

绿色建筑设计中节能技术的应用研究

韩秋爽

天津市政工程设计研究总院有限公司 天津 300380

摘要：绿色建筑节能设计是实现建筑领域碳中和的核心路径。本文围绕围护结构优化、被动式节能、主动式节能及可再生能源利用四大技术体系展开研究。被动式技术通过围护结构保温、体型朝向优化、自然通风采光降低建筑基础能耗；主动式技术依托高效暖通、智能照明与能耗监测平台实现精细化管控；可再生能源方面，BIPV、太阳能热水、地热能及风能生物质能辅助应用构建了多元清洁能源供给体系。研究表明，多技术集成应用可显著降低建筑全生命周期能耗，为绿色低碳发展提供理论与实践支撑。

关键词：绿色建筑；节能技术；围护结构；可再生能源

引言：随着“双碳”目标推进，建筑领域节能减排成为关键任务。传统建筑设计重外观、轻能耗，导致运行阶段能源浪费严重。绿色建筑节能设计依托建筑热工学、可持续发展及能源梯级利用理论，从被动式与主动式两条路径系统降低能耗。本文系统梳理围护结构节能、自然通风采光、高效暖通、智能管控及太阳能、地热能等可再生能源技术的设计应用，分析各技术的适用场景与节能效果，为绿色建筑全生命周期节能设计提供参考。

1 绿色建筑节能设计的理论基础

绿色建筑节能设计是依托建筑物理学、环境生态学、可持续发展理论构建的系统性设计体系，核心是在建筑全生命周期内，最大限度降低能源消耗、减少环境污染、提升资源利用效率。其核心理论包含建筑热工原理、被动式节能原理、能源梯级利用理论及低碳循环发展理论，打破了传统建筑重外观、轻能耗的设计误区。建筑热工理论为围护结构保温、隔热、防潮设计提供核心依据，通过调控建筑与外界的热量交换，降低冷热负荷损耗。可持续发展理论贯穿建筑规划、设计、施工、运营及拆除全过程，兼顾人居舒适度与生态环境平衡^[1]。能源梯级利用理论指导建筑能源的高效分配，根据不同用能需求匹配对应能源品质，避免能源浪费。同时，该设计体系遵循因地制宜原则，结合地域气候、地质、水文及自然资源条件开展差异化设计，兼顾建筑使用功能、经济效益与生态效益，是实现建筑领域碳中和、绿色低碳发展的核心理论支撑。

2 被动式节能技术及其设计应用

2.1 围护结构节能技术

建筑围护结构包含墙体、屋面、门窗、地面四大构件，是建筑热量传递的主要载体，也是被动式节能设计的关键部位，建筑冷热能耗超半数通过围护结构损耗。围护结构节能技术核心是通过优化构造设计、选用高性能节能材料，提升建筑保温、隔热、隔声性能，阻断室内外热量交换。墙体节能多采用外墙外保温、夹心保温构造，搭配岩棉、挤塑板、真空绝热板等低碳保温材料，降低墙体传热系数。屋面节能通过设置保温隔热层、种植屋面、反光屋面等方式，抵御夏季太阳辐射热，减少屋面热量渗透。门窗是围护结构节能薄弱环节，设计中优先采用断桥铝型材、中空 Low-E 玻璃，搭配密封胶条优化密封性能，减少空气渗透散热。地面节能则针对首层地面与地下空间，设置防潮保温层，避免地面热损失。

2.2 建筑体型与朝向优化

建筑体型与朝向优化是前期规划阶段的核心被动式节能技术，无需增设构造与设备，通过合理规划建筑布局、体型系数与朝向，适配地域气候特征，实现被动节能。建筑体型系数直接决定建筑散热面积，体型系数越小，围护结构热量损耗越少，设计中多采用规整、简约的建筑形体，避免复杂凹凸造型，缩减建筑外表面积与体积的比值，降低冷热能耗。建筑朝向优化以适配日照与季风为核心，我国大部分地区优先采用南北向布局，保证冬季充足日照采暖，规避夏季东西向强光直射与西晒问题。对于夏季炎热地区，通过微调建筑朝向、设置建筑退距，适配夏季主导风向；冬季寒冷地区则通过体型遮挡，减少冷风渗透。同时，结合场地地形、周边建筑遮挡情况，优化建筑间距与组团布局，平衡日照、通

风与节能需求,从规划源头控制建筑基础能耗,是性价比极高的节能设计手段^[2]。

2.3 自然通风与热压通风设计

自然通风与热压通风设计是利用自然空气流动置换室内空气、调节室内温湿度的被动式节能技术,可有效替代机械通风,降低通风能耗并改善室内空气质量。自然通风依托风压原理,通过合理设置建筑门窗、通风口位置与尺寸,结合场地主导风向,引导室外新风有序进入室内,排出室内闷热、污浊空气,适配春秋季温和气候。热压通风则基于“热空气上升、冷空气下沉”的热压原理,通过建筑竖向空间优化实现通风换气,常见于高层、大空间建筑。设计中通过设置中庭、通风天井、竖向通风井,形成上下贯通的通风通道,室内热空气上升从顶部通风口排出,室外冷空气从底部低位窗口补充进入,形成持续热压通风循环。该设计无需机械设备,可有效降低室内温度、减少空调使用,同时改善室内闷热、通风不畅等问题,兼顾节能与人居舒适度,广泛应用于住宅、商超、办公等各类绿色建筑。

2.4 自然采光与光导照明

自然采光与光导照明技术旨在充分利用自然光资源,替代人工照明,降低建筑电气照明能耗,同时优化室内光环境,提升人居体验。自然采光优化通过调整建筑开窗面积、窗地比、窗户位置与玻璃透光性能,结合建筑体型与朝向,最大化引入自然光,保证室内采光均匀度,避免采光死角与眩光问题。针对进深较大、底层采光不足的建筑空间,引入光导照明系统,该系统由采光罩、导光管、漫射器组成,可高效采集室外自然光,通过高透光导光管传输至室内阴暗区域,无需电力即可实现全天采光。相较于传统人工照明,该技术无能耗、无频闪、光线柔和,契合人体视觉舒适需求。在阴天、弱光环境下,光导系统仍可有效采集散射光,保障室内基础采光。

3 主动式节能技术及其设计应用

3.1 高效暖通空调系统

高效暖通空调系统是建筑运营阶段能耗占比最高的设备系统,其节能优化是主动式节能设计的核心重点,主要通过更新高效设备、优化系统工艺、匹配分区调控模式降低能耗。传统暖通空调存在能效低、能耗浪费、调控粗放等问题,而高效节能暖通系统采用变频空调、空气源热泵、新风余热回收系统等新型设备,大幅提升能源转化效率。变频暖通设备可根据室内负荷变化自动调节运行功率,避免设备满负荷持续

运行造成的能源浪费,适配不同时段温控需求。新风余热回收系统可在通风换气过程中,回收排风的冷热能量,对新风进行预加热或预降温,减少空调冷热负荷损耗。同时设计中采用分区温控模式,根据建筑不同功能区域的用能需求,独立调控温湿度与设备运行状态,避免全域统一运行的能耗浪费。该系统可在保障室内恒温、恒湿、空气清新的前提下,有效降低暖通空调系统 30% 以上的运行能耗。

3.2 智能照明与电气节能

智能照明与电气节能技术聚焦建筑日常电气能耗损耗,通过设备升级与智能管控,实现照明及附属电气设备的低碳高效运行,有效解决传统建筑照明能耗高、管控粗放、无效耗电严重的问题^[3]。设备层面,全面替换传统白炽灯、荧光灯,采用 LED 节能灯具,其能耗仅为传统灯具的 20% 左右,且使用寿命更长、发光效率更高。管控层面,搭建智能照明控制系统,融合人体感应、光线感应、定时控制、远程调控等功能,可根据室内自然光强度、人员 presence 自动开关、调节灯具亮度,实现“人来灯亮、人走灯灭、强光暗灯、弱光亮灯”的智能运行模式。同时针对建筑电梯、给排水、通风风机等电气设备,采用节能变频技术,优化设备启停与运行工况,降低设备空载、轻载能耗。另外,通过电路优化设计、分区配电管控,减少电路传输过程中的电量损耗,全方位实现建筑电气系统的节能降耗。

3.3 建筑能耗监测与智能管控

建筑能耗监测与智能管控是实现建筑精细化、数字化节能的核心主动式技术,依托物联网、大数据、智能化传感技术,搭建一体化建筑能耗管控平台,实现对建筑全品类能耗的实时监测、分析与调控。该系统可实时采集建筑电力、水力、暖通、照明等各系统的能耗数据,通过大数据算法进行统计分析,精准定位高能耗区域、设备及能耗浪费时段,形成可视化能耗报表与节能优化方案。同时,系统具备自动调控功能,可根据预设节能参数与室内环境数据,自动调节暖通、照明、通风等设备的运行状态,纠正设备高能耗运行工况。管理人员可通过远程终端实时监控建筑能耗情况,及时排查设备故障、杜绝无效能耗。该技术打破了传统建筑能耗粗放管理的模式,实现建筑能耗从“被动管控”向“主动节能”转变,大幅提升建筑运营节能效率,为绿色建筑长效低碳运营提供数据与技术支撑。

4 可再生能源技术在绿色建筑中的应用

4.1 太阳能光伏建筑一体化(BIPV)

太阳能光伏建筑一体化(BIPV)是将光伏组件与建筑围护结构深度融合的新型节能技术,替代传统建筑外墙、屋面、幕墙等构造材料,兼具建筑围护功能与光伏发电功能,实现建筑自产清洁能源。BIPV组件可完美适配建筑外观设计,兼顾美观性与实用性,可应用于建筑屋面、玻璃幕墙、遮阳板、阳台护栏等部位,不额外占用土地资源,适配各类高层建筑与公共建筑。该技术通过光伏效应将太阳能直接转化为电能,所发电量可直接用于建筑照明、设备运行、日常用电,剩余电量可并入市政电网。设计中可根据建筑用能需求与日照条件,合理布局光伏组件排布密度与安装角度,最大化提升发电效率。相较于传统独立光伏电站,BIPV与建筑一体化程度更高、适配性更强,可有效降低建筑市电消耗,减少化石能源用电占比,是绿色建筑分布式清洁能源利用的核心技术。

4.2 太阳能热水系统

太阳能热水系统是技术成熟、普及度最高的建筑可再生能源利用技术,通过集热器吸收太阳辐射热能,加热冷水,为建筑生活、洗浴、采暖等场景提供热水能源,有效替代传统电加热、燃气加热模式。该系统主要由太阳能集热器、储热水箱、循环管道、控制系统及辅助加热设备组成,可根据建筑户型与使用需求,分为集中集热、分户集热等多种模式,适配住宅、酒店、宿舍等各类建筑。在光照充足时段,系统可完全依靠太阳能完成热水加热,零能耗、零排放;在阴雨、光照不足时段,辅助电辅热、空气源热泵设备自动补热,保障热水供应的稳定性。设计中通过优化集热器安装角度与排布位置,最大化接收太阳能辐射,提升集热效率。太阳能热水系统运行稳定、运维成本低、使用寿命长,可大幅降低建筑热水供应的电力与燃气消耗,节能效益与经济成效显著,是绿色建筑基础可再生能源标配技术。

4.3 地热能利用

地热能是储存于地下岩土、地下水的清洁稳定可再生能源,具备温度恒定、不受天气影响、四季稳定供给的优势,在绿色建筑中主要应用于土壤源、水源热泵系统,实现建筑冬季采暖、夏季制冷与生活热水供给。地源热泵技术通过地下埋管与地下土壤、水体进行热交换,冬季提取地下恒定热能为室内供暖,夏季将室内热量转移至地下,实现室内降温,无需依赖传统空调与采暖设备。该技术能源转化效率高,能耗仅为传统暖通设备的40%左右,运行过程无燃烧、无废气排放,低碳环保。设计中需结合场地地质条件、地下水位、土壤

热物性,合理规划地下换热管道布局与埋深,保证热交换效率与系统长期稳定性^[4]。地热能利用系统运行噪音低、运维简单、使用寿命长,不受季节与气候影响,可实现建筑全年恒温节能调控,适配严寒、炎热等各类气候区域的绿色建筑,节能稳定性远超太阳能、风能等间歇性能源。

4.4 风能与生物质能的辅助应用

风能与生物质能作为辅助型可再生能源,可与太阳能、地热能形成多能互补体系,弥补单一清洁能源供给不稳定的短板,进一步提升绿色建筑能源自给率。建筑风能利用主要以小型分布式风力发电设备为主,安装于建筑屋面、楼顶等高空通风区域,利用自然风能转化为电能,为建筑公共区域照明、小型设备供电,适配风力资源丰富的沿海、开阔场地建筑,作为光伏发电的补充能源。生物质能则依托农林废弃物、有机生活垃圾等生物质原料,通过无害化处理与资源化利用,转化为热能、电能,可用于建筑辅助采暖、热水供应。两种能源受资源条件限制,多作为辅助能源配套使用,不承担主力供能任务。通过多能源协同利用,可有效解决太阳能间歇性、地热能布局受限的问题,构建多元化、稳定化的建筑清洁能源供给体系,全方位提升绿色建筑的低碳节能水平。

结束语

绿色建筑节能设计是一项多技术协同的系统工程。被动式技术从源头控制能耗,主动式技术提升设备运行效率,可再生能源技术替代化石能源消耗,三者有机结合可实现建筑能耗的大幅降低。当前,BIPV、地源热泵、智能能耗监测等技术已趋于成熟,但多能互补与智能化集成仍有提升空间。未来应进一步深化BIM与物联网技术在节能设计中的应用,推动建筑从“被动节能”向“主动低碳”全面转型,助力建筑行业碳中和目标实现。

参考文献

- [1] 陈再辉. 绿色建筑设计中节能技术集成应用研究[J]. 陶瓷,2026(2):232-233.
- [2] 杨妮, 况浩阳.BIM技术在绿色建筑节能设计中的应用研究[J]. 中国新技术新产品,2025(16):74-76.
- [3] 朱经敏, 王晓彤, 朱经鑫.”双碳”视域下建筑电气设计中绿色节能技术的应用研究[J]. 中国高新技术,2025(6):74-76.
- [4] 刘莹. 绿色建筑节能设计中的BIM技术应用及发展研究[J]. 砖瓦世界, 2025(24):73-75.