



第六章 彩色图像处理

主要内容:

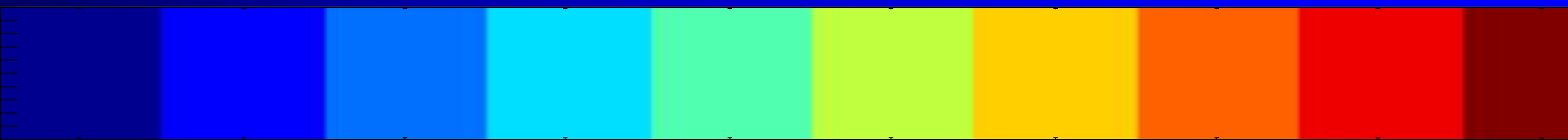
- 1.颜色模型
- 2.色彩变换
- 3.彩色图像增强

*辅助材料: <http://166.111.68.47/1999fall/chp04.html>

0 概述

灰度分辨能力：大约64级灰度

颜色分辨能力：能区分超过200种颜色(?)



- 全彩色处理

被处理图象是真彩色图象。

- 伪彩色处理

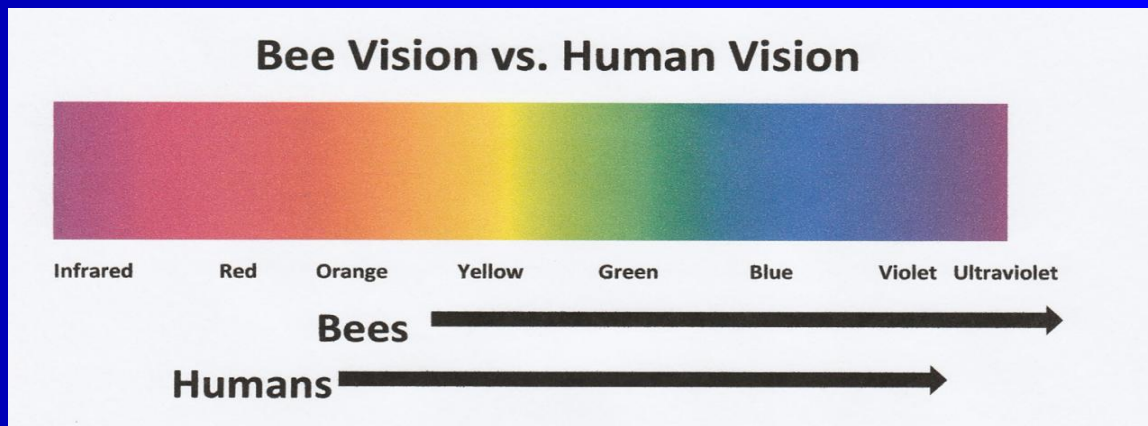
对特定的单一亮度或亮度范围赋予一定的颜色，以增强辨识能力为目的。（将灰度图像变换/转化为彩色图像以提高人们对图像内容的观察效率）

颜色的本质？

人眼视觉系统对光波的感知所产生的视知觉。

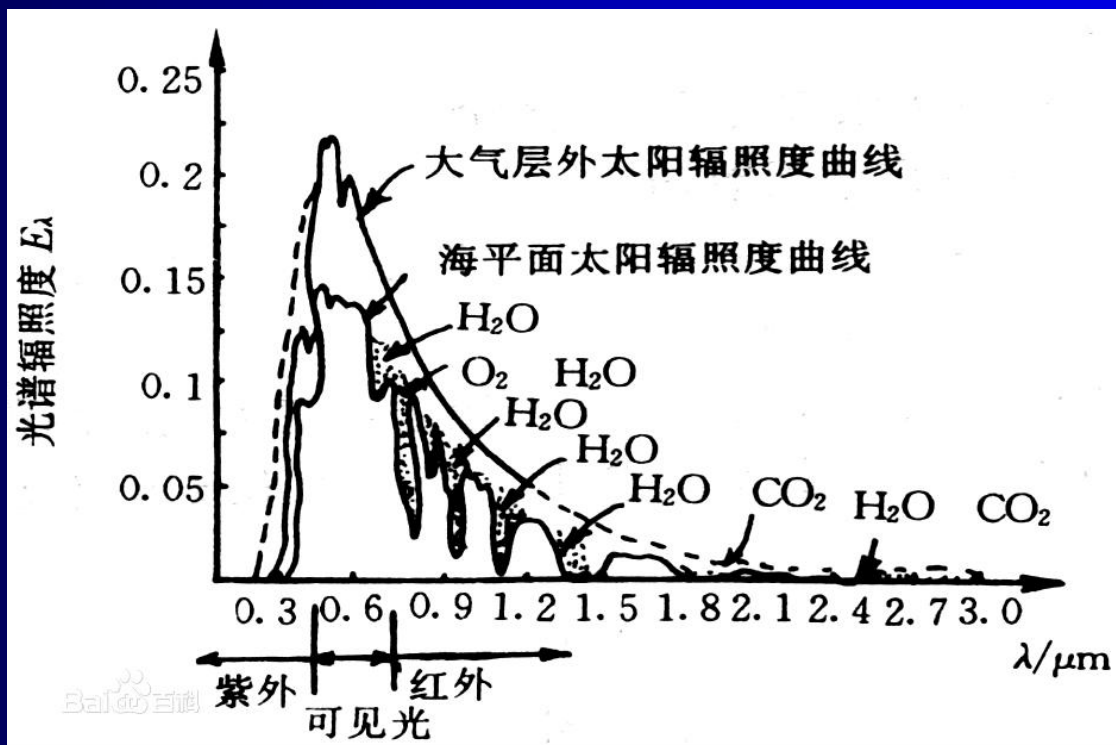
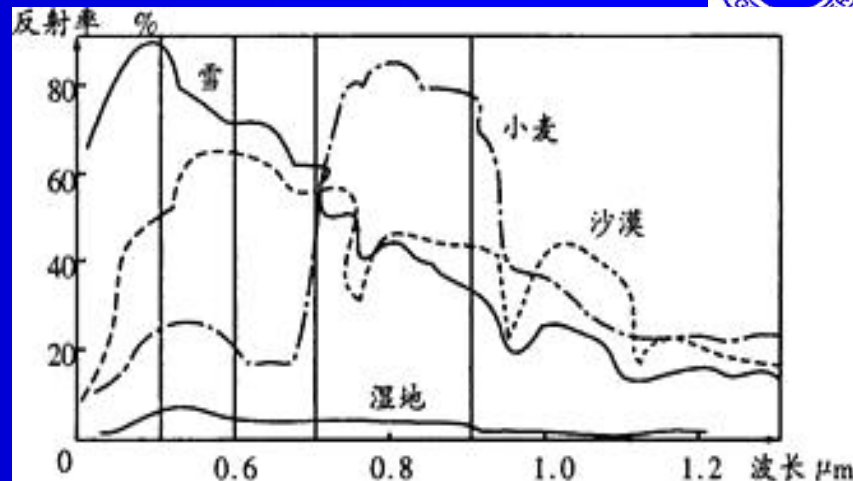
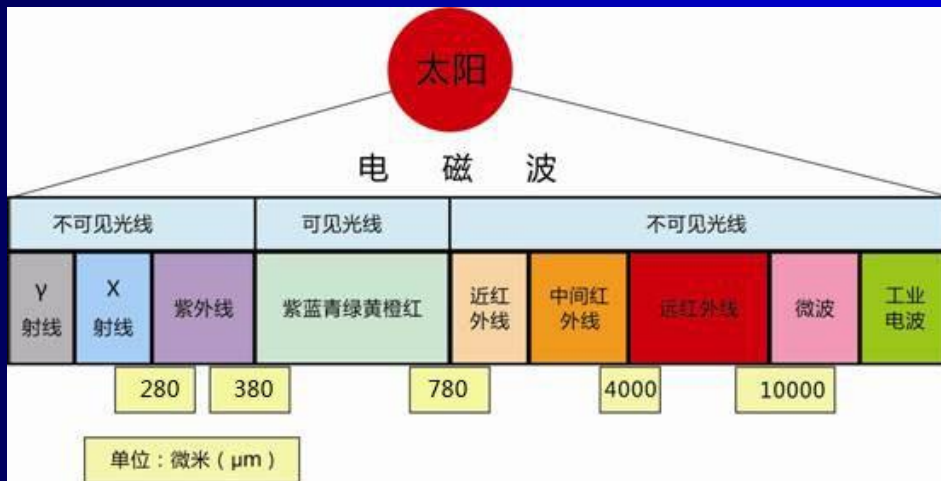
- 男性对颜色的敏感程度比女性低
- 蜜蜂、响尾蛇感知的颜色范围与人不同

A bees-eye view: How insects see flowers very differently to us
(MICHAEL HANLON, 2007)



<http://blog.sciencenet.cn/u/heruspex>(张军平)

太阳的故事 (<https://www.changhai.org/articles/science/astronomy/sun/index.php>)



✓大气吸收电磁辐射的主要物质是：水、二氧化碳和臭氧。

✓大气对太阳辐射的衰减总体规律为，大气吸收17%，散射22%，反射30%，其余31%太阳辐射到达地面。

(百度百科)



1 彩色基础（三基色与色度图）

➤三基色原理

问题1. 如何描述颜色？

问题2. 如何对红、黄、蓝、绿等颜色进行量化？

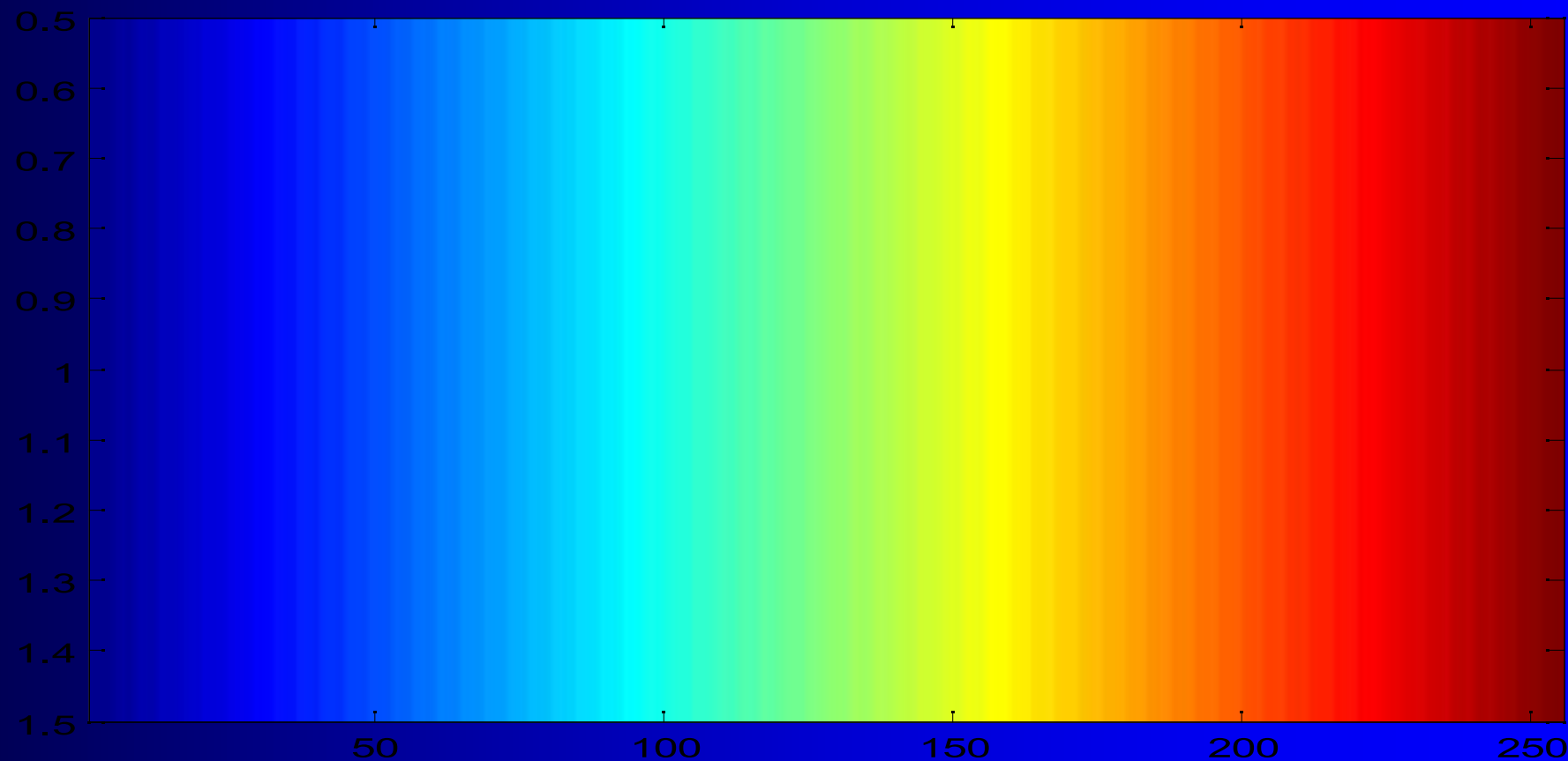
大量实验证明，色光的颜色只与光的波长“分布”有关。

三基色原理：自然界中的绝大部分色光都可以用特殊选定的三种基本单色光复合而成。

国际照明委员会(CIE)选择红色（波长700.00nm),绿色（波长546.1nm)和蓝色（波长435.8nm)三种光作为表色系统的三基色。



<http://article.xitek.com/showarticle.php?page=1&id=2470>



➤ 配色实验

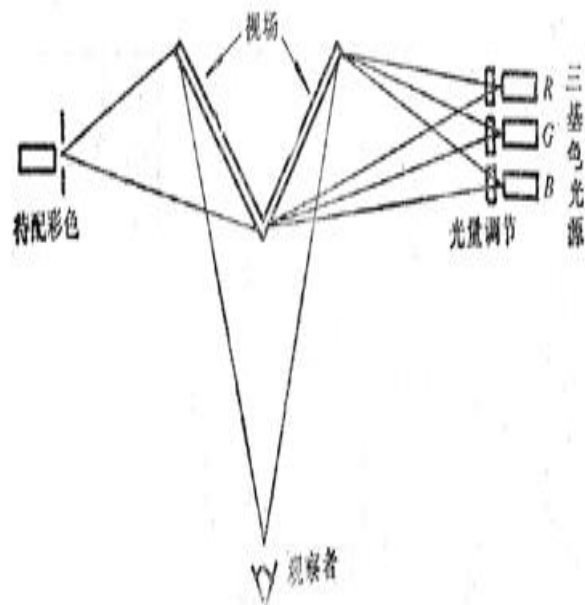


图2.2-1 配色实验原理图



$$Q = R R + G G + B B$$



$$3\text{lm}(\text{W}) \leftrightarrow 1\text{lm}(\text{R}) + 1\text{lm}(\text{G}) + 1\text{lm}(\text{B})$$

$$1\text{lm}(\text{W}) = 0.30\text{lm}(\text{R}) + 0.59\text{lm}(\text{G}) + 0.11\text{lm}(\text{B})$$

T单位制:

$$1\text{T单位红光} = 0.30\text{lm}$$

$$1\text{T单位绿光} = 0.59\text{lm}$$

$$1\text{T单位蓝光} = 0.11\text{lm}$$

以三基色为基础的格拉斯曼(H.Grassmann)定律:

$$\text{F} = \text{R}(\text{R}) + \text{G}(\text{G}) + \text{B}(\text{B})$$



补充：基本光学亮度单位

名 称 ↻	符 号	单 位 ↻		说 明 ↻
光通量 ↻	Φ	流明 ↻	Lm ↻	发光体每秒所发出的 <u>光量之总和</u> ，即光通量 ↻
光强 ↻	I	坎德拉 ↻	cd ↻	发光体在特定方向单位立体角内所发射的光通量 ↻
照度 ↻	E	勒克斯 ↻	Lm/m ²	发光体照射在被照物体单位面积上的光通量 ↻
亮度 ↻	L	尼脱 ↻	cd/m ² ↻	发光体在特定方向单位立体角单位面积内的光通量 ↻
光效 ↻	每瓦流明 ↻	Lm/w ↻		电光源将电能转化为光的能力，以发出的光通量除以耗电量来表示 ↻
平 均 寿 命 ↻		小时 ↻		指一批灯泡至百分之五十的数量损坏时的小时数 ↻
经 济 寿 命 ↻		小时 ↻		在同时考虑灯泡的损坏以及光束输出衰减的状况下，其综合光束输出减至一 <u>特定</u> 的小时数。此比例用于室外的光源为百分之七十，用于室内的光源如日光灯则为百分之八十。 ↻

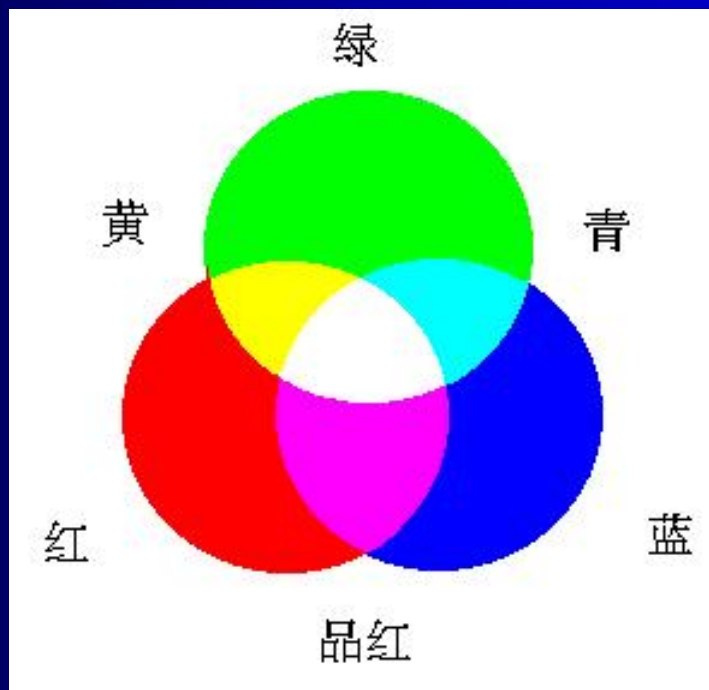
光通量 (Luminous flux): 光源在单位时间内发出的光亮总和称为光源的光通量。光亮与人眼对光的敏感程度有关，不仅仅由光的能量决定。例如：一只40W的普通白炽灯的光通量为350---470lm，而一只40W的普通直管形荧光灯的光通量为2800lm左右，为白炽灯的6--8倍。

1W辐射功率的555nm波长的单色光所产生的光通量为680lm，此时，光瓦和流明之间的关系为：

$$1\text{W}=680\text{lm}$$

➤ 颜色的复合

❖ 加色法

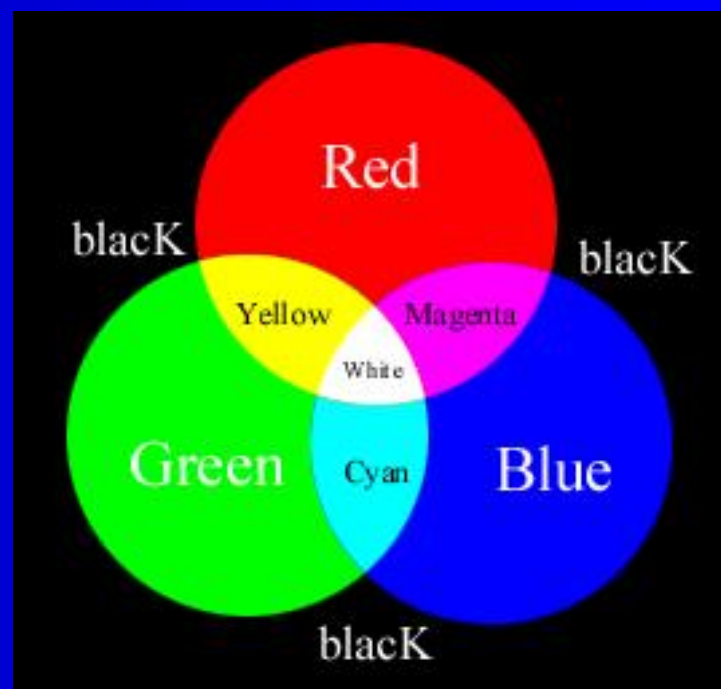


红+蓝=品红

红+绿=黄

绿+蓝=青

$R+G+B=W$



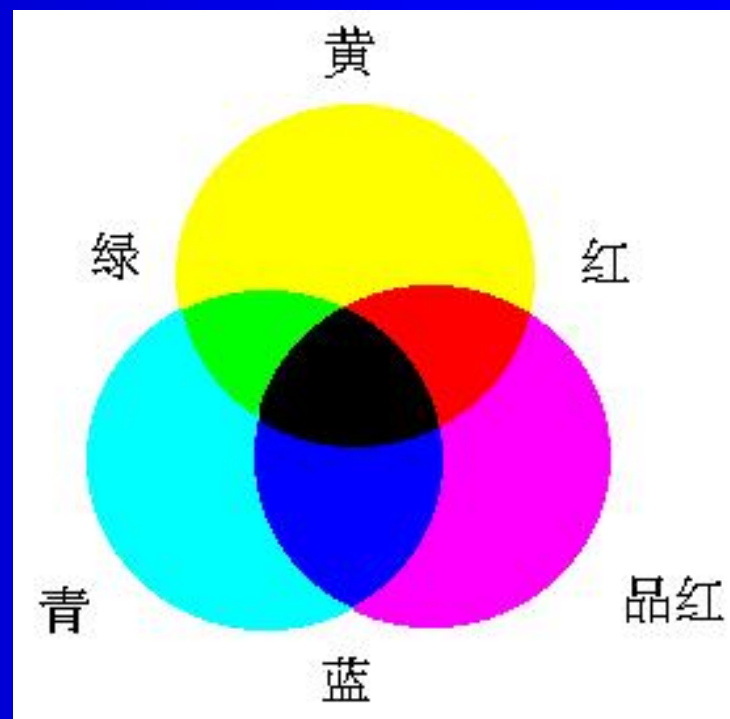
❖减色法

$C=G+B=W-R$ (减红原色)

$M=R+B=W-G$ (减绿原色)

$Y=R+G=W-B$ (减蓝原色)

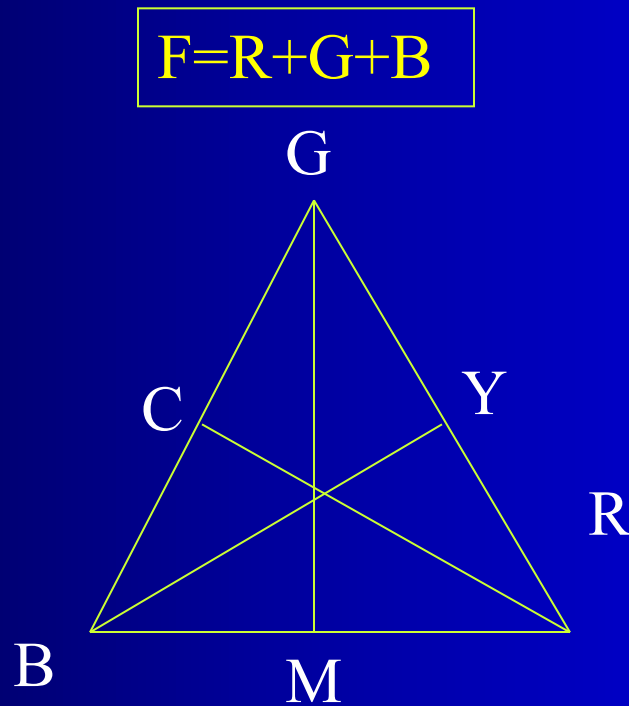
在印刷行业，以色料减色法为基础的基本模型为CMY，但是目前生产不出理想品质的油墨，所以实用的模型是CMYK，其中K是黑色。



如下的数量关系，建立在T单位制之上，下同。

➤颜色或色彩的数学模型

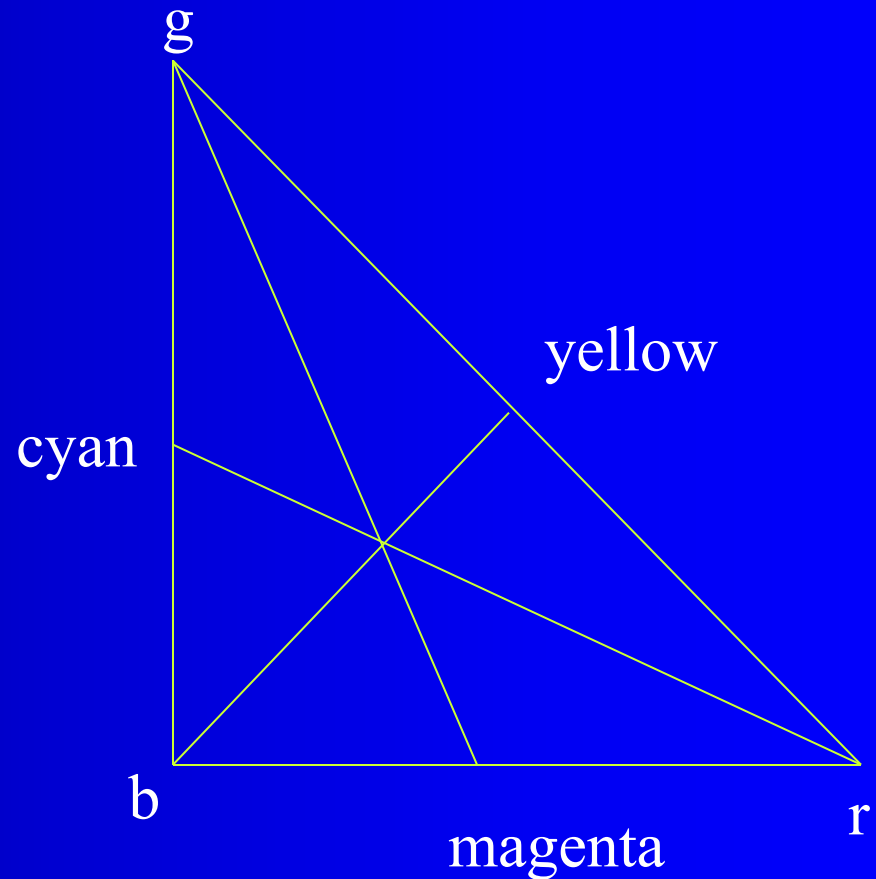
❖彩色三角形

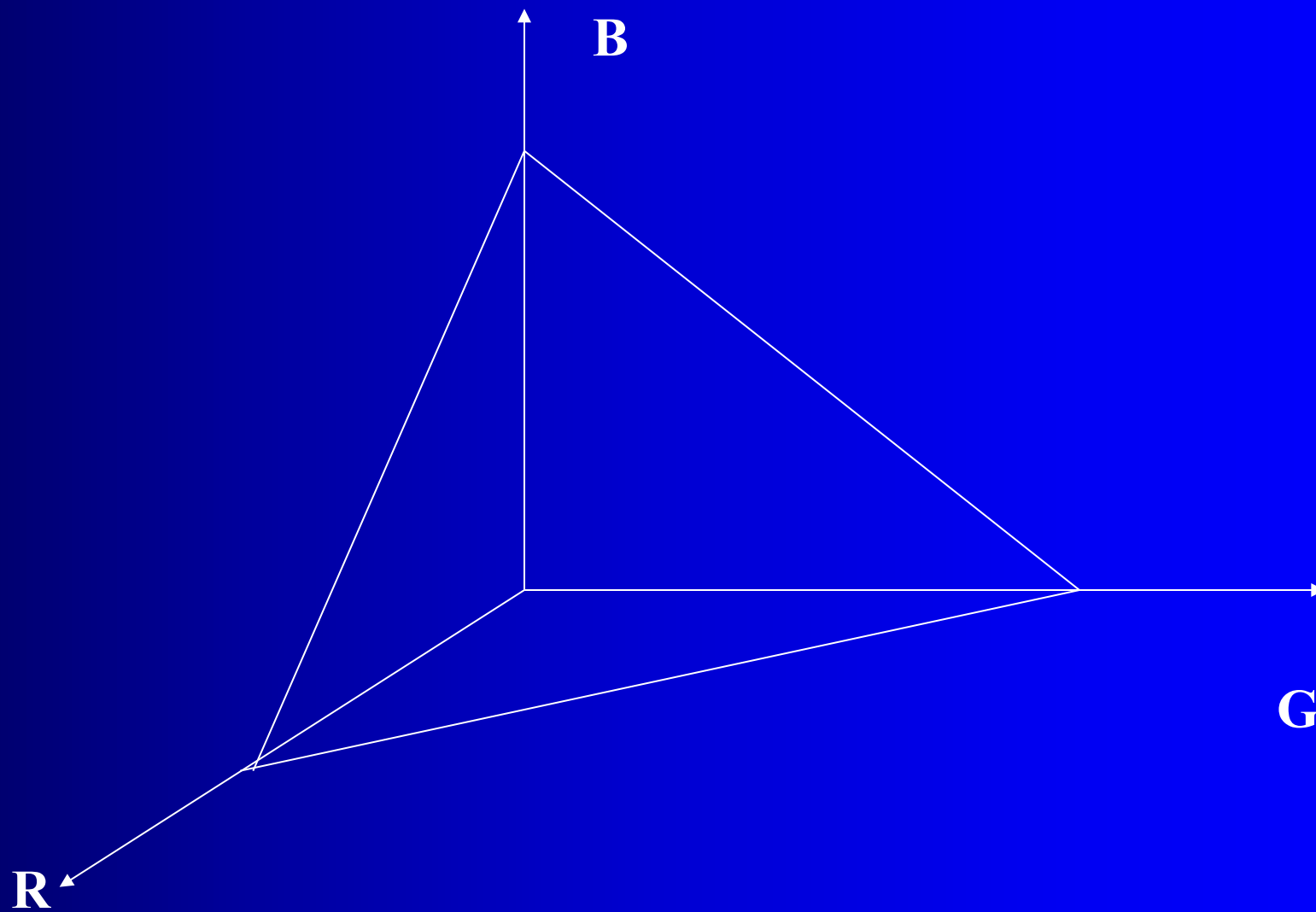


$$r=R/(R+G+B)$$

$$g=G/(R+G+B) \quad r+g+b=1$$

$$b=B/(R+G+B)$$







例 1 HTML允许16种预定义色彩可以直接采用英文名作为其color值，这16种色彩都列于下表中

color值		浏览效果
预定义色彩	16进制代码	
Black	#000000	
White	#FFFFFF	
Red	#FF0000	
Lime	#00FF00	
Blue	#0000FF	
Yellow	#FFFF00	
Fuchsia	#FF00FF	
Aqua	#00FFFF	
Silver	#C0C0C0	
Gray	#808080	
Olive	#808000	
Purple	#800080	
Teal	#008080	
Maroon	#800000	
Green	#008000	
Navy	#000080	



在HTML文档里

`什么是"3S"技术`

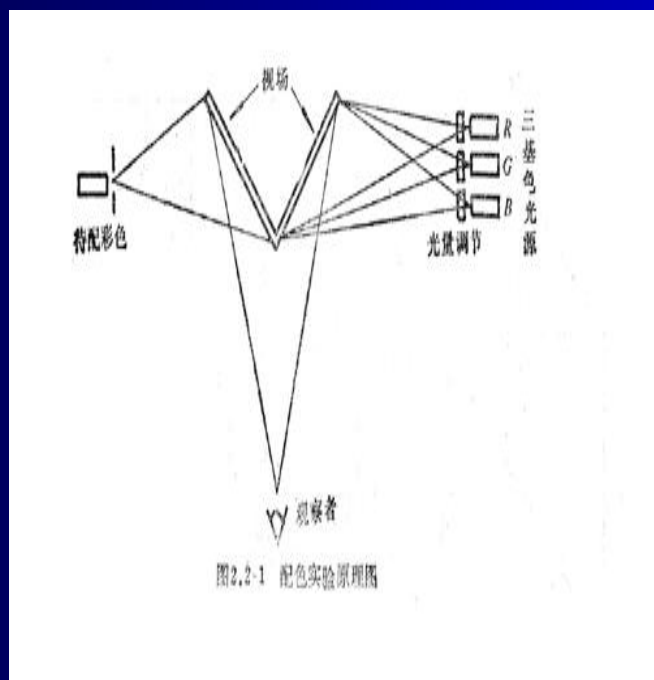
与

`什么是"3S"技术`

是等价的

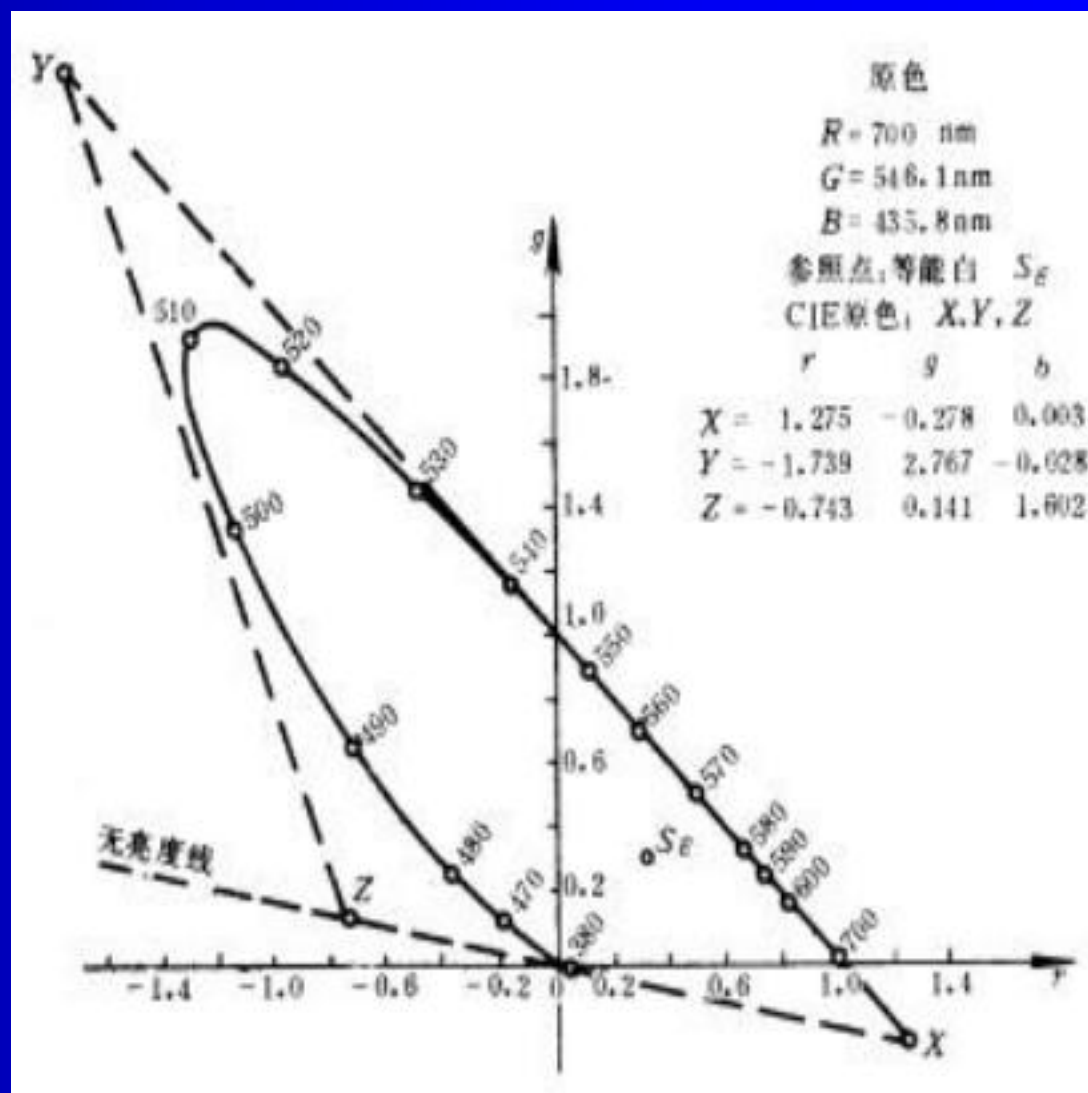
❖1931CIE-RGB系统

配色实验



$$Q = R\textcolor{red}{R} + G\textcolor{green}{G} + B\textcolor{blue}{B}$$

$$Q - R\textcolor{red}{R} = G\textcolor{green}{G} + B\textcolor{blue}{B}$$



❖ 1931 CIE-XYZ 系统

$$X=0.490R+0.310G+0.200B$$

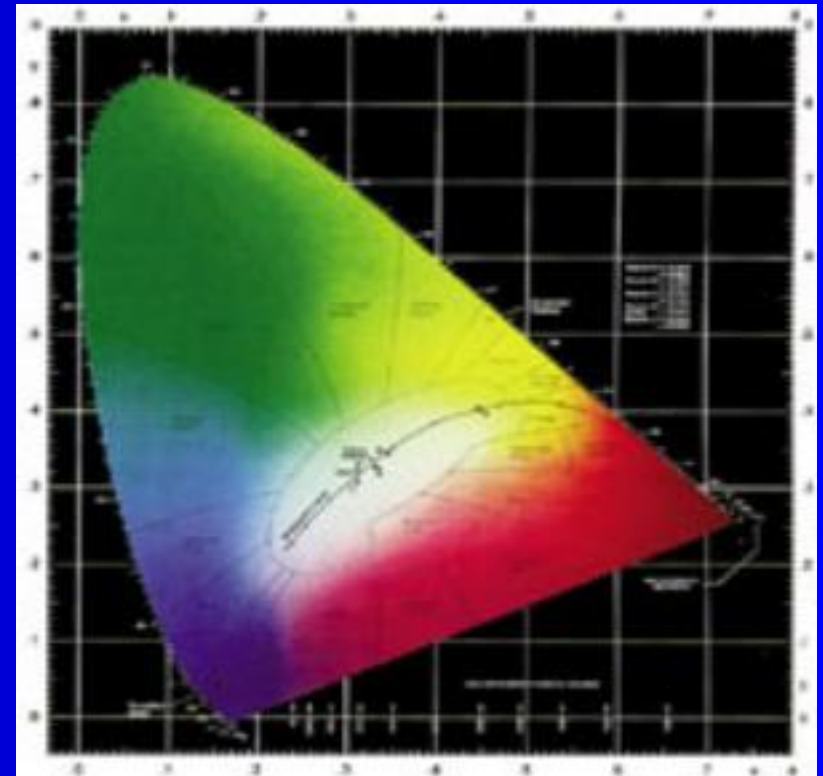
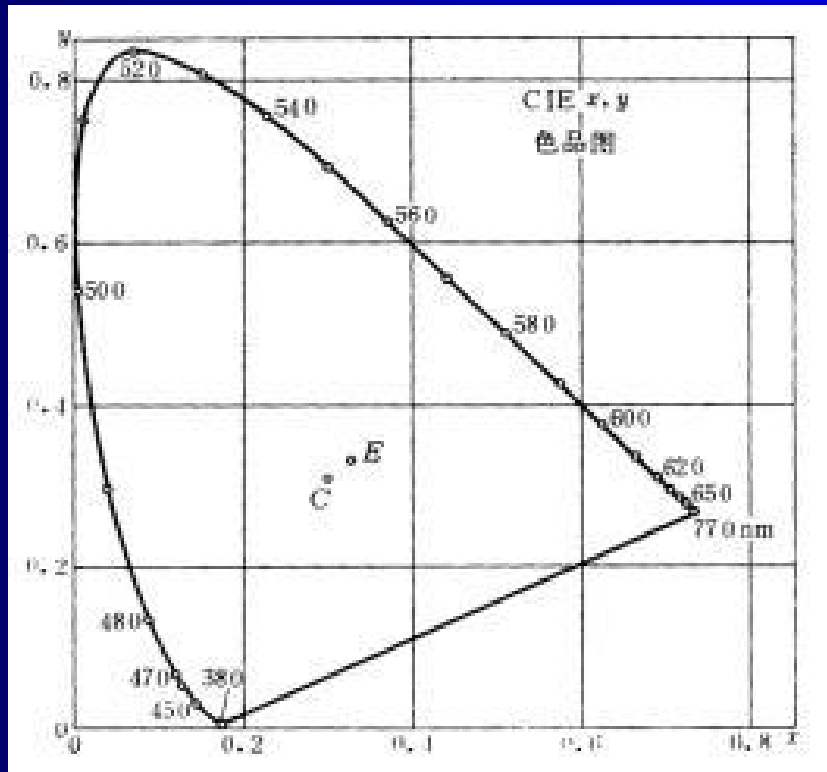
$$Y=0.177R+0.812G+0.011B$$

$$Z=0.010G+0.990B$$

$$x = (0.490r + 0.310g + 0.200b) / (0.667r + 1.132g + 1.200b)$$

$$y = (0.117r + 0.812g + 0.010b) / (0.667r + 1.132g + 1.200b)$$

$$z = (0.000r + 0.010g + 0.990b) / (0.667r + 1.132g + 1.200b)$$



●三基色

为组成某种彩色 C 所需的三个刺激量

$$X = 0.4902R + 0.3099G + 0.1999B$$

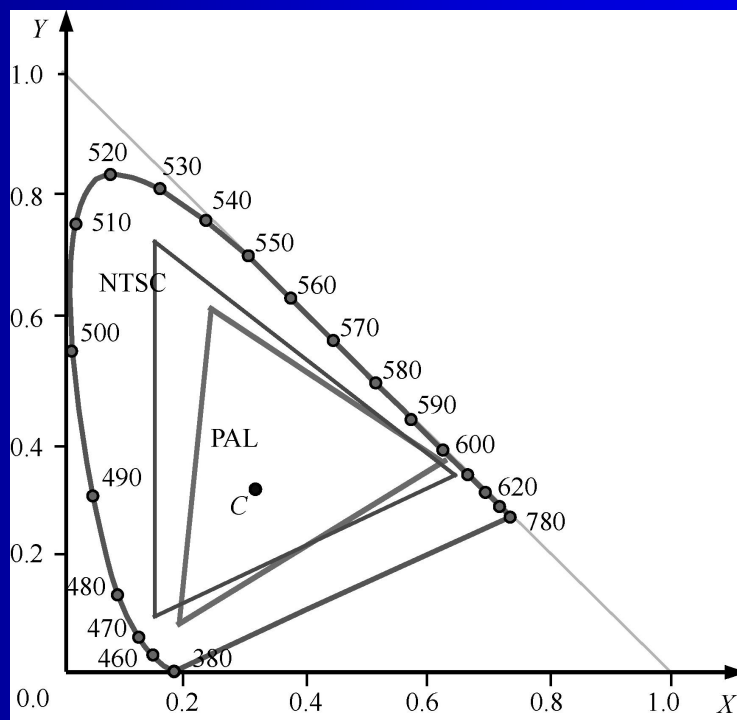
$$Y = 0.1770R + 0.8123G + 0.0107B$$

$$Z = 0.0000R + 0.0101G + 0.9899B$$

对白光，有 $X = 1$ ， $Y = 1$ ， $Z = 1$ 。如果每种刺激量的比例系数为 x ， y ， z ，则有 $C = xX + yY + zZ$ 。比例系数 x ， y ， z 也称为色系数。

●色度图 (1)

横轴对应红色的色系数 r ，纵轴对应绿色的色系数 g ，蓝色的色系数可由 $x + y + z = 1$ 求得，它在与纸面垂直的方向上。图中各点给出光谱中各颜色的色度坐标。





●色度图 (2)

- (1)在色度图中每点都对应一种可见的颜色。反过来，任何可见的颜色都在色度图中占据确定的位置。
- (2)在色度图轮廓上的点代表纯颜色，移向中心表示混合的白光增加而纯度减少。
- (3)在色度图中，过C点直线端点的两彩色互补。
- (4)在色度图轮廓上的各点具有不同的色调。
- (5)在色度图中连接任两端点的直线上的各点表示将这两端点所代表的彩色相加可组成的一种新彩色。

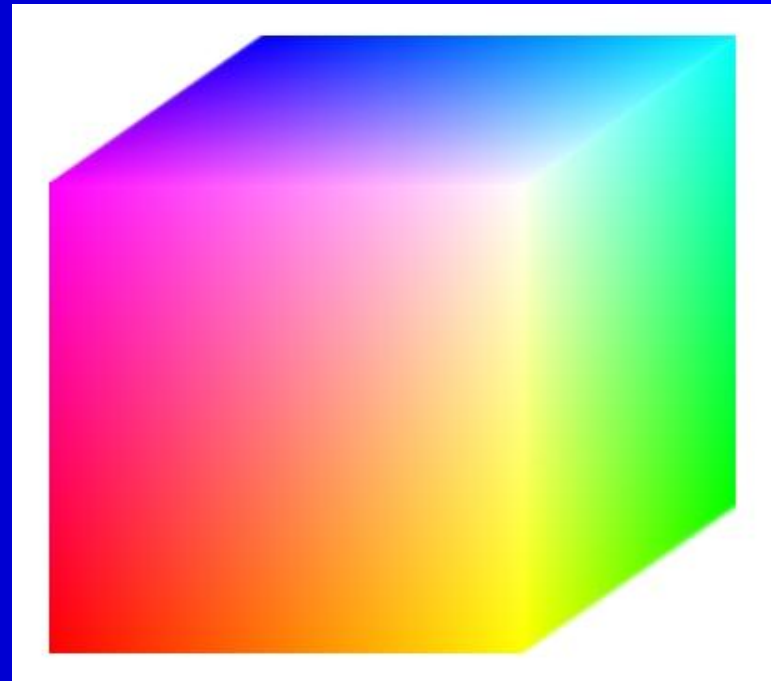
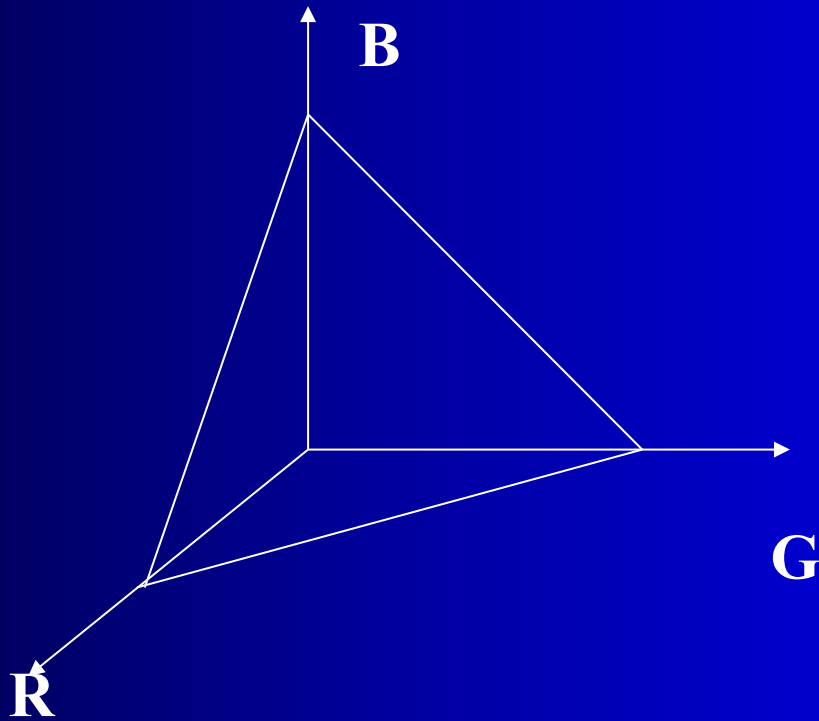
2 彩色模型及转换

22/52



(1) RGB

$$Q = R\mathbf{R} + G\mathbf{G} + B\mathbf{B}$$





(2) CMYK(230,200,130)=(100,70,0)+(130,130,130) 23/52

(3) HSV(hue-saturation-value)/HSI

根据对彩色的物理属性的研究，一种色彩可以用它的三个要素表征：色调(Hue)，饱和度 (Saturation)，亮度(Intensity)。

色调：它表明颜色的种类，取决于主波长；

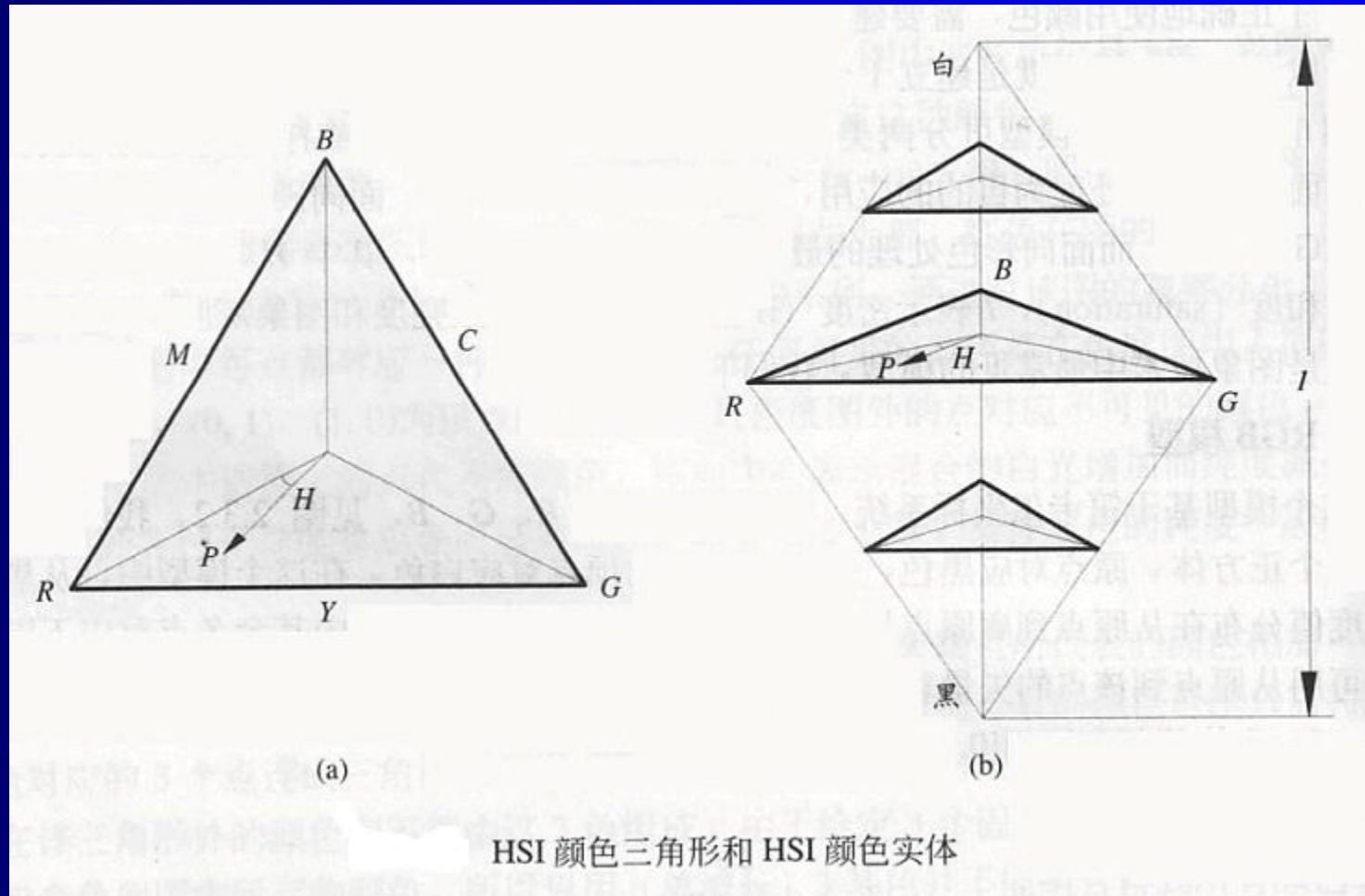
饱和度：表示颜色浓淡的物理量。通常用混入白光量的比例来度量。

亮度（辉度）：人眼所感受到的颜色明暗程度的物理量。

$$I = (R + G + B) / 3$$

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

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



(4) $L^*a^*b^*(Lab)$



(5) YUV/YIQ/YCrCb

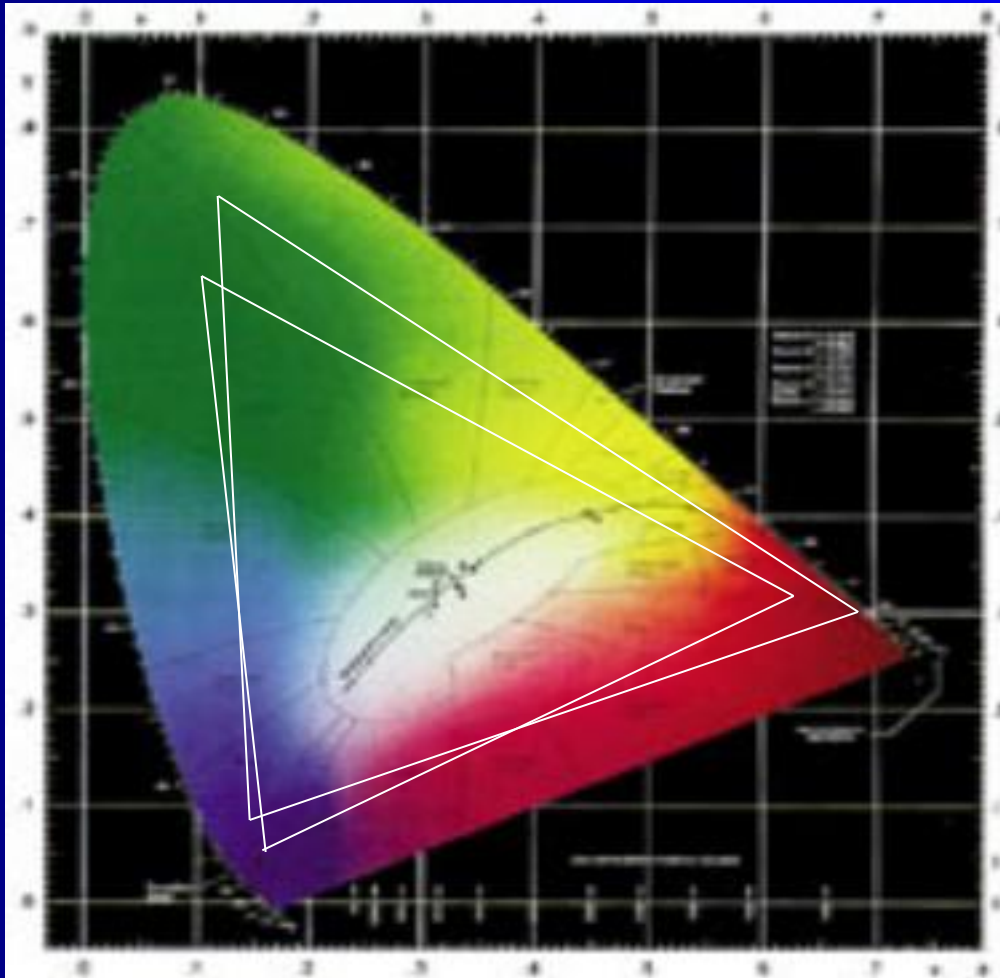
在彩色电视制式中，使用YUV和YIQ模型来表示彩色图像。在PAL彩色电视制式中使用YUV模型，其中Y表示亮度，UV用来表示色差，U、V是构成彩色的两个分量；在NTSC彩色电视制式中使用YIQ模型，其中的Y表示亮度，I、Q是两个彩色分量。**YCrCb用在图像压缩方面。是前两种模型的数字表现形式。**

它们与RGB的转换关系为：

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.436 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cr \\ Cb \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.578 & 0.114 \\ 0.500 & -0.4187 & -0.0813 \\ -0.1687 & -0.3313 & 0.500 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix}$$



PAL与NTSC色域示意图



➤颜色模型与其主要应用领域

颜色模型	主要应用领域	备注
RGB	面向显示或摄取设备	
YIQ/YUV	面向电视信号传输	
HSI/HSV	面向一般彩色图像应用	
Lab	面向科学研究	
CMY/CMYK	面向打印或印刷设备	



➤主要颜色模型与RGB的关系

❖HSI到RGB的转换

$$I = (R + G + B) / 3$$

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

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



❖ RGB到YIQ/YUV/YCbCr

$$\begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.168 & -0.331 & 0.5 \\ 0.5 & -0.419 & -0.081 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

PAL

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & -0.311 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

NTSC

$$\begin{cases} Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B \\ Cb = -0.1687 R - 0.3313 G + 0.5 B + 128 \\ Cr = 0.5 R - 0.4187 G - 0.0813 B + 128 \end{cases}$$

YUV的离散形式



❖ RGB到CMYK

青、品红、黄（CMY）彩色模型[3]是彩色图像印刷行业使用的彩色空间，在彩色立方体中它们是红、绿、蓝的补色，称为减色基，而红、绿、蓝称为加色基。在CMY模型中，颜色是从白光中减去一定成分得到的。CMY坐标可以从RGB模型中得到：

$$C = 1 - R$$

$$M = 1 - G$$

$$Y = 1 - B$$

由于在印刷时CMY模型不可能产生真正的黑色，因此在印刷业中实际上使用的是CMYK彩色模型，K为第四种颜色，表示黑色：从CMY 到CMYK的转换：

$$K := \min\{C, M, Y\}$$

$$C := C - K$$

$$M := M - K$$

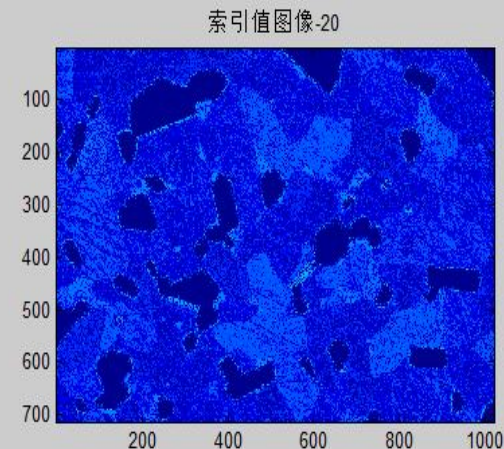
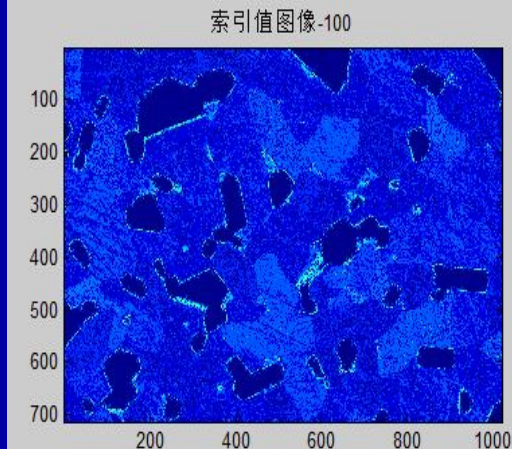
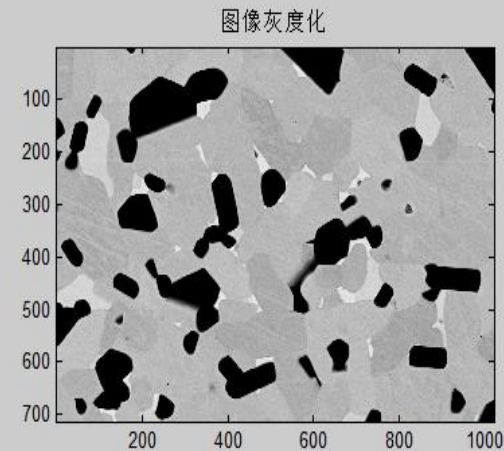
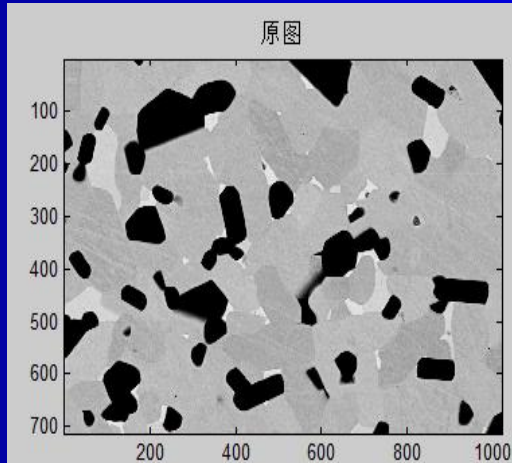
$$Y := Y - K$$

例2 将一灰度图像转换为索引值图像

31/52

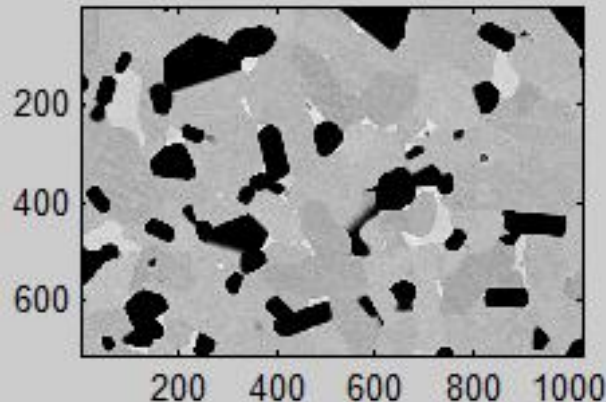


```
close all;
clear all;
A=imread('a.jpg');
B=rgb2gray(A);
map=colormap('jet');
[C,map1]=rgb2ind(A,100);
[D,map2]=rgb2ind(A,20);
subplot(2,2,1);
subimage(A);
title('原图');
subplot(2,2,2);
subimage(B);
title('图像灰度化');
subplot(2,2,3);
subimage(C,map);
title('索引值图像-100');
subplot(2,2,4);
subimage(D,map);
title('索引值图像-20');
imwrite(D,map,'a_ind.jpg','jpg');
```

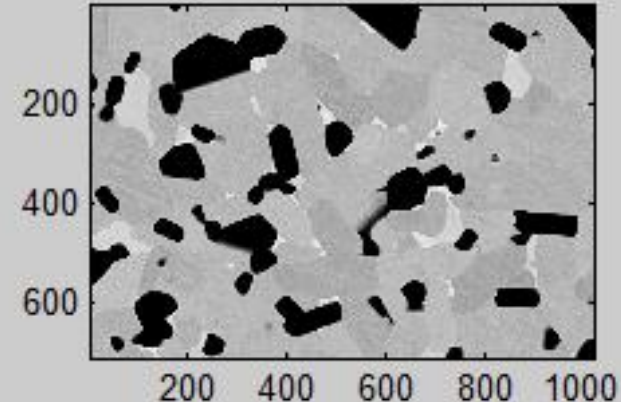


```
close all;  
clear all;  
A=imread('a.jpg');  
B=rgb2gray(A);  
subplot(2,2,1);  
subimage(A);  
title('原图');  
subplot(2,2,2);  
subimage(B);  
title('图像灰度化');  
subplot(2,2,3);  
map1=colormap('jet');  
subimage(B,map1);  
title('索引值图像1');  
subplot(2,2,4);  
map2=colormap('cool');  
subimage(B,map2);  
title('索引值图像2');  
map=colormap('jet');  
imwrite(B,map,'a_ind.jpg','jpg');
```

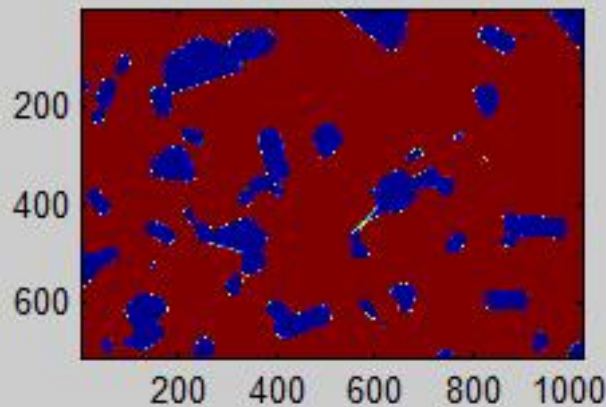
原图



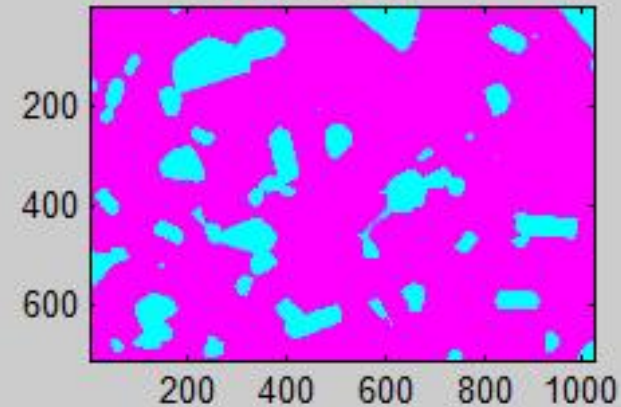
图像灰度化



索引值图像1



索引值图像2

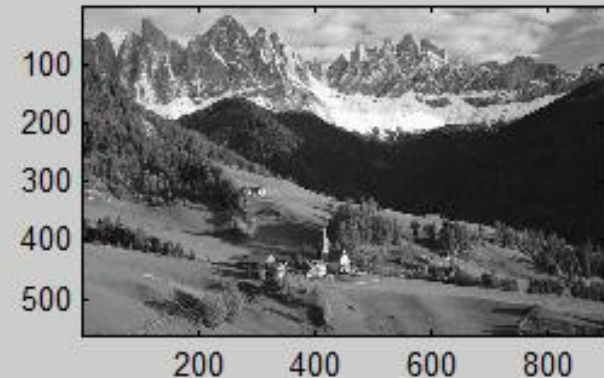



```
close all;  
clear all;  
A=imread('b.jpg');  
B=rgb2gray(A);  
subplot(2,2,1);  
subimage(A);  
title('原图');  
subplot(2,2,2);  
subimage(B);  
title('图像灰度化');  
subplot(2,2,3);  
map1=colormap('jet');  
subimage(B,map1);  
title('索引值图像1');  
subplot(2,2,4);  
map2=colormap('cool');  
subimage(B,map2);  
title('索引值图像2');  
map=colormap('jet');  
imwrite(B,map,'a_ind.jpg','jpg');
```

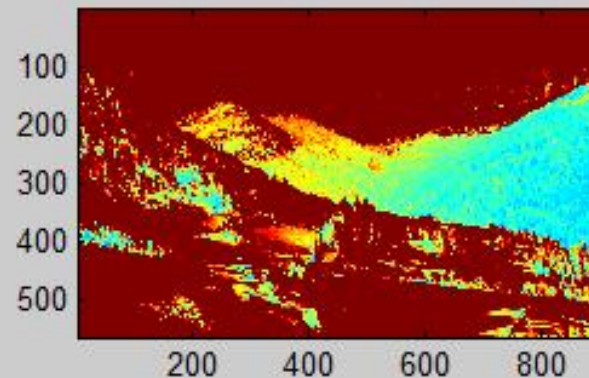
原图



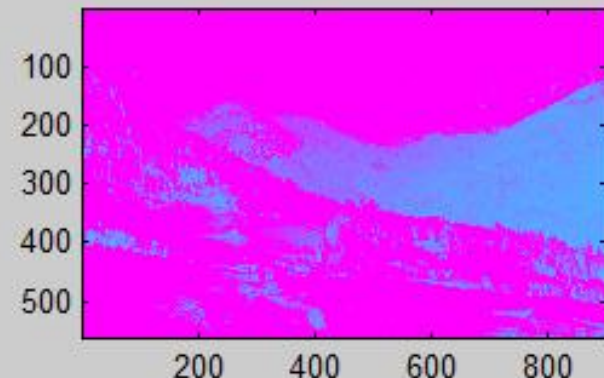
图像灰度化



索引值图像1



索引值图像2

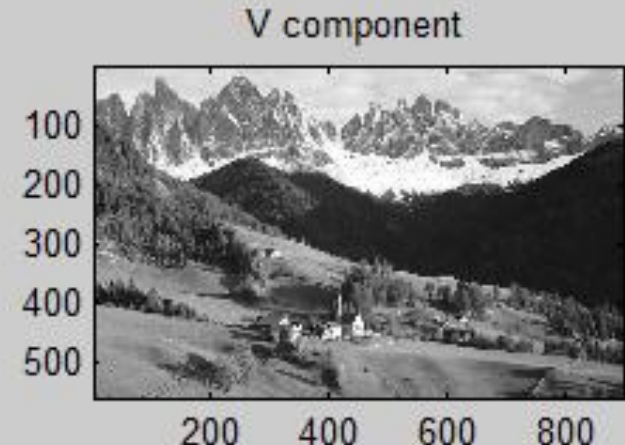
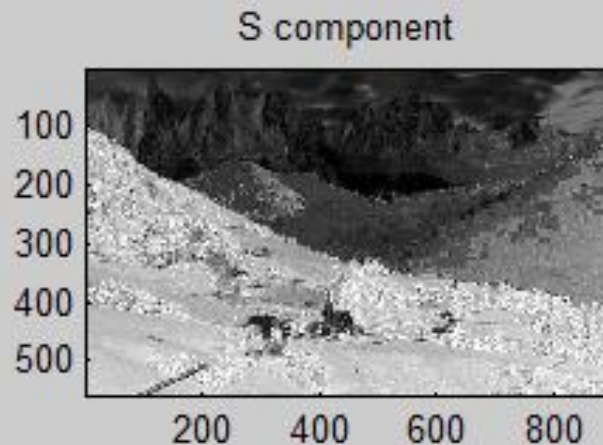
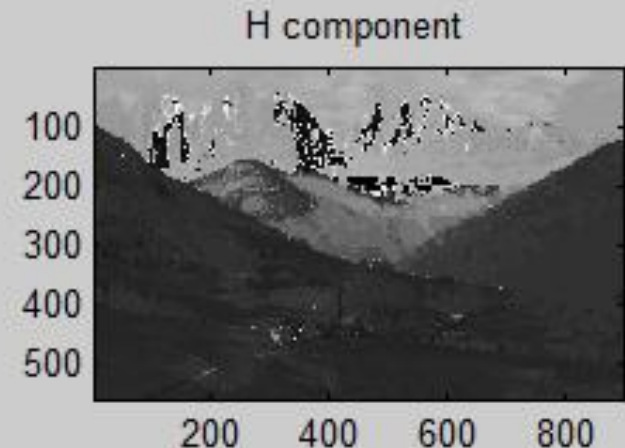


例3 彩色图像颜色模式转换

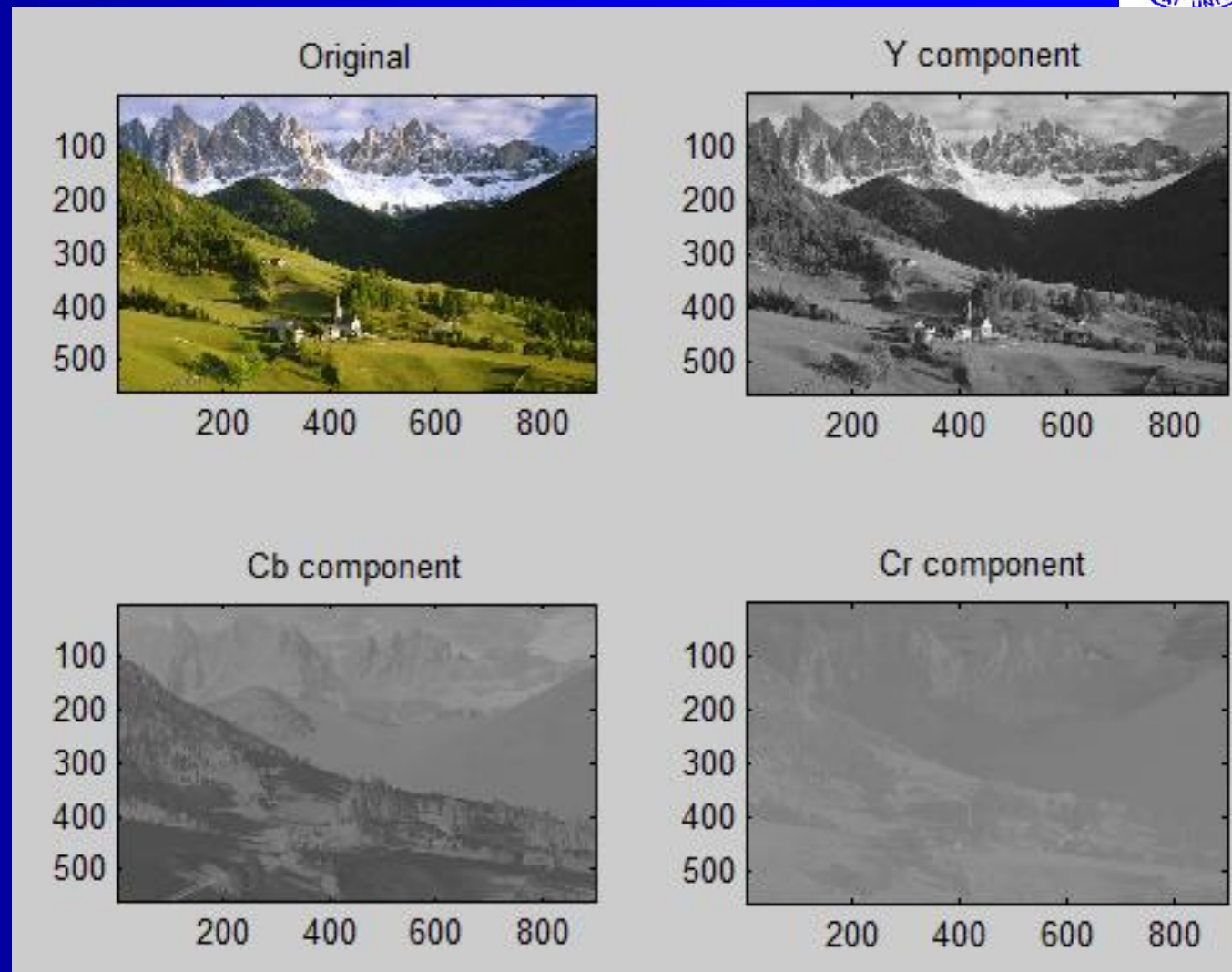
34/52



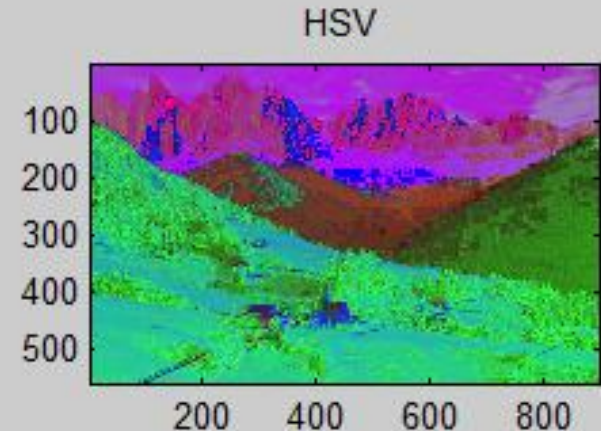
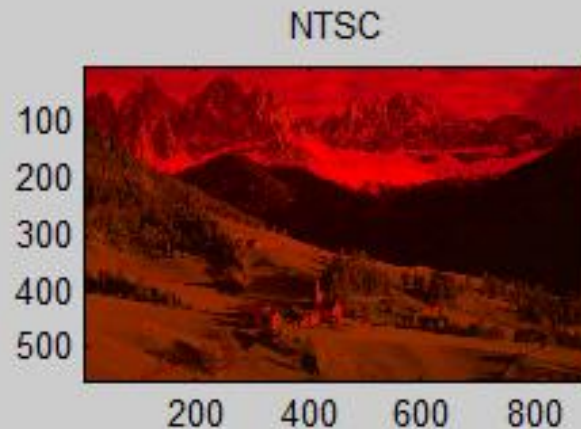
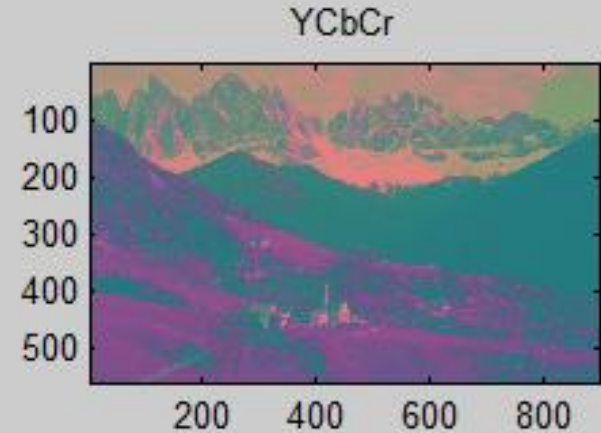
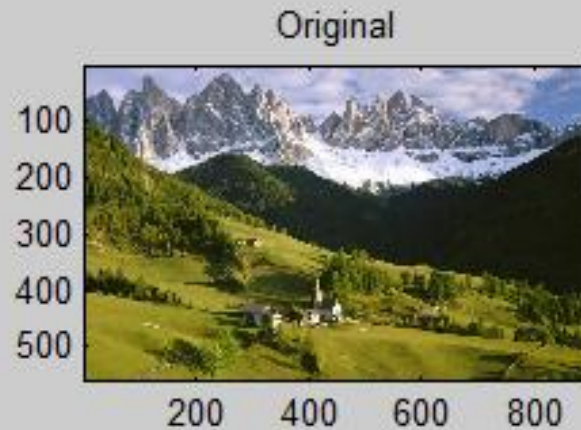
```
close all;  
clear all;  
A=imread('b.jpg');  
B=rgb2hsv(A);  
subplot(2,2,1);  
subimage(A);  
title('Original');  
subplot(2,2,2);  
subimage(B(:, :, 1));  
title('H component');  
subplot(2,2,3);  
subimage(B(:, :, 2));  
title('S component');  
subplot(2,2,4);  
subimage(B(:, :, 3));  
title('V component');
```



```
close all;  
clear all;  
A=imread('b.jpg');  
B=rgb2ycbcr(A);  
subplot(2,2,1);  
subimage(A);  
title('Original');  
subplot(2,2,2);  
subimage(B(:, :, 1));  
title('Y component');  
subplot(2,2,3);  
subimage(B(:, :, 2));  
title('Cb component');  
subplot(2,2,4);  
subimage(B(:, :, 3));  
title('Cr component');
```




```
close all;  
clear all;  
A=imread('b.jpg');  
B=rgb2ycbcr(A);  
C=rgb2ntsc(A);  
D=rgb2hsv(A);  
subplot(2,2,1);  
subimage(A);  
title('Original');  
subplot(2,2,2);  
subimage(B);  
title('YCbCr');  
subplot(2,2,3);  
subimage(C);  
title('NTSC');  
subplot(2,2,4);  
subimage(D);  
title('HSV');
```





3 伪彩色增强

人的眼睛只能分辨几十种不同深浅的灰度级，不过却能分辨几千种不同的颜色.

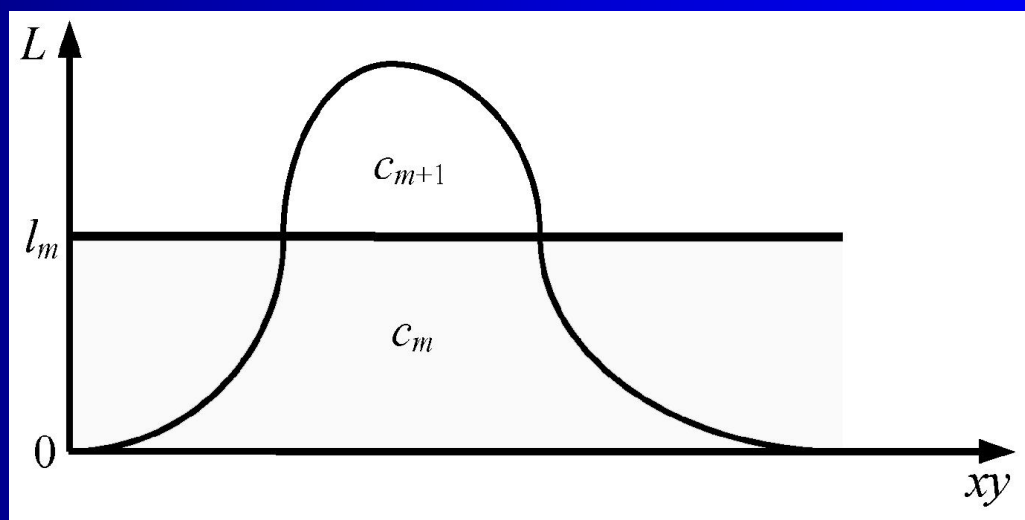
对原来灰度图像中不同灰度值的区域赋予不同的彩色以更明显地区分它们是一种常用的彩色增强方法。因为这里原图是无彩色的，所以人工赋予的彩色常称为伪彩色。这个赋色过程实际是一种着色过程.

从图像处理的角度看，输入是灰度图像，输出是彩色图像.

❖ 灰度切割

用一个平行于图像坐标平面 XY 的平面(R_m)去切割图像亮度函数。对每一个输入灰度值，如果它在切割灰度值 l_m 之上就赋予某一种颜色，如果它在 l_m 之外就赋予另一种颜色。

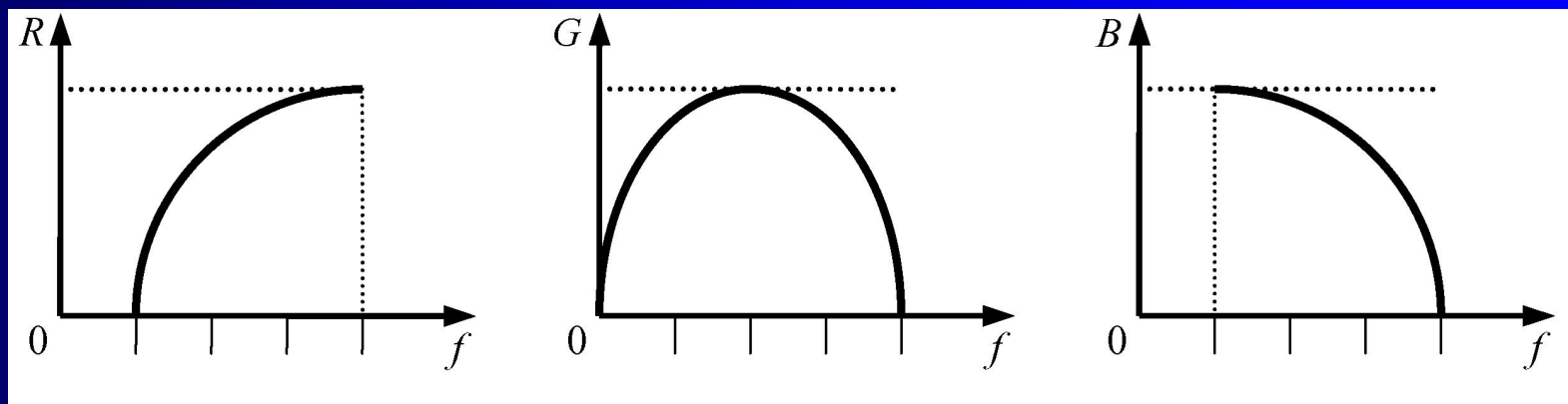
$$f(x, y) = c_m, \quad \text{若 } f(x, y) \in R_m, \quad m = 0, 1, \dots, M$$



❖ 从灰度到彩色的变换

对每个原始图中像素的灰度值用三个独立变换来处理，从而将不同的灰度映射为不同的彩色。

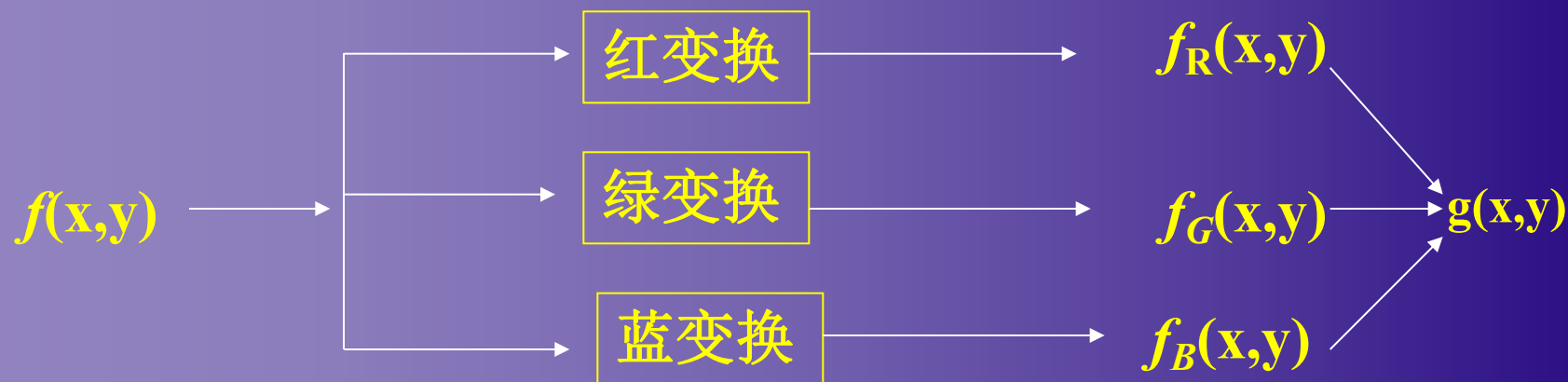
变换后原始图中灰度值偏小的像素将主要呈现绿色，而灰度值偏大的像素主要呈现红色。



➤强度分层

像素值相同或相近的像素归于同一层，每层像素赋予不同的颜色。

➤灰度级的色彩转换

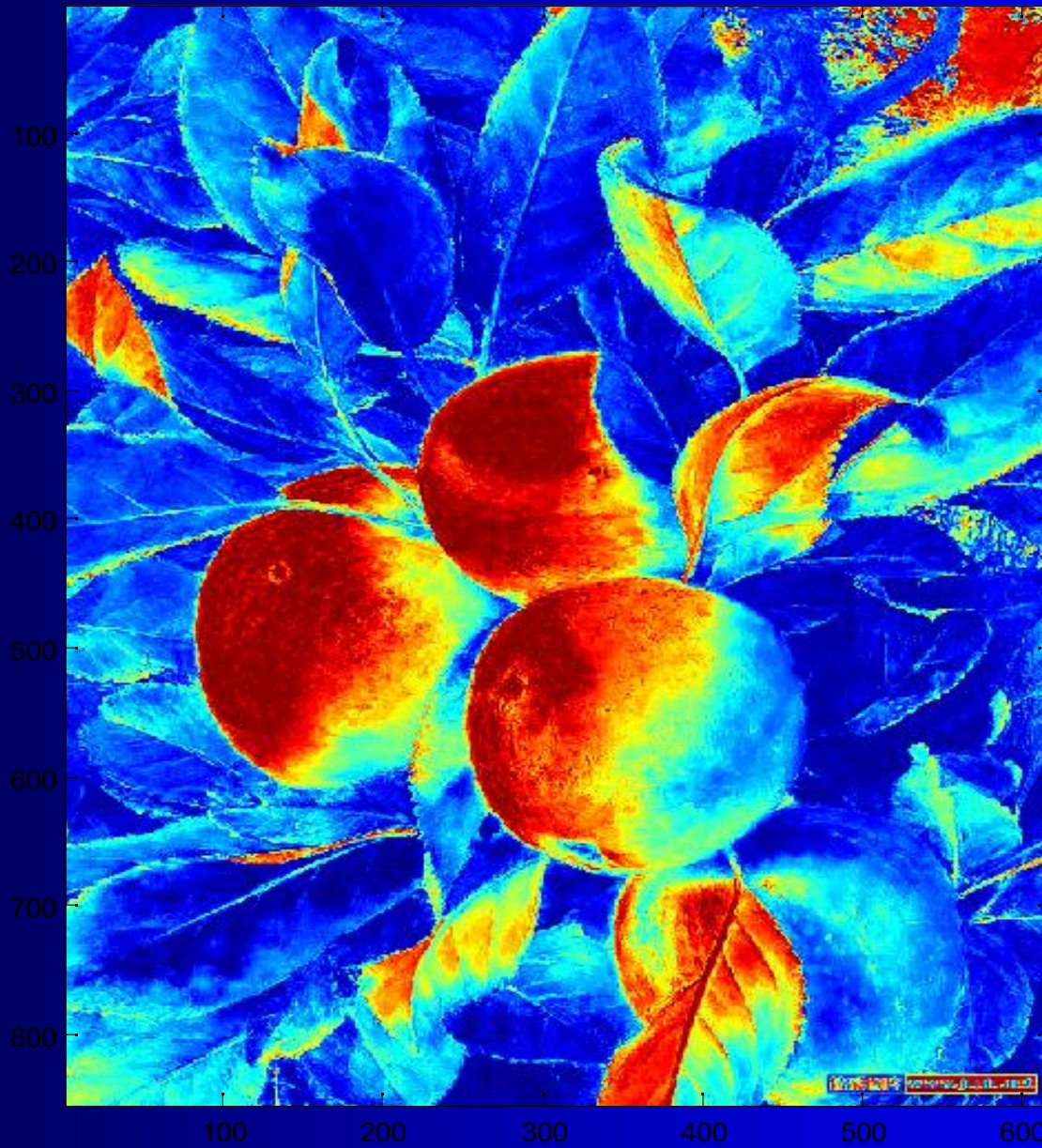




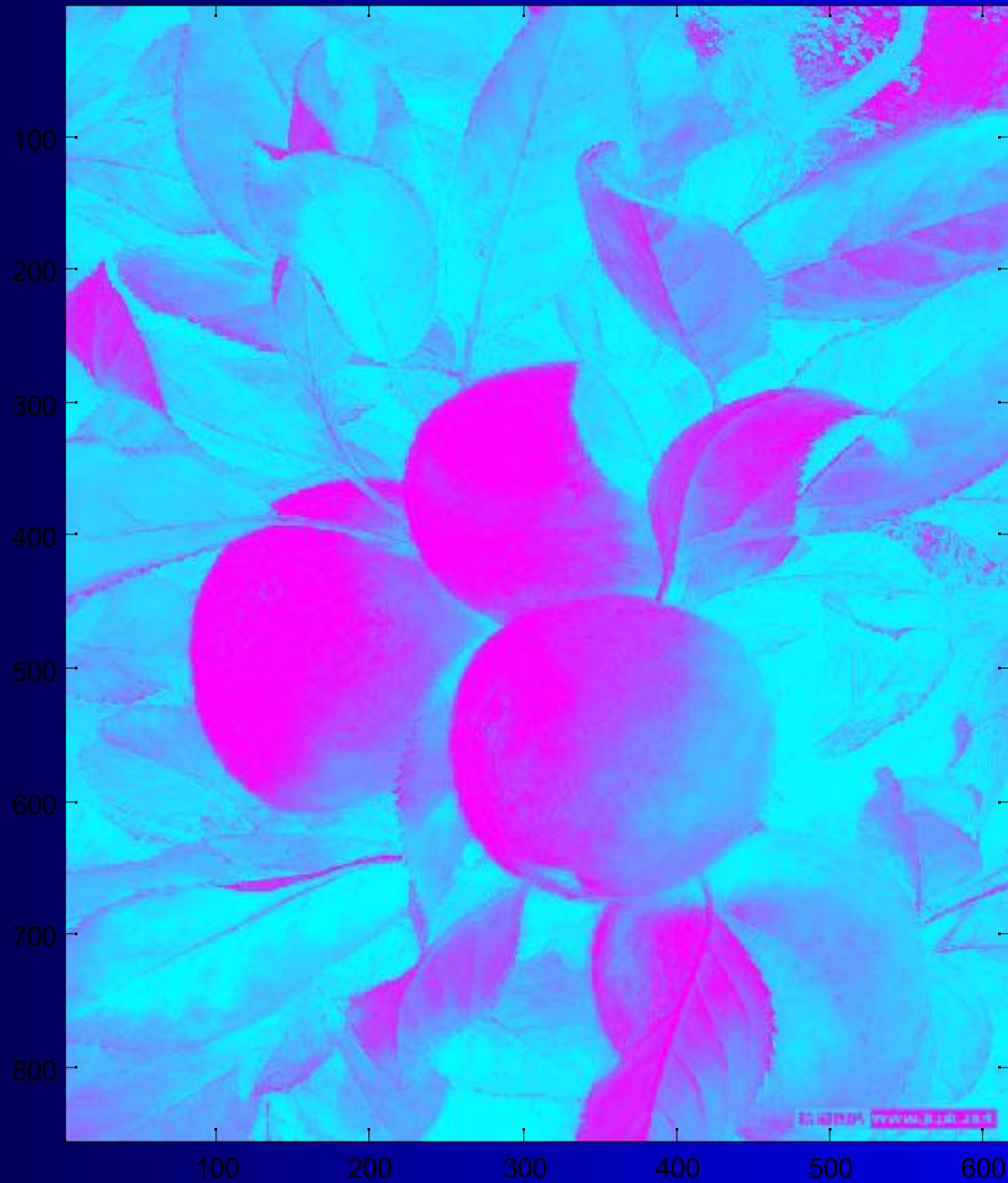
```
>> colormap(gray);  
>> imagesc(b);
```




```
>> colormap(hot);  
>> imagesc(b);
```



```
>> colormap(jet);  
>> imagesc(b);
```

```
>> colormap(cool);  
>> imagesc(b);
```



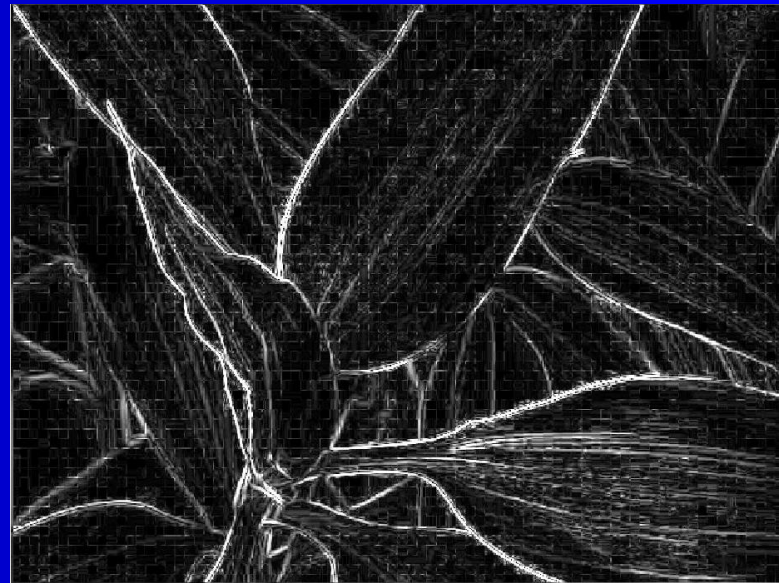

4 真彩色图像处理

- 1) 对每个分量进行处理
- 2) 直接对彩色像素进行处理
 - I. 将RGB模式的图像增强为HSI模式的图像
 - II. 利用灰度增强方法增强其中的I分量
 - III. 再将结果转化为RGB模式的图像

要点：保持颜色信息不丢失

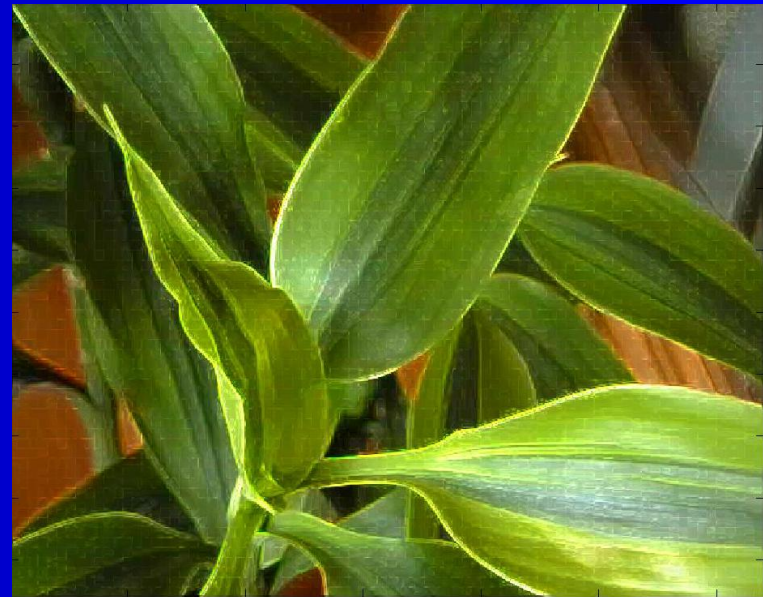
例4 边缘提取

```
a=imread('c:\we.jpg');  
b=double(a(:,:,1));  
c=b;  
xy=imfinfo('c:\we.jpg');  
x=xy.Width;  
y=xy.Height;  
for j=3:x-2,  
    for i=3:y-2,  
        c(i,j)=5*(abs(b(i,j)-b(i+1,j+1))  
                    +abs(b(i+1,j)-b(i,j+1))) ;  
    end  
end  
imshow(c,[0 256],'notruesize');
```



例5 图像锐化

```
a=imread('c:\we.jpg');  
aa=rgb2hsv(a);  
b=double(aa(:,:,3));  
c=b;  
xy=imfinfo('c:\we.jpg');  
x=xy.Width;  
y=xy.Height;  
for j=3:x-2,  
    for i=3:y-2,  
        c(i,j)=b(i,j)+5*(abs(b(i,j)-  
            b(i+1,j+1))  
            +abs(b(i+1,j)-b(i,j+1))) ;  
    end  
end  
aa(:,:,3)=c;  
d=uint8(255*hsv2rgb(aa));  
imshow(d,[0 256],'notruesize');
```





H



I



RGB



S

例6 浮雕效果

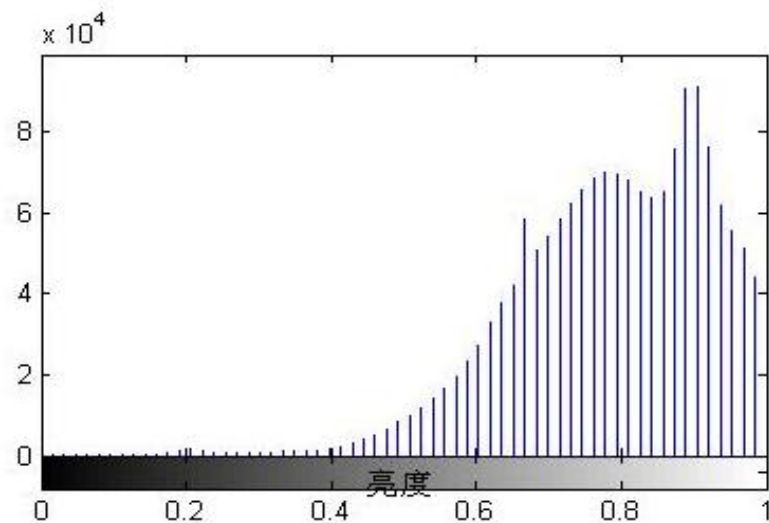
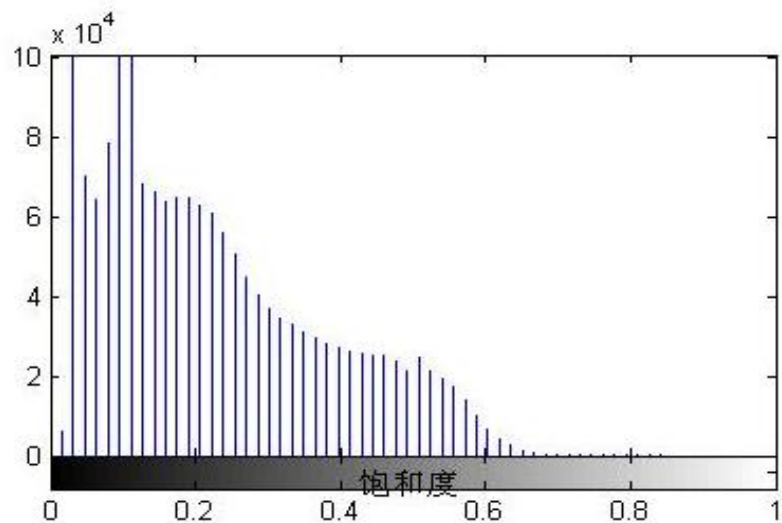
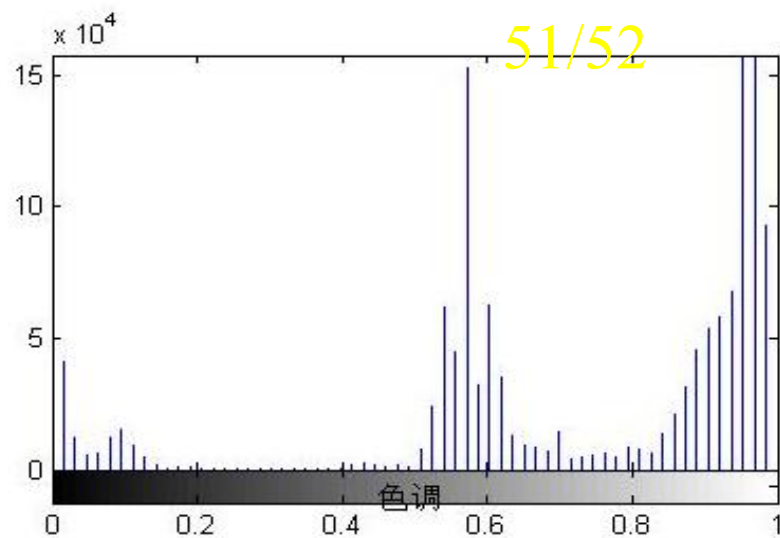
```
a=imread('c:\we.jpg');  
b=double(a);  
c=b;  
xy=imfinfo('c:\we.jpg');  
x=xy.Width;  
y=xy.Height;  
for j=3:x-2,  
    for i=3:y-2,  
        c(i,j,:)=((abs(b(i,j,:)-b(i+1,j+1,:))  
+abs(b(i+1,j,:)-b(i,j+1,:)))) ;  
    end  
end  
for j=3:x-2,  
    for i=3:y-2,  
        c(i,j,2)=c(i,j,2)+50 ;  
    end  
end  
d=uint8(c);  
imagesc(d,[0,255]);
```





例7 直方图的一个应用

```
a=imread('rmb.jpg');  
subplot(2,2,1);imagesc(a);xlabel('真币');  
b=rgb2hsv(a);  
b1=b(:,:,1);  
subplot(2,2,2);imhist(b1,64);xlabel('色调');  
b2=b(:,:,2);  
subplot(2,2,3);imhist(b2,64);xlabel('饱和度');  
b3=b(:,:,3);  
subplot(2,2,4);imhist(b3,64); xlabel('亮度');
```



注意：此图仅供教学使用，不得流传

例8 运用调色板设计技术将灰度图像彩色化。



A:原始图像



B:原始图像的灰度图像



C:还原图像



D:再灰度化图像



总结

本章探讨了彩色数字图像的基本概念，亮度、色度等，是图像处理的基础之一

回答问题





作业:

熟悉如下Matlab彩色图像处理相关函数

(1)

cat

rgbcube

colormap

gray2nd, ind2gray

rgb2ind, ind2rgb

rgb2ntsc, ntsc2rgb

rgb2ycbcr, ycbcr2rgb

rgb2hsv, hsv2rgb

6.3, 6.5, 6.14, 6.25 (第四版, 打*的题目忽略)

提交截止日期: 10月18日晚24点

实验7: 彩色图像的中值滤波增强。