

基于网点排布状态的色彩再现差异性研究

王琪, 周小凡, 张琳, 许昌

(南京林业大学 江苏省制浆造纸科学与技术重点实验室, 南京 210037)

摘要: 为了研究网点排布状态对色彩再现的影响及彼此之间色彩的差异性, 设计了模拟网点并列、完全重叠及部分重叠的样条, 并对输出样条中各色块进行密度、色差和光谱曲线的测量比较。实验结果表明, 在表达同一原稿色时, 原色网点的排列方式不同, 色彩表现会存在明显差异; 网点并列时呈色效果最好, 网点完全重叠时色彩表现力最差; 色彩再现差异还与网点面积和油墨自身属性有关。

关键词: 网点排布状态; 色彩再现; 密度; 色差; 光谱曲线

中图分类号: TS801.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)07-0089-04

Research on Differences of Color Reproduction Based on Dots Distribution State

WANG Qi, ZHOU Xiao-fan, ZHANG Lin, XU Chang

(Jiangsu Provincial Key Lab of Pulp and Paper Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: In order to research the effect of dots distribution state on color reproduction and color difference, sample strips simulating dots juxtaposition, dots all overprint and dots part overprint were designed. The density, ΔE and spectral curve of print samples were measured and compared. The results showed that, for the same original color reproduction, color performance has obvious difference when original dots distribution style is different; color reproduction is best when dots juxtaposition; color reproduction is the worst when dots completely overlap; the differences of color reproduction also relate to dot area coverage and ink attributes.

Key words: dots distribution state; color reproduction; density; delta E; spectral curve

彩色印刷品的实现方法主要有多色专色油墨套印、通过墨层厚度的变化实现颜色变化和网目调印刷3种。前2种方式在再现阶调层次上存在局限性, 而网目调印刷是目前彩色图像合成最广泛的实现方式。网目调印刷时墨层厚度不变, 通过网点的面积变化控制印刷到承印物上的各原色油墨的比例, 实现阶调变化和颜色混合, 是真正利用颜色混合原理的印刷方法, 可以实现颜色和阶调在视觉上的连续变化^[1]。网点混合成色是一个非常复杂的过程。因网点角度、网点大小的不同, 各原色套印后网点在承印物上的排布状态会有并列、部分叠印和完全叠印等各种情况, 印刷色是各种原色网点混合以后的总的颜色效果。从色彩属性的角度分析, 要复制某一固定的原稿色, 网点并列、网点完全重叠和网点部分重叠表现的颜色会存在差别。网点排布方式对色彩再现产生的影响及

不同网点排布状态之间色彩差异性的大小, 是研究的主要内容。

1 网点排布状态与色彩再现关系分析^[2-4]

网目调印刷的本质是用网点将连续变化的图像信息分割为微观非连续状态的过程。当网点小且密到眼睛不能够分辨时, 也就实现了网点混合成色效果。从印刷色彩再现的角度分析, 原色墨点叠加形成二次色和三次色, 原色网点在承印物上的排列有并列、完全重叠和部分重叠3种方式, 而印刷呈色实际上是以上多种网点排列状态的综合颜色效果。当用网点混合方式复制某一固定原稿色时, 从微观意义上分析, 原色墨点间在承印物上的分布状态会有网点并列、完全重叠和部分重叠多种方式。暗调区域网点大

收稿日期: 2011-01-16

作者简介: 王琪(1971—), 女, 河南上蔡人, 硕士, 南京林业大学副教授, 主要从事数字印前及色彩控制方面的教学及科研工作。

或密,重叠多,并列少;亮调部分,网点小或疏,并列的多而重叠的少,见图 1。

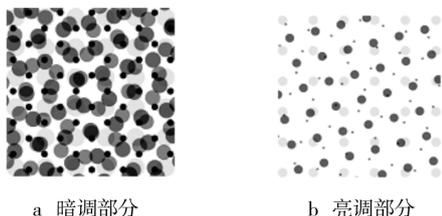


图 1 三原色网点的排布状态

Fig. 1 The dots distribution states of three primary colors

如果油墨绝对理想,即油墨具有只反射本色光、完全透明、叠印率达 100% 等属性,那么在实现同一印刷混合色时,不论原色网点的排列方式如何,它们反射可见光的光谱曲线都应该是相同的,即在固定面积内无论网点并列、完全叠加或部分叠加,都应该呈现相同的颜色效果。理想印刷条件下,25% M 网点与 25% C 网点在基准面积内不同排列状态见图 2, b 图

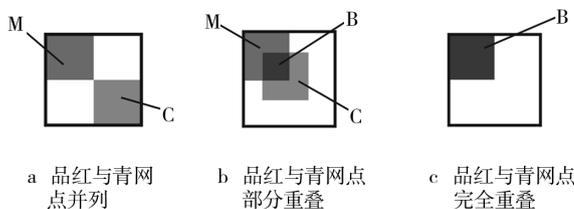


图 2 网点在固定面积内并列、部分叠印及全叠

Fig. 2 Beside each other, part overlap and completely overlap of dots in the same area

中的部分重叠部分和 c 图中完全重叠部分呈现理想混合色 B。图 2 中 3 种网点排列状态下的成色效果应该是相同的。

上述理想印刷状态是不存在的,就叠印来说,油墨的总墨量是一定的,底层墨膜厚度越大,则上层墨的叠印率越低,因此多色叠印时只可能是叠印率越来越低;再者,原色油墨自身光谱属性的缺陷等因素都会对色彩再现产生不利影响。因此,实际印刷时网点排列方式不同,呈色会存在一定差异,网点并列时相当于实地印刷,可以认为呈色较理想;网点部分重叠时,叠印以外的部分相当于实地印刷,而重叠的部分是产生色差的主要原因;至于完全重叠的情况,低叠印率带来色度削弱情况最为明显,呈色应该最不理想。

2 实验

2.1 测试样条的设计

把小于 50% 的网点作为研究主体,在 Adobe Illustrator cs2 中进行测试样条的设计。为了能够反映不同排布状态网点的呈色差异,同时又便于准确测量,样条具备以下基本属性:只模拟面积相同网点在固定区域内的排列情况(即 25% 网点相互之间,50% 网点相互之间);设计出两原色和三原色网点的并列、重叠 50% 及全叠的样条;样条中单个色块的尺寸为 6 mm × 6 mm,满足 eye one 测色仪 4.5 mm 测量光孔的要求;在色块的四周设计相互垂直的基准线,便于测色仪的测量光孔能准确定位在每一个色块的正中心进行测量。样条设计见图 3-5。

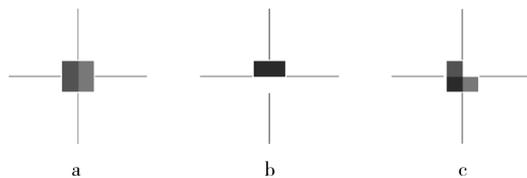


图 3 模拟 50% 两原色网点排布状态的样条

Fig. 3 The sample simulating 50% two primary colors dots distribution state

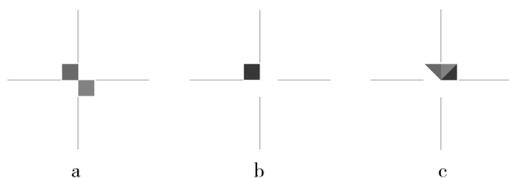


图 4 模拟 25% 两原色网点排布状态的样条

Fig. 4 The sample simulating 25% two primary colors dots distribution state

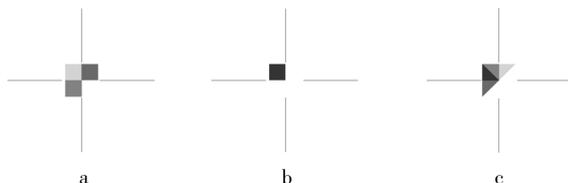


图 5 模拟 25% 三原色网点排布状态的样条

Fig. 5 The sample simulating 25% three primary colors dots distribution state

图 3 为模拟 50% 两原色网点的排布状态。以品红与青两原色为例,图 3 中色块 a 表示 M 网点与 C 网点

的并列;色块 b 表示 M 网点与 C 网点完全叠印,减色混合后呈 B;色块 c 是 M 与 C 网点发生 50% 叠印时的效果,其中的 3 个小色块分别是 M, C 和叠印的 B。同理可设计出 M 与 Y, C 与 Y 的网点排列样条。

图 4 模拟 25% 两原色网点的排布状态。以品红与青两原色为例,图 4 中的色块 a 表示 M 网点与 C 网点的并列;色块 b 表示 M 网点与 C 网点完全叠印,只有一个 25% 的叠印后的蓝色块;色块 c 表示 M 网点与 C 网点发生 50% 叠印时的效果, M, C, B 各占 25% 的网点面积。同理可设计出 M 与 Y 及 C 与 Y 的网点排列样条。

图 5 模拟 25% 三原色网点的排布状态。其中色块 a 表示三原色网点的并列;色块 b 表示三原色网点完全叠印,集中成一个叠印黑 BK;色块 c 表示三原色网点发生等比例部分叠印时的状态,4 个色块分别是 C, M, Y 和 BK, 在同一基准面积内各占 25%。

2.2 条件和步骤

实验用 Adobe Illustrator cs2 作为测试样条的设计软件,选取 Epson PRO 7880c 喷墨打印机作为输出设备, Babel Color CT&A 组合 Eye-one Pro 测色仪完成数据测量。实验材料选择 Epson PRO 7880c 原装油墨、彩坤 127 g/m² 打样纸。

依据上述样条设计原则,在 Adobe Illustrator cs2 中设计出模拟 50% 两原色网点印刷排布状态的样条 3 个(分别为 M 与 C, M 与 Y, C 与 Y);模拟 25% 两原色网点印刷排布状态样条 3 个(分别为 M 与 C, M 与 Y, C 与 Y);模拟 25% 三原色网点印刷排布状态的样条 1 个。在同一印张上对各设计样条重复排列,并为各测试样张的数字图像嵌入 ICC 特性文件,以 CMYK 模式在 Epson PRO 7880c 喷墨打印机上输出,经充分干燥后进行密度、色差和光谱测量。测量时启动 Babel Color CT&A,校准并连接 Eye-one Pro 测色仪,并将 Eye-one 测试头底座上的参考线调整到与样条各色块周围设计的 4 条基准线完全套合,保证 Eye-one 4.5 mm 测量光孔的测量面积在各色块中心位置且小于色块边界,对重复设计的各色块逐一测量,取平均值。

3 结果和分析

3.1 密度的差异性

测量输出样张中各色块, 50% 原色网点和 25%

原色网点在不同排列状态的密度值见表 1。

表 1 两原色网点不同排列状态的密度

Tab.1 The density of two primary colors dots of various distribution state

原色种类及排列		M+C	M+Y	C+Y
50% 网点	并列	0.65	0.78	0.43
	全叠	0.39	0.34	0.32
	50%叠	0.51	0.60	0.40
25% 网点	并列	0.29	0.33	0.20
	全叠	0.19	0.15	0.10
	50%叠	0.28	0.25	0.18

理想状态下,同样大小网点不论在并列、完全叠印和部分叠时印刷密度应该相同,但实际印刷时密度差异较为明显。根据测量结果可知,点子并列时混合色的密度值最大,完全重叠时密度值最小,部分重叠的密度基本介于前两者之间。可见,在高中调图像印刷时,网点并列排布的状态对于油墨转移是最有利的。

3.2 色度的差异性

测量输出样张中两原色网点排列样条中 3 个不同色块两两之间的色差值,见表 2。分析两原色网点

表 2 两原色网点不同排列状态间的色差

Tab.2 ΔE of two primary colors dots of various distribution state

原色种类及排列		M+C	M+Y	C+Y	Y+ M+C
50% 网点	并列/全叠	28.10	37.55	12.41	
	全叠/叠印 50%	10.31	18.70	9.80	
	并列/叠印 50%	17.60	34.02	2.24	
25% 网点	并列/全叠	14.52	35.00	5.78	14.94
	全叠/叠印 50%	14.92	12.23	8.05	10.67
	并列/叠印 50%	7.03	4.37	6.30	2.86

各种排列方式间色差的相关数据可知:不同网点排列方式之间色差十分显著,50% 两原色网点不同排列状态时呈现的颜色差异总体大于 25% 原色网点;无论是 50% 的中间调网点,还是 25% 的亮调网点,并列与完全重叠在颜色再现上产生的差异是最大的,这与叠印对色彩的损耗有直接的关系;网点在不同排列状态时颜色的差异性大小还与原色油墨的组合有关,从表 2 中的数据可以看出, C 与 M 进行网点混色时,不同排列方式间产生的颜色差异较小,其中 25% 的 C 与 Y 在并列与叠印 50% 时的色差仅为 2.24,人眼几乎

看不出两者颜色差别^[5]

表 2 中 25%Y,M,C 三原色网点并列(图 5 中的色块 a)与完全重叠(图 5 中的色块 c)色差为 14.94, 而网点并列与网点发生 50%叠印(图 5 中的色块 a 与色块 c)测量色差仅为 2.86, 是颜色复制的可容许范围^[6]。对表中数据分析比较可知, 叠印部分是影响不同排列状态色彩差异的主要因素, 叠印面积越大, 呈色越差; 网点面积越小, 不同排列方式之间色彩均匀性越好; 小于 25%的三原色网点发生小于 50%网点叠印时, 对宏观色彩再现无明显影响。

3.3 光谱曲线的差异性

启动 Babel Color CT&A 软件, 连接 Eye-one Pro 测色仪读取各输出样条不同色块间光谱曲线。各光谱图中 a 是样条中模拟原色网点并列时的光谱反射曲线, b 是样条中模拟原色网点完全叠印时的光谱反射曲线, c 是样条中模拟原色网点发生 50%叠印时的光谱反射曲线。通过对各色块形成的光谱曲线对比分析发现: 网点排列方式不同, 光谱曲线有明显差异; 网点越大, 两曲线偏离得越远, 即色密度差别越大, 见图 6; 网点越小, 两曲线差异性也

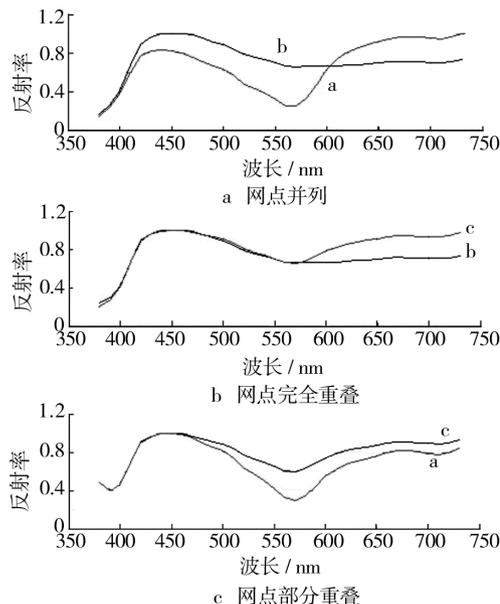


图 6 50%M 与 50%C 网点不同排列状态的光谱曲线

Fig. 6 The spectral curves of various dots distribution state of 50% M and 50% C

越小, 说明色密度差异性越小, 见图 7; 三色网点不同排列方式光谱曲线差异性相对小一些, 见图 8, 具体差异可参考表 2 中数据。

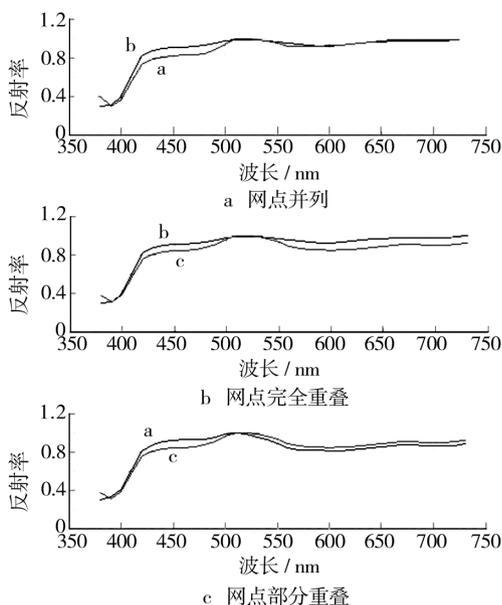


图 7 25%C 与 25%Y 网点不同排列状态的光谱曲线

Fig. 7 The spectral curves of various dots distribution state of 25% C and 25% Y

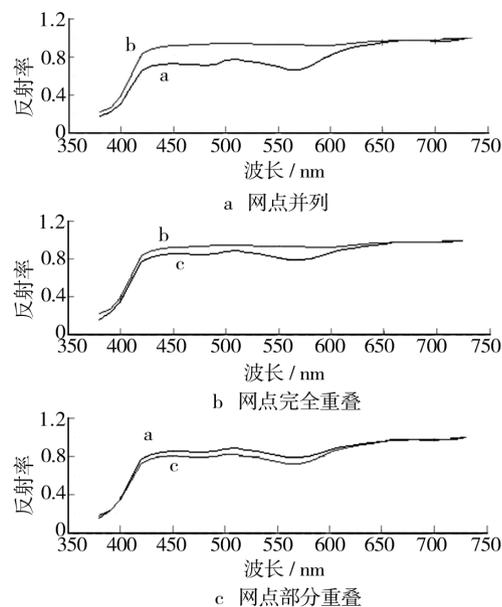


图 8 25%三原色网点不同排列状态的光谱差异

Fig. 8 The spectral curves of various dots distribution state of 25% three primary colors

4 结论

网点是构成印刷品的最小单元, 网点排布方式不同, 呈色差异性非常大。对于小于 50%的网点, 点子并列时呈现的印刷密度最大, 随着网点叠印面积增大

(下转第 111 页)

可以明显看出,RBF 色差小于 6 的色块数量为 3 者中最多,占 71%,多项式回归算法色差小于 3 的色块数量较多。修正的纽介堡方程在色差小于 10 的 3 个区间分布较均匀,整体色差较大。3 种分色算法都有色差大于 15 的超大色差色块,多项式回归算法和修正的纽介堡方程集中在暗调区域,与之相反,RBF 在亮调集中。综合比较 RBF 算法的转换效果最好。

3 结论

使用 MATLAB 工具对这 3 种分色算法的进行建模和实现,并且从稳定性、分色精度和色差这 3 个方面对算法进行了实验测试,测试结果表明:多项式回归算法的稳定性和精度最高,RBF 转换效果最佳,修正的纽介堡方程为 3 者中最差。这主要是因为:纽介堡方程是基于印刷网点呈色原理粗略构建而成,其本身存在精度不足的缺陷,即使经过指数修正后,相对于基于样本点测量的经验方法,前者在分色精度上还是略微不足。多项式回归算法稳定性和精度都较高,在暗调区域拟合效果较差,需要进行分段拟合进行优化;RBF 算法建模速度为 3 者中最快,结合绝对误差和色差分析,其稳定性和精度中等,但在亮调区域分色效果较差,通过适当增加亮调区域建模样本,可以提高精度和稳定性。

(上接第 92 页)

密度逐渐减小,完全叠印时密度最小。网点面积越大,因排列状态不同造成的色彩差异越大,尤其是网点完全重叠与网点并列产生的色差最大, ΔE_{ab} 值可达到 35.0,因此实际印刷工艺中要尽量避免网点完全叠印情况的发生。研究还发现,不同网点排列情况产生的色密度及光谱差异还与油墨颜色有关,当 C 与 M 网点混合时,因排列方式不同造成的色差总体来说小于其它 2 组墨色,但色差也远远超出了色差为 6 的可容许范围^[7]。小于 25% 的三原色网点,全叠与另外 2 种排列情况比较时色差较大,而并列状态与网点叠印面积小于 50% 的状态,其颜色差异小于 3,具有极佳的呈色一致性。至于大于 50% 网点的排列方式与呈色效果的差别,将在今后的研究中进一步探讨。

由以上分析及研究结论可以推论,网点不同排列状态中,点子并列时密度最大,色彩最饱满;网点完全重叠对色彩的削减最为严重,呈色均匀性及色彩饱和

参考文献:

- [1] 李瑞娟. RGB 到 CIEXYZ 颜色空间转换的研究[J]. 包装工程,2009,30(3):79-81.
- [2] 周瑞. 彩色数码相机色彩空间转换模型的研究[D]. 西安:西安理工大学,2007.
- [3] 熊康鹏. 分色方法的建模研究与误差分析[D]. 西安:西安理工大学,2009.
- [4] SI Li-li, LIU Zhen, LIU Hao-xue. Researches on Neugebauer Equation Correction [C]. The 6th International Conference on Imaging Science and Hardcopy ICISH'2008,2008.
- [5] 孙静. 基于数码打样的 CMYK 与 L* a* b* 颜色空间转换方法的研究[D]. 西安:西安理工大学,2009.
- [6] SON Chang-hwan, PARK Hyung-min. Improved Color Separation Based on Dot-Visibility Modeling and Color Mixing Rule for Six-Color Printers[J]. Imaging Science and Technology,2011,55(1):16
- [7] TOMINAGA Sho-ji. Color Conversion Using Neural Networks[C]. Color Imaging: Device-Independent Color, Color Hardcopy, and Graphic Arts III,1998.
- [8] 飞思科技产品研发中心. 神经网络理论与 MATLAB7 实现[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [9] FUSELIER E J. Error and Stability Estimates for Surface-divergence Free RBF Interplants on the Sphere[J]. Mathematics of Computation 2009,78:2157-2186.

度最差;网点叠加面积越多越不利于色彩再现,因此在工艺上应尽量避免或减少网点交叉重叠。

参考文献:

- [1] 戴春. 彩色印刷的成色法[J]. 今日印刷,2000(11):11.
- [2] 王琪,刘真. 数字加网中的网点保真技术研究[J]. 包装工程,2010,31(13):101-102.
- [3] 刘浩学. 印刷色彩学[M]. 北京:中国轻工业出版社,2008.
- [4] 杜功顺. 印刷色彩学[M]. 北京:印刷工业出版社,2003.
- [5] LEE C, LEE E, et al. Color Space Conversion Via Gamut-based Color Samples of Printer[J]. Journal of Imaging Science and Technology,2001,45(5):427-435.
- [6] 徐艳芳,刘文耀. 彩色打印机色空间变换的色度密度方法[J]. 光学精密工程,2004,12(3):265-269.
- [7] ISO 12647-2, Graphic Technology-Process Control for the Manufacture of Half-tone Color Separations, Proof and Production Prints[S].