

您现在的位置: > 简体版 > 设计视角 > 设计论文 > 综合 > 对传统教科书色彩三原色理论的修正

所有文章快捷检索

对传统教科书色彩三原色理论的修正

Go [高级检索] 提示: 关键词间使用空格

发布时间: 2006-04-04

> 设计在线专稿(王宽宇)

[ 未经书面授权, 严禁转载任何内容! ]

Page: 1

--王宽宇 吴卫

摘要: 色彩三原色理论历来都是色彩基础知识中最为重要的一个环节, 该文以色光三原色为切入点, 对传统的色彩三原色理论进行了较为理性的分析, 明确并修正了传统色彩理论中的一些模糊的概念, 有助于我们日后对色彩理论进行深入研究。

关键词: 色光; 色料; 三原色

人类对色彩的认识和研究由来已久, 古今中外的色彩理论在数千年的时间里不断的被发展、深化和完善。之所以人类对色彩如此重视, 是由于色彩在人与外界进行信息交换时所起到的重要媒介作用决定的。人的眼睛在观察事物的时候, 要经历以下几个过程: 首先察觉到物体的色彩, 其次感受到大致的形体, 再次着眼于线, 最后才聚焦于点细致观察。由此我们可以看出, 色彩是人类认知外部世界的第一媒介。人对色彩的感觉与生俱来, 对色彩的认知程度也随着科学技术的发展逐步深入。各个民族、各个国家的不同时期对色彩的理解与认识也不尽相同。迄今为止无数的物理学家、艺术家都曾做过相关领域的研究和探索, 也形成了各种不同的理论体系, 例如著名的奥斯特瓦尔德色彩理论、孟塞尔色彩理论、伊顿色彩理论等等。这些色彩理论都对色彩的物理属性做出了较为详细的描述。但这些色彩理论的研究成果无一不受到当时的科技水平以及研究者本身的学科属性的制约。今天, 科学技术的发展, 为传统色彩理论的进一步发展提供了新的契机, 数字科学和现代印刷技术的发展与普及, 有助于我们更加直观的去理解、运用色彩, 同时也方便了我们明确曾经相对模糊的概念, 发现并修正过去的固有认识中存在的问题。

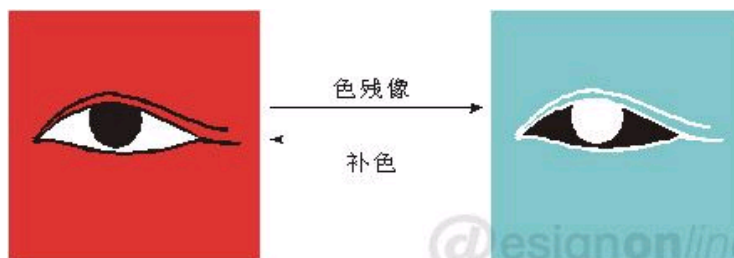
### 1. 色彩三原色理论的起源

人类在很早就开始了对色彩本源问题的探索, 在我国古代“色彩”概念是这样定义的: 黑、白、玄(偏红的黑色)为色, 黄、赤、青为彩[1]。这种对色彩的定义, 即便在今天看来也是很有科学道理的。但这种认识仍局限于感性层面, 科学、理性的色彩理论是在西方光学物理基础上发展起来的。

1666年, 牛顿通过玻璃三棱镜将太阳光分解成了从红光到紫光的不同色光, 他发现白光是由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等各种颜色的光组成的[2], 由此揭开了现代色彩学的序幕。在现代物理学和西方印染工业的推动下, 西方色彩学家发现, 红、黄、蓝三种颜色能调和出绝大多数印染工业中应用的颜色, 而这三种颜色又不能和其他颜色合成, 进而认为红、黄、蓝三种色彩为色料三原色。这一概念的提出为现代色彩学和美术学的相关理论奠定了基础, 其后的很多色彩理论的研究多半由此开始。

### 2. 对传统色彩三原色理论的质疑

让我们回过头来, 再看一看刚刚提到的色料三原色, 即红、黄、蓝三种颜色, 以往的美术教学中, 将这三种颜色分别指定为大红、柠檬黄(淡黄)、普蓝(群青)三种颜色。按照传统的色彩三原色理论及其补色原理, 三原色中, 每两个颜色相混合与第三种颜色互为补色, 即红——绿、蓝——橙、黄——紫三对补色。但我们发现这种补色原理在应用的过程中有很多与实践相左的情况发生。为说明这一点, 让我们来做一个实验: 取一张白纸, 在白纸上涂上一红色方块, 在较明亮的环境中, 注视红方块十秒钟以上, 马上将视线移至另一张白纸上, 我们发现, 白纸上呈现出之前红色方块的色彩残像。按照传统的观点, 这个残像应该是一个绿色方块。但结果并非我们先前所认为的那样, 而是一个青绿色的方块(图1)。同样方法, 用绿色做实验, 看到的也并非红色而是紫红色。根据人眼的生理结构, 人眼看了第一色再看第二色时, 第二色会发生错视。第一色看的时候越长, 影响越大。第二色的错视倾向于第一色的补色, 这种现象是视觉残像及视觉生理、心理自我平衡的本能所致[3](P.47)。如医院中手术室环境和开刀医护人员工作服都选用青绿色, 显然是为了“中和”血液的红色。以上实验结果与实际的应用显然与三原色及其补色原理不符。那么, 这到底是三原色原理的误差还是补色原理的误差? 下面, 让我们利用色光与色料的关系分析一下这一问题。



红色的色残像——青绿色

### 3. 对三原色理论的修正

#### 3.1 色光与色料的关系

人所看到的千变万化的色彩, 实际上是不同波长的光波对视觉细胞刺激程度不同所致, 一切“色彩”现象都源自“色光”现象, 也必将归结为“色光”现象。因此, 研究色彩三原色就必须从色光三原色入手。人们最初认为, 色光三原色分别是红、黄、蓝三种色光, 但是这一认识很快就在现代科学的发展下被证为错误结论。1802年生理学家托马斯·扬根据人眼的视觉生理特征提出了新的色光三原色理论。他认为色光的三原色并非红、黄、蓝, 而是红、绿、紫(我们习惯的说法为蓝紫光, 以下简称蓝)。这种理论又被物理学家马克思韦尔证实。他通过物理试验, 将红色光和绿色光混合, 这时出现黄色光, 然后掺入一定比例的蓝色光, 结果出现了白色光[4]。从此, 红、绿、蓝三种色光为色光三原色得到了人们的普遍认可, 现代光学物理的相关理论也足以证实这一论点。现代光学物理中, 不同波长色光在进行混合后, 色光变亮, 我们称之为加法混合, 加法混合最终趋向于白色光。而色料与色光正好相反, 不同颜色的色料在进行混合后, 颜色加深,

### 3.2色彩三原色理论的推导与修正

色料三原色的定义：色料原色为不能被其他色料合成的颜色，同时三种原色在理论上能混和成肉眼所见的全部色彩。一定比例的色料三原色混合等于全部色料混合后的效果——生成黑色[3]（P.27）。

根据上面色料三原色的定义，我们给色料三原色作以下条件的限制：

- (1) 必须为三种颜色
- (2) 色料三原色单一色彩不能由其他色料合成
- (3) 一定比例三原色混合后生成黑色

假定一定强度的色光三原色 $x, y, z$ 在混合后，出现白色色光。我们假设 $X, Y, Z$ 三种颜色的色料在混合后全部吸收掉 $x, y, z$ 三种色光，三种色光分别被吸收掉之后便没有光线反射出来，也就等同于色彩混合中减法混合所形成的“黑色”。这说明 $X, Y, Z$ 三种色料在这种特定的条件下混合成了黑色，于是形成了 $X, Y, Z$ 为色料三原色的前提：一定比例的三色之和为黑。

根据以上前提条件，我们按以下步骤进行色料三原色的推导：

任意色料只反射一种色光条件下		反射色光	吸收色光	相混合色料数量	混合后反射色光情况	是否可能为色料三原色
色料种类	X色料	只反射一种色光 $x$	吸收 $y, z$ 色光	两种色料	无色光反射	否
	Y色料	只反射一种色光 $y$	吸收 $x, z$ 色光			
色料种类	X色料	只反射一种色光 $x$	吸收 $y, z$ 色光	两种色料	无色光反射	否
	Y色料	反射色光 $y, z$	吸收 $x$ 色光			
色料种类	X色料	只反射一种色光 $x$	吸收 $y, z$ 色光	两种色料	色光 $x$ 被反射，与单独X色料等效	否
	Y色料	反射色光 $x, y$	吸收 $z$ 色光			
色料种类	X色料	只反射一种色光 $x$	吸收 $y, z$ 色光	两种色料	色光 $x$ 被反射，与单独X色料等效	否
	Y色料	反射色光 $x, z$	吸收 $y$ 色光			

步骤1（图2）：

假设 $X, Y, Z$ 三种色料三原色中 $X$ 色由单一原色光 $x$ 生成，也就是说，只有 $x$ 色光反射出来，原色 $Y$ 只反射另一原色光 $y$ ，那么原色 $Y$ 便同时吸收了 $x$ 和 $z$ 两种色光，这样，原色 $X$ 吸收掉了 $y$ 和 $z$ 两种色光，原色 $Y$ 吸收掉了 $x$ 和 $z$ 两种色光，三种色光在两种色料混合的情况下被全部吸收，也就是说， $X, Y$ 两种原色就形成了黑色，这与三原色的概念不相符合；  
假设原色 $X$ 由单一原色光 $x$ 生成，原色 $Y$ 由另外两种原色光 $y, z$ 生成， $X$ 吸收掉了 $y$ 和 $z$ 两种色光， $Y$ 吸收掉了 $x$ 色光， $X, Y$ 两种色料再次形成黑色，这又与三原色的概念不相符合；

假设原色 $X$ 由单一原色光 $x$ 形成，原色 $Y$ 由另外两种原色光 $x, y (x, z)$ 生成，那么， $X$ 吸收掉了 $y$ 和 $z$ 两种色光， $Y$ 吸收掉了 $z (y)$ 色光，在这种情况下，只有 $x$ 色光反射出来， $X, Y$ 两种原色混合后生成的颜色与原始的原色 $X$ 反射同一种色光，即两种原色混合后归结为第一种原色的色彩范围，也就是说，原色 $X$ 可以由另外两种颜色生成，这说明原来的 $X$ 色不是“原色”。于是我们得出结论1：色料三原色的任意一种颜色不可能只反射一种原色色光。

步骤2：

假设原色 $X$ 同时反射 $x, y, z$ 三种原色色光，这种情况下， $Y$ 和 $Z$ 在混合后必须能够吸收 $X$ 所反射出的全部三种色光才能满足色料三原色混合为黑的条件，而 $Y$ 和 $Z$ 在混合后能同时吸收三种原色色光，说明 $Y$ 和 $Z$ 两种颜色混合时必须生成一定量的黑或灰，在这种情况下， $Y$ 和 $Z$ 两种颜色就已经包含了色料三原色的三种色彩，这与三原色的概念不相符合。于是我们得出结论2：色料三原色的任意一种颜色不可能同时反射三种原色色光。

步骤3：

根据推导1和推导2的结果，我们得出结论3：色料三原色的任意一种颜色必须同时反射两种原色色光。

步骤4：

根据加法混合和减法混合原理，颜色反射色光的亮度越低，越接近于黑色，里面含有的颜色种类的数量越多，颜色反射色光的亮度越高，越远离黑色，所含的颜色种类的数量越少，颜色在变化过程，随着所反射光线的加强，所含色彩种类的数量减少，当所含颜色种类的数量为1时，不能再分解成其它颜色，便满足了“色料三原色单一色彩不能由其他色料合成”的条件，可以称之为原色。因此，得出结论4： $X, Y, Z$ 分别为色料三原色就必须使这三种颜色的任意一种最大限度的反射自身所吸收色光之外的另外两种色光。

根据以上步骤的结论我们提出一个命题，即满足以上四个结论的三种颜色的色料为色料三原色，并根据以上结论定义色料三原色（图3）：

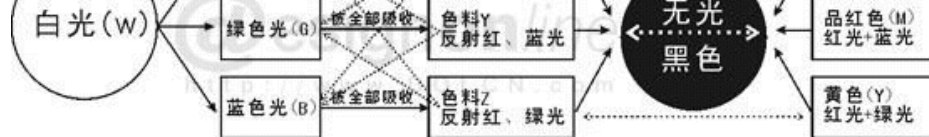
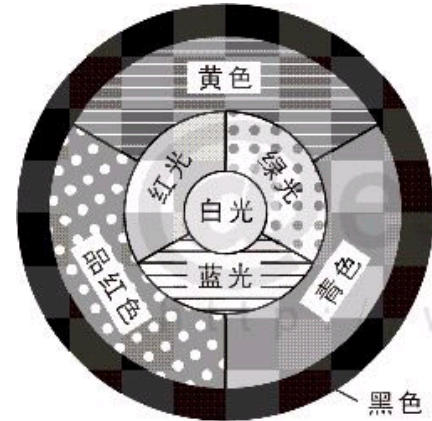


图3 色光三原色与色料三原色关系示意图

假设色料X在等量白光照射下，单一100%吸收红色色光，反射出余下的两种色光，那么颜色X所呈现出的颜色就是蓝光和绿光之和，即 $X = \text{白光}(W) - \text{红光}(R) = \text{绿光}(G) + \text{蓝光}(B) = \text{青}(C)$ 。同理得出 $Y = \text{白光}(W) - \text{绿光}(G) = \text{红光}(R) + \text{蓝光}(B) = \text{品红}(M)$ ， $Z = \text{白光}(W) - \text{蓝光}(B) = \text{红光}(R) + \text{绿光}(G) = \text{黄}(Y)$ 。由此得出结论——色料三原色分别为青(C)、品红(M)、黄(Y)。但这里应注意的是，色料所能表现的色彩范围要远远小于色光所能表现的范围，因此，色料三原色不能完全等同于理想色光强度所能实现的色彩色值。

传统认识中的色料“三原色”红、黄、蓝中，红和蓝均不满足上述的结论1、3、4。在实践配色中，我们发现红和蓝可以分别由品红+黄、品红+青合成，更证实了前面的结论。由此说，传统教科书定义的色料三原色——红、黄、蓝是不正确的。



### 3.3 原色补色原理

让我们再来看一下最初试验中提到的补色原理，即a色光的补色光=白光-a色光。通过上面的计算和推论得出：红色光的补色光=白光-红色光=绿色光+蓝色光=青色光。同理，绿色光的补色光是品红色光，蓝色光的补色光黄色光；在色料中，A色料的补色=黑色-A色料，通过上面的计算和推论得出：青色的补色=黑色-青色=黄色+品红色=红色，同理，品红色的补色为绿色、黄色的补色蓝紫色。由此，我们得出另一个结论——色光三原色的补色光与色料原色相对应，色料三原色的补色与色光原色相对应(图4)。这也恰恰与我们之前的试验相吻合。

### 4. 色彩三原色理论的实践“误差”

上面提到，色料混合为减法混合，色料三原色混合后应该为黑色。但在这里出现了一个问题，在色彩编辑软件中，我们将青色(C\100)、品红(M\100)、柠檬黄(Y\100)三种颜色等量混合后形成的并非是非是纯黑色，而是一种接近于黑色的深灰色，在灰度模式下，我们看到这种深灰色中含有15%的明度值，也就是说，现有条件下，最大纯度的三原色合成的是85%的黑，而这15%的明度值又是从何而来？

这一问题可以借助孟塞尔的色彩理论加以解释(孟塞尔色彩理论是建立大多数现代色彩编辑软件的理论依据)。在孟塞尔色立体中，垂直方向代表明度变化，颜色离开中央轴的水平距离代表色彩纯度的变化。每种色彩的纯度都划分为多个视觉上相等的等级，中央轴上中性色彩的纯度为0。分别选取最低纯度的青色、品红和黄进行混合(即三种颜色的纯度为0，只表现出各自颜色所属的明度值)，得出38%的黑(K)；分别等比增加三种颜色的纯度值，我们发现当颜色的纯度提高时，得出的灰色的明度也相应的降低。纯度越高，得出的灰色越接近黑色，直至得出85%的黑(K)。我们能够看出，纯度越低的色彩混合出的灰色的明度越高；纯度越高的色彩混合出的灰色的明度越低，越接近于黑色。在这一过程中，三种颜色的纯度决定着合成后的灰色的明度。这样，我们也可以说三种颜色的纯度实际上转化成了合成后的灰色的“含色量”的变化(理论上，黑白灰为无色系色彩，没有含色量的概念)，当灰色的“含色量”达到100%时，便最终形成了黑色。而现实中的色料三原色的纯度在理论上还有一个较大的延展空间。孟塞尔色立体中的色彩纯度的最大值也只是表达了在当时条件下的色料的最大纯度值。由此可见，之所以青、品红、黄三种颜色混合只形成了85%的黑，只是因为这三种颜色实际的最大纯度不能达到理想的色彩纯度罢了。因此，在今天的印刷工艺中，还要在青(C)、品红(M)、黄(Y)三种颜色基础上加上黑(K)这种颜色，主要也是因为在现有的条件下，还无法制作出理想纯度的印刷用色(当然还有其他印刷工艺层面的原因)。

### 5. 结语

通过以上的论述，我们能够看出科学与艺术二者是相辅相成的，对艺术理论科学的认识，势必推动艺术在其自身领域的发展。今天，现代物理学和数字科学已经渗透到文化艺术领域中的各个层面，现代物理学能够让我们更加理性的把握色彩，数字模拟技术能够让我们更加直观地面对色彩，这为我们从事色彩研究提供了极大的便利条件。由此，我们完全有理由寻根探源，以科学的观点重新审视一下过去曾经固守的理论知识。一直以来，色彩基础理论作为艺术院校的必修课程，其课程结构与基本的知识点是过去几十年美术学科发展的理论基础，这一点是我们必须肯定的。今天，科学的发展日新月异，这为艺术的发展提供了无限动力和支持，如果我们仍抱定过去固守的甚至是错误的理论不放，势必对今天的美术教育教学工作造成障碍，甚至阻碍整个美术学科的发展与进化。同时，对艺术理论正确的认识和了解也会增加艺术创作的广度和深度。此文并非要我们在艺术创作中机械的理解和运用色彩，只是希望能够借此让我们明确曾经模糊的概念、修正过去一些固有的错误观点，对三原色理论有一个更加深刻地认识，以便更好的进行艺术创作和研究。

### 参考文献

- [1] 邹晓：《论禅定对中国古代水墨画形成的影响》，《汕头大学学报(人文社会科学版)》，2003年第3期，第49页。
- [2] 赵国志：《色彩构成》，沈阳，辽宁美术出版社，1989年版，第6页。
- [3] 吴卫、肖晟：《色彩构成》，北京，北京理工大学出版社，2006年版，第47页，第27页。
- [4] 室内设计师必读之经典理论教程，易居网，<http://www.dr.eju.cn/news.aspx?id=11582>，2005年4月。

### 作者简介

王宽宇(1978-)男，吉林四平人，东北师范大学美术学学士，湖南工业大学包装设计艺术学院在读硕士，主修视觉传达，现为中国包装总公司包装设计技术专业中心设计人员。通讯地址：湖南工业大学科技大楼1109-1110，412008。  
吴卫(1967-)，男，湖南常德人，副教授，硕士生导师，清华大学美术学院设计艺术学博士，2004年清华大学校级优秀博士论文一等奖获得者。曾于1988-1990年留学日本千叶大学工业意匠学科，现为中国包装总公司包装设计技术专业中心主任，主要从事传统视觉艺术文化和设计人类学研究。通讯地址：湖南工业大学科技大楼1109-1110，412008。

### 相关链接

» None.

Page: 1

责任编辑: dolcn

