

山地农村饮用水管网优化布局与漏损控制策略 ——以武义县山区农村供水工程为例

汤国剑

武义县水务局 321200

DOI: 10.32629/ems.v8i8.21556

[摘要] 武义县属于浙中典型山地县域，山区村落分散、地势高差大、供水线路曲折狭长，农村供水管网长期存在布局不规范、压力不均衡、新旧管混搭、漏损偏高的现实问题。相较于平原地区，山地图网受地形、地质、高程差影响更大，跑冒滴漏、暗漏隐蔽、爆管停水等现象多发，不仅造成水资源浪费，也增加农村供水运维成本，影响群众用水稳定性。本文结合武义县南部山区乡镇供水改造实践，系统梳理山地农村供水管网布局缺陷与漏损产生机理，从管网布局优化、分区供水、管材更新、水力调控、数字化管控、长效运维等方面提出针对性治理措施，并结合桃溪镇锦后村、俞源乡破岗山村等实际改造案例，验证优化方案的可行性与实效性。研究可为浙中山区农村饮水安全提质、管网降损增效、城乡供水一体化推进提供可借鉴的实践思路。

[关键词] 山地农村；供水管网；布局优化；漏损控制；饮水安全

引言：

农村饮水安全是乡村振兴的基础性民生工程，管网设施运行质量直接决定供水保障水平。随着浙江省农村饮水达标提标行动持续深化，县域农村供水基本实现村村通水、户户通水，供水覆盖率显著提升。但在山地、丘陵占比较高的县域，特殊地形条件给供水管网建设和运行带来诸多结构性难题。山区村庄依山而建、居住点分散、高低落差明显，管网铺设多沿山路、坡地、沟壑布置，管线迂回量大、水力损失高、压力分布不均，长期运行下漏损率普遍高于平原地区。

武义县地处浙中山区，县域地形呈“南北两山、中部河谷”格局，南部柳城、桃溪、新宅、白姆等乡镇山地面积广、村落零散、海拔跨度大。早期农村供水以解决“有水喝”为首要目标，工程建设标准偏低、规划整体性不足，多数村庄采用简易枝状管网、管材选型随意、调压设施缺失，长期出现高区水压不足、低区压力过载、管网破损频繁、漏损居高不下等问题。部分偏远山村未纳入规模化供水体系，依靠单村水站独立供水，管网维护力量薄弱、巡检难度大、隐患排查不及时，产销差长期处于高位。

现阶段农村供水工作重心已从“喝上水”转向“喝好水”，提质增效、节水降损、长效运维已经迫在眉睫。如何

结合山地地形特点，科学优化管网布局、平衡区域水压、降低管网漏损、提升供水稳定性，是山区农村供水工程运维管理的重点与难点。本文立足武义县山区农村供水实际，结合近年管网改造工程经验，系统分析山地图网运行短板，总结布局优化方法与漏损治理路径，为同类山区县域农村供水管网提质改造提供实践参考。

1 武义县山地农村供水管网现状及主要问题

1.1 县域管网整体建设布局现状

经过多轮农村饮水工程落地改造，武义县形成城市水厂供水为主、乡镇水厂供水为辅，单（联）村水站供水为补充的供水格局。地势平缓的近郊村庄接入城市、乡镇水厂主管网，供水稳定性更强；南部高山区域受制于地形落差大、管线铺设造价偏高，部分村落只能依靠自建单村供水站取水。不同时期分批开展管网铺设工作，千万农民饮用水工程、清泉工程、农村饮水达标提标等时期改造工程建设标准互不统一，新旧管线交错穿插。以俞源乡破岗山村、新宅镇茶坑村两大典型村庄为例，前者完成管网并网改造彻底接入俞源水厂供水系统，后者受山体阻隔无法纳入规模化水厂集中供水，只能持续优化站内净水设施。桃溪镇锦后村作为本地管网改造标杆，改造前整村海拔落差高达180米，高低片区共用一套输水管道，水压分配失衡问题十分突出，后续通过分

区调压改造有效降低管网损耗。多年来当地持续推进水源地划定保护工作，给山泉取水点、蓄水山塘设置防护标识，常态化管控农业面源污染，水源基础防护体系已经初步成型。

1.2 管线硬件设施自带固有短板

一是早期大量使用白色塑料管耐沉降能力较差，山区土体常年滑移、地基不均匀沉降，管道极易出现开裂渗漏，加之大量入户支管由村民自主铺设，管材规格杂乱，新旧管道接驳位置是暗漏高发区域。二是山区管线顺着沟壑山坡迂回布设，多余管线加长输水距离，进一步提升水资源损耗。三是前期施工缺少系统化图纸测绘，大量地下管线走向、阀门埋设位置没有完整档案存档，深埋地下的隐性渗漏很难快速排查，日积月累不断拉高水资源浪费与管道维修开支。

1.3 工程日常运维管理层面突出难题

首先两种供水模式运营成本差距悬殊，单村供水站点居住人口零散，用水总量偏低，水费营收难以覆盖设备检修、水质检测固定开支，大部分小型水站长期依靠财政补贴维持运转。其次基层水管员缺少系统化专业培训，只能处理简单管道破损故障，遇到净水设备故障处置效率偏低。最后全域水务智能化建设进度不均衡，只有少数重点供水站点配备水压、余氯在线监测设备，绝大多数偏远区域依靠人工进山巡检，数据反馈滞后，很难第一时间发现管网异常，整体漏损管控工作落地阻力较大。

2 山地农村供水管网优化布局实践

针对山地农村地形复杂、村落分散、高差悬殊的特点，武义县近年坚持“因地制宜、分区施策、新旧统筹、提质降损”的改造思路，通过优化供水模式、重构管网形态、完善分区供水、规范管材选型，持续提升山区供水管网运行质量

2.1 差异化供水模式布局优化

根据村庄海拔、距离镇区远近、人口规模、地形条件，分类确定供水模式，杜绝盲目延伸管网、无效投入。

对于俞源乡破岗山村等靠近镇区、地势条件较好的山村，取消原有小型单村水源，全部并入乡镇规模化水厂管网，实现统一供水、统一运维。通过整合分散小水站，减少零散设施管护压力，同时依托主干管网稳定性强的优势，大幅降低漏水隐患。

对于新宅镇茶坑村等位置偏远、高差极大、不具备管网

延伸条件的深山村落，保留单村供水模式，重点优化村内配水管网结构、更新老旧管材、实行分区供水，在保留原有水源优势的基础上提升供水稳定性。

2.2 管网结构形态优化

改变以往单一枝状布局方式，推行“主干枝状+中心村环状”的复合型管网体系。主干输水管道沿山谷平缓地带布设，尽量顺直、减少迂回；人口集中、用水量大的中心村庄，改造形成环状配水管网，实现双向供水，有效降低单点故障造成的大范围停水风险，提高管网供水保障能力。

以新宅镇茶坑村改造工程为例，该村海拔高差近60m，原管网完全为枝状布局，高低区混供、压力混乱，常年漏水严重。改造后根据高程界线划分为高低两个独立供水区，高位片区由村内水站直接供水，低位片区单设供水管道并增设多级减压阀，彻底解决高低压混供问题，管网运行状态大幅改善。

2.3 分区供水与水力平衡优化

山地管网治理的核心是分区分压、精准控压。武义山区改造工程中，普遍按照自然地形高程划分独立供水单元，每个片区单独控制压力，避免高低区管网串联运行。

高海拔远端管网通过小型加压设备补足水压，保障高峰用水；低海拔近端管网通过减压阀、稳压阀限制压力，避免超压爆管。通过分区调控，管网整体压力趋于平稳，压力波动幅度显著降低，从水力运行层面减少漏损诱因。

2.4 管材选型与施工工艺优化

结合山地沉降、温差、承压特点，新建及改造管网统一采用PPR高质量给水管，适配山区复杂地质环境。对高压力主干管、长距离输水管道，根据水力计算结果匹配对应压力等级管材，杜绝低压管材高压使用。

施工过程中重点强化管沟基础处理、回填压实、转弯支墩、过河过山防护等关键工序，避免后期土体扰动破坏管线。新旧管接驳位置统一增设检修阀门，规范接驳工艺，减少接驳渗漏隐患，同时便于后期分段检修、快速止水，降低维修停水范围。

3 山地农村供水管网漏损综合控制策略

结合武义山区农村供水运行经验，山地管网降损不能依靠单一修补堵漏，必须构建“工程改造+压力管控+精准

检漏 + 长效运维”的系统性管控体系。

3.1 实施老旧管网更新改造，消除结构性漏损

针对运行年限久、材质差、漏损频繁的村内支管、入户管，逐年分批实施更新改造，彻底淘汰老旧劣质管材。全面推进一户一表规范化改造，杜绝私拉乱接、无序接驳，规范用水终端设置，从源头减少结构性漏水。对山区管网高频破损段、地质不稳定段、容易沉降滑移段，重点优化管线路由，尽量避开滑坡体、冲沟、松软填土区域，降低地质扰动对管线的持续破坏。

3.2 精细化压力调控，降低运行性漏损

建立适配山地特点的分时段、分区域压力管控机制。夜间用水量低、管压偏高，适当下调出厂压力，减少管道静态承压损耗；白天用水高峰适度抬压，保障远端用水。高差显著片区全部加装可调式减压稳压设备，稳定片区运行压力，避免压力大幅波动造成的管网疲劳破损。

3.3 推进简易数字化监测，实现精准查漏

结合山区运维成本有限的实际情况，推行低成本、实用性强的数字化管控模式。在行政村主干管入口设置分区计量总表，建立村级水量平衡统计机制，通过产销差数据快速锁定高漏损片区。逐步完善山区管网基础档案，梳理管线走向、阀门位置、高程参数，建立简易台账，改变以往“看不见、查不到、说不清”的管护困境。对高漏损区域定期开展专业仪器查漏，精准排查地下暗漏，改变传统盲目巡检模式。

3.4 健全山地管网长效运维机制

依托武义县农村供水县级统管机制，统一落实山区管网巡查、维修、养护工作，整合乡镇管护力量，分片包干、责任到人。定期开展村级水管员业务培训，提升现场排查、简单维修、隐患处置能力。规范水费收缴机制，以水费收入支撑日常运维养护，保障管网常态化检修经费来源。加强农村用水宣传，杜绝私接管道、偷水放水、随意开挖破坏管网等行为，减少人为漏损和人为破坏隐患，形成长效管护格局。

4 工程应用成效分析

以武义县桃溪镇锦后村管网提质改造工程为例，该村属于典型高山村落，改造前管网为老旧 PVC 枝状管网，无任何调压设施，高低区混供严重，常年爆管漏水，综合漏损率高

达 24.7%，旱季缺水问题突出。通过实施管网重构分区、高低压区分供、更换全新 PPR 管材、增设减压与加压设施、加装分区计量设备、完善常态化巡检机制，改造后该村管网水力运行状态全面优化，管网爆管频次大幅减少，隐蔽暗漏基本清零，综合漏损率降至 11.6%，供水稳定性、安全性显著提升，节水成效明显。

实践证明，山地农村管网治理必须贴合地形特点，不能照搬平原管网管理模式，通过科学布局、分区调压、管材升级、精准检漏、长效管护，能够有效解决山区管网漏损偏高、供水不稳的行业难题。

5 结论

山地农村供水管网受地形高差、地质条件、建设历史、运维条件限制，普遍存在布局不合理、压力失衡、管材老化、漏损偏大、排查困难等问题，是农村供水提质增效的重点难点。结合武义县山区农村供水改造实践，通过差异化确定供水模式、优化管网结构形态、实施高程分区供水、规范管材施工、精细化压力调控、开展精准查漏治理、完善长效运维体系，能够有效改善山地管网运行质量，大幅降低管网漏损率。

山区农村管网降损治理是一项长期性、系统性工作，后续仍需结合乡村发展、用水结构变化、山区地形特点持续优化管网调度与运维模式，不断提升农村供水安全保障能力，为城乡供水一体化、农村水利高质量发展提供坚实支撑。

[参考文献]

- [1]浙江省水利厅.浙江省农村饮用水达标提标行动实施方案 [Z]. 2018.
- [2]武义县水务局.武义县水安全保障“十四五”规划 [R]. 2021.
- [3]陈军.山区农村供水管网优化改造与漏损治理路径 [J]. 工程与建设, 2024, 38 (04):142-144.
- [4]李青松.山地丘陵地区农村供水管网规划设计要点研究 [J]. 中国农村水利水电, 2023 (06):186-191.
- [5]刘俊伟.农村供水管网压力失衡成因及调压技术措施 [J]. 水资源开发与管理, 2023 (09):65-69.