

# 智慧水利在水资源管理中的实践与发展路径探讨

程妙真

嵩县水利局, 河南 洛阳 471400

DOI:10.61369/WCEST.2025060002

**摘 要 :** 水资源管理是应对水资源污染, 提高水资源利用效率, 充分发挥水资源价值的必由之路, 智慧水利则在水资源管理中发挥着重要的作用。文章基于此, 首先概述了智慧水利的内涵, 从水资源动态监测与精准计量、水资源智能调度与优化配置、水质监测与污染溯源、节水潜力分析与智慧灌溉四个方面, 探讨了智慧水利在水资源管理中的实践策略, 并从技术、应用、政策三个维度对智慧水利的发展做了展望。

**关 键 词 :** 智慧水利; 水资源管理; 数字技术

## Discussion on the Practice and Development Path of Smart Water Conservancy in Water Resources Management

Cheng Miaozen

Song County Water Conservancy Bureau, Luoyang, Henan 471400

**Abstract :** Water resource management is the inevitable path to address water resource pollution, enhance the efficiency of water resource utilization, and fully leverage the value of water resources. Smart water conservancy plays a significant role in water resource management. Based on this, the article first summarizes the connotation of smart water conservancy, and discusses the practical strategies of smart water conservancy in water resource management from four aspects: dynamic monitoring and precise measurement of water resources, intelligent dispatching and optimal allocation of water resources, water quality monitoring and pollution source tracing, and water-saving potential analysis and smart irrigation. It also makes prospects for the development of smart water conservancy from three dimensions: technology, application and policy.

**Keywords :** smart water conservancy; water resources management; digital technology

## 引言

水既是生命的源泉, 也是工农业生产的重要资源。根据《中国大百科全书》, 水资源管理指“通过法律、经济、行政和技术等综合措施对水资源的开发、利用、配置、保护等进行组织、监督和协调<sup>[1]</sup>”。水利事业在水资源管理中, 发挥着重要的作用。近年来, 随着数字技术的不断发展, 水利事业向着数字化、智慧化的方向转型。智慧水利能够打破水资源管理的信息壁垒与经验依赖, 构建全周期、全要素的精细化管理体系。因此, 要深刻认识到智慧水利的价值, 做好智慧水利在水资源管理中的实践与发展。

## 一、智慧水利概述

智慧水利是数字技术与水利行业深度融合的产物, 以数字化赋能、网络化联动、智能化决策为核心逻辑, 包括感知层、传输层、数据层、应用层四个层次。感知层为数据源头, 通过地面监测网络、空天地一体化监测及移动监测设备, 实现数据的全要素、全场景采集。传输层依托通信技术传输数据, 确保数据高可靠、低延迟、广覆盖。数据层通过存储、清洗、融合、分析四步流程, 构建标准化水资源大数据平台, 为数据应用奠定坚实基础。

应用层通过 AI 算法、数字孪生技术、可视化技术开发具体应用模块, 提升径流预测、水质识别、水库调度等场景的智能化水平, 为管理决策提供直观支持。

## 二、智慧水利在水资源管理中的实践策略

### (一) 水资源动态监测与精准计量

动态监测与精准计量是水资源管理的重要方面, 智慧水利的发展, 则为水资源的动态监测与精准计量提供了良好的外部环境。

境。地表水监测上，在干支流水系及水库，布设高灵敏度的智能监测设备，构建覆盖全流域的监测网络，同时，加强无人机、遥感等新技术的应用，提高数据采集频次与精度，实时掌握河道流量、水库蓄水情况，为水情研判提供数据支撑。地下水监测上，超采问题是地下水管理的难点，全国多个省区存在地下水超采现象。可在超采区域大规模布设监测井，并基于监测数据，采取关停自备水井、推广地表水替代灌溉等差异化的压采方案。生产用水量上，安装智能水表，实时监测用水量变化，并关联生产数据，触发异常预警后及时排查泄漏问题。居民用水量上，以具有远程监测、异常提醒功能的智能水表，取代传统水表，帮助用户及时发现漏水问题，减少水资源浪费。

### （二）水资源智能调度与优化配置

水资源智能调度与优化配置是智慧水利的核心应用方向。针对水资源分布不均问题，整合水库、河道、地下水、再生水等多水源数据，构建供需耗排平衡模型，通过优化算法求解最优调度方案，最小化缺水率并最大化利用效率。跨区域调度中，以数字孪生技术模拟输水过程，为水利工程提供支撑，保障水资源稳定供应。应急调度中，结合旱涝防控的需要，构建数据驱动的智慧化应急调度机制。面对干旱时，通过监测数据掌握降雨量、水库蓄水量、作物受旱面积等信息，利用数字孪生模型模拟不同调度方案效果，选择最优策略缓解旱情。遭遇洪涝时，基于降雨数据与水文模型预测水位变化，通过仿真确定合理泄洪流量，联动水库与下游城市开展防控，减少经济损失。

### （三）水质监测与污染溯源

随着社会经济的不断发展，我国水污染现象日益严重，并对社会经济的可持续发展形成了极大的制约。需发挥好智慧水利在水质监测与污染溯源中的作用，为水生态安全提供保障。首先，构建实时水质预警机制。在入湖河口、湖心区等关键点位布设水质传感器，高频采集 pH 值、溶解氧、氨氮等指标，结合 AI 模型识别异常数据并触发预警。建立快速响应机制，缩短水质异常处置时间，减少蓝藻爆发等生态风险。其次，推进污染溯源追踪。污染溯源追踪是水质治理与水生态保护的关键。需依托水文数据、地形数据与周边污染源信息，采用算法构建污染扩散模型，计算各污染源贡献度与概率，精准定位主要污染源。相比传统排查方式，基于智慧水利的污染溯源追踪，大幅缩短时间、提升准确率，为违法排污查处与水体治理提供了依据。

### （四）节水潜力分析与智慧灌溉

我国为水资源贫乏国，智慧水利在节水潜力分析、智慧灌溉中的应用，能够提高水资源利用效率，有效缓解水资源短缺的问题。从节水潜力分析的角度而言，以往，工业领域的节水，以被动节水为主，效果欠佳。智慧水利能推动工业领域节水从被动节水向主动节水转变，提高节水效果。在生产线各节点，安装智能设备，全面采集各环节用水数据，依托 AI 算法，识别用水效率不匹配问题，计算节水潜力，并通过优化冷却系统、修复漏水点、推动废水回用等方式，实施技术改造，实现大幅节水，降低用水成本。从智慧灌溉的角度而言，农业为用水大户，根据水利部发布的《2024 年中国水资源公报》，2024 年，农业用水 3648.4 亿立

方米，占全国用水总量的 61.6%<sup>[2]</sup>。可在农田布设墒情传感器、小型气象站，利用无人机遥感获取作物生长状况，基于 AI 模型，在数据融合的基础上，测算作物需水量，通过智能灌溉控制器实现按需供水。如此，既能提高灌溉用水效率，也能促进作物生产，一举两得。

## 三、智慧水利在水资源管理中的发展路径

### （一）突破技术瓶颈，夯实发展基础

数字技术是智慧水利的核心，也是智慧水利在水资源管理实践中关键支撑。针对技术层面的问题，应从多源数据融合、AI 算法优化、数字孪生模型构建等方面，采取措施，突破技术瓶颈，夯实发展基础。

首先，以多源数据融合破解数据孤岛问题。针对不同部门数据标准不统一导致共享困难，制定覆盖数据元、格式、传输协议、精度要求的统一规范，实现跨部门数据通采、通存、通用。构建国家级智慧水利数据共享中心，接入各省份水利数据并打通气象、农业、环保等部门数据接口，实现一次申请、全网共享。强化数据安全保障，采用分级保护与加密传输机制，对敏感数据脱敏处理，利用区块链技术实现数据溯源，定期开展网络安全演练，防范数据篡改与攻击风险。

其次，优化 AI 算法。水资源管理系统具有非线性、强耦合、不确定性等特征，对算法的鲁棒性有很高的要求。应从提升复杂场景适应性的角度出发，开发基于强化学习的自适应调度算法，将管理问题转化为智能体与环境的交互过程，通过不断尝试优化策略。结合不同算法优势构建多模型融合预测体系，提升径流、水质等预测精度。对 AI 算法进行轻量化改造，减少参数与计算步骤，使其可在边缘设备运行，解决基层水利部门算力不足问题，实现本地化预测与快速响应。

最后，提高数字孪生技术应用水平。数字孪生技术能综合利用物理模型、传感器数据、历史运行数据等，对物理实体进行多物理量、多尺度、多概率的仿真，在虚拟空间中生成实体的孪生体，是当前智慧水利的关键技术<sup>[3]</sup>。需全面整合高精度地形、水文水力、工程设施数据，构建物理→数字→孪生实时交互系统，实现监测数据与数字孪生体的实时同步。拓展仿真场景至工程规划、风险评估、应急演练等领域，在工程建设前模拟不同方案的效益与成本，评估突发事件影响范围，开展防洪等应急演练提升处置能力。依托东数西算工程在水利枢纽附近建设算力中心，配备高性能计算设备，满足海量数据处理与实时仿真需求。

### （二）深化场景落地，释放技术价值

水资源管理是一项系统性工程，当前，智慧水利已被广泛应用于动态监测、智能调度、水质治理、节水优化等多个领域，并取得了良好的效果。应从城乡供水一体化、生态流量保障两个方面，进一步拓展智慧水利的应用场景，充分释放技术价值。

城乡供水一体化方面，农村饮水安全是重要的民生问题，应推动智慧水利向供水末端延伸，在农村集中式饮用水源地布设监测设备，实时掌握水量与水质，确保符合生活饮用水卫生标准，

水位或水质异常时自动切换备用水源。对农村小型水厂进行智能化改造,安装智能加药设备、浊度监测仪与管网压力传感器,实现无人值守与远程控制,提升出水合格率并降低运营成本。在供水管网布设流量、压力传感器监测漏损,为居民安装智能水表支持便捷缴费与用水查询,通过数据分析推送设备故障提醒,保障农村居民用水安全。

生态流量保障方面,生态流量是维持河流生态功能的基础,水利部等部门2025年6月印发的《河湖生态流量管理办法(试行)》要求从生态流量保障实施方案制定、水资源调度管理、水利工程泄放管理、泄放设施建设和改造、取水管理等方面,加强生态流量保障<sup>[4]</sup>。需将生态流量保障作为智慧水利应用的重要场景,在河流重要断面布设流量传感器,结合卫星遥感监测河道水面面积,验证生态流量保障效果。建立水库、河道生态流量联动调度机制,监测到断面流量低于最小生态流量时,自动向上游水库发送下泄指令调整流量。构建生态流量效益评估模型,从水质、生物、植被三个维度评估保障效果,形成年度报告,为生态流量标准调整提供科学依据,促进河流生态系统修复。

### (三) 健全保障机制,强化支撑能力

大力发展智慧水利,是新时期提升水资源管理水平的必然要求。需从标准体系建设、跨部门协同、复合人才培养三个方面,健全保障机制,强化智慧水利发展的支撑能力。

首先,推进标准体系建设。标准体系具有规范智慧水利发展方向的作用。针对当前相关标准碎片化、滞后性的问题,应按技术环节与应用场景分类制定标准,覆盖感知层、传输层、数据层、应用层技术要求,以及农业智慧灌溉、工业智慧用水、城乡智慧供水等场景规范,形成横向到边、纵向到底的全产业链标准

体系。同时,通过试点示范总结可复制经验,定期组织标准培训解读内容与实施要求,推动标准落地,并建立动态更新机制,根据技术发展与实践需求每三年修订标准,确保先进性与适用性。

其次,构建跨部门协同机制。水资源管理涉及水利、气象、农业、环保、应急等多个部门。行政壁垒的存在对水资源管理以及智慧水利发展形成了阻碍。应成立由水利部门牵头、其他部门参与的智慧水利协同工作领导小组,定期召开协调会议解决数据共享、调度联动问题。制定突发事件联动处置流程,明确各部门在水质污染、干旱等事件中的职责,最大限度减少推诿扯皮的现象。将跨部门协同工作纳入绩效考核,对表现优秀的部门表彰,对拖延推诿的通报批评,确保协同机制有效运行。

最后,培养高素质复合型人才。智慧水利深刻改变了水资源管理的方式,并对从业人员的专业能力、综合素质提出了更高的要求。应推动高校开设智慧水利交叉学科专业,依托校企合作建立实训基地,提升学生实践能力,培养兼有水利工程、数字技术素养的复合型人才。针对水利工作人员,开展线上线下结合的技术培训,覆盖传感器操作、平台使用、AI 算法基础等内容,提升技能水平。制定人才引进计划,对高层次人才给予安家补贴与科研经费支持,吸引人才投身智慧水利领域,缓解人才缺口。

## 四、结语

在全球气候变化加剧、水资源供需矛盾日益突出的背景下,传统水利管理模式已难以应对复杂的水安全挑战。智慧水利的发展为数字源管理提供了新的思路,应加强智慧水利在水资源管理中的应用,并从技术、应用、政策三个维度,推动智慧水利发展。

## 参考文献

- [1] 中国大百科全书出版社总编委会. 中国大百科全书 [M]. 北京: 中国大百科全书出版社, 2009: 1447.
- [2] 中华人民共和国水利部. 2024 年中国水资源公报 [EB/OL]. [http://www.mwr.gov.cn/sj/tjgb/szygb/202506/t20250610\\_1732735.html](http://www.mwr.gov.cn/sj/tjgb/szygb/202506/t20250610_1732735.html).
- [3] 程丹丹, 钮月磊, 刘创. 基于数字孪生的智慧水利系统的设计与应用 [J]. 现代信息科技, 2025 (02): 105-109.
- [4] 水利部等六部门印发实施《河湖生态流量管理办法(试行)》 [EB/OL]. [http://zfs.mwr.gov.cn/szjc/202507/t20250704\\_1971795.html](http://zfs.mwr.gov.cn/szjc/202507/t20250704_1971795.html).