

# 供热节能技术在集中供热系统中的应用

孙鸿 安萍

天津市瑞成热力有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i11.17502

**[摘要]** 集中供热系统节能改造是推动城市能源可持续发展的关键路径。本文系统剖析热源、热网、热用户三大环节能耗特征,发现锅炉排烟、管网及建筑热耗散是提升能效的关键瓶颈。随后,分类阐述高效燃烧、余热回收等节能技术原理与实施路径。进而提出以系统化规划为基、多技术协同为核、智能化管理为支撑的集成策略,并构建多维综合评估体系,为城市供热绿色转型提供理论与实操参考。

**[关键词]** 供热节能技术; 集中供热系统; 能耗分析; 集成应用; 效果评估

**中图分类号:** TU833.1 **文献标识码:** A

## Application of Heating Energy-Saving Technologies in Centralized Heating Systems

Hong Sun Ping An

Tianjin Ruicheng Heating Co., Ltd.

**[Abstract]** Energy-saving retrofits of centralized heating systems are a critical pathway for promoting sustainable urban energy development. This paper systematically analyzes the energy consumption characteristics of the three major components—heat sources, heating networks, and end users—and identifies boiler flue gas loss, network losses, and building heat dissipation as key bottlenecks for improving energy efficiency. Subsequently, the principles and implementation approaches of energy-saving technologies, such as high-efficiency combustion and waste heat recovery, are categorized and elaborated. An integrated strategy based on systematic planning, multi-technology synergy, and intelligent management support is proposed, and a multi-dimensional comprehensive evaluation system is constructed to provide theoretical and practical references for the green transformation of urban heating.

**[Key words]** Heating Energy-Saving Technology; Centralized Heating System; Energy Consumption Analysis; Integrated Application; Effect Evaluation

### 引言

在能源紧张与环境问题凸显的当下,集中供热系统作为城市能源消耗大户,其节能意义重大。集中供热系统由热源、热网和热用户构成,各环节均存在能耗损失。传统供热方式能效低、污染大,难以满足可持续发展需求。供热节能技术成为提升系统能效的关键。深入研究这些技术在集中供热系统的应用,有助于降低能源消耗、减少污染物排放,实现供热行业绿色转型,具有重要的现实意义与长远价值。

### 1 集中供热系统基本构成与能耗分析

#### 1.1 系统基本构成

集中供热系统由热源、热网和热用户构成。热源常见类型有燃煤锅炉、燃气锅炉和热电厂。燃煤锅炉单台蒸发量多为10-100t/h,燃料成本约0.3元/MJ,但环保性不足。燃气锅炉单台热功率可达72MW,污染物排放较燃煤锅炉减少九成以上。热电厂利用发电过程产生的300℃以上余热供热,实现能源梯级利用,

整体能效超八成<sup>[1]</sup>。热网含一次与二次管网,一次管网输送距离5-15公里,将热量送至换热站,二次管网分配至用户。管道敷设影响保温与维护,直埋施工周期短却难检修,管沟便于维护但投资增200元/米。管径需兼顾流量阻力与造价,过小使能耗增三成,过大则造价升50元/米。热用户包括居民、商业和工业建筑等。居民用热高峰在18-22时,单位面积日耗热约10MJ/m<sup>2</sup>;商业供热多为8-22时,负荷波动四成;工业用热与工艺相关,部分需24小时稳定供热,单台设备小时热耗可达10GJ。

#### 1.2 能耗环节剖析

热源能耗主要产生于燃料燃烧和热量转换过程。锅炉排烟热损失是重要能耗环节,烟气带走的物理显热直接影响锅炉热效率。不完全燃烧热损失表现为燃料未充分燃烧产生的化学热损失,合理控制空气系数可有效降低此项损失。散热损失源于锅炉本体及附属设备向周围环境的辐射和对流换热,采用高效保温材料可减少这部分损失。热网能耗集中在热量输送过程,管道

散热损失与保温材料性能、敷设深度及土壤温度等因素相关。水力失调会导致近端用户流量过剩、远端用户供热不足,造成能量浪费。水泵电耗在输送能耗中占比较大,优化水泵选型和运行策略具有重要意义。热用户能耗主要表现在建筑围护结构散热和用热设备效率方面。建筑外墙、门窗的保温性能直接影响室内热负荷,老旧建筑往往因保温不足导致热损失严重。室内散热器选型不当、调控装置缺失都会造成能源浪费,影响供热效果。

## 2 供热节能技术分类及原理

### 2.1 热源节能技术

热源节能技术是提升供热系统能效的首要环节。高效燃烧技术通过改进燃烧过程实现节能目标。低氮燃烧采用分级送风、烟气再循环等方法降低火焰温度,抑制氮氧化物生成。富氧燃烧通过提高助燃空气中氧气浓度,强化燃烧反应,减少烟氧量,提升热效率。这些先进燃烧方式在提高燃料燃烧效率的同时,显著减少污染物排放。余热回收技术致力于将废弃热能转化为有用能量。锅炉烟气余热回收装置利用换热器吸收烟气中的显热和潜热,将这部分能量用于加热锅炉给水或供暖回水。冷凝式锅炉技术通过降低排烟温度,使烟气中的水蒸气凝结释放汽化潜热,进一步提高锅炉热效率。热源优化调度技术基于用热负荷变化规律,制定科学的运行策略。在供热初期和末期,通过合理调配热源出力和运行组合,避免大马拉小车现象。在严寒期,采用多热源联网运行方式,充分发挥各热源优势,实现能源的梯级利用和优化配置。

### 2.2 热网节能技术

热网节能技术重点关注热量输送过程的能效提升。管网保温技术通过改善管道绝热性能减少散热损失。保温材料的选择需综合考虑导热系数、防水性能和使用寿命,常用材料包括岩棉、玻璃棉和聚氨酯等<sup>[2]</sup>。保温层设计需要根据管道介质温度、环境条件确定经济厚度,确保保温效果与投资成本的平衡。对于直埋敷设管道,还需考虑土壤湿度对保温性能的影响。水力平衡调节技术解决管网流量分配不均问题。通过安装平衡阀、差压调节阀等装置,消除系统剩余压头,实现各支路的流量合理分配。调节过程采用计算机辅助分析,根据管网拓扑结构和阻力特性,计算最优阀门开度,确保每个热用户都能获得设计流量。智能控制技术基于物联网和大数据实现热网优化运行。在管网关键节点布置温度、压力传感器,实时监测运行参数。控制系统根据室外温度变化和用户用热规律,自动调节循环水泵转速和阀门开度,实现变流量运行。同时建立水力工况预警机制,及时发现和处置管网失调故障。

### 2.3 热用户节能技术

热用户节能技术从终端用热环节提升能效。建筑节能技术通过改善围护结构热工性能降低热负荷。外墙保温采用粘贴聚苯板、涂抹保温砂浆等工艺,减少通过墙体传递的热量。门窗节能选用中空玻璃、低辐射玻璃等材料,提高密封性能和保温效果。建筑遮阳设计合理设置挑檐、遮阳板等构件,减少夏季太阳辐射得热。这些措施有效改善建筑热工环境,从源头上降低供热

需求。室内温控技术实现精准供热和按需调节。温控阀通过感温元件感知室内温度变化,自动调节散热器进水流量。智能温控器可预设温度程序,根据不同时段和人员活动情况自动调整供热参数。这些装置既提升舒适度,又避免过热造成的能源浪费。热量计量技术通过量化用热促进节能行为。在热力入口安装热量表,准确计量每个用户的用热量。实行按热量收费制度,建立用热成本与个人支出的直接关联,引导用户自觉调节用热行为。同时为供热企业提供用能数据支持,便于进行用热规律分析和系统优化。

## 3 供热节能技术在集中供热系统中的集成应用策略

### 3.1 系统整体规划与优化

供热节能技术的有效实施需要从系统全局角度进行整体规划与优化。首先应对热源、热网及热用户三个核心环节进行统筹考虑,确保各部分之间的协调性与匹配性<sup>[3]</sup>。热源规划需根据区域热负荷分布特点及燃料资源状况,合理选择热源形式与容量配置,避免设备闲置或超负荷运行。热网设计应结合地形条件与用户分布,优化管网布局与管径选择,降低输送能耗。热用户端需考虑建筑类型与用热特性,制定差异化的供热方案。在整体规划基础上,运用系统优化方法对集中供热系统进行精细化设计。建立数学模型是重要手段,通过构建热力学模型与水力模型,模拟系统在不同工况下的运行状态。进行模拟分析可预测系统能耗与供热效果,为优化设计提供依据。通过优化算法确定最佳运行参数,如供回水温度、循环流量等,以及最优设备配置方案,包括水泵型号、换热器面积等。这些措施能够显著提升系统整体能效,实现能源的梯级利用与高效配置。

### 3.2 多技术协同应用

实现供热系统深度节能需要多种技术的协同应用。不同节能技术之间存在密切的相互关联与协同作用,高效组合可产生一加一大于二的效果。以热源环节为例,高效燃烧技术与余热回收技术结合应用,先通过低氮燃烧器提高燃烧效率,再利用冷凝式锅炉回收烟气余热,可大幅提升热源综合效率。在热网系统中,管网保温技术与水力平衡技术协同实施,既减少输送过程的热损失,又避免因水力失调导致的能量浪费。智能控制技术则如同系统大脑,将各环节技术有机串联,实现整体优化运行。多技术综合应用需要形成完整的节能解决方案。根据系统特点与节能目标,科学选择技术组合与实施时序。对于新建系统,可从设计阶段就融入节能理念,采用高效设备与优化布局。对于改造系统,需评估现有设备状态,分步骤实施技术改造。技术应用过程中还需建立完善的监测评估体系,实时跟踪节能效果,及时调整运行策略。通过多种技术的有机融合与系统集成,形成协同增效的节能体系,实现系统能效的全面提升。

### 3.3 智能化管理与控制

智能化是提升供热系统节能水平的重要方向。建立集中供热系统智能化管理平台是实现精细化管理的基础。该平台应具备数据采集、状态监测、远程控制等功能,覆盖热源、热网及热用户全流程。在热源厂站安装智能传感器,实时监测锅炉运行参

数与排放指标。在管网关键节点布置压力、温度监测点,掌握水力工况变化。在用户端安装室温采集装置,了解实际供热效果。通过物联网技术实现数据的实时传输与集中管理<sup>[4]</sup>。大数据与人工智能技术的应用将智能化管理推向更高层次。对历史运行数据进行分析挖掘,可总结不同室外温度下的最佳运行曲线。利用机器学习算法建立负荷预测模型,提前调整系统运行策略。智能控制系统能够根据实时数据自动调节设备运行状态,如变频水泵的转速调节、换热阀门的开度控制等。此外,系统还应具备故障诊断与预警功能,及时发现设备异常与能源浪费现象。通过智能化管理平台的建立与先进技术的应用,实现供热系统从经验型运行向数据驱动型运行的转变,持续提升系统节能水平与运行效率。智能化管理不仅提高能源利用效率,还增强系统应对负荷变化的适应能力,为供热系统的安全、经济、环保运行提供有力保障。

#### 4 供热节能技术应用效果评估

##### 4.1 评估指标体系构建

为全面衡量供热节能技术的应用成效,需构建一套科学合理的评估指标体系。该体系应涵盖多个维度,以确保评估的全面性和准确性。能源消耗指标是评估的核心部分,包括单位面积供热能耗和热源效率等。单位面积供热能耗反映了供热系统在单位面积上的能源消耗情况,是衡量供热效率的重要指标;热源效率则体现了热源将能源转化为热能的效率,直接关系到能源利用的合理性。环境效益指标同样不可或缺,如污染物排放减少量,这一指标能够直观展示供热节能技术在减少环境污染方面的贡献。经济效益指标则关注供热节能技术带来的经济收益,包括运行成本降低额和节能投资回收期等。运行成本降低额反映了技术应用后供热系统运行成本的减少情况,而节能投资回收期则衡量了投资节能技术所需的时间来收回成本,是评估技术经济可行性的重要依据。在构建指标体系时,还需明确各指标的计算方法,确保数据的准确性和可比性。根据各指标的重要性赋予相应的权重,以体现其在整体评估中的地位,从而确保评估结果的客观性和准确性。

##### 4.2 评估方法选择

在评估供热节能技术应用效果时,需根据评估目标和数据基础选择合适的评估方法。对比分析法是一种常用方法,通过对比技术应用前后的能耗、排放等关键数据变化,直观展示节能效果,但该方法可能忽略外部环境变化等复杂因素的影响。层次分析法适用于多因素、多层次的综合评估问题,它将复杂问题分解为目标层、准则层和指标层,通过构造判断矩阵计算各指标权重,最终得出量化的综合评估结果<sup>[5]</sup>。模糊综合评价法能够有效处理评估过程中的模糊性和不确定性,通过建立隶属度函数对定性指标进行量化处理,特别适用于涉及主观判断的评估场景。在实际应用中,可根据评估需求将不同方法结合使用,例如先采用对比分析法进行初步效果判断,再运用层次分析法进行权重确定,最后通过模糊综合评价得出全面结论。通过多种方法的协同应用,能够显著提升评估结果的科学性和可靠性,为供热节能技术的优化推广提供有力依据。

#### 5 结束语

供热节能技术在集中供热系统的应用,是实现能源高效利用与环境保护的重要途径。通过系统整体规划、多技术协同以及智能化管控等策略,能有效提升系统能效,降低运行成本,减少污染物排放。构建科学的评估体系,可准确衡量技术应用效果,为技术优化与推广提供依据。未来,应持续探索创新,推动供热节能技术发展,助力集中供热系统向更高效、环保的方向迈进。

#### [参考文献]

- [1]陈宇,王芳.供热节能技术在集中供热系统中的应用研究[J].节能环保,2022(08):77-79.
- [2]林婷,张峰.集中供热系统中的节能策略分析[J].能源科技,2021(06):123-125.
- [3]王晨,赵阳.供热节能技术的发展趋势与应用前景[J].热力工程,2023(04):98-100.
- [4]赵雪,李华.集中供热系统的优化与节能措施探讨[J].建筑热能通风,2022(12):56-58.
- [5]孙瑶,吴刚.供热节能技术在实际工程中的应用案例分析[J].区域供热,2023(02):145-148.