

农村小型供水工程水质安全保障技术与管理对策研究

韩 凯

宜昌市夷陵区水利和湖泊局 湖北 宜昌 443000

【摘 要】：农村小型供水工程是保障农村居民饮水安全的核心载体，其水质安全保障需统筹技术适配与管理闭环双重逻辑。本文聚焦水源污染、工艺简陋、管理薄弱三大核心影响因素，系统梳理“源头保护—过程净化—末端监管”全链条保障技术，包括水源地防控、水质净化消毒、管网防污、监测预警等关键路径，同时构建“责任体系+制度规范+队伍建设+资金保障”长效管理机制，为破解农村小型供水工程水质安全难题、夯实乡村振兴饮水安全基础提供理论参考与实践指引。

【关键词】：农村小型供水工程；水质安全；保障技术；管理对策

DOI:10.12417/2811-0722.26.01.058

农村饮水安全是乡村振兴战略的底线任务，农村小型供水工程因分布广、规模小、运维难成为覆盖偏远乡村的主力供水模式。当前，此类工程面临水源污染、工艺适配性差、管理机制缺失等多重挑战，直接威胁居民健康权益。基于此，本文从技术应用与管理优化双维度，探索水质安全保障路径，为构建“源头可控、过程可管、末端可测”的全链条保障体系提供支撑。

1 农村小型供水工程水质安全核心影响因素分析

1.1 水源地污染与保护不足

水源地是农村小型供水工程的取水根基，其水质安全直接受自然污染与人为污染双重冲击。自然层面，降水冲刷、地质侵蚀易导致水源悬浮物、矿物质含量异常；人为层面，农业面源污染、生活污染、养殖污染等，通过地表径流、地下渗透侵入水源。同时，多数工程未划定明确保护范围，缺乏物理隔离设施、专人巡查机制，进一步放大污染风险，削弱供水源头保障能力。

1.2 供水工艺简陋与技术适配性差

供水工艺是水质净化的核心环节，但农村小型供水工程普遍存在工艺简化、设备陈旧的问题。部分工程仅依赖沉淀、简单过滤的基础流程，未针对水源特点构建“预处理-核心净化-消毒”完整链条，缺乏应对微生物的针对性技术。此外，工艺选型与水源水质适配性不足，且输配水管网存在年久老化、接口密封不严等问题，易引发锈蚀、渗漏，导致水质二次污染，难以达到《农村饮用水卫生标准》核心要求。

1.3 管理体系薄弱与运维保障不足

管理机制缺失是水质安全的突出短板，集中体现在“责任、人员、资金、制度”四大维度。责任层面，乡镇政府、水利部门、村委会、供水公司职责交叉、划分不清，易出现推诿扯皮；人员层面，运维人员多为临时聘用，缺乏专业培训、技能考核，设备操作、水质检测能力不足；资金层面，无稳定运维资金来源，导致药剂更换、设备维修存在资金缺口，相关运维工作进展滞后；制度层面，未建立常态化监测、应急处置机制，对水

质异常无法快速响应、精准处置。

2 农村小型供水工程水质安全保障关键技术与应用路径

2.1 水源地保护与污染防控技术

水源地保护是水质安全的第一道防线，需构建隔离防护、污染源管控、生态修复三位一体的技术路径。首先，明确划定水源地一级、二级保护范围，设置物理隔离设施，阻止无关人员、畜禽进入取水区域，同时清理水源地周边杂草、垃圾，减少污染物滋生。其次，针对各类污染源精准防控：农业面源污染通过推广生态种植、测土配方施肥、农药减量技术，减少化肥、农药残留；生活污染采用小型人工湿地、化粪池、污水管网集中处理模式，实现污水达标后排放；养殖污染则推行养殖区远离水源地、废水资源化利用措施，杜绝废水直接渗漏。最后，对轻度污染水源地实施生态修复，种植芦苇、菖蒲等水生植物吸附污染物，投放益生菌调节水体微生物群落，搭配植被缓冲带、河岸加固工程，提升水源地自净能力与生态稳定性。

2.2 水质净化核心技术与适配方案

水质净化需遵循分级处理、精准适配原则，构建预处理、核心处理、深度处理的阶梯式技术体系。预处理环节针对高浊度、高悬浮物水源，采用格栅过滤与混凝沉淀组合技术：格栅可拦截树枝、石块等大颗粒杂质，混凝沉淀通过投加聚合氯化铝、硫酸亚铁等环保混凝剂，使细小悬浮物、胶体凝聚形成矾花，经沉淀池分离去除，降低后续处理负荷。核心处理以过滤技术为主，选用石英砂过滤与活性炭过滤联用设备，石英砂可去除水中残留悬浮物、有机物，活性炭凭借多孔结构吸附重金属、挥发性有机物，适配多数农村水源污染特点。深度处理则针对特殊污染源，采用膜分离技术、吸附材料联用方案，超滤膜、纳滤膜可截留微生物、大分子污染物，沸石、膨润土等吸附材料能精准去除特定重金属离子，确保处理后水质全面符合《农村饮用水卫生标准》。所有净化设备均优先选用操作简便、维护成本低、能耗小的类型，适配农村小型供水工程的运维条件。

2.3 高效消毒技术与规范应用

消毒是阻断微生物污染的关键屏障,需结合工程规模、水质特点选择安全高效、操作简便、成本可控的技术类型。物理消毒技术中,紫外线消毒应用广泛,其通过特定波长紫外线照射破坏细菌、病毒的DNA结构,实现快速杀菌,具有无二次污染、杀菌谱广的优势,需搭配定期灯管清洁、强度监测措施,保证消毒效率;化学消毒技术以氯系消毒、二氧化氯消毒、次氯酸钠消毒为核心,氯系消毒成本低廉、杀菌彻底,但需严格控制投加量,避免余氯超标影响口感或产生三氯甲烷等消毒副产物,可配套余氯在线监测设备实时调控;新型二氧化氯消毒技术则兼具杀菌效果强、稳定性好、副产物少的特点,对细菌、病毒、藻类均有高效杀灭作用,适配对水质要求较高的工程。消毒过程需建立投加量精准控制、消毒效果定期检测制度,结合水源水质波动动态调整技术参数,确保消毒环节无死角、无隐患,从根本上杜绝微生物超标问题。

2.4 输配管网防污与水质保持技术

输配管网是二次污染防治的核心环节,需通过管材优化、铺设规范、日常维护三重技术手段保障水质。管材选择上,优先采用PE管、PPR管等耐腐蚀、无异味、强度高的优质管材,全面替代易锈蚀、易渗漏的传统铸铁管、镀锌管,从源头减少管材本身对水质的影响。管网铺设严格遵循规范施工、质量管控要求,管道接口采用热熔焊接、密封胶圈等可靠连接方式,确保密封严密,同时避开污水管、化粪池、垃圾填埋场等污染源,埋深符合防冻、防碾压标准,避免外力破坏导致渗漏。日常维护推行定期冲洗、检漏修复、末梢排污制度:采用分段高压冲洗、空管消毒技术,去除管网内沉积物、生物膜;通过压力监测、听音检测排查渗漏点,对老化、破损管道及时更换;在管网末端、制高点设置排气阀、排污阀,定期排出管道内空气、杂质,确保管网内水流顺畅,持续保持水质稳定。

2.5 水质监测预警技术与应用

水质监测预警需构建全流程覆盖、动静结合的技术体系,实现“水源—净化—管网—末梢水”的全方位管控。监测指标聚焦感官性状、微生物指标、化学指标三大类,包括浑浊度、异味、细菌总数、大肠菌群、pH值、氨氮、重金属等核心项目,全面反映水质安全状况。监测方式采用人工定期检测、自动在线监测互补模式:小型工程配置便携式检测设备,由运维人员按周期采样检测,记录数据并建立台账;规模较大的工程安装在线监测系统,在水源取水口、净化车间出口、管网关键节点、末梢水取水点布设传感器,实时采集水质数据,通过物联网技术传输至管理平台。预警响应环节建立分级预警、快速处置机制,平台设定指标阈值,一旦检测数据超标,立即触发声光预警,同步推送信息至运维人员与监管部门,运维人员需第一时间暂停供水,排查污染源头,采取强化净化、切换备用水源等措施,待水质检测达标后再恢复供水,形成“监测—预

警—处置—反馈”的闭环管理。

3 农村小型供水工程水质安全长效管理对策与机制构建

3.1 明确责任体系与协同管理机制

构建政府主导、部门联动、主体负责、群众监督的四级责任闭环,压实各级政府属地管理、统筹协调的核心职责,细化水利部门工程建设与运行调度、卫健部门水质监测与卫生监督、生态环境部门水源污染防治与执法监管的专项职责,明确工程产权单位、运维单位全程管控、直接负责的主体责任,通过签订水质安全责任状、制定责任清单,将任务分解到岗、责任落实到人。建立跨部门信息共享、联合巡查、问题共治协同机制,定期召开联席会议,互通水源保护、水质检测、污染处置等关键信息,联合开展水源地排查、工程运维督查、违法排污整治等行动,形成监管合力。同步激活村级管理末梢,设立村级供水管护员,负责日常巡查、设备巡检、信息上报、简单故障处置,配套建立定期培训、考核奖惩机制,打通责任落实“最后一公里”,确保水质安全管控无死角、无盲区、无真空。

3.2 完善管理制度与规范运行流程

建立工程建设、运行管理、应急处置、制度更新的全周期制度体系,工程建设阶段严格执行招投标制、监理制、竣工验收制、质量终身负责制,明确材料选型、工艺标准、施工规范等刚性要求,杜绝“重建设、轻运维”的粗放模式;运行管理阶段制定日常巡查台账、设备维护规程、水质检测细则、数据记录规范,要求运维人员按频次完成设备清洁、药剂补充、参数调试、数据录入等工作,实行操作留痕、定期核查、交叉检查制度,确保过程可追溯、责任可倒查;应急处置阶段编制水质污染应急预案,明确预警分级、处置流程、物资储备、人员分工,定期组织桌面推演、实战演练,提升突发污染事件的快速响应、协同处置能力;同步建立制度动态更新机制,结合农村供水实际变化、技术升级、政策调整,定期修订完善制度条款,确保制度的适配性和时效性。此外,推行阳光监督制度,通过村公告栏、微信公众号等渠道公开水质监测结果、运维记录、投诉举报电话,鼓励村民参与全过程监督,形成制度约束与群众监督的双重保障。

3.3 强化运维队伍建设与专业培训

打造“专业骨干+兼职管护+技术顾问”的复合型运维队伍,优先聘用熟悉本地情况、责任心强的村民作为兼职管护人员,选拔具备相关专业背景的人员担任专业骨干,聘请水利、卫健领域专家组成技术顾问团,构建骨干引领、兼职实操、专家指导的队伍架构。建立系统化培训、实操演练、技能考核、终身学习的培养体系,培训内容聚焦水质检测操作、净化消毒设备维修保养、消毒药剂精准投加、应急处置流程四大核心模块,采用集中授课、现场手把手教学、案例复盘的方式,确保运维

人员掌握实用技能，考核合格后颁发上岗资格证书。建立薪酬保障、绩效激励、成长通道相结合的机制，将薪酬与水质达标率、设备完好率、群众满意度挂钩，设置技能提升补贴、年终评优奖励，激发工作主动性；同步搭建线上咨询平台、线下巡诊机制，技术顾问定期下乡指导，及时解决运维难题，助力运维队伍专业能力持续提升。

3.4 构建稳定资金保障与多元投入机制

资金保障是工程长效运行的生命线，需建立政府财政投入、社会资本参与、用户有偿缴费、应急资金储备的多元投入模式。政府层面将农村小型供水工程运维资金纳入年度财政预算，重点保障消毒药剂采购、设备维修更新、人员薪酬、技术升级等刚性支出，对偏远山区、经济薄弱地区给予倾斜补贴；社会层面鼓励企业、社会组织通过 PPP 模式、公益捐赠等方式参与工程建设与运维，引入先进管理经验、技术资源，补充资金缺口；用户层面按照保本微利、公平负担、分类计费原则，合理制定水费标准，明确水费专项用于工程运维、设施升级，

杜绝挪用挤占，同时推出线上缴费、代缴点缴费等便利化措施，提高水费收缴率；同步设立应急资金专户，用于应对设备重大维修、突发污染治理等紧急情况，保障工程稳定运行。此外，建立资金专款专用、绩效评价、公开公示制度，定期开展资金使用绩效评估，通过村集体账目、政务公开平台公布资金使用明细，接受财政审计、群众监督，确保每一笔资金都用在“刀刃上”。

4 结语

农村小型供水工程水质安全保障是技术集成与管理协同的系统工程，需以源头防控为基础、核心技术为支撑、长效机制为保障。本文梳理的全链条技术路径与多维度管理对策，为破解实践难题提供了清晰框架。未来，需进一步强化技术适配性与管理精细化，推动信息化、智能化升级，凝聚政府、社会、群众多方合力，持续提升水质安全保障水平，为农村居民美好生活筑牢饮水安全屏障。

参考文献：

- [1] 李威.清原县农村饮水安全工程建设运行中存在问题及对策研究[J].黑龙江水利科技,2021,49(1):234-236.
- [2] 郭涛,刘春艳."十四五"农村供水保障规划思路分析[J].山西水利,2020,36(6):25-27.
- [3] 李小龙,徐有为,刘红旺,等.村镇小型集中供水系统优化设计与实践[J].水电站机电技术,2025,48(10):76-80.
- [4] 关海容.农村供水高质量发展与老旧管网改造策略[J].水利电力技术与应用,2025,7(18).
- [5] 郑志鹏,金美兰.2014-2024 年赣州市农村饮用水卫生状况及影响因素[J].环境与健康杂志,2025,42(5):418-423.