

水利工程中灌溉渠道的自动化监控与管理研究

汗尼祖拉·吾司曼

新疆喀什噶尔河流域管理局

DOI:10.12238/hwr.v8i5.5404

[摘要] 灌溉渠道是农业生产中水资源输配的重要载体,科学管理和调度灌溉渠道对农业可持续发展具有重要意义。本文围绕灌溉渠道自动化监控与管理的关键技术进行探讨,提出一套包括基础数据采集、监控系统架构、管理信息系统等方面的整体解决方案。通过在典型区域的应用实践,验证了方案的可行性和有效性,取得了良好的节水增效和管理提升成果,可为同类地区的灌溉渠道现代化改造提供参考。

[关键词] 灌溉渠道; 自动化监控; 水量调度; 水利工程

中图分类号: TV 文献标识码: A

Research on Automated Monitoring and Management of Irrigation Channels in Water Conservancy Projects

Wusiman Han Nizula

Kashgar River Basin Authority, Xinjiang

[Abstract] Irrigation channels are important carriers for water resource distribution in agricultural production, and scientific management and scheduling of irrigation channels are of great significance to the sustainable development of agriculture. This article discusses the key technologies of automated monitoring and management of irrigation channels, and proposes a comprehensive solution including basic data collection, monitoring system architecture, management information system, and other aspects. Through the application practice in typical areas, the feasibility and effectiveness of the solution have been verified, and good results have been achieved in water-saving and efficiency improvement as well as management upgrading, which can provide a reference for the modernization transformation of irrigation channels in similar areas.

[Key words] irrigation channels; automated monitoring; water scheduling; water conservancy projects

引言

灌溉渠道是农田水利工程的重要组成部分,是将水库、河流等水源高效输配到农田的基础设施。传统的渠道监控与管理主要依靠渠道沿线的工作人员定期巡查,通过人工操作闸门、水泵等设施进行调度。这种方式不仅效率低,而且容易出现超水、漏水等现象,不能充分发挥工程效益。近年来,随着物联网、自动控制、云计算、移动互联网等技术的快速发展,为灌溉渠道管理的自动化、信息化、智能化带来了新的机遇。本文针对这些问题,结合实例,探索适合山区中型灌区的自动化监控与管理系统的解决方案。

1 研究区概况

新疆某县农业用水主要通过总长500多公里的各级渠道输配,受地形、水源条件制约,渠系建设标准低,防渗率不足40%,年输配水过程中损失严重。同时,受地理环境影响,灌区信息化、自动化建设滞后,尚无完备的监测设施,管理手段落后,导致用

水效率偏低。工程整体效益发挥不足,制约了区域农业经济发展。近年来,当地政府高度重视农田水利建设,先后投资上亿元实施了灌区续建配套与现代化改造。为充分发挥新建改建工程效益,迫切需要研究灌溉渠道的自动化监控与管理技术,建立覆盖水源、渠首、干渠、支渠、斗渠的立体监测网络,开发涵盖调度指挥、计划用水、水费计收、工情巡检等业务的信息管理系统,形成精细调度、节水增效的长效管理机制^[1]。

2 系统总体设计

2.1 设计原则

(1) 体系完整。监控系统要对灌溉渠道的供水、输配、用水环节进行全过程、动态化监测,管理系统要覆盖规划计划、日常调度、运行维护等主要业务。全面感知是实现智能决策与精细化管理的基础,需要构建纵向到底、横向到边的监测体系。一方面,要在水源、渠首、干渠、支渠直至田间小水口布设监测设施,实现全程监视;另一方面,除流量、水位等常规指标外,还应监

测水质、工情等,为灌区管理提供丰富的数据支撑。管理系统要涵盖灌区管理全业务、全流程,实现计划用水管理、日常水量调配、工程设施维护等各项业务的协同优化,最大限度发挥灌区的整体效益。

(2)因地制宜。监控设施的选型配置要考虑当地的地形地貌、渠系布局、施工条件等因素,管理系统的功能设计要紧扣本区域的用水管理实际需求。山区灌区地形复杂多变,渠系往往呈树枝状分布,监测点布设难度大,需根据实际地理条件,合理选择监测断面,优化监测设施配置,因地制宜开展监测。不同灌区的种植制度、用水管理模式差异较大,管理信息系统不能照搬照抄,要深入调研区域用水管理现状,梳理业务流程,抓住信息化需求的主要矛盾,突出区域特色,量身定制符合实际的功能模块,切实为当地管理服务。

(3)先进实用。随着传感技术、通信技术、控制技术的快速发展,智能化设备不断涌现,极大拓展了监测手段。系统设计要立足当前,放眼未来,将先进的信息化、自动化、智能化技术引入灌区监控与管理,根据功能需求合理筛选,做到技术先进、质量可靠、投资经济。对实时性要求高的监测数据,要充分利用物联网、移动互联技术,实现数据的快速采集和传输;对海量监测数据,要利用云平台、大数据技术进行存储与挖掘,提炼数据价值。

(4)安全可靠。山区气候变化大,暴雨、雷电等灾害性天气多发,野外布设的各类监测设备往往面临较大的安全隐患。系统设计要采取有效的防护措施,提高设备的稳定性和可靠性。一是完善防雷设计,对监测终端、通信网关等设施进行接地处理;二是做好防潮防腐,对设备外壳进行密封处理,在潮湿环境选用不锈钢等抗腐蚀材质;三是设置断电保护,增加不间断电源,确保供电稳定;四是优化无线组网,增强数据传输的穿透力和抗干扰能力。

(5)开放兼容。要充分运用既有的水利信息化系统的数据资源,做好与相关业务系统的接口设计,实现互联互通、资源共享。许多灌区已建成防汛预警、农业物联网等多个业务信息系统,积累了丰富的基础数据资源。新建系统要立足当前,放眼长远,秉承开放、兼容的原则进行顶层设计。对既有数据要充分利用,消除信息孤岛;对各业务系统要统筹考虑,避免重复建设。采用开放式架构设计,预留标准化的外部接口,实现与气象、农业、水文等部门信息系统的互联互通^[2]。

2.2 系统架构

系统主要由监测设施、通信网络、云服务平台、应用终端等部分组成。各级渠道的流量、水位、闸位等监测指标通过遥测终端采集上传,无线、有线通信网络负责监测数据与控制指令在监测点、分中心、主中心间的双向传输。云服务平台通过虚拟化、分布式技术对海量监测数据进行存储管理、在线分析,为各类应用系统提供数据支撑。决策指挥、生产调度、移动巡检等应用系统为灌区管理提供信息化和可视化手段,提高管理效率和决策水平。

3 关键技术研究

3.1 监测设施布设

本灌区地形起伏度大,渠道类型多样,全面铺设在线监测设备投资巨大。需要在兼顾重要性和代表性的原则下,优选布设监测点位。对骨干水源、总干渠、重要支渠的流量监测点进行重点布设,分干渠和农渠采取以巡检为主,监测为辅的方式。流量监测以声学多普勒(ADCP)、雷达测速等非接触式仪表为主,水位监测采用雷达液位计,闸位监测多采用角度传感器,局部采用视频图像分析方法。针对通信网络覆盖差、信号不稳定的问题,监测数据传输以低功耗广域网(LPWAN)技术为主,兼顾局部光纤、4G网络。监测终端采用太阳能供电,配有足够的储能装置,保障在阴雨天连续运行。终端外壳做好密封、防雷、防尘等处理,提高在高寒、潮湿等恶劣环境下的适用性。

3.2 智能计量与用水统计

水量计量是用水管理的基础。当前灌区内各类水工建筑物众多,实现全部入户计量成本较高。针对这一状况,采取分级计量与定额管理相结合的思路。骨干工程上严格计量,做到“区域有计量、渠首有计量、支渠有计量、村组有计量”^[3]。对水源、总干渠、支渠等骨干工程节点,要采用声学多普勒、雷达测速等先进的流量监测设备,实时采集流量、水位等信息。对末端农渠,可结合现有建筑物布设水位标尺,通过流速仪、流量棒等定期校核流量系数,利用水位流量关系曲线推求流量。对已安装的各类计量设施,要定期进行检查校核,及时更换老化的水尺,清理淤积物,消除系统误差。针对部分渠段暂无固定计量设施的现状,可采用流速法、尺杆法等间接计量方法,测算渠道过水断面,估算流量值。通过在线监测数据和人工抄表记录相结合,综合利用遥测、人工监测等各种获取水量信息的手段,建立完整的时空水量序列。开发智能水量平衡与用水量统计分析模型,及时甄别误差较大的监测数据,识别用水异常行为,分区域、分时段、分水源进行多维度用水量的统计核算,保障灌区用水秩序,为科学调度提供依据。

3.3 配水调度优化

根据当地种植制度和农事活动时间节点,结合上游水源工程的来水预测,提前制定科学合理的灌溉配水计划,是实现灌区供需平衡、提高用水效率的关键。在配水计划的制定过程中,要统筹兼顾作物灌溉制度需水与渠系输配能力,综合平衡枯水期和丰水期、上游和下游、干渠和支渠的供水矛盾,协调各级渠系闸门的启闭时序,最大限度满足灌溉需求。针对大型灌区普遍存在的跨流域调水、水库串级开发等复杂水源条件,需要从全局出发,统筹协调,建立多水源联合优化调度模型。运用优化理论、博弈论等现代管理科学方法,在统筹考虑水库、河道等不同水源的调蓄能力基础上,结合历年来水、用水过程,构建多水源优化调度的目标函数和约束条件,形成不同来水、用水情景下的最优配水调度方案。基于上述研究成果,开发功能完备、界面友好的实用化调度决策支持系统,集成水雨情测报、水量预测、工程运行、优化算法等功能模块,形成调度方案自动生成、优化校正、

下发执行的业务闭环,为水源工程联合优化调度、区域水资源统筹配置提供科学的辅助决策工具,提升灌区供水管理水平。

3.4 渠道设施运行维护

当前灌区内部分渠道年久失修,存在渗漏、淤积、垮塌等安全隐患。及时掌握渠道设施运行状态,开展针对性地检修养护至关重要。传统的人工巡检模式效率低下,难以适应现代化灌区管理的需要。应综合利用移动互联、物联网等新技术,创新巡检管护模式。利用移动终端APP,规范巡检内容和流程,对渠道、涵闸、桥梁等各类建筑物的位置、编号、图片等信息进行标准化采集。借助语音识别、图像分类等人工智能技术,自动提取巡检数据要素,智能生成巡检日志,实现从“线下”到“线上”的巡检模式转变。针对渠系跨度大、地形复杂、人员不足的现状,还可利用视频监控、无人机等非接触式监测手段,对重点渠段、关键建筑物开展远程监视,扩大巡检覆盖范围,弥补人工巡查的时空盲区。进一步运用计算机视觉、深度学习等新兴人工智能技术,对海量视频监控、无人机航拍数据进行自动分析,识别渠道垮塌、闸门故障、水草淤积等关键特征,及时预警灌区运行安全隐患,引导检修养护和应急抢险,形成“以巡检促养护、以养护保安全”的渠道运行管理新格局,保障灌区安全运行。

3.5 信息共享与智能分析

灌区既有业务系统较为分散,数据整合利用不足。这些分散的数据虽然量大面广,但由于缺乏统一的管理和应用,难以发挥互联互通、关联分析的效用。借助数据中心、云平台等新型基础设施,构建灌区统一的大数据支撑平台,将业务数据进行策略性汇聚和共享,破除“信息孤岛”,实现数据价值最大化。利用数据抽取、清洗、关联等ETL技术,将水情普查、供用水统计、工程管理、农业生产等分散在水利、农业等各部门的数据进行采集、转换和加载,消除不同来源数据的异构性,建立内容完备、结构合理、标准统一的灌区基础数据库。在此基础上,制定灌区数据共享交换标准,搭建集数据汇聚、共享、分析、服务为一体的灌区大数据中心,为智慧决策、精细化管理提供高质量的数据支撑。针对灌区海量监测数据,深入开展水量平衡分析、取用水关联分析、灌溉过程智能反演等研究,形成流量异常识别、设备状态诊断、渠道调度预警等智能分析模型,借助机器学习等人工智能算法,挖掘数据间的内在联系和演化规律,实现灌溉事件智能溯源、设备故障自动诊断、闸门群协同优化控制等智能化应

用,让数据多跑路,让群众少跑腿,不断提升灌区管理的智能化水平,为渠道调度管理插上腾飞的翅膀。

4 系统应用成效

某县灌区自动化监控与信息管理系统建成运行后,取得了显著的管理成效。一是实现了全灌区水情的在线监测,全县范围内建成流量计12处、水位计87处、视频监控点38处,重点渠段的流量、闸位等信息实现了远程自动采集与监视。二是实现了水量调度的精细化管理,通过水量平衡分析、用水定额考核、智能配水调度等措施,千方灌溉水利用系数由0.45提高到0.61,用水效率大幅提升。三是渠道巡检效率明显改善,运用移动采集、视频识别等新技术,发现渠道运行隐患2300余处,及时处置率达85%以上。四是综合服务能力显著增强,开发了灌区地理信息系统,为渠系规划、长效管护、抢险物资调配提供了数字化手段,为广大农户提供精准用水指导和技术培训,提高了农民用水的积极性。

5 结束语

本文针对山区中型灌区灌溉渠道监控管理的实际需求,提出了一套以物联网监测、移动互联、大数据分析为核心,覆盖主要业务环节的自动化监控与信息管理系统解决方案。通过布设立体监测体系,开展用水量智能统计、多水源优化调度、渠道设施智能巡检,建设灌区大数据中心,深化信息资源开发利用,实现了灌区由粗放管理向精细化管理的转变,为农业增产增收、水资源高效利用提供了有力支撑。下一步,还需进一步完善灌区信息基础设施,加强多源异构数据的融合共享,深化大数据挖掘与智能分析,推动监测、管理、服务、决策的全面智慧化,为智慧灌区建设提供更加有力的支撑。

[参考文献]

- [1]张建国.节水灌溉的主要类型、重要性及技术要点[J].乡村科技,2021,12(22):124-126.
- [2]巴特才仁.全渠道控制系统在自动化节水灌溉系统中的设计与应用[J].吉林水利,2019,(07):5-7.
- [3]田月红,杨朝霞,李洋.基于PLC的全自动化在灌溉渠道中闸门系统的应用建议[J].北京农业,2012,(36):163-164.

作者简介:

汗尼祖拉·吾司曼(1978—),女,本科,工程师,研究方向:水资源管理、水政执法。