

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2017.09.015

基于 PLC 的自动摆盘机控制系统开发*

窦 蒙, 万 熠*, 王从宏, 任 冰
(山东大学 机械工程学院, 山东 济南 250061)

摘要:针对食品加工行业人工摆放物料的劳动强度大、生产效率低的问题,设计了一套基于 PLC 的自动摆盘机系统。该系统以压缩空气为介质,驱动气动执行件动作,对生产环境的污染小。根据所需抓取物料的重量以及减轻对物料原有形状的破坏,确定系统所需压力,进一步确定气动执行件的尺寸。运用 solidworks 建立自动摆盘机机械结构的三维模型,主要包括物料传送带,托盘传送带,滑轨,支撑结构等。根据摆盘机所需完成的动作,选择控制系统所需模块,建立 PLC 硬件接线方案和梯形图。通过 PLC 程序控制气动执行件完成移动、伸缩、回转等动作,最终摆盘系统实现抓取和摆放工作。研究表明:此自动摆盘机每分钟能够抓取 100 – 120 个物料,提高了食品行业的自动化水平,具有结构简单、适应性广等优点。

关键词:自动摆盘;PLC 控制;气动

中图分类号:TH39;TP24

文献标志码:B

文章编号:1001-4551(2017)09-1028-04

Design of control system for automatic placing machine based on PLC

DOU Meng, WAN Yi, WANG Cong-hong, REN Bing

(School of Mechanical Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China)

Abstract: Aiming at reducing the labor intensity and improving the production efficiency in food industries, the automatic placing machine based on PLC was designed. The pneumatic actuators were driven by compressed air, which had no pollution to the environment. According to the weight and the shape of the objects, the pressure of the system and the sizes of pneumatic actuators were determined. The solidworks was used to establish 3D model of mechanical structure, which included material conveyor belt, tray conveyor belt, slideway and support structure. According to the action of the automatic placing machine, the PLC modules were selected. Then the hardware wiring project and ladder diagram of PLC were established. The pneumatic actuators were controlled by the program, which could realize the action of moving, scaling and rotating. Then the automatic placing machine could grab and place automatically. The results indicate that the automatic placing machine can grab 100-120 materials per minute. This automatic placing machine can improve the automation level of the food industry, which has the advantages of simple structure, strong adaptability and so on.

Key words: automatic placing; PLC control; pneumatic control

0 引 言

面点加工的设备主要由和面机、成型机、摆盘机、醒发箱、蒸柜等辅助设备组成。其中,和面机、成型机、醒发箱、蒸柜已经比较成熟,但是摆盘技术还比较欠缺。在食品行业实际生产中,物料的摆放工作仍然主

要是人工完成。以馒头生产线为例,当馒头成型机连续不断地将加工成型的馒头经输送带送至摆盘工作人员面前,一般需要 2 – 3 人去完成馒头的摆放。一方面,这种高频率重复作业很容易使人厌倦,不利于身心健康,继而影响生产;另一方面,人工摆放增加二次污染的几率。为了改变这种现状,实现食品行业流水线

收稿日期:2017-01-18

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51575320)

作者简介:窦蒙(1986-),女,山东菏泽人,硕士研究生,主要从事食品机械方面的研究。E-mail:17862975793@163.com

通信联系人:万熠,男,教授,博士生导师。E-mail:wanyi@sdu.edu.cn

生产,需要设计一种物料自动摆盘机^[1-3]。

目前,自动摆盘机主要有旋转溜管式自动排放机和基于机器视觉的自动分拣机器人两种形式。旋转溜管式自动摆盘机的工作原理是:步进电机按照规定频率带动旋转溜管转动,生面团通过旋转溜管并沿着分配盘上指定的导向溜管落入托盘。基于机器视觉自动分拣机器人集成机器视觉、机器人、运动控制等先进技术,采用机器视觉算法,对运动食品进行定位与跟踪。再通过运动控制器,驱动并联机器人和夹持器动作,将食品按要求摆放。前者机械结构较复杂,适用性低,而且摆放不整齐,实际使用中还需要人工整理;后者基于机器视觉和并联臂,动作迅速,智能化水平高,可用于形状不规则、摆放要求高的条件下,但是其成本高。由于食品行业利润偏低,多是小规模生产,对馒头、面包、月饼等形状规则,摆放无方向要求的场合下不适合采用基于机器视觉的自动分拣机器人^[4-6]。

基于上述两种方案的特点,本研究提出一种基于 PLC 控制的自动摆盘机,该机采用气压传动方式^[7-9]。

1 系统硬件设计

本研究提出的自动摆盘机硬件系统主要由机械结构、气动回路和 PLC 控制系统等组成。

1.1 机械结构

自动摆盘机的机械结构主要包括物料传送带,托盘传送带,滑轨,支撑结构等。物料传送带由异步电机驱动,速度为 1 m/s ~ 3 m/s,与前端物料分距装置相衔接,将待放置物料输送至摆盘机的取放机构前。托盘传送带由异步电机和变频器控制,与托盘放置机构相衔接,将等间距放置的托盘输送到抓手放置的位置。支撑结构主要是支撑和安装气缸和气动手指。

通过 solidworks 建立三维模型如图 1 所示。

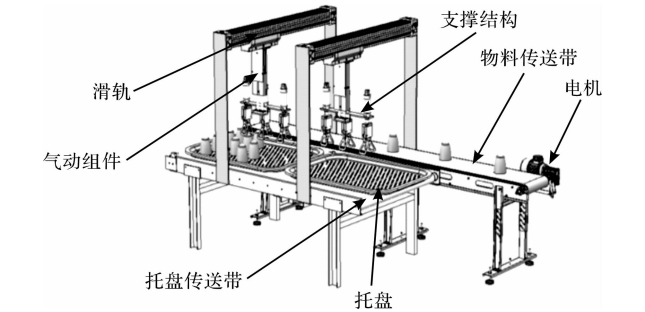


图 1 自动摆盘机的机械结构图

1.2 气动回路

气动回路主要由气源、执行元件、控制元件和辅助元件 4 个部分组成。气动执行件主要是纵向移动气

缸和气动手指;控制元件根据控制回路或执行元件的工作压力和阀的额定流量,选用二位五通电磁阀;辅助元件主要是过滤器、油雾器、消声器等元件。

结合气动回路控制方法,气动系统原理图如图 2 所示。

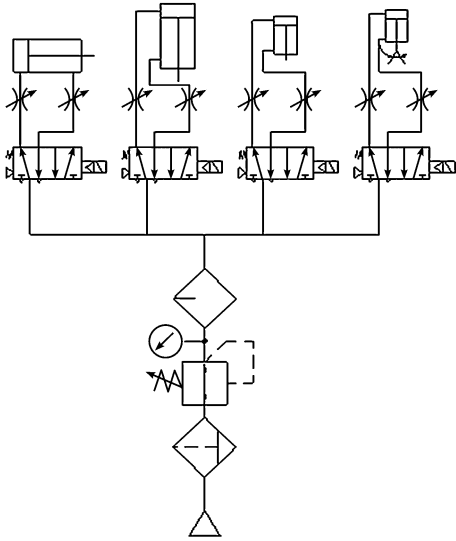


图 2 气动系统原理图

空压机活塞往复运动,为气动回路提供充足的压力。电磁阀在 PLC 控制下实现线圈通断电,进而阀芯定向移动。当线圈通电时,纵向移动气缸下降,气动手指抓紧;线圈断电时,纵向移动气缸上升,气动手指放松。当抓取不同重量的物料时,气动手指所需要的抓取力不同,可以通过调压阀调整气压大小。以生馒头胚为试验抓取对象,通过观察抓取后的表面压痕深度,以及醒蒸后表面是否光滑,确定抓取馒头胚所需 $P \approx 0.3 \text{ MPa}$ 。对于不同的抓取对象,所需气压不同,具体以实际试验确定气压大小。

气缸和气动手指都是双作用类型,其中气缸的缸径结合抓取物料重量进行确定。由初始工作压力以及工作载荷的相对关系,可以将小气缸缸径 D 计算出来:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi P \eta}} \tag{1}$$

式中: D — 气缸的内径; F — 活塞推力; P — 初始压力,通常情况下 $P = (0.46 \sim 1) \text{ MPa}$; η — 气缸完成运动的机械效率, $\eta = 0.49 \sim 0.85$ 。

依据气动手指和馒头质量之和,推断气缸要推动的总质量约 2 kg, $F = mg = 20 \text{ N}$ 。这里取 $P = 0.5 \text{ MPa}$, $\eta = 0.5$ 来进行计算,则 $D = 10.1 \text{ mm}$,根据标准选取缸径 $D = 15 \text{ mm}$ 。

为了使自动摆盘机在实际应用中有着更强的通用性,本研究将其机械手设计为可更换式手部结构,以期

在实际应用中能够按照实际需要更换结构。气动手指是与物件直接接触的构件,由于与物件接触的形式不同,可分为夹持式和吸附式手部。当被夹持工件是圆柱形状时,一般使用夹持式手部;当被夹持工件是板料时,一般使用气流负压式吸盘。常用的夹持式有回转型和平移型。回转型手指结构简单,制造容易,故应用较广泛。平移型结构比较复杂,应用较少^[10-11]。

1.3 PLC 控制系统

PLC 控制系统主要包括上位机、电源模块、CPU 模块、扩展模块、触摸屏、中间继电器、光电传感器等组成。当物料接近传感器,它能迅速感应并转化为电信号并传递给 CPU,CPU 根据用户程序做出相应输出,输出的电信号控制电磁阀的得电与失电,电磁阀阀芯移动实现换向,从而接通气路通道对气动执行元件进行控制^[12-13]。

PLC 控制系统硬件连接图如图 3 所示。

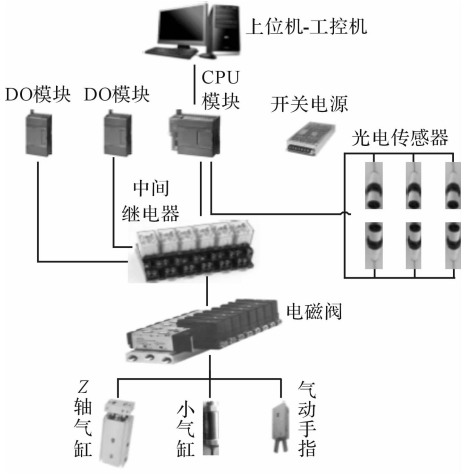


图 3 PLC 控制系统硬件连接图

2 系统软件设计

本研究根据摆盘机所需完成的动作要求,设计 6 个数字量输入和 18 个数字量输出,因此可以选用 CPU224 系列和数字量扩展模块。

控制系统 I/O 分配表如表 1 所示。

图表 1 I/O 分配表

地址	含义	地址	含义
M0.0	复位	Q0.5	气动手指 1
M0.1	开始	Q0.6	气动手指 2
I0.0	光电开关 1	Q0.7	气动手指 3
I0.1	光电开关 2	Q1.0	变频器 1
I0.2	光电开关 3	Q1.1	横向滑轨 2
I0.3	光电开关 4	Q2.0	Z 轴气缸 2
I0.4	光电开关 5	Q2.1	小气缸 3
I0.5	光电开关 6	Q2.2	小气缸 4
Q0.0	横向滑轨 1	Q2.3	小气缸 5
Q0.1	Z 轴气缸 1	Q2.4	气动手指 4
Q0.2	小气缸 1	Q2.5	气动手指 5
Q0.3	小气缸 2	Q2.6	气动手指 6
Q0.4	小气缸 3	Q2.7	变频器 2

为实现摆盘机的循环动作,必须保证气动组件在完成一次取放动作后,能够重新回到原点等待下次的抓取任务。当出现故障时,通过触摸屏切换至手动模式,实现气动组件复位,避免产生碰撞。

PLC 控制流程图如图 4 所示。

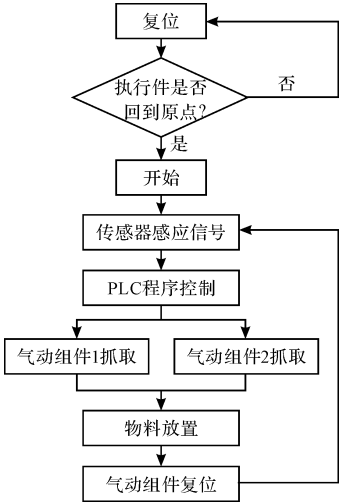


图 4 PLC 控制程序框图

完成一次抓取,单组气动执行件的动作顺序流程图如图 5 所示。

硬件系统设计完成后,根据自动摆盘机的控制要求,程序采用 STEP 7-MicroWIN V4.0 进行编写,第一个抓取机构拾取动作的梯形图程序如图 6 所示。

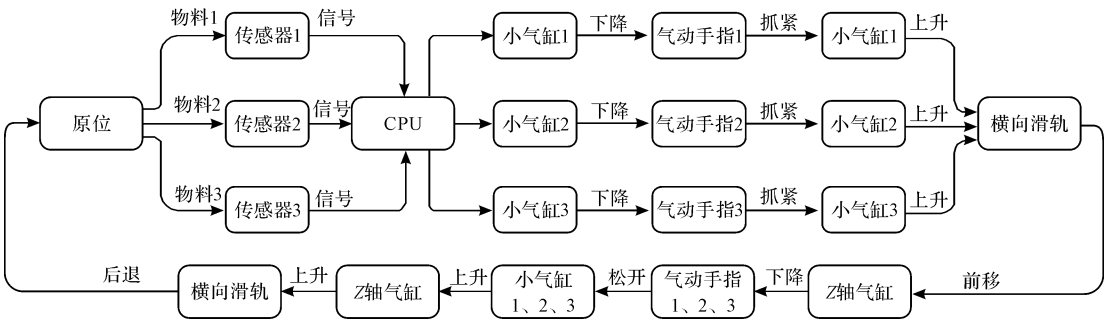


图 5 单组气动执行件动作顺序流程图

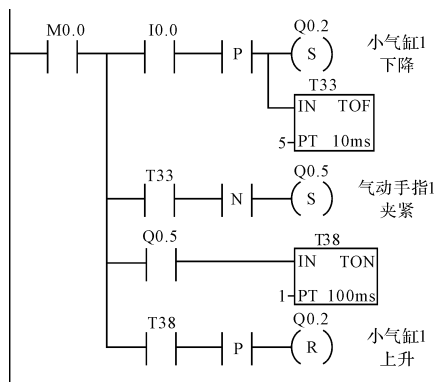


图6 PLC 控制程序梯形图

气动组件1在物料拾取后放置以及重新回到原点的梯形图程序如图7所示。

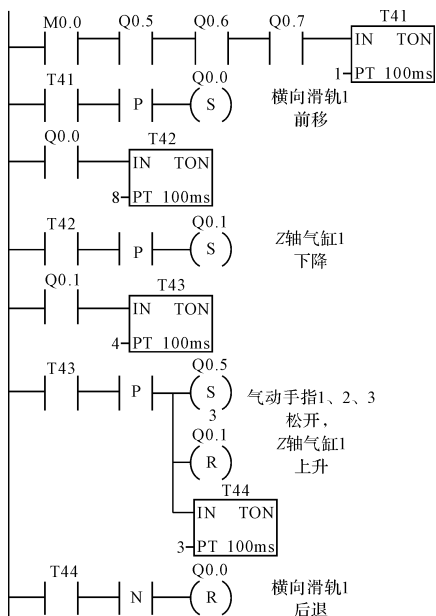


图7 PLC 控制程序梯形图

两气动组件通过程序协调动作,第一组抓取前3个物料,第二组抓取后3个物料,如此循环往复,大大提高了工作效率。在控制程序和气压驱动联合作用下气动执行件迅速响应,保证了机械动作的及时性。控制程序设计采用了逐步通电、同步断电的顺序控制法,实现互锁严密,被控对象的任一步动作执行与否,取决于控制系统前一步是否已有输出信号,以及被控对象的动作是否完成,若前一步的动作未完成,则后一步的动作无法执行,即使信号元件失灵或出现误操作,也不会导致动作顺序错乱^[14]。

3 结束语

本研究运用气压传动和 PLC 控制的相关知识,设计的基于 PLC 的自动摆盘机控制系统,与成型机配套使用后,在程序控制下,通过气压驱动两气动组件交替工作,每分钟可抓取 100 - 120 个物料,相当于 2 - 3 人的工作量。实践证明:该控制系统具有结构简单、动作灵敏、工作稳定、适用性广等优点,满足食品生产中对安全卫生、节省人力和提高效率的要求。

参考文献 (References):

- [1] 张明慧. 馒头胚自动摆盘机设计与研究[D]. 郑州:华北水利水电大学机械学院,2016.
- [2] 袁淑仪,蔡德琦,方运泉,等. 全自动月饼食品生产线[P]. 中国:203040550 U,2013.
- [3] 胡 刚. 基于机器视觉技术的自动摆盘设备设计开发[D]. 杭州:浙江大学机械工程学院,2016.
- [4] 周全申,朱庆方,朱克庆. 旋转溜管式生面团自动排放机[J]. 河南工业大学学报:自然科学版,1999,20(1):22-24.
- [5] 晏祖根,李 明,徐克非,等. 高速机器人分拣系统机器视觉技术的研究[J]. 包装与食品机械,2014,32(1):28-31.
- [6] 段锦晶. 并联拾放机器人性能及控制研究[D]. 天津:河北工业大学机械工程学院,2013.
- [7] 彭 芳,施长浩,钟 炜. 基于 PLC 的气动吸盘式物料传送装置[J]. 机电工程,2009,26(10):109-110.
- [8] 周 泉,张立彬,杨庆华,等. 柔性气动执行器的研究现状和趋势[J]. 机电工程,2003,20(1):61-64.
- [9] TAO X, YUAN R, LUO J. The applications and developments of the pneumatic manipulator[J]. *Machine Tool & Hydraulics*,2007,35(8):226-228.
- [10] 李国平,时圣勇,李宏伟,等. 基于 PLC 控制的气动机械手实验装置的研制[J]. 液压与气动,2003(1):28-29.
- [11] 孙燕良,张厚江,翟艳凤,等. 基于 PLC 气动机械手的研究设计[J]. 森林工程,2011,27(3):45-50.
- [12] 肖艳军,李 磊,周 婧,等. 基于 PLC 的自动续料机械手[J]. 机械设计与制造,2011(2):152-154.
- [13] 张铁异,何国金,黄振峰. 基于 PLC 控制的混合型气动机械手的设计与实现[J]. 液压与气动,2008(9):6-8.
- [14] 何国金. 机械电气自动控制[M]. 重庆:重庆大学出版社,2002.

[编辑:张 豪]

本文引用格式:

窦 蒙,万 熠,王从宏,等. 基于 PLC 的自动摆盘机控制系统开发[J]. 机电工程,2017,34(9):1028 - 1031.

DOU Meng, WAN Yi, WANG Cong-hong, et al. Design of control system for automatic placing machine based on PLC[J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2017,34(9):1028 - 1031.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>