

农村给水管网布置优化对供水稳定性的影响分析

陶旭坤

武义县城市自来水有限公司 浙江 武义 321200

【摘要】：农村给水管网的合理布置是保障供水系统稳定性与运行效率的关键环节。由于农村地区地形复杂、人口分布分散及用水量波动较大，传统管网布局往往存在压力不均、水头损失大及局部供水不稳定等问题。通过对管网结构的优化设计，可有效改善流量分配，降低能耗，提高供水的连续性与安全性。本文基于水力平衡原理与管网优化模型，分析不同布置方式对供水稳定性的影响，探讨在有限资源条件下实现均衡供水与节能运行的可行路径。结果表明，采用环状与分区联合的管网形式能显著提高压力稳定性和抗干扰能力，为农村供水工程设计提供参考依据。

【关键词】：农村给水；管网布置；优化设计；供水稳定性；水力分析

DOI:10.12417/2811-0528.26.01.049

引言

农村供水系统作为基础民生工程，其运行稳定性直接关系到居民生活质量与区域经济发展。近年来，随着农村生活水平提升和农业结构调整，用水需求呈现多样化和不均衡特征，传统管网布局逐渐暴露出流量分配不合理、压力波动频繁等问题。优化管网布置不仅能改善供水均衡性，还能提升系统在突发情况下的适应性。通过科学分析和合理设计，可在降低运行成本的同时，实现水资源的高效利用，为构建安全可靠的农村供水体系提供技术支撑。

1 农村给水管网布置现状及供水稳定性问题分析

农村给水管网系统是连接水源、水厂与用户的关键基础设施，其布置形式直接影响供水的稳定性与运行效率。由于农村地区地形起伏较大、居民分布分散，供水管网往往呈现线状延伸和节点分散的特点。受地势高差与水压损失的影响，部分末端用户易出现供水不足或压力波动现象。同时，农村管网多采用历史遗留或分期建设模式，管径匹配不合理、管材老化、连接方式不规范等问题普遍存在，导致系统水力平衡难以维持。随着用水需求的季节性变化与农村生活水平提高，这些问题愈发突出，影响供水系统的稳定运行和服务质量。

在多数农村供水工程中，管网布局设计缺乏整体性与科学性，过度依赖经验布置或简化水力计算，未能充分考虑流量分配、管径选择与水头损失之间的动态关系。供水路线冗长、分支结构复杂、节点压力控制不当，均可能造成水力不均衡及能耗过高的现象。局部高压区域易引发爆管风险，而低压区域则出现末端供水不足，影响居民日常用水的连续性与舒适度。此外，部分管网缺乏必要的监测与调控设施，难以及时掌握运行状态并进行压力调节，造成供水波动频繁、系统韧性不足。

从水力学角度分析，农村给水管网的稳定性取决于管网结

构形式、水力参数匹配及运行调度策略等多种因素。线状或树状布置虽具有建设成本低的优势，但水流路径单一、抗扰性差，一旦主干管或节点发生故障，局部区域将迅速失水；而环状或分区式管网能形成多路径供水格局，改善流量分布并增强系统冗余能力。当前亟需通过优化布置与水力模型分析，对管网进行科学规划与技术改造，实现压力均衡与流量稳定的协调统一，为农村供水系统的高效、安全运行提供结构保障。

2 基于优化设计的管网结构改进与稳定性提升路径研究

在农村给水管网的优化设计过程中，关键在于通过科学的水力分析与系统建模，实现管网结构的合理化与运行稳定性的提升。传统设计往往仅注重输配水管径的经济性，忽视了供水压力平衡与流量调节的综合影响。通过引入优化算法与水力模拟技术，可以在满足供水需求的前提下，构建最优的管网拓扑结构。利用管网优化模型，可综合考虑节点流量、管道长度、水头损失与能耗成本等因素，确定最合理的管径分配与路径连接方式，从而减少局部高压与低压现象，提高水力均衡度。对泵站布置与调度策略的优化同样重要，采用分区供水与变频调速技术，可实现动态压力控制与高效能量利用。

在结构改进层面，环状与分区结合的管网设计被证明具有较强的稳定性与抗扰性。环状管网通过形成闭合回路，使得当某一支线出现故障时，水流可经由其他路径继续供应，从而避免区域性断水。分区设计则能根据地形与用水特征划分独立控制区，通过压力调节阀与流量监测装置维持各区水力平衡。结合地理信息系统（GIS）与水力分析软件（如 EPANET）进行模拟，可直观评估不同布置方案下的水头变化与流量分配规律，为设计优化提供定量依据。对管材的合理选取同样是提升系统稳定性的重要环节，采用耐腐蚀、高强度的聚乙烯（PE）或球墨铸铁管，可有效降低漏损率与突发性破裂风险，延长管

网使用寿命。

在运行调控与维护层面，建立动态监测与智能调度体系，是实现长期供水稳定的重要路径。通过在关键节点布设压力传感器与流量计，可实时掌握系统运行状态，结合远程数据分析平台，实现自动化调节与预警响应。当用水高峰或突发事件发生时，系统能根据监测数据自动调整供水压力与泵站运行模式，以防止局部失衡。定期开展水力性能检测与管道维护，可保持管网在最佳工况下运行。通过上述优化设计与运行策略的协同应用，农村给水管网的整体结构更加合理，供水稳定性显著提升，系统具备更高的韧性与可持续运行能力，为农村供水工程提供技术支持与实践依据。

3 优化后农村给水管网对供水稳定性的综合影响评估

在完成管网结构优化设计后，对其供水稳定性进行综合评估是验证工程效果与指导后续运行管理的关键环节。评估内容主要包括水力性能、运行能耗与系统可靠性三方面。通过建立水力仿真模型，可对优化前后的流量分布、节点压力及水头损失进行对比分析。研究表明，经优化的管网结构在高峰用水时段仍能保持较为稳定的压力分布，低压节点比例显著降低，水头损失曲线趋于平滑。环状与分区相结合的管网在不同工况下表现出良好的流量自调节能力，有效减弱了供水压力波动，为农村地区复杂地形条件下的持续供水提供了可靠保障。

在能耗与运行效率方面，优化设计显著改善了输配水系统的能量利用率。通过合理控制泵站运行工况与分区压力，实现了动态能耗分配，使得单位供水量的能耗降低。采用变频调速

泵与智能阀控系统后，水力能量损失减少，系统在满足供水需求的同时维持较高的运行经济性。水力仿真分析显示，优化后管网的水力梯度更加合理，主干管与支管间的压力差减小，流速分布更加均衡，降低了管道的瞬时冲击与长期磨损风险。管网的调控灵活性增强，使其能够在季节性用水变化或局部检修情况下仍保持供水连续性，从而实现了安全、节能与稳定的多目标协调。

在系统可靠性与运行安全评估中，优化后的管网展现出更强的抗扰动与恢复能力。环状布置增加了供水路径的冗余度，当局部节点出现故障时，可通过替代通道维持区域性供水，减少大范围停水的可能性。压力监测与流量调节设备的引入，使运行管理更加智能化，能够实现对异常波动的实时响应与自动调整，从而降低系统风险。长期运行观测表明，优化后的管网漏损率下降，供水合格率提升，运行维护成本明显减少。优化后的农村给水管网在稳定性、经济性与安全性方面均表现出显著优势，为农村地区供水系统建设提供了可推广的技术路径与实践依据。

4 结语

优化农村给水管网布置是提升供水系统稳定性与运行效率的重要途径。科学的结构设计与水力分析能够有效改善流量分配与压力控制，实现供水的均衡与节能。通过环状与分区相结合的布置形式，系统的抗扰动能力与可靠性显著增强，供水安全性得到全面提升。优化后的管网在运行能耗、设备负荷及维护成本方面均表现出良好的经济性，为农村地区供水系统的现代化与可持续发展提供了技术支撑与理论依据。

参考文献：

- [1] 李志强.农村供水管网优化设计研究[J].水利科技与经济,2021,27(4):45-49.
- [2] 王晓明.基于水力平衡的给水管网运行分析[J].给水排水,2020,56(8):72-77.
- [3] 陈丽娜.农村供水系统稳定性影响因素分析[J].水资源与水工程学报,2022,33(6):115-120.