

包装技术与工程

负极片自动化包装系统工艺优化及其关键技术开发

李鹏, 杨建国, 张家梁

(东华大学, 上海 201620)

摘要: 负极片包装是锌银电池生产的关键工序。通过对负极片包装工艺的数学模型方法优化分析及其包装系统的运动设计, 开发了基于 PLC 的负极片生产线自动包装系统, 实现了负极片包装的自动化, 有效地提高了负极片的生产效率, 避免了有毒物质对生产人员健康的损害, 在实际运用中, 取得了良好工程效果。

关键词: 负极片; 包装工艺; 数学模型; 工艺优化; 自动化系统; PLC 控制

中图分类号: TB486⁺.3; TB489 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)05-0001-05

Process Optimization and Key Technologies Development of Negative Film Automatic Packaging System

LI Peng, YANG Jian-guo, ZHANG Jia-liang

(Donghua University, Shanghai 201620, China)

Abstract: Negative film packaging is the key Process of Zinc-silver battery manufacturing. Through negative film packaging process optimization analysis using mathematical modeling method and packaging motion design, a negative film automatic packaging system was developed based on master-slave PLC and control panel. The negative film production efficiency was improved effectively and toxic substances damaging the health of production personnel were avoided. The efficiency was proved by engineering practice.

Key words: negative film; packaging process; mathematical modeling; process optimization; automatic system; PLC control

负极片包装是负极片自动化生产的核心技术, 包装对于锌银电池有容纳、保持及保护极片多重功能, 包装质量的好坏是负极片自动化系统成功与否的决定因素。开发自动化包装系统来取代当前的手工包装, 并将其集成到整个负极片自动生产系统^[1]中, 对推进锌银电池包装自动化、提高负极片生产效率、改善工人劳动状况及提高我国军用自主技术的水平, 具有重要的国家战略意义。

1 负极片自动包装系统工艺设计与优化

1.1 需求分析

负极片包装中包装纸的厚度是 0.04 mm, 轻薄、柔软、透气性好^[1], 且膏体黏性极强, 实现自动包装难

度很大, 所以负极片包装中的主要难点包括以下几点。

1) 包装纸沿膏体片缘整齐对折, 包装纸紧贴膏体表面, 无皱褶; 包装纸不得包附过紧, 使膏体变形, 也不可包附过松, 使膏体四周有较大间隙。

2) 因在负极片自动化生产系统中, 速度最慢的为膏体涂制工位, 其速度为每片 20 s。熟练工人手工包装极片条件下, 其速度大约每片 30 s。因此, 要求包装系统生产速度不大于每片 20 s, 传输平稳, 无明显振动, 不得造成产品破碎, 成型产品平铺于托盘内。

3) 操作简便、安全^[2]。不存在影响人身安全的机械、噪音等损伤(声音低于 50 dB)。

4) 由于负极片包括 7 种规格, 不同规格的尺寸相差很大(最小的是 43 mm×26 mm, 最大的是 120

收稿日期: 2011-11-02

基金项目: 上海工程技术研究中心科研计划项目(10DZ2250300); 上海市重点学科(B602)

作者简介: 李鹏(1987-), 男, 江苏宿迁人, 东华大学硕士生, 主攻先进制造工艺与装备。

该矩阵为 6×5 , 因为列是代表同类功能的, 那么矩阵的行数就是系统所能分出的最大组数, 这样根据工艺的模块化特性, 包装机系统设计为 6 个工位。除了第 1 工位和第 6 工位分别为输入和输出之外, 其他 4 个工位含有 3 种工步, 即由矩阵中间的 1~12 数值所代表, 每一个工位用一个机械手来完成的话, 则需要 4 个机械手完成包装系统折叠工位, 每个机械手承担 3 个不同的动作, 则这些机械手就具有最大的相似度^[4]。最终, 通过工艺的成组化来实现机械手的模块化。

1.3 工艺方案确定与自动流程设计

通过以上分析, 包装系统设计 6 个工位组成, 包括输入工位、4 个机械手折叠工位和输出工位。系统工位不多, 被包装物尺度不大, 故可以将 6 个工位作竖直布置。这样为包装集成在整个系统中降低了难度。负极片包装工艺见图 2, 包括上料(输入)工位、1~4 号折叠工位以及翻转(输出)工位。

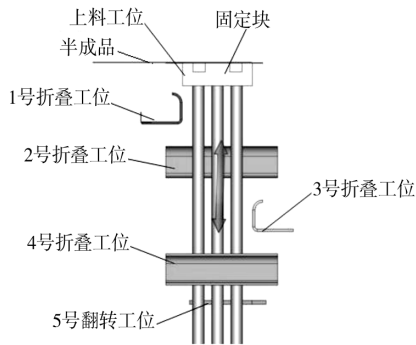


图 2 负极片包装工艺

Fig. 2 The packaging process of negative film

该方案的工作原理为: 负极片半成品放入到工装台(固定块), 系统开始运行; 工装台向下一个工位步进运动, 当半成品经过 1 号折叠工位信号, 固定块停止, 折纸机械手的折板自动将包装纸折好; 半成品继续向下运动, 直至各个需要折叠的包装纸都被折叠好; 当所有的边被折好后, 成品由旋转气缸翻转 180° , 自动输出。

由此, 可以进行自动包装工艺流程设计, 见图 3。1~4 号折叠工位以及翻转输出工位由对应气缸驱动的机械手进行动作, 而上料输入工位涉及到与负极片前生产系统集成, 故在自动包装系统中分拆成 3 个单步, 实现良好的接口。

1.4 典型工位的动作循环图设计优化

负极片膏体非常黏, 经过涂、压制好的膏体在包

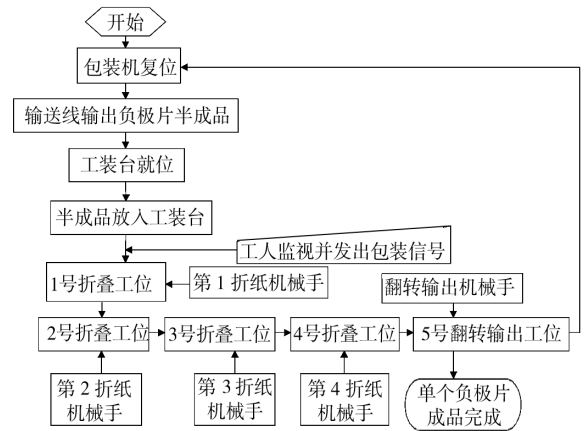


图 3 自动包装工艺流程

Fig. 3 Flowchart of the automatic packaging process

装纸上成长方体形状, 包装过程中 4 个主要工位用于完成包装纸的四边折叠包装。经过以上的分析, 这 4 个工位具有相似性, 任取一边的包装设计作为典型进行说明。如负极片自动包装第 1 折纸工位的动作示意图见图 4, 第 1 折纸工位的动作循环见图 5。第 1 工

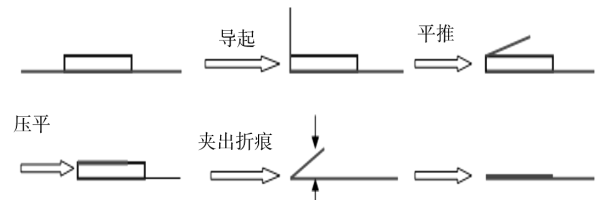


图 4 第 1 折纸动作示意图

Fig. 4 Sketch map of 1[#] paper-folding actions

工位	机构名称	动作类型	动作时间					
第 1 折纸工位	丝杠	下行导起	■					
		返回复位						■
	夹痕气缸	正向旋转		■				
		反向回程			■			
	推平气缸	推程				■		
		回程					■	
	压平气缸	推程					■	
		回程						■
				← t_1 → ← t_2 →				

图 5 第 1 折纸工位的动作循环图

Fig. 5 Action cycle of 1[#] paper-folding station

位的动作时间如图 5 中完的 t_1 段, 其 t_2 段时间用于成其他工位动作。丝杠的下行起导起包装纸和进入工位的作用, 通过夹痕气缸作推平的预折痕, 然后通过推平气缸以及压平气缸最后完成第 1 边的折纸。

2 负极片包装系统运动部分关键技术开发

2.1 包装系统的设备主要构成分析与设计要点

基于包装系统工艺设计,负极片包装系统应由负极片工装台、气动折纸机械手、工装台进给丝杠 3 个主要部分组成。

负极片工装台是连接负极片生产线与包装台进给丝杠部分的过渡机构,合格的半成品负极片由工人手工取放到负极片包装台,再将包装台推进燕尾槽工装体,手工启动包装系统,丝杠将负极片送到各个气动折纸机械手部分。负极片工装台是实现 7 种型号负极片包装的工作平台,该工装台需要在设计时考虑工装的可更换及承载负极片的可靠、稳定。

气动折纸机械手主要通过 2 个气缸运动和丝杠进给运动组合辅助板,实现负极片的各个折纸工艺,丝杠进给时通过辅助板实现纸的挡起,由 2 个气缸驱动的机械手实现纸的推(水平)与压(竖直)。每次折叠纸张的长度都要求十分精准,以保证折叠后负极片的平整、不漏膏体。

工装台进给丝杠是包装机的主要运动部件,将待包装的半成品在竖直线上输送到各个包装机械手进行各次折纸,起到伺服运动的作用。进给丝杠采用电机驱动,其运动具有可重构性,运动精度高,由 PLC 控制电机进行间歇式转动^[5],是实现 7 种型号负极片包装的运动平台。

电机运转带动丝杠驱动工装台,首先运动到辅助板挡起包装纸的一侧余边,包装机械手部分主要由气缸驱动的推板实现膏体四周余边及壳舌部折叠,然后由压铲压住纸张与膏体贴合,电机运转带动丝杠驱动工装台,将待包装负极片送入下个包纸机械手进行类似包装。这样包装纸的各个侧边及舌部包装完毕后,由丝杠带动到输出工位,由直动气缸伸出爪手插在负极片成品下,再由旋转气缸将成品翻转到输送带上,由输送带将包装成品输出。

2.2 包装系统的伺服驱动轴传动设计

利用位置传感器检测工装台的到位与否^[5],由 PLC 控制电机进行间歇式伺服转动,这样可以保证负极片包装的工装台具有足够的位置重复定位精度,见图 6,伺服驱动轴部件由驱动电机、联轴器、轴承、轴承座、工装台座、丝杠、线性滑轨、机架及丝杠固定端组成。

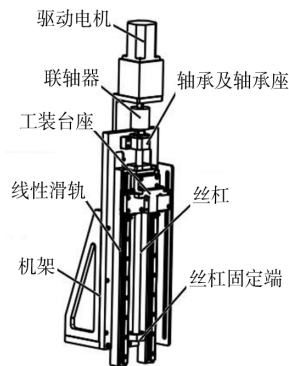


图 6 负极片包装系统伺服主轴部件

Fig. 6 Servo-spindle unit of negative film automatic Packaging system

2.3 负极片包装系统自动输出线运动设计

包装完成后,在翻转工位上极片由翻转机械手置放于负极片自动输送线上,其作用是把包装好的负极片输出包装系统,并传送到自动称量检测工位,进行质量实时监控管理^[5]。该自动输出线的主体采用皮带传送成品极片,而皮带的其中一个辊的轴端采用链轮,通过链联接在电机上从而驱动同步运行,作为主动辊,带动皮带向外传送。电机采用调速器实现电机转速可调,从而匹配包装系统的生产速度,方便产品有序地进行自动称量。自动输出线的设计中应用缓冲包装设计方法进行运动方面的考虑^[6],以达到保护极片完好、无破碎的要求。

3 负极片包装系统控制部分的关键技术开发

3.1 包装系统硬件组成及工作原理

包装系统采用 PLC 作为下位机,控制面板作为上位机。PLC 控制器一方面对包装机的运行进行控制^[7-8],另一方面与人机操作面板通讯,接受操作者发出的操作指令。操作面板作为上位机,用于工作方式选择、参数设置和自动、手动控制切换以及故障报警等。控制面板通过串行口与 PLC 相连并进行相互通信。

包装机控制系统硬件配置见图 7,主要包括:系统控制器、模块化 PLC 单元(PLC 的 CPU 自带高速计数器)、检测元件、控制面板、控制元件、执行元件、反馈元件以及信号指示元件等。

3.2 包装系统主要硬件选型

通过对自动包装系统顺序动作、性能特点及控制

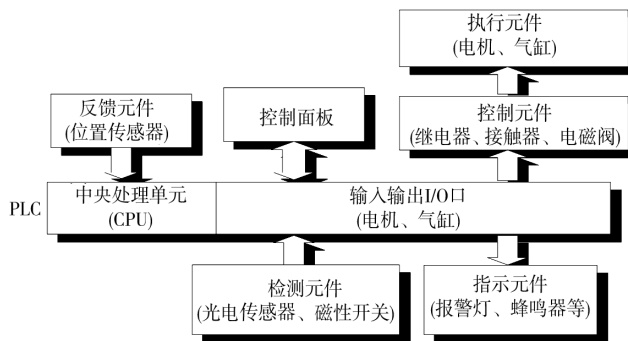


图7 控制系统硬件配置

Fig. 7 Hardware configure of control system

要求分析,PLC 共需 24 个输入点、21 个输出点。综合考虑性价比及企业网络化控制的需求^[2],选择 MITSUBISHI 公司的 FX3u-64M 型 PLC3,SGDM-10ADA 电机驱动器,采用 VGA 的 PG90L1-10-19-70 电机,亚德客 4V210-06 电磁阀,以及 Aotoro-FR12-4DP 型位置传感器、CJ1W-OD211 型输出单元。

3.3 包装系统减少气动机械手运动冲击的关键技术

系统的包装作用对象是黏性极强的锌膏和又薄又软的水化纤维素膜纸,为防止气动机械手的冲击导致负极片产品破碎,必须采取措施来减小气动冲击影响。为此,采用了 2 点技术:一是在与气缸轴平行的方向设计 2 个内置弹力可调的缓冲弹簧的导向轴系(以第 1 机械手为例,见图 8a);二是在气缸进、出气口

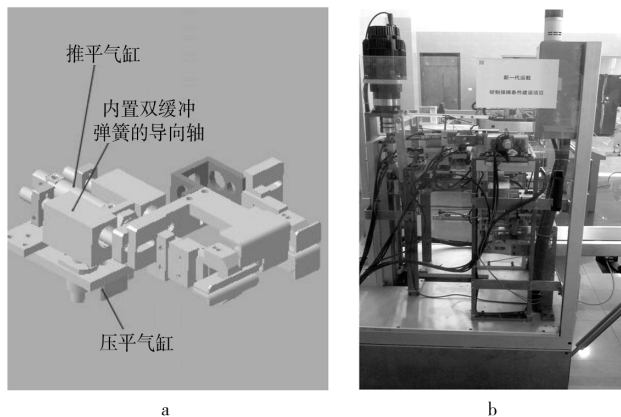


图8 减少气动机械手运动冲击的方法

Fig. 8 Solutions of reducing pneumatic manipulator motion impact

设计流量调节阀,通过调节空气流速来控制气缸的推出与返回的速度,从而控制冲击大小,见图 8b。经实际工程应用验证,这 2 条措施对抑制气动机械手的运动冲击起到了良好的效果。

4 结论

所设计的锌银电池负极片自动包装系统,由 PLC 协调其内部各设备之间的动作,控制面板提供人机交互渠道。经过矩阵模型优化后的自动包装工艺合理、设备模块可靠且工艺参数可调,充分满足了电池包装生产的技术要求,能够实现对多种规格负极片的包装生产,通用性好、结构可靠、操作方便、自动化程度高,提高了负极片产品包装的速度和质量,降低了工人的劳动强度和有毒物质的危害,对我国包装行业及航空电源工业的发展有着积极的意义。

本包装系统已在国内某电源研究所成功应用,取得了良好工程效果。基于其特点,可扩展到其他类似的包装系统上,例如服装或食品包装系统。

参考文献:

- [1] 李蓓智,李鹏,杨建国,等. 负极片自动化生产线总体设计及其关键技术研究[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2011,37(4):431-433.
LI Bei-zhi, LI Peng, YANG Jian-guo, et al. The General Design of Negative Film Automatic Production Line and the Research of Its Key Technologies [J]. Journal of Donghua University(Natural Science), 2011,37(4):431-433.
- [2] 陈德源,刘连平. 机械产品的总体设计[J]. 机电设备, 2007,7(3):3-4.
CHEN De-yuan, LIU Lian-ping. Overall Design of Mechanical Products[J]. Mechanical and Electrical Equipment, 2007,7(3):3-4.
- [3] 杨建国,周继华. 负极片自动化生产线管控一体化系统研制[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2011,37(4):426-430.
YANG Jian-guo, ZHOU Ji-hua. Development of the Negative Film Automatic Production Line Integrated Control System[J]. Journal of Donghua University(Natural Science), 2011,37(4):426-430.
- [4] 陈黎敏,蔡惠平. 包装生产线的一种设计方法[J]. 包装工程, 1999,20(5):6-8.
CHEN Li-min, CAI Hui-ping. A Design Method of Packaging Production Line[J]. Packaging Engineering, 1999, 20(5):6-8.

着直径较大的孔洞,材料孔壁上,纤维之间,存在着大量小孔。这些小孔结构,为材料提供了较好的缓冲性能。

3 结论

在保证产气量相近、发泡效果接近的情况下,利用各种发泡剂分解温段不一进行分段发泡的效果,优于采用单一发泡剂。选用复合发泡剂时,试样在发泡时可以有更多水蒸气逸出,有利于试样成型,后期干燥的能耗也较少。

参考文献:

- [1] 丁毅,李尧,曾珊珊,等. 植物纤维类缓冲包装材料的研制[J]. 包装工程,2006,27(2):50-51.
DING Yi, LI Yao, ZENG Shan-qi, et al. Development of Plant Fiber Cushion Packaging Material[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(2): 50-51.
- [2] 索晓红,李新平. 纤维素纤维发泡缓冲包装材料制备工艺初探[J]. 包装工程, 2006,27(6):116-118.
SUO Xiao-hong, LI Xin-ping. Research on Preparation of Fiber for Foaming and Buffering Packaging Material[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(6): 116-118.
- [3] 骆光林,裴璐. 纸浆发泡缓冲材料研究[J]. 包装工程, 2007,28(5):46-48.
LUO Guang-lin, PEI Lu. Study on Pulp Foaming Buffer Material[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(5): 46-48.
- [4] 李媛媛. 发泡植物纤维模压制品的关键生产技术研究[D]. 重庆:重庆工商大学,2008.
- [5] LI Yuan-yuan. Research about Key Technology in the Process of Producing Foaming Plant Fiber Molding Products[D]. Chongqing: Chongqing Technology and Business University, 2008.
- [5] 苏笑海. 双发泡植物纤维包装材料:中国, CN 00114543. 6[P]. 2000-10-25.
SU Xiao-hai. Double Foaming Plant Fiber Packing Materials; China, CN 00114543. 6[P]. 2000-10-25.
- [6] SCHUBE H, REGIER M. 食品微波加工技术[M]. 徐树来,郑先哲,译. 北京:中国轻工业出版社,2008.
SCHUBE H, REGIER M. Microwave Processing of Foods[M]. XU Shu-lai, ZHENG Xian-zhe, Transl. Beijing: China Light Industry Press, 2008.
- [7] 邹继兆,曾燮榕,熊信柏. 微波热解 CVI 法制备 C/C 复合材料[J]. 新型炭材料, 2009, 24(2): 136-140.
ZOU Ji-zhao, ZENG Xie-rong, XIONG Xin-bo. Microwave Assisted Chemical Vapor Infiltration to Prepare Carbon/Carbon Composites[J]. New Carbon Materials, 2009, 24(2): 136-140.
- [8] 李自光,任武,黄樱,等. 基于 ANSYS 的微波加热再生沥青路面温度控制仿真与试验[J]. 中国工程机械学报, 2010, 8(2): 204-207.
LI Zi-guang, REN Wu, HUANG Ying, et al. ANSYS-based Temperature Control and Simulation and Experiment on Microwave-heating Recycling Asphalt Pavement[J]. Chinese Journal of Construction Machinery, 2010, 8(2): 204-207.
- [9] 许治国,石耀刚. 发泡剂 AC 分解动力学研究[J]. 橡胶工业, 2007, 54(2): 80-83.
XU Zhi-guo, SHI Yao-gang. Kinetics of Decomposition of Blowing Agent AC[J]. China Rubber Industry, 2007, 54(2): 80-83.
- [5] MAHALIK Nitaigour P. Processing and Packaging Automation Systems; a Review[J]. Sens & Instrumen Food Qual, 2009(3): 12-25.
- [6] 王志伟. 现代包装力学[J]. 包装工程, 2002, 23(1): 1-5.
WANG Zhi-wei. Modern Packaging Mechanics[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(1): 1-5.
- [7] 段晨东,郭妍. 可编程控制器 PLC 在电池包装机上的应用[J]. 西北轻工业学院学报. 1999, 17(3): 102-105.
DUAN Chen-dong, GUO Yan. Programmable Locial Controller (PLC) Application on Battery Packaging Machine[J]. Journal of Northwest Institute of Light Industry, 1999, 17(3): 102-105.
- [8] 沈萌红,王贤成,黄方平. 一体化年糕生产包装机控制系统设计[J]. 包装工程, 2008, 29(10): 138-139.
SHEN Meng-hong, WANG Xian-cheng, HUANG Fang-ping. Design of the Control System for Integrated Cake Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10): 138-139.

(上接第 5 页)