

水利工程边坡开挖支护施工安全风险识别与防控措施

季俊沛

四川省交通建设集团有限责任公司 四川 成都 610047

【摘要】：水利工程边坡开挖支护施工是工程建设的关键环节，施工环境复杂、作业工序繁多，受地质条件、水文条件、施工工艺及现场管理等多重因素影响，易引发边坡坍塌、支护结构失稳、机械伤害等安全事故，不仅威胁施工人员生命安全，还会延误工程进度、造成经济损失。本文结合水利工程边坡施工特点，系统识别边坡开挖支护全过程的各类安全风险，深入分析风险成因，针对性提出全流程、多层次的防控措施，为水利工程边坡施工安全管控提供参考，助力提升工程施工安全管理水平，保障工程顺利推进。

【关键词】：水利工程；边坡开挖；支护施工；安全风险；风险防控

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.085

1 水利工程边坡开挖支护施工安全风险识别

1.1 地质环境风险

地质条件是边坡施工安全的核心影响因素，也是诱发安全事故的先天诱因。部分水利工程施工现场存在岩土体结构松散、岩层破碎、断层发育、软弱夹层分布等问题，岩土体抗剪强度低、稳定性差，开挖后极易出现局部滑落、整体坍塌风险。部分区域存在隐伏溶洞、裂隙发育等情况，开挖过程中易出现突水、涌泥现象，破坏边坡整体结构，威胁周边作业人员安全。此外，边坡原有危岩体、风化破碎岩体未提前清理，开挖过程中受振动、扰动影响，易发生坠落、垮塌，形成突发安全风险。

1.2 施工工艺风险

施工工艺不规范是边坡施工安全风险的主要人为诱因。开挖环节未遵循分层分段、自上而下的施工原则，存在一次性开挖深度过大、边坡坡比过陡、超挖欠挖等问题，打破边坡应力平衡，加剧失稳风险。爆破作业管控不严，爆破参数设置不合理、振动控制不到位，会加剧岩土体破碎程度，诱发边坡裂缝扩展，降低边坡稳定性。支护施工环节存在滞后性，开挖完成后未及时开展支护作业，边坡裸露时间过长，受风化、雨水侵蚀影响，稳定性快速下降；锚杆、锚索施工深度不足、注浆不密实，喷护混凝土厚度不达标、养护不到位，支护结构强度无法满足边坡稳定需求，易出现支护结构变形、脱落、失效等风险。

1.3 现场管理风险

现场安全管理缺失会放大各类潜在风险，形成安全管理漏洞。施工前未开展全面的安全技术交底，作业人员对施工风险、操作规范掌握不足，违规作业、盲目施工现象频发。现场安全巡查不到位，未及时发现边坡裂缝、变形、渗水等早期隐患，错失风险处置

最佳时机。施工材料与设备管控不严，支护材料质量不达标、机械设备老化故障，直接影响支护施工质量和作业安全。高空边坡作业防护设施不完善，未按要求设置安全护栏、防护网，作业人员未规范佩戴安全防护用具，易引发高空坠落、物体打击事故。

1.4 水文气象风险

水文气象因素属于不可控的外界风险，对边坡稳定性影响显著。施工现场地下水水位较高、裂隙水发育，地下水长期侵蚀岩土体，降低岩土体粘结强度，加剧边坡软化、滑移风险。雨季施工时，雨水大量渗入边坡土体，增加土体自重，同时抬高地下水位，大幅降低边坡稳定性，极易引发坍塌事故。汛期、暴雨天气施工，若排水系统不完善，雨水无法及时排出，会在边坡表面积聚、下渗，进一步恶化边坡施工条件，放大安全风险。

2 边坡施工安全风险成因分析

水利工程边坡开挖支护施工安全风险的产生，是先天条件与后天管理多重因素共同作用的结果。从先天层面来看，工程前期地质勘察精度不足，未能全面探明施工现场岩土体结构、水文地质、断层溶洞等关键信息，导致施工设计方案与现场实际情况不符，边坡坡比、支护参数设计不合理，埋下先天安全隐患。从后天施工层面来看，施工单位重进度、轻安全，为追赶工期违规简化施工流程，忽视支护施工质量和安全管控，风险防控意识薄弱。从管理层面来看，安全管理体系不完善，责任划分不明确，安全培训不到位，作业人员专业素养和安全意识不足，应急处置能力欠缺。同时，施工过程动态监测缺失，无法实时掌握边坡变形、位移等数据，风险预警不及时，难以实现风险提前管控。

3 水利工程边坡开挖支护施工安全风险防控措施

3.1 强化前期勘察与设计, 筑牢先天防控基础

工程前期需开展精细化地质勘察, 综合运用现场测绘、钻孔探测、地质雷达等技术, 全面探明施工现场岩土体类型、结构强度、断层分布、地下水文等关键信息, 建立完整的地质资料档案, 为施工设计提供精准依据。设计环节需结合地质勘察结果, 科学确定边坡开挖坡比、分层开挖高度、支护结构类型及参数, 优先选用稳定性强、适配性高的支护方案, 针对高陡边坡、地质复杂区域, 优化设计方案, 增设预应力锚索、抗滑桩等加强支护措施。同时, 推行动态设计理念, 预留设计调整空间, 施工过程中根据现场地质变化及时优化设计方案, 确保设计贴合实际施工需求。

3.2 规范施工工艺操作, 严控过程施工风险

开挖施工严格遵循“分层分段、自上而下、边开挖边支护”的原则, 严禁一次性超深开挖、逆向开挖, 合理控制每段开挖长度和每层开挖高度, 避免边坡大面积裸露。对于岩石边坡开挖, 优先采用静态破碎或松动爆破技术, 严格控制爆破装药量、爆破振动频率, 减少爆破对边坡岩土体的扰动, 开挖后及时清理坡面危石、浮土。支护施工需紧跟开挖进度, 做到开挖一段、支护一段, 缩短边坡裸露时长。

3.3 完善现场安全管理, 压实全员防控责任

建立健全施工现场安全管理体系, 明确各岗位安全责任, 将安全管控责任落实到施工全过程、各环节。施工前组织全面的安全技术交底, 针对施工风险、操作规范、防控要点进行专项培训, 提升作业人员安全意识和专业操作能力, 考核合格后方可上岗作业。加强施工现场日常巡查, 安排专职安全人员全程值守, 重点检查边坡坡面状态、支护结构完整性、防护设施完好性, 及时发现并整改裂缝、变形、渗水等早期隐患。严格管控施工材料和机械设备, 支护材料进场前开展质量检测, 不合格材料严禁入场。

参考文献:

- [1] 车永春. 水利工程施工中边坡开挖支护技术应用概述[J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39(04): 118-119+132.
- [2] 吴若冰, 张腾. 水利工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J]. 治淮, 2025, (03): 47-48.
- [3] 徐文彬. 钢管桩复合锚喷技术在水利工程边坡开挖支护中的应用[J]. 科技创新与应用, 2024, 14(32): 193-196.

3.4 做好水文气象防控, 抵御外界环境风险

施工前完善施工现场排水系统, 在边坡顶部设置截水沟, 边坡坡面布设排水孔, 底部修建排水沟, 形成完整的排水网络, 及时排出地表水和地下水, 避免雨水积聚、下渗侵蚀边坡。雨季、汛期施工需提前关注气象预警信息, 暴雨、大风等恶劣天气暂停露天边坡作业, 雨后复工前全面检查边坡稳定性, 确认无安全隐患后方可恢复施工。针对地下水丰富区域, 采取井点降水、盲沟排水等措施, 降低地下水位, 减少地下水对边坡的软化影响。

3.5 构建动态监测与应急体系, 提升风险处置能力

建立边坡施工动态监测体系, 在边坡关键部位布设位移监测点、渗压监测设备, 实时监测边坡位移、沉降、渗水量等数据, 安排专人定期分析监测数据, 一旦发现数据异常、超出预警阈值, 立即发出预警, 暂停施工并采取加固处置措施。完善应急预案, 结合边坡施工风险特点, 编制针对性的坍塌、突水、高空坠落等事故应急处置方案, 储备充足的应急物资, 定期组织应急演练, 提升施工人员应急避险和抢险处置能力。发生安全事故时, 快速启动应急预案, 有序组织人员撤离, 开展抢险救援, 最大限度降低事故损失。

4 结论

水利工程边坡开挖支护施工安全风险具有复杂性、隐蔽性、突发性的特点, 涉及地质、工艺、管理、环境等多重因素, 防控工作需坚持预防为主、全过程管控的理念。通过强化前期勘察设计、规范施工工艺、完善现场管理、抵御环境风险、构建监测应急体系, 可全面识别并有效防控各类安全风险, 减少安全事故发生。施工单位需高度重视边坡施工安全管控, 提升风险防范意识, 落实各项防控措施, 结合工程实际不断优化防控方案, 切实保障施工人员生命安全, 推动水利工程边坡施工安全、有序、高效开展, 为水利工程整体建设质量和进度提供坚实保障。