

Research on design practice of rural drinking water project

Junfeng Ma

Xinjiang Changji Fanghui Hydropower Design Co., Ltd., Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract

rural drinking water project is an important basic project to ensure the basic quality of life and public health and safety of rural residents, and its design level directly affects the safety, stability and sustainable operation ability of the water supply system. Under the background of new urbanization and rural revitalization, the rural population structure, water demand and water resources conditions show significant changes, and the traditional experience based design mode has been difficult to adapt to the current high-quality development requirements. Based on the full respect of regional water resources endowment and rural water use characteristics, the overall design level of rural drinking water projects should be improved by scientifically predicting water consumption, optimizing the structure of water supply system, and strengthening the coordination of water quality safety control and operation management, so as to provide technical support for the safe operation and long-term benefits of rural water supply projects.

Keywords

rural drinking water project; Water supply system design; Water source demonstration; Pipe network optimization; Operation management

农村人饮工程设计实践研究

马俊峰

新疆昌吉方汇水电设计有限公司, 中国·新疆 昌吉 831100

摘要

农村人饮工程是保障农村居民基本生活质量与公共健康安全的重要基础性工程, 其设计水平直接影响供水系统的安全性、稳定性与可持续运行能力。在新型城镇化与乡村振兴背景下, 农村人口结构、用水需求与水资源条件呈现出显著变化, 传统以经验为主的设计模式已难以适应当前高质量发展要求。本文研究认为, 应在充分尊重区域水资源禀赋与农村用水特征的基础上, 通过科学预测用水量、优化供水系统结构、强化水质安全控制与运行管理协同, 提升农村人饮工程整体设计水平, 为农村供水工程的安全运行与长期效益提供技术支持。

关键词

农村人饮工程; 供水系统设计; 水源论证; 管网优化; 运行管理

1 引言

农村饮水安全是乡村振兴战略实施的重要基础, 也是保障农村居民基本生存权与发展权的关键民生工程。人饮工程已由单一解决“有水喝”转向“喝好水、喝安全水”的发展阶段。在此背景下, 工程设计需统筹考虑区域水资源条件、村庄空间布局、人口分布特征以及未来发展趋势, 避免短期行为和低标准建设带来的重复投资与运行风险。本研究可持续发展原则则要求工程设计具备一定的前瞻性, 为人口变化、用水结构调整与运行管理升级预留空间。

2 水源选择与供水规模的设计论证

2.1 农村人饮工程水源类型比较与适宜性分析

水源选择是农村人饮工程设计的基础性与先导性环节, 其可靠性、水量稳定性及水质安全性直接决定工程方案的可行程度与系统运行风险。从工程实践看, 农村人饮工程水源主要包括地下水、地表水以及区域性集中供水水源三类, 不同水源在自然条件、工程建设难度与运行管理要求等方面存在显著差异。地下水因其受外界环境干扰相对较小、水质波动幅度低, 在多数农村地区仍是首选水源类型 [1]。而在部分区域, 地下水资源受制于含水层条件, 存在可开采水量不足或超采风险, 同时铁、锰、氟、砷等天然超标问题较为突出, 若处理工艺配置不足, 将直接威胁供水安全。相比之下, 地表水水量条件相对充沛, 取水方式灵活, 但其水质易受降雨径流、农业面源污染及季节性变化影响, 对水处理工艺的稳定性与运行管理能力提出更高要求。在设计论证阶段, 应通过系统开展水资源调查与水质检测, 对水源水量、水质、水

【作者简介】马俊峰 (1989-), 男, 中国宁夏隆德人, 本科, 工程师, 从事水利水电工程研究。

位变化规律及污染风险进行综合评估,并结合取水工程建设条件与水源保护可行性开展技术经济比选。对于具备条件的区域,可优先考虑接入区域性集中供水水源,以提升供水保障水平并降低分散工程运行风险;而在偏远或地形条件复杂地区,则应在确保水质达标前提下,合理开发地下水或小型地表水源。总体而言,水源选择应坚持“安全可靠、长期稳定、易于保护”的原则,避免仅从短期建设便利性出发而忽视后续运行与水质安全隐患[2-3]。在工程实践中,不同区域农村人饮工程水源选择的合理性已通过大量实例得到验证。以新疆北部某典型绿洲灌区农村集中供水工程为例,该区域地下水水位埋深较浅,但受蒸发浓缩与地层溶滤影响,原水中总溶解性固体(TDS)与氟化物含量偏高。设计阶段通过对比分析地下水深井取水与地表水引调两种方案,最终采用“地表水为主、地下水为辅”的组合供水模式,并同步完善水源保护与调蓄设施配置,有效提升了供水系统的水质安全冗余度。在工程实践中,不同区域农村人饮工程水源选择的合理性已通过大量实例得到验证。以新疆北部某典型绿洲灌区农村集中供水工程为例,该区域地下水水位埋深较浅,但受蒸发浓缩与地层溶滤影响,原水中总溶解性固体(TDS)与氟化物含量偏高。设计阶段通过对比分析地下水深井取水与地表水引调两种方案,最终采用“地表水为主、地下水为辅”的组合供水模式,并同步完善水源保护与调蓄设施配置,有效提升了供水系统的水质安全冗余度。

2.2 供水规模确定方法与用水需求合理预测

随着农村生活条件改善,用水行为逐步由“基本生活保障型”向“生活质量提升型”转变,单纯依赖历史经验或简单套用城镇用水指标,已难以真实反映农村实际用水需求。在工程设计中,供水规模预测通常以现状常住人口为基础,结合规划年限内人口变化趋势进行测算。应充分考虑农村人口流动性较强、外出务工与季节性返乡并存的现实情况,在人口预测中引入修正系数,以避免高峰期供水能力不足或长期运行中设施闲置的问题。实践中用水指标的选取应结合当地生活习惯、供水方式及经济发展水平合理确定,对集中供水工程可适当提高生活用水定额,但应严格控制非生活用水对人饮系统的挤占。在规模控制方面,设计应坚持“适度超前、避免过度”的原则,通过合理确定设计年限与高峰系数,使供水规模既能满足规划期内的用水需求,又不因盲目放大而增加建设投资与运行能耗。实践表明,通过科学预测与动态校核相结合的方式确定供水规模,有助于实现农村人饮工程经济性与安全性的统一。

3 供水工艺流程与水质保障设计

3.1 农村人饮工程供水处理工艺的适配性设计

在明确水源条件与供水规模后,供水处理工艺流程的合理设计成为保障农村饮水安全的核心技术环节。不同水源水质特征差异显著,决定了处理工艺组合的选择方向。对于

水质条件较好的地下水,若仅存在微生物或局部指标超标问题,可采用消毒、曝气过滤或除铁除锰等相对简化的处理工艺,以降低建设与运行成本;而对于浊度高、有机物含量大的地表水水源,则需配置混凝、沉淀、过滤与消毒等常规处理流程,以确保出水水质稳定达标。

在部分水质条件复杂或常规工艺难以稳定达标的地区,近年来逐步引入模块化、一体化水处理技术,为农村人饮工程提供了新的技术路径。例如,集混凝、沉淀、过滤与消毒于一体的集成式净水设备,具有占地面积小、施工周期短、运行参数稳定等优势,特别适用于村庄规模较小、建设条件受限的集中供水工程。此外,针对地下水中氟化物、硝酸盐或溶解性盐类偏高的问题,可在条件允许的情况下配置选择性吸附或低压膜分离等强化处理单元,以提升水质安全保障水平。需要强调的是,先进处理工艺的引入应以“必要性与适宜性”为前提,避免片面追求技术先进而忽视运行管理能力匹配问题。

在工艺设计过程中,应充分结合农村人饮工程规模普遍较小、运行管理人员专业水平有限的实际情况,优先选用技术成熟、运行稳定、维护简便的工艺路线,并通过模块化设计提高系统可维护性与扩展性。实践表明,通过在设计阶段合理引入成熟的一体化水处理技术,并结合水源水质特点进行针对性配置,可在不显著增加运行负担的前提下,有效提升农村饮水水质的稳定性与安全性[4]。

3.2 全过程水质安全保障与系统协同控制

农村人饮工程水质保障不应局限于水处理设施本身,而应贯穿于取水、输配水及终端用水的全过程。在取水环节,应合理选择取水口位置,严格避开污染源集中区域,并同步落实水源保护措施,减少外界污染输入风险。在输配水系统中,管材的卫生安全性能与耐久性直接影响供水水质,应优先选用符合饮用水卫生标准、抗腐蚀能力强的材料,并通过合理控制流速与水力条件,降低管网内二次污染发生概率。在终端用水环节,可通过设置水质监测点、建立定期检测与信息反馈机制,及时掌握供水水质变化情况,为运行调控提供依据。对于规模较大的集中供水工程,还可在设计中预留水质在线监测与应急处理接口,以提升系统对突发水质异常的响应能力[5]。通过引入全过程水质安全控制理念,将工程设计、运行管理与水质监测有机结合,有助于从系统层面提升农村人饮工程的安全性、可靠性与公众信任度。

4 输配水管网系统的结构优化设计

4.1 农村人饮工程管网布局特征与系统结构优化原则

输配水管网是连接水源、水处理设施与终端用户的关键载体,其结构合理性直接决定农村人饮工程的供水均衡性、水力稳定性及运行可靠性。相较于城镇供水系统,农村人饮工程普遍呈现居住点分散、服务半径大、地形条件复杂等特征,管网设计面临线路长、节点多、压差变化显著等现

实挑战。在工程实践中,若管网布局缺乏系统性统筹,极易导致局部水压不足、管段冗余或运行调度困难等问题。因此,在设计阶段,应以村庄空间形态与道路走向为基本约束条件,对管网进行整体规划,合理确定主干管、支管及入户管的层级结构,避免随意敷设与无序延伸。在结构优化过程中,应优先采用“顺地形、沿道路、少交叉”的布置原则,充分利用既有交通与管线廊道条件,减少管线穿越农田、河道或建筑物基础的情况,从而降低施工难度与后期维护成本。对于地形起伏较大的地区,应结合地势高差合理划分供水分区,通过重力供水、加压供水或减压供水的组合方式,实现系统压力的分级控制。

4.2 管径配置与管材选择的技术经济优化

管径配置是输配水管网水力设计中的核心内容,其合理性直接关系到供水能力、能耗水平与工程投资规模。

在实际设计中,应通过水力计算合理控制管内流速,使其既满足输水能力要求,又有利于维持一定的自净条件。实践中应结合规划年限内人口变化与用水增长趋势,对关键管段适当预留发展空间,而对末端支管则应以现状需求为主,避免资源浪费。在管材选择方面,应重点关注材料的卫生安全性、耐久性与环境适应能力,优先选用符合饮用水卫生标准、抗腐蚀性能较好、施工工艺成熟的管材类型。通过在设计阶段统筹管径配置与管材性能,可在保障供水安全的实践中实现工程投资与运行成本的综合优化。

5 工程运行管理与安全保障机制设计

5.1 农村人饮工程运行管理模式的设计适配

农村人饮工程的长期运行效果不仅取决于前期设计与施工质量,更与运行管理模式的科学性密切相关。随着信息技术与自动化设备成本逐步降低,在农村人饮工程中适度引入自动化与信息化手段,已成为提升运行管理水平的重要方向。在工程设计阶段,可结合供水规模与管理条件,合理配置基础自动化监测系统,对取水水位、供水流量、关键水质指标及设备运行状态进行实时监测,并通过远程传输方式实现集中管理。在实践中,部分集中供水工程通过配置简化型在线监测与远程控制模块,实现了水泵启停、水量调配及异常报警的自动化管理,有效降低了人工巡检频率和运行管理成本。相较于传统依赖人工经验的管理模式,该类自动化系统在保障供水连续性、及时发现运行异常等方面具有明显优势。通过在设计阶段统筹考虑自动化建设需求,并与设备选型、管网结构及运行模式相协调,有助于构建“技术可控、

管理可行、运行可持续”的农村人饮工程运行管理体系,为工程长期稳定运行提供可靠支撑。

5.2 水源安全与供水系统风险防控机制构建

安全保障机制是农村人饮工程运行管理体系中的核心内容,其目标在于降低系统性风险并提高工程对突发事件的应对能力。在水源安全方面,应在设计阶段充分考虑水源保护区划定与防护措施落实,通过设置隔离带、限制污染源活动范围等方式,减少人为污染风险。实践中应结合当地管理条件,建立水源巡查与信息反馈机制,使水源安全管理具备制度化与常态化特征。在供水系统层面,应通过合理配置应急供水设施与备用水源,提高工程在极端气候、设备故障或水质异常情况下的保障能力。对于运行费用问题,设计阶段应同步开展运行成本测算与收费机制论证,确保工程具备基本的资金保障能力,避免因经费不足导致设施失管失修。通过将水源保护、应急保障与运行经费机制纳入统一设计框架,有助于构建农村人饮工程“可持续运行”的安全保障体系,实现工程社会效益与长期效益的统一。

6 结论

农村人饮工程设计是一项系统性、综合性较强的技术工作,涉及水资源、水质、安全、经济与管理等多重因素。通过科学的水源论证、合理的供水规模确定、适宜的工艺流程配置以及优化的管网与管理设计,可有效提升农村供水系统的安全性与运行效率。实践表明,只有在充分尊重农村实际条件与发展需求的基础上,将技术与运行管理有机结合,才能实现农村人饮工程由“建得成”向“用得好、管得久”的转变。本文的研究结论可为今后农村人饮工程设计与实施提供一定的理论参考与实践借鉴。

参考文献

- [1] 赵淑兰. 南宁市农村山泉供水现状分析[J]. 广西水利水电, 2025, (05): 162-164. DOI: 10.16014/j.cnki.1003-1510.2025.05.013.
- [2] 罗安琪. 试析农村人饮工程的运行管理[J]. 当代农机, 2025, (07): 107-108.
- [3] 白玉萍. 皋兰县农村人饮供水安全与饮水工程管理实践[J]. 新农村, 2025, (16): 16-18.
- [4] 罗缙. 浅谈武威市凉州区农村人饮水安全及运行管理[J]. 农村实用技术, 2025, (03): 79-80.
- [5] 史凤花. 浅析凉州区张义农村人饮供水管理中存在的问题及对策[J]. 农村实用技术, 2024, (07): 125-126.