

公路工程高边坡施工安全管理难点分析

李琳婕

新疆北新岩土工程勘察设计有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]公路工程高边坡施工安全管理的核心难点在于复杂环境与多元因素的协同制约, 导致安全管控难以实现全方位、全过程覆盖, 易引发坍塌等安全事故。高边坡施工受地质条件多变、作业环境恶劣等自然因素影响, 同时叠加管理体系不完善、技术应用不规范、人员安全意识薄弱等人为因素, 形成多重管控壁垒。管控过程中, 隐患排查的隐蔽性强、应急处置的时效性不足, 进一步加剧了安全管理难度。明确各类难点的核心成因与表现形式, 是破解高边坡施工安全管控困境、防范安全事故、保障工程顺利推进的关键, 对提升公路工程高边坡施工安全管理水平具有重要现实意义。

[关键词]公路工程; 高边坡施工; 安全管理; 施工隐患; 管控难点

DOI: 10.64635/ja.2026.1183

中图分类号: U415.1

文献标识码: A

Analysis of Difficulties in Safety Management for High-Slope Construction in Highway Engineering

Li Linjie

Xinjiang Beixin Geotechnical Engineering Survey and Design Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang 830000, China

Abstract: The core difficulty in safety management for high-slope construction in highway engineering lies in the combined constraints of complex environments and multiple influencing factors, which make it difficult to achieve comprehensive and whole-process safety control and may easily lead to safety accidents such as collapses. High-slope construction is affected by natural factors such as variable geological conditions and harsh operating environments, while human factors such as incomplete management systems, non-standardized technical application, and weak safety awareness among personnel further create multiple barriers to effective control. During the control process, the strong concealment of potential hazards and the insufficient timeliness of emergency response further increase the difficulty of safety management. Clarifying the core causes and manifestations of various difficulties is essential for solving the safety control problems in high-slope construction, preventing safety accidents, and ensuring the smooth progress of projects. It is also of great practical significance for improving the safety management level of high-slope construction in highway engineering.

Keywords: highway engineering; high-slope construction; safety management; construction hazards; control difficulties

引言

随着公路建设向山区、丘陵地带延伸, 高边坡工程在项目中的占比持续提升, 其施工安全直接关系到参建人员生命财产安全与工程整体效益。高边坡施工常面临地质复杂、地形陡峭等先天挑战, 滑坡、崩塌等潜在风险突出, 曾发生过多起因管控不当导致的坍塌事故, 造成人员伤亡与重大经济损失。当前, 高边坡施工安全管理仍面临诸多阻碍, 地质勘察精准度不足、安全责任落实不到位、监测技术应用不充分等问题, 使得安全管控难以跟上施工进度。厘清这些难点, 探究其形成根源, 搭建科学有效的管控路径, 既是防范安全事故的必然要求, 也是推动公路工

程高质量建设的重要支撑。

1 公路工程高边坡施工安全管理现存核心难点

1.1 地质环境复杂导致隐患排查难度大

公路高边坡施工区域多分布在山区、丘陵地带, 地质条件呈现出显著的复杂性和不确定性, 给隐患排查工作带来极大阻碍。施工区域常存在岩土体成分不均的问题, 部分区域夹杂风化岩层、软弱夹层及裂隙发育岩体, 这类岩土体稳定性极差, 易在施工扰动或外界因素影响下发生坍塌、滑坡^[1]。地下水位变化、岩体节理裂隙等隐蔽性地质因素难以通过表观判断, 需依赖专业设备探测。然而, 部分高边坡区域地形狭窄、高差大, 传统监测手段受限, 难

以全覆盖探测内部结构及潜在滑动面,形成排查盲区。加之开挖扰动导致岩土体受力状态动态变化,易诱发新裂隙或松动,使隐患具有高度动态性,进一步加大了全面、精准排查的难度与时效要求。

1.2 安全管理体系不完善且责任落实不到位

公路工程高边坡施工安全管理体系存在明显短板,未结合高边坡施工地形复杂、风险点多、受自然环境影响大的特点,制定针对性的管控流程和标准,部分管理制度流于形式,缺乏可操作性和指导性。管控环节存在断层,从施工方案安全审核、现场作业安全管控,到风险隐患排查治理、应急处置等环节,未形成完整的闭环管理,导致部分安全管控要求无法有效落地。责任划分模糊不清,未明确各岗位、各环节的具体安全职责,存在交叉管理或管理空白区域,部分安全责任仅停留在书面层面,未真正分解到具体作业班组和个人,且缺乏有效的责任追溯机制,出现安全问题后难以精准追责,进一步弱化了安全管理的严肃性和执行力,无法形成全员参与、全程管控的安全管理格局。

1.3 施工人员安全素养不足且技术应用不规范

尽管高边坡施工人员多具一定经验,但在高强度、高风险环境下,部分人员仍安全意识松懈、风险辨识能力不足,对高空坠落、坍塌、物体打击等隐患认识薄弱,常出现未佩戴安全防护用品、在边坡边缘违规堆料或作业、忽视监测预警信号等违规行为。技术应用不规范问题突出,边坡开挖未严格遵循自上而下、分层分段的施工原则,存在超挖、乱挖现象,破坏边坡岩体稳定性;锚杆、锚索施工时,孔位偏差、锚固深度不足、注浆不饱满等问题频发,无法发挥支护结构的防护作用,且施工过程中对边坡位移、沉降等监测数据解读不精准,未能及时根据监测结果调整施工方案,进一步加剧了施工安全风险,给高边坡施工安全管理带来极大阻碍。

2 公路工程高边坡施工安全管理难点形成成因

2.1 前期勘察与设计环节存在疏漏

前期勘察与设计的疏漏核心在于勘察深度欠缺、设计方案脱离现场实际,未能全面精准把控高边坡区域地质水文状况,勘察阶段对边坡岩体风化等级、岩层产状及节理裂隙发育态势排查疏漏,疏漏地下渗水通道、软弱夹层分布等隐蔽地质风险,致使勘察数据难以真实呈现现场工况。设计阶段未依托勘察获取的地质参数开展针对性设计,边坡坡率与防护结构选型缺乏合理性,未兼顾施工区域地形地貌差异及气象条件作用,防护措施设计流于笼统,未依据边坡高度、岩体稳定性级别构建差异化防护体系。设计

文件亦未明确施工期间安全管控要点及应急处置路径,给后续施工安全留下隐患,间接加大施工安全管理负荷。

2.2 安全管控机制与施工进度脱节

公路工程高边坡施工工期紧张、节点任务明确,安全管控机制往往未能根据施工进度的动态变化及时调整完善,导致管控要求与现场施工实际脱节^[2]。管控机制中预设的安全检查频次、隐患排查流程、防护措施部署,多基于静态施工方案制定,未能同步适配边坡开挖、支护施工、坡体监测等不同施工阶段的安全需求。施工过程中,为追赶进度、缩短工期,现场施工往往优先推进开挖、浇筑等核心工序,忽视安全管控流程的落实,而管控机制缺乏灵活调整能力,无法及时跟进现场施工节奏,对进度推进中出现的临时边坡暴露、支护滞后、监测数据异常等安全隐患,不能快速启动管控措施、优化管控流程,进而导致安全管控流于形式,无法有效发挥预警、防控作用,加剧高边坡施工安全风险。

2.3 安全培训与技术指导力度不足

安全培训多以通用理论灌输为主,未结合高边坡施工的特殊性设计内容,缺乏对边坡开挖、支护作业、排水处理等专项操作的针对性讲解,也未充分覆盖施工中常见的边坡坍塌、坡面滑塌等风险的识别方法与应急处置流程。培训形式较为单一,多以集中宣讲为主,缺乏实操演练,无法让施工人员真正掌握危险工况下的正确操作规范。技术指导环节存在明显短板,技术人员多侧重于施工工艺和进度控制,对施工人员的安全操作指导流于表面,未深入作业现场针对复杂地质条件、特殊天气下的施工安全要点进行精准指导,也未及时发现并纠正施工人员不规范的作业行为,导致施工人员安全操作技能不足,对安全风险的预判和应对能力薄弱,间接加剧了高边坡施工的安全隐患。

3 破解公路工程高边坡施工安全管理难点的对策

3.1 优化前期勘察提升隐患预判能力

优化前期勘察需聚焦高边坡施工全流程隐患预判,结合工程所处区域地质地貌、气候条件及周边环境开展系统性勘察工作,全面排查边坡岩体结构、岩层风化程度、地下水分布及不良地质体情况,精准掌握边坡土体抗剪强度、抗压强度等核心参数,避免因勘察不全面、数据不准确导致隐患预判偏差。勘察过程中需采用专业探测设备与现场勘查相结合的方式,对边坡潜在的滑坡、坍塌、泥石流等风险点进行精准定位,明确隐患类型及影响范围^[3]。基于勘察结果优化设计方案,合理确定边坡坡率、支护形式及排水系统,结合边坡实际情况选用适宜的支护

结构,细化支护施工工艺参数,同时预留应急处置空间,通过科学设计减少施工过程中隐患诱发因素,从源头提升高边坡施工安全隐患的预判精度和防控能力,为后续施工安全管理奠定坚实基础。

3.2 完善管理体系强化责任闭环落实

构建适配公路工程高边坡施工特点的全流程安全管理体系,结合高边坡施工地形复杂、风险点多且动态变化的特性,细化安全管理流程,明确施工各环节、各岗位的安全管理标准和操作规范,覆盖边坡开挖、支护施工、监测预警、应急处置等全流程,避免管理盲区和流程脱节。建立分级责任管控机制,将安全管理责任层层分解至每个施工环节、每个作业班组,明确各层级管理职责,确保责任无空缺、管理无死角。健全责任追溯与闭环管理机制,对施工中的安全隐患实行清单化管理,明确隐患整改时限、整改标准和整改责任人,整改完成后需经过严格复核验收,确保隐患整改到位,形成“隐患排查—登记上报—整改落实—复核验收”的完整闭环,同时定期开展责任落实专项督查,对责任落实不到位的情况及时整改,推动安全管理责任落地生根。

3.3 强化人员培训与技术创新应用

强化人员培训需立足高边坡施工岗位需求,构建分层分类的培训体系,针对一线作业人员重点开展边坡开挖、支护作业、危岩清理等实操技能培训,结合典型安全事故案例拆解作业风险点,规范作业流程和应急处置动作,确保作业人员熟练掌握岗位安全要求和操作规范。针对安全管理人员,重点开展边坡安全监测、风险辨识、隐患排查等专业培训,提升其对高边坡施工安全风险的预判和管控能力。技术创新应聚焦高边坡安全管控痛点,深度融合人工智能(AI)与物联网(IoT),构建“感知—分析—预警”一体化智能平台。通过布设高精度传感器网络,实时采集位移、沉降、倾角及孔隙水压力等多维数据,利用AI算法动态建模、预测趋势,自动识别异常并触发分级预警,推动安全管理从“被动响应”向“主动预判”转型。同时,推广应用新型支护技术与绿色施工工艺,优化施工方案,降低扰动,增强边坡稳定性,以技术赋能弥补人为短板,全面提升安全管控水平。

4 公路工程高边坡施工安全管理实践成效与优化要点

4.1 安全管理对策的实践应用效果

公路工程高边坡施工安全管理对策的实践应用,有效破解了施工过程中的各类安全隐患,推动施工安全管控体

系落地见效。施工前精准开展边坡地质勘察与风险分级评估,结合边坡高度、岩土性质及周边环境,制定针对性的专项施工方案,配套完善边坡防护、排水系统及应急处置设施,从源头规避了地质灾害引发的安全风险。施工过程中严格落实动态监测机制,采用专业监测设备对边坡位移、沉降及岩土稳定性进行实时跟踪,及时捕捉异常数据并启动应急处置流程,有效遏制了边坡坍塌、滑坡等事故发生^[4]。规范施工工序管控,严格执行边坡开挖、支护、防护的施工标准,强化现场安全防护设施的布设与维护,确保施工人员作业环境的安全性,切实将安全管理要求贯穿施工全流程,保障高边坡施工有序推进。

4.2 现存对策的不足与改进方向

公路工程高边坡施工安全管理现有应对措施存在不少欠缺,安全监测系统存在明显漏洞,主要依靠传统人工监测手段,监测覆盖范围较窄且数据传输迟缓,难以捕捉边坡位移、沉降等细微变动,无法提前防范坍塌、滑坡等安全风险。安全培训多停留在表面,培训素材与现场施工实情脱节,未结合高边坡施工复杂工况开展靶向性教学,施工人员对危险工况的辨别能力和应急处理能力均显不足。隐患排查制度存在缺陷,排查环节缺乏整体性,多聚焦于表层隐患核查,对隐蔽性突出的边坡内部裂隙、岩土体软化等问题核查不深入,隐患整改缺乏闭环管控,部分隐患长期未得到解决^[5]。针对这些欠缺,需引入智能化监测设备优化监测系统,实现全方位实时监测并保障数据及时反馈,结合现场施工实例优化培训素材开展实操教学,细化排查环节完善闭环管控,加大隐蔽隐患核查力度,确保隐患整改落地见效。

4.3 常态化安全管控的实施要点

常态化安全管控应贯穿高边坡施工全过程,依托标准化管控体系构建长效管理机制,结合现场施工实际动态优化管控举措。施工中建立固定安全巡查制度,巡查范围全面覆盖边坡开挖、支护作业、排水设施及周边环境,重点排查坡面裂缝、支护变形、管道堵塞等安全隐患,做到早发现、早处置。严格落实施工现场全时段管控,规范人员作业行为,恪守边坡分层分段、自上而下的开挖原则,杜绝违规开挖、超挖等违章作业行为。强化施工环境动态监测,实时跟踪边坡位移、沉降及水文、气象变化,依据监测数据灵活调整施工方案,有效防范极端天气与地质变动诱发的滑坡、坍塌风险。压实安全管控主体责任,把管理职责细化分解至各施工环节与作业点位,定期核查管控执行情况,及时整改管理疏漏,保障高边坡施工常态化安全

管控落地见效、长效运行。

5 结语

公路工程高边坡施工安全管理是一项系统性、复杂性工程,其管控成效直接关系到工程建设安全、参建人员福祉及工程长远效益。当前,地质环境复杂、管理体系不完善、人员素养不足等难点仍客观存在,前期勘察疏漏、管控与进度脱节等因素进一步制约管控水平提升。破解此类难题,需立足前期勘察设计优化、管理体系完善、人员培训强化与技术创新赋能,持续弥补现存对策短板。唯有坚守全流程、常态化管控原则,动态适配施工实际需求,不断优化管控路径,才能有效防范安全事故,推动公路工程高边坡施工安全管理提质增效,为山区公路高质量建设筑牢安全屏障。

【参考文献】

- [1]刘占阳.公路工程路堑高边坡施工安全管理风险评估与控制策略研究[J].现代工程科技,2025,4(05):149-152.
- [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]李静.公路工程高边坡施工技术的实践应用研究[J].黑龙江交通科技,2021,44(08):7-9.
- [4]崔敏.公路工程高边坡施工技术的实践运用研究[J].四川水泥,2021(06):265-266.
- [5]李浩.公路工程高边坡施工技术的实践应用[J].福建交通科技,2020(04):21-24.

作者简介:李琳婕(1994.09—),女,汉族,重庆开州人,大学本科,中级,公路施工管理。