复杂形状液体包装容器容积刻度线问题及解决方法

朱佳金，周一届，沈培玉
（江南大学，无锡 214122）

摘要：以 ProE 软件为平台，运用其行为建模中的分析工具，通过食用油桶，实例阐述了复杂形体容器容积的计算方法，得到了油桶高度与油桶容积间的关系，并进一步研究了容器表面容积刻度线的刻制方法，有效解决了在不规则复杂形状包装容器表面精确标示料液体积的问题。

关键词：容器；ProE；分析工具；容积；刻度线
中图分类号：TB482.2；TP391.72　**文献标识码：**A　**文章编号：**1001-3563(2011)13-0039-03

Solution to Scaling Irregular Shaped Liquid Containers

ZHU Jia-jin，*ZHOU Yi-jie*，*SHEN Pei-yu*
(Jiangnan University，Wuxi 214122，China)

Abstract：ProE software and the analysis tool of its behavior modeling were applied. The volume calculation methods for complex shaped container were constructed with the example of edible oil drum，and the relations between the volume and the scale height of oil drums were obtained. The scale marking method was studied for corresponding volume of the container. This method effectively solves the accurate scaling of the volume of irregular complex shaped container on surface.

Key words：container；ProE；analytical tool；cubage；scale

随着人类审美意识的提高，许多产品的包装不再是单一简单包装，且包装外形也越来越趋向时尚[1]。目前液体物料大都是由半透明塑料容器包装的，为了节省材料和控制成本，容器壁的厚度往往很薄，因此在结构设计时，容器各表面的不同方向上增加了许多凹凸不平的肋，以增强容器的刚度，使容器的结构形状变得较为复杂。例如某食用油加工企业所用的包装容器，为方便用户科学、健康用油，要求在透明油桶的表面上标示容积大小的刻度线，以便直观地观察每次用油量，以及油桶内所剩的油量。由于形状复杂，油桶内油的体积与液面高度不成正比，用传统的数学方法，计算工作繁琐、困难[2]，用 AutoCAD 二维绘图软件虽然避免了复杂的数学计算[3]，但对于复杂形状容器容积的精确计算有一定的困难。随着三维软件的迅速发展，Pro/ENGINEER 在包装容器结构设计中得到了较为广泛的应用[4-5]，本文使用 ProE 软件，基于其三维模型，利用行为建模中的分析工具，高效、完善地解决了上述问题。

1　油桶容积的调整

由于产品造型师在设计油桶时，仅考虑了外观要求，并没有考虑油桶的尺寸和容积的大小，现把容积的大小调整为 3 500 mL，见图 1。企业在进行食用油

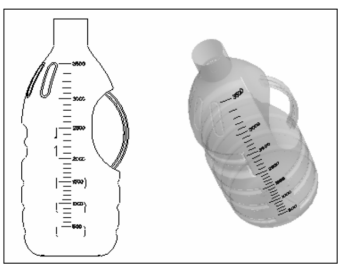

图 1　带刻度线的容器的模型
Fig. 1 Models of scaled containers

灌装时，首先要知道 3 500 mL 油面的高度（油面与油桶底面间的距离）。一般油桶容积的调整有 2 种方

收稿日期：2011-04-10
作者简介：朱佳金（1962－），男，江苏丹阳人，江南大学讲师，主要从事工程图学、计算机辅助设计的教学和研究。

法[6-8]:先设定油面高度,再微调油桶尺寸;保持现有油桶尺寸不变,计算出 3 500 mL 容积处的油面高度。

1.1 创建体积特征

在模型树上创建一个基准平面 DTM2,距 TOP 面(油桶底面)距离设置为 275 mm,并将此特征标识拖放到壳特征之上。利用 ProE 软件分析工具中"测量"选项内"单侧体积",分别创建 DTM2 下方抽壳前实心油桶的实体体积和抽壳后空心油桶的实体体积,见图 2。

图 2 创建油桶的单侧体积

Fig. 2 Creation of container's one side volume

1.2 创建容积特征

见图 3,利用分析工具中"关系"选项创建分析特

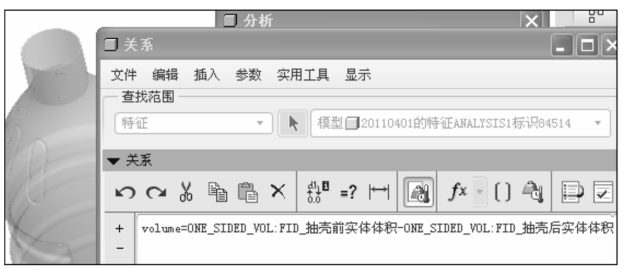

图 3 创建油桶容积的关系式

Fig. 3 Creation of container's volume formula

征"容积 ANALYSIS",其中 volume 为抽壳前实体体积和抽壳后实体体积的差值即为空心油桶的容积,即:

volume=ONE_SIDED_VOL:FID_抽壳前实体体积-ONE_SIDED_ VOL:FID_抽壳后实体体积。

1.3 计算油面的高度

基准平面 DTM2 所在位置视作油面的高度,利用 ProE 分析工具中"优化可行性"选项,即可以得到容积为 3 500 mL 时油面的高度。DTM2 的高度值设置为 275 mm,容积 3 500 mL 设置为约束参数,把油桶直径(134 mm)设置为变量参数,则计算结果为 139.647 mL,见图 4。或者油桶尺寸不变,容积 3 500

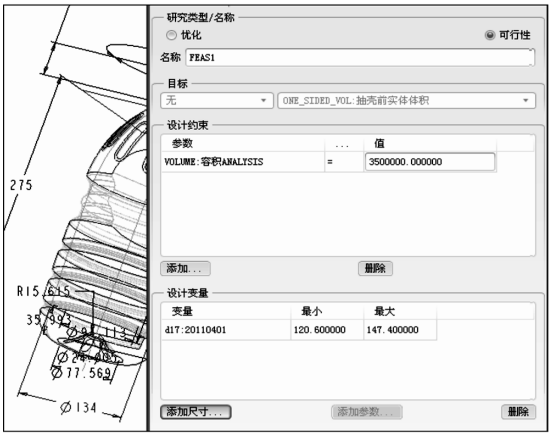

图 4 油桶容积的调整

Fig. 4 Adjustment of jerrican cubage

mL 设置为约束参数,DTM2 的高度值 275 mm 设置为变量参数。

2 创建油桶高度与油桶容积间的关系

2.1 创建关系曲线

利用分析工具中"敏感度分析",创建油桶高度与油桶容积间的关系。把基准平面 DTM2 的高度值 275 mm 设置为变量参数,变量范围设置为 0~275 mm;把特征"容积 ANALYSIS"设置为出图参数,见图 5。敏感度计算后即得到油桶容积与高度间的关

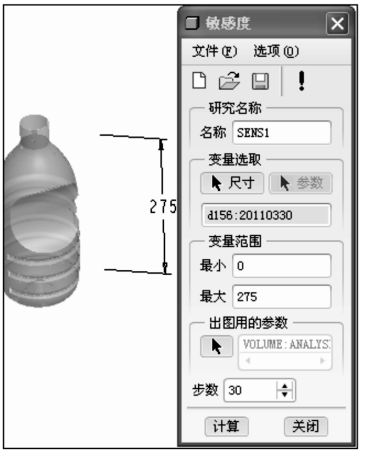

图 5 敏感度曲线分析

Fig. 5 Analysis of sensitivity curve

系曲线(敏感度曲线),见图 6。

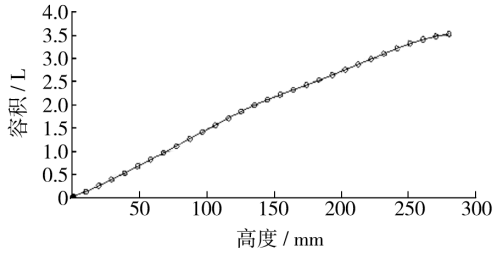

图 6　油桶容积与高度的关系

Fig. 6 Relationship between cubage and height of jerrican

2.2　创建结果数据

在上述关系曲线窗口中，将创建的结果数据保存到 Excel 文件中，见图 7。

	A	B	C	D	E
1	[敏感度曲线(油桶容积与高度间的关系曲线)]				
2	axis 0	高度			
3	axis 1	容积			
4	plot 0	敏感度曲线			
5	0	29321.98			
6	9.482759	127788.1			
7	18.96552	253972.3			
8	28.44828	385885.2			
9	37.93103	520866.4			

图 7　Excel 文件中部分数据

Fig. 7 Some data in excel file

3　刻度线制作[9]

从 Windows 环境中打开 Excel 文件，从中就可以获得油桶高度与油桶容积间的精确的对应数据，利用这些数据就可以将刻度雕刻在油桶的模具上或印刷在油桶的外壳表面上。一般情况下，制作刻度用的数值为一些特殊数值，如本案中是容积为 500 mL 整数倍处的数值。可以将图 7 中的数据在 Excel 中进行插值处理，获得所希望的一些数据；如果需要更精确的刻度，可以使用 ProE 中的优化可行性分析来获得一组精确的数据，见表 1。

表 1　优化可行性法得到的一组数据

Tab. 1 One set of data in optimal feasibility analysis

编号	高度/mm	容积/mL
1	36.5	500
2	69.9	1 000
3	102.2	1 500
4	135.3	2 000
5	180.8	2 500
6	223.3	3 000
7	275.0	3 500

优化可行性的方法是把基准平面 DTM2 的高度值 275 mm 设置为变量参数，制作刻度用的容积特殊数值设置为约束条件即可，见图 8 和 9。

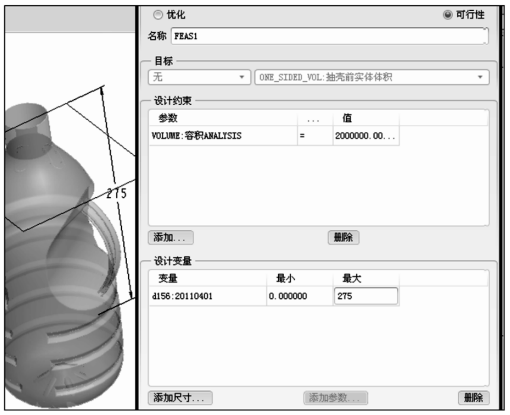

图 8　定义优化可行性分析

Fig. 8 Defining optimal feasibility analysis

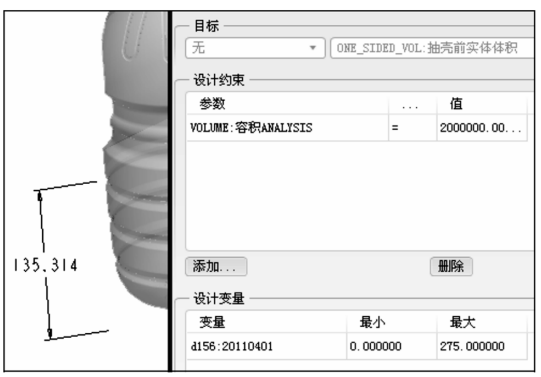

图 9　优化可行性分析结果

Fig. 9 Result of optimal feasibility analysis

4　结论

在日常生活和实际生产中小到食品饮料罐、果汁机、食用油桶，大到工程机械、汽车上半透明的机油箱，其形状都是不规则的复杂形体，而且需要标示容积的刻度线。以食用油桶为实例，在 ProE 三维建模的基础上，利用 ProE 行为建模中分析工具的强大功能，快速精准地计算出任意高度处容器的容积，快速精准地创建容器高度与容器容积间的关系曲线，可以在各种形状容器的外壳表面绘制刻度线，以精确地表示其容积大小。本研究给容器容积标示提供了有效的设计方法，对解决液体物料包装的计量问题，具有一定的指导意义。

（下转第 63 页）

表 2　配重块定位数据

Tab.2 Location data of the counterweight block

动平衡机型号:SSHENKE590				
转子(滚筒)质量/kg	120	平衡精度:G4.0 级		
转子加重半径/mm		$R_1=136$	$R_2=136$	
转速/(r·min^{-1})	305	610	900	1500
允许剩余/g	$m_{e1}=55.3$	$m_{e1}=27.6$	$m_{e1}=18.7$	$m_{e1}=11.2$
不平衡量/g	$m_{e2}=55.3$	$m_{e2}=27.6$	$m_{e2}=18.7$	$m_{e2}=11.2$
测量结果	$m_1=18.3$ g　$\phi=25°$ $m_2=19.9$ g　$\phi=24.6°$			
结论	基本满足 900 r/min 的制版精度要求			

由以上实验可知,调节齿圈共 144 个齿,调节步长为 0.5 个齿,滚筒在众多的版材尺寸下进行调试,基本上达到了动平衡的效果,但是还不能做到精确平衡。以表中序列 13 和 16 的 2# 配重块为例,配重块由 0 齿变动一个齿到 143 齿,其位置相对零位变动量,用电子编码器脉冲表示为 1 389－1 424＝35。由此可算出序列 14 和 16 的变动关系,2# 配重块相对零位变动量为 1 667－1 424＝243,不能被 35 整除,也就是说由于版材尺寸过于细分,难以使每种尺寸的版材在运转成像时达到理想的平衡精度。另外,借助于外协进行大量的动平衡测试费时又费事,也不利于设备组装以及使用过程中的调节。对于目前的设计来说,离线动平衡还是一种行之有效的方法。

5　结论

针对 CTP 成像滚筒平衡状态多变的特点,根据刚性转子动平衡原理,采用动平衡机对成像滚筒进行配重实验,寻找平衡块的变化规律,使平衡装置在版材尺寸变化的情况下能够及时得到精确调整,确保成像滚筒能够平稳快速的运转。研究表明:

1) 由于同一台大幅面制版机能够制版的印版幅面多达十几种,版材和版尾夹的变动造成滚筒不平衡。

2) 在众多的版材尺寸下滚筒基本上达到了动平衡的效果,是目前最常用的有效平衡方法之一;但是,由于版材尺寸过于细分,难以使每种尺寸的版材在运转成像时达到理想的平衡精度;另外,借助于外协进行大量的动平衡测试比较麻烦,工作被动、效率低,也不利于设备组装以及使用过程中的调节。

参考文献:

[1] McPHAJL E M. Single Plane Digital Balancing Mzchine[M]. Cincinnati:Modern Machine Shop,2000.
[2] 叶熊安,余汝生. 动平衡原理与动平衡机[M]. 武昌:华中工学院出版社,1985.
[3] 王洁. 激光照排机转子动平衡系统的研究[D]. 杭州:浙江大学,2005.
[4] 葛哲学. 刚性转子自动平衡系统研究[D]. 长沙:国防科学技术大学, 2002.
[5] ZENG S, WANG X X. The Electromagnetic Balancing Regulator and the Automatic Balance System[J]. Journal of Sound and Vibration,1998,209(1):5－13.
[6] BISHOP R E D,GLADWELL G M L. The Vibration and Balancing of an Unbalanced Flexible Rotor[J]. Journal of Mechanical Engineering Science,1959,1(1):66－67.
[7] 三轮修三,下村玄. 旋转机械的平衡[M]. 北京:机械工业出版社,1992.
[8] 赵庆海. 高速单张纸胶印机滚筒平衡的设计计算[J]. 包装工程,2002,23(5):5－8.
[9] 贝恩德·拉森. 用于平衡印刷滚筒的平衡系统:中国,200610077835.2[P]. 2006-11-15.
[10] 杨建刚. 旋转机械振动分析与工程应用[M]. 北京:中国电力出版社,2007.

(上接第 41 页)

参考文献:

[1] 杨震. 时尚流行趋势产品设计中的应用研究[J]. 包装工程,2011,32(6):71－73.
[2] 陈文强. 关于卧式椭圆形封头容器液位和相应容积的计算[J]. 中国特种设备安全,2007,23(3):13－15.
[3] 付亦升. 一种计算双椭圆平盖封头卧式容器容积的简易方法[J]. 试采技术,2010,31(2):49－50.
[4] 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.
[5] 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]. 包装与食品机械,2005,23(1):26－28.
[6] 谭雪松,张青,钟延志. Pro/ENGINEER Wildfire 中文版高级应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.
[7] 詹友刚. Pro/ENGINEER Wildfire 高级应用教程[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
[8] 二代龙工作室. Pro/ENGINEER Wildfire3.0 高级设计[M]. 北京:电子工业出版社,2007.
[9] 郭洋. Pro/ENGINEER 企业实施与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2008.