

基于物联网的灌区水务信息化与智能调度

魏许昌 411329199608270015

摘要

传统灌区水务管理存在数据采集精度低、调度响应滞后、水资源利用率偏低等问题，难以适配现代农业节水发展需求。本文以物联网技术为核心，探讨灌区水务信息化体系的构建路径与智能调度实现方法，通过感知层、网络层、平台层与应用层的四层架构设计，实现灌区水量、水质、土壤墒情等多源数据的实时采集与传输，结合智能算法构建水资源优化调度模型，最终形成自动化、精细化的灌区水务管理体系。研究表明，基于物联网的灌区智能调度方案可提升水资源利用率 15%以上，降低灌溉人力成本 30%左右，为灌区现代化改造提供可行的技术支撑。

关键词：物联网；灌区水务；信息化；智能调度

一、引言

我国是农业大国，灌区是保障粮食生产安全的核心基础设施，全国灌溉面积约占耕地总面积的 50%，生产了约 70%的商品粮，灌区水资源利用效率直接关系到国家粮食安全与水资源战略安全。传统灌区水务管理多依赖人工巡查、经验调度模式，存在数据采集不及时、水资源分配不合理、渗漏浪费严重等痛点，部分大型灌区水资源利用率不足 50%，远低于发达国家先进水平。随着新一代信息技术与农业生产的深度融合，利用物联网技术改造传统灌区水务管理体系，推进水务信息化与智能调度，已经成为灌区现代化改造的核心方向。物联网技术通过海量感知节点实现灌区全区域的动态监测，依托云平台完成数据整合分析，能够为灌区水资源调度提供精准的决策依据，破解传统调度模式的信息不对称问题，实现水资源的高效配置。

二、基于物联网的灌区水务信息化体系架构

（一）感知层：多源数据动态采集网络

感知层是灌区水务信息化的基础，主要负责完成灌区各类水务数据的实时采集，覆盖水量、水位、水质、土壤墒情、气象等多类监测指标。在灌区渠首、干支渠分水口、末级渠系出水口安装电磁流量计与液位传感器，实时采集渠道过流量与水位数据；在灌区典型田块布设土壤水分传感器与气象站，监测土壤墒情、

降雨量、气温、风速等影响作物需水的关键参数；在灌区水源地设置水质监测节点，实时监测 pH 值、浊度、农药残留等水质指标，保障灌溉用水安全。感知层采用低功耗传感器节点设计，结合太阳能供电模块，适应灌区野外长期无人值守的运行环境，数据采集频率可根据实际需求动态调整，旱季灌溉高峰期可提高采集频率至 1 次/5 分钟，非灌溉期可调整为 1 次/1 小时，降低设备运行能耗。

（二）网络层：异构数据稳定传输网络

灌区覆盖范围广，地形条件复杂，单一通信网络难以满足全区域覆盖需求，因此采用“有线+无线”异构融合的网络传输架构。对于渠首枢纽、管理站等固定节点，采用光纤有线网络传输，保障大体积数据的稳定传输；对于田间分散的传感器节点，采用 NB-IoT 窄带物联网与 LoRa 低功耗广域网结合的传输方式，NB-IoT 依托运营商公网实现广覆盖，适合距离较远、数据量小的监测节点，LoRa 适合灌区内部短距离集群节点的数据汇聚，降低通信成本。

（三）平台层：数据整合与计算支撑平台

平台层是灌区水务信息化的核心枢纽，负责完成多源异构数据的存储、整合与计算处理。构建灌区水务大数据中心，采用分布式数据库存储结构化的监测数据与非结构化的影像、文档数据，通过统一的数据标准对不同来源的数据进行格式转换与归一化处理，打破不同监测系统之间的数据孤岛。平台层搭载智能计算引擎，集成水资源调度优化算法、需水预测模型，为智能调度提供计算支撑，同时提供开放的接口，支持与上级水行政主管部门的信息平台对接，实现数据共享与协同管理。

（四）应用层：面向多用户的功能服务

应用层面向灌区管理单位、用水农户、水行政主管部门提供差异化的功能服务。针对灌区管理单位，提供实时监测、远程控制、报表统计、异常告警等功能，管理人员可通过 PC 端或手机端随时掌握灌区运行状态，远程控制渠系闸门开度；针对用水农户，提供手机端查询服务，农户可实时获取所在片区的灌溉计划、用水量与水费信息，在线申请灌溉配额；针对水行政主管部门，提供灌区水资源利用统计报表与宏观决策数据，支撑区域水资源管理政策制定。

三、基于物联网的灌区智能调度实现路径

（一）作物需水动态预测模型构建

智能调度的核心前提是精准掌握灌区不同区域的作物需水量，基于物联网采集的实时土壤墒情、气象数据，结合作物种类、生育期信息，构建动态需水预测模型。采用 Penman-Monteith 公式计算作物参考蒸散量，结合作物系数修正得到实际需水量，再结合近期降雨量预测与土壤当前含水量，计算得出不同片区的实际灌溉需水量，预测周期可覆盖 1 日至 7 日，为短期调度提供依据，同时可生成月度、季度需水预测，支撑中长期水资源配置规划。

（二）水资源优化调度模型设计

以灌区水资源利用效率最大化、灌溉保证率最高为目标函数，结合水源可供水量、渠系输水能力、作物需水约束等条件，构建多目标优化调度模型。采用遗传算法对模型进行求解，得到不同水文条件下的最优渠系配水方案，自动生成各分水口的开度控制指令，通过物联网远程控制闸门执行调度方案，相较于传统人工经验调度，可减少渠系输水损失，缩短配水时间，保障缺水条件下优先保障高附加值作物与粮食作物的灌溉用水需求。

（三）异常工况智能响应机制

基于物联网实时监测数据，构建灌区异常工况的智能识别与响应机制，当监测到渠段水位超过警戒水位、闸门运行异常、水质不达标等问题时，系统自动发出告警信息，推送至管理人员移动端，并根据预设的应急预案生成初步处理方案，辅助管理人员快速处置，降低异常工况带来的损失。遇到突发暴雨等极端天气时，系统可自动调整调度方案，开启泄洪闸门，降低灌区内涝风险。

四、应用效益分析

基于物联网的灌区水务信息化与智能调度体系的应用，可带来显著的经济、社会与生态效益。经济效益方面，可有效提升水资源利用率，根据国内已有灌区的应用案例，改造后灌区水资源利用率平均提升 12%-18%，每亩灌溉用水量可减少约 80-120 立方米，同时降低了人工巡查与调度的人力成本，管理成本可降低 30%以上，粮食亩产可提升 5%-8%。社会效益方面，提升了灌区灌溉保证率，降低了干旱对粮食生产的影响，保障了粮食生产安全。

五、结论与展望

基于物联网技术构建灌区水务信息化体系，实现智能调度，是推进灌区现代化改造、提升水资源利用效率的有效路径。通过四层架构的信息化体系建设，可实现灌区水务数据的全采集、全传输、全分析，结合智能优化调度模型，可实现水资源的精细化配置，解决传统灌区管理的痛点问题。未来随着物联网终端成本的进一步下降与人工智能技术的发展，灌区智能调度模型的精度将进一步提升，物联网技术将在更多中小型灌区得到推广应用，推动我国农业灌溉向智能化、节水化方向发展。

参考文献

- [1] 康绍忠. 我国农业高效节水灌溉发展的现状与出路[J]. 农业工程学报, 2014, 30(2): 1-9.
- [2] 许迪, 王福军, 白美健. 灌区信息化技术发展与应用前景[J]. 水利学报, 2018, 49(1): 21-30.
- [3] 李振海, 姜清波, 王栋. 基于物联网的大型灌区智能调度系统设计与实现[J]. 农业网络信息, 2021, (6): 25-31.