

包装色彩的跨媒体复现技术探析

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2018.04.003

王强¹ 杨安宁¹
陈文²

1. 杭州电子科技大学
数字媒体与艺术设计学院
浙江 杭州 310018
2. 上海理工大学
出版印刷与艺术设计学院
上海 200093

摘要:以现代包装产业链中包装产品设计与色彩跨媒体复现技术需求为目标,建立了从包装产品设计、包装产品制造到包装产品应用的色彩基准平台,提出了一种“4色印刷+专色印刷”的高保真集成整合的软拷贝与硬拷贝模型及其应用解决方案。测试结果表明:1)经两次色彩匹配后,IT8.7-3样张的平均色差降至2.50,ΔE小于3.00的色块高达95.68%;2)经色彩匹配优化算法处理后,样张色块和图像达到目标要求,软硬样张的色块和图像视觉效果达到一致。所提方法能满足工业生产的精度要求,实现了跨媒体环境下包装设计与产品色彩复现的一致性。

关键词:包装色彩;跨媒体;复现技术

中图分类号: TS801 **文献标志码:** A

文章编号: 1674-7100(2018)04-0017-05

0 引言

近10年来,云计算、大数据、互联网、人工智能等技术不断渗透到现代包装产业链的各个环节,与现代包装设计、包装印制技术实现了集成、融合与聚变,这促使了包装设计、包装印制、包装应用技术的转型升级^[1-6]。随着人们对包装色彩的跨媒体展示与复现的色彩一致性要求越来越高,使得色彩复现的一致性成为了包装新体验和新应用的关键问题和研究热点。包装色彩的跨媒体复现是指在具有不易消失和变化特征的记录介质(硬拷贝)上和具有易消失和可逆转特征记录介质(软拷贝)上的色彩复现,简言之,就是实现包装色彩在CMYK和RGB两种呈色机制下的色彩一致性^[7]。从包装技术发展来看,包装色彩的跨媒体复现是包装产品价值和功能实现的核心。在包装设计、包装印制和包装应用中,通过新技术、新方法来实现数字软拷贝展示和实物硬拷贝应用时,包装色彩的跨媒体复现是跨媒体的包装色彩

高精度呈现的关键。近年来,在InterTech奖和产业需求驱动的背景下,HP、ESKO、CGS、Adobe等公司集聚了诸多研发团队,在包装设计、包装印制等领域不断研发新软件和新平台,推动了包装制造链从数字化向智能化转变,为包装用户提供新的应用体验。国内以华南理工大学、杭州电子科技大学、北京印刷学院为代表,面向包装产业链的包装色彩跨媒体复现的需求,以理论和技术研究为主线,通过系统集成创新和包装智能化方法研发包装产业链亟需的关键技术和整体解决方案^[8],推动了中国包装产业跨越式的发展与技术转型升级。

综上所述,本文拟通过解析包装色彩跨媒体复现中软拷贝色彩复现、硬拷贝色彩复现和软硬拷贝混合复现的不足,应用色彩管理技术来建立包装产品内容的色彩特征描述、属性描述、设备色彩特征描述和色彩匹配方法,以实现软拷贝和硬拷贝色彩信息的变换与匹配,达到对包装产品跨媒体色彩复现的色彩一致性的控制与预测^[9]。

收稿日期:2018-05-24

基金项目:国家科技支撑计划基金资助项目(2012BAH91f03)

作者简介:王强(1964-),男,杭州电子科技大学特聘教授,博士,博士生导师,主要从事色彩复制与色彩管理、数字印前技术方面的研究,E-mail: profwq@hdu.edu.cn

1 包装色彩的跨媒体复现技术

近5年来,数字技术、VR(virtual reality)技术、AR(augmented reality)技术快速发展,这些技术被应用于包装领域中,变革了包装产业链从设计、印制到市场的模式,特别是推动了包装制造业的技术、工艺、生产流程及其运行管理方法的进步,使得包装色彩跨媒体复现的需求不断提高^[10-11]。

目前,包装色彩跨媒体复现技术的关键要素可归纳如下。

1) 包装产品的色彩设计

包装产品设计涵盖包装外观设计、结构设计、功能设计、印制工艺设计及包装样品制作等环节,其中色彩设计是核心要素。目前,采用“数字”描述与定义包装产品的材料属性、结构属性、印刷属性、表面整饰属性、成型加工属性、实样制作属性以及印刷工艺属性,这使得包装色彩能够实现跨媒体的准确复现,该技术正在成为包装产业链技术发展的主流。应用“数字”或“数字仿真”评估包装设计是否满足包装保护产品、美化产品和展示产品的要求,是否达到最佳的色彩视觉效果正在成为包装买家的需求导向^[7]。从技术视角来看,包装产品的色彩设计必须采用合理的色彩数字化描述和色彩表达与传递技术。包装产品的色彩设计既需要采用包括设计软件、色彩管理及虚拟仿真与展示的数字设计平台,更需要采用能够实现或数字仿真实现“平印、柔印、胶印、凹版和数字印刷”的包装原型打样平台,以实现从2D/3D设计到最终原型的制作^[12],解决包装设计中在软拷贝和硬拷贝上精确的跨媒体色彩再现和高质量展示需求中的各种难题,达到包装设计跨媒体色彩的“所见即所得”。

2) 包装产品的色彩“印制/仿真”

包装产品印制是一个将包装产品从设计转变为包装实物的制造过程。包装色彩的呈现既需要采用多种印刷方式和“4色印刷+专色印刷”的组合印刷模式以实现包装产品设计的色彩与信息表达,又需要整合多种表面整饰与成型技术以完成包装产品设计的视觉与质感体现。而包装产品色彩的“仿真”则是指采用数字化方法和软拷贝技术以虚拟再现包装设计及其样本制造。从技术视角来看,包装产品色彩的“印制/仿真”的关键是解决“内容”和“位置”两个过程控制节点的数字化,其中“内容”控制节点

包括印制质量基准、色彩基准及表面整饰基准,“位置”控制节点包括印刷定位基准、分切/模切/压痕定位基准及折叠与粘贴定位基准^[13-15]。

在数字化的前提下,包装产品印制及其样品展示可以通过“虚拟”技术仿真展示。比如,色彩基准可以通过选择所需的色彩质量标准及印制材料与工艺,建立仿真实际印制环境ICC(International Color Consortium)文件以实现色彩的准确复现;通过智能图像扫描套准方式,仿真实际印制中图像整体或局部变形、扭曲、歪斜等套准等问题^[15],给出精确的位置纠正,以实现高精度定位;通过模块化的表面整饰模拟各种烫金、上光、压痕等特殊效果及数字增效,以实现包装产品的高视觉冲击力,创造印品的新维度和新价值。

3) 包装产品的色彩评测

包装产品的色彩评测是采用大数据和互联网技术,应用数字来实现包装产品色彩复现质量的检测与评价,重点评测包装软硬拷贝的视觉效果和视觉质量的一致性^[16-18]。包装产品的色彩评测模式既要遵循观察光环境标准,如ISO 3664—2009 *Graphic Technology and photography: Viewing Conditions*,以保证各项色彩指标符合色彩复现技术要求,又要建立包装图文质量评估和提升的自动分析与分级方法,通过对比数据库中包装产品的色彩质量属性给出评估等级和修正参数,以简化评估流程,获得更高的效率和更好的效果。

2 包装色彩跨媒体复现的技术实现

1) 包装设计与印制系统的色彩匹配技术

本课题组通过对包装设计与印制系统组件正确的色彩特征描述,提出了基于等效中性灰的软硬拷贝的色彩匹配技术框架(如图1所示)。本色彩匹配技术分为4个部分,首先设定包装设计与印制系统的色彩特征,其次构建输入、显示和其他输出设备的色域数字化,然后建立包装设计与印制系统的等效中性灰参数及其色彩匹配条件,最后评测包装设计与印制系统的等效中性灰参数及其中性灰的一致性,检查特征色的色差。该技术是以系统设备中色彩表达的最小色域为基础、以保持系统设备具备相同的等效中性灰为前提来实现RGB模式和CMYK模式下的色彩表达与传递,保证色彩识别、分类与应用中的色彩一致性,实现包装色彩的跨媒体复现。

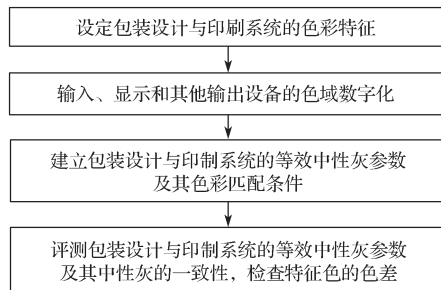


图1 包装设计与印制系统的色彩匹配技术框架

Fig. 1 Color matching technology framework for packaging design and printing system

2) 包装色彩跨媒体复现技术的流程

本课题组在包装设计与印制系统的色彩匹配技术基础上，根据包装色彩跨媒体复现的“4色印刷+专色印刷”特征及其色彩传递特性，提出了以系统等效中性灰为基础，以输入、显示和其他输出设备的中性灰参数为基准，以色彩管理为手段的包装色彩跨媒体复现技术。该技术的具体流程如图2所示。

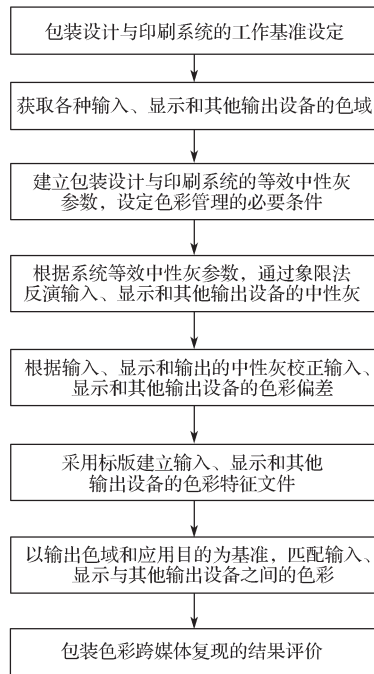


图2 包装色彩跨媒体复现技术实现的流程

Fig. 2 Packaging color cross-media reproduction technology implementation process

3) 色彩匹配算法的改进与优化

色彩空间变换与匹配算法是包装色彩跨媒体复现高精度实现的关键。该算法的核心是如何正确建立控制点之间的一一对应关系，以确保映射后控制点的精度^[19-20]。本课题组通过科学分析与比较现有色彩变换方法的优势与不足，在大量实验对比和算法分析

的基础上，提出了“控制匹配、嵌套优化”的算法思想和基于四面体插值的多次嵌套式三维查找表的色彩匹配改进算法（算法流程如图3所示）。该算法突破了目前各种软件一次自动色彩匹配的精度局限，实现了基于控制精度的多次自动匹配算法，有效地提高了算法精度和效率^[21]。

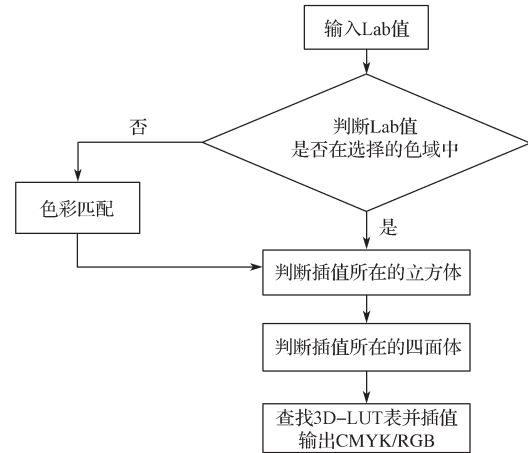


图3 色彩匹配的算法流程

Fig. 3 Color matching algorithm flow

3 实验结果与分析

本课题组采用CMM-1数字测试标版确定系统等效中性灰及其校色参数，采用IT8.7-1、IT8.7-2、IT8.7-3标板确定输入、显示及其他输出设备的色彩特征。采用本算法对多个典型包装样品进行测试后，基色色块(CMYKW)的色差数据如表1所示，中性灰色块的色差数据如表2所示，匹配前后的色域图如图4所示。表1和表2中， ΔE_1 、 ΔE_2 、 ΔE_3 分别是输入、显示和其他输出设备与IT8.4-7标准数据之间的色差， A_i 是三原色色块， B_i 是黑色色块或白色色块， F_i 是中性灰。由测试结果可知：

1) 色差分析。当利用等效中性灰对系统基准进行整合后，对样品IT8.7-3的928个色块进行第一次色彩匹配，平均色差降至3.26， ΔE 在1.00~3.50的色块占70.31%。第二次色彩匹配后，平均色差降至2.50，其中 ΔE 小于3.50的色块占90.15%， ΔE 小于3.00的色块高达95.68%。可见本算法能满足工业生产的精度要求。

2) 视觉评价。在D65标准光源下，20名视觉正常的观察者对CMM-1数字测试标版、IT8.7-3标板和多种包装样品进行视觉对比观测，经过色彩匹配算法第一次处理后，样张色块和图像的整体明度趋

近目标要求（见图 4b），但有少数色彩饱和度偏大；经过色彩匹配校正处理后，样张色块和图像视觉效果达到一致（见图 4c）。

表 1 基色色块（CMYKW）的色差比较

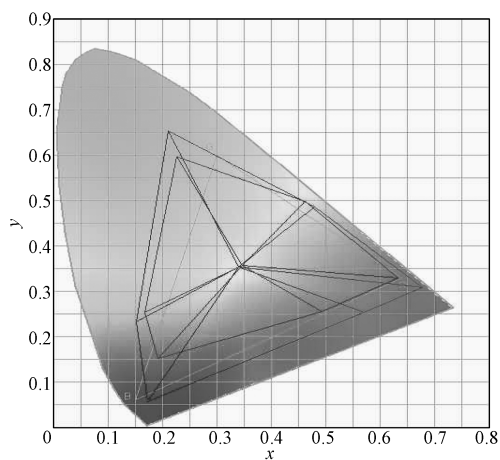
Table 1 Color difference comparison of basic color blocks (CMYKW)

| CMYK 值 | ΔE_1 | ΔE_2 | ΔE_3 |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|
| $A_1(100, 0, 0, 0)$ | 3.490 | 3.131 | 2.214 |
| $A_2(0, 100, 0, 0)$ | 9.906 | 4.840 | 3.057 |
| $A_3(0, 0, 100, 0)$ | 30.059 | 7.135 | 1.557 |
| $B_{12}(0, 0, 0, 100)$ | 5.541 | 4.322 | 1.202 |
| $B_{13}(0, 0, 0, 0)$ | 1.395 | 2.285 | 0.375 |

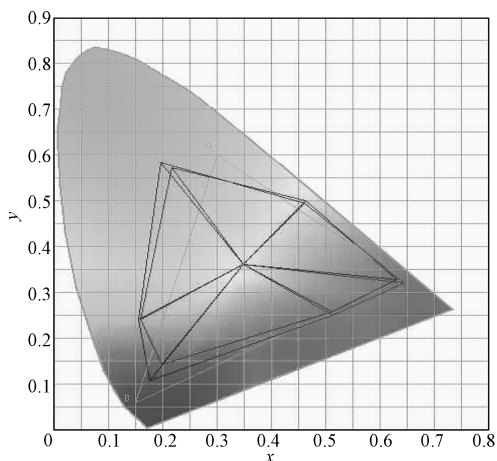
表 2 中性灰色块的色差比较

Table 2 Comparison of color difference of neutral gray blocks

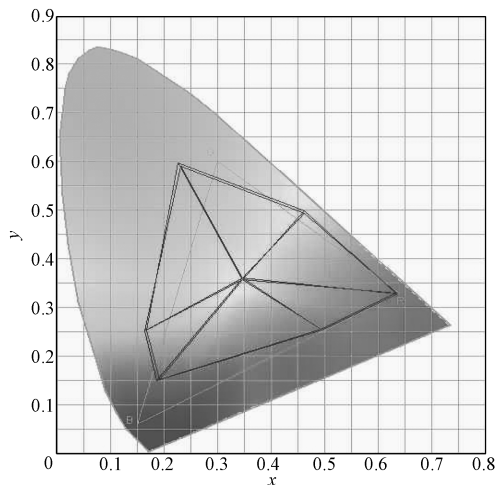
| CMYK 值 | ΔE_1 | ΔE_2 | ΔE_3 |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|
| $B_{12}(0, 0, 0, 100)$ | 5.541 | 4.322 | 1.202 |
| $F_2(0, 0, 0, 80)$ | 12.642 | 5.196 | 4.914 |
| $F_3(0, 0, 0, 70)$ | 13.380 | 5.346 | 4.954 |
| $F_5(0, 0, 0, 50)$ | 13.827 | 5.837 | 3.809 |
| $F_6(0, 0, 0, 25)$ | 8.668 | 3.403 | 2.564 |



a) 色域匹配前的色域比较



b) 第一次色域匹配后的色域比较



c) 第二次色域匹配后的色域比较

图 4 色域匹配前后的色域比较图

Fig. 4 Color gamut comparison chart before and after gamut matching

4 结语

包装色彩的跨媒体复现是现代包装产业链中包装产品设计与制造领域的技术热点和包装产业链数字化整合的关键目标。本课题组以理论研究和工程实现为基础，建立了从包装产品设计、包装产品制造到包装产品应用的色彩基准平台，提出了可满足“4色印刷+专色印刷”高保真集成整合的软拷贝与硬拷贝模型及其应用解决方案，较好地实现了跨媒体环境下包装设计与产品色彩复现的一致性，有效提升了作业效率和产品质量。本文对中国包装产业从数字化向智能化发展具有很好的行业技术导向作用和良好的应用价值，本算法可被应用于实际生产中。

参考文献:

- [1] WANG Q. Key Issues of Change and Development in China Printing Education[J]. China Printing & Packaging Study, 2010, 2(4): 13-16.
- [2] 蒲嘉陵. 从技术发展和演变角度论印刷学科属性和技术架构 [J]. 中国印刷与包装研究, 2009(1): 32-45.
PU Jialing. A Study on the Disciplinary Framework of Printing At the Standpoint of Technology Evolution[J]. China Printing and Packaging Study, 2009(1): 32-45.
- [3] 谢颀丞, 林政荣. 国内外数位出版发展现况与趋势 [J]. 数位内容新世纪, 2004(14): 6-12.
HSIEH Yungcheng, LIN Zhengrong. Status and

- Trends of Digital Publishing Development at Home and Abroad[J]. Digital Content New Century, 2004(14): 6-12.
- [4] WANG Q, WANG C Y, DING C L, et al. The Key Issues of the Contemporary Graphic Communication[C]// Proceedings of the 1st International Conference on Graphic Communication. Beijing: Graphic Communication Press, 2006: 377-380.
- [5] MAHY M, DE BAER D. Hifi Color Printing Within a Color Management System[C]//The 5th Color & Imaging Conference. [S. l.]: Society for Imaging Science and Technology, 1997, 47(1): 151-156.
- [6] 王 强, 王朝阳. 现代传播技术的跨媒体化发展[J]. 南京邮电学院学报(社会科学版), 2005(1): 25-28.
WANG Qiang, WANG Chaoyang. The Development of Cross-Media in Modern Communication Technology[J]. Journal of Nanjing University of Posts and Telecommunications (Social Science), 2005(1): 25-28.
- [7] 王 强. 空间信息的色彩管理机制研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2005.
WANG Qiang. The Study on Color Management Mechanism of Spatial Information[D]. Wuhan: Wuhan University, 2005.
- [8] CHEN Y D, BERNS R S, LAWRENCE A T, et al. A Multi-Ink Color-Separation Algorithm Minimizing Color Constancy[C]//The 11th Color Imaging Conference Color Science and Engineering Systems, Technologies, Applications. Scottsdale: Society for Imaging Science and Technology, 2003: 277-281.
- [9] 李遂闲. 多光谱复制的若干问题[D]. 北京: 北京理工大学, 2007.
LI Suixian. Several Problems of Multi-Spectral Replication[D]. Beijing: Beijing Institute of Technology, 2007.
- [10] 王 强, 洪杰文. 彩色数字图像分色机制[J]. 武汉测绘科技大学学报, 1999(8): 43-49.
WANG Qiang, HONG Jiewen. Separation Mechanism of Color Digital Image[J]. Journal of Wuhan Institute of Surveying and Mapping, 1999(8): 43-49.
- [11] 王 强. 分色原理与方法[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2007: 36-78.
WANG Qiang. The Principle and Method of Color Separation [M]. Beijing: Printing Industry Press, 2007: 36-78.
- [12] 史瑞芝, 曹朝辉. 基于7色高保真彩色印刷的颜色分色模型[J]. 测绘科学, 2007, 32(5): 58-60.
SHI Ruizhi, CAO Zhaohui. A Color Separation Model Based on 7-Color Hi-Fi Press[J]. Science of Surveying and Mapping, 2007, 32(5): 58-60.
- [13] JOSS M. A YUDU Media Look at Digital Publishing[J]. Seybold Report Analyzing Publishing Technologies, 2010, 10(21): 2.
- [14] HEIDI T N. Best Practices for Making the Most of QR Codes[J]. Seybold Report Analyzing Publishing Technologies, 2010, 10(21): 9.
- [15] 王 强. 空间信息色彩变换方法的探讨[J]. 测绘通报, 2006(10): 20-23.
WANG Qiang. The Comparison of Color Transform in Spatial Information[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2006(10): 20-23.
- [16] IMAI F H, BERNS R S. Spectral Estimation Using Trichromatic Digital Cameras[J]. International Symposium on Multispectral Imaging and Color Reproduction for Digital Archives, 1999, 42: 42-49.
- [17] 孔令罔, 朱元泓, MUENGER K, 等. 色彩表示的宽带多光谱空间研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2004, 29(9): 840-844.
KONG Lingwang, ZHU Yuanhong, MUENGER K, et al. Color Representation Using Wide-Band Multi-Spectral Space[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2004, 29(9): 840-844.
- [18] TZENG D Y, BERNS R S. Spectral-Based Ink Selection for Multiple-Ink Printing I. Colorant Estimation of Original Objects[C]//The 6th Color Imaging Conference: Systems, and Applications. [S. l.]: Society for Imaging Science and Technology, 1998: 106-111.
- [19] 肖 嵩, 周 雅, 晏 磊, 等. 数字彩扩机色域匹配技术研究[J]. 光学技术, 2002, 28(1): 68-70.
XIAO Song, ZHOU Ya, YAN Lei, et al. Color Gamut Mapping in Digital Photofinishing[J]. Optical Technique, 2002, 28(1): 68-70.
- [20] NAKAUCHI S, HATANAKA S, USUI S. Color Gamut Mapping Based on a Perceptual Image Difference Measure[J]. Color Research and Application, 1999, 24(4): 280-291.
- [21] 王 强, 汤学黎, 范锦文, 等. 数字原稿色域的定量分析与比较[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2006, 31(9): 806-808.
WANG Qiang, TANG Xueli, FAN Jinwen, et al. Quantitative Analysis and Comparison in Digital Manuscript Gamut[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2006, 31(9): 806-808.

Evaluating Innovation Ability of Packaging Industry Based on Interval Grey Linguistic POWA Operator

ZHOU Huan^{1,2}, GUO Ke^{1,2}, LUO Zican^{1,2}

(1. School of Business, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;

2. Hunan Province Packaging Economy Research Base, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Under the “innovation-driven development strategy”, evaluation of the packaging industry’s innovation capability and core competitiveness promotion have become the research focal points. There exist some interactive relationships among the evaluating criteria of packaging industry’s innovation capability. In order to better evaluate such issues, interval grey linguistic variables were used to describe each piece of evaluation information, and the grey fuzzy multi criteria decision making model based on Power ordered weighted averaging operator of interval grey language was built. Based on this, the model was applied in the evaluation of packaging innovation capability. Finally, the effectiveness and feasibility of the proposed method were verified through the evaluation of the packaging industry innovation capability in different regions.

Keywords: interval grey linguistic variable; interval grey linguistic power ordered weighted average operator; multi criteria decision making; evaluation of packaging industry innovation capability

.....

(上接第 21 页)

Exploring Cross-Media Reproduction Technology of Packaging Color

WANG Qiang¹, YANG Anning¹, CHEN Wen²

(1. School of Media and Design, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China;

2. College of Communication and Art Design, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: With the aim to meet the demand of color reproduction technology in the design and manufacture of packaging products in the modern packaging industry chain, by means of establishing a color reference platform from packaging design, packaging manufacturing to packaging application, an integrated soft-copy and hard-copy model named “4-process color plus spot color printing” with the application solution was proposed for processing printing and spot-color printing with high fidelity. The test results showed that: 1) after twice color matching of the IT8.7-3 sample, the average color difference was reduced to 2.50 and ΔE less than 3.00 was as high as 95.68%; 2) after the color matching and optimization algorithm being processed, the sample color block and the image approached the target requirement, with the image visual effect being consistent. The algorithm could meet the precision requirements of industrial production and achieve consistency in packaging design and product cross-media color reproduction.

Keywords: package color; cross-media; reproduction technology