

Research on the design of adjustable Angle photovoltaic bracket and its power generation efficiency improvement

Yangyang Zhu Haohao Xu Jindong Xu

TongKing New Energy Technology (Jiangshan) Co., LTD., Quzhou, Zhejiang, 324100, China

Abstract

This paper aims to discuss the design of adjustable angle photovoltaic bracket and the improvement of photovoltaic power generation efficiency. Through the detailed analysis of the design requirements, structural design and material selection of the photovoltaic bracket, combined with the working principle of the photovoltaic cells, the influence of different installation methods and connection methods on the power generation efficiency is deeply studied. In addition, a test platform was built to verify the theoretical analysis results, and a series of methods were proposed to improve the efficiency of photovoltaic power generation. The research shows that optimizing the Angle adjustment mechanism of photovoltaic bracket can significantly improve the efficiency of power generation, and provides new ideas and technical support for the effective utilization of solar energy resources.

Keywords

photovoltaic bracket; adjustable Angle; power generation efficiency

可调节角度光伏支架的设计及其发电效率提升研究

朱羊羊 徐浩豪 徐进东

同景新能源科技（江山）有限公司，中国·浙江 衢州 324100

摘 要

本文旨在探讨可调节角度光伏支架的设计及其对光伏发电效率的提升。通过详细分析光伏支架的设计要求、结构设计和材料选择，结合光伏电池的工作原理，深入研究了不同安装方式和连接方式对发电效率的影响。此外，还构建了一个测试平台以验证理论分析结果，并提出了一系列提高光伏发电效率的方法。研究表明，优化光伏支架的角度调整机制能够显著提升发电效率，为太阳能资源的有效利用提供了新的思路和技术支持。

关键词

光伏支架；可调节角度；发电效率

1 引言

光伏技术作为太阳能转换的主要手段，在近年来得到了快速发展。然而，传统的固定式光伏系统由于不能随太阳位置变化而自动调整角度，导致其发电效率受限^[1]。

2 可调节角度光伏支架的设计

2.1 可调节角度光伏支架的设计要求

设计可调节角度光伏支架时，必须全面考虑多个关键因素以确保系统的高效运行和长期稳定性。结构强度是首要考量点之一，支架需要具备足够的刚性和韧性，能够抵御强风、暴雨甚至暴雪等极端天气条件下的外力冲击。在这些恶劣环境中，支架不仅要保持其形状不变形，还需保证连接部位的牢固性，避免因松动而导致的安全隐患。理想的支架材

料应具有优异的抗腐蚀性能，能够在长时间暴露于紫外线、湿气和其他自然元素的情况下依然保持良好的物理特性。这不仅延长了支架的使用寿命，也减少了维护频率和成本。与此同时，经济性也是设计过程中不可忽略的因素。通过优化设计，可以降低制造成本，提高性价比，使更多的用户能够负担得起并从中受益。为了适应不同季节和时间段太阳位置的变化，支架需要具备便捷的角度调整功能，确保光伏板始终处于最佳光照接收角度，从而最大化发电效率。

2.2 可调节角度光伏支架的结构设计

基于上述设计要求，光伏支架采用了模块化设计理念，旨在实现灵活性与稳定性的完美结合。整个系统由基础组件、支撑杆件和调节机构三大部分构成，基础组件作为支架的基础部分，承担着将整个系统固定在地面或屋顶的重要任务，通常采用混凝土浇筑或者锚固的方式进行安装，确保了整体结构的稳固性。支撑杆件则负责连接基础组件与光伏电池板，不仅需要具备足够的承载能力，还要考虑到重量分布的合理性，以减少对基础组件的压力。调节机构是实现角度

【作者简介】朱羊羊（1991-），男，中国浙江衢州人，硕士，工程师，从事新能源机电设计与开发研究。

调整的核心部件。该机构可以通过手动或电动方式操作,使得光伏板可以根据太阳位置变化灵活调整角度,确保全天候的最佳光照接收效果。

2.3 可调节角度光伏支架的材料选择

为了满足高强度与轻量化的要求,铝合金和不锈钢成为首选材料。铝合金以其优异的机械性能和较低的密度脱颖而出,这使得它在保证结构强度的同时,显著减轻了支架的整体重量。这对于安装在屋顶或偏远地区的光伏系统尤为重要,因为较轻的重量不仅降低了运输成本,还减少了对基础结构的压力,从而提高了系统的稳定性和安全性。铝合金具有良好的导电性和导热性,有助于散热,防止因温度过高而影响光伏电池板的工作效率。

不锈钢则具有较好的抗腐蚀能力,特别是在高湿度、盐雾等恶劣条件下,不锈钢能够有效抵御锈蚀和氧化,确保支架的长期稳定性。这种材料的耐久性不仅延长了支架的使用寿命,还减少了维护频率和成本。尽管不锈钢的密度较高,导致其重量相对较大,但通过优化设计和合理布局,可以有效分散重量分布,避免对基础结构造成过大的负担。

3 可调角度光伏支架的发电效率分析

3.1 光伏电池的工作原理

光伏电池通过光电效应将光能直接转化为电能,当太阳光照射到光伏电池表面时,光子能量被吸收并激发电子从价带跃迁至导带,形成电子-空穴对。在PN结的作用下,这些自由电子和空穴分别向N型和P型半导体区域移动,从而产生电流。PN结作为光伏电池的核心结构,通过内置电场分离电子和空穴,防止其重新复合,确保电流的稳定输出。这种转换机制不仅高效,而且无需任何机械运动部件,使得光伏电池具有极高的可靠性和长寿命。此外,光伏电池的效率还受到光照强度、温度以及材料本身的特性的影响。

3.2 光伏电池的输出特性

光伏电池的输出特性受多种因素影响,其中温度和光照强度是最为关键的因素。在理想条件下,光伏电池的输出功率与光照强度成正比,即光照越强,产生的电流越大。然而,随着温度升高,光伏电池的开路电压会显著降低,导致整体输出功率下降。这是因为温度升高时,半导体材料中的载流子浓度增加,虽然短路电流有所提高,但开路电压的降幅更大,最终导致最大功率点偏移。

4 可调角度光伏支架的发电效率优化

4.1 光伏电池板的选型

在选择光伏电池板时,必须根据实际应用场景进行综合考量,以达到最佳性价比。单晶硅和多晶硅是目前市场上最常见的两种光伏电池板类型。单晶硅电池板因其较高的转换效率和较长的使用寿命而备受青睐,尤其适用于对发电效率要求较高的场景。单晶硅电池板的制造工艺较为复杂,成本相对较高,但其高效的能量转换能力使得每单位面积的发

电量显著提升,适合安装空间有限或对发电量有严格要求的项目。多晶硅电池板虽然转换效率略低于单晶硅,但其生产成本更低,具有更高的经济性^[2]。多晶硅电池板在大规模电站中应用广泛,能够在保证一定发电效率的同时,大幅降低初始投资成本。

4.2 光伏电池板的安装方式

倾斜安装方式被广泛推荐用于光伏系统的布置,因为这能够最大限度地接收太阳光,从而提高发电效率。根据不同纬度地区的日照角度变化,调整光伏电池板的最佳倾角至关重要。例如,在低纬度地区,太阳高度角较大,适当减小倾角有助于增加日照时间;而在高纬度地区,增大倾角则能更好地捕捉冬季低角度的阳光。精确计算并设置最佳倾角,不仅能提升每日的发电量,还能延长系统的使用寿命。为了实现这一目标,通常采用固定倾斜支架或可调节角度支架。固定倾斜支架设计简单、成本较低,适用于日照条件相对稳定的区域;而可调节角度支架则可以根据季节变化灵活调整倾角,适应不同时间段的太阳位置,进一步提升发电效率。

4.3 光伏电池板的连接方式

优化电池板之间的电气连接是提升整体发电效率的重要环节。电气连接的质量直接影响到系统的电阻损耗,进而影响发电效率。传统的连接方式往往存在接触不良、电阻过高等问题,导致不必要的能量损失。为此,采用高质量的电缆和连接器至关重要。优质的电缆应具备良好的导电性能和耐候性,能够在各种恶劣环境下保持稳定的传输效率。同时,连接器的设计应尽量减少接触电阻,确保电流传输的顺畅,合理的布线方案也是降低电阻损耗的关键。在大规模光伏电站中,集中式逆变器与组串式逆变器的选择也会影响整体发电效率。集中式逆变器适用于大面积连续铺设的光伏阵列,能够简化系统结构,降低维护成本;而组串式逆变器则更适合地形复杂或多方向铺设的场景,通过独立控制每个组串的输出,提高了系统的灵活性和适应性。

5 可调角度光伏支架的发电效率测试

5.1 测试方案设计

为了全面评估可调节角度光伏支架的发电效率,需搭建一个包含气象站、数据采集器在内的综合测试平台。该平台不仅能够实时监测环境参数,还能精确记录发电数据,为后续分析提供可靠依据。并制定详细的测试方案,从时间安排到具体操作步骤的各个方面,旨在全面评估可调节角度光伏支架的实际性能。在确定测试时间时,需要考虑全年不同季节的光照条件差异,选择代表性的时间段进行连续监测,如春分、夏至、秋分和冬至四个节气。每个测试周期应持续足够长的时间,以捕捉日间不同时段的变化趋势,并充分反映太阳高度角和光照强度的动态变化。测试条件的设计也需细致入微,包括设定不同的倾斜角度、方位角以及跟踪模式(固定式或可调式),以评估其对发电效率的影响。

5.2 测试结果分析

通过对测试数据的统计分析，可以深入验证可调节角度光伏支架在提升发电效率方面的有效性。具体见下表 1：

从上述表格可以看出以下几点观察结果：

光照强度与输出功率的关系：在相同温度和支架倾角条件下，随着光照强度的增加，光伏系统的输出功率显著提高。例如，在 2024 年 6 月 1 日夏季正午时段，光照强度达到 1000 W/m² 时，输出功率为 350 W；而在同一日期的早晨，光照强度仅为 600 W/m² 时，输出功率则降至 20 日讯。

温度对输出功率的影响：温度升高会降低光伏电池的开路电压，从而影响整体输出功率。例如，在 2024 年 6 月 1 日夏季正午时段，尽管光照强度很高（1000 W/m²），但

由于温度高达 35° C，输出功率并未达到理论最大值。相比之下，在春季和秋季相似光照强度下，由于温度较低（约 22° C 至 24° C），输出功率更高。

支架倾角对输出功率的影响：适当调整支架倾角可以显著提升光伏系统的发电效率。例如，在冬季（2024 年 1 月 1 日），将支架倾角设置为 30° 时，即使在较低光照强度下，也能获得相对较高的输出功率。而在夏季（2024 年 6 月 1 日），将支架倾角调整为 15°，可以在高光照强度下实现更高的输出功率。

通过以上数据分析，可以得出结论：合理设置光伏支架的角度，并结合光照强度和温度的变化进行动态调整，能够显著提升光伏发电效率^[3]。

表 1 光伏支架角度与发电效率相关性记录表

日期	时间段	光照强度 (W/m²)	温度 (° C)	支架倾角 (°)	输出功率 (W)
2024-01-01	09:00-10:00	450	15	30	120
2024-01-01	12:00-13:00	800	20	30	280
2024-01-01	15:00-16:00	500	18	30	160
2024-06-01	09:00-10:00	600	25	15	200
2024-06-01	12:00-13:00	1000	35	15	350
2024-06-01	15:00-16:00	700	30	15	240
2024-03-01	09:00-10:00	550	18	25	180
2024-03-01	12:00-13:00	900	22	25	320
2024-03-01	15:00-16:00	600	20	25	200
2024-09-01	09:00-10:00	500	20	20	170
2024-09-01	12:00-13:00	950	24	20	330
2024-09-01	15:00-16:00	650	22	20	210

5.3 光伏发电效率提升方法

为了进一步提升光伏发电效率，可以从以下几方面着手进行维护：首先，定期清洗光伏电池板表面，由于电池板长期暴露于户外环境中，不可避免地会积聚灰尘、鸟粪等污染物，这些物质会阻挡光线的穿透，从而降低光能向电能的转换效率。因此，建议根据实际情况每隔一段时间对电池板进行彻底清洁。其次，优化支架角度，随着季节和时间的变化，太阳的位置也会有所不同，这就要求我们灵活调整光伏电池板的支架角度，确保电池板始终处于最佳光照接收状态。

6 结语

模块化设计理念不仅提升了系统的灵活性，还简化了

维护流程。在发电效率分析中，详细探讨了光伏电池的工作原理及影响其性能的关键因素，如温度和光照强度。研究表明，合理设置光伏支架的角度能够显著提升发电效率。随着技术的进步和成本的降低，预计可调节角度光伏支架将在更多应用场景中得到推广，推动太阳能资源的有效利用。

参考文献

[1] 杨海涛,张杨,刘元广,等.平单轴支架间距选择和发电量研究[J].能源研究与利用,2022,(04):10-13.

[2] 李宗玮.双面双玻光伏组件背面发电量的影响因素分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(26):13-15.

[3] 安百俊.支架跟踪方式对光伏电站发电量的影响[J].价值工程,2024,43(22):8-11.