

## 信息化背景下水利工程运行管理创新研究

王宏东

自治区塔里木河流域和田河水利管理中心, 新疆 和田 848000

**[摘要]**随着信息技术的迅猛发展, 水利工程运行管理正经历着深刻的数字化、智能化转型。文章基于信息化时代背景, 系统探讨了水利工程运行管理创新的理论框架与实践路径。研究首先分析了信息化对水利工程管理的时代要求及其面临的挑战与机遇, 继而构建了以数据为核心、以智能技术为支撑的信息化管理理论框架。重点从智能监测预警、自适应调度控制、预测性维护决策、公共服务平台等方面, 阐述了信息化技术在水利工程运行管理中的创新应用模式。最后, 从数据资源整合、智能算法集成、管理机制创新、安全可持续发展等维度, 提出了构建水利工程运行管理创新体系的策略建议, 以期为推动智慧水利建设、提升工程管理效能与国家水安全保障能力提供理论参考与实践指引。

**[关键词]**信息化; 水利工程; 运行管理; 创新体系; 智能技术; 数据驱动

DOI: 10.33142/hst.v9i2.19178

中图分类号: TU2

文献标识码: A

### Research on Innovative Operation and Management of Water Conservancy Projects under the Background of Informatization

WANG Hongdong

Tarim River Basin Hotan River Water Conservancy Management Center, Hotan, Xinjiang, 848000, China

**Abstract:** With the rapid development of information technology, the operation and management of water conservancy projects are undergoing a profound digital and intelligent transformation. Based on the background of the information age, this article systematically explores the theoretical framework and practical path of innovation in the operation and management of water conservancy projects. The study first analyzed the era requirements and challenges and opportunities faced by information technology in water conservancy project management, and then constructed an information management theoretical framework with data as the core and intelligent technology as the support. The innovative application mode of information technology in the operation and management of water conservancy projects is elaborated from the aspects of intelligent monitoring and early warning, adaptive scheduling control, predictive maintenance decision-making, and public service platforms. Finally, from the dimensions of data resource integration, intelligent algorithm integration, management mechanism innovation, and safe and sustainable development, strategic suggestions for building an innovative system for water conservancy project operation and management are proposed, in order to provide theoretical reference and practical guidance for promoting smart water conservancy construction, improving project management efficiency, and enhancing national water security guarantee capabilities.

**Keywords:** informatization; water conservancy engineering; operation management; innovation system; intelligent technology; data-driven

#### 引言

水资源是国民经济与社会发展的基础性、战略性资源。水利工程作为调控水资源时空分布、防御水旱灾害、保障水安全的关键基础设施, 其运行管理水平直接关系到工程综合效益的发挥与水资源的可持续利用。当前, 我国已进入高质量发展阶段, 水利事业也由大规模建设转向“建管并重、以管促效”的新时期。传统依赖人工巡查、经验判

断的管理模式, 因存在“站点少、人工监测费用高、覆盖面小等问题, 无法实现全时域、全天候、全覆盖监测”, 已难以适应新时期对水利工程安全、高效、精细、智能运行的管理需求。以物联网、大数据、人工智能、卫星遥感等为代表的新一代信息技术, 正以前所未有的深度和广度融入经济社会发展各领域, 也为水利工程运行管理的现代化变革注入了强劲动力。信息化背景下的水利工程运行管

理创新,本质上是利用现代信息技术对管理理念、方法、流程和组织模式进行系统性重塑,旨在构建感知互联、智能决策、精准调控、协同共治的新型治理格局。

## 1 研究背景与意义

### 1.1 信息化对水利工程管理的时代要求

在全球数字化浪潮与国家网络强国、数字中国战略的驱动下,信息化已成为提升各行业治理能力与核心竞争力的关键路径。对于水利行业而言,信息化是实现水资源集约节约利用、水灾害有效防御、水生态保护修复的必然选择。《“十四五”智慧水利建设规划》等顶层设计明确要求,需深化数字孪生、物联网、大数据等技术与水利业务的融合。具体到工程运行管理,信息化时代要求实现三大转变:一是从静态离散管理向动态连续感知转变,通过空天地一体化监测网络,实现对工程状态与流域水情的实时、全面掌握;二是从经验驱动决策向数据模型驱动决策转变,依托数据分析与智能模型,提升调度、预警、维护等决策的科学性与前瞻性;三是从单一工程管理向流域系统协同治理转变,借助信息平台打破部门与区域壁垒,实现水资源、水工程、水风险的统筹管理与联动调控。

### 1.2 水利工程运行管理面临的挑战与机遇

当前,水利工程运行管理仍面临多重挑战。在技术层面,“时空分辨率矛盾长期存在;高空间分辨率卫星重访周期长……高时间分辨率卫星的空间分辨率又低”,制约了对突发性灾害与小规模工程的精细监控能力。同时,“面向水利专业的智能化模型目前尚处于初级发展阶段,比如其鲁棒性差、泛化能力弱”。在数据与应用层面,存在数据获取成本高、业务融合深度不足、产品精度验证机制不完善等问题。在管理机制层面,则突出表现为“跨部门协同不好、缺乏标准规范、没有建立长效机制”。

挑战之中蕴藏巨大机遇。一方面,技术进步为解决上述瓶颈提供了可能。“下一代高分辨率雷达卫星可以实现亚米级形变监测精度以及小时级的重访能力”,高光谱、激光雷达等新型传感器极大提升了水质、地形等参数的获取能力<sup>[1]</sup>。另一方面,国家政策的强力支持与智慧水利建设的全面推进,为信息化管理创新创造了优越环境。水利工程运行管理正迎来从被动应对到主动防控、从粗放经验到精细智能、从单一封闭到协同开放的历史性机遇窗口。

## 2 信息化背景下水利工程运行管理的理论框架

### 2.1 信息化水利管理的核心概念

信息化背景下的水利工程运行管理,其核心是构建以“数据”为关键生产要素、以“智能”为核心驱动力、以“协同”为基本特征的现代治理模式。具体内涵包括:数

据驱动:将工程安全、水资源、水环境、水生态等全要素信息进行数字化采集、网络化传输、标准化汇聚与可视化呈现,形成管理决策的数字基础。智能感知与决策:运用遥感、传感网、无人机等手段实现全方位感知,并通过大数据分析、人工智能模型对感知信息进行智能解译、趋势预测与方案优化。精准调控与协同:基于智能决策结果,通过自动控制系统对工程设施,如闸门、泵站进行自适应调节,并借助信息平台实现跨部门、跨层级、跨区域的业务协同与应急联动。

### 2.2 关键技术支撑体系

信息化水利管理创新依赖于一个多层次、融合化的技术支撑体系:(1)感知层技术:包括卫星遥感(光学、雷达、高光谱)、无人机、物联网传感器(水位、渗压、应力等)、水下探测设备等,构成“天空地水工”一体化监测网络的基石。(2)网络与平台层技术:依托5G、北斗、物联网等通信技术实现数据高速传输,并基于云计算、边缘计算构建水利“国家级云平台”,提供强大的数据存储、计算与服务平台。(3)数据与模型层技术:涵盖数据库、数据挖掘、数字孪生、水文水力模型、人工智能算法(深度学习、机器学习)等,用于数据处理、融合分析、模拟推演与智能诊断。(4)应用与交互层技术:包括BIM、GIS、可视化、智能控制、移动应用等,服务于具体的业务场景与用户交互。

### 2.3 管理范式转变的逻辑路径

信息化推动水利工程运行管理范式遵循“数字化-网络化-智能化”的递进路径转变。首先是管理对象数字化,将物理工程及其环境映射为可计算的数字模型。其次是业务流程网络化,打破信息孤岛,实现监测、调度、维护等业务流程的在线化与协同化。最终是决策控制智能化,即“利用人工智能、大数据分析对遥感影像实现自动解译”,并“将遥感数据流嵌入到水利工程的控制闭环中”,形成“感知-决策-执行”的实时智能闭环。这一转变的逻辑终点是构建知识服务驱动的管理新范式,即“遥感应用从重点提供数据向生成知识转变,在水利专业中形成决策知识库”,实现管理从“经验依赖”到“知识驱动”的根本性跃升。

## 3 信息化在水利工程运行管理中的创新应用

### 3.1 智能监测与预警系统创新

信息化技术推动监测预警从人工定点、定期巡查向空天地一体化、实时智能感知跃升。在工程安全监测方面,“利用卫星遥感手段开展大规模、非接触式的远距离长时序观测”,结合InSAR技术可“精准获得地面毫米级一厘

米级的形变速率值”，及时发现大坝变形、库岸滑坡等隐患。高分辨率光学与热红外遥感能“发现坝体、溢洪道、闸门等水工建筑物表面裂缝、渗漏湿迹”，并与“坝体光纤传感网络”等多源数据融合，构建智能诊断模型，提升预警时效性与准确性。在洪涝干旱灾害监测中，具备全天候能力的雷达卫星可快速获取淹没范围，结合数字高程模型（DEM）生成精细化灾情评估图；多光谱遥感反演的植被指数、土壤湿度等则构成动态干旱监测体系，实现旱情早期识别与过程跟踪。

### 3.2 自适应调度与协同控制优化

信息化为实现水资源从静态计划调度向动态自适应协同控制提供了可能。一方面，通过“重力卫星反演地下水、土壤水等地表水资源储量”，结合遥感反演的土壤墒情、作物蒸散发等数据，并将其同化到分布式水文模型中，可显著提升无资料地区径流预报精度，为水资源优化配置提供依据。另一方面，创新应用体现在构建实时控制闭环。例如，“在洪涝灾害发生后，利用合成孔径雷达提供的实时淹没情况信息可以直接启动水库闸门的自动调节系统”，实现基于实时水情的工程设施自适应响应<sup>[2]</sup>。灌区水资源调度中，利用遥感数据可“推动灌区渠系物联网设备自动分配水量”，从而大幅提高灌溉用水效率。

### 3.3 预测性维护与风险管理决策

传统“事后维修”和“定期检修”模式正向基于状态的“预测性维护”转变。通过在水工建筑物关键部位布设传感器网络，持续采集应力、变形、振动、温度等多维数据，并“运用数据分析技术对监测设备的运行状况加以维护”。结合人工智能深度学习算法，可建立设备健康状态预测模型，“在问题出现之前，对设备进行必要的维修保养”。在风险管理决策中，利用长期历史数据“构建大坝安全知识图谱，挖掘裂缝演化规律”，识别风险传导链路。同时，通过“仿真技术对水利工程建设运营及资源管理实施预先评估与动态模拟”，在数字空间预演不同情景下的工程响应与风险后果，从而制定更具针对性的风险防控预案。

### 3.4 公共服务模式与信息平台构建

信息化促进了水利工程管理从内部管理向开放共享的公共服务延伸。通过构建统一、权威的水利信息公共服务平台，整合发布水情、工情、灾情、水资源状况等信息，提升政务公开透明度与公共服务便捷性。平台可面向社会公众提供防灾避险信息查询、涉水事务办理等服务；面向科研机构与企业提供标准化数据产品与开发接口，促进数据要素价值释放。此外，平台作为跨部门协同的枢纽，能有效破解“不同部门间的数据流动壁垒”，支撑水利、自

然资源、气象、应急等多部门在规划、监管、应急等环节的协同作业，推动形成水利工程社会共治新格局。

## 4 水利工程运行管理创新体系构建

### 4.1 数据资源整合与标准化建设

数据是创新体系的基石。需构建覆盖“天-空-地-水-工”的全要素水利数据资源体系，推动多源异构数据的融合治理。关键在于制定统一的数据采集、传输、处理、产品与服务标准，解决“缺乏可靠的接口与高效的标准数据服务”的问题。建立国家级和流域级水利大数据中心，实现数据资源的集中管理、有序共享与安全开放<sup>[3]</sup>。同时，必须“建立面向遥感反演产品的精度验证及不确定性评估机制”，提升数据的可靠性与决策信任度。

### 4.2 智能算法与模型集成应用

智能算法以及专业模型能够有力驱动创新进程，需着重去研发针对水利场景所设的专用 AI 解译模型，增强其在复杂地物背景之下以及面对少样本情形时的适应性，推动“物理-数据驱动下的水文遥感同化模型”的应用，把卫星观测数据和水文机理模型加以深度融合耦合起来，进而构建起流域级的数字孪生体，将 GIS、BIM、仿真、优化算法等诸多模型工具加以集成整合，形成一条从监测环节开始，经由分析、模拟直至优化阶段的完整模型链，以此为核心来为“预报、预警、预演、预案”业务给予强有力的模型支撑。

### 4.3 管理机制与组织创新

技术创新离不开与之相配套的管理机制方面的变革举措。其中，建立跨部门以及跨区域的常态化协同机制，同时制定相应的数据共享政策，以此来打破行政壁垒，这应当成为首要着手的任务。要积极推动水利工程管理单位对其组织机构加以优化，设置专门负责数据管理、算法分析以及智慧调度工作的部门，并且着力培养复合型的人才队伍<sup>[4]</sup>。得在项目建设以及运维模式方面进行创新，构建起“系统运维费用维持常态、数据采购资金予以保障、技术更新具备可持续性”的长效机制，防止出现“大量的示范项目一结束便停止使用”的情况，从而切实保障信息化系统能够持续发挥其应有的作用。

### 4.4 安全与可持续发展保障策略

安全是创新发展所不可逾越的底线，对于网络安全、数据安全以及工程运行安全务必要给予高度关注，需构建起涵盖技术层面、管理层面以及运营层面的全方位安全防护体系，在可持续发展这一维度上，信息化创新应当围绕水资源的节约集约利用以及水生态保护展开相关服务。举例来讲，借助遥感技术来开展生态调度方案的制订工作，

并且对修复效果予以评价,以此推动水利工程达成“经济利益和生态效益共赢”的目标。与此依靠信息化的相关手段强化工程能效管理,广泛推广绿色技术的应用,促使水利工程朝着绿色、低碳以及智慧的方向去实现转型。

## 5 结束语

信息化浪潮为水利工程运行管理带来了颠覆性创新的历史契机。本文系统探讨了信息化背景下水利工程运行管理创新的理论内涵、技术支撑、应用路径与体系构建策略。研究表明,以数据为驱动,以“天空地水工”一体化智能感知为神经,以数字孪生与人工智能模型为大脑,以协同控制与知识服务为四肢的创新体系,是推动水利工程管理迈向智慧化、现代化,最终实现“全要素智能管控、全风险精准预警、全资源优化配置”战略目标的根本途径。未来,随着“水利遥感专用星座组网、国家级云平台建成和标准体系完善”,以及管理机制的深度变革,信息化必将从辅助工具演进为智慧水利的决策中枢,为筑牢国家水

安全屏障提供不可替代的科技支撑。

## [参考文献]

- [1]卢飞.水利工程中泵站安全运行管理研究[J].水上安全,2025(21):23-25.
- [2]夏冬晨,林海卫,周梦阳.水利工程施工与后期运行管理衔接机制研究[J].水上安全,2025(21):185-187.
- [3]王海群,王纳纳.智能化技术在水利工程运行管理中的应用研究[J].科技创新与应用,2025,15(30):183-186.
- [4]辛浩,赵久芳.水利工程智慧化运行管理框架与应用场景研究[Z].广西网络安全和信息化联合会.第十二届工程技术管理与数字化转型学术交流会议论文集.内蒙古引绰济辽供水有限责任公司,;2025:414-415.

作者简介:王宏东(1990.5—),毕业院校:塔里木大学,所学专业:土木工程,当前就职单位名称:自治区塔里木河流域和田河水利管理中心,职务:喀拉喀什河下游管理站副站长,职称级别:工程师。