

既有建筑节能改造施工技术应用与效益分析

马德新

中国建筑技术集团有限公司 北京 101118

摘要: 全球气候变化与能源安全战略背景下,建筑领域节能减排是实现“双碳”目标关键。既有建筑存量巨大,对其进行节能改造比新建绿色建筑更具投资回收期短、社会效益显著等优势。本文系统探讨既有建筑节能改造核心施工技术及应用,构建多维度效益分析框架。先阐述改造必要性与紧迫性,再从围护结构、用能系统和可再生能源利用层面,剖析外墙外保温等关键技术应用要点、施工难点与解决方案。并从经济、环境、社会三方面探讨了其效益。为推动我国既有建筑节能改造高质量、规模化发展提供理论与实操指导。

关键词: 既有建筑;节能改造;施工技术;效益分析;围护结构;用能系统

引言

建筑行业是能源消耗与温室气体排放大户,国际能源署数据显示,建筑运行能耗占全球终端能源消费约30%,二氧化碳排放近40%。我国城镇化推进使建筑能耗攀升,占全社会总能耗超20%且呈刚性增长。在“双碳”目标驱动下,降低建筑领域碳排放强度亟待解决。面对挑战,仅靠新建高能建筑难短期扭转整体能耗格局。我国既有建筑存量庞大,截至2025年底城镇既有建筑面积预计超700亿平方米,多建于八九十年代及更早,存在围护结构差、设备效率低、管理缺失等问题,单位面积能耗远超现行标准。因此,对既有建筑进行系统性节能改造,是成本效益高、见效快、潜力大的减排路径,兼具经济、环境与社会综合价值。

1 既有建筑节能改造的核心施工技术体系

既有建筑节能改造是一项复杂的系统工程,需遵循“诊断先行、方案定制、技术集成、精细施工”的原则。其核心施工技术可归纳为三大层面:围护结构节能改造、用能系统能效提升和可再生能源系统集成。

1.1 围护结构节能改造技术

1.1.1 外墙保温技术

外墙外保温(ETICS)因不占室内面积、能消除热桥、保护主体结构,成为既有建筑改造主流选择,但其施工质量关乎系统成败与耐久性。施工先要彻底处理既有墙面,清除油污等,保证基层坚实平整洁净,这是粘结强度前提。保温板安装普遍粘锚结合,用点框法等涂粘结砂浆,辅以尼龙膨胀锚栓机械固定,高层迎风面等特殊区域锚固要严格按设计执行。保温板排版错缝粘贴,控制板间缝隙,阴阳角交错互锁。防护层施工时,在保温板外侧铺耐碱玻纤网格布,分两道抹压聚合物抹面胶浆,首层等特殊部位双层网格布加强。整个施工面临高空作

业安全、新旧材料匹配、复杂节点精细化密封处理等挑战,疏忽易致渗漏、开裂或脱落。

1.1.2 门窗节能改造技术

门窗作为围护结构热工性能薄弱环节,其节能改造对提升建筑整体能效效果显著。改造策略依窗框状况而定。若窗框严重老化、变形或腐朽,整窗更换更彻底。新窗应选断桥铝合金或优质塑钢等隔热性能好的型材,搭配Low-E中空或真空玻璃,降低传热系数。安装时,精确测量洞口尺寸、保证安装牢固是基础,关键是要处理好窗框与墙体缝隙,用聚氨酯发泡胶填充,内外两侧施打耐候密封胶,形成气密与水密屏障,防止能量泄漏和雨水渗透。若窗框结构尚好、仅玻璃性能落后,可采取更具成本效益的升级策略,如将单层玻璃换成中空Low-E玻璃,改善保温隔热性能^[1]。此外,加装卷帘、百叶或遮阳篷等内、外遮阳设施,作为被动式设计手段,能有效阻挡夏季太阳直射,减少空调制冷负荷,是门窗节能改造的重要补充。

1.1.3 屋面节能改造技术

屋面节能改造常采用“防水保温一体化”的集成技术路线。其中,倒置式屋面是一种被广泛推崇的做法,它将高性能的保温层(如挤塑聚苯板XPS)置于防水层之上,使防水层免受昼夜温差引起的反复胀缩应力以及紫外线的老化侵蚀,从而极大地延长了防水层的使用寿命。XPS板因其优异的抗压强度和极低的吸水率,成为倒置式屋面的理想选择,但在施工中需特别注意板缝的严密拼接以及上部保护层(如卵石或混凝土预制块)的合理设置,以防止保温板被风掀或人为破坏。另一种更具生态价值的方案是种植屋面,它通过在屋面覆土并种植植被,利用植物的蒸腾作用和土壤基质的隔热性能,有效降低屋面温度,不仅节能效果显著,还能美化城市景观、净

化空气、吸纳雨水，缓解城市热岛效应。然而，实施种植屋面改造前，必须对既有建筑的结构荷载能力进行严谨复核，并精心设计和施工根阻型防水层、排水板及过滤层等构造，以确保系统的长期安全与功能稳定。

1.2 用能系统能效提升技术

1.2.1 暖通空调（HVAC）系统改造

首先，用高能效比的现代设备替代老旧低效机组是根本之策，例如采用变频多联机、磁悬浮冷水机组，或在条件允许的情况下推广能效高、可冷暖两用的空气源/地源热泵技术，后者在南方非集中供暖地区展现出广阔的应用前景。其次，针对集中式系统普遍存在的水力失调问题，必须进行系统性的水力平衡调试，通过在各支路加装静态或动态平衡阀，确保冷热水能够按需、均匀地分配到各个末端，避免部分区域过冷过热而造成的能源浪费。同时，对末端散热设备进行升级，如将传统散热器更换为适用于低温差、大流量系统的新型产品，并加装用户可自主调节的温控阀，实现分室、分时的精准控温，赋予使用者更大的舒适度选择权^[2]。最后，引入智能控制系统是实现HVAC系统高效运行的“大脑”，通过集成楼宇自控系统（BAS），系统能够根据预设的时间表、实时的室内外温湿度数据以及人员在室情况等多重参数，对设备进行最优启停、负荷动态匹配和变频调速，从根本上避免“大马拉小车”式的无效能耗。

1.2.2 照明系统改造

照明系统的节能改造以其简单、快速、回报周期短而著称。其核心在于光源的全面替换，即用高光效、长寿命、无污染的LED灯具彻底淘汰白炽灯、卤素灯及传统荧光灯管。LED技术的成熟使其光效可达传统光源的数倍，同时大幅降低了维护成本。然而，仅仅更换光源只是第一步，要实现照明能耗的深度挖掘，必须辅以智能控制策略。通过将LED照明系统与自然采光相结合，并部署光感、红外人体感应、定时等多种控制方式，可以实现按需照明。例如，在走廊、楼梯间等公共区域采用声光控或雷达感应开关，做到人来灯亮、人走灯灭；在办公区域则可实施分区控制和场景模式，让灯光随工作状态自动调节，从而在保障视觉舒适度的同时，最大限度地节约电能。

1.2.3 电梯及其他设备能效提升

除了HVAC和照明两大系统外，建筑内的其他机电设备也蕴藏着节能潜力。对于频繁启停的电梯，加装能量回馈装置是一项有效的技术，它能将电梯制动过程中产生的再生电能回馈至建筑电网，供其他设备使用，而非以热量的形式白白耗散。对于水泵、风机等由电机驱动

的流体输送设备，普遍采用变频调速技术进行改造^[3]。该技术通过改变电机的输入频率来实时调节其转速，从而使设备的输出功率能够精确匹配实际负载需求，避免了传统定速设备通过阀门节流等方式造成的能量损失，实现了从“粗放”到“精准”的能效跃升。

1.3 可再生能源系统集成技术

1.3.1 太阳能光伏建筑一体化（BIPV）

太阳能光伏建筑一体化（BIPV）不再将光伏组件视为后期附加的设备，而是将其作为建筑表皮的一部分，如幕墙、屋顶瓦或遮阳构件，使其在发电的同时，也承担起建筑围护、遮阳、美观等功能。与传统的屋顶附加式（BAPV）相比，BIPV与建筑的整体性和协调性更强，视觉效果更佳。然而，其施工难度也相应提高，要求在建筑改造的早期设计阶段就进行一体化协同，充分考虑光伏组件的电气安全、防雷接地、结构承重以及与周围建筑构造的防水密封细节，确保其作为建筑一部分的长期安全可靠。

1.3.2 太阳能光热系统

太阳能光热系统则专注于利用太阳辐射能来提供生活热水，技术成熟、经济性好。在既有建筑的屋面或南向立面上安装平板或真空管集热器，通过循环介质将收集到的热量传递至室内的储热水箱。对于酒店、医院、学校宿舍等有稳定、大量热水需求的公共建筑，太阳能光热系统的投资回报率尤为可观，能够显著降低常规能源在热水供应上的消耗，是既有建筑节能改造中一项务实且高效的可再生能源应用方案。

2 既有建筑节能改造的效益分析

2.1 经济效益分析

经济效益是驱动业主或投资者参与改造的最直接动力，通常通过增量投资回收期、净现值（NPV）和内部收益率（IRR）等财务指标进行量化。其核心在于比较改造所增加的初始投资与由此带来的长期能源费用节约。增量成本是指实施全套节能措施所增加的支出，需扣除即使不进行节能改造也必须发生的常规维修或设备更新费用。节能收益则主要源于水电燃气等能源账单的减少，其计算依赖于对改造前后建筑能耗的准确预测或实测。以一栋一万平方米的办公建筑为例，若其改造前年综合能耗为120千瓦时每平方米，改造后降至80千瓦时每平方米，在当地能源价格水平下，年节能收益可达数十万元。尽管初始增量投资可能达到数百万元，但静态投资回收期通常在5至8年之间，而改造后设备系统的寿命往往长达15至20年，这意味着在回收期之后的漫长岁月里，业主将持续享受免费的能源节约红利。此外，节

能改造还能带来资产市场价值的提升、未来运营成本的锁定以及规避潜在的碳税风险等隐性经济收益,进一步增强了项目的财务吸引力。

2.2 环境效益分析

环境效益是既有建筑节能改造对国家乃至全球可持续发展目标的直接贡献,其核心价值体现在对化石能源消耗的削减和温室气体及大气污染物排放的减少。每一次电能的节约,都意味着上游燃煤或燃气电厂少燃烧一份燃料。根据中国官方发布的区域电网基准线排放因子,可以将节约的电量精确折算为二氧化碳减排量。沿用前述案例,年节电40万千瓦时,即可实现约230吨的二氧化碳年减排量,其环境价值不言而喻。这不仅助力国家履行“双碳”承诺,也为减缓全球气候变化贡献力量^[4]。与此同时,化石燃料燃烧的减少也同步降低了二氧化硫、氮氧化物和粉尘等有害物质的排放,对改善区域空气质量、保护公众健康具有积极的协同效应。

2.3 社会效益分析

首先,节能改造极大地改善了建筑的室内环境质量(IEQ)。良好的围护结构使得室内温度波动减小,冬暖夏凉;新风系统的引入保障了充足的新鲜空气,提升了空气品质;同时,高性能门窗和保温层也带来了更好的隔声效果,为使用者创造了更健康、更舒适、更专注的生活与工作空间,间接提高了生产力和幸福感。其次,庞大的既有建筑改造市场催生了一个全新的绿色产业链,从前期的能源审计、方案设计,到中期的材料生产、工程施工,再到后期的系统运维、效果评估,创造了大量的绿色就业岗位,促进了经济的绿色转型。再次,当节能改造与城市更新、老旧小区综合整治相结合时,不仅提升了单体建筑的能效,也美化了城市面貌,降低了城市整体的能源需求峰值,增强了城市的能源韧性和可持

续发展能力。最后,特别是在惠及民生的老旧小区改造中,节能措施的融入能让广大中低收入居民切实享受到更低的取暖和制冷费用,体现了社会公平与包容性发展的理念。

3 结语

既有建筑节能改造是实现国家“双碳”战略目标不可或缺的重要抓手。本文系统梳理了围护结构、用能系统和可再生能源利用三大层面的核心施工技术,强调了精细化施工对于保障改造效果的关键作用。通过构建经济、环境、社会三位一体的效益分析框架,并辅以量化案例,有力论证了节能改造项目不仅具有良好的财务可行性,更能带来显著的碳减排效益和广泛的社会福祉。然而,要释放既有建筑节能的巨大潜力,仍需政府、市场、社会多方协同发力。未来,应着力完善政策法规体系,创新投融资模式,强化技术标准与质量监管,并充分利用数字化、智能化技术赋能,推动既有建筑节能改造从“碎片化”走向“系统化”,从“浅层改造”迈向“深度脱碳”,最终为建设美丽中国和实现全球气候治理目标贡献坚实的建筑力量。

参考文献

- [1]吴卫.既有建筑节能改造方案的绿色化优化研究[J].佛山陶瓷,2025,35(06):80-82+93.
- [2]张浩.既有建筑节能改造技术路径与实践探索[C]//《中国招标》期刊有限公司.新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛论文集(二).大连泛华建设咨询管理有限公司,;2025:72-73.
- [3]梁康桦.既有建筑节能改造措施选择及其技术、经济可行性分析[J].中国建筑装饰装修,2025,(10):132-134.
- [4]刘舰,刘承宇.既有居住建筑节能改造研究综述[J].辽宁工业大学学报(自然科学版),2025,45(01):36-41.