

基于PLC与触摸屏技术的瓦楞单面机控制系统设计

叶建美, 胡敏

(浙江工业职业技术学院, 绍兴 312000)

摘要:目的 研究瓦楞单面机的自动化控制系统及人机界面的设计方法。方法 基于PLC和触摸屏技术,制定单面机控制系统的总体设计方案,对原纸温度、上胶量及粘合压力等主要工艺参数进行控制并显示。结果 实验验证了系统能对单面机生产进行自动控制,界面设计操作简便。结论 通过对单面机主要工艺参数的自动控制,能有效降低单面机的成本并提高产品质量。

关键词: 瓦楞单面机; 温度测控; 压力测控; 上胶量测控; PLC; 人机界面

中图分类号: TB486 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2015)03-0070-04

Design of Control System for Corrugated Single Facer Based on PLC and Touch Screen Technology

YE Jian-mei, HU Min

(Zhejiang Industry Polytechnic College, Shaoxing 312000, China)

ABSTRACT: To study the designing method for the automatic control system and HMI of corrugated single facer. Based on PLC and touch screen HMI technology, the overall design scheme of the control system for the single facer was made, and the main technological parameters such as paper temperature, corrugating pressure and the quantity of glue were controlled and displayed. The experiment verified that the control system could automatically control the production of the single facer, and the HMI operation was quite easy. Through automatic control of the main technological parameters of the single facer, the production costs could be effectively reduced and the product quality could be improved.

KEY WORDS: corrugated single facer; temperature control; pressure control; glue quantity control; PLC; human-machine interface

单面机是瓦楞纸箱生产线的重要设备之一,被誉为“瓦楞纸板生产线”的心脏。通过将瓦楞芯纸加热,经瓦楞辊压制指定楞型,最后在楞峰涂胶并与单面瓦楞面纸在一定压力下粘合,形成单面瓦楞纸板。在瓦楞包装行业,单面机运行状态与瓦楞纸板的质量直接关联,上胶量及粘合温度是影响企业生产成本的重要因素^[1-3]。为节能降耗,提高产品质量,保持企业的市场竞争力,单面机控制系统具有关键作用。文中介绍基于S7-300和人机界面TP270的高速瓦楞机自动控制系统。

1 单面机结构

瓦楞纸板单面机由导纸辊、预热辊、上下瓦楞辊、

压力辊、加压气缸等组成的压力控制装置和由涂胶辊、匀胶辊、浆盘构成的涂胶机构以及由预热烘缸构成的温控系统组成,结构见图1。

2 控制系统设计

2.1 系统工艺流程及总体设计方案

瓦楞原纸经导纸辊调节张力,预热辊控制温度,进入加热的上下瓦楞辊之间的瓦楞状通道,在两辊中心连线上的啮合点处受压熨烫成型后,紧贴在上瓦楞辊楞型上运行至涂胶辊与上瓦楞辊的中心连线处,由被匀胶辊刮去多余胶水后在表面形成一层均匀胶膜的涂胶辊对瓦楞纸楞顶处均匀地涂上胶水。施胶后

收稿日期: 2014-05-05

作者简介: 叶建美(1969—),女,浙江人,硕士,浙江工业职业技术学院副教授,主要从事机械电子研究和教学工作。

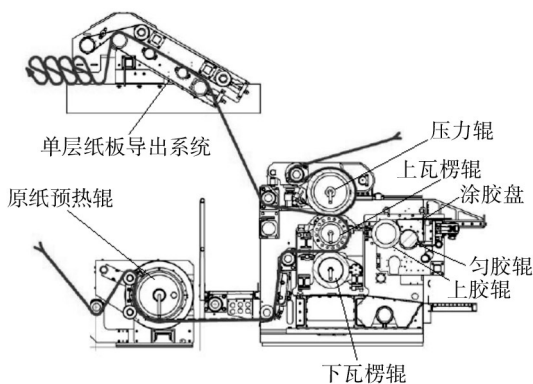


图1 单面机结构
Fig.1 Structure of the single facer

的瓦楞纸随着上瓦楞辊继续运转,其间胶水受热逐渐糊化,在上瓦楞辊与压力辊中心连线处,与经过2根预热辊控制湿度后到达压力辊的面纸进行热压复合干燥,由此生产出各种楞型的二层瓦楞纸板^[4]。

上述流程包含了一套预热、熨烫成型、施胶、糊化、复合干燥的二层瓦楞纸板生产的完整工艺过程^[5]。其中十分关键的工艺条件是原纸经过预热缸时的温度控制、瓦楞楞尖胶量多少的控制及成型的瓦楞芯纸与面纸热压复合时的压力控制。该设计针对以上单面机的主要工艺过程提出的控制系统见图2。

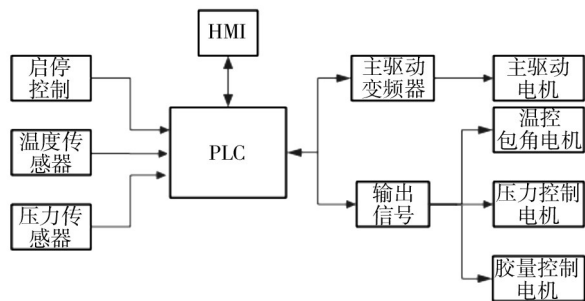


图2 控制系统
Fig.2 Diagram of the control system

2.2 主要控制组件

2.2.1 自动原纸温控组件

瓦楞原纸(芯纸、面纸)进入单瓦楞机形成瓦楞之前,经过烘缸预热达到淀粉糊化温度,则经单瓦楞机成型后的瓦楞芯纸与面纸才能有效地粘合在一起,保证了成型后的瓦楞芯纸有定型作用,并使进入单面机的原纸含水量保持不变。适宜的烘缸预热温度既可提高瓦楞纸板粘合强度,又可避免纸板翘曲。

为保证原纸温度恒定,非接触式红外温度传感器实时检测经过烘缸加热后的原纸温度,PLC根据设定

温度与原纸温差的大小进行PID运算,结果驱动烘缸包角控制电机的正转或反转,使包角调节辊调节烘缸包角(即原纸和烘缸的接触面)到合适的角度,保证瓦楞原纸温度的精度为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[6-8]。

2.2.2 自动粘合压力控制组件

粘合压力控制是单面机控制系统的重要环节,粘合压力太小,面纸与芯纸不能充分粘合,导致纸板强度不够;压力太大,会导致芯纸或面纸被压碎,即碎楞。传统的单面机粘合压力控制由2个油压缸分别控制压力辊与上瓦楞辊左右两侧的间隙实现,在生产过程中,粘合压力的大小调节凭借操作人员的经验实现,有较大的随意性,很难保证纸板质量。文中充分考虑单面机以上特点以及有利于生产工艺的标准化,提出了粘合压力的自动控制。以一侧压力控制为例说明粘合压力控制原理。通过压力传感器loadcell检测单面机压力辊与上瓦楞辊之间的压力,此压力与工艺设定的粘合压力比较,经过单面机PLC内部的PID运算,输出控制信号给压力调整执行器马达,随着该马达的正传或反转,压力辊与瓦楞辊之间的压力增加或减小,从而达到实际压力与工艺设定压力一致。此控制实现了粘合压力的数字化,为生产工艺的存档以及标准化提供条件^[9-10]。

2.2.3 自动胶量控制组件

单面机上胶机的胶量大小不仅影响粘合强度,而且影响边压及平压强度(硬度)。因为涂胶量过大,水分太多,将使楞峰变形,严重者将造成塌楞和纸板翘曲,涂胶量过小,将粘合不好而脱胶,所以适量的上胶量可以保证瓦楞纸板的综合强度。上胶量通过涂胶辊与匀胶辊间隙进行调整,间隙越大,上胶量越多,间隙越小,则上胶量越少。上胶量控制原理见图3,采用直线电位器测量上胶辊与匀胶辊间隙,经PLC处理计算后与工艺设定值比较,差值经PID运算后输出给上胶量调节马达,该马达驱动匀胶辊的偏心轴正向或反向运动,以达到所需工艺间隙^[11]。

3 PLC与触摸屏控制系统的实现

3.1 硬件设计

文中采用西门子PLC 314C-2DP作为单面机控制器,完成单面机关键的工艺过程,如原纸温度、上胶量、粘合压力以及单面机逻辑控制,除了PLC自带的输入输出模块外,还选用一块32点数字量输入模块、2

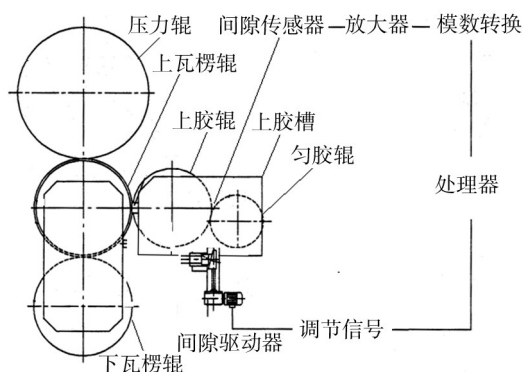


图3 上胶量控制原理

Fig.3 Glue control principle

块具有16点数字量输入和16点数字量输出模块、称重模块 Siwarex 以及1块具有4通道模拟量输入和4通道模拟量输出模块。同时采用西门子触摸屏 TP270 作为人机界面,以获得单面机运行参数和控制单面机。

3.2 软件设计

3.2.1 PLC 软件设计

作为一个较为复杂的单面机自动控制系统,首先,要实现单面机的运行控制,包括单面机启动停止、液压系统启动停止、接纸机控制、人员与设备安全保护处理等。其次,设计生产过程控制程序,包括原纸温度、粘合压力和上胶量控制等应用程序。编写程序时,利用西门子编程软件 STEP 7 V5.4^[12],采用结构编程方法,使用语句表与梯形图相结合的编程语言,充分利用 STEP 7 内置功能模块(如 PID 模块、组织模块、系统功能模块等),实现逻辑控制与过程控制程序,并诊断系统本身的错误信息程序。在具体设计程序时,充分考虑程序的通用性,如 PID 控制块只要赋予它不同的工作参数,就能适合粘合压力、上浆量等不同过程的控制。最后,将这些各自相对独立的子程序即功能块(FB)以及功能(FC)按照单面机的工艺过程在主循环组织块(OB1)、循环中断(OB35)、启动组织块(OB100)中组织起来,形成单面机控制系统。根据单面机的工艺过程,程序流程见图4。

功能 FC0 处理单面机运行条件,如控制电压正常与否、主驱动器是否就绪、主驱动马达温度是否过高、压力系统运行情况、真空系统运行情况、天桥输送系统运行情况等。FC0 根据以上逻辑运算结果,显示单面机是否可以运行,否则显示不能运行的原因。

模拟量处理块(FB39)用于处理接收所有的模拟输入量,如单面机速度、温度、上胶量以及瓦线主控系

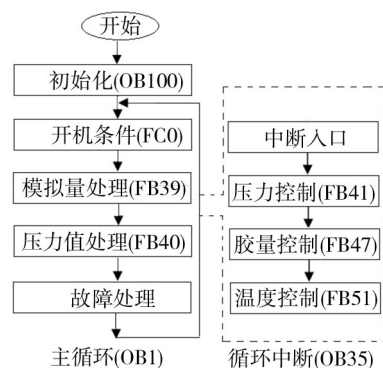


图4 程序流程

Fig.4 Program flowchart

统的速度信号等。该模块利用系统自带的量化模块 FC105,集中将输入的 0~10 V 电压或 4~20 mA 电流信号根据公式(1)量化成与传感器量程相对应的数字量,并存入相应的数据块,供对应功能块、功能使用。

$$F = (F_{IN} - K_1)(F_{HI_LIM} - F_{LO_LIM}) / (K_2 - K_1) + F_{LO_LIM} \quad (1)$$

式中: F_{IN} 为输入值; K_1, K_2 为常数; F_{HI_LIM} 为传感器上限; F_{LO_LIM} 为传感器下限。

功能块 FB40 用于压力辊测量压力,系统选用 Siwarex 模块进行称重,不能用 FC105 进行处理。FB40 利用系统功能 SFC58 根据所使用的压力传感器测量范围,对 Siwarex 数据记录(DR3 和 DR4)的数据进行校正并对 Siwarex 清零。利用系统功能 SFC59 读取 Siwarex 的数据记录(DR31 和 DR32),获得压力值并存入 FB40 的背景数据块。

压力控制模块(FB41)根据从 FB40 背景数据获得的 Siwarex 测量值、压力辊系统的机械结构以及液压压力的大小,计算压力辊的实际压力。同时,根据设定压力大小,计算实际值与设定值之差,调用系统功能块 SFB43(PID+脉宽调制)的输出值控制压力执行器进行正转或反转,实现压力控制。PID 调节器的参数和手动、自动选择以及手动操作等放在 HMI 调整。

上胶量控制块(FB47),上胶量的多少取决于上胶辊与剥胶辊之间的距离,距离越大,上胶量越大。在生产中,实际需要的上胶量还与单面机速度以及瓦楞辊的楞型密切相关,相同的上胶量在车速为 100 m/min 和 10 m/min 时,生产纸板的质量不同,即在车速为 100 m/min 时生产的纸板是合格的,但在车速为 10 m/min 时生产的纸板会出现粘合不良的质量问题。由此,FB47 综合处理计算上胶量的实际值、设定值以及从 HMI 设定的楞型数据和在不同生产速度时上胶量的补偿设定值,调用系统功能块 SFB43(PID+脉宽调制)

控制上胶量执行机构。楞型数据和胶量补偿值要根据实际生产状况从HMI界面输入,设定胶量补偿值时,速度越低,补偿量越大。

温度控制块(FB51)根据从FB39的背景数据块中获得原纸温度的测量值,算出原纸温度的实际值,供HMI显示。同时,根据温度设定值与实际值的偏差,调用系统提供的功能块FB58(连续温度PID+脉冲输出),控制烘缸包角电机的正、反转运行,改变原纸在烘缸上的包角大小,从而控制原纸温度。FB58的参数调整在HMI上进行。

此外,还设计了其他功能(FC),如液压系统、真空系统、胶槽液位、胶槽挡板、斜送带驱动、天桥驱动、上胶辊驱动、剥胶辊驱动、故障处理、维护等。

3.2.2 人机界面程序设计

人机界面用于操作设备以及显示设备的运行状态参数,设计要求其操作方便,能够理想、生动地显示单面机控制PLC上的数据信息。文中选用西门子TP270触摸屏,S7-300与TP270都是西门子产品,很容易在同一个S7项目中集成,在通讯硬件连接上,西门子提供了内部总线MPI和Profibus-DP,可以方便地将通讯模式在S7项目中组态。另外,S7-300 PLC和人机界TP270在通讯变量的设定方面具有很好的兼容性^[13-15]。

完成单面机过程值如原纸温度、上胶量、压力辊压力等的显示与设定,校正称重模块Siwarex、上胶量补偿值的设定、单面机配置(如楞型、机型等系统参数),同时显示和处理故障信息,为此人机界面组合主画面、系统参数、符号、诊断和校正等画面。每一画面根据需要选择显示参数和操作动作,对于报警画面,只要有报警信息,该画面将自动显示在所有画面之上,直到操作人员对报警信息采取行动。主画面可以控制单面机上胶量、瓦楞纸温度和粘合压力,在当前画面上仅需点击相应的按键即可进入其他画面或返回到主画面。

4 结语

文中针对瓦线单面机的主要工艺参数(原纸温度、上胶量以及粘合压力),采用闭环控制系统进行自动控制以及控制参数的可视化,不但简化了单面机的操作,而且极大地提高了控制精度。试运行表明,该系统极大地消除了原来生产中存在的纸板翘曲、开裂、碎楞以及纸板强度差等问题,提高了生产效率,节

省了蒸汽、粘合剂等原材料,是一款节能高效的单面机控制系统。

参考文献:

- [1] 杨瑞奉. 瓦楞纸箱生产实用技术[M]. 北京:化学工业出版社,2006.
- [2] 陈廷俊,杜达安,罗陶兰,等. 瓦楞纸箱制造及设备[M]. 北京:中国轻工业出版社,1992.
- [3] 陈永常. 瓦楞纸箱的印刷与成型[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [4] 瓦楞纸板单面机工作原理分析浅谈[DB/OL]. (2012-07-16). <http://www.zgzbse.com/news/18068466.html>.
- [5] 康启来. 如何控制和预防瓦楞纸板质量问题[J]. 广东印刷,2009(6):38—40.
- [6] 叶建美,谢子青. 基于S7-300的瓦楞纸温控系统[J]. 包装工程,2010,31(11):96—98.
- [7] 吕玉明,孔令来. 温度测控系统在全自动包装机中的应用[J]. 包装工程,2009,30(8):57—60.
- [8] 蔡锦达,尤黔林,黄树根,等. 基于台达PLC的纸护角机控制系统[J]. 包装工程,2010,31(15):77—80.
- [9] 叶建美,谢子青. 基于S7-300的单面机粘合压力控制系统的设计[J]. 包装工程,2011,32(15):93—95.
- [10] YANG Rui-feng. Corrugated Carton Production Practical Technology[M]. Beijing:Chemical Industry Press,2006.
- [11] CHEN Ting-jun, DU Da-an, LUO Tao-lan, et al. Corrugated Carton Manufacturing and Equipment[M]. Beijing: China Light Industry Press,1992.
- [12] CHEN Yong-chang. Corrugated Carton Printing and Molding [M]. Beijing:Chemical Industry Press,2005.
- [13] Single-sided Corrugated Cardboard Machine Working Principle Analysis, Discussion[DB/OL]. (2012-07-16). <http://www.zgzbse.com/news/18068466.html>.
- [14] KANG Qi-lai. How to Control and Prevent Corrugated Board Quality Problem[J]. Guangdong Printing,2009(6):38—40.
- [15] YE Jian-mei, XIE Zi-qing. Design of Thermal Control System for Corrugated Paper Based on S7-300[J]. Packaging Engineering,2010,31(11):96—98.
- [16] LYU Yu-ming, KONG Ling-lai. Application of Temperature Measurement and Control System in Automatic Packing Machine[J]. Packaging Engineering,2009,30(8):57—60.
- [17] CAI Jin-da, YOU Qian-lin, HUANG Shu-gen, et al. Control System of Paper Corner Protector Machine Based on Delta PLC [J]. Packaging Engineering,2010,31(15):77—80.
- [18] YE Jian-mei, XIE Zi-qing. Design of Bonding Pressure Control System for Single Facer Based on S7-300[J]. Packaging Engineering,2011,32(15):93—95.

(下转第93页)

- XU Zhe-yi. The Control Principles and Maintain of Automatics Shrink Packaging Machine[J]. Packaging and Food Machinery, 2005, 23 (1): 51—52.
- [4] 肖虹,蔡少英,刘涌. 国外塑封微电路的可靠性研究进展[J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2000(6): 45—49.
XIAO Hong, CAI Shao-yin, LIU Yong. Progress in the Research of Reliability of Foreign Plastic Encapsulated Microcircuits[J]. Electronic Product Reliability and Environmental Test, 2000(6): 45—49.
- [5] 徐哲毅. 全自动收缩膜包装机常见电气故障检修[J]. 包装与食品机械, 2005, 23 (4): 48—49.
XU Zhe-yi. Electric Malfunction Maintenance on Auto Shrink Packaging Machine[J]. Packaging and Food Machinery, 2005, 23(4): 48—49.
- [6] 武锋. 可编程控制器 PLC 的基本原理及应用[J]. 电子世界, 2002(11): 31—33.
WU Feng. Basic Principle and Application of Programmable Controller PLC[J]. Electronics World, 2002(11): 31—33.
- [7] 肖伟. 卷烟分拣系统优化研究与应用[D]. 长沙: 湖南大学, 2011.
XIAO Wei. The Optimization Research and Application of Cigarette Sorting System[D]. Changsha: Hunan University, 2011.
- [8] 郁新颜. 基于系统工程原理的产品包装设计[J]. 包装工程, 2009, 30(4): 168—170.
YU Xin-yan. Study on Packaging Design Using System Engineering Theory[J]. Packaging Engineering, 2009, 30 (4): 168—170.
- [9] 袁旭梅. 系统工程导论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
YUAN Xu-mei. An Introduction to Systems Engineering[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2006.
- [10] 艾龙辉, 皮小园, 邹建光. 基于 PLC 的全自动包装码垛生产线控制系统研究[J]. 科技与企业, 2013 (3): 166—167.
AI Long-hui, PI Xiao-yuan, ZOU Jian-guang. The Control System Research Based on PLC Automatic Palletizing Production Line[J]. Technology and Enterprise, 2013 (3): 166—167.
- [11] 卢兆麟, 汤文成. 工业设计中的工程理论、技术与应用研究进展[J]. 工程图学学报, 2009(6): 1—8.
LU Zhao-lin, TANG Wen-cheng. Review on Theory, Technology and Application Research of Ergonomics in Industrial Design[J]. Journal of Engineering Graphics, 2009(6): 1—8.
- [12] 雷耀旭. 烟草自动分拣及塑封加热系统的设计[D]. 保定: 河北大学, 2013.
LEI Yao-xu. Design of Tobacco Automatic Sorting and Plastic Heating System[D]. Baoding: Hebei University, 2013.
- [13] 雷耀旭, 苏国平, 王东, 等. 烟草热塑膜包装机烤箱预警测温装置的设计与实现[J]. 科技与企业, 2013(22): 310—311.
XUE Yao-xu, SU Guo-pin, WANG Dong, et al. Design and Implementation of Tobacco Thermal Plastic Packaging Machine Oven Warning Temperature Measuring Device[J]. Technology and Business, 2013(22): 310—311.
- [14] 陈新. 包装环境生态学[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2002.
CHEN Xin. Packaging Environmental Ecology[M]. Changsha: National Defense University Press, 2002.
- [15] 李明, 吴耀华, 张桂青, 等. 烟草商业企业绿色物流体系构建研究[J]. 物流技术, 2013, 32(9): 3—5.
LI Ming, WU Yao-hua, ZHANG Gui-qing, et al. Tobacco Business Enterprise Green Logistics System Construction Research[J]. Logistics Technology, 2013, 32(9): 3—5.

(上接第 73 页)

- [10] REN Sheng-le, LU Hua, WANG Yong-zhang, et al. Development of PLC-based Tension Control System[J]. Chinese Journal of Aeronautics, 2007(3): 266—271.
- [11] 陈光群. 瓦楞纸板生产线的技术改造和实践[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2010.
CHEN Guang-qun. Corrugated Board Production Line Technological Transformation and Practice[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2010.
- [12] SIEMENS. STEP7 V5.0 User Manual[M]. Berlin: SIEMENS AG, 1999.
- [13] 郭世刚. PLC 的人机接口与编程[J]. 微计算机信息, 2006, 22(19): 42—45.
GUO Shi-gang. The Interface between the Human and the Machine and Programming for PLC[J]. Microcomputer Information, 2006, 22(19): 42—45.
- [14] 李晓娜, 刘宝顺, 刘瑞昌. 基于 PLC 和触摸屏技术的制袋设备控制系统及界面设计[J]. 包装工程, 2014, 35(5): 50—53.
LI Xiao-na, LIU Bao-shun, LIU Rui-chang. Design of Bag-making Equipment Control System and Interface Based on PLC and Touch Screen Technique[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(5): 50—53.
- [15] 瞿琦, 郑鹏, 郑梁, 等. 一种基于 PLC 和 HMI 的层压控制系统[J]. 自动化应用, 2014(1): 33—35.
QU Qi, ZHENG Peng, ZHENG Liang, et al. Laminate Control System Based on PLC and HMI[J]. Automation Applications, 2014(1): 33—35.