

建筑环境与能源应用工程节能技术研究

李春燕

大金（中国）投资有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]建筑环境与能源应用工程是建筑节能领域的核心学科，其技术发展对实现碳达峰、碳中和目标具有关键支撑作用。系统梳理了该领域的节能技术体系，从能耗问题分析、节能技术应用到优化措施三个层面展开论述。在技术应用层面，重点分析了暖通空调节能技术、建筑围护结构节能技术、可再生能源利用技术及智能化节能控制技术的原理与效果。在优化措施层面，从设计方案、运行管理、能源应用及管理体系四个维度提出综合优化路径。研究表明，被动式技术与主动式技术的协同集成、智能化控制与可再生能源的深度融合，是提升建筑能源利用效率的有效途径。

[关键词]建筑环境与能源应用工程；节能技术；智能化控制

DOI: 10.33142/ect.v4i7.20142

中图分类号: TU111.4

文献标识码: A

Research on Energy-saving Technology in Building Environment and Energy Application Engineering

LI Chunyan

Daikin (China) Investment Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Building Environment and Energy Application Engineering is a core discipline in the field of building energy conservation, and its technological development plays a key supporting role in achieving carbon peak and carbon neutrality goals. The system has sorted out the energy-saving technology system in this field, discussing it from three aspects: energy consumption analysis, energy-saving technology application, and optimization measures. At the technical application level, the principles and effects of HVAC energy-saving technology, building envelope energy-saving technology, renewable energy utilization technology, and intelligent energy-saving control technology were analyzed in detail. At the level of optimization measures, a comprehensive optimization path is proposed from four dimensions: design scheme, operation management, energy application, and management system. Research has shown that the collaborative integration of passive and active technologies, as well as the deep integration of intelligent control and renewable energy, are effective ways to improve building energy utilization efficiency.

Keywords: building environment and energy application engineering; energy-saving technology; intelligent control

引言

建筑部门属于全球能源消耗和碳排放的主要来源之一。建筑运行能耗占全社会总能耗的 30%以上，与能源有关的 CO₂排放量占全世界总量的近 40%。伴随着全球气候变暖以及极端天气的频繁出现，建筑的供暖、制冷需求也越来越大。因此建筑领域节能降碳就成了应对气候变化的重要途径。建筑环境与能源应用工程是建筑节能的主干学科，它所涉及的技术体系有暖通空调系统、建筑围护结构、可再生能源利用、智能化控制等。该学科以保证室内环境品质为前提，在满足条件的基础上尽力降低建筑的运行能耗。有研究提出了一种用于评价有役暖通空调系统全年综合性能系数的方法，利用现场短期测试和模型推演相

结合的方式可以实现对系统全年能效的准确评价，该方法克服了传统能效评价依靠长期监测的不足，给设备更新提供可靠的数据支持。建筑业在全球碳排放中占有重要地位，节能改造技术对实现碳达峰目标有着十分重要的作用。本文对建筑环境与能源应用工程节能技术进行系统的探究，从能耗问题出发，整理出主要的节能技术原理及应用情况，从设计、运行、能源、管理四个方面提出相应的优化措施。

1 建筑环境与能源应用工程节能技术研究的重要意义

建筑环境与能源应用工程节能技术研究有诸多方面重要的意义。从国家战略角度来讲，建筑能耗会成为我国未来能源消费的主要增长点，建筑节能技术研究应用将会

对中国未来能源消费产生深远的影响。我国已经成为世界上最大的建筑市场，每年新增建筑面积占全世界的 50% 左右。在“双碳”目标的引领之下，建筑节能改造成了推动绿色低碳发展的主要方式。从经济效益的角度来说，暖通空调系统属于建筑能耗的主要部分，它的能效改善会使得建筑运行电费的开支减少。用高效热回收通风系统可以降低寒冷气候条件下暖通空调的能耗 13.5%~19.7%。智能化节能控制技术应用后可以使得能源使用成本下降 20% 以上。就环境效益而言，建筑业在全世界的碳排放当中占有重要的地位。建筑运行阶段的碳排放所占比例比较大。从学科发展的角度来说，项目创新提出“碳效比”为暖通空调系统低碳运行的主要指标，系统边界包含室外机、室内机、水泵、冷却塔等全部组件，核算范围涵盖电力消耗和制冷剂泄漏这些碳排放源。

2 建筑环境与能源应用工程中的能耗问题分析

2.1 暖通空调系统能耗问题

暖通空调系统属于建筑能耗的大户，其能耗一般占到建筑总能耗的 40%~60%。大型公共建筑中这个比例会更大一些。在总建筑面积大约为 10 万 m² 的办公建筑中，多联机系统单位名义制冷量的年耗电量是 231.4kWh/a kW，低碳运行指标是 0.154kgCO₂e/kWh。暖通空调系统能耗的主要问题有以下几点：设备选型过大造成“大马拉小车”现象普遍，设备长期处于低负荷区工作，效率低，系统输配能耗过高，水泵、风机耗电占系统总耗电的 30% 以上，运行管理粗放，缺少精细化调控措施，既有设备老化能效衰减，但是没有科学的评估手段。长期以来，我国对于暖通空调系统运行能效和碳排放的评价没有形成统一的、科学的方法标准，从而影响了设备更新和节能改造的推进。

2.2 建筑设备运行能耗问题

除暖通空调系统外，建筑内还有照明系统、给排水系统、电梯系统、办公设备等众多的用能设备^[1]。照明系统大多使用传统的荧光灯，能效低，没有智能控制；给排水系统水泵长期工频运行，不能根据实际需要调节流量；电梯系统能量回馈装置普及率不高；各类办公设备待机能耗普遍存在。建筑系统的耗能不只是运行期的，还有材料采购、施工、拆除和废旧材料处理等各个时期。

3 建筑环境与能源应用工程节能技术应用

3.1 暖通空调节能技术应用

暖通空调节能技术的主要目的就是使室内的热舒适度和空气质量得到最好的保障，在保证室内环境的前提下，尽可能地降低系统能耗。在高效设备上，变频技术可以调

节空调系统的压缩机转速来达到部分负荷的效果。磁悬浮离心式冷水机组的能效比（COP）可以达到 6.0 以上，比传统的机组高出 30%~40%。超低能耗建筑中暖通空调系统设计与运行能效是提高建筑整体能效的关键环节，主要技术有按照建筑节能要求选择空调系统、能源回收技术等。热回收技术中排风热回收装置可以回收排风中的冷热量给新风预处理使用。热回收通风系统在寒冷气候条件下可以使暖通空调能耗降低 13.5%~19.7%。变风量系统避免了定风量系统的再热损失，温湿度独立控制系统的冷源可以在较高的蒸发温度下工作。

3.2 建筑围护结构节能技术应用

建筑围护结构是隔绝室外气候影响、保持室内热环境稳定的墙、门窗等。常用保温材料的性能对比如表 1 所示。

表 1 常用建筑围护结构保温材料性能对比

材料类型	导热系数[W/(m·K)]	防火等级	适用部位
EPS 板	0.039~0.041	B2 级	外墙、屋面
XPS 板	0.028~0.030	B1 级	屋面、地面
岩棉板	0.040~0.045	A 级	外墙防火隔离带
聚氨酯硬泡	0.022~0.028	B1 级	屋面、管道

断桥铝合金窗框、Low-E 中空玻璃在使用外窗节能方面有着明显的提高。研究人员在大型公共建筑上开发出兼顾遮阳采光通风、保温隔热等各方面要求的围护结构技术。相变储能材料在建筑围护结构中应用也成了近些年来的研究热点。相变材料有较高的潜热储存能力，可以有效地平抑室内温度的波动，是重要的被动式技术手段。

3.3 可再生能源利用技术应用

可再生能源在建筑中的应用，是建筑实现低碳化的主要方式。按照能源形式的不同，建筑中常用的可再生能源技术主要有太阳能光伏发电、太阳能光热利用、地源热泵等。太阳能光伏发电技术就是把太阳能直接转化为电能，满足建筑部分用电需求。建筑集成光伏技术把太阳能光伏板集成到建筑结构里发电，是节能和改善室内空气质量的高效方式^[2]。该技术将光伏组件和屋顶、幕墙这些建筑构件结合在一起，既可以起到发电作用，又可以取代传统的建筑材料。太阳能光热利用是把太阳辐射转化为热能，给建筑提供生活热水的装置。NIST 净零能耗住宅测试设施中太阳能热系统给生活热水供应提供大约 54% 的需求。对酒店、医院等有持续热水需求的建筑来说，太阳能光热系统具有较好的经济性。地源热泵技术是用地下土壤作为热源或者热汇，冬季从地下土壤中提取热量给建筑供暖，夏季把热量排入地下土壤实现制冷。由于地下温度全年比较稳定，所以地源热泵的运行效率受室外气温的影响不大。

地源热泵技术利用地下土壤做热源或热汇,全年平均能效比为3.5~4.5。该种能效水平比传统的电加热方式节能65%以上。地埋管换热器为系统核心部分,竖直埋管适合于土地受限制的城市建筑,水平埋管适合于场地开阔的郊区建筑。多种可再生能源技术互补集成,可以提高系统的性能。研究结果表明,把可再生能源同建筑系统结合起来,是提升建筑能效的有效方法之一,经由性能对比以及案例剖析,把这些技术融合起来,可以使得建筑能耗需求削减一半左右。可再生能源集成技术的优点是减少化石能源的消耗、运行成本低,但是初始投资大、受地域资源条件的限制,在实际工程中要根据资源禀赋合理选择技术组合。



图1 可再生能源建筑应用示意图

3.4 智能化节能控制技术应用

智能化节能控制技术就是将传感器网络、数据分析算法、控制策略等结合起来,从而达到对建筑用能系统进行实时监测和优化控制的目的。该技术的核心价值就是把人、设备、环境三者动态匹配起来,防止无效能耗。楼宇自动控制系统属于智能化控制的硬件基本平台。楼宇自动控制系统对冷热源、空调、照明等实行集中控制。按照室内室外环境参数和实际使用的要求,自动调节设备的工作状态,根据行程计划来调节新风阀,从而达到降低能耗的目的,在无人状态下改变运行方式来避免能源浪费。智能控制系统可以使得能源消耗减少20%以上,运行效率提高15%~40%。从算法上来说,传统的PID控制已经不能满足复杂系统的要求了。从算法上来说,创新融合机理模型和数据驱动的方法,用行业第四代AI算法来保证平台运行效果和节能降碳目标的准确实现。模型预测控制依靠建筑热动态模型和天气预报信息来提前规划出最优策略,基于强化学习的无模型控制算法可以在线学习系统的动态特性,自适应地调节参数^[3]。新一代智慧能源管控平台正在由原来的单点控制向全链路协同转变。中建三局发布的“零碳智慧运营平台”,以源、网、荷、储、控、碳、运七个主要子系统为依托,创建起能源全链条的控制架构。七个子系

统形成了能源生产、消费、评价的闭环。智能检测系统具有无线传输、本地存储、实时显示等优点,并且可以和大数据监测平台相连接,从而达到端-云-评一体化的能效和碳排放在线评价。该技术路线大大缩减了能耗评价的时间和人力成本,给既有建筑节能改造赋予了快速诊断手段。

4 建筑环境与能源应用工程节能优化措施

4.1 优化建筑节能设计方案

建筑节能要从设计阶段开始。规划阶段应合理确定建筑的朝向、体形系数,南北朝向有利于冬季得热、夏季避暑。体形系数应尽量小,以减小传热损失。研究显示,在教育建筑里采用自然通风加被动设计的方式可以达到节能率达到62%的效果。方案设计时应改善窗墙比,设置可调外遮阳装置。系统设计时要合理确定暖通空调系统的类型及容量,不能造成浪费。超低能耗建筑的暖通空调系统设计要实现“合理设计、高效运行”相结合。各个功能区可以分隔开来设计,独立控制,满足不同的需求。

4.2 提高设备运行管理水平

运行管理属于建筑节能效果的保证环节。调试阶段要进行系统联合调试和性能检验,保证设备参数设置合理、控制逻辑正确。日常运行阶段要建立完善的运行管理制度,合理设置室内温度(夏季不小于26℃,冬季不大于20℃)。净零能耗建筑里,室内温度设定值对所有主要建筑系统容量的安排以及整个实施成本有着最明显的作用。维护保养时要定时清洗过滤器、定时检查制冷剂充注量、定期对传感器进行校准。研究发现,协调通风系统同热泵、太阳能系统一起工作才能达到最佳的效率以及能量回收的效果。

4.3 推进绿色低碳能源应用

推进建筑用能绿色低碳转型,是降低建筑碳排放的最根本的办法。提高可再生能源在建筑用能中所占的比重,新建建筑要同步设计太阳能系统。混合通风系统采用可再生能源供电、智能控制管理,是实现净零能耗建筑目标的最有可能的途径之一。热电联供、冷热电三联供系统可以达到能量梯级利用的目的,一次能源利用率可以达到70%以上。低碳技术的应用上要积极使用低全球增温潜势的制冷剂,削减直接碳排放。碳效比是暖通空调系统低碳运行的主要指标,使设备更新由原来的节能转向节能和低碳并重。

4.4 完善建筑节能管理体系

健全的管理体系是保证建筑节能工作不断推进的制度保障。从政策标准上看,国外的建筑节能政策经验显示,各国的节能政策对建筑节能事业的发展起到重要的推动

作用。从考核评价的角度出发,在“知碳、算碳、降碳、评碳”这四个环节上创建起完备的碳排放管理与运作体系。从能力建设角度来讲,应当推进物业管理人员节能培训工作,推行合同能源管理方式。另外还要加强建筑节能全过程的动态监管,创建数字化能耗监测平台,就建筑运行时的能源消耗展开实时剖析并发出预警,进而改善能源的利用效能。政府部门要健全激励和约束机制,促使绿色建筑技术推广,促使建筑节能管理走向智能化、精细化的道路。

5 结语

建筑环境与能源应用工程节能技术是达成建筑领域碳达峰、碳中和目标的关键支撑。本文从能耗问题分析、节能技术应用、优化措施三个方面对这一领域进行梳理。在节能技术上,被动式技术和主动式技术联合使用是提高建筑能源利用率的好方法。经过研究发现,把它们结合起来可以减少建筑能耗需求达到 50%以上,并且提高室内的热舒适度。从设计、运行、能源、管理四个方面综合采

取措施。建筑环境与能源应用工程节能技术未来的发展方向就是更智能、集成化、低碳化。人工智能和物联网技术深度融合之后,建筑能源系统就会从“自动化”转变为“智慧化”,被动式技术和主动式技术之间的界限也将会变得模糊,进而产生一体化的解决方案。这些趋势会给该领域学术研究和工程实践赋予宽广的空间。

[参考文献]

- [1]孙文鹤.建筑节能改造技术及其在碳达峰中的应用研究[J].建材发展导向,2024,22(6):136-138.
 - [2]杨刚,付宇,徐鑫,等.基于“能+碳”双控的高性能围护结构评价方法研究[J].建筑节能(中英文),2024,52(5):52-57.
 - [3]王家惠,赵志通.被动式节能建筑围护结构主要技术与优化策略[J].绿色建造与智能建筑,2026(1):46-48.
- 作者简介:李春燕(1989—),女,汉族,河北石家庄人,助理工程师,河北工程大学毕业,现就职于大金(中国)投资有限公司,从事空调厂家售前技术支持工作。