选择应结合场地工程地质、水文地质，周边环境条件，工程结构、基坑尺寸与支护形式及工期等综合确定，可单独或组合使用。

11.1.2【条文说明】市政管网工程长度大，沿线地貌地层条件复杂多样，且周边常有其他管线、道路建筑等复杂条件，同时市政工程基坑常为工作坑、水池、检查井等小口径基坑，或为沟槽、管廊类条带形基坑，降排水方案应结合基坑特点和工期等因素，因地制宜、有针对性地解决不同场景问题。如相邻管线对变形要求高，既有老旧管线渗漏积水，城市部分区域因地势或排水能力等易发生内涝，砂砾石地层范围降水难度高等，方案的设计及施工应依据地质和环境，结合市政基坑特点，灵活选用各种措施，确保基坑及周边环境安全，方案经济、施工高效。

市政管网工程基坑明挖法深度一般较浅，较深的基坑一般设在空旷地带，即降水对周边环境影响小。深度大时采取定向钻施工可不降水，故本规程对回灌不做详细规定，若需使用可参考现行国家标准。

11.1.3 地下水控制与防排水的工作内容包括降水及排水设计、施工、检验、监测、验收、运行维护等，遵循动态设计、信息化施工原则，实现全过程闭环管控。

11.1.3【条文说明】市政管网基坑分段施工，应各段环境条件有差异，要求遵循“动态设计、信息化施工”原则，基坑降水工程应全流程管控，设计、施工、

检测、监测、验收及运行维护各环节信息互通。降水设计应结合施工分区，支护形式及周边环境等综合考虑；成井施工若发现地层与出水量异常应及时反馈；设计需根据施工及运行反馈优化参数、调整监测与检验要求；运行维护需掌握设计要点、施工质量及巡检重点；检验工作覆盖成井、运行效果及封井质量，同时结合监测数据与巡视资料综合分析降水对周边环境的影响趋势，及时采取防治措施或启动应急预案，保障工程安全。

地下水控制与防排水工作在水文资料不足时，宜进行降水勘察。降水井洗井后宜进行试验抽水，验证并反馈单井出水量等信息。

11.1.4 抽排的地下水经沉淀处理后应优先考虑综合利用，多余的地下水可排入排洪渠或城市雨水管网，不得排入城市污水管道。

11.1.4【条文说明】降水工程抽取地下水量较大，经沉淀处理后用于施工降尘、绿化灌溉等，能提高水资源利用率，降低工程用水成本；若将抽取的地下水排入污水管道将增加城市污水处理设施负荷，破坏生化处理平衡。

11.1.5 地下水控制与防排水施工应按设计要求并结合土方开挖、支护施工，编制施工组织设计或专项施工方案。

11.1.6 地下水控制与防排水设计应具备下列资料：

- 1 场地及其所在区域的水文地质与工程地质资料；
- 2 基坑开挖及支护图，施工工序、施工条件及工期计划；
- 3 基坑周边建筑、管线等环境条件对其变形控制要求；
- 4 市政管网基坑及管道施工对降水井、集水坑布置的限制性要求；
- 5 基坑周边地形图或地势条件，排水条件；
- 6 有关水资源和环境保护的法规文件。

11.1.6【条文说明】水文地质与工程地质资料应包含地下水类型、埋藏条件、渗透系数、渗流边界条件等，目标含水层为无黏性土时还应提供颗粒分析曲线。

11.1.7 地下水控制与防排水设计应包括下列内容：

- 1 应明确设计任务和依据；
- 2 设计图件应包括场地截水、降水、排水或回灌系统平面布置图、结构图、节点详图，反映地面排水系统布置、配电系统布设及降水监测等相关内容和图件；

3 应明确不同工况条件下的水位控制值或排水量，抽、排水系统设备配置和运行建议，降水井、回灌井、观测孔封井要求等；

4 应分析计算降水引起的沉降变形并明确防控措施，提出对工程周边环境的监测要求，明确控制值、预警值、控制及应急措施；

5 应明确施工质量控制指标与技术要点，质量检验、验收及运行维护等要求；

6 应考虑场地处于低洼地带在雨季的内涝影响；对位于河流、湖泊水位影响范围内的工程，设计应充分考虑洪峰影响；

7 应明确信息化施工及动态化降水设计相关要求。

11.1.7 【条文说明】设计任务和依据应包括：明确降水范围、降深、工期，停止降水的条件，降水设计相关参数选取及施工工艺等；对于线状、条带基坑应明确分段施工长度、宽度，以及委托单位的其他特殊要求。

由于市政工程的施工工期往往较短，基坑降水时间少，在进行基坑降水对地面沉降影响分析时，可适当考虑沉降产生的时空效应，以给出更合理经济的方案。降水初期通常抽水量较大，应合理控制井中水位的变化，同时控制抽水速度，减少细颗粒的带出。基坑内水位满足设计和施工要求后，应合理控制井中水位及抽水量，不过度抽取地下水。

市政管网基坑降水受管道沿线地层、地下径流补给、周边管道渗漏、水位浮动变化等多因素影响，在基坑开挖施工过程中水位变化可能较大，常出现局部降水困难现象，场地处于低洼地带时在雨季易于积水，故设计中应加强信息化施工及动态化降水设计方面的要求。

11.1.8 地下水控制与防排水设计应与基坑支护结构施工工序、工艺相结合。

11.1.9 地下水控制深度：满足管网结构施工要求，封底以下不小于 0.5m，为节能环保不超过 1.0m。

11.2 设计

I 截水

11.2.1 基坑截水设计计算应包括基坑抽水量，疏干井、减压井计算、基坑渗流和抗突涌稳定计算等内容。

11.2.2 基坑截水帷幕布置方式宜采用落底式或悬挂式，常用施工方法有钢板

桩、桩式帷幕、注浆等形式。

11.2.3 工作井截水帷幕平面布置宜沿基坑周边闭合；管网基坑截水帷幕沿基坑两侧布置，应对不闭合的端部地下水沿帷幕两端绕流引起的渗流破坏和地下水位下降进行分析，并应采取阻止或减小地下水流入基坑内的措施。

11.2.4 当坑底以下存在分布连续、埋藏较浅的隔水层时，宜采用落底式截水帷幕，并在截水帷幕内侧进行疏干降水排水。落底式帷幕进入下卧隔水层的深度应满足下式要求，且不宜小于 1.5m。

$$l \geq 0.2\Delta h - 0.5b \quad (11.2.4)$$

式中： l —— 帷幕进入隔水层的深度（m）；

Δh —— 基坑内外水头差（m）；

b —— 帷幕的厚度（m）。

11.2.5 悬挂式隔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，可按式验算：

$$\frac{(2l_d + 0.8D_1\gamma')}{\Delta h\gamma_w} \geq K \quad (11.2.5)$$

式中： K —— 流土稳定性安全系数；安全等级为一、二、三级的地下水控制工程应分别不小于 1.6、1.5、1.4；

l_d —— 悬挂式隔水帷幕在基坑底面以下的插入深度（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）；

Δh —— 帷幕内外的水头差（m）；

γ' —— 基坑底面以下土的浮重度（kN/m³）；

γ_w —— 水的重度（kN/m³）。

11.2.5【条文说明】 地下水控制安全等级参照《建筑与市政工程地下水控制技术规范》JGJ 111。

11.2.6 当坑底以下存在水头高于基底的承压水含水层且截水帷幕不能阻隔内外水力联系时，应按式进行抗突涌稳定性验算，必要时可在基坑内外设置减压井降低水头压力。

$$\frac{h_s\gamma_s}{p_w} \geq 1.1 \quad (11.2.6)$$

式中： γ_s —— 基坑开挖面至承压水层顶板之间土体的天然重度（kN/m³）；

h_s ——基坑开挖面至承压水层顶板之间的距离 (m);

P_w ——承压含水层顶板处的水头压力值 (kPa)。

11.2.7 截水帷幕内的疏干降水井数量、间距应根据基坑总涌水量和含水层透水性能确定,深度根据含水层厚度而定,一般不超过截水帷幕深度。减压井设置应根据对不同深度的承压含水层抗突涌稳定性验算确定,当截水帷幕深度足够,能有效隔断坑内外含水层时减压井可布置在基坑内,井深可主要考虑降低坑内水头;当截水帷幕深度不足,坑内外含水层连通性较好时,降水井可布置在坑外,降水井深度需考虑更广范围地下水的影响。

11.2.7【条文说明】截水帷幕内地下水疏干应根据截水帷幕形式、水文地质条件分不同情况进行疏干降水设计,疏干降水井的深度一般不超过帷幕的深度。减压井布置则依据截水帷幕截水效果、坑内外地下水的连通和抗突涌稳定计算确定,深度不受帷幕深度的限制。

11.2.8 钢板桩截水设计应符合下列规定:

1 钢板桩作为截水帷幕时,宜采用热轧型钢板桩,并应做好桩间锁口处的防渗措施;

2 宜采用减少锁口数量的宽幅钢板桩或增加锁口密封剂,密封剂止水性能应经过试验或工程验证。

11.2.9 桩式帷幕设计的类型选取和帷幕桩应符合下列规定:

1 桩式截水帷幕可采用搅拌桩、旋喷桩、咬合桩等形式。帷幕渗透系数不宜大于 1.0×10^{-6} cm/s。当采用搅拌桩、旋喷桩截水时其28d试块抗压强度不宜小于0.8MPa;

2 搅拌桩适用于填土、黏性土及粉土等地层。宜用于护坡桩桩后独立咬合布置,当布置于护坡桩之间时,宜先施工搅拌桩后施工护坡桩;

3 旋喷桩适用于填土、黏性土、粉土、砂类土和砂卵石地层。可用于护坡桩桩间或桩后咬合布置;

4 咬合桩适用于各类地层。采取素混凝土桩被钢筋混凝土桩切割咬合,形成连续桩式结构的截水帷幕。素混凝土桩强度宜为3MPa~8MPa,钢筋混凝土桩强度等级不应低于C30;

5 采用搅拌桩、旋喷桩帷幕时，桩径宜采用600mm~1200mm；咬合桩桩径宜采用800mm~1200mm；

6 帷幕桩的搭接宽度不宜小于表 11.2.9-1 的规定；

表 11.2.9-1 帷幕桩的搭接宽度

帷幕桩型式	帷幕桩深度							
	≤10m		10m~15m		15m~20m		>20m	
	单排	双排	单排	双排	单排	双排	单排	双排
搅拌桩	150mm	100mm	200mm	150mm	250mm	200mm	/	/
旋喷桩	150mm	100mm	250mm	200mm	300mm	250mm	350mm	300mm
咬合桩	50mm	/	100mm	/	175mm	/	200mm	/

11.2.9 【条文说明】 表 11.2.9-1 帷幕桩的搭接宽度中规定的搭接宽度，是依照常规施工条件，并参照现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 规定的，但若遇到隔水要求较高的工程、渗透性强的地层，其搭接宽度应大于该数值，必要时应采用双排截水帷幕。

7 帷幕桩水泥浆液的水灰比及水泥掺量宜按表 11.2.8-2 确定。

表 11.2.8-2 帷幕桩水灰比及水泥掺量

桩型	水灰比	水泥掺量(%)
搅拌桩	0.6~0.8	15~20
旋喷桩	0.9~1.1	25~40

注：水泥掺量为帷幕桩中水泥与土天然质量之比。

11.2.10 注浆截水帷幕及堵漏设计应符合下列规定：

- 1 注浆截水适用于各种地层条件，可独立使用、局部截水或作为堵漏措施；
- 2 注浆孔间距应通过试验或经验确定；采用劈裂注浆，注浆孔间距宜取 0.8m~2.0m，采用渗透和充填注浆，注浆孔间距宜取 0.8m~1.2m；
- 3 浆液根据地层选用合适的浆液，对黏土地层宜采用水泥浆，对砂层宜采用双液浆，对砂砾石、卵石、杂填土地层可采用水泥浆或水泥砂浆；需要快速凝固的止浆墙，可采用水泥-水玻璃双液浆；注浆用水 pH 值不应小于 4，水泥宜采用普通硅酸盐水泥，水玻璃应采用模数 2.5 以上的水玻璃并进行稀释，粉煤灰应采用磨细粉煤灰；

4 宜采用定量、定压相结合注浆，对先序注浆孔采取定量注浆，对后续注浆孔采取定压注浆；采用劈裂注浆时，压力宜采用 0.2MPa~0.5MPa；采用渗透注浆，压力宜采用 0.2MPa~1.0MPa；采用充填注浆，压力宜采用 0.1MPa~0.3MPa；终孔注浆压力取低值，周边有敏感建筑物时，压力取低值；

5 当基坑开挖施工过程中发现截水帷幕渗漏时，可采取水泥-水玻璃双液浆注浆法加固堵漏；对锚孔穿过截水帷幕出现渗漏时，堵漏可采取再生棉、水性聚氨酯（快硬水泥）、水泥-水玻璃双液浆等方法封堵。

11.2.10【条文说明】普通单液水泥浆可在大部分的注浆工程中使用，具有料源广、价格低、结石体强度高等特点。工业水玻璃浆既可单独改性使用也可与其他浆液混用，酸性水玻璃具有料源广、价格低、可注性好，凝胶时间可调，强度适宜等特点，可在中、细砂层中应用。

双液浆料具有料源广，价格适宜，胶凝时间易调，结石体强度较高等特点，是在有水条件下粗砂及砂砾地层中堵水和加固地层的主要浆液。超细水泥和膨润土浆液主要在粉细砂等极细地层注浆中使用，使用的超细水泥比表面积应大于 8000cm²/g，具有强度高，可注性好等特点，可代替部分化学浆材，应用于细砂及细小裂缝堵水及加固工程中。注浆施工过程中，一种注浆材料通常较难完全达到理想注浆材料的要求，因此，在复杂地质条件下，应采用综合注浆材料选择体系，可将上述注浆材料组合使用，选择时，原则上按照由粗到细、由单液到双液、由高浓度到低浓度三个准则进行动态调整。对于基坑开挖后发现截水帷幕渗漏的各类情况，可采取不同的堵漏加固措施。

II 降 水

11.2.11 市政管网基坑降水，可优先采用管井降水，当需采用其他降水方法时可参照现行规范。

11.2.11【条文说明】常用的降水方法有管井、真空井点、喷射井点等，但在陕西地区多采用管井降水，管材多采用无砂混凝土管，对透水性强且层厚度较大的砂砾石含水层的降水井管材可选桥式滤水钢管。当遇特殊地质环境条件，需采用其他降水方法时，可参照现行规范执行。

11.2.12 降水井布置应符合下列要求：

1 工作井基坑降水井应沿基坑外缘呈封闭状布置；当基坑长宽比不大，地

下水和含水层分布差异较小,降水井可等间距布置;当基坑长宽比较大地下水补给来源或趋势明显时,宜在长边疏布和在地下水补给方向加密布井;当基坑水位降深大和涌水量较大、设计计算的井数较多,可采取双环布置阶梯型降水,必要时也可在基坑内增设降水井;降水井间距不宜小于 5m;

2 管网基坑降水井应根据基坑宽度沿基坑外缘的一侧或两侧布置,降水井间距根据不同区段地下水降深等距或不等距布置,两端应外延条状或线状降水井点围合区域宽度的 1~2 倍布置降水井;

3 降水井点围合区域宽度大于单井降水影响半径或采用截水帷幕的工程,应在围合区域内增设降水井或疏干井;

4 热力、电力、给排水等地下管道暗挖或顶管等工程的降水井布置应考虑锁脚锚杆和注浆等施工的影响,降水井布置应避开暗挖和顶管工程结构范围,且距其结构边线不宜小于 2m;

5 降水井布置应避开既有地下管线、地下构筑物和架空电缆等的保护范围。

6 坑内布置减压降水管井时,应考虑基坑底面埋深和承压含水层顶板的厚度、降水施工对管道施工影响等因素。

11.2.12【条文说明】降水井间距小于 5m 时,施工易串孔,砂土易流失、抽水泵效果发挥不好,不利于井管施工等。

市政管网工作井平面尺寸往往较小,按理论计算配置的降水井,其降水速率及工期保障能力往往难以满足工程进度要求。设计阶段应充分结合地层渗透性、地下水赋存特征、降水要求,通过实际单井出水能力验算与降水时效优化降水方案;对于沟槽类基坑,需根据沟槽宽度、地下水埋深及土层渗透系数等合理选择单侧布井或双侧“Z”字型布井形式,确保降水效果与施工工期要求相匹配。

11.2.13 洗井后宜进行抽水试验,验证降水设计参数。

11.2.14 降水井的数量按下式计算:

$$n = \lambda \frac{Q}{q} \quad (11.2.13)$$

式中: n —— 降水井的数量;

Q —— 基坑总涌水量 (m³/d),按本规程附录 E.1 计算;

q —— 按等流量考虑的设计单井出水量 (m³/d),可按本规程附录 E.2

计算;

λ —— 调增系数, 根据工作井基坑规模小、管网基坑线状特征以及场地水文地质条件、地下水降深等取 1.2~1.8。

11. 2. 14 【条文说明】本条规定了降水井数量的确定方法。考虑降水过程中降水井可能存在不利因素的影响, 降水井数量可在计算的基础上增加 10%~20%。

基坑总涌水量在附录 E.1 中按块状基坑和条形、线状给出了常用的典型计算公式, 对于块状基坑按概化的大井法计算; 条形、线状基坑可按基坑两侧渗入考虑, 其中条形两端按近似半个井考虑, 也可按有代表性的单元段计算。所列公式并不能满足所有工程的需要, 实际的边界条件、含水层分布也远非这样理想, 为此采用这些公式计算时应实际的水文地质条件进行合理的概化。当需要比较精准, 可参照有关水文地质教材、手册, 并鼓励采用数值法进行设计计算。

根据经验实践证明, 同等条件规模小基坑单位面积涌水量比大面积单位面积实际涌水量要大得多; 降深越大, 含水层透水性越强, 这种情况更明显。另外, 对于工期短、线路长、工作井间距较大的基坑工程, 降水井数量和深度宜通过现场试验性施工后综合确定。

11. 2. 15 降水井的深度应根据基坑深度、降水深度、含水层的埋藏条件、地下水类型、降水井的出水能力等按下式确定:

1 降水井深度:

$$H_w = H_{w1} + H_{w2} + H_{w3} + H_{w4} + H_{w5} + H_{w6} \quad (11.2.15-1)$$

2 疏干井深度:

$$H_w = H_{w2} + H_{w3} + H_{w4} + H_{w5} + H_{w6} \quad (11.2.15-2)$$

3 减压井深度:

$$H_w = H_{w7} + H_{w8} + H_{w5} \quad (11.2.15-3)$$

式中: H_w —— 降水井深度 (m);

H_{w1} —— 基坑底面深度 (m);

H_{w2} —— 基坑底面至降水水位要求的深度 (m);

H_{w3} —— 按 $i \cdot r_0$ 取值; i 为水力坡度, 可取 1/10~1/20; r_0 降水井闭环布置取等效半径 (m)、双排布置取排间距的 1/2、单排布置取基

坑远点到降水井最近距离；

H_{w4} —— 从 H_{w3} 以下至降水井过滤器底端的深度 (m)，其值应包括抽水产生的水跃值或井损及必要的降水井充水段、进水段长度；按完整井设计时深度达到含水层底板，按非完整井设计时进水段的长度应符合本规程第 11.2.20 条要求并根据地区经验确定；

H_{w5} —— 降水井沉淀管长度 (m)，宜采用 1m~3m；

H_{w6} —— 降水期间地下水水位变幅 (m)；

H_{w7} —— 设计拟降低压力水头的目的含水层顶板的埋深 (m)；

H_{w8} —— 最下部过滤器底端至拟降低压力水头的目的含水层顶板的距离 (m)。

11.2.15 【条文说明】降水井深度主要取决于基坑深度、含水层的类型和分布、井的动水位和进水段长度。按完整井设计时井深比较容易确定；按非完整井设计时，井深与井设计动水位以下进水段长度密切相关。无论完整井或非完整井，进水段长度均关乎单井的出水能力，所以井深设计过程也是对单井出水量设计的过程。进水段的长度一般与含水层渗透性、单井出水量、井结构设计等因素相关，设计时通常需综合分析并带有一定的地区经验性。另外，在考虑潜水含水层降水井深度时，因抽水产生的水跃值也是不可忽视的，尤其是黄土、黏性土层抽水产生的水跃值比较大，一些工程实践显示黄土、黏性土含水层在滤水管采用无砂水泥管、直径 300mm~500mm、抽水量 250m³/d~500m³/d 时，其水跃值达到 3m~5m 也是比较常见的。

11.2.16 管井过滤器长度宜与含水层厚度一致。当含水层较厚时，过滤器的长度可按式计算确定：

$$l = \frac{q}{86400 \cdot \pi \cdot d \cdot n_e \cdot v} \quad (11.2.16)$$

式中： l —— 管井过滤器长度 (m)；

q —— 设计单井出水量 (m³/d) 可按本规程附录 F 计算；

d —— 滤水管的外径 (m)；

n_e —— 滤水管的有效孔隙率，宜为滤水管进水表面孔隙率的 50%；

v —— 滤水管进水流速 (m/s)，可由经验公式 $v = \sqrt{k}/15$ 求得， k 为土

的渗透系数 (m/s)。

11.2.17 基坑范围内任意点的水位降深可按稳定流完整井的方法计算:

1 潜水含水层

$$S = H - \sqrt{H^2 - \frac{Q'}{1.366k} \left(\lg R - \frac{1}{n} \lg x_1 x_2 \dots x_n \right)} \quad (11.2.17-1)$$

2 承压水含水层

$$S = \frac{Q'}{2.73kM} \left(\lg R - \frac{1}{n} \lg x_1 x_2 \dots x_n \right) \quad (11.2.17-2)$$

式中: S —— 任意点处的地下水位降深 (m); 基坑内最小水位降深点可取基坑边上相邻降水井之间中点地下水位降深的最小值;

Q' —— 干扰井群 (各井流量、影响半径相同) 的总涌水量 (m^3/d), 其值可取 $Q' = nq'$ 或 nq ;

$x_1 x_2 \dots x_n$ —— 任意计算点至各井的距离 (m);

n —— 与 Q' 相对应的降水井数量。

11.2.17【条文说明】 检查降水效果最佳部位应为基坑中心和一些关键位置, 如间距较大的相邻井之间中点、基坑坑边两井之间的阴角、管网检查井等位置。当不满足要求时, 需要调整井数和布井方式, 保证基坑全部位置水位降深满足设计要求。

11.2.18 基坑降水应考虑因降水引起的地层压缩变形, 其变形量可采用下列分层总和法计算:

$$s = \psi_w \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma'_{zi} \cdot \Delta h_i}{E_{si}} \quad (11.2.18)$$

式中: s —— 计算点地层压缩变形量 (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, 上更新世 Q_3 以来沉积的黄土可取 0.3~0.7, 其他时代的土层可取 0.2~0.6;

$\Delta \sigma'_{zi}$ —— 降水引起的地面下第 i 层土的平均附加有效应力 (kPa);

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平均附加有效应力之和的压力段的压缩模量 (kPa); 对加固土层可取提升后的复合土层的压缩模量;

n —— 降水影响深度范围内的土层数。

11.2.18 【条文说明】根据西安地区实际工程经验, 结合市政管网工程基坑尺寸小, 降水周期短等特点, 建议黄土地层条件下市政管网项目沉降经验系数建议取值 0.1~0.25。降深大, 降水周期长, 周边环境对变形敏感时, 建议取大值。

11.2.19 管井结构应符合下列规定:

1 管井井口宜高于井口外围 250mm 以上, 管井的井口外围应封闭, 并设置安全警示标志, 防止物体坠入、雨、污水流入井内;

2 井管可根据当地经验采用混凝土管、钢管、硬质塑料管或钢筋骨架; 应根据含水层的分布位置设置隔水管 (实管) 与滤水管、充填相应的封井、止水材料和滤料;

3 井管直径应根据含水层的富水性及水泵规格类型选取, 外径不宜小于 300mm, 内径宜大于水泵直径 50mm; 成孔直径应能满足滤水管外填充滤料厚度的要求, 宜为 400mm~800mm;

4 井管底部沉淀管长度宜取 1m~3m;

5 滤水管的位置应与含水层相对应。滤水管的长度, 对潜水含水层宜从自然水位布设至沉淀管顶深度, 其中进水段长度不宜小于 3m; 对承压含水层应进入含水层不宜小于 3m;

6 无砂混凝土滤水管、钢管 (塑料管) 滤水管和钢筋骨架滤水管孔隙率分别不宜小于 15%、25%、30%, 管壁可根据含水层土粒组成包裹滤网; 滤水管厚度应满足施工和使用强度的要求;

7 滤料宜选用磨圆度较好的硬质砾石, 当利用节能环保的再生材料时, 滤料中不宜含有杂质粉末、黏土等杂质。滤料厚度宜根据含水层特征取 75mm~150mm。

11.2.19-6 【条文说明】当含水层为砂类土时, 滤水管及接口处应设置两层 60~80 目的尼龙网; 当含水层为黏性土时, 滤水管接口处应设置两层 60~80 目的尼龙网, 滤水管管壁外宜设置一层 60~80 目的尼龙网。

11.2.20 管井滤料规格宜满足下列要求：

- 1 对黏性土含水层：滤料颗粒直径可取 5mm~15mm；
- 2 对粉土含水层：滤料颗粒直径可取 1mm~3mm；
- 3 对砂土含水层： $D_{50} = (6\sim 8) d_{50}$ ；
- 4 对 $d_{20} < 2\text{mm}$ 的碎石土含水层： $D_{50} = (6\sim 8) d_{20}$ ；
- 5 对 $d_{20} \geq 2\text{mm}$ 的碎石土含水层，可充填粒径 5mm~15mm 的滤料；
- 6 滤料的不均匀系数宜小于 2；对砂土、碎石土含水层 d_{20} 、 d_{50} 应为除去粗大颗粒后，不均匀系数小于 10 的颗粒分析结果。

11.2.20 【条文说明】本条对管井的滤料规格提出要求。 D_{50} 指滤料筛分中小于该粒径的质量占总质量 50% 所对应的填料粒径； d_{20} 、 d_{50} 指含水层筛分中小于该粒径的质量占总质量分别为 20%、50% 所对应的土粒粒径。由于环境保护的原因，磨圆度好的砂石原料已很难采购，取而代之的是破碎后的石渣料，甚至是破碎后的混凝土、砖块碎料；当不得不使用这些次生、再生材料作为滤料时，不宜直接采用，应按照设计粒径范围进行过筛、清除杂质粉末、黏土等。关于管井滤水管孔隙率和滤料厚度、规格决定着管井出水能力和控制抽水含砂率，应综合分析合理选择。

11.2.21 应布置适当数量的观测孔（井）监测地下水位动态变化，位置宜布设在基坑周边降水井之间及基坑中部，并应符合下列要求：

- 1 观测孔布置位置应具有代表性，且数量不宜少于两个；
- 2 观测孔直径可选择 150mm~300mm，可置入管径 50mm~200mm 钢管或 U-PVC 管滤水管，并在其井周填入适当纯净的滤料；
- 3 沿基坑周边布置的观测孔深度不小于相邻降水井预计动水位下 3m；基坑内布置的观测孔深度不小于基坑内预计水位下 5m；
- 4 当观测孔在降水中拟兼作备用降水井使用时，观测孔（井）的结构、深度应与降水井相同，施工要求与降水井一致。

11.2.22 降水系统布设应满足下列要求：

- 1 抽水设备可采用普通潜水泵或深井潜水泵。水泵的流量、扬程及功率应根据单井出水量、基坑深度及现场排水条件确定，流量可大于设计值 10%~15%，扬程宜大于设计值的 20%~30%。

2 降水应采用独立的配电系统，并应配置满足降水要求的备用电源，用电应符合《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》JGJ/T 46 的要求。

3 降水应设置完备的排水系统，其排水能力应满足基坑设计总涌水量的要求；应设置沉淀池，排水经沉淀后排出场外。

III 集水明排

11.2.23 集水明排单独使用时适用于降水深度小且不易产生流土、流砂、潜蚀、管涌、坍塌等现象的基坑；集水明排作为配合方法时，多用于截水后坑内地下水疏干集排以及坑壁渗漏水、雨水积水的集排。

11.2.24 线性基槽顶部外围应设置截水措施，城区内应主动引往市政排水口；井状基坑可根据实际条件设置远离基坑方向的排水坡势；基坑底部应设集水设施，并及时抽排坑底积水。

11.2.24 【条文说明】线性市政管网工程一般多处于地势低洼易汇水的排泄通道，其基坑顶部往往不具备沿线整体形成向远离基槽方向的排水坡势，因此在顶部一定距离设置连续的截水措施后，应根据线性工程特点结合市政排水工程分布间隔进行主动引导排水；基槽底部排水系统中的集水措施亦应根据顶部市政排水的分布进行布设，如此则方便在需要排水时每个集水点都有相应最近距离的排水口呼应。

11.2.25 基坑坑口的挡水坎或截水沟可根据现场实际确定，对于工期较短的基坑宜选用可重复使用的挡水板、防洪沙袋；对于工期逢雨季或环境要求严格的基坑宜设置浆砌、混凝土截水台坎或排水沟，并结合围挡、地面排水口按一定坡度设置。

11.2.26 基坑内排水沟和集水井结构设置宜符合下列要求：

1 工作井基坑排水沟宜沿基坑周边内侧设置，管网基坑排水沟可根据基坑宽度沿基坑一侧或两侧布设，在不影响管网施工的情况下与坑边安全距离不宜小于 0.3m；在基坑四角或沿排水沟宜每隔 20m~40m 设置一个集水井；

2 排水沟的截面根据排水流量确定，深度宜为 0.3m~0.6m，底面宽度不小于 0.3 m，沟的坡度不宜小于 5‰；集水井边长可取 0.6m~0.8m，深度应低于进入集水井的排水沟底面不小于 0.6m；

3 若管网基坑坑底宽度受限，排水沟可分段设为盲沟导排于集水井，盲沟可采取打孔的 PVC 管包裹滤网和硬质砾石滤料透水疏排，填充料及密实度应能

满足排水功能和承载力的要求；

4 集水明排水集水井结构宜参照降水井进水段制作，内外连通便于集水和排水。

11.2.27 当基坑开挖深度范围内有相对隔水层并含有上层滞水或局部渗流出现，在基坑坑壁渗水时，可采取插入导水管引流排出或在坡面设置隔水毯、滤水暗管排出；对于收集基坑坡面渗水和坡面雨水的排水沟、集水井应采取防渗措施。

11.3 施工与质量检验

11.3.1 基坑降水施工前应根据工程规模、工程地质、水文地质、周围环境等要求，编制降水专项施工方案，方案内容除应满足 3.2.3 条外，尚应包括以下主要内容：

- 1 降排水量设计与计算；
- 2 降排水、截水方法的选定；
- 3 降排水、截水系统的平面和竖向布置，观测系统的平面布置以及抽水机械设备的选型和数量；
- 4 降水井的构造，井点系统的组合与构造，排放管渠的构造、断面和坡度；
- 5 对基坑沿线地下和地上管线、周边构(建)筑物的保护和施工安全措施。

11.3.2 施工前应对现场环境及地下建(构)筑物的埋设情况进行复查，发现异常应及时反馈设计或进行处理；施工场地应平整坚实，场地承载力应满足施工机械稳定性要求，施工对周边环境有影响时应采取防控措施。

11.3.2【条文说明】对于地下条件复杂的施工场地，需根据现场实际条件探查地下障碍，通常探查方法有探槽、探孔、物探等，探查深度根据管线等地下障碍确定，一般探查深度不宜小于基坑开挖深度。一般在基坑土层加固或支护施工前先将道路基层挖除，应注意确保施工地面平整和稳定性要求，防止施工机械倾倒事故发生。

11.3.3 截水帷幕施工应与支护结构施工相协调，应符合下列规定：

- 1 独立的基坑截水帷幕，应先施工帷幕，后施工支护结构；
- 2 对于与支护桩相结合的嵌入式截水帷幕，当采用水泥石拌工艺成桩时，应先施工搅拌桩，后施工支护桩，当采用旋喷工艺成桩时，或对支护桩形成包围时，应先施工支护桩，后施工旋喷桩；

3 当采用咬合式排桩截水帷幕时，应先施工非加筋桩，后施工加筋桩；

5 当采取嵌入式截水帷幕或咬合支护结构时，应控制其养护强度，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；

6 截水帷幕施工应满足设计的搭接要求，独立的水泥土搅拌桩、旋喷桩、咬合桩每一施工段应连续施工；

7 截水帷幕与支护结构均应达到设计强度的 70%后，方可进行基坑土方开挖。

11.3.3 【条文说明】 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，故应先施工帷幕。嵌入式截水帷幕要根据支护桩而定位切割，故应先施工支护结构。

11.3.4 钢板桩截水帷幕施工与质量控制除应符合本规程第 7 章相关规定外，还应符合下列要求：

1 钢板桩截水帷幕在沉桩之前应采取密封措施；

2 基坑开挖后发现帷幕漏水，应采取相应的堵水措施。

11.3.4 【条文说明】 在钢板沉桩前，在锁口内预先涂上沥青和油脂混合物或专用止水材料，止水材料主要是膨润性的溶剂、弹性密封料、树脂类溶剂及膨胀性橡胶等构成。也可在钢板桩锁口位置预先钻孔换填水泥膨润土进行密封。

基坑开挖后发现帷幕漏水，可采用以下堵水措施：

(1) 锁口内侧填充密封，填塞膨胀型止水条、聚氨酯密封膏、黄油 + 石棉绒混合物；

(2) 锁口外侧注浆封堵，可采用水泥-水玻璃双液浆；

(3) 表面涂刷密封层，可用水泥基渗透结晶型防水涂料、聚氨酯防水涂料；

(4) 锁口焊接密封，清理锁口渗漏处，若缝体干净无泥沙，直接用 E43 型焊条焊接。若缝体透水，先用扁钢或角钢覆盖锁口，再焊接固定，形成刚性密封。

11.3.5 水泥土搅拌桩帷幕施工与质量控制应符合下列规定：

1 搅拌桩帷幕可采用单轴、双轴、多轴搅拌工艺施工，提升速度、搅拌次数、浆液泵送量及压力、施工顺序等施工工艺参数应通过场地适应性试验确定；

2 单轴搅拌桩桩位水平允许偏差不应大于 20mm，垂直度不应大于 0.5%；双轴、多轴搅拌桩桩位水平允许偏差不应大于 30mm，垂直度不应大于 1%；用于坑底水平向截水帷幕的多排连续搭接搅拌桩，其桩位允许偏差不应大于 50mm，垂直度不应大于 1.0%；桩长、桩径不应小于设计值；

3 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。

11.3.6 旋喷桩帷幕施工与质量控制应符合下列规定：

1 旋喷桩帷幕可采用单管法、双重管法、三重管法，提升速度、喷射次数、泵压及泵量、风压及风量、施工顺序等施工工艺参数应通过场地适应性试验确定；

2 旋喷桩桩位允许偏差不应大于 80mm；垂直度允许偏差不应大于 1.0%；桩长、桩径不应小于设计值；

3 旋喷桩施工过程中应做好各项施工记录。

11.3.7 注浆帷幕施工与质量控制应符合下列规定：

1 注浆帷幕中注浆压力、浆液类型、注浆顺序等参数应通过试验确定；

2 应采用定量、定压相结合注浆，对先序注浆孔采取定量注浆，对后续注浆孔采取定压注浆；

3 双液注浆时，应使用带单向阀的浆液混合器，不得用三通阀替代；

4 注浆结束后或注浆确实需要停较长时间时，应及时清洗注浆设备。

11.3.7【条文说明】浆液材料必须有充分的稳定性，浆液注入地层后不能因时间、酸碱环境等变化，而使浆液分解出污染地下水的物质。对于氨基类的、含苯环的、酰胺类的化学制剂严禁使用，即使作为少量的外加剂也要禁止使用。严禁使用不能提供浆材产品合格证和无生产厂家的成分不明的浆液。

11.3.8 钻孔咬合桩帷幕施工与质量控制应符合下列规定：

1 宜采用软切割全套管钻机施工；

2 咬合排桩垂直度偏差不应大于 0.3%，桩位允许偏差应为 10mm，预埋件位置的允许偏差应为 20mm；桩长、桩径不应小于设计值；

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，必须采取止水补救措施；

4 根据施工现场地下水位情况，应预留补充注浆的条件，必要时进行桩间注浆。

11.3.9 帷幕桩质量检验应符合下列要求：

1 钢板桩截水帷幕质量检验除应符合本规程第七章相关规定外，还应进行外观检查，不应出现渗漏情况；

2 搅拌桩、旋喷桩帷幕质量检验应参照《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 执行；

3 注浆截水帷幕质量检验应参照《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 执行；

4 咬合桩截水帷幕质量检验应参照《咬合式排桩技术标准》JGJ/T 396 执行。

11.3.10 截水措施失效时，可采用下列处理措施：

1 设置导流水管；

2 采用遇水膨胀材料或压密注浆、聚氨酯注浆等方法堵漏；

3 快硬早强混凝土浇筑护墙；

4 在基坑外壁增设高压旋喷或水泥土搅拌桩截水帷幕；

5 增设坑内降水和排水设施；

6 对开挖过程中出现严重渗漏的工作井基坑，也可在坑内注水反压，待坑外堵漏后方可抽水开挖。

11.3.10 【条文说明】截水措施失效渗漏时，应重点防控向坑内产生流砂、流土、管涌、潜蚀等现象，避免基坑周边建筑物、地下管线、道路等变形开裂，地面沉降和塌陷。可通过滤水管导流，对失效漏水点采用遇水膨胀材料、聚氨酯、水泥-水玻璃双液浆注浆、压密注浆堵漏加固等措施；也可在坑内施做快硬早强混凝土浇筑护墙、基坑外壁增设高压旋喷或水泥土搅拌桩截水帷幕，增设坑内降水和排水设施或在坑内注水反压堵漏等。

11.3.11 降水井管井施工应符合下列规定：

1 管井施工可根据地层条件选用旋挖式钻、循环钻、螺旋钻或冲击钻等方法钻进成孔，施工过程中应做好成孔施工记录；

2 成孔宜采用清水钻进；成孔后应及时清孔换浆并下管、充填滤料，成井后应及时充分洗井；

3 成井垂直度偏差应小于 1%，管井井管应居中竖直，连接牢固并封底；填入滤料量应不小于计算量；洗井应达到含砂量稳定，出水量达到设计要求；

4 有关下管、投填滤料及洗井施工应符合现行国家标准《管井技术规范》GB 50296 的要求；

5 完成管井施工及洗井后，应及时进行试抽水，检验井深、单井出水量、出水含砂量等情况是否符合设计要求；

6 单井试抽合格后应安装电力线路和排水管路，并进行联网试运行，降水系统试运行合格后方可投入正式降水运行。

11.3.11【条文说明】管井成孔中有砂土、碎石土或其他易坍塌的土层时，可采用正、反循环或冲击钻机泥浆护壁成孔；泥浆比重、稠度应根据含水层确定，宜使用有利于洗井的化学泥浆。洗井对降水工程非常重要，洗井方法不正确、搁置时间过长，甚至全部成井完成后集中洗井，都可能导致抽水能力降低和失效。

通过抽水试验确定水泵与出水量、设计降深的匹配情况，不满足要求时，应及时更换水泵。

11.3.12 减少基坑降水对周边环境影响的措施应符合下列规定：

1 应检测帷幕截水效果，对渗漏点进行处理；

2 滤水管外宜包两层 60 目井底布，外填砾料应保证设计厚度和质量，抽水含砂量应符合有关规范要求；

3 应通过调整降水井数量、间距或水泵设置深度，控制降水影响范围，在保证地下水位降深达到要求时减少抽水量；

4 应限定单井出水流量，防止地下水流速过快带动细砂涌入井内，造成地基土渗流破坏；

5 开始降水时水泵启动，应根据与保护对象的距离按先远后近的原则间隔进行；结束降水时关闭水泵，应按先近后远的顺序原则间隔进行。

11.3.12【条文说明】该条依据《建筑深基坑工程施工安全技术规范》JGJ/T 311，对截水帷幕渗漏不及时堵漏处理将造成流砂、流土、管涌等问题；对于降水井滤水管宜包两层 60 目井底布，特别是对无砂混凝土滤水管在对接处有缝隙，需注意包裹好；当地下水位降深达到要求时应减少抽水量，避免降深过大不经济；对于粉土、砂土等地层降水时，井间距和抽水泵量不宜过大，有不少工程实例出现了当水位难以下降时不是增加降水井数量而是盲目更换大泵量抽水，水位波动过大导致涌砂、周边地面下沉和开裂，以至于降水井损坏等问题。

11.3.13 终止使用的降水井、观测孔（井）等应及时回填封堵，静水位以下可采用砂砾石回填密实，静水位以上部分可采用黏性土、素混凝土等填实，并应满足管网结构、既有建筑物安全使用及环境保护的要求。

11.3.14 降水井施工质量验收应参照《管井技术规范》GB 50296 执行。

11.3.15 降水运行过程中应持续进行地下水位、抽水量监测；应定期测定各降水井的抽水含砂量，其体积比应小于 1/10000。

11.3.15【条文说明】此处降低含砂量的标准，主要是考虑到市政基坑使用时间一般较短，降水时间短，同时降水前期往往含砂量偏高，故取 1/10000。

11.3.16 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，不得损害降水井；
- 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 发现喷水、涌砂，应立即查明原因，采取措施及时处理；
- 6 冬期降水应采取防冻措施。

11.3.17 集水明排施工应符合下列规定：

- 1 排水沟、集水井施工应满足土方开挖要求；开挖侧壁出现分层渗水时，可按不同高程设置导水管，砖砌沟或草袋墙等工程辅助措施；
- 2 采用盲沟排水时，盲沟内采用级配碎石充填，必要时中间宜设透水管，并应满足结构对地基的要求；
- 3 排水沟优先选用轻质或可重复利用材料；
- 4 排水设施与市政管网接口之间应设置沉淀池；
- 5 基坑排水应根据排水量配置抽水设备，特别是雨季不得造成内坑大面积积水影响施工质量安全；
- 6 基坑内排水沟、集水井周边应硬化，且做好防渗处理，不得渗漏软化地基基础；

7 排水沟、集水井、沉淀池使用时应定期进行检查和维护，随时清理淤积物，保持排水通畅。

11.3.17【条文说明】集水明排时需要注意基坑周边地下水位浮动变化情况，避免出现流砂、管涌、边坡塌陷、地面沉降等问题，必要时应启动或加强基坑降水井措施。

12 基坑开挖、回填与监测

12.1 一般规定

12.1.1 基坑土方开挖回填前应办理相关手续，并依据设计图纸、管线分布图等对工程现状、周边环境等进行复核确认，对于施工影响范围内的可疑分布或位置不准确的地下管线应通过探槽、探坑或其他探测等方法进一步排查清楚后方可施工。

12.1.1【条文说明】 基坑开挖前，应办理挖掘占道、交通围挡等相关手续，并对施工范围内的周边环境条件做进一步的复核确认，对可疑分布或位置尺寸不准确的应探查明确后方可施工。这是市政管网基坑工程前最关键的准备工作。

12.1.2 基坑土方开挖及回填应按照设计工况、工序、质量、安全及环保要求进行施工，对于超过一定规模的危险性较大的分部分项工程应通过专家评审后实施。

12.1.2【条文说明】 基坑土方开挖及回填过程中，其施工环境较复杂，有时与支护、地基处理、主体施工等穿插进行，影响质量安全因素多，因此要求应严格按照通过论证或审批的方案实施，确保土方开挖和回填施工应按照设计工况工序、质量和安全要求进行施工。

12.1.3 基坑开挖与回填应加强对周边环境的保护，保证基坑及临近的建（构）筑物、地下各类管线、道路和已有工程的安全与正常使用；遇地下设施、管线或管道时，应采取保护或加固措施，不得碰撞和损坏，对重要管线或其他危险部位应设置明显的安全警示标志。对发现渗漏或出现异常情况的上水管、下水管或其他管线，应及时联系产权单位协商，先修复、移位或保护后再进行基坑工程的施工。

12.1.3【条文说明】 一般市政管网工程周边等环境条件较复杂，基坑开挖时应防止其被损坏；基坑回填时也应注意对基坑内及附近管线采取保护措施，并设置明显的安全警示标志，地面恢复后可根据需要设置永久安全警示标志，对于开挖后发现渗漏或出现异常情况的应及时联系产权单位处理。

12.1.4 在支护结构未达到设计强度前进行基坑开挖时，不应在设计预计的滑（破）裂面范围内堆载；临时土石方的堆放应进行包括自身稳定性、临近建筑物

地基承载力、变形、稳定性和基坑稳定性验算。

12.1.4【条文说明】受市政管道施工场地所限，一般情况下是将开挖的土方外运至临时堆土场或分段循环开挖并回填作业，但有些为便于施工或抢工期在基坑周边进行临时堆载，若需堆载应满足设计要求。

12.1.5 在市政管网基坑的开挖及回填中，应注意基坑及周边环境中有害气体影响，必要时采取有效防护措施；基槽或狭小肥槽类基坑应及时支护，应做好安全通道设置及防护工作，对涉及有限空间作业的安全应严格执行《有限空间作业安全技术规范》GB 30871 的要求。

12.1.5【条文说明】对于市政管网工程相互联通，特别是污水管网存在沼气有害气体，危害施工人员安全，沟槽狭窄行动不便，要求在狭小的基槽、坑槽等，通风不畅和上下不便时，应做好安全通道设置及防护工作。若有些基槽狭小、工作坑深度大且尺寸有限，涉及有限空间作业时应按相关规定做好防护工作。

12.1.6 基坑开挖与回填应采取信息化施工，根据工序、天气变化、基坑和周边环境监测数据等，掌握施工时机，及时调整开挖与回填的施工顺序和施工方法；当施工中出现险情时，应立即停止施工并启动应急预案。

12.1.6【条文说明】基坑开挖：基坑开挖阶段的信息化施工既是检验设计与施工合理性，也是动态指导设计与施工的有效方法。通过信息化施工技术的运用，及时掌握基坑开挖期间的各种变化，及时调整把控施工工序，对围护结构设计和施工方案进行针对性的调整，将险情抑制在萌芽状态，以确保基坑施工安全。

回填：基坑开挖到位后，应抓紧时间进行地基基础、地下工程和市政管道施工，达到基坑肥槽回填条件的应及时回填消除隐患。受施工环境条件所限，一般情况基坑周边及肥槽范围狭小，机械设备就位有一定难度，应根据现场情况创造条件，采取灵活的回填方法，细化工序确保质量安全。

监测预警与险情处理：地下工程所涉及的地质条件复杂，虽然施工前已有正常计划，但在施工中还会有异常情况发生，为了防止事态的发展，通过巡视巡查和监测、预警，对出现险情时应立即停止施工，会同相关单位提出针对性的措施。土方施工单位为主要的抢险力量，在基坑失稳事故中主要的抢险机械是挖掘机和装载机，常用的方案是及时切断受损管线泄露，对危险基坑进行挖土卸载、土方

回填压脚或加密支撑等措施。

12.1.7 基坑开挖前，应编制基坑工程监测方案，确保基坑安全及基坑周边环境保护受控。

12.1.7 【条文说明】基坑工程监测方案是监测单位实施监测工作的重要技术依据。基坑监测是为了确保基坑安全和周边环境保护受控。无论设计、施工和监测，都要重视基坑周边环境调查工作，环境调查时应采取收集资料、现场调查、开挖验证、实地探测等手段查明相邻建（构）筑物、重要设施的平面位置及与基坑的距离关系、结构形式、基础形式与埋深、荷载、裂缝、沉降与变形等情况，查明基坑影响范围内地下管线的平面位置、深度、走向及管线的种类、性质和现状、建造年代。对于重要建（构）筑物和设施、地下管线和道路应与相关的所有权人或主管部门沟通，了解和掌握其保护要求。

12.1.8 基坑工程监测应符合下列规定：

1 应根据基坑侧壁安全等级、周边环境条件、支护类型及施工场地等确定基坑工程监测项目、监测点布置、监测方法、监测频率和监测预警值；

2 基坑降水应对水位降深进行动态监测，当地下水体渗漏来源不清影响施工时，应进行水质分析确认处理；

3 逆作法、沉井法施工应进行全过程工程监测；

4 对较重要或风险源较多的复杂基坑，宜采用自动化监测。

12.1.8 【条文说明】基坑工程监测项目应根据监测对象的特点、基坑支护结构安全等级、周边环境条件、支护类型及施工场地等因素合理确定，并应反映监测对象的变化特征和安全状态。基坑工程监测范围应满足对监测对象的监控要求，监测点应布置在岩土体或结构及构件的受力、变形的关键特征部位。基坑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，根据施工过程工序特点、基坑变形与时空效应变化规律等因素分析，可适当调整监测频率。市政管网基坑局部地下水受临近管网渗漏影响较大，当有局部外来水体渗漏来源不清时可通过水质分析确定其来自给水、污水或其他来源，以便确定下一步的处理措施；全过程监测是确保基坑安全、工程结构安全及相邻建（构）筑物安全的重要技术支撑，也是动态设计、专项施工方案进行必要调整的重要依据，条件许可时应进行全过程监测，在一些逆作法、沉井

法等大型固定施工现场，因风险源较多，必要时应进行全过程监测；对于一些开挖和支护施工过程受人为因素影响较大时，如木支撑，可采取现场视频监控。总体而言，对于一些较重要风险源较多的顶管深基坑，宜采取自动化检测系统。

12.1.9 当基坑工程监测数据超过预警值时，或出现基坑支护结构、周边建（构）筑物、地下管线或道路等保护对象失稳破坏征兆时，应立即停止施工作业，启动应急预案。

12.1.10 当受基坑工程影响的建（构）筑物和各类管线、管道的变形不能满足控制要求时，应采取土体加固、结构托换、暴露或架空管线、支护封包管道等防范措施。宜考虑加固施工过程中土体强度短期降低与基坑时空效应，同时采取适当保护措施。

12.1.10 【条文说明】市政管网基坑受场地条件所限，距离周边建筑或管线较近时，若土性较差或地下水位较浅时，需要对基坑周边土层或建（构）筑物地基基础进行加固。第一类处理方法如采取注浆法、高压喷射注浆等复合地基加固法。第二类处理方法是将受影响的建（构）筑物基础荷载传递到坑底深度以下性能良好的地基土中，常用的方法是桩式托换，在基坑开挖前，采用树根桩或静压桩进行基础托换，这是黄土地区行之有效的一种方法。第三类，市政管网基坑开挖出现最多的就是处理开挖外露的其他管道，在不涉及迁改时，对其处理方法是对开挖暴露的管道架空、封包、支护等措施，确保其安全运行。

12.2 基坑开挖

12.2.1 基坑开挖前应查明以下内容：

1 基坑开挖影响范围内建（构）筑物的结构类型、层数、基础类型、埋深、基础荷载大小及上部结构现状，对可能发生争议的部位保留影像资料，布设标记、做好记录；

2 基坑开挖影响范围内的各类地下设施，包括上水、下水、电缆、光缆、消防管道、煤气、天然气、热力等管线和管道的分布、使用状况及其对变形的控制要求等；

3 基坑影响范围内的道路及车辆载重情况等。

12.2.1 【条文说明】 基坑影响范围内建（构）筑物的结构类型、层数、基础类型、埋深、基础荷载大小和上部结构现状对基坑工程的设计、施工及支护

措施有很大的影响，故施工开挖前应予以查明。

基坑开挖前必须查明地下管线的分布、性质和现状。由于没有完全查明基槽开挖影响范围内的各类地下设施，包括供排水、电缆、光缆、天然气、雨水、热力等管线或管道的分布和性质而导致它们被破坏的工程事故时有发生，有些则引起比较严重的后果，因此可通过地面标志或到城市规划部门查阅地下管线图，查明管线位置和走向，必要时可委托有关部门通过开挖、物探、专用仪器或其他有效方法进行管线探测。

基坑使用期间基坑影响范围内的道路及车辆载重情况对基坑安全影响大，也应事先掌握并控制限载。

12.2.2 基坑开挖施工前，应完成定位放线、支护结构、地面排水、地下水控制、基坑及周边环境控制与监测、施工条件和应急预案准备等工作。

12.2.2 【条文说明】设计文件和基坑支护结构施工方案是基坑开挖的依据和条件，应进行核验，应做好基坑周边地面的挡水、截水措施，防止地面明水流入基坑，在基坑底设置排水沟、集水坑等排水措施，防止坡脚及坑底积水，影响基坑安全；在基坑开挖前，应针对施工现场水文、地质实际情况，周边环境（建筑、地铁、地下管线等），开挖基坑与建筑物的距离，建筑物结构、地下设施和开挖深度进行综合考虑，编制土方开挖和地下水控制的专项施工方案。

在基坑支护或开挖前，必须先对基坑周边环境进行检查，发现对施工作业中的不安全因素，应事先排除，达到安全生产条件后，方可实施作业。土方开挖应根据施工现场条件尽可能连续开挖，加快施工进度，缩短基坑暴露时间；开挖前应编制抢险应急预案，相应物资也必须到位。

12.2.3 土方开挖的顺序、方法应与设计工况和专项施工方案相一致，并遵循“分层分段、逐层施作、限时限高、均衡开挖、严禁超挖”的原则。

12.2.3 【条文说明】锚杆、支撑是随基坑土方开挖分层设置的工况，当该层工况支护受力后方可向下开挖实施下一个支护工况，如果开挖深度超过设计的工况，结构受力及变形就会超过设计状况，超挖轻则引起基坑变形，重则导致支护结构破坏、坍塌，基坑环境受损，酿成重大工程事故。所以要遵循“分层分段、逐层施作、限时限高、均衡开挖、严禁超挖”的原则。

12.2.4 基坑开挖应符合下列规定：

1 基坑开挖应和支护施工相协调，应提供支护施工的工作面宽度，土方开挖和支护施工应形成循环作业；

2 当支护结构构件强度达到开挖阶段的设计强度或支撑稳固时，方可下挖基坑；

3 基坑开挖应分层分段进行，每层开挖深度应根据土层锚杆、内支撑等支护施工作业面确定，并满足设计工况要求；一般每层开挖作业面不宜低于土钉、锚杆以下 0.5m，每层分段长度不宜大于 20m；对于钢板桩、排桩及逆作法钢筋混凝土壁板等支护结构，应严格按设计标高要求开挖，不得超挖；

4 开挖时，在人工和机械同时作业的场地，作业人员应在机械回转半径以外工作。挖土机械不得碰撞或损坏支护结构、坑壁土体、降排水设施、监测点与控制点、管线、工程桩以及其他保护对象；

5 当基坑采用降水时，宜在坑内水位降至设计要求时方可进行土方开挖；当采取截水帷幕或排桩墙时，其强度和龄期满足设计要求后方可下挖基坑；

6 开挖后发现岩土条件与勘察报告不符或有重大地质隐患时，应立即停止施工并通知有关各方；必要时应查清异常岩土体的范围并核实其工程性状，提出处理措施或修改设计的建议；对可能发生的险情及时进行处理；

7 开挖至坑底时，应避免扰动基底持力层的原状结构。

12. 2. 4【条文说明】由于土方开挖与基坑支护交替进行，所以开挖应和支护施工相协调。分层分段开挖时，每层开挖深度应与锚杆或支撑的竖向间距一致，且分层标高应考虑土层锚杆或支撑结构竖向作业的要求，一般不低于土钉或锚杆以下 500mm。分段长度的控制是为了保证基坑安全，一般情况下挖土速度要快于支护施工速度，若支护施工跟不上挖土的进度，则临空面暴露时间可能较长，不利于基坑稳定。为了确保开挖的沟槽内人员安全，坑内支撑人员由支撑区向未支撑区域逐步推进，严禁在未支撑区域久留。

为了确保支护安全和开挖工期，要求支护结构构件强度达到开挖阶段的设计强度时，方可下挖基坑，施工过程中需加强对支护结构和相关设施的保护。基坑降水影响基坑开挖和支护安全，应预先降低并控制好地下水位。

开挖过程中应加强验槽，一些场地基坑土质较复杂，受市政工程多期开挖施工、黄土湿陷性、裂隙、地裂缝、挖填、墓穴、井坑、管网渗漏等诸多因素影响，

局部开挖的土质可能变化较大与勘察报告不符,若开挖后未发现或不能正常处理可能给基坑带来风险,故应慎重对待。

12.2.5 基坑挖出的土方应及时运离基坑,周边设置材料堆场、建设临时设施、留作回填料临时堆土、通行车辆等,其荷载均不得超过设计要求。

12.2.5 【条文说明】基坑周边土方堆载不得超过设计要求,否则容易出现基坑变形增加或基坑失稳。受场地所限和就近回填需要,开挖出的土方常堆放在基坑附近,市政道路通行车辆较多,为便于安全控制,本条根据岩土设计和施工经验对基坑周边超载提出了具体要求。

12.2.6 沟槽的开挖应符合下列规定:

1 沟槽的开挖断面应符合施工组织设计(方案)的要求。槽底原状地基土不得扰动,机械开挖时槽底预留 200~300mm 土层由人工开挖至设计高程,整平;

2 槽底不得受水浸泡或受冻,槽底局部扰动或受水浸泡时,宜采用天然级配砂砾石或石灰土回填;槽底扰动土层为湿陷性黄土时,应按设计要求进行地基处理;

3 槽底土层为杂填土、腐蚀性土时,应全部挖除并按设计要求进行地基处理;

4 槽壁平顺,边坡坡度符合施工方案的规定;

5 在沟槽边坡稳固后设置供施工人员上下沟槽的安全梯。

12.2.7 设内支撑的基坑开挖应符合下列规定:

1 基坑开挖应配合内支撑支护施工,当机械难以开挖时应采取人工开挖;

2 下层土方开挖应在支撑达到设计要求后进行,严禁支撑尚未完成即开挖下层土方;

3 每层开挖高度应按设计工况并结合土质、降水、支护、荷载等综合确定。

4 当支撑位置影响局部开挖施工时应待换撑稳固后方可开挖。

12.2.7 【条文说明】在市政管网基坑工程开挖中,受周边环境条件或施工要求限制,应根据实际情况灵活机械或人工开挖。采取内支撑支护应用较普遍,施工工况对开挖要求较严格,故对开挖提出专门要求。不论采取钢筋混凝土桩、钢板桩、木支撑、钢筋混凝土壁板等依靠在基坑土体内部的支撑结构或体系,都应遵循该条规定。

根据经验，一般钢筋混凝土壁板厚度为 300mm~600mm，当遇到土质疏松或涉及基坑降水时，需在基坑外侧采取高压旋喷桩加固措施；开挖时一般黄土层每层开挖高度不大于 1.5m，填土、砂土等软弱土或降水开挖段每层开挖高度不大于 1m；工作井外侧降水井须将地下水位完全降至基坑底面以下。

市政管网基坑沟槽狭窄，坑内构筑物复杂，当开挖受支撑结构影响继续开挖时应换撑后方可进行。

12.2.8 开挖过程中应按监测方案及相关标准要求及时进行监测，发生异常情况时，应立即停止挖土，查清原因，采取相应措施。

12.2.9 土方开挖质量检验标准按照现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的相关规定执行，并应符合下列要求：

- 1 坑底标高检验点为每 100m²取 1 点，且总数不应少于 10 点；
- 2 平面几何尺寸应全数检验；
- 3 基坑侧壁坡率应符合设计要求，且不得留有虚土；检验点为每 20m 取 1 点，且每边不应少于 1 点；
- 4 表面平整度检验点为每 100m²取 1 点，且总数不应少于 10 点。

12.2.10 沟槽开挖的允许偏差应符合表 12.2.11 的规定。

表 12.2.10 沟槽开挖的允许偏差

序号	检查项目	允许偏差 (mm)		检查数量		检查方法
				范围	点数	
1	槽底高程	土方	±20	两井之间	3	用水准仪测量
		石方	+20、 -200			
2	槽底中线每侧宽度	不小于规定		两井之间	6	挂中线用钢尺量测，每侧计 3 点
3	沟槽边坡	不陡于规定		两井之间	6	用坡度尺量测，每侧计 3 点

12.3 基坑回填

12.3.1 基坑回填应按设计要求进行，回填土料的质量、含水量、分层回填厚度、压实遍数、压实系数应按设计要求进行检查和检测。新型回填材料应通过现场试

验确定，其检查和检测指标也应满足设计要求。

12.3.1 【条文说明】本条是对基坑回填按照设计要求进行质量检查检测的原则性规定。

12.3.2 除设计有要求外，回填材料应符合下列规定：

1 采用土回填时，应符合下列规定：

1) 槽底至管顶以上 500mm 范围内，土中不得含有机物、冻土以及大于 50mm 的砖、石等硬块；在抹带接口处、防腐绝缘层或电缆周围，应采用细粒土回填；

2) 冬期回填时管顶以上 500mm 范围以外可均匀掺入冻土，其数量不得超过填土总体积的 15%，且冻块尺寸不得超过 100mm；

3) 回填土的含水量，宜按土类和采用的压实工具控制在最佳含水率 $\pm 2\%$ 范围内；

2 基坑回填宜采用弱透水材料回填；管道周边回填、道路路面恢复材料应满足市政设计要求。

3 当采用石灰土、砂、砂砾等材料回填时，其质量应符合设计要求或有关标准规定。

12.3.2 【条文说明】诸多规范、标准都提到了基坑肥槽回填问题，但规范仅仅是从专项设计角度对回填土提出要求，大都没有综合考虑地下室结构侧限及地下结构整体抗浮问题（“水盆效应”），只有《建筑工程抗浮设计标准》JGJ 476 提出的回填材料兼顾到了侧限及避免水盆效应的材料要求。本条参考了《建筑工程抗浮设计标准》JGJ 476 基坑肥槽回填相关内容和相关单位的研究成果，对基坑回填材料加以明确。

从预防水盆效应的角度分析，首先就要避免肥槽形成积水区，故不能用砂石，而应采用灰土、黏土、黄土回填并分层夯实，或采用预拌流态固化土、素混凝土、毛石混凝土回填，形成不透水层，以避免建筑物因地表水流入肥槽形成水盆效应引起抗浮失效，同时也起到对地下结构的抗震侧限作用。

从工程成本角度分析，黏土（素土）、灰土、预拌流态固化土或气泡混合轻质土、素混凝土四类回填材料工程成本依所列序次呈 2 倍~3 倍递增，回填成本相差悬殊，若采用素混凝土价格更无法接受，由于肥槽回填土方量较大，实际工程中往往仅此一项工程成本就可相差几十万甚至上千万元。这就需要工程技术人

员在设计选材时，必须结合工程各种边界条件，选择安全可靠、经济合理的回填材料。

预拌流态固化土新型回填材料，其流动性（坍落度）可根据实际需要调节，可实现自密实效果；通过调整材料配比调节实际强度和凝结时间，抗压强度范围为 0.3MPa~5MPa；具有一定的抗渗性，在水中浸泡 60d 无掉渣和破碎现象；强度相对较高，质量较轻，收缩率低为 0.05%~0.2%，能满足回填土强度、渗透和沉降要求，已应用于难以人工及机械操作的封闭空间（如防空洞、废弃市政管道等）、狭窄的肥槽等项目回填。

市政管道周边及道路恢复应满足管道运行和道路车辆荷载需要，若回填处理不到位将导致管道变形渗漏、地面下沉问题，故应按市政设计要求把好回填和道路恢复质量关。

12.3.3 基坑回填压实施工应符合下列技术要求：

1 基坑回填必须待坑内构筑物强度满足回填要求，各项隐蔽工程验收合格后，方可进行；

2 回填前应清除坑底虚土、建筑垃圾、树根等杂物以及积水、淤泥、松土层，压实坑底，并应验收基底标高；

3 填土应按设计要求选料，对回填土料的含水率和配合比等相关参数应按设计要求进行检验，满足要求方可填入；

4 回填土料应分层填筑压实，对称均匀回填，对管道沟槽应采取防止管道发生位移或损伤的措施；对构筑物单侧回填时应对主体结构稳定性进行验算。

5 施工过程中应检查降、排水措施，不得带水回填；每层填筑厚度、含水量和压实程度，回填土的分层铺设厚度及压实遍数应根据土质、压实系数及所用机具性能确定；

6 在转角及建构筑物附近等不易压实的位置，基坑回填应采用人工或小机型回填；

7 土方回填应按设计要求或根据工程性质、填方厚度、土料种类、压实系数、地基情况等预留沉降量；对其他管道横穿回填沟槽的，回填时应采取措施防止差异沉降将其拉裂损坏；

8 当受施工条件所限，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，也可采用低强度等级混凝土等回填密实；

9 雨期应采取措施防止管道漂浮；

10 回填土的质量控制宜采取全过程跟踪检测，且压实系数应满足设计要求。

12.3.4 基坑中遇井室、雨水口及其他附属构筑物，在其周围回填应符合下列规定：

1 井室周围的回填，应与管道沟槽回填同时进行；不便同时进行时，应留台阶形接茬；

2 井室周围回填压实时应沿井室中心对称进行，且不得漏夯；

3 回填材料压实后应与井壁紧贴；

4 路面范围内的井室周围，应采用石灰土、砂、砂砾等材料回填，其回填宽度不宜小于 400mm；

5 严禁在槽壁取土回填。

12.3.5 回填土或其他回填材料运入槽内时不得损伤管道及其接口，并应符合下列规定：

1 根据每层虚铺厚度的用量将回填材料运至槽内，且不得在影响压实的范围内堆料；

2 管道两侧和管顶以上 500mm 范围内的回填材料，应由沟槽两侧对称运入槽内，不得直接回填在管道上；回填其他部位时，应均匀运入槽内，不得集中推入；

3 需要拌合的回填材料，应在运入槽内前拌合均匀，不得在槽内拌合。

12.3.6 回填作业每层土的压实遍数，按压实度要求、压实工具、虚铺厚度和含水量，应经现场试验确定。当无施工经验时，每层回填土的虚铺厚度，应根据所采用的压实机具按表 12.3.6 的规定选取。

表 12.3.6 每层回填土的虚铺厚度

压实机具	木夯、铁夯	轻型压实设备	压路机	振动压路机
虚铺厚度 (mm)	≤200	200~250	200~300	≤400

12.3.7 对有内支撑或狭长的深基坑，其回填应符合下列规定：

1 采用内支撑支护结构的，土方回填应与基坑换撑施工工况保持一致，以

回填作为基坑换撑的，应根据设计工况分阶段进行土方回填；基坑设置混凝土或钢支撑、或坑内分布既有管道影响夯实的，应采取相应措施确保回填密实；

2 在机械压实不能作业的区域，应采用人工压实或采用其他新材料、新工艺回填；

3 宜对称均衡地进行土方回填；

4 回填较深的基坑，分段土方回填时应注意控制好接茬处坡度和压实密实度，一般采用在相邻段接茬做成阶梯形，每层台阶宽度不得小于厚度的 2 倍。

12.3.7 【条文说明】受设置混凝土换撑或钢换撑、坑内分布既有管道影响，其下方的回填密实度较难保证，一般可采取在该部位回填素混凝土的方法，也可在回填至换撑标高后，拆除换撑后再回填压实。基坑回填时，对于机械无法就位的区域，应采取蛙式夯机或立式夯机等人工便于压实的方式回填；有条件时，可考虑采取素混凝土或预拌固化流态土等其他新材料进行回填。

基坑回填处理不当或地面超载过大可能会引起受力分布情况的变化，对结构可能会产生不利影响，故规定对称均衡回填的要求。若基坑较深，从地面直接将回填土料填至坑底时，土料降落高度较大，对已经完工的防水层可能产生破坏，可采用设置简易滑槽入坑的方法控制降落高度和速度，有利于工程产品保护；根据施工具体需要，常对深基坑进行分期分段回填，为确保回填质量和安全，依据施工经验，分段回填时应注意预留搭接处的坡度和压实度，一般情况下回填坡度不宜陡于 45° ，同时后续回填时须台阶式搭接，压实系数也应满足设计要求。

12.3.8 刚性管道沟槽回填的压实作业应符合下列规定：

1 回填压实应逐层进行，且不得损伤管道；

2 管道两侧和管顶以上 500mm 范围内胸腔夯实，应采用轻型压实机具，管道两侧压实面的高差不应超过 300mm；

3 管道基础为土弧基础时，应填实管道支撑角范围内腋角部位；压实时，管道两侧应对称进行，且不得使管道位移或损伤；

4 同一沟槽中有双排或多排管道的基础底面位于同一高程时，管道之间的回填压实应与管道与槽壁之间的回填压实对称进行；

5 同一沟槽中有双排或多排管道但基础底面的高程不同时，应先回填基础较低的沟槽；回填至较高基础底面高程后，再按上一款规定回填；

- 6 分段回填压实时，相邻段的接茬应呈台阶形，且不得漏夯；
- 7 采用轻型压实设备时，应夯夯相连；采用压路机时，碾压的重叠宽度不得小于 200mm；
- 8 采用压路机、振动压路机等压实机械压实时，其行驶速度不得超过 2km/h；
- 9 接口工作坑回填时底部凹坑应先回填压实至管底，然后与沟槽同步回填。

12.3.9 柔性管道的沟槽回填作业应符合下列规定：

- 1 回填前，检查管道有无损伤或变形，有损伤的管道应修复或更换；
- 2 管内径大于 800mm 的柔性管道，回填施工时应在管内设有竖向支撑；
- 3 管基有效支承角范围应采用中粗砂填充密实，与管壁紧密接触，不得用土或其他材料填充；
- 4 管道半径以下回填时应采取防止管道上浮、位移的措施；
- 5 管道回填时间宜在一昼夜中气温最低时段，从管道两侧同时回填，同时夯实；
- 6 沟槽回填从管底基础部位开始到管顶以上 500mm 范围内，必须采用人工回填；管顶 500mm 以上部位，可用机械从管道轴线两侧同时夯实；每层回填高度应不大于 200mm；
- 7 管道位于车行道下，铺设后即修筑路面或管道位于软土地层以及低洼、沼泽、地下水位高地段时，沟槽回填宜先用中、粗砂将管底腋角部位填充密实后，再用中、粗砂分层回填到管顶以上 500mm；
- 8 回填作业的现场试验段长度应为一个井段或不少于 50m，因工程因素变化改变回填方式时，应重新进行现场试验。

12.3.10 管沟基槽回填土质量应符合下列要求：

- 1 回填土的含水量，宜按土类和采用的压实工具控制在最优含水率 $\pm 2\%$ 范围内；
- 2 路面范围内的井室周围应采用灰土、水泥土等材料回填；
- 3 井室周围的回填，应与管道沟槽同时进行，不便同时进行时，应留台阶接茬，不得损伤管道及接口；回填管道两侧时应保持回填质量、高度、长度相对均衡；
- 4 管沟基槽采用素土回填时，槽底至管顶以上的 500mm 范围内，土中不

得含有机物、冻土以及大于 50mm 的砖、石等硬块；

5 管道两侧和管顶以上 500mm 范围内，应采取轻型压实机具，管道两侧压实面的高差不应超过 300mm。分段回填压实时相邻段的接茬应呈台阶形（高宽比不小于 1:2），且不得漏夯；

6 采用轻型压实设备时，应夯夯相连；采用压路机时，碾压的重叠宽度不得小于 200mm；

7 回填时应采取防止管道上浮、移位或变形的措施；

8 对柔性管道回填至设计高程时，管道变形率应符合设计要求，不符合要求的应采取相应处理措施；

12.3.10 【条文说明】 湿陷性黄土地区的工程病害常与管道渗漏有关，近年来由于管道渗漏水或地表水沿沟槽缝隙出现纵、横向渗流，会引起周边房屋建筑、市政道路等沉降开裂、塌陷以及其他次生灾害事故频发。基槽管沟由于狭长作业空间受限制，回填质量和对管线的保护常存在缺陷，加之容易受外部荷载影响，若回填质量达不到要求，将对管线、上部道路或周边建筑安全运行带来隐患，因此市政管网基坑回填质量就显得特别重要。回填过程中，既要压实好上覆土层，也要做好对已安装管道的保护，防止水位或其他外力引起的管道变化上浮移位、受上部重载车辆碾压变形等不利影响。

根据《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 要求，柔性管道回填至设计高程时，应在 12~24h 内测量并记录管道变形率，管道变形率应符合设计要求；设计无要求时，钢管或球墨铸铁管道变形率应不超过 2%，化学建材管道变形率应不超过 3%，当超过时应采取处理措施；钢管或球墨铸铁管道的变形率超过 3%时，化学建材管道变形率超过 5%时，应挖出管道并会同设计单位研究处理。

12.3.11 管道埋设的管顶覆土最小厚度应符合设计要求，且满足当地冻土层厚度要求；管顶覆土回填压实度达不到设计要求时应与设计协商进行处理。

12.3.12 基坑土方回填应采取以下安全措施：

1 土方回填前应掌握现场土质情况，按技术交底顺序分层分段回填；分层回填时应由深到浅，操作进程应连续，不得留间隔空隙；

2 土方回填施工过程中应检查基坑侧壁变化，必要时可在软弱处采用钢管、

木板、方木支撑；当发现有裂纹或部分塌方时，应立即撤离人员，排除隐患；

3 打夯机的操作人员应穿绝缘胶鞋和佩戴绝缘胶皮手套；

4 多台夯土机械并列工作时，其间距不得小于 5m；前后工作时，其间距不得小于 10m；

5 坑槽上电缆应架空 2.0m 以上，不得拖地和埋压土中；坑槽内电缆、电线应采取防磨损、防潮、防断等保护措施。

12.3.12 【条文说明】基坑土方回填工作一般现场周边环境条件复杂、工期紧，管理不到位时容易出现不安全事故，故对施工安全措施进行要求。

12.3.13 基坑回填施工的检验应符合现行《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 相关规定，采用新型材料回填时，其检验应符合设计要求。

12.4 基坑监测

12.4.1 基坑监测工作开展前应取得下列资料：

- 1 用地红线图、地形图及基坑开挖平面图等工程设计资料；
- 2 岩土工程勘察报告；
- 3 基坑支护设计图纸；
- 4 基坑工程影响范围内的建（构）筑物、地下管线与设施等有关资料；
- 5 基坑工程专项施工方案；
- 6 其他相关资料。

12.4.2 基坑开挖前应根据基坑侧壁安全等级、施工方案及设计要求等编制监测方案。监测方案应包括以下内容：

- 1 工程概况；
- 2 场地工程地质、水文地质条件、基坑周边环境状况及其工程风险等；
- 3 监测依据、监测范围、监测对象、监测项目、基准点、工作基点和监测点布设、监测方法和精度要求、监测周期、监测频率等；
- 4 监测预警值及异常情况下的监测措施；
- 5 监测数据处理与信息反馈制度；
- 6 监测人员的配备；
- 7 监测仪器设备及检定要求；
- 8 作业安全及其他管理制度。

12.4.2 【条文说明】基坑工程的监测是保障基坑工程安全运行的重要措施，应作为基坑工程的一项重要组成部分，将监测方案的编制和审批纳入基坑工程的管理中。

12.4.3 基坑工程的监测项目应根据基坑侧壁安全等级、周边环境及场地工程地质条件、水文地质条件、支护类型和施工工艺等因素确定。基坑监测项目可参照表 12.4.3 选择。

表 12.4.3 基坑监测项目表

监测项目	基坑侧壁安全等级		
	一级	二级	三级
支护结构（基坑侧壁）顶部水平位移、垂直位移	△	△	△
锚杆拉力、支撑轴力	△	△	○
支撑立柱沉降	△	△	○
地下水位	△	○	○
排桩内力	○	○	○
支护结构的侧向压力、孔隙水压力	○	○	○
基坑底的回弹	○	○	○
周边建（构）筑物水平位移、垂直位移、倾斜及裂缝	△	△	△
管线变形	△	△	◇
地面、道路沉降	△	△	◇

注：△—应测项目；◇—宜测项目；○—选测项目。

12.4.3 【条文说明】 每个基坑工程都必须进行监测，但监测项目的选择不仅关系到基坑工程的安全，也关系到监测费用的大小。随意增加监测项目是一种浪费，但盲目减少也可能因小失大，造成严重的后果。监测项目和采用手段应由基坑支护设计人员根据基坑侧壁安全等级、岩土工程条件、周边环境的重要性等因素综合确定，确定的监测手段至少应能得到影响基坑安全的关键性参数。

管线变形、地面、道路沉降监测，主要为基坑周边管线、地面、道路沉降；若需要确认回填作业对下部敷设管道的变形影响、开挖与回填或顶（托）管施工对上部地面道路的影响时，也应按要求进行相应的监测。

12.4.4 基坑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。巡视检查应做好资料的记录和整理，发现异常应及时通知建设方及其他相关单位。巡视检查应包括下列内容：

1 检查基坑周边的建（构）筑物、重要地下设施的现状，检查基坑周围水管渗漏情况、煤气管道变形情况、道路及地表沉降开裂情况以及建（构）筑物的开裂变位情况；

2 检查支护结构的开裂变形情况，检查支护桩侧、支护墙面、主要支撑连接点等关键部位的开裂变形情况及防渗结构的渗漏情况；

3 检查开挖揭示地层情况与勘察报告有无差异、有无空洞、支护工况是否与设计相一致、支撑或锚杆是否施工及时等；检查坑边超载、地表裂缝、地面积水等情况；

4 检查基准点、工作基点、监测点、监测元件的完好状况及保护情况；

5 记录降雨、降雪和气温等情况，检查防水、排水等防护设施是否完好；

6 基坑侧壁和截水帷幕渗水、漏水、流砂等；

7 降水井抽水异常，基坑排水通畅情况。

12.4.4 【条文说明】 巡视检查是基坑监测中一个不可缺少的部分。巡视检查以目测为主，辅以量尺、放大镜、锤等工具及摄像、摄影等设备。在已有的工程经验中，有许多是建立在巡视检查基础上的，巡视检查有时可以更及时地反映异常情况。此外，巡视检查的资料也有利于分析基坑支护出现异常的原因。

12.4.5 监测点的布置应符合下列要求：

1 基坑侧壁土体顶部和支护结构顶部的水平位移与垂直位移观测点应沿基坑周边布置，在每边的中部和阳角处均应布置监测点，其监测点的间距不宜大于20m，每边监测点数量不宜小于3个，当地层结构条件复杂时应适当加密；水平位移与垂直位移应采用同点监测；

2 距基坑周边2倍坑深范围内的地下管线、建（构）筑物应观测其变形。地下管线的沉降监测点可设置在管线的节点、转角点和变形曲率较大的部位，监测点的间距不宜大于25m。对进行基坑降水的工程，建筑物变形监测点的设置范围应与降水漏斗的范围相当；

3 支护结构的内力、支撑构件的轴力、锚杆的抗拉力、土压力、孔隙水压力、支护结构深层水平位移监测点应布置在受力较大且具有代表性的断面位置；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；支撑立柱的沉降监测点宜布设在基坑中部、多根支撑交汇处、地质条件复杂处的立柱上；

4 地下管线的沉降监测点可设置在管线的节点、转角点和变形曲率较大的部位,监测点的间距不宜大于 20m。有窨井盖、消防龙头和阀门等附属设施的管线直接将监测点布设到窨井盖上。当采用测量地面的间接方法时,其测点应布设在管线正上方。

5 基坑周围地表沉降和地下水位的监测点应结合工程实际选择具有代表性的部位;

6 基坑周围地表裂缝、建(构)筑物裂缝和支护结构裂缝应进行全方位观测,应选取裂缝宽度较大,具有代表性的部位观测;

7 不同类型的监测点宜形成监测剖面,监测标志应稳固可靠、标示清晰。

8 当基坑邻近轨道交通、高架道路、隧道、重要管线、文物和重要设施等保护对象时,监测点的布置尚应满足相关管理部门的技术要求;

9 其他监测点布置应符合国家现行标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497、《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的相关内容。

12.4.5 【条文说明】各种监测点的位置、间距因基坑而异,每个基坑有它自身的条件和特点,故本条只给出监测点布置的基本原则。监测点布置应掌握的原则:

- 1 布设范围应大于预估可能出现危害性变形的范围;
- 2 监测点设置在基坑支护结构的最大受力部位和最大变形部位;
- 3 监测已有结构或管线最可能因开挖发生事故的部位;
- 4 使各种类型的监测点形成监测剖面,监测参数可以相互验证;
- 5 监测点的布置不应妨碍监测对象的正常工作,并且便于监测、易于保护;
- 6 监测点应满足监测保护对象的特殊需求。

12.4.6 变形监测基准点数量不应少于 3 点,应设在基坑工程影响范围以外易于观测和保护的地段;基准点标志的型式和埋设应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

12.4.6【条文说明】变形监测基准点数量不应少于 3 点以便于相互校核是否有扰动点;对于有基坑降水工程的变形监测基准点设置,降水影响范围一般按距基坑周边的距离应不少于 5 倍坑深度,且不宜少于 30m~50m,但用于降水沉降观测的基准点,应设在降水影响半径之外,在监测期间应采取有效措施,确保正

常使用。

12.4.7 支护结构（基坑侧壁）顶部水平位移监测，宜将水平位移坐标分量转换为与基坑侧壁垂直方向的水平位移量。

12.4.7【条文说明】支护结构（基坑侧壁）顶部水平位移监测，将水平位移坐标分量转换为与基坑侧壁垂直方向的水平位移量，以便于分析变形量与基坑周边荷载、基坑临空面及坑内支护结构等条件的影响关系。

12.4.8 同一监测项目监测时宜采用相同的观测方法、观测路线，使用同一监测仪器和设备，固定的观测人员，基本相同的工作环境和条件。

14.2.8【条文说明】在基坑侧壁顶部边缘、基坑的临空位置，以及其他危险部位，应设置显著的安全警示标识，必要时应有安全人员进行警戒。

12.4.9 现场监测的准备工作应在基坑开挖前完成，变形监测项目应在基坑开挖前测得初始值，应力和应变监测项目应在测试元件埋设完成，经调试合格后测得初始值。初始值的观测次数不应少于3次，以3次稳定值的平均值作为初始值。

12.4.10 当采用自动化监测时，监测数据的处理与信息反馈宜采用专业软件，专业软件的功能和参数应符合国家现行有关标准的规定，并应具备数据采集、处理、分析、查询和管理一体化以及监测成果可视化的功能。

12.4.11 从基坑开挖直至基坑内建（构）筑物外墙土方回填完毕，均应进行监测工作，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稳定，有降水时，应延长至降水结束。

12.4.12 监测频率应符合以下要求：

1 应综合考虑基坑支护类型、基坑支护结构安全等级、周边环境重要程度、地下工程的施工阶段、相关规范、设计要求和地区经验确定。

2 基坑开挖期间每开挖一层监测不应少于1次，监测间隔不应大于7天；基坑开挖完成后第1个月内每周监测2次；第2个月至基坑回填完成，监测间隔不宜大于10天。

12.4.13 当出现下列情形之一时，应提高监测频率：

- 1 当监测值接近监测预警值或监测结果变化速率较大时；
- 2 超深、超长开挖或未及时加撑、换撑等违反设计工况施工；
- 3 存在勘察未发现的不良地质体；

- 4 支护结构出现开裂；
- 5 周边地面突发较大沉降或出现严重开裂；
- 6 邻近建筑突发较大沉降、不均匀沉降或出现严重开裂；
- 7 基坑及周边大量积水、长时间连续降雨、市政管道出现泄漏；
- 8 基坑附近地面荷载突然增大或超过设计限值；
- 9 基坑底部、侧壁出现管涌、渗漏或流土等现象；
- 10 基坑工程发生事故后重新组织施工；
- 11 出现其他影响基坑及周边环境安全的异常情况。

12. 4. 13 【条文说明】原则上基坑的监测频率应符合以下规定：开挖较浅时，监测频率较低，开挖较深时，监测频率较高；安全等级高时，监测频率较高，安全等级低时，监测频率较低；地下室或基坑内管道安装等施工期内，监测频率可低于开挖期。

12. 4. 14 现场监测的仪器应满足观测精度和量程的要求，并应按规定进行校验；监测点的测量方法与精度要求应符合国家现行标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497、《工程测量标准》GB 50026 的相关内容。

12. 4. 15 应将监测数据与结果及时向建设单位、监理、设计、施工人员进行信息反馈。

12. 4. 16 可根据要求提交阶段性监测报告。报告内容应包括：

- 1 监测阶段相应的工程、气象及周边环境概况；
- 2 监测项目及监测点布置图；
- 3 各监测项目的数据整理、统计，沉降、位移、构件内力和变形等随时间变化的关系曲线；
- 4 各监测项目的数据变化分析、评价及发展趋势预测；
- 5 对设计与施工的建议。

12. 4. 16 【条文说明】监测工作实施中应严格执行信息反馈制度，应将监测结果和巡视检查结果及时反馈给设计人员，由设计人员分析预测变形发展趋势和研究可能出现事故的对策。特别是变形量或变化速率达到报警值时应及时通报相关人员并采取预警措施，避免基坑事故的发生。

为使监测成果“形象化”，能够一目了然，以便于及时分析问题和发现问题，

基坑支护结构水平位移监测变化量应转化至垂直于基坑方向的变化量。根据分析需要，及时绘制基坑水平位移监测、周边建（构筑物）、地面的沉降及管线位移等随时间变化的关系曲线。

12.4.17 工程结束时应提交完整的监测总结报告，报告内容应包括：

- 1 工程概况；
- 2 监测依据；
- 3 监测项目；
- 4 监测点布置图；
- 5 采用的仪器设备和监测方法；
- 6 监测频率、监测预（报）警值；
- 7 监测数据、处理方法和监测结果过程曲线；
- 8 监测结果的分析和评价；
- 9 监测结论及建议。

12.4.18 基坑工程监测总结报告对积累地区基坑工程经验是十分宝贵的资料，不论基坑工程是否安全运行，都需要整理资料，编制报告。

12.4.18【条文说明】一般情况下，若本次监测数据与上次监测数据变化不大不需要特别提醒时，可提交通报当次监测数据结果；当监测结果积累到一定程度、施工工况对变形影响明显需要提醒施工注意或施工需要进行变形评价及发展趋势预测时，应分析数据变化整理编制相应报告；进行基坑危大工程验收或其他阶段性验收时，应编制提供相应的总结评价报告。

13 基坑工程检查、验收

13.1 一般规定

13.1.1 基坑支护结构施工前应对放线尺寸进行校核,施工过程中应根据施工组织设计复核检查各项施工参数,施工完成后宜在一定养护期后进行质量验收。

13.1.2 基坑截水帷幕、支护桩体等围护结构施工完成后的质量检查验收应在基坑开挖前进行,支锚结构的质量检查验收应在对应的分层土方开挖前进行,检查验收内容应包括质量和强度检验、构件的几何尺寸、位置偏差及平整度等。

13.1.3 基坑开挖过程中,应根据分区分层开挖情况及时对基坑开挖面及支护结构的尺寸、表观质量、支护结构的强度与变形、渗漏水情况以及支撑竖向支承构件的垂直度偏差、使用与维护等项目进行检查。

13.1.4 除强度或承载力等主控项目外,其他项目应按检验批抽取。

13.1.5 基坑支护工程验收应以保证支护结构安全和周围环境安全为前提。

13.1.6 基坑支护工程凡涉及本工程的材料使用、设计施工、使用管理等方面均必须全面严格执行现行国家标准 GB 55001~GB 55008 以及《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》GB 55032 等通用规范中的相关规定;做好支护结构使用期检查和维护,不得改变支护结构用途作为附着吊装、人员上下站立、碰撞等影响支撑结构不安全的行为。

13.2 检查

13.2.1 木支撑施工质量检查,应包括施工过程中撑板材料的质量检查和施工过程检查、施工完成后的检查,施工过程中应主要检查施工工艺及施工参数的合理性,施工完成后的质量检查应按相关技术标准及设计要求进行。

13.2.2 沉井施工质量检查,应包括施工过程中沉井制作的原材料质量检查和下沉施工过程检查、施工完成后的检查;下沉施工过程中应主要检查施工机械的性能、施工工艺及施工参数的合理性,施工完成后的质量检查应按相关技术标准及设计要求进行,主要内容及方法应符合表 13.2.2 的规定。

表 13. 2. 2 沉井质量检查的主要内容及方法

项目	检查内容	检查方法
沉井制作	混凝土强度、封底前沉井的下沉稳定、封底结束后的位置、刃脚平面中心线位置、刃脚平均标高(与设计标高比)、刃脚平面中心线位置、四角中任何两角的地面高程。	1.混凝土强度可检查混凝土试块报告; 2.几何参数,如平面尺寸、壁厚等用直尺量; 3.标高由水准仪测量,桩长可通过取芯检查; 4.其余可根据具体情况确定。
沉井下沉结束	刃脚平均标高与设计标高的偏差;沉井水平位移不得超过下沉总深度的1%,当下沉总深度小于10m时,其水平位移不得超过100mm;矩形沉降刃脚底面四角(圆形沉井为相互垂直两直径与圆周的交点)中的任何两角的高差,不得超过该两角间水平距离的1%,且最大不得超过300mm;如两角间水平距离小于10m,其刃脚底面高差允许为100mm。	

13. 2. 3 基坑围护结构施工质量检查应包括施工过程中原材料质量检查和施工过程检查、施工完成后的检查;施工过程中应主要检查施工机械的性能、施工工艺及施工参数的合理性,施工完成后的质量检查应按相关技术标准及设计要求进行,主要内容及方法应符合表 13.2.3 的规定。

表 13. 2. 3 围护结构质量检查的主要内容及方法

项目与基坑安全等级		检查内容	检查方法
支护结构	一级	排桩(钢筋混凝土桩)	1.混凝土或水泥土强度可检查取芯报告; 2.排桩完整性可查桩身低应变动测报告; 3.逆作法钢筋混凝土壁板混凝土强度可检查混凝土试块试验报告; 4.锚杆和土钉的抗拔力查现场抗拔试验报告,锚杆与腰梁的连接节点可采用目测结合人工扭力扳手; 5.几何参数,如桩径、桩距、墙体厚度等用直尺量; 6.标高由水准仪测量,桩长可通过取芯检查;
		逆作法钢筋混凝土壁板	
		锚杆(锚索)	
		放坡、土钉墙	
	二级	排桩(钢筋混凝土桩)	
		逆作法钢筋混凝土壁板	
		锚杆	
		放坡、土钉墙	
截水	一级	水泥搅拌墙	
		高压旋喷搅	

帷幕		拌墙		7.坡度、中间平台宽度用直尺量测; 8.其余可根据具体情况确定
		咬合桩墙	桩长、桩径、桩间搭接量;	
	二级	水泥搅拌墙	成桩状况、渗透性能;	
		高压旋喷搅拌墙		
		咬合桩墙	桩间搭接量;	
地基加固	一级	水泥土桩	顶标高、底标高、水泥土强度;	
		压密注浆		
	二级	水泥土桩	顶标高、水泥土强度;	
		压密注浆		
支撑	一级和二级	混凝土支撑	混凝土强度、截面尺寸、平直度等;	
		钢支撑	支撑与腰梁连接节点、腰梁与后靠结构之间的密合程度等;	
		竖向立柱	平面位置、顶标高、垂直度等	

13.2.4 安全等级为一级的基坑工程设置封闭的截水帷幕时,开挖前应通过坑内预降水措施检查帷幕截水效果。

13.2.5 施工现场平面、竖向布置检查应包括下列内容:

- 1 出土辅道、坡道、出土口位置与车辆行驶线路;
- 2 堆载位置及堆载大小;
- 3 重车行驶区域;
- 4 大型施工机械停靠点;
- 5 塔吊位置。

13.2.6 土方开挖及支护结构施工工况检查应包括下列内容:

- 1 各工况的基坑开挖深度、坡度与平整度;
- 2 坑内各部位土方高差及过渡段坡率;
- 3 内支撑、土钉、锚杆等的施工连接、稳固及养护时间等;
- 4 土方开挖的竖向分层及平面分块;
- 5 拆撑之前的换撑措施。

13.2.7 混凝土内支撑在混凝土浇筑前,应对支架、模板等进行检查。

13.2.8 降排水系统质量检查应包括下列内容:

- 1 地表排水沟、集水井、地面硬化情况;
- 2 坑内外井点位置;

- 3 降水系统运行状况；
- 4 坑内临时排水措施；
- 5 外排通道的可靠性。

13.2.9 基坑回填后应检查回填土密实度。

13.3 验 收

13.3.1 基坑工程验收的组织、程序、内容、各方责任主体与人员资质与资格应符合有关规定。

13.3.2 基坑工程验收内容应包含支护设计文件全部内容、土方开挖、形象进度、安全使用与维护等。

13.3.3 基坑工程验收应按现行国家标准有关规定、设计文件、安全专项施工方案进行。

13.3.4 专项方案的编制、审核、论证应符合有关规定。

13.3.5 基坑工程验收合格应符合下列规定：

- 1 支护结构观感质量、检测试验抽样数量及结果应符合相关规范要求；
- 2 基坑变形监测资料完整，监测结果满足设计要求；
- 3 降水井运行良好；
- 4 土方开挖满足设计及现场施工要求；
- 5 施工资料真实可靠、基本完整。

13.3.6 基坑支护完成后，施工单位、监理单位应当组织相关人员进行验收并填写危险性较大工程验收表(附录 F.0.1、附录 F.0.2)。

13.3.7 危险性较大的分部分项工程验收的依据：

- 1 国家、行业、地方标准和有关规定；
- 2 经施工单位技术负责人和总监理工程师批准的危险性较大的分部分项工程专项方案；
- 3 项目设计文件。

13.3.8 危险性较大的分部分项工程验收人员包括：

- 1 施工总承包单位和专业分包单位技术负责人或授权委派的专业技术人员、项目负责人、项目技术负责人、专项施工方案编制人员、项目专职安全生产管理人员及相关人员；
- 2 项目总监理工程师及专业监理工程师；

3 有关勘察、设计和监测单位项目技术负责人；超过一定规模的危险性较大的分部分项工程验收人员应包括不少于 2 名原专项方案论证专家。

13.3.9 验收合格后，经施工单位项目技术负责人及总监理工程师签字确认后，方可进入下一道工序。

13.3.10 施工单位应当在施工现场明显位置设置验收标志牌，公示验收时间及责任人员。

附录 A 水平荷载与被动土压力

A.1 水平荷载

A.1.1 支护结构上的水平荷载应通过计算确定。土压力可按朗肯土压力理论计算。当按朗肯土压力计算时，作用在支护结构上任意点的水平荷载标准值（ e_{ak} ）可按下列式计算（图 A.1.1）：

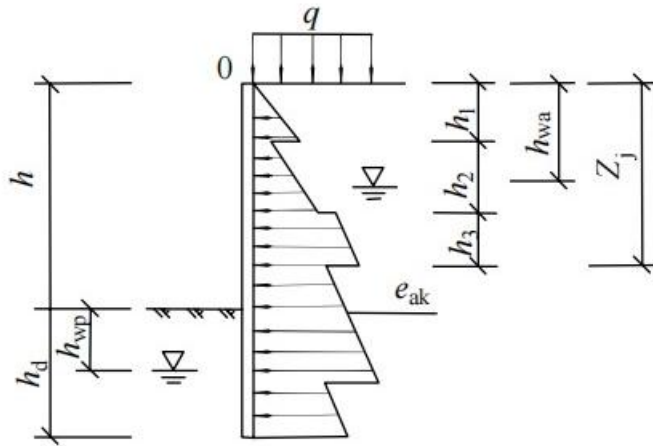


图 A.1.1 水平荷载标准值计算简图

- 1 对于黄土、粉土和位于地下水位以上的砂土、碎石土：

$$e_{ak} = (\sigma_k + \sum \gamma_i h_i) K_a - 2c_k \sqrt{K_a} \quad (\text{A.1.1-1})$$

- 2 对于地下水位以下的砂土、碎石土：

$$e_{ak} = (\sigma_k + \sum \gamma_i h_i) K_a + (z - h_{wa}) \gamma_w \quad (\text{A.1.1-2})$$

式中： K_a —— 计算点土层的主动土压力系数，可按本标准第 A.1.2 条规定计算；

σ_k —— 支护结构外侧附加荷载产生的作用于深度 z 处的附加竖向应力标准值，按本标准第 A.1.3 条规定计算；

h_i —— 计算点以上第 i 层土的厚度（m）；

γ_i —— 计算点以上第 i 层土的重度（ kN/m^3 ）：水位以上采用天然重度；水位以下对于黏性土、粉土采用饱和重度，对于砂土及碎石土采用浮重度；

c_k —— 计算点土层的粘聚力标准值（kPa）；

z —— 计算点深度（m）；

h_{wa} —— 基坑外侧水位埋深 (m);

γ_w —— 水的重度 (kN/m^3)。

A.1.2 计算点土层的主动土压力系数 (K_a) 应按下式计算:

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \frac{\varphi_k}{2}) \quad (\text{A.1.2})$$

式中: K_a —— 土层的主动土压力系数;

φ_k —— 计算点土层的内摩擦角标准值 ($^\circ$)。

A.1.3 支护结构外侧地面荷载、建筑物荷载等产生的竖向附加应力值 (σ_k) 可按下列规定计算:

1 当支护结构外侧地面考虑施工材料、施工机具堆放、道路行车等荷载时, 宜按满布均布荷载计算, 计算点深度处附加竖向应力标准值 (σ_k) 可按下式计算 (图 A.1.3-1):

$$\sigma_k = q_0 \quad (\text{A.1.3-1})$$

2 距支护结构距离为 b_1 处, 在与支护结构走向平行方向作用有宽度为 b 的条形基础荷载时, 基坑外侧 CD 范围内计算深度处的附加竖向应力标准值 (σ_k) 可按下式计算 (图 A.1.3-2):

$$\sigma_k = (p - \gamma d) \frac{b}{b + 2b_1} \quad (\text{A.1.3-2})$$

式中: p —— 基础下基底压力标准值 (kPa), 当 $(p - \gamma d) < 0$ 时, 取 0;

d —— 基础埋深 (m);

γ —— 基底以上土的平均重度 (kN/m^3);

b_1 —— 距支护结构距离 (m)。

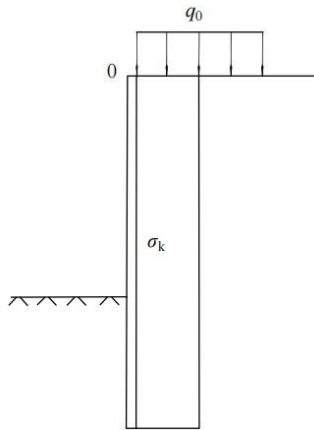


图 A.1.3-1 半无限均布地面荷载附加图

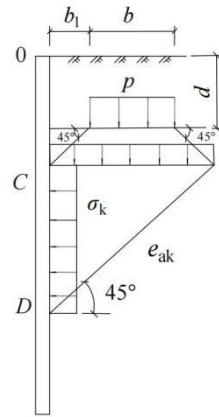


图 A.1.3-2 条形（矩形）均布荷载附加竖向应力计算简图

3 距支护结构距离为 b_1 处有作用宽度为 b 长度为 l 的矩形基础荷载时，基坑外侧 CD 范围内计算深度处的附加竖向应力标准值 (σ_k) 可按下式计算，当邻近建筑物采用桩基础或有刚性桩复合地基时，附加应力可考虑折减：

$$\sigma_k = (p - \gamma d) \frac{bl}{(b + 2b_1)(l + 2b_1)} \quad (\text{A.1.3-3})$$

A.1.4 对严格限制位移的支护结构，水平荷载宜采用静止土压力，并按下式计算：

$$e_{ak} = (\sigma_k + \sum \gamma_i h_i) K_0 \quad (\text{A.1.4})$$

式中：

—— 计算点以上第 i 层土的重度 (kN/m^3)；

γ_i

h_i —— 计算点以上第 i 层土的厚度 (m)；

K_0 —— 计算点处的静止土压力系数。

A.1.5 静止土压力系数宜通过试验确定，当无试验条件和经验资料时，对正常固结土可按表 A.1.5 估算。

表 A.1.5 静止土压力系数 (K_0)

土类	坚硬土	硬塑~可塑黏性土、粉土、砂土	可塑~软塑黏性土	软塑黏性土	流塑黏性土
K_0	0.2~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.75	0.75~0.80

A.2 被动土压力

A.2.1 基坑内侧作用在支护结构上任意点的被动土压力标准值可按下列规定计算（图 A.2.1）：

1 对于黏性土、粉土和地下水位以上的砂土、碎石土：

$$e_{pk} = \sum \gamma_i h_i K_p + 2c_k \sqrt{K_p} \quad (\text{A.2.1-1})$$

式中： e_{pk} —— 被动土压力标准值（kPa）；

2 对于地下水位以下的砂土、碎石土：

$$e_{pk} = \sum \gamma_i h_i K_p + 2c_k \sqrt{K_p} + (h_d - h_{wp})(1 - k_p) \gamma_w \quad (\text{A.2.1-2})$$

式中： K_p —— 计算点土层的被动土压力系数，按本标准第 A.2.2 条规定计算；

h_{wp} —— 基坑内侧地下水位埋深（m）。

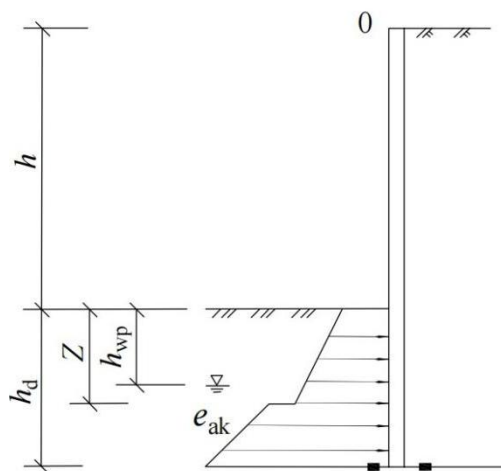


图 A.2.1 被动土压力标准值计算简图

A.2.2 计算点土层的被动土压力系数应按下列式计算：

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi_k}{2} \right) \quad (\text{A.2.2})$$

A.2.3 当基坑内侧被动区土体采用人工降水或加固处理后，土体力学强度指标可根据试验或经验确定。

A.2.4 当支护结构位移严于表 3.1.8 变形限值时，可根据经验对被动土压力进行折减。可根据支护结构容许最大侧向位移值的大小，将被动土压力强度标准值乘以 0.50~0.90 的折减系数；或可按弹性地基反力法计算确定实际发挥的被动土压力值。

附录 B 方木、原木材料强度参数

B.0.1 方木、原木材料的强度标准值和弹性模量应按表 B.0.1 取值。

表 B.0.1 方木、原木材料强度标准值和弹性模量 (N/mm²)

强度等级	组别	抗弯 f_m	顺纹抗压及 承压 f_c	顺纹抗拉 f_t	顺纹抗剪 f_v	弹性模量 E
TC17	A	17	16	10	1.7	10000
	B		15	9.5	1.6	
TC15	A	15	13	9.0	1.6	10000
	B		12	9.0	1.5	
TC13	A	13	12	8.5	1.5	10000
	B		10	8.0	1.4	9000
TC11	A	11	10	7.5	1.4	9000
	B		10	7.0	1.2	
TB20	/	20	18	12	2.8	12000
TB17	/	17	16	11	2.4	11000
TB15	/	15	14	10	2.0	10000
TB13	/	13	12	9.0	1.4	8000
TB11	/	11	10	8.0	1.3	7000

B.0.2 针叶树种木材适用的强度等级应按表 B.0.2 确定。

表 B.0.2 针叶树种木材适用的强度等级

强度等级	组别	适用树种
TC17	A	柏木 长叶松 湿地松 粗皮落叶松
	B	东北落叶松 欧洲赤松 欧洲落叶松
TC15	A	铁杉 油杉 太平洋海岸黄柏 花旗松-落叶松 西部铁杉 南方松
	B	鱼鳞云杉 西南云杉 南亚松
TC13	A	油松 西伯利亚落叶松 云南松 马尾松 扭叶松 北美落叶松 海岸松 日本扁柏 日本落叶松
	B	红皮云杉 丽江云杉 樟子松 红松 西加云杉 欧洲云杉 北美山地云杉 北美短叶松
TC11	A	西北云杉 西伯利亚云杉 西黄松 云杉-松-冷杉 铁-冷杉 加拿大铁杉 杉木
	B	冷杉 速生杉木 速生马尾松 新西兰辐射松 日本柳杉

B.0.3 阔叶树种木材适用的强度等级应按表 B.0.2 确定。

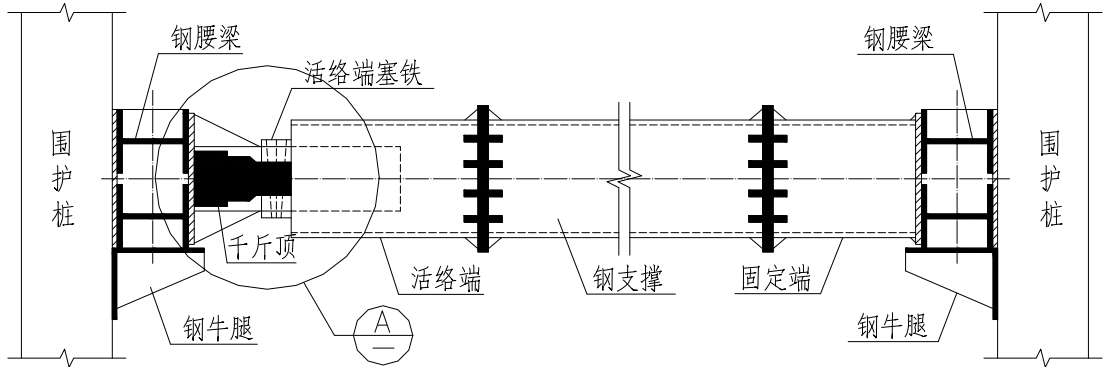
表 B.0.2 阔叶树种木材适用的强度等级

强度等级	适用树种
TB20	青冈 桐木 甘巴豆 冰片香 重黄娑罗双 重坡垒 龙脑香 绿心樟 紫心木 李叶苏木 双 龙瓣豆
TB17	栎木 腺瘤豆 筒状非洲楝 蟹木楝 深红默罗腾黄木
TB15	锥栗 桦木 黄娑罗双 异翅香 水曲柳 红尼克樟
TB13	深红娑罗双 浅红娑罗双 白娑罗双 海棠木
TB11	大叶槲 心形槲

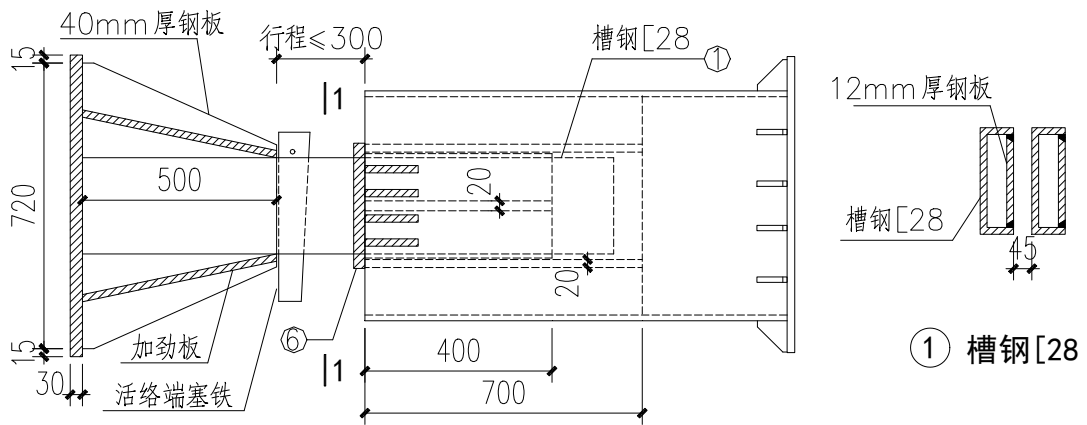
附录 C 内支撑及腰梁节点图

C.1 钢支撑

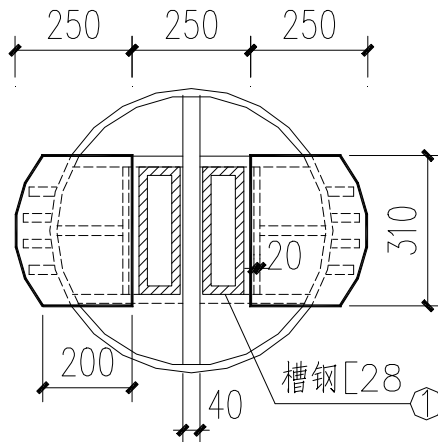
C.1.1 钢支撑预应力接头构造图 (图中所示数值尺寸单位为 mm)



钢支撑结构图

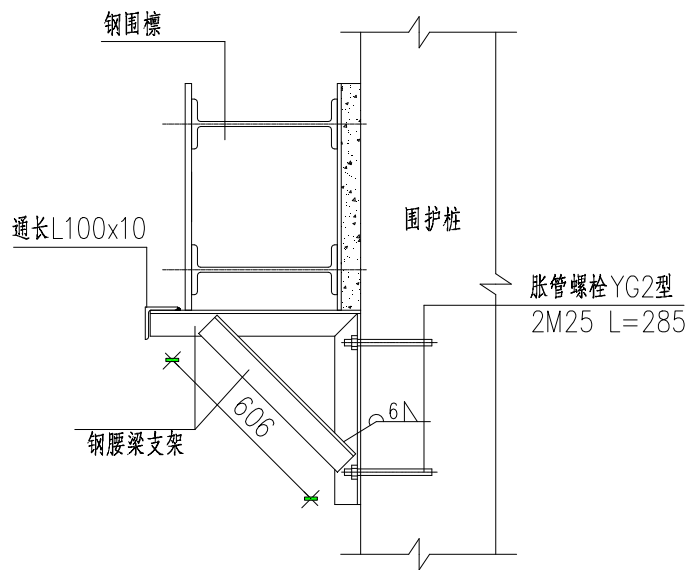


A 向视图

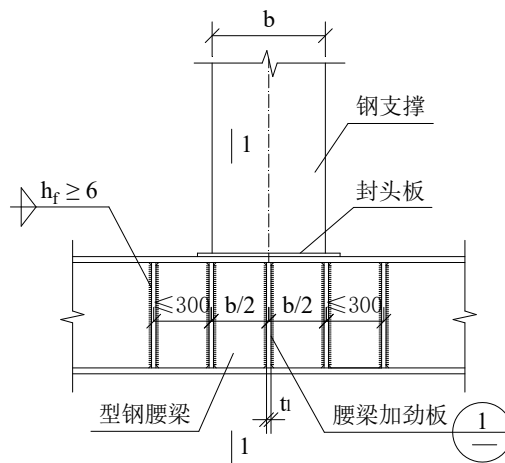


1-1

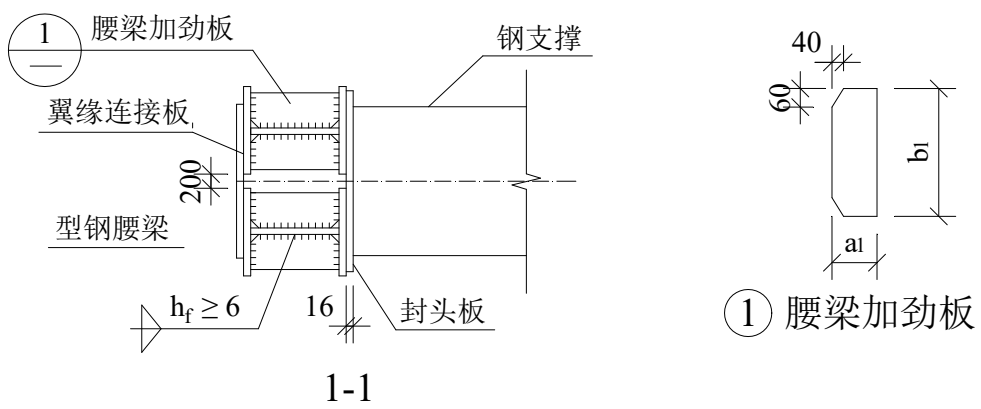
C.1.2 钢腰梁(围檩)节点构造图



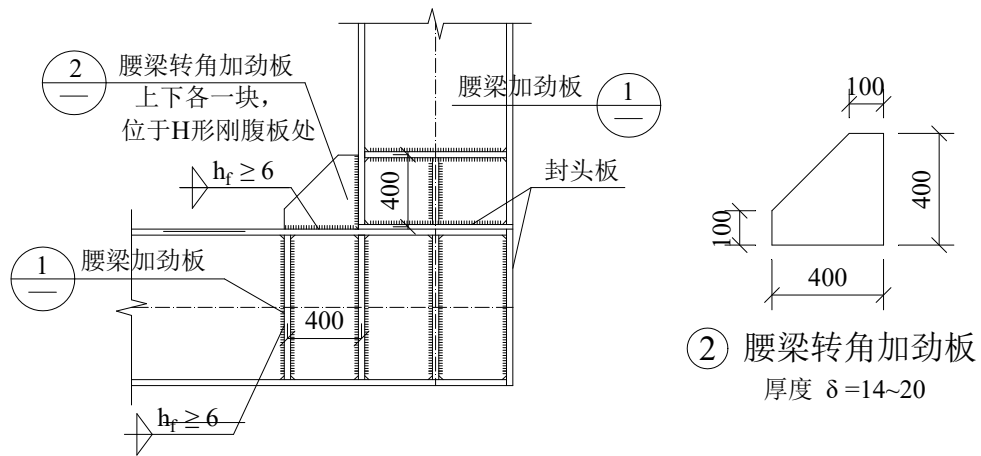
钢腰梁与围护桩连接节点图



钢腰梁与钢支撑节点图

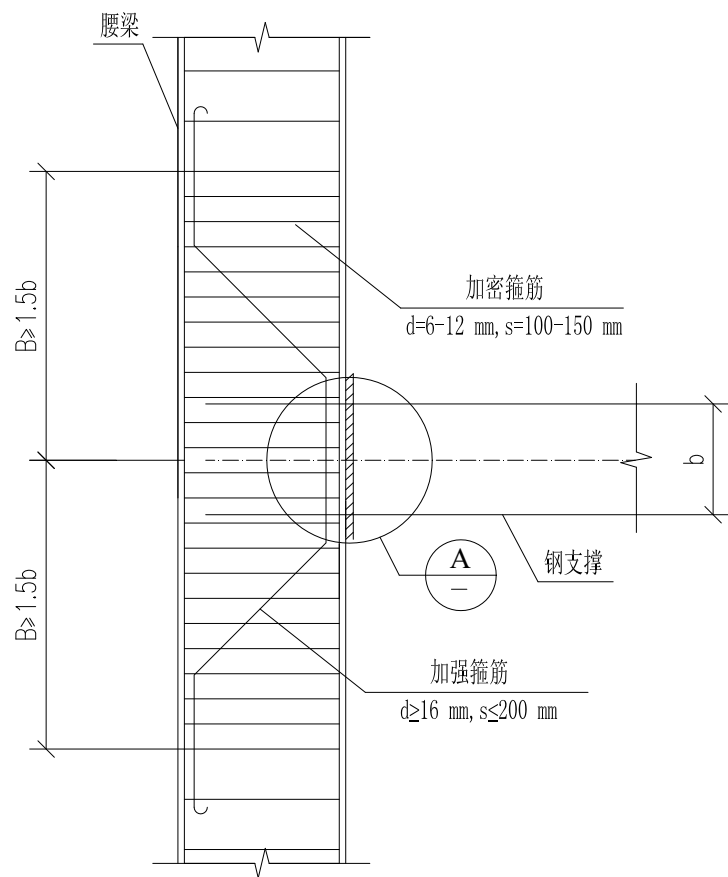


钢腰梁加劲板构造图

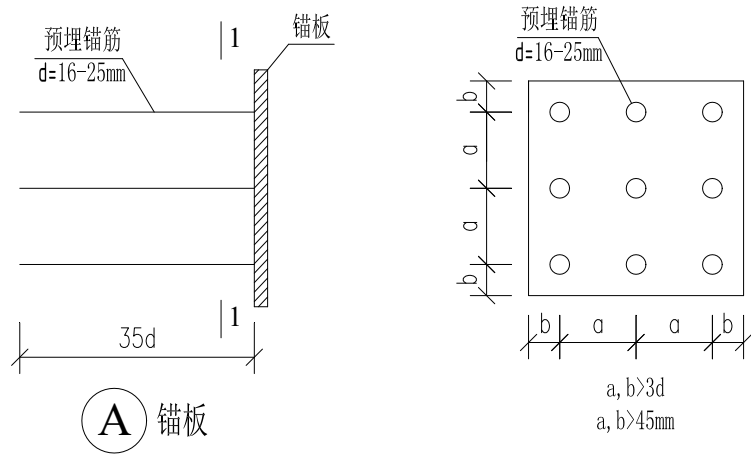


钢腰梁转角加劲板构造图

C.1.3 钢支撑与混凝土腰梁节点构造图



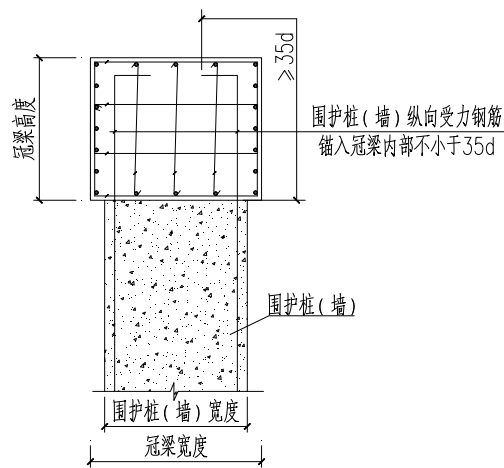
钢支撑与混凝土腰梁节点构造图



A 节点锚板大样图

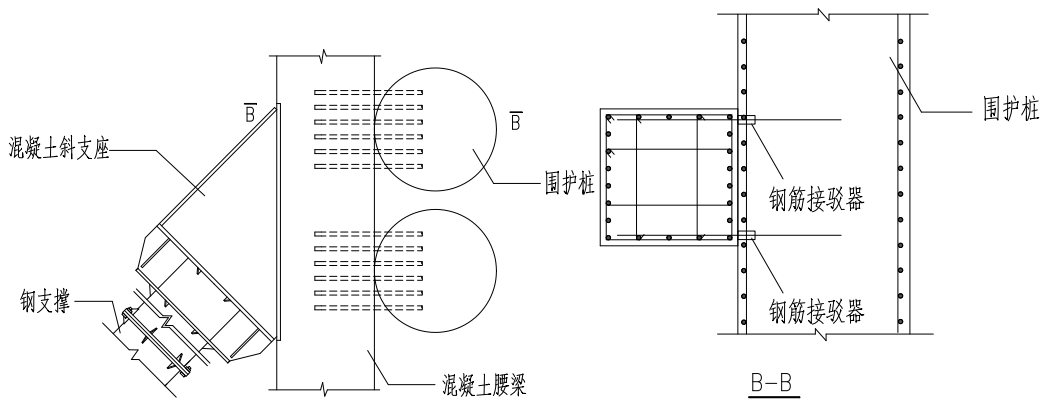
C.2 混凝土支撑

C.2.1 混凝土冠梁与围护桩连接节点构造



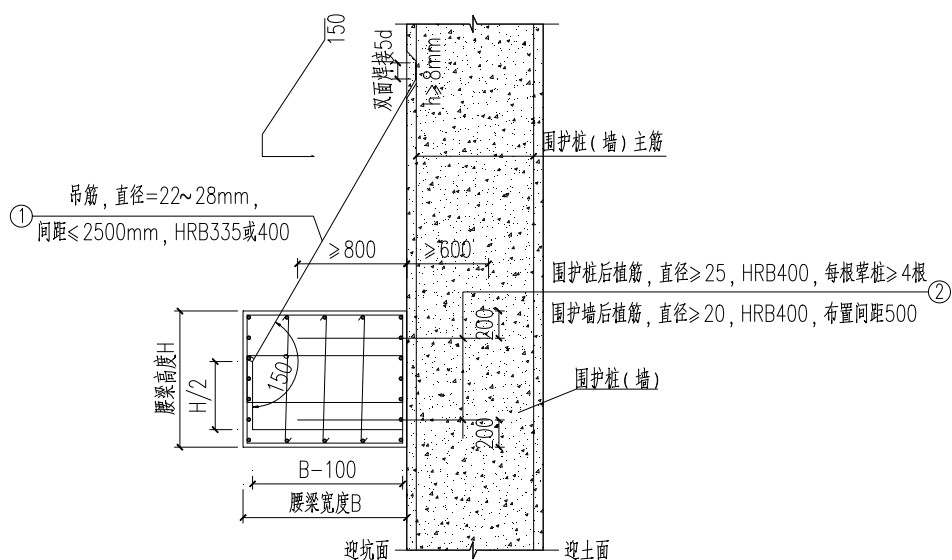
冠梁与围护桩连接节点构造

C.2.2 混凝土腰梁与围护桩连接节点示意图



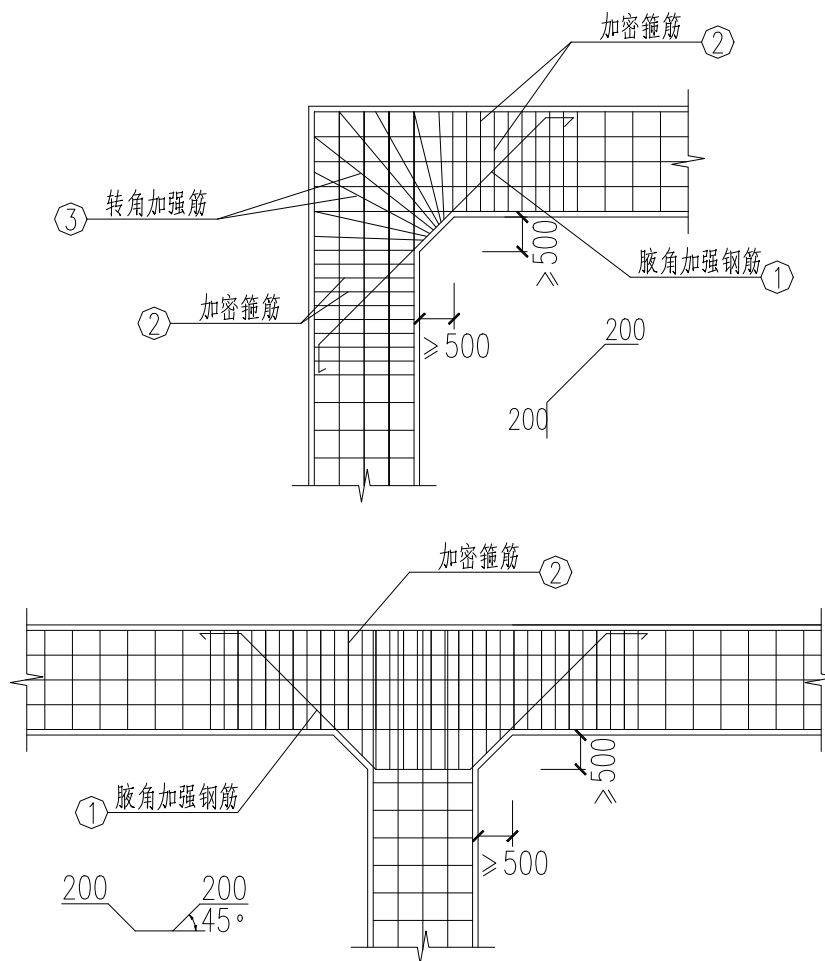
混凝土腰梁与围护桩连接节点示意图

C.2.3 混凝土腰梁与围护桩连接节点构造图

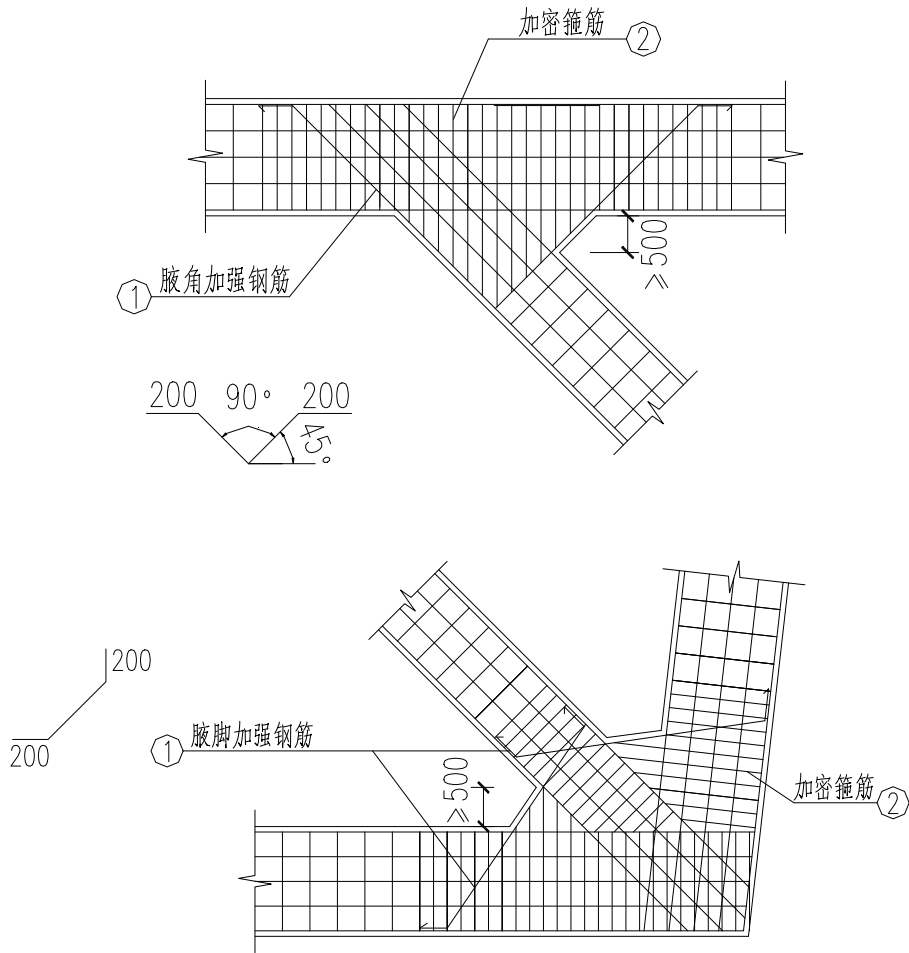


混凝土腰梁与围护桩连接节点构造

C.2.4 混凝土支撑加腋节点构造图



直角支撑加腋节点构造图



斜角支撑加腋节点构造图

表 C. 2. 4 混凝土支撑加腋节点构造配筋表

配筋	①③	②
钢筋直径 (mm)	≥ 20	6~12
钢筋直径 (mm)	≤ 200	≤ 100
钢筋种类	HPB300	HPB300

C. 2. 5 混凝土支撑构造配筋要求

1 混凝土支撑压杆配筋

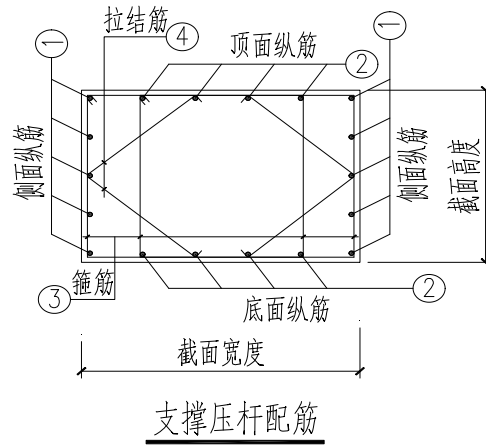


表 C. 2. 5-1 混凝土支撑压杆配筋表

配筋	①	②	③	④
钢筋直径(mm)	≥ 20	≥ 20	≥ 8	6~12
钢筋间距 (mm)	≤ 200	≤ 200	≤ 200	≤ 400
钢筋种类	HRB400	HRB400	HPB300	HPB300

2 混凝土支撑拉杆配筋

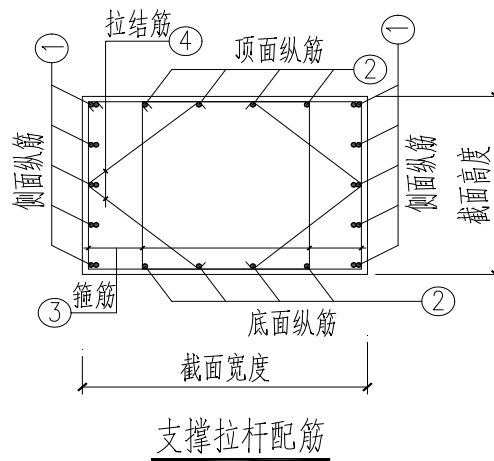


表 C. 2. 5-2 混凝土支撑拉杆配筋表

配筋	①	②	③	④
钢筋直径(mm)	≥ 20	≥ 20	≥ 8	6~12
钢筋间距 (mm)	≤ 200	≤ 200	≤ 200	≤ 400
钢筋种类	HRB400	HRB400	HPB300	HPB300

3 混凝土冠梁配筋

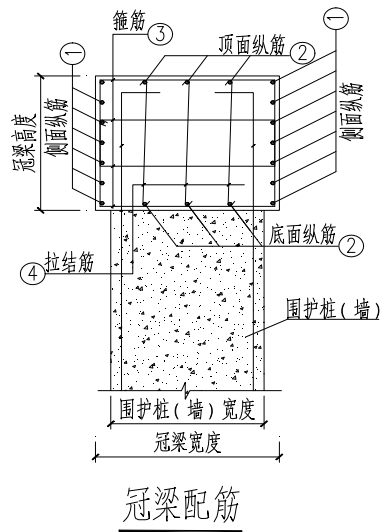


表 C. 2. 5-3 混凝土冠梁配筋表

配筋	①	②	③	④
钢筋直径(mm)	≥ 20	≥ 20	≥ 8	6~12
钢筋间距 mm)	≤ 200	≤ 300	≤ 240	≤ 500
钢筋种类	HRB400	HRB400	HPB300	HPB300

4 混凝土腰梁配筋

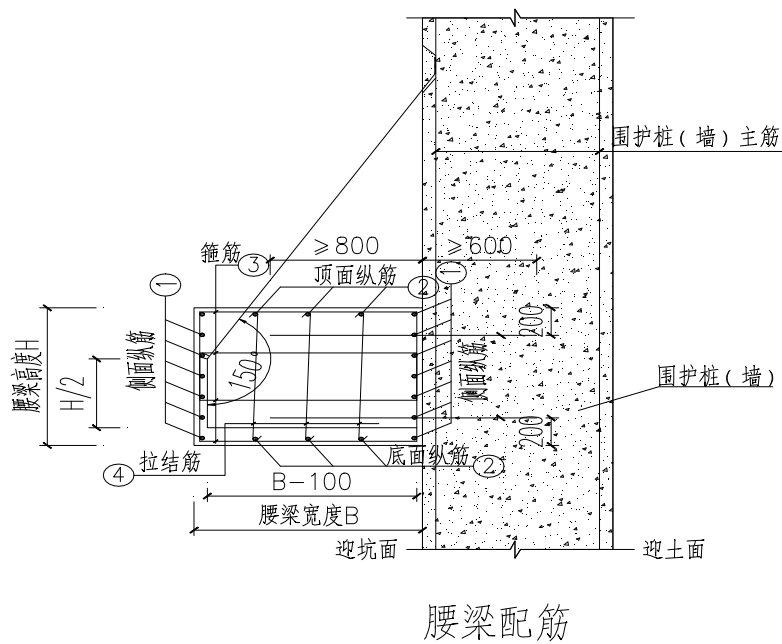


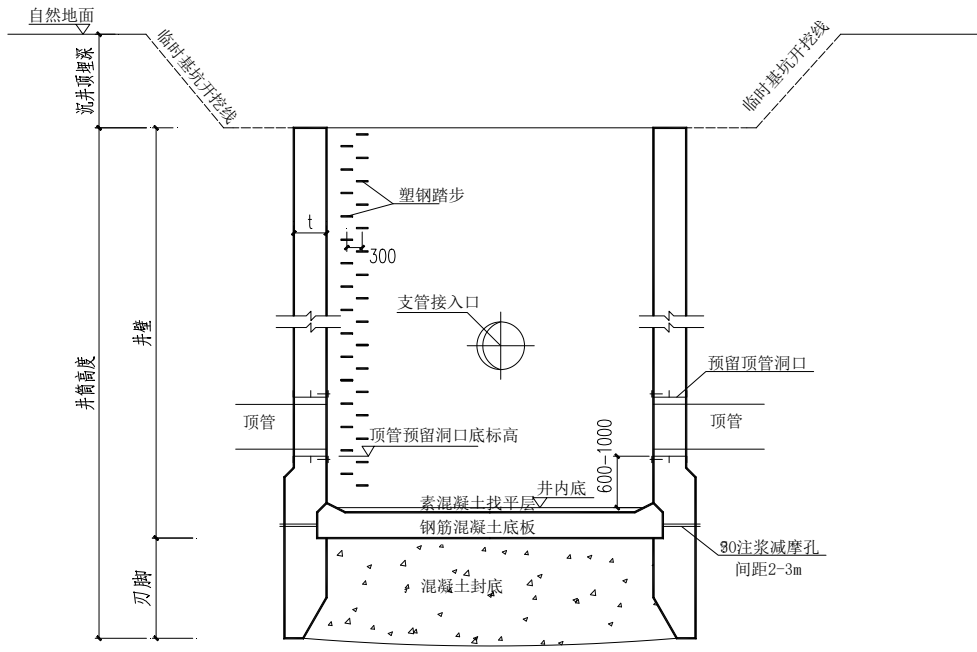
表 C. 2. 5-4 混凝土腰梁配筋表

配筋	①	②	③	④
钢筋直径(mm)	≥ 20	≥ 20	≥ 8	6~12
钢筋间距(mm)	≤ 200	≤ 200	≤ 200	≤ 400
钢筋种类	HRB400	HRB400	HPB300	HPB300

附录 D 沉井及止水构造图

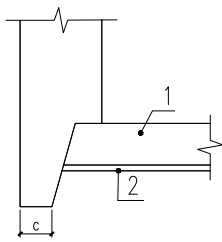
D.1 沉井构造图

D.1.1 沉井结构剖面示意图

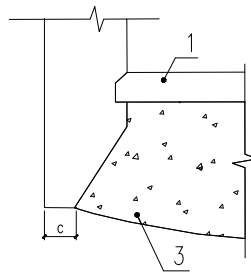


注：t-沉井壁厚

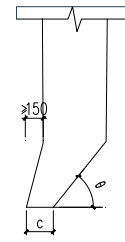
D.1.2 刃脚构造图



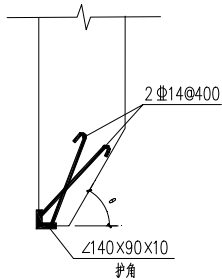
(a) 适用于小型干封底



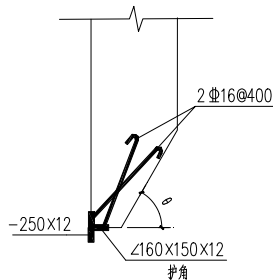
(b) 适用于水下封底



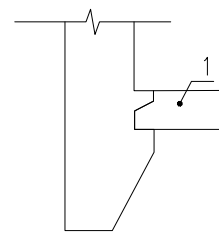
(c) 适用于无地下水



(d) 适用于硬土地基



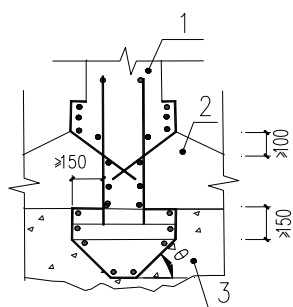
(e) 适用于碎石及风化岩地基



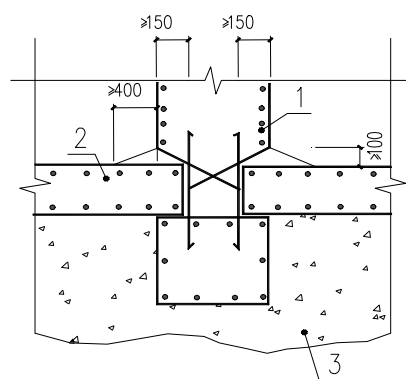
(f) 适用于薄壁沉井凹槽不削弱断面

注：1-θ 刃脚斜面倾角；2-c 刃脚踏面底宽；3-底板；4-垫层；5-封底；

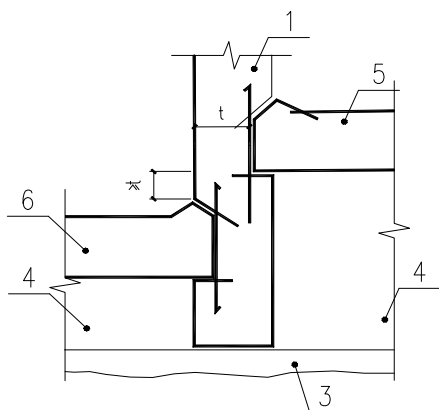
D.1.3 沉井底板构造图



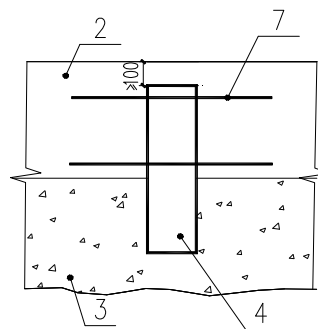
(a) 带刃脚隔墙与底板连接



(b) 无刃脚隔墙与底板连接
(适用隔墙厚度 ≤ 400)



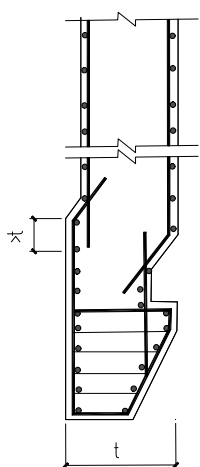
(c) 错置底板与隔墙连接



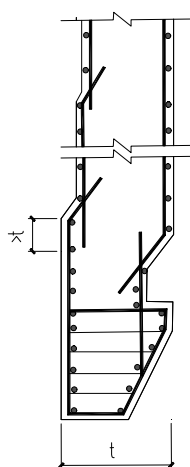
(d) 底梁与底板连接

1隔墙；2底板；3封底混凝土；4底梁；5上置底板；6下置底板；7-插筋

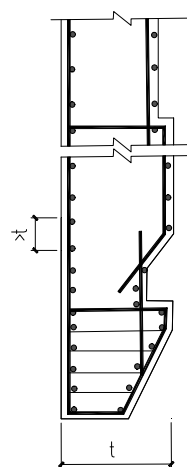
D.1.4 井壁变截面台阶图



(a) 外置一级台阶

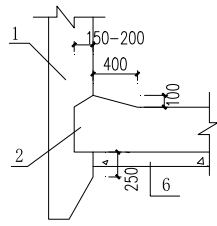


(b) 外置多级台阶

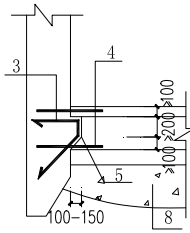


(c) 内置台阶

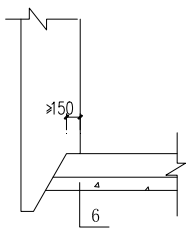
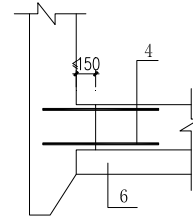
D.1.5 井壁及底板连接构造图



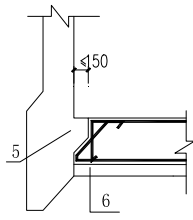
(a) 井壁凹槽



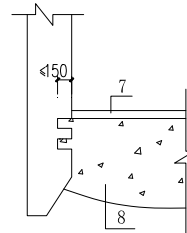
(b) 井壁设凸缘和插筋



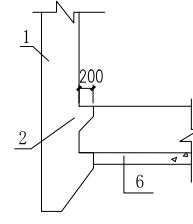
(c) 利用壁板支承底板



(d) 井壁设凸缘



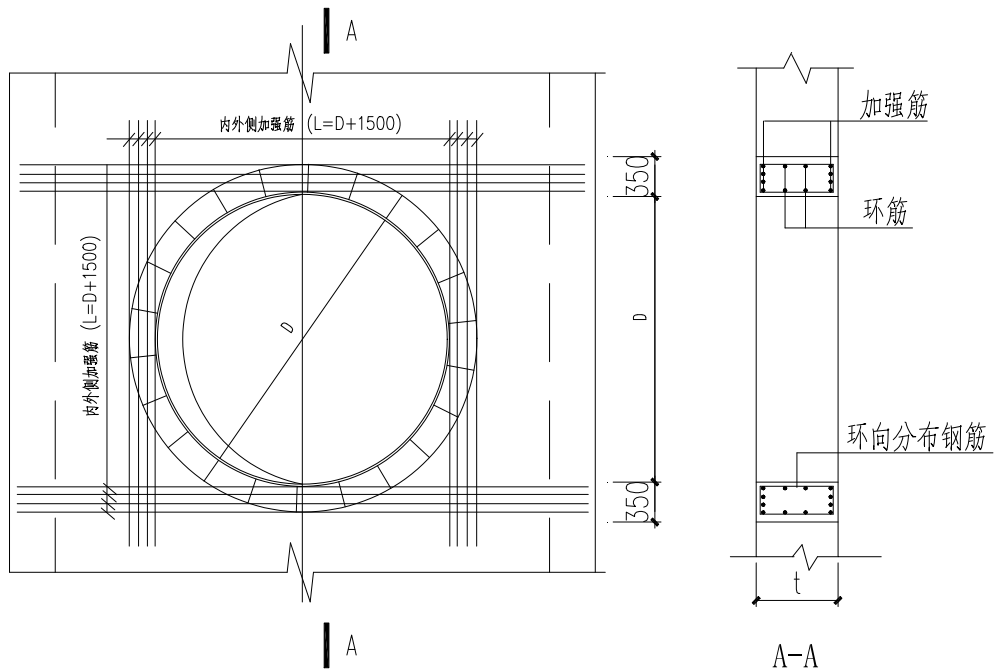
(e) 布设钢筋混凝土底板



(f) 布设钢筋混凝土底板

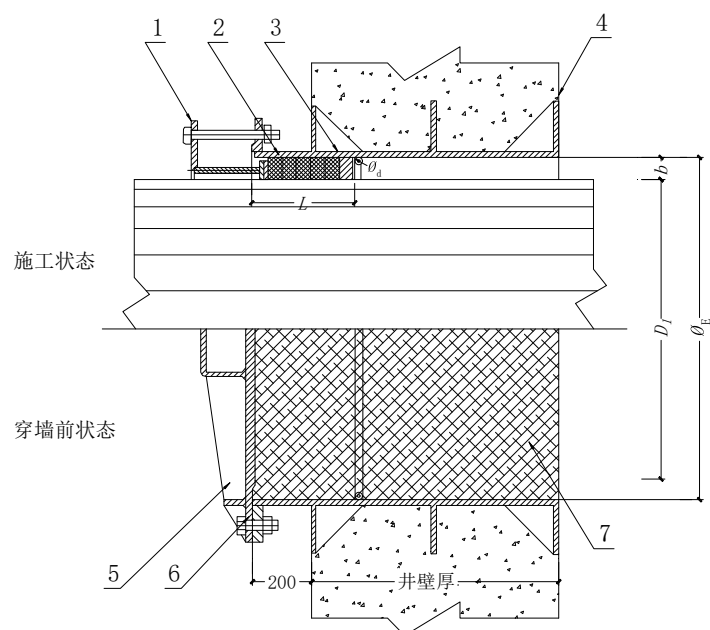
1-井外壁；2-凹槽；3-凸缘配筋；4-预留钢筋；5-凸缘；
6-垫层；7-找平层；8-永久性水下封底

D.1.6 预留洞口加固构造图



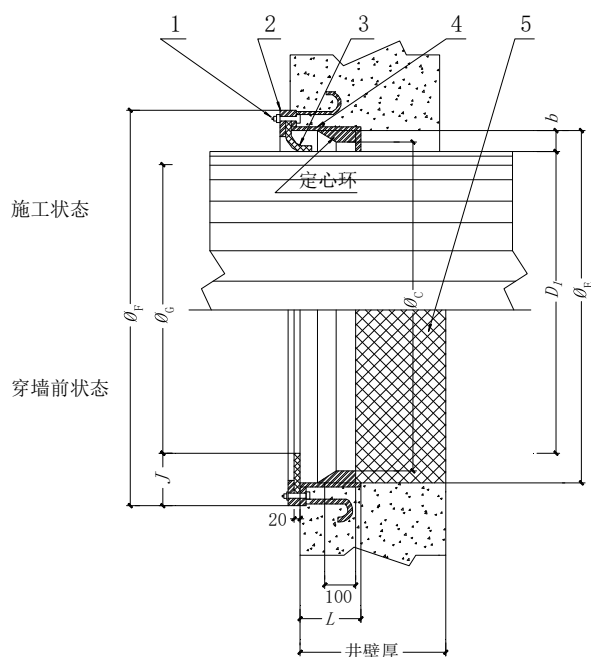
D.2 止水构造图

D.2.1 盘根止水穿墙管构造图



1 轧兰；2 盘根；3 挡环；4 穿墙管；5 闷板；6 胶圈；7 封填料
 L 轧兰长度； θ_c 管道外径； θ_e 穿墙管内径； θ_d 挡圈断面直径； b 穿墙管与管道间隙

D.2.2 橡胶板止水穿墙管构造图



1 预埋螺栓；2 压板；3 橡胶止水板；4 穿墙管；5 封填料；
 θ_c 定心环内径； θ_f 压板外径； θ_e 止水板环内径；

附录 E 基坑涌水量与降水井单井出水量计算

E.1 基坑涌水量计算

E.1.1 均质含水层潜水完整井基坑涌水量可按下列规定计算（图 E.0.1）：

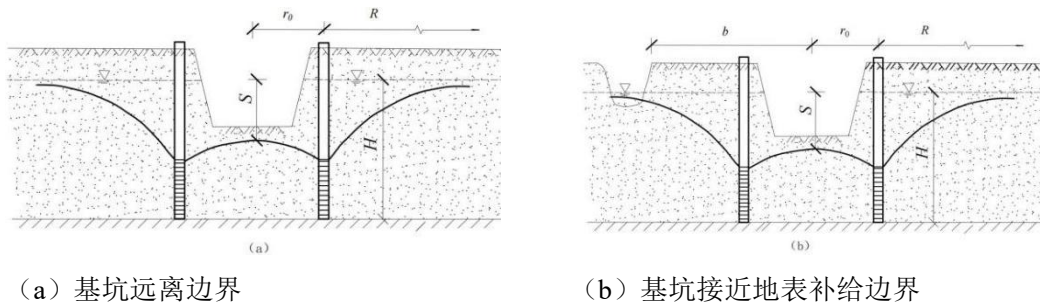


图 E.1.1 均质含水层潜水完整井基坑涌水量计算简图

1 当基坑远离边界时，涌水量可按下式计算：

$$Q = \frac{1.366k(2H - S)S}{\lg\left(\frac{R + r_0}{r_0}\right)} \quad (\text{E.1.1-1})$$

- 式中： Q —— 基坑涌水量（ m^3/d ）；
 k —— 渗透系数（ m/d ），渗透系数宜通过现场水文地质试验确定；
 H —— 潜水含水层厚度（ m ）；
 S —— 基坑水位降深（ m ）；
 R —— 降水影响半径（ m ），按本标准第 E.1.7 条规定计算；
 r_0 —— 基坑等效半径（ m ），按本标准第 E.1.6 条规定计算。

2 当岸边降水时，涌水量可按下式计算：

$$Q = 1.366k \frac{(2H - S)S}{\lg(2b/r_0)}, b < 0.5R \quad (\text{E.1.1-2})$$

E.1.2 均质含水层潜水非完整井基坑涌水量可按下列规定计算（图 E.1.2）：

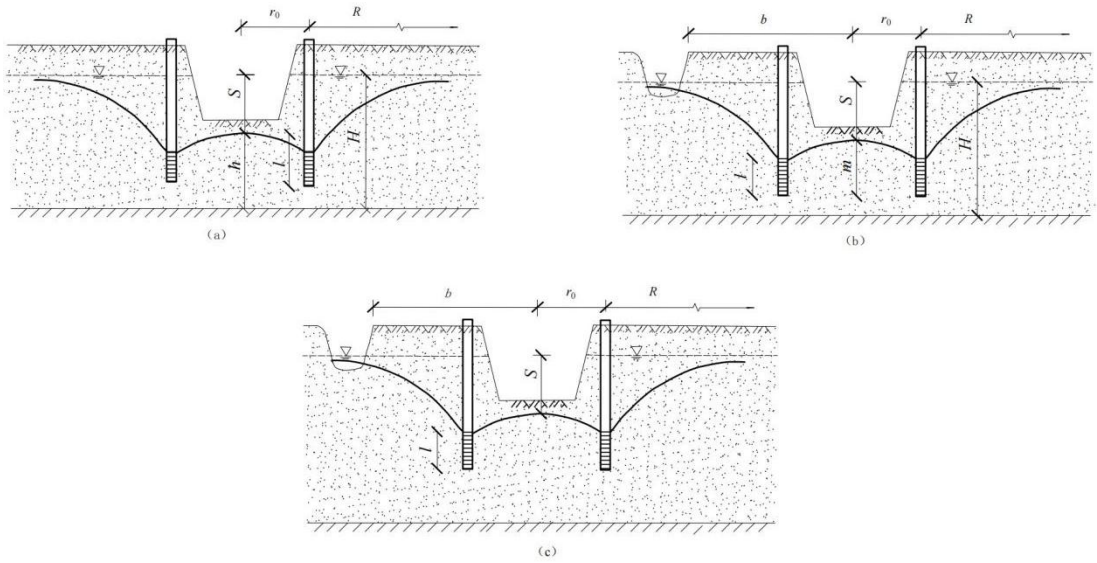


图 E.1.2 均质含水层潜水非完整井基坑涌水量计算简图

(a)基坑远离边界；(b)接近地表补给边界基坑含水层厚度不大；(c)接近地表补给边界基坑含水层厚度很大

1 当基坑远离边界时，涌水量可按下式计算：

$$Q = 1.366k \frac{H^2 - h_m^2}{\lg\left(1 + \frac{R}{r_0}\right) + \frac{h_m - l}{l} \lg\left(1 + 0.2 \frac{h_m}{r_0}\right)} \quad (\text{E.1.2-1})$$

$$h_m = \frac{H + h}{2} \quad (\text{E.1.2-2})$$

式中： h —— 基坑动水位至含水层底板距离 (m)；

l —— 过滤器有效工作段长度 (m)；

2 当基坑接近补给边界，含水层厚度不大时，涌水量可按下式计算：

$$Q = 1.366kS \left[\frac{l+S}{\lg \frac{2b}{r_0}} + \frac{l}{\lg \frac{0.66l}{r_0} + 0.25 \frac{l}{M} \cdot \lg \frac{b^2}{M^2 - 0.14l^2}} \right], b > \frac{M}{2} \quad (\text{E.1.2-3})$$

式中： M —— 由含水层底板到过滤器有效工作部分中点的长度。

3 当基坑接近补给边界，含水层厚度很大时，涌水量可按下列公式计算：

$$Q = 1.366kS \left[\frac{l+S}{\lg \frac{2b}{r_0}} + \frac{l}{\lg \frac{0.66l}{r_0} - 0.22 \operatorname{arsh} \frac{0.44l}{b}} \right], b > l \quad (\text{E.1.2-4})$$

$$Q = 1.366kS \left[\frac{l+S}{\lg \frac{2b}{r_0}} + \frac{l}{\lg \frac{0.66l}{r_0} - 0.11 \frac{l}{b}} \right], b > l \quad (\text{E.1.2-5})$$

E.1.3 均质含水层承压水完整井涌水量可按下列规定计算（图 E.1.3）：

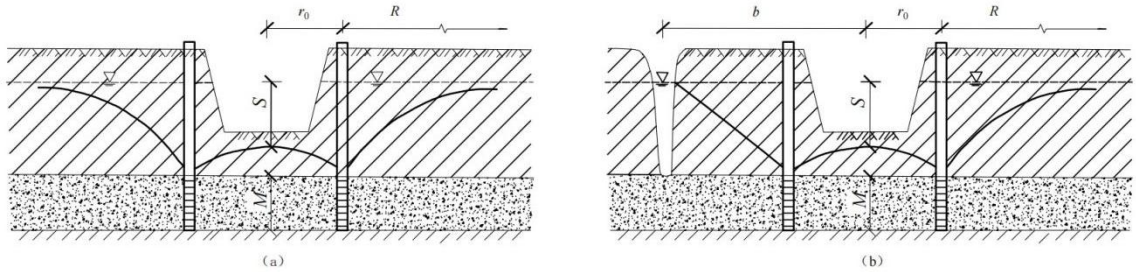


图 E.1.3 均质含水层承压水完整井基坑涌水量计算简图

(a)基坑远离边界；(b)基坑接近补给边界

1 当基坑远离边界时，涌水量可按下式计算：

$$Q = 2.73k \frac{MS}{\lg \left(1 + \frac{R}{r_0} \right)} \quad (\text{E.1.3-1})$$

式中： M —— 承压含水层厚度（m）。

2 当基坑接近补给边界时，涌水量可按下式计算：

$$Q = 2.73k \frac{MS}{\lg(2b/r_0)}, b < 0.5R \quad (\text{E.1.3-2})$$

E.1.4 均质含水层承压水非完整井基坑涌水量可按下式计算（图 E.1.4）：

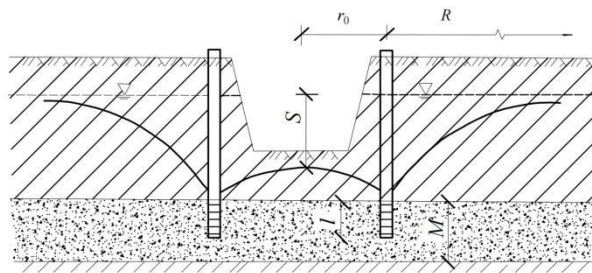


图 E.1.4 均质含水层承压水非完整井基坑涌水量计算简图

$$Q = 2.73k \frac{MS}{\lg \frac{(R+r_0)}{r_0} + \frac{M-l}{l} \lg \left(1 + \frac{0.2M}{r_0} \right)} \quad (\text{E.1.4})$$

E.1.5 均质含水层承压--潜水非完整井基坑涌水量可按下式计算（图 E.1.5）：

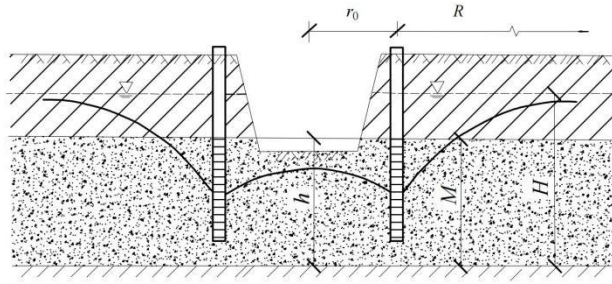


图 E.1.5 均质含水层承压及潜水非完整井基坑涌水量计算简图

$$Q = 1.366k \frac{2HM - M^2 - h^2}{\lg \left(\frac{R + r_0}{r_0} \right)} \quad (\text{E.1.5})$$

E.1.6 当基坑长宽比为 20~50 时，可按条形基坑计算涌水量公式；基坑长宽比大于 50 时，可按线状基坑计算涌水量。

1 条形基坑涌水量：

$$\text{潜水含水层} \quad Q = \frac{kL(2H-S)S}{R} + \frac{1.366k(2H-S)S}{\lg R - \lg \frac{B}{2}} \quad (\text{E.1.6-1})$$

$$\text{承压水含水层} \quad Q = \frac{2kMLS}{R} + \frac{2.73KMS}{\lg R - \lg \frac{B}{2}} \quad (\text{E.1.6-2})$$

2 线状基坑涌水量：

$$\text{潜水含水层} \quad Q = \frac{kL(2H-S)S}{R} \quad (\text{E.1.6-3})$$

$$\text{承压水含水层} \quad Q = \frac{2kLMS}{R} \quad (\text{E.1.6-4})$$

式中：L —— 基坑的长度 (m)；

B —— 基坑宽度 (m)。

E.1.7 块状基坑等效半径可按下式计算：

$$r_0 = \sqrt{\frac{F}{\pi}} \quad (\text{E.1.7-1})$$

式中：F —— 基坑面积 (m²)；

E.1.8 降水井影响半径宜通过试验，当缺少试验时，可按下列公式计算，并结合当地经验确定。

1) 潜水含水层

$$R = 2S_w \sqrt{kH} \quad (\text{E.1.8-1})$$

2) 承压含水层

$$R = 10S_w \sqrt{k} \quad (\text{E.1.8-2})$$

式中: R —— 降水影响半径 (m);
 S_w —— 降水井水位 (水头) 降深 (m);
 k —— 渗透系数 (m/d);
 H —— 含水层厚度 (m)。

E.1.9 当基坑采用落底式帷幕时, 降水疏干基坑内地下水或者前期减压后期疏干部分承压水应按下式估算:

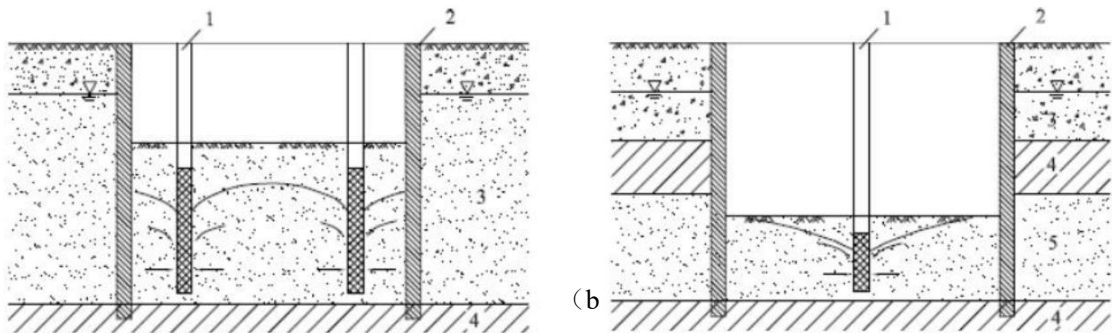


图 E.1.9 落底式帷幕+坑内降水示意图

1—降水管井; 2—截水帷幕; 3—潜水含水层; 4—隔水层; 5—承压含水层

1 潜水疏干基坑涌水量取决于场地潜水含水层的特性及基坑的平面形状,可用下式估算:

$$Q = FS\mu \quad (\text{E.1.9-1})$$

2 对于疏干承压含水层可用下式估算:

$$Q = FS(0.05 \sim 0.1)W \quad (\text{E.1.9-2})$$

Q —— 基坑内总抽出水量 (m);
 μ —— 潜水含水层给水度, 给水度经试验确定, 无试验资料时可按表 E.1.9 选用;
 F —— 基坑面积 (m²);
 S —— 含水层顶板至设计安全水位面的距离 (m);
 W —— 含水层原天然平均含水率(%).

岩性	给水度 μ	岩性	给水度 μ
粘质黏土	0.03~0.045	细砂	0.08~0.11
粉土	0.035~0.06	中砂	0.09~0.13
黄土状粘质黏土	0.02~0.05	粗砂	0.11~0.15

黄土状粉土	0.03~0.06	砾砂及砂砾	0.22~0.43
粉砂	0.06~0.08		

表 E. 1.9 给水度经验值 μ

E. 1.10 当基坑采用悬挂式帷幕时，可参考《管井技术规范》GB50296 估算；

E. 2 降水井单井出水量计算

E. 2.1 设计单井出水量按下列规定计算：

1 设计单井出水量可根据干扰井群的单井出水量确定。干扰井群的单井出水量（ q ）可按下式计算：

1) 潜水完整井稳定流

$$q = \frac{1.366k(2H - s_w)s_w}{n \lg R - \lg(r_w \cdot r_{1-2} \cdot r_{1-3} \cdots r_{1-n})} \quad (\text{E.2.1-1})$$

2) 承压水完整井稳定流

$$q = \frac{2.73kMs_w}{n \lg R - \lg(r_w \cdot r_{1-2} \cdot r_{1-3} \cdots r_{1-n})} \quad (\text{E.2.1-2})$$

式中： q —— 按干扰井群（各井的流量、影响半径相同）计算的井群单井出水量（ m^3/d ），其值应通过试算满足 $nq \geq Q$ 的要求；

H —— 潜水含水层厚度（ m ）；

M —— 承压水含水层厚度（ m ）；

s_w —— 某井中水位降深（ m ）；

R —— 降水井的影响半径（ m ），按本标准附录 E 计算；

r_w —— 降水井半径（ m ）；

$r_{1-2}, r_{1-3}, \dots, r_{1-n}$ —— 某井至其他各井的距离（ m ）；

n —— 试算采取的降水井数量。

2 设计单井出水量应小于单井出水能力。

降水井单井出水能力（ q_0 ）可按下式计算：

$$q_0 = 120\pi r_w \cdot l \cdot \sqrt[3]{k} \quad (\text{E.2.1-3})$$

式中： q_0 —— 降水井单井出水能力（ m^3/d ）；

r_w —— 过滤器半径（ m ）；

- l —— 过滤器进水段的长度 (m); 对于潜水取降水井设计水位以下过滤器的长度, 对于承压水取含水层内过滤器的长度;
- k —— 含水层渗透系数 (m/d), 取含水层深度范围内综合值或各层加权平均值。

【条文说明】单井设计出水量是指依据设计水位降深和抽水设备而设计的单井出水量。第1条给出了设计单井出水量的确定方法, 即设计单井出水量根据干扰井群的单井出水量取得。

单井出水能力是指由降水井自身结构所决定的单井最大允许出水量。第2条降水井单井出水能力进行符合性验证。需要说明的是, 为了计算简便, 各井结构、流量、影响半径均视为相同; 干扰井群的单井出水量 q 和降水井数应通过试算, 应满足式 $Q_{\text{井群}}=nq \geq Q$ 基坑要求。

附录 F 危大工程验收意见表

附录 F.0.1 危险性较大的分部分项工程验收意见表

工程名称：

时间：

分部分项工程					
验收部位					
<p>1.验收内容：</p> <p>2.方案审批程序（人员资格、签字等）是否符合规定要求：</p> <p>3.各项控制指标是否在方案所明确的允许偏差范围内：</p> <p>检查验收结论：</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/>通过 <input type="checkbox"/>不通过</p>					
项目监理单位签收人姓名及时间			施工项目经理部签收人姓名及时间		
<p style="text-align: center;">总监理工程师/专业监理工程师（签字）：</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p>					

注：1.本表一式二份，项目监理单位、施工单位各一份。

附录 F.0.2 超过一定规模的危险性较大的分部分项工程验收意见表

工程名称：

时间：

分部分项工程			
验收部位			
<p>1.验收内容：</p> <p>2.方案审批程序（人员资格、签字等）是否符合规定要求：</p> <p>3.各项控制指标是否在方案所明确的允许偏差范围内：</p> <p>检查验收结论：</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/>通过 <input type="checkbox"/>不通过</p>			
项目技术负责人		总监理工程师	
<p>论证专家：</p> <p>设计项目负责人：</p> <p>建设单位项目负责人：</p> <p>其他验收人员：</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p>			

本标准用词说明

1 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”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

本标准引用标准名录

- 1 《木结构设计标准》 GB 50005
- 2 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 3 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 4 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 5 《土方与爆破工程施工及验收规范》 GB 50201
- 6 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》 GB 50202
- 7 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 8 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 9 《木结构工程施工质量验收规范》 GB 50206
- 10 《给水排水管道工程施工及验收规范》 GB 50268
- 11 《管井技术规范》 GB 50296
- 12 《建筑基坑工程监测技术标准》 GB 50497
- 13 《岩土工程勘察安全标准》 GB 50585
- 14 《建筑施工安全技术统一规范》 GB 50870
- 15 《建筑地基基础工程施工规范》 GB 51004
- 16 《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》 GB 55032
- 17 《热轧钢板桩》 GB/T 20933
- 18 《混凝土结构设计标准》 GB/T 50010
- 19 《沉井与气压沉箱施工规范》 GB/T 51130
- 20 《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》 JGJ 46
- 21 《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79
- 22 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
- 23 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ 120
- 24 《湿陷性黄土地区建筑基坑工程安全技术标准》 JGJ 167
- 25 《建筑深基坑工程施工安全技术规范》 JGJ /T 311
- 26 《咬合式排桩技术标准》 JGJ/T 396
- 27 《市政工程勘察规范》 CJJ 56
- 28 《城市地下管线探测技术规程》 CJJ 61

陕西省工程建设标准

市政管网工程基坑支护安全技术规程

条文说明

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	5
2.2.1	材料性能与抗力	5
3	基本规定	8
3.1	设计 要求	8
3.2	施工 要求	19
3.3	安全技术措施	22
4	勘察与周边环境探查	24
4.1	一 般 规 定	24
4.2	地质勘察	26
4.3	周边环境调查与探测	32
5	坡 率 法	38
5.1	一 般 规 定	38
5.2	设 计	39
5.3	施工与质量检验	42
6	木 支 撑	45
6.1	一 般 规 定	45
6.2	设 计	46
6.3	施工与质量检验	51
7	钢 板 桩	55
7.1	一 般 规 定	55
7.2	设 计	56
7.3	施工与质量检验	59
8	钢筋混凝土桩	64
8.1	一 般 规 定	64
8.2	设 计	65

8.3	施工与质量检验	77
9	逆作法钢筋混凝土壁板	85
9.1	一般规定	85
9.2	设计	87
I	逆作法设计	87
II	竖向支承结构	91
III	水平支承结构	94
9.3	施工与质量检验	102
10	沉井法	108
10.1	一般规定	108
10.2	设计	110
I	设计计算	110
II	构造	116
10.3	施工与质量检验	119
11	地下水控制与防排水	124
11.1	一般规定	124
11.2	设计	126
I	截水	126
II	降水	130
III	集水明排	137
11.3	施工与质量检验	138
12	基坑开挖、回填与监测	145
12.1	一般规定	145
12.2	基坑开挖	148
12.3	基坑回填	152
12.4	基坑监测	159
13	基坑工程检查、验收	166
13.1	一般规定	166
13.2	检查	166
13.3	验收	169

附录 A 水平荷载与被动土压力	171
A.1 水平荷载	171
A.2 被动土压力	174
附录 B 方木、原木材料强度参数	175
附录 C 内支撑及腰梁节点图	177
C.1 钢支撑	177
C.2 混凝土支撑	180
附录 D 沉井及止水构造图	186
D.1 沉井构造图	186
D.2 止水构造图	189
附录 E 基坑涌水量与降水井单井出水量计算	190
E.1 基坑涌水量计算	190
E.2 降水井单井出水量计算	195
附录 F 危大工程验收意见表	197
附录 F.0.1 危险性较大的分部分项工程验收意见表	197
附录 F.0.2 超过一定规模的危险性较大的分部分项工程验收意见表	198
本标准用词说明	199
本标准引用标准名录	200
条文说明	201

附录 A. 水平荷载与被动土压力

A.1 水平荷载

A.1.1 朗肯土压力理论应用普遍，其假设条件墙背直立光滑、土体表面水平与基坑工程实际较接近。朗肯公式计算得到的主动土压力偏大、被动土压力偏小，对基坑工程安全是有利的。主动土压力和被动土压力都是极限平衡状态下的土压力，并不完全符合实际，发挥土压力大小与墙体变位大小有关，表 A.1.1 给出了国外有关规范和手册达到极限土压力所需的墙体变位。

表 A.1.1 发挥主动和被动土压力所需的变位

规范		主动土压力	被动土压力
		水平位移 转动 y/ho	水平位移 转动 y/ho
欧洲地基基础规范		0.001H 0.002 (绕墙底转动)	0.005 0.100 (绕墙底转动)
		0.005 (绕墙顶转动)	0.020 (绕墙顶转动)
加拿大岩土工程手册	密实砂土	0.001	0.02
	松散砂土	0.004	0.06
	坚硬黏性土	0.010	0.02
	松软黏性土	0.020	0.04

A.1.3 当基坑边缘有大面积堆载时，竖向均布压力分布为直线型，不随深度衰减。当基坑外侧有平行基坑边缘方向时条形（或矩形）荷载时，按简化方法计算作用于支护结构上的附加压力，条基（或矩形）基础下附加应力的扩散角均按 45° 考虑；即在支护结构上的作用深度等同于附加应力扩散后的作用宽度，荷载按均布考虑。当临近建筑物采用桩基础或者有粘结强度的复合地基时，基底压力会沿桩向下传递，减少作用在基坑侧壁的土压力。

A.1.4 当受保护建（构）筑物或环境条件，对基坑侧壁位移限制很小或不允许有位移发生时，要按静止压力确定侧向压力。静止土压力系数 K_0 值随土类、状态、密实度、固结程度的不同而有所不同，宜在工程勘察中通过现场试验或室内试验测定；实际设计中，根据支护结构变形控制的严格程度，侧向土压力可在静止土压力 E_0 和主动土压力 E_a 区间内取值，并结合实际情况进行侧向土压力修正，即按实际情况进行土压力计算（图 A.1.4）。

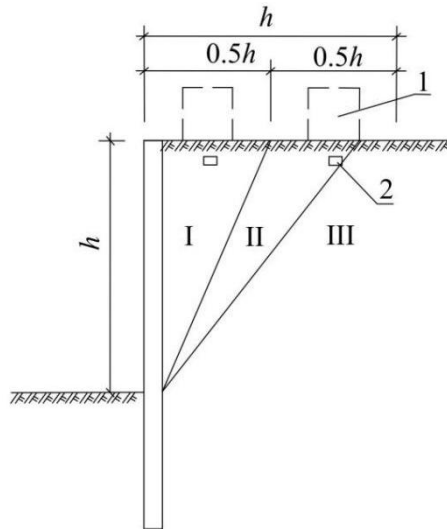


图 A.1.4 基坑侧壁分区采用水平荷载示意图

1—建筑物；2—地下管线；

I 区采用 E_0 ；II 区采用 $E_0' = 1/2(E_0 + E_a)$ ；III 区采用 E_a

A.2 被动土压力

A.2.1 被动土压力实际是一种极限平衡状态时的侧向抗力，从图 A.2.1 可以看出，被动土压力充分发挥所需的墙体变位远远大于主动土压力，因而在实际应用中被动土压力值是一种理想状态的抗力值。当支护结构对位移限制愈小，所能发挥的被动土压力愈低，因此应根据实际情况对计算的被动土压力值进行折减。

考虑基坑内侧被动区黄土采用人工降水或地基加固（尤其是采用复合地基增强体处理）后，土的性状有明显改善，力学强度会有较大提高，因而依据试验或经验值确定力学指标后进行计算，以使被动土压力值更接近实际工况。