

光伏组件的性能评估及效率提升方法研究

郭军

云南金元新能源有限公司, 云南 昆明 650000

摘要： 光伏组件作为可再生能源领域的重要组成部分，其性能优劣直接关系到光伏系统的整体效率和应用前景。随着光伏技术的飞速发展，提高光伏组件的性能和效率已成为科研和技术创新的重要课题。本文旨在综述光伏组件的性能评估方法及其效率提升技术，探讨影响光伏组件性能的关键因素，以期光伏组件的研发和优化提供理论指导和实践参考。

关键词： 光伏组件；性能评估；效率提升方法

Research on Performance Evaluation And Efficiency Improvement Methods of Photovoltaic Modules

Guo Jun

Yunnan Jinyuan New Energy Co., Ltd. Kunming, Yunnan 650000

Abstract： As an important part of the field of renewable energy, the performance of photovoltaic modules is directly related to the overall efficiency and application prospect of photovoltaic systems. With the rapid development of photovoltaic technology, improving the performance and efficiency of photovoltaic modules has become an important topic for scientific research and technological innovation. The purpose of this paper is to review the performance evaluation methods and efficiency improvement technologies of photovoltaic modules, and discuss the key factors affecting the performance of photovoltaic modules, in order to provide theoretical guidance and practical reference for the development and optimization of photovoltaic modules.

Keywords： photovoltaic modules; performance evaluation; efficiency improvement methods

一、引言

随着能源危机和环境问题的日益严重，可再生能源的开发和利用受到了全球范围内的广泛关注。太阳能作为一种取之不尽、用之不竭的清洁可再生能源，具有巨大的开发和利用潜力。光伏发电作为一种利用太阳能的有效途径，已经成为可再生能源领域的研究热点。光伏组件作为光伏发电系统的重要组成部分，其性能的优劣直接影响到整个光伏发电系统的效率和稳定性。因此，对光伏组件的性能进行评估，并研究其效率提升方法，具有重要的理论和实际意义。

二、光伏组件的性能评价

（一）电池参数

1. 光照条件

光伏组件的性能受到光照条件的影响较大，在评估光伏组件性能时，需要考虑光照强度、光谱分布、天气因素等多种光照条件。光照强度是光伏组件发电能力的重要影响因素，一般使用标准测试条件下（即太阳光谱为 AM1.5，光照强度为 1000W/m²）的光照强度来评估光伏组件的性能。光谱响应是指光伏组件对不同波长光线的响应能力，不同类型的光伏电池对光谱的响应特性也不同，因此在评估光伏组件性能时需要考虑光谱响应

特性^[1]。

2. 光谱响应

光伏电池的光谱响应是指光伏电池对不同波长光照的吸收和转换效率，不同类型的光伏电池对光谱的响应是不同的。例如，硅晶光伏电池对蓝光和绿光的吸收效率较高，而对红光和远红外光的吸收效率较低。因此，在评估光伏组件的性能时，需要考虑光谱响应对光伏组件输出功率的影响。光谱响应的测试通常使用积分球光谱响应测试仪进行，通过测量光伏电池在不同波长光照下的电流值，可以得到光伏电池的光谱响应曲线。

（二）组件参数

1. 储电能力

光伏组件的储电能力是指光伏组件在光照条件下将光能转化为电能的能力，光伏组件的储电能力受到多种因素的影响，如电池本身的特性、组件的结构设计、温度等。通过对光伏组件的储电能力的评估，可以了解光伏组件的性能优劣和潜在问题。为了提高光伏组件的储电能力，可以采用高效的电池材料、优化的组件结构设计以及高效的能量转换和存储技术等方法。

2. 天气因素

天气因素对光伏组件的性能有很大影响，在光伏组件的性能评估中，需要考虑不同天气条件下的光伏组件性能，如晴天、阴天、雨天等。此外，还需要考虑季节变化对光伏组件性能的影响，如冬季和夏季的光照条件和温度差异等。

* 作者简介：郭军，1993年11月，男，穿青人，籍贯（贵州省毕节市纳雍县），大专学历，从事光伏发电

三、影响组件效率的因素

（一）光伏电池本身的能力

光伏电池的性能与其材料、工艺、温度、光照强度、湿度等因素密切相关。在材料方面，硅基电池是目前最常用的光伏电池，但其发电效率受到材料成本 and 环境污染的影响。薄膜电池具有轻便、薄形、柔性的特点，可以应用于多种场景，但目前其性能仍需进一步提高。此外，光伏电池的温度系数、光致衰减等问题也需要得到妥善解决。

（二）光伏组件及设计结构

光伏组件的设计和结构对其性能也有重要影响，合理的设计可以提高组件的散热性能、抗风能力、耐候性能等。同时，组件的封装材料也对组件的性能有重要影响，良好的封装材料可以延长组件的使用寿命，提高其可靠性^[2]。

（三）组件光伏系统的最大功率点跟踪技术

最大功率点跟踪（MPPT）技术是光伏组件光伏系统的重要组成部分，其作用是使光伏系统始终工作在最大功率点附近，从而提高光伏系统的发电效率。MPPT技术的核心是一个MPPT控制器，它可以实时监测光伏系统的运行状态，并根据系统的实际运行状态调整光伏系统的电压和电流，使其始终工作在最大功率点附近。MPPT技术的应用可以显著提高光伏系统的发电效率，从而提高光伏组件的性能。

四、光伏组件的性能优化

（一）提高光伏组件的电池参数

1. 优化工艺流程

提高光伏组件的电池参数，首要任务是优化光伏组件的工艺流程，在保证原材料质量的前提下，通过对生产工艺、生产设备进行调整，减少工艺流程中可能出现的缺陷，减少电池片在生产过程中造成的损失。光伏组件生产流程主要包括：清洗、掺杂、扩散、镀膜等，各个流程可能会对电池片造成一定的影响，因此需要加强对各个工序进行优化。在电池片的清洗过程中，清洗温度应控制在60℃~80℃之间；在掺杂过程中，应选择合适的掺杂工艺；在扩散过程中，需要控制扩散温度为20~30℃；在镀膜过程中，需要将镀膜温度控制在80℃~100℃之间。

2. 优化电池材料

光伏组件的材料主要有单晶硅、多晶硅、化合物及非晶硅四种。单晶硅与多晶硅是光伏组件中最常用的电池材料，而非晶硅电池需要进一步优化工艺才能提高效率。从表2可以看出，太阳能电池的转换效率最高的电池材料均为单晶硅，其次为多晶硅，第三位的非晶硅转换效率仅为11.4%。这说明要提高太阳能组件的转换效率，要在生产过程中采用更好的材料和工艺。如：选用高效、高品质、低成本的硅料；优化工艺参数，减少杂质含量和杂质分布；采用更先进、更有效的减反射技术；采用更高效的散热技术；同时还要考虑环境因素，如温度等^[3]。

（二）提高光伏组件的组件参数

1. 较高的光学效率

在光伏发电系统中，太阳能电池是最核心的部件之一，而光伏组件则是整个光伏发电系统的重要组成部分，光伏组件的性能决定着整个系统的输出功率。从物理意义上看，太阳能电池是由半导体材料构成的。在太阳光照射下，半导体材料会发生电子空穴对分离和复合，产生大量的光生载流子。当光照强度超过某个阈值时，半导体中的载流子浓度发生变化，电子从价带跃迁到导带，空穴从导带跃迁到价带。当光照强度小于某个阈值时，半导体材料中电子空穴对在价带和导带之间发生复合，电子和空穴分别向不同的方向迁移，从而产生电流。

2. 优化储能系统

由于太阳能电池板自身具有一定的不稳定性，在光伏发电系统运行的过程中，经常会出现输出功率不足的问题，影响光伏发电系统的正常运行。通常情况下，光伏发电系统中的光伏组件的输出功率会受到光照强度、环境温度等因素的影响。通常情况下，光照强度和环境温度越高，则光伏组件所产生的输出功率就越高。因此，在实际应用中，为了提高光伏发电系统中的光伏组件所产生的输出功率，可以采取一定措施提高其输出功率。通常情况下，可以采取增加太阳能电池板与储能系统之间的连接线路长度、增大太阳能电池板与储能系统之间的距离等方式来提高太阳能电池板所产生的输出功率。

五、提高光伏组件效率的方法和技术

（一）设计合理的光伏组件

1. 光伏组件的设计是影响光伏组件效率的关键因素，要想提高光伏组件的效率，就要在光伏组件设计中进行优化。优化设计是提高光伏组件效率的有效方法，同时也是一种最基本、最普遍的技术。在进行光伏组件设计时，要对太阳光线照射到光伏组件上的角度、太阳能电池板的面积、太阳能电池板表面的透光率和遮挡情况、光伏组件材料及组件尺寸等进行考虑。在进行光伏组件设计时，要合理规划太阳光线照射到光伏组件上的角度，同时也要考虑太阳光线照射到光伏组件上的面积和遮挡情况，从而使得太阳光线能够照射到太阳能电池板上的面积最大程度地与太阳能电池板表面的透光率相匹配。

2. 在设计光伏组件时，要选择适合的组件材料，要根据当地的地理环境和气候条件，选择合适的光伏组件。光伏组件要具备较强的抗老化能力、良好的可靠性、较高的寿命和较好的环境适应性，同时还要具有良好的成本效益。在选择光伏组件时，可以通过以下几种方法进行：一是选择能够充分利用当地资源优势和气候条件的光伏组件；二是选择适应当地气候条件和资源优势的光伏组件；三是选择有良好口碑和信誉的光伏组件厂商生产的光伏组件；四是选择能够保证产品质量、维护方便、使用寿命长、价格低廉的光伏组件厂商生产的光伏组件^[4]。

（二）采用高效的光伏电池

在光伏组件中，采用的是太阳能电池，作为一种光电转换装

置，它主要是由半导体材料构成的。通常情况下，这种半导体材料就是硅，而在具体的生产过程中，则需要通过掺杂或者是掺杂其他的一些元素来进行改进。在光伏电池中，有多种不同的类型，如硅太阳能电池、碲化镉太阳能电池等。其中，在当前的实际应用中最为广泛的就是硅太阳能电池。由于这种半导体材料本身具有很强的稳定性和耐久性，因此，我们就可以利用这种材料来对光伏组件进行设计。在进行光伏组件设计时，采用高效的光伏电池，能够有效地提高光伏组件的整体效率。

（三）光电转换效率的优化技术

1. 光伏组件的光电转换效率是衡量光伏组件的重要指标之一，也是影响光伏系统发电成本和收益的关键因素。由于光伏电池本身存在一定的局限性，所以为了提高光伏组件的光电转换效率，就必须通过对其进行优化设计，并对其进行改进。例如，在优化设计时，可以通过采用新材料、新工艺和新结构来提高光伏组件的光电转换效率；在改进设计时，可以通过改进电池片和扩散层来提高光伏组件的光电转换效率；在改进设计时，还可以通过采用新型太阳能电池材料、新型电池结构和新型电池技术来提高光伏组件的光电转换效率。

2. 光电转换效率是指光伏电池转换为电能的效率，与光伏电池的类型、电池面积、电池片的工艺和尺寸等因素有关。对于一块新的太阳能电池，其光电转换效率取决于电池片的面积大小、太阳能电池片的工艺和材料等因素。由于太阳能电池是一种半导体器件，所以当其受到外界光线的照射时，就会产生光电流。随着太阳能电池面积的不断扩大，太阳能电池的光电流也会随之增大，但当太阳能电池面积达到一定程度时，其光电流将不再增加。这就需要对其进行优化设计，以进一步提高光伏组件的光电转换效率^[5]。

（四）增强光伏组件的耐用性的研究

1. 提高光伏组件的耐用性是提高光伏发电系统发电效率的重

要途径，主要包括以下几个方面：提高电池片的质量，如优化电池片的工艺配方，采用先进工艺生产的单晶硅、多晶硅电池片，能够有效提升其光电转换效率。此外，还可以采用新的封装材料和封装工艺，如采用双面硅太阳能电池组件，能够有效提升光伏组件的发电效率。合理选用组件材料，在设计和制造光伏组件时，要考虑光伏组件的结构、尺寸、形状、重量等因素，以确保光伏组件的材料具有较高的强度、刚性和耐腐蚀性等。在选择光伏胶膜时，应结合具体工况选用质量稳定、性能优良的胶膜。

2. 选用质量稳定的 EVA 胶膜，要具备良好的耐水性、耐溶剂、抗紫外线和耐候性，其机械强度应高于电池片，能够与玻璃牢固结合。合理选用组件结构，提高组件的抗变形能力。提高光伏组件的使用寿命，不仅要加强对其本身的质量检测和日常维护，还要对其所处环境进行控制，如控制光照强度、控制温度等。此外，还应加强对其安装过程中的监控和维护，保证其质量。对光伏组件进行定期检测与维护，根据需要对光伏组件进行定期检查和维修，包括清洗组件背面灰尘、检查各接线端是否牢固、检查电池片是否有明显损伤等。

六、总结

光伏组件的性能评估及效率提升方法是光伏发电领域的重要研究方向，本文对光伏组件的性能评价方法、影响组件效率的因素、光伏组件的性能优化方法以及提高光伏组件效率的方法和技术进行了深入探讨。希望本文的研究能够为光伏组件的性能评估及效率提升提供一定的理论指导和技术支持，推动光伏发电技术的发展和运用。

参考文献：

[1]叶红卫, 胡伟伟, 徐双燕, 等. 一种基于电池效率的光伏组件 EL测试评估系统及方法: CN202111532151.8 [P]. CN202111532151.8[2024-06-23].

[2]谭建斌, 欧阳萍, 段春艳, 等. 基于局部阴影遮挡下的光伏组件效率提升优化控制技术及实验分析 [J]. 黑龙江科技信息, 2022 (024): 000.

[3]薛皓阳. 多晶硅光伏组件的光电结构提升其光电转换性能研究 [J]. 中国战略新兴产业, 2022 (11): 122-124.

[4]陈海燕, 蒋方丹, 吴坚. 光伏组件的制备方法与光伏组件: CN202110894797.4 [P]. CN115706187A[2024-06-23].

[5]张永辉, 杨欣可, 吴雪龙, 等. 屋顶光伏发电效率提升技术研究及应用 [J]. 电工电气, 2023 (10): 72-73.

[6]韩慧宇. 大同采空区光伏电站可行性及故障诊断研究 [D]. 太原科技大学, 2024.DOI:10.27721/d.cnki.gyzjc.2023.000067.

[7]郝利鹏. 基于改进 MPPT 算法的光伏发电系统性能评估与研究 [D]. 吉林大学, 2018.

[8]吴峰, 李玮. 含高渗透率分布式光伏发电系统的配电网动态等值分析 [J]. 电力系统自动化. 2017,(9).

[9]魏亮, 朱婷婷, 过奕任, 等. 基于 DAR-CapsNet 的地基云图云分类 [J]. 太阳能学报, 2023, 44(11): 189-195.DOI:10.19912/j.0254-0096.tynxb.2022-1099.

[10]李梦诗, 余达, 陈子明, 等. 基于深度置信网络的风力发电机故障诊断方法 [J]. 电机与控制学报. 2019,(2).