

水电工程高边坡施工安全技术管控措施分析

郭 晓 李国会

中国水利水电第四工程局有限公司 青海 西宁 810000

摘 要：水电工程高边坡施工环境复杂、作业风险偏高，施工安全管控是工程建设推进的重点内容。本文结合高边坡施工全流程作业特点，从施工前期准备、主体施工过程、特殊工况处置、全过程动态管控四个维度，梳理系统化的安全技术管控路径，细化各施工环节的专项技术管控要点。针对性解决边坡开挖、支护、高空及交叉作业中的常见问题，规范特殊场景与临时设施的施工技术标准。完善全流程动态巡查、隐患整改及工序衔接管控模式，能够有效规避边坡失稳、高空坠物等安全风险，为水电工程高边坡施工安全管控提供技术参考。

关键词：水电工程；高边坡；施工流程；安全技术；动态管控

引言：高边坡施工是水电工程建设中的关键重难点工序，施工区域地形地貌复杂，地质条件存在较强不确定性，高空作业、岩土开挖、交叉施工等场景叠加，极易引发各类安全事故，直接影响工程施工推进质量与现场作业安全。随着水电工程建设规模持续扩大，边坡施工高度、施工难度不断提升，传统粗放式管控模式难以适配复杂施工场景的安全需求。通过梳理高边坡施工各阶段的安全技术要点，建立全流程、分层化的技术管控体系，可以有效规范现场施工作业行为，化解各类施工安全隐患，保障高边坡施工全过程稳定有序开展。

1 高边坡施工前期安全技术准备管控

1.1 施工场地勘察与技术摸底管控

水电工程高边坡正式动工前，需要对施工场地开展全面的勘察与技术摸底作业。施工人员需要摸清作业区域的地层结构、岩土属性以及整体地质构造，掌握场地地下水的埋藏深度和流动规律，精准识别区域内不良地质体的实际分布情况。细致排查边坡周边地形变化、岩体风化现状以及结构面发育细节，梳理各类能够影响施工推进的场地干扰因素^[1]。系统整理勘察所得的各项技术数据，整合形成完整的场地技术资料，为后续施工方案设计、作业参数设定提供可靠依据。

1.2 专项施工技术方案编制管控

场地勘察工作结束后，可依托详实的现场技术数据，开展高边坡专项施工技术方案的编制工作。结合施工现场边坡高度、坡面走势以及实际地质条件，选用适配的施工工艺，清晰界定土石方开挖、边坡支护、坡面排水等核心工序的技术标准与操作流程。方案内需明确每12m高差设置一级马道、马道宽度不小于2m的基础施工参数，细化每一道施工环节的安全技术细则，理顺各工序之间的衔接逻辑，明确不同作业场景对应的标准化

操作方式。结合高边坡施工的独有特点，增设针对性的技术管控条款，弥补常规施工方案的适配短板。

1.3 施工设备与机具安全技术核验

高边坡施工所用的各类设备和机具，进场前需要完成全方位的安全技术核验工作。工作人员逐一检查开挖、支护、运输及高空作业等各类设备机具的运行状态，重点查看核心构件的磨损程度、整机运行性能以及配套安全防护装置的完好状态。结合现场施工的技术标准，核验设备的作业精度、承载能力和工况适配度，全面排查设备潜藏的故障问题和技术缺陷。对核验达标、性能完好的设备机具进行信息登记存档，存在故障或性能不达标设备机具禁止进场作业，及时安排专业检修或直接更换。

1.4 作业人员安全技术岗前筹备

岗前技术筹备是高边坡施工安全管控的基础环节，需要落实到位。组织全体进场作业人员参与专项技术培训，单次培训时长不低于8学时，细致讲解各施工工序的核心操作要点、安全作业准则以及岗位履职要求。针对高空施工、岩土开挖、边坡支护等风险较高的岗位，开展专项技术教学，让作业人员充分掌握岗位对应的风险防控方法。逐一核对作业人员的岗位资质与实操技能，保证人员专业能力匹配岗位施工要求。配套开展岗前技术考核，考核合格分数线设定为80分，检验作业人员对施工技术和安全操作知识的掌握水平，考核通过的人员方可进入现场开展作业，筑牢高边坡施工的人员安全技术根基。

2 高边坡主体施工过程安全技术管控

2.1 土石方开挖作业安全技术管控

高边坡土石方开挖作业，严格采用分层分级的施工方式，按照前期敲定的施工参数稳步推进施工。施工过

程中严控每层开挖厚度和坡面坡度,保障坡面整体规整平整,有效规避超挖、欠挖等不规范施工问题。开挖作业按照自上而下的顺序稳步推进,杜绝逆向开挖、掏底开挖等极易引发边坡失稳的危险操作。施工全程留意坡面岩土实时变化,及时清理坡面松动浮石和悬空危岩,从源头降低岩体坠落风险^[2]。现场机械设备规范操作,划定固定作业范围和运行路径,防止机械施工扰动边坡原生岩体结构。结合现场地质的实时变化灵活调整开挖节奏,持续保障边坡施工过程的整体稳定性。

2.2 边坡支护施工安全技术管控

边坡支护作业跟随土石方开挖工序同步推进,遵循分层开挖、分层支护的施工逻辑,保障边坡成型后的稳定性。锚杆、锚筋、喷射混凝土等核心支护工序,严格参照设计标准落地施工,精准把控钻孔深度、孔位间距、注浆饱满度等关键施工指标。作业人员规范把控施工精度,让支护结构与边坡岩体紧密贴合,有效提升坡面整体稳固性。支护施工的全过程中,持续排查作业区域周边岩体状态,及时处理施工过程中暴露的岩体破损、松动等问题。规范高空支护的整套作业流程,完善作业面防护设施,有效降低高空作业的安全风险。严守各道支护工序施工标准,杜绝不规范操作造成的结构安全隐患。

2.3 坡面修整作业安全技术管控

坡面修整作业在开挖、基础支护工序完成后开展,重点处理坡面凹凸不平、浮渣残留、岩体形态不规则等问题,对坡面做精细化修整作业。施工过程结合人工与机械作业方式,微调坡面坡度与平整度,让坡面整体形态契合设计要求。彻底清理坡面表层松散岩土,规避后期岩体脱落、坡面滑塌的安全隐患。修整作业采取分段、小范围施工的方式稳步推进,避免大面积施工扰动已经成型的坡面结构。作业期间做好现场防护工作,及时清运施工产生的废渣碎石,保持作业场地干净规整,为后续施工开展营造稳定的现场条件。

2.4 交叉施工作业安全技术管控

高边坡施工现场常出现多工种、多工序穿插施工的情况,需要落实针对性的安全技术管控举措。合理排布各工种的作业时间与施工区域,各作业层垂直间距保持5m以上安全距离,划分独立作业区块,避免不同施工工序的作业动线相互重叠。明确各个岗位的作业标准与操作要求,减少不同工序施工产生的施工干扰。针对上下层立体施工场景,布设高度不低于1.2m的牢固隔离防护设施,阻挡高空坠物威胁下层作业人员与施工设备安全。安排专职人员驻守现场管控,及时纠正各类不规范施工行为。科学调整现

场施工组织模式,有序推进各项施工任务,最大限度降低交叉作业带来的各类安全隐患。

3 高边坡施工特殊工况安全技术管控

3.1 恶劣天气施工安全技术管控

水电工程高边坡露天作业占比高,天气变化会直接影响施工安全性。降雨天气来临前,提前检查坡面排水通道通畅情况,疏通场内积水沟槽,沟槽开挖深度不小于30cm,避免雨水在坡面堆积渗透。降雨量达到10mm/h时,及时停止露天开挖、支护等户外作业,撤离作业人员与小型机具至安全区域^[3]。暴雨天气过后,不得直接复工,需要全面排查坡面岩土状态,检查是否出现土体软化、裂隙扩张、浮石松动等问题。风速超过6级、霜冻天气下,严控高空作业开展,检查作业平台稳固状态,消除设施滑移、人员失足隐患。根据不同天气类型调整施工计划,匹配对应的现场防护手段,规避气象因素引发的边坡失稳风险。

3.2 边坡临边高空作业安全技术管控

边坡临边区域无遮挡依托条件,高空作业风险等级更高。作业前全面检查临边防护栏杆、安全围挡等防护设施的牢固程度,防护栏杆搭设高度不低于1.2m,加固松动破损的防护结构。规范作业人员个人防护用品佩戴标准,全程落实高空防护举措。严控临边作业的人员数量,单段10m坡面范围内作业人员不超过3人,分散作业点位,避免作业荷载集中在同一坡面区域。禁止作业人员倚靠临边防护设施休息、操作,远离边坡边缘悬空区域。作业工具集中收纳摆放,杜绝物料随意堆放,防止坠物伤人。细化临边作业操作流程,约束各类危险操作行为,筑牢高空作业安全防线。

3.3 深沟陡坡地段施工安全技术管控

深沟陡坡地段地形复杂、地势险峻,施工作业受限性较强。进场施工前摸清地段地形走势、岩土稳定状态,向外延伸8m划定危险作业边界。严格控制施工机械行驶路线和作业范围,避开沟谷松软土体与悬空坡面,防止设备倾覆、陷落。作业过程采用小幅度、慢节奏的施工方式,单次机械作业行进距离不超过2m,减少施工扰动对陡坡岩土结构的影响。及时清理沟内堆积渣土,保障作业通道畅通,避免渣土堆积挤压坡面结构。针对陡坡滑移风险较高的区域,提前增设高度1m以上简易防护结构,弱化复杂地形带来的施工安全隐患。

3.4 临时施工设施安全技术管控

高边坡施工现场的临时设施包含作业平台、临时通道、物料堆放架等辅助设施,整体稳定性直接关乎施工安全。设施搭设严格遵循专项技术标准,选用达标建材,保

证搭设结构稳固牢靠。搭设完成后开展全方位检查,核验结构承载力、稳定性及防护性能,确认无安全隐患方可投入使用。定期对临时设施开展巡检维护,排查结构变形、构件锈蚀、连接松动等问题,及时开展加固整改。规范设施使用方式,严禁超载使用、违规改造等行为,保障各类临时施工设施全程处于安全可用状态。

4 高边坡施工全过程动态安全技术管控

4.1 施工过程技术巡查管控

高边坡施工周期长、现场工况多变,常态化技术巡查是动态管控的核心手段。现场巡查工作划分固定时段与不定时抽查两种模式,覆盖边坡开挖、支护、修整等全部施工环节。日常巡查频次为每日2次,大风、降雨天气后增加专项巡查,巡查人员重点检查坡面岩体稳定状态、施工工序规范程度以及各类防护设施完好情况^[4]。细致排查坡面细微裂隙、松动岩体、结构变形等不易察觉的安全隐患,记录现场施工技术执行偏差。针对机械作业区域、临边作业区域、陡坡作业区域加大巡查频次。严格对照施工技术标准核对现场作业细节,及时发现不规范操作行为。全程留存巡查记录,清晰标注现场工况变化及技术问题,为现场管控调整提供真实依据。

4.2 隐患动态整改技术管控

依托现场技术巡查结果,落实隐患动态整改的专项技术管控工作。对排查出的各类安全隐患进行分级划分,区分一般隐患与高危隐患,匹配对应的整改方式与处置标准。轻微施工偏差及小型隐患,安排现场作业人员即时整改,纠正不规范施工操作。坡面松动岩体、局部结构不稳、设施破损等高危隐患,立即暂停对应区域施工,制定专项整改技术措施。按照既定整改工序逐项落实处置工作,彻底清除隐患根源。整改完成后开展专项复核工作,确认现场工况恢复安全状态,才可重启区域内施工作业。

4.3 施工工序衔接技术管控

高边坡各施工工序衔接紧密,工序流转的规范性直接影响整体施工安全状态。严格把控各工序起止节点,合理排布开挖、支护、排水、修整等工序的施工节奏。前道工序未达到技术验收标准前,不开展后续工序施工,避免交叉扰动引发边坡不稳。针对工序交接位置

开展重点技术检查,核对衔接部位施工精度与结构稳定性。根据现场地质变化和施工推进进度,灵活调整工序排布方式。规范工序交接的技术核查流程,落实专人核查工序施工质量,保障各道工序平稳顺畅流转,维持施工现场稳定状态。

4.4 竣工收尾阶段安全技术管控

主体施工任务完成后,全面落实竣工收尾阶段的安全技术管控工作。对整体坡面形态、支护结构、排水系统开展全面细致的技术检查,排查施工遗留的细微隐患。清理施工现场残留的施工机具、废弃建材及坡面浮渣,规整整体施工场地。对支护结构表面破损、坡面局部不平整等问题开展精细化修补作业,完善边坡成型效果。核查收尾作业的施工技术参数,保证整体施工效果符合设计规范^[5]。落实收尾阶段现场防护管理,管控零星作业风险,杜绝收尾施工阶段出现安全事故,完成高边坡施工全流程安全管控闭环。

结束语

高边坡施工安全技术管控贯穿水电工程建设的完整流程,不同施工阶段、施工场景存在差异化的安全风险与管控重点。通过落实前期技术筹备、规范主体施工技术、强化特殊工况防护、完善动态巡查整改等一系列管控举措,可全方位压实各工序安全技术标准,化解复杂地形与施工工况带来的安全隐患。阶段性、分层级的技术管控模式,能够适配高边坡施工的复杂性与多变性,有效提升施工现场安全管控水平,为水电工程边坡施工的标准化、安全化推进提供坚实技术支撑。

参考文献

- [1]何国锋,张发斌,崔光维.水电工程高边坡无排架快速支护施工技术[J].云南水力发电,2024,40(z2):71-74.
- [2]周怀道,高驰.水电工程高边坡开挖技术与全过程质量控制研究[J].工程技术研究,2025,10(23):163-165.
- [3]李天佑,侯圣朋.基于物联网的水利水电工程施工安全管理与安全控制[J].张江科技评论,2026(3):42-44.
- [4]李虎,方德强.水利水电工程施工中高边坡加固技术的应用与优化[J].消费电子,2025(14):251-253.
- [5]陆佳,徐镇扬,花叶琦,等.高边坡开挖支护技术在水利水电工程中的应用研究[J].水上安全,2026(1):43-45.