

总装专业化自动量化点胶系统研究

Research on Automatic Quantification System for Dispensing of Assembly Specialization

北京卫星环境工程研究所 祁 鹏 边玉川 赵 璐

[摘要] 为了改善现有薄膜型外热流模拟加热器制作的不足,研发了一套基于 CCD 视觉技术的自动量化点胶系统,该系统具备加热器粘贴位置自动画线、点胶位置智能选取、全自动点胶等多项功能,系统硬件结构稳定、人机交互界面简便友好,能够提高外热流成品制作质量及效率。

关键词: 点胶机 双目测量 路径规划

[ABSTRACT] In order to improve the disadvantages of production of contact electrical heater for satellite, a kind of automatic quantification system for dispensing based on CCD vision technology is researched and invented. The system can draw lines of paste location for contact electrical heater, smartly select dispensing location, automatically dispensing. The system has stabilizing structure of hardware, simple friendly interactive interface. This equipment could improve the quality and efficiency of production of contact electrical heater for satellite.

Keywords: Dispenser Binocular measurement Path planning

薄膜型外热流模拟加热器的制作是卫星组装过程中重要工序之一,其中加热片和导线的固定点胶占据了大量的制作时间,现有模式存在以下几点不足:(1)人工操作强度大、效率低;(2)硅橡胶流动性差、易附着操作工具^[1],操作人员难以实现在出胶量、点胶位置等方面的精确控制;(3)随着航天事业的快速发展,航天器的总装过程也逐步进入到自动化作业的模式,传统的点胶方式与自动化进程不相符合。鉴于以上不足,有必要研究一套全自动量化点胶系统提高外热流制作的质量和效率。

1 总体方案

随着机器视觉技术的进步,通过视觉完成精确测量已成为可能,并且其平面坐标通常是自动以文件的形成生成的,另外点胶机就目前来讲也已是成熟产品^[2],二者若能有机结合,即可完成上述需求。

自动量化点胶系统主要由点胶机和基于 CCD 技术的视觉测量集成系统(双目立体测量系统)两大部分组

成。其中双目立体测量系统主要负责加热器半成品的图像采集、智能选点、人机交互、数据传输、系统集成等功能。自动点胶系统主要完成系统硬件结构搭建、外热流回路及智能选取点 CAD 原图的读取、画线及点胶实施、软件汉化等功能,系统原理及工作流程如图 1 所示,其中画笔功能画出的是加热片的外轮廓线,画线和点胶是该系统具备的两个不同功能,分别应用于外热流制作的两个工序。

2 系统设计

2.1 硬件结构设计

系统主要由 CCD 视觉系统、工作平台组件、光学平台组件、三轴运动机构组件、点胶头组件及画线笔组件组成(图 2)。设备总重约 1000kg,外形尺寸为 2600mm(长)×1950mm(宽)×1400mm(高)。点胶画线工作范围最大为 2600mm×1300mm,点胶头、画线笔下行最大行程为 180mm。

(1) CCD 视觉系统。

本系统所选择的相机是德国 IDS 公司 USB u Eye 相机,相机型号为 UI-1490LE-C-HQ;所选择的镜头是日本 FOCVIS 镜头。

(2) 工作平台组件。

工作平台组件由底框架、精密平台两部分组成,外形尺寸为 2600mm(长)×1930mm(宽)×720mm(高)。

(3) 光学平台组件。

光学平台由支架及灯源组成,灯源部分根据技术要求提供照明,由支架部分保护并安装在平台上,同时保证表面平整度。

(4) 三轴运动机构组件。

三轴运动机构主要选用定型的同步带运动总成和滚珠丝杠运动总成,通过电机驱动同步带或滚珠丝杠运动,沿直线导轨做直线运动。

2.2 软件系统设计

软件作为整个点胶系统的控制核心,起着至关重要的作用,为了提高软件的编程效率,在现有相机控制和图像测量等算法的基础上,采用 Visual C++ 语言结合 uEye_api 相机开发库、OpenCV 图像库和 CAD 数据读写库

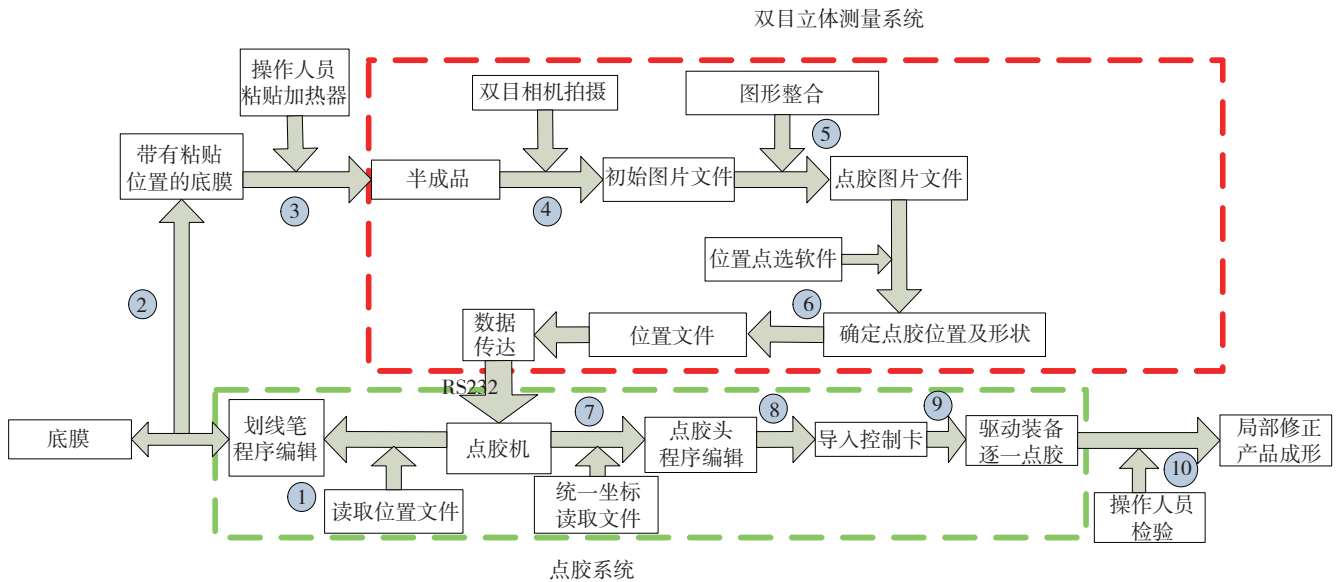


图1 系统原理及工作流程图

Fig.1 Principle of system and working flow chart

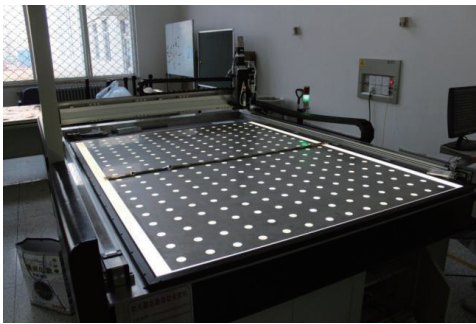


图2 总装自动化点胶机

Fig.2 Automatic quantification system for dispensing

Cad-lib 进行软件编程。另外,为了使系统有很高的安全性和可靠性,采取了“看门狗”技术、软件冗余等技术手段来处理各种可能的干扰,确保系统能正常运行。

2.3 电控部分设计

系统电控部分主要实现点胶头、画线笔的 X、Y、Z 3 轴运动功能,控制点胶头出胶量功能,调节背景光源亮度功能。同时有过流、过热、急停、限位等保护功能,主要分为主控制单元、供电单元、出胶控制单元、电机及其驱动单元等部分。

(1) 主控制单元。

此单元是整个电控系统的核心部分,用于接收计算机软件编辑完成的点胶、画线动作执行程序,并转发动作命令给伺服电机驱动单元、出胶控制单元。同时采集伺服电机光电编码器的反馈信号、检测限位状态等。

(2) 供电单元。

点胶机整机总功率约 2kW,可采用标准市电 220V/50Hz 给系统供电,整个系统均采用 50Hz 和 60Hz

通用的外购件。另外增加了成熟的 AC/DC 开关电源模块,提高电源模块可靠性,采用滤波技术、隔离技术降低电机对控制单元电源的干扰。

(3) 出胶控制单元。

此单元采用原有定型点胶机成熟的出胶控制板卡,根据主控制单元提供的出胶信号,在对应的时间点控制出胶压力电磁阀的打开及关闭,从而控制点胶压力。

(4) 电机及其驱动单元。

X、Y、Z 轴电机通过联轴器驱动 X、Y 轴同步带及 Z 滚珠丝杠相连,控制点胶头、画线笔在 3 轴方向做直线运动,并到达程序指定位置坐标。

2.4 系统可靠性设计

为提高全系统的可靠性,对点胶机子系统运动部分,采用了限位开关及机械限位双重保护;对计算机子系统采用了全封闭高可靠性的工业计算机系统;对测量子系统则采用了冗余设计,测量模式可分别选择左相机、立体相机和右相机单独进行,这样即使有一个相机存在故障,系统仍可运行。除此之外,在控制柜上还没有紧急制动开关,以防止各系统失控。

3 系统精度分析与误差合成

平面坐标测量系统由 2 台 CCD 相机组成。对于平面坐标而言既可实现单目测量也可完成立体测量,每台 CCD 相机的视场为长 2200mm,宽度为 1575mm,2 台 CCD 相机的视场相互之间有 2000mm 的重叠覆盖由此来保证无缝测量和平差处理^[3],整个测量场长度为 2400mm。

3.1 测量分辨率引入的量化误差

单台测长相相机分辨率 = 视场范围 / 相机像素数
= 2200/3840 = 0.57mm。

应用角点定位可提高精度的特点可实现 2 倍像素细分。

则分辨率 = 0.57/2 = 0.285mm,

长度测量精度 = $\pm\sqrt{0.285^2 + 0.285^2} \approx \pm 0.4\text{mm}$ 。

3.2 标定误差

这一误差包含了标定板制造误差和标定模型误差两个部分,标定板制造误差可控制在 0.05mm 以内,模型误差可实现 0.05mm 水平,综合标定误差为 0.1mm。

3.3 测量系统精度合成

采用极限误差合成方法知:

系统测量精度 = $\pm\sqrt{0.4^2 + 0.1^2} \approx \pm 0.41\text{mm}$ 。

满足技术指标。

4 量化点胶控制

通过对外热流制作工艺的研究,梳理得出外热流在导线焊连以及加热片角点点胶中共存在以下 6 中胶点,该 6 种类型基本涵盖了外热流制作过程中的点胶形式。

- (1) 胶点 1: 小型圆点, 半径 5mm;
- (2) 胶点 2: 中型圆点, 半径 10mm;
- (3) 胶点 3: 大型圆点, 半径 15mm;
- (4) 胶点 4: 直线型, 宽度 5mm, 长度 15mm;
- (5) 胶点 5: 中部圆点型, 中心胶点半径 10mm, 两边直线段长 5mm, 宽 4mm;
- (6) 胶点 6: 椭圆型, 长轴 20mm, 短轴 10mm。

4.1 点胶动作规划

通过该 6 种类型的胶点的点胶路径的摸索,在系统中形成了该 6 种胶点的固定模块,以胶点 1 为例,其路径规划如下:

- (1) 点胶头移动到点胶位置, Z 轴方向下降到点胶高度;
- (2) 开胶, 并延时 2s;
- (3) 关胶;
- (4) 向上提起 1mm;
- (5) 向 X 轴方向运动 7mm, 速度 15mm/s;
- (6) 从当前位置开始, 运行一个以点胶中心位置为圆心, 半径为 7mm 的圆的轨迹, 速度为 15mm/s;
- (7) 抬起点胶头, 点胶结束。

全过程约为 4.7s。

4.2 试验验证

目前该全自动量化点胶机已经应用于型号的外热流制作中,图 3 为 XX 星某图号外热流实际点胶图。

从图 3 可以看出,利用该设备点出的胶点均匀美观、

在点胶量、点胶位置等方面的实现了精确控制,由机器代替人工操作,大幅度提升了点胶质量和效率。另外,该设备还可实现外热流加热片位置画线、点胶位置自动识别、胶点类型量化,模块化(可拓展)、全自动点胶等多项功能。

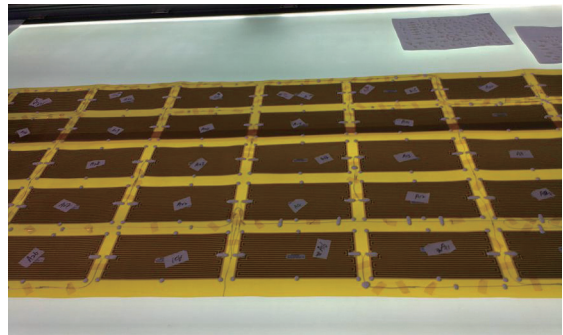


图3 自动量化点胶机点胶图

Fig.3 Dispensing diagram for automatic quantification dispenser

5 结束语

本文研发了一套总装专业化操作自动量化点胶系统,具体包含点胶机和双目测量系统两大部分,能够满足在卫星外热流生产过程中加热器位置自动画线、胶点位置智能选取、自动点胶等功能,有效地提升了外热流生产的效率和质量,并大幅度的提高了自动化程度,为航天专业化技术发展提供强有力的保证。

参考文献

- [1] 成钢,李尧.航天用 RTV GD414 硫化性能研究.真空与低温,2013,13(1):50-55.
- [2] 程方,张曦,张金松.基于机器视觉的点胶机定位系.机械设计与制造,2013(3):101-104.
- [3] 刘佳音,王忠立,贾云得.一种双目立体视觉系统的误差分析方法.光学技术,2003,29(3):354-360.

(责编 深蓝)

(上接第 140 页)

房至多工位的自动配送,为提高总装主线操作效率起到了有效的促进作用。

参考文献

- [1] 尹晓红.自动引导车运动分段控制技术[D].合肥:合肥工业大学,2011.
- [2] Sonka M, Hlavac V, Boyle R. Image processing analysis and machine vision. 北京:清华大学出版社,2011.
- [3] 李季.磁导引 AGV 的设计[D].济南:山东大学,2013.
- [4] 袁春兰,熊宗龙,周雪花,等.基于 Sobel 算子的图像边缘检测研究.激光与红外,2009(1):85-87.

(责编 深蓝)