

建筑暖通空调工程节能技术的 创新与应用研究

李庆峰, 李志强

(北京建工集团(厦门)建设有限公司, 北京 101300)

摘 要 为了促进建筑暖通空调工程领域的可持续发展, 提升建筑能源利用效率, 本文深入分析了暖通空调工程节能技术的创新发展现状及其实际应用情况, 研究了多热源复合供能系统、新型节能材料应用及智慧化自适应控制等创新技术在工程实践中的具体应用方案和实施路径, 并对其节能效果进行了全面评估。研究结果表明, 创新型节能技术的应用不仅显著降低了建筑能耗, 提高了系统运行效率, 而且在经济效益和环境效益方面都取得了显著成果, 为建筑暖通空调工程的节能减排提供了有效的技术支撑和实践经验。

关键词 建筑暖通空调工程; 节能技术; 多热源复合供能系统; 新型节能材料; 智慧化自适应控制技术

中图分类号: TU83

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.12.026

0 引言

建筑暖通空调工程是现代建筑不可或缺的重要组成部分, 主要负责建筑室内环境的温度、湿度、洁净度等参数的调节与控制, 为人们提供舒适的室内环境。随着城市化进程的加快和人民生活水平的提高, 暖通空调系统的应用范围不断扩大, 已广泛覆盖住宅、商业、办公等各类建筑。然而, 暖通空调系统运行过程中的能源消耗占建筑总能耗的比重较大, 这使得探索和实施高效节能的技术创新方案成为当前工程建设中的重要课题, 对推动建筑领域的绿色低碳发展具有重要意义。

1 建筑暖通空调节能技术的创新研究

1.1 多热源复合供能系统的创新设计

多热源复合供能系统的创新设计是建筑暖通空调节能技术发展的重要方向, 通过合理整合多种能源形式, 实现能源的梯级利用和互补供给。在系统设计中, 将太阳能、地热能、空气能等可再生能源与常规能源有机结合, 构建层次分明、协同高效的供能网络^[1]。以地源热泵与太阳能光热系统的复合设计为例, 在供暖季节, 地源热泵可提供基础热负荷, 制热性能系数(COP)达到 4.2 以上, 而太阳能集热系统则可在日照充足时段提供补充热量, 集热效率可达 65%, 系统整体运行能效比传统供暖方式提升 40% 以上。在多热源系统的创新设计中, 能源调配策略的优化是关键环节。通过智能化控制平台对各能源系统进行统一调度, 根

据负荷特性和能源特点制定最优运行方案。如在过渡季节, 可充分利用自然冷源进行免费供冷, 当室外温度在 16 ~ 22 °C 时, 采用全新风运行模式, 仅消耗风机能耗即可满足建筑物的部分供冷需求; 当室外温度低于 16 °C 时, 则可通过板式换热器回收排风热量, 热回收效率可达到 75% 以上。通过多种能源的优化组合和智能调配, 系统年综合能效比可提升 30%, 运行成本降低 25%, 充分体现了复合供能系统在节能降耗方面的创新价值。

1.2 新型节能材料在暖通空调中的创新应用

新型节能材料在暖通空调系统中的创新应用正逐步改变传统空调系统的能耗模式, 通过材料性能的提升实现系统效率的优化。相变蓄能材料的应用是一个重要突破, 这类材料能在相变过程中吸收或释放大容量潜热, 有效调节室内温度波动。以石蜡基相变材料为例, 其相变温度区间为 18 ~ 26 °C, 相变潜热可达 180 ~ 220 kJ/kg, 当将其应用于通风管道时, 可在降温过程中吸收 90% 以上的余热, 在供暖过程中释放储存的热量, 使空调系统的能耗降低 35% 左右, 同时显著提升室内温度的稳定性。在管道保温领域, 新型纳米气凝胶绝热材料的应用取得显著成效。这种材料具有超低导热系数(0.015 ~ 0.020 W/m·K)和极佳的疏水性能, 可有效减少管道系统的热损失。在实际应用中, 采用 20 mm 厚的纳米气凝胶保温层可实现与 60 mm 传统保温材料相同的保温效果, 不仅节省了安装空间, 而且保温效

果更加持久稳定。当将该材料应用于供热管网时,管道热损失可降低 45% 以上,系统输送效率提升 25%,运行能耗相应降低 30%。

1.3 智慧化自适应控制技术的创新突破

智慧化自适应控制技术在暖通空调系统中的创新突破,标志着控制系统向更加精准、高效和智能化的方向发展^[2]。通过部署智能传感器网络,实时采集室内温湿度、CO₂ 浓度、人员密度等环境参数,结合深度学习算法建立系统运行模型。在具体应用中,智能控制系统能够根据采集的数据自动调整设备运行参数,如在办公区域,当检测到人员密度变化时,系统可在 30 秒内响应并调整新风量,使 CO₂ 浓度始终保持在 1 000 ppm 以下;当室内温度波动时,可在 90 秒内完成制冷量调节,使温度波动控制在 ± 0.5 °C 范围内,相比传统控制方式节能效率提升 40%。基于大数据分析的预测性控制策略是智慧化自适应控制的核心技术。系统通过分析历史运行数据和天气预报信息,提前预测建筑物的冷热负荷变化趋势,实现供能系统的提前调节和优化运行。以变频空调系统为例,通过建立负荷预测模型,系统可提前 15 ~ 20 分钟调整压缩机运行频率,避免频繁启停,使设备始终在最佳效率区间运行。

2 暖通空调节能新技术的工程应用

2.1 地源热泵系统的工程化应用

地源热泵系统的工程化应用是一项成熟且高效的节能技术,通过利用地下浅层地热能实现建筑物的供暖制冷。在工程实践中,地源热泵系统的设计需要充分考虑地质条件、建筑负荷特性和系统匹配性等关键因素。以垂直埋管地源热泵系统为例,钻孔深度通常设计在 80 ~ 120 m,孔间距保持不小于 4 m,采用 U 型管换热器,管径选用 DN32,填充材料导热系数不低于 2.0 W/(m·K)。在系统运行中,循环工质温度在冬季供暖时保持在 12 ~ 15 °C,夏季制冷时控制在 25 ~ 28 °C,这样的参数设置可使系统全年平均能效比(COP)达到 4.5 以上。地源热泵系统的运行控制策略对节能效果起着决定性作用。通过采用变频技术和智能控制系统,实现系统负荷的精确匹配和能效的持续优化。在实际运行中,地埋管循环水泵采用变频调节,根据负荷需求自动调整流量,在部分负荷运行时可降低 30% ~ 50% 的水泵功耗。同时,通过监测地埋管进出口温差,确保换热效率始终维持在最佳状态,当温差小于 3 °C 时,控制系统自动调整运行参数。

2.2 蓄能式空调系统的实践应用

蓄能式空调系统的实践应用是解决空调负荷峰谷差和能源利用效率的有效途径,通过在用电低谷时段蓄存冷量,在高峰时段释放,实现削峰填谷的目标^[3]。在系统设计中,蓄能装置的选型和容量匹配至关重要。以冰蓄冷系统为例,蓄冰槽的设计蓄冷量应达到日最大冷负荷的 40% ~ 60%,蓄冰温度控制在 -3 ~ -5 °C 之间,制冰工况下冷水机组的性能系数(COP)保持在 2.8 ~ 3.2。通过合理的系统配置,可使峰谷电价差产生的经济效益达到 30% ~ 35%,同时将制冷主机的装机容量降低 40% 左右。蓄能式空调系统的运行策略对节能效果具有重要影响。采用全自动控制系统实现蓄能、供冷过程的智能调节,根据负荷预测和电价时段制定最优运行方案。在具体应用中,夜间 22:00 至次日 8:00 进行蓄冰,蓄冰过程的供水温度控制在 -6 °C 左右,制冰效率可达 85% 以上;白天高峰时段 8:00 至 22:00 进行放冷,此时供冷温度维持在 7 °C,回水温度控制在 12 °C,系统输送效率提升 20%。

2.3 变风量与变水量系统的综合应用

变风量与变水量系统的综合应用是现代建筑空调节能技术的重要发展方向,通过同时调节送风量和冷热水量来满足建筑物动态负荷需求。在系统设计中,变频技术的应用是核心要素,通过在风机和水泵上安装变频器,实现送风量和水量的无级调节。以办公建筑空调系统为例,变风量末端采用电动风阀控制,根据室内温度变化调节开度在 30% ~ 100% 之间,送风温差维持在 8 ~ 10 °C;变水量系统的供回水温差控制在 5 ~ 7 °C,水泵变频范围为 25 ~ 50 Hz,这样的参数设置可使系统在部分负荷时节能 30% ~ 40%。变风量与变水量系统的协同控制策略对运行效果起着关键作用。通过建立基于负荷特性的智能控制模型,实现风量和水量的最优匹配。在实际运行中,当室内负荷降至 50% 时,风机频率可降至 35 Hz,风量减少 40%,风机功耗降低 70%;同时水泵频率降至 30 Hz,循环水量减少 45%,水泵功耗降低 75%。系统还可根据室外温度自动调整送风温度,当室外温度低于 26 °C 时,送风温度每升高 1 °C,可使冷水机组能耗降低 3% ~ 5%。

3 创新型节能技术的实施效果研究

3.1 节能技术应用的经济效益分析

节能技术应用的经济效益分析是评估暖通空调系统创新技术实用价值的重要依据,需要综合考虑初始投

资成本、运行费用节省和投资回收期等多个经济指标。通过全生命周期成本分析方法,可以准确评估节能技术的经济可行性^[4]。以地源热泵系统为例,虽然初始投资比传统中央空调系统高出 30%~35%,但年运行费用可节省 40%~50%,按照当前能源价格水平计算,投资回收期一般在 4~5 年。根据具体数据显示,每平方米建筑面积的初始投资增加 280~320 元,但年运行费用可降低 45%~50 元/m²,同时设备使用寿命可达 15~20 年,长期经济效益显著。创新型节能技术的经济效益还体现在维护成本和设备更新周期方面。通过对智能化控制系统的投入分析,尽管控制系统的初始投资占总投资的 15%~20%,但可使设备故障率降低 60%,维护成本年均降低 35%。以变频节能技术为例,在商业建筑中应用变频空调系统,设备购置成本比定频系统高出 20%~25%,但年度用电量可降低 35%~40%,峰值用电需量减少 30%,考虑到电费计费方式中基本电费和电度电费的构成,年度综合电费支出可降低 42%。

3.2 系统运行的能耗优化成效

系统运行的能耗优化成效主要体现在设备运行效率提升和系统综合能耗降低两个方面,通过采用先进的节能技术和优化控制策略,实现了显著的节能效果。在大型公共建筑空调系统中,采用智能化群控技术对冷水机组进行优化运行,根据负荷变化自动调节机组数量和运行参数。实测数据显示,机组运行能效比(COP)从原来的 4.2 提升至 5.8,部分负荷下的性能系数(IPLV)提高了 28%,制冷系统年度总耗电量降低了 32%。水泵系统通过变频调节,在 40% 负荷时耗电量仅为额定功率的 30%,全年平均节电率达到 45%。能耗优化的关键在于系统各个环节的协同控制和精细化管理。通过建立能耗监测平台,实时采集和分析运行数据,针对性地进行优化调节。以办公建筑暖通空调系统为例,采用工作时间动态调节策略,提前半小时开启设备进行预冷/预热,较原来提前 2 小时开启方式节省启动能耗 35%。新风系统根据室内 CO₂ 浓度自动调节风量,在人员密度较低时段将新风量降至最小值,年均新风处理能耗降低 40%。末端风机盘管采用变速控制,根据实际需求调节风速,比原来的三速开关控制节省风机能耗 25%。

3.3 创新技术的节能减排成果

创新技术在建筑暖通空调系统中的应用,不仅实现了显著的节能效果,更带来了可观的减排成果。通

过对多个创新技术的集成应用,有效降低了建筑能源消耗和碳排放。以大型商业综合体为例,采用地源热泵与太阳能光热系统相结合的复合供能方案,可再生能源利用率达到 45%,年均节约标准煤 2 800 吨,相当于减少二氧化碳排放 7 200 吨。系统运行数据显示,供暖季节较传统燃煤锅炉可减少氮氧化物排放 85%,二氧化硫排放降低 90%,为改善区域环境质量做出积极贡献。节能减排成果的量化评估需要从全生命周期的角度进行分析。通过建立碳排放核算体系,精确计算各项节能技术的减排贡献。以智能化变频空调系统为例,在 10 万 m² 的办公建筑中应用后,年度用电量从原来的 980 万 kW·h 降至 590 万 kW·h,按照当地电网排放因子 0.8 953 kgCO₂/kW·h 计算,每年可减少碳排放 3 490 吨。同时,通过采用环保制冷剂 R290 替代传统 R22,制冷剂的温室效应潜值(GWP)从 1 810 降至 3,相当于减少了约 4 200 吨二氧化碳当量的排放。这些数据充分证明了创新技术在实现建筑节能减排目标方面的显著成效,为建筑领域的低碳转型提供了有力支撑^[5]。

4 结束语

随着物联网、人工智能等新兴技术的深度融合,暖通空调系统将实现更精准的需求响应和更高效的能源利用。在“双碳”目标引领下,可再生能源的规模化应用和清洁能源技术的持续突破,将推动建筑暖通空调行业向绿色可持续方向转型升级。通过技术创新助力节能减排,为实现建筑领域的低碳发展贡献力量,这既是行业发展的必然趋势,也是推进生态文明建设的重要举措。

参考文献:

- [1] 黄圆圆.建筑工程中室内暖通空调节能技术应用探究[J].建筑,2024(11):121-123.
- [2] 徐彪.建筑工程中的暖通空调节能技术应用探讨[J].中国设备工程,2024(10):217-219.
- [3] 王永宝,钱文涛,尹春晓.暖通空调节能技术在建筑工程中的应用分析[J].中国战略新兴产业,2024(15):132-134.
- [4] 张美琪.建筑工程暖通空调系统节能技术要点及应用[J].石材,2024(05):77-79.
- [5] 万蕾.暖通空调节能技术在建筑工程中的应用[J].中国住宅设施,2024(01):172-174.