

# 電腦世界的顏色處理

把電腦螢幕上的某個圖案放大以後，可以看出這個圖案其實是由很多小方格組成的，這些小方格稱為「像點」或「畫素」，每個都有自己的顏色。

■ 尚景賢



● 如果把電視或電腦螢幕上的某個圖案放大5倍，通常可以看出這個圖案其實是由很多小方格組成的。



● 利用光的三原色—紅、綠、藍，可以調配出所有的顏色。這張圖顯示3種顏色以等比例混合時的效果。

電腦的螢幕可以顯示出各種不同的圖案，這些圖案是怎麼顯示在螢幕上的呢？實際上，現在的電腦系統都是用許多小小的點組合成螢幕上所有的圖案、文字。

因為這些點都很小，所以不容易看出這些圖案是用小點組合起來的。如果拿一個大倍率的放大鏡去看螢幕上的圖案，就會看到這些小點。或者，把電視或電腦螢幕上的某個圖案放大5倍以後，通常就可以看出這個圖案其實是由很多小方格組成的，這些小方格稱為「像點」或「畫素」（pixel）。每個像點都有自己的顏色，這些像點的顏色存放在記憶體中，電腦採用一個二維的矩陣存放各個像點的顏色值。

以物理的角度來看，光其實是沒有「顏色」的，顏色純粹是人的眼睛與大腦對光的頻率所產生的感覺。在人的眼球中，有兩種感光的細胞，一種是錐細胞，另一種是柱狀細胞。錐細胞又分為3種，各有不同的頻率響應。因此，人對顏色的感覺來自這3種錐細胞。

因為人只有3種錐細胞，所以用3組數字就可以表示所有人眼可以看到的顏色。但是，這3種錐細胞的頻率響應曲線相當複雜，因此要產生所有人眼可以看到的顏色是非常困難的。不過，因為這3種細胞分別對紅光、綠光和藍光反應特別強，所以可以用這3種顏色的混合來產生大部分的顏色。因此，這3種顏色又稱為「色光的三原色」。

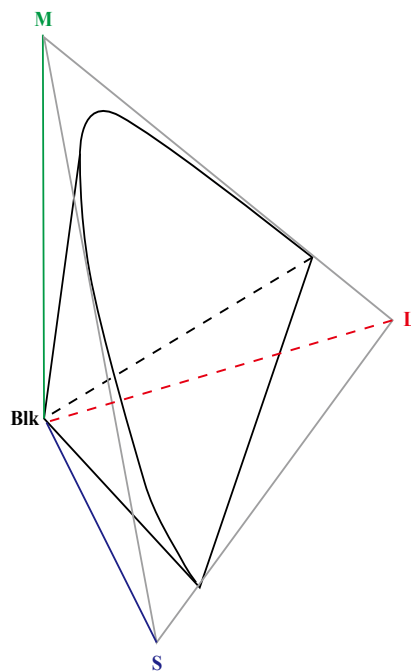
## RGB三色論

在1802年，英國的楊格（Thomas Young）利用3台投影機，把分別通過紅綠藍三色濾色鏡的光投射在白色螢幕上，發現二色相疊處產生青、洋紅、黃三色，在中間三色重疊的部分則變成白色。如果進一步調整紅綠藍的亮度，便會產生千變萬化的色感。因此，他推論人眼應該具有3種感光細胞，但當時並沒有任何實驗可以證明他的推論。

在19世紀末，德國的赫爾姆霍茨（Helmholtz）由醫學的觀點，闡揚這個理論，並且用實驗來證實。在1861年，英國的馬克士威爾（Maxwell）利用上述理論，製作出第1張彩色照片。從此以後，一般人都接受三色視覺神經論。

## 色彩空間

色彩屬性和物理學中的光譜，並不是完全對應的。在可見光的光譜中，雖然每種顏色都可以找到對應的光波長，但都有一個範圍，而不是單一波長。因此，藝術家寧願使用色彩屬性模式，讓人們可以立即知道是哪一種顏色，色彩有多純，亮度有多高。而三原色光模式或印刷四分



- 如果以x、y、z軸表示人的3種錐細胞對最敏感波長的反應強度，便獲得一個三維的色彩空間。原點代表黑色，離原點越遠，光的強度越強。人類可以感受到的顏色區域，在圖中是一個底部呈馬蹄形的錐狀體。

色模式都是色彩模式的一種，也是用來表示顏色的一種方式。它們是由一組抽象的數學模型（3個或4個數字）組成的，組成的色彩集合就稱作色彩空間。

人類的色彩空間和電視、電腦螢幕有不同的地方。如果以x、y、z軸表示人的3種錐細胞對最敏感波長的反應強度，就可以獲得一個三維的色彩空間。原點代表黑色，離原點越遠，光的強度就越強。人類可以感受到的顏色區域，在圖中是一個底部呈馬蹄形的錐狀體。此外，可以發現其實棕色或灰色是不存在的。實際上，這些顏色只是比周圍顏色較



RGB十二色相環



伊登十二色相環

- 人無法看到純紅色、綠色或藍色，主要是因為我們的錐細胞對其他顏色也會起反應。在看到純藍色時，紅色和綠色的錐細胞也會產生信號，就好像在藍色中還夾雜著紅色和綠色一樣。

暗的橙色或白色而已。

關於這一點是很容易證明的。當我們看到一個投射在白布上的圖像時，會看到白布上的黑字。實際上，這些黑字的顏色與白布在原本還沒有被投影時的顏色是一樣的，經過投影後，這些黑字周圍的白布被照亮了，因此感覺到它比較黑。

另外，人也無法看到純紅色、綠色或藍色，因為我們的錐細胞對其他顏色也會起反應。例如，在看到純藍色時，紅色和綠色的錐細胞也會產生信號，就好像在藍色中還夾雜著紅色和綠色一樣。

## 紅綠藍三色的色彩空間

電視機、電腦螢幕這一類發光的媒體，大部分都使用紅綠藍三色空間，每一種顏色盡可能只刺激到一種錐細胞。理論上，也可以使用其他顏色做為原色，但是使用紅綠藍可以達到人的色彩空間的最大範圍。遺憾的是，對於紅綠藍三色，目前還沒有定義出明確統

一的對應波長。因此，不同的儀器還是可能使用不同的波長，造成螢光幕上產生稍微不同的顏色。

當我們在電腦上對顏色做設定時，常見到有16色、高彩、全彩等設定值，它們代表的是什麼意思呢？

首先，先來談16色。由於早期的16位元電腦處理色彩

的方式是分配紅色、藍色各5位元，綠色是6位元（因為人眼對綠色的色調分辨能力比較強），因此在電腦螢幕上只能顯示出組合成的16種顏色。

隨著科技的進步，電腦已經邁向64位元，因而擁有更多的能力和位元處理顏色的呈現。常見的設定值是24位元模式，即每一個原色以8位元來

## 在電腦「16色」的設定中，各種顏色的數位代碼

顏色	RGB	CMYK	HSV	顏色代碼
洋紅色	(255, 0, 255)	(27, 82, 0, 0)	(300°, 100%, 100%)	#FF00FF
藍色	(0, 0, 255)	(88, 77, 0, 0)	(240°, 100%, 100%)	#0000FF
青色	(0, 255, 255)	(52, 0, 13, 0)	(180°, 100%, 100%)	#00FFFF
綠色	(0, 255, 0)	(63, 0, 100, 0)	(120°, 100%, 100%)	#00FF00
黃色	(255, 255, 0)	(6, 0, 97, 0)	(60°, 100%, 100%)	#FFFF00
紅色	(255, 0, 0)	(0, 99, 100, 0)	(0°, 100%, 100%)	#FF0000
紫色	(128, 0, 128)	(61, 100, 14, 3)	(300°, 100%, 50%)	#800080
深藍色	(0, 0, 128)	(100, 98, 14, 17)	(240°, 100%, 50%)	#000080
鴨綠色	(0, 128, 128)	(86, 31, 49, 8)	(180°, 100%, 50%)	#008080
深綠色	(0, 128, 0)	(87, 24, 100, 13)	(120°, 100%, 50%)	#008000
橄欖色	(128, 128, 0)	(51, 36, 100, 13)	(60°, 100%, 50%)	#808000
栗色	(128, 0, 0)	(29, 100, 100, 38)	(0°, 100%, 50%)	#800000
黑色	(0, 0, 0)	(75, 68, 67, 90)	(0°, 0%, 0%)	#000000
灰色	(128, 128, 128)	(52, 43, 43, 8)	(0°, 0%, 50%)	#808080
銀色	(192, 192, 192)	(25, 20, 20, 0)	(0°, 0%, 75%)	#C0C0C0
白色	(255, 255, 255)	(0, 0, 0, 0)	(0°, 0%, 100%)	#FFFFFF

隨著科技的進步，電腦因而擁有更多的能力和位元處理顏色的呈現。常見的設定值是24位元模式，即每一個原色以8位元來處理，用這種方法能組合出1,670萬種顏色。

處理。24位元編碼的RGB值，是以紅綠藍（通常按這個次序）強度的3組8位元（0~255）來表示。每一原色的強度依照8位元的最高值 $2^8$ ，可以分為256個數值，用這種方法能組合出1,670萬（ $256 \times 256 \times 256$ ）種顏色。但是，人眼實際只能分辨出約1,000萬種左右的顏色。

以下是一些顏色的24位元代碼：（0, 0, 0）是黑色、（255, 255, 255）是白色、（255, 0, 0）是紅色、（0, 255, 0）是綠色、（0, 0, 255）是藍色、（255, 255, 0）是黃色、（0, 255, 255）是青色、（255, 0, 255）是洋紅色。

上述值是紅綠藍「全值域」的定義值。每個原色8位元的全值域有256種白—灰—黑的深淺變化，255種紅、綠、藍（和它們的等量混合）的深淺變化。

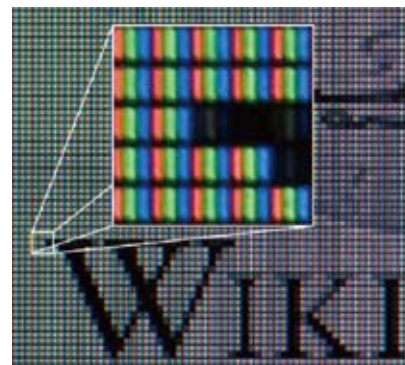
電視或電腦螢幕畫面呈現的是一種矩陣式的結構。一般而

言，常見的設定值不外乎是 $1024 \times 768$ 或是 $1024 \times 1280$ ，它表示的是螢幕的解析度。就如文章一開始所講的，每一個點都是由紅綠藍3種顏色組成的，也稱作畫素。1024×768就代表總共有 $1024 \times 768 = 786,432$ 個畫素組成一個畫面，而一般常說的600萬、700萬畫素數位相機，也都是用相同的表示方式。

### 四色的色彩空間

印刷四分色模式是彩色印刷常採用的一種套色模式，它利用4種顏色的混合形成各種複雜的顏色。這4種標準顏色是青色（C, Cyan）、洋紅色（M, Magenta，又稱為「品紅色」）、黃色（Y, Yellow）及黑色（K, Black，為了避免與RGB的藍色（Blue）混淆，改稱為K）。

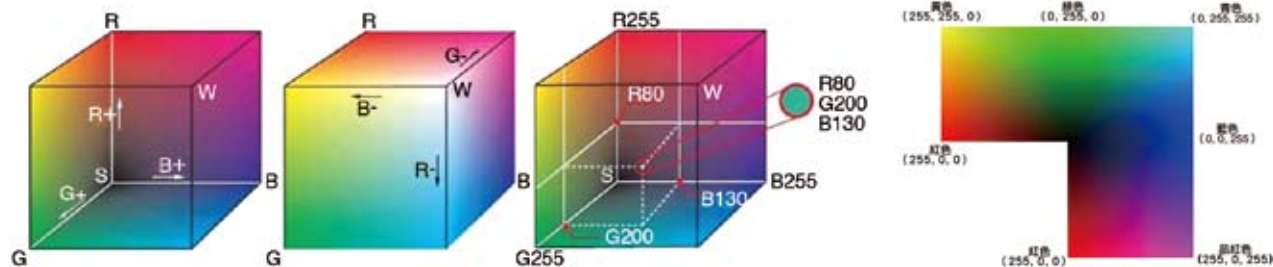
M加Y會變成紅色；M加C變成藍色；C加Y變成綠色。理論



● 電視或電腦螢幕畫面呈現出矩陣式的畫素結構

上，用3種顏色相加可以變成黑色。但是，實際相加的結果只能變成深灰色或墨綠色。況且3層顏色更不容易乾燥，不利於快速印刷。同時，3層印刷也需要非常精確的套印。用黑色代替3層顏色，除了精準快速印刷外，更可節省成本。因此，在印刷上常採用4種顏色的配色方法。

印刷時通常用黑色做為標定套版位置的顏色，也叫定位套版

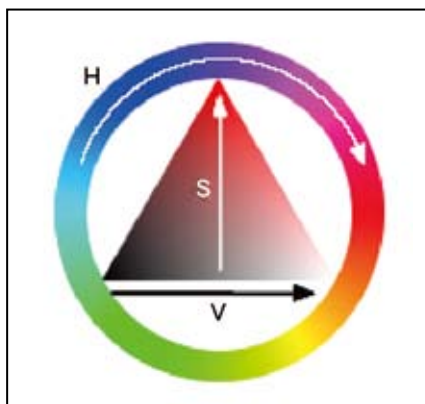


● RGB立方體的3個「完全飽和」面 每一原色的強度依照8位元的最高值 $2^8$ ，可以有256個數值。用這種方法可以組合出1,670萬種顏色。不過，人眼實際上只能分辨出約1,000萬種顏色。

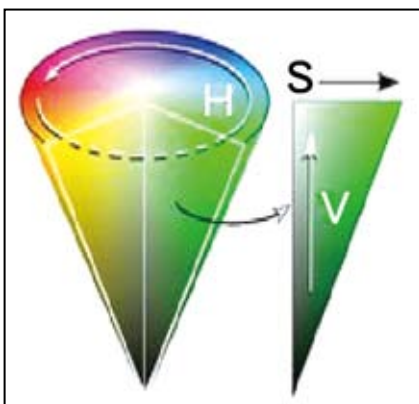
### 在電腦液晶顯示器的規格上常見的名詞

名 稱	內 涵
均勻度 (uniformity)	表示螢幕表面或平面發光體表面上的輝度變化程度。
輝度 (luminance)	是指發光表面在某一個方向上，每單位投影面積所發射出的光度。它的單位是每平方米上的燭光數 ( $\text{cd} / \text{m}^2$ )，或者以nits表示。簡單地說，它就是光源或發光點的光亮與刺眼程度。光度越高的光源產生的輝度也越高，眼睛也會感覺越刺眼。
照度 (illumination)	是指物體或被照面被光源照射時所呈現的光亮程度，它的單位是每平方米上的流明數 ( $\text{lumen} / \text{m}^2$ 或 $\text{cd} / \text{sr} / \text{m}^2$ )，簡稱勒克斯 (lux) 或米燭光。被照面的照度越高，人越容易辨識環境與閱讀。
眩光 (glare)	是指輝度 (亮度) 較大的光源或物體表面反射出的光，它會讓人感到不適或視覺能力降低。
色溫 (color temperature)	<p>是以熱力學的凱氏 (Kelvin) 溫度，又稱為絕對溫標的符號K表示。簡單來說，就是把一塊標準黑體，從攝氏零下273.15度 (絕對零度) 開始加熱，當溫度升高到某一個程度時，顏色會開始由黑→深紅→淺紅→橙→黃→白→藍白→藍逐漸地改變。由這種光色變化的特性，訂定了光源的色溫度。</p> <p>對可見光譜而言，紅端的光色習慣上叫作暖色，卻是低色溫；光譜藍的一端，習慣上叫做冷色，卻是高色溫。色溫的高低會影響光線偏白 (當色溫高約6,500K) 或偏黃 (3,000~4,000K)，光線太黃易造成昏睡或太熱，光線太白會造成刺眼的不舒適感。</p>
演色性 (color rendering)	物體在光源下的感受與在太陽光下的感受真實度的百分比。演色性高的光源對顏色的表現較逼真，眼睛看到的物體愈接近自然原色。也就是說，人類使用人工光源來表現色彩的自然程度，這種逼真的效果稱為演色性。

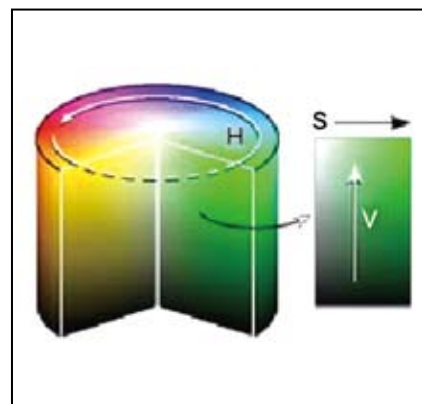
由於印刷和電腦螢幕顯示使用不同的色彩模式，  
因此電腦螢幕上看到的影像色調和印刷出來的成品會有些許不同。



● 色相以色環的 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 來表示，三角形則用來表示飽和度和明度。



● 在圓錐體的色彩表示方式中，錐體的圓形底面相當於色輪，飽和度則從圓心向邊緣增加，明度則從底面向錐頂遞減。



● 在圓柱體色彩屬性表示方式中，圓柱體的圓形底面相當於色輪，飽和度則從圓心向邊緣增加，明度則從圓柱體的底邊向上邊遞減。

顏色。用黑色代替其他顏色的量不盡相同，這主要取決於不同的印刷技術、紙張和黑色油墨的質量。由於印刷和電腦螢幕顯示使用不同的色彩模式，因此電腦螢幕上看到的影像色調和印刷出來的成品會有些許不同。

## HSV色彩屬性模式

HSV色彩屬性模式是根據色彩的3個基本屬性—色相、飽和度和明度，來確定顏色的一種方法。色相(H)是色彩的基本屬性，也就是顏色名稱，如紅色、黃色等，在插圖的色輪上，取 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 的數值。飽和度(S)是指色彩的純度，越高則色彩越純，低則逐漸變灰，取 $0\sim 100\%$

的數值。明度(V)也叫「亮度」，取 $0\sim 100\%$ 的數值。

這種色彩屬性模式是由史密斯(Smith)在1978年所創，也是三原色的一種非線性轉換。

## 常見的名詞

在電腦液晶顯示器的規格上，常常見到「輝度(luminance)」和「均勻度(uniformity)」這兩個專有名詞，它們是用來評估、表示背光板模組品質的好壞。由於液晶顯示器必須由背光板模組產生光源，因此背光板模組的品質直接影響液晶顯示器的良窳。「輝度比」則是指工作面和周遭物件的輝度差異情形，輝度比如果過

大，長期下來會使眼睛疲勞、不舒服。

其他還有諸如照度、眩光、色溫、演色性等常見的照明「質」的表示方法。這些都是在電腦世界中，對於複雜多變的顏色的處理與表達方式，在不同的運用處理上、不同的設備與製造規格上，所衍生的諸多定義與專有名詞。歸根究柢，重點仍然是如何把可見光頻譜以最不失真或擬真的處理方式，在數位世界和真實世界之間轉換與傳遞，並以各種技術手段產生可以刺激人類感光視覺系統的多媒體物件或光線。

尚景賢

空軍航空技術學院軍事學科部