

水利水电工程现场安全施工管理

翟树峰

太原市水利技术推广服务中心 山西 太原 030000

摘要: 水利水电工程因高风险作业、多工种交叉及环境依赖性强等特点,对现场安全施工管理提出严苛要求。本文基于安全生产管理、风险管理及信息化管理理论,剖析近年典型事故案例与现存管理问题,从风险识别、安全监测预警、应急救援等维度提出关键技术,并围绕人员、设备物资、环境工艺及制度文化层面,提出针对性优化策略,旨在构建系统性安全管控体系,为工程安全推进提供理论支撑与实践指导。

关键词: 水利水电工程; 现场安全; 施工管理

引言: 水利水电工程作为国家能源与水资源调配的战略性工程,其施工环境复杂、作业强度高且多工种深度交叉,安全风险呈动态化、多样化特征。近年来,受地质条件突变、设备老化、人为操作失误及极端气候叠加影响,工程现场安全事故频发,造成重大人员伤亡与财产损失。如何构建覆盖全周期、全要素的安全管理体系,实现风险精准识别、隐患动态清零与应急高效处置,已成为行业高质量发展的核心挑战。

1 水利水电工程现场安全施工管理理论基础

1.1 核心概念界定

(1) 水利水电工程特点: 1) 高风险作业属性显著,工程涉及深基坑开挖、高边坡支护、大型设备吊装等作业,易因操作不当引发坍塌、坠落等事故; 2) 多工种交叉作业频繁,施工中涵盖土建、机电、焊接等多个工种,各工序衔接紧密,人员与设备流动量大,协调难度高; 3) 环境依赖性强,工程多建于江河湖库周边,受水文、气象、地质条件影响大,暴雨、洪水、滑坡等自然因素易威胁施工安全^[1]。(2) 现场安全施工管理的内涵与目标: 内涵是结合工程实际,通过制定制度、落实责任、管控流程等手段,对施工全过程的人、机、料、法、环等要素进行系统性管控,预防安全事故发生; 目标是保障施工人员生命安全与身体健康,减少财产损失,确保工程按计划推进,同时符合国家安全生产法规与行业标准,提升工程整体安全管理水平。

1.2 相关理论支撑

(1) 安全生产管理理论: PDCA循环理论通过计划(制定安全目标与措施)、执行(落实管理方案)、检查(排查安全隐患)、处理(整改问题并优化制度)的闭环管理,持续改进安全管理效果; 事故致因理论如多米诺骨牌理论,分析人的不安全行为、物的不安全状态等事故诱因,为针对性制定防控措施提供依据。(2) 风险管

理理论: 先通过风险识别,利用现场勘查、资料分析等方式梳理工程潜在安全风险; 再通过风险评估,采用定性与定量结合方法判定风险等级; 最后通过风险控制,采取规避、降低、转移等策略,将风险控制在可接受范围。(3) 信息化管理理论: 借助物联网技术,实时采集施工设备运行数据、人员定位信息、环境监测数据; 利用大数据技术对采集的数据进行分析,预测安全风险,实现对水利水电工程现场安全施工的智能化管理。

2 水利水电工程现场安全施工现状分析

2.1 行业安全形势与事故统计

(1) 近年典型事故案例: 2022年某水电站基坑开挖工程中,因支护结构强度不足且监测预警不及时,发生坍塌事故,造成3名施工人员被困,直接经济损失超500万元; 2023年某水利枢纽工程高处作业时,工人未按规定佩戴安全带,从20米高脚手架坠落,经抢救无效死亡; 同年某泵站建设项目中,塔式起重机因制动系统故障,吊装的钢筋构件坠落,砸毁下方临时设施,导致2名工人受伤。(2) 事故原因分类: 人为因素占比超60%,包括违规操作、安全意识淡薄等; 设备故障占比约25%,如老旧机械部件损坏、安全防护装置缺失; 环境影响占比约15%,如暴雨引发边坡滑塌、高温导致人员中暑。

2.2 现场安全管理的主要问题

(1) 人员管理: 部分施工人员存在侥幸心理,安全意识薄弱,如高处作业不系安全带、违规进入危险区域; 企业安全培训流于形式,培训内容针对性不足,导致工人缺乏应急处置能力,违规操作现象频发。(2) 设备管理: 部分企业为降低成本,使用超期服役的老旧设备,未按规定进行定期检修; 设备维护不到位,如起重机钢丝绳磨损未及时更换、施工电梯安全锁失效,埋下安全隐患。(3) 环境管理: 工程多位于复杂地质区域,如山区、河谷,易发生滑坡、泥石流等地质灾害,但部分项目未制

定完善的地质监测方案；受季风气候影响，暴雨、台风等极端天气频发，施工场地排水系统不完善，易引发积水、坍塌；部分施工场地空间狭小，材料堆放混乱，挤占作业通道，增加事故风险^[2]。（4）制度管理：安全体系不健全，“一岗双责”落实不到位，部分管理人员对安全隐患视而不见；监督机制缺失，日常安全检查流于表面，未形成闭环管理，隐患整改不及时、不彻底。

2.3 影响因素分析

（1）技术因素：爆破技术应用中，若炸药用量计算偏差或起爆顺序不当，易引发飞石、震动等安全事故；深基坑支护技术选择不合理，如软土地区采用土钉墙支护，易导致基坑变形、坍塌。（2）管理因素：部分企业缺乏成熟的安全文化，重进度、轻安全，未将安全管理融入施工全过程；应急预案编制不完善，缺乏针对性和可操作性，应急演练频次不足，工人在事故发生时无法有效应对。（3）经济因素：安全投入与成本控制存在矛盾，部分企业为追求经济效益，削减安全设施购置、安全培训、设备维护等费用，导致安全保障措施不到位，增加事故发生概率。

3 水利水电工程现场安全施工管理关键技术

3.1 风险识别与评估技术

（1）危险源辨识方法：LEC法（危险性评价法）通过量化作业环境的暴露率（E）、事故发生可能性（L）及后果严重程度（C），计算风险值（D），划分风险等级，如深基坑作业中，可通过该方法评估土方坍塌的风险程度；FTA故障树分析以可能发生的安全事故为顶事件，反向推导导致事故的直接原因与间接原因，构建逻辑树状图，如针对高处坠落事故，可通过故障树分析找出脚手架搭设不规范、安全防护缺失等关键诱因，为风险防控提供精准方向。（2）动态风险评估模型构建：结合水利水电工程施工动态性特点，整合施工进度、环境变化、设备状态等实时数据，构建基于BIM（建筑信息模型）与实时监测数据融合的动态风险评估模型。模型可实时更新风险参数，如暴雨天气时自动调整边坡滑塌风险评估权重，施工设备老化时提升机械故障风险预警等级，实现对工程全周期风险的动态追踪与评估^[3]。

3.2 安全监测与预警技术

（1）传感器与物联网技术应用：在高边坡、深基坑等关键区域布设位移传感器、应力传感器，实时采集边坡沉降量、支护结构应力等数据，数据通过物联网传输至监控平台，若位移量超出安全范围（如单日沉降超5mm），平台立即发出声光预警；在水库、河道施工区域安装水位传感器、流速传感器，监测水位变化与水流速

度，当水位接近警戒值时，自动推送预警信息至现场管理人员与作业班组，提前做好防汛准备。（2）大数据分析 with 智能决策支持系统：收集工程历史安全数据（如事故记录、隐患排查结果）、实时监测数据，通过大数据算法分析风险规律，如识别出“夏季高温时段机械故障发生率较高”的趋势；系统根据分析结果生成智能决策建议，如针对机械故障风险，自动推荐增加高温时段设备巡检频次、更换耐高温部件，为管理人员制定安全管控方案提供数据支撑，提升决策科学性与时效性。

3.3 应急管理 with 救援技术

（1）应急预案编制与演练：依据工程潜在风险（如坍塌、溺水）编制专项应急预案，明确应急组织机构、救援流程、职责分工，如坍塌事故应急预案需详细规定人员搜救、伤员转运、现场警戒等步骤；定期开展实战化应急演练，模拟不同事故场景，如模拟深基坑坍塌后，演练人员疏散、救援设备（如生命探测仪、液压破拆工具）使用、伤员急救等环节，通过演练检验预案可行性，提升团队应急协作能力。（2）现场急救与逃生设施配置：在施工现场设置急救站，配备急救箱（含止血带、骨折固定夹板、急救药品）、AED除颤仪，安排具备急救资质的人员值守；在高风险作业区域（如高空作业平台、地下洞室）设置清晰的逃生标识、应急照明灯具，配备应急逃生梯、救生绳等设施，确保事故发生时，施工人员能快速识别逃生路线，借助逃生设施安全撤离，减少人员伤亡。

4 水利水电工程现场安全施工管理优化策略

4.1 人员管理优化

（1）加强安全教育培训：引入VR虚拟现实技术，模拟深基坑坍塌、高处坠落等高危事故场景，让施工人员沉浸式感受违规操作的严重后果，提升安全警示效果；培训内容结合工程实际岗位需求，分工种开展专项培训，如针对爆破作业人员重点讲解爆破参数设置、安全距离把控等知识；培训后通过实操考核检验学习效果，考核不合格者需重新培训，直至具备安全作业能力方可上岗。（2）推行安全责任制与绩效考核：建立“项目经理—部门负责人—班组长—一线工人”的四级安全责任体系，明确各岗位安全职责，签订安全责任书，将安全管理目标分解至个人；将安全绩效纳入员工考核体系，设置安全考核指标，如违规操作次数、安全隐患排查数量等，考核结果与薪酬、晋升直接挂钩，对安全表现优异者给予奖金、荣誉表彰，对发生安全事故或多次违规者进行降薪、停工学习等处罚，倒逼员工重视安全管理。

4.2 设备与物资管理优化

(1) 智能化设备维护管理系统: 为施工设备安装智能传感器, 实时采集设备运行温度、振动频率、油耗等数据, 通过系统分析设备健康状态, 预测潜在故障风险, 自动生成维护提醒; 建立设备电子档案, 记录设备购置时间、检修记录、故障历史等信息, 实现全生命周期管理; 设置设备维护责任人, 明确维护周期与标准, 如塔式起重机每月需进行一次制动系统检测、每季度进行一次全面保养, 确保设备始终处于安全运行状态。(2) 危险物资全程追溯与管控: 对炸药、雷管等危险物资实行“专人采购、专车运输、专区存放、专人看管”的管控模式, 采购时需通过公安部门审批, 运输过程中实时定位跟踪; 在危险物资仓库安装视频监控、红外报警装置, 设置双人双锁管理机制, 领用需填写领用单, 注明领用数量、用途、使用时间及归还期限; 使用后剩余物资需及时归还仓库, 登记核销, 实现危险物资“采购-运输-存储-使用-回收”全流程追溯, 杜绝流失或违规使用^[4]。

4.3 环境与工艺管理优化

(1) 施工方案安全评审: 在施工方案编制阶段, 组织技术专家、安全管理人员、监理人员开展安全评审, 重点审查深基坑支护方案、爆破作业方案、高边坡开挖方案等高危作业内容, 评估方案可行性与安全性, 如爆破方案需验算爆破震动对周边建筑物的影响, 确保在安全允许范围内; 对评审发现的问题, 要求编制单位及时修改完善, 方案未经安全评审合格不得实施。(2) 恶劣天气下的施工调整机制: 建立气象预警联动机制, 与当地气象部门保持实时沟通, 提前获取暴雨、台风、高温等恶劣天气信息; 制定恶劣天气施工调整预案, 明确不同天气条件下的施工管控措施, 如暴雨红色预警时, 立即停止深基坑、水上作业, 组织人员撤离至安全区域; 高温天气时, 调整作业时间, 避开中午高温时段, 为施工人员配备防暑降温药品、饮用水, 搭建遮阳休息棚, 保障人员身体健康与作业安全。

4.4 制度与文化保障

(1) 完善安全管理制度: 建立风险分级管控与隐患排查治理“双控”机制, 定期开展风险辨识与评估, 划

分风险等级, 针对高风险区域采取专项管控措施; 制定隐患排查治理制度, 明确排查频率、排查方式, 如班组每日自查、项目部每周检查、公司每月抽查, 对排查发现的隐患登记建档, 明确整改责任人与整改期限, 整改完成后组织验收, 形成闭环管理; 完善安全事故报告与处理制度, 发生事故后需立即上报, 不得瞒报、迟报, 按“四不放过”原则(事故原因未查清不放过、责任人未处理不放过、整改措施未落实不放过、有关人员未受到教育不放过)开展事故调查与处理。(2) 构建企业安全文化: 开展“安全月”“安全知识竞赛”等活动, 普及安全知识, 营造“人人讲安全、事事为安全”的氛围; 评选“安全标兵”“安全示范班组”, 邀请优秀代表分享安全管理经验, 发挥榜样带动作用; 邀请员工家属参与安全监督, 定期组织家属参观施工现场, 开展“安全家书”“家属安全座谈会”等活动, 通过家属的情感关怀, 增强员工安全责任感, 形成企业、员工、家属共同参与的安全管理格局。

结束语

水利水电工程现场安全施工管理是保障工程顺利推进、人员生命安全和生态可持续发展的基石。面对复杂多变的施工环境与潜在风险, 需以系统性思维整合风险识别、监测预警、应急响应等技术手段, 强化人员安全意识与技能、设备全生命周期管控及制度文化韧性。唯有通过技术创新与管理优化双轮驱动, 形成“预防-管控-改进”的闭环机制, 方能筑牢安全防线, 推动水利水电工程向智能化、本质安全化方向迈进。

参考文献

- [1] 童亮瑜. 水利水电工程施工现场安全管理[J]. 工程技术研究, 2021, 6(17): 211-212.
- [2] 陈明, 李娜, 张伟. 水利水电工程现场安全施工管理难点与对策[J]. 水利建设与管理, 2021, 41(6): 78-80.
- [3] 赵刚, 王丽娟, 刘杰. 基于风险防控的水利水电工程安全管理模式研究[J]. 人民黄河, 2020, 42(8): 145-146.
- [4] 崔洲忠. 水利水电工程建筑施工现场安全管理研究[J]. 工程建设与设计, 2020(18): 199-200.