

水利水电工程施工安全分析与对策

崔庆波¹ 刘一鸣²

1. 山东省宁阳县水利工程公司 山东 泰安 271400
2. 泰安市水利勘测设计研究院有限公司 山东 泰安 271000

摘要: 水利水电工程作为国家基础设施建设的重点领域,具有投资规模大、施工周期长、技术复杂、环境多变等显著特点,施工过程中的安全管理面临严峻挑战。本文从水利水电工程施工安全的基本特征入手,系统分析了施工过程中存在的主要安全风险,包括高边坡与深基坑施工、地下洞室开挖、爆破作业、大型机械设备使用、高处作业、度汛安全等方面。在此基础上,从技术、管理、组织等多个维度提出了针对性的安全控制对策,旨在为提升水利水电工程施工安全管理水平提供理论依据和实践指导。

关键词: 水利水电工程施工; 安全风险分析; 安全管理; 对策措施

引言

水利水电工程是支撑国家能源战略、水资源调控和生态安全的重要基石,其建设过程往往涉及复杂地质条件、恶劣自然环境以及高难度施工技术,安全风险贯穿于项目全生命周期。从导流截流到大坝浇筑,从地下厂房开挖到金属结构安装,每一个环节都可能因管理疏漏、操作不当或外部不可控因素而诱发安全事故。尤其在当前“双碳”目标驱动下,水利水电项目加速推进,施工强度与规模持续扩大,对安全生产提出了更高要求。然而,现实中仍存在诸如安全投入不足、风险辨识不全面、作业人员培训不到位、应急响应机制滞后等突出问题,导致坍塌、高处坠落、机械伤害、触电乃至群死群伤事故偶有发生。这不仅造成重大经济损失,更严重威胁一线施工人员的生命安全,影响工程进度和社会稳定。因此,系统开展水利水电工程施工安全风险的识别、评估与防控研究,不仅具有紧迫的现实意义,也是推动行业向本质安全转型的必然路径。本文将聚焦典型施工场景中的安全隐患,结合工程实践与安全管理理论,深入剖析事故成因,并提出针对性强、可操作性高的对策建议,以期提升水利水电工程整体安全管理水平提供有益借鉴。

1 水利水电工程施工主要安全风险分析

1.1 自然环境与地质条件风险

水利水电工程多建设于河流峡谷地区,地形陡峭、地质结构复杂。高边坡开挖过程中,岩体结构面组合不利、卸荷裂隙发育、地下水作用等因素均可能引发边坡失稳,造成塌方或滑坡事故。软弱夹层、断层破碎带、高地应力等不良地质条件在地下洞室开挖中容易导致围

岩大变形、岩爆或塌方。此外,突发暴雨、洪水、泥石流等自然灾害也会对施工安全构成严重威胁。

1.2 高边坡与深基坑施工风险

高边坡开挖是水利水电工程中的常见施工内容。当边坡高度超过 50 米时,其稳定性问题尤为突出。开挖过程中爆破震动、降雨入渗、支护不及时等因素均可诱发边坡失稳^[1]。深基坑施工则面临坑壁坍塌、基底隆起、管涌等风险,特别是在富水地层中,降水措施不当极易引发流砂或管涌事故。

1.3 地下洞室开挖风险

引水隧洞、导流洞、地下厂房等地下洞室开挖是水利水电工程的关键施工环节。钻爆法施工中,爆破震动可能导致围岩损伤甚至局部塌方。在软弱围岩中开挖,若支护滞后或支护强度不足,可能发生大变形甚至塌方冒顶。高地应力条件下,岩爆灾害具有突发性和强破坏性,对施工人员安全构成直接威胁。此外,通风排烟不畅可能导致有害气体积聚,造成中毒或窒息事故。

1.4 爆破作业风险

水利水电工程施工中涉及大量爆破作业,包括场地平整、石方开挖、洞室掘进等。爆破作业风险主要包括:爆破飞石伤人或损坏设施,爆破震动造成边坡或建筑物破坏,盲炮处理不当引发事故,爆破器材运输储存环节的安全隐患等。导爆管、雷管、炸药等爆破器材管理不善,可能造成严重安全事故。

1.5 大型机械设备使用风险

水利水电工程施工现场聚集了大量大型机械设备,如塔式起重机、缆式起重机、门式起重机、混凝土拌和

系统、大型运输车辆、挖掘机械等。设备安装拆卸过程中的倾覆风险、运行过程中的碰撞风险、吊装作业中的脱钩断绳风险、设备维护保养不到位导致的机械故障风险,都是不容忽视的安全隐患。特别是跨江跨谷的大型缆机系统,其运行安全直接关系到整个工程的安全。

1.6 高处作业风险

大坝浇筑、脚手架搭设、模板安装、金属结构安装等工序涉及大量高处作业。临边防护不到位、个人防护装备缺失或使用不当、作业平台不牢固、交叉作业协调不力等因素均可导致高处坠落事故。水利水电工程中高处作业面往往高差大、作业面狭窄,加之河谷地区风力较大,高处坠落风险尤为突出。

1.7 施工度汛风险

水利水电工程施工期间,围堰挡水、基坑施工、导流建筑物运行等环节均面临洪水威胁。围堰溃决、基坑淹没、导流隧洞堵塞等事故不仅造成巨大的经济损失,还可能引发人员伤亡。特别是汛期来临前未能达到预定度汛高程,或在超标洪水条件下应对措施不足,度汛风险将急剧增加。

1.8 其他安全风险

水利水电工程还存在脚手架坍塌、模板支撑体系失稳、临时用电安全事故、焊接切割火灾事故、有毒有害物质泄漏、潜水作业安全事故等多种风险。这些风险虽然发生频率相对较低,但一旦发生后果往往十分严重。

2 水利水电工程施工安全控制对策

2.1 完善安全管理体系

建立健全“企业负责、行业管理、国家监察、群众监督”的安全生产管理体制。施工企业应设立专门的安全生产管理机构,配备足额、合格的专职安全管理人员。落实安全生产责任制,明确各级管理人员、各岗位工人的安全责任,形成横向到边、纵向到底的责任体系。建立安全生产投入保障机制,确保安全措施费用足额提取、专款专用。制定并严格执行安全生产规章制度,包括安全生产教育培训制度、安全技术交底制度、安全检查制度、隐患排查治理制度、危险源辨识与风险评估制度、生产安全事故报告与调查处理制度等。推行安全生产标准化建设,实现安全管理工作的规范化、系统化。

2.2 强化危险源辨识与风险分级管控

系统开展危险源辨识工作,采用安全检查表法、预先危险性分析法、作业危害分析法等方法,全面识别施

工过程中的各类危险源。对辨识出的危险源进行风险评估,划分风险等级,建立重大危险源清单。对重大危险源实施重点监控,制定专项管控方案,明确管控责任人和管控措施^[2]。实施风险分级管控,按照“红橙黄蓝”四色风险分布图对施工现场进行分区管理。红色风险区域设置明显警示标志,限制人员进入;橙色风险区域加强监控措施,落实管控责任人;黄色和蓝色风险区域保持常规管理。定期对风险管控效果进行评估,及时调整管控措施。

2.3 加强专项施工方案管理

对高边坡开挖、深基坑支护、地下洞室开挖、爆破作业、大型设备安装拆除、围堰施工、脚手架搭设等危险性较大的分部分项工程,必须编制专项施工方案。专项施工方案应当包含工程概况、编制依据、施工计划、施工工艺技术、施工安全保障措施、管理人员及作业人员配备、验收要求、应急处置措施等内容。对于超过一定规模的危险性较大工程,专项施工方案应当组织专家论证。方案实施前,应当对作业人员进行安全技术交底;实施过程中,应当安排专职安全管理人员进行现场监督;实施完成后,应当组织验收。

2.4 提升技术保障水平

推广应用先进的安全技术和装备。采用地质超前预报技术,对地下洞室前方不良地质条件进行探测,为支护参数选择和施工方案调整提供依据。应用自动化监测技术,对高边坡、围岩、围堰等进行实时监测,及时发现变形异常。推行机械化和智能化施工,减少高风险区域的人员暴露。加强爆破作业安全管理。优化爆破设计,合理确定爆破参数,采用逐孔起爆等先进爆破技术。严格控制爆破震动速度和飞石距离,必要时采取覆盖防护措施。规范爆破器材管理,严格执行领用退库制度。盲炮处理必须由有经验的爆破员按规程操作^[3]。强化大型设备安全管理。设备安装拆卸必须由具备相应资质的单位承担,编制专项方案并严格执行。建立设备技术档案,实行定期检验和维护保养制度。操作人员必须持证上岗,严格遵守操作规程。缆机、塔机等大型起重设备应设置限位器、力矩限制器、防风防滑装置等安全保护设施。

2.5 加强作业现场安全管理

严格落实现场安全防护措施。临边、洞口、井口等危险部位设置牢固可靠的防护栏杆和安全网。高处作业人员必须正确佩戴安全帽、安全带,安全带应系挂在牢固构件上。脚手架、操作平台必须经验收合格后方可投

入使用。规范临时用电管理。施工现场临时用电应采用TN-S系统,实行三级配电、两级保护。电气设备金属外壳应做接零保护。潮湿环境应采用安全电压照明。定期对绝缘电阻、接地电阻进行测试,确保用电安全。加强交叉作业协调管理。合理安排施工顺序,尽量减少立体交叉作业。不可避免的交叉作业应当设置可靠的隔离防护措施,并安排专人进行协调指挥。吊装作业下方严禁人员停留或通过。

2.6 开展安全教育培训

建立多层次的安全教育培训体系。对新入场工人必须进行公司、项目、班组三级安全教育,考核合格后方可上岗。特种作业人员必须经专门的安全技术培训并考核合格,取得特种作业操作证后持证上岗。对转岗、复岗人员应进行重新培训。定期开展在岗人员的安全继续教育,内容包括安全生产法律法规、岗位安全操作规程、危险源辨识方法、事故案例警示教育、应急救援知识等。采用体验式安全教育、多媒体教学等多种形式,提高培训效果。班前会应结合当日施工任务进行针对性的安全提示。

2.7 完善应急管理体系

编制切实可行的生产安全事故应急预案,包括综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案。应急预案应当覆盖各类可能发生的事故类型,明确应急组织机构及职责、应急响应程序、处置措施、保障措施等内容。建立应急救援队伍,配备必要的应急救援器材、设备和物资,并定期进行检查、维护和更新^[4]。定期组织应急演练,检验预案的可行性和有效性,提高施工人员的应急反应能力和自救互救能力。应急演练结束后应及时进行评估总结,针对发现的问题修订完善预案。施工现场应当设置应急逃生通道,并在显著位置设置应急疏散指示标志。储备常用急救药品和器材,培训现场急救人员。与当地医疗机构建立应急联动机制,确保事故发生后伤员能够得到及时有效的医疗救治。

2.8 加强施工度汛安全管理

编制施工度汛方案和超标准洪水应急预案,明确度汛组织机构、度汛标准、度汛措施、撤离路线、预警方式等内容。汛前对围堰、导流设施、边坡防护、排水系统等度汛设施进行全面检查,对存在的问题及时整改。汛期安排专人负责水情、雨情信息的收集和传递,与水文气象部门保持密切联系。当预报有洪水时,应及时组织施工人员和重要设备撤离。加强汛期巡视检查,发现

险情及时报告并采取应急措施。汛后对度汛设施进行检查评估,为后续度汛提供经验。

2.9 实施安全信息化管理

运用物联网、大数据、视频监控等信息化手段提升安全管理效能。在重要施工部位、危险区域部署视频监控,实现远程实时监控。为关键设备安装运行状态监测传感器,对设备运行参数进行实时采集和预警分析。应用人员定位技术,实现对进入危险区域人员的动态管理。建立施工安全管理信息系统,实现安全隐患排查治理、危险源监控、教育培训、应急管理等工作信息化管理。利用数据分析技术,对安全事故发生规律进行分析,为安全管理决策提供数据支撑。

3 结语

水利水电工程施工安全是一个复杂的系统工程,涉及技术、管理、环境、人员等多个方面。本文系统分析了水利水电工程施工中的主要安全风险,并从安全管理体系、危险源辨识、专项方案管理、技术保障、现场管理、教育培训、应急管理、度汛安全、信息化建设等方面提出了综合性的安全控制对策。水利水电工程施工安全管理应当坚持“安全第一、预防为主、综合治理”的方针,以危险源辨识和风险管控为核心,以技术保障为支撑,以完善的管理体系为保障,以高素质的人员队伍为基础,构建全方位、全过程、全员参与的安全管理格局。只有将安全理念贯穿于施工管理的每个环节,将安全措施落实到每个作业岗位,才能有效预防和控制安全事故的发生,保障水利水电工程建设的安全有序推进。随着水利水电工程建设向更高、更深、更复杂的方向发展,施工安全管理将面临更多新的挑战。未来应进一步加强水利水电工程施工安全的基础理论研究,开发更先进的安全监测预警技术装备,探索更加科学有效的安全管理模式,持续提升水利水电工程施工安全管理水平。

参考文献

- [1] 莫灿强. 水利水电工程施工安全风险评估与防控对策研究[J]. 新发现,2025,(21):88-90.
- [2] 周磊,张威,孙中兴. 水利水电工程施工安全事故分析与防范对策研究[J]. 水上安全,2025,(08):109-111.
- [3] 余荣幸. 水利水电工程施工安全管理对策的研究与应用[J]. 中国设备工程,2024,(S2):277-279.
- [4] 王键. 水利水电工程施工安全管理对策的研究与应用[J]. 云南水力发电,2023,39(09):305-308.