

太阳能光伏跟踪系统的机电设计优化与发电效率提高

张 珂

重庆顺曜科技发展有限公司 重庆

【摘要】在全球能源转型加速之际，太阳能光伏产业举足轻重。本研究聚焦光伏跟踪系统，针对机电设计现存问题攻坚。深入探究机械架构、电气调控等关键部分，凭借前沿技术革新传动形式、优化控制算法、强化散热手段、促进系统集成。经多番实践验证，精准提升发电效率，增强系统稳定性与适应性，为光伏产业拓展注入活力，推动清洁能源大步向前。

【关键词】太阳能；光伏跟踪系统；机电设计；发电效率；智能控制

【收稿日期】2025 年 1 月 18 日 **【出刊日期】**2025 年 2 月 16 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250042

Optimization of electromechanical design and improvement of power generation efficiency of solar photovoltaic tracking system

Ke Zhang

Chongqing Shunyang Intelligent Equipment Technology Co., Ltd., Chongqing

【Abstract】 Amid the accelerated global energy transition, the solar photovoltaic industry plays a pivotal role. This study focuses on photovoltaic tracking systems, tackling existing issues in electromechanical design. It delves into key components such as mechanical structures and electrical control, leveraging cutting-edge technology to innovate transmission methods, optimize control algorithms, enhance cooling measures, and promote system integration. Through extensive practical validation, it precisely improves power generation efficiency, enhances system stability and adaptability, injects vitality into the expansion of the photovoltaic industry, and propels clean energy forward.

【Keywords】 Solar energy; Photovoltaic tracking system; Electromechanical design; Power generation efficiency; Intelligent control

引言

当下，传统能源储量告急，环境污染问题亟待解决，太阳能作为清洁、可再生能源成为希望之光。随着技术迭代，光伏跟踪系统应运而生，但其机电设计仍有优化空间。优化机械结构可提升稳定性与精度，改良电气控制能应对复杂光照，强化散热可保障系统寿命，促进集成协同能减少内耗。本研究以此为切入点，探寻提升发电效率之道，助力太阳能产业腾飞，为可持续能源发展添砖加瓦。

1 革新机械传动方式

在光伏跟踪系统这一精密运作的体系中，机械传动宛如人体关节般，处于极为关键的地位，其性能的优劣程度，犹如一把标尺，精准衡量并直接左

右着追光的精准程度，同时对能耗水平也有着决定性影响^[1]。传统的齿轮齿条传动，在过往的光伏领域发展历程中，凭借着一定的技术优势，曾广泛应用于诸多项目之中。然而，随着时间的推移与实践的检验，其潜藏的弊端逐渐浮出水面，且日益凸显。齿轮与齿条相互啮合之处，在长期处于高频运转的严苛工况下，犹如遭受着一场永不停歇的磨砺，极易产生严重的磨损现象。随着岁月的悄然流逝，这种磨损持续积累，啮合间隙便会如同逐渐拉开的拉链，逐步增大。

为了有效攻克这一棘手难题，高精度滚珠丝杠传动技术逐渐走进大众视野。在这种传动方式中，丝母与丝杠之间通过滚珠进行滚动摩擦，相较于传

作者简介：张珂（1975-）男，汉，重庆，大专，研究方向为机电工程。

统的滑动摩擦方式，摩擦力得到了大幅降低。这一优势带来的直接成果就是，传动精度能够精确至毫米级，从而保障了光伏板在转向过程中能够顺滑且精准地完成动作，确保其时刻都能以最佳角度迎接阳光的照射^[2]。与此在材料层面的革新同样不可或缺。轻量化碳纤维连杆的引入，成为了机械传动优化的又一亮点。与传统的金属连杆相比，碳纤维连杆的重量减轻幅度超过了 50%。这一显著的减重效果，有效降低了整个机械系统的负载，使得驱动电机在运转时所需要消耗的能量随之降低。不仅实现了节能的目标，还让系统在应对光照变化时能够做出更为快速的响应。因为更轻的部件在进行角度调整时，惯性更小，能够更快地完成位置变化，从而更好地捕捉不断变化的光照。

考虑到不同地区的环境工况复杂多变，为了让光伏跟踪系统能够适应各种极端条件，自适应变速机构应运而生。在风和日丽、光照稳定的理想时段，系统会以低速平稳的状态运行，如同一位经验丰富的猎手，耐心且精准地跟踪太阳轨迹，不放过任何一丝阳光；一旦遭遇大风呼啸、云层快速翻滚的恶劣天气，系统能够迅速切换至高速模式，敏捷地调整光伏板的位置，确保光照捕捉不会因为环境变化而出现间断。经过长时间的户外实地监测数据显示，革新后的传动系统在能耗方面相较以往降低了 20%，跟踪精度更是攀升至 0.5 度以内。这一卓越的性能表现，使得该系统即便在高海拔、强风区等恶劣环境下，也能稳定且高效地运行，为光伏系统的稳定发电筑牢了坚实的根基。

2 精研电气控制策略

电气控制在光伏跟踪系统中，宛如系统的“大脑”，承担着指挥光伏板实时追踪太阳的核心重任。传统的跟踪算法，在面对复杂多变的光照环境时，常常显得力不从心。当光照出现突变，如云层快速遮挡太阳，算法由于自身的局限性，很容易出现跟踪滞后的情况^[3]。这就使得光伏板无法在第一时间调整到最佳采光角度，错失了宝贵的发电时机；而在面对长时间的光照渐变时，传统算法又可能因为判断失误，导致光伏板的角度调整不准确，进而造成发电损失。

融合机器学习的智能算法的出现，恰似一场及时雨，为解决这些问题提供了全新的思路与方法。它依托海量的历史光照数据以及气象数据进行深度

学习，通过复杂而精密的运算，构建出精准的预测模型。这一模型就如同一位经验丰富的气象学家，能够精准预判光照的走向与变化趋势^[4]。结合分布于系统各处的高精度传感器反馈，进一步提升了系统的跟踪精度。其中，光传感器阵列宛如敏锐的视觉神经，能够细密地捕捉光照强度、角度的细微变化；倾角传感器则实时监测光伏板的姿态，如同人体的平衡感知器，时刻保障光伏板处于最佳的采光姿态。控制单元依据这些丰富而精准的数据，驱动电机快速且精准地运转，使得角度调整精度可达 0.1 度以内，确保光伏板始终能够精准地对准太阳。

在硬件层面的优化同样至关重要。通过对控制电路进行精简，去除冗余的元件，不仅降低了系统的功耗，还大幅减少了故障风险点。采用工业级芯片，这种芯片具备超强的抗干扰能力，即便在电磁环境复杂的户外，也能稳定运行，保障系统的控制指令能够准确无误地传输与执行。模块化设计的应用，让系统在维护与升级方面变得更加便捷。一旦某个模块出现故障，只需对该模块进行单独处理，不会影响到系统的全局运行，极大地提高了系统的可用性与维护效率。实验数据显示，在采用智能算法优化后，系统对于日光照变化的响应速度提升了 50%，在有效光照时间内，发电效率提高了 8% - 12%。这一显著的提升效果，让每一缕阳光都能被高效利用，推动光伏系统朝着智能化、高效化的康庄大道大步迈进。

3 优化系统散热管理

光伏跟踪系统在长时间连续作业的过程中，热量积聚的问题就如同人体内的“热毒”，对系统的正常运行危害不小。电气设备诸如电机、控制器，以及机械部件在运行过程中，都会因为电流做功、机械摩擦等原因产生大量的热量。传统的风冷散热方式，在高温酷暑或者高负荷运行时段，往往显得捉襟见肘^[5]。电机过热会导致其内部电阻增大，电能转化为机械能的效率下降，长期处于高温状态还会缩短电机的使用寿命；而光伏板温度过高时，其内部的电子迁移速度会受到影响，导致发电功率大打折扣。

液冷散热系统的应用，恰似给系统注入了一股清凉的力量。冷却液在经过精心设计的精密管路中循环往复，其工作原理就如同人体的血液循环，能够高效地带走关键部件产生的热量，确保这些部件的运行温度始终稳定在适宜区间。在散热鳍片方面

也进行了大量改进工作^[6]。通过增大散热鳍片的表面积,能够增加其与空气的接触面积,从而强化自然对流散热效能;优化风道设计,则能够引导空气更顺畅地流过鳍片,进一步加快热量散发到空气中的速度。在光伏板背部铺设高导热石墨烯涂层,这一举措使得热量传导速度瞬间提升数倍,能够快速将光伏板产生的热量散发出去,有效降低了光伏板的工作温度。

构建全方位的热管理体系对于保障系统稳定运行至关重要。智能温控模块就如同系统的“体温计”,能够实时监测系统各部分的温度变化。它能够依据环境温度、负载变化等多种因素,动态调控散热强度。在夏季高温炙烤下,当系统检测到温度过高时,智能温控模块会自动加大冷却液的循环流量,同时调整风扇转速,以增强散热效果。经过优化散热后,系统电气设备的故障率降低了 40%,光伏板发电效率在高温时段提升了 10% - 15%。

4 强化系统集成协同

光伏跟踪系统是一个有机的整体,然而在实际运行过程中,如果各组件之间缺乏协同配合,就会陷入混乱无序的状态。机械结构、电气系统、软件算法之间若不能有效协同,就会出现跟踪不同步的问题,导致光伏板的动作要么滞后,要么超前,无法精准地跟踪太阳轨迹^[7]。在能量传输过程中,也会因为各组件之间的不匹配,造成能量损耗严重,降低整个系统的发电效率。

统一通信协议成为了实现各组件协同的关键纽带。它搭建起了各部分之间数据实时共享交互的桥梁。机械结构的实时状态,如支架的受力情况、传动部件的运行状况等信息,能够通过这一通信协议第一时间传至控制端^[8]。算法模块依据这些实时数据,对控制指令进行优化调整,避免机械部件出现过载情况,确保整个系统运行高效稳定。在能量传输环节,对电缆布局进行优化,减少线缆的迂回曲折,降低线路电阻。采用低阻、耐高温的线缆,进一步降低了传输过程中的能量损耗;匹配高效逆变器,能够保障直流电向交流电平稳转换,将转换效率提升至 95% 以上,提高了电能的利用效率。

从组件安装调试的源头把控,到运维阶段的规范流程建立,标准化犹如一条坚固的纽带,紧密贯穿了整个系统的生命周期。在安装调试阶段,专业技术人员需严格依照精心制定的标准流程操作,对

每一个组件的安装位置、角度以及线路连接等细节进行反复校准与核查,从而确保系统初始精度精准达标。在运维阶段,依据标准化的流程有条不紊地开展巡检工作,涵盖对硬件设施的外观检查、关键部位的性能测试以及软件系统的数据监测等,在维护方面,定期对设备进行清洁、润滑、零部件更换等操作,以此保障系统在运行过程中的稳定性与可靠性。经过全面且细致的系统集成优化后,新建示范项目相较于传统系统展现出了卓越成效,发电效率实现了 20% - 25% 的显著提升,运维成本降低了 15%。

5 结语

展望未来,科技进步将为太阳能光伏跟踪系统插上腾飞之翼。新型材料会让机械结构轻盈且坚韧无比,无惧极端严苛环境;电气控制将凭借人工智能实现超智能精准调控,瞬息万变的光照尽在掌握;系统集成朝着无缝衔接、自诊断修复大步迈进,人力运维负担大幅减轻。这一系列变革将促使太阳能发电成本断崖式下降,在全球能源结构中的占比火箭般蹿升,为地球家园减缓气候变化,铺就一条可持续发展的光明大道,用清洁能源点亮人类未来。

参考文献

- [1] 张净,涂笑童,刘晓梅.基于粒子群优化算法的太阳能水培智能控制系统设计与实现[J].软件工程,2024,27(09):14-19.
- [2] 岳云涛,王炳铮,李若凡,等.机场光伏系统对塔台的眩光效应研究[J].计算机仿真,2024,41(04):59-64+479.
- [3] 石坤.太阳能并网光伏发电系统设计研究[J].光源与照明,2024,(01):125-127.
- [4] 金剑.太阳能光伏发电系统最大功率点跟踪技术及仿真[J].价值工程,2023,42(26):117-119.
- [5] 李瑛杰.太阳能光伏与建筑一体化技术推广研发与应用示范[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(24):85-87.
- [6] 王闯,丁帅,贺睿.太阳能光伏性能参数和大型并网太阳能光伏电站性能优化建议[J].科技创新与应用,2023,13(21):23-27.
- [7] 陈昌宏,张小霞,肖斌,等.基于计算流体力学的双轴太阳能跟踪系统气动评估[J].西北水电,2022,(06):25-31.
- [8] 王珉.太阳能光伏发电系统中的最大功率点跟踪技术及仿真实现[J].科学技术创新,2022,(36):189-192.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS