

基于 PLC 的自动分拣系统

颜伊庆, 潘丽萍*

(浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310007)

摘要:为降低物流行业中自动分拣系统的能耗,以及实现分拣系统精确的位移控制,将 PLC 技术应用到分拣系统中。在对自动分拣系统的模型机进行功能分解的基础上,采用 PLC 并结合变频器,实现了对自动分拣系统包括上料、皮带输送、机械手搬运和分类仓储等功能的自动控制。研究表明:使用 PLC 带动变频器不仅能方便地控制分拣系统电机的启停,更大大降低了能耗;同时,能够精确控制机械手动作时间和步进电机传动产生的位移。

关键词:PLC;自动分拣系统;自动控制;变频器

中图分类号:TP278;TH39

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2012)11-1286-04

Automatic sorting system based on PLC

YAN Yi-qing, PAN Li-ping

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310007, China)

Abstract: In order to decrease the energy consumption as well as to control the displacement precisely in automatic sorting system of logistics industry, the PLC technology was investigated. After the analysis of auto sorting system's function, combined with the transducer, the PLC was used to realize the functions including feeding, transmission, manipulator handling and classified storage. The experimental results show that, the transducer driven by PLC could not only improve the working efficiency and reduce the energy consumption, but also have the manipulator and stepping motor controlled more accurate.

Key words: PLC; automatic sorting system; automatic control; transducer

0 引言

随着社会对物流服务的需求日益增长,分拣作为物流作业中的一个重要环节越来越受到人们的重视。有研究表明,分拣作业是耗费人力、时间,成本最高的环节,使用人力占整个物流中心的 50% 左右,作业时间占 60% 以上,而作业成本达到物流中心总成本的 40% 左右^[1]。因此,自动分拣系统是现代先进配送中心必需的设施。

目前,国内大部分的自动识别分拣系统采用继电器控制,存在数字化程度低、故障率高等缺点^[2]。对于传统的继电器电路来说,它难以实现复杂逻辑功能和数字式控制,而且如要实现一定规模的逻辑控制功能则不仅设计繁琐,难以实现升级,而且易发故障,维

修复杂,现在已被大中型设备的控制系统所抛弃^[3]。

针对上述问题,本研究充分利用 PLC 在控制方面的卓越性能和变频器的工作原理,在原自动分拣系统中采用交流变频变压拖动技术,以实现分拣生产线平稳启动、可靠运行,并降低能耗的性能^[4]。

1 自动分拣系统功能分解

本研究综合分析各类自动分拣系统运行情况,将自动分拣系统的功能概括为上料、皮带输送、机械手搬运、分类仓储以及启动、停止、复位和警示五大内容。自动分拣系统包含上述所有或者部分内容。

1.1 上料功能

通常,待分拣的工件都会被集中放在工件库中。自动分拣系统检测到有工件需要被分拣时,将工件推

收稿日期:2012-05-14

作者简介:颜伊庆(1990-),女,浙江杭州人,主要从事电力系统分析及电力经济分析方面的研究. E-mail:414425388@qq.com

通信联系人:潘丽萍,女,副教授. E-mail:peggypan@163.com

至皮带输送线,称为上料。

上料功能分解:自动分拣系统启动后,上料光电传感器检测到井式工件库有工件,延时 2 s 后,上料气缸将工件推出至皮带输送线;上料气缸推出工件后立即缩回,工件下落。当完成一次分拣任务后,重复上述过程。

1.2 皮带输送功能

当工件被推出后,皮带开始输送工件。工件经过各类传感器,传感器把检测到的工件属性信号(如颜色、材质等,具体需根据系统功能的要求配置)传给控制系统,为分类仓储做准备。

皮带输送功能的具体设计:当工件被上料气缸推出后,PLC 启动变频器带动三相异步电机,皮带开始输送工件。工件分别经过电感、电容、色标传感器,传感器把检测到的信号传给 PLC,PLC 根据信号来判别工件的材质(铁、铝或塑料)和颜色(黄绿色或红色),为分类仓储做准备。工件被传送带运送到终点时,变频器停止运行,传送带停止工作。上料机构的上料气缸推出工件后,重复上述过程。

1.3 机械手搬运功能

部分自动分拣系统涉及的空间位移复杂,单靠皮带传输不能一次性传送到指定位置。因此,本研究需要机械手协助搬运工件,把工件送皮带直接转移到下一个皮带或者运料小车等分拣搬运工具。

机械手搬运功能的具体设计:当工件送到皮带终点时,机械手手爪下降,抓取工件;手爪夹紧工件后,再上升,手爪旋转至运料小车上;手爪完成旋转并延时 2 s,手爪下降,松开工件;手爪再上升,旋转到原来位置,等待下一个工件到位,再重复上述过程。

1.4 分类仓储功能

工件根据 1.2 节工件属性信号,通过分拣搬运工具把工件运送到指定的仓储位置,实现分类仓储。目前,常用的有挡板式、浮出式、倾斜式、滑块式和推盘式等分类方式^[5],本研究根据工程应用中工件的大小、易碎性、表面粗糙程度进行选择。

分类仓储功能的具体设计:当机械手把工件放到运料小车上,PLC 启动步进电机带动运料小车,根据 1.2 节中传感器发来的信息(指工件的材质、颜色信息),把工件运送到相应的仓储位置。然后推料气缸把工件推到仓储室,运料小车再回到起始位置,等待下一工件到位,重复上述动作。

1.5 启动、停止、复位、警示

系统上电后,需要进行复位,即点动“复位”按钮,清空料台、皮带上的工件(由上一次系统突然停止运行造成的)。系统需要设置警示灯显示工作状态,以提醒工作人员。

启动、停止、复位、警示功能的具体设计如下:

(1)系统上电后,必须先复位,即点动“复位”按钮,清空料台、皮带上工件。连续 10 s 井式工件库内无工件,警示黄灯亮;放入工件后,警示黄灯熄灭。

(2)开关打至“启动”处,警示绿灯亮。运行过程中,不得人为干预执行机构,以免影响设备正常运行。

(3)开关打至“停止”处,所有部件停止工作(除运料小车,运料小车到达位置后停止),警示红灯亮。

根据上述模型,本研究设计规划的自动分拣系统如图 1 所示。

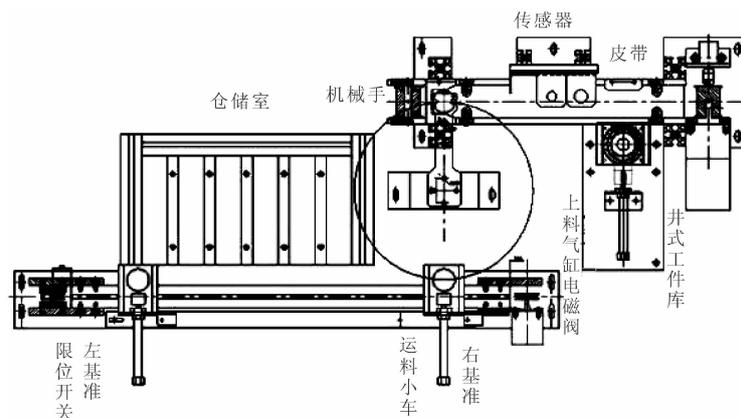


图 1 自动分拣系统俯视图

2 PLC 控制系统的设计

2.1 处理器的选择

PLC 作为通用工业控制计算机,具有可靠性高、抗

干扰能力强、配套齐全、功能完善、适用性强、系统设计建造量小、维护方便等等优点,广泛应用于许多特殊场合^[6-7]。

机型选择的基本原则是在满足功能要求及保证可

靠性和维护方便的前提下,力求最佳的性价比^[8]。本研究选用美国罗克韦尔公司的小型控制器 SLC500 系列的产品 SLC5/05。该系列的处理器分别提供 16 KB,32 KB 或 64 KB 的程序内存容量,用户可以根据实际系统的控制要求来选用,模块式的结构也使系统各种模块的配置更加灵活方便^[9]。处理器也可以通过串口与计算机相连,进行程序的上载和下载,编程软件采用该公司的 RSLogix500。PLC 系统控制原理如图 2 所示。

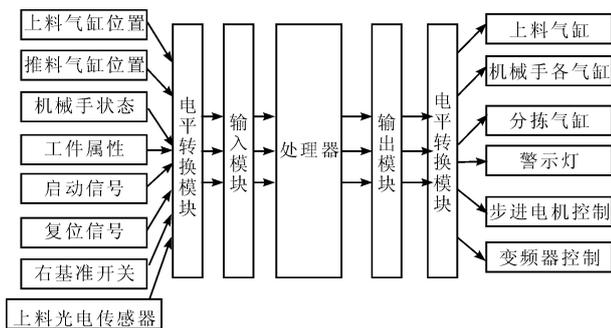


图 2 控制原理图

2.2 输入/输出模块选择

整个系统涉及到 16 个输入信号,12 个输出信号,本研究分别选用 SLC 系列型号为 1746-IB16 的输入模块,安装在机架的第 1 槽;型号为 1746-OB16 输出模块,安装在机架的第 2 槽。上述模块可以满足研究需求,且有一定端口余量。本研究将在天煌 THJDQG-1 光机电一体化模型机上进行试验,但罗克韦尔的产品和三菱的产品电平逻辑相反,而该系统是为三菱系统设计的,所以这里使用了电平转换模块。本研究将光电一体机的端子口 24 VDC(0 VDC)电平信号通过电平转换器,转换为 0 VDC(24 VDC)电平输入控制系统;将控制系统的 24 VDC(0 VDC)电平输出信号,转化为 0 VDC(24 VDC)电平输出到光电一体机控制相应动作。

端口地址分配如表 1 所示。

2.3 变频器和 PLC 的连接

皮带输送功能由 PLC 控制变频器带动三相异步电机实现。PLC 通过控制变频器,使得皮带有工件时,电机才运行;工件输送到位即刻停止。实验结果表明,变频器作为一种理想的调速控制方式,缩短了电机加减速时间,运行更平稳,达到了节能效果,同时提高了设备效率,能够满足生产工艺要求,并且大大减少了设备维护、维修费用,还降低了停产周期,直接和间接经济效益十分明显^[10]。

PLC 通过两个端口控制变频器,即高速端、正传启动端。当端口电压值相同时,启动;反之,停止工作。

变频器其他参数控制可根据需要提前设置。

表 1 输入/输出接口地址分配表

PLC 输入信号	I/O 地址	PLC 输入信号	I/O 地址
1B1 上料气缸原位	I:1/0	YV1 上料气缸电磁阀	O:2/0
1B2 上料气缸伸出	I:1/1	YV2 旋转气缸电磁阀	O:2/1
2B1 逆时针旋转到位	I:1/2	YV3 升降气缸电磁阀	O:2/2
2B2 顺时针旋转到位	I:1/3	YV4 气爪气缸电磁阀	O:2/3
3B1 升降气缸下降到位	I:1/4	YV5 分拣气缸电磁阀	O:2/4
3B2 升降气缸伸出到位	I:1/5	LY 警示灯黄	O:2/5
4B2 气爪气缸夹紧	I:1/6	LG 警示灯绿	O:2/6
5B1 推料气缸原位	I:1/7	LR 警示灯红	O:2/7
5B2 推料气缸伸出	I:1/8	DIR 步进电机运动方向	O:2/8
SB1 上料光电传感器	I:1/9	PUL 步进电机脉冲数	O:2/9
SB2 电感传感器	I:1/10	RH 变频器高速	O:2/10
SB3 电容传感器	I:1/11	STF 正转启动	O:2/11
SB4 色标传感器	I:1/12	SA1 复位信号	I:1/14
SB5 右基准限位开关	I:1/13	SB6 启动信号	I:1/15

2.4 程序规划

2.4.1 主程序框图

为了清晰表示各机构的逻辑控制和先后运行顺序,本研究绘制的程序框图如图 3 所示。本研究以主程序框图为主线,编写模块功能,进行模块衔接、综合调试。

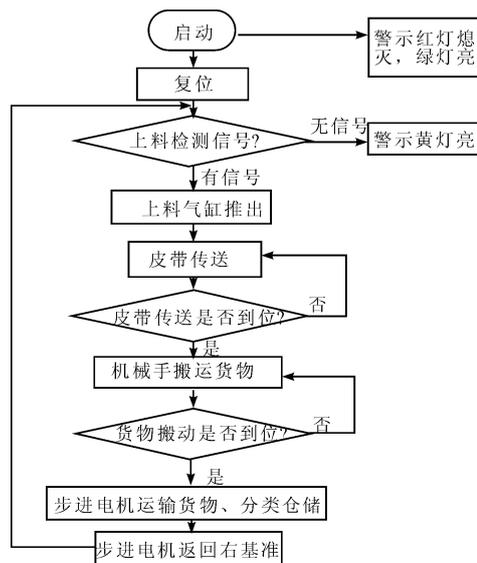


图 3 主程序框图

2.4.2 状态分析

自动分拣系统接收到复位信号或者启动信号,开始运行,标记为“运行”状态。根据分拣系统的模型以

及主程序框图,下面分析产生输出信号的运行状态要求。

上料气缸电磁阀上料要求:启动后,在已完成上一个工件分拣的基础上,上料光电传感器有输入信号,延时 2 s 后,上料。

分拣电磁阀动作要求:运料小车达到指定的仓储口。

机械手旋转要求:手爪夹紧工件并上升到位,旋转电磁阀动作并自锁;手爪旋转到运料小车上方并下降到位时,解锁。

下降要求:工件到达皮带终点,升降电磁阀动作,直到夹紧工件;或手爪旋转到位并完成 2 s 延时,升降电磁阀再次动作,直到手爪松开工件。

爪紧要求:手爪初次下降到位,气爪电磁阀动作并自锁;手爪旋转到位后,下降到位后解锁。

警示灯绿亮:有启动信号;

警示灯红亮:没有启动信号;

警示灯黄亮:10 s 内上料光电传感器没有接收到输入信号。

步进电机运动方向:运料小车上有机件,运动方向指向仓储口;运料小车上没有工件,运动方向指向右基准。

变频器高速运行要求:上料电磁阀将工件推到皮带上,变频器运行;工件达到皮带终端,变频器停止运行。

下面以机械手为例说明 3 个运动间存在耦合关系,通过状态表分析,机械手控制梯形图如图 4 所示。

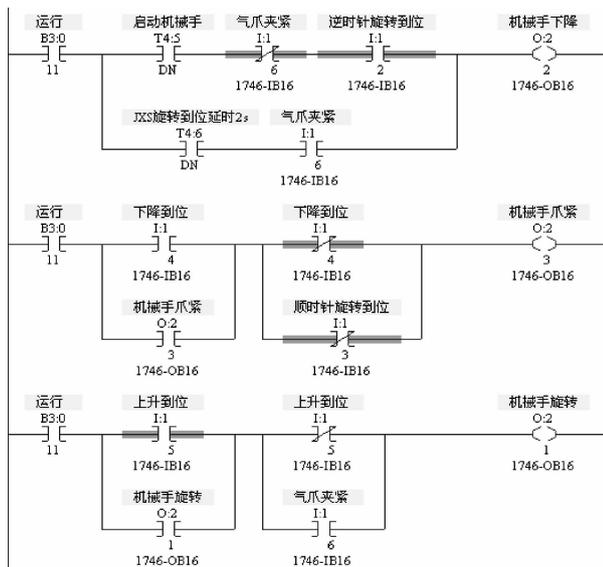


图 4 机械手控制图

2.4.3 PUL 脉冲发生程序的设计

系统如果没有配置 step 步进模块,不能直接产生脉冲、驱动步进电机,该设计通过使用两个互补运行的

的计数器产生 50 Hz 脉冲达到要求。

当计时器 T4:0 计时,T4:1 不计时;当 T4:1 计时,T4:0 不计时,互锁。两个计时器的时基设置为 0.01 s,预置值设置为 1,T4:0 的 TT 常开开关串联 T4:1 的 TT 常闭开关,输出的是 50 Hz 脉冲,符合步进电机驱动脉冲要求。

2.4.4 测距程序的设计

工业生产上,通常还需要采用分拣搬运工具把工件搬运到准确的仓储位置,需要设计程序测试分拣搬运工具前进的精确距离。

以步进电机为例,现要求:在不上电的情况下,将运料小车停在某一仓储口(要求能将退料准确推进仓储设备)。设计程序,并计数步进电机返回运行至右基准 PUL 的脉冲数。

通过多次试验取平均数,可得从基准位到各号仓储口所需的脉冲数:1 号 608;2 号 824;3 号 1 024;4 号 1 256;5 号 1464;6 号 1 688。梯形图如图 5 所示。

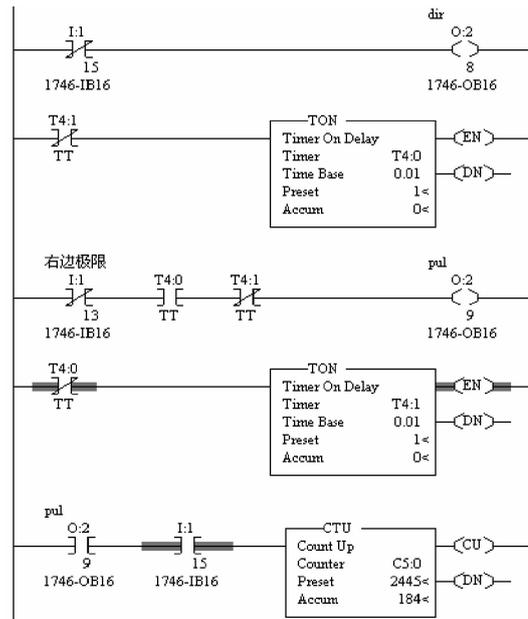


图 5 步进电机前进脉冲数测试程序

3 结束语

本研究在天煌 THJDQG-1 光机电一体化模型机上进行了试验,结果显示,它可以实现上料分拣全过程的自动化。研究表明,通过 PLC 控制,可以很好地实现分拣系统的位移控制、时间控制,提高工作精确度。再配合变频器控制单相异步电动机,使系统具有省电能、舒适、寿命长、安全可靠、静音等优点^[11]。

在实际应用中,可采用其他传感器(例如电子标

(下转第 1317 页)

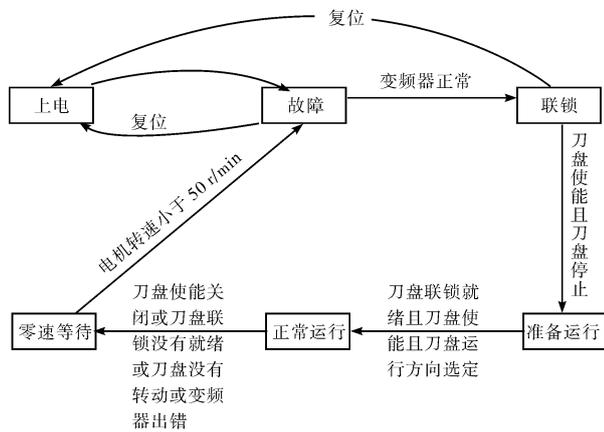


图 5 变频器状态机

在准备运行状态下程序会检测以下 3 个条件是否同时满足:①刀盘联锁就绪;②刀盘使能;③刀盘运行方向选定。如果 3 个条件同时满足则进入正常运行状态。在该状态下 PLC 循环读取操作手设定的变频器速度值并将该值送入变频器输出寄存器。

当满足以下任意一个条件时:①刀盘使能关闭;②刀盘联锁失效;③刀盘没有转动;④变频器出错,则系统进入零速等待状态,PLC 停止发送速度设定到变频器输出寄存器,同时系统检测电机转速是否小于 50 r/min,如果电机速度小于 50 r/min 就进入故障状态。在人机界面上有状态机的指示灯,指示变频器处于哪个状态,供操作手查看。

5 结束语

刀盘电机控制系统是土压平衡盾构机中技术含量

最高的部分^[10],本研究设计了一种易维护、高效率、高可靠性的刀盘电机控制系统。研究设计结果表明,基于状态机的程序设计可把复杂的系统分解为能单独处理的众多子状态,使得程序代码更清晰。在隧道施工设备产业大发展的今天,该系统可以提高国内公司在盾构核心技术上的设计水平,打破国外公司在该技术上的垄断。

参考文献 (References):

- [1] 谭经世,唐元宁.掘进机与盾构机[M].北京:中国铁道出版社,2009.
- [2] 刘宣宇,邵 诚.盾构机自动控制技术现状与展望[J].机械工程学报,2010,46(20):153-157.
- [3] 王 喆.盾构刀盘变频驱动技术研究[J].重工与起重技术,2011,30(2):20-23.
- [4] 蔡启仲,汤 饶,吴玉鹏.盾构机刀盘变频驱动控制研究[J].广西工学院学报,2011,22(1):44-47.
- [5] 唐 键.盾构机电气控制系统设计概要[J].隧道建设,2002,22(1):33-35.
- [6] 王胜勇.盾构机刀盘驱动研究[J].城市道桥与防洪,2007(12):95-96.
- [7] 石庆能.盾构机主驱动启动控制研究[J].机电信息,2011,297(15):66-67.
- [8] 林 军,刘 强.盾构机刀盘控制系统的机理与维护[J].机床与液压,2007,35(5):243-246.
- [9] 孙宏旭,邢 薇,陶 林.基于有限状态机的模型转换方法的研究[J].计算机技术与发展,2012,22(2):10-13.
- [10] 闵 锐.复合型盾构掘进机刀盘的设计分析[J].设计制造,2004(8):6-10.

[编辑:李 辉]

(上接第 1289 页)

签扫描器等)代替模型中的传感器来实现具体的分拣要求;通过改变模型机中的传送带以及步进电机的运动轨迹、仓储设备的结构来满足具体应用中的经济性、便捷性要求。此外,研究者还可以使用旋转编码器精确控制工件在传送带上的位移。

参考文献 (References):

- [1] 陈照强,马 琳,张绪鹏,等.一类规则形状物品的自动分拣原理[J].山东轻工业学院学报,2010,24(4):20-23.
- [2] 张玲莉.基于 PLC 控制的自动识别、分拣系统设计[J].自动化技术与应用,2010,29(5):110-111.
- [3] 郑燕华.PLC 控制系统与智能化中央空调[J].建筑与设备,2011(5):63-66.
- [4] 王 强,张明珠.材料自动分拣系统中的 PLC 应用研究[J].首都师范大学学报:自然科学版,2011,32(6):5-8.

- [5] 唐四元,鲁艳霞.现代物流技术与装备[M].2 版.北京:清华大学出版社,2011.
- [6] 于 昊.PLC 在材料自动分拣系统中的应用[J].煤炭技术,2011,30(12):31-32.
- [7] 陶跃珍,王 东.啤酒瓶自动检测系统的设计[J].机械,2010,37(10):59-61.
- [8] 张振祥,袁云龙,陈廉清.微小轴承表面缺陷检测中的自动分拣系统设计[J].机电工程,2010,27(5):35-37.
- [9] 浙江大学罗克韦尔自动化技术中心.可编程序控制器系统[M].杭州:浙江大学出版社,2005.
- [10] 张道松.变频器节能探析[J].科技传播,2012(3):74.
- [11] 张孝红.变频器节能作用概述[J].节能技术,2010,28(6):573-575.

[编辑:张 翔]