

技术专论

折叠纸盒锁底结构承载力实验研究

袁毅, 肖颖喆, 陈琳璋, 谭海湖, 谢勇

(湖南工业大学, 株洲 412007)

摘要: **目的** 研究锁底结构形式对纸盒承载力的影响。**方法** 选取3种常用的锁底结构(插口式、1-2-3锁底式、典型自锁底式)进行压缩试验和跌落试验。**结果** 进行压缩试验时,插口式盒底被破坏时仪器显示的峰值为31.2 N;压缩试验无法破坏后2种锁底结构,因此采用跌落实验,获知1-2-3锁底式被破坏时砝码质量为180 g,典型自锁底式被破坏时砝码质量为205 g。**结论** 综合比较得知,相较于插口式,典型自锁底结构和1-2-3锁底结构的纸盒承载力优势明显,典型自锁底结构表现最强。

关键词: 折叠纸盒; 锁底结构; 承载力

中图分类号: TB484.1; TB482.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)07-0029-05

Carrying Capacity of the Bottom Lock Structure of Folding Carton

YUAN Yi, XIAO Ying-zhe, CHEN Lin-zhang, TAN Hai-hu, XIE Yong

(Hunan University of Technology, Zhuzhou 412007, China)

ABSTRACT: **Objective** To explore the effects of the bottom lock structure on the carrying capacity of the folding carton. **Methods** Three commonly used bottom lock structures (sockets style, 1-2-3 bottom lock structure, bottom self-locking structure) were selected for compression test and drop test. **Results** The socket -type bottom of the box was damaged when the instrument displayed a peak of 31.2 N during the compression test; the tensile testing machine could not destroy the latter two lock bottom structures. In the drop test, the weight of code was 180 g when the 1-2-3 bottom lock structure was damaged, and the number was 205 g when the bottom self-locking structure was damaged. **Conclusion** The comprehensive comparison showed that, compared to socket style, the bottom self-locking structure and the 1-2-3 bottom lock structure had obvious advantages in carrying capacity, and the bottom self-locking structure had the best performance. And an appropriate locking style could improve the capacity of sockets style.

KEY WORDS: folding carton; bottom lock structure; capacity

在经济全球化的趋势下,随着生活水平的提高,产品包装的变化越来越大。根据包装物、包装产品、包装成本等不同,所需的锁底结构也不相同^[1]。不同的包装产品对包装盒的要求不同,纸盒的盒底结构对产品的保护作用尤其重要,而材料成本的大小、生产过程的方便与否都影响着包装纸盒的盒底锁底结构。

包装设计人员应该掌握和熟悉不同的产品采用相应的锁底结构方法^[2]。

包装纸盒盒底是承受载重、压力、振动等的主要部位,结构设计时应慎重考虑^[3-5]。根据包装产品的性能、大小、质量等因素,选用合理的纸盒盒底结构,不仅有利于设计出受消费者欢迎、更美观的纸盒造

收稿日期: 2013-10-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61170101); 中央财政包装行业高新技术研发基金资助项目(湘财企指[2008]155号)

作者简介: 袁毅(1990—),女,回族,湖南汉寿人,湖南工业大学硕士生,主攻包装防伪技术。

通讯作者: 谢勇(1964—),男,湖南攸县人,湖南工业大学教授,主要研究方向为包装防伪技术。

型,而且对于节约生产成本、提高生产效率等方面具有积极作用^[6-7]。

常见的纸盒锁底结构^[8]有:插口式锁底^[9]、1-2-3锁底(也称为 Houghand 锁底或弹簧锁底)^[10]、典型自锁底^[11]、花形锁底、内折自锁底、间壁封底式等。前3种结构使用最为广泛,其中插口式又可分为摩擦锁合和切缝锁合。这些锁底结构形式对纸盒承载力的影响在国内外鲜见文献报道^[12]。为此,文中将就插口式、1-2-3式、典型自锁底式等3种锁底结构的承载力进行测试,通过比较破损难易程度,分析其承载力的强弱^[13],为包装纸盒的结构设计提供合理的参考依据^[14-15]。

近年,国内外不少学者对折叠纸盒的抗压强度进行了研究,提出了一些经验公式,如 BRDA 式、Knis Rern 式、Daqel & Wessman 式和 Schret & Verseput 式等^[16]。纸盒的抗压强度是指整个盒身的承载力,不能直接代表纸盒盒底的承载力。文中将针对不同锁底结构的纸盒盒底进行实验研究,选取相同材料不同锁底结构的纸盒各10组,求其平均值作为实验结果。

1 实验

1.1 试样

3种锁底结构的纸盒试样所选用的原材料为灰底白板纸^[17](200 g/m²),分别制作15个纸盒试样。为了考察盒底局部结构形状变化对纸盒承载力的影响,分别对试样的局部结构进行设计。

1) 插口式盒样(见图1)有3种常见的防尘翼形状(见图2),其改变的是插舌翼肩的尺寸,并在翼肩与插舌折叠刻痕处设计尺寸缩进或切缝^[4]。

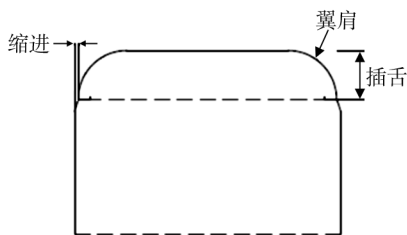


图1 插口式锁底结构

Fig. 1 Sockets style bottom lock structure

2) 1-2-3锁底盒样(见图3),因为当长宽比确定

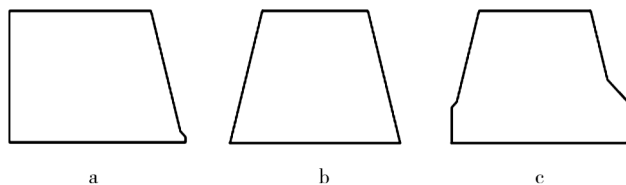


图2 防尘翼形状

Fig. 2 The shape of dust wing

之后,也就确定了成型角度,所以改变盒子的长宽比来进行试验,设计长宽比为1:1.5与1:2等2种。

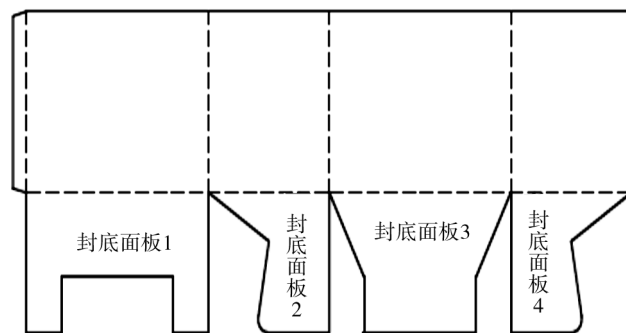


图3 1-2-3锁底结构

Fig. 3 Bottom lock structure

3) 典型自锁底纸盒试样(见图4)的盒型均为管型纸盒,其A成型角与B成型角均为90°,也改变纸盒的长宽比,有1:1.5与1:2等2种。

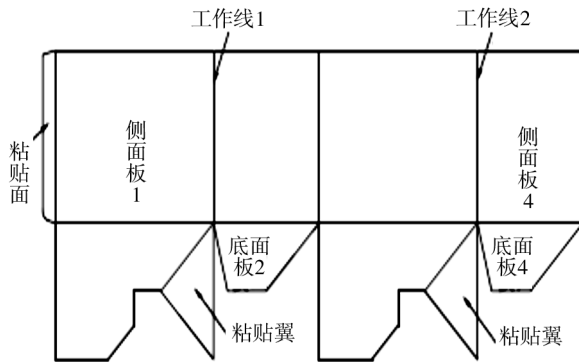


图4 自锁底结构

Fig. 4 Bottom self-locking structure

1.2 设备与仪器

实验设备与仪器:平板切割机(型号为 GRAPH-TEC)、PC型智能电子拉力试验机(型号为 XLW(L)-PC)、落标冲击试验仪(型号为 BMC-B1)。

1.3 过程

1.3.1 压缩实验

开启 PC 型智能电子拉力试验机,选择压缩实验,并设置相关参数。设定实验速度为 10 mm/min。调整仪器夹头,保持夹头呈水平状态。同时使盒子悬空,并用夹板固定纸盒,试验夹头与盒底接触但不产生力的效应,开始实验,并记录盒底开裂时的峰值力(见图 5)。实验过程中,需保持试样始终处在同一水平面上。实验完成后取下试样(见图 6)。

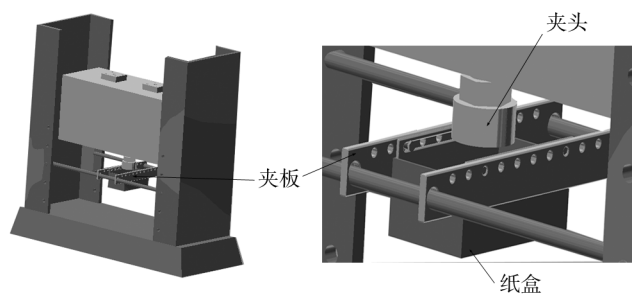


图5 压缩实验
Fig.5 Compression test

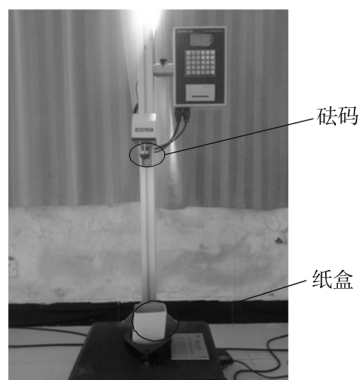


图 7 跌落试验
Fig. 7 Drop test

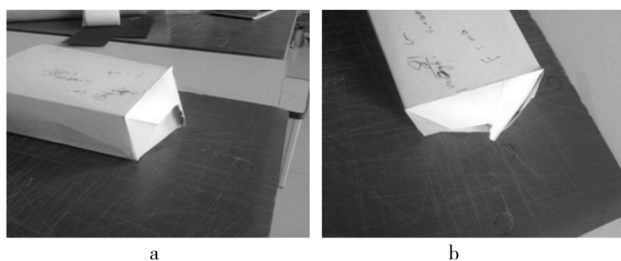


图 8 纸盒变形模式

Fig. 8 Deformation modes of carton

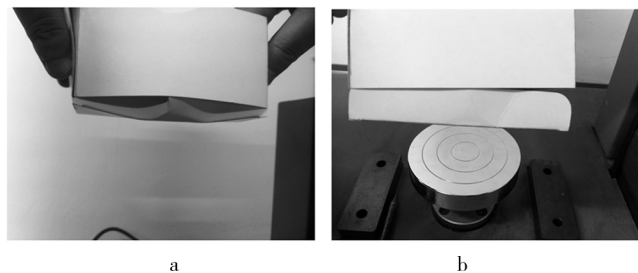


图6 纸盒变形模式
Fig.6 Deformation modes of carton

1.3.2 跌落试验

开启 PC 型智能跌落试验机,调整相关参数,固定砝码。将试样水平放置在试验机的基座上,按下试验按钮后,砝码做自由落体运动冲压试样,见图 7。实验完成后取出试样(见图 8)。

2 结果与分析

2.1 3种锁底结构承载力的比较

当进行压缩实验时,由于1-2-3锁底结构和典型自锁底结构承载力比较强,受实验装置限制,试验装置无法破坏2种结构的纸盒盒底,说明1-2-3锁底结构和典型自锁底结构的承载力要强于插口式锁底结构的承载力。由此,采用跌落试验测试、比较1-2-3锁底和典型自锁底结构的承载力。实验过程中删除误差较大的数据,采用误差允许范围内的数据,然后取其平均值,并得到最终试验数据。

采用跌落实验,在同一跌落高度下,分别对1-2-3锁底和典型自锁底结构纸盒的承载力进行测试,实验结果见表1和表2。

表1 纸盒长宽比为1:1.5的盒底承载力跌落实验

Tab.1 Drop test for carrying capacity of carton boxes with length–width ratio of 1 : 1.5

[illegible]

表 2 纸盒长宽比为 1 : 2 的盒底承载力跌落实验
Tab.2 Drop test for carrying capacity of carton boxes with length-width ratio of 1 : 2

砝码质量/g		45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	205	220
1-2-3 锁底	损坏									●				
	未损坏	●	●	●	●	●	●	●	●					
典型自锁底	损坏											●		
	未损坏	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			

由表 1 与表 2 可知,无论纸盒的长宽比是 1 : 1.5 还是 1 : 2,典型自锁底式纸盒的承载力均大于 1-2-3 锁底式纸盒,且长宽比越大,纸盒的承载力越小。

2.2 摩擦锁合与切缝锁合的承载力比较

压缩实验对比了摩擦锁合和切缝锁合的承载情况。改变防尘翼种类,以及翼肩尺寸和缩进距离后,2 种锁合结构的承载力实验结果分别见图 9 和图 10,其中 a,b,c 分别表示 3 种防尘翼类型,曲线 1,2 为有缩进,翼肩圆角分别为 5 mm 和 10 mm;曲线 3,4 为无缩进,翼肩圆角分别为 5 mm 和 10 mm。

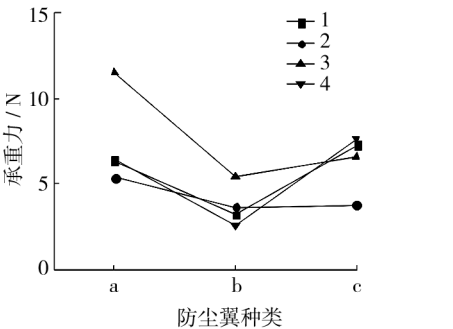


图 9 摩擦锁合承载力
Fig.9 Friction locking capacity

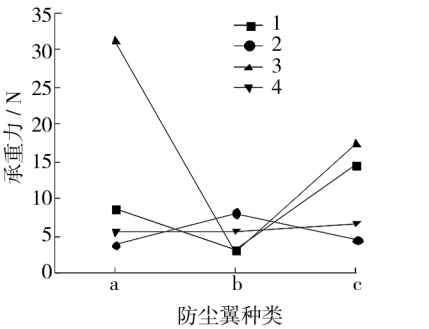


图 10 切缝锁合承载力
Fig. 10 Kerf locking capacity

由图 9 可知,当采用摩擦锁定封口,改变插舌的翼肩或者缩进尺寸时,插口式结构盒底的承载力相近。无论插舌有无缩进,随着翼肩尺寸的增加,盒底的承载力反而减小。翼肩与插舌折叠刻痕处无尺寸缩进时,翼肩尺寸较小、防尘翼形状为 a 时,盒底的承载力最强;翼肩尺寸较大、防尘翼形状为 b 时,盒底的承载力最弱。

由图 10 可知,翼肩与插舌折叠刻痕处无尺寸缩进,翼肩尺寸较小、防尘翼形状为 a 时,盒底的承载力最强。翼肩与插舌折叠刻痕处有尺寸缩进,翼肩尺寸较小、防尘翼形状为 b 时,盒底的承载力最弱。

对比图 9 与图 10 可知,纸盒盒底的翼肩与插舌折叠刻痕处有无切缝对盒底的承载力影响较大,无切缝的纸盒承载力相对较弱。当翼肩与插舌折叠刻痕处无尺寸缩进,翼肩圆角尺寸较小时,无论翼肩与插舌折叠刻痕处有无切缝,采用防尘翼形状 a 的纸盒承载力都是最强的。

将防尘翼形状为 a 的 2 种纸盒进行压缩实验,得到的应力-应变曲线见图 11—12。其中曲线 1,2 为有缩进,翼肩圆角分别为 5 mm 和 10 mm;曲线 3,4 为无缩进,翼肩圆角分别为 5 mm 和 10 mm。纸盒变形模式见图 13—14。

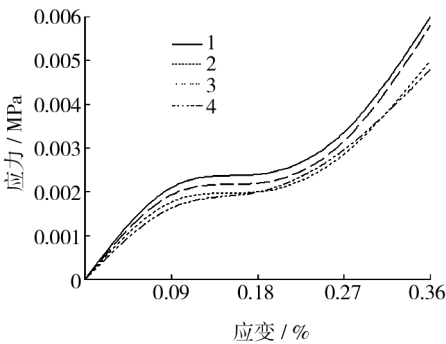


图 11 摩擦锁合承载力应力-应变曲线
Fig. 11 The stress-strain curve of friction locking capacity

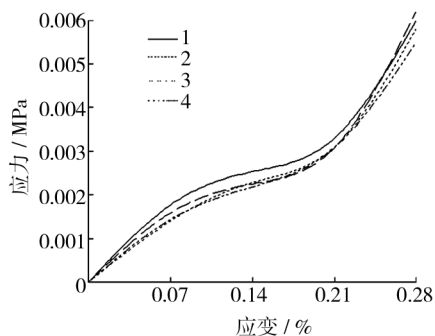


图12 切缝锁合承载力应力-应变曲线

Fig. 12 The stress-strain curve of kerf locking capacity



图13 摩擦锁合盒底变形模式

Fig. 13 The box bottom deformation modes of friction locking capacity

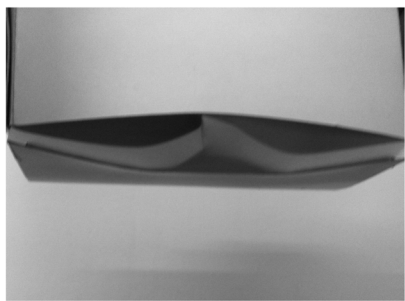


图14 切缝锁合盒底变形模式

Fig. 14 The box bottom deformation modes of kerf locking capacity

3 结语

1) 在3种应用最广泛的锁底结构中,以典型的自锁底结构承载力最佳,其次为1-2-3锁底结构,而插口式锁底结构的承载力最弱。自锁底式结构不仅便于在机械上自动生产,而且具有良好的承载力,能满足产品包装要求。

2) 插口式锁底结构相较于摩擦锁合结构,其切缝锁合结构的承载力更好。采用合适的锁合方式可改善插口式锁底结构的承载能力。

参考文献:

- [1] 陆佳平. 宽面折叠纸盒盒底的结构形式和设计方法[J]. 包装工程, 1996, 17(2): 42—45.
LU Jia-ping. The Styles and Method of Structure Design for Folding Carton End of Broad Size[J]. Packaging Engineering, 1996, 17(2): 42—45.
- [2] 石加联, 张双翼. 纸盒包装设计中的结构与形态分析[J]. 包装工程, 2007, 28(1): 119—121.
SHI Jia-lian, ZHANG Shuang-yi. Configuration and Modality Analysis in Package Design of Paper Box[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(1): 119—121.
- [3] BROWN W B, WARNER B. High-density Interconnect Board Design for Wafer-level Packaging[J]. Electronics Letters, 2011, 47(20): 1137—1138.
- [4] WEVER R. Design for Volume Optimization of Packaging for Durable Goods[J]. Packaging Technology and Science, 2011, 24(4): 211—222.
- [5] CHAI C W, CHEN Y X, WANG Y M. Design and Research on the Pneumatic Packaging Manipulator Based on GT-Designer Configuration Software[J]. Printing and Packaging Study, 2011, 174: 315—318.
- [6] 魏力敏. 纸盒包装结构形态的趣味性设计[J]. 包装工程, 2007, 28(12): 190—192.
WEI Li-min. Interesting Design of Paper Box Packaging Structural Form[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(12): 190—192.
- [7] 周丽虹, 赵宇, 薛国新, 等. 提高白纸板折叠纸盒抗压强度的措施[J]. 包装工程, 2007, 28(8): 228—231.
ZHOU Li-hong, ZHAO Yu, XUE Guo-xin, et al. Measures of Improving the Compression Strength of White Board Folding Cartons[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(8): 228—231.
- [8] XIAO Ying-zhe, HUANG Ya-nan. Comparison of Integrated and Split Design in Structure Design of Paper Package[C]//2010 IEEE 11th International Conference on Computer-aided Industrial Design & Conceptual Design, 2010: 1357—1361.
- [9] 许文才. 折叠纸盒结构设计及CAD[J]. 包装工程, 1993, 14(2): 89—96.
XU Wen-cai. The Structural Design and CAD of Folded Carton[J]. Packaging Engineering, 1993, 14(2): 89—96.
- [10] XIAO Ying-zhe, HUANG Ya-nan. Research on Statistical Process Control of Packaging & Printing Quality Management[J]. Key Engineering Materials, 2011: 467—469.

(下转第85页)

- 2010(11):86—88.
- ZHANG Ying-ying, WANG Yi. Automatic Container and Its Application[J]. Logistics Technology and Application, 2010(11):86—88.
- [7] 王振林, 曹梅丽, 周建伟, 等. 包装系统工程[J]. 包装工程, 2005, 26(5):2—4.
- WANG Zhen-Lin, CAO Mei-li, ZHOU Jian-wei, et al. Packaging Systems Engineering[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(5):2—4.
- [8] 邢力平, 王启家. 基于 ANSYS 的砂光机主梁连接板静强度分析与优化[J]. 木材加工机械, 2013(5):1—4.
- XING Li-ping, WANG Qi-jia. Static Strength Analysis and Optimization of Connection Plate of Sanding Machine Based on ANSYS[J]. Woodworking Machinery, 2013(5):1—4.
- [9] 曾攀. 工程有限元方法[M]. 北京:科学出版社, 2010.
- ZENG Pan. Engineering Finite Element Method[M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [10] 宋洪震. ANSYS 在包装工程中的应用[J]. 包装与食品机械, 2008(3):43—44.
- SONG Hong-zhen. Application of ANSYS in the Packaging Engineering[J]. Packaging and Food Machinery, 2008(3):43—44.
- [11] 邓震, 姜武华, 黄新林. 基于 Workbench 驱动桥壳的强度分析和优化设计[J]. 北京汽车, 2013(3):31—35.
- DENG Zhen, JIANG Wu-hua, HUANG Xin-lin. Strength Analysis and Optimization Design of the Drive Axle Based on Workbench[J]. Beijing Automotive, 2013(3):31—35.
- [12] 翟彤. 基于 SolidWorks 的包装容器的结构设计[J]. 包装工程, 2007, 28(1):92—93.
- ZHAI Tong. Structural Design of Packaging Container Based on Solidwork[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(1):92—93.
- [13] GU J, GOETSCHALCKX M, MCGINNIS L F. Research on Warehouse Operation: A Comprehensive Review[J]. European Journal of Operational Reserch, 2007, 177(1):1—21.
- [14] GU J, GOETSCHALCKX M, MCGINNIS L F. Research on Warehouse Design and Performance Evaluation: A Comprehensive Review[J]. European Journal of Operational Reserch, 2010, 203(3):539—549.
- [15] HAUSMAN W H, SCHWARZ L B, GRAVES S C. Optimal Storage Assignment in Automatic Warehousing System[J]. Management Science, 1976, 22(6):629—638.
- (上接第33页)
- [11] 赵郁聪, 王德忠, 苟进胜. 直四棱台折叠纸盒自锁底成型条件的分析[J]. 包装工程, 2004, 25(4):161—162.
- ZHAO Yu-cong, WANG De-zhong, GOU Jin-sheng. Analysis to the Shaping of Auto End-locked Structure in Vertical Rectangle-terrace Folding Carton[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(4):161—162.
- [12] 王德忠. 纸盒包装的地位及其发展趋势[J]. 包装工程, 1999, 20(5):11—13.
- WANG De-zhong. The Position and Developing Tendency of Paper Box Packing[J]. Packaging Engineering, 1999, 20(5):11—13.
- [13] 袁毅. 不同锁底结构对纸盒力学性能的影响[D]. 株洲:湖南工业大学, 2012.
- YUAN Yi. Research on Carton's Mechanical Properties of Bottom Lock Structure[D]. Zhuzhou: Hunan University of Technology, 2012.
- [14] ZHANG N, WANG J M, MAO C C. Research Based on Product Redesign of Packaging Waste[C]//Thirteenth Na-
- tional Conference on Packaging Engineering, Tncpe 13, 2010:412—415.
- [15] YANG Q J, LIU J Y, HAN X M. Life Cycle Assessment System Design for Packaging Industry[C]//Proceedings of the 17th Iapri World Conference on Packaging, 2010:198—201.
- [16] 张新昌, 刘慧. 折叠纸盒抗压强度经验计算公式的探讨[J]. 包装工程, 2008, 29(10):66—68.
- ZHANG Xin-chang, LIU Hui. Discussion on the Empirical Formula of Compressive Strength of Folding Carton[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10):66—68.
- [17] 方伟, 崔鹏坤. 灰底白板纸与白卡纸阶调再现性和色彩再现性能研究[J]. 北京印刷学院学报, 2009, 17(2):9—13.
- FANG Wei, CUI Peng-kun. The Tone Reproduction and Colour Reproduction between Ash Bottom Whiteboard and White Cardboard[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2009, 17(2):9—13.