

住宅小区给排水工程质量优化方法

文 / 刘 泽 利辛县开源水务有限公司

摘要：住宅小区给排水工程质量直接影响居民生活舒适度与环境保护，优化设计、施工及运行维护环节的技术方法具有重要意义。设计阶段提出基于水力计算的管网布局优化、水质控制技术改进以及绿色排水设计策略，施工环节重点分析关键工艺流程控制与材料检测的标准化措施，运行维护方面结合智能监控技术和节能优化方案，提升系统运行效率与稳定性。借助全流程优化来显著降低工程质量问题发生率，提升给排水工程的整体可靠性和可持续性，为住宅小区给排水系统的现代化建设提供参考。

关键词：住宅小区；给排水工程；质量优化

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.10.010

引言

住宅小区给排水工程在保障居民生活品质和环境可持续发展中具有重要作用，但当前工程质量问题频发，涉及设计不合理、施工工艺不足、运行维护不到位等环节，严重影响系统的稳定性和安全性。提升给排水工程质量，需要从管网布局优化、水质控制、施工工艺改进以及运行维护智能化等多方面系统研究和实施优化策略。本文对不同环节存在的具体问题来提出技术性优化方法，旨在提高工程整体可靠性、运行效率和节能水平，为住宅小区给排水工程现代化建设提供技术参考与指导。

一、给排水工程质量问题分析

（一）设计阶段质量问题分析

管网布置不合理时可能导致供水主干管压力分布不均，使得部分管道长期承受超设计压力并增加破裂风险，而其他管段因压力不足出现供水间歇现象^[1]。高层建筑水压不足常与提升泵选型不当或未合理设置减压装置有关，上述问题会引起供水效率下降和用户投诉。雨污水设计中的雨污分流不完善会增加管网的运行负荷，雨水设计管径过小会导致暴雨时雨水溢流入污水管网，而排水坡度不足可能形成积水点。区域排水坡度设计与管道直径匹配不合理，也会引起污水倒灌。技术设计中缺乏精准的流量与流速计算往往是管网运行问题的核心原因，设计时未充分考虑高峰流量需求与局部地形特征会使问题更加严重。

（二）施工及运行阶段质量问题分析

施工工艺的缺陷可能出现在管道连接处，如接口未严格按照施工规范完成以至于接口密封不良或因连接力不足产生松动，渗漏点逐渐扩大^[2]。地下管道基础的施工质量直接影响管道稳定性，如基础未均匀压实或基础材料强度不足，管道在运行中易发生沉降甚至断裂。材料方面低质量的管道材料如抗腐蚀性不足的钢管或塑料管在含盐量较高的地下水条件下容易加速腐蚀，影响系统寿命。运行阶段管道内壁结垢可能因输送水质的硬度过高或流速控制不当而加剧，导致输送能力下降和能耗增加。排水管网的堵塞一般由沉积物堆积或异物堵塞引起，长期缺乏维护会加剧问题。供水设备如增压泵的运

行故障可能源于泵体零部件老化或润滑不足，进而引发频繁的压力波动，对系统运行稳定性构成严重威胁。

二、设计阶段的质量优化方法

（一）给排水系统管网布局优化

管网优化设计的核心是保证供水压力的均匀分布与流量的稳定性，对于主干管需要基于高峰流量需求精确计算管径大小，避免因流量不足导致局部供水压力偏低或因流速过高引发管道振动和能耗增加^[3]。分区设计是解决地形高差对供水压力影响的有效方法，合理设置减压阀、提升泵和分区供水节点，可调节不同区域的压力梯度以减少水力波动对系统稳定性的影响。分支管道设计需结合区域用水特征进行优化，句子控制长度和坡度匹配来保证分支管段自清洁能力，避免因流速过低形成沉积物堆积。

材料选择直接影响管网的运行可靠性与能耗性能，高耐腐蚀性材料如HDPE（高密度聚乙烯）管材可以有效降低管道磨损与内部腐蚀风险，较低的摩擦系数还能有效减少压力损失。对于高耗能区域的管网设计优化坡度参数可以降低泵站扬程需求，进一步降低系统能耗。表1列出了原始方案与优化方案在管径、流速、压力损失等关键技术指标上的具体变化及其对系统性能的改进。

表1：住宅小区管网优化设计参数表

项目	原始方案	优化方案	改进值
主干管管径 (mm)	175	198	23
分支管长度 (m)	48.7	32.4	-16.3
主干管流速 (m/s)	1.8	1.2	-0.6
分支管压力损失 (Pa/m)	25.6	18.4	-7.2
区域供水均匀性 (%)	78.5	94.2	15.7
系统总能耗 (kWh/年)	32540.7	28430.5	-4110.2

优化后的管网参数显示主干管管径从175mm增至198mm，流速从1.8m/s降至1.2m/s，减小了管道水力冲击和磨损，提升了系统稳定性。分支管长度从48.7m缩短至32.4m，压力损失由25.6Pa/m降低到18.4Pa/m，显著改善了局部区域供水效率，减小了能耗浪费。区域供水均匀性从78.5%提升至94.2%，确保了小区不同楼层

和区域的供水压力平衡，满足了多层次供水需求。系统总能耗从 32540.7kWh/年降低到 28430.5kWh/年，节约了 4110.2kWh，展现了优化设计对管网运行效率和能源利用率的有效提升。

(二) 水质控制与排水处理设计优化

水质监控需构建多节点覆盖的动态监测系统，以及布置监测设备时需根据管网布局和水力条件，来选择合理的监测点位置以避免监测盲区^[4]。实时监测系统可集成余氯调节模块和自动排放装置，精准控制水质指标在安全范围内，对于水压波动较大的区域需在供水设备中增加稳压设施，以防止压力骤变影响水质。运用高效过滤技术可以截留微米级颗粒物，保证出水清洁度以提升整个系统的卫生安全性能。排水处理的优化设计要求结合区域特点定制化方案，在雨水汇集区设置分流井并利用重力分离原理减少雨污交汇，来提高后续污水处理效率。

(三) 基于数字化技术的优化方案

管网优化需要基于精准的水力学计算方法，来确定压力分布、流速以及能耗等关键参数，以实现系统的高效运行，使用伯努利方程 $P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2 + h_f$ 来分析不同管段间的压力和速度变化，其中 P 为压力， ρ 为流体密度， v 为流速， g 为重力加速度， h 为高程， h_f 为压力损失，该方程可以精确计算由于高度差和沿程阻力引起的压力变化，以便于调整管道布置和供水设备的选型。管网中压力不平衡常导致供水效率下降或管道受损，对压力分布的精确计算可在关键位置配置减压阀或增压泵，优化管网运行性能。管道中的沿程阻力损失是影响能耗和供水稳定性的重要因素，达西-魏斯巴赫公式 $h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$ 可量化管道中的摩擦阻力损失，其中 f 为摩擦系数， L 为管道长度， D 为管径， V 为流速， g 为重力加速度，该公式应用于优化管径选择和管道坡度设计，减少因阻力过大导致的能量损失。复杂管网设计中可进一步结合连续性方程 $Q = v \cdot A$ 来计算节点流量 Q ，其中 A 为管道截面积， V 为流速，这一方程帮助设计人员平衡管网流量分配，避免局部管段超载或供水不足。将上述公式嵌入数字化设计平台后可快速进行压力损失模拟和流量调整分析，全面优化供水管网的布置和运行参数以提升系统的技术性能和长期稳定性。

(四) 雨污分流与绿色排水设计优化

雨污分流设计需依据区域降雨量和排水需求进行管网布局优化，以保证雨水和污水分别收集并高效输送。雨水管道布置应结合地形坡度和水流方向，设计适当的管径和坡度以避免水流速度过低引发沉积或过高导致冲刷管壁，对于污水管网应运用全密闭结构以防止外部雨水渗入并设置合理的检查井间距，便于后期维护。关键节点如汇水井和溢流口需配置沉砂池和格栅设施，用于拦截雨水中较大的颗粒物以避免管网淤堵和设备磨损。绿色排水系统设计强调雨水资源的综合利用和生态效益

提升，小区内部可布置雨水花园、植被缓冲带和透水铺装，可以减少地表径流并促进雨水下渗。雨水调蓄池需综合考虑汇水面积和降雨强度，设计具有溢流功能的蓄水结构以用于存储多余雨水以备灌溉或景观用水。

三、施工及运行维护阶段的优化方法

(一) 施工工艺流程的质量控制方法

施工工艺质量直接影响给排水系统的稳定性和运行寿命，管道铺设过程中定位精度是核心控制指标，需要利用激光平整仪和全站仪测量管道的高程与坡度，避免因地形变化导致坡度偏差过大。对于接口密封需选用耐老化、高弹性的如 EPDM 橡胶圈等密封材料，并在施工中严格控制接头对准误差，避免产生应力集中。接口完成后应进行逐个密封性检测，运用负压或正压测试方式确保接口达到防渗要求。回填环节需根据管道的埋深和周围土质条件分层压实，振动压实设备的压实深度和频率需精确控制，以防止回填不均引发管道沉降或变形。复杂地质条件下软土或高地下水水位区域，需额外设置支撑或包覆结构来增强管道稳定性，施工完成后进行压力测试，其测试压力一般为工作压力的 1.5 倍并持续 30 分钟无压力下降或泄漏为合格。压力测试还需配合听音检测法或激光扫描仪对潜在微漏点进行复查，保证系统的密闭性和耐压性能。

表 2：关键施工工序质量参数表

工序	原始方案	改进方案	改进效果
管道铺设误差 (mm)	±10.5	±3.2	定位精度提升 69.5%
接口渗漏率 (%)	5.8	1.2	密封可靠性提高 4.6 倍
回填压实度 (%)	85.3	94.7	抗沉降能力显著增强
压力测试合格率 (%)	88.9	97.6	系统可靠性增加 8.7%

优化后的管道铺设误差从 ±10.5mm 降低至 ±3.2mm，定位精度提升 69.5%，显著减少了因管道位置偏差导致的压力分布不均问题。接口渗漏率从 5.8% 降低至 1.2%，密封可靠性提高了 4.6 倍，得益于高性能密封材料的使用和精准施工工艺的实施，降低了漏水和运行能耗的风险。回填压实度从 85.3% 提升至 94.7%，提高了管道对沉降的抵抗能力，有效预防了因基础不均匀沉降导致的管道断裂或变形。压力测试合格率从 88.9% 提升至 97.6%，表明管网整体耐压性能显著增强，优化后的施工工艺和质量控制手段大幅提升了系统的运行可靠性和使用寿命。

(二) 材料管理与质量检测优化措施

材料入场后实施批次化管理，对不同厂家或不同批次的管材进行分类存储以避免因混合使用引发不一致的质量问题。管道材料的耐压性能检测可运用静压试验，

并逐步加载压力至设计值的 1.5 倍，来观察管道表面是否出现裂纹或变形迹象。密封材料在使用前需进行抗老化性能测试，可借助紫外线老化箱模拟长期暴露条件，评估其抗紫外线和高温性能。对于地下水位高的地区中管道外壁需增加防腐涂层，使用涂层厚度测量仪检测均匀性和附着力以保证防护性能达标。施工后材料检测需覆盖隐蔽工程的关键部位，如接口密封的可靠性和管道埋深是否符合设计要求，压力测试过程中应运用高灵敏度的泄漏探测设备，识别微漏点并定位修复。条件复杂的施工区域地质雷达可检测回填土密实度和管道包覆完整性，避免后期因沉降引发的管道断裂或渗漏。对施工后期的质量检测结果建立数据库，与后续运行维护阶段的材料老化和性能数据关联分析以便于对未来的维修工作提供精准依据。

（三）运行维护标准化与节能方案设计

供水系统的维护标准化应包括设备定期运行检查和突发故障预案两部分，定期运行检查时可使用在线检测设备记录关键参数，如泵站的压力变化、管道的流量波动以及排水管网的水位情况，判断系统是否存在异常。图 1 展示了供水系统标准维护流程，清晰反映了设备检查、故障处理及维护结果记录的关键步骤。

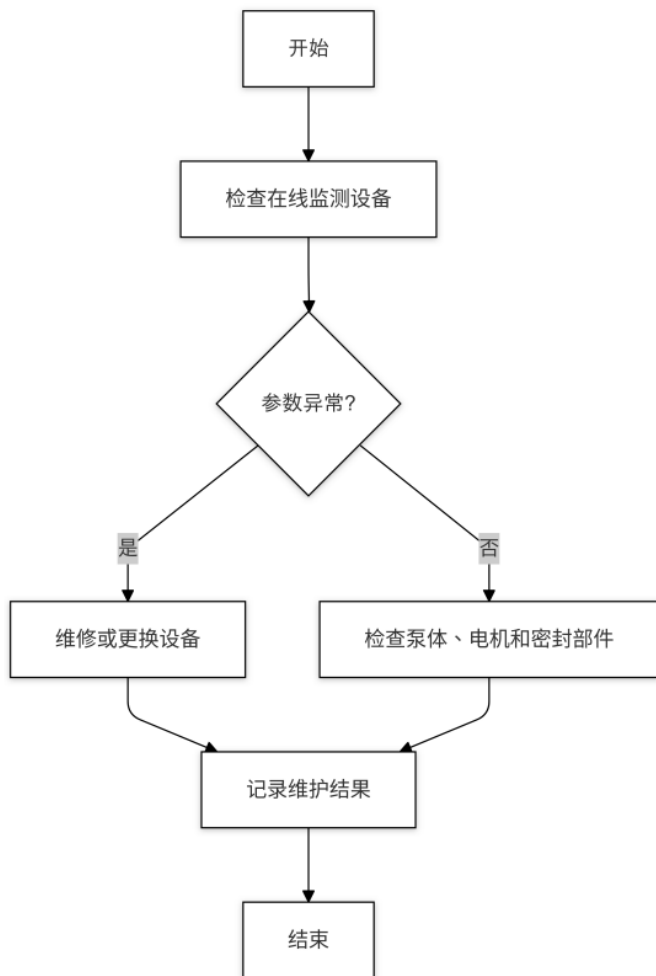


图 1 供水系统标准维护流程图

维护人员应依照标准流程图逐步完成对泵体、电机和密封部件的检查，并对磨损部件进行及时更换，对于易堵塞的排水管段可运用智能清淤机器人定期清除沉积物，减少人工清淤的效率低和安全隐患。节能运行策略需要基于负荷预测算法优化设备启停，供水泵站可设置实时负荷监控模块，结合用水量预测系统合理调整供水压力和流量。运用低功耗设备和变频驱动技术可以在负荷低时自动降低电机转速，减少能源消耗。对泵站运行的能耗异常分析需要实时获取每台设备的运行效率数据，借助大数据分析发现设备能效下降的原因并及时采取维护或设备更换措施。

（四）动态监测与维护技术优化

动态监测技术优化可全面提升给排水系统的运行可靠性，部署高精度压力传感器和流量监测设备可实时采集管网中的运行数据，以及根据压力波动和流量变化自动计算系统的稳定性系数，来判断管道可能出现的泄漏或阻塞点。对复杂管网运用多点协同监测模式并将关键节点数据汇集分析，优化管网压力分布和流量分配方案。动态监测系统需要结合远程控制装置，实施对管道节点的微调和快速响应策略以保证供排水系统的动态平衡和运行效率。维护技术优化重点在于提高检测与故障定位的精准性，使用声波检测技术可以识别供水管道的微泄漏位置，并结合激光扫描技术定位管道表面裂纹和腐蚀区域，排水系统中可利用内窥检测设备和数据采集模块，实时记录管道内壁的沉积情况并生成自动分析报告。

结语

文章提出了住宅小区给排水工程质量优化的多项技术方法，设计阶段优化管网布置提升了供水系统的流速稳定性和均匀性，绿色排水设计实现了雨污分流与资源循环利用，动态监测与压力分析提高了系统的运行可靠性。施工阶段改进了管道铺设精度与接口密封性能，优化回填工艺与压力测试方法，显著增强了管网的抗沉降能力和耐压性能。运行维护方面应用动态监测技术定位泄漏和堵塞点，结合节能策略优化了供水与排水系统的整体能耗。优化措施有效提升了系统的稳定性、节能性与寿命，为住宅小区给排水工程的高效、安全运行提供了可行的技术支持。

参考文献

[1] 苏克铭. 住宅小区给排水工程质量优化方法探讨 [J]. 中国住宅设施, 2024, (12): 86-88.
[2] 汪玉华. 成本管理与市政道路排水工程施工质量的关联性研究 [J]. 汽车周刊, 2024, (09): 191-193.
[3] 赵铨. 标准为建筑给水排水工程建设高质量发展提供支撑——《建筑给水排水与节水通用规范》重点内容解读 [J]. 工程建设标准化, 2024, (04): 30-31.
[4] 利桂莲. 新时期建筑给水排水工程现场施工技术及其质量控制的有效对策探究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2022, (26): 85-87.