

集中供热节能降耗措施浅析

宋胜利¹ 张庆涛¹ 白晓东² 杨 军²

1. 沈阳国润低碳热力有限公司 辽宁 沈阳 110000

2. 国惠环保新能源有限公司 辽宁 沈阳 110100

摘要: 集中供热作为北方城镇冬季供暖的主要方式,其能耗占建筑总能耗的40%以上,是能源消费与碳排放的重点领域。基于此,本文从集中供热能耗的典型问题入手,对集中供热节能降耗措施进行了分析,提出了热源端、热网端以及用户端三个方面的集中供热节能降耗的关键措施,为供热行业低碳发展提供理论参考与实践路径。

关键词: 集中供热; 节能降耗; 措施

引言

随着“双碳”目标的深入推进,供热行业面临节能降耗与绿色转型的双重压力。而传统供热系统存在热源效率低、管网热损大、末端调节粗放、用户节能意识薄弱等问题,导致能源浪费严重、运行成本高企。因此,深入对集中供热节能降耗措施的研究具有重要的现实意义。

1 集中供热能耗的典型问题

当前,热网失衡、设备老化与余热浪费是制约集中供热节能降耗的三大典型问题。(1)热网失衡表现为水力失调与热力失调的双重矛盾,水力失调导致部分支路流量偏离设计值,近端用户流量过大、末端用户流量不足,引发“近热远冷”现象。而热力失调则因温度控制不精准,造成用户室内温度波动或区域性过热/过冷。这种失衡不仅迫使供热企业通过“大流量、小温差”的运行模式补偿,导致水泵电耗增加30%以上,还因过度供热造成10%-15%的热能浪费,形成“用户抱怨低温、系统整体过热”的悖论。(2)设备老化问题集中体现在锅炉、换热器及管网等关键设施上^[1]。首先,传统燃煤锅炉因燃烧效率低、自动化程度差,热效率普遍低于75%,远低于现代燃气锅炉90%以上的水平。其次,换热器因结垢、腐蚀导致传热系数下降,需通过提高供水温度维持供热量,进一步加剧热损。最后,地下管网因保温层破损、埋深不足等因素,热损失率可达15%-20%,且泄漏点隐蔽性强,长期运行导致水资源与热能双重浪费。(3)余热浪费则源于供热系统与工业、生活领域的能源梯级利用脱节。工业生产中的高温烟气、冷却水余热,以及数据中心、地铁等公共设施的废热,因缺乏高效回收技术或跨领域协同机制,直接排放至环境中。此外,建筑供暖末端如散热器、地暖的回水温度较高,若未通过热泵等技术进行余热提质,这部分低品位热能同样无法被二次利用。

2 集中供热热源端节能降耗措施

2.1 高效热源技术应用

高效热源技术应用是集中供热系统实现节能降耗、提升运行品质的核心环节,其核心在于通过清洁能源替代、传统热源升级及多能互补耦合三大路径,全面推动能源利用方式转型与利用效率跃升。(1)在清洁能源替代方面,以低碳、零碳能源逐步替代高排放、低效率的传统化石能源,从供给侧优化热源结构,降低供热系统对传统能源的依赖,减少污染物排放与碳足迹,推动供热体系向绿色低碳方向转型。(2)在传统热源升级方面,通过对现有锅炉、换热站、燃烧系统及循环输配装置进行技术改造,优化燃烧控制逻辑,提升换热效率,降低热损耗与无效能耗,强化设备运行稳定性与调控精度,使传统热源在满足供热负荷需求的前提下实现能效大幅提升。(3)在新能源耦合方面,推动多种清洁能源与可再生能源协同集成,构建多能互补、梯级利用的复合热源体系,通过不同能源形式的优势互补与动态匹配,增强热源供给的稳定性、灵活性与经济性,提升系统对波动负荷与极端工况的适应能力^[2]。(4)高效热源技术的应用还强调全流程能效管控,从燃料制备、能量转换、热量输送到末端调节,实现各环节效率最优与损耗最低,通过精准负荷预测、智能调节控制与动态运行优化,使热源输出与实际用热需求高度匹配,避免过量供热与能源浪费。

2.2 智能热源调度

(1)智能热源调度以实时感知数据为基础,通过在热源厂、换热站、主干管网及用户末端部署高精度传感设备,持续采集供回水温度、压力、流量、环境温度、设备运行状态等关键参数,依托高速通信网络实现数据全域互通与集中汇聚,为调度决策提供真实、连续、可靠的数据支撑。(2)在此基础上,结合气象预测、历史运

行数据、建筑热工特性与区域用热规律,建立高精度热负荷预测模型,通过大数据分析与机器学习算法对未来时段用热需求进行精准预判,实现从被动响应向主动预判、从经验调度向科学调度的转变。(3)智能调度系统具备多目标优化决策能力,能够综合考虑能耗指标、运行成本、环保要求、供热稳定性与用户舒适度等多重约束条件,自动生成最优调度策略,对热源输出功率、循环泵转速、阀门开度、换热站运行参数进行统一协调与动态调节,确保热源出力与实际负荷高度匹配,避免过量供热、欠温供热及系统水力失调等问题。(4)在多热源联合运行模式下,智能调度可实现各热源之间的负荷合理分配与协同联动,根据不同热源的能效特性、燃料成本与响应速度优化运行组合,优先启用高效低耗热源,动态调整各热源承担负荷比例,提升整体系统能效水平。同时,智能热源调度具备异常工况识别与应急处置能力,能够通过实时数据比对与趋势分析快速定位管网泄漏、设备故障、压力异常等潜在风险,自动触发预警信息并生成应急调节方案,保障系统在复杂工况下持续稳定运行。

3 热网端节能降耗措施

3.1 管网优化与改造

一方面,在管网布局优化上,结合区域热负荷分布、热源位置及未来发展规划,对原有管网走向、管径配置与连接方式进行科学调整,消除不合理的管网迂回、交叉与冗余环节,构建水力工况均衡、输送路径顺畅的管网体系,减少局部阻力损失与无效输送能耗,提升整体输配效率。例如,针对老旧管网存在的泄漏、腐蚀、保温失效等问题,开展针对性更新改造,更换性能衰退的管道与配件,采用高强度、耐腐蚀、长寿命的新型管材,从根本上提升管网密闭性与结构安全性,降低因泄漏造成的直接热损失与水资源浪费。并且,强化管网保温系统升级改造,选用导热系数低、防水性能好、耐久性强的保温材料,优化保温结构设计,确保管道、阀门、补偿器、支吊架等关键部位保温完整严密,最大限度减少管道在输送过程中的散热损失,提升热能输送利用率^[3]。另一方面,在水力平衡调节上,通过加装精准调节阀门、动态流量控制器与压力平衡装置,结合专业水力计算与现场调试,实现全网水力工况均衡,消除冷热不均、近端过热、远端欠热等失调现象,使热量分配与实际用热需求相匹配,避免因调节不当造成的能源浪费。另外,在管网改造过程中同步完善监测与监控设施,部署温度、压力、流量等在线监测设备,实现管网运行状态实时感知与数据传输,为后续智能调控、故障诊断与能耗分析提供数据支撑。

3.2 智慧热网系统

智慧热网系统是集中供热领域实现精细化管理与智能化升级的核心载体,其构建依托物联网、大数据、数字孪生等前沿技术,形成覆盖管网全生命周期的智能管控体系。(1)物联网与大数据驱动的管网监控平台通过在热力站、管网节点及用户端部署高精度传感器,实时采集温度、压力、流量等运行参数,并利用无线通信技术将数据上传至云端。结合大数据分析算法对海量数据进行清洗、挖掘与关联分析,生成管网热损分布图、水力平衡状态图及能耗趋势曲线,为调度决策提供数据支撑,并通过机器学习模型预测不同工况下的管网运行状态,提前调整供热参数以应对负荷波动,避免因调节滞后导致的能源浪费。(2)数字孪生技术通过构建与物理管网完全映射的虚拟模型,集成热力学、流体力学等仿真算法,模拟不同气候条件、用户需求及设备状态下的热网运行过程^[4]。在虚拟空间中测试调度策略的可行性,优化水泵启停组合、阀门开度及热源分配方案,将实际运行中的试错成本降至最低,同时通过对比虚拟模型与实际数据的偏差,动态修正模型参数,确保模拟精度随系统运行持续优化,为热网长期稳定运行提供预测性保障。(3)故障预警与主动维护系统基于设备状态监测与健康诊断技术,通过分析传感器采集的振动、噪声、温度等特征参数,结合故障特征库与模式识别算法,实时评估管网设备(如水泵、阀门、换热器)的健康状态。当检测到异常趋势时立即触发预警,并通过根因分析定位故障点,生成包含维修方案、备件清单及安全措施为维护工单,指导运维人员快速处置。此外,该系统还能根据设备历史运行数据与故障记录,预测剩余使用寿命,制定预防性维护计划,避免非计划停机对供热连续性造成影响,通过从“事后维修”向“事前预防”的转变,延长设备使用寿命,降低全生命周期运维成本。

4 用户端节能降耗措施

4.1 建筑节能改造

用户端节能降耗是集中供热系统降低整体能耗的关键环节,其核心在于通过建筑本体节能改造、智能温控设备普及及用户行为引导三方面协同发力,实现从被动供热向主动节能的转变。(1)建筑节能改造聚焦于围护结构性能提升与生态优化,其中,外墙保温通过增设岩棉、聚苯板等高效保温材料,结合外墙外保温系统或自保温砌块技术,将建筑传热系数降低至 $0.5\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 以下,减少30%至40%的热量散失。而节能门窗则采用断桥铝合金型材与Low-E中空玻璃,配合密封胶条与多点锁闭装置,有效阻断空气渗透与热传导,其气密性、水密性

及保温性能较传统门窗提升50%以上。(2)气候补偿器根据室外温度变化自动调整供水温度,避免因环境温度波动导致的过度供热或供热不足,其动态调节功能可使锅炉运行效率提升8%至12%,分户温控装置允许用户根据室内需求设定温度。当室温达到设定值时自动关闭阀门或降低循环水量,实现用多少热供多少热,结合物联网技术还可实现远程调控与能耗监测,为后续精细化管理提供数据支撑。(3)行为节能引导通过制度设计与激励机制改变用户用能习惯,用户端能耗公示制度将建筑能耗数据可视化,通过楼宇大屏、手机APP等渠道向用户展示实时用热量、费用及排名信息,利用社会比较效应激发用户节能意识,激励机制通过峰谷热价、节能奖励等经济手段引导用户错峰用热^[5]。

4.2 末端设备升级

(1)高效换热器采用波纹管、波纹板等强化传热结构,结合纳米流体等新型传热介质,在相同换热面积下将传热系数提升20%至30%,并且通过优化流道设计减少流体阻力,降低循环水泵电耗。(2)智能温控阀则集成高精度温度传感器与电动执行机构,根据室内温度实时调节阀门开度,实现“按需供热”。其动态响应时间小于30秒,温度控制精度达 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,避免因过度供热导致的能源浪费。(3)低温供热技术通过大温差小流量模式优化系统运行参数,将供水温度从传统 85°C 至 95°C 降低至 60°C 至 70°C ,回水温度从 50°C 至 60°C 降至 40°C 至 50°C ,通过增大供回水温差至 20°C 至 30°C 减少循环水量,在保持相同供热能力的前提下降低水泵功耗30%至40%。另外,低温运行还可减少管网热损失10%至15%,延长管道使用寿命,配合低温水散热器、地暖等末端装置,在满足用户舒适度需求的同时降低系统整体能耗。(4)余热回收

装置通过捕捉末端排放的废热实现能源二次利用,散热器排风热回收装置在用户端通风系统中增设板式换热器或热管换热器,将排风中的余热转移至新风。在冬季可预热新风温度 10°C 至 15°C ,减少空调或供热系统对新风加热的能耗;对于采用机械通风的建筑,其新风加热能耗可降低25%至30%。通过优化换热器流道设计提高余热回收效率,确保排风与新风无交叉污染,保障室内空气质量。

结语

综上所述,热源端通过智能调度实现清洁能源高效利用,热网端依托智慧系统降低管网损耗,用户端通过建筑改造与行为引导减少需求,三者形成“供给-输送-消费”全链条节能闭环。未来,随着5G、人工智能等技术的深度融合,集中供热系统将向“智慧化、低碳化、精细化”方向加速演进,通过数据驱动决策、算法优化运行、用户主动参与,实现能源利用效率与供热服务质量的双重提升,为构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系贡献力量。

参考文献:

- [1]古广磊.供热系统的自动化控制与节能降耗措施[J].工程技术研究,2021,6(14):2.
- [2]杜野.供热系统的自动化控制与节能降耗分析[J].中国设备工程,2020(13):3.
- [3]武小斌,蔡春雷.浅谈锅炉房供热系统节能降耗的几点措施[J].科学中国人,2021(11):123.
- [4]周永阳,彭良德.城市集中供热运行管理的节能降耗措施分析[J].国际建筑学,2021,30(9):120-122.
- [5]黄平平,高新勇,郑立军,等.“互联网+”智能供热系统在集中供热中的研究与应用[J].工业技术创新,2021,08(01):84-89.