

金银卡纸的镜面反射对颜色复制的影响

杨文兵, 吴婷婷

(义乌工商职业技术学院, 义乌 322000)

摘要: **目的** 针对金银卡纸表面因具有强烈的镜面反射作用且印刷适性较差的缺点, 研究金银卡纸镜面反射对印刷品颜色的质量控制。**方法** 试验分析金银卡纸印刷镜面反射作用对印品明度值的影响, 用曲线拟合的方法找出包含和不包含镜面反射作用测出的明度值之间的关系。**结果** 经过检验分析, SCE 条件下的测量数据相对于 SCI 明度偏小, 这是因为 SCE 测量模式中, 镜面反射光被排除在外面, 只测量了漫射光。从青色的线性拟合图来看, 所得线性拟合图大致为一条斜率为 45° 的直线。**结论** 包含和不包含镜面反射明度值这 2 组数据之间存在数学关系, 在实际应用中, 可以考虑使用明度差这种线性关系来作为金银卡纸颜色控制和评价的依据。

关键词: 金银卡纸; 镜面反射; 颜色复制

中图分类号: TS801.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)11-0199-05

Effect of Specular Reflection of Gold-Silver Foil Paper on Color Reproduction

YANG Wen-bing, WU Ting-ting

(Yiwu Industrial and Commercial College, Yiwu 322000, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effects of gold-silver foil paper specular reflection on the control over the color quality of printing matters, regarding that the gold-silver foil paper surface has such shortcomings as strong specular reflection effect and poor printability. The effects of gold-silver foil paper specular reflection on the lightness of printing matters were tested and analyzed. The relationship between the measured lightness including specular reflection effect and that without specular reflection effect was found out in curve fitting method. After inspection and analysis, with respect to SCI lightness, the measured data under the condition of SCE was too small. This was because the specular reflection light was excluded in the SCE measurement mode and only the diffused light was measured. From the linear fitting chart of the blue, the linear fitting chart was basically a straight line with a slope of 45° . There is a mathematical relationship between the group of data containing the specular reflection lightness and that containing no specular reflection lightness. In practical application, this linear relation of lightness difference can be considered as the basis for color control and evaluation in gold-silver foil paper.

KEY WORDS: gold-silver foil paper; specular reflection; color reproduction

准确还原和控制色彩一直是印刷复制工艺的重要部分, 但对以金银卡纸为承印材料的彩色印刷品进行颜色控制时, 由于金银卡纸表面具有强烈的镜面反射作用且印刷适性较差, 因此对其进行质量控制有一定的难度^[1-3]。到目前为此, 也只有为数不多的几个企业在探索, 长期以来, 对金银卡纸印刷品色差的判定主要由经验丰富的辨色人员通过目视比较来完

成^[4-5], 不但具有很大的主观性, 缺乏一致性, 而且难以将结果准确传递和实现颜色的再现^[6-7]。

金银卡纸的镜面反射对颜色复制的分析实验采用的是银箔打印纸。由于银箔打印纸镜面反射能力比较强, 因而金银卡纸属于高光泽的承印物^[7-8]。光泽对色相的影响一般不大, 而对颜色三要素之一的明度却有直接的影响^[9], 光泽与明度之间存在一定关

收稿日期: 2017-01-18

基金项目: 国家自然科学基金(61275172); 国家重点基础研究发展计划(2012CB725302); 2016 浙江省访问工程师项目(FG2016129); 2017 年浙江省大学生科技创新活动计划(新苗人才计划)

作者简介: 杨文兵(1977—), 男, 义乌工商职业技术学院讲师, 主要研究方向为颜色科学与技术、数字印前技术。

系^[10], 要同时使颜色匹配和印刷品光泽达到满意程度, 对印刷者来说十分困难^[11-12], 因此, 研究镜面反射作用对高光泽承印物(尤其是金银卡纸类承印物)的明度值影响, 对印刷工作有很重要的意义。

1 基本理论

金银卡纸印刷品复制的基本要求就是再现原稿的色彩, 而印品中总是存在着颜色的差别, 这就是色差。如何测出颜色之间的色差的大小, 找到色差的大小和人眼的视觉的关系, 这就需要使用一定的色度测量仪器。

通过对色彩差别的定量描述, 可以使用统一标准对色彩进行控制。目前, 色差计算方式很多, 如 ΔE^*_{Lab} , ΔE_{94} , ΔE_{99} , ΔE_{2000} , $\Delta E_{CMC}(l:c)$ 等。实际应用中使用的最广泛的是 ΔE^*_{Lab} 色差公式, 通过色度测量仪器和所得到的数字来反映色彩差异。

在金银卡纸印刷测量中常使用 $\Delta E_{CMC}(l:c)$ 色差公式, $\Delta E_{CMC}(l:c)$ 是一种更复杂的色差公式, 它改进了 CIE Lab 色空间的目视均匀性, 用单一容差数值就可裁定色匹配的可接受性, 且该容差与标样颜色无关, 见式(1)^[13]。

$$\Delta E_{CMC(l:c)} = \left[\left(\frac{\Delta L^*}{1.5L^*} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*_{ab}}{cSc} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*_{ab}}{S_H} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

$$\begin{cases} S_L = 0.040975L^*/(1+0.01765L^*), L^* \geq 16 \\ S_L = 0.511, L^* < 16 \end{cases} \quad (2)$$

$$S_H = S_C(FT + 1 - F) \quad (3)$$

$$\text{式中: } F = \sqrt{(C^*_{ab})^4 / [(C^*_{ab})^4 + 1900]} \quad (4)$$

$$\begin{cases} T = 0.36 + |0.4 \cos(h^*_{ab} + 35)|, 164^\circ \leq h^*_{ab} \leq 345^\circ \\ T = 0.56 + |0.2 \cos(h^*_{ab} + 168)|, \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

式中: L^* , C^*_{ab} , h^*_{ab} 为标准样本的明度差、彩度差和色调差, ΔL^* , ΔC^*_{ab} , ΔH^*_{ab} 为试样的明度差、彩度差和色调差; S_L , S_C , S_H 分别为明度差、彩度差和色调差的权重函数。

针对金银卡纸表面的特殊结构, 选用积分球式的分光光度计来测量, 分别选用包含镜面反射和不包含镜面反射 2 种几何条件测量同一厚度的银箔纸的不同颜色块的 Lab 值, 分析明度值对颜色复制的影响。

2 实验使用纸张及步骤

试验所使用的纸张为银箔纸, 它可以在打印机上面进行打印^[14], 通过对打印图像与银卡纸印刷品的测量数据进行比较, 可以发现其与银卡纸本身表面颜色和呈色属性十分接近(见表 1), 故该试验采用对测量的银箔纸打印色块数据进行分析, 以此作为一种研究镜面反射作用对金银卡纸等高光泽承印物的明度值影响的方法。试验研究步骤见图 1。

表 1 PET 复合银卡纸与银箔纸对比

Tab.1 PET composite silver foil paper and cardboard comparison

	PET 复合银卡纸 (250 g/m ²)			银箔纸 (180 g/m ²)			色差 ΔE
	L 值	a 值	b 值	L 值	a 值	b 值	
1	90.909	-0.476	1.168	90.916	-0.473	1.169	0.0077
2	91.002	-0.466	1.155	91.100	-0.462	1.152	0.0094
3	90.891	-0.468	1.159	90.903	-0.471	1.155	0.013
4	89.983	-0.501	1.162	90.101	-0.498	1.163	0.018
5	90.902	-0.472	1.169	90.908	-0.475	1.172	0.0073

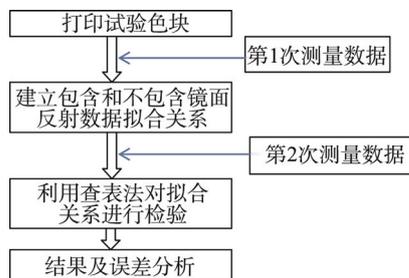


图 1 试验步骤流程

Fig.1 Flow chart of test steps

试验所打印的色块为图 2 色块, 它是由 11 种颜色不同网点百分比的色块构成, 其中试验需要测量的为一次色 C, M, Y, K(第 7, 9, 11, 1 列)和二次色 R, G, B(第 10, 6, 8 列)。



图 2 实验色块

Fig.2 Experiment of color

3 试验数据选择与处理

试验所涉及到的包含镜面反射(SCI)作用和不包含镜面反射(SCE)作用 2 组 Lab 数据值是使用 X-rite

SP62 积分球式分光光度计测量得到的，其中共有 C, M, Y, K, R, G, B 等 7 组数据，每组数据分别为 5%~100%网点变化下的 Lab 值。选取青色以供参考，见表 2。

表 2 测量得到的包含和不包含镜面反射 Lab 数据(青色)
Tab.2 Measurements obtained that contain and do not contain specular reflectance Lab data(C)

网点面积/%	包含镜面反射			不包含镜面反射		
	L	a	b	L	a	b
100	38.23	-1.72	-50.28	20.75	7.98	-71.64
90	38.69	-2.39	-51.12	21.1	7.38	-71.59
80	39.43	-3.37	-51.73	21.46	6.47	-71.04
70	40.27	-4.43	-52.58	22.17	5.19	-70.66
60	53.5	-13.61	-37.03	26.89	-5.92	-56.34
50	61.9	-13.6	-28.49	29.62	-11.53	-48.33
40	69.35	-11.97	-20.85	30.82	-15.41	-40.18
30	75.96	-8.99	-14.17	30.84	-17.29	-32.76
20	82.4	-5.79	-8.02	30.19	-15.79	-21.88
10	86.94	-3.59	-3.07	29.14	-10.47	-8.94
5	90.19	-1.76	-0.5	28.33	-5.52	-1.59

将所得到的 7 组明度值数据载入软件 Origin75 中，从中可显示出各个颜色明度值的变化趋势和分布，见图 3。可以看出，不同颜色测量所得的数据分布图是不相同的，其中除了黄色(单减)和蓝色(单增)外，其余 5 种颜色都是开始先增后减。各个颜色的明度值变化区间也不相同。这就给研究带来了麻烦和困难，因此需要对每个颜色进行分析，找出相应的数据关系并检验。

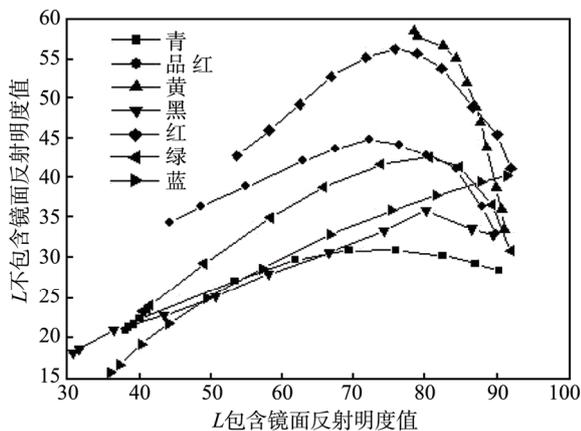


图 3 数据分布
Fig.3 Data distribution map

4 建立数据的函数关系式

4.1 建立拟合关系式

对打印纸数据中的包含镜面反射明度值和不包含镜面反射明度值进行研究，以此找出它们之间存在的函数拟合关系，下面就以表 2 中的 C(青色)的明度值数据为例进行研究；对 2 组明度值数据进行二次拟

合^[15]，得到的运行结果：所求关系式的系数为 -0.0079, 1.1678, -12.2385; $s=0.6170$ (s 为标准差的值, s 越小表明拟合精度越高)，则关系式为：

$$y = -0.0079x^2 + 1.1678x - 12.2385; \quad (6)$$

同理可以得到三次、四次和五次的拟合的结果。青色的包含镜面反射明度值和不包含镜面反射明度值数据的拟合关系见表 3。

通过这四次拟合式可以看到它们的拟合精度有如下关系： $s_2 < s_3 < s_4 < s_5$ 。其中 s_3, s_4, s_5 之间的变化已经很小，这说明对于 C 青色来说，其包含镜面反射明度值和不包含镜面反射明度值确实存在着拟合关系，考虑到精度和计算量(次数越高计算量越大)的原因，选择四次拟合关系式作为最终关系式，即：

$$y = -0.0004x^3 + 0.0406x^2 - 1.0596x + 23.9965 \quad (7)$$

同理，可以得到其余 6 色的包含镜面反射明度值和不包含镜面反射明度值的拟合关系式，且拟合精度随拟合次数的增大而依次减小。同青色一样，选择四次拟合式子作为最终拟合关系式(见表 4)。

4.2 拟合关系式的检验

以青色为例，对拟合图的准确性进行检验，首先对青色块的 Lab 值进行第 2 次测量(见表 5)，然后使用查表法通过测量得到的不包含镜面反射明度值(即 L 不包含)在青色四次拟合图中查得 L'(包含)，然后将测量得到的 L 与 L'进行线性拟合，观察其连线是否处于同一直线上。

由图 4 可知，2 组数据所得的线性拟合图基本为一条斜率为 45°的直线，这说明了青色四次拟合图是

表3 拟合结果对比
Tab.3 Comparison of fitting results

拟合次数	s 值	对应关系式
二次	0.6170	$y=-0.0079x^2+1.1678x-12.2385$
三次	0.4661	$y=-0.0001x^3+0.0041x^2+0.4313x+1.9299$
四次	0.2401	$y=-0.0004x^3+0.0406x^2-1.0596x+23.9965$
五次	0.1345	$y=-0.0001x^4+0.0084x^3-0.5139x^2+15.9387x-179.3755$

表4 其他6种颜色四次拟合关系式
Tab.4 Four fitting relationship of the other six colors

颜色	s 值	对应关系式
黄	0.3937	$y=0.0059x^2-0.3387x+7.2225$
品	0.4097	$y=0.0027x^3-0.2249x^2+8.6880x-98.2377$
黑	0.4403	$y=0.0016x^3-0.1258x^2+4.6970x-46.7903$
红	1.1656	$y=-0.0061x^3+0.7134x^2-34.4368x+631.0120$
绿	1.3251	$y=0.0049x^3-0.4327x^2-17.6078x-248.5077$
蓝	0.0810	$y=0.0005x^3-0.0549x^2+3.2364x-50.0202$

表5 第2次测量数据

Tab.5 Second measured data

网点面积/% D65 标准光源 10°	C 青色(第2次测量)			查表数据			
	L(包含)	a	b	L(不包含)	a	b	L'
100	37.72	-1.89	-50.2	20.86	7.58	-71.08	38.10
90	38.43	-2.63	-51.41	21.47	6.83	-71.47	38.51
80	38.89	-3.57	-51.83	22.08	4.14	-70.14	39.40
70	39.96	-4.79	-52.64	22.69	5.5	-70.06	40.39
60	52.78	-13.94	-36.88	26.52	-4.67	-56.07	53.82
50	62.15	-14.09	-28.81	29.63	-12.88	-47.95	61.85
40	68.96	-12.16	-20.78	30.69	-14.9	-39.86	69.30
30	76.03	-9.11	-14.24	31.12	-18.14	-32.42	76.00
20	82.74	-5.88	-8.07	30.39	-15.65	-21.47	82.40
10	86.55	-3.57	-3.12	29.45	-9.35	-8.17	86.80
5	89.2	-1.76	-0.48	28.24	-5.77	-1.57	90.30

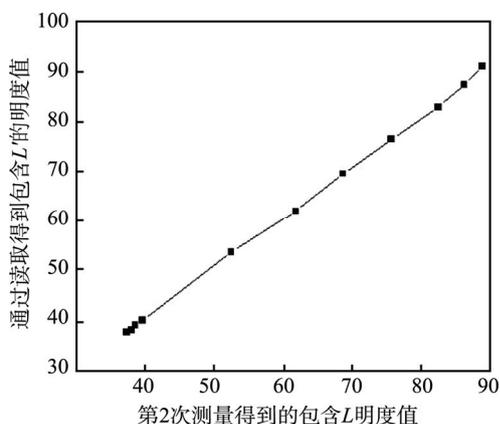


图4 青色检验线性拟合
Fig.4 Cyan linear fitting

基本正确的,同时证明了包含镜面反射明度值和不包含镜面反射明度值2组数据之间是存在数学关系的。

5 结语

证实了包含镜面反射测量的明度值与不包含镜面反射测量的明度值之间确实存在一定的数学关系,并通过四次拟合曲线找出了几种颜色之间的函数关

系。说明了金银卡纸类印刷品测量时镜面反射作用的影响是可以根据函数关系来进行控制的,对金银卡纸的色彩检验提供了一种可行的方法。可以使用普通分光光度计对金银卡纸类承印物的明度值进行测量,从而在一定程度上代替了积分球式分光光度计,为企业节约成本提高效率。在试验过程中,由于测量仪器本身因素会造成测量结果出现误差及受到试验条件及试验方法的限制和影响,试验有待进一步完善。

参考文献:

[1] 曹从军, 郑元林. 镭射复合材料表面呈色性能的检测与分析[J]. 包装工程, 2004, 25(5): 170—171.
CAO Chong-jun, ZHENG Yuan-lin. Detection and Analysis of the Performance of a Color Laser Composite Material Surface[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(5): 170—171.

[2] 柯雨婷, 杨盼盼, 高娜. 金银卡纸的颜色测量及评价[J]. 信息记录材料, 2014, 15(2): 21—24.
KE Yu-ting, YANG Pan-pan, GAO Na. Color Measurement and Evaluation of the Gold and Silver Cardboard[J]. Information Recording Material, 2014, 15(2): 21—24.

- [3] 何成栋, 万晓霞, 黄新国, 等. 照明与观察几何条件对镀铝纸颜色测量的影响[J]. 包装工程, 2016, 37(8): 7—9.
HE Cheng-dong, WAN Xiao-xia, HUANG Xin-guo. The Influence of Illuminant/Geometric Observation Conditions on Color Measurement of Silver-foiled Paper[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(8): 7—9.
- [4] 万晓霞, 黄新国, 刘振, 等. 镭射纸表面结构对颜色测量精度的影响[C]// 第十三届全国包装工程学术会议论文集, 2010: 396—400.
WAN Xiao-xia, HUANG Xin-guo, LIU Zhen. Effect of Laser Paper Surface Structure of Color Measurement Precision[C]// Proceedings of the Thirteenth National Symposium on Packaging Engineering, 2010: 396—400.
- [5] CHATAK A K. Contempt Ray Optics[M]. New York: Plenum Press, 1978.
- [6] 李莎, 何卉, 熊湘晖. 激光模压全息图在防伪包装领域中的应用[J]. 包装工程, 2002, 23(3): 82—84.
LI Sha, HE Hui, XIONG Xiang-hui. Application of Embossing Technology in Anti-counterfeiting Science & Technology[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(3): 82—84.
- [7] 李莹. 镭射卡纸表面特性及印品阶调、色彩再现的研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2004.
LI Ying. Study on Surface Properties of Laser Paper and Printed Matter Tone and Color Reproduction[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2004.
- [8] 廖理振. 金银卡纸烟包印刷中颜色的测量与控制[J]. 印刷世界, 2003(3): 3—5.
LIAO Li-zhen, The Measurement and Control of Color Printing Gold-Silver Foil Paper Cigarette Package[J]. Printing world, 2003(3): 3—5.
- [9] NAKAYMA K. Geometric and Physiological Aspects of Depth Perception[J]. SPIE Three Dimensional Imaging, 1977, 120: 2—9.
- [10] 武瑞年. 镭射镀铝转移卡纸阶调呈色的研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2006.
WU Rui-nian. Laser Paper Backed Foil Color of a Transfer Order[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2006.
- [11] 曹从军, 郑元林. 镭射复合材料表面呈色性能的检测与分析[J]. 包装工程, 2004, 25(5): 170—171.
CAO Cong-jun, ZHENG Yuan-lin. Research on Measurement of Chromatic on Holographic Foil Materials[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(5): 170—171.
- [12] 万晓霞, 刘振, 黄新国. 全息光栅基彩色图像光谱反射率模型[J]. 中国印刷与包装研究, 2010, 2(11): 41—44.
WAN Xiao-xia, LIU Zhen, HUANG Xin-guo. Spectral Reflectance Model of Holographic Grating Based Color Image[J]. Research on Printing and Packaging in China, 2010, 2(11): 41—44.
- [13] 刘浩学. CIE 均匀颜色空间与色差公式的应用[J]. 北京印刷学院学报, 2003, 11(3): 3—8.
LIU Hao-xue. Application of CIE Uniform Color Space and Color Difference Formula[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2003, 11(3): 3—8.
- [14] 关东宁. 浅析镭射纸的印刷适性[J]. 印刷杂志, 2010(10): 46—49.
GUAN Dong-ning. The Printability of Laser Paper[J]. Print Magazine, 2010(10): 46—49.
- [15] 王炳武, 胥谔. MATLAB5.3 实用教程[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000.
WANG Bing-wu, XU Xu. MATLAB5.3 Practical Tutorial[M]. China Water Conservancy and Hydropower Publishing House, 2000.