

深圳市前海合作区地铁安保区 基坑技术导则

(Technical guideline for excavation engineering in metro
protection area in Qianhai of Shenzhen)

二〇一七年十一月 深圳

《深圳市前海合作区地铁安保区基坑技术导则》

前言

根据前海综合规划，前海合作区规划了各类轨道线路共 12 条，其中，包括 5 条城际轨道线路，3 条城市轨道快线，2 条城市轨道干线和 2 条城市轨道局域线，总长度约 53 公里，轨道网络密度 3.5 公里/平方公里，目前已有 3 条线路建成投入运营。前海片区为填海区，地质条件复杂，基坑工程施工易造成周边既有轨道交通结构变形过大，危及轨道交通运营安全，对前海开发建设造成不利影响。

为加强前海片区轨道交通安保区内基坑勘察、设计、监测和施工等环节的轨道交通保护工作，深圳市前海深港现代服务业合作区管理局委托深圳市前海开发投资控股有限公司组织相关单位编写了《深圳市前海合作区地铁安保区基坑技术导则》，作为前海地铁安全保护区内的管理依据。《导则》编制组在收集国内外既有类似工程经验基础上，通过专题研究和广泛征询意见，经多次讨论形成《送审稿》，经审查，报批定稿。

本导则主编单位、参编单位、主要起草人员和审查人员：

主编单位：深圳市前海开发投资控股有限公司

中国铁道科学研究院深圳研究设计院

参编单位：深圳市地铁集团有限公司

深圳市市政研究设计院有限公司

主要起草人员：庞小朝 申明文 刘树亚 鲁飞 夏石泉 黄晓晖 董明礼 王广珍

刘建国 刘国楠 肖文海 顾问天 赵启嘉 冯美华 宋程鹏

主要审查人员：陈湘生 刘小敏 丘建金 黄圭峰 朱益海 金亚兵 杨志银 周洪涛

孔令新 谢卫兵

目录

1 总则	1
1.0.1 导则的定义	1
1.0.2 制定导则的目的.....	1
1.0.3 导则的形成	1
1.0.4 导则的地位	1
1.0.5 导则的使用	2
1.0.6 导则的解释与修改.....	2
2 基本规定.....	3
2.1 一般规定	3
2.2 基坑工程对轨道交通设施影响等级划分.....	4
3 地铁安保区基坑工程勘察.....	7
3.1 地铁安保区基坑勘察的规定和要求.....	7
3.2 轨道交通环境调查.....	8
4 地铁安保区内基坑支护设计.....	9
4.1 一般规定	9
4.2 支护结构选型	10
4.3 地铁安保区内基坑群和超大基坑设计.....	10
5 基坑施工对轨道交通设施影响评估.....	11
5.1 一般规定	11
5.2 评估技术要求	12
6 基坑监测和轨道交通设施监测.....	16
6.1 一般规定	16
6.2 轨道交通设施监测.....	16
6.3 轨道交通安全保护监测控制指标.....	20
6.4 轨道交通设施监测报告.....	20
7 前海地铁安保区内基坑施工.....	21
7.1 一般规定	21
7.2 技术要求	21
附录 A 十字板剪切试验确定淤泥及淤泥质土抗剪强度指标.....	23

1 总则

1.0.1 导则的定义

《深圳市前海合作区地铁安保区基坑技术导则》（以下简称导则）由深圳市前海深港现代服务业合作区管理局（以下简称前海局）组织编写，是现行地方标准《深圳市基坑支护技术规范》（SJG05）和现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120）在深圳市前海深港现代服务业合作区（以下简称前海合作区）内的深化和补充，是落实前海合作区内基坑工程保护轨道交通运营和设施安全具体的、可操作的设计准则和控制要点，是前海合作区地铁安保区范围内基坑工程管理的主要依据之一。

1.0.2 制定导则的目的

深圳市前海属于新近填海场地，地质条件复杂、地下空间开发强度大，区内有多条运营、在建和规划轨道交通线路。为了指导前海合作区地铁安保区内基坑工程的勘察、设计、监测和施工等工作，做到安全适用、技术先进、经济合理、保护轨道交通运营和设施安全，制定本导则。

1.0.3 导则的形成

本导则是在现行地方标准《深圳市基坑支护技术规范》（SJG05）、行业标准《城市轨道交通结构安全保护技术规范》（CJJ/T 202）和《深圳市建筑深基坑工程管理规定》的基础上，结合了深圳市地铁集团有限公司（以下简称地铁公司）《地铁保护区和建设规划控制区工程管理办法》（2013年3月）的要求，以及国家、广东、深圳和前海有关的法律、法规、规定和通知的相关要求，吸纳了《前海深港现代服务业合作区总体发展规划》和《深圳市前海桂湾片区既有地铁设施保护和减振降噪》专项研究的成果，经过征求意见、深化、论证和专家咨询等程序完成。

1.0.4 导则的地位

1 本导则适用于前海合作区地铁安保区内建设的建筑、轨道交通、市政工程和埋设各种管线所需的基坑工程。

2 在前海合作区地铁安保区开展的基坑工程建设，除了应满足本导则的要求，还应遵守前海规划、国家、行业与地方标准和深圳市的有关管理规定。

1.0.5 导则的使用

1 本导则主要供前海管理局建设主管部门、前海开发建设单位和基坑设计、施工、监理、监测等有关人员使用，结合《深圳市前海合作区地铁安保区深基坑、桩基础工程勘察、设计和施工审批程序》，为参与前海合作区地铁安保区地下工程建设的有关各方提供一个统一的、指导设计和决策的基础性框架。

2 在本导则中要求遵守的条文规定，在条文中以“应”表达。建议性和推荐性的条文以“宜”和“可”表达。

1.0.6 导则的解释与修改

1 本导则由前海管理局建设主管部门负责解释。

2 本导则实施过程中，收集反馈意见和工程经验后，由前海管理局建设主管部门组织评估，根据评估结果组织对导则修订。

3 本导则已充分采纳地铁公司现行轨道交通保护相关规定，若因本导则或轨道交通保护规定文件修订升级导致不一致，由前海管理局建设主管部门研究确定本导则的修订。

4 建设单位、工程设计单位和施工管理人员有关于本导则的意见、建议，请以书面的形式反馈至前海管理局建设主管部门。

2 基本规定

2.1 一般规定

2.1.1 前海合作区内轨道交通沿线设运营安全保护区（以下简称地铁安保区），范围规定如下：

1 地下车站主体结构与隧道结构边外侧 80 米，且不小于 4 倍基坑深度的范围内。

2 地面或高架区间和车站结构边外侧 30 米范围内。

3 出入口、通风亭、变电站等建筑物、构筑物边外侧 15 米，且不小于 2 倍基坑深度范围内。

4 轨道交通的过海隧道和跨海桥梁外边线外侧 100 米范围内。

2.1.2 前海合作区轨道交通建设规划控制区是指进入预、工可研起至工程建成并向运营进行三权移交期间的轨道交通在建线路周边的一定区域，其范围参照 2.1.1 条执行，可根据轨道线路建设实际情况对 2.1.1 条范围要求做适当调整，具体范围以地铁公司要求确定。

2.1.3 在本导则规定的地铁安保区内进行的基坑工程设计和施工还应满足或符合《地铁运营管理办法》（中华人民共和国建设部令第 140 号）、《深圳市地下铁道建设管理暂行规定》（深圳市人民政府令第 101 号）和《深圳市城市轨道交通运营管理办法》（深圳市人民政府令第 278 号）的有关规定和要求。

2.1.4 除非管理部门另行批准，地铁安保区内与新建基坑工程有关的勘察、施工作业点与轨道交通设施的最小间距称为轨道交通限制区，其范围应满足表 2.1.4 所列的规定。

表 2.1.4 施工作业点距离轨道交通结构边最小距离的规定(单位：m)

城市轨道交通既有 结构类型 施工作业	地下结构	地面结构	高架结构
钻孔（含旋挖）桩、搅拌桩、旋喷桩	3.0	3.0	3.0
冲孔桩、振冲桩	20.0	20.0	20.0
勘察钻探孔	3.0	3.0	3.0
浅孔爆破	20.0	20.0	20.0

开挖临空面	3.0	3.0	3.0
-------	-----	-----	-----

注：1 轨道交通结构附近施工作业应满足本导则第 7 章相关要求。

2 施工作业点距离轨道结构边最小距离是指轨道交通既有结构外边线距离施工作业点的水平投影距离。

2.2 基坑工程对轨道交通设施影响等级划分

2.2.1 前海地铁安保区内的基坑工程对轨道交通设施的影响程度等级，根据基坑与轨道交通设施的接近程度按表 2.2.1 的要求选定，同一基坑的不同地段可根据条件选择不同的影响等级。

表 2.2.1 基坑施工对轨道交通设施影响等级的划分

基坑与轨道交通设施 接近程度 基坑施工的 工程影响分区	非常接近	接近	较接近	不接近
	强烈影响区 (A)	特级	特级	特级
显著影响区 (B)	特级	特级	一级	二级
一般影响区 (C)	特级	一级	二级	三级
较小影响区 (D)	一级	二级	三级	四级

注：1 既有轨道交通已存在道床开裂、结构漏水和结构变形超标病害时，应提高一~二个等级，具体等级划分应由地铁公司相关管理部门确定。

2 本表适用于有深厚杂填土和软土层地区，无软土层时，可将影响等级降低一个等级。

2.2.2 地铁安保区内，参照图 2.2.2-1、图 2.2.2-2 和图 2.2.2-3，按表 2.2.2 确定与轨道交通设施的接近程度。

表 2.2.2 基坑与轨道交通设施接近程度划分

城市轨道交通既有结构类型	相对净距	接近程度
明挖法、盖挖法车站或隧道	$L \leq 0.5H$	非常接近 (I)
	$0.5H < L \leq 1.0H$	接近 (II)
	$1.0H < L \leq 2.0H$	较接近 (III)
	$L > 2.0H$	不接近 (IV)
矿山法隧道	$L \leq 1.0W$	非常接近 (I)
	$1.0W < L \leq 1.5W$	接近 (II)
	$1.5W < L \leq 2.5W$	较接近 (III)
	$L > 2.5W$	不接近 (IV)
盾构法、顶管法隧道	$L \leq 1.0D$	非常接近 (I)

	$1.0D < L \leq 2.0D$	接近 (II)
	$2.0D < L \leq 3.0D$	较接近 (III)
	$L > 3.0D$	不接近 (IV)

注：L 为城市轨道交通既有结构边线与基坑围护结构外边线最小净距。

H 为明挖法和盖挖法隧道和车站基坑开挖深度。

W 为矿山法隧道毛洞跨度。

D 为盾构法隧道外径，圆形顶管隧道外径或矩形顶管结构跨度。

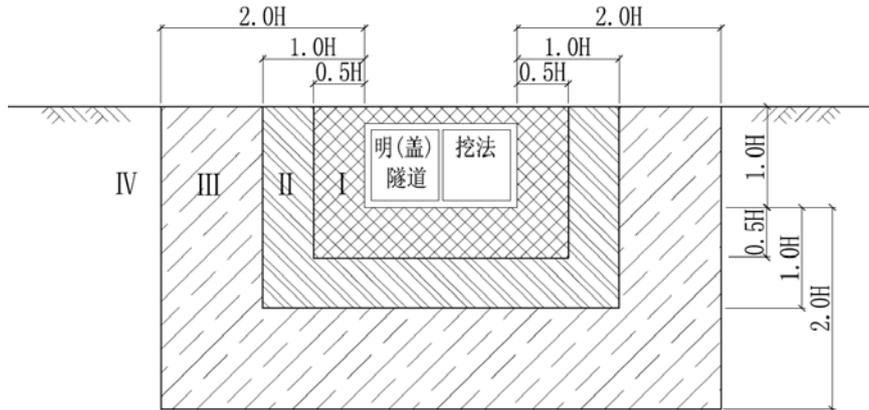


图 2.2.2-1 基坑与明、盖挖法隧道既有结构的接近程度判定

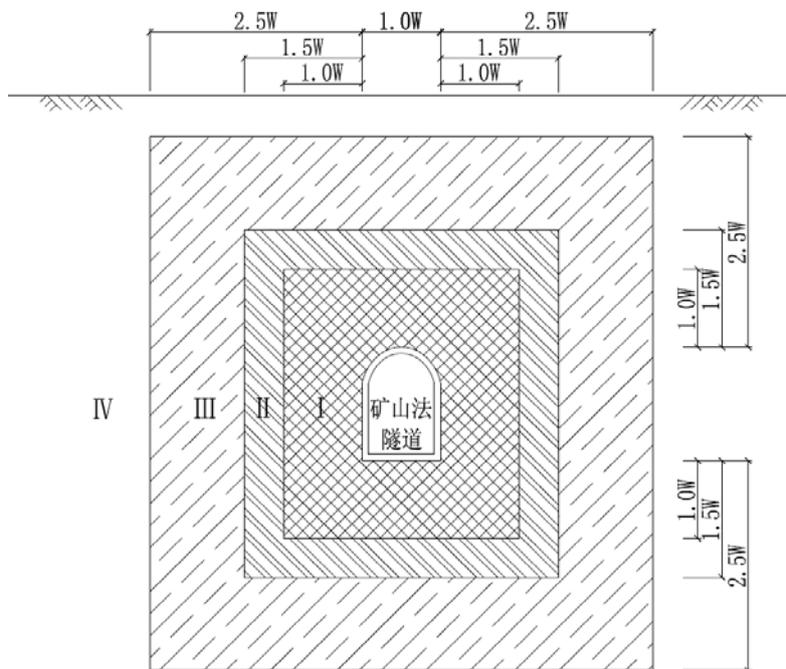


图 2.2.2-2 基坑与矿山法隧道既有结构的接近程度判定

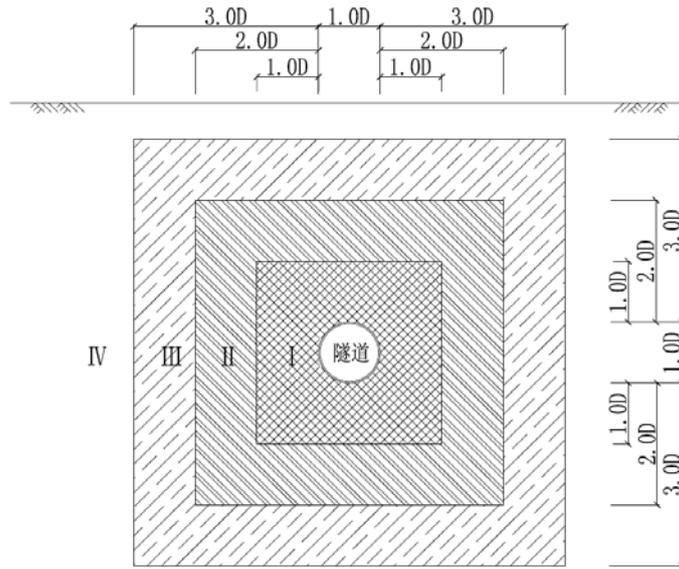


图 2.2.2-3 基坑与盾构或顶管法隧道既有结构的接近程度判定

2.2.3 可参照图 2.2.3，按表 2.2.3 的规定，划分基坑施工对轨道交通设施影响区。

表 2.2.3 基坑施工工程影响分区

基坑施工影响分区	区域范围
强烈影响区 (A)	基坑外侧和坑底 $0.7h_1$ 范围内
显著影响区 (B)	基坑外侧和坑底 $0.7\sim 1.0h_1$ 范围内
一般影响区 (C)	基坑外侧和坑底 $1.0\sim 2.0h_1$ 范围内
较小影响区 (D)	基坑外侧和坑底 $2.0h_1$ 范围外

注： h_1 为基坑开挖深度

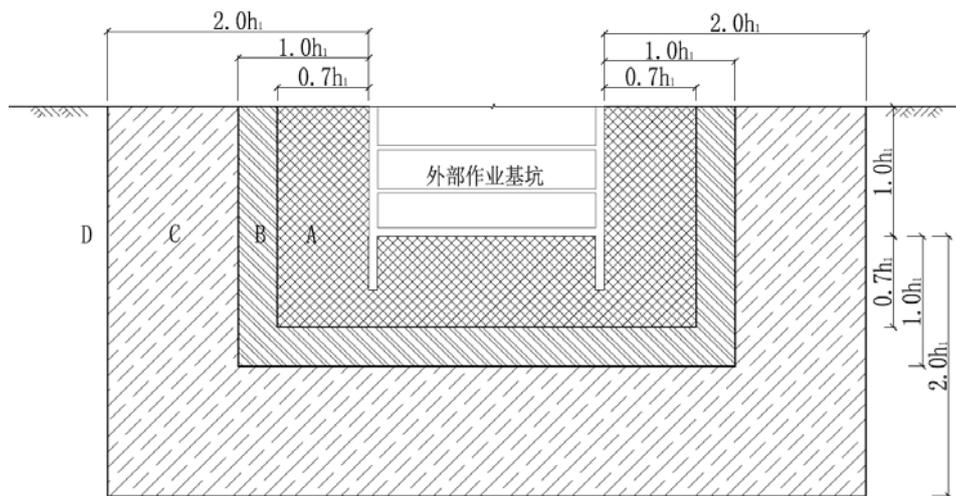


图 2.2.3 基坑的工程影响分区

3 地铁安保区基坑工程勘察

3.1 地铁安保区基坑勘察的规定和要求

3.1.1 制定勘察方案之前，应进行轨道交通调查，确定周边轨道交通设施的位置，地铁安保区内的勘察施工方案应报轨道交通保护管理部门审批后，方可施工，具体可参见《深圳市前海合作区地铁安保区深基坑、桩基础工程勘察、设计和施工审批程序》。

3.1.2 前海地铁安保区基坑工程的岩土勘察，除了应满足现行的国家标准《岩土工程勘察规范》、《地下铁道、轻轨交通岩土工程勘察规范》和地方标准《深圳市基坑支护技术规范》的要求和规定之外，还应满足以下要求：

1 勘察钻孔距离轨道交通结构最小距离应满足本导则 2.1.4 条要求。

2 基坑勘察孔应沿基坑各侧边布设，其间距不宜大于现行规范规定的下限值，当有隐伏淤泥包时，应加密勘察点。

3 基坑勘察孔的深度不宜小于基坑开挖深度的 2 倍，且应穿过软弱土层；如钻孔遇岩，入微风化岩深度不宜小于 5.0m。

3.1.3 对淤泥及淤泥质土层应进行十字板剪切试验，按附录 A 的方法，确定基坑支护设计计算采用的淤泥及淤泥质土层抗剪强度指标。

3.1.4 前海地铁安保区内宜采用原位试验的方法确定隧道围岩和基坑范围内变形模量。

3.1.5 当场地内有淤泥包、填石等地层时，应通过多种方法确定其分布，必要时通过原位试验确定其强度指标和变形模量。

3.1.6 应按以下要求查明地下水：

1 查明基坑开挖范围地下水透水层、相对不透水层的埋深、厚度和分布情况，判断地下水的类型和补给、排泄条件，当有承压水时应分层测量地下水水位，并确定承压水水头高程。

2 对于开挖深度超过轨道交通埋深，或深度超过 20 米的地铁安保区内基坑，应通过现场抽（压）水试验确定相关岩土层的渗透系数。

3 粘性土类，可采用室内渗透试验的方法确定土的渗透系数。填石层、砂层、砂卵石层等强透水层，应采用现场抽水试验确定渗透系数。残积土和风化岩层可采用分段压水试验确定岩土层的渗透系数。

3.1.7 现场原位岩土层渗透试验方法应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB50021)和行业标准《水利水电工程钻孔压水试验规程》(DLT5331)的规定和要求。

3.1.8 基坑内勘察钻孔应回填粘土球或水泥砂浆封堵,封堵深度自孔底至基坑底部以上适当高度。

3.2 轨道交通环境调查

3.2.1 在地铁安保区基坑设计之前,应向轨道交通保护管理部门取得以下资料:

1 周边已建、在建和规划轨道交通设施的竣工、设计和规划图纸,包括已建和在建轨道交通设施的线位、纵断面和结构设计等图纸,规划中轨道交通设施的线位和纵断面等图纸。

2 地铁安保区内轨道交通建(构)筑物的类型、埋深、基础形式和现状。

3 地铁安保区内轨道交通建(构)筑物的沉降和变形历史数据。

4 必要时,可采用物探等方法探测已完成施工的轨道交通结构线位和埋深。

3.2.2 在地铁安保区基坑工程施工之前,基坑的建设、设计、施工和监测单位应会同轨道交通运营管理部门,查明轨道交通轨道、隧道、车站结构和其他附属结构的变形开裂、漏水情况,并拍照记录在案。

3.2.3 对于已经出现变形超标、开裂、渗水的盾构隧道段,应对地铁安保区内的隧道进行全断面三维扫描测量,查明每环管片的几何形态并形成报告。

4 地铁安保区内基坑支护设计

4.1 一般规定

4.1.1 应按照现行地方标准《深圳市基坑支护技术规范》(SJG05)的规定和要求,确定地铁安保区内基坑的安全等级、使用年限、结构重要性系数、荷载作用基本组合的综合分项系数和安全系数,以及支护结构变形控制要求。

4.1.2 地铁安保区内的基坑支护除了应满足地下结构使用要求,以及周边环境安全和建构筑物正常使用的功能要求之外,还应满足轨道交通运营安全和轨道交通设施安全保护的要求,应根据本导则的有关规定和要求,确定相邻轨道交通设施的影响控制标准和要求。

4.1.3 地铁安保区内基坑除应按 4.1.1 条规定进行设计计算之外,还应分析对相邻轨道交通设施的影响,满足下式的要求:

$$S_d \leq C \quad (4-1)$$

式中:

S_d ——作用标准组合的效应(轨道交通设施附加变形,或作用的附加应力)设计值。

C ——轨道交通设施的附加变形或附加应力的控制值,见本导则 6.3 节。

4.1.4 在设计阶段,应根据基坑对轨道交通设施影响程度等级,按以下要求进行基坑对轨道交通设施影响初步分析,根据分析结果确定设计方案:

1 影响程度特级、一级的,应综合采用理论分析、模型试验等方法综合分析基坑开挖和地下水位变化对轨道交通设施的影响。

2 影响程度二级、三级的,当在本地区有类似成功经验时,可采用经验和工程类比等方法定性分析。当基坑底低于轨道交通设施的结构底面时,宜采用数值法分析基坑开挖造成地下水位的变化对相邻轨道交通设施的影响。

3 影响等级四级的,可采用经验和工程类比等定性的方法进行分析。

4.1.5 基坑土体的卸载、侧壁的变形对轨道交通设施的影响可采用平面数值方法分析计算,基坑与轨道交通的空间关系复杂时,宜采用三维数值方法分析计算。

4.1.6 基坑开挖引起的水位变化宜通过计算分析或现场试验确定,基坑形状复杂时宜采用三维数值计算方法和现场试验综合确定,由于水位变化引起的地层

沉降可采用分层总和法和数值方法计算。

4.1.7 基坑支护结构设计时，应参考本地区工程经验，分析判断计算参数和结果的合理性。

4.1.8 设计方案中，应包括根据本导则第5章规定的轨道交通设施保护预评估结果，制定的轨道交通设施保护应急预案和监测方案。

4.2 支护结构选型

4.2.1 前海地铁安保区内的基坑围护和截水结构应选用地下连续墙、咬合桩、水泥土搅拌墙等截水性能可靠的结构，截水帷幕平面布置宜连续封闭，同时底部应进入弱透水层，避免坑内水位下降造成周边轨道设施沉降。

4.2.2 应结合项目特点、开发进度和轨道交通安全的要求，选用合适的开挖方案和支护系统，基坑总体开挖方案可选顺作法、分仓（段）施工法、逆作法以及顺逆结合方法。支护体系可选用支撑结构、全逆作、双排桩和中心岛法及组合工法。

4.2.3 基坑采用内支撑方案时，首层支撑应采用现浇钢筋混凝土结构，位置宜设在围护结构锁口梁（冠梁）。选用钢支撑时应仔细核算各个构件强度和刚度，保证所有受力构件刚度和强度满足整体受力要求。

4.2.4 基坑相邻轨道交通设施侧，主要支护体系不应采用桩锚、土钉墙和复合土钉墙支护结构。

4.3 地铁安保区内基坑群和超大基坑设计

4.3.1 地铁安保区内两个及以上相邻基坑同期施工时，支护设计应考虑不利工况和基坑群对轨道交通设施影响的组合效应。

4.3.2 相邻基坑共用围护结构时，后继施工基坑应复核在不利开挖工况条件下围护结构强度、刚度、嵌固深度和整体稳定性是否满足要求。

4.3.3 地铁安保区内多个基坑同期或相继开工时，后续施工基坑应考虑已开工基坑对轨道交通设施的影响，应以累计变形量作为后续基坑的控制标准。

4.3.4 地铁安保区内基坑群和超大基坑施工前，除各基坑应进行专门的截水和坑内降水设计之外，还应考虑超大基坑和基坑群降水综合效应对相邻轨道交通设施的影响。

5 基坑施工对轨道交通设施影响评估

5.1 一般规定

5.1.1 前海地铁安保区内基坑工程的设计与施工方案，应进行基坑工程施工对轨道交通设施影响评估（以下简称安全评估）。

5.1.2 安全评估工作应由基坑建设单位按照《地铁运营安全保护区和建设规划控制区工程管理办法》和本导则的要求，委托具有相应资质和经验的第三方机构（设计、施工之外）完成。

5.1.3 安全评估工作应根据基坑施工对轨道交通设施影响等级和表 5.1.3 的要求，包含以下内容的一项或多项：

- 1 轨道交通设施现状安全评估。
- 2 基坑工程对轨道交通设施影响的预评估。
- 3 施工过程中的跟踪评估。
- 4 基坑完工后对轨道交通设施影响后评估。

表 5.1.3 基坑施工对轨道交通设施影响评估内容表

基坑施工对轨道交通设施影响等级	安全评估包含内容
特级	1 轨道交通设施安全现状的评估 2 基坑对轨道交通设施影响的预评估 3 施工过程中的跟踪评估
一级	1 基坑对轨道交通设施影响的预评估 2 施工过程中的跟踪评估
二级~四级	1 基坑对轨道交通设施影响的预评估

5.1.4 地铁安保区内轨道交通设施现状安全评估在基坑支护设计前完成，应包含以下工作内容：

- 1 调查轨道交通设施的现状，对于变形严重的隧道等设施，进行测量建档。
- 2 评估既有结构受力状态和抗变形能力，对现状安全性作出结论。
- 3 结合现状条件，提出轨道交通设施变形控制指标。

5.1.5 基坑工程对轨道交通设施影响的预评估宜根据本导则表 5.2.1 的要求，评价基坑开挖前、开挖过程中和开挖完成后相邻轨道交通设施的安全状态和线路运营适用条件。

5.1.6 基坑施工过程中，应利用监测数据跟踪评估基坑对轨道交通设施的影响，对调整方案提出建议和意见。

5.1.7 基坑施工完成后，对于地铁安保区内结构变形超过第 6.3 节所规定的预警值区段，应实测结构形态、线路状态，综合评价结构安全和对运营安全的影响，提出结构修复和加固，以及线路状态整治的方案建议，完成基坑施工对轨道交通设施影响后评估报告。

5.2 评估技术要求

5.2.1 安全评估各阶段工作的技术要求和采用的方法应符合表 5.2.1 规定。

表 5.2.1 各阶段安全评估的技术要求和分析方法

安全评估阶段	技术要求	评估依据	分析方法
现状评估	<ol style="list-style-type: none"> 1 收集既有轨道交通设施资料，现场调查，隧道全断面扫描测量结果。 2 评估既有结构安全状态和抗变形能力。 3 结合现状条件，确定轨道交通设施变形控制指标。 	<ol style="list-style-type: none"> 1 岩土工程勘察报告。 2 既有轨道交通设施设计和竣工资料。 3 既有轨道交通设施变形监测资料。 4 隧道全断面测量及建模。 	<ol style="list-style-type: none"> 1 现场调查、检测和测量。 2 结构计算和理论分析。 3 二维或三维数值模拟。
预评估	<ol style="list-style-type: none"> 1 二维或三维数值仿真，模拟基坑开挖对轨道交通设施的影响。 2 荷载-结构计算模型，分析支护结构的变形和内力。 3 通过分析提出基坑开挖和地下室使用阶段轨道交通设施内力变化和变形的预测值。 4 对轨道交通结构进行内力和变形分析或模型试验，进行强度和变形校核。 5 根据预评估结果，提出基坑支护方案优化建议和轨道交通保护方案建议。 6 给出基坑开挖方案可行性论证结论。 	<ol style="list-style-type: none"> 1 岩土工程勘察报告。 2 轨道交通既有结构现状评估报告。 3 基坑支护设计和施工方案。 4 轨道交通设施保护方案。 5 既有轨道交通结构竣工图或结构设计资料。 	<ol style="list-style-type: none"> 1 结构计算和理论分析。 2 二维或三维数值分析。 3 工程类比法。 4 模型试验。
施工过程中跟	<ol style="list-style-type: none"> 1 基坑与轨道交通设施关系的三维建模数值分析。 	<ol style="list-style-type: none"> 1 基坑施工方案。 2 基坑施工影响预评 	<ol style="list-style-type: none"> 1 现状调查、监测和检测。

踪评估	<p>2 跟踪施工过程中监测结果，分析轨道交通结构安全状态。</p> <p>3 利用监测数据，反演分析计算模型参数，预测后续施工变形趋势。</p> <p>4 提出调整施工方案建议。</p> <p>5 完善基坑开挖方案。</p>	<p>估报告。</p> <p>3 轨道交通设施和基坑围护结构监测报告。</p>	<p>2 结构计算和理论分析。</p> <p>3 三维数值计算。</p> <p>4 工程类比法。</p>
后评估	<p>1 基坑施工完成后，对轨道交通设施进行现状调查和分析。</p> <p>2 按结构安全和运营安全控制指标，评价既有结构受影响的程度。</p> <p>3 评估轨道交通设施后续抗变形能力和承载能力。</p> <p>4 必要时，提出轨道交通结构修复措施建议。</p>	<p>1 基坑施工轨道交通设施监测数据。</p> <p>2 基坑施工对轨道交通影响预评估报告。</p> <p>3 基坑施工过程中对轨道交通实施影响跟踪评估报告。</p>	<p>1 现状调查，测量和检测。</p> <p>2 三维数值分析。</p> <p>3 工程类比法。</p>

5.2.2 基坑施工对轨道交通设施影响预评估工作宜包括表 5.2.2 中内容。

表 5.2.2 基坑施工对轨道交通设施影响预评估内容

序号	项目	内容
1	工程概况和工程地质	<p>1 基坑支护设计，包括但不限于围护结构、截水方案、支护体系和开挖方案。</p> <p>2 轨道交通设施线位和纵断面、结构设计及与基坑的空间关系。</p> <p>3 拟建的建筑基础结构设计方案。</p> <p>4 场地工程地质和水文地质，关键地层的物理力学参数，包括数值仿真计算和结构计算所需地层参数和水文计算参数。</p> <p>5 基坑施工对轨道交通设施影响等级。</p>
2	工程案例分 析	必要时，可收集分析填海区和软土地区类似基坑施工的工程案例做类比分析。
3	轨道交通设施现状调查和控制指标确定	<p>基坑施工对轨道交通设施影响等级为特级的，宜进行如下调查和确定控制指标：</p> <p>1 轨道交通设施现状调查，包括设计施工资料和既有结构的变形、裂缝、隧道收敛、管片接缝张开量、管片错台和渗漏。</p> <p>2 评估轨道结构安全状态。</p> <p>3 根据轨道交通设施结构安全控制标准和运营安全控制标准，综合确定既有结构安全控制指标。</p>
4	基坑施工对轨道交通结构影响分析	<p>1 可根据基坑支护设计、施工方案和轨道交通设施结构设计或竣工图纸，结合现状调查结果、相关地质资料和类似工程案例，结合对轨道交通设施影响的程度等级，合理选取评估分析方法。</p> <p>2 影响程度为四级或高于四级的基坑，采用数值方法分别分析基坑开</p>

		<p>挖和地下水位变化对轨道交通设施的影响，轨道交通设施影响为特级的基坑应采用三维模型。影响程度低于四级的基坑，可采用类比法和经验法分析评估基坑开挖对轨道交通设施的影响。当基坑开挖深度低于相邻的轨道交通设施结构底面时，应着重分析基坑开挖降水对轨道交通设施的影响。</p> <p>3 采用荷载-结构模式计算既有结构内力和变形，复核结构承载力和变形、裂缝。</p>
5	基坑施工对轨道交通结构影响评估结论	<p>1 结合分析的成果，评估基坑施工的各阶段对轨道交通设施的影响程度。</p> <p>2 分析评价设计施工方案的可行性，分析围护结构施工引起的地层扰动对轨道交通设施的影响。</p> <p>3 分析基坑支护结构的安全风险，以及对相邻轨道交通设施的影响风险。</p>
6	基坑施工对轨道交通结构保护措施和监测建议	<p>1 根据方案分析和施工影响分析，提出规避风险和安全保护的建议和意见。</p> <p>2 根据评估结论，对轨道交通设施的监测、监控方案提出意见与建议。</p> <p>3 提出与本工程有关，需要进一步试验、研究和论证的问题，以及下一步工作的建议。</p>

5.2.3 采用数值法分析基坑开挖对轨道交通设施影响时，应满足以下要求：

1 计算模型应与场地水文地质条件、场地周边环境和支护结构形式一致，计算工况应包括基坑施工全过程和地下室使用阶段。

2 计算模型横向几何边界距离基坑支护结构宜不少于 3 倍基坑深度且应包含需评估的轨道交通设施，模型底部边界距离基坑底不宜少于 3 倍基坑深度或至微风化岩顶，且应包含需评估的轨道交通设施。

3 地下结构围岩采用的本构模型应能考虑塑性和应变硬化特征，其刚度依赖应力历史和应力路径，能区分加载和卸载。

4 评估报告中应给出计算模型参数确定方法和计算公式，轨道交通结构围岩的模型参数宜通过原位试验或可靠工程经验确定。

5 结构体和围岩间可设接触面单元，取合理的计算参数，能合理模拟结构和土体的相互作用。

6 模拟基坑开挖过程时，应先模拟基坑周边结构建（构）筑物对初始应力场的影响。

7 评估报告应专门计算基坑开挖过程对轨道交通周边地下水位的影响，并计算地下水位变化对轨道交通结构的影响。

8 预评估应考虑基坑群同时开工或相继开工对轨道交通设施的累加影响。

6 基坑监测和轨道交通设施监测

6.1 一般规定

6.1.1 前海地铁安保区内的基坑监测应满足现行国家、地方测量规范和基坑支护设计规范相关要求。对于影响轨道交通安全保护的项目，还应根据轨道交通安全保护管理部门的要求，对相邻的轨道交通设施进行监测。监测工作不得影响轨道交通设施正常运营。

6.1.2 基坑监测应依据设计、现行标准的规定和要求编制基坑监测方案；轨道交通设施监测应依据现行标准、地铁公司《地铁保护区和建设规划控制区工程管理办法》和本导则的规定和要求编制轨道交通设施监测方案。

6.1.3 基坑施工对轨道交通设施影响等级为特级和一级时，应按一级基坑的要求实施基坑变形监测。

6.2 轨道交通设施监测

6.2.1 对于前海地铁安保区内基坑，除特殊要求之外，可根据基坑对轨道交通设施影响程度，按表 6.2.1 的规定和要求选取监测项目。

表 6.2.1 轨道交通设施监测项目

序号	监测项目	基坑施工对轨道交通设施影响等级			
		特级	一级	二级	三级、四级
1	竖向位移	应测	应测	应测	应测
2	水平位移	应测	应测	应测	应测
3	隧道相对收敛	应测	应测	宜测	选测
4	结构缝开合度	宜测	宜测	选测	选测
5	结构缝两侧沉降差	宜测	宜测	选测	选测
6	地下水位	应测	应测	应测	应测
7	道床沉降和横向位移	应测	应测	应测	应测
8	道床水平度	宜测	宜测	选测	选测
9	轨道变位	宜测	宜测	选测	选测

6.2.2 轨道交通设施监测应不影响轨道交通正常运营和正常施工，不同性质和建设阶段的轨道交通设施监测方式可参照表 6.2.2 选取。

表 6.2.2 轨道交通设施监测方式

监测对象	监测方式
运营隧道和车站轨行区	自动化方式
运营车站主体/附属结构	自动化或人工方式
已建成未运营隧道	自动化或人工方式
应急或加强专项监测	根据实际情况选择

6.2.3 轨道交通设施水平位移测量级别一等，竖向位移测量精度级别二等。变形测量的基准点应布置在变形区域以外，位置稳定易于长期保存，并应 1 个月复测校核一次。监测的布点、仪器和监测精度应满足表 6.2.3 所列的技术要求。

表 6.2.3 轨道交通设施监测技术要求

序号	监测项目	监测点布置	监测仪器	监测精度
1	竖向位移	地下结构底板、拱顶、侧墙	全站仪 电子水准仪 静力水准仪	0.5mm 0.5mm/km 0.1mm
2	水平位移	地下结构底板、拱顶、侧墙	全站仪	1mm/200m
3	相对收敛	地下结构每断面不少于两条测线	全站仪 收敛计	0.5mm 0.1mm
4	结构缝开合度	结构缝位置	变位计	0.1mm
5	结构缝两侧沉降差	结构缝两侧	界面变位计	0.1mm
6	地下水位	基坑和轨道交通设施之间	电测水位计	50mm
7	道床沉降和横向位移	道床横断面	全站仪 电子水准仪	0.5mm 0.5mm/km

6.2.4 轨道交通隧道和车站结构监测应按照断面布设，每个监测断面应在隧道和车站结构顶部、底部、两侧边墙和结构柱上布置监测点，每个断面监测点应不少于 5 个，隧道和车站的监测点布置可参考图 6.2.4。

6.2.5 根据轨道交通设施所处的基坑施工影响区，按以下要求确定监测断面间距：

1 区间隧道强烈影响区，监测断面间距 6.0m，线路双向布置；必要时加密监测，每环设置一个监测断面。

2 区间隧道显著影响区和一般影响区，监测断面间距 10.0m，线路双向布

置。

3 区间隧道较小影响区，监测断面间距 15.0m，可在基坑相邻侧单线布置。

4 车站监测断面间距不大于 20.0m。

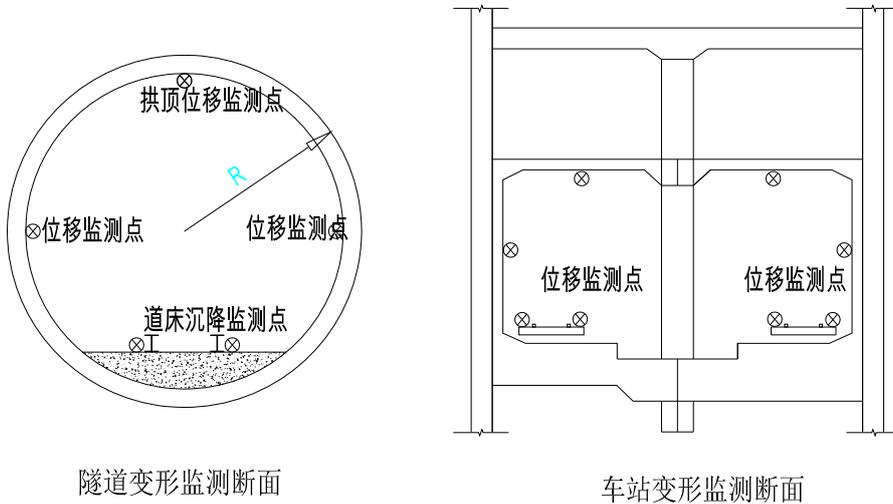


图 6.2.4 隧道和车站典型监测断面测点布置

6.2.6 轨道交通设施监测范围可按图 6.2.6 所示方法确定，应包括地铁安保区内的基坑在相邻轨道交通线路侧的投影两端外延 2 倍基坑深度所包含的范围。

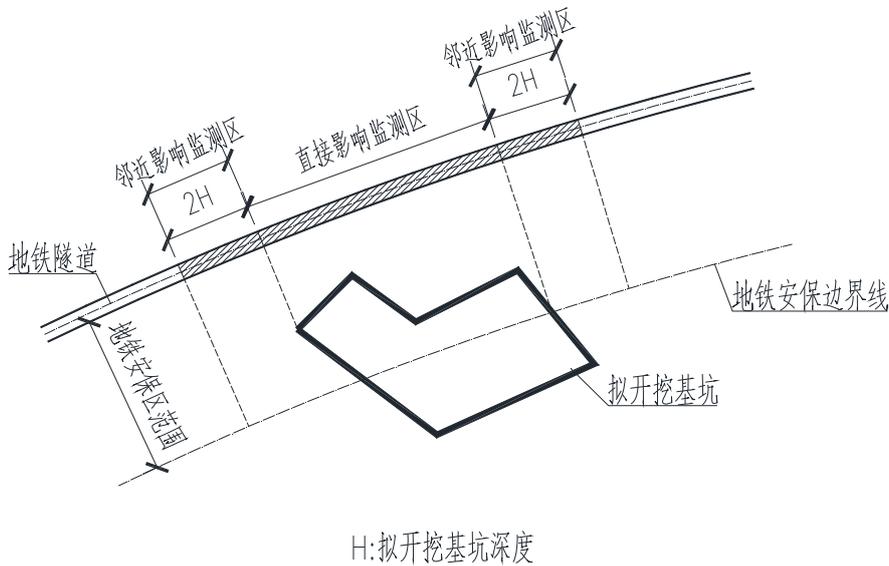


图 6.2.6 对轨道交通设施监测区范围图

6.2.7 基坑施工期轨道交通设施监测频率可根据基坑对轨道交通设施的影响程度、基坑施工工况，按表 6.2.7 确定。

6.2.8 轨道交通设施监测应从基坑工程施工之时开始，监测期内应包含预加固、降水、工程桩、围护结构、开挖和支护及地下室结构施工等，直至基坑回

填，监测数据稳定为止。监测数据稳定标准为连续三个监测周期的变形量平均值均小于等于观测精度，且延续时间不小于1个月。

表 6.2.7 轨道交通设施变形监测频率

基坑施工工况	基坑对轨道交通设施影响等级	特级、一级	二级以下
	围护结构施工阶段		1次/2天
基坑开挖深度小于等于5.0m		1次/2天	1次/3天
基坑开挖深度大于5.0m		1次/天	1次/2天
地下室施工阶段		1次/3天	1次/3天
基坑回填		1次/3天	1次/周

6.2.9 基坑施工对轨道交通设施影响等级高于一级的强烈影响区和显著影响区范围内的盾构隧道，或者在地铁安保区内已经出现开裂漏水等病害盾构隧道，应全断面测量管片的几何形态。基坑施工过程中，当轨道交通设施预警和响应等级为二级以上时，应加密监测断面和监测频率，并应全断面测量受影响区段管片的几何形态。施工完成后复测受影响区域隧道管片的几何形态。

6.2.10 可按表 6.2.10 的规定和要求，根据监测值与安全控制值的比值，确定轨道交通设施监测预警和响应等级，以及应对的管理措施。

表 6.2.10 轨道交通设施监测预警和响应等级

轨道交通设施监测预警和响应等级	监测比值	应对管理措施
	$G < 0.6$	正常施工
三	$0.6 \leq G < 0.8$	监测报警，监测单位应向基坑建设单位、施工单位、地铁公司相关管理部门报告监测结果，并采取加密监测点和监测频率等措施
二	$0.8 \leq G < 1.0$ 同一测点连续两天变形增量均达到2mm	监测单位向基坑建设单位、施工单位、地铁公司相关管理部门和前海管理局相关管理部门报告，暂停基坑施工，组织相关单位进行安全评估和查找原因，制定轨道交通保护措施，经相关部门批准后复工
一	$G \geq 1.0$	启动轨道交通保护应急预案

注：1 G为监测比值，项目监测值/（结构）安全控制指标值。

2 监测预警和响应等级的划分，还应考虑安全监测指标变化速率的影响。

6.3 轨道交通安全保护监测控制指标

6.3.1 应结合轨道交通设施现状、运营速度及健康状况、基坑对轨道交通设施影响程度和预评估报告的结果等，由轨道交通安全管理部门确定轨道交通设施运营安全监测控制指标。

6.4 轨道交通设施监测报告

6.4.1 根据现行轨道交通保护管理办法和《深圳市前海合作区地铁安保区深基坑、桩基础工程勘察、设计和施工审批程序》的要求，应将轨道交通设施监测方案和基坑支护设计文件、施工方案、基坑监测方案和轨道交通设施影响预评估报告等文件，报送轨道交通保护管理部门审批。

6.4.2 监测工作期间，应根据监测的周期和频率编制日报、周报、快报、阶段性监测工作报告和总结报告等类型的监测报告，并及时报送有关各方。各阶段的监测报告应分别满足以下要求：

1 监测日报应根据监测周期，逐期报送监测情况，主要内容应包括：基坑施工进度、测点布置图、变化速率和累计变化量。

2 监测周报，报告每周监测物理量的变化，包括增量、变化速率和累计值等，其内容应包括基坑的施工进度、监测点布置图，重要的物理量应绘制时程曲线。

3 阶段报告按工程实际需要报告基坑施工进展，统计分析阶段数据，主要内容应包括：基坑施工进度、测点布置、阶段内变化速率和累计变化量、预警分析、监测结果阶段分析和预测、监测结论以及下阶段施工建议。

4 当轨道交通设施监测预警和响应等级为一级和二级时，应及时提供快报，快报内容包括：监测超标项目和数据、监测时间、地点、当前施工内容和进度、预警和响应级别。

5 在监测工作完成后，应向轨道交通保护管理部门提交完整监测报告，含纸质版本和电子类资料，永久保存，报告内容包括：工程概况、监测布置方案、施工进展和监测结果（含完整监测记录资料）、数据分析图表、预警和响应方案及实施情况、总结监测结果，并给出监测结论。

7 前海地铁安保区内基坑施工

7.1 一般规定

7.1.1 前海地铁安保区内基坑施工应满足国家和深圳地区相关法律、法规、技术规范、规程和前海管理局相关管理规定的要求。

7.1.2 根据设计方案和预评估结果，基坑施工前应编制轨道交通保护专项方案和应急预案，根据《深圳市前海合作区地铁安保区深基坑、桩基础工程勘察、设计和施工审批程序》相关规定向轨道交通保护管理部门报审，审查合格后方可施工。

7.1.3 超大基坑和基坑群，应避免先后开挖对基坑安全的影响，部分开挖时截水帷幕应有效封闭。

7.2 技术要求

7.2.1 在地铁安保区内施工围护结构、工程桩时，应采取对周边地层扰动小的施工工法，在重点部位和软弱土层中应采取必要的工程措施，减小对相邻轨道交通设施的影响。

7.2.2 基坑开挖施工应遵循分段、分层、对称和先支撑后开挖的原则，采用信息化施工。采用内支撑结构时，应根据设计要求及时支撑和换撑，避免基坑围护结构变形过大。基坑开挖到底时，应尽快浇筑地下室底板结构，避免基坑长时间暴露，必要时，采用抽条法或跳挖分仓竖井法施工部分底板或垫层，保证围护结构整体安全。雨季施工，应避免基坑底长时间浸水。

7.2.3 盾构隧道一倍洞径范围内施工围护结构时可采用以下措施减少对隧道的扰动影响：

1 采用液压全套管超前的成桩施工工艺，围岩软弱和近接隧道地段应采取有效措施减少套管拔除和施工荷载对隧道的影响。

2 采用搅拌桩或旋喷桩等对地下连续墙槽段侧壁预加固。

3 减少地连墙单幅槽段宽度和跳槽施工。

4 调整泥浆配比，防止槽壁失稳。

5 选用可靠的地下连续墙止水接头方案。

7.2.4 隧道周边地层采用注浆加固时，应严格控制注浆压力和注浆量，并根据隧道变形监测适时调整注浆参数。

7.2.5 地铁安保区内桩基础工程禁止采用人工挖孔桩施工，不宜采用对周边环境造成较大影响的锤击桩施工工艺。

7.2.6 地铁安保区内施工挤土桩时，应采取有效措施避免挤土效应对轨道交通设施的影响。

7.2.7 在地铁安保区内进行大范围搅拌桩、旋喷桩和注浆施工时，应采取控制施工速度，合理安排施工流程等方式，减少施工对轨道交通设施的影响。

7.2.8 基坑群同时开工或相继开工时，宜采取以下措施减少相互影响：

1 相邻基坑应协调双方施工进度，必要时加强共用围护结构。

2 相邻基坑中出现工程桩施工、土方开挖同时进行，施工的工程桩位与基坑开挖区域的间距应不小于 2 倍高差。

3 相邻基坑在共用围护结构附近进行大面积注浆、旋喷桩和搅拌桩加固时，应采取适当措施减少对围护结构影响。

附录 A 十字板剪切试验确定淤泥及淤泥质土抗剪强度指标

A.1 当使用十字板强度 s_u 替代地基土不排水抗剪强度 c_u 用于工程设计计算时,应根据土层条件或地区性经验进行修正。当缺乏地区使用经验时,可按下式修正:

$$c_u = \mu s_u \quad (A.1-1)$$

式中 μ 为修正系数:当 $I_p \leq 20$ 时, $\mu = 1$ 。当 $20 < I_p \leq 40$ 时, $\mu = 0.9$ 。

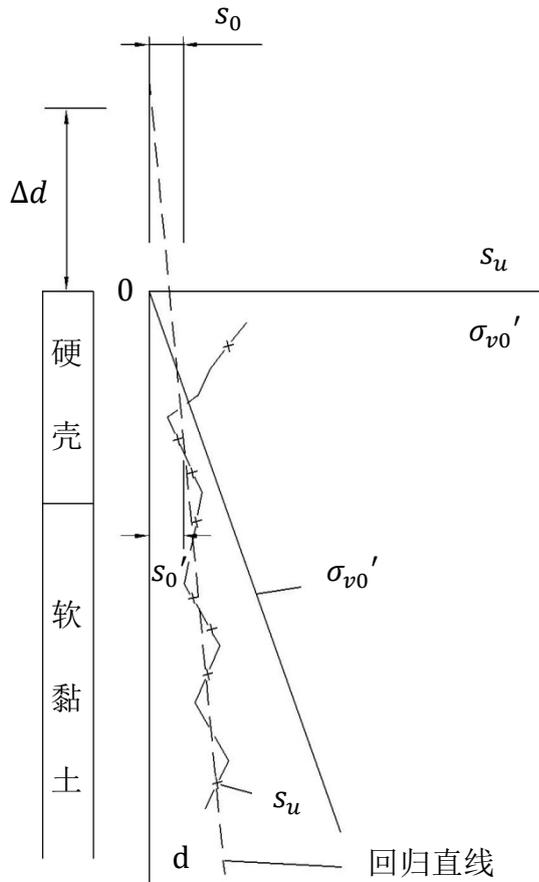


图 A.1 s_u 、 σ_{v0}' — d 曲线

A.2 软黏土的 s_u — d 曲线呈线性递增趋势时(图 A.1),土的固结不排水抗剪强度参数可按下列方法计算:

(1) 固结不排水剪内摩擦角 φ_{cu} 按下列公式计算:

$$\tan \varphi_{cu} = 3s_u / [(1 + 2K_0)\sigma_p'] \quad (A.2-1)$$

$$K_0 = 1 - \sin(1.2\varphi_{cu}) \quad (A.2-2)$$

$$\sigma_p' = \bar{\gamma}(d - \Delta d) \quad (A.2-3)$$

式中 s_u —图 A.1 中 s_u — d 回归直线上任意点处土的十字板强度。

K_0 —土的静止土压力系数。

σ'_p —对应于 s_u 所在深度 d 处土的有效自重应力计算值。

$\bar{\gamma}$ —土层的有效重度平均值。

Δd —回归直线在 d 轴上的截距，应区分正负。

用上式计算 φ_{cu} 值时，应使用叠代法运算，以闭合差不大于 0.1° 为闭合标准。

(2) 土的固结不排水剪聚力 C_{cu} ，可取用图 A.1 中回归直线交 s_u 轴的截距 s_0 值。

A.3 土的应力历史可由图 A.1 中 s_u — d 关系曲线按下列方法判定：

(1) 土的固结状态可根据图中回归直线交纵轴的 Δd 之正、负予以区分：

$\Delta d > 0$ ，为欠固结土。

$\Delta d = 0$ ，为正常固结土。

$\Delta d < 0$ ，为超固结土。

(2) 土的超固结比 OCR 可按下列式计算：

$$\text{OCR} = 22s_u(I_p)^m / \sigma'_{nc} \quad (\text{A. 3-1})$$

式中 m —与地区土质特性有关的经验指数，一般可取 -0.48 。

σ'_{nc} —土的有效自重压力。