

Analysis of Energy-saving Management Strategies for Building Heating Systems in the Digital Age

Ruiming Zhang

Urumqi Thermal Power Group Co., Ltd., Second Heating Supply Company, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

During the operation of building heating systems, various factors often lead to increased energy consumption, resulting in resource waste and significant economic losses for both heating providers and end-users. In the digital era, technologies such as artificial intelligence, big data analytics, and digital twin solutions can be leveraged to enhance energy efficiency management in building heating systems. Data-driven approaches and intelligent control mechanisms, in particular, can optimize heating performance and reduce energy consumption. This paper analyzes energy-saving management strategies for building heating systems in the digital age, aiming to effectively control energy losses and promote the green, low-carbon transformation of heating systems.

Keywords

digitization; architecture; heating system; energy conservation management

数字化时代下建筑供热系统的节能管理对策分析

张瑞明

乌鲁木齐热力集团有限公司第二供热供公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘要

建筑供热系统运行过程中往往会因为各种因素影响, 致使系统能耗加大, 不仅浪费资源, 且还会对供热企业和用户造成严重的经济损失。数字化时代, 可以利用人工智能技术、大数据分析技术、数字孪生技术等推动建筑供热系统的节能管理, 尤其可以通过数据驱动、智能调控等方式, 强化供热效率, 减少能源消耗。文章主要对数字化时代下建筑供热系统的节能管理策略进行分析, 从而有效控制供热系统的能源损耗, 促进整体供热系统的绿色化、低碳化转型发展。

关键词

数字化; 建筑; 供热系统; 节能管理

1 引言

数字化时代, 物联网、人工智能、数字孪生等技术在建筑供热系统中的优化应用, 能够实现数据处、精准匹配、智能调控, 减少对人工经验的依赖性, 促进建筑供热系统节能管理水平的全面提升。

2 建筑供热系统能耗问题现状

以往建筑供热系统往往采用粗放式的管理模式, 导致整体系统能耗较高, 对供热企业和用户造成严重的经济损失。首先是供需不匹配, 由于供热负荷与实际需求不相符, 致使两者严重不匹配, 容易出现供大于求或者供不应求的问题, 不仅降低用户的供热体验, 且还会造成极大的热能损耗^[1]。其次, 调控手段较为落后, 对人工经验依赖较大, 忽视实时数据的支持, 不能对气象变化、用户行为等因素进

行动态调控。再次, 供热设备运行效率较低, 再加上管网老化、保温性能低等问题, 致使供热系统在传输过程中引起严重的热损失问题, 且换热器、水泵运行工况较差, 加大了热损耗问题。最后, 对供热系统各个环节的数据采集缺乏连续性, 采集的数据较为碎片化, 且各个数据源之间缺乏互联互通, 难以形成全链条的能耗分析体系, 难以为后续节能管理提供依据。

3 数字化时代建筑供热系统的节能管理策略

3.1 构建数据感知和监测体系

数字化时代, 建筑供热系统节能管理逐渐向自动化、智能化方向发展, 尤其可以在建筑供热系统的各个环节科学布置各类传感器设备, 全面采集供热系统运行过程中的各种数据, 为后续温度控制提供数据依据。在具体操作中, 需要在热源厂的锅炉、热泵等设备中安装温度、压力、燃料消耗量等传感器; 此外, 还需要在一级管网、换热站、二级管网的换热站、分支管道等环节科学部署流量、压力、热量计量

【作者简介】张瑞明(1985—), 男, 中国陕西西安人, 本科, 工程师, 从事区域供热研究。

传感器等装置,以便对这些环节的流量、压力等参数进行全面采集^[2]。结合实际需求,在用户端安装室温传感器和智能温控阀,以便对供热系统用户端的各类数据进行全面采集。通过这种方式能够构建全链条的数据采集体系,再加上LoRa、NB-IoT等无线通信协议以及5G技术的优化应用,能够对地下管井等复杂数据进行实时性、高效性传输,进而降低布线成本,为供热系统节能管理创建良好条件。在此基础上,还需要构建完善的数据分析中心,以便对供热系统各个环节的数据进行全面整合和分析,如实时监测数据、历史运行数据、气象数据、用户行为数据等,然后对以上数据进行优化处理,如清洗、融合,并将其转化为标准化格式进行呈现,构建完善的结构化数据库。除此之外,还需要在换热站、楼栋等节点设置可视化监控平台,并动态呈现供热系统运行状态,其中监测指标有热源出力、管网压力分布、用户室温达标率等,同时设置异常报警功能,一旦系统某项参数超过这一阈值,如管网泄漏引起的压力骤降、用户室温低于标准等情况,该系统就会自动发出异常报警信号,帮助管理人员快速响应,避免对供热企业和用户造成更大的损失^[3]。

3.2 大数据分析技术

数字化时代,大数据技术在建筑供热系统中的优化应用,能够实现建筑供热系统、空调系统能耗数据的大数据分析,帮助管理人员详细了解供热系统能耗较高的环节和原因,为后续整体供热系统的节能管理提供依据。尤其可以利用大数据技术对不同时间段、不同区域的能耗数据进行详细分析,明确能耗高峰时段和高能耗区域,进而采取针对性的节能管理措施。此外,大数据技术还能对供热系统的运行状态进行实时监测,第一时间识别供热设备故障和异常情况,如温度、压力、电流等参数异常情况,及时发出警报信号,通知维修人员及时采取预防性维护措施,保障供热系统的安全可靠运行^[4]。

3.3 智能控制系统

在人工智能技术支持下优化节能控制策略,优化供热企业决策,既要满足用户的供热需求,同时还需要减少资源浪费。在具体操作中,需要利用机器学习算法,对气象数据、建筑特性、用户行为等多种信息进行优化整合,进而构建动态热负荷预测模型,这样能够对用户热需求进行提前预测,确保热源生产计划的针对性制定,防止出现过量生产、供不应求的现象。结合上一环节获得的监测数据和预测结果,联合智能联合算法,对管网流量进行优化分配,避免出现近端过热、远端过冷等水力失调问题。在具体操作中,需要优化热源侧,结合预测负荷自动调整锅炉燃烧效率、热泵运行参数等,并结合实际需求进行针对性供热;此外还需要持续优化管网,如通过调节水泵频率、阀门开度的方式,确保管网水力始终保持平衡状态,避免水力失调引起的热损失;要科学优化用户端,结合用户室温反馈信息,对智能温控阀开度进行自动调节,实现一户一温的精准控制^[5]。此外需要在

人工智能算法的协助下,对太阳能、地热能、生物质能等可再生能源进行协同调度,如果光照充足需要使用太阳能集热器供热,如果光照不足需要利用燃气锅炉补充;结合电网峰谷电价,对电锅炉运行时段进行合理优化,进而有效控制供热系统运行成本。其中建筑供热系统中的智能控制系统包含以下类型:(1)智能温度控制系统,该系统能够结合室内外温度、人员活动情况等,对供热系统运行参数进行自动调节,以便精准控制室内温度。如利用传感器实时监测室内温度,当室内温度高于设定值时,自动调节制冷设备的运行频率,降低室温;当室内温度低于设定值时,自动调节供热设备运行功率,提高室温。(2)智能湿度控制系统,该系统需要结合室内湿度情况自动调节通风量和除湿设备,确保室内湿度稳定性,减少资源浪费。

3.4 数字孪生技术

在数字孪生技术辅助作用下,可以对供热系统的几何参数、设备特性、管网拓扑结构等数据进行优化整合,协同构建数字孪生模型,以便实现物理世界与虚拟世界的实时映射,虚拟出1:1虚拟供热系统,动态模拟建筑热损路径、管网运行状态、用户用热规律等,并精准传递热量传递、水力分布过程,对供热系统运行全过程进行可视化、可量化管理^[6]。结合数字孪生模型对不同场景进行仿真模拟,如模拟极端天气下的系统响应、设备故障对供热效果的影响,同时分析管网保温升级、水泵变频改造等改造方案的节能效益,对各种改造方案进行对比分析,选择最优的改造方案,有效控制改造风险,减少运行成本和能耗。此外,还需要将其与设备台账、维护记录等进行联合应用,以便对供热设备的运行全过程进行动态管理,结合设备数据分析,对剩余寿命进行精准预测,进而制定针对性、预防性的维护计划,减少设备故障引起的能源损耗,保障供热持续性。

3.5 不同环节节能管理对策

(1)热源侧,需要采用清洁高效且智能协同的管理方法,结合热源侧的具体情况,采取针对性的技能对策和技术手段,强化节能效果,具体安排如表1所示。(2)管网侧,需要采取科学合理的节能管理措施,进而实现降损增效的目的,实现整体系统的平衡性运行。在具体操作中,需要结合实际情况,积极改造水力平衡状态,在管网安装智能混水装置、压差控制阀等,结合不同换热站的具体情况,采取针对性的控制指标和节能措施,实现精准调控;此外还需要引进动态水力模拟软件,以便对不同热力站的流量需求进行实时计算,以便结合具体情况,自动调节一次管网阀门开度。利用数字孪生模型对管网热损较为严重的区域进行精准定位,对其进行优先改造;要对红外热成像技术进行优化应用,定期检测管网保温层破损情况,以便开展靶向精准维修。安装变频智能水泵,结合实际自动调节转速,确保水泵始终运行在高效区;利用大温差、小流量的运行策略,进而减少输送能耗^[7]。(3)用户侧,落实分户精准调控,尤其要安装物

联网智能调节阀和室温采集器，以便结合每户实际的供热需求采取针对性的节能策略，实现个性化供热，减少过热损失；要实时分时分区控制，针对建筑类型的不同采取差异化的供热策略，如学校、办公楼、住宅等。要开发专业的手机

APP，实现室温远程调节、用热数据查询，并结合用户情况向其实时推送个性化的节能建议；引进节能积分等激励措施，鼓励用户参与错峰用热，科学设置室内温度，减少能源消耗。

表 1 热源侧节能管理策略

节能对策	技术手段	节能效果
锅炉群控优化	AI 专家系统自动切换燃烧模式，实时调整风煤比	锅炉效率提升至 92% 以上，氮氧化物排放降低 30%
热电联产协同	接入电力市场数据，电价低谷期蓄热	年减少燃煤消耗 5 万吨，热电比优化至 1.2:1
多能互补集成	耦合太阳能、地热能、空气源热泵等新能源	可再生能源占比提升 20-30%，碳排放减少 40% 以上
烟气余热回收	智能控制的烟气换热器系统	回收热量提升锅炉效率 5-8%

3.6 其他节能措施

(1) 在建筑供热系统运行中，需要在数字化、智能化技术支持作用下，实施分户计量系统，通过精确测量每个用户实际消耗的热量，并据此进行收费，可以有效地激励用户采取节能措施，减少不必要的能源浪费。(2) 采用气候补偿技术，根据室外实时温度的变化动态调整供热系统的供水温度，这样可以避免在温暖天气时过度供热，从而节约能源^[8]。(3) 变频控制技术的应用，通过变频器调节水泵和风机的转速，不仅能够根据实际需求调整输出，还能显著降低设备运行时的能耗。(4) 余热回收技术也是提高能源利用率的重要手段，它通过回收烟气和冷凝水中的余热，将这部分原本可能被浪费的热能重新利用。

4 结语

综上所述，数字化时代，为了实现建筑供热系统的节能管理，需要强化政策支持和引导，结合实际需求引进高素质人才，在人工智能技术、大数据技术等的支持下，创建节能管理模式，有效推动供热系统的智能化、自动化发展，为建筑供热系统的低碳化、绿色化发展创建良好条件。

参考文献

- [1] 杜高伟,张志迪,周生东. 供热系统数字化的实践与探索[C]// 中国电子企业协会. 能源电子(终端应用)典型案例及论文集(2025). 国能驻马店热电有限公司, 2025: 50-53.
- [2] 张立申,申朝阳,袁海臻,等. 智慧稽查赋能供热企业数字化转型[J]. 国企管理, 2025, (S1): 1085-1092.
- [3] 苏爱兵. 践行新质生产力理念赋能供热数字化转型[N]. 双鸭山日报, 2025-05-06 (003).
- [4] 丁兰. 建筑供热通风与空调工程节能技术的创新及数字化应用探讨[J]. 中国设备工程, 2025, (08): 224-226.
- [5] 肖印强. 供热管道行业的数字化转型路径研究[J]. 低碳世界, 2025, 15 (04): 184-186.
- [6] 张春雨. 数字化技术在供热管网管理中的应用与创新[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024, (01): 176-178.
- [7] 北京大学能源研究院,中国城市燃气协会分布式能源专业委员会. 燃气分布式能源产业报告[M]. 社会科学文献出版社: 202209: 315.
- [8] 冯文亮,白冬军,姚长青. 供热系统数字化技术服务平台设计与应用[J]. 煤气与热力, 2021, 41 (12): 13-16.