

全自动锡膏印刷机运动控制系统的研究

Researching on motion control system of automatic screen printer

李钦 张宪民 邝泳聪 胡存银

(华南理工大学机械工程学院 广州 510640)

摘要: 以全自动锡膏印刷机为研究对象, 提出了基于 PLC 的印刷机运动控制系统的硬件体系结构, 完成了运动控制系统的软件设计, 将状态机思想引入于 PLC 程序的编写中, 不仅简化了编程, 而且有效保证了系统的稳定性及可靠性; 解决了电机需要切换倍频时的绝对位置定位问题, 提高了系统的运行速度及运动控制精度。

关键词: 锡膏印刷机; 运动控制; PLC; 状态机

中图分类号: TP273+.5

文献标识码: A

Abstract: Researching automatic screen printer, this paper proposes a hardware architecture of motion control system of automatic lead free screen printer based on PLC, completes software design of motion control system, introduce FSM thinking in the programming process, not only simplifies programming, but also guarantees the stability and reliability of system effectively; solves the problem of absolute positioning when motor need switching frequency, guarantees operating speed and motion control accuracy of system.

Keywords: screen printer; motion control; PLC; FSM

广东省教育部产学研结合项目(系列化全自动视觉无铅锡膏印刷设备及产业化) 编号: 2006D930304001 颁发部门: 中华人民共和国教育部与广东省科技厅、广东省财政厅

0 引言

全自动锡膏印刷机是 SMT (表面贴装技术) 生产线的关键设备之一。作为表面贴装生产线的第一道工序, 锡膏印刷质量的好坏对 SMT 产品的合格率有着极其重大的影响。影响锡膏印刷质量的一个最重要的因素是印刷机各部分的运动控制精度, 目前 SMT 产品的生产向高产出率和“零缺陷”方向发展, 在生产中, 印刷机必须长期稳定不间断的高速运行, 这就对其运动控制系统的运行速度、稳定性及可靠性提出了很高的要求。

1 全自动锡膏印刷机的工作流程

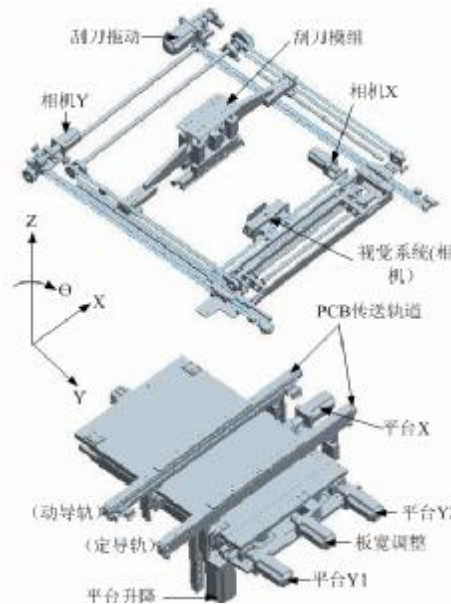


图1 锡膏印刷机主要部件简图

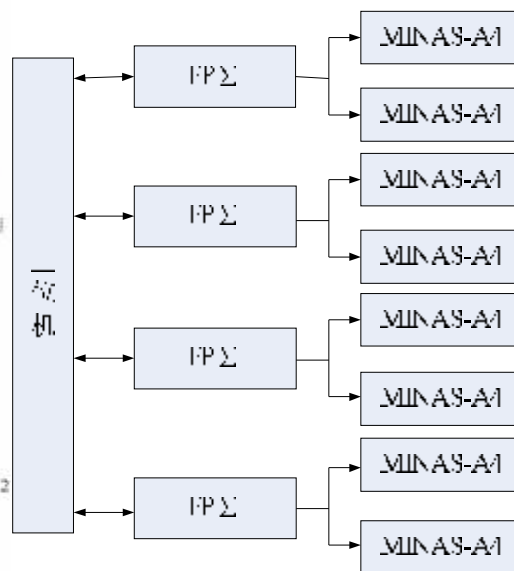


图2 运动控制系统结构示意图

如图 1 所示, 锡膏印刷机主要包括以下几个部件: 视觉系统, 刮刀模组, PCB 传送轨道, 纠偏定位平台。控制各部件运动的共有 8 个驱动轴, 其中, 板宽调整控制导轨前后移动, 将 PCB 传送轨道调整到与待加工 PCB 相应的宽度; 相机 X、相机 Y 控制相机移动到 MARK 点位置; 平台 X、平台 Y1、平台 Y2 控制纠偏定位平台前后、左右移动并旋转角度, 使 PCB 与钢网准确对齐; 平台升降控制纠偏定位平台升降, 完成平台工作位置切换; 刮刀拖动控制刮刀模组前后移动, 完成印刷。各驱动轴运动均为点位运动, 无联动要求。

印刷机的工作流程为: (1) PCB 通过 PCB 传送轨道进入印刷机后, 安装在 PCB 传送轨道上的 PCB 夹紧装置将 PCB 固定。(2) 视觉系统依次根据 PCB 及钢网上各自两个 MARK 点发出位置反馈信号。(3) 调整平台纠正 PCB 与钢网间的位置及角度偏差, 将 PCB 与钢网准确对齐。

(4) 纠偏定位平台上升到印刷位置, 刮刀模组上的刮刀前后移动将锡膏均匀的印刷到 PCB 的焊盘上。(5) 纠偏定位平台下降到原位, PCB 夹紧装置松开, PCB 传送带将 PCB 送出印刷机, 完成一个工作循环。

2 运动控制系统的硬件结构

综合考虑系统的控制要求、稳定性、兼容性及成本等因素, 本系统采用上下位机的形式, 下位机采用松下 FP Σ 小型 PLC, 每个 PLC 可以控制两台步进电机或伺服电机, 上位机通过 RS-232 接口建立与 PLC 的联系, 发送命令到 PLC, 控制锡膏印刷机的运行。如图 2 所示, 在整个印刷机运动控制系统中共包括 4 台 FP Σ 小型 PLC 和 8 台松下 MINAS-A4 伺服电机。

3 运动控制系统软件设计

系统软件的设计是运动控制系统设计中的重点, 主要包括三项内容: (1) 程序结构设计。(2) 状态编程的实现 (3) 运动控制程序设计。

3.1 程序结构设计

通过对锡膏印刷机工作方式进行分析, 可知印刷机各轴有着相同的基本运动方式: 原点搜索 (REFERENCE)、绝对位置定位 (ABS) 和点动控制 (JOG)。其中, 点动控制 (JOG) 用于印刷机的手动调试, 在正常运行中将被禁止使用; 原点搜索 (REFERENCE) 用于建立各轴运动的坐标原点; 绝对位置定位 (ABS) 用于在坐标原点建立后完成运动定位。

由于各轴有着相同的基本运动方式, 在编写控制程序时可以采用相同的程序结构。按照功能的不同将程序划分为 4 个模块, 如图 3 所示: 初始化、通信校验、运动控制及故障处理。在初始化中, 程序回到初始状态, 各参数恢复到初始值; 通信校验中, 对从上位机接收到的命令进行校验, 并对错误命令进行处理; 运动控制包括上述三种基本运动方式的实现; 故障处理中对运行过程中发生的故障进行处理。

3.2 状态编程的实现

在程序的整个工作过程中共有 6 个工作状态: 初始化状态、命令等待状态、故障状态、REFERENCE 状态、ABS 状态和 JOG 状态。由于在程序的各个工作状态之间没有明确的顺序关系, PLC 编程中最常用的顺序编程方法在这里并不适用。为了简化编程, 保证程序的稳定性与可靠性, 本文将状态机编程思想引入到程序的编写中。

状态机是一种具有指定数目状态的概念机, 它在某个指定的时刻仅处于一种状态, 状态的改变是由输入时间引起的状态变化。作为对输入时间的响应, 系统可以转变到相同或不同状态, 而输出时间可能是任意产生的。

如图 3 所示, 系统上电后, 程序从初始化状态跳转至命令等待状态, 接受上位机命令, 并对命令进行校验, 确定命令无误后, 开始运动状态判断; 运动状态共包括 REFERENCE 状态、ABS 状态和 JOG 状态, JOG 在完成第一次 REFERENCE 后就被禁止, ABS 则必须在完成第一次 REFERENCE 后进行; 如在运行过程发生故障, 程序将进入故障状态, 直到故障清除后, 回到命令等待状态。

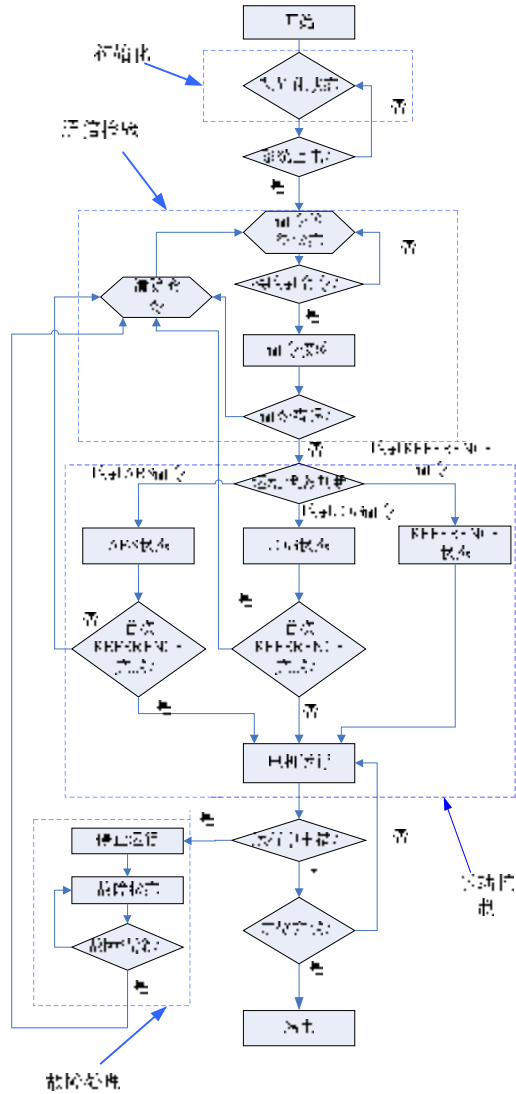


图3 程序整体流程图

3.3 运动控制程序设计

在运动控制程序设计时主要有两个问题需要解决，原点的建立和绝对位置定位的实现。

(1) 原点的建立

进行运动定位首先就必须建立各轴运动的坐标原点，在本系统中，原点的建立通过使用FPΣ内置的原点搜索功能来实现。如图4所示，FPΣ内置的原点搜索模式分为两种：利用近原点及原点信号输入回原点及只利用原点信号输入回原点。为了防止电机停止时发生大的冲击，在程序设计时，选用了图4(a)所示的运动模式1。

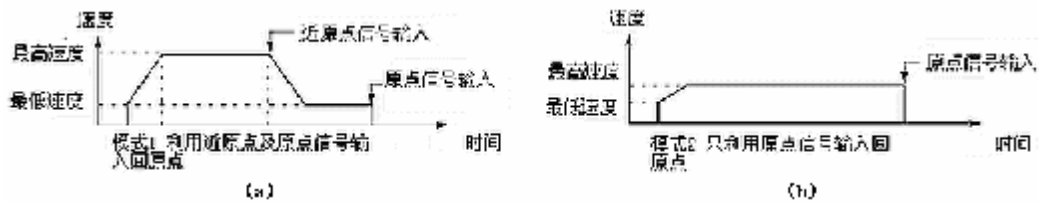


图4 FPΣ原点搜索模式示意图

(2) 绝对位置定位的实现

在进行绝对位置定位时,为了保证系统的运动控制精度,伺服电机的分辨率被设置在最高分辨率,按FP Σ 支持的最高脉冲发送速度,在没有倍频的情况下,电机的最高转速只能达到10转/秒,将无法达到锡膏印刷机所需要的运行速度。为了满足锡膏印刷机的需要,本文使用伺服电机驱动器自带的倍频功能来提高电机运行速度,倍频数设置在20倍。

FP Σ 在进行定位控制时有两种模式:绝对型(输入目标位置为绝对位置)和增量型(输入目标位置为相对位置)。如果没有倍频,选择绝对型控制模式更为适合。但在倍频后,为了保证运动控制精度,必须把脉冲发送分为两个阶段:高频阶段(开启倍频)及低频阶段(关闭倍频)。倍频后无法使用PLC内部的位置寄存器来表示当前位置,在处理坐标关系时,选用绝对型控制模式反而更为复杂。

为了更好的处理坐标关系,简化程序编写,本文中选用增量型控制模式来实现绝对位置定位,通过FP Σ 发送开关量信号来控制倍频的切换。在PLC内部位置计算以脉冲为单位,假设输入目标位置为N,当前所处位置为M,首先用N减去M得出位移S,然后用S整除20得到的商和余数就分别为高频阶段脉冲数量P和低频阶段脉冲数量Q,最后将P和Q相加,得出定位总共需要发送的脉冲数W。完成上述计算后,开始发送脉冲,首先开启倍频,清零位置寄存器,发送高频阶段脉冲,当第一段脉冲停止且位置寄存器当前值与P相等时,认定高频脉冲发送完毕。这时关闭倍频,发送低频脉冲,当位置寄存器当前值与W相等时认定全部脉冲发送完毕,定位完成。

4 运动控制系统性能测试及实验结果

在系统性能测试中包括两项内容:(1)运动控制精度测试。(2)可靠性和稳定性测试。

不失一般性,本文以精度要求最高的调整平台为例,对平台X向及Y向的定位精度进行实验测试。实验中利用分辨率为1nm的RENI SHAW-ML10激光干涉仪进行测量。

定位精度测量方法为将平台总行程6mm分为10个等分段作往返运动,测试3个循环各分点位置偏差数据,图5所示的为平台X向及Y向位置精度曲线,在图中,标示为1的曲线所示为前进行程位置偏差,标示为2的曲线所示为反向回程位置偏差,由图可知,平台X向及Y向位置误差均在 $\pm 10\mu\text{m}$ 以内。

可靠性和稳定性方面通过客户反馈来获得测试信息。目前全自动视觉锡膏印刷机已投入市场,从用户反映看,印刷机可持续稳定工作15天以上。

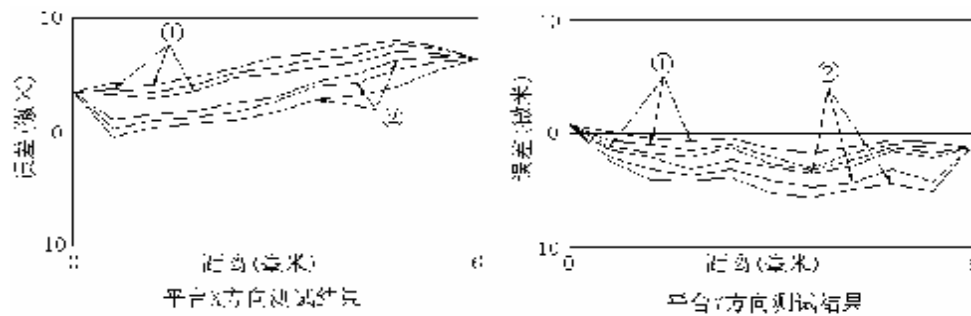


图5 平台X向和Y向位置精度曲线

5 结束语

本文研究了全自动视觉无铅锡膏印刷机的运动控制系统。实际测试和应用结果表明,本运动控制系统控制精度高,运行稳定可靠,完全可以满足全自动视觉锡膏印刷机的使用需要。本文作者创新点:将高级编程思想中的状态机思想引入到PLC程序的编写中,简化了程序编写,提高了程序稳定性与可靠性,为PLC程序的编写提供了一种新思路。使用增量型控制模式完成绝对位置定位,解决了电机需要切换倍频时的绝对位置定位问题。

经济效益:目前印刷机已投入市场,但由于目前尚处于市场开发的早期阶段,具体经济效

益目前无法考证。

参考文献

- 1 Glenn Wyllie, Mark Norris 2D Or Not 2D, That Is The Question! 09/21/2003 Conference: SMTA International
- 2 吴振纲, 陈虎。PLC 的人机接口与编程 [J]。微计算机信息 2005, 8-1: 21-23
- 3 王华, 张宪民, 欧阳高飞。平面三自由度微动工作台的输入耦合分析。中国机械工程 2005, 16(5): 377~380
- 4 王常力, 罗安。分布式控制系统设计与应用实例[M]。北京: 电子工业出版社 2004
- 5 张进秋, 陈永利。可编程序控制器原理及应用实例[M]。北京: 机械工业出版社 2003

作者简介: 李钦 (1981-), 男 (汉族), 江西省永新人, 华南理工大学机械工程学院, 硕士生, 主要研究方向是现代控制技术。张宪民 (1964-), 男 (汉族), 河北省涿州人, 华南理工大学机械工程学院, 副院长, 教授, 博士生导师, 主要研究方向是精密装备与现代控制技术。

Biography: Li qin (1981-), male (Han), Jiangxi province, South China University Of Technology, the college of Mechanical Engineering, postgraduate student, engaged in search of modern control technology. Zhang xian min (1964-), male (Han), Hebei province, South China University Of Technology, the college of Mechanical Engineering, Vice President, professor, doctoral supervisor, engaged in search of Precision equipment and modern control technology.