

基于 PLC 的裤袜自动包装机实时故障检测与处理

游亚陆, 孟焯, 孙志军, 李培兴

(东华大学, 上海 201620)

摘要: **目的** 针对裤袜自动包装机包装过程中产生的故障问题研发一套故障检测系统。**方法** 通过 PLC 采集输送带、电机、翻转折叠机构、折边铲、封袋铲、装袋铲等关键部位的传感信号, 采用 Visual Basic 设计的上位机系统运用故障树原理, 对所采集的信号进行实时故障诊断及显示。**结果** 该故障检测系统可靠性高, 能有效地提高裤袜自动包装机的故障检测与处理能力, 从而提高了生产效率。**结论** 该系统用户界面简洁、便于操作、运行稳定可靠、自动化程度高, 降低了故障处理时间, 对包装机的日常维护具有重要意义。

关键词: 裤袜自动包装机; 故障检测; 可编程控制器; 故障树诊断法

中图分类号: TP206 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2014)01-0092-04

Real-time Fault Detection and Processing Method Based on PLC for Pantyhose Automatic Packaging Machine

YOU Ya-lu, MENG Zhuo, SUN Zhi-jun, LI Pei-xing

(Donghua University, Shanghai 201620, China)

ABSTRACT: **Objective** To develop a fault detection system to settle the problem of high failure rate in packaging. **Methods** Sensing signals of some key parts were collected by PLC. The key parts were conveyor belts, motors, flip folding mechanism, folding shovel, sealed bags shovel, bagging shovel and so on. Then applying the fault tree principle, real-time diagnosis was made and displayed for the collected signals using the upper computer system designed by Visual Basic. **Results** Practice has proved that this fault detection system is highly reliable and effective. It could improve production efficiency through improving the troubleshooting capabilities of the machine. **Conclusion** The user interface of the system is simple, easy to operate, reliable and with high degree of automation. It can effectively reduce troubleshooting time and has important significance for the routine maintenance of the packaging machine.

KEY WORDS: pantyhose automatic packaging machine; fault detection; programmable controller; fault tree method

随着生活水平的提高,人们越来越重视商品的包装,由此自动化、智能化、多功能、高效率、低成本的包装机械受到行业的青睐。针对国内某大型裤袜企业的生产需求,研发了裤袜自动包装机,该包装机可连续自动运行,对各工位的顺序控制要求很高。当某工位出现故障时,维护人员能快速准确地判断出故障

点,并分析故障原因,对提高包装机的生产效率非常重要。

文中提出了一种故障检测方法,将包装机的工艺流程划分为7个相对独立的子过程。采用FTA故障树^[1]方法,在各子过程的关键部位安装传感器,及时反馈运行状态。通过PLC编程与上位机通信,实现包

收稿日期: 2013-09-12

基金项目: 教育部专项资金资助项目(13D110316)

作者简介: 游亚陆(1991—),男,江西人,硕士,东华大学硕士生,主攻织物自动包装设备。

装机的故障检测。

1 裤袜自动包装机工艺流程简介

裤袜自动包装机分为 7 个工位,即内纸板添加折袜工位、裤袜翻转工位、外纸板添加折边工位、装袋工位、制袋工位、移袋工位、包装袋折边封口工位。其工作原理是利用 PLC 的 I/O 能力与顺序控制能力,通过接收光电传感器、接近开关和光电编码器等器件所发生的信号,控制各电磁阀和变频器的工作状态,进而控制各电机和气缸的运转,实现自动包装。其工艺流程见图 1^[2]。

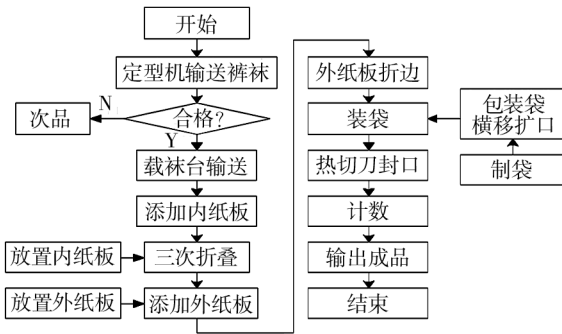


图 1 裤袜自动包装机工艺流程
Fig. 1 The process flow diagram of pantyhose automatic packaging machine

2 故障检测系统设计

故障诊断系统是基于由 PLC 下位机和 Visual Basic 上位机组成的控制系统而开发的。PLC 在故障诊断系统中主要完成故障信号检测、预处理,同时将其转化存储并传输给上位机。上位机通过对 PLC 传输信号的计算和处理,运用故障树诊断法,通过人机面板直观显示故障范围与解决途径,使现场维护人员及时快捷地排除故障。

故障检测系统的功能如下所述。

1) 裤袜自动包装机带故障运行。当包装机出现故障时,经故障检测系统检测与处理,确定故障区,并使故障区停止运行,其余区运行至 PLC 设定的额定工作位置后停止运行。同时,通过人机面板显示故障点、故障区域和解决方法。故障消除后,在上位机人机面板中点击对应故障工位的复位按钮,包装机恢复顺序运行状态。

2) 实时诊断故障位置、故障原因,并给出处理方

法。将包装机的工艺流程划分为 7 个相对独立的子过程,见图 2,当任意子过程出现故障时,PLC 就会收到该工位故障信号,并反馈给上位机以提示排除故障。

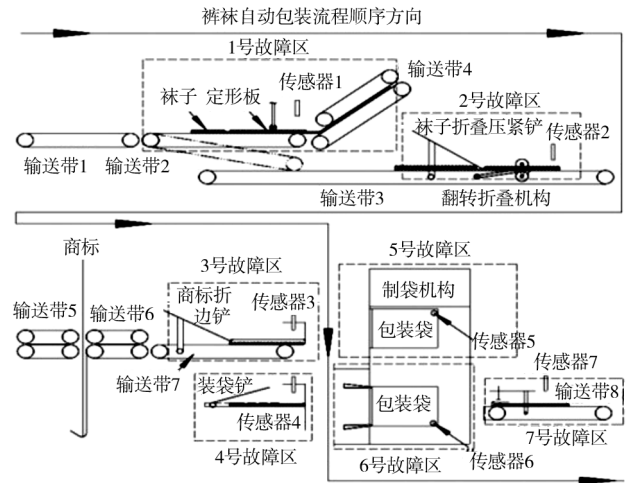


图 2 子工艺过程划分
Fig. 2 Process of sub-division

在故障检测系统中,采用故障树分析法对系统的故障层次结构进行分析,以表达故障的因果关系。将故障树分为 3 层:顶层是系统故障事件,第 2 层是各故障区域的设备故障,底层是无需探察其发生原因的各设备故障具体故障点,记为 X_i 。在此故障树中只包括“与”门和“或”门,即为单调关联故障树,故其结构函数是单调的,即

$$F = F(X_1, X_2, \dots, X_n) = U_{s=1}^k \prod_{X_i \in Y_s} X_i \quad (1)$$

式中, $Y_s \in \{Y_1, Y_2, \dots, Y_k\}$, 其对应于故障树的最小割集,在此对应于故障点造成设备的故障^[3-7]。以分析外纸板折边失败为例,其故障层次分析见图 3。

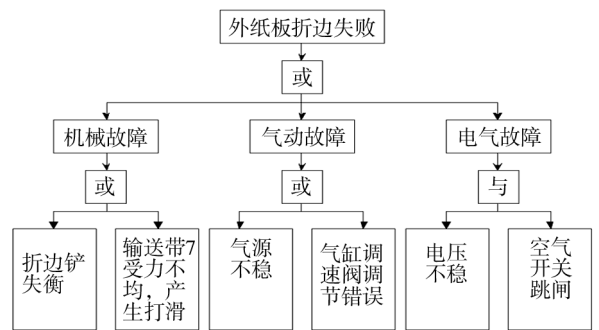


图 3 故障层次分析
Fig. 3 Analysis of fault level

在系统故障诊断分析过程中,通过 PLC 对底层事

件所表示的具体故障点传感器的信号进行接收,利用 Visual Basic 的故障树分析模块进行处理,得出故障原因,并将其输入到相应的显示模块中,实时直观地实现故障检测^[8-9]。

3 故障检测系统硬件组成

该裤袜自动包装机故障检测系统采用 CJ1M—CPU23 型 PLC 可编程控制器和 Visual Basic 上位机人机面板为控制终端,其系统的硬件结构见图 4^[10],主要由 PLC、人机面板、传感器、电源、信息指示元件和打印机构成。

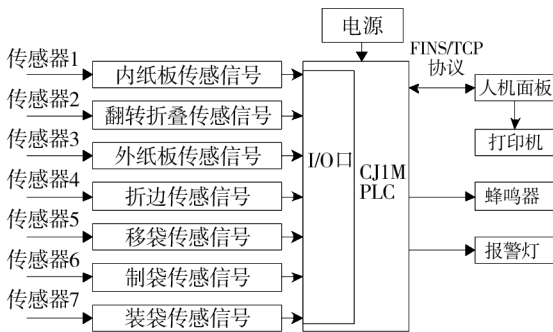


图 4 故障检测系统硬件结构

Fig. 4 Hardware structure of fault detection system

系统通电并初始化后,PLC 实时监控各传感器模块的信号,通过故障诊断软件处理后,与当前工作状态传感器的额定工作信号对比,判断当前包装机的工作状态是否正常,并将数据传到人机面板的故障显示模块。需要打印故障数据时,点击人机面板的打印按钮进行打印。报警灯有正常(绿灯)、预警(黄灯)和报警(红灯)等 3 种状态。当为报警状态时,有警报警音,以提示进行故障处理^[11-12]。

4 故障检测系统软件组成

4.1 PLC 控制程序设计

进行故障检测系统 PLC 梯形图程序设计时,充分利用故障结构的层次,合理安排逻辑流程^[4]。复位分为整体复位与单步复位,整体复位即在出现重大故障时,将所有元器件复位至初始状态,通过将 PLC 运行模式由在线模式改为编写模式来实现。单步复位是将系统所有可能引起故障的检测点引入 PLC,利用引

入 PLC 程序中的最底层故障输入信息,得到更多的故障检测信息,并进行系统故障自诊断,PLC 利用与上位机的通信功能将故障信息显示在人机面板上。在单步复位的同时,PLC 控制其余无故障工位继续运行至初始额定位置,当故障清除完毕后,通过上位机给 PLC 指令,保证包装机继续顺序运行。PLC 控制系统工作流程见图 5^[13]。

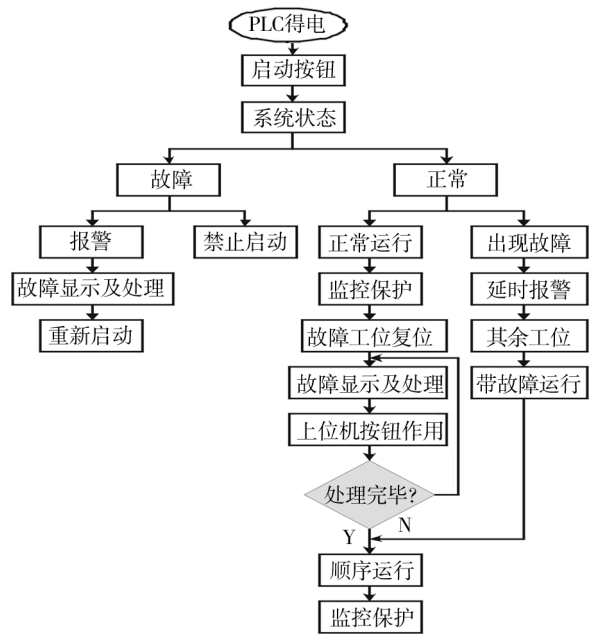


图 5 PLC 程序流程

Fig. 5 Process of PLC program

4.2 Visual Basic 上位机程序设计

系统启动后,进行参数初始化,设定各信号输入端在系统运行时的实时工作状态。分别设置 7 个故障区的复位运行按钮,以启停 PLC 中的各复位子程序。在人机面板的右边设置动态显示区,以实时监控各信号输入端的工作状态,辅助进行故障诊断。上位机程序设定一故障诊断模块,通过比对故障状态和 PLC 反馈的实时状态,对所有可能的因素组合模式进行分析、判断,找出故障原因,再在应用程序中制定一故障树节点表。现以外纸板折边失败为例进行分析,见表 1^[14],其中“*”表示故障信息内容由下一级子节点产生,且须到下一级子节点中进行查找;通过表格提取故障信息并实时显示。如果发生折边铲失衡故障,接收到 PLC 反馈的信号之后,根据故障树查询到上级故障为机械故障,在 3 号故障区,故障结果为外纸板折边失败,根据程序设计结果,将在人机面板的最下方显示:“3 号故障区,外纸板折边失败,为机

械故障折边铲失衡。建议处理方式:调整折边铲气缸。”故障检测系统 Visual Basic 人机面板主诊断输入界面见图 6^[15]。

表 1 故障树节点
Tab.1 Nodes of the fault tree

序号	地址	故障层次	故障信息	处理方法
1	#00052	0	外纸板折边失败	*
2	#00003	1	3 号故障区	*
3	#00011	2	机械故障	*
4	#00012	2	气动故障	*
5	#00013	2	电气故障	*
6	#00101	3	折边铲失衡	调整折边铲气缸
7	#00102	3	输送带 7 受力不均,产生打滑	调整带轮间隙
8	#00103	3	气源不稳	重新开启气压罐
9	#00104	3	折边气缸调速阀调节错误	调节调速阀
10	#00105	3	电压不稳	查看主电源
11	#00106	3	空气开关跳闸	闭合空气开关



图 6 Visual Basic 人机面板
Fig.6 HMI panel of Visual Basic

5 结语

设计了裤袜包装机的故障诊断系统,采用基于故障树的层次知识获取方法,并在采用 Visual Basic 开发的上位机人机面板上进行了运行,实现了故障检测与带故障处理功能。经实际运行证明,该系统用户界面简洁、便于操作、运行稳定可靠、自动化程度高,降低了故障处理时间,对包装机的日常维护具有重要意义。

参考文献:

[1] 李军. 聚丙烯包装码垛机控制系统组成及故障处理[J].

包装工程,2012,33(7):94—97.

LI Jun. Control System Constitution and Fault Treatment of Polypropylene Bagging and Palletizing Equipment [J]. Packaging Engineering,2012,33(7):94—97.

[2] 蒋晓婷. 裤袜包装机控制系统设计[D]. 上海:东华大学,2012.

JIANG Xiao-ting. Design of Control System for Pantyhose Packaging Machine [D]. Shanghai: Donghua University, 2012.

[3] 彭涛,谢勇. 包装过程的故障检测与诊断[J]. 包装工程,2002,23(3):16—17.

PENG Tao, XIE Yong. Fault Detection and Diagnosis for Packaging Process [J]. Packaging Engineering, 2002, 23(3):16—17.

[4] DURGARAO K, GOPIKA V, SANYASI RAO V V S. Dynamic Fault Tree Analysis Using Monte Carlo Simulation in Probabilistic Safety Assessment[J]. Reliability Engineering and System Safety,2009,94(4):872—883.

[5] 聂学俊,杨洋. 基于 VB 的数控机床故障诊断系统实现[J]. 煤矿机械,2011,32(7):264—265.

NIE Xue-jun, YANG Yang. Development of Fault Diagnosis System Based on VB for NC Machine Tool [J]. Coal Mine Machinery, 2011, 32(7):264—265.

[6] 刘高飞,蔺东伟,王冬冬. 基于模糊故障树的军用气象物资包装可靠性分析[J]. 包装工程,2013,34(9):60—64.

LIU Gao-fei, LIN Dong-wei, WANG Dong-dong. Reliability Analysis of Military Meteorological Materiel Packaging Based on Fuzzy Fault Tree [J]. Packaging Engineering, 2013, 34(9):60—64.

[7] 李军. 聚丙烯包装码垛机控制系统组成及故障处理[J]. 包装工程,2012,33(7):94—97.

LI Jun. Control System Constitution and Fault Treatment of Polypropylene Bagging and Palletizing Equipment [J]. Packaging Engineering,2012,33(7):94—97.

[8] 陈虹,徐永财. 单张纸胶印机学习系统故障模块的研发[J]. 包装工程,2009,30(11):77—80.

CHEN Hong, XU Yong-cai. Development of Malfunction Management Module in Sheet-fed Offset Press Learning System [J]. Packaging Engineering, 2009, 30(11):77—80.

[9] MATUZAS, VAIDAS, CONTINI, et al. On the Efficiency of Functional Decomposition in Fault Tree Analysis [J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, 2012, 226(6). (余不详)

[10] 陈进,吕世杰,李耀明. 基于 PLC 的联合收获机作业流程故障诊断方法研究[J]. 农业机械学报,2011(s1):118—122.

- Effect on Color Halftone [J]. *Imag Sci Tech*, 1998 (42) : 335.
- [10] CLAPPER F R, YULE J A C. The Effect of Multiple Internal Reflections on the Densities of Halftone Prints on Paper [J]. *Opt Soc Am*, 1953, 43 (7) : 600.
- [11] GOODALL C. Environmental Awareness and Compliance in Attractive and Functional Packaging [R]. Berlin: Environmental Packaging International committee, 2005: 1—9.
- [12] KHANGALDY P, SCHUENEMAN H H. Design Parameters for De-formable Cushion Systems [R]. San Jose: Westpak, inc, 2000: 1—17.
- [13] CHEN Shou-yu, GAO Yu, WANG Da-gang. Use of Engineering Fuzzy Sets, BP Neural Network and Genetic Algorithm for Intelligent Decision Making [J]. *Proceedings of the World Congress on Intelligent Control and Automation*, 2006 (1) : 3052—3056.
- [14] 白春燕, 张逸新, 秦承红, 等. Murray-Davies 网点面积率预测模型 [J]. *包装工程*, 2008, 29 (8) : 39—42.
- BAI Chun-yan, ZHANG Yi-xin, QIN Cheng-hong, et al. Murray-Davies Model for Predicting Dot Area [J]. *Packaging Engineering*, 2008, 29 (8) : 39—42.
- [15] 赵晨飞, 韩卿, 邹晨, 等. 尤尔-尼尔森光谱组介堡模型中修正指数的研究 [J]. *包装工程*, 2013, 34 (3) : 113—115.
- ZHAO Chen-fei, HAN Qing, ZOU Chen, et al. Research on Correction Factor of Yule - Nielsen Spectral Neugebauer Model [J]. *Packaging Engineering*, 2013, 34 (3) : 113—115.

(上接第 95 页)

- CHEN Jin, LYU Shi-jie, LI Yao-ming. Fault Diagnosis of Combine Harvester Based on PLC [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery*, 2011 (s1) : 118—122.
- [11] 吕玉明, 孔令来, 张平飞. 基于 ATmega128 的智能控制器设计及其在包装机中的应用 [J]. *包装工程*, 2009, 30 (11) : 64—68.
- LYU Yu-ming, KONG Ling-lai, ZHANG Ping-fei. Design and Application of Atmega128-based Intelligent Controller in Packaging Machine [J]. *Packaging Engineering*, 2009, 30 (11) : 64—68.
- [12] FREUND P R, SHARAR S R. Hyperthermia Alert Caused by Unrecognized Temperature Monitor Malfunction [J]. *Journal of Clinical Monitoring*, 1990, 6 (3) : 257—257.
- [13] 高淑敏, 费玉华. 基于 PLC 的动态系统故障诊断与带故障运行方法 [J]. *北京航空航天大学学报*, 2004 (9) : 68—71.
- GAO Shu-ming, FEI Yu-hua. Research on Fault Diagnosis and Running with Fault Method in Dynamic System Based on PLC [J]. *Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics*, 2004 (9) : 68—71.
- [14] JARI H, ANTTI A. Fault Tree Analysis for Maintenance Needs [J]. *Journal of Physics: Conference Series*, 2012, 364 (1) : 012102—012113.
- [15] MARKO Ć, BORUT M. A Dynamic Fault Tree [J]. *Reliability Engineering and System Safety*, 2002. (余不详)
- [16] 徐章遂等. 故障信息诊断原理及应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2000.
- XU Zhang-sui. Diagnosis Principle and Application for the Fault Information [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2000.
- [17] PAU L F. 故障诊断与性能监测 [M]. 王胜, 译. 广州: 华南理工大学出版社, 1988.
- PAU L F. Fault Diagnosis and Performance Monitoring [M]. WANG Sheng, Translate. Guangzhou: South China University of Technology Press, 1988.

(上接第 100 页)

- HOU Dong-liang. Motorcycle Packaging Line Balancing Based on MOD [J]. *Packaging Engineering*, 2012, 33 (21) : 137—141.
- [14] 杨萍. 基于动作研究的药品包装作业过程分析与优化 [J]. *包装工程*, 2010, 31 (13) : 66—70.
- YANG Ping. Pharmaceutical Packaging Process Analysis and Optimization Based on Action Research [J]. *Packaging Engineering*, 2010, 31 (13) : 66—70.
- [15] 庞新福, 杜茂华. 基于工业工程中模特法的动作研究 [J]. *机电产品开发与创新*, 2007, 20 (3) : 28—30.
- PANG Xin-fu, DU Mao-hua. Movement Research in MOD Based on Industrial Engineering [J]. *Development & Innovation of Machinery & Electrical Products*, 2007, 20 (3) : 28—30.
- [16] 张志勇. 基于产品工序分析的系统组装生产线平衡分析与改善 [D]. 上海: 上海交通大学, 2011.
- ZHANG Zhi-yong. The Methods for Solving the Problem of Balancing An Assembly Line [D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2011.