

光伏组件封装材料耐候性提升技术研究

任小宝

深圳起明光伏科技有限公司 广东深圳

【摘要】光伏组件的耐候性直接影响其长期稳定性和发电效率，尤其是在极端气候条件下。封装材料作为光伏组件的核心保护层，其耐候性是决定光伏组件使用寿命的关键因素。为提升光伏组件的耐候性能，本文探讨了多种改性封装材料的研究进展，包括提高光伏封装材料抗紫外线、抗湿热、抗氧化及抗腐蚀等方面的技术。通过优化封装材料的化学组成、采用先进的复合材料及表面处理技术，可以显著提升光伏组件的抗环境侵蚀能力，从而延长其使用寿命。本文的研究为光伏产业中的封装材料技术升级提供了理论依据与实践参考。

【关键词】光伏组件；封装材料；耐候性；抗紫外线；抗湿热

【收稿日期】2025 年 8 月 23 日 **【出刊日期】**2025 年 9 月 18 日 **【DOI】**10.12208/j.sdr.20250214

Research on technology for enhancing the weatherability of photovoltaic module encapsulation materials

Xiaobao Ren

Shenzhen Qiming Photovoltaic Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong

【Abstract】 The weatherability of photovoltaic (PV) modules directly affects their long-term stability and power generation efficiency, especially under extreme climatic conditions. As the core protective layer of PV modules, the weatherability of encapsulation materials is a key factor determining their service life. To improve the weather resistance of PV modules, this paper discusses recent advances in modified encapsulation materials, including technologies for enhancing UV resistance, moisture-heat resistance, oxidation resistance, and corrosion resistance of PV encapsulants. By optimizing the chemical composition of encapsulation materials and employing advanced composite materials and surface treatment technologies, the ability of PV modules to withstand environmental degradation can be significantly improved, thereby extending their operational lifespan. This research provides a theoretical basis and practical reference for upgrading encapsulation material technologies within the photovoltaic industry.

【Keywords】 Photovoltaic module; Encapsulation material; Weatherability; UV resistance; Moisture-heat resistance

引言

光伏产业的快速发展为可再生能源的应用提供了巨大的潜力，但光伏组件在长期使用过程中面临着恶劣环境的考验，尤其是紫外线、湿热、氧化等因素的侵蚀。这些因素严重影响了光伏组件的性能和使用寿命，制约了其更广泛应用。光伏组件的封装材料作为其核心保护层，其耐候性直接决定了组件的长期稳定性和发电效率。为了提升光伏组件在复杂环境中的适应能力，近年来，研究者们不断探索新的封装材料，致力于改善其抗环境侵蚀的能力。本文将重点讨论光伏封装材料的耐候性提升技术，介绍相关改性材料的研究成果与应用，旨在为光伏

产业的发展提供新的技术方案。

1 光伏组件封装材料的耐候性要求与现状

光伏组件封装材料是光伏电池板的重要组成部分，其主要作用是保护光伏电池不受外界环境因素的损害，从而提高光伏组件的使用寿命和发电效率。封装材料的耐候性直接决定了光伏组件在长期暴露于不同环境条件下的表现，特别是在高温、高湿、强紫外线等极端气候条件下的稳定性^[1]。当前，常用的封装材料包括 EVA（乙烯-醋酸乙烯共聚物）、聚氨酯、硅胶等，它们都具备一定的抗老化性能。但由于封装材料在长期使用过程中会受到紫外线、湿热、氧化等多重因素的影响，导致材料的性能逐渐下降，

进而影响光伏组件的整体效能。提升封装材料的耐候性成为光伏产业亟待解决的问题。

目前,光伏组件封装材料的耐候性面临多个挑战。紫外线照射会加速封装材料的老化,导致材料表面出现裂纹、褪色等现象;高湿环境会导致封装材料吸水,进而影响其光电转换效率;氧气和水汽的渗透会导致封装材料与电池之间的界面发生化学反应,降低电池的性能。为了解决这些问题,许多研究者在封装材料的化学组成和加工工艺上进行了大量探索,但仍有很大的改进空间。传统的EVA封装材料虽然成本较低,但其耐候性较差,容易发生老化,如何在保持成本效益的基础上提高封装材料的耐候性是当前研究的关键。

为了提升光伏组件的耐候性,近年来,一些新型的封装材料和改性技术得到了广泛关注。比如,纳米复合材料的应用为封装材料的耐候性提升提供了新的思路。通过引入纳米材料,可以显著提高材料的抗紫外线、抗氧化等性能。紫外光稳定剂、抗湿热材料以及增韧改性技术的结合,能够有效增强封装材料的使用寿命和稳定性。尽管如此,这些技术还需要在大规模生产中进一步验证其效果和可行性,以确保能够满足光伏组件在各种复杂环境中的应用需求。

2 提升光伏封装材料耐候性的关键技术

在光伏封装材料的研发中,提升耐候性的技术主要集中在材料的化学改性、结构优化以及复合材料的应用等方面。材料的化学改性是提升封装材料耐候性最直接的手段之一,通过添加不同类型的稳定剂、抗氧化剂以及紫外线吸收剂等,可以有效减少光伏封装材料的老化速度。尤其是在紫外线较强的环境下,材料的抗紫外线能力至关重要。近年来,研究者们提出了一些具有较强紫外线吸收能力的添加剂,如光稳定剂、紫外线吸收剂等,这些添加剂能够有效延缓封装材料在强紫外线下的老化过程,从而延长光伏组件的使用寿命。

除了化学改性外,材料的结构优化也是提升光伏封装材料耐候性的重要手段。封装材料的微观结构对于其耐候性具有重要影响。通过调控材料的分子结构或形态,可以显著改善材料的耐高温、耐湿热等性能^[2]。采用聚合物分子链的交联技术,可以提高封装材料的热稳定性,减少材料在高温环境下的变形与损坏。封装材料的厚度、表面处理等因素也会影响其耐候性,在实际应用中,这些因素需要根

据光伏组件的具体要求进行合理设计和调整。

复合材料的应用则为提升封装材料的耐候性提供了更多的可能性。通过将不同种类的材料结合,形成复合材料,可以充分发挥各类材料的优势,提高其耐候性。使用增强型聚酯、聚酰亚胺等材料与EVA结合,可以在确保材料成本不变的情况下,显著提升材料的抗紫外线、抗湿热等能力。纳米技术的引入也为复合材料的改性提供了新的方向,纳米颗粒如二氧化钛、氧化锌等被广泛应用于封装材料中,能够有效增强材料的抗老化、抗紫外线能力。

3 改性封装材料的性能评估与应用效果

改性封装材料的性能评估是衡量其在实际应用中效果的重要环节。通常,性能评估包括紫外线耐久性、热稳定性、抗湿热性能、抗氧化性等方面的测试。通过模拟实际使用环境,进行长期暴露试验,能够全面评估封装材料的耐候性。在紫外线耐久性方面,改性封装材料通常会通过加速紫外线照射实验,观察材料在紫外线辐射下的色差、裂纹发展等变化,从而判断其抗紫外线老化的效果^[3]。对于热稳定性的评估,则需要进行高温老化试验,观察材料在高温条件下的热变形、软化及气泡等现象,以判断其在极端温度环境中的适应性。

在抗湿热性能方面,改性封装材料需要经过高湿、高温的环境测试,评估材料的吸湿性以及吸湿后性能的变化。封装材料的吸水性会直接影响其光电转换效率,尤其是在高湿气候中,封装材料的水分渗透可能导致材料与电池的界面发生变化,进而影响组件的性能。抗湿热性是光伏封装材料耐候性评估中不可忽视的重要指标。

实际应用中,改性封装材料的效果往往需要通过大规模生产和长期使用数据来验证。随着光伏技术的不断进步,封装材料的改性方案也在不断优化。实验室的理想效果往往无法完全代表实际使用中的表现,评估改性封装材料的应用效果时,需要结合实际光伏电站的运行数据,综合考虑其耐候性、稳定性以及成本效益等因素。在多年的应用实践中,一些改性封装材料已在市场上得到应用,并取得了较好的效果。使用纳米复合材料的封装材料能够在高温高湿环境中保持较好的稳定性,其发电效率在长期使用后依然能够保持较高水平。

4 光伏封装材料耐候性提升的挑战与发展趋势

尽管光伏封装材料的耐候性提升技术取得了一

些进展,但仍然面临着诸多挑战。光伏组件的应用环境多变,封装材料需要在极端天气、高紫外线辐射以及潮湿环境下长期稳定工作,这对材料的综合性能提出了更高要求。比如,紫外线辐射和潮湿环境会加速材料的老化,导致光伏组件的封装层出现脆化、开裂等问题,从而影响组件的电性能^[4-7]。特别是对于处于海洋性气候和高湿高温地区的光伏组件,封装材料需要具备更加出色的耐候性。现有的改性封装材料虽然在实验室测试中展现出一定的耐久性,但在实际应用中可能出现不同程度的性能下降。随着光伏组件应用区域的扩大,如何提升材料的环境适应性,增强其长期稳定性,依然是未来研究的重点。

光伏封装材料的成本问题也是技术发展的一个制约因素。虽然新型材料和改性技术能够有效提高封装材料的耐候性,但这些材料的生产成本较高,可能会对光伏组件的整体成本产生影响。在光伏产业竞争激烈的市场环境中,组件的价格直接影响其市场竞争力。许多新型封装材料,如高性能复合材料和纳米材料,虽然能够提升耐候性和性能,但其生产工艺复杂且成本较高,因此限制了其大规模应用。如何在提升材料耐候性的同时控制生产成本,实现技术的可持续发展,是行业亟待解决的难题。未来,研究人员将更加注重开发高性价比的封装材料,既要保持耐候性的提升,又要降低生产成本,以推动光伏产业的普及和发展。

面对这些挑战,未来光伏封装材料的发展趋势将是更加注重多功能性、环境适应性和成本效益的平衡。随着纳米技术、复合材料等新材料的不断发展,光伏封装材料的耐候性有望得到进一步提升。新型材料在抗紫外线、抗湿热、抗氧化等方面表现出优异的性能,这将有助于延长光伏组件的使用寿命,并在恶劣环境中保持良好的发电效率^[8]。智能化封装材料和可自修复材料的出现,为光伏封装材料的未来提供了更大的发展空间。智能封装材料能够感知外部环境变化,自动调节性能,减少外界因素对材料的影响;而可自修复材料可以在遭受损伤后自动恢复原有性能,这些技术的结合无疑会提升光伏组件的长期稳定性,推动光伏产业的发展。

未来,随着光伏产业的快速发展,光伏封装材料的耐候性提升技术将逐渐走向成熟,成为光伏组件性能提升的重要保障。随着越来越多的研究投入到光伏封装材料的改性与优化中,未来的封装材料

将具备更加优越的性能。这不仅会大幅提高光伏组件的使用寿命,还能降低长期运营成本,提高光伏发电的经济性和可持续性。光伏封装材料的技术创新和突破,必将推动整个光伏产业的绿色发展,并在应对全球能源危机和环境问题方面发挥重要作用。

5 结语

光伏封装材料的耐候性提升技术在光伏产业中具有至关重要的作用。随着研究的不断深入,材料改性、复合技术以及智能化材料的应用将推动封装材料性能的进一步提升。尽管当前仍面临诸多挑战,如环境适应性差、成本较高等,但通过持续创新和技术突破,光伏封装材料的耐候性有望得到显著改善。未来,随着光伏产业的快速发展,光伏组件的性能和成本效益将得到更好的平衡,推动绿色能源的广泛应用,助力实现可持续发展的目标。

参考文献

- [1] 任玉玲,任子杰,方鑫,等. 基于浮选法的退役光伏组件中玻璃回收试验研究[J/OL].化工矿物与加工,1-7.
- [2] 邱思雨,俞立严.“反内卷”持续推进光伏组件厂商现业绩改善信号[N].上海证券报,2025-08-25(004).
- [3] 刘鑫,江静华,刘磊好,等. 光伏组件封装乙烯-醋酸乙烯酯共聚物胶膜/玻璃黏合强度的影响因素[J].塑料工业,2025,53(06):152-160.
- [4] 陈星好. 光伏组件用封装胶膜 EVA、EPE、POE 材料的性能研究[J].聚酯工业,2025,38(03):11-14.
- [5] 曲彦东,李艳春,刘刚,等. 光伏组件封装材料中水和钠离子的渗透性研究[J].科技创新与应用,2025,15(02):72-75.
- [6] 何世豪,张凯,覃丹堰,等. 溶剂热法分离退役光伏组件中 EVA 封装胶膜[J/OL].化工进展,1-10.
- [7] 徐敏伟,王平,陈圣迪. 关于丁基胶封装有效提高光伏组件抗湿热性能的研究[J].中国建材科技,2024,33(06):37-41.
- [8] 张力.封装胶膜的性能研究及其对光伏组件长期可靠性的影响[D].湖北大学,2024.

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