

农村饮水安全工程中水利工程关键技术的应用与优化

黄治淮

湖北省恩施州咸丰县高乐山镇人民政府 湖北 恩施 445600

摘要：本文针对农村饮水安全工程中存在的饮水质量问题，本文深入探讨了水利工程关键技术的应用现状及其优化策略。通过分析膜分离技术、生物净化技术、供水管网优化技术及水源保护与监测技术的实际应用效果，揭示了现有技术在高成本、维护难度等方面的不足。在此基础上，提出了技术创新和管理改进的优化方案，包括采用新型纳米材料改性膜、引入高效降解菌种、开发低成本智能化管网管理系统等。希望借助优化后的技术方案，有效提升农村饮水安全水平，推动农村饮水安全工程的可持续发展。

关键词：农村饮水安全；水利工程；关键技术；优化策略；可持续发展

引言

农村饮水安全是保障农村居民健康和生活质量的重要基础，其重要性不言而喻。当前，农村饮水安全工程虽受到广泛关注，但仍存在诸多问题。水质不达标、供水设施老化等现象较为普遍，严重影响了农村居民的饮水安全。这些问题不仅源于自然环境的复杂性，还与工程技术和水平管理的不足密切相关。

水利工程作为保障农村饮水安全的关键手段，其技术应用的优劣直接关系到饮水质量的提升。膜分离技术、生物净化技术、供水管网优化技术及水源保护与监测技术等，均在提升饮水安全方面发挥了重要作用。然而，技术应用过程中也面临成本高、维护难度大等问题，亟须进一步优化。

本文旨在探讨农村饮水安全工程中水利工程关键技术的应用现状及其优化策略。通过分析现有技术的应用效果及存在的问题，提出切实可行的优化方案，以期全面提升农村饮水安全水平。研究不仅具有重要的理论意义，更对实际工程应用具有指导价值，有助于推动农村饮水安全工程的可持续发展。

1 农村饮水安全工程现状分析

1.1 水源水质污染问题仍然突出

在众多影响农村饮水安全的因素中，水源水质污染是最为根本且普遍存在的问题。由于地理位置偏远、生态环境复杂，部分农村地区的饮用水源容易受到农业面源污染、生活污水渗透以及小型工业排放的多重影响。农药化肥残留、畜禽养殖废弃物以及垃圾堆放等因素常常直接进入地表水或地下水系统，造成水中氨氮、重金属及病原微生物超标。这些问题不仅加重水处理的负担，也显著增加了饮水安全隐患。尽管国

家在水源地保护方面设有明确制度，但由于基层监管力量不足、村级治理体系不完善，相关措施落实效果有限。因此，水源水质问题依然是制约农村饮水安全提升的核心难题。

1.2 供水基础设施老化影响稳定运行

大量农村供水工程建于20世纪末，使用年限较长，设备陈旧、管网老化问题十分严重。由于早期工程设计标准较低、建设资金有限，许多项目在管道材料选择、输配水系统规划等方面存在先天不足。随着时间推移，部分供水管网出现锈蚀、漏损、堵塞等问题，导致运行效率低下、维护成本高昂。在缺乏专业维修人员和技术手段的情况下，一旦发生设备故障，修复周期长、供水中断频繁，严重影响居民用水体验。尤其在地形起伏较大、水源点分布零散的村庄，供水系统运行的不稳定性尤为明显。因此，设施老化与技术滞后已成为制约饮水工程持续运行的重要瓶颈，亟待系统化的更新与管理优化。

1.3 先进水处理技术推广难度较大

随着农村饮水标准的提升，膜分离、生物净化、臭氧氧化等新型水处理技术逐步引入基层工程实践。然而，由于设备采购成本高、运维要求复杂，加之农村技术人员数量不足，先进技术在农村地区的实际推广面临较大阻力。一些地区虽已购置现代水处理设备，但在操作不当、管理缺位等情况下，设备长期处于闲置或低效运行状态。此外，缺乏标准化运行规范和有效监督机制，也使得技术应用效果不稳定，难以形成持续性技术体系。这种“设备到位、应用缺位”的现象较为普遍，表明单纯依赖硬件投入难以从根本上解决饮水安全问题，必须同步提升基层技术管理能力，

构建覆盖设计、建设、运维全过程的技术支撑体系。

1.4 监管与运行机制仍需健全完善

农村饮水工程建设完成后，如何实现长期高效运行，关键在于制度保障与监管机制的有效建立。目前，一些农村地区的饮水工程管理仍存在“建而不管”或“重建轻管”的现象。由于缺乏明确的责任主体和稳定的运维经费来源，工程维护经常处于应急响应状态，缺乏日常保养和预防性检测。同时，水质监测频次不够、手段单一，不能实现对关键指标的实时掌控，致使污染事件难以及时发现与处理。此外，村集体或乡镇政府对工程监管能力有限，跨部门联动机制尚未健全，信息共享与责任划分不明，影响了整体管理效率。因此，当前农村饮水安全工程在运行管理层面仍需通过制度完善、职能整合和技术支撑等方式，提升工程的可持续运营能力。

表 1 的数据清晰地展示了各地区农村饮水安全工程的现状,为后续的技术应用与优化提供了重要参考。

表 1

地区	水质达标率 /%	设施老化率 /%
A	85	30
B	70	45
C	78	35
D	82	40

2 水利工程关键技术在农村饮水安全中的应用

在农村饮水安全工程中，水利工程关键技术的应用与优化是提升饮水质量的重要途径。首先，水质净化技术是保障饮水安全的核心环节。膜分离技术作为一种高效的水质净化手段，通过物理截留作用，能有效去除水中的悬浮物、细菌及部分有机物。

生物净化技术则是利用微生物的代谢作用降解水中的有机污染物，通过构建人工湿地系统，利用湿地植物和微生物的协同作用，有效降低水中的氨氮和有机物含量。实践表明，该技术不仅净化效果显著，且运行成本较低，适合在农村地区推广应用。但生物净化技术的效果受季节和气温影响较大，需结合当地气候条件进行优化设计。

供水管网优化技术是提升农村饮水系统效率的关键。通过应用地理信息系统（GIS）和管网水力模型，可实现管网的科学布局和优化调度。在饮水安全工程中引入智能化管网管理系统，通过实时监测管网压力和流量，能够及时发现漏损点并进行修复。然而，智能化管理系统的初期投资较大，且需配备专业技术人员进行维护，这在经济条件较差的农村地区推广难度较大。

此外，水源保护与监测技术也是保障饮水安全的重要环节。通过建立水源保护区，严格控制周边污染源，并结合在线水质监测系统，能够实现水源的实时监控。该措施有效保障了水源水质，但也存在监管成本高、执法难度大等问题。

图 1 展示了水利工程关键技术的应用流程，从水源取水、水质净化、管网输配到用户用水，各个环节相互衔接，共同保障饮水安全。

由此可见，水利工程关键技术在农村饮水安全工程中发挥了重要作用，但仍存在技术应用成本高、维护难度大等问题。未来需进一步优化技术方案，降低成本，提高技术的适应性和可操作性，以全面提升农村饮水安全水平。同时，加强政策支持和人才培养，为技术的推广应用提供有力保障。

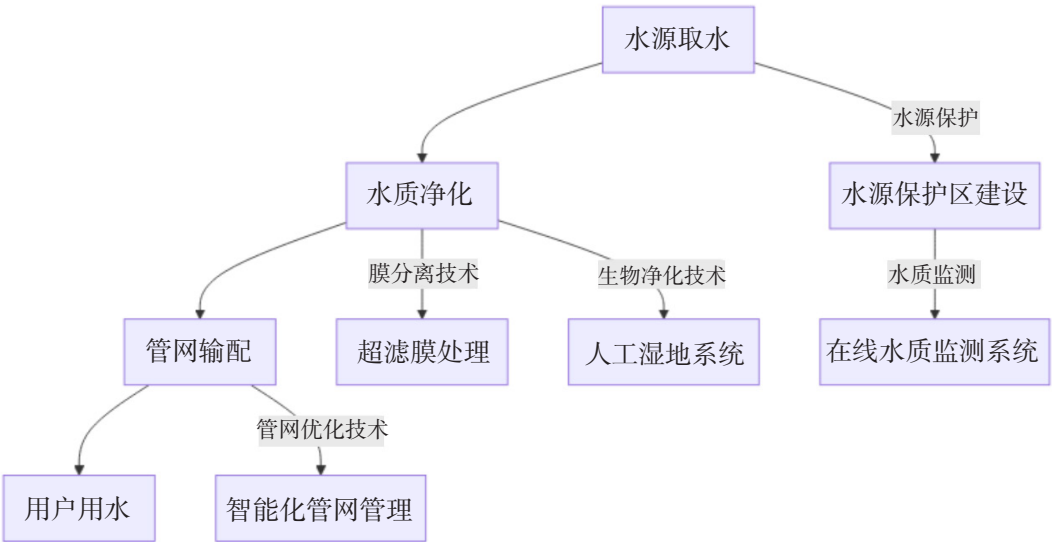


图 1 水利工程关键技术应用流程图

3 水利工程关键技术的优化策略

3.1 以材料改性技术提升膜分离系统的稳定性

膜分离技术因其高效的物理过滤能力在农村饮水净化中得到较广应用,但其抗污染能力不足、易结垢堵塞的问题限制了长期使用。针对这一难点,优化路径应从膜材料性能入手,采用纳米材料对膜表面进行亲水性改性,从而增强其抗污染能力与水通量。通过在膜表面引入亲水基团或采用低吸附膜结构,可显著降低有机物及微生物在膜表面的附着率,从根本上减少膜污染的发生频率。同时,材料的改性还可提升膜组件的使用寿命,降低更换频次与运行成本。在实践应用中,经过改性的超滤膜或纳滤膜在多种水源条件下均表现出更强的稳定性与通用性,使得膜分离技术更适合长期运行的农村饮水工程,为中小规模供水项目提供了高性价比的解决方案。

3.2 构建复合型生态系统优化生物净化技术效果

传统生物净化技术依赖微生物代谢作用处理水体中的有机污染物,具有运行能耗低、处理过程温和等优势。然而在农村实际条件下,水温变化大、水质波动频繁、微生物系统稳定性差等问题影响了净化效果的持续性。为提升其适应性,应构建“高效菌群+生态结构”的复合净化系统,即在水体中引入针对性强、降解能力高的微生物菌种,并配合合理的载体填料与植物系统构建稳定生态界面。这种复合系统不仅能在不同气候条件下维持生物活性,还能通过植物根系与填料协同作用,增强系统缓冲能力与污染物截留能力。通过科学调配菌种组成与水力停留时间,该系统可显著提高氨氮、COD等指标的去除率,在应对农村复杂水源变化方面具有较强的弹性与稳定性,适用于多类型农村水质环境。

3.3 运用智能感知技术提升供水管网管理效率

在多数农村饮水系统中,供水管网存在布设不合理、漏损率高、故障响应慢等问题,严重影响水源利用效率和供水连续性。传统人工巡查方式已难以满足精准管理的需求,应引入智能化感知与调度技术,对管网运行状态进行实时监控与动态调节。在关键节点设置低功耗传感器,用于采集流量、压力、水质等运行参数,结合云计算平台进行数据处理,可实现漏损快速定位、流量异常预警与远程自动调度。系统通过动态反馈机制自动调整供水强度与方向,从而减少

无效供水和能源损耗。同时,数据平台的可视化管理能力也有助于基层管网维护人员进行高效运维与决策管理,大幅提升了工程运行的可靠性与响应速度,为农村饮水系统的精细化管理提供了坚实的技术支撑。

3.4 完善工程运行机制保障技术长期效能

水利关键技术的优化不仅依赖于技术本身的先进性,更取决于能否构建起科学、高效、稳定地运行管理机制。当前部分农村饮水工程存在“建而不管”或“重建设轻运维”的现象,导致新建系统运行不良、技术成效无法持续。应从体制机制上推动长效运行体系建设,明确设备运维责任主体,建立标准化管理流程与巡检制度。同时,提升基层人员专业技术能力也是保障运行效果的关键路径。可通过设立区域级技术服务平台,统一提供远程监控、设备维保、运行培训等支持,实现工程管理与技术运维的专业化、常态化。此外,还需推动水费定价机制合理化,确保运行经费来源稳定,避免工程陷入“后期无人管理”困境。通过制度保障与专业支持的协同推进,关键技术的优化成果才能真正“落地”并长效发挥作用。

4 结语

本文探讨了农村饮水安全工程中水利工程关键技术的应用与优化,分析了膜分离技术、生物净化技术、供水管网优化技术及水源保护与监测技术的实际效果和存在问题。通过技术创新和管理改进,提出了优化膜材料、引入高效降解菌种、开发低成本智能化管网管理系统等策略。未来应进一步推广这些优化措施,结合各地实际情况进行适应性调整,加强政策支持和人才培养,推动农村饮水安全工程的可持续发展。

参考文献

- [1] 张浩.农村饮水安全工程施工技术及工程管理策略研究[J].农业开发与装备,2025(5):190-192.
- [2] 朱金胜.乡村振兴背景下农村饮水安全问题及治理对策研究[J].现代工程科技,2025,4(7):161-164.
- [3] 陈来杰.农村饮水安全工程的运行现状及管护措施初探[J].黑龙江水利科技,2025,53(3):160-163.
- [4] 吴汉录.农村饮水安全工程运行管理与维护现状及发展对策[J].农业开发与装备,2025(3):175-177.
- [5] 彭佳平.生态环境对农村饮水安全的影响及其治理探讨[J].农业灾害研究,2024,14(10):248-250.