

山东省工程建设标准

土岩双元基坑支护技术标准

Technical Standard for Retaining and Protection of Foundation Excavations
in Soil-rock dual stratigraphic texture

DB37/T 5233-2022

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局《关于印发〈2020年第二批山东省工程建设标准制定、修订计划〉的通知》（鲁建标字〔2020〕18号）的要求，标准编制组经深入调查研究，认真总结工程经验，参考国内有关标准，在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容为：总则；术语；基本规定；勘察；设计；施工；监测、质量检验和验收及附录。

本标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理，山东大学负责具体技术内容的解释。执行本标准过程中，如有意见或建议，请寄山东大学《土岩双元基坑支护技术标准》编委会办公室（地址：济南市经十路17922号，山东大学基坑与深基础工程技术研究中心，邮政编码：250061，邮箱：tyjkbz@163.com。），以供修订时参考。

主 编 单 位：中建八局第二建设有限公司

山东大学

参 编 单 位：山东省地质矿产勘查开发局第五地质大队

山东正元地质资源勘查有限责任公司

山东高速岩土工程有限公司

山东地矿开元勘察施工总公司

青岛业高建设工程有限公司

青岛地质工程勘察院（青岛地质勘查开发局）

济南岩土工程公司

山东鲁岩基础工程有限公司

主要起草人员：	李连祥	潘玉珀	张云峰	张昌太	刘洪华
	郝晓平	李伟同	许 杰	孙代聚	徐怀彬
	杨建河	房海波	谢孔金	张启军	江 海
	赵新村	王龙军	王忠胜	汪 波	梁汝鸣
	宋 娜	贾世祥	林西伟	程少北	刘 洋
	李春岭	郑卫琴	朱林锋	闫 颂	葛序尧
	张 艳	朱玉爱	韩志霄	李胜群	
主要审查人员：	宋义仲	刘俊岩	薛守义	盛根来	孙剑平
	嵇 飙	肖代胜	孙 杰	王建光	

目 次

1 总则.....	2
2 术语.....	3
3 基本规定.....	5
4 勘察.....	6
4.1 一般规定.....	6
4.2 勘察要求.....	6
4.3 整体破坏模式.....	7
5 设计.....	9
5.1 一般规定.....	9
5.2 支护结构选型与构件计算.....	9
5.3 整体稳定性验算.....	10
5.4 构造措施.....	10
6 施工.....	13
6.1 一般规定.....	13
6.2 技术要求.....	13
7 监测、质量检验和验收.....	15
7.1 监测.....	15
7.2 质量检验与验收.....	15
附录 A 土岩双元基坑边坡岩体结构面和局部软弱部位勘察方法.....	18
附录 B 土岩双元深基坑数值分析土、岩本构模型与参数综合选取方法.....	19
附录 C 基坑侧壁岩体类型与自稳能力.....	21
附录 D 土岩双元基坑整体稳定性验算方法.....	22
附录 E 土岩双元深基坑整体破坏模式监测方法.....	25
本标准用词说明.....	25
引用标准名录.....	27
附：条文说明.....	27

CONTENTS

1	General Provisions.....	2
2	Terms.....	3
3	Basic Requirements.....	4
4	Survey.....	6
4.1	General Requirements.....	6
4.2	Survey Requirements.....	6
4.3	Overall Failure Mode.....	6
5	Design.....	9
5.1	General Requirements.....	9
5.2	Choice of Structural Types and Component Calculation.....	错误！未定义书签。
5.3	Overall Failure Mode and Stability Analysis.....	9
6	Construction.....	13
6.1	General Requirements.....	13
6.2	Construction Requirements.....	13
7	Monitoring, Quality Inspection and Acceptance.....	15
7.1	Monitoring.....	15
7.2	Quality Inspection Acceptance.....	15
Appendix A Investigation Method for Rock Mass Discontinuities and Local Weak Spots of Soil - rock Dual Foundation Pit Slope.....		18
Appendix B Numerical Analysis of Soil and Rock Constitutive model and Parameter Comprehensive Selection Method of Soil - rock Dual Deep Foundation Pit Slope.....		18
Appendix C The Type of Rock Mass and Self-stability of Lateral Wall of Foundation Pit.....		19
Appendix D Checking Method for Overall Stability of Soil-rock Dual Foundation Pit.....		21
Appendix E Monitoring Method of Overall Failure Mode for Soil-rock Dual Deep Foundation Pit.....		22
Explanation of Wording in This Standards.....		26
List of Quoted Standards.....		28
Addition: Explanation of Provisions		28

1 总 则

1.0.1 为了保证土岩双元基坑支护工程安全适用、技术先进、经济合理、质量可靠、低碳环保，制定本标

准。

1.0.2 本标准适用于山东省内土岩双元基坑支护工程的勘察、设计、施工、监测、检验和验收。

1.0.3 土岩双元基坑支护工程应综合考虑岩土条件、周边环境要求、主体结构、施工季节变化及支护结构使用期限等因素，因地制宜、合理选型、优化设计、精心施工、严格监控。

1.0.4 土岩双元基坑支护工程除应符合本标准外，尚应符合国家现行相关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 土岩双元基坑 foundation excavations in soil-rock dual stratigraphic texture

基坑支护体系影响深度范围内上部是土体、下部为岩体的基坑。

2.0.2 基坑工程系统 foundation excavations system

基坑工程涉及到的支护结构、岩土开挖、地下水控制等工程内容及其施工效应影响到、通过监测技术可感知的由岩土体和既有环境组成的三维空间。

2.0.3 基坑内倾结构面 inclined structural plane

土岩双元基坑岩体中存在的倾向坑内的结构面。

2.0.4 圆弧-平面滑动 circular -plane sliding

土岩双元基坑下部岩体稳定且无内倾结构面，仅上部土层破坏，土体先是圆弧滑动，再沿土岩交界面滑移，形成圆弧-平面滑动的破坏模式。

2.0.5 滑切（圆弧-平面-切角）破坏 sliding shear (arc-plane-tangential angle) failure

适当坡率且下部岩体无内倾结构面条件下，土与强风化岩双元边坡上部土体圆弧-平面滑动，临近坡面强风化岩局部产生切角破坏，呈现圆弧-平面-切角破坏模式，简称为滑切破坏。

2.0.6 切面滑动 shear sliding

大坡率条件下，土或全风化岩与强、中风化岩双元边坡滑动破坏，土体与全风化岩的滑弧正好与强风化岩切角斜边对接，形成完整切面破坏，简称为切面滑动。

2.0.7 土体特征基坑 foundation excavations with soil characteristics

土岩双元基坑以土体侧壁为主控制安全的基坑。

2.0.8 岩体特征基坑 foundation excavations with rock characteristics

土岩双元基坑以岩体侧壁为主控制安全的基坑。

2.0.9 预应力土钉 fully bonded prestressed soil nails

施加不大于 30kN 预应力、并设置腰梁的用于土体基坑边坡支护的土钉。

2.0.10 错台 faulting of slab ends

基坑特定深度开挖边线内收一定宽度形成的平台。当基坑直立开挖采用吊脚桩支护时，桩端入岩处的错台称为岩肩。

2.0.11 多阶微型桩岩石锚喷 rock anchor spraying of multistage micropile

一种利用微型桩、经多次错台形成的用于支护土岩双元基坑的竖向分阶式锚喷支护墙。

2.0.12 吊脚桩 suspending pile

基坑深度大于基岩埋深，桩端处于坑底以上的钢筋混凝土支护桩。

2.0.13 锁脚锚杆 feet-lock bolt

吊脚桩支护临近岩肩处控制吊脚桩桩端位移的锚杆。

3 基本规定

3.0.1 基坑支护工程应以安全快捷实现地下主体结构为目标进行设计和组织施工。

3.0.2 基坑工程勘察时应查清影响基坑侧壁稳定的土岩界面和岩体结构面。

3.0.3 基坑支护设计应遵守全过程“信息化施工、动态设计”的原则。

3.0.4 基坑工程设计、施工前应掌握主体地下结构设计资料，基坑工程系统内地质条件、地下设施、既有建（构）筑物，以及基坑工程使用期限内周边附加荷载情况要求等。

3.0.5 基坑工程施工前应按照设计方案编制安全专项施工方案；施工期间（包括使用阶段）应由第三方进行监测和质量检验，并由相关单位组织验收。

3.0.6 以下基坑应通过数值模拟进行专门分析：

- 1 土体开挖深度超过 15.0m 的基坑；
- 2 岩体开挖深度超过 18.0m 的基坑。

4 勘 察

4.1 一般规定

4.1.1 基坑的岩土工程勘察应符合下列规定：

- 1 一般基坑宜与主体建（构）筑物岩土工程勘察一并进行；
- 2 本标准 3.0.6 规定的基坑工程应进行专门勘察。

4.1.2 勘察应查明基坑工程系统内土体和岩体的下列物理状态和力学特性：

- 1 土层分布、类型、成因、范围、工程特性；
- 2 基岩面的形态和坡度；岩层分布、岩石风化和完整程度以及力学特征；
- 3 宜按照附录 A 的规定查清岩体结构面类型、产状、延展、闭合、填充等具体情况与力学性状；
- 4 岩体类型、等效内摩擦角等关键参数；
- 5 下部岩体失稳的可能性；
- 6 宜参考附录 A 的规定查清影响基坑安全的软弱部位范围和性质等。

4.1.3 基坑勘察应查明场区地下水作用的下列相关参数：

- 1 地下水水位、水量、类型、赋存状态、补排及动态变化情况；
- 2 岩、土的透水性；
- 3 地下水或其他水对基坑内倾结构面、土岩交界面稳定性的影响。

4.1.4 基坑勘察应评估和预测土岩二元边坡整体破坏模式。

4.1.5 应按照附录 B 建议深基坑数值分析的土、岩的参数值。

4.2 勘察要求

4.2.1 基坑环境调查应收集下列资料：

- 1 附有坐标和地形的拟建主体建（构）筑物的总平面布置图；
- 2 基坑深度、坑底高程和基坑平面尺寸；
- 3 拟建场地的整平高程和挖方、填方情况；
- 4 拟建地下结构特点及拟采取的基础形式、尺寸和埋置深度；
- 5 基坑影响范围内的建（构）筑物的相关资料；
- 6 基坑工程区域的相关气象、水文资料；

7 对基坑工程产生影响的汇水面积、排水坡度、长度和植被等情况。

4.2.2 基坑工程与主体结构勘察一并进行时，应符合下列规定：

1 勘探点范围、布置、深度等，应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 和现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的规定；

2 应根据地区经验建议适宜的支护选型；

3 应提供满足支护结构设计深度的参数要求；

4 应考虑基坑支护结构施工土、岩性状的工艺要求；

5 已有勘察资料不能满足上述要求时，进行补充勘察，应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

4.2.3 土岩二元土体特征基坑的专门勘察应符合下列规定：

1 勘探点范围、布置、深度等，应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定；

2 土体原位测试和室内试验，应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定，并符合基坑开挖工况与支护结构工作性状的应力历史和状态。

4.2.4 土岩二元岩体特征基坑的专门勘察除确定岩体相关参数外，还应符合下列规定：

1 勘察要求、力学参数取值等，应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的规定，勘探线和点布置宜按照一级边坡勘察等级执行；

2 应明确下部岩质边坡的破坏形式；

3 应按附录 C 确定岩体类型与自稳能力。

4.2.5 应对土、岩界面地质特性进行详细描述，提供土、岩界面抗剪强度指标，必要时增加原位剪切试验。

4.3 整体破坏模式

4.3.1 基坑整体破坏模式应根据上部土体侧壁圆弧滑动模式和下部岩体侧壁破坏形式联合确定。

4.3.2 基坑下部岩体侧壁具有自稳能力时，可按表 4.3.2 选取土体与不同风化程度岩体组合的可能的整体破坏模式。

表 4.3.2 基于岩体风化程度的土岩边坡破坏模式

土岩二元基坑土岩组成	破坏模式
土+全风化岩	圆弧滑动
土+全风化岩+强风化岩	圆弧-平面、滑切、切面滑动
土+全风化岩+强风化岩+中风化岩	
土+中或微风化岩	圆弧、圆弧-平面、滑切、切面滑动

4.3.3 基坑下部岩体侧壁不能自稳时，基坑整体破坏模式判定应符合下列规定：

1 下部岩体存在内倾结构面时，应结合基坑开挖深度、土岩厚度、位置、范围等综合因素，考虑基坑土体圆弧与岩体结构面的整体组合滑动破坏模式；

2 下部岩体不存在内倾结构面时，应选择岩体侧壁破裂角和等效内摩擦角较大者延长至地面的平面。

4.3.4 岩体边坡存在破碎、断裂带等情况时，应根据破碎岩体强度、范围等具体问题具体分析。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 支护方案设计应包括下列内容：

- 1 支护结构体系，包括方案选型，稳定性、支护结构强度计算，必要时应进行变形验算；
- 2 地下水控制系统，包括截水、降水、回灌等系统措施；
- 3 土石方开挖技术要求，包括开挖工艺、顺序、运输通道设置等；
- 4 监测要求，包括监测项目、监测频率、监测点位置及监测控制值和预警值等；
- 5 施工要求，包括技术、质量、检测、使用与维护的相关要求，特别是土岩不同地层的施工工艺和质量检验的详细要求；
- 6 明确涉及基坑危大工程的重点部位和环节，提出保障工程周边环境安全和工程施工安全的意见；
- 7 基坑工程对周边环境的综合影响分析。

5.1.2 支护结构的安全等级，应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定，结合土、岩性状综合确定。下列情况宜确定为支护结构安全等级一级：

- 1 土体开挖深度超过 15.0m；
- 2 岩体存在内倾结构面；
- 3 岩体开挖深度超过 18.0m。

5.1.3 设计方案工况应包含基坑开挖与使用全过程施工道路、场地使用荷载条件，以及出土坡道与收口的详细措施。

5.1.4 截水帷幕入岩深度强风化岩宜不小于 1.0m，中风化以上岩体宜不大于 0.5m。

5.2 支护结构选型与构件计算

5.2.1 土岩二元基坑支护结构选型宜根据当地经验，结合附录 C 的岩体侧壁自稳能力，按表 5.2.1 的规定选型，并符合下列规定：

表 5.2.1 土岩二元基坑支护结构选型

分类	型式	适用条件
土体特征基坑	土钉墙	非软土地层、全风化基岩
	复合土钉墙	
	桩（墙）锚（撑）	各种土层、强—微风化岩层
岩体特征基坑	锚喷支护	强—微风化岩层
	（多阶）微型桩复合锚喷支护	

1 基坑开挖深度范围内岩体侧壁稳定时，支护结构应根据当地土体基坑经验选型，并考虑土岩界面岩体局部切角的支护措施；

2 基坑开挖深度范围内岩体侧壁不稳定时，支护结构应根据当地岩体边坡经验并结合上部土体基坑支护综合选型。

5.2.2 支护结构的岩、土压力应根据当地可靠经验确定。无经验时，应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330、现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定，进行计算。

5.2.3 支护构件如支护桩（墙）、锚杆、内支撑等应根据荷载作用计算满足变形控制前提下的强度、刚度和局部稳定的要求。

5.2.4 支护结构构件计算应符合下列规定：

- 1 土体支护构件计算，应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定；
- 2 岩体支护构件计算，应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的规定；
- 3 土岩界面岩体局部切角的支护措施应按照附录 D 设计计算。

5.2.5 本标准 3.0.6 专门分析的基坑支护构件设计宜根据附录 B 确定的土、岩本构模型及其参数进行数值模拟计算。

5.3 整体稳定性验算

5.3.1 基坑支护结构除应保证整体稳定外，还应保证土体侧壁和岩体侧壁各自稳定。

5.3.2 开挖深度内下部岩体直立开挖稳定时，应根据附录 D 的规定，比较可能的整体破坏模式的安全系数，采用最小安全系数的整体破坏模式进行支护构件验算。

5.3.3 开挖深度内下部岩体直立开挖不稳定时，支护结构整体稳定性验算应符合下列规定：

- 1 上部土体侧壁按照圆弧滑动验算稳定；
- 2 将土体视为超载，根据岩体破裂角和有效内摩擦角验算稳定。

5.4 构造措施

5.4.1 圆弧-平面破坏的土岩基坑支护宜采取下列一种构造措施：

1 设置穿透土岩交界面的构造锚杆。锚杆成孔直径宜为 110mm~150mm，杆体直径不小于 20mm，进入岩体长度宜不小于 1.5m。当上部土体边坡采用土钉墙或复合土钉墙时，应将下部土钉调大倾角锚入岩体（图 5.4.1）。入岩长度软质岩宜不小于 2.0m，硬质宜不小于 1.0m。风化岩体不小于 1.5m，或强风化岩体不小于 3.0m；遇有岩体内倾结构面时，应穿过结构面长度宜不小于 2.0m；

- 2 在土岩界面设置错台，错台宽度宜不小于 1.0m。

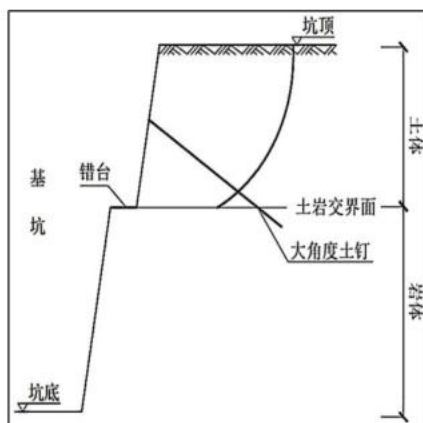


图 5.4.1 圆弧-平面破坏构造加固示意图

5.4.2 滑切和切面破坏模式的土岩基坑支护宜采取下列构造措施：

- 1 采用岩石锚喷时，锚杆应穿越切角范围（图 5.4.2），长度超过切角斜面，具体参数应根据上部土体刚体沿土岩界面滑移推力具体分析；

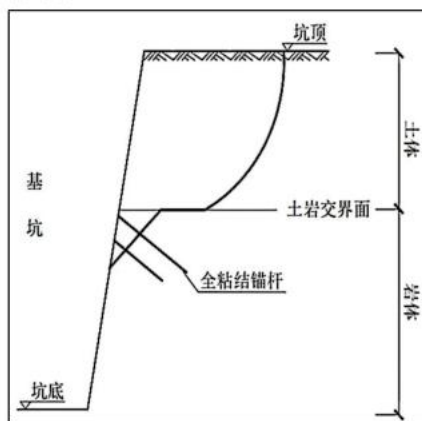


图 5.4.2 滑切破坏加固示意图

- 2 采用吊脚桩、微型桩复合土钉墙支护时，支护桩、微型桩的嵌固深度应超过岩体切角破坏面一定深度。岩体破坏范围应根据本标准 5.2 节和 5.3 节的规定设计和验算确定。

5.4.3 多阶微型桩岩石锚喷（图 5.4.3）构造宜满足下列构造要求：

- 1 微型桩孔径宜为 150mm~300mm；桩芯宜采用钢管、型钢或小直径钢筋笼，钢管宜使用直径

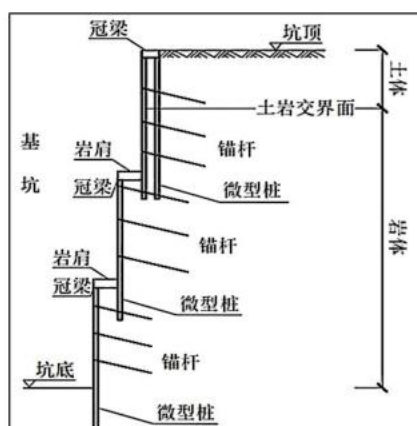


图 5.4.3 多阶微型桩锚喷示意图

108mm~273mm，壁厚不宜小于 5mm，管身下部设出浆孔，宜封孔压浆；

2 微型桩间距宜取 0.5m~1.0m；

3 微型桩长度宜不大于 12.0m，基坑深度较大时，微型桩宜多阶设置，中间留设错台。错台宽度宜不小于 1.0m，微型桩嵌固深度宜不小于 1.5m；

4 微型桩顶设冠梁，冠梁高度宜为 300mm~400mm，宽度在微型桩外边加大 100mm~200mm；

5 锚杆应采用全长粘结型，长度宜为 3.0m~6.0m，倾角宜为 15° ~ 25° 。

5.4.4 吊脚桩支护（图 5.4.4）构造宜满足下列要求：

1 吊脚灌注桩桩径宜取 600mm~1000mm，桩净距宜为 300mm~1000mm；

2 岩肩宽度宜不小于 1.0m，吊脚桩嵌固深度对于软质岩不宜小于 2.0m，对于硬质中风化岩宜不小于 1.0m，对于硬质微风化岩宜不小于 0.5m；

3 吊脚桩入岩处宜设置锁脚锚杆。锚杆应设置于岩肩以上不大于 1.0m 的位置，锚杆宜施加 50kN~100kN 的预应力，锚杆长度 6.0m~9.0m；

4 吊脚桩与微型桩组合支护时（图 5.4.4-1），微型桩冠梁宜与锚杆端部腰梁组合形成 L 型梁。锁脚锚杆端部 L 型梁高度宜取 600mm~800mm；

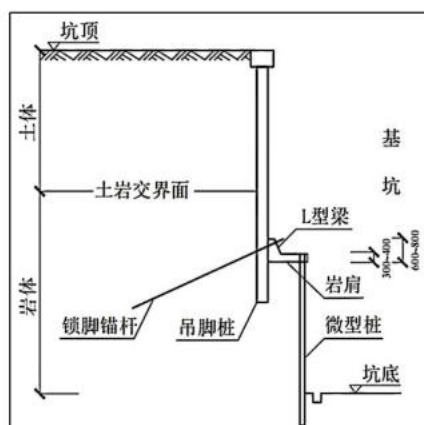


图 5.4.4-1 吊脚桩与微型桩组合支护示意图

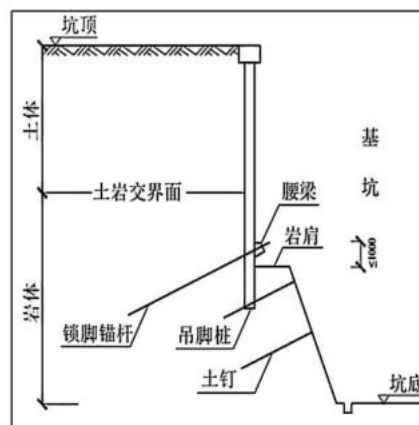


图 5.4.4-2 吊脚桩与岩体放坡组合支护示意图

5 吊脚桩支护与岩体放坡组合时（图 5.4.4-2），若下部岩体破碎，应增设全长粘结型锚杆，长度宜取 3.0m~6.0m。岩肩以下第一层锚杆的入射位置宜不低于吊脚桩桩端。

6 施 工

6.1 一般规定

6.1.1 施工应编制安全专项施工方案，并按照管理程序和有关规定组织实施。

6.1.2 施工工艺和设备选择应符合下列规定：

- 1 工艺和设备应符合土岩二元地层支护结构施工需要；
- 2 施工方法应考虑土层到岩层的顺畅转换；
- 3 岩体开挖和侧壁支护施工应兼顾上部土体侧壁已施工成品的保护。

6.1.3 基坑施工和使用不同阶段施工设备、交通布置、材料堆放应符合设计工况要求。

6.1.4 施工过程中揭露的地层、施工工况与勘察和设计条件不一致时应及时反馈。

6.2 技术要求

6.2.1 土钉施工应符合下列要求：

- 1 富水易塌孔地层宜采用套管跟进、高喷预成孔、一次性锚杆边钻进边注浆等工艺；
- 2 软土地层土钉对中支架应加大接触面，且宜先注浆、后下杆体；
- 3 注浆时孔内有地下水流出时，应封堵孔口并埋设排水排气管，注浆饱满后再封堵排水排气管；
- 4 预应力土钉端部应焊接螺栓或加工螺纹，通过螺母施加预紧力；
- 5 土钉延伸至岩体宜采用风动潜孔锤钻进。

6.2.2 预应力锚杆施工应符合下列要求：

- 1 应采取输送高压风或边钻进边注浆等措施消除孔内沉渣；
- 2 钻具穿过岩层套管的孔径应达到设计要求；
- 3 锚固体及混凝土腰梁强度应达到设计强度的 75%后再进行锚杆张拉锁定；
- 4 锚杆张拉前宜使用锚杆轴力计进行试验，获取超张拉力与设计锁定力的比值。

6.2.3 微型桩施工应符合下列规定：

- 1 成孔应选用底盘稳定性好的机械，岩层施工宜采用潜孔锤；
- 2 土、岩界面或倾斜岩面处钻进时，应低速低钻压钻进。发现钻孔偏斜，应及时回填黏土，冲平后再低速低钻压钻进；
- 3 垂直度偏差宜小于 0.5%。施工过程每钻进 2.0m 矫正一次垂直度；

4 钢管作为桩芯时，其外侧应设置导正钢筋，每截面 3 个~4 个，间距 2.0m 左右。需接长时应等强度内衬式焊接；

5 微型桩应采用压力灌浆，注浆管宜与钢管同时放入桩孔。浆液应从端部上返直至桩孔充满。

6.2.4 吊脚桩施工应符合下列规定：

1 施工设备应满足入岩成孔需要；钻具应针对不同土层和岩层选择适应性钻头；

2 土层易塌孔、漏浆时，应采用护筒、泥浆护壁或全护筒等措施；

3 土层易塌孔、存在破碎岩层采用泥浆护壁时，桩位附近应设置及时补浆的泥浆池；

4 钻机提升出土应缓速、稳定，严禁孔内泥浆起伏搅动；

5 松散土层、土岩界面钻机进尺应缓慢；遇钻杆摇晃、钻进困难、孔壁漏浆、塌孔等现象应及时提钻并采取处理措施。

6.2.5 基坑截水采用桩间旋喷帷幕时，应在灌注桩混凝土强度达到 15MPa 后进行；截水帷幕需要嵌岩时宜通过引孔等辅助措施实现。

7 监测、质量检验和验收

7.1 监测

7.1.1 土岩二元基坑监测，除应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB50497 的规定外，还应针对土岩交界面和内倾结构面位置，结合支护结构型式对基坑侧壁位移性状进行监测，监测点水平间距宜不大于 15.0m。

7.1.2 基坑侧壁岩体存在内倾结构面时，监测点应布置在内倾结构面和土岩交界面上、下两侧不大于 0.5m 处。

7.1.3 基坑侧壁岩体无基坑内倾结构面时，应选择变形最大位置针对性布置监测点，且符合下列规定：

- 1 应选择土岩界面下侧 1.0m 处；
- 2 多阶微型桩岩石锚喷支护锚台和吊脚桩岩肩处。

7.1.4 以下基坑宜按照附录 E 进行基坑侧壁最大变形部位整体破坏模式监测：

- 1 本标准 3.0.6 规定专门分析的基坑；
- 2 内倾结构面控制的基坑。

7.2 质量检验与验收

7.2.1 基坑土体侧壁的支护质量检验，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》GB50202 的规定，涉及岩体的支护质量检验应执行 7.2.2-7.2.4 的规定。

7.2.2 岩石锚喷质量检验应符合表 7.2.2 的规定。

表 7.2.2 岩石锚喷支护质量检验标准

项	序号	检查项目	允许值或允许偏差		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	抗拔承载力		不小于设计值	锚杆抗拔试验
	2	锚杆长度		不小于设计值	用钢尺量
	3	注浆量		不小于设计值	检查流量表
	4	注浆压力		不小于设计值	查看压力表
一般项目	5	锚杆位置	mm	±100	用钢尺量
	6	锚杆直径		不小于设计值	用钢尺量
	7	锚杆倾角	°	≤3	测倾角
	8	浆体强度		不小于设计值	试块强度
	9	钢筋网间距	mm	±30	用钢尺量
	10	面层厚度	mm	±10	用钢尺量
	11	混凝土强度		不小于设计值	28d 试块强度

7.2.3 多阶微型桩质量检验应符合表 7.2.3 的规定。

表 7.2.3 多阶微型桩质量检验标准

项	序号	检查项目	允许值或允许偏差		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	钢管长度	不小于设计值		用钢尺量
	2	桩孔深度	不小于设计值		用钢尺量
	3	注浆量	不小于设计值		检查流量表
	4	注浆压力	不小于设计值		查看压力表
一般项目	5	桩位	mm	±30	用钢尺量
	6	桩径	不小于设计值		用钢尺量
	7	垂直度	≤1/200		测倾角
	8	浆体强度	不小于设计值		试块强度
	9	岩肩宽度	mm	0~100	用钢尺量
	10	岩肩标高	mm	±10	用钢尺量

7.2.4 吊脚桩质量检验应符合表 7.2.4 的规定。

表 7.2.4 吊脚桩质量检验标准

项	序号	检查项目	允许值或允许偏差		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	孔深	不小于设计值		用钢尺量
	2	桩身完整性	设计要求		*
	3	混凝土强度	不小于设计值		28d 试块强度
	4	嵌岩深度	不小于设计值		取岩样或超前钻孔取样
	5	岩体完整程度	设计要求		观察、测试
	6	钢筋笼主筋间距			
一般项目	7	桩位	mm	≤50	用钢尺量
	8	孔径	不小于设计值		用钢尺量
	9	垂直度	≤1/200		测倾角
	10	岩体坡率	不小于设计值		用钢尺量
	11	岩肩宽度	mm	0~100	用钢尺量
	12	岩肩标高	mm	±10	用钢尺量

注*：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》GB50202 的规定。

7.2.5 基坑支护验收前应提供下列各分项工程的质量检测报告：

- 1 工程概况；
- 2 检测主要依据；
- 3 检测方法与仪器设备型号；
- 4 检测点分布图；
- 5 检测数据分析。

7.2.6 基坑支护验收应具有下列资料：

- 1 勘察报告、设计施工图和设计变更、技术洽商记录等；
- 2 专项施工方案；
- 3 基坑工程施工竣工图；
- 4 施工日志、隐蔽工程检查验收记录；
- 5 各分项、分部工程验收记录；

- 6 监测报告；
- 7 检测报告；
- 8 验收报告。

附录 A 土岩双元基坑边坡岩体结构面和局部软弱部位勘察方法

A.0.1 土岩双元基坑应采用钻探和物探技术查清影响基坑边坡稳定性的岩体结构面或软弱部位。

A.0.2 物探技术宜选用表 A.0.2 内一种或多种组合。

表 A.0.2 物探技术选用表

物探技术	结构面指标
钻孔成像技术	结构面产状、隙宽、间距、填充情况
瞬变电磁法	地下水特征、结构面产状、范围
高密度电法	地下水特征、结构面产状、范围
探地雷达	地下水特征、结构面产状、范围

A.0.3 岩体结构面勘察可执行图 A.0.3-1 步骤并宜满足下列要求：

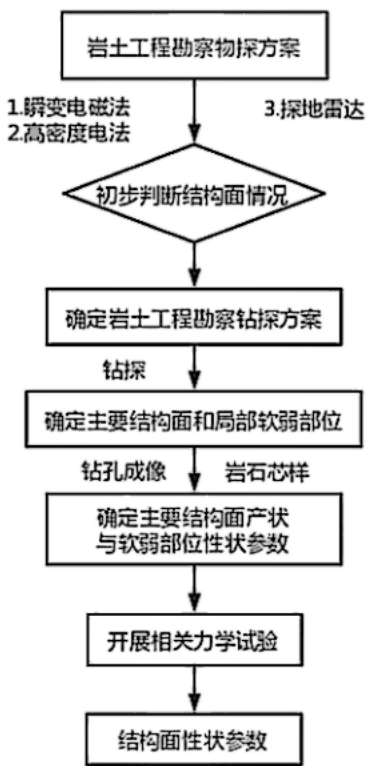


图 A.0.3-1 结构面勘察步骤图

注：物探方法无需同时使用

清结构面力学参数。

A.0.4 岩体局部软弱部位勘察宜参考 A.0.3 的规定。

- 1 按照既有勘察经验，提前预判岩体结构面存在及情况，考虑拟采用的物探技术；
- 2 可选用探地雷达等物探技术初步明确结构面深度、范围、产状、走向，具体布置宜满足如下要求：垂直与平行基坑边坡两个方向设置测线，垂直方向测线距离不大于 25m 且不少于 3 条；平行方向临近边坡两侧或外侧不少于 2 条，可参考图 A.0.3-2；
- 3 宜根据物探释义结果修正岩土工程勘察钻探方案；
- 4 宜结合钻探孔岩石芯样特点，选用钻孔成像技术，多孔连接形成地质剖面影像，进一步查清岩体裂隙性状，获得结构面产状、走向、倾向、倾角等参数

- 5 宜根据岩体钻孔芯样，考虑结构面具体情况，开展相关力学试验，查

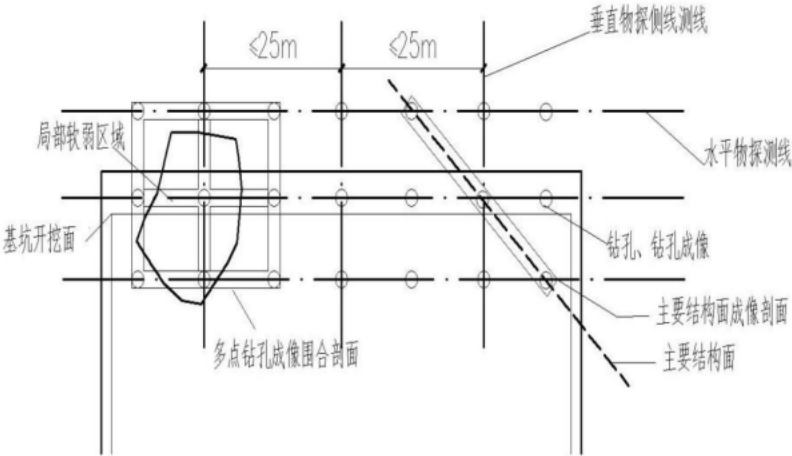


图 A.0.3-2 结构面与软弱部位综合考察示意图

附录 B 土岩双元深基坑数值分析土、岩本构模型与参数综合选取方法

B.0.1 土岩双元深基坑数值分析土、岩本构模型选择宜符合下列规定：

1 土体开挖深度超过 15m 时，土、岩本构模型应分别选用小应变强化模型（HSSM）和摩尔库伦模型（MCM）；

2 土体深度小于 15m 时，土、岩本构模型可选择摩尔库伦模型（MCM）。

B.0.2 土的小应变强化模型（HSSM）13 个参数应采用勘察测试、经验方法和岩土反分析相结合的综合方法选取。

B.0.3 土的硬化参数有效黏聚力 c' 、有效内摩擦角 φ' 宜按照勘察测试方法取值；

B.0.4 静止侧压力系数 K_0 、剪胀角 ψ 、加卸载泊松比 ν_{ur} 、参考应力 p^{ref} 、刚度应力水平指数 m 与破坏比 R_f 、阈值剪应变 $\gamma_{0.7}$ 等参数宜根据经验值或经验关系取值，且符合表 B.0.4 的规定：

图 B.0.4 HSSM 模型经验取值参数表示意图

参数	意义	取值方法
K_0	静止侧压力系数	按岩土勘察试验取值或按经验公式： $1-\sin\varphi'$ 取值
$\psi / ^\circ$	剪胀角	按经验公式： $\psi = \varphi - 30$ ($\varphi \geq 30^\circ$) / 0° ($\varphi \leq 30^\circ$) 取值
p^{ref} / kPa	参考应力	经验值：100
m	应力水平指数	经验值：黏土 0.7~0.8，砂土 0.5
R_f	破坏比	经验值：0.9
ν_{ur}	加卸载泊松比	经验值：0.2
$\gamma_{0.7} / 10^{-4}$	阈值剪应变	按经验公式： $\gamma_{0.7} = (\nu_{0.7})_{ref} + 5 \times 10^{-6} I_p (OCR)^{0.3}$ 取值或按 2×10^{-4} 取值

B.0.5 三轴固结排水剪切试验的参考割线模量 E_{50}^{ref} 、固结试验的参考切线模量 E_{oed}^{ref} 、参考卸载再加载模量

E_{ur}^{ref} 和参考初始剪切模量 G_0^{ref} 宜采用位移反分析方法获得。

B.0.6 选取 HSSM 参数的位移反分析方法宜符合下列规定：

- 1 拟建工程应完成 HSSM 数值模型建立，且已选取参数初值，可按照设计工况模拟基坑施工；
- 2 应具有数值模拟结果相比较的既有科学成果或实际测试数据；
- 3 应按照图 B.0.6 步骤，根据式 (B.0.6) 逐渐调整参数初值，直至选用参数满足式 (B.0.6) 要求。

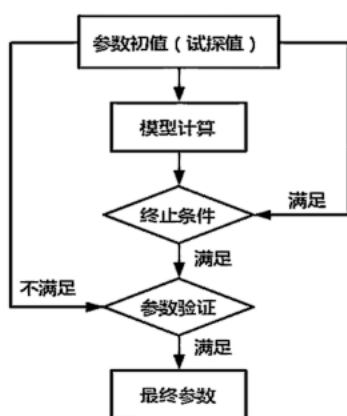


图 B.0.6 反分析流程示意图

$$F = \frac{\Delta u}{2u_{\max}} + \frac{\Delta l}{2l} \leq 20\% \quad (\text{B.0.6})$$

式中： Δu 为模拟结果与实测围护墙最大水平位移之差； $u_{\max}$ 为围护墙实测最大水平位移； Δl 为模拟结果与实测数据围护墙最大水平位移的位置之差； l 为围护挡墙长度。

B.0.7 科学成果或实际测试数据宜选择：

- 1 城市同类工程监测数据；
- 2 具体工程初期工况监测资料；
- 3 科学试验成果。

B.0.8 土、岩摩尔-库伦模型（MCM）5 个参数：弹性模量 E 、粘聚力 c 、剪胀角 ψ 、内摩擦角 φ 、泊松比 ν 应通过勘察测试或相关经验确定。

附录 C 基坑侧壁岩体类型与自稳能力

C.0.1 应根据勘察测试结果按照表 C.0.1 要求确定基坑侧壁岩体类型及其自稳能力。

表 C.0.1 基坑侧壁岩体分类与自稳能力表

基坑侧壁 岩体类型	判定条件			
	岩体完整程度	结构面结合程度	结构面产状	直立岩体侧壁自稳能力
I	完整	结构面结合良好或一般	内倾结构面或内倾不同结构面的组合线倾角 $>75^{\circ}$ 或 $<27^{\circ}$	30m 高的侧壁长期稳定，偶有掉块。
II	完整	结构面结合良好或一般	内倾结构面或内倾不同结构面的组合线倾角 $27^{\circ}\sim 75^{\circ}$	15m 高的侧壁稳定，15m $\sim$ 30m 高的侧壁欠稳定。
	完整	结构面结合差	内倾结构面或内倾不同结构面的组合线倾角 $>75^{\circ}$ 或 $<27^{\circ}$	15m 高的侧壁稳定，15m $\sim$ 30m 高的侧壁欠稳定。
	较完整	结构面结合良好或一般	内倾结构面或内倾不同结构面的组合线倾角 $27^{\circ}\sim 75^{\circ}$	侧壁出现掉块。
III	完整	结构面结合差	内倾结构面或内倾不同结构面的组合线倾角 $27^{\circ}\sim 75^{\circ}$	8m 高的侧壁稳定，15m 高的侧壁欠稳定。
	较完整	结构面结合良好或一般	内倾结构面或内倾不同结构面的组合线倾角 $27^{\circ}\sim 75^{\circ}$	8m 高的侧壁稳定，15m 高的侧壁欠稳定。
	较完整	结构面结合差	内倾结构面或内倾不同结构面的组合线倾角 $>75^{\circ}$ 或 $<27^{\circ}$	8m 高的侧壁稳定，15m 高的侧壁欠稳定。
	较破碎	结构面结合良好或一般	内倾结构面或内倾不同结构面的组合线倾角 $>75^{\circ}$ 或 $<27^{\circ}$	8m 高的侧壁稳定，15m 高的侧壁欠稳定。
	较破碎 (碎裂镶嵌)	结构面结合良好或一般	结构面无明显规律	8m 高的侧壁稳定，15m 高的侧壁欠稳定。
IV	较完整	结构面结合差或很差	内倾结构面以层面为主，倾角多为 $27^{\circ}\sim 75^{\circ}$	8m 高的侧壁不稳定。
	较破碎	结构面结合一般或差	内倾结构面或内倾不同结构面的组合线倾角 $27^{\circ}\sim 75^{\circ}$	8m 高的侧壁不稳定。
	破碎或极破碎	碎块间结合很差	结构面无明显规律。	8m 高的侧壁不稳定。

注：1 结构面指原生结构面和构造结构面，不包括风化裂隙；

2 内倾结构面系指倾向与坡向的夹角小于 30° 的结构面；

3 不包括全风化基岩；全风化基岩可视为土体；

4 I 类岩体为软岩，应降为 II 类岩体；I 类岩体为软岩且侧壁高度大于 15m 时，可降为 II 类；

5 当地下水发育时，II、III 类岩体可根据具体情况降低一档；

6 强风化岩应划为 IV 类；完整的极软岩可划为 III 类或 IV 类；

7 当侧壁岩体较完整、结构面结合差或很差时，可划为 III 类；

8 当有贯通性较好的内倾结构面时应验算沿该结构面破坏的稳定性。

附录 D 土岩双元基坑整体稳定性验算方法

D.0.1 土岩双元基坑（图 D.0.1）宜按照相应破坏模式采用条分法进行整体稳定性验算。

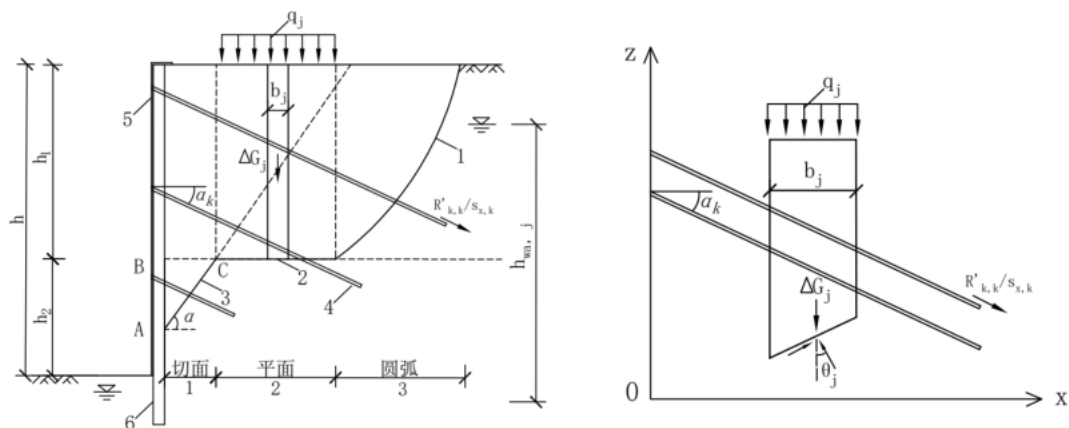


图 D.0.1 土岩基坑破坏模式及受力分析示意

注：1—任意圆弧滑移面；2—任意平面滑移面；3—任意切角滑移面；4—土钉或锚杆；5—喷射混凝土面层；6—支护桩或止水帷幕； h_1 —上覆土层厚度； h_2 —下卧岩层厚度； h —基坑开挖深度。

D.0.2 土岩二元基坑支护结构安全等级为一级、二级、三级整体稳定性安全系数 K_s 应分别不小于 1.35、1.3、1.25。

D.0.3 土岩双元基坑整体稳定性安全系数 K 应按下列公式计算, 并符合下列规定:

$$K = \min\{K_{s,1}, K_{s,2}, \dots, K_{s,i}, \dots\} \geq K_s, \text{ 且 } \min\left\{\frac{R_{mi}}{T_{mi}}\right\} \geq K_s \quad (\text{D.0.3-1})$$

$$K_{s, i} = \frac{\sum R_{mi} + R_k}{\sum T_{mi}} \geq K_s \quad (\text{D.0.3-2})$$

$$R_{mi} = \sum R_{mij}, T_{mi} = \sum T_{mij}, (m=1,2,3; i=1,2 \dots n; j=1,2 \dots n) \quad (\text{D.0.3-3})$$

$$R_{lij} = c_j l_j + [(q_j l_j + \Delta G_j) \cos \theta_j - u_j l_j] \tan \varphi_j + \frac{R'_{kk} [\cos(\theta_j + \alpha_k) + \psi_v]}{S_{xk}} \quad (\text{D.0.3-4})$$

$$R_{2ij} = c_j l_j + (q_j l_j + \Delta G_j - u_j l_j) \tan \varphi_j + \frac{R'_{k,k} [\cos(\theta_j + \alpha_k) + \psi_v]}{S_{xk}} \quad (\text{D.0.3-5})$$

$$R_{3ij} = c_j l_j + [(q_j l_j + \Delta G_j) \cos \theta_j - u_j l_j] \tan \varphi_j + \frac{R'_{k,k} [\cos(\theta_j + \alpha_k) + \psi_v]}{S_{x_k}} \quad (\text{D.0.3-6})$$

$$T_{ij} = (q_i b_j + \Delta G_i) \sin \theta_j \quad (\text{D.0.3-7})$$

$$T_{3ij} = (q_i b_i + \Delta G_i) \sin \theta_i \quad (\text{D.0.3-8})$$

$$R_k = \frac{D}{L_d} \left(0.7 f_t b_0 h_0 + 1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{S_0} h_0 \right) \quad (\text{D.0.3-9})$$

1 土岩双元基坑边坡破坏模式为圆弧-平面-切角破坏（滑切破坏）时：

$$K = K_{s,i} = \frac{R_{1i} + R_{2i} + R_{3i} + R_k}{T_{1i} + T_{3i}} \geq K_{s1} \quad (\text{D.0.3-10})$$

2 土岩双元基边坡破坏模式为圆弧-平面破坏时：

$$K = K_{s,i} = \frac{R_{2i} + R_{3i} + R_k}{T_{3i}} \geq K_{s2} \quad (\text{D.0.3-11})$$

3 土岩双元基边坡破坏模式为圆弧-斜平面破坏（切面破坏）时：

$$K = K_{s,i} = \frac{R_{1i} + R_{3i} + R_k}{T_{1i} + T_{3i}} \geq K_{s3} \quad (\text{D.0.3-12})$$

式中：

K ——土岩双元基坑整体稳定性安全系数；

$K_{s,i}$ ——土岩双元基坑第 i 种破坏路径整体抗滑力与整体下滑力的比值；

K_{s1} 、 K_{s2} 、 K_{s3} ——土岩双元基坑滑切、圆弧-平面、切面破坏模式整体稳定安全系数；

R_{mi} ——第 m 段内第 i 种破坏路径时土（岩）整体抗滑力；

T_{mi} ——第 m 段内第 i 种破坏路径土（岩）整体下滑力；

R_{mij} ——第 m 段内第 i 种破坏路径第 j 土（岩）条的抗滑力；

T_{mij} ——第 m 段内第 i 种破坏路径第 j 土（岩）条的下滑力；

R_k ——支护桩对破坏滑移土（岩）体提供的抗剪力；对于微型桩、止水帷幕， $R_k = \tau_q A$ ， τ_q 为滑移面处微型桩、止水帷幕的抗剪强度标准值，由相关经验或试验结果确定； A 为微型桩、止水帷幕截面面积；

c_j 、 φ_j ——第 j 土（岩）条滑移面处土（岩）的粘聚力（kPa）、内摩擦角（°）；

b_j ——第 j 土（岩）条的宽度（m）；

θ_j ——第 j 土（岩）条滑移面中点处的法线与垂直面的夹角（°）；

q_j ——作用在第 j 土（岩）条上的附加分布荷载标准值（kPa）；

ΔG_j ——第 j 土（岩）条的自重（kN），按天然重度计算；对于多层土（岩）组合地层，取各层土（岩）按厚度加权的平均重度计算；

u_j ——第 j 土（岩）条在滑移面上的空隙水压力（kPa）；基坑采用落底式截水帷幕时，对地下水位以下的砂土、碎石土、粉土，基坑外侧，可取 $u_j = \gamma_w h_{wa,j}$ ；基坑内侧，可取 $u_j = \gamma_w h_{wp,j}$ ；地下水位以上或地下水位以下的粘性土，取 $u_j = 0$ ；

γ_w ——地下水重度（kN/m³）；

$h_{wa,j}$ ——基坑外地下水位至第 j 土（岩）条滑移面中点的垂直距离（m）；

$R'_{k,k}$ ——第 k 层土钉、锚杆在滑动面以外的锚固段的极限抗拔承载力标准值与土钉、锚杆杆体受拉承载力标准值 ($f_{ptk}A_p$) 的较小值 (kN)；锚固段应取滑动面以外的长度；

α_k ——第 k 层土钉、锚杆的倾角 ($^\circ$)；

$S_{x,k}$ ——第 k 层土钉、锚杆的水平间距 (m)；

ψ_v ——计算系数；可按 $\psi_v = 0.5 \sin(\theta_k + \alpha_k) \tan \varphi$ 取值，此处， φ 为第 k 层土钉、锚杆与滑移交点处土 (岩) 的内摩擦角， θ_k 为滑移面在第 k 层土钉、锚杆处的法线与垂直面的夹角；

D ——支护桩桩径 (mm)；

L_d ——支护桩桩轴间距 (mm)；

f_t ——混凝土抗拉强度设计值 (N/mm²)；

b_0 ——桩体截面宽度 (mm)；圆形截面中截面宽度 b_0 以 $1.76r$ 代替， r 为圆形截面的半径 (mm)；

h_0 ——桩体截面有效高度 (mm)；圆形截面中截面有效高度 h_0 以 $1.6r$ 代替， r 为圆形截面的半径 (mm)；

f_{yv} ——箍筋的抗拉强度设计值 (N/mm²)；

A_{sv} ——桩体截面箍筋的截面积 (mm²)；

D.0.4 滑切破坏模式中切角破坏体如图 D.0.1 三角形 ABC 所示，当下卧岩体的风化程度为中风化及以下时，切角破坏体深度 $AB \leq 2.0\text{m}$ ；切角破坏体长度 BC 宜取 $2.0\text{m} \sim 3.5\text{m}$ ，对于硬质岩岩体（坚硬岩、较硬岩）取小值，对于软质岩岩体（较软岩、软岩）取大值。

附录 E 土岩双元深基坑整体破坏模式监测方法

E.0.1 土岩双元基坑整体破坏模式宜采用系列深层水平位移监测点获得。

E.0.2 深层水平位移监测点宜布置在基坑侧壁最大变形位置处（图 E.0.2），可设置 2 排，每排宜设置多点，点之间水平距离宜不大于 2.0m。每排范围宜不小于 1.5 倍基坑开挖深度。

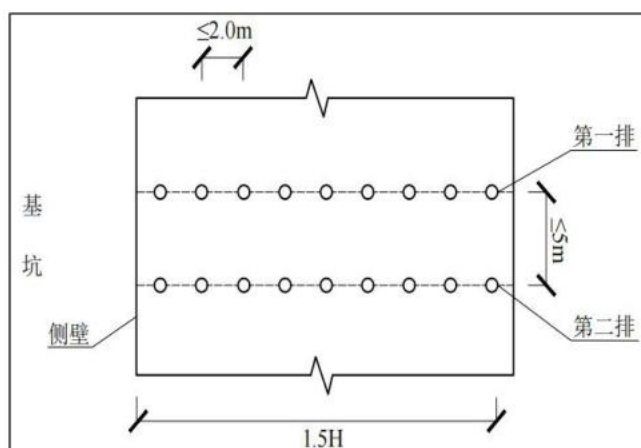


图 E.0.2 深层水平位移监测点布置示意图

E.0.3 深层水平位移监测点埋置深度宜不小于基坑深度（图 E.0.3）。

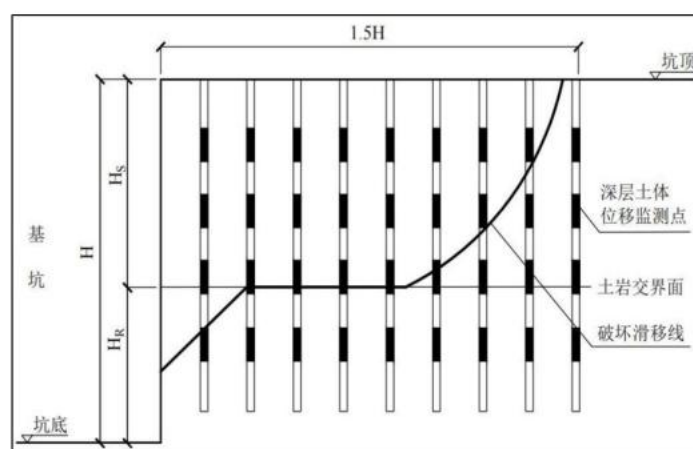


图 E.0.3 破坏模式监测系列深层水平位移监测点布置示意图

E.0.4 应在下列开挖深度工况进行监测并提供阶段监测报告：

- 1 土岩交界面；
- 2 内倾结构面；
- 3 基坑坑底。

E.0.5 阶段监测报告应包含 E.0.4 各工况深层水平位移最大点的连接曲线，且分析基坑侧壁变形趋势。

本标准用词说明

1 为了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用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

(3) 表示允许稍有选择，在条件允许时首先这样做的用词：

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用词：

正面词采用“可”，反面词采用“不可”。

2 本标准中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑地基基础设计规范》 GB50007
- 2 《岩土工程勘察规范》 GB50021
- 3 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》 GB50202
- 4 《建筑边坡工程技术规范》 GB50330
- 5 《建筑基坑工程监测技术标准》 GB50497
- 6 《复合土钉墙基坑支护技术规范》 GB50739
- 7 《建筑与市政地基基础通用规范》 GB55003
- 8 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ120

山东省工程建设标准

土岩双元基坑支护技术标准

(备案稿)

Technical Standard for Retaining and Protection of Foundation Excavations
in Soil-rock dual stratigraphic texture

DB37/T 5233-2022

住房和城乡建设部备案号: J *****-2022

批准部门: 山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局

施行日期: **2022-12-1**

条文说明

编制说明

随城市建设不断推进，土岩双元基坑成为地下空间开发的重要基坑型式之一。目前，现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 代表我国基坑工程理论和设计方法主要指导工具，但仅适用于土体基坑。现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB50330，只能对土体或者岩体基坑边坡作指导，而且边坡和基坑就其出现和控制存在深刻区别。现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 虽然明确“岩体基坑包含土岩组合基坑”，但未明确具体有效设计方法。因此，我国尚缺乏土岩双元基坑的技术标准。

近年来山东经济快速发展，济南、青岛双核引领作用日益突出，城市地铁建设快速推进，产生了大量土岩双元超大、超深基坑。由于缺乏有效指导，实际工程多忽略岩体与土体的结构差异，采用现有土体理论和软件进行设计，导致工程浪费和高碳排放，不符合新发展理念。

基于多年研究和准备，编制本标准希望实现 4 个目的：一是帮助设计人员增强针对性，系统掌握土岩基坑整体破坏特征，突出岩体结构能力分析基坑性状；二是有效指导设计人员提升适用性理念，根据不同土岩采用不同破坏模式，掌握基本理论，按照一般方法采用针对性支护措施；三是牢记变形控制原则，全面考虑既有、开挖、降水、爆破等全过程工程效应影响，以最敏感关键变形控制其他环境；四是建立基坑工程系统，构建基坑影响空间，确保环境安全。

1 总 则

1.0.1 编制本标准的目的是改变土岩双元基坑习惯套用现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120（以下简称《基坑规程》）与计算机软件现状，引导设计人员科学、合理利用岩体自稳能力，明确土岩双元基坑破坏模式，从而节约此类基坑工程支护投资。由于常用地下水控制技术适用于土岩双元基坑，本标准强调的是土岩双元基坑的边坡支护，仅涉及与支护有关的地下水控制的相关要求。

1.0.2 土岩双元基坑关键是掌握和利用下部岩石的物理状态和力学性状，提高基坑支护勘察的针对性。同时，现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 没有验收内容，根据现行《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（2019 年 3 月 13 日《住房和城乡建设部关于修改部分部门规章的决定》（住房和城乡建设部令第 47 号）第一次修订）和山东省住房和城乡建设厅关于印发《山东省房屋市政施工危险性较大分部分项工程安全管理实施细则》的通知（鲁建质安字〔2018〕15 号）对基坑安全专项施工验收作了规定。本标准覆盖基坑支护勘察、设计、施工、监测、检测和验收各环节。

1.0.4 本条强调本标准对土岩双元坑的适应性、针对性、排他性，突出土岩双元基坑执行本标准。其他只要符合国家通用规范。

2 术 语

2.0.1 土岩双元基坑通俗理解是基坑处于土体和岩体中，即基坑边坡由土层和岩层组成。由于岩体自稳能力显著优于土体，本标准突出强调岩体结构理念，让岩体参与支护。因此，英文翻译强调了“土岩双元地层结构”概念。

另外，有时基坑开挖深度处于土体中，但一些支护构件，比如锚杆、支护桩等可能进入岩体中，这时同样考虑岩体影响，所以严密的定义是支护体系涉及到岩体，就应该算土岩双元基坑。

至于一些特殊地质现象如岩溶洞穴填充的土体可能出现在基坑边坡岩层下部，应属特殊情况，不是本标准阐释的内容。

2.0.2 建立基坑工程系统概念，意在强调每个基坑都有其自身系统，都有自身安全控制的范围和实施的不同内容。基坑工程内容包括支护结构、岩土开挖、地下水控制和监测。地质条件、既有环境不同，系统内容和范围就不同。基坑工程系统的重要标志是范围，界定基坑工程需要保证范围内既有环境安全。目前现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 虽未明确、但隐含一般土质基坑影响范围为 $3H$ （基坑开挖深度）。随基坑越来也深、环境越来越复杂，基坑工程系统受到既有环境特别是周围地下结构的影响，如图 2.0.2 某基坑群基坑工程系统变化示意图，说明了基坑工程系统及其变化。保证基坑安全就是要控制系统范围内既有环境安全，并通过监测感知和认定安全。土岩双元基坑工程系统按地区经验确定，无地区经验时，系统范围取 $2H$ 。

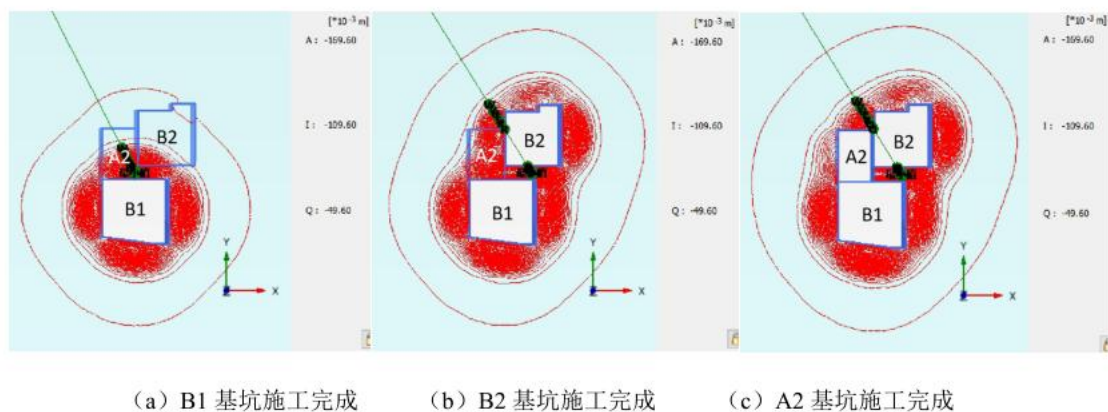


图 2.0.2 基坑（群）工程系统（沉降）范围变化过程图

2.0.3 在边坡工程中，一般外倾结构面对边坡安全不利。对于基坑而言，由于坑内岩土开挖卸载，基坑侧壁向坑内位移，之所以定义内倾结构面，是为了明确和强调基坑与边坡区别。工程实践中，大量土岩双元基坑特别是岩体基坑只有现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB50330 参考，实际边坡多与地形有关，范围较大。而土岩双元基坑一般处于地面以下，基本是围合空间，周围边坡结构面向基坑内倾对安全不利。

2.0.4 土岩基坑边坡圆弧-平面破坏模式如图 2.0.4。一般是较小坡率的土与强风化岩、土+中风化岩双元边

坡整体破坏型式。

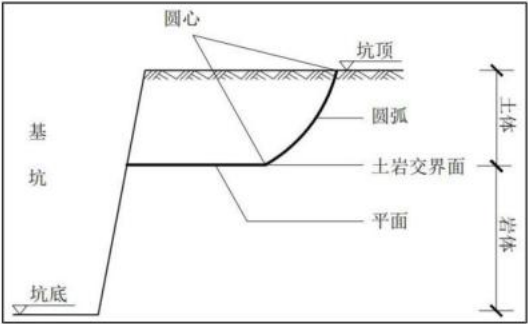


图 2.0.4 圆弧-平面滑动示意图

2.0.5 土岩基坑边坡圆弧-平面-切角滑动（简称滑切破坏）破坏模式如图 2.0.5。

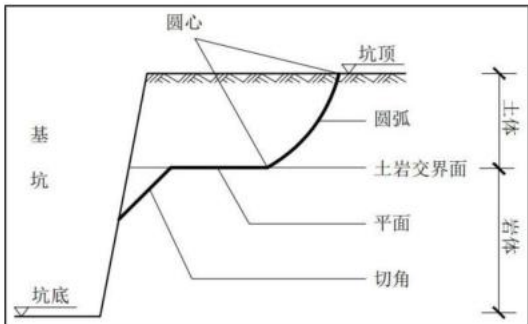


图 2.0.5 滑切破坏示意图

2.0.6 土岩基坑边坡圆弧-切面（简称切面滑动）破坏模式如图 2.0.6 切面破坏，实质上切面为一圆弧连接的岩石切角，只是半径较大，简化为斜平面，为与平面滑动区别称为切面。

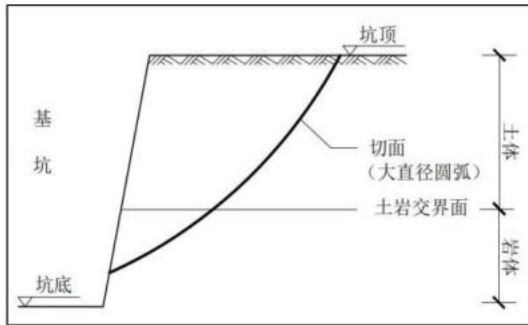


图 2.0.6 切面滑动示意图

3 基本规定

3.0.1 目前，基坑工程设计一般由岩土工程专业完成，总包或地基基础专业单位施工。业内一般按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 的术语理解“基坑”和“基坑支护”。实际运营中，由于相关工程技术人员缺少基坑工程目的性思考，基本上是“为基坑，而基坑”，很少从本质上理解基坑是为主体地下结构施工采取的临时性措施。因此，总包单位是基坑的使用者，设计方案应突出以安全快捷实现地下主体结构建设的目标。同时总包单位也应根据自己施工实际，提出利于主体目标又快又好的基坑工程做法。

3.0.5 土岩二元基坑工程方案应包含地下水控制部分，但因与土层基坑的地下水控制方法没有区别，只是帷幕入岩有些难度，特在 5.1.1 中提出地下水控制设计内容和施工工艺要求，并在 6.3 施工中予以补充。

3.0.6 本条专门分析具有不同含义：

1 根据已有研究成果，例如济南地质条件下，土体基坑开挖深度超过 15m 后，基坑存在“深度效应”，现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120-2012 理论与实际支护结构工作性状存在较大误差；重要工程采用数值分析时常用土的摩尔库伦模型，也与实际监测差距较大，可能带来安全隐患。理论和实践都证明深基坑时应采用土的硬化模型。因此，对于土岩二元深基坑土体深度超过 15m 的专门分析就是土、岩本构模型应选择土的硬化模型和摩尔库伦模型的数值分析。

2 对于岩体深度较大的土岩二元基坑：其一，当存在内倾结构面时，岩体深度越大结构面影响越大。但由于基坑是四面侧壁的围合体，大角度内倾结构面可能只对一面侧壁有影响，因此应根据岩体结构面性状分析基坑各面侧壁的整体破坏模式，进行针对性设计；其二，岩体没有内倾结构面时，岩体开挖深度 18m，考虑上覆土体，基坑整体深度大多超过 20m。目前，缺乏典型岩体基坑理论，建议对此类岩体基坑进行数值模拟专门分析，积累超深岩体基坑经验。

4 勘察

4.1 一般规定

4.1.2 土岩二元基坑支护关键在于明确岩体性状，充分利用岩体自稳能力。因此，4.1.2 中 2~6 提出了对岩体勘察的要求：

应查明岩石的岩性、坚硬程度、风化程度、岩体的完整程度，查明主要结构面（特别是内倾软弱结构面）的力学属性、延伸长度、与边坡夹角及坡体含水状况等；查明基坑开挖影响范围内是否有构造破碎带或软弱夹层；岩体较破碎、构造比较复杂时，应进行施工勘察。

根据现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB50330 的相关规定，岩体分类、内摩擦角等相关参数是确定无结构面破坏时岩体破裂角的重要参数，也是计算支护结构岩体压力的主要依据，因此这里特别说明。

4.2.3 本条勘察要求对应土体开挖深度超过 15m 需专门进行数值分析的土岩双元基坑。由于基坑存在“深度效应”，数值分析应采用土的硬化模型。目前常用的有小应变硬化模型(HSSM)和修正剑桥模型(MCM)，由于 Plaxis 软件内嵌 HSSM，理论和工程界对 HSSM 参数给予了更多的关注。本条 3 款规定勘察提供土的硬化模型的参数，考虑 HSSM 的成熟经验，附录 B 给出了土的 HSSM 参数取值方法。

4.2.5 土岩界面岩、土难以取样试验时，应对界面特性进行详细地质描述，在综合考虑各种因素的基础上，提出土岩界面抗剪强度指标。

4.3 整体破坏模式

4.3.2 本条提供了基坑下部岩体侧壁具有自稳能力时，按照岩体风化程度土岩双元基坑可能的整体破坏模式。实质上，当下部岩体侧壁自稳，土岩基坑上部土体按照圆弧滑动对岩体产生的推力是下部岩体破坏的根本原因。当土体较厚，下滑推力较大时，土岩界面局部岩体会出现切角破坏，因此滑切、切面破坏模式仅仅是岩体的局部破坏。

由于基坑开挖深度不断加大，土岩双元基坑整体破坏模式会根据工况出现圆弧、圆弧平面、滑切或切面破坏。从控制最不利工况着眼，最后的整体破坏模式是基坑控制的目标，也是设计的主要依据。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 本条 7 款基坑工程对环境的综合影响包含施工工艺、开挖、降水等对环境的叠加影响；当基岩强度较高需爆破开挖时，还应包含震动的施工效应。

5.1.2 本条在现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 规定基础上，将土体、岩体深度较大和岩体存在内倾结构面基坑的支护结构安全等级定为一类，重视内倾结构面、岩体深基坑的安全控制。

5.1.3 强调设计工况包含的内容，隐含设计和施工要紧密沟通。实际上，基坑是给总包单位用的，但总包单位并不关注，很少提出针对性要求；设计有时缺乏对施工步骤的深入了解，常常出现实际施工与设计工况差异较大的情况，给基坑工程带来风险。因此，设计应提前请施工单位明确详细施工工况。

5.4 构造措施

5.4.1 软、硬岩划分按照现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021 执行。

5.4.3 多阶微型桩岩石锚喷中，微型桩长度一般小于 12.0m，主要原因在于微型桩钻机钻杆长细比大，施工中易偏斜，而且桩长越大，越容易偏斜。根据施工经验，12m 深度以内偏斜量一般工程可以接受。

6 施 工

6.1.1 基坑工程属危险性较大的分部分项工程，国家和地方均有一系列文件规定了编制程序和专家论证要求，因此关键在于落实。

6.1.3 基坑重在使用，但施工方案更重视过程，因此提出施工和使用都要重视，都应符合设计工况要求。

6.2 技术要求

6.2.1 土钉是基坑常用支护手段，这里更针对土岩地层。比如滨海土岩基坑，上覆土层含水量大，多填土、软土或砂土，容易塌孔，应采取针对性措施。同时，土钉有可能深入岩体中，土层成孔设备不一定适用岩层，岩层需要潜孔锤冲击钻进。

6.2.2 滨海土岩地层基坑施工上部土层软弱，锚杆一般深入下部岩体中，导致锚杆较长。成孔后孔底沉渣往往较多，杆体易插入沉渣内，预应力张拉时位移过大。因此应采取措施清渣，消除影响。另外，锚杆采用二次或扩大头注浆的技术要求在土层基坑中常用，因此没有加入正文，在此说明：

1) 水灰比不宜大于 0.8，注浆管全长设置，在锚固段位置第一次灌浆初凝后终凝前注浆，注浆压力宜为 2.5MPa~5MPa；

2) 锚固段采用旋喷扩大头时，宜用单管法或双管法，水泥浆水灰比不宜大于 0.8；

3) 锚固段采用机械扩孔时，水泥浆水灰比不宜大于 0.6；

4) 需要减少锚索张拉等待的时间时，可采取用早强型水泥、掺加减水早强剂等方法。掺加减水早强剂时，应降低水灰比，具体降低比例及减少的张拉时间以现场试验为准；

5) 锚杆张拉时宜采用间隔张拉的顺序，每根锚杆张拉前，宜取 10%~20%设计荷载进行预张拉。

6.2.4 目前支护桩施工多用旋挖钻机，设备功率一定满足岩体挖掘需要，同时要考虑不同地层需要的钻头。

7 监测、质量检验和验收

7.1 监测

7.1.1 本条要求针对土岩双元基坑侧壁土岩交界面和内倾结构面位置的位移进行监测。

7.1.2 基坑侧壁岩体存在内倾结构面时，内倾结构面和土岩交界面上、下可能发生相对位移，建议监测。

7.1.3 基坑侧壁岩体无基坑内倾结构面时，建议选择基坑侧壁局部变形最大位置针对性布置监测点，监测点宜布置 3 组，方便对照分析。

7.1.4 本条建议对基坑侧壁最大变形部位整体破坏模式监测，按照附录 E 的方法，仅布置两排，目的对重要基坑积累经验。