

论坛与资讯

瓦楞纸板(箱)减量化设计加工研究现状

肖志坚

(浙江东方职业技术学院, 温州 325011)

摘要: 瓦楞纸板(箱)减量化设计是低碳经济时代瓦楞纸板(箱)设计开发的重要发展方向,符合国家当前的政策。对目前国内瓦楞纸板、纸箱减量化设计生产采用的结构设计优化、材料选用和配料优化及纸板生产工艺技术优化等一系列方案,进行了总结和概述,为瓦楞纸板、纸箱生产企业提供一点帮助。

关键词: 瓦楞纸板(箱); 减量化设计; 抗压强度; 生产成本

中图分类号: TB484.1; TB482.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)07-0127-05

Current Status of Reduction Design and Manufacturing of Corrugated Fiberboard (Box)

XIAO Zhi-jian

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

Abstract: The reduction design of corrugated fiberboard box is an important development of corrugated fiberboard and box design in the low-carbon economy era which conforms to the national current policy. A series of schemes for reduction design of corrugated paperboard and box in China was summarized, such as structural optimization design used in the production, material selection and paper matching optimization, and the technological optimization of paperboard. The purpose was to provide reference for production of corrugated fiberboard box.

Key words: corrugated fiberboard box; reduction design; compressive strength; production cost

低碳经济时代,采用减量化设计、生产加工瓦楞纸板、纸箱符合国家长期国策,是绿色包装行业发展的重要趋势。所谓瓦楞纸箱减量化设计就是在保证瓦楞纸箱能满足保护产品性能完好的前提下,通过改变传统生产加工工艺、配料方法及结构设计等,降低原材料使用量和生产加工成本。

1 瓦楞纸板、纸箱减量化设计背景

1.1 行业竞争微利化

近年来,国内轻工业快速发展,作为商品包装产品—瓦楞纸板(箱)生产和消耗量也快速增长,其加工企业和从业人员也急剧增加,竞争白日化直接导致产品微利化。挖掘企业内部潜力,开发新产品,成为微

利时代纸箱企业盈利的关键。

1.2 节能减排是产业发展趋势

2008年,中华人民共和国全国人民代表大会常务委员会通过的《中华人民共和国循环经济促进法》。文件明确规定:发展循环经济应当在技术可行,经济合理和有利于节约资源,保护环境的前提下,按照减量化优先的原则实施。瓦楞纸箱行业作为高耗能的产业之一,积极推行减量化设计降低原材料和资源消耗势在必行,符合国策和产业发展趋势^[1-2]。

2 常规瓦楞纸板生产工艺

目前,国内包装企业生产加工瓦楞纸板(箱)主要采用2种工艺。一是单面机生产单面瓦楞,然后通过

收稿日期: 2011-11-21

基金项目: 2012年中国物流学会研究课题(2012CSLKT099);浙江省新世纪课题(yb08123);浙江东方职业技术学院课题(DF2011202)

作者简介: 肖志坚(1977—),男,硕士,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和工艺。

裱胶机涂胶复合制板,再利用印刷成型设备加工制箱;二是使用多层瓦楞纸板生产线直接生产加工多层瓦楞纸板,并在线完成规格分切和压线,再利用印刷成型设备加工制箱,其工艺流程见图 1^[3]。

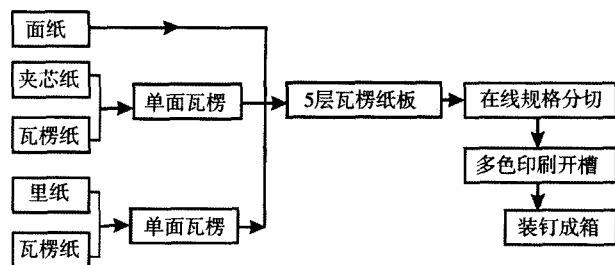


图 1 传统瓦楞纸板生产加工工艺流程

Fig. 1 Flowchart of traditional corrugated board production

图 1 为传统瓦楞纸箱加工工艺流程。该工艺较为成熟,也是目前大部分纸箱企业制箱的主流工艺。随着产业升级和包装工程技术人员不断创新,该流程已有较大改进,主要是在此基础上逐步开发了减量化加工工艺技术。

3 减量化设计及加工

减量化设计生产加工瓦楞纸板(箱)是目前瓦楞纸板(箱)企业发展的新方向。该技术一方面降低了原材料的使用量,有效地保护了环境;另一方面节约了生产成本,提高了企业竞争力。目前瓦楞纸箱减量化主要包括:瓦楞纸板减量化设计和加工、瓦楞纸箱减量化工艺及质量控制、瓦楞纸箱衬材减量化设计^[3]。

3.1 瓦楞纸板减量化设计和加工

瓦楞纸板是瓦楞纸箱生产加工的主要原材料,并决定了瓦楞纸箱的生产成本,纸板减量化设计生产是纸箱包装减量化设计的关键。目前纸板减量化主要体现在瓦楞辊压楞系数优化设计、瓦楞辊材质选用、原纸轻量化选配、纸板层结构改进、局部复合加强技术等。

3.1.1 瓦楞辊压楞系数优化

瓦楞辊压楞系数是纸板成型的核心参数,其结构包括齿顶圆弧、齿沟圆弧及一定角度的切线,其结构参数直接决定了纸板加工过程中的瓦楞纸用量,国家 GB/T 6544—2008 规定了 A, B, C, E 等 4 种瓦楞的取值范围,如表 1 所示,表中数值均为范围值^[5]。事

实上,如果选取表 1 中的上下限值加工瓦楞纸板,其年产值将会有上百万的差异。由此优选压楞系数是瓦楞纸板减量化生产的一项重要工艺,需要纸箱生产企业高度重视,但同时也必须考虑到压楞系数对纸板性能的影响,做好必要的补偿设计^[4-5]。

表 1 国内 4 种常用瓦楞基本技术参数
Tab. 1 Four typical flutes used in corrugated board production in China

楞型	楞高 h/mm	300 mm 内的楞数	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

3.1.2 瓦楞辊材质选用

瓦楞辊常用材质主要有 2 种:一种是普通合金钢,另一种是碳化钨合金钢。两者硬度、使用寿命及一次性投入成本差异较大,两者齿顶圆弧设计也有较大差异。通常碳化钨瓦楞辊较尖,生产过程中耗胶量较普通型瓦楞辊要少得多,但在湿度较低的季节容易产生瓦楞顶部爆裂。如果能和普通型瓦楞辊搭配使用,每年至少可以节省数十万元的淀粉胶粘剂。

3.1.3 原纸选配

原纸是生产瓦楞纸板、纸箱的主要原材料,其性能和价格直接决定了成型后纸箱的强度和价格。据不完全统计数据显示:原纸成本一般占纸箱成品价的 60% 左右。随着行业发展和物流成本的提高,低克重高强度配纸成为瓦楞纸箱业的发展趋势。同时为了定量化配纸,包装设计人员根据商品性能防护要求,精确计算纸箱抗压强度及相关物理指标参数,再通过量化配纸系统精确配纸,实现原纸与物理性能要求最佳性价比。定量化、系统化精确配纸将是纸箱生产的发展趋势^[6]。

3.1.4 层结构改进

层结构改进是瓦楞纸板减量化设计和强度加强设计的新工艺。常见的有:增强夹心瓦楞、4 层瓦楞纸板、网络结构的瓦楞纸板等。

增强夹心瓦楞。也称“瓦中瓦”,是以普通型 2 层、3 层或 5 层瓦楞纸板作为面纸、里纸(板),在面里纸(板)之间夹入用特殊排列结构的瓦楞纸板或纸管制成波纹型夹心层。该工艺充分利用了多方位支撑的力学原理,以最佳的力学结构整合成型,能有效地

防止箱内物品破损。由于结构紧凑、无缝和可折叠、易成型等特点,很大程度上降低了包装成本。

4层复合瓦楞纸板。该类型纸板将2层瓦楞纸用胶粘剂涂布和复合,在热和压力作用下轧制成楞,再与面层箱板纸板粘接制成坚固的4层瓦楞纸板。其瓦楞芯型是以双层芯纸粘接,再经瓦楞辊压制成型的双层拱形“蜂窝网”结构,其纸板具有较高的边压强度。在欧美及日本等国家,有较广泛使用^[7-8]。

3.1.5 局部复合加强技术

所谓瓦楞纸箱局部复合加强技术,就是根据瓦楞纸箱堆码和抗压强度测试原理,对承重的箱体进行复合加强,提高其抗压承重效果,但是不增加纸箱摇盖厚度的工艺。该技术从改变纸板结构入手,在增加纸箱整体强度的同时,又能降低整箱用纸克重和纸板层数,为实现纸箱减量化提高了技术支撑,其流程设计见图2。

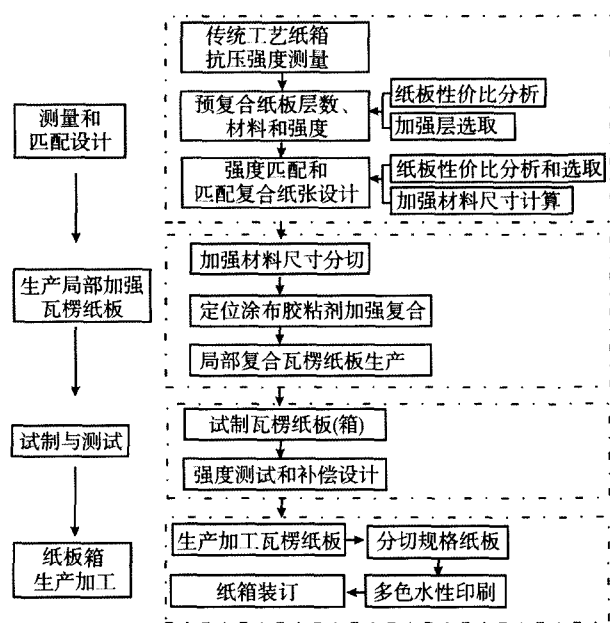


图2 局部复合型瓦楞纸箱生产工艺流程

Fig. 2 Flowchart of local composite corrugated box production

通过上述工艺和实际生产验证,在选择合适复合材料和复合工艺的前提下,采用瓦楞纸箱箱体局部加强复合技术,生产加工与传统工艺同抗压强度的瓦楞纸箱,可以节约20%以上的生产成本。

3.1.6 拼单制板

瓦楞纸板拼单加工也是降低生产成本的重要工艺方式,这点在很多瓦楞纸板生产加工企业都已经得

到了重视。假定一般瓦楞纸板生产企业拥有一条幅宽为1.8m的瓦楞纸板生产线,该公司往往只会采购0.9~1.8m的原纸生产加工瓦楞纸板,在生产前进行必要的拼单,使其幅宽在0.9m以上,最好接近上限1.8m,这样可以充分利用设备的加工能力。其次是在加工部分幅宽较小的瓦楞纸板时,为了减少瓦楞辊磨损不均匀,要求操作人员两边生产加工,延长瓦楞辊使用寿命。

3.1.7 改进配胶工艺

淀粉胶粘剂是瓦楞纸板粘合成型的关键辅料之一,其配方和粘合质量直接决定了纸板成型后的粘合强度,同时也影响到纸箱成型后的抗压强度等物理性能。调整胶粘剂的配置工艺和粘合效果,一方面可以控制粘合剂的投入成本,另一方面可以提高纸箱的抗水性能和其他物理强度。

3.2 瓦楞纸箱减量化工艺及质量控制

瓦楞纸箱设计和生产加工,也是减量化控制的重要流程。瓦楞纸箱箱型如何选择、结构如何设计、瓦楞纸箱印刷和模切开槽成型等质量控制是否得当等均直接影响到纸箱成型后的物理强度。反之,生产加工质量控制不当,往往会高成本不一定有高质量。

3.2.1 箱型结构选用

根据国际箱型标准及省料理想尺寸比例,目前纸板和纸箱结构共有9大系列,其中02~07为主要纸箱箱型结构图,01和09为纸板和衬垫结构图。不同箱型生产加工耗材料不同,成型后的纸箱结构强度差异也较大。比如同规格的0201型和0320型2种纸箱,前者成型后的抗压强度只有后者的60%。这要求包装师在设计时,必须精确计算,得出最佳的用料成本和纸箱物理强度的性价比。在实际加工过程中,纸箱4个面一页成型和两页成型需要的接口材料存在差异,一旦工业批量化生产时,对成本的影响就较为明显。

3.2.2 结构尺寸优化设计

在商品运输过程中,为确保商品的适度包装,可以从内包装商品的排列数、排列方向及纸箱的内外尺寸等方面进行优化设计。包装结构设计人员在设计瓦楞纸箱结构尺寸时,应该首先要做到人性化设计,也就是说最后成型的纸箱外观尺寸应该适宜搬运和堆放;其次必须了解纸箱各边的尺寸比例对纸箱强度的影响。纸箱长宽比对纸箱抗压强度的影响见表2;纸箱高度变化对纸箱抗压强度的影响^[9-13]见表3。

表 2 长宽比对纸箱抗压强度的影响

Tab.2 Effect of length and width ratio upon compressive strength

纸箱的长宽比	1:1	1.1:1	1.2:1	1.3:1	1.4:1	1.5:1
抗压强度/%	96	98.5	100	101.2	101.5	101
纸箱的长宽比	1.6:1	1.7:1	1.8:1	1.9:1	2:1	
抗压强度/%	98.6	96	92.7	84	80	

表 3 高度对纸箱抗压强度的影响

Tab.3 Effect of height upon compressive strength

纸箱高度/mm	100	150	200	250	300	400
抗压强度/%	120	112	108	103	100	99
纸箱高度/mm	500	600	700	800	900	
抗压强度/%	101	100	102	101	99	

3.2.3 瓦楞纸箱印刷和模切开槽成型等

瓦楞纸箱印刷、模切、开槽等加工对纸板物理性能都有一定程度的影响,这就需要设计人员了解纸箱的印刷加工流程和图文再现原理等。纸箱印刷加工方面主要体现在印刷方式的选择、图案设计、色数设定、印刷版材及印刷设备等。纸箱的成型加工主要体现在模切板的设计、模切反弹橡皮的定位和使用量、压线深度、开孔位置等。

3.3 瓦楞纸箱衬材减量化设计

瓦楞纸箱衬材减量化设计也是控制成本的一个重要方面。常见的有:使用瓦楞托盘,瓦楞纸箱内部缓冲材料使用蜂窝纸板替代传统的发泡 EPS 和木板,重型包装采用局部加强瓦楞护角,内装物采用分散式缓冲衬垫等工艺技术。

3.3.1 使用瓦楞托盘

托盘是集结、堆存货物以便于装卸和搬运的水平板,是目前商品运输的最常见的工具之一,广泛用于物流商品搬运中。常见材质有木质、金属、塑料及纸质等。近年来,瓦楞托盘的兴起,有效替代了木质托盘,减少了木材的消耗量,也拓宽了瓦楞纸板的应用领域。瓦楞托盘主要是对商品的底部和侧面进行保护,且使集装商品便于堆码,其余部分采用塑料薄膜包裹或其他的捆扎方式,这样可以减少 60% 甚至更多的纸板用量,且具有可见性、透气性,广泛用于碳酸饮料、矿泉水、啤酒等商品的集装包装。

3.3.2 内衬使用蜂窝纸板替代发泡 EPS 和木板

瓦楞纸箱内部缓冲材料使用蜂窝纸板替代传统发泡 EPS 和木板,降低包装成本,目前广泛应用于电

器包装等。典型案例有,格力柜式空调产品包装以蜂窝纸板为主体材料,配以纸护角和 EPE 有机组合。EPE 结构提升了蜂窝纸板缓冲强度不够而造成空调柜机顶盖、底座破损变形等系列问题;纸护角改进了蜂窝纸板边压强度不够而造成柜机侧板后板以及面板变形等系列问题。实现了较低成本,更高效的产品保护,同时车间装配更简单、更容易,生产效率更高。据不完全统计,格力空调包装通过采用蜂窝纸板替代 EPS 发泡塑料与木板的组合包装,成本降低约 30%,到 2010 年每年需求蜂窝纸板超过 4 000 万 m²。

3.3.3 纸箱护角、内部缓冲衬垫采用分散式设计

分散式缓冲衬材设计是典型的内衬减量设计方式之一,目前广泛应用于电子产品包装、奶制品包装等。设计师将传统的整体防护式改为分散式局部防护,在大大减少原材料使用的基础上,实现同样的缓冲减振效果和较低的包装成本。典型案例有,格力空调原来的内部缓冲材料为全面保护式缓冲包装,耗材高、成本高。后来经过包装设计人员的改进和多次跌落缓冲测试,将原来的整体式包装改为 8 块小的 EPS 材料分割式包装来缓冲减振,减少了 50% 的 EPS 用量。包装工程师对结构在不增加材料成本的前提下,通过合理地加筋加圆角等使得产品本身结构强度得到保证。数据显示每台空调所用的 EPS 材料平均减少 300 g,按照其目前产能,每年至少减少 40 000 t CO₂ 的排放^[14-15]。

4 结语

1) 减量化设计加工。采用减量化设计生产瓦楞纸板(箱)及内衬是当前乃至今后纸包装产业重要的发展趋势,符合国策。目前纸板(箱)减量化的实施还处于初级阶段,需要更多的包装技术人员根据瓦楞纸板(箱)生产加工工艺、纸箱物理强度设计理论及缓冲材料设计理论进行优化设计。

2) 设计组合式方案,服务社会。包装技术人员不应该只局限于某一项优化设计方案,而应该将传统的和新开发的工艺技术进行总结和提炼,归纳出一套组合式的、能够真正工业化生产的系列优化方案,服务于企业和社会。

参考文献:

[1] 王志星,陈希荣.我国瓦楞纸箱行业的现状和发展[J].

- 印刷技术,2008(24):36-39.
- WANG Zhi-xing, CHEN Xi-rong. Current Situation and Development for China Corrugated Box Industry[J]. Printing Technology, 2008(24): 36-39.
- [2] 陈静,张耀荔,孙健. 商品包装用瓦楞纸箱的减量化设计原则概述[J]. 物流技术, 2010, 11(4): 128-130.
- CHEN Jing, ZHANG Yao-li, SUN Jian. Summary of the Reduction Principle in the Design of Packaging Corrugated Boxes[J]. Logistics Technology, 2010, 11(4): 128-130.
- [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.
- YANG Rui-feng. Practical Technology in Corrugated Box Production[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.
- [4] 肖志坚. 瓦楞纸板压楞系数选设对纸板生产成本的影响[J]. 包装工程, 2011, 32(11): 26-29.
- XIAO Zhi-jian. Effect of Pressure Coefficient Selection on Production Cost of Corrugated Fibreboard[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(11): 26-29.
- [5] GB/T 6544-2008, 瓦楞纸板国家标准[S].
- GB/T 6544-2008, National Standards for Corrugated Fibreboard[S].
- [6] 唐少炎,魏星,吴若梅,等. 瓦楞纸箱配纸方法的研究[J]. 包装工程, 2011, 32(9): 27-29.
- TANG Shao-yan, WEI Xing, WU Ruo-mei, et al. Study of Paper Matching Method for Corrugated Box[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(9): 27-29.
- [7] 宋海燕,黄利强,孙诚. 新型包装材料“瓦中瓦”缓冲特性研究[J]. 包装工程, 2009, 30(2): 17-19.
- SONG Hai-yan, HUANG Li-qiang, SUN Cheng. Study of Cushioning Characteristics of a New Type Packaging Material-‘Wall in Wall’[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(2): 17-19.
- [8] 吕新广,张元标,郭新华,等. 4层复合瓦楞纸板制造工艺的探讨[J]. 包装工程, 2007, 28(11): 69-70.
- LV Xin-guang, ZHANG Yuan-biao, GUO Xin-hua, et al. Discussion on Manufacturing Technology of Four-layer Corrugated Fiberboard[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(11): 69-70.
- [9] 张书彬,冯学正. 瓦楞纸箱抗压强度的试验研究[J]. 包装工程, 2008, 29(9): 27-29.
- ZHANG Shu-bin, FENG Xue-zheng. Experimental Research on Compression Strength of Corrugated Box[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(9): 27-29.
- [10] XIAO Zhi-jian. Study of the Adjustment to the Pressure of Flexible Printing on the Board[C]. Advanced Materials Research, 2011.
- [11] 孙诚. 纸包装结构设计[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2010.
- SUN Cheng. Paper Packaging Structural Design[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2010.
- [12] 滑广军,赵德坚,魏专. 大长宽比对纸箱抗压能力影响的研究与分析[J]. 包装工程, 2011, 31(21): 45-47.
- HUA Guang-jun, ZHAO De-jian, WEI Zhuan. Investigation of Influence of Big Aspect Ratio on Compression Strength of Corrugated Box[J]. Packaging Engineering, 2011, 31(21): 45-47.
- [13] 廖敏,戴跃洪. 瓦楞纸箱结构设计及其优化方法[J]. 包装工程, 2006, 27(4): 153-156.
- LIAO Min, DAI Yue-hong. Structural Design of Corrugated Box and Its Optimization Methods[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(4): 153-156.
- [14] 范小平,张钦发,罗冠群. 纸板后成型工艺对瓦楞纸箱质量的影响[J]. 包装工程, 2007, 28(12): 98-103.
- FAN Xiao-ping, ZHANG Qin-fa, LUO Guan-qun. Influence of Molding Process after the Manufacture of Corrugated Board on Quality of Corrugated Cases[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(12): 98-103.
- [15] 黄胜文. 格力空调包装设计在低碳环保时代中发展[J]. 中国包装工业, 2010(11): 19-20.
- HUANG Sheng-wen. Packaging Design and Development of Gree Air Conditioners in Low Carbon Era[J]. China Packaging Industry, 2010(11): 19-20.

(上接第 121 页)

- [8] KALVIG Joanna D. Assessment of the Use of Portals to Reduce Excess Material in Afloat Logistics Systems[R]. Naval Postgraduate School Monterey, CA 93943-5000, 2011.
- [9] CHRISTINE M, SCHVERAK M. The Globalization of Military Logistics[J]. Army Sustainment, 2011, 5: 57-62.
- [10] 李晓刚. 鲜切花运输包装及物流配送的分析研究[J]. 包装工程, 2010, 31(7): 71-86.
- LI Xiao-gang. Analysis and Research on Transport Package and Logistics Distribution of Fresh Cut Flowers[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(7): 71-86.