

水文水资源管理信息化发展路径的研究

曹立 朱士辉*

山东省水利勘测设计院有限公司 山东 济南 250000

摘要: 本文立足数字孪生、大数据等信息化理论,阐释水文水资源管理信息化核心内涵与建设价值,梳理国内现有建设成果,剖析监测布局不均、数据孤岛突出、智能决策薄弱、人才匮乏等现实问题,深挖资金配比失衡、行业标准缺失等深层诱因。从硬件基建、数据共享、平台优化、保障体系四大维度提出优化发展路径,助力破除管理短板,推动水文水资源精细化、智慧化管控,契合智慧水利建设与水资源可持续利用发展需求。

关键词: 水文水资源管理;信息化;发展路径

引言: 当下水资源供需矛盾加剧、水旱灾害频发、水生态保护压力攀升,传统经验式水文水资源管理模式弊端凸显,难以适配现代流域治理与水资源管控需求。伴随物联网、云计算、数字孪生技术落地水利行业,信息化转型成为行业发展必然趋势。为破解现阶段信息化建设痛点,本文结合行业理论与建设现状,深挖发展制约因素,探究科学可行优化路径,为区域水文水资源高效管控、智慧水利全域落地提供理论与实践参考。

1 相关概述与理论基础

1.1 核心概念界定

(1) 水文水资源管理: 对水循环过程中的降水、蒸发、径流等要素进行监测分析,并对水资源的开发、利用、配置、保护等环节实施系统协调,其核心目标是保障水安全、维护水生态、实现水资源可持续利用。(2) 水资源管理信息化: 运用物联网、大数据、云计算等现代信息技术,对水资源监测、调度、决策等管理活动进行数字化改造与流程再造,实现数据自动采集、网络传输、智能分析与精准管控,形成新型管理模式。(3) 水文水资源信息化系统: 通常由感知层(水位、流量、水质传感器及遥测终端)、传输层(4G/5G、卫星、北斗等通信网络)、数据层(水文水资源数据库、数据中台)和应用层(监测预警、调度决策、信息服务等业务平台)四层架构构成。

1.2 水文水资源管理信息化建设核心价值

(1) 提升水资源监测调度精准化水平: 通过实时感知与动态模拟,能够精确掌握来水、需水、蓄水等信息,支撑精细化调度决策,减少水资源浪费与供需错配。(2) 优化水资源防灾减灾应急管控能力: 信息化系统可快速采集雨情、水情、工情数据,结合洪水演进模型和预警机制,提高洪涝、干旱等灾害的预见期与响应速度。(3) 助力区域水资源集约节约利用落地: 借助智

能计量、用水定额管理和漏损监测等技术,推动用水总量与强度双控,促进农业、工业、城镇等领域的节水增效。(4) 适配智慧水利全域建设发展要求: 水文水资源信息化是智慧水利“数字孪生+业务应用”体系的基础,为流域治理、工程运行、水网调度等提供统一的数据底座与协同平台^[1]。

1.3 基础理论支撑

(1) 数字孪生水利理论: 该理论强调通过物联网、模型仿真与数据融合,构建物理水利工程的虚拟映射体,实现“实时映射—模拟推演—反向控制”的闭环优化,为水资源管理提供超前预演能力。(2) 水资源优化配置理论: 基于系统分析方法,在考虑社会、经济、生态等多元目标约束下,运用运筹学、博弈论等工具,求解水资源在区域、行业间的公平高效分配方案。(3) 大数据与物联网信息化管理理论: 该理论提出利用分布式数据采集、流式处理、机器学习等技术,从海量异构水文数据中提取规律,支撑预测预警与智能决策,实现从“经验管理”向“数据驱动管理”的转变。

2 水文水资源管理信息化建设现状及现存问题

2.1 国内水文水资源信息化建设现有成果

(1) 全域水文监测站点网络化布局成型: 经过多年建设,我国已基本建成覆盖大江大河、重点湖泊、水库及地下水的水文监测站网体系,水位、雨量自动测报站点总数已突破4.5万个,长江、黄河等重点流域干流实现每5公里一站的高密度覆盖,重点区域水文要素实时采集与远程传输率达95%以上,为防洪减灾和水资源调配提供了可靠数据源。(2) 基础水资源信息数据库逐步搭建完善: 依托全国水资源管理信息系统,各省市整合了水源地、取水许可、用水户、水质断面等超百万条信息资源,例如浙江省已建立涵盖2.3万个取水户的动态台账,形成标准化基础数据库,实现水资源量、取用水量等数

据的集中存储与月度更新,有效支撑了用水统计与区域总量控制指标核算。(3)信息化管控平台试点落地应用推广:在智慧水利先行先试区域,如江苏南京、广东东江流域等地,水资源监控预警平台已接入1.2万余个取水监测点,取水许可电子证照系统实现省、市、县三级贯通,灌区量测水平台在安徽淠史杭灌区覆盖灌溉面积超600万亩,显著提升了取水监管、用水统计与应急调度的信息化水平,为全面推广积累了可复制经验。

2.2 当前水文水资源管理信息化存在核心短板

(1)监测设备布局不均,老旧设备智能化程度偏低:经济发达地区与大江大河断面站点密集,而中小河流、山洪易发区及地下水超采区覆盖面不足;大量在役设备服役超十年,通信协议落后,缺乏远程自检、自动校准等智能功能,数据采集稳定性与精度有待提升。

(2)数据孤岛问题突出,跨部门数据协同共享不足:水利、生态环境、自然资源、气象等部门间数据标准不一、接口尚未打通,雨情、水质、地下水监测数据相互割裂,难以形成“空天地水”一体化融合分析,重复采集与信息壁垒问题并存。(3)信息化系统功能单一,智能化决策能力薄弱:现有平台多侧重于数据展示与报表生成,缺乏水文预报、水量调配方案推演、旱情智能研判等高级分析功能,面对复杂来水情景,调度决策仍以人工经验为主,系统辅助决策作用有限^[2]。(4)基层专业运维人才队伍储备不足:县市级水文站点和信息化平台普遍存在“重建设、轻运维”现象,既懂水文业务又熟悉物联网、数据库的复合型技术人才匮乏,设备故障响应周期长,系统长期带病运行问题突出。

2.3 制约信息化长效发展深层成因

(1)资金投入配比不均衡:硬件采购与站点基建占信息化预算大头,数据治理、算法模型、网络安全及运维等软件投入比例过低,导致系统建成后迭代乏力,难以实现全生命周期高效运转。(2)行业建设标准与管理体制不完善:不同区域在传感器选型、传输协议、质控等方面缺乏强制统一规范,系统集成与跨域数据交换成本高,难成全国“一张网”,制约整体效能。(3)技术迭代与行业落地衔接滞后:人工智能、数字孪生等前沿技术在水文领域成熟应用偏少,产学研转化不畅;水利工程对可靠性的高要求使新技术试点推广审慎缓慢,技术红利未能充分释放。(4)管理理念传统,数字化意识薄弱:部分单位视信息化为辅助工具而非核心业务抓手,缺乏数据驱动决策的组织文化,跨部门流程再造动力不足,信息化与业务改革脱节,阻碍系统深度应用与持续优化。

3 水文水资源管理信息化优化发展路径

3.1 完善基础设施布局,升级智能化硬件体系

(1)补齐偏远区域水文监测站点短板:针对中小河流、山洪易发区、地下水超采区以及边境流域等监测薄弱区域,科学规划加密站点布局。优先选用低功耗、自供电(太阳能+储能)的一体化遥测站,实现水位、流量、雨量、水质等要素的全覆盖自动采集。重点填补县际交界断面和生态敏感区的监测空白,确保极端天气下亦能获得关键水文数据,消除监测“盲区”与“断点”。(2)迭代替换老旧设备,布设物联网智能感知终端:对服役超过十年、故障率高且不具备远程传输功能的存量设备实施分批次更新换代。推广集成MEMS微机电系统、NB-IoT或4GCat.1通信模组以及边缘计算能力的智能传感器,使其具备自诊断、远程校准、异常主动报警、数据断点续传等功能。同步布设多参数水质、土壤墒情等新型感知终端,全面提升监测要素的丰富度与数据可靠性^[3]。(3)搭建全域水文数据传输高速通信网络:融合4G/5G公网、北斗短报文、卫星通信及水利专网等多种通信资源,构建“公专结合、天地互备、多链路自动切换”的立体传输体系。重点解决偏远山区、峡谷河段等信号盲区的覆盖问题,保障暴雨洪涝等极端条件下监测数据不中断。同时提升骨干节点的带宽与冗余能力,为海量实时数据及视频监控提供低延时、高可靠的传输通道。

3.2 打通数据壁垒,构建一体化数据共享体系

(1)搭建统一标准化水文水资源综合数据库:制定并推行全国统一的数据采集、编码、存储及交换标准,明确各类要素的元数据规范。整合雨情、水情、水质、取用水量、地下水水位、工程运行等多元数据,采用数据湖或数据中台架构,实现逻辑统一、物理分布的一体化存储管理,达成“一数一源、一源多用”,消除基层重复填报和多头管理问题。(2)破除水利、环保、住建跨部门数据流通壁垒:在国家和省级层面建立跨部门数据共享协调机制,厘清数据权责,编制数据共享负面清单与交换清单。依托政务数据共享交换平台,打通水利水文、生态环境水质监测、住建排水管网、气象预报预警等信息,实现流域—区域—城市多级数据的互联互通与业务协同,支撑跨界水体联防联控与水资源统一调度。(3)建立数据核验、更新、安全管控闭环机制:开发自动化数据质量核验规则,对异常跳变、长期不变、缺漏值等进行智能清洗与插补。制定差异化动态更新策略(如实时、小时、日更),保障数据鲜活度。同时部署分级分类安全管控措施,包括数据脱敏、访问审计、

隐私计算和区块链存证,建立从采集、传输、存储到共享的全流程数据安全防护闭环^[4]。

3.3 优化平台架构,打造智慧化综合管理系统

(1)融合数字孪生技术搭建仿真调度模块:以数字孪生水利理论为指引,构建流域或区域的“天空地水”一体化数字映射体。接入实时监测数据、气象预报及水利工程参数,依托水文模型与水动力学模型,实现水位演进、洪水淹没范围、水量优化分配、水库群联合调度的可视化推演与多方案比选。支撑“预报—预警—预演—预案”的全链条闭环决策,提升复杂情景下的调度前瞻性。(2)增设洪涝预警、用水管控智能决策模块:基于机器学习算法与分布式水文模型,开发短临暴雨内涝预警、中小河流洪水风险动态评估、旱情趋势滚动预测以及用水总量智能控制等高级功能。支持多目标优化(生活、生产、生态用水平衡),自动生成调度建议或直接下达控制指令(如闸泵启闭、取水限额),大幅缩短从感知到干预的响应时间,强化非工程措施减灾效能。(3)搭建移动端基层轻量化办公管控端口:面向县乡级水管单位、巡测人员和村级水管员,开发适配主流手机及平板的轻量化APP或小程序。实现监测数据实时查询、告警信息主动推送、巡查巡检任务派发、现场问题拍照上报、移动会商等功能。同时提供语音录入、离线缓存等便利特性,降低基层信息化使用门槛,打通管理“最后一公里”,提升一线工作效率与覆盖面。

3.4 健全保障体系,夯实信息化长效运营根基

(1)加大专项财政资金扶持与资源统筹力度:设立国家和省级水文水资源信息化专项资金,明确硬件更新、软件平台开发、数据治理及日常运维的合理分配比例(建议4:3:2:1)。积极引导社会资本参与智慧水利项目,探索PPP、EPCO等建设运营模式。同时建立资金绩效考核机制,确保投入与产出相匹配,保障系统全生命周期的持续迭代与稳定运行。(2)统一行业建设规范,完善信息化管理制度:由国家层面牵头出台水文水

资源信息系统建设技术导则、数据共享管理办法、运维服务等级标准等规范性文件。将信息化覆盖率、数据共享率、系统在线率等纳入最严格水资源管理制度考核及河湖长制考核指标,倒逼各级管理单位按照统一标准集约建设、规范管理,减少重复投资和系统孤岛^[5]。(3)搭建复合型人才引进与常态化培训机制:联合高校及水利科研院所定向培养“水利工程+信息技术”复合型人才,设立基层技术专岗和特聘工程师制度。建立分级分类的常态化培训体系,定期组织物联网运维、大数据分析、平台操作、网络安全等技能轮训,将信息化素养纳入基层水利人员职称评定与绩效考核。打造一支“懂业务、精技术、能实战”的稳定运维工程师队伍,确保系统不仅“建得成”,更能“用得好、管得住、长受益”。

结束语

综上,水文水资源管理信息化是水资源集约利用、防灾减灾、智慧水利建设的核心抓手,当前行业建设仍存在基建、数据、技术、人才多重阻碍。唯有补齐硬件监测短板、打通跨部门数据壁垒、升级智能业务平台、完善全维度保障机制,才能实现管理模式数字化革新。未来需持续推动前沿技术产学研转化,优化管理理念,长效赋能水资源优化配置与水生态安全守护。

参考文献

- [1]刘志雨.新时代水文水资源信息化建设短板与高质量发展路径优化[J].中国水利,2025,17(12):45-48.
- [2]王凯,李军.数字孪生驱动下水文水资源管理信息化转型路径研究[J].水利水电技术,2024,55(07):78-85.
- [3]张磊.基层水文水资源信息化建设困境及全域协同发展对策[J].人民黄河,2023,45(09):132-135.
- [4]李文豪,张阮玲子.智慧水文视角下水资源信息化管控体系构建与发展策略[J].中国防汛抗旱,2025,35(03):66-70.
- [5]陈成勇.大数据技术在水文水资源信息化管理中的应用及优化路径[J].黑龙江水利科技,2023,51(11):157-159.