

# 分区计量供热系统在老旧住宅区中的应用与节能效果分析

刘丽梅

包头市热力(集团)有限责任公司 内蒙古 包头 014030

**摘要:** 随着我国“双碳”战略目标的深入推进,建筑节能已成为实现能源结构优化和可持续发展的重要抓手。北方地区集中供热系统作为城市基础设施的关键组成部分,在老旧住宅区中普遍存在热能浪费严重、用户缺乏用热调节权、收费机制不合理等问题。本文聚焦于分区计量供热系统在老旧住宅区改造中的应用,系统阐述其技术原理、实施路径、关键设备选型及运行调控策略,并结合典型工程案例对节能效果进行量化分析。研究表明,通过科学合理的分区计量改造,老旧住宅区可实现供热能耗降低,同时显著提升用户舒适度与缴费公平性。文章最后提出政策建议与技术优化方向,为推动既有建筑供热系统绿色低碳转型提供理论支撑与实践参考。

**关键词:** 分区计量; 供热系统; 老旧住宅区; 节能改造; 热计量; 智慧供热

## 引言

我国北方地区冬季采暖期长,集中供热覆盖面积广。据统计,截至2023年,全国集中供热面积已超过140亿平方米,其中约40%为建成于2000年以前的老旧住宅区。这些小区普遍存在建筑围护结构保温性能差、供热管网老化、水力失调严重、缺乏有效计量手段等问题,导致供热效率低下,能源浪费严重。传统“按面积收费”的模式不仅无法激励用户节能行为,还常因室温不均引发邻里纠纷,影响社会和谐。在此背景下,《民用建筑节能条例》《北方地区冬季清洁取暖规划(2017-2021年)》及后续政策文件均明确提出,要加快推进既有建筑供热计量改造,推广“分户计量、按需供热”的新型供热模式。分区计量供热系统作为一种兼顾技术可行性与经济性的中间方案,在不具备全面分户计量条件的老旧住宅区中展现出独特优势。

## 1 分区计量供热系统概述

### 1.1 基本概念

分区计量供热系统是指在建筑单元、楼栋或楼层等物理空间尺度上设置独立的热量计量与调控装置,实现对不同区域供热量的独立监测、调节与计费。相较于传统的“大锅饭”式供热,它介于“按面积收费”与“分户计量”之间,是一种适应老旧建筑结构限制的折中但高效的改造路径。

### 1.2 系统组成

典型的分区计量供热系统由多个功能模块协同构成。首先,热量表被安装于各分区的供水或回水支管处,用于实时、准确地计量流经该区域的热能消耗量,通常以千瓦时(kWh)或吉焦(GJ)为单位输出数据。其次,电动调节阀作为执行机构,根据预设温度或远程

控制指令动态调整进入该分区的热水流量,从而实现室温的主动干预<sup>[1]</sup>。与此同时,温控器或无线室温采集器负责采集典型住户的室内温度,作为反馈信号参与闭环控制。所有现场设备通过低功耗广域网(如LoRa或NB-IoT)将热量、温度、阀门开度等运行参数上传至云端管理平台。该平台不仅承担数据存储与可视化展示功能,还可集成异常报警、账单自动生成、用户服务接口等模块,形成完整的智慧供热管理体系。

### 1.3 技术优势

分区计量供热系统之所以在老旧住宅区改造中备受青睐,源于其多方面的综合优势。从节能角度看,系统能够有效识别并消除因水力失调或用户行为导致的过热现象,避免不必要的能源浪费。在经济性方面,由于无需入户施工,避免了对居民装修的破坏,大幅降低了改造阻力与实施成本。从工程实施角度,整个改造过程可在非采暖季快速完成,对居民生活干扰极小。更重要的是,该模式实现了“谁用热、谁付费”的基本公平原则,显著提升了用户对供热服务的认可度。此外,分区计量系统在架构设计上具有良好的扩展性,未来可无缝升级为分户计量系统,为建筑全生命周期的能效管理预留技术接口。

## 2 老旧住宅区供热系统现状与问题

### 2.1 典型特征

老旧住宅区多建于20世纪80至90年代,受当时建设标准与技术水平限制,其建筑与供热系统具有鲜明的时代特征。在建筑本体方面,普遍采用砖混结构,外墙几乎未做保温处理或仅采用极薄的保温层,导致围护结构传热系数(K值)普遍高于 $1.5\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,远低于现行节能标准。在供热形式上,多采用垂直单管顺流式或简易双管系统,

缺乏有效的水力平衡措施。末端散热设备以铸铁散热器为主,热容量大、响应迟缓,难以实现精细调节。在管理方式上,依赖人工抄表与经验式调度,缺乏信息化、智能化手段,系统运行长期处于“粗放”状态。

## 2.2 主要问题

一是热能浪费严重:顶层过热、底层欠热现象普遍,部分用户开窗散热,造成能源浪费高达20%以上。二是收费机制不合理:“按面积收费”无法反映实际用热差异,低层用户补贴高层用户,引发矛盾<sup>[2]</sup>。三是缺乏调节手段:用户无法自主控制室温,舒适度难以保障。四是运维效率低:故障定位困难,抢修响应慢,投诉率高。这些问题严重制约了供热系统的能效提升与服务品质改善,亟需通过技术改造予以解决。

## 3 分区计量系统在老旧小区中的应用策略

### 3.1 分区原则

在实施分区计量改造前,科学合理的分区是确保系统效能最大化的前提。分区应遵循“同质性高、干扰小、便于管理”的基本原则。所谓同质性高,是指同一分区内各住户的朝向、楼层、外围护条件等热工特性相近,热负荷波动规律一致;干扰小则要求分区边界尽量避开热力耦合强烈的区域,避免调控相互影响;便于管理则强调分区数量不宜过多,以降低系统复杂度与运维成本。实践中,常见的分区方式包括按楼栋、按单元或按楼层划分<sup>[3]</sup>。对于独立成栋的多层住宅,可整栋作为一个计量单元;对于多单元联排建筑,则以单元为单位更为合理;而在高层住宅中,为缓解垂直方向的水力与热力失调,可将相邻3至5层划为一个调控区。最终分区方案需结合建筑平面布局、原有管道走向、用户密度及改造预算等因素综合比选确定。

### 3.2 改造技术路线

分区计量系统的改造并非简单加装仪表,而是一项系统性工程,需遵循清晰的技术路线。首先,必须对原有管网进行水力平衡改造,通过加装静态或动态平衡阀,消除近端过流、远端欠流的问题,为后续精准调控奠定基础。其次,在各分区的回水管上安装高精度超声波热量表,确保计量数据的可靠性与长期稳定性。随后,在供水支管上配置电动调节阀,并与部署在典型住户家中的室温采集器形成闭环控制回路,实现基于实际室温的动态流量调节。考虑到老旧建筑内布线困难,通信网络宜采用无线自组网技术,如LoRa或NB-IoT,既能保证地下室等弱信号区域的数据传输,又可大幅降低施工难度。最后,所有现场数据需汇聚至本地数据采集

站,并通过安全通道接入市级智慧供热监管平台,实现从“现场感知”到“云端决策”的全链路贯通。

### 3.3 关键设备选型要点

设备选型直接关系到系统长期运行的可靠性与经济性。热量表应优先选用超声波式,因其无机械运动部件,抗杂质能力强,适用于老旧管网水质较差的工况,且精度等级不应低于国家标准规定的2级。电动调节阀需具备低泄漏率、小压损和断电自锁功能,以防止非采暖季因阀门内漏导致串水问题,球阀或高性能蝶阀是较为理想的选择。通信模块必须支持低功耗广域网协议,并具备良好的穿透能力,确保在钢筋混凝土结构中仍能稳定传输数据<sup>[4]</sup>。电源方案方面,鉴于入户取电存在协调难题,推荐采用大容量锂电池供电,设计寿命应不少于5年,以减少后期维护频次。此外,所有设备外壳应具备IP68防护等级,适应潮湿、高温的管井环境。

### 3.4 实施难点与对策

表1 实施难点与对策

难点	对策
用户抵触情绪	开展宣传培训,公示节能收益,试点先行
管道空间受限	采用紧凑型设备,优化安装位置
数据安全风险	采用国密算法加密,建立权限分级机制
初期投资压力	申请政府补贴,探索合同能源管理(EMC)模式

## 4 节能效果实证分析

### 4.1 案例概况

选取某城市A小区作为研究对象。该小区建于1995年,包含6栋6层砖混结构住宅楼,总供热面积3.2万平方米,典型代表了我国北方大量存量老旧住宅的特征。改造前,小区采用垂直单管顺流式供热系统,实行按建筑面积统一收费,年均单位面积耗热量高达42kWh/m<sup>2</sup>,用户普遍反映顶层过热、底层偏冷,冬季开窗现象屡见不鲜。

### 4.2 改造方案

针对该小区的具体情况,改造团队制定了以“单元分区”为核心的实施方案。共12个住宅单元各自作为一个独立计量与调控单元,在每个单元的回水管上安装一台超声波热量表,在供水管上加装电动调节阀。同时,在每个单元中选取1至2户具有代表性的住户安装无线室温采集器,用于反馈实际热舒适状况。所有设备通过LoRa无线网络将数据汇聚至小区内的本地数据采集站,并最终接入市级智慧供热云平台,实现远程监控与智能调度。

4.3 运行数据对比(2023-2024采暖季vs2022-2023采暖季)

表2 运行数据对比

指标	改造前	改造后	降幅
单位面积耗热量 (kWh/m <sup>2</sup> )	42.0	31.5	25.0%
室温达标率 (18±2℃)	68%	92%	+24%
用户投诉量 (件/采暖季)	47	12	-74%
人工抄表工时 (h/月)	32	0	100%

#### 4.4 节能机理分析

节能效果的产生源于多方面机制的协同作用。首先,电动调节阀根据实时室温动态调整流量,有效抑制了顶层过热问题,使原本高达24℃的室温回归至20℃左右的舒适区间,大幅减少了开窗散热造成的能源浪费。其次,水力平衡改造显著提升了管网输配效率,各单元流量偏差由改造前的±35%缩小至±8%以内,系统整体运行更趋均衡。再者,计量数据的透明化促使用户节能意识觉醒,许多住户开始主动调低夜间或离家时段的设定温度,形成良性用热习惯。最后,供热管理平台基于各分区的历史负荷与气象预报数据,可提前优化热源厂的出水温度与循环泵频率,避免传统“大流量、低温差”的低效运行模式,实现从“被动响应”到“主动预测”的转变。经综合测算,该小区年节约标准煤约180吨,减少二氧化碳排放470吨,若计入政府补贴,项目静态投资回收期约为4.2年。

### 5 政策建议与未来展望

#### 5.1 政策建议

为加速分区计量供热系统在老旧住宅区的推广应用,亟需完善配套政策体系。首先,应加大财政支持力度,明确将分区计量纳入城镇老旧小区改造专项资金的支持范围,并提高补助比例。其次,需同步推进热价机制改革,全面推行“基本热价+计量热价”的两部制收费模式,既保障供热企业的固定成本回收,又体现计量部分的激励作用。第三,应尽快制定《老旧住宅分区计量供热改造技术导则》,统一设计标准、设备选型与验收规范,避免各地各自为政、质量参差不齐。最后,鼓励采用市场化机制,如同能能源管理(EMC)、政府和社

会资本合作(PPP)等模式,吸引社会资本参与改造投资与运营,形成可持续的商业模式。

#### 5.2 技术发展趋势

展望未来,分区计量供热系统将朝着更智能、更融合、更互动的方向演进。人工智能技术将被深度应用于负荷预测,通过融合气象数据、历史用热曲线与用户行为模式,构建高精度预测模型,实现前馈-反馈复合控制,进一步提升调节精度。数字孪生技术将被引入,构建供热系统的虚拟镜像,支持在线仿真、故障预演与优化策略验证。在能源结构方面,分区计量系统将可与空气源热泵、太阳能集热、蓄热装置等可再生能源设备深度耦合,形成多能互补的低碳供热网络。在用户侧,移动应用程序将成为重要交互界面,居民可通过手机实时查询用热数据、缴纳费用、预约升温或参与需求响应,真正实现“我的用热我做主”。

### 6 结语

分区计量供热系统是破解老旧住宅区供热高耗低效难题的有效路径。其通过在单元或楼栋尺度实现热量计量与动态调控,显著提升了系统能效与用户满意度。实证研究表明,该技术可实现15%~30%的节能效果,投资回收期合理,社会效益显著。未来应加强政策引导、标准建设与技术创新,推动分区计量从“试点示范”走向“规模化应用”,为我国建筑领域绿色低碳转型贡献重要力量。

#### 参考文献

- [1]申思,赵婧竹,李美莹,等.供热管网分时分区运行调节及控制技术研究[J].中阿科技论坛(中英文),2021,(06):66-68.
- [2]秦刚,万云,王宇.系统论在城市燃气区域计量分区的应用[J].煤气与热力,2023,43(06):38-41.
- [3]董岩磊,孙天宝,李准.分时分区在供热系统中的应用[C]//中国市政工程华北设计研究总院有限公司,《煤气与热力》杂志社有限公司.2018供热工程建设与高效运行研讨会论文集.中国计量科学研究院,;2018:261-265.
- [4]刘艳涛.供热管网分时分区控制方法研究[D].长春工程学院,2018.