

建筑节能改造项目中的碳减排潜力与实施路径

王晓楠

山东省城建设计院，山东济南，250000；

摘要：建筑行业作为全球能源消耗和碳排放的主要领域之一，其节能改造对于实现碳减排目标具有重要的战略意义。本文聚焦于建筑节能改造项目中的碳减排潜力与实施路径，通过综合分析建筑围护结构、屋顶结构、门窗改造应用等方面的节能措施，探讨其在降低建筑能耗与碳排放方面的潜力。此外，本文还提出了建筑节能改造的实施路径，包括政策支持、技术推广、经济激励以及公众参与等多方面的协同策略。研究强调，建筑节能的改造不仅是实现建筑领域碳减排的重要手段，也是推动城市可持续发展和应对气候变化的关键行动。通过科学规划与系统实施，建筑节能改造能够为全球碳减排目标的实现提供重要支撑，同时为建筑行业带来显著的经济、环境和社会方面效益。

关键词：建筑节能；改造；碳减排潜力；实施路径

DOI：10.69979/3029-2727.25.01.029

引言

当前，全球气候变化形势愈加严峻，极端天气事件频发，海平面上升、生物多样性减少等环境问题加剧，严重威胁着人类的生存与发展。应对气候变化已成为全球性紧迫任务，碳排放的控制与减少被视为遏制全球变暖趋势的关键手段。在全球碳排放结构中，建筑行业长期占据重要份额，是能源消耗和温室气体排放的主要来源之一。据统计，全球建筑能耗占总能耗的 30% 以上，碳排放量高居各行业前列。在中国，建筑能耗占全国总能耗的约 46%，而其相关碳排放比例也超过 40%，远高于其他行业^[1]。因此，加快推进建筑节能改造，不仅是落实国家“双碳”战略的重要举措，也是实现城市可持续发展、改善人居环境质量、推动绿色建筑产业发展的现实需要。

1 建筑节能改造与碳减排的理论基础

建筑节能改造，是指针对既有建筑的整体能效状况，在不改变原有建筑结构及功能的前提下，通过对建筑物的围护结构、能源系统、用能设备及能耗管理系统等关键部位和环节进行有针对性的技术改造，以提升建筑能源利用效率，降低整体能耗，实现节能降耗与碳排放减少的双重目标。与新建绿色建筑不同，建筑节能改造面向的是存量建筑，改造范围广、类型多样，涉及技术领域复杂。其改造内容通常包括但不限于以下几个方面：围护结构改造：包括外墙、屋顶、地面、门窗等保温隔

热性能的提升，采用高性能保温材料、节能型门窗等措施，提高建筑物的热工性能，减少冷热能量损耗。

建筑节能改造所实现的碳减排效果，主要基于对单位能耗碳排放因子的科学计算。在能源使用过程中，每种能源的消耗都会伴随着一定量的二氧化碳排放，例如电力、天然气、煤炭等，其单位能耗所产生的碳排放量称为碳排放因子。通过削减单位建筑面积的能耗，便可相应减少碳排放量。碳减排效益的计算可简化为以下理论模型：碳减排量 = 能耗削减量 × 碳排放因子。其中，能耗削减量：指通过节能改造后，相较于改造前单位面积年能耗的减少量。碳排放因子：依据不同能源类型及地区标准设定（如中国《单位产品能源消耗限额》及《电力碳排放因子》），一般以 $\text{kgCO}_2 / \text{kWh}$ 或 $\text{kgCO}_2 / \text{m}^3$ 表示^[2]。例如，在北方供暖区域，通过对建筑外墙保温性能的提升，使冬季供暖能耗下降 20%，按单位面积年供暖能耗节省 30kWh，结合电力碳排放因子 0.997 $\text{kgCO}_2 / \text{kWh}$ ，可实现单位面积年碳减排 29.91 kgCO_2 。由此可见，建筑节能改造的碳减排效益是可量化、可评估的，具备明确的理论支撑与实际操作性，为制定节能改造目标及实施方案提供了科学依据。

2 建筑节能改造的碳减排潜力分析

2.1 围护结构改造的碳减排潜力

在现代建筑领域，建筑围护结构扮演着极为关键的角色。它不仅是建筑物与外部环境之间的物理分界，更

是热量交换的重要界面。围护结构的热工性能,直接决定了室内温度的稳定性以及建筑的能耗水平。一个性能优越的围护结构能够有效抵御外界温度变化对室内环境的影响,减少因采暖或制冷而产生的能源消耗,从而实现建筑的节能目标。

随着人们对建筑节能的重视程度不断提高,围护结构的节能改造逐渐成为建筑节能改造中的核心内容之一,其中对外墙的保温隔热提升更是最具代表性的措施。外墙作为建筑与外界接触面积最大的部分,其保温性能的优劣直接影响到建筑整体的能耗表现。因此,在外墙保温改造中,必须优先选用性能卓越的高效保温材料。目前,市场上可供选择的高效保温材料种类繁多。例如,挤塑聚苯板(XPS)以其稳定的化学性能和优异的保温隔热效果而被广泛应用;岩棉则以其卓越的防火性能和良好的保温性能受到青睐;聚氨酯发泡材料则以其高强度和高保温性能脱颖而出;而先进的真空绝热板(VIP)更是以其超低的导热系数成为保温材料中的佼佼者。这些材料在保温隔热能力上表现出色,同时在防火、耐久、防潮等方面也具备良好的性能,能够满足不同建筑在不同环境下的使用需求。

除了优异的性能外,这些保温材料还具有施工便捷、维护成本低的特点。它们适用于各种类型的既有建筑改造需求,无论是老旧住宅的节能改造,还是商业建筑的能效提升,都能轻松应对。通过对外墙保温的强化,建筑在冬季采暖和夏季制冷时的能耗可以显著降低。大量研究已经表明,经过合理保温处理的外墙可以使建筑能耗降低 20%~30%,在寒冷地区以及夏热冬冷地区,这种节能效果尤为显著^[3]。以平均节能率 25%进行测算,单位面积的年能耗可以减少约 30~45kWh。从环境保护的角度来看,这相当于减少了 10~15kgCO₂/m²·年的碳排放量。这一数据不仅体现了外墙保温改造在节能方面的巨大潜力,也彰显了其在建筑整体碳减排中所能提供的关键支撑作用。通过这种有效的节能改造措施,我们不仅能够实现建筑的节能目标,还能为应对全球气候变化、推动可持续发展贡献一份力量。

2.2 屋顶改造的碳减排潜力

在建筑的整体结构中,屋顶作为建筑的上部围护结构,全年直接暴露在自然环境中,接受大量的太阳辐射,是建筑热量得失的重要途径之一。因此,屋顶的热工性能对建筑的能耗水平和室内热环境有着不可忽视的影

响。然而,屋顶不仅是一个建筑的组成部分,它在城市环境中还扮演着更广泛的角色。通过科学合理的设计和改造,屋顶不仅可以显著改善建筑的热工性能,还能在缓解城市热岛效应、提升屋顶空间利用率等方面发挥重要作用,为城市的可持续发展提供有力支持。

具体而言,屋顶改造的措施多种多样,其中一种有效的方式是通过在屋顶种植耐候性强的草本植物或灌木,形成绿色覆盖层。这种绿色屋顶的设计不仅美观,更具有重要的生态和节能价值。绿色覆盖层能够显著增加屋顶的热阻,有效降低建筑表面温度,减少热量通过屋顶传导进入室内的量。同时,植物的光合作用可以吸收和固定空气中的二氧化碳,从而在一定程度上缓解温室气体排放,改善空气质量。在夏季高温季节,这种改造措施可以有效降低室内温度,减少空调的使用频率和负荷,显著提升室内舒适度,同时也降低了建筑的能耗。

从碳减排效益的角度来看,屋顶改造的效果十分显著。研究表明,通过合理的屋顶改造措施,建筑的总能耗可以降低 5%~10%,单位面积的年节能约为 10~20kWh。这意味着在能源消耗方面,建筑的碳排放量可以显著减少,折合碳减排量约为 5~8kgCO₂/m²·年。这一数据不仅体现了屋顶改造在节能方面的巨大潜力,也彰显了其在建筑整体碳减排中所能提供的关键支撑作用。

2.3 门窗改造的碳减排潜力

在建筑的外围护结构中,门窗作为重要的可开启部分,其气密性和隔热性能对建筑能耗有着极为直接且显著的影响。门窗不仅是室内外空气交换的通道,也是热量传递的关键部位。因此,门窗的性能优化是实现建筑节能改造的重要环节之一。通过科学合理的门窗设计和材料选择,可以有效降低建筑的能耗水平,提升室内环境的舒适性,同时为环境保护和可持续发展做出贡献。

在门窗的节能改造中,玻璃结构的选择至关重要。采用双层或三层中空玻璃结构是一种有效的节能措施。这种结构通过在玻璃层之间形成空气或惰性气体的隔离层,显著降低了玻璃的导热系数,从而有效阻隔热传导。同时,配合 LOW-E(低辐射)镀膜玻璃,可以进一步提升门窗的隔热性能。LOW-E 玻璃通过在玻璃表面镀上一层特殊的金属氧化物膜层,能够有效反射远红外线热辐射,减少冬季室内热量的流失,同时在夏季阻挡太阳辐射热量进入室内,降低太阳热增益。这种组合不仅提升了门窗的隔热性能,还为室内环境提供了更好的热

稳定性。除了玻璃结构的优化,门窗框材料的选择同样关键。优质的门窗框材料,如断热铝合金和塑钢等,具备良好的隔热性能。通过这些节能改造措施,门窗的性能得到了显著提升。研究表明,门窗改造通常可降低建筑能耗 10%–15%,单位面积的年能耗削减约为 20–30kWh。从环境保护的角度来看,这一能耗降低量对应的碳减排量可达 $6\sim 10\text{kgCO}_2/\text{m}^2\cdot\text{年}$ 。这一数据不仅体现了门窗改造在节能方面的巨大潜力,也彰显了其在建筑整体碳减排中所能提供的关键支撑作用。

3 技术创新与应用

3.1 技术创新

在建筑节能改造中,技术创新是提升改造效果、扩大碳减排潜力的重要驱动力。通过新型材料的应用、智能化系统的集成以及可再生能源的融合,不仅可以有效降低建筑能耗,还能提高能源使用效率,实现能源结构的绿色转型。近年来,众多新型材料和技术不断涌现,显著提升了改造的效率和节能效果。如气凝胶材料,具有极低的导热系数,优于传统保温材料,广泛应用于高性能墙体、屋顶和管道保温系统。智能调光玻璃根据光照强度自动调节透光率,减少照明和空调能耗。其次还可以推广模块化节能构件:如预制保温墙板、集成化幕墙系统、节能门窗组件等,不仅提升施工效率,降低人工成本,还能确保施工质量的一致性,适用于大规模既有建筑节能改造。最后可以引入建筑能效管理系统(BEMS):通过对建筑内电力、照明、暖通空调、给排水等系统的实时监控与动态调节,实现按需供能、按需用电,减少无效能耗,提高运行效率。

3.2 实施路径

节能改造的推进不仅需要技术与政策的支持,更离不开公众的认知与参与。通过强化宣传和示范引导,推动节能理念深入人心,形成全民参与的良好氛围。推广节水、节电、绿色出行等生活方式,引导用户关注并参与节能实践。对自发实施节能改造的业主提供政策咨询、技术支持、资金奖励等,激发民间参与热情。通过总结和推广成功改造案例,发挥示范带动作用,引导更多项目参考借鉴。利用网络、媒体平台广泛传播节能改造成效,营造良好的社会舆论环境。

政策引导与激励措施是推动建筑节能改造的重要

保障。对绿色建筑开发、节能产品制造及推广企业实施增值税、企业所得税等减免优惠,提升市场活力。修订并细化建筑节能设计标准,明确不同建筑类型的能耗限额和技术要求,为改造提供明确依据。建立健全节能验收和评估机制,确保节能措施落地见效;对未达标建筑实施整改或处罚,推动节能改造落地^[4]。

4 结论与展望

本研究围绕建筑节能改造在碳减排领域的潜力与实施路径展开深入分析,得出以下结论:建筑节能改造作为实现“双碳”目标的重要抓手,具有显著的碳减排效益。通过对建筑围护结构(外墙、屋顶、门窗等)实施保温隔热改造,可大幅降低建筑的冷热负荷需求,从而减少能源消耗。综合测算,在完成节能改造后,单体建筑人均年碳减排可达到 30kgCO_2 以上,从实施路径来看,节能改造需要在技术创新、社会参与与政策保障三方面协同推进。通过政策引导、市场机制与技术创新协同发力,为我国实现“碳达峰、碳中和”目标作出实质性贡献,为全球气候治理与绿色发展提供“中国方案”。

参考文献

- [1]陈淑琴,蔡雨轩,吕银燕.夏热冬冷地区高校校园碳减排潜力核算方法及减碳策略研究[J].建筑科学,2024,40(10):114–124. DOI:10.13614/j.cnki.11-1962/tu.2024.10.13.
- [2]胡斌,高波,管雪.天津既有公共机构建筑节能改造项目投融资模式分析——以天津市东丽区建筑低碳节能改造项目为例[J].天津经济,2024,(09):95–97.
- [3]孙晓蕊,贾宁.双碳背景下建筑节能改造技术研究——以徐州某高校科技楼项目为例[J].城市建筑,2024,21(16):183–186. DOI:10.19892/j.cnki.csjz.2024.16.45.
- [4]王明珠.“双碳”战略背景下建筑业碳排放多元主体协同治理影响因素及政策构建[D].山东建筑大学,2024. DOI:10.27273/d.cnki.gsajc.2024.000691.

作者简介:王晓楠(1993.10),男,汉族,山东微山人,助理工程师,本科,山东省城建设计院,研究方向为建筑节能降碳。