

国内外软管灌装封尾包装机对比及关键技术分析

吴彬豪¹, 吴朝武¹, 问轲², 张炜³

(1. 浙江日高智能机械股份有限公司, 浙江 温州 325003;

2. 哈尔滨商业大学 轻工学院, 哈尔滨 150028;

3. 浙大宁波理工学院, 浙江 宁波 315100)

摘要: **目的** 为了科学指导新型软包装机械的设计, 为化妆品、医药企业提供优质软包装机械。**方法** 针对日用品、化妆品、霜膏剂等产品的软管灌装封尾包装机, 分析国内外代表性的软管灌装包装机械发展的现状和特点、关键技术和发展趋势。对比国内外具有代表性的软管灌装包装机的性能参数、发展水平, 主要按照其工艺顺序对比介绍典型技术和发展趋势。**结论** 通过与国外包装机对比, 得到软管灌装封尾包装机的发展趋势为高速化、智能化和集成化。

关键词: 软管灌装机; 软管封尾机; 包装机

中图分类号: TB486 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2022)17-0149-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.17.019

Comparison and Key Technology Analysis of Domestic and Foreign Tube Filling and Sealing Packaging Machines

WU Bin-hao¹, WU Chao-wu¹, WEN Ke², ZHANG Wei³

(1. Zhejiang Rigao Intelligent Machinery Co., Ltd., Zhejiang Wenzhou 325003, China;

2. School of Light Industry, Harbin University of Commerce, Harbin 150028, China;

3. Ningbo Tech of University, Zhejiang Ningbo 315100, China)

ABSTRACT: The work aims to scientifically guide the design of new flexible packaging machines and provide high quality flexible packaging machines for cosmetics and pharmaceutical enterprises. The current situation and characteristics, key technologies and development trends of the representative hose filling and sealing packaging machines of daily necessities, cosmetics, creams and other products at home and abroad were analyzed. The performance parameters and technical level of representative hose filling and packaging machines at home and abroad were compared, and typical technologies and development trends were introduced mainly in accordance with their process order. Through comparison with foreign packaging machines, it is concluded that the development trends of hose filling and sealing packaging machines are high speed, intelligence and integration.

KEY WORDS: hose filling machine; hose tail sealing machine; packaging machine

软管包装是日用品、化妆品、霜膏剂类外用药品以及多种化工原料等产品的主流包装形式^[1-5], 灌装量一般从几个毫升到几百毫升, 主要是具有较高黏度的物料, 具有包装工艺相对简单、印刷精美、绿色环保

等特性, 近年来其发展势头强劲^[5-8]。软管灌装工艺是指把膏体通过灌装机灌装到软管中, 能够实现定量灌装、稳定生产、软管封尾以及剪尾, 达到美观、密封等性能要求, 并在生产过程中可配置在线称量等

收稿日期: 2022-04-01

作者简介: 吴彬豪(2000—), 男, 副总经理, 主要研究方向为包装机械设计及理论。

检测手段,以保证包装合格率^[8-15]。

软管灌装封尾包装机(以下简称软管包装机)典型的包装工艺步骤依然是:上管→清洁→对标→灌装→封尾→下管。提高效率的最有效方式是增加灌装头数,并提升设备运行的稳定性,目前业界报道的最快软管包装机的效率为每分钟1000支(对应于约100g牙膏)^[15-19]。主流的包装工艺还是采用步进完成,而不是饮料包装所采用的全面的回转连续性吹灌旋包装工艺。

文中对软管包装机的现状和发展趋势进行浅析,对比国内外代表性机型性能,并分析其关键技术,为此类机型的研制提供一定的指导。

1 国内外主流软管灌装机性能对比

1.1 国外代表设备

国外3种典型代表机械见图1。IWK公司长期保持中高端自动软管灌装机的市场领导者地位,拥有最全面的生产设备产品线,其TFS80-8机型,主要面向牙膏、药膏、奶油等产品,最高灌装速度为每分钟760管,采用8个灌装头,其灌装频率超过每分钟90支,保证100%重量检查和调节,明显减少软管过度加注情况。其产线集成度高,可实现从灌装包装到装盒堆栈等完整的包装生产线,设计紧凑,易于操作,达到GMP标准。模块化设计以及免工具拆装设计理念,使其品种更换过程中转机效率高,拆装迅速,降低和简化了配置操作,具有高灵活性和可靠性。



图1 国外软管包装机的典型代表机型

Fig.1 Typical models of foreign hose packaging machines

Norden 公司一直是 IWK 公司的有力竞争者,其推出的 NF1000 速度高达每分钟1000管,面向家庭护理、医药与保健、个护、食品等细分市场,具有3种颜色物料的填充技术,产品类型和尺寸具有高度灵活性。具有较高的可靠性,采用Norden Easy ware II™控制系统,可以通过一个操作员面板控制整个管道填充和纸箱生产线,产线需要配置上下料机器人。

意大利 IMA 公司 CT240 不追求超高的灌装速度,注重速度和柔性的优化匹配,可以采用自动化/机器人管式进料机,实现自动化生产。通过伺服电机控制灌装喷嘴和关闭阀门,通过吹气排屑系统有效地打扫清洗机器。无需任何工具即可简单方便地改变零件尺寸,同时便于拆卸设备中的零部件(投药泵)。

1.2 国内代表设备

国内厂商从2000年左右开始引进软管包装机,在中低速软管包装机市场(每分钟小于200管)已经具有较强的竞争力,与台湾地区、韩国的软管包装水平持平^[20-23],并逐步占领了一部分国际市场,但在高速机上竞争力不强。国内代表机型见图2。青岛龙腾 FM160 软管灌装封口机,其灌装物料的类型有食品和药膏。在设备的人机界面上可以设定灌装速度、灌装容量、灌装起始时间,抬升速度、抬升高度、抬升起始时间,吹断功能的起始和终止时间等相关参数。封口装置可以倾斜翻转,便于清洁检修和更换配件。利



图2 国内软管包装机的典型代表机型

Fig.2 Typical model of domestic hose packaging machine

用灌装喷嘴和伺服抬升系统对软管底部进行从下向上灌装，可以采用全自动送管系统，可配置半自动上管机或者机械手上管装置。

温州日高 RGDF-120B 全自动软管灌装封尾机，主要适用于日用化妆品、食品、制药、颜料、粘胶剂等行业，该设备的工作原理是将乳膏、油膏等灌装对象灌装至软管内部，对软管的末尾部位进行热熔封合，随后进行打印添加文字、修剪整形，制作成品。通过 PLC 程序控制操作完成设备自动上管、识标定位、清洁软管内壁、封尾（压合）打印字码、剪切等工序；包装材料材及填充物的适用范围相对较广。包装材料包括塑料复合管、铝塑复合管；填充物包括油膏、乳膏、凝胶剂、颜料、粘胶剂及其他粘度流体等。

烟台创佳 RGF-200R 可以灌装液状物质和高粘度流体，能够实现筒状金属软管、复合制动软管和 PE 软管等膏状物料灌装的封尾操作，适用于更多型号口径金属软管的应用，内部设有螺杆微调机构，称量精确；在封尾过程中，设备引用先进的智能温控及

冷却系统，使工作人员操作更加简单便捷。
上述 6 种代表性机型的主要技术参数见表 1。

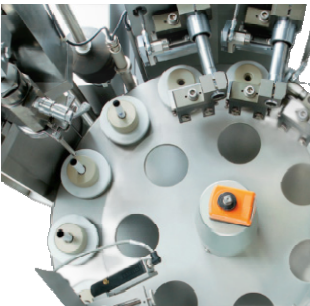
2 关键技术分析

2.1 设备总体布局

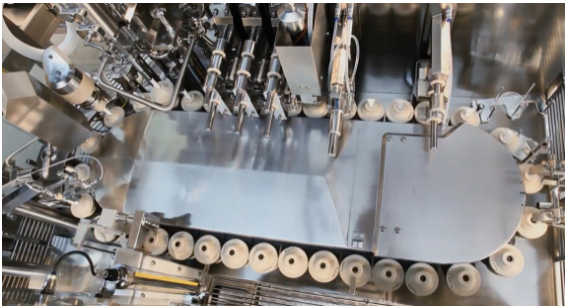
从表 1 可见，软管包装机的速度从每分钟数十支到数百支，甚至接近 1 000 支，但是其本质上还是间歇步进连续性包装机械，间歇运动速度一般不会高于每分钟 100 次，为了提升生产效率，最有效的方法是增加灌装头数。从速度上区分，每分钟低于 100 支的通常采用圆盘布局，采用 1 个灌装头；100~200 支的最多不超过 2 个灌装头，有些采用圆盘布局，有些采用跑道布局；大于 200 支的一般采用跑道布局，以避免圆盘布局导致的转动惯量增大；大于 400 支的称为高速机，一定采用的是跑道型，同时为了减小上管时间，甚至采用倾斜立体跑道布局方式，同时结合双排管座^[24-29]。典型的工位布局见图 3。

表 1 国外高端管状灌装封尾机技术参数对比
Tab.1 Comparison of technical parameters of foreign high-end tubular filling and sealing machines

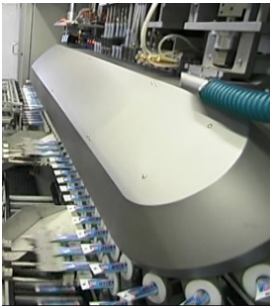
公司名称	代表机型	每分钟产能/管	灌装头数	管径/mm	总管长/mm	剂量/mL	包装材料
德国 IWK	TFS80-8	760	8	22~28	102~192	2~100	铝板/PE/PE/层压板
瑞典 Norden	NF1000	1 000	—	16~40	80~230	—	铝板/层压板/塑料
意大利 IMA	CT240	240	3	10~50	60~250	2~250	铝塑复合管/塑料复合管
上海龙腾	FM160	200	2	10~50	50~250	1.5~300	铝塑复合管/塑料复合管
温州日高	RGDF-120B	180	2	16~40	180	30~200	铝塑复合管/塑料复合管
烟台创佳	RGF-200R	180	2	12~35	80~250	1~120	铝塑复合管/塑料复合管



a 圆盘布局（低速机）



b 水平跑道布局（中速机）



c 倾斜立体跑道布局（高速机）

图 3 灌装管座工位布局
Fig.3 Layout of filling socket station

2.2 上管装置

灌装软管的制造可以是注塑、卷封等方式，管子封盖以注塑方式为主，而且在灌装生产以前需要将管子和管盖结合在一起（旋合或压合），从生产效率匹配角度分析，其与灌装包装机的效率难以匹配到一起，目前，产业界鲜见从软管制备到灌装完成一条龙生产线^[30-33]。

另一方面，考虑到软管包装机所采用的软管特性，其原材料是PE或PP等工程塑料管子或铝塑管或硬质管。其上管装置需要考虑管子直径、长度、变形和回弹特性，管子表面的抗磨损特性以及灌装间距等。考虑到灌装物料的流动性以及封尾剪尾的一致性，管子一般都是倒插入管座中。为了解决多种形式的管子的上管问题，管子整理和输送种类很多。管子的输出方式包括提升式、摩擦输出式等，其间距控制可以是等距链板式、拨轮式以及连杆式等，最终以倒插方式被推入管座。上述的上管方式从工程实际上来看，这些纯机械机构的上管装置最多适用于3只管子，从工程实践反馈情况看，在生产节拍在每分钟100次时，其稳定运行的上管数量不宜超过2根，否则故障率将大幅度提升。几种典型的机械式上管机构见图4。

随着机器人技术的发展及成本的降低，机械手上管装置越来越普及，以适应于高速软管包装机的速度提升，并逐步开始配合双管灌装设备。图2c和d为典型的机械手上管机构，其横向间距可以调节，或者由固定间距的皮带和绳索固定。采用气动内涨式定管结构，亦可采用双排布局，提升单次抓管的数量。采用机械手的上管装置，可以直接插入管座。大幅度减少了机构，提升了上管的稳定性，显然这是上管装置的发展方向。

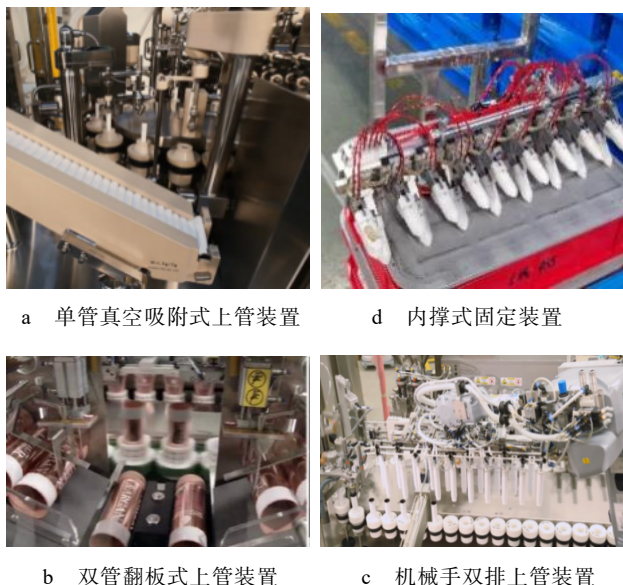


图2 软管包装机的上管装置

Fig.4 Pipe loading device of hose packaging machine

2.3 灌装装置

软管包装机的灌装物料黏度大，灌装精度要求高，所以基本上均采用柱塞式灌装方法，配合三通灌装阀以及灌装口的气动开闭插芯。灌装机构包括凸轮连杆式、伺服驱动摆杆式、伺服驱动螺杆式等，实现黏性物料的吸入和挤出。同时，为了避免物料挤出时在管子底部飞溅，需要一边挤出灌装，一边下降管子。管子的升降采用凸轮式或者伺服电机控制。IWK 竖直柱塞和 Norden 水平柱塞灌装方式的灌装阀装置剖面示意图见图5。软管灌装封尾机的生产制造过程以及零部件的选材，都应符合相关卫生标准和规定，并保证零部件表面光滑、无死角、易清洗、易保养^[34-38]。

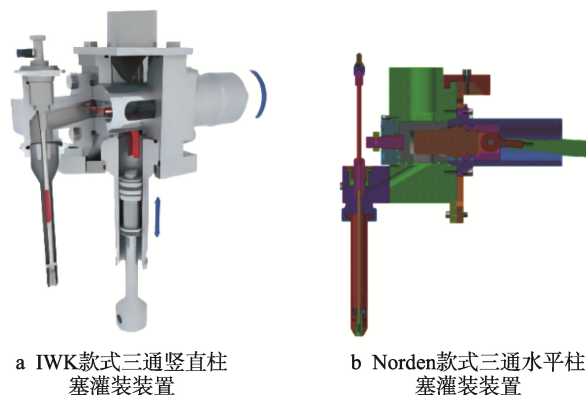


图3 三通灌装装置

Fig.5 Tee filling device

2.4 封尾装置

对于软管包装机，封尾是必须的工艺步骤。针对塑料管，如果是软管，需要采用热熔封尾；如果是硬管，需要压盖封尾；如果是铝塑管，需要折边封尾。软管热熔封尾时，内侧采用高温热封均匀加热至表面融化状态，外侧冷却与室温接近，内侧热风高温吹拂，外侧采用水冷、风冷降温，或者通过精确控制温度的方式自然降温，然后在下一个工位热压夹紧。为了增加融合黏着力，夹紧模具采用花纹表面以及序列号压模等。铝塑管根据封装形式采用不同的折边方式，有两折至四折不同的折边方式。为了控制热熔封尾的夹紧力，采用气动恒定夹紧、定间隙夹紧或者两种方式结合的夹紧方式。从不同的加热封尾方式来看，封尾技术主要经历了加热环、外加热、超声波和内加热4个阶段的演化。内加热技术存在速度快、具有穿透性等优势，已经广泛应用于软管包装机^[39-45]。软管热熔封尾以及切尾典型结构见图6。

2.5 下管装置

所谓下管，就是将灌装封尾完成的管子从管座上

取出。随着包装生产线的集成度越来越高, 后段工序通常为装盒或者装箱工位, 所以下管装置需要将灌装完成的管子按照需求整齐摆放, 而不是仅仅从管座内部顶出即可^[46-48]。显然, 下管装置的频率和上管装置匹配, 随着软管灌装机的效率提升, 采用倾斜轨道布局, 直接将软管推送到输送带上即可。如果需要与后

道的装盒机匹配, 对于中低速软管包装机, 通常采用气动吸附连杆机构的往复运动, 实现软管的竖直取出、翻转、转向和放置见图 7a; 对于高速机, 其管座轨道设计为立体跑道形式, 在出管处软管处于水平状态, 则可由机械手拉出或者直接顶出即可, 不需要在竖直方向进行移动以及翻转见图 7b。

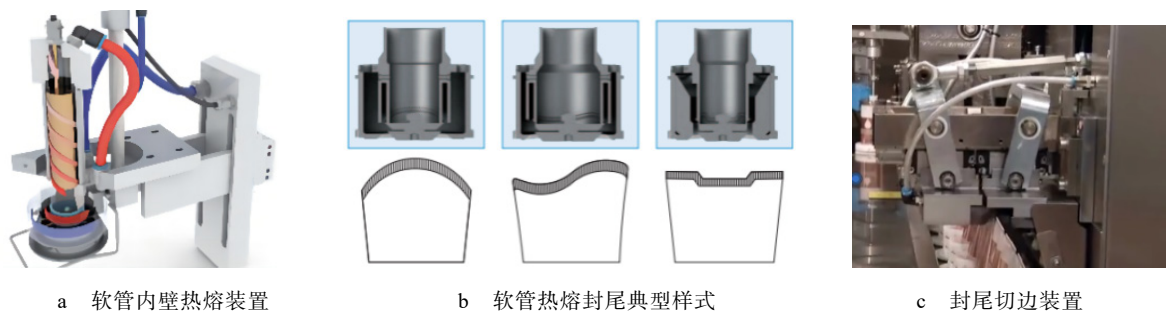


图 6 软管热熔封尾以及切尾装置
Fig.6 Hot melt tail sealing and tail cutting devices of hose

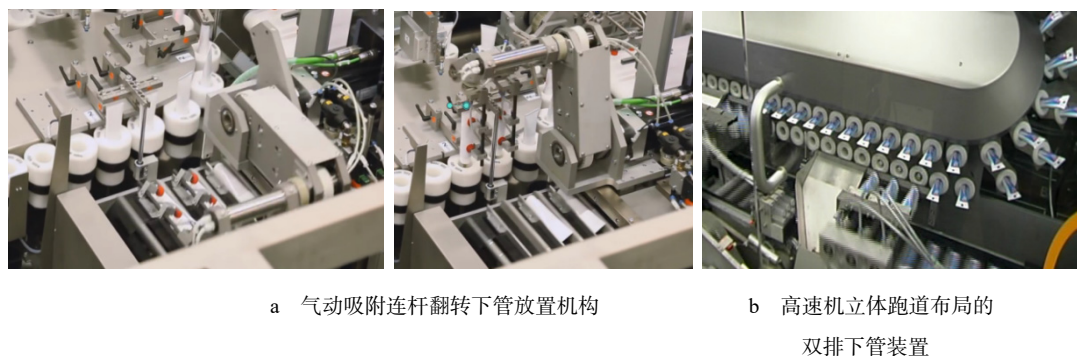


图 4 软管包装机的下管装置
Fig.7 Pipe laying device of hose packing machine

3 结语

综述了软管灌装封尾包装机的设备现状, 对比了国际主流厂商和国内厂商的代表机型, 高速化、智能化、集成化是其发展的必然趋势。按照软管包装机的主要工艺流程, 综述了设备的主要装置, 针对不同的装置, 对比了集中常用典型的机构, 展示了广泛使用的机构和结构形式, 为该设备的研发设计等提供了参考。

参考文献:

- [1] 覃祚铭. 国产复合管封尾机应用状况[J]. 牙膏工业, 2005(1): 35-36.
- QIN Zuo-ming. Application Status of Domestic Composite Pipe Sealing Machine[J]. Toothpaste Industry, 2005(1): 35-36.
- [2] 刘有余, 张光胜, 王立涛, 等. 全自动封闭式定容软

管灌装封口机的研制[J]. 机床与液压, 2009(1): 26-29.

LIU You-yu, ZHANG Guang-sheng, WANG Li-tao, et al. Development of a Fully Automatic Closed Constant Volume Hose Filling and Sealing Machine[J]. Machine Tool and Hydraulics, 2009(1): 26-29.

- [3] 何晶. 全自动软管灌装封尾机的研究与开发[J]. 现代制造技术与装备, 2019(11): 37-38.
- HE Jing. Research and Development of Automatic Filling and Sealing Machine for Ointment[J]. Modern Manufacturing Technology and Equipment, 2019(11): 37-38.
- [4] 包机宣. 我国灌装设备的发展方向[J]. 绿色包装, 2020(1): 84-85.
- BAO Ji-xuan. The Development Direction of My Country's Filling Equipment[J]. Green Package, 2020(1): 84-85.
- [5] 陈毅莹. 我国智能包装设备发展现状及技术特点[J].

- 今日印刷, 2019, 315(12): 44-46.
- CHEN Yi-ying. Development Status and Technical Characteristics of Intelligent Packaging Equipment in My Country[J]. Print Today, 2019, 315(12): 44-46.
- [6] 徐春生. 牙膏工艺技术理论[J]. 日用化学品科学, 2019, 42(6): 56-60.
- XU Chun-sheng. Toothpaste Technology Theory[J]. Daily Chemical Science, 2019, 42(6): 56-60.
- [7] 崔杨, 柳成, 程艳明, 等. 高效全自动液体灌装机控制系统[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2020, 21(6): 836-840.
- CUI Yang, LIU Cheng, CHENG Yan-ming. Control System for High Efficiency Automatic Liquid Filling Machine[J]. Journal of Beihua University(Natural Science), 2020, 21(6): 836-840.
- [8] 田耀华, 刘广利, 刘恒珍. 无菌软膏剂灭菌灌装封尾连续生产装置及特点[J]. 机电信息, 2014(32): 1-6.
- TIAN Yao-hua, LIU Guang-li, LIU Hen-zhen. Sterilized Ointment Sterilization Filling and Sealing Continuous Production Device and Features[J]. Electromechanical Information, 2014(32): 1-6.
- [9] 覃祚铭. 国产复合管封尾机应用状况[J]. 口腔护理用品工业, 2005(1): 35-36.
- QIN Zuo-ming. Application Status of Domestic Composite Pipe Sealing Machine[J]. Oral Care Products Industry, 2005(1): 35-36.
- [10] 赵潇, 周熠. 一种化妆品灌装机械结构创新设计[J]. 科技与创新, 2018, 105(9): 112-113.
- ZHAO Xiao, ZHOU Yi. An Innovative Design of Cosmetic Filling Machinery Structure[J]. Technology and Innovation, 2018, 105(9): 112-113.
- [11] 刘爽. 关于软管封尾机的现状与改进的研究[J]. 现代制造技术与装备, 2019(11): 58-59.
- LIU Shuang. Research on the Present Situation and Improvement of the Hose Sealing Machine[J]. Modern Manufacturing Technology and Equipment, 2019(11): 58-59.
- [12] 李聪, 常颖, 于洪伟. 液体灌装技术发展现状[C]//2018 中国自动化大会(CAC2018). 中国自动化学会, 会议论文集, 2018.
- LI Chong, CHANG Ying, YU Hong-wei. Development Status of Liquid Filling Technology[C]// 2018 China Automation Conference (CAC2018). China Automation Society, Conference proceedings, 2018.
- [13] 何闲荣, 潘嘹. 无菌灌装预成型凸轮连杆组合机构运动可靠性分析[J]. 食品与机械, 2021, 37(4): 98-102.
- HE Xian-rong, PAN Liao. Ultrasonic Hose Filling and Sealing Machine[J]. Food & Machinery, 2021, 37(4): 98-102.
- [14] 谢宇. PLC 铝管灌装封尾机控制系统的改造[J]. 温州职业技术学院学报, 2009, 9(4): 58-60.
- XIE Yu. Transform of Controlling System of Al Tube Sealing Tail Machine of PLC[J]. Journal of Wenzhou Vocational & Technical College, 2009, 9(4): 58-60.
- [15] 成全, 陆志猛, 刘国东, 等. QDFM-125 型超声波软管封尾机变幅杆的改进设计[J]. 包装工程, 2009, 30(11): 7-9.
- CHENG Quan, LU Zhi-meng, LIU Guo-dong, et al. Improved Design of Amplitude Transformer of QDFM-125 Ultrasonic Tail Sealing Machine[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(11): 7-9.
- [16] 徐春生. 《牙膏生产技术理论》系列讲座第四讲牙膏安全性与功效评价理论(待续)[J]. 日用化学品科学, 2017, 40(3): 48-52.
- XU Chun-sheng. 《Theory of Toothpaste Production Technology》Lecture IV Safety and Efficacy Evaluation Theory of Toothpaste[J]. Daily Chemical Science, 2017, 40(3): 48-52.
- [17] 叶鹏. 包装机械推送机构设计[D]. 芜湖: 安徽工程大学, 2019: 1-76.
- YE Peng. The Design of Push Mechanism of Packing Machinery[D]. Wuhu: Anhui Engineering University, 2019: 1-76.
- [18] 韩炬, 王莹, 郭亚楠. 包装机热封机构的建模及动力学分析[J]. 食品与机械, 2013(1): 146-148.
- HAN Ju, WANG Ying, Guo Ya-nan. Modeling and Dynamics Simulation Analysis for Heat Sealing Mechanism of Packaging Machine[J]. Food and machinery, 2013(1): 146-148.
- [19] 陈培忠, 王克俭. 塑料包装材料共挤复合技术发展[J]. 塑料包装, 2021, 31(1): 29-33.
- CHEN Pei-zhong, WANG Ke-jian. Development of Co-extrusion Technology for Plastic Packaging Materials[J]. Plastic Packaging, 2021, 31(1): 29-33.
- [20] 俞乐. 管径超薄铝塑复合片材的开发[J]. 口腔护理用品工业, 2016, 26(1): 40-42.
- YU Le. Development of Ultra-thin Aluminum Plastic Composite Sheet with Large Diameter[J]. Oral Care Industry, 2016, 26(1): 40-42.
- [21] 章金宇, 马清龙, 李海军. 视觉检测技术在高速软管灌装机上的使用[J]. 制造业自动化, 2019, 41(1): 79-82.

- ZHANG Jin-yu, MA Qing-long, LI Hai-jun. Application of Visual Inspection Technology in High Speed Hose Filling Machine[J]. Manufacturing Automation, 2019, 41(1): 79-82.
- [22] 唐唤清, 吕建华. 我国包装机械的现状与发展趋势[J]. 中国包装工业, 2015(18): 83-84.
- TANG Huan-qing, LYU Jian-hua. Present Situation and Development Trend of Packaging Machinery in China[J]. China Packaging Industry, 2015(18): 83-84.
- [23] 刘有余, 张光胜, 王立涛, 等. 全自动封闭式定容软管灌装封口机的研制[J]. 机床与液压, 2009(1): 26-29.
- LIU You-yu, ZHANG Guang-sheng, WANG Li-tao, et al. Development of Automatic Volumetric Closed-Filling Sealing Machine for Soft Packaging Beverage[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2009(1): 26-29.
- [24] 陈玉明, 陈学康. 铝塑复合软管牙膏包装若干问题的分析与探讨[J]. 口腔护理用品工业, 2010(6): 28-31.
- CHEN Yu-ming, CHEN Xue-kang. Analysis and Discussion on Some Problems of Toothpaste Packaging with Aluminum Plastic Composite Hose[J]. Oral Care Products Industry, 2010(6): 28-31.
- [25] 高康, 黄倩. 智能包装应用现状研究[J]. 绿色包装, 2019(3): 52-55.
- GAO Kang, HUANG Qian. Research on Application Status of Intelligent Packaging[J]. Green Packaging, 2019(3): 52-55.
- [26] 温沛涵, 吴梦杰, 易树平, 等. 基于目标识别的软管装配视觉检测系统[J]. 计算机集成制造系统, 2015(6): 1486-1496.
- WEN Pei-han, WU Meng-jie, YI Shu-ping, et al. Visual Inspection System for Hose Assembly Based on Object Recognition[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2015(6): 1486-1496.
- [27] RUZAYQAT M. Designing and Developing a Smart Yogurt Filling Machine in the Industry 4.0 Era[J]. Machines, 2021(9): 845-850.
- [28] QIN Hui-gong. Application of Parameter-Adaptive Fuzzy PID Control in the Temperature Control System for Liquor Filling and Sealing Machine[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 3360(599): 831-834.
- [29] LSHRAT M, GUIZAR A N, SHUAIB M D, et al. Novel Food Packaging Technologies: Innovations and Future Prospective[J]. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 2018, 17(4): 454-462.
- [30] 孟爽, 黎光辉, 刘松昀, 等. 塑料软管灌装封尾机的工艺分析及关键技术[J]. 包装工程, 2022, 43(1): 42-51.
- MENG Shuang, LI Guang-hui, LIU Song-yun. Process Analysis and Key Technology of Plastic Hose Filling and Sealing Machine[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(1): 42-51.
- [31] 庞凤华, 庞超荧. 维生素 E 乳膏 GMP 厂房布局设计[J]. 化学工程与装备, 2014(9): 64-67.
- PANG Feng-hua, PANG Chao-ying. Vitamin E Cream GMP Plant Layout Design[J]. Chemical Engineering and Equipment, 2014(9): 64-67.
- [32] 郭天宝, 孔军平. 自动灌装机的误差分析与控制对策探讨[J]. 中国高新区, 2018(11): 149-150.
- GUO Tian-bao, KONG Jun-ping. Error Analysis and Control Countermeasures of Automatic Filling Machine[J]. China High-Tech Zone, 2018(11): 149-150.
- [33] LIU Ke, YANG Da-zhi, YANG Zong-ze. Optimization and Design of Key Technology of New Type Bottled Water Filling Machine[J]. International Core Journal of Engineering, 2020, 6(9): 399-405.
- [34] 刘丁丁, 谭保辉, 冯志华, 等. 等压及常压灌装阀灌装时间的分析计算[J]. 苏州大学学报(工科版), 2012, 32(4): 33-39.
- LIU Ding-ding, TAN Bao-hui, FENG Zhi-hua, et al. Analysis and Calculation of the Filling Time of Equal Pressure and Constant Pressure Filling Valve[J]. Journal of Soochow University (Engineering Edition), 2012, 32(4): 33-39.
- [35] 晏祖根, 刘松昀, 黎光辉, 等. PE 软管封口技术研究进展[J]. 包装工程, 2022, 43(1): 35-41.
- YAN Zu-gen, LIU Song-yun, LI Guang-hui, et al. Research Progress of PE Hose Sealing Technology[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(1): 35-41.
- [36] 费叶琦, 刘雨浩, 马竹樵, 等. 食品包装机械发展研究[J]. 南方农机, 2020, 51(19): 62-64.
- FEI Ye-qi, LIU Yu-hao, MA Zhu-qiao, et al. Research on the Development of Food Packaging Machinery[J]. South Agricultural Machinery, 2020, 51(19): 62-64.
- [37] 陈全东. 浅谈软包装热封工艺与热封方式[J]. 塑料包装, 2006(4): 29-30.
- CHEN Quan-dong. Discussion on Heat Sealing Technology and Heat Sealing Method of Flexible Packaging[J]. Plastic Packaging, 2006(4): 29-30.
- [38] 刘国东, 祝锡晶. 塑料薄膜超声波热封工艺实验研究[J]. 包装工程, 2009, 30(6): 27-29.
- LIU Guo-dong, ZHU Xi-jing. Experimental Study on Ultrasonic Heat Sealing of Plastic Film[J]. Packaging

- Engineering, 2009, 30(6): 27-29.
- [39] LIU S J, CHANG I T, HUNG S W. Factors Affecting the Joint Strength of Ultrasonically Welded Polypropylene Composites[J]. Polymer Composites, 2001, 22(1): 132-141.
- [40] 赵林林, 范倩男 徐建高, 等. 药用灌装机针升降机构的设计[J]. 机械研究与应用, 2019, 32(6): 79-81.
ZHAO Lin-lin, FAN Qian-nan, XU Jian-gao, et al. De-sign of the Pharmaceutical Filling Machine Needle Lifting Mechanism[J]. Mechanical Research and Application, 2019, 32(6): 79-81.
- [41] 吕帅, 张裕中. 高粘稠物料在灌装阀体内的流动状态分析[J]. 包装工程, 2012, 33(15): 10-15.
LYU Shuai, ZHANG Yu-zhong. Analysis of the Flow State of High Viscous Material in the Filling Valve[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(15): 10-15.
- [42] FELLOWS P J. Food Processing Technology Principles and Practice[M]. Cambridge: Woodhead Publishing Series in Food Science, 2016: 1045-1050.
- [43] SASCHA B, KARSTEN T, JENS-PETER M. Ultra-sonic Sealing of Flexible Packaging Films-Principle and Characteristics of an Alternative Sealing Method[J]. Packaging Technology and Science, 2012, 25(4): 233-248.
- [44] 马祖达, 吴朝武, 马仟仲, 等. 全自动软膏灌装封尾机的研究与开发[J]. 包装与食品机械, 2006(1): 1-6.
- MA Zu-da, WU Chao-wu, MA Qian-zhong, et al. Research and Development of Automatic Ointment Fill-ing Sealing Machine[J]. Packaging and Food Machinery, 2006(1): 1-6.
- [45] 杨国太, 刘有余. 全自动封闭式非定量塑管灌装封口机的研制[J]. 机械工程师, 2008(2): 80-82.
YANG Guo-tai, LIU You-yu. Development of Fully Automatic Closed Non-Quantitative Plastic Tube Filling and Seal Machine[J]. Mechanical Engineer, 2008(2): 80-82.
- [46] 丁春龙. 粘稠物料计量灌装技术与装置开发[D]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2019: 23.
DING Chun-long. Research and Device Development of Metering and Filling Technology of Viscous Materials[D]. Harbin: Harbin University of Commerce, 2019: 2-3.
- [47] ZHANG Hui. Application Strategies of Photoelectric Detection in Mechanical Design and Manufacture[C]// 2017 4th International Conference on Machinery, Materials and Computer (MACMC 2017). Atlantis Press, 2018: 754-757.
- [48] YEW K C, LIANG-HAN C, CHANG B C, et al. Ef-fects of the Shape of The Energy Director on Far-Field Ultrasonic Welding of Thermoplastics[J]. Polymer Engineering & Science, 2000, 40(1): 157-167.

责任编辑: 曾钰婵