基于伺服控制的三维塑封系统

钟顺金，戴喜会，李昂
（四川省绵阳西南自动化研究所，绵阳 621000）

摘要：目的 为了提高枪弹的防护性和可靠性，设计一种基于伺服过程控制的枪弹塑封包装系统。**方法** 将伺服过程控制、自动枪弹包装系统与塑封包装工艺相结合，形成一种新型枪弹包装系统。**结果** 基于伺服过程控制的枪弹塑封包装系统定位精度高，塑封尺寸和厚度控制在 0.01 mm。经过 900 万发枪弹实运行包装验证，建成了一条新型枪弹包装系统。**结论** 基于伺服过程控制的枪弹塑封包装系统达到了枪弹包装工艺要求，并且可靠、稳定，减少了操作人员，实现了人机隔离。

关键词：枪弹；塑封；包装；伺服电机
中图分类号：TJ209 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2017)23-0041-04

Servo-controlled Three-dimensional Plastic Sealing System

ZHONG Shun-jin, *DAI Xi-hui*, *LI Ang*
(Sichuan Mianyang Southwest Automation Research Institute, Mianyang 621000, China)

ABSTRACT: The work aims to design a bullet plastic packaging system based on servo process control to improve the protection and reliability of the bullet. A new bullet packaging system was formed by combining the servo process control, automatic bullet packaging system and plastic packaging technology. As a result, the bullet plastic packaging system based on servo process control had high positioning accuracy. The plastic packaging size and thickness were controlled at 0.01 mm. After nine million rounds of bullets ran packaging validation, a new bullet packaging system was built. The bullet plastic packaging system based on servo process control reaches the requirements of bullet packaging process, and it is reliable and stable, which reduces the number of operating personnel and realizes the man-machine isolation.
KEY WORDS: bullet; plastic packaging; packaging; servo motor

枪弹是一种存储量大的战略物资，具有品种多，数量大，易燃易爆，易受潮变质，易受物理和化学因素影响等特性，这些特性决定了枪弹包装必须具有高防护性和高可靠性[1—2]。国内枪弹生产装备制造领域尚无成熟的自动化塑封包装成套技术装备。现代制造业中柔性自动化系统的出现，为实现工业枪弹塑封包装系统大批量生产成为可能。打造高效自动化塑封包装生产线是响应中国制造向中国智造转变号召的有力回应。为了适应工业枪弹自动化包装的要求[3]，使枪弹向标准化、系列化和集装化方向发展，应突破现有生产工艺，实现工业枪弹自动化 [4]。改变枪弹包装线设备功能单一、数量多、单机自动化程度低等装备面貌，以及辅助人员多，仅局部进行人机隔离，危及安全生产以及人身安全和健康等现状[5]。我国枪弹整体工业和包装设备技术水平与国外相比差距甚远。

目前，产品一致性、可靠性和稳定性较差[6]，导致部分产品在存储中不同程度地受潮，甚至变质无法使用[7]。如果产品存储不可靠，则在使用时容易发生哑火等，造成安全事故和生产隐患。针对以上问题，文中提出一种基于伺服过程控制的防爆型塑封包装系统。

1 塑封包装系统现状

塑封包装系统具有使用成本低廉、设备维护方便等优点[8]。透明膜塑封包装系统已经广泛应用于医药、食品、保健品、茶叶、化妆品、礼品等行业中各种盒式物品的单件自动包装，合格率在 98%以上[9]。目前

收稿日期：2017-10-12
作者简介：钟顺金（1984—），男，工程师，主要研究方向为自动化控制系统设计。

塑封包装系统还未应用在枪弹包装生产中。笔者利用近几年在电雷管塑封包装系统研究中获得的工艺、经验和技术积累，开发出了适合枪弹塑封包装工艺的塑封系统[10]，完成了第 1 代到第 4 代枪弹塑封包装系统的研制工作过程。笔者将现有塑封包装系统的功能和枪弹包装工艺相结合，提出一种基于伺服过程控制的新型枪弹塑封包装系统，以保障枪弹包装密封合格率在 99%以上，实现枪弹包装生产自动化、智能化。

2　枪弹塑封包装系统工艺流程

根据塑封包裹系统原理设计的工艺流程见图 1。

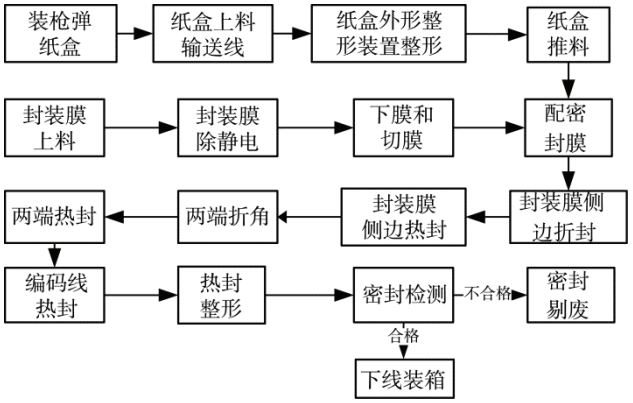


图 1　枪弹塑封包装系统流程

Fig.1 The bullet plastic packaging system flow chart

装有枪弹的包装盒经过上料皮带传输线上料，经过限形结构，进入枪弹塑封包装系统推盒装置[11]。枪弹纸盒在气缸推动下向前移动，切好的封装膜垂直悬挂。枪弹包装盒通过时，封装膜顺势包裹它。折膜装置对封装膜进行三维立体折膜，经过热塑装置进行密封，最后进行气密性试验和检验，成品通过下料线下料或码垛。膜长 L=2B+2H+C，式中 B 为纸盒宽度，H 为纸盒高度，C 为重叠部分的长度。此处 B=93 mm，H=93，C 为 12~17 mm（C 的取值经反复试验所得），则 L 为 384~389 mm。使用博世防爆型伺服电机进行供膜和切膜作业，切膜精度可控制在 1 mm,达到设备防爆、切膜精度的要求。膜宽 K=A+H+C，式中 A 为纸盒长度，H 为纸盒高度，C 为重叠部分的宽度。A=290 mm，H=93 mm,C 为 20~35 mm（C 的取值经反复试验所得），K 为 403~418 mm。经过研究，确定采用膜宽适中的 410 mm 为密封膜，满足工业枪弹需求。

3　枪弹塑封包装系统构成

枪弹塑封包装系统动力系统（见图 2）采用国内标准。供电电源：三相五线制，AC380V，±10%，50 Hz；气源：≥0.5 MPa，且经过干燥、过滤的压缩空气[12]。枪弹塑封包装系统在下膜定位和纸盒传输定位中要求定位精准。文中采用常用的伺服电机完成纸盒传输定位，纸盒塑封膜输送和裁剪。伺服电机原点寻址采用正方向寻找原点开关回零来确定初始位置。包装过程中，伺服电机通过步进方式渐进送料。

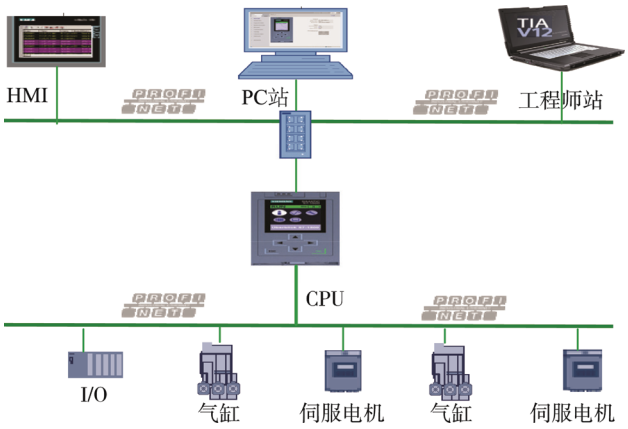


图 2　枪弹塑封包装系统网络

Fig.2 Bullet plastic packaging system network

4　伺服驱动器与过程控制器的通讯

目前，伺服电机驱动器有 PN（PROFINET 简称 PN）SERCOS-Ⅲ、TCP/IP、串口通讯协议等多种通讯方式[13]。考虑到伺服驱动器与过程控制通讯协议的兼容，以及 PLC 通讯的稳定和可靠，笔者选用了具有 PN 接口的驱动器作为伺服电机驱动器。特别注意伺服驱动器和 PN 通讯网络中的 IP 地址编制必须具有唯一性。在硬件组态中，每一个 PN 设备都分配一个独一无二的 PN 协议 IP 地址，否则一旦通讯系统出现数据冲突，以太网通讯就会出现报文错误。

为了建立驱动器和电脑 PC 的通讯，安装伺服驱动器专用软件 SWA-IWORKS-ML-13V16[14]，编辑 PROFINET 总线通讯，设定固化驱动器侧的电机参数。然后编辑驱动器的控制字和状态字。注意输入和输出的数量总和需和上位组态的数量一致[15]。该参数有些占 1 个字，有些实数占 2 个字。例如 P4077 控制字，S282 位置命令值，S259 位置速度，空占 2 个字，也可以选择添加其他参数，见图 3—4。

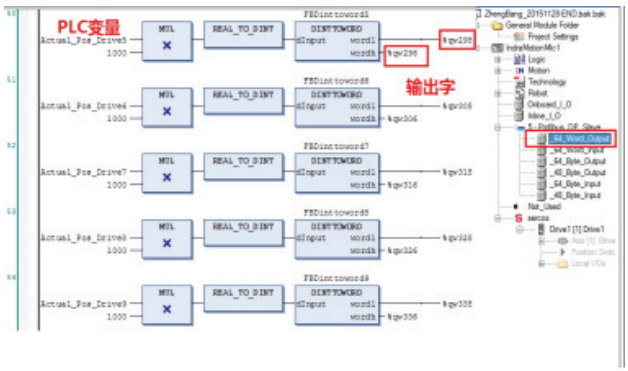


图 3　伺服电机驱动器与西门子主站 PLC 通讯程序

Fig.3 Servo motor drive and Siemens main station PLC communication program

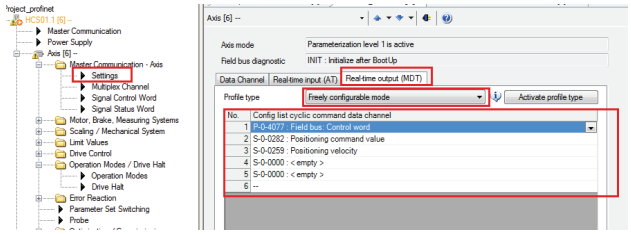


图 4　设定驱动器的控制字和状态字

Fig.4 Setting of the driver's control word and status word

由于 PROFINET 通过控制字去控制驱动器，切换各种运动模式，所以首先确定驱动器的工作模式（见图 5），如速度控制、位置控制、同步控制。驱动器总共提供 8 种操作模式可切换使用。

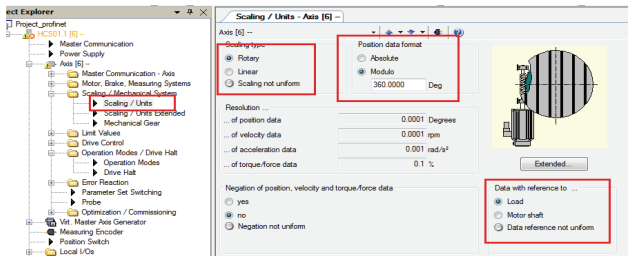


图 5　设定驱动器的旋转轴、运行方式

Fig.5 Setting of the rotation axis of the drive and the running mode

设置驱动器关于设备机械传动的相关参数（见图 6）。例如旋转轴、模方式、数据基于负载侧。运行程序见图 7。

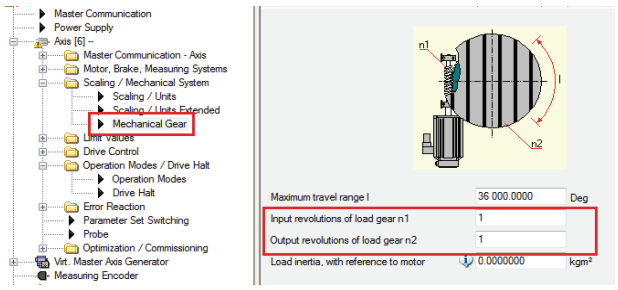


图 6　设置机械传动比

Fig.6 Setting of the mechanical transmission ratio

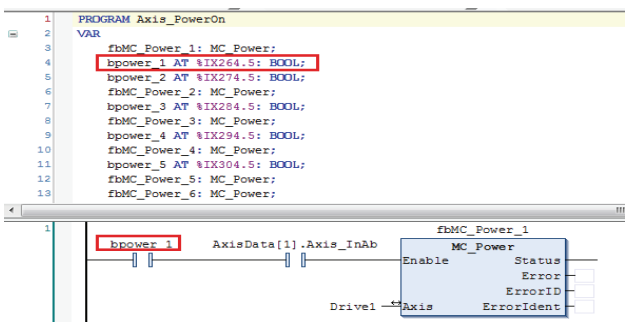


图 7　力士乐伺服电机驱动器运行程序

Fig.7 Rexroth servo motor driver run program

5　硬件组态

该软件采用由主界面功能画面管理各子界面功能画面的模式，见图 8。

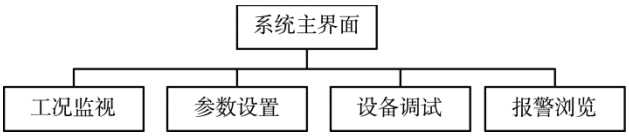


图 8　触摸屏应用软件构成

Fig.8 Composition of a touch screen application software

操作台下方与设备采用圆形法兰安装。法兰面的高度和直径按最小能达到的尺寸设计，内含 1 个 G1 和 1 个 G3/4 的接头。操作台由 1 个模式选择旋钮、1 个急停按钮、1 个启动按钮、1 个停止按钮、1 个暂停按钮、4 个指示灯组成，所有元器件均采用防爆型元器件，操作台为后开门式。操作台厚度按最小化设计，上方中央装配直流 24 V 声光报警器，根据防爆和非防爆要求选择半球型防爆声光报警器或三色报警灯。

6　结语

针对枪弹塑封包装系统使用现状提出了基于 PLC 控制的枪弹塑封包装生产线，该生产线安全、可靠，实现了人机隔离，提高了生产效率，为枪弹包装实现全线自动化生产线提供了一个优良的实施方法。该生产线已经成功应用在某枪弹包装生产线中，得到了适用验证和经验，实现了预期目标，得到用户好评。该生产线自动化程度高、数据可远程传输，可和 ERP 等管理系统实现无缝衔接，功能完备，实现了产品化、标准化。

参考文献：

[1]　王宝霞, 李大纲. 利用废弃滤纸制备纳米纤维素/聚乙烯醇包装复合材料[J]. 包装工程, 2015, 36(1): 61—64.
WANG Bao-xia, LI Da-gang. Preparation of Disused Filter Paper Cellulose Nanofibers-reinforced PVA Composites[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(1): 61—64.

[2]　黄钊. 基于 RFID 的安全防伪系统的设计与实现[D]. 武汉：华中科技大学, 2009.
HUANG Zhao. Research on Design and Implementation of Security Anti Fake System Based on RFID[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2009.

[3]　GB/T 8168—2008, 包装用缓冲材料静态压缩试验方法[S].
GB/T 8168—2008, Testing Method of Static Compression for Packaging Cushioning Materials[S].

[4]　彭国勋. 物流运输包装设计[M]. 北京：印刷工业出

版社, 2012.
PENG Guo-xun. Design of Transportation Packaging [M]. Beijing: Graphic Communication Press, 2012.
[5] 白焘, 陈曙, 蔡建, 等. 炮弹用塑料包装结构设计方法[J]. 包装工程, 2017, 38(21): 79—82.
BAI tao, CHEN shu, CAI jian, et al. Design Methods of Plastic Packaging Structure for Shells[J]. Packaging Engineering, 2013, 38(21):79—82.
[6] 虞波, 张博, 肖勇, 等. 小口径枪弹包装拖轮传输线同步技术[J]. 兵器装备工程学报, 2016(9): 11—15.
YU Bo, ZHANG Bo, XIAO Yong, et al. Roller and TL Synchronization Technology in Small-Caliber Bullet Packaging [J].Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2016(9): 11—15.
[7] 刘学鹏, 郝晓红, 张东升, 等. 电子凸轮控制器设计[J]. 四川兵工学报, 2013(5): 87—90.
LIU Xue-peng, HAO Xiao-hong, ZHANG Dong-sheng. Electronic CAM Controller Design[J]. Journal of Sichuan Aarmaments Factories, 2013(5): 87—90.
[8] 李昂, 钟顺金, 胡翔. 电雷管热封覆膜包装安全性研究[J]. 兵工自动化, 2017(3):63—65.
LI Ang, ZHONG Shun-jin, HU Xiang.Detontor Heat-wrapping Safety Analysis[J]. Ordnance Industry Automation, 2017(3): 63—65.
[9] 韩崇伟. 基于分数阶控制的火炮伺服系统[J]. 兵工自动化, 2016, 35(10): 4—8.
HAN Chong-wei. Based on the Fractional Order Control of Artillery Servo System [J]. Ordnance Industry Automation, 2016, 35 (10) : 4—8.
[10] 孔森. 一种粒状发射药的自动包装控制技术[J]. 兵工自动化, 2016, 35(02): 86—89.
KONG Miao. A Granular Propellant Automatic Packaging Control Technology[J]. Ordnance Industry Automation, 2016, 35(2): 86—89.
[11] 吴旭辉, 张广辉. 军品包装标准化[J]. 包装, 2016, 37(9): 171—174.
WU Xu-hui, ZHANG Guang-hui. Standardization of Military Product Packaging[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(9): 171—174.
[12] 高敬更, 陈欣, 乔立凤, 等. 基于 PLC 的液压成型控制系统的设计[J]. 工业仪表与自动化装置, 2013(5): 39.
GAO Jing-gen, CHEN Xin, QIAO Li-feng, et al. Based on PLC's Design of Hydraulic Forming Control System[J]. Industrial Instrumentation and Automation Device, 2013(5): 39.
[13] 康权, 吕庆春, 俞永江, 等. 基于 Quantum PLC 和 iFix 的低温多效海水淡化控制系统[J]. 工业仪表与自动化装置, 2014(5): 17.
KANG Quan, LYU Qing-chun, YU Yong-jiang, et al. Based on the Low Temperature Multi-effect Seawater Desalination Control System Based on Quantum PLC and Fix[J]. Industrial Instrumentation and Automation Device, 2014(5): 17.
[14] KIM J H, JOU S T, CHOI D K, et al. Direct Power Control of Three-phase Boost Rectifiers by Using a Sliding-mode Scheme[J]. Journal of Power Electronics, 2013, 13(6): 1000—1007.
[15] 李雪松, 谌海云, 刘晓露, 等. 基于 Rockwell 现场总线的观光缆车控制系统设计[J]. 工业仪表与自动化装置, 2015(3): 33.
LI Xue-song, CHEN Hai-yun, LIU Xiao-lu, et al. The Design of the Gondola Control System Based on Rockwell Field Bus[J].Industrial Instrumentation & Automation, 2015(4): 33.