

基于 TRIZ 理论的成垛浆粕上料机设计

张士强

(唐山学院, 唐山 063000)

摘要: **目的** 针对目前成垛浆粕上料采用人工操作产生的劳动强度大、效率低、人力成本高的问题,设计一种成垛浆粕自动上料机。**方法** 运用 TRIZ 理论的冲突解决原理进行成垛浆粕自动上料机设计,设计中对存在的问题进行归纳和分析,根据自动上料机的冲突矩阵,得到相应的创新设计原理,通过分析比较选择最佳原理解决设计中涉及到的技术冲突问题,并利用有限元软件对滑套进行力学分析。**结果** 基于 TRIZ 理论设计的自动上料机可实现自动寻料、自动夹紧、自动提升、自动旋转、自动放料。**结论** 该上料机完全取代了人工操作,生产效率提高了 38%。

关键词: TRIZ; 冲突矩阵; 浆粕; 上料机

中图分类号: TB486⁺.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)23-0135-05

Design of Stamping Pulp Feeding Machine Based on TRIZ

ZHANG Shi-qiang

(Tangshan University, Tangshan 063000, China)

ABSTRACT: The work aims to design a stamping pulp feeding machine with respect to great labor intensity, low efficiency and high labor costs by artificial operation of current stamping pulp feeding. By using the conflict resolution principle of TRIZ, the stamping pulp automatic feeding machine was designed. Problems in the design process were summarized and analyzed. According to the conflict matrix of automatic feeding machine, the corresponding innovative design principle was obtained and the best principle was chosen to solve the problem of the technical conflict in the design through analysis and comparison. And mechanical analysis was conducted by using finite element software for sliding sleeve. Automatic feeding machine designed based on TRIZ theory may realize automatic material searching, automatic clamping, automatic lifting, automatic rotation and automatic feeding. This feeding machine has completely replaced manual operation, with an increase of 38% in the production efficiency.

KEY WORDS: TRIZ; conflict matrix; pulp; feeding machine

由于粘胶短纤维需求量的日益增加,各类新技术、新品种也相继开发成功^[1-3],虽然主机已广泛采用自动化方式^[4-5],但是部分工序仍然采用手工方式,原液制胶车间浆粕上料就是采用的人工方式,工作效率低,且要求操作工技术熟练,没有实现自动化控制。为了提高生产效率,降低人工成本,有

必要开发一种全自动浆粕上料机。近年 TRIZ 理论已成为创新设计的一个非常有效的辅助工具^[6-8],有限元分析、模拟仿真在机械装置的结构设计中也被广泛采用^[9-16],因此文中基于 TRIZ 理论提出一种新型全自动成垛浆粕上料机,利用有限元软件对关键部件滑套进行力学分析,在此基础上成功设计

收稿日期: 2016-06-05

基金项目: 河北省科技厅计划 (13211916)

作者简介: 张士强 (1974—), 男, 河北唐山人, 硕士, 唐山学院副教授, 主要研究方向为非标机械设计 & 发动机配气机构。

制造该全自动成垛浆粕上料机,并获得发明专利授权^[17],在实际生产中也得到应用。

1 基于 TRIZ 理论的自动上料机设计

1.1 矛盾分析

传统的浆粕上料是用 2 根钢丝吊运一垛浆粕放在输送机上,然后用手把浆粕推倒在输送机上进行传送,在推倒前需观察输送机上已有浆粕与该垛浆粕之间的距离,如距离小,推倒浆粕时,就会有一部分压在输送机已有浆粕上,如距离太大,就会使该垛浆粕放倒后与输送机上已有浆粕的空隙太大,浆粕输送就会出现间断,因此要求操作工判断准确,技术熟练。整个过程人工操作,效率低。为减少人工、降低劳动强度,需进行自动化改造。

要实现自动化传送,初步设计时需解决以下问题:如何实现自动检测料垛位置;如何自动将料垛夹紧、翻转、上料。这 2 个问题可归结为上料自动化问题,需要改善的参数是自动化程度。按照 2003 年版矩阵表上的 48 个通用工程参数确定的矛盾冲突矩阵,可查得推荐的发明原理的编号为 4, 10, 13, 15, 17, 24, 28, 各编号对应的具体内容如下所述。

1) 编号 4, 即对称性。变对称物体为非对称;已经是非对称的物体,增强其非对称性。

2) 编号 10, 即预先作用。预先完成部分或全部的动作或机能;预置有用物体,使其在必要时能立即发挥作用。

3) 编号 13, 即反向作用。用相反的动作代替要求指定的动作;让物体可动部分不动,不动部分可动。

4) 编号 15, 即动态性。自动调节物体,使其在各动作、各阶段性能最佳;将物体分割成既可变化又可相互配合的数个构成要素;使不动的物体可动或可相互交换。

5) 编号 17, 即一维变多维。将一维直线运动的物体变为二维平面运动;单层构造的物体变为多层构造。

6) 编号 24, 即中介物。使用中介物实现所需动作;把一物体与另一容易去除的物体结合在一起。

7) 编号 28, 即机械系统的替代。用光学、听觉、嗅觉系统取代机械系统;使用与物体相互作用

的电场、磁场、电磁场;可变场与恒定场相取代,固定场与随时间变化的可动场相取代,随机场与恒定场相取代。

因为料垛初始位置由人工摆放,位置不确定,所以不能保证料垛位置正对自动上料机。为降低装置的复杂性,采用编号 10 预先作用原理中的“预先完成部分或全部的动作或机能”,在正对上料机中心的左边位置预先画上线框,放料时,把料垛摆在线框中;按照编号 15 动态性原理中的“将物体分割成既可变化又可相互配合的数个构成要素”,把人工上料过程分割成料垛位置检测、料垛夹紧、料垛提升、料垛翻转、料垛上料等。按照以上分析,自动浆粕上料机布置在浆粕与防倒输送机之间,见图 1。料垛摆放在规定位置后,上料机左行检测料垛位置,采用液压缸对料垛实施夹紧和提升,电机驱动料垛翻转。

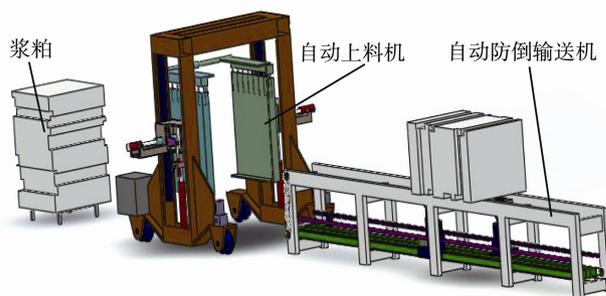


图 1 上料机布置方案

Fig.1 Layout scheme of feeding machine

1.2 上料机整体结构

在上料机的设计中,对料垛即可夹紧又可旋转这一难点,采用了编号 24 中介物原理的“使用中介物实现所需动作”,利用中介物滑套解决这一问题,滑套移动实现料垛夹紧,滑套旋转实现料垛旋转。上料机主要由机架、笼体装置、行走电机减速机、提升液压缸构成,见图 2。除了机架,其他均为 2 套,对称布置在机架两侧。机架由型钢和钢板焊接而成。笼体装置是上料机的主要部件,分为左笼体装置和右笼体装置,主要完成料垛夹紧、提升、旋转的功能,以左笼体装置说明其结构,见图 3。夹紧缸后端安装在料笼架上,前端活塞杆穿过滑套内部,与料笼相连,连接处安装轴承,当料笼与滑套旋转时,夹紧缸不会旋转。左笼体装置的同步套与右笼体装置的同步轴配合,保证左、右笼体同步旋转。

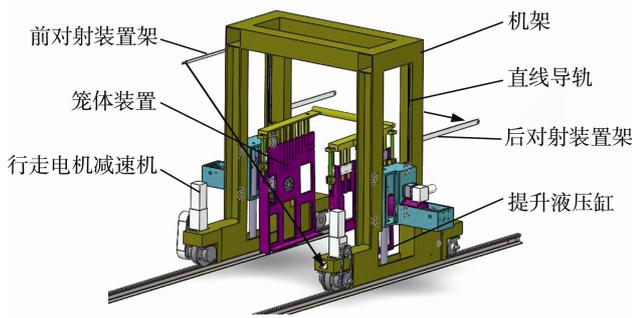


图 2 上料机总体结构
Fig.2 Whole structure of feeding machine

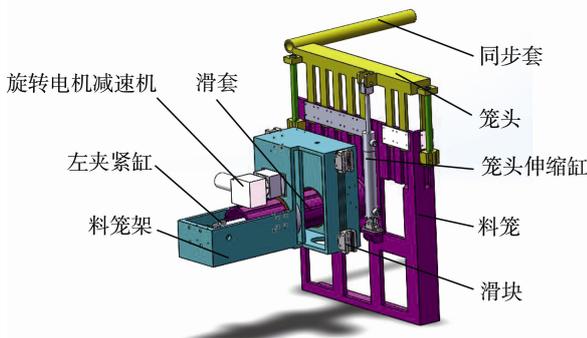


图 3 左笼体装置
Fig.3 Left cage body device

1.3 上料机工作原理

1) 左行寻料。根据场地大小在上料机左端排放 4 垛或若干垛浆粕，每垛浆粕的规格为 900 mm×900 mm×1200 mm，放在 600 mm×600 mm×100 mm 的钢架上。然后启动上料机，行走电机减速机正向旋转，上料机开始左行，当安装在上料机机架前的传感器架上的对射开关的红外线被遮挡导致对射中断时，说明上料机已寻到料垛，上料机低速运行，由于料垛分成多层，各层端部不整齐，为保证料垛最左端的那层浆粕能够被对射开关红外线最先探测到，布置机架前的对射开关时应使射线倾斜，发射端在左上，接收端在右下，如图 2 中左端带箭头直线。当上料机左行至对射开关红外线恢复对射时，料垛已进入 2 个笼体之间，上料机停止运行。

2) 取料夹紧。上料机检测到料垛进入 2 个笼体之间后停止行走，进入取料过程，左右夹紧缸同时动作，推出左右笼体对料垛夹紧，达到夹持压力后停止。滑套与笼体通过螺钉固定连接，当夹紧缸推动笼体移动时，滑套也跟着移动。这样滑套可承受笼体和料垛的重力，把力传到笼体架上。液压缸穿过料笼架下板圆孔，活塞杆安装在料笼架上板小

孔处，提升液压缸可承受笼体架和料笼的重力，弯矩由滑块和直线滑轨承受，避免了夹紧缸承受弯矩。料垛夹紧后，提升液压缸开始运行，推动料笼架使笼体装置通过滑块沿直线滑轨向上移动，达到最高位置。笼头伸缩缸缩回，笼头下降，达到预定压力后停止，从上面把料垛压住。

3) 料垛旋转。料垛夹紧上升后，旋转电机减速机启动，带动主动齿轮旋转，与其啮合的从动齿轮也开始旋转，从动齿轮内侧有 4 个花键齿，与其配合的滑套外圆面上有 4 个花键槽，见图 4，从动齿轮旋转使滑套旋转，而滑套与料笼连接，因此料笼也与滑套一起旋转，由竖直旋转到水平位置，料垛也跟着旋转。旋转后料垛下方高于防倒输送机 50 mm 左右。

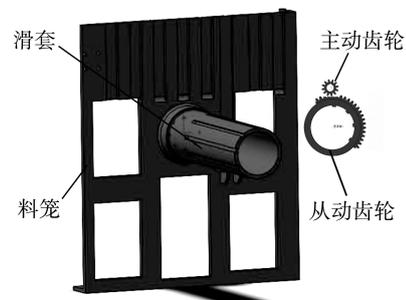


图 4 旋转运动传递
Fig.4 Rotary motion diagram

4) 上料机右行上料。料笼旋转到位后，行走电机减速机反转，上料机向右移动，当接近自动防倒输送机，控制器发出自动防倒输送机上已有一个料垛的空间时，上料机继续向右移动进行上料，如空间不够，上料机则停止运行，直到空间满足要求。当上料机右移至布置在上料机后面的对射开关红外线（如图 2 中右端带箭头直线）被遮挡时，料笼顶部距防倒输送机上正在行进的料有 20 ~ 30 cm 的距离，控制器向防倒输送机发出到位信号，上料机开始缓慢右行，消除上料机料垛顶部与防倒输送机上的已有料的间距，当料笼顶部接触到防倒输送机上已有的料时，上料机再次发出到位信号，上料机停止运行。

5) 上料机放料。上料机到位停止后，提升液压缸动作，使料垛下降至防倒输送机的主输送链条上，夹紧缸开始运行，收回笼体，放开料垛，笼头伸缩缸伸出，笼头松开料垛。

6) 上料机回位。笼头松开后，行走电机减速机正转，上料机开始左移，回到上料机初始位置，旋转电机减速机开始运行，笼体恢复竖直状态，提

升液压缸开始运行，使笼体装置下降至初始位置，各部件回到了初始状态。

7) 上料机左行寻料。上料机继续左行寻找下一垛料，重复以上动作。

2 滑套力学分析

笼体装置中的滑套为主要受力零件，有必要对其进行力学分析。滑套材料为45号钢，其弹性模量为206 GPa，泊松比为0.3，密度为 $7.85 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，屈服极限为355 MPa。采用10节点的四面体单元划分网格，见图5，网格精度为4级，共41 050个结点、11 344个单元。滑套的应力结果见图6，可以看出滑套正常的最大等效应力为52.5383 MPa。计算可得安全系数为6.76，满足强度要求。滑套的应变结果见图7，可知其最大等效变形量约为0.13 mm，满足刚度要求。

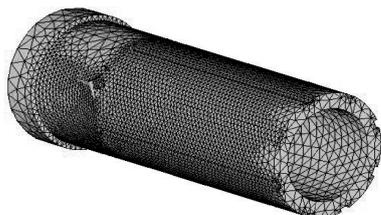


图5 滑套网格
Fig.5 Sliding sleeve grid

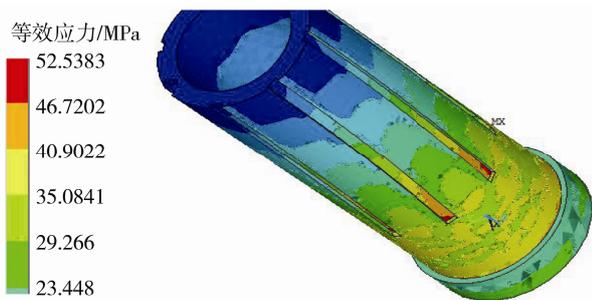


图6 应力结果
Fig.6 Stress results

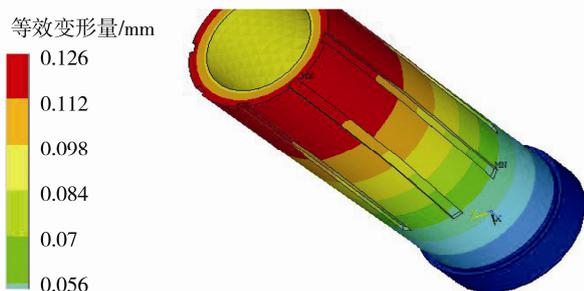


图7 应变结果
Fig.7 Strain results

3 应用效果

在以上设计与分析的基础上，成功研制了成垛浆粕上料机，并被唐山三友集团远达化纤公司应用在实际生产中，见图8。现场运行表明，每垛浆粕上料时间为1.8 min，低于企业要求的2.5 min，生产效率提高了38%，并且每条生产线由2人减至1人，降低了人力成本，减轻了工作强度。



图8 现场应用
Fig.8 Field application

4 结语

基于TRIZ理论对成垛浆粕上料机进行了设计，并运用有限元软件对滑套进行了力学分析。成垛浆粕上料机的浆粕夹紧、提升采用液压驱动，稳定可靠；旋转与行走采用电机驱动，变频控制，可以根据产量在一定范围内调整运行速度，进而控制上料时间。上料机滑套的力学分析表明，其强度符合要求，近1年的实际应用也验证了自动成垛浆粕上料机的设计可满足运行要求，实现了自动寻料、自动上料的功能。与人工上料相比，生产效率得到了显著提升，节省了人力资源，为实现整个粘胶生产线自动化控制做出了前期准备。

参考文献:

[1] 孙玉山, 徐纪刚, 李昭锐, 等. 新溶剂法纤维素纤维开发概况与展望[J]. 纺织学报, 2014, 35(2): 126—132.
SUN Yu-shan, XU Ji-gang, LI Zhao-ru, et al. Development Survey and Outlook of New Solvent Process Regenerated Cellulose Fibers[J]. Journal of Textile Research, 2014, 35(2): 126—132.

[2] 吴鲜鲜, 俞涤美, 张红霞, 等. 咖啡碳纤维混纺织物的性能[J]. 纺织学报, 2014, 35(7): 48—52.
WU Xian-xian, YU Di-mei, ZHANG Hong-xia, et al. Performance of Blended Fabrics with Coffee Carbon

- Fibers[J]. Journal of Textile Research, 2014, 35(7): 48—52.
- [3] 吴金涛, 杨光明, 隋倩, 等. 新型高吸湿性改性粘胶纤维基本性能研究[J]. 棉纺织技术, 2015, 43(3): 28—30.
WU Jin-tao, YANG Guang-ming, SUI Qian, et al. Basic Property Study on New Modified Viscose Fiber with High Moisture Adsorption[J]. Cotton Textile Technology, 2015, 43(3): 28—30.
- [4] 高占勇. 大容量粘胶长丝连续纺丝机的特点与发展趋势[J]. 高科技纤维与应用, 2014, 39(5): 44.
GAO Zhan-yong. Characteristics and Development Trend of Large Capacity of Viscose Filament Continuous Spinning Machine[J]. Hi-Tech Fiber & Application, 2014, 39(5): 44.
- [5] 肖龙江, 谢灶彬. DCS 系统集成在粘胶短纤维工程中的应用[J]. 机械工程与自动化, 2011(2): 170—172.
XIAO Long-jiang, XIE Zao-bin. Application of DCS in Automatic Control of Viscose Staple Fiber Production Line[J]. Mechanical Engineering & Automation, 2011(2): 170—172.
- [6] 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 Design of Web Packaging Machine Based on TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(7): 76—79.
- [7] 张凯. 棉麻纤维液氨改性成套装备上下物料系统设计[J]. 包装工程, 2012, 33(21): 93—95.
ZHANG Kai. Design of Material Loading and Unloading System for Liquid Ammonia Treatment Equipment of Cotton and Linen Fiber[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(21): 93—95.
- [8] 刘晓雯. 基于 TRIZ 的榨菜真空包装机设计[J]. 包装工程, 2016, 37(7): 99—102.
LIU Xiao-wen. Design of Mustard Vacuum Packaging Machine Based on TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(7): 99—102.
- [9] 吴斌方, 熊华. 基于有限元分析的瓦楞机支撑侧板结构优化设计[J]. 包装工程, 2014, 35(5): 62—66.
WU Bin-fang, XIONG Hua. Structural Optimization of Supporting Panel for Corrugators Based on Finite Element Analysis[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(5): 62—66.
- [10] 李玉华, 王文雅, 蒙磊, 等. 方罐盖注胶烘干机罩边机构有限元分析及优化设计[J]. 包装工程, 2016, 37(7): 120—124.
LI Yu-hua, WANG Wen-ya, MENG Lei, et al. Finite Element Analysis and Optimization Design of Cover Edge Mechanism for Square Tin Cover Glue-injection and Drying Machine[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(7): 120—124.
- [11] 丁玉平, 钱怡. 基于 Ansys Workbench 的整体包装件动态缓冲特性仿真分析[J]. 包装工程, 2014, 35(11): 18—22.
DING Yu-ping, QIAN Yi. Dynamic Cushioning Property Simulation Analysis of the Overall Package Based on Ansys Workbench[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(11): 18—22.
- [12] LIU J, LI Z, WANG L, et al. Numerical Simulation of the Transient Flow in a Radial Flow Pump during Stopping Period[J]. ASME Journal of Fluids Engineering, 2011, 133(11): 112.
- [13] LI Z F, WU D Z, WANG L Q, et al. Numerical Simulation of the Transient Flow in a Centrifugal Pump during Starting Period[J]. ASME Journal of Fluids Engineering, 2010, 132(8): 102—110.
- [14] ZHANG Y L, LI Y, CUI B L, et al. Numerical Simulation and Analysis of Solid-liquid Two-phase Flow in Centrifugal Pump[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2013, 26(1): 53—60.
- [15] KIM J, YOON J C, KANG B S. Finite Element Analysis and Modeling of Structure with Bolted Joints[J]. Applied Mathematical Modelling, 2007, 31(5): 895—911.
- [16] YANG G Q, HONG J, ZHU L B, et al. Three-dimensional Finite Element Analysis of the Mechanical Properties of Helical Thread Connection[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2013, 26(3): 564—570.
- [17] 张士强, 孙林东, 刘海生, 等. 喂粕自动上料输送机[P]. 中国: ZL2014100785064, 2015-11-25.
ZHANG Shi-qiang, SUN Lin-dong, LIU Hai-sheng, et al. Automatic Feed Pulp Conveyor[P]. China: ZL2014100785064, 2015-11-25.