

水利信息化技术在灌区节水灌溉工程中的应用

桑宝旭

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要:在农业水资源紧张背景下,水利信息化技术对灌区节水灌溉意义重大。它能实现水资源动态精准感知、推动灌溉决策精准化、提升灌区管理效率、促进水资源优化配置。关键技术包括多维度监测、数据传输处理、智能控制调度等。应用实施路径涵盖系统规划、平台搭建、运行优化。同时,需从技术适配、管理机制、资源投入三方面提供保障,确保技术有效应用,推动灌区节水灌溉智能化、高效化,助力农业可持续发展。

关键词:水利信息技术;灌区;节水灌溉;工程应用

引言:在农业水资源紧缺的严峻形势下,灌区节水灌溉成为保障农业可持续发展的关键环节。水利信息化技术凭借其独特优势,为灌区节水灌溉带来了全新变革。它不仅能实现水资源的动态精准感知,推动灌溉决策精准化,提升灌区管理效率,还可促进水资源优化配置。本文将深入剖析灌区节水灌溉工程中的关键水利信息化技术,探讨其在灌区的应用实施路径,并从技术适配、管理机制、资源投入等多方面提出保障措施,以期水利信息化技术在灌区的有效应用提供参考。

1 水利信息化技术应用于灌区节水灌溉的重要性

在农业水资源日益紧张的当下,水利信息化技术为灌区节水灌溉带来了全方位、深层次的技术赋能,在推动农业可持续发展中发挥着不可替代的关键作用。(1)水利信息化技术实现了水资源的动态精准感知。通过在灌区广泛布设水位传感器、流量计、土壤水分监测仪以及作物长势监测设备等多维度监测装置,能够实时、精准地捕捉水源水位变化、渠道流量动态、土壤墒情状况以及作物生长态势等关键参数。这一举措成功打破了传统人工巡检在时间和空间上的局限,构建起“天地空”一体化的立体监测网络,为科学、高效的水资源管理提供了坚实可靠的数据基准。(2)有力推动了灌溉决策的精准化。基于实时监测数据,结合先进的算法和模型,构建出符合当地实际情况的作物需水模型。同时,充分融合气象预报信息,系统能够自动生成科学合理的灌溉方案,彻底替代传统依赖经验判断的灌溉模式,真正实现“按需供水”。此外,通过对海量数据的深度分析,还能精准识别灌溉系统中存在的漏水、低效运行等问题,为灌溉工程的针对性改造提供明确方向和有力依据。(3)显著提升了灌区的管理效率。借助先进的远程控制技术,可实现对闸门、水泵等灌溉设备的自动化操作,大幅减少人工干预,有效降低管理成本。同时,

通过搭建信息化管理平台,整合用水数据,实现用水计量、费用收取、水量调度等流程的数字化管理,极大地提升了管理的规范性与透明度。(4)促进了水资源的优化配置。通过对全域用水数据的实时汇聚与深度分析,能够动态平衡不同片区、不同作物的用水需求,在缺水时段优先保障关键作物的灌溉用水,从而提高水资源在时间和空间上的分配效率,实现水资源的最大化利用^[1]。

2 灌区节水灌溉工程中的关键水利信息化技术

2.1 多维度监测技术

监测技术是信息化应用的基础,通过各类传感器实现对灌溉要素的实时感知。土壤墒情监测采用埋入式传感器,分层采集不同深度的土壤含水量、电导率等数据,反映作物根系层水分状态,为灌溉时机判断提供直接依据。水文监测涵盖水源、渠道、泵站等关键节点,通过水位传感器、超声波流量计等设备,实时记录水位变化、流量大小及水流速度,确保输水过程可测可控。气象监测通过布设自动气象站,采集降雨量、蒸发量、气温、湿度、风速等数据,结合作物生长模型计算参考作物蒸发蒸腾量,为需水量预测提供气象参数。作物监测采用遥感技术与地面观测结合的方式,通过无人机航拍或卫星影像分析作物覆盖度、植被指数等,间接判断作物生长状况与水分需求,实现大范围、非接触式监测。

2.2 数据传输与处理技术

数据传输技术负责将监测数据从采集端安全高效地传输至处理中心。根据灌区规模与地形特点,可采用分层传输架构:田间监测点采用低功耗广域网(如LoRa、NB-IoT)实现数据汇聚,减少布线成本;骨干传输网采用光纤或4G/5G无线通信,保障大容量数据的实时传输;偏远区域可结合北斗短报文通信,解决网络覆盖盲区问题。数据处理技术对原始数据进行清洗、融合与分析。通过异常值剔除、数据插值等预处理步骤,提升数据质

量；利用时空融合算法整合不同来源、不同精度的监测数据，构建全域统一的数据集；基于大数据分析模型挖掘用水规律、墒情变化趋势等隐藏信息，为决策提供深度支持。同时，采用分布式存储技术构建数据仓库，确保海量历史数据的安全存储与快速查询^[2]。

2.3 智能控制与调度技术

智能控制技术基于监测数据与预设规则，实现灌溉设备的自动化操作。根据土壤墒情阈值自动启停灌溉系统，通过变频技术调节水泵转速，精准控制灌溉流量；采用电动闸门实现渠道水量的远程调控，结合流量反馈实现闭环控制，确保实际灌水量与计划值一致。智能调度技术通过构建灌区水资源优化模型，实现多水源、多用户的协同调度。模型综合考虑水源来水、作物需水、工程能力等约束条件，采用线性规划或智能优化算法生成最优调度方案，在保证灌溉需求的同时最小化水资源消耗。调度指令通过信息化平台自动下发至执行设备，实现“监测-决策-执行”的无缝衔接。

3 水利信息化技术在灌区的应用实施路径

3.1 系统规划与架构设计

在灌区水利信息化系统实施前期，开展全面且深入的需求分析是至关重要的基础工作。（1）需详细调研灌区的规模大小、种植的作物类型、水源的分布及状况、现有水利工程的设施基础等基本信息。基于这些调研结果，精准确定信息化建设的功能目标，例如要实现何种程度的监测精度、决策智能化水平等，同时明确性能指标，如数据传输的时延、系统的响应时间等。（2）依据需求分析成果，制定科学合理的分层架构设计。感知层作为数据的源头，要合理布局各类监测设备，确保对灌区的关键节点实现全方位、无死角覆盖，为系统提供准确、全面的数据。传输层需根据灌区的地理环境和实际需求，选择适配的通信技术，在保障数据稳定传输的前提下，兼顾经济性。数据层要精心设计数据存储与处理方案，以满足系统对数据实时性和可靠性的严格要求。应用层则要规划好各个功能模块，涵盖监测预警、智能决策、远程控制等核心功能。（3）还需进行严谨的技术选型论证，优先挑选成熟稳定、兼容性强的设备与系统，防止出现技术孤岛现象。同时，充分考虑未来的扩展性，预留充足的接口，以便适应技术的升级和功能的拓展。结合灌区现有的管理模式，设计合理的用户权限体系，保障数据安全与操作规范。

3.2 信息化平台搭建

信息化平台作为水利信息化技术在灌区应用的核心载体，承担着整合数据采集、处理、分析、展示以及控

制等多项关键功能的重要使命。（1）在平台界面设计方面，应秉持简洁直观的原则，将关键信息置于显著位置，如墒情预警信息能让管理人员及时了解土壤水分异常状况，设备状态显示可实时掌握灌溉设备的运行情况，用水统计则有助于把控整体水资源使用态势。（2）其核心功能模块丰富且实用：监测中心能够实时展示全域监测数据，借助地图、图表等多样化形式进行可视化呈现，让数据一目了然；决策支持模块可依据实时数据自动生成科学合理的灌溉建议方案，并支持管理人员根据实际情况进行人工干预调整；控制中心能实现对灌溉设备的远程操作，同时自动记录操作日志，便于追溯和审查；报表中心可自动生成用水统计、设备运行等各类报表，为管理决策提供有力的数据支撑。（3）平台建设过程中，要注重数据标准化，统一数据格式与接口规范，确保与现有水利管理系统实现无缝数据互通。采用模块化开发方式，利于功能的迭代升级与日常维护。同时，强化安全防护措施，通过数据加密、访问控制、漏洞防护等手段，全方位保障平台的安全稳定运行^[3]。

3.3 运行管理与持续优化

系统建成投入使用后，构建常态化运行管理机制是保障其稳定、高效运行的关键。要制定一套完善且细致的操作规程，涵盖设备维护、数据审核、应急处理等多个方面。（1）在设备维护上，定期对各类传感器进行精准校准，保证其监测数据的准确性；仔细检查通信设备与供电系统，及时排除潜在故障，确保数据传输的连续性和稳定性；定期清理数据冗余，优化存储结构，提升数据存储与读取效率。（2）建立严格的数据质量追溯制度，对监测过程中出现的异常数据进行及时标记与深入核查，从源头上保证决策依据的可靠性。定期对系统运行效果进行全面评估，深入分析灌溉效率提升、用水量下降等关键指标，认真总结应用过程中的经验与不足。（3）依据评估结果，持续优化系统参数，例如合理调整墒情阈值、不断改进需水模型等，使系统更加贴合实际需求。结合技术发展趋势，适时对系统进行升级，积极引入新技术，提升系统的智能化水平。此外，加强对操作人员的专业培训，提高他们对数据的解读能力和系统操作技能，确保水利信息化技术能够在灌区节水灌溉中充分发挥其应有的效用。

4 水利信息化技术应用的保障措施

4.1 技术适配保障

为确保水利信息化技术在灌区有效应用，需建立严谨的技术适配性评估机制。充分考虑灌区的自然条件，如复杂多变的地形、差异显著的气候，以及种植的作物

类型、现有的管理模式等因素,精准选择适配的监测设备与控制方案,杜绝盲目跟风采用高端技术而导致的资源闲置与浪费。积极加强与科研机构的深度合作,针对盐碱地、丘陵区等特殊灌区,开展定制化技术研发,着力攻克技术应用中的难点与痛点。构建完善的技术标准体系,对设备选型、数据采集规范、接口协议等关键环节进行统一规范,保障不同厂商的设备与系统能够实现兼容互通。搭建技术验证平台,对新引入的技术和设备进行实地测试,经严格验证其稳定性与适用性后再进行推广。此外,还需储备完备的技术应急预案,针对通信中断、设备故障等突发状况制定切实可行的替代方案,确保灌溉系统的基本功能不受影响。

4.2 管理机制保障

为保障水利信息化技术在灌区顺利推行,需完善信息化管理组织架构。清晰界定管理部门、技术支持部门以及基层应用单位的职责边界,构建起分工明确、协同高效的工作机制,避免出现职责不清、推诿扯皮的现象。(1)建立严格的数据共享制度,打破部门间的数据壁垒,实现监测数据、灌溉计划、工程信息等关键资源的跨部门实时共享与深度业务协同,提升管理决策的科学性与精准性。制定细致的信息化系统运行考核办法,把系统应用效果、数据质量、设备完好率等核心指标纳入考核体系,并与管理人员绩效紧密挂钩,充分调动其工作积极性和主动性。(2)建立畅通的问题反馈机制,为基层用户开辟便捷的意见表达渠道,及时收集并解决系统操作不便、功能不完善等问题,持续优化用户体验。此外,加强与灌溉用水户的沟通交流,通过多样化的宣传培训活动,提升他们对信息化技术的认知水平与配合度,推动技术真正落地生效^[4]。

4.3 资源投入保障

为确保灌区水利信息化建设的顺利推进与长效运行,需构建多元化资金投入机制。一方面,积极争取财政专项资金支持,把信息化建设与维护费用纳入地方水

利预算,为项目提供稳定的资金源头;另一方面,鼓励社会资本参与灌区信息化项目,借助PPP模式等创新方式吸引企业投资,拓宽资金筹集渠道。在资金使用上合理规划,优先保障核心监测设备购置、数据平台搭建等关键环节的投入,保证系统基本功能得以实现。加强人才队伍建设,通过引进专业技术人才、开展内部针对性培训,培养既精通水利专业知识又掌握信息技术的复合型人才,提升团队整体技术能力。建立完善的技术服务体系,与设备厂商、软件开发商签订长期服务协议,确保系统运行期间能及时获得专业技术支持。此外,设立技术研发专项资金,激励本土化技术创新,逐步降低对外部技术的依赖程度。

结束语

水利信息化技术应用于灌区节水灌溉,是实现农业水资源高效利用、推动农业可持续发展的必由之路。通过多维度监测、数据传输处理、智能控制调度等关键技术,以及系统规划、平台搭建、运行优化等实施路径,并辅以技术适配、管理机制、资源投入等保障措施,构建起完整的技术应用体系。这不仅打破了传统灌溉模式的局限,实现了水资源的动态精准感知、决策精准化、管理高效化与配置优化,还提升了灌区整体运营水平。未来,随着技术的持续创新与保障措施的不断完善,水利信息化技术将在灌区节水灌溉中发挥更大效能,为保障国家粮食安全与水资源可持续利用提供坚实支撑。

参考文献

- [1]冯俊华.农田灌区节水灌溉工程水利信息化技术的应用[J].江西农业,2024(1):108-110.
- [2]范琳.灌区节水灌溉工程中水利信息化技术的作用及应用[J].水上安全,2024(13):71-73.
- [3]刘正鑫.前甸灌区信息化系统设计应用研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2020.136-138
- [4]蒋磊.水利工程灌溉管理工作的思考[J].住宅与房地产,2020(12):274-276