

# 电脑配色系统中的颜色体系相互转换\*

张 韬 尚鹤龄 曾 华 白凤翔 任意 李静仪

(云南师范大学物理系, 昆明 650092)

## 提 要

本文讨论了适用于电脑配色系统中的各种颜色体系之间的相互转换, 并概述了这些转换所需要的数学模型, 由于这些数学模型计算简便, 因而很容易在计算机上实现.

**关键词** 色度学, 颜色体系, 相互转换.

## 1 引 言

在电脑配色系统中, 常常要将光谱数据换算成 CIE 色度坐标值, 然后再根据需要转换到各种不同的颜色体系. 例如, 要在高分辨率的计算机彩色显示器上观察某种颜色, 就要把 CIE 色度学体系转换到彩色电视的 RGB 颜色体系. 要用人们习惯的色调、明度和饱和度(即颜色的三种属性)来表示某种颜色, 就要从 CIE 体系转换到孟塞尔(Munsell)颜色体系. 作者在研制 SPT 电脑配色系统的过程中完成了这些转换. 由于使用计算机, 转换的速度很快, 能适用于各种不同的测配色目的.

## 2 彩色电视 RGB 颜色体系与 CIE 色度系统的转换

CIE 和 RGB 两个系统中用不同的三原色来表示颜色, 因此, 对于同一颜色就有两组不同的三刺激值和色度坐标. 如果确定了两个颜色体系之间的转换关系, 就可以很方便的把某一颜色在一个颜色体系的三刺激和色度坐标换算到另一颜色体系. 这两个颜色体系的换算关系为<sup>[1]</sup>:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = T^{-1} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

在电脑配色系统中, 当知道了某一物体色的光谱数据后, 就可以算出该物体色 CIE 三刺激值 X, Y 和 Z, 然后用上式换算出彩电系统的 R, G, B 值, 并可以直接在显示器上观察该颜色. 但是, 尽管 TVGA 彩色显示器能够显示的最大颜色数为 256 K, 由于受到荧光粉的限制, 所显示的颜色也只能局限在 RGB 的三角形色域中. 因此, 当实际的物体颜色落在 RGB 三角形色域之外时, 由上式算出的 R, G, B 值就可能出现负值, 而彩色电视 RGB 颜色体系是不能有负值

收稿日期: 1992 年 10 月 29 日; 收到修改稿日期: 1993 年 1 月 11 日

\* 本文工作得到国家自然科学基金会、云南省教委、云南省科委赞助.

的. 在这种情况下, 就必须对  $R, G, B$  值作一些修正, 以保证实现色彩重视: 当  $R < 0$  时令  $R = 0$ ,  $G = G - R$ ,  $B = B - R$ , 当  $G < 0$  时令  $G = 0$ ,  $R = R - G$ ,  $B = B - G$ , 当  $B < 0$  时令  $B = 0$ ,  $R = R - B$ ,  $G = G - B$ . 由此可以看出, 当被测样品的颜色的  $R, G, B$  都为正值的话, 颜色的重现性是比较准确的. 对于一些饱和度较高的颜色, 由于修改了  $R, G, B$  值, 因而只能复现这些饱和色的同主波长的色调, 不能复现它们的饱和度, 原来颜色的饱和度将降低到 RGB 三角形色域边界上的饱和度. 但是, 自然景物的大多数颜色都落在 RGB 三角形色域中, 因此在电脑配色系统中用彩色 CRT 来复现样品色或是进行视屏配色在一定程度上是可行的.

### 3 孟塞尔颜色体系与 CIE 颜色体系的转换

这是一种利用颜色立体模型来表示表面色的颜色体系, 它用一个类似球体的三维空间模型把各种表面色的三属性: 色调(H)、明度(V)和饱和度(C)全部表示出来, 由于它比较符合人工调色的习惯, 因而应用较广. 目前国际上已广泛采用该颜色体系作为分类和标定表面色的方法.

在孟塞尔颜色体系中, 把颜色立体水平剖面分成十个色相区, 代表十种孟塞尔色调. 以  $R, Y, G, B, P$  五种基础色再加上  $YR, GY, BG, PB$  和  $RP$  五种中间色. 每一种色调又分成十个等级, 从 1 到 10. 孟塞尔明度值把亮度因数等于 102 的理想白色定为 10, 把亮度因数等于 0 的理想黑色定为 0, 共分为 11 个在感觉上等距离的等级. 样品色离开中央轴的水平距离代表饱和度的变化, 以中央轴的无彩度为 0, 用渐增的等间隔色味感来区分, 各种颜色的最大饱和度值是不一样的.

孟塞尔体系与 RGB 之间的转换一般通过 CIE 空间过渡, 即先完成孟塞尔到 CIE 的转换, 然后再完成 CIE 到 RGB 的转换. 因此, 只要能将孟塞尔体系转换 CIE 体系, 就可用上节介绍的方法再转换到 RGB 空间, 逆转换过程也是一样的. 通常的方法是用查表的方法进行转换, 之后再行内插运算. 但这种方法比较复杂, 且运算时间较长. 前面说过, 在彩色 CRT 上复现颜色有一定的局限性, 所以在电脑配色系统中没有必要作过高精度的转换. 这里介绍一种简便的近似计算方法, 完全可以满足电脑配色系统的要求. 一旦由分光光度计测得某样品色的光谱数据后, 可以马上将该样品用孟塞尔系统表示出来.

孟塞尔明度值  $V$  与亮度因数  $Y$  的关系为<sup>[2]</sup>:

$$100 Y/Y(M_{90}) = 1.2219 V - 0.23111 V^2 + 0.23951 V^3 - 0.021009 V^4 + 0.0008404 V^5$$

这个公式计算起来比较复杂, 根据 CIE(1964) 的均匀色空间颜色标定方法, 当亮度因数  $Y$  在 1 ~ 100 范围内时与 CIE(1964) 均匀色空间的明度指数  $W^*$  有如下关系<sup>[2]</sup>:

$$W^* = 25 Y^{1/3} - 17 \quad W^* = 10 V$$

因而与 CIE(1976) 均匀颜色空间的米制明度  $L^*$  的关系为<sup>[2]</sup>:

$$L^* = 10 V + 1$$

这样, 当知道了某样品色在 XYZ 空间的色度坐标  $(Y, x, y)$  后, 即可求出其在 Lab 空间的映像, 然后换算出孟塞尔的明度值  $V$ .

在孟塞尔颜色空间中的色相角  $H_M$  与 Lab 空间的色相角  $h_{Lab}$  有一个角度差  $\beta$ , 因而有

$$h_{Lab} = H_M + \beta$$

此外, 孟塞尔空间的色相是等间隔的, 而在 Lab 空间标定的结果却是不等间隔的, 也有一个色相角差. 采用分段处理的方法, 把整个圆周分成 10 个色相区, 可以认为在每一色相区中色相角是均匀的. 因此, Lab 空间中任一点在孟塞尔空间中的色相角即为<sup>[3]</sup>:

$$H_M = \frac{\theta_{M2} - \theta_{M1}}{\theta_2 - \theta_1} (h_{Lab} - \theta_1) + \theta_{M1}$$

式中  $\theta_{M1}, \theta_{M2}$  为孟塞尔色空间的区间边界,  $\theta_1, \theta_2$  为  $L_{ab}$  空间的区间边界, 见下表<sup>[3]</sup>.

colour tone	OR	OYR	OY	OGY	OG	OBG	OB	OPB	OP	ORP
$\theta_M$	342	18	54	90	126	162	198	234	270	306
$\theta$	342	16.7	50	73.2	110.7	150.3	180.5	225.3	272	304.8

要获得较精确的结果需要作一些修正, 最后得出的公式为<sup>[3]</sup>:

$$H_{Lab} = \arctg\left(\frac{b - dy}{a - dx}\right), \quad C = \frac{b - dy}{4.5 \cos(H_{Lab})}$$

由上述数学模型得出的结果是比较满意的, 由于运算速度快, 容易在电脑配色系统中实施.

## 4 结 论

上述各种转换在计算机上进行是非常方便的. 在作者研制的 SPT 电脑配色系统中运用上述方法完成了各种颜色体系之间的相互转换, 在实际应用中不仅能满足各种理论计算的要求, 而且在测定了某一颜色样品之后便能迅速换算出该物体色在各个颜色空间的坐标值, 为在智能电脑配色系统中增加非常实用的测色功能创造了便利条件.

## 参 考 文 献

- [1] [德]海因维希·朗格 色度与彩色电视, 中国电影出版社, 1985, P227~229  
 [2] 荆其诚等, 色度学, 科学出版社, 1979, P193~199  
 [3] 李大义等, 彩色 CAD 系统颜色体系相互转换的数字模型. 清华大学学报, 1991, 31(1):

## Transformation of different color system in computer color match

Zhang Tao      Shang Heling      Zeng Hua      Bai Fengxian  
 Ren Yi      Li Jingyi

(Department of Physics, Yunnan Normal University, Kunming 650092)

(Received 29 October 1992; revised 11 January 1993)

## Abstract

This paper discusses the transformation between different color system, and give out all mathematical model for these transformation. This will make all color system transformations very easy to implement in computer program.

**Key words** computer color match, color system, transformation.