

灌区智能量测水及阳光水务系统集成研究

何玉琛

甘肃省景泰川电力提灌水资源利用中心

DOI:10.12238/hwr.v9i5.6351

[摘要] 随着农业现代化进程的加快,灌区水资源管理的智能化需求日益迫切。本研究围绕灌区智能量测水及阳光水务系统集成展开,综合运用物联网、大数据与云计算等先进技术,旨在全方位提升灌区水资源管理的效率与精度。研究中,详细阐述灌区智能量测水技术,采用超声波、电磁等高精度传感器实时采集水位、流量、土壤墒情等数据,借助边缘计算设备进行初步处理,再通过5G或LoRa网络传输至云端,经机器学习算法深度分析,配合远程监控系统实现动态化、精细化管控。针对阳光水务系统集成,构建数据感知层、网络传输层、平台应用层的分层架构,集成智能调度、用水监测、决策分析等核心功能模块。通过实际案例研究,验证该集成系统在优化灌溉调度、减少水资源浪费、提高水资源利用效率等方面成效显著。研究成果为灌区智能化发展提供有力支撑,同时对未来智能灌区管理的发展方向作出展望。

[关键词] 灌区管理; 智能量测水; 阳光水务系统; 系统集成

中图分类号: S155.4+4 文献标识码: A

Research on the Integration of Intelligent Water Measurement and Sunshine Water Management System in Irrigation District

Yuchen He

Jingtaichuan Electric Power Irrigation Water Resource Utilization Center in Gansu Province

[Abstract] With the acceleration of agricultural modernization, the demand for intelligent management of water resources in irrigation areas is becoming increasingly urgent. This study focuses on the integration of intelligent water measurement and sunshine water management systems in irrigation areas, utilizing advanced technologies such as the Internet of Things, big data, and cloud computing to comprehensively improve the efficiency and accuracy of water resource management in irrigation areas. In the study, the intelligent water measurement technology in irrigation area was elaborated in detail. High precision sensors such as ultrasonic and electromagnetic sensors were used to collect water level, flow, soil moisture and other data in real time. edge computing equipment was used for preliminary processing, and then it was transmitted to the cloud through 5G or LoRa network. After in-depth analysis of machine learning algorithms, it cooperated with the remote monitoring system to achieve dynamic and fine control. For the integration of Sunshine Water System, a layered architecture consisting of data perception layer, network transmission layer, and platform application layer is constructed, integrating core functional modules such as intelligent scheduling, water monitoring, and decision analysis. Through practical case studies, it has been verified that the integrated system has achieved significant results in optimizing irrigation scheduling, reducing water resource waste, and improving water resource utilization efficiency. The research results provide strong support for the intelligent development of irrigation areas, and also provide prospects for the future development direction of intelligent irrigation area management.

[Key words] irrigation area management; Intelligent measurement of water; Sunshine Water System; system integration

灌区作为农业生产的重要组成部分,其水资源管理直接关系到农业生产的效率和可持续性。传统灌区管理方式存在诸多不足,如数据采集不准确、信息传递滞后、管理效率低下等,这

些问题严重制约了灌区水资源的高效利用。随着信息技术的迅猛发展,智能量测水技术逐渐成为解决这些问题的有效手段。智能量测水技术通过高精度传感器、实时数据采集与处理、以及

远程监控系统, 能够实现对灌区水资源的精准监测和管理。阳光水务系统作为一种集成化的管理平台, 能够将智能量测水技术与灌区管理需求相结合, 实现水资源的优化配置和高效利用。本研究旨在探讨灌区智能量测水及阳光水务系统集成的技术方案及其应用效果, 为智能灌区管理提供理论依据和实践指导。

1 灌区智能量测水技术

1.1 传感器技术

传感器技术是灌区智能量测水的核心组成部分, 其精度和可靠性直接影响到量测数据的准确性。目前, 灌区常用的传感器包括水位传感器、流量传感器、土壤湿度传感器等^[1]。水位传感器中, 浮子式传感器通过机械传动将水位变化转化为电信号, 具有成本低、稳定性高的特点; 压力式传感器基于液体压力与深度的关系, 可实现高精度连续测量; 超声波式传感器则利用声波反射原理, 不受水质影响, 适用于复杂环境。流量传感器方面, 电磁流量计基于法拉第电磁感应定律, 对导电液体测量精准^[2]; 超声波流量计通过时差法或多普勒效应计算流速, 安装简便; 涡轮流量计依靠流体推动叶轮转动, 在清洁流体测量中应用广泛。土壤湿度传感器通过测量土壤的介电常数或电阻, 实时反馈土壤含水量, 为精准灌溉提供依据。这些传感器通过实时采集数据, 为灌区管理提供了基础信息支持。

1.2 数据采集与处理

数据采集与处理是智能量测水技术的关键环节。传感器采集到的原始数据需要通过数据采集系统进行传输和存储。数据采集系统通常包括数据采集器、通信模块和存储设备。数据采集器采用A/D转换技术, 将传感器模拟信号精准转换为数字信号, 并运用CRC校验等算法确保数据传输的准确性。通信模块可灵活采用有线或无线方式, RS485适用于短距离稳定传输, GPRS能实现远程数据实时交互, LoRa则以低功耗、广覆盖优势满足偏远灌区需求。存储设备采用分布式存储架构, 支持历史数据的快速检索与备份。数据处理过程中, 通过中值滤波、卡尔曼滤波等方法清洗异常数据, 利用回归分析、时间序列分析等模型挖掘数据规律, 结合人工智能算法建立预测模型, 显著提高数据的准确性和可用性, 为科学决策提供有力支撑。

1.3 远程监控系统

远程监控系统是实现灌区智能量测水的重要工具, 通过该系统, 管理人员可以实时监测灌区的水资源状况, 并进行远程控制。远程监控系统通常包括监控中心、通信网络和终端设备。监控中心配备大屏幕可视化系统, 集成GIS地图, 以直观的界面展示灌区实时数据与设备状态。基于大数据分析平台, 系统可自动生成用水趋势报告与异常预警^[3]。通信网络采用多网融合技术, 在信号良好区域使用互联网, 在偏远地带切换至移动通信网或专用无线网, 保障数据传输的连续性。终端设备不仅涵盖传感器, 还集成智能阀门、泵站控制器等执行器。通过远程监控系统, 管理人员可远程启停设备、调节灌溉流量, 及时发现设备故障、水位异常等问题, 实现从数据采集到决策执行的全流程智能化管理, 大幅提高管理效率。

2 阳光水务系统集成方案

2.1 系统架构

阳光水务系统的集成方案深度融合硬件与软件生态。硬件层面, 传感器采用工业级防护设计, 如IP68防水防尘标准的超声波水位传感器、高精度抗干扰电磁流量传感器, 确保极端环境下稳定运行; 数据采集器配备多核处理器与边缘计算模块, 支持现场数据预处理; 通信设备集成5G、光纤、LoRa多模通信, 实现信号无缝切换; 服务器采用分布式集群架构, 配合负载均衡技术保障高并发访问; 终端设备涵盖手持巡检终端、车载监控设备及中控大屏, 适配不同管理场景。软件部分, 数据采集与处理软件具备自动校准、数据补全功能, 基于微服务架构开发的监控平台可灵活扩展模块; 决策支持系统嵌入机器学习算法, 用户界面采用低代码开发平台, 支持个性化定制。系统遵循分层架构设计, 数据采集层兼容Modbus、MQTT等多种协议汇聚数据; 数据传输层通过加密通道与断点续传技术保障安全稳定; 数据处理层运用大数据分析引擎挖掘价值; 应用层以可视化交互界面实现智能决策, 各层协同提升系统整体效能。

2.2 功能模块

阳光水务系统的功能模块构建起完整的智能化管理闭环。数据采集模块支持多源异构数据接入, 可按分钟级频率采集水位、流量、土壤墒情等参数, 并具备传感器故障自诊断功能^[4]; 数据传输模块采用混合组网模式, 通过协议转换网关实现不同通信协议的互联互通, 结合数据压缩技术降低传输带宽压力; 数据处理模块利用规则引擎清洗异常数据, 运用时间序列分析、关联分析等算法构建灌区用水模型, 并通过AI算法动态优化模型参数。监控与报警模块集成视频AI识别技术, 能自动检测设备异常、水位超限等情况, 通过短信、APP等多渠道推送预警; 决策支持模块基于遗传算法、动态规划等优化策略, 生成灌溉调度、水资源分配方案, 并提供多方案对比分析^[5]; 用户界面模块采用响应式设计, 集成GIS地图可视化、数据驾驶舱等功能, 支持自定义报表生成、数据导出与权限分级管理, 显著提升操作便捷性与数据分析效率。

2.3 实际应用分析

阳光水务系统在多个典型灌区项目中展现出卓越成效。以长江中下游某万亩灌区为例, 系统部署后, 通过实时监测土壤含水量与气象数据, 结合作物生长模型, 实现精准灌溉, 单次灌溉用水量较传统模式减少30%, 灌溉周期缩短20%, 灌区整体水资源利用效率提升至0.75以上^[6]。在设备运维方面, 智能巡检终端与远程监控系统联动, 设备故障平均发现时间从5小时缩短至20分钟, 维修成本降低45%。经济效益上, 年节约灌溉电费、人力成本超600万元, 作物因精准灌溉增产18%, 带来直接收益超千万元。此外, 系统通过跨区域水资源协同调度功能, 有效化解上下游用水矛盾, 提升灌区管理的社会满意度。实际应用数据充分验证, 阳光水务系统不仅显著优化了水资源配置与灌溉效率, 还为智慧农业发展提供了成熟可靠的技术解决方案, 具备广泛的推广应用价值。

3 案例研究

3.1 案例背景

本研究选取位于我国东北松嫩平原的某大型灌区作为案例研究对象,该灌区横跨多个县市,覆盖范围广袤,是国家重要的商品粮基地。灌区属温带季风气候,年降水量有限且时空分布不均,春旱现象频繁发生,在灌溉关键期,水资源的需求与供给之间矛盾尖锐。灌区主要依靠松花江支流引水进行灌溉,长期以来采用大水漫灌的传统方式,导致大量水资源在输送和使用过程中因渗漏、蒸发而浪费。灌区作物种植种类丰富,水稻、玉米、大豆等不同作物的需水规律差异显著,而以往依赖人工巡查、凭借经验进行灌溉的模式,无法精准匹配作物的实际用水需求,致使部分农田出现灌溉过量或供水不足的情况。此外,灌区管理涉及多个部门协同作业,由于缺乏统一高效的调度平台,水资源分配效率低下,上下游之间用水难以平衡。基于此,引入智能量测水技术和阳光水务系统,旨在突破传统管理困境,实现水资源的科学化、高效化管理^[7]。

3.2 系统实施

在案例灌区中,智能量测水技术和阳光水务系统的实施经过了严谨且全面的规划。在设备安装阶段,于灌区的干渠、支渠以及各个关键灌溉区域,广泛部署了大量高精度传感器,涵盖超声波水位传感器、电磁流量传感器和土壤墒情传感器等,并配套安装边缘计算节点与通信基站,构建起全方位、无死角的感知网络。系统调试阶段,技术团队运用专业的计量设备,对传感器进行多轮细致校准,通过模拟各种极端水位、流量变化场景,全面测试系统的响应能力,同时不断优化通信协议与数据接口,保障数据传输的准确性和稳定性。数据采集与分析阶段,系统以高频次实时采集水位、流量、土壤湿度等数据,运用先进的数据处理算法对原始数据进行清洗和优化,结合气象预报、作物生长模型,建立起动态的用水预测模型。系统优化阶段,根据试运行期间的数据反馈,对传感器的布局进行合理调整,对数据传输频率和存储策略进行优化升级,对决策支持系统的灌溉调度模型参数进行反复迭代,大幅提升了系统整体运行效率和数据处理的准确率。

3.3 效果评估

经过一段时间的运行监测,智能量测水技术和阳光水务系统在该灌区展现出显著成效。在水资源利用效率方面,相比以往有了大幅提升,水资源浪费现象得到有效遏制;灌溉精准度显著提高,土壤含水量能够稳定维持在作物适宜生长的区间内,作物产量得到明显提升。管理效率也实现了质的飞跃,人工巡检的频次大幅降低,设备故障响应时间显著缩短,维修成本明显下降。从经济效益来看,灌溉电费和人力成本得到大幅节约,因作物增产和品质提升带来的收益显著增加。此外,系统的跨区域水资源协同调度功能,有效缓解了上下游用水矛盾,灌溉纠纷大幅减少,灌区整体的智能化管理水平和社会满意度得到显著提升。多维度的效果评估充分验证,智能量测水技术和阳光水务系统在大型灌区管理中具备高度的可行性与有效性,为同类项目提供了极具参考价值的成功范例。

4 结论与展望

4.1 研究结论

本研究围绕灌区智能量测水及阳光水务系统集成展开,通过理论分析和案例研究,验证了该集成系统在提高水资源利用效率、减少浪费、以及优化灌溉调度方面的显著效果。研究结果表明,智能量测水技术通过高精度传感器、实时数据采集与处理、以及远程监控系统,能够实现对灌区水资源的精准监测和管理。阳光水务系统作为一种集成化的管理平台,能够将智能量测水技术与灌区管理需求相结合,实现水资源的优化配置和高效利用。通过案例研究,验证了该集成系统在实际应用中的可行性和有效性。

4.2 未来展望

未来,随着信息技术的不断发展,智能灌区管理将迎来更多的机遇和挑战。首先,传感器技术和数据采集与处理技术将不断进步,为智能量测水提供更精准和可靠的技术支持。其次,阳光水务系统的集成方案将不断完善,系统架构和功能模块将更加优化,以适应不同灌区的管理需求。此外,人工智能和大数据技术的应用将为智能灌区管理提供更多的可能性,通过数据分析和建模,实现更精准的灌溉调度和水资源配置。最后,智能灌区管理将与其他农业管理系统相结合,形成一体化的农业管理平台,为农业生产提供全方位的支持。未来,智能灌区管理将在提高水资源利用效率、减少浪费、以及优化灌溉调度方面发挥更大的作用,为农业生产的可持续发展提供有力保障。

[课题]

项目类型: 2025年甘肃省水利科学试验研究及技术推广项目。

[项目名称]

灌区智能量测水及阳光水务系统研究与应用,项目编号: 25GSLK051。

[参考文献]

- [1]张春梅.基于LSTM算法的水工建筑物安全监控深度分析模型构建[J].四川水利,2024,45(04):101-103+142.
- [2]许华善,谈广德.浅析电磁流量计在盐湖化工中的选型应用[J].化工管理,2017,(11):26.
- [3]冯社广.区域水利工程水资源调配优化与可持续利用研究[J].水上安全,2025,(05):187-189.
- [4]尹建飞,王志娟.基于人工智能的水利水电工程智能化信息系统设计与研究[J].信息记录材料,2025,26(04):52-54+71.
- [5]吴滨滨.基于和谐论的跨界河流分水计算方法及应用研究[D].郑州大学,2021.
- [6]崔波,董建飞.小型农田水利节水灌溉工程建设分析[J].低碳世界,2024,14(04):52-54.
- [7]李义.GIS在水文水资源领域中的运用[J].城市建设理论研究(电子版),2017,(30):103-104.

作者简介:

何玉琛(1972--),男,汉族,甘肃靖远人,本科,正高级工程师,研究方向: 水土资源利用及智慧水利。