

GCR分色工艺中黑版的确定方法

桑凤仙¹, 许向阳², 孟凡亚³

(1. 深圳市高技能人才公共实训管理服务中心, 深圳 518045;

2. 深圳职业技术学院, 深圳 518055;

3. 海德堡印刷设备(深圳)有限公司, 深圳 518004)

摘要: **目的** 解决预定义黑版不能依据图像原稿的油墨覆盖特征, 自适应确定黑版生成曲线的问题。 **方法** 采用微观分析法研究中性灰色块网点的分布特征, 对比分析饱和色替代前后的色差情况。 **结果** 黑版起点与加网线数和网点形状相关, 黑版起点位置的定义应以保护图像浅色阶调层次为原则, 实验中对于150 LPI传统网角的方形网点印刷, 黑版起点确定为13%的网点面积覆盖; 黑版曲线的幅度应在饱和色彩度最佳还原的基础上, 以最大黑版替代为原则, 以饱和色差控制在 ΔE_{76} 小于3为依据。 **结论** 在GCR分色工艺中, 以最大黑版替代为原则, 以饱和色差控制在 ΔE_{76} 小于3为依据, 能使饱和色彩度保持的同时, 最大限度地节省彩色油墨用量, 确定的黑版替代曲线可用于指导建立设备链接特性文件, 以保证图像颜色转换更加准确。

关键词: 颜色转换; GCR; 色彩管理; ICC

中图分类号: TS801.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)13-0135-04

Determination Method of Black Printing Plate in GCR Process

SANG Feng-xian¹, XU Xiang-yang², MENG Fan-ya³

(1. Shenzhen Public Training Administration & Service Center for Hi-skilled Workers, Shenzhen 518045, China;

2. Shenzhen Polytechnic Media, Shenzhen 518055, China;

3. Heidelberg Shenzhen Ltd., Shenzhen 518004, China)

ABSTRACT: The research aimed to solve the problem that the predefined black printing plate cannot adaptively determinate the black generation curve based on the characteristics of the original ink coverage. The distribution of neutral gray blocks was investigated using the microscopic analytical method to comparatively analyze the chromatic aberration before and after substitution of saturated colors. The starting point of the black printing plate was associated with the screen lines and the dot shape. The determination of the starting point of the black printing plate should be based on the principle of protecting the tonal level of light colors in images. In the experiment, the square dot printing with traditional 150 Lpi screen angle was adopted and the starting point of the black printing plate was determined to be 13% dot area coverage. And the black amplitude should be determined on the basis of optimal rendition of saturated colors and the principle of largest black substitution with reference of ΔE_{76} less than 3 for saturated aberration. In GCR process, the principle of largest black substitution with reference of ΔE_{76} less than 3 for saturated aberration can retain the saturated chroma, meanwhile, save the usage of color ink to the largest degree, and the determined black substitution curve can be used to guide the establishment of the device link profiles to ensure more accurate image color conversion.

KEY WORDS: color conversion; GCR; color management; ICC

RGB到CMYK颜色空间的转换是三维到四维颜色空间的转换。在ICC开放式色彩管理系统中,典型的转换方法是RGB设备色先转换到CIELab设备无关色,然后由CIELab颜色空间转换到CMYK颜色空间^[1-2]。对

收稿日期: 2014-11-03

基金项目: 深圳市科技计划(GJH20120702152016274); 深圳职业技术学院校级青年创新项目(2213K3040013)

作者简介: 桑凤仙(1979—),女,河南人,硕士,深圳市高技能人才公共实训管理服务中心工程师,主要研究方向为印刷工艺和材料。

通讯作者: 许向阳(1978—),男,河南人,在读博士,深圳职业技术学院副教授,主要研究方向为印前和印刷工艺。

于CIE Lab到CMYK的转换算法,有许多学者进行了深入研究,主要表现为各种不同的高保真分色算法^[2-8]。在这些研究中的转换过程隐含着CMY到CMYK颜色空间的转换,其实现三维到四维颜色空间转换的关键技术就是灰成分替代技术(Grey Component Replacement, GCR)^[9]。GCR技术是四色印刷得以实现的核心技术,该技术能够实现的原因是CMYK四维颜色空间中的K与C, M, Y之间是线性相关的,在理想情况下,凡是用C, M和Y等3色油墨叠印或混合而成的非彩色,均可采用与3色中最弱色相等比例的黑色油墨来取代,从而获得相同的视觉效果。在实际情况下,由于C, M, Y油墨固有的颜料属性,油墨与纸张结合的特征,以及印刷工艺参数等因素的存在,用与最弱色相等量的黑墨替代3色叠印的非彩色成分,通常不能达到相同的视觉效果。因此,需要针对不同的印刷条件确定不同的GCR分色曲线,也即是确定与印刷条件相关的黑版曲线。

ICC色彩特性文件是在印刷条件定义后生成的预定义GCR曲线,然而,对于不同特征的图像原稿使用该曲线未必合适,因为不同的图像原稿油墨覆盖量不同。在相同的印刷条件下,使用该预定义的GCR曲线通常会产生2个问题:在图像的饱和色区域去除量大时,会丢失饱和度;在油墨覆盖率大的原稿去除量小时,油墨干燥慢,会增加工艺难度或复杂度,同时浪费油墨。如何较好地使用GCR工艺是四色印刷的关键问题之一。从GCR概念提出以来,对于GCR工艺的研究一直是热点问题。有不少学者分别从不同的角度对GCR工艺进行了测试和分析,典型的研究结论可归为2类:第1类是针对GCR工艺中不同黑版曲线适用性的对比与分析^[10-12],结论是应依据原稿的特征选择合适的黑版曲线;第2类是针对如何确定GCR曲线进行的研究^[13],结论是确定合理的GCR曲线可节省彩色油墨的用量。这里,要研究的内容是将这2种典型的结论结合起来,解决GCR工艺中K版参数确定的方法问题。

1 GCR分色类型参数

GCR工艺的实现基础是印刷条件相对固定,这里所说的印刷条件包括油墨属性确定(如颜色、透明度等)、纸张属性确定(如颜色、厚度等)和印刷设备参数或工艺参数确定(如设备分辨率、压力、水墨平衡等)等。当这些条件确定后,可以建立设备特征化数据,获得该印刷条件的ICC色彩特性文件^[14-15]。该ICC特性文件中包含有GCR分色曲线,但并不适合于所有的

原稿。对于不同类型的图像原稿,应采用合适的GCR曲线,在保证原稿特征尽可能正确还原的同时能够最节省油墨。GCR的本质是实现CMY到CMYK的转换,在CMYK四维颜色空间中K变量和C, M, Y等3个变量之间是线性相关的,即K可用C, M, Y等3个变量的线性函数表示:

$$B_K(K) = a_c(C) + a_m(M) + a_y(Y) \quad (1)$$

式中: $B_K(K)$ 表示黑版量; a_c, a_m, a_y 分别表示C, M, Y变量的系数。这个等量关系是在一定的约束条件下才成立的,这些约束条件表现为确定黑色成分的参数。

2 黑版起点确定方法

GCR曲线的第1个参数是黑版起点。一般情况下可认为,黑版的起点在有CMY网点开始叠印时的油墨覆盖区域。依据黑版起点的位置不同,可以将黑版定义为长调、中调和短调黑版。在GCR工艺中,黑版阶调的应用应依据原稿的油墨覆盖情况进行定义。由于图像内容不同,CMY网点开始叠印的起点是不同的。如果考虑图像的内容,黑版的起点最好以CMY开始叠印的网点覆盖率为起点,因为在网点面积率很小的区域很少有C, M, Y等3色网点叠印,如果在此3色区域中采用黑墨替代,会影响该区域的阶调层次,丢失图像的纹理细节。网点面积小的C, M, Y等3色区域,同一色调由C, M, Y等3色网点和纸张的白色共同完成空间视觉的颜色混合,表现出的视觉混合效果细腻一些。以中性灰的复制为例,三色黑与单色黑在浅色区域的阶调对比情况见图1,左边是3色小网点覆盖区域,右边是同样百分比的黑色网点覆盖区域。图1中局部放大位置C, M, Y的网点面积分别为10%, 7%和7%,如果采用网点面积10%的黑色替代该高亮调,2个色块的色差 $\Delta E = 1$,这样的替代可以保持视觉灰平衡。从微观上分析,替代后的色调是由黑色和纸张的白色完成空间视觉的颜色混合,但是替代后所表现出的层次相对单调。

3色黑在高亮阶调区域的网点几乎没有叠印在一起,与单色黑同样的网点阶调对比,单位面积内网点的数量多,对图像纹理层次保留多。因此,在印刷条件固定的情况下,在浅色区域不设置黑墨替代时,可起到保护图像层次的作用。考虑到临界情况,确定黑墨替代的起点在C, M, Y网点开始叠印的区域。

在图像内容中,C, M, Y刚开始叠印的关系与印刷工艺中的加网参数相关。以调幅网目调印刷为例,网目线数是表征网点大小的参数,加网角度、网点形状

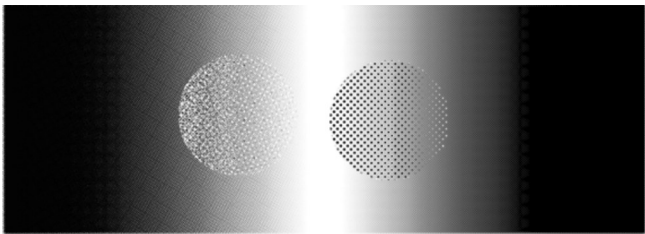


图1 小网点阶调对比
Fig.1 Halftone contrast in the small dot coverage area

不同,网点之间开始相交的网点面积率不同。除此之外,还要考虑网点扩大因素,为了达到相关的标准,印刷工艺的网点补偿值也是不同的。因此,在某一印刷条件下,例如,印刷加网线数为150线/英寸,网点形状为方形(在50%处搭脚),C,M和Y的加网角度分别为 75° 、 15° 和 90° 。C,M,Y灰色块按照上述参数加网后放大100%的示意图2,其中,每个色块下对应标示出了原始C,M,Y灰色的网点面积率(SWOP油墨,铜版纸印刷)。图2实验是在以ISO 12647—2:2004灰平衡为目标的印刷条件下,加网线数为150 lpi、传统加网角度、方形网点,确定黑版起点为13%。

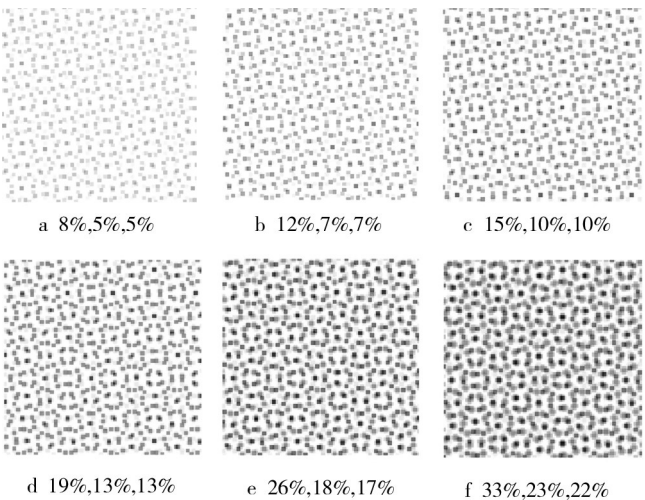


图2 C,M,Y网点叠印
Fig.2 The dot overprint situation

从图2中可以看出,当最小的网点百分比小于13%时,在该加网参数下,灰平衡色块中几乎没有CMY网点叠印在一起,当大于13%时,开始明显出现CMY网点叠印在一起。该灰平衡组合可以认为是3色网点出现叠印时的临界点,网点面积大于该组合的情况叠印明显。

上述论证分析是以灰平衡色块举例的,对于颜色比较饱和的彩色色块,通常是C,M,Y中的1个或者2个色块的网点面积率比较大,另外2个或者1个的网

点面积率比较小。如果采用与最小色相等量网点面积黑色替代CMY组合成的灰色,该颜色的亮度、彩度受到的影响可能比较大,甚至会出现严重的色偏。如果将黑版的比例降低,保证大多数饱和颜色的色差 $\Delta E_{76} \leq 3$,此时黑版用量为1%~3%,这样的替代虽然起到了节省彩墨的作用,但相对于浅色阶调的图像层次保护来说,在这些区域使用黑版替代意义不大。饱和色替代前后的色差见表1。

表1 饱和色替代前后色差
Tab.1 The color aberration before and after saturated color substitution

饱和色	替代前饱和色颜色值			替代后饱和色颜色值				色差 ΔE
	C	M	Y	C	M	Y	K	
C ₁	10	50	90	7	51	96	2	2.24
C ₂	90	10	50	95	8	52	2	0
C ₃	10	97	40	9	100	42	3	6.4
C ₄	70	10	99	69	11	100	3	9.27

表1中列出了实验中的4个典型色块,都是3色叠印时比较饱和的颜色。当黑版网点面积的起点定义为10%时,由于印刷中网点扩大因素的影响,没有黑版生成。为了研究黑版替代对饱和色的影响,设定黑版网点面积的起点为0,计算替代前后的色差。表1中C₁和C₂的替代量为2%,色差小于3。对于C₃色块属于红色系列,使用3%的黑版替代,色差大于6,视觉上还勉强可以接受;对于C₄色块属于草绿系列,色差大于9,视觉上完全不能接受。由此,如果在该印刷条件下,复制以草绿色色调为主的图像时,黑版网点面积的起点定在10%以下时,只要有一点黑墨替代,都会导致复制图像色调与原稿的色差较大。对于这些饱和色彩采用黑墨替代,在印量比较大时会节省彩墨,但是以牺牲印刷质量为代价的省墨没有任何意义。由此,黑版网点面积起点位置的定义应以保护图像浅色阶调层次为原则。在某一印刷条件下,应定义在3色网点刚好出现叠印时对应的灰平衡网点面积组合。

3 黑版幅度确定原则

3色网点叠印的位置是黑色版网点面积的位置。对于该位置,理论上黑色的用量最多等于C,M,Y中最少色相色的用量。实际上,由于印刷条件中各个因素的影响,黑色用量的计算应着重考虑2个因素:第1个因素是灰平衡,灰平衡是色彩还原中一个很重要的因素,依据不同的油墨、纸张组合及参考标准不同等,C,

M, Y组合达到灰色时的比例不同, 通常情况C的比例最大, M和Y相近, 因此, 黑色的用量可以认为是M或者Y用量的某一比例值。在传统的GCR工艺中, 黑版量的计算公式为:

$$B_K = S - (L - S) / N \quad (2)$$

式中: B_K 为黑版的生成量; S, L 分别为C, M, Y中的最小和最大用量, N 为比例系数; 第2个因素是彩度, 调节 N 值可以改变黑墨的用量。如果 N 很大, 极限情况下黑版量等于 S , 黑色油墨的遮盖力强, 会导致图像饱和度高的部位颜色变暗, 甚至造成细节层次丢失。如果 N 太小, 起不到黑版替代作用, 浪费油墨。式(2)的黑版计算公式存在2个问题: 没有体现灰平衡关系; N 值表达了黑版的生成幅度, 确定 N 值需要大量的实验工作, 并且确定了 N 值也是预定义式, 印刷条件与确定 N 值的条件不同时, 采用该值计算不能得出好的结果。

黑版替代关系体现灰平衡关系, 是替代不产生色偏的基本要求。基于上述分析, 黑版的替代关系可依据式(1)改写为:

$$B_K = n(aC_{\text{gray}} + bM_{\text{gray}} + cY_{\text{gray}}) \quad (3)$$

式中: $C_{\text{gray}}, M_{\text{gray}}, Y_{\text{gray}}$ 分别为C, M, Y油墨达到灰平衡时的网点面积率; a, b, c, n 为调节系数。式(3)成立的条件是 $C_{\text{gray}}, M_{\text{gray}}, Y_{\text{gray}}$ 均大于等于13, 这3个参数的上限与最大油墨覆盖量和黑版的最大用量相关。这里, 等量关系代表CIELab色度值相等, 当然实际问题不可能达到CIELab的绝对相等, 只能达到视觉上的相等, 为了消除因观察者不同带来的影响, 这里的相等定义在 $\Delta E \leq 3$ 的范围内。式(3)计算关系的成立是在确定印刷条件灰平衡关系的基础, 按照这个原则以ISO 12647—2推荐的灰平衡数据为依据实例化得:

$$B_K = 3.6C - 2.019M - 0.502Y \quad (4)$$

黑版幅度的确定原则是在饱和色彩度最佳还原的基础上以最大黑版替代。最大的黑版替代可以减轻四色印刷工艺湿压湿的难度, 同时节省彩色油墨。

4 结语

从ICC预定义GCR曲线参数入手, 分析了黑版起点位置的定义应以保护图像浅色调层次为原则, 在实验确定150 LPI方形网点等条件下, 黑版起点为13%的网点面积覆盖; 黑版起点还与印刷加网线数、网点形状、网点扩大等印刷工艺条件相关, 有待进一步实验论证; 黑版曲线的幅度应在饱和色彩度最佳还原

的基础上, 以最大黑版替代为原则, 饱和色的最佳还原以色差 ΔE_{76} 小于3为依据。依据这2个原则实例化了黑版替代曲线, 该黑版替代曲线体现了灰平衡关系, 保证了在颜色替代过程中饱和色彩度保持的同时最大限度地节省彩色油墨用量。在GCR分色工艺中, 可依据这2个原则确定黑版替代曲线, 同时可用于指导建立设备链接特性文件, 以保证图像颜色转换更加准确。

参考文献:

- [1] Specification ICC.1: 2004-10 (Profile Version 4.2. 0.0)[S]. International Color Consortium, 2004
- [2] 司莉莉. 基于修正的纽介堡方程输出特性文件制作软件的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2008.
SI Li-li. Research on Software of Creating Output Device Profile Based on Corrected Neugebauer Equation[D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2008.
- [3] 刘真, 周倩, 朱明. 高保真分色模型中间色的设置[J]. 包装工程, 2011, 33(15): 18—21.
LIU Zhen, ZHOU Qian, ZHU Ming. Amid-color Setting Method for Hi-Fi Color Separation Model[J]. Packaging Engineering, 2011, 33(15): 18—21.
- [4] 朱明, 刘真, 陈广学. 基于分区纽介堡方程的6色印刷分色模型研究[J]. 光学学报, 2011, 31(7): 1—10.
ZHU Ming, LIU Zhen, CHEN Guang-xue. Research on Six-Color Separation Model Based on Subarea Neugebauer Equations[J]. Acta Optica Sinica, 2011, 31(7): 1—10.
- [5] WANG Yi-feng, ZENG Ping, WANG Ying. Multi-channel Printer Characterization Based on Gamut Partition[J]. Acta Electronica Sinica, 2010, 38(3): 507—511.
- [6] SHI Rui-zhi, CAO Zhao-hui. A Color Separation Model Based on 7-color Hi-Fi Press[J]. Science of Surveying and Mapping, 2007, 32(5): 58—60.
- [7] WANG B, XU H, LUO M R. Color Separation Criteria for Spectral Multi-ink Printer Characterization[J]. Chinese Optics Letters, 2012, 10(1): 13301.
- [8] WANG B, XU H, LUO M R, et al. Spectral-based Color Separation Method for a Multi-ink Printer[J]. Chinese Optics Letters, 2011, 9(6): 63301.
- [9] VERIKAS A, BACAUSKIENE M. Estimating the Amount of Cyan, Magenta, Yellow, and Black Inks in Arbitrary Color Pictures[J]. Neural Computing & Applications (S0941-0643), 2007(16): 187—195.
- [10] 解婷婷, 刘真. 利用Photoshop中自定义CMYK分色设置复制国画的研究[J]. 包装工程, 2010, 31(9): 106—109.
XIE Xian-ting, LIU Zhen. Research on Traditional Chinese Painting Duplicate by User-defined CMYK Conduction in Photoshop[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(9): 106—109.

(下转第155页)

- [4] 王庭辉,仲梁维,沈景凤,等. 产品包装信息管理系统的设计[J]. 包装工程,2013,34(13):90—93.
WANG Ting-hui, ZHONG Liang-wei, SHEN Jing-feng, et al. Development of Product Packaging Information Management System[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(13):90—93.
- [5] 孙照广,高发彬,刘锐. 中国啤酒业装备制造使用现状和发展前景[J]. 酿酒,2009,36(1):30—32.
SUN Zhao-guang, GAO Fa-bin, LIU Rui. Future-current Situation and Development Prospects of the Equipment Manufacture and Utilization in Chinese Beer Industry[J]. Liquor Making, 2009, 36(1):30—32.
- [6] 毕钰珩. 基于无线终端的车间生产信息管理系统设计[J]. 机械制造与自动化,2014,43(2):128—131.
BI Yu-jun. Design of Manufacture Management System Based on Wireless Terminal[J]. Machine Building & Automation, 2014, 43(2):128—131.
- [7] 袁浩,白瑞峰,房朝晖,等. 模拟啤酒生产线可视化中央监控系统设计与实现[J]. 实验技术与管理,2014,31(9):120—123.
YUAN Hao, BAI Rui-feng, FANG Chao-hui, et al. Design and Implementation of Visualization Central Monitoring System Based on Simulated Beer Production Line[J]. Experimental Technology and Management, 2014, 31(9):120—123.
- [8] 訾波. 企业信息管理系统需求分析流程研究[J]. 煤炭技术,2011,30(8):281—282.
ZI Bo. Research for Enterprise MIS Demand Analysis[J]. Coal Technology, 2011, 30(8):281—282.
- [9] 孙莉,李树刚,陶莹,等. 基于B/S模式的质量信息管理系统设计与实现[J]. 上海交通大学学报,2010(44):175—177
SUN Li, LI Shu-gang, TAO Ying, et al. Design and Realization of a Browser/Server Based Quality Management Information System[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2010(44):175—177.
- [10] YANG Guo-fan, CHEN Shuang, PANG Yi. Study on Irrigation Information Management System Based on the Combination of C/S and B/S Model[C]// Proceeding of the 2010 Second World Congress on Software Engineering (WCSE 2010), 2010:101—104.
- [11] MUCHIRI P, PINTELON L. Performance Measurement Using Overall Equipment Effectiveness: Literature Review and Practical Application Discussion[J]. International Journal of Production Research, 2008(46):3517—3521.
- [12] MUTHIAH K M N, HUANG S H. Overall Throughput Effectiveness Metric for Factory-level Performance Monitoring and Bottleneck Detection[J]. International Journal of Production Research, 2007(45):4755—4763.
- [13] MUNSON J. How to Structure a Battery Management System: Many Factors Must Be Considered in a Battery Management System Circuit, Especially Packaging Constraints[J]. Electronic Products, 2011, 53(8):375—384.
- [14] DONG Shu-feng, HE Guang-yu, LIU Kai-cheng, et al. System Development Based on Common Information Model Using Eclipse Modeling Framework[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(22):68—72.
- [15] DAI Lei, SUN Xiao. Building the Information Management System of Defective Product Recalls[C]// 2011 IEEE 3rd International Conference on Communication Software and Networks, 2011:372—375.
- [16] 刘永翔. 基于产品可用性的人机界面交互设计研究[J]. 包装工程,2008,29(4):81—83.
LIU Yong-xiang. Study of the Interaction Design of Man-machine Interface Based on Product Usability[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(4):81—83.

(上接第138页)

- [11] 王琪,许昌,张琳. 图像复制中GCR与UCR适用性的研究[J]. 包装工程,2011,32(11):85—88.
WANG Qi, XU Chang, ZHANG Lin. Research on Applicability of GCR and UCR in Image Reproduction[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(11):85—88.
- [12] 陈哲,朱明铮,刘浩学,等. 油墨节省算法的研究[J]. 中国印刷与包装研究,2010,2(11):130—134.
CHEN Zhe, ZHU Ming-zheng, LIU Hao-xue, et al. Research on the Algorithm of Ink Saving[J]. China Printing and Packaging Study, 2010, 2(11):130—134.
- [12] 陈哲,朱明铮,刘浩学,等. 油墨节省算法的研究[J]. 中国印刷与包装研究,2010,2(11):130—134.
CHEN Zhe, ZHU Ming-zheng, LIU Hao-xue, et al. Research on the Algorithm of Ink Saving[J]. China Printing and Packaging Study, 2010, 2(11):130—134.
- [13] ISO 12647—2: 2004. Graphic Technology—Process Control for the Production of Half-tone Color Separations, Proof and Production Prints—Part2: Offset lithographic Processes[S]. Switzerland: ISO/TC130, 2004.
- [14] ISO/TS 10128: 2009. Graphic Technology—Methods of Adjustment of the Color Reproduction of a Printing System to Match a Set of Characterization Data[S]. Switzerland: ISO/TC130, 2009.
- [15] 许向阳,孟凡亚,张良彩. 基于灰平衡优化的印刷标准化校正工艺[J]. 包装工程,2012,33(21):104—109.
XU Xiang-yang, MENG Fan-ya, ZHANG Liang-cai. Calibration Process of Printing Standardization Based on Gray Balance Optimization[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(21):104—109.