

JTG

中华人民共和国推荐性行业标准

JTG/T ×××—202×

公路自然灾害监测预警系统技术规范

Technical Specification for Highway Natural Disasters Monitoring
and Early Warning System

(征求意见稿)

202×-××-×× 发布

202×-××-×× 实施

中华人民共和国交通运输部发布

前 言

根据《交通运输部关于下达 2025 年度公路工程标准制修订项目计划的通知》(交公路函〔2025〕474)的要求,由交通运输部公路科学研究院承担《公路自然灾害监测预警技术规范》(JTG/T XXXX—XXXX)(以下简称“本规范”)的制定工作。

本规范编制过程中,充分总结了我国公路及相关行业的自然灾害监测预警工程经验和相关科研成果,借鉴了国内外相关标准规范的先进技术方法,遵循安全可靠、稳定高效、经济合理、环境协调的基本原则,提出自然灾害监测预警系统的技术要求。

本规范共分为 11 章,分别是:1 总则,2 术语,3 总体要求,4 系统架构,5 监测设施,6 预警设施,7 监测预警信息系统,8 联网与数据要求,9 网络安全与认证要求,10 运维要求,11 升级改造要求。

本规范由***负责起草第 1 章,***负责起草第 2 章,***负责起草第 3 章,***负责起草第 4 章,***负责起草第 5 章,***负责起草第 6 章,***负责起草第 7 章,***负责起草第 8 章,***负责起草第 9 章,***负责起草第 10、11 章。

请各有关单位在执行过程中,将发现的问题和意见,函告本规范日常管理组,联系人:孟春雷(地址:北京市海淀区西土城路 8 号,交通运输部公路科学研究院,邮编:100088;电话:010-62079515;传真:010-62079724;电子邮箱:mcl@itsc.cn),以便修订时参考。

主 编 单 位: 交通运输部公路科学研究院

参 编 单 位:

主 编: 孟春雷

主要参编人员:

主 审: 王增贤

参与审查人员：

参加单位：

参加人员：

征求意见稿

目次

1 总则	1
2 术语	2
3 总体要求	4
4 系统架构	6
5 监测设施	9
5.1 一般规定	9
5.2 监测内容	9
5.3 监测方法	12
5.4 监测设施布设	13
6 预警设施	20
6.1 一般规定	20
6.2 预警内容及方法	20
6.3 预警设施布设	22
6.4 通信与供电	26
7 监测预警信息系统	27
7.1 一般规定	27
7.2 路段级信息系统	28
7.3 省级信息系统	30
8 联网与数据要求	32
8.1 一般规定	32
8.2 联网要求	33
8.3 数据要求	33
8.4 数据存储要求	34
9 网络安全与认证要求	35
10 运维要求	37
11 升级改造要求	39
附录 A 基础信息	40
附录 B 监测预警信息	43

1 总则

1.0.1 为规范公路自然灾害监测预警系统的建设和运行，提高公路基础设施防灾抗灾能力和技术水平，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、改扩建和运营期公路自然灾害风险路段的监测预警系统建设和运行。

1.0.3 公路自然灾害监测预警系统建设和运行应遵循“安全可靠、稳定高效、经济实用、适配兼容”的原则。

1.0.4 公路自然灾害监测预警系统应与路网运行监测、气象预测预报、地质灾害预警、应急处置等工作协同联动，综合确定自然灾害风险路段的监测预警范围。

1.0.5 公路自然灾害监测预警系统应根据运行和维护情况，进行动态优化，使其保持良好的工作状况与应用效果。

1.0.6 公路自然灾害监测预警系统应积极稳妥地采用新技术、新工艺、新设备、新理论，提高监测预警能力和水平。

1.0.7 公路自然灾害监测预警系统建设和运行除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定。

2 术语

2.0.1 公路自然灾害 highway natural disasters

自然灾害包括水旱灾害、气象灾害、地震灾害、地质灾害、海洋灾害、生物灾害、森林草原火灾等类型。本规范中的公路自然灾害主要指因洪涝、泥石流、崩塌、滑坡等自然作用导致的公路桥梁垮塌、路基边坡坍塌、隧道洞口边仰坡滑坡等公路重大突发损毁事件。

2.0.2 监测预警系统 monitoring and warning system

用于及时发现公路自然灾害以及影响通行安全的重大风险，并对影响区域的车辆有效告警和阻拦的系统，包括监测设施、预警设施和监测预警信息系统等。监测设施、预警设施统称为监测预警设施。

2.0.3 “天空地”一体化监测 integrated space-air-ground monitoring

集成天基（卫星遥感、导航定位）、空基（无人机、飞机）和地基（现场传感器、视频）监测手段，对公路自然灾害以及影响通行安全的重大风险实施立体化监测的综合技术。

2.0.4 监测设施 monitoring facilities

布设在公路自然灾害风险路段，用于采集、传输、存储桥梁、路基边坡、路面、隧道洞口边仰坡等状态，及时发现桥梁垮塌、路基边坡坍塌、隧道洞口边仰坡滑坡等公路突发灾害事件的设备及相关配套装置。

2.0.5 预警设施 early-warning facilities

布设在公路自然灾害风险路段及周边区域，用于对过往车辆进行告警、阻拦的设备及相关配套装置，包括告警设施、阻拦设施及相关配套装置。

2.0.6 监测预警信息系统 monitoring and early warning information system

融合监测预警设施数据和行业内外等多源数据，并对公路自然灾害进行分析处理和审核判断，当达到设定阈值，能够通过多种渠道及时发布预警的信息系统。监测预警信息系统包括省级信息系统和路段级信息系统。

2.0.7 自然灾害风险路段 natural disaster risk road section

由于所处地理位置、地形地貌、气象条件、地质构造等自然因素，面临洪涝、泥石流等一种或多种自然灾害威胁，且灾害发生的可能性较大、一旦发生可能对

公路造成严重损害的特定路段。

2.0.8 阻拦区 obstruction zone

通过布设告警和阻拦设施，当发生自然灾害时对车辆通行进行阻拦的区域。

2.0.9 告警区 warning zone

通过布设告警设施，当发生自然灾害时提醒车辆采取减速和停车措施的区域。

征求意见稿

3 总体要求

3.0.1 公路自然灾害监测预警系统应具备监测、研判公路桥梁垮塌、路基边坡坍塌、隧道洞口边仰坡滑坡等公路重大突发损毁事件以及影响通行安全的重大风险的能力，并及时进行预警。

3.0.2 公路自然灾害监测预警系统应包括监测设施、预警设施、监测预警信息系统及供电、通信、网络安全等配套设施。

3.0.3 监测设施应具备监测公路基础设施状态，并将监测数据实时回传至监测预警信息系统，支撑灾毁事件判别、告警阻拦与安全管控工作的能力。可构建“天空地”一体化监测技术体系，集成传感器、卫星遥感、导航定位、无人机、视频等多种监测手段。

3.0.4 预警设施应能接收监测设施或监测预警信息系统发送的告警和阻拦指令，及时启动告警设施和阻拦设施，

3.0.5 监测预警信息系统应按照“统一开发、分级部署”的原则，建设全省（区、市）统一的监测预警信息系统，并具备跨省、跨路段信息交互能力。

3.0.6 应充分考虑自然灾害的影响程度，合理选择通信、供电方案，提高监测预警设施在自然灾害发生时的工作稳定性，并具备通信、供电状况监测功能。

3.0.7 公路自然灾害监测预警系统应具备与路网运行、结构监测、养护巡查等相结合的能力，支持数据共享。

3.0.8 公路自然灾害监测预警信息系统宜具备与互联网地图导航平台、广播电台、移动运营商等多平台的数据共享能力，实现导航软件、车载收音机、手机短信等协同发布信息。

3.0.9 监测预警设施应定期进行校准，确保监测数据可靠性。

3.0.10 运营期公路自然灾害监测预警系统应加强与公路既有交通工程及沿线设施的杆件基础、供电、计算、存储和网络资源设施的复用。

3.0.11 新建和改扩建公路在设计阶段应综合项目所处地理位置、地形地貌、气

象条件、地质构造等因素评估监测预警设施建设的必要性。

征求意见稿

4 系统架构

4.0.1 公路自然灾害监测预警系统应由建设范围内的监测预警设施、监测预警信息系统两大核心业务模块，以及具备支撑作用的多源数据、协同发布终端等建设范围外配套资源共同组成，其系统框架如图 4.0.1-1 所示。

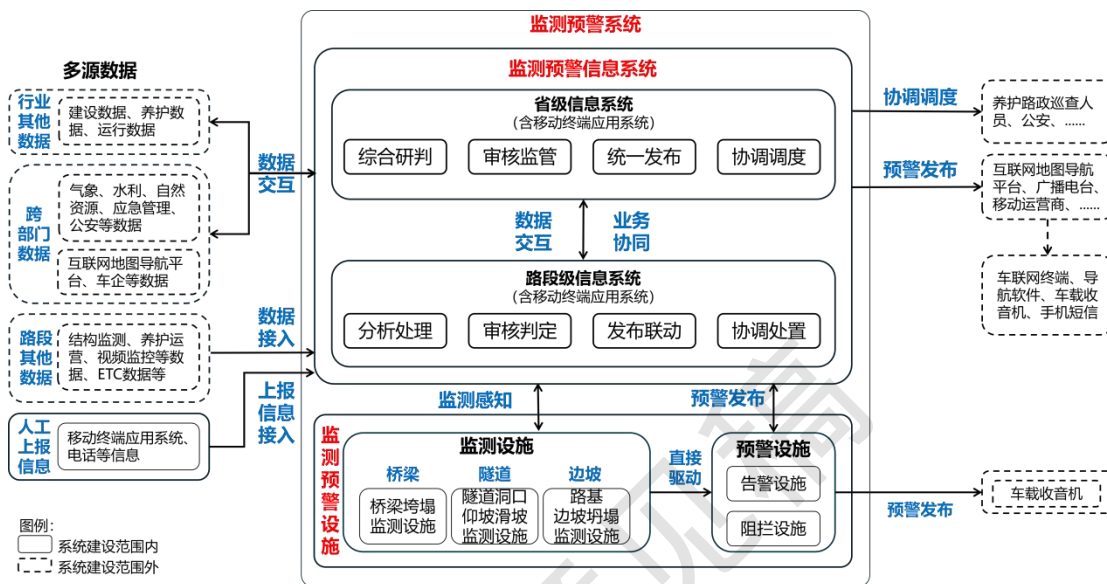


图 4.0.1-1 公路自然灾害监测预警系统架构图

条文说明：

现阶段我国高速公路主要由高速公路运营企业负责管养，普通国省道由各级公路管理机构（省公路局、省公路管理中心等）承担管理职责。省内高速公路运营企业按层级可划分为省级高速企业、地市级高速企业、独立路段运营公司三类。省级普通公路管理机构存在两种管理体制：一类为垂直管理模式，统一直接管辖市、县级公路管理机构；另一类仅对下级单位开展行业业务指导。

结合上述管理主体层级与管辖范围，高速公路区域级和普通公路市、县级可根据管理需求参考图 4.0.1-2 设置信息系统。省级交通运输主管部门、省级高速公路运营企业、省级普通公路管理机构可按省级信息系统标准建设监测预警信息系统；高速区域分公司、地市本级高速企业、跨区域全国性高速企业区域分支机构、地市级/区县级普通公路管理机构、独立高速路段运营及管理单位可按路段级信息系统标准建设监测预警信息系统。

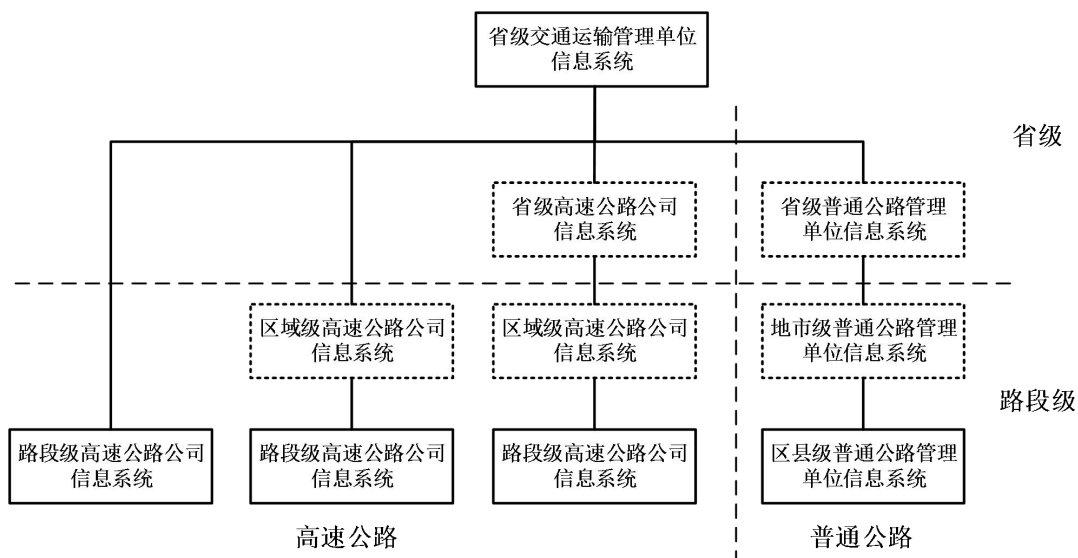


图 4.0.1-2 监测预警信息系统层级划分

4.0.2 监测预警设施应覆盖桥梁、隧道、边坡等风险路段，并符合下列要求：

- 1 监测设施应对现场状态进行实时监测，并向路段级信息系统上传现场感知数据，对监测数据进行研判。
- 2 监测设施应具备直接驱动预警设施发布预警信息的功能。
- 3 预警设施应具备接收监测设施、路段级信息系统和人工三种触发模式。

4.0.3 监测预警信息系统应包含路段级信息系统与省级信息系统，并符合下列要求：

- 1 路段级信息系统为一线监测预警业务处理平台，应具备分析处理、审核判定、发布联动、协调处置等核心功能。
- 2 省级信息系统为全省监测预警业务统筹管理平台，应具备综合研判、审核监管、统一发布、协调调度等核心功能。
- 3 路段级信息系统与省级信息系统应实行数据交互、业务协同的双向关系。
- 4 路段级信息系统和省级信息系统均应配置监测预警移动终端 APP。
- 5 监测预警系统应具备多源数据接入和协同发布信息数据接口。

4.0.4 具备支撑作用的多源数据宜包括行业内其他数据、跨行业数据、路段其他数据和人工上报数据，并符合下列要求：

- 1 行业内其他数据包括建设数据、运行数据、养护数据等。
- 2 跨部门数据宜包括气象、水利、自然资源、应急管理、公安等行业相关数据。

3 路段其他数据宜包括结构监测、养护运营、视频监控等数据、ETC 数据等。

4 人工上报数据宜通过手机移动终端、电话等渠道上报，手机报送 APP 可包括社会用户和管理用户 APP。

5 行业其他数据、跨部门数据、路段其他数据、人工上报数据等通过数据交互链路推送至省级信息系统或路段级信息系统。

4.0.5 协同发布终端宜包括通过互联网地图导航平台、广播电台、移动运营商等。

4.0.6 省级信息系统宜承担对外协调调度、统一发布的职能，协同养护路政巡查、公安等部门，与互联网地图导航平台、广播电台、移动运营商等社会化发布渠道统一发布预警信息。

征求意见稿

5 监测设施

5.1 一般规定

5.1.1 监测设施建设应满足公路自然灾害以及影响通行安全的重大风险的监测需求。

5.1.2 监测设施应具备对公路基础设施形态突变数据的采集与处理功能，以及对公路基础设施临灾风险数据的监测能力，可结合卫星遥感监测、无人机巡查监测、人工巡检辅助监测等方式实现公路基础设施灾害风险识别。

5.1.3 监测设施应具备对采集数据异常值的处理能力，并具备定时上报设备状态信息、监测阈值触发后实时上报监测数据的功能，宜具备接收上级系统指令的功能。监测设施状态信息及上报的监测数据宜按照本规范附录 B 的规定执行。

5.1.4 监测设施应质量可靠、数据传输稳定、耐久性良好，以及轻量化，设备防护等级应符合机电设备相关规范要求，水下监测设备应满足水下防护标准，耐温范围应适配户外极端环境，核心设备宜选用自主可控、先进适用的国产设备。

条文说明

根据《公路机电系统设备通用技术规范（JT/T 817—2025）》的相关规定，配有防护等级不低于 IP55 级机箱的室外机电设备外壳防护等级不低于 GB/T4208—2017 规定的 IP3X 级，其他室外机电设备外壳防护等级不低于 IP55。

5.1.5 监测设施建设应充分利旧，优先利用既有设施的杆件基础及供电、通信设施，宜利用既有计算、存储、网络资源环境部署监测数据分析应用。

5.1.6 监测设施应结合公路基础设施特点确定合适的部署安装方案，确保监测设施的稳定性、可靠性和防盗性能。

5.1.7 监测设施在投入运行前应进行功能及性能评估，投入运行后，每年汛期前宜进行周期校对，确认监测设施的准确性和稳定性。

5.2 监测内容

5.2.1 监测设施的监测对象应包括桥梁、路基边坡、隧道边仰坡等，监测内容

应符合下列规定：

1 应具备监测梁桥主梁位移、墩台倾角，以及拱桥拱脚位移的功能，过水桥梁宜具备监测水位的功能，应具备分析识别桥梁垮塌的能力。

2 应具备监测路基边坡地表位移、路面地表位移、路面沉降等功能，除岩质边坡外，宜具备监测路基边坡土壤含水率、周边降雨量的功能，应具备分析识别影响交通运行安全的路基边坡崩塌、滑坡、泥石流，以及路面沉陷与塌陷等灾毁信息的能力。

3 应具备监测隧道洞口边仰坡地表位移的功能，除岩质隧道洞口边仰坡外，宜具备监测隧道洞口边仰坡土壤含水率、周边降雨量的功能，应具备识别影响隧道洞口安全通行的边仰坡滑坡、泥石流等灾毁信息的能力

5.2.2 监测设施及其指标参数应符合表 5.2.2 的规定，宜根据监测内容、汛期环境特点配置质量可靠、数据传输稳定、耐久轻量化的监测设备。

表 5.2.2 监测内容、监测设施及指标参数

监测类别	监测内容	监测设施	技术指标
位移类监测	主梁位移、拱脚位移、隧道洞口边仰坡地表位移、边坡地表位移、路面地表位移、路面沉降	振动倾角一体化设备	角度范围不小于 $\pm 60^\circ$ 、精度不低于 0.5° ，振动精度不低于 0.1mg ，触发阈值后的连续采样时频率不低于 1Hz
		GNSS 一体化设备	静态精度水平优于 $\pm 5\text{mm} \pm 0.5\text{ppm}$ ，高程优于 $\pm 10\text{mm} \pm 0.5\text{ppm}$ ，触发阈值后的连续采样时频率不低于 1Hz
		地基雷达	形变测量精度不低于 1mm ，触发阈值后的连续采样时频率不低于 1Hz
		卫星雷达	形变测量精度应优于 $\pm 5\text{mm}/\text{年}$ ，监测频率不低于 $1\text{月}/\text{次}$ ，监测范围不低于路域两侧各 500m
		分布式光纤检测器	光功率损耗监测精度 0.1dB ，光功率损耗监测范围 $0\sim 20\text{dB}$
		光纤光栅检测器	光栅反射率一致性优于 5dB ，测量精度 $\pm 4\mu\epsilon$
		柔性测斜仪	量测方向包括 X、Y、Z 三向维度，非线性度 $\leq 0.45\%\text{FS}$ ($-60^\circ\sim 60^\circ$)，多节联动水平位移准确度 $\leq 2.6\text{mm}$ （长度 4米 ），多节联动垂直位移准确度 $\leq 11\text{mm}$ （长度 40米 ）
拉线式位移计	量程不少于 500mm ，分辨率不低于 5mm		

监测类别	监测内容	监测设施	技术指标
		静力水准仪	分辨率不低于 5mm，量程不低于 500mm，精度不低于 0.25%FS
倾角类监测	墩台倾角、主梁位移、拱脚位移、隧道洞口边仰坡地表位移、边坡地表位移、路面地表位移	振动倾角一体化设备	角度范围不小于±60°、精度不低于 0.5°，振动精度不低于 0.1mg，触发阈值后的连续采样时频率不低于 1Hz
灾毁动态识别类	桥梁垮塌、隧道洞口边仰坡滑坡、路基边坡坍塌	视频监控设施	像素不低于 400 万，最大变焦不低于 22 倍，等效帧率不低于 100FPS，可旋转角度 0~360°（水平），15~90°（竖向），具备事件实时检测、智能抓拍、视频实时查看功能。可识别并抓拍 50 米内直径大于 25cm 的快速运动对象，可识别速度超过 10cm/s 的坡体位移，具备在夜晚和恶劣气象条件下监控画面可视及智能识别检测能力，具备夜晚、大雾、大雨等情况的视觉增强能力
		地基雷达	形变测量精度不低于 1mm，触发阈值后的连续采样时频率不低于 1Hz
		无人机监测	抗风能力不低于 5 级，具备中雨以下作业能力，旋翼机悬停精度优于 0.5m。传感器配置：光学相机：像素≥2000 万，画幅≥全画幅，镜头焦距 16—50mm，支持 RAW 格式拍摄，用于获取高清可见光影像；激光雷达（LiDAR）：点云密度≥50 点/m ² ，测距精度≤5cm。对无人机采集的风险隐患信息，如基于视频或影像的线性隐患（如裂缝）识别，精度≤5mm；结合 LiDAR 点云数据分析识别路基沉降、边坡变形等分析隐患，误差≤10cm
水位监测	水位	水位检测器	精度不低于±1%FS
降雨量监测	降雨量	雨量计	精度不低于 2mm
土壤含水率监测	土壤含水率	土壤温湿度计	精度不低于 3%，量程范围 0%~100%
		卫星雷达	形变测量精度应优于±5 mm/年，监测频率不低于 1 月/次，监测范围不低于路域两侧各 500m

5.3 监测方法

5.3.1 针对不同监测对象和内容，宜采用多类监测方法协同融合的方式，包括传感器监测、视频 AI 智能分析监测、卫星遥感监测、无人机巡查监测、人工巡检辅助监测等，可充分发挥多种方法互补优势，以构建“天空地”一体化监测体系。

5.3.2 宜利用高分辨率卫星雷达遥感数据对公路沿线及周边区域进行时序形变监测分析，监测分析频率不少于 1 月/期，汛期可加密，实现毫米级形变精度的监测，形变起始参考点宜选择在基岩或构筑物基础等稳定区域，宜优先采用国产卫星雷达遥感数据。

5.3.3 宜利用无人机搭载光学智能摄像机、红外热成像或激光雷达等传感器，对公路沿线及周边区域进行巡查监测。

5.3.4 应采用 AI 智能视频分析算法，实现公路基础设施异常事件的全天候监测识别，并具备告警信息接口。

5.3.5 当遇极端环境或平台系统因断网、断电等无法与外场设施通信时，监测设施应支持本地自组网并驱动预警设施的接口能力。

5.3.6 可利用环境监测设施对边坡、桥梁、隧道洞口等区域进行降雨量、水位等环境监测数据采集与分析，为灾害风险监测提供辅助数据支撑。

5.3.7 监测设施的通信传输应符合下列规定：

- 1 高速公路的监测设施向路段级信息系统传输时宜采用现有光纤专网有线传输，无专网接入条件时可采用4G/5G无线网络传输。
- 2 普通公路的监测设施向路段级信息系统数据传输时宜采用无线网络传输。
- 3 感知模块与数据采集网关分离式监测设施，感知模块应采用有线或无线自组网方式与数据采集网关连接。
- 4 感知、通信、供电一体式监测设施，应采用4G/5G与路段信息系统连接，实现无线网络环境下的数据实时采集和传输。

5.4 监测设施布设

5.4.1 监测设施布设应依据灾害风险等级、地形地貌、结构特点，遵循“重点覆盖、冗余备份、便于维护”原则，高风险区域按规范配置冗余设施，实现监测无盲区。

5.4.2 桥梁监测设施的配置应根据不同监测项目确定，并符合表 5.4.2 的规定。

表 5.4.2 桥梁监测设施配置要求

监测内容	监测设施	配置要求
主梁位移	振动、倾角一体化设备	●
	地基雷达	○
	分布式光纤检测器	○
	光纤光栅检测器	○
拱脚位移	振动、倾角一体化设备	●
墩台倾角	振动、倾角一体化设备	○
水位	水位检测器	○
桥梁垮塌	视频监控	●
	拉线式位移计	○
	无人机监测	○
	地基雷达	○
注：●为应选监测项，○为可选监测项。		

5.4.3 桥梁监测点位布设应符合下列规定，可参考图 5.4.3。

1 梁桥的监测点宜布设在主梁或盖梁，拱桥的监测点应布设在拱桥拱脚，对于大跨径斜拉桥、悬索桥、连续刚构桥等可根据地质情况、结构特征等确定布设方案。

2 经桥梁安全风险评估，监测点应布设在受水毁、滑坡、泥石流等影响范围内的桥跨。

3 振动、倾角一体化设备监测墩梁相对位移时宜在梁端或盖板等不受外力影响位置布设；监测拱脚位移时宜布设于拱座上、下游两侧。

4 地基雷达可选取稳定区域进行布设，保证雷达的监测范围能够覆盖桥梁关键结构部分，实现梁体、桥墩、桥台关键部位的立体式监测。

5 分布式光纤检测器不可利用高速公路既有通信光缆，应根据桥梁构件型式及监测需求布设专用光纤，保证可覆盖所需监测的主梁或桥墩。

6 光纤光栅检测器的光纤传感器可根据桥梁构件型式和被测点需求合理选择布设方案，保证可覆盖所需监测的墩梁。

7 水位检测器宜布设在桥梁背向水流方向的桥墩上。

8 视频监控宜布设在梁桥和拱桥两侧桥头，保证桥梁整体运行情况视频可视范围内，若设备无法满足监测需求时宜合理增加监控点数量。如桥梁在地质灾害影响区域内，宜合理增加视频监控点，保证可监测桥梁整体运行情况、影响桥梁安全的周边环境情况等相关区域。

9 拉线式位移计宜根据桥梁构建类型布设于桥梁伸缩缝处。

10 无人机监测可采用人工巡检或者布设机巢定期巡检方式，适用于监测高墩、大跨桥梁。无人机机巢宜布设在相对稳定、平坦且空旷位置。

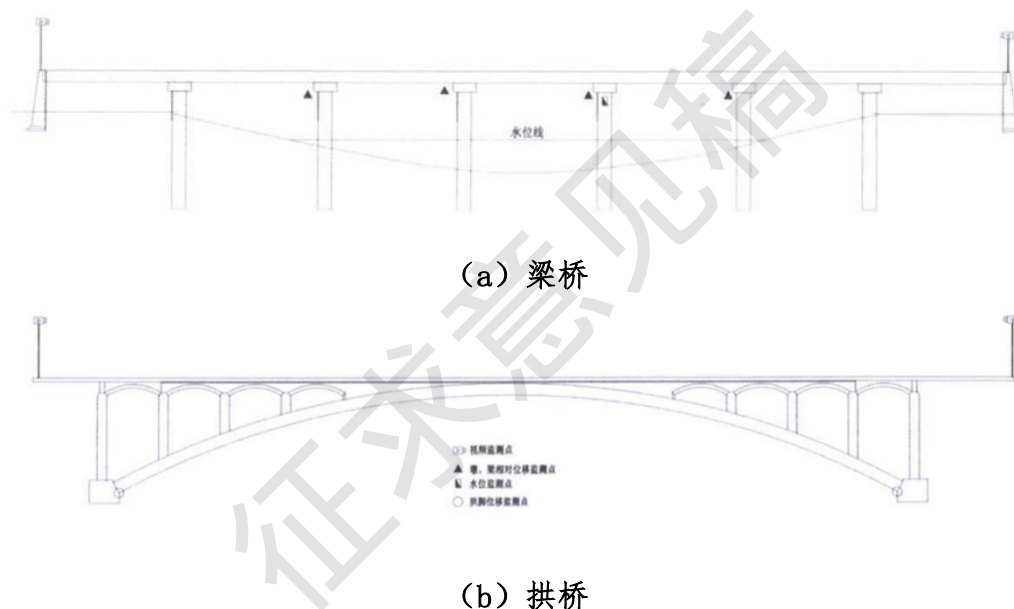


图 5.4.3 桥梁监测点位布设示意图

5.4.4 边坡监测设施的配置应根据不同监测内容确定，并符合表 5.3.5 的规定。可能受路域范围外地质灾害影响造成路面沉陷的风险路段可参考执行。

表 5.4.4 边坡监测设施配置要求

监测内容	监测设施	配置要求
边坡地表位移	振动、倾角一体化设备	●
	GNSS 一体化设备	○
	裂缝计	○
	地基雷达	○
	卫星雷达	○
	分布式光纤检测器	○

监测内容	监测设施	配置要求
	光纤光栅检测器	○
	柔性测斜仪	○
	振动、倾角一体化设备	●
路面沉降	静力水准仪	○
	卫星雷达	○
	雨量计	○
降雨量	雨量计	○
含水率	土壤温湿度计	○
	卫星雷达	○
路基边坡坍塌	视频监控	●
	无人机	○
	地基雷达	○
注：●为应选监测项，○为可选监测项。		

5.4.5 边坡监测点位布设应符合下列规定，可参考图 5.4.4。

1 监测断面应根据边坡类型、形态特征、边界条件、物质组成、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，选择明显变化因素和主要控制因素为监测内容，选择明显变形区段和关键块体为监测部位。

2 监测断面宜优先考虑“十”字形，纵断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，可根据监测需求扩展为“卅”字形、“卅”字形、“井”字形、“丰”字形或放射状等形式。

3 监测边坡地表位移时，振动、倾角一体化设备监测点位应根据监测断面设计，布设在断面线上或断面线两侧强烈变形区。

4 GNSS一体化设备可参考振动、倾角一体化设备布设，结合边坡情况适当减少布设密度。

5 地基雷达可布设在边坡附近稳定区域，保证雷达的监测范围能够覆盖整个边坡。

6 卫星雷达监测范围覆盖整个边坡及其周边区域。

7 分布式光纤检测器、光纤光栅检测器的光纤传感器可根据边仰坡结构特性和被测点需求合理选择布设方案，可采用S形敷设保证覆盖整个坡面。

8 柔性测斜仪垂直安装宜采用测斜管内安装或孔内直接安装，在入孔前应做好定向，保证仪器主位移方向标识线与待测对象主变形方向一致，待完全安装完成后测量并记录标识线方向。柔性测斜仪水平安装在边坡表面时，应与边

坡表面牢固固定并穿管保护，其中一端宜设定为基点，采用外部变形观测进行校核。

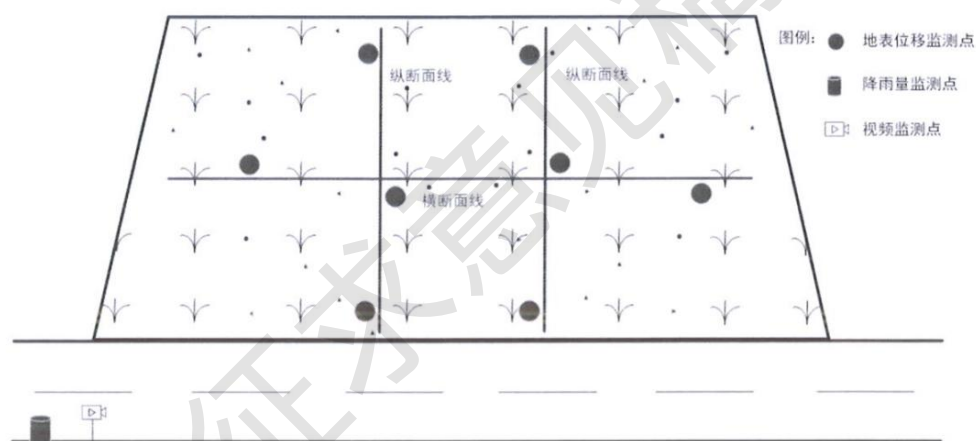
9 监测路面沉降的振动、倾角一体化设备或静力水准仪可布设在路肩等不影响交通通行的位置。

10 雨量计可布设在边坡外围相对稳定、平坦且空旷位置，雨量计上侧不应有遮挡。

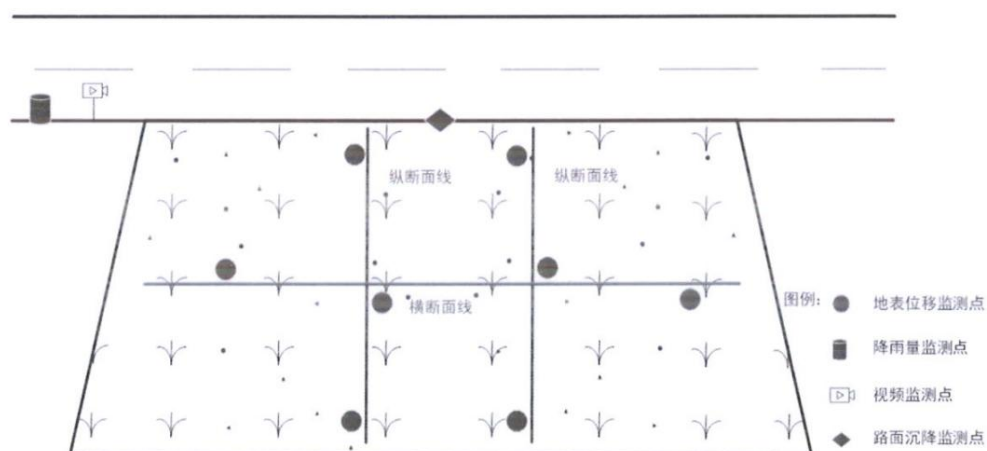
11 土壤温湿度计可布设于滑坡影响范围外的相对稳定位置。

12 视频监控点应布设在边坡周边稳定区域，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。

13 无人机监测可采用人工巡检或者布设机巢定期巡检方式监测边坡密集路段。无人机机巢宜布设在相对稳定、平坦且空旷位置。



(a) 路堑边坡



(b) 路堤边坡

图 5.4.4 边坡监测点位布设示意图

5.4.6 隧道洞口边仰坡监测设施的配置应根据不同监测项目确定，并符合表 5.4.6 的规定。

表 5.4.6 隧道洞口边仰坡监测设施配置要求

监测内容	监测设施	配置要求
隧道洞口边仰坡地表位移	振动、倾角一体化设备	●
	GNSS 一体化设备	○
	地基雷达	○
	卫星雷达	○
	分布式光纤检测器	○
	光纤光栅检测器	○
	柔性测斜仪	○
降雨量	雨量计	○
含水率	土壤温湿度计	○
	卫星雷达	○
洞口边仰坡滑坡	视频监控	●
	无人机	○
	地基雷达	○
注：●为应选监测项，○为可选监测项。		

5.4.7 隧道洞口边仰坡监测点位布设应符合下列规定，可参考图 5.4.7。

1 监测隧道洞口边仰坡地表位移时，振动、倾角一体化设备监测点位应根据监测断面设计，布设在断面线上或断面线两侧强烈变形区。仰坡中心监测点应布设在隧道轴线正上方地表位置，其他监测点自中心监测点由密至疏向两端布设。

2 GNSS 一体化设备可参考振动、倾角一体化设备布设，结合现场情况适当减少布设密度。

3 地基雷达可布设在隧道洞口前，监控范围覆盖主要坡面。

4 卫星雷达监控范围覆盖隧道洞口边仰坡及隧道顶部区域

5 分布式光纤检测器、光纤光栅检测器的光纤传感器可根据边仰坡结构特性和被测点需求合理选择布设方案，可采用 S 形敷设保证覆盖整个坡面。

6 柔性测斜仪垂直安装宜采用测斜管内安装或孔内直接安装，在入孔前应做好定向，保证仪器主位移方向标识线与待测对象主变形方向一致，待完全安装完成后测量并记录标识线方向。柔性测斜仪水平安装在边坡表面时，应与边坡表面牢固固定并穿管保护，其中一端宜设定为基点，采用外部变形观测进行校核。

7 雨量计可布设在隧道洞口外相对稳定、平坦且空旷位置，雨量计上侧不应

有遮挡。

8 土壤温湿度计宜布设于隧道洞口外的相对稳定位置。

9 视频监控应布设在隧道洞口前，可与雷达同点布设，保证目标边仰坡在视频监控最远距离范围内。

10 无人机监测可采用人工巡检或者布设机巢定期巡检方式，适用于监测隧道洞口及仰坡密集路段。无人机机巢宜布设在相对稳定、平坦且空旷位置。

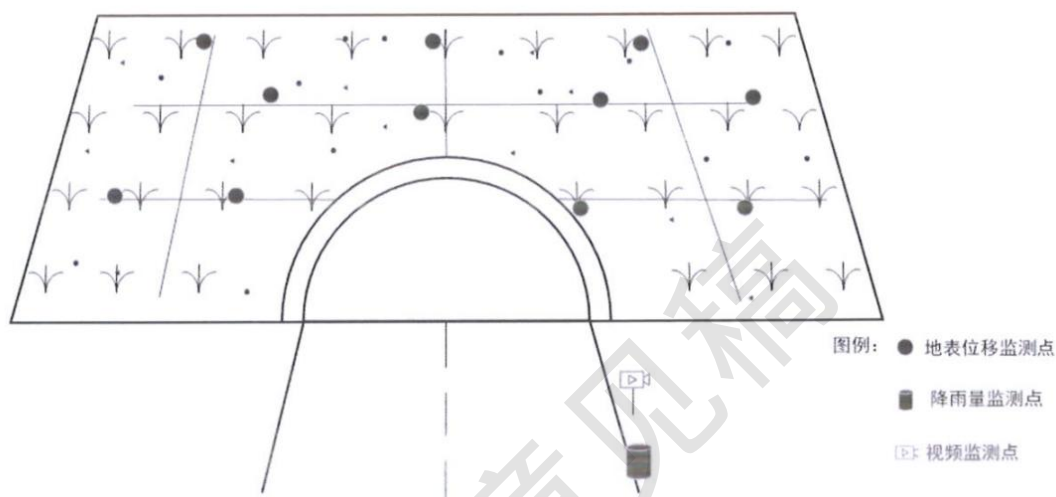


图 5.4.6 隧道洞口边仰坡监测点位布设示意图

5.5 数据传输与供电

5.5.1 监测设施的数据采集与传输应符合下列规定：

- 1 监测设施应实时采集监测数据，正常运行状态下可不实时传输，采样频率应满足表 5.2.2 的相关规定。
- 2 监测数据达到预警阈值时，应立即实时上传完整监测数据。
- 3 监测设施应每日定时上传监测数据，用于判定设备在线状态及数据完整性。

5.5.2 监测设施上报的数据应符合下列规定：

- 1 监测设施数据上报宜遵循TCP、HTTP、MQTT等通信协议。
- 2 监测设施应具备自定义数据上报频率功能。当监测数据达到告警阈值时应实时上报。

5.5.3 监测设施的供电应符合下列规定：

- 1 采用市电供电时，应具备不少于4h不间断应急供电能力。
- 2 采用太阳能供电时，电池容量应不低于连续7天无日照情况下监测设施正常运行的需求。
- 3 感知模块与数据采集网关分离式监测设施的感知模块应自带电池，电池供电能力应不低于2年。
- 4 感知、通信、供电一体式监测设施的电池供电能力应不低于2年。

征求意见稿

6 预警设施

6.1 一般规定

6.1.1 预警设施应具备及时告警、有效阻拦和多渠道信息发布能力。

6.1.2 预警设施按功能应分为告警设施和阻拦设施，并与监测设施、路段及省级信息系统数据互通、业务联动，具备边缘计算、边缘驱动、局域组网能力；支持自动、人工、边缘自主运行三种触发模式。网络中断等极端工况可依托边缘算力独立运行。

6.1.3 预警设施建设应遵循安全可靠、分级部署、经济实用、因地制宜的原则，结合路段自然灾害风险等级、道路技术指标、交通流量及地形地质条件实施差异化配置。

6.1.4 预警设施应根据设置环境选择适宜的安装方式，提高设备运行稳定性、可靠性和防破坏能力。

6.1.5 预警设施建设应充分利用既有设施，优先复用路侧摄像机、ETC 门架、可变情报板、路灯等既有杆件及供电、通信资源。

6.1.6 预警设施应具备状态自检、故障主动上报、联动状态反馈、运行日志留存的全流程运维功能。设施运行前，应完成功能验证、性能检测、业务联动及断网自主运行专项测试，保障设备运行稳定、联动响应可靠、全过程可追溯。

6.1.7 预警设施的技术指标、接口类型、通信传输协议及控制逻辑应标准化，便于兼容对接。

6.2 预警内容及方法

6.2.1 预警发布内容应规范统一，包含灾害类型、通行管控措施、安全提示用语、发布时间等核心要素，表述简洁、通俗易懂，应符合 GB/T 29108—2012《道路交通信息服务 信息发布规范》的规定。

6.2.2 预警内容应遵循分级递进、由远及近、多手段协同的总体原则，逐级强化预警力度，实现风险预警全覆盖、管控闭环。

6.2.3 预警设施应包含告警设施和阻拦设施，并符合下列要求：

1 告警设施包含有线广播、调频广播等声音告警设施，爆闪灯、照明设施、激光灯等光电告警设施，情报板、简易文字提示屏、静态提示标志等文字告警设施。

2 阻拦设施包含道路交通信号灯、路侧可变车道控制标志、电动栏杆、柔性垂幕等设施。

6.2.4 预警设施分类及功能技术要求宜符合表 6.2.4 的要求，在工程实施中可选择单一类型设备或多类型组合设备。

表 6.2.4 预警设施分类及功能技术要求

预警设施分类		功能技术要求
声音告警设施	有线广播	有线广播包含强声广播和定向广播。强声广播额定功率不低于 300W，最大声压级@1 米不低于 125dB。定向广播额定功率不低于 150W，最大声压级@1 米不低于 135dB，波束宽度(HxV)为 15° x30° 2kHz/-3dB。两种广播在最大声压级持续工作时间不低于 4h（最大声压级衰减不大于 3db）。
	调频广播	调频广播具备群载波（频率）和插播功能，在 87-108MHz 频率范围以 100/200kHz 为间隔同时产生调频信号。
光电告警设施	爆闪灯	具有红蓝发光二极管主动发光、交替高频闪烁的警示功能，其中红色和蓝色发光体各两组，每组应为尺寸相同的矩形，每组尺寸不低于 15 厘米×15 厘米，亮度不低于 5000 坎德拉每平方米，闪烁频率不低于 5 赫兹，红蓝交替闪烁时长比为 1:1。
	照明设施	道路照明平均亮度 1.5 坎德拉每平方米，照明总均匀度最小值为 0.4，纵向均匀度最小值为 0.7，眩光限值增量最大初始值为 10，环境比最小值为 0.5。
	激光灯	具有远程联动控制功能，紧急情况下光源可按照一定角度向来车方向照射。
文字告警设施	情报板	满足《高速公路 LED 可变信息标志》（GB 23828-2023）等相关规范要求
	简易文字提示屏	通过发光二极管黄色灯珠组成“停”字，字高不小于 30 厘米，爆闪警示功能启动后，文字应常亮，亮度不低于 5000 坎德拉每平方米。
	ETC 路侧设施	ETC 路侧设施发布预警信息应满足《公路电子不停车收费车路协同拓展应用技术规范》（JTG/T 6520-2024）等相关规范要求。
	交通标志牌	满足《道路交通标志和标线》（GB 5768）等相关规范要求。
阻拦设施	道路交通信号灯	具有远程联动控制功能，指数指标满足《道路交通信号灯设置与安装规范》（GB14886-2016）的要求。

路侧可变车道控制标志	充分利用现有门架进行安装,可对现有情报板、指示标志进行局部改造调整,使其具备警示功能。
电动栏杆	具有远程联动控制功能,可采用旋转短杆或长杆的方式,紧急情况下通过旋转对车辆进行阻拦,阻拦车辆进入风险路段。
柔性垂幕	可联动信息系统自动升降启闭,具备可视警示效果强、抗风抗冲击、安装便捷、可反复复位。

6.2.5 灾害风险路段应统一布设标准化警示阻拦标识,其样式、尺寸及布设位置应规范一致,清晰提示前方自然灾害风险路段属性。

6.3 预警设施布设

6.3.1 高速公路预警设施可根据灾害风险路段位置及影响范围分区布设,普通公路预警设施可根据距风险路段距离按点位布设。

6.3.2 高速公路预警设施布设区域应包括灾害风险区、阻拦区、告警区和联动区,布设示意图见图 6.3.2,并应符合下列要求:

1 灾害风险路段为可能造成的结构物损坏的最大范围。

2 阻拦区设置于灾害风险路段上游,自然灾害发生时,能够通过布设的告警设施和阻拦设施,阻止车辆进入灾害风险路段。阻拦区长度不小于运行速度要求的 1 倍停车视距。

3 告警区设置于灾害风险路段上游,自然灾害发生时,能够通过布设的告警设施,提醒区域内车辆采取减速停车、避让等措施。告警区长度不小于运行速度要求的两倍停车视距。

4 联动区可根据灾害影响范围利用公路既有信息发布设施,以及 ETC 路侧设施、第三方平台向过往车辆发布风险告知和提示信息。

条文说明:

高速公路按“灾害风险路段—阻拦区—告警区—联动区”分区布设。阻拦区长度不小于运行速度对应的 1 倍停车视距,是为保证车辆在进入风险路段前能够安全停车;告警区长度不小于运行速度对应的两倍停车视距,是为给司乘预留足够的感知、判断与减速距离。联动区不新增大量设施,而是依托既有信息发布手段与外部平台实现全域信息推送。

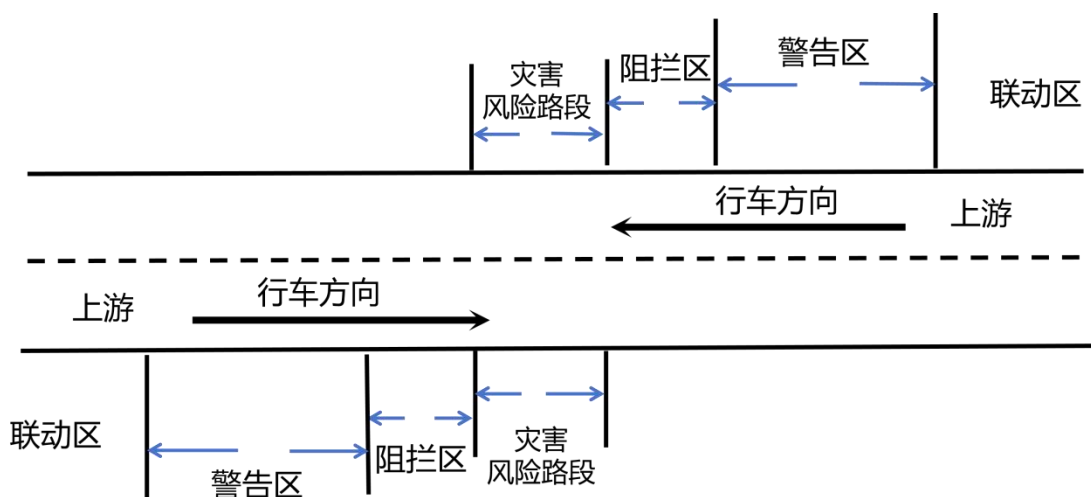


图 6.3.2 高速公路预警设施布设分区示意图

6.3.3 普通公路宜在风险路段前方 100m 和 500m 处布设有线广播、爆闪灯、简易文字提示屏等预警设施或组合型一体化预警设施，宜根据路段管理需求布设情报板；可在风险路段边界处布设道路交通信号灯、路侧可变车道控制标志、电动栏杆等阻拦设施。

条文说明：

普通公路一般不具备完整的机电与专网条件，故采用按点位（风险点前方 100 m、500 m）布设的简化方式，并以一体化预警设施为主，兼顾经济性与有效性。

6.3.4 高速公路桥梁、边坡风险路段预警设施布设应综合考虑工程特点、交通状况等因素，布设要求和布设方法可参考表 6.3.4。桥隧相连风险路段预警设施布设可参考 6.3.5、6.3.6 条。

表 6.3.4 高速公路桥梁、边坡风险路段预警设施布设要求

区域	预警设施	布设要求	布设方法
灾害风险路段	低位照明灯	○	60m~80m 间隔
	爆闪灯	○	60m~80m 间隔
阻拦区	有线广播、爆闪灯、简易文字提示屏一体化告警设施	●	阻拦区起终点
	道路交通信号灯、路侧可变车道控制标志	○	阻拦区起终点，可与简易文字提示屏结合设置
	电动栏杆、柔性垂幕	○	桥梁、边坡风险路段边界布设
	低位照明灯	○	60m~80m 间隔

区域	预警设施	布设要求	布设方法
	爆闪灯	○	60m~80m 间隔
告警区	有线广播、爆闪灯、简易文字提示屏一体化预警设施	●	告警区边界处布设
	情报板	○	告警区边界处布设
	低位照明灯	○	60m~80m 间隔
	爆闪灯	○	60m~80m 间隔
	有线广播	○	强声广播 100m 间距布设、定向广播 300m 间距布设
注：●为应选预警设施，○为可选预警设施。			

6.3.5 连拱隧道预警设施应综合考虑隧道长度、边仰坡结构、工程特点、交通状况等因素进行布设，布设示意图如图 6.3.5 所示，并符合以下要求：

- 1 隧道两端入口方向的阻拦区和告警区布设要求和布设方法可参考表 6.3.4。
- 2 可在隧道内布设调频广播，隧道洞口边仰坡滑坡事件发生时可结合有线广播将预警信息推送给过往车辆。

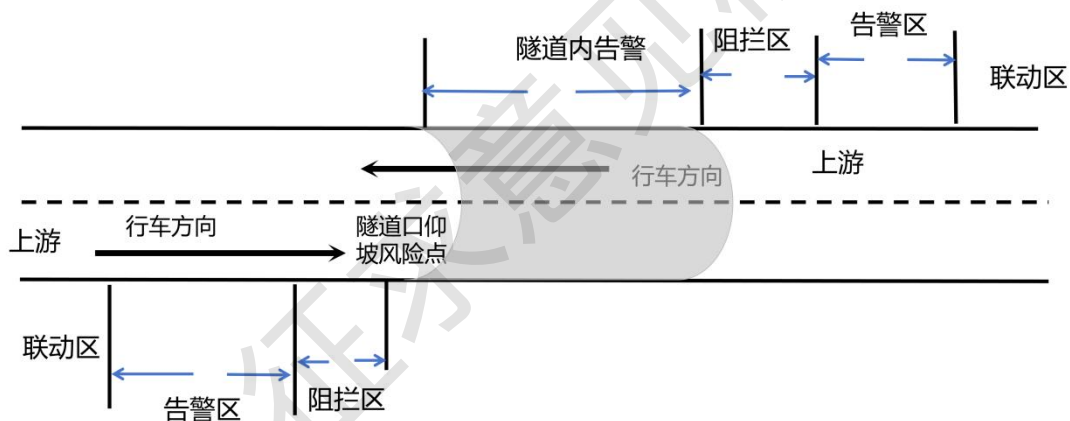


图 6.3.5 连拱隧道预警设施布设示意图

6.3.6 分离式隧道预警设施布设应综合考虑隧道长度、边仰坡结构、工程特点、交通量状况等因素进行布设，并符合以下要求：

- 1 灾害风险点位于隧道入口时，阻拦区和告警区布设要求和布设方法可参考表 6.3.4，布设示意图如图 6.3.6-1 所示。
- 2 灾害风险点位于隧道出口时，可参考下列布设方案，布设示意图如图 6.3.6-2 所示。
 - 1) 阻拦区和告警区布设要求和布设方法可参考表 6.3.4。
 - 2) 宜在隧道内布设调频广播设备，灾害事件发生时可结合有线广播将预警

信息推送给过往车辆。

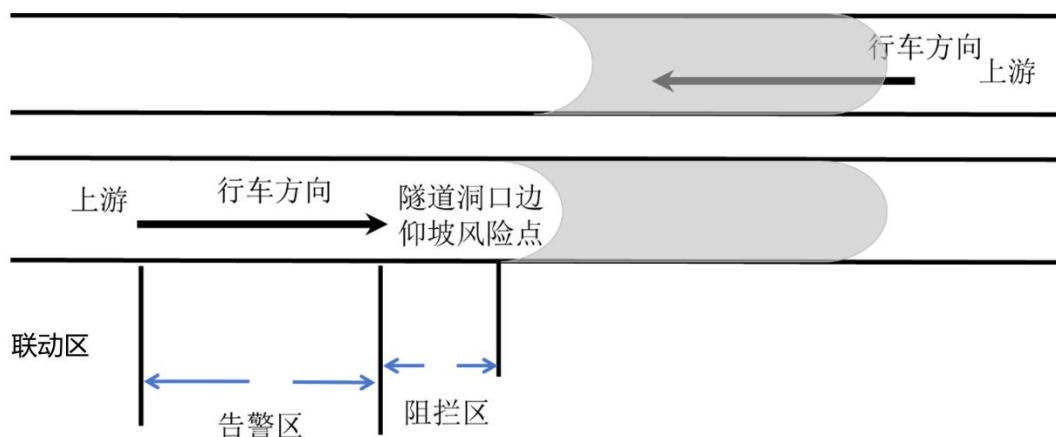


图 6.3.6-1 分离式隧道入口风险点预警设施布设示意图

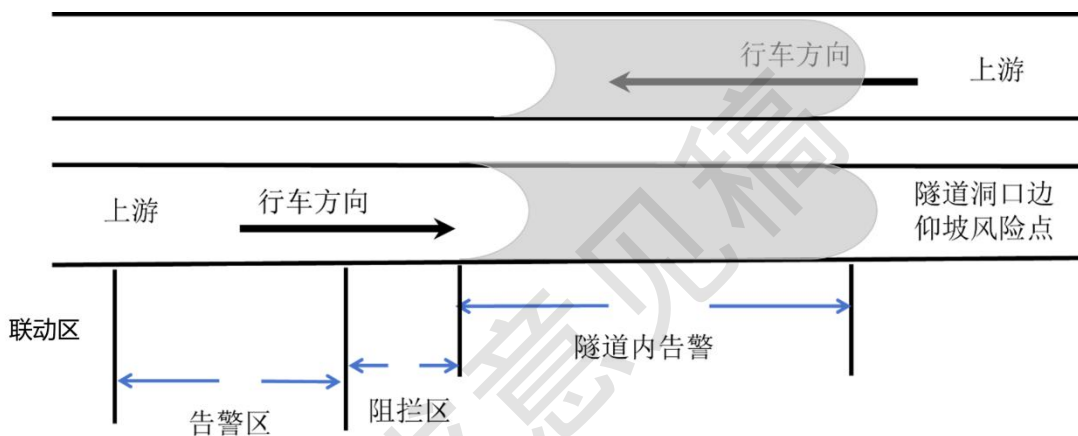


图 6.3.6-2 分离式隧道出口风险点预警设施布设示意图

6.3.7 小净距隧道预警设施可根据隧道洞口边仰坡滑坡发生时对隧道洞口通行车道的影响范围，参照第 6.3.5、6.3.6 条的规定进行布设。

条文说明：

本规范第 6.3.5~6.3.7 针对连拱隧道、分离式隧道、小净距隧道结构差异分别规定布设要求，连拱及小净距隧道左右洞相互影响大，宜统筹布设；分离式隧道左右洞相对独立，并区分风险点位于入口、出口的不同情形。隧道内布设调频广播并结合有线广播，是考虑隧道内无线信号弱、车辆多依赖车载收音机接收信息。

6.3.8 隧道群路段共用统一告警区、阻拦区，在首个隧道入口前设总告警区、阻拦区；隧道群内任一监测点位触发预警时，相邻隧道入口预警设施应同步联动启动，协同发布预警与管控指令，提前阻断车辆驶入整体风险区段。

条文说明：

隧道群因隧道间距小、车流连续，单座隧道触发预警时若不同步联动，易造成车辆在隧道间进退失据。故规定共用总告警区、阻拦区，并要求相邻隧道入口设施同步联动，提前阻断车辆驶入风险区段。

6.3.9 分离式路基、桥梁路段左右幅路基、行车通道相互独立，应接单幅分别划分告警区、阻拦区，独立联动、单独触发管控。

条文说明：

分离式路基、桥梁左右幅独立，接单幅划分告警区、阻拦区并独立触发，可实现单幅精准管控，避免一幅发生灾害即对双向交通全部封控造成的通行损失。

6.3.10 当桥梁、隧道洞口边仰坡、边坡风险路段距离较近时，可根据自然灾害事件影响区域共用预警设施或调整预警设施布设范围。

6.3.11 声音类告警设施宜与交通标志标牌布设相结合，提醒过往车辆开启车载收音机和手机导航功能，提高预警信息触达效果。

6.3.12 汛期可在灾害风险路段起始点、上游布置警示信息为“谨慎驾驶，减速慢行”的可移动标志牌。

6.4 通信与供电

6.4.1 高速公路预警设施数据传输宜采用既有光纤专网有线传输，通信接入点应处于风险点上游，无专网接入条件时可采用 4G/5G 无线网络传输；普通公路预警设施数据传输宜采用 4G/5G 网络传输。

条文说明：

高速公路一般具备光纤专网，优先采用有线传输以保证可靠性与时延；通信接入点设于风险点上游，是为避免灾害发生时接入点本身被毁导致链路中断。普通公路多无专网，故采用 4G/5G 传输。

6.4.2 预警设施的供电系统应符合下列要求：

- 1 采用市电供电时，应具备不少于 4h 不间断应急供电能力。
- 2 采用太阳能供电时，电池容量应不低于连续 7 天无日照情况下预警设施正常待机通信运行的需求，且启动后可连续工作时长不低于 4h。

7 监测预警信息系统

7.1 一般规定

7.1.1 监测预警信息系统应具备数据接入、分析处理、审核判断、预警发布、协调调度等功能。

7.1.2 数据接入应具备接入监测预警设施实时数据、多源数据和人工上报信息。

7.1.3 分析处理应具备监测设施数据之间、多源数据与监测预警系统数据之间的融合分析能力。

7.1.4 审核判断应具备根据阈值、规则、模型自动审核判断和人工审核判断的能力。

7.1.5 预警发布应具备按照预警等级、影响范围、发布对象和处置要求开展信息发布的的能力。

7.1.6 协调调度应具备协同上下级系统、跨部门快速处置，通知相关养护、路政巡查人员现场处置，协同公安等部门的协同处置能力。

7.1.7 信息报送应具备支持不同层级系统之间按职责开展信息报送、反馈和状态同步。

7.1.8 监测数据、预警数据、审核判断结果、视频记录、核查记录、预警发布记录、协调调度记录、处置记录应关联保存。

7.1.9 支持按要求向行业上级系统报送风险路段信息、监测预警设施信息、监测数据、预警数据、预警发布信息、处置信息等。

7.1.10 监测预警信息系统的数据库接入、预警发布和信息报送接口应符合统一接口、统一编码、统一格式和安全管理要求，并应支持调用记录、状态反馈和异常提示。

7.1.11 监测预警信息系统应具备移动应用能力，可采用手机应用、小程序、H5 移动端、巡查终端应用等形式。应符合下列规定：

- 1 支持查看监测预警数据。

- 2 支持对预警数据的人工审核与判断，并具备预警发布的功能。
- 3 支持对告警阻拦设施的直接预警发布，可实现预警的启动或停止。
- 4 支持根据不同角色接收监测预警处置任务，并具备文字描述和拍照上传的功能，用于任务反馈和信息采集。
- 5 与监测预警信息系统保持数据一致，并应根据用户角色配置相应数据范围和操作权限。
- 6 移动应用产生的审核记录、处置记录、现场反馈信息和上传资料应纳入监测预警信息系统统一管理。

7.2 路段级信息系统

7.2.1 数据接入功能应符合下列要求：

- 1 支持接入本路段监测预警设施实时数据。
- 2 支持接入人工报送数据，并支持对人工报送信息进行审核确认。
- 3 支持对接入数据进行统一展示和统一管理，并建立监测数据与风险点位、监测对象、监测设备和空间位置的关联关系。
- 4 支持对接入数据进行完整性、合理性和时效性检查，发现异常数据时应进行提示和记录。

7.2.2 分析处理功能应符合下列要求：

- 1 支持对监测数据进行异常识别、趋势判断和阈值比对。
- 2 应根据监测设施数据进行预警阈值配置。
- 3 宜结合其他数据，综合灾害风险路段所在点地质条件、环境条件、气象条件等信息，进行综合协同分析，配置预警初始阈值。阈值应历史统计值等进行动态管理，同时考虑日常管养控制需求。
- 4 支持不同监测设施、不同监测指标之间的数据协同分析。
- 5 宜结合导航预警数据、路段机电数据等进行综合分析，对监测预警设施数据进行补充判断。

条文说明：

- 3 预警初始阈值一般需结合灾害风险点的实际情况、工程经验值、历史统计值等进行确定。当无相关数据时，可参考基础设施结构监测相关规范等进行设定。由于监测预警系统和

结构监测系统功能定位不同，因此，监测预警系统的预警阈值的表征值一般大于结构监测阈值。

7.2.3 审核判断功能应符合下列要求：

- 1 支持自动审核判断和人工审核判断相结合。
- 2 当监测数据达到或超过单一预警阈值时，系统生成预警提示，应触发人工审核判定，对公路自然灾害风险实际发生情况进行分析。
- 3 人工审核判断可通过视频监控、现场人员巡查、监测设备实时数据、导航监测预警数据、机电设施状态数据、设施通信状态等信息进行综合判别分析。
- 4 多个不同监测设施数据同时触发阈值报警时，应自动审核判断，根据已配置的预警发布策略，直接进行预警发布，并触发人工审核机制，对公路自然灾害风险实际发生情况进行分析，维持、修正或停止预警发布。
- 5 应支持对误报、重复报警、无效报警等情况进行标记和原因记录。

7.2.4 预警发布功能应符合下列要求：

- 1 应具备预警设施启动、调整、终止和状态查询功能。
- 2 应具备预警发布策略配置，可配置发布对象、发布范围、发布内容、发布方式、设施类型和联动控制参数。
- 3 预警发布策略应与预警阈值配置进行绑定，支持达到发布条件时启动相应发布策略。
- 4 支持针对具体预警设施进行预警发布，可根据设施类型、设施位置和预警需求设置发布内容和控制方式。
- 5 应支持基于预警发布策略对公路灾害风险路段及周边区域的预警设施的一键自动控制发布。
- 6 对涉及阻断交通、封闭车道、限制通行等重要控制措施的，宜设置人工确认环节。
- 7 应记录预警发布过程，包括触发条件、发布内容、控制对象、控制指令、执行时间、执行结果和操作人员等信息。
- 8 支持将预警数据和预警发布需求报送省级信息系统，为跨路段发布和社会化渠道发布提供支撑。

7.2.5 协调调度功能应符合下列要求：

- 1 应具备对养护、路政巡查人员现场处置的调度功能，通过位置监测、任务分配、信息传递、信息上报等手段，精准指引相关人员高效完成现场处置任务。
- 2 具备对管理人员的通知功能，可通过短信、移动终端推送等方式，将预警信息、巡查进展和处置结果通知相关人员。
- 3 支持监测预警移动终端应用开展任务接收、现场反馈、图片上传、视频上传和处置结果回传。
- 4 宜具备路段有线对讲、无线对讲、外线电话、应急广播、紧急电话、隧道调频广播等音视频设备的协调调度能力。
- 5 可具备驱动无人机进行现场巡查的功能，通过远程控制或预设路径，指挥无人机对重点区域进行实时监测、数据采集和视频回传。
- 6 可具备与公安交管等部门协同处置的功能，通过信息共享功能，将公路自然灾害的预警数据、现场状况和处置需求及时传递给公安部门。

7.3 省级信息系统

7.3.1 数据接入功能应符合下列要求：

- 1 具备本省域内各路段级信息系统的统一接入和管理功能，通过标准化的数据接口和协议，将各路段信息系统接入省级信息系统，统一汇聚监测数据、预警数据和预警发布数据。
- 2 应接入气象监测与预警数据。宜接入水利、自然资源、应急管理、公安交管等跨部门或行业相关数据。
- 3 宜接入 INSAR 分析数据，实现桥梁、隧道、边坡、路面位移形变风险点识别。
- 4 宜具备跨省公路自然灾害事件数据交换、传递和共享能力。

7.3.2 分析处理功能应符合下列要求：

- 1 支持全省公路自然灾害风险态势综合研判能力。
- 2 支持结合路段上报数据、气象水文数据、地质灾害风险数据、视频图像、历史灾害信息和交通运行信息开展综合分析。
- 3 支持对连续降雨、区域性强降雨等致灾因素可能引发的公路自然灾害风险

进行综合研判。

7.3.3 审核判断功能应符合下列要求：

- 1 对路段上报的预警信息进行人工审核判断，结合多源数据以及相关路段的视频图像信息进行综合分析 with 判别。
- 2 对路段上报的跨路段协同预警发布需求，进行人工审核判断，确保协同预警的准确性、适用性及发布的有效性。
- 3 支持审核判断路段级信息系统预警阈值配置、自动触发判定依据。
- 4 可根据设备状态监测、数据传输质量对路段及信息系统运行情况进行审核判断。

7.3.4 预警发布功能应符合下列要求：

- 1 具备根据预警事件审核结果启动相应发布流程的功能，并具备按照处置规则取消或终止预警发布的功能。
- 2 对跨路段、跨区域或需要面向社会公众发布的预警信息，应组织统一发布。
- 3 应具备向互联网地图导航平台实时推送预警信息的能力。
- 4 宜具备向广播电台、移动运营商、车联网平台等渠道推送预警信息的能力，实现多渠道协同发布。
- 5 发布信息应与路段现场发布信息保持一致。
- 6 应记录统一发布过程，包括发布依据、发布内容、发布范围、发布渠道、发布时间、发布状态和反馈结果等信息。

7.3.5 协同调度功能应符合下列要求：

- 1 具备“一张图”展示功能，集中呈现本省（区、市）灾害风险路段基础信息，以及实时监测业务数据、支持对监测点位、预警事件和处置进展的直观展示与动态管理。
- 2 支持对跨路段、跨区域或影响范围较大的预警事件开展协调调度。
- 3 应具备对各路段的预警信息进行精准发布、音视频设备调度、及时通知相关人员，以及资源调度的功能，确保路段快速响应。
- 4 宜支持与公安交管、应急管理、气象、水利、自然资源等相关部门开展信息共享、会商研判和协同处置。

8 联网与数据要求

8.1 一般规定

8.1.1 监测预警设施、路段级信息系统、省级信息系统之间应实现联网运行，并采用稳定、安全的网络传输方式进行信息传输。

条文说明：

各级信息系统与监测预警设施之间保持联网运行稳定性与信息传输连续性、可靠性，省级信息系统具备与辖区内全部路段级信息系统联网功能，并通过级联或其他方式实现与监测预警设施之间的联网。

8.1.2 监测预警设施、路段级信息系统、省级信息系统及与其他系统之间应通过统一的标准数据协议或采用数据接口对接方式进行信息交互，路段级信息系统可采用数据中间件解决数据格式不统一问题。

条文说明：

监测预警信息系统要具备与各类外场监测预警设施稳定对接的能力，支持监测数据、设备状态信息以及预警控制指令的双向交互，同时具备接入气象、水文、地质等多源数据的能力。

8.1.3 应加强信息传输网络管理维护，确保各信息系统之间及信息系统与监测预警设施之间联网传输的信息安全、完整、准确，并符合下列要求。

1 各级信息系统之间及信息系统与监测预警设施之间传输的信息应至少包含监测预警系统基础信息、监测预警信息、监测预警系统检测及运维管理信息等。

2 各级信息系统应具备联网运行状态与信息传输质量检测功能，确保上下级系统之间信息一致、状态可追溯。

3 应建立监测预警系统联网运行管理机制，应实时监测管理系统连接状态、信息传输情况和运行稳定性。

4 应在日常运行中，结合系统运行特点和业务需求，定期记录运行状态监测、异常情况处置和运行情况等信息。

8.1.4 各级监测预警系统应同步采用北斗授时时间。

8.2 联网要求

8.2.1 监测预警设施、各级信息系统之间的联网应符合下列要求：

- 1 日常情况下，监测设施在线率应不低于 90%，预警设施在线率不低于 85%。
- 2 应支持跨层级、跨路段数据交互，确保各级系统之间的数据及时上传、下发和同步更新。
- 3 灾害风险路段位于跨省路段时，应通过省级信息系统之间或跨省相邻路段信息系统之间实现信息交互。
- 4 应加强与气象、水利、自然资源、应急管理、公安、互联网地图导航平台等跨部门、跨行业预警信息的双向共享和协同。

8.2.2 联网信息传输应符合下列要求：

- 1 省级信息系统与路段级信息系统之间的数据传输链路带宽应不小于 50Mbit/s。
- 2 视频监控设施应全部接入省级云平台，并支持以 128Kbps 码率（25 帧、CIF 分辨率）常推至云端，同时满足 1Mbps、4Mbps 及源码率视频上云能力。
- 3 远期可按实际业务传输需求进行带宽扩容。

8.2.3 系统响应及网络通信应符合下列要求：

- 1 信息系统接收到预警信息时的系统响应时间应小于 5s。
- 2 信息系统发出预警指令后，预警设施的响应时间应小于 10s。
- 3 系统实时采集延迟宜不大于 3s。
- 4 平均网络时延上限值应为 400ms。
- 5 平均抖动上限值应为 50ms。
- 6 丢包率上限值应为 1×10^{-3} 。
- 7 错包率上限值应为 1×10^{-4} 。

8.2.4 监测预警信息系统宜支持网络状况自动监控、网络故障诊断与管理、网络服务管理和网络性能管理等，宜通过心跳检测和链路检测等方式，检测各级信息系统之间及信息系统与监测预警设施之间的可达性、连通性。

8.3 数据要求

8.3.1 监测预警信息系统的数据应包含基础信息数据和监测预警信息数据。

8.3.2 基础信息数据应包括公路基础设施、灾害风险路段及监测预警设施布设等基础信息，数据格式要求见附录 A。

8.3.3 监测预警信息数据应包括监测设施采集数据、监测预警设施运行状态、公路自然灾害事件及相关视频图像、告警阻拦等信息，数据格式要求见附录 B。

8.3.4 各级信息系统数据应符合下列要求：

1 灾害事件发生时应主动推送记录时间、事件位置、事件类型、事件级别、事件来源、事件情况描述、附件（事件图片等）、事件所关联视频设备等信息。

2 事件类型包括桥梁垮塌、隧道洞口边仰坡滑坡、路基边坡坍塌等。

3 事件来源包括监测设施发现、事件自动检测、人工报送、外部信息共享及其他，同一事件可选择多个来源。

4 应及时更新数据。其中基础信息采取有变更则更新的方式，且不低于每年 1 次；监测预警信息应根据需要采取周期更新、实时更新、有变更则更新等方式。

8.4 数据存储要求

8.4.1 监测预警信息系统数据存储时间应符合下列规定：

1 视频类原始监测数据存储时间应不小于 90 天，其他类原始监测数据存储时间应不小于 2 年。

2 公路自然灾害事件的统计数据、分析结果等数据存储时间应不小于 20 年。

3 本指南规定的桥梁垮塌、隧道洞口边仰坡滑坡、路基边坡坍塌等公路自然灾害重大事件信息、处置记录、相关档案等应永久保存。

8.4.2 各级信息系统宜具备异地数据备份功能，利用通信网络将关键数据定时批量传送至备用场地。

9 网络安全与认证要求

9.0.1 监测预警系统应严格遵循《中华人民共和国网络安全法》及相关法律法规要求，并依据《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》（GB/T 22239）的相关规定开展定级、备案、建设、测评和运行管理等工作。

9.0.2 监测预警系统应按照“同步规划、同步建设、同步使用”的原则，落实网络安全保护措施。

9.0.3 监测预警信息系统应根据所处环境的网络安全防护措施，其安全保护等级应与其依托的环境网络安全等级保持一致，且该系统网络安全保护等级最低不得低于网络安全等级保护二级

9.0.4 当监测预警系统采用云计算、移动互联、物联网和工业控制系统等技术架构时，除满足本规范 9.2 节要求外，还应按照《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》（GB/T 22239）中对应安全等级的云计算、移动互联、物联网和工业控制系统安全扩展要求进行设计与防护。

9.0.5 采用公有云部署省级、路段级监测预警信息系统的，建设单位应与云服务商签订明确的安全责任协议，并向云服务商书面确认其所提供的安全措施能够满足与系统定级相同的网络安全等级保护要求。云上系统的安全技术配置、运行日志等应由建设单位或其授权第三方实施有效管理。

9.0.6 监测预警系统应采用符合《信息安全技术 信息系统密码应用基本要求》（GB/T 39786）相关规定的行业密钥和数字证书开展身份鉴别、接入认证、通信加密和数据安全保护等工作。

9.0.7 系统应优先采用具备自主可控能力的密码算法。涉及数据加密、签名、完整性校验等场景，宜根据应用场景需求，分别采用 SM2（非对称加密/签名）、SM3（哈希运算）、SM4（对称加密）等国密算法。

9.0.8 监测预警系统应根据业务分类和重要程度划分网络安全区域，并通过技术措施实现公网、专网有效隔离，宜按照便捷管理和集约管控的原则，为各网络区域分配地址。

9.0.9 宜遵循便捷管理与集约化管控的原则，为各安全区域、关键网络设备和业务系统统一规划并分配 IP 地址资源。地址分配应具备可识别性、可追溯性，便于实施精细化安全策略。

9.0.10 监测预警系统应在确保数据安全、合规的前提下，依法依规与公安、气象、自然资源、应急管理等相关单位及互联网地图导航平台开展数据共享与交换。任何数据共享行为均应经过授权审批，并采取技术手段防止数据泄露。

9.0.11 应对系统采集、产生、存储的全部数据实施分类分级管理。根据数据敏感性（如位置数据、视频图像、预警指令等）和业务影响程度，设置差异化的安全保护措施，包括但不限于：

- 1 访问控制：基于最小权限原则，配置细粒度的访问控制策略；
- 2 数据加密：对重要数据和敏感数据在传输（应采用 IPSec、SSL/TLS 等安全协议）和存储环节进行加密；
- 3 数据脱敏：在非生产环境或对外提供数据时，对敏感信息进行动态或静态脱敏处理。

9.0.12 应建立覆盖数据全生命周期的安全保护机制，包括数据的采集、传输、存储、处理、交换、备份、恢复与销毁等环节。各环节均应明确安全操作流程和责任主体，并留存不少于六个月的日志记录。

10 运维要求

10.0.1 应建立本级监测预警系统数据项清单，并定期更新。

条文说明：

监测预警系统数据项清单应涵盖监测预警信息系统与各类外场监测预警设施，并在系统运行过程中可跟踪其运行状态，若出现多设施异常等先兆情况，应及时排查异常原因，确保能够稳定支撑监测数据采集、分析处理、预警发布和应急处置等业务。

10.0.2 应加强监测预警系统的日常运行维护，并符合下列规定：

1 应制订运维计划，建立设备维护台账、备品备件清单、系统年度维护（含备品备件）费用计划等。日常运行维护应覆盖信息系统、通信链路和外场设施等各个组成部分，确保设备状态、数据传输和业务功能保持正常。

2 应按照有关管理制度，开展设施储存、防护、检查、维护、维修、报废等工作。

3 应根据监测预警需求和设施的生产日期、质保期、退役年限等，安排设施维修、报废、更新计划等，并调整设施关键部件的储备类型、数量。

4 应定期检查设施运行状态、技术状况、维护情况及信息系统运行情况等，并记录运行情况及巡检情况等，必要时进行性能测试，检查周期最长不应超过6个月。

5 应监测、定期检查信息系统联网情况及跨部门共享数据交互状态，并结合各省实际做好系统升级与信息更新工作。

6 监测预警设施不得随意拆除、丢弃随机附件，应做好各种记录，储备的设施关键部件不得随意挪用、借用。

10.0.3 应加强监测预警系统汛期前专项维护和汛期可靠运行维护，加密检查频次，并符合下列规定：

1 在汛期前，应对监测预警系统开展针对性的检查和维护，重点关注外场设施运行状态、供电通信保障以及系统整体可靠性。

2 在汛期运行过程中，应保障系统持续稳定运行，确保监测数据采集、预警发布和应急处置支撑不中断，为防汛和应急管理提供可靠支撑。

10.0.4 应定期或不定期对监测预警系统适应性进行分析、性能评估，并符合下列规定：

1 应通过在线或人工校准监测预警设施，检查并调整数据采集、传输、存储和处理系统参数。

2 应动态评估系统适用性和设备性能，分析系统运行效果并总结应用经验，持续动态优化调整预警方法和阈值，不断提高监测预警的准确度。

条文说明：

在监测预警系统运行过程中，根据风险点位实际，持续对监测预警系统开展适应性分析和设备性能评估，因地制宜动态调优系统参数、设施监测预警方法和阈值。

10.0.5 监测预警系统应支持对灾害事件、系统运行情况和运行维护工作进行记录和汇总，形成灾害事件报告，并定期自动形成日常运行报告、专项运行维护报告等。

10.0.6 监测预警系统应具备故障自动检测、自动报警、时钟校准等功能。应对系统故障、设备异常和通信中断等情况进行监测，并及时开展处置。

10.0.7 监测预警系统发生故障后，应立即安排维修。一般故障应在 12 小时内修复，严重故障除不可抗力原因外，应在 3 日内修复。

10.0.8 监测预警系统运行应具备稳定的供电和通信条件，保障信息系统和外场设施在正常和特殊情况下均能持续运行。应配备应急电源设备，汛期前应及时维护或更换，确保监测预警信息在断电情况下能够及时、稳定地采集与发布。

10.0.9 应加强监测预警系统的技术培训及应用演练，使相关人员熟悉系统功能和操作流程。

10.0.10 应在监测预警设备安装后对其精度进行校准，并在运行过程中定期校准监测预警设备的精度，确保监测数据可靠性。

10.0.11 应根据应用需求、运行环境与所选择的监测预警设备，在初始阈值基础上根据监测、报警与误报情况，持续进行动态调整和优化。

11 升级改造要求

11.0.1 监测预警系统应定期开展功能与性能评估，根据技术发展和实际防控需求，对于运行正常且能满足业务需求的系统，应继续使用。对于运行基本正常但经升级扩容才能满足预警业务需求的系统，宜进行升级改造。

11.0.2 对既有监测预警设施升级改造前，应结合风险路段区域、设备的应用效果、配套设施、点位布设以及通信供电方案，合理确定升级改造的规模。

11.0.3 监测预警系统升级改造应遵循充分利旧、经济适用、先进实用、因地制宜和集约节约的原则。

11.0.4 应定期对老旧监测预警设施进行升级，替换为精度更高、稳定性更强的智能化设备，确保监测数据精准性。

11.0.5 应结合养护工程，升级改造系统的数据传输和分析能力。将历史监测数据、其他平台数据融入升级过程，

11.0.6 监测预警设施及其配套设施升级改造施工期间，应实施科学合理的交通组织，保障所在路段正常通行。

附录 A 基础信息

A.1 灾害风险路段点位信息

序号	字段名称	字段代码	字段类型	长度	是否必填	备注（说明）
1	风险点位编号	riskid	字符型	12	是	风险点位编号，要求省（区、市）内唯一。 按照县级行政区划代码（6位）+风险类型编码（2位）+顺序号（4位）。4位顺序号由省级信息系统统一生成。 其中县级行政区划代码参照现行《中华人民共和国行政区划代码》（GB/T2260）中规定的行政区划代码。 风险类型编码按以下方式确定：BT-崩塌，HP-滑坡，NL-泥石流，CT-沉陷与塌陷，QT-其他。
2	风险类型	risktype	数字型	1	是	1-灾害普查、2-设计回溯、3-其他
3	风险等级	risklevel	数字型	1	是	1-高风险、2-较高风险、3-其他。 随时更新，有变动即更新。
4	所在行政区划代码	admincode	字符型	6	是	参照现行《中华人民共和国行政区划代码》（GB/T2260）中规定的行政区划代码。
5	所在路线编号	roadid	字符型	10	是	风险点所在公路路线编号，参照 GB/T 917-2017 公路路线标识规则和国道编号中的规定的路线编号。
6	起点桩号	bgnstake	字符型	10	是	风险点所在公路的起点里程桩号，使用“K1234+567”形式。
7	止点桩号	endstake	字符型	10	是	风险点所在公路的止点里程桩号，使用“K1234+567”形式。
8	方向	direction	数字型	1	是	1-上行、2-下行、3-双向
9	起点位置经度	bgnlng	数字型	3,6	是	GCJ-02 坐标系标准，单位是度，保留小数点后 6 位。
10	起点位置纬度	bgnlat	数字型	3,6	是	GCJ-02 坐标系标准，单位是度，保留小数点后 6 位。
11	止点位置经度	endlng	数字型	3,6	是	GCJ-02 坐标系标准，单位是度，保留小数点后 6 位。
12	止点位置纬度	endlat	数字型	3,6	是	GCJ-02 坐标系标准，单位是度，保留小数点后 6 位。
13	备注	remarks	字符型	256	否	其他未尽事项说明。
14	更新时间	updatetime	字符型	30	是	YYYY-MM-DD hh:mm:ss

A.2 监测预警设施信息

序号	字段名称	字段代码	字段类型	长度	是否必填	备注（说明）
1	监测预警设施编码	equipcode	字符型	20	是	监测预警设施编码要求省（区、市）内唯一。按照监测预警设施类型编码（2位）+所属设施监测预警类别编码（2位）+县级行政区划代码（6位）+顺序号（6位）。6位顺序号由省级信息系统统一生成。其中县级行政区划代码参照现行《中华人民共和国行政区划代码》（GB/T2260）中规定的行政区划代码。监测预警设施类型编码、所属设施监测类别编码参照表 A.3。
2	所在路线编号	roadid	字符型	10	是	设施所在公路路线编号，参照 GB/T 917-2017 公路路线标识规则和国道编号中的规定的路线编号。
3	位置桩号	stake	字符型	10	是	所在公路里程桩号，使用“K1234+567”形式。
4	方向	direction	数字型	1	是	1-上行、2-下行、3-双向
5	位置经度	lng	数字型	3,6	是	GCJ-02 坐标系标准，单位是度，保留小数点后 6 位。
6	位置纬度	lat	数字型	3,6	是	GCJ-02 坐标系标准，单位是度，保留小数点后 6 位。
7	所在行政区划代码	admincode	字符型	6	是	参照现行《中华人民共和国行政区划代码》（GB/T2260）中规定的行政区划代码。
8	用户接收终端类型	receivetype	数字型	1	否	1-车联网终端、2-车载收音机、3-导航软件、4-手机 APP、5-手机短信、6-ETC 终端（OBU）
9	管理机构层级	deptlevel	数字型	1	是	1-路段级、2-省级
10	管理机构代码	deptid	数字型	20	是	管理机构代码要求省（区、市）内唯一。参照《公路交通阻断信息报送制度》中规定的管理机构代码。
11	管理机构名称	deptname	字符型	40	是	参照《公路交通阻断信息报送制度》中规定的管理机构名称。
12	联系人员	name	字符型	30	否	联系人员姓名。
13	联系电话	mobile	字符型	15	否	联系人员电话。

A.3 监测预警设施编码及采集数据

类型	编码	设施类别	数据采集项
监测设施： 10-桥梁监测设施 20-隧道监测设施 30-边坡监测设施 40-其他监测设施	01	振动、倾角一体化设备	位移量
			X 轴方向振动加速度
			Y 轴方向振动加速度
			Z 轴方向振动加速度
			X 轴方向倾角量
			Y 轴方向倾角量
	02	GNSS 一体化设备	X 轴方向地表位移累计量
			Y 轴方向地表位移累计量
			Z 轴方向地表位移累计量
	03	静力水准仪	垂直位移量
	04	水位检测器	水位高度
	05	雨量计	降雨量
	06	雷达	形变量
	07	分布式光纤检测器	光纤衰减量
	08	光纤光栅检测器	应力应变量
09	视频监测	事件发生状态、事件类型、视频、图像	
		视频流	
预警设施： 40-告警设施 41-阻拦设施 42-车载设施	01	有线广播	播放状态、播放内容
	02	调频广播	播放状态、播放内容
	03	爆闪灯	闪烁状态、闪烁频率、闪烁亮度
	04	照明设施	照明状态、照明亮度
	05	激光灯	显示状态、显示内容、显示亮度
	06	情报板	显示状态、显示内容、显示亮度
	07	简易文字提示屏	显示状态、显示内容、显示亮度
	08	ETC 路侧设施	场景子类型代码
	09	道路交通信号灯	显示状态
	10	路侧可变车道控制标志	显示状态
	11	电动栏杆	抬起状态
	12	软性垂幕	抬起状态
其他设施： 90-其他设施	00	其他设施	/

附录 B 监测预警信息

B.1 监测预警设施状态信息

序号	字段名称	字段代码	字段类型	长度	是否必填	备注（说明）
1	监测预警设施编码	equipcode	字符型	20	是	使用 A.2 设施信息中的监测预警设施编码。
2	设施是否在线	online	数字型	1	是	1-在线、2-离线、3-无法确定，更新频率为 5 分钟。
3	设施是否正常运行	status	数字型	1	是	1-正常、2-故障、3-断电、4-运维、5-其他。更新频率为 5 分钟。
4	备注	remarks	字符型	256	否	其他未尽事项说明。
5	更新时间	updateime	字符型	30	是	YYYY-MM-DD hh:mm:ss

B.2 灾害事件信息

序号	字段名称	字段代码	字段类型	字段长度	是否必填	备注(说明)
1	事件编号	eventid	字符型	20	是	事件编号, 要求省(区、市)内唯一。 按照 TF(2位)+日期(8位)+顺序号(4位)规则进行编号, 如“TF202501130001”, 表示 2025 年 1 月 13 日在该省(区、市)发生的第 1 起突发事件。
2	事件原因	eventreason	数字型	1	是	1-洪涝、2-泥石流、3-崩塌、4-滑坡、5-其他
3	事件类型	blockDegree	数字型	1	是	1-桥梁垮塌、2-隧道洞口边仰坡滑坡、3-路基边坡坍塌、4-其他
4	事件级别	eventlevel	数字型	1	是	参照《公路交通阻断信息报送制度》中规定的事件级别, 1-重大事件、2-一般事件
5	事件情况描述	summary	字符型	256	是	参照《公路交通阻断信息报送制度》中规定的事件情况描述。
6	事件信息来源	eventsource	数字型	1	是	1-监测设施发现、2-事件自动检测、3-人工报送、4-外部信息共享、5-其他
7	是否位于风险路段	isriskroad	数字型	1	是	1-是、2-否
8	所在行政区划代码	admincode	字符型	6	是	参照现行《中华人民共和国行政区划代码》(GB/T2260)中规定的行政区划代码。
9	所在路线编号	roadid	字符型	10	是	节点所在公路路线编号, 参照《公路路线标识规则和国道编号》(GB/T 917-2017)中的规定的路线编号。
10	位置桩号	stake	字符型	10	是	所在公路里程桩号, 使用“K1234+567”形式。
11	方向	direction	字符型	1	是	1-上行、2-下行、3-双向
12	位置经度	lng	数字型	3,6	是	GCJ-02 坐标系标准, 单位是度, 保留小数点后 6 位。
13	位置纬度	lat	数字型	3,6	是	GCJ-02 坐标系标准, 单位是度, 保留小数点后 6 位。
14	备注	remarks	字符型	256	否	其他未尽事项说明。
15	附件地址	fileurl	字符型	256	否	文件相对路径地址, 支持 Word、excel、wps、pdf、jpg、png、mp4 等格式, 单个文件大小不超过 10MB。
16	事件所关联视频设备	camer anum	字符型	40	是	事件所关联的摄像机编号, 使用全国高速公路视频监控优化提升技术要求中规定的摄像机编号。若有多个摄像机时, 用英文状态下的“;”隔开。
17	更新时间	update time	字符型	30	是	YYYY-MM-DD hh:mm:ss

B.3 预警信息

序号	字段名称	字段代码	字段类型	字段长度	是否必填	备注（说明）
1	预警编号	alarmid	字符型	15	是	预警编号，要求省（区、市）内唯一。按照 GJ（2 位）+日期（8 位）+顺序号（3 位）规则进行编号，如：GJ20250113001，表示 2025 年 1 月 13 日发生在该省（区、市）的第 1 个预警。
2	所属事件编号	eventid	字符型	20	是	使用 B.2 灾害事件信息中的事件编号。
3	预警类型	alarmtype	数字型	1	是	1-阻拦、2-告警
4	预警信息描述	alarminfo	字符型	256	否	预警信息详细描述。
5	预警信息来源	alarmsource	数字型	1	是	1-监测设施发现、2-智能分析、3-人工报送、4-外部信息共享、5-其他
6	预警发布渠道	alarmchannel	数字型	1	否	监测预警设施编码，多个发布渠道用英文状态下的“；”隔开。
7	预警状态	alarmstatus	数字型	1	否	1-启动、2-停止、3-撤销
8	预警处置情况	alarmdispo	字符型	256	否	预警处置情况描述。
9	所在行政区划代码	admincode	字符型	6	是	参照现行《中华人民共和国行政区划代码》（GB/T2260）中规定的行政区划代码。
10	备注	remarks	字符型	256	否	其他未尽事项说明。
11	附件地址	fileurl	字符型	256	否	文件相对路径地址，支持 Word、excel、wps、pdf、jpg、png、mp4 等格式，单个文件大小不超过 10MB。
12	更新时间	updateime	字符型	30	是	YYYY-MM-DD hh:mm:ss