智慧水利技术在灌区现代化改造中的应用实践与优化策略

宋 晨，肖圣春

（宿迁市苏水工程检测有限公司，江苏 宿迁 223800）

摘 要 灌区是保障粮食安全、支撑现代农业发展、优化区域水资源配置的核心水利基础设施。传统灌区普遍存在设施老旧、监测手段滞后、调度模式粗放、水资源利用率偏低、人工管护成本高等突出问题，难以适配节水农业与智慧水利的发展要求。智慧水利依托物联网、大数据、数字孪生、人工智能等新兴技术，为灌区提质增效、节能节水、精细管控提供全新路径。本文结合灌区现代化改造工程实践，系统阐述智慧水利技术的应用场景与实施成效，剖析当前技术落地、运维管理、体系建设中的现存短板，提出针对性、可落地的优化提升策略，以期为灌区智慧化、标准化、长效化发展提供理论与实践参考。

关键词 智慧水利；灌区；现代化改造；物联网；大数据

中图分类号：S274.3；TV213.4 **文献标志码**：A DOI：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.29.013

0 引言

随着国家节水行动与乡村振兴战略深入推进，灌区现代化改造已成为水利基础设施提质升级的重点工作。长期以来，我国多数大中型灌区沿用人工巡渠、经验调水、粗放灌溉的传统管理模式，存在渠系渗漏严重、供需水匹配失衡、计量精度不足、管护效率低下等问题，造成大量水资源浪费，制约农业节水增效与区域水生态改善。智慧水利技术打破了传统灌区管理的时空局限，构建起“感知、传输、分析、决策、调度、管控”一体化运行体系，有效推动灌区从人工经验管理向数据智能管控转型。深入研究智慧水利技术的实践应用与优化路径，对提升灌区水资源利用效率、夯实粮食安全水利根基具有重要的现实意义。

1 灌区现代化改造引入智慧水利技术的现实价值

1.1 提升水资源精细化利用水平

传统灌溉模式缺乏精准的数据支撑，灌溉时机、灌溉水量多依靠农户经验判断，普遍存在大水漫灌、过量灌溉、灌溉不均等现象，灌溉水利用系数偏低，水资源浪费问题突出。智慧水利技术通过全天候、全覆盖的数据监测，精准采集土壤墒情、气象参数、渠系流量、田间用水需求等核心数据，依托大数据模型科学测算最优灌溉方案，实现按需供水、精准配水，有效减少渠系渗漏与田间无效耗水，大幅提升水资源集约利用效率，契合国家节水控水的核心要求。

1.2 重构灌区现代化管理体系

传统灌区管理依赖人工巡查、纸质记录、现场调度，存在巡查覆盖面有限、隐患发现滞后、数据统计滞后、调度响应缓慢等管理短板，难以适配大规模灌区常态化管护需求。智慧水利构建空天地一体化监测管控体系，实现水情、工情、墒情、雨情的实时监控与动态预警，替代重复性人工作业，简化管护流程、降低人工成本。同时，通过数字化平台实现灌区数据统一归集、共享分析、智能调度，彻底改变碎片化、粗放式的管理模式，全面提升灌区管理标准化、智能化、精细化水平[1]。

1.3 增强灌区风险防控与应急处置能力

灌区渠系线路长、覆盖范围广、露天设施多，易受暴雨、干旱、洪涝、渠系破损、管道渗漏等风险影响，传统模式下隐患排查不及时、应急调度滞后，极易引发干旱缺水、渠道漫溢等问题。智慧水利技术依托智能监测、视频识别、阈值预警功能，能够实时捕捉异常水情、设备故障、渠道险情，自动推送预警信息，快速启动应急调度方案，大幅提升灌区旱涝防御、隐患治理、突发事件处置能力，保障灌区安全稳定运行。

2 智慧水利技术在灌区现代化改造中的应用实践

2.1 物联网感知技术：构建全域动态监测网络

物联网是智慧灌区建设的基础支撑，通过在灌区干渠、支渠、斗渠、田间地块布设流量传感器、水位监测仪、墒情监测站、雨量设备、水质传感器、高清

作者简介：宋晨（1988-），男，本科，工程师，研究方向：水利工程。

摄像头等终端设备，搭建全覆盖、立体化的感知网络，实现灌区各类运行数据的自动采集、实时传输。在工程实践中，通过节点化布设监测终端，可实时掌握渠系水流变化、土壤干湿状态、区域降水情况。

2.2 大数据与云计算技术：实现数据智能分析处理

灌区运行涉及海量动态数据，传统人工统计分析模式效率低、误差大、难以形成系统性研判。大数据与云计算技术可对灌区水情、工情、墒情、用水台账、气象数据等多源信息进行整合归集、清洗分析、分类建模，构建灌区专属数据库。通过数据对比分析，能够精准研判区域用水规律、渠系损耗情况、灌溉供需匹配关系，科学预判用水高峰、干旱风险与供水缺口[2]。

2.3 数字孪生技术：打造虚拟仿真管控平台

数字孪生技术是当前灌区智慧化升级的核心前沿技术，依托GIS地理信息、三维建模技术，构建与实体灌区同步映射的虚拟仿真模型，完整复刻渠系分布、水工建筑、田间设施、地理地貌等实体要素。通过虚实数据实时联动，实现灌区运行状态可视化、调度过程可预演、风险隐患可预判。在实际应用中，可模拟不同气象条件、不同用水需求下的水流运行状态，提前推演调水方案效果，对比优化水量分配模式。

2.4 智能控制技术：实现渠系精准调度

智能控制技术以智能闸门、自动化泵站、远程测控终端为核心，依托后台管控平台下发调度指令，实现闸门自动启闭、流量精准调节、泵站智能启停。传统灌区闸门调节依靠人工现场操作，调度滞后、水量把控不准，容易出现供水过剩或供水不足的问题。现代化改造后，系统可根据田间墒情、渠系水位、用水计划自动调整闸门开度，动态平衡上下游水量，实现分区、分片、分时精准供水，有效减少渠系输水损耗，保障田间灌溉均匀稳定，显著提升灌溉质量与节水效益。

2.5 移动智能运维技术：简化日常管护流程

依托移动APP、无线传输技术搭建移动端运维体系，管理人员可通过手机终端实时查看灌区运行数据、接收预警信息、排查整改隐患、记录运维台账，实现巡渠管护、设备检修、隐患整改、用水统计的移动化、便捷化管理。替代传统纸质台账、现场登记的老旧模式，提升日常运维效率，实现灌区管护全程可追溯、可监管。

3 当前智慧灌区改造与技术应用存在的主要问题

3.1 技术设施适配性不足，建设标准参差不齐

部分灌区智慧化改造存在重建设、轻适配的问题，盲目套用通用技术方案，未结合灌区规模、渠系布局、种植结构、区域水文特点开展定制化设计。监测设备布设不合理，部分偏远渠段、田间末端存在监测盲区，设备重复布设与监测空缺问题并存。同时，不同批次、不同厂家的设备兼容性较差，数据接口不统一，导致各类监测系统、管控平台相互独立，数据无法互联互通，形成信息孤岛，难以发挥综合管控效能[3]。

3.2 重硬件建设、轻软件运维，长效运行能力薄弱

多数灌区改造重点投入传感器、监控设备、智能闸门等硬件设施建设，忽视软件系统优化、数据深度应用与后期运维管理。硬件设备投入使用后，缺乏常态化校准、检修、保养机制，长期露天运行易出现设备老化、数据漂移、信号中断、故障失灵等问题。同时，软件系统更新滞后，数据分析、智能调度、风险预警功能未能充分开发利用，大量监测数据闲置，仅实现基础监测功能，未能转化为节水增效、科学调度的实际效能。

3.3 专业人才匮乏，智慧化管理能力不足

智慧灌区运维涉及大数据、数字孪生、智能控制、信息化平台操作等专业技术，对管理人员专业素养要求较高。当前基层灌区管护人员多为传统水利工作人员，缺乏信息化、智能化设备操作与系统运维能力，仅能完成简单查看、基础操作，无法开展数据研判、系统优化、故障排查、模型调试等深度工作。人才队伍滞后于技术升级速度，导致智慧设备、智能平台难以发挥最大价值，制约灌区智慧化长效运行。

3.4 管理制度不完善，智慧化管控体系不健全

现阶段多数灌区尚未建立适配智慧化运行的管理制度，仍沿用传统人工管护制度，存在岗位职责不清、运维流程不规范、数据管理混乱、考核机制缺失等问题。设备运维、数据归档、隐患处置、调度管理缺乏标准化流程，日常运维随意性较强。同时，缺乏常态化培训、考核、奖惩机制，工作人员主动运用智慧系统开展精细化管理的积极性不足，智慧化管控落地成效受限。

3.5 末端改造滞后，智慧灌溉覆盖不全面

灌区智慧化改造多集中在渠首、主干渠等核心区域，田间末级渠系、田间灌溉设备智慧化改造滞后，存在“主干智慧化、田间传统化”的断层问题。末端监测、智能灌溉设备覆盖不足，无法精准采集田间用水需求，导致顶层智能调度与田间实际灌溉需求脱节，精准灌溉、高效节水的优势无法充分发挥，整体改造效益不均衡[4]。

4 智慧水利技术赋能灌区现代化的优化提升策略

4.1 因地制宜定制方案，统筹标准化一体化建设

结合灌区规模、渠系布局、地理环境、农业种植结构，制定适配性强的智慧化改造方案，杜绝模板化、

同质化建设。科学规划监测终端、智能设备布设点位，补齐田间末端、偏远渠段监测盲区，避免设备重复建设。统一设备技术标准、数据接口与平台架构，整合各类独立子系统，搭建一体化智慧灌区管控平台，实现水情、工情、墒情、视频数据互联互通、资源共享，彻底破除信息孤岛，构建全域统一、协同联动的智慧管控体系。

4.2 强化软硬件协同运维，激活数据应用价值

树立“建设与运维并重”的发展理念，建立设备常态化运维机制，定期对传感器、智能闸门、监控终端开展校准、检修、除尘、升级工作，及时更换老化故障设备，保障硬件设备稳定运行。持续优化平台软件功能，升级大数据分析、智能调度、风险预警、仿真推演模块，深度挖掘监测数据价值，依托历史数据优化灌溉制度、水量分配方案、渠系调度模式。建立数据归档、分析、复盘机制，以数据支撑灌区精细化节水管理、科学化调度决策。

4.3 培育专业人才队伍，提升智慧管护能力

构建分层分类的常态化培训体系，针对基层管护人员开展设备操作、平台使用、故障排查、数据分析等实操培训，快速提升一线人员智能化运维能力。引进信息化、智慧水利专业技术人才，组建专业化运维团队，负责系统优化、技术升级、难题攻坚。建立师徒帮带、定期考核、技能比武机制，倒逼工作人员主动学习、熟练运用智慧管理工具，打造适配智慧灌区发展的复合型管护队伍。

4.4 健全长效管理制度，规范智慧化运行流程

结合智慧灌区运行特点，修订完善运维管理、设备管护、数据管理、调度管理、隐患处置等配套制度，明确各岗位工作职责、操作流程、考核标准。建立“监测—预警—研判—调度—整改—复盘”全闭环管理机制，规范数据采集、设备运维、应急处置、日常管护全流程。完善考核奖惩机制，将智慧系统应用、设备运维质量、节水增效成效纳入绩效考核，压实管理责任，保障智慧化管控工作常态化、规范化落地。

4.5 推进末端智慧升级，实现全域精准灌溉

加快推进灌区末级渠系、田间地块智慧化改造，补齐田间智慧化短板，布设田间墒情监测、智能取水、精准灌溉设备，打通灌区智慧管控“最后一公里”。构建“渠首调度—渠系传输—田间灌溉”全链条智慧化体系，实现从水源调配、渠系输水到田间灌溉的全程智能管控，精准匹配农作物用水需求，动态优化灌溉方案，全面提升灌区水资源利用效率，实现节水、增效、提质多重效益。

5 智慧水利技术在灌区现代化改造中的应用展望

在智慧水利与农业现代化双重发展背景下，灌区智慧化改造是水利高质量发展的必然趋势[5]。未来，随着物联网、数字孪生、人工智能、大数据等技术的持续迭代，智慧灌区将朝着全域感知、智能推演、自主调度、无人值守的方向升级。通过多技术深度融合，能够实现灌区水资源动态精准调配、旱涝风险智能预判、设备故障自动诊断、灌溉效率持续提升，彻底改变传统灌区管理模式。持续深化智慧水利技术应用、完善精细化管控体系、补齐运维短板，可有效推动灌区从基础信息化向深度智慧化跨越，持续提升灌区供水保障能力与节水增效水平，为现代农业高质量发展、区域水资源集约利用、粮食安全稳固筑牢水利根基。

6 结束语

智慧水利技术为灌区现代化改造提供了核心技术支撑，有效破解了传统灌区管理粗放、用水浪费、效率偏低、管护滞后等行业痛点，在精准控水、高效调度、风险防控、降本增效等方面发挥着不可替代的作用。当前灌区智慧化建设仍存在设施适配不足、运维体系薄弱、人才短缺、末端改造滞后等现实问题。在未来改造与运维工作中，需立足于灌区实际，坚持因地制宜、建管并重、软硬协同的原则，通过标准化一体化建设、常态化运维保障、专业化人才培育、制度化体系完善、全域化末端升级，全方位优化智慧水利技术应用成效，构建高效、精准、智能、长效的现代化灌区管控体系，充分释放智慧水利技术赋能优势，持续提升灌区水资源利用效率与现代化管理水平，助力节水农业发展与区域水生态文明建设。

参考文献：

[1] 周伟.现代化灌区数字化改造在农田水利管理中的应用研究[J].农家科技,2026(06):141-143.
[2] 马青芳.面向高标准农田建设的老旧灌区水利工程优化改造研究[J].智能城市,2024,10(02):108-110.
[3] 周勇,徐乐熙.数字孪生技术在智慧灌区建设中的应用[J].数码设计(电子版),2023(01):19-22.
[4] 王超群.数字孪生技术在智慧水利建设中的实践探究[J].水上安全,2024(12):7-9.
[5] 韦为.信息化技术在水利管理中的应用研究[J].企业科技与发展,2022(05):122-124.