

新型节能技术在建筑暖通设计中的应用

常亚飞

河北新冀人才资源开发有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]建筑暖通空调系统能耗约占建筑运行能耗的 30%~50%, 是建筑节能的关键领域。围绕高效冷热源、热回收、智能控制及可再生能源融合应用四个维度, 梳理了新型节能技术在建筑暖通设计中的实践路径。变频技术可降低系统能耗 30%~45%, 温控精度达 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$; 地源热泵系统 COP 达 4.8~5.2, 较传统空调节能 40%以上; 物联网智能分区控制可减少无效供能损失 18%~25%。针对系统匹配性不足、设备选型粗放等问题, 提出了优化设计方案、提高设备配置水平、加强运行调控、建立全过程节能管理机制等策略, 为建筑暖通系统低碳化设计提供参考。

[关键词]建筑暖通; 节能技术; 暖通空调; 绿色建筑; 节能设计

DOI: 10.33142/ec.v9i7.20053

中图分类号: TU83

文献标识码: A

Application of New Energy-saving Technology in Building HVAC Design

CHANG Yafei

Hebei Xinji Talent Resource Development Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The energy consumption of building HVAC systems accounts for about 30% to 50% of the operating energy consumption of buildings, and is a key area of building energy conservation. We have outlined the practical path of new energy-saving technologies in building HVAC design, focusing on four dimensions: efficient cold and heat sources, heat recovery, intelligent control, and the integration of renewable energy applications. Frequency conversion technology can reduce system energy consumption by 30% to 45% and achieve temperature control accuracy of $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$; The COP of the ground source heat pump system reaches 4.8~5.2, which is more than 40% energy-saving compared to traditional air conditioning; Internet of Things intelligent zoning control can reduce ineffective energy supply losses by 18% to 25%. In response to issues such as insufficient system compatibility and extensive equipment selection, strategies such as optimizing design schemes, improving equipment configuration levels, strengthening operational regulation, and establishing a full process energy-saving management mechanism have been proposed to provide reference for low-carbon design of building HVAC systems.

Keywords: building HVAC; energy-saving technology; HVAC system; green building; energy-saving design

引言

建筑运行能耗占我国终端能源消费总量的 20%左右, 暖通空调系统能耗占建筑总能耗的 30%~50%, 是建筑节能的主要领域。双碳战略目标推进下, 暖通系统能效改善、碳排放减少有两种压力。经过研究得知, 集成相变材料、辐射制冷、可再生能源等技术可以使建筑能耗降低 50%以上。但是目前暖通设计还存在着技术应用碎片化、系统集成度低等现象, 不能充分发挥出节能潜力。从系统角度出发, 对新型节能技术的应用途径以及集成方式加以考察, 对于推进建筑暖通设计朝着高效低碳方向前进有着实际的价值。

1 新型节能技术在建筑暖通设计中的应用意义

新型节能技术的运用给建筑暖通设计赋予诸多好处。从能源角度来讲, 暖通系统能耗是建筑运行能耗的主要部分, 变频技术依靠对压缩机和风机转速的动态调节, 可以削减系统能耗 30%~45%, 技术节能潜力很大。从环境方面来说, 使用地源热泵等高效冷热源技术, 使系统能效比可以达到 4.8~5.2 之间, 比传统空调节能大约 40%以上, 有效地减少了化石能源的消耗和碳排放。从技术驱动的角度来看, 以物联网为基础的智能分区控制系统可以实现各个区域独立温控, 从而达到减少无效供能损失 18%~25%的目的, 使暖通系统由粗放式调控转变为精细化调控。从政策导向来说, 国家“双碳”战略目标的提出给暖通节能

技术的应用指明了方向,绿色建筑是目前中国应对各种生态环境保护问题的一种建筑设计思想,暖通系统所形成的能耗占总能耗的比例较高,需要从系统设计的角度来实现节能的目标。新型节能技术的系统化使用,成了建筑领域达成节能减排目的的主要技术途径。

2 建筑暖通设计中节能技术应用现状

2.1 暖通系统设计存在的节能问题

目前建筑暖通系统设计在节能方面存在着诸多问题。系统设计阶段没有对全年负荷特性进行详细的分析,冷热源装机容量过大,造成设备长时间处于低负荷工作状态,能源利用率低。以广州白天鹅宾馆更新改造项目为对象,对现有的暖通设计存在的不足进行系统的分析,采用可再生能源技术、变频技术和高效热回收技术等,使单位建筑面积年能源使用费用降低超过 25%,证明设计缺陷会对运行能耗产生很大的影响^[1]。另外,管道绝热设计不规范会造成冷热量输送损失偏高,系统水力平衡调节不到位造成末端用户冷热不均等现象也比较普遍。在绿色建筑集成设计中,暖通系统的设计要遵循循环利用性、节能性、环境保护性等准则,不过工程实践当中对于这些准则的落实还不充分,系统集成的革新欠缺。

2.2 新型节能技术应用的影响因素

新型节能技术应用的因素有很多。技术上高效热回收技术、可再生能源系统的设计集成要依靠精确的负荷计算、系统匹配来完成,设计阶段方案优化的程度决定了技术节能效果的好坏。冷热同源技术、蓄能技术、变频控制技术、热回收装置以及智能化控制技术等技术手段彼此配合运用之时,设计人员就必须具备跨学科的系统整合能力。经济上地源热泵系统、光伏空调等技术的初期投资较大,投资回收期较长,限制了它的市场推广。管理上,设计、施工、运维各个阶段之间信息传递不畅,建筑节能技术正由原来的能源节约向智能化、自动化转变,但是全过程节能管理机制还不健全,技术应用的整体效能不能充分发挥出来。

3 新型节能技术在建筑暖通设计中的应用实践

3.1 高效冷热源节能技术应用

高效冷热源技术属于降低暖通系统能耗的基本工作。变频技术就是动态调节压缩机、风机、水泵的运行频率,使设备出力同建筑实际负荷需求相适应。研究表明,变频调节可以使得系统的能耗降低 30%~45%,温控精度提高到 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,在负荷变化比较大的民用建筑中节能效果更明显。定频设备在部分负荷工况下运行时,压缩机依靠启停控制来完成容量调节,启停过程中的压缩机效率比额定工况低,而且电机启动电流大造成额外损耗;变频设备则

通过连续调节转速来适应负荷的变化,在整个负荷区间内保持较高的运行效率。冷热源系统的设计要根据建筑的功能、气候条件、负荷特点等各方面因素来确定合理的选型方案,防止出现由于选型过大而造成运行效率低下等现象^[2]。全年负荷模拟计算结果表明,办公楼空调系统大部分时间(70%~85%)处于 50%~75%的负荷区间内,变频调节技术在此工况下节能效果最好,是暖通系统能效提高的主要技术途径。

地源热泵系统用浅层地热能作冷热源,能效比(COP)可达 4.8~5.2,比传统空气源热泵或冷水机组节能 40%以上。系统设计阶段地埋管换热器的设计计算要兼顾岩土热物性、钻孔深度和间距、管内流速这些要素,还要注意土壤热平衡问题,在冷热负荷差别较大的地方要设辅助冷热源来保持土壤温度场的长久稳定。冷热同源技术、蓄能技术等新型冷热源方案在综合体建筑中得到应用,证明了水源、空气源、地源热泵系统集成设计可以达到预期的节能减排效果,满足绿色建筑标准要求。以某办公建筑为例,在设计空调冷热源节能系统时要合理确定室外参数和室内参数,从经济性、净投资回收期、节能性三个方面综合评价系统应用效果,给不同气候区、不同功能类型的建筑提供不同的冷热源优选策略。

3.2 热回收与余热利用技术应用

热回收技术可以回收排风、冷凝热等废弃热量来降低新风处理和热水制备的能量消耗。冷热能回收技术在暖通空调系统设计中得到了广泛的应用,用全热回收转轮、板式换热器或者热泵式热回收装置把排风中的能量转移到新风侧,从而减少新风的负荷。广州白天鹅宾馆改造项目高效热回收技术的应用使空调系统运行能耗下降,给既有建筑节能改造提供了一条可以复制的技术途径。在余热利用上,空调冷凝热回收可以用来制备生活热水,达到能源梯级利用的目的。热回收装置同智能化控制技术相结合之后,可以明显改善系统的能量利用率,削减无用的能量浪费。对于大型公共建筑来说,新风负荷所占的空调总负荷比例较高,热回收技术的应用价值较大,在设计阶段要根据建筑的功能以及使用方式来合理选择热回收装置的形式。

3.3 智能控制在暖通系统中的应用

智能控制技术促使暖通系统由原来的依靠经验调节转变为精确的控制。根据物联网技术所具有的智能分区控制功能,可以对各个区域的人流量、使用时间以及热环境等各方面进行单独的温度调节,从而达到节约能源的目的,降低无效的供热量 18%~25%。以人工智能、大数据技术为依托的建筑能源管理系统可以对暖通设备运行状况实

施实时监测并加以改进调节,达成设备启停的优化安排,设定值的动态调节以及故障提前预警的目的,从而提升系统的运行效能。智能控制技术应用效果的好坏要依靠传感器网络的布置、数据采集的准确度以及控制策略的改进来保证,在设计阶段就应留出足够的系统集成接口^[3]。超低能耗建筑暖通空调系统智能控制策略是达成节能目的的重要部分,经由合理的设计准则以及运行能效评价办法相融合,可以有效地改善建筑整体的能效状况。目前,模糊控制、深度学习、多智能体协同等技术正在被逐渐应用到暖通空调系统能效优化控制当中,形成一个由感知、决策、控制、反馈构成的闭环优化体系。

3.4 可再生能源与暖通系统融合应用

可再生能源同暖通系统相融合的应用,属于达成建筑低碳运行的有效途径。太阳能热泵技术把太阳能集热和热泵系统结合起来,在日照充足的时候可以承担全部或者大部分的供热负荷,直接膨胀式太阳能热泵的 COP 可以达到 5~7 之间。建筑光伏一体化(BIPV)技术把光伏组件安装在建筑围护结构上,在发电的同时改善了围护结构的热工性能,光伏直驱空调系统可以降低交直流转换损耗 5%~8%。以半导体光伏空调为代表的新型技术摆脱了传统压缩机的结构,结合储能装置可以实现离网运行,在偏远无电地区有广泛的应用前景。

可再生能源和暖通系统相融合要协调好资源情况、负荷特点和储能安排,防止出现供能无法相容的情况造成技术失效。多能互补系统中光伏发电、地源热泵、储能和热回收的协同运行可以达到能源梯级利用和供需动态平衡的目的。采用改进 NSGA-II 算法对节能控制策略进行研究,得出结论为根据系统实际运行情况不断调节参数并实现自适应控制,可以达到舒适度和系统能耗之间的一种平衡,从而提高系统的性能系数。具备条件的工程中,光伏与地源热泵耦合系统的可再生能源供能比例可达 40%~60%。被动式新风技术和可再生能源相结合使用以后,又给暖通系统节能技术打开了新的大门。

4 建筑暖通节能设计优化策略

4.1 优化暖通系统设计方案

暖通系统设计方案优化要从负荷计算、系统选型、全年能效模拟三个方面着手。设计阶段应使用动态负荷模拟软件做逐时负荷计算,不能依靠经验估算造成设备选型错误。系统形式的选择要结合建筑的功能分区、使用方式和气候特点来确定冷热源方案和末端形式。设计方案优化要包含可再生能源技术的适配性评价以及智能控制系统接口的留有余地,保证节能技术在实际运行过程中可以达到

预期的效果。在绿色建筑暖通系统集成创新中,应该按照循环利用性、节能性、环境保护性等原则来构建专业的暖通空调运行系统,用先进的技术展现应用的优势。设计阶段还要考虑建筑的自然通风条件,利用被动式节能手段来减少主动式系统的工作负荷。

4.2 提高暖通设备节能配置水平

设备节能配置水平直接关系到系统的运行效率。设备选型上应优先选用高效节能产品,变频设备、高效压缩机、低噪声风机($\leq 35\text{dB}$)的使用可以提高系统的能效。系统配置上冷热源设备应采用多机头配置方案,在部分负荷工况下提高运行效率;水泵、风机应装设变频调速装置,满足负荷变化条件下流量调节的要求。管道绝热材料选择及厚度设计应符合现行节能标准,降低输送过程中能量损耗。节能减排理念下的绿色建筑暖通空调节能优化设计,要依靠改善空调水系统、建筑通风散热以及空调出水温度的设计来达成目的。

4.3 加强暖通系统运行调控

系统运行调控属于实现设计节能目标的重要部分。应建立以实际负荷需求为基础的运行调控策略,用建筑能源管理系统对冷热源、输配系统、末端装置等进行协同控制,防止出现设备各自为政造成的能源浪费。过渡季节应该充分利用自然通风、免费供冷等手段来减少空调运行时间。空调系统定期维护,即过滤器更换、换热器清洗、制冷剂充注量检查等,对于保证设备高效运转有着十分重要的意义。超低能耗建筑暖通空调系统运行能效评价结果表明,合理的规划设计要和高效运行结合起来,才能达到降低建筑能耗、提高建筑环境适应性及舒适性的目的。运行阶段还要建立能效监测和预警系统,及时发现异常能耗并加以改正。

4.4 建立全过程节能设计管理机制

全过程节能设计管理机制包括设计、施工、调试、运行维护四个阶段。设计阶段要确定节能目标、技术途径以及考核指标,形成可追溯的节能设计专篇。建筑节能技术正在由原来的能源节约向智能化、自动化转变,设计阶段要为调试阶段的性能检验和运维阶段的能效持续改善留出条件。施工阶段要重视节能专项工程的施工质量控制,保证设计意图得到准确实现。调试阶段要开展系统性能检测和平衡调节工作,检验节能技术的实际成效。运维阶段要创建能效监测和评价制度,形成设计、执行、检验、改良的闭环管理。针对目前工程设计中绿色建筑暖通系统集成所存在的不足,提出有针对性的解决办法,提高暖通系统构建的质量。

表 1 主要新型节能技术应用效能对比

技术类别	代表技术	节能/效能指标	适用场景
高效冷热源	变频调节技术	能耗降低 30%~45%，温控精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	部分负荷占比较高的民用建筑
高效冷热源	地源热泵系统	COP 达 4.8~5.2，较传统空调节能 40%以上	具备埋管敷设条件的各类建筑
热回收技术	全热回收/冷凝热回收	有效降低新风负荷与热水制备能耗	新风量大或有生活热水需求的场所
智能控制	物联网分区控制系统	减少无效供能损失 18%~25%	多区域、多用途大型公共建筑
可再生能源	建筑光伏一体化 (BIPV)	综合建筑能耗降低可达 50%	各类新建及改造建筑

5 结语

新型节能技术在建筑暖通设计中应用由原来的单个技术引入转变为多技术系统集成。变频技术、地源热泵、热回收、智能控制、可再生能源等技术各有各的节能贡献，但是系统整体的节能效果是由设计阶段的精细化分析、设备的合理配置、运行阶段的有效调控决定的。从研究结果可知，建筑低碳目标的实现要依靠相变储能、辐射制冷等被动式技术同高效设备、可再生能源等主动式技术的配合使用。以半导体光伏空调、基于物联网的智能分区控制为代表的新型技术，正在促使暖通空调系统由无压缩化、智能化发展。未来暖通节能设计要重视全过程管理思想，创建起系统的能量分析机制，在设计阶段就应当采取这种做

法，促使建筑暖通朝着更加高效、低碳、智能的方向不断前进。

[参考文献]

- [1]赵頔.节能技术在暖通空调设计中的应用[J].工程建设与设计,2024(17):64-66.
- [2]姚砺强.绿色建筑暖通空调设计中节能技术的应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025(13):205-207.
- [3]王晓旭.基于新型节能理念的建筑暖通系统优化设计及其应用[J].四川水泥,2024(5):86-88.

作者简介：常亚飞（1991—），女，汉，河北邯郸人，中级工程师，硕士研究生，任职于河北新冀人力资源开发有限公司，研究方向为溶液除湿。