

Rotary Silo Control System Design

Xiaogang Wu

Shaanxi Hailite Precision Machinery Co., Ltd., Baoji, Shaanxi, 721000, China

Abstract

The rotary silo control system described in this paper has simple structure, low cost, and is realized by PLC control stepper motor, which is specially designed and developed for the processing of accessories in Chinese stepper motor industry, finally, the blank positioning accuracy is high, which can reach $\pm 0.05\text{mm}$, which meets the needs of high-speed feeding of truss robots.

Keywords

silo; PLC control; stepper motor

回转料仓控制系统设计

吴小刚

陕西海力特精密机械有限公司, 中国·陕西 宝鸡 721000

摘要

论文所述回转料仓控制系统结构简单, 成本低, 通过PLC控制步进电机实现, 是专门针对中国步进电机行业配件加工而设计开发的, 最终实现毛坯定位精度高, 可达 $\pm 0.05\text{mm}$ 以内, 满足了桁架机器人高速送料的需求。

关键词

料仓; PLC控制; 步进电机

1 引言

现阶段, 围绕智能制造、节约人力成本, 桁架机器人的应用越来越广泛, 与之相配套的各种送料系统层出不穷, 回转料仓就是其中最为重要的送料系统之一。

2 技术背景

通过参观北京、上海等中国的机床展会, 发现中国目前用于桁架供料的回转料仓控制主要以传感器+异步电机的方式进行。其中, 传感器定位精度可以达到 $\pm 0.1\text{mm}$, 多以对射式接近开关为主, 毛坯通过异步电机推动向上移动。当移动到对射传感器遮挡时, 异步电机刹车停止, 停止位置即为毛坯定位位置, 而此定位位置的精度影响因素很多, 毛坯的数量、刹车片的摩擦力、移动距离都会影响到定位精度, 最大误差可以达到 2mm 左右, 就是所有外在因素都基本一样, 多次重复定位误差也在 1mm 左右。这就要求桁架机械手抓取毛坯的允许误差范围非常大, 大的移动误差范围, 必然对速度造成影响, 在速度要求非常高的场合, 就失去了优势。

【作者简介】吴小刚(1978-), 男, 中国陕西宝鸡人, 助理工程师, 从事数控机床电气自动化控制研究。

3 技术原理及设计要求。

结合本公司机床自动化产品所面对的步进电机零件加工市场, 通过各种方案的对比, 选择了PLC+步进电机的控制方式, 料仓为12工位, 每工位可放置毛坯25件, 一次最多可以装毛坯300件, 每个毛坯加工时间15.8秒, 共可加工79分钟, 装一次料需要5分钟, 取料2分钟, 每人至少可以看管10台设备, 满足用户实际加工需求。

为了满足15.8秒的加工节拍, 对回转料仓的送料时间, 提出最大不得超过10秒钟的要求。推料机构的最大移动距离为 400mm , 除去毛坯定位2秒, 推料最大时间必须小于8秒, 选用的螺杆螺距为 5mm , 由此推算步进电机必须在8秒内让螺杆旋转80转, 也即步进电机的转速必须大于等于 600rpm 。由机械工程师测算的力矩需求为 0.48Nm ^[1]。

电机旋转一周, 工件直线上升 5mm , 要保证工件的定位精度小于 0.05mm , 按步距角公式: $360^\circ / (\text{每周移动距离} / \text{精度要求})$, 可得步进电机最小步距就必须小于 3.6° , 按步进电机的规格, 可以选择 1.8° 步距角的电机。通过细分驱动控制, 可以将分辨率提得更高。

由步距角 1.8° , 600rpm 保证力矩 0.48Nm , 选择 60mm 标准步进电机, 电机型号24H269-04S, 电机参数如图1所示。

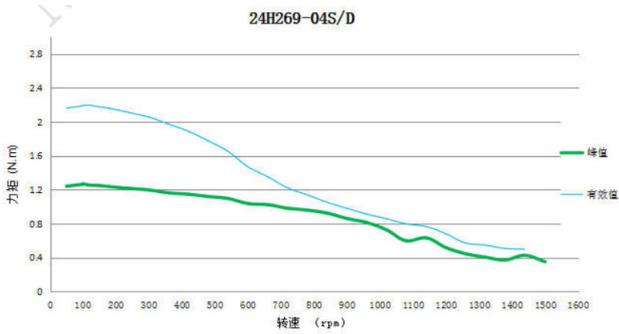


图 1 电机参数

控制所需的按钮、传感器等供需 14 个输入点，输出点供需 6 个点，选择台达 DVP30EC00T3 PLC 作为控制元件，为了提高用户零件多品种的加工需求，配备文本显示窗 TP04G-BL-CU，作为用户修改加工参数的人机界面 [2]。

4 实现方式

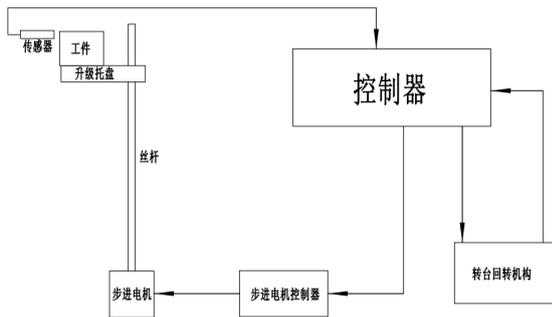


图 2 回转料仓控制系统结构

其中，控制器部分由 PLC、文本显示窗、继电器、按钮、电源等组成（如图 2 所示）。PLC 控制通过继电器控制电磁阀动作，实现转台的旋转，PLC 脉冲输出控制步进电机旋转，驱动丝杆旋转，升降托盘推动工件移动，传感器判断每层是否有工件。控制系统的接线如图 3 所示。

本控制器整个控制上料过程中，重点要解决的技术难题就是“避免空操作”，如果那个工位上没有工件，或者那个工位上工件放置数量少于应放数量，如何避免桁架机器人空操作，保证桁架机器人每次都能抓取到工件。为了解决这个问题，共安装了两组传感器，其中一组用于检测工位是否有料。当回转工作台旋转前，首先判断下一工位是否放置有工件，如果没有工件，回转工作台连续旋转，跳过无工件工位。当有工件工位旋转到当前工位时，再启动托举机构推动工件移动。如果当前工位工件少于应放数量，由有料检测传感器检测是否将工件托举到位；如果未检测到工件，托举机构继续向上移动，直到有料检测传感器检测到工件位置为止。

在实际加工测试中，经常误检测传感器发射光源的分散性，甚至有些工件中间孔比较大，偶尔无法全部遮挡传感器光源，也会检测失误。通过和多家用户沟通，总结了用户有代表性的工件共 18 个品种。寻找这些工件的共性，找到合适的检测点，通过测试，成功率大幅提高，但也有失误。哪怕是 1% 的失误，这对于自动化加工也是非常致命的，会严重影响整个生产线的加工效率。

为了攻克这一难关，首先想到的是光纤传感器，但在评审过程中，由于价格因素未能全票通过，如图 4 所示。

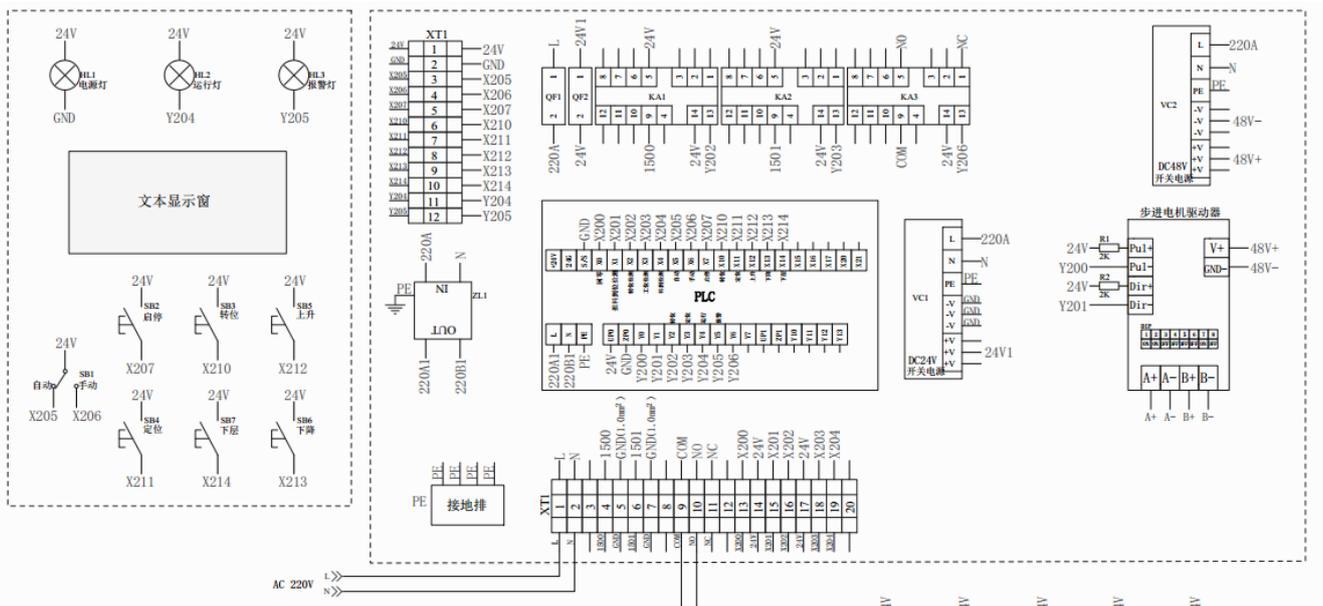


图 3 回转料仓控制系统接线方式

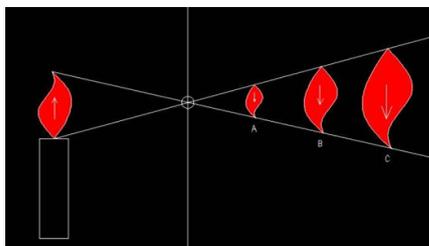


图4 光纤传感器

后来受到小孔成像的启发，找到了一个合理的低成本方案。在传感器发射端前方，加工一个滤光零件，滤光零件通过直径0.8mm的通道，将传感器光源聚集，屏蔽掉所有的发散光束，使传感器受光端所接收到的光束成为一个直接1mm左右的点。通过测试，未再发现检测失误，设备后来在用户现场使用过程中也未出现过检测失误^[3]。

5 程序设计

程序流程图如图5所示。

在PLC程序设计过程中，重点需要解决的技术难题就是位置纠错。整个程序在运行过程中，短时间不会有任何问题，测试时间越长，由于累计误差的缘故，推送工件位置会发生比较大的偏差。为了解决这一问题，在程序中增加了纠错程序，在每个工位开始推送工件前，程序先会对当前位置进行纠错，消除累计误差或由于步进电机丢步导致的位置偏差，保证工件的定位准确性。图6为纠错程序的一部分。

通过增加纠错程序以后，回转料仓在用户现场使用未再出现推送位置偏差。

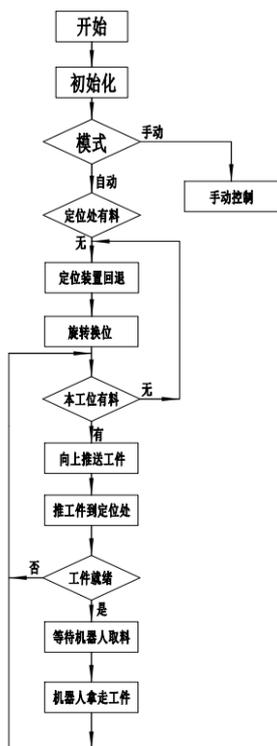


图5 程序流程图

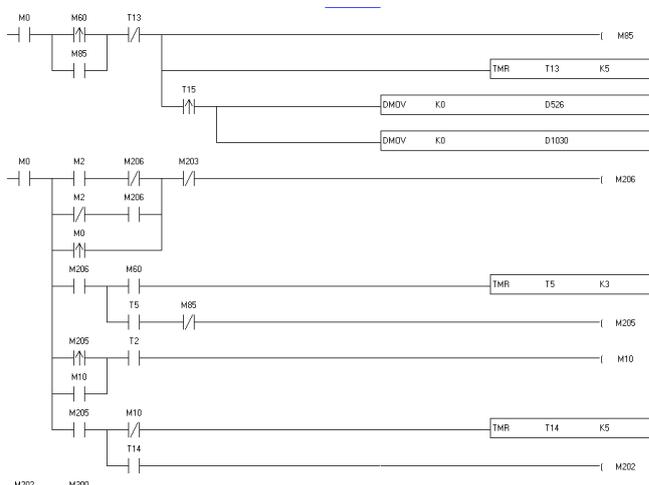


图6 程序纠错

6 改进完善

回转料仓在用户现场使用两个月后，用户更换了一个全新的工件，此工件增加了一个凸合，在推料定位过程中偶尔会出现两个工件叠放在定位平台。厂里专门安排工程师前往用户现场调研，通过反复试验，发现在推料过程中由于凸合的缘故，工件放置不平整，而且每次出现问题时停放角度各不相同，导致传感器检测不到工件，推送机构就会再次推送一个工件，从而出现工件叠放现象，通过反复调整传感器位置，问题有所改善，但效果还是不理想，偶尔还会出现

问题。通过反复试验，最终引入了二次推料功能，通过文本显示窗设置是否使用此功能，如图7所示。对有凸合的工件，启用二次推料，可靠地解决了这一问题，保证了用户产品的胜利加工，提高了回转料仓工件的适应性。



图7 二次推料功能显示窗

7 结语

回转料仓控制系统通过在用户现场1年多24小时不间断工作，整个系统工作可靠、稳定，完全符合步进电机配件的加工节拍需求，和回转料仓机械部分完美结合，现已成为海力特自动化机床的标准产品。控制系统专利号：ZL 2018 2 1919039.3；程序著作权登记号：2018SR819779。

参考文献

[1] 刘显忠,杜泽强.基于台达PLC的物流运输控制系统的设计[J].电子元器件与信息技术,2021,5(4):65-67.
 [2] 刘振全.《台达PLC编程技术及应用案例》出版上市[J].石油化工自动化,2014,50(4):46.
 [3] 林伦焘.传感器技术及应用前景[J].三明职业大学学报(综合版),1995(S1):62-64+72.