

信息化技术在水利工程管理中的应用

孟 诗

巴州开放大学 新疆 库尔勒 841000

摘要:我国水利工程规模庞大,传统管理模式难以适应新形势下精细化管理要求。信息化技术为水利工程全生命周期管理提供了变革路径。本文系统分析水利工程管理的核心特点与信息化需求,梳理GIS、BIM、物联网、大数据、无人机遥感及数字孪生等关键技术,从规划设计、建设管理、运行管理、安全管控及水资源调度五个维度阐述具体应用场景。研究表明,信息化技术能够有效提升水利工程管理效率、强化安全保障能力、优化水资源配置水平。本文为智慧水利建设提供技术参考与实践指导。

关键词:水利工程;信息化技术;智慧水利;全生命周期管理

引言:我国已建成水库近十万座、堤防四十余万公里,水利工程管理任务繁重。传统管理模式依赖人工巡查与纸质记录,存在信息采集滞后、数据孤岛严重、决策支撑不足等突出问题,难以适应防洪安全、供水安全及工程运行安全的新要求。国家大力推进智慧水利建设,明确提出以信息化驱动水利高质量发展。本文围绕水利工程管理的信息化需求,系统梳理关键技术及其应用场景,为行业实践提供参考。

1 水利工程管理的特点与信息化需求

1.1 水利工程管理的核心特点

水利工程管理具备空间分布广、时效要求高、安全风险大、数据种类多等突出特点。空间上,水库、河道等设施分散于广阔地域,管理跨度大,传统巡查难以全覆盖。时间上,防洪调度、应急抢险需快速响应,信息延迟后果严重。安全方面,水利工程兼具防洪、供水等多种功能,结构、防汛、供水等安全风险相互关联,任何环节疏漏都可能引发连锁反应。数据上,水文、气象等数据来源广、格式杂、体量大,有效采集、传输和分析难度大。这些特点要求水利工程管理借助信息化手段,突破时空限制,提升智能化感知、分析、决策与控制水平。

1.2 信息化技术应用的现实需求

基于水利工程管理特点,信息化技术应用有四个层面的现实需求。感知层面,要部署水位计、雨量计等终端设备,实现工程运行状态自动化、全天候采集,取代人工观测的低效模式。传输层面,需依靠光纤、4G/5G、北斗卫星等通信网络,实时汇聚分散监测数据至管理中心,消除信息传递时间差。分析层面,要借助大数据分析、机器学习算法,从海量历史数据中挖掘规律,构建预报预警模型,为决策提供科学依据^[1]。控制层面,要建设远程控制系统,实现对闸门、泵站等设施远程操作与

自动调节,快速将决策指令转化为执行动作。四个层面紧密相连,构成完整链条,缺一不可。

2 水利工程管理中的核心信息化技术

2.1 地理信息系统(GIS)技术

地理信息系统是水利工程空间数据管理与可视化展示的基础平台,该技术将水库、河道、闸站、堤防等工程设施的空间位置与属性信息进行数字化整合,形成水利工程“一张图”。在空间分析方面,GIS支持缓冲区分析、叠加分析、网络分析等功能,可用于确定水库淹没范围、分析流域汇水关系、规划巡查路线。在三维可视化方面,结合数字高程模型,可构建流域地形三维场景,直观展示工程设施与周边环境的空间关系^[2]。在数据融合方面,GIS能够将水文监测数据、气象预报数据、视频监控数据叠加在同一空间框架下,实现多源信息的综合展示与关联分析。当前,WebGIS技术使管理人员可通过浏览器随时访问工程信息,移动GIS则支撑了外业巡查人员的现场数据采集与上报。GIS技术的应用,使水利工程管理从分散、抽象走向集成、直观。

2.2 建筑信息模型(BIM)技术

建筑信息模型技术为水利工程提供了三维数字化表达与全生命周期信息集成的能力,与传统的二维图纸不同,BIM模型以三维构件为基础,每个构件都关联着几何尺寸、材料属性、施工信息、维护记录等数据。在设计阶段,BIM支持多专业协同设计,水工、机电、金结等专业可在同一模型下工作,通过碰撞检查提前发现设计冲突。在施工阶段,4D BIM将时间维度加入模型,可模拟施工进度,辅助进度管理与资源调配。在运维阶段,BIM模型可作为工程信息载体,记录设备参数、维修历史、检测报告等数据,实现“竣工模型”向“运维模型”的平滑过渡。对于水利工程而言,大坝、闸室等复杂结构的三维

可视化,有助于管理人员直观理解工程构造,提升培训效果与应急响应能力。BIM与GIS的融合,正在推动水利工程从宏观流域到微观构筑物的全空间数字化管理^[3]。

2.3 物联网(IoT)技术

物联网技术通过在工程关键部位部署各类传感器,将物理世界的水位、流量、雨量、渗压、位移、应力等物理量转化为数字信号,经由通信网络传输至管理中心。水位计安装于水库坝前、河道断面,实时监测水位变化;雨量计布设于库区及上游流域,为洪水预报提供输入数据;渗压计埋设于大坝坝体及坝基,监测渗流状态,判断大坝安全性;位移监测设备布设于坝体表面及滑坡体,捕捉变形趋势。视频监控设备作为物联网的重要补充,提供直观的现场画面。窄带物联网和5G技术的发展,使传感器功耗降低、传输距离增加、数据容量提升,大规模部署成为可能。物联网技术的应用,使水利工程管理从“被动接报”转向“主动感知”,管理人员足不出户即可掌握工程运行状态。

2.4 大数据与云计算技术

水利工程管理产生的数据具有体量大、类型多、增长快、价值密度低等特点,传统数据处理手段难以应对,大数据与云计算技术提供了解决方案。在存储方面,分布式文件系统和NoSQL数据库可承载PB级监测数据,支持弹性扩展。在处理方面,批处理技术用于历史数据回溯分析,流处理技术用于实时数据异常检测。在分析方面,机器学习算法可从长序列水文数据中挖掘规律,用于来水预测、需水预报、工程安全趋势判断。云计算平台将计算资源虚拟化,按需分配,降低了基层单位的信息化建设门槛。水利部推进的“水利云”建设,实现了部、省、市、县四级数据的汇聚与共享^[4]。大数据分析支撑下的洪水预报模型,可利用实时雨量信息和雷达测雨数据,滚动更新预报成果,显著提升预报精度。云平台还支撑了移动办公、远程会商等应用场景,提升了管理协同效率。

2.5 无人机与遥感技术

无人机与卫星遥感技术弥补了地面监测覆盖范围有限的不足,为水利工程提供了“天上看、空中查”的能力。卫星遥感影像覆盖范围广、重访周期短,可用于大范围水域识别、水库蓄水面积监测、河湖岸线变化追踪、流域土地利用调查等。对于偏远地区或交通不便的工程,遥感成为获取信息的主要手段。无人机技术机动灵活,可在汛期对堤防进行快速巡查,发现管涌、渗漏等险情;在早期对灌区渠道进行巡检,识别堵塞、渗漏点;在应急场景下,无人机可抵近拍摄溃口、滑坡等灾害现场,为抢险

决策提供实时影像。无人机搭载多光谱传感器,还可用于水体富营养化监测、植被覆盖度评估等生态监测任务。遥感与无人机获取的数据与GIS平台集成,形成“天—空—地”一体化的监测网络,显著提升了水利工程巡查的效率与覆盖面。

2.6 数字孪生技术

数字孪生是当前水利信息化领域的前沿技术,其核心是在虚拟空间中构建与物理工程完全对应的数字化映射,实现虚实之间的实时交互与动态闭环。数字孪生水利工程以GIS和BIM为基础,融合物联网实时数据、水文水力模型及人工智能算法,具备“能看、能算、能预演、能指挥”的能力。在防洪调度场景下,数字孪生平台可接入实时雨情水情,驱动洪水演进模型,模拟不同调度方案下的淹没范围与演进过程,辅助决策者选择最优方案^[5]。在大坝安全领域,数字孪生结合监测数据与结构力学模型,可评估当前运行状态,预测未来变化趋势。数字孪生的价值不仅在于可视化展示,更在于“预演”能力——在实际操作之前对方案进行模拟验证,避免决策失误。水利部已启动数字孪生流域试点建设,数字孪生技术正从概念走向工程实践。

3 信息化技术在水利工程管理中的具体应用

3.1 工程规划与设计阶段

规划与设计阶段,信息化技术主要服务于工程选址、方案比选与设计优化。GIS技术结合数字高程模型和土地利用数据,可快速完成流域分析、汇水面积计算、淹没范围模拟等任务,辅助确定水库坝址、渠道线路和堤防走向。在多方案比选中,GIS空间分析功能可量化各方案对耕地、居民点及生态保护区的影响,为决策提供客观依据。BIM技术可实现水工建筑物、金属结构、机电设备的三维协同设计,提前发现并解决专业间碰撞问题,避免施工返工。水文水力模型软件能模拟不同频率洪水下水工程的泄流能力与淹没风险,验证设计标准合理性;无人机航测获取的高精度地形数据,也为规划设计提供了更优质的基础资料,推动规划设计从经验驱动转向数据驱动,提升设计质量^[6]。

3.2 工程建设管理阶段

建设管理阶段的信息化应用聚焦进度、质量、安全、成本四大目标。智慧工地系统集成物联网传感器与视频监控,实现施工现场全面感知,人员定位、塔吊运行、扬尘噪声等数据实时可控。BIM 4D技术将施工进度计划与三维模型关联,可视化展示工程进展,便于管理人员及时发现进度偏差并调整资源投入。隐蔽工程验收、关键工序施工等环节,通过移动终端现场拍照、上传、签认,

形成可追溯的数字化质量档案。安全帽芯片可预警未佩戴行为, 临边防护状态实时监测, 有效降低安全风险。造价管理上, BIM模型可提取工程量清单, 辅助工程计量与支付审核, 同时形成施工全过程数字化记录, 为后续运维移交提供完整的工程信息资产。

3.3 工程运行管理阶段

运行管理阶段是信息化技术应用最广泛、成效最显著的领域。水库管理中, 自动测报系统实时采集水位、雨量、流量等数据, 处理后生成库容变化等关键指标, 超汛限水位时自动报警, 管理人员可远程查看运行状态、控制泄洪闸门。河道管理中, 沿线水位站、流量站构成监测网络, 自动上报数据并绘制水位、流量过程线, 分析涨落趋势。堤防安全监测采用分布式光纤、测斜仪等设备, 实时感知堤身变形与渗流变化^[7]。闸泵站实现“无人值守、少人值班”, 中控室可完成闸门启闭、水泵开停并记录相关数据。灌区通过自动量水设施和远程控制闸门, 实现用水计量到户、精准调配, 推动运行管理从人工值守转向自动运行、从定期巡查转向实时监控。

3.4 工程安全管理

工程安全管理是水利信息化建设的优先领域, 涵盖大坝安全、防汛应急及工程巡查等业务。大坝安全监测系统可在坝体、坝基等关键部位布设渗压计、应变计等传感器, 实现数据自动采集、传输与整编, 内置安全监控模型可识别异常测值并触发分级预警, 超阈值时自动推送警报并启动应急预案。防汛应急方面, 信息化平台整合气象、雨情、水情等信息, 结合洪水预报模型, 滚动预测洪峰流量与出现时间, 支持避险转移、应急物资调配等指挥功能。工程巡查采用移动终端, 巡查人员按预设路线作业, 发现问题可现场拍照、定位上报, 管理后台自动派发整改工单, 形成“发现—上报—处置—复核”的闭环流程, 推动安全管理从被动应对转向主动预防。

3.5 水资源调度管理

水资源调度管理需统筹多水源、多用户、多目标优化, 是水利信息化建设的难点与热点。水量调度决策支持系统以水资源供需平衡模型为核心, 集成来水预报、需水

预测、水库调度等功能模块, 可根据气象和水文条件预测入库水量, 结合各用户用水需求计算需水量, 在供需缺口分析基础上生成调度方案。跨流域调水需统筹调出区与调入区水量平衡, 兼顾生态基流; 多水源联合调度则优化地表水、地下水等配置, 最大化综合效益^[8]。调度方案可通过数字孪生平台模拟预演, 验证可行性, 执行时调度指令通过远程控制系统自动下达至沿线闸站, 实现调水自动化控制, 显著提升水资源配置效率与保障能力。

结束语

信息化技术正在深刻改变水利工程管理的模式与效能。本文从水利工程管理的核心特点出发, 系统梳理了GIS、BIM、物联网、大数据、无人机遥感及数字孪生等关键技术的功能定位与应用场景, 阐述了从规划设计到运行调度各阶段的信息化实践。当前, 数字孪生、人工智能等新兴技术正在加速与水利业务融合, 智慧水利建设进入快车道。未来应持续完善数据标准体系, 打通信息共享堵点, 加强复合型人才培养, 推动水利工程管理向全域感知、数字映射、智能决策的更高阶段迈进。

参考文献

- [1]肖展江. 信息化技术在水利工程管理中的应用[J]. 农业开发与装备, 2024(10):97-99.
- [2]邹明通. 信息化技术在水利工程管理中的应用[J]. 云南水力发电, 2025, 41(3):173-178.
- [3]郭杰. 信息化技术在水利工程管理中的应用[J]. 工程技术研究, 2023, 8(13):162-164.
- [4]丁新贤. 信息化技术在水利工程管理中的应用研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2022(8):102-104.
- [5]李维琴. 信息化技术在水利工程管理中的应用探究[J]. 科技与创新, 2025(9):211-214.
- [6]陈江云, 孙大旺, 张状, 等. 信息化技术在水利工程管理中的应用与优化研究[J]. 水上安全, 2025(24):73-75.
- [7]杨晓雄. 信息化技术在水利工程管理中的应用[J]. 建筑与施工, 2024, 3(19):3-4.
- [8]赵文祥, 米建斌. 信息化技术在水利工程管理中的应用[J]. 水电水利, 2024, 8(6):65-67.