

基于新型并联机构的太阳自动跟踪装置*

贺新升, 王 彬, 黄芳胜, 朱文君, 高春甫

(浙江师范大学 工学院, 浙江 金华 321004)

摘要:针对当前太阳能发电中使用的两轴太阳跟踪装置成本高、效率低、难以普及的问题,提出了一种低成本的新型并联机构的太阳跟踪装置。该装置使用了新型并联机构作为太阳能电池板的搭载平台,6 自由度的位姿变化可以获得更高的跟踪精度。采用了通过将太阳能电池板重心与支架上的平台中心的牛眼轮固联,以牛眼轮做支点,牵引电池板边缘的引线改变太阳能电池板位姿的方法,所需力矩极小,可以降低跟踪能耗,获得更多的有效电量输出。实验结果表明,该装置具有跟踪精度高、驱动能耗低等优点;在同等条件下,该装置与典型两轴太阳跟踪装置相比其电机驱动能耗可以降低 70% 以上。

关键词:太阳跟踪;并联机构;跟踪精度;驱动能耗

中图分类号: TP216;TP39

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)01-0062-04

Solar automatic tracker based on parallel mechanism

HE Xin-sheng, WANG Bin, HUANG Fang-sheng, ZHU Wen-jun, GAO Chun-fu

(College of Engineering, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

Abstract: In order to solve the problem of two-axis solar tracker with high cost, low efficiency and difficult to spread, a new parallel mechanism of low-cost solar automatic tracker was proposed. The new parallel mechanism with solar panels was used as a platform, the changes of 6 DOF position and orientation could be acquired higher tracking accuracy. The gravity center of solar panels and platform center with supporting plate of the universal wheel can be solid together and the universal wheel as pivot. The edge line with pulling solar panels can change the position and posture, and also the required torque is extremely small, which can reduce the tracking energy consumption and obtain more power output. The experiment results show that the device has high tracking precision, low drive power consumption. Compared to a typical two-axis solar tracker, the drive power consumption of motor can be reduced more than 70%.

Key words: solar tracking; parallel mechanism; tracking accuracy; drive energy consumption

0 引 言

太阳能最大功率点跟踪技术是目前国内外的研究热点之一。实验证明,具备太阳自动跟踪功能的太阳能电池比固定角度安装的太阳能电池发电量要高 30% 以上^[1]。

现有的太阳自动跟踪装置种类很多,就跟踪装置结构而言可分为:单轴结构和双轴结构两种^[2-3]。单轴结构是指太阳能电池板在一个自由度上跟踪太阳旋

转,它的优点是结构简单,但是由于入射光线不能始终与太阳能电池的主光轴平行,接收太阳能的效率较低。双轴结构除了旋转运动还有俯仰运动,具有更高的跟踪精度,是目前的主流。

实验证明,太阳光线入射角度与太阳能电池板法线平行时具有最佳的转换效率,可以获得最大功率点^[4-6]。两轴结构的跟踪装置由于自由度的限制是达不到该要求的。市场上也有基于并联机构的太阳跟踪装置推出,虽然跟踪精度很高,但由于结构复杂,成本高,难以普及。针对目前太阳跟踪装置的问题,本

收稿日期: 2011-08-01

基金项目: 国家自然科学基金面上资助项目(51075371); 浙江省教育厅资助项目(Y201120857); 浙江省金华市科技计划资助项目(2010-1-102); 浙江师范大学青年基金资助项目(KJ20100018)

作者简介: 贺新升(1979-), 男, 河南巩义人, 讲师, 博士, 主要从事绿色能源技术, 机电设备及其自动化方面的研究. E-mail: xinshenghe@126.com

研究提出一种基于新型并联机构的太阳能跟踪装置,它的优点是结构简单、成本低、能耗低、跟踪精度高。

1 机械结构

本研究设计的基于新型并联机构的太阳跟踪装置机械结构如图 1 所示。

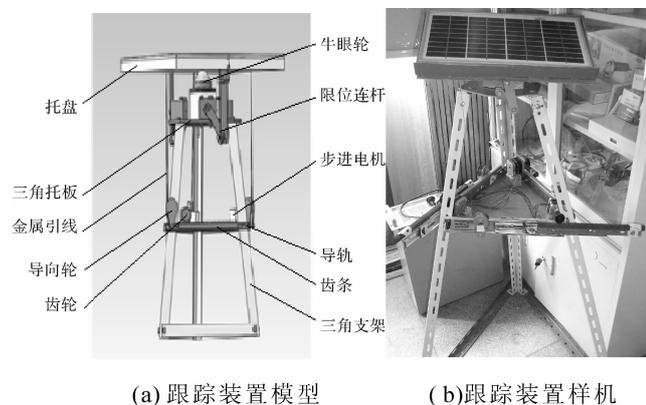


图 1 太阳跟踪装置

它主要由支撑结构、限位机构、并联转向机构构成。支撑结构的底部是三角支架,使用三角架结构进行支撑的优点是能够保持整个装置的牢固性,同时三角支架可由型材搭建,成本低廉。三角架的顶部是一个三角形托板,三角托板上固联一牛眼轮,牛眼轮与上部太阳能电池板托架的重心固连在一起。这样一来,太阳能电池板的重量通过牛眼轮落于三角支架上,并联机构受力极小。在三角支架的 3 个横梁上各有一套由导轨、齿条、齿轮组成的结构,金属引线的一端通过导向轮连接在齿条上,另一端通过铰链与托盘相连。当电机驱动齿轮旋转时,带动齿条在导轨上移动,从而使连接在齿条上的引线通过导向轮牵动托盘。3 条引线的协调运动可使太阳能电池板的姿态任意改变。由于太阳能板的重力主要落于三角支架上,只需极小的力矩即可使其位姿变化。现有的单轴、两轴、并联结构的太阳能跟踪装置都是将整个太阳能板的重量落在驱动电机上,太阳能电池板的重量较大时,需要较大功率的电机驱动。一般驱动电机的能源由太阳能发电提供,如果驱动电机消耗能量较大,则输出的有效电能就大大减少。而在该结构中,由于驱动太阳能板位姿变化的力矩很小,可以用极小功率的电机驱动,输出的有效电能就较多。

三角形托板上的 3 套连杆机构的作用是对太阳能电池板的转动进行限位,同时防止驱动器出故障或大风天气时太阳能电池板的脱落,起到加固太阳能电池板的作用。

该装置的转向机构使用了一种新型的并联机构,如图 1 所示。本研究在托架边缘处 120° 间隔设置 3 个铰链。与铰链连接的引线通过导向轮与安装在三角架横梁上的齿条相连。电机带动齿条直线运动,即可转化为引线的上下运动。3 根引线的协调运动,可以实现太阳能电池板 6 个自由度的转动。与传统的并联结构相比,该装置的伸缩杆不是气缸、电动缸或者液压缸,而是无弹性的金属线,进一步降低了跟踪装置的成本^[7]。本研究使用 3 条柔性引线做伸缩杆,可以在满足并联结构基本功能的条件下,保证太阳能电池板的重心始终落在支架上,解决了 3 个伸缩杆协调运动时由于牛眼轮的约束带来的干涉问题。

2 控制系统

2.1 自动跟踪方案

该装置能够实现全天候的太阳能量的收集,具有晴天和阴天两套方案^[8-9]。晴天的跟踪方式是使用传感器检测太阳方位,测定入射太阳光线和跟踪装置主光轴间的偏差,当偏差超过设定阈值时,执行机构调整太阳能电池板的位姿,直到使太阳光线与太阳能电池板光轴重新达到设定的夹角,实现对太阳高度角和方位角的跟踪。这种方式可通过反馈消除误差,控制较精确,电路实现容易。

由于阴雨天看不见太阳,原有的晴天方案无法实现精确的跟踪,需要特殊的方法来实现^[10-12]。该装置使用的方法是查表法。首先本研究建立某一地区的不同时间太阳方位角、高度角的数据库,跟踪装置开始工作后,根据当前时间,查找相应的太阳方位角、高度角,通过并联机构的运动学方程,计算出各轴需要移动的位移量,再由插补算法控制各个轴的移动,使之达到预定的姿态。该方法需要每个地区不同日期太阳方位角、高度角的数据,可以从当地天文测量部门获得该数据,建立数据库。这种方法的优点是抗干扰能力强,可以在任何天候下工作,存在的问题是跟踪精度受限制。当需要高的跟踪精度时,太阳能电池板位姿改变频繁,虽然可以得到最大功率的输出,但需要更大的数据库做支撑,这个数据的获得难度较大。同时驱动电机消耗的电能也越多,在驱动电机的电能由太阳能发电提供的情况下,太阳能发电的有效输出也会发生改变。这时存在一个最优选择的问题,需要在跟踪精度上作出权衡。

2.2 控制系统构成

该装置的控制系統框图如图 2 所示。

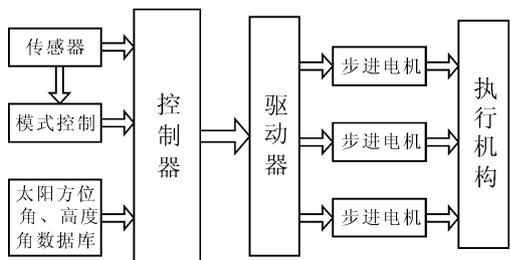


图2 控制系统框图

传感器获得太阳方位及强度信息后,由模式控制选择使用晴天方案还是阴天方案。晴天方案时,根据得到的太阳方位信息,由控制器计算出各轴的位移量。阴天方案时,由当前时间从数据库中查询该时刻太阳的方位角、高度角信息,再由控制器计算出各轴的位移量。获得各轴的位移量后,代入插补算法,经驱动器驱动3个步进电机协调运动,使太阳能电池板达到预期位姿。

计算过程在控制器内部实现,计算流程如图3所示。

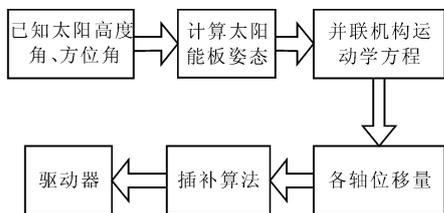


图3 计算流程图

与传统的具有刚性伸缩杆的并联机构不同,该装置的并联机构是柔性的伸缩杆,由于太阳能电池板与牛眼轮固连,已知各轴位移量,设计插补算法时有一些需要注意:可以采用收缩杆先运动,伸展杆后运动的方式规划各轴的运动顺序,可以降低插补算法设计难度,提高其鲁棒性,规避由于太阳能电池板与牛眼轮固连所带来的干涉问题。

3 实 验

该装置的样机已经完成,以下将以固定方位安装的太阳能发电系统、传统两轴太阳跟踪系统以及本研究设计的自动跟踪系统为对象,对其不同时刻的发电功率进行对比试验;然后以传统两轴太阳跟踪系统以及本研究设计的自动跟踪系统为对象,对其驱动功耗进行对比试验。

3.1 发电功率对比实验

本研究使用相同功率(10 W)的太阳能电池板,其中一块与地平面成 30°角面向南固定放置,另一块安

装在传统的两轴跟踪装置上,最后一块安装在本研究设计的自动跟踪装置上,使用功率计分别测试3块太阳能电池板的发电功率。

晴朗天气下不同时间的发电功率对比图如图4所示。

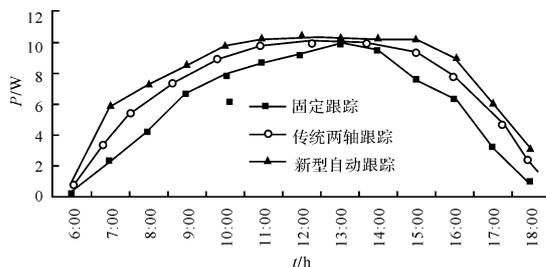


图4 发电功率对比

从图4可以看出,固定放置的太阳能电池板全天平均功率为6.3 W,传统两轴跟踪的太阳能电池板全天平均功率为7.8 W,自动跟踪的太阳能电池板全天平均功率为8.4 W,自动跟踪的全天发电量比固定跟踪增加了33%,比传统两轴跟踪增加了7.7%。固定放置的太阳能电池板全天只有1.5 h左右有最大的功率输出,而自动跟踪的太阳电池板达到了5 h,尤其在早晚太阳辐照强度低时,自动跟踪的优势更为明显。

3.2 不同跟踪精度时驱动电机耗电量对比

该装置采用牛眼轮作为支撑结构,太阳能板的重力绝大部分落在支架上,驱动太阳能板姿态变化时所需的旋转力矩极小,相对于其他同类装置所输出的有效电量就相对要多。以1 kW 太阳能电池板为例,在不同的跟踪精度下,该装置与传统两轴太阳跟踪装置的驱动器耗电量对比如图5所示。

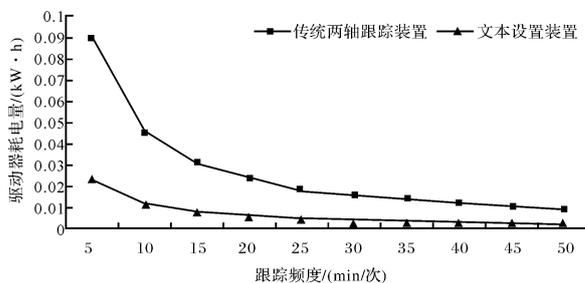


图5 驱动器耗电量对比图

由图5可知,本研究设计的跟踪装置与传统两轴跟踪装置相比,驱动器耗电量下降明显,约为传统两轴跟踪装置驱动器的耗电量的1/4。在实际试验中,传统两轴驱动器使用的是2个100 W的步进电机,而本研究设计的跟踪装置采用的是3个15 W的步进电机。由驱动电机能耗可知,本研究设计的装置经济性明显,尤其当用于大型太阳能发电系统时,经济效益更

加明显。

4 结束语

本研究设计的太阳自动跟踪装置与传统的两轴太阳跟踪装置相比,有两个特点:①采用新型的并联机构,伸缩杆采用柔性金属连线代替,可以保证电池板重心落在支架上,同时降低成本,削减了使用电动伸缩杆或液压缸的成本;②将太阳能板固连于牛眼轮上,重心落在支架上,可以使用更小的力矩完成姿态的改变。实验结果证明,该装置具有跟踪精度高,驱动功耗低的特点。

该装置结构简单、成本低、跟踪精度高,具有较好的应用前景。

参考文献 (References):

- [1] 吕文华,贺晓雷,于贺军,等. 全自动太阳跟踪器的研制和应用[J]. 光学精密工程,2008, 12(5):2544-2550.
- [2] 刘俊,刘京诚,谢磊,等. 太阳光自动跟踪装置的设计[J]. 机床与液压,2010,38(9):45-48.
- [3] ARDEHALI M M, SHAHRESTANI M, CHARLES C. Energy simulation of solar assisted absorption system and examination of clearness index effects on auxiliary heating[J]. **Energy Conversion and Management**, 2007, 48(3): 864-870.

- [4] 李玲,谢建,杨祚宝. 光伏系统最大功率点跟踪方法[J]. 可再生能源,2007,25(2):85-87.
- [5] MUTOH N, MATUO T. Prediccion data based maximum power point tracking method for photovohaic power generation systems[J]. **Power Electronics Specialists Conference**, 2002,28(3): 1489- 1494.
- [6] KASA N, IIDA T. Flyback inverter controlled by sensorless current MPPT for photovoltaic power system[J]. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, 2005, 52(4): 1145-1152.
- [7] 马宝丽. 基于VB软件的盘形凸轮机构的参数化设计与运动分析[J]. 轻工机械,2010(6):56-59.
- [8] 许守平,李斌,马胜红. 槽式太阳能热发电跟踪控制系统的研究[J]. 计算机测量与控制,2008,16(11): 1635-1637.
- [9] 尤金正,邹丽新. 太阳自动跟踪系统的设计[J]. 现代电子技术,2009, 19(5):139-142.
- [10] 李茗,郑送军. 主动视觉平台机构中虎克铰的设计与计算[J]. 轻工机械,2010(5):32-35.
- [11] 马建华,潘玉良. 基于单片机的太阳跟踪控制系统设计[J]. 机电工程,2010,27(12):63-66.
- [12] 邹建,姬兴,杜海涛. 一种新型的太阳自动跟踪系统研究[J]. 光电子技术,2010,30(3):159-163.

[编辑:张翔]

(上接第 61 页)

参考文献 (References):

- [1] 北京航空材料研究院. GB/T 6398-2000 金属材料疲劳裂纹扩展速率试验方法[S]. 北京:国家质量技术监督局,2001.
- [2] 刘义伦. 工程构件疲劳寿命预测理论与方法[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,1997.
- [3] 莫国影,左敦稳,黎向锋. 基于 CCD 图像的表面疲劳裂纹检测方法[J]. 机械制造与自动化,2008, 37(6): 55-57, 59.
- [4] VANLANDUIT S, VANHERZEELEA J, LONGO R, et al. A digital image correlation method for fatigue test experiments[J]. **Optics and Lasers in Engineering**, 2009,47(3-4):371-378.
- [5] DIAZ F V, ARMAS A F, KAUFMANN G H, et al. Nondestructive evaluation of the fatigue damage accumulation process around a notch using a digital image measurement

system[J]. **Optics and Lasers in Engineering**, 2004, 41(3): 477-487.

- [6] 王伟,熊静琪. 在 LabVIEW8.5 平台上构建一种二维运动控制系统[J]. 中国测试技术,2005,31(6):104-106.
- [7] 毛计庆. Labview8.2 快速构建步进电机控制系统的利器[J]. 电机与控制应用,2009,36(1):30-32.
- [8] 张卫星,赵峰. 基于 LabVIEW 的运动控制系统的研究[J]. 工业控制计算机,2008, 21(4): 26-28.
- [9] 王淑芳. 基于虚拟仪器技术的多轴步进电机控制系统[J]. 微计算机信息,2006, 25(22): 54-57.
- [10] 周志明. 基于运动控制卡的步进电机控制系统[J]. 煤矿机械,2004(3): 95-97.
- [11] CARRICA D O GONZALEZ S A, BENEDETTI M. A high speed velocity control algorithm of multiple stepper motors[J]. **Mechatronics**, 2004, 14(6): 675-684.

[编辑:张翔]