

暖通工程中的暖通空调节能技术应用

陈 冲

北京兴铁建筑工程有限公司 北京市西城区 100045

摘要：在建筑能耗居高不下的背景下，暖通空调节能技术是实现建筑绿色发展的关键路径。本文围绕变频、蓄冷蓄热、热泵、自然冷源利用及智能控制等技术，详细阐述其在暖通工程中的应用原理与节能效果。变频技术通过调节设备转速优化能耗，蓄冷蓄热技术实现能源错峰利用，热泵技术高效回收能量，自然冷源与智能控制则进一步提升节能效益。同时，分析智能化、新能源融合及系统集成的发展趋势，为暖通工程节能设计与技术升级提供理论支撑与实践参考。

关键词：暖通工程；暖通空调；节能技术；应用

引言：随着建筑行业快速发展，暖通空调能耗占建筑总能耗比重持续攀升，加剧能源供需矛盾与碳排放压力。传统暖通空调系统存在能效低、运行粗放等问题，已难以满足“双碳”目标与可持续发展要求。在此背景下，暖通空调节能设计成为建筑节能改造与新建项目的核心环节。通过应用变频调速、热泵回收、智能控制等先进技术，不仅能显著降低运行成本，还可减少环境污染。深入研究节能技术应用与发展趋势，对推动建筑行业绿色转型、缓解能源危机具有重要的现实意义与战略价值。

1 暖通工程中暖通空调节能设计的重要性

1.1 缓解能源危机

当前，我国社会经济在快速发展过程中，面临的一个巨大问题就是能源短缺，而在建筑工程中，暖通空调系统本身属于能耗大户，想要实现能源的节约利用，促进建筑行业的可持续发展，需要切实做好暖通空调系统的节能设计。以我国目前的能源消耗情况分析，建筑能耗占到了总能耗的25%左右，而暖通空调系统能耗在建筑能耗中的占比为65%，由此可见，暖通空调系统节能设计的效果，在很大程度上影响着建筑工程的能耗水平。在暖通空调系统中，做好节能设计，能够缓解能源危机，推动建筑行业的可持续发展。

1.2 保护生态环境

在我国经济飞速发展的背景下，环境问题越发凸显，能源短缺的同时，生态环境也在持续恶化，对于人们的日常生活产生了不容忽视的影响。从环境保护的角度，在暖通空调系统中应用节能技术，能够减少能源消耗，降低暖通空调系统运行对于环境造成的污染和破坏，推动暖通空调系统的绿色化发展。例如，在对暖通空调系统进行节能设计的过程中，设计人员可以选择可

再生能源来代替传统化石能源，在满足人们对于室内环境需求的同时，减少对于环境的污染和破坏，实现对于生态环境的保护。

1.3 推动行业发展

从建筑行业的角度，在暖通空调系统中应用节能技术，能够推动建筑行业的可持续发展。一方面，在暖通空调系统中应用节能技术，可以推动暖通空调技术的持续发展，促进暖通空调系统的优化和完善，提高其运行效率；另一方面，在暖通空调系统中应用节能技术，能够提高能源的利用率，在保证暖通空调系统运行效果的同时，降低系统能耗，减少用户对于暖通空调系统的费用支出，在提升用户满意度的基础上，促进建筑行业的稳定健康发展^[1]。

2 建筑工程中的暖通空调节能技术应用

2.1 变频技术

2.1.1 工作原理

变频技术基于交流电动机转速与电源频率成正比特性，通过变频器改变电源输入频率，实现电机转速的精准调节。在暖通空调系统中，风机、水泵等设备常采用变频控制。当系统负荷降低时，变频器降低输出频率，使电机转速下降，设备运行功率随之减小；反之，负荷增加时则提升频率加速运转。例如，传统定频空调压缩机以恒定转速运行，达到设定温度后频繁启停，造成能量浪费；而变频空调通过实时监测室内温度，自动调整压缩机转速，在温度趋近设定值时以低功率持续运转，避免频繁启动损耗，实现按需供能，提升系统运行效率。

2.1.2 节能效果

变频技术在暖通空调领域的节能优势显著，通过动态适配负荷需求，大幅降低设备能耗。以上海金砖大厦

甲级写字楼为例，其中央空调系统采用变频水泵与风机后，根据不同时段人流量及室内外温差自动调节设备转速。改造前，空调系统年耗电量约320万度；改造后，通过变频控制精准匹配冷量与风量需求，年耗电量降至240万度，节能率达25%，年节省电费超80万元。此外，变频设备减少了启停冲击，延长了设备使用寿命，降低维护成本。在酒店、商场等人员流动性大、负荷波动频繁的场所，变频技术更能凸显节能增效与稳定运行的双重价值。

2.2 蓄冷蓄热技术

2.2.1 冰蓄冷技术

冰蓄冷技术是在夜间电力低谷时段，利用低价电能驱动制冷机将水制成冰，储存冷量。在白天电力高峰时段，将储存的冰融化释放冷量，满足空调系统的供冷需求。该技术可以转移高峰电力负荷，结合北京地区的分时电价政策，利用峰谷电价差降低运行成本，同时减少制冷机组的装机容量。北京市朝阳区浦项中心城市综合体采用冰蓄冷系统后，充分利用夜间富余电力蓄能，减少能源浪费，有效缓解白天用电高峰的电力负荷紧张，制冷机组装机容量相比常规系统减少了20%，运行费用降低了25%左右。冰蓄冷系统工作流程如表1所示：

表1 冰蓄冷系统工作流程

指标	常规系统	冰蓄冷系统	节能 / 优化效果
制冷机组装机容量	标准设计容量 (100%)	减少20%	设备投资降低
运行费用	高峰电价时段全额运行	低谷电价制冰+高峰融冰供冷	降低25%左右
电力负荷特性	高峰时段负荷集中	低谷时段蓄冷+高峰时段释冷	移峰填谷
冷量供应方式	制冷机组直接供冷	夜间蓄冰储存+白天融冰释冷	高效利用低谷能源
系统能效比 (COP)	常规运行效率	低谷时段制冷机效率更高 (因夜间环境温度低)	综合能效提升

2.2.2 水蓄热技术

水蓄热技术借助水的显热特性，在电力低谷期利用电加热或余热将水加热储存，待供热需求高峰时释放热量，实现热能的高效利用与错峰供应。以北京经开区万国数据旗下恒长数据中心为例，其采用水蓄热系统回收服务器余热加热水箱，夜间蓄热总量达5000千瓦时，白天可为办公区域供暖及满足机房恒温需求，减少燃气锅炉使用时长，降低能源消耗约40%，不仅大幅降低运营成本，还减少了碳排放，为数据中心绿色节能运行提供了可靠方案。

2.3 热泵技术

2.3.1 空气源热泵

(1) 空气源热泵以空气中的热能作为低温热源，通过压缩机、蒸发器、冷凝器和节流装置等部件构成的循环系统，实现热能的提取、提升与转移。工作时，蒸发器吸收空气中的热量，使低温低压的制冷剂蒸发为气态，经压缩机压缩后变为高温高压气体，随后在冷凝器中释放热量，加热循环水用于供暖或制取生活热水；释放热量后的制冷剂经节流装置降压降温，重新回到蒸发器吸热，如此循环往复。该技术不受地理条件限制，安装便捷，适用于住宅、商业建筑等多种场景。在温和气候地区，空气源热泵能效比可达3-4，即消耗1kW电能可获取3-4kW热能，相比传统电加热设备节能效果显著，有效降低运行成本与碳排放，助力建筑绿色节能。

(2) 我在2019年参建商合杭铁路太和东站站房施工过程中，站房大厅的冷热源拟选用多联机空调系统，经过仔细研究设计图纸和现场踏勘，我建议选用高效空气

源螺杆式热泵机组，我的观点：一是螺杆机组通过滑阀无级调节压缩机排量（调节范围10%-100%），精准匹配实时负荷（如夜间低负荷时能耗可降至满负荷的30%），多联机虽可调频，但室内机启停频繁，压缩机启停损耗更高；二是螺杆式热泵采用喷气增焐技术或双级压缩技术，可在-25℃至-30℃环境下稳定制热，制热能力衰减远低于多联机（多联机通常在-5℃以下制热效率明显下降），冬季室外-15℃时，螺杆式热泵出水温度仍可达50℃以上，而多联机可能需频繁切换化霜模式，导致室内温度波动，我通过对多联机空调系统和高效空气源螺杆式热泵机组关于节能技术方面的比较，经过多次与建设单位和设计单位沟通，考虑到车站人流的高、低峰情况，最终选用高效空气源螺杆式热泵机组，近6年的运行，经建设单位反馈，高效空气源螺杆式热泵机组年运行费用比多联机空调系统低至15%。



2.3.2 地源热泵

(1) 地源热泵利用地下浅层地热资源,通过地下埋管换热器与土壤进行热量交换,实现冬季供热、夏季制冷的双向调节。冬季,地下埋管中的循环工质吸收土壤中的热量,升温后进入热泵机组,经压缩机压缩升温,通过冷凝器释放热量加热室内;夏季则反向运行,将室内热量传递给地下土壤。系统主要由地下埋管换热器、热泵主机、末端装置及控制系统组成。由于地下土壤温度常年稳定,地源热泵运行效率高且稳定,能效比通常可达4-5。与传统空调系统相比,地源热泵可减少30%-40%的能耗,同时无室外机、无废气排放,兼具高效节能与环保优势,尤其适用于集中供暖制冷需求的大型建筑群,是实现建筑低碳运行的重要技术手段。

(2) 我在2021年参建天津市武清区铁科院的办公楼施工,建设单位冷热源拟选用直燃型溴化锂吸收式机组,建设单位的观点是天津地区燃气供应充足且制热时无需外部热源,功能集成度高,一机实现制冷、制热、热水三联供,经过多次反复斟酌,我从安全和经济两个维度对比分析,认为直燃型溴化锂吸收式机组初投资高,燃气消耗量大,运行成本较高,存在燃烧安全隐患(需定期维护燃气系统和排烟系统),运行过程中可能引发燃气和溴化锂溶液泄漏,通过上述分析,我建议选用地源热泵机组,能效比高,运行成本低,环保性好,无直接污染物排放,利用地热能符合碳中和趋势,有充足地下空间的区域,使用寿命长(地下换热器寿命可达50年,机组约30年),地下水温度常年稳定(一般为10-15℃),热泵能效比(COP)可达4.0-6.0,可比直燃型溴化锂吸收式机组节能50%以上,最终,建设单位通过综合考虑,采纳我的建议,选用地源热泵机组,近4年的运行,使用效果良好,设备运转正常。



2.4 自然冷源利用技术

2.4.1 冷却塔供冷

冷却塔供冷技术利用室外低温环境,通过冷却塔直接或间接制取低温冷水,替代或部分替代制冷机组运行,从而降低能耗。在过渡季或冬季,当室外湿球温度低于某一设定值时,冷却塔将循环水冷却至所需温度,

直接输送至空调末端,满足室内降温需求。例如,天津泰达现代服务产业园采用冷却塔供冷系统,在每年11月至次年3月期间,利用冷却塔制备7-12℃的冷冻水,替代冷水机组运行,该时段制冷系统能耗降低约70%,年节省电量超150万度。此技术不仅大幅减少了制冷设备的运行时间,还降低了设备维护成本,为工业建筑节能提供了有效方案。

2.4.2 新风供冷

新风供冷技术通过引入室外低温新风直接或间接冷却室内空气,减少机械制冷设备的使用。在春秋季节或早晚温差较大的时段,当室外空气参数满足室内舒适度要求时,新风系统加大新风引入量,经简单过滤处理后直接送入室内,置换室内热空气实现降温。杭州亚科中心园区采用新风供冷技术,结合智能控制系统,根据室外温湿度自动调节新风量。在过渡季,该园区80%的办公区域可通过新风供冷满足室内舒适度需求,机械制冷设备开启时间减少60%,年节约制冷能耗约120万度,同时改善了室内空气质量,提升了人员办公环境的舒适度。

2.5 智能控制系统应用

智能控制系统通过集成传感器、控制器、通信网络及算法模型,实现暖通空调系统的精准调控与节能运行。系统利用温湿度、压力、流量等传感器实时采集室内外环境参数及设备运行数据,经中央控制器分析处理后,基于预设策略或人工智能算法,自动调节制冷机组、水泵、风机等设备的运行状态。例如,根据室内人员密度动态调整新风量,或依据室外气象条件优化冷热源输出功率。通过模糊控制、神经网络等先进算法,系统可精准匹配负荷需求,避免设备过度运行。在大型商场等复杂场景中,智能控制系统可使暖通空调能耗降低20%-30%。此外,其远程监控与故障预警功能,能及时发现问题并解决设备异常,延长设备寿命,降低维护成本^[2]。

3 暖通空调节能技术的发展趋势

3.1 智能化控制

未来,暖通空调节能技术的智能化控制将向更高层级演进。随着5G、边缘计算与数字孪生技术的普及,系统数据采集与处理能力将大幅提升。一方面,全域感知网络可实时捕捉建筑内外部环境变化,如通过热成像技术感知人员活动区域,动态调节局部温湿度;另一方面,数字孪生模型能模拟系统全生命周期运行,提前预判能耗峰值,优化设备启停策略。人工智能算法的持续迭代也将带来新突破,强化学习技术可使系统自主学习不同场景下的最优控制方案,无需人工干预即可实现动态节能。此外,智能控制系统将与建筑自动化、城市能

源管理平台深度互联，构建协同节能生态，预计可使暖通空调系统综合能效再提升15%-20%，成为建筑智慧化转型的关键支撑。

3.2 新型能源的深度融合

在“双碳”目标驱动下，新型能源与暖通空调系统的融合将更为多元深入。太阳能光热-储热-热泵三联供系统将实现能量的跨时段高效利用，白天收集太阳能驱动制冷，夜间储热用于供暖；而地热能与空气源热泵的复合应用，可解决单一热源在极端气候下的性能衰减问题。氢能作为零碳能源，其在暖通领域的应用将加速突破，氢燃料电池为系统提供电力，氢气燃烧供热将形成清洁供热新模式。同时，工业余热、数据中心废热等低品位热源的回收技术将进一步成熟，通过有机朗肯循环、吸收式制冷等技术实现能量升级利用。多能互补的能源架构不仅能降低系统对传统能源的依赖，还可使建筑综合能耗降低30%以上，推动暖通行业向低碳化、可持续化转型。

3.3 系统集成与优化

系统集成与优化将成为提升暖通空调能效的核心方向。未来的集成系统将以建筑信息模型（BIM）与物联网平台为基础，打破设备、子系统间的信息孤岛，实现从冷热源、输配管网到末端设备的全流程协同控制。模

块化设计理念将进一步推广，预制化集成设备可大幅缩短安装周期，降低运维复杂度。同时，基于大数据分析的能效诊断工具将实时评估系统运行状态，自动优化设备参数与运行逻辑。此外，暖通空调系统将建筑光伏一体化（BIPV）、储能系统等深度耦合，形成“发-储-用”一体化能源生态。通过系统性集成创新，预计可使暖通空调系统整体能效提升25%-30%，显著降低全生命周期运营成本，助力建筑实现绿色低碳目标^[3]。

结束语

暖通空调节能技术的发展关乎建筑领域的可持续未来。从当前变频、蓄能等技术的成熟应用，到智能化、新能源融合等趋势的探索，每一次技术革新都推动着行业向低碳高效迈进。未来，随着技术的持续突破与实践经验的积累，暖通空调节能技术将更深度融入建筑全生命周期，为实现“双碳”目标提供有力支撑。

参考文献

- [1]胡仪.暖通空调制冷系统中的节能环保技术分析[J].清洗世界,2021(07):132-133.
- [2]唐诚鸿.暖通工程施工中绿色节能技术应用现状与发展趋势[J].中国建筑金属结构,2024(05):118-120.
- [3]王娜.绿色公共建筑项目中暖通空调节能设计分析[J].建材与装饰,2021(19):171-172.