基于 TRIZ 的卷筒纸包装机折边机构设计

尚 欣，刘 晶
（宁夏大学，银川 750021）

摘要：针对现有卷筒纸包装机包装后存在的问题和实现产品模块重用的问题，利用基于问题的创新方法，在设计中采用 TRIZ 理论的理想解方法，在对该机构进行工艺分析、运动分析和力分析的基础上，得到了该机构的理想解，然后对其进行了设计，采用差速系统使卷筒纸在移动中旋转，设计了燕尾形折边结构，使包装膜均匀自然地向中心收缩，使包装膜成型更加美观，同时通过提高零部件的通用性，实现了其在产品中的重用。经实际使用，该机构能够满足应用需求。

关键词：卷筒纸；折边；创新；重用
中图分类号：TB486^{+}.03 **文献标识码**：A **文章编号**：1001-3563(2011)07-0076-04

Flanging Mechanism Design of Web Packaging Machine Based on TRIZ

SHANG Xin, *LIU Jing*
(Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: The existing problem of web package machine and reusable product modules were analyzed. The flanging mechanism of web package machine was analyzed with technical analysis, motion analysis, and force analysis using problems based innovative approach and ideal solution of TRIZ theory. The flanging mechanism was designed. Web was rotated by differential system; coattail flanging structure was designed to make packaging film shrink naturally to the center of web; commonality of part was increased to reuse these parts in product. The actual use of this mechanism proved that it can meet application requirements.

Key words: web; flanging; innovation; reuse

创新是企业产品开发的基础，为此，李海清在塔式起重机的创新设计中采用了 TRIZ 理论进行设计[1]；王向阳等人在传统剪刀的设计中引入 TRIZ 理论进行了创新性设计[2]；韩立芳等人在立体车库的设计中使用 TRIZ 理论中的技术冲突解决原理，分析，选择，确定了相应的发明原理后进行了创新性设计[3]；张付英等人提出基于不同视角的产品创新设计统一模型，并将 TRIZ 理论的进化理论集成到了产品创新解的产生环节[4]。为了解决设计中的技术冲突问题，Hsiang-tang Chang 等人提出了将 TRIZ 集成到环境设计的 CAD 软件中的方法[5]。而对企业资源的重用方面，张东民等人探讨了产品设计重用策略，研究总结了基于重用的产品设计策略及技术[6]；马军等人[7]讨论了零件库资源在网络的共享和重用的；孙晓等人[8]研发了网络化制造资源共享平台来实现企业集团内部资源的共享；张太华等人[9]研究了制造网格中资源和信息的获取系统结构；姚倡锋等人[10]研究了异地协同时资源的优化配置问题；尹勇等[11]研究了制造网格中制造资源的共享。

卷筒纸包装机是为某企业设计的新产品，为了解决该产品折边机构中存在的问题，由于这是一个面向问题的创新设计，故采取 TRIZ 理论的理想解求解方法，从工艺、机构运动，受力分析等方面入手，对问题的冲突进行分析，获得理想解及实现理想解的相关运动和力需求，最后，根据分析结果，结合理想解求解流程，得到了基于重用的创新设计的机构。

收稿日期：2011-01-23
基金项目：宁夏大学自然科学基金支持(NDZR10-25)
作者简介：尚欣(1971－)，男，陕西人，博士，宁夏大学讲师，主要从事现代设计方法、CIMS 及 CAX 研究。

1　问题的提出和分析

1.1　问题的提出

通过市场调查,发现现有的卷筒纸包装机在包装后,存在包装膜与纸卷之间松弛,折边不流畅,封烫不均匀等问题,针对这些问题,考虑到企业自身发展问题,需要尽量采用企业已有的产品模块及后续重用和共享问题,提出在解决包装中美观问题的同时,应使设计的机构具有重用性。

利用理想解的求解过程对该问题进行分析,则需要解决以下 6 个问题:问题的最终目的是什么;理想状态是什么;达到理想解的障碍是什么;出现这种障碍的条件是什么;不出现这种障碍的条件是什么;穿凿这些条件的可用资源是什么。为了解决作为理想解的机构的这些问题,进行工艺、运动和力分析。

1.2　机构工艺分析

由于该问题中理想解要求使包装美观的同时,使设计的机构具有重用性,因此,分析该机构理想解的包装工艺;要使纸卷与膜包装封合,应分两步进行,首先,在纸卷与包装膜接触后,应将膜绕上纸卷,在拉紧膜的同时,使膜的两端互相均匀压紧,然后采用加压热烫工艺使膜的两端面封合。第 2 步,要使膜在纸卷两端形成的近似圆柱状两端,逐渐在外力作用下均匀收缩向中心,然后热烫后封合,完成一个完整的包装过程,所以折边机构应包括实现 2 次折边和 2 次封烫的机构与部件,完成这些工艺的机构同时应该具有重用性。

1.3　机构运动及力分析

确定了理想解实现的工艺后,需要确定实现这种理想解的运动和力条件,这就是理想解求解过程中的障碍。根据上面的工艺分析,纸卷与膜接触后,施行折边前的示意图见图 1a。第 1 步的折边工艺,应该使

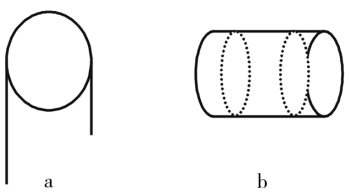

图 1　折边前后膜纸的情况

Fig. 1 Paper film before and after flanging

膜与纸缠紧的同时,使膜的两下垂端互相折叠压紧,因此,在膜纸接触后,应使膜与纸一端压紧,膜的另一端应在摩擦力的作用下,随某构件向右运动,使膜与纸之间拉紧,同时使左端折入右端,形成重叠;然后热封,此时膜与纸之间形成图 1b 的情形。第 2 步折边,就是要使其两端伸出的膜沿纸卷端面均匀收缩,紧贴纸卷两端面,要使膜均匀收缩向纸卷中心,则膜在圆周方向上应该均匀受力,且必须有沿纸卷圆切线方向的外力作用,所以应该使纸卷在运动向下一封烫工艺点的过程中,绕自身轴线转动,同时,机构的折边构件应始终沿着纸卷圆的切线方向。此即为实现理想解时,对机构的运动和力的要求,而对封烫部分,应能对折边后的包装膜加热和产生一定压力以完成封合,同时保持输送状态。

2　问题的解决及机构的设计

通过分析,可知问题的最终目的是要在构件尽可能重用的条件下,实现对包装美观度的改进;理想状态就是在零部件充分重用的前提下机构能够实现上述工艺,且满足工艺对机构提出的运动和力要求。而达到理想解的障碍主要是机构的零部件的重用度、机构如何适应卷筒纸规格的变化及机构如何设计,以满足上述运动及力要求。出现这种障碍的结果是企业资源利用率低和包装效果不好;不出现这种障碍,机构设计就应在满足上述工艺、运动及力分析情况的基础上,实现零部件的最大重用;创造这些条件的可用资源就是设计该机构时的自由度,使机构在满足工艺、运动及力要求的前提下,实现零部件的重用。

2.1　机构设计问题的解决及设计理念的确定

根据上述分析,结合 TRIZ 理论中理想解分析方法,以此为思维线索,对需要解决的问题进行工艺、运动和力分析后确定机构理想解和理想解实现方式。为实现上述分析获得的理想解,采用在提高零部件重用性的理念设计机构。

2.2　基于 TRIZ 理想解的折边机构具体设计

限于篇幅,对第 1 次折边的机构不进行详细分析讨论,仅讨论第 2 次折边热封机构的分析设计。根据理想解需要解决的障碍及技术要点的分析,确定折边部分结构与功能特征。

1) 在卷筒纸经前道工序横封后,包装膜与卷筒纸形成一个包装膜两端自然伸展的圆柱状体,在对包装膜进行两端热封之前,必须将两端自由伸展的包装

膜均匀的收向卷筒纸中心,即进行折边工序,为了使折边时,包装膜均匀自然的收向中心,需要设计一个始终沿包装膜收缩形成圆柱体的切线方向的折边机构,此即为实现第 2 步工艺的机构理想解的结构需求。为此,将折边机构设计为 2 个燕尾形的结构,使 2 个燕尾形折边臂能够始终保持在卷筒纸同心圆周的切线方向上。

2) 为了使包装膜在收缩向卷筒纸中心时,沿圆周方向均匀收缩从而使成型美观,需要使卷筒纸与包装膜形成的圆柱体周边上各点与折边臂沿切线方向接触,使膜收缩方向朝向卷筒纸中心,即如何使卷筒纸在向热封部位输送的同时,能够具有绕自身中心的自转,并使卷筒纸的自转速度与输送速度配合起来,不会出现卷筒纸自转没有一转,而其已经输送到端烫部位的情况,或者卷筒纸已经自转一转,而输送的距离不等于卷筒纸端面上与折边臂相切圆的圆周长,使折边不能连续,造成折边不均匀,为此需要解决输送及实现自传、输送速度与自转速度的匹配问题。针对这些障碍,在收边过程中采用了差速系统来实现纸卷自转的功能,通过使该差速系统具有合适的速度,使自转速度与输送速度相配合。所以设计了上下 2 个带式输送系统,上、下输送系统之间为同向或反向的差速传动,实现被包装物在水平输送进入折边装置过程且向热封部位运动的同时形成自旋转运动。该差速系统的结构组成为上输送系统和下输送系统:上输送系统包括前、后升降组合以及安装在升降组合上的由滚筒带动的上输送带;下输送组合包括折边主、从动滚筒组合和下输送带。上输送子模块见图 2。从

图 2 上输送子模块

Fig. 2 On transport sub-module

而使包装膜在收缩中始终保持其沿圆周方向与上述剪刀形折边臂均匀接触,这样可以使折边过程中包装膜始终均匀收缩向卷筒纸中心,使成型美观。

3) 对于如何使机构适应产品变换,实现重用这一结构设计障碍问题,对于差速系统,采用调节前后升降组合来调节上输送系统与下输送系统之间的距离,满足卷筒纸直径规格的变化,同时使输送系统具有合适的压力。而对机构中其他零部件,通过提高零部件的通用性来实现,为此将折边装置设计成包括 2 对左右对称、每对形成一个燕尾形路径的折边臂。为便于制造和售后服务,采用相同的折边臂结构,折边臂为每对 2 个,为形成燕尾形路径,折边臂的前端宽度小于后端宽度;2 对折边臂之间距离可以根据卷筒纸直径沿折边调节座处的间隙微调节,使燕尾形开口满足卷筒纸直径的变化;为了满足不同规格卷筒纸直径的变化,折边臂安装在一个有调节槽的折边调节座上;为了满足卷筒纸长度方向尺寸的变化,折边调节座、调节手轮、锁紧手轮安装在有左右螺旋的调节螺杆上,通过转动调节手轮,调节 2 对折边臂之间的距离以适应长度方向的变化。折边模块见图 3。

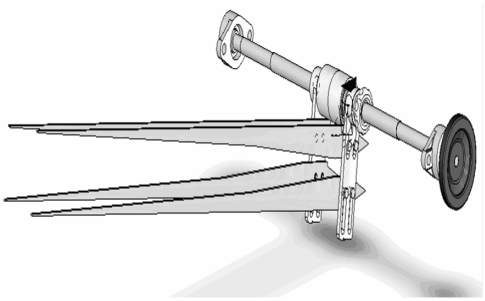

图 3 折边模块

Fig. 3 Flanging module

在具体零件设计时,根据理想解的要求,注重企业已有知识资源的重用和共享,对零件的设计采用创造性设计方法,通过分析,归并,重用等方式,减少卷筒纸包装机中所形成的新的零部件和标准件的数量和种类,达到节约资源和加快设计制造速度的目的。例如对折边端烫部分中,主传送模块设计时,主从动模块中 95%的零部件和标准件设计为通用,见图 4 和 5。两者仅仅相差了一个同步带轮,其余零部件完全相同。

4) 端烫热封部分结构与功能特征设计,根据理想解要求,端烫装置由安装在传送带两侧的 2 个封烫组合构成,可以通过调节螺杆调节 2 个封烫组合之间的距离以满足卷筒纸规格的变化;每组热封组合包括多个热封单元、直接与卷筒纸接触的热封带、张紧热

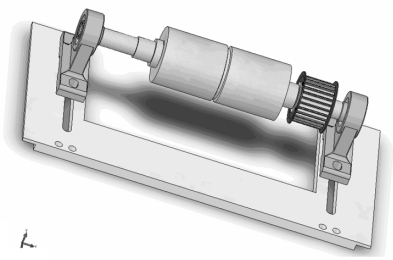

图 4　主动滚筒子模块

Fig. 4 Driving roller sub-module

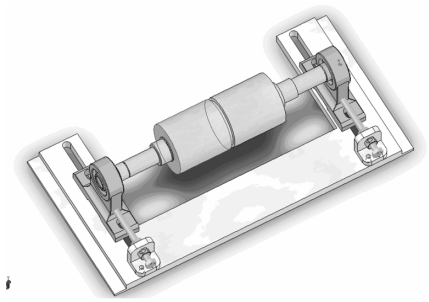

图 5　从动滚筒子模块

Fig. 5 Driven roller sub-module

封带的热封张紧轮系统、提供动力的热封主动滚筒和从动滚筒组成。热封单元包括通过烫板销悬浮安装的烫板，烫板可绕烫板销旋转，以适应卷筒纸尺寸的微观变化。烫板上装有发热体。每个封烫组合中的封烫单元与对应的另一组封烫组合中的封烫单元错位排列。热封带与传送带的输送速度及方向一致，使包装物在端烫区始终处于压紧热封状态，实现包装物端面热封，且封口平整、美观、可靠，烫板模块见图 6。

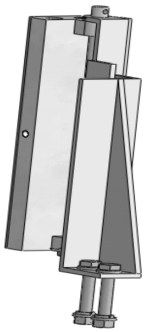

图 6　烫板模块

Fig. 6 Hot seal module

在机构的时序控制方面，采用电机单独驱动，PLC 程序控制的软控制方式，将整个产品的时序控制常用的凸轮杆系等复杂结构简化，便于产品的服务和维修。同时可以通过程序控制产品的生产方式和生产率，从而简化了产品的传动系统。

3　结语

根据 TRIZ 理论中理想解的求解过程作为思路，通过分析完成包装任务时机构的工艺、运动和力的情况，求解待设计机构的理想解和实现理想解需要解决的各种问题进行分析确定，然后将理想解与实际情况进行折中，最后得到了待设计机构设计理念及具体设计问题。根据这些具体问题求解，然后进行机构的设计，而设计结果的实际应用表明，用 TRIZ 理论理想解可以对包装机械的机构创新设计提供一个思路和手段，使产品设计符合实际需求，能够实现基于重用的机构创新性设计。

参考文献：

[1] 李海青，张明勤，韩立芳，等. TRIZ 理论在塔式起重机创新设计中的应用[J]. 起重运输机械，2007(10)：10－12.

[2] 王向阳，曹学舰，李燕. 基于 TRIZ 理论的传统剪刀创新设计[J]. 包装工程，2007，28(11)：14－15.

[3] 韩立芳，张明勤，李海青. 基于 TRIZ 的新型立体车库创新设计[J]. 工程设计学报，2008，15(2)：86－89.

[4] 张付英，张林静，王平. 基于 TRIZ 进化理论的产品创新设计[J]. 农业机械学报，2008，39(2)：116－119.

[5] CHANG Hsiang-tang，CHEN Jahua Lewis. The Conflict-problem-solving CAD Software Integrating TRIZ into Eco-innovation[J]. Advances in Engineering Software，2004，35：553－566.

[6] 张东民，程筱胜，黄晔. 产品设计重用策略[J]. 机械设计与研究，2007，23(1)：9－13.

[7] 马军，祁国宁，顾新建，等. 网络化零件库资源集成框架及其关键技术[J]. 机械工程学报，2007，43(8)：91－96.

[8] 孙晓，张秀芝，王秀英. 面向企业集团的制造资源网络化共享平台[J]. 吉林大学学报(工学版)，2009，39(1)增刊：222－226.

[9] 张太华，顾新建，叶作亮，等. 制造网格资源知识和信息获取的系统框架[J]. 浙江大学学报(工学版)，2009，43(1)：77－82.

[10] 姚倡锋，张定华，卜昆，等. 异地协同制造资源优化配置过程模型及其实现[J]. 计算机集成制造系统，2008，14(3)：455－461.

[11] 尹勇，周祖德，龙毅宏. 制造网格中的资源信息服务[J]. 哈尔滨工业大学学报，2009，41(5)：185－187.