

## 高保真印刷技术开启印刷新时代

作者: 北京佳一天时电子技术有限公司技术总监 侯克杰

高保真印刷技术在二十世纪九十年代末从专家的实验室走入生产车间, 标志着印刷业大踏步跨进一个新时代。现代计算机高速运算和软件海量存储检索的能力, 帮助科学家进一步认识颜色的特性, 把握复制颜色的关键技术, 纠正原有印刷理论和技术的缺欠, 完成了高保真彩色分色技术, 并且组合了高保真印刷成套技术, 方便印刷企业实际应用。今天, 应用高保真印刷技术就象应用常规四色印刷技术一样方便, 使印刷质量获得很大提高。

### 印刷业技术进步的历程

印刷企业一年三百六十五天夜以继日的忙碌是出了名的, 从原稿分析到印刷成品交付客户过程环节之多是目共睹的, 技术设备工艺参数调整控制之复杂多样是外人难以体会的。

印刷人在回顾历史中会发现, 印刷技术发展的轨迹总是与社会经济文化和科技成长密切相关。15世纪中期, 约翰尼斯·古登堡 (Johannes Gutenberg) 发明了一种重复使用金属活字印刷的方法, 以加速复制手稿的过程。当时的印刷只能完成文字印刷, 只有黑白两种颜色, 因此称其为二值印刷时代, 这代表近代印刷的第一代技术。在古登堡之前, 人类的大部分信息都存在人的大脑中, 通过口头传述的形式代代相传。印刷促成了一种新文化的出现, 因此人们可以跨越巨大的距离, 同时面对许多听众讲话。古登堡自己也许并没有意识到他的发明将深刻地改变人类的文化。

18世纪中, 照相技术被引入印刷制版, 在金属版上感光层曝光冲洗后, 经过腐蚀产生深浅不一的面积, 可以将油墨转印到纸上, 产生与照片同样的效果。从此开始了被称为层次印刷的第二代印刷技术时代。人类首次可以将看到的景物以印刷品的形式广为传播, 科学和文化信息变得生动起来, 更容易理解和接受, 对社会发展与经济繁荣发挥着重要作用。

20世纪初, 彩色照相技术被应用到印刷分色, 通过红、绿、蓝滤色片得到青、品、黄通道信息, 经过接触网屏加网拷贝生成印版, 真彩色印刷品亮丽出现在观者面前。这种新技术被称为第三代印刷技术, 开创了彩色印刷时代, 从此印刷与颜色科学结下不解之缘。20世纪中期, 人类最伟大的科技进步成果—计算机技术进入到印刷分色领域, 印刷业开始拥有属于自己的颜色数字化技术和加网算法, 在计算机文化潮流漫卷的时代中, 充分展示自己的能量。

二十世纪九十年代末, 高保真彩色印刷技术研究成果已经开始走出专家实验室, 在实际生产中应用。高保真彩色印刷技术成功采用新的分色理论和方法, 纠正了常规四色印刷的主要缺陷, 使得印刷颜色的视觉效果更接近实际景物的真实效果, 印刷图像颜色更鲜艳更明亮、层次更丰富更真实、立体感更强。从这个意义上说, 高保真彩色印刷技术开创了一个新时代。今后高质量精美印刷的技术规范将建立在高保真分色

### 站内搜索

科教

站内搜索

企业搜索

企业登记

自助链接

实用服务

疑难求助

印刷网站

### 论坛新贴

的基础上，高保真印刷技术应用水平，将成为印刷企业产品质量的主要表征，以此面对客户的选择，就如同曾经以电分机、四色胶印机等向用户显示质量保证一样。

历史的脚步不会停顿下来，就象探索宇宙、地球、人类的发生、发展、未来一样，印刷技术中困扰我们的诸多问题，也需要不断研究解决。

## 印刷业新时代的特征

在人们享受信息时代经济繁荣美好果实的时候，总是有科学家不断萌发深入探索未知领域的念头，不断研究新的理论，不断取得新的技术成果，使人类得以享受前所未有的精彩生活。20世纪末，颜色科学家最新的研究成果被导入印刷分色工艺过程，由此建立起全新的印刷质量标准。色度学理论和技术研究，支撑着颜色外观描述和颜色测量技术不断完善提高。印刷原稿颜色分析和印刷分色建模，都可以利用光谱测量和分析技术，建立起新的质量目标，并创建出可供工程应用的工艺系统，为印刷企业在实际生产过程应用。高保真印刷技术以实际景物反射光谱为复制目标，选择基色油墨组合更大色域空间，以油墨印刷色中的彩色成分和中性灰成分，分别匹配原稿颜色中的色相色饱和度和色亮度，以各自的阶调线性尽量保持原稿颜色的视觉真实性。这些技术与现有四色印刷分色技术有着原则区别，因此可以说高保真彩色印刷技术开创了第四代印刷技术时期。

今天，全世界的颜色科学家，已经为颜色的感知、测量、复制提供了许多有价值的方法，使我们有可能对印刷技术和质量进行新的思考，寻求新的方法，迈上新的高度。

印刷企业忙碌的过程的参数的调控的复杂性，大多与彩色图像相关。彩色图像印刷复制的工艺基础是四色分色。对于这个基础有两个问题值得思考。

第一，印刷彩色图像，实际是复制自然世界的景象。印刷工艺不能直接把立体的景物复制到平面的介质上。照相设备把景物投影到感光材料上或记录到光电转换器件中，然后作为原稿交到印刷工艺。原稿表现实际景物的形状、彩色和亮度特性。为了使印刷图像更接近实际景象的观察效果，我们应该了解原稿记录的景物特性与它在自然世界的观察效果有什么不同。对于二者差异分析的技术细节将另文表述，这里主要指出在常规四色印刷工艺中，这是被有意无意忽略的问题。这就造成了目前四色印刷工艺习惯上从扫描原稿得到的CMYK信号开始调控相关参数，结果使得印刷图像的亮度特性与实际景物产生较大差异，这本来在一定程度上是可以避免的。

第二，四色印刷颜色空间与景物反射的光线颜色空间相比小很多，注定了印刷图像的彩色特性与实际景物之间相当大的差异，特别是明亮颜色的饱和度损失严重，连同以上原因，这就使得四色印刷图像颜色沉重单调，缺乏层次，缺乏光彩。

经过专家不懈的实验研究，以上两个问题已经在高保真印刷技术中得到统一解决。高保真分色技术以视觉感知颜色的亮度，调控印刷的中性灰成分；以扩大的印刷颜色空间，映射感知颜色的饱和度，使印刷图像效果更接近实际景物的观察效果。从这一效果可以说，高保真印刷技术是印刷技术发展史上新时代的标志。这一技术，将推动精美印刷、个性化颜色印刷、色彩防伪印刷的发展应用。

## 印刷业新时代催动技术创新的步伐

历史上的许多发明发现，在后人追述赞美的时候，常常引起当年人们的感慨，错

失了理解和利用的良机。在印刷新时代大门开启的时候，同样会重演历史的情景。先行者的脚步是需要智慧和勇气的。他们的智慧在于对历史理解和趋势判断的准确，在于经营管理和专业知识的深厚。他们的勇气来源于追求完美的理想，自我认知的理性。在商场上，他们能够把握住最佳时机，获得最大利益当然就不足为奇了。

随着客户越来越多听到看到高保真技术的实际效果，将会形成应用该项技术的连锁反应。没有使用高保真印刷技术的画册期刊广告包装等印刷物，将会失去高品位高质量高实力的地位，使它们的所有者颜面大失，阅读者信赖大跌，消费者疑惑大增。对于这样的判断，认为是天方夜谭也罢，是发展必然也罢，留待去事实证明吧。

印刷技术进步的步伐，从历史走到今天，还要从今天走向未来。这步伐可能在一些人的心中隆隆震响，另一些人可能全然不觉，因为只有心中藏有期盼才能产生共鸣。当对提高印刷质量毫无期盼的时候，高保真印刷技术会与你擦肩而过，使你丧失领先同行的大好时机。

### 彩色图像印刷的技术要求

彩色图像印刷是现代印刷业中最复杂最重要的作业。印刷的彩色图像是对自然界真实景物的复制。自然界景物不能被直接印刷复制，必须借助于成像设备，将形状及颜色记录于感光材料等平面介质上，形成颜色的模拟量，或记录于CCD等光电转换器件中，直接生成颜色的数字量，才能用于印刷复制工艺。

现有的光电成像设备，通常将景物的光谱色分解为红、绿、蓝三种分量记录，形成该设备的颜色空间。三原色选取不同，颜色空间大小不同。三原色的亮度和色饱和度越小，颜色空间越小，空间边界上描述的颜色与相应光谱色的差别越大。同时由于受到感光材料特性的限制，或光电转换器件性能的影响，颜色的真实性又会遭受损失。所以对彩色图像复制来说，选择适当的RGB颜色空间和介质表现原稿的颜色，对印刷效果能够接近自然景物的真实颜色是非常重要的。

人眼对颜色的视觉感受方式，视杆细胞感受明暗，视锥细胞感受彩色。从彩色图像复制而言，颜色应分为两部分，即彩色成分和中性灰成分。这样分解颜色，是模拟人的视觉系统感知的颜色。彩色图像的立体感由图像颜色亮度表示，其中主要影响是中性灰成分。由上可知，对印刷颜色中的彩色成分和中性灰成分分别调控是很重要的。

颜色被印刷复制时，油墨印刷色域范围会使颜色空间再度压缩，原稿颜色线性转换和分色算法也会使印刷颜色阶调特性改变。所以印刷色域范围的控制和相关算法的选择及优化也是至关重要的。

### 常规四色印刷技术需要改革

印刷颜色空间是由基色油墨特性决定的。四色印刷使用的C、M、Y、K基色油墨，印刷显色的光谱曲线与理想颜色光谱曲线有较大差距。油墨叠印的二次色CM、CY、MY显色效果，特别是蓝色和绿色，与理想颜色差距更大。目前大幅度地提高油墨性能的可能性不大。因此，四色印刷色域只能维持现状，仅为可见光谱色域的一半左右。

四色印刷以印刷颜色密度匹配原稿密度。颜色密度实质表示印刷油墨的用量，并不能反映颜色色度和亮度的构成。四色印刷习惯以提升密度曲线增加印刷颜色饱和度。事实上，由于油墨颜色由彩色成分和中性灰成分组成，在增加油墨用量时，如果

构成彩色成分的基色油墨网点原已接近或达到最大，增加量会较小，而作为相反色的基色油墨网点的增加量会较大。熟悉电分机工艺的人员都知道，相反色增加量多于基本色增加量，意味着灰成分增加，颜色亮度下降，在油墨总量限制的条件下，还意味着颜色饱和度下降。这就造成了这样的结果，虽然印刷品的墨色变得更加饱满，但是中、暗调颜色的亮度过低，而且饱和度也有不同程度损失，墨色的中性灰成分没有得到恰当控制。即使相反色与基本色近似同步增长，也不能有效提升饱和度。四色印刷这种目的和结果相矛盾的现状，主要由于不能分别有效调控彩色成分和中性灰成分油墨用量造成的。

孟塞尔系统的色相、明度和彩度的分度是根据视觉判断划分的，其中明度曲线应该作为印刷复制颜色亮度阶调线性的调控目标。

由分析Photoshop 6.0中典型ICC四色分色规范得知，四色印刷颜色的视觉明度设计值就并非遵循孟塞尔视觉明度曲线，而是近似直线，实际印刷中性灰梯尺测量CIE L\*明度证明这一点，图中绿点为中性灰梯尺计算光谱明度（近似孟塞尔视觉明度），红点为四色分色计算明度，品点为实际印刷明度。坐标显示出四色印刷颜色的中性灰成分过多。四色印刷强调提升复制颜色的饱和度，以过度牺牲颜色亮度为代价，是四色印刷技术的另一重要缺陷。

由于以上缺陷，造成印刷图像颜色沉重，层次损失较多，立体感较差。因此常常引起客户抱怨印刷效果与真实景物颜色差距过大，印刷质量水平不高。

### 高保真印刷技术的特性

高保真印刷的颜色特性表现在两个方面。第一，印刷颜色空间扩大，增加了更明亮、更鲜艳的颜色，使印刷品看起来与真实景物的颜色更接近。第二，印刷颜色的阶调线性与常规四色印刷不同，视觉感知更接近光谱色的变化效果，印刷品层次感更真实，立体感更强。

高保真印刷颜色空间增大的主要原因，是在CMYK的基础上，增加了新的恰当的基色油墨，并且除了黑墨以外的所有基色油墨，全部参与匹配输入颜色中的彩色成分。新基色油墨包括O、G、B等，这些油墨与相邻的C、M、Y叠印的二次色，色亮度和色饱和度均超过C、M、Y叠印的二次色，还可选用部分相邻三基色油墨叠印，进一步增加色饱和度。因此，印刷颜色空间得到可预知可调控扩大。

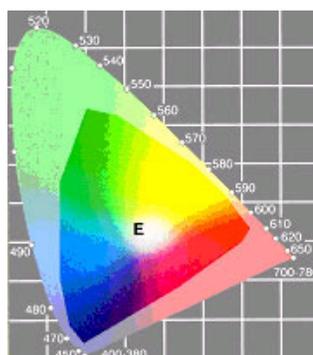
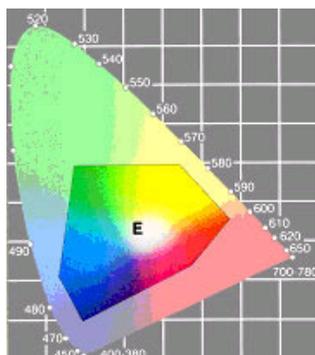


图3 CMYK四色印刷色域CIEYxy色品坐标表示 图4 高保真七色印刷色域CIEYxy色品坐标表示

印刷色域扩大的同时，也十分注意印刷颜色色度阶调线性的维持。在常规四色印刷时，往往更注重颜色的饱和度，而少强调阶调线性的真实性。高保真印刷色空间内

不同阶调颜色的彩色成分，匹配的目标是输入的RGB颜色色相和饱和度阶调特性。油墨色尽量忠实保持这种特性，使印刷彩色图像的色度视觉效果与实际景物颜色感知更加接近，颜色层次感更真实更丰富。

为尽可能准确复制原稿颜色亮度阶调特性，在匹配的油墨颜色中，对彩色成分和中性灰成分分别进行调控。这样，在印刷颜色空间中，印刷彩色图像亮度的视觉效果，能够尽可能最接近输入色，蓝点和青点坐标，图像的立体感更强。中性灰颜色可由全部基色油墨构成，也可以根据工艺需要或对客户个性化服务的需求，选择其中适当的部分油墨构成。

高保真分色在CIERGB颜色空间中进行，输入的RGB颜色将获得更接近光谱色的亮度和色度特性。不同的基色油墨组合分别匹配不同色相区间的输入颜色色度参数，例如红色以M、O和少量Y匹配，绿以Y、G



和少量C匹配。基色油墨分色通道设置，保证印刷颜色达到印刷色域和实现阶调线性。与四色印刷相比，高保真印刷颜色在一定程度上并不因为饱和度提高而亮度降低。这是非常宝贵的性能，常规四色印刷是无法做到的。

#### 高保真印刷技术的功能优势

高保真七色印刷色域比常规四色印刷扩大30%以上，大大提高了表现鲜艳颜色的能力；它的印刷颜色阶调线性更加准确，强化了表现颜色深浅变化的能力；它的亮度阶调线性的调整，不但使暗调颜色中彩色变化更加明显，还使得印刷图像的立体感增强。

高保真印刷技术表现出来的能力，正是高档彩色印刷所需要的。与高保真印刷质量相比，常规四色印刷将退居二流质量水平。今后高档印刷客户市场，不能提供高保真印刷质量的企业，将会失去承接定单资格。

对现代工业和商业个性化服务的需求浪潮，正推动新产品研制和服务多样化加快进行，促进相关企业技术进步。高保真印刷技术具有的变换基色油墨，选择分色模型的灵活性，支持印刷企业创新性实现彩色图像个性化效果复制。该技术可以把客户标识专色作为基色油墨使用，在保持高保真印刷质量的同时保证专色印刷一致性，减少印刷成本。高保真印刷技术还可以支持设计师实现印刷品色彩防伪功能，帮助出版物或包装品防止假冒。因此，高保真印刷不但可以实现优质优价提高产值，还可以通过增加印刷品功能，进一步提高印刷附加值提高产值利润率。

#### 高保真印刷技术的生产应用

目前，高保真印刷技术的应用非常简单。一个独立软件系统安装在Apple计算机中，应用人员经过使用培训，就可独立操作完成原稿分色输出。系统中可直接选择应用的分色模型。



技术研发方采取“交钥匙工程”方式转让技术使用权。随软件系统同时提供现场印刷工艺过程参数设置和印刷产品质量检测指导，直到企业生产出合格产品。

SOLOR 2.1系统提供的分色模型有TOYO油墨系列和Hexarome油墨系列，每系列包括8种模型，分别是四色一种青品黄黑；五色三种青品黄黑红、青品黄黑绿、青品黄黑蓝；六色三种青品黄黑红绿、青品黄黑绿蓝、青品黄黑红蓝；七色一种青品黄黑红绿蓝。技术研发单位以“交钥匙工程”方式对企业进行现场技术培训和生产指导，直到实际生产出合格产品，并在以后给予优先技术升级服务。

高清晰度高保真彩色印刷成套技术工艺研究项目由北京佳一天时电子科技有限公司于2000年10月在国家科技部技术创新基金中心立项，研究成果于2002年10月由中国印刷及设备器材工业协会组织专家委员会鉴定为具有国际先进水平。以项目成果为核心的SOLOR 1.1高保真彩色分色系统及相关技术组成的高保真彩色印刷成套技术已于2003年8月在印刷企业生产中实际应用，并于同年12月通过中国包装总公司组织专家进行的新产品鉴定，专家认为，在企业现有条件下，应用该技术方法，可以明显提高产品质量，扩大产品应用范围，提高产品的附加值和市场竞争力，有良好的经济效益和推广价值。

应用该项技术的印刷机以一次印刷全部基色油墨的机型为好，另外通过更换油墨，任意机型都可进行高保真印刷。因为高保真印刷技术核心是分色技术，所以，该技术适用于胶印、凹印、丝印、柔印等各种印刷工艺。

### 选择应用高保真分色模型的基本原则

目前高保真印刷技术已开始被讲究质量的印刷企业所重视和应用。因为对彩色图像印刷而言，除了高保真印刷技术，尚没有另外的技术可以真正扩大图像印刷色域，使图像颜色更明亮更鲜艳，更接近自然界真实景物的观看效果，达到印刷最高的质量水平。在常规四色印刷时添加专色，只能在图像以外的区域以平网或渐变颜色装饰版面。如果没有高保真分色技术，CMYK以外的专色不能参与分色，因而不能以层次网点在图像上印刷，对提高图像印刷质量没有任何帮助。常常有人把含有专色的多色印刷认为是高保真印刷，这是完全错误的。

长期以来，高档书刊、期刊杂志、包装品等越来越多的应用图像，因为图像所能表达的信息，大大超过文字和图形，直观生动形象因而广受欢迎。所以应用高保真印刷技术提高图像印刷质量，是印刷企业争取高端客户信任的重要条件。

高保真印刷技术的核心是高保真分色技术，目前已知的分色模式有两类。一类是以ICISS为代表的在交互式图形界面设置分色模型，另一类是以Pantone Hexarome为代表的高保真颜色查找表（CLUTs）固定分色模型。二十世纪九十年代末，Pantone分

色模型曾作为ICISS系统中唯一可实际应用的高保真分色模型。数年后，Pantone脱离与VISU的合作，将分色模型作为颜色查找表，以插件方式连接于排版和图像处理软件使用。国内研究机构和用户分别对Pantone Hexarome模型进行了测试分析，均发现其印刷复制颜色与原稿相比，一些颜色色相有较大偏差，一些颜色亮度特性有较大改变。Pantone公司主要研发高保真分色模型的技术人员离开公司后，公司再没有对模型进行改进，也没有研究新模型的计划。ICISS作为高保真分色模型设置平台，具有很多开创性技术，VISU的颜色科学家将在小型机上的光谱颜色分析技术移植到台式机上，写成可供用户操作的分色模块和输出模块。遗憾的是，自二十世纪九十年代末ICISS推向市场以来，系统中除了原有Pantone Hexarome一种六色高保真分色模型以外，再没有增加新的分色模型。

颜色查找表广泛应用于四色分色，除了彩色印刷以外，近年来数码打样越来越多取代常规胶印打样，关键就是应用颜色查找表，控制彩色墨水的色域和阶调线性，近似油墨印刷特性。颜色查找表有多种功能，取决于每维颜色的模式。最常用是由RGB颜色查找印刷油墨网点面积。查找表的网格点一般选取数百或更多，网格点间的颜色使用插值建立，一般会选用适当的优化函数，以提高颜色表现精度。网格点的选择是非常关键的，颜色科学家提出过多种方案，色彩管理系统供应商也提供不同的选择。其技术关键在于，为了输入和输出颜色空间表达的连续性，网格点应位于整个色域的色相、饱和度和亮度线性的拐点上，使网格点间隔中的颜色变化线性具有相似性，使插值颜色与空间实际颜色具有最大的色度一致性。网格点过多，影响分色运算的速度，过少使插值颜色失真过大，网格点选择不当同样会造成印刷颜色的色相、饱和度及亮度过大偏差。利用纽格伯尔（Neugebauer）方程式计算油墨网点的三刺激值或光谱值，其中应采用适当的非线性优化叠代技术和确定的印刷工艺条件下优化的Yule-Nielsen修正印刷油墨增量影响的n值。高保真分色的颜色查找表与四色基于相同的原理，所不同的是需要对颜色空间的色相区间进行合理的划分，使油墨颜色匹配输入色能够保持最少的同色异谱，提高匹配的精度。

应用交互式图形界面设计分色模型，是有重要意义的创新，但对设计者具有较高专业要求。ICISS系统分色模型是直接应用光谱颜色分量建立的。印刷油墨颜色使用纽格伯尔方程式计算光谱值。系统内部算法支持印刷油墨色域内和色域外分别分色，中性灰和彩色灰模型分别设置，色相、饱和度和亮度分别调控，印刷色空间内颜色的色相和饱和度线性校正等功能。系统支持最多选择16种基色油墨，全部彩色油墨均可平等参与分色。光谱颜色复制是近年来颜色科学领域中的重要研究内容，获得许多国际著名设备制造商的支持，研究的阶段成果已经显著地提高了彩色图像印刷、数码照相、显示器等的成像质量，具有巨大的应用价值。ICISS所代表的光谱颜色的色度表示方法，用于建造高保真印刷的分色模型，显示出适应印刷工艺的相当的灵活性和巨大的潜力。

分色模型设计完成后，需进行大量的测试实验，不断调整以缩小输入颜色与实际印刷颜色之间的色度偏差。除了应用常规色差方程 $\Delta E_{ab}$ 计算印刷颜色偏差外，应该应用CIE最新推荐的 $\Delta E_{94}$ 或CIEDE2000色差方程计算结果调控分色模型，这更有利于在确定的印刷油墨色域的条件下，使印刷图像的视觉效果更真实。

由于分色模型设计技术上的复杂性，印刷企业在应用开始阶段自行完成设计是相当困难的。如果选择适用的分色系统，在研发单位的帮助下，通过消化吸收，系统掌握了关键理论和调控技术后，就可自主进行二次开发，对客户 provide 个性化颜色复制和色彩防伪印刷等增值服务。因此高保真分色系统供应商应能提供系统原理和关键技术的相关分析和讲授，同时，应以“交钥匙工程”的方式，指导企业优化生产工艺过程参数和产品质量检验方法，帮助企业尽快应用高保真印刷成套技术工艺，生产出合格产品。

原稿颜色特点不同，在进行高保真彩色印刷时，可选择不同分色模型，在保持最

佳印刷质量的前提下，节省材料和机时，降低生产成本，降低对设备的要求。因此高保真分色系统中应包括适用于不同系列油墨的四色、五色、六色和七色分色模型供企业人员直接调用，同时分色模型的应用效果，应该不再有如前所述的过大的色相和亮度偏差。

[打印](#)[去论坛](#)[关闭](#)

▣ [相关文章](#)

