

[新设备·新材料·新方法]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2017.03.015

立式吸尘器标准化整体包装方案设计

卜 杨¹, 林沿琛², 邓志辉¹, 李 亮², 张新昌^{1,3}

(1. 江南大学 机械工程学院, 江苏 无锡 214122; 2. 江苏美的清洁电器股份有限公司, 江苏 苏州 215000;
3. 江南大学 江苏省食品先进制造装备技术重点实验室, 江苏 无锡 214122)

摘 要:针对系列化立式吸尘器在出口不同国家时,由于包装形式不统一,包装结构尺寸和生产线布局的不合理,导致包装总成本高,效率低的问题,设计了一款新型系列化立式吸尘器产品的标准化整体包装方案。运用 CPS(商品推广解决方案)知识提出标准化整体包装方案的要求;取消使用 EPE 发泡材料,选择 BE 型 5 层瓦楞纸板为包装材料;设计了标准化的包装纸箱和衬垫的结构尺寸;设计包装生产线布局为 U 型结构;规划人工打包环节,降低人力成本,实现机械化操作。在保证包装保护性能的基础上,新标准化整体包装方案进行选材优化实现绿色环保,且每个纸箱的成本降低 1.45 元,成本降低率为 13%,装载率提高 11%。该方案实现包装性能与成本的平衡,最终降低企业的包装成本,实现企业的经济目标。

关 键 词:包装生产线;标准化整体包装方案;商品推广解决方案(CPS);缓冲包装

中图分类号:TB482

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2017)03-0065-06

Design of Standardized Integrated Packaging Solution for Vertical Vacuum Cleaner

BU Yang¹, LIN Yanchen², DENG Zhihui¹, LI Liang², ZHANG Xinchang^{1,3}

(1. School of Mechanical Engineering, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;

2. Jiangsu Midea Cleaning Appliance Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu 215000, China; 3. Jiangsu Key Laboratory of

Advanced Food Manufacturing Equipment & Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

Abstract: Aiming at serial vertical vacuum cleaner exported to different countries, due to the packaging not unified, the packaging structure and production line process unreasonable, causing high cost of packaging and low efficiency, so a new standardized complete packaging solutions of serial vertical vacuum cleaner was designed. Put forward the standardization requirements by using CPS; cancelled the use of EPE materials, selected the BE five layer corrugated board as packaging materials; designed a standardized size of carton packaging and liner structure; designed the packaging production line layout for U structure; planed the link of manual packing, reducing the manpower cost and realized the mechanization operation. On the basis of ensuring the packaging protection performance, the new standardized packaging solution optimized the selection of material to meet green standard and each carton reduced the cost of 1.45 RMB. The rate of cost reduction was 13%, the loading rate increased by 11%. This scheme realizes a balance of performance and cost of packaging, reduces the cost of packaging and achieves the economic goal of enterprises.

Keywords: packaging production line; standardized integrated packaging solutions; CPS (Commodity Promotion Solution); cushioning packaging

受全球经济形势影响,中国劳动密集型产业受到严重冲击,小型家电产品作为劳动密集型产品在国际市场中遭遇到了前所未有的困境^[1],使产品出口额和企业市场的竞争力日趋下降。因此,有效地控制成

本已成为提高企业市场竞争力的重要手段之一^[2]。在产品包装领域,由于包装材料种类多样、物流运输环境复杂、包装形式多变、人员素质参差不齐等因素影响,包装总成本的合理控制往往难以实现^[3]。因此,

收稿日期:2016-11-09;修回日期:2017-02-07

第一作者简介:卜杨(1991),女,江苏仪征人,硕士研究生,主要研究方向为现代物流工程与包装技术。E-mail:warmarl@126.com

包装专业领域提出了一个新理念 CPS——“整体包装解决方案”,全方位地从包装材料选取到包装方案设计、生产加工、物流配送,包括装潢设计、生产制造、运输仓储等所有环节,为整个产品周期提供整套系统服务方案,目的是保证整体包装的成本最小,且性能最佳。与此同时可以引进第三方包装物流,运用现代化包装综合管理理念来达到目标。本文以江苏美的清洁电器股份有限公司的一款立式吸尘器产品作为案例,从包装经济性各影响因素之间的关系入手,通过对产品包装方案进行包材选择、结构设计、作业流程以及物流运输等的一系列优化,以此达到降低包装总成本的目的并实现此系列立式吸尘器的标准化整体包装。

1 立式吸尘器包装现状与改进设计的要求

1.1 立式吸尘器现有包装分析

S1 型立式吸尘器产品是企业的一款典型产品(图1),占总产量的6%。该系列吸尘器有出口欧洲、美国和亚洲3种类别,合计近10款,但每一款机身和附件的大小形状基本相同,附件个数会根据用户需要更改。



图1 立式吸尘器包装外箱

Figure 1 Carton of vertical vacuum cleaner

产品包装由外包装、内包装、缓冲包装3部分组成,外包装要求强度高,选用瓦楞纸箱;内包装需注意防水防潮等防护性能,因此选用PE袋;缓冲包装主要使用EPE材料。目前,由于吸尘器机身和零部件的多样化,产品包装过程还处于人工流水作业状态。产品的装箱清单如表1所示。

表1 立式吸尘器装箱清单

Table 1 Vertical vacuum cleaner loading list

序号	部件名称	数量	规格尺寸/(mm×mm×mm)	质量/kg
1	吸尘器主机	1	7 800×4 800×4 800	4.50
2	手柄	1	580×170×80	0.60
3	地刷	1	115×40×40	0.14
4	扁嘴	1	160×60×60	0.20
5	软管	1	745×220×40	0.90

吸尘器现有缓冲包装以EPE、EPS缓冲衬垫为主,辅以瓦楞纸板、纸浆模塑及蜂窝纸板等对产品进行缓冲防护以及固定主机、零部件,如图2和图3所示。



图2 EPE发泡缓冲衬垫

Figure 2 EPE foamed cushioning inserts



图3 瓦楞纸板缓冲衬垫

Figure 3 Corrugated board cushioning inserts

综合分析可知,现有包装的问题主要包括:

1) 使用了EPE与瓦楞纸板的混合包装方案,不利于包材采购与废弃物处理。

2) 产品附件众多,且摆放布局不够合理,固定方案不佳。导致运输过程中容易出现附件滑移移位的现象。

3) 外包装箱尺寸不适应现代物流集装化的尺寸比例,运输空间利用率低。

1.2 立式吸尘器物流环境分析

运输、装卸、搬运和仓储等过程是物流过程中的主要活动^[4]。下文将分析吸尘器产品在物流中的环境参数。

1.2.1 运输

在吸尘器产品的整个生命周期中,运输方式主要为汽车公路运输。运输时的堆码层数则需要通过运输工具的高度以及包装件承载力来确定。40HQ集装箱的装柜高度为2 720 mm,吸尘器包装件承受堆码单柱的高度为665 mm,由此可计算吸尘器的堆码层数为4层。

1.2.2 装卸搬运

由于吸尘器包装的质量相对较轻,体积较小,对于单只吸尘器产品装卸与搬运,采用人工操作,方便且效率高。但若包装方式及尺寸不合理,不符合人体活动规律,装卸货物时易发生抛掷的野蛮作业方式,造成产品破损^[5];对于批量吸尘器产品的作业,其质量和体积大,采用机械作业的方式满足工作要求和效率,且机械装卸相对安全平稳,产品破损的概率较小;但机械的紧急启动与制动,升降都会对产品造成损害^[6]。

1.2.3 仓储

贮存是吸尘器产品及包装件在流通过程中的一个重要环节,贮存方式、环境、堆码的质量、方式、高度、周围储存环境中温度、湿度、气压、生物因素和化学因素等都会影响产品在贮存期间的包装强度和安全性能^[7]。

吸尘器产品在储存环境中,包装件堆积成垛,需要承受上层包装件的静态压力,因此底层包装件承受的压力最大,若堆码强度不够,储存周期较长,会发生包装箱的蠕变或较大的变形。因此需计算底层包装件承受的最大压力,公式如下^[8]:

$$P = k \frac{H-h}{h} W。$$

式中: P 为最底层包装件承受的最大压力,N; H 为最大堆码高度,m; h 为单件运输包装件的外高,m; W 为单件包装件重力,N; k 为安全系数。安全系数 k 需要综合考虑堆码的时间、方式、尺寸、温湿度和周转次数等因素,取值范围一般在1~2之间。根据上式计算得S1系列吸尘器的堆码强度为370.827 N。

1.3 包装改进要求

基于上述分析,本文设计的基本原则是:

- 1) 重新设计产品包装结构尺寸,合理布局附件的摆放位置,降低材料成本。
- 2) 提高托盘和集装箱装载率,降低物流运输成本,实现包装减量化。
- 3) 研究产品包装作业流程,简化中间环节,缩短物流路线,减少物料的中途停顿与闲置时间,实现机械化生产,提升企业竞争优势,创造更多的利润。
- 4) 最终完成标准化整体包装方案,并适用于S1系列立式吸尘器的所有产品。

2 立式吸尘器标准化整体包装方案设计

通过以上分析,本文采用瓦楞纸箱为吸尘器产品的外包装,缓冲包装采用瓦楞纸板,并对附件起到固定限位的作用。

2.1 立式吸尘器瓦楞纸箱设计

2.1.1 瓦楞纸箱材料选择

根据GB/T 6544—2008《运输包装用单瓦楞纸箱和双瓦楞纸箱》的标准可知,双瓦楞纸板性能优于单瓦楞纸板,选择代号为D-1.4的瓦楞纸板,其定量为640 g/m²,最小耐破强度为1 700 kPa,边压强度不低于8 kN/m。根据成本和性能,选择BE型5层瓦楞纸板,厚度为5 mm^[9]。取代原包装的C瓦楞纸板,纸质更为优化,使外包装纸箱具有较大的抗压强度和堆叠强度,装载稳定^[10]。

2.1.2 瓦楞纸箱尺寸设计

根据立式吸尘器的特殊形状分析,采用代号为0201的瓦楞纸箱,根据集装箱和内装附件的尺寸综合考虑纸箱尺寸,以达到最大装载率^[11]。

箱体内尺寸为315 mm×295 mm×655 mm,制造尺寸为320 mm×300 mm×665 mm,外尺寸为325 mm×305 mm×670 mm。此系列吸尘器大小相同,仅附件数目上有所差异,因此设计出的外箱尺寸可作为标准化尺寸。

2.2 立式吸尘器缓冲包装设计

由于立式吸尘器附件较多,如表1所示,所以采用上下瓦楞衬垫进行缓冲防护以及主机、零部件的限位固定。

2.2.1 上瓦楞衬垫设计

上瓦楞衬垫材料选择BE瓦楞纸板,厚度为4.5 mm,上瓦楞衬垫展开尺寸如图4所示。样品图如图5所示,附件摆放图如图6所示,最终效果图如图7所示。上瓦楞衬垫设计为内嵌反折结构,根据吸尘器机身和各个附件的结构与尺寸对应开槽设计,实现支撑固定和精准定位,防止运输过程中由于冲击振动导致附件和机身发生碰撞;避免消费者取用产品时两者发生干涉作用;保证附件在包装箱内规整摆放;设计顶衬盖板,使消费者打开包装时有美观、高档的视觉感。

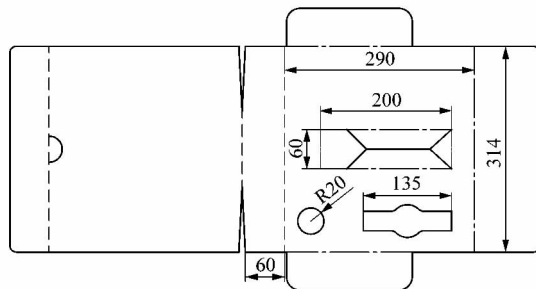


图4 上瓦楞衬垫尺寸图

Figure 4 Top corrugated liner dimension drawing



图5 上瓦楞衬垫

Figure 5 Top corrugated liner



图6 附件摆放方式

Figure 6 Annex placed mode



图7 最终效果

Figure 7 Final renderings

此设计主要针对出口欧洲的产品,附件为地刷、软管、手柄和扁嘴。出口亚洲和美国的产品附件数目只有所减少,可针对实际情况决定本设计中附件开槽位置是否进行开槽,而无需重新设计。因此方案中的上瓦楞衬垫设计可作为此系列立式吸尘器标准化衬垫设计。

2.2.2 下瓦楞衬垫设计

下瓦楞衬垫材料选择 BE 瓦楞纸板,厚度为 4.5 mm,下瓦楞衬垫展开尺寸图如图 8 所示。样品图如图 9 所示。下瓦楞衬垫设计为内嵌反折结构,当吸尘器立式放置时,利用瓦楞纸板本身缓冲特性对吸头部位形成缓冲;折叠后形成双层缓冲结构,提高其薄弱部位安全性;对轮子进行精确定位,保证运输过程中对产品的支撑固定。

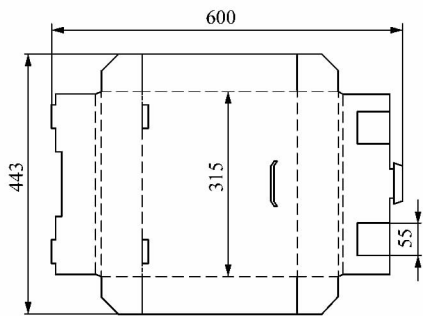


图8 下瓦楞衬垫尺寸

Figure 8 Bottom corrugated liner dimension drawing



图9 下瓦楞衬垫

Figure 9 Bottom corrugated liner

由于系列化立式吸尘器底部滚轮大小,形状和固定位置完全相同,因此方案中下瓦楞衬垫设计可作为此系列立式吸尘器标准化衬垫设计。

2.3 立式吸尘器包装生产流程设计

2.3.1 原包装流程

通过生产车间的实地调研,总结出产品包装生产线呈直线型,工序主要包括:用叉车将未成形瓦楞纸箱转移至生产线始端,沿外箱对角线方向施力撑开;折叠底衬,放置防护吸头的 EPE 发泡材料 1;将 EPE 发泡材料 2 放置在手柄和吸头交接部位后用 PE 袋将产品和附件套袋;将机器放入外箱;粘贴手柄标签;折叠顶衬并放入外箱;检查附件;放置附件;在外包装箱上粘贴条形码;用透明胶带封箱。原包装生产流程如图 10 所示。

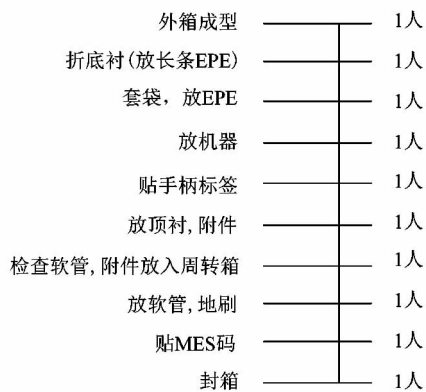


图10 原包装生产线流程图

Figure 10 Original packaging production line flow chart

根据图 10,可知立式包装生产线现有流程存在以下问题:

1) 一条包装生产线需要工人 10 名,每名工人薪资为 6 万元/年,薪资费用为 60 万元,无法实现经济目标;

- 2) 生产线主要进行人工包装,没有引入智能机械
设备实现自动化作业,效率比较低;
- 3) 生产线布局为直线型,需要较大面积的厂地,
且空间布局安排不合理。

2.3.2 包装生产线流程设计方案

选用 U 型操作生产线,布局更加合理,占地面积
大幅度减少,约为直线型的一半。引入外箱成型机,封
箱机和可旋转贴码贴标机实现机械化生产,减少工人
数量,降低人力成本,提高生产效率和作业效率,实现
标准化生产线布局。改进包装生产线流程方案如图
11 所示,详细打包流程如图 12 所示。

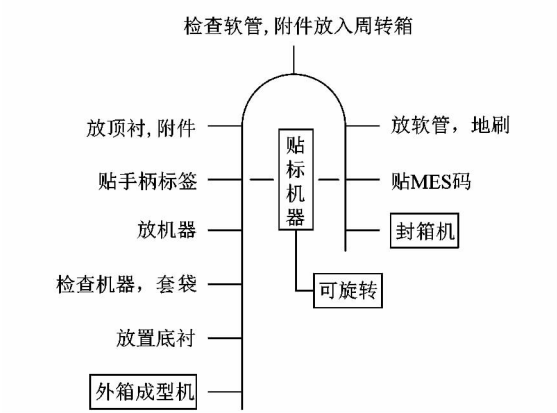


图 11 现包装生产线流程图
Figure 11 Improved packaging
production line flow chart

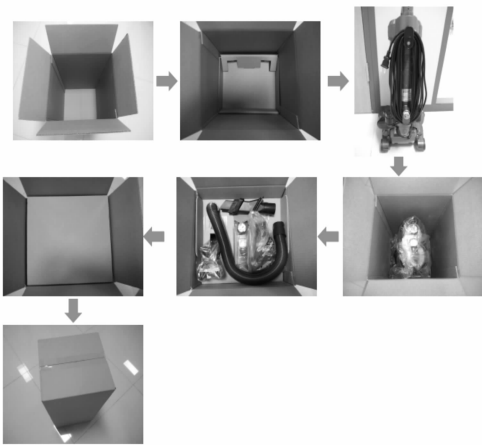


图 12 现包装打包流程图
Figure 12 Improved packaging packing flow chart

2.4 标准化整体包装方案和原方案的成本对比

2.4.1 包装材料成本对比

标准化整体包装方案中,每个纸箱体积减小约为
 0.003 m^3 ;上下衬垫减少纸板用量面积约为 0.22 m^2 ;

取消使用 EPE 发泡材料。根据市场调研,总结出生产
单个包装箱所用瓦楞纸板和 EPE 发泡材料的价格,如
表 2 所示。

表 2 包装成本对比表

Table 2 Packaging cost comparison list 元			
名称	外彩箱	内衬	EPE 材料
原包装	7.72	2.61	0.7
本设计	7.66	1.92	0.0

综上所述, S1 系列立式吸尘器标准化整体包装
方案实现所用纸板材质优化,使得单个包装箱的纸板
材料成本降低 1.45 元,成本降低率为 13%。

2.4.2 包装生产线成本对比

根据上文包装生产流程优化可知, U 型标准化包
装生产线占地面积减为直线型的一半;引入机器后实
现机械化生产,提高生产效率和作业效率;工人数量从
10 人降至 6 人,降低人力成本 24 万元/年。

2.4.3 物流运输成本对比

在货运中,装载率指的是实际所载货物体积除以
车厢最大可载货体积,是评估运营效率的有效指
标^[12]。原包装尺寸为:340 mm×260 mm×760 mm;本
设计包装箱尺寸为:320 mm×300 mm×665 mm。根
据中国标准的集装箱规格来计算出各尺寸集装箱的装
载率^[13]。

40 尺高柜集装箱尺寸为 11 900 mm×2 340 mm×
2 680 mm^[14]。

1) 原包装装箱方案

如图 13,此时集装箱利用率为 84.7%,装载纸箱
数量为 1 079 个。

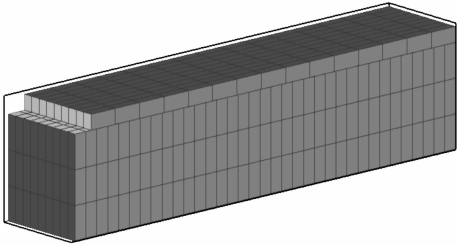


图 13 原包装装箱图
Figure 13 Loading scheme of original packaging

2) 改进装载方案纸箱装箱方案

如图 14 所示,此时集装箱利用率为 95.46%,装
载纸箱数量为 1 092 个。

由此可得,在 40 尺高柜集装箱中,装载率提升了
10.76%。同理,可得 20 尺柜集装箱原装载方案,集装
箱利用率为 96.12%,装载箱个数为 458 个。改进后

集装箱利用率提高1%。40尺柜集装箱原装载方案,集装箱体积占有率为96.06%,装载纸箱数量为943个。改进后集装箱利用率提高1%。

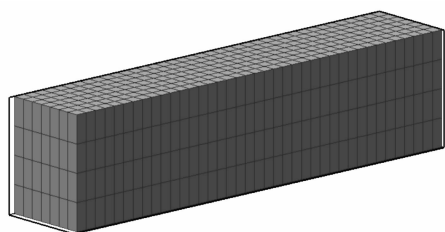


图14 本设计包装装箱图

Figure 14 Loading scheme of current design

综上所述,本设计包装箱装载方案实现40尺高柜集装箱装载率提高10.76%,40尺柜集装箱利用率提高1%,20尺柜集装箱利用率提高1%。

3 结语

本文以立式吸尘器为研究对象,运用整体包装解决方案进行箱型结构与尺寸优化、衬垫结构设计改进、内装物组合方式优化,生产线布局优化。外包装采用0201型BE型5层瓦楞纸箱,内衬采用BE型5层瓦楞纸板,取消使用原包装中的EPE发泡材料作为缓冲衬垫,在纸板选材优化的同时每个纸箱成本降低1.45元,降低率约为13%;对包装生产线流程进行优化,使工人数减少4人,人力成本降低24万元/年;在提高包装性能的前提下,实现集装箱装载率提高11%。最终实现此系列化立式吸尘器标准化整体包装,并达到包装总成本降低的目标,提升企业在吸尘器市场中的核心竞争力。

参考文献:

- [1] DZIDZOVIC A. Made in China no more [D]. New York: City University of New York, 2014: 13-17.
- [2] 兰明. 基于CPS理念的包装总成本控制及分析[D]. 西安: 陕西科技大学, 2013: 26-30.
- [3] SAGHIR M, JÖNSEN G. Packaging handling evaluation methods in the grocery retail industry [J]. Packaging technology and science, 2001, 14(1): 21-29.
- [4] HELLSTROM D, SAGHIR M. Packaging and logistics interactions in retail supply chains [J]. Packaging technology and science, 2007, 20(3): 197-216.
- [5] 段成瑞. 电子产品纸基材料包装设计研究[D]. 沈阳: 沈阳航空工业学院, 2009: 17-19.
- [6] 舒国云, 萧超武, 涂桂禄. 非等概率条件下转弯型堆垛机平均作业循环周期的计算[J]. 起重运输机械, 2012(1): 54-58.
- [7] 姚永根. 基于整体包装解决方案的电子产品包装设计[D]. 西安: 陕西科技大学, 2011: 9-11.
- [8] LECKA M. The experimental testing the corrugated board boxes [J]. Przegląd papierniczy, 2004 (3): 141-144.
- [9] LISINSKA-KUSNIERZ M. Czynniki kształtujące rozwój branży opakowań [J]. Towaroznawcze problemy jakości, 2011(2): 30-39.
- [10] 王冬梅, 柏子游, 龚户祥, 等. 瓦楞夹层结构动态力学性能评估[J]. 振动与冲击, 2014, 33(3): 94-97.
- [11] 卢富德, 高德. C楞瓦楞纸板动态缓冲模型及应用[J]. 功能材料, 2012, 43(1): 39-41.
- [12] 陈振强. 浅谈电子产品运输包装发展现状[J]. 中国包装工业, 2012(7): 26-27.
- [13] 牟欣. 物流配送中的车辆路径与车辆装载整合优化问题研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2008: 18-26.
- [14] 王清斌. 内陆集装箱运输网络优化[D]. 大连: 大连海事大学, 2014: 19-23.

(上接第64页)

- [8] 李树坤. 浅谈丝网工艺参数的确定[J]. 广东印刷, 2010(6): 41-42.
- [9] 李婧伟. 精细丝网印刷技术研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009: 22-28.
- [10] MARETIC K P, BATES I, MODRIC D. Comparison of colorimetric values of prints made with cyan ink on different polymer materials [J]. Procedia engineering, 2014, 69: 1556-1561.
- [11] 王学美, 唐万有, 陈婧. 墨层厚度与实地密度关系的研究[J]. 包装工程, 2009, 30(3): 93-95.
- [12] LU Lu, ZHENG Jian, MISHRA S. A layer-to-layer model and feedback control of ink-jet 3-D printing [J]. IEEE/ASME transactions on mechatronics, 2015, 20(3): 1056-1068.

- [13] 王利婕, 陈耕夫. 丝网版印制装饰画中的几个关键技术[J]. 包装工程, 2005, 26(3): 48-49.
- [14] HOBBY A. Fundamentals of screens for electronics screen printing [J]. Circuit world, 1990, 16(4): 16-28.
- [15] 林成坤. 丝网印刷工艺研究[J]. 中国包装工业, 2013(20): 40.
- [16] 王永生. 丝网印刷工艺参数的确定[J]. 印刷世界, 2004(12): 34-36.
- [17] 孔凡美. 丝网印刷材料力学特性的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008: 16-34.
- [18] 叶义成. 丝网印刷工艺参数分析与研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2007: 20-29.
- [19] 梁巧萍, 智川, 杨保宏. 印刷品质量的主观评价[J]. 包装工程, 2009, 30(9): 105-106.