

# 基于 Creo Parametric 的易拉罐外形尺寸的优化设计

韩炬, 曹利杰, 郭亚楠

(河北联合大学, 唐山 063009)

**摘要:** 结合实例应用 Creo Parametric 的行为建模功能, 对易拉罐的外形尺寸进行了优化设计。在 Creo Parametric 中以易拉罐外形尺寸为设计变量, 以易拉罐容积为约束条件, 以易拉罐金属用量最小为设计目标, 进行了优化设计。该方法操作简便、优化结果可靠、推广性强。为易拉罐及其他包装容器的优化设计提供了新的思路。

**关键词:** 易拉罐; Creo Parametric; 行为建模; 优化设计

中图分类号: TB482.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2012)23-0061-03

## Shape and Size Optimal Design of Tear-off Tin Based on Creo Parametric Model

HAN Ju, CAO Li-jie, GUO Ya-nan

(Hebei Union University, Tangshan 063009, China)

**Abstract:** Shape and size optimal design of tear-off tin was carried out based on Creo Parametric behavior modeling with example. The optimal design of tear-off tin was performed with shape and size as variables, volume as constraint condition, minimal mass of metal as design goal. The method has the advantages of easy operation and reliable results. The purpose was to provide reference for optimal design of tear-off tin and other metal packaging containers.

**Key words:** tear-off tin; Creo Parametric; behavior modeling; optimal design

在进行金属易拉罐设计时, 如何减少金属材料的用量是其设计的关键问题之一。当材料厚度不变, 易拉罐的容量确定后, 罐身的直径、高度等尺寸决定易拉罐金属材料的用量, 因此需要对易拉罐的罐身直径、高度等外形尺寸进行优化求解, 以达到金属材料用量最小。

### 1 金属易拉罐外形优化设计现状

目前金属易拉罐作为饮料、食品等的包装已经非常普遍, 具备新功能的易拉罐设计创意也不断涌现。图 1a 是可口可乐公司推出的一款概念易拉罐, 罐身带有棱角, 可以防止滚动<sup>[1]</sup>。图 1b 为 Jiwoon Park 和 Kwenyoung Choi 设计的带有螺旋纹的易拉罐, 这种易拉罐可以很容易被消费者拧平, 节省空间, 有利于回收<sup>[3]</sup>。图 1c 是可口可乐公司的纪念罐, 罐身上带有与可口可乐玻璃瓶相似的凹凸线条, 该易拉罐的造型

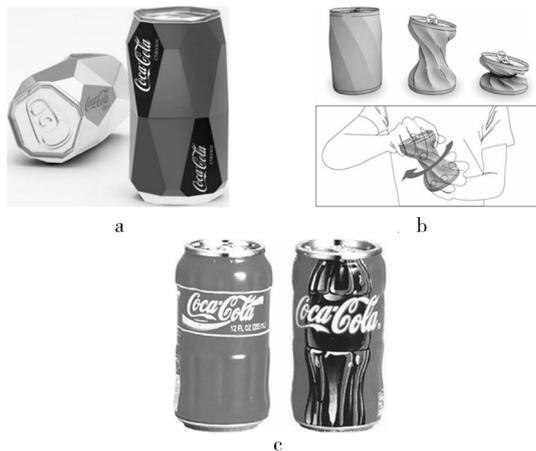


图 1 异型易拉罐

Fig. 1 Irregular tear-off tin

比普通易拉罐更加美观<sup>[3]</sup>。这些易拉罐由于制罐工艺的限制, 目前还不能进行大批量的生产。可以看出, 随着制罐工艺的发展, 具备更多功能、造型更加多

收稿日期: 2012-10-03

基金项目: 河北联合大学青年科学基金项目 (Z0822)

作者简介: 韩炬(1982-), 男, 山东淄博人, 硕士, 河北联合大学讲师, 主要研究方向为包装结构及包装机械设计。

样的金属易拉罐会成为大众消费品。

近年来国内进行了大量有关易拉罐的形状及尺寸优化设计的研究<sup>[4-6]</sup>,这些研究一般采用解析法。解析法是首先建立易拉罐用料体积及容量的数学模型,然后以易拉罐的容量为约束条件,以金属材料用量最少为设计目标,通过编程,借助 Matlab, Lingo 等求解软件进行易拉罐主要尺寸(如罐身直径、罐体高度等)的优化求解。该方法对产品设计师的数学建模知识、编程能力要求较高,应用推广难度较大。此外,为了减小计算量,在建立数学模型时需要对模型进行必要的简化(尤其在异型易拉罐的尺寸优化设计时,用解析法建立数学模型的难度更大,需要进行简化的部分也更多),因此结果误差大。如在文献[4-6]中没有涉及到易拉罐的卷边,当罐身的直径发生改变时会影响卷边部分材料的用量,虽然每只易拉罐的材料用量改变不大,但是针对每年几十亿只罐的金属用量就不容忽视了。

针对目前应用解析法进行易拉罐形状和尺寸优化的缺陷,提出了应用 Creo Parametric 中的行为建模功能进行易拉罐尺寸优化设计。该方法的设计流程见图 2。下面结合 355 mL 普通铝制二片易拉罐设计,

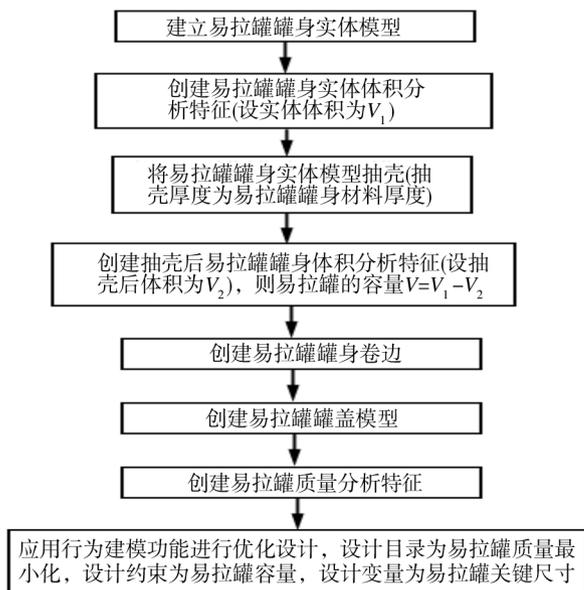


图 2 易拉罐尺寸优化设计流程

Fig. 2 Flowchart of size optimal design of tear-off tin

对 Creo Parametric 中的行为建模功能进行介绍。取易拉罐的罐盖材料厚度为 0.3 mm,罐身材料厚度为 0.1 mm。

## 2 模型的建立与分析特征的创建

Creo Parametric 除了拥有强大的建模功能以外<sup>[7]</sup>,还具备强大的测量和分析功能。在应用 Creo Parametric 中的行为建模功能<sup>[8-11]</sup>进行产品优化设计时,需要用到的易拉罐的质量和易拉罐的容量等参数,可以创建为 Creo Parametric 的分析特征。

### 2.1 罐身模型及容量分析特征的创建

首先创建符合易拉罐造型的实体,应用旋转特征创建易拉罐罐身模型截面见图 3,图 3 中标注的尺寸

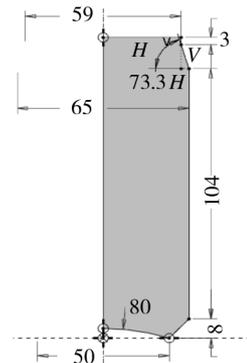
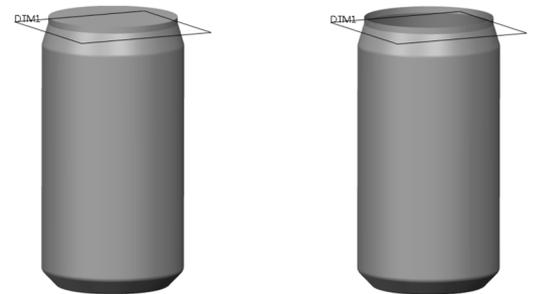


图 3 易拉罐罐身截面

Fig. 3 Cross section of tear-off tin body

如罐身的高度、直径等,将作为后续易拉罐尺寸优化设计的设计变量。按照图 3 参数,采用 Creo Parametric 构建的易拉罐的罐身实体模型见图 4a。其中



a 易拉罐罐身实体模型 b 抽壳后易拉罐罐身模型

图 4 易拉罐罐身模型

Fig. 4 Model of tear-off tin body

DTM1 基准平面代表灌装后的液面位置。罐身实体模型建立后,添加一个体积测量分析特征“V1”,V1 指 DTM1 基准平面以下的实体体积。

对易拉罐实体模型进行抽壳,壳层厚度为 0.1 mm(即罐身材料的厚度)。抽壳后的易拉罐罐身模型

见图 4b。此时模型内部被挖空,只剩下一个 0.1 mm 厚的薄壳。添加一个体积测量分析特征“V2”,V2 指图 4b 所示 DTM1 基准平面以下的实体体积。

这样可以得到灌装后的液体体积为 2 个体积测量分析特征之差“ $V = V1 - V2$ ”,在 Creo Parametric 中创建一个关系分析特征“ANALYSIS1”,关系式为“ $V = ONE\_SIDED\_VOLUME:FID\_V1 - ONE\_SIDED\_VOLUME:FID\_V2$ ”,其中 V 为易拉罐灌装后的液体体积。该关系式中的“ONE\_SIDED\_VOLUME:FID\_”为单侧体积测量特征参与计算的特定格式。

### 2.2 创建罐身卷边及罐盖

为使优化结果更加精确,罐身模型添加卷边特征量。添加卷边特征后罐身的横截面见图 5,图中可看到罐身顶部的卷边特征。

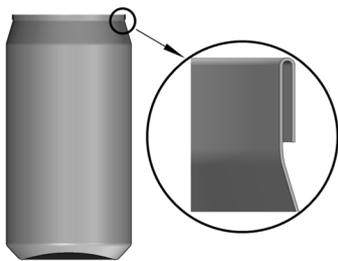


图 5 罐身剖视图

Fig. 5 Cross-section view of tear-off tin body

创建的带有卷边特征的罐盖模型(在此不考虑拉环,罐身厚度为 0.3 mm)见图 6,添加罐盖后易拉罐的



图 6 罐盖模型

Fig. 6 Cover model

剖视图见图 7,图 7 中可看出罐盖与罐身的卷边状态。

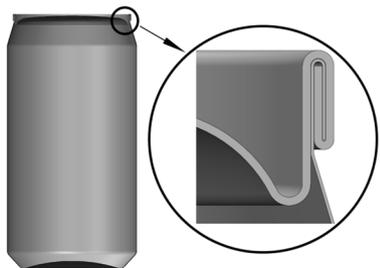


图 7 易拉罐剖视图

Fig. 7 Cross-section view of tear-off tin

### 2.3 创建质量属性分析特征

在优化设计时,设计目标是易拉罐的铝材用量最小,因此需要创建易拉罐的用量属性分析特征。目前模型的用量属性见图 8,易拉罐的用量属性分析特征名称为“MASS\_PROP\_1”。



图 8 创建质量属性分析特征

Fig. 8 Quality profile of analysis feature

## 3 易拉罐尺寸的优化设计

Creo Parametric 中的优化设计功能可以指定目标函数与可行性研究参数,通过在可行范围内的迭代计算寻找满足目标函数的最优方案。参数条件设置见图 9:目标函数为易拉罐的最小质量、设计约束为易

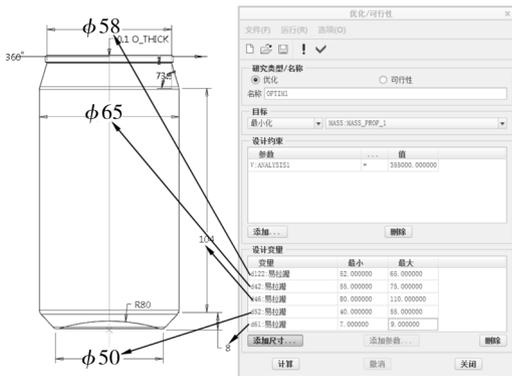


图 9 优化设计的参数设置

Fig. 9 Optimal design parameters

拉罐的容量,选择的设计变量是易拉罐关键尺寸,包括易拉罐的罐身高度、罐底直径、罐身直径、罐顶直径等。系统优化过程的目标收敛见图 10。优化后的模型尺寸见图 11,在该尺寸下易拉罐的容积为 335 mL,但金属用量最少。Creo Parametric 系统提供的易拉罐模型的质量属性报告见图 12,从图 12 可以直观地看

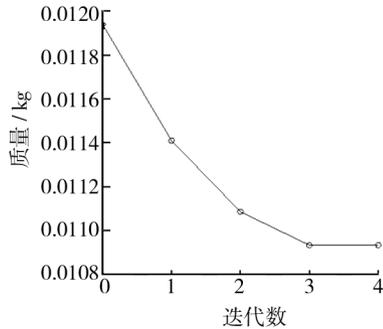


图 10 优化目标收敛结果

Fig. 10 Optimal goal convergence result

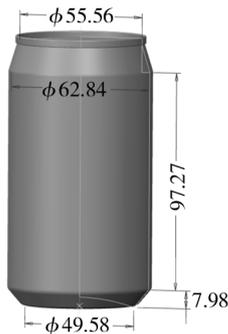


图 11 易拉罐尺寸优化设计结果(mm)

Fig. 11 Result of optimal design of tear-off tin



图 12 易拉罐质量属性报告

Fig. 12 Mass attribute report of tear-off tin

到优化后金属材料的体积、表面积以及质量等具体参数。

与文献[1-3]中提到的解析法相比,提出的优化设计方法操作简单。此外,应用的模型为物理模型,在应用 Creo Parametric 创建物理模型时,模型的细节与实际的产品是基本一致的,不会对模型进行简化,因此与构建数学模型相比模型误差小,对于造型复杂的易拉罐的外形尺寸的优化设计更有优势。Creo Parametric 中建立的异型易拉罐的模型见图 13,其外形尺寸的优化设计与上述实例相同。



图 13 异型易拉罐模型

Fig. 13 Model of irregular tear-off tin

## 4 结论

Creo Parametric 提供的行为建模功能对易拉罐模型进行外形尺寸的优化设计,操作简单易行,针对复杂的模型不需要建立繁琐的数学模型,只要将模型创建准确就可以很方便地得到优化设计方案,该方法在包装容器的设计中具有很高的推广价值。

## 参考文献:

- [1] SAMAL D. Product Design [EB/OL]. (2009-09-23). [http://www.samaldesign.com/pages/dzmitry\\_samal9.html](http://www.samaldesign.com/pages/dzmitry_samal9.html).
- [2] Yanko Design. Twist and Trash the Can [EB/OL]. (2009-10-28). <http://www.yankodesign.com/2009/10/28/twist-and-trash-the-can>.
- [3] 中国包装网. 世界经典可口可乐包装设计欣赏 [EB/OL]. (2004-11-19). <http://news.pack.cn/packtechnology/jgsj/2004-11/2004111910200089.shtml>. <http://www.pack.com.cn>. Appreciation of Classic Coca Cola Packaging Design in the World [EB/OL]. (2004-11-19). <http://news.pack.cn/packtechnology/jgsj/2004-11/2004111910200089.shtml>.
- [4] 郝玉徽,杨攀,王振华,等. 易拉罐形状和尺寸的最优设计模型 [J]. 大学数学, 2009, 25(2): 148-153. HAO Yu-hui, YANG Pan, WANG Zhen-hua, et al. The Mathematic Model of the Best Design of Beverage Can [J]. College Mathematics, 2009, 25(2): 148-153.
- [5] 相秀芬,唐世星. 易拉罐的最优设计方案 [J]. 包装工程, 2008, 29(1): 94-96. XIANG Xiu-fen, TANG Shi-xing. Optimal Design of Tear-off Tin [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(1): 94-96.
- [6] 齐新社,肖胜利,陈诚,等. 易拉罐形状和尺寸的最优设计 [J]. 纯粹数学与应用数学, 2011, 27(4): 113-116.

(下转第 92 页)

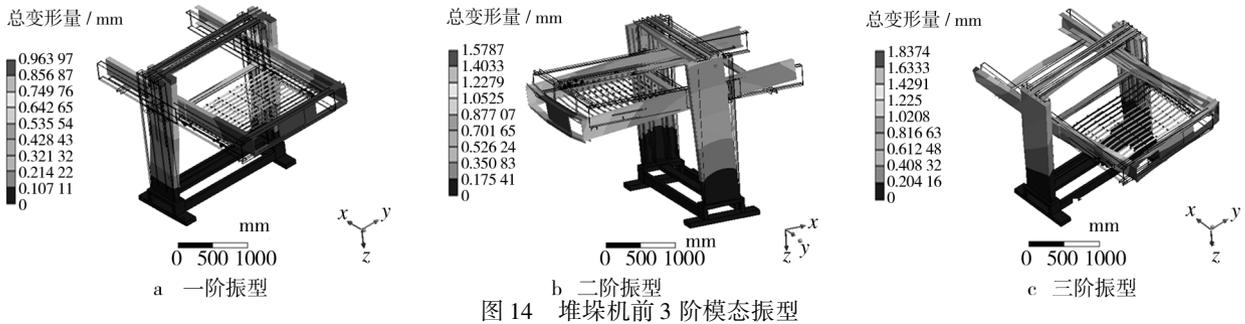


图 14 堆垛机前 3 阶模态振型

Fig. 14 The preceding three order vibration models

## 5 结语

设计了一种自动码垛机。首先建立三维模型;然后进行运动仿真和受力分析,为码垛机选择最优运动方案,并确定出各部分构件的受力情况;最后进行静态特性分析,评价各部分性能,为码垛机的设计提供依据。研究表明文中设计的码垛机具有较好的静态特性和动态特性。

### 参考文献:

- [1] FU W P, HUANG Y M, ZHANG G P. Experimental Investigation on Damping Behavior of Normal Joint Surfaces at Unit Area Modeling[J]. Measurement & Control, 1993(1):3-5.
- [2] MILLS J K. Dynamic Modeling of a Flexible-link Planar Parallel Platform Using a Sub-structuring Approach[J]. Mechanism and Machine Theory, 2006, 41(6):671-687.
- [3] 濮良贵, 纪名刚. 机械设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.  
PU Liang-gui, JI Ming-gang. Design of Machinery[M]. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [4] 孙桓. 机械原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.  
SUN Huan. Theory of Machines and Mechanisms [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [5] 邱显焱, 孙晓. ADAMS 及其在包装机械设计中的应用[J]. 包装工程, 2004, 25(2):1-3.  
QIU Xian-yan, SUN Xiao. ADAMS and Its Application in Packaging Machinery Design [J]. Packaging Engineering, 2004, 25(2):1-3.
- [6] DEYTSHEL B W, KANMIVK R B. Improving Vehicle Response to Engineer and Road Excitation Using Interactive Graphics and Modal Reanalysis Methods[J]. SAE900817, 1990:1126-1132.
- [7] 倪正顺. ANSYS 及其在包装机械设计中的应用[J]. 包装工程, 2002, 23(4):1-2.  
NI Zheng-shun. ANSYS Application in the Design of Packing Machinery[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(4):1-2.
- [8] SUN Yong-qing. Analysis and Improvement of Machine Tool Dynamic Performance Based on ANSYS/WORKBENCH [J]. Machine Tool & Hydraulics, 2012(1):1-4.
- [9] 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 Xiao, WU Xue. Application of Pro/E Behavioral in Packaging Containers Design [J]. Packaging Engineering, 2009, 30(4):71-72.
- [10] 余群, 吴志军. 基于行为建模技术的翻领式成型器三维建模研究[J]. 包装工程, 2006, 27(2):138-140.  
YU Qun, WU Zhi-jun. Development of 3D Modeling of the Lapel Shaper Based on the Behavioral Modeling Technique [J]. Packaging Engineering, 2006, 27(2):138-140.
- [11] 郭洋. Pro/Engineer 企业实施与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.  
GUO Yang. Implementation and Application in Enterprise of Pro/Engineer [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008.

(上接第 64 页)

QI Xin-she, XIAO Sheng-li, CHEN Cheng, et al. The Optimal Design of an Easy-pull Can in Shape and Size[J]. Pure and Applied Mathematics, 2011, 27(4):113-116.

[7] 谷涛, 王蓓, 王墨. 中文版 Creo Parametric 2.0 标准教程 [M]. 北京: 海洋出版社, 2012.

GU Tao, WANG Bei, WANG Mo. Standard Course of Creo Parametric 2 in Chinese Edition [M]. Beijing: Ocean Press, 2012.

[8] 王训杰. 基于 Pro/E 行为建模技术的定容积液体瓶设计 [J]. 包装工程, 2010, 31(3):89-91.

WANG Xun-jie. Fixed Volume Liquid Bottle Design Based on Pro/E Behavioral Modeling [J]. Packaging Engineering, 2010, 31(3):89-91.

[9] 刘斌, 白晶, 吴雪. Pro/E 行为建模技术在包装容器设计