****

T/CECS XXX-202X

**中国工程建设标准化协会标准**

**城市综合管廊基坑支护技术规程**

Technical specification for retaining and protection of

urban utility tunnel engineering

（征求意见稿）

202X年XX月

中国工程建设标准化协会标准

城市综合管廊基坑支护技术规程

Technical specification for retaining and protection of

urban utility tunnel engineering

**T/CECS XXX-202X**

|  |  |
| --- | --- |
| 主编单位： | 山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司 山东建筑大学 |
| 批准单位： | 中国工程建设标准化协会 |
| 施行日期： | 2024年12月1日 |

202X 北 京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会关于印发《2022年第二批协会标准制定、修订计划》的通知（建标协字 [2022] 40号）的要求，规程编制组经深入调查研究，认真总结工程实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本规程。

本规程共分为9章和2个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、调查与勘察、支护结构设计、地下水控制、施工、工程监测、检测与验收等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会绿色建造专业委员会归口管理，由山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请反馈给山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司（地址：山东省济南市历下区历山路96号，山东建筑大学和平校区科技产业园三楼，邮编：250013，邮箱：shaogb@sdjzu.edu.cn）。

**主 编 单 位：**山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司

山东建筑大学

**参 编 单 位：**

**主要起草人：**XXX、XXX、XXX

**主要审查人：**XXX、XXX、XXX

目 次

[1 总 则 1](#_Toc178228559)

[2 术 语 2](#_Toc178228560)

[3 基本规定 4](#_Toc178228561)

[4 调查与勘察 6](#_Toc178228562)

[5 支护结构设计 8](#_Toc178228563)

[5.1 一般规定 8](#_Toc178228564)

[5.2 钢板桩及组合钢桩 9](#_Toc178228565)

[5.3 型钢水泥土墙 10](#_Toc178228566)

[5.4 微型桩 13](#_Toc178228567)

[5.5 钢筋混凝土围护结构 14](#_Toc178228568)

[5.6 支撑体系 15](#_Toc178228569)

[5.7 其他支护结构 16](#_Toc178228570)

[6 地下水控制 17](#_Toc178228571)

[6.1 一般规定 17](#_Toc178228572)

[6.2 截水 17](#_Toc178228573)

[6.3 降水与排水 18](#_Toc178228574)

[7 施 工 21](#_Toc178228575)

[7.1 一般规定 21](#_Toc178228576)

[7.2 支护结构施工 21](#_Toc178228577)

[7.3 基坑开挖及回填 28](#_Toc178228578)

[7.4 地下水控制施工 29](#_Toc178228579)

[7.5 环境风险控制 31](#_Toc178228580)

[8 工程监测 32](#_Toc178228581)

[9 检测和验收 34](#_Toc178228582)

[9.1 检测 34](#_Toc178228583)

[9.2 验收 36](#_Toc178228584)

[附录 A 液压伺服控制系统设置要点 37](#_Toc178228585)

[附录 B 综合管廊基坑施工监测控制标准 38](#_Toc178228586)

[本规程用词说明 40](#_Toc178228587)

[引用标准名录 41](#_Toc178228588)

[附：条文说明 42](#_Toc178228589)

Contents

[1 General provisions 1](#_Toc106817221)

[2 Terms 2](#_Toc106817222)

[3 Basic requirements 4](#_Toc4653)

[4 Investigation 6](#_Toc4653)

[5 Support structure design 8](#_Toc4653)

[5.1 General requirements 8](#_Toc29707)

[5.2 Steel sheet piles and composite steel piles 9](#_Toc23593)

[5.3 Soil mixed wall 10](#_Toc8384)

[5.4 Micropile 13](#_Toc2580)

[5.5 Reinforced concrete retaining structure 14](#_Toc29707)

[5.6 Support system 15](#_Toc23593)

[5.7 Other supporting structures 16](#_Toc8384)

[6 Groundwater control 17](#_Toc4653)

[6.1 General requirements 17](#_Toc29707)

[6.2 Cut-Off drains 17](#_Toc29707)

[6.3 Dewatering and drainage 18](#_Toc29707)

[7 Construction 21](#_Toc4653)

[7.1 General requirements 21](#_Toc29707)

[7.2 Supporting structures 21](#_Toc23593)

[7.3 Excavation and backfill 28](#_Toc8384)

[7.4 Groundwater control 29](#_Toc2580)

[7.5 Risk control of surrounding environment 31](#_Toc29707)

[8 Monitoring 32](#_Toc4653)

[9 Testing and acceptance 34](#_Toc4653)

[9.1 Testing 34](#_Toc29707)

[9.2 Acceptance 36](#_Toc23593)

[Appendix A Hydraulic servo control system setting 37](#_Toc4653)

[Appendix B Comprehensive pipe gallery pit construction monitoring and control standards 38](#_Toc4653)

[Explanation of wording 40](#_Toc24346)

[List of quoted standard 41](#_Toc31949)

[Addition：Explanation of Provisions 42](#_Toc31949)

# 1 总 则

**1.0.1**为了在城市综合管廊基坑支护的设计、施工中做到安全适用、保护环境、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。

**1.0.2**本规程适用于一般地质条件下临时性明挖施工综合管廊基坑支护的勘察、设计、施工、检测、验收、监测、风险控制及地下水控制。对湿陷性土、多年冻土、膨胀土、盐渍土等特殊土或岩石基坑，应结合当地工程经验应用本规程。

**1.0.3**城市综合管廊基坑支护工程除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

# 2 术 语

**2.0.1**城市综合管廊underground pipe gallery

建于城市地下用于容纳两类及以上城市工程管线的构筑物及附属设施的一种狭长地下空间结构。

**2.0.2**设计使用期限design workablelife

设计规定的从基坑支护结构及地下水控制措施施工完成至基坑使用功能结束的时段。

**2.0.3**U型钢板桩　U steel sheet pile

含连接锁口的 U 型钢制竖向支挡构件。

**2.0.4**型钢水泥土墙steel-soil mixed wall support

在连续水泥土搅拌墙或等厚度水泥土墙内插入可回收型钢、钢管等劲性构件形成的复合挡土截水结构。

**2.0.5**组合钢板桩composite steel piling

由钢板桩、型钢、钢管等通过焊接、槽口连接、高强度螺栓连接等方式连接形成的可回收复合挡土截水结构。

**2.0.6**渠式切割水泥土连续墙trench cutting re-mixing deep wall

采用锯链式设备，垂直切削下沉至设计深度，横向推进注人水泥浆液，形成的连续、等厚的水泥土墙体。

**2.0.7**铣削式水泥土搅拌墙cutter soil mixing deep wall

采用铣削式设备，通过铣轮的匀速钻进与提升，喷浆搅拌，形成的连续、等厚的水泥土墙体。

**2.0.8**超高压喷射注浆ultra-high pressure jet grouting

采用超高压水和压缩空气先行切削土体，然后采用超高压水泥浆液和压缩空气接力切削，并使水泥浆液与土体拌和形成水泥土加固体的方法。

**2.0.9**可回收锚杆removable anchor

使用功能完成后，可以拆除回收其筋体的锚杆。

**2.0.10**型钢组合支撑assembled steel support system

由H型钢标准件经高强度螺栓装配而成，可在端部施加预应力的单层或双层组合截面杆件支撑结构。

**2.0.11**装配式型钢组合结构基坑支护　retaining and protectionprefabricated steel assembled structure of excavation

由组合钢板桩、型钢组合支撑、组合围、立柱及其他辅助构件装配组成的一种基坑支护体系。

**2.0.12**咬合式排桩secant piles in row

混凝土灌注桩相互咬合搭接形成的具有挡土和止水作用的连续桩墙。

**2.0.13**　液压伺服系统　hydraulic servo system

由控制部、液压部等组成，可动态调节型钢组合支撑杆件预应力的系统。

**2.0.14**　托换　underpinning technology

通过加固和增设构件等措施改变原结构传力途径或增强原结构承载力的改造加固技术。

**2.0.15**　基础托换　foundation underpinning

对既有建（构）筑物的基础进行加固或重新设置基础多采取的托换技术措施。

**2.0.16**环境风险控制risk control of surrounding environment

在基坑开挖施工和使用期间，对基坑周边环境造成的潜在风险进行识别、评估和控制的一系列管理措施。

# 3 基本规定

**3.0.1**城市综合管廊基坑支护设计应规定其设计使用期限，设计使用期限应考虑地下结构施工工期、周边环境、工程地质及水文地质条件等因素综合确定，且不宜小于6个月。

**3.0.2**综合管廊基坑支护应满足下列功能要求：

**1**基坑周边建（构）筑物、地下管线、道路的安全和正常使用；

**2**现浇式管廊主体结构的施工空间；

**3**装配式管廊吊装、坑内运输、拼装等施工作业要求。

**3.0.3**基坑支护设计应具备下列资料：

**1**岩土工程勘察报告；

**2**场地用地红线图、地形图、管廊总平面图、地下结构设计资料；

**3**基坑周边既有建（构）筑物、管线和其他地下设施的使用现状及与基坑的相对位置关系、原基坑支护资料等；

**4**基坑周边在建和待建项目的工程资料；

**5**建设场地周边道路及车辆载重情况，周边场地条件及荷载要求。

**3.0.4**综合管廊基坑支护设计时，应综合考虑基坑周边环境和地质条件的复杂程度、基坑深度等因素，按表3.0.4采用支护结构的安全等级。对同一基坑的不同部位，可采用不同的安全等级。

**表3.0.4 支护结构的安全等级**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 安全等级 | 支护结构重要性系数 | 破坏后果 |
| 一级 | 1.1 | 支护结构失效、土体过大变形对基坑周边环境或主体结构施工安全的影响很严重 |
| 二级 | 1.0 | 支护结构失效、土体过大变形对基坑周边环境或主体结构施工安全的影响严重 |
| 三级 | 0.9 | 支护结构失效、土体过大变形对基坑周边环境或主体结构施工安全的影响不严重 |

**3.0.5**综合管廊基坑支护结构选型宜选用绿色可回收支护结构，并应考虑周边环境对基坑变形的承受能力及支护结构失效的后果、可回收的工艺和空间条件、节能减排和周转构件的损耗和供应条件等。

**3.0.6**地下水控制设计应满足基坑坑底抗突涌、坑底和侧壁抗渗流稳定性验算的要求及基坑周边建（构）筑物、地下管线、道路等变形控制的要求，选用截水、降水、集水明排或组合方式。

**3.0.7**对受基坑工程施工影响的周边建（构）筑物、邻近市政管线与地下设施等被保护对象，可采取下列隔离或加固措施：

**1**在基坑与被保护对象之间设置灌注桩、钢管桩、水泥土墙等隔离措施；

**2**对横穿管廊基坑的管线可采取悬吊架空、增设加强套管、局部重排并替换管材等保护措施；

**3**对基坑周边需重点保护的既有建筑，可对既有建筑基础采取结构托换、增设桩基、注浆加固等主动加固措施；

**4**在基坑与保护对象之间可预先设置注浆管，基坑开挖期间宜根据监测情况采用跟踪注浆保护；在跟踪注浆期间，除对被保护对象进行监测外，尚应加强对支护结构变形和支撑轴力等的监测。

**3.0.8**综合管廊基坑宜结合工期计划安排分段流水施工，施工前应制定交通导改、临边防护、河流围堰及导流等方案。

**3.0.9**综合管廊基坑应根据设计要求进行工程监测，并实施动态设计和信息化施工，支护构件回收期间应加密监测。监测要求除应符合本标准有关规定外，尚应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497的有关规定。

**3.0.10**基坑施工质量验收除应符合本标准有关规定外，尚应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202的有关规定。

# 4 调查与勘察

**4.0.1**综合管廊基坑工程应根据沿线场地地质构造、岩土体特征、基坑深度和周边环境等按国家现行标准《工程勘察通用规范》GB 55017、《岩土工程勘察规范》GB 50021、《市政工程勘察规范》CJJ 56的有关规定进行勘察。

**4.0.2**应对综合管廊基坑工程施工影响范围内的工程环境进行调查。工程环境调查应包含地上、地下建（构）筑物、道路、桥梁、河流沟渠、各类地下管线及其他影响施工的各类地下障碍物等。

**4.0.3**工程环境调查应在取得工程沿线地形图、建（构）筑物、地下设施等资料的基础上，采用实地调查、资料调阅、现场勘查与物探等多种手段相结合的方法进行。

**4.0.4**工程环境调查应符合下列规定：

**1**地上建（构）筑物调查应包括已使用年限、结构形式、基础类型及埋深、层数、位置、用途等；

**2**地下建（构）筑物调查应包括平面布置、结构尺寸及埋深、变形缝设置、围护结构、抗浮措施、运营年限和服役状态等；

**3**地下管线调查应包括线路走向、位置、管线类型、材质、埋深、管径、运营年限及服役状态等；

**4**道路调查应包括路面材料、路基结构形式、交通流量、最大车辆荷载等；

**5**桥梁调查应包括桥梁类型、结构布置、墩柱基础形式、运营年限和服役状态等；

**6**河流沟渠调查应包括河道宽度、深度、流量、施工期间水位变化、河底铺砌、护岸形式等；

**7**地下障碍物调查应包括残留建（构）筑物基础、基坑支护构件、地下空洞等。

**4.0.5**基坑支护设计前应调查施工期间材料、设备等临时荷载布置情况，雨期施工时尚应调查管廊沿线地表水汇流和排泄条件。

**4.0.6**工程勘察报告应包括下列内容：

**1**与基坑开挖有关的场地条件、岩土条件和工程环境状况；

**2**场地内或邻近区域对基坑开挖有影响的不良地质作用的分布特征及处理措施建议；

**3**基坑支护设计方案建议和岩土参数；

**4**地下水的类型、埋藏条件及分布规律，地下水补给、径流和排泄条件，地下水控制所需的水文地质参数及地下水控制措施建议；

**5**对基坑工程实施过程中可能遇到的岩土工程问题进行分析，应提出相应防治建议。

**4.0.7**当综合管廊沿线或场地附近存在对基坑工程设计和施工有重大影响的岩土工程问题时，应进行专项勘察；当水文地质条件复杂且已有资料不能满足要求时，应进行专项水文地质勘察。

# 5 支护结构设计

## 5.1 一般规定

**5.1.1**综合管廊基坑工程设计方案选择应符合下列规定：

**1**应根据工程地质与水文地质条件、基坑规模、施工场地、交通状况、施工设备、地下管线、绿化景观、环境条件等综合确定；

**2**应综合考虑对市政交通、市政管线及周边环境的影响，可采用分区、分段的实施方案；

**3**当需统筹考虑相邻地下空间开发时，宜选择合适的支护方案、施工分区和施工方法；

**4**应为后期规划实施的盾构、顶管施工预留穿越条件；当采用锚拉式挡土结构时，对影响后期盾构工程、顶管工程的施工区域，应采用可回收锚杆；

**5**开挖深度较大的临水市政基坑工程设计宜选择内支撑的支挡式支护结构。

**5.1.2**基坑支护结构设计计算时，作用在支护结构上的水平荷载，应包括下列内容：

**1**岩土体的土压力；

**2**地下水静水压力、渗透力；

**3**基坑开挖影响范围内建（构）筑物的荷载；

**4**基坑周边施工材料和设备荷载、周边道路车辆荷载；

**5**冻胀、温度变化及其可能产生的作用。

**5.1.3**支护结构设计时应结合支护结构破坏模式和影响正常使用的状态，按照承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。极限状态的设计计算选择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。

**5.1.4**周转使用的结构构件进行极限承载力验算时，应对周转使用构件承载力设计值进行调整，调整系数应根据构件重复使用情况及腐蚀程度取用或经过质量检验后根据检验结果取值。

**5.1.5**支护结构承受的土压力与水压力、土中竖向应力及附加竖向应力可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007及现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的有关规定进行计算。

**5.1.6**支护结构分析、稳定性验算、支护结构的水平位移控制值和基坑周边环境的沉降控制值应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的规定。

**5.1.7**综合管廊基坑应按各部位的开挖深度、周边环境条件、地质条件等因素划分设计剖面。对每一设计剖面，应按其最不利条件进行计算。对集水坑等局部加深部位，宜单独划分设计剖面。

**5.1.8**支挡结构的嵌固深度除满足现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的有关规定外，对于狭长形的综合管廊基坑，支挡结构的嵌固深度可考虑狭长基坑空间效应的有利作用。

## 5.2 钢板桩及组合钢桩

**5.2.1**钢板桩支护结构适用于以黏性土、粉土等一般地质条件下的城市综合管廊基坑支护工程，对存在杂填土、碎石土或岩层埋深较浅的基坑工程应通过现场工艺性试验确定适用性。当采用钢板桩支护不满足设计计算要求时，可采用组合钢桩支护结构。

**5.2.2**钢板桩及组合钢桩的截面选型、长度、布置形式，应根据基坑深度、地质条件、环境条件、综合管廊主体结构布置、施工条件等综合确定，其中组合钢桩宜采用钢管桩与钢板桩组合的形式。支护结构宜优先选用悬臂式、支撑式、双排式，具备条件时，可选用锚拉式。

**5.2.3**钢板桩支护设计应考虑振动沉桩及施工结束后钢板桩拔除对周围环境的不利影响，并提出相应的隔离防护措施。

**5.2.4**钢板桩不承受竖向荷载或轴力较小时，可按受弯构件设计；承受竖向荷载或轴力较大时应按压弯构件设计。

**5.2.5**钢板桩的截面计算，可按现行标准化协会标准《钢板桩支护技术规程》T/CECS 720的有关规定进行计算。

**5.2.6**组合钢桩的组合截面参数计算可按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017和现行标准化协会标准《钢板桩支护技术规程》T/CECS 720的有关规定进行计算。当钢管桩与钢板桩组合使用时，应对钢管桩的抗弯、抗剪承载力进行验算，验算方法应符合按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定，当有工程经验时，可适当考虑组合桩中所含钢板桩对承载力的贡献。

**5.2.7**钢板桩及组合钢桩设计长度宜选用定尺标准件，并满足计算要求和构造要求。当钢板桩作为帷幕时，其深度应满足渗透稳定性要求，防渗要求较高时，应在坑外另行设置截水帷幕。

**5.2.8**钢板桩及组合钢桩支护结构在平面上应连续封闭，如遇非正常状况时，可采取下列措施：

**1**当遇地下大块孤石、旧基础等障碍物不能正常沉桩时，可采用弧线绕过，避开障碍物，保持钢板桩支护结构的连续性；

**2**转角部位和最终封闭合拢时，当不能采用标准宽度的钢板桩时，可采用异型钢板桩、连接件等方法进行调整；

**3**遇到管线横穿，钢板桩无法连续施工时，可采用高压旋喷桩或注浆的方式加固不连续处土体，并采用型钢和钢板对土体进行支挡。

**5.2.9**钢板桩及组合钢桩设计长度不大于18m时不宜设置接头，如接头不可避免时，接长应采用焊接的方式，并应符合等强度连接的要求，焊接接头不宜超过1个，接头的位置应避免设在支撑位置或开挖面附近等受力较大处，接头竖向位置宜相互错开，错开距离不宜小于2m。接头焊缝质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205和《钢结构焊接规范》GB 50661的有关规定。

**5.2.10**采用双排钢板桩时，排距应结合施工空间根据计算确定，桩顶宜设置钢冠梁，双排钢板桩之间宜通过型钢、对拉杆等进行连接，也可设置钢筋混凝土连接板，连接板厚度不宜小于200mm，混凝土强度等级不宜低于C30。

## 5.3 型钢水泥土墙

**5.3.1**型钢水泥土墙支护结构适用于填土、淤泥质土、黏性土、粉土、砂性土、饱和黄土等地层，且开挖深度较深、基坑变形要求较为严格的综合管廊基坑支护工程。

**5.3.2**水泥土墙应符合下列规定：

**1**水泥土墙施工工法可选择水泥土搅拌桩、渠式切割水泥土连续墙、铣削式水泥土搅拌墙、超高压喷射注浆等工艺；

**2**场地竖向净空受限时，水泥土墙宜选择渠式切割水泥土连续墙、超高压喷射注浆等具备低净空施工能力的工艺；

**3**邻近古树名木、重要水源或泉域的综合管廊基坑，采用型钢水泥土墙支护结构时，应附加设置钢板桩等有效隔离措施。

**5.3.3**水泥土墙内插型钢的间距和平面布置形式应根据计算确定。型钢水泥土墙支护结构的内力和变形、基坑稳定性验算时，挡土结构的深度应取型钢的插入深度，抗弯刚度计算应仅计取型钢的抗弯刚度。型钢的强度验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定。

**5.3.4**采用水泥土搅拌桩内插型钢作为挡土构件时，应按现行行业标准《型钢水泥土搅拌墙技术规程》JGJ/T 199的规定，对型钢与水泥土之间的错动抗剪承载力和水泥土最薄弱截面处的局部抗剪承载力进行验算。

**5.3.5**采用等厚度水泥土搅拌墙内插型钢作为挡土结构时，应按现行行业标准《渠式切割水泥土连续墙技术规程》JGJ/T 303的规定，对型钢与水泥土之间的局部抗剪承载力进行验算。

**5.3.6**型钢水泥土墙的构造，应符合下列规定：

**1**水泥土墙所用水泥宜采用强度等级不低于P·O 42.5级的普通硅酸盐水泥；墙体渗透系数应满足自防渗要求，且不应大于1×10-6cm/s；

**2**水泥土墙的厚度和深度应满足型钢的插入要求，厚度宜超过型钢截面且不小于100mm，深度宜超过型钢的插入深度，且不宜小于0.5m；

**3**型钢宜沿水泥土墙中心线等间距布置，基坑转角部位宜增加型钢插入密度。

**5.3.7**采用三轴或多轴搅拌桩施工工艺时，应符合下列规定：

**1**直径宜为650mm、850mm、1000mm，且应采用套接一孔法施工；

**2**水泥用量和水灰比应根据现场土质条件、桩身强度及抗渗要求等经现场试验确定，并应符合表5.3.7的规定：

**表 5.3.7 三轴水泥土搅拌桩材料用量和水灰比**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 土质条件 | 单位被搅拌土体中的材料用量 | | 水灰比 |
| 水泥（kg/m3） | 膨润土（kg/m3） |
| 黏性土 | ≥360 | 0~5 | 1.5~2.0 |
| 无黏性土 | ≥325 | 5~10 | 1.5~2.0 |

注：1 计算水泥用量时，被搅拌土体的体积可按照搅拌桩单桩圆形截面面积与深度的乘积计算：

2 在填土、淤泥质土等特别软弱的土体中应提高水泥掺量；

3 水灰比在型钢依靠自重的必要的辅助设备可以插入到位的前提下宜取小值。

**3**水泥土28d龄期无侧限抗压强度应满足设计要求，且不应小于0.5MPa。

**5.3.8**渠式切割水泥土连续墙应符合下列规定：

**1**单段墙体宜采用直线布置；

**2**墙体厚度宜取550mm~1200mm，并宜取50mm的模数；

**3**墙体深度不宜大于80m；

**4**水泥用量和水灰比应根据现场土质条件、墙体强度及抗渗性要求等经现场试验确定，并应符合表5.3.8的规定；

**表 5.3.8 渠式切割水泥土搅拌墙材料用量和水灰比**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 土质条件 | 单位被搅拌土体中的材料用量 | | 水灰比 |
| 水泥（kg/m3） | 膨润土（kg/m3） |
| 黏性土 | ≥400 | ≥30 | 1.0~1.8 |
| 无黏性土 | ≥500 | ≥50 | 1.0~1.8 |

注：在填土、淤泥质土等特别软弱的土体中应提高水泥掺量。

**5**水泥土28d龄期无侧限抗压强度应满足设计要求，且不应小于0.8MPa。

**5.3.9**铣削式水泥土搅拌墙应符合下列规定：

**1**墙体厚度范围宜取700mm~1200mm，并宜按施工设备模数选用；

**2**单幅墙宽度宜为2800mm，相邻墙幅的设计搭接尺寸宜根据墙厚、深度和垂直度偏差等综合确定；平面内有效搭接尺寸应满足设计要求，且不宜小于300mm；平面外有效搭接尺寸应满足设计要求，且不宜小于400mm；

**3**水泥用量和水灰比应根据现场土质条件、墙体强度及抗渗性要求等经现场试验确定，并应符合表5.3.9的规定；

**表 5.3.9 铣削式水泥土搅拌墙材料用量和水灰比**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 土质条件 | 单位被搅拌土体中的材料用量 | | 水灰比 |
| 水泥（kg/m3） | 膨润土（kg/m3） |
| 黏性土 | ≥360 | ≥30 | 0.8~2.0 |
| 无黏性土 | ≥360 | ≥50 | 0.8~2.0 |

注：1 计算水泥用量时，被搅拌土体的体积可按照单幅墙体矩形截面面积与深度的乘积计算；

2 在填土、淤泥质土等特别软弱的土体中应提高水泥掺量。

**4**水泥土28d龄期无侧限抗压强度应满足设计要求，且不应小于0.8MPa。

**5.3.10**超高压喷射注浆应符合下列规定：

**1**超高压喷射注浆成桩直径与土层特性、施工深度、喷射压力和流量、压缩空气压力和流量、喷浆管提升速度等技术参数有关，应根据现场成桩试验确定合理的技术参数；

**2**水泥用量和水灰比应根据地层条件、桩身强度与抗渗性要求以及施工工艺要求确定；

**3**水泥土28d无侧限抗压强度应满足设计要求，且不宜小于1.0MPa。

**5.3.11**型钢构件采用分段焊接时，应采用坡口等强焊接，对接焊缝的坡口形式和要求应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661的规定，焊缝质量等级不应低于二级。单根型钢中焊接接头不宜超过1个，接头位置应避免设在支撑位置或开挖面附近等构件受力较大处；相邻型钢的接头竖向位置应相互错开，错开距离不宜小于2m。

**5.3.12**型钢水泥土墙顶部宜设置钢筋混凝土冠梁，型钢应穿过冠梁，且顶部高出冠梁不宜小于500mm，冠梁主筋应避开型钢设置。

## 5.4 微型桩

**5.4.1**微型桩适用于场地竖向净空受限、施工场地狭窄，填土、碎石土或岩层等地层，钢板桩及组合钢桩、型钢水泥土墙难以实施的城市综合管廊基坑支护工程。

**5.4.2**微型桩设计时应根据基坑开挖深度、土层性质、地下水、基坑周边环境及变形控制要求等条件，计算确定桩身材料、桩径、桩间距、桩长等参数。

**5.4.3**微型桩桩身材料宜采用钢管，当基坑开挖深度较深或对基坑变形要求较为严格，采用单排微型桩支护结构不满足设计计算要求时，可结合当地经验采用双排或多排布置。

**5.4.4**微型桩采用可回收钢管时，宜引孔后插入钢管，钢管插入前应先在干燥条件下除锈，再在其表面涂刷减摩材料。

**5.4.5**微型桩直径宜取150mm～300mm，桩间距宜为0.5m～2.0m，嵌固深度不宜小于2m，排距不宜小于1m。

**5.4.6**微型桩孔内宜采用水泥浆注浆，对松散、稍密的填土、碎石土也可采用水泥砂浆、细石混凝土灌注。水泥浆和水泥砂浆的强度不应低于20MPa，细石混凝土的强度等级不宜低于C25。

**5.4.7**钢管的受弯、受剪承载力验算，可按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定进行计算。

**5.4.8**微型桩支护应设置钢筋网喷射混凝土面层，面层厚度不宜小于80mm，面层钢筋网纵横间距不宜大于200mm，混凝土强度等级不宜低于C20，混凝土面层应与微型桩紧密贴合。

**5.4.9**微型桩桩顶宜设置通长的钢筋混凝土冠梁或型钢冠梁。钢筋混凝土冠梁宽度及高度不应小于桩径，且不宜小于300mm；用作支撑传力构件时，应采用钢筋混凝土冠梁，并按受力构件进行截面设计。

## 5.5 钢筋混凝土围护结构

**5.5.1**钢筋混凝土围护结构适用于基坑开挖较深、周边环境复杂、基坑变形控制要求严格的综合管廊基坑工程。

**5.5.2**钢筋混凝土围护结构宜选用灌注桩、咬合桩和地下连续墙，当施工影响范围内存在对地基变形有控制要求或结构性能差的建（构）筑物或地下管线时，不得采用挤土效应严重、易塌孔、易缩径或有较大振动的施工工艺。

**5.5.3**钢筋混凝土排桩的正截面和斜截面承载力的验算，应按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的有关规定进行计算。

**5.5.4**咬合式排桩宜选择有筋桩和无筋桩搭配的布置形式，其设计计算应符合下列规定：

**1**有筋桩和无筋桩搭配的排桩，宜仅计入有筋桩的抗弯刚度；

**2**弯矩和剪力的计算按现行行业标准《咬合式排桩技术标准》JGJ/T 396的规定对桩身咬合面局部受剪承载力进行验算。

**5.5.5**地下连续墙的正截面受弯承载力、斜截面受剪承载力应按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010的有关规定进行计算。采用两墙合一时，应验算永久使用阶段的结构内力、变形和裂缝宽度等。

**5.5.6**当采用钢筋混凝土排桩、地下连续墙时，桩（墙）身混凝土强度等级、钢筋配置和混凝土保护层厚度等构造，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。

**5.5.7**当采用咬合桩时，桩身混凝土强度等级、钢筋配置和混凝土保护层厚度等构造，应符合现行行业标准《咬合式排桩技术标准》JGJ/T 396的有关规定。

**5.5.8**钢筋混凝土围护结构应设置混凝土冠梁，冠梁的宽度不宜小于桩径（墙厚），高度不宜小于桩径（墙厚）的0.6倍，冠梁用作支撑传力构件时，应按受力构件进行截面设计。

## 5.6 支撑体系

**5.6.1**综合管廊基坑工程内支撑体系包含水平支撑、竖向支承、冠梁和围檩等结构，当采用地下连续墙作为挡土结构时，可采用无围檩支撑体系。

**5.6.2**内支撑体系应采用稳定的结构体系和可靠的连接构造，并应具有足够的刚度。

**5.6.3**综合管廊基坑水平支撑结构宜选用可回收的钢管支撑、型钢支撑、型钢组合支撑，也可选用钢筋混凝土支撑，其选型应考虑下列因素：

**1**基坑平面形状、尺寸和开挖深度；

**2**工程地质和地下水位情况；

**3**基坑周边环境条件；

**4**挡土结构的型式；

**5**土方开挖与支撑架设施工工序；

**6**现场施工条件与支撑拆除方法；

**7**主体地下结构的设计与施工要求等。

**5.6.4**内支撑结构设计应符合下列规定：

**1**支撑宜采用对撑形式；

**2**内部结构回筑过程中，宜先拆支撑后浇筑内衬墙；当需要后拆支撑时，应采取换撑或留撑；

**3**钢支撑与中间立柱的连接应保证支撑在弯曲平面内、外的有效约束及轴向伸缩不受约束；

**4**钢围檩应满足强度及稳定性要求，且应与围护结构可靠连接。

**5.6.5**钢支撑构件及其连接的受压、受弯、受剪承载力计算和稳定性验算及构造应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定；混凝土支撑构件及其连接的受压、受弯、受剪承载力计算及构造要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010的规定。

**5.6.6**内支撑体系受力分析、杆件的布置及构造要求，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。

**5.6.7**基坑变形控制要求严格时，可采用液压伺服轴力自动补偿系统，预加轴力应根据基坑变形控制标准及施工工况确定。

**5.6.8**对于大跨度综合管廊基坑，可采用型钢组合支撑，应符合下列规定：

**1**型钢组合支撑体系应包括型钢支撑梁、组合围檩、型钢立柱和连接件等构件；

**2**型钢支撑梁和组合围檩宜由型钢标准件拼接形成；

**3**围檩或冠梁上相邻支撑的水平净距由计算确定。

## 5.7 其他支护结构

**5.7.1**土钉墙和自然放坡适用于周边环境简单、施工现场具备放坡条件，地下水位以上或经人工降水后具有一定临时自稳能力土体的综合管廊基坑支护工程。

**5.7.2**土钉墙支护结构整体稳定性、坑底隆起稳定性以及土钉承载力的验算，可按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的有关规定进行计算。采用自然放坡时，应按照《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的有关规定，验算放坡整体稳定性；多级放坡除验算整体稳定性外，尚应验算各级放坡的稳定性。

**5.7.3**土钉宜采用成孔注浆型钢筋土钉。对易塌孔的松散或稍密的砂土、稍密的粉土、填土，或易缩径的软土，宜采用击入式钢管土钉。

**5.7.4**土钉墙及自然放坡的构造要求，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。

**5.7.5**放坡基坑坑底位于软弱土层时，坡脚宜设置型钢、木桩等一种或多种方式进行加固。

**5.7.6**放坡基坑应做好坡顶挡水与坡脚排水措施，坡面应根据实际情况设置泄水管。

# 6 地下水控制

## 6.1 一般规定

**6.1.1**地下水控制应综合地方经验，因地制宜，选择合理的地下水控制方案，有效控制对工程环境的影响，并遵循节约水资源、防止污染地下水的原则。

**6.1.2**地下水控制应根据工程地质和水文地质条件、基坑周边环境要求、支护结构形式及工期计划安排选用截水、降水、集水明排或其组合方法。

**6.1.3**当基坑降水可能引起坑外水头下降，对基坑周边建（构）筑物、地下管线、道路等造成危害或对环境造成长期不利影响时，应采取回灌；当需保护拟建场地及周边区域的地下水资源，且存在布置回灌设施的场地条件时，可采取回灌。

**6.1.4**在地下水控制期间，应对坑内外地下水位控制效果及影响范围进行全程动态监测。

## 6.2 截水

**6.2.1**下列情况应设置截水帷幕：

**1**当采用敞开式降水可能对周边环境造成不利影响时；

**2**当采用敞开式降水不能满足基坑施工的水位控制要求时；

**3**当基坑与周边河流、江、海、湖等水系距离较近，易发生水力联系时。

**6.2.2**基坑截水应根据工程地质条件、水文地质条件及施工条件等，选用水泥土搅拌桩、水泥土墙、高压旋喷桩、超高压喷射注浆、地下连续墙、咬合式排桩、钢板桩或组合钢桩等方式进行截水，并应符合下列规定：

**1**当坑底以下存在连续分布、埋深较浅的弱透水层时，应采用竖向落底式截水帷幕布置，帷幕插入弱透水层的长度不宜小于1.5m；

**2**当坑底以下含水层厚度较大，弱透水层不连续或埋深较深时，可采用竖向悬挂式截水帷幕布置，帷幕插入坑底以下深度应满足抗渗流稳定性验算的要求；

**3**当坑底以下存在水头高于坑底面的承压含水层且截水帷幕未隔断其内外水力联系时，应进行抗突涌稳定性验算；

**4**当采用水平向截水帷幕封底布置时，截水帷幕厚度和强度应根据地下水顶托力的大小和防渗要求确定，且宜在与支护结构结合处增加帷幕厚度；

**5**当对碎石土、杂填土、泥炭质土、泥炭、pH值较低的土或地下水流速较大时，水泥土搅拌桩帷幕、高压喷射注浆帷幕宜通过试验确定其适用性或外加剂品种及掺量。

**6.2.3**截水帷幕在平面布置上宜沿地下水控制区域闭合，在设计深度范围内应连续。当采用未闭合的平面布置时，应对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。

**6.2.4**当采用钢板桩或组合钢桩兼作为止水帷幕时，应符合下列规定：

**1**钢板桩嵌固深度应根据计算确定，且不宜小于降水井深度；

**2**平面转角处宜采用定制转角桩，转角桩宜在沉桩前与其中一侧标准钢板桩预先连接，且锁口处应增加密封剂，密封剂止水性能应经过试验或工程验证；

**3**钢板桩与其它截水帷幕水平搭接时，搭接长度不应小于200mm；钢板桩与其它截水帷幕竖向搭接时，搭接长度不应小于2000mm；水平和竖向搭接位置可采用压密注浆或旋喷桩进行加强。

**6.2.5**截水帷幕抗渗性能应满足自防渗要求。水泥土类截水帷幕水泥土强度28d无侧限抗压强度应满足设计要求，且不应小于0.5MPa。

**6.2.6**基坑开挖前，截水帷幕应采取预降水方法对其截水性能进行检验；水泥土类截水帷幕宜对强度和均匀性进行检测；深大基坑截水帷幕可采用无损检测手段进行检测和评估。

## 6.3 降水与排水

**6.3.1**综合管廊基坑降水可采用管井降水、真空井点降水、集水明排等方法，并应根据场地地质条件、降水目的、降水技术要求、降水工程可能涉及的工程环境保护等因素选用。

**6.3.2**基坑降水设计应符合下列规定：

**1**降水后基坑内的水位应低于坑底0.5m~1.0m；

**2**对综合管廊基坑内存在的集水坑等基坑局部加深部分，坑底应按集水坑底面进行降水设计，或对其另行采取集水明排、轻型井点等局部地下水控制措施；

**3**基坑采用截水结合坑外减压降水的地下水控制方法时，尚应规定降水井水位的最大降深值和最小降深值；

**4**降水井的深度应根据设计水位降深、含水层的埋藏分布和降水井的出水能力等综合确定，过滤器宜设置在渗透性较好的土层中。

**6.3.3**基坑降水井布置应符合下列规定：

**1**当未设置截水帷幕或未隔断时，降水井宜沿基坑周边封闭布置；根据基坑开挖宽度降水井可在基坑一侧布置，也可在基坑两侧交错布置；

**2**降水井间距应根据基坑涌水量、单井出水能力，结合当地经验确定，并应考虑狭长基坑的空间效应；

**3**当地下水流速较小时，降水井宜等间距布置；当地下水流速较大时，在地下水补给方向宜适当减小降水井间距；

**4**当管廊结构施工期间需保留部分降水井时，其降水井的布置不应与管廊结构的柱、墙重叠。

**6.3.4**当坑底土体抗承压水稳定性不满足设计要求时，应将承压水水头降低至安全埋深以下，承压水减压降水设计尚应符合下列规定：

**1**应根据拟建场地的水文地质条件、基坑开挖深度，确定承压水水头的安全埋深及降深设计值；

**2**降水设计应包括备用井的布置，备用井（含观测井）的数量不宜少于满足降水设计要求所需开启的减压井数量的20%。

**6.3.5**管井的构造应符合下列规定：

**1**管井的滤管可采用无砂混凝土滤管和钢滤管；

**2**滤管内径应按满足单井设计出水量要求而配置的水泵规格确定，滤管内径不宜小于水泵外径50mm，管井成孔径宜为400mm～800mm；

**3**水泵的出水量应大于单井出水能力的1.2倍；

**4**井管的底部应置沉淀段，井管沉淀段长度不宜小于1.0m。

**6.3.6**减压降水井的构造应符合下列规定：

**1**井管材料应采用钢滤管，且应具有足够的强度与刚度；

**2**井管直径内径应按满足单井设计出水量要求而配置的水泵规格确定，内径不宜小于水泵外径50mm，外径不宜小于300mm；管井成孔直径宜为650mm~800mm；

**3**水泵的出水量应大于单井出水能力的1.3倍；

**4**井管的底部应设置沉淀段，井管沉淀段长度不宜小于2.0m；

**5**滤料顶面与过滤器顶端不宜小于3.0m，黏土球封闭层的竖向长度不宜小于5.0m。

**6.3.7**真空井点（轻型井点）的布置及构造应符合下列要求：

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

**2**真空井管的直径应根据单井设计流量确定，井管直径宜取38mm～110mm；井的成孔直径应满足填充滤料的要求，且不宜大于300mm；

**3**孔壁与井管之间的滤料宜采用中粗砂，滤料上方应使用黏土封堵，封堵至地面的厚度应大于1m。

**6.3.8**基坑外的排水系统应满足雨水和地下水的排放要求，基坑内的排水系统应满足基坑明排水的排放要求。

**6.3.9**对坑底汇水、基坑周边地表汇水及降水井抽出的地下水可采用明沟排水；对坑底渗出的地下水，可采用盲沟排水；当综合管廊底板与支护结构间不能设置明沟时，也可采用盲沟排水；排水沟的截面应根据设计流量确定。

**6.3.10**集水井沿排水沟宜每间隔30m~40m设置，集水井底面应低于排水沟底面不小于0.5m。

# 7 施 工

## 7.1 一般规定

**7.1.1**综合管廊基坑施工前应掌握施工区域的工程地质资料，查明周边环境、不良地质作用及地下障碍物，编制专项施工方案。支护结构采用可回收的支护构件时，尚应明确回收方案，包括回收方法、回收顺序等。

**7.1.2**综合管廊基坑施工前应对施工区域进行交通流量调查，分析交通需求，与当地交通管理部门沟通，减少综合管廊基坑施工期间对周边交通的影响，制定合理的交通导改方案。

**7.1.3**基坑支护结构施工以及降水、土方开挖的工况和工序应符合设计要求。

**7.1.4**在基坑支护结构施工与拆除时，应采取对周边环境的保护措施，不得影响周围建（构）筑物及邻近市政管线与地下设施等的正常使用功能。

**7.1.5**基坑工程施工中，当邻近工程进行桩基施工、基坑支护、盾构顶进等施工作业时，应根据实际情况确定施工顺序和方法，并应采取措施减少相互影响。

**7.1.6**施工现场道路布置、材料堆放、车辆行走路线等应符合设计荷载控制的要求，并应减少对综合管廊结构、支护结构、周边环境等的影响。根据实际情况可设置跨越综合管廊基坑的施工栈桥，用以作为城市道路车辆通行的临时通道，并应进行专项设计。

**7.1.7**应根据施工图设计文件、危险源识别结果、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，重大风险源宜进行施工安全评估，并选择相应的安全控制、监测预警、应急处理技术，制定应急预案并确定应急响应措施。

**7.1.8**基坑工程施工中，应对支护结构和邻近道路、市政管线与地下设施、周围建（构）筑物等进行监测，根据监测信息动态调整施工方案，产生突发情况时应及时进行应急响应。

## 7.2 支护结构施工

**Ⅰ 钢板桩及组合钢桩施工**

**7.2.1**钢板桩及组合钢桩施工前宜根据地质条件、周边环境要求等进行沉、拔桩试验，确定施工方法。

**7.2.2**基坑周边环境敏感时宜采用静压法施工，并可采用导孔法或根据环境状况控制压桩施工速率；当采用振动法施工时，宜采取隔振措施。

**7.2.3**钢板桩施工前应对材料进行验收，并应符合下列规定：

**1**钢板桩的规格、材质及排列方式应符合设计或施工工艺要求，钢板桩堆放场地应平整坚实，组合钢板桩堆高不宜大于3层；

**2**钢板桩桩体不应弯曲，锁口不应有缺损和变形，钢板桩锁口应通过套锁检查后再施工；

**3**桩身接头在同一标高处不应大于50%，接头焊缝质量不应低于Ⅱ级焊缝要求。

**7.2.4**钢板桩及组合钢桩采用引孔施工时，应符合下列规定：

**1**引孔直径宜小于桩身截面宽度50mm~100mm，岩层中的引孔直径不宜小于桩身截面尺寸；

**2**引孔的垂直度偏差不应大于0.5%；

**3**引孔作业和沉桩作业应连续进行，间隔时间不宜大于12h。

**7.2.5**当用钢板桩作为浇筑管廊结构的外模板且需要拔除时应涂刷脱模剂或衬以油毡等隔离材料。

**7.2.6**钢板桩振动沉桩应符合下列规定：

**1**振动锤的选择应根据地质条件、钢板桩型号、入土深度施工场地条件、周边环境要求等因素确定，无经验时，可通过估算所需的振幅和偏心力矩选择相应的锤型。振动沉桩宜选用高频免共振振动锤；

**2**振动沉桩前，桩身中心线应与振动锤中心线重合，防止偏心振动；

**3**沉桩时，应保持桩体持续贯入，减少中间停机时间，沉桩贯人速率应根据地层情况、钢板桩规格和工程经验等综合确定；

**4**沉桩过程中，遇到沉桩突然加速、桩身严重倾斜、桩体损坏等情况时，应暂停施工，并分析原因，采取相应措施。

**7.2.7**钢板桩静压沉桩应符合下列规定：

**1**静压沉桩应根据地质条件、钢板桩型号、入土深度等因素，选用单独压入法、水刀辅助压入法、螺旋钻辅助压入法或旋转切削压入法；

**2**压桩时宜将桩一次性连续压到设计标高，合理控制压桩速率；采用静压沉桩法打设长桩时，宜每间隔50m采用楔形桩对钢板桩施打方向的倾斜进行矫正；

**3**出现下列情况之一时，应暂停压桩作业，并分析原因采取相应措施：

1）压力表读数显示情况与勘察报告中的土层性质明显不匹配；

2）桩难以穿越硬夹层；

3）出现异常响声或压桩机械工作状态出现异常；

4）夹持机构打滑；

5）采用已打钢板桩提供静压反力的，在压桩过程中，提供反力的钢板桩上拔位移过大。

**7.2.8**钢板桩及组合钢桩拔出应符合下列规定：

**1**拔桩设备应根据地质条件、场地情况和工程经验进行选择。拔桩阻力应通过现场拔除试验确定；

**2**拔桩的顺序宜与沉桩顺序相反，可根据沉桩时的情况确定拔桩起点；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；对封闭式钢板桩墙，拔桩起点应离开角桩5根以上；

**3**组合钢桩起拔前宜采用振动法先沉入100mm~300mm，再交替打拔至型钢构件拔出；引拔阻力较大时，宜采用间歇振动法，每次振动15min；

**4**拔除后，应按设计要求对桩孔填充处理。桩孔填充材料可采用砂土，也可采用水泥与水玻璃双液浆、水泥浆或水泥砂浆。填充方法可采用振动法、挤密填入法及注入法等，应填充密实。

**7.2.9**组合钢桩不同型钢构件的沉入方式应符合下列规定：

**1**沉入的首根型钢构件应准确定位并控制垂直度；

**2**钢管与钢板桩组合桩应先沉钢管桩后沉钢板桩；

**3**在定位和沉桩过程中，应配备桩身垂直度观测仪器，实时监测组合钢板桩构件的垂直度；施工时应及时矫正构件偏斜，当偏斜过大无法矫正时，应拔起重打。

**7.2.10**组合钢桩回收起点和顺序宜满足下列规定：

**1**拔出顺序宜与沉桩相反，可根据沉桩情况确定拔桩起点；

**2**型钢构件宜分次、分段、间隔拔出，不宜连续拔出；

**3**不宜选择基坑角部位置作为回收起点。

**Ⅱ 型钢水泥土墙施工**

**7.2.11**型钢水泥土墙可采用三轴搅拌桩机、渠式切割水泥土墙、铣削式水泥土搅拌桩机、超高压喷射注浆设备等进行施工，施工前应按施工组织设计要求进行试成桩确定实际采用的水泥浆液水灰比、施工成桩工艺和施工步骤、水泥土成墙工艺应保证水泥土强度和型钢易插入。

**7.2.12**水泥土墙施工时机械就位应对中，平面允许偏差应为±20mm，立柱导向架的垂直度不应大于1/250。

**7.2.13**水泥土墙搭接施工的间隔时间不宜大于24h，当超过24h时，搭接施工时应放慢施工速度。若无法搭接或搭接不良，应作为冷缝记录在案，并应经设计单位认可后，在搭接处采取补救措施。

**7.2.14**施工过程产生的水泥土浆，应收集在导向沟内或现场临时设置的沟槽内，水泥土浆处置应符合相应环保等要求。

**7.2.15**型钢水泥土墙与其他形式支护结构连接处，应采取有效措施确保基坑的截水效果。

**7.2.16**型钢的插入与回收应符合下列规定：

**1**拔型钢宜在水泥土墙施工结束后30min内插入，插入前应检查其平整度和接头焊缝质量；

**2**型钢的插入必须采用固的定位导向架，在插入过程中应采取措施保证型钢垂直度。型钢插入到位后应用悬挂构件控制型钢顶标高，并与已插好的型钢牢固连接；

**3**型钢宜依自重插入，当型钢插入有困难时可采用辅助措施下沉。严禁采用多次重复起吊型钢并松钩下落的插入方法；

**4**拟拔出回收的型钢，插入前应先在干燥条件下除锈，再在其表面涂刷减摩材料。完成涂刷后的型钢，在搬运过程中应防止碰撞和强力擦挤。减摩材料如有脱落、开裂等现象应及时修补；

**5**型钢拔除前水泥土墙与综合管廊结构外墙之间的空隙必须回填密实。拔除时须考虑对周边环境的影响，应采取注浆填充桩孔等措施。

**7.2.17**水泥土成墙后质量检验项目应包括水泥土墙墙身强度检验及墙体质量检验；用作截水帷幕的重要防渗工程，当设计有要求时，应采用芯样渗透试验确定墙体抗渗性能，必要时可结合墙体注水试验综合确定墙体抗渗性能。

**Ⅲ 微型桩施工**

**7.2.18**微型桩施工前宜根据地层条件选择合适的成孔设备及施工工艺，进行现场试验，验证其可行性和可靠性，并确定施工参数。

**7.2.19**潜孔锤成孔施工应符合下列规定：

**1**应保证钻机平稳、在钻进过程中不发生晃动；

**2**钻进速度、风压应根据地层情况进行调整；

**3**钻进过程中应对相邻已成孔及对周边保护建筑、管线等的影响进行监测和巡查；

**4**成孔达到设计要求深度后，应采用空气压缩机清孔吹干孔壁，并及时验孔进行成桩施工；

**5**钻进时易塌孔且孔深较深时，可采用套管全断面跟管连续钻进，成孔后灌注浆料，应待插入钢管后拔出套管。

**7.2.20**岩芯钻机成孔施工应符合下列规定：

**1**应松散地层潜水位以上孔段宜采用干钻，砂层、砾石层、破碎带等地段应采用取样钻进工艺，完整岩层可采用取芯方法成孔；

**2**可采取清水、自然造浆或加入黏土泥浆护壁钻进，泥浆面可至孔口，且不应低于地下水位线以上或需要护壁土层顶面不少于1.0m；

**3**灌浆施工前，孔底0.5m范围内泥浆相对密度不应大于1.2、含砂率不应大于8%、黏度不应大于25Pa·s。

**7.2.21**微型桩应缩短桩孔成孔和灌注水泥浆之间的间隔时间，注浆时应采取措施保证桩长范围内完全灌满水泥浆，注浆时应通过底部一次或多次注浆，且在灌注的过程中应防止钢管上浮。

**7.2.22**微型钢管桩钢管连接应采用套管焊接，套管长度不应小于钢管直径的两倍，壁厚不应小于钢管壁厚，在套筒周边焊接，焊缝应饱满，焊接强度及质量应满足相关规范要求，且接头承载力不应小于母材承载力。

**7.2.23**微型桩的桩位允许偏差100mm，桩身垂直度允许偏差为±2%。

**Ⅳ 内支撑施工**

**7.2.24**支撑系统的施工与拆除顺序应与支护结构的设计工况一致，应遵循先撑后挖、先托后拆的原则，并应结合现场支护结构内力与变形的监测结果进行。

**7.2.25**支撑体系上不应堆放材料或运行施工机械；当需利用支撑结构兼做施工平台或道路通行栈桥时，应进行专门设计。

**7.2.26**围檩施工前应去除围檩处围护墙体表面浮泥和突出墙面的混凝土，且需要保证围檩与围护结构贴合紧密，若围檩安装后与围护结构间出现空隙，应采用钢垫板、钢楔、细石混凝土、水泥砂浆等进行填充。支撑与围檩斜交位置应设置专门的传力构件。

**7.2.27**混凝土支撑施工应符合下列规定：

**1**支撑底模应具有一定的强度、刚度和稳定性，宜用模板隔离，采用土底模挖土时应清除吸附在支撑底部的砂浆块体；

**2**冠梁、围檩与支撑宜整体浇筑；

**3**混凝土支撑应达到设计要求的强度后方可进行支撑下土方开挖。

**7.2.28**钢支撑施工及预应力施加应符合下列规定：

**1**支撑端头应设置封头端板，端板与支撑杆件应满焊；

**2**支撑与冠梁、围檩的连接应牢固，采用无围檩的钢支撑系统时，钢支撑与围护墙体的连接应满足受力要求；

**3**支撑安装完毕后，应及时检查各节点的连接状况，经确认符合要求后方可均匀、对称、分级施加预压力；

**4**预应力施加过程中应检查支撑连接节点，必要时应对支撑节点进行加固；预应力施加完毕、额定压力稳定后应锁定；

**5**钢支撑使用过程应定期进行预应力监测，必要时应对预应力损失进行补偿。

**7.2.29**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。当起重机出现倾覆迹象时，应快速使钢支撑落回基座。钢支撑吊装就位时，现场应做好防下坠措施。

**7.2.30**支撑拆除应在形成可靠换撑并达到设计要求后进行，支撑拆除应符合下列规定：

**1**支撑的拆除，应根据支撑结构特点、永久结构施工顺序、现场平面布置等确定拆除顺序；

**2**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；

**3**换撑工况应满足设计工况要求，支撑应在综合管廊梁板结构及换撑结构达到设计要求的强度后对称拆除；

**4**拆撑过程应加强监测和现场巡视，发现安全隐患应立即停止拆除作业，待隐患排除后方可继续拆除作业。当基坑监测出现预警时，可采取增设支撑、坑外卸载等措施控制基坑变形；

**5**栈桥拆除施工过程中，栈桥上严禁堆载，并应限制施工机械超载，合理制定拆除的顺序，应根据支护结构变形情况调整拆除长度，确保栈桥剩余部分结构的稳定性；

**6**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，并应采用分步卸载钢支撑预应力的方法对其进行拆除。

**Ⅴ 钢筋混凝土围护结构施工**

**7.2.31**灌注桩在施工前宜进行试成孔，试成孔数量应根据工程规模及施工场地地质情况确定，且不宜少于2根。

**7.2.32**当灌注桩桩位邻近的既有建筑物、地下管线、地下构筑物对地基变形敏感时，应根据其位置、类型、材料特性、使用状况等相应采取防护措施。

**7.2.33**灌注桩应采用间隔成桩的施工顺序，已完成浇筑混凝土的桩与邻桩间距应大于4倍桩径，或间隔施工时间应大于36h。

**7.2.34**灌注桩施工质量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。

**7.2.35**咬合桩分I、Ⅱ序跳孔施工，Ⅱ序桩施工时利用成孔机械切割工序桩身，形成连续的咬合桩墙。

**7.2.36**咬合切割分为软切割和硬切割。软切割应采用全套管钻孔咬合桩机、旋挖桩机施工，硬切割应采用全回转全套管钻机施工。

**7.2.37**咬合桩施工前，应沿咬合桩两侧设置导墙，导墙上的定位孔直径应大于套管或钻头直径30mm~50mm，导墙厚度宜为200mm~500mm。导墙结构应建于坚实的地基上，并能承受施工机械设备等附加荷载。套管的垂直度偏差不应大于2%。

**7.2.38**咬合桩施工垂直度偏差不应大于3%，桩位偏差值应小于10mm，桩孔口中心允许偏差应为士10mm。

**7.2.39**采用软切割工艺的桩，I序桩终凝前应完成亚序桩的施工，I序桩应采用超缓凝混凝士，缓凝时间不应小于60h；干孔灌注时，坍落度不宜大于140mm，水下灌注时，坍落度宜为140mm^180mm；混凝土3d强度不宜大于3MPa。软切割的Ⅱ序桩及硬切割的工序、Ⅱ序桩应采用普通商品混凝土。

**7.2.40**咬合桩分段施工时，应在施工段的端头设置一个用砂灌注的Ⅱ序桩用于围护桩的闭合处理。

**7.2.41**地下连续墙的施工应根据地质条件的适应性等因素选择成槽设备。成槽施工前应进行成槽试验，并应通过试验确定施工工艺及施工参数。

**7.2.42**当地下连续墙邻近的既有建筑物、地下管线、地下构筑物对地基变形敏感时，地下连续墙的施工应采取有效措施控制槽壁变形。

**7.2.43**地连墙施工应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004及现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的有关规定。

**Ⅵ 其他支护结构施工**

**7.2.44**土钉及锚杆不宜超出建设用地红线范围，同时不应进入邻近建（构）筑物基础或基础下方。当土钉及锚杆穿过的地层附近存在既有地下管线时，应在调查或探明其位置、材质、尺寸、走向、类型、使用状况等情况后进行施工。

**7.2.45**应根据场地的土层性状和地下水条件选择土钉及锚杆的成孔工艺，当成孔过程中遇不明障碍物时，在查明其性质前不得钻进。

**7.2.46**综合管廊基坑宽度较小钢筋杆体需要接长时，杆体宜采用机械连接、双面搭接焊、双面帮条焊连接；采用双面焊时，焊缝长度不应小于杆体钢筋直径的5倍。

**7.2.47**土钉、锚杆及面层的施工要求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。

## 7.3 基坑开挖及回填

**7.3.1**综合管廊基坑开挖应符合下列规定：

**1**采用支撑的管廊基坑可采用纵向斜面分层分段开挖的方法，斜面应设置多级放坡，其分层厚度、各阶段形成的放坡和纵向总坡的稳定性应满足现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的规定；

**2**每层每段开挖和支撑形成的时间应符合设计要求；

**3**基坑土方应分层分区开挖，各区开挖至坑底后应及时施工垫层和基础底板；

**4**临近基坑边的局部深坑宜在大面积垫层完成后开挖。

**7.3.2**土方工程施工前，应采取有效的地下水控制措施。基坑内地下水位应降至拟开挖下层土方的底面以下不小于0.5m。

**7.3.3**基坑开挖过程中，当基坑周边相邻工程进行桩基、基坑支护、土方开挖、爆破等施工作业时，应根据相互之间的施工影响，采取可靠的安全技术措施。

**7.3.4**设有内支撑的基坑开挖应遵循“先撑后挖、限时支撑”的原则，减小基坑无支撑暴露的时间和空间。

**7.3.5**下层土方的开挖应在支撑达到设计要求后方可进行。挖土机械和车辆不得直接在支撑上行走或作业，严禁在底部已经挖空的支撑上行走或作业。

**7.3.6**土钉及锚杆支护的基坑开挖应分层分段进行，每层开挖深度应根据土钉、土层锚杆施工作业面确定，并满足设计工况要求，每层分段长度不宜大于30m。**7.3.7**基坑开挖应进行全过程监测，应采用信息化施工法，根据基坑支护体系和周边环境的监测数据，适时调整基坑开挖的施工顺序和施工方法。

**7.3.8**基坑回填施工应符合下列规定：

**1**回填土料应符合设计要求，土料不得采用淤泥和淤泥质土，有机质含量不大于5%，土料含水量应满足压实要求；碎石类土或爆破石用作填料时，其最大粒径不应大于每层铺填厚度的2/3，铺填时大块料不应集中，且不得回填在分段接头处；

**2**肥槽空间狭小时宜采用流态固化低强度等自密实材料进行回填；

**3**土方回填前，应根据工程特点、土料性质、设计压实系数施工条件等合理选择压实机具，并确定施工参数；

**4**应在管廊结构外墙防水施工完毕且验收合格后方可回填，防水层外侧宜设置保护层；

**5**围护墙与管廊结构外墙之间的土方回填，应与基坑换撑施工工况保持一致；

**6**宜对称、均衡地进行土方回填。

**7.3.9**土方工程施工前应考虑土方量、土方运距、土方施工顺序地质条件等因素，进行土方平衡和合理调配，确定土方机械的作业线路、运输车辆的行走路线、弃土地点。挖土机械、土方运输车辆等通过坡道进入作业点时，应采取保证坡道稳定的措施。

## 7.4 地下水控制施工

**7.4.1**应依据拟建场地的工程地质、水文地质、周边环境条件，以及基坑支护设计和降水设计等文件，结合类似工程经验，编制降水施工方案。

**7.4.2**降排水系统应保证水流排入市政管网或排水渠道，应采取措施防止抽排出的水倒灌流入基坑。

**7.4.3**当支护结构或地基处理施工时，应采取措施防止管井、真空井点的失效。

**7.4.4**降水过程中，应对地下水位变化和周边地表及建（构）筑物变形进行动态监测，根据监测数据进行信息化施工。当因地下水或地表水控制原因引起基坑周边建（构）筑物或地下管线产生超限沉降时，应查找原因并采取有效控制措施。

**7.4.5**减压降水运行应符合下列规定：

**1**应符合按需减压的原则，制定详细的减压降水运行方案，当基坑开挖工况发生变化或周边环境有较大影响时，应及时调整或修改降水运行方案；

**2**现场排水能力应满足所有减压井（包括备用井）全部启用时的排水量，所有减压井抽出的水体应排到基坑影响范围以外；

**3**减压井全部施工完成、现场排水系统安装完毕后，应进行一次群井抽水试验或减压降水试运行；

**4**降水运行正式开始前一周内应测定环境背景值，监测内容应包括基坑内、外的初始承压水位、基坑周边相邻地面沉降初值被保护对象及基坑围护体的变形等，降水运行过程中，应及时整理监测资料，绘制曲线，预测可能发生的问题并及时处理。

**7.4.6**降水井施工、集水明排、降水运行维护等要求应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120和《建筑与市政工程地下水控制技术规范》JGJ 111的有关规定。

**7.4.7**截水帷幕的施工应与支护结构施工相协调，施工顺序应符合下列规定：

**1**独立的、连续性截水帷幕，宜先施工帷幕，后施工支护结构；

**2**对嵌入式截水帷幕，当采用搅拌工艺成桩时，可先施工帷幕桩，后施工支护结构；

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

**4**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，应同时满足相邻支护结构施工时的自身稳定性要求和相邻支护结构施工要求。

**7.4.8**采用钢板桩或组合钢桩作为截水帷幕时，应符合下列规定：

**1**钢板桩或组合钢桩截水帷幕应为锁口式构造；

**2**沉桩前应在锁口内嵌填黄油、沥青或其他密封止水材料；

**3**钢板桩或组合钢桩锁口应平直通顺，互相咬合，使用前应通过套锁检查。

**7.4.9**截水帷幕施工尚应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79和《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的有关规定。

**7.4.10**当基坑外地下水位降幅较大、基坑周围存在需要保护的建（构）筑物或地下管线时，宜采用地下水人工回灌措施。应根据降水布置、出水量、现场条件建立回灌系统，回灌点应布置在被保护建筑与降水井之间，并应通过现场试验确定回灌量和回灌工艺。

## 7.5 环境风险控制

**7.5.1**综合管廊基坑施工前应进行安全风险源辨识，对安全风险进行等级评定与风险排序，并按照其等级高低，制定针对性的风险处置措施及应急预案，实施风险监测、跟踪与记录。

**7.5.2**综合管廊基坑施工应结合工程的具体实施方案、自身及环境风险的控制和处置、风险监测等进行安全风险分析评价，并应包含以下内容：

**1**分析所采用支护形式自身的风险，判断支护结构设计的合理性；

**2**分析基坑支护形式对周边环境可能产生的影响；

**3**评价所采用环境保护措施的合理性和有效性；

**4**评估风险监测方案的合理性和可实施性。

**7.5.3**综合管廊基坑施工应制定专项应急预案，对风险源辨识内容提出相应的风险管控处置措施。

**7.5.4**基坑施工时应对主要风险源进行重点监测，建立监测数据与施工管理的反馈机制，分析监测数据中的异常和趋势，发现并消除潜在的安全隐患，指导基坑工程的信息化施工。

# 8 工程监测

**8.0.1**城市综合管廊基坑的监测方法、精度要求、数据处理与信息反馈应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497与《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911的有关规定。

**8.0.2**城市综合管廊基坑施工期间的工程监测应能验证设计、施工及环境保护等方案的安全性、适用性及合理性，及时动态调控，优化设计和施工参数，分析和预测邻近建（构）筑物的安全状态及其发展趋势，做到信息化施工。

**8.0.3**基坑工程施工前，应根据基坑支护结构的安全等级、环境保护要求等编制监测方案。基坑工程监测方案应包括下列内容：工程概况、监测项目、测点布置、监测方法、监测元件和仪器、监测频率和预警值、监测数据处理及监测成果等。

**8.0.4**监测工作应贯穿于基坑工程和地下工程施工全过程。监测工作应从基坑工程施工前开始，直至地下工程完成为止。对有特殊要求的基坑周边环境的监测应根据需要延续至变形趋于稳定后结束。

**8.0.5**城市综合管廊基坑工程监测范围应根据基坑开挖深度、地质条件、周边环境情况、基坑设计安全等级、支护结构类型、施工方法等综合确定。

**8.0.6**城市综合管廊基坑工程监测项目、监测断面选择、监测点布置等内容可按现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497与《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911的有关规定执行。

**8.0.7**工程监测频率应综合考虑基坑支护、基坑及地下工程的不同施工阶段以及周边环境、自然条件的变化和当地经验确定。仪器监测频率应符合下列规定：

**1**对于应测项目，在无异常情况下，开挖后的监测频率可按表8.0.7确定；

**表8.0.7 现场仪器监测的监测频率**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 基坑设计安全等级 | 施工进程 | | 监测频率 |
| 一级 | 开挖深度*h* | ≤*H*/3 | 1次/（2~3）d |
| *H*/3~2*H*/3 | 1次/（1~2）d |
| 2*H*/3~*H* | （1~2）次/d |
| 地下结构施工过程中（d） | | （1~2）次/d |
| 二级 | 开挖深度*h* | ≤*H*/3 | l次/3d |
| *H*/3~2*H*/3 | l次/2d |
| 2*H*/3~*H* | l次/d |
| 地下结构施工过程中（d） | | 1次/（1~2）d |

注：1 *h*——基坑开挖深度；*H*——基坑设计深度；

2 支撑结构开始拆除到拆除完成后3d内监测频率加密为1次/d；

3 基坑工程施工至开挖前的监测频率视具体情况确定；

4 当基坑设计安全等级为三级时，监测频率可视具体情况适当降低；

5 宜测、可测项目的仪器监测频率可视具体情况适当降低。

**2**当基坑支护结构监测值相对稳定，开挖工况无明显变化时，可适当降低对支护结构的监测频率；

**3**当基坑支护结构、地下水位监测值相对稳定时，可适当降低对周边环境的监测频率；

**4**当工程监测出现异常或出现可能危及工程及周边环境安全的事故征兆时，应提高监测频率，并及时通知有关各方及时分析原因并采取应急措施。

**8.0.8**当符合下列条件时，宜采用自动化监测系统实施监测：

**1**需要进行高频次或连续实时观测的监测项目；环境条件不允许或不可能用人工方式进行观测的监测项目；

**2**影响操作人员身体健康安全的监测项目；

**3**基坑支护结构的安全等级为一级，在施工关键工序作业期间，支护结构关键部位或重点保护环境设施的监测项目。

**8.0.9**城市综合管廊基坑工程监测预警值、预警分级标准可按现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497与《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911的有关规定执行。

# 8 检测和验收

## 9.1 检测

**9.1.1**支护结构施工前，应进行原材料质量检验。除强度或承载力等主控项目外，其他项目应按检验批抽取，检验批次和抽检数量应满足设计要求，并应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300的有关规定。

**9.1.2**当采用钢板桩及组合钢桩支护时，应对桩身长度、桩位偏差、弯曲度、垂直度、锁口咬合程度、平直度、支护结构变形、渗漏等项目进行检测。

**9.1.3**水泥土成墙后质量检验项目应包括水泥土墙身强度检验及墙体质量检验；用作截水帷幕的重要防渗工程，当设计有要求时，应采用芯样渗透试验确定墙体抗渗性能，必要时可结合墙体注水试验综合确定墙体抗渗性能。

**9.1.4**水泥土墙应采用钻芯法检测，强度检验的水泥土龄期不应少于28d，并应满足下列规定：

**1**水泥土搅拌桩的强度宜采用浆液试块强度试验的方法确定，也可采用钻取桩芯强度试验的方法确定。浆液试块强度试验每台班应抽检1根桩，每根桩不应少于2个取样点。钻取芯样强度试验取芯孔数量不应少于施工总桩数的2%，且不得少于3根，每个钻孔取芯数量不宜少于5组；

**2**渠式切割水泥土搅拌墙的强度应采用现场钻取芯样强度试验的方法确定；取芯孔数量宜每50延米取1个，且不应少于3个。墙体深度方向长度不大于30m时，每个钻孔取芯数量不应少于3组；墙体深度方向长度大于30m时，每增加10m应增加取芯数量不少于1组；

**3**铣削式水泥土搅拌墙的强度应采用现场钻取芯样强度试验的方法确定；取芯孔数量不宜少于施工总墙幅数的5%，且不应少于3个；每个钻孔取芯数量不应少于3组。墙体深度方向长度不大于30m时，每个钻孔取芯数量不应少于3组；墙体深度方向长度大于30m时，每增加10m（不足10m按10m计）应增加取芯数量不少于1组；

**4**超高压喷射注浆桩的强度应采用现场钻取芯样强度试验的方法确定；检验桩数量不宜少于施工总桩数的1%，且不应少于3根；桩身直径大于2000mm时，每桩钻取的芯样孔不宜少于2孔。桩体深度方向长度不大于30m时，每个钻孔取芯数量不应少于3组；桩体深度方向长度大于30m时，每增加10m（不足10m按10m计）应增加取芯数量不少于1组。

**9.1.5**当采用微型桩支护时，应对灌浆固结体强度检验、桩身长度、桩位偏差、弯曲度、垂直度、支护结构变形等项目进行检测。

**9.1.6**当混凝土灌注桩的质量检验应符合下列要求：

**1**灌注桩施工过程中，应按现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202的有关规定对桩的成孔中心位置、孔深、孔径、垂直度、孔底沉渣厚度进行检验；

**2**桩身混凝土抗压强度试块，每50m³混凝土不应少于1组，且每根桩不应少于1组，每台班不应少于1组；

**3**应采用低应变动测法检测桩身完整性，对于咬合式排桩宜采用声波透射法进行检测；检测桩数不宜少于总桩数（或有筋桩总数）的20%，且不得少于5根；

**4**当判定桩身质量存在问题时，应采用钻芯法进一步验证桩身完整性及混凝土强度。

**9.1.7**现浇地下连续墙的质量检验应符合下列规定：

**1**应进行槽壁垂直度检验，检验数量不得少于同条件下总槽段数的20%，且不得少于10幅；槽壁垂直度允许偏差为1/300；

**2**应对每个槽段进行槽底沉渣厚度检验，沉渣厚度不应大于200mm；

**3**成槽深度不应小于设计深度，且允许偏差为100mm；

**4**墙体厚度允许偏差为0~+50mm；

**5**应对墙身混凝土试块质量进行检验，其墙身混凝土抗压强度试块每100m³混凝土应少于1组，且每幅槽段不应少于1组，每组宜为3件；墙身混凝土抗渗试块每5幅槽段不应少于1组，且每组宜为6件；

**6**墙体混凝土质量应采用超声波透射法进行检验，同类型槽段的检测数量不宜少于20%，且不宜少于3幅；

**7**必要时可采用钻芯法对地下连续墙混凝土强度质量进行检验，单幅墙身的钻孔取芯数量不应少于2个；钻孔取芯完成后应对芯孔进行注浆填充密实。

**9.1.8**支撑的质量检验应符合下列要求：

**1**钢筋混凝土支撑截面尺寸允许偏差为-10mm~+20mm；

**2**支撑标高允许偏差为20mm；

**3**支撑轴线平面位置允许偏差为30mm；

**9.1.9**土钉及锚杆的相关检测要求应满足现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的有关规定。

## 9.2 验收

**9.2.1**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。

**9.2.2**围护结构施工完成后的质量验收应在基坑开挖前进行，支锚结构的质量验收应在对应的分层土方开挖前进行，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。

**9.2.3**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的围护墙表观质量，支护结构的变形，渗漏水情况等项目进行检查。

**9.2.4**除强度或承载力等主控项目外，其他项目应按检验批抽取。

**9.2.5**综合管廊基坑支护的各分项工程应划分检验批成批验收，检验批的划分应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300及《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202的有关规定。

**9.2.6**综合管廊基坑支护工程验收时应提交下列资料：

**1**岩土工程勘察报告；

**2**支护结构设计文件、图纸会审记录和技术交底资料；

**3**施工组织设计及专项施工方案；

**4**工程测量、定位放线记录；

**5**原材质量合格证明；

**6**施工记录及施工单位自查评定报告；

**7**基坑监测报告；

**8**隐蔽工程验收资料；

**9**检验与检测报告；

**10**其他应提供的文件和记录。

# 附录 A 液压伺服控制系统设置要点

**A.0.1**液压伺服预应力系统宜由电源系统、中央控制系统、终端控制系统、液压系统和无线传输系统等组成。



**图A.0.1 液压伺服预应力系统组成**

1—电源系统；2—中央控制系统；3—终端控制系统；4—液压系统；5—无线传输系统；6—液压油泵；7—轴力加压端

**A.0.2**支撑应通过液压伺服预应力系统的自动补偿功能保障轴力输出稳定，结合支撑轴力监测信息控制组合支撑体系的工作状态。

**A.0.3**液压伺服预应力系统应设置在电力供应、控制系统、液压系统、机械装置等设置冗余，保障液压伺服预应力系统在基坑的设计使用期限内可靠工作。

# 附录 B 综合管廊基坑施工监测控制标准

**B.0.1**综合管廊基坑支护施工过程既有建（构）筑物的沉降、差异沉降和倾斜控制应符合下列规定：

**1**控制值应在调查与分析既有建（构）筑物的使用功能、建筑规模、修建年代、结构形式、基础类型、地质条件等基础上，结合其与基坑工程的空间位置关系及当地工程经验确定，并应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关规定；

**2**当无地方工程经验时，对于风险等级较低且无特殊要求的建（构）筑物，沉降控制值可取10mm~30mm，变化速率控制值可取1mm~3mm/d，差异沉降控制值可取相邻基础中心距离的0.1%~0.2%。

**B.0.2**既有桥梁检测项目控制值应在调查分析桥梁规模、结构形式、基础类型、结构材料等的信息的基础上，结合其与基坑工程的空间位置关系及当地工程经验确定，并应符合现行行业标准《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99的有关规定。

**B.0.3**周边地下管线监测项目控制值应在调查了解管线功能、材质、管径、接口形式、埋置深度、铺设方法、敷设年代等的基础上，结合其与基坑工程的空间位置关系和当地工程经验确定；无当地工程经验时，对风险等级较低且无特殊要求的地下管线沉降及差异沉降控制值可按表B.0.3确定。

**表B.0.3 地下管线沉降及差异沉降控制值**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 管道类型 | 沉 降 | | 差异沉降 |
| 累计值（mm） | 变化速率（mm/d） |
| 燃气管道 | 10～30 | 2 | 0.3% |
| 雨污水管 | 10～20 | 2 | 0.25% |
| 供水管 | 10～30 | 2 | 0.25% |
| 电力管道 | 15～30 | 2 | 0.3% |

**B.0.4**既有高速公路与城市道路的监测项目控制值应在调查分析道路等级、路面路基材料、道路现状情况等的基础上，结合其与基坑工程的空间位置关系和当地工程经验确定，当无地方工程经验时，对风险等级低且无特殊要求的高速公路与城市道路，路基沉降控制值可按表B.0.4确定。

**表B.0.4 路基沉降控制值**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 监测项目 | | 累计值 （mm） | 变化速率（mm） |
| 路基沉降 | 高速公路、城市主干道 | 10 | 3 |
| 一般城市道路 | 20 | 3 |

**B.0.5**既有城市轨道交通设施的监测项目控制值应符合现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911的有关规定。既有铁路线路设施的监测项目控制值应符合现行行业标准《铁路轨道工程施工质量验收标准》TB 10413的有关规定。

# 本规程用词说明

为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

**1**表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

**2**表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

**3**表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

**4**表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

# 引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

《建筑地基基础设计规范》GB 50007

《钢结构设计标准》GB 50017

《岩土工程勘察规范》GB 50021

《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202

《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205

《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300

《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497

《钢结构焊接规范》GB 50661

《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911

《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004

《工程勘察通用规范》GB 55017

《混凝土结构设计标准》GB/T 50010

《市政工程勘察规范》CJJ 56

《建筑地基处理技术规范》JGJ 79

《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99

《建筑与市政工程地下水控制技术规范》JGJ 111

《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120

《铁路轨道工程施工质量验收标准》TB 10413

《型钢水泥土搅拌墙技术规程》JGJ/T 199

《渠式切割水泥土连续墙技术规程》JGJ/T 303

《咬合式排桩技术标准》JGJ/T 396

《钢板桩支护技术规程》T/CECS 720

# 附：条文说明

**中国工程建设标准化协会标准**

**城市综合管廊基坑支护技术规程**

**T/CECS XXX-202X**

**条 文 说 明**

目 次

[1 总 则 44](#_Toc178112185)

[3 基本规定 45](#_Toc178112186)

[4 调查与勘察 46](#_Toc178112187)

[5 支护结构设计 47](#_Toc178112188)

[5.1 一般规定 47](#_Toc178112189)

[5.2 钢板桩及组合钢桩 47](#_Toc178112190)

[5.3 型钢水泥土墙 49](#_Toc178112191)

[5.4 微型桩 50](#_Toc178112192)

[5.5 钢筋混凝土围护结构 50](#_Toc178112193)

[5.6 支撑体系 51](#_Toc178112194)

[5.7 其他支护结构 52](#_Toc178112195)

[6 地下水控制 53](#_Toc178112196)

[6.1 一般规定 53](#_Toc178112197)

[6.2 截水 54](#_Toc178112198)

[6.3 降水与排水 56](#_Toc178112199)

[7 施 工 58](#_Toc178112200)

[7.1 一般规定 58](#_Toc178112201)

[7.2 支护结构施工 59](#_Toc178112202)

[7.3 基坑开挖及回填 64](#_Toc178112203)

[7.4 地下水控制施工 66](#_Toc178112204)

[7.5 环境风险控制 67](#_Toc178112205)

[8 数据采集与数据预处理 68](#_Toc178112200)

[9 检测和验收 69](#_Toc178112206)

# 1 总 则

**1.0.1**本规程编制的目的是对城市综合管廊基坑支护的勘察、设计、施工、检测、验收、监测、风险控制及地下水控制等相关工作进行规范。近年来城市基础设施建设的迅猛发展，城市综合管廊因其在有效利用城市道路地下空间、增强城市韧性、节约城市用地、美化城市环境等方面具有突出优势，在城市建设中逐渐得到广泛应用。综合管廊基坑普遍具有施工周期短，支护结构服役时间短等特点，因此与施工成型快、工程造价经济、对环境破坏与影响小的支护结构较为契合。为促进我国各地区在综合管廊基坑支护设计方法与施工技术的规范化，提高综合管廊基坑工程的施工质量，致力满足基坑可靠支护与周边环境保护与风险控制的重大需求，特制订本规程。

**1.0.2**本条明确了本规程的适用范围。本规程的规定限于临时性基坑支护，支护结构和构造未考虑耐久性问题，荷载及其分项系数按临时作用考虑。对于特殊性土及岩质地层，应根据当地工程经验，在充分考虑地层岩土体的工程特性对支护结构的影响后，再按照本规程中相关规定进行设计及施工。

**1.0.3**城市综合管廊基坑支护技术涉及岩土工程、结构工程以及监测和监测等多技术领域，应用本规程时，应结合实际情况，遵守其他相关规范的要求。

# 3 基本规定

**3.0.2**综合管廊基坑支护工程是为满足综合管廊的施工而采取的临时性措施。因此支护结构除满足综合管廊主体结构施工要求外，还需要满足基坑周边环境要求。

**3.0.4**本规程的安全等级及重要性系数取值依据现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153中的相关原则，将城市综合管廊基坑支护结构的安全等级划分为三个安全等级。设计者及发包商在按本规程表3.0.4的原则选用支护结构安全等级时应掌握的原则是：基坑周边存在受影响的重要既有住宅、公共建筑、道路和地下管线等时，或因场地的地质条件复杂、缺少同类地质条件下相近基坑深度的经验时，支护结构破坏、基坑失稳或变形过大对人的生命、经济、社会或环境影响很大，安全等级应定为一级当支护结构破坏、基坑过大变形不会危及人的生命、经济损失轻微、对社会或环境的影响不大时，安全等级可定为三级。对大多数基坑，安全等级应该定为二级。

对内支撑结构，当基坑一侧支撑失稳破坏殃及基坑另一侧支护结构因受力改变而使支护结构形成连续倒塌时，相互影响的基坑各边支护结构应取相同的安全等级。

**3.0.5**近些年来基坑工程支护技术有了长足的发展，工程建设中对于环境保护、绿色节能也提出了更高的要求。针对传统支护体系存在的诸多问题，我国科技人员和工程技术人员研发了型钢组合支撑基坑支护、新型沟渠类支撑系统、静压植桩支护、可回收钢管桩体系支护、型钢水泥土墙支护、可回收锚索、基坑施工隔离保护、让压预应力玻璃钢锚杆等新型绿色基坑技术，贯彻了“绿色、低碳、节能、减排”的环保理念，符合国家可持续发展战略。

由于综合管廊结构施工速度较快，支护使用的实际时间仅约2～3个月，甚至更短，受季节、水位、气温等因素的影响较小，采用绿色可回收支护结构可以充分发挥施工简便快捷，节省工期，施工无污染，材料可回收节省造价等优点。钢板桩、组合钢桩、型钢水泥土墙、钢支撑等支护结构，在城市综合管廊基坑支护中得到了充分的应用。

**3.0.9**使用可回收支护体系的基坑工程，基坑监测应贯穿施工、使用及回收的全过程，回收期应重点观测对周边环境的影响。

# 4 调查与勘察

**4.0.2~4.0.3**环境保护是基坑工程设计和施工的重要任务之一，在建（构）筑物密集、管线众多的区域尤其突出。由于对周边建（构）筑物及设施情况不了解就盲目开挖有可能导致生态环境破坏，故事前开展环境状况调查十分必要。

**4.0.4**基坑周边环境条件是支护结构设计的重要依据之一，尤其对于综合管廊基坑工程，城市内的基坑周围通常存在既有建筑物、各种市政管线、道路等，基坑支护应确保其安全不受损害。同时，基坑周边既有建（构）筑物荷载可能会增加作用支护结构上的荷载，支护结构的施工也需要考虑周边建筑物地下室、管线、地下构筑物等的影响。

**4.0.7**不良地质作用、地质灾害、特殊性岩土等往往对综合管廊基坑工程方案产生重大影响，由于不良地质作用、地质灾害、特殊性岩土等岩土工程问题往往具有复杂性和特殊性，采用常规的勘探手段，在常规的勘探工作量条件下难以查清。因此，对工程方案有重大影响的岩土工程问题应进行专项勘察工作，提出有针对性的工程措施建议，确保工程设计经济、合理，工程施工安全、顺利。地下水对基坑工程的设计和安全有着重要影响，当水文地质条件复杂且已有勘察资料不能满足分析评价要求时，应通过专门的水文地质勘察确定相关水文地质参数。

# 5 支护结构设计

## 5.1 一般规定

**5.1.1**城市综合管廊明挖基坑一般采用钢板桩、组合钢桩、型钢水泥土墙等可回收支护结构，在用地紧张且环境保护要求高的区域可采用地下连续墙、排桩、咬合桩等钢筋混凝土支护结构；放坡空间允许、深度浅的综合管廊基坑也可采用放坡开挖或土钉墙。

**5.1.2**在基坑支护结构计算时，除土体直接作用在支护结构上形成土压力外，周边建（构）筑物、施工材料、设备、车辆等荷载虽未直接作用在支护结构上，但其作用通过土体传递到支护结构上，也对支护结构上土压力的大小产生影响。土的冻胀、温度变化、混凝土收缩徐变等也会使土压力发生改变。本条列出影响土压力的各种因素，其目的是在土压力计算时，要把各种影响因素考虑周全。

**5.1.3**极限状态设计方法的通用表达式依据现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153确定。

**5.1.4**重复使用的钢板桩应先进行断面测量，按实际的断面进行计算，截面惯性矩和截面模量应分别乘以折减系数。折减系数宜根据钢板桩重复使用次数及钢板桩构件情况，通过试验确定。若无相关经验时，可取0.85~0.95。

**5.1.8**综合管廊基坑工程通常为狭长形基坑，其平面长度尺寸通常远大于宽度、深度及嵌固深度，具有空间效应的特点。在进行基坑稳定性验算时，所假定的圆弧滑动面会穿过对面一侧竖向支挡结构，对面一侧竖向支挡结构及土体将对滑动面产生有利作用，常以嵌固深度和基坑宽度的尺寸关系进行判定。

## 5.2 钢板桩及组合钢桩

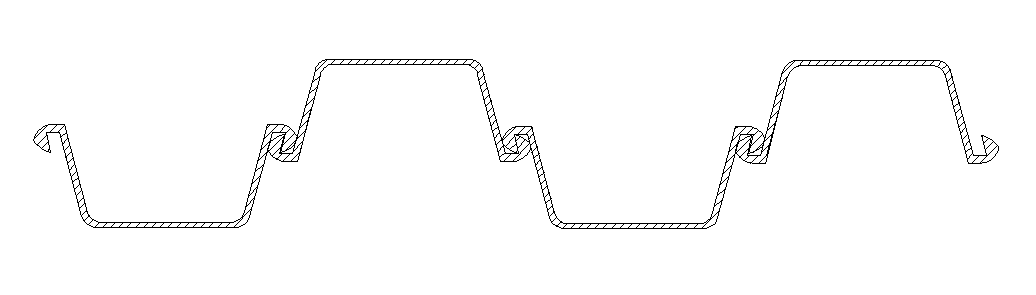
**5.2.1**钢板桩可采用冷弯钢板桩和热轧钢板桩，截面形式也有很多，常用的为U型（拉森式）钢板桩，采用小企口搭接施工。

当基坑开挖深度较深，基坑变形控制要求较严格时，为增加支护结构的结构刚度，可采用组合钢桩，利用型钢截面模量大的特点，提高组合钢桩支护结构的抗弯、约束变形的能力，常用钢板桩与钢管桩组合，具体布置形式根据设计计算采用密插、插一跳一或插一跳二的组合布置型式。

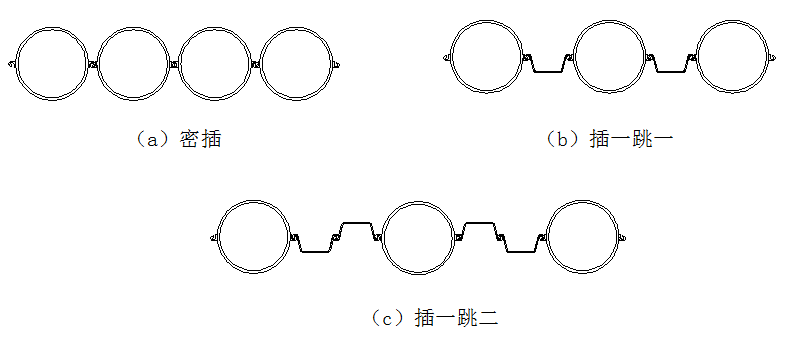
悬臂式支护结构顶部位移较大，当基坑较浅且基坑周边环境对支护结构位移的限制不严格时，可采用此支护形式。锚拉式和支撑式支护结构易于控制水平变形，钢板桩挡土构件内力分布均匀，当基坑较深或基坑周边环境对支护结构位移要求严格时，常采用这种结构形式。

从技术角度来看，支撑式支护结构比锚拉式支护结构适用范围更宽，但内支撑的设置给后期土方开挖及地下结构施工带来的影响较大，而锚拉式支护结构可以给后期土方开挖及地下结构施工提供很大的便利。但锚拉式支护结构也有其使用条件，锚杆长期留在地下，给相邻地域的使用和地下空间开发利用造成障碍，不符合保护环境和可持续发展的要求。

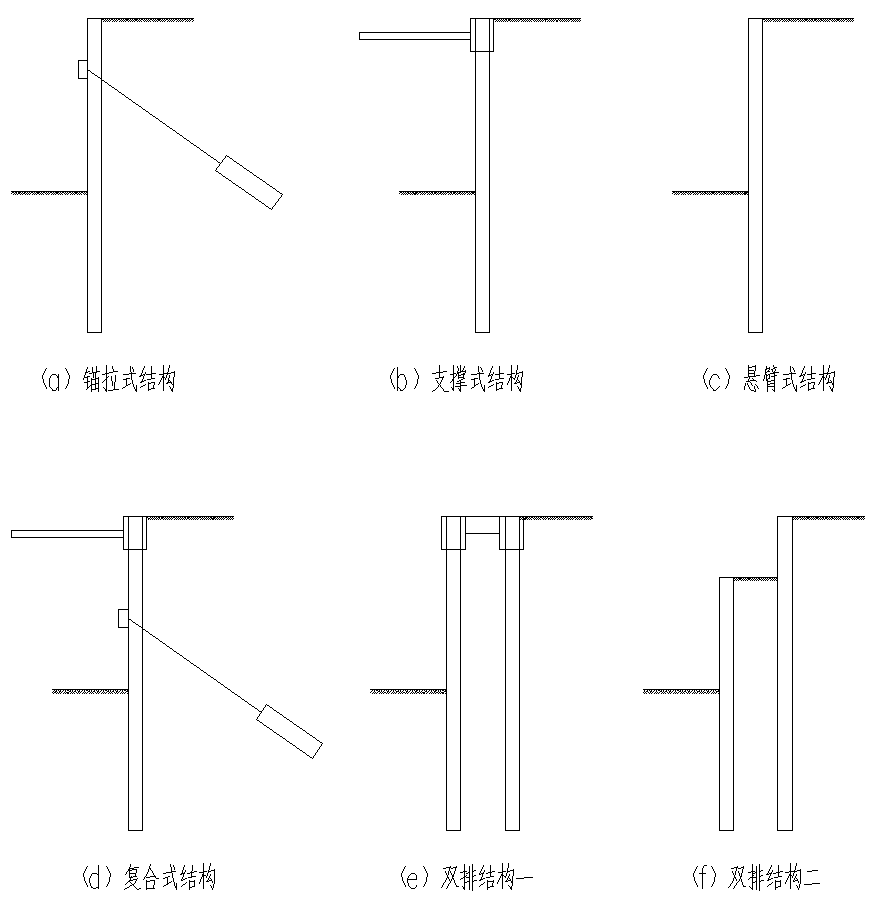
双排结构其抗侧移刚度大于单排悬臂结构，其内力分布明显优于悬臂结构，在双排结构顶部设置刚架梁后支护结构桩顶位移明显小于单排悬臂钢板桩，在单排钢板桩不满足承载力、变形等要求的情况下，双排式钢板桩是一种可供选择的基坑支护结构。



**图1 钢板桩布置形式**



**图.2 钢管桩+钢板桩组合布置型式**



**图3 钢板桩支护结构类型**

**5.2.6**由于钢管桩与钢板桩组合钢桩中的钢管截面刚度显著大于钢板桩，目前常规设计仅将组合钢桩中所含的U型钢板桩作为截水构件，其抗力作为一种强度储备，在计算中忽略其所提供的抗力。

有时，钢管间距较大时，钢板桩所提供的抗力较高，忽略其抗力贡献可能造成经济性不佳；考虑到上述因素，本条未严格限制设计中考虑钢管桩与钢板桩组合钢桩内所含钢板桩的抗力贡献，可根据当地的实际工程的应用情况进行设计方案优化以提高经济性。

**5.2.7**钢板桩、型钢以3m为模数。

**5.2.9**钢板桩宜优先选用定尺标准件，减少焊接。

## 5.3 型钢水泥土墙

**5.3.1**本条规定了型钢水泥土墙的适用范围，一般适用于填土、淤泥质土、黏性土、粉土、砂土、饱和黄土等地层。对于杂填土地层，施工前需清除地下障碍物。对于粗砂、砂砾等粗粒砂性土地层，应注意有无明显的流动地下水，以防止固化剂尚未硬化流失而影响工程质量。

淤泥、泥炭土、盐渍土、有机质土、地下水具有腐蚀性的地层中含有影响水泥土固化剂硬化的成分，会对墙体质量造成不利的影响；对于湿陷性土、冻土、膨胀土、盐渍土等特殊性岩土、应根据地区经验并通过现场试验确定型钢水泥土墙的适用性后方可进行设计与施工。

**5.3.2**当基坑邻近古树名木时，支护结构的选型应避免对树木根系和根植土的损坏，并避免阻断地下水，且应避免泥浆污染对植物根系的不利影响。当在支护结构外侧附加钢板桩作为隔离措施时，钢板桩的深度设计应充分考虑泥浆在拟建场地土层的渗流影响，桩底标高低于基坑支护底不宜小于1.5m；施工时宜采用小锁口打入方式，且桩间接口处充填的止水油脂不应对植物和土壤环境产生环境污染危害。

**5.3.3**墙体趋于弯曲破坏时，在弯曲破坏发生处，型钢与水泥土的粘结会完全破坏，型钢单独受力。当在型钢上涂刷减摩材料时，型钢与水泥土的粘结破坏现象更为明显。故验算承载能力极限状态下型钢水泥土墙的抗弯承载力时，不应考虑水泥土的贡献。

**5.3.11**型钢间接头的布置及焊接对于型钢水泥土墙的受力至关重要。

**5.3.12**冠梁对提高挡土结构的整体性具有重要作用，由于墙身由两种刚度差异较大的材料组成，冠梁的作用更加突出，同时冠梁的设置也为后期型钢的拔除回收提供有利的施工条件。

## 5.4 微型桩

**5.4.1**城市综合管廊基坑工程可能需要在层高较低的既有结构下部施工或离地较近的既有桥梁、空中连廊、高压电缆下方进行低净空施工；同时也可能因道路、管线搬迁的条件限制，需在非常局促狭小的场地内施工，无法采用常规的施工机械，此时可采用设备高度较低、占用空间较小的钻孔设备，采用微型桩进行支护。

**5.4.4**采用可回收钢管时宜在微型桩嵌固段进行注浆，以提高支护结构的嵌固稳定性。为便于后期钢管回收，微型桩顶部也可采用槽钢、螺杆等钢构件连接的钢冠梁。

## 5.5 钢筋混凝土围护结构

**5.5.1**在基坑工程实践中，排桩桩型主要以混凝土灌注桩为主，但有些情况下，也采用预制钢筋混凝土桩。

因城市综合管廊基坑通常施工周期较短，具备采用预制桩条件下的综合管廊基坑工程通长均采用型钢等可回收的钢桩，本节中所述的钢筋混凝土围护结构均为现浇混凝土结构。

**5.5.4**对于有筋和无筋桩搭配的咬合式排桩，当无筋桩仅起止水作用时，桩身强度等级可低于有筋桩，桩身长度也可较有筋桩短，但需满足抗渗流和咬合面抗剪、防渗漏的计算要求。

有筋桩和无筋桩搭配的咬合式排桩，无筋桩的存在加大了受压区混凝土的面积，对咬合式排桩承载力的提高有一定作用。因此，计算时只计入有筋桩的承载力，把无筋桩对承载力的贡献作为结构的安全储备。

**5.5.8**冠梁是支护结构的组成部分，应符合梁的构造要求。当冠梁上不设置锚杆或支撑时，冠梁可以仅按构造要求设计，按构造配筋。当冠梁上设置锚杆或支撑时，冠梁起到传力作用，除需满足构造要求外，应按梁的内力进行截面设计。

## 5.6 支撑体系

**5.6.1~5.6.2**冠梁、围檩、水平支撑是平面支撑体系的基本构件。冠梁和围檩的作用是加强挡土构件的整体性，并将受到的水平力传递给支撑构件，要求具有足够的平面刚度并与挡土构件紧密结合。

采用无围檩支撑体系时，在每道支撑位置，地下连续墙每幅槽段上应设置不少于2个支撑点，支撑端部与墙体之间应设置可靠连接。

**5.6.3**钢筋混凝土支撑由于其刚度大、整体性好，可以采取灵活的布置方式而适应于不同形状的基坑，且不会因节点松动而引起基坑位移，施工质量相对容易得到保证，所以使用面也较广但钢筋混凝土支撑需要较长的养护时间，且不能立即发挥支撑作用，需要达到一定强度后才能进行其下的土方作业。此外，拆除混凝土支撑工作量大，一般需要采用爆破方法拆除，对周围环境（包括振动、噪声和城市交通等）也有一定的影响，支撑材料不能重复利用。

钢支撑杆件可以采用H型钢、钢管、工字钢或槽钢以及它们的组合截面。钢支撑除了自重轻、安装和拆除方便、施工速度快以及可以重复使用等优点以外，安装后能立即发挥支撑作用，对减小由于时间效应而增加的基坑位移是十分有效的，因此在形状较为规则的基坑内通常优先采用钢支撑。但钢支撑的节点构造和安装相对比较复杂，如处理不当，会由于节点的变形或节点传力的不直接而引起基坑过大的位移，因此提高节点的整体性和施工技术水平是至关重要的。

由于基坑规模、环境条件、主体结构以及施工方法等的不同，难以对支撑结构选型确定出一套标准的方法，应根据实际工程，结合本条所列主要因素综合考虑确定，其目标是在确保基坑安全可靠的前提下做到经济合理、施工方便。

**5.6.4**综合管廊基坑通常为狭长形基坑，支撑水平间距大，对施工空间是有利的。内部结构回筑过程中，在满足挡土构件承载力及变形、内部结构立模浇筑施工条件允许的前提下，宜先拆支撑后浇筑内部结构，以减少后补支撑孔的漏水隐患。若受力和变形无法满足而采用留撑或拆撑时，应设置可靠的防水措施。围檩设计除计算弯矩、剪力外，必须考虑其整体刚度，在支撑点处更应防止局部失稳。

## 5.7 其他支护结构

**5.7.1**土钉墙包括土钉墙和复合土钉墙支护。土钉墙支护的土体必须具有临时的自稳能力，以避免在分层开挖施工土钉时失稳，位于地下水位以上或经人工降水后的素填土、黏性土和砂土能够保持在开挖时边坡切割面的短时间稳定。

# 6 地下水控制

## 6.1 一般规定

**6.1.1**综合管廊基坑采用抽取地下水降低地下水位以保障工程施工的做法，若施工不合理，不仅造成地面沉降和周边建（构）筑物损坏，而且严重浪费地下水资源同时有可能污染地下水。我国地下水资源非常紧缺，保护和合理利用地下水是国家节水政策，减少地下水开采，防止污染地下水，为可持续发展提供必要条件，优先选择对地下水资源、建筑周边环境影响小的控制方法是设计方案的首选。

地下水控制应正确处理工程施工与环境保护、节约水资源的关系，选择合理的地下水控制方案，保障建筑和市政工程基坑和地下工程施工正常进行。

我国幅员广阔，每个城市的综合管廊基坑工程、地质、环境等条件差异很大，各地有很多好的经验，有的地方还制定了相应的法规和标准。应结合地方法规和现行技术标准，选择适宜的地下水控制方法。

**6.1.2**地下水控制方法包括：截水、降水、集水明排，地下水回灌不作为独立的地下水控制方法，但可作为一种补充措施与其他方法一同使用。仅从支护结构安全性、经济性的角度，降水可消除水压力从而降低作用在支护结构上的荷载，减少地下水渗透破坏的风险，降低支护结构施工难度等。但降水后，随之带来对周边环境的影响问题。在有些地质条件下，降水会造成基坑周边建筑物、市政设施等的沉降而影响其正常使用甚至损坏。降水引起的基坑周边建筑物、市政设施等沉降、开裂、不能正常使用的工程事故时有发生。另外，有些城市地下水资源紧缺，降水造成地下水大量流失、浪费，从环境保护的角度，在这些地方采用基坑降水不利于城市的综合发展。为此，有的城市的地方政府已实施限制基坑降水的地方行政法规。

根据具体工程的特点，基坑工程可采用单一地下水控制方法，也可采用多种地下水控制方法相结合的形式。如悬挂式截水帷幕+坑内降水，基坑周边控制降深的降水+截水帷幕，截水或降水+回灌，部分基坑边截水+部分基坑边降水等。一般情况，降水或截水都要结合集水明排。

**6.1.3~6.1.4**采用哪种地下水控制的方式是基坑周边环境条件的客观要求，基坑支护设计时应首先确定地下水控制方法，然后再根据选定的地下水控制方法，选择支护结构形式。地下水控制应符合国家和地方法规对地下水资源、区域环境的保护要求，符合基坑周边建筑物、市政设施保护的要求。当降水不会对基坑周边环境造成损害且国家和地方法规允许时，可优先考虑采用降水，否则应采用基坑截水。采用截水时，对支护结构的要求更高，增加排桩、地下连续墙、锚杆等的受力，需采取防止土的流砂、管涌、渗透破坏的措施。当坑底以下有承压水时，还要考虑坑底突涌问题。

## 6.2 截水

**6.2.2**本条所列的隔水帷幕方式都是较为成熟的施工方式，且现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120已进行详细规定，但都具有很强的经验性，处理效果与设计参数、地基土性质密切相关，还与施工方法、施工设备甚至施工人员有紧密关系，施工前进行现场试验可以验证帷幕效果。

水泥土搅拌桩、高压喷射注浆常用普通硅酸盐水泥，也可采用矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥。需要注意的是，当地下水流速高时，需在水泥浆液中掺人适量的外加剂，如氯化钙、水玻璃、三乙醇胺或氯化钠等。由于不同地区，即使土的基本性状相同，但成分也会有所差异，对水泥的固结性产生不同影响。因此，当缺少实际经验时，水泥掺量和外加剂品种及掺量应通过试验确定。

落底式截水帷幕进人下卧隔水层一定长度，是为了满足地下水绕过帷幕底部的渗透稳定性要求，隔水层是相对的，相对所隔含水层而言其渗透系数较小，在有水头差时，隔水层内也会有水的渗流，也应满足渗流和渗透稳定性要求。

采用悬挂式截水帷幕时，应确定帷幕插入含水层中的合理深度，使之满足工程安全、环境效应及经济性的要求。

**6.2.4**钢板桩作为截水帷幕适用于砂土、粉土和粘性土、局部淤泥及淤泥质土等地层，对于钢板桩施工困难或施工时下部易咬合不充分地层不宜采用。

开挖时坑外与坑内的水位差会造成地下水渗流。对于钢板桩而言，渗流路径包括绕桩端向坑内渗流和穿过钢板桩锁口透水两种情况。绕桩端向坑内渗水量可采用流网分析法或有限元方法以等代厚度止水帷幕模拟；穿过锁口透水量计算可参考欧洲标准《特殊岩土工程实施一板桩墙》EN 12063和美国标准《板桩墙设计》EM 1110-2-2504中锁口水通量计算公式。

钢板桩锁口形式应保证施打时易于相咬合，拔出时易于脱离，能够传递设计剪力；钢板桩锁口形式与材质、桩型、止水要求关系较大，目前仍未形成统一标准，本条对锁口形式作原则性规定。

国内使用钢板时，转角处钢板桩漏水、流泥现象比较普遍，往往容易造成工程事故。其原因除了施工精度控制不严外，主要是对转角桩使用要求不高。

当该渗水量不满足规范要求时，可考虑采取下列措施：

1）调整锁口形式；

2）减少锁口数量；

3）采取密封剂；

4）锁口内填充粘合材料；

5）对锁口进行焊接；

6）沉桩施工前在锁口处预先施工水泥土搅拌桩；

7）钢板桩范围内预先成水泥土搅拌墙；

8）在钢板桩外单独施工完整止水帷幕；

9）上述方法的组合使用。

应该指出的是，在临时支护钢板桩工程中，钢板桩不止水主要原因仍是打桩精度控制不严，应强调钢板桩沉桩满足平面内外的精度要求。

钢板桩的锁口从止水性方面来讲，没有缝隙完全咬合的状态是最理想的，但是从打设上考虑，制造时多少留有一些富裕。锁口的咬合状态如图4划分。根据实验可知，与正常状态相比，压缩、拉伸状态的过水量极少。钢板桩自身有相当的止水性，打设后，由于水中浮游物或土砂的填充效果，止水性更高。但是，钢板桩背后只有水或者土粒较粗时，这种效果需要等待很长时间，所以通过预先在钢板桩的锁口部采用止水材的方法等来提高止水性。



**图4 锁口的咬合状态**

**6.2.6**截水帷幕是隐蔽工程，开挖前对其进行检验，尤其是深度和连续性是必要的。对于水泥土类帷幕，还要重视强度检测，可采取浆液试块强度试验的方法检测其强度，应建立静力触探、标准贯入或动力触探等原位测试结果与试块强度试验结果的对应关系，也可根据试块强度结合原位试验方法综合检验。钻芯检验方法除检测芯样强度外，更直接检测深度和均匀性。注意钻孔取芯完成后注浆填充。

对封闭式截水帷幕，预先进行坑内抽水试验检查截水帷幕质量是个简单有效的方法，结合坑外水位观测孔水位变化能初步检验截水帷幕质量。

## 6.3 降水与排水

**6.3.1**管井降水除可采用普通高压水泵进行抽水外，亦可采用气动方式进行抽水，气动抽水指的是采用高压气体为动力，结合自动控制系统和专用的气水置换器实现基坑抽水的一种施工方法；

我们工程实际中常用的轻型井点降水和真空井点降水是指的同一种工艺，“轻型”是从规模上进行命名的，“真空”则是从降水原理上来命名的，“真空-重力排水法”也决定了这种井点降水方式必定是轻型的。

**6.3.2**综合管廊内加深的集水井附近降水井宜加密、加深，也可采用局部的真空井点或集水明排的地下水控制措施，但应注意加深后的降水井与截水帷幕的深度关系。

集水明排可以将雨水、坑底积水和抽出的地下水及时排出，排水沟、集水井的防水措施可以防止集水下渗，有利于降水和基坑支护，集水明排常与其他降水方法组合使用。

**6.3.3**当综合管廊基坑一侧存在需要保护的构建筑物、地下管线或道路时，降水井可布置于基坑的另外一侧，以减少降水对周边环境的影响。

综合管廊基坑地下水位降深、降水井的单井流量、含水层的影响半径等计算参数应满足现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的要求。当基坑降水影响范围内存在隔水边界、地表水体或水文地质条件变化较大时，可根据具体情况，对进行适当修正或采用非稳定流方法、数值法计算。

**6.3.4**基坑内的安全承压水位埋深必须同时满足基坑底部抗渗稳定性与抗突涌稳定性要求，当截水帷幕未完全隔断或未有效阻断基坑内外承压含水层之间的水力联系，应进行专项承压水降水设计，可根据实际水文地质条件、截水帷幕的隔水效应等，建立三维地下水非稳定渗流数值模型，进行地下水渗流计算，确定井群数量、井深、滤管长度等；

承压水风险大，一旦降水井出水质量出现问题，开挖后难以补井，故备用井富裕度应高于疏干井。

**6.3.7**若采用PVC管，如果开孔率高，则容易折断。真空井点管壁外的滤网一般设置两层，内层滤网采用30目~80目的金属网或尼龙网，外层滤网采用3目~10目的金属网或尼龙网：管壁与滤网间应留有间隙，可采用金属丝螺旋形缠绕在管壁上隔离滤网，并在滤网外缠绕金属丝固定。

**6.3.10**集水明排的作用是：（1）收集外排坑底、坑壁渗出的地下水；（2）收集外排降雨形成的基坑内、外地表水；（3）收集外排降水井抽出的地下水。

排水沟、集水井施工中，防水做得不好或未做防水，会降低降水效果甚至造成基坑坍塌，施工过程中，应对排水沟和集水井的开裂、变形等情况进行定期检查，防止渗水回流，发现问题应立即处理。

# 7 施 工

## 7.1 一般规定

**7.1.1**基坑工程施工前应学习和研究设计文件，充分了解设计意图，并根据设计文件、现场条件、周边环境、气候条件等编制施工组织设计或施工方案，以达到保证基坑工程、主体地下结构安全实施和减少对基坑周边环境影响的目的。施工方案应按各地有关规定履行审批手续。

**7.1.2**交通导改方案应满足以下要求：

**1**设计临时交通通道，以替代原有道路，并重新规划施工区域周边交通指示牌、标志和信号灯，引导车辆和行人安全通行；

**2**根据施工进度，分阶段实施交通导改，确保交通流线的合理调整；

**3**在施工区域周边设置交通疏导员，实时指挥交通，避免拥堵和事故；

**4**为驻地车辆设置通行便道或临时通行栈桥板等；

**5**制定应急预案，应对出现的交通事故、恶劣天气等突发情况。

**7.1.3**根据工程实践，基坑支护结构变形与施工工况有很大关系。应根据工程场地实际和设计要求，确定合理的施工方案，明确支护结构施工与土方开挖、降水、地下结构施工各工序间的合理作业时间与工序控制，关键是在实际施工中严格按照施工方案组织施工，这对于保证基坑工程安全、减小基坑支护结构变形和环境影响意义重大。

**7.1.4**基坑工程除应确保本体安全外，还应保障周边相邻环境的安全，应制定相应的方案，确保不影响周围建（构）筑物及邻近市政管线与地下设施等的正常使用功能。支护结构施工及拆除时应根据环境条件要求，在基坑工程与保护对象之间设置隔断屏障，对需要保护的管线采取架空保护，邻近建（构）筑物预先进行基础加固托换等措施也可以有效减少基坑工程对环境的不利影响。

**7.1.5**基坑工程邻近正在进行基施工（主要指具有明显挤土效应的锤击式或压入式桩基施工）基坑开挖、边坡工程、盾构顶进时，相邻工程应通过调整施工流程，协调好各自的施工进度等，避免有害影响的产生。

**7.1.6**紧邻支护结构的坡顶地面超载和施工荷载对支护结构影响很大往往引起其变形的增大，其荷载大小应严格按照设计文件的要求予以控制。重型设备行走区域应与设计协商先行采取加固处理或按实际荷载大小、位置进行相关区域支护结构设计。地面超载包括坑外的临时施工堆载如零星的建筑材料、小型施工器材等。施工荷载指在基坑开挖期间，作用在坑边或支护结构附近荷载较大且时间较长或频繁出现的荷载，如挖土机、土方车等。

由于综合管廊基坑大部分位于城市道路区域，其狭长形的布置必然需要设置施工栈桥或施工平台供车辆行走与材料堆放。施工栈桥可与基坑支撑、立柱体系结合设置，也可独立设置。

**7.1.8**基坑工程施工应采取信息化施工，对支护结构自身、已经完成的主体地下结构以及基坑影响范围内的建（构）筑物、地下管线、道路的沉降、位移等进行监测，并根据监测信息及时调整施工方案、施工工序或工艺。

基坑工程对周边环境的影响不容忽视。一般情况下，若基坑开挖深度大于相邻建（构）筑物的基础底标高，或在原有桩基、地下管线附近进行开挖，或邻近有地铁、高架及老建筑、保护建筑等的，除进行监测外还应采取针对性的环境保护措施。

基坑监测点不仅设置在基坑区域之外，往往在基坑内和支护结构上也设置了一些水位、变形等观测点。这些测点容易受到土方开挖、周边重载车辆行走等因素的影响，应制定切实可行的措施予以保护，这是基坑工程信息化施工的基础和前提。

## 7.2 支护结构施工

**7.2.2**根据所采用的打设备，钢板方法可分为振动沉桩法、锤击沉桩法、静压沉桩法和组合式沉桩法等。根据钢板桩沉桩拼组方式，沉桩方法可分为逐根沉桩、拼组沉桩、屏风式沉桩、阶梯式沉桩或间隔沉桩等。

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，但其缺点是噪声比较大、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如免共振振动锤将噪声控制在最小的程度，该方法不适合于非常敏感的场地。静压法是一种无振动无噪声的液压静力压桩方法，在黏性土中压桩效果非常有效，在密实的砂土中压桩效果不是很好；静压法在对振动和噪声非常敏感的场地是最有效的方法，但作业成本高。

**7.2.3**钢板桩通过焊接接长时，锁口处往往不能施焊，一般只能在腹板和翼缘处施焊，从而使接长焊接断面的强度受到影响因此规定每根钢板桩的接头不得多于一个，且相邻钢板桩的接头应错开一定距离。

钢板桩焊接时，应沿钢板长度方向校正平直度，满足轴线控制要求，以保证焊接完成后钢板桩的平直度和锁口的平直通顺。

钢管、型钢与钢板桩通过焊接、拼装等制作而成的组合钢板桩，以及焊接加工制作的楔形桩、转角桩等异形钢板桩，其焊接要求参照此条文。

**7.2.5**钢板桩支护结束后一般都要拔出回收、重复利用，因此对于空间狭小需要以桩代模的情况，应在钢板桩和地下结构接触部位采取隔离措施，以便于钢板桩的拔出。

**7.2.6**振动法既可以成桩又能拔桩，是目前最常用的一种钢板桩打桩方法。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化施工。由挖掘机改装成的机械手，只需稍加人工配合，施工非常灵活快捷，但其一般会受到桩长和地质条件的限制，使用前应综合考虑。

高频免共振振动锤沉桩启动和停止均无振动，适合在振动敏感区域或有限制的区域沉桩施工。

**7.2.7**当土质较硬，仅用静压植桩机很难打入时，可配备螺旋钻孔机，或在压桩机上配备专用的螺旋钻，采用引孔法压桩。当桩端需进入较坚硬的岩层时，应配备可入岩的钻孔桩机或冲孔桩机。还可与设备自带的高压喷水装置一起配合使用，打桩效率更高。

静压沉桩为逐根式打桩法，一般不能改为屏风式沉桩法无法纠正成桩过程中钢板桩成桩方向的倾斜问题。可按照钢板桩平面内的扇形倾斜率和平面外的倾斜率来控制，一般达到3%就需要进行纠偏处理。采用这种方法打设长桩时，宜每间隔50m采用楔形桩进行矫正。

**7.2.8**拨桩过程中，一般或多或少都会带出部分土体形成桩孔，根据施工经验，拔桩期间容易造成相邻地面沉降和出现裂缝。因此，如果拔桩部位邻近有保护要求严格的建（构）筑物地下管线或道路等，应引起特别重视，要加强沉降监测，并按照本条桩孔处理措施做好相应的应急预案工作。在环境敏感的区域，应边拔边注浆回填，对变形要求非常高的区域，需在组合钢板桩拔出前，对桩与保护对象之间的土体进行加固，甚至将桩留在土中。

**7.2.16**如水灰比掌握适当，依靠自重型钢一般都能顺利插入。但在砂性较重的土层，搅拌桩底部易堆积较厚的砂土，宜采用静力在一定的导向机构协助下将型钢插入到位。应避免采用自由落体式下插，这种方式不仅难以保证型钢的正确位置，还容易发生偏转，垂直度也不易确保在H型钢表面涂抹减摩材料前，必须清除 H型钢表面铁锈和灰尘。减摩材料涂抹厚度大于1mm，并涂抹均匀，以确保减摩材料层的粘结质量。

将型钢表面的腰梁限位或支撑抗滑构件、焊疤等清除干净是为了使型钢能顺利拔出。

**7.2.24**应根据设计要求，制定支撑的施工与拆除顺序，基坑开挖过程中应按照先撑后挖的顺序施工。当情况允许，为土方开挖方便，局部可适当采用先挖后撑，但应编制相关的专项方案和应急预案。

**7.2.25**当必须利用支撑构件兼做施工平台或栈桥时，需要进行专门的设计，应满足施工平台或栈桥结构的强度和变形要求，确保安全施工。未经专门设计的支撑上不允许堆放施工材料和运行施工机械。

**7.2.26**基坑开挖后，围护墙体表面的水泥土、泥浆、松软混凝土等附着物会影响冠梁、腰梁与围护墙的连接质量，故在施工前，应清理围护墙表面的附着层。

**7.2.28**钢支撑的整体刚度主要依赖与构件之间合理的连接构造，端板与支撑杆件的连接、支撑构件之间的连接，均应满足截面等强度要求，必要时增设加劲肋板，肋板数量、尺寸应满足支撑端头局部稳定要求和传递支撑力的要求；为保证围护墙与冠梁、腰梁间的传力均匀、可靠，其间隙可采用混凝土、水泥砂浆等进行填实；应根据支撑平面布置、支撑安装精度、设计预应力值、土方开挖流程、周边环境保护要求等合理确定钢支撑预应力施加的流程。由于设计与现场施工可能存在偏差，在分级施加预应力时，应随时检查支撑节点和基坑监测数据，并通过与支撑轴力数据的分析比较，判断设计与现场工况的相符性，并应采取合理的加固措施。支撑杆件预应力施加后以及基坑开挖过程中，会产生一定的预应力损失，为保证预应力达到设计要求，当预应力损失达到一定程度后，应及时进行补充、复加预应力。

**7.2.29**吊装钢支撑时，施工人员应站立于吊车作业范围外，避免不必要的伤害。吊钩上必须有防松脱的保护装置。

**7.2.30**支撑拆除施工应符合下列规定：

**1**支撑拆除前应设置可靠的换撑，且换撑及综合管廊结构应达到设计要求的强度；

**2**支撑拆除时要特别注意保证轴力的安全卸载，避免应力突变对围护结构产生负面影响。钢支撑施工安装时由于施加了预应力，在拆除过程中应采用千斤顶支顶并适当加力顶紧，然后切开活络头钢管、补焊板的焊缝，千斤顶逐步卸载，停置一段时间后继续卸载，直至结束，防止预应力释放过大，对支护结构造成不利影响；

**3**支撑拆除应信息化施工，根据监测数据指导施工，把对周边环境的影响减至最小。

**7.2.34**排桩施工应符合下列规定：

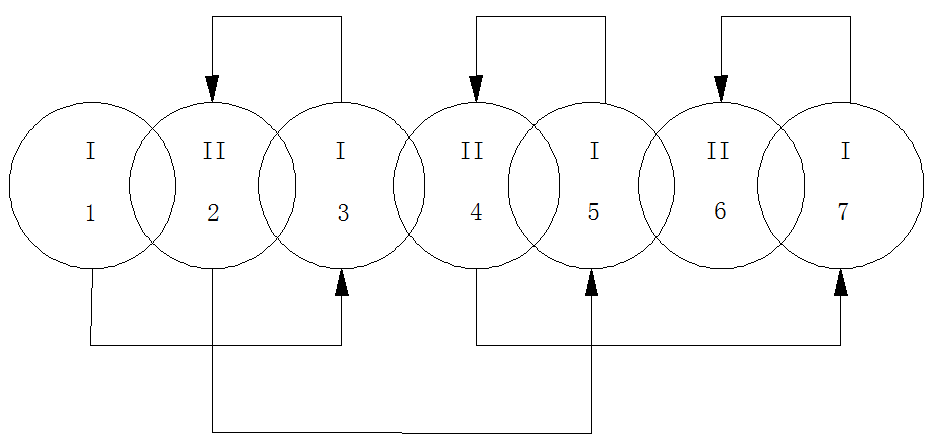
**1**当排桩的附近存在既有建筑物、地下管线等环境且需要保护时，应注意的一些桩的施工问题。这些问题处理不当，经常会造成基坑周边建筑物、地下管线等被损害的工程事故。因具体工程的条件不同，应具体问题具体分析，结合实际情况采取相应的有效保护措施；

**2**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《混凝土结构设计标准》GB/T 50010对梁类构件的规定；

**3**冠梁通过传递剪力调整桩与桩之间力的分配，当支撑设置在冠梁上时，通过冠梁将排桩上的土压力传递到支撑上。由于冠梁与桩的连接处是混凝土两次浇筑的结合面，如该结合面薄弱或钢筋锚固不够时，会剪切破坏不能传递剪力。因此，应保证冠梁与桩结合面的施工质量；

**4**基坑支护中支护桩的常用桩型与建筑桩基相同，主要桩型的施工要求在现行国家行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94中已作规定。因此，本规程仅对桩用于基坑支护时的一些特殊施工要求进行了规定，对桩的常规施工要求不再重复。

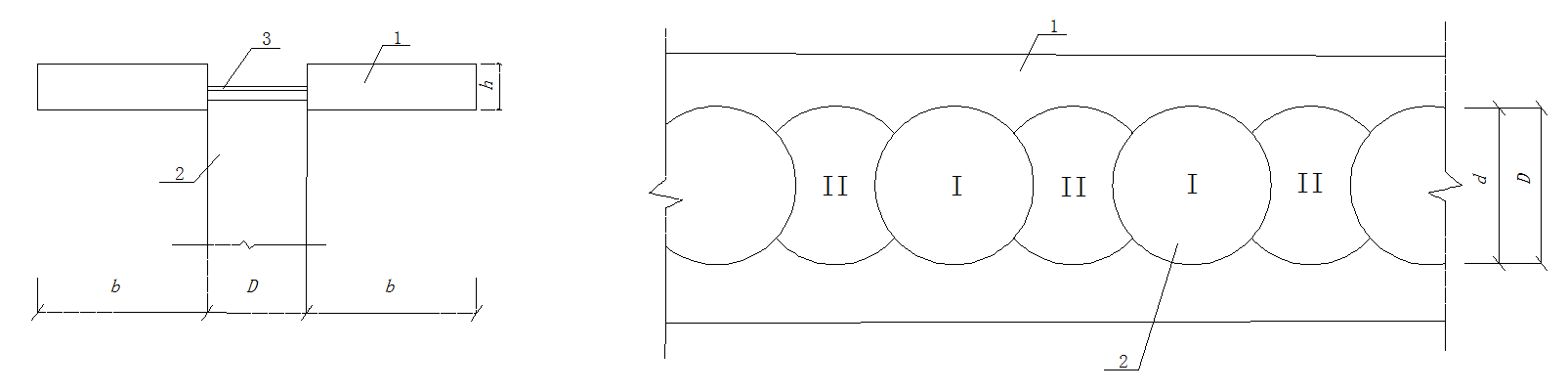
**7.2.35**咬合桩应按下图进行编号，I序桩为奇数桩，Ⅱ序桩为偶数桩，咬合桩施工的顺序应按1→3→2→5→4→7→6→……的顺序施工。



**图5 咬合桩施工顺序图**

**7.2.36**I序桩被切割时混凝土强度达30%以上的称为“硬切割”，通常采用全回转套管或旋转刀头的钻机施工；I序桩被切割时混凝土未终凝或处于塑性状态的称为“软切割”，通常采用全套管钻孔咬合桩机、旋挖桩机施工。

**7.2.37**全套管钻孔咬合桩施工前先要构筑导墙，导墙示意图见图6。施工期间，导墙经常承受静、动荷载的作用。为便于桩机作业，导墙内侧净空应较桩径稍大一些，导墙的施工精度直接影响钻孔咬合桩的施工精度。



**图6 导墙示意图**

1—导墙；2—钻孔咬合桩；3—支撑；d—钻孔咬合桩直径；

D—定位孔直径，D=d+30mm～50mm；b—导墙宽度，1m～1.5m；

h—导墙厚度，200mm～500mm

**7.2.39**Ⅱ序桩的施工应在工序桩初凝之后终凝之前完成，是为了实现有效咬合，是确保围护墙质量的关键点。

**7.2.41**为了确保地下连续墙成槽的质量，应根据不同的深度情况、地质条件选择合适的成槽设备。在软土中成槽可采用常规的抓斗式成槽设备，当在硬土层或岩层中成槽施工时，可选用钻抓、抓铣结合的成槽工艺。成槽机宜配备有垂直度显示仪表和自动纠偏装置，成槽过程中利用成槽机上的垂直度仪表及自动纠偏装置来保证成槽垂直度。

**7.2.42**当地下连续墙邻近既有建（构）筑物或对变形敏感的地下管线时，应根据相邻建筑物的结构和基础形式、相邻地下管线的类型、位置、走向和埋藏深度及场地的工程地质和水文地质特性等因素，按其允许变形要求采取相应的防护措施。例如：

**1**采取间隔成槽的施工顺序，并在浇筑的混凝土终凝后，进行相邻槽段的成槽施工；

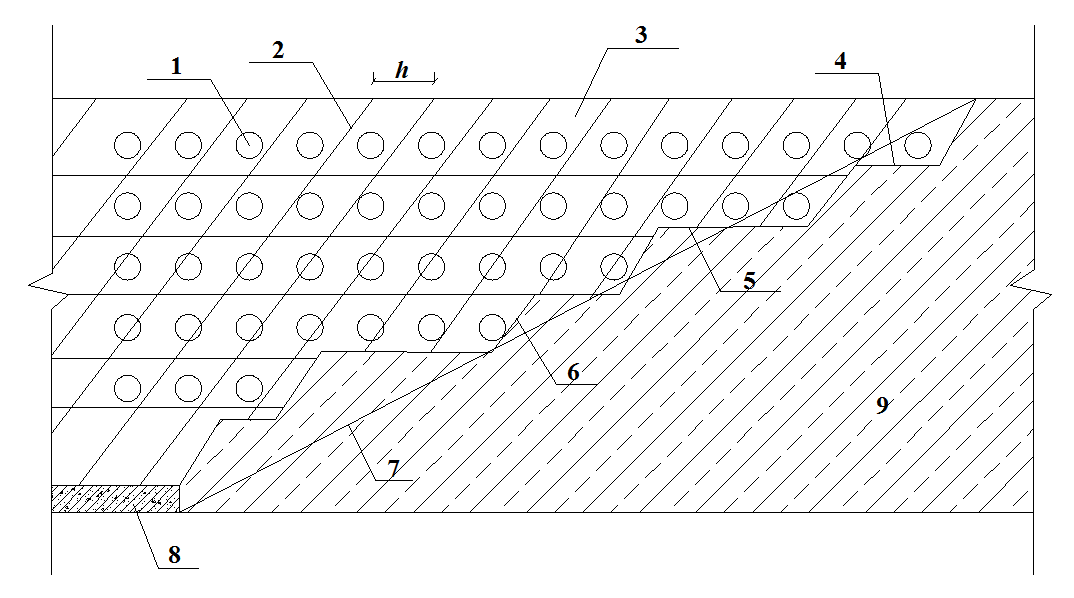
**2**对松散或稍密的砂七和碎土石、稍密的粉土、软土等易坍塌的软弱土层，地下连续墙成槽时，可采取改善泥浆性质、槽壁预加固、控制单幅槽段宽度和挖槽速度等措施增强槽壁稳定性。

## 7.3 基坑开挖及回填

**7.3.1**对于综合管廊基坑这类的狭长形基坑采用对撑形式进行支护时应符合下列规定：

**1**基坑平面分区应按照设计或基础底板施工缝设置要求确定，分层厚度应与支撑竖向间距保持一致。考虑到狭长形基坑钢支撑的受力特点和土方开挖的特性，基础底板及时浇筑可改善围护结构的受力特征，保证基坑的稳定。

**2**采用斜面分层分段开挖时，每小段长度一般按照1个~2个支撑水平间距确定。狭长形基坑开挖中保证纵向斜坡稳定是至关重要的，坡度过陡、雨季施工、排水不畅坡脚扰动等都会引起士坡坍塌、围护结构变形过大甚至失稳，因此开挖前一定要慎重确定纵向放坡坡度，必要时可采取降水、护坡、土体加固等稳定措施，纵向斜面的施工技术参数需要通过计算确定。纵向斜面的分层厚度、平台宽度、分段长度等由支撑的水平和竖向间距确定，狭长形基坑斜面分层分段开挖方法如下图7。



**图7 狭长形基坑斜面分层分段开挖方法**

1—支撑；2—每小段开挖边坡；3—每小段限时开挖并支撑；

4—边坡平台；5—安全加宽平台；6—各级小边坡；

7—斜面总边坡；8—结构底板；9—拟开挖土体；h—每一小段宽度

**3**设计一般根据周边环境保护要求，对每层每段开挖和钢支撑形成时间有较为严格的限制，宜为12h~36h。

基坑开挖时围护结构的水平位移或开挖面土坡的滑移不仅与场地、地质条件、基坑平面、周边环境等有关，同时还与开挖面应力释放速率有关，故强调分层开挖。为防止开挖面的坡度过陡引起土体位移、坑底隆起、桩基侧移等异常现象发生，开挖过程中的临时边坡坡度应保证其稳定性。

基坑内的局部深坑可综合考虑其深度、平面位置、支护形式等因素确定开挖方法，局部深坑邻近基坑边时，为有效控制围护墙或边坡的稳定，可视局部深坑开挖深度、周边环境保护要求、支护设计场地条件等因素确定开挖的顺序和时间。

**7.3.3**基坑开挖期间可能会出现相邻区域有其他工程项目在同时施工的情况，有时相邻工程的距离很近，甚至有共用围护结构的情况。若围护设计对相邻工程的具体情况缺乏足够的认识，设计时没有考虑可能发生的最不利工况，极易产生施工风险。所以在相邻工程同时施工时，应在相互了解施工工况的基础上，通过充分的论证或协调，制定针对性的技术措施，合理确定并不断优化围护设计方案和施工方案，确保施工安全。

**7.3.7**基坑开挖阶段的信息化施工和动态控制方法既是检验设计和施工合理性的重要手段，也是动态指导设计和施工的有效方法。通过信息化施工技术的运用，可及时了解基坑开挖阶段的各种变化，及时比较勘察、设计所预期的状态与监测结果的差别，对原设计成果和施工方案进行评价，预测下阶段基坑施工中可能出现的新行为、新动态，为施工期间进行设计优化和合理组织施工提供可靠的信息，对围护设计和基坑开挖方案提出针对性的调整或优化，将问题抑制在萌芽状态，以确保基坑工程安全。

**7.3.8**回填土料可采用碎石类土、砂土、黏土、石粉等，回填土料含水率的大小直接影响到压实质量，压实前应先试验，以得到符合密实度要求的最优含水率。含水率过大，应采取翻松、晾晒、风干换土、掺入干土等措施；含水率过小，应洒水湿润。压实机具主要有压路机、打夯机、振动器等。铺土厚度、压实遍数宜根据施工经验或试验确定。在行车堆重干湿交替等作用下，体会逐渐沉降，若设计对沉降量无规定，采用机械回填时，砂土的预留沉降量（填土高度的百分比）可取1.5%，粉质黏土的预留沉降量可取3%~3.5%。另外土方回填还应遵循以下要求：

**1**基坑设置混凝土换撑或钢换撑的，换撑下方的回填密实度较难保证，一般可采取在该部位回填砂、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；

**2**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，对基础结构可能会产生不利影响，故规定对称、均衡回填的要求；

**3**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。

## 7.4 地下水控制施工

**7.4.3**由于降水井临近地基注浆将可能严重影响并管的出水效果，因此需控制注浆点位置以及与管井抽水的运行的交叉时间，避免注浆堵塞井管。降水井附近施工钻孔灌注桩及钢板桩同样可能造成管井的结构损坏。

**7.4.4**基坑开挖过程中，应对地下水位、抽（排）水量、降（排）水设备运行状态实行动态监测，其目的在于监控地下水控制效果、降（排）水运行是否正常，并监测地面及建（排）筑物沉降，分析降水深度与地表沉降之间的相关性，以此评估对周边环境的影响程度对于涉及承压水降水的深基坑工程，应对基坑内外的地下水进行水位自动监测，确保有效控制地下水。

**7.4.5**减压降水一般可分为坑内减压降水和坑外减压降水。当受施工条件限制，或为满足基坑工程的特殊需要以及环境保护要求时也可同时采取坑内减压降水和坑外减压降水措施。

**7.4.7**连续性隔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，隔水帷幕施工时常与灌注桩无法贴近，容易出现隔水帷幕垂直度偏低或隔水帷幕与灌注桩缝隙大，以及桩间土流失等不利情况，故先施工帷幕。嵌入型隔水帷幕要根据支护桩而定位切割，故先施工支护结构。

**7.4.8**钢板桩有大企口和小企口之分，大企口自身防水性能较差。国内钢板桩施工精度差，多次使用锁口常常缺损和变形，导致锁口不能有效咬合和顺利沉桩，故要求使用前锁口修整到平直通顺，并通过套锁检查。为确保钢板桩隔水质量，沉桩前应在锁口内嵌填黄油、沥青或其他密封止水材料，提高锁口密封性。钢板桩沉桩方法有单桩打入法、屏风法等，采用屏风法施工误差不容易积累，质量容易保证；单桩打入法施工速度快但容易产生误差积累，导致不易闭合。

**7.4.10**回灌措施包括回灌井、回灌砂井、回灌砂沟和水位观测井等。回灌砂井、回灌砂沟一般用于浅层潜水回灌，回灌井用于承压水回灌。

回灌可以消除或减轻由于水位降低后形成的降水漏斗而引起周围建筑物及地下管线的不均匀沉降等不利影响。潜水位、承压水位降低的区域都可采用地下水回灌技术，在砂性土、粉性土层中效果相对明显。

回灌时根据水位动态变化调节回灌水量，不能使水位压力过大，防止因水位抬升过高而对基坑产生负面效应。

回灌水源应采用洁净的水或利用同一含水层中的地下水，回灌不得污染地下水资源。

## 7.5 环境风险控制

**7.5.4**基坑工程施工应采取信息化施工，对支护结构自身、已经完成的桩基、主体地下结构以及基坑影响范围内的建（构）筑物、地下管线、道路的沉降、位移等进行监测，并根据监测信息及时调整施工方案、施工工序或工艺。

随着近年来基坑工程规模日益扩大，基坑工程对周边环境的影响不容忽视。一般情况下，若基坑开挖深度大于相邻建（构）筑物的基础底标高，或在原有桩基、地下管线附近进行开挖，或邻近有地铁、高架及老建筑、保护建筑等的，除进行监测外还应采取针对性的环境保护措施。

基坑监测测点不仅设置在基坑区域之外，往往在基坑内和支护结构上也设置了一些水位、变形等观测点。这些测点容易受到土方开挖、周边重载车辆行走等因素的影响，应制定切实可行的措施予以保护，这是基坑工程信息化施工的基础和前提。

# 8 数据采集与数据预处理

**8.0.2**本条指出了城市综合管廊基坑施工期间监测的目的。考虑到城市综合管廊基坑呈“长条状”，基坑支护采用分层、分段施工，依据国家有关法律法规和工程技术标准，综合考虑综合管廊基坑工程特点、周边环境条件、支护形式、场地工程地质及水文地质条件等编制基坑监测方案，并通过相关部门审核或专家论证，基坑前期监测成果可预测工程风险发生的可能性，验证设计、施工及环境保护等方案的安全性、适用性及合理性，为设计、施工相关参数的调整提供资料依据。

**8.0.4**基坑开挖到达设计深度以后，土体的变形与应力、支护结构的变形与内力并非保持不变，而将继续发展，基坑并不一定是最安全状态，因此，监测工作应贯穿于基坑开挖和地下工程施工全过程。

城市综合管廊基坑工程监测是从基坑开挖前的准备工作开始，至综合管廊施工完成并回填肥槽为止。一般情况下，地下工程完成就可以结束监测工作。对于一些临近基坑的重要建筑及管线的监测，由于基坑的回填或地下水停止抽水，建筑及管线会进一步调整，建筑及管线变形会继续发展，监测工作还需要延续至变形趋于稳定后才能结束。

**8.0.7**基坑设计安全等级、基坑及地下工程的不同施工阶段以及周边环境、自然条件的变化等是确定监测频率应考虑的主要因素。

基坑工程的监测频率不是一成不变的，应根据基坑开挖及地下工程的施工进程施工工况以及其他外部环境影响因素的变化及时地做出调整。一般在基坑开挖期间，地基土处于卸荷阶段，支护体系处于逐渐加荷状态，应适当加密监测；当基坑开挖完后一段时间，监测值相对稳定时，可适当降低监测频率。当出现异常现象和数据，或临近预警状态时，应提高监测频率甚至连续监测。

表8.0.7的监测频率针对的是应测项目的仪器监测。对于宜测、可测项目的仪器监测频率可视具体情况适当降低，一般可取应测项目监测频率值的2倍～3倍。

另外，如果基坑工程对位移、支撑内力、土压力、孔隙水压力等监测项目实施了自动化监测，一般情况下自动化采集的频率可以设置很高，因此，这些监测项目的监测频率可较表8.0.7中的值大大提高，以获得更连续的实时监测数据。

# 9 检测和验收

## 9.1 检测

**9.1.1**本条是针对本标准中有关项目检查数量的规定，有些检验项目在条文中已经有了规定，有些没有明确指出数量的要求。本标准有具体的规定时，按照相应的条款执行，没有规定的时候，按照检验批进行抽检。现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300针对检验批的划分给出了具体的规定，同时也根据检验批的不同数量给出了最小的抽检数量要求，在具体进行抽检的过程中，可以结合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300中规定的数量进行抽检。

原材料的质量检验应符合下列规定：

**1**钢筋、混凝土等原材料的质量检验应符合设计要求和现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的规定；

**2**钢材、焊接材料和连接件等原材料及成品的进场、焊接或连接检测应符合设计要求和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的规定；

**3**砂、石子、水泥、石灰、粉煤灰、矿（钢）渣粉等掺合料、外加剂等原材料的质量、检验项目、批量和检验方法，应符合国家现行有关标准的规定。

**9.1.2**钢板桩的加工允许偏差参照《钢板桩》JG/T 196 相关条款执行。H型钢的加工允许偏差参照《热轧H型钢和剖分T型钢》GB/T 11263 相关条文执行。

**9.1.9**型钢水泥土搅拌墙中的水泥土搅拌桩应进行桩身强度检测。检测方法宜采用浆液试块强度试验，现场采取搅拌桩一定深度处的水泥土混合浆液，浆液应立即密封并进行水下养护，于28d龄期进行无侧限抗压强度试验。当进行浆液试块强度试验存在困难时，也可以在28d龄期时进行钻取桩芯强度试验，钻取的芯样应取自搅拌桩的不同深度，芯样应立即密封并及时进行无侧限抗压强度试验。

实际工程中，当能够建立原位试验结果与浆液试块强度试验或钻取桩芯强度试验结果的对应关系时，也可采用浆液试块强度试验或钻取桩芯强度试验结合原位试验方法综合检验桩身强度此时部分浆液试块强度试验或钻取桩芯强度试验可用原位试验代替。

条文中确定搅拌桩取样数量时，每根桩或单桩系指三轴搅拌机经过一次成桩工艺形成的一幅三头搅拌桩，包括三个搭接的单头。

## 9.2 验收

**9.2.1**基坑支护结构质量检查与验收需要分阶段进行。施工过程的质量控制，是确保支护结构质量的基础，应把好每道工序关严格按操作规程及相应标准检查，随时纠正不符合要求的操作质量验收应按本标准的相应要求实施，如有不符合要求的，应与设计配合，采取补救措施后方能进行基坑开挖。基坑开挖时的检查主要是截水体系渗漏、构件偏位等，如严重或偏位过多，也应采取措施及时处置。

**9.2.3**降水、排水系统对维护基坑的安全极为重要，必须在基坑开挖施工期间安全运转，应时刻检查其工作状况。邻近有建筑物或有公共设施，在降水过程中要予以观测，不得因降水而危及这些建筑物或设施的安全。

**9.2.4**基坑工程的现场监测可以为基坑工程信息化施工设计优化等提供依据；更重要的是通过检测和预警，可以及时发现安全隐患，保护基坑及周边环境的安全。因此基坑工程的监测也是基坑工程实施过程中必不可少的一环，基坑支护工程中主要支护结构变形应根据设计要求设置报警值，对周边主要保护对象的变形应根据环境保护要求设置报警值。监测的相关要求应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497的规定。

**9.2.5**为保证与其他基坑支护结构在验收环节上的统一性，本规程沿用《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300的要求，对城市综合管廊基坑支护进行质量验收。根据《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300的规定，城市综合管廊支护结构均属于“地基与基础”分部工程中“基坑支护”子分部工程中所含的分项工程之一，分项工程又应划分成若干检验批进行质量验收，应在检验批验收合格的基础上进行各分项工程的验收。