

基于 TRIZ 的筒纱自动缝纫包装系统设计与实现

陈纪旻^{1,2}, 鹿全礼¹, 张佰顺³, 杜付鑫², 张源民², 夏楠⁴

(1. 山东正中信息技术有限公司, 济南 250014; 2. 山东大学, 济南 250061;
3. 海军潜艇学院, 山东 青岛 266199; 4. 中共德州市纪律检查委员会, 山东 德州 253000)

摘要: **目的** 为了实现筒子纱的自动化缝纫包装, 文中基于发明问题解决理论 (TRIZ) 提出并设计一套筒子纱自动化缝纫包装系统。**方法** 在结构设计方面, 运用 TRIZ 理论进行分析, 找出多对技术矛盾, 根据分割与切割、预先作用、反向等发明原理设计实现一种新的缝纫及其夹持机构, 解决传统筒子纱编织袋包装系统存在的工业缝纫机头无法移动, 以及编织袋自身和筒子纱作为物料较为柔软、容易形变的问题。**结果** 对样机封包的稳定性进行了测试, 将样品分 9 组, 每组进行 80 次封包试验, 总计 720 次。由试验结果可知, 系统运行稳定, 总体成功率达到 99.70%。**结论** 基于 TRIZ 的筒纱自动缝纫包装系统对不同硬度、质地、尺寸的编织袋有很好的适应性, 具备良好的推广应用价值。

关键词: 发明问题解决理论; 技术矛盾; 筒子纱; 编织袋包装; 自动缝纫封口

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)15-0301-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.15.025

Design and Realization of Automatic Sewing and Packaging System for Package Yarn Based on TRIZ Theory

CHEN Ji-yang^{1,2}, LU Quan-li¹, ZHANG Bai-shun³, DU Fu-xin², ZHANG Yuan-min², XIA Nan⁴

(1. Shandong Zhengzhong Information Technology Co., Ltd., Jinan 250014, China; 2. Shandong University, Jinan 250061, China; 3. Navy Submarine Academy, Shandong Qingdao 266199, China; 4. Dezhou Discipline Inspection Commission of the Communist Party of China, Shandong Dezhou 253000, China)

ABSTRACT: The work aims to propose and design a set of automatic sewing and packaging system for package yarn based on TRIZ theory, so as to realize the automatic sewing and packaging of package yarn. In terms of structural design, the TRIZ theory was used to analyze and find out many pairs of technical contradictions. According to the invention principle of division and cutting, pre-action, reverse, etc., a new sewing and clamping mechanism was designed and realized to solve the problems that the industrial sewing machine head of the traditional package yarn woven bag packaging system could not move and the woven bag and package yarn were relatively soft and easy to deform. The stability of packaging by prototypes was tested. The prototypes were divided into 9 groups and each group underwent 80 packaging tests, totaling 720 times. From the test results, the system ran stably and the overall success rate reached 99.70%. The automatic sewing and packaging system for package yarn based on TRIZ has good adaptability to woven bags with different hardness, texture and size, and has good popularization and application value.

KEY WORDS: theory of the solution of inventive problems; technical contradiction; package yarn; woven bag packaging; automatic sewing and sealing

收稿日期: 2021-12-05

基金项目: 山东大学横向课题项目 (鲁科技合字 20171063)

作者简介: 陈纪旻 (1991—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为工业自动化、电子信息、科技成果转化等。

由阿奇舒勒创立的发明问题解决理论 TRIZ 作为先进、系统和有效的创新理论和方法,在工程领域得到了广泛应用^[1]。发明问题被转化为 TRIZ 标准问题,然后基于 TRIZ 工具得到标准方案,再根据具体情况得到有效的创新方案^[2-3]。

考虑到长途运输以及成本等方面的因素,筒子纱常采用编织袋包装,而缝纫封口是其中相当重要的一个工艺环节。筒子纱本身呈圆台状,与化肥、粮食等颗粒状物体不同,无法简单依靠重力纵向灌入编织袋,需要按设定好的大小头交错排列的方式推入到编织袋内,最大程度地减少筒子纱之间的空隙。同时由于编织袋质地较软,很容易产生较大的物理形变,且往往由于客户需求不同的筒子纱而导致尺寸不一、批量小、品种多。目前市面上常见的缝纫封口方式多为人工缝纫封口,费时费力,效率低下。在人工成本不断攀升,招工困难的情况下,研发出一套可以适应不同尺寸的筒子纱编织袋自动化缝纫包装系统极为重要。

文中主要介绍基于 TRIZ 理论的筒纱自动缝纫包装系统的设计与实现,解决“自动化程度与多用性、适应性”、“自动化程度与可靠性”、“自动化程度与形状”、“生产率与形状”等技术矛盾,设计一种新的夹持及缝纫机构。

1 TRIZ 理论介绍

如图 1 所示,TRIZ 求解过程首先从问题定义开始,分析问题后设定理想化最终结果,在此基础上进行资源分析并找出矛盾,然后判断矛盾是技术矛盾还是物理矛盾,利用技术矛盾解决问题是解决创新设计问题的一种常用方法^[4]。将实际问题转化为一般的标准技术矛盾,然后利用通用工程参数对技术矛盾进行分析描述^[5],并在此基础上构造技术矛盾对矩阵,从而将用以描述技术矛盾的通用工程参数和发明创新原理建立对应关系^[6-7],再结合行业知识等,提出具体解决方法,进而实现求解目的。

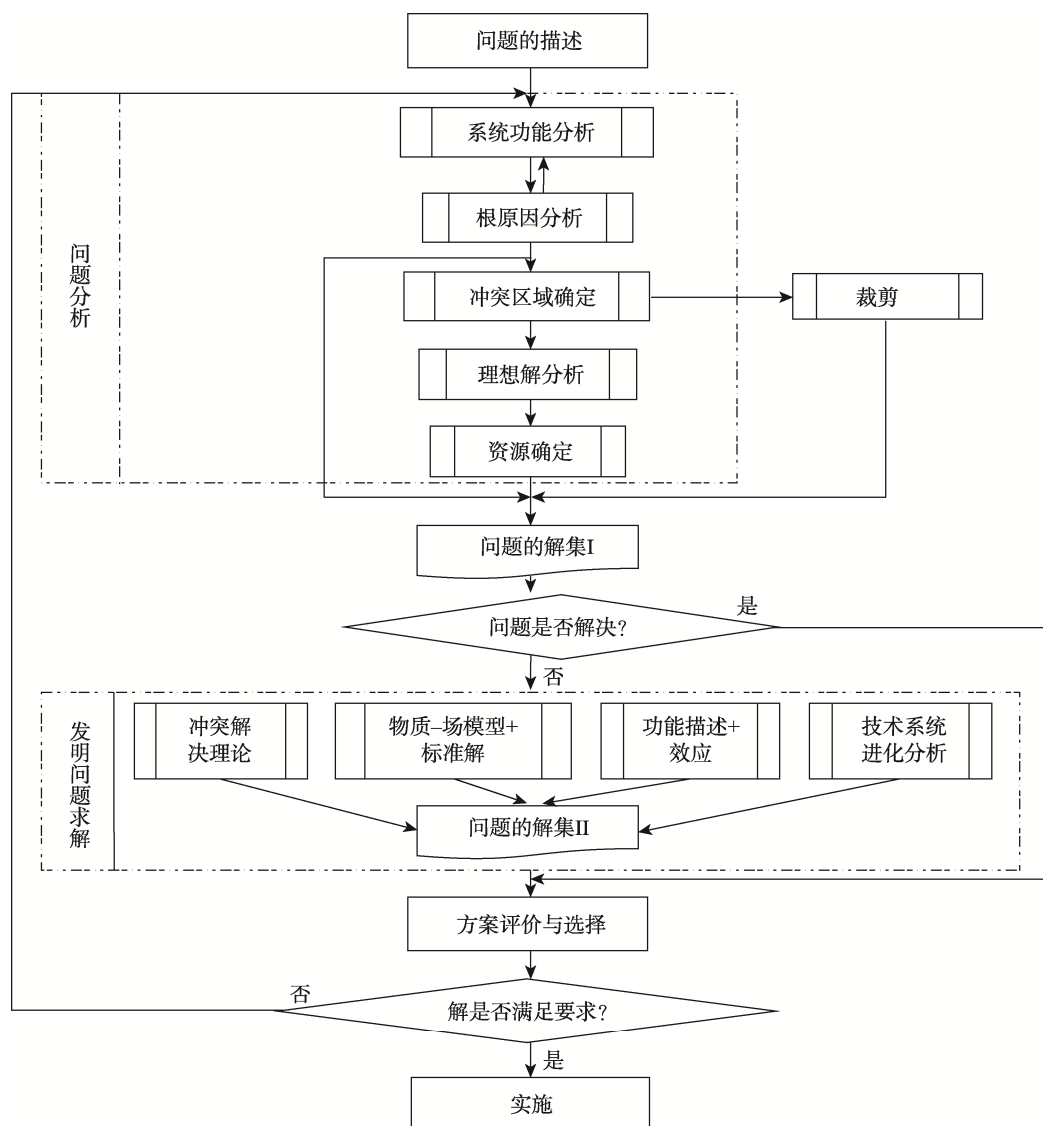


图 1 TRIZ 体系求解流程
Fig.1 Solution process of TRIZ system

2 问题分析

2.1 传统封口工艺分析

人工按照大小头错位排列的既定规则将筒子纱有序地放入编织袋中, 然后将其用力推入袋中以挤压空间, 使得筒子纱之间排列紧密, 最后夹持住袋子顶部袋口部位处, 在此处完成缝绗封口动作, 见图 2。



图 2 人工装入编织袋及封口
Fig.2 Manually loaded woven bag and sealing

2.2 问题描述及解决目标

在现有的筒子纱编织袋包装过程中, 缝绗封口大多采用人工作业, 且常采用缝绗机头固定而编织袋运动的缝绗方式。由于编织袋质地较软, 很难平整地进入缝绗机构, 即使在此基础上加上压边机构加以改良 (如图 3 所示), 也难以适用于不同尺寸的筒子纱, 尤其对较小尺寸的筒子纱, 包装效果更是不甚理想。装有筒子纱的编织袋经过压边机构后随输送带运动至封口机头处开始缝绗, 缝绗机保持固定, 此方式对编织袋自身塑性要求极高, 不具备良好的适应性; 另外如果编织袋发生形变, 很容易造成编织袋袋口堆积, 使得缝绗失败, 甚至会损坏缝绗机机针, 使得包装线被动停产, 影响包装效率^[8-9]。

针对目前生产现状, 特提出如下 3 个主要待解决的问题。

1) 为提高设备柔性, 要求自动化缝绗系统能适应多种规格尺寸的筒子纱及编织袋, 并最大程度地减

少编织袋内的无效空间。

2) 在保证实现全部工序自动化的基础上, 设备设计应尽量简单、合理、易操作, 使得设备操作工人能够高效使用。

3) 为提高生产效率, 需解决筒子纱在较高速度移动时易变形的问题, 使筒子纱按照理想情况进入缝绗封口作业环节。

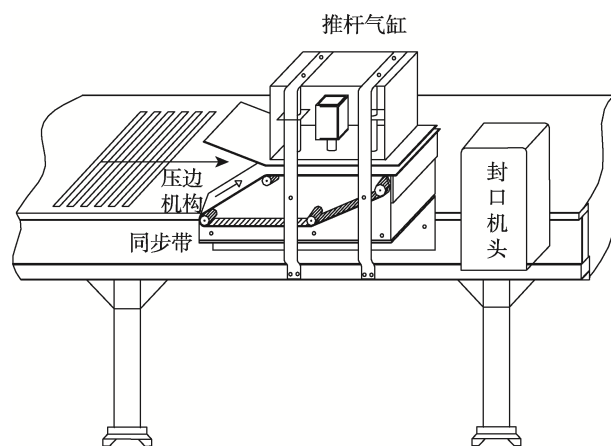


图 3 带压边机构的缝绗封口系统
Fig.3 Sewing and sealing system with edge pressing mechanism

3 机械原理及结构创新设计

3.1 分析问题得到参数, 组建技术矛盾

分析 2.2 节的第 1 个问题, 要求自动化缝绗系统能满足多种规格尺寸的筒子纱及编织袋, 通过查询 TRIZ 表得到技术特征参数 35 (适应性) 与 38 (自动化程度) 构成矛盾对。分析 2.2 节的第 2 个问题, 在保证实现全部工序自动化的基础上设备尽量简单、合理、易操作, 通过查询 TRIZ 表得到技术特征参数 38 (自动化程度) 与 33 (可操作性) 之间存在矛盾。分析 2.2 节的第 3 个问题, 在采用自动化系统保证生产率的同时尽量保证编织袋的形状保持不变, 通过查询 TRIZ 表得到技术特征参数 38 (自动化程度)、39 (生产率) 与 12 (形状) 之间存在矛盾。经分析以后, 组建的矛盾对为 M_{38-35} 、 M_{38-33} 和 M_{39-12} ^[10]。

3.2 建立冲突矩阵, 确定发明原理

可对 3.1 节得到的矛盾对进行分析, 得到矛盾冲突矩阵^[11], 见表 1 和表 2。

根据具体工艺要求, 结合表 1、表 2 中的发明原理, 可得出其中的 1 (分割与切割)、10 (预先作用)、13 (反向) 发明原理具备较强的可行性。由此可分析得出创新方向及具体应用, 见表 3。

表 1 M_{38-35} 、 M_{38-33} 矛盾矩阵
Tab.1 M_{38-35} and M_{38-33} contradiction matrix

改善的参数	恶化的参数
	38 (自动化程度)
35 (适应性及多用性)	发明原理 27 (低成本替代)
	发明原理 4 (不对称)
	发明原理 1 (分割与切割)
	发明原理 35 (性能材料转换)
33 (可操作性)	发明原理 1 (分割与切割)
	发明原理 12 (等势性)
	发明原理 34 (抛弃与修复)
	发明原理 3 (局部性能)

表 2 M_{38-12} 和 M_{39-12} 矛盾矩阵
Tab.2 M_{38-12} and M_{39-12} contradiction matrix

改善的参数	恶化的参数
	12 (形状)
38 (自动化程度)	发明原理 15 (动态化)
	发明原理 32 (改变颜色)
	发明原理 1 (分割与切割)
	发明原理 13 (反向)
39 (生产率)	发明原理 14 (曲面化)
	发明原理 40 (复合材料)
	发明原理 34 (抛弃与修复)
	发明原理 10 (预先作用)

表 3 发明原理、创新方向及具体应用
Tab.3 Invention principle, innovation direction and application

发明原理	创新方向	具体应用
1 (分割与切割)	把工艺分割成几个步骤	将整个工艺分为预夹持、拉拽编织袋减少无效空间、二次夹持、缝纫等动作
10 (预先作用)	预先对物体施加动作或设计装置	设计缝纫前夹持装置, 夹持袋口保证与缝纫处于同一水平面, 拖动编织袋使袋口更平整, 提升成功率确保缝纫效果; 设置固定挡板来阻挡袋内筒子纱有过大的运动距离, 从而使得袋内筒子纱排列更加紧凑
13 (反向)	将活动部分改为固定的, 将固定部分改为活动的	将传统的“编织袋运动、缝纫机静止”的方式变为“编织袋静止、缝纫机运动”的方式, 从而保持编织袋形状的稳定。

3.3 确定解决方案

3.3.1 夹持移动子系统

夹持移动子系统见图 4, 装有筒子纱的开口编织袋通过传送带移动, 当通过定位光电传感器时, 第 1 夹持机构开始动作。首先沿 z 轴正方向将下夹板抬升至指定位置, 再沿 z 轴负方向将上夹板下落, 完成编织袋开口夹紧动作。然后水平布置的 57 步进电机旋转带动夹持机构和编织袋沿 x 轴负方向移动, 同时所述夹持装置外的传动机构上固定有挡板, 以防止筒管在袋内窜动。综上, 通过拉动编织袋的袋口并限制筒管的运动空间, 减少编织袋内筒管之间的空隙, 使袋内筒管排布更加整齐紧凑。

夹持机构运动平台由 57 步进电机进行带动, 待平台到位后, 电机 1 拖动已被夹紧袋口的编织袋, 沿 y 轴负方向运动到缝纫移动子系统, 以实现自动缝纫。

3.3.2 缝纫移动子系统

缝纫移动子系统见图 5, 在夹持机构将夹紧袋口的编织袋运送到指定位置后, 夹板上的第 2 夹持装置与外皮带下的固定夹板配合, 沿 z 轴负方向下降, 以完成对编织袋口的二次夹紧动作, 夹持移动子系统将

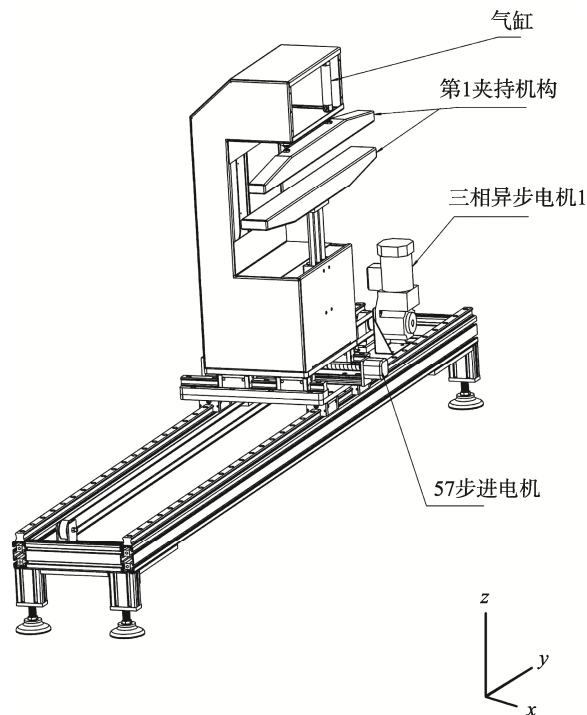


图 4 夹持移动子系统三维结构图
Fig.4 3D structure diagram of mobile clamping subsystem

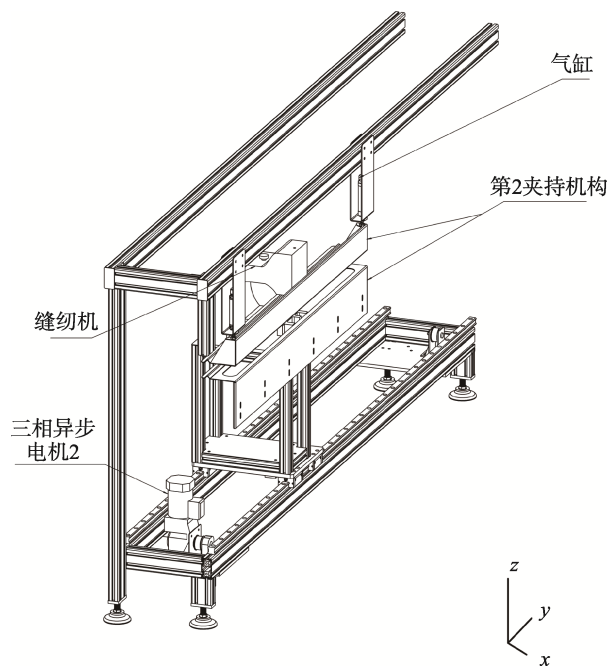


图 5 缝纫移动子系统三维结构图

Fig.5 3D structure diagram of mobile sewing subsystem

回到初始位置后, 缝纫运动平台待缝纫机头穿过夹持机构板材上的开口后, 开始沿 y 轴正方向运动, 并带动缝纫机对编织袋进行缝纫封口, 以实现编织袋静态缝纫。

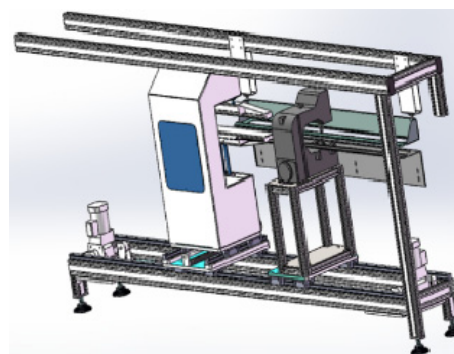
缝纫完成后, 缝纫移动子系统的上夹板抬起, 完成了缝纫封口的编织袋通过输送机构传动到下一环节。缝纫机平台沿 y 轴负方向返回到初始位置, 等待下一轮缝纫动作^[12]。

4 系统测试

基于 TRIZ 理论设计的筒纱自动缝纫包装系统见图 6, 成袋的筒纱经过夹持移动子系统后进入缝纫移动子系统进行缝纫, 完整的过程见图 7。图 7a 为夹持移动状态, 图 7b 为筒纱进入缝纫状态, 直至到达图 7c 中的位置, 即为缝纫完成状态。

在不考虑编织袋包装前序工艺的前提下, 对该系统的缝纫封口效果进行了测试, 将 80 个不同规格纱线编织袋在 1 h 内的缝制结果作为一组考核对象, 其

中缝制效果差的测试结果被归类为缝制失败。通过对系统运行测试的结果进行分析比较, 可以有效地验证系统的缝制效率、缝制质量和运行稳定性^[13]。在山东省某纺纱厂进行多次实际缝纫试验后, 形成了如表 4 所示的测试结果。



a 设计图

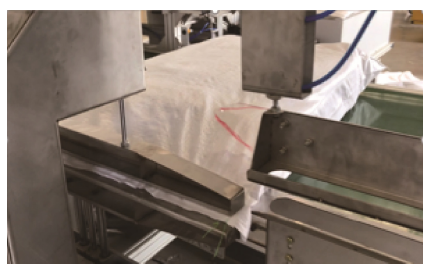


b 实物

图 6 筒子纱包装自动缝纫系统

Fig.6 Automatic sewing system for package yarn

由 720 次的测试数据可以计算得到, 系统整体功率达到 99.70%, 缝纫失败的原因也均与工业缝纫机上螺纹脱落有关, 并且在故障发生后可迅速修复。自动缝纫包装系统的实际效果和经捆扎后的效果见图 8。文中提出的基于 TRIZ 理论设计的筒纱自动缝纫包装系统具有良好的缝制效率和缝制效果, 不仅对不同规格的筒子纱具有很好兼容性和适配性, 实现了整个包装过程的完全自动化, 而且包装质量和包装效率处于业内领先水平。



a



b



c

图 7 自动缝纫包装系统现场试验

Fig.7 Field test of automatic sewing and packaging system

表 4 自动缝纫系统实测效率及故障统计
Tab.4 Measurement efficiency and fault statistics of automatic sewing and packaging system

组数	质量/kg	排放方式	成功袋数	成功率/%	失败原因
1	0.85	5×6	80	100.00	
2	0.85	5×6	79	98.75	顶线掉落
3	0.85	5×6	80	100.00	
4	1.00	4×6	80	100.00	
5	1.00	4×6	80	100.00	
6	1.00	4×6	80	100.00	
7	1.67	3×4	80	100.00	
8	1.67	3×4	80	100.00	
9	1.67	3×4	80	100.00	



a



b

图 8 自动缝纫包装效果和经捆扎后的效果
Fig.8 Automatic sewing and packaging effect and effect after binding

5 结语

设计的本质是使设计物最大限度地满足人的需求, TRIZ 技术矛盾理论可发现产品设计、使用和维护上的不足, 构建 2 个不同参数的矛盾矩阵, 并通过相应的发明原理来消除问题^[14]。文中基于发明问题解决理论 TRIZ 设计并实现了一种筒子纱编织袋自动缝纫包装系统。该系统解决了“自动化程度与多用性、适应性”、“自动化程度与可靠性”、“自动化程度与形状”、“生产率与形状”等技术矛盾^[15], 克服了编织袋自身和筒子纱作为物料都较为柔软、容易形变的难

题, 提高了生产效率, 对不同尺寸、质地、塑性的编织袋都有很好的适应性, 实现了编织袋全自动缝纫封口包装, 推动了我国筒子纱包装行业的改革。

参考文献:

- [1] LEE S, RHO S, LIM D, et al. A Basic Study on Establishing the Automatic Sewing Process According to Textile Properties[J]. Processes, 2021, 9(7): 1206.
- [2] 贺雪梅, 吉晓民, 李隆真. 基于 TRIZ 冲突解决理论的饮水机改良设计[J]. 机械设计与制造工程, 2016, 45(6): 91-94.
HE Xue-mei, JI Xiao-min, LI Long-zhen. Improved Design of Water Dispenser Based on Theory of TRIZ Conflict Resolution[J]. Machine Design and Manufacturing Engineering, 2016, 45(6): 91-94.
- [3] 李春艳. 基于 TRIZ 的小型立体车库系列产品创新设计与研究[D]. 济南: 山东建筑大学, 2013: 10-18.
LI Chun-yan. Research and Innovative Design of Series Small Stereo Garage Based on Triz[D]. Jinan: Shandong Jianzhu University, 2013: 10-18.
- [4] ALTSHULLER G, SHULYAK L, RODMAN S. 40 Principles: Triz Keys to Technical Innovation[M]. Chengdu: Technical Innovation Ctrent, 2003: 1-135.
- [5] 梁晓珍. D 公司装配工艺管理的优化研究[D]. 上海: 东华大学, 2017: 1-18.
LIANG Xiao-zhen. Optimization Research of D Company Assembly Process Management[D]. Shanghai: Donghua University, 2017: 1-18.
- [6] 谢健民. 基于 HOQ 与 TRIZ 的产品创新模糊前端设计研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2013: 28-47.
XIE Jian-min. Research on Fuzzy Front End Design in Product Innovation Based on HOQ and TRIZ[D].

- Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2013: 28-47.
- [7] 丁朝霞, 黄顺洲. TRIZ 理论在航空发动机方案设计中的应用[J]. 燃气涡轮试验与研究, 2013, 26(2): 59-62.
DING Zhao-xia, HUANG Shun-zhou. Application of the TRIZ Theory in Aero-Engine Concept Design[J]. Gas Turbine Experiment and Research, 2013, 26(2): 59-62.
- [8] 管彦诏. 筒子纱智能生产物流及编织袋包装系统的研究与设计[D]. 济南: 山东大学, 2017: 35-68.
GUAN Yan-zhao. Research and Design of Cheeses Intelligent Production Logistics and Woven Bags Packaging System[D]. Jinan: Shandong University, 2017: 35-68.
- [9] 周鹏飞, 吕汉明, 谢楠, 等. 筒子纱编织袋包装与码垛控制系统的开发[J]. 棉纺织技术, 2018, 46(5): 27-32.
ZHOU Peng-fei, LYU Han-ming, XIE Nan, et al. Development of Control System for Cheese Packaging with Woven Bag and Palletizing[J]. Cotton Textile Technology, 2018, 46(5): 27-32.
- [10] 刘晨敏. 基于 TRIZ 理论的纸盒包装机成型机构设计与分析[J]. 包装工程, 2020, 41(9): 193-198.
LIU Chen-min. Design and Analysis of the Shaping Machinery for Carton Forming Machine Based on TRIZ Theory[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(9): 193-198.
- [11] 刘宜平, 薛尚文, 薛恒. QFD 和 TRIZ 集成在防护密闭门方案设计中的应用[J]. 防护工程, 2017(4): 70-73.
LIU Yi-ping, XUE Shang-wen, XUE Heng. The Application of QFD and TRIZ Integration in Sealed Door Protection Scheme Design[J]. Protective Engineering, 2017(4): 70-73.
- [12] 夏楠, 马思乐, 郭政良, 等. 筒子纱包装自动缝纫系统设计与实现[J]. 自动化仪表, 2019, 40(10): 88-91.
XIA Nan, MA Si-le, GUO Zheng-liang, et al. Design and Implement of Automatic Sewing System for Package Yarn Packaging[J]. Process Automation Instrumentation, 2019, 40(10): 88-91.
- [13] 张佰顺, 袁金铭, 陈纪旸. 筒子纱包装自动撑口套袋系统的设计与实现[J]. 包装工程, 2021, 42(5): 233-239.
ZHANG Bai-shun, YUAN Jin-ming, CHEN Ji-yang. Design and Implementation of Automatic Bobbin Bagging System for Bobbin Package[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(5): 233-239.
- [14] AL'TSHULLER G S, SHULYAK L, RODMAN S. The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity[M]. Worcester, Mass.: Technical Innovation Center, 1999: 89-99.
- [15] ILEVBAR I M, PROBERT D, PHAAL R. A Review of TRIZ, and Its Benefits and Challenges in Practice[J]. Technovation, 2013, 33(2/3): 30-37.

责任编辑: 曾钰婵