

基于 Solid Edge 的瓦楞纸箱展开图参数化研究

王斐, 母军

(北京林业大学, 北京 100083)

摘要: **目的** 建立满足客户通用的瓦楞纸箱展开图, 为瓦楞纸箱的快速设计选型提供支持。 **方法** 依据瓦楞纸箱箱型及尺寸关系, 提出压痕和开槽等因素对纸箱成型的影响。基于 Solid Edge 软件, 按照最新的 FEFCO 标准绘制瓦楞纸箱的展开图, 对以往压痕线 l_1, l_2 的值及关联尺寸进行修正, 并将其参数化。 **结果** 优化了瓦楞纸箱的展开图, 总结不同箱型对应各关联尺寸的关系。 **结论** 优化后展开图打样时更精确, 参数化的展开图可满足不同客户需求。

关键词: 瓦楞纸箱; 展开图; 关联尺寸关系; 参数化

中图分类号: TB484.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)21-0035-07

2D Figure Parameterization of Corrugated Box Based on Solid Edge

WANG Fei, MU Jun

(Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

ABSTRACT: Objective To establish a general 2D figure of corrugated box which meets customers' requirement, and to provide support for the rapid design of corrugated box. **Methods** According to the type of corrugated box and the size relationship, the influence of factors such as indentation and slot on carton forming was put forward. According to the latest FEFCO standard, the 2D diagram of corrugated box was draw and parameterized based on Solid Edge, and the indentation values of l_1 and l_2 as well as the correlation dimension were revised. **Results** The 2D diagram of corrugated box was optimized, and the correlation dimension of different corrugated box was summarized. **Conclusion** The modified 2D diagram's proofing was more accurate, and the parameterized figure could meet the requirements of different customers.

KEY WORDS: corrugated box; 2D diagram; correlation dimension; parameterization

瓦楞纸箱是用瓦楞纸板制成的包装运输纸箱,它具有轻便、牢固、保护商品、方便储运等特点,因此得到了广泛应用。瓦楞纸箱是一种十分优良的包装材料,可以以纸代木、以纸代塑,且纸材料绿色环保可回收利用,因而受到现代社会的青睐,具有良好的发展前景^[1-2]。与此同时,国内外对瓦楞纸箱的研究也越来越多^[3-4]。为提高我国包装技术水平,促进包装工业发展,将CAD技术^[5]引入包装纸箱的设计制版中,用其绘制瓦楞纸箱的展开图,并对展开图进行优化,从而为设计人员提供一种辅助设计工具,避免了人为因素的

影响,还能方便修改设计方案,提高设计质量和效率,缩短设计周期,满足用户需要。

1 Solid Edge 软件简介

Solid Edge^[6]是 Siemens PLM Software 公司推出的一款功能强大的三维 CAD 设计软件,作为一款普及型的 CAD 软件包,采用 Para Solid 作为软件核心,充分利用了 Windows 基于组件对象模型 (COM) 的先进技术重写代码,用于 Windows XP 风格的友好界面,具有极

收稿日期: 2014-06-29

作者简介: 王斐(1990—),女,吉林人,北京林业大学硕士生,主攻包装材料与结构。

通讯作者: 母军(1970—),女,河北人,博士,北京林业大学副教授,主要研究方向为木质复合材料与包装材料。

佳的易用性。它支持至顶向下和至底向上的设计思想,建模功能强大,能高效地实现零件设计、钣金设计、装配设计、焊接设计和工程图设计等,且内嵌的仿真分析^[7-10]功能可对瓦楞纸箱模型的性能进行分析。

2 瓦楞纸箱展开图的生成

瓦楞纸箱是指瓦楞纸板通过分切、印刷、开槽、模切等操作工序,形成箱坯后再成型的箱体。瓦楞纸箱箱型结构,常用由欧洲瓦楞纸箱制造商联合会(FEFCO)和瑞士纸板协会(ASSCO)联合制定的国家纸箱箱型标准。尺寸设计是纸箱结构设计^[11-12]中的一个重要环节,不仅直接影响纸箱产品的外观和内在质量,而且影响生产和流通成本。

2.1 主要影响因素

2.1.1 压痕

压痕是影响纸箱成型的主要因素。压痕的主要作用是使瓦楞纸板按预定位置准确弯折,以实现精确的纸箱内/外尺寸。由于压痕的深浅和位置准确度不同,往往会导致纸箱内/外尺寸发生某些偏差,因而有时会出现内装物难以进入箱中或过紧现象。

压痕与纸箱的外观和结构性能有关,在大量使用自动包装机的情况下,随着包装生产速率的提高,压痕变得更为重要,因而对瓦楞纸箱展开图中压痕的修正也是极为必要的。

2.1.2 开槽

所谓开槽是指在瓦楞纸板上切出便于折叠的缺口,其宽度一般为瓦楞纸板厚度再加1 mm(有时也可以考虑为纸板厚度的2倍)。开槽与压痕密切相关,而且对纸箱尺寸精度以及外观均有直接影响。

2.1.3 接头尺寸

接头对瓦楞纸箱,尤其是对02类瓦楞纸箱,是必不可少的部分。当把接头结合起来制成纸箱时,接头位置往往会使纸箱内尺寸产生一些误差,所以在进行包装设计时必须高度重视。02型瓦楞纸箱的接头尺寸,03,06型纸箱的接头尺寸(单瓦为30 mm,双瓦为40 mm)见表1。

2.2 展开图绘制过程

文中按照最新的FEFCO标准,修正纸箱压痕线,

表1 02型瓦楞纸箱的接头尺寸

Tab.1 Joint size of 02 type corrugated box

国别	瓦楞纸箱结构		
	单瓦楞	双瓦楞	三瓦楞
中国	35~40	45~50	50
日本	35	40	

并将各关联尺寸关系参数化,将纸箱展开图准确、逼真地表现出来。展开图是加工纸箱的重要依据,使用Solid Edge软件按照最新的FEFCO标准绘制纸箱展开图的过程如下所述。

1) 轮廓绘制。进入钣金环境,在草图中通过绘图区的“直线”等命令绘制箱型对应展开图的轮廓,并将线型更改为虚线添加纸箱的压痕线。对内/外摇盖对应的压痕线进行修正。

2) 添加约束关系。选择相关区相等、共线等命令,对纸箱轮廓添加约束关系,如开槽宽度相等、内外摇盖共线等。

3) 尺寸标注。对展开图进行关联尺寸标注,如纸箱各板对应的制造尺寸、内外摇盖对应的压痕距离、开槽宽度及搭接舌宽度等。

4) 关联尺寸参数化。在草图环境中,右键一变量,将基本尺寸(L, B, H, t)的值及关联尺寸(l_k, l_1, l_2 等)的公式输入到变量表中(公式即为变量与基本尺寸间的关系),并在注释栏标注不同符号对应的含义,关闭变量表。双击展开图中标注的尺寸,输入对应的公式,即为对其参数化的过程。通过“关系助手”命令纸箱展开图是否实现全约束,若必填选项为2时,即实现全约束,若大于2则要检查纸箱展开图。

3 瓦楞纸箱展开图参数化过程

制造瓦楞纸箱时,通常分成3种尺寸:外尺寸、内尺寸、制造尺寸。瓦楞纸箱的内尺寸确定后,还需确定制造纸箱时切割与压痕等所需的制造尺寸,以及成型后的纸箱外尺寸。它们之间对于不同的箱型结构有不同的关系。参数化过程即能实现:用户输入纸箱任意尺寸长宽高及楞型后,即可迅速得到所需的展开图。下面分别对02,03,04,06箱型^[13-14]及展示架的参数化的过程及不同箱型的特征进行分析。

3.1 02箱型

02型纸箱即开槽型纸箱,由一块纸板连体成型,无独立分离的上下摇盖,上下摇盖可以封闭纸箱。该箱型一般通过钉合、粘合剂或胶带来接合接头。02箱型适用于中小型产品的包装,在运输、储存时,可折叠平放。

0201为基型开槽式纸箱,一般为首选箱型。其抗压能力大,模切时边角料少,成本低,封箱时摇盖对口合拢,外摇盖不留缝。

0201型纸箱展开图及各符号代表的含义见图1。制造尺寸 $L_{1m}, L_{2m}, B_{1m}, B_{2m}, H_m$ 等于经修正的瓦楞纸箱内尺寸 L, B, H 与各自伸放量 $L_{1z}, B_{1z}, L_{2z}, B_{2z}, H_z$ 之和。为避免合箱时外摇盖反弹,外摇盖尺寸 F_{om} 通常比内摇盖 F_{im} 小一个瓦楞纸板厚,即 $F_{im}=F_{om}+t$ 。由于接头粘结在 B_{1m} 对应纸板的内侧,为保证纸箱成型后呈矩形,则有 $L_{1z}=L_{2z}+t, B_{1z} \geq B_{2z}$ 。

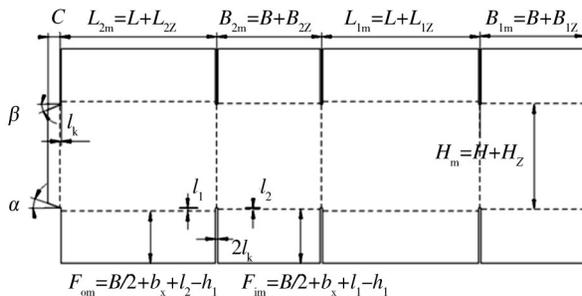


图1 0201型纸箱展开图

Fig.1 Diagram of 0201 type corrugated box

在实际生产中,制造尺寸计算公式为:

$$X_m = X + k = X + 1.2t \quad (1)$$

式中: X_m 为瓦楞纸箱长度、宽度或高度制造尺寸,mm; X 为纸箱内尺寸,mm; k 为纸板厚度 t 再加上1~3mm的修正系数合并成的一个常数,研究中将 k 定为 $1.2t$ 。

外尺寸计算公式为:

$$X_o = X_m + k = X_m + 1.2t \quad (2)$$

式中: X_o 为纸箱外尺寸,mm。

0201箱型的关联尺寸即为: $L_{2m}=L+1.2t, B_{2m}=B+$

$1.2t, L_{1m}=L+2.4t, B_{1m}=B+1.2t$ 。将此关联尺寸及图1中的参数及公式输入到变量表中,将纸箱展开图参数化。用户根据需求输入瓦楞纸箱的长、宽、高及楞型即可得到纸箱展开图。长宽高的内尺寸分别为500, 400, 300mm的C楞瓦楞纸箱自动生成的纸箱展开图见图2a,长宽高的内尺寸分别为1000, 800, 400mm的C楞纸箱自动生成的展开图见图2c,其立体图分别见图2b, 2d。

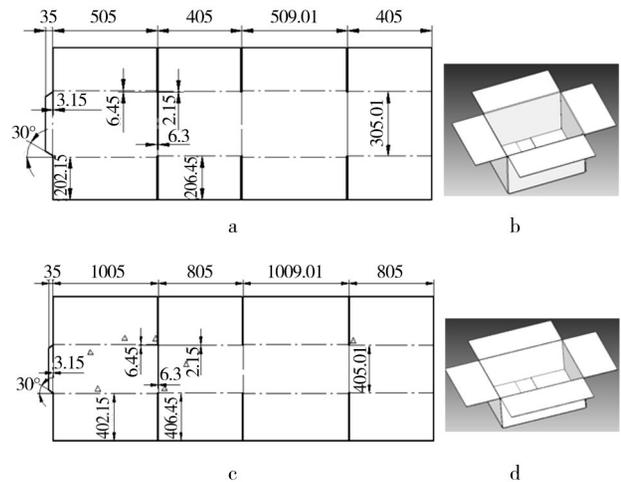


图2 0201型纸箱展开图实例

Fig.2 Example for 2D diagram of 0201 type corrugated box

02箱型中其他箱型的特征及关联尺寸见表2。

3.2 03箱型

03型为套盒型纸箱,由箱体、箱盖2部分组成,即罩盖型。其特点是箱体与箱盖分离,箱盖可以全部或部分盖住箱体。其优点是装箱、封箱方便,商品装入后不易脱落,纸箱的整体强度比开槽型纸箱高。其缺点是成型后体积大,运输、储存不方便。主要适用于大中型产品的包装,如32寸以上的液晶电视等,也有部分小型产品使用03箱型,如鞋盒等。

0310由箱盖、箱体和箱底等3部分组成。 l_1, l_2, l_k 的含义及取值与02型纸箱相同, C 为搭接舌宽度, $M=N=1/3H$,0310箱型的展开图见图3。

03类纸箱^[15]与其他纸箱不同,箱体箱盖需要一定的配合间隙,而箱盖的制造尺寸,则以箱体的内尺寸为基准(长度与宽度),即:

$$X^* = X + a = X + 3.6t \quad (3)$$

式中: X^* 为03类箱盖制造尺寸,mm; X 为03类箱体内尺寸,mm; a 为03类箱盖制造尺寸修正系数,mm,

表2 02型纸箱的特征及关联尺寸
Tab.2 Characteristics and correlation dimension of 02 type corrugated box

箱型	特征	关联尺寸
0200-4	半开槽,适用于无须双面封口的场合	$F_{im}=B/2+b_x-h_1$;
0201-4	基型开槽纸箱	$F_{im}=B/2+b_x$;
0201-5	基型开槽纸箱	$F_{im}=B/2+b_x$;
0202-4	顶部和底部内摇盖部分搭叠	$F_{im}=B/2+h_2$;
0203-4	顶部与底部全屏摇盖	$F_{im}=B+b_x-h_1$;
0204-4	顶部与底部摇盖中心无缝时对齐	$F_{im}=L/2+b_x-h_1$; $F_{om}=B/2+b_x-h_1$;
0205-4	顶部与底部中心无缝而摇盖部分搭叠	$F_{im}=L/2+b_x-h_1$;
0206-4	顶部与底部中心无缝重叠的全平摇盖	$F_{im}=L/2+G_{2Z}-h_2$; $F_{om}=B+G_{1Z}-h_1$
0207-1	带内隔板的特殊开槽式纸箱	$F \geq 2t, G \geq t, F_{om}=B/2+b_x-h_1$; $E_1=L/3+b_x; E_2=B/2+b_x; E_3=H/2+L/3+b_x-2t$
0209	底部带不封闭法兰	$F_{im1}=h_2; F_{im2}=B/2$
0210-1	顶部与底部带单边外摇盖前插舌封口	$F=0.2L; G=0.25H; E=INT(B+1.2t); F_{im}=0.5B+t$
0211-2	顶部外摇盖带前插舌而底部外摇盖带后插舌	$F=0.2L; G=0.25H; E=INT(B+1.2t); F_{im}=0.5B+t$
0212-2	顶部外摇盖带前插舌而底部为基型	$F=0.2L; G=0.25H; E=INT(B+1.2t); F_{im}=0.5B+t$
0214-4	顶部摇盖可旋转180°而底部为基型	$F_{im1}=h_2; F_{im2}=B/2-h_1; S=0.05H$
0219	顶部开口而底部带锁口结构	$G=0.7H; H_f=0.9H; J_1=0.5B; H_1=0.5H; D=0.225H$
0228-2	在0201箱型中增加一个内隔板	$F_{im}=B/2-h_1; L_1=0.4L, L_2=0.6L$
0229	在0201箱型中增加两个内隔断结构	$F_{im}=H+b_x-h_1; F_{om}=L/2+b_x-h_1$
0230-2	短边一侧拼接的结构	$L_1=0.6L, L_2=0.4L; H_f=0.5B+2t$
0231-2	长边一侧拼接的结构	$B_1=0.6B, B_2=0.4B; H_f=0.5B$

注:表2,4,5,6中相关展开图及字符含义可参考《瓦楞包装设计》。

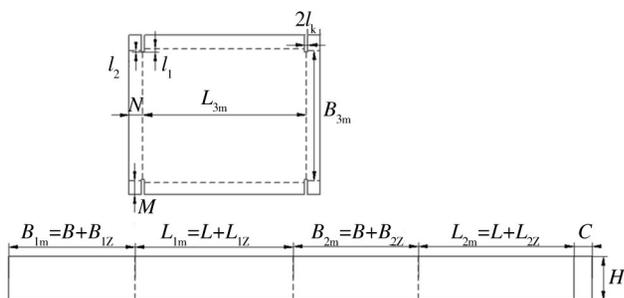


图3 0310型纸箱展开图

Fig.3 Diagram of 0310 type corrugated box

一般为 $3t$ 再加上修正系数合并成的一个常数,研究中定为 $3.6t$ 。外尺寸计算公式见式(2)。

根据外尺寸、内尺寸和制造尺寸之间的关系,算出箱盖、箱体和箱底制造的尺寸,并将关联关系及参数输入变量表中,使其参数化见表3。03箱型中其他箱型的特征及关联尺寸见表4。

3.3 04箱型

04箱型为折叠型纸箱或平底盘,也称为异型类纸

表3 箱盖、箱体和箱底制造尺寸的关系

Tab.3 Relationship between the manufacturing dimensions of box cover, enclosure and bottom

制造尺寸	L_{2m}	B_{2m}	L_{1m}	B_{1m}
箱体	$L+1.2t$	$B+1.2t$	$L+2.4t$	$B+1.2t$
箱盖、箱底	$L+3.6t$	$B+3.6t$	$L+4.8t$	$B+3.6t$

箱,由一块瓦楞纸板组成,箱底板与箱体侧板或盖板间的压痕可实现折叠,无需钉合或胶合便可折叠成型。还可设计出锁口、展示窗、提手或展示架等结构,能直接看到纸箱内所装的商品,被超市广泛用于展销商品。04箱型主要用来包装中小型产品或作为附件盒使用,如电脑附件盒、鞋盒等。

0402箱型的展开图见图4。 $H_0=H_1+t, G_1=0.5B, G_2=0.5L, H_1=0.25B, H_1$ 的值可根据用户需求更改。04箱型制造尺寸和外尺寸的计算公式分别为(1)和(2)。04箱型其他箱型的特征及关联尺寸进行总结见表5。

表4 03型纸箱的特征及关联尺寸

Tab.4 Characteristics and correlation dimension of 03 type corrugated box

箱型	特征	关联尺寸
0300	最常见,箱盖与箱体均为长边上开槽	
0301	完全套盒型,箱盖在短边上开槽	
0302	采用胶带封合4个角,内侧光滑	
0305	完全套盒型;开槽方向与0301箱型相反	
0306	与0301箱型相似,只是箱盖较短	
0312	侧板开槽盖与半开槽箱的组合	$F_{om}=B/2$
0313	0201箱型与两个侧板开槽盖的组合	$F_{om}=B/2$
0320	半开槽箱半开槽盖的组合	$F_{om}=B/2$
0325	与0313相似,但上下部侧板均是双层折叠锁合结构	$N=H/10$
0331	上盖短边侧板为预涂胶无锁扣双层结构,下箱盖的长边侧板为双层结构	

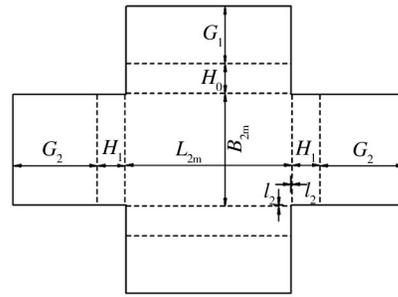


图4 0402型纸箱展开图

Fig.4 Diagram of 0402 type corrugated box

3.4 06箱型

06箱型为固定型纸箱,一般由3片瓦楞纸板制成,1片制成箱体,另2片作为箱的两端板使用,使用前需将端板与接合好的箱体通过钉合或类似工艺连接起来。适合易碎商品、大体积重型物品包装,如家具、健

表5 04型纸箱的特征及关联尺寸

Tab.5 Characteristics and correlation dimension of 04 type corrugated box

箱型	特征	与0402参数化的区别
0400	经折叠裹包式成型后,具有双层平滑箱底	
0401	与0402箱类似,但顶部摇盖要长,顶部封闭	$G=50$
0404	由2个折叠管套合成完整纸箱	
0405	由3块纸板构成,2块压痕纸板构成端板摇盖,1块带压痕的纸板将其包成完整纸箱。	$S=H$
0409	0409为最常见的包装附件的扁平纸箱结构	
0410	0410箱型为5片折叠结构	
0411	0411为中央接缝5片折叠结构纸箱	$B_1=0.5B$
0412	长边多一层由折边形成的侧板,可适当增加抗压强度	$h_2=0.5H; G_1=H+2.4t; G_2=H$
0413	与0412类似,但顶部为单摇盖插入锁合结构	$h_2=0.5H; H_{2Z}=B_{2Z}=2.4t; H_{1X}=H+1.2t$
0416	底部防尘,顶部双摇盖为插入式锁合结构	$H_1=H_2=H_3=H_4=H$
0420	底部为裹包密封平板盘式结构,顶部为单侧摇盖插入式封闭结构	$G=1.2H$

身器材等。底部为整体,方便搬运。

0601箱型,也叫BLISS BOX,基本由3片纸板组成,具有2个端板和1个箱体,平底、顶部内摇盖较短,边板的折角是垂直的,具有加固功能,其展开图见图5,且 $G=H/2$,其箱体关联尺寸与表2中箱盖、箱体的关联尺寸一致。06箱结构类似,不同箱型的特征见表6。

3.5 展示架

展示架^[6]是目前流行于大型超市中的瓦楞纸板结构。该展台由2个部件组成:外壳和内部插件。它可

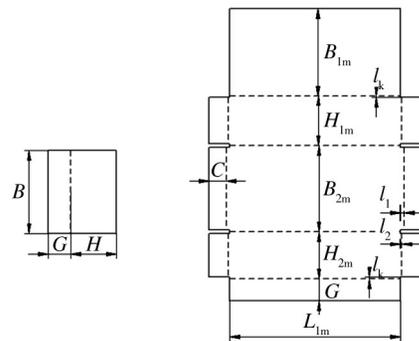


图5 0601型纸箱展开图

Fig.5 Diagram of 0601 type corrugated box

表6 06型纸箱的特征及关联尺寸

Tab.6 Characteristics and correlation dimension of 06 type corrugated box

箱型	特征	与0601参数化的区别
0602	顶部单侧外摇盖比0601多一个前缘插舌,平底	$G=H/6; G_1=35\text{ mm}$
0605	顶部封合靠双侧外摇盖,端部平底	$G=H/6$
0606	2个端板没有折边,封合折边全在箱体的箱坯上,侧板平整	$G=0.2H; \alpha=45^\circ$
0607	与0605箱型一样,只是端板折边在箱体内侧接头,纸箱外观看不到接头,比较美观,但内尺寸会有所减少,端部平整。	$C=35\text{ mm}$
0610	与0607箱型的区别在于顶部摇盖采用插舌封合	$G_1=H/3; G_2=H/4$
0616	与0607箱型一样,只是端板向外翻边与箱体钉合在一起,虽内尺寸减少,但纸箱内壁平整	$C=35\text{ mm}$
	端板为单层折边,耗材少,端部平整	$C=35\text{ mm}$
0620	类似0608,顶部为全摇盖型,需胶带等方式封合,端部平整	$C=35\text{ mm}$

直接放置在销售点或结算台前,起到产品展示和促销的作用。在设计展示台时,最大的难点在于内部插件的尺寸设计。由于内部插件在工作时要插入到外壳中,并与外壳配合紧密以保持其形状,因此其长度和宽度需严格控制。内部插件的宽度比外壳对应尺寸小2个瓦楞纸板厚度即可。这是因为外壳左右两侧的2个侧翼在成型后要向内部折叠,从而使外壳的内部宽度小了2个瓦楞纸板厚所致。如图6,除了将基本尺寸参数化外, $a=(L-4T)/\tan\alpha+b_1$, $b_1=0.25L$ (可更改), $c=(1/9)(B-2T)$, $d=0.5(L-4T)$, $e=(0.5/\tan\alpha)(L-4T)+b_1+l_k$,这几个尺寸是展示架展开图参数化的关键。

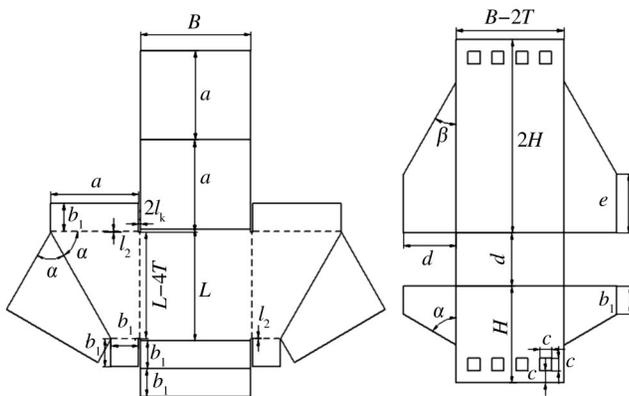


图6 展示架展开图

Fig.6 Diagram of display shelf

瓦楞纸箱最主要的用途在于包装物品,如果纸箱存在尺寸偏差,那么不仅不能起到辅助快速设计和校对作用,还有可能给生产和实际使用带来严重的经济损失。随着各行业对瓦楞纸箱用量的增加,用户对其功能也提出了更高的要求。合理的尺寸不仅能节约成本,而且能使产品在运输过程中得到有效保护。

4 结语

基于 Solid Edge 绘制瓦楞纸箱特征箱型并对其参数化,能为用户提供 FEFCO 标准箱型,为瓦楞纸箱改进设计和生产提供理论依据。按照最新的 FEFCO 标准对以往压痕线 l_1, l_2 的值修正后,打样时更准确,且得到瓦楞纸箱不同箱型的关联尺寸关系。瓦楞纸箱特征箱型展开图的优化,不仅可以优化纸箱结构尺寸,同时为研制瓦楞纸箱优化 CAD 系统具有重要的实际意义。

参考文献:

- [1] 王志星. 中国纸包装行业发展历程[J]. 上海包装, 2009(1): 62—64.
WANG Zhi-xing. The Development Process of Chinese Paper Packaging Industry[J]. Shanghai Packaging, 2009(1): 62—64.
- [2] 高德, 刘壮, 董静. 瓦楞纸板包装材料的性能及其发展前景[J]. 包装工程, 2005, 26(1): 1—4.
GAO De, LIU Zhuang, DONG Jing. The Property and Prospect of the Corrugated Paper Board[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(1): 1—4.
- [3] 张志昆. 瓦楞纸箱抗压性能试验研究[J]. 包装工程, 2012, 33(15): 44—47.
ZHANG Zhi-kun. Experiment and Research on Compressive Property of Corrugated Carton[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(15): 44—47.
- [4] BENJAMIN F. Corrugated Box Compression—A Literature Survey[J]. Packaging Technology and Science, 2013, 65: 354—381.

- [5] 谭辉,刘奇龙,滑广军. 基于Flash8平台的瓦楞纸箱CAD软件开发研究[J]. 包装工程, 2009, 30(12): 71—73.
TAN Hui, LIU Qi-long, HUA Guang-jun. Development of Corrugated Paper Box CAD Software Based on Flash8[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(12): 71—73.
- [6] 王潍,王劲,王艳芳,等. Solid Edge基础应用与实践[M]. 北京:清华大学出版社, 2011.
WANG Wei, WANG Jin, WANG Yan-fang, et al. Application and Practice of Solid Edge[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2011.
- [7] 何自芬,张印辉. 基于有限元法的包装箱抗压性能研究[J]. 包装工程, 2009, 30(3): 39—41.
HE Zi-fen, ZHANG Yin-hui. Study of Compression Resistance of Packaging Box Based on Finite Element Method[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(3): 39—41.
- [8] 段艳健,钱怡. 基于ANSYS Workbench的瓦楞纸箱抗压性能仿真研究[J]. 包装工程, 2012, 33(9): 23—26.
DUAN Yan-jian, QIAN Yi. Simulation Study of Compression Strength of Corrugated Box Based on ANSYS Workbench[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(9): 23—26.
- [9] TALBI N, BATTI A, AYAD R, et al. An Analytical Homogenization Model for Finite Element Modeling of Corrugated Cardboard[J]. Composite Structures, 2009(8): 280—289.
- [10] ABOURA Z, TALBI N, ALLAOUI S, et al. Elastic Behavior of Corrugated Cardboard: Experiments and Modeling[J]. Composite Structures, 2004(63): 53—62.
- [11] AZZI A, BATTINI D, PERSONA A. Packaging Design: General Framework and Research Agenda[J]. Packaging Technology and Science, 2012, 25(8): 435—456.
- [12] A Computer-aided Methodology to Design Safe Food Packaging and Related Systems[J]. American Institute of Chemical Engineers, 2013, 59(4): 1183—1212.
- [13] 彭国勋. 物流运输包装设计[M]. 北京:印刷工业出版社, 2012.
PENG Guo-xun. The Packaging Design of Logistics Transport [M]. Beijing: Printing Industry Press, 2012.
- [14] 彭国勋. 瓦楞包装设计[M]. 北京:印刷工业出版社, 2013.
PENG Guo-xun. Corrugated Packaging Design[M]. Beijing: The Printing Industry Press, 2013.
- [15] 孙诚. 纸包装结构设计[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2004.
SUN Cheng. Paper Packaging Structural Design[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2004.
- [16] 和克智,曹利杰. 纸包装容器结构设计及应用实例[M]. 北京:印刷工业出版社, 2007.
HE Ke-zhi, CAO Li-jie. Paper Packaging Containers Structural Design and Examples of Application[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2007.
- [16] 陈基明. 数值计算方法[M]. 上海:上海大学出版社, 2007.
CHEN Ji-ming. Numerical Calculation Method[M]. Shanghai: Shanghai University Press, 2007.
- [17] 黄秀玲,王军,卢立新,等. 三次非线性包装系统关键部件冲击响应影响因素分析[J]. 振动与冲击, 2010, 29(10): 179—181.
HUANG Xiu-ling, WANG Jun, LU Li-xin, et al. Factors Influencing Shock Characteristics of A Cubic Nonlinear Packaging System with Critical Component[J]. Journal of Vibration and Shock, 2010, 29(10): 179—181.
- [18] 薛定宇,陈阳泉. 基于MATLAB/Simulink的系统仿真技术与应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2011.
XUE Ding-yu, CHEN Yang-quan. System Simulation Technology and Application Based on MATLAB/Simulink[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2011.
- (上接第24页)
- 析[J]. 包装工程, 2006, 27(5): 101—103.
JIANG Jiu-hong, WANG Zhi-wei. Study on the Influencing Factors of Dropping Response of Double Degree Freedom Linear System[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(5): 101—103.
- [14] 谢涛. 关键部件跌落冲击响应研究[J]. 包装工程, 2005, 26(2): 77—78.
XIE Tao. Research on the Dropping Shock Response of the Key Parts[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(2): 77—78.
- [15] 李晓刚. 基于Matlab/Simulink的缓冲包装系统动态响应及影响因素分析[J]. 包装工程, 2011, 32(1): 65—68.
LI Xiao-gang. Analysis of Dynamic Response and Influencing Factors of Cushioning Package Based on MATLAB/Simulink [J]. Packaging Engineering, 2011, 32(1): 65—68.