

建筑设计中的节能技术应用与优化路径

马庆

(中机中联工程有限公司, 重庆 400039)

摘要 为解决建筑设计中能耗过高的问题, 本文对被动式节能技术、主动式节能技术等节能技术及其在建筑全生命周期中的整合应用进行了深入探讨, 并提出节能设计标准化、多维度协同策略及绿色建筑与节能技术的融合方案等优化路径, 通过提高能源利用效率、降低运行能耗和促进可再生能源的使用, 有助于实现建筑行业的低碳化转型, 以期为建筑设计中的节能技术推广及优化路径探索提供参考。

关键词 建筑设计; 节能技术; 多维度协同设计; 绿色建筑

中图分类号: TU2

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.04.037

0 引言

全球建筑行业的能源消耗约占总能耗的 40%, 是碳排放的重要来源之一。在能源短缺与气候变化的双重压力下, 节能技术在建筑设计中的应用日益重要。作为建筑低碳化发展的核心手段, 节能技术不仅影响建筑全生命周期的能源利用效率, 还在应对环境污染与资源浪费方面具有显著作用。结合建筑设计特点, 合理应用节能技术能够显著降低能源需求, 提升能源利用效率, 为建筑行业的绿色转型提供强有力的技术支持。

1 节能技术的定义与分类

节能技术是通过优化能源利用效率、减少不必要能源消耗以及降低环境负荷的一系列技术手段的统称, 其在建筑设计中具有显著的理论和实践意义。根据其作用原理与应用方式, 可将节能技术划分为被动式节能技术、主动式节能技术与智能节能技术三大类。被动式节能技术依托建筑物本身的物理特性和环境条件, 通过建筑形体、朝向、围护结构的热工性能优化实现能耗降低, 例如自然采光、自然通风和保温隔热技术。主动式节能技术则涉及高效能源设备的应用与能源管理系统的优化, 包括空调、采暖和制冷系统的能效提升及可再生能源的建筑一体化利用, 如太阳能光伏系统和地源热泵。智能节能技术基于现代信息技术, 通过传感器、物联网与能耗监控平台实现能源需求的实时调控与动态优化, 以进一步提升建筑整体能效^[1]。

2 被动式节能技术在建筑设计中的应用

2.1 建筑围护结构优化技术

建筑围护结构的优化技术在被动式节能设计中占据核心地位, 其通过调节建筑内部与外部环境之间的

能量交换, 显著降低建筑能耗。墙体、屋顶和门窗作为围护结构的主要组成部分, 其热工性能直接影响建筑能量的得失。墙体优化技术通常采用高性能保温材料, 如导热系数低于 $0.035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的聚氨酯泡沫板, 以及外墙外保温系统, 以显著降低热传导损失。屋顶优化技术则通过引入反射率超过 70% 的高反射涂层或种植屋面, 减少太阳辐射吸收, 同时提高屋顶隔热性能。门窗系统的优化需结合中空玻璃与低辐射涂层 (Low-E) 玻璃, 降低传热系数至 $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 以下, 以减少冬季热损失与夏季热增益。进一步, 通过减少热桥效应以及优化气密性, 围护结构整体的热性能可得到提升, 热流失降低达 20% ~ 30%。此外, 先进的动态围护结构技术, 如相变材料墙体和可调光窗户, 能够根据环境变化主动调节能量交换, 为建筑内部创造更加稳定的热环境, 同时提升节能效率。

2.2 自然通风与采光技术

自然通风与采光技术是被动式节能设计的重要组成部分, 通过优化空气流动与光线分布, 减少对机械通风和人工照明的依赖, 从而有效降低建筑能耗。在自然通风设计中, 主要利用风压和热压原理, 通过合理的气流组织实现建筑内部空气的有效流动。双层皮幕墙系统结合外墙开口的设置, 可使通风效率提升 20% ~ 30%, 同时改善室内空气质量。开窗面积与朝向的优化设计能够增强风速与换气效率, 例如, 在主风向区域设计开窗面积占墙体总面积的 30% ~ 40%, 可有效提升通风性能。在自然采光方面, 通过优化窗户位置、引入天窗和光导管等技术, 室内照明能耗可减少 40% ~ 50%。此外, 采用反射率为 0.85 以上的高反射内墙涂层与光棚结构, 能够将自然光的渗透深度提高

至6 m以上,从而均匀分布室内光线,避免光线过强或阴影区的形成。智能化遮阳系统与低辐射玻璃的结合应用,则可进一步降低太阳辐射热的引入,同时提升采光舒适性,构建节能与舒适并存的空间环境^[2]。

2.3 建筑形体与朝向设计

建筑形体与朝向设计通过调整建筑整体布局与几何特性,在节能优化中发挥关键作用。建筑形体的紧凑性直接影响其表面积与体积比(S/V比),较低的S/V比能够减少建筑围护结构热交换面积,从而降低能耗。例如,对于寒冷地区,S/V比控制在0.3~0.4可最大程度减少热损失,而在炎热地区,增加形体复杂性可提升遮阳效果。朝向设计则主要影响建筑的太阳辐射接受量和自然通风效率。在北半球,建筑宜采用南北朝向,其中南向窗户面积占总窗面积的60%~70%,以最大化冬季太阳辐射得热,同时减少夏季过热现象。遮阳系统的设计需结合不同季节的太阳高度角,设置水平遮阳板或垂直百叶,在夏季太阳高度角为70°~90°时提供有效遮阳。形体设计中,通过引入中庭、绿化屋顶和穿堂风道,可进一步优化空气流动与热环境。此外,利用计算机模拟工具对形体与朝向进行精确评估与优化,可将整体建筑能耗降低15%~25%,从而实现高效的节能目标,同时满足美观与功能需求的平衡。

2.4 遮阳与热环境调控技术

遮阳与热环境调控技术通过减少不必要的太阳辐射热得和优化室内热环境,为建筑节能设计提供了重要支持。外部遮阳是控制太阳辐射进入建筑的主要手段之一,包括固定遮阳板、活动百叶和遮阳格栅等形式。研究表明,在夏季高温时段,合理设置水平遮阳板可减少40%~60%的直接太阳辐射热得,同时有效降低空调负荷。内部遮阳则通过使用卷帘、窗帘和热反射涂层玻璃,进一步降低传热系数至1.2 W/(m²·K)以下,从而提升室内热舒适性。植物遮阳也是一种有效的调控方式,例如,通过绿化外墙与屋顶,能够减少围护结构外表面的太阳辐射吸收,降温效果可达4℃~6℃。动态遮阳技术结合光控与热控传感器,可根据实时太阳辐射强度与室内温度调节遮阳设备的角度与状态,最大限度优化光热环境。热环境调控中还包括热缓冲区的设置,例如通过双层幕墙或隔热中庭设计,降低热传导速率并减少室内温度波动幅度^[3]。

3 主动式节能技术在建筑设计中的应用

3.1 高效能源系统集成技术

高效能源系统集成技术通过优化能源设备的配置与协同运行,提高建筑能源利用效率,降低能源消

耗。地源热泵和空气源热泵是常用的高效能源系统,地源热泵利用地温的相对稳定特性,其制冷和供暖能效比(COP)可达4.0以上,比传统空调系统高出40%~60%。空气源热泵则以环境空气为热源,在气温较高地区的应用表现优异。高效能源集成还包括多联机空调系统,其部分负荷性能系数(IPLV)可达到6.0,远优于传统单机设备。此外,热电联产系统可通过余热回收提高能源综合利用率至80%以上,实现电力和热能的同步供给。系统集成过程中,需采用能源梯级利用技术,将能源质量匹配不同的使用需求,例如通过热回收系统支持生活热水或采暖。

3.2 可再生能源利用技术

可再生能源利用技术通过引入清洁能源,实现建筑能耗结构的绿色转型,已成为现代建筑节能的重要途径。太阳能光伏系统是建筑中最常见的可再生能源技术,其发电效率近年来已提升至20%以上,建筑光伏一体化设计可实现建筑外立面和屋顶的多功能利用,年均减少二氧化碳排放约50 kg/m²。太阳能光热系统则利用太阳辐射加热介质,为建筑提供生活热水或辅助采暖,可使全年热能供应率达到60%~80%。风能在高层建筑中的应用也逐渐普及,特别是垂直轴风力发电机,其工作风速范围为3~25 m/s,能够在城市复杂风环境中高效运作。此外,地热能作为稳定的能源来源,通过地热井或地热换热器,可为建筑提供可持续的供暖与制冷能源。

3.3 建筑智能化节能控制技术

建筑智能化节能控制技术通过现代信息技术和自动化设备实现能源管理的实时优化,是提高建筑能源效率的重要手段。智能楼宇管理系统(BMS)集成了照明、空调、供暖及安防控制功能,通过动态感知与数据分析,优化能源使用模式,可减少15%~30%的综合能耗。传感器技术是智能化控制的核心,例如二氧化碳传感器与温湿度传感器的联动控制,可确保室内环境参数始终处于最佳状态。变频驱动技术用于调节风机、水泵和空调系统的输出,能够显著降低设备运行中的能源浪费。能源管理平台基于大数据与人工智能算法,可通过预测分析和自适应控制,实现用能需求的精准匹配。此外,区块链技术正在逐步应用于分布式能源的管理与交易,进一步提高能源利用的透明度与效率^[4]。

4 节能技术应用的优化路径

4.1 节能设计标准化与规范化路径

节能设计的标准化与规范化是推动节能技术广泛应用的关键路径,其核心在于建立科学、系统且具有

区域适应性的节能设计评价体系。目前,全球范围内的建筑节能标准主要涵盖围护结构热工性能、设备系统效率及可再生能源利用比例等指标。例如,《国际能源署建筑节能规范》中明确规定,建筑围护结构的热传导系数应控制在 $0.3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 以下,而空调系统的季节性能系数(SEER)需达到 4.0 以上。在中国,《建筑节能设计标准》(GB 50189—2015)提出公共建筑节能率需达到 50%~65%,并对区域性气候条件下的能耗限值进行了明确划分。通过标准化设计,可以统一技术要求,避免设计过程中的随意性,同时提升建筑节能效果的可测性与可控性。规范化路径还应注重全过程控制,从规划设计到竣工验收实施分阶段评价,并结合建筑全生命周期能耗模拟工具,如 EnergyPlus 软件,实现节能技术的精确评估。

4.2 多维度协同设计策略

多维度协同设计策略强调建筑设计中的多专业融合,通过空间规划、材料选择、能源管理等多领域的协同优化,全面提升建筑节能性能。首先,在建筑结构设计与设备系统设计的协同方面,研究表明,优化建筑围护结构热工性能与设备系统容量匹配关系,可实现建筑能耗降低约 15%~25%。例如,在寒冷地区,通过结合高效保温材料和低能耗供暖设备,可以显著提升整体节能效率。在空间设计与能源利用方面,合理规划建筑空间布局以促进自然通风与采光,将空调负荷降低 10%~20%。其次,在材料与工艺选择上,应优先采用可再生或可循环材料,如高性能混凝土、相变储能材料等,既满足节能需求,又降低碳排放。协同策略还包括建筑生命周期的整体优化,通过数字化技术(如 BIM 技术)对建筑设计、施工及运营阶段进行一体化管理,动态调整能耗策略^[5]。

4.3 全生命周期节能设计方法

全生命周期节能设计方法是建筑节能技术应用的系统性路径,其核心在于贯穿建筑从规划、设计、施工到运营及拆除的各个阶段,全面优化能耗结构与资源利用效率。在规划阶段,需结合区域气候特征与用地条件,通过模拟工具预测建筑全生命周期能耗。例如,利用 IES 或 EnergyPlus 等模拟软件对不同设计方案进行能耗评估,可实现整体能耗减少 15%~20%。在设计阶段,通过优化围护结构热工性能、引入可再生能源系统和高效设备组合,实现建筑能耗的精确控制。施工阶段应选用能耗较低的施工技术 with 绿色建材,如碳排放强度低于 $200 \text{ kgCO}_2 \text{ e}/\text{m}^3$ 的轻质材料,降低建筑的隐含能耗。运营阶段,通过智能化能耗管理平台对

建筑设备运行进行实时调节,实现 30% 以上的节能效果。拆除阶段则注重材料的回收再利用,减少能源损失与环境污染。

4.4 绿色建筑与节能技术的融合路径

绿色建筑与节能技术的融合路径是实现建筑行业低碳化转型的重要手段,其关键在于通过节能技术推动绿色建筑核心指标的达成,从而构建环境友好型建筑体系。绿色建筑评价体系,如 LEED 和 BREEAM,明确了能源消耗、材料使用和室内环境质量等指标的要求,而节能技术在其实施中发挥了重要作用。例如,通过引入高效能源设备和可再生能源系统,可使绿色建筑运营能耗降低 30%~50%,达到 LEED 的“黄金”或“铂金”认证标准。围护结构优化与节能设备集成可显著提高建筑的能源效率,从而满足绿色建筑的节能指标。智能化控制技术则进一步优化能源利用,通过传感器与数据分析实现能源消耗的精准管理,为绿色建筑提供动态支持。此外,节能技术还促进了绿色材料的合理应用,例如相变储能材料与低碳混凝土在节能与环境指标中的双重作用。

5 结束语

节能技术在建筑设计中的应用是推动建筑行业向低碳化和可持续发展迈进的关键路径。通过合理运用被动式和主动式节能技术,建筑能耗可以在设计和运营各阶段得到有效控制,从而显著降低能源消耗和环境影响。与此同时,优化路径的探索进一步促进了节能技术与建筑设计的深度融合,无论是标准化设计、多维度协同策略,还是全生命周期方法,都为提升建筑节能效率提供了科学支持。未来,随着节能技术的不断创新和绿色建筑理念的普及,建筑设计将在能源利用与生态平衡之间找到更加和谐的解决方案,为实现全球能源转型与环境可持续发展做出更大贡献。

参考文献:

- [1] 钟坤.关于绿色节能技术在民用建筑电气设计中的应用路径试析[J].陶瓷,2021(02):126-127.
- [2] 吴帅.绿色建筑设计中节能技术的应用[J].居舍,2024(36):64-67.
- [3] 郭燕春.绿色建筑设计理念与节能技术应用策略[J].四川建材,2024,50(12):37-39.
- [4] 张振辉.绿色节能技术在公共建筑幕墙设计中的应用研究[J].房地产世界,2024(19):149-151.
- [5] 张竞文.建筑节能理念在工业建筑设计中的应用探讨[J].建材发展导向,2024,22(19):126-129.