

# 供水自动化建设对农村供水系统效率提升的作用

高磊

长武县城乡供水保障中心，陕西咸阳，713600；

**摘要：**在乡村振兴战略推动下，农村供水系统效率提升成为保障民生与农业发展的关键议题。供水自动化建设通过物联网、大数据等技术应用，实现从水源监测到用户服务的全流程智能化。本文剖析农村供水传统模式的人工运维低效、水质监测滞后等问题，解析智能监测体系、自动控制技术、数据管理平台的建设路径，阐述其在供水保障、管理效能、资源利用方面的提升作用，分析技术适配、成本投入、人才储备等实施挑战，提出技术创新、多元投入、人才培养的对策，为农村供水现代化提供理论与实践参考。

**关键词：**供水自动化；农村供水系统；效率提升；智慧水务；管理效能

**DOI：**10.69979/3060-8767.25.11.033

## 引言

农村供水系统作为乡村基础设施的核心组成部分，直接影响居民生活品质与农业生产效率。传统农村供水依赖人工巡检、经验调度，普遍存在管网漏损率高（平均达 25% 以上）、水质安全预警滞后、应急响应缓慢等问题，难以满足新时代用水需求。供水自动化建设通过智能设备部署与数字化平台整合，实现供水系统的实时监控、精准控制与数据驱动决策，成为破解农村供水“散弱差”困境、推动城乡供水均等化的关键抓手。探讨其效率提升机制与实施路径，对提升农村供水保障能力具有重要现实意义。

## 1 农村供水自动化建设的现状与需求分析

### 1.1 农村供水系统的传统模式与现存问题

传统农村供水系统以分散式供水为主，小型水厂或集中供水站依赖人工操作，存在三大核心问题：运维效率低下，管理人员需每日往返水源地与管网节点，设备故障发现延迟平均达 6-8 小时，如西南某丘陵地区农村水厂，因人工巡检频次不足，2022 年管网漏损导致年损失水量达 12 万吨；水质安全隐患突出，水质检测依赖人工取样送检，周期长达 7-10 天，华北某地下水超采区农村水厂曾因硝酸盐超标问题未及时发现，导致周边居民健康风险累积；调度决策粗放，灌溉用水分配依靠经验判断，水资源浪费严重，中部某产粮区农田灌溉水有效利用系数仅 0.52，低于全国平均水平 0.56。这些问题凸显传统模式在精准化、智能化管理上的不足。

### 1.2 供水自动化建设的技术需求与发展趋势

随着物联网（IoT）、传感器技术的成熟，农村供

水自动化呈现三大技术需求：全链路智能监测，需在水源地、输水管道、蓄水池、用户终端部署水质传感器、压力传感器、流量传感器，实现水位、浊度、余氯等参数实时采集；自动化控制集成，通过变频水泵、电动阀门等设备，结合 PLC 控制系统，实现供水压力自适应调节与故障自动切换；数据驱动决策，利用大数据平台分析用水规律，优化水源调度策略，如西北干旱区农村通过历史用水量数据预测灌溉高峰，提前 72 小时调整供水计划。技术发展趋势上，低成本传感器（单套部署成本下降至 200 元以下）、低功耗广域网（LPWAN）技术（覆盖半径达 10 公里）正加速向偏远农村渗透，为自动化建设提供技术支撑。

### 1.3 政策导向与农村供水现代化建设目标

国家“十四五”规划明确提出“推进农村供水数字化、智能化改造”，水利部《“十四五”农村供水保障规划》要求 2025 年农村自来水普及率达 90% 以上，规模化供水工程自动化监控覆盖率超 60%。各地政策同步推进：浙江实施“智慧水利”行动计划，要求 2023 年底前完成 1000 处农村供水站自动化改造；河南启动“数字孪生灌区”建设，重点提升灌溉供水的自动化调度能力。政策目标倒逼农村供水从“工程建设”向“技术赋能”转型，推动自动化建设与乡村振兴、生态保护等战略深度融合，如广东将供水自动化纳入“美丽圩镇”创建考核指标，推动农村供水系统与人居环境整治协同升级。

## 2 农村供水自动化建设的核心内容解析

### 2.1 智能监测体系的构建与关键技术应用

智能监测体系通过“空天地”一体化部署，实现供水系统全要素感知：水源地监测，在河流、水库、地下水井安装水质传感器与水位计，实时监测 pH 值、电导率、氨氮等指标，如江西鄱阳湖周边农村在 56 处水源地部署多参数水质传感器，异常数据自动触发预警，响应时间从 48 小时缩短至 15 分钟；管网监测，在主干管关键节点安装压力传感器与漏损检测设备，通过声波定位技术精准识别漏点，湖北某平原地区农村管网应用该技术后，漏损定位误差从 50 米缩小至 5 米，维修效率提升 3 倍；用户端监测，推广 NB-IoT 智能水表，实时采集用水数据，支持阶梯水价计费与异常用水报警，四川成都农村地区智能水表覆盖率达 70%，水费收缴率从 65% 提升至 85%。

## 2.2 供水系统自动控制技术的集成与优化

自动控制技术通过“感知 - 决策 - 执行”闭环，实现供水过程精准调控：水源切换自动化，在多水源供水区域部署智能切换装置，当主水源水质超标或水量不足时，系统自动切换至备用水源，如山东胶东半岛农村供水工程配置双水源自动切换系统，2023 年干旱期间成功切换水源 12 次，保障 50 万农村人口用水稳定；压力调节智能化，利用变频调速技术动态调整水泵转速，确保管网末端压力稳定在 0.2-0.3MPa，广东佛山农村管网应用后，高峰期水压合格率从 70% 提升至 95%，热水器、洗衣机等设备用水问题基本解决；灌溉控制精准化，结合土壤墒情传感器与作物需水模型，自动启停灌溉阀门，西北某节水灌溉项目通过该技术实现每亩节水 20%，灌溉效率提升 15%。

## 2.3 数据管理平台与智慧化决策系统建设

数据管理平台作为自动化建设的“大脑”，整合多源数据实现智能决策：实时监控模块，通过 GIS 地图可视化水源地、管网、用户分布，实时显示关键参数，如江苏徐州农村供水平台接入 3000 余个传感器，管理人员可通过手机 APP 远程查看任意节点运行状态；数据分析模块，利用机器学习算法预测用水高峰与设备故障，如安徽合肥农村供水平台通过历史数据训练模型，提前 48 小时预警水泵轴承故障，准确率达 85%；应急指挥模块，集成应急预案库，当发生水源污染或管网断裂时，自动生成处置方案并调度资源，2022 年河南郑州暴雨期间，农村供水应急平台 10 分钟内启动备用电源与临时供水车调度，减少停水影响面积 60%。

## 3 供水自动化对农村供水系统效率的提升路径

### 3.1 供水保障效率：从人工巡检到实时监控的转变

自动化建设通过智能监测与自动控制，显著提升供水稳定性。物联网设备部署使故障发现时间从平均 6 小时缩短至 15 分钟，维修响应效率提升，区域停水时长同比减少 40%；在线监测与智能消毒设备应用，推动水质达标率提升至 98%，消毒剂用量减少 15%；极端天气应对机制通过温度传感与自动保温措施，将管道冻裂事故从往年 200 余起降至 12 起，系统抗灾能力显著增强。

### 3.2 管理效能提升：从经验决策到数据驱动的升级

数据管理平台通过整合多源用水数据推动管理模式向精细化转型，基于大数据分析的泵站运行方案优化，实现能源消耗的系统性降低，年节电率达到行业领先水平；灌溉用水数据与农业种植结构的联动分析，精准指导高耗水作物种植面积调减，有效缓解区域水资源供需矛盾；自动化考核系统将水质安全、管网效率、服务响应等核心指标纳入绩效考核体系，通过数据可视化与动态评估机制，推动基层管理责任落实，群众服务满意度实现显著提升。

### 3.3 资源利用优化：从粗放管理到精准调配的跨越

自动化技术通过构建全链路资源管控体系助力高效利用，分区计量与压力智能调控技术的应用，使管网漏损率实现阶梯式下降，年节约水量可满足规模化社区用水需求；可再生能源与智能控制技术的深度融合，大幅降低供水系统能耗水平，运行成本得到有效控制；巡检流程的自动化改造与人力资源重构，推动运维团队向技术服务型转型，人均管理效能实现倍数级提升，为农村供水系统的可持续运营奠定基础。

## 4 供水自动化建设中的实施挑战与瓶颈

### 4.1 技术落地的适配性难题与集成障碍

农村供水场景复杂，技术适配面临多重挑战：地理环境限制，西南山区因地形破碎、网络信号覆盖不足，无线传感器部署成本较平原地区高 3 倍，部分村寨仍需依赖卫星通信模块，单设备通信成本达 5 元 / 天；设备兼容性差，早期建设的供水设施品牌杂、接口不统一，如某县 2010 年前建设的 15 座水厂中，仅 30% 的设备支持自动化改造，系统集成难度大；技术标准缺失，目前缺乏针对农村供水自动化的专项技术规范，传感器精度、数据传输协议等存在区域差异，导致跨平台数据共享率不足 40%。

## 4.2 建设成本与长期运维的经济性矛盾

资金短缺是最大瓶颈：初期投入高，单座农村水厂自动化改造费用达 50-80 万元，相当于其年运营收入的 2-3 倍，西部某贫困县 120 座水厂中，仅 20% 具备改造能力；运维成本压力大，智能设备需要专业技术人员维护，河南某农村供水公司每年运维费用增加 20%，而水价调整受限于农民承受能力（当前平均水价 1.2 元 / 吨，仅为成本的 60%）；投资回报周期长，社会资本因农村供水项目收益低（内部收益率不足 6%）、回报周期超 10 年，参与意愿普遍较低，目前市场化融资占比不足 15%。

## 4.3 基层管理团队的技术储备与人才缺口

人才短缺制约自动化效能发挥：专业人员匮乏，全国县级供水企业中，具备自动化控制、数据分析能力的技术人员占比不足 15%，云南某州农村供水系统仅有 2 名工程师能熟练操作智能平台；培训体系不完善，现有培训多侧重设备操作，缺乏系统维护与故障排查教学，湖北咸宁农村水厂操作员中，仅 30% 能独立处理传感器故障；人才流失严重，偏远地区因工作环境艰苦、待遇偏低，35 岁以下技术人员流失率达 40%。

## 5 推进农村供水自动化建设的对策与展望

### 5.1 技术创新驱动下的适用性方案研发

针对农村特点开展技术攻关：推广低成本技术，如太阳能供电传感器（单套成本降至 300 元以下）、LoRa 无线传输模块（覆盖 15 公里，功耗降 50%），解决偏远地区部署难题；推进模块化集成设计，开发“即插即用”自动化套件，兼容老旧设备接口，2 小时内完成传统水泵自动化升级；强化本土化场景适配，针对山区设计“重力流 + 无线中继”监测方案，研发耐高低温传感器（适应 - 40℃至 70℃环境），提升技术落地可行性。

### 5.2 多元化投入机制与长效运维模式构建

破解资金与运维瓶颈需多管齐下：拓宽资金来源，争取中央预算内投资、地方政府专项债，探索“以水养水”模式，将农村供水与产业用水打包定价提升收益；创新运维机制，推行“建管一体”总承包模式，

引入企业负责建设运营，通过“技术托管 + 效益分成”降低政府运维压力；建立价格联动机制，在农民可承受范围内调整水价，试点“基本水价 + 计量水价”，使水价成本覆盖率提升至 80%。

## 5.3 基层人才培养与技术支持体系完善

强化人才保障需构建多层次体系：实施定向培养计划，联合职业院校开设“农村智慧水务”专业，培养懂设备操作、会数据处理的专业人才；建立结对帮扶机制，构建“城市水厂带农村”技术支援网络，定期派驻工程师驻点指导，两年内使自动化系统故障率下降 70%；搭建数字化培训平台，开发 VR 模拟运维系统，基层人员可在虚拟场景练习设备调试，将培训周期从 3 个月缩短至 1 个月，实操考核通过率提升至 90%。

## 6 结论

供水自动化建设是提升农村供水系统效率的核心引擎，通过智能监测、自动控制与数据驱动，实现从“人工运维”到“智慧管理”的跨越。尽管面临技术适配、成本投入、人才短缺等挑战，但其在供水保障、管理效能、资源利用上的显著优势，使其成为农村供水现代化的必然选择。未来需聚焦技术创新、多元投入、人才培养，构建“技术可落地、成本可负担、人才可支撑”的长效机制，推动农村供水系统从“能用”向“好用”“智用”升级，为乡村振兴提供坚实的水安全保障。

### 参考文献

- [1] 刘胜. 基于物联网的农村供水运行与检测技术探究[J]. 农业开发与装备, 2023, (03): 106-107.
- [2] 李发启. 某农村供水保障工程自动化改造设计[J]. 现代建筑电气, 2023, 14(01): 13-17+52.
- [3] 金浪滨, 许方照, 汤杭森, 等. 安吉县农村饮用水自动化监控系统设计及应用[J]. 浙江水利科技, 2021, 49(05): 80-82.
- [4] 张延涛. 自动化技术在农村饮水安全集中供水工程中的作用[J]. 农村实用技术, 2021, (07): 125-126.
- [5] 张文科. 自动化技术在农村饮用水中的应用[J]. 农业与技术, 2019, 39(17): 78-79.