

城市供热节能有效策略要点研究

刘威男

通辽市供热有限责任公司 内蒙古 通辽 028000

摘要：本文剖析我国城市供热系统现状与问题，涵盖集中供热、区域锅炉房供热和分散供热等形式，指出能源浪费与环保问题。提出供热设备升级与优化、供热管网优化及供热系统智能化管理策略，包括高效热源设备应用、管网布局与水力平衡调节、智能热计量与收费系统等，以实现供热系统节能降耗与高效运行。

关键词：城市供热系统；能源浪费；供热设备升级；管网优化；智能化管理

引言：在我国城镇化进程加速背景下，城市供热系统作为重要基础设施，其能源利用效率与运行管理水平直接关乎节能减排成效。当前，集中供热、区域锅炉房供热及分散供热等多元模式并存，但普遍面临管网老化、设备低效、调控粗放等问题。本文从供热设备升级、管网优化及智能化管理三方面提出系统性策略，以期推动供热系统向高效、低碳、智能方向转型。

1 城市供热系统现状与问题分析

当前，我国城市供热系统呈现多元化格局，主要由集中供热、区域锅炉房供热和分散供热构成，不同供热形式在能源利用效率、环境影响等方面存在显著差异，且均面临诸多亟待解决的问题。（1）集中供热依托大型热源和完善的管网体系，在大中型城市占据主导地位，其规模化效应使能源利用效率相对较高，污染物集中处理也降低了环境压力。然而，随着城市规模扩张和使用年限增长，管网老化问题日益突出。据统计，部分城市运行超20年的供热管网占比达30%以上，老化管网的保温层破损、管道腐蚀，致使管网热损失率高达15%-20%，输送效率大幅降低。同时，热源与热用户间距离增加，也加剧了输送能耗。（2）区域锅炉房供热在中小城市广泛应用，但其设备多为传统型，技术水平相对落后。多数小型锅炉房的燃煤锅炉热效率不足75%，远低于国家规定的高效锅炉标准。燃烧过程中，因缺乏先进的污染物处理设备，二氧化硫、氮氧化物和颗粒物排放超标问题严重，对周边大气环境造成污染，不符合当前环保要求。（3）分散供热多采用小型燃煤锅炉、电暖器等设备，虽然灵活性强，但能源利用效率极低，平均热效率不足60%。以小型燃煤锅炉为例，其燃烧不充分导致大量煤炭资源浪费，同时产生的污染物未经有效处理直接排放，对局部环境影响恶劣。（4）供热系统整体运行管理水平亟待提升。供热参数设定缺乏科学依据，未根据室外温度、建筑热负荷等动态调整，导致供热过度或

不足；调控手段落后，无法实现精准供热，造成能源浪费。用户端节能意识淡薄，随意调节温控装置、私改供热设施等行为，进一步加剧了能源损耗。这些问题使得我国城市供热系统在生产、输送和使用环节均存在大量能源浪费，节能降耗形势严峻^[1]。

2 供热设备升级与优化策略

2.1 高效热源设备的应用

高效热源设备的推广与应用是提升供热效率的关键环节。高效燃煤锅炉通过采用循环流化床燃烧技术、富氧燃烧技术以及先进的脱硫脱硝一体化装置，对燃烧过程进行精细化控制，优化炉膛结构设计，使煤炭得以充分燃烧，热效率可提升至90%以上。相比传统燃煤锅炉，不仅提高了能源利用率，还大幅降低了二氧化硫、氮氧化物等污染物排放。燃气锅炉凭借清洁高效的特性，采用全预混燃烧技术，使燃气与空气在燃烧前充分混合，燃烧更充分，热效率普遍可达95%左右，且启停迅速，可根据供热负荷灵活调节输出功率，减少能源浪费。生物质锅炉以农林废弃物等可再生生物质为燃料，利用气化燃烧、直燃等技术，在实现能源可持续供应的同时，因生物质生长过程中吸收二氧化碳，可实现二氧化碳近零排放。此外，余热、废热回收利用技术的推进同样重要。工业生产过程中的大量余热，如钢铁厂、热电厂的高温废气、废水余热，以及地热资源，通过高效的换热设备与储能装置，可转化为供热热源。据统计，合理利用工业余热可使供热系统的能源综合利用率提升20%-30%，有效降低对传统化石能源的依赖。

2.2 供热循环系统的改进

供热循环系统的优化升级对降低系统能耗至关重要。在水泵控制方面，采用变频调速技术，通过安装压力传感器、流量传感器实时监测供热管网的压力与流量变化，根据供热负荷需求自动调节水泵转速。当供热负荷较低时，水泵转速降低，减少电能消耗；在高峰负荷

时段,水泵转速相应提升,确保供热需求。研究表明,采用变频调速技术可使水泵运行能耗降低30%-40%。换热器作为供热循环系统的关键设备,通过优化其结构设计,采用螺旋波纹管、强化传热板片等高效换热元件,以及新型高效换热材料,如纳米涂层材料、高导热复合材料,可显著提高换热效率,减少热量传递过程中的损失。同时,合理设计换热器的流道形式与布局,降低流体阻力,提高换热性能。此外,建立完善的设备维护管理体系,定期对水泵、换热器等设备进行检修、清洗和保养,及时更换磨损部件,确保设备始终处于高效稳定运行状态。通过对设备运行数据的实时监测与分析,提前预判设备故障,避免因设备故障导致的能源浪费与供热中断^[2]。

2.3 新型供热技术的引入

新型供热技术的探索与应用为供热系统节能开辟了新路径。热泵技术基于逆卡诺循环原理,通过消耗少量电能,从土壤、空气、水体等低温热源中提取热量,并将其提升至高温用于供热。空气源热泵在环境温度适宜时,能效比可达3-5,相比传统电加热供热方式,节能效果显著;地源热泵利用地下浅层地热资源,不受环境温度影响,运行稳定,能效比更高,且具有环保、无污染的特点。相变储能供热技术利用相变材料在固-液相变或液-气相变过程中吸收或释放大潜热的特性,在供热低谷期储存多余热量,在高峰时段释放热量,实现供热系统的削峰填谷。例如,采用石蜡、水合盐等相变材料制成的储能装置,可有效平衡供热系统的供需矛盾,减少热源设备频繁启停造成的能源损耗,提高能源利用效率。同时,新型供热技术与智能控制系统相结合,通过物联网、大数据等技术实现对供热过程的精准调控,进一步提升供热系统的智能化与节能化水平。

3 供热管网优化策略

3.1 管网布局优化

科学合理的管网布局是保障供热高效运行的基础。在规划供热管网时,需综合考量城市建筑分布密度、热负荷需求特性以及地形地貌等因素。对于热负荷集中区域,应采用环状管网布局,该布局方式可使管网内介质流动更加均衡,即使局部管道出现故障,仍能通过环状结构实现迂回供热,保障热用户的稳定用热,有效提升管网的可靠性与灵活性;而在热负荷相对分散的区域,枝状管网凭借其建设成本低、施工难度小的优势,成为合适选择,可高效实现热量的定向输送。同时,管径的精准设计至关重要,需依据热负荷计算与流量分配要求,运用哈森-威廉姆斯公式等专业计算方法,合理确定

管径大小,以降低管网阻力,减少输送能耗。针对老旧管网,其老化、破损问题严重影响供热效率。据统计,部分城市超20年使用年限的供热管网,其热损失率可达15%-20%。因此,需系统开展老旧管网改造工程,更换腐蚀严重、泄漏频发的管道与阀门,选用耐腐蚀、高强度的新型管材,如高密度聚乙烯外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管。同时,采用高性能保温材料,如纳米气凝胶保温毡、真空绝热板等,对管网进行全面保温处理,将管网散热损失降低30%-50%,显著提升管网输送效率^[3]。

3.2 管网水力平衡调节

建立完善的供热管网水力平衡调节系统,是保障供热均匀性、降低能源浪费的核心举措。通过在管网关键节点安装高精度的流量传感器、压力传感器,可实时采集管网内介质的流量、压力、温度等运行参数,并将数据传输至中央控制系统。基于这些实时数据,运用计算流体力学(CFD)等专业分析方法,对管网水力工况进行精准模拟与分析,明确管网内的流量分布与压力变化规律。利用水力平衡阀、自力式流量控制阀等调节装置,可对管网流量进行精细化调节。对于流量过大的支路,通过调节阀门开度,减小流量;对于流量不足的支路,适当增大流量,从而实现各用户端流量的合理分配,消除因流量不均导致的部分区域过热、部分区域过冷现象。研究表明,经过科学的水力平衡调节,供热系统的能耗可降低10%-15%,同时显著提升用户的供热满意度。此外,定期对调节装置进行校准与维护,确保其调节精度与可靠性,持续保障管网水力工况的稳定平衡。

3.3 管网智能化管理

借助物联网、大数据、人工智能等信息技术,构建智能化供热管网管理系统,是推动供热管网高效运行的重要方向。通过在管网各节点部署物联网传感器,实现对管网运行数据的实时、全面采集,包括管道温度、压力、流量、泄漏情况等关键信息。采集的数据通过5G、NB-IoT等通信技术,实时传输至云端数据中心,形成庞大的管网运行数据库。运用大数据分析技术,对海量数据进行深度挖掘与分析,可发现管网运行中的潜在规律与异常趋势。例如,通过分析历史数据,预测不同时段、不同天气条件下的热负荷变化,提前优化管网运行参数;利用人工智能算法,对管网故障进行智能诊断与预警,一旦检测到管道泄漏、压力异常等故障,系统可迅速定位故障位置,并通过短信、APP推送等方式通知维护人员,大幅缩短故障处理时间,减少因故障导致的能源浪费与供热中断。同时,基于智能算法对管网运行参

数进行动态优化调整,可实现管网的自适应运行,相比传统人工管理模式,管网运行效率提升20%-30%,人工管理成本降低40%-50%,有效推动供热管网管理向智能化、节能化方向迈进。

4 供热系统智能化管理策略

4.1 智能热计量与收费系统

智能热计量与收费系统以先进传感技术为基础,通过推广安装超声波式、电磁式智能热计量表,实现对用户用热量的高精度实时计量。此类计量表采用多声道测量、数字信号处理等技术,计量误差可控制在 $\pm 1\%$ 以内,较传统机械表精度提升显著。基于精准计量数据,构建动态阶梯式热计量收费机制,依据用户用热总量与时段差异,实施差异化费率,激励用户主动调节用热行为,降低高峰时段用热负荷。系统搭载的物联网模块可实时上传用户用热数据至云端管理平台,运用数据挖掘算法对用户历史用热数据进行聚类分析,构建个性化用热模型。例如,通过分析家庭用户工作日与周末、不同季节的用热规律,以及商业用户营业时间的用热特性,为供热企业制定分时分区供热策略提供数据支撑,实现热源侧的精准调控,预计可降低10%-15%的无效供热能耗^[4]。

4.2 供热系统智能调控

供热系统智能调控平台融合物联网、云计算与人工智能技术,构建“热源-管网-用户端”一体化智能调控体系。平台通过部署在热源端的温度、压力传感器,管网节点的流量监测设备,以及用户端的室温采集终端,实时获取系统运行参数。基于室外气象数据、用户热需求预测模型,运用模型预测控制(MPC)算法动态优化热源输出功率、管网流量分配策略。例如,在寒潮来临前,系统自动提升热源供水温度,并优化管网流量分配,确保远端用户供热质量;在用户端,用户可通过手机APP或智能温控器自主设定室内温度,系统根据设定值与实时室温差异,自动调节入户阀门开度,实现按需供热。这种双向调控机制不仅提升用户舒适度,还可降低12%-18%的供热能耗,同时减少因过度供热导致的能源

浪费。

4.3 供热数据监测与分析

完善的供热数据监测与分析体系是智能化管理的决策基石。通过构建覆盖热源、管网、用户端的多维监测网络,采集设备运行参数、管网水力工况、用户用热行为等全链条数据。运用大数据分析技术,对海量数据进行清洗、整合与关联分析,建立供热系统健康评估模型与能效诊断指标体系。例如,通过分析管网压力-流量曲线的异常波动,可提前预警管道泄漏风险;对比不同区域用户的单位面积耗热量,识别高能耗区域并制定针对性节能改造方案。结合机器学习算法,对历史数据进行训练,构建供热负荷预测模型,准确率可达90%以上,为供热系统的优化调度、设备维护计划制定提供科学依据,助力供热企业实现节能降耗与成本控制目标。

结束语

综上所述,我国城市供热系统在现状上面临诸多问题,涉及供热形式、设备、运行管理及管网等方面。通过供热设备升级与优化、供热管网优化以及供热系统智能化管理等一系列策略的实施,可从热源、循环系统、新型技术、管网布局、水力平衡、智能化等多个维度提升供热效率、降低能源消耗、减少环境污染。未来,应持续推进这些策略的深化应用,加强技术创新与管理优化,构建更加高效、节能、环保的城市供热体系,助力我国能源可持续发展与“双碳”目标实现。

参考文献

- [1]李坚.城市建筑集中供热采暖节能技术应用分析[J].住宅与房地产,2023(8):135-137.
- [2]胡强.基于城市建筑集中供热采暖节能技术应用分析[J].城市道桥与防洪,2020(1):214-215+220+26.
- [3]任占军.建筑集中供热系统节能控制设计与实践[J].四川水泥,2023(3):79-81.
- [4]张斯颖,高海峰.城市集中供热系统节能问题简述[J].中国设备工程,2019,(02):186-187.