

DB61

陕西省地方标准

DB 61/T ***—2024

在役公路地质灾害自动化监测技术规范

(征求意见稿)

Technical Specification for Geologic Hazard Monitoring of Highway in Service

2025 - ** - **发布

2025-**-**-**实施

陕西省市场监督管理局

发布

目 次

前言 3

引言 4

1 范围 5

2 规范性引用文件 5

3 术语和定义 5

4 总则 6

5 监测分级 7

6 监测内容与方法 8

7 监测频率 10

8 监测方案设计 11

9 监测设备安装、运行与维护 13

10 监测信息系统功能 13

11 预警等级与响应 14

12 数据分析与监测报告 17

附录 A 18

附录 B 19

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。

本文件由陕西省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：陕西省公路局、长安大学、西安市公路局。

本文件主要起草人：涂静 李家春 张玉婷 李胜利 张杰 王宣懿 赵菲 张艳杰 祝小磊 李超平 朱钰 高新 胡欣怡 武博通 洪一鹏 张蕊

本文件由陕西省公路局负责解释。

本文件为首次发布。

联系信息如下：

单位：陕西省公路局

电话：029-88408551

地址：陕西省西安市碑林区含光北路110号

邮编：710068

引 言

公路地质灾害自动化监测是公路地质灾害风险管理的重要信息化手段，也在公路地质灾害应急处置、交通保障及施工安全中发挥重要作用。为了规范公路地质灾害自动化监测工作，提高监测预警水平，避免或减少地质灾害对公路交通及基础设施的危害，特制定本标准。

在役公路地质灾害自动化监测技术规范

1 范围

本文件规定了公路地质灾害（崩塌、滑坡、泥石流、沉陷）监测分级、监测内容与方法、监测方案设计、设备安装与维护、监测信息系统功能、预警等级与应急对策、监测报告编制等内容和要求。

本文件适用于在役公路地质灾害及隐患点自动化监测工作。其他设施自动化监测可参照执行。

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。

DT/0221-2006 崩塌、滑坡、泥石流监测规范

JTG/T 3334-2018 公路滑坡防治设计规范

GB50330-2013 建筑边坡工程技术规范

GB/T 18314-2009 全球定位系统（GPS）测量规范

DB61/T 1533-2022 公路上边坡崩塌滑坡灾害风险评估指南

交通运输部 自然灾害综合风险公路承灾体普查技术指南

交通运输部 自然灾害风险公路防治工程实施技术指南

交通运输部 公路边坡监测试点技术指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用本标准。

3.1

危险性 hazard

公路地质灾害发生的可能性。

3.2

危害性 harmfulness

公路地质灾害可能对人员、交通、基础设施等造成的危害程度。

3.3

监测等级 grade of monitoring

依据边坡地质灾害体的规模、危害性和公路等级确定的不同监测等级。

3.4

基准点 datum

监测作业中测量依照的标准原点。

3.5

基点 operating control point

用于直接与GNSS监测点联测且相对稳定的测量控制点。

3.6

预警 Early Warning

危险即将发生时根据危险等级发出的警示信息或信号。

4 总则

4.1 一般规定

- 4.1.1 自动化监测是灾害风险点分类分级防治对策之一，为掌握风险点变形特征和规律提供资料，指导在风险点发生严重变形条件下的应急处理。
- 4.1.2 监测方案应根据地质灾害体工程地质条件和变形破坏机制，选择具有代表性的监测剖面 and 监测站点。
- 4.1.3 监测设备应选择适用于长期在野外实时运行，传感器应具有稳定性、耐久性，供电、通讯系统可靠并便于维护的特点。
- 4.1.4 数据分析包括数据处理和趋势分析，预警方法应基于科学分析。
- 4.1.5 监测方法应通过优化布控方式节约成本，包括监测成本和维护成本。
- 4.1.6 监测设备属于公路资产，不得人为破坏或改变用途。（建议删除）
- 4.1.7 预警信息发布应尽可能减少对交通的限制，缩短交通限制时间，避免造成公路长时间封闭。
- 4.1.8 预警信息和危险事件，以属地第一响应为原则，并根据实际发生的灾害规模和损失逐级

上报。

4.1.9 监测数据归监测工作实施主体所有，经许可后可共享使用。

4.2 监测目的

- 4.2.1 公路地质灾害监测应作为风险点养护管理的技术支持和辅助手段。
- 4.2.2 在公路运营过程中，通过自动获取边坡或路基稳定状态监测数据，达到预警阈值时自动触发预警信息，指导应急处置，避免或减少地质灾害对交通及公路基础设施的危害。
- 4.2.3 监测边坡变形特征或引发因素，分析其演变特征及发展规律，作为评价边坡稳定状态和发展趋势的依据。

4.3 监测点选择

- 4.3.1 暂不能实施工程治理或变形发展缓慢的灾害隐患边坡，应根据通行安全需要实施自动化监测。
- 4.3.2 对于存在变形破坏特征，且范围、深度、破坏类型等难以明确的高边坡，应利用自动化监测数据分析成因。
- 4.3.3 对于变形破坏性质复杂、规模较大的边坡滑坡，应监测变形深度、滑动面位置和滑动方向。
- 4.3.4 高陡岩质边坡存在落石风险难以消除的，通过监测掌握崩塌动态，为及时抢通争取时间。

5 监测分级

5.1 一般规定

- 5.1.1 应根据边坡变形破坏程度、危害性及公路等级划分监测等级。
- 5.1.2 监测内容、方法、监测设备布置密度及数量等应与监测等级适应。
- 5.1.3 在监测过程中，当边坡变形破坏程度发生显著变化时，监测等级可作相应调整。

5.2 监测等级划分

5.2.1 公路地质灾害风险应根据危险性和危害性划分为四级，见表1。

表1 公路地质灾害风险等级

<div>危害性</div> <div>危险性</div>	极严重	严重	中等	轻微
极高	一	一	二	二
高	一	二	二	三

中	二	二	三	四
低	二	三	四	四

5.2.2 公路地质灾害监测等级划分为A、B、C三级，见表2。

表2 分级分类监测等级

灾害类型 风险等级	崩塌	滑坡	沉陷/塌陷	泥石流
一	A	A	A	A
二	A	A	B	B
三	B	B	C	C
四	C	C	C	C

6 监测内容与方法

6.1 滑坡监测

6.1.1 边坡滑坡监测内容根据监测等级、灾害隐患类型及范围、变形破坏机理等综合确定。

6.1.2 边坡滑坡监测内容主要包括地表位移/变形、深部位移、结构应力/拉力、降雨量，以及宏观变形迹象、路况，监测内容见表6.1-1。

表 6.1-1 边坡滑坡监测项目表

监测项目		监测级别		
		A	B	C
变形监测	地表绝对位移	●	●	◎
	相对位移/裂缝宽度	●	●	●
	深部位移	●	◎	⊙
	结构物倾斜	●	◎	⊙
影响因素监测	降水量	●	◎	◎
	地下水位	◎	⊙	⊙
视频监控	宏观变形迹象、路况	●	◎	⊙
注：表中符号●表示应监测；◎表示宜监测；⊙表示可监测。				

6.2 边坡崩塌监测

6.2.1 边坡崩塌监测服务于公路交通安全，以危岩体为主要监测对象。

6.2.2 监测内容主要包括危岩体位移及倾斜、裂缝宽度、落石及路况，相应等级监测见表6.2-1。

表6.2-1 崩塌监测项目表

监测项目		监测级别		
		A	B	C
变形监测	地表绝对位移	◎	◎	⊙
	相对位移/裂缝宽度	●	◎	◎
	倾斜角度	●	◎	⊙
视频监控	落石、路况	●	●	◎

注：表中符号●表示应监测；◎表示宜监测；⊙表示可监测。

6.3 路基沉陷监测

6.3.1 根据沉陷范围、变形深度及沉陷原因等综合确定。

6.3.2 监测内容主要包括路基沉降、地表位移、降雨量，以及宏观变形迹象、路况，相应等级监测见表6.3-1。

表 6.3-1 沉陷监测项目表

监测项目		监测级别		
		A	B	C
变形监测	路基沉降量	●	●	●
	地表位移	●	◎	⊙
影响因素监测	降水量	●	◎	◎
	土体含水率	◎	⊙	⊙
视频监控	宏观变形迹象、路况	◎	⊙	⊙

注：表中符号●表示应监测；◎表示宜监测；⊙表示可监测。

6.4 泥石流路段监测

6.4.1 泥石流监测内容根据监测等级、规模及危害范围等综合确定。

6.4.2 泥石流监测内容主要包括泥/水位、降雨量，以及宏观变形迹象、路况，相应等级监测见表6.4-1。

表 6.4-1 泥石流隐患监测项目表

监测项目		监测级别		
		A	B	C
指标监测	泥/水位	●	●	●
	降水量	●	◎	◎
	土壤含水率	◎	⊙	⊙
视频监控	宏观变形迹象、路况	●	◎	⊙

注：表中符号●表示应监测；◎表示宜监测；⊙表示可监测。

6.5 监测精度

6.5.1 各监测内容所采用的方法参见表6.5-1。

表 6.5-1 监测方法及精度要求

监测内容		宜采用的监测方法	各监测等级精度要求		
			A	B	C
变形监测	地表绝对位移	自动全站仪	3mm	5mm	10mm
		卫星定位GNSS	水平方向2.5mm 垂直方向 5.0mm	水平方向 2.5mm 垂直方向 5.0mm	水平方向 2.5mm 垂直方向 5.0mm
	裂缝相对位移	位移计	0.1mm	0.5mm	1mm
	深部位移	测斜仪	0.05mm / m	0.1mm / m	0.5mm / m
	结构物倾斜	倾角计	0.1°	0.5°	0.5°
影响因素监测	降水量	雨量计	0.2mm	0.5mm	—
	水位	水位计	10mm	20mm	—
视频监控	宏观迹象、路况	云台摄像头	图形流畅和清晰	图形流畅和清晰	图形流畅和清晰

6.5.2 经论证采用技术先进的监测方法，，精度要求不低于表6.5-1的规定。

7 监测频率

7.1.1 自动化监测应为实时连续监测。

7.1.2 监测数据发送频率不低于下列要求：

1. GNSS数据：1h；
2. 位移计：10 min；
3. 测斜仪：30 min；
4. 倾角计：30 min；
5. 雨量计：10 min。

7.1.3 当监测系统发出橙色、红色预警时，应根据数据分析需要提高频率。

8 监测方案设计

8.1 资料收集与调查

8.1.1 编制监测方案宜收集下列资料：

- (1) 边坡、路基岩土工程勘察资料，包括地形图、工程地质条件、气象资料、地下水情况等；
- (2) 公路建设时的工程设计资料，竣工图；
- (3) 公路养护管理相关记录，病害历史；
- (4) 图像资料。

8.1.2 在获取相关资料后，进行必要的现场调查、测绘工作，重点补充缺失资料和查明现状。有条件的宜应用无人机、激光扫描等高效技术方法。

8.1.3 现场调查应查明变形破坏范围、性质、变形破坏特征、危害道路长度及范围、交通量等。

8.1.4 应调查边坡的地层岩性、地质构造、边坡结构类型、水文地质条件、边界条件，分析影响岩土体稳定性的因素、形成机理及成灾模式等。

8.2 监测方案

8.2.1 监测方案设计应围绕监测目的，充分分析利用收集和调查的资料，编制规范、合理的方案。

8.2.2 监测内容、监测方法、设备选型及精度应符合本规范。

8.2.3 监测设备布置应在现场调查的基础上，以“掌握危险动态、服务交通安全”为主要原则，同时考虑设备安全、数据稳定的现场条件。

8.2.4 监测用基准点、基站应设置在变形地质体影响区域及工程施工影响范围之外，选择稳固、可靠、开阔、使用方便的位置。

8.2.5 现场传感器布设应包括纵、横向监测断面线构成“十”“米”“井”“川”“卅”“田”等字型监测网，监测点宜布设在监测断面上。

条文说明：

“十”字型适用小范围重点监测（如裂缝发育区）。“米”字型适用于需多方位监测的孤立隐患点（如孤石、危岩体）。“井”字型适用于灾害体规模不大、长宽接近情况。“川”字型适用于影响路段较长、灾害体垂直路线方向长度小于30m的情况。“卅”字型适用于影响路段较长、灾害体垂直路线方向长度30~50m的情况。“田”字型适用于灾害体面积大，影响路段长度超过100m的情况。

8.2.6 监测断面布设应符合以下要求：

- 1 监测剖面应根据边坡类型、形态特征、地层结构、近期变形特征、发育阶段、影响因素及形成机制、破坏模式及其危险性等，以明显变化因素和主要控制因素为监测内容，以明显变形或潜在变形区段和关键块体为监测部位。
- 2 监测剖面应穿越不同变形地段或块体，兼顾外围和次生灾害体等。
- 3 纵剖面应与主要变形方向一致或相近，有两个或两个以上变形方向时，纵剖面应相应布设。

8.2.7 监测点位布设符合下列要求：

- 1 监测点位应根据剖面设计，布设在监测剖面线上或剖面线两侧潜在强烈变形区、地质灾害发展阶段标志性部位。
- 2 地表位移监测点应覆盖潜在隐患变形区域，监测断面间距宜为 30 ~ 80m，每个剖面不少于 2 个监测点。
- 3 沉降监测点宜布置在边坡平台或路肩。
- 4 倾斜角度监测点宜布设在支挡结构物顶部，或危岩体陡倾表面。
- 5 裂缝监测点应布设在主要裂缝或潜在开裂地段两侧，或布设在裂缝较宽或错位速率较大部位的中点或转折部位；每条裂缝应布设不少于 2 个监测点，当出现新裂缝时，应及时增设监测点。
- 6 深部位移监测孔深度应达边坡最下层潜在滑动面以下不小于 5m 处。每个深部位移监测传感器布置间距不宜大于2m，在潜在滑动面附近应适当加密。
- 7 地下水监测点宜沿主滑方向对应的监测线布设，优先考虑与深部位移或表面位移监测同点布设。
- 8 土含水率或孔隙水压力监测仪埋深应不小于 1 m，并沿垂直方向布设不少于 3 个传感器。
- 9 视频监控以监测路况和检测道路灾害事件为主，安装位置不受监测网格限制。
- 10 泥/水位计监测水位、泥位时，泥/水位计应高于50年一遇洪水位0.5m，并选择安全的岸

坡安装立杆。

- 8.2.8 监测方案应包括：概述、监测设计及内容、设备安装、监测预警及响应措施、维护方案、提交的成果资料、工程数量及预算等。应按照附录A编制。

9 监测设备安装、运行与维护

9.1 设备安装

- 9.1.1 监测设备安装前应进行校正、标定和测试，正常时方可安装使用。

- 9.1.2 设备安装应按照说明书的流程和要求执行。安装完成后应进行系统测试，正常时方能投入运行。

- 9.1.3 光伏供电系统应选择采光条件好的位置和方位，避免阳光被遮挡。

- 9.1.4 当监测设备位于路侧，应满足交通安全的相关规定。

9.2 运行与维护

- 9.2.1 监测运行期间，监测仪器（设备）应按说明书进行检定与维护。

- 9.2.2 监测运行期间，应定期检查设备接线、保护盒、监测钻孔、通信、供电、防雷装置等监测设施和标志的完好性，及时修复存在的问题。每年度检查维护次数不低于 2 次。

10 监测信息系统功能

10.1 一般规定

- 10.1.1 监测信息系统应能够自动接受监测站点采集、上传的数据，具备显示、存储、处理、
汇 总 、 分 析 监

测数据的功能，具备发布预报、预警信息的功能。

10.1.2 监测信息系统可实现与相关养护管理系统的数据共享。

10.2 数据采集、传输与共享

10.2.1 监测站点应具备一发多收、本地参数修改、上报周期参数加报、数报警、参数设置、自动校时功能、数据实时采集功能。

10.2.2 监测站点获取的各类监测数据，应发送市、省级相关信息系统中。

10.2.3 可根据监测工作需求自行添加监数据项，信息系统应具备可扩充数据表、数据项的功能。

10.3 系统主要功能

10.3.1 监测信息系统应能够自动实时获取监测传感器采集的数据；

10.3.2 监测信息系统应具备远程设置功能，主要包括监测站点地理位置、坐标、通讯卡号、预警阈值、短信等基本信息设置或站点的增减；

10.3.3 监测信息系统应具备上报周期参数设置功能；

10.3.4 监测信息系统应具备短信报警、声光报警、软件界面报警的启动及发布功能。

10.4 预警信息发布

10.4.1 专业监测系统应结合群测群防工作及时发布预报预警信息。

10.4.2 预警阈值应由专业技术人员结合地质灾害形成机理、变形特征、引发因素综合给出，动态调整。

10.4.3 预警方式宜采用手机短信、现场警报器、系统弹窗等多种形式的联动。

10.4.4 预警信息应覆盖养护管理、应急响应、直接受灾人员等。

11 预警等级与响应

11.1 预警等级划分

11.1.1 按照边坡地质灾害发生的发展阶段、紧急程度、不稳定发展趋势和可能造成的危害程度，预警等级分为四级，分别为一级（风险极高）、二级（风险高）、三级（风险较高）、四级（风险一般），依次用红色、橙色、黄色、蓝色标示。

11.1.2 预警等级信息含义

- 1. 蓝色预警（注意级）：地质灾害发生的可能性小，有一定的变形特征，在一年内发生的概率不大；
- 2. 黄色预警（警示级）：地质灾害发生的可能性较大，有明显的变形特征，在数周内或数月内大规模发生的概率大；
- 3. 橙色预警（警戒级）：地质灾害发生的可能性大，有一定的宏观前兆特征，在数天内或数周内大规模发生的概率大；
- 4. 红色预警（警报级）：地质灾害发生的可能性很大，各种短临前兆特征显著，在数小时或数天内大规模发生的概率大。

11.2 预警方法

11.2.1 对于经过较长时间蠕变的地质体，如滑坡、路基沉陷，应根据变形破坏模式、宏观变形迹象、监测数据特征分析确定所处变形阶段，当变形速率明显增大，将加速变形阶段再划分为：初加速、加速、加加速3个阶段，各阶段划分可参考切线角 α 指标。对应的预警等级见表11.2-1。

$$\alpha = \frac{180}{\pi} \arctan \frac{s_t}{s_0}$$
$$\alpha - \text{切线角}$$
$$s_t - \text{监测日平均变形速率}$$
$$s_0 - \text{蠕变阶段匀速变形速率}$$

表11.2-1 变形破坏阶段及预警等级

预警等级	四级	三级	二级	一级
预警颜色	蓝色	黄色	橙色	红色
加速阶段	变形速率增大	初加速	加速	加加速

切线角	>60°	>70°	>80°	>85°
-----	------	------	------	------

11.2.2 单点监测数据阈值应根据地质体规模、发育程度、设备安装点位、监测数据特征等综合 分 析 确 定 。
在监测初期数据积累较少时，可参考表11.2-2设置阈值初值。

表11.2-2位移监测预警阈值初值

监测项目 \ 预警等级		四级（蓝色）	三级（黄色）	二级（橙色）	一级（红色）
地表位移监测	变化速率（连续3d）	4mm/d	8mm/d	12mm/d	15mm/d
	累计合位移报警值	20mm	30mm	45mm	60mm
深部位移监测	合位移值变化速率（连续3d）	4mm/d	8mm/d	12mm/d	15mm/d
	累计合位移报警值	20mm	30mm	45mm	60mm

11.2.3 单参数预警主要通过单一设备直接获取或计算得到的指标判据来确定灾害发生的可能性，阈值应在 机理认识、历史经验和地区经验基础上研究设定并动态调整。

11.2.4 多参数综合预警主要通过多个指标判据的组合来综合确定灾害发生的可能性，预警模型应基于灾害 隐患的地质特征、影响因素及发展变化趋势，在综合分析变形与破坏特征的基础上确定，并根据 机理认识与监测数据及时调整。

11.3 应急响应

11.3.1 蓝色预警应对措施：蓝色预警发出后，监测技术人员应去现场对宏观迹象进行巡查，并将有关情况 反馈养护管理部门。

11.3.2 黄色预警应对措施：黄色预警发出后，限制交通流量，监测技术人员应去现场对宏观迹象进行巡查， 应加强监测数据分析，开展中期预警，研究发展趋势，并到现场进一步核查，将有关情况反馈至 养护管理部门。

11.3.3 橙色预警对应措施：橙色预警发出后，临时封闭交通，监测技术负责人应去现场对宏观迹象进行 巡查，加强对宏观变形迹象的监测，加强监测数据分析，开展短期预警研究，预测发展趋势，并到 现场进一步核查，将有关情况反馈至养护管理部门。

11.3.4 红色预警对应措施：红色预警发出后，交通管制，监测技术负责人应去现场对宏观现

象进行排查， 加强宏观变形监测及短临前兆监测，开展短临预警研究，并根据现场宏观变形等实际情况判定是否 封闭交通或降低预警等级。养护管理单位、交通管理单位前往现场进一步调查处置，若确属高危 险情，则立即按照应急预案和灾险情速报机制采取相应行动。

表11. 2-3 分级响应简表

预警等级	四级（蓝色）	三级（黄色）	二级（橙色）	一级（红色）
响应对策	加强巡查监测	限制流量，加大车距，现场排查	临时管制，排查危险，专家研判	交通管制，现场警戒

12 数据分析与监测报告

12.1 数据分析

12.1.1 动态分析一般应包括以下内容：

- (1) 各监测参数随时间变化的趋势性，分析地质灾害体变形动态、应力状态等发展趋势；
- (2) 各监测参数特征值变化的规律性，分析地质灾害体变形总量、速率及降雨等环境因素影响；
- (3) 不同监测参数之间相关关系变化的规律性，分析降雨、地下水、工程活动等因素对地质灾害体变形的影响。

12.1.2 可采用移动平均法、指数平滑法等方法预测短期变形发展趋势。进行趋势预测时应对监测数据序列 进行插补、剔除、平滑、滤波等处理，降低误差影响。

12.2 监测报告

12.2.1 阶段性监测报告宜以简报形式按月编写。对监测数据进行整理、分析，做出监测数据时程曲线，并 对监测数据或曲线进行综合分析，提出下一步监测工作建议。

12.2.2 年度监测报告应全面准确，突出重点，反映规律，结论明确。

12.2.3 监测项目服务期满后应编写监测总报告。

12.2.4 监测报告参考 附录B 监测报告提纲 编写。

附 录 A

(规范性附录)

自动化监测方案编写提纲

1. 前言

1.1 项目概况

1.2 监测目的

1.3 编制原则

1.4 编制依据

2 监测设计及内容

2.1 监测布设原则

2.2 监测设计

2.3 监测周期与频率

2.4 监测布置方案

2.5 设备选型

2.6 监测系统功能

3 设备安装

3.1 土建施工

3.2 各类设备安装

3.3 设备调试

4 监测预警及措施

4.1 总体要求

4.2 监测预警值

4.3 监测预警等级

4.4 预警响应措施

4.5 预警等级调整

5 维护方案

5.1 设备维护

5.2 系统维护

6 提交的成果资料

6.1 提交方式

6.2 成果报告内容

6.3 提交时间

7. 工程数量及预算

7.1 工程数量

7.2 费用概算

附 录 B

（规范性附录）

监测报告编写提纲

1. 前言

1.1 项目背景

1.2 目的和任务

1.3 编制依据

2. 监测方案概况

2.1 监测级别

2.2 监测内容、监测方法

2.3 监测设备布设

2.4 监测期和监测频率

3. 监测数据分析

分析各类设备监测数据基本规律，反映边坡的状态特征。

4. 预警情况及分析

说明监测系统发出预警的原因，现场情况，处理过程，预警方案的调整。

5. 地质灾害危险性动态评估

根据基础资料和监测成果，结合降雨等影响因素变化，分析边坡稳定状态，预测边坡发展变化趋势。

6. 结论与建议

根据监测预警结果，给出边坡安全状态结论，并提出养护管理和交通管理的建议。