城市集中供热系统节能优化探析

柳玉婵

天津市静海城市基础设施建设投资集团有限公司–天津市静海区科慧热力有限责任公司　天津　301600

摘　要：城市集中供热系统运行过程中存在全流程能耗损耗问题，设施老化、调控粗放、供需匹配度不足等问题持续拉低供热用能效率。现有供热体系的节能改造多局限于单一环节，难以实现全域能耗的系统性管控。文章梳理供热系统全链条运行特征，从热源生产、管网输配、终端用能及智能调控多个维度，搭建全方位的节能优化体系，落实设备精细化调控、管网提质改造、清洁能源耦合及智慧调度等实操技术。相关技术方案可有效削减供热各环节无效能耗，提升供热系统运行精度与能源利用水平，为城市供热节能提质提供可靠的技术支撑。

关键词：集中供热；能耗优化；管网改造；智能调控；清洁能源

引言：集中供热是城市民生保障与建筑采暖的核心基础设施，运行能效直接关系城市能源利用效率与低碳建设水平。城镇化建设进程持续推进，城市供热覆盖范围不断扩大，建筑采暖负荷逐年提升，传统供热运行模式的弊端逐步凸显。粗放式运行管控、老旧设施损耗、能源结构单一、动态调控能力不足等问题，造成大量热能浪费与能源消耗。依托多维度技术手段优化供热系统运行模式，补齐各环节能耗短板，提升供热精细化与智能化运行水平，成为城市供热行业提质降耗的重要发展方向。

1 城市集中供热系统构成与能耗概况

1.1 集中供热系统基本组成架构

城市集中供热系统是覆盖城市建成区的规模化热能供给体系，依托固定设施完成热能生产、输送与终端释放全流程运转。系统整体分为热源生产、管网输配、终端用热三个核心板块，各板块形成连贯的热能传递链路。热源生产板块承担热能转换与输出功能，通过各类供热设备将能源转化为稳定热能。管网输配板块依托多级管道网络实现热能远距离输送，覆盖城市不同区域的用热场景。终端用热板块面向居民与公共建筑，完成热能释放与室内温度调节，满足建筑采暖的基础需求。各结构板块独立运行且深度联动，构成城市集中供热的完整载体。

1.2 供热系统全流程能耗分布与基础问题

城市集中供热的能耗损耗贯穿热能生产、输送、终端使用全流程，各环节能耗占比存在明显差异。热源生产环节能耗主要来自设备能源消耗与热能转换损耗，设备运行参数偏差会持续增加无效能源消耗。管网输配环节是热能损耗的主要场景，管道散热、水力失衡引发的流量异常会造成大量热能流失，老旧管网的结构老化会进一步放大损耗幅度。终端用热环节能耗问题集中于用热调控无序，建筑用热需求与供热供给匹配度不足，造成热能浪费。当前供热系统普遍存在调控精细化程度不足、设施适配性偏弱、运行模式固化等问题，整体用能效率处于偏低水平。

2 热源端节能优化技术措施

2.1 热源设备运行参数精细化调控

热源设备的运行状态直接决定供热系统整体能耗水平，传统粗放式参数调控模式难以适配动态变化的用热需求，会产生大量无效能耗。精细化参数调控依托设备运行机理与热能转换规律，对供水温度、回水温度、运行压力、设备负荷等核心参数进行精准校准与动态调节。结合不同时段的城市整体用热负荷波动，适配设备额定运行区间调整工作状态，让设备始终处于高效运行工况。依托实时运行数据修正参数偏差，规避设备超负荷运行、低负荷空转等低效运行状态。通过参数精准管控提升热能转换效率，压缩热源生产环节的无效能源消耗，夯实系统节能运行的基础条件。

2.2 多热源协同供热运行模式优化

单一热源供热模式负荷调节区间固定，运行调控方式较为被动，难以适配现代化城市复杂的采暖用热格局，面对城区大面积、差异化的建筑用热需求，极易出现片区供热配比失衡，造成局部供热过剩与供热不足并存的能耗矛盾。多热源协同供热模式可整合城市范围内各类常规与备用供热资源，结合不同热源机组的设备额定效率、有效供热半径、能耗特性及运行成本，科学划

分各热源的基础负荷与调峰负荷[1]。系统结合城区建筑密度、楼栋保温性能、区域人口采暖需求差异，动态分配各热源的实时供热出力，让各机组始终处于高效负荷运行区间。通过智能平台统一统筹各热源的启停时序、负荷升降幅度与运行时长，缓解单一热源长期满负荷高能耗运行的压力，依靠不同热源的性能优势互补补齐供热短板。该运行模式能够显著提升热源系统的负荷适配能力与运行灵活度，有效降低热源整体供热能耗，大幅提升城市集中供热系统的整体运行稳定性与节能效益。

2.3 清洁能源耦合热源低碳改造方案

传统燃煤、燃气等化石热源长期存在能源转换效率偏低、运行能耗偏高、碳排放总量较大的问题，难以适配当下城市供热低碳化、节能化的发展要求，清洁能源耦合改造成为供热系统转型升级的核心技术路径。依托太阳能光热、浅层地热能、空气能等清洁可再生能源的供热优势，搭建传统常规热源与清洁能源互补耦合的复合型供热体系，打破单一化石能源供热的固有局限。结合城市地域气候特征、地质资源条件与建筑采暖负荷特征，匹配适配性较强的清洁能源供热模块，将清洁能源转化的稳定热能接入原有供热管网，有序替代部分化石能源供热负荷。针对性优化清洁能源模块与传统热源的衔接控制结构，通过储能调峰、负荷联动调控等方式，化解清洁能源供能间歇性、波动性的短板，保障全域供热温度与流量的稳定输出。持续优化供热能源配比结构，逐步降低化石能源消耗占比，有效削减热源生产环节的无效能耗与污染物排放，同步实现供热系统运行能耗降低与低碳环保的双重提升。

3 供热管网与用户终端节能优化方案

3.1 管网水力平衡调试与输配热损耗管控

供热管网水力失衡是引发输配能耗偏高的核心因素，管网各支路流量分配不均会造成近端供热过量、远端供热不足的问题，衍生大量无效热能损耗。水力平衡调试依托管网流体运行特性，对全网各支路、各楼栋的流量与压力参数进行系统性校准。通过调节管网阀门开度、优化管路流量配比，消除管网水力失调工况，实现全网流量均匀分配[2]。结合管网实时运行数据建立动态管控机制，跟踪不同供热周期的水力状态变化，及时修正流量偏差。稳定的水力工况可以减少管网循环泵的无效能耗，降低热能在输送过程的不均衡损耗，提升管网输配环节的能源利用效率。

3.2 老旧管网提质改造与保温防漏优化

服役年限较长的城市老旧供热管网普遍存在管道外壁腐蚀、内层结垢、保温层老化破损、接口密封构件失效等病害，长期运行过程中会产生严重的管道散热、介质渗漏与输水阻力增大等问题，是管网输配能耗居高不下的核心诱因，严重制约整体供热节能水平提升。老旧管网提质改造工作聚焦低效、破损、高危管段开展精准更换，采用新型耐高温、耐腐蚀、低阻力的专用供热管材替代传统老旧管道，从硬件层面优化管网输配性能。对全线管网保温体系进行系统性升级，彻底更换粉化、脱落、受潮的老旧保温材料，对管网弯头、阀门、接口等散热薄弱部位加厚保温结构，全面封堵散热缝隙。同步完善管网密封防护与防渗体系，修复各类渗漏点位，杜绝供热介质流失引发的热能损耗与资源浪费。改造完成后的管网结构稳定性、保温隔热性能与输配效率显著提升，可长期稳定压缩输配环节固定能耗损耗，有效延长供热管网高效安全运行周期。

3.3 分户计量调控与终端用能效率优化

城市传统集中供热采用统一供暖、统一定量的供热模式，缺乏精细化终端用热管控机制，用户无自主调控权限、无能耗约束标准，多数建筑存在室内温度过高、开窗散热、间歇无人仍持续供热等浪费现象，终端用能效率始终处于较低水平[3]。分户计量调控技术依托高精度分户供热计量装置，实时采集单户、单栋建筑的用热流量、用热时长与耗热总量，实现终端用热数据的精细化、量化统计与独立管控。配套搭建终端自主调控体系，用户可结合室内实际温度、人员停留时长自主调节采暖设备运行状态，精准匹配个性化采暖需求。运维人员依托海量终端计量数据梳理不同楼栋、不同户型的用热规律，针对性优化片区终端供热供给参数，让供热输出完全贴合实际用热需求。标准化的分户计量管控模式能够有效规范用户用热行为，大幅减少无意义热能消耗，彻底解决终端供热供需错位引发的能耗浪费，全方位提升供热末端的精细化用能水平。

4 供热系统智能化节能调控策略

4.1 热负荷预测下的动态供热调控

城市各类建筑的采暖热负荷具备鲜明的时段性与季节性波动特征，昼夜温差变化、季节交替、住户入住率波动都会持续改变整体用热需求，传统固定参数供热模式无法适配动态化负荷变化，极易造成供热冗余和无效能耗增加。依托大数据挖掘技术与长期累积的全域供热历史数据，构建高精度、适配性强的热负荷智能预测模型，纳入建筑结构属性、墙体保温性能、片区入住率、供热运行周期等多重核心影响因子，精准预判短周期、

中周期的城市整体热负荷波动趋势[4]。运维系统依托预测结果提前调整热源机组供热出力与管网输配流量、温度参数，让供热系统能量输出实时贴合全域终端用热需求。有效规避人工经验调控存在的滞后性、盲目性问题，实现供热供给与终端用热需求的精准适配，从热源源头遏制超额供热问题，全面提升供热系统智能化节能运行水平。

4.2 全网水力平衡智慧调度实施

传统人工管网调度模式响应速度慢、调控精度低，难以适配大规模城市供热管网的动态工况变化。全网智慧水力调度依托物联网感知设备，实时采集管网全网的压力、流量、温度运行数据，构建全域可视化管网运行监测体系。依托智能调度算法分析管网水力工况波动规律，自动识别水力失衡、管路拥堵、工况异常等问题。系统根据工况偏差自动生成调控方案，联动智能阀门、变频循环泵等设备完成自主调节，实现全网水力状态的持续均衡稳定。智慧调度模式可实现管网工况的全天候精准管控，大幅降低人工调度误差，持续压缩管网输配能耗。

4.3 气象补偿与分时分区精准调节机制

室外气象条件是影响建筑采暖热负荷波动的核心外部变量，环境温度、室外风速、日照时长、空气湿度的实时变化，会直接改变建筑散热速率与采暖需求，固定化的供热参数难以适配气象动态变化，造成供热能耗浪费与采暖舒适度不足的双重问题。气象补偿调控机制依托高精度气象监测设备，实时抓取全域气象数据并联动供热智能调控系统，根据气象参数波动幅度自动修正管网供水温度、循环流量等核心运行指标[5]。结合城区不同片区的建筑布局、楼栋间距、容积率、保温性能差异，划分独立的精细化供热调控单元，搭建分时分区精准供热体系。针对不同时段、不同片区的气象特征与用热负荷差异开展差异化调控，彻底消除片区供热不均、昼夜供热冗余等问题，推动城市集中供热系统实现全时段、全区域的精准化节能运行。

5 供热系统节能优化总结与长效保障

5.1 全环节节能优化技术总结

本次优化体系覆盖城市集中供热全运行链条，形成从源头生产、中间输配到终端用热的全方位节能技术方案。热源端通过参数精细化调控、多热源协同运行、清洁能源耦合改造，提升热能转换效率，优化供热能源结构。管网与终端环节依托水力平衡调试、老旧设施改造、分户计量调控，降低输配损耗与终端用热浪费。智能化调控依托热负荷预测、智慧全网调度、气象分区调节，实现供热系统的动态精准运行，补齐传统供热模式精细化不足的短板。多维度技术手段相互配合，构建起全流程、多层次的供热节能优化体系。

5.2 供热系统节能运行长效保障思路

供热系统节能效果的稳定落地需要长效运行机制提供支撑，依托全环节技术优化体系搭建常态化运维管控模式。建立供热设施常态化巡检与养护机制，定期校准调控设备、检修管网设施、更新老化构件，维持系统长期高效运行状态。搭建供热数据常态化监测分析体系，持续积累运行数据，迭代优化节能调控算法与技术方案。完善供热运维人员技术培训体系，强化一线人员智能化设备操作与节能运维能力，让各类节能技术措施常态化落地应用，持续稳固供热系统节能运行成效。

结束语：城市集中供热系统的节能提质依托全环节、多层次的技术改造与模式优化实现效能提升。热源端结构升级、管网与终端设施改造、智能化调控体系落地，可全方位解决传统供热模式的能耗短板，有效改善供热供需失衡、能耗损耗过高的现状。常态化设施运维、数据迭代优化与人员技术赋能的配套机制，能够稳固各类节能技术的落地成效，持续提升城市集中供热系统的节能性、稳定性与经济性，助力城市供热体系长效高效运行。

参考文献

[1] 马青有. 智慧城市区域集中供热能效优化与调度研究 [J]. 智能城市,2025,11(10)：127-130.

[2] 齐本明, 高国庆. 城市建筑集中供热采暖节能技术应用研究 [J]. 智能建筑与工程机械,2025,7(7)：117-119.

[3] 刘雅斌, 董妍, 梁言凯, 等. 面向集中供热系统的数据融合与智能调控平台构建研究 [J]. 中外能源,2026,31(7)：95-100.

[4] 孔令瑶. 北方采暖区集中供热系统建筑节能改造路径分析 [J]. 建材发展导向,2026,24(14)：130-132.

[5] 李丹丹. 探讨集中供热系统的节能优化 [J]. 四川建材,2024,50(3)：220-222.