

品牌色的四色可复制性研究

刘艳¹, Robert Chung²

(1. 上海出版印刷高等专科学校, 上海 200093;

2. Rochester Institute of Technology, Rochester, NY 14623, USA)

摘要: **目的** 研究使用 CMYK 四色复制品牌色时品牌色颜色宽容度的评判方法和可复制百分比。**方法** 从 ICC 色彩管理流程着手, 研究色彩转换过程、复制过程及测量仪器之间的色差, 结合视觉理论给出评定品牌色复制性颜色宽容度的影响系数及数据。**结果** 品牌色可复制性评判的颜色宽容度为 $3.5\Delta E_{00}$, 指定 ICC Profile 转换的品牌色可复制比例分别为 65% (CGATS21-CRPC5), 74% (CGATS21-CRPC6) 和 86% (CGATS21-CRPC7)。**结论** 所提出的判定品牌色可复制颜色宽容度方法可以给印刷标准单位用来定量评价品牌色在不同四色印刷条件的可复制百分比。

关键词: 品牌色; ΔE_{00} ; 色差; 颜色宽容度; 可复制性

中图分类号: TS801.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)17-0223-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.17.037

Quantifying Reproducible Brand Colors in Four-color Printing

LIU Yan¹, Robert Chung²

(1. Shanghai Publishing and Printing College, Shanghai 200093, China;

2. Rochester Institute of Technology, Rochester, NY 14623, USA)

ABSTRACT: The work aims to study how to determine the tolerance for brand color reproduction and the %Reproducible Pantone Colors of CMYK device. Beginning with the ICC-based color management workflow, the color difference among the color conversion process, reproduction process and measuring instrument was studied. Combined with the theory of vision, the influence coefficient and data used to determine the color tolerance of brand color reproduction were given. The tolerance for brand color reproduction was $3.5\Delta E_{00}$. The reproducible Pantone colors in CGATS21-CRPC5, CGATS21-CRPC6 and CGATS21-CRPC7 printing conditions converted by designated ICC Profile were 65%, 74% and 86%, respectively. The proposed method for determining the brand color reproduction tolerance can be used by a printing standardization body to quantitatively evaluate the reproducible brand colors of any color output device.

KEY WORDS: brand color; ΔE_{00} ; color difference; color tolerance; reproducible

品牌色是一种特殊的颜色, 经常被使用在公司标志和产品商标上, 作为设计过程的一部分, 起着品牌视觉识别作用, 用以增强产品的外观^[1]。

品牌色有 2 种主要印刷方法, 一种是通过特定的调配好的油墨及印刷机上特定的印刷单元来实现, 比如荧光油墨、金银墨及超色域油墨等, 这种方法也称为专色印刷; 另一种是选用标准特性文件 (ICC Profile) 进行图像分色转换, 输出样张确认后, 用

CMYK 油墨来进行印刷复制, 这种方法称为四色常规复制^[2-4]。文中的研究对象是用四色油墨来印刷品牌色时的可复制性问题。

品牌色可复制性是指根据给定的颜色宽容度来评判可以复制的品牌色百分比。小于或等于该给定宽容度的颜色被认为是可以复制的颜色。Roy S. Berns 在《Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology》一书中明确指出有 2 种不合理的确定颜

收稿日期: 2017-10-19

基金项目: 新闻出版广电总局重点实验室柔版印刷绿色制版与标准化实验室项目 (ZBKT201703)

作者简介: 刘艳 (1979—), 女, 硕士, 上海出版印刷高等专科学校讲师, 主要研究方向为色彩复制。

色宽容度的方法^[5]。什么样的评判方法更合理以及多大的颜色宽容度可以用来评判品牌色的可复制性,目前仍然没有一个确定的评判方法和数值^[2, 6]。

文中用 Pantone Color Manager Software 中的 Pantone Solid Coated 1755 种颜色来代表所有品牌色^[7]。Pantone 颜色由 14 种基本颜色组成^[8],用 CMYK 四色油墨复制时,颜色需要经过 ICC Profile 转换,经过这一转换流程多少品牌色能被复制出来,对评价印刷质量及数码印刷机的选购具有非常重要的意义。目前四色印刷机在品牌色复制方面缺乏标准的评判方法。

文中在相关理论和研究的基础上,从用四色复制品牌色的 ICC 色彩转换流程入手,综合颜色转换、印刷复制和颜色测量三个过程,给出一种定量研究评判品牌色复制的总体色差和色差宽容度的确定方法。

1 实验

1.1 实验设备和材料

Pantone 颜色色卡(2004 第 2 版)及 Pantone Solid Coated 1755 色彩数据(LAB 值);IT8.7/4 色标数据(CMYK 数据);CGATS21_CRPC5.icc, CGATS21_CRPC6.icc, CGATS21_CRPC7.icc(代表 3 个不同的印刷色域)^[9];颜色软件 Color Think Pro 3.0.3;Microsoft Excel 2007 及 CIEDE 2000 色差公式^[10];分光光度计 i1 Pro2 和 eXact。Pantone Solid Coated 1755 和选用的 3 个 ICC Profile 的色域分布见图 1。

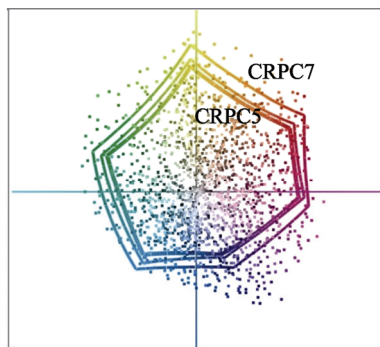


图 1 Pantone Solid Coated 1755 和 CRPC5-7 色域比较
Fig.1 Gamut comparison of Pantone Solid Coated 1755 and CRPC5-7

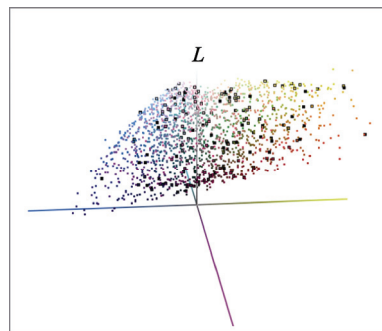


图 2 Pantone color 1755-168 LAB 立体分布
Fig.2 Pantone color 1755-168 LAB 3D distribution

其中用于代表品牌色进行复制评价及 ICC 颜色转换的 Pantone Solid Coated 1755 颜色和用于寻找测量仪器色差的 Pantone 168 个色样的 3-D 分布见图 2(黑色代表 168 个被测量的颜色)。

1.2 实验方法

文中在相关理论和研究的基础上,从用四色复制品牌色的 ICC 色彩转换流程入手,综合颜色转换、印刷复制和颜色测量 2 个过程,给出一种定量研究评判品牌色复制的总体色差和色差宽容度的确定方法,并利用该色差宽容度判定品牌色的可复制百分比。评价流程及方法见图 3。

1.2.1 颜色转换色差 V_{B-to-A} 的获取方法

颜色转换色差 V_{B-to-A} 指的是在使用 ICC Profile 时产生的色差。

为了确定 ICC Profile 的色差,借助色彩管理中的 A-to-B 和 B-to-A 转换模式^[11],使用 IT8.7/4 的 CMYK 数值作为输入值,选取用于色彩转换的 ICC Profile,采用“absolute colorimetric”色彩转换意图^[12],转换的流程为 A-to-B-to-A-to-B,2 次 B 值的差异即为颜色转换色差。文中用于实验的 ICC Profile 为 CGATS21_CRPC5.icc, CGATS21_CRPC6.icc 和 CGATS21_CRPC7.icc。

主要步骤为:在 ColorThink Pro 3 用 A-to-B 的转换模式,分别用 CRPC5, CRPC6 和 CRPC7,把 IT8.7/4 的 CMYK 数值转换为 CIE Lab 值;使用 B-to-A 的转

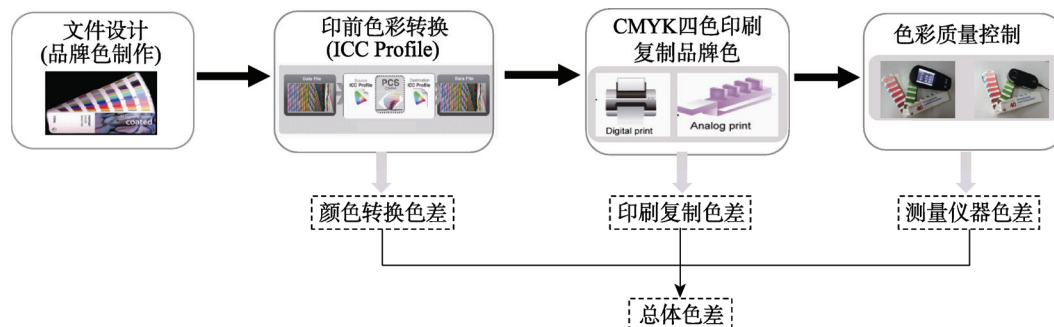


图 3 定量研究评判 ICC 四色复制流程的总体色差方法

Fig.3 Overall color difference method for quantitatively studying and judging ICC workflow

换模式，采用相同的参数用把 CIE Lab 值转回为 CMYK 值；再使用 A-to-B，将 CMYK 值转换为 CIE Lab 值；将 2 次得到的 CIE Lab 值进行色差计算，得到一组 ΔE_{00} 。计算该组 ΔE_{00} 的累积相对频率分布 CRF (Cumulative relative frequency)，95% 的 ΔE_{00} 值作为颜色转换误差^[13]。

1.2.2 印刷复制色差 $V_{A\text{-}to\text{-}B}$ 的获取方法

品牌色经过分色转换，输出样张确认后，就进入下一个流程即用 CMYK 四色来印刷复制。在印刷复制过程中，不同的印刷状况会产生不同的印刷复制色差。实验中，印刷复制色差 $V_{A\text{-}to\text{-}B}$ 是采用 CGATS TR016-2014 标准中的色差数据获取的。CGATS TR016-2014 标准主要提供了四级印刷色差，每级数值代表一种印刷状况的复制色差的宽容度^[14]。

1.2.3 测量仪器色差 $V_{\text{measurement}}$ 的获取方法

在进行色彩质量控制时，通常用分光光度计来测量、比较颜色的色差。印刷生产商和客户可能会选用不同的分光光度计来进行测量。不同的测量仪器在测量同一颜色时也存在仪器间的色差。为了确定测量仪器间的色差，实验选择了现在常用 eXact 和 i1 Pro 2 这 2 种仪器作为代表来进行比较。具体方法为：在 Pantone 颜色色卡中选取 168 个色块，代表不同的色相、明度和饱和度。分别用 eXact 和 i1 Pro 2 测量同一色块得到一组 CIE Lab 值。比较 2 种不同测量仪器测量得到的 CIE Lab 值，计算得到 168 组 ΔE_{00} 。制作该组 ΔE_{00} 的 CRF，选取 95% 的数值作为测量仪器的误差。

1.2.4 品牌色可复制性评判方法

1) 品牌色总体色差的获取方法。在颜色转换、颜色复制和测量仪器 3 种因素对颜色复制色差影响得到确定的基础上，根据 DataMyte Handbook, 4th Edition 的说明，总体颜色色差可由各影响因素平方和的平方根来确定^[15]，即式 (1)

$$V_{\text{polled}} = \sqrt{V_{\text{cause1}}^2 + V_{\text{cause2}}^2 + V_{\text{cause3}}^2 + \cdots + V_{\text{causen}}^2} \tag{1}$$

具体到实验中，总体颜色色差的公式见式 (2)

$$V_{\text{polled}} = \sqrt{V_{\text{B-to-A}}^2 + V_{\text{A-to-B}}^2 + V_{\text{measurement}}^2} \tag{2}$$

2) 色差宽容度的获取方法。根据 Roy S. Berns 的研究结果，为了避免颜色色差的宽容度过小，在品牌色复制性评判时可以考虑在总体色差的基础上乘以一个影响系数 (F)。这个影响系数如何确定，会在实验结果和分析中做具体交代，即式 (3)。

$$T_{\text{BrandColorRepro}} = F \times V_{\text{polled}} \tag{3}$$

3) 品牌色可复制百分比的确定方法。确定好影响系数后，即可得到评判品牌色宽容度。利用该色差宽容度，可以计算出品牌色的可复制百分比。具体方

法为：采用 B-to-A 的转换模式，分别用 CRPC 5, CRPC 6 和 CRPC 7 将 Pantone Solid Coated 1755 采用“absolute colorimetric”的色彩转换意图转换为对应的 CMYK 值；采用 A-to-B，将得到的 CMYK 值分别用相对应的 CRPC 特性文件再转换到 CIE Lab 值；计算出 2 次转换的色差 ΔE_{00} ，将其与 $T_{\text{BrandColorRepro}}$ 进行比较，如果色差在其范围内，即为可复制颜色。

2 实验结果及分析

2.1 颜色转换色差 $V_{\text{B-to-A}}$

根据颜色转换实验的具体步骤和方法，得到 CGATS21_CRPC5.icc, CGATS21_CRPC6.icc 和 CGATS21_CRPC7.icc 的累积相对频率分布 CRF 图和具体数据，分别见图 4 和表 1。

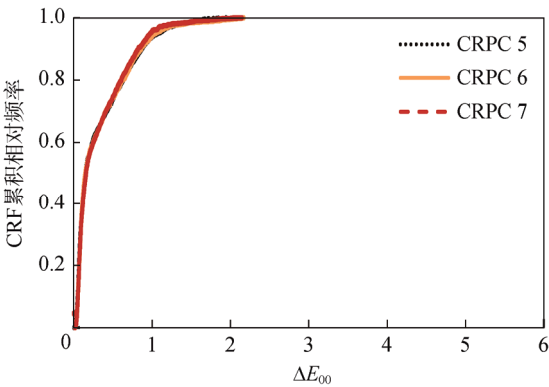


图 4 CRPC 5—7 转换色差累积相对频率分布
Fig.4 CRF distribution of CRPC 5—7 conversion color difference

表 1 颜色转换色差 B-to-A
Tab.1 Color difference of color conversion (B-to-A)

印刷条件	95% 色差值 ΔE_{00}
CRPC5	1.1
CRPC6	1.0
CRPC7	1.0
平均值	1.0

从计算数据可以看出，CRPC5, CRPC6 和 CRPC7 3 种颜色转换特性文件的转换色差非常接近，取该 3 种特性文件色差的平均值作为颜色转换色差的数值，即 $V_{\text{B-to-A}}=1.0$ 。

2.2 印刷复制色差 $V_{\text{A-to-B}}$

CGATS-TR016 2014 标准关于宽容度及其等级的 CIEDE2000 (ΔE_{00}) 的规定见表 2。Level I 容许偏差针对最严格的颜色应用比如打样；Level II 针对相对严格的颜色应用比如商业印刷；Level III 针对一般的印刷过程；Level IV 的颜色容差规定主要是达到让人满意的颜色水平^[13]。文中研究对象为品牌色的复制，

鉴于品牌色对于商品的特殊标示作用及其类似于打样的严格要求,选择 Level I 作为印刷复制色差的数值,即 $V_{A-to-B}=2.0$ 。

表2 CGATS-TR016 颜色容差等级
Tab.2 Color tolerance grade of CGATS-TR016

目标描述	宽容度等级 (CIEDE2000)			
	Level I	Level II	Level III	Level IV
ISO 12647-2 95%色差数值	2.0	3.0	4.5	6.0

2.3 测量仪器色差 $V_{\text{measurement}}$

eXact 和 i1 Pro 2 对同一 Pantone 色卡测量的色差 CRF 分布见图 5。其中 95% 的色差值作为测量仪器色差,即 $V_{\text{measurement}}=1.6$ 。

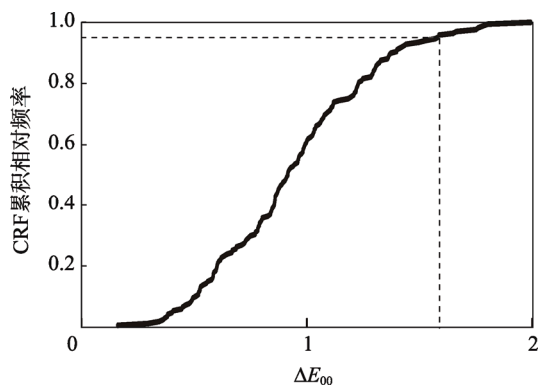


图5 eXact 和 i1 Pro 2 测量色差 CRF 图
Fig.5 CRF of color difference measurement of eXact and i1 Pro 2



图6 相邻 Pantone 色视觉感觉
Fig.6 The visual perception of adjacent Pantone color difference

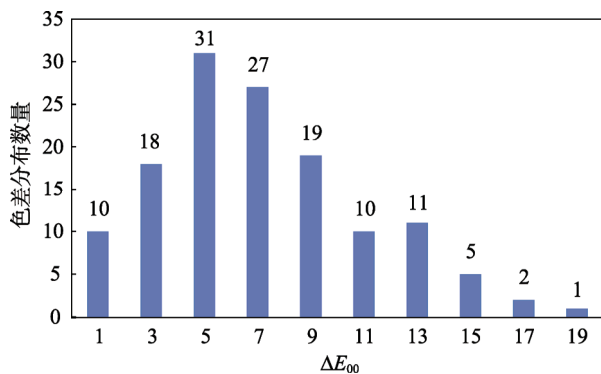


图7 潘通色样的相邻色差频率分布直方图
Fig.7 Frequency distribution of adjacent Pantone color difference

2.4 品牌色宽容度

1) ICC 四色复制品流程总色差。根据颜色转换、印刷复制和测量仪器 3 个过程的色差,ICC 四色复制品流程总体色差的计算数据见式(4)

$$V_{\text{polled}} = \sqrt{V_{B-to-A}^2 + V_{A-to-B}^2 + V_{\text{measurement}}^2} = 2.7 \quad (4)$$

2) 品牌色宽容度与影响系数的确定。根据 2.2 节中的分析可知品牌色宽容度等于影响系数乘以总色差。也就是说,品牌色宽容度的设定需要考虑主观和客观两方面的因素,四色复制品流程总色差 ($2.7\Delta E_{00}$) 属于客观因素,而影响系数属于主观因素。根据 Roy S. Berns 所述^[5],影响系数若为 1 则品牌色宽容度过小。该研究认为经过影响因数的调节后,品牌色宽容度应该小于相邻潘通颜色色差的一半,同时又在视觉可接受的色差范围内。

文中测量了相同色相的 Pantone 色卡相邻颜色之间的色差。这些颜色在 Pantone 色卡上具有相同色相,虽然明度和饱和度不同,但都满足一个共同的条件即用于色差计算的颜色对在同一张色卡紧紧相邻的 2 个色块上(代表的却是 2 个不同的品牌色)。相邻 Pantone 色块视觉感觉图见图 6。测量得到的 Pantone 色卡的相邻色差频率分布的直方图见图 7,该 134 对相邻颜色的平均色差为 $8.0\Delta E_{00}$ 。

综合以上数据和分析,文中建议影响系数的设定为 1.3,基于此的品牌色宽容度为 3.5。根据文中的实验测量和分析,可以得到用于品牌色四色复制性评判的相关数据见表 3。

表3 品牌色可复制性评判的相关数据
Tab.3 Relevant data of reproducible judgment of brand color

色差	ΔE_{00}
颜色转换色差 V_{B-to-A}	1.0
印刷复制色差 V_{A-to-B}	2.0
测量仪器色差 $V_{\text{measurement}}$	1.6
ICC 流程色差	2.7
影响系数	1.3
宽容度	3.5

3) 品牌色可复制百分比。经过 CGATS21_CRPC5.icc, CGATS21_CRPC6.icc 和 CGATS21_CRPC7.icc 转换的 Pantone solid coated 1755 色转换的颜色累计相

对频率分布见图 8。经过不同特性参数文件转化后的品牌色可复制百分比的数据见表 4。

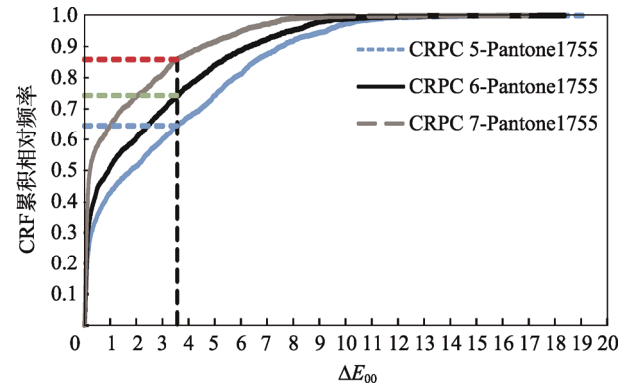


图 8 经 CRPC 5—7 转换的 Pantone 1755 色的相对频率分布
Fig.8 CRF distribution of Pantone color 1755 converted by CPRC 5—7

表 4 品牌色可复制百分比
Tab.4 Reproducible of the brand color

印刷条件	色域值（立方数）	可复制百分比/%
CRPC 5	331 416	65
CRPC 6	389 023	74
CRPC 7	525 551	86

3 结语

从品牌色的四色复制流程着手，以 Pantone Solid Coated 1755 来代表品牌色，选择 ISO 15339-2 标准中的 CGATS-CRPC 5, CGATS-CRPC 6 和 CGATS-CRPC 7 3 个具有不同印刷色域的 ICC Profile 表示不同的印刷条件，用实验模拟其转换及复制过程，研究品牌色的可复制宽容度和转换复制百分比。经过实验研究，可以得出结论如下所述。

1）品牌色可复制百分比与进行颜色转换时所选用的 ICC Profile 的色域范围存在比例关系。随着 CRPC 5, CRPC 6 和 CRPC 7 色域范围的增加,可复制的颜色数依次增加约 10%。

2）宽容度的数值和印刷过程的总色差及影响系数关系密切。不同的印刷条件可能会产生不同的总色差，在宽容度的数值确定条件下，总色差与影响系数成反比。也就是说，总色差越大，印刷过程的变动要求越严格。

3）文中从色彩管理流程着手，在一系列实验数据和分析的基础上，结合工业实践标准和视觉感知，提出了一种判定品牌色四色可复制性的色差宽容度方法，可以提供给印刷标准单位，用来定量评价品牌色在不同四色印刷条件的可复制百分比。

参考文献：

[1] HEATH L. Brand Color, Predictability from Design to Production[C]// Printing Industry of America Color

Management Conference. Phoenix, AZ, 2015: 42—44.

[2] 郝文静. 柔性版印刷专色油墨计算机配色系统的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2010.

HAO Wen-jing. Study on Flexible Printed Version of the Computer Color Matching System[D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology, 2010.

[3] 王彩印. 如何评判专色印刷的色彩可重复性[J]. 印刷杂志, 2006(7): 45—47.

WANG Cai-yin. How to Judge the Color Repeatability of Spot Color Printing[J]. Printing Field, 2006(7): 45—47.

[4] 田全慧. 非常规的专色复制装饰图像[J]. 印刷杂志, 2015(4): 44—47.

TIAN Quan-hui. Unconventional Spot Color Copy of Decoration Image[J]. Printing Field, 2015(4): 44—47.

[5] ROY S. Berns, Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology (Third Edition)[M]. Wiley-Interscience, 2000: 130.

[6] 程常现. 选用专色印刷还是分色合成印刷[J]. 印刷工业, 2014(2): 68.

CHENG Chang-xian. Choose Spot-color Printing or CMYK-Printing[J]. Printing Field, 2014(2): 68.

[7] 刘俊杰. 专色印刷在印前处理中应注意的一些问题[J]. 广东印刷, 2005(2): 25—26.

LIU Jun-jie. Some Points of Prepress Process in Spot Color Printing[J]. Guangdong Printing, 2005(2): 25—26.

[8] PANTONE. PANTONE Formula Guide Coated/ Uncoated, Second Edition[M]. Pantone Color Institutur, 2004.

[9] International Color Consortium. ICC Profile Registry[EB/OL]. [2017-06-17]. [http://www.color.org/ registry/index.xalter](http://www.color.org/registry/index.xalter).

[10] 黄敏, 刘浩学, 廖宁放. 印刷样品恰可察觉小色差辨色阈值的研究 II: 色差公式分析与评价[J]. 光学学报, 2009, 29(6): 1740—1745.

HUANG Min, LIU Hao-xue, LIAO Ning-fang. Just-noticeable Color Difference Discrimination Threshold Using Printed Samples II: Analysis and Evaluation of Color-difference Formulae[J]. Acta Optica Sinica, 2009, 29(6): 1740—1745.

[11] FRASER B, MURPHY C, BUNTING F. 色彩管理[M]. 刘浩学, 译. 北京: 电子工业出版社, 2005.

FRASER B, MURPHY C, BUNTING F. Color Management[M]. LIU Hao-xue, Translate. Beijing, Publishing House of Electronics Industry, 2005.

[12] FRASER B, MURPHY C, BUNTING F. 色彩管理[M]. 刘浩学, 译. 北京: 电子工业出版社, 2005.

FRASER B, MURPHY C, BUNTING F. Color Management[M]. LIU Hao-xue, Translate. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005.

[13] 张琳, 张美云, 杨旭. 专色印刷中色差的研究[J]. 包装工程, 2010, 31(19): 84—86.

ZhANG Lin, ZHANG Mei-yun, YANG Xu. Research on Color Difference in Spot Color Printing[J]. Packing Engineering, 2010, 31(19): 84—86.

[14] CGATS TR 016-2014, Graphic Technology-Printing Tolerance and Conformity Assessment[S].

[15] DATAMYTE Staff. DATA MYTE Handbook, A Practical Guide to Computerized Data Collection for Statistical Process Control(4th Edition)[M]. DataMyte Corporation, 1989.