

碳中和背景下建筑光伏一体化（BIPV）系统能效提升策略

陈志坚

福建省跃恒建筑工程有限公司 福建泉州

【摘要】碳中和背景下，建筑光伏一体化（BIPV）系统作为一种高效的能源解决方案，成为提升建筑能效与减少碳排放的重要途径。通过分析现有的 BIPV 系统能效问题，提出了若干有效的提升策略，包括优化光伏组件的集成方式、提高系统的能量转换效率、改进建筑设计与技术结合等方面。这些策略的实施能够显著提升 BIPV 系统的综合性能，推动绿色建筑的发展，为实现碳中和目标作出贡献。

【关键词】建筑光伏一体化；碳中和；能效提升；绿色建筑；能源转换

【收稿日期】2025 年 4 月 22 日 **【出刊日期】**2025 年 5 月 16 日 **【DOI】**10.12208/j.ace.2025000194

Efficiency enhancement strategies for Building-Integrated Photovoltaic (BIPV) systems in the context of carbon neutrality

Zhijian Chen

Fujian Yueheng Construction Engineering Co., Ltd. Quanzhou, Fujian

【Abstract】 Against the backdrop of carbon neutrality, building-integrated photovoltaic (BIPV) systems have emerged as an efficient energy solution, serving as a crucial approach to improving building energy efficiency and reducing carbon emissions. By analyzing existing efficiency issues in BIPV systems, this paper proposes several effective enhancement strategies, including optimizing the integration methods of photovoltaic components, improving the system's energy conversion efficiency, and enhancing the integration of architectural design with technology. Implementing these strategies can significantly boost the overall performance of BIPV systems, promote the development of green buildings, and contribute to achieving carbon neutrality goals.

【Keywords】 Building-integrated photovoltaics; Carbon neutrality; Energy efficiency improvement; Green buildings; Energy conversion

引言

碳中和已成为全球能源转型的重要目标，建筑行业在实现这一目标中的作用不可忽视。作为集成光伏发电与建筑功能于一体的创新技术，建筑光伏一体化（BIPV）系统正逐渐成为推动绿色建筑和可持续发展的关键技术之一。尽管 BIPV 系统在提升建筑能效和减少碳排放方面具有巨大的潜力，但其能效提升仍面临一些挑战。如何有效地优化 BIPV 系统，提高其能效并降低成本，已成为当前研究的热点问题。本文将探讨在碳中和背景下，针对建筑光伏一体化系统的能效提升策略，结合实际案例，提出有效的技术解决方案，并探讨其在未来建筑中的应用前景。

1 建筑光伏一体化系统的现状与挑战

建筑光伏一体化（BIPV）系统近年来逐渐成为建

筑节能与可持续发展的重要组成部分。作为结合建筑外立面与光伏发电功能的创新技术，BIPV 系统能够同时满足建筑的美观、环保与节能需求。其主要优势在于能够通过集成光伏发电系统，不仅提高建筑的能效，还能够减少传统能源的消耗，从而为碳中和目标的实现提供有力支持^[1]。当前的 BIPV 系统在实际应用中仍面临着不少挑战。光伏组件的能效和建筑设计的兼容性存在一定的矛盾。尽管现有技术不断提升了光伏组件的转换效率，但如何在建筑结构中优化集成，依然是提高系统能效的难题。BIPV 系统的经济性也是一个亟待解决的问题。在成本、经济效益和回报周期之间找到平衡，是推广 BIPV 技术的关键。BIPV 的长期稳定性与耐用性也是影响其广泛应用的重要因素。如何提高系统的抗老化性能，延长光伏组件的使用寿命，也是技术

进步的方向之一。

BIPV 系统面临的技术瓶颈,主要体现在集成方案的多样性与应用局限性上。尽管现有光伏系统大多采用单一集成方式,但不同建筑类型和地域条件的差异,使得系统需要具备更高的灵活性和适应性。如何根据建筑的结构特点、功能需求及所处地理位置设计定制化的 BIPV 系统,成为提高系统能效的一个重要难题。BIPV 系统需要能够适应不同气候环境,尤其是在高温或寒冷地区,确保光伏模块在极端天气条件下依然能够稳定发电,避免因环境变化而带来的能效损失^[2]。这不仅要求系统具备更强的耐候性,还要确保系统的长期稳定性。建筑与光伏技术的深度融合也亟待突破,需要在保证系统高效运行的前提下,优化维护简便性和成本控制,才能更好地推动 BIPV 技术的实际应用。

2 光伏组件集成方式对 BIPV 系统能效的影响

光伏组件的集成方式直接关系到 BIPV 系统的发电效率及能效表现。传统的光伏系统多采用外部安装方式,而 BIPV 系统则通过将光伏组件直接嵌入建筑结构中,使得光伏发电与建筑外立面或屋顶一体化。这一集成方式不仅具有美观的外观,更在节省空间、降低建筑能耗方面具有显著优势。然而,集成方式的选择对 BIPV 系统的能效发挥至关重要。光伏模块的布置方式直接影响到太阳能的吸收效率。不同的建筑表面及光照条件,要求光伏组件能够在最佳的角度和方向上接收阳光,以实现最大能量转化。因此,集成设计的合理性与光伏组件的安装角度、方位密切相关。尤其是在高层建筑和复杂结构的建筑中,光伏组件的布置更需考虑到建筑物的朝向、遮挡情况以及季节变化对太阳辐射的影响。

集成方式的另一大挑战是如何确保光伏模块的通风散热效果。高效的散热系统对于光伏模块的长时间稳定发电至关重要。在热岛效应显著的城市地区,光伏组件的温度上升可能会导致能效下降。因此,如何通过合理的通风设计来提高光伏模块的散热性能,减少因高温而导致的发电效率降低,是优化集成方式的重要考量^[3-6]。新型的建筑光伏一体化技术,如透明光伏玻璃或建筑外墙光伏膜,提供了更多的设计选择,使得建筑能够在不影响美观和功能的前提下,充分利用太阳能。这些创新设计虽然在提升能效方面具有潜力,但也对集成技术提出了更高的要求,包括耐用性、维护简便性等。

BIPV 系统集成方式的创新不断推动着技术的进步,未来的发展将更加注重建筑结构与光伏发电技术

的深度结合。结合不同建筑类型的结构特点及所处地理环境,设计出更加高效且节能的集成方式,将成为提升 BIPV 系统能效的关键。光伏组件与建筑的融合方式需要具备更强的适应性,能够根据建筑的实际需求灵活调整,确保光伏系统在各种环境条件下都能发挥最佳性能。开发可调节角度的光伏组件集成方式,或采用多功能建筑材料,这些创新不仅能提高光伏组件的发电能力,还能优化建筑的能源使用效率。随着集成技术的不断优化,建筑光伏一体化系统将为绿色建筑的普及提供坚实的技术支持,推动建筑行业向更低能耗和更高可持续性方向发展。

3 建筑设计优化对 BIPV 系统能效提升的作用

建筑设计在 BIPV 系统的能效提升中起到了至关重要的作用。作为一种集成化的光伏发电方式,BIPV 系统的设计不仅要满足建筑美观和功能需求,还要考虑其能源性能和可持续发展目标。建筑设计的优化可以从多个方面有效提升 BIPV 系统的能效。合理的建筑朝向与窗墙比例可以为光伏组件提供更充足的光照条件。特别是在有较强日照的地区,建筑设计应充分利用太阳能资源,尽量避免建筑形态对光伏模块的遮挡。建筑外立面的设计也应考虑到光伏模块的安装方式,尽可能减少对太阳能吸收的影响,确保光伏系统能够最大限度地利用阳光进行发电。

建筑设计中的隔热性能优化是提升 BIPV 系统能效的关键因素之一。通过合理的隔热设计,能够显著降低建筑的热能损失,提升居住的舒适度,并为光伏系统提供更加稳定的工作环境。在寒冷地区,良好的隔热设计不仅能减少室内热量流失,还能提高 BIPV 系统的发电效率,因为光伏模块在温度过低的环境下可能会出现效能下降^[7]。建筑外立面、屋顶和窗户等部位的隔热材料和结构设计,对建筑的能效有着直接影响。特别是在选择墙体保温材料时,应考虑其导热系数和耐久性,以确保在长期使用中保持良好的热工性能。屋顶结构的设计也至关重要,合理的屋顶保温层可以有效防止热量向外散失,同时为 BIPV 系统提供良好的安装条件。通过优化这些建筑热工性能,不仅能减少空调和采暖的需求,还能有效降低能耗,进一步提高 BIPV 系统的整体效能,推动建筑绿色发展的进程。

建筑设计的智能化也是提升 BIPV 系统能效的一个重要方向。随着物联网 (IoT) 技术的普及,智能建筑技术能够实时监测和调整建筑内外环境的能效表现。通过智能化系统,建筑能够根据实时的气候变化和用能需求,自动调整光伏系统的工作状态,实现最佳的能

源利用效率。基于传感器的监控系统可以根据太阳辐射强度自动调节光伏模块的角度,或者结合建筑内部的能源需求,调节光伏系统的输出功率。这些智能化技术的应用,不仅能提高建筑能效,还能大大提升 BIPV 系统的能效表现。

4 提升 BIPV 系统能效的技术创新与实施策略

在碳中和背景下,提升建筑光伏一体化 (BIPV) 系统的能效是实现可持续建筑发展的关键。技术创新是提升 BIPV 系统能效的核心驱动力。光伏技术的不断进步为 BIPV 系统的能效提升提供了广阔的空间。新一代高效光伏组件的研发,尤其是基于钙钛矿太阳能电池等新型材料的应用,显著提高了光伏组件的转换效率。这些新型材料不仅能够提升光伏组件的能效,还能在光照较弱的环境下发挥更大的效能,从而增强 BIPV 系统的适应性和稳定性。

BIPV 系统与建筑结构的深度融合不仅是提升能效的关键,也是推动绿色建筑发展的核心技术之一。近年来,双面光伏玻璃、透明光伏膜等创新材料的出现,使得光伏系统可以与建筑外立面、窗户、屋顶等部分无缝结合。这些新型光伏组件不仅能够保持建筑的美观和现代感,还能大幅度增加光伏系统的表面积,从而提高发电效率和系统能效。通过优化光伏组件与建筑结构的结合,建筑表面几乎所有部分都能参与光伏发电,有效提升了能量的收集与转化率^[8]。在光伏组件集成的同时,通过增强建筑的保温性与防护性,减少热量流失,进一步提升了建筑的能效表现。这种技术融合不仅有助于减少建筑的能源消耗,还能提升整体环境质量,实现建筑的能源自给自足,为绿色低碳建筑的发展提供重要支持。

实施策略的优化对于 BIPV (建筑集成光伏) 系统的能效提升至关重要。除了加大技术研发和创新投入外, BIPV 系统的推广还需配合政策和管理策略的支持。政府应出台更加完善的支持政策,如提供财政补贴、税收优惠和绿色信贷等措施,鼓励建筑行业采纳 BIPV 技术。建筑行业的相关标准和规范亟需完善,为 BIPV 系统的设计、安装和运行提供技术保障。应通过推动技术研发、政策引导和市场激励的三方协同,促进 BIPV 系统在建筑领域的普及与应用,从而助力建筑行业实现绿色低碳转型,推动全国范围内的碳中和目标顺利实现。

5 结语

建筑光伏一体化 (BIPV) 系统在碳中和背景下,成为提升建筑能效和推动绿色建筑发展的重要技术。通过优化光伏组件的集成方式、改进建筑设计以及技术创新, BIPV 系统能够有效提高能效,减少能耗,进而为实现可持续发展目标作出贡献。随着新材料和智能化技术的不断发展, BIPV 系统的能效提升空间巨大,为建筑行业的绿色转型提供了强有力的技术支持。未来,随着技术不断创新和政策支持的加强,建筑光伏一体化将在全球范围内得到更加广泛的应用,推动低碳、节能社会的实现。

参考文献

- [1] 黄梦怡,陈逸晨,樊一帆,等. 一体化光伏围护结构对室外微气候和建筑能耗的影响研究[J].园林,2025,42(09):44-53.
- [2] 马文君,程晔新,严海鹏. 绿色智慧园区建筑光伏一体化设计分析[J].电力与能源,2025,46(04):422-425.
- [3] 王磊,王珂. 基于多能互补的光伏建筑一体化微电网负荷节能控制方法[J].粉煤灰综合利用,2025,39(04):165-169.
- [4] 苏桂兰. 建筑一体化光伏系统的设计与施工策略[J].居业,2025,(08):90-92.
- [5] 叶长青,梁倩,王子豪,等. 不同政策驱动下建筑光伏一体化的发展路径及碳排放影响分析[J].安徽建筑,2025,32(09): 72-75.
- [6] 张高晗. 建筑光伏一体化系统的设计与研究[J].现代建筑电气,2025,16(07):36-40.
- [7] 李永登,张清东,姜维玮,等. 零碳智慧建筑光伏幕墙钢结构一体化工程实践[J].工程技术研究,2024,9(22):106-108.
- [8] 胡亚州. 碳中和背景下光伏建筑一体化发展趋势分析[J].大众标准化,2024,(01):60-62.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS