

# 多光谱技术在印刷中的应用

李 杰<sup>1</sup>,王海文<sup>2</sup>,万晓霞<sup>3</sup>

(1 .衢州学院(筹)信息与电子工程系,浙江 衢州 324000;2 .浙江科技学院 轻工学院,杭州 310023;  
3 .武汉大学 印刷与包装系,武汉 430079)

摘 要: 针对现今印刷复制技术与色彩管理技术的主要缺陷,综述了多光谱颜色复制技术的崭新途径,认为多光谱颜色复制技术为高保真印刷和跨媒体出版奠定了基础,并对该技术的基本原理、优越性作了较为全面的阐述,分析了多光谱技术在印刷中的具体应用及其发展趋势。  
关键词: 多光谱技术;多光谱颜色复制;多基色印刷;高保真印刷;颜色再现  
中图分类号: TS801 文献标识码: A 文章编号: 1671-8798(2008)03-0192-04

## Application of multi-spectral technology in printing

LI Jie<sup>1</sup>, WANG Hai-wen<sup>2</sup>, WAN Xiao-xia<sup>3</sup>

(1 .Department of Information and Electronic Engineering, College of Quzhou, Quzhou 324000, China;  
2 School of Light Industry, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China;  
3 .School of Printing and Packaging, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** In view of the basic defects of printing reproduction and color management technology nowadays, the brand-new way of multi-spectral color reproduction technology lay the foundation for high fidelity printing and the cross-media publication . The basic principle and superiority of the technology are thoroughly accounted . And the specific application and development trend of the multi-spectral technology in printing are analyzed .  
**Key words:** multi-spectral technology; multi-spectral color reproduction; multi-primary color printing; high fidelity printing; color reproduction

当前颜色再现的方式主要有色度颜色再现和光谱颜色再现两种,而现今的印刷复制技术大体属于色度颜色再现方式的范畴,即印刷品最终实现的是与原稿具有基本相同的“颜色三刺激值”,而不必实现每个波段光谱数据的完全相同,颜色的“同色异

谱”现象普遍存在<sup>[1]</sup>。另外,当今最为流行的 ICC (International Color Consortium,简称 ICC)色彩管理技术也是基于“色度真实”,并不考虑颜色的“色貌特征”,因此这必然导致颜色复制精度的下降、颜色信息传输的失真以及颜色再现与人眼视觉的偏离,

收稿日期: 2008-07-03  
基金项目: 浙江科技学院教学改革项目(2007-31)  
作者简介: 李 杰(1980— ),女,山东东营人,助教,硕士,主要从事色彩管理技术、图像传播技术的研究。

无法满足高保真印刷和跨媒体出版的要求,极大地影响了印刷技术的进一步发展。

而光谱颜色再现要求原色与再现色的光谱特性完全一致,即在任何条件下均能保持等色的色彩再现性能<sup>[1]</sup>。多光谱颜色复制技术能满足光谱颜色再现的要求,它采集颜色信息不再局限于可见光的范围,而是延伸至红外光、紫外光,通常采用10~20个光谱通道,而非现今印刷的红、绿、蓝三通道来采集处理颜色信息,以物体的光谱反射率或透射率来唯一的标定颜色,并通过光谱反演及叠印率的预测等来实现颜色的精确控制,最后通过动态选择最佳基色油墨直接进行多基色印刷。因此,多光谱颜色复制技术能最大程度地保证颜色信息在多种媒体中的“无缝传输”与精确再现,为高保真印刷和跨媒体出版奠定了坚实基础,因而将大力推动印刷技术的发展创新。

## 1 多光谱颜色复制技术的原理及其优越性

### 1.1 多光谱颜色复制技术的原理

多光谱成像技术不同于传统的单一宽波段成像技术,而是将成像技术和光谱测量技术相结合,获取的信息不仅包括二维空间信息,还包含随波长分布的光谱辐射信息,形成所谓的“数据立方”<sup>[2]</sup>。而多光谱颜色复制技术就是利用颜色的“数据立方”,并非现今印刷中所用的“颜色三刺激值”的方法,来实现颜色的准确传输和再现,其基本的技术原理为:

首先,采用多光谱图像采集设备对原稿或实物拍照,在基于多个光谱滤色片对光线的选择性透过基础上,得到待复制对象的多光谱数据,而后对其进行编码,从而建立颜色的光谱数据文件;然后,在开放体系下把光谱数据文件传输至显示设备端,完成数据文件的解码,并以多通道方式显示在成像设备上,同时利用光谱数据文件对原稿色料进行分析预测,据此选择最佳的印刷油墨;最后,在基于光谱分离的最小同色异谱条件下,直接利用多基色墨水进行印刷,从而完成颜色的精确复制<sup>[3]</sup>。图1为基于光谱的颜色复制技术原理图。

### 1.2 多光谱颜色复制技术的优越性

多光谱颜色复制技术可较好地解决现今印刷复制技术与色彩管理技术的根本缺陷,增大颜色叠印自由度,扩展色域,消除“同色异谱”的影响,颜色再现的方式更加贴近人眼的真实视觉,进而实现高保真印刷和跨媒体出版,因此具有很大的优越性:

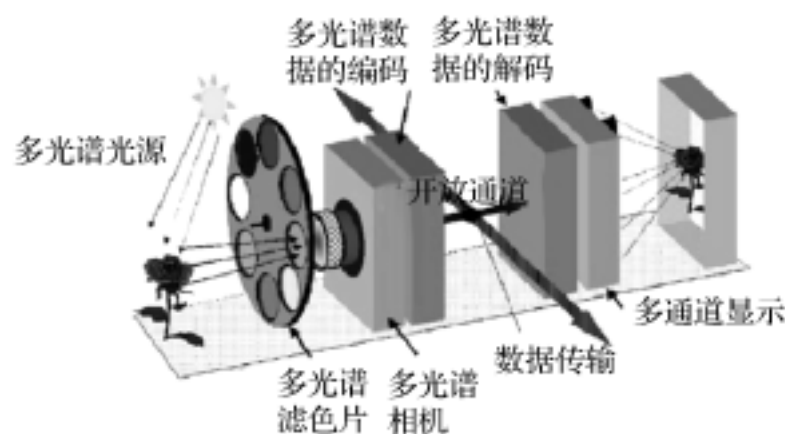


图1 基于光谱的颜色复制技术原理示意

Fig.1 Principle of color reproduction technology based on spectrum

1) 现今的数字设备及其产生的数字文件与人眼的视觉系统存在很大差异,往往经历多次非线性视觉编辑,更加偏离人眼的真实视觉;而光谱数字文件不受此类问题的限制,不需要对文件进行视觉编辑,因此能更好地实现颜色的正确传输与再现<sup>[4]</sup>。

2) 非光谱数字信号限定于单一的观察者和光源,而光谱数字信号则可与任意光源、观察者及观察环境相关联,从而可实现一次成像多次利用,这为跨媒体颜色复制奠定了坚实基础。

3) 利用光谱数字文件可对原稿图像颜色的色料组成进行分析预测,据此选择最佳的基色油墨进行印刷,更利于实现高保真印刷。另外可创建油墨光谱数据库,精确指导印刷生产<sup>[4]</sup>。

4) 采用光谱方法标定颜色,可使用的光谱范围更宽,光谱通道数更多,因此所得颜色的光谱特性更完整,对颜色的分析和预测更精确,更利于实现高精度印刷。

## 2 多光谱技术在印刷中的应用

当前,多光谱技术在印刷中的应用主要体现在3个方面:即光谱测量、多光谱成像和多基色印刷。

### 2.1 光谱测量

目前印刷行业广泛使用的颜色测量仪器大多基于光谱数据测量与转换的方法,并且该方法也是未来颜色测量仪器发展的主要方向。其测量的基本原理为:首先利用光谱滤色片测量颜色的光谱反射率或透射率,然后根据特定的标准光源与标准观察者,带入物体色三刺激值计算公式,得到颜色的三刺激值,最后经色度转换得到颜色的色度值。另外,也可根据需要得到颜色的光谱分布曲线,明晰颜色的光谱特征,为颜色测量仪器的校正以及分析颜色偏差提供指导。

## 2.2 多光谱成像

多光谱成像技术通常采用 10~20 个工作波段,而不是单纯的红、绿、蓝 3 个宽波段,因此能更为精确地记录颜色的光谱数据信息。由于大多数天然物质表面的光谱反射率曲线比较平滑,可视为几个基向量的线性组合,因此基于这一原理的多光谱成像技术可准确快速地重建目标表面的光谱反射率<sup>[5]</sup>,从而实现颜色的精确还原再现。

现实中通常采用主成分分析的方法,用得出的特征向量来重建光谱反射率<sup>[4]</sup>。因此,若能记录下目标各点的光谱反射率,就能预测物体在各种照明条件下的色度。而且,随着全光谱配色技术和多元颜色显示技术的发展,获取的光谱信息可以应用在许多新兴领域中,如电视医学、艺术品电子文档、互联网中的颜色交流和彩色多媒体显示等<sup>[5]</sup>,因此该技术具有广阔的应用与发展前景。

## 2.3 多基色印刷

当前,多光谱技术在印刷中的应用价值更多地体现在多基色印刷方面,即通常所说的高保真印刷。其工艺流程基本可分为 6 个阶段,即:多光谱数据的采集 原稿图像颜色色料组成的预测 最佳墨色的选择 油墨叠印的光谱预测 基于光谱的最小同色异谱色的分色 直接多基色印刷。

**2.3.1 多光谱数据的采集** 在光谱摄影环境下,利用多光谱相机采集原稿图像信息,其采集系统主要包括多光谱光源、滤色镜和多光谱相机三大部分,其中每个部分要满足的关键条件是:多光谱光源——光谱分布与成像系统工作的光谱范围保持最大程度的相互匹配;滤色镜——具有较高的透射率和较强的选择性;多光谱相机——能拍摄多光谱波段的影像。

**2.3.2 原稿色料的预测** 为了尽可能减少输入的光谱图像与复制品之间的同色异谱现象,提高颜色复制的精度,必须了解原稿复制中可能用到的色料的光谱属性,然后在颜色合成时利用一组具有与其相同或相似的光谱属性的色料组合,从而将光谱误差控制在最小状态<sup>[6]</sup>。现实中,通常采用主成分分析的统计方法,分析选择所需的最佳基本色料组合。

**2.3.3 最佳墨色的选择** 根据预测的原稿色料组分,从墨色数据库中选择出一组与预测的基本色料具有相同或相似光谱属性的墨色组合,从而使原稿图像与复制品之间的光谱误差最小。由于最佳墨色组合与原稿的具体图像有关,因此必须设计一种最

优墨色选择方法,以便从大型墨色数据库中快速经济地选出所需的墨色组合<sup>[6]</sup>。

**2.3.4 油墨叠印的光谱预测** 对于油墨叠印色的光谱预测,一个较好的预测方法是利用 Kubelka-Munk 混浊介质混色理论,将其应用于透明油墨实地叠印时的光谱反射率预测。首先,通过印刷、测量实地色块,获取纽介堡基色的光谱信息,然后,运用修正的尤尔-尼尔森光谱纽介堡方程即可进行叠印色的光谱预测<sup>[4]</sup>。

**2.3.5 基于光谱的最小同色异谱分色** 通常,一种颜色的光谱成分确定后,现实中的问题就是要确定出印刷时每种油墨的用量或网点百分比。为此,可以利用修正的尤尔-尼尔森光谱纽介堡方程的逆变换来求取各种油墨的网点百分比的实际预测值,然后在颜色合成时利用该光谱纽介堡方程即可实现原稿图像的光谱重构工作,最后可从色度和光谱精度两个方面对其颜色复制的精度进行评价<sup>[7]</sup>。

**2.3.6 直接多基色印刷** 利用多基色油墨直接进行印刷,即可获得良好的颜色再现效果。当然,考虑实际的印刷工艺,油墨总量有一个最大限制值,通常可以利用 1 种黑色油墨和 3 种彩色基色油墨(从多种彩色基色油墨中动态选出)来实现颜色的印刷合成。

## 3 多光谱技术在印刷中的应用趋势

### 3.1 应用研究方向

多光谱技术在印刷中的应用研究,基本上可分为 3 大方向,即光谱数据的获取、处理和输出。每一方向均有许多子课题:

**3.1.1 光谱数据的获取** 包括:光谱摄影环境的建立,初始化,滤色片的选用,多光谱相机的调校,数据的记录方式,颜色标版的选用,数据的精度,数据噪声的处理,波段的选取等<sup>[6]</sup>。

**3.1.2 光谱数据的处理** 颜色空间的建立、转换、映射、压缩,光谱图像的融合,多光谱图像的重建,光谱数据的编码和解码,光谱数据存档系统的集成等。

**3.1.3 光谱数据的输出** 多通道显示,最小输出油墨限制,对照表的建立,光谱分色方法、设备线性化,最佳墨色的选取等。

### 3.2 应用趋势

当前,多光谱技术在印刷中的应用趋势主要体现在以下 3 个方面。

**3.2.1 高保真印刷** 多光谱技术在高保真印刷中

的应用价值主要体现在以下地方:一是采用光谱数据对光源的显色性进行分析和修正,最大程度地消除由光源因素所导致的颜色复制失真问题<sup>[8]</sup>;二是多基色印刷中,基于光谱的油墨选择,尤其是确立艺术品、文物等最佳印刷复制基色;三是使用光谱数据优化油墨集,扩展印刷色域,最大程度地消除印刷中的“同色异谱”现象;四是利用多基色光谱数据进行颜色叠加或分色计算,能极大地提高计算精度<sup>[6]</sup>。

3.2.2 跨媒体出版 跨媒体出版技术通过建立纸质媒体、电子媒体和网络媒体基本要素的数据标准和描述方法,重构图文音像内容的页面描述、配置、关联、管理与资源化,进而实现颜色数字化的实时、彩色、多样和个性化的输出与再现<sup>[9]</sup>。由于多光谱颜色复制技术采用唯一的光谱数据标定颜色,基本不受具体光源、周围环境、标准观察者等因素的制约,一种环境下的光谱反射率或透射率能预测或反演至另一种环境下,因此更利于实现颜色的跨媒体复制<sup>[7]</sup>。

3.2.3 印刷色彩管理 印刷色彩管理技术是现代印刷技术的核心支撑技术之一,是实现高保真印刷和跨媒体出版的关键。当前流行的 ICC 色彩管理技术,基于“色度真实”,较少考虑颜色的“色貌属性”,不能真正实现颜色的精确再现<sup>[10]</sup>;基于色貌模型的色彩管理系统由于参数较多、计算复杂和应用条件严格,难以应用推广<sup>[10]</sup>;而基于光谱的色彩管理系统可解决色貌模型的一些应用困难、提高复制精度,颜色数据标定唯一,为跨媒体出版奠定了坚实基础,因此具有广泛的应用与发展前景。

## 4 结 语

多光谱颜色复制技术可较好地解决当今印刷复制技术与色彩管理技术的根本缺陷,为高保真印刷和跨媒体出版奠定了坚实基础。当前,多光谱技术在印刷中的应用主要体现在光谱测量、多光谱成像和多基色印刷3个方面,而其应用价值则更多地体

现在多基色印刷方面。

从未来颜色复制技术的发展趋向看,多光谱技术在印刷中的应用趋势主要体现在高保真印刷、跨媒体出版和印刷色彩管理3个方面。而未来的研究则更加集中于多光谱颜色采集系统的建立与优化、光谱图像的融合、基于光谱的分色算法和光谱数据存档系统的集成等方面。

## 参考文献:

- [1] 王海文,李杰.颜色再现的目标及其应用[J].丝网印刷,2007(9):10-11.
- [2] 许洪,王向军.多光谱、超光谱成像技术在军事上的应用[J].红外与激光工程,2007,36(1):13-17.
- [3] BERNIS Roy S, IMAI Francisco H, BERNIS Peter D, et al. Tzeng. Multi-spectral-based color reproduction research at the Munsell Color Science Laboratory[C/OL]. Munsell Color Science Laboratory, Chester F. Carlson Center for Imaging Science, RIT, [2007-12-25]. <http://citeseer.ist.psu.edu/berns98multispectralbased.html>.
- [4] 韦小磊.基于光谱的多基色色彩再现模型[D].武汉:武汉大学硕士学位论文,2006:1-3,25-26.
- [5] 任鹏远,廖宁放,柴冰华,等.基于多光谱成像的光谱反射率重建[J].光学技术,2005,31(3):427-433.
- [6] 王海文,李杰,万晓霞,等.基于光谱的印刷颜色复制技术研究[J].包装工程,2008,29(4):40-42.
- [7] ROSEN Mitchell, IMAI Francisco, JIANG Xiao-Yun (Willie), et al. Spectral Reproduction from Scene to Handcopy: Image Processing[C/OL]. Munsell Color Science Laboratory, RIT, [2007-12-22]. <http://citeseer.ist.psu.edu/573206.html>.
- [8] 韦小磊.多光谱技术在印刷中的应用及其发展趋势[J].今日印刷,2005(11):59-60.
- [9] 王海文,万晓霞,李杰,等.当代印刷发展的核心技术[J].包装工程,2008,29(3):172-175.
- [10] 杨卫平.跨媒体颜色复制与多光谱成像技术[R].云南省物理学会2005年会学术报告,2005.