

数字图像处理

指导教师： 胡晓雁

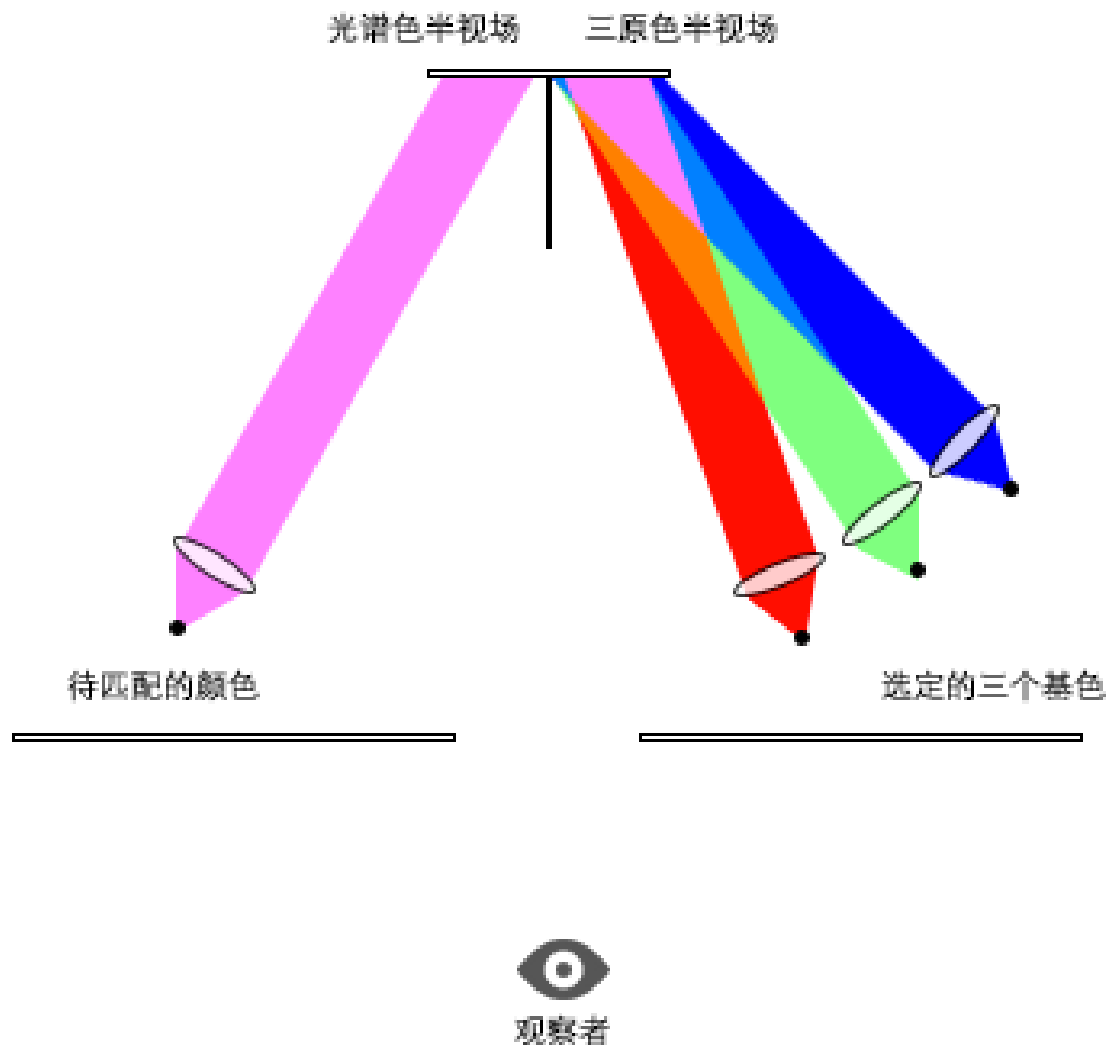
电子邮件： huxy@bnu.edu.cn

北京师范大学信息科学与技术学院

CIE 1931 标准色度学与 RGB 颜色匹配实验

- ☑ CIE（国际照明委员会）
- ☑ 标准色度观察者光谱三刺激
 - ☑ 1931 年对 317 位无色盲者的匹配实验
 - ☑ 太阳光谱色对人眼三感色锥状细胞的三刺激值的平均数据
 - ☑ 简称“CIE 标准观察者”
 - ☑ 亦称“CIE1931xyz 系统”

CIE 1931 标准色度学与 RGB 颜色匹配实验

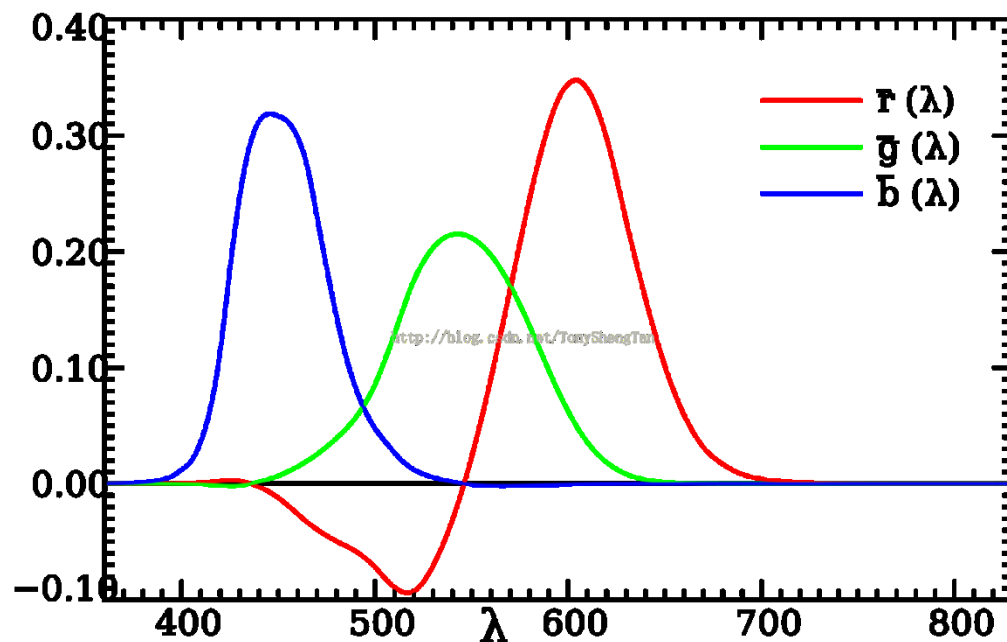


CIE 1931 标准色度学与 RGB 颜色匹配实验

☑ CIE1931-RGB 系统

- ☑ 选择了700nm(R) 546.1nm(G) 435.8nm(B) 三种波长的单色光作为三原色。
- ☑ 这三种颜色比较容易精确地产生出来（汞弧光谱滤波产生，色度稳定准确）。

CIE1931-RGB 三刺激值曲线



$$C(\lambda) + \bar{r}(\lambda)(R) \equiv \bar{g}(\lambda)(G) + \bar{b}(\lambda)(B)$$

$$C(\lambda) \equiv -\bar{r}(\lambda)(R) + \bar{g}(\lambda)(G) + \bar{b}(\lambda)(B)$$

有些光谱色用三原色来匹配时，无论怎样调节，都不能使两个视场达到匹配，必须在光谱色添加适量的原色才行。这就是红色出现一部分负值的原因。

CIE1931-RGB

- ☑ 如果要根据三个刺激值R、G、B来表现可视颜色，绘制的可视图形需要是三维的。为了能在二维平面上表现颜色空间，需要做一些转换。
- ☑ 颜色的概念可以分为两部分：
 - ☑ 亮度（光的振幅，即明暗程度）
 - ☑ 色度（光的波长组合，即具体某种颜色）。

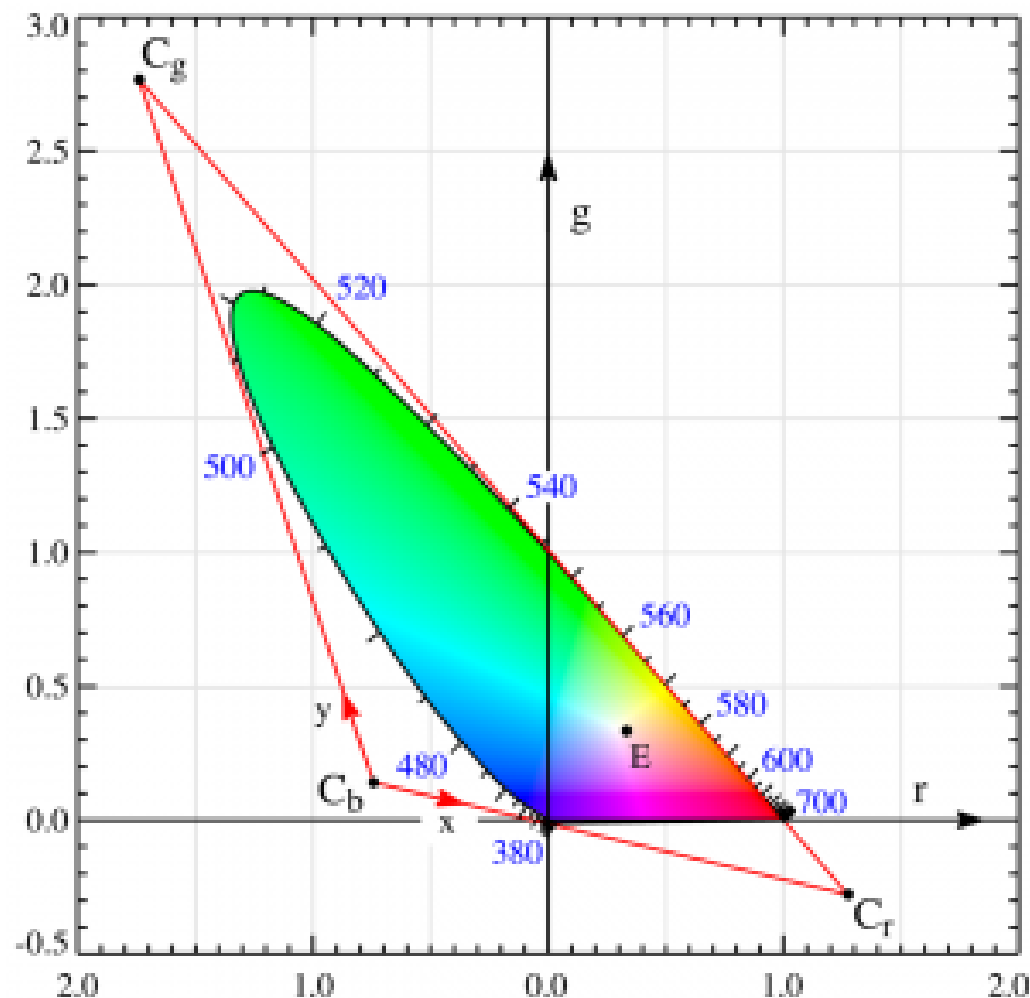
CIE1931-RGB

- 将光的亮度(Y)变量分离出来，之后用比例来表示三色刺激值

$$r = \frac{R}{R+G+B} \quad g = \frac{G}{R+G+B} \quad b = \frac{B}{R+G+B}$$

- 色度坐标r、g、b中只有两个变量是独立的，把r、g两个值绘制到二维空间得到的图就是色域图。

CIE1931-RGB



马蹄形曲线就表示
单色的光谱（即光
谱轨迹）

540nm的单色光由

$$r=0$$

$$g=1$$

$$b=(1-r-g)=0$$

三个原色分量组成。

CIE1931-RGB

- ❑ 380-540nm波段的单色光，由于颜色匹配实验结果中红色存在负值的原因，该段色域落在了r轴的负区间内。
- ❑ 自然界中，人眼可分辨的颜色，都落在光谱曲线包围的范围内。

CIE-XYZ

- ❑ CIE1931-RGB标准是根据实验结果制定的，出现的负值在计算和转换时非常不便。
- ❑ CIE假定人对色彩的感知是线性的，因此对上面的r-g色域图进行了线性变换，将可见光色域变换到正数区域内。

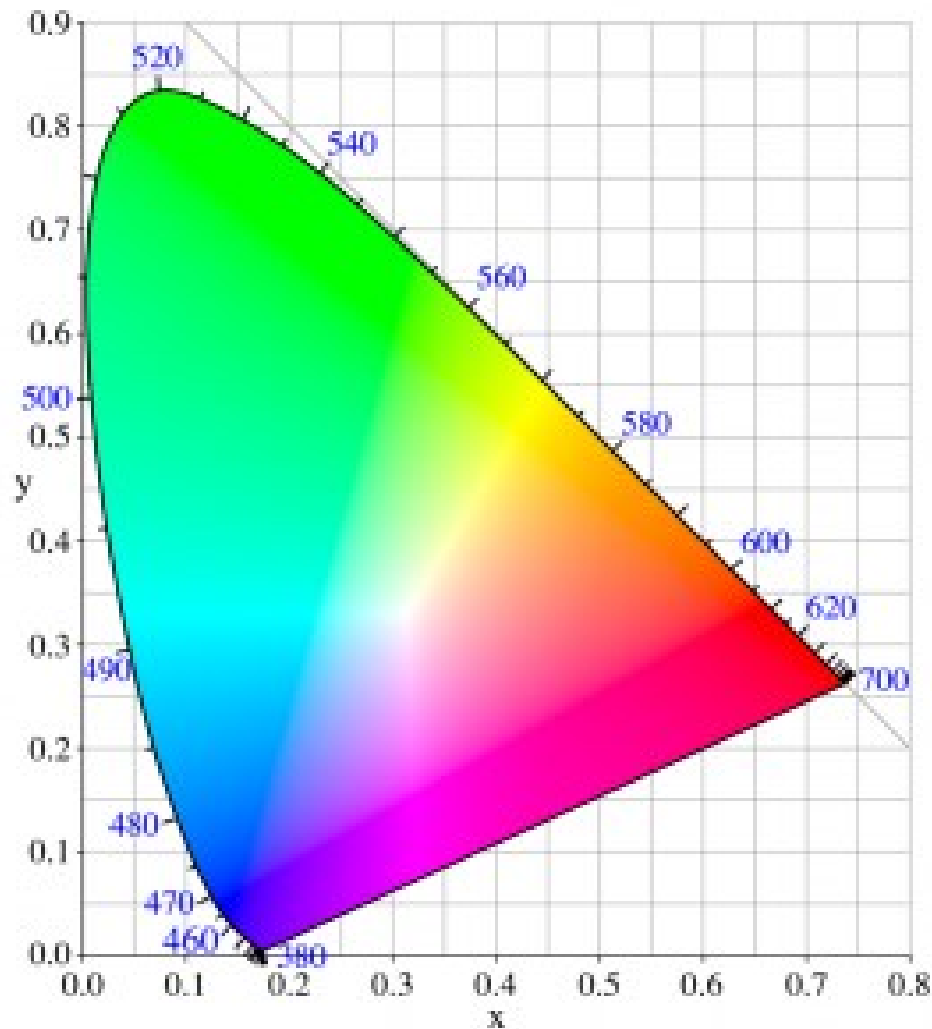
CIE-XYZ

- ☑ CIE在CIE1931-RGB色域中选择一个三角形，该三角形覆盖了所有可见色域，之后将该三角形进行如下的线性变换，将可见色域变换到 $(0,0)(0,1)(1,0)$ 的正数区域内。即假想出三原色X、Y、Z，它们不存在于自然界中，但更方便计算。

CIE-XYZ

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \frac{1}{b_{21}} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$
$$= \frac{1}{0.17697} \begin{bmatrix} 0.49 & 0.31 & 0.20 \\ 0.17697 & 0.81240 & 0.01063 \\ 0.00 & 0.01 & 0.99 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

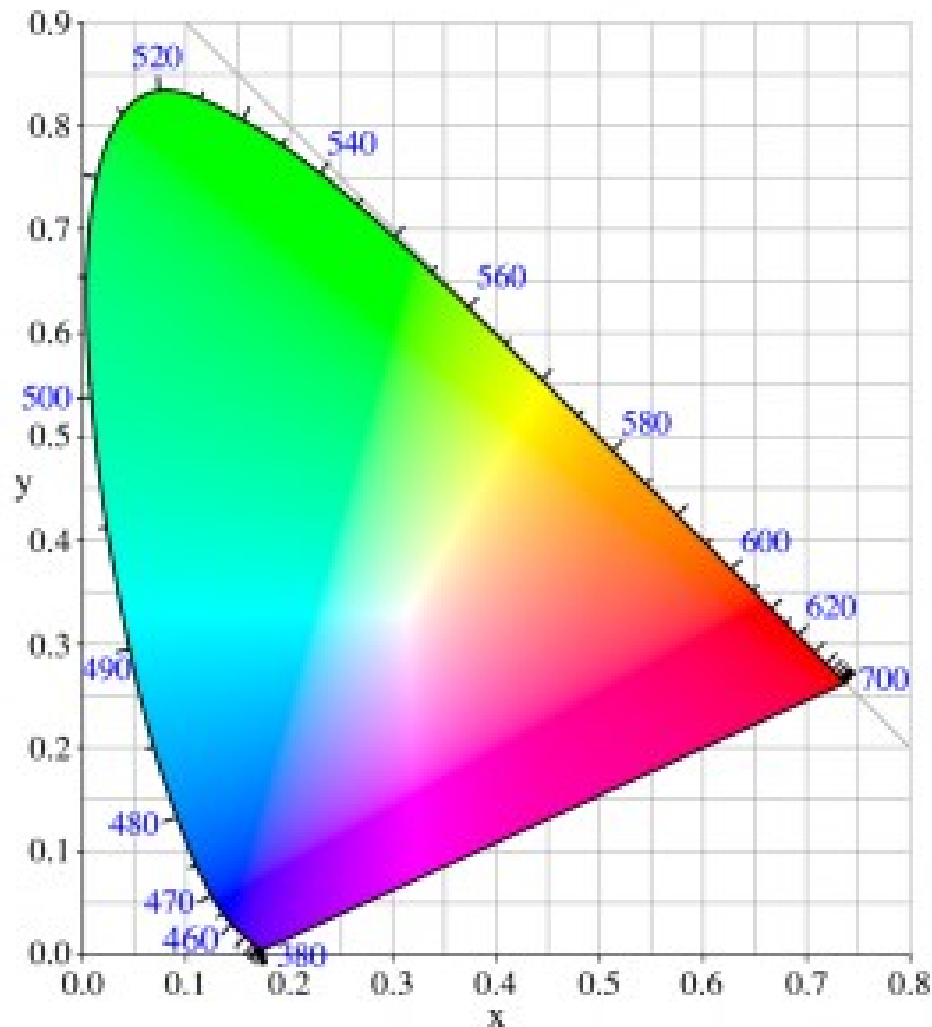
CIE-XYZ



色域的马蹄形弧线边界对应自然界中的单色光。

色域下方直线的边界只能由多种单色光混合成。

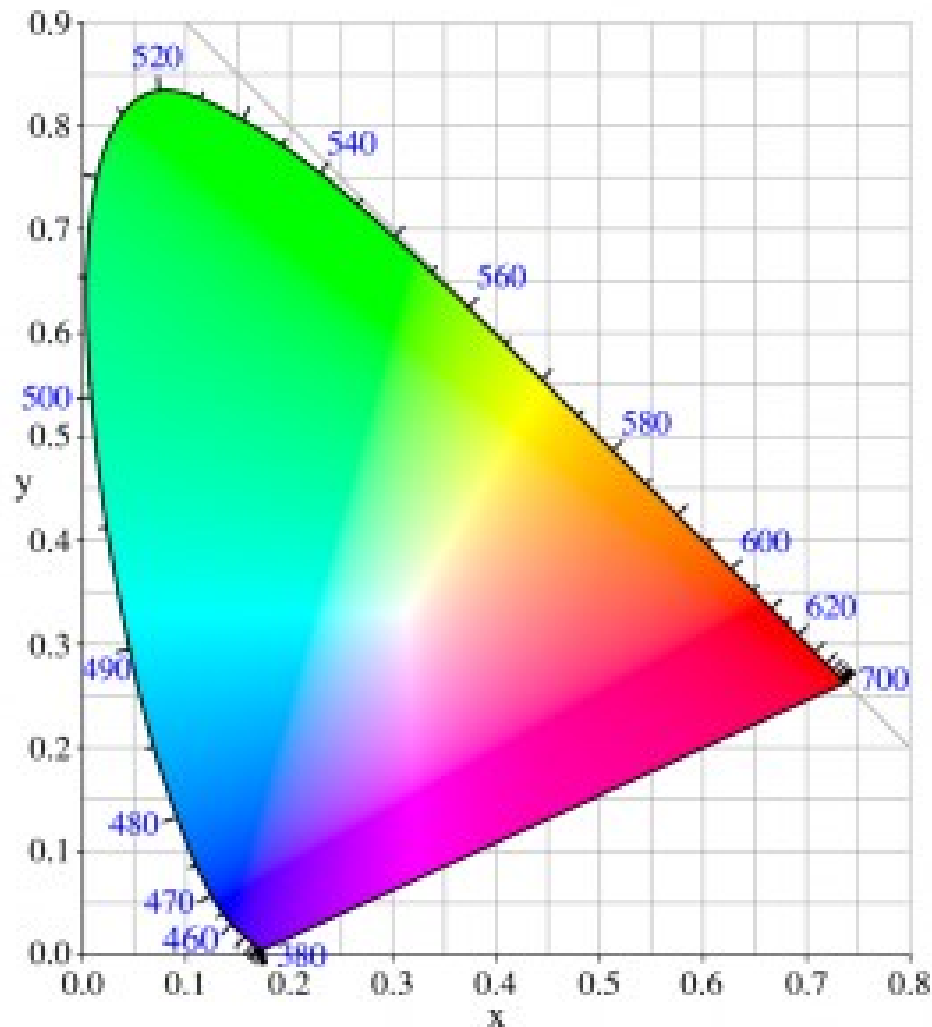
CIE-XYZ



在该图中任意选定两点，
两点间直线上的颜色可
由这两点的颜色混合成。

给定三个点，三点构成
的三角形内颜色可由这
三个点颜色混合成。

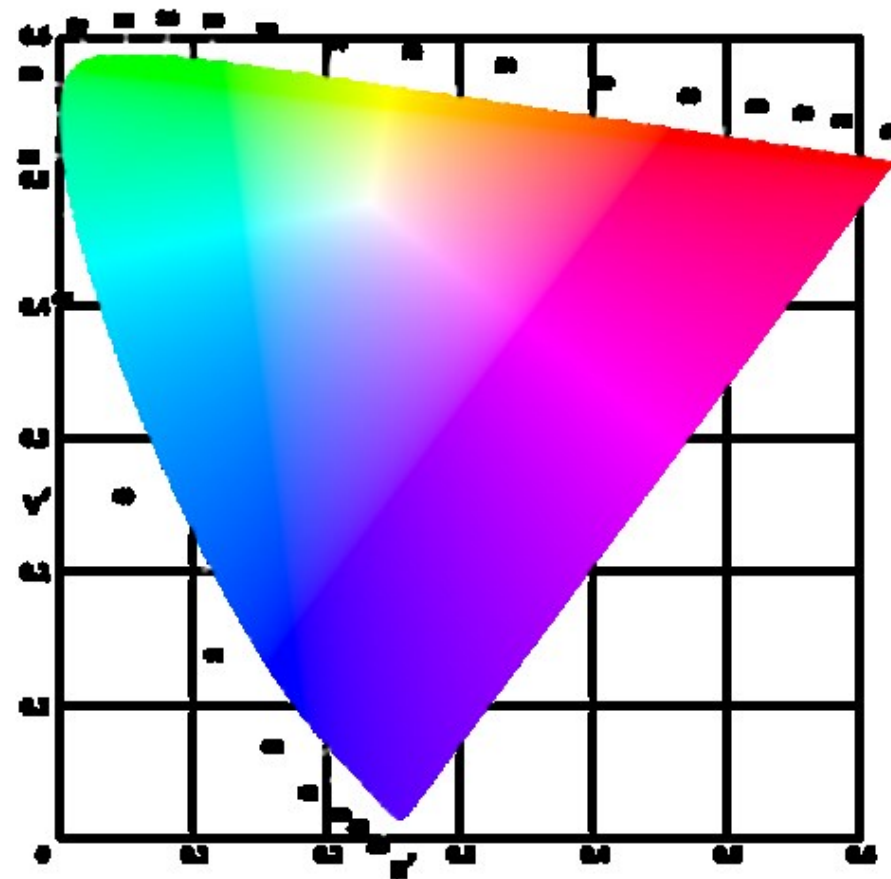
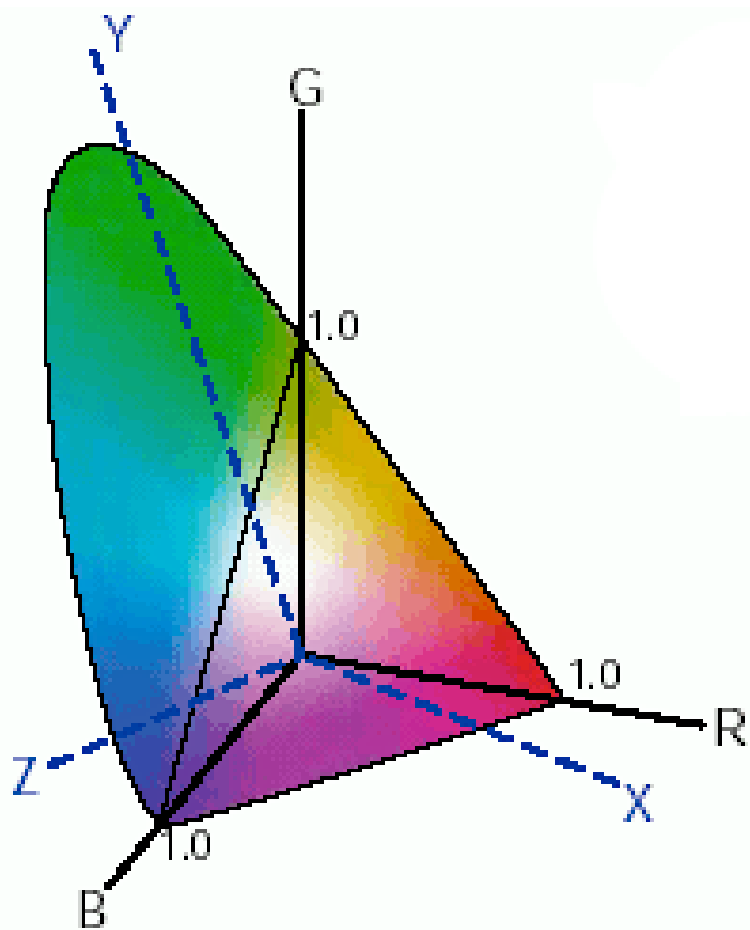
CIE-XYZ



给定三个真实光源，
混合得出的色域只能是三角形（例如液晶显示器的评测结果），
绝对不可能完全覆盖人类视觉色域。

CIE UCS色度图

- ❑ CIE1931-XYZ的模型没有给出测量两个颜色差距(色差)的方法，颜色差距在色度图上也是不均匀的。
- ❑ 因此CIE基于CIE-XYZ进行非线性压缩，设计了能在色度图上直接测量色差的均匀色度图，叫做CIE UCS色度图(1960和1976各有一版)，旨在将色彩均匀化。



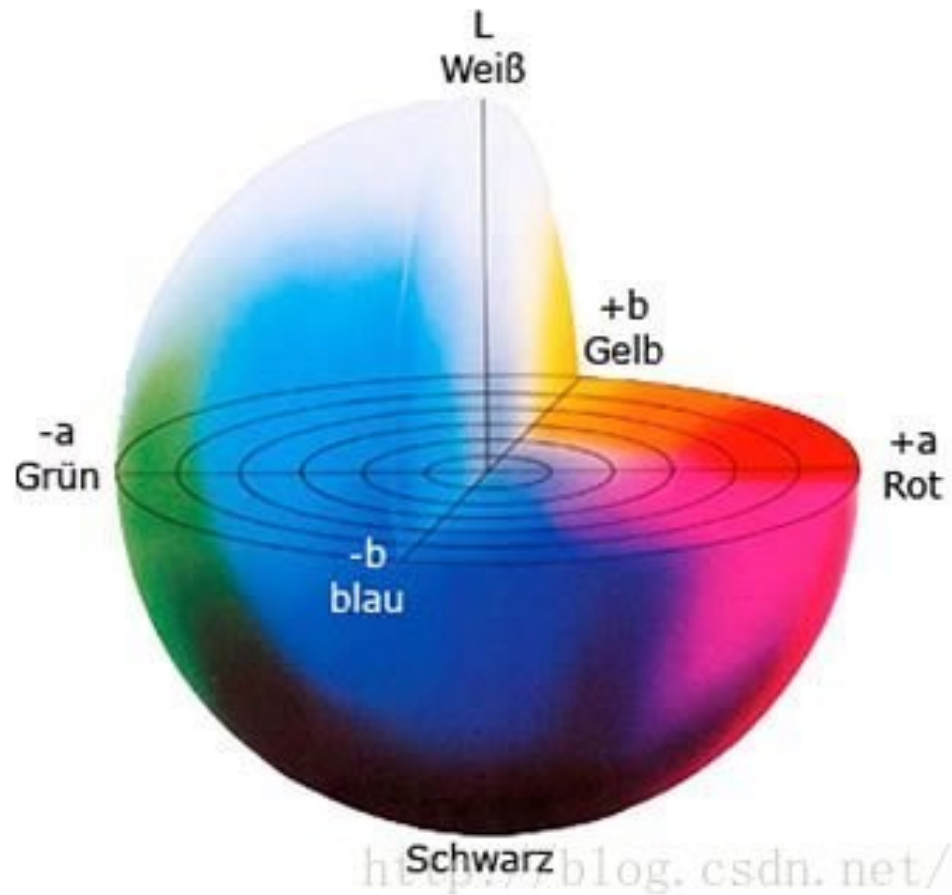
CIE LUV

- ✓ 根据CIE UCS色度图，CIE建立了CIE1976- $L^*u^*v^*$ 颜色模型，简称CIELUV。其中 L^* 表示亮度， u^* 、 v^* 是色度坐标。 L^* 取值范围是 $[0,100]$ ， u^* 和 v^* 取值范围 $[0,1]$ 。
- ✓ CIE- $L^*u^*v^*$ 用于自己能发光的光源，例如显示器。

CIE LAB

- ☑ 稍后CIE又根据CIE UCS色度图建立了CIE1976- $L^*a^*b^*$ 颜色模型，简称CIELAB或者Lab。 L^* 表示亮度， a^* 、 b^* 是色度坐标(a^* 是红/绿轴, b^* 是黄/蓝轴)。 L^* 取值范围是 $[0,100]$ ， a^* 和 b^* 取值范围 $[0,1]$ 。
- ☑ CIE- $L^*a^*b^*$ 用于表示反射、透射的物体的颜色。

CIE LAB



HSI/HSL/HLS 与 HSV/HSB

- ❑ HSL和HSV的颜色模型比较相近，它们相对于RGB等模型显得更加自然。
- ❑ HSL和HSV中，H都表示色调(Hue)。该值取值范围是 $[0^\circ, 360^\circ]$ ，对应红橙黄绿青蓝紫-红这样顺序的颜色，构成一个首尾相接的色调环。色相的物理意义就是光的波长，不同波长的光呈现了不同的色调。

HSI/HSL/HLS 与 HSV/HSB

- ☑ HSL和HSV中，S都表示饱和度(Saturation)也称为色度、彩度,即色彩的纯净程度。
- ☑ 对应到物理意义上：即一束光可能由多种不同波长的单色光构成，波长越多越分散，则色彩的纯净程度越低，而单色的光构成的色彩纯净度就很高。

HSI/HSL/HLS 与 HSV/HSB

- ☑ HSL 中的 L 表示亮度 (Lightness/Luminance/Intensity)。根据缩写不同 HSL 有时也称作 HLS 或 HSI
- ☑ HSV 中的 V 表示明度 (Value/Brightness)。根据缩写不同, HSV 有时也被称作 HSB

HSI/HSL/HLS 与 HSV/HSB

- ❑ HSL 中的 L 表示亮度 (Lightness/Luminance/Intensity)。根据缩写不同 HSL 有时也称作 HLS 或 HSI (就是说 HSL、HLS、HSI 是一回事)。
- ❑ HSV 中的 V 表示明度 (Value/Brightness)。根据缩写不同，HSV 有时也被称作 HSB (就是说 HSV 和 HSB 是一回事)。

HSI/HSL/HLS 与 HSV/HSB

$$H = \begin{cases} \arccos \left\{ \frac{(R - G) + (R - B)}{2\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right\} & B \leq G \\ 2\pi - \arccos \left\{ \frac{(R - G) + (R - B)}{2\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right\} & B > G \end{cases}$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} \min(R, G, B)$$

$$I = \frac{(R + G + B)}{3}$$

HSI/HSL/HLS 与 HSV/HSB

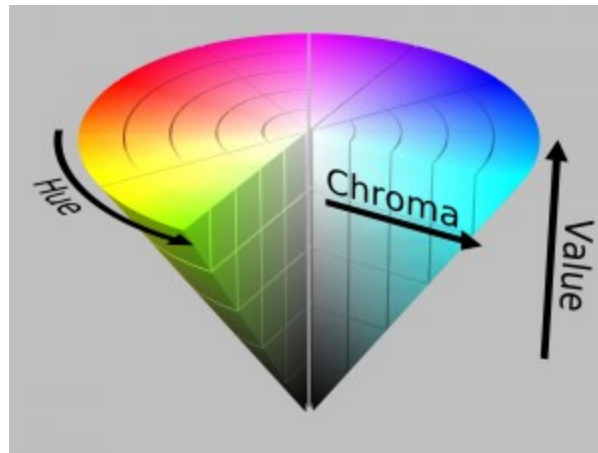
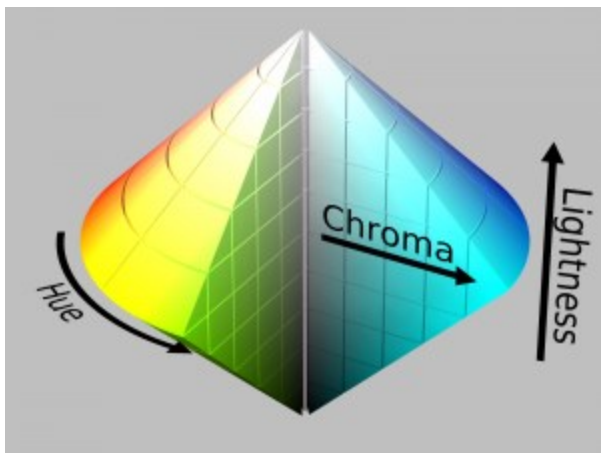
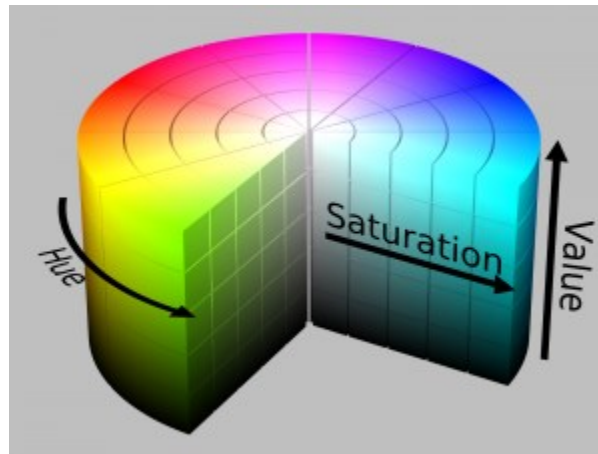
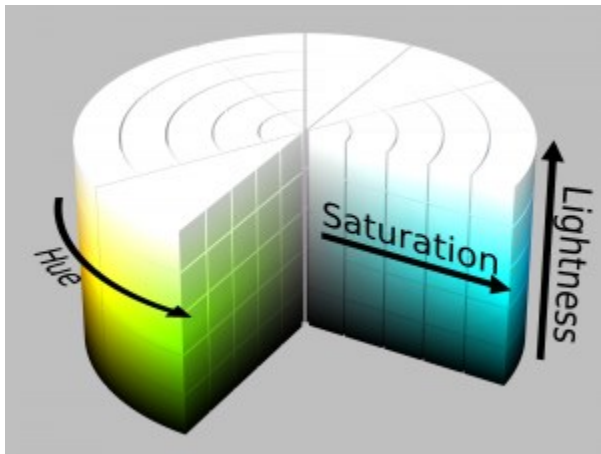
$$H = \begin{cases} \arccos \left\{ \frac{(R - G) + (R - B)}{2\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right\} & B \leq G \\ 2\pi - \arccos \left\{ \frac{(R - G) + (R - B)}{2\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right\} & B > G \end{cases}$$

$$S = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)}$$

$$V = \frac{\max(R, G, B)}{255}$$

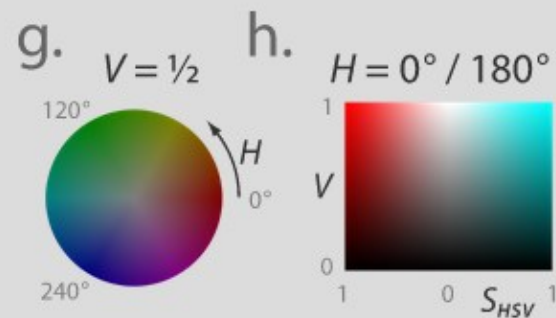
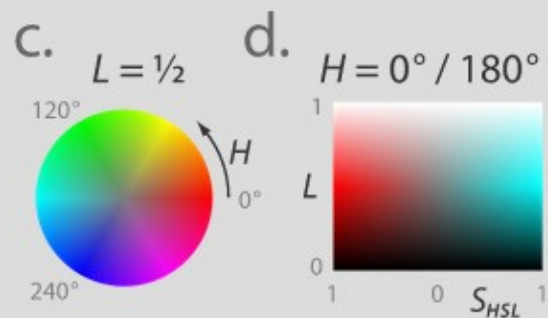
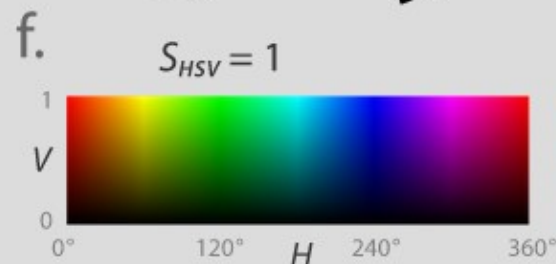
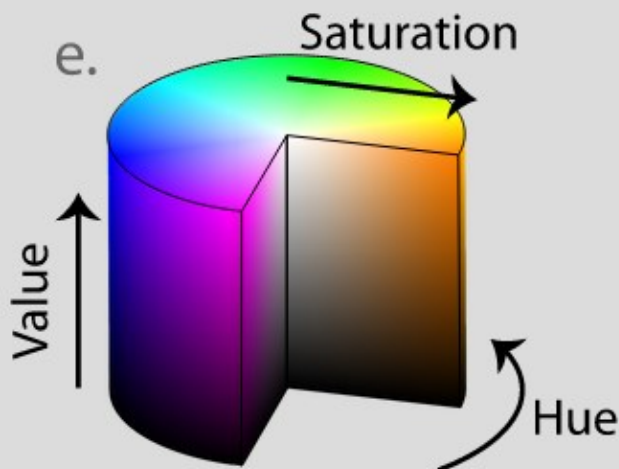
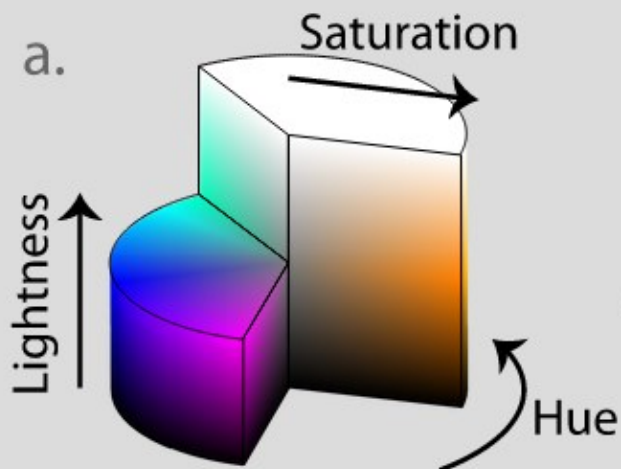
<http://blog.csdn.net/>

HSI/HSL/HLS 与 HSV/HSB



HSL

HSV



YUV、YCbCr、YPbPr、YDbDr、YIQ

- ☑ 这些颜色模型大都是用在电视系统、数位摄影等地方。其中的Y分量都表示的是明亮度(Luminance、Luma)

YUV、YCbCr、YPbPr、YDbDr、YIQ

- ☑ YUV颜色模型中，U、V表示的是色度 (Chrominance/Chroma)。YUV是欧洲电视系统所采用的颜色模型(属于PAL制式)，颜色被分为一个亮度信号和两个色差信号进行传输。

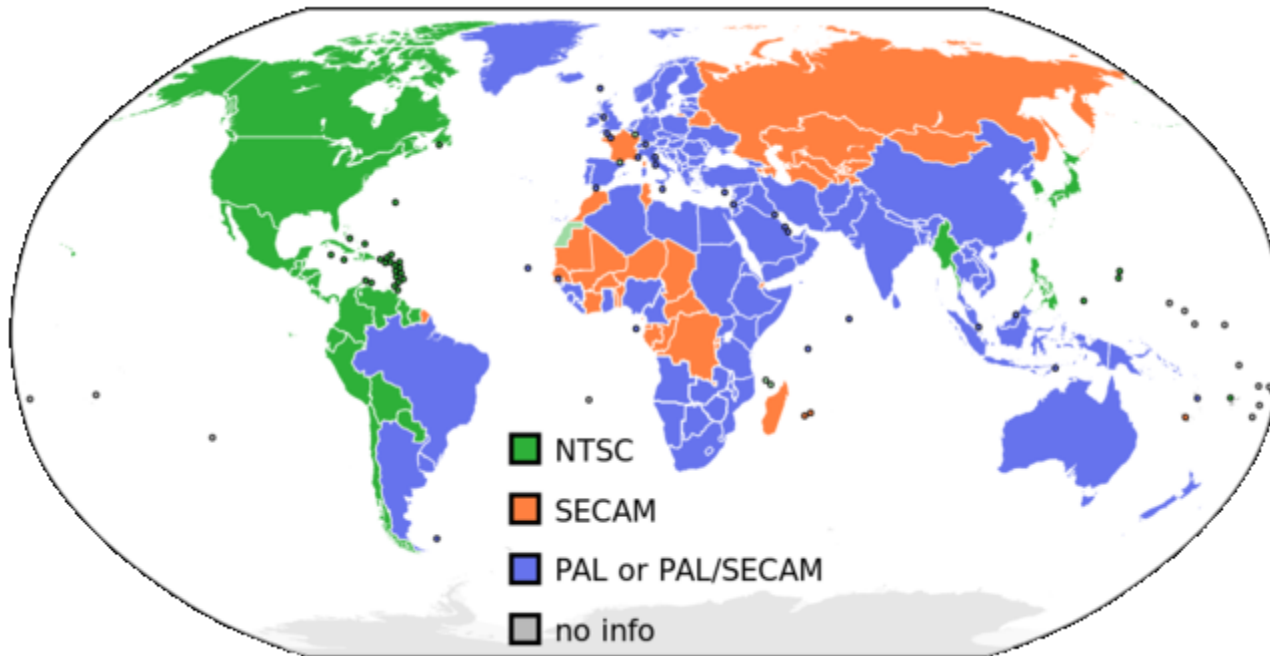
YUV、YCbCr、YPbPr、YDbDr、YIQ

- ☑ YCbCr(简称YCC)中，Cb和Cr蓝色(blue)和红色(red)的色度。YCbCr是YUV的压缩和偏移的版本。
- ☑ YPbPr类似YCbCr，与之不同的是，YPbPr选用的CIE色度坐标略有不同。一般SDTV传输的色差信号被称作Cb、Cr，而HDTV传输的色差信号被称作Pb、Pr。

YUV、YCbCr、YPbPr、YDbDr、YIQ

- ☑ YDbDr也类似YCbCr，同样也是色度坐标不同。YDbDr是SECAM制式电视系统所用的颜色模型。
- ☑ YIQ是用在了NTSC制式的电视系统里。

YUV, YCbCr, YPbPr, YDbDr, YIQ



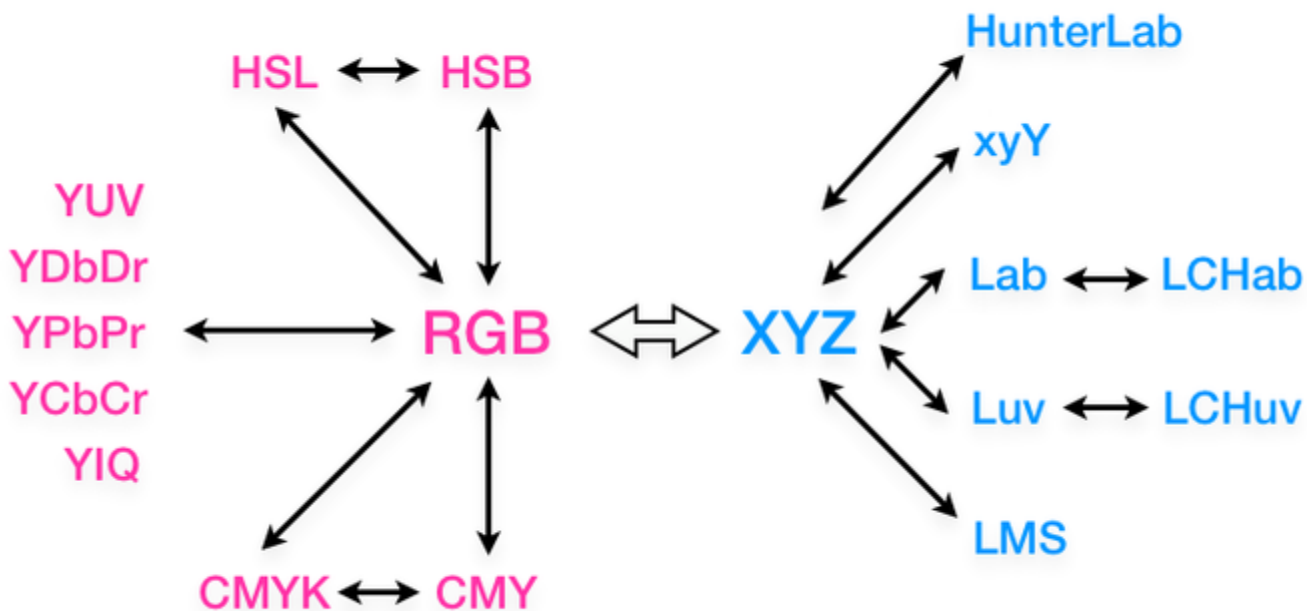
设备相关的颜色模型

- ☑ 这样的模型只是规定了一个取值的范围，例如RGB每个分量取值是0-255，则该值如何呈现出光来，是需要具体设备来解释的。这样的颜色模型不会关联到人眼的刺激值的具体值，它们之间的转换相对简单。
- ☑ 例如RGB、CMYK

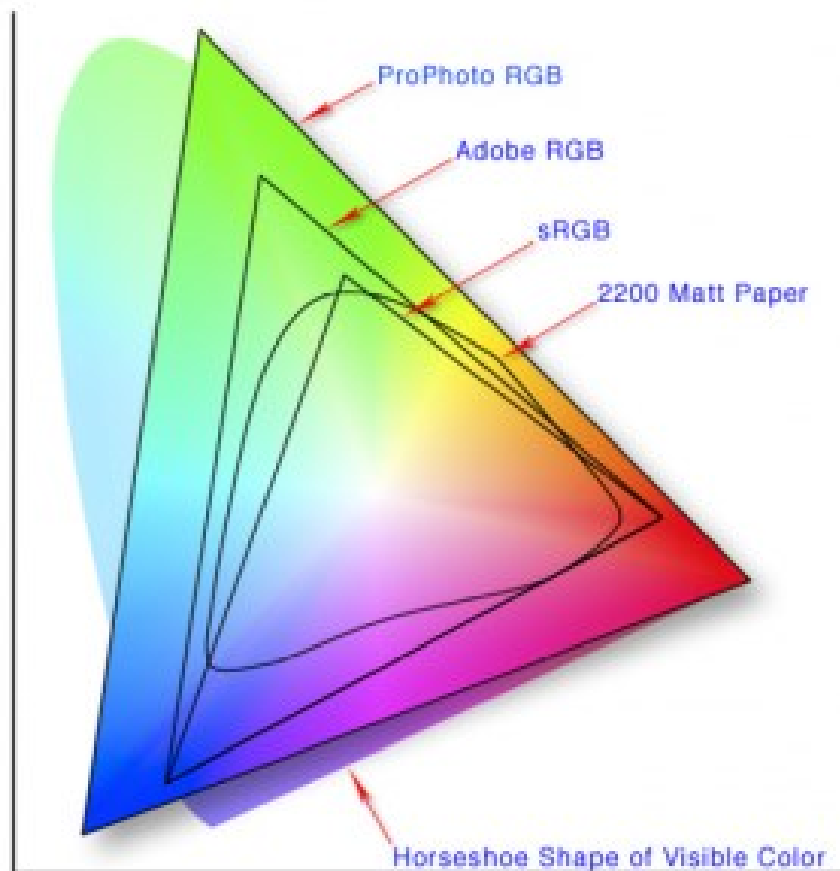
设备不相关的颜色模型

- ❑ 这样的模型是需要反映真实的可见颜色的，所以它们与设备无关，但是转换时相对较麻烦，需要很多条件。
- ❑ 例如XYZ、Lab

颜色转换



颜色范围



Photoshop绘图时，默认选择的是sRGB，该色域可以在大多数设备上完整呈现出来。

覆盖100%色域的显示器，指的是覆盖了Adobe RGB色域。(目前没有设备能完整呈现上图完整的色域)

当RGB都为最大值时，该点表示白色。