

智慧灌区建设中物联网监测与精准灌溉系统集成应用研究

邓行键

宜丰县水利局 江西宜春 336300

摘要：智慧灌区是农业现代化与水资源高效利用的重要载体，物联网监测与精准灌溉系统的集成应用，是提升灌区管理水平、实现节水增效的核心路径。当前传统灌区改造与智慧化建设进程中，仍存在监测效率低下、设备覆盖不足、系统协同不畅、水资源利用粗放等突出问题。本文结合智慧灌区建设的核心需求，系统分析物联网监测与精准灌溉系统应用现状及核心痛点，从感知网络构建、智能决策控制、系统协同联动三个维度构建集成应用优化策略，配套制定数据标准、质量安全、人员建设等保障措施。研究旨在为智慧灌区物联网监测与精准灌溉系统的科学集成应用提供实践指引，助力提升灌区水资源利用效率、推动农业绿色可持续发展。

关键词：智慧灌区；物联网监测；精准灌溉；系统集成

引言

我国是农业大国，灌区作为农业生产的核心基础设施，承担着保障粮食安全、支撑农业发展的重要使命。随着农业现代化进程加快，传统灌区管理模式已难以适配水资源高效利用与精细化农业发展的需求。智慧灌区建设依托物联网、大数据、自动化控制等技术，实现灌区监测、决策、灌溉全流程的智能化管控，成为破解传统灌区发展困境的关键方向。物联网监测与精准灌溉系统的集成应用，是智慧灌区建设的核心内容，能够实现对灌区土壤、气象、水源等关键要素的实时感知，以及灌溉过程的精准调控。当前这类系统在集成应用中仍面临诸多短板，制约了智慧灌区建设成效的提升。深入研究系统集成应用的优化路径，梳理应用中的核心问题，构建科学的策略与保障体系，对推动智慧灌区高质量建设、提升水资源利用效率、保障农业可持续发展具有重要现实意义。

一、智慧灌区建设现状与物联网监测及精准灌溉面临的问题

（一）传统灌区人工监测效率低与灌溉决策缺乏数据支撑的现状

传统灌区长期依赖人工开展土壤墒情、作物长势、气象条件等关键要素的监测工作。人工监测方式耗时费力，监测频次与精度难以满足精准灌溉的需求，且监测数据存在滞后性，无法实时反映灌区实际环境变化。在灌溉决策环节，多数传统灌区仍依靠经验判断，缺乏系统、精准的监测数据支撑，导致灌溉决策主观性强、科

学性不足。

这种依赖经验的决策模式，难以精准匹配不同作物、不同生长阶段的需水规律，也无法根据土壤墒情、气象预报等动态调整灌溉方案。要么出现灌溉不足影响作物生长，要么灌溉过量造成水资源浪费，同时还可能引发土壤板结、次生盐渍化等问题，制约灌区农业生产效益与水资源利用效率的提升。

（二）物联网感知设备覆盖不足与信息传输稳定性差及数据孤岛的问题

物联网感知设备是实现灌区智能化监测的基础，当前智慧灌区建设中普遍存在感知设备覆盖不足的问题。部分灌区仅在核心区域布设少量监测设备，对偏远地块、分散水源的监测存在盲区，无法实现灌区全域关键要素的全面感知。设备选型与灌区实际环境适配性不足，部分设备在复杂田间环境下易出现故障，进一步影响监测连续性。

信息传输稳定性差与数据孤岛现象进一步加剧了系统集成的难度。灌区多处于偏远农村区域，网络基础设施薄弱，无线传输信号易受地形、植被遮挡影响，导致监测数据传输中断或延迟。不同厂家、不同类型的监测设备数据格式不统一，缺乏标准化的数据交互接口，使得各类监测数据分散存储在不同系统中，无法实现有效共享与融合分析。数据孤岛不仅浪费数据资源，还导致物联网监测系统难以与精准灌溉系统高效协同，影响整体应用效果^[1]。

（三）灌溉系统自动化程度低与作物需水匹配度不高及水资源浪费的挑战

当前多数灌区的灌溉系统仍以人工操作为主，自动

化程度偏低。灌溉阀门开启、水量调节等关键环节依赖人工完成，不仅效率低下，还难以实现灌溉过程的精准控制。部分已配备自动化灌溉设备的灌区，由于设备维护不到位、控制逻辑不合理等原因，自动化功能未能充分发挥，仍需大量人工干预。

灌溉系统与作物需水规律匹配度不高，是导致水资源浪费的核心原因之一。不同作物、同一作物的不同生长阶段需水量存在显著差异，但现有灌溉系统多采用统一的灌溉模式，无法根据作物需水特性动态调整灌溉水量与灌溉时间。这种粗放式的灌溉方式，不仅无法满足作物精准需水需求，还造成大量水资源浪费，与我国水资源短缺的国情相悖，也制约了灌区农业绿色可持续发展^[2]。

二、物联网监测与精准灌溉系统集成应用优化策略

(一) 构建覆盖土壤、气象与水源的全方位物联网感知网络策略

全方位的物联网感知网络是系统集成应用的基础，需统筹规划土壤、气象、水源三大核心监测维度，实现灌区关键要素的全域覆盖与实时感知。在土壤监测方面，根据不同作物类型、土壤质地，科学布设土壤墒情传感器，重点监测土壤含水量、土壤温度等关键指标，确保监测数据能够精准反映作物根系层土壤水分状况。

气象监测需聚焦影响作物生长与灌溉决策的关键气象要素，在灌区全域合理布设气象监测站，监测降水量、气温、湿度、风速、日照等指标，为灌溉时机选择、灌溉水量调整提供气象数据支撑。水源监测要覆盖灌区水源地、输水渠道、蓄水池等关键部位，布设水位、流量、水质传感器，实时掌握水资源供需状况。同时，优化设备选型，优先选用适应田间复杂环境、稳定性高、功耗低的物联网感知设备，提升监测系统的可靠性与耐久性。

(二) 建立基于实时数据分析的智能灌溉决策模型与自动控制策略

基于物联网感知网络采集的实时数据，构建智能灌溉决策体系，实现灌溉决策的科学化与精准化。整合土壤墒情、气象、作物长势、水源等多维度数据，建立适配不同作物生长特性的灌溉决策逻辑，明确不同生长阶段的灌溉阈值、灌溉水量与灌溉间隔。通过数据的实时分析，自动判断作物需水状态，生成个性化的灌溉方案，替代传统经验决策模式。

强化精准灌溉系统的自动化控制能力，实现灌溉方案的高效落地。根据智能决策生成的灌溉指令，依托自动化控制设备，实现灌溉阀门开启、水量调节、灌溉时

长控制等环节的自动化操作。构建分级控制体系，针对不同灌区规模与地块分布，采用集中控制与分布式控制相结合的方式，确保灌溉控制的精准性与高效性。同时，设置手动干预接口，在特殊情况下可通过人工操作调整灌溉方案，提升系统运行的灵活性^[3]。

(三) 形成监测数据传输平台与田间灌溉设施协同运行的联动策略

构建统一的监测数据传输与共享平台，打破数据孤岛，为系统协同运行提供数据支撑。规范数据格式与传输标准，统一不同类型感知设备的数据接口，实现土壤、气象、水源等监测数据的实时汇聚与融合分析。优化数据传输链路，结合灌区网络基础设施条件，采用4G/5G、LoRa、北斗等多种传输技术相结合的方式，提升数据传输的稳定性与时效性，确保监测数据能够快速传递至决策与控制模块。

建立监测数据传输平台与田间灌溉设施的协同联动机制，实现监测、决策、灌溉全流程的无缝衔接。数据传输平台实时将分析处理后的监测数据与决策指令传递至田间灌溉控制设备，触发灌溉作业；同时，灌溉设施的运行状态数据反向传输至平台，实现灌溉过程的闭环管控。通过系统间的协同联动，确保灌溉作业能够精准响应作物需水与灌区环境变化，提升整体灌溉效率与水资源利用效益。

三、推进系统应用与运行的保障措施与管理对策

(一) 建立健全智慧灌区数据标准规范与系统运行维护管理机制

建立健全智慧灌区数据标准规范，明确监测数据的采集范围、精度要求、格式标准、传输协议等内容，确保数据的规范性与兼容性。制定数据质量评价与管控标准，建立数据校验、清洗、备份机制，保障监测数据的真实性与可靠性。通过标准化建设，打破不同系统间的数据壁垒，实现数据资源的高效共享与深度利用。

完善系统运行维护管理机制，保障系统长期稳定运行。组建专业的运行维护团队，明确岗位职责与工作流程，定期对物联网感知设备、数据传输设备、灌溉控制设施等进行巡检、维护与校准。建立设备故障预警与快速处置机制，对运行过程中出现的设备故障、数据传输异常等问题，及时响应并处置。某灌区通过建立完善的运行维护机制，定期开展设备巡检与数据校准，系统故障发生率降低60%以上，有效保障了系统稳定运行。同时，制定系统运行管理制度，规范操作流程，明确各环节管理责任，确保系统运行有序^[4]。

（二）完善设备质量监督体系与网络安全防护及信息化共享措施

完善设备质量监督体系，从源头保障系统应用效果。建立物联网感知设备、灌溉控制设备等关键设备的进场检验制度，严格核查设备资质、性能参数，确保设备符合设计要求与灌区实际应用需求。加强设备采购、安装、调试全流程的质量管控，建立质量追溯体系，对设备质量问题进行跟踪处置。定期开展设备性能评估，对老化、性能下降的设备及时更新替换，保障系统整体性能。

强化网络安全防护措施，保障系统与数据安全。构建多层次的网络安全防护体系，采用防火墙、入侵检测、数据加密等技术，防范网络攻击与数据泄露风险。加强对数据传输、存储、使用全流程的安全管控，规范数据访问权限，建立安全审计机制，对数据操作行为进行全程记录与监督。完善信息化共享措施，搭建跨部门、跨区域的数据共享平台，推动灌区监测数据与农业、水利、气象等部门数据的共享共用，提升数据资源的综合利用价值。

（二）加强基层水利人员信息化操作培训与技术推广服务能力建设

加强基层水利人员信息化操作培训，提升系统应用能力。制定系统化的培训计划，结合灌区实际应用需求，开展物联网设备操作、数据平台使用、智能灌溉系统调控等方面的专项培训。采用理论教学与实操演练相结合的方式，确保基层水利人员能够熟练掌握系统操作流程与日常维护技能。邀请行业专家开展现场指导，解决基层人员在系统应用过程中遇到的实际问题，提升培训效果。

强化技术推广服务能力建设，推动系统广泛应用。组建专业的技术推广服务团队，深入灌区一线，为种植户提供技术指导与咨询服务，帮助种植户理解并接受精准灌溉技术。通过示范基地建设、现场观摩会等方式，展示物联网监测与精准灌溉系统的应用成效，增强种植户对新技术的认可与接受度。建立技术推广反馈机制，及时收集用户意见与建议，针对性优化系统功能与应用方案，提升系统的实用性与适配性^[5]。

结语

智慧灌区建设中物联网监测与精准灌溉系统的集成

应用，是提升灌区精细化管理水平、实现水资源高效利用的关键举措。当前系统集成应用面临人工监测效率低下、设备覆盖不足、数据孤岛突出、灌溉自动化程度低、需水匹配度不高等问题，这些问题制约了智慧灌区建设成效，难以适配农业现代化与水资源节约型社会建设的需求。

通过构建覆盖土壤、气象与水源的全方位物联网感知网络策略，能够实现灌区关键要素的精准实时监测；建立基于实时数据分析的智能灌溉决策与自动控制策略，可提升灌溉决策的科学性与灌溉操作的精准性；形成监测数据平台与田间灌溉设施协同运行的联动策略，能够打破数据壁垒，实现全流程协同管控。在此基础上，通过建立健全数据标准规范与运行维护机制、完善设备质量监督与网络安全防护措施、加强基层人员培训与技术推广服务能力建设等保障措施，可全面提升系统集成应用效果，确保各项优化策略顺利落地。物联网监测与精准灌溉系统的集成应用是智慧灌区建设的核心内容，需要政府部门、科研单位、基层水利机构、种植户等多方协同发力。相关策略与保障措施的落地实施，能够有效解决当前系统集成应用中的核心问题，推动智慧灌区建设高质量发展。这不仅有助于提升灌区水资源利用效率、降低农业生产成本、提升农业生产效益，还能为保障粮食安全、推动农业绿色可持续发展提供坚实支撑，具有重要的工程实践意义与社会经济价值。

参考文献

- [1] 李晓宁. 智慧水务在凉州区杂木灌区农村规模化供水工程建设的探索与实践[J]. 善天下, 2021(6): 345-347.
- [2] 郑雷, 施兰霞. 金华安地灌区数字化平台建设实践[J]. 水电站机电技术, 2022(008): 045.
- [3] 张辉萍. 疏勒河大数据智慧灌区建设探讨[J]. 农业科技与信息, 2020(12): 2.
- [4] 黄徐燕, 潘龙. 龙泉山灌区水利信息化建设模式探索[J]. 四川水利, 2021, 42(3): 5.
- [5] 翟钦. “云大物智”在智慧灌区信息系统建设中的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2021. DOI: 10.3969/j.issn.1007-7596.2021.08.068.