

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

颜色空间

- ☑ 颜色具有较强的描述信息的能力
- ☑ 人可以辨别几千种颜色色调和亮度，但对于灰度级，只能辨别几十种灰度层次
- ☑ 彩色图像处理包括全彩色处理和伪彩色处理（对特定亮度范围赋予相应的颜色）

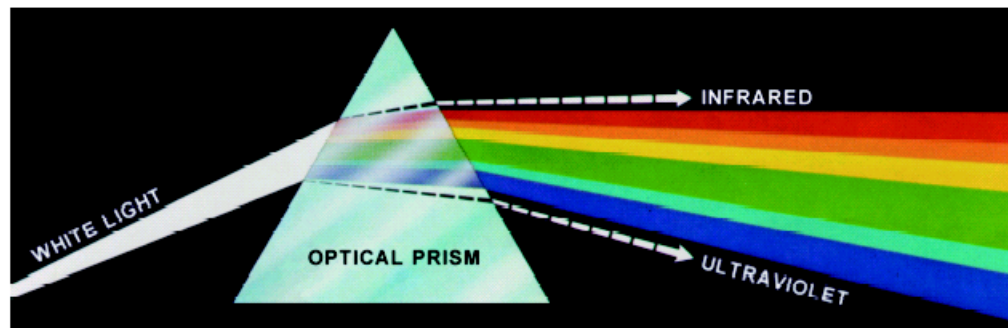


FIGURE 6.1 Color spectrum seen by passing white light through a prism. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)

1666年艾萨克·牛顿发现白色太阳光通过三棱镜后被分散为连续色谱：紫色、蓝色、绿色、黄色、橘红色和红色

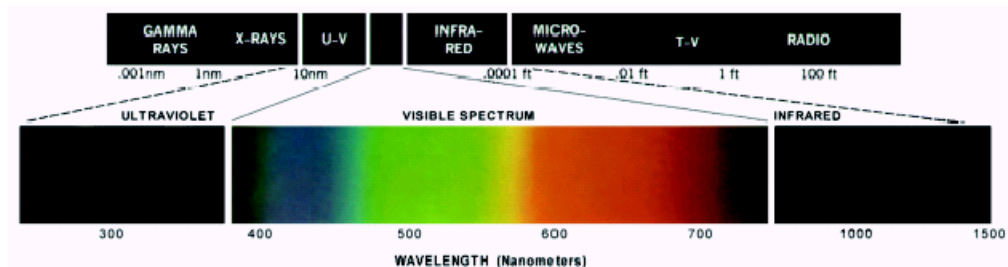


FIGURE 6.2 Wavelengths comprising the visible range of the electromagnetic spectrum. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)

可见光是一种电磁波，波长在400~700nm之间

辐射率：从光源发出能量的总量（瓦特）

光强：观察者从光源接收的能量总和的度量

亮度：主观量，人感觉到的不含颜色信息的强度信息

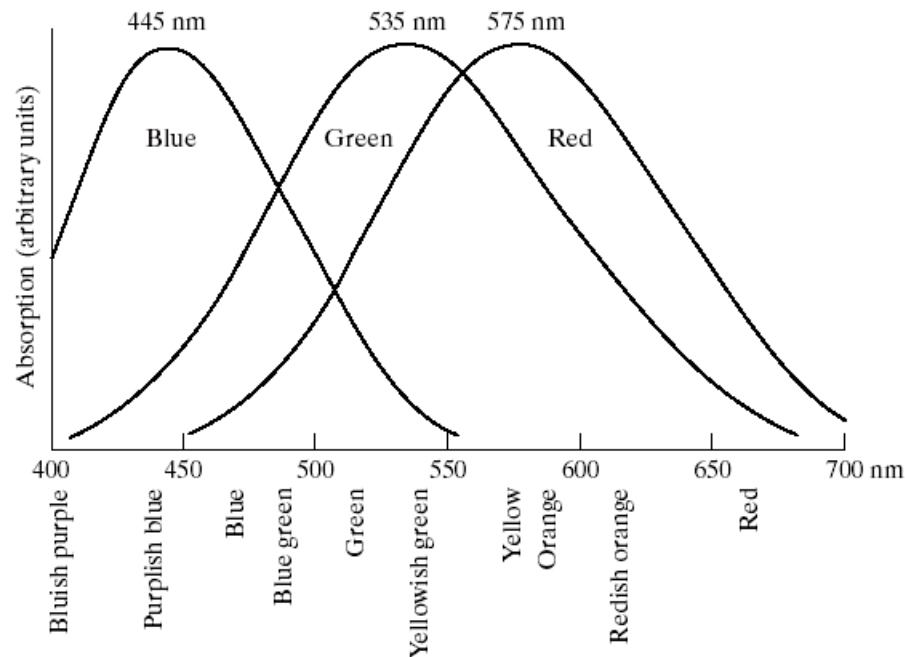
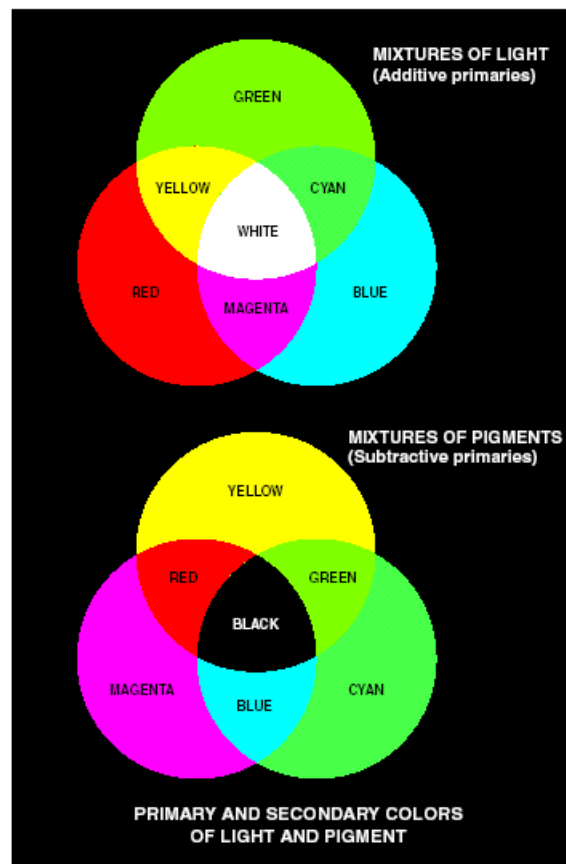


FIGURE 6.3 Absorption of light by the red, green, and blue cones in the human eye as a function of wavelength.

人眼中三种锥状细胞对光谱的吸收感知情况

600-700万锥状细胞，65%对红光敏感，33%绿光，2%蓝光



加色系统

减色系统：吸收光的一种原色，反射另外两种原色

a
b

FIGURE 6.4 Primary and secondary colors of light and pigments. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)

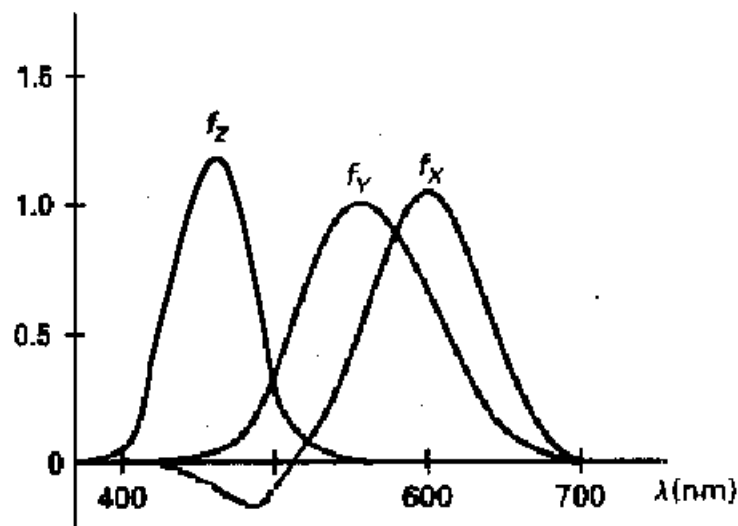
颜色

- ☑ 亮度：包含无色的强度的概念
- ☑ 色调：主波长有关的属性，观察者接收的主要颜色
- ☑ 饱和度：纯色中添加了白光数量的多少，是主色调与其它色调成份相对强弱的体现，饱和度与添加白光数量呈反比

XYZ三色值

- ☑ 原色：如果将X,Y,Z三种颜色适当混合即可产生一种颜色，而XYZ中任两种颜色组合不能产生第三种颜色，这三种颜色称为原色。即红、绿、蓝为原色

$$C = rR + gG + bB$$



XYZ三色值

- 1931年，国际照明委员会（CIE）规定了通用色度图和一套标准色度观察者光谱三刺激值。

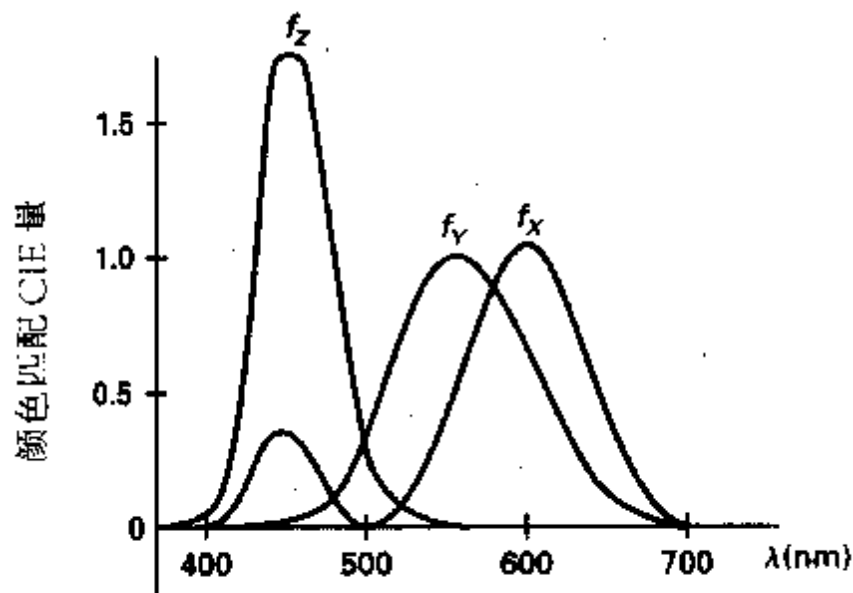
$$C = xX + yY + zZ$$

$$x + y + z = 1$$

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

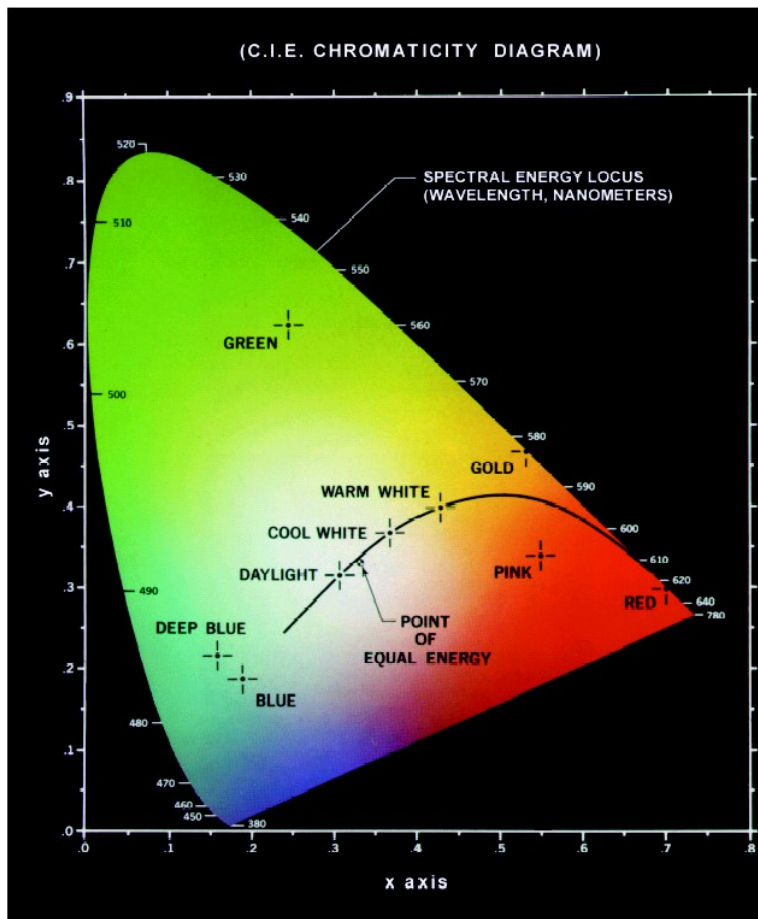
$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$



显示光谱颜色所需的 CIE 基色量

FIGURE 6.5

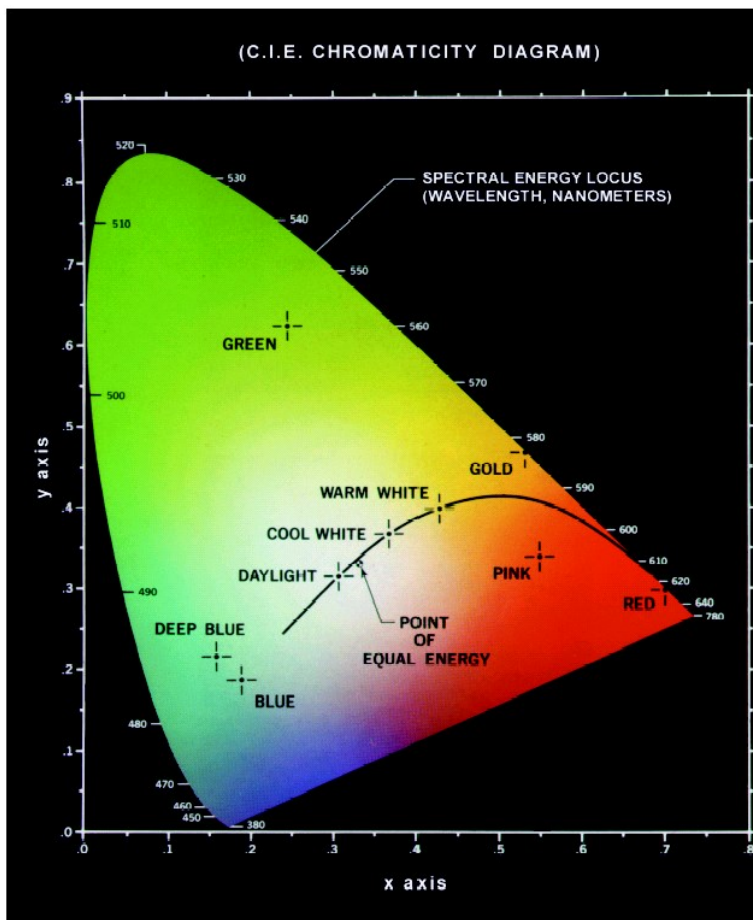
Chromaticity diagram.
(Courtesy of the
General Electric
Co., Lamp
Business
Division.)



CIE色度图：以 x , y
函数表示颜色的组成
对应的 z 可以由 $1-x-y$
得到

边界上所有的纯色
而舌形内部的点都表示
谱色的混合色

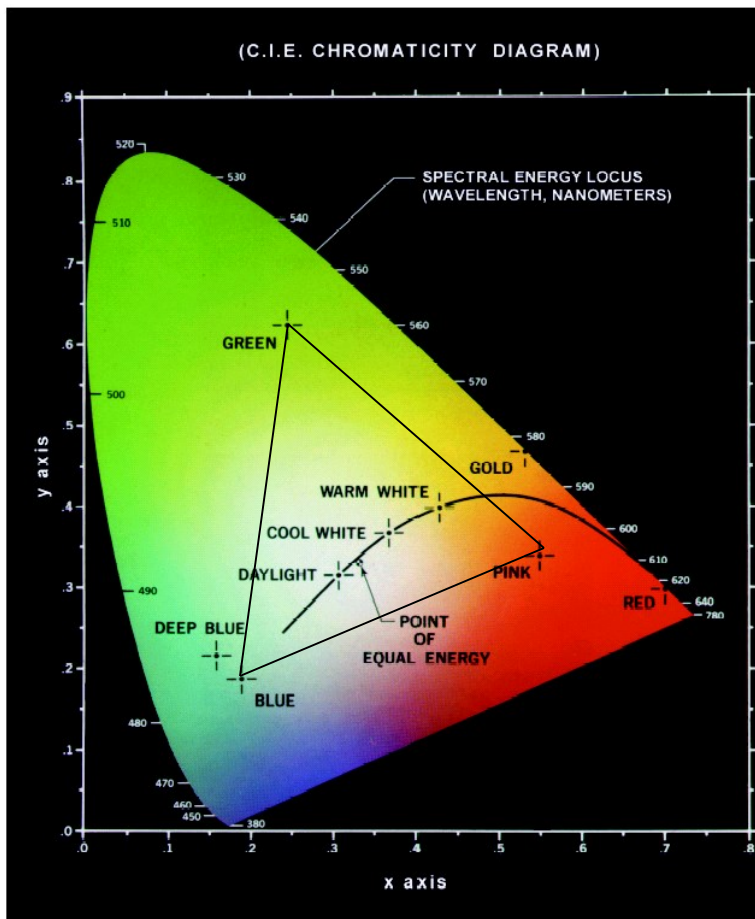
FIGURE 6.5
Chromaticity
diagram.
(Courtesy of the
General Electric
Co., Lamp
Business
Division.)



等能量点表示三原色
成份均等，表示白光的
CIE标准

边界上是颜色是全饱和的，
向内接近等能量点则开始欠饱和，
到达等能量点时饱和度为0

FIGURE 6.5
Chromaticity
diagram.
(Courtesy of the
General Electric
Co., Lamp
Business
Division.)



任两点之间的连线表示
该两种颜色的过渡，可
以通过对两种颜色进行
线性组合得到

任意一种边界上的纯色
到等能量点的连线表示
该谱色的所有饱和度

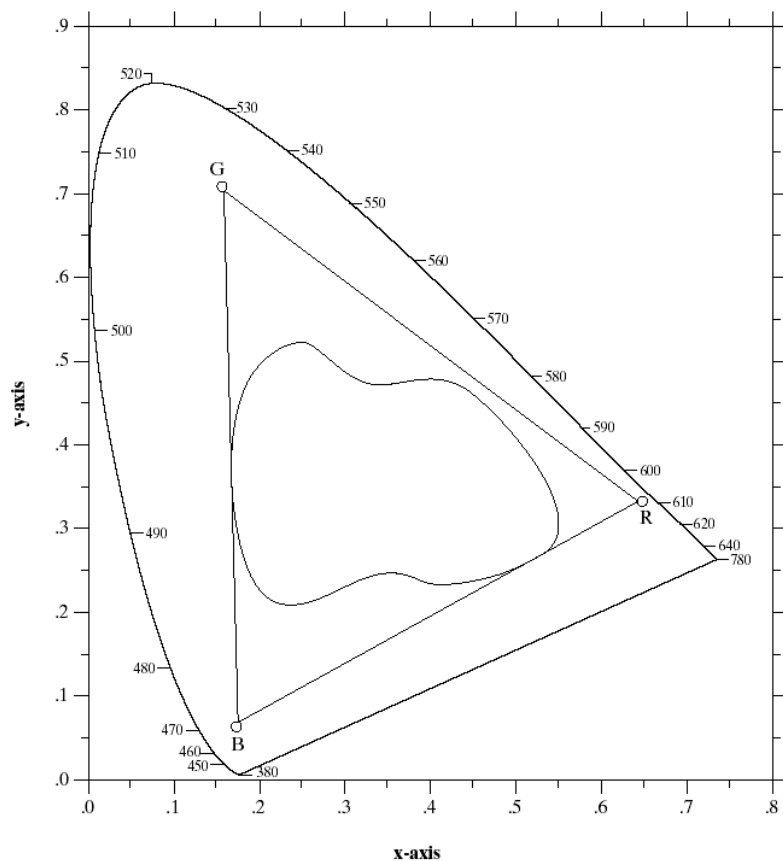


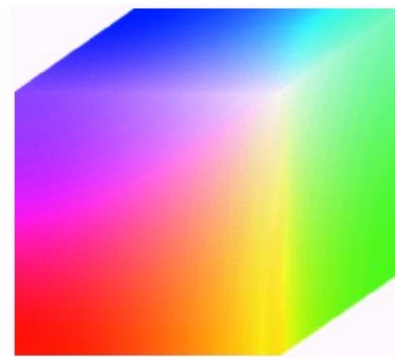
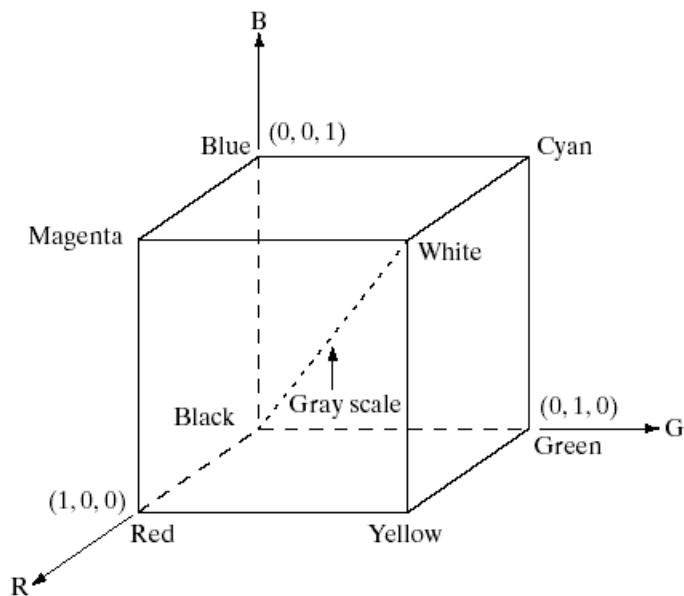
FIGURE 6.6 Typical color gamut of color monitors (triangle) and color printing devices (irregular region).

三角形区域是使用RGB方式显示颜色的设备所能表现的所有颜色，这些设备基于三个高质量的可见光源色的相加来产生色彩

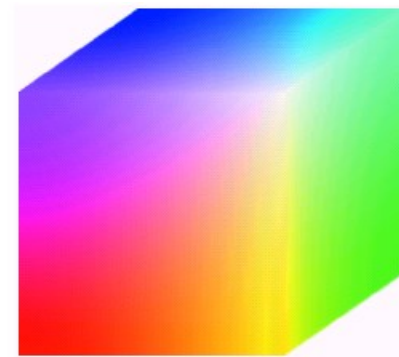
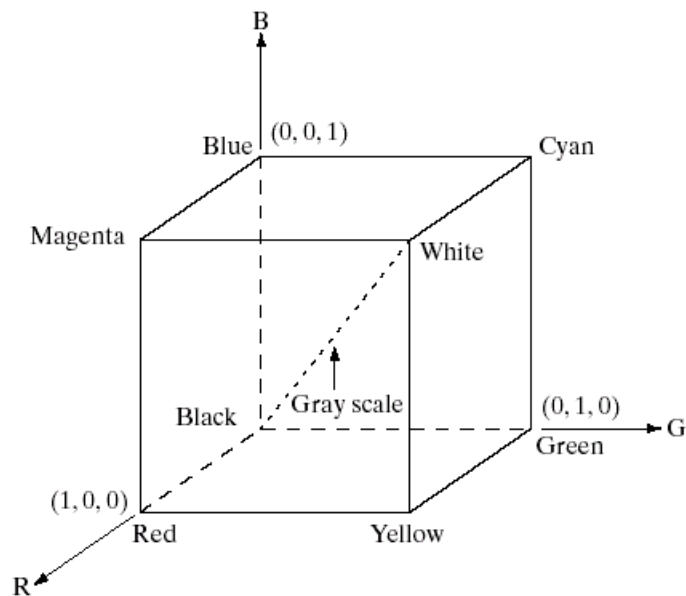
不规则区域是高质量彩色打印设备的色域，彩色打印是加色和减色系统的结合

彩色模型

- ☑ RGB: 广泛应用于彩色监视器
- ☑ CMYK: 打印设备
- ☑ HSI: 符合人类描述颜色的方式, 分离出亮度信息, 便于采用灰度图象的算法来处理彩色图像
- ☑ YUV: 彩色电视广播系统



采用RGB三个分量描述颜色，将分量取值范围规范化到0-1之间，并使用RGB三个坐标轴构成三维空间，则构成一个单位立方体，所有RGB模型能够描述的颜色就在这个立方体的表面或者内部



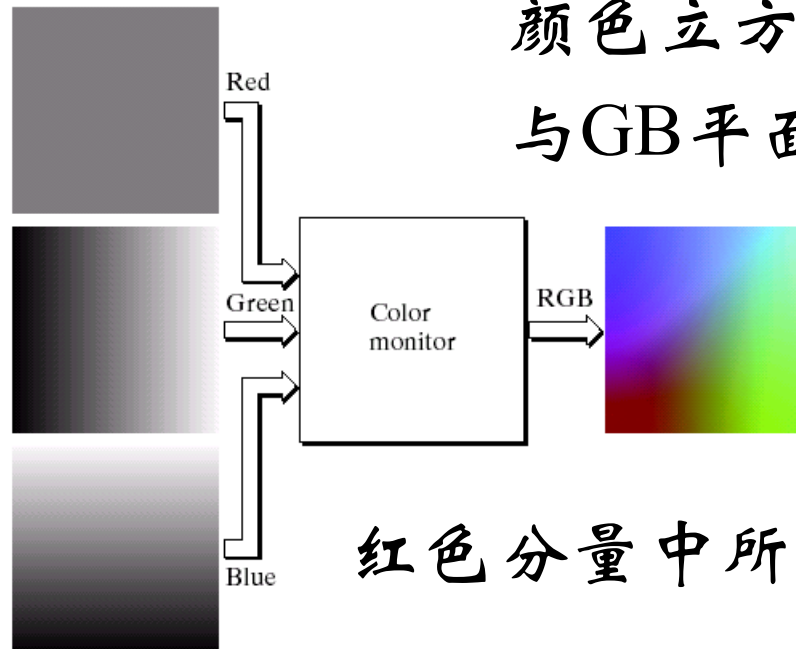
由于人能够同时辨认的灰度级较少，因此采用256个不同灰度级编码每个分量即可产生连续的颜色变化
因此颜色数为 $256*256*256=16777216=2^{24}$ 种颜色

颜色立方体过 $R=127$ 的 与GB平面平行的横截面

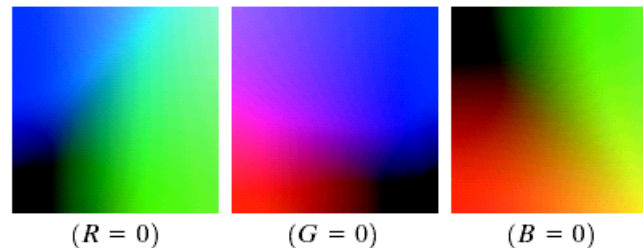
a
b

FIGURE 6.9

(a) Generating the RGB image of the cross-sectional color plane $(127, G, B)$.
(b) The three hidden surface planes in the color cube of Fig. 6.8.



红色分量中所有像素值均为127



颜色立方体的
另外三个面

DIP 数字图像处理



24位真彩色图像

DIP 数字图像处理

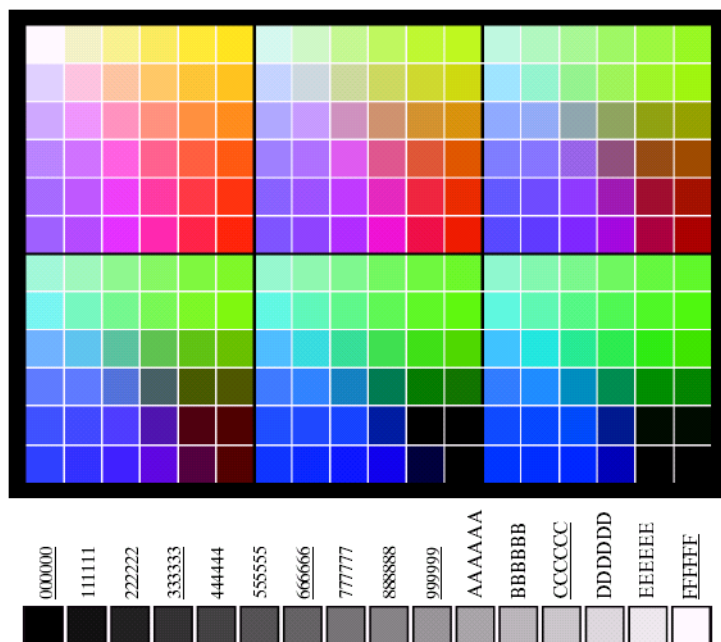


256色图像

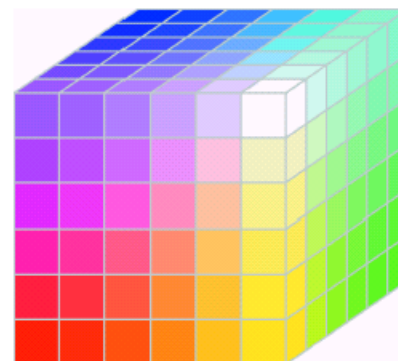
Number System		Color Equivalents				
Hex	00	33	66	99	CC	FF
Decimal	0	51	102	153	204	255

TABLE 6.1
Valid values of
each RGB
component in a
safe color.

FIGURE 6.10
(a) The 216 safe
RGB colors.
(b) All the grays
in the 256-color
RGB system
(grays that are
part of the safe
color group are
shown
underlined).



对颜色立方体等间隔
采样每个轴取六等分，
则得到 $6^3=216$ 种颜色，
再根据各系统的需要
加入一些重要的颜色
凑满256色



CMY及CMYK彩色模型

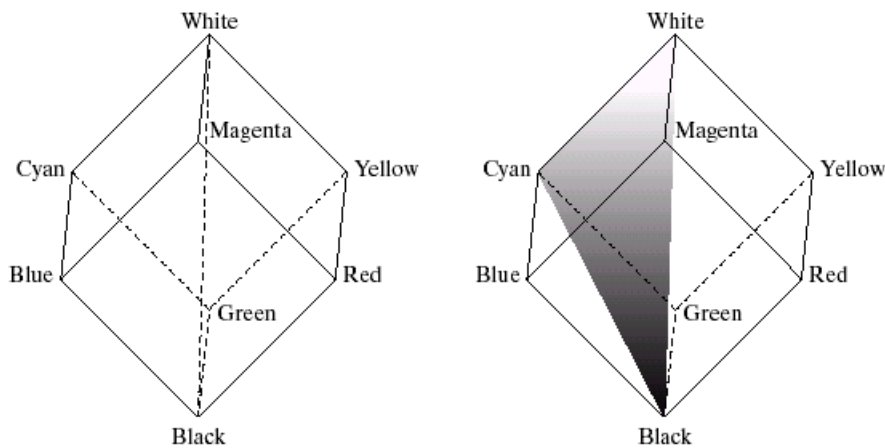
- ☑ 减色系统：例如使用青色颜料涂在一张白纸的部分区域，然后使用白光照耀，则该区域吸收红色光，反射剩下的光
- ☑ 当两种颜料混合在一起，则会吸收掉多种光成份，显示出减去这些成分的颜色

CMY及CMYK彩色模型

- ☑ 打印机大多使用CMY模型，当需要产生黑色时，只需等比例混合C、M、Y三种色彩成分即可，但是鉴于实践中这样产生的黑色效果较淡，因此专门在添加负责黑色打印的K色颜料，从而成为CMYK彩色模型

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

HSI彩色模型



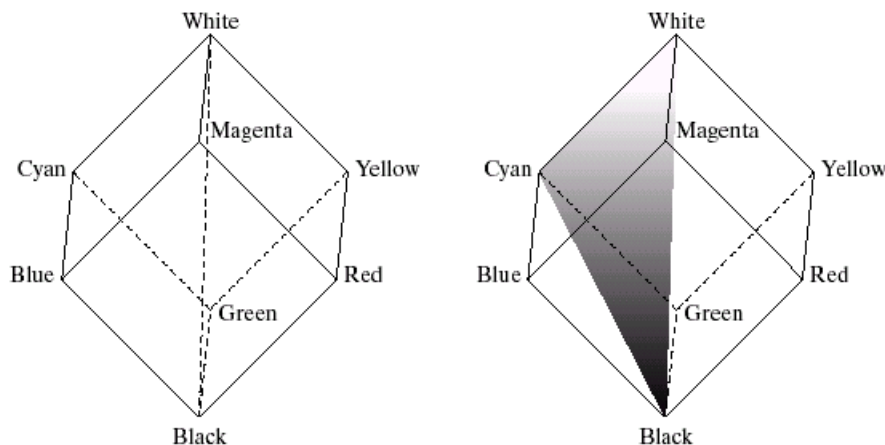
a b

FIGURE 6.12 Conceptual relationships between the RGB and HSI color models.

将亮度信息与彩色信息分离，不仅是以更符合人类视觉特性的一种颜色描述方式，对将以灰度级为处理对象的图像处理算法应用到彩色图像也非常重要

HSI彩色模型

☑ 如何从彩色中分离出HSI信息？



a b

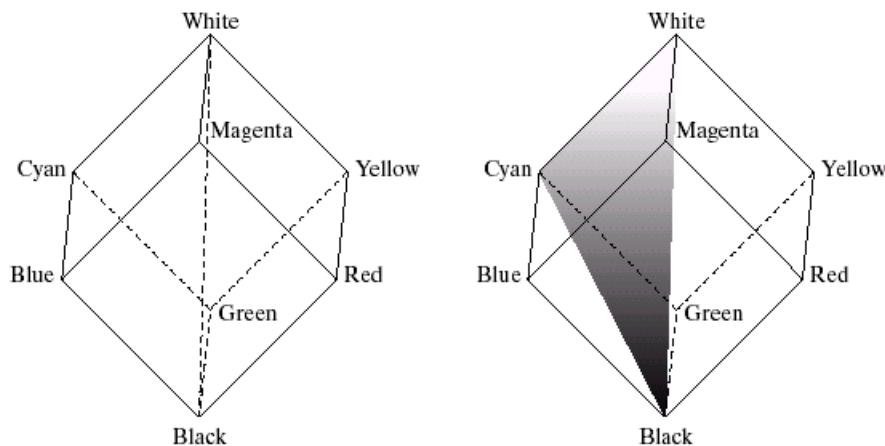
FIGURE 6.12 Conceptual relationships between the RGB and HSI color models.

阴影三角形绕强度轴
旋转一周，则所有的
色调将被遍历

黑-白对角线上的颜色只有强度变化，称为强度轴
黑-白-青三点构成的三角形中颜色都是青色的各种
不同亮度或者饱和度的版本，它们色调一致

HSI彩色模型

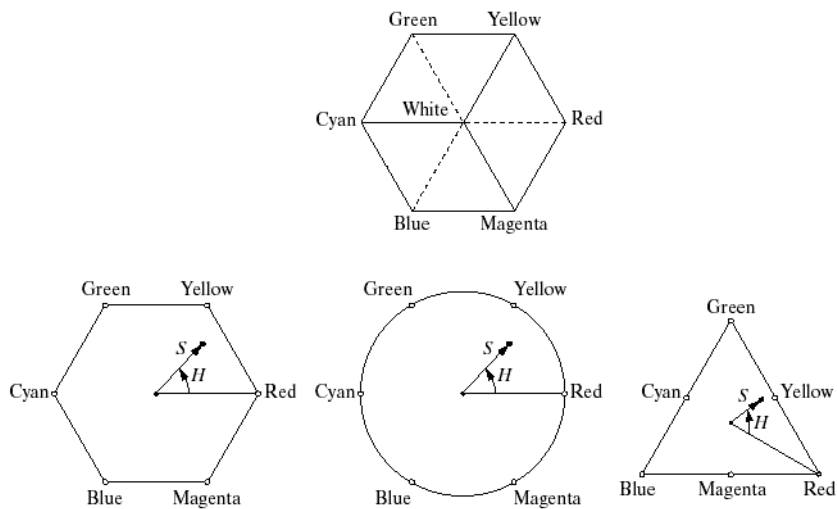
☑ 如何从彩色中分离出HSI信息？



a b

FIGURE 6.12 Conceptual relationships between the RGB and HSI color models.

垂直强度轴和位于垂直于该轴的平面的彩色点构成HSI空间的一个截面，随着垂直平面沿强度轴移动，其与RGB颜色立方体的截面呈现为三角形或六边形



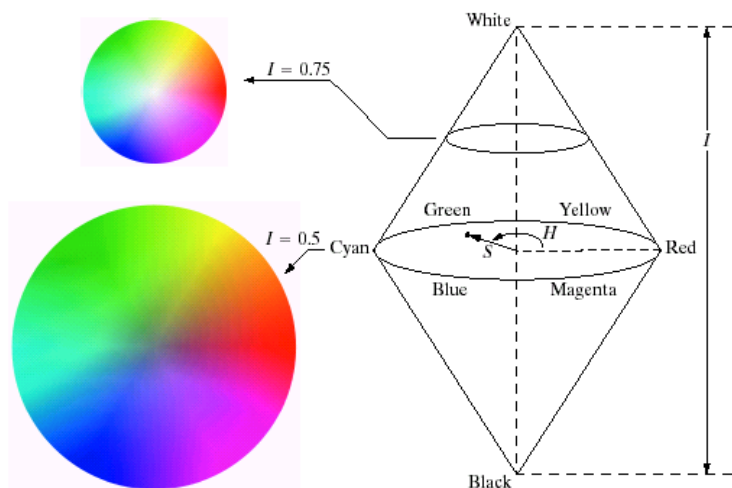
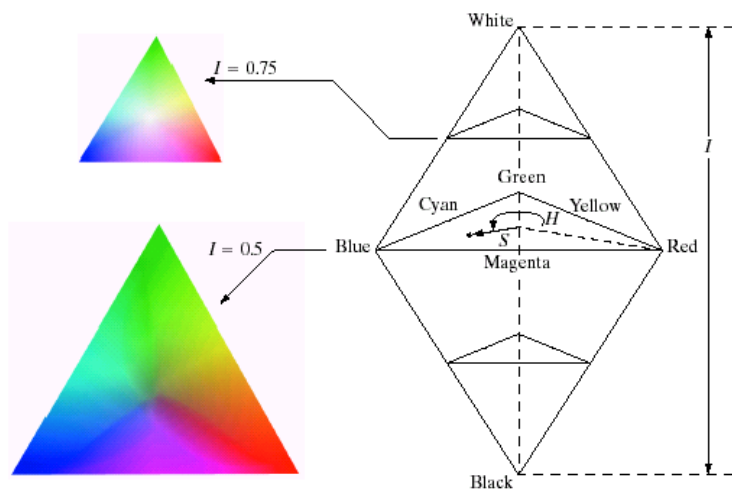
a
b c d

FIGURE 6.13 Hue and saturation in the HSI color model. The dot is an arbitrary color point. The angle from the red axis gives the hue, and the length of the vector is the saturation. The intensity of all colors in any of these planes is given by the position of the plane on the vertical intensity axis.

原色按照120度的间隔分布，二次色（青深红黄）也呈现120度的间隔，同时与原色间隔60度

无论截面的形状如何，相同色调的角度是一致的

通常以红色为起始色调，角度为 0° ，饱和度为某颜色点到强度轴的距离，同一平面的颜色具有相同的强度，并与强度轴上的对应点强度相同



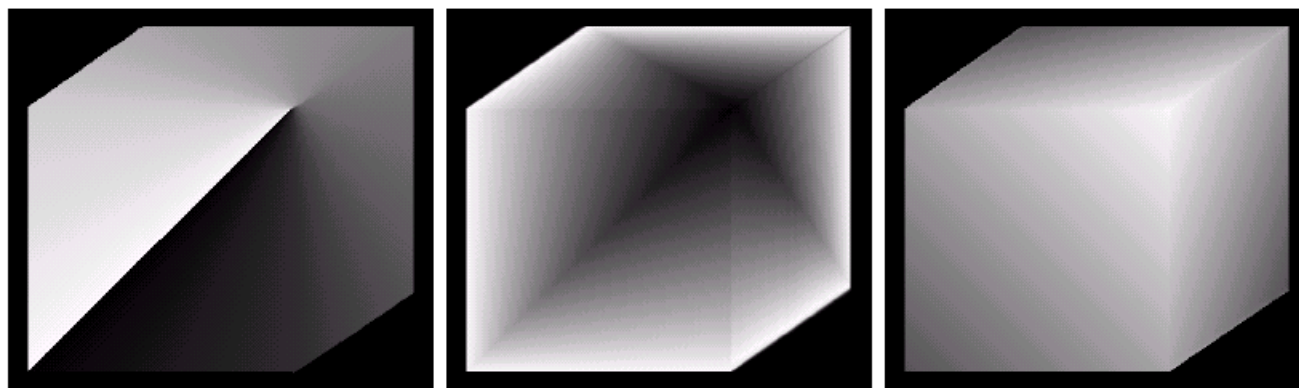
$$H = \begin{cases} \theta & B \leq G \\ 360 - \theta & B > G \end{cases}$$

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

$$I = \frac{1}{3} (R + G + B)$$

$$\theta = \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - G)(R - B)}} \right\}$$

RGB颜色立方体对应HSI分量，从左到右分别是色调，饱和度和强度分量



a b c

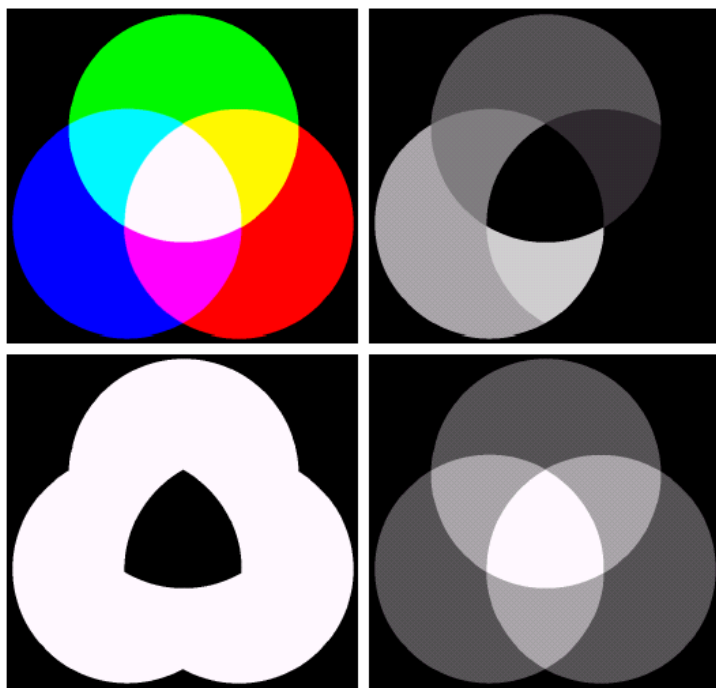
FIGURE 6.15 HSI components of the image in Fig. 6.8. (a) Hue, (b) saturation, and (c) intensity images.

红色处不连续

白色处饱和度最低

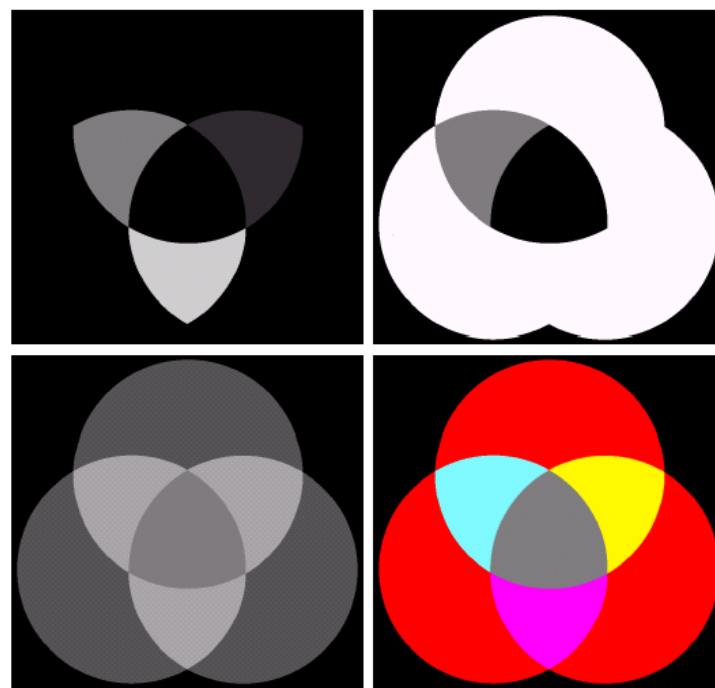
强度沿着对角线增强

对特定区域色调变成0，饱和度减少一半，强度减少一半



a b
c d

FIGURE 6.16 (a) RGB image and the components of its corresponding HSI image: (b) hue, (c) saturation, and (d) intensity.



a b
c d

FIGURE 6.17 (a)–(c) Modified HSI component images. (d) Resulting RGB image. (See Fig. 6.16 for the original HSI images.)