

自动化监测在高危边坡中的应用

邹海庆

(中成建业勘测设计有限公司, 四川 成都 610000)

摘要 高危边坡的安全管理是工程领域关注的重点。本文围绕自动化监测在边坡中的应用展开研究, 梳理自动化监测的核心价值, 从实时感知、预警响应及信息共享等维度分析其在边坡安全管理中的功能优势, 并在此基础上提出明确监测部位、优化布设方案及构建预警系统等策略, 旨在对提升边坡风险识别效率有所裨益。研究表明, 自动化监测能提高高危边坡的风险识别精度, 为实现边坡灾害的智能预控提供支撑。

关键词 自动化监测; 高危边坡; 风险预警处置能力; 人工巡查

中图分类号: TP27; TU19

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.26.007

0 引言

高危边坡是地质灾害易发区域, 其稳定性关系到基础设施运行保障。传统监测手段在应对快速变化的边坡行为时比较滞后, 很难做到连续观测, 工程规模持续扩大, 边坡监测不断向自动化技术过渡。自动化监测技术借助信息融合能够动态捕捉边坡的细微变形, 突破空间的局限, 这一技术能够精细化管理灾害监测, 为量化风险提供支撑。现代监测系统具备的自动触发机制能够增强边坡风险的预控能力, 在边坡安全管理中发挥数据支持的作用。

1 在边坡中应用自动化监测的意义

1.1 实时掌握边坡变化情况

自动化监测能够全天候实时采集数据, 精准检测边坡的微小变化, 打破传统周期性巡查模式的时间局限。借助持续更新数据, 自动化检测设备能有效观察位移趋势或稳定性变化过程, 准确识别潜在的危险信号^[1]。实时掌握边坡状态有助于建立动态响应机制, 在风险尚未外显时就进行科学研判。数据持续流动能提升获取信息的连续性, 增强预测判断的逻辑依据。各类传感设备协同运行形成的数据链有助于勾勒出边坡运动的全过程, 对复杂边坡系统来说, 动态感知能在环境变化或降雨影响下保持监测连续性, 防止因人为因素或客观条件中断数据收集。结合分析监测结果及地质背景资料能提升识别风险的深度, 在保障工程安全运行方面发挥实质作用。

1.2 提高风险预警处置能力

自动化监测系统利用高频率数据采集能够大幅缩短从识别异常到发布预警的时间间隔, 让处置反应更具前瞻性。传统的预警依赖人工判断, 常存在信息滞

后或判断误差, 自动化系统凭借连续数据流能够有效规避人为因素造成的干扰^[2]。高频监测信息能根据设定阈值自动触发预警指令, 让高风险迹象在形成初期就进入管理视野, 形成更紧密的防控链条。系统内的智能比对功能可准确提取边坡微变信号, 避免突发灾害前的“沉默期”。不同传感信息之间的联动机制会让判断标准更加立体, 有利于提升风险识别的稳定性。数据自动处理还可在无需人工干预的情况下完成初步判断, 提升信息处理速度且降低人为负担, 让应急流程更具连贯性。

1.3 降低人工巡查安全风险

高危边坡区域常伴随地形陡峭或气候不稳定等因素, 让现场巡查面临安全挑战。引入自动化监测技术能够改变依赖人工进场采集数据的工作方式, 让监测活动在无人进入危险区域的前提下能够顺利开展^[3]。设备部署完成后可实现远程控制, 降低作业人员接触不稳定边坡的频次。在长期运行过程中, 系统能稳定输出高密度监测数据, 弥补人工观察点位受限或时效不足的问题。远程监控还能做到多点同步观察, 减少因地理分布广导致的巡查重复, 提升整体巡查效率。在高风险阶段, 环境因素的不确定性会增加传统方式的作业难度, 自动设备具备强抗干扰能力, 可稳定运行于多种复杂环境中。把原本高风险的物理巡查任务转交给自动化系统, 能够提升操作的安全系数, 让人力资源配置更加灵活, 推动监测作业脱离对人工作业的高度依赖。

1.4 提升边坡治理工作效率

自动化监测系统具备连续运行的能力, 能够在第一时间捕捉边坡变化趋势, 为治理工作争取更大调整

空间。快速更新数据有助于及时调整治理策略,避免冗余操作,监测系统运行中产生的大量数据还可阶段性评估治理成效,让工程推进过程具备更强的针对性^[4]。在边坡变形活动活跃或气象影响频繁的阶段,系统无需人工干预就能输出稳定数据流,保证治理计划在实际落地前能具备充分参考依据。制定治理方案可根据监测结果动态调整,减少不必要的重复试验,提升技术方案及现场实际的匹配程度。设备网络的智能联动能让多个监测点形成统一反馈,减少信息孤岛现象,压缩治理响应的周期。自动化手段能够强化数据驱动机制,让治理任务执行过程具有条理性,提高边坡安全管理的整体效率。

2 在高危边坡中应用自动化监测的策略

2.1 明确监测部位,提升识别能力

精准划定监测区域能够集中资源覆盖关键变形带或结构薄弱区,提升整体识别效率。监测位置若设置偏离实际风险中心,容易造成数据无效或判断失准等问题^[5]。科学划分监测单元能让系统在关键点位实现高频采集,获取具备动态意义的监测信息。识别精度依赖于监测布点的合理性,必须明确点位及边坡结构之间的逻辑联系,避免出现信息孤立或反馈延迟的问题。提升整体监测效果需要监测对象、结构特征及环境背景三者之间具备良好的对应关系。

在实践应用中,提升识别能力的关键在于将监测设备合理部署在边坡结构最具活跃性的部位。以滑移迹象明显的区域为核心,位移监测设备宜紧贴潜在滑动面布设,以捕捉土体移动的早期信号。裂缝变化明显的坡顶区域则适合布设裂缝宽度感知器,动态观测张拉扩展过程。对高差大且结构复杂的边坡,应采用分层布点方式,在坡顶、坡腰及坡脚分别设点,形成垂直剖面监测链条,有助于分析不同高度位置的变形协调性。在雨水强入渗区域还需将渗压传感器设于汇水路径交汇点附近,捕捉水文变化对结构稳定的影响。对于存在复合滑移趋势的边坡应同步设置水平及垂直方向的测量设备,获取立体位移数据,提高识别复杂变形机制的能力。布设过程中还应结合地质调查成果,选取岩性突变带、结构破碎带及历史滑移迹线为优先布点区域,提升数据采集的针对性。监测方案应保持动态调整机制,当某一区域表现出超常变化趋势时,应及时增设临时监测节点,实现局部加密,保证信息响应及时有效。明确的监测布位能够提高单点数据的质量,建立系统性的识别网络,强化整体预警链条的

敏感度,为高危边坡的精准识别提供有力支撑。

2.2 优化布设方案,确保数据完整

在高危边坡的自动化监测过程中,布设方案能够影响数据采集的完整性。合理的布设要覆盖主要变形区域,还需兼顾各类地质构造、水文影响及工程干扰因素,保证所采集的数据具备代表性。监测系统的数据价值来源于布设的系统性,不是单一指标的堆叠。建立结构合理且层次分明的监测网络能让系统在不同时间段、不同空间层面获取多维数据,全面掌握边坡状态。优化布设方案还应体现出空间分布的逻辑连贯,避免盲点,提升设备效能且减少资源浪费。

在具体实践中,优化布设方案需要根据边坡的地形结构、岩土属性或潜在失稳机制进行多层次统筹安排。对于层状结构明显的边坡应结合岩性分布特征,分别在稳定性差异显著的区域布设位移计或倾角仪,形成横向及纵向交错覆盖的监测网络。软弱夹层常是滑移通道的隐患所在,布设点位应优先覆盖该类区域并结合应力传感器,建立力学及水文的双通道监测体系。对于岩体节理发育的边坡,应将裂缝宽度变化及微震信号纳入布点设计,精准识别结构变化过程。在地表变形区域须增加表面位移标定点,借助GNSS设备进行同步监测,确保表层滑移及深部变形之间形成联动判断依据。对于坡脚区域的布设,应同时兼顾剪切破坏及浸润破坏的可能性,在水位波动频繁的季节,应增加临时布点,用于强化对降雨响应的感知精度。布设密度的调整也需结合历史数据反馈,如果发现某区域监测信号滞后或曲线剧烈波动,应及时补充布点或调整点位结构。针对具有复合破坏模式的高陡边坡,还应在不同结构单元间布设多类型传感器,提升交叉数据验证能力。合理的布设要覆盖主控滑移面,还需延伸至坡体两侧及裂缝密集段,保证系统对整个坡体具备全景式感知能力。在边坡治理前期,布设方案还应具备前瞻性,为后期处治效果评估或长期稳定性分析提供持续有效的数据支撑。完整的布设方案能够构建结构清晰且边界明确的监测体系,大幅提升数据获取质量,为治理策略提供基础。

2.3 建立预警系统,提高响应效率

在高危边坡管理体系中,建设预警系统是实现风险快速反应的关键环节。自动化监测设备能够提供高频率的变形数据,让预警机制具备即时感知的基础条件。预警系统应基于多源数据融合,根据实时分析算法,达到从识别异常到推送信息的闭环管理。有效的预警

机制能够在灾害迹象初现阶段发出指令,避免人工判断延误预警窗口。系统灵敏度或预警等级划分需具有动态适应性,以适应不同边坡类型或环境变化条件下的风险特征。建立自动触发的预警流程能够大幅提升边坡突发事件的处置效率。

在实际应用过程中,预警系统的运行效果密切相关监测数据处理能力,变形速率、裂缝扩展幅度或孔压变化等数据的实时交叉比对有助于综合研判边坡稳定状态。当某一关键参数超出设定阈值,系统将自动启动预警流程,首先标记异常点位并同时相关数据包传输至监控平台进行算法校验。如果多个监测参数呈同步异常趋势,系统能快速升级预警等级并联动启动响应机制。为提高判断的准确性,系统可接入多源传感网络,实现多维度数据融合,视频监控及振动传感器的协同运作能提升系统识别隐患的精细化水平。在强降雨或施工干扰下,系统具备对外部扰动条件的适应能力,能将环境变化纳入预判模型中,增强复杂情境下的响应判断能力。预警信息经过信息平台同步推送至相关责任单位并触发语音播报或短信通知等形式,能保证风险信息高效传达。借助比对历史数据,系统能判断当前边坡变形特征是否符合灾害发展路径,增强预判的可靠性。在长时段运行中,系统还能依据反馈数据动态优化阈值设置,让预警等级划分更符合实际风险等级。另外,预警系统的作用不仅限于事发前的提示,在事发过程中还可实时记录关键参数变化,辅助应急指挥系统调整处置策略,减少反应延迟。高效的预警机制能将自动监测及快速决策无缝结合,强化整个边坡防控体系的信息流通能力,是现代边坡灾害管理不可或缺的技术支撑核心。

2.4 完善平台功能,实现信息共享

自动化监测平台是边坡安全管理的技术中枢,其功能完善程度能够影响数据处理的效率。一个高效的平台应具备分析实时数据能力,还需支持多源信息整合及结果自动归档等核心功能。系统架构需具有兼容性及开放性,支持多类传感设备接入,在不同管理部门之间的同步传输监测数据。完善平台功能能够消除信息孤岛,提升边坡监测工作的响应速度。技术体系不断优化,平台还应支持历史追溯数据、输出趋势曲线等附加模块,以满足复杂场景下的信息处理需求。

在实际运用中,构建平台功能通常面临数据格式不统一或权限设置混乱等问题。优化后的系统应具备标准化接口,能自动识别不同厂商设备输出的数据并

统一储存到中心数据库中。位移、裂缝或雨量等各类监测数据借助图表、剖面图或三维界面形式呈现,能让使用者快速了解整体状态。为提升数据整合的灵活性,系统还可嵌入数据转换模块,兼容处理不同采集频率或传输协议的数据源,避免信息缺失影响判断准确性。平台还可设置任务分配功能,将特定数据处理任务对应至相关单位,让问题响应具备明确路径。为增强系统适应性,还要设定巡检状态模式或风险响应模式等多场景运维模式,让平台操作更贴近现场管理需求。系统后台支持阈值设定或信息推送,能在异常数据生成时自动联动预警系统并将信息发送至管理平台,建立信息流的全流程实时响应链条。平台能根据权限设定将数据分发至设计单位、施工单位及管理部门,让各方基于同一数据源做出协同判断。日常运行中,平台需定期生成监测报告,自动整理关键指标变化情况并归档备查,用于后续安全评估或决策参考。在某些重要工程区段,还可利用云端远程访问功能让管理人员在不同地点利用移动设备即时查看系统状态。平台的可视化设计能够提升工作效率,增强技术应用的可持续性,让信息能够高效共享。

3 结束语

自动化监测技术在高危边坡领域的深入应用,代表地质灾害防控体系正向智能化方向发展。建立多维感知网络或强化信息共享平台,边坡监测能从静态观测转向动态感知,提升风险识别的精准度。这一技术路径能够重塑传统边坡安全管理的工作模式,为复杂地质环境下的科学决策提供坚实的数据基础。未来,算法优化及系统联动不断深化,自动化监测将在支撑区域空间治理或推动灾害风险精细化控制等方面展现更大潜力,成为山地工程可持续发展战略中的核心支点。

参考文献:

- [1] 宋爽.高边坡表面位移自动化监测应用研究[J].工程技术研究,2025,10(10):208-210.
- [2] 孙康平,穆哲,王扶家.露天矿山边坡稳定性自动化监测系统应用与研究[J].世界有色金属,2025(07):130-132.
- [3] 裴建伟.基于GNSS与测量机器人协同观测的矿山边坡自动化变形监测系统设计与实现[J].凿岩机械气动工具,2025,51(03):4-9.
- [4] 何枫,高乐星.山区高速公路高边坡全过程动态监测应用与分析[J].建筑安全,2025,40(03):21-27.
- [5] 秦访洲.基于非固定测站的边坡自动化监测及数据处理研究[J].工程技术研究,2025,10(04):21-23.