

第5章 颜色的度量体系



5.1 颜色科学简史

5.2 描述颜色的术语

5.2.1 色调

5.2.2 饱和度

5.2.3 亮度

5.2.4 颜色空间

5.2.5 度量体系

5.3 常用颜色系统

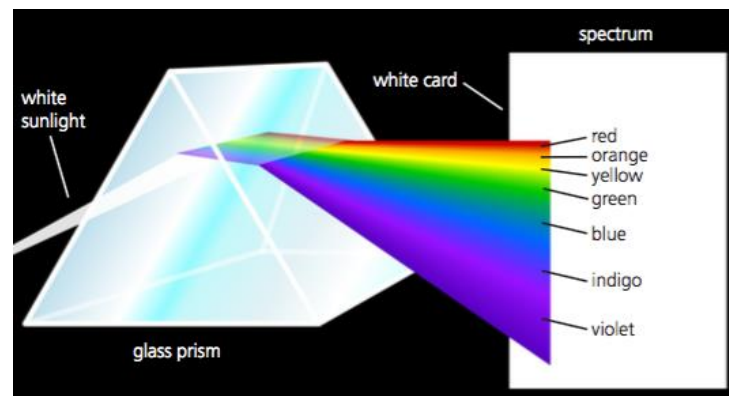
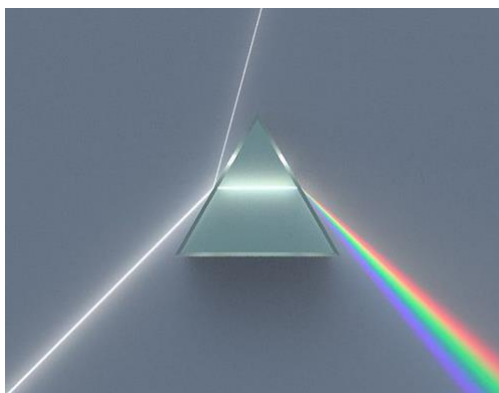
5.3.1 Munsell颜色系统

5.3.2 CIE颜色系统

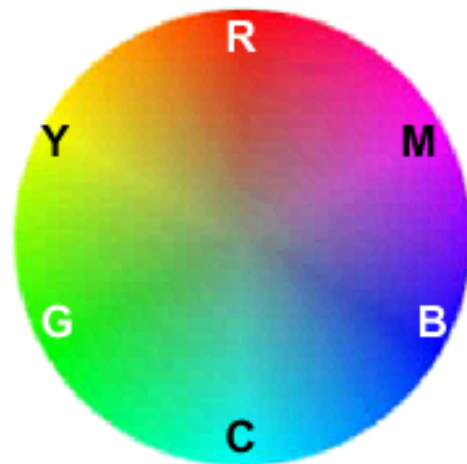
5.1 颜色科学简史

■ Isaac Newton(1642-1727)

- 用棱镜演示了一束白光可被分解成多个可见光谱



- 牛顿色圆
- 开始研究互补色和相加混色。



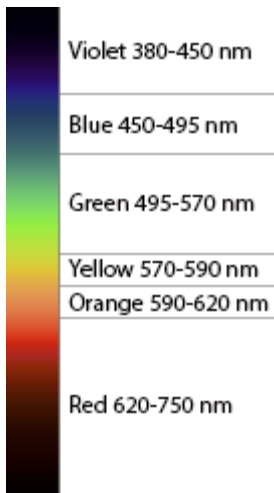
5.1 颜色科学简史

■ Thomas Young(1773–1829)

- 认为人的眼睛有三种不同类型的颜色感知接收器，大体上相当于红、绿和蓝三种基色的接收器

■ James Clerk Maxwell(1831–1879)

- 19世纪60年代，探索了三种基色的关系
 - 认为三种基色相加产生的色调不能覆盖整个感知色调的色域，而通过使用减法能覆盖整个色域
- 光是一种可以用波长度量的电磁能量。
- 发现彩色表面的色调和饱和度对眼睛的敏感度比明度低





5.1 颜色科学简史

■ 物理科学实验

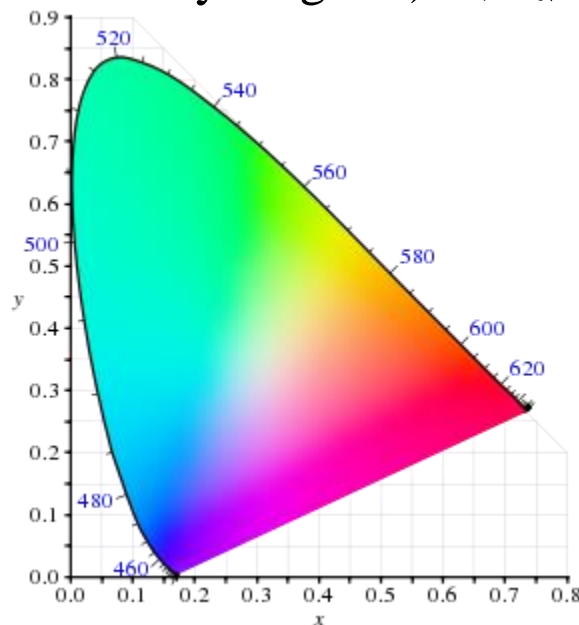
➤ 20世纪20年代的实验表明

- 红、绿和蓝相加混色能产生某色域里的所有可见颜色，但不能产生所有的光谱色(单一波长的颜色)，尤其是在绿色范围里
- 三色激励值(tristimulus values)表示R, G, B基色，呈现所有颜色须允许红色激励值为负值(即用补色)

5.1 颜色科学简史

■ 国际照明委员会(CIE)

- 1931年定义规定了所有激励值为正值的标准颜色体系
- CIE色度图(CIE chromaticity diagram) 尝试用二维图形的形式记录所有颜色



■ 生理学实验

- 1965年前后，生理学实验验证了Thomas Young的假设，在眼睛中的确存在三种不同类型的锥体。

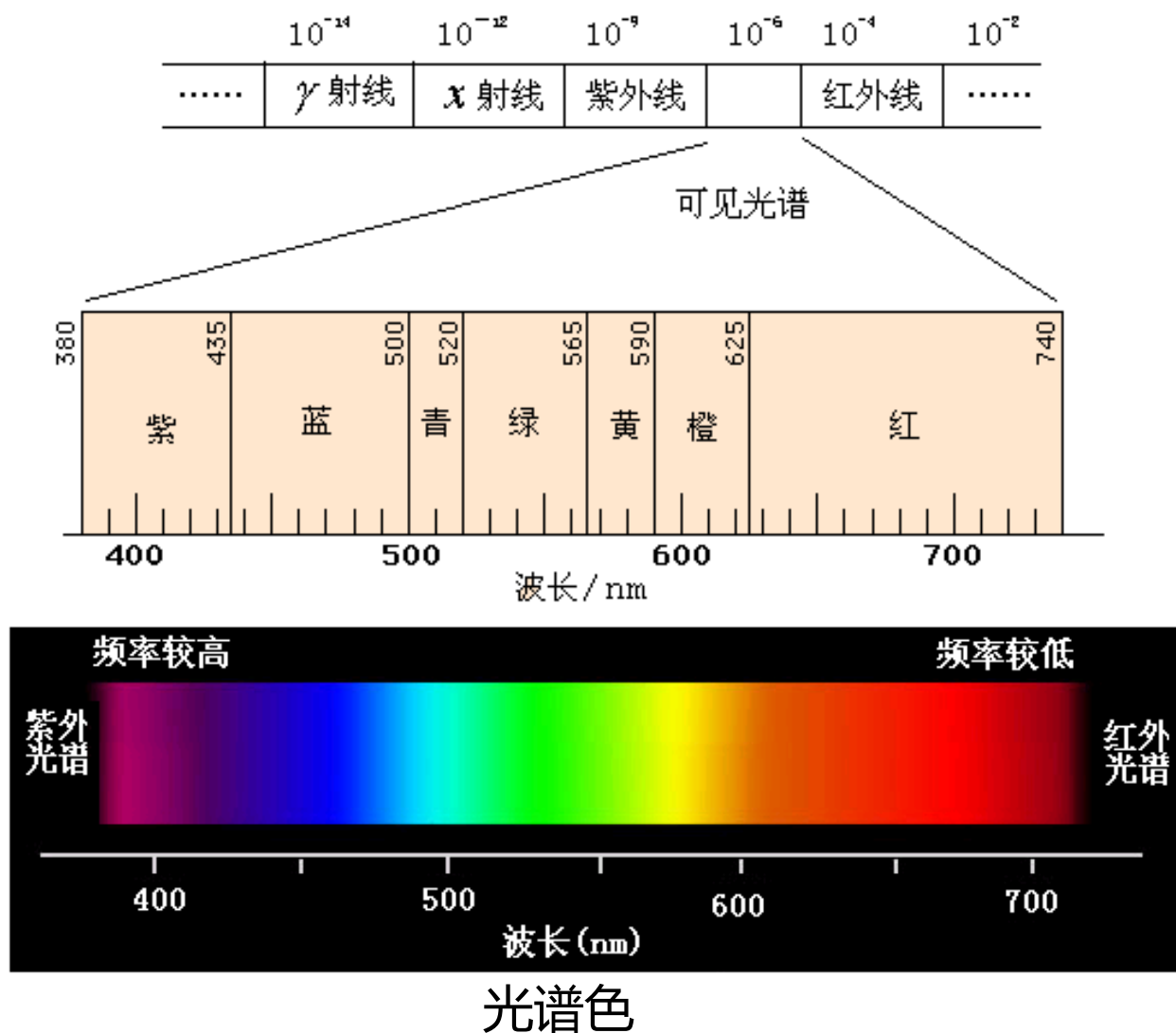
5.2 描述颜色的几个术语

■ 颜色是什么

- 颜色是人的视觉系统对可见光的感知结果，感知到的颜色由光波的波长决定
 - 视觉系统能感觉的波长范围为380 ~ 780 nm
 - 纯颜色用光的波长定义，称为光谱色(spectral colors)
 - 用不同波长的光进行组合时可产生相同的颜色感觉
- 区分颜色的三个特性
 - 色调(hue)
 - 饱和度(saturation)
 - 明度(brightness)



5.2 描述颜色的几个术语



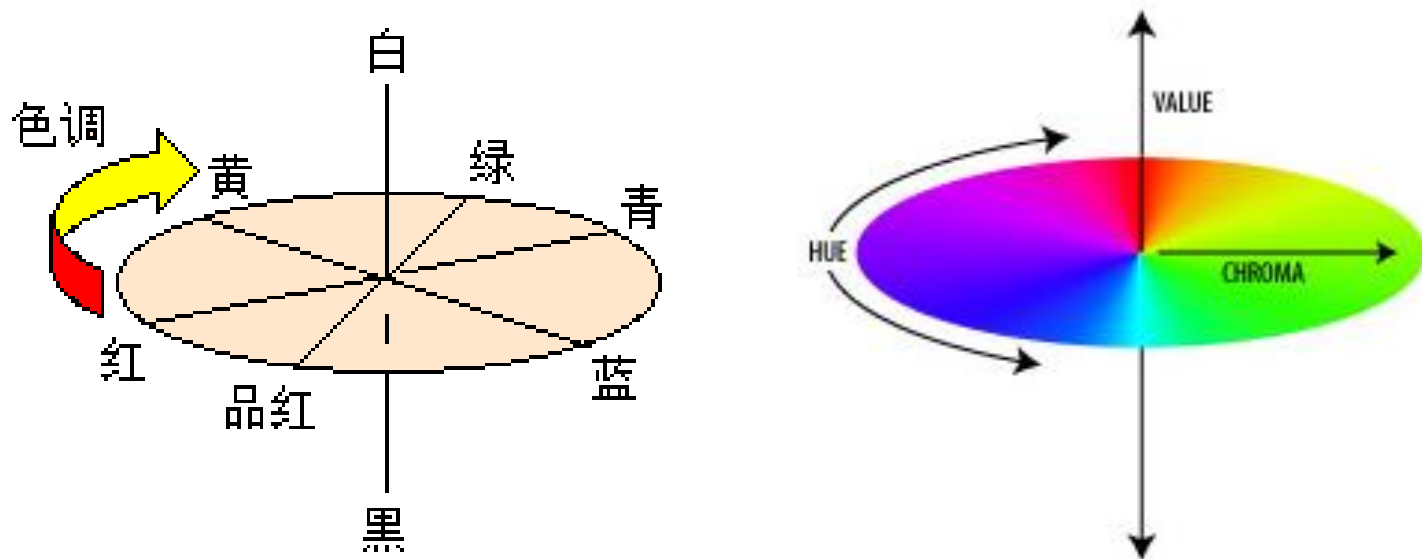
5.2.1 色调

■ 色调(hue)

- 视觉系统对一个区域呈现的颜色的感觉，即对可见物体辐射或发射的光波波长的感觉
 - 色调 (hue): 红(red)、橙(orange)、黄(yellow)、绿(green)、青(cyan)、蓝(blue)、靛(indigo)、紫(violet) 等术语
 - 色彩(colorfulness): 浅蓝、深蓝等术语。黑、灰、白为无色彩。用于描述视觉系统对一个区域呈现的色调多少的感觉
- 色调数目多于1000万种
 - 普通人可区分200种、50种饱和度和500级灰度
 - 颜色专业人士可辨认的色调数大约300 ~ 400种



5.2.1 色调



色调表示法

- 色调在颜色圆上用圆周表示，圆周上的颜色具有相同饱和度和明度，但它们的色调不同

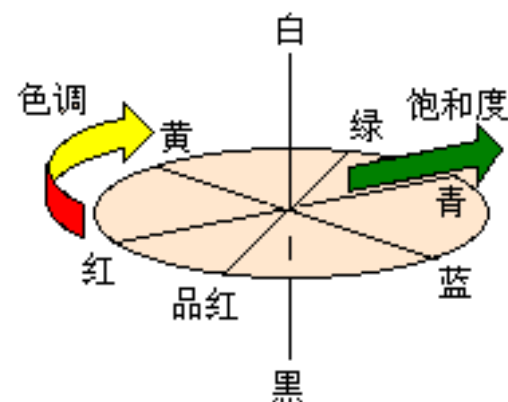
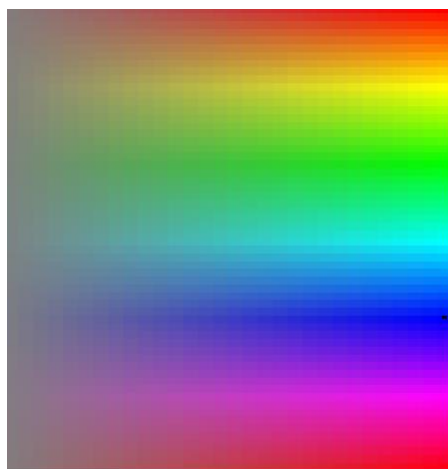
5.2.2 饱和度

■ 饱和度(saturation)

- 颜色的纯洁性
 - 当一种颜色掺入其他光成分越多时, 就说该颜色越不饱和
 - 单一波长的光谱色是完全饱和的颜色

➤ 半径表示法

- 沿径向方向上的颜色具有相同的色调和明度, 但它们的饱和度不同



5.2.2 饱和度



Original image, with relatively muted colors



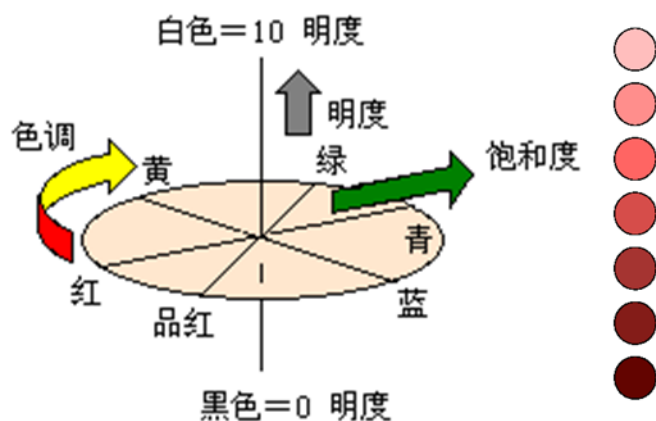
HSL saturation increased 50%

- 降低一个特定频率光波的饱和度
 - 降低它的强度(intensity)
或
 - 掺入白色、黑色、或者它的补色

5.2.3 明度

■ 明度(brightness)

- 视觉系统对可见物体辐射或发光多少的感知属性
 - 有色表面的明度取决于亮度和表面的反射率
 - 明度的主观感觉值目前无法用物理设备测量
 - ◆ 可用亮度(luminance)即辐射的能量来度量





5.2.3 亮度

■ 亮度(luminance)

1. 国际照明委员会定义的物理量, 辐射功率

- 在CIE XYZ系统中, 亮度用 Y 表示, 其含义是单位面积上反射或发射的光的强度, 单位为烛光/平方米 (cd/m^2).

2. 相对亮度 Y/Y_n , 其中 Y_n 是参考白光的亮度.

- 明度和亮度的关系不是线性关系, 也不是同义词
- 用指定的亮度即白光作参考, 并把它标称化为1或者100个单位。例如, 监视器用亮度为 $80 \text{ cd}/\text{m}^2$ 的白光作参考

5.2.3 光亮度

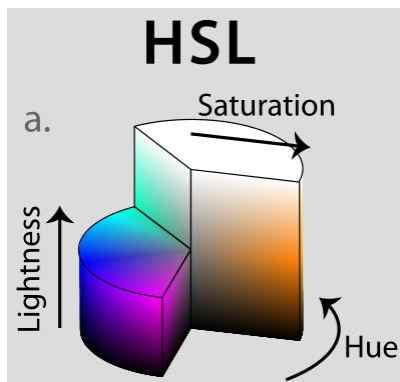
■ 光亮度(lightness, value)

- 根据国际照明委员会的定义，光亮度是人的视觉系统对亮度(luminance)的感知响应值，并用 L^* 表示为

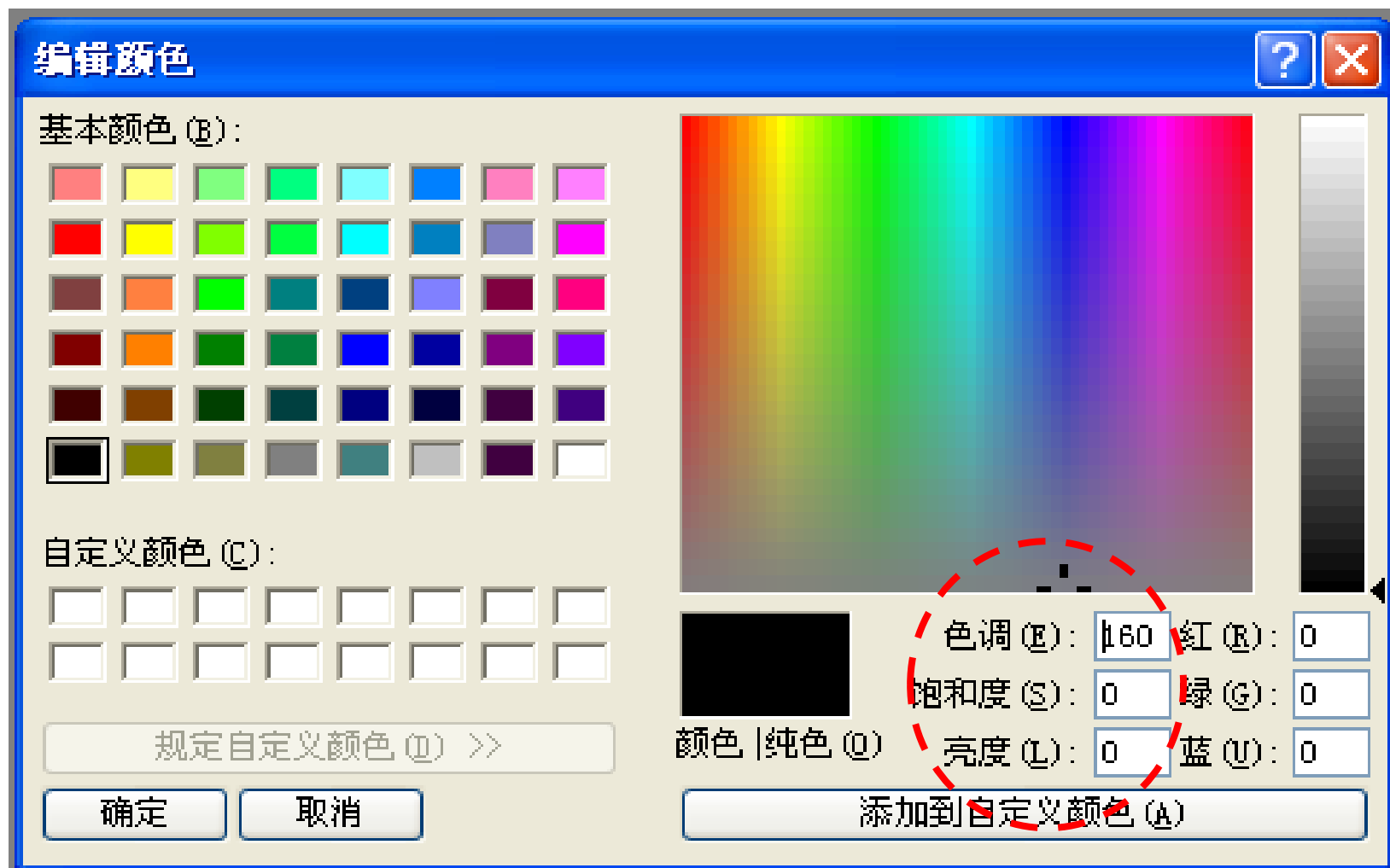
$$L^* = 116 \times \sqrt[3]{Y / Y_n} - 16, \quad (Y / Y_n) > 0.008856$$

$$L^* = 903.3 \times (Y / Y_n), \quad (Y / Y_n) \leq 0.008856$$

其中， Y 是CIE XYZ系统中定义的辐射亮度， Y_n 是参考白色光的辐射亮度



Windows调色板

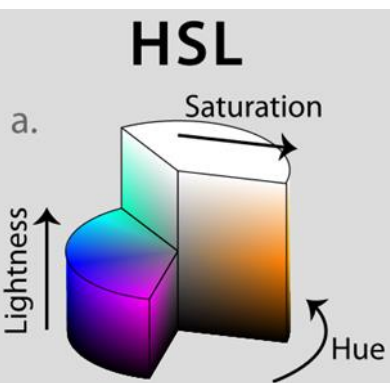


5.2.4 颜色空间

■ 颜色空间

➤ 表示颜色的一种数学方法

- 对**人**，可以通过色调、饱和度和明度来定义颜色
- 对**显示设备**，用红、绿和蓝磷光体的发光量来描述颜色
- 对**打印或印刷设备**，使用青色、品红色、黄色和黑色的反射和吸收来产生指定的颜色



➤ 通常用三维模型表示

- 常用三维坐标来描述颜色在颜色空间中的位置，其颜色要取决于使用的坐标系

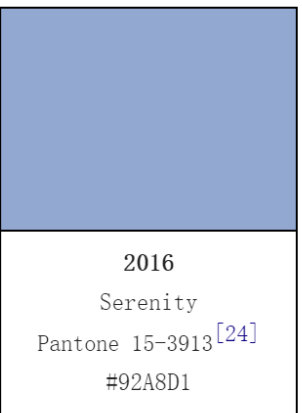
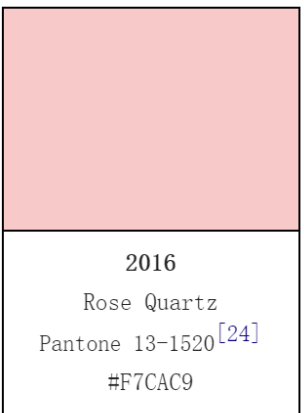
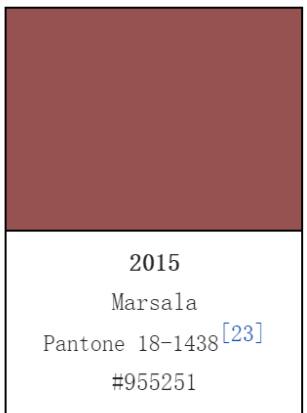
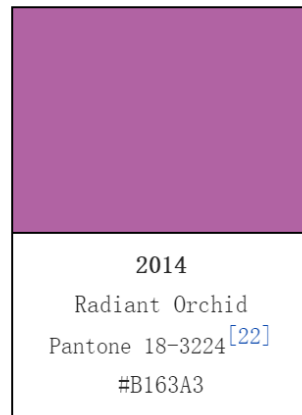
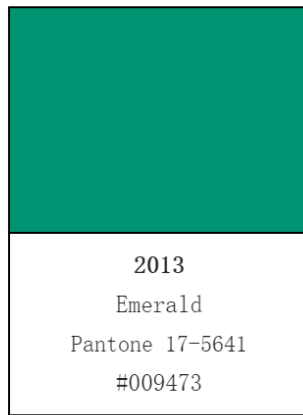
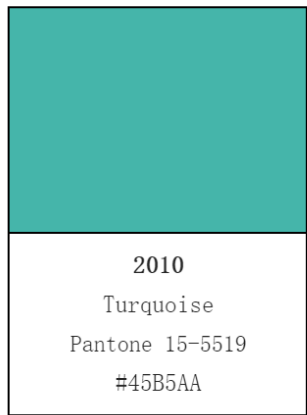
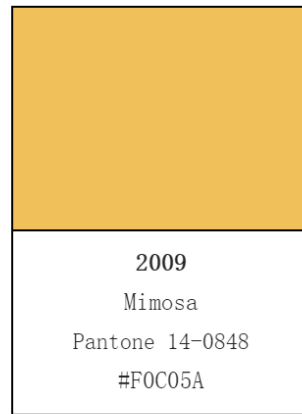
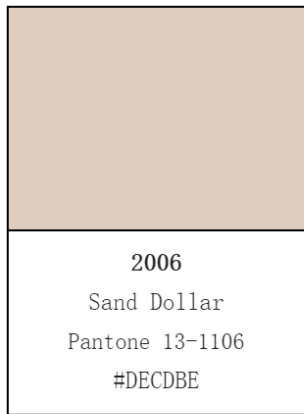
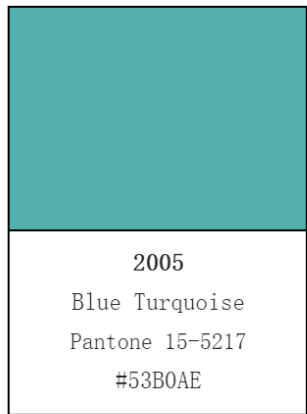
➤ 分为设备相关（RGB等）和设备无关（CIE $L^*a^*b^*$ 等）



5.2.5 颜色的度量体系

■ 颜色系统(color system)

- 颜色模型(color model, color space): 用简单方法描述所有颜色的一套规则和定义
 - 例子: RGB, HSB, CMY, CIE XYZ, CIELAB, CMYK和颜色的光谱描述方法
- 编目系统(cataloging system): 给每一种颜色分配一个唯一的名称或一个号码
 - Munsell颜色系统(Munsell Color System), Pantone颜色系统



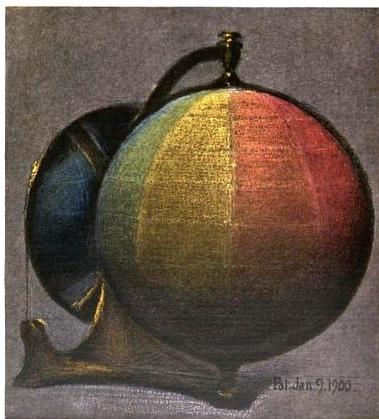
“Greenery bursts forth in 2017 to provide us with the reassurance we yearn for amid a tumultuous social and political environment. Satisfying our growing desire to rejuvenate and revitalize, Greenery symbolizes the reconnection we seek with nature, one another and a larger purpose.”

Leatrice Eiseman, Executive Director of the Pantone Color Institute

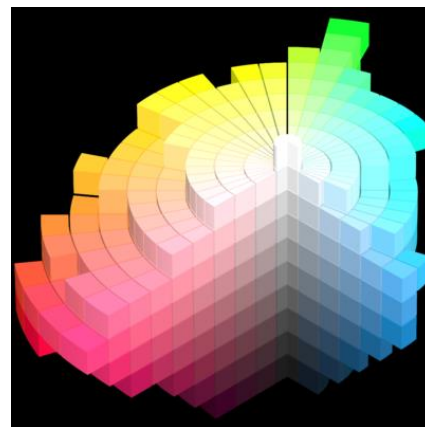
5.3.1 Munsell颜色系统

■ Albert H. Munsell

- 开发了第一个广泛被接受的颜色次序制(color order system)对三维空间中的颜色作了精确的系统的描述。
- 早期的颜色次序系统将颜色放在若干三维彩色固体上，但Munsell第一次将色调(hue)、明度(value)和色度(chroma)分离成感知均匀和独立的三个维度。

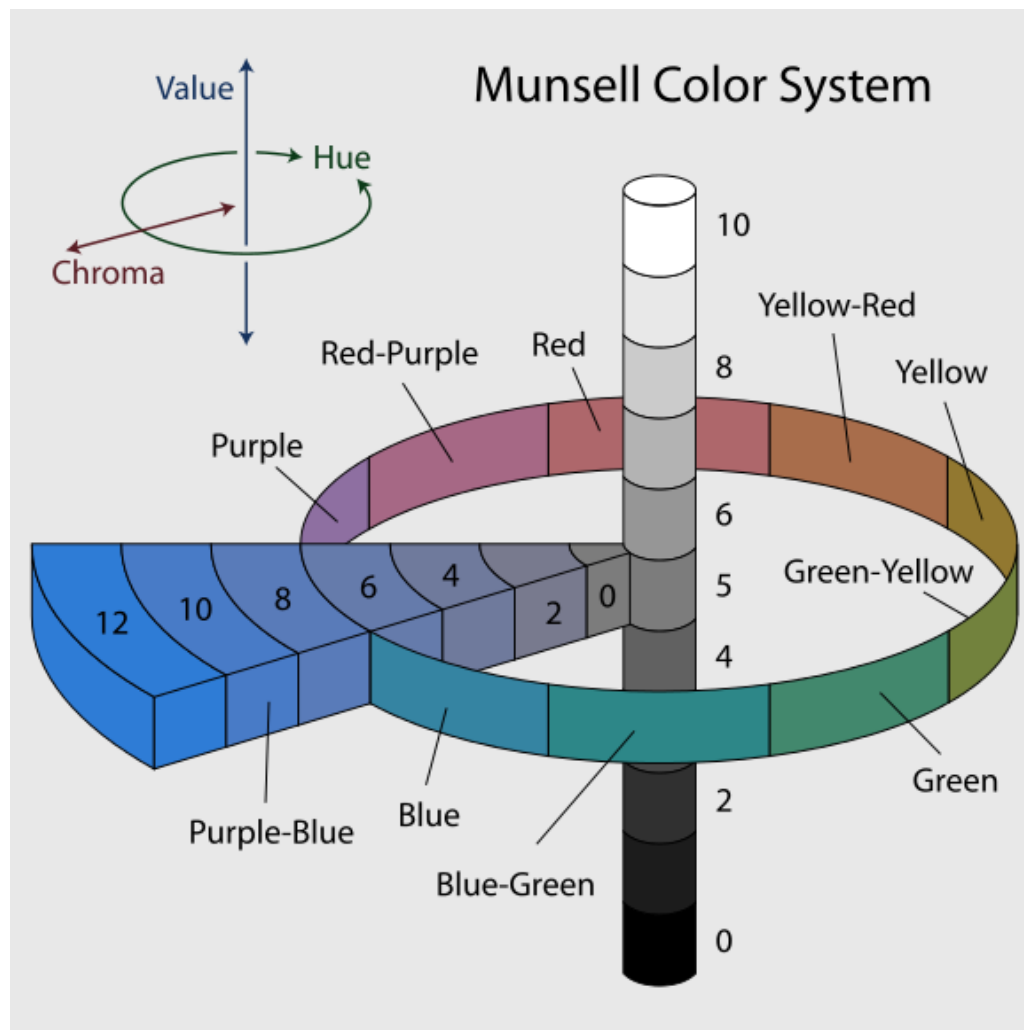


A BALANCED COLOR SPHERE

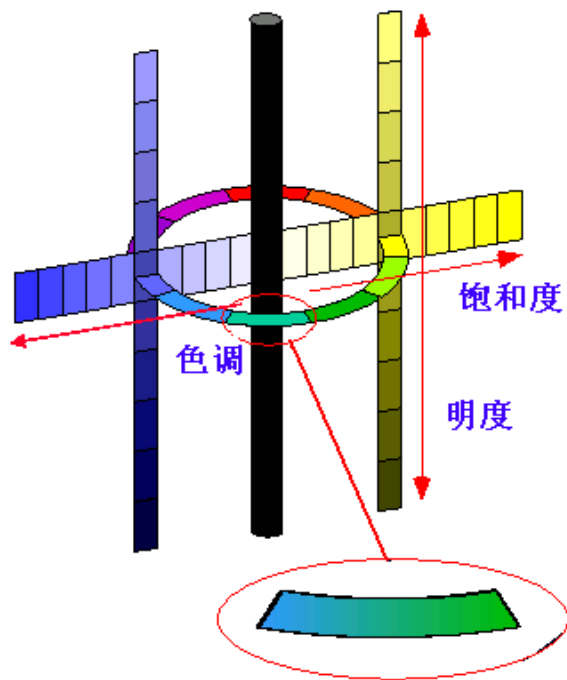


- Munsell颜色系统仍在广泛使用。

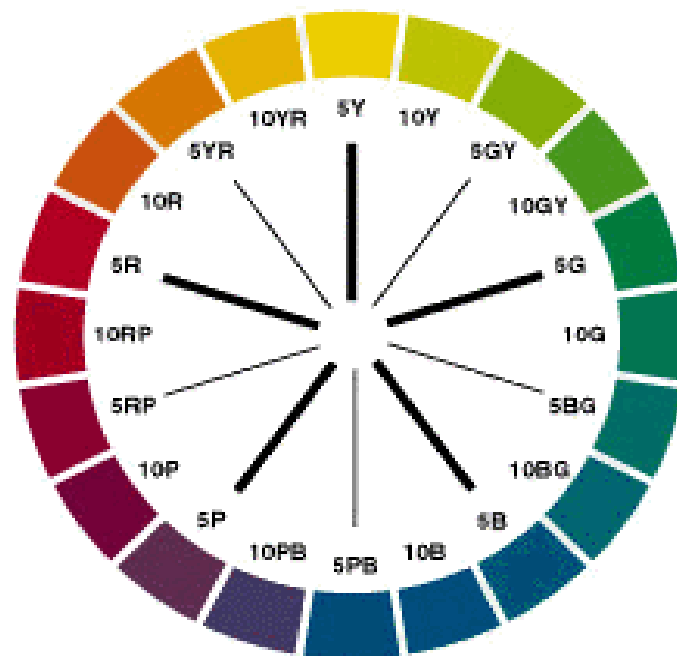
5.3.1 Munsell颜色系统



5.3.1 Munsell颜色系统



(a) 颜色属性

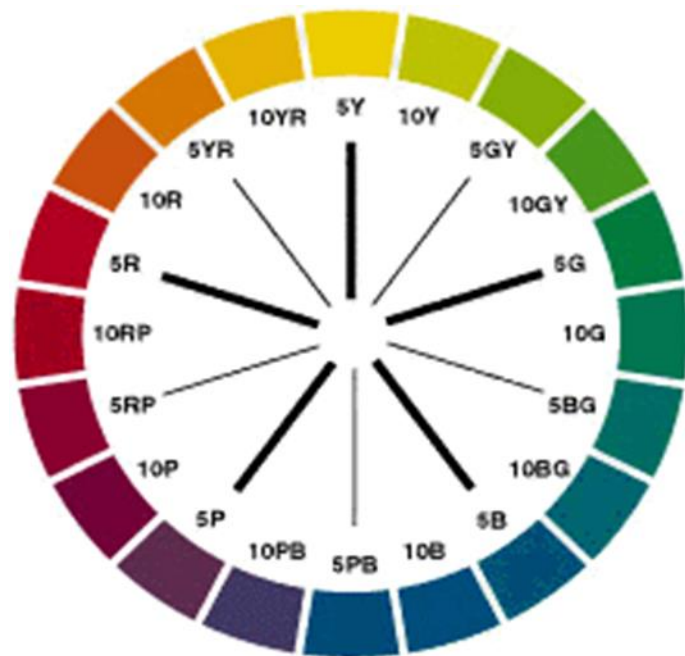
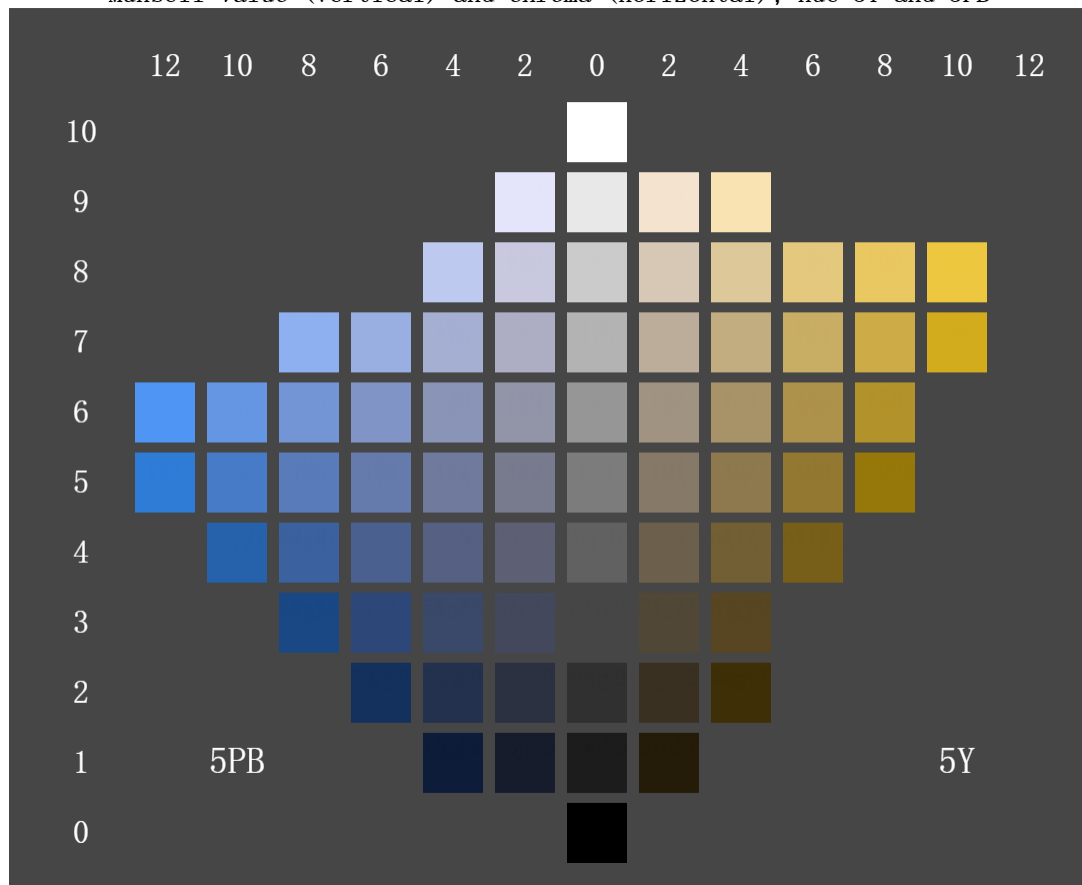


(b) 色调

Munsell颜色系统

5.3.1 Munsell颜色系统

Munsell *value* (vertical) and *chroma* (horizontal); hue 5Y and 5PB



5.3.2 CIE 颜色系统





5.3.2 CIE颜色系统

■ 物理三基色模型

- RGB模型是一种设备相关的颜色模型。
- 每一种设备有不太相同的定义但不能通用

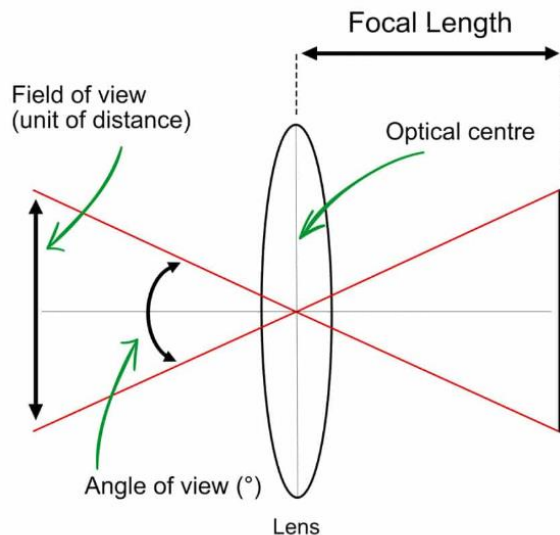
■ 理论三基色模型

- 国际照明委员会的颜色科学家们企图用数学的方法从真实的基色推导出理论的三基色
- 使颜料、染料和印刷等工业能够明确指定产品的颜色

5.3.2 颜色科学史上的两次重要会议

■ 1931年的CIE会议，定义了

- 标准观察者(Standard Observer)标准：
 - 普通人眼对颜色的响应。
 - 该标准采用想象的X, Y和Z三种基色，用颜色匹配函数(color-matching function)表示。
 - 颜色匹配实验使用2°的视野(field of view)。



- 标准光源(standard Illuminants)



5.3.2 颜色科学史上的两次重要会议

- CIE XYZ基色系统：与RGB相关的想象的基色系统，但更适用于颜色的计算。
- CIE xyY 颜色空间：一个由XYZ导出的颜色空间，它把与颜色属性相关的 x 和 y 从与明度属性相关的亮度 Y 中分离开。
- CIE色度图(CIE chromaticity diagram)：容易看到颜色之间关系的一种图



5.3.2 颜色科学史上的两次重要会议

■ 1976年的会议

- 1931的CIE系统规范存在的问题：
 - 用明度和色度不容易解释物理刺激和颜色感知之间的关系
 - 色度图上表示的两种颜色之间的距离与颜色观察者感知的变化不一致，称为感知均匀性(perceptual uniformity)问题，即颜色之间在数字上的差别与视觉感知不一致



5.3.2 颜色科学史上的两次重要会议

- 解决颜色空间的感知一致性问题
 - 专家们对CIE 1931 XYZ系统进行了非线性变换，定义了
 - ◆ 用于自照明的颜色空间，称为CIELUV
 - ◆ 用于非自照明的颜色空间，称为CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 或CIELAB
 - 这两种颜色空间与颜色的感知比较均匀，并给了人们评估两种颜色近似程度的一种方法，允许使用数字量 ΔE 表示两种颜色之差

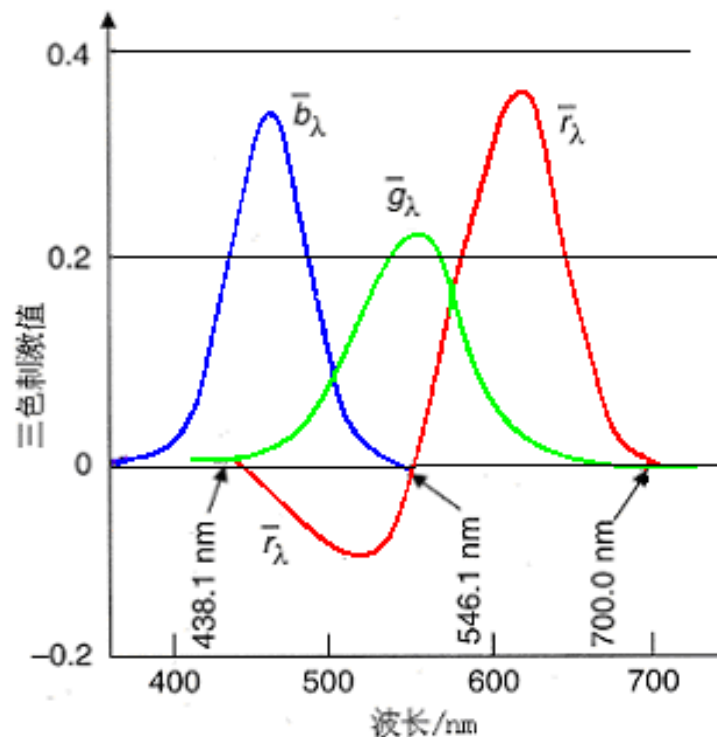
5.3.2 CIE 1931 RGB

■ RGB颜色匹配函数

- 匹配每种光波波长所需要的三种相加基色的相对量
 - 通常指标准观察者的颜色匹配函数
- 颜色是物理量，对物理量可进行计算和度量
 - 产生用红、绿和蓝单光谱基色匹配所有可见颜色的想法，并做了许多实验
- 1931年国际照明委员会综合了不同实验者的实验结果，得到了RGB颜色匹配函数(color matching functions)
 - 图上的横坐标表示光谱波长，纵坐标表示用以匹配光谱各色所需要的 \bar{r}_λ , \bar{g}_λ 和 \bar{b}_λ ，这些值是以等能量白光为标准的系数，是观察者实验结果的平均值

5.3.2 CIE 1931 RGB

- 为匹配在438.1 nm和546.1 nm之间的光谱色, \bar{r}_λ 出现负值, 表示需要使用补色
- 国际照明委员会把三种单色光的波长分别定为
 - 红光(R): 700 nm
 - 绿光(G): 546.1 nm
 - 蓝光(B): 435.8 nm



1931 CIE RGB颜色匹配曲线
(RGB Color Matching Curves)

5.3.2 CIE 1931 RGB

■ 标准白光 E_w 的匹配

- 通过颜色匹配实验，用红、绿和蓝三基色光匹配成白光时，所需红、绿和蓝基色光的光通量之比为
 $1 : 4.5907 : 0.0601$

- 为便于计算，按比例规定了三基色光的单位,分别用 R 、 G 和 B 表示为

$R=1$ 个红基色光单位=1光瓦

$G=1$ 个绿基色光单位=4.5907光瓦

$B=1$ 个蓝基色光单位=0.0601光瓦

其中，1光瓦=680流明(lm)

- 标准白光 E_w 的颜色可用每个基色单位为1的物理三基色配出

$$C_{E_w} = 1 \times R + 1 \times G + 1 \times B$$

5.3.2 CIE 1931 RGB

■ 其他颜色的匹配

- 根据三基色原理，任意一种颜色 C 可用下式匹配

$$C = rR + gG + bB$$

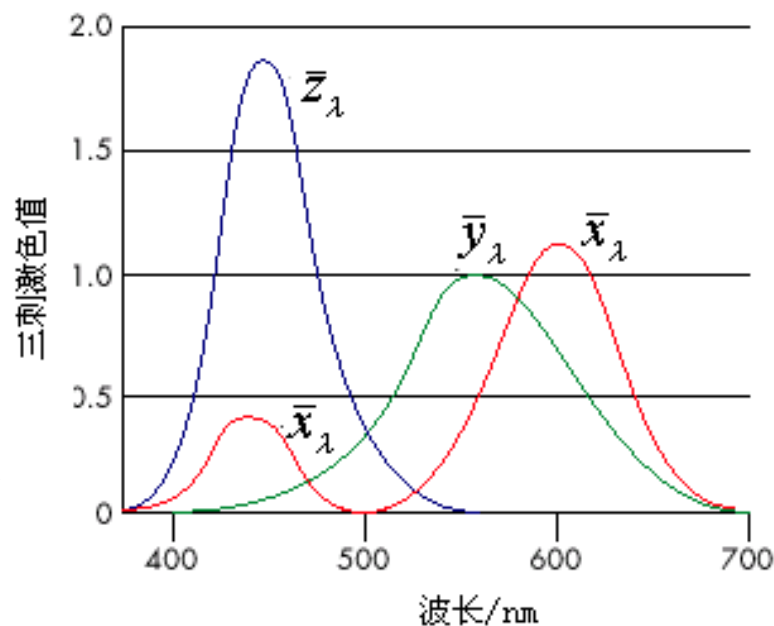
- r 、 g 和 b 分别为红、绿和蓝三基色的比例系数，即三种单位基色光的光通量的倍数
 - r 、 g 和 b 的大小决定颜色光的光通量
 - r 、 g 和 b 之间的比例决定生成的颜色。
- 因为三基色的总光通量必须与被表示的颜色相等，因此

$$r + g + b = 1$$

5.3.2 CIE 1931 XYZ

➤ 设备无关的颜色系统

- 根据视觉特性和用颜色匹配实验结果定义的
- 规定X、Y和Z基色都用正数去匹配所有的颜色，并用Y值表示人眼对亮度(luminance)的响应
- 每种颜色都可表示成想象的基色X、Y和Z的混合
- 用标准观察者(Standard Observer)的实验数据



$\bar{x}_\lambda = X$ 基色的量
 $\bar{y}_\lambda = Y$ 基色的量
 $\bar{z}_\lambda = Z$ 基色的量

CIE 1931标准颜色匹配函数

5.3.2 CIE 1931 XYZ

■ RGB和XYZ之间的转换关系

- $\bar{x}_\lambda, \bar{y}_\lambda$ 和 \bar{z}_λ ——1931 CIE X、Y和Z基色
- $\bar{r}_\lambda, \bar{g}_\lambda$ 和 \bar{b}_λ ——1931 CIE R、G和B基色
- 转换关系为

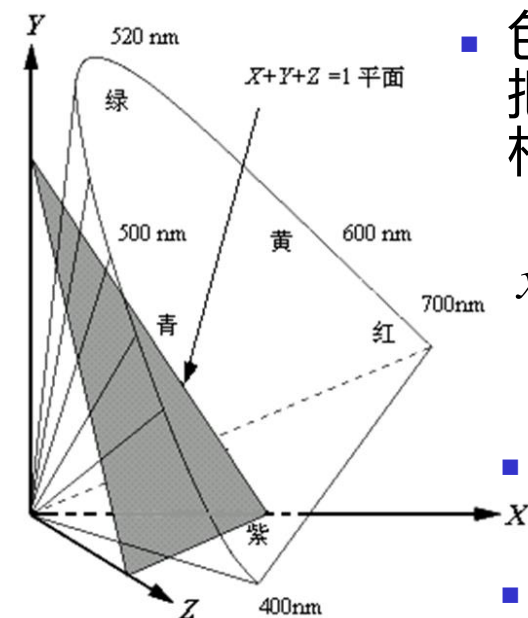
$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.489989 & 0.310008 & 0.20 \\ 0.176962 & 0.812400 & 0.01 \\ 0.000000 & 0.010000 & 0.99 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

5.3.2 CIE 1931 xyY

■ 从XYZ到xyY颜色空间

➤ 1931年CIE定义CIE xyY颜色空间

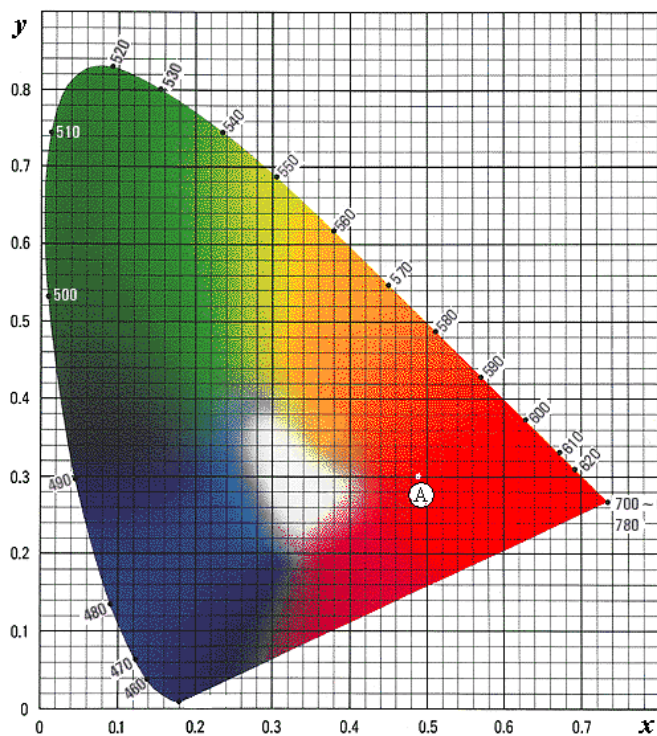
- 对给定颜色，若增加其明度，则每种基色的光通量要按比例增加才能匹配该颜色 (X:Y:Z的比值保持不变)
- 色度值仅与波长(色调)和纯度有关，与总辐射能量无关，把X、Y和Z值相对于总辐射能量=(X+Y+Z)规格化，三基色相对系数



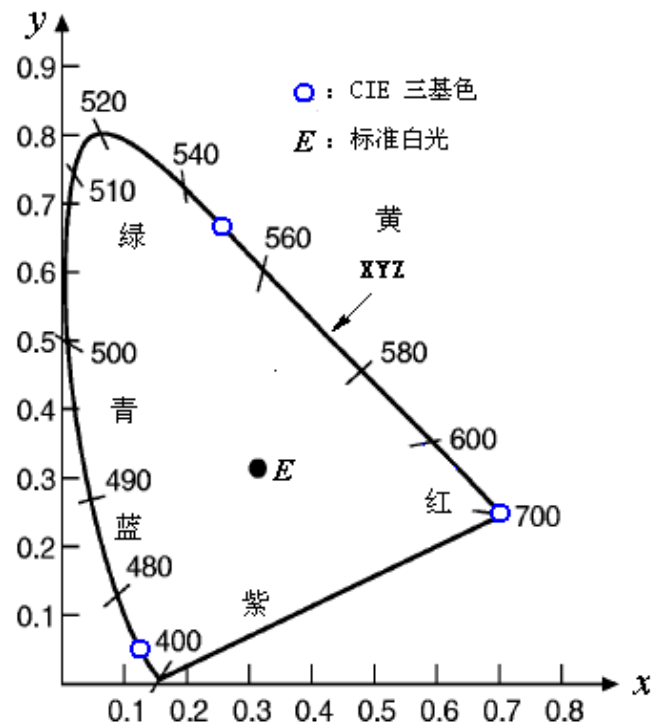
$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

- 由于z可从 $x+y+z=1$ 导出，用两个系数x和y表示颜色，并绘制以x和y为坐标的二维图形。
- CIE xyY色度图：相当于把 $X+Y+Z=1$ 平面投射到XY平面，即 $Z=0$ 的平面

5.3.2 CIE 1931 xyY



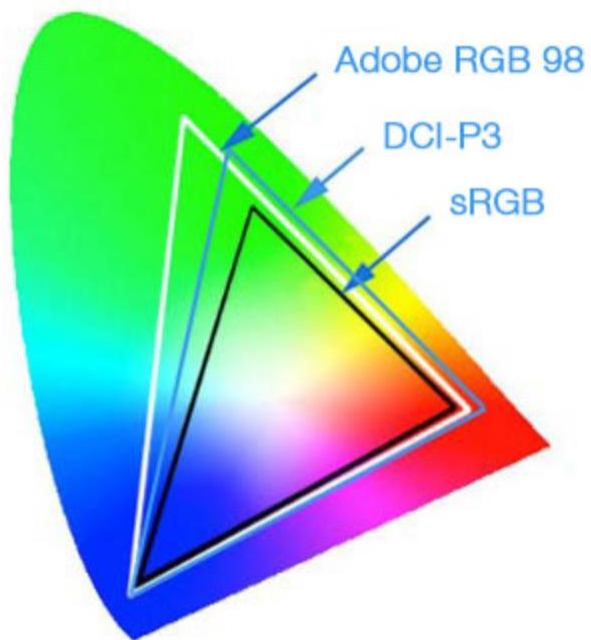
(a) 色度图



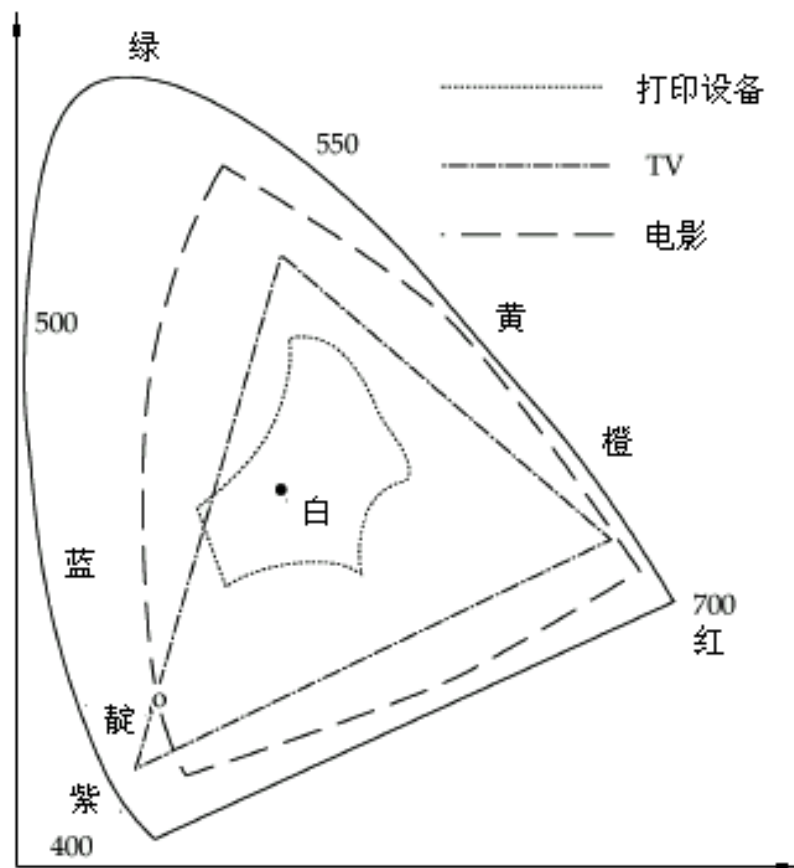
(b) 轮廓图

CIE 1931色度图

5.3.2 CIE 1931 xyY



色域gamut

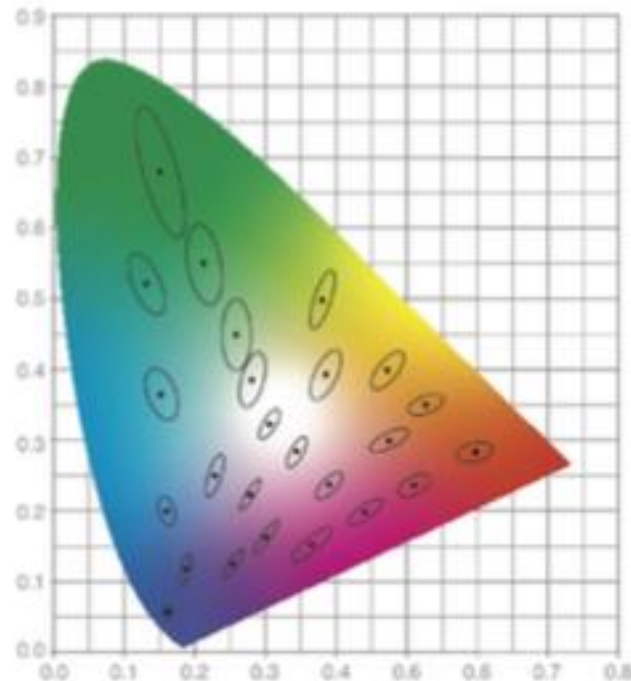


几种设备重现的颜色范围

5.3.2 CIE 1976 LUV

■ CIE 1931 xyY色度图的缺点:

- 明度没有反映
- 感知非均匀
 - 两种颜色之间的距离与这对两种颜色感知的色差有差异
 - 在不同区域中的线段长度不相等
 - ◆ 表示对颜色的感知不均匀。较短的线段表示对颜色的变化较敏感
 - ◆ 长度差别表示色度图中各部分之间的畸变量



5.3.2 CIE 1976 LUV

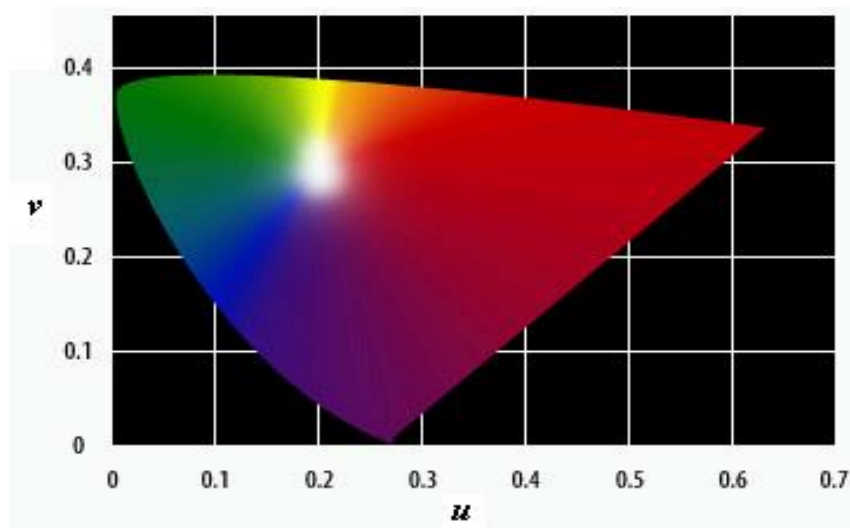
■ CIE 1960 Luv 色度图

- 均匀色度换算(uniform chromaticity scale, UCS)方案
 - 首先把亮度和颜色完全分开, 把CIE 1931 XYZ中的 x , y 坐标变换到一个名为 u , v 的新坐标系, 得到比较精确的色度图
 - 蓝色-红色部分伸长了, 白光光源移动了, 绿色部分减少了

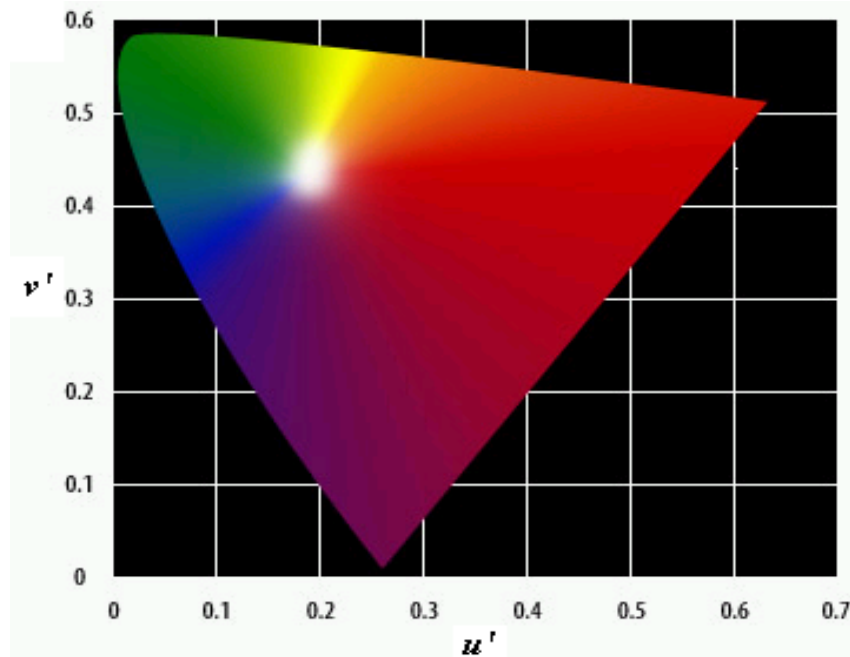
■ CIE 1976 $Lu'v'$ 色度图

- 进一步改进
 - 把 u , v 重新命名为 u' , v' , 经过数学变换得到更加均匀的色度图

5.3.2 CIE 1976 LUV



CIE 1960 Luv色度图



CIE 1976 Lu'v'色度图



5.3.2 CIE 1976 LAB

- **CIE 1976 LAB (CIELAB, CIE 1976 $L^*a^*b^*$)**
 - CIE 1931 XYZ颜色空间的一种数学变换
 - 使用最广泛的物体颜色度量方法，并作为度量颜色的国际标准
- **与CIE 1931 XYZ颜色空间相比**
 - 相同之处
 - 使用相同的基本原理，即颜色是光、物体和观察者组合的结果，三种基色值是用CIE定义的光、物体和观察者的数据计算得到
 - 不同之处
 - CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 是建筑在对色视觉理论(opponent color theory of vision)之上的颜色空间，CIE 1931 XYZ是建筑在三基色理论之上的颜色空间

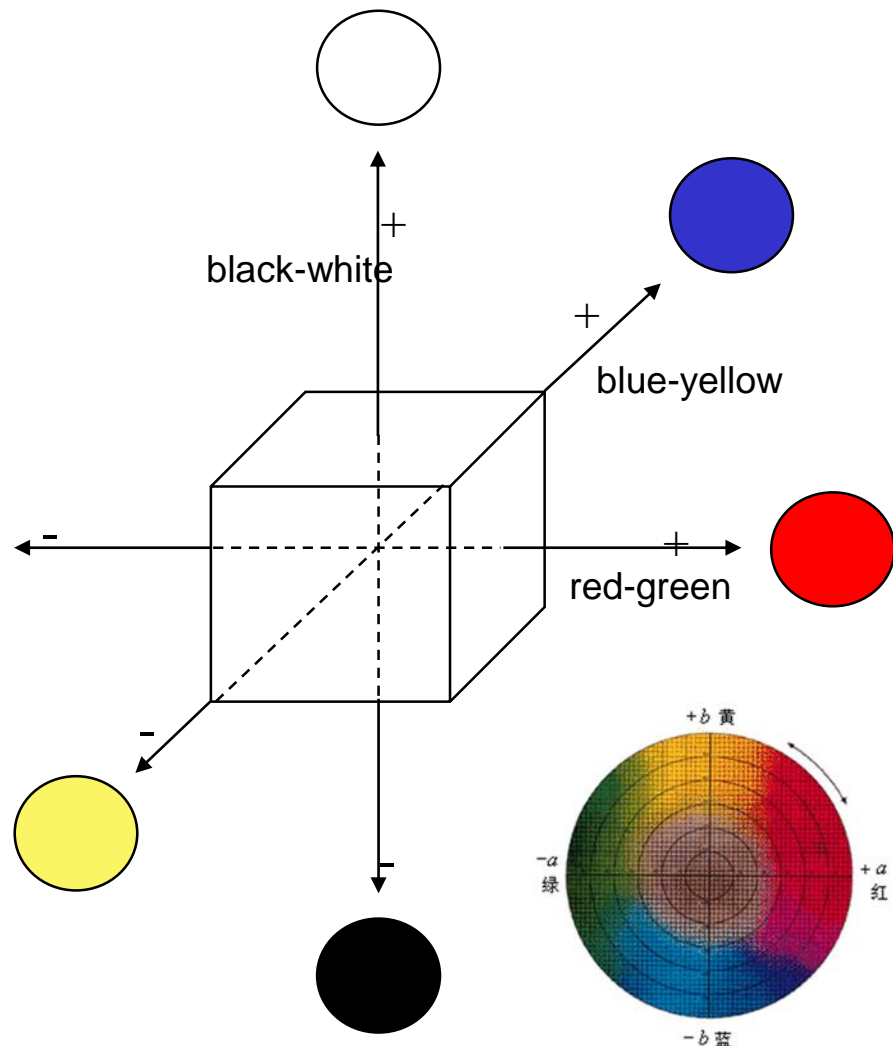
对色视觉理论

对色视觉理论——Ewald

Hering理论

- 基本色调是红、黄、绿和蓝四种基色
- 红 - 绿和黄 - 蓝构成两对对立色调(opponent hue), 黑-白是另外一对

➤ 与长期被人们接受的三基色刺激理论不兼容



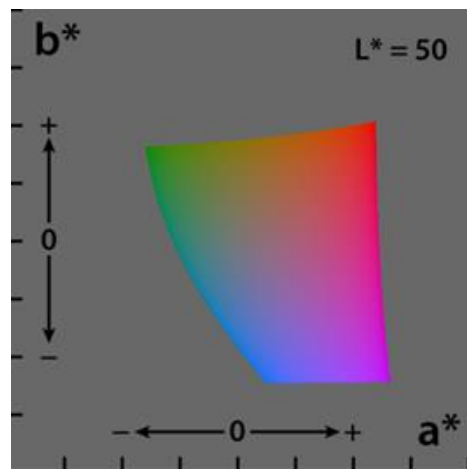
5.3.2 CIE 1976 LAB

■ CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 颜色空间的特点

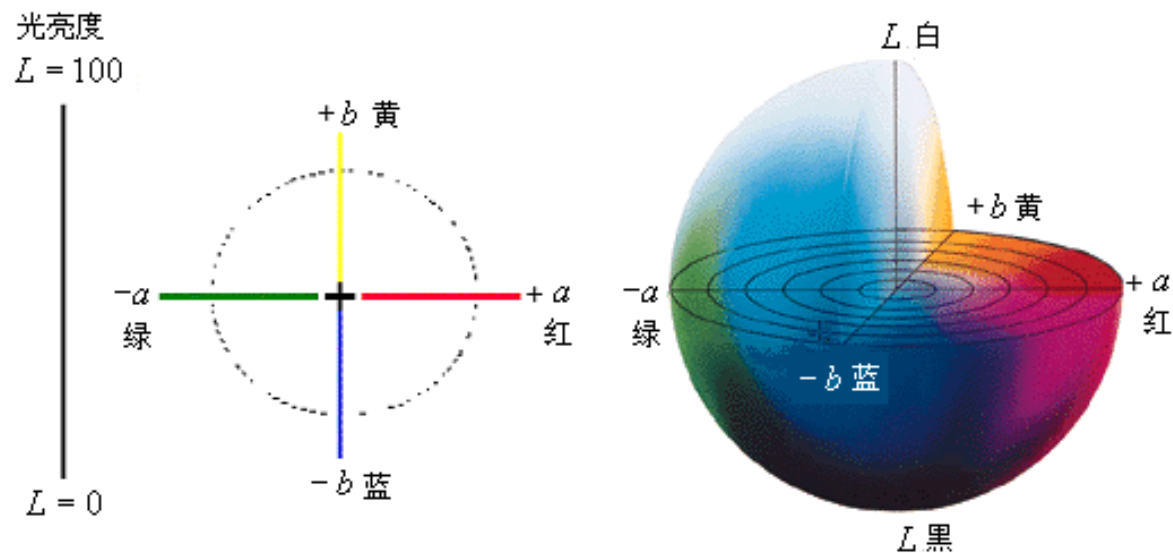
- 光亮度、色调和饱和度都能够独立调整，因此，在不改变整幅图像或者亮度的情况下，可改变整个图像的颜色
- 与设备无关，可生成颜色一致的颜色
- 使用对色坐标(opponent color coordinate)
 - 理由：颜色不能同时为红和绿或同时为黄和蓝，但可被认为是红和黄、红和蓝、绿和黄以及绿和蓝的组合

■ 使用 L^* , a^* , b^* 坐标轴定义颜色空间

- ◆ L^* 值代表光亮度，其值为0(黑色)~100(白色)
(代表从黑到白的比例系数)
- ◆ a^* 代表红-绿，其值为0~10
- ◆ b^* 代表黄-蓝，其值为0~10
($a^*=b^*=0$ 表示无色)



5.3.2 CIE 1976 LAB

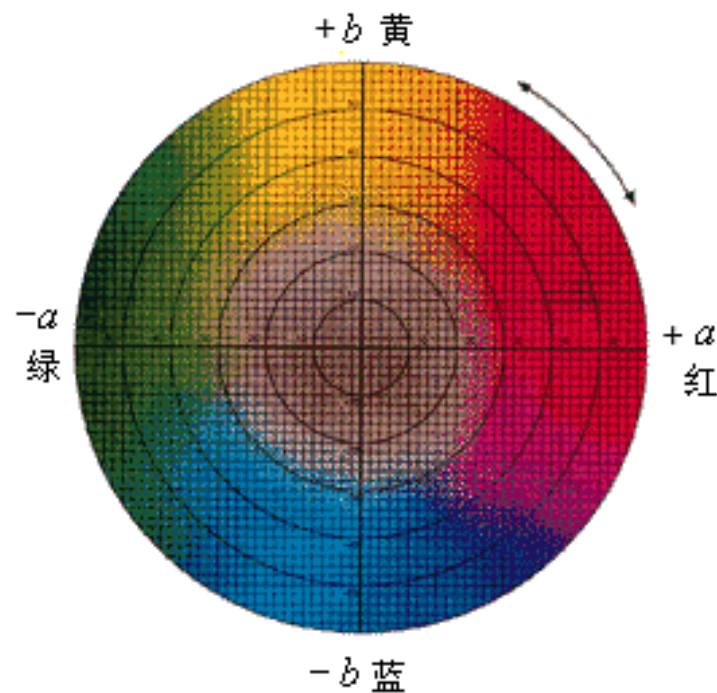


CIELAB颜色空间

5.3.2 CIE 1976 LAB

■ 颜色位置

- 使用CIE a^*b^* 颜色空间，颜色可用 a^* 和 b^* 坐标定位，光亮度坐标 L^* 用数字单独表示
- 若知道 L^* , a^* , b^* 坐标值，可描述颜色和确定其在空间中的位置



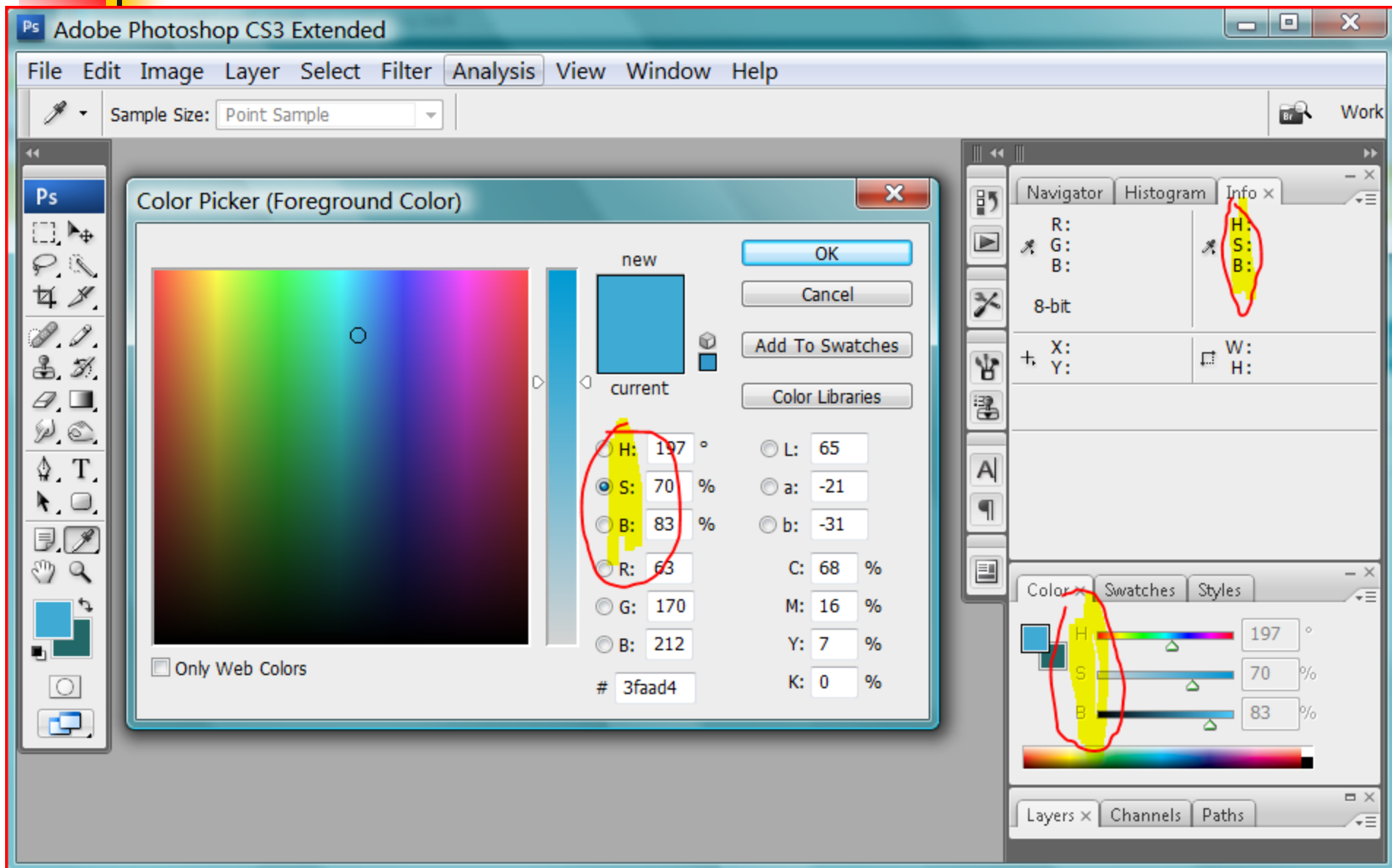
CIELAB空间
给定光亮度下的所有颜色



5.3.2 CIE 1976 LAB

■ 均匀表示

- CIE $L^* a^* b^*$, 使用三个轴来几乎均匀表示感知色差的间距。
- 一种在色彩空间中绘制精确颜色的方法, 并使用 ΔE 来描述总的色差。



第6章 颜色空间变换



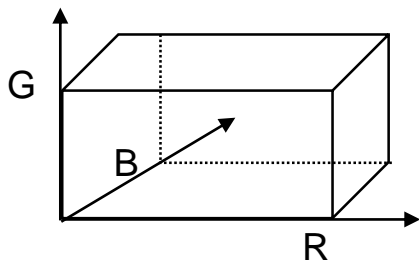
6.1 该用什么颜色空间

6.2 计算机图形颜色空间

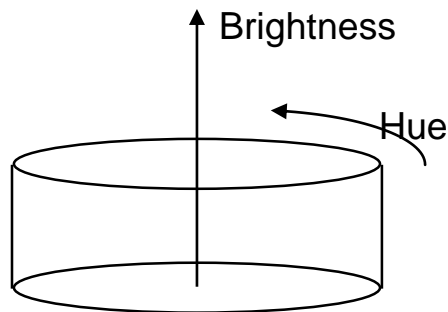
3D颜色空间

- 三种锥体细胞表明颜色可表示成三维空间的量。怎么定义三维色彩空间呢？

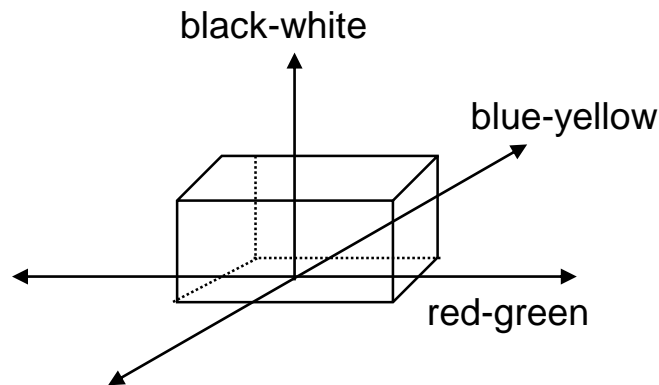
Cubic Color Spaces



Polar Color Spaces



Opponent Color Spaces





6.1 该用什么颜色空间

■ 6.1.1 颜色空间的分类问题

➤ 从颜色感知的角度可分成

- **混合(mixture)型颜色空间**：按三种基色的比例合成颜色，如RGB, CMY(K)和XYZ
- **非线性亮度/色度型颜色空间**：用一个分量表示非色彩的感知，用两个独立的分量表示色彩的感知，如 L^*a^*b , L^*u^*v , YUV和YIQ。当需要黑白图像时，使用这样的系统就非常方便
- **强度/饱和度/色调型颜色空间**：用饱和度和色调描述色彩的感知，对消除光亮度的影响很有用，如HSI, HSL, HSV和LCh



6.1 该用什么颜色空间

➤ 从技术角度可考虑分成如下3类

- (1) 计算机图形颜色空间：主要用于电视机和计算机的颜色显示系统，如RGB, HSI, HSL, HSV等
- (2) XYZ型颜色空间/CIE颜色空间：由国际照明委员会(CIE)定义的颜色空间，与设备无关的颜色表示法，如XYZ, CIE $L^*a^*b^*$, CIE $L^*u^*v^*$ 等
- (3) 电视系统颜色空间：由广播电视需求的推动而开发的颜色空间，主要目的是通过压缩色度信息以有效地播送彩色电视图像，如YUV, YIQ等

6.1 该用什么颜色空间

颜色空间的分类

类型	RGB型	XYZ型	YUV型
混合型(mixture)	RGB	XYZ	-
非线性亮度/色度 (luma/chroma)	-	$L^*a^*b^*$ $L^*u^*v^*$	YUV YIQ
强度/饱和度/色调 (intensity/saturation/hue)	HSI, HSL HSV	LCh/CHL	



6.1 该用什么颜色空间

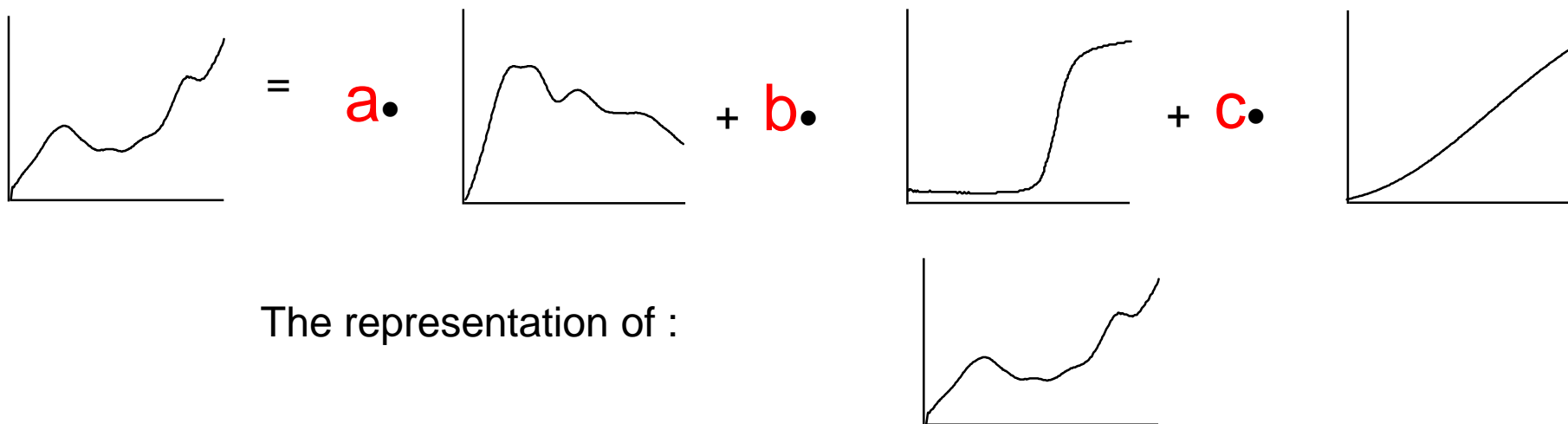
■ 6.1.3 颜色空间的选择

➤ RGB与CMY颜色空间

- RGB(red, green and blue)：在图像显示系统中得到广泛应用
- CMY(cyan magenta yellow)：在印刷和打印系统中得到广泛应用
 - ◆ CMYK(cyan magenta yellow black)中的黑色是为改善打印质量而增加的颜色分量
- RGB 和CMY(K)颜色空间
 - ◆ 都是与设备相关
 - ◆ 颜色指定不直观

线性色彩空间

- 三维色彩空间内的颜色可被描述成3种基本颜色（基色）的线性组合



The representation of :

is then given by:

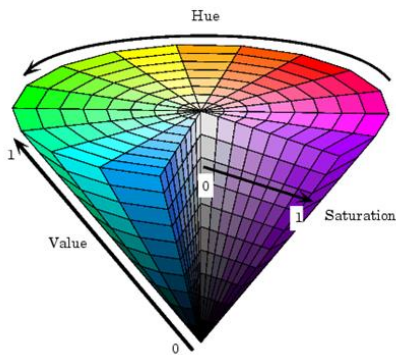
(a, b, c)

6.1 该用什么颜色空间

➤ 计算机图形颜色空间

■ 计算机绘图用的颜色空间包括

- ◆ HSV(hue, saturation and value)
- ◆ HSL/HLS(hue, saturation and lightness)
- ◆ HSI(hue, saturation and intensity)
- ◆ HSB(hue, saturation and brightness)
- ◆ HCI(hue, chroma/colourfulness, intensity)
- ◆ HVC (hue, value and chroma)



- 这些颜色空间都是从RGB变换来的、与设备相关的类似的颜色空间，特点
 - ◆ 指定颜色方式非常直观，很容易选择所需要的色调
 - ◆ 把亮度从颜色信息中分离出来

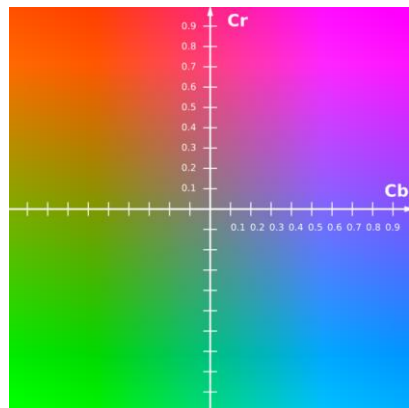
6.1 该用什么颜色空间

➤ 电视系统的颜色空间

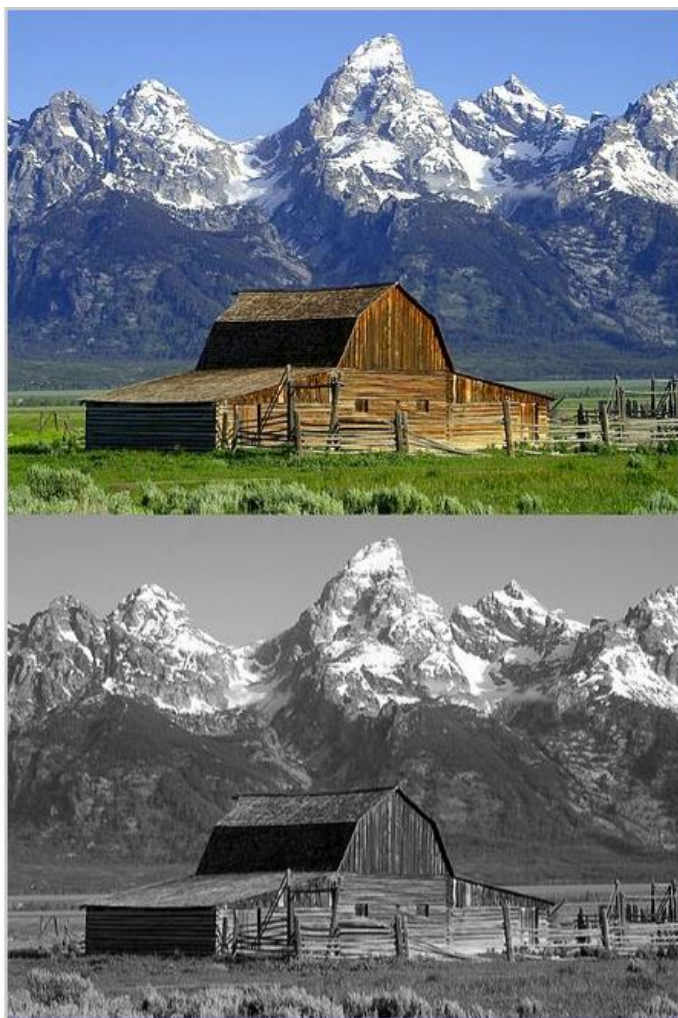
■ 电视系统的颜色空间包括

- ◆ YUV：用在PAL和SECAM模拟彩色电视制式中，Y表示亮度，U和V表示两个色差分量
- ◆ YIQ：用在NTSC模拟彩色电视制式中，Y表示亮度，I和Q表示两个彩色分量
- ◆ $Y'CbCr/Y'Cb'Cr'$ ：用于数字电视，在ITU-R BT.601和BT.709等推荐标准中有明确的定义
- ◆ $Y'PbPr/Y'Pb'Pr'$ ：用于高清晰度电视
- ◆

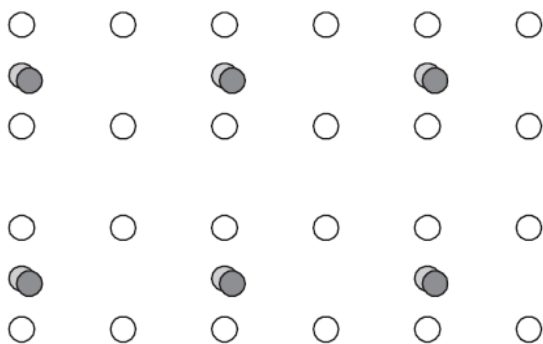
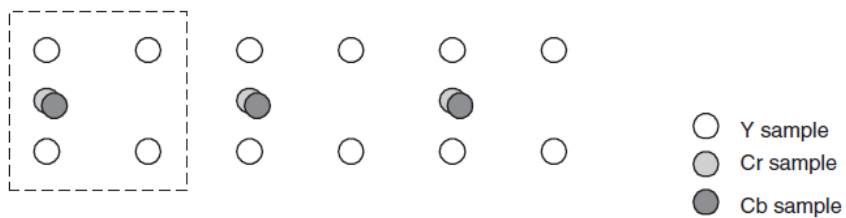
- 这些颜色空间是亮度和色度(luminance-chrominance)分离的电视播送颜色空间(television transmission color spaces)
- 数字电视和模拟电视的颜色空间都把RGB颜色空间分离成亮度和色度，目的是为了更有效地压缩图像的数据量
- 这些颜色空间都是与设备相关的，而且在闭环系统中的使用条件也相当严格



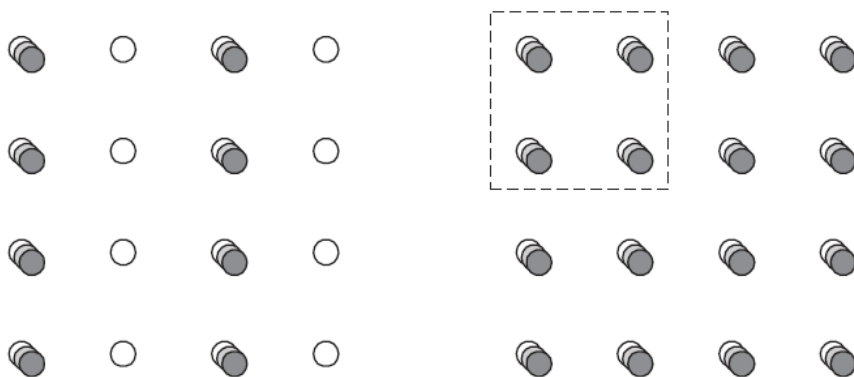
YCbCr色彩空间举例



YCbCr采样格式



4:2:0 sampling

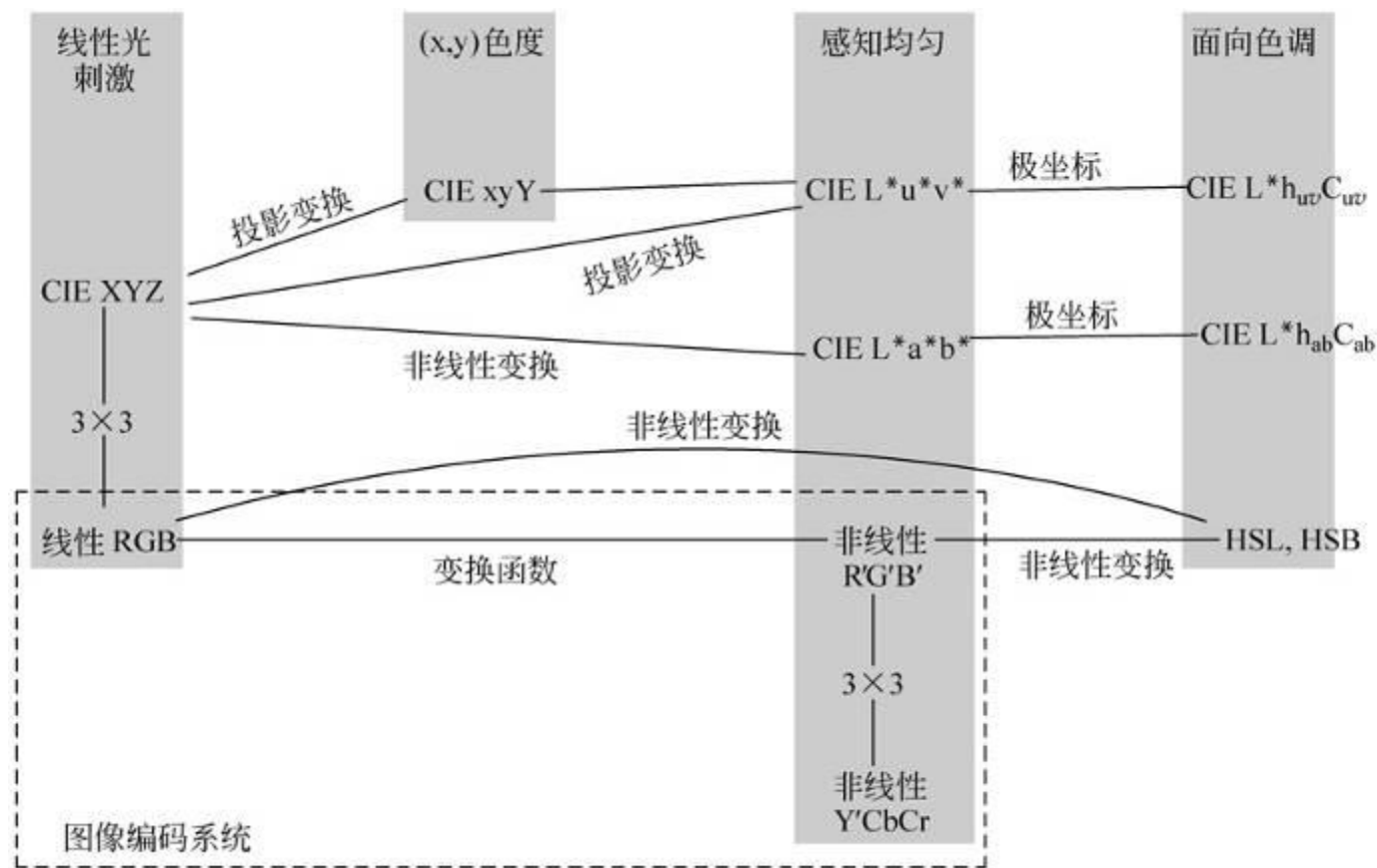


4:2:2 sampling

4:4:4 sampling

Figure 2.11 4:2:0, 4:2:2 and 4:4:4 sampling patterns (progressive)

6.1 该用什么颜色空间

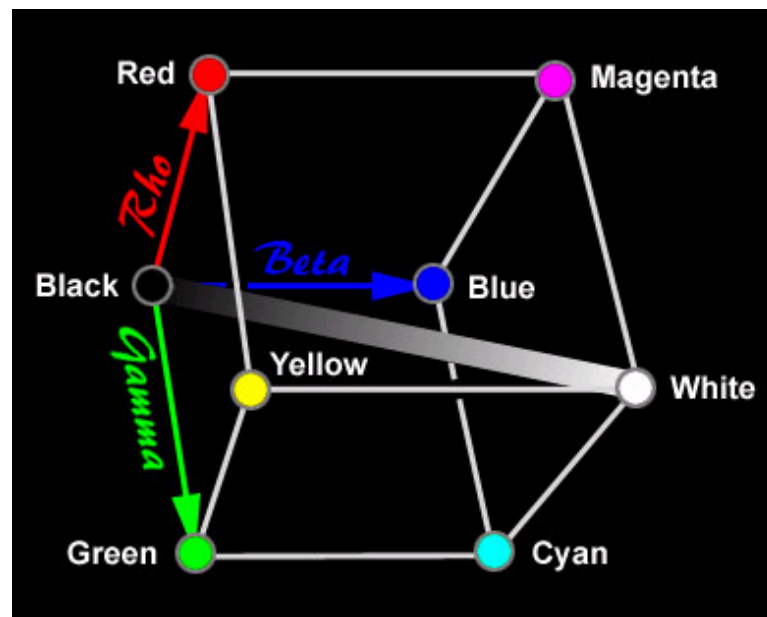


部分颜色空间的转换关系

6.2 计算机图形颜色空间

■ 6.2.1 RGB, CMY和CMYK

- RGB：使用不同数量的红、绿和蓝三种基色相加产生颜色，用在显示系统上
- CMY：白光中减去不同数量的青、品红和黄三种颜色产生颜色；在印刷设备中，黑色分量加到CMY空间，形成CMYK (cyan, magenta, yellow and black)



RGB颜色空间

6.2 计算机图形颜色空间

RGB→CMY

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

CMY → RGB

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix}$$



6.2 计算机图形颜色空间

CMY \rightarrow CMYK

$$\begin{cases} K = \min(C, M, Y) \\ C = (C - K) / (1 - K) \\ M = (M - K) / (1 - K) \\ Y = (Y - K) / (1 - K) \end{cases}$$

CMYK \rightarrow CMY

$$\begin{cases} C = \min(1, C * (1 - K) + K) \\ M = \min(1, M * (1 - K) + K) \\ Y = \min(1, Y * (1 - K) + K) \end{cases}$$



6.2 计算机图形颜色空间

RGB → CMYK

$$\begin{cases} B = \min(1-R, 1-G, 1-B) \\ C = (1-R-K)/(1-K) \\ M = (1-G-K)/(1-K) \\ Y = (1-B-K)/(1-K) \end{cases}$$

CMYK → RGB

$$\begin{cases} R = 1 - \min(1, C * (1-K) + K) \\ G = 1 - \min(1, M * (1-K) + K) \\ B = 1 - \min(1, Y * (1-K) + K) \end{cases}$$

■ 下列哪些颜色空间与设备无关?

- (1) RGB (2) CIE XYZ (3) CIE L*A*B*



END

第6章 颜色空间变换

