

黄河中下游防洪工程信息化施工管理平台设计与应用实践

苏振奎 石小昊

郑州黄河河务局中牟黄河河务局 河南 郑州 451450

摘要:黄河中下游防洪工程是保障流域安澜的关键基础设施,其施工管理涉及面广、制约因素多、协调难度大,传统管理模式在信息传递、进度控制、质量追溯和资源调配等方面日渐乏力。本文立足防洪工程施工管理的实际需求,系统分析信息化施工管理平台建设的内在逻辑,提出平台的总体设计架构与核心理念,详细阐述进度管理、质量管理、安全监测、资源调配及协同办公等核心功能模块的设计思路,并探讨物联网、BIM+GIS、大数据分析等关键支撑技术的集成路径。在此基础上,从实际应用角度论述实践价值。研究认为,信息化施工管理平台是实现防洪工程精细化管理的重要抓手,其成功应用依赖于顶层设计、数据标准与组织保障的协同推进。

关键词:黄河中下游;防洪工程;施工管理;信息化平台;物联网

引言

黄河中下游防洪工程体系涵盖堤防加固、险工改建、河道整治、蓄滞洪区建设等,具有工程类型多样、战线绵长、参建单位众多、外部环境复杂等特点。长期以来,施工管理依赖人工报表、现场巡查和会议协调,存在信息采集滞后、传递失真、汇总困难等突出问题,难以实现对进度、质量、安全和资源的实时掌控与精细调度。尤其在汛前施工高峰期,工期紧迫、作业面分散、交叉干扰频繁,传统模式已难堪重负。近年来,随着物联网、BIM+GIS、大数据分析等新一代信息技术快速发展,“智慧水利”“数字孪生工程”等理念逐步落地。在此背景下,开发面向黄河中下游防洪工程施工管理的信息化平台,将上述技术融入施工全过程,已成为破解传统管理困局、提升工程建设水平的必然选择。

1 防洪工程施工管理的信息化需求与现实挑战

1.1 管理信息化的迫切需求

黄河中下游防洪工程施工管理面临多维度的信息化需求。其一,进度管控需求——工程往往受汛期时间窗口严格约束,需实时掌握各标段、各工序的完成情况,及时识别滞后风险并调整资源部署。其二,质量追溯需求——防洪工程质量关系工程安全,隐蔽工程多、验收环节复杂,需要建立从原材料到施工过程再到验收的全链条可追溯记录。其三,安全监控需求——施工涉及深基坑、高边坡、大型机械等危险源,需对安全状态进行实时感知和预警。其四,资源调度需求——施工队伍、机械设备、材料物资沿堤线分布,调度频率高,需要一个统一的资源信息视图来支撑调配决策。

1.2 传统管理模式的固有局限

当前,防洪工程施工管理仍存在若干突出短板。在信息采集端,大量数据依靠人工填报,不仅时效性差,而且受主观因素影响,数据的真实性和完整性难以保证。在信息传递端,层层汇总导致信息衰减和扭曲,现场问题往往要经过多级上报才能到达决策层,丧失最佳处置时机。在信息分析端,数据分散在不同部门和标段,缺乏统一的格式和标准,难以进行跨项目、跨时段的数据对比和趋势分析,使得管理决策更多依赖个人经验^[1]。这些局限性构成了平台设计的现实驱动力。

1.3 信息化平台的功能定位

信息化施工管理平台不应被理解为传统管理的信息化翻版,而应定位为一个涵盖数据采集、传输、存储、分析、展示和决策支持的综合性管理系统。它应具备四个核心能力:实时感知能力——通过物联网设备自动采集施工现场的关键数据;可视化呈现能力——通过BIM+GIS技术实现工程进度和状态的二维/三维直观展示;智能预警能力——通过预设阈值和规则引擎,自动识别异常并发出警报;协同作业能力——为项目参与各方提供一个统一的信息交互和事务处理空间。

2 平台总体架构与核心理念设计

2.1 平台设计的总体思路

黄河中下游防洪工程施工管理平台的设计应遵循“顶层规划、分步实施、标准统一、安全可靠”的原则。顶层规划要求从全流域、全生命周期角度审视平台功能,避免碎片化建设;分步实施允许根据管理成熟度

和技术条件逐步拓展功能模块；标准统一是确保数据互通和系统兼容的基础；安全可靠则是水利工程的基本底线，包括数据安全和系统运行稳定。

2.2 平台架构设计

平台总体架构采用“感知层—传输层—数据层—服务层—应用层”五层结构。感知层由部署在施工现场的各类传感器、摄像头、GPS 定位终端及移动采集设备构成，负责采集环境数据、设备状态、进度影像等信息。传输层依托 4G/5G 无线网络、有线光纤和卫星通信等多种方式，实现数据的安全可靠传输。数据层采用“基础数据库+业务数据库+时空数据库”的分类管理模式，分别存储工程基础信息、施工管理数据和地理空间数据^[2]。服务层提供数据交换、权限管理、模型计算和可视化引擎等公共服务。应用层面向不同用户角色（管理人员、监理、施工方、设计方）提供功能界面，包括进度管理、质量管理、安全管理、资源管理及协同办公等模块。

2.3 平台设计的核心理念

平台设计贯彻三个核心理念。数据驱动——以真实、及时的数据流驱动管理流程，减少人为干预和主观判断，使进度评估、质量验收和资源调配有据可依。协同共享——打破信息孤岛，使各参建单位在统一平台上共享进度计划、施工记录、问题清单和整改情况，实现跨组织的高效协作。闭环管控——形成“计划—执行—检查—处置”的 PDCA 管理闭环，每一项管理活动从发起、跟踪到闭合均有记录和验证，杜绝“有布置无落实、有问题无整改”的现象。

3 平台核心功能模块设计

3.1 进度管理模块

进度管理模块是平台的核心功能之一，旨在实现对施工进度动态跟踪与偏差预警。该模块以工程项目分解结构（WBS）为基础，将总体进度计划逐级分解至标段、分部、分项和工序层级，并为每个最小单元配置计划开始/结束时间、计划完成百分比及前置依赖关系。施工现场管理人员通过移动终端每日上报实际完成工程量及形象进度照片，系统自动汇总生成进度曲线和横道图。当实际进度滞后于计划进度超过设定阈值（如 3 天或 5%）时，系统自动触发预警，并向相关责任人推送提醒。模块同时支持进度模拟功能，利用 BIM 模型展示已完成和未完成工程的立体形象，使管理层对整体进展一目了然。

3.2 质量管理模块

质量管理模块覆盖原材料检验、工序验收、隐蔽工程验收和单元工程质量评定等环节。平台内置防洪工程相关质量验收标准和评定表格，实现质量检验的数字化填报和自动汇总。每一批进场材料均生成唯一二维码或 RFID 标签，扫码即可获取出厂合格证、检验报告和使用部位信息，实现材料来源可溯、去向可查。各工序验收实行“三检制”（自检、互检、专检）的线上流转，验收意见和整改要求直接关联至相关责任人，整改完成并上传佐证材料后方可闭合。所有质量记录自动归档形成电子档案，支持按工程部位、时间区间和验收类型进行多维度检索，为竣工资料编制提供极大便利。

3.3 安全监测与预警模块

施工安全是防洪工程的重中之重。本模块集成现场视频监控、深基坑位移监测、高边坡变形监测、雨量水位监测以及人员定位等功能，将各类传感器数据实时汇入平台。系统内置安全阈值库，当监测数据超限或现场视频通过 AI 算法识别到未佩戴安全帽、临边违规作业等行为时，自动发出分级警报，同步推送至安全管理人员移动端^[3]。同时，模块提供安全隐患排查的闭环管理功能——巡检人员发现隐患后通过手机拍照上传，系统自动派单至整改责任人，整改完成后经复查合格方可销号。所有安全数据按日、周、月生成统计报表，辅助安全态势分析。

3.4 资源调度管理模块

资源调度管理模块面向施工人员、机械设备和物资材料的统筹配置。人员管理子模块建立参建人员信息库，实时统计各标段在场人数、工种构成和考勤记录。设备管理子模块为每台大型机械建立运行档案，通过 GPS 和车载传感器采集位置、运行时长和油耗信息，并生成设备利用率分析。物资管理子模块跟踪水泥、钢筋、石料、土工布等大宗物资的进场、库存和使用消耗，设定库存警戒线，低于阈值时自动提示采购或调拨。上述资源信息在平台中以“一张图”形式集中展示，管理者可直观掌握全线资源分布和闲置情况，为跨标段资源调剂提供数据依据。

3.5 协同办公与文档管理模块

协同办公模块为各参建单位提供统一的工作交流和事务处理平台，涵盖通知公告发布、会议纪要共享、工程联系单流转、设计变更审批等常用功能。所有流程均电子化留痕，审批进度可实时追踪。文档管理模块按照工程档案分类标准，对设计图纸、施工方案、技术交底、检验报告、验收记录、变更签证等全类型文档进行统一存储、版本管理和权限控制，支持全文检索和在线

预览,确保各参建方在任何时间、任何地点均可获取最新版本的有效文件。

4 平台建设的关键技术支撑

4.1 物联网感知技术

物联网技术是平台获取实时数据的“触角”。在黄河中下游防洪工程施工现场,部署多种类型的物联网终端:包括用于监测土体位移的固定式测斜仪、用于监测地下水位的水位计、用于气象监测的微型气象站、用于设备定位的 GPS 终端以及用于施工现场全域覆盖的高清网络摄像机。各类传感器按照统一的通信协议将数据汇聚至边缘网关,经初步处理后上传至云端平台。为确保在偏远河段和网络不稳定区域的连续数据采集,系统支持数据本地缓存和断点续传机制。

4.2 BIM+GIS 融合可视化技术

防洪工程呈线性带状分布,传统 BIM 模型侧重于单体建筑,难以表达工程与地理环境的空间关系。平台采用 BIM+GIS 融合技术,将各构筑物的 BIM 模型叠加至沿线高精度地理信息底图上,形成“一河一图”的数字沙盘。通过该沙盘,管理者可以从宏观视角查看工程总体布局 and 施工进展,也可以放大至任意一个工点查看其三维结构、设计参数和当前施工状态^[4]。BIM 模型还与进度计划关联,支持按时间轴动态推演工程形象进度,使计划与实际的对比更为直观。

4.3 大数据存储与分析技术

防洪工程施工管理产生的数据体量大、种类多、频率高,对存储和处理能力提出较高要求。平台采用分布式数据库和对对象存储技术解决海量数据存储问题,利用数据仓库技术对结构化数据进行多维建模和联机分析处理(OLAP)。在分析应用层面,通过数据挖掘算法识别进度滞后的关联因素(如天气影响、材料供应中断、设备故障等),为后续项目风险管控提供经验数据。同时,利用机器学习算法对安全监测数据进行趋势预测,在参数达到危险阈值之前提前判断劣化趋势,实现由被动报警向主动预警的升级。

4.4 移动互联与多端协同技术

考虑到施工现场管理人员多数时间在户外,平台配套开发移动 APP 和微信小程序,实现“移动端采集、云端处理、桌面端分析”的多端协同。现场人员可通过手机完成进度填报、质量检查、安全巡查、问题上报等操作,支持拍照、录音、定位签到等功能,最大限度降低数据录入成本,提高信息时效性。平台同时具备消息推

送能力,关键预警和待办任务可即时推送至相关责任人手机,确保问题得到快速响应。

5 应用实践:河南黄河“四预”一体化平台实战演练

2025 年 5 月,“应急使命-2025”河南防汛应急综合演练在郑州黄河马渡段举行,河南黄河“四预”一体化平台和防洪工程安全动态评价预警系统等信息化系统集中亮相。演练模拟黄河花园口站洪峰流量达 8072 立方米每秒,马渡险工遭遇 1982 年以来最大洪水。平台实时整合测雨雷达、无人机、自记水尺、无人船等空天地一体化监测数据,对工程坝垛进行风险预判。铺设在马渡控导工程 102 号坝的“智能石头”发出预警,巡查人员立即运用手持激光雷达和飞潜一体智能测艇对出险部位进行探测分析,通过 AI 算法快速测算出险体积,抢险队伍快速采取针对性措施。截至 2025 年汛期,这套系统已成功发出预警信息 456 次,准确监测到一般险情 35 坝次。

结束语

黄河中下游防洪工程信息化施工管理平台的设计与应用,是水利工程建设管理现代化进程中的重要探索。本文设计的平台架构与功能模块,以数据驱动、协同共享和闭环管控为核心理念,融合物联网、BIM+GIS、大数据分析 and 移动互联等关键技术,为防洪工程施工管理的数字化转型提供了系统性解决方案。平台的应用价值不仅体现在对进度、质量、安全和资源的精细化管控上,更深层次地推动了管理理念和组织模式的革新。应当看到,信息化平台的成功应用并非技术本身所能完全决定,还需要配套完善的数据标准、制度规范和人员培训,以及各参建方的积极参与和协同配合。未来,随着数字孪生技术的成熟和人工智能算法的深化,平台将朝着更加智能化、自动化的方向发展,为黄河中下游防洪工程建设与管理提供更为强大的技术支撑。

参考文献

- [1] 张建云,王国庆,刘翠善.智慧水利框架下防洪工程信息化建设的关键问题[J].水利水运工程学报,2022(4):1-8.
- [2] 李华,赵勇,王磊.BIM+GIS 技术在水利水电工程施工管理中的应用研究[J].水利水电技术,2023,54(6):112-119.
- [3] 王浩,杨大文,杨汉波.基于物联网的施工安全智能监测预警系统设计[J].中国安全生产科学技术,2024,20(2):156-162.
- [4] 刘永强,陈刚,张明.大数据驱动的水利工程施工进度动态管控方法[J].水力发电学报,2023,42(8):78-86.