

老旧小区供热管网改造中的水力平衡研究

文 / 田一鸣 晋城合为规划设计集团有限公司

摘要：随着城市扩展的步伐加快，旧住宅区的供热管道问题变得尤为突出，水力失衡引发的供热不均衡现象加剧了能源的浪费。本文深入探讨了旧住宅区供热管网改造过程中遇到的水力平衡挑战，分析了现有管网出现水力失衡的根本原因，强调了水力平衡在供热系统中的核心作用，并通过具体的案例研究了改造策略以及技术手段，希望可以为旧住宅区供热管网的升级改造提供科学依据以及实际操作指导，从而提升供热效率，达成节能减排的目标。

关键词：老旧小区；供热管网；水力平衡；改造技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.15.124

引言

作为确保居民冬季舒适生活的关键设施，供热系统的重要性不言而喻，然而在旧住宅区中由于建设年代久远，设备老化、管道腐蚀以及设计缺陷等问题普遍存在，这导致了严重的水力失衡现象，这种不平衡不仅造成了不同用户之间的供热差异，使得一些住户室内的温度过高，造成能源浪费，而另一些住户则因为室温过低影响了生活品质。水力失衡还会增加系统的运行成本，缩短供热设备的使用寿命，所以在旧住宅区供热管网的改造过程中解决水力平衡问题成为了核心任务，其对于提升供热效果、节省能源消耗以及降低运营成本具有重要的意义。

一、老旧小区供热管网水力失衡的原因分析

（一）管网设计不合理

初建时老旧小区供热管道由于早期的设计规范不高以及技术限制，某些管道直径的选择并不合适，比如某些分支管道的直径太小使得水流阻力增加，流量分布不均衡，还有很大一部分主干管道的直径过大，导致流速偏低，容易引发水力不平衡。另外，一些老旧小区里面的管网布局缺乏合理性，存在迂回以及过长的管线，这不仅加大了水流的沿程阻力与局部阻力，还加重了水力失衡的现象。

（二）管道老化与腐蚀

随着岁月流逝，老旧小区供热系统的管道逐步老化，出现了腐蚀以及积垢等问题，内壁腐蚀积垢会导致管道的内部直径缩小，表面粗糙度上升，从而加大水流阻力，干扰流量分布，而且腐蚀也可能引发管道泄漏，进一步恶化整个管网的水力状态^[1]。图1为管道老化与腐蚀图片。



图1 管道老化与腐蚀

（三）热用户变化

随着时间的推移，老旧小区的建筑结构以及用途可能会发生变更，例如某些住户对房屋进行了改造或者增加了新的供暖设备等，这些变化导致了热用户热负荷需求的变动，而且又由于供热网络未能及时适应这些变化做出相应的调整，原有的水力平衡因此会被打乱。

（四）调节设备不完善

在老旧小区的供热系统里，常常会发现调节装置配备不足或者技术陈旧的问题，这些系统通常缺少高效的流量控制设备，例如平衡阀以及调节阀，因而难以实现对各个分支管道流量的精准调控，而且某些调节装置也会因长时间运作而出现严重磨损，导致其调节精度降低，不能有效地履行预期的调节功能^[2]。

（五）运行管理水平低

部分老旧住宅区的供热系统操作人员技能水平有限，对供热网络的水力平衡理解不足，也不具备相应的调节技巧，他们在运行期间往往无法依据实际的状况适时调整供热参数，对管网水力状态的监控也存在缺失，以至于难以迅速识别处理水力不平衡的问题。

二、水力平衡在供热系统中的重要性

（1）提高供热质量：达到水力平衡有助于保证供热系统内各个用户的流量的合理分配，确保每户均能达到预定的室温标准，解决供暖不均衡的问题，从而提升居民对供暖服务的满意度。

（2）节约能源：每个用户在实现了水力平衡的供热系统中会根据自身的需求获取热量，这种方式防止了由于供热不均衡引起某些用户的过量供热所导致的能量浪费，同时恰当的流量调控还能减少系统中循环泵的工作负荷，提升了整体的能效，从而助力于节能减排目标的达成。

（3）延长设备使用寿命：当系统内部出现水力不平衡时将会导致供热装置（例如泵和热交换器）的工作状况变差，从而加剧了设备的损耗并提高了故障发生的可能性，而实施水力平衡措施则能够使这些设备维持在最佳的工作条件下，从而降低维修的费用并延长其服务的年限。

三、老旧小区供热管网改造中实现水力平衡的技术措施

(一) 管网水力计算与优化设计

对于老旧小区区的供热管网更新改造项目，在初步准备期间准确的水力分析以及优化设计方案是确保后续改造顺利进行的基础，因此技术团队需要系统地搜集社区内所有相关的重要数据，例如每栋建筑物的具体热负荷值，不仅需要考虑到如建筑围护结构、方向、楼层数等固定的参数，还需要结合用户的日常用热行为及室内外温度波动等变动因子。技术团队通过利用专业的水力模拟工具可以精确地评估各个管道段的流量分配情况，比如通过循环计算根据各种运行条件下的热量需求，确认各管道段在设计流量下的速度是否符合标准区间，以防流速偏高引起噪音增大以及能量浪费，或者流速偏低造成水力不平衡的问题。

技术人员在确定管道直径时应严格依据水力计算的结果，避免依赖传统经验估算的方法，而针对原先管径较小且限制流量的分支管道，可以通过增大其直径来减少水流阻力，确保充足的热量能够传递到每个用户端。技术人员还需要全面审查管网的整体布局，找出那些迂回或者过长的管道段落，对于这些不合理的布局，技术人员可以采取优化路径的设计方案，削减不必要的弯曲以及长度，进而减少直管段以及局部段的阻力损失，使得整个供热系统的压力状况得更加合理，从而为后续的水力平衡调整提供有利的环境^[3]。

(二) 安装水力平衡调节设备

1. 平衡阀

平衡阀作为实现供热系统水力均衡的关键组件在旧住宅区供热网络更新改造项目中扮演了至关重要的角色，通过各个分支管道以及用户接入点恰当配置平衡阀可以精准地控制每条支路的水流，这是应对水力不平衡问题的有效策略，平衡阀主要分为静态与动态两种类型，二者在功能特性以及其应用场合方面有所不同。

静态平衡阀依靠人工调整开口度以改变局部阻力系数，从而达到流量分配的目的，它具有构造简易且价格经济的优势，适合应用于那些热负荷较为固定的供暖系统中，比如老旧小区里建筑物用途单一以及住户生活节奏相似的地方。技术员在安装过程中应依据管道网络的水力分析数据，并使用专门的流量测量工具，精确设置静态平衡阀的开启程度，保证每条支线都能达到预期的设计流量。动态平衡阀可以根据系统的实时压力以及流量变动自动调整阀门的位置，保持预设的流量不变，这类阀门特别适合于热负荷频繁变动的环境，例如旧城区内既有商业也有住宅的混合区，由于商业运营时间不固定，导致他们的热量需求会大幅波动。动态平衡阀配备的高度灵敏传感器可以迅速感知系统参数的变化，并立即做出相应调整，从而确保供热稳定，技术人员在选择安装此类阀门时必须考虑到其操作发热压力区间、流量

调控精度及其与其他管网组件的匹配性，以确保其性能得到充分的发挥。

2. 调节阀

调节阀在供暖网络中起到调整流量与压力的关键作用，它能满足各类用户的个性化供热需求，增强整个供暖体系的适应性与居住舒适性。技术人员将调节阀设置于热源位置可以依据外界气温的即时变动以及社区整体热负荷的变化情况，精确控制供热水流的流量以及温度，同时通过建立外界温度与供热参数之间的关系模型，并采用自动控制系统，调节阀可实现智能的质量调节以及数量调节。

于客户端装置调节阀可以让用户自行调控室内的温度，根据个人对舒适度的要求用户可通过调整阀门的开口大小来控制流入房间热量的多少，从而达到个性化的供暖效果，此方法不仅能够提升用户的取暖体验，还在节约能源方面起到了一定的作用。调节阀的选择应考虑到终端用户的需求以及管道系统中的压力状况，以保证其调节性能以及稳定性，另外技术人员在安装时还应对用户进行详细的指导，包括如何使用调节阀以及需要注意的事项，以此来增强用户的参与感与节能意识^[4]。

(三) 管道清洗与修复

长时间使用的老旧小区区供暖管道中，管道内部不可避免地会积累了大量的沉积物，同时还会因为腐蚀而变窄且表面变得更加粗糙，这对流体动力学状况造成了显著的影响，因此对管道进行清理与修复成为了改进供暖系统时必不可少的一部分。

管道的清洁工作可以通过化学处理与物理手段这两种方式进行。化学处理是使用专门设计的化学品，通过化学反应来分解管道内部的沉积物及腐蚀生成物，技术人员在进行化学处理之前必须分析管道内部沉积物的成分，挑选适合的化学品，并精确调控其浓度以及处理时长，以防引起管道的再次腐蚀，比如面对主要由碳酸钙构成的水垢时可以选择酸性溶液，而当遇到含有油脂的沉积物时则需要加入乳化剂等成分。在整个处理过程中，技术人员必须保证化学品在管道内部得到充分的循环，从而实现彻底的清洁。

物理方法主要包括使用高压水流冲洗以及机械刮除等技术：高压水流冲洗依靠高压水的冲击力，能够有效去除管道内部的污垢并将其清除，虽然这种方法高效且环保，但它对设备以及操作人员的技术要求相对较高。而机械刮除则是通过向管道中插入装有刮刀的装置，旋转以刮掉污垢，特别适用于直径较大且污垢坚硬的管道。

(四) 供热系统智能化控制

伴随着信息技术迅猛进步，智能控制系统的引入成为了旧住宅区供热系统提升改造不可或缺的方向，智能化供热管理依靠于在管网的关键位置布置温感器、压感器以及流速计等多种装置，达到对供热管网工作状态数据的即时与全面获取，此类感应器犹如供热体系的“感

知终端”，可以将网络内所有区域的温差、压力值及流速率等信息准确地传送至管理中心^[5]。

中心控制室装备了高效能的电脑程序，用于处理大量收集的数据并执行深入分析与智能化运算，通过应用前沿的算法模型并结合外界的气温以及用户的热量需求变动等参数，系统会自动制定出最优化的供热设施操作调控方案。比如，在检测到某个区域内住户室内温度过低的情况下，系统会自动对该区网络中的流速与压强等指标进行分析，以确定是否出现了流量不平衡或是其他的问题，如确认是由于流速不够引起的问题，系统即刻给源头处的调节阀以及该地区的平衡阀门发出指令，增加流量直到居住环境温度恢复至正常的水平^[6]。

（五）建立水力平衡调试与维护制度

实现供热管网水力平衡的决定性环节在于执行精准的调试工作，同时构建健全的保养体系也对于保持这种平衡具有长远的意义，一旦供热系统升级完毕，技术熟练的专业人员应当根据详细的水力学分析以及设计标准，利用精确的流速测量工具对各个分支管路实施细致的流量校正。

技术人员在调试阶段首先需要从热源出发，依次对各个分支管路以及用户接入点的平衡阀以及调节阀进行调校，根据设计规定的流速初步设置阀门开口放入大小，随后使用测量设备动态监控每条支线的流量，并将其与设计标准进行对比分析。当检测到任何流速差异时，技术人员应当遵循特定的调节准则与步骤，逐级精细调整阀门开口，直到所有支线的流速符合设计规范，从而达到系统的水力平衡。技术人员在调试期间应详尽记录每一个阀门的调整流程及其最终开口尺寸，这将为日后的保养工作与管理提供重要的参考^[7]。

四、案例分析

（一）工程概况

该老旧小区始建于20世纪80年代，其供热系统采用了树枝型布局，存在管径设计不科学、管道老化以及普遍的锈蚀积垢问题，社区内的一些住户室内温度偏高，不得不通过开窗来降温，造成了能源浪费，同时也有不少家庭室内温度过低，无法达到舒适生活的标准，针对上述问题，有关部门决定对该社区的供热管网实施升级与优化。

（二）改造方案

1. 管网水力计算与优化

技术人员对该社区的供热管网进行了详尽的水力分析，并依据各栋建筑的实际热量需求重新评估了管道直径，他们针对管径不足的10条分支管道进行了替换，增加了其直径，同时对于路径曲折或者长度过长的3段管道进行了优化处理，有效减少了总长度。

2. 安装水力平衡调节设备

工程师们在各个支路以及用户接入点总计设置了50个静态平衡阀门与30个动态平衡阀门，热源位置则配备

了电动调节阀以实现对照暖介质流速以及温度的自动化控制。

3. 管道清洗与修复

工程师们对社区内的全部供暖管道实施了化学清洁处理，清除了管壁上的沉积物与腐蚀产物，同时针对15段严重腐蚀的管道进行了替换作业，保障了管道系统的稳定运作。

4. 供热系统智能化控制

专业团队构建了一套智能监测体系，在供热网络的关键位置配置了测温仪、压强计以及流速计，实现了对管道系统运行状态的即时数据收集，同时控制中心依据所获取的信息，利用专用程序实现了对加热装置的自动化调整。

（三）改造效果

经过优化调节之后，通过对水力均衡的细致校准，各个用户端的流速分配实现了科学化配置，解决了供热不均衡的问题。该社区内全部住户的室内温度都符合预期标准，整体供暖品质大幅提升，而且凭借着智能控制机制的运作实现了根据需求供应热量，减少了系统能源消耗。根据数据统计结果，升级后的供热系统中，循环泵的耗电减少了百分之二十，能源的使用效率有了显著性地增强。

结语

水力均衡问题是在对老旧住宅区的供热管道进行更新时应当解决的一个复杂系统性的挑战，它涵盖了从管网规划到设备选型、施工安装及日常运维等多方面内容。通过分析了导致老旧住宅区供热系统中出现水力不均衡的原因后，我们建议相关单位可以采用如管网水力学计算和优化方案设计、部署水力调控装置、管道清理和维修、智能控制系统集成以及制定水力平衡测试与维护规程等多种技术手段来改善这一状况，从而提升供热效率，达成节约资源的目标。

参考文献

- [1] 王杰. 供热二次管网水力平衡智慧调节应用研究[D]. 青岛理工大学, 2023.
- [2] 郑立红, 周志华, 郭新川, 等. 供热管网水力平衡调节方法研究[J]. 暖通空调, 2023, 53(05): 140-145.
- [3] 李明龙. 电磁感应锅炉中的水力平衡与传热恶化研究[D]. 沈阳工程学院, 2023.
- [4] 王建国, 徐文晓. 集中供热管网的水力平衡优化[J]. 区域供热, 2023, (01): 53-59+84.
- [5] 刘建伟. 供热管网水力平衡调节的研究[J]. 区域供热, 2022, (03): 100-104+114.
- [6] 唐志炳, 陆王琳, 王次成, 等. 供热管网水力平衡调节技术综述[J]. 上海节能, 2021, (10): 1128-1133.
- [7] 李睿. 长春某集中供热管网设计与运行优化研究[D]. 东北电力大学, 2021.