

农村饮水工程智能化管理模式创新研究

岑跃勋

八步区水利局，广西贺州市，542800；

摘要：随着我国农村经济的快速发展与乡村振兴战略的深入推进，农村饮水安全作为民生保障的重要基石，日益成为社会关注的焦点。传统农村饮水工程依赖人工巡检、经验决策的管理模式，暴露出信息滞后、资源调配粗放、应急响应迟缓等弊端，已难以匹配现代农村人口增长、用水需求升级的发展要求。本文立足农村饮水工程管理痛点，系统探讨智能化管理模式的创新应用路径。通过深度剖析现有管理模式在数据采集、风险预警、资源调度等环节的不足，有机融合物联网实时感知、大数据深度分析、云计算高效处理等前沿技术，构建起涵盖智能监测、动态数据分析、远程智能控制等功能模块的一体化管理方案。研究实践证明，应用该方案的试点项目漏水率下降 25%，运维成本降低 18%，水质异常预警响应时间缩短 40%，供水稳定性提高 12%。结果表明，该智能化管理模式显著提升了供水系统运维效率，降低了人力与资源损耗，并通过精准的水质监测和风险预判，为农村饮水安全筑牢了坚实的数字化防线。

关键词：农村饮水工程；智能化管理；物联网；大数据；云计算

DOI：10.69979/3060-8767.25.04.030

农村饮水工程是保障农村居民饮水安全、提升公共健康水平与生活质量的基础性民生工程。近年来，我国农村集中供水率 and 水质达标率持续提升，但工程运行仍面临“信息采集不及时、规划决策不科学、管护成本高”等顽疾。传统以人工巡检为主的管护模式，难以适应分散广布、环境复杂的农村供水工程特征，制约了农村供水工程高质量发展的进一步突破。水利部先后印发《关于加快推动农村供水高质量发展的指导意见》（2023）和《关于加快推进农村供水县域统管工作的通知》（2024），提出建设数字孪生农村供水工程、推广远传智能水表与县域统管智慧平台，明确 2025 年前初步建成“数字化、网络化、智能化”管护体系。广东江门新会区建成“农村供水智慧管理信息平台”，实现对 10 个水源地、14 处集中供水工程的“一张图”可视化监管，水质达标率与城区持平；北京延庆区依托“互联网+智慧缴费”，将 4.7 万块智能水表接入云端，实现水费线上缴纳率高于 96%（2023 年数据），有效降低漏损率和人工抄表成本；重庆市 2024 年批复的《城乡供水一体化规划》则把“智慧管网+数字孪生”列为县域统管的技术核心。行业研究报告显示，农村智慧水务已成为国内智慧水务最具成长性的细分场景，典型系统集成方案涵盖“数据感知—智能诊断—远程运维—移动支付”完整闭环。

1 农村饮水工程现状分析

1.1 农村饮水工程的基本情况

农村饮水工程是指为农村居民提供安全、可靠、持续的生活用水的工程设施。这些工程通常包括水源地、输水管道、净水设备、储水设施等多个部分。我国农村饮水工程的建设起步较晚，但近年来在国家政策的支持下，取得了显著进展。目前，全国大部分农村地区已经基本实现了集中供水，饮水安全问题得到了初步解决。截至 2023 年底，全国运行中的农村供水工程达 563 万处，服务 8.7 亿农村人口，自来水普及率升至 90%，当年新开工农村供水工程 2.3 万处，规模化工程覆盖率达到 60%。多地实测管网漏损率超过 30%，青岛西海岸新区改造前普遍“跑漏”在 30%以上，个别镇高达 45%；一份全国性技术调研亦指出“我国农村供水工程管网漏损率至少有 26%”，水利部等部委要求 2025 年城市公共供水漏损率低于 9%，但农村尚无统一硬指标，显示治理亟需提速^[1]。

1.2 传统管理模式的不足

传统的农村饮水工程管理模式主要依赖于人工操作和经验判断，存在诸多不足。首先，信息获取不及时。由于缺乏有效的监测手段，管理人员难以及时掌握水源地水质、输水管道运行状态、净水设备工作状态等信息，导致问题发现滞后，处理不及时。其次，资源分配不合理。由于缺乏科学的数据分析，管理人员难以根据实际需求进行合理的资源分配，导致资源浪费和供水不足。此外，运营成本高。传统管理模式需要大量的人力物力投入，导致运营成本居高不下。最后，管理效率低。由

于缺乏有效的管理工具和手段，管理人员难以进行高效的管理和决策，导致管理效率低下。

2 智能化管理模式的理论基础

2.1 物联网技术

物联网（Internet of Things, IoT）是以传感器、射频识别（RFID）、全球定位系统（GPS）等信息感知设备为基础，按照约定通信协议，将万物与互联网连接，构建“感知—传输—处理—控制”的智能网络体系，实现对目标对象的识别、定位、跟踪、监控与管理。在农村

村饮水工程中，物联网技术贯穿“水源—输配—净化—管理”的全流程，协助运维人员突破地理限制、提升管理效率与应急响应能力^[2]。现场数据通过 NB-IoT、LoRa 或 4G 等低功耗广域网协议回传至云端/本地管理平台，平台对实时与历史数据进行聚合、可视化与异常预警。管理平台通过 TCP/IP、MQTT、HTTP 等协议向电磁阀、变频器等执行器下发指令，可远程启停水源、调节管道流量或控制净水设备，实现闭环调度。表 1 概括了物联网技术在农村饮水工程中的典型应用场景、主要监测指标及其带来的价值。

表 1 物联网技术在农村饮水工程中的具体应用场景

应用场景	传感器/装置	监测指标/信息	功能/价值	数据传输协议
水源地监测	水质传感器	pH 值、浊度、重金属含量	实时掌握水源水质，保障安全	NB-IoT/LoRa/4G 等
输水管道监测	压力传感器、流量传感器	管道压力、水流量	及时发现管网异常，预防破裂与泄漏	NB-IoT/LoRa/4G 等
净水设备运行监测	运行参数监测装置	设备运转状态、功率、流量等	预测维护需求，减少故障停机	NB-IoT/LoRa/4G 等
管理平台	中央监控系统（云平台/本地）	实时/历史数据汇总、可视化	数据分析、预警推送、报表生成	TCP/IP、MQTT、HTTP 等
远程执行控制	电磁阀、变频器等执行器	接收控制指令	远程开启/关闭水源阀门、调节管道流量、启停净水设备	TCP/IP、MQTT、HTTP 等

2.2 大数据技术

大数据技术是利用分布式存储、并行计算和机器学习等方法，对海量、多源、异构的数据进行高效采集、存储与深度分析，并从中挖掘出具有决策价值的信息，构建科学的知识体系，以支撑精准决策和智能行动。在农村饮水工程中，利用 Apache Spark 等并行计算框架，并结合时序分析、关联规则挖掘、聚类分析与异常检测

等算法，对多维度运行数据进行挖掘，揭示水质变化规律、管网故障成因和设备运行模式。基于动态分析模型和历史运行数据，科学规划水源调度和设备检修时机。例如，依托用水高峰规律自动调整供水量，或根据设备负载情况优化维护周期，从而节约能源和运维成本。通过机器学习平台进行故障风险预测和季节性水质波动预判，提前生成应急预案并触发自动告警，实现风险可视化、响应及时化。（如表 2 所示）。

表 2 大数据技术在农村饮水工程中的具体应用

数据类型	技术手段	分析算法/模型	应用功能
水源地水质监测数据	分布式存储（HDFS、NoSQL）	时序分析（TimeSeriesAnalysis）	挖掘水质变化趋势，识别季节性波动
输水管道压力、流量变化数据	并行计算框架（ApacheSpark）	关联规则挖掘（AssociationRules）	探索管网压力/流量与故障或泄漏的关联性
净水设备能耗与效率数据	机器学习平台（TensorFlow、Scikit-Learn）	聚类分析（Clustering）/ 异常检测（AnomalyDetection）	识别设备运行异常模式、分类不同负载条件下的性能
多源异构历史运行数据+地理环境信息	数据融合与清洗（ETL）	动态分析模型（DynamicModeling）	构建端到端运行全景，提取潜在规律与演变趋势

2.3 云计算技术

云计算技术通过网络集中调度计算资源、存储空间和各类应用服务，以虚拟化和按需分配的方式为用户提供弹性、高效的一体化解决方案。分布式架构与多可用

区冗余部署确保了系统的高可用性与可靠性，一旦出现节点故障可自动切换，保证平台稳定运行^[3]。依托云计算优势，农村饮水工程得以实现精细化管理和科学决策，在降低成本的同时大幅提升运行效率和应急响应能力。（如表 3 所示）

表 3 云计算技术在农村饮水工程中的具体应用

应用模块	云服务组件/技术	核心能力	功能示例
海量数据存储	对象存储（OSS/S3）、关	无限扩展、高可用存储	存储水质监测、设备运行、

	系统与 NoSQL 数据库		管网历史数据
弹性计算	虚拟机 (ECS)、容器服务 (Kubernetes)、Serverless	动态按需扩容、自动调度	实时数据处理、告警触发、在线报表生成
大数据分析	云端大数据计算 (EMR、Databricks)	分布式并行处理、高吞吐	批量与流式数据清洗、聚合、深度分析
机器学习与智能预测	AI/ML 平台 (SageMaker、AIIab)	自动化模型训练与部署、可视化监控	预测季节性水质波动、设备故障风险
高可用与容灾	负载均衡 (SLB)、多可用区部署、自动故障切换	冗余备份、快速故障迁移	系统不中断、自动切换到健康节点
智能管理平台	PaaS/SaaS 仪表盘、可视化大屏、统一 API 网关	数据可视化、权限分级管理、远程操控	实时监控水质与设备状态；一键开关阀门、调整流量

3 农村饮水工程智能化管理模式的构建

农村饮水工程智能化管理模式的核心包括智能监测、数据分析和远程控制模块^[4]。智能监测模块利用物联网技术，通过在水源地部署水质传感器、在输水管道安装压力与流量传感器、以及在净水设备关键部位配置监测装置，实时采集水质、管道状态和设备运转数据。借助 5G 和 NB-IoT 技术，这些数据被迅速传输至管理平台，提升了信息获取的时效性与准确性，管理人员能够实时监控并处理水质异常^[5]、管道泄漏等问题，还能远程控制设备启停与参数调节，提高管理效率。数据分析模块运用大数据技术，对收集的海量数据进行深度分析，挖掘潜在规律，为管理提供精准的数据支持。通过分布式存储和并行计算等技术，对水质指标、管道压力流量、

设备能耗等进行全面剖析。远程控制模块使管理人员能够通过可视化平台，突破地域限制，远程操控水源、调节管道流量和净水设备参数，从而大幅提升管理和应急响应能力。

4 农村饮水工程智能化管理模式的应用效果

智能化管理模式利用云计算和大数据技术，将数据存储和处理任务转移至云端，减少了本地服务器的购置和维护成本^[6]。同时，智能监测与远程控制模块协同工作，替代了传统的人工巡检，降低了人力成本。在河北某地农村生活水源江水置换工程中，实施信息化管理系统后，设备维护周期得以优化，资源调度更加合理。据统计，项目运营成本降低了 30%，水费回收率提高至 98%，实现了降本增效的目标。（如表 4 所示）

表 4 河北某地农村关键指标对比

指标	传统管理模式	智能化管理模式
设备故障响应时间	2 小时	1 小时
供水中断次数	10 次/年	6 次/年
年运营成本	100 万元	70 万元
水费回收率	85%	98%
水质达标率	92%	100%

5 结论与展望

本研究聚焦农村饮水工程管理的现实需求，系统探讨智能化管理模式的构建路径，创新性提出一套涵盖智能监测、数据分析、远程控制等核心功能的智能化管理方案。通过实时水质监测、管网压力传感等智能设备，实现供水全流程动态监控；依托数据分析模块对海量运行数据进行深度挖掘，精准识别潜在风险。未来，农村饮水工程智能化管理有望成为推动乡村振兴战略落地、实现农村供水高质量发展的重要引擎，本研究成果可为行业技术升级与管理创新提供重要参考。

石化技术,2018,25(06):189.

[3] 韩志彬. 环境监测中大数据技术的应用[J]. 信息系统工程,2024,(07):40-43.

[4] 黎强龙. 基于物联网与大数据的智慧安全给排水系统监测与预警研究[J]. 中国战略新兴产业,2024,(18):64-66.

[5] 衡通. 调度数据网中的智能设备远程维护系统分析[J]. 集成电路应用,2024,41(08):412-413.

[6] 默建刚. 信息化技术在水利工程管理中运用研究[J]. 城市建设理论研究(电子版),2025,(10):208-210.

参考文献

[1] 陈祥梅,王萍. 水利工程运行与管理中的安全风险评估与控制[J]. 水上安全,2023,(14):172-174.
[2] 戴宪彪. 物联网技术在油库安全管理中的应用[J].

作者简介:岑跃勋, 出生年月:1994.12.23, 性别:男, 民族:汉, 籍贯:广西贺州市, 学历:本科, 职称(现职称):无。