

包装生产线自动测量系统设计与实现

刘少鹏,何文雪

(青岛大学 自动化学院,山东 青岛 266071)

摘要:为了提高包装行业测量自动化程度和测量精度,采用可编程逻辑控制器设计一套包装生产线自动测量系统。该系统可以对被包装物体进行精确自动测量与控制,并把测量后的数据以通信的方式传输给包装加工主控机。实验结果表明:该系统具有较高的测量精度,可满足实际测量中快速、高精度的要求。

关键词:自动测量;伺服控制;MCM 系列测量光栅;拉绳传感器;TCP 通信

中图分类号:TP273 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2021)02-0233-03

Design and Implementation of Automatic Measurement System for Packaging Production Line

LIU Shaopeng , HE Wenxue

(School of Mechanical Automation , Qingdao University , Qingdao 266071 , China)

Abstract: In order to improve the degree of measurement automation and measurement accuracy in the packaging industry , a set of programmable logic controller automatic measurement production line system was designed. In this system , AC servo system was used as the driving unit , which accurately and automatically measured and controlled the packaged objects through Anchuan servo motors , measuring gratings , and pull rope sensors , and transmitted the measured data to the packaging processing master controller by means of communication. The experimental results show that the system has high measurement accuracy and meets the requirements of fast and high precision in actual measurement with advantages of cost saving and improvement of the automation degree and production efficiency of the production line.

Keywords: automatic measurement; servo control; MCM series measuring grating; rope sensor; TCP communication

0 引言

随着中国的快速发展,中国包装行业已经位列国民经济 38 个行业中的第 14 位,成为仅次于美国的全球第二大包装大国。像物流这样的包装行业,在包装加工前的边运输边测量阶段,存在消耗人力多、成本高、效率低等问题^[1-2]。目前,市面上常见的自动测量设备有 3D 照相机、三维激光测量、自动影像测量仪等,但设备开发周期长、成本昂贵,超出了中小企业购买力^[3]。伴随着现代通信、计算机和制造技术的快速发展以及生产自动化的需要,自动测量设备运行稳定、价格便宜可靠、测量实时性高,高精度的检测被提上了议事日程^[4-5]。

针对以上包装行业自动测量阶段的需要,设计了一种用于包装生产线自动测量系统的设备。该自动测量生产线系统可以广泛应用于物流、家具板材等包装行业,节省大量的人力,降低了经济投入,获得了显著的效益。

1 系统构成及特点

1.1 生产线的总体构成

包装生产线自动测量系统主要由可编程逻辑控制器(PLC)、光栅、拉绳传感器、伺服及控制等组成。总体结构原理框图如图 1 所示。设计使用西门子 S7-1200PLC 作

为该生产线的控制器,实现对整个系统的自动控制功能;采用先进的安川伺服系统作为驱动单元,测量被包物体的长度,精度高、稳定性强;采用大行程、高精度的拉绳传感器来测量包装物体的宽度;通过高精度的 MCM 系列测量光栅来测量被包装物体的高度。

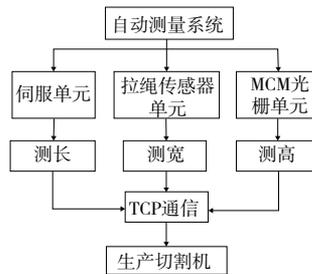


图 1 总体结构原理

2 控制系统的硬件设计

基于 PLC 包装生产线自动测量系统主要完成被包物体的传输、自动测量、测量后数据的传输及系统监控界面的显示。从硬件角度考虑,主要涉及控制器的选型和测量设备的选择。

第一作者简介:刘少鹏(1995—),男,山东烟台人,硕士研究生,研究方向为计算机控制。

2.1 控制器的选型

本设计选用西门子旗下的一款 PLC 控制器 S7-1200,其型号为 PLC1214C,具有通讯模块集成工艺和大容量的储存器^[6],通讯 RJ45 连接器提供 10/100 Mbit/s 的数据传输速率,两个 100 kHz 的高速脉冲输出,2 MB 的集成装载内存和 2 kB 的掉电保持内存。

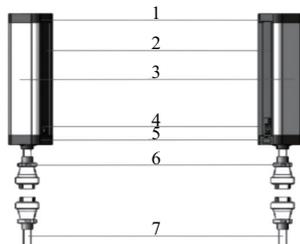
2.2 测量设备的选择

以 CPU S7-1200 为核心的包装生产线自动测量系统主要分为测长单元、测宽单元、测高单元、通信单元。所有的单元都由总控单元集中控制。

测长单元由 Σ -7 系列 SGD7S-120A00A002 的安川旋转型伺服电机、24 位多圈绝对编码器(分辨率为 16 777 216)、滚筒(周长为 104π)、电子齿轮比(1:1)和编码器分频脉冲数 230 pulse/rev、皮带等组成^[7]。脉冲发生器 PTO(脉冲 A 和方向 B)发出 100 kHz 脉冲输出信号控制被包装物体运输到待检测地点,编码器分频脉冲 A 相输出接 33 与 34 针脚。

测宽单元由 MPS 拉绳式位移传感器、电动机、挡板等组成。信号输出类型为电压输出,模拟信号范围为 0~10 V,输出型,先将输出型位移式传感器接到西门子 PLC1200 的模拟输入 AI1 端,电源串联 MPS 拉绳传感器一端接电源正极(24 V 直流电),另一端接负电源(0 V)。

测高单元运用平行光束 IQQAI 输出为型号的 MCM 系列测量光栅(左发光器、右受光器),光栅的结构图如图 2 所示,输出精度为 0.004 mA,每一束光最小间隔 0.064 mA。受光器中触发信号 Q 串联继电器 KM1,一端连接通过光栅连接到+24 V 直流电,另一端连接发光器同步 CP+线并连接到-24 V 直流电,作为判断被包物体到位及离开的标志。



1—测量光栅上端盖;2—测量光栅滤光片;3—测量光栅外壳;
4—测量光栅指示灯;5—测量光栅下端盖;6—MCM 连接线;
7—MCM 信号线缆。

图 2 光栅结构

3 控制系统的软件设计

3.1 系统控制过程的设计思路

PLC1200 通过脉冲输出 PTO 将脉冲指令发送给伺服控制器,伺服控制器控制电动机旋转,物体到达 Q 输出触发信号时,多圈绝对编码器发出脉冲信号,此信号反馈给 PLC。通过高速计数器 HSC 记录绝对编码器反馈脉冲数 A(单位为 pulse/rev),储存在输入过程映像区内,在程序

中直接访问外设地址 ID1000。被测物体离开触发位置,继电器断开。根据相对应的计算,可以准确测量被包物体的长度。

根据电机轴和负载侧机器减速比,电子齿轮比的表达式为

$$\frac{B}{A} = \frac{P_n 20E}{P_n 210} = \frac{E}{F} \times \frac{M}{N} \quad (1)$$

电机转一圈与皮带走的路程 L_A 关系满足

$$L_A = \frac{B}{A} \times 104\pi \quad (2)$$

皮带走的路程 L_A 与被包装物体的长度 L_B 关系满足

$$L_B = \frac{A}{E} \times L_A \quad (3)$$

式中: B 为编码器分辨率; $P_n 20E$ 为电子齿轮比的分子; $P_n 210$ 为电子齿轮比分母; M 为电机旋转圈数; N 为负载轴旋转圈数; 104π 为滚筒的周长; F 为负载轴旋转 1 圈的移动量; E 为编码器的分辨率。

被包物体随着皮带运动触碰到前面挡板的同时,电机推动拉绳式位移传感器,将被测物体的尺寸信息转换为模拟量的形式。拉绳传感器量程为 0~40 000 mm,模拟量电压输出为 0~10 V,满足 PLC AI1 端口模拟量检测范围。

根据物体的宽度与模拟数字信号成正比例关系,物体的宽度表达式:

$$W = \frac{W_A \times W_C}{W_B} \quad (4)$$

式中: W_A 为传感器总量程; W_B 为被测物体的模拟数字值; W_C 为 PLC 模拟量输入端口总值。

被包物体随皮带运动触发 MCM 光栅 Q 输出信号时,光栅检测被测物体的尺寸位置等信息将其转换为模拟量或数据总线形式,光栅检测仿真如图 3 所示。光栅的量程为 0~237.5 mm,MCM 光栅电流输出 AI 的输出范围为 4~20 mA,设计中在电流输出 AI0 端串联 1 个 500 Ω 电阻,电压范围为 $500 \times 4 \text{ mA} \sim 500 \times 20 \text{ mA} = 2 \sim 10 \text{ V}$,使其满足 PLC 模拟输入通道 0~10 V 电压值。

AI0 通道的数值(0~27 648)转换成光栅传感器量程对应的数值关系满足:

$$\frac{10}{27 648} = \frac{2}{H_B} \quad (5)$$

根据物体的高度值与模拟数字信号成正比例关系,物体的高度 H 表达式:

$$H = \frac{(H_A - H_B) \times H_C}{(27 648 - H_B)} \quad (6)$$

其中: H_A 为物体进入光栅的模拟信号值; H_C 为光栅的量程; H_B 为光栅初始模拟信号值。



图 3 光栅检测仿真

3.2 PLC1200 与 PLC1500 之间的通信

控制系统采用 TCP 通信方式进行通信,可以降低大量的成本,不仅可以在程序中做简单的更改和设计,而且数据传输实时性高。该生产线的控制器 S7-1200PLC 是在西门子 TIA portal(博图)软件下进行程序的编写、编译与组态的,这是西门子最新的全集成自动化编程软件平台,也是全集成工程的组态、软件项目开发环境和仿真操作于一体的软件平台^[8]。

利用开放式用户 TCP 通信首先要建立 S7-1200PLC 与 S7-1500PLC 之间的组态连接,如图 4 所示。在 TIA Portal(博图)软件下,调用 TSEND_C 指令块和 TRCV_C 指令块。其中,TSEND_C 指令块是建立连接并发送数据的,通过 DATA 指向发送区的指针来发送数据的地址和长度。TRCV_C 指令块是建立连接并接收数据的,通过 DATA 指向接收区的指针来接收数据。此控制系统生产线将 S7-1200PLC 作为主站,S7-1500PLC 作为从站来实现这两个 PLC 之间的通信连接。TSEND_C 指令块如图 5 所示,TRCV_C 指令块如图 6 所示。

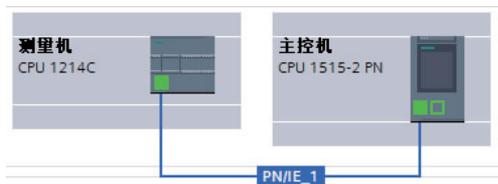


图 4 PLC1200 与 PLC1500 组态

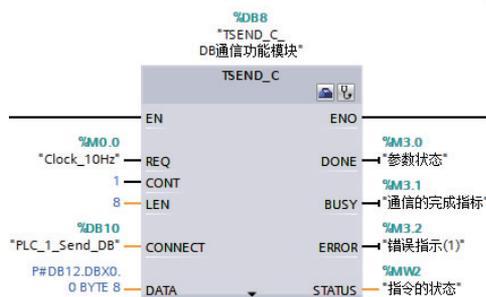


图 5 TSEND_C 指令

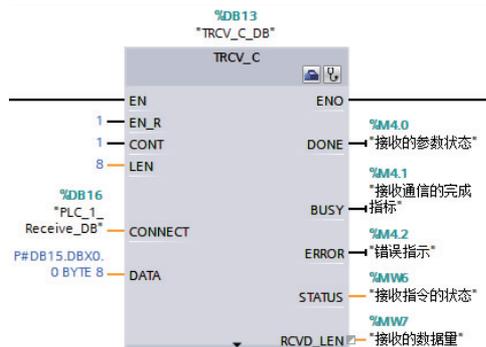


图 6 TRCV_C 指令

3.3 WinCC RT Professional 组态画面设计

本系统采用西门子 SIMATIC PC station 中组态的 WinCC RT Professional 软件^[9]来实现系统的监控画面。

HIM 触摸屏设计界面如图 7 所示,测量机构校正界面是对整个系统工作状态加以监控的。

合上电源开关,按下启动按钮,包装生产线自动测量系统接通运行,PLC 控制单元和触摸屏自动启动,进入测量机构校正界面。

测量机构校正					
长度校正	读取数值	<input type="text" value="+102"/>	当前测量值	<input type="text" value="2758.24"/>	毫米
	测量长度1 (小值)	<input type="text" value="+0.0"/>	毫米	测量长度2 (大值)	<input type="text" value="+0.0"/>
	输入读取数值1	<input type="text" value="+0"/>		输入读取数值2	<input type="text" value="+0"/>
	<input type="button" value="确定"/>				
宽度校正	读取数值	<input type="text" value="+5200"/>	当前测量值	<input type="text" value="604.17"/>	毫米
	测量宽度1 (小值)	<input type="text" value="+0.0"/>	毫米	测量宽度2 (大值)	<input type="text" value="+0.0"/>
	输入读取数值1	<input type="text" value="+0"/>		输入读取数值2	<input type="text" value="+0"/>
	<input type="button" value="确定"/>				
高度校正	读取数值	<input type="text" value="+5543"/>	当前测量值	<input type="text" value="5.60"/>	毫米
	测量高度1 (小值)	<input type="text" value="+0.0"/>	毫米	测量高度2 (大值)	<input type="text" value="+0.0"/>
	输入读取数值1	<input type="text" value="+0"/>		输入读取数值2	<input type="text" value="+0"/>
	<input type="button" value="确定"/>				

图 7 测量机构校正

4 结语

包装生产线自动测量系统是基于 PLC1200 为核心的自动化设备,通过测量触摸屏,可简洁、方便地设定相关参数,而且设备可以测量不同种类物体的精确尺寸,应用较为广泛。本设计的样机在安装调试和试验过程中,无论是 PLC 控制安川伺服单元,还是测量设备装置和上位机的数据交互,都能够按照预想的工艺流程工作^[10]。设备投入生产使用后,测量结果与手工测量一致,运行稳定,测量误差为 1~2 mm,测量后的数据输入加工设备,生产的纸箱包装效果良好。该设备在维持二个月实际生产过程中,测量及传输数据实时性高,能够保证所要求的生产效率,减少了大量的人工投入,降低了成本,其经济效益显著。

参考文献:

- [1] 吴士宝. 中国包装行业发展现状及发展的挑战与机遇分析[J]. 绿色包装,2017(10):41-44.
- [2] 程浩宇. 筒子纱生产物流及包装系统的设计与开发[D]. 济南:山东大学,2015.
- [3] 南竣祥,郑智成,李海泉,等. 基于地面三维激光扫描技术的古塔现状分析[J]. 测绘技术装备,2019,21(2):72-75.
- [4] 宋新伟,尚延伟,张彬,等. 基于工业机器人自动化单元的高精度自适应检测装置[J]. 机械工程师,2017(7):126-127.
- [5] 王大双. 西门子 828D 工件自动测量功能的应用[J]. 制造技术与机床,2015(12):149-151.
- [6] 洪丽梅. 基于 Montrac 和机器人自动化生产线控制系统的研究[D]. 上海:东华大学,2016.
- [7] 徐峰,邓黎萍. 基于 CJ 系列 PLC 多轴伺服控制系统设计[J]. 机床与液压,2015,43(20):7-9,12.
- [8] 段智辉. 西门子全集成化软件 TIA Portal 使用实战[J]. 电气自动化,2016,38(5):97-98,102.
- [9] 王晓瑜. 基于 SIMATIC S7-1200 PLC、WINCC 和 VVVF 的电梯监控系统设计与仿真[J]. 自动化技术与应用,2018,37(9):81-85.
- [10] 李运堂,吴进田,梁宏民,等. 基于 AVR 的静压气体轴承性能检测装置控制系统设计[J]. 计算机测量与控制,2015,23(1):113-114,126.

收稿日期:2020-01-08