

太阳能电池自动封装系统的研究*

杨庆华¹ 付庄¹ 张军² 赵言正¹ 曹其新¹

1. 上海交通大学 机器人研究所, 上海 200030; 2. 上海空间电源研究所, 上海 200233

摘要: 为了保证太阳能电池在恶劣的太空环境下能可靠运行, 在太阳能电池布贴前, 必须进行抗辐照玻璃盖片的封装操作, 以达到保护太阳能电池的目的。抗辐照特性是空间太阳能电池区别于地面应用的太阳能电池的重要特征之一。抗辐照玻璃盖片的封装操作是空间太阳能电池方阵制造过程的重要环节。本文通过机器人技术与滴胶技术的结合, 设计出一套太阳能电池自动封装系统, 实现太阳能电池片的高精度定量喷涂和抗辐照玻璃盖片的非真空环境下的精确封装。文章详细介绍了设计要求、设计思想、系统组成、工作原理和实现过程, 并分析了系统的技术特点。

关键词: 自动封装; 太阳能电池; 机器人; 滴胶; 玻璃盖片

中图分类号: V465: TM914.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001 - 2265(2003)08 - 0010 - 02

The research on automatic bonding system for solar cell

YANG Qinghua FU Zhuang ZHANG Jun ZHAO Yanzheng CAO Qixin

Abstract: In order to ensure that solar cell shall work reliably under space environment, it is necessary to bond to solar cell active surface the anti - irradiating coverglass to protect solar cell before the laydown of solar cell. The characteristics of anti - irradiating is one of the important difference between ordinary solar cell and space solar cell. The bonding of anti - irradiating coverglass is the important point in the manufacturing process of space solar cell array. Based on the combining robotics and adhesive - dripping technology, the paper gives an automatic bonding system for solar cell, which can achieve higher precision with controlling the adhesive - dripping process and bonding automation in non - vacuum condition. The design goal, design idea, system structure, working principle and realization process are introduced in detail. The paper also stresses the characteristics of the system.

Key words: bonding automation; solar cell; robot; adhesive - dripping; coverglass

1 引言

太阳能电池方阵是卫星正常工作的重要部件之一。为了保证太阳能电池在恶劣的太空环境下能可靠运行, 在太阳能电池布贴前, 必须进行抗辐照玻璃盖片的封装操作, 以达到保护太阳能电池的目的。以往抗辐照玻璃盖片的封装工艺大多采用手工操作, 成品率较低, 效率也不高。因此, 在国内航天技术蓬勃发展的背景下, 实现太阳能电池抗辐照玻璃盖片的自动封装系统非常必要。

2 设计要求

国内太阳能电池方阵的实际生产中, 对太阳能电池抗辐照玻璃盖片的封装操作一般有以下技术要求:

- (1) 盖片与太阳能电池相重合, 严格控制边缘错位。
- (2) 盖片与太阳能电池之间气泡的大小和数量在一定的指标范围内。
- (3) 盖片碎片率和电池碎片率应该尽量降低。
- (4) 盖片、电池正反面不应沾有粘胶。

3 太阳能电池自动封装系统的设计方案

3.1 设计思想

由于对自动封装后的电池片有边缘错位、气泡大小及数量、胶不能玷污电池片等要求, 因此, 采用传统的丝网印刷^[1, 2]、毛刷涂胶等涂胶工艺均难以达到技术要求。近来出现的自动涂胶

机^[3], 其涂胶质量很难保证卫星用太阳能电池的封装要求, 且缺少必要的柔性。由于直角坐标机器人^[4]位置重复精度完全可以达到 $\pm 0.2\text{mm}$, 且与其它形式机器人相比较为简单, 因此采用直角坐标机器人实现自动化成为不错的选择。通过大量的涂胶工艺试验, 本文提出采用机器人连续滴胶的工艺方案。

3.2 系统组成

太阳能电池抗辐照玻璃盖片自动封装系统主要由三自由度直角坐标滴胶机器人、托盘、三自由度直角坐标封装机器人、玻璃片送料器和传送带组成。系统的结构简图如图 1 所示。

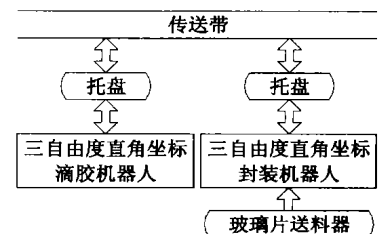


图 1 自动封装系统结构示意图

3.3 设计要点

(1) 三自由度直角坐标滴胶机器人: 以一定的轨迹在太阳能电池片上进行连续滴胶。如图 2 所示, 选择重复精度满足设计要求的三自由度直角坐标机器人, 关键是机器人执行机构的设计。为提高滴胶效率, 机器人的执行机构设计为带有多个针头的滴胶器。针头为普通针头, 以矩阵形式 (3 × 4 或 4 × 5) 排列。针管内径取决于胶的粘度, 可以由试验确定。

(2) 托盘: 供太阳能电池片的摆放。为了与滴胶机器人的

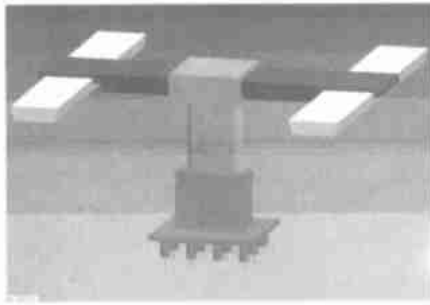


图2 三自由度直角坐标滴胶机器人简图

针头相适应,托盘内设计有相同数量多个定位槽,以矩阵形式(3×4或4×5)排列,与电池片一一对应,如图3所示。这样,可以同时完成一个托盘内多个电池片的

同时滴胶。

(3) 三自由度

直角坐标封装机器人:实现抗辐照玻璃盖片与太阳能电池片的

胶合。为控制封装后的盖片电池的气泡大小和数量,在吸盘抓取玻璃盖片时,将盖片平面与电池片的平面形成一微小的角度,如图4所示。这样,在重力作用下,玻璃盖片与电池片能很好的胶合在一起,达到设计中对气泡的要求。

(4) 玻璃片送料器:完成待封装抗辐照玻璃盖片的送料功能。内部有一弹簧装置,实现玻璃盖片的自动复位,将玻璃盖片升至某一特定高度,供封装机器人的吸盘抓取。

(5) 传送带:自动传送装有太阳能电池片的托盘到滴胶位置和封装位置。

3.4 实现过程

(1) 初始化所有数据;机器人归零。传送带传送托盘到滴胶位置并定位。

(2) 首先由手操板或计算机编程,然后将编好的程序下载入三自由度自动滴胶机器人控制器的存储器中,控制多个(3×4或4×5)胶头同时运动,对相应的电池片同时滴胶。胶头的行程为 $X = L -$, $Y = H -$, 其中 L 、 H 分别为太阳能电池片的长与宽,

为由试验得到的不使胶水外流的最小边距。胶头的移动速度以及胶头与太阳能电池片间的距离由试验(如图5所示)确定。针

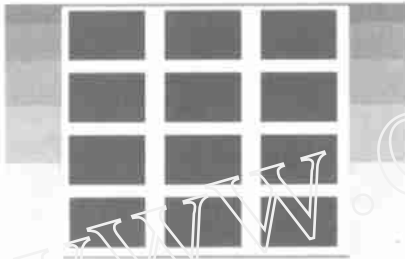


图3 托盘简图

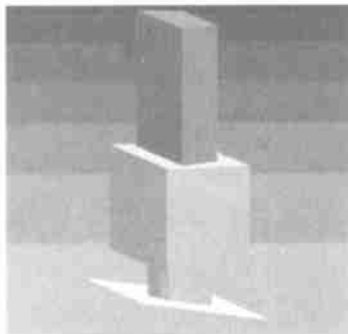


图4 吸盘抓取玻璃盖片简图



图5 机器人连续滴胶试验装置

对不同的胶,以上参数可方便地在手操板或计算机上进行修改。滴胶完毕后,胶头上移,并关闭滴胶控制阀(由机器人的 I/O 口控制气动开关实现控制)。

(3) 传送带传送托盘到封装位置并定位。机器人内部控制器的 I/O 口控制气动开关打开,三自由度自动封装机器人(由手操板或计算机编程,编好的程序下载入机器人内部控制器的存储器中)从玻璃片送料器内取出玻璃盖片,运动到电池的正上方。机械手爪上的吸盘与封装平台有一微小角度,控制机械手向下运动,使玻璃盖片与太阳能电池单边接触。机器人内控制器的 I/O 口控制气动开关关闭,从而吸盘松开,放下玻璃盖片,完成与正下方电池的封装操作。人工将封装好的太阳能电池放入加热器内,加热固化数分钟后取出。

3.5 方案的技术特点

(1) 采用机器人连续滴胶工艺,可实现滴胶面积、滴胶厚度、滴胶速度与质量的精确控制,从而达到玻璃盖片封装的技术要求,特别是气泡大小与数量的控制、粘合胶的污染控制以及碎片率的控制等。

(2) 采用非真空环境下封装技术,实现气泡大小与数量的控制,操作巧妙且简单。

(3) 采用机器人与多传感器的融合技术,使每一个动作均在计算机的程序控制下精确进行,可实现封装的自动化;由于采用程序控制,仅需简单地修改程序,即可适应不同尺寸的玻璃盖片封装的要求。

4 系统生产率

托盘定位槽数若取 $N = 3 \times 4$,则每次完成 12 片封装需要约 8min(由于滴胶速度最慢,此处以滴胶时间计算),平均完成一片封装需要 40s。以每天工作 8h 计算,系统生产率可达 720 片/人日。若取 $N = 4 \times 5$,则每次完成 20 片封装需要约 8min,平均完成一片封装需要 24s。以每天工作 8h 计算,系统效率可达 1200 片/人日。而目前手工操作一个熟练工人一天工作 8h 只能封装 150 片左右,相比之下,自动封装系统的效率大为提高。

5 结束语

采用太阳能电池方阵自动封装系统,将显著改善生产条件,极大提高原有工艺和设备的自动化水平,彻底改变原有手工操作中粘合胶污染电池盖片的现象,降低碎片率和生产成本,提高卫星太阳能电池方阵的生产质量。本文中提出的机器人多针头自动滴胶技术以及电池片与玻璃盖片的非真空封装方法具有很大的创新意义,对于类似的封装系统具有一定的参考价值。

[参考文献]

- [1] 熊祥玉. 丝网印刷对 SMT 质量的影响及对策(上). 印刷世界,2001(3)
- [2] 熊祥玉. 丝网印刷对 SMT 质量的影响及对策(下). 印刷世界,2001(4)
- [3] 王吉芳等. 自动涂胶机的研制. 制造业自动化,2001,23(6)
- [4] 蔡自兴. 机器人学. 北京:清华大学出版社,2000

收稿日期:2003-05-13

作者简介:杨庆华(1976-),男,江苏盐城人,上海交通大学硕士研究生。

(编辑 苏伯光)