

机车弹簧全自动在线分检包装机的研制

仇久安¹, 魏娜^{1,2}, 谢亚², 孙诚^{1,2}

(1. 天津职业大学, 天津 300410; 2. 天津科技大学, 天津 300457)

摘要: **目的** 针对机车弹簧组, 对其自动化包装机进行研制。 **方法** 按照自动化生产工艺流程和产品包装的技术要求, 提出机车弹簧“U”型卧式自动包膜机, 包括供膜机构、送料机构、上推机构、下托机构、下推机构以及输送机构, 能够实现弹簧自动分类、薄膜裹包、套装、装箱等一系列自动化包装过程。 **结果** 满足自由高度范围为200~260 mm, 直径范围为80~120 mm, 弹簧原钢直径范围为 $\phi 12 \sim \phi 32$ mm, 内簧与外簧自由高度误差 ≤ 2 mm的弹簧组, 以机械方式高速高效地全自动包装的要求。 **结论** 可降低材料成本, 减少人工操作, 并达到弹簧防损、防锈包装的效果。

关键词: 机车弹簧包装机; 在线分检; U型卧式自动包膜方式

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)13-0096-04

Development of Automatic On-line Inspection and Packaging Machine for Locomotive Spring

QIU Jiu-an¹, WEI Na^{1,2}, XIE Ya², SUN Cheng^{1,2}

(1. Tianjin Vocational Institute, Tianjin 300410, China;

2. Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

ABSTRACT: Objective Targeting at locomotive spring production, its packaging production line was designed. **Methods** According to the technical requirements of the automated production and packaging process for locomotive spring, this paper presented a "U" type horizontal automatic packaging machine for locomotive spring, which was composed of film supplying unit, feeding unit, uppushing unit, holding unit, downpushing unit, and transport unit. Using this system, a series of automated packaging process for locomotive springs were accomplished, including automatic classification, film wrapping, packaging and packing. **Results** This method satisfied the requirements of high efficient automatic packaging in mechanical way for spring sets with a free height range of 200~260 mm, a Φ range of 80~120 mm, and a spring raw steel diameter range of $\phi 12 \sim \phi 32$ mm and an error between the free height of inner and external spring of 2 mm or less. **Conclusion** It could reduce the cost of materials, reduce the manual operation, and achieve the damage-proof and rust-proof packaging of the locomotive spring.

KEY WORDS: locomotive springs packaging machine; online inspection; U type horizontal automatic packaging

近年来随着中国经济发展水平的提高,中国高速铁路迅速发展,并步入了世界高速铁路的前列。目前已投入运营的高速铁路有21条,总里程为6894 km,居世界第一。随着我国高速铁路网络的迅速发展,国内对高速、重载列车关键材料及其零部件的需求形成了

巨大的市场,由此机车弹簧作为高铁机车的关键零件之一,需求逐渐增大^[1]。规模性弹簧企业在广州、上海和天津周边地区逐渐崛起^[2]。

高铁机车转向架弹簧属于组合弹簧,即将2个直径不同的压缩弹簧套在一起使用,如此解决了径向尺

收稿日期: 2014-04-01

作者简介: 仇久安(1964—),男,天津人,副教授,高级工程师,主要研究方向为包装印刷机械。

寸有限而无法承载大载荷的难题。高铁机车弹簧的性能好坏除了受弹簧原钢性能、加工技术、生产工艺等方面影响外,弹簧的防锈和防护包装也是一个重要因素。机车弹簧本身质量大、形状不固定、计量不准确、套装困难、弹簧表面漆层易磕碰等特点,增加了自动化弹簧包装技术上的难度,所以对于机车弹簧的包装,就成了亟需解决的问题。

当前,我国机车弹簧生产企业都是采用手工分检包装方式,这种包装方式存在的主要问题有:工人劳动强度大,安全性差,车间工况条件恶劣;人工操作包装生产时间难以控制,生产节拍不均衡,生产效率低;产品质量受到人为因素的限制,包装质量(高度误差)不稳定,直接影响机车运行平稳性,这项技术要求在装配中必须要保证;操作人员多,人工成本高,占地面积大,极不适于大批量生产和现代化管理的发展模式。

面对机车弹簧包装现状,弹簧生产企业迫切需要采用拥有自主知识产权的全自动或半自动化包装机来实现弹簧高速、低碳包装。全自动弹簧包装机主要用于铁路机车车辆弹簧的全自动包装,是国内包装行业急需研发推广的重要装备。弹簧包装生产线能够为企业稳定可靠、性能优良的生产系统,减少包装材料损耗,提高劳动生产效率,实现企业高速生产、自动化、智能化、多元化的发展需求^[3-5]。

1 机车弹簧包装程总体设计

1.1 机车弹簧包装机技术要求

1) 机车弹簧尺寸。自由高度范围为200~260 mm,直径范围为80~120 mm,弹簧原钢直径范围为 $\phi 12 \sim \phi 32$ mm,内簧与外簧自由高度误差 ≤ 2 mm,直径差约50 mm。

2) 生产能力要求6箱/分钟,即包装每箱机车弹簧所用平均时间为10 s,月单班工作量为900 t,即72 000箱(按每天8 h的工作时间,每月工作日为25天,每套机车弹簧按平均质量为13 kg计算)。

3) 全自动机车弹簧包装机可以实现弹簧自动分检、分类、U型薄膜裹包、套装、装箱等一系列包装过程。

4) 弹簧生产过程中涂覆的防护漆膜,主要起到防潮、防腐蚀等作用。如果包装和运输过程的机械振动

摩擦造成漆膜受损,那么弹簧的性能及使用寿命都会受到影响。由此通过薄膜包装工艺对弹簧漆膜进行保护,对于弹簧防腐保护来说是一项有效措施^[6-9]。

5) 具有较大的灵活性,降低工人劳动强度,减少人工操作,保证成品质量,能够用于多种型号的机车弹簧及类似产品包装需要,满足企业高速自动化生产。

1.2 机车弹簧包装机的设计

全自动机车弹簧包装机的主要研制任务是设计一种新型的机车弹簧包装设备,目的是通过机械方式代替手工来高速、高效地包装弹簧,并达到防损、防锈的效果^[10-11]。机车弹簧包装机根据生产工艺流程和产品技术要求,其工艺需要有6个工作单元,分别为上料单元A、分检单元B、分类标示C、单簧包膜单元D、套装单元E和装箱单元F。6个单元采用“人”字形排列、前后串接的方式,单元与单元之间采用导槽过渡的方式相互衔接,共同组成了整条包装生产线。其工艺过程见图1。

1.2.1 机车弹簧包装机各单元工作拟定

1) 上料A单元:手工上料并预留可与前部弹簧生产线自动对接的接口。

2) 分拣B单元:自动完成物料输送并在线测量分

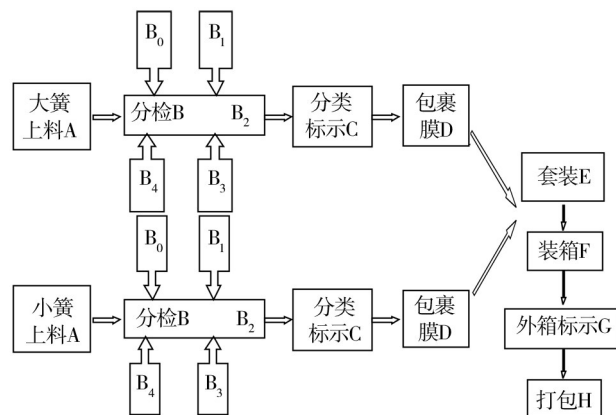


图1 工艺总流程

Fig.1 The process flowchart of packaging solution

检出5类品质(B0, B1, B2, B3, B4)见图1。B0类尺寸的弹簧进入B0辅助通道(返工箱), B1类为最大尺寸的弹簧进入B1辅助通道(待包装), B2类尺寸最多的弹簧进入包装线主通道(待包装), B3类最小尺寸的弹簧进入B3辅助通道(待包装), B4类超小尺寸的弹簧进入B4辅助通道(进废料箱)。

3) 分类标示C:对符合使用要求的3类(B1,B2,B3)工件自动标示颜色(红、绿、黄)。

4) 包膜D单元:完成内、外弹簧薄膜包裹,或者成套弹簧薄膜包裹。

5) 套装E单元:自动完成内簧和外簧的成组套配。

6) 装箱F单元:完成2组套配的工件装箱及打包。

各个工位之间的物料整理保证弹簧输送通道顺畅,同时完成同种颜色标示的内、外弹簧的通道相应对接前的弹簧整理。

1.2.2 机车弹簧包装机分检套装自动控制系统

给出了自动控制系统的结构。

1) 分检和包膜。该包装机可对大、小弹簧进行包装前的高度检测并计算得到高度数据,与设置的参数进行对比控制执行机构分别送入到对应的物料传送通道B1,B2,B3(见图1),而超出设置尺寸的物料B0和B4被送入到辅助通道等待处理,B1,B2,B3等3种合格的物料到达指定的位置进行包装。

2) 套装工位。该包装机设计了智能化控制程序,当B1,B2,B3每个通道上不少于2件,且大小弹簧同时具备此条件时,控制机构依据设计程序控制执行机构完成套装;当大于5件且大小弹簧同时具备此条件时控制执行机构优先套装,从而保证了整机工作智能化,当某个通道上检测到没有工件时,机器会报警提示操作者。

2 机车弹簧U型包膜机总体设计

U型包膜机工作程序是指各个机构完成整个包膜动作的流程,主要包括各机构的动作定位控制、启动时间、相互配合的逻辑关系等方面。总之,工作程序是组织系统中各项工作之间的逻辑关系,即一种动态关系。文中设计的包膜机见图2,其结构主要分为6个部分:供膜机构、供料机构、上推机构、下托机构、下推机构、输送机构等。每个机构分别设置不同的动力控制,通过各个机构的互相配合,完成车弹簧整个薄膜裹包工艺流程^[12-13]。

2.1 供膜机构设计

供膜机构采用步进电机带动支撑塑料卷的主动辊轴转动,薄膜张紧机构中一细圆杆在竖直方向上成自由状态,塑料膜在此杆的重力作用下保持舒展状态

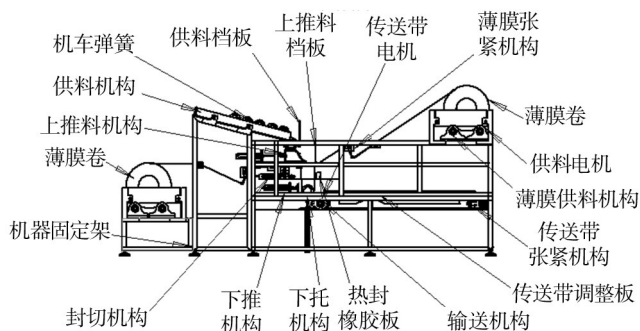


图2 U型包膜机整体设计示意

Fig.2 The overall design schematic of U-type coating machine

并为包装动作保留一定的余量。当塑料膜余量较少时,自由杆位置随之升高,触发电机调速按钮,此时电机带动供膜主动辊轴转动适当角度以提供足够的包装材料。

2.2 供料机构设计

由于单个机车弹簧质量为4~9 kg,且弹簧卧式放置,可利用弹簧在斜面上依靠重力作用,自行滚动的原理设计弹簧自动供料结构见图3。此结构包含斜面供料架、塑性挡板、弧形推送装置等3个部分。图3a展示弧形推送结构前推堵住下料口,同时保证斜面料板上的弹簧完成自动储料。图3b展示弧形推送机构后退复位,储存在下料口的弹簧沿弧面下滚到下托装置上前端凹槽内待定。然后自动供料结构循环执行如图3a所示的机械操作,弧形推送装置前推,把凹槽内弹簧推送至下托装置上,自此供料结构完成自动供料,弹簧进入下一个包装工序。

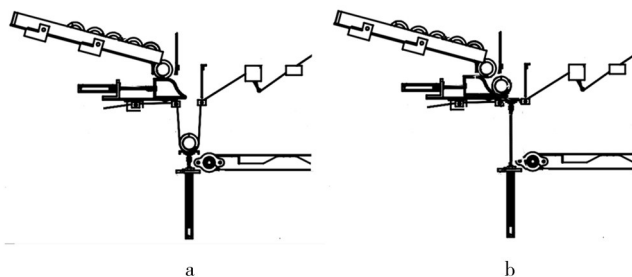


图3 自动供料装置示意

Fig.3 Schematic diagram of automatic feeding

2.3 裹包单元设计

机车弹簧在随下托机构下降的过程中,带动薄

膜下移形成U型,U型槽托板在气缸的推动作用下,从上推料机构处承接弹簧,此时弹簧已被裹包1/2,然后热封板将薄膜做成条形热封并压紧和横向封切,完成薄膜对弹簧的整个裹包过程。包膜机工作程序见图4^[14-15]。

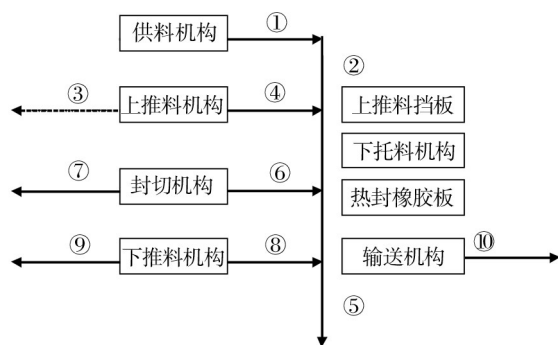


图4 U包膜机工作程序

Fig. 4 The work program chart of U-type coating machine

输送结构的传送带在步进电机的带动下可以无极调速,以便与其他机构的运动速度协调。为了保证在包装过程中不会有其他弹簧进入包装单元,供料挡板设置在进料口,用于防止包装过程发生紊乱。最终实现弹簧包膜机的整体装配模型的建立,见图5。

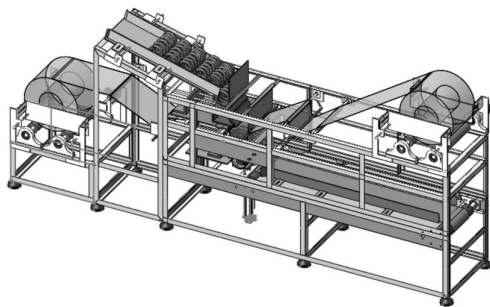


图5 机车弹簧包膜机三维装配示意

Fig.5 The three-dimensional assembly schematic of locomotive spring coating machine

3 结语

1) 综合考虑机车弹簧包装运输及贮藏过程中的要求,结合机车弹簧企业实际生产能力及实际厂区情况,制定机车弹簧包装生产线生产能力及主要技术指标,即机车弹簧包装生产线生产能力为72000箱/月,包装速度为6箱/分钟。

2) 针对弹簧物理特性,在满足弹簧包装要求的前提下,提出一种机车弹簧“U”型卧式自动包膜方式。

3) 解决了大质量内包装物的全自动包装问题,在当今劳动力紧缺的情况下,该类型包装机械具有较大的发展空间。

4) 针对机车弹簧的高度误差,提出了一种自动检测配对方案,可以确保装配要求。

参考文献:

- [1] 曾宪茹. 铁路车辆专用圆柱螺旋压缩弹簧CAD[D]. 成都: 西南交通大学, 2003.
ZENG Xian-ru. CAD of Cylindrical Spiral Spring for Rolling-Stock[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2003.
- [2] LITERS J C, OLTHUIS W, VELTINK P H, et al. Polydimethylsiloxane, a Photocurable Rubber Elastic Polymer Used as Spring Material in Micromechanical Sensors[J]. Microsystem Technologies, 1997, 3(2): 64—67.
- [3] 贺兵, 刘扬. 模块化设计在包装机械设计中的应用[J]. 包装工程, 2008, 29(10): 140—142.
HE Bing, LIU Yang. Application of Modular Design in Packaging Machinery Design[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10): 140—142.
- [4] 张继红. 包装机械的创新设计必须面向机电一体化技术[J]. 包装工程, 2004, 25(4): 112—113.
ZHANG Ji-hong. The Creative Design of Packing Machine must Face to the Mechatronics Technology [J]. Packaging Engineering, 2004, 25(4): 112—113.
- [5] 丁黎光, 李伯胜, 丁伟. 包装生产线机械设备的自动化[J]. 包装工程, 2001, 22(4): 33—36.
DING Li-guang, LI Bo-sheng, Ding Wei. Automation of Packaging Engineering Machinery Packaging Production Line [J]. Packaging Engineering, 2001, 22(4): 33—36.
- [6] 傅华栋. 圆柱螺旋弹簧疲劳试验方法研究[D]. 北京: 机械科学研究总院, 2007.
FU Hua-dong. Circular Coil Spring Fatigue Test Method Research[D]. Beijing: China Academy of Machinery Science & Technology, 2007.
- [7] Initiation in a Spring Steel[J]. International Journal of Fatigue, 1993, 15(2): 119—131. (余不详)
- [8] PRAKASH V, SYAL V K. Effect of Chromium on Physico-Mechanical Properties of Silico-manganese Spring Steels[J]. Trans Indian Inst Met, 1987, 40(6): 553—555.
- [9] ROH H J, JU D K, KIM H J, et al. Study of Major Factors to

(下转第115页)

- ognition Letters, 1995, 16(10): 1051—1056.
- [3] TRUSSELL H J. Color Scanner Calibration Via a Neural Network[C]//Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. 1999: 3465—3468.
- [4] CHANG Po-rong, CHANG Chih-chuang. Color Correction for Scanner and Printer using B-spline CMAC[C]//Proceedings of IEEE, Asia-Pacific Conference on Circuits and Systems, 1994: 24—28.
- [5] SHIRO H, YOSHIFUMIA. Neural Networks for Device-independent Digital color Imaging[J]. Information Science, 2000, 123(12): 115—125.
- [6] LOLAS S, OLATUNBOSUN O A. Prediction of Vehicle Reliability Performance using Artificial Neural Networks[J]. Expert Systems with Applications, 2008, 34: 2360—2369.
- [7] JUANG C F. Dynamic Programming Prediction Errors of Recurrent Neural Fuzzy Networks[J]. Expert Systems with Applications, 2008, 10: 1016—1023.
- [8] LIN C J. Pattern Pecognition Using Neural-fuzzy Networks Based on Improved Particle[J]. Expert Systems with Applications, 2008, 110(10): 1016—1027.
- [9] MA Hai-bo, ZHANG Li-guo, CHEN Yang-zhou. Recurrent Neural Network for Vehicle Dead-reckoning[J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2008, 19(2): 351—355.
- [10] PATRICK P. Minimisation Method for Training Feed forward Neural Network[J]. Neural Network, 1994(7): 145—163.
- [11] ZHANG Zhi-guo. Learning Algorithm of Wavelet Network based on Sampling Theory[J]. Neurocomputing, 2007, 71: 244—269.
- [12] YAO Zhi-hong, MINRUI Fei, KANG Li. Recognition of Blue-green Algae in Lakes Using Distributive Genetic Algorithm-based Neural Networks[J]. Neurocomputing, 2007, 70: 641—647.
- [13] LAWRENCE A. Spectral Modeling of a Six-Color Inkjet Printer [D]. New York: University of Rochester Institute and Technology, 2001.
- [14] 朱慧. 纸张性能与印刷适性关系的建模研究[J]. 包装工程, 2012, 33(19): 117—121.
- ZHU Hui. Research on Relationship Between Paper Properties and Printability[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(19): 117—121.
- [15] TZENG Di-Yuan. Spectral-Based color Separation Algorithm Development for Multiple-Ink Color Reproduction[D]. New York: University of Rochester Institute and Technology, 1999.
- [16] 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99页)

- Affect Photoresist Profile on Developable Bottom Anti-reflection Coating Process[J]. Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering, 2011, 7972: 256—258.
- [10] 李如虎. 全自动柚子包装生产线的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2011.
- LI Ru-hu. Research of Full-automatic Packaging Production Line for Pomeles[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2011.
- [11] 戴南燕. 弹簧的表面处理[J]. 国外汽车, 1979(5): 47—49.
- DAI Nan-yan. Surface Treatment of Spring[J]. Foreign Car, 1979(5): 47—49.
- [12] 洪亮. 拉伸包装技术[J]. 包装工程, 2008, 29(7): 205—207.
- HONG Liang. Analysis of Stretch Packaging Technology[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(7): 205—207.
- [13] 李梦奇, 谢志江. 基于市场供应的包装机械模块化设计[J]. 包装工程, 2008, 29(9): 119—122.
- LI Meng-qi, XIE Zhi-jang. Modular Design of Packaging Machinery Based on Market Supply[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(9): 119—122.
- [14] 黄俊彦, 崔立华. 热收缩包装技术及其发展[J]. 包装工程, 2005, 26(3): 59—62.
- HUANG Jun-yan, CUI Li-hua. The Technology and Development of Heat Shrink Packaging[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(3): 59—62.
- [15] 洪亮, 苗洪涛. 收缩包装技术探析[J]. 包装工程, 2008, 29(6): 211—213.
- HONG Liang, MIAO Hong-tao. Analysis of the Shrink Packaging Technology[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(6): 211—213.