

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.04.023

## 太阳能组件自动化装配技术现状及发展

刘彬, 伍凌川, 彭旭

(中国兵器工业第 58 研究所 工业自动化工程技术部, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 针对国内太阳能电池组件生产工艺的落后状况, 对太阳能组件装配进行工艺流程和国内外太阳能组件的自动化装配技术现状分析, 介绍太阳能组件自动化装配的技术发展趋势, 提出开发具有自主知识产权的组件自动装配线的建议。

**关键词:** 太阳能; 电池片; 组件; 自动化; 串联焊接

**中图分类号:** TP303<sup>+</sup>.3 **文献标志码:** A

## Status and Development on Automatic Assembly Techniques of Solar Component

Liu Bin, Wu Lingchuan, Peng Xu

(Dept. of Industrial Automation Engineering Technology, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

**Abstract:** Aiming at backward status of Chinese solar component production technology, analyze the status of both technological process and automatic assembly technology of solar component assembly at home and abroad, introduce technological development of solar components automatic assembly and put forward suggestions with self-contained intellectual property for automated assembly line of components.

**Keywords:** solar energy; solar-cell; component; automation; series welding

### 0 引言

随着全球气候变暖和国际原油等不可再生资源的日益匮乏, 各国政府尤其是发达国家日益重视新兴绿色环保能源的开发与利用。在政策的大力支持下, 光伏产业迎来了行业发展的高峰期。最近 10 年, 太阳能电池及组件生产的年平均增长率达到 33%, 最近 5 年的年平均增长率达到 43%, 未来我国将成为世界最大的新型能源制造和应用国之一。

目前, 在国内的太阳能电池组件生产工艺中, 硅片的生产设备像单晶炉、硅棒切断机、硅片清洗机、甩干机、扩散炉和分选机等均已实现国产化。在组件装配工艺中, 则只有层压机实现了国产化, 串联焊接和检验等设备等还必须依靠国外的技术和装备。虽然国内也有为数不多的单位和公司也尝试对该类设备进行国产化, 但由于生产效率低下、产品质量和运行可靠性无法保证等因素, 与国外的组件自动装配技术及装备水平相比还存在较大的差距, 故笔者对太阳能组件自动化装配技术进行研究。

### 1 太阳能电池及组件简介

#### 1.1 太阳能电池

太阳能电池的工作原理是: 太阳光照在半导体

$p-n$  结上, 形成新的空穴-电子对, 在  $p-n$  结电场的作用下, 空穴由  $n$  区流向  $p$  区, 电子由  $p$  区流向  $n$  区, 接通电路后就形成电流。

利用太阳能发电有光-热-电转换方式、光-电直接转换方式 2 种。

1) 光-热-电转换方式。该方式利用太阳光能量, 通过一定的转换与存储装置, 将光能转换成热能并存储起来, 然后再利用热能转换成电能。

2) 光-电直接转换方式。该方式利用光电效应(光生伏特效应), 将太阳辐射能直接转换成电能, 光-电转换的基本装置就是太阳能电池, 如图 1。

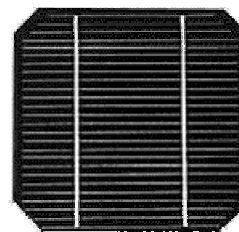


图 1 单晶硅太阳能电池

#### 1.2 太阳能组件

太阳能电池组件是指具有外部封装及内部连接、能单独提供直流电输出的最小不可分割的太阳能电池组合装置, 即多个单体太阳能电池互联封装

收稿日期: 2010-11-30; 修回日期: 2011-01-24

作者简介: 刘彬 (1976—), 男, 四川人, 高级工程师, 从事自动装配设备设计与研究。

后成为组件，如图 2。



图 2 太阳能电池组件

### 1.3 组件自动化装配工艺流程

组件装配工艺也称为组件封装工艺，装配生产流程如图 3。

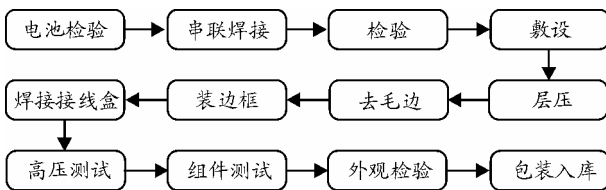


图 3 组件生产流程示意图

由图 3 可以看出，太阳能电池组件的生产是一个复杂的过程。如果没有自动化设备的保障，只能采用人海战术，使用大量的人工来完成整个生产过程。以串联焊接工序为例，焊接 100 MW 太阳能组件产品将使用 200 人/d。就目前国内投产的大型太阳能组件生产企业来看，其产量均可达到 1 GW 以上，这样的组件生产线仅在串联焊接工序上将达到 2 000 人/d 的用工数量，势必增加企业的人力成本支出，并难于保证品质。

## 2 国外组件自动化装配技术现状

国外组件自动化装配技术及装备发展迅猛，已经能实现整个组件生产的全线自动化。像自动化程度较高的自动串焊机、自动敷设机和自动装框机等，均采用了机器人视觉技术，利用机器人技术与图像识别技术，完成组件及其零件的精确定位、抓取和装配工作。下面以自动串焊机为例，详细介绍国外的先进自动装配技术。

自动串联焊接设备是一套将铜基层焊带焊接到电池片的正负极主栅线上，最终形成太阳能电池串的自动化设备。该类设备的技术重点在于电池片的精确定位、串联排序和串联焊接，其重点指标是生产效率和破片率，国外这类设备集成了多种先进技术，最高能够达到 1 200 片/h 的生产效率，破片率也达到 3% 以下。综合分析来看，国外自动串焊机的生产流程基本一致，如图 4。

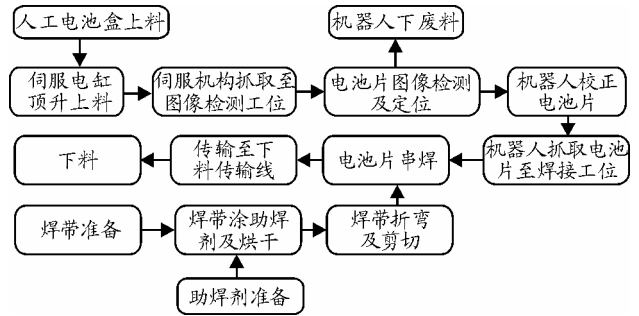


图 4 自动串焊机生产流程

西班牙的 GOROSABEL 公司开发的 SL-200 型自动串焊设备，在电池片精确定位方面采用的是 6 自由度机器人和高精度图像检测系统，如图 5。串联焊接则使用的是红外线焊接技术。

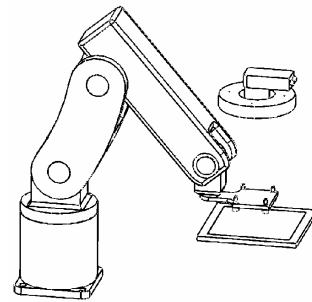


图 5 六自由度智能机器人+图像识别系统示意图

美国的 KOMAX 公司开发的 XCELL X2 型自动串焊设备，在电池片精确定位方面则采用的是 4 自由度智能机器人和高精度图像检测系统，如图 6。串联焊接则采用的是电磁焊接技术，该项技术为该公司的专利技术。

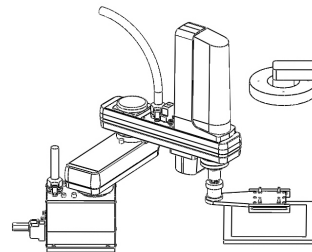


图 6 四自由度智能机器人+图像识别系统示意图

在电池片精确定位方面，还有其它公司采用 XYR 直线运动滑台+图像检测技术来实现。而串联焊接技术方面还可以采用热风焊接技术等。这些都是国外目前在自动串联焊接设备上成功应用的先进技术。

## 3 组件自动化装配技术发展

从国外的先进组件装配生产设备可以看出，自动串焊、自动敷设以及自动装框均可采用机器人技术和图像识别技术，而各生产工序间的物流转换则

是实现全线自动化生产的关键。由此可见, 机器人、图像识别和自动物流等先进技术的大量应用是组件自动化装配技术及装备的发展趋势。

### 4 结论

只有通过借鉴国外的先进技术及装备, 认清差距, 在较短的时间内研发出具有自主知识产权的组件自动化装配装备, 打破该领域装备的国外垄断局面, 才能使我国的光伏产业真正走上“自主品牌”的道路。

(上接第 55 页)

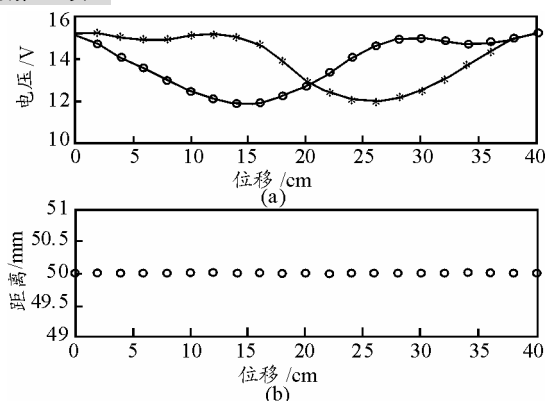


图 6 测距离不变时, 相对位置-电压曲线

图 6 中, (a)图为相对位置与电压曲线, (b)图为相对位置与检测距离曲线。当检测距离不变时, 相对位置与电压的关系是 1 条向两端逐渐衰减的正弦曲线。当线圈 1 与线圈 2 的接缝处位于轨枕中线附近位置时, 2 个线圈输出信号幅值相同。只需记下幅值相同的时刻, 因线圈宽度已知, 即可求得列车此时的速度。

列车正常运行时, 悬浮间隙为 8 mm, 当间隙小于 3 mm 时, 列车会自动保护。模拟列车剧烈振动时的极限情况, 设定列车振动幅度为±5 mm, 如图 7(a)所示, 传感器与轨枕的距离在剧烈变化。图 7(b)中, 2 个线圈输出信号幅值相同的位置与图 3 中所示位置相同。

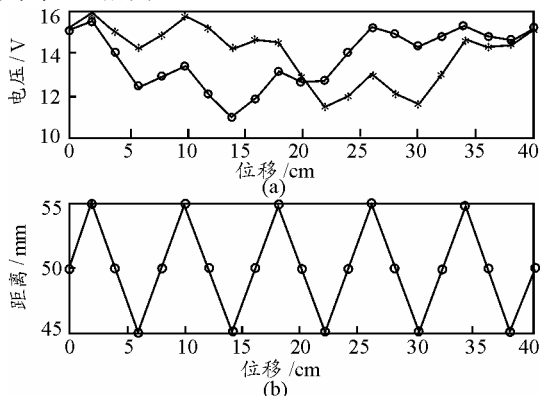


图 7 检测距离改变时, 相对位置-电压曲线

### 参考文献:

[1] 杨志刚, 等. 小型太阳能光伏电源实用技术[M]. 北京: 科普出版社, 2009.

[2] 沈辉, 等. 太阳能光伏发电技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.

[3] 熊红珊, 等. 工业检测机器人控制中的视觉技术[J]. 兵工自动化, 1997, 16(2): 37-40.

[4] 唐建中, 等. 直流伺服机器人自适应结构控制[J]. 兵工自动化, 2004, 23(3): 55-57.

[5] 王永林, 等. 基于双目立体视觉系统的精确标定算法[J]. 兵工自动化, 2008, 27(6): 82-84.

因实验线圈为手工绕制, 工艺差, 无法保证线圈的一致性, 所以在输出信号幅值上略有差别。

通过实验可以判定, 该传感器通过增大检测线圈, 提高发射功率的方式, 增加了传感器的检测距离; 通过差分, 有效克服了因车体振动而带来的误差。并且当检测线圈相同时, 由于差分作用, 还可有效抑制温漂对传感器的影响。

### 4 结论

该传感器能增加传感器的检测距离, 消除因车体振动等因素而带来的测量误差, 提高传感器的环境适应性。经实验验证, 传感器可以准确、可靠地检测轨枕与线圈的相对位置, 为测速定位系统提供准确的位置信号。该传感器不但可用于中低速磁浮列车的测速定位, 还可广泛用于各种工业现场。下一步, 将继续消除和补偿因检测线圈不一致所带来的测量误差, 进一步提高传感器测量精度。

### 参考文献:

[1] 王旭, 刘志, 龙志强. 磁浮列车测速定位方法综述[J]. 兵工自动化, 2008, 27(1): 69-70.

[2] 周丹丽, 赵辉, 刘伟文, 等. 电涡流传感器建模与仿真分析[J]. 传感器技术, 2005, 24(5): 28-30.

[3] 丁天怀, 陈祥林. 电涡流传感器阵列测试技术[J]. 测试技术学报, 2006, 20(1): 1-5.

[4] 郭顺祥. 列车定位中电涡流传感技术的研究[R]. 北京交通大学硕士学位论文, 2006: 41-42.

[5] 何斌, 岳继光, 杨灿军, 等. 探头参数对变面积电涡流传感器的影响及仿真研究[J]. 传感器技术, 1999, 18(2): 7-9.

[6] 于亚婷, 杜平安, 廖雅琴. 线圈形状及几何参数对电涡流传感器性能的影响[J]. 仪器仪表学报, 2007, 28(6): 1045-1050.

[7] 王鹏, 丁天怀, 傅志斌. 平面电涡流线圈的结构参数设计[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2007, 47(24): 1959-1961.