

基于 TRIZ 理论的螺纹口食品瓶清洗机创新设计

A innovative design of washer machine for thread port food bottle based on TRIZ theory

张 丹 常 宏 娄高翔 常 鹏

ZHANG Dan CHANG Hong LOU Gao-Xiang CHANG Peng

(长安大学工程机械学院, 陕西 西安 710061)

(College of Engineering and Mechanical Engineering, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710061, China)

摘要:目前市场上的洗瓶机忽略了瓶子螺纹口清洗,而螺纹瓶口恰是瓶子最脏的部位。研究运用 TRIZ 理论,创新原理,结合实际需求,分析总结设计过程中显现出来的问题,建立产品的创新设计,创建了一种针对螺纹口食品瓶的清洗机模型,解决了传统洗瓶机不能有效地清理螺纹口的缺陷。

关键词:螺纹口;食品瓶;TRIZ 理论;创新设计;清洗机

Abstract: The bottle cleaning as a basis for the subsequent steps necessary at present, the bottle washer machine on the market ignored the bottle mouth and bottle cleaning thread, while the thread is the most dirty part of the bottle. Using TRIZ theory, analysis revealed summed up the problems in the design process, using innovative principle, field research, combined with the actual needs, set up product innovation design, rendering the physical map, get the user experience results. A Washer Machine model is established for the thread bottle, which solves the defect that the traditional bottle washer machine cannot effectively clean the screw thread, and improves the user's health experience degree.

Keywords: thread port; food bottle; TRIZ theory; innovative design; washer machine

目前,为了缓解资源浪费,提高企业利润,一些食品行业使用的瓶子大多属于回收瓶,例如啤酒瓶、罐头瓶、饮料瓶,材质有塑料与玻璃等。回收的瓶子二次利用之前要对瓶身进行检查、清洗,将无法重复利用的瓶子剔除,剩下的回收瓶存在液体残留,或在回收过程中沾染污垢等一系列卫生问题,对瓶身清洗的目的即将这些有害于消费者安全健康的隐患去除^[1]。市场上大多数清洗机仅针对瓶身粗略清洗,螺纹

口是最容易藏污纳垢的部位,如果清洁不到位易于滋生细菌。通过分析现有洗瓶机设计的不足之处,运用 TRIZ 设计方法,融合多种设计理念,建立一种创新设计模型并进行仿真试验。模型针对瓶口螺纹部重点清洗,可实际解决存在的问题^[2]。

1 TRIZ 理论

TRIZ 理论的萌芽源于 1946 年,前苏联发明家 G.S.Altshuller 结束了他的一项发明,在没有穿潜水服的前提下被困在潜水艇并且能够顺利逃生。之后 G.S.Altshuller 对这一萌芽的理论展开研究,经过不断的修正、改进、总结分析,TRIZ 理论即“发明问题解决理论”逐渐成型。与传统方法比较,例如,试错法、头脑风暴法等,TRIZ 理论具有更多优势与特点,它能充分揭露创造发明内部原理与规律,不规避矛盾,而正视系统中含有的矛盾,志在彻底消除矛盾,得到最终的解,而并非妥协,它在技术的发展规律之上来完成设计和开发,并不带有随机性^[3]。

TRIZ 理论引导创造者对问题进行系统性分析,迅速找到问题的矛盾与根本所在,制定探索方向,找到任何一种可能,并在探索过程中帮助创造者打破思维枷锁,用创新的视觉看待问题,并进行逻辑与非逻辑性思考。帮助创造者创造出新产品^[4-6]。TRIZ 解决矛盾产品创新流程见图 1。

1.1 问题提出

现有洗瓶机多为箱式、翻转式、超声波等^[7-8]。经某地

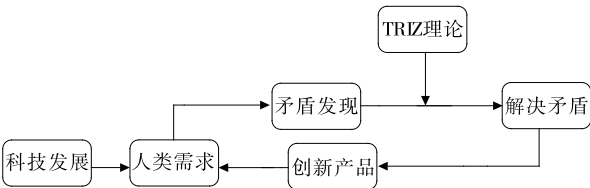


图 1 矛盾解决过程

Figure 1 Conflict resolution process

基金项目:国家自然科学基金资助项目(编号:51305042)

作者简介:张丹(1988—),女,长安大学在读博士研究生。

E-mail:2015025008@chd.edu.cn

收稿日期:2016—10—25

啤酒厂实地调研,该厂采用翻转式洗瓶机,洗瓶机可连续工作,初始时瓶子正立被钳住,在旋转前进的过程中翻转 180°,在此过程中有进水管向瓶口内注入清水,当瓶口转至朝下时瓶中水流尽,后再旋转 180°直到瓶身正向直立,完成清洗。该洗瓶方式较为传统,工艺比较落后。图 2 为目前技术较为先进的立体超声波洗瓶机。

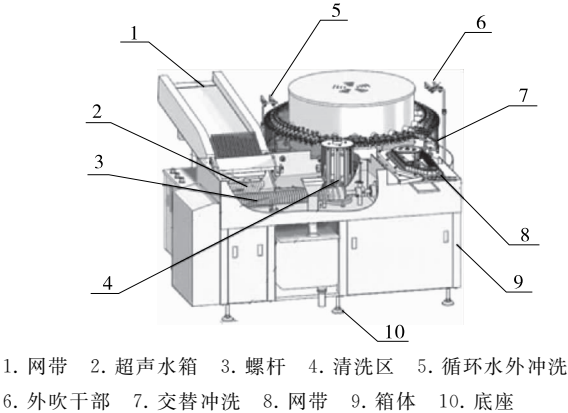


Figure 2 Stereo ultrasonic wave Bottle Washing Machine

它的生产力可达到 24 000 瓶/h,比翻转式洗瓶机的效率提高 50%。其给水系统也从根本上避免了介质污染,破瓶率也较之下降^[9-10]。但纵观上述多种洗瓶机,均只对瓶身进行清洗,并没有对瓶口进行特殊处理,而瓶口是最脏最易被忽略的部位。图 3 为 4 种被不同物质污染的螺纹口瓶。回收瓶存在大肠杆菌、霉菌等,大肠杆菌为主要污染菌。由于螺纹瓶口处结构特殊不像瓶内壁光滑平整,传统洗瓶机无法针对螺纹瓶口进行清洗。研究针对此方面进行创新设计。

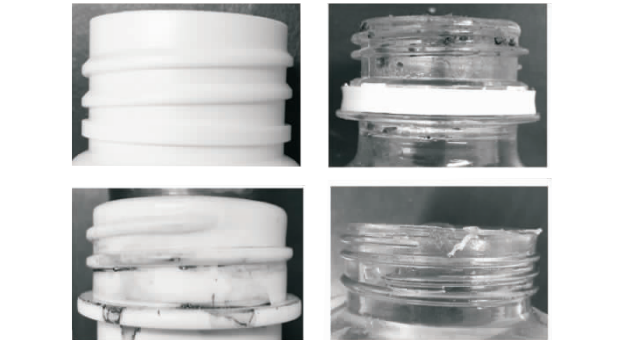


Figure 3 Four kinds of thread port of recovery bottles

图 3 4 种回收瓶螺纹瓶口

1.2 问题分析

由于螺纹瓶口直接接触消费者,所以对其卫生安全要严格把控,要求洗瓶机既要满足消费者的安全卫生要求,也要满足生产车间的生产要求。针对创新与需要,从以下 3 个问题进行研究^[11]。

(1) 进瓶装置将筛选过的无破损瓶子平稳输送至清洗装置,进瓶效率不易过快,否则影响清洗质量,进瓶效率过慢

则会影响企业整体效益,所以应结合企业实际需求,确定合适的进瓶率。同时应设置夹紧结构,使瓶子完整地到达下一步骤。

(2) 清洗装置部分设计为上下两部分,上部分可将瓶身倒置夹紧,并设置烘干装置,将瓶身残留液体烘干,以免对灌装过程产生污染,影响产品品质。下部分装置配备水槽,可持续更换水槽中的清洗液,水槽中装有可旋转毛刷,与上部分配合,完成整个清洗过程。

(3) 清洗后的瓶子需要运送至下一装置,过程保证完整衔接,结合紧密,提高运输效率。输出装置与输入装置设计相同,是输入过程的逆过程^[12]。

2 螺纹口食品瓶清洗机创新设计

2.1 螺纹口食品瓶清洗机工作原理

设备整体图见图 4,其工作原理:开始时,瓶子 2 正向直立于水平传送带 1 上,水平带向右运送瓶子,当瓶子运行至弧形传送带 3 下方,瓶夹 4 的 U 型卡槽卡住瓶口,带动瓶子上运动,直到瓶子被运送至弧形传送段顶端,瓶身垂直瓶口朝下,导轨 8 上的机械爪 7 逆时针运动夹住瓶子底部,当可移动导轨 10 上的瓶子达到一定数量之后左侧水平传送带停止运输瓶子,可移动导轨带动瓶子一起向下运动,与水槽 12 中的圆柱毛刷 13 和螺旋口毛刷 14 贴合之后,毛刷整体开始转动,在转动的同时,可移动导轨同时做上下运动,这样圆柱毛刷可将瓶身内部清洗的同时,瓶口被旋转的螺纹口毛刷充分清洗。当达到清洗时间后,可移动导轨带动瓶子向上运动,到达初始位置之后,重复左侧运动的逆运动,一个清洗过程完成。

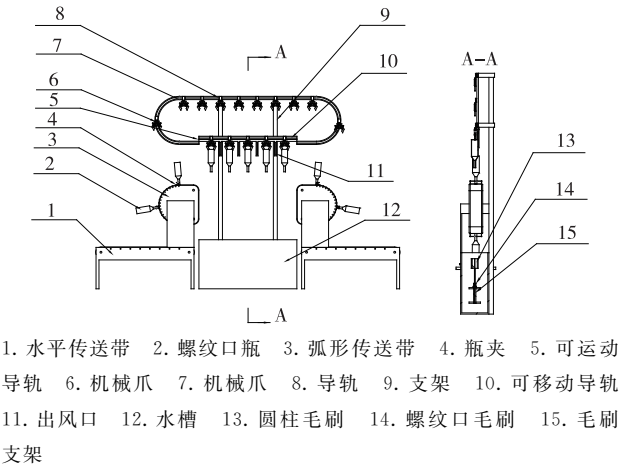


Figure 4 洗瓶机结构图

Figure 4 Bottle Washer Machine overall structure diagram

2.2 机械爪设计

为了避免瓶子在运送的过程中掉落,需设置夹紧结构,图 5 为机械爪结构图,图 6 为机械爪受力分析图。

PMQE 为四杆平行机构,力 P 与 N 在图中标出, α 角为力 P 与杆 XT 夹角,为锐角。 β 角为 XE 与 EP 间的夹角,如 XE 杆长为 x , EP 杆长为 y 。当机械爪静止时,杆 XT 受力为

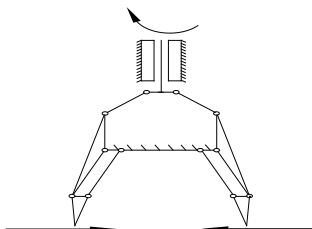


图 5 机械爪结构图

Figure 5 Mechanical claw structure diagram

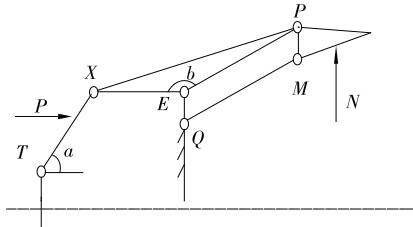


图 6 机械爪受力分析

Figure 6 Mechanical claw force analysis

$\frac{P}{2\cos a}$ (N), 旋转轴 E 点 $\sum M = 0$, 根据几何关系得到:

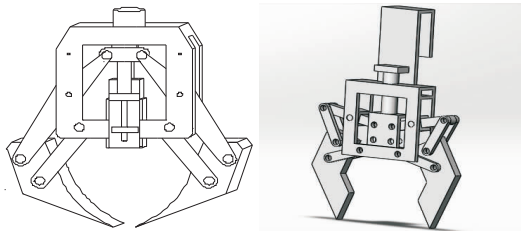
$$\frac{P}{2\cos a} \cdot x \sin a = N \cdot y \cos b, \tag{1}$$

$$\text{即: } N = \frac{X \tan a}{2y \cos b} P.$$

由此可知,当角 a 较大时,可实现较大的增力比。瓶子被牢牢抓紧,避免了掉瓶的问题。图 7 为机械爪示意图。图 8 为弧形传送带上的瓶夹示意图,弧形运送带上的瓶夹口设计成 U 型,可将螺纹口瓶瓶口卡住,并执行后续运动。

2.3 传送带设计

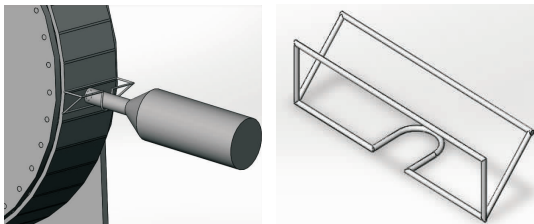
图 9 为清洗机弧形传送带示意图,上设置瓶夹。如图 9(b)所示,瓶子最初被运送至弧形传送带底端,正立瓶口朝上,后经弧形传送带 180° 运送后到达弧形传送带顶端,倒



(a) 机械爪示意图 (b) 机械爪三维图

图 7 机械爪

Figure 7 Mechanical claw

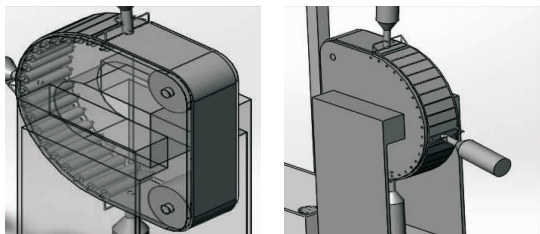


(a) 瓶夹安装图 (b) 瓶夹

图 8 瓶夹

Figure 8 Bottle holder

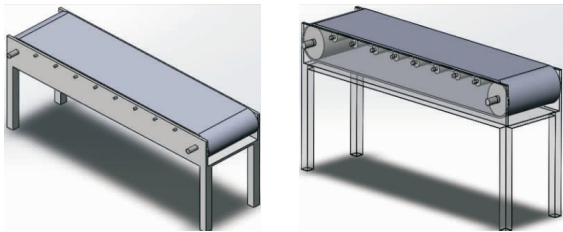
立瓶口朝下。图 10 为设备两侧水平传送带,可实现瓶子平稳运输。传送带速度拟定为 5 m/s ,实际速度可根据具体情况设定^[13]。



(a) 弧形传送带结构图 (b) 弧形传送带安装图

图 9 弧形传送带

Figure 9 Arc conveyor belt



(a) 水平传送带三维图 (b) 水平传送带内部结构

图 10 水平传送带

Figure 10 Horizontal conveyor belt

2.4 导轨设计

导轨上安装有机械爪与出风口,导轨下方中间部分可上下移动,当完成一个阶段的瓶子夹持后,导轨中间部分带动机械爪及瓶子一起沿制定路线向下运动,出风口安装在下方中间可上下移动轨道上,见图 11^[14]。

2.5 出风口设计

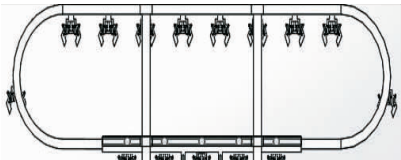
出风口要求可以出风,将瓶身残余清洗液烘干,保证无清洗液残留。图 12(c)中,瓶身左侧所示为出风口,出风口均匀安装在运动导轨上,研究拟定 4 个,其具体数量可依据实际情况设计安装。

2.6 毛刷设计

圆柱毛刷的长度应略短于瓶身,但不包括瓶口螺纹部分的距离,研究拟定 15 cm 。螺纹毛刷的长度应略长于螺纹口,研究拟定为 3 cm ,确保上下运动中毛刷始终与瓶口配合。螺



(a) 运动导轨下降后



(b) 运动导轨初始位置

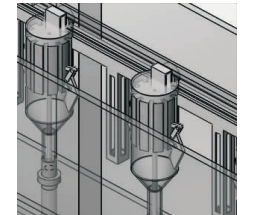
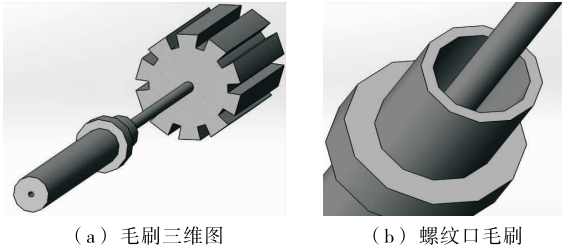
图 11 导轨

Figure 11 Guide rails

纹口毛刷直径应符合同一规格螺纹口瓶瓶口直径,使毛刷与螺纹口紧密贴合,彻底清洗每一个角落。图 12 为毛刷。

2.7 支架设计

图 13 所示毛刷支撑架的作用是支撑毛刷,支架上分布毛刷,间隔距离按实际情况设置。两层支架板封闭,内部可装电机与泵,电机驱动毛刷运动,泵可将清洗液通过毛刷中间的孔压入瓶内。圆柱毛刷上端与毛刷支架对应部位下端开孔,中间连通,当泵开启时,清洗液被压入瓶内完成清洗。



(c) 毛刷整体与瓶身贴合图

图 12 毛刷
Figure 12 The brush

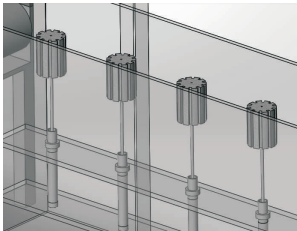


图 13 毛刷支架
Figure 13 Brush holder

2.8 水槽设计

水槽盛装用于清洗使用的液体。水槽右下角设有排水口,可实现清洗液体的进水与排水功能。

2.9 电机驱动设计

研究电机驱动采用双 H 桥驱动,芯片采用 L298N,可以控制两路直流电机的正向与反向转动。可驱动机械爪与轨道的转动、移动等任务,从而完成瓶子的清洗任务^[15-16]。

2.10 清洗机仿真

利用 SolidWorks 软件对清洗机进行仿真,其整体三维图见图 14。

3 结论

研究基于 TRIZ 理论与绘图软件平台,探讨一种新的设计模型,产品的结构设计在满足了瓶子清洗的基础上进行了创新,针对螺纹口清洗进行创新性设计,设备结构紧凑,能很

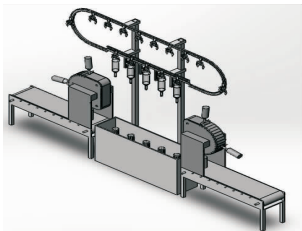


图 14 清洗机三维图
Figure 14 Washer Machine 3D graph

好地满足企业的生产需求与广大消费者的安全需求。设计解决了传统洗瓶机仅对瓶子整体清洗,而无法针对重点部位进行清洁的问题。与传统洗瓶机相比,螺纹口洗瓶机在设定合理的清洗时间与清洗力度基础上,对回收螺纹瓶瓶口处污垢的清洁度可达 100%。设计不足之处在于无法一次性进行数量较大的清洗工作,如果将毛刷与导轨设计为联排或多排,可解决清洗数量的问题。

参考文献

[1] 刘志峰, 高洋, 胡迪, 等. 基于 TRIZ 与实例推理原理的产品绿色创新设计方法[J]. 中国机械工程, 2012(9): 1 105-1 107.

[2] 刘训涛, 曹贺, 陈国品. TRIZ 理论及应用[M]. 北京: 北京大学出版社, 2011: 55-79.

[3] 柯文. 食品安全是世界性难题[J]. 求是, 2013(11): 56-57.

[4] 马宁. 清洗机技能技术浅谈[J]. 中国洗涤用品工业, 2014(3): 21-22.

[5] 魏敏. 洗瓶机进瓶装置的改进[J]. 山东工业技术, 2015(10): 79-82.

[6] 赵琳琳, 李景仲, 武涛. 基于 TRIZ 理论的洗瓶机出瓶装置的创新设计[J]. 包装工程, 2014, 41(11): 54-56.

[7] 张方波. Krones 洗瓶机主驱动电机换代[J]. 酿酒, 2016, 43(1): 92-94.

[8] 郝用姓, 张慧明, 马子领, 等. 馒头胚自动摆盘设计与研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(5): 139-141.

[9] 沈鸣之. 国内小容量注射剂立式洗瓶机的清洗工艺及其改进[J]. 机电信息, 2015(17): 27-33.

[10] 罗益海, 张汴. 超声波自动洗瓶机的技术改进[J]. 广西中医药大学学报, 2014, 17(3): 131-134.

[11] 孙书伟, 陈乐, 胡国清, 等. 基于 Pro/E 运动仿真的对夹式洗瓶机夹持机构的设计与研究[J]. 包装与食品机械, 2013, 31(2): 56-59.

[12] 朱文亮. 食品塑料包装材料污染物迁移的研究进展[J]. 食品与机械, 2010, 26(6): 89-93.

[13] 林永艳, 谢晶, 朱军伟, 等. 清洗方式对鲜切生菜保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(1): 211-213.

[14] 王中营, 任宁, 武文斌, 等. TQLZ 型往复震动筛动力学模型与虚拟样机仿真[J]. 食品与机械, 2016, 32(2): 67-70.

[15] FU Hong-shuan, ZHAO Heng-hua, YANG Hui. Inverse solutions dynamics of the parallel machine[J]. Machinery Design& Manufacture, 2013(5): 94-95.

[16] DAWANDE M, GEISMAR N H, PINEDO M, et al. Throughput optimization in dual-gripper interval robotic cells[J]. IIE Transactions, 2010, 42(1): 14-15.