

## 卧卷防锈纸自动包装机的研究与实现

刘海江, 张志云

(同济大学, 上海 201804)

**摘要:** **目的** 针对汽车白车身用卧卷防锈纸包装效率低下以及包装质量欠佳等缺陷, 根据某钢铁企业的需求, 提出一种自动折纸包装方案, 并设计一台能够为卧卷进行自动防锈纸包装的折纸包装机。 **方法** 该专机的机械结构由若干个呈圆周阵列分布的折纸机械手、压实机构及承载机构组成, 通过机械手与压实机构的组合运动实现防锈纸的自动折纸包装。 **结果** 折纸机械手完成了防锈纸的折纸与端面压平操作, 压实机构完成了将剩余防锈纸压入卧卷卷眼的操作, 包装的时间较人工包装显著缩短。 **结论** 该包装机能够在保证防锈纸包装质量的同时大幅度提高了包装效率。

**关键词:** 防锈纸; 自动包装机; 折纸包装; 结构设计

**中图分类号:** TB486<sup>+</sup>.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)05-0120-05

## Research and Implementation of Automatic Packaging Machine for Anti-tarnish Paper of Steel Coil

LIU Hai-jiang, ZHANG Zhi-yun

(Tongji University, Shanghai 201804, China)

**ABSTRACT:** Aiming at the low efficiency and poor quality of the anti-tarnish paper packaging of steel coil which are used for body-in white, considering the enterprise's need, the automatic paper folding packaging was proposed, and the paper folding machine which can realize the automatic anti-tarnish paper packaging was designed. This machine was composed of paper folding robotic arms, a compaction structure and a carrying mechanism. The packaging was realized by aggregate motion of robotic arms and the compaction structure. The folding and flattening of the anti-tarnish paper were realized by robotic arms, and the impressing was realized by the compaction structure. The whole packaging was much quicker than manual work. This packaging machine could substantially improve the efficiency of anti-tarnish paper packaging and meanwhile ensure the quality.

**KEY WORDS:** anti-tarnish paper; automatic packaging machine; folding paper packaging; structure design

包装是在物流过程中为了保护产品、方便储运以及促进销售,按照一定技术方法采用容器、材料及辅助物等将物品包封并予以适当的装饰和标志的工作总称。随着国内钢铁行业的蓬勃发展,卧式钢卷包装作为钢铁冷轧的最后一道生产工序,其工艺越来越受到重视<sup>[1]</sup>。

卧式钢卷简称卧卷,在其包装过程中,由于包装材料众多导致其效率不高,人工劳动量大<sup>[2]</sup>。而采用自动包装机代替传统手工包装,不仅能够保证包装质量,而且降低了劳动强度,同时大幅度提高了生产效

率<sup>[3]</sup>。国内学者相继对卧卷包装机械及其自动化包装线进行了深入研究:笔者对Pesmel公司的卧卷包装机械及其自动化包装生产线进行了研究<sup>[4-7]</sup>;辽宁工业大学的陈雪叶则对卧卷的深筒缠绕包装机进行了设计与分析<sup>[8]</sup>。

防锈纸作为卧卷外部的重要包装材料,其在运输过程中整体包裹在卧卷外部<sup>[9]</sup>。目前国内卧卷防锈纸包装依然停留在人工包装阶段,为单个卧卷进行防锈纸包装需要耗时将近7~8 min,其简易的包装效果既不能在长距离运输中对卧卷起到有效的保护作用,还

收稿日期: 2015-09-06

作者简介: 刘海江(1967—),男,江苏人,博士,同济大学教授、博导,主要研究方向为精密测量、数字化设计与制造。

会制约生产效率,且包装质量得不到保证。这里针对该系列问题提出一种卧卷防锈纸自动包装方法,并基于此设计一台专用机械进行防锈纸的自动包装。

## 1 防锈纸自动包装研究与方案设计

目前国内钢铁企业人工防锈纸包装过程如下:在防锈纸筒包裹住卧卷后,工人将两端长出卧卷端面的防锈纸进行逐个褶皱折边处理,见图1;在完成所有折边处理后再将多余的防锈纸压入卧卷内径,见图2。



图1 褶皱折边处理

图2 防锈纸压实处理

Fig.1 Wrinkles folding processing

Fig.2 Anti-tarnish paper compacting processing

基于人工包装方案,防锈纸自动包装机所需实现的功能分为以下两部分:褶皱折边处理、防锈纸压实处理。

根据功能需求对防锈纸自动包装机进行模块化结构设计<sup>[10]</sup>。

1) 折纸机械手。负责防锈纸褶皱折边处理,具有转动自由度和移动自由度,转动自由度负责将卧卷两端外露的防锈纸折起,移动自由度负责将防锈纸在端面压平。

2) 压实机构。负责防锈纸的压实处理,将在端面被压平的防锈纸压入卷眼内部。

3) 承载机构。负责承载,并连接呈圆周阵列分布的折纸机械手和压实机构。

## 2 自动包装机结构设计

### 2.1 折纸机械手设计

折纸机械手需要2个运动自由度。转动自由度方面,由于包装对象为防锈纸,负载可忽略,因此机械手仅需实现折纸包装运动轨迹<sup>[11-12]</sup>。转动模块见图3,采用直线电机与连杆机构配合的方法<sup>[13]</sup>,实现关节转动。

直线移动方面,由于负载可忽略,故使用由同步齿形带传动的线性模块,见图4。同步齿形带的优点

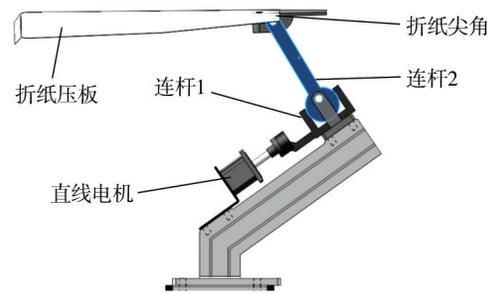


图3 转动模块

Fig.3 Rotatory module

在于无相对滑动,传动比精确,传动精度高<sup>[14]</sup>。该模块选用步进电机进行驱动控制,能够保持较高的运动同步性及定位精确度,对同步性要求较高的折纸包装运动十分有利。

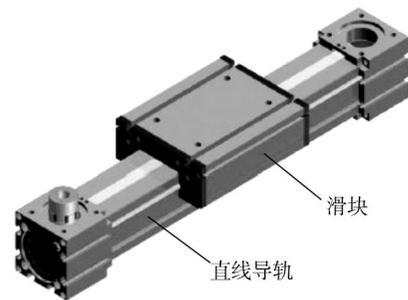


图4 线性模块

Fig.4 Linear module

转动模块与滑块之间使用螺栓连接,而线性模块与导轨架之间使用其固有的凹槽实现定位,并用螺栓连接。装配完成的折纸机械手见图5。

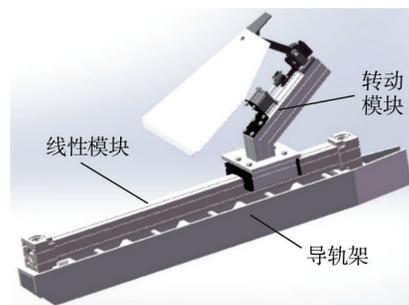


图5 折纸机械手

Fig.5 Paper folding robotic arm

该机械手能在直线导轨上移动,并可通过连杆带动折纸尖角转动两个自由度,且运动同步性较高,能够满足防锈纸折纸包装的功能需求。

### 2.2 压实机构设计

压实机构的作用在于将折纸机械手在卧卷端面

压平的防锈纸压入卷眼内部,由于运动行程较长且靠近卧卷的一端无法固定,因此选用普通步进电机配合丝杠螺母的传动方式实现其直线移动<sup>[15]</sup>。

压实机构装配见图6,步进电机通过联轴器将旋转运动传至丝杠,丝杠通过螺母将旋转运动转变为直线运动,传至圆筒状机械以实现圆筒状机械的直线移动,将在端面被压平的防锈纸压入卷眼。

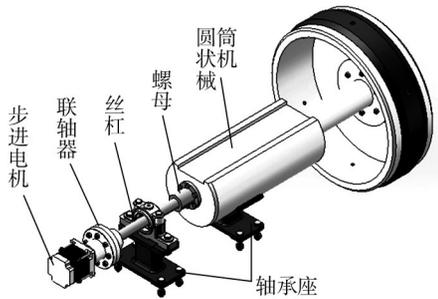


图6 压实机构装配

Fig.6 Assembling of compaction structure

### 2.3 承载机构设计

承载机构的作用在于承载呈圆周阵列分布的折纸机械手及压实机构,并且是折纸包装机与机架之间的连接媒介。由于所需装配的折纸机械手数量较多,因此其设计重点在于不浪费空间并且不形成干涉。

箱体见图7,压实机构箱体用于装配压实机构。两个拥有特定凹槽的支架用于安装呈圆周阵列分布的机械手,其凹槽与机械手导轨架互相契合并利用螺栓实现固定,其锥度设计有助于导轨架与箱体间的自锁。

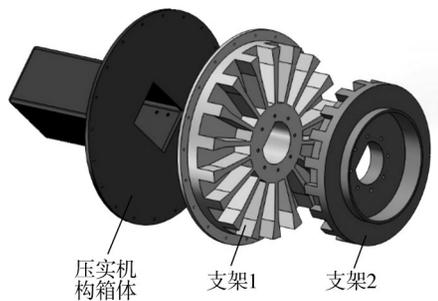


图7 箱体

Fig.7 Containers

### 2.4 数字化样机实现

防锈纸自动包装机由18台呈圆周阵列分布的折纸机械手、压实机构及承载机构三大部分组成,搭载于负责包装机与卧卷卷眼接合的机架上。工作时以卧卷输送线为轴线呈对称分布同时工作,见图8<sup>[16]</sup>。

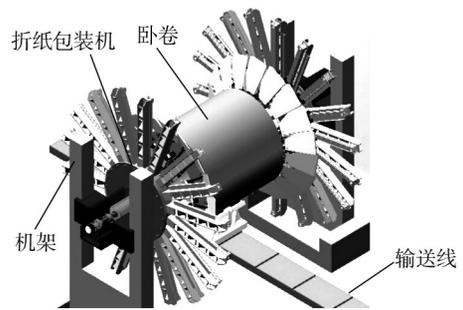


图8 防锈纸自动包装机

Fig.8 Anti-tarnish paper folding machine

该包装机的运动方案有以下4个步骤。

1) 包装准备。鼓风机进行鼓风,达到让卧卷两端外露纸卷鼓撑开的效果,防止长出端面的防锈纸垂下。机架使得包装机与卧卷卷眼实现接合,折纸机械手上的滑块同时向外移动到防锈纸筒外侧,见图9。

2) 折纸操作。折纸机械手上的转动模块将折纸尖角及折纸压板转动到合适角度,见图10。若干机械手上的滑块同时向卷眼移动,将两端外露纸卷折成花瓣状。

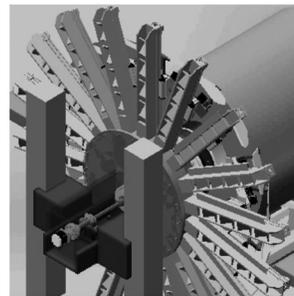


图9 包装准备

Fig.9 Preparation for packaging

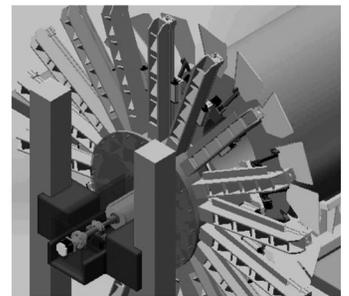


图10 折纸操作

Fig.10 The operation of folding paper

3) 端面压平。折纸压板将折起的防锈纸在卧卷端面压平,见图11。

4) 压入卷眼。圆筒状机械伸出,将剩余遮住卷眼的防锈纸压入卷眼内,见图12。



图11 端面压平

Fig.11 Flatten paper on the end surface

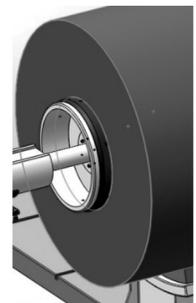


图12 压入卷眼

Fig.12 Impress paper in the centre of a coil

### 3 结语

针对现有人工卧卷防锈纸包装的缺点,提出了一种全新的自动包装方案,并设计了一台专用自动化折纸包装机用以改善目前的防锈纸包装工艺。该设备由折纸机械手、压实机构及承载机构组成,通过所有折纸机械手的同步运动将防锈纸在卧卷端面折起后压平,再由压实机构将防锈纸压入卧卷卷眼实现自动包装。整个包装过程经过运动仿真验证,较人工包装来说极大地缩短了时间。该包装机通过编程控制能够满足卧卷尺寸及包装节拍柔性变化的生产需求,机械手的运动同时性使卧卷包装效率较原先的人工包装得到大幅度提高,包装质量统一并有所保证。

#### 参考文献:

- [1] 刘明利,于革刚,孙瑞涛.卧卷包装工艺技术研究[J].冶金设备,2005(3):35—38.  
LIU Ming-li, YU Ge-gang, SUN Rui-tao. Research for Process of the Coil Packaging[J]. Metallurgical Equipment, 2005(3):35—38.
- [2] 王浩宇,石焱,饶洪宇.我国冷轧卧卷包装工艺现状分析[J].甘肃冶金,2007,29(4):32—33.  
WANG Hao-yu, SHI Yan, Rao Hong-yu. Analysis for Present State of Coil Packaging Process[J]. Gansu Metallurgy, 2007, 29(4):32—33.
- [3] LIU Zhi-hui, LI Meng-qi, CHEN Zhi-gang, et al. The Automatic Packaging Machine Design Based on Reconfigurable Theory[C]// Consumer Electronics, Xianning, 2011.
- [4] 刘海江,段思斌. Pesimal全自动卧卷包装生产线工艺研究分析[J].包装工程,2013,34(21):61—65.  
LIU Hai-jiang, Duan Si-bin. Pesimal Fully Automatic Coil Packaging Line[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(21):61—65.
- [5] 刘海江,周呈呈.卧卷包装中周向内捆带及卷眼捆带的力学性能分析[J].包装工程,2013,34(15):70—74.  
LIU Hai-jiang, ZHOU Cheng-cheng. Mechanical Property Analysis of Radial Strap and Inner Circle Strap in Steel Coil Packaging[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(15):70—74.
- [6] 刘海江,李晓倩.基于模特法的卧式卧卷包装生产线平衡改善[J].包装工程,2014,35(1):96—100.  
LIU Hai-jiang, LI Xiao-qian. Improvement of Coil Packaging Line Balance Based on MOD Method[J]. Packaging Engineer-
- ing, 2014, 35(1):96—100.
- [7] 刘海江,付志鹏.立式卧卷十字型钢托架结构研究与实现[J].包装工程,2014,35(17):39—42.  
LIU Hai-jiang, FU Zhi-peng. Research and Implementation of Structure for Vertical Roll Cross-shaped Steel Bracket[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(17):39—42.
- [8] 陈雪叶.深筒缠绕包装机设计与分析[J].中国农机化学报,2015,36(1):174—176.  
CHEN Xue-ye. Design and Analysis of Deep Tube Twining Packing Machine[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2015, 36(1):174—176.
- [9] 于革刚,刘明利,孙瑞涛.对卧卷包装中几个关键技术问题的研究[J].轧钢,2006,23(2):45—48.  
YU Ge-gang, LIU Ming-li, SUN Rui-tao. Research on Several Key Technologies of Coil Package[J]. Steel Rolling, 2006, 23(2):45—48.
- [10] GEDIG M, STIEMER S F. Methods for Selection of Efficient Forms in Conceptual Structural Design[J]. Annual Conference—Canadian Society for Civil Engineering, 2008(2):204—213.
- [11] 尚欣,刘晶.基于TRIZ的卷筒纸包装机折边机构设计[J].包装工程,2011,32(7):76—79.  
SHANG Xin, LIU Jing. Flanging Mechanism of Web Packaging Machine Based on TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(7):76—79.
- [12] CHEN Yi-bao, LI Jian-fu. Optimum Design of Four-bar Linkage of Beam-pumping Unit Based on Sensitivity Analysis [C]// Logistics Systems and Intelligent Management, Harbin, 2010.
- [13] HOSSAIN A, SUYUT S. A New High Speed Digital Motor Controller for Increasing the Packaging Speed of a Tiromat Machine[C]// Industry Applications Conference, Orlando, 1995.
- [14] LOTTI F, SALMON M, VASSURA G, et al. Selection of Linear Motors for High-Speed Packaging Machines[C]// Advanced Intelligent Mechatronics, Como, 2001.
- [15] 张彪,叶军,鲁翔.一种丝杆螺母机构型机械手的设计[J].中国西部科技,2010,9(15):31—32.  
ZHANG Biao, YE Jun, LU Xiang. Design of a Mechanical Gripper Based on Screw-nut Mechanism[J]. Science and Technology of West China, 2010, 9(15):31—32.
- [16] MITCHELL H, ELINOR B, CYNTHIA T, et al. The Use of Artios CAD Software in Corrugated Packaging Design Courses [J]. Technology Education, 2011(1):350—361.