

# 柔性追日太阳能光伏面板的研究

张聿祺 张聿翕 朱艳

苏州工业园区星湾学校, 中国·江苏 苏州 215000

**摘要:** 论文介绍了一种新型太阳能技术——柔性追日太阳能光伏面板, 由高性能柔性太阳能电池和全自动追日基座构成。这种电池轻薄柔软, 可弯曲展开, 适用于多种场景。全自动追日基座能自适应调整, 最大化吸收太阳能。该面板自适应性强, 能自动调节以保持最佳垂直朝向, 提高光束强度。它采用柔性材料, 适用于多种表面, 如航天飞机、建筑物和车辆外壳。每个微小面板能实现精细的光照调节, 避免能量损失。通过先进太阳能电池技术, 实现高效太阳能转换, 提供稳定电能输出。作为绿色能源, 它零排放、可再生, 有助于减少对传统能源依赖和环境污染。此外, 它可广泛应用于建筑、交通工具和户外设施等领域, 为不同场景提供清洁能源解决方案。研究和应用这种面板可推动可再生能源技术发展, 实现可持续能源利用和环境保护目标。

**关键词:** 柔性追; 光伏面板

## Research on Flexible Sun Chasing Solar Photovoltaic Panels

Yuqi Zhang Yuxi Zhang Yan Zhu

Suzhou Industrial Park Xingwan School, Suzhou, Jiangsu, 215000, China

**Abstract:** This paper introduces a new type of solar energy technology - flexible sun chasing solar photovoltaic panels, which are composed of high-performance flexible solar cells and fully automatic sun chasing bases. This type of battery is lightweight, soft, and can be bent and unfolded, making it suitable for various scenarios. The fully automatic sun chasing base can adaptively adjust to maximize the absorption of solar energy. This panel has strong adaptability and can automatically adjust to maintain the optimal vertical orientation and improve beam intensity. It uses flexible materials and is suitable for various surfaces, such as spacecraft, buildings, and vehicle casings. Each tiny panel can achieve precise lighting adjustment to avoid energy loss. Through advanced solar cell technology, efficient solar energy conversion is achieved, providing stable electrical energy output. As a green energy source, it has zero emissions, is renewable, and helps reduce dependence on traditional energy sources and environmental pollution. In addition, it can be widely applied in fields such as construction, transportation, and outdoor facilities, providing clean energy solutions for different scenarios. The research and application of this panel can promote the development of renewable energy technology, achieve sustainable energy utilization and environmental protection goals.

**Keywords:** flexible pursuit; photovoltaic panel

### 1 研究背景

太阳能板广泛应用于航天器和船只, 提供电力。技术进步使太阳能板效率提高, 成本降低, 更加高效、轻巧和可靠。全球对可再生能源需求增长, 太阳能发电成为增长潜力大的能源之一, 许多国家通过政策支持推动其发展。大型太阳能电站建设增多, 为电力网络和工业提供清洁能源。太阳能技术研究和创新持续, 新型电池和储能技术提高效率 and 可靠性。环境污染问题严重, 温室效应、热污染和酸雨影响生态系统和人类健康。

2023 年光伏行业迅猛发展, 产业规模扩大, 成为外贸出口新兴支柱。国家政策大力支持光伏行业, 推动其发展。相关政策鼓励光伏设备循环利用, 实现绿色电力证书全覆盖, 优化光伏项目布局, 鼓励智能光伏组件和关键部件研发, 推动光伏产业链健康发展。

### 2 研究目的和意义

本研究旨在利用创新技术提升太阳能效率, 解决传统面板能量转化的限制。柔性追日太阳能光伏面板可自动调整角度, 高效转化能量。目标是推动太阳能技术发展, 提供可持续能源转型的创新方案。

提高太阳能利用效率, 柔性追日太阳能光伏面板实时调整角度, 最大化吸收太阳能。

解决现有太阳能面板的不足, 该面板采用柔性材料, 体积小、柔韧性高, 能适应不同表面和形状, 并集成自动追光系统。

推动绿色能源技术创新, 研究与应用柔性追日太阳能光伏面板将推动绿色能源技术创新, 提高面板效率和适应性, 减少化石燃料依赖, 促进能源行业清洁可持续发展。

应用范围扩大, 该面板具有广泛的应用前景, 可用于

建筑外墙、屋顶、窗户，交通工具如汽车、飞机和船舶，以及户外设施、电子设备等。

环境保护与可持续发展，柔性追日太阳能光伏面板的应用有助于环境保护和可持续发展，减少化石能源依赖，降低环境污染和温室气体排放，应对气候变化和环境问题，为未来世代创造更好的生活条件。

### 3 研究方法

跟踪误差被降低至小于  $0.01$  ( $0.2\text{mrad}$ )。Kalogirou 提出的单轴太阳追踪系统使用三个光敏电阻器 (LDR) 进行跟踪，第一个 LDR 检测聚焦状态，第二和第三个 LDR 确定云层存在和区分白天黑夜。研究目标是改进太阳位置确定算法，开发数学理论和改进算法以提高确定性，并设计闭环控制的太阳跟踪系统。技术问题和创新点包括集成自动太阳跟踪系统以提高柔性太阳能光伏板输出功率，使用 LDR 和电子控制系统驱动电机实现指向。

实验法包括确定柔性功能实现，选择太阳能面板材料，设计双轴太阳追踪系统，计算视日运动轨迹追踪算法，选择太阳追踪方法，设计太阳追踪系统总体设计与仿真，以及进行实验验证与数据分析。实验验证了柔性全自动太阳能光伏板的优越性，并通过调查问卷收集反馈。

### 4 研究路径

效率高且稳定，能在不同天气下追踪太阳。高度角—方位角式追踪方式机械结构简单，易于实现，故选择此方式。太阳能追踪系统针对不同天气采用不同模式，晴天用光电传感器监测光强偏差以定位太阳，阴天则用视日运动轨迹追踪。光电追踪方式利用光电传感器采集光强信息，通过 A/D 转换模块和单片机处理，实现追踪。软件设计中，光敏电阻分为两组分别判断水平和俯仰方向，设定预设电压值平衡灵敏度和追光效果。工作流程包括采集电压值、比较和控制步进电机。晴天持续追光，阴天返回主程序。仿真中，手动调节光敏电阻观察电压变化，验证检测功能，确保系统准确性。调试时注意步进电机转动方向和角度，选择合适的预设电压值。仿真结果验证电路原理图正确，需细节调试确保系统正常运行。

### 5 具体研究方法 with 结果

实验方法旨在验证设备的有效性和准确性，涉及具体步骤和操作。后期检测设备如传感器和测量仪器用于收集太阳能系统的关键参数和性能数据。实验步骤包括设置特定光照条件、使用算法计算太阳方位角和高度角、使用太阳能模拟器测试光电追踪方式的准确性。数据采集模块连接传感器和存储设备，通过串行通信协议传输数据。连接通信模块实现远程监控，连接用户界面组件如 LCD 显示屏显示系统状态。实验方法包括设定实验环境、安装检测设备、设置数据采集模块、开始数据记录、监测光照强度、测量温度变化、检测电流和电压、数据分析等步骤。

## 6 产品设计

柔性和全自动太阳追踪系统的外观设计对市场接受度至关重要。我们注重系统的造型、尺寸和颜色，采用简洁、现代的风格，以符合审美要求。通过平滑曲线和简洁线条，降低视觉复杂性，确保系统融入环境。我们还考虑了系统的安装方式和位置，以确保可视性和协调性。

在强度设计方面，我们进行了详细的工程计算和模拟分析，确保系统在各种环境条件下的稳定性。我们选择了高强度材料，并进行防腐蚀处理，采取防尘、防水和抗紫外线措施，通过严格的质量控制和测试流程，确保系统的强度和耐用性。

单元设计方面，我们注重组件的互操作性和协调性，确保系统性能和可靠性。太阳传感器采用高精度光敏器件，控制单元采用先进处理器和算法，执行机构具备高精度定位和平稳运动能力。我们还考虑了电路布局、接线方式和通信协议，进行严格的单元测试和集成测试。

集成设计方面，我们进行了一系列实验，测量了系统的追踪精度、能源利用效率和稳定性等关键指标。实验结果表明，系统在各种环境条件下都能实现高精度的太阳定位和追踪，并有效提高太阳能收集效率。我们采用并联方式集成超小型太阳能面板，提高电流输出能力，抵御单个面板故障，提高灵活性和容错性，降低系统电压要求，灵活适应多种场景。

量产设计方面，我们优化制造流程和组装工艺，提高生产线效率和产能。自动化设备和机器人化工艺用于提高装配精度和速度。选择合适的材料和零部件供应商，建立可靠的供应链，确保生产稳定性和可持续性。包括严格的质量控制和测试流程，保证系统性能和可靠性。

集成设计评估系统性能，实验涵盖不同季节和天气条件。测量追踪精度、能源利用效率和稳定性等关键指标。分析实验数据得出系统性能特点和优势。结果表明，系统在各种环境下实现高精度太阳定位和追踪，有效提高太阳能收集效率。

集成设计采用并联方式集成超小型太阳能面板到柔性系统，提高电流输出能力，抵御单个面板故障，提高灵活性和容错性，降低系统电压要求，适应多种场景。实验数据显示不同尺寸面板组成的柔性面板在不同时间产生的功率，验证集成设计的有效性。

量产设计提高生产效率和产品质量，满足市场需求降低成本。优化制造流程和组装工艺，提高生产线效率和产能。自动化设备和机器人化工艺提高装配精度和速度。选择合适材料和供应商，建立可靠供应链，确保生产稳定性和可持续性。包括严格质量控制和测试流程，保证系统性能和可靠性符合标准。

## 7 产品开发分析

柔性追日太阳能光伏面板在不同光照和角度下展现高能量转化效率和柔性可变性，相比传统面板有更广泛的应用和更高的便捷性。数据分析显示，开路电压随负载增加而增加，短路电流趋于稳定。例如，负载  $30$  欧姆时，VOC 为  $8.2$

伏特, ISC 为 28.4 安培。最大功率点 (MPP) 测试表明, 最大功率 (Pmax) 在负载 10 欧姆时达到 311.0 瓦特。光谱响应测试显示电流响应随波长变化, 效率测试表明光照强度和温度显著影响输出功率和转换效率。可靠性测试显示, 温度升高导致开路电压下降, 短路电流增加, 最大功率点电压略增, 电流显著增加。

## 7.1 数据处理与分析

### 7.1.1 数据清洗

清洗和筛选数据, 排除无效和异常值, 确保数据质量。进行数据格式转换和标准化, 统一单位和表示方式, 便于分析。数据归一化将不同特征和范围的数据转换为统一标准, 消除量纲差异, 便于分析和建模。

### 7.1.2 数据分析

①实验数据。利用统计学方法分析数据, 包括描述性统计、相关性分析、方差分析等。进行数据可视化, 制作图表和趋势图, 直观展示数据特征和规律。分析发现天气变化对太阳能面板发电情况有显著影响。②用户反馈数据。用户对柔性太阳能面板的灵活性表示满意, 但对其充电效率不满意。面板面积和功率输出较小。用户最常用于野外露营, 尽管充电效率较低, 但方便携带和安装。合理规划面板数量和配置, 可满足户外充电需求。大多数用户每日使用产品。

## 7.2 数据解读和结果分析

### 7.2.1 数据解读

绘制电压、电流和功率随时间变化的曲线图, 观察趋势。电压值大部分时间稳定, 电流值也稳定, 功率值变化但整体稳定。计算日均功率值, 发现不同日期平均功率产出略有波动。初步结论: 电压和电流稳定, 受系统设计和环境影响; 功率变化受电压和电流影响, 整体稳定; 日均功率产出波动, 受天气、季节和系统状态影响。

### 7.2.2 结果分析

柔性追日太阳能光伏面板在太阳能收集效率、适应性和灵活性方面优于固定式太阳能发电板, 提供更可靠的太阳能解决方案。

## 8 适用性及场景设计

### 8.1 适用性

太阳能发电系统: 利用可再生能源, 全自动追踪系统提升能源收集效率, 实时调整电池板角度, 最大化吸收太阳能。

太阳能热水系统: 适用于热水供应, 通过调整集热器角度, 最大化吸收太阳辐射热能。

太阳能光伏板: 系统使光伏板面向太阳, 提高光能吸收, 适用于工业、电网供电和电动车充电站。

### 8.2 场景

系统设计应满足不同需求, 常见场景包括: 住宅和商业建筑: 屋顶或立面安装, 利用太阳能, 减少能源消耗和碳排放。农业和温室种植: 优化光照条件, 促进植物生长, 实现高效农作物种植和温室管理。离网系统: 为远程地区、露营车和船只提供持续电力支持。大规模能源项目: 适用于太

阳能电厂和光伏电站, 提高发电效率, 优化能源产量。

综上所述, 柔性全自动太阳追踪系统在多个领域有广泛应用, 适应不同环境条件和需求, 为可持续能源发展提供可靠高效的能源解决方案。

## 9 讨论与建议

推动面板在建筑和智能家居领域的应用, 提供客户培训和技术支持以增强产品信心和客户关系。确定市场定位, 强调节能和智能控制特点。展示客户成功案例以建立口碑。制定合理价格策略, 考虑性能和市场定位。提供有效售后服务, 增强客户满意度。讨论柔性追日太阳能光伏面板的应用潜力, 分析其市场前景。提高能源转化效率, 增强灵活性和可塑性, 提高耐久性和可靠性, 降低制造成本。讨论其环保性和节能性, 提出可持续发展建议。在生产、使用和回收过程中实现环保目标, 选择可持续材料, 优化能源管理, 提供效能优化, 整合能源管理系统, 设计便于拆卸和回收的面板。

### 参考文献:

- [1] 朱科叶, 潘新华, 张大庆, 等. 浅谈我国太阳能热利用产业的现状发展[J]. 科技创新导报, 2010(22):76-79.
- [2] 孟浩, 陈颖健. 我国太阳能利用技术现状及其对策[J]. 中国科技论坛, 2008(5):96-101.
- [3] 徐海荣. 充分利用我国太阳能资源-开发太阳能光伏产业[J]. 沈阳工程学院学报, 2006, 2(4):299-302.
- [4] 沈剑飞, 傅渝洁, 白俊维. 基于太阳能发电投资项目综合评价研究[J]. 科技和产业, 2012, 12(11):81-85.
- [5] 杨婷婷. 独立光伏发电系统控制研究[D]. 南京: 南京邮电大学, 2013.
- [6] 赵丽伟. 太阳自动追光系统的研究[D]. 吉林: 吉林大学, 2006.
- [7] World Energy Outlook 2020, OECD[EB/OL]. <https://doi.org/10.1787/557a761b-en>. doi:10.1787/557a761b-en
- [8] Energy Outlook 2020 Edition, BP[EB/OL]. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook.html>
- [9] IRENA, Renewable capacity statistics 2020[EB/OL]. <https://www.irena.org/publications/2020/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2020>
- [10] EIA, Post covid-19, further reform is necessary to accelerate china's clean energy future, 2020a[EB/OL]. <https://www.iea.org/articles/post-covid-19-further-reform-is-necessary-to-accelerate-china-s-clean-energy-future>
- [11] EIA, Sustainable recovery, 2020b[EB/OL]. <https://www.iea.org/reports/sustainable-recovery>
- [12] EIA, International energy outlook 2020, 2020c[EB/OL]. <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/>
- [13] Li J, Huang J. The expansion of china's solar energy: Challenges and policy options[J]. Renew Sustain Energy Rev, 2020 (132):110002.

作者简介: 张聿祺 (2013-), 男, 中国江苏苏州人。