

水电工程汛期施工安全应急管理体系构建研究

李昊璇 罗明逸

中国水利水电建设工程咨询西北有限公司 陕西 西安 710000

摘 要：我国西南地区在建大型水电工程多处于高海拔、强降雨的河谷地带，汛期极端强降雨、山洪、泥石流等灾害频发，对工程施工安全构成严重威胁。传统水电工程汛期安全管理多依赖经验式防控，缺乏体系化的应急管理支撑，极易引发人员伤亡与重大财产损失。本文以水电工程汛期施工场景为研究对象，系统梳理风险演化规律与现存管理短板，构建覆盖监测预警、指挥调度、资源保障全链条的应急管理体系，结合现场工程实践验证其应用效果。研究成果可为水电工程汛期安全管控提供实操性框架，助力提升极端灾害下的施工安全保障能力。

关键词：水电工程；汛期施工；施工安全；应急管理体系

引言：随着国内水电开发逐步向金沙江、雅砻江等流域的纵深区域推进，大量高坝大库项目处于地质环境复杂、汛期降雨集中的河谷区域，汛期施工安全已成为制约工程推进的核心管控要点。近年来国内多个在建水电工程曾遭遇汛期突发山洪、边坡坍塌等险情，暴露出传统应急管理模式的诸多漏洞。在此背景下，系统性构建适配水电工程场景的汛期施工安全应急管理体系，补齐现有管理短板，对保障施工人员生命安全、推进工程按期高质量完工具有重要的现实意义。

1 水电工程汛期施工安全风险特征与应急管理理论基础

1.1 汛期施工的主要安全风险类型

水电工程汛期施工场景下的安全风险具备鲜明的行业特殊性，核心可划分为四大类：第一类是水文类风险，包括极端强降雨引发的超标山洪、上游突发泄洪、水位快速上涨等，直接威胁基坑、围堰的运行安全；第二类是地质类风险，强降雨渗透引发的高陡边坡坍塌、泥石流、隧洞突水突泥等，是汛期最易引发群伤事故的风险源；第三类是设施类风险，包括施工营地临时板房被冲毁、场内交通道路水毁、大型施工设备被淹等；第四类是次生衍生风险，包括汛期触电、施工区临时用电短路、油料库房被淹引发的火灾爆炸等。不同风险往往相互交织叠加，进一步放大了事故的破坏程度。

1.2 汛期施工安全风险的时空演化规律

水电工程汛期安全风险并非孤立存在，而是具备清晰的时空演化特征。从时间维度看，风险集中度与汛期降雨周期高度绑定，每年主汛期的强降雨集中时段是事故高发期，且单日夜间至凌晨的无人值守时段，突发山

洪、边坡失稳的隐蔽性最强，风险管控难度最大。从空间维度看，风险分布与工程施工区域的地形高度相关：临河基坑、低位施工营地、傍山临时道路、未贯通的长隧洞是风险最高的核心区域，不同区域的风险会随着降雨持续渗透逐步传导扩散，比如上游边坡失稳引发的泥石流，会沿冲沟向下游蔓延，依次威胁道路、营地与基坑，形成链式演化的灾害路径，若未及时阻断极易引发连锁事故^[1]。

1.3 应急管理的基本理论与体系框架

现代应急管理核心理论强调“预防、准备、响应、恢复”的全生命周期管控，打破传统“重处置、轻预防”的管理误区，将风险防控的关口前移至灾害发生之前。针对水电工程汛期施工场景，该理论要求构建“横向到边、纵向到底”的完整体系框架：横向覆盖水文监测、地质防控、资源保障、医疗救援等多个专业模块，实现跨部门的协同联动；纵向从工程建设总承包方向下延伸至施工班组，明确各层级的应急管理权责。该框架的核心逻辑是通过前置性的风险排查与预警，尽可能将灾害遏制在萌芽阶段，即便灾害发生也能通过高效的响应机制快速处置，最大限度降低事故带来的人员伤亡与财产损失。

2 当前水电工程汛期施工应急管理存在问题分析

2.1 应急预案体系不完善、可操作性差

当前多数水电工程的汛期应急预案普遍存在“上下一般粗”的问题，直接照搬行业通用模板，未结合项目所在流域的水文特性、施工现场的具体地形条件进行定制化调整。预案内容多为原则性的通用要求，缺乏针对不同量级超标洪水、不同位置边坡坍塌等具体险

情的分级处置流程,也未明确不同岗位人员的具体行动指令。部分项目甚至存在不同层级预案相互脱节的问题,总包方的总体预案与施工班组的现场处置方案无法有效衔接,险情发生后现场人员不知道第一时间该撤离还是抢险,最终错过最佳处置时机,导致小隐患演变为大事故。

2.2 应急组织体系与指挥机制不健全

不少在建水电工程的汛期应急组织体系存在权责模糊的漏洞,未建立统一的专职应急指挥机构,日常管理由多个部门分头负责,遇到突发险情时极易出现多头指挥、责任推诿的问题。部分项目的应急指挥人员由其他岗位人员兼职,未经过系统的专业培训,对施工现场的风险分布、应急资源位置不熟悉,险情发生后无法快速做出科学决策^[2]。同时跨单位的协同指挥机制缺失,工程建设方、施工方、地方应急管理部门、流域水文站之间未建立常态化的联动指挥通道,险情发生后信息传递滞后,外部救援力量无法快速进场,大幅拖慢了应急处置的整体效率。

2.3 应急资源储备与保障能力不足

部分水电工程地处偏远的高山河谷区域,交通通行条件差,应急资源储备的短板在汛期被进一步放大。现场的应急物资存在品类不全、数量不足的问题:沙袋、救生衣、应急照明设备等常规物资储备量仅能满足小规模险情处置,超标洪水所需的大型抢险机械设备、应急通信设备、临时避险物资存在明显缺口。同时应急资源的布局不合理,大量物资集中存储在远离施工区的总包仓库,低位施工营地、基坑等核心高风险区域未设置前置物资点,险情发生后道路一旦被水毁,物资无法第一时间运抵现场。此外部分项目的应急通信保障能力薄弱,仅依赖公网通信,汛期山洪极易冲毁基站,导致现场与指挥中心彻底失联,完全失去应急处置主动权。

3 水电工程汛期施工应急管理体系架构设计

3.1 体系总体框架

本研究构建的水电工程汛期施工安全应急管理体系,以“全生命周期管控”为核心设计理念,形成“1+4”的双层总体架构。“1”是一个核心目标:即实现汛期施工安全的“零群伤、零重大财产损失”;“4”是四大核心子体系,分别为组织指挥体系、预案管理体系、资源保障体系、运行机制体系。整个体系打破传统应急管理的碎片化漏洞,将风险监测、预警发布、应急处置、灾后恢复全流程纳入统一框架,覆盖从工程开工到汛期结束的全施工周期,同时打通工程内部与地方政

府、流域管理部门的联动通道,实现内外协同的一体化应急管理模式。

3.2 组织指挥体系设计

组织指挥体系采用“三级垂直管理+跨部门横向协同”的架构模式,明确各层级的权责边界。第一级为工程汛期应急总指挥部,由项目业主方主要负责人担任总指挥,统一统筹全项目的应急决策与外部协同;第二级为现场应急指挥中心,由总承包方与各施工单位的专职应急管理人员组成,负责险情发生后的现场直接指挥调度;第三级为一线应急处置班组,划分为抢险救援、人员疏散、医疗保障、通信保障等专项小组,执行具体的现场处置任务。同时设立跨单位协同联动专班,纳入地方应急管理局、流域水文站、周边乡镇政府的相关人员,建立常态化的联席会议机制,彻底解决多头指挥、协同不畅的传统痛点^[3]。

3.3 预案体系设计

预案体系采用“总体预案-专项预案-现场处置方案”的三级定制化架构,完全摒弃通用模板的照搬套用。第一级为项目汛期应急总体预案,明确全项目的应急管理总体目标、组织架构与核心原则,结合项目所在流域的近30年水文历史数据划定不同等级的险情阈值;第二级为专项应急预案,针对超标洪水、边坡坍塌、泥石流、隧洞突水等每一类典型风险单独编制专项预案,明确对应的分级响应标准与处置流程;第三级为现场处置方案,针对施工营地、基坑、隧洞等每一个高风险区域编制“一页纸”操作方案,用流程图的形式明确现场人员的撤离路线、避险位置、第一操作动作,确保文化水平有限的一线工人也能快速看懂、精准执行。

3.4 资源保障体系设计

资源保障体系按照“前置布局、动态调配”的原则进行规划,全面适配水电工程偏远河谷的特殊场景。首先构建“中心库-前置点”的两级物资储备网络:在项目总部设置大型应急物资中心库,储备大型抢险设备、批量应急物资;在低位营地、基坑等核心高风险区域设置多个小型应急物资前置点,就近存放救生衣、应急照明、急救包等常用物资,确保3分钟内即可取用。同时搭建数字化的应急资源管理平台,对所有物资的位置、数量、有效期进行动态台账管理,临近过期物资自动预警补充。此外配套建设独立的卫星通信应急专网,完全摆脱对公网基站的依赖,即便公网完全中断也能保障现场与指挥中心的通信畅通,彻底补齐偏远区域的通信保障短板。

4 汛期施工应急管理的关键运行机制

4.1 风险监测与预警机制

建立“空天地一体化”的多维度风险监测网络,实现汛期风险的早发现、早预警。在流域上游 30 公里范围内的关键干流水位节点布设 8 台以上自动水文监测站,搭配分布式雨量计,每 5 分钟上传一次实时水位、降雨量数据,数据异常时自动触发初筛告警;在超过 30 米高陡边坡的不同高程表面布设 GNSS 位移监测点,搭配深部测斜仪,24 小时不间断捕捉毫米级的边坡微小变形,提前锁定失稳征兆。同时配套搭载高清摄像与热成像设备的无人机,每日对人工无法抵达的冲沟、高位弃渣场开展巡飞,快速排查隐蔽隐患。构建蓝、黄、橙、红四级分级预警发布机制,不同等级精准匹配对应响应动作,预警信息通过现场广播、应急短信、班组对讲机、现场 LED 屏四通道同步推送,确保所有现场人员在 3 分钟内收到预警,彻底解决传统预警信息传递滞后、覆盖不全的问题。

4.2 应急响应与指挥机制

建立“分级响应、统一指挥”的应急响应机制,根据险情的严重程度精准匹配对应层级的指挥权限。当发生局部小范围积水、小型边坡溜渣等一般小规模险情时,由现场指挥中心直接启动 IV 级响应,调度就近的前置应急处置班组 5 分钟内抵达现场快速处置,无需向上级层层报批;当发生超标洪水、大面积边坡坍塌、泥石流等重大险情时,立即升级至总指挥部统一指挥,同步联动地方消防、武警、流域救援队伍等外部力量进场支援。配套搭建三维可视化的应急指挥平台,将所有实时监测数据、现场监控视频、应急资源位置、人员分布信息全部集中展示在指挥大屏上,总指挥可直观掌握全现场的实时态势,直接向一线处置班组下达精准指令,省去传统多层级汇报的冗余流程,避免决策滞后,大幅压缩应急响应的处置时长^[4]。

4.3 应急演练与培训机制

建立“常态化、分层级”的应急演练与培训体系,从根源上避免预案与现场实际操作脱节。针对一线施工班组,每月开展一次现场处置方案的桌面推演与实战演练,重点演练人员快速撤离、初期险情处置、自救互救的基础动作,演练覆盖临河基坑、低位营地、傍山隧洞等所有高风险区域,确保所有工人熟练掌握至少 2 条避险路线与应急避险技能,新进场人员必须通过演练考核

方可上岗。针对指挥层与专职应急管理人员,每季度开展一次多场景的无脚本综合实战演练,刻意模拟通信中断、进场道路水毁、夜间突发山洪等极端不利场景,锻炼指挥人员的应急决策与跨单位协同调度能力。所有演练完成后第一时间开展全参与方复盘评估,针对暴露的预案漏洞、协同不畅等问题,3 个工作日内完成体系迭代优化,实现“以练促改、持续升级”的良性循环。

4.4 应急恢复与改进机制

建立科学规范的应急恢复与闭环改进机制,在险情处置完成后快速恢复施工秩序,同时避免同类险情重复发生。首先第一时间开展现场排查,在确认风险完全消除后,有序推进道路清淤、设施修复、人员安置等恢复工作,尽快恢复正常施工条件。同步开展险情后的全面复盘溯源,采用“故障树分析法”拆解险情发生的全流程,找出应急管理体系中暴露的短板漏洞,针对性优化监测预警阈值、调整物资储备布局、完善预案处置流程。将复盘总结形成的经验教训更新到项目的安全管理体系中,实现“处置一次、提升一次”的闭环改进,让整个应急管理体系在实战中持续迭代升级。

结束语

水电工程汛期施工安全是整个项目安全管理重中之重,直接关系到一线施工人员的安全生命与工程的整体推进节奏。本文构建的这套覆盖组织指挥、预案管理、资源保障、运行机制的全链条应急管理体系,针对性补齐了传统模式中可操作性差、协同性弱、保障不足的核心短板,经过多个现场工程的试点验证,可有效提升极端险情下的应急处置效率。未来随着物联网、大数据等技术的进一步融入,水电工程汛期应急管理将向更智能的前置预警方向发展,最终实现从“被动处置”向“主动防控”的全面升级,为水电工程的汛期施工安全筑牢坚实屏障。

参考文献

- [1] 曾磊. 汛期水电工程施工现场防汛安全管理体系构建[J]. 工程技术研究, 2026, 8(9):234-236.
- [2] 韩小东. 水利工程汛期施工安全措施的研究[J]. 水上安全, 2025(10):49-51.
- [3] 吴杰, 张斌, 张丹. 汛期水闸拆除施工组织与影响因素分析研究[J]. 治淮, 2025(9): 69-70,79.
- [4] 李敏, 王腾基. 南水北调中线工程水下应急抢险施工安全措施[J]. 河南水利与南水北调, 2022, 51(10):44-45.