

# 高功率高可靠双面双玻单晶太阳能电池性能优化

薛标文 王栓虎 刘金玉

北京京能清洁能源电力股份有限公司内蒙古分公司

DOI:10.12238/pe.v2i5.9867

**[摘要]** 双面双玻单晶太阳能电池作为近年来光伏技术发展的重要方向,凭借其优越的性能和广泛的应用前景,受到越来越多的关注。传统的单晶太阳能电池以其较高的光电转换效率和较长的使用寿命,在市场中占据重要地位。然而,随着光伏市场的竞争加剧,单晶电池的性能提升和成本降低成为迫切需求。双面双玻设计的引入,为提升太阳能电池的整体性能提供新的思路。本文主要分析高功率高可靠双面双玻单晶太阳能电池的性能影响因素,提出优化策略,旨在提升单晶太阳能电池的性能。

**[关键词]** 高功率; 高可靠; 双面双玻; 单晶太阳能电池

中图分类号: TK511 文献标识码: A

## Performance optimization of high power and high reliability double-sided double glass single crystal solar cells

Biaowen Xue Shuanhu Wang Jinyu Liu

Beijing Jingneng Clean Energy Power Co., Ltd. Inner Mongolia Branch

**[Abstract]** As an important direction of photovoltaic technology development in recent years, double-sided double glass single crystal solar cells have attracted increasing attention due to their superior performance and wide application prospects. Traditional single crystal solar cells occupy an important position in the market due to their high photoelectric conversion efficiency and long service life. However, with the intensification of competition in the photovoltaic market, the performance improvement and cost reduction of single crystal cells have become an urgent need. The introduction of double-sided double glass design provides new ideas for improving the overall performance of solar cells. This article mainly analyzes the performance influencing factors of high-power and high reliability double-sided double glass single crystal solar cells, proposes optimization strategies, and aims to improve the performance of single crystal solar cells.

**[Key words]** high power; High reliability; Double sided double glass; Single crystal solar cell

### 引言

双面双玻单晶太阳能电池不仅吸收来自正面的光照,还结合反射的光照实现双面发电,显著提高了光能的利用率。此外,双玻结构的应用,增强电池的耐候性和抗腐蚀能力,延长了电池的使用寿命。在环境日益严峻的背景下,这一技术的可持续性和经济性显得尤为重要。在技术进步和需求驱动的背景下,针对高功率和高可靠性的双面双玻单晶太阳能电池的性能优化,成为当前研究的热点。

### 1 双面双玻单晶太阳能电池的工作原理

双面双玻单晶太阳能电池的工作原理基于光电效应,将光能转化为电能。该电池由正面和背面两个光伏层组成,两面均可捕获太阳光,从而提高光能的利用效率。正面的电池层直接接收阳光,而背面的电池层则利用反射光线或散射光线,进一步增强光照,尤其在光线反射强烈的环境中<sup>[1]</sup>。

在电池的结构设计中,正面和背面都采用透明的玻璃材料覆盖,玻璃不仅保护光伏材料,还允许光线透过。在此结构中,光线穿透正面玻璃后照射到电池片上,产生电子-空穴对,进而形成电流。背面玻璃的作用在于反射未被正面吸收的光线,使其再次照射到电池片上,增加了光的有效利用。同时,双面电池的效率受到多种因素的影响,其中包括光照的角度、环境条件和地面反射率<sup>[2]</sup>。在晴朗的天气以及高反射率的地面(如白色或浅色的表面)条件下,背面电池的发电能力显著提升,进而提高整体的发电效率。相较于传统的单面电池,双面双玻设计使得光伏组件在不同环境下的发电能力更为稳定和可靠。

### 2 高功率高可靠双面双玻单晶太阳能电池性能优化的重要性

随着全球对清洁能源需求的增加,太阳能光伏技术作为一种可持续解决方案,受到越来越多的关注。双面双玻设计有效利

用反射光并提高光伏组件的发电效率,这一特点使其在市场中具备竞争优势:(1)性能优化不仅提升光伏组件的电能转换效率,还能增强其长期的可靠性。高功率输出意味着在相同的光照条件下,设备产生更多的电能,从而提升投资回报率。研究表明,优化后的双面双玻单晶太阳能电池的转换效率可达到更高水平,显著提高发电量,尤其是在低光照条件下的表现<sup>[3]</sup>。(2)在制造过程中,采用高品质单晶硅材料、先进的封装材料及工艺,可显著降低光伏组件的衰减率。在实际应用中,经过优化的电池组件在恶劣环境下保持高效能,传统光伏组件所无法比拟。可靠性有利于光伏电站的长期运行,性能优化措施有效延长组件的使用寿命,降低维护和更换成本。(3)环境适应性是性能优化的重要组成部分。耐候性设计确保太阳能电池在高温、低温、潮湿等极端天气条件下,依然能够稳定运行,智能监控与维护系统则为实时监测电池性能提供保障。优化电池的结构设计,如散热设计和电路布局,可有效降低热损失,进一步提升整体发电效率。

### 3 高功率高可靠双面双玻单晶太阳能电池性能影响因素

#### 3.1 材料因素影响

单晶硅电池片是双面双玻太阳能电池的核心材料,其质量和纯度直接影响电池的转换效率和可靠性。高品质的单晶硅电池片具有更高的光电转换效率和更长的使用寿命。玻璃和胶膜等封装材料的选择,对组件的性能也有重要影响。高透光率、高强度、耐候性好的玻璃,能提高组件的透光性和耐久性;优质的胶膜材料则能有效保护电池片,防止其受到外界环境的损害<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 工艺因素影响

制造工艺的精度和稳定性,对双面双玻单晶太阳能电池的性能具有直接影响。此外,制造工艺的不同,直接影响到电池的转换效率、可靠性及寿命。优化切割、清洗、封装及焊接等工艺,可显著提升电池的性能和可靠性,为实现更高的光电转换效率奠定基础<sup>[5]</sup>。

#### 3.3 环境因素影响

环境因素对高功率高可靠双面双玻单晶太阳能电池的性能产生显著影响,主要包括温度、湿度、光照强度及气候条件等因素。不同的环境条件会对电池的能量转换效率、使用寿命及可靠性产生不同程度的影响。

#### 3.4 设计因素影响

结构设计的好坏直接影响到组件的机械强度和稳定性。合理的结构设计,能确保组件在恶劣环境下的安全性和可靠性。例如,双面双玻组件采用双层玻璃封装结构,提高其抗风压、抗雪压等能力。同时,电路布局的优化,降低组件的串联电阻和并联电阻,从而提高其开路电压和短路电流等性能指标。

### 4 高功率高可靠双面双玻单晶太阳能电池的性能优化策略

#### 4.1 材料选择与优化

高功率高可靠双面双玻单晶太阳能电池的性能优化,材料

的选择与优化至关重要。高品质单晶硅材料作为光伏电池的核心组件,其质量直接影响电池的光电转换效率和长期稳定性。单晶硅的晶体结构均匀,缺陷少,电子迁移率高,使得光生电流的生成更为有效。选择具有高光电转换效率的单晶硅材料,能有效提升电池的整体性能。同时,需科学选择封装材料,优质的封装材料不仅保护电池免受外界环境的影响,还能减少光的反射损失。通常,采用低铁玻璃作为封装材料,能提高透光率,进而提升电池的发电能力。此外,封装材料的耐候性应具备良好的抗紫外线、抗腐蚀性,以确保在长期使用过程中不发生性能衰退。聚合物材料如EVA(乙烯-醋酸乙烯共聚物)被广泛应用于封装中,其优异的粘接性能和抗老化特性使其成为理想的选择。在实际生产中,材料的选择与优化,还需综合考虑成本与性能的平衡。例如,虽然高品质材料在初始投资上较高,但从长期来看,其在发电效率与使用寿命上的优势,可有效降低单位发电成本。因此,优化材料的选择与应用,不仅要关注性能指标,还需建立全面的经济评估体系,以实现高功率高可靠双面双玻单晶太阳能电池的全面性能提升。

#### 4.2 制造工艺优化

高精度加工技术的应用,是确保太阳能电池性能的重要环节。采用先进的激光切割、钻孔和表面处理工艺,可有效减少材料的损耗,提升电池片的边缘质量,防止因边缘缺陷导致的光损失。高精度加工,不仅提高电池的光电转换效率,还增强电池的机械强度。例如,采用激光切割技术后,电池片的边缘轮廓更加光滑,减少微裂纹的产生,从而降低光致衰减的风险。同时,自动化生产线的引入,大幅提高了生产效率与一致性。利用自动化设备进行批量生产,可确保每一个生产环节的标准化和精细化,减少人工操作带来的误差。在自动化生产线上,关键的工艺参数如温度、压力和时间可实现实时监控与调整,确保每一块电池在制造过程中都能达到预定的性能标准。此外,自动化还可降低生产成本,提高产能,使高功率高可靠的双面双玻单晶太阳能电池,以更具竞争力的价格进入市场。最后,质量控制是确保太阳能电池长期可靠运行的关键。建立完善的质量管理体系,对生产过程中的每一个环节进行严格的监控,及时发现并纠正潜在的质量问题。实施全面质量管理(TQM)和六西格玛(Six Sigma)等管理理念,有效降低生产过程中的变异,提高产品的一致性。例如,在生产过程中,对每一批电池进行光电性能测试和环境适应性测试,确保出厂产品符合高标准的质量要求。

#### 4.3 环境适应性优化

针对不同气候条件和环境变化,需进行耐候性设计和智能监控与维护,以确保太阳能电池在长期使用中的稳定性和可靠性。耐候性设计应考虑材料和结构的选择,表面材料需具备优异的抗紫外线、抗湿热和抗腐蚀性能。例如,采用高性能的抗老化封装材料,有效延长电池的使用寿命。同时,玻璃的选择也应注重透光率和抗冲击性。此外,结构设计方面,合理的排水设计和气流通道,能防止积水和积尘,避免对电池性能的影响。最后,智能监控系统的引入,使得对太阳能电池的运行状态进行实时

监测成为可能。安装传感器,能够对温度、湿度、光照强度等环境因素进行监测,并及时反馈到管理系统,确保电池在最优条件下运行。智能维护系统还能定期检测电池的性能状态,及时发现并排除故障,提升系统的整体可靠性。

#### 4.4 结构设计优化

优化设计包括双面发电设计、散热设计和电路布局,有效提高电池的转换效率和使用寿命。双面发电设计利用太阳能电池的双面特性,捕捉从地面或周围反射的光线。合理的安装角度和位置选择,双面太阳能电池在不同的环境条件下实现最佳的光照接收。例如,在雪地或沙漠地区,地面的反射率较高,双面设计能显著提升发电量。此外,采用高透光率的玻璃材料,减少光线的遮挡和反射损失,进一步提高发电效率。研究表明,双面设计的太阳能电池相比单面电池,发电量可提升20%至30%。同时,散热设计是确保电池在高温环境下稳定运行的重要环节。太阳能电池在工作过程中会产生热量,过高的温度会影响电池的性能和寿命。因此,合理的散热设计,在电池背面设计散热通道,或采用导热率高的材料来增强散热效果。此外,设计时还需考虑自然通风和强制冷却等方式,确保电池在高温天气下依然能保持良好的工作状态。研究表明,良好的散热设计可使电池的工作温度降低5°C至10°C,进而提升整体的能量转换效率。最后,合理的电路设计,可降低电阻损失,提高电流的有效输送。采用串联和并联相结合的方式,在不同的电流条件下实现最佳的电能输出。优化电路元件的布局,减少导线的长度和交叉,降低电气干扰和发热,提高整体系统的稳定性和可靠性。例如,采用集成化的电路设计,有助于减少组件之间的连接点,提高系统的抗干扰能力,确保电池在复杂环境下的稳定运行。

#### 4.5 综合优化

高功率高可靠双面双玻单晶太阳能电池的性能优化措施中,抗PID能力、低衰减率和高转换效率是核心指标,直接影响太阳能电池的长期稳定性和经济效益。首先,抗PID能力的提升,主要依赖于材料和设计的优化。选择高质量的单晶硅材料是基础,优质的单晶硅具有更好的电气性能和更低的缺陷密度,有效抵御电势诱导衰减。此外,改进电池的封装结构,采用高绝缘性的背板材料、合理的接地设计,有效降低PID的发生概率。实验表明,使用高绝缘性材料的电池在长时间阴雨天气下,PID的影响显著减弱,电池性能保持良好。同时,低衰减率是提高太阳能电池长期发电能力的重要指标。高品质的硅片和优化的制造工艺,

能显著降低光衰。在生产过程中,严格控制掺杂浓度和温度条件,有效减少材料内部的缺陷,降低光致衰减。采用先进的表面处理技术,如氢化和钝化,进一步提高光电转换效率,降低衰减率。研究表明,经过表面钝化处理的电池,其衰减率可降低至0.5%以下。此外,高转换效率的实现,需综合考虑材料、工艺和设计等多方面因素。高品质的单晶硅材料本身具有优异的光电转换性能,然而,双面双玻设计有效利用反射光,提高光照利用率。优化电池的光照接收角度和布局,进一步提高电池的整体效率。在制造工艺方面,采用高精度的激光切割和边缘封装技术,减少材料损耗和电流泄漏,提升整体的电能输出。

## 5 结语

高功率高可靠双面双玻单晶太阳能电池的性能优化,是实现可再生能源广泛应用的重要途径。对材料选择、制造工艺、环境适应性、结构设计及性能优化措施的系统分析,能显著提升太阳能电池的整体性能。未来的研究应持续聚焦于新材料的开发与应用、生产工艺的创新以及智能化的监控与维护系统的完善,推动高功率高可靠双面双玻单晶太阳能电池技术的进一步发展,为可再生能源的普及与应用提供有力支撑。

## [参考文献]

- [1]李超,宋宏伟,陈聪.单晶钙钛矿太阳能电池研究进展[J].发光学报,2024,45(5):711-726.
- [2]贾宇龙,赵丽敏,郭卫.单晶太阳能电池双面抛光工艺研究[J].能源技术与管理,2017,42(1):145-147.
- [3]周平,周林.刻蚀工艺参数对单晶硅太阳能电池性能影响[J].西安文理学院学报(自然科学版),2023,26(2):44-47.
- [4]朱荣臻,王睿,江天.单晶Si、单结GaAs太阳能电池的激光损伤特性对比研究[J].红外与毫米波学报,2015,34(4):479-485.
- [5]方正.单晶硅太阳能电池表面结构对其光电特性的影响研究[D].福建:集美大学,2020.

## 作者简介:

薛标文(1974--),男,汉族,内蒙古呼和浩特人,本科,高级工程师,研究方向: 新能源材料、工程管理。

王栓虎(1980--),男,汉族,内蒙古呼和浩特人,研究生,工程师,研究方向: 新能源材料、并网技术。

刘金玉(1985--),男,汉族,内蒙古和林格尔县人,本科,助理工程师,研究方向: 光伏发电系统。