农村智慧供水管理模式与实践案例分析

潘鑫

洪泽区水利局 江苏 淮安 223100

摘要: 本文探讨了农村智慧供水管理模式的相关理论基础、传统供水管理模式的问题以及智慧供水管理模式的构建与实践。首先介绍了智慧供水的概念和农村供水管理的特点,然后分析了农村传统供水管理模式在基础设施建设等方面的问题。提出了农村智慧供水管理模式的构建,包括系统架构设计、关键技术应用和管理机制创新。最后,通过安溪县智慧供水管理改革实践案例,展示了智慧供水管理模式在提升水质安全保障、供水效率与服务质量以及降低运营成本方面的显著效果。

关键词: 农村供水; 智慧水务; 管理模式; 实践案例

1 农村智慧供水管理相关理论基础

1.1 智慧供水的概念

智慧供水是基于物联网、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术,将供水系统中的水源地、水厂、供水管网、用水终端等各个环节进行智能化感知、分析和管理的新型供水模式。它通过在供水设施关键节点部署传感器、智能仪表等设备,实时采集水质、水压、水量、设备运行状态等数据,并借助通信网络将数据传输至智慧供水管理平台。平台利用大数据分析和人工智能算法对数据进行深度挖掘和处理,实现对供水系统的精准监测、科学调度、智能决策和高效运维。智慧供水不仅能够保障供水的稳定性和安全性,还能提高水资源利用效率,优化供水服务,实现供水系统的可持续发展。从本质上讲,智慧供水是信息技术与供水行业深度融合的产物,代表了现代供水行业的发展方向。

1.2 农村供水管理的特点

农村供水管理具有自身独特的特点。第一,农村用水需求分散,与城市集中用水不同,农村居民居住相对分散,用水点多且分布广,这使得供水设施的布局和管网铺设难度较大。第二,用水具有明显的季节性波动,在农忙季节,农业灌溉用水量大幅增加,而在其他季节则以生活用水为主,用水需求的不均衡性给供水调度带来挑战^[1]。第三,农村供水基础设施相对薄弱,部分农村地区的供水管道老化严重,漏损率较高,水厂处理设备陈旧,难以满足现代化供水的质量和效率要求。

2 农村传统供水管理模式的问题分析

2.1 基础设施建设问题

许多农村地区的供水管道铺设于几十年前,长期受土壤腐蚀、水流冲刷等影响,管道破损、渗漏现象严重。同时,水厂处理设备陈旧,常规的混凝、沉淀、过

滤、消毒工艺难以有效去除水中的污染物,特别是面对日益复杂的水源污染问题时,出水水质难以稳定达标。此外,农村供水设施建设缺乏科学规划,存在重复建设和布局不合理的情况。一些村庄各自建设小型供水站,规模小、成本高、效率低,无法实现水资源的优化配置和共享。随着农村经济发展和人口增长,原有的供水设施已无法满足用水需求,供水能力不足问题日益凸显。

2.2 水质安全保障问题

农村地区的水源多为地表水或浅层地下水,易受到农业面源污染(如农药、化肥残留)、生活污水排放和工业废水违规排放的影响。部分农村地区缺乏完善的污水收集和处理系统,生活污水随意排放,渗入地下或流入河道,污染水源。农业生产中大量使用的农药、化肥,经雨水冲刷后进入水体,导致水中氮、磷等污染物超标。一些农村附近存在小型工厂,其排放的未经处理的工业废水也对水源构成威胁。在水质检测与监管方面,农村地区普遍缺乏专业的水质检测设备和人员,水质监测频率低,无法及时发现水质问题。部分农村仅依靠简单的消毒措施,难以有效应对复杂的水质污染情况,居民饮用水安全存在隐患。

2.3 运营管理效率问题

农村传统供水运营管理主要依赖人工操作,管理效率低下且成本较高。在抄表收费环节,工作人员需逐户上门抄表,不仅耗费大量人力和时间,还容易出现抄表错误和收费纠纷。设备维护方面,由于缺乏实时监测手段,往往是设备出现故障后才进行维修,导致停水时间长,影响居民正常用水,人工巡检无法及时发现潜在的设备问题,增加了设备故障的风险^[2]。另外,农村供水管理缺乏科学的调度和决策机制,无法根据用水需求的变化合理调整供水流量和压力,造成能源浪费和供水不稳定。

2.4 水资源浪费问题

农村用水计量设施不完善,大部分农村地区未实现一户一表,或者水表精度较低,无法准确计量用水量。这使得居民节水意识淡薄,存在长流水、浪费水的现象。供水管道漏损严重,老化的管道和不合理的管网布局导致大量水资源在输送过程中流失,农村地区的灌溉用水方式较为粗放,多采用大水漫灌,水资源利用效率极低,造成了水资源的极大浪费。

3 农村智慧供水管理模式构建

3.1 智慧供水管理系统架构设计

农村智慧供水管理系统架构分为感知层、传输层、平台层和应用层。感知层是系统的基础,通过部署各类传感器和智能设备,如水质传感器、水压传感器、流量计、智能水表等,实现对水源地水质、水厂运行参数、管网压力流量以及用户用水情况的实时监测。这些传感器将物理信号转化为电信号或数字信号,为系统提供原始数据。传输层负责将感知层采集的数据安全、快速地传输到平台层。采用工业以太网、4G/5G移动通信网络、LoRa等多种通信技术相结合的方式,根据不同场景选择合适的传输方式。对于水厂和管网等固定位置的设备,可采用工业以太网或光纤进行有线传输,保证数据传输的稳定性和高速性;对于分散的用户端智能水表,可采用LoRa等低功耗广域网技术,实现远程无线传输,降低建设和运维成本;平台层是智慧供水管理系统的核心,基于大数据和云计算技术构建。它对传输层传来的数据进行存储、清洗、分析和挖掘,建立数据模型,实现对供水系统的全面监测和智能分析。例如,通过对历史用水数据的分析,预测未来用水趋势;利用水质数据建立水质预警模型,及时发现水质异常。同时,平台层还提供数据共享和交互接口,方便与其他系统进行集成。

3.2 关键技术应用

3.2.1 物联网技术

物联网技术在农村智慧供水中发挥着关键作用。通过在水源地、水厂、管网和用水终端部署大量的物联网设备,实现供水系统的全面感知和互联互通。在水源地,安装水质传感器实时监测水源的PH值、浊度、重金属含量等指标,一旦水质出现异常,立即发出预警。在水厂,利用物联网技术对水处理设备的运行状态进行监测,如监测水泵的转速、电压、电流,以及过滤器的压差等参数,实现设备的远程监控和故障诊断^[3]。在管网中,部署压力传感器和流量计,实时掌握管网压力和流量变化,及时发现管网漏损点。在用户端,智能水表通过物联网技术实现远程抄表和用水数据实时上传,用户

可以实时了解自己的用水情况,供水企业也能进行精准的用水计量和收费。

3.2.2 人工智能技术

人工智能技术为农村智慧供水提供了智能决策支持。在水质监测与预警方面,利用机器学习算法对大量的水质数据进行分析,建立水质预测模型,提前预测水质变化趋势,及时采取应对措施。例如,通过分析历史水质数据和气象数据、周边环境数据等,预测水源污染风险,在供水调度方面,人工智能算法可以根据用水需求预测、管网压力流量数据、设备运行状态等信息,自动生成最优的供水调度方案,实现水泵的智能启停和调速,在满足用水需求的同时降低能耗。此外,人工智能技术还可应用于设备故障诊断,通过对设备运行数据的深度学习,自动识别设备故障类型和原因,提高故障诊断的准确性和效率。

3.2.3 GIS技术

地理信息系统(GIS)技术在农村智慧供水管理中具有重要应用价值。它将供水系统的空间信息(如水源地位置、水厂布局、管网走向、用户分布等)与属性信息(如水质数据、水压数据、用水量数据等)相结合,以直观的地图形式展示供水系统的全貌。通过GIS技术,管理人员可以快速定位管网漏损点、故障设备位置,制定最佳的维修路线,提高维修效率。同时,GIS技术还可用于供水规划,通过对地形地貌、人口分布、用水需求等因素的分析,优化水厂选址、管网布局,为农村供水基础设施建设提供科学依据。GIS技术能够模拟不同工况下的供水流向和压力分布,帮助供水企业进行应急管理和决策。

3.3 管理机制创新

为保障农村智慧供水管理模式的有效运行,需要创新管理机制。首先,建立多方协同管理机制,明确政府、供水企业、村民等各方在农村智慧供水中的职责。政府负责政策制定、资金支持和监督管理,加大对农村智慧供水建设的投入,制定相关标准和规范,监督供水企业的服务质量。供水企业作为运营主体,负责智慧供水系统的建设、维护和运营管理,提高供水服务水平。村民则有权参与供水管理监督,及时反馈用水问题和建议。其次,引入市场化运营机制,通过特许经营、PPP模式等方式,吸引社会资本参与农村智慧供水建设和运营。社会资本的引入可以解决农村供水建设资金短缺的问题,同时带来先进的技术和管理经验。在市场化运营过程中,建立合理的价格形成机制,根据供水成本、市场需求和用户承受能力,制定科学合理的水价,并实行

动态调整。最后,完善监督考核机制,制定农村智慧供水管理考核指标体系,从供水水质、供水稳定性、服务质量、能耗水平等方面对供水企业进行考核。定期对农村智慧供水系统进行评估,将考核结果与供水企业的利益挂钩,对表现优秀的企业给予奖励,对不达标企业进行整改和处罚。建立用户满意度调查机制,广泛听取用户意见,不断改进供水服务。

4 农村智慧供水管理实践案例分析

4.1 案例选择与背景介绍

案例名称:安溪县智慧供水管理改革实践

安溪县,位于中国福建省泉州市,是一个典型的农业大县,拥有丰富的自然资源和悠久的历史。然而,随着经济社会的发展,传统的供水管理模式逐渐暴露出诸多不足,如水质不稳定、供水效率低下、管网老化严重等问题,严重影响了农村居民的生活质量^[4]。为了破解这一难题,安溪县积极响应国家关于推进智慧水务建设的号召,于2018年启动了智慧供水管理改革项目,旨在通过现代信息技术手段,实现供水系统的智能化、精细化管理,提升供水服务质量和效率。

4.2 智慧供水管理模式实施过程

4.2.1 基础设施建设与升级

项目初期,安溪县首先对现有的供水基础设施进行了全面的摸底调查,针对老旧管网、泵站等关键设施进行改造升级。同时,引入先进的智能水表、水质在线监测仪等物联网设备,实现供水系统的实时监测和数据采集。这些设备通过无线网络将数据传输至智慧供水管理平台,为后续的数据分析和决策支持提供了坚实的基础。

4.2.2 智慧供水管理平台建设

在基础设施建设的基础上,安溪县依托云计算、大数据技术,构建了智慧供水管理平台。该平台集成了数据采集、存储、处理、分析等功能,能够实时监测供水系统的运行状态,预警潜在风险,优化调度策略。平台还提供用户服务模块,居民可以通过手机APP查询自家用水情况,及时获取停水通知、水质报告等信息,大大提升用户满意度。

4.2.3 运营管理模式创新

为了实现智慧供水管理的持续优化,安溪县创新了运营管理模式。一方面,建立了以数据驱动的决策机制,通过定期的数据分析报告,为管理部门提供精准的管理建议;另一方面,引入了第三方运维服务,利用专业团队的力量,确保供水系统的稳定运行。同时,加强

了对供水管理人员的培训,提升其信息技术应用能力和管理水平。

4.3 实施效果评估

4.3.1 水质安全保障显著提升

智慧供水管理模式的实施,使得安溪县的水质监测能力得到了质的飞跃。通过在线监测设备,管理部门能够实时掌握水质状况,及时采取措施处理异常情况,有效保障了农村居民的饮水安全。据最新数据显示,安溪县的水质达标率已提升至98%以上。

4.3.2 供水效率与服务质量大幅提升

智慧供水管理平台的应用,大大提升了供水系统的运行效率。通过优化调度策略,减少水资源的浪费,提高供水稳定性。同时,用户服务模块的引入,使得居民能够便捷地获取用水信息,增强了用户的参与感和满意度。据居民反馈,自智慧供水管理改革以来,停水次数显著减少,供水服务体验大幅提升。

4.3.3 运营成本有效降低

智慧供水管理模式还带来了显著的经济效益。通过实时监测和数据分析,管理部门能够精准识别并解决潜在的故障隐患,降低了维修成本。同时,智能水表的普及,使得水资源计量更加准确,为水费的公平收取提供有力支持。据统计,自项目实施以来,安溪县的供水运营成本降低约20%。

结束语

综上所述,农村智慧供水管理模式是解决农村供水问题的有效途径。通过引入物联网、大数据、云计算和人工智能等现代信息技术,实现了供水系统的智能化、精细化管理。安溪县智慧供水管理改革实践的成功经验,为其他地区提供了有益的借鉴。未来,应继续加强智慧供水技术的研发与应用,推动农村供水事业的可持续发展。

参考文献

- [1]蒋腾飞.鹤壁市农村供水管理现状分析与思考[J].河南水利与南水北调,2024,53(10):15-16.
- [2]廖开意.新型水利工程技术在农村供水领域的应用研究[J].水上安全,2024,(18):101-103.
- [3]张鹏程.农村供水工程运行管理的难点及应对策略[J].农业灾害研究,2023,13(06):155-157.
- [4]姜伟,席海洋,程文举,等.甘肃省农村饮水安全工程运行管理评价[J].干旱区研究,2022,39(1):301-311.