

Discussion on Water Quality Problems and Optimization Strategies of Rural Water Supply Project

Shengjun Huang Yi Zheng Suping Xu

Suichang County Water Resources Bureau, Lishui, Zhejiang, 323300, China

Abstract

Rural water supply systems are vital for ensuring drinking water safety and improving residents' quality of life. Water quality stability is influenced by both water source types and the integrated constraints of water extraction, purification, distribution, and end-user consumption. While centralized water supply coverage continues to expand, challenges such as seasonal water source fluctuations, inadequate facility capacity, and insufficient operational resources persist in some regions, resulting in significant quality disparities between treated water and end-user water. The implementation of standards like GB 5749-2022 has further unified urban and rural drinking water quality requirements, with clearer guidelines for disinfection and sanitation control. This paper analyzes common water quality risks and proposes optimization strategies tailored to project conditions. The study concludes that synchronized efforts in source protection, process adaptation, and pipeline maintenance are key to improving compliance rates.

Keywords

rural water supply project; water quality; issues; optimization strategies; discussion

农村供水工程水质问题与优化策略探讨

黄升军 郑义 徐素萍

遂昌县水利局, 中国·浙江 丽水 323300

摘要

农村供水工程关系到乡村居民的饮水安全与生活质量, 其水质稳定性既受水源类型影响, 也受取水、净化、输配和末梢用水环节共同制约。集中供水覆盖面不断提升, 但在部分地区仍存在水源季节波动、设施规模偏小、运行力量不足等问题, 导致出厂水与末梢水质量差异较为明显。GB 5749-2022等标准及法规实施后, 城乡饮用水质量要求进一步统一, 对消毒与卫生控制提出了更明确的要求。本文围绕常见水质风险进行归纳分析, 并提出贴近工程条件的优化思路。研究认为, 源头防护、工艺适配与管网管护同步推进, 是提升达标率的关键。

关键词

农村供水工程; 水质; 问题; 优化策略; 探讨

1 引言

保障农村供水安全是巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接的重要举措, 是满足农村居民美好生活需要的内在要求。而水质问题一直是中国农村供水保障的薄弱环节, 与实施乡村振兴战略和农村居民对美好生活的向往还有差距^[1]。基于农村供水工程“源头到龙头”的链条特征, 本文从常见水质问题入手, 梳理其形成机制与易发环节, 并在工程可实施与运行可持续的前提下提出针对性的优化路径, 为农村供水水质保障提供可操作的研究参考。

2 农村供水工程概述

农村供水工程是指在行政村或乡镇范围内, 依托地表

水、地下水或小型水库等水源, 通过取水构筑物、净化处理设施、蓄配水构筑物及输配管网, 为农村居民提供生活饮用水的系统工程, 既包括村镇集中供水, 也包括条件受限地区的分散供水。其核心目标是让供水水质在用户水龙头处满足国家饮用水卫生要求。GB 5749-2022已取消对小型集中式和分散式供水的临时性特殊限值, 城乡执行同一套水质底线要求, 强调水中不应含病原微生物, 化学物质不应危害健康, 且供水应经消毒处理。供水一旦出现微生物污染、消毒失效或化学指标超限, 风险往往直接暴露在末梢用水环节, 影响范围覆盖老人和儿童等敏感人群, 因此水质控制是农村供水工程运行管理的首要任务。

3 农村供水工程水质问题分析

3.1 末梢微生物超标与消毒余量不足

农村供水点多线长, 部分工程采用简化处理或仅设置消毒环节, 当原水受降雨径流、畜禽养殖和生活污水影响时,

【作者简介】黄升军(1998-), 男, 中国浙江丽水人, 本科, 助理工程师, 从事农村供水研究。

浑浊度与有机物升高会削弱消毒效果,造成菌落总数和总大肠菌群波动。监测研究表明,末梢水合格率往往显著低于水源水和出厂水,总大肠菌群超标在问题指标中占比较高,提示输配过程仍是微生物风险的高发环节。部分供水站依赖人工投加消毒剂,存在药剂浓度不稳、接触时间不足、余氯衰减过快等情况,遇到停电停机或夜间低流量运行时,管内滞留加剧也会放大细菌再生^[2]。开放式蓄水池通风口、溢流口防护薄弱时,昆虫和尘土进入也会增加卫生学风险。个别户内储水桶和二次容器清洗不到位,还可能叠加末端污染。

3.2 输配管网二次污染与浑浊度波动

农村管网多为分期建设,管材规格不统一,局部存在老化渗漏和接口松动,雨季或地下水位抬升时,外界含泥水体可能在负压条件下被吸入管内,引起浑浊度突增。部分村组管线末端呈树枝状延伸,支管水量小、更新慢,沉积物和生物膜更易累积,冲刷时会出现短时黄水。对村级供水站的调查发现,消毒剂和微生物指标合格率低于其他指标,同时末梢水不合格与管网环节关系密切,表明出厂水达标并不必然保证用户端稳定达标。若阀门井密封、排气排泥设施和高点放空维护不到位,停水后恢复供水时的水锤和扰动会进一步带出沉积物。部分高位水池清洗不及时或溢流口防护不足,加之入户管道锈蚀,会使色度和浑浊度呈现周期性反复。

3.3 地下水地质性化学超限风险

许多农村供水以机井取水为主,水质受含水层岩性与地下水埋深影响较大,易出现铁、锰、氟化物、砷和硝酸盐等指标超限。卫生学调查中常将砷、氟化物和硝酸盐列为重点毒理指标,并在不同供水类型样品中开展检测与评价。铁锰超标常伴随浑浊度上升和金属味,既影响居民接受度,也容易在管内形成沉积与锈垢,出现黑水或红水现象。硝酸盐问题与农业施肥、畜禽粪污渗漏等面源输入有关,具有隐蔽性和季节性特征。部分地区还存在总硬度偏高、pH异常或苦咸水现象,长期饮用会出现适口性下降与用水投诉。地质性高氟、高砷的空间分布不均,使同一县域不同村组间水质差异明显,给统一工艺配置和运行评价带来压力,管理难度随之增加。

3.4 工艺匹配不足引发的理化指标异常

部分农村水厂受投资和场地限制,混凝沉淀、过滤等单元配置不完整,遇到原水浑浊度上升时,出厂水的色度、耗氧量或氨氮等指标易波动,进而影响消毒效果与口感稳定。监测结果显示,部分工程存在pH超限现象,同时消毒副产物如三氯甲烷在问题指标中占一定比例,提示有机物负荷与加氯条件叠加时可能出现副产物风险。部分小站过滤反冲洗不规范或滤料老化堵塞,会出现出水浑浊度回升与颗粒物穿透,末端用户更易感知。若混凝剂投加不稳,还可能出铝盐残留或絮体破碎带来的水质波动。原水含天然有机物或季节性藻类时,简单加氯容易产生异味和投诉,且出厂水与末梢水表现差异加大。这些问题常在雨季与高峰用水时集

中显现。

4 农村供水工程水质问题的优化策略探讨

4.1 完善消毒与卫生屏障,稳定末梢微生物指标

为控制农村供水工程中末梢微生物波动,应以消毒全过程与卫生屏障一体化管理为主线。第一,应将取水口、加药间与清水池划为重点卫生单元,落实围栏与警示牌,清水池盖板、通气口滤网与溢流口回流封堵同步到位,库区严禁洗涤放牧和倾倒杂物,取水口周边定期清理漂浮物并减少鸟害栖息,清水池进出水口设置止回与防倒灌装置,雨季核查渗漏、裂缝与排气口破损并及时修补^[3]。第二,应结合原水浑浊度、温度与耗氧量变化,优选次氯酸钠或液氯等常规消毒剂,按日校核计量泵行程与流量,药剂按浓度分桶标识并避光存放,配置用水采用合格水源并现配现用,投加点与混合条件保证有效接触时间,遇高浑浊先加强沉淀后再调整投加,管网末端维持可检出的余氯余量并在高温季节适度补投复核。第三,应建立清水池与出厂管道定期排空保洁制度,按季度或累计供水量实施刷洗与冲洗,清洗工具专用并单独消毒,清洗后用合格消毒液浸泡或循环冲洗至余氯达标,检修后及时复位密封,末端阀门井保持干燥、井盖完好并清除积水,对易结垢支管开展计划性冲洗,减少池壁与管壁生物膜反复附着。第四,应编制停水复供卫生操作规程,停水期间对关键阀门实行封闭与挂牌,复供前开展分段排放、逐级冲洗和短时强化消毒,按主管到支管顺序恢复供水并控制初期流速,复供后加密出厂与末端采样复检,记录冲洗量、投加量、余氯与菌落数,异常时延长冲洗或再次消毒。

4.2 强化管网管护与末端清洁,压降二次污染波动

农村供水工程中水质波动多由管网沉积、负压回吸与末端死水段叠加诱发,需以管网管护和末端清洁压降二次污染。第一,应完成管网普查并实行分区管理,逐段核对管径、材质、埋深与接头形式,对老旧镀锌管、脆化PVC及渗漏高发支管优先更换,对穿越沟渠、公路及冻胀带的管段加设防护套管或加深埋设,同步完善分区阀、泄水阀与排气阀布设,检修时核查阀门密封与排气是否顺畅,减少负压吸入和水锤扰动携泥入管。第二,应建立低峰分段冲洗制度,按末端优先与高点优先轮换放水,末梢泄水阀原则上每月至少开启1次,干管冲洗宜保证流速不低于1.2m/s且以出水浑浊度恢复稳定为止,同时检查阀门积水、回填塌陷与管沟渗流,发现泥沙进入迹象及时清理井室和周边排水沟^[4]。第三,应规范高位水池和村级调蓄设施清洗消毒,结合汛前汛后制定年度计划,至少每年排空清洗消毒1次,清洗前后记录水位、浑浊度与异味变化,刷洗时去除池壁附着物与底部沉积,消毒后充分置换并修复防虫网、井盖密封与溢流口防护,保持池区排水通畅避免雨水倒灌。第四,应推进入户支管与龙头材料改造并落实巡查,对锈蚀渗漏、软管私接及回流隐患及时整治,对长期闲置水表前支管采取封堵或定期放水,春秋

两季加密巡检表井与接口,减少死水段积垢与异味累积,并要求农户储水容器加盖定期清洗,末端放水后观察颜色与气味变化并做好简要登记。

4.3 按原水特征配置针对性处理,控制地质性与面源化学风险

针对农村供水工程的水质优化应以原水类型为基准建立一源一策的处理链条,围绕地质性超标与农业面源输入两类风险把工艺做成可稳定运行的组合。第一,对铁锰偏高井水应在取水后设置跌水曝气或简易充氧塔,必要时少量投加次氯酸钠强化氧化,控制接触时间与水温影响,使二价铁锰充分转化,再采用锰砂或覆膜石英砂过滤并配置反冲洗强度、周期与排泥沟通道,反洗水宜回流沉淀后外排,运行中同步监测滤层压差、出水色度与余氯,防止滤料板结造成返黑和管网再沉积。第二,对高氟或高砷水源宜根据药剂和材料可得性选择活性氧化铝、铁基吸附剂或铁盐混凝沉淀路线,投加点前设置碱度与pH调节并控制搅拌与沉降时间,保证吸附容量和絮体形成稳定,同时明确介质更换、再生条件及废渣脱水暂存流程,避免饱和后出水回升与二次污染。第三,对硝酸盐波动村站应优先通过混合配水、调整取水层位或季节性切换水源降低输入,并在井口周边落实防护区标识、防渗围挡和截水沟,严格管理化肥堆放、农药清洗与畜禽粪污渗入,同时封堵废弃浅井和渗漏管段,汛期前后增加抽检频次并结合井水水位变化判定短时冲击点位。第四,对苦咸水或硬度偏高区域可采用石灰软化、离子交换或源水掺混等简化方式,结合适口性设置分质供水点,同时核算再生盐耗、软化污泥或浓盐水排放条件,明确药剂补给与巡检维护周期,按月复核硬度、氯化物和总溶解性固体指标^[5]。

4.4 优化混凝过滤与运行控制,降低理化波动和副产物风险

为稳定农村供水工程中出厂水与末梢水感官和理化指标,需把原水波动通过运行控制削峰稳态。第一,雨季高浊或藻类期应以浊度、色度和高锰酸盐指数分档设定混凝剂投加量,常用聚合氯化铝或硫酸铝并配合少量助凝剂,班前用烧杯试验校核最佳pH与投加区间,同时核对储药浓度和计量泵行程,优先在进水渠或快速混合池设主投加点,通过先

强后弱的搅拌梯度促絮体成形,沉淀段保持停留时间与排泥频次,避免矾花上浮夹带有机物。第二,滤池运行应将出水浑浊度与滤后压差作为双控指标,按季节校核滤速上限,反冲洗采用气水联合或分段水洗,明确强度、历时和回洗水排放路径,反洗后慢开滤井首段弃水,定期巡检滤料高度与均匀性,出现板结、跑砂或短流时停运翻洗并补配粒径级配,同时检查承托层与配水系统。第三,加氯以接触时间和余氯达标为约束,校核有效氯与计量泵投加,优先在出厂前充分混合,原水有机物升高时采取前后加氯分段并下调前加比例,必要时轮换二氧化氯,末梢余氯偏低先分区冲洗再核算补氯量,控制余氯上限并开展三卤甲烷等副产物抽检。第四,水厂中pH与硬度偏离时在清水池前设置调整点,小幅投加石灰乳或二氧化碳调节酸碱度并配合缓蚀剂,硬度过低时补充钙镁源,嗅味突出时短期投加粉末活性炭或更换吸附滤料,出厂水与末梢水复测后调整剂量台账并固定季节性操作参数。

5 结语

农村供水工程水质保障具有链条长、波动多、管理面广的特点,问题往往集中体现在末梢水稳定性不足。实践证明,单纯依赖某一环节加严并不能长期见效,必须以水源卫生防护为前提,以工艺适配与运行纪律为抓手,并把管网维护纳入常态工作。通过按水质特征采取分区分类措施,农村供水工程能够在成本可控条件下持续提升达标水平,进一步满足城乡统一的饮用水卫生要求。

参考文献

- [1] 李睿淼,施凤宁.农村供水工程水质问题分析与优化策略研究[J]. *Journal of Water Resources Research*, 2025, 14.
- [2] 郑光贺.农村供水工程运行管理优化策略[J]. *农村科学实验*, 2025(12):106-108.
- [3] 李睿淼,施凤宁.农村供水工程水质问题分析与优化策略研究[J]. *水资源研究*, 2025, 14(3):319-323.
- [4] 刘建光.威海市农村供水水质评价及对策分析[C]//2024中国水利学术大会论文集(第六分册).2024.
- [5] 赵海成.农村供水工程水质问题原因分析及解决方案[J]. 2024(7):330-332.