

# 水利工程施工项目风险管理与控制策略研究

傅俊波, 胡江武, 章春雷

(浙江东洲建设咨询有限公司, 浙江 杭州 310000)

**摘要** 水利工程在实施过程中常常受到自然条件干扰、工序交叉错位与多方协作冲突等因素的共同影响, 风险因素呈现出隐蔽性、传导性与叠加性共存的特征。若缺乏系统性的识别与应对策略, 极易导致质量波动、进度滞后甚至安全事故的发生。为增强风险可控程度, 工程管理需依托风险预警制度、任务调度机制与过程监管路径构建系统化的防控支撑体系。本文围绕风险特征与控制实践展开梳理, 明确风险链条中的关键节点, 旨在推动形成“识别—分级—响应—闭环”的管控逻辑, 为促进水利工程建设目标的有序推进提供借鉴。

**关键词** 水利工程; 风险特征; 分级预警; 调度管理; 过程控制

中图分类号: TV5

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.10.032

## 0 引言

在实际施工场景中, 水利工程常处于地质条件复杂、水文环境多变与管理链条延伸的状态之中。多种风险因素往往在空间上交叉、在时间上叠加, 导致单一风险事件具有蔓延性与持续性。在部分项目中, 管理流程存在盲区, 响应机制滞后, 使局部问题易扩散为系统性障碍。工程的安全性与稳定性不仅限于方案设计的合理性, 更在于执行过程中的风险感知能力与现场应变能力是否协同匹配。在风险难以彻底消除的前提下, 唯有构建动态、结构化的防控机制, 方可保障施工各阶段的稳步运行。

## 1 水利工程施工项目的风险特征分析

### 1.1 风险类型的多样性与交织性

水利项目的风险既来源于自然环境中的不确定扰动, 又嵌套于建设组织结构内部的运行错配中<sup>[1]</sup>。在施工过程中, 山体结构松动、边坡滑移、水位波动等自然条件改变常打破原有施工节奏, 混凝土浇筑中断、基坑支护失衡、施工便道冲毁等现象频发, 物料转运、设备运转与作业安全随之失控。与此同时, 测绘成果滞后、地基处理方案变更、导流设计调整等技术因素常常引发任务计划错位与资源重配压力。工程任务以流水方式推进, 节点间若缺乏联动机制, 就极易造成反馈延迟与现场协调断层。

### 1.2 风险演化的阶段性与传导性

水利工程具有明确的阶段划分, 风险并非静态存在, 而是在不同阶段中以不同方式显现, 并借助项目

链条向后传导。前期阶段中的勘察精度不足、地层判读偏差或水文测算失衡等技术环节失真, 常在后续基坑开挖、围堰施工或大体积混凝土施工中演化为结构失稳、裂缝扩展或冷接隐患。进入中后期后, 结构节点未封闭、隐蔽工程记录缺失等问题在竣工阶段反复暴露, 形成验收返工与责任争议, 干扰交工计划。部分项目中因未建立动态参数校核机制, 致使施工过程中早期设计无法根据实测情况快速修订, 风险沿“数据滞后—方案失准—操作失控”的路径持续扩散, 最终在收尾阶段形成安全与质量双重压力。

## 2 水利工程施工项目风险管理与控制的支撑机制

### 2.1 智能监测与分级预警的制度设计

分级联动体系的设计思路主要是建立“数据采集—数据分析判断级别—指令下发执行”的包含式的逻辑闭环, 在围堰、基坑、导流等敏感地带配置应变、位移、液位等指标报警点, 系统接收到报警数据后即可启动分级响应流程, 现场值班人员能够根据报警级别自动弹出工区、调度和技术岗三种响应措施, 此类体系突出系统可识别、响应有渠道, 记录可追溯的特点, 使现场管理具有连贯性和完整性, 而不是依靠主观臆断来保持报警效果。

### 2.2 项目组织与调度体系建设机制

多作业面交叉情况下, 管理体系不再是纵向指挥命令架构, 而是基于水平互动结构, 在空间和时间节点之间形成平行调度网络。施工企业固定任务节点库, 针对每一个细项任务设置责任人编码及进度安排, 同

作者简介: 傅俊波 (1993-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 水利工程施工、建设管理。

时通过协作系统将进度记录、资源对接、风险提示实时返回。调度系统也不再依靠单线通报的方式进行,而是以节点闭合状况作为启动条件,进而实施资源重分配或者人员抽调,形成任务推进与反馈双向流通渠道,杜绝了节奏失控以及流程紊乱<sup>[2]</sup>。

### 2.3 高风险工艺的评审与合同约定制度

结构复杂、参数敏感的环节通常内置一些特殊的审查点,其用意不是为了进行流程审批,而是建立一种横向比较的机制以及实行闭合逻辑。施工前对不同的可选施工方案路线从安全保障、材料适配、现场可行性三个层面做比较评估,经过评审结论确定主选方案之后,在合同框架中设立“工艺参数锁定—中途调整机制—偏差问责路径”,一旦出现工艺变更即匹配前期备案和预期偏差范围来判断是否纳入责任认定或者履约考核范畴,以合同作为杠杆形成跨主体的技术实施闭环。

### 2.4 全过程质量控制与人才培养机制

质量管控不是竣工验收制,而是在整个施工过程以内控复核、技能映射、行为记录三要素一体构建闭环逻辑。质量检查制度一般有工序自控检查、节点互验以及系统抽查三个等级,作业人员资格及操作行为同时记录,并建立经验与风险相关联的知识库。培训体系不是集中授课式,而是通过具体工作来推动,通过对任务进行仿真训练、环节嵌入、实时跟踪的方式生成技能模型,并将结果与人员权限对接,使得工艺规程与团队结构相互匹配。

## 3 水利工程施工项目风险管理与控制策略

### 3.1 智能监测与预警技术路径设计

智能监测体系的构建通常以工程结构受力特征与水文变化规律为基础展开,其技术核心在于监测对象的精准分解与参数体系的分层设置。围绕围堰、深基坑、边坡与导流建筑物等关键结构部位,监测内容往往涵盖应力变化、渗压分布、结构位移与变形速率等指标,并按照静态控制参数与动态响应参数进行区分布设。传感设备在运行过程中以固定采样频率生成连续数据流,并同步记录环境扰动与施工工序节点,为后续判断提供完整的时序参照。预警判断环节依托参数模型与阈值体系协同运行,而非简单依靠单一指标触发。系统在接收监测数据后,会将实时值与设计计算值、历史均值及阶段修正系数进行多重比对,以区分施工扰动引起的正常波动与结构状态变化导致的异常趋势。对于进入控制区间的数

据,平台通常采用分段阈值方

式进行分级识别,并结合结构安全储备系数生成响应等级,使预警判断兼具灵敏度与稳定性,避免频繁误报干扰现场节奏。

预警信号的执行路径强调与施工控制系统的直接联动。不同等级的预警信息在生成后,会自动关联对应的作业区段、设备运行参数与施工工序状态,并在调度系统中生成约束指令,比如限制开挖深度、调整混凝土浇筑节奏或暂停特定机械运行。现场管理人员在接收到系统指令后,往往依托移动终端完成复核确认,并将现场状态反馈回监测平台,使技术判断与人工核查形成双重校验结构<sup>[3]</sup>。在持续运行过程中,监测与预警系统还承担着参数修正与模型校准功能。系统会对历次预警触发时的监测数据、处置措施与后续结构响应进行关联分析,并据此修订阈值设定与判断权重,使预警模型逐步贴合实际工况。

### 3.2 精细化进度与资源调度平台搭建

进度调度平台的构建通常以工序逻辑建模为起点,系统需先完成作业结构拆解与任务路径编码,将不同作业段按施工阶段、作业面空间位置与资源配套需求进行分类整合。节点数据库以“任务编号—时间窗—资源绑定”三维结构生成执行单元,借助可视化进度图嵌套到平台首页,实现对施工任务的动态联动控制,此类编码结构不仅划分工序间前后关系,还嵌入关键路径偏差容差带,以增强平台对滞后节点的识别能力。数据调度引擎依托滚动更新算法展开,在获取现场反馈参数后对计划模型进行动态修正。进度调整通常结合 BIM 进度模拟模块,将图形化模型与任务路径进行联动,使节点更新动作在工程场景中即时呈现。物资信息、设备运行状态与劳务工效参数均以数据库形式挂载于任务节点之下,任何一类资源参数波动均可反向驱动任务节奏修订,如当施工电梯运行频率下降超过设定阈值时,平台可自动将垂直运输任务标记为延迟风险,并同步调整楼层钢筋吊装任务时间窗,生成多路径响应策略供调度端决策选择。

平台操作侧强调作业数据与现场状态的双向闭环联动。作业负责人可依托移动终端上传工序完成状态、资源消耗情况与异常点标记,系统将对节点状态更新为“待校核”并暂缓后续任务联动。在后台审核人员完成状态确认与材料核销之后,任务状态进入“闭合”状态,下一节点方可进入资源释放与任务派单流程。此类任务闭环逻辑确保平台调度节奏与现场施工同步,不再依赖手动拉动式信息传递,显著压缩时间响应链条。为增强系统适配性与学习能力,平台常搭载任务

历史轨迹分析模块,将已完成节点的工效数据、资源耗用与偏差统计结果进行回溯分析,并在调度参数设定中形成优化建议。

### 3.3 高风险工艺的比选优化机制

工艺比选流程通常以工法结构分解为基础,结合地质参数、施工环境与材料性能生成多维工艺数据库,再依托计算模型生成技术路径矩阵。在复杂水工结构中,围堰闭合、深层灌浆、高压注水试验、大体积混凝土浇筑等关键环节需预设多个可行工艺方案,并对各方案在强度增长速率、温控能力、应力分布与施工时长等维度进行数据建模。建模过程不采用静态分析法,而是结合历史案例仿真曲线、实测参数修正模型与风险权重分布函数构建路径效应指标,以形成“工程量—稳定性—资源需求”三元对比基面。在平台内部执行比选时,系统将预设工艺路径与实际工况参数进行动态适配计算。高填方区常挂接土体湿密度—压实能曲线进行工艺结构回算,地下结构段多依赖静水压模拟与衬砌刚度模型评估混凝土厚度与模板选择,灌浆工序则引入孔网连通性评价与注浆压力调整预测模块<sup>[4]</sup>。在比选界面中,每一工艺路径都形成独立逻辑链,系统按目标优选条件进行权重排序,并输出结构刚度值、围压响应延迟、循环施工时间与资源占用幅度等结果对照表供工程技术团队评估决策。

技术路径一经锁定,平台将在合同接口系统中自动生成“参数锁定表”,包括关键工艺指标、允许变更区间与执行节点的责任清单。为防止过程偏差干扰执行一致性,系统同时建立数据比对通道,将施工过程中参数采集曲线与比选模型基线进行滑动对照。当曲线偏离超过允许容差,平台会自动弹出工艺状态预警,并联动责任人确认是否执行调整或保持当前状态,此类反馈机制保证比选路径不止于理论方案,更在于实操阶段具备持续约束力与数据闭环能力。平台还具备工艺复盘功能,在工程收尾阶段,将路径选择逻辑、执行成本、周期浮动与偏差控制情况生成工艺绩效包,存入工程技术档案库,并按结构类型、设计边界与干扰级别标记索引<sup>[5]</sup>。

### 3.4 信息化联动的全过程质量管控体系

水利工程施工中,质量控制至关重要,安全性、稳定性和后续运用效益的发挥均直接受制于某因素。质量监管的核心职责是确保工程项目在规划、施工及竣工验收各阶段,所有阶段均满足预设品质标准<sup>[6]</sup>。全过程质量控制路径通常以工序信息节点为基本单元,将作业过程结构化编码后嵌入信息平台进行动态追踪。

在任务下达阶段,系统依据结构部位、工艺类型与作业风险等级设定控制指标组,每一控制点匹配材料来源批次、人员资质编号与设备运行参数,并同步生成质量巡检清单。质量反馈机制依托移动终端与可穿戴采集设备完成数据回流,作业人员在节点完成后同步上传图片、材料标签与参数读取值,系统自动比对预设标准区间进行偏差判断。若发现局部指标波动超限,平台会以“提醒—复核—冻结”逻辑启动限定控制程序,对关联任务延迟派单,并将异常标记同步至调度系统与驻场技术组,促使多源联动介入核查。

平台内部设有质量追溯逻辑链条,以“数据闭环”为基本机制,自动将每一任务的施工参数、过程记录与验收数据打包归档,并按结构部位与施工时间双标签建立多维索引。在竣工阶段,系统可快速调取结构单元的全过程质量履历,包含混凝土龄期曲线、钢筋定位图像、材料出库记录与现场人员操作轨迹,实现部位级质量证据自动整合,便于工程验收与审计复查。

## 4 结束语

在工程系统复杂度持续增强的动态演进中,水利施工项目的风险管控应逐步转向数据驱动与系统响应并联的结构化路径。多维信息平台、技术模型与组织机制的耦合,不再局限于执行辅助功能,更承担着识别、判断与纠偏的主动控制角色。风险管理的关键在于打通识别端、执行端与反馈端之间的逻辑链条,使工序响应具备高频识别能力、低延迟联动模式与参数化修正通道,进而增强项目系统对不确定因素的响应强度与结构稳定性。

## 参考文献:

- [1] 宋悦豪,朱倚麟,姚豫.水利工程项目管理中的风险识别与控制策略研究[J].水上安全,2025(04):10-12.
- [2] 朱琛.水利工程施工管理的质量控制措施探究[J].工程与建设,2022,36(02):571-573.
- [3] 陈伟.水利工程施工管理影响因素及应对策略[J].城市建设理论研究(电子版),2023(10):146-148.
- [4] 李根.水利工程施工管理特点及质量控制策略的探讨[J].冶金管理,2021(07):106-107.
- [5] 阮志毅.分析水利施工管理中存在的安全风险及改进措施[J].城市建设理论研究(电子版),2023(33):41-43.
- [6] 李攀.水利工程施工中的质量控制与安全隐患管理分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024(26):205-207.