

SX2-6833 上销瓦楞纸箱设计

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2017.04.010

盛海云

常德纺织机械有限公司
摇架分公司技术质量部
湖南 常德 415004

摘要: 针对包装行业的发展及现状,通过 SX2-6833 上销瓦楞纸箱的设计,分析影响瓦楞纸箱质量的关键因素,介绍其设计的基本思路和方法,指出瓦楞纸箱设计中应注意的问题。结果表明,之前瓦楞纸箱使用中出现的诸多问题得到解决,达到了降低包装成本,改善包装质量的目标。

关键词: 瓦楞纸箱;瓦楞纸箱尺寸设计;瓦楞纸板设计;瓦楞纸板强度校核;纸箱相对用料率

中图分类号: TB482.2

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2017)04-0079-08

0 引言

随着木材资源的日益紧张和环保要求的提高,企业的经营成本大幅度上升,因此对产品的包装也产生了新的变化和要求。瓦楞纸箱因具有优越的使用性能和良好的加工性能,而且成本低廉、节约木材、便于回收,符合可持续发展的要求,已成为广泛应用的包装形式,目前约占纸制包装份额的 60%。

根据需要,常德纺织机械有限公司对部分质量较小的机械配件产品的木制包装进行了改制,开始使用瓦楞纸箱包装。但瓦楞纸箱在设计与使用的过程中也暴露出一些问题与不足,如过度包装,纸箱强度不够,堆码存放时出现鼓肚、压溃,运输中出现磨损、破裂等现象。因此,对瓦楞纸箱设计的研究具有重要的实际意义。本文以湖南省常德纺织机械有限公司的 SX2-6833 上销瓦楞纸箱设计为例进行探讨。

1 瓦楞纸箱设计关键问题分析

瓦楞纸箱作为外包装,其主要作用是保护产品、利于物流,因此瓦楞纸箱的强度设计显得尤为重要,

必须充分考虑影响纸箱强度的各种因素。另外,无论采用何种包装形式,过度包装都不利于企业降本增效。纸箱设计如何做到质量与成本兼顾,成为瓦楞纸箱包装设计的关键问题。

首先,纸箱制造材料是影响其强度及成本的基本因素,主要考虑原纸的环压强度、楞型,纸板的边压强度、耐破强度和含水率等。如 A 型瓦楞纸柔软且富有弹性,缓冲性能较好;而 B 型瓦楞纸的平压强度较高,适合包装较硬的产品等。其次,纸箱设计的箱型、箱形、印刷形式;纸箱制作的机械、技术和质量管理;纸箱流通过程中环境的湿度,堆码方式与时间,运输装卸方法和内装物性质等都是影响纸箱强度和包装成本的不确定因素。如纸箱的印刷面积越大,纸箱抗压强度越低,研究发现全面印刷的纸箱其抗压强度降低约 40%^[1]。试验数据表明,当温度为 30 ℃,相对湿度为 80% 时,纸箱抗压强度开始急剧下降;在温度为 40 ℃,相对湿度为 95% 以上的恶劣天气,纸箱抗压强度甚至可下降约 60%^[1]。

通过上面分析可知,瓦楞纸箱设计需要根据已掌握的相关信息进行全面分析,尽可能设计出既有足够的强度,成本又相对低廉的适度包装。

收稿日期: 2017-03-09

作者简介: 盛海云(1970-),男(土家族),湖南常德人,常德纺织机械有限公司工程师,主要研究方向为机械包装设计,
E-mail: 2836815041@qq.com

2 上销瓦楞纸箱设计的要求和条件

上销是纺纱机械牵伸部分的重要专件,对纺纱质量具有重要的影响,主要配合相应摇架成台后装运。SX2-6833 上销产品由金属材料冲制而成,其形状不规则,体积和质量较小,但产品平行度要求较高,需要加强保护。除客户特殊要求外,成台数量大多为 210 件/箱,每台上销净质量约为 10 kg;装箱后入室库存,堆放高度参照木制包装箱标准,一般不超过 3 m,贮存期平均为 3 个月左右;贮存地年降雨量 1 400 mm,全年平均气温 17 ℃,年均相对湿度在 68%~89% 之间;箱面需有必要的印刷内容;产品主要是面向国内大型棉纺厂家销售,与摇架混装后大部分经陆路运输。以上是该上销产品包装设计要考虑的主要条件和要求,有时还要考虑客户的一些临时或特殊的要求。SX2-6833-00A 上销产品平面图如图 1 所示,图中数据单位为 mm,下同。

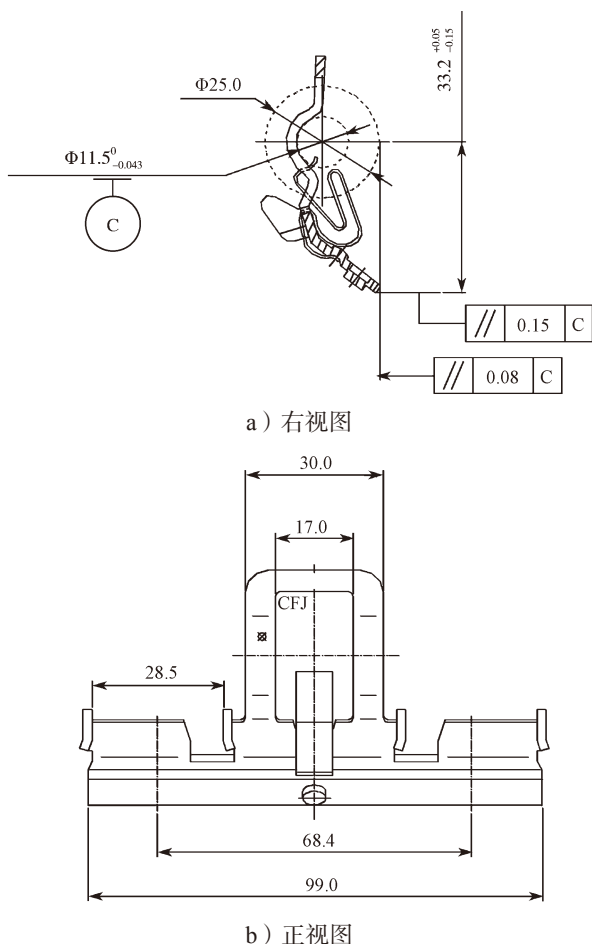


图 1 SX2-6833-00A 上销平面图

Fig. 1 The plane figure of top apron cradle of SX2-6833-00A

参照 SX2-6833-00A 上销平面图,结合 SX2-6833 上销产品的生产及物流特点,利用 Auto CAD 设计软件,设计出内包装泡沫塑料盒箱体及盒盖,如图 2 和图 3 所示。该泡沫塑料盒设计有 16 个插槽,将上销钳口板插放在泡沫塑料盒的长方形狭槽中,每盒装 15 件上销产品,泡沫塑料盒设计有嵌口,相互之间能嵌套着上下堆码。泡沫塑料盒可将上销产品固定,防止产品互相碰撞和摩擦;同时,泡沫塑料盒也具有支撑和缓冲作用,可有效地保护外包装,从而起到降低外包装成本的作用。

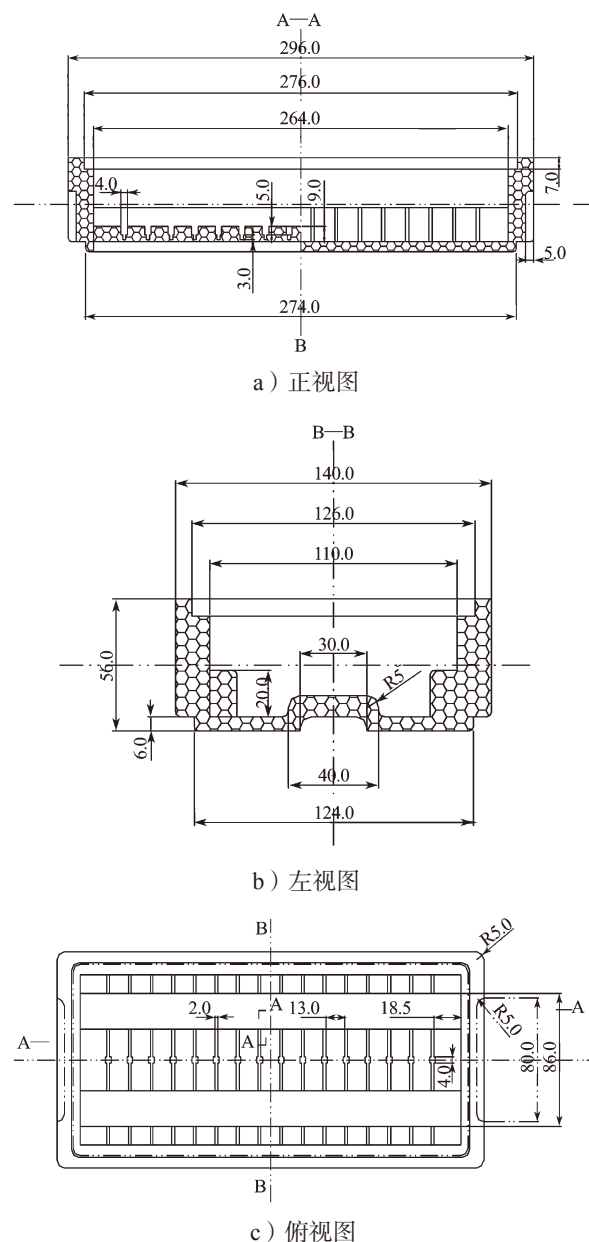


图 2 泡沫盒箱体三视图

Fig. 2 Three views of foam plastic box

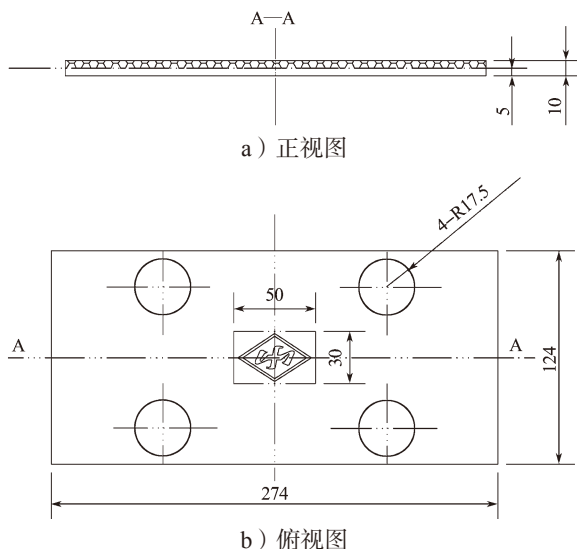


图3 泡沫盒盖二视图

Fig. 3 Two views of foam plastic box cover

3 上销瓦楞纸箱箱体设计

纸箱箱体设计是否恰当,关系到产品的保护和装运,也影响纸箱的强度和制造成本。瓦楞纸箱箱体设计主要包括内包装物的排列摆放,瓦楞纸箱箱型的选择,纸箱内包尺寸、展开尺寸及外包尺寸等。

3.1 内包装泡沫盒的排列摆放

内包装泡沫塑料盒(图2~3,最大外尺寸:长为296 mm,宽为140 mm,高为56 mm)排列码放设计,需要综合考虑以下几点:

1) 外包装箱要符合外形要素的形式美法则。即纸箱用于表达和传递信息的前后两个面的长和高的比例最好成整数或接近黄金分割的比例。

2) 箱形应尽可能节省材料。对于标准02箱型,内装物体积一定,纸箱外形长、宽、高的比例为2:1:2时,展开的面积最小,纸板用料最少。

3) 外包装箱形要有较好的抗压强度。试验证明,当长、宽比例为1.20~1.60时强度较高,堆码状态时当长、宽比例为1.5时强度最佳^[1]。

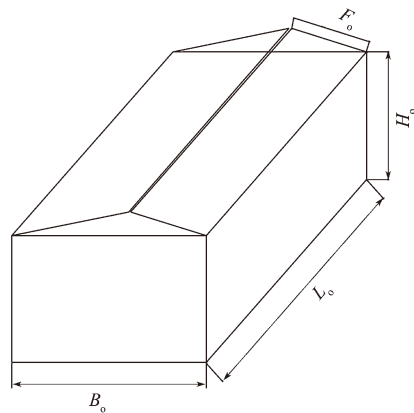
4) 内包装泡沫盒数量分解因子较多,应尽可能有较多的排列组合。这样有利于流通环节的模数化和标准化,也便于设计时最佳排列的选择。

5) 方便操作。根据GB/T 6543—2008《运输包装用单瓦楞纸箱和双瓦楞纸箱》的规定,瓦楞纸箱长、宽比例大于2.50,高、宽之比例为0.15~2.00^[2]时,较适合人工装卸。

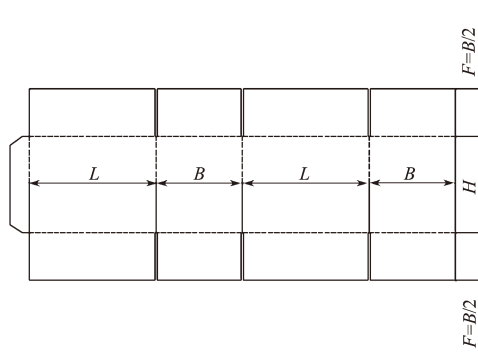
综合考虑以上各项要求,将内包装盒的摆放设计为:沿泡沫塑料盒宽度方向,每层并列摆放3盒,码放5层,成 $1 \times 3 \times 5$ 排列,共15盒。成台上销为210件/箱,每箱需上销泡沫塑料盒14只,每盒装15件,共装上销 $15 \times 14 = 210$ (件),另有1只空盒,最上层泡沫盒盖上盒盖。

3.2 瓦楞纸箱箱型的选择

箱型的选择同样影响纸箱的强度和生产成本。结合上销产品的装运特点和要求,参考国内纸箱箱型标准GB/T 6543—2008《运输包装用单瓦楞纸箱和双瓦楞纸箱》,选择如图4所示的常用的0201箱型(平口纸箱型:其所有摇盖取同一长度,外摇盖对接开槽式)完全可以满足产品的包装要求^[2]。



a) 0201 纸箱示意图



b) 0201 纸箱展开示意图

图4 0201型瓦楞纸箱

Fig. 4 0201 type corrugated carton

3.3 瓦楞纸箱内尺寸设计

瓦楞纸箱内尺寸是瓦楞纸箱内的净空尺寸,以长、宽、高的顺序表示^[2],即以内壁为基准,箱内3个方向上的有向尺寸。内尺寸的确定原则是:既要保证产品能顺利地装入箱内,又不能使产品在箱内有明显移动的空间。因此,通常情况下纸箱内尺寸都应稍

大于内装物的外轮廓尺寸。

除错列排列的圆柱形内包装物外,瓦楞纸箱内尺寸计算公式为

$$X_i = X_{\max} \times N_x + d \times (N_x - 1) + T + K' \quad (1)$$

式中: X_i 为纸箱内尺寸;

X_{\max} 为内装物最大外尺寸;

N_x 为内装物在纸箱内某一方向的排列数目;

d 为内装物公差(或间隙)系数,其经验取值如表1所示;

T 为衬格或缓冲件总厚度;

K' 为内尺寸修正系数(加大量),其经验取值如表2所示。

表1 纸箱内装物公差系数经验取值

Table 1 Experience value of tolerance coefficient of internal loading for corrugated box

内装物类型	中包装盒	软性物品	硬质刚性物品
公差系数 d/mm	$\pm(1\sim2)$	± 3	$+(1\sim2)$

表2 纸箱内尺寸修正系数经验取值

Table 2 Experience value of correction coefficient of inside dimensions for corrugated box

纸箱参数	长 L_i	宽 B_i	高 H_i		
			小型箱	中型箱	大型箱
内尺寸修正系数 K'/mm	3~7	3~7	1~3	3~4	5~7

根据前述包装泡沫盒外形尺寸及排列方式,利用式(1)和表1~2的相关数据,计算SX2-6833上销产品瓦楞纸箱内尺寸。由于泡沫盒有弹性且没有衬格,故取 $d=3$, $T=0$ 。)

$$L_i = 140 \times 3 + 3 \times (3-1) + 0 + 4 = 430,$$

$$B_i = 296 + 3 \times 0 + 0 + 4 = 300,$$

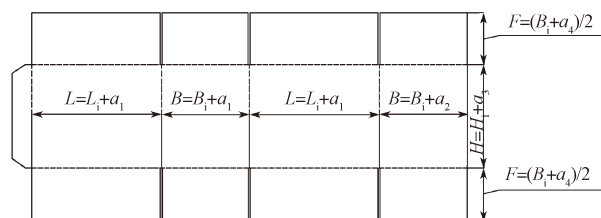
$$H_i = [(56-5) \times 4 + 56] + 3 \times (5-1) + 0 + 3 = 275.$$

综合以上计算数据,确定纸箱内尺寸为:长 $L_i=430\text{ mm}$ 、宽 $B_i=300\text{ mm}$ 、高 $H_i=275\text{ mm}$ 。

3.4 上销瓦楞纸箱展开尺寸设计

纸箱的展开尺寸就是制造时的压线尺寸。瓦楞纸箱展开时压线之间的尺寸以长、宽、高的顺序表示^[2]。展开尺寸是制箱时的下料尺寸,故又称为纸箱的制造尺寸。以展开的箱坯上的压痕线为度量基准,分切机上的压痕棍在压线位置上压出一条沟,压线是这条沟槽的中心线。

图5是0201型瓦楞纸箱的展开图,图中 a_1 , a_2 , a_3 , a_4 为其内尺寸伸放量,其相关数据见表3^[2]。



注: L, B, H, F 分别为纸箱的长、宽、高和摇盖长度的展开尺寸;
 L_i, B_i, H_i 为内尺寸; a_1, a_2, a_3, a_4 为伸放量。

图5 0201型纸箱展开图

Fig. 5 Expanded view of 0201 type carton

1) 纸箱长、宽、高制造尺寸的计算公式为

$$X = X_i + a, \quad (2)$$

式中: X_i 为纸箱内尺寸;

a 为内尺寸的伸放量,对于0201型纸箱,其理论取值如表3所示。根据实践经验,伸放量稍大于纸板厚度,一般为纸板厚+1 mm。考虑到箱坯的加工误差等因素影响,以及压线后纸板有收缩现象,其修正值要根据样箱试装后不断修改。

表3 0201型纸箱伸放量

Table 3 Flexible stretch of 0201 type carton

纸板类型	楞型	伸放量/mm			
		a_1	a_2	a_3	a_4
单瓦楞纸板	A	6	4	9	4
	B	3	2	6	1
	C	4	3	8	3
双瓦楞纸板	AB	9	6	16	6
	BC	8	5	14	5

注: 1. 当摇盖的计算结果 $B_i + a_4$ 为奇数时,则再加1 mm。
2. 伸放量会受制造设备、加工方法、所用原纸及封箱方法等诸多因素影响,是理论值或经验值;在生产实际中应制作样箱试装后修改,本案例由于精度要求不高,可按纸板厚+1 mm后制作。

2) 纸箱接头的制造尺寸。接头的制造尺寸也要根据瓦楞层数和生产工艺水平确定,经验表明:3, 5, 7层瓦楞纸板,接头的制造尺寸分别为35~40, 45~50, 50 mm。

3) 纸箱摇盖的制造尺寸。由于内外摇盖不在同一平面,外摇盖对接时会出现一定间隙,因此摇盖长度也应有适当的伸放量。

按图5和表3数据,计算纸箱展开(制造)尺寸:

$$\text{长 } L = L_i + a_1 = 430 + 9 = 439 (\text{mm});$$

$$\text{宽 } B_1 = B_i + a_1 = 300 + 9 = 309 (\text{mm}),$$

$$B_2 = B_i + a_2 = 300 + 6 = 306 (\text{mm}),$$

$$\text{宽平均值 } B = (309 + 306)/2 \approx 308 (\text{mm}) = 2F;$$

高 $H=H_i+a_3=275+16=291$ (mm) ;

摇盖长 $F=(B_i+a_4)/2=(300+6)/2=153$ (mm) ,

最终取 $F=154$ mm。

3.5 上销瓦楞纸箱外尺寸设计

瓦楞纸箱的外形尺寸为其外尺寸^[2],它是箱面上的标志尺寸,箱体体积按照外尺寸计算。纸箱的外尺寸大于制造尺寸,这个大出的尺寸称外尺寸的修正系数,用 K_p 表示。纸箱外尺寸 X_o 与制造尺寸 X 的关系为 $X_o=X+K_p$ 。一般来说,外尺寸长度和宽度方向的修正系数为 1 块纸板厚度,高度方向的修正系数为 2 块纸板厚度,实践中因装箱情况有所不同。以纸板厚度为基础,考虑纸箱棱角突出误差,可定出外尺寸的修正系数。

对于 0201 型瓦楞纸箱外尺寸与内尺寸的关系为:

长 $L_o=L_i+$ 纸板厚度 $\times 2$;

宽 $B_o=B_i+$ 纸板厚度 $\times 2$;

高 $H_o=H_i+$ 纸板厚度 $\times 4$ 。

纸板厚度确定后即可算出瓦楞纸箱的外包尺寸。

4 上销瓦楞纸箱的瓦楞纸板设计

4.1 上销纸箱瓦楞纸板的选择

瓦楞纸板是由一层或多层瓦楞纸(瓦楞芯纸)粘合在若干层纸或纸板(箱板纸)之间,用于制造瓦楞纸箱的一种复合纸板,其形状如图 6 所示^[3]。瓦楞纸板的选择主要从瓦楞纸板的楞型、定量、耐破强度、边压强度以及含水率等技术指标来考虑。

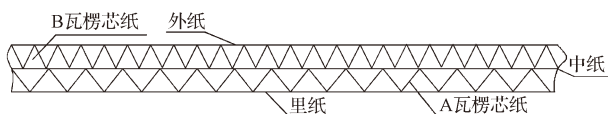


图 6 AB 瓦楞纸板示意图

Fig. 6 AB corrugated board schematic

纸箱的综合尺寸是指其内尺寸长、宽、高之和^[2]。从已经设计的上销纸箱内腔尺寸得出其综合尺寸为: $\sum X_i=430+300+275=1\ 005$ (mm)。内装物最大质量 = 上销净质量 + 泡沫塑料盒质量 ≈ 11 kg。根据 GB/T 6543—2008《运输包装用单瓦楞纸箱和双瓦楞纸箱》表 1 中瓦楞纸箱的种类及规定,结合上销产品的特点及物流情况,选择纸箱代号为 BD2.2^[2],即双瓦楞纸箱 2 类纸箱,其对应的纸板代号为 D2.2。根据 GB/T 6544—2008《瓦楞纸板》^[3],瓦楞纸板的最小综合定量为 450 g/m^2 ,耐破强度不低于 800 kPa ,边压强度不低于 3.2 kN/m 。

针对内装物的特点,瓦楞芯纸楞型选择 AB 型较合适。由 GB/T 6544—2008 的表 2 可知,楞型 A 的楞高为 $4.5\sim 5.0\text{ mm}$,楞型 B 的楞高 $2.5\sim 3.0\text{ mm}$ 。按照 GB/T 6544—2008 中 4.4.2 的规定,该纸箱瓦楞纸板至少高于 7 mm ,本文按 8 mm 计算。

确定了纸板厚度,即可得上销纸箱外包尺寸:

长 $L_o=L_i+$ 纸板厚度 $\times 2=430+8\times 2=446$ (mm) ;

宽 $B_o=B_i+$ 纸板厚度 $\times 2=300+8\times 2=316$ (mm) ;

高 $H_o=H_i+$ 纸板厚度 $\times 4=275+8\times 4=307$ (mm) 。

4.2 上销纸箱瓦楞纸板原纸经济选配设计

据 GB/T 6544—2008 中瓦楞纸板最小综合定量^[3]的含义,代号 D2.2 瓦楞纸板的里纸、外纸和中纸总定量不少于 450 g/m^2 ,其平均定量不少于 $450/3=150$ (g/m^2)。由于该上销面向国内销售,主要经陆路运输,贮存和流通条件尚好,内包装泡沫盒又有支撑和缓冲作用,根据平均定量,瓦楞纸箱瓦楞纸板外纸、中纸、里纸均选用普通箱板纸或牛皮挂面箱板纸中的合格品^[4],这样纸板定量较低,又不致影响纸箱的强度。根据 GB/T 13024—2003 的表 1^[4],得上销纸箱瓦楞纸板箱板纸经济选配方案如表 4 所示。

表 4 上销纸箱瓦楞纸板箱板纸经济选配方案

Table 4 Economical selection programme of paperboard for the corrugated cartons with top apron

箱板纸名称	定量 / ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	耐破指数 / ($\text{kPa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$)	横向环压指数 / ($\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{g}^{-1}$)	交货水分 %
牛皮挂面外纸(合格品)	168	≥ 2.1	5.7	9.0 ± 2.0
中纸(合格品)	152	≥ 2.2	5.5	9.0 ± 2.0
普通箱板里纸(合格品)	152	≥ 2.2	5.5	9.0 ± 2.0

D2.2 纸板边压强度最小值为 \sum 箱板纸环压强度 + \sum 瓦楞纸环压强度 \times 收缩率。

设 $X=\sum$ 箱板纸环压强度, $Y=\sum$ 瓦楞纸环压强度 \times 收缩率,则有 $X+Y=3\ 200\text{ N/m}$ 。因此

$$Y=3\ 200-X=3\ 200-(5.7\times 168+5.5\times 152+5.5\times 152)=570.4\approx 570\text{ (N/m)}。$$

两种瓦楞(原)芯纸的横向环压指数均取 $r=3$ ($\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{g}^{-1}$)。因 $r=R/W$,其中 R 为横向环压强度,

单位 N/m ; W 为定量, 单位 g/m^2 [5]。则 AB 型瓦楞纸总定量不少于 $570/3=190$ (g/m^2)。

通过上面分析并查 GB/T 13023—2008 中表 1 [5], 得上销纸箱瓦楞纸板瓦楞芯纸经济选配方案如表 5 所示。

表 5 上销纸箱瓦楞纸板瓦楞芯纸经济选配方案

Table 5 Economical selection programme of corrugated paper for the corrugated cartons with top apron

瓦楞 (原) 芯纸名称	定量 / ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	收缩率	横向环压指数 / ($\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{g}^{-1}$)	交货水分 %
A 楞瓦楞芯纸 (合格品)	100	1.50~1.60	3.0	8.0 ± 2.0
B 楞瓦楞芯纸 (合格品)	90	1.35~1.40	3.0	8.0 ± 2.0

综合以上分析可得, 上销纸箱瓦楞纸板的配料结构。面纸: 168 g/m^2 牛皮挂面, 环压指数 $5.7 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{g}^{-1}$;

楞纸: 100 g/m^2 A 瓦楞纸, 环压指数 $3.0 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{g}^{-1}$;

中纸: 152 g/m^2 牛皮挂面, 环压指数 $5.5 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{g}^{-1}$;

楞纸: 90 g/m^2 B 瓦楞纸, 环压指数 $3.0 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{g}^{-1}$;

里纸: 168 g/m^2 牛皮挂面, 环压指数 $5.5 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

5 纸箱瓦楞纸板强度校核

上销装箱后纸箱在堆码时, 最底层纸箱要承受上面包装件的压力, 因此纸箱承受的抗压力就是堆码载荷。堆码载荷的计算公式为

$$p_0 = G \times (H_d/h - 1) \times 9.8, \quad (3)$$

式中: p_0 为堆码载荷, 单位 N ;

G 为每个瓦楞纸箱包装件的质量, 单位 kg ;

H_d 为包装箱堆积高度 (一般不大于 $3\,000 \text{ mm}$), 单位 mm ;

h 为每个瓦楞纸箱的高度, 单位 mm 。

根据上销纸箱装箱后的贮存情况, 利用式 (3) 得堆码载荷为

$$p_0 = 11 \times 9.8 \times (n-1) = 11 \times 9.8 \times 9 \approx 970 \text{ (N)},$$

式中 n 为堆码层数。

根据前面的分析, 瓦楞纸箱抗压强度会受各种因素的影响, 因此设计时, 预定的瓦楞纸箱抗压力要比堆码载荷大许多, 为保证纸箱的抗压力, 需要增加一个合理的强度安全系数 K , 即 $P_{\text{预定}} = K \times p_0$ [2], 而且随着纸箱强度的弱化, 安全系数 K 还要进一步加大。安全系数 K 越大, 选取的瓦楞纸箱纸板的各种技术指标相对越高, 纸箱成本也会随之上升; 若安全系数 K 太小, 就会造成塌箱质量事故。所以选取的安全系数, 既要保证产品包装的强度, 同时又要控制包装成本。

参考试验数据 [1], 结合上销纸箱设计的要求和

条件, 安全系数 K 的选定主要考虑以下 5 个因素:

1) 贮存时间在 3 个月左右, K 的劣化率一般为 -40% 。

2) 正常的堆码形式下 K 的劣化率一般为 -20% ;

3) 在装卸、运输过程中振动和冲击造成 K 的劣化率一般为 -15% ;

4) 小面积印刷 K 的劣化率一般为 -10% ;

5) 受温度和湿度的影响, K 的劣化率一般为 -10% 。

因此,

$$K = 1 / [(1-40\%) \times (1-20\%) \times (1-15\%) \times (1-10\%) \times (1-10\%)] \approx 3.$$

考虑到纸箱内有泡沫塑料盒作为支撑, 能够增强纸箱的抗压能力, 将 K 确定为 2 [2], 故预定瓦楞纸箱的抗压力为

$$P_{\text{预定}} = K \times p_0 = 2 \times 970 = 1\,940 \text{ (N)}.$$

运用凯里卡特 (K. Q. Kellicutt) 公式 (4) [6], 计算 0201 型纸箱的抗压力,

$$P = p_x \cdot (4\delta/Z)^{2/3} \cdot Z \cdot J, \quad (4)$$

式中: P 为纸箱抗压力, 单位 N ;

p_x 为构成瓦楞纸板的原纸的综合环压强度或瓦楞纸箱的边压强度, 取值为 35 N/cm ;

δ 为瓦楞的常数, 取值 13.36 ;

Z 为纸箱的周长, 单位 cm ;

J 为纸箱的常数, 取值 1.01 。

对于所设计的上销纸箱有

$$Z = 2 \times (L_0 + B_0) = 2 \times (446 + 316) = 1\,524 \text{ (mm)} = 152.4 \text{ (cm)}.$$

再根据式 (4) 计算出纸箱抗压力

$$P = 35 \times (4 \times 13.36 / 152.4)^{2/3} \times 152.4 \times 1.01 \approx 2\,581 \text{ (N)}.$$

而 $P > P_{\text{预定}}$, 因此设计的上销纸箱满足抗压强度的要求 [7]。

瓦楞纸板耐破强度可以由所用的原材料推算得出, 它等于各层箱板纸的耐破强度之和乘以系数 0.95 ,

与瓦楞层无关,其计算公式为

$$p' = 0.95 \sum \sigma = 0.95 \sum R' W, \quad (5)$$

式中: p' 为瓦楞纸板耐破强度, 单位 kPa;

σ 为箱板纸耐破强度, 单位 kPa;

R' 为箱板纸耐破指数, 单位 $(\text{kPa} \cdot \text{m}^2)/\text{g}$;

W 为箱板纸定量, 单位 g/m^2 。

根据表 4 可算出

$$p' = 0.95(2.1 \times 168 + 2.2 \times 152 + 2.2 \times 152) \approx 1\,022 (\text{kPa})。$$

因 $p' > 800 \text{ kPa}$, 这说明所用原材料符合纸板耐破强度的要求。实践表明所设计的瓦楞纸箱在货运过程中的破损率较低。

6 纸箱相对用料率 R_s 验算

由 3.1 节可知, 02 型瓦楞纸箱内装物体积 V 一定时, 最理想的尺寸应是长、宽、高的比例为 2:1:2, 此时制造纸箱消耗材料最少, 因此设计的纸箱箱形应尽可能接近理想箱形。纸箱相对用料率 R_s 即为某种纸箱材料消耗相对最省料理想箱形的材料消耗的比率。相对用料率越高, 制箱越费料。根据 0201 箱型展开示意图 4b, 其表面积表达式为

$$S = 2(L \times H + B \times H) + 2(L \times 2F) + 2(B \times 2F) = 2(L \times H + B \times H + L \times B + B \times B)。$$

当纸箱的长、宽、高之比 $L:B:H=2:1:2$ 时, 纸箱体积

$$V = L \times B \times H = 4B^3。$$

从而得 $B = (V/4)^{1/3}$, 此时纸箱用料面积

$$S = 2(4 + 2 + 2 + 1)B^2 = 18B^2 \approx 7.15V^{2/3},$$

以 S 作为设计纸箱用料的参照。

从 3.4 节可知, SX2-6833 上销纸箱展开尺寸为: 长 $L=439 \text{ mm}$, 宽 $B=308 \text{ mm}$, 高 $H=291 \text{ mm}$, 则

$$L:B:H = L:2F:H = 439:308:291 \approx 1.43:1:0.94。$$

该纸箱的体积 $V = L \times B \times H \approx 1.34B^3$, 从而得 $B = 0.907V^{1/3}$ 。

因此, 上销纸箱用料面积

$$S' = 2(1.43 \times 0.94 + 1 \times 0.94 + 1.43 \times 1 + 1 \times 1)B^2 \approx 9.428B^2 \approx 9.428 \times 0.907^2 V^{2/3} \approx 7.76 V^{2/3},$$

则相对用料率 $R_s = S':S \approx 7.76 V^{2/3} : 7.15 V^{2/3} \approx 109\%$ 。

相对用料率为 109% 在合理区间内, 这表明本文所设计的瓦楞纸箱用料比较节省。

7 结语

按本文所述方法设计的 SX2-6833 上销瓦楞纸

箱, 经常德纺织机械有限公司大量生产和使用后的实践表明, 纸箱有足够的强度, 有效控制了此前出现的许多质量事故, 维护了公司产品的品牌形象。SX2-6833 上销瓦楞纸箱比以前的木制包装更轻便、更美观, 装运更方便, 还降低了包装成本。据估算, 每年可节约包装成本约 7 万元, 为公司降本增效作出了较大的贡献。

参考文献:

- [1] 范文高, 蔡少龄. 运输包装设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1990: 622-623.
FAN Wengao, CAI Shaoling. Manual for Transport Packaging Design[M]. Beijing: China Machine Press, 1990: 622-623.
- [2] 全国造纸工业标准化技术委员会. 运输包装用单瓦楞纸箱和双瓦楞纸箱: GB/T 6543—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1-9.
National Standardization Technical Committees of Paper Industry. Single and Double Corrugated Boxes for Transport Package: GB/T 6543—2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008: 1-9.
- [3] 全国造纸工业标准化技术委员会. 瓦楞纸板: GB/T 6544—2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1-6.
National Standardization Technical Committees of Paper Industry. Corrugated Fiberboard: GB/T 6544—2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008: 1-6.
- [4] 全国造纸工业标准化技术委员会. 箱纸板: GB/T 13024—2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003: 1-2.
National Standardization Technical Committees of Paper Industry. Case Board: GB/T 13024—2003[S]. Beijing: Standards Press of China, 2003: 1-2.
- [5] 全国造纸工业标准化技术委员会. 瓦楞芯(原)纸: GB/T 13023—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1-3.
National Standardization Technical Committees of Paper Industry. Corrugated Medium: GB/T 13023—2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008: 1-3.
- [6] 马金盛, 王玉慧. 瓦楞纸箱设计中的强度校核 [J]. 中国包装工业, 2002(3): 45-46.
MA Jinsheng, WANG Yuhui. The Design of Corrugated Box[J]. China Packaging Industry, 2002(3): 45-46.
- [7] 贾丽平. 瓦楞纸箱抗压强度试验研究与有限元分析 [D]. 西安: 陕西科技大学, 2012.

JIA Liping. A Test Study and Finite Element Analysis
About Corrugated[D]. Xi'an: Shaanxi University of

Science & Technology, 2012.

Design of Corrugated Carton with SX2-6833 Top Apron Cradle

SHENG Haiyun

(Cradle Branch Technology Department, Changde Textile Machinery Co., Ltd., Changde Hunan 415004, China)

Abstract: Aimed at the developments and current situation in packaging industry, through the design of corrugated carton with SX2-6833 top apron cradle, the key factors affecting the quality of corrugated packaging were analyzed, while the basic ideas and methods in the design were introduced, with the issues to be noted pointed out in the design of corrugated carton. The results showed that the previous problems in the use of corrugated carton were resolved, and the goals of reducing packaging cost and improving packaging quality were achieved.

Keywords: corrugated carton; design in size of corrugated carton; design of corrugated board; corrugated board intensity; relative material rate in carton

.....

(上接第 65 页)

Research on Modification and Application of Ethylene-Vinyl Acetate Materials

HAO Xihai, SHI Baoyun

(School of Packaging and Materials Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Processing technology and three major modification methods for EVA material were introduced as blending modification, graft modification and cross-linking modification. The applications of the modified EVA were also reviewed in the aspects of flame retardant, conductive, foaming, solar film, hot melt, packaging film and other fields. The improvement of processing technology and its application in the field of non-slip transportation packaging of EVA in future were prospected through analyzing the shortcomings currently existed in modification technology and the limitation of the application scope.

Keywords: ethylene-vinyl acetate; blending modification; graft modification; crosslinking modification