

面向现代物流的饮品包装数字化设计及优化研究

李国志, 李文凤, 丁毅

(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: **目的** 传统包装设计流程对于产品包装与物流环节的匹配性关注较少,造成物流浪费。为了解决这一问题,需要对传统包装设计流程进行改进。**方法** 在分析产品包装生命周期内周转环节的基础上,采用逆向分析物流环节的方法,利用TOPS Pro软件进行模数分割以确定产品包装最大外尺寸系列;利用Pro/E绘图功能进行局部造型设计和结构设计,并利用行为建模方法进行容积敏感度分析;对造型进行优化,并确定容积及灌装高度。**结果** 优化后的包装设计流程,采用模数分割、行为建模、敏感度分析等数字化设计手段,可以大大简化设计流程,同时设计结果对降低物流成本有较大帮助。**结论** 优化后的设计流程在物流环节与产品包装的参数之间建立了合理联系,使设计结果更为可信。同时,减少了传统设计流程中设计的盲目性,提高了设计效率。

关键词: TOPS Pro; Pro/E; 行为建模; 包装; 物流

中图分类号: TB485.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)17-0072-04

Digital Designing and Optimization of Beverage Packaging for the Modern Logistics

LI Guo-zhi, LI Wen-feng, DING Yi

(Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

ABSTRACT: Objective In the process of traditional packaging design, less matching is considered between the product and logistics. This causes the waste of logistics cost. In order to solve this problem, the existing packaging design process needs to be improved. **Methods** First of all, based on the analysis of the turnover links in the lifecycle of the products, using the reverse analysis of logistics links, the maximal external dimension series of the products were determined by module division. Then, local shape and structural design was conducted using the mapping function of Pro/E; Sensitivity analysis of volume was performed using behavioral modeling method. Finally, the shape was optimized, and the volume and filling height were determined. **Results** The packaging design process after optimization utilized digital design methods such as modulus segmentation, behavior modeling and sensitivity analysis. The design process was greatly simplified, and the design results were helpful for reducing the cost of logistics. **Conclusion** The new design process established a reasonable connection between product parameters and logistics. Thus the results were more reliable and the blindness of traditional design process was reduced. At the end, the design efficiency was improved.

KEY WORDS: TOPS Pro; Pro/E; behavior modeling; packaging; logistics

随着现代物流逐渐成为我国经济在新世纪发展的重要产业,传统包装设计方法已经很难满足企业当前生存和发展的需要。包装作为物流的起点,选

择合适的包装材料、设计合理的包装结构和采用正确的包装技术与方法是实现物流优化的重要前提。数字化包装设计是利用先进的计算机技术对产品包

收稿日期: 2014-05-12

作者简介: 李国志(1979—),男,河北唐山人,陕西科技大学讲师,主要研究方向为包装造型与结构设计及优化。

装进行合理、有效、快捷设计的过程。目前,数字化技术在包装制品成型的虚拟设计、制造领域应用尚处于探索阶段^[1-2]。笔者以某种碳酸饮品为例,针对其物流环节设计出较为合理的包装方案,以优化饮品包装数字化设计流程。

1 物流包装方案设计

物流包装方案设计是在分析流通环节的基础上,确定物流包装方案,逆推出包装容器参数。目前,某碳酸饮料的瓶体结构见图1,其容量为1750 mL,运输方案由于目的地不同,分为收缩膜包装(卡车)、收缩膜包装(托盘-集装箱)2种方案^[3],这里选取后者进行设计(见图2)。



图1 某碳酸饮料瓶体结构
Fig. 1 The structure of the bottle

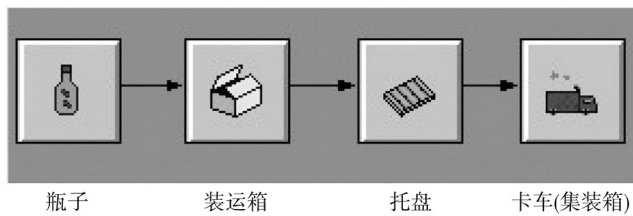


图2 流通环节分析
Fig.2 The analysis of the circulation

通常的包装方案按照单体、集装单元(托盘)、运

输工具(集装箱)的顺序进行由“小”到“大”的设计,从而对于实际运输环节中尺寸模数的匹配考虑较少,往往造成装载空间的浪费。逆向分析是从流通环节入手,通过对各环节中容器尺寸的选用和计算而推出单体所占的空间,然后根据容积、质量等要求进行单体结构设计。这种方法的优势在于注重产品外形尺寸与各种运输工具的匹配效果,容易实现提高装载率、降低物流成本的目的^[3]。

使用TOPS Pro软件对各流通环节进行设定^[4-6],通过尺寸系列的选用和计算,得出相关容器尺寸(见表1)及物流包装方案(见图3)。需说明的是,表1中托盘可用空间是指单个托盘长、宽方向的可用空间,即卡车可用空间的长、宽尺寸为均分到每个托盘上的数值,这个数值一般比托盘的尺寸略大。在该方案中,高度方向上托盘之间需要用垫板作为隔衬,厚度取20 mm,则可用高度为1827 mm。

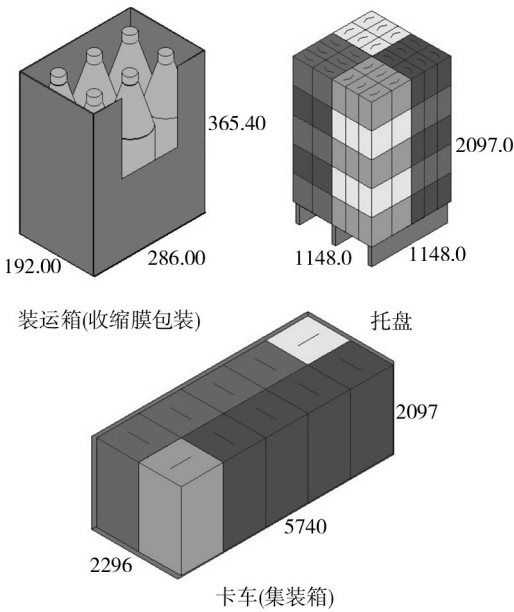


图3 物流包装方案示意
Fig.3 Schematic of logistics packaging solutions

表1 流通环节尺寸选用及装载方案计算结果

Tab.1 The size selected and the loading program calculated for the circulation

	总尺寸/mm	总作业间 隙尺寸/mm	卡车内部空间			托盘内部空间				单体 尺寸/mm
			可用空间 尺寸/mm	托盘		可用空间 尺寸/mm	单体排列 数量/个	装运箱		
				尺寸/mm	排列数量/个			数量/个	壁厚尺寸/mm	
长	5867	50	5817	1100	5	1163.4	12	6	3	93.95
宽	2330	50	2280	1100	2	1140	12	4	3	93
高	2197	100	2097	125	2	1827	5	5	3	359.4

2 饮料瓶单体设计

在确定了饮料瓶单体的外尺寸后,再确定合理的容器结构。可以利用Pro/E等三维软件进行设计,并确定合理的容积及灌装高度。

行为建模(Behavioral Modeling)是Pro/E中参数化设计的分析工具,其主要原理是,首先将存在约束关系的尺寸用参数代替,并设定这些参数的变化关系,然后通过改变参数来改变模型的结构外形,从而使设计过程更加智能和高效^[7]。在瓶体所占空间即外尺寸确定后,瓶体造型或结构的变化可以带来容积的变化,这也往往是商家最为关注的问题。碳酸饮料瓶以溜肩形瓶肩、圆柱形瓶身为主,其造型可以从瓶肩弧度、瓶身等方面进行设计。造型优化可以达到容积的变化,容积即为行为建模的约束参数。在Pro/E软件中,由于容积是随着灌装高度变化而变化,因而选取灌装高度为约束参数^[8]。设计流程如下所述。

1) 创建瓶体模型。结合瓶体结构对表1中求得的瓶体尺寸进行选取,利用Pro/E进行瓶体设计^[9]。

2) 创建分析特征。以瓶体的容积 V 作为分析特征,可建立分析关系特征ANALYSIS1,则容积可表达为: $V=ONE_SIDE_VOL:FID_VOLUME_1-ONE_SIDE_VOL:FID_VOLUME_2$ ^[10],即瓶体容积为实心瓶体体积 V_1 与抽壳后的体积 V_2 之差。

3) 建立敏感度曲线。敏感度曲线反映了容器某一尺寸和容积的关联性。这里分2次选择设计变量。

在饮料瓶外尺寸确定的前提下,容器的局部形状会对容积产生影响,如瓶肩(其他部位与此类似)曲线的弧度变化。将该尺进行参数化设置,赋值并优化后可得到适合的弧度尺寸。选择该弧度尺寸为设计变量1,容器容积为出图参数,在敏感度曲线中可得到此时容器的极限容积。最终优化设计结果显示极限容积值为2079 mL,此时容器的形状已完全确定。

在容器形状及对应的极限容积确定后,可确定容器的灌装高度。选择瓶口与灌装液面(DTM1)的距离为设计变量2^[11],变量范围为35~42 mm,以容积为出图参数,得到敏感度曲线见图4。

如果需要对容器的其他局部进行更改,可重复上述步骤进行敏感度分析,最终确定合理的容器形状和灌装高度。

4) 确定灌装高度。利用Pro/E自带的可行性/优化功能,进行最优化分析^[12]。选择优化目标为单侧体积特征最小值,添加设计约束参数ANALYSIS1,值为2000 mL,设计变量为容器的瓶身高度和底面半径,通过系统程序计算出最优方案:灌装液面距离瓶口距离为39 mm,则灌装高度为359.4-39=320.4 mm,这里取320 mm。至此,得到最终设计结果:修改见图1的容器造型见图5,其容积2000 mL,灌装高度为320 mm。

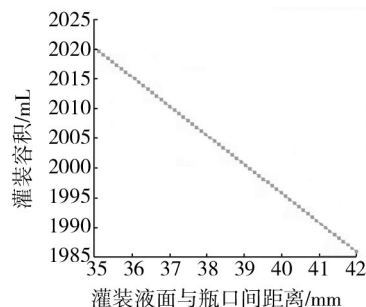


图4 敏感度曲线

Fig.4 Sensitivity curve



图5 修改后瓶体结构

Fig.5 Modified structure of the bottle

3 设计方案校核和转载率计算

根据以上设计方案,利用TOPS Pro软件进行尺寸和质量校核^[13-15]。结果表明:实际装箱方案中,收缩膜单元和托盘都未超出托盘和集装箱的最大容许尺寸,托盘和集装箱载重在承重范围之内,故该方案是可行的。

软件生成的装载方案报表显示:该方案的托盘面积使用率为108.9%,立方使用率为108.9%;集装箱面积使用率为96.4%,立方使用率为92.0%。装载方案报表见图6。

卡车 5867x2330x2197							
	瓶子 (外尺寸)	装箱箱 (内尺寸)	装箱箱 (外尺寸)	装箱箱 (间距1)	装箱箱 (间距2)	托盘	卡车
长度	93.00 mm	284.40 mm	286.00 mm	5.40 mm	0.00 mm	1148.0 mm	5740 mm
宽度	93.00 mm	190.40 mm	192.00 mm	4.40 mm	0.00 mm	1148.0 mm	2296 mm
高度	360.40 mm	363.80 mm	365.40 mm	3.40 mm	0.00 mm	2097.0 mm	2097 mm
净值	0.00 g		0.00 kg			0.0 kg	0 kg
总重	0.00 g		0.21 kg			5025.0 kg	50250 kg
立方	1.97 l	0.02 m3	0.02 m3			2.8 m3	28 m3
		高度垂直			高度垂直		
瓶子			6			720	7200
装箱箱						120	1200
单装板							10
面积使用率			95.8 %			108.9 %	96.4 %
立方使用率			60.0 %			108.9 %	92.0 %
产品效率	0.0 %	0.0 %	0.0 %			0.0 %	0.0 %
木箱/层						24	1200
单装板/层							10
层/装载							1
夹钳方向						B 4015 120 WP-115 WB-120 WP-B	

图6 装载方案报表

Fig.6 The report of loading program

4 结语

分析以上案例的设计过程,饮品包装的数字化设计流程大致为:确定实际物流环节中周转设备的空间后再确定容器最大外尺寸;进行容器的造型和结构设计;利用行为建模进行敏感度分析,得出容器所需的容积及对应的灌装高度。其优越性有2点:一是通过Tops Pro软件的分析,可以避免在容器设计时确定尺寸的盲目性,提高装载空间的利用率;二是在瓶体结构设计时利用Pro/E进行行为建模,得到所需容量时的罐装高度,可以为后期生产提供便利。

参考文献:

- [1] 邓巧云,李大纲.论现代物流发展对包装的要求[J].包装工程,2007,28(9):77—78.
DENG Qiao-yun, LI Da-gang. Discussion on Requirements of Modern Logistics for Packaging Development[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(9): 77—78.
- [2] XIE Xiao-hu, LI Li-jun, FANG Shi-yin, et al. Cutting of Nonmetallic Plates by Medium and Low Power Level CO₂ Lasers[J]. J of Optoelectronics Laser, 2005, 16(2): 236—239.
- [3] 许秦蓉,吕剑.基于通用设计原则的包装与容器设计[J].包装工程,2011,32(24):61—64.
XU Qin-rong, LYU Jian. Packaging and Containers Design Based on Universal Design Principles. Packaging Engineering, 2011, 32(24): 61—64.
- [4] つめかえやすいユニバーサルデザインの新しいつめかえ用容器を開発[EB/OL]. http://www.kao.com/jp/corp_news/2008/3/n20080704-01rd.html.
- [5] 李国志,陈满儒,李文凤.基于TOPS Pro的军品包装优化设计及研究[J].包装工程,2011,32(24):40—42.
LI Guo-zhi, CHEN Man-ru, LI Wen-feng. Optimization Design and Study on Munitions Packaging Based on TOPS Pro [J]. Packaging Engineering, 2011, 32(24): 40—42.
- [6] LI Guo-zhi, DING -Yi. User-oriented Parametric Product Design and Study on Paper Props[J]. Advanced Materials Research, 2011, 338(2): 75—78.
- [7] 詹友刚. Pro/ENGINEER Wildfire 高级应用教程[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
ZHAN You-gang. Pro/ENGINEER Wildfire Advanced Application[M]. Beijing: Tutorial Machine Press, 2010.
- [8] 刘斌,白晶,吴雪. Pro/E 行为建模技术在包装容器设计中的应用[J]. 包装工程,2009,30(4):71—72.
LIU Bin, BAI Qiao, WU Xue. Application of Pro/E Behavioral in Packaging Containers Design[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(4): 71—72.
- [9] 田美霞. 行为建模技术在定容量包装容器优化设计中的应用[J]. CAD/CAM与制造业信息化,2011,(15):49—51.
TIAN Mei-xia. The Application of Behavior Modeling in the Optimization Design of Packaging Container Capacity[J]. CAD/CAM and Manufacturing Information, 2011, (15): 49—51.
- [10] 周建华. 三维参数化行为建模技术在包装容器优化设计中的应用研究[J]. 包装工程,2005,26(4):76—78.
ZHOU Jian-hua. The Application of 3D Parametric Behavioral Modeling Technology in Optimum Design of Packaging Container[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(4): 76—78.
- [11] 霍银磊. 基于SolidWorks的包装容器结构参数化设计实现[J]. 包装工程,2010,31(15):33—35.
HUO Yin-lei. Realizing Parameterized Design of Packaging Container Structure Based on Solid-Works[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(15): 33—35.
- [12] 朱佳金,周一届,沈培玉. 复杂形状液体包装容器3D容积刻度线的设计与研究[J]. 包装工程,2004,33(7):73—80.
ZHU Jia-jin, ZHOU Yi-jie, SHEN Pei-yu. Research and Design on 3D Volume Scale Division Line for Complex Shape Packing Container[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(5): 73—80.
- [13] 唐静静,董海洋. Pro/ENGINEER在包装容器结构设计中的应用[J]. 包装工程,2005,26(6):92—93.
TANG Jing-jing, DONG Hai-yang. Application of Pro/ENGINEER in Structural Design of Packaging Container[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(6): 92—93.
- [14] 陈满儒. 包装结构设计软件TOPS Pro中的堆码强度分析[J]. 包装工程,2004,25(5):30—32.
CHEN Man-ru. Stacking Strength Analysis in TOPS Pro Packaging Software[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(5): 30—32.
- [15] YOKO S. Awareness of Universal Design Among Facility Managers in Japan and the United States[J]. Automation in Construction, 2006, 15(4): 462—478.