

技术专论

瓦楞纸板压楞系数选设对纸板生产成本的影响

肖志坚

(浙江东方职业技术学院, 温州 325011)

摘要: 瓦楞辊压楞系数(γ)是瓦楞纸板生产线的核心工艺参数,该参数的选设直接影响到瓦楞纸板成型后的物理性能和纸板生产企业的经济效益。以 A 型瓦楞纸板为例,结合 GB/T 6544—2008 瓦楞纸板工艺参数的规定,根据瓦楞辊类型和设计原理,求出了 A 型瓦楞压楞系数;对比分析了压楞系数取上下限时纸板生产成本的差异,同时选择压楞系数差异较大的 A 型纸板进行了性能对比,最后提出了瓦楞压楞系数选设的参考建议。

关键词: 瓦楞纸板; 压楞系数(γ); 物理性能; 生产成本

中图分类号: TB484.1; TB488 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)11-0026-03

Effect of Pressure Coefficient Selection on Production Cost of Corrugated Cardboard

XIAO Zhi-jian

(Zhejiang Dongfang Vocational and Technological Institute, Wenzhou 325011, China)

Abstract: Pressure coefficient of corrugated cardboard(γ) is the key technological parameter of corrugated cardboard production line, and the selection and setting of the parameter directly affects the physical performance of corrugated cardboard and the enterprise's economic efficiency. The pressure coefficient of A type corrugated cardboard was solved according to design principle and corrugated roller type combined with the prescription in the national standards GB/T 6544—2008. The production costs of corrugated cardboard with upper and lower limit of pressure coefficient was compared and analyzed. The performance difference of A type corrugated cardboard with large γ difference was compared. Suggestion on pressure coefficient selection and setting was put forward.

Key words: corrugated cardboard; pressure coefficient of corrugated cardboard(γ); physical performance; economic efficiency

瓦楞纸箱是现代商品生产流通中必不可少的包装容器之一,具有轻便、牢固、环保、保护商品、便于装卸运输等多种特点,被广泛应用于家用电器、纺织品、食品等商品包装。随着近年轻工业的高速发展,瓦楞纸箱的生产和消耗逐年增长,根据中国包装联合会纸制品包装委员会统计数据显示:国内瓦楞纸板、纸箱生产企业超万家,上百家纸板生产企业拥有 2 条以上的瓦楞纸板生产线^[1]。急剧增加的生产加工企业直

接导致了行业竞争白热化,有效挖掘企业内部潜力,控制生产成本,成为了微利时代瓦楞纸箱企业盈利的关键。

1 国家标准介绍

由 GB/T 6544—2008 瓦楞纸板规定,可以清楚地获悉国内 4 种常用瓦楞(A,B,C,E)的基本技术参数,见图 1 和表 1^[2-3]。

收稿日期: 2011-04-12

基金项目: 教育部重点课题(GKA103004/32)

作者简介: 肖志坚(1977—),男,硕士,浙江东方职业技术学院高级工程师,华南理工大学访问学者,主要研究方向为印刷包装材料及其加工工艺。

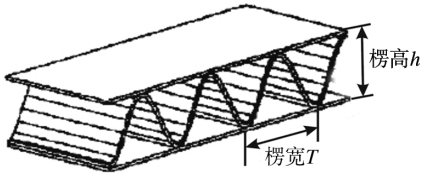


图 1 瓦楞楞型结构及尺寸

Fig. 1 The structure and size diagram of corrugated cardboard

表 1 国内 4 种常用瓦楞基本技术参数

Tab. 1 The four basic technological parameters used in corrugated cardboard in China

楞型	楞高 h/mm	300 mm 楞数	楞宽 T/mm
A	4.5~5.0	34 ± 3	8.0~9.5
B	2.5~3.0	50 ± 4	5.5~6.5
C	3.5~4.0	41 ± 3	6.8~7.9
E	1.1~2.0	93 ± 6	3.0~3.5

GB/T 6544—2008 瓦楞纸板规定中给出了国内常用的 4 种楞型的工艺参数,但仔细观察会发现以上 4 种不同瓦楞类型的参数均为范围值,而非具体固定数值,也就是说实际产品实测参数在以上范围内,就可以认为是符合国标的合格产品。然而实验和生产数据显示:当选用每 30 cm 长度范围内瓦楞密度为规定的上下限值时,即每 30 cm 37 楞和 31 楞,其生产过程中消耗瓦楞原纸量是完全不同的,也就说纸板的生产成本存在差异。为了较好地、定量地了解选用不同压楞系数对纸板生产成本的影响,以 A 型瓦楞为例,根据瓦楞设计原理和常用瓦楞形状进行压楞系数理论计算,探讨纸板生产企业 1 年内使用国标范围上下限数值生产加工瓦楞的成本差异。

2 压楞系数理论计算

以 A 型瓦楞为例,结合 GB/T 6544—2008 取值范围,分 4 组数据计算瓦楞辊压楞系数值,见表 2。

表 2 4 组 A 型瓦楞的参数设定

Tab. 2 Parameter setting of 4 groups A type corrugated cardboard

组别	高度/mm	300mm 楞数	楞宽 T/mm
1 组	4.5	31	9.68
2 组	5.0	31	9.68
3 组	4.5	37	8.11
4 组	5.0	37	8.11

结合瓦楞类型和瓦楞曲线设计原理,取一个周期的中间点建立坐标,绘制瓦楞楞型,见图 2,基本结构

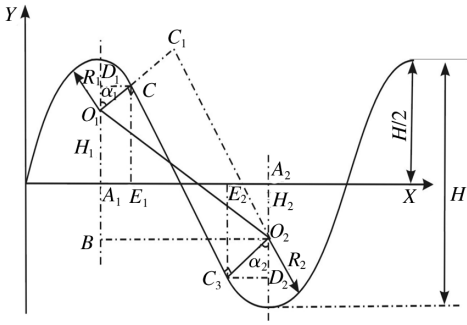


图 2 瓦楞楞型参数示意

Fig. 2 The corrugated type parameter diagram of corrugated cardboard

主要由齿顶圆弧(半径 R_1)、齿沟圆弧(半径 R_2)及一定角度的切线组成^[4]。

可以利用式(1)准确计算出 γ :

$$\gamma=L/T \tag{1}$$

式中: L 为一个周期的瓦楞周长; T 为楞宽。

结合图 2,式(1)可以转换为:

$$\gamma=(2CC_3+LR_1+LR_2)/T \tag{2}$$

式中: LR_1 为齿顶圆弧弧长; LR_2 为齿沟圆弧弧长; CC_3 切线长。

$$CC_3=[(H_1+H_2)^2+(T/2)^2-(R_1+R_2)^2]^{1/2} \tag{3}$$

式中: H_1, H_2 分别为齿顶圆弧、齿沟圆弧圆心到 X 轴的距离。

$$L_{R_1}=2\alpha_1\pi R_1/180^\circ \tag{4}$$

$$\alpha_1=180^\circ-\angle O_2O_1B-\angle O_2O_1C \tag{5}$$

则:
$$L_{R_1}=2[180^\circ-\arctan \frac{T}{2(H_1+H_2)}-\arccos(R_1+R_2)/O_1O_2]\pi R_1/180^\circ \tag{6}$$

同理:
$$L_{R_2}=2\alpha_2\pi R_2/180^\circ \tag{7}$$

根据图 2,结合平行线的性质,可知 $\alpha_1=\alpha_2$,那么:

$$L_{R_2}=2[180^\circ-\arctan \frac{T}{2(H_1+H_2)}-\arccos(R_1+R_2)/O_1O_2]\pi R_2/180^\circ \tag{8}$$

通过瓦楞辊设计原理和国内常用中低速瓦楞辊的参数指标,可以查到: $R_1=1.45\text{ mm}, R_2=1.85\text{ mm}$,利用式(2),(3),(6),(8)可以方便地计算出 4 组瓦楞辊的 γ 值,见表 3。

事实上,当齿顶圆弧 R_1 发生改变时,其压楞系数

表3 4组A型瓦楞的γ值

Tab.3 γ value of 4 groups A type corrugated cardboard			
组别	高度/mm	300 mm 楞数	γ
1 组	4.5	31	1.431
2 组	5.0	31	1.502
3 组	4.5	37	1.614
4 组	5.0	37	1.682

也在改变,计算数据显示齿顶圆弧增加 0.1,压楞系数要增加近 1%,意味着耗纸量也要增加 1%,见表 4。

表4 齿顶圆弧R₁对γ值的影响

Tab.4 Influence of teeth top of arc R ₁ on γ value				
齿顶圆弧/mm	1.2	1.3	1.4	1.5
γ	1.491	1.502	1.510	1.519

同时,随着齿顶圆弧的增加,耗胶量也会相应地增加^[5]。

3 生产成本案例分析

设某个瓦楞纸板生产企业,一条瓦楞纸板生产线批量生产 A 型 3 层瓦楞、B 型 3 层瓦楞、AB 型 5 层瓦楞纸板,常年报表统计面积比为 1:1:1,生产实行两班制,每天共工作 20 h,设备采用国内常用设备京山轻机,生产平均速度(*v*)为 120 m/min,幅宽(*D*)为 2 m,并假定生产中幅宽为满负荷利用,瓦楞纸为国内常用定量(*g*)120 g/m² 的高强度瓦楞纸,单价(*p*)为 2 500 元/吨,通过压楞系数(*γ*)取上下极限值(1.431, 1.682)来计算 1 年内对生产成本的差异。

1) 生产成本差异分析。

$$S_{\text{年产}} = VD60 \times 20 \times 365 = 1.051\,2 \times 10^8 (\text{m}^2)$$

分别取压楞上下限值:

$$\Delta S_{\text{瓦楞}} = 2/3(S_{\text{年产}} \gamma_{\text{上限}} - S_{\text{年产}} \gamma_{\text{下限}}) = 1.759 \times 10^7 (\text{m}^2)$$

结合瓦楞纸定量(*g*)和单价(*p*),其年差价(ΔP):

$$\Delta P = \Delta S_{\text{瓦楞}} g p = 5.277 \times 10^6 (\text{元})$$

选用压楞上下限系数(*γ*)进行生产加工,年生产成本差异竟达到 500 多万元。

4 物理性能对比分析

已知压楞系数不同,生产成本差异巨大,下面选择 A 型瓦楞纸板的上下限压楞系数的纸板,进行常规物

理性能对比,分析楞数对纸板的物理性能有无影响。

4.1 试样选取

考虑到压楞上下限系数属于理论设计值,实验中无法取得上下限压楞系数(*γ*)的同一纸板进行常规物理性能测试对比,只能选择实际生产中同样楞型的 *γ* 值差异较大的样品替代。不同 *γ* 值的 A 型瓦楞纸板的常规物理性能检测对比结果见表 5。

表5 γ系数对A瓦楞纸板性能的影响

Tab.5 Influence of coefficient γ on performance of A type corrugated cardboard					
定量 /(g·m ⁻²)	γ	耐破度 /kPa	戳穿强 度/J	边压强度 /(kN·m ⁻¹)	平压强 度/kPa
面纸:200	γ ₁ (1.59)	850	7.27	3.49	55.6
瓦楞:150					
里纸:200	γ ₂ (1.48)	849	7.13	3.40	54.5
面纸:200	γ ₁ (1.59)	735	6.45	3.18	50.4
瓦楞:120					
里纸:150	γ ₂ (1.48)	735	6.38	3.10	49.5
面纸:150	γ ₁ (1.59)	580	5.67	2.78	45.4
瓦楞:110					
里纸:127	γ ₂ (1.48)	580	5.58	2.71	44.5

4.2 测量对比

按照国标对样品进行处理后,分别对纸板的耐破度、戳穿强度、边压强度和平压强度进行测试,测量值见表 5。

实验结果表明,同材料的纸板四大常用指标数据中耐破度无明显变化,事实上瓦楞纸板楞型变化对耐破度几乎无影响,戳穿强度、边压强度和平压强度都有有较小变化,但幅度不大,除非客户有明确的要求,一般情况下能够满足客户要求。

5 结论

1) 瓦楞纸板压楞系数(*γ*)是瓦楞纸板生产加工过程中的一个极其重要的技术参数,在纸板成型、原纸消耗和胶粘剂使用量上起到了关键性的作用,作为企业生产技术管理人员必须深刻地了解该参数的重要性^[7-8]。

2) 为了较好地控制瓦楞纸板生产成本,在国标 GB/T 6544—2008 瓦楞纸板工艺技术参数规定的基

的峰值处为第二共振点,依次类推。

通过 ANSYS 仿真谐振动分析发现:频率在 90~100 Hz 频率情况下,产品结构因振动产生的应力变化非常显著。在 1~200 Hz 范围进行变频振动试验,得到了加速度与频率响应的关系,见图 15。从图 15

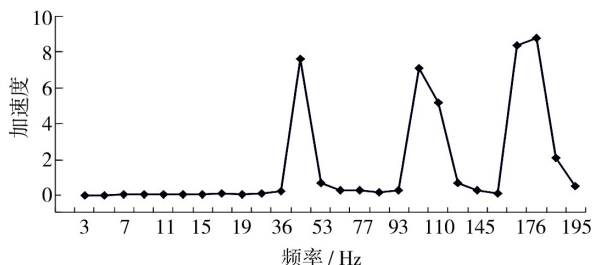


图 15 频率-加速度响应关系曲线

Fig. 15 Frequency-acceleration response curve

看出,振动实验结果与仿真实验结果基本吻合。其中频率在 30~40 Hz, 90~100 Hz, 以及 160~180 Hz 时,响应加速度较大,产生了共振。

5 结论

棋盘式纸浆模塑结构承载能力是传统结构的 5 倍以上,所用材料较传统设计结构要少。从试验静态载荷分析看,承载能力达到了 2 110 N,突破了传统结构只能承载 150 kg 以下商品的局限。棋盘式结构可

以避免运输过程中的共振,即使在低频区共振产生时,也具有很好的抗振效果。

参考文献:

- [1] 朱小东,张孝徽. 纸浆模塑技术的发展及其模具的革新[J]. 株洲工学院学报, 2002(1): 1-3.
- [2] 邓瑶瑶,徐弘,帅大平,等. 应用 Solidworks 对棋盘式纸浆模塑结构及其模具的设计[J]. 包装学报, 2010(2): 43-47.
- [3] 李建国. 压力容器设计的力学基础及其标准应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2005.
- [4] 黄俊彦. 纸浆模塑生产实用技术[M]. 北京:印刷工业出版社, 2007.
- [5] 平幼妹,余本农,计宏伟,等. 用有限元分析和 DICM 确定纸浆模塑材料弹性常数的逆问题[J]. 包装工程, 2006, 27(1): 24-27.
- [6] 计宏伟,余本农,平幼妹,等. 用数字相关测量方法研究纸浆模塑材料拉伸时的力学性能[J]. 包装工程, 2004, 25(4): 168-170.
- [7] GB 4857. 4-84, 中华人民共和国国家标准——测量与试验[S].
- [8] 彭国勋,宋宝丰. 物流运输包装设计[M]. 北京:印刷工业出版社, 2006.
- [9] 刘晓晖. 人车路系统振动的时域控制模拟及其频谱分析[D]. 长沙:湖南大学, 2008.
- [10] GB 4857. 10-86, 中华人民共和国国家标准——测量与试验[S].

(上接第 28 页)

础上,选择较小的 γ 作为瓦楞辊的设计参数,这样既可以降低生产成本又可以满足国标基本要求。

3) 为了高质量地满足部分特殊要求,尤其是针对瓦楞纸板(箱)物理性能的特殊要求,生产企业应该先打样测试后再批量生产;或者通过日常生产积累不同材料瓦楞纸板的物理指标测量结果,建立数据库,当客户提出特定要求时,可以通过改变材料弥补压楞系数 γ 带来的影响。

参考文献:

- [1] 中国包装联合会纸制品包装委员会. 全球瓦楞纸箱印刷成套设备市场行业发展现状[N]. 中国包装报, 2011-02-10(1).

- [2] GB/T 6544-2008, 瓦楞纸板国家标准[S].
- [3] 杨瑞丰. 瓦楞纸箱生产实用技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2006.
- [4] 赵亮. 基于有限元的瓦楞纸板楞型研究[D]. 大连:大连理工大学, 2009.
- [5] 邵卫东. 瓦楞辊楞型参数对纸箱厂生产成本的影响[J]. 纸包装工业, 2009(5): 79-80.
- [6] 柯晖,周世棠,魏春梅,等. 单面瓦楞机高速瓦楞辊齿形参数的优化设计[J]. 包装工程, 2000, 21(2): 30-33.
- [7] 程锡潘. 瓦楞成型及有关瓦楞辊设计问题[J]. 包装与食品机械, 1985(4): 11-15.
- [8] 郑开陆. 瓦楞辊再生的研究[J]. 包装工程, 2006, 27(2): 34-36.