

ICS
CCS
备案号:

团体标准

TB/CI XXX-2023

高大边坡稳定安全智能监测、分析预警平台技术规范

(征求意见稿)

Technical specification of intelligent monitoring and analysis early warning platform for stability and safety of high dam slopes

2023-X-XX 发布

2023-X-XX 实施

中国国际科技促进会 发布

目次

1	范围	1
2	规范性引用文件	2
3	术语和定义	3
4	总体要求	4
5	高大边坡稳定与变形防灾监测	5
5.1	一般规定	5
5.2	人工监测	5
5.3	自动监测	6
5.4	爆破振动监测	7
6	高大边坡监测数据分析与预警	8
6.1	监测数据分析方法	8
6.2	监测警戒值	8
6.3	监测信息反馈	9
7	高大边坡监测系统	10
7.1	一般规定	10
7.2	监测设备要求	10
7.3	安装施工与调试	12
7.4	运行与管理	16
附录 A		18
附录 B		19
附录 C		20

前言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中铁二十局集团第二工程有限公司提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：…。

本文件主要起草人：…。

1 范围

本文件规定了高大边坡稳定与变形监测的内容、方法和预警等技术要求，以及监测系统的安装与运行要求。

本文件适用于高大边坡的稳定性分析与变形防灾监测。

本规范适用于岩质边坡高度为 30m 以上（含 30m）、土质边坡高度为 15m 以上（含 15m），且边坡进行了专项设计，采取了有效、可靠加强措施的边坡工程或地质和环境条件复杂的边坡工程。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 50021	岩土工程勘察规范
GB 50026	工程测量规范
GB 50174	数据中心设计规范
GB 50330	建筑边坡工程技术规范
GB 6722	爆破安全规程
GB/T 12897	国家一、二等水准测量规范
CH/T 1004	测绘技术设计规定
DZ/T 0283	地面沉降调查与检测规范
JGJ 8	建筑变形测量规范
JTG D30	公路路基设计规范
JTG F10	公路路基施工技术规范
JTG/T 3334	公路滑坡防治设计规范
TB 10001	铁路路基设计规范
TB 10025	铁路路基支挡结构设计规范
TB 10035	铁路特殊路基设计规范
TB 10101	铁路工程测量规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 高大边坡 super high slope

岩质边坡坡高大于 30m，土质边坡坡高大于 15m 的边坡。

3.2 变形监测 deformation monitoring

对边坡结构或土石体的位移、沉降、倾斜、裂缝变化进行实时或定期观测，以确定其是否发生了变形或产生了位移。

3.3 边坡自动测斜监测 automatic inclinometer monitoring for slopes

通过传感器、控制器和数据采集器等仪器设备，对边坡深层变化发展规律和稳定状态进行实时、连续、自动地监测和记录。

3.4 桩后土压力监测 monitoring of soil pressure behind the pile

在桩或护壁内镶嵌土压力盒，记录应变值等监测数据，掌握桩后土压力大小及变化。

3.5 锚索应力监测 anchor cable stress monitoring

在边坡中设置的锚杆或锚索上安装应变计、传感器等设备，对锚索所受应力进行定期监测。

3.6 异物侵限监测 foreign body intrusion monitoring

对边坡监测范围内非计划内的人工或自然物种进入周边环境进行监测。

3.7 监测警戒值 monitoring alert value

根据边坡变形、构造、工程地质条件等客观因素，经过理论计算或经验研究确定的具有预报意义的数值，超过该数值可能会发生危险。

4 总体要求

4.1 高大边坡应根据相关技术标准的要求和现场实际状况实施边坡稳定性和变形监测。

4.2 高大边坡应根据边坡的工程地质特征，边坡设计措施，边坡开挖和防护的施工工艺以及考虑边坡对附近建筑或设施的影响程度，进行监测方案的总体设计。

4.3 根据实际情况，对监测过程中可能存在的不确定性因素进行补充设计。

4.4 在充分考虑边坡地质条件和边坡潜在破坏模式的情况下，应以施工安全监测和长期监测为主，人工监测与自动监测相结合，必要时辅以人工巡查和宏观调查。

4.5 监测仪器的布设应统一规划、分期实施。

4.6 高大边坡监测方案应根据各监测项目，采用多手段、分阶段的方法综合判断边坡稳定性状态。

4.7 高大边坡监测系统建成后，连续无故障试运行 3 个月以上方可进行验收。

4.8 高大边坡监测工作流程如图1所示。

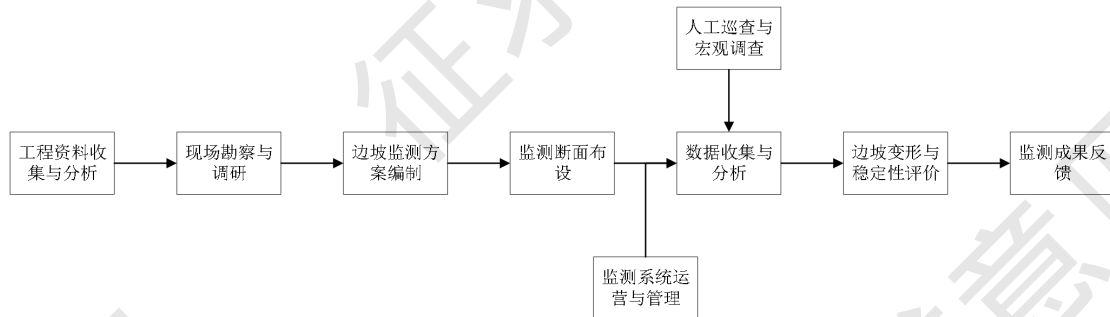


图 1 监测工作流程图

5 高大边坡稳定与变形防灾监测

5.1 一般规定

5.1.1 高大边坡稳定与变形防灾监测系统设计指导思想主要为：兼顾全局，重点突出、及时准确、安全可靠、全过程监测、技术可行、经济合理，并且施工期和运营期监测应相结合、衔接，传感器布置力求全面且兼顾重点。

5.1.2 监测点应整体控制、多层次布置，特别是控制边坡稳定的单元。

5.1.3 监测系统应遵循满足工程需要，目的明确，按照整体控制，多层次布置，突出重点，关键部位优先的原则设计，宜重点布设于坡脚、中部岩性分界点附近。

5.1.4 施工期和运营期监测相结合，全面监测边坡性状的变化过程。监测仪器的布设要统一规划、分期实施。施工期监测设施能保留作为运营期监测的应尽量保留。

5.1.5 仪器选择力求少而精。监测仪器的选型根据监测对象和运营环境选择不同的仪器。仪器需具备牢固、抗施工干扰能力强，被破坏后易恢复等特性。

5.1.6 监测工作以仪器自动量测与常规监测结合，人工巡视、宏观调查为辅。做到仪器量测与人工巡查相结合，确保重点，万无一失。

5.1.7 高大边坡稳定与变形防灾监测内容包括深层土体位移监测、坡面位移北斗卫星定位自动监测、异物防侵智能监控、气象情况监测、边坡水位监测、爆破振动监测。

5.1.8 边坡地表位移监测可采用人工观测与自动监测两种方式。人工观测通过安装位移观测桩实现，自动监测采用北斗卫星自动定位监测系统实现。

5.1.9 坡体深层水平位移监测采用人工观测与自动监测两种方式。人工观测通过安装测斜管监测坡体内部土体位移变化情况，自动监测通过边坡自动测斜监测系统及时掌握边坡深层变形发展规律和稳定状态。

5.2 人工监测

5.2.1 人工观测桩

5.2.1.1 沿线路纵向每隔 30~80m 设置一个监测断面，在每个断面路堑侧沟外平台、桩顶、边坡平台、堑顶以及堑顶外 5m、10m 设置观测桩。

5.2.1.2 基准点设置在边坡变形影响范围之外且便于长期保存的稳定位置，

数量应不少于 2 个。

5.2.1.3 工作基点应设置在靠近观测目标便于联测观测点的稳固位置。

5.2.2 人工测斜孔监测

5.2.2.1 沿线路纵向每隔 30~80m 布设 1 个断面，每个断面在边坡平台钻孔埋设 1~2 个测斜管。

5.2.2.2 上部监测孔孔深应至稳定层以下不小于 3m，下部监测孔孔深应满足至桩或墙趾以下不小于 3m。

5.2.3 桩背土压力监测

5.2.3.1 沿线路纵向每隔 50~100m 设置一个监测断面，每个工点应至少有 2 个监测断面，每个监测断面桩背设置应不少于 3 个压力盒。

5.2.3.2 压力盒埋设在桩顶平台以下 1m 至桩身锚固面附近间隔 2~4m 处或桩身锚固面附近和土石分界处。

5.2.4 预应力锚索锚固力监测

5.2.4.1 锚索测力计应安装在具有代表性的断面，不少于两级边坡每个断面各布置 3 个，其余边坡每个断面中部各布置 1 个。

5.3 自动监测

5.3.1 高大边坡自动测斜系统

5.3.1.1 结合高大边坡工程地质情况，沿线路纵向每隔 50~100 米设置 1 个监测断面。

5.3.1.2 在每个自动测斜孔口辅助设置人工观测桩。

5.3.1.3 在边坡下部每个监测断面坡脚锚固桩桩背布设 1 套测斜系统，监测深度应至桩底以下不小于 3m；中部不整合接触地带，根据地质情况在每个断面边坡中部预加固桩上下级边坡平台各布设 1 套测斜系统，监测深度应至不整合接触带以下弱化封层以内不小于 3m，且单孔深度不小于 12m；当不整合接触带预加固桩以上边坡级数不小于 6 级时，在预加固桩以上第 4 级边坡各布设 1 套测斜系统，监测深度不小于 27m。

5.3.2 北斗卫星自动监测系统

5.3.2.1 北斗卫星自动监测系统主要监测边坡表面的垂直位移和水平位移，是对边坡的补强监测。

5.3.2.2 测点宜与自动测斜监测点交错开呈网格状布置，每个断面布设 1~2

处。

5.3.2.3 测点与基准点之间应无障碍物遮挡。

5.3.2.4 基准点应选取测区范围内一个无遮挡的稳定点。

5.3.3 水位自动监测系统

5.3.3.1 水位自动监测系统通过的边坡土体设置水位传感器监测坡体内水位的变化。

5.3.3.2 水位自动监测系统在靠近坡脚处的边坡布设，沿线路纵向间隔120~200m布设一处，监测深度应至路基面以下不小于2m。

5.3.4 智能防侵自动监测系统

5.3.4.1 智能防侵自动监测系统应实现对山体滑坡、坡面异物滑落、泥石流塌方等异常情况的监测。

5.3.4.1 智能防侵自动监测系统应布设在坡脚锚固桩顶，在监测区域内纵向等间距布设。

5.4 爆破振动监测

5.4.1 应根据GB6722《爆破安全规程》规定的允许最大振动速度计算公式，计算一次起爆或微差爆破单段允许的最大起爆炸药量。

5.4.2 爆破监测为全过程监测，主要测试建筑物附近的爆破振动参数。根据开挖爆破施工情况，结合需要保护的對象情况，确定爆破振动监测的工作内容，工作内容包括但不限于：

- a) 高大边坡开挖爆破对路面及边坡的振动影响；
- b) 高大边坡开挖爆破对在建建筑物的振动影响；
- c) 高大边坡开挖爆破对周围民用建筑的振动影响。

5.4.3 监测点应布置在靠近爆源区的建（构）筑物部位，通常设置在建（构）筑物临爆侧面的角点和中心点，单栋建（构）筑物设置3~4个测点于最临近爆破区位置。

5.4.4 对于台阶边坡的测点布置，按照爆源与测点大致处于一条直线的原则分别在已建好的相邻两台阶上布置一个测点。

6 高大边坡监测数据分析与预警

6.1 监测数据分析方法

6.1.1 宏观观察：通过现场巡视观测，对主要发生的宏观破坏现象进行评价和预警。

6.1.2 数值反演分析：结合工程地质条件，建立数值分析模型，模拟不同安全系数条件下各监测断面变形特征、结构物应力特征，提出临滑阶段边坡变形阈值和结构物应力阈值。

6.1.3 位移监测：利用监测位移—时间曲线，分析边坡位移发展趋势；利用位移切线角法对临滑阶段和滑动时间进行预报。

6.1.4 经验数据参考：利用已有的国内外边坡监测预警经验成果进行阈值的确定。

6.2 监测警戒值

6.2.1 在边坡开挖过程中，应结合监测数据及现场巡检综合评价边坡受力变形特性，预测下部施工对边坡的影响，总结预警值。

6.2.2 在边坡施工完成后，预警值可暂时按照以下标准执行，并根据监测数据的积累不断修正和完善：

- a) 路堑水平位移达到 50mm；
- b) 路堑累积水平位移达到 2cm，且位移速率达到 3mm/天；
- c) 测斜曲线最大水平位移或其发展速率满足 a) 或 b) 条；
- d) 测斜曲线有明显的折点，折点上下水平位移差达到 2cm；
- e) 桩板墙加固地段：侧沟平台处水平位移达到 10mm 或桩顶水平位移达到 1/100 侧沟流水面以上桩长。

6.2.3 结构受力监测系统的预警值，一般以设计值的 80% 作为建议预警值，实施过程中，应结合受力情况不断修正完善。

6.2.4 当质点振速超过允许值时应暂停爆破作业，并通过优化爆破设计、采取降振措施等手段，降低爆破振动。相关爆破振动控制标准见 GB6722《爆破安全规程》。

6.2.5 爆破安全阈值对一般民用建筑安全阈值可取 2.0~2.5cm/s；对于桥梁、隧道等大体积混凝土，安全值可取 10cm/s；对于管线等保护对象，可按照其地

震烈度确定。被保护对象的安全阈值控制标准如表 1 所示。

表 1 被保护对象的安全阈值控制标准

被保护对象	特征参数	安全阈值
高速公路	爆破震动速度	10cm/s
隧道	爆破震动速度	10cm/s
工业建筑	爆破震动速度	2.5cm/s
电力线塔	爆破震动速度	2.5cm/s
一般民用建筑	爆破震动速度	1.5cm/s

6.3 监测信息反馈

6.3.1 在边坡开挖期间，应根据要求定时向建设、设计、监理、施工各单位提交阶段性监测成果、计算结果，用于指导施工，并按时提供周报、月报。

6.3.2 监测报告编写应结构清晰，内容全面，覆盖所有监测内容。

6.3.3 监测报告包括但不限于以下内容：

- a) 边坡工程概况；
- b) 监测依据；
- c) 监测项目和要求；
- d) 监测仪器的型号、规格和标定资料；
- e) 测点布置图、监测指标时程曲线图；
- f) 监测数据整理、分析和监测结果评述。

6.3.4 项目运营期间，除向建设、设计、监理、施工各单位提供监测成果与报告外，还须向运营单位提交阶段性监测成果，用于评价边坡的稳定性。

7 高大边坡监测系统

7.1 一般规定

7.1.1 高大边坡在线监测系统应包含数据自动采集、传输、存储、处理分析及综合预警等部分，并具备在各种气候条件下实现适时监测的能力。

7.1.2 在线监测系统应具备下列基本功能：

- a) 数据自动采集功能；
- b) 现场网络数据通信和远程通信功能；
- c) 数据存储及处理分析功能；
- d) 统计和报表功能；
- e) 对在线监测数据和人工监测数据的综合预警功能；
- f) 防雷接地及抗干扰功能；
- g) 其他辅助功能包括数据备份、断电保护、自诊断及故障显示等功能。

7.1.3 在线监测系统应符合下列基本性能要求：

- a) 测量周期可调；
- b) 系统故障率不大于 5%；
- c) 防雷电感应不小于 1000V；
- d) 采集装置测量范围满足被测对象有效工作范围的要求。

7.1.4 应开发在线监测系统接口，支持人工监测和人工巡查数据录入。

7.1.5 在线监测系统建设有机房的，机房建设应满足 GB50174 要求。

7.2 监测设备要求

7.2.1 边坡自动测斜监测系统应是连续测试沿传感器长度排列方向的三维位移，由若干个测试单元组成，每个测试单元应安装有微处理器和数字式温度传感器，温度测试宜用于补偿地温对传感器的影响。

7.2.2 边坡自动测斜监测系统的数据采集宜实现自动化无线网络控制与数据传输。

7.2.3 边坡水平位移自动监测系统主要由阵列传感系统、数据采集传输系统、太阳能供电系统、数据接受终端和后处理系统组成。

7.2.4 北斗卫星监测系统由传感器子系统、数据传输子系统、数据处理与控制子系统、辅助支持系统等四部分组成。传感器子系统由布置在桩顶面及参考站

的北斗接收天线与北斗接收机组成；数据传输子系统能够将监测点北斗接收机原始观测数据传输到监控机房；数据处理与控制子系统由布置在监控中心的小型计算机系统、服务器系统及软件系统组成；辅助支持系统由场外及监控中心辅助上述系统正常运行的设备组成。

7.2.5 水位自动监测系统由自动水位计、保护管、太阳能供电系统、水位采集传输系统组成。

7.2.6 异物防侵系统由防侵视频智能识别机器人、太阳能供电系统系统基座、数据采集传输设备等组成。

7.2.7 高大边坡各监测系统主要技术指标见表 2~表 5。

表 2 边坡自动测斜监测系统参数表

序号	项目	技术要求
1	量程	(-500~+500) mm
2	角度量程	0~360°
3	精度	≤±1.5mm/30m
4	系统误差	≤±1.5mm
5	采样频率	>10s
6	环境温度范围	-40℃~+85℃
7	无故障时间	>50000h
8	防护等级	IP68
9	远程管理	支持远程参数配置

表 3 水位自动监测系统参数表

序号	项目	技术要求
1	量程	0~40m
2	综合精度	0.3 级
3	过载能力	200%
4	相应时间	5ms
5	介质温度	-40~60℃
6	环境温度	-40~85℃
7	供电电压	12~24V

8	输出信号	RS485
9	稳定性能	±0.2%FS/年
10	密封等级	IP68

表 4 异物防侵视频智能识别系统参数

序号	项目	技术要求
1	视频分辨率	1920*1080 (200 万像素)
2	视频压缩标准	H. 264/JPG
3	水平视场角	54°
4	对角	62°
5	摄像头模块功率	≤3.2W
6	红外夜视距离	30m

表 5 常规人工监测技术指标

序号	项目	精度	量程
1	边坡水平位移	1.0~3mm	不限制
2	边坡垂直位移	1.0~3mm	不限制
3	边坡深层测斜	0.1mm/0.5m	±30°
4	土压力盒	0.5~1.0%FS	100~400kPa
5	锚索计	1%F.S	200~8000kN

7.3 安装施工与调试

7.3.1 自动监测系统安装

7.3.1.1 边坡自动测斜监测系统的安装过程如下：

a) 钻孔：根据设计要求，必须在相应位置放孔，钻孔垂直偏差率应小于 1%，孔深须严格满足设计要求；

b) 套管：应采用管箍进行套管连接，衔接时管箍内壁涂抹密封胶，以防止监测孔内漏水；

c) 填充空隙：PVC 套管与孔壁之间的空隙宜采用细砂或水泥进行填充必要时要在下放套管时，在其侧壁设置注浆小管，通过该管对孔壁空隙进行注浆填充；

d) 阵列式水平位移传感系统植入：阵列式水平位移传感系统安装时，应尽量保证传感器呈较大圆顺弧度缓缓下放到保护套管中，下放过程中严禁

进行扭转；

e) 管口约束：待阵列式水平位移传感系统下放 3 天后，经测试稳定，对传感器顶部施加不超过 1KN 下压荷载，同时采用不锈钢管箍将传感器与套管紧密箍紧，进行管口约束。确保传感器与套管之间的相对静止关系。约束管口之后读取初始读数；

f) 全天候太阳能自供电及数据采集传输系统固定：供电系统的太阳能板应面向南面，确保光电转换效率；

g) 保护井：保护井宜采用钢筋架子，也可采用水泥砌体池，内部填充中粗砂，顶部设盖板，底部四周预留泄水孔，外表喷漆警示，周围设警戒栏杆；

h) 数据监测：安装完成后，必须按规定的采集频率要求开展实时监测。

7.3.1.2 北斗卫星定位系统的安装过程如下：

a) 位置选取：北斗卫星定位系统要求建立在地基稳定的地点，同时场地应满足以下要求：

- 1) 站址必须选在基础坚实稳定，易于长期保存，并有利于安全作业的地方，年平均下沉和位移小于 3mm；
- 2) 站址与周围大功率无线电发射源的距离应大于 200m；
- 3) 站址附近不应有强烈干扰接收卫星信号的物体；
- 4) 站址视场内高度角大于 10° 的障碍物遮挡角累积不应超过 30° ；
- 5) 站址应避开地质构造不稳定区域及地下水位变化较大的地点；
- 6) 站址应具有可靠的电力供应，并应便于接入公共通信网络或专用通信网络。

b) 监测站基础施工：在设计指定位置，必须按要求进行钢筋笼的捆扎，并安装模板和浇筑混凝土。主体现浇完后充分捣固使混凝土顶面处于水平状态，然后在易试测的位置安装水准标志。安装预埋件时，预埋件必须用水平尺调平。在完成施工后，利用金属防护网或围栏将监测站进行围护；

c) 监测站设备安装：系统宜采用北斗/GPS 接收机作为数据采集设备，将原始观测数据通过移动无线公网发送至数据中心。监测点设备由接收机、测量天线及天线保护罩、在线避雷器、太阳能供电系统等组成。为

为了保护监测点设备，将接收机、太阳能控制器、RTU 等设备安装在机箱内。监测点供电采用太阳能供电方式。

7.3.1.3 水位传感器的安装过程如下：

- a) 钻孔：应与边坡水平位移自动监测系统钻孔要求相同；
- b) 滤管制作：长度应根据设计深度确定。
- c) 滤管植入：为防止管内进入泥沙，宜用无纺布对有孔端的 PVC 管进行包裹，包裹厚度为两层，包裹完成后使用尼龙邦扎带进行邦扎。在植入监测传感器之前，应对孔口进行封闭，以防止石子等物体掉落在孔内，导致测孔堵塞，造成废孔情况；
- d) 空隙充填：PVC 滤管下放至孔底后，宜采用细砂充填 PVC 管与孔壁之间的空隙。充填过程中，细砂推入速度应尽量慢，并同时倒入清水，帮助细砂顺利，而不至于造成空隙阻塞。
- e) 水位计安装：将水位计放入到 PVC 滤管底部，接好采集设备，并对采集设备进行调试；
- f) 太阳能自供电系统和数据采集传输系统固定要求同边坡水平位移自动监测系统。

7.3.1.4 异物防侵视频智能识别系统的安装过程如下：

- a) 底座制作：把预埋件放入地下，往基坑中浇筑混凝土，浇筑混凝土过程中裸露出地面预埋件需使用绝缘胶布进行包裹，混凝土达到后强度后方可安装监控立杆；
- b) 监测立杆安装：在安装时应要小心杆表面漆的脱落，螺母与螺杆之间要加垫圈和弹簧，固定完后，在螺丝和螺杆上涂上防锈漆，在防锈漆干后，涂上和立杆颜色一样的面漆；
- c) 智能摄像头固定：在立杆上方用镀锌螺丝固定支架，在支架上的万能活动夹上固定防护罩底盖，把视频线和电源线穿入防护罩，线和防护罩之间用密封圈进行封闭，然后在视频线上焊接 BNC 头，固定测试好的摄像机，插上 BNC 头和电源的莲花头用螺丝固定防护罩的上盖，但螺丝不要全部拧死。应用专用镜头纸擦拭。

7.3.2 人工监测设备安装

7.3.2.1 观测桩的安装过程：待路堑开挖至设计埋桩位置后将监测桩打入至设计位置，应用混凝土浇筑固定完成埋设后采用经纬仪或全站仪测试初读数。

7.3.2.2 测斜管的安装过程如下：

a) 测斜导管宜采用专用塑料硬管，其抗弯刚度应适应被测土体的水平位移的要求，测斜导管内十字导槽应顺直。埋设位置应按试验设计经测量确定，路堑设在平台靠堑坡侧；

b) 路堑开挖至设计埋设测斜管的位置时，即应开始埋设测斜管；

c) 根据设计要求，在相应位置放孔、钻孔。孔深必须严格满足设计要求，钻探完成后钻孔应清洗干净，孔内不能有岩芯碎块或其他杂质。当压缩层内有砂层、或含砂量较大时，严禁水冲，必须干钻。钻探完成后孔口需修理平整、干净；

d) 测斜管埋设前，应按照设计用螺钉进行预组装，管底部用底盖密封，再根据钻架高度将预埋好的导管从接头处拆卸分段备用；

e) 埋设测斜管，将测斜导管放入孔内，灌清水入导管内，测斜导管随埋随接，直至将导管插入孔底就位。测斜管放入孔内后，必须要使测斜管内“十字”测槽与线路走向垂直。用顶盖将测斜导管封闭，防止杂质进入测斜管内。

f) 测斜管在钻孔内应按要求放置，及时将测斜管周围回填细砂。边填边用钢钎将砂子捣固密实。灌砂灌水要持续，直到管子四周孔隙完全回填密实，用水泥砂浆对孔口进行抹平防护；

g) 待孔周围土回填稳定后，必须连续测读数日，稳定读数作为初始读数。

然后按要求进行定期监测测试。

7.3.2.3 土压力盒的安装过程如下：

a) 土压力盒埋设前应进行稳定、防水密封、压力稳定、温度标定等工作，并进行编号；

b) 挡土墙墙背的土压力盒应镶嵌在挡土墙背，土压力盒的应力膜面向背墙土石面，称平行于挡土墙放置，土压力盒背面应具有良好的支撑；

c) 挖空桩桩背土压力盒应埋设在桩身外壁的外侧，应力膜面向桩背土石面与桩背表面平行，土压力盒应具有良好的刚性支撑，在土压力作用下

尽量不产生位移，以保证测量的可靠性。土压力盒应在护臂浇筑前，在护壁背侧上刻孔嵌入。

7.3.2.4 锚索测力计的安装过程如下：

- a) 锚索计安装前应进行标定，并编号；
- b) 预应力锚索测力计安装，是伴随着预应力锚索张拉进行的，根据结构设计要求，测力计应安装在链固垫座上，钢绞线或锚索从测力筒中心孔中穿过测力计置钢垫座和工作锚之间；
- c) 安装时锚索测力计应放置平稳；
- d) 锚索测力计安装定位后应及时测量仪器初值，根据仪器编号和设计编号作好记录，仪器的引出电缆应引至便于测试位置的观测箱内并妥善保护。

7.4 运行与管理

7.4.1 在每处监测元器件埋设位置砌筑保护井，对采集、传输及供电设备进行保护，必须在保护井周围设置栏杆及醒目标志。

7.4.2 施工期间，施工单位必须组织专项技术交底，明确现场元器件保护职责及负责人，建立监测元器件及配套设施施工期间安全防护责任制及相应的奖惩办法，防止施工期间因机械、人工施工作业造成的设备损坏及失窃情况提高现场施工人员的保护意识。

7.4.3 一旦发生测点元器件损坏的情况，施工单位应及时组织厂家进行维修或更换，以保证资料的连续性。

7.4.4 根据监测系统的精度、耐久性等性能的变化特点，边坡常规监测年限建议结束时间不早于开通运营，智能防灾监测年限与建设单位协商确定。

7.4.5 自动监测频次：施工期间，监测频次应不低于1次/小时；施工完成后1年，监测频次不低于1次/2小时，移交至运营单位后，监测频次不低于1次/4小时。

7.4.6 正常情况下，按预定频率监测，当本次变化量或累计变化量超常时，可通过数据平台对监测频次参数进行远程设定，将监测频率适当加密。当出现下列情况之一时，提高监测频率，并辅以现场人工巡视观察：

- a) 监测数据变化较大或者速率加快；

- b) 发现坡体有异常变化或地表裂缝增大；
- c) 超深、超长开挖等违反设计工况施工。

7.4.7 人工监测频次：常规监测项目监测频次宜按照下表要求执行。

表 6 人工监测频次

观测阶段	观测频次	
边坡开挖期间	一般	1 次/天
	变形量突变	2~3 次/天
	中间开挖暂停期间	1 次/3 天
边坡开挖施工完成	第 1~3 个月	1~2 次/周
	第 4~6 个月	1 次/2 周
	6 个月以后	1 次/月

7.4.8 对现场巡视观测数据表格进行整理，定期上报，如遇特殊情况应及时上报。

7.4.9 对各种变形、降雨量的数据进行分析，重点对边坡体深部位移特征进行分析，以确定滑坡诸要素的部位、变形及受力性质等，同时结合施工进度分析边坡变形阶段和变形速度等，判定边坡稳定性状态，以月报形式定期上报，如遇特殊情况应及时检查和上报。

附录 A

(资料性)

高大边坡监测断面和监测设备设置表

表 A.1 给出了高大边坡监测断面和监测设备设置表的内容和形式。

表 A.1 高大边坡监测断面和监测设备设置表

序号	断面里程	位置与深度	深层土体位移传感系统				合计	水位计		北斗卫星测量系统			异物防侵智能识别系统		合计	气象站
1		所在平台 (级)					合计		合计	所在位置			合计		合计	
		钻孔深度 (m)					__套		__套				__套		__套	
2		所在平台 (级)					合计		合计	所在位置			合计		合计	
		钻孔深度 (m)					__套		__套				__套		__套	
3		所在平台 (级)					合计		合计	所在位置			合计		合计	
		钻孔深度 (m)					__套		__套				__套		__套	
4		所在平台 (级)					合计		合计	所在位置			合计		合计	
		钻孔深度 (m)					__套		__套				__套		__套	
5		所在平台 (级)					合计		合计	所在位置			合计		合计	
		钻孔深度 (m)					__套		__套				__套		__套	
6		所在平台 (级)					合计		合计	所在位置			合计		合计	
		钻孔深度 (m)					__套		__套				__套		__套	
7		所在平台 (级)					合计		合计	所在位置			合计		合计	
		钻孔深度 (m)					__套		__套				__套		__套	
8		所在平台 (级)					合计		合计	所在位置			合计		合计	
		钻孔深度 (m)					__套		__套				__套		__套	
9	总计					__套		__套			__套		__套		__套	

附录 B

(资料性)

高大边坡自动监测断面和监测设备设置表

表 B.1 给出了高大边坡自动监测断面和监测设备设置表的参考形式

表 B.1 高大边坡自动监测断面和监测设备设置表

序号	监测剖面	侧别	边坡自动测斜监测系统			北斗卫星定位监测系统		水位监测系统		智能防侵监测系统	
			边坡平台(级)	孔深(m)	测点(个)	边坡平台(级)	数量(套)	边坡平台(级)	深度(m)	边坡平台(级)	数量(套)
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											

附录 C

(资料性)

观测桩、测斜管、压力盒、锚索测力计布设断面和位置表

表 C.1 给出了观测桩、测斜管、压力盒、锚索测力计布设断面和位置表的参考形式

表 C.1 观测桩、测斜管、压力盒、锚索测力计布设断面和位置表

序号	监测剖面	侧别	观测桩		测斜管			压力盒		锚索测力计	
			位置	数量(个)	边坡平台(级)	孔深(米)	数量(个)	位置	数量(个)	边坡(级)	数量(个)
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											