

绿色建筑光伏一体化技术的应用与经济性分析

夏巧燕

安徽建工建设安装集团有限公司 安徽 合肥 230000

摘要：随着全球对可持续发展的重视，绿色建筑光伏一体化技术凭借其高效利用太阳能、降低建筑能耗的特性，成为建筑领域低碳转型的关键路径。文章系统分析该技术在屋顶、墙面、遮阳与采光顶的应用场景，深入探讨成本构成、收益来源及经济性评价指标，揭示其推广中面临的技术标准缺失、投资成本高及公众认知不足等挑战，并针对性提出完善规范、降低成本与加强推广的对策，为推动该技术的广泛应用提供理论参考与实践指导。

关键词：绿色建筑；光伏一体化技术；应用；经济性

引言

在“双碳”目标驱动下，建筑行业节能减排需求迫切，绿色建筑光伏一体化技术作为建筑与能源跨界融合的创新成果，为实现建筑能源自给与可持续发展提供了新方向。当前，全球光伏产业蓬勃发展，但该技术在建筑领域的规模化应用仍面临诸多瓶颈。本文通过剖析绿色建筑光伏一体化技术的应用场景、经济性表现，梳理其推广障碍并提出解决方案，旨在明晰该技术发展路径，助力建筑行业绿色低碳转型与能源结构优化。

1 绿色建筑光伏一体化技术概述

绿色建筑光伏一体化技术是将太阳能光伏发电系统与建筑的围护结构、构件或整体设计深度融合的创新技术，通过将光伏组件替代传统建筑材料，实现建筑的发电功能与围护功能一体化。其核心在于利用光伏材料的光电效应，将太阳能转化为电能，满足建筑自身用电需求，降低对传统能源依赖。相较于传统外挂式光伏系统，光伏一体化技术不仅能有效避免额外结构荷载，还能通过优化光伏组件与建筑的结合方式，提升建筑美学价值，实现功能与外观的统一。该技术在建筑节能降耗方面成效显著。光伏组件吸收太阳能转化为电能，减少建筑运营期内的能耗支出，同时光伏板的隔热性能可降低建筑夏季空调负荷，提升室内热舒适度。在实际应用中，不同类型的光伏一体化技术各展所长，光伏幕墙采用碲化镉、铜铟镓硒等薄膜光伏材料，兼具透光性与发电性能，适用于商业建筑外立面；光伏屋面则利用晶硅光伏组件，通过与屋顶结构的紧密结合，在工业厂房、公共建筑等大面积屋顶上发挥高效发电优势。

以安徽地区为例，合肥某科技产业园在建设中采用光伏屋面一体化技术，在屋顶铺设高效单晶硅光伏组件，结合建筑排水、防水系统进行一体化设计，装机容量达2兆瓦，年发电量超200万度，不仅满足园区部分生

产办公用电，剩余电量还可并入电网。

芜湖的一处商业综合体应用碲化镉光伏玻璃幕墙，将光伏组件与建筑外立面完美融合，在保证建筑采光与美观的同时，实现年均发电15万度，降低建筑运营成本，展现出绿色建筑光伏一体化技术在安徽地区建筑领域的应用潜力与广阔前景。

2 绿色建筑光伏一体化技术的应用分析

2.1 屋顶光伏一体化应用

屋顶光伏一体化通过将光伏组件与建筑屋顶结构深度融合，利用太阳辐射能实现电能转化。在安徽合肥某产业园区，采用碲化镉薄膜光伏瓦替代传统屋面材料，光伏瓦与屋顶排水系统、隔热层形成一体化构造，兼具发电与建筑围护功能。该项目通过优化光伏瓦倾角与间距，使屋面发电效率提升至18.5%，年发电量达120万度，满足园区20%的用电需求。相较于传统分布式光伏电站，屋顶光伏一体化技术减少了支架安装环节，降低了屋面荷载，同时光伏瓦表面特殊涂层具备自清洁功能，有效降低运维成本。但在实际应用中，需考虑屋面朝向、阴影遮挡以及极端天气对光伏瓦寿命的影响，通过BIM技术模拟日照轨迹，实现光伏组件布局的精准优化^[1]。

2.2 墙面光伏一体化应用

墙面光伏一体化技术将光伏组件作为建筑立面的装饰材料，在实现光伏发电的同时提升建筑美学价值。安徽芜湖某商业综合体采用碲化镉发电玻璃幕墙，玻璃表面通过纳米涂层处理，在保证透光率的前提下，实现可见光反射比低于15%，有效避免光污染。发电玻璃幕墙集成智能控制系统，可根据光照强度自动调节透光率，平衡室内采光与发电效率。该项目幕墙总面积达5000平方米，年发电量约60万度，所发电力优先供给建筑内照明与空调系统。实际应用中，墙面光伏组件需兼顾隔热性能与结构安全，通过中空层设计降低热传导，采用高强

度铝合金框架提升抗风压能力。芜湖项目在施工中采用模块化安装技术,大幅缩短工期,同时通过光伏组件的色彩与纹理定制,实现建筑外观与城市环境的有机融合。

2.3 光伏遮阳与采光顶应用

光伏遮阳与采光顶将光伏组件与建筑遮阳、采光功能相结合,实现能源利用与室内环境调控的双重目标。安徽黄山某生态酒店采用单晶硅光伏采光顶,光伏组件采用半透明设计,在保证室内自然采光的同时,实现光电转换效率17%。采光顶集成电动遮阳百叶系统,可根据太阳高度角自动调节角度,夏季减少太阳辐射得热30%以上,冬季增强室内保温效果。酒店光伏采光顶面积达2000平方米,年发电量约25万度,所发电力用于酒店热水供应与照明系统。在光伏遮阳应用方面,采用光伏遮阳板替代传统遮阳构件,遮阳板通过双玻组件设计,既能有效阻挡直射阳光,又能利用散射光发电。实际应用中,需重点解决光伏组件的防水密封与排水问题,通过创新的节点构造设计,确保采光顶与遮阳系统的长期可靠运行。

3 绿色建筑光伏一体化技术的经济效益分析

3.1 成本构成分析

(1) 前期建设成本在绿色建筑光伏一体化项目中占据重要比例,其涵盖光伏组件、逆变器、支架等核心设备采购,以及建筑结构适配改造、电气系统安装等费用。以安徽合肥某商业综合体为例,该项目采用碲化镉薄膜光伏组件集成于玻璃幕墙,因需定制化生产以匹配建筑立面造型,组件成本较常规晶硅组件增加约20%,同时为确保幕墙结构承载光伏系统重量,建筑结构加固费用占总成本15%。

(2) 设备维护成本贯穿项目全生命周期,主要包括光伏组件清洁、设备故障检修、零部件更换等支出。皖南山区某生态住宅项目,受多雨雾天气影响,光伏组件表面易形成污垢,每年需安排3-4次专业清洁作业,单次成本约2000元;逆变器等电子设备每5-8年需进行性能检测与部件更换,单次维护成本达5000-8000元。

(3) 系统更新成本是项目后期不可忽视的部分,随着光伏技术迭代,为提升发电效率,项目运行10-15年后可能需对光伏组件或逆变器进行升级更换。安徽芜湖某工业厂房光伏一体化项目,在运行第12年时,因组件老化导致发电效率下降18%,更换新型高效组件投入成本约为初始建设成本的30%,但可使发电效率提升25%以上。

3.2 收益来源分析

(1) 电力销售收益是绿色建筑光伏一体化项目最直接的经济回报,所发电量除满足建筑自身用电需求外,

剩余电量可并网销售获取收益。安徽马鞍山某数据中心光伏一体化项目便是典型案例,该项目年发电量达320万度,自用电占比60%,剩余40%电量按当地上网电价0.35元/度计算,年售电收入超44.8万元。(2) 能源成本节约收益体现在建筑用电支出的减少,光伏系统所发电力优先供建筑内部使用,降低对传统电网电力的依赖。合肥滨湖新区某写字楼项目,光伏系统年均发电量可满足建筑30%的用电需求,每年节省电费支出约25万元,显著降低了建筑运营的能源成本。(3) 资产增值收益也是重要的收益渠道,具备光伏一体化系统的绿色建筑,因其节能环保特性在房地产市场更具竞争力,能够提升建筑的市场价值和租金水平。安徽黄山某高端民宿安装光伏一体化系统后,客房价格较周边同类民宿高出15-20%,入住率提升10%左右,同时建筑整体估值增加约100万元,实现了资产的增值^[2]。

3.3 经济性评价指标分析

(1) 投资回收期是衡量项目经济性的关键指标,它反映项目通过收益回收初始投资所需的时间。以安徽安庆某学校教学楼光伏一体化项目为例,项目初始投资300万元,年综合收益(含电费节约与售电收入)约45万元,经计算静态投资回收期约为6.7年,动态投资回收期在考虑资金时间价值后约为7.5年,显示出较好的经济性。

(2) 内部收益率(IRR)用于评估项目实际盈利水平,该指标越高表明项目盈利能力越强。安徽滁州某工业园区厂房光伏一体化项目,经测算内部收益率达12%,高于行业基准收益率8%,说明项目在经济上具有较强的可行性和吸引力。

(3) 净现值(NPV)通过将项目各期现金流科学折现到当前时刻,精准判断项目在整个生命周期内是否盈利。安徽六安某商业大厦光伏一体化项目,在折现率为10%的情况下,净现值达80万元,表明项目在扣除成本后仍有盈利空间,从经济角度值得投资建设。

4 绿色建筑光伏一体化技术推广面临的挑战与对策

4.1 面临的挑战

4.1.1 技术标准与规范不完善

绿色建筑光伏一体化技术涉及建筑结构与光伏发电系统的深度融合,现有技术标准难以满足复杂场景需求。在安徽合肥某大型商业综合体光伏一体化项目中,由于缺乏统一的建筑荷载与光伏组件适配标准,项目在设计阶段需反复验证屋顶承重与光伏板布局,导致工期延长20%。不同材料与设备间的兼容性标准缺失,使得光伏组件与建筑外立面材料结合时,出现防水性能不达标、热胀冷缩应力集中等问题,不仅增加维护成本,还

降低系统使用寿命,阻碍技术大规模应用。

4.1.2 初始投资成本较高

绿色建筑光伏一体化项目前期需投入大量资金用于光伏组件采购、安装及建筑改造。以安徽芜湖某工业厂房光伏一体化改造项目为例,每平方米光伏系统安装成本约1200元,相比传统建筑建设成本增加近35%。加之光伏组件、逆变器等核心设备更新迭代快,项目全生命周期内可能面临设备升级替换费用,进一步加重投资负担。光伏系统安装过程中对建筑结构加固、布线改造等额外支出,使得多数企业和个人因资金压力,对该技术望而却步^[3]。

4.1.3 公众认知与接受度不足

由于绿色建筑光伏一体化技术专业性强,公众对其原理、效益缺乏直观认识。在安徽黄山某居民小区光伏一体化试点项目中,部分住户担心光伏板产生电磁辐射影响健康,对屋顶安装光伏组件存在抵触情绪;还有居民认为光伏系统外观破坏建筑整体美感,影响小区风貌。这种认知偏差导致项目推广受阻,即便部分地区已建成示范项目,但因缺乏有效沟通与展示,未能充分发挥示范效应,难以激发公众主动参与的积极性。

4.2 对策

4.2.1 完善技术标准与规范体系

针对绿色建筑光伏一体化技术应用的复杂需求,需构建系统化的标准框架。参考安徽安庆某产业园区光伏一体化项目经验,可从建筑结构适配、材料兼容性、系统性能等维度制定标准。如明确不同类型建筑屋顶承重与光伏组件重量的匹配参数,规范光伏板与幕墙材料的密封、连接工艺要求,建立统一的系统能效检测标准。通过细化技术标准,减少项目设计施工中的不确定性,提升工程质量与安全性,为技术推广奠定坚实基础。

4.2.2 降低初始投资成本

采用创新技术与优化设计方案可有效降低绿色建筑光伏一体化项目成本。安徽滁州某生态住宅项目通过集成化设计,将光伏组件与建筑屋面瓦一体化生产,减少

单独采购、安装成本,使单位面积造价降低18%。引入高效光伏材料与智能控制系统,提升发电效率,缩短投资回报周期。规模化采购与标准化施工流程也能降低成本,通过集中采购光伏设备,利用规模效应降低单价,采用预制化安装工艺,减少现场施工时间与人工成本。

4.2.3 加强宣传教育与示范推广

通过直观的展示与体验,可提升公众对绿色建筑光伏一体化技术的认知与接受度。安徽马鞍山某科技园区打造光伏一体化科普展厅,通过VR模拟、实景展示,让参观者直观感受光伏系统的运行原理与节能减排效果,吸引周边企业与居民前来参观。在新建住宅小区、商业楼宇中广泛建设示范项目,邀请公众实地考察,分享项目运行数据与经济效益。如合肥某光伏一体化写字楼,通过公示每月发电收益与碳减排量,增强公众对技术优势的认同感,促进技术推广应用^[4]。

结语

综上所述,绿色建筑光伏一体化技术在建筑节能减碳、能源供应多元化等方面具有显著优势与广阔前景。尽管当前在技术标准、成本控制和公众认知等方面存在挑战,但通过完善规范体系、创新商业模式降低成本、加强宣传示范等措施,可有效推动其应用普及。未来,随着技术持续创新与产业协同发展,该技术有望成为建筑领域实现碳中和目标的核心驱动力,重塑建筑能源利用格局。

参考文献

- [1]弋理,袁春林,张国昊,等.光伏建筑一体化光伏幕墙体系与经济性研究[J].工程造价管理,2024,35(3):28-33.
- [2]师劲航,褚英男,高唯芷,等.建筑光伏一体化立面技术应用思考[J].世界建筑导报,2022,37(4):35-38.
- [3]曹一崧.太阳能光伏发电与建筑一体化技术在节能建筑中的应用研究[J].光源与照明,2024(1):116-118.
- [4]宋媛,牛菲菲,韦古强,等.高性能集成房屋及光伏建筑一体化融合技术的应用要点[J].建筑技术,2022,53(5):518-520.