

ICS:91.020

团体标准

CCS:P13

T/CECAS 200XX—202X

边坡监测技术标准

Technical standard for monitoring of building and municipal slope
engineering

(征求意见稿)

202X-*——*发布

202X-*——*实施



中国勘察设计协会 发布

团体标准

边坡监测技术标准

Technical standard for monitoring of building and
municipal slope engineering

T/CECAS 200XX—XXXX

批准部门：中国勘察设计协会

施行日期：202X年XX月XX日

中国建筑工业出版社

202X 北 京

中国勘察设计协会文件

中设协字[202X]XX号

中国勘察设计协会关于发布团体标准 《边坡监测技术标准》的公告

XXXXXXXXXX。

中国勘察设计协会
202X年X月X
日

前 言

根据中国勘察设计协会《关于印发〈中国勘察设计协会2024年团体标准制修订项目工作计划〉的通知》（中设协字〔2024〕45号）》要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国家标准和国外先进标准，并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是：总则、术语、基本规定、监测项目、监测点布设、监测方法及技术要求、监测频率、自动化监测、监测预警、监测成果及信息反馈。

本标准由中国勘察设计协会负责管理，中冶赛迪工程技术股份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寄送中冶赛迪工程技术股份有限公司(地址:重庆市渝中区双钢路1号，邮编：400013)。

本规程主编单位：中冶赛迪工程技术股份有限公司

本规程参编单位：

本规程主要起草人：

(以下按姓氏笔画排列)

本规程主要审查人：

中国勘察设计协会

目 次

.....	错误!未定义书签。
1 总 则	8
2 术 语	10
3 基本规定	12
4 监测项目	16
4.1 一般规定	16
4.2 仪器监测	16
4.3 巡视检查	18
5 监测点布设	19
5.1 一般规定	19
5.2 边坡和支护结构	20
5.3 周边环境	23
6 监测方法	25
6.1 一般规定	25
6.2 水平位移监测	26
6.3 竖向位移监测	28
6.4 深层水平位移监测	29
6.5 建（构）筑物倾斜监测	31
6.6 裂缝监测	32
6.7 锚杆轴力监测	33
6.8 地下水位监测	33
6.9 爆破与振动监测	34
7 监测频率	35
8 自动化监测	37
8.1 一般规定	37
8.2 自动化监测系统	38
8.3 设备安装、调试与验收	40
8.4 数据采集与传输	41

8.5 数据处理、评估与预警	45
8.6 运营与维护	47
8.7 人工智能的应用	48
9 监测预警	50
10 监测成果及信息反馈	57
附录A 监测项目代号及图例	62
附录B 基准点与监测点的布设	65
附录C 现场巡查表	78
附录D 监测日报表	80
本标准用词说明	86
引用标准名录	87

1 总 则

1.0.1 为规范建筑与市政边坡工程监测工作，保证监测质量，做到技术先进、经济合理、成果可靠，确保边坡和周边环境的安全，制定本标准。

【条文说明】我国地域辽阔，地形地貌多样，边坡的高度、坡度、岩性等特征差异显著，部分边坡由于地质条件、人为因素等原因，存在稳定性较差的问题，容易发生滑坡、崩塌，威胁人民群众生命财产安全。

边坡工程施工过程及后期使用中需要对边坡进行监测，以保证边坡的稳定性和安全性。随着现代城市建设的不断发展和人们对建筑物安全的日益关注，建筑边坡监测的重要性日益凸显。因此有必要规范监测过程中的操作流程、监测指标、监测设备选型等内容，为边坡工程的施工、使用、维护提供技术支撑。

1.0.2 本标准适用于建筑与市政边坡工程施工及使用期的监测工作。

【条文说明】本标准适用于建筑工程和市政工程开挖或填筑施工所形成的人工边坡和对建（构）筑物安全或稳定有不利影响的自然斜坡的监测，以及边坡影响范围内或影响边坡安全的岩土体、建（构）筑物等的监测，初步判断时，土质边坡可按边坡高度 $H \geq 5\text{m}$ 且距建构筑物水平距离 $\leq 1.5H$ ，岩质边坡需结合潜在破坏模式分析。

1.0.3 建筑与市政边坡工程监测应综合考虑建设场地的岩土工程条件、支护方案、周边环境及施工方案等因素，合理编制监测方案，精心组织实施，及时提供监测成果。

【条文说明】边坡的工程地质条件、设计方案、施工条件等的不同，决定着边坡的破坏模式、受力特点的不同。边坡工程影响范围内的建（构）筑物、管线等周边环境对边坡工程的设计和施工具有很大的影响。因此，边坡监测前应充分掌握相关资料，结合边坡支护方案，将监测点设置在能充分反映边坡工作状态的特征点上，同时也需要在周边建构（构）物上设置相应的监测点。

1.0.4 建筑与市政边坡工程监测，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】采用本标准时应符合GB 55003、GB 55018、GB 50330、GB 50026、GB 50497等国家通用规范和标准相关规定，轨道交通工程中应符合GB 50911等相关规定。

2 术 语

2.0.1 建筑与市政边坡 building and municipal slope

由于建筑工程和市政工程开挖或填筑施工所形成的人工边坡和对建(构)筑物安全或稳定有不利影响的自然斜坡。

2.0.2 周边环境 around environment

边坡工程 影响范围内的岩土体、建(构)筑物、地下管网等环境对象的统称。

2.0.3 监测 monitoring measurement

采用仪器量测、现场巡查或实时远程自动化监控等手段和方法,长期、连续地采集和收集反映边坡施工、使用以及周边环境对象的安全状态、特征变化及其发展趋势的信息,并进行分析、反馈的活动。

2.0.4 水平位移监测 horizontal displacement monitoring

测量监测对象在水平方向随时间的变化量、变化速率,并结合相关影响因素进行变形分析的工作。

2.0.5 竖向位移监测 vertical displacement monitoring

测量监测对象在竖向方向随时间的变化量、变化速率,并结合相关影响因素进行变形分析的工作。

2.0.6 裂缝监测 crack monitoring

对监测对象上裂缝的宽度、长度、走向及其变化等进行测量、记录、分析的工作。

2.0.7 应力监测 stress monitoring

在边坡支护结构内埋设传感器,获取其应力变化的监测工作。

2.0.8 地下水位监测 groundwater Level Monitoring

对边坡内部地下水位高程的变化而进行的监测工作。

2.0.9 监测点 monitoring point

直接或间接设置在监测对象上,并能反映监测对象力学或变形特征的观测点。

2.0.10 基准点 datum point

为进行变形测量而布设的稳定可靠、易于长期保存的测量点，是位移监测工作的原始参照基准。根据测量类型的不同，分为水平位移基准点和竖向位移基准点。

2.0.11 工作基点 operating control point, working base point

作为直接测定变形观测点的比较稳定的控制点。

2.0.12 自动化监测系统 automatic monitoring system

利用物联网和互联网技术手段，能实时完成对某种物理量及其变化过程进行自动采集与传输、处理与评估、储存与管理、预警与展示的工作，且具备对组成系统的软硬件进行远程控制的一种系统。

2.0.13 特征值 eigenvalue

是指设定一个时间段，将每个时间段内的多次实测数据通过统计处理后得到的，能代表该时间段的数据变化及特征的一组数据即为特征值，包括均值、中位数、最大值、最小值、标准差等。

3 基本规定

3.0.1 位于边坡滑塌区域的建（构）筑物在施工与使用期间，应对坡顶位移、地表裂缝、建（构）筑物沉降变形进行监测。永久性边坡工程竣工后的监测时间不应少于2年且应满足变形稳定要求。

【条文说明】对坡顶有重要建(构)筑物的一级边坡工程，由于风险较高且破坏后果严重，边坡竣工后仪器监测时间不应少于2年；对于二、三级边坡工程，边坡达到变形稳定要求后可采用巡视巡查等方法进行。当最后100天且不小于两个监测期的最大变形速率小于 0.01mm/d - 0.04mm/d ，可判断变形已达到稳定状态。

3.0.2 边坡工程监测前应编制监测方案，经勘察、设计、监理和建设单位等认可后实施。当边坡工程对邻近重要市政基础设施或建（构）筑物的安全有影响时，监测方案应与有关管理部门或单位共同确定。

【条文说明】边坡的监测应由设计单位提出监测项目和要求，由建设单位或管理单位委托具备资质的监测单位在监测实施前编制监测方案。边坡工程周边存在轨道交通、文物建筑、生产或使用精密仪器的厂房等对位移或变形等有特殊要求的建（构）筑物，应与相关管理部门或使用单位取得联系，征求他们对建（构）筑物或相关设备设施变形控制要求，综合确定监测方案，经审查合格后实施。对于使用中边坡工程，若无勘察、设计等单位，监测方案可通过专家论证方式确认。

3.0.3 边坡工程监测应遵循下列工作流程：

- 1 收集、分析相关资料，现场踏勘；
- 2 编制和评审监测方案；
- 3 埋设、验收与保护监测基准点和监测点；
- 4 校验仪器设备，标定元器件，测定监测点初始值；
- 5 采集监测信息；
- 6 处理和分析监测信息；

7 提交阶段监测报告等；

8 监测工作结束后，提交监测工作总结报告及相应成果资料。

【条文说明】本条是在对各地工程监测工作的开展流程进行归纳、总结的基础上，提出的较为系统的工作流程，遵循该工作流程开展监测工作是实现监测目的、保证监测质量的重要基础。

3.0.4 编制监测方案前，应对边坡场地进行现场踏勘并收集相关资料，包括：

- 1 岩土工程勘察报告；
- 2 边坡支护设计文件；
- 3 边坡工程施工方案或施工组织设计（包含临时措施）；
- 4 周边环境各监测对象的相关资料；
- 5 已完工永久边坡工程的竣工资料；
- 6 其他所需资料。

【条文说明】本条文明确了在边坡工程监测方案编制前，监测单位需应完成的准备工作，通过现场踏勘及资料收集，全面掌握工程的实际条件与潜在风险，为后续监测设计提供依据。旨在确保监测方案的科学性、针对性和可操作性。

3.0.5 监测方案应包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 建设场地地质条件、周边环境条件及工程风险特点分析；
- 3 监测目的、监测依据；
- 4 监测对象和监测项目；
- 5 监测基准点、工作基点、监测点布置图；
- 6 监测方法和精度；
- 7 监测周期和频率；
- 8 监测预警及预警措施；
- 9 信息反馈制度、质量保障和管理制度；
- 10 人员和使用仪器设备的配置；
- 11 执行的技术标准和相关规定。

3.0.6 边坡及周边环境发生变化时，监测方案应同步调整。边坡施工阶段监测应对坡体进行动态监控，实时掌握施工过程中各种因素对坡体稳定的影响，及时指导边坡工程动态设计与施工。

【条文说明】本条文旨在确保边坡设计、施工、监测的动态匹配性。当工程需求、地质条件、支护方案、周边环境等因素发生较大变化时，原监测方案可能无法全面、准确地反映工程实际风险或结构响应。因此，设计、施工和监测协同动态调整是保障工程安全、优化监测资源配置、提升监测数据有效性的必要措施。

3.0.7 当监测过程中出现下列情况之一时，应及时提高监测频率，必要时调整监测方案。

1 施工过程中发现勘察未查明不利于边坡稳定的不良地质条件，工程安全风险增大；

2 边坡岩土体出现严重渗漏或流砂等现象；

3 坡顶建（构）筑物或地表产生较大变形、新增裂缝或既有裂缝明显增大；

4 支护结构内力、位移监测值达到预警值；

5 边坡土体或支护结构位移变化速率异常；

6 支护结构出现明显变形、开裂现象；

7 坡顶地下管线出现明显变形、开裂及泄露现象；

8 在汛期、雨季等极端天气，防治工程施工工期等期间；

9 出现地震、人为破坏等其他影响边坡及周边环境安全的异常情况。

【条文说明】极端天气等条件下建议采用自动化监测系统，能实现对现场软硬件的远程控制，可以及时的远程响应监测方案变化，如调整监测频率等。这也是自动化监测的优势。

3.0.8 所有仪器设备都应在检定或校准的有效周期内使用，并处于正常工作状态。

3.0.9 监测工作结束后，监测单位应向建设单位提供监测总结报告，并将下列资料归档：

1 监测方案；

2 各阶段性原始监测数据、记录和监测报告；

3 监测总结报告。

【条文说明】监测工作在结束阶段时，监测单位需向建设单位提交监测总结报告，并完成相关资料的整理与归档要求，旨在确保监测工作的全过程可追溯性、数据完整性和成果规范性，为工程质量的评估、竣工验收及后期运维提供可靠依据。

3.0.10 对地质条件特别复杂且破坏后果严重的、采用新技术治理的安全等级为一级的边坡工程，应建立边坡工程长期监测系统。

【条文说明】对地质条件特别复杂的、采用新技术（《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 中未规定的方法或材料）治理的一级边坡工程，由于缺少相关的实践经验和试验验证，为确保边坡工程安全和发展边坡工程监测理论及技术，应在边坡竣工后2年后继续监测，建立有效的、可靠的监测系统获取该类边坡工程长期监测数据，建议竣工后持续监测不少于5年。例如重庆三峡库区，其地质构造复杂、山大坡陡，同时受到库水位周期性涨落、降雨和人类工程活动的叠加影响，部分滑坡在竣工5-8年后仍出现加速变形，需依靠长期监测数据捕捉突变前兆。

4 监测项目

4.1 一般规定

4.1.1 边坡工程监测项目应根据边坡工程安全等级、地质条件、支护结构类型、边坡破坏模式、施工工艺、周边环境等综合确定。边坡工程安全等级按《建筑边坡工程技术规范》GB 50330要求确定。

【条文说明】监测项目首先应满足设计要求，能体现设计意图，同时应配合现场施工，与施工工艺相协调，应考虑支护结构的类型、边坡地质条件及周边环境的差异。

4.1.2 边坡工程现场监测应采用仪器监测与巡视检查相结合的方式。

【条文说明】边坡工程监测包括仪器监测和巡视检查两种方式，仪器监测可获取测试数据并进行定量分析，巡视检查以目测为主，以定性判断为主，两种方法相互补充、相互验证。

4.1.3 边坡工程监测对象包括边坡岩土体、支护结构、周边环境以及边坡影响区域内的建（构）筑物、管线等周边环境。

4.2 仪器监测

4.2.1 边坡工程仪器监测项目根据表4.2.1选择。

表4.2.1 边坡工程仪器监测项目

监测项目	边坡工程安全等级		
	一级	二级	三级
坡顶水平和竖向位移	应测	应测	应测
地表裂缝	应测	应测	宜测
锚杆（索）拉力	应测	宜测	可测
支护结构应力	宜测	可测	可测

侧向岩土压力	宜测	可测	可测
岩土体深层水平位移	宜测	可测	可测
地下水位	宜测	可测	可测

4.2.2 周边环境仪器监测项目可根据表4.2.2进行选择。

表4.2.2 周边环境仪器监测项目

监测项目		边坡工程安全等级		
		一级	二级	三级
周边建（构）筑物	竖向位移	应测	应测	可测
	水平位移	宜测	可测	可测
	倾斜	应测	宜测	可测
	裂缝	应测	应测	可测
周边地下管线	竖向位移	应测	应测	可测
	水平位移	可测	可测	可测
	差异沉降	宜测	宜测	可测

【条文说明】4.2.1～4.2.2 根据边坡工程的安全等级及监测项目，表4.2.1、表4.2.2中分别提出了边坡工程监测实施过程中的应测项目、宜测项目和可测项目。

支护结构顶部位移及周边建（构）筑物的竖向位移是所有边坡监测实施中的必须监测项目，这主要是考虑到岩土体在天然状态下处于稳定状态，边坡开挖将导致岩土体产生应力重分布及应力集中，变形是岩土体应力应变调整的宏观表现，是边坡可能失稳的前兆，可以更直接快速地反映边坡的稳定性状，因此，应对其变形进行观测，以掌握岩土体稳定状态和变化趋势。另外，通过精密的测量设备开展变形监测，结果可靠，精度高。

4.2.3 当边坡土石方开挖采用爆破作业时，应对爆破振动影响范围内的建（构）筑物、桥梁等变形敏感对象进行质点振动速度、加速度监测。

【条文说明】爆破振动监测包括质点振动速度或振动加速度监测，通过对其大小、分布规律的监测，判断爆破振动对周边建（构）筑物、管线、道路、桥梁等保护对象的影响程度，为调整爆破参数、优化爆破设计提供依据。

4.3 巡视检查

4.3.1 边坡工程巡视检查宜包括以下内容：

- 1** 支护结构构件及周边岩土体、道路、建（构）筑物等开裂变形情况、裂缝分布特点及发展趋势；
- 2** 边坡开挖揭示的岩土体性状是否与勘察资料相一致；
- 3** 坡面风化情况，坡脚有无坠石情况；
- 4** 锚杆（索）锚头是否出现松动变形；
- 5** 边坡岩土体是否存在渗漏水现象，排水设施是否通畅；
- 6** 周边管线有无破损、泄漏情况；
- 7** 基准点、监测点及监测元器件是否完好；
- 8** 坡脚是否有开挖、坡顶是否有加载；
- 9** 边坡工程施工工序和施工进度。

4.3.2 巡视检查方法以目测为主，可辅以锤、钎、量尺、放大镜等工具以及摄像、摄影等设备进行。

5 监测点布设

5.1 一般规定

5.1.1 监测点布设应综合考虑边坡类型、边坡工程地质条件、边坡主控因素、边坡工程安全等级、宏观变形迹象、边坡稳定状态、发展趋势及现场实施条件等因素，最大限度保障设备安装位置合理、监测数据传输稳定、监测数据可靠和预警信息及时。

5.1.2 监测网宜按基准点、工作基点以及变形监测点三级布设，并应符合下列规定：

1 单项工程监测基准点数量不应少于3个，通视条件较好的工程，可按两级布设监测网，基准点可作为工作基点使用；

2 基准点应稳定可靠，在边坡工程影响范围以外不受扰动的地方布设。水平位移基准点应采用带有强制对中装置的观测墩，对中误差不宜大于0.1mm；竖向位移基准点宜采用双金属标或钢管标；

3 工作基点应选在相对稳定和方便使用的位置，工作基点应与基准点进行组网和联测。

【条文说明】本条对变形监测网的监测基准点、工作基点的布设要求进行了规定，目的是为了保证基准点和工作基点的稳定性，避免因基准点不稳定或破坏等原因，导致监测数据不连续或无法解释，因此，对基准点和工作基点应采取有效保护措施。

5.1.3 监测点的布置应能满足监测目的和监测任务的要求，监测点布设范围应超出边坡体变形和边坡工程影响的范围，不同监测项目的监测点宜布设在同一断面上。

5.1.4 监测点布设不应影响被监测对象的结构安全，并应减少对施工作业的不利影响。监测点位置应避开障碍物，便于观测。

5.1.5 监测标志应稳固、结构合理、标识清楚，并采取有效保护措施，防止人为或机械破坏。

5.1.6 监测基准网应由基准点和工作基点构成，并符合下列规定：

1 水平位移和竖向位移监测基准网宜采用独立平面和高程系统，可与国家平面和高程系统或所在地方的平面和高程系统联测；

2 基准网的精度不应低于变形监测网的精度，精度估算可按《工程测量标准》GB50026的相关规定执行；

3 竖向位移监测基准网应布设成环形网并采用水准测量的方法观测；

4 基准网复测周期应考虑地质条件的复杂性和地区监测网的稳定性等，宜3~6个月复测一次，复测成果应进行基准网稳定性分析。

5.1.7 采用GNSS方法进行基准点和工作基点测量时，点位的布设应符合下列规定：

1 应能安装卫星接收设备与完成测站操作；

2 视场内障碍物的高度角不宜大于15°；

3 测站50m范围内不应有影响接收卫星信号的干扰源，且200m范围内不应有反射GNSS卫星信号的物体。

5.2 边坡和支护结构

5.2.1 监测网型应根据边坡规模和类型、边坡安全等级和地质条件的复杂性等因素确定，可采用“十”字型、“丰”字型、“卅”字型、“井”字型、网格型、辐射线型等多种方式布置。

5.2.2 变形监测网点布设应符合下列规定：

1 基准点应设置在监测范围之外稳固可靠、便于区域联测的位置，数量不应少于3个；

2 工作基点可设置在监测范围内相对稳定和便于使用的位置；在通视条件良好且边坡工程场地距基准点较近、监测项目较少的条件下，基准点可作为工作基点；

3 监测期间，基准点和工作基点应定期联测，以修正工作基点的数据并检验基准点的稳定性。

【条文说明】本条给出了边坡工程监测工作的基本要求。

5.2.3 边坡监测线布设应覆盖边坡不同变形地段或块体，兼顾周边

环境和次生灾害体等，两端进入边坡稳定区，尚应符合下列要求：

1 纵向测线应与主要变形方向相一致，有两个及或多个变形方向时，每方向均应布置纵向测线，可呈扇形或放射状布置；横向测线应与纵向测线垂直，宜平行于挡墙布设；

2 测线数量应根据边坡安全等级、边坡长度及现场条件布设，边坡安全等级为一级时，纵向测线间距不宜大于20m且不宜少于3条；为二级时纵向测线间距不宜大于30m不宜少于2条，为三级时纵向测线间距不宜大于30m不宜少于1条；

3 每段边坡监测点数目不宜少于3个，边坡凸角和支护结构变化地段均应设置监测点；

4 纵向测线宜沿勘探剖面 and 稳定性计算剖面布设，监测点布置宜利用已有的钻孔、平硐、竖井等勘探点。

5.2.4 深层水平位移监测测点应符合下列规定：

1 应布置在滑动带、软弱岩土层或软弱夹层、采空区以及应力最大地段等部位，并应注意存在多层滑面时对多层滑动带的监测，剖面间距宜为30m~50m。

2 对于土质边坡，监测点在竖向上宜布设在各土层分界面上，在厚度较大土层中部应适当加密；

3 每个监测断面不应少于2个监测点，监测点间距不宜大于50m，监测点埋设深度应超过潜在破坏面5m，并宜进入基岩不小于2m。

5.2.5 支护结构应力应变监测点应根据设计方案，在受力最大的锚杆、锚索、支护桩主筋、挡墙上布设，并应符合下列规定：

1 挡墙应考虑坡体类型、规模大小、受力特征等因素，根据挡墙结构、类型等因素，针对工程结构布设点位，并宜布设于主应力大值分布区；

2 格构结构的应力应变监测点宜布设于代表性地段的锚索（锚杆）上，纵断面上一一般布设3~5个监测点；

3 抗滑桩的钢筋计、压力传感器宜布设在受力最大、最复杂的滑动面附近；

4 支护结构应力监测点竖直间距宜为3m~5m。

【条文说明】沿桩的临空面、潜在滑动面和桩的不同高度布置压力传感器，监测下滑力、岩土体的抗滑力大小及分布特征；在抗滑桩下滑力作用面的混凝土受力方向埋设钢筋计，监测最大应力值，钢筋计宜埋在主滑面附近。

5.2.6 锚杆拉力和预应力损失监测，应选择有代表性的锚杆（索）测定应力和预应力损失。单个独立工程的锚杆（索）应力监测数量宜符合表5.2.6规定，且均不应少于3根。各层监测点位置在竖向上宜保持一致，每根杆体上的测试点宜布设在外锚头或和锚杆主筋部位。

表5.2.6 锚杆（索）监测数量

工程锚杆数量	监测数量（%）	
	非预应力	预应力
<300	5	3
300~600	4	
>600	3	2

【条文说明】目前锚杆应力监测数量通常为：非预应力不宜少于总数的3%、预应力不宜少于总数5%，然而对于大型工程中锚杆数量过多，导致单一的比例规定执行难度大，因此提出按锚杆总数分阶统计的方法，例如，单一工程中有500根预应力锚索，推荐监测数量=300×5%+(500-300)×4%=23根。

5.2.7 裂缝监测点布设应符合下列规定：

1 布设前应应对边坡地表及建（构）筑物裂缝进行调查，选择有代表性的裂缝布设监测点；

1 应布设在裂缝较宽或错位速率较大部位的中点、转折部位以及裂缝的两端部位；

2 每条裂缝应布设不少于2组观测点，并布设成对观测标志；

3 当出现新裂缝时，应及时增设监测点；

4 地表裂缝监测点布设应注意避免松动岩土体局部变形的影响。

【条文说明】地表裂缝监测应掌握地表主裂缝宽度、张开、闭合、位错等变化情况，可采用伸缩仪、位错计或简易观测桩等人工或自动观测方法，观测精度0.1mm~1.0mm。

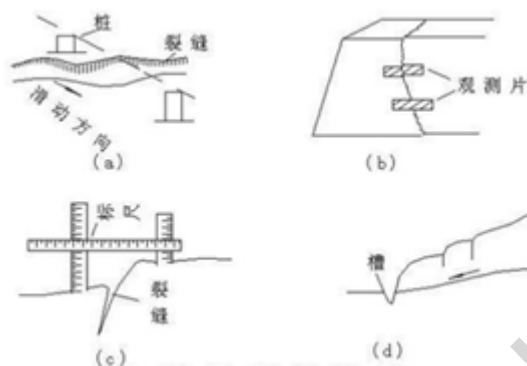


图5.2 地表裂缝监测方式

(a)设桩观测；(b)设片观测；(c)设尺观测；(d)刻槽观测；

5.2.8 地下水位监测点应符合下列规定：

1 应考虑地下水对边坡稳定性的不利影响，沿水力坡度变化较大的方向选择代表性断面布设；

2 当存在对边坡稳定性有影响的多层地下水时，应分层监测地下水位变化；

3 边坡安全等级为一级时，测点间距不宜大于30m；为二、三级时，测点间距不宜大于50m，且不应少于3个。

4 边坡水文地质条件复杂处监测点应适当加密。

5.2.9 视频监控点宜选取垂直边坡走向或平行主滑方向进行布设，应至少布设1个视频监控，视野范围覆盖边坡范围，当单一设备无法满足监测需求时，宜合理增加监控点数量。

5.3 周边环境

5.3.1 建（构）筑物变形监测网点布设应符合下列规定：

1 基础类型、埋深和荷载有明显差异处以及沉降缝、伸缩缝、新老建（构）筑物连接处的两侧应布设监测点；建（构）筑物角点、中点应布设监测点，且布设间距不宜大于20m；独立柱基的建（构）筑物监测点宜布设在外墙柱基上，每间隔1~3个柱基布设一个监测

点，且每侧不应少于3个监测点；

2 倾斜监测点宜布设在建（构）筑物角点或伸缩缝两侧承重柱（墙）上，应上、下部成对设置，并位于同一垂直线上；当由基础的差异沉降推算建筑物倾斜时，监测点布设应符合第1款的规定。

5.3.2 地下管线变形监测网点布设应符合下列规定：

1 边坡监测范围内有多条地下管线时，应对重要的、距边坡近的及抗变形能力差的管线进行重点监测，当无法在地下管线上布设监测点时，可在管线上方布设地表监测点和线；

2 监测点和线宜布设在管线转角点和变形曲率较大的部位，垂直位移监测点间距宜为15m~25m，水平位移监测点和线的布设位置和数量应根据管线特点和工程需要进行确定；

3 压力管道宜设置直接监测点，间距宜为15m~25m；

4 可根据需要采用合适的物探方法进行监测；

5 监测点和线布设方案应征求管线管理部门的意见。

5.3.3 边坡监测尚应调查搜集降雨量资料，必要时宜建立雨量观测点。雨量监测点布置位置不宜离被监测对象距离太远，应能反映变形区域及影响区域范围内的降雨情况。

5.3.4 视频监测点应布置于周边稳定的坡体或结构物上，应能监测坡体及其威胁的结构物变形破坏情况。

5.3.5 边坡开挖过程中的爆破振动监测点布设应符合下列规定：

1 监测点应主要布设在距爆破中心较近的支护结构、建（构）筑物及管线上；

2 支护结构监测点宜布设在其底部及顶部，监测点数量不宜少于2个；

3 建（构）筑物监测点宜布设在基础上，每栋建（构）筑物监测点数量不宜少于3个；

4 管线监测点宜直接布设在管线结构上，监测点数量不宜少于2个。

6 监测方法

6.1 一般规定

6.1.1 监测方法的选择应根据监测项目确定，并综合考虑工程地质、地形条件、支护结构类型和方法适用性等因素影响。监测方法应合理易行，可采用现场人工监测或自动化监测。

【条文说明】监测方法的选择应综合考虑各种因素，监测方法简便易行，有利于适应施工现场条件的变化和施工进度的要求。在满足监控精度要求和保证工程安全的前提下，应鼓励采用新技术，以减轻劳动强度、提高工作效率、降低监测成本。自动化实时监测系统应采用性能稳定、技术成熟且经过工程实践检验的新设备。

6.1.2 对同一监测项目，每次监测时应处于基本相同的环境和条件下，并宜固定人员采用同一监测仪器和设备、同样的观测方法和观测路线。

【条文说明】本条规定是为了将监测中的系统误差减到最小，达到提高监测精度的目的。监测时尽量使仪器在基本相同的环境和条件（如环境温度、湿度、光线、工作时段等）下工作，但在异常情况下可不作强制要求。

6.1.3 监测工作开始前应确定监测项目初始值，应进行至少连续3次稳定测量，并取其平均值。

【条文说明】实际上各监测项目都不可能取得绝对稳定的初始值，因此本条所说的稳定值实际上是指在较小范围内变化的初始观测值，且其变化幅度相对于该监测项目的预警值而言可以忽略不计。监测项目初始值应在相关施工工序之前测定。位移监测项目取至少连续观测3次的且较差满足要求的观测值之平均值作为初始值。轴力等直接测试的项目可取连续3次相对稳定观测值之平均值作为初始值。

6.1.4 建筑边坡当符合下列情况时，应选择自动化监测：

1 对地质条件特别复杂，采用新技术支护的一级边坡工程。

- 2 邻近重要建筑、设施、管线等或破坏后果严重；
- 3 需要进行高频次或连续观测；
- 4 现场环境不允许或不宜采用人工方式进行观测；
- 5 边坡已有变形迹象，需要增大频率；
- 6 涉及其他行业规范或标准规定的，需进行自动化监测。

【条文说明】根据《建筑边坡工程技术规范》GB 50330、《建筑变形测量规范》JGJ8，《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497相关内容，结合近十年来物联网技术发展迅速，自动化监测手段逐渐成熟。各个行业如轨道交通、铁路、公路、水利水电等陆续出台或更新对自动化监测的规范和要求，本条所列情况进行自动化监测的条件已经成熟。

6.1.5 监测方法除使用本标准规定的监测方法外，亦可采用能达到本标准规定精度要求的其他方法。

【条文说明】目前工程监测技术发展很快，如自动全站仪非接触监测、光纤监测、北斗定位、摄影测量等采用高新技术的监测方法已应用于边坡（基坑）工程监测。为了促进新技术的应用，本条规定当这些新的监测方法能够满足本标准的精度要求时，鼓励采用新技术、新方法。

6.2 水平位移监测

6.2.1 水平位移监测可采用极坐标法、交会法、小角法、视准线法等方法，也可采用测量机器人自动观测法、GNSS法、近景摄影测量法、激光扫描法等。

【条文说明】水平位移的监测方法较多，但各种方法的适用条件不一，在方法选择和施测时均应特别注意。采用小角度法时，监测前应对经纬仪的垂直轴倾斜误差进行检验，当垂直角超出 $\pm 3^\circ$ 范围时，应进行垂直轴倾斜修正；采用视准线法时，其测点埋设偏离基准线的距离不宜大于2cm，对活动觇牌的零位差应进行测定；采用前方交会法时，交会角应在 $60^\circ \sim 120^\circ$ 之间，并宜采用三点交会法等

6.2.2 当测定建(构)筑物特定方向的水平位移时,可采用视准线、测边角等方法;当测定建(构)筑物任意方向的水平位移时,宜根据可视观测点的分布情况,采用前方交会或极坐标等方法。单个建筑亦可采用直接量测位移分量的方向线法。

6.2.3 采用交会法进行水平位移监测时宜采用测角、测边、边角前方交会法,并应符合下列规定:

1 在交会实施前应根据交会图形和交会方法进行精度估算;

2 交会角宜保持在 60° 至 120° ;

3 测角交会时,工作基点到监测点的距离不宜大于 300m ;测边交会时,交会边长宜相等且不宜大于 600m ;

4 三点或三边交会法测量时,应根据两次测量结果进行监测点位精度评定。

6.2.4 水平位移监测精度以中误差衡量,根据水平位移预警值按表6.2.4确定,当根据累计值和变化速率选择的精度要求不一致时,优先按变化速率预警值的要求确定。

表6.2.4 水平位移监测精度要求

水平位移 预警值	累计值 $D(\text{mm})$	$D \leq 40$		$40 < D \leq 60$	$D > 60$
	变化速率 $V_p(\text{mm/d})$	$V_D \leq 2$	$2 < V_D \leq 4$	$4 < V_D \leq 6$	$V_D > 6$
监测点坐标中误差 (mm)		≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 2.0	≤ 3.0

注:监测点坐标中误差系指监测点相对测站点(如工作基点等)的坐标中误差,监测点相对于基准线的偏差中误差为点位中误差的 $1/\sqrt{2}$ 。

【条文说明】水平位移监测精度确定考虑了以下几方面因素:一是应能满足监测预警的要求,包括变化速率及预警累计值两个监测预警值的控制要求;二是与现有测量标准规定的测量精度相协调;三是在控制监测成本的前提下适当提高精度要求。

对于水平位移累计值,依据现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ8,以允许变形量的 $1/10 \sim 1/20$ 作为测量精度要求值。但这样的精度还不能满足部分变形速率要求严格的边坡(基坑)工程,因此,要进一步结合变形速率预警值的要求提高监测精度。由于变形速率预警值是连续分布的,本标准以2倍中误差作为极限误差,

同时考虑不同边坡（基坑）设计安全等级的变形速率预警值分布特征，制定本条监测精度，与现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ8的观测精度等级一、二等基本上相匹配。

在实际工作中，监测方依据边坡设计提出的位移预警累计值 and 变化速率预警值，按照表6.2.4确定监测点坐标中误差，然后再根据监测点坐标中误差选择满足该精度要求的监测仪器。关于水平位移变化速率预警值与监测点坐标中误差的匹配问题，研究结果表明：

（1）当监测频率 $\geq 2d$ 时，表6.2.4中对应的坐标中误差满足变化速率预警监控的要求；

（2）当监测频率 $\leq 1d$ 时，对监测数据超过变化速率预警值但小于 $2\sqrt{2}\sigma_0$ （ σ_0 为监测点坐标中误差）时，应对超出预警值的测点进行重复观测，排除粗差，通过两次监测数据综合判定后，方可确认预警。

6.3 竖向位移监测

6.3.1 竖向位移监测包括支护结构及坡面、周边地表、建(构)筑物、管线、道路等的竖向位移观测。竖向位移监测宜采用几何水准测量、电磁波测距三角高程测量，也可采用静力水准测量、GNSS测量等方法。

【条文说明】几何水准测量的仪器、技术成熟，测量精度易保证，目前仍是边坡（基坑）工程竖向位移观测的主要方法。当不便使用水准几何测量或需要进行自动监测时，可采用静力水准测量方法。当采用三角高程测量、全站仪自动测量时，观测精度须满足对监测对象的预警监控要求。

6.3.2 建(构)筑物竖向位移观测可采用几何水准、电磁波测距三角高程、静力水准测量等方法。

6.3.3 竖向位移监测的精度应根据竖向位移预警值按表6.3.3确定。

表6.3.3 竖向位移监测精度要求

竖向位移 预警值	累计值 $s(\text{mm})$	$s \leq 20$	$20 < s \leq 40$	$40 < s \leq 60$	$s > 60$
	变化速率 $V_s(\text{mm/d})$	$V_s \leq 2$	$2 < V_s \leq 4$	$4 < V_s \leq 6$	$V_s > 6$
监测点测站高差中误差 (mm)		≤ 0.15	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 1.5

注：监测点测站高差中误差系指相应精度与视距的几何水准测量单程一测站的高差中误差。

【条文说明】竖向位移监测精度确定方法与水平位移监测精度基本相同，并与现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ8的观测精度等级一、二、三等基本上相匹配。

6.3.4 采用静力水准测量进行竖向位移监测时，应符合下列规定：

- 1 应根据位移预警监控要求及观测精度选取相应精度和量程的静力水准传感器，宜采用联管路式静力水准；
- 2 当采用多组串联方式构成观测路线时，相邻测线交接处应在同一结构的上下设置2个传感器作为转接点；
- 3 工作基点应采用水准测量方法定期与基准点联测。

6.4 深层水平位移监测

6.4.1 深层水平位移监测宜采用在抗滑桩或土体中预埋测斜管，通过测斜仪观测各深度处水平位移的方法。

【条文说明】测斜仪依据探头是否固定在被测物体上分为固定式和活动式两种。边坡（基坑）工程中人工监测常用的是活动式测斜仪，即先埋设测斜管，每隔一定的时间将探头放入管内沿导槽滑动，通过量测测斜管斜度变化，推算水平位移。本标准中的深层水平位移监测均采用此监测方法。

6.4.2 测斜仪的系统精度不宜低于0.25mm/m，分辨率不宜低于0.02mm/500mm。

【条文说明】本条规定能满足本标准第9章中深层水平位移预警值的监测要求，同时考虑了国内外现有的大部分测斜仪都能达到此精度，而要在此基础上提高精度，目前成本过高。

6.4.3 挖方边坡测斜管应在边坡施工前埋设，填方边坡测斜管宜在边坡填筑施工完成后埋设，测斜管埋设应符合下列规定：

- 1 测斜管的埋设可采用绑扎法、钻孔法以及抱箍法等；
- 2 测斜管连接时应保证上、下管段的导槽相互对准、顺畅，各段接头及管底应保证密封，测斜管管口、管底应采取保护措施；
- 3 测斜管埋设时应保持竖直，防止发生上浮、断裂、扭转，测斜管一对导槽的方向应与所需测量的位移方向保持一致；
- 4 当采用钻孔法埋设时，测斜管与钻孔之间的空隙应填充密实；
- 5 正式测量前宜使用探头模型检查测斜管导槽顺畅状态。

【条文说明】保证测斜管的埋设质量是获得可靠数据和保证精度的前提，因此本条对测斜管的埋设提出了具体要求。在软弱土层中，支护结构施工(地下连续墙)引起的邻近建筑物沉降可达厘米级，占基坑施工引起的总变形比例可达20%~40%。

测斜管的埋设方法，对于灌注桩、地下连续墙围护结构可以采用绑扎法，即将测斜管绑扎固定在钢筋笼上。对于土体中的测斜管，可通过在土体中钻孔的方法埋设测斜管，测斜管与钻孔之间的空隙应填充密实。对于微型桩、H型钢水泥土墙等则可以采用抱箍法埋设测斜管。测斜管一对导槽的方向应与所需测量的位移方向保持一致，否则测斜数据要进行修正。各段接头及管底构造应保证密封，避免泥沙进入。

6.4.4 测斜仪测量时，探头应放入测斜管底，恒温一段时间后自下而上沿导槽每隔0.5m或1.0m逐段量测。每监测点均应进行正、反两次量测，并取其平均值作为最终值。

【条文说明】进行正、反两次量测是必要的，目的是为了消除仪器误差，也是仪器测试原理的要求。

6.4.5 深层水平位移计算时，应确定位移起算点。当测斜管嵌固在稳定岩土体中时，宜以测斜管底部为位移起算点；当测斜管底部未嵌固在稳定岩土体时，应以测斜管上部管口为起算点，

且每次监测均应测定管口位移，并对深层水平位移值进行修正。

6.5 建（构）筑物倾斜监测

6.5.1 建(构)筑物倾斜监测方法应根据现场监测条件和要求，选用投点法、水平角观测法、前方交会法、垂准法、倾斜仪法和差异沉降法等方法。

【条文说明】根据不同的现场观测条件和要求，当被测建筑具有明显的外部特征点和宽敞的观测场地时，宜选用投点法、水平角观测法、前方交会法等；当被测建筑内部有一定的竖向通视条件时，宜选用垂准法等；当被测建筑具有较大的结构刚度和基础刚度时，可选用倾斜仪法或差异沉降法。

6.5.2 建(构)筑物倾斜监测精度应符合国家现行标准《工程测量标准》GB50026及《建筑变形测量规范》JGJ8的有关规定。

6.5.3 建(构)筑物进行倾斜观测，应符合下列规定：

1 当从建筑外部进行倾斜观测时，建筑顶部的监测点标志宜采用固定的觇牌和棱镜，墙体上的监测点标志可采用埋入式照准标志；

2 当建筑外场地允许，宜采用全站仪或经纬仪投点法。测站点宜选择在与建筑倾斜方向成正交的方向线上，测站点距离照准目标不宜小于1.5倍的目标高度。底部观测点宜安置水平读数尺，全站仪或经纬仪应瞄准上部观测点标志，将上部观测点投影到底部，通过水平读数尺直接读取偏移量，正、倒镜各观测一次取平均值，并根据上、下观测点高度差计算倾斜度；

3 当采用水平角观测法时，应设置定向点，测站点和定向点应采用具有强制对中装置的观测墩；

4 当建筑内部具有竖向通视条件时，可采用垂准法。应在下部观测点上安置激光垂准仪或光学垂准仪，在顶部观测点上安置接收靶，由接收靶直接读取或量取顶部水平位移量和方向，计算倾斜量。观测时应进行下部点对中，并按 180° 和 90° 的对

称位置，分别读取2次或4次位移数据；

5 当利用相对沉降量间接确定建筑倾斜时，可采用水准测量或静力水准测量等方法通过测定差异沉降计算倾斜值和倾斜方向。

6 应避免风荷载影响大的时间段。对于高层和超高层建筑的倾斜观测，尚应避开日照强烈时间段。

6.6 裂缝监测

6.6.1 裂缝监测应监测裂缝的位置、走向、长度和宽度，必要时应监测裂缝深度。

6.6.2 边坡工程监测前应记录监测对象已有裂缝的分布位置和数量，测定其走向、长度、宽度等情况，监测标志应具有可供量测的明晰端面或中心。

6.6.3 裂缝监测宜采用下列方法：

1 裂缝宽度监测宜在裂缝两侧设置标志，用千分尺、游标卡尺、数字裂缝宽度测量仪等直接量测，也可用裂缝计、粘贴安装千分表量测或摄影量测等；

2 裂缝长度监测宜采用直接量测法；

3 裂缝深度监测宜采用超声波法、直接凿出法等。

6.6.4 裂缝宽度量测精度不宜低于0.1mm,裂缝长度测量精度不宜低于1mm。

【条文说明】本条第1款贴埋标志方法主要针对精度要求不高的部位。可用石膏饼法在测量部位粘贴石膏饼，如开裂，石膏饼随之开裂，测量裂缝的宽度；或用划平行线法测量裂缝的上下错位；或用金属片固定法把两块白铁片分别固定在裂缝两侧，并相互紧贴，再在铁片表面涂上油漆，裂缝发展时，两块铁片逐渐拉开，露出的未油漆部分铁片即为新增的裂缝宽度和错位。本条第3款，裂缝深度较小时宜采用单面接触超声波法量测；深度较大时裂缝宜采用超声波法量测。

6.7 锚杆轴力监测

6.7.1 锚杆轴力监测宜采用专用测力计、钢筋应力计等元器件进行量测。

【条文说明】锚杆监测的目的是掌握锚杆的变化，确认其工作性能。由于钢筋束内每根钢筋的初始拉紧程度不一样，所受的拉力与初始拉紧程度关系很大。

6.7.2 锚杆专用测力计、钢筋应力计等元器件的量程宜为轴向拉力设计值的1.5倍，量测精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$ ，分辨率不宜低于 $0.2\%F \cdot S$ 。

6.7.3 测力元器件埋设后应立即对其性能进行检查测试，并取边坡岩土体开挖前获得的三次以上稳定测试值的平均值作为初始值。

6.8 地下水位监测

6.8.1 地下水位监测宜采用钻孔内设置水位管或设置观测井，通过水位计进行量测。

6.8.2 地下水位量测精度不宜低于10mm。

6.8.3 潜水水位管直径不宜小于50mm,饱和软土等渗透性小的土层水位管直径不宜小于70mm,滤管长度应满足量测要求；承压水位监测时被测含水层与其他含水层之间应采取有效的隔水措施。

6.8.4 水位监测管的安装应符合下列规定：

1 水位监测管的导管段应顺直，内壁应光滑无阻，接头应采用外箍接头；

2 观测孔孔底应设置沉淀管；

3 观测孔内水位应与地层水位保持一致，且连通性良好。

6.9 爆破与振动监测

6.9.1 边坡工程施工采用爆破技术或周边爆破施工可能影响边坡工程安全时，应对周边建(构)筑物或边坡体进行爆破振动监测。

6.9.2 爆破振动监测应对爆破过程中爆破质点振动的速度、加速度及分布规律进行监测，并分析确定爆破振动对边坡工程的振动影响。

6.9.3 测振传感器的安装应符合下列规定：

1 测振传感器安装于爆破过程中需保护的對象上，需保护对象较大时，选择距离爆破点最近点或结构受振动影响敏感点；

2 应保证测振传感器与被测对象连接牢固且紧密，地面测点传感器不应置于松软地面以及不平整、不密实的构件表面；

3 安装过程中应控制每一测点不同方向的测振传感器安装角度，角度误差不得大于 5° ；

4 仪器安装和连接后应进行监测系统的测试，监测期内整个监测系统应处于良好工作状态。

【条文说明】当被测对象是岩石或混凝土介质时，应保证传感器与被测物之间的刚性粘结，使传感器与被测物体连接成一个整体，粘结剂可采用生石膏粉、环氧砂浆、环氧树脂胶等，也可预埋螺栓将传感器底面与螺栓紧固。对安装于侧壁或拱顶等部位的传感器，应采用固定夹具使传感器与侧壁或拱顶连接牢固。被测对象为土体时，可将表面松土夯实，再将传感器直接填埋在夯实的土体中；当在砂土、软土中安装传感器时，宜在土中打设钢钎或长螺旋杆固定传感器。

6.9.4 爆破振动监测仪器量程精度的选择应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB6722的有关规定。

7 监测频率

7.0.1 监测频率的确定应符合设计和委托的要求，并满足能系统反映监测对象所测项目的重要变化过程且不遗漏其变化时刻的要求。

7.0.2 施工期间的现场巡视检查，边坡工程安全等级为一级时宜每1d~2d一次；安全等级为二、三级时宜每2d~3d天进行一次；使用期间巡视检查频率视工程实际情况确定。

7.0.3 监测频率应根据边坡工程安全等级、地质条件、支护类型、周边环境及施工进度等综合确定，在无异常和无事故征兆的情况下，施工期可按表7.0.3-1要求确定，使用期可按表7.0.3-2要求确定。

表7.0.3-1 边坡施工期监测频率

边坡岩体类型	边坡工程安全等级		
	一级	二级	三级
IV类岩质边坡及土质边坡	每开挖或填筑2.5m~3m不少于1次，且每1d~2d不少于1次	每开挖或填筑3m~4m不少于1次，且每3d~4d不少于1次	每开挖或填筑4m~5m不少于1次，且每5d~7d不少于1次
I、II、III类岩质边坡	每开挖或填筑3m~4m不少于1次，且每2d~3d不少于1次	每开挖或填筑4m~5m不少于1次，且每4d~5d不少于1次	每开挖或填筑5m~6m不少于1次，且每7d~10d不少于1次

表7.0.3-2 边坡使用期监测频率

边坡岩体类型	使用期监测周期			
	≤6个月	6~12个月	12~18个月	>18个月
IV类岩质边坡及土质边坡	不少于1次 /15d	不少于1次 /30d	不少于1次 /60d	不少于1次 /60d
I、II、III类岩质边坡	不少于1次 /20d	不少于1次 /30d	不少于1次 /60d	不少于1次 /90d

7.0.4 采用自动化监测时，监测频率应符合表7.0.4规定。

表7.0.4 自动化监测频率

监测类型	监测频率	
	正常情况	特殊情况
日常监测	≥1 次/小时	≥3 次/小时
应急监测	≥4 次/小时	

注：特殊情况指本标准第3.0.7条中规定的情况；应急监测指突发灾险情后为确保边坡威胁对象及救援人员安全所开展的临时监测。

8 自动化监测

8.1 一般规定

8.1.1 建筑边坡当符合下列情况时，应选择自动化监测：

- 1 对地质条件特别复杂，采用新技术治理的一级边坡工程。
- 2 邻近重要建筑、设施、管线等或破坏后果严重的工程；
- 3 需要进行高频次或连续观测；
- 4 现场环境不允许或不宜采用人工方式进行观测；
- 5 边坡已有变形迹象，需要增大频率；
- 6 涉及其他行业规范或标准规定的，需进行自动化监测。

【条文说明】依据《建筑边坡工程技术规范》GB 50330、《建筑变形测量规范》JGJ 8及《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497等相关规定，并结合近年来物联网技术的快速发展以及自动化监测手段和应用环境的日益成熟，在轨道交通、铁路、公路等行业已陆续发布或修订自动化监测相关标准与技术要求。在此背景下，建筑边坡监测采用自动化监测技术的条件已成熟。自动化监测特别适用于高风险等级边坡及信息化施工要求高的工程，可显著提升监测数据的连续性、实时性和可靠性。

8.1.2 建筑边坡自动化在线监测的目标和内容应由设计单位根据地质地貌、边坡类型、治理方案、现场环境等因素综合确定。

8.1.3 监测单位应根据施工图设计的要求，结合施工组织设计内容进行监测方案设计，当发生设计变更或周边环境发生重大变化时应及时调整监测方案。

【条文说明】建筑与市政边坡多为人工修建边坡。编制监测方案时，应根据设计目标，明确需要监测的内容、监测指标及监测频率，同时提出监测点的布置建议，作为后续开展监测工作的总体依据。监测单位在满足相关规范的前提下，应结合设计要求，对具体监测实施方案作进一步优化和细化。

8.1.4 在恶劣天气条件和边坡稳定状态发生变化时，应及时提高监

测频率，必要时调整监测等级和监测方案。

【条文说明】自动化监测系统应能实现对现场软硬件的远程控制，可以及时远程响应监测方案变化，如调整监测频率等。这也是自动化监测的优势。

8.1.5 应定期对监测设备设施进行维护和保养。

【条文说明】自动化监测设备因不可控或人为因素，不可避免会出现故障、破坏甚至被盗等情况，而且环境的变化也可能影响监测结果，所以制定维护计划，定期进行保养，保证自动化监测系统的稳定可靠运行非常重要。

8.1.6 除本规范所述的监测方法外，可以采用满足现行标准或规范要求的新技术和新方法。

8.2 自动化监测系统

8.2.1 监测系统设计应综合边坡类型、工程等级、治理方案、监测频率和变形控制要求、结合地质环境及自然环境等各方面因素，综合确定系统架构、模块配置、数据采集与传输方式、平台功能及预警策略，确保系统稳定可靠。

【条文说明】强调监测系统的整体性和适应性。不同类型和等级的边坡其稳定性影响因素差异较大，系统架构应覆盖数据采集、传输、处理、运用（分析、评估、预警）；成果展示、应用等。

8.2.2 监测系统应稳定可靠、操作方便、易于维护、能扩展升级。

【条文说明】监测系统设计时需充分考虑长期运行的稳定性与易维护性。随着技术进步和监测需求的变化，系统应支持硬件、软件及功能的模块化扩展，避免因技术升级导致整体系统替换。

8.2.3 系统软件架构设计宜采用B/S架构，并配备移动端APP。

8.2.4 自动化监测及人工监测的数据成果，应在监测系统中进行综合评价和展示。

【条文说明】人工监测数据相较自动化监测数据虽然采集频率很低，但是监测手段成熟、人的参与度高、其成果在行业中的采信度高，所以将人工监测数据与自动化监测数据统一进行展示，可以相互佐

证，提高整体评价结果的可信度。

8.2.5 系统宜具备音视频监控与远程巡查功能。

8.2.6 监测软件系统应具备以下功能：

1 数据采集与传输功能：支持数据采集设备接入，实现自动化数据采集、传输及采集参数的远程配置与控制；

2 数据处理功能：具备原始数据滤波处理、特征值提取及相关数据传输能力；

3 数据存储与安全保障功能：实现原始数据、特征值数据的存储、备份及断电保护；

4 数据展示功能：支持多类型、多方式的数据展示与成果表达；

5 综合管理功能：支持多项目集中管理及数据权限分级管理；

6 安全评价与预警功能：具备自动化安全评价能力，实现多层次、多通道安全预警；

7 设备与电源智能管理功能：实现现场监测设备运行状态监控及智能化电源控制；

8 系统运维与故障管理功能：具备系统自检、软硬件故障识别及异常排除能力；

9 远程控制与系统管理功能：支持系统远程重启、启测、停测、监测频率调整、测点停用及远程同步升级等控制操作；

10 人工数据接入功能：具备人工巡检及人工监测数据的录入与管理接口。

8.2.7 监测系统现场应包括以下保障措施：

1 现场监测设备与组网线路设施应具备良好的保护措施和指示提醒标志，并与相关单位充分交底、沟通，参建单位应予以保护；

2 设备漏电及防雷保护；

3 软硬件系统故障的识别与排除措施；

4 数据断电保护；

5 设备远程重启、停测、启测。

【条文说明】明确了边坡监测软件系统的核心功能和现场保障要求。应具备的功能为系统建设的基本要求，确保监测数据的完整性、实

时性和安全性；宜具备的功能为系统的扩展性设计，适应未来技术发展和多样化需求。现场保障措施则确保系统长期稳定运行，防止因环境、施工等外力造成设备损坏或监测中断。

8.3 设备安装、调试与验收

8.3.1 设备选型应符合现行国家、地方相关标准和规定。

8.3.2 设备选型宜选择低压、直流、低功耗设备。

【条文说明】低功耗设计可延长供电系统的续航能力，保障在供电不稳定区域的持续监测，减少热量排放，提高设备使用稳定性。低电压直流设备能有效降低触电及电气火灾风险，尤其适用于野外高温高湿环境。

8.3.3 监测设备的量程和精度应满足相关规范和设计要求，并具备良好的稳定性、安全性和可靠性。

8.3.4 监测设备的型号、规格、检验校正等资料应在监测系统中管理和保存。

【条文说明】系统中建立监测设备信息档案，包括设备型号、规格参数、出厂检验报告、现场安装调试记录及后续的检验校正资料等，均应通过监测系统进行电子化归档，方便后期设备维护、替换及质量责任追溯，同时满足信息化管理和数字化档案要求。

8.3.5 现场设备宜优先采用市电供电，困难条件下可采用太阳能等其他方式供电时，应进行相关供电能力的计算和系统设计，保证现场设备的稳定运行。

【条文说明】明确现场设备供电的优先顺序，当市电环境受限，可以采用太阳能等替代方案，并应考虑设备总功耗、供电连续性（阴雨天续航）、电池容量及效率衰减等因素，确保系统不间断运行。同时，应结合设备低功耗设计原则优化供电方案。

8.3.6 监测设备安装应满足相关规范要求，严格按照设备安装要求和安装手册进行。

8.3.7 监测系统正式运行前应进行以下配置工作：

- 1 设备编号、安装位置、测量单位等信息的配置；

2 数据采集、数据解析、采集频率、设备量程及精度、数据滤波等参数的配置；

3 服务器信息、通信方式、数据上传频率等信息的配置；

4 测点信息及测点类型配置；

5 数据展示方式参数配置；

6 安全评价及预警参数配置；

7 用户权限配置。

【条文说明】本条强调数据配置工作的重要性，可以确保数据来源清晰且可追溯，确保系统数据与现场硬件、监测方案等的匹配。在系统上线前应制定配置检查清单，并进行测试与验证。

8.3.8 现场调试工作应验证数据的采集、解析、存储、上传的正确性，并检查现场软硬件的远程控制功能是否正常运行，确保系统整体功能满足要求。

8.3.9 系统平台测试工作应包括数据展示测试、系统操作测试、报告评价及预警触发测试等。

8.4 数据采集与传输

8.4.1 监测设备与采集端之间的数据传输应采用可靠的传输机制，并具有数据校验、错误重采等功能，确保原始数据的完整性和准确性。

【条文说明】要求监测设备与采集端之间的数据传输必须具备高度的可靠性，防止因传输错误导致数据丢失或异常。传输机制可能包括有线通信（如光纤、工业以太网）和无线通信（如LoRa、4G/5G等），应结合现场环境和系统需求合理选择。数据校验（如CRC校验等）、错误重采、超时重发等机制是保障数据完整性和准确性的关键技术。采集出现异常情况时，系统应具备自动告警和故障诊断的能力，通知运维人员及时处理。

8.4.2 与监测平台的数据传输应根据网络条件选择合适的数据采集与传输方式，网络条件良好时可选择远程采集与传输，网络条件受限宜选择现场数据采集和存储，避免因网络环境造成的数据缺失。

【条文说明】当网络环境稳定时（如光纤、4G/5G信号非常好），可直接采用远程实时数据传输，便于远程监测和运维。当网络条件受限（如山区、隧道等信号盲区），系统宜配置本地采集与存储单元，完成现场数据采集，再远程上传，并支持断网续传。现场采集及存储应考虑设备功耗和存储容量，确保在网络恢复后能自动补传，避免监测数据缺失。

8.4.3 高频率动态数据采集应采用现场数据采集和存储的方式。

【条文说明】高频率动态数据（如振动、加速度、音视频、雷达波等）采样频率特别高（通常 $>10\text{Hz}$ ）极易因网络带宽不足、传输延迟、丢包等原因造成数据失真或丢失。因此，应在项目现场完成原始数据采集和缓存，系统还应支持数据分类上传、断点续传、边采集边压缩等功能，满足后期安全评价与数据应用的需要。

8.4.4 自动化监测数据采集有多种方式，应采用以分时段统计采集，特殊数据（如爆破振动加速度、速度、频率、雷达等）采用定时瞬时采集。

1 定时瞬时采集：根据监测频率要求，控制现场采集设备定时开机启测，完成测量后停测，获得与监测时刻上的瞬时值。

2 分时段统计采集：将监测单位时间（如每天）根据规范监测频率要求划分为多个时间段，在每个时间段进行多次测量，并对该时段内的监测数据进行统计处理，提取特征值（如平均值、中间值、最大值、最小值、变化速率等），以代表该时段内边坡的稳定性特征数据。

【条文说明】定时瞬时采集适合监测变化缓慢、对数据连续性要求不高的项目，但容易受到偶发性干扰影响，可能存在数据异常或失真。分时段统计采集通过多次采样及统计特征提取（如均值、中位数、标准差、变化速率等），可有效过滤异常值、降低偶发性误差对整体监测结果的影响，提高数据代表性。此外，该方法便于后续分析边坡的动态响应特性，有助于安全评价和预警模型的建立。

8.4.5 全自动全站仪数据采集频率不应低于1次完整测回/4h。

【条文说明】考虑到全自动全站仪的工作特点，主流全自动全站仪

（如徕卡、Topcon、Trimble）单点测量时间约 5~10 秒，完整测回中还需进行仪器转台、自动寻靶、温度补偿等动作，现场实际测量可能受到遮挡、重测，延时等待等因素影响，综合预估该频率设置能够满足大多数监测项目的测点数量需求，并兼顾数据的连续性和时效性。同时，考虑到昼夜温差及偶发天气变化等环境因素，适当的测量频率有助于形成较完整的温度-变形相关性监测曲线，为边坡安全评价提供可靠数据支持。

8.4.6 常规传感器、机器视觉、雷达等监测手段采样频率不应低于 1 次/10min。

【条文说明】常规传感器、机器视觉、雷达等监测手段本身具备采样频率高的特点，且监测精度容易受环境影响。较高的采样频率可以为数据滤波和特征值提取提供更好的数据环境，提高数据有效性。

8.4.7 一般情况下为分时段统计所设定的段时间段按照规范监测频率的要求确定，当出现以下紧急情况时，应提高监测频率，且不应大于 4h。

- 1 变形累计值、变形速率等达到预警值；
- 2 暴雨或长时间连续降雨期；
- 3 边坡上部荷载或者使用工况发生重大变化；
- 4 存在对边坡稳定造成不利影响的作业；
- 5 支护结构发生较大变形或裂缝时。

【条文说明】在变形发展加快或外界影响显著时（如达到预警阈值、暴雨、施工荷载变化等），监测系统应及时远程提高数据采样频率，缩短分时段统计时段，以确保监测系统对边坡安全状态的及时感知与响应。采样间隔上限设定为 4h，是兼顾数据完整性、系统性能及现场运行条件。

8.4.8 系统应具备远程控制能力，根据现场环境的变化和应急响应需求实时调整现场数据采集频率。

8.4.9 采集系统应根据具体的监测手段所对应的测量原理设计数据采集程序并制定采集步骤。

【条文说明】数据采集系统的设计应结合各种监测手段（如全站仪、

水准仪、雷达、倾角计、机器视觉系统等)的测量原理,针对不同设备特性(采样方式、延迟特性、精度要求)制定专用的数据采集程序及步骤,确保采集过程有序进行,提升系统整体稳定性与数据质量。

8.4.10 具备系统误差和随机误差的修正功能。

【条文说明】针对系统误差因设备标定、环境因素、安装布设等引起的偏差,应建立系统误差补偿模型。常用修正方法包括现场零点标定、温湿度补偿、设备自带标定系数修正等,以保证测量数据的准确性和一致性。随机误差修正宜采用连续5~10次采样的中位数等方法,以抑制异常值干扰并提升数据质量。

8.4.11 监测系统应具备对异常数据的识别与处理能力,及时采用数值滤波方法对异常数据进行剔除和标记,以保证数据的连续性与可靠性。

【条文说明】异常数据识别在根据监测手段的不同选择滤波方法,如阈值判定、统计分析(如滑动均值滤波、中位数滤波、Z-Score、IQR四分位滤波)、时间序列分析等方法。对被识别的异常数据进行标记,剔除评估范围但保留原始数据(便于后期分析),不建议用滤波结果替代。

8.4.12 系统应具备设备管理、配置功能,特别是设备在(离)线状态的分析功能。

【条文说明】设备管理包括设备信息如、型号、编号、安装位置、参数、安装记录等;参数配置如采样频率、量程、滤波参数等;特别强调状态分析,对设备在线/离线状态、数据延迟、供电状态、通信质量等,自动分析设备状态变化原因(如断电、网络中断、设备故障)。系统应具备设备异常报警及记录功能,为设备运维提供决策依据

8.4.13 传感器末端组网应根据现场情况、地形条件及监测需求灵活运用有线与无线传输方式。

【条文说明】对于环境稳定、相对距离较近、线路可敷设的场所,宜优先采用有线。对于地形复杂,线路敷设难度大的场所可选无线

传输，且应保证信号强度和抗干扰能力。如采用混合组网，应明确接口标准及数据同步机制，防止数据丢失和长时间延迟。

8.4.14 采用远程数据采集方式时，数据传输宜采用4G/5G移动通信方式实现，并支持相关物联网平台的接入，具备远程固件升级的功能。

8.5 数据处理、评估与预警

8.5.1 监测数据经统计处理得到的特征值应作为判别依据。短期波动判别宜采用均值与标准差作为基准；长期趋势判别宜采用中位数作为基准；出现预警或紧急情况时，应结合最大值进行综合判别。监测过程中应开展测点的相关性分析。

【条文说明】短期波动：均值可综合反映采样期间的整体水平，标准差反映波动性，适合判断数据是否存在异常幅值波动。

长期趋势：中位数具有良好的抗噪声能力，适合用于反映边坡位移等的总体变化趋势。

紧急或预警情况：最大值可快速暴露极端风险，辅助风险预判。

此外，通过分析测点之间的空间相关性、时间序列相关性，有助于提高边坡整体稳定性评估的可靠性。

8.5.2 系统应提供多类型、多测点的时序监测数据的时间关联、空间关联分析图表，支持对不同监测参数、测点及时间段的灵活选取与组合展示，应具备数据缩放、平移、叠加对比、导出等功能及报表统计功能便于动态分析和结果展示。

【条文说明】支持多测点、多数据类型在同一图表中叠加，便于辅助空间相关性的人工分析。应支持按项目、时间段自动汇总生成监测日报、月报、专项分析报告，并支持导出为常用格式（Word、Excel、PDF）。

8.5.3 系统宜具备成果静态展示功能，包括：边坡工程概况，监测依据，监测项目和要求，监测仪器的型号、规格和标定资料，测点布置图，安装维护工作记录与记事项目等，便于管理单位等多方在系统内直观查阅相关资料。

8.5.4 系统宜具备地图展示、三维实景可视化功能。

8.5.5 应利用各类型监测信息,综合采用表观法、预警值法、拐点法、趋势法等方法进行边坡稳定性评估。

【条文说明】多方法联合评估可有效提高边坡稳定性判断的准确性,避免单一方法可能带来的漏报或误报

8.5.6 系统应具备同时支持多种数据预警方式,如多重阈值、数据变化幅度和强度等。

【条文说明】多策略联合预警可以提高预警的敏感性和可靠性,且能满足根据不同保护(如对象如道路、铁路、建筑等)及不同行业规范体系的要求,灵活设置的多种预报警方式,满足多行业多专业的需要。

8.5.7 系统宜结合边坡现场情况和实时监测数据,判断边坡变形趋势、位移方向和变形阶段等,预测边坡稳定性的变化趋势。

【条文说明】自动化监测拥有更高频率,更多维度的监测数据,结合适宜的传统预测方法(如时间序列分析法、趋势外推法、位移速率法、拐点识别法等)结合机器学习算法(如LSTM、随机森林、支持向量机等),边坡稳定性的进行短期趋势预测。需要强调的是,预测的准确性依赖于高质量的监测数据和合理的预测模型。随着科学的发展,预测模型在不断更新迭代,不断趋于与实际贴合。而高质量的监测数据成为预测分析的基础,所以本规范强调在数据采集和处理过程中,重视误差修正与异常值滤波剔除,确保数据质量,为可靠趋势预测分析奠定基础。

8.5.8 预警信息推送应包括预警时间、项目名称及子工点、预警测点类型及编号,预警级别及预警值。

8.5.9 预报警信息应通过多种通道进行发布,例如:自动短信与电话、监测平台、移动端APP等。

【条文说明】预警方式强调自动短信,自动电话的主动预警方式,无人接听应有重复拨打机制,尽可能保证预报警信息的有效送达。

8.5.10 系统宜根据预警级别与管理人员职责级别分层级设置预警信息接收和处理权限。

8.5.11 系统应具备预警解除和重置功能。

8.5.12 设置多级别预警时，预警策略在同级别预警下建议每天一次，在预警级别提升或降低时及时发出预警。

【条文说明】系统应支持预警信息分级管理：高等级预警信息应推送至项目负责人及主管部门，高频率低等级预警信息可仅推送至现场监测人员或值守人员，以减少信息干扰，提高响应效率。同时，系统应支持管理人员对接收范围、处理权限的灵活配置，形成分级预警—分级管理的闭环体系。

8.5.13 系统宜提供自动报告生成及提取功能，其内容应满足本规范对报告的相关要求。

8.6 运营与维护

8.6.1 自动化监测单位应建立相应的运维管理体系，明确各方职责，包括设备运维、数据运维、软件运维及应急响应等内容。

8.6.2 运维人员应具备相应资质和技能，定期进行培训和考核，确保能够熟练操作系统并及时处理故障。

8.6.3 系统应具备运行状态的实时监测功能，能自动检测设备、网络及数据异常，支持运维人员远程诊断和修复。

8.6.4 现场监测设备应进行定期巡检、维护和校准，记录维护作业信息，确保设备长期稳定运行。

8.6.5 监测系统软件应定期更新维护，包括功能优化、安全补丁升级和数据备份管理，保障系统安全可靠。

8.6.6 运维过程中应确保数据完整性、保密性和可追溯性，建立数据备份、恢复及防篡改机制，符合《信息安全技术信息系统通用安全技术要求》等国家标准的相关要求。

8.6.7 当系统出现故障或监测数据异常时，应启动应急预案，及时修复并恢复系统运行，避免数据长时间中断。

8.7 人工智能的应用

8.7.1 人工智能（AI）技术可在自动化监测系统中用于提升监测数据清洗、识别与分析等能力。系统可以利用人工智能算法对监测数据进行自识别、自分析，从而起到辅助决策的作用。系统应用人工智能技术应符合国家关于数据安全与可追溯性的相关要求，应保证监测结果真实可靠，且不得替代人工审查。

【条文说明】AI的引入应以“辅助决策”为定位，不能完全取代人工分析与判断。在模型建立、结果输出和数据调用过程中，应符合国家相关法规，确保输入数据和算法处理过程的真实性、完整性与可追溯性。

8.7.2. 监测系统在引入人工智能模块时，应设置标准化的数据通讯协议。通讯协议应符合国家关于数据安全、网络安全相关法规和标准，具备身份认证、访问控制、数据加密、完整性校验及日志追踪等安全防护功能，监测数据在传输、调用与结果输出过程中应保证安全性、完整性和可追溯性。

8.7.3 在利用人工智能算法进行数据清洗时，系统在采用传统的统计分析方法的基础上可结合机器学习或信号处理方法，对异常数据、噪声数据及缺失数据进行识别、修复与优化，提高监测数据的真实性与稳定性。

【条文说明】传统的数据清洗方法包括卡尔曼滤波、小波滤波等，初步清洗后的数据可采用孤立森林、One-Class SVM（一类支持向量机）等人工智能算法进一步抑制噪声数据，应根据监测对象特征与数据类型确定模型参数与应用范围。

8.7.4 由于建筑边坡监测数据具有显著的非线性、多元性和时序性特征，包括了边坡形态、岩土参数、渗流等与变形的复杂耦合关系，利用人工智能模型可以自动学习多变量的复杂耦合关系，学习非线性特征，并形成记忆与经验，不断优化特征提取与规律识别过程，从而提高对监测数据风险识别的准确性。

【条文说明】边坡风险识别常用的适用于非线性、多时序特征的预

测模型有决策树、随机森林、支持向量机 (SVM)、卷积神经网络 (CNN) 等模型, 识别潜在不稳定边坡、异常监测点及高风险区域, 为分级预警和重点监测提供依据。

8.7.5 在长期监测中, 可利用已经获取的大量数据, 采用人工智能算法对时序数据进行规律学习与趋势推演, 对监测数据的非线性演化特征进行建模与预测, 从而实现对变形趋势的分析、预测临界时间, 提供分级预警辅助决策。

【条文说明】可采用的模型有长短期记忆网络 (Long Short-Term Memory Network, LSTM)、卡尔曼—长短期记忆混合模型 (Kalman-LSTM)、门控循环单元网络 (Gated Recurrent Unit, GRU)、广义自回归条件异方差模型 (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, GARCH)、极端梯度提升模型 (Extreme Gradient Boosting, XGBoost) 等算法, 根据需要进行算法组合, 可实现变形趋势的精细化预测与灾害风险的提前识别, 为自动化预警提供支撑。

8.7.6 人工智能技术在边坡监测中的应用现处于应用探索的前沿技术, 现在仍以辅助分析、辅助决策为主。采用人工智能技术应注意以下内容: 真实的数据基础、适应的算法模型、可靠的验证手段、满足标准与监管的要求。建立人工复核与结果验证机制, 其输出结果不得直接替代人工判断与工程安全决策。鼓励具备条件的试点项目开展算法验证与模型评估, 为后续标准化和推广应用提供数据支撑。

9 监测预警

9.0.1 变形监测预警值应包括变形监测数据的累计变化值 and 变化速率值。

【条文说明】在重力作用下，边坡变形演化通常分为初始变形阶段、等速变形阶段和加速变形阶段。边坡从加速变形阶段到失稳破坏经历时间较短，在进入等速变形阶段后期就应进行预警。因此，变形监测除应监测累计值外还应监测变化速率。

9.0.2 应力监测预警值应根据荷载设计值或构件承载力设计值确定。

9.0.3 边坡监测项目及预警值应由边坡工程设计方确定，预警值可根据监测数据、现场情况、监测数据分析结论动态调整。

9.0.4 监测预警值应根据边坡工程特点、计算分析成果以及当地工程经验等因素确定。

9.0.5 土质边坡在无当地工程经验时，监测预警值可参考表9.0.5取值。

表9.0.5 土质边坡监测预警值

监测类型	监测项目		边坡安全等级					
			一级		二级		三级	
			累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
变形监测	地表水平位移	放坡、土钉墙、复合土钉墙	30~40	2~3	40~60	3~4	50~70	4~6
	地表竖向位移		20~40	2~3	30~50	3~4	40~60	4~6
	深层水平位移		35~55	2~3	50~70	3~4	60~80	4~6
	地表裂缝宽度		10~30	2~3	10~30	3~4	10~30	3~4
	墙(桩)顶水平位移	重力式挡墙、悬臂式挡墙、扶壁式挡墙	15~25	2~3	20~30	3~4	25~40	4~5
		桩板式挡墙、锚(索)杆挡墙	15~25	2~3	20~30	3~4	25~40	4~5
	墙(桩)顶竖向位移	重力式挡墙、悬臂式挡墙、扶壁式挡墙	15~25	2~3	20~30	3~4	25~35	4~5
		桩板式挡墙、锚(索)杆挡墙	15~25	2~3	20~30	3~4	25~35	4~5

	墙(桩)身水平 位移	重力式挡墙、 悬臂式挡墙、 扶壁式挡墙	30~50	2~3	20~30	3~4	25~40	4~5
		桩板式挡墙、 锚(索)杆挡墙	30~50	2~3	20~30	3~4	25~40	4~5
应力 监测	土压力		(60%~70%) f_1		(70%~80%) f_1		(70%~80%) f_1	
	孔隙水压力		(60%~70%) f_1		(70%~80%) f_1		(70%~80%) f_1	
	支护结构应力		(60%~70%) f_2		(70%~80%) f_2		(70%~80%) f_2	
	锚杆(索)内力		(60%~70%) f_2		(70%~80%) f_2		(70%~80%) f_2	
	预应力损失		(10%~20%) f_y		(10%~20%) f_y		(10%~20%) f_y	
地下水 监测	地下水位		1000	300	1000	300	1000	300
注: f_1 为荷载设计值, f_2 为构件承载力设计值, f_y 为支撑、锚杆的预应力设计值;								

【条文说明】土质边坡监测预警值参考《建筑基坑工程监测技术标准》GB50497、《建筑边坡工程监测技术标准》DBJ50/T-445 相关标准, 并根据调研结果确定。

9.0.6 岩质边坡监测预警应符合下列规定:

- 1 有软弱外倾结构面的边坡, 有水平位移迹象或支护结构受力裂纹有发展时应进行预警;
- 2 对于受岩体自身强度控制的边坡, 出现新裂缝或原有裂缝有发展时应进行预警;
- 3 对于有变形或受力计算结果的边坡支护, 当变形或受力达到计算结果的70%时应进行预警;
- 4 有既有监测数据的边坡, 可根据监测数据分析结果及变形现象确定监测预警值;
- 5 水平或竖向位移速率 $\geq 2\text{mm/d}$ 且持续3天。

【条文说明】目前, 土质边坡的监测预警值已有较为系统的参考依据, 而岩质边坡监测预警值长期缺乏统一的技术标准。因此, 为明确岩质边坡监测预警的确定方法及思路, 开展了相应专题研究。

专题研究收集国内不同地区岩质边坡监测资料, 并挑选出监测数据较完备的案例。(1) 重庆某岩质边坡最大高度约80m, 边坡最大水平位移超100mm, 边坡发生局部滑移-溃屈破坏, 对监测数据(图1)进行反分析, 可以看出尽管边坡在初期水平位移不足10mm, 但在降雨作用下已出现失稳迹象。(2) 浙江温州某岩质边

坡最大高度20m，点位最大沉降24.7mm，最大水平位移19mm，该处出现局部开裂滑塌现象，同样反观监测数据（图2），破坏点在水平位移约6mm时即加速发展，呈现失稳迹象。（3）重庆某岩质边坡最大高度约35m，边坡顶部监测最大竖向位移约5mm，水平位移约2mm时，坡顶建（构）筑物即出现沉降迹象。（4）湖南浏阳某岩质边坡最大高度约30m，边坡最大沉降约10mm，未出现边坡安全事故。（5）某矿山边坡，最终边坡高度超500m，1季度监测最大水平位移超400mm，3季度该处发生滑塌破坏。

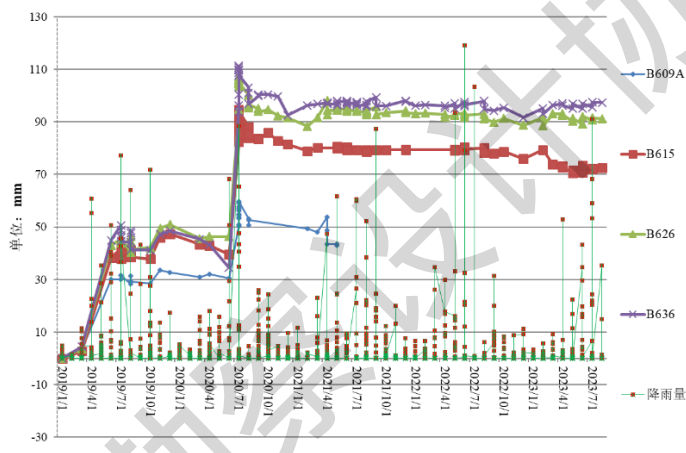


图1 重庆某岩质边坡水平位移与降雨量关系曲线

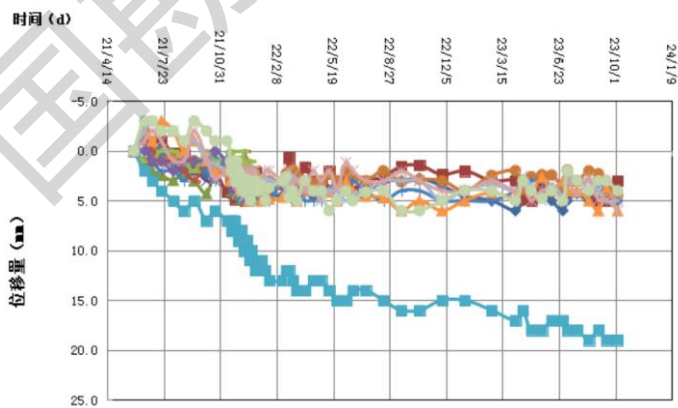


图2 浙江温州某岩质边坡水平位移监测曲线

结合岩质边坡监测案例分析与相关文献（李秀珍 2003），可以发现岩质边坡破坏具有以下特性：（1）不同边坡失稳变形或变形速率差异性巨大，（2）岩体破坏呈脆性特征，变形发育很快且多数项目无法获取完整监测数据，（3）边坡失稳影响因素复杂。因此，对岩质边坡提出量化、统一的监测变形（速率）预警值是不正确的。

对于岩质边坡，工程应用中可将岩质边坡松动区单独作为一种等效连续介质进行计算。通过有限元模拟可得出以下结论：（1）对于受自身强度控制的边坡，在强度折减过程中，边坡最大位移存在一明显加速点（图3a），（2）对于受软弱外倾结构面控制的边坡，当存在位移趋势时，很快模型就无法收敛。

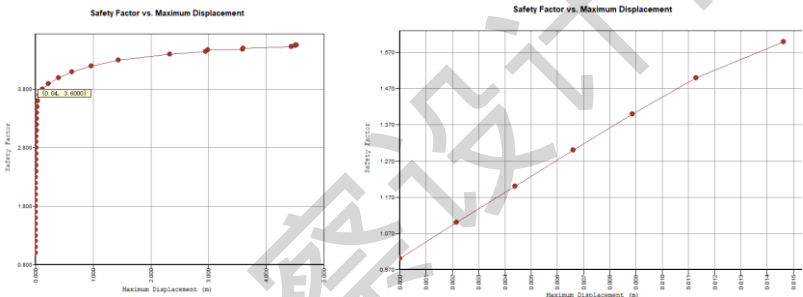


图3 位移-安全系数曲线，a)岩体强度控制，b)外倾结构面控制

因此，基于专题研究，对岩质边坡监测预警指标进行如下分类：

（1）受软弱外倾结构面控制的边坡，当坡体或支护结构有位移迹象或裂缝发展趋势时就应立即预警，该结论也与《建筑边坡工程技术规范》GB 50330规定相同；

（2）对于受岩体自身强度控制的边坡，其稳定性受岩石强度、节理裂隙等自身因素；降雨、地下水等自然因素；开挖应力释放、坡顶加载等人为因素，多种因素共同影响。在没有既有监测数据时，很难准确提出简单的位移或受力预警指标，因此规定在出现宏观迹象时即应报警，如新裂缝的出现、边坡变形加速等。并应对其原因进行分析，为后续设计施工提供依据，例如大面积挖方卸载导致的卸荷变形，可能卸载变形结束后边坡应力重分布达到新的稳态，也

可能卸载裂缝进一步开展造成溃屈破坏。

(3) 对于有变形受力计算成果的边坡，如桩板挡墙，应根据计算结果确定对应位移/受力的监测预警值。《工程测量标准》GB50026中建议变形量预警值通常取允许变形值的75%。考虑计算中通常考虑1.35 ($1 \div 1.35 \approx 0.75$) 的综合分项系数，以及针对脆性破坏的适度提前预警，本标准建议取计算值的70%作为预警值；

(4) 尽管不同边坡变形差异巨大，但秦四清(2010)认为对于一特定斜坡，其临界滑动位移值应该是一个定值。边坡破坏过程遵循初始变形—等速变形—加速变形的规律(图4)。因此对于某一既有监测数据的边坡，可根据监测数据分析结果对变形趋势进行预测，以及对预警指标的动态调整，如利用成都理工大学许强教授建立的改进切线角模型等。

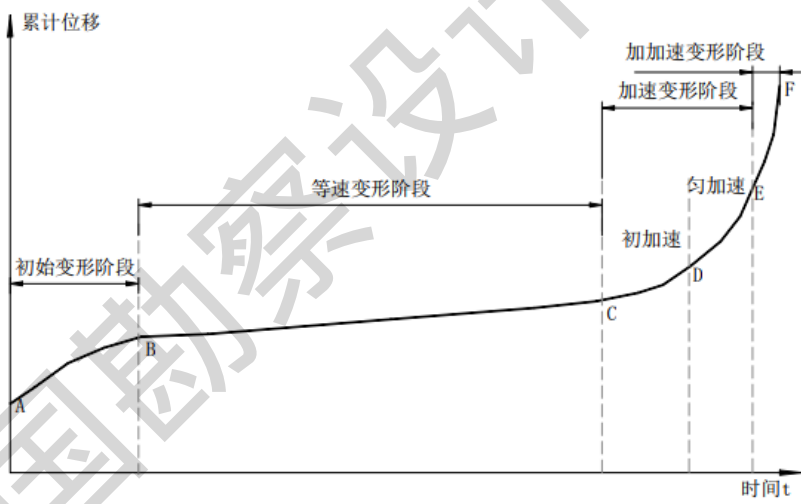


图4 边坡变形失稳破坏演化过程图

(5) 尽管岩质边坡变形影响因素众多，很难量化，但其变形发展速率应确定某一上限值，且不宜大于土质边坡要求，故提出变形速率要求。

9.0.7 岩土混合边坡应在探明岩土分界线的情况下根据工程特点制定监测项目及预警值。当无具体要求时，土体边坡部分可按本标准第9.0.5条执行，岩质边坡部分可按本标准第9.0.6条执行。

【条文说明】对于存在外倾土岩分界面的情况，若变形原因为土体自身变形，监测预警可按土质边坡要求执行，若变形原因为软弱外倾面滑动则应按岩质边坡相关要求执行。

9.0.8 周边环境监测项目预警值应根据环境对象的重要性、结构形式、变形特征、主管部门要求及国家现行有关标准的规定确定，当无具体预警值时，可按表9.0.8确定。

表9.0.8 边坡周边环境监测预警值

监测对象				累计值（mm）	变化速率（mm/d）	备注
1	地下水位变化			1000~2000 （常年变幅以外）	500	
2	管线 位移	刚性 管道	压力	10~20	2	直接观 察点数 据
			非压力	10~30	2	
		柔性管线		10~40	3~5	
3	邻近建筑位移			小于建筑物地基变形允 许值的70%	2~3	
4	临近道路路 基竖向位移	高速公路、主干道路		10~30	3	
		一般城市道路		20~40	3	
5	裂缝宽度	建筑结构性裂缝		1.5~3（既有裂缝） 0.2~0.25（新增裂缝）	持续发展	
		地表裂缝		10~15（既有裂缝） 1~3（新增裂缝）	持续发展	

注：1 建筑整体倾斜度累计值达到2/1000或倾斜速度连续3d大于0.0001H/d(H为建筑承重结构高度)时应预警；

2 建筑物地基变形允许值应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007的有关规定取值。

【条文说明】工程中可根据需保护对象建造年代、结构类型和现状、离基坑的距离等确定，建造年代已久、结构较差、离基坑较近的可取下限，而对较新的、结构较好、离基坑较远的可取上限。燃气管线位移预警值宜取小值，即不超过10mm。

9.0.9 边坡工程发生下列情况之一时，应立即预警并通知有关各方，及时分析原因，采取相应措施：

- 1 变形量或变形速率达到预警值或出现异常变化；
- 2 变形速率连续3天超过预警值的70%；
- 4 坡顶临近建筑出现新裂缝、原有裂缝有新发展；

5 边坡影响范围内出现崩塌、滑坡迹象，边坡底部或周围岩土体已出现可能导致边坡剪切破坏的迹象或其他可能影响安全的征兆；

6 支护结构构件的最大裂缝宽度达到国家现行相关标准的允许值；

7 根据当地工程经验判断已出现其他应预警的情况。

【条文说明】边坡变形失稳的影响因素众多，监测点也常因受到施工等扰动因素，监测预警除应结合仪器监测与现场巡查，综合判定。

10 监测成果及信息反馈

10.0.1 边坡工程监测成果资料应真实、可靠，监测成果应包括现场监测资料、计算分析资料、图表、曲线、文字报告等。

【条文说明】边坡工程监测应确保监测工作质量，现场量测人员应对监测数据的真实性负责，监测分析人员应对监测报告的可靠性负责，工程监测成果主要包括现场实测资料和室内数据处理成果两大类。通过仪器监测、现场巡查和远程视频监控等手段获得各类现场实测资料后，需及时进行计算、分析和整理工作，将现场实测资料转化为完整、清晰的分析、处理成果。室内数据处理成果可以采用图表、曲线等直观且易于反映工程安全问题的表现形式，同时对相关图表、曲线也应附必要的文字说明。在某个阶段或整个过程的监测工作完成后，应形成书面文字报告，对该阶段或整个监测工作进行总结、分析，提出相关分析结论和建议。

10.0.2 现场监测资料宜包括外业观测记录、现场巡查记录、记事项目以及仪器、视频等电子数据资料。外业观测记录、现场巡查记录和记事项目应在现场直接记录在正式的监测记录表格中，原始记录应真实完整，不得涂改、伪造和转抄，监测记录表格中应有相应的工况描述，并有相关责任人签字。

【条文说明】工程现场仪器监测应将不同监测项目的实测结果记录到规定的表格中，以便于监测数据的清晰记录和后续的计算、对比和分析。全站仪等可以自动记录现场监测数据的监测仪器，应保存相应的电子数据资料，以便于实测数据的复核和比对，防止实测出现纰漏。现场巡查工作应填写巡查记录表格，将实际巡视检查结果言简意赅地进行记录。远程视频监控应保存好视频监控录像资料，填写相关视频成果保存记录，便于远程视频监控成果的查找和调用。

现场监测资料应与工程实际情况相结合，描述工程名称、合同段、工点名称、施工工法、施工进度等工况资料，以使监测成果与实际工程情况更好地结合，便于分析监测对象的安全状态。

10.0.3 监测单位取得现场监测资料后，应及时对监测资料进行整理、

分析和校对，监测数据出现异常时，应分析原因，必要时应进行现场复测。

【条文说明】现场监测工作会受自然环境条件变化（气候、天气等）和人为因素（施工损坏监测点等）的影响，仪器监测成果可能因为监测仪器、设备、元器件和传感器等问题出现偏差，当传感器受施工影响出现故障或损坏时，可能给出错误的监测数据。因此，完成现场监测后，应对各类资料进行整理、分析和校对。当发现监测数据波动较大时，应分析是监测对象实际变化还是监测点或监测仪器问题所致。难以确定原因时，应进行复测，防止错误的监测数据影响监测成果的质量。

10.0.4 监测单位对监测数据应及时计算累计变化值、变化速率值，并绘制时程曲线，必要时绘制断面曲线图、等值线图等，并根据施工工况、地质条件和环境条件分析监测数据的变化原因和变化规律，预测其发展趋势。

【条文说明】监测数据采集完成后应及时计算或换算监测对象的累计变化值和变化速率值，以分析判断监测对象的安全状态及发展变化趋势。监测数据的时程曲线可直观、形象地反映监测对象的位移或内力的发展变化趋势及过程，依此判断监测对象的安全状态和发展变化情况。因此，各类监测数据均应及时绘制成相应的时程曲线。监测断面曲线图、等值线图可以反映监测断面或监测区域的整体变化，以及不同监测部位之间的相互联系及内在规律，对整体分析工程安全状态起着很好的作用。

10.0.5 监测数据的处理与信息反馈宜利用专门的工程监测数据处理与信息管理系统软件，实现数据采集、处理、分析、查询和管理的一体化以及监测成果的可视化。

【条文说明】随着建设行业的不断开展，监测技术也得到了很大的进步。远程自动化监测系统、数据处理与信息管理系统软件等新技术应运而生。专业的信息管理软件便于监测数据的采集、处理、分析、查询和管理工作，可以将监测成果及时、准确地反馈给工程参建各方，提高监测成果的时效性。同时，监测成果可以及时、方便

地形成时程曲线、断面曲线图、等值线图等可视化较强的图件，便于监测成果的分析、表达，为信息化施工提供了很好的技术支持。

10.0.6 监测成果可分为监测日报、警情快报、阶段性报告和总结报告。监测成果应采用文字、表格、图形、照片等形式，表达直观、明确。

1 监测日报宜包括下列内容：

- 1) 边坡工程施工概况；
- 2) 现场巡查信息：巡查照片、记录等；
- 3) 监测日报表包含：仪器型号、监测日期、观测时间、天气情况、监测项目的累计变化值、变化速率值、预警值、监测点平面位置图、异常复核记录等；
- 4) 监测数据、现场巡查信息的分析与说明；
- 5) 结论与建议。

2 警情快报宜包括下列内容：

- 1) 警情发生的时间、地点、情况描述、严重程度、施工工况等；
- 2) 现场巡查信息：巡查照片、记录等；
- 3) 监测数据图表：监测项目的累计变化值、变化速率值、监测点平面位置图；
- 4) 警情原因初步分析；
- 5) 警情处理措施建议。

3 阶段性报告宜包括下列内容：

- 1) 边坡工程概况及施工进度；
- 2) 现场巡查信息：巡查照片、记录等；
- 3) 监测数据图表：监测项目的累计变化值、变化速率值、时程曲线、必要的断面曲线图、等值线图、监测点平面位置图等；
- 4) 监测数据、巡查信息的分析与说明；
- 5) 结论与建议。

4 总结报告宜包括下列内容：

- 1) 边坡工程概况；

- 2) 监测目的、监测项目要求和监测依据;
- 3) 监测点布设;
- 4) 采用的仪器型号、规格和元器件标定资料;
- 5) 监测期限与监测频率;
- 6) 监测预警值;
- 7) 监测数据采集和观测方法;
- 8) 现场巡查信息: 巡查照片、记录等;
- 9) 监测数据图表: 监测值、累计变化值、变化速率值、监测指标时程曲线图、监测点平面位置图、必要的断面曲线图等;
- 10) 监测数据、巡查信息的整理、分析和评述;
- 11) 结论与建议。

【条文说明】监测报告根据监测时间阶段和监测结果报告的及时性分为日报、警情快报、阶段性报告和总结报告。各类监测报告均应以表格、图形等“形象化、直观化”的表达形式表示出监测对象的安全状态变化情况,以便于相关人员及专家的分析与判断。

1) 日报是反映监测对象变形、变化的最直接、最简单的报告形式,是实现信息化施工的重要依据。当日监测工作完成后,监测人员应及时整理、分析各类监测信息,确保当日监测成果的正确性。形成日报后,及时反馈给相关单位,以保证信息化施工的顺利开展。

2) 工程出现各类警情异常时,对警情的时间、地点、情况描述、严重程度、施工工况等警情基本信息进行描述,结合监测结果对警情原因进行初步判断,并提出相应的处理措施建议。警情快报应迅速上报相关单位和管理部门,以使警情得到及时、有效的处理。

3) 监测工作持续一段时间后,监测人员应对该阶段的监测工作进行总结,形成阶段性报告,反馈给相关单位。阶段性报告是某一段时间内各类监测信息、监测分析成果的较深入的总结和分析。综合分析后得出该阶段内监测工点各个监测项目以及工程整体的变化规律、发展趋势和评价,以便于为信息化施工提供阶段性指导。

4) 工程监测工作全部完成后,监测单位应向委托单位提交工程监测的总结报告。总结报告包括各类监测数据和巡查信息的汇总、

分析与说明，对整个工程监测工作进行分析、评价，得出整体性监测结论与建议，为以后类似工程监测工作积累经验，以便于相关工程监测借鉴和参考。

10.0.7 监测日报、警情快报、阶段性报告和总结报告应按规定的格式和内容，及时向相关单位报送。

【条文说明】各类监测成果报告应按固定格式要求完成编制，以便报告查阅人员可以及时、准确获得重点关注的信息。报告内容应包括本规范规定的基本内容，言简意赅地总结各类监测信息。监测日报、警情快报和阶段性报告主要为信息化施工服务，一般提交给建设、监理、设计等相关单位。而总结报告主要为总结工程监测效果，积累工程监测经验，可只提交给建设单位。

附录 A 监测项目代号及图例

A.0.1 监测项目代号和图例应具有唯一性。

【条文说明】统一监测项目代号和图例并保证唯一性，能提高监测点布置图的可读性，方便索引和查找。

A.0.2 边坡监测断面、监测点编号应结合监测项目及其图例，统一编制。监测范围较大需要划分不同工点（或子区域）实施的，可按工点（或子区域）统一编制。监测点编号宜符合下列规定：

1 监测点编号应至少包含两段信息，监测项目代号和监测点序列号，也可根据需要在项目代号前增加工程代号或工点（或子区域）代号，不同信息段之间宜用“-”隔开；

2 工程代号、工点（或子区域）代号或监测项目代号宜采用大写英文字母的形式表示；

3 监测点序列号宜采用阿拉伯数字并按一定的顺序或方向进行编号，同一组监测点的序号应连续。

【条文说明】根据不同工点（或子区域）统一监测项目代号和图例易于区分，能提高监测点布置图的可读性，方便索引和查找。

A.0.3 支护结构监测项目代号和图例宜符合表A.0.3的规定，表中未列出的监测项目，可自拟项目代号和图例，并符合第A.0.1条规定。

【条文说明】充分利用已形成的规范及标准，本标准中的监测项目代号及图例参考《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013相关标准，并根据调研结果确定。

表A.0.3 边坡支护结构监测项目代号和图例

监测项目	项目代号	图例
支护桩(墙)、边坡顶部水平位移	ZQS	
支护桩(墙)、边坡顶部竖向位移	ZQC	
支护桩(墙)体水平位移	ZQT	
支护桩(墙)结构应力	ZQY	
支撑轴力	ZCL	
锚杆(索)拉力	MGL	
土钉拉力	TDL	

A.0.4 周围岩土体监测项目代号和图例宜符合表A.0.4的规定。

【条文说明】充分利用已形成的规范及标准，本标准中的监测项目代号及图例参考《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013相关标准，并根据调研结果确定。

表A.0.4 周围岩土体监测项目代号和图例

监测项目	项目代号	图例
地表沉降	DBC	
土体深层水平位移	TST	
土体分层竖向位移	TCC	
坑底隆起(回弹)	KDC	
支护桩(墙)侧向土压力、围岩压力	WTL	

地下水位	DSW	
孔隙水压力	KSL	

A.0.5 周边环境监测项目代号和图例宜符合表A.0.5的规定。

【条文说明】充分利用已形成的规范及标准，本标准中的监测项目代号及图例参考《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013相关标准，并根据调研结果确定。

表A.0.5 周边环境监测项目代号和图例

监测项目	项目代号	图例
建(构)筑物、桥梁墩台、挡墙竖向位移	JGC	
建(构)筑物水平位移	JGS	
建(构)筑物倾斜	JGQ	
桥梁墩柱倾斜、挡墙倾斜	QGQ	
建(构)筑物裂缝	JGF	
桥梁裂缝	QGF	
地下管线竖向位移	GXC	
地下管线水平位移	GXS	
路面竖向位移	LMC	
路基竖向位移	LJC	
爆破振动	BPZ	

附录B 基准点与监测点的布设

B.0.1 根据周边地质情况，水准点基准标石宜按以下规定埋设：

1 深埋钢管水准基准点标石的埋设(图B.0.1-1)，应符合下列规定：

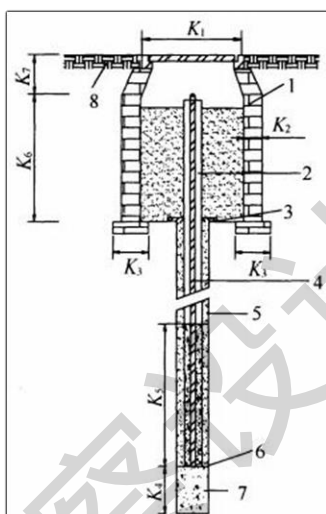


图 B.0.1-1 深埋钢管水准基准点标石

1—保护井；2—外管；3—外管悬空卡子；4—内管；

5—钻孔(内填)；6—基点底靴；7—钻孔底；8—地面；

K_1 —井盖直径； K_2 —井壁厚度； K_3 —井底垫圈宽度； K_4 —钻孔底
封堵厚度； K_5 —基点底靴厚度； K_6 —井底垫圈面距基准点顶部高度；

K_7 —基准点顶部距井盖顶高度。

1) 保护井壁宜采用砖砌，井壁厚度宜为240mm，井底垫圈宽度宜为370mm，井深宜为1000mm；井盖宜采用钢质材料，井盖直径宜为800mm；井口标高宜与地面标高相同；

2) 基准点应分为内管和外管，且外管直径宜为75mm，内管直径宜为30mm，基准点顶部距离井盖顶宜为300mm，井底垫圈面距基准点顶部高度宜为700mm；

3) 基准点宜采用钻机钻孔的方式埋设，基准点底部埋设深

度应至相对稳定的土层，钻孔底封堵厚度宜360mm，基点底靴厚度宜为1000mm。

2 基岩水准基准点标石的埋设(图B.0.1-2)，应符合下列规定：

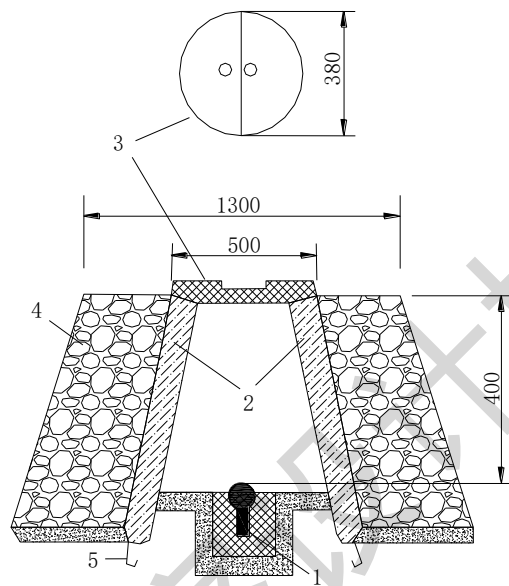


图 B.0.1-2 基岩水准基准点标石（单位：mm）

1—抗蚀的金属标志；2—钢筋混凝土井圈；3—井盖；

4—砌石土丘；5—井圈保护层。

3 混凝土基本水准基准点标石的埋设(图B.0.1-3)，应符合下列规定：

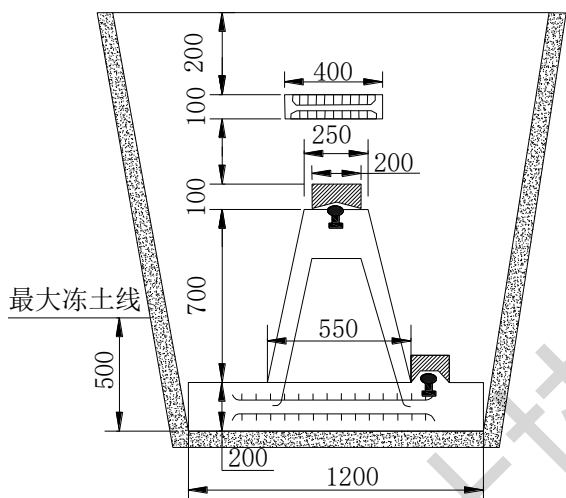


图 B.0.1-3 混凝土基本水准基准点标石（单位：mm）

4 混凝土普通水准基准点标石的埋设(图B.0.1-4)，应符合下列规定：

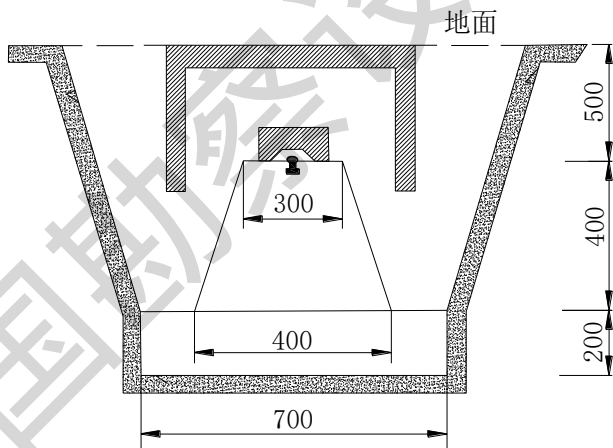


图 B.0.1-4 混凝土普通水准基准点标石（单位：mm）

【条文说明】水准基准点的埋设参考《工程测量标准》GB50026-2020、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013 相关标准，并根据调研结果确定。

B.0.2 平面基准点标石的埋设(图B.0.2)，应符合下列规定：

1 保护井壁宜采用钢质材料，井壁厚度宜为10mm，井底垫圈宽度宜为50mm，井深宜为200mm~300mm；井盖宜采用钢质材料，井盖直径宜为200mm，井口标高宜与地面标高相同；

2 平面基准点标志宜采用加工成“L”形的钢筋置入混凝土基石中，钢筋直径宜为25mm，顶部可刻划成“十”字或镶嵌直径1mm的铜芯；混凝土基石上部直径宜为100mm，下部直径宜为300mm，基准点顶部距离井盖顶宜为50mm；

3 平面基准点可采用人工开挖或钻机钻孔的方式埋设，基准点底部埋设深度应至相对稳定的土层。

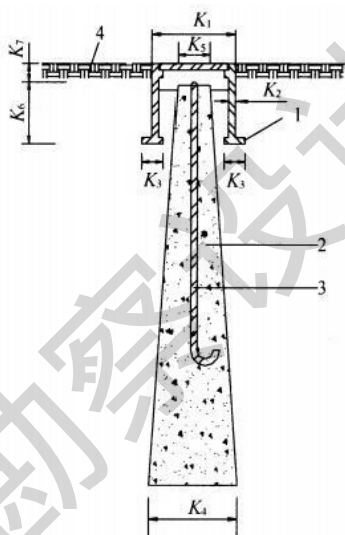


图 B.0.2 平面基准点标石

1—保护井；2—混凝土底座；3—钢标志点；4—地面；

K_1 —井盖直径； K_2 —井壁厚度； K_3 —井底垫圈宽度； K_4 —混凝土基石底直径； K_5 —混凝土基石顶直径； K_6 —井底垫圈面距监测点顶部高度； K_7 —基准点顶部距井盖顶高度。

【条文说明】平面基准点的埋设参考《工程测量标准》GB50026-2020、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013 相关标准，并根据调研结果确定。

B.0.3 支护桩(墙)、边坡顶部水平位移监测点的埋设(图

B.0.3-1、图B.0.3-2)，应符合下列规定：

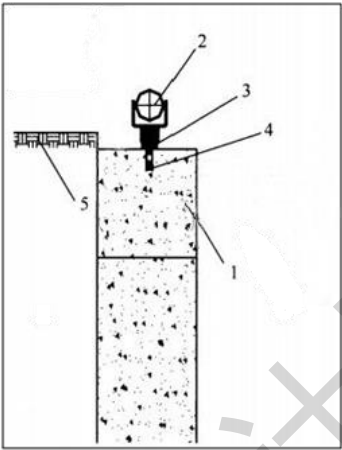
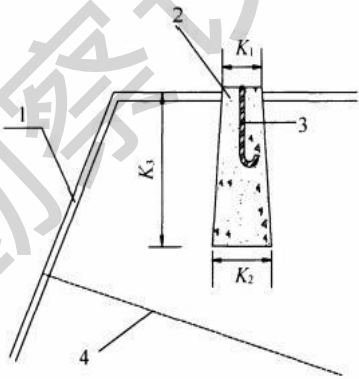


图 B.0.3-1 支护桩(墙)顶水平位移监测点

1—冠梁；2—测量装置；3—连接杆件；4—固定螺栓；5—地面。



图B.0.3-2 边坡顶部水平位移监测点

1—边坡坡面；2—混凝土标石；3—标志钢筋；4—锚杆或土钉；

K_1 —混凝土标石顶直径； K_2 —混凝土标石底直径；

K_3 —混凝土基石底距硬化地面高度。

1 支护桩(墙)顶水平位移监测点宜采用在冠梁上设置强制中的观测标志的形式，双测装置宜采用连接杆件与冠梁上埋设的固定螺栓连接，连接杆件尺寸与固定螺栓规格可根据采用的测量

装置尺寸要求加工；

2 边坡顶部水平位移监测点宜采用混凝土标石，用于观测标志的螺纹钢直径宜为18mm~22mm，长度宜为200mm~400mm；混凝土标石上部直径宜为100mm，下部直径宜为200mm，底部埋置深度宜为300mm~500mm，顶部宜根据现场情况采取有效的保护措施。

【条文说明】水支护桩(墙)、边坡顶部水平位移监测点的埋设参考《工程测量标准》GB50026-2020、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013相关标准，并根据调研结果确定。

B.0.4 建(构)筑物竖向位移监测点的埋设(图B.0.4)，应符合下列规定：

1 建(构)筑物竖向位移监测点埋设宜采用“L”形螺纹钢，钢筋直径宜为18mm~22mm，外露端顶部宜加工成球形；

2 标志宜采用钻孔埋入的方式，周边空隙用锚固剂回填密实，标志点的高度宜位于地面以上300mm；

3 螺纹钢外露端顶部与建(构)筑物外表面的距离宜为30mm~40mm，螺纹钢埋入结构长度宜为墙体厚度的1/3~1/2。

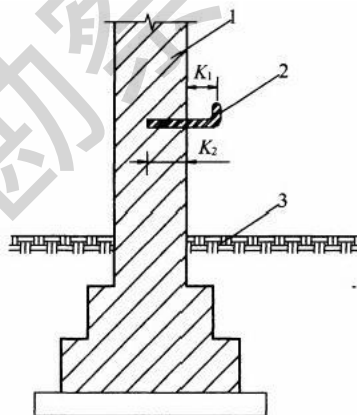


图 B.0.4 建(构)筑物竖向位移监测点

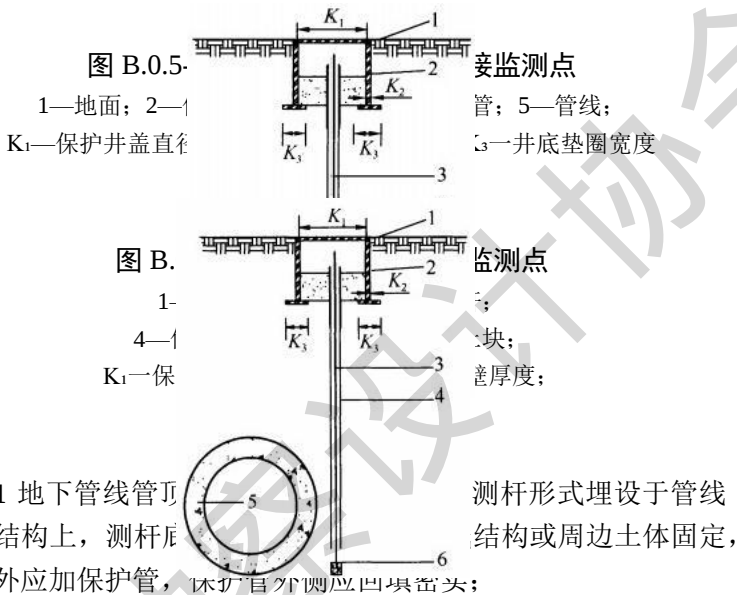
1—砖墙或钢筋混凝土结构；2—监测点；3—地面；

K₁—监测点与建(构)筑物外表面距离；

K₂—监测点埋入结构长度。

【条文说明】建(构)筑物竖向位移监测点的埋设参考《工程测量标准》GB50026-2020、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013相关标准，并根据调研结果确定。

B.0.5 地下管线监测点的埋设(图B.0.5-1、图B.0.5-2)，应符合下列规定：



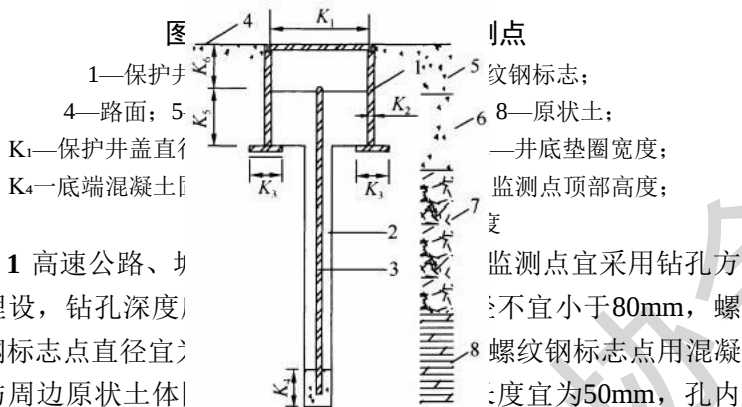
1 地下管线管顶部结构上，测杆底部与管线底部一致，并宜采用混凝土与管线周边土体固定，测杆外应加保护管，保护管外侧应回填密实；

2 地下管线管侧土体监测点宜采用测杆形式埋设于管线外侧土体中，测杆底部宜与管线底标高一致，并宜采用混凝土与管线周边土体固定，测杆外应加保护管，保护管外侧应回填密实；

3 保护井壁宜采用钢质材料，井壁厚度宜为10mm，井底垫圈宽度宜为50mm，井深宜为200mm~300mm；井盖宜采用钢质材料，井盖直径宜为150mm，井口标高宜与地面标高相同。

【条文说明】地下管线监测点的埋设参考《工程测量标准》GB50026-2020、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013相关标准，并根据调研结果确定。

B.0.6 高速公路、城市道路的路基竖向位移监测点的埋设(图B.0.6)，应符合下列规定：



1 高速公路、城市道路路基埋设，钻孔深度不宜小于80mm，螺纹钢标志点直径不宜小于8mm，孔内用细砂回填；

2 路基竖向位移监测点的保护井壁宜采用钢质材料，井壁厚度宜为10mm，井底垫圈宽度宜为50mm，井深宜为200mm~300mm；井盖宜采用钢质材料，井盖直径宜为150mm，井口标高宜与道路地表标高相同；

3 井底垫圈面距监测点顶部高度不宜小于井深长度的1/2，且不宜小于预计的路基最大沉降量。

【条文说明】高速公路、城市道路的路基竖向位移监测点的埋设参考《工程测量标准》GB50026-2020、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013相关标准，并根据调研结果确定。

B.0.7 支护桩(墙)体水平位移监测点的埋设(图B.0.7)，应符合下列规定：

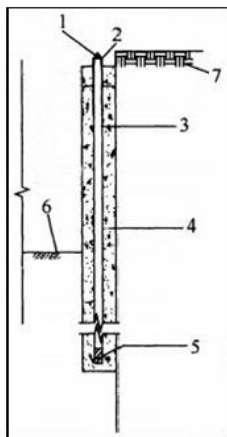


图 B.0.7 支护桩(墙)体水平位移监测点

- 1—测斜管保护盖；2—钢套管；3—测斜管；4—支护桩(墙)体；
5—测斜管底封堵端；6—边坡坡底地面；7—边坡坡顶地面。

1 支护桩(墙)体水平位移监测点宜采用埋设测斜管的形式，测斜管内径宜为59mm，外径宜为71mm，埋置深度应至桩(墙)底部，测斜管管口部位宜采用钢套管保护，管底应进行封堵；

2 测斜管宜在钢筋笼吊装前采用分段连接绑扎形式，并宜每1m绑扎一次。埋设时应保证测斜管的一对导槽垂直于边坡边线。

B.0.8 土体分层竖向位移监测点的埋设(图B.0.8)，应符合下列规定：

1 土体分层竖向位移监测点宜采用埋设分层沉降管、管外套磁环的形式，分层沉降管内径宜为59mm，外径宜为71mm，埋置深度应符合监测设计要求；分层沉降管口部位宜采用钢套管保护，管底应进行封堵；

2 保护井壁宜采用钢质材料，井壁厚度宜为10mm，井底垫圈宽度宜为50mm，井深宜为200mm~300mm；井盖宜采用钢质材料，井盖直径宜为150mm，井口标高宜与地面标高相同。

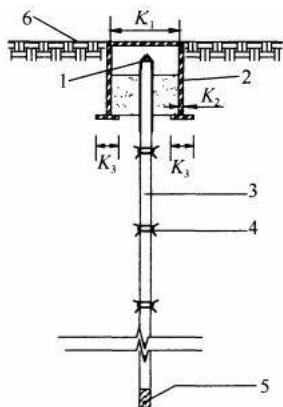


图 B.0.8 土体分层竖向位移监测点

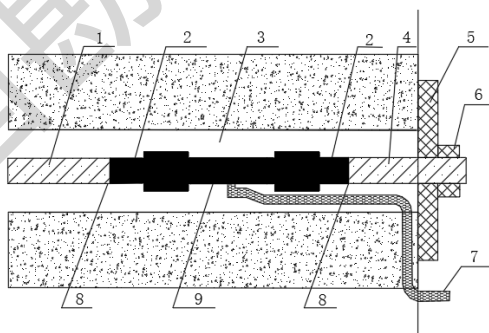
1—分层沉降管保护盖；2—保护井；3—分层沉降管；

4—磁环；5—分层沉降管底封堵端；6—地表；

K_1 —保护井盖直径； K_2 —保护井井壁厚度； K_3 —井底垫圈宽度。

【条文说明】支护桩(墙)体水平位移监测点的埋设参考《工程测量标准》GB50026-2020、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013相关标准，并根据调研结果确定。

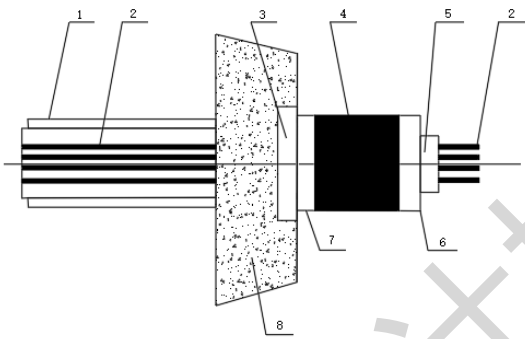
B.0.9 锚杆(索)拉力监测点的埋设(图B.0.9-1、图B.0.9-2)，应符合下列规定：



1—锚杆；2—连接杆；3—钻孔；4—预拉杆；

5—承压板；6—锁定螺母；7—观测线缆；8—焊接端；9—锚杆应力计。

图 B.0.9-1 锚杆拉力监测点



1—锚索孔；2—锚索；3—锚垫板；4—锚索计；
5—锚板；6—外垫板；7—内垫板；8—混凝土。

图 B.0.9-2 锚索拉力监测点

【条文说明】锚杆（索）拉力监测点的埋设参考《工程测量标准》GB50026-2020、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013 相关标准，并根据调研结果确定。

B.0.10 图B.0.10-1～图B.0.10-3给出几种观测墩的样式，对用作位移基准点的深埋式标志、兼作沉降基准点的标石和标志以及特殊土地地区或有特殊要求的标石、标志及其埋设，需另行设计。有关大地测量、卫星定位测量、工程测量、城市测量等标准规范的有关规定也可参考。

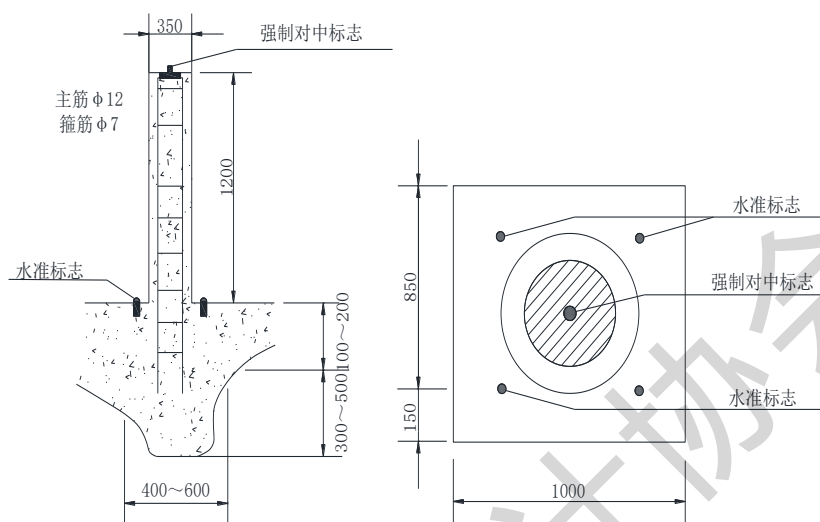


图 B.0.10-1 岩层水平位移观测墩剖面图与俯视图 (单位: mm)

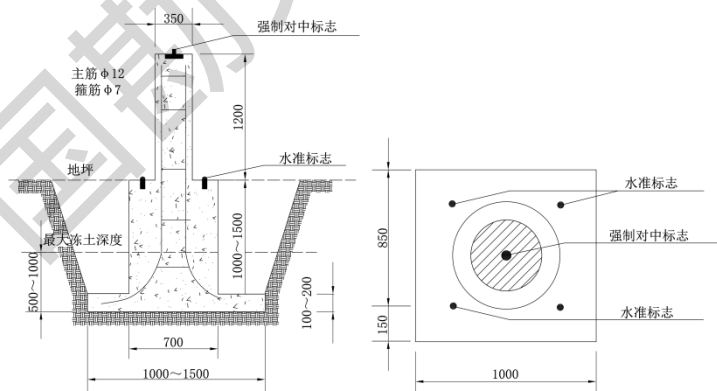


图 B.0.10-2 土层水平位移观测墩剖面图与俯视图（单位：mm）

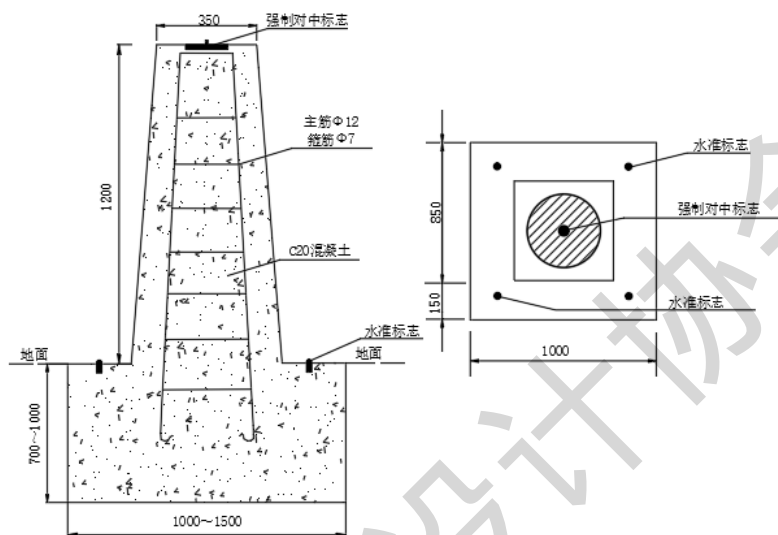


图 B.0.10-3 土层水平位移观测墩剖面图与俯视图（单位：mm）

附录C 现场巡查表

C.0.1 边坡现场巡查报表可按表C.0.1执行。

【条文说明】现场巡查表参考《建筑边坡工程监测技术标准》DBJ50/T-445-2023 相关标准，并根据调研结果确定。

表C.0.1 边坡现场巡查报表

工程名称：

报表编号：

巡查时间： 年 月 日

天气：

分类	巡视检查内容	巡视检查结果	备注
支护结构	支护结构成型质量		
	支护结构构件开裂、变形		
	锚杆锚头松动、锚具夹片滑动		
	挡墙墙体开裂、变形		
	抗滑桩(排桩)或肋柱柱体变形、破损、钢筋外露、保护层开裂		
	排水孔堵塞、变形		
	其他		
边坡岩土体	坡面有无开裂、脱落		
	坡面、坡脚土体鼓胀、滑移、渗水		
	其他		
施工工况	开挖后暴露的岩土体情况与岩土勘察报告有无差异		
	边坡开挖分度长度及分层厚度		
	侧壁开挖暴露面是否及时封闭		
	支撑、锚杆是否施工及时		
	边坡、侧壁及周边地表的排水、截水措施及效果，坑边或坑底有无积水		
	坡顶地面堆载情况		
	爆破后岩体是否出现松动		
	其他		

分类	巡视检查内容	巡视检查结果	备注
周边环境	管道破损、泄露情况		
	围护墙后土体有无沉陷、裂缝及滑移		
	周边建筑有无出现新裂缝、有无发展		
	周边道路(地面)有无出现新裂缝或沉陷， 有无发展		
	邻近施工(堆载、开挖、打桩、降水)情况		
	存在水力联系的邻近水体(湖泊、河流等) 的水位变化情况		
	其他		
监测设施	基准点、测点完好状况、保护情况		
	监测元件及导线的完好情况、保护情况		
	观测工作条件		
工况描述：			
简要分析及判断性结论：			
监测单位：			

现场监测人： 计算人： 校核人：

项目负责人： 监测单位：

注：巡查过程中如出现异常情况，应在备注中详细说明。

附录 D 监测日报表

D.0.1 水平位移、竖向位移监测日报表可按表D.0.1执行。

表D.0.1 水平位移、竖向位移监测日报表

监测工程名称:

报表编号:

天气:

本次监测时间： 年 月 日 时

上次监测时间： 年 月 日 时

[illegible]

现场监测人:

计算人:

校核人：

项目负责人:

监测单位:

D.0.3 轴力(拉力)监测日报表可按表D.0.3执行。

表D.0.3 ____轴力(拉力)监测日报表

监测工程名称： 报表编号： 天气：
本次监测时间： 年 月 日 时 上次监测时间： 年 月 日 时

仪器型号：		仪器出厂编号：				检定日期：			
监测 点号	初始观 测值 (kN)	上次 观测值 (kN)	本次 观测值 (kN)	本次 变化量 (kN)	累计 变化量 (kN)	变化速 率 (kN/d)	预警值		备注
							最大值 (kN)	最小值 (kN)	
施工工况：									
监测结论及建议：									

现场监测人： 计算人： 校核人：
项目负责人： 监测单位：

第 页 共 页

D.0.4 应力、压力监测日报表可按表D.0.4执行。

表D.0.4 ____应力、压力监测日报表

监测工程名称： 报表编号： 天气：
本次监测时间： 年 月 日 时 上次监测时间： 年 月 日 时

仪器型号：		仪器出厂编号：				检定日期：		
监测 点号	初始观 测值 (kPa)	上次 观测值 (kPa)	本次 观测值 (kPa)	本次 变化量 (kPa)	累计 变化量 (kPa)	变化速 率 (kPa/d)	预警值 (kPa)	备注
施工工况：								
监测结论及建议：								

现场监测人： 计算人： 校核人：
项目负责人： 监测单位：

D.0.5 地下水位监测日报表可按表D.0.5执行。

表D.0.5 ____地下水位监测日报表

监测工程名称： 报表编号： 天气：

本次监测时间： 年 月 日 时 上次监测时间： 年 月 日 时

仪器型号：		仪器出厂编号：					检定日期：		
监测 点号	初始值 (m)	上次 观测值 (m)	本次 观测值 (m)	本次 变化量 (mm)	累计 变化量 (mm)	变化速 率 (mm/d)	预警值		备注
							累计 变化量 (mm)	变化 速率 (mm/d)	
施工工况：									
监测结论及建议：									

现场监测人： 计算人： 校核人：

项目负责人： 监测单位：

D.0.6 裂缝监测日报表可按表D.0.6执行。

表D.0.6 ____裂缝监测日报表

监测工程名称： 报表编号： 天气：

本次监测时间： 年 月 日 时 上次监测时间： 年 月 日 时

仪器型号：		仪器出厂编号：				检定日期：				
监测 点号	长度					宽度				
	初始值 (mm)	本次 观测值 (mm)	本次 变化量 (mm)	累计 变化量 (mm)	变化速 率 (mm/d)	初始值 (mm)	本次 观测值 (mm)	本次 变化量 (mm)	累计 变化量 (mm)	变化速 率 (mm/d)
施工工况：										
监测结论及建议：										

现场监测人： 计算人： 校核人：

项目负责人： 监测单位：

本标准用词说明

1 为了便于在执行本规范条文时区别对待，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

- 1 《建筑与市政地基基础通用规范》 GB 55003
- 2 《工程测量通用规范》 GB 55018
- 3 《建筑边坡工程技术规范》 GB 50330
- 4 《工程测量标准》 GB 50026
- 5 《工程测量基本术语标准》 GB/T 50228
- 6 《建筑基坑工程监测技术标准》 GB 50497
- 7 《城市轨道交通工程监测技术规范》 GB 50911
- 8 《建筑变形测量规范》 JGJ 8
- 9 《建筑边坡工程监测技术标准》 DBJ50/T-445
- 10 《建筑边坡工程监测与检测技术规程》 DBJ/T13-282
- 10 《山地城镇边坡自动化监测技术规范》 DB50/T-1682