

备案号：J XXXXX—20XX

浙江省工程建设标准

DBJ

DBJ 33/T 1XXX—20XX

## 基坑工程微变形控制技术标准

Technical standard for micro-deformation control of excavation  
engineering

(征求意见稿)

20XX—00—00 发布

20XX—00—01 施行

浙江省住房和城乡建设厅 发布

## 前言

根据浙江省住房和城乡建设厅《关于印发〈2022年度浙江省建筑节能与绿色建筑及相关工程建设标准制修订计划（第三批）〉的通知》（浙建设发〔2022〕121号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，结合浙江省的实际情况，参考有关国家标准、国内外先进经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分为7章和2个附录。主要内容包括：总则，术语，基本规定，勘察与环境调查，设计，施工，监测。

本标准由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，杭州市地铁集团有限责任公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请寄送杭州市地铁集团有限责任公司（地址：浙江省杭州市九和路516号；邮编：310021；邮箱：38919553@qq.com），以供修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人及主要审查人：

**主编单位：**杭州市地铁集团有限责任公司

东通岩土科技股份有限公司

浙江省建筑设计研究院

**参编单位：**北京城建勘测设计研究院有限责任公司

上海勘察设计院（集团）有限公司

浙江大学建筑设计研究院有限公司

杭州市勘测设计研究院有限公司

上海兴庚基础工程有限公司

浙江中材工程勘测设计有限公司

浙江省地矿勘察院有限公司  
中铁第六勘察设计院集团有限公司  
中铁第一勘察设计院集团有限公司  
浙江南联土木工程科技有限公司  
南京市测绘勘察研究院股份有限公司  
浙江恒坤勘测设计有限公司  
江苏南京地质工程勘察院  
浙江擎川物联科技有限公司  
城盾隧安地下工程有限公司  
杭州萧宏建设环境集团有限公司  
浙江三拓建设科技有限公司  
浙江省工程物探勘察设计院有限公司

**主要起草人：**姜叶翔 刘兴旺 胡琦 黄迅 曹国强  
陈赟 李伟 李士永 赵红领 赵志元  
黄天明 鲍志杰 杨建学 陆晓勇 李俊午  
周初举 潘海洋 李昌耀 来剑平 羊逸君  
冯师 孙政波 陈萍 张金红 童磊  
赵勇 马健 胡雷鸣 蒋波 沈华骏  
刘恒新 林刚 费忠君 边俊波 沈恺伦  
唐登 罗敏敏 方华建 陆少琦 郑鼎  
陈春来

**主要审查人：**

# 目次

1 总则 .....	1
2 术语 .....	2
3 基本规定 .....	4
4 勘察与环境调查 .....	5
5 设计 .....	7
5.1 一般规定 .....	7
5.2 分坑 .....	8
5.3 轴力伺服支撑 .....	9
5.4 土体加固 .....	11
5.5 地下水控制 .....	12
6 施工 .....	13
6.1 一般规定 .....	13
6.2 支护结构 .....	13
6.3 地下水控制 .....	15
6.4 土方开挖 .....	16
7 监测 .....	18
附录 A 岩土参数及试验方法 .....	20
附录 B 环境保护对象微变形控制监测项目 .....	21
本标准用词说明 .....	22
引用标准名录 .....	23
条文说明 .....	24

# Contents

<b>1</b>	General provisions .....	1
<b>2</b>	Terms .....	2
<b>3</b>	Basic requirements .....	4
<b>4</b>	Engineering investigation and environmental investigation .....	5
<b>5</b>	Design .....	7
<b>5.1</b>	General provisions .....	7
<b>5.2</b>	Pit division .....	8
<b>5.3</b>	Axial force servo support .....	9
<b>5.4</b>	Soil reinforcement .....	11
<b>5.5</b>	Groundwater control .....	12
<b>6</b>	Construction .....	13
<b>6.1</b>	General provisions .....	13
<b>6.2</b>	Supporting structure .....	13
<b>6.3</b>	Groundwater control .....	15
<b>6.4</b>	Earth excavation .....	16
<b>7</b>	Monitoring .....	18
Appendix A	Geotechnical parameters and testing methods .....	20
Appendix B	Environmental protection object micro deformation control monitoring project .....	21
	Explanation of wording in this regulation .....	22
	List of quoted standards .....	23
Addition:	Explanation of provisions .....	24

# 1 总则

**1.0.1** 为规范有微变形控制要求的基坑工程设计与施工，保证基坑周边环境的安全，做到安全可靠、技术先进、经济合理，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于浙江省有微变形控制要求的基坑工程勘察、设计、施工及监测。

**1.0.3** 有微变形控制要求的基坑工程设计与施工，除应符合本标准外，尚应符合国家和浙江省现行有关标准的规定。

## 2 术语

### 2.0.1 基坑工程微变形控制 micro-deformation control

为满足基坑周边环境保护要求，将基坑支护结构侧向位移控制在  $0.2\%H$ （ $H$  为基坑开挖深度）之内的工程行为，简称微变形控制。

### 2.0.2 环境保护对象 environmental protection objects

基坑施工影响范围内需要变形控制的既有建（构）筑物、道路、地下市政设施等保护对象的总称。

### 2.0.3 分坑 pit division

将整个基坑分为两个或两个以上独立进行支护、降水、开挖和换撑的基坑。

### 2.0.4 轴力伺服支撑 axial force servo support

通过设置伺服加载装置和机电液一体化数控系统，能实时调整支撑轴力和控制基坑变形的基坑工程内支撑，根据支撑材料类型，分为轴力伺服混凝土支撑、轴力伺服装配式型钢组合支撑、轴力伺服钢管支撑。

### 2.0.5 双围檩 concrete double purlin

设置在围护墙内侧，用以连接围护墙和内支撑杆件的平行钢筋混凝土双梁结构，其中与围护墙相连的为外围檩，与混凝土内支撑相连的为内围檩。

### 2.0.6 微扰动施工技术 Micro disturbance construction technology

为达到基坑工程微变形控制或环境保护目的，将施工扰动引起的土体应变控制在  $1.0 \times 10^{-3}$  以内，从工艺选型、施工参数等方面采取的技术措施。

### 2.0.7 分坑墙 wall used to divide pit

对于平面尺寸较大的基坑或有特殊要求的基坑，设置于基坑内部，用于分坑的临时围护墙。

#### **2.0.8 信息化控制 informationize control**

采用信息化监控技术对基坑工程施工全过程状态进行控制及管理。

#### **2.0.9 地中壁 wall used to divide pit**

设置于基坑被动区土体，与基坑围护墙垂直，以改善围护墙受力、减少基坑变形的地下连续墙。



## 3 基本规定

**3.0.1** 当基坑开挖深度较深或周边存在复杂敏感环境保护对象时，宜按微变形控制要求进行基坑工程勘察、设计、施工和监测。

**3.0.2** 基坑工程设计前，应进行环境保护对象的现状调查，确定环境保护对象的变形控制指标。

**3.0.3** 基坑工程按微变形控制要求设计时，应进行基坑工程环境影响分析，并根据环境保护对象的变形控制指标确定基坑支护结构侧向位移控制值。

**3.0.4** 基坑工程环境影响分析应综合考虑支护结构施工、土体加固、降水、土方开挖及拆换撑等工况，采用理论分析、模型试验、数值模拟、工程类比和风险评估等方法，预测基坑施工对环境保护对象的影响。

**3.0.5** 有微变形控制要求的基坑工程，设计等级应为一级，支护结构重要性系数不应小于 1.1，设计使用期限不应小于 2 年。

**3.0.6** 有微变形控制要求的基坑工程，应加大支护结构整体刚度，宜根据工程特点合理采用分坑、轴力伺服支撑、土体加固等技术措施。

**3.0.7** 施工全过程应采用利于基坑工程微变形控制的施工装备、工艺和参数，紧邻复杂敏感环境保护对象施工时，应采用微扰动施工技术。

**3.0.8** 基坑工程监测应能及时、准确提供基坑和环境保护对象的变形数据，并根据监测数据及其变化趋势评价变形控制效果，做到信息化控制。

## 4 勘察与环境调查

**4.0.1** 勘察应根据基坑规模、工程地质和水文地质条件、环境保护对象的空间分布等综合确定勘察纲要，提供设计所需资料，必要时进行补充勘察或施工勘察。

**4.0.2** 勘察范围及勘察孔除应符合现行浙江省标准《建筑基坑工程技术规程》DB33/T1096 的规定外，尚应符合下列规定：

1 勘察范围不宜小于基坑边线外相当于基坑深度的 2.0 倍，对于软土地层或不良地质地段应适当加大；

2 勘察孔应沿基坑周边设置，间距宜为 10m~15m；

3 勘察孔的深度不宜小于基坑深度的 3.0 倍，当勘探孔底为淤泥和淤泥质土时宜穿透相应地层。

**4.0.3** 勘察为基坑工程环境影响分析提供土体物理力学性质参数时，参数及试验方法可按本标准附录 A 采用。

**4.0.4** 勘察阶段应根据环境保护对象的保护要求，采取合理的勘察手段和环境保护措施。

**4.0.5** 环境调查应包括下列内容：

1 基坑周围影响范围内建（构）筑物的岩土工程勘察报告、高度、结构类型、基础型式、尺寸、埋深、地基处理情况和建成时间、沉降变形、损坏情况以及使用现状；

2 基坑周围影响范围内各类地下管线的类型、材质、分布、重要性、使用情况、对施工振动和变形的承受能力，地面和地下贮水、输水等用水设施的渗漏情况及其对基坑工程的影响程度；

3 对基坑及周围影响范围内存在的地下隧道、人防工程、河流水渠以及洞穴、人工填土、边坡等，应查明其空间分布特征和对基坑工程的影响；

**4** 基坑周边道路的交通状况；

**5** 基坑周边地表水的汇集和排泄情况；基坑周边正在进行抽降地下水施工时，应查明降深、影响范围和可能的停抽时间，以及对基坑侧壁土性指标的影响；

**6** 相邻工程建设状况，包括桩基施工、基坑支护、土方开挖等。

# 5 设计

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 基坑工程支护结构设计、计算应符合现行浙江省标准《建筑基坑工程技术规程》DB33/T1096 的规定外，尚应符合下列规定：

1 作用于围护墙的侧向土压力宜采用静止土压力；

2 坑边计算超载取值不应小于 20kPa，出土口和重载道路计算超载取值不应小于 35kPa；

3 当基坑底部存在淤泥、淤泥质土时，围护墙底地基承载力土体抗隆起安全系数不应小于 2.0，绕最下道支点圆弧滑动的抗隆起安全系数不应小于 1.7。

**5.1.2** 基坑工程环境影响分析应模拟基坑施工全过程，数值分析宜采用三维几何模型，本构模型应能考虑小应变下的力学行为。

**5.1.3** 基坑平面布置应符合下列规定：

1 地下结构的布局应有利于增大基坑与环境保护对象的空间退距；

2 平面形状应简单、规则，宜采用直线布置，减少转角；

3 复杂敏感环境保护对象侧的围护墙宜紧贴地下结构外墙，不宜设置肥槽；

4 内支撑平面布置宜均衡对称，受力简单明确，避免出现薄弱点。

**5.1.4** 基坑竖向布置应符合下列规定：

1 地下结构的布局宜有利于减少邻近保护对象侧的基坑开挖深度；

2 宜采用筏基等结构措施减少基坑开挖深度或坑内局部高差；

**3** 坑底标高宜取基坑周边承台、地梁、基础底板和坑中坑的最深处；

**4** 围护墙底宜穿透软土层，进入性质相对较好的土层。

**5.1.5** 基坑出土口、重载道路及堆场宜远离保护对象，有条件时宜设置坑内外施工栈桥。

**5.1.6** 基坑支护结构涉及回收的，应考虑回收作业可行性和对周边环境的影响。

## **5.2 分坑**

**5.2.1** 当地基以软土为主，基坑周边存在复杂敏感环境保护对象，遇下列情况之一时，宜采取分坑措施：

**1** 基坑平面面积大于 5000m<sup>2</sup>；

**2** 沿环境保护对象一侧边长大于 50m；

**3** 基坑面积较大，形状不规则，采取分坑措施能简化支撑布置，利于微变形控制和环境保护。

**5.2.2** 分坑应符合下列规定：

**1** 分坑墙位置确定应综合考虑时空效应控制、主体结构受力性能、主体结构后浇带或施工缝位置等因素；

**2** 分坑后形成的各个单体基坑，均应具有完整的支护、降水和拆换撑体系；

**3** 分坑后邻近环境保护对象一侧的单体基坑应利于轴力伺服支撑的布置。

**5.2.3** 设计文件应明确分坑后各单体基坑的施工时序，分坑墙应根据施工全过程两侧工况的变化情况进行包络设计，并符合下列规定：

**1** 分坑墙有截水要求时，应满足两侧基坑施工过程的截水要求；

**2** 当一侧主体结构已完成、另一侧基坑施工时，已完成的主体结构 with 分坑墙之间的传力构件应保证传力可靠，刚度满足变形控制要求；

3 应验算分坑墙拆除工况时主体结构的受力性能和基坑变形。

**5.2.4** 紧邻环境保护对象的基坑土方开挖、支撑架设、地下结构施工应实施时空效应控制，并应符合下列规定：

1 应严格分层分块作业，减少基坑暴露时间；

2 主体结构基础混凝土应延伸至围护墙边，混凝土支撑拆除应采用静力切割，当留设肥槽时，地下结构施工完成后肥槽应采用流态固化材料回填密实；

3 基坑及地下结构施工的时空效应控制要求宜满足表 5.2.4 的要求。

表 5.2.4 基坑及地下结构施工时空效应控制要求

工序	时空效应控制要求
沿围护墙一次性开挖长度 (m)	<20
挖土至标高后钢管支撑施工完成时间 (h)	<14
挖土至标高后装配式型钢组合支撑施工完成时间 (h)	<48
挖土至标高后混凝土支撑施工完成时间 (h)	<60
挖土至标高后垫层和基础底板施工完成时间 (h, d)	<12, <10
沿围护墙分段拆撑控制长度 (m)	<40

### 5.3 轴力伺服支撑

**5.3.1** 设计应根据微变形控制及环境保护要求、内支撑布置及预判的基坑变形规律，确定轴力伺服支撑设置的平面及竖向区段，变化段应有可靠过渡措施。

**5.3.2** 应根据支撑平剖面计算结果，以及水平位移控制要求，明确各个支撑轴力设计值，预加轴力和轴力监测控制值。轴力监测控制值最大值不应超过轴力伺服加载装置极限承载力值的 80%。

**5.3.3** 轴力伺服混凝土支撑设计应符合下列规定：

1 轴力伺服加载装置应设置于受力主撑端部，一端通过外围檩将轴力作用于围护墙，另一端通过内围檩与内支撑系统相连，外围檩与内支撑系统应为两个独立的结构单元；

2 支撑系统设置轴力伺服支撑的区段，刚度及强度应满足受力及变形控制要求，宜设置加强板带；

3 轴力伺服加载装置宜按组均匀布设，每组千斤顶数量不宜少于 3 个，每组中心宜与主撑轴线对齐；

4 每组轴力伺服加载装置之间应设置内围檩与外围支撑系统之间的传力墩，传力墩数量和截面尺寸应满足卸载工况下内、外围檩的水平传力要求；

5 轴力伺服加载装置下方设置钢牛腿或混凝土挑板时，其性能应满足承载力和变形要求；

6 支撑系统应针对轴力伺服加载装置加载和卸载工况进行包络设计。

#### **5.3.4 轴力伺服装配式型钢组合支撑设计应符合下列规定：**

1 轴力伺服加载装置宜设置于受力主撑端部，当支撑梁在轴力伺服装置处断开时，立柱、托梁和托座的设置应同时满足断开位置两侧支撑构件的竖向支承要求；

2 型钢组合支撑标准件及非标准件的钢材牌号不应低于 Q355B，其余构件的钢材牌号不应低于 Q235B；

3 组合围檩与围护墙之间的空隙应采用强度等级不低于 C25 的细石混凝土填实；

4 基坑土方开挖前，装配式型钢组合支撑体系应封闭；

5 型钢立柱下部宜设置混凝土灌注桩、水泥搅拌桩或高压旋喷桩等立柱支承桩。

#### **5.3.5 轴力伺服钢管支撑设计应符合下列规定：**

1 轴力伺服加载装置宜设置于钢管端部，钢管较长时，宜两端设置；

2 竖向设置多道支撑时，第一道支撑应采用混凝土支撑，钢管支撑竖向间距不宜超过 3m；

3 围檩与围护墙之间的空隙应采用强度等级不低于 C25 的细石混凝土或灌浆料填充密实；

4 围护墙为地下连续墙，不设置围檩时，每幅墙的支撑点不应少于 2 个；

5 钢管支撑梁长度超过 20m 时宜设置立柱，支撑长细比不宜超过 75。

**5.3.6** 当温度改变引起的支撑内力不可忽略时，宜考虑温度的影响，轴力伺服系统应具备根据温度实时调节轴力的功能。

**5.3.7** 轴力伺服支撑加载应保持连续、稳定，轴力不应过大波动，围护墙正反向的变形速率均应严格控制，不宜出现朝向土体的负位移。

**5.3.8** 应进行拆撑验算，如变形不满足微变形控制要求的，应采取必要的换撑措施。

## 5.4 土体加固

**5.4.1** 土体加固方案应根据基坑规模、工程地质和水文地质条件、微变形控制要求、环境保护对象的保护要求等因素，综合考虑分坑、轴力伺服支撑等技术措施，确定加固目的、加固部位、加固工艺和参数。

**5.4.2** 基坑邻近环境保护对象侧进行土体加固时，应采用对周边土体扰动小的加固工艺，并符合下列要求：

1 采用深层土体搅拌或高压喷射注浆等加固工艺时，加固装备应能监控加固施工过程的地层压力，并能保持地层压力平衡；

2 采用渠式切割水泥土连续墙时，应符合现行行业标准《渠式切割水泥土连续墙技术规程》JGJ / T 303 的规定；

3 采用的固化剂应能使加固体具有较高的早期强度。

**5.4.3** 当基坑开挖深度较深，需要对深层软土采取加固措施时，加固设计应符合下列要求：

1 根据加固深度要求选用质量可靠的加固工艺，选用的加固工艺应同时保证加固体顶标高以上土体的强度满足要求；

2 当用于深层被动区土体加固时，加固体应紧贴围护墙，当不



能紧贴时，应采取措施对围护墙与加固体之间的缝隙土体进行加固；

**3** 当采用地中壁作土体加固时，应保证地中壁与围护墙交接节点的传力效果；地中壁用作暗撑时，应对其全过程各施工工况的强度和平面外稳定性进行验算；当土方开挖过程中地中壁两侧存土体存在高差时，应计算不平衡侧压力引起的内力和变形，并进行稳定性验算。

## **5.5 地下水控制**

**5.5.1** 基坑周边存在复杂敏感环境保护对象时，环境保护对象侧严禁坑外降水。

**5.5.2** 基坑开挖影响范围内的土层为强渗透性土层时，地下水控制应满足下列要求：

**1** 截水帷幕宜选用地下连续墙、渠式切割水泥土连续墙等截水效果较好的帷幕形式；

**2** 应考虑坑内外水头差，验算首道工况悬臂开挖时的围护墙变形，明确各工况坑内水位控制要求，避免过度降水；

**3** 当采用悬挂式竖向截水帷幕时，抗渗流安全系数不宜小于 1.7，并计算分析降水对环境保护对象的影响。

**5.5.3** 承压水抗突涌不满足要求时，宜采用截水帷幕隔断承压含水层的处理措施。

## 6 施工

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 基坑工程专项施工方案应包含微变形控制专篇，包括施工荷载控制、地下障碍物清除、支护结构施工、地下水控制、土方开挖和拆换撑等内容。

**6.1.2** 基坑工程施工前应对地下障碍物进行排查，障碍物的清理应有专项设计、施工方案，障碍物清理后还应采取加固措施。

**6.1.3** 邻近环境保护对象侧的基坑施工应优先选用体积小、自重轻、振动小且移动灵活的机械设备。

**6.1.4** 施工道路、材料堆场、设备停放等应远离环境保护对象，临近环境保护对象侧施工荷载不宜大于 15kPa。

### 6.2 支护结构

#### I 围护墙

**6.2.1** 施工前应开展现场试验，根据环境保护要求确定围护墙合理的施工工艺和施工参数。

**6.2.2** 围护墙的施工时序应利于环境保护对象的变形控制。

**6.2.3** 地下连续墙施工除应符合现行浙江省标准《基坑工程地下连续墙技术规程》DB33/T1233 的规定外，尚应满足下列要求：

1 槽壁加固应分段、跳开施工，达到设计强度后成槽；成槽应跳槽间隔施工，相邻槽段施工时间间隔不应小于 24 小时；

2 控制墙幅长度，一字型墙幅长度不宜超过 5m，L 型和 T 型等墙幅各肢长度总和不宜超过 5m；

3 接头形式宜采用工字钢接头、十字钢板接头、套铣接头，不

应采用圆弧形接头；

4 墙底入岩时，不应采用冲抓成槽，宜采用铣削成槽或抓铣成槽。

**6.2.4** 钻孔灌注桩施工除应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94 的规定外，尚应满足下列要求：

1 应采用跳打施工，相邻围护桩施工时间间隔不宜小于 48h；

2 成孔与浇筑应连续进行；

3 环境保护要求高时宜采用钢套管护壁成孔；

4 当采用咬合桩时，宜采用全套管全回转钻机施工。

**6.2.5** 当围护墙采用型钢时，应在肥槽回填且底板降水井封闭后回收，环境保护对象侧不宜回收。

## II 轴力伺服支撑

**6.2.6** 轴力伺服支撑施工前应根据设计要求进行深化设计，并编制轴力伺服支撑专项施工方案，应包含安装、加载、卸载、拆除和应急预案等内容。

**6.2.7** 伺服加载装置应具有位移与轴力双控的同步控制功能，轴力伺服系统应具备实时采集支撑轴力、油缸行程和温度等施工过程数据的功能，应具备自动报警功能，并具备报警触发条件及报警阈值的编辑功能。轴力伺服装置安装完成后，应进行系统调试和检查，各个设备运行状况正常后再进行轴力施加。

**6.2.8** 预加轴力应采用分级加载，每一级加载完成并稳定保持后，再进行下一级加载。

**6.2.9** 施工单位应将施加的预应力、支撑轴力、围护墙墙体变形、坑外土体变形等监测数据形成伺服日报，并及时上报设计、业主和监理。

**6.2.10** 当轴力伺服支撑对应的围护墙侧向变形日变量大于 1mm 时，应立即上报设计并根据分析结果调整预加轴力值。

**6.2.11** 轴力伺服支撑运行后，应有专职人员每日开展现场巡查，

对控制柜、液压站、千斤顶、油管、电缆等设备进行检查和记录。

**6.2.12** 应在满足设计拆撑条件后进行预加轴力的卸载，应采用分级卸载，每一级卸载完成并稳定保持后，再进行下一级卸载。

**6.2.13** 预加轴力卸载至零后方可拆除轴力伺服装置。

**6.2.14** 卸载过程中应加强基坑和周边环境的监测，如有异常应立即停止，查明原因并排除隐患后方可继续。

**6.2.15** 现场应配备应急伺服装置系统和应急电源。

**6.2.16** 混凝土支撑的施工与检验应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定；钢支撑的施工与检验应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定。

### III 土体加固

**6.2.10** 施工前应开展现场试验，确定土体加固合理的施工工艺和各项施工参数，控制对土体和环境保护对象的扰动。

**6.2.11** 土体加固应跳桩施工，水平方向群桩施工顺序宜由下往上。

**6.2.12** 采用深层水泥搅拌桩进行土体加固时，在无粘性土地层中宜掺入膨润土改善浆液的粘稠度，在有机质土、泥炭质土、淤泥质土地层中宜掺入适当的早强剂。

**6.2.13** 采用全方位高压喷射注浆进行土体加固时，跳桩间距宜为 4m~6m，水平方向群桩施工顺序宜由下往上。

**6.2.14** 采用渠式切割水泥土连续墙时，采用一步法施工时，每延米切割时间不应少于 120min；采用三步法施工时，每延米切割时间不应小于成墙深度的 4 倍。

**6.2.15** 采用微扰动水泥搅拌桩进行土体加固时，实搅段宜两搅两喷，桩顶和桩底 2m 范围应四搅四喷；粉性土中相邻两桩施工时间间隔不宜小于 45min 且不大于 48h，粘性土中相邻两桩施工时间间隔不宜小于 2h 且不大于 72h。

## 6.3 地下水控制

- 6.3.1** 地表排水系统宜远离环境保护对象，并做好防渗漏措施。
- 6.3.2** 坑内降水应按照分坑降水、先撑后降、随降随挖的原则，坑内水位降深不得超过开挖面以下 1m，严禁过度降水。
- 6.3.3** 管井施工应采用泥浆护壁或钢护筒护壁钻进成孔，严禁采用水冲法成孔；
- 6.3.4** 潜水的降水应符合下列要求：
- 1 开挖影响范围内土层渗透性较强时，开挖前应进行坑内预降水试验；
  - 2 环境保护对象侧的管井宜选用小口径管井；
  - 3 宜采用真空降水管井。
- 6.3.5** 抽水试验应在基坑周边止水帷幕封闭后开展，并尽量远离环境保护对象。
- 6.3.6** 减压井的施工应符合下列要求：
- 1 减压井施工完成后，应进行群井抽水试验，确认或调整参数后方可正式降水；
  - 2 坑内外应设置观察井对地下水位进行全程监测。

## **6.4 土方开挖**

- 6.4.1** 基坑平面开挖方案应符合下列要求：
- 1 开挖顺序应根据场地情况、基坑规模、支护形式、出土方向、与环境保护对象位置关系等情况综合确定；
  - 2 可以采用分段开挖、分仓跳挖、掏槽开挖、岛式开挖等方式；
  - 3 平面开挖顺序宜按照与环境保护对象先远后近的原则；
  - 4 邻近环境保护对象侧不宜布置出土路线。
- 6.4.2** 基坑竖向开挖方案应符合下列要求：
- 1 宜采用全面分层或台阶式分层开挖方式，分层厚度不应大于 2.0m；
  - 2 应采取措施确保临时边坡稳定；
  - 3 当基坑竖向有多道内支撑时，宜设置挖土施工栈桥，栈桥布

置应结合场地条件、出土位置及路线、支撑布置形式等综合确定。

**6.4.3** 土方开挖工艺、施工设备，应有利于减少施工荷载对基坑变形的影响，并应符合下列要求：

1 邻近环境保护对象侧的挖土方式不应采用冲击开挖、爆破开挖；

2 开挖遇到地下障碍物、基岩等坚硬物时，应采用振动小的机械或静力措施进行破碎处理；

3 基底是淤泥质土等易受扰动的地层，应选择小型施工机械设备，如发生较大扰动，应采用生石灰等材料进行固化处理；

4 局部深坑、承台等结构的侧壁胎膜宜采用预制模板，侧壁回填土应确保回填质量和压实度，或采用水泥土进行回填。

**6.4.4** 土方开挖应连续进行，如遇特殊情况需暂停时，应采取应急处置措施。

## 7 监测

**7.0.1** 监测工作应贯穿于基坑工程施工全过程。

**7.0.2** 监测项目和测点布置除应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 的规定外，尚应满足下列要求：

1 应在邻近环境保护对象侧的围护墙体内布置深层水平位移监测点，监测点间距不宜大于 20m；

2 宜在环境保护对象侧布置多个土体深层水平位移监测点，形成监测断面；

3 宜在环境保护对象周边、基坑与环境保护对象之间、支护结构刚度变化处、新老支护结构交接处布置地下水位监测点，监测点间距不宜大于 20m，；

4 当采用分坑措施时，分坑墙在后开挖一侧应布设监测点，并宜在分坑墙内布置深层水平位移监测点。

**7.0.3** 监测频率除应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 的规定外，尚应满足下列要求：

1 围护墙施工和开挖阶段监测频率不宜小于 1 次/d；

2 底板浇筑后 7 天内不宜小于 1 次/d，7 天后不宜小于 3 次/d；

3 支撑结构开始拆除至拆除完成后 3d 内不小于 2 次/d；

4 当变形异常或达到预警值时，应提高监测频率。

**7.0.4** 环境保护对象的监测应符合相关标准的规定以及主管部门的要求，无特殊要求时，监测项目可参照附表 B.0.1 确定。

**7.0.5** 需要进行实时、高频率监测或难以实时人工监测的基坑或环境保护对象，宜采用自动化监测，并应符合下列要求：

1 自动化监测频率和精度应不低于人工监测；

**2** 自动化监测成果应定期进行人工测量复核；

**3** 自动化监测系统应在数据异常情况下及时预警。

**7.0.6** 监测报告宜结合施工工况、工程地质和水文条件、设计文件等对监测数据进行分析，对下阶段变形情况进行预测。

**7.0.7** 环境保护对象的监测应延续至其变形稳定后结束。



## 附录 A 岩土参数及试验方法

**A.0.1** 岩土参数及试验方法可按表 A.0.1。

**表 A.0.1 岩土参数及试验方法**

参数类型	参数名称	参数名称	试验方法
与强度有关的参数	有效黏聚力	$c'$	三轴固结排水剪切试验
	有效内摩擦角	$\phi'$	三轴固结排水剪切试验
	剪胀角	$\psi$	三轴固结排水剪切试验
	破坏比	$R_f$	三轴固结排水剪切试验
与刚度有关的参数	参考应力对应的切线模量	$E_{\text{oed}}^{\text{ref}}$	标准固结试验
	参考应力下 0.5qf 偏应力对应的割线模量	$E_{50}^{\text{ref}}$	三轴固结排水剪切试验
	参考应力下的卸载再加载模量	$E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$	三轴固结排水加卸载剪切试验
	卸载再加载泊松比	$\nu_{\text{ur}}$	三轴固结排水加卸载剪切试验
	正常固结静止侧压力系数	$K_0$	应力路径三轴试验
	刚度应力水平相关幂指数	$m$	三轴固结排水剪切试验
小应变参数	小应变参考初始剪切模量	$G_0^{\text{ref}}$	共振柱试验
	割线剪切模量衰减为 0.7 倍初始剪切模量时对应的剪应变	$\gamma_{0.7}$	共振柱试验

## 附录 B 环境保护对象微变形控制监测项目

**B.0.1** 环境保护对象的监测项目和监测要求应符合表 B.0.1 的规定。

表 B.0.1 环境保护对象微变形控制监测项目

监测对象		监测项目	监测要求
环境保护对象	道路	路面竖向位移	应测
		路面差异沉降	应测
	管线	管线竖向位移	应测
		管节差异沉降	应测
	桥梁	墩台竖向位移	应测
		墩台水平位移	可测
		墩台差异沉降	应测
	隧道	衬砌结构、道床竖向位移	应测
		衬砌结构、道床水平位移	可测
		衬砌结构水平收敛	应测
		结构差异沉降	应测

## 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”。

## 引用标准名录

- 《钢结构设计规范》 GB 50017
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 《建筑基坑工程监测技术标准》 GB 50497
- 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
- 《渠式切割水泥土连续墙技术规程》 JGJ/T 303
- 《建筑基坑工程技术规程》 DB33/T 1096
- 《基坑工程地下连续墙技术规程》 DB33/T 1233

浙江省工程建设标准

# 基坑工程微变形控制技术标准

Technical standard for micro-deformation control of excavation  
engineering

DB 33/T 12xx—20xx

条文说明

(征求意见稿)

# 1 总则

**1.0.1** 近十年来，随着我省城市建设的持续开发、地下市政设施的逐步完善，地下空间开发力度也持续加大，因此基坑工程呈现出了以下的新特点：

1 开挖深度超过 20m 的基坑逐渐增多，且开挖深度呈现逐渐加深的趋势。到目前为止，仅杭州市就已出现多个 5 层及以上地下室项目（表 1-1），开挖深度最深达到 34m。随着日新月异的城市化发展，井筒式车库项目也产生了超深基坑案例，开挖深度甚至达到 45m。

表 1-1 杭州市超深基坑工程案例

序号	项目名称	地下室层数	开挖深度（m）
1	杭州中心	6	34
2	国大城市广场	5	32
3	恒隆广场	5	28.4~29.7
4	SKP 商业综合体	4	21
5	景芳园井筒式车库	24	45.3
6	密度桥井筒式车库	19	34.3

2 基坑周边环境条件日趋复杂，常存在保护要求较高的敏感建构筑物，如建造年代较为久远的浅基础住宅、文博建筑、运营中的地铁隧道和公路隧道、高压电力管线和高压燃气管线等，都对基坑变形提出来严格要求。

浙江省一级基坑，支护结构变形控制值常规按照基坑开挖深度的（0.2~0.5）%来进行控制。随着超深基坑工程的增多以及基坑周边敏感建构筑物的保护要求增加，0.2%*h* 的支护结构变形控制值已无法满足常规的环境保护需求，因此不仅需要提出更加严格的变形控制值来保证周边环境的安全，同时也需要设计和施工阶段采用一系列新工艺、新技术来确保支护结构满足更加严格的变形控制值。

综合考虑上述因素，以国家行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120-2012 和浙江省工程建设标准《建筑基坑工程技术规程》

DB33/T 1096-2014 为依据，参考其他省市的先进做法，在总结已有工程实践的成功经验和失败的教训基础上，编制了本标准。

**1.0.2** 本标准适用的有微变形控制要求的工业和民用建筑物（构筑物）基坑工程，包括但不限于以下情况：

- 1 基坑临近建造年代较为久远，结构状况较差的浅基础住宅或有保护要求的文保建筑的；
- 2 临近已建成或运营中的地铁隧道、市政隧道的；
- 3 临近高压电力管线、高压燃气管线、大直径市政给排水管线的；
- 4 临近重要市政综合管廊的；
- 5 临近重要桥梁和涵洞的。

**1.0.3** 我省部分地区，针对基坑工程对既有建（构）筑物、道路、地下市政设施的影响及微变形控制保护，行政主管部门制定了地方管理办法和规定，内容涉及勘察、设计、施工与监测等。这些规定结合了地方基坑工程的特点和微变形控制经验，有重要指导意义。使用本标准进行基坑工程微变形控制时，也应当严格遵守上述规程和规定。

### 3 基本规定

**3.0.3** 随着城市化发展，基坑规模越来越大，开挖深度越来越深，城市中建筑物密集、地下管线繁多、市政设施和地铁设施纵横交错，在这种复杂环境条件下的基坑工程，除了需要关注基坑本身的安全以外，尚需重点关注其实施对周边环境的影响。在这种情况下，基坑设计的稳定性及承载力仅是必要条件，变形成为主要的控制条件。因此，对于微变形控制要求的基坑工程，应采用相关方法预估基坑工程对周边环境可能产生的影响，并根据环境保护对象对附加变形的承受能力反分析确定基坑工程的变形控制指标（如支护结构的侧向位移、地表沉降等），并采取相应的保护措施。



## 4 勘察与环境调查

**4.0.3** 基坑设计已经由传统的强度控制设计为主转变为变形控制设计为主，尤其是在微变形控制的前提下，基坑周边的土体应处于小应变状态，工程实践表明，城市地下空间开发建设中，出于对周边既有建（构）筑物及市政管线的保护，绝大部分地下工程结构及其周边土体的应变量控制在  $10^{-4} \sim 10^{-3}$ 。因此，为了给建筑基坑工程的微变形控制设计提供必要的参数依据，本规程建议勘察报告中宜提供能反映土体小应变特性的参数。在基坑工程环境影响分析中，需要选取合理的本构模型来反映土体小应变变形特性，而小应变硬化土（HSS）模型基于硬化土模型（HS 模型）的改进型，HSS 模型继承了 HS 模型的基本特性，并进一步考虑了小应变阶段时土体刚度特性，通过小应变剪切模量  $G_0$  和应变水平参数  $\gamma_{0.7}$  来描述小应变刚度行为。通过大量计算和实测结果比较，表明 HSS 模型有较好的变形预测能力。因此，在微变形控制下的基坑工程勘察时，应通过相关试验获取 HSS 模型所需的参数。

表 4-1 总结了国内外学者提出的 HSS 模型参数取值范围及参数间相互关系供工程设计人员参考，参数获取的试验方法如附录 A 所示。

表 4-1 HSS 模型参数取值范围及换算关系式

关系式	参考文献
$\psi = \phi' - 30^\circ$	Plaxis 手册
$E_{\text{ocd}}^{\text{ref}} = 0.85 E_{\text{s1-2}}$	综合参考罗敏敏等（2021）、顾晓强等（2021）、陈赟等（2021）、梁发云等（2017）、王卫东等（2013）
$E_{50}^{\text{ref}} = 1.25 E_{\text{ocd}}^{\text{ref}}$	Plaxis 手册
$E_{\text{ur}}^{\text{ref}} = 8 E_{50}^{\text{ref}}$ （淤泥质土）； $E_{\text{ur}}^{\text{ref}} = 6 E_{50}^{\text{ref}}$ （粘性土）； $E_{\text{ur}}^{\text{ref}} = 4 E_{50}^{\text{ref}}$ （砂性土）	综合参考罗敏敏等（2021）、顾晓强等（2021）、陈赟等（2021）、梁发云等（2017）、王卫东等（2013）、上海规范
$\nu_{\text{ur}} = 0.2$	Plaxis 手册
$K_0 = 1 - \sin \phi'$	Plaxis 手册
$m=0.65$ （粘性土）； $m=0.5$ （砂性土）	梁发云等（2017）、顾晓强等（2021）

$R_f = 0.9(1.5 - e) + 0.5$ ; $e \geq 1.5$ 时, 可取 $R_f = 0.5$ , 当 $e \leq 1.0$ 时, 可取 $R_f = 0.95$	顾晓强等 (2021)
$G_0^{\text{ref}} = 33 \times \frac{(2.97 - e_0)^2}{1 + e_0}$ 或 $G_0^{\text{ref}} = 4E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$	Hardin (1969)
$\gamma_{0.7} = 2 \times 10^{-4}$ (粘性土); $\gamma_{0.7} = 3 \times 10^{-4}$ (砂性土)	综合参考王卫东等 (2013)、顾晓强等 (2021)、吴瑞拓等 (2021)、罗敏敏等 (2021)

# 5 设计

## 5.1 一般规定

5.1.1 粘性土地基的基坑工程，土体抗隆起安全系数  $K_s$  的大小与围护墙后地面沉降、墙体侧向位移有着明显的相关性。增加围护墙的插入深度，有效地减小了墙后土体绕过墙底向坑内的隆起，提高了基坑抗隆起的安全系数。图 5-1 为 Clough 等（1989）提出的采用支撑系统刚度预测支护结构最大侧向变形的图表。由图 5-1 可看出，支护结构综合刚度相同时，土体抗隆起安全系数越大，围护墙最大侧向位移越小。

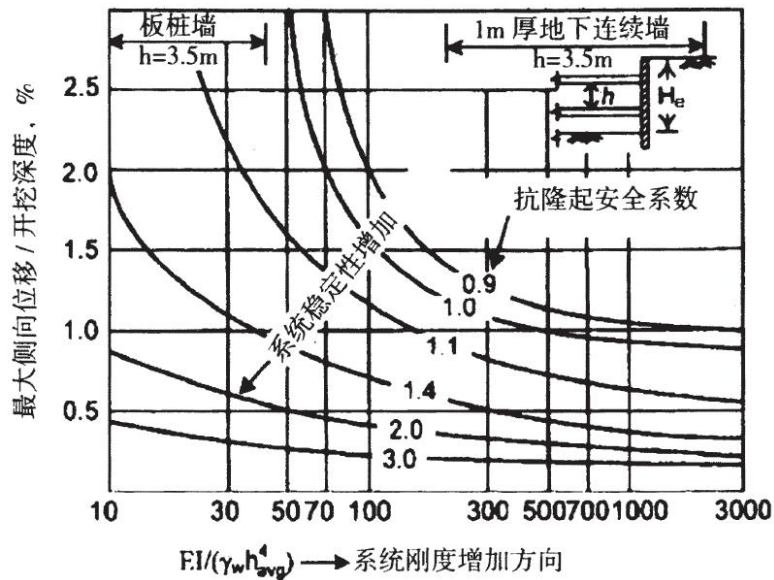


图 5-1 支护结构最大变形与支撑系统刚度的关系

(Clough 等, 1989)

图 5-2 是 Mana 和 Clough (1981) 根据国外某些基坑工程得出的典型土体抗隆起安全系数与支护结构最大侧向位移的关系图。由图 5-2 可知，土体抗隆起安全系数越大，围护墙最大侧向位移越小。

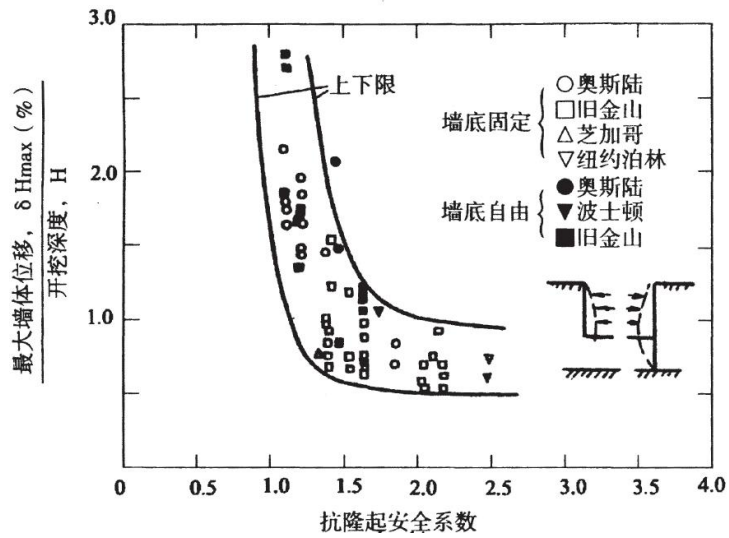


图 5-2 土体抗隆起安全系数与支护结构最大侧向位移的关系

(Mana 和 Clough, 1981)

图 5-3 为结合杭州地区 45 个开挖深度超过 15m 的深基坑实测数据统计结果，所提出的采用支撑系统刚度预测支护结构最大侧向变形的图表。图 5-4 是杭州地区超深基坑实测统计得出的典型土体抗隆起安全系数与支护结构最大侧向位移的关系图。可知，在抗隆起安全系数超过 2.0 后，支护结构最大侧向变形能控制在  $0.5\%H$  以内。

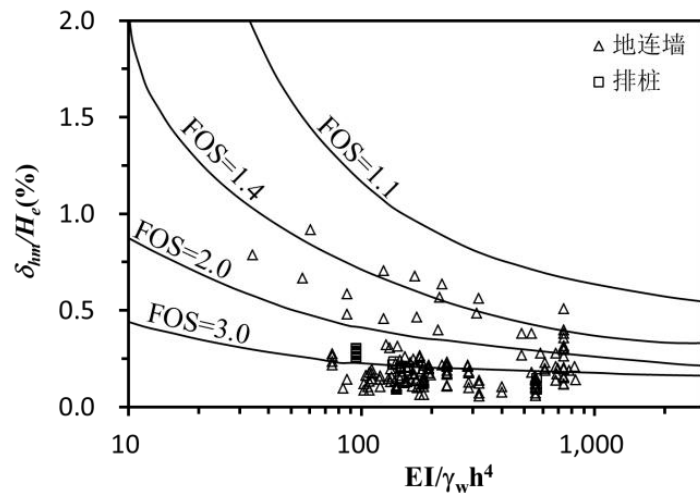


图 5-3 杭州地区深基坑支护结构最大变形与综合刚度的关系

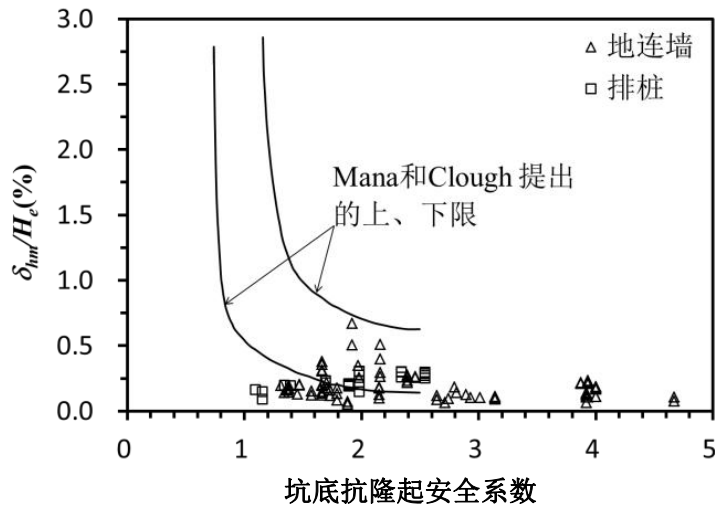


图 5-4 杭州地区深基坑土体抗隆起安全系数与支护结构最大侧向位移的关系

## 5.2 分坑

**5.2.1 软土地基上的基坑工程**，面积越大，基坑施工时间就越长，变形控制就越难。为保护基坑周边的复杂敏感保护对象，需采用合理的分坑措施，限制单次开挖的基坑面积。下面阐述两个典型的复杂环境下深基坑的分坑实例。

1 杭州中心项目：位于杭州市核心区，周边环境复杂，保护要求高，西侧为武林广场站及浙江省科协大楼，北靠环城北路，东侧为中山北路，南侧为两幢 5~6 层居民楼（浅基础），西北角紧临地铁 1、3 号线。场地为典型的软土地层，上部填土、粉土，7m 以下约 20m 淤泥质土，中部为软塑~硬可塑状粉质粘土，底部为砂砾岩深厚淤泥质黏土。地下室层数达到 6 层，开挖深度达 30.4m~34.0m，基坑面积达 16100m<sup>2</sup>，为保护周边环境，对基坑进行分坑设计，共分为 A1 区、A2 区、B1 区、B2 区及 D 区等 5 个分坑（如图 5-5 所示），各单体基坑面积分别为 700m<sup>2</sup>、1900m<sup>2</sup>、5100m<sup>2</sup>、7970m<sup>2</sup> 及 430m<sup>2</sup>。其中，B1 区基坑紧邻地铁 1 号线盾构隧道，基坑开挖深度为 30.4m，基坑面积 5100m<sup>2</sup>，开挖到底后基坑支护结构侧向位移约 50mm，约 0.16%H（H 为基坑开挖深度），达到微变形控制要求，且很好的保护了周边地铁设施的安全。

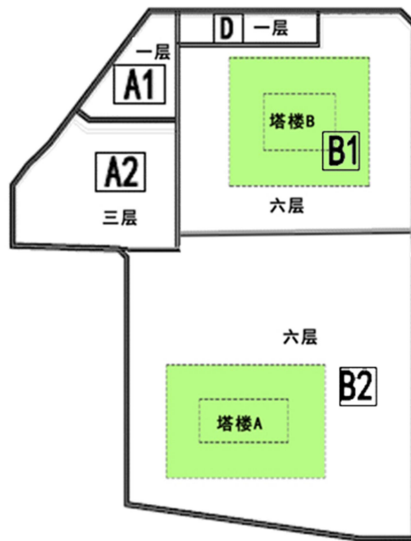


图 5-5 杭州中心项目分坑示意图

2 恒隆广场项目，位于杭州市武林广场核心区，周边环境复杂，东侧存在多处浅基础老旧住宅、文保建筑，保护要求高，场地为典型的软土地层。地下室层数达到 5 层，开挖深度达 28.4m~29.7m，基坑面积达 44350m<sup>2</sup>，为保护周边环境，对基坑进行分坑设计，共分为 A 区、B 区及 C 区等 3 个分坑（如图 5-6 所示），各单体基坑面积分别为 25400m<sup>2</sup>、11000m<sup>2</sup> 及 7950m<sup>2</sup>。其中，B 区及 C 区基坑紧邻东侧浅基础老旧住宅及历史保护建筑，通过分坑设计及轴力伺服混凝土支撑的应用，开挖到底后东侧基坑支护结构侧向位移约 22mm，约 0.08%H（H 为基坑开挖深度），达到微变形控制要求，且很好的保护了周边房屋的安全。

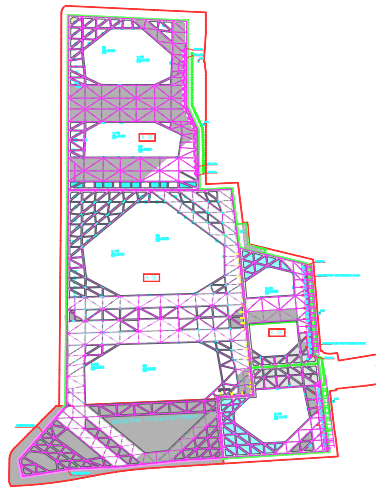


图 5-6 恒隆广场项目分坑示意图

## 5.5 地下水控制

**5.5.2** 在渗透性较强的粉砂性土中，常常由于地下水控制不当而造成基坑工程事故，因此地下水控制是此类地层基坑工程的关键设计环节。为控制粉砂性土中基坑工程降水对周边环境的影响，减少基坑坑内降水导致的坑外地下水位下降，进一步加强和重视截水帷幕设计，提出本条规定的抗渗流安全系数要求，较现行浙江省工程建设标准《建筑基坑工程技术规程》DB33/T1096-2014的一级基坑最低要求有适当的提高。

## 6 施工

### 6.1 一般规定

**6.1.2** 地下障碍物包括：河沟暗浜、碎石、混凝土块、老旧基础、人防、碎石桩、木桩、方桩或管桩、钻孔灌注桩、雨污水管道、窨井、钢混凝土承台、梁、板或底板等。与保护对象近距离清障时，根据障碍物的埋置深度、尺寸选择合理的处置方式：（1）埋深小于 3 米的障碍物，可采用挖机分段清理，随挖随填，单次开挖卸荷量不大于  $20\text{m}^3$ ；（2）埋深超过 5 米，且障碍物圆周直径不大于 1.5 米的，可采用全套管全回转钻机清障，并采用水泥土回填密实；（3）除以上情况外，埋置深度深、尺寸大的特殊障碍物，须进行清理障碍物的专项围护设计，并纳入施工方案专项评审；（4）对于老旧桩基，围护结构一般采用避让旧桩的原则；（5）障碍物处理应避免采用振动性的大型机械如镐头机等，更不得采取爆破的方式；（6）对于明、暗浜等不利地质情况，不宜开挖换填，避免反复加、卸载对变形的不利影响，对埋深 5m 以内的浅层已回填但回填质量较差的暗浜，可采用地基改良加固处理，对深层已回填但回填质量较差的暗浜或尚未回填的河浜，应进行专项设计、专项评审，以确定处理方式。

### 6.2 支护结构

**6.2.2** 桩（墙）施工工序应遵循与受保护对象距离由近及远的原则、对保护对象影响由小到大的原则，并制定合理的施工进度计划，确保前序施工的结构强度达到设计强度。某紧邻地铁隧道项目，开挖深度约 10m，采用 TRD 作止水帷幕，钻孔灌注桩作挡土结构，桩间及坑内加固采用高压旋喷桩，工程桩采用钻孔灌注桩。如图 6-1 所示，根据前述工序排布原则及工艺特点，施工顺序应为：（1）坑外工程桩（全护筒）→（2）TRD 止水帷幕→（3）围护桩→（4）坑内工程桩→（5）桩间及坑内加固。



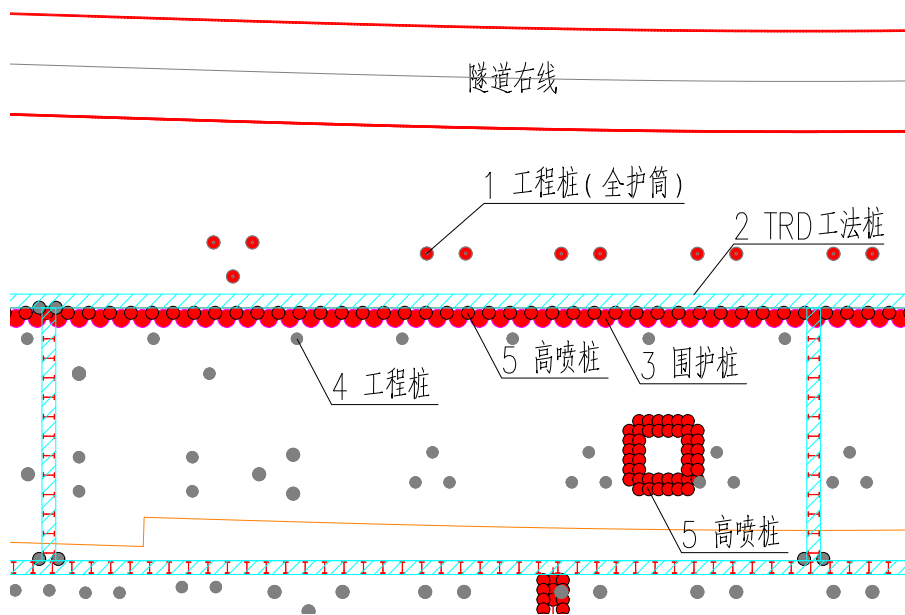


图 6-1 桩基工程建议施工顺序

**6.2.6** 轴力伺服支撑一般可分为：（1）型钢组合支撑结合伺服系统；（2）钢管支撑结合伺服系统；（3）钢筋混凝土支撑结合伺服系统。支撑及伺服系统施工应满足如下要求：（1）施工前应进行深化设计，确定每个构件和节点的准确做法，并经设计单位复核确认；（2）所有构件均应按经过设计单位复核确认的深化设计资料加工制作，连接节点强度应满足设计要求，特殊部位需要采用焊接时，应经得设计单位复核。

**6.2.7** 轴力的施加和卸载应做到分级、对称、均匀，加压节点应设置防失稳措施，轴力自动补偿装置应配置机械锁，能有效锁紧油缸，应具备应急供电功能，确保断电时系统能正常工作。

**6.2.10** 土体加固宜采用搅拌桩工艺：（1）应尽量减少水的用量，严禁清水搅拌或清水切割，水灰比不宜大于 1.2；（2）搅拌后的水泥石浆液比重不宜小于原状土加权平均重度的 90%，水泥石初凝时间不宜超过 12 小时；（3）搅拌均匀性应通过减缓施工速度、增加搅拌次数来实现，不应采用过大的气压，搅拌深度小于 30m 时不宜加气辅助，搅拌深度为 30m~50m 时辅助气压不宜超过 1.0MPa，搅拌深度大于 50m 时辅助气压不宜超过 1.8MPa；（4）

钻杆式搅拌桩与铣削深搅水泥土搅拌墙，下沉速度不宜大于 0.3m/min，提升速度不宜大于 0.5m/min，避免下沉速度过快造成挤土或提升速度过快造成负压，并应进行跳打施工，水泥土初凝后方可施工相邻幅；（5）在透水性地层中，搅拌桩止水帷幕冷缝位置与转角搭接处，均应采用地内压力可控的高压喷射类工艺进行补强加固。

**6.2.14 TRD 搅拌桩**应采用分段施工，分段长度 5~10m（地基土越弱、与保护对象距离越小，分段长度应越小）。TRD 搅拌桩工艺可采用“一步法”施工也可采用“三步法”施工，在软弱地基土中，搅拌桩与保护对象距离近时，宜采用“一步法”施工，通过减缓推进速度来确保成墙质量。当采用“一步法”施工时，固化剂、外加剂在切割过程一次性注入，为保证搅拌均匀性，应放缓推进速度，切割速度不宜大于 1.5 小时/m（搅拌深度越深、速度应越慢）；当采用“三步法”施工时，第一步切割、第二步回切、第三步搅拌过程中均应带浆施工，严禁清水切割，第一步切割速度 20~60 分钟/m（土层越硬、速度应越慢）、第二步回切 10~30 分钟/m、第三步搅拌 15~40 分钟/m（搅拌深度越深、速度应越慢）。

### 6.3 地下水控制

**6.3.2 降水施工方案**明确单次降水的平面范围和水位控制深度。分坑施工时，临近保护对象侧的分坑仅在其自身开挖阶段降水，不得在开挖前降水。坑内降水应在对应支撑施工完成且达到强度后（或支撑预加轴力完成）进行，单次降水深度不得超过下层支撑底标高以下 1m。如图 6-2 所示，坑内降水应根据支撑架设、土方开挖分次分层进行，施工顺序为：（1）第一层支撑施工完毕→（2）第一次降水至第二层撑以下 1m→（3）第二层支撑施工→（3）第二次降水至第二层撑以下 1m→（4）第三层支撑施工→（5）第三次降水至坑底以下 1m。

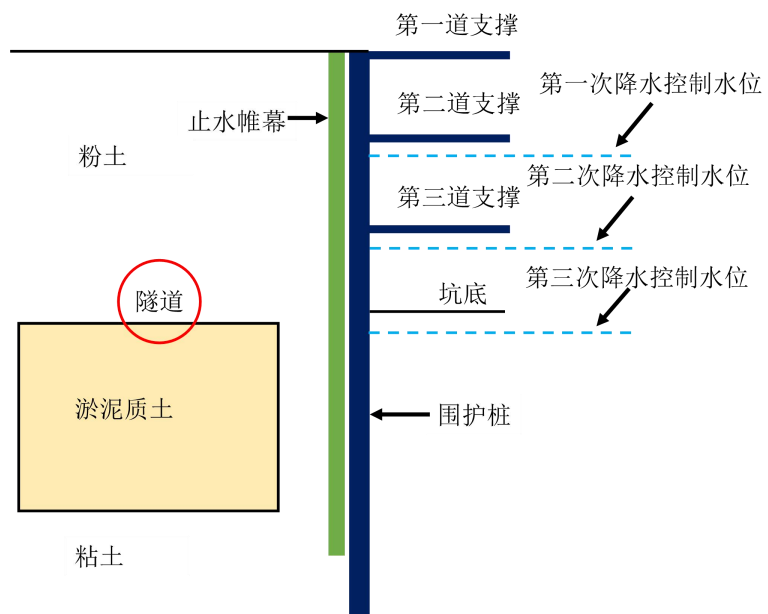


图 6-2 分层降水示意图

## 7 监测

**7.0.1** 基坑工程全过程施工会对周边环境造成持续影响，通常土方开挖阶段的变形影响最大，但支护结构、桩基、土体加固、开挖前降水、拆换撑、围护结构回收等施工影响同样不容忽视。根据杭州地区 26 个地铁保护区施工项目的统计结果，基坑开挖前对邻近地铁隧道及土体造成的变形情况如下表 7-1 所示。

表 7-1 26 个地铁保护区施工项目在开挖前变形统计

监测项目	水平净距 (m)	最大变形 (mm)	平均变形 (mm)	坑内外最大水头差 (m)	坑内外平均水头差 (m)
土体测斜	10~25	43.2	8.7	9.6	3.1
隧道沉降		8.3	1.8		
隧道水平位移		5.6	1.2		
隧道管片收敛		2.2	0.9		

根据 2020 年~2023 年杭州地区 15 个典型基坑工程(开挖深度 15~20m) 的统计结果，基坑工程全过程施工对邻近房屋造成的沉降变形情况如下表 7-2 所示。因此，周边存在复杂敏感环境保护对象时，应做好施工全过程的监测工作。

表 7-2 基坑邻近房屋沉降情况统计

基础形式	水平净距 (m)	开挖前平均沉降 (mm)	开挖阶段平均沉降 (mm)	工后阶段平均沉降 (mm)
浅基础	10~25	-15	-86	-13.5
桩基础		-2	-5	-0.5

**7.0.5** 自动化监测设备应根据监测项目及现场条件进行选择，并符合表表 7-3 的要求；

表 7-3 自动化监测设备选择表

适用对象	自动化监测项目	监测设备
基坑	支护桩(墙)体水平位移	固定式测斜仪、自动提升式测斜仪

适用对象	自动化监测项目	监测设备
	土体深层水平位移	
	地下水位	智能型孔隙水压力计
	结构内力	智能应变计、智能应力计、智能轴力计、光纤传感器
城市轨道交通结构、桥梁、建(构)筑物等	水平位移	智能型全站仪、GNSS
	竖向位移	智能型全站仪、静力水准仪、电水平尺
	隧道水平收敛	智能型全站仪、智能型激光测距仪
	倾斜	智能型全站仪、倾角计、静力水准仪、电水平尺
	裂缝宽度	裂缝计、位移计

7.0.7 监测成果应体现监测对象平面、剖面上的变形情况，以及随时间的变化规律，常见的成果图如下：

1、基坑本体监测成果图

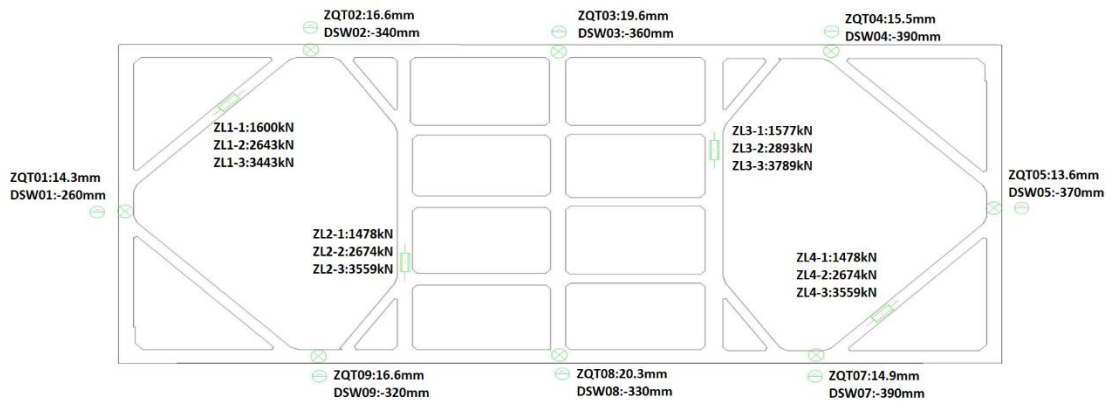


图 7-1 基坑本体监测成果汇总图

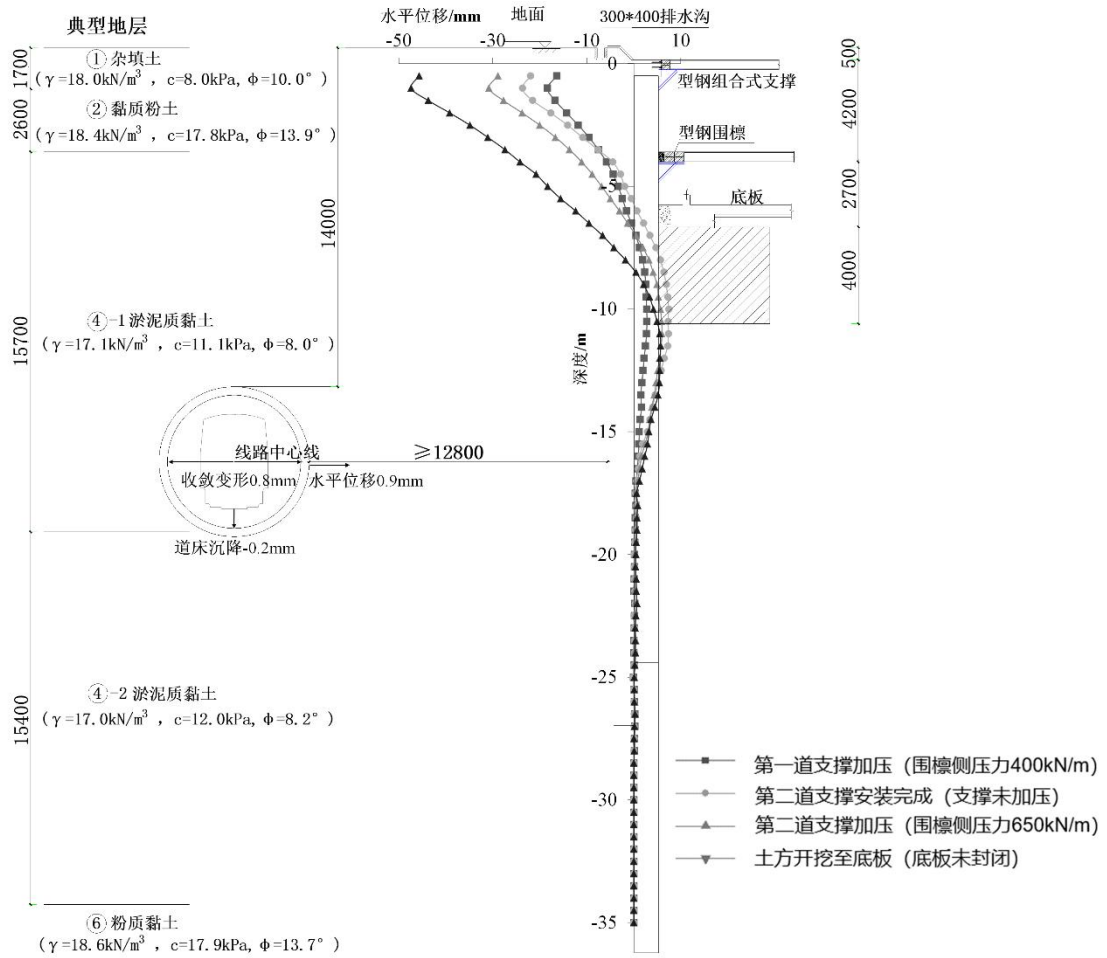


图 7-2 测斜累计变形曲线图

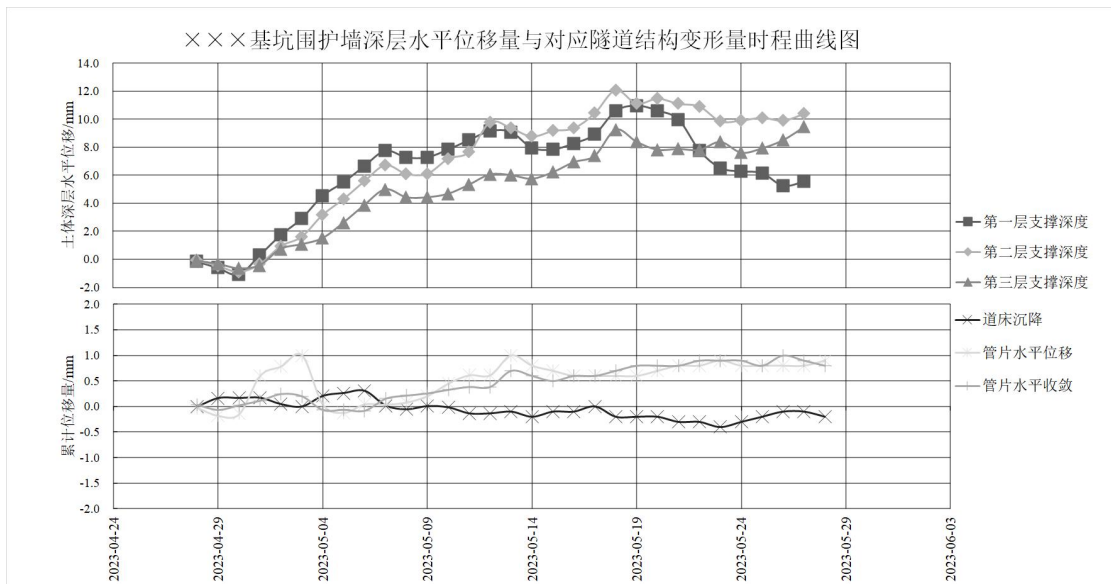


图 7-3 测斜历时变形曲线图

## 2、环境保护对象监测成果图



图 7-4 环境保护对象（地铁车站及隧道）累计变形矢量图

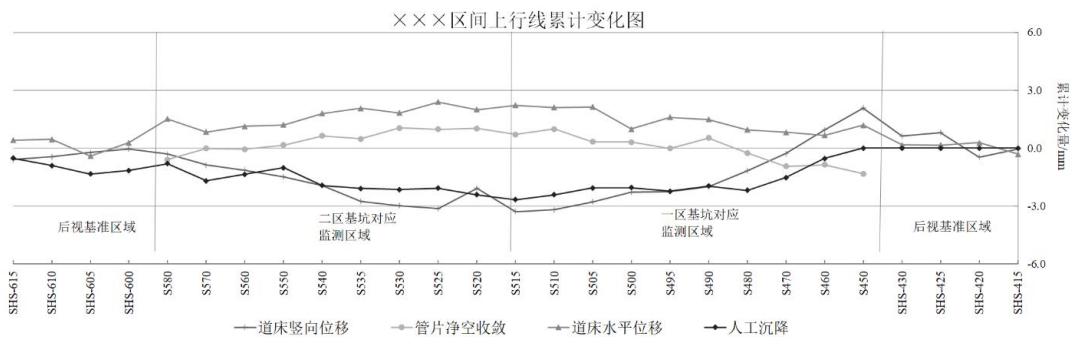


图 7-5 环境保护对象累计变形剖面图

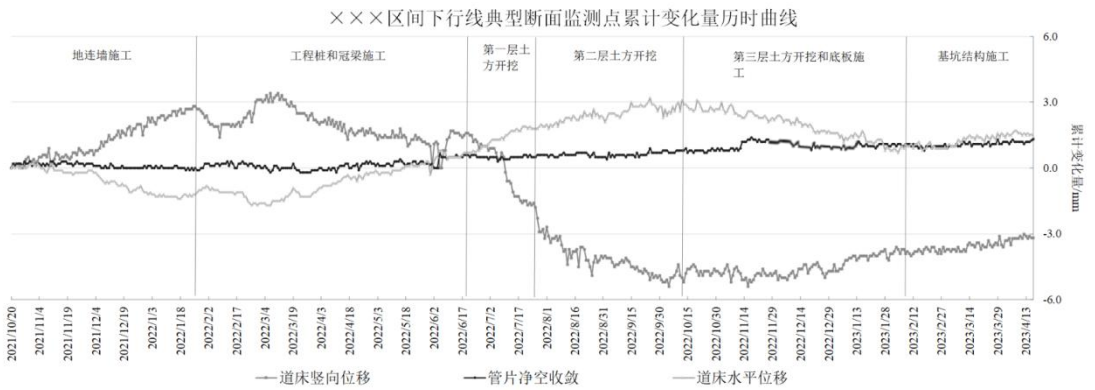


图 7-6 环境保护对象历时变形曲线