

公路路基高边坡施工安全监测与防护技术

张 迪

中国水电建设集团十五工程局有限公司 陕西 西安 710065

【摘 要】：公路路基高边坡施工伴随较高安全风险，监测与防护构成防控边坡失稳的核心手段，当前监测设备布设不合理，防护工艺落实也不到位，两项工作的协同性有所欠缺，这些问题制约现场安全管控效果。本文结合工况优化监测点位布局、规范防护全流程施工标准并搭建监测与防护的联动机制，能够补齐现场管控短板，整套方案既可提升边坡风险预警能力与防护工程质量，也能强化路基高边坡施工安全保障水平，为同类工程提供实践参考。

【关键词】：路基高边坡；施工监测；边坡防护；协同管控

DOI:10.12417/2811-0528.26.18.055

引言

公路工程建设推进过程中，路基高边坡施工安全管控愈发受到重视，绿色安全与精细化管理的发展理念逐步落地，边坡易受地质、施工、水文等因素影响产生各类病害，安全监测及防护体系成为防范安全事故的关键环节。现阶段监测布设、工艺执行、联动配合等方面仍存在诸多现实问题，难以满足高标准施工要求，依托现场实际条件优化监测布局、规范防护流程并构建协同运行模式，能够推动高边坡安全管理走向精细化，助力工程建设实现安全与质量同步提升。

1 公路路基高边坡施工安全监测与防护工作基础概况

公路路基高边坡是道路工程的关键组成部分，岩土体自身特性、地下水活动、施工机械扰动以及外部荷载等因素，极易诱发边坡滑坡、开裂、表层剥落等病害，直接影响到施工作业安全与路基整体稳定性。目前工程领域已普遍采用锚杆、护坡网、混凝土及生态防护等成熟工艺，搭配地表与深层排水、防渗措施构成完整防护体系^[1]。安全监测全程跟进边坡施工各个环节，借助专业设备持续采集位移、形变等关键信息，动态掌握边坡运行状态，监测为防护调整提供依据，防护则依托监测结果精准落地，二者深度配合，成为防控边坡失稳风险、保障工程有序推进的核心环节。

2 路基高边坡防护工艺实施及监测运行短板

2.1 监测设备布设与现场工况不匹配

高边坡施工环境复杂多变，不同区域岩土性质、地下水分布及开挖扰动程度存在明显差异，部分项目布设监测设备时并未结合边坡分层开挖、分段施工的实际工况统筹规划，设备安装点位选择较为随意，既未针对软弱土层、岩体裂隙、地下水富集区加密布置，也未根据边坡高度与坡度调整设备间距及安装深度^[2]。部分监测仪器选型与现场地质条件不相匹配，面对

土体滑移、表层剥落等不同病害特征，所选设备无法精准捕捉位移、形变等参数；施工过程中机械作业与土方转运易对监测设备造成碰撞、掩埋或线路损坏，前期布设未充分考虑施工动线与作业范围，进一步导致监测数据出现偏差或断传，难以真实反映边坡实时稳定状态。

2.2 防护工艺执行标准未能全面落实

路基高边坡涵盖锚杆、护坡网、喷射混凝土、生态防护及排水防渗等多项工艺，整套防护体系有着严格的操作规范与质量要求，但实际施工中作业人员常简化工序流程，锚杆钻孔深度、灌浆用料配比未按规范把控，钢筋网铺设间距与搭接长度出现偏差，喷射混凝土厚度达不到设计要求。坡面排水沟槽的开挖坡度及断面尺寸施工不到位，极易造成积水滞留与雨水下渗，生态防护施工时植被种植、土层改良等环节敷衍作业，无法充分发挥根系固土作用。部分施工班组片面追求施工进度，对分段支护、分层防护的时序要求执行不够严格，各道工序衔接混乱，使得防护结构整体强度与抗侵蚀能力大幅下降，难以有效抵御边坡变形及外部环境带来的破坏。

2.3 监测与防护协同运行衔接不顺畅

监测工作与防护施工分属不同作业板块，二者在作业节奏及信息流转上存在明显脱节，监测岗位仅负责采集与整理现场数据，未能第一时间将边坡形变、位移异常等预警信息同步至防护施工班组，信息传递因而滞后。防护施工人员也未主动对接监测数据，无法根据边坡动态变化及时调整防护方案与施工节奏，边坡出现微小变形时，监测预警没能联动现场防护处置工作，错失提前加固与整改的最佳时机。在分段开挖、分层支护的施工阶段，监测频次及范围没有跟随防护施工进度同步调整，防护作业同样未依据监测结果优化施工方式，两套工作体系独立运行，难以形成数据指导施工、施工反馈监测的闭环管理，大幅降低风险防控的整体效果。

3 路基高边坡监测优化及防护工艺实施路径

3.1 结合现场条件合理布设监测设备

开展监测设备布设工作前,需先全面排查边坡岩土结构、裂隙分布、地下水走向以及分段开挖范围等现场条件,以此划定边坡变形高发区与重点监测区域,再按照坡面不同区段的风险等级差异化布置监测点位,缩小薄弱地段的点位间距,保证监测网络完整覆盖整个边坡坡面。针对浅层土体形变,在坡面合适位置安装表层监测装置,针对深部岩土位移则参照土体厚度确定设备埋设深度,确保装置深入至稳定地层内部;面对机械作业、土方开挖等易产生振动的施工环节,对监测设备采取加固、遮挡等防护手段,避免外力干扰造成设备故障或数据失真。布设完成后及时开展调试校验工作,保证设备运转稳定、数据采集连续精准,依托贴合现场工况的布设方案全面捕捉边坡位移、形变、渗水等各项动态信息,让监测数据真实有效,为后续安全研判和防护调整提供扎实的数据依据。

3.2 严格规范防护工艺现场实施流程

针对锚杆、护坡网、喷射混凝土、排水防渗及生态防护等各类工艺,需结合技术标准制定完整细化的现场作业流程,明确每一道工序的操作要求与质量参数,施工前期对作业人员开展技术交底,使其熟练掌握工艺要点与管控标准。进行锚杆施工时把控钻孔深度、灌浆饱满度及预应力张拉力度,保证锚杆与土体紧密结合^[3]。铺设护坡网与钢筋网时严格控制搭接宽度,做到铺设平整且固定牢固。开展喷射混凝土作业应均匀控制喷射厚度以提升防护层整体密实度,修建排水设施则要精准把控沟槽坡度与断面尺寸,防渗材料做到无缝搭接。安排专职人员全程旁站监督,对完工工序逐一进行质量检查并及时纠正不规范操作,通过全流程标准化管控保障每一项防护结构的施工质量,充分发挥防护体系抗冲刷、抗滑移及加固土体的作用,从源头降低边坡病害发生概率。

3.3 建立监测与防护协同运行模式

搭建一体化工作机制以打破监测作业与防护施工相互割裂的局面,实现两项工作实时联动与同步推进,首先需明确各岗位职责及信息传递流程,监测人员完成数据采集分析后,第

一时间将边坡形变、位移、渗水等常规数据及异常预警信息同步至现场管理及施工班组。防护作业团队常态化参考监测数据,结合边坡实时状态调整施工节奏并优化防护方案,当监测数据触发安全预警时立即启动应急响应,快速开展边坡排查、加固补强等处置工作;同时建立定期会商机制,结合阶段性监测数据复盘防护效果,针对边坡状态变化动态优化防护形式与施工安排。让监测成为防护工作的风向标,防护措施及时响应监测反馈,形成数据采集、分析预警、现场处置与效果复核的完整闭环,持续提升高边坡施工安全管控水平,保障工程长期稳定运行。如图1。



图1 路基高边坡监测与防护协同运行闭环管理流程

4 结语

路基高边坡的监测与防护构成公路工程施工安全管理的关键内容,现场工况不符、工艺执行疏漏及联动机制缺失等问题会直接削弱风险防控效果,合理规划监测设备布设位置、严格执行防护施工标准并搭建一体化协同运行模式,能够全面提升边坡形变感知能力与结构防护性能。系统化落实各项优化举措可有效防范滑坡、裂缝与剥落等病害,保障路基结构稳定及施工安全,相关管控思路能为路基高边坡现场安全管理提供参考,助力公路工程实现标准化与精细化建设。

参考文献:

- [1] 王军.高速公路路基高边坡防护施工技术研究[J].运输经理世界,2024,(28):47-49.
- [2] 张林波.公路工程路基高边坡施工关键技术[J].交通科技与管理,2023,4(11):64-66.
- [3] 张俊.高速公路高边坡施工安全风险评估与控制[J].中国储运,2022,(2):117-118.