

论双面双玻单晶 PERC 太阳能电池的高功率输出优化

王栓虎 薛标文 刘建宇
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.v2i4.8400

[摘要] 近年来,随着全球能源结构向清洁、低碳方向转型,太阳能光伏技术作为可再生能源的重要组成部分,其发展日益受到世界各国的高度重视。双面双玻单晶PERC太阳能电池作为一种高效、稳定的光伏组件,凭借其独特的双面发电能力和卓越的环境适应性,在光伏发电领域展现出巨大的应用潜力和 market 前景。然而,如何进一步提升双面双玻单晶PERC太阳能电池的功率输出特性,以满足不断增长的清洁能源需求,成为当前光伏行业亟待解决的关键问题之一。本文主要分析影响双面双玻单晶PERC太阳能电池高功率输出的各种因素,并提出有效的优化策略,以期推动光伏产业技术进步和提高光伏发电效率。

[关键词] 双面双玻单晶; PERC太阳能电池; 高功率输出; 优化
中图分类号: TK511 **文献标识码:** A

Optimization Study on High Power Output Characteristics of Double sided Double Glass Single Crystal PERC Solar Cells

Shuanhu Wang Biaowen Xue Jianyu Liu
Beijing Jingneng Clean Energy Power Co., Ltd. Inner Mongolia Branch

[Abstract] In recent years, with the global energy structure shifting towards a clean and low-carbon direction, solar photovoltaic technology, as an important component of renewable energy, has received increasing attention from countries around the world for its development. As an efficient and stable photovoltaic module, double-sided double glass single-crystal PERC solar cells have shown great potential and market prospects in the field of photovoltaic power generation due to their unique double-sided power generation capability and excellent environmental adaptability. However, how to further enhance the power output characteristics of double-sided double glass single-crystal PERC solar cells to meet the growing demand for clean energy has become one of the key issues that urgently need to be addressed in the current photovoltaic industry. This article mainly analyzes various factors that affect the high-power output of double-sided double glass single-crystal PERC solar cells, and proposes effective optimization strategies to promote technological progress in the photovoltaic industry and improve photovoltaic power generation efficiency.

[Key words] Double sided double glass single crystal; PERC solar cells; High power output; optimization

引言

在当前全球能源结构转型的大背景下,可再生能源技术的发展与应用已成为各国关注的焦点。太阳能作为清洁、可再生的能源,其利用技术不断进步,其中,双面双玻单晶PERC(Passivated Emitter and Rear Cell)太阳能电池因其高效、稳定和经济性,受到业界的广泛关注。PERC技术改进硅片的表面钝化,提高电池的光吸收和电荷收集效率,实现单晶硅电池性能的显著提升^[1]。然而,尽管PERC技术在单面太阳能电池上取得了显著成果,但其双面设计进一步增加了能量输出潜力。双面双玻结构能够利用背面的散射光和反射光,使得电池在相同的

面积下获得更高的电力产出。

1 双面双玻单晶PERC太阳能电池原理与结构分析

双面双玻单晶PERC太阳能电池,作为一种先进的光伏技术,其核心优势在于同时利用太阳光的直射和反射部分,有效提高发电效率。这种电池的原理基于PERC技术,在电池背面引入钝化层减少载流子复合,增加光生载流子的寿命,进而提升电池转换效率^[2]。

具体而言,双面双玻单晶PERC太阳能电池由两层玻璃板夹持着单晶硅片构成,其中硅片的两面均进行了PERC技术处理。正面玻璃通常具有较高的透光率,以便于最大限度地吸收直射阳

光;背面玻璃则反射地面或其他物体上的散射光,使电池背面捕获光线并转化为电能。此外,为进一步提高性能,电池表面还采用纹理化处理,以增加光的捕获面积,同时减少反射损失^[3]。在结构方面,电池内部的单晶硅片经过特殊工艺加工,形成了N型和P型半导体区域,当光照到电池上时,激发的电子从价带跃迁至导带,形成电子-空穴对。在电场作用下,电子向N区移动,空穴向P区移动,从而在外电路中产生电流。

2 双面双玻单晶 PERC 太阳能电池的优势

双面双玻单晶PERC太阳能电池是当前光伏技术领域的先进代表,其优势主要体现在以下方面:(1)提高能量产出。由于采用双面设计,PERC电池不仅能吸收正面的太阳光,还能捕获背面的散射光和反射光,从而显著提高能量转换效率,相比传统单面电池,增益可达20%以上。(2)耐候性增强。双玻结构提供更强的机械强度和耐腐蚀性,保护电池片免受环境侵蚀,延长电池的使用寿命,降低长期维护成本。(3)更高的温度系数。PERC技术改进电池结构,降低了温度系数,使电池在高温环境下性能下降的程度低于常规电池,进而提高在炎热地区的发电性能。(4)低光诱导衰减(LID)抑制。PERC电池采用钝化技术,有效减少了LID现象,保证电池长期稳定的输出功率。(5)可用空间利用率提升。双面电池安装在地面、水面或跟踪系统上,利用地面反射增加发电量,无需额外占用空间,适合大规模电站部署。

3 双面双玻单晶PERC太阳能电池高功率输出的影响因素

3.1 环境因素

首先,太阳能辐照度是决定电池发电量的关键因素。当太阳光强度增加时,电池吸收的光子数量增多,光生载流子对的数量相应增加,从而提高电流密度和功率输出。例如,在晴朗的天气条件下,电池的输出功率通常高于阴天或多云天气。因此,选择地理位置优越、阳光充足的地区安装太阳能电池系统可有效提升功率输出。其次,温度影响。随着温度升高,电池内部的电阻效应会加剧,导致开路电压下降,进而影响整体发电效率。例如,当电池温度每升高1°C,其最大功率点可能会降低约0.5%。因此,有效的热管理措施,如散热设计和通风系统,有利于维持电池在适宜工作温度,以保证高功率输出。此外,地表反射率可增加电池背面的光照强度。双面电池能同时接收正面和背面的光照,当安装在反射率高的地表(如沙地、雪地或白色屋顶)上时,背面额外的光照可显著提升总发电量。据研究表明,适当的地表反射率优化,可使双面电池的功率输出提高5%-30%,进一步增强其经济效益。

3.2 组件设计因素

组件结构的优化,能显著提升电池的光电转换效率和稳定性。例如,采用半切电池设计可以减少电池片的电流路径长度,从而降低串联电阻,有效减少热损耗,提高整体的发电效率。同时,合理布局电池片之间的间隙,可增加接收阳光的有效面积,进一步提升电池的功率输出。同时,封装材料的选择,直接影响电池板的耐候性和长期可靠性。综上所述,组件设计因素中的结

构优化和封装材料选择,是实现双面双玻单晶PERC太阳能电池高功率输出的关键。不断改进技术创新和材料,可进一步挖掘电池的潜力,为太阳能发电系统的高效运行提供坚实的基础。

3.3 系统安装因素

安装高度的选择,影响电池板接收到的太阳辐射量。较低的安装高度导致地面遮挡,尤其是在早晨和傍晚时分,显著降低电池板的接收效率。相反,较高的安装高度可减少地面遮挡,但同时也会增加风荷载,从而影响系统的稳定性。因此,确定最佳安装高度需综合考虑地形、气候条件以及成本效益比。同时,阵列间距是另一个重要考量点。合理设置阵列间距,能确保相邻电池板之间不会因阴影而相互遮挡,特别是在低太阳角度条件下。过窄的间距不仅会导致能量损失,还可能加剧热斑效应,损害电池性能。然而,过宽的间距则会占用更多土地资源,增加项目成本。

4 双面双玻单晶PERC太阳能电池高功率输出特性的优化策略

4.1 材料选择与结构设计

材料选择与结构设计,在双面双玻单晶PERC太阳能电池的高功率输出特性中发挥着重要作用。玻璃材料的选择,不仅影响电池板的透光性和机械强度,还关系电池板的耐候性和长期可靠性。双玻结构采用低铁钢化玻璃作为前后面板,不仅能提高整体强度,减少背板损坏的风险,利用前面板的高透光性和后面板的反射性能,增加电池片接收到的光照量,从而提升发电效率。例如,采用超白钢化玻璃的双玻组件,其正面透光率可达91%以上,背面反射率也可达到90%,显著增强双面发电效果。同时,封装材料的选择,直接影响电池组件的电学性能和环境适应性。EVA胶膜是常用的封装材料之一,具有良好的绝缘性、耐候性和粘结性,能有效保护电池片免受外界环境的侵蚀,同时确保电池片之间的电气连接稳定可靠。近年来,POE胶膜因其更佳的抗PID性能和更低的水汽透过率,在双玻组件中的应用日益广泛,有助于进一步提升组件的耐久性和发电效率。此外,电池效率的提升,是双面双玻单晶PERC太阳能电池的核心追求。PERC技术在电池片背面引入钝化层和接触层,减少载流子复合,提高了电池的转换效率。结合双玻结构,PERC电池充分利用正面和背面的光照,实现更高的总体发电量。最后,优化电池片的尺寸、栅线设计以及采用高效硅片,如N型或P型单晶硅,可在材料和结构层面进一步挖掘效率潜力,使双面双玻单晶PERC太阳能电池在实际应用中展现出更优异的性能表现。例如,采用细栅线技术和多主栅设计,减少遮光面积,提高电池片的光照利用率,进而提升整体发电效率。

4.2 生产工艺优化

首先,钝化处理是提高电池效率的关键步骤。传统的热氧化钝化已逐渐被更高效率的化学气相沉积(CVD)钝化所替代,如采用AlO_x或SiN_x层,这些材料能减少表面和背面的复合速率,从而提高电池的开路电压和填充因子。其次,激光开槽技术的进步,有利于减少电池片间的串联电阻和提高整体效率。精确控制的激光切割工艺,降低切割过程中的微裂纹产生,减少电性能损失,

同时保持良好的边缘钝化效果,以防止电流泄漏。同时,组件制造工艺的改进也是提升功率输出的重要途径。例如,采用半片技术可减小电池片内部的电流损失,提高组件的电流匹配性和机械稳定性。另外,采用多主栅设计分散电流密度,降低接触电阻,进一步提升电池效率。此外,采用高品质的封装材料,如EVA和TPT,提供更好的光学透明性和耐环境老化性能,保证电池长期高效运行。

4.3 系统应用优化

首先,安装高度对电池接收太阳辐射量有直接影响。通常,电池板应安装在适当的高度,以避免地面物体造成的遮挡,同时确保充足的日照时间。例如,在城市环境中,避免建筑物或树木的阴影,而在农村地区,应考虑地形起伏和农作物的影响。合理调整安装角度,以匹配当地的纬度,可以进一步提升太阳能电池的捕光效率。其次,阵列间的间距设计,也是提高整体发电效率的重要因素。合理的间距可减少相邻电池板之间的遮挡,尤其是在早晨和傍晚阳光斜射时。例如,加强模拟分析和实地测试,确定最佳的阵列间距,以最大程度地减少内部遮挡损失,同时保持土地利用效率。同时,地面处理对反射率有显著影响,进而影响双面电池的背面接收光照。采用反射率较高的地面材料,如白色或浅色混凝土,可增加从地面反射到电池背面的光线,从而提高双面发电效率。此外,对于草地或沙地,可采取平整或覆盖反射膜等措施,改善地面反射条件。

4.4 智能运维与维护

智能运维系统的应用,是提高双面双玻单晶PERC太阳能电池高功率输出特性的重要途径。利用集成传感器网络和物联网技术,实现对光伏组件性能的实时监测和数据分析。例如,采用先进的图像识别技术,自动检测组件表面的灰尘积累情况,及时启动清洁程序,避免因灰尘遮挡导致的发电效率下降。同时,智能运维系统还能预测潜在故障,如早期发现组件内部的微裂纹或热斑效应,从而提前采取措施,防止故障扩大,保障系统的稳定运行。同时,定期维护也是确保太阳能电池高效运行的关键环节。需定期清洁组件表面,检查并紧固连接部件,以及检测电气绝缘性能。例如,每季度进行一次全面的组件清洁,减少因环境污垢造成的功率损失。此外,每年至少进行一次电气安全检查,确保所有接线盒和电缆连接处无松动或腐蚀现象,以避免电力传输过程中的能量损耗和安全隐患。智能运维与定期维护相结合,不仅有效提升双面双玻单晶PERC太阳能电池的发电效率,还能延长其使用寿命,降低长期运营成本。建立一套完善的维护计

划,结合智能系统的实时监控,可实现对太阳能电池运行状态的全面掌控,确保其在各种环境条件下都能保持最佳的工作状态,最大化投资回报。

4.5 优化其他因素解决方案

在双面双玻单晶PERC太阳能电池的高功率输出特性优化中,除主要影响因素外,还有一些次要但不可忽视的因素,如阴影遮挡管理和系统集成优化。阴影遮挡是降低太阳能电池效率的一个重要因素,尤其是在多模块阵列中,即使是微小的阴影也可能导致整个系统的功率损失。为减少阴影影响,可选择低遮挡敏感的设计,例如使用曲面或倾斜支架,以减少建筑物、树木和其他障碍物的阴影。在无遮挡或遮挡最小的地方安装电池板,如屋顶的南向部分或开阔地。同时,实施精确的模块定位和角度调整,以确保最佳的阳光接收,使用具有自清洁功能的表面涂层,减少灰尘积累导致的遮挡。对于系统集成与优化,可采用智能逆变器技术,动态调整工作电压和电流,以适应环境变化和阴影遮挡,最大化能量输出。采用微逆变器或功率优化器,实现每个模块独立的最大功率点跟踪(MPPT),确保即使在部分遮挡情况下也能获得较高效率。此外,通过模块级监控,实时监测每个电池板的性能,及时发现并解决问题。对于整体系统设计考虑热管理,利用散热材料和空气流通设计,防止过热影响电池性能。最后,利用大数据和云计算技术,进行远程监控和数据分析,预测和预防潜在问题,提高运维效率。

5 结束语

通过对双面双玻单晶PERC太阳能电池的研究发现,PERC电池高功率输出特性受多种因素影响,包括环境条件、组件设计、系统安装方式以及生产与运维过程。在具体优化中,需采取多维度的优化策略,促使双面双玻单晶PERC太阳能电池的高功率输出特性得以显著提升,从而在实际应用中,实现更高的能源产出和经济效益。未来的研究应继续关注新材料的研发、工艺创新以及智能运维系统的深化,以应对不断变化的环境条件 and 市场需求,推动太阳能电池技术的进步。

[参考文献]

- [1]姚旭,申开愉,韩燕旭,等.PERC太阳能电池生产工艺[J].化工设计通讯,2020,46(7):203,244.
- [2]郭丽,陈丽,鲁贵林,等.PERC太阳能电池性能的模拟与优化[J].山西化工,2020,40(1):14-17.
- [3]陈璐,吴翔,魏凯峰.PERC太阳能电池生产工艺研究[J].电子世界,2017(24):195,197.