

基于运动控制器的食品成品箱码垛机设计

Design of stacking machine for finished food boxes based
on motion controller

吴晓强¹

黄云战²

赵永杰³

WU Xiao-qiang¹ HUANG Yun-zhan² ZHAO Yong-jie³

(1. 内蒙古民族大学机械工程学院, 内蒙古 通辽 028000; 2. 云南农业大学工程技术学院, 云南 昆明 650201;

3. 昆明铁道职业技术学院, 云南 昆明 650208)

(1. Inner Mongolia University for the Nationalities College of Mechanical Engineering College, Tongliao, Inner Mongolia 028000, China; 2. College of Engineering and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China; 3. Kunming Institute of Railway Technology College, Kunming, Yunnan 650208, China)

摘要:设计一种食品成品箱码垛机,采用“PC 机+多轴运动控制器”方式进行控制,以 PC 机作为上位机,多轴运动控制器作为下位机,上下位机之间采用标准以太网进行通讯,人机界面与多轴运动控制器之间通过 RS232/485 标准接口进行通讯,通过上下位机之间的通讯完成码垛工作。可实现码垛功能,减轻了劳动量,提高了工作效率,为食品成品箱码垛机的设计提供了一条新思路。

关键词:码垛机;食品成品箱;运动控制器;PC 机;设计

Abstract: A kind of finished food boxes stacking machine was designed based on "PC + motion controller". Taking PC as the upper computer and multi axis motion controller as the lower computer, communication between the upper and lower machine used standard Ethernet, HMI and multi axis motion controller communicated via the RS232/485 standard interface, and completed the stacking work via the upper and lower computer. It can realize the function of stacking, reduce the amount of labor, and improve work efficiency. And it provides a new idea for the design of the stacking machine.

Keywords: stacking machine; finished food boxes; motion controller; PC; design

随着食品行业的快速发展,自动码垛作业应用逐渐广泛,码垛机发挥着越来越重要的作用,采用码垛机作业不仅可以提高效率,还可以保障工人人身安全^[1]。现阶段码垛效率低下的问题严重制约了中国食品行业物流的发展,使用码垛机可以执行大批量的码垛任务。弥补了人工作业的不足,可以降低工人劳动强度、提高生产效率、降低生产成

本^[2-4]。

现阶段大多数码垛机采用 PLC 进行控制,但一般 PLC 用于大型工控场合,用在码垛机上其灵活性相对较差,系统不够稳定、可靠性低,许多功能都用不到,造成资源浪费,性价比很低,不利于码垛机的发展^[5-7]。近年来,运动控制器由于其使用方便、通用性好,在自动化控制领域逐渐成为主导产品。使用运动控制器的系统可靠性好、灵活性强、系统可扩展,在应用中可以根据实际需求进行设计使用,避免了资源浪费^[8],本设计采用以运动控制器为核心的控制方式对食品成品箱码垛机进行设计,其自动化程度高、精度高、可靠性好,具有一定的实用价值。

1 系统工作要求及总体控制方案

1.1 码垛机工作要求

码垛机的工作原理为:货盘水平方向或是一定高度之上接收即将进行码垛的成品箱,成品箱从货盘中装入托盘中,组合成一层;接下来码垛机进行第 2 层成品箱的组合,组合完成后第 1 层成品箱向下降一层,第 2 层成品箱放置于第 1 层成品箱之上,重复上述动作,货盘一层一层下降,直到成品箱码好到指定要求^[9],码好的货盘降到叉车可以运送的高度,运送到指定地点。

码垛机工作要求如图 1 所示。需要 3 台伺服电机分别对 X、Y、Z 3 个方向进行驱动,控制 3 个方向的动作,其中:X 方向伺服电机驱动码垛机在“行”方向行走,进行成品箱的推动;Y 方向伺服电机驱动码垛机的升降台进行升降动作,将成品箱分层;Z 方向伺服电机驱动左右方向的货叉进行相应的工作。

基金项目:国家科技部农业科技成果转化项目(编号:2011GB2F300003)

作者简介:吴晓强(1986—),男,内蒙古民族大学讲师,天津大学在读博士生。E-mail: wangzai8402@163.com

收稿日期:2014-12-24

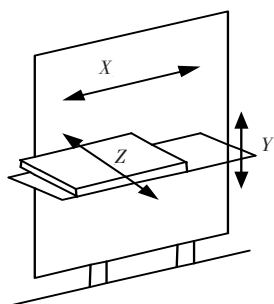


图 1 码垛机工作要求

Figure 1 The working requirement of stacking machine

1.2 总体控制方案

根据码垛机的工作要求,采用以“PC 机+多轴运动控制器”的方式对该码垛机进行控制,其中控制核心为多轴运动控制器,采取上下位机方式,以 PC 机作为上位机,多轴运动控制器作为下位机,通过上下位机之间的通讯完成码垛工作。通过人机界面进行码垛机的控制操作以及运行状态的显示。上下位机之间采用标准以太网进行通讯,人机界面与多轴运动控制器之间通过 RS232/485 标准接口进行通讯,总体控制方案如图 2 所示,该方案可实现码垛机的工作要求,实现码垛功能。

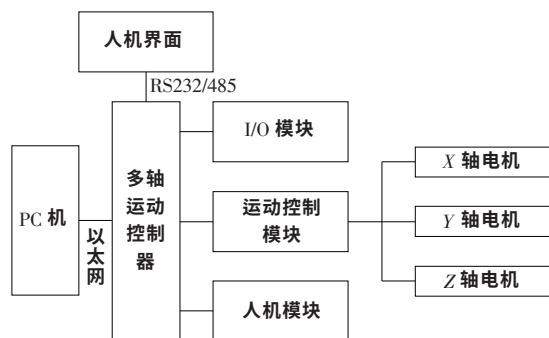


图 2 总体控制方案

Figure 2 The overall control scheme

2 硬件设计

2.1 多轴运动控制器

多轴运动控制器一般多基于数字信号处理,具有响应快、精度高、扩展性好的优点。它是控制工作的核心硬件。食品成品箱码垛机所使用多轴运动控制器要求可以与上位机——PC 机进行实时通讯,准确快速地将信号发送到伺服电机驱动器,同时对反馈信息进行准确快速的处理,通过上下位机之间的配合实现码垛机的精准控制。通过调研,本设计所采用的多轴运动控制器为英国 Trio 公司的 Trio MC403 多轴运动控制器,该控制器可以对 3 个轴进行控制,其中包括伺服电机,也包括步进电机。同时该控制器还具有以太网、USB、RS232/485 等标准接口,开放性较好,可以与多种硬件进行通讯,大大地增加了选择的灵活性。该控制器程序

编写使用 Trio 公司提供的“Motion Perfect V3”,程序编写语言采用 Trio 公司开发的 Trio Basic 语言,该语言与 Basic 语言相似,便于上手。

2.2 伺服系统

伺服系统是码垛机运行的驱动装置,多轴运动控制器通过接收的信息将指令发送到伺服驱动器,伺服驱动器将指令转化为脉冲驱动伺服电机运动。通过对 X、Y、Z 3 个轴的驱动以及与其他硬件的配合实现食品成品箱的码垛工作。伺服控制系统选型主要考虑负载特性与电机自身特性的匹配。经过选型计算,本设计所采用的伺服系统为施耐德 Lexium 05 伺服系统,该伺服系统进行精确的位置控制,可以满足码垛机的工作需求。该伺服系统与多轴运动控制器连接见图 3。

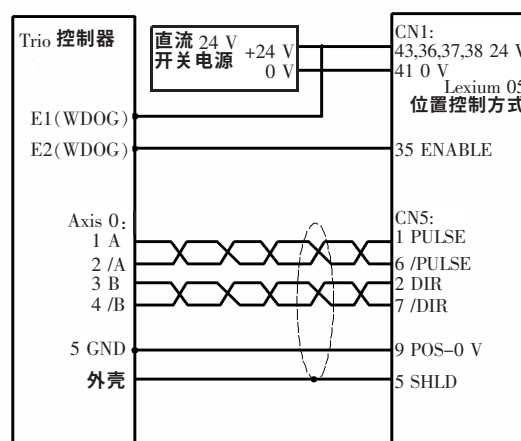


图 3 Lexium 05 系列伺服系统与 Trio 控制器连接图

Figure 3 The figure of Lexium 05 servo system connected with the Trio controller

2.3 人机界面

人机界面是码垛机操作的控制界面,码垛机要求人机界面可以进行参数的输入与实时显示,以及对码垛机的运动控制。所使用人机界面必须处理速度快,储存量大,交互性好。经过调研,笔者采用屏通人机 PL104-VST,人机界面尺寸为 10.4 寸(800×600)65 536 色彩色 TFT 液晶显示屏,程序内存最大为 16 MB 具有 3 个标准串行接口,2 个 USB 接口,对人机界面程序的编写可以直接使用屏通公司提供的“触控大师”软件,省去了使用其他程序语言的麻烦。屏通人机与运动控制器的通讯见图 4。

3 软件设计

3.1 运动控制模块

码垛机的软件采用模块化设计,分别为 I/O 模块、运动控制模块、人界模块。运动控制模块是码垛机操作的核心,运动控制模块流程图见图 5。

码垛机分为手动控制与自动控制两种操作方式。其中,手动控制时,手按下相应按钮伺服电机即进行相应的操作,手松开后伺服电机停止操作,使用人员可以根据使用需求对

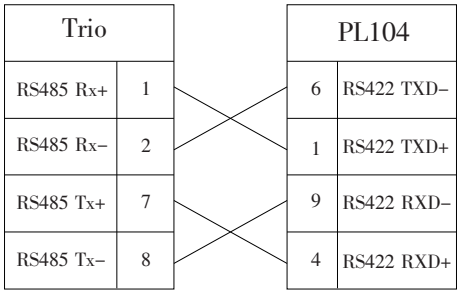


图 4 屏通人机与 Trio 控制器通讯图

Figure 4 The figure of PL104-VST connected with the Trio controller

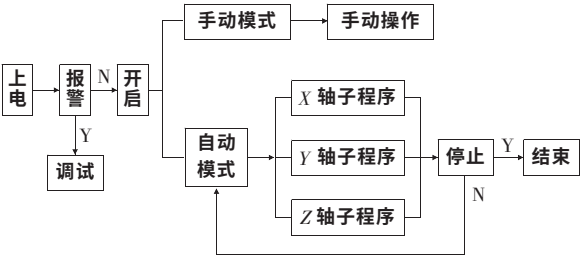


图 5 运动控制模块流程图

Figure 5 Motion control module flow chart

其进行灵活的操作;自动控制时,点击开始运行按钮,码垛机系统即可调用相应的子程序,并循环扫描各个 I/O 接口的状态,通过信息的反馈控制伺服电机进行相应的操作,进行自动码垛。码垛机系统的程序编写界面见图 6。上述运动控制程序代码也在下面予以给出,但由于篇幅限制,只能给出部分代码。

部分程序代码:

SHOUDONG:

```
IF IN(1)=1 THEN //如果手动按钮打开
    CANCEL(1) //取消轴的其他操作
IF IN(2)=1 THEN //如果 X 轴正向运动按下
    BASE(0) //选择 X 轴
```

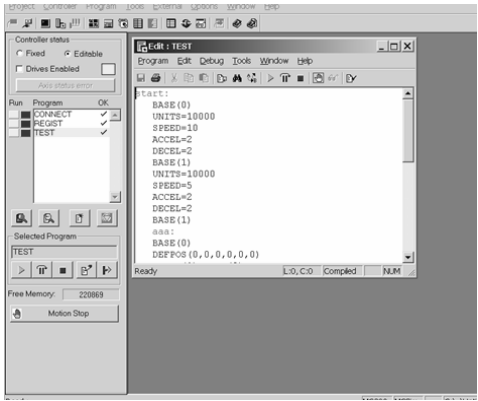


图 6 编程界面

Figure 6 Programming Interface

```
FORWARD //X 轴正向运动
WAIT UNTIL
IN(2)=0 // X 轴正向运动松开
CANCEL
CANCEL //X 轴停止运动
ENDIF
IF IN(3)=1 THEN //如果 Y 轴正向运动按下
    BASE(1) //选择 Y 轴
    FORWARD //Y 轴正向运动
    WAIT UNTIL
    IN(3)=0 // Y 轴正向运动松开
    CANCEL
    CANCEL //Y 轴停止运动
ENDIF
IF IN(4)=1 THEN //如果 Z 轴正向运动按下
    BASE(2) //选择 Z 轴
    FORWARD //Z 轴正向运动
    WAIT UNTIL
    IN(4)=0 // Z 轴正向运动松开
    CANCEL
    CANCEL //Z 轴停止运动
ENDIF
ENDIF
GOTO SHOUDONG
```

3.2 人机模块

人机模块是操作人员与码垛机控制系统进行直接交互的窗口,操作人员根据实际情况通过人机界面输入参数,监测运行状态。人机模块设计的原则是以人为本,必须要减少操作人员的生理和心理负担^[10],根据码垛机工作要求与运动控制模块和 I/O 模块的设计,编制人机模块界面的一部分如图 7 所示。该界面主要码垛机的操作,参数的设置与运动状态显示等。

4 结束语

本研究通过“PC 机+多轴运动控制器”的方式设计了食品成品箱码垛机,可实现食品成品箱的自动码垛,可用于



图 7 人机交互模块

Figure 7 HMI module

(下转第 110 页)

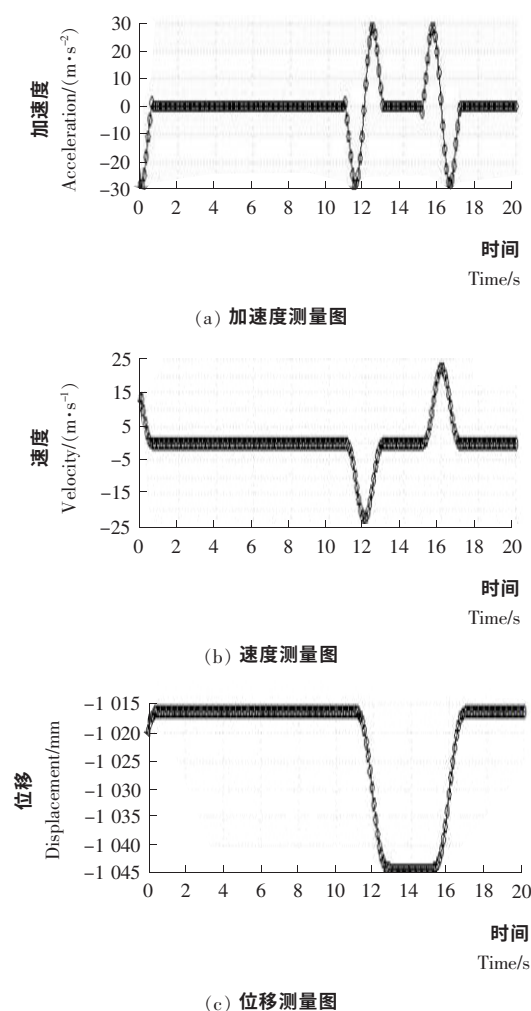


图8 左落料管的测量图

Figure 8 Measurement chart of the left blanking tube

速度都是平稳地过渡,并没有突变现象的出现,这样很好地保证了在工作过程中落料管对铝箔卷并无冲击和惯性力。

3 结论

(1) 本试验提供了一种新型的脱料机构,用凸轮驱动代替了之前的气缸驱动,该机构克服了原先的技术缺陷,新型的凸轮脱料机构传动精度高、运行平稳、振动冲击较小,很大程度地提高了铝箔分卷机工作的稳定性,为铝箔分卷机的分卷速度的提升奠定了基础。

(2) 在 Pro/e 环境下,对端面圆柱凸轮进行了参数化建模,其轮廓曲线采用特定的多项式曲线来表达,保证了该凸轮在工作过程中体现出良好的运动特性。此外,端面圆柱凸轮的数字化建模,为其后期的数控加工奠定了基础^[9-11],从而避免了传统工艺加工端面圆柱凸轮所带来的劣势。

(3) 在 Pro/e 环境下利用运动分析模块对脱料机构进行了运动仿真分析,不仅清楚直观地观察了落料管的位置、速度、加速度等重要动力学参数,而且通过调整确定了左右两脱料凸轮的最佳相位角,缩短了设计周期,提高了设计的准

确性,并为后期的结构优化提供了参考。

参考文献

- 葛正浩,杨芙莲. Pro/engineer wildfire 4.0 机构运动学与动力学仿真及分析[M]. 北京:化学工业出版社,2009.
- 吕长生,姜大成. 基于 Pro/E 的圆柱凸轮机构设计与运动仿真[J]. 设计与制造,2009(3):96~98.
- 二代龙震工作室. Pro/Mechanism Wildfire 3.0/4.0 机构/运动分析[M]. 北京:电子工业出版社,2008.
- 张策. 机械原理和机械设计[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- 闻邦椿. 机械设计手册[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
- Sun Jianping, Tang Zhaoping. The parametric design and motion analysis about line translating tip follower cam mechanism based on model datum graph[J]. Procedia Engineering, 2011(12):439~444.
- 张继春,王剑峰. 圆柱凸轮的参数化造型和运动仿真[J]. 科学技术与工程,2006,6(9):1 213~1 215.
- Zhang Youhu, Xia Qiuhua. Conical cam mechanism parametric design and movement simulation based on Pro/E[J]. Journal of Mechanical Transmission, 2011,35(1):31~33.
- 陈建刚. 端面凸轮参数化建模与仿真加工[J]. 陕西理工学院学报(自然科学版),2011,27(4):7~10.
- Fu Yan-ming. Analysis and design of the globoidal indexing cam mechanism[J]. Journal of Shanghai University, 2000, 4(1):54~59.
- 侯卫平,钟苏丽. 基于 UG NX 的变螺距螺旋面风道的设计[J]. 食品与机械, 2011,27(4):104~105.

(上接第 106 页)

多种食品中。为码垛机的设计提供了一条新的思路。

参考文献

- 李华安. 码垛机器人备受物流、食品和石化行业青睐[J]. 自动化信息, 2013(3):11.
- 李晓刚,刘晋浩. 码垛机器人的研究与应用现状、问题及对策[J]. 包装工程, 2011(3):96~102.
- 朱学建,马永,冯渝,等. 直角坐标机器人瓶坯装箱生产线控制系统[J]. 食品与机械, 2012, 28(6):1~5.
- 赵伟,梁楠,朱学建,等. 基于盐业成品箱的码垛机设计[J]. 盐业与化工, 2013, 42(5):31~34.
- 董爱梅. 基于 PLC 的聚乙烯包装码垛机控制系统设计[J]. 包装工程, 2005(1):39~40.
- 王明武. 基于 PLC 的全自动铝锭码垛机设计[J]. 机床与液压, 2012(2):101~103.
- 王平,黄玉志. 基于 PLC 控制的包装码垛生产线的设计[J]. 电子设计工程, 2011(5):35~38.
- 吴宏,蒋仕龙,龚小云. 运动控制器的现状与发展[J]. 机械制造技术与机床,2004(1):24~27.
- 左青,王贵生. 全自动码垛机的应用[J]. 中国油脂, 2010(2):66~68.
- 杭久成. 浅析数控机床触摸屏人机交互界面设计[J]. 机械制造,2008,46(3):23~26.