

农村饮水安全工程水源水质保障技术探讨

唐 磊

当阳市河道堤防管理局 湖北 宜昌 444100

【摘要】：农村饮水安全工程的稳定运行离不开可靠的水源水质保障体系。围绕水源水质风险防控这一核心论点，系统分析农村地区水源类型复杂、污染源分散、监测能力薄弱等现实问题，提出以源头保护为基础、过程控制为重点、监测预警为支撑的技术路径，构建多层次水质保障体系。优化水源选址、完善净化工艺、强化在线监测与信息化管理，实现水质安全由被动应对向主动预防转变，为农村供水工程长效运行提供技术支撑。

【关键词】：农村饮水安全；水源保护；水质监测；污染防控；技术保障

DOI:10.12417/2811-0722.26.04.089

引言

农村地区供水条件直接关系到居民健康与社会稳定。水源水质作为饮水安全工程的核心环节，一旦受到污染，将对供水系统造成持续性影响。当前部分农村水源仍存在保护措施不足、监测手段滞后、管理机制不完善等情况，制约了饮水安全水平的整体提升。围绕水源水质保障技术展开系统探讨，有助于明确问题根源，优化技术路径，构建更加科学、规范的农村饮水安全保障体系，为后续技术方案的提出奠定理论与实践基础。

1 农村饮水安全工程水源水质现状与主要问题

1.1 水源类型多样与环境基础条件差异

农村饮水安全工程所依托的水源呈现出明显的区域差异性与类型多样性，既包括河流、湖库等地表水，也涵盖浅层地下水、深层承压水以及山泉水等多种形式。不同水源在水文地质条件、补给方式、水动力特征及自净能力方面存在显著差别，直接影响原水水质的稳定性与可控性。部分地区地表水易受季节性降雨、径流冲刷及上游人类活动影响，浊度、氨氮及有机污染物指标波动较大；而地下水虽相对稳定，却可能受含水层结构及地质背景控制，出现铁、锰、氟化物或砷等超标问题。水源周边生态缓冲带缺失、植被覆盖率不足，也削弱了对面源污染的拦截能力。

环境基础条件的差异进一步放大了水源水质保障的复杂程度。山区供水工程多依赖小型分散水源，水量有限且易受枯水期影响；平原地区农业活动密集，地下水补给区与耕作区高度重叠，污染物迁移路径隐蔽且持续时间长。部分农村水源保护区划定不科学，一级、二级保护范围与实际取水点存在错位，难以形成有效的分级防控体系。水文监测资料不完整、基础地质调查薄弱，也限制了对水源安全状况的系统评估。在此背景下，单一技术手段难以满足保障需求，亟需在充分识别水源类型特征与环境承载能力的基础上，构建差异化水质保障技术体系。

1.2 农业与生活污染对水源水质的影响

农业生产活动对农村饮水水源的影响具有隐蔽性与长期性特征。化肥、农药的大量施用使氮、磷等营养盐通过地表径流和土壤渗滤进入水体，造成硝酸盐氮浓度升高和水体富营养化风险增加。畜禽养殖废水若未经过无害化处理直接排放，易向周边河道或地下含水层扩散，提升化学需氧量与微生物指标水平^[1]。灌溉回归水中溶解性有机物和农药残留物的累积效应，使部分小型水源在枯水期出现水质恶化现象。农业面源污染呈现分布广、监测难、治理成本高等特点，对饮水安全工程的源头控制提出更高要求。

农村生活污染同样对水源水质构成持续压力。生活污水集中处理设施覆盖率偏低，部分地区仍采用分散排放或简易化粪池处理方式，病原微生物、氨氮及表面活性剂等成分通过地表汇流进入水体。固体废弃物随意堆放导致渗滤液下渗，增加地下水受污染概率。旅游开发或乡村产业布局不合理，也可能加剧局部水源环境负荷。水源周边缺乏有效的排污控制和缓冲隔离措施，使污染物进入取水口的风险持续存在。针对农业与生活污染交织叠加的现实状况，需要建立污染源清单管理制度，结合生态拦截、人工湿地净化及分散式污水处理技术，形成源头削减与过程控制并行的水质保障格局。

1.3 监测体系薄弱与管理机制不完善

农村饮水安全工程在水源水质监测方面仍存在体系结构不健全的问题，监测点位布设缺乏科学论证，难以覆盖补给区、径流通道及取水口等关键节点。部分供水工程仅在出厂水或未梢水环节开展常规指标检测，对原水的高频动态变化缺乏连续跟踪，导致风险识别滞后。监测项目设置偏重感官性指标和基础理化指标，对重金属、持久性有机污染物及微生物风险因子的检测能力不足。在线监测设备配置比例偏低，数据采集频率有限，难以形成完整的水质时序数据库。实验室检测能力受人员专业水平与设备精度限制，检测结果的准确性与可比性有待提升，影响水质评价与风险分级判断的科学性。

管理机制层面同样存在结构性短板。水源保护责任主体划

分不清,水行政、生态环境及乡镇基层组织之间缺乏稳定的信息共享与协同联动机制,出现监管空档与职责交叉现象。部分地区尚未建立水质异常快速响应程序,预警信息发布与应急处置衔接不畅,延误风险控制时机。运维经费保障机制不稳定,影响监测设备维护与校准工作,降低数据连续性与可靠性。水源保护区巡查制度执行力度不足,违法排污行为难以及时发现与纠正。绩效考核体系偏重工程建设进度,对水质长期稳定达标情况关注不够,削弱了制度约束效力。构建覆盖源头、过程与末端的全过程监管体系,完善信息化平台与数据共享机制,是提升农村饮水安全工程水源水质保障能力的关键环节。

2 水源水质保障关键技术路径构建

2.1 水源地分级保护与生态修复技术

水源地分级保护是保障农村饮水安全工程原水质量的基础性措施,需要依据取水规模、水文地质条件及污染风险等级科学划定一级、二级及准保护区范围,并明确差异化管控要求。一级保护区应严格控制一切与供水无关的人为活动,实施封闭管理与隔离防护工程,设置防护围栏与警示标识,防止外源污染物直接进入取水水体。二级保护区侧重污染源控制与生态缓冲建设,规范农业种植结构、限制高污染产业布局以及完善排水系统,降低污染物负荷。对于地下水水源地,应结合含水层埋深、渗透系数及补给区分布特征,建立地下水脆弱性评价模型,提升保护区划定的科学性与针对性。

生态修复技术在提升水源自净能力方面具有重要作用。针对受损水体,可构建人工湿地系统、生态护岸及缓冲带植被恢复工程,利用植物吸收、微生物降解与基质吸附等机理削减氮、磷及有机污染物浓度。库塘型水源可通过底泥清淤与生态浮岛建设改善水体透明度和溶解氧水平,抑制藻类异常繁殖。山地小流域水源应强化水土保持措施,建设拦沙坝与生态沟渠,减少泥沙与面源污染输入。通过工程措施与生态技术相结合,形成结构稳定、功能完善的水源保护体系,为后续净化处理环节减轻负荷并提升整体水质保障能力。

2.2 净化处理工艺优化与风险控制技术

农村饮水安全工程在净化处理环节需结合原水水质特征合理配置处理工艺。对于浊度与悬浮物含量较高的地表水,应完善混凝、沉淀及过滤单元,优化混凝剂投加量与水力停留时间,提高颗粒物去除效率^[3]。含铁、锰或氟化物超标的地下水,可采用曝气氧化、生物滤池或离子交换等技术实现针对性去除。部分地区原水中有机污染物及消毒副产物前驱体含量偏高,应加强活性炭吸附与臭氧氧化等深度处理工艺配置,控制三卤甲烷生成风险。工艺流程设计需兼顾处理效果与运行成本,确保在农村经济条件下实现稳定达标。

风险控制技术贯穿于净化处理全过程。建立水质风险分级管理制度,针对高风险指标制定强化处理方案与应急预案,有

助于提升供水系统的安全冗余度。消毒环节需根据水体有机负荷与温度条件科学确定投氯量,避免过量投加引发副产物问题。关键设备应设置备用系统与自动控制装置,防止因设备故障造成出水水质波动。引入过程控制理论与关键控制点管理方法,对混凝效果、滤池运行状态及消毒效果进行实时评估,实现处理工艺的精细化调控,增强农村饮水安全工程对突发水质异常的应对能力。

2.3 水质在线监测与信息化管理技术

水质在线监测技术为农村饮水安全工程构建动态预警体系提供技术支撑。在取水口、处理单元及出厂水节点布设多参数在线监测仪器,可对浊度、pH值、电导率、溶解氧及余氯等关键指标进行连续采集,形成高频数据链条。针对可能出现的重金属与有机污染物风险,可配置自动采样与实验室联动检测机制,提高监测覆盖面与准确性。数据采集终端与远程传输系统结合,可实现对异常指标的实时识别与报警,缩短风险响应时间。在线监测系统的稳定运行需要定期校准与维护,确保数据质量满足评价标准。

信息化管理技术的应用提升了水源水质保障的整体效能。依托地理信息系统与数据库平台,可整合水源地基础信息、污染源分布及监测数据,实现空间化分析与趋势预测。建立水质数据共享平台,有助于水行政、环保及基层管理部门之间形成协同监管机制。通过大数据分析模型,对历史数据进行统计与关联分析,可识别潜在风险因子及季节性变化规律,为决策提供依据。移动终端巡查系统与智能报表功能的引入,提高了管理效率与透明度。

3 水源水质保障体系的综合实施机制

3.1 工程建设与运行管理协同机制

农村饮水安全工程的水源水质保障依赖建设阶段的科学规划,更取决于后续运行管理的有效衔接。工程立项与设计环节应充分结合水源水文条件、水质本底数据及供水规模,合理确定取水构筑物布置形式、防护设施等级及处理工艺参数,使建设标准与实际运行需求保持一致。施工阶段需强化质量控制与隐蔽工程验收,确保管网密封性与构筑物抗渗性能满足规范要求,避免因结构缺陷引发二次污染风险。工程竣工验收应将水质达标稳定性纳入核心指标,而非仅关注设施完工情况,从源头提升工程整体质量水平。

运行管理体系的完善决定水源水质保障的持续效果。建立标准化运行规程与岗位责任制度,对取水、处理、消毒及输配水全过程进行精细化管理,有助于降低人为操作误差。制定水质巡检计划与设备维护周期表,保障关键设施处于良好运行状态。运用绩效考核与责任追溯机制,将水质稳定达标情况纳入管理评价指标,增强运行单位的质量意识。建设与运行形成闭环管理模式,使工程设施性能与管理措施相互支撑,从制度层

面提升农村饮水安全工程水源水质保障的系统性与稳定性。

3.2 多部门联动与公众参与机制

水源水质保障涉及水行政、生态环境、卫生健康及农业农村等多个职能部门，单一主体难以覆盖全部监管环节。构建跨部门协同平台，通过信息共享系统整合水质监测数据、污染源排查结果与执法记录，实现资源统筹与联合监管^[3]。建立联席会议制度与联合执法机制，对水源保护区内违法排污、违规建设行为开展协同处置，提升监管效率与威慑力。将水源保护要求纳入国土空间规划与产业布局审查程序，从源头减少潜在污染风险，为农村饮水安全工程提供制度保障。

公众参与机制在水源保护中发挥基础性作用。开展饮水安全宣传教育，提高村民对水源地保护范围与管控要求的认知水平，增强自觉遵守意识。建立群众监督渠道与举报反馈平台，鼓励社会力量参与水源巡查与环境维护。村级组织可设立专职或兼职水管员，承担日常巡查与信息报送职责，形成基层防控网络。公众参与与部门监管相结合，能够构建多层次、多主体协同的水源水质保障格局，推动农村饮水安全工程向共建共治方向发展。

3.3 长效运维与技术支持体系建设

水源水质保障成效的持续性依赖稳定的运维机制与资金保障体系。建立专项运维经费渠道，将水质监测、设备更新及

生态维护费用纳入年度财政预算或水费成本核算范围，确保运行管理不因资金短缺而中断。完善资产管理制度与设备档案管理系统，对关键设施进行全生命周期管理，及时开展检修与技术改造。制定标准化操作流程与应急处置预案，提高供水单位在突发水质异常情况下的应对能力，保障供水连续性与安全性。

技术支持体系建设为农村饮水安全工程提供专业保障。依托区域水质检测中心与技术服务机构，开展水质分析、风险评估及技术咨询工作，提升基层单位的专业能力。加强对运行人员的技能培训与继续教育，使其掌握水处理原理、仪器操作及数据分析方法。推进适用于农村地区的小型化、模块化水处理设备研发，提高技术适配性与经济性。构建覆盖监测、评估与技术指导的综合支撑体系，实现水源水质保障能力的持续提升，为农村饮水安全工程长期稳定运行奠定坚实基础。

4 结语

本文围绕农村饮水安全工程水源水质保障这一核心问题，系统梳理了水源现状、污染影响、技术路径与管理机制等关键内容，提出以分级保护、工艺优化、在线监测和协同管理为支撑的综合保障思路。构建工程建设与运行管理相衔接、多部门协作与公众参与相结合、技术支持与长效运维并行的体系，可有效提升水源水质稳定性与风险防控能力，为农村供水工程安全运行与居民健康保障提供坚实基础。

参考文献：

- [1] 吴斌.农村饮用水水质在线监测技术的集成应用与保障措施[J].农村科学实验,2026,(03):53-55.
- [2] 李敏.水源-管网协同优化的农村供水研究[J].水利技术监督,2026,(03):117-120.
- [3] 冯丽琼.农村饮水工程长效运行管理机制存在的问题与优化路径探讨[J].江西农业,2026,(01):112-114.