

ICS 点击此处添加 ICS 号
CCS 点击此处添加 CCS 号

DB 64

宁夏回族自治区地方标准

DB XX/T XXXX—XXXX

公路边坡安全监测技术规程

Technical specifications for safety monitoring of highway slope

(征求意见稿)

— XX — XX 发布

XXXX — XX — XX 实施

宁夏回族自治区市场监督管理厅 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	3
4.1 一般规定	3
4.2 监测等级	4
4.3 监测项目	6
4.4 监测基准点	6
5 监测设备及要求	6
5.1 一般规定	6
5.2 监测设备频率及精度要求	6
5.3 监测设备调试	8
5.4 设备验收	8
5.5 设备运维	8
6 监测点布设	8
6.1 一般规定	8
6.2 变形监测点网布设	9
6.3 诱发因素监测	9
6.4 防护设施监测	9
6.5 短临监控	10
6.6 监测点巡查与维护	10
6.7 特殊性土边坡监测	10
7 监测系统	10
7.1 一般规定	10
7.2 系统设计要求	11
7.3 系统功能	11
7.4 系统运维	12
8 监测预警与响应	12
8.1 一般规定	12
8.2 监测预警判据	12
8.3 监测数据采集分析	13
8.4 监测信息发布与响应	14
8.5 应急联动处置	14
8.6 监测报告	14
附录 A (资料性) 边坡、监测点编码规则	16

附录 B (资料性)	边坡监测方案编制	17
附录 C (资料性)	监测设备材料验收记录表	18
附录 D (资料性)	监测设备安装记录表	19
附录 E (资料性)	监测设备巡查、维护记录表	20
附录 F (资料性)	监测报告提纲	21

前 言

本规程按照 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定》的规定起草。

本规程由宁夏公路工程质量检测中心（有限公司）提出。

本规程由宁夏回族自治区交通运输厅归口管理。

本规程起草单位：宁夏公路工程质量检测中心（有限公司）、宁夏交通科学研究所有限公司、宁夏交投高速公路管理有限公司、宁夏公路管理中心、宁夏交投工程建设管理有限公司、宁夏交投科技发展有限公司、四川伟儒建筑工程有限公司。

本规程主要起草人：陈晓炜、刘桂灵、陈瑾、李建国、杨昊、黄建云、白玉宁、毛鑫、岳通、孔旭阳、张立鹏、何涛、李阳、杨华、黄福华、吴彦泽、贾利军、杜洋、袁雷、李志勇、杜学培、虎正旺、路旭、王晓明、彭丽群、何梅芳、王杰、路彦青、刘林伟、马铭、杨凯凯、段培培。

本规程由宁夏公路工程质量检测中心（有限公司）负责解释。

引 言

公路边坡安全监测作为确保公路安全畅通运行、保护人民生命财产安全、实现边坡灾害预警的重要技术手段，具有至关重要的作用。宁夏地区公路边坡地质条件复杂，黄土区边坡分布广泛，易发生滑坡、垮塌、变形失稳等边坡灾害，传统监测手段存在频次不足、数据离散、预警滞后等问题。为提高宁夏公路边坡监测水平，规范全区公路边坡监测工作和技术要求，提升公路防灾减灾能力，防范化解重大灾害风险，制定本规程。

本规程立足宁夏公路边坡安全监测实际需求，兼顾不同地质区域、不同风险等级边坡的差异化管控要求，构建科学、规范、可操作的公路边坡安全监测技术体系，有效提升边坡灾害预判与防控能力，保障公路交通基础设施安全稳定运行。

公路边坡安全监测技术规程

1 范围

本规程规定了公路边坡安全监测的术语和定义、基本要求、监测设备及要求、监测点布设、监测系统、监测预警与响应、监测报告等的技术要求。

本规程适用于宁夏回族自治区各等级公路在役期边坡的安全监测，其他道路边坡及在建边坡可参考执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文本的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 18314 全球导航卫星系统（GNSS）测量规范
- GB 50026 工程测量标准
- GB 50330 建筑边坡工程技术规范
- GB/T 12898 国家三、四等水准测量规范
- JGJ 8 建筑变形测量规范
- JTG D30 公路路基设计规范
- JTG 3363 公路桥涵地基与基础设计规范
- JTG/T 3334 公路滑坡防治设计规范
- JTG/T D31-05 黄土地区公路路基设计与施工技术规范
- DB64/T 1835 宁夏回族自治区公路工程湿陷性黄土地基处理技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规程。

3.1

公路边坡 highway slope

为保障路基稳定与公路运营安全，通过填筑或开挖在路基两侧形成的、具有设计坡度的坡面防护结构体。

3.2

公路边坡监测 highway slope monitoring

通过卫星遥感、无人机航拍、智能传感器、预警平台等多种技术手段，对公路边坡的变形、诱发因素、防护设施状态进行持续观测、分析、研判、预警与管控的技术行为。

3.3

基准点 reference point

在边坡监测中，用于测量工作建立在稳定的岩层或者原始土层上固定不用且稳定可靠的参考点。

3.4

监测点 monitoring point

布置在坡体表面、内部及周边区域，用于反映边坡变形、应力、含水量等要素变化状态的实时观测点。

3.5

智能监测 intelligent monitoring

通过传感器、数据采集终端、通信网络等智能设备及智能平台实现监测数据自动采集、传输、分析、存储的监测模式。

3.6

监测等级 grade of monitoring

依据边坡地质条件、周边环境、监测数据等，对边坡失稳风险进行等级划分。

3.7

监测频率 monitoring frequency

公路边坡全生命周期内，对同一监测点相邻两次监测的时间间隔。

3.8

裂缝监测 crack monitoring

对公路边坡坡体的裂缝位置、宽度、发展速率等进行量测跟踪的观测过程。

3.9

应力监测 stress monitoring

对公路边坡内部岩体或土体应力、支护结构应力进行观测的过程。

3.10

表面位移监测 surface displacement monitoring

对公路边坡坡体表面及支挡防护结构的水平、垂直位移开展量测，识别边坡表层变形特征与失稳趋势的工作。

3.11

深层水平位移监测 deep horizontal displacement monitoring

对公路边坡坡体内部及支挡结构不同深度的水平位移开展连续量测，确定滑动面位置与深度、识别边坡深层失稳趋势的监测工作。

3.12

地下水位监测 groundwater level monitoring

对公路边坡坡体内部地下水位高程及孔隙水压力动态变化规律进行观测的过程。

3.13

诱发因素监测 monitoring of inducing factors

对降雨、地下水、人类工程活动等诱发边坡灾害的因素进行持续观测与关联性分析。

3.14

防护设施监测 monitoring of protective facilities

对公路边坡支挡防护设施的病害特征及其变化进行观测与分析。

3.15

短临监控 short-term monitoring

对边坡灾害临近发生时的病害特征及其变化进行持续量测与分析。

3.16

预警阈值 monitoring threshold

用于划分公路边坡风险等级、触发分级预警的临界控制指标，包含累计值和单位时间变化速率。

3.17

异常报警 alarm of anomaly

监测数据超阈值或出现宏观异常时，按分级管控流程发布预警信息、启动应急响应的标准化管控动作。

3.18

边坡灾害 disaster of slope

公路边坡因自身结构或防护结构破坏，呈现出的滑坡、崩塌、溜塌、石块滚落等不稳定状态。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 监测实施前应完成边坡现场调查、地质勘察与风险评价，结合边坡安全等级、工程特点编制专项监测方案，明确监测项目、监测方法、监测频率、预警阈值及应急处置要求，方案经审批后实施。

4.1.2 边坡调查应覆盖边坡地理位置、气象水文、工程地质条件、国家平面控制点坐标、高程基准水准点数据，同步归集勘察、设计、边坡风险评估等相关技术文件，查明边坡类型、规模、结构特征及历史灾害情况。

4.1.3 监测仪器设备与监测系统应满足监测量程、精度、稳定性及环境适应性要求，点位布设稳定可靠，仪器设备使用前应完成计量检定与校准。

4.1.4 监测数据采集、传输、处理、存储应执行统一技术标准，建立多级数据校核机制，保障监测数据真实、连续、可追溯。

4.1.5 应建立分级预警与应急响应机制，明确各级预警的判定标准、响应流程；监测数据达到预警阈值时，应及时启动对应级别响应，同步报送处置建议。

- 4.1.6 应及时编制、报送阶段性与总结性监测成果报告，规范完成监测方案、原始数据、校准记录、成果报告等资料的归档与溯源管理。
- 4.1.7 公路边坡监测应落实一坡一策，以单坡监测预警为基础，形成单坡与省级贯通的边坡监测体系。
- 4.1.8 监测工作应优先采用自动化、智能化监测技术，实现数据实时采集、远程传输、智能分析，人工监测作为补充与校核手段，保障监测数据的连续性与可靠性。

4.2 监测等级

4.2.1 公路边坡监测等级应依据边坡类型、边坡高度及可能造成的破坏后果等综合确定，按表 1 划分。

表 1 公路边坡监测等级

边坡类型		边坡高度 H (m)	破坏后果	边坡监测等级
土质（类土质） 边坡	土质类型为 I 类	H>20	很严重	I 级
			严重	I 级
	土质类型为 II 类	10<H≤20	很严重	I 级
			严重	II 级
			不严重	III 级
	土质类型为 III 类	H≤10	严重	III 级
不严重			III 级	
岩质边坡	岩体类型为 I 或 II 类	H>30	很严重	I 级
			严重	II 级
			不严重	III 级
	岩体类型为 I 或 IV 类	15<H≤30	很严重	I 级
			严重	II 级
		H≤15	很严重	I 级
			严重	II 级
			不严重	III 级

注 1：位于滑坡、崩塌、泥石流等不良地质路段的公路边坡，监测等级应提高一级；
 注 2：位于膨胀土、软土湿陷性黄土等特殊岩土路段的公路边坡，监测等级应提高一级；
 注 3：同时满足多项等级提高条件时，监测等级最多提高一级；
 注 4：边坡类型划分参考《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330)、《宁夏回族自治区公路工程湿陷性黄土地基处理技术规范》(DB64/T 1835)。

4.2.2 土质边坡地质等级根据地形地貌、结构面特征、湿陷性特征等因素综合反映地质条件的复杂程度，按照表 2 确定。

表 2 土质边坡的地质分类

土质边坡类型		I 类	II 类	III 类
判定条件	地形地貌	有两种以上地貌单元，地形高差大于 20m，地形坡度大于 20°	有两种以上地貌单元，地形高差 10m~20m，地形坡度 10° ~20°	地貌单元单一，地形坡度小于 10°，地形高差小于 10m

表2 土质边坡的地质分类（续）

土质边坡类型		I类	II类	III类
判定条件	结构面特征	结构面外倾超过 20°，或未超过 20°，但可能失稳	结构面外倾 10° ~ 20°，较为稳定	结构面外倾小于 10°
	湿陷性特征	自重湿陷场地、地基湿陷等级严重~很严重	自重湿陷场地、地基湿陷等级中等	非自重湿陷场地、地基湿陷等级较轻
	地层均匀程度	勘探深度内地层横向或纵向厚度变化大，勘探深度内地层超过 4 层且土层厚度大于 20m	勘探深度内地层不超过 3 层且土层厚度 10m~20m	勘探深度内地层横向及纵向厚度变化较小，深度不超过 3 层且土层厚度小于 10m
	冲沟发育特征	冲沟纵横且深度多大于 20m	有冲沟发育，但冲沟纵横少，深度 10m~20m	有冲沟发育，但深度多小于 10m
注 1：土质边坡地质分类一般由 I 级向 III 级推定，满足表中本类型任意两项即可判定为该类型。				
注 2：不良地质广泛发育，危害较大时考虑边坡实际巡查情况综合判定。				

4.2.3 岩质类型边坡地质等级根据岩体完整程度、结构面结合程度、结构面产状、直立边坡自稳能力等因素，按照表 3 确定。

表3 岩质边坡的岩体分类

边坡岩体类型	判定条件			
	岩体完整程度	结构面结合程度	结构面产状	直立边坡自稳能力
I类	完整	结构面结合良好或一般	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角>75°或<35°	30m 高边坡长期稳定，偶有掉块
II类	完整	结构面结合良好或一般	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 35° ~75°	15m 高的边坡稳定，15~30m 高的边坡欠稳定
	完整	结构面结合差	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角>75°或<35°	15m 高的边坡稳定，15~30m 高的边坡欠稳定
	较完整	结构面结合良好或一般或差	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角<35°，有内倾结构面	边坡出现局部塌落
III类	完整	结构面结合差	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 35° ~75°	8m 高的边坡稳定，15m 高的边坡欠稳定
	较完整	结构面结合良好或一般	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 35° ~75°	8m 高的边坡稳定，15m 高的边坡欠稳定
	较完整	结构面结合差	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角>75°或<35°	8m 高的边坡稳定，15m 高的边坡欠稳定
	较完整（碎裂镶嵌）	结构面结合良好或一般	结构面无明显规律	8m 高的边坡稳定，15m 高的边坡欠稳定
IV类	较完整	结构面结合差或很差	外倾结构面以层面为主，倾角多为 35° ~75°	8m 高的边坡不稳定
	不完整（散体、碎裂）	碎块间结合很差	—	8m 高的边坡不稳定
注 1：I 类岩体为软岩、较软岩时，应降为 II 类岩体；表中外倾结构面系指倾向与坡向的夹角小于 30° 的结构面。				

4.3 监测项目

4.3.1 监测项目分为应测项目、宜测项目，根据监测等级划分，按表 4 选择监测项目与监测内容。

表 4 公路边坡监测项目

监测项目	监测内容	边坡监测等级		
		I 级	II 级	III 级
位移监测	地表位移监测	应测	应测	应测
	深部位移监测	应测	应测	应测
	裂缝监测	应测	应测	应测
	沉降监测	应测	宜测	宜测
	遥感监测	宜测	宜测	宜测
诱发因素监测	土壤含水率	应测	应测	应测
	地表水监测	宜测	宜测	宜测
	地下水监测	宜测	宜测	宜测
防护设施监测	应力应变监测	应测	应测	应测
	崩塌振动监测	宜测	宜测	宜测
短临监控	微震地声监控	宜测	宜测	宜测
	视频及雷达监控	应测	应测	应测

4.4 监测基准点

4.4.1 监测基准点应布设在边坡影响范围外、地质稳定、不易受扰动的区域，数量不少于 3 个。

4.4.2 基准点应每年校核 1 次，遇地震、强降雨、特大洪水等极端事件后，应立即进行校核，确保基准点稳定可靠。

5 监测设备及要求

5.1 一般规定

5.1.1 监测设备应根据边坡监测等级、监测项目、监测阶段、地质环境条件、实施条件及施工组织计划等因素选取，遵循简易、快速、连续、直观、经济的原则确定。

5.1.2 监测设备的布设应重点突出、覆盖全面、便于维护、长期稳定，重点布设在边坡坡顶、坡脚、滑体主滑方向、裂缝发育区、地质薄弱带、支护结构关键部位。

5.1.3 宜采用多种监测设备组合的方式进行监测，以便相互验证、校核监测数据。

5.2 监测设备频率及精度要求

5.2.1 监测设备宜参考表 5 选择，监测数据采集频率、监测数据上传频率与精度应满足表 5 要求。

表 5 边坡监测频率与监测精度

监测内容	常用监测仪器设备	监测频率		监测精度
		采集频率	正常上传频率	
地表位移监测	全站仪	1次/10min	1次/1~24h	误差不低于0.6mm±1ppm (ppm为百万分比 1ppm=1mm/km)
	机器视觉	/	/	应结合监测场景与变形量级设计
	GNSS	1次/10min	1次/1~24h	I级:水平不低于2.5mm±0.5ppm,垂直不低于5.0mm±0.5ppm; II/III级:水平不低于5mm±0.5ppm,垂直不低于10mm±0.5ppm
	毫米波雷达	1次/10min	1次/1~24h	位移测量精度不低于±0.1mm
	激光测距	1次/10min	1次/1~24h	线性测量误差不大于测量量程的5%
	光纤光栅	1次/1月	1次/1月	应变测量精度不低于±4με (微应变)
	拉线式位移计	1次/10min	1次/1~24h	位移测量精度不低于±0.1mm
深部位移监测	测斜仪	1次/10min	1次/1~24h	测斜系统总精度不低于±0.01°/m
	多点位移计	1次/10min	1次/1~24h	最大误差≤满量程的0.5%
裂缝监测	裂缝计	1次/10min	1次/1~24h	最大误差≤满量程的0.1%
	简易监测	1次/1周	1次/1周	裂缝宽度测量精度不低于±1mm
沉降监测	沉降仪	1次/10min	1次/1~24h	沉降量测量精度不低于±0.5mm
	倾角仪	1次/10min	1次/1~24h	角度测量精度不低于±0.05°,测量范围不小于±60°
	静力水准仪	1次/10min	1次/1~24h	沉降量测量精度不低于±0.5mm
遥感监测	北斗	1次/10min	1次/1~24h	水平≥(2.5mm±0.5ppm),垂直≥(5.0mm±0.5ppm)
	卫星遥感	/	/	应结合监测范围与变形量级确定
	InSAR	/	/	年变形量测量精度不低于±5mm/年
	机载雷达	/	/	应结合监测场景与变形量级确定
地表水监测	雨量计	1次/10min	1次/1~24h	降雨量测量精度不低于±2mm,分辨率不低于0.2mm
	水位计	1次/10min	1次/1~24h	最大误差≤满量程的±1%
地下水监测	土壤含水率测定仪	1次/10min	1次/1~24h	含水率测量误差不大于±3%
	渗压计	1次/10min	1次/1~24h	最大误差≤满量程的0.5%
	水位计	1次/10min	1次/1~24h	地下水位测量精度不低于±20mm
应力应变监测	钢筋计	1次/10min	1次/1~24h	最大误差≤满量程的0.5%
	锚索计	1次/10min	1次/1~24h	最大误差≤满量程的0.5%
	土压力计	1次/10min	1次/1~24h	最大误差≤满量程的0.5%
崩塌振动监测	加速度计	1次/10min	1次/1~24h	最大误差≤满量程的0.5%
微震、地声监控	微震监测仪	1次/10min	1次/1~24h	灵敏度0.5V/g以上
	声发射仪	1次/10min	1次/1~24h	加速度0.5V/g以上、速度25V/(m/s)以上
影像及雷达监控	视频监控	连续监测		分辨率:不低于1080P、帧率:不低于25帧/s
	视觉AI	1次/10min	1次/1~24h	±1/50000 FOV

注1: V/g、V/(m/s)为传感器灵敏度单位,分别代表每单位加速度、速度变化对应的输出电压变化量
注2: FOV为视场角 Field of View 的缩写,代表视觉设备的可视范围

5.2.2 相同监测内容有多种设备或技术可选择时，应结合实际情况因地制宜进行选择。

5.3 监测设备调试

5.3.1 应逐项检查监测仪器设备的安装方向，核对接入点，检查仪器参数设置，确保系统平台配置与实际接入监测仪器准确对应。

5.3.2 对有条件的监测点，安装完毕后，宜采用人工校核手段，人工干预给予一定物理量变化，检查自动化仪器设备的响应变化是否可靠。

5.3.3 监测设备安装调试完成后，应检查数据采集、数据传输、测试数据、预警信息下发及通信情况。

5.4 设备验收

5.4.1 按监测方案，应检查监测设备类型、数量、安装方式等是否符合设计要求。

5.4.2 检查监测设备工作状态，各部分组件安装是否齐全。

5.4.3 检查监测设备安装记录表、资料归档、后续维护人员等信息是否齐全、完整。

5.4.4 检查监测数据采集的实时性、准确性及完整性。

5.4.5 监测设备验收应由项目建设单位、监理单位（如有）、监测单位等共同确认。

5.5 设备运维

5.5.1 应根据设备传感器、配件等材料的易损性，预留相应配件，便于出现故障或应急时使用。

5.5.2 应进行设备故障统计，及时发现问题并进行维护，按附录 E 及时填报监测设备巡查维护记录表，并上报系统。

6 监测点布设

6.1 一般规定

6.1.1 监测点应按监测项目进行编号并设置标识牌，且编号应具有唯一性，便于识别。

6.1.2 监测点的布设应根据边坡类型规模、监测等级、地质条件、变形特征、影响范围、通视条件等综合确定。

6.1.3 监测点的布设应满足监测项目和监测设备要求，应布设在坡顶、坡脚、平台、支挡结构等表征边坡变形状态的关键部位，能够反映监测对象的真实变化状态。

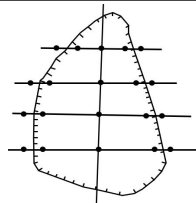
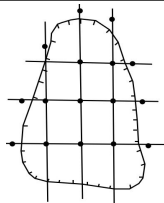
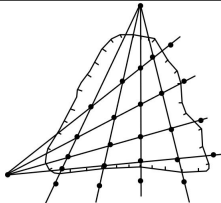
6.1.4 监测点位置应避开障碍物，便于识别、观测，其标志应稳固、明显。

6.1.5 监测网类型可采用“十”字型、“丰”字型、“卅”字型、方格型、放射型等，I级监测等级的边坡监测网宜采用方格型，按表 6 布设。

表 6 监测点布设类型

网型类型	“十”字型、“丰”字型、“卅”字型	方格型	放射型
布设特征	纵向测线沿公路走向、横向测线垂直边坡走向，构成交叉网型	多条纵向、横向测线正交，测点分布均匀，规律性强	按放射状布设若干条测线，在测线上设测点
适用边坡范围	范围不大的窄幅边坡，变形方向以沿坡向为主的边坡	地质结构复杂的边坡	地质结构简单，以浅层风蚀变形为主边坡

表 6 监测点布设类型（续）

网型类型	“十”字型、“丰”字型、“卅”字型	方格型	放射型
示意图			

6.2 变形监测点网布设

6.2.1 变形监测包括地表位移监测、深部位移监测、沉降监测、裂缝监测等，监测断面、监测点间距及监测点数量的布设根据边坡监测的等级，按表 7 确定。

表 7 变形监测点布设数量

监测方法	边坡监测等级		
	I	II	III
监测断面	不宜少于 3 条	不宜少于 1 条	根据实际布置
每个监测断面的监测点间距	不宜大于 30m	不宜大于 40m	不宜大于 50m
每个监测断面的监测点数量	不宜少于 5 个	不宜少于 3 个	不宜少于 2 个

6.2.2 地表位移监测点应符合下列要求：

- 土体上的地表水平位移监测点宜埋置混凝土标石，顶部标志可采用具有强制对中装置的活动标志。标石埋深不宜小于 1.0m，标石顶部露出地面 20~30cm；
- 岩基上的地表水平位移监测点可采用砂浆现场浇固钢筋标志，凿孔深度不宜小于 10cm，标志顶部露出岩体面 5cm；
- 竖向位移监测点应根据边坡地质条件选用浅埋标或深埋标，浅埋标适用于地层稳定、无深层不均匀沉降的边坡，标石埋深不宜小于 1.0m，且标石底部必须置于当地季节性冻土线以下不小于 0.5m。深埋标适用于存在湿陷性黄土、深厚填土、软土等易产生不均匀沉降的边坡，标石应穿透不稳定土层进入稳定地层内，标石顶部应埋入地面下 20~30cm，并砌筑带盖保护井加以防护。

6.2.3 深部位移监测点埋设深度应进入潜在滑动面以下稳定地层深度不小于 5m；当孔底范围分布有稳定基岩时，宜进入完整基岩不小于 1.5m。

6.2.4 裂缝监测点布设应根据现场边坡裂缝情况或潜在开裂点进行布设。

6.2.5 沉降监测点宜布设在各土层分界面上，在厚度较大土层中部适当加密。

6.3 诱发因素监测

6.3.1 雨量监测点不宜设在陡坡上、峡谷内和风口处，宜设在边坡中间位置。

6.3.2 地下水位监测水位管应深入稳定岩土体深度内，宜高出地面 20cm，每个监测断面上观测孔的设置不少于 2 个。

6.4 防护设施监测

6.4.1 土压力监测点应沿支护结构竖向布设，布设间距宜为 3m~6m，在迎坡面、内力变化较大处以及受力较

大处应加密布设。

6.4.2 孔隙水压力监测点宜在水压力变化影响深度范围内按土层分布情况布设，竖向间距宜为 3m~5m，监测点总数不宜少于 2 个。

6.5 短临监控

6.5.1 地声监测点宜布置在滑坡体、危岩体及其周边稳定区域，布设在周边稳定区域的传感器离滑坡体、危岩体最远距离不宜大于 100m。

6.5.2 视频监测点宜选取垂直边坡走向或平行主滑方向进行布设，监控范围覆盖主要坡面，若单一设备无法满足监测需求，宜合理增加监测点数量。

6.6 监测点巡查与维护

6.6.1 应建立监测点常态化巡查制度，明确不同监测等级边坡的监测点巡查频次，参考 8 执行，巡查重点为监测点是否被破坏、标石是否松动、设备是否正常运行、线缆是否完好、监测点周边是否有施工扰动、地质异常等情况。

表 8 监测点巡查频次表

监测等级	正常工况	汛期/极端降雨后	预警状态
I 级边坡	1 次/周	1 次/天	2 次/天
II 级边坡	1 次/2 周	1 次/3 天	1 次/天
III 级边坡	1 次/月	1 次/周	1 次/2 天

6.6.2 巡查发现监测点异常、设备故障的，应在 24 小时内完成修复与校准，修复后重新采集基准值，确保监测数据连续可靠；无法立即修复的，应布设临时监测点，避免监测数据中断。

6.6.3 每半年应对所有监测设备进行一次全面校验与维护，每年对监测基准体系进行一次全面校核。

6.7 特殊性土边坡监测

6.7.1 湿陷性黄土边坡监测应符合下列规定：

- a) 必测项目应增加土体分层含水率、湿陷变形监测；
- b) 降雨后 72 小时内应加密监测频率，I 级边坡监测频率提高至 1 次/10min；
- c) 预警阈值应按表 9 区间下限值取值，湿陷变形速率超过 3mm/d 时应触发黄色预警。

6.7.2 季节性冻融区边坡监测应符合下列规定：

- a) 冻融期（11 月~次年 3 月）监测频率上调 1 个等级；
- b) 必测项目应增加冻胀力、冻融循环深度监测；
- c) 冻融期预警阈值应下调 10%。

7 监测系统

7.1 一般规定

7.1.1 监测系统的构建应遵循“先进、适用、稳定、安全、经济”的原则，兼顾扩展性、兼容性与便利性，确保系统稳定工作。

- 7.1.2 监测系统应包含传感器子系统、供电子系统、数据采集传输子系统、数据处理与管理子系统。
- 7.1.3 传感器子系统中传感器的选择应符合国家及行业标准。
- 7.1.4 供电子系统应考虑适合现场环境的多种方式，宁夏偏远无稳定供电路段宜采用太阳能+储能电池供电方案，确保不同气候条件下供电稳定可靠。
- 7.1.5 数据采集传输子系统设备应具备自动采集传输功能，且应根据现场实际选择合适的通信方式，优先采用 4G/5G 通信方式。
- 7.1.6 信息管理子系统应包含基础数据、监测数据、预警数据等，具体内容涵盖边坡基本信息、监测点基本信息、设备信息、实时监测信息、实时监测特征值信息、预警信息等。
- 7.1.7 监测系统应采用模块化结构并配备感知设备，各模块或子系统相对独立且有序融合，便于维护、更换、扩展和升级。
- 7.1.8 各子系统平台应采用统一的数据交换传输标准、数据存储及数据管理标准，实现数据分级管理、归集与同步。
- 7.1.9 智能监测系统数据采集、传输、应用及系统维护等各个阶段软硬件均应满足 GB/T 39204《信息安全技术 关键信息基础设施安全保护要求》、GB/T 28452《信息安全技术 应用软件系统通用安全技术要求》、GB/T 20273《信息安全技术 数据库管理系统安全技术要求》中的信息安全相关要求。

7.2 系统设计要求

- 7.2.1 监测系统设计宜包含下列内容：
- 监测的项目、监测点数量、监测仪器布设、仪器现场保护方案；
 - 监测仪器的技术指标、性能要求及设备选型；
 - 数据采集传输装置的布设、采集频率、通信方式及网络结构设计；
 - 监测系统供电方式、防雷及保护方案；
 - 软件系统对数据的处理与分析，应具有信息反馈与推送功能。
- 7.2.2 系统平台界面布局应清晰合理，功能设计应直观反映边坡状态变化，宜采用可视化展示方式。
- 7.2.3 软件平台应能够与外部管理平台进行数据共享链接。

7.3 系统功能

- 7.3.1 监测系统的的核心数据采集与传输模块应实现自动采集和远程传输功能，并可通过配套软件对数据采集和传输功能的关键参数进行远程配置和调整，且应符合下列要求：
- 具有电源管理功能；
 - 具有自动缓存和断点续传功能；
 - 具有定时采集、定时上传功能；
 - 具有阈值触发、加密采集、加密上传功能；
 - 具有设置采集设备相关参数功能；
 - 支持 2 路及以上服务器地址数据发送；
 - 支持 TCP、HTTP、MQTT、NB-IoT、4G/5G、LoRa 等多种通讯协议。
- 7.3.2 监测系统的的核心数据处理与管理模块的功能应符合以下要求：
- 原始数据及数据分析成果宜定期存储、备份存档，且应遵循完整性、一致性、连续性和可追溯性的原则；
 - 系统平台应具备异常报警功能，可单独对各监测点设置报警阈值，当监测点实时数据达到或超过设定的阈值时，宜通过颜色变化、界面闪烁、短信提示等多种方式提醒相关人员；

- c) 应具有完善的数据查询统计功能，查询条件可灵活设置和自由组合，查询结果宜采用数据曲线和数据列表相结合的展示方式。

7.3.3 自动化监测采集站基本功能应符合下列规定：

- a) 具有自动巡测、选测、自检、自诊断功能；
- b) 具有断电保护功能；
- c) 具有现场网络数据和远程通信功能；
- d) 具有网络安全防护功能；
- e) 具有防雷及抗干扰功能；
- f) 具有存储数据功能，存储格式应具有多种，应具有人工巡检采集数据周期的存储容量。

7.3.4 自动化监测管理站基本功能应符合下列规定：

- a) 具备处理和分析数据等功能；
- b) 具备人工测量接口，可进行补测、比测；
- c) 应配置监测管理软件和网络通信软件，能对整个监测系统进行管理；

7.4 系统运维

7.4.1 监测系统部署后应合理制定系统运维计划，加强管理与维护。

7.4.2 定期对监测系统进行检查与维护，每月至少一次，主要对系统模块功能工作状态、实时数据及历史数据传输处理准确度、问题的反馈处置结果等进行核对。

7.4.3 每天应对监测数据进行备份，备份的数据保存时间不少于1年，视频监控的图像资料保存时间不应小于15天。

7.4.4 设备更换或维修后应做好数据衔接，并对新老设备的测值关系和处理作出说明。

7.4.5 系统平台发出预警后，值守人员应按规定程序及时处置，处置结果应记录备案。

7.4.6 预警处理记录表宜包括传感器布设位置、监测类型、预警等级、预警时间、预警最大值、采取的措施等内容。

8 监测预警与响应

8.1 一般规定

8.1.1 应通过宏观迹象巡查、监测数据分析和区域地质灾害气象预警综合研判边坡安全状态。

8.1.2 人工巡查在发现可辨识的灾害前兆时，可进行临灾预警，并根据应急预案及时采取应对措施。

8.1.3 值班人员每天对监测资料进行编录、整理、统计分析、校核，发现监测数据异常时，及时分析原因并提出纠正措施，必要时进行现场复核或复测，并将监测数据录入监测数据库。

8.1.4 应根据区域的实际情况、不同边坡地质环境等，加强对报警阈值的选择、验证与总结工作。

8.2 监测预警判据

8.2.1 边坡监测预警可通过宏观前兆异常、监测指标相对变化速率、诱发因素变化等进行判定。

8.2.2 预警阈值应根据主控因素进行综合设定，具体数值应基于边坡工程实际情况、监测内容历史统计值、设计值和规范容许值等综合确定，并考虑边坡日常管养需求，若无法确定宜参考表9阈值设定。

表9 边坡监测预警阈值参考表

监测项目		预警项目	累计值	变化速率 (mm/d)	
变形监测	位移	地表位移	地表水平位移	30~40mm	5~6
			地表垂直位移	20~40mm	5~6
	深部位移	深部水平位移	35~55mm	4~5	
		深部垂直位移	20~40mm	5~6	
	裂缝	裂缝宽度	10~30mm	5~6	
诱发因素监测		支挡结构物倾斜	6~8mm/m	/	
		沉降	60~80mm	6~8	
		降雨量	100mm/3h	/	
		孔隙水压力	$(0.6\sim0.8)f_1$	/	
		地下水位	1000mm	300	
应力应变监测		岩土压力	$(0.6\sim0.7)f_1$	/	
		支挡结构应力	$(0.6\sim0.7)f_1$	/	
		锚杆(索)内力	$0.8f_1\sim0.7f_2$	/	

注：1. f_1 —荷载设计值， f_2 —构件承载力设计值；
2. 土质边坡宜取较大值，岩质边坡宜取较小值。
3. 深部位移换算公式：水平位移=测点深度×tan(测斜角度)，累计水平位移=各测点水平位移的矢量和。

8.2.3 《中华人民共和国突发事件应对法》第四章监测与预警中明确规定，可以预警的自然灾害、事故灾难和公共卫生事件的预警级别，按照突发事件发生的紧急程度、发展态势和可能造成的危害程度分为一级、二级、三级和四级，分别用红色、橙色、黄色和蓝色标识，一级为最高级别。结合边坡监测宏观前兆迹象和监测数据分析综合研判设定阈值，按表10建立红色、橙色、黄色、蓝色四级预警。

表10 边坡监测预警等级划分

预警等级	颜色	预警状态	判定标准参考
一级	红色	特别严重 (警报级)	边坡出现明显滑塌迹象，变形速率持续急剧增大，裂缝快速扩展，已发生局部滑塌，极有可能发生大规模失稳，直接威胁公路通行安全
二级	橙色	严重 (警戒级)	边坡变形速率超过预警阈值，且持续增长，裂缝持续扩展，降雨后变形明显加剧，边坡失稳风险高
三级	黄色	较重 (警示级)	边坡变形速率达到预警阈值，变形呈增长趋势，裂缝有扩展迹象，边坡稳定性下降，存在失稳风险
四级	蓝色	一般 (注意级)	边坡变形速率接近预警阈值，出现微小裂缝、局部渗水等异常现象，边坡稳定性有下降趋势

8.3 监测数据采集分析

8.3.1 智能监测数据采集频率，应根据边坡监测等级、工程阶段、工况条件差异化设置，监测数据采集频率应符合表11要求。

表 11 边坡智能监测频率

监测等级	正常工况	汛期/极端降雨	变形加速/预警状态
I 级边坡	1 次/30 分钟	1 次/20 分钟	1 次/10 分钟
II 级边坡	1 次/1 小时	1 次/30 分钟	1 次/20 分钟
III 级边坡	1 次/2 小时	1 次/1 小时	1 次/30 分钟

8.3.2 人工监测频次：I 级边坡正常工况下 1 次/月，II 级边坡 1 次/2 个月，III 级边坡 1 次/季度；汛期、预警状态下，人工监测频次按巡查频次同步加密。

8.3.3 监测数据采集后，应立即进行预处理，剔除粗差、异常值，对缺失数据进行合理补全，确保数据真实、有效。

8.3.4 应建立监测数据库，对原始数据、预处理后数据、分析结果进行分类存储。

8.4 监测信息发布与响应

8.4.1 监测数据达到预警阈值后，应立即核实数据真实性，复核边坡现场情况，确认预警信息后，第一时间向管养单位、交通主管部门报送预警信息。

8.4.2 蓝色预警应加强监测频率，加密现场巡查，分析变形原因，持续观测边坡变形发展趋势。

8.4.3 黄色预警应加密监测频次，开展现场专项排查，制定应急处置预案，向管养单位、沿线交通执法部门通报预警信息。

8.4.4 橙色预警应立即启动应急响应，限制车辆通行，组织人员、设备撤离，开展应急处置，24 小时内报送专项监测报告与应急处置方案。

8.4.5 红色预警应立即启动最高级别应急响应，监测单位第一时间向管养单位、属地交通运输主管部门及应急管理部门发布技术预警并提交封闭交通建议；由属地交通运输主管部门（高速公路由省级交通运输主管部门或其授权的运营单位）会同应急管理部门按权限下达公路交通封闭指令，组织人员、设备疏散撤离，开展应急抢险处置。

8.5 应急联动处置

8.5.1 应建立与路政、公安交通管理部门的应急联动机制，明确联动流程、应急处置职责分工。

8.5.2 遇边坡变形急剧增大、出现滑塌迹象等紧急情况，应第一时间通过电话、微信等方式及时报送，现场处置人员立即将事件类型、位置、影响范围等信息上报项目指挥机构，指挥机构第一时间向路政、交警部门通报。

8.5.3 配合交警部门实施交通管制、疏导分流、现场警戒等措施；配合路政部门开展道路巡查、设施抢修、路产核查等工作，统一服从现场联合指挥调度。

8.5.4 处置过程中实时共享边坡监测情况、处置措施及交通恢复情况，处置完成后共同完成现场核验、信息归档及事件复盘。

8.6 监测报告

8.6.1 公路边坡监测报告包括阶段性报告及总结报告。阶段性报告包括月度报告、季度报告、年度报告及专报；监测工作结束后，编制监测成果总结报告。

8.6.2 监测月报、年报编写提纲可参见附录 F。

8.6.3 监测报告应包含边坡稳定性评价，以及边坡稳定度评估内容。

- 8.6.4 各监测要素曲线图应根据监测分析需要进行绘制，宜包括以下内容：
- a) 各类变形监测数据时间变化曲线图；
 - b) 深部位移与深度关系曲线图；
 - c) 地表水、地下水动态、降雨量、降雨强度时间变化曲线图；
 - d) 岩土应力、结构物应力时间变化曲线图。
- 8.6.5 根据需要绘制多监测要素曲线图，宜包括以下内容：
- a) 同一部位不同要素对比图，如位移与裂缝时间变化曲线对比图、位移与降雨量时间变化曲线对比图、变形位移量与地下水动态关系曲线图等；
 - b) 不同部位同一要素曲线对比图，如同一监测剖面上不同部位地表绝对位移随时间变化曲线对比图等；
 - c) 相同部位相同要素的不同参量随时间变化曲线对比图，如相对位移量、位移速度、位移加速度随时间变化曲线对比图等；
 - d) 其他如位移、倾斜等变量分布图。

附录 A

(资料性)

边坡、监测点编码规则

A.1 边坡编码

边坡编号应具有唯一性，即边坡编号与边坡应一一对应，各段编码的组成及编码规则见表 A.1。

表 A.1 边坡编号编码规则

序号	1	2	3	4	5	6
字段含义	路线编号	县级行政区域划分	公路设施识别码	边坡序号	线路方向	路坡关系
字段说明	字母+整数	6 位整数	B	4 位整数	U—上行 D—下行	L—路左 R—路右
举例	G1816	640106	B	0001	U	L

填表说明：

- 路线编号：由 1 位字母和 N 位整数组成。1 位字母包括：国道-G，省道-S，县道-X，乡道-Y，村道-C，专用道路-Z；
- 县级行政区划代码：按民政部发布的《中华人民共和国行政区划代码》填写。例如：边坡位于银川市金凤区，则“县级行政区划代码”为“640106”；
- 公路设施识别码：对于边坡均应填写“B”；
- 边坡序号：宜遵从“从小里程到大里程”的规则，数字编号采用右对齐、补足 4 位整数的方式进行编码。例如：1 号边坡的数字编码部分为“0001”。

A.2 监测点编码

表 A.2 监测点编号编码规则

序号	1	2	3	4
字段含义	边坡编号	监测类型	监测类型序号	监测点序号
字段说明	监测边坡唯一识别码	DBXDWY—地表相对位移 LF—裂缝	2 位数字	3 位数字
举例	G1816640106B0001UL	LF	01	001

填表说明：

- 边坡编号：该监测边坡的唯一识别码；
- 监测类型：监测类型为所实施监测项目汉字大写缩写，如裂缝监测的数字编码部分为“LF”。

附 录 B
(资料性)
边坡监测方案编制

B.1 资料收集

编制监测实施方案前，应收集边坡相关资料，开展现场调（勘）查，相关资料不能体现当前边坡灾害变化趋势时，应补充必要的调（勘）查工作，并分析灾害机理和变化趋势。

监测实施方案编制前应收集以下资料：

- a) 地理位置、气象水文、工程地质条件、国家点坐标数据、水准点高程数据等资料；
- b) 相关勘察、设计和边坡风险评估资料；
- c) 边坡类型、规模、特征、历史灾害情况等资料。

B.2 现场勘查

可采用踏勘、调绘、无人机和遥感调查等方式，调查应包括下列内容：

- a) 地理位置、地形地貌、流域形态、气象水文、植被特征等；
- b) 地层分布、岩性组成、结构与构造、覆盖层分布与性质、地下水、冻融、风化、冲刷、不良地质条件等；
- c) 边坡类型、规模、边界条件、变形发展趋势、影响因素、影响范围、灾害历史等；
- d) 防护工程与公路工程变形与受力情况；
- e) 周边交通、通信、供电、供水、施工扰动、通视和已有监测点等周边情况。

B.3 边坡监测设计方案宜包含但不限于下列内容：

- a) 项目概况；
- b) 监测依据、目的；
- c) 监测内容及方法；
- d) 监测预警设备；
- e) 监测周期和频率；
- f) 监测预警设施布置与设备安装；
- g) 监测预警及响应措施；
- h) 监测机构与人员、设备；
- i) 监测成果提交要求；
- j) 监测预警网点布设平面图和断面图。

附 录 C
(资料性)
监测设备材料验收记录表

公路边坡监测设备验收记录表见表 C.1。

表 C.1 监测设备材料验收记录表

项目名称					
施工单位			监理(监管)单位		
设备验收报告					
货物采购概况					
采购单位名称					
供货单位名称					
采购日期			交货日期		
设备交接清单					
设备名称	数量	型号规格	主要技术参数	制造商	生产日期
设备验收情况					
验收内容	验收项目		验收结果		备注
	设备规格型号、配置情况				
	设备的完好情况				
	设备配件齐全或缺漏情况				
	设备运行测试结果				
	产品合格证、说明书				
	其他未注明项				
验收结论:					
签字	采购方代表签字		监理(监管)签字		
	供货商代表签字		业主代表签字		
验收日期:					
注: 验收内容中各种佐证材料(如合格证、测试报告、检定证书、使用手册、产品说明书等, 一类设备一套), 作为本表附属材料一同整理成册。					

附 录 D
(资料性)
监测设备安装记录表

公路边坡监测设备安装记录表见表 D.1。

表 D.1 监测设备安装记录表

项目名称					
监测点位名称		监测点位编号		设备型号	
设备编号		通信方式/卡号		发送周期	
生产厂家					
初始位置或 初始值描述					
供电方式		充电电压及电池电压			
监测点经纬度	经度	纬度	高程		
施工过程图 (施工前、施工后特 征共 4 张照片)	施工前		施工中		
	施工中		施工后		
施工日期					
施工单位 (签字)		安装人员 (签字)		安装日期	
校核者(签字)		填表人(签字)		填表日期	
注：此表供各单位各执一份。					

附 录 E
(资料性)
监测设备巡查、维护记录表

公路边坡监测设备巡查、维护记录表见表 E.1。

表 E.1 监测设备巡查、维护记录表

项目名称							
监测点名称				地理位置			
建设单位				平台单位			
维护单位							
序号	监测点位编号	经度	纬度	高程	设备编码	状态	故障原因
1							
2							
3							
4							
巡查/维护 记录	序号	巡查/维护内容		巡查/维护前照片	巡查/维护过程照片	巡查/维护完成照片	
	1						
	2						
	3						
巡查/维护 人员				巡查/维护时间	开机时间		
					结束时间		
<p>注3：故障原因包括但不限于：供电故障、传输故障、RTU（远程控制终端）故障、采集器/传感器（主机）故障、辅助配件（固定件、基础）损坏、设备软件故障、其他故障。</p>							

附 录 F

（资料性）

监测报告提纲

F.1 监测月报提纲

监测月报包括监测工作概况、监测成果与分析、监测结论及建议等内容，可按下列提纲编制：

- a) 前言：包括监测对象及所采用的主要监测方法，任务要求与完成情况，预警相关事件说明。
- b) 监测工作概况：包括监测工作组织情况，监测设备设施现状与性能，宏观地质巡查情况，数据处理说明，监测工作质量与影响监测质量因素，完成的工作量，存在的主要问题。
- c) 监测成果：包括监测对象地质条件，各类监测要素的过程线图。
- d) 监测分析：包含边坡巡查照片、变形性状对比及监测过程对比分析，结合监测成果和宏观地质巡查结果，通过单点分析、剖面分析及综合分析，说明监测对象变形动态、应力状态和影响因素，分析变形发展趋势，判定监测对象稳定性状况，给出相应的预警等级。
- e) 监测结论与建议。
- f) 附件。包括监测系统平面布置图；监测工作一览表等。

F.2 监测年报提纲

监测年报包括监测工作概况、监测成果与分析、监测结论及建议等内容，可按下列提纲编制：

- a) 前言：包括任务来源，任务要求及完成情况，预警相关事件说明。
- b) 监测工作概况包括自然地理及地质环境概况，监测工作评述；监测设备设施现状与性能；宏观地质巡查资料，包括边坡巡查照片，数据处理说明，监测工作质量与影响监测质量因素，完成的工作量，存在的主要问题。
- c) 监测对象概况及监测成果分析，监测对象地理位置、规模、主要危害及规划防治措施，监测对象基本特征，监测网点布设及监测内容，全部或部分给出各类监测要素的过程线图，结合监测成果和宏观地质巡查结果，结合巡检照片等资料，通过单点分析、剖面分析及综合分析，说明监测对象变形动态、应力状态和影响因素，分析变形发展趋势，判定监测对象稳定性状况，给出相应的预警等级。
- d) 监测结论。
- e) 监测工作中存在的问题及建议。
- f) 附件：包括监测系统平面布置图，监测系统剖面布置图；监测工作一览表等。

F.3 监测专报提纲

一级、二级预警等级发生后应编制监测专报，监测专报包括专报事由、监测分析、结论及建议等内容，可按下列提纲编制。

- a) 前言：包括任务来源、专报事由（如应急调查、预警等）等。
- b) 概况：包括监测对象地理位置、规模及主要危害；基本特征；变形概述、巡查影像资料等。
- c) 监测分析：包括监测成果（全部或部分监测要素过程线图），监测数据对比分析，过程数据关联性分析与研判，稳定性评价等。
- d) 结论与建议。