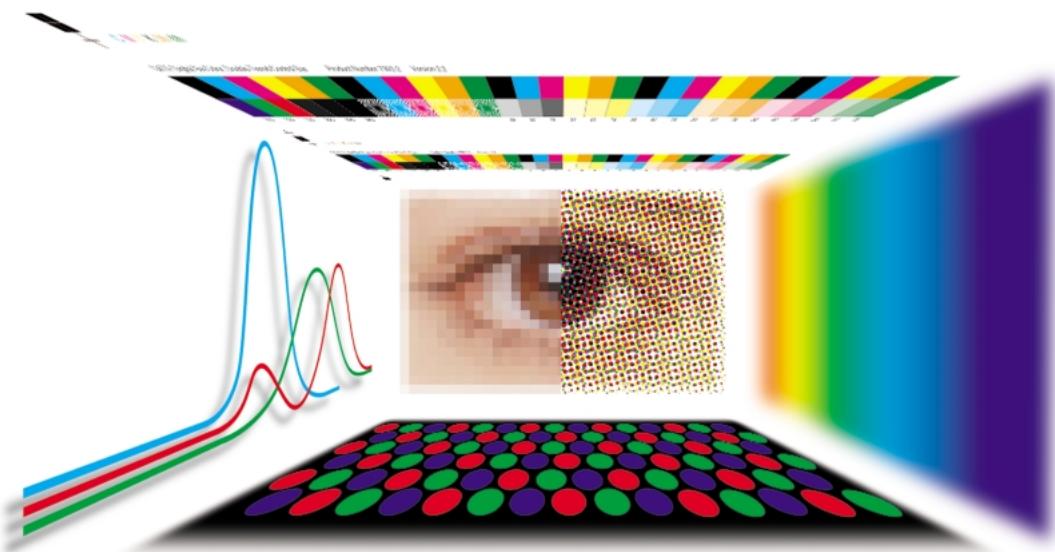


顏色手冊 及術語



數字圖像和印刷工藝的
顏色交流、測量及控制

顏色手冊及術語

數字圖像和印刷工藝的顏色交流、測量及控制

目錄

1. 顏色交流	1
了解顏色	3
CIE顏色系統	11
光譜數據與三刺激數據	14
2. 顏色測量及控制	16
儀器簡介	17
印刷工作流程中的測量應用	19
顏色說明	20
顏色管理	21
配色	26
顏色控制	27
顏色檢驗	28
3. 術語	31



©美國愛色麗X-Rite, Incorporated公司1999
版權所有

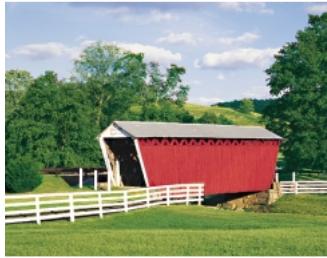
X-Rite®, X-RiteColor®, the X-RiteColor logo, Digital Swatchbook®, X-Scan®及QuickInk®是美國愛色麗X-Rite公司的註冊商標。

Adobe, Adobe PageMaker和Postscript是註冊商標及Adobe Photoshop和Adobe Illustrator是Adobe Systems Incorporated公司的商標。Encapsulated PostScript (EPS)是Altsys Corporation公司的商標。FreeHand是Marcomedia, Inc.公司的商標。QuarkXpress是Quark, Inc.公司的註冊商標。所有其他品牌或產品名稱是其他尊敬持有公司者的商標或註冊商標。文中內容所提及的第三者產品只是作資料性質，並不表示支持或建議而組成。美國愛色麗X-Rite公司假定對第三者的產品表現及使用方法是沒有責任。

Apple和Macintosh是Apple Computer, Inc.公司在美國及其他國家註冊。Mac及ColorSync是Apple Computer, Inc.公司的商標。

1. 顏色交流

色彩將世界上每一件商品賦予生命，它激起了消費者購買商品的欲望。作為設計、圖形和圖像制作專業人員來講，我們知道色彩是銷售過程中重要的一部分。如果我們能夠在生產和銷售中有效地使用顏色，這在產品中會表現出附加值。



這些 GATF 測試圖表明必須很精細地進行色彩再現。如果膚色、藍色天空、綠色草原以及食品的顏色有少許的“偏離”，整個圖像的外觀將受到影響。

為有效地使用顏色，必須嚴格地控制顏色。顏色工作流程是從設計者的構思和客戶的要求開始。從一開始，這些顏色在各個不同的設備上、通過不同的人進行複製。在複製的每一階段，前一步的輸出成為下一步的輸入。每一次變化都進入不同的色彩空間 — 從原稿到顯示器 RGB 到 CMYK 印刷打樣及在不同的系統上印刷。而每一次評價都是由不同的人在不同的觀察條件下進行。

那麼，我們怎樣在這樣複雜過程中能夠保證原稿忠實再現呢？本書就是立足於解決這些問題。換言之，就是色彩測量 — 如果能夠測量色彩，就能控制色彩。本手冊就顏色交流、測量及控制的基本概念進行講解。

挑戰：顏色交流

保證顏色能夠“通過客戶的指揮棒”，保證忠實再現涉及到：

- 內容指定者/客戶定義信息，確定圖像內容、指定顏色及紙張。
- 圖形設計人員提供圖像、設計及頁面內容；印刷或數碼顏色規格。
- 印前服務機構提供分色軟片、顏色變化信息、印刷或數碼顏色規格。
- 印刷油墨供應商提供符合顏色規格的油墨，考慮紙張規格。
- 印刷公司提供最終印張，符合顏色規格。

色彩複製過程每一步的附加值和增加信息內容。良好的顏色規格能夠保證基於輸入的正確的顏色內容。

為了創造鮮艷、高品質的彩色文件及設計，必須對每一步複製過程進行顏色控制。不同觀察條件代表了對同一顏色的不同的解釋。例如：

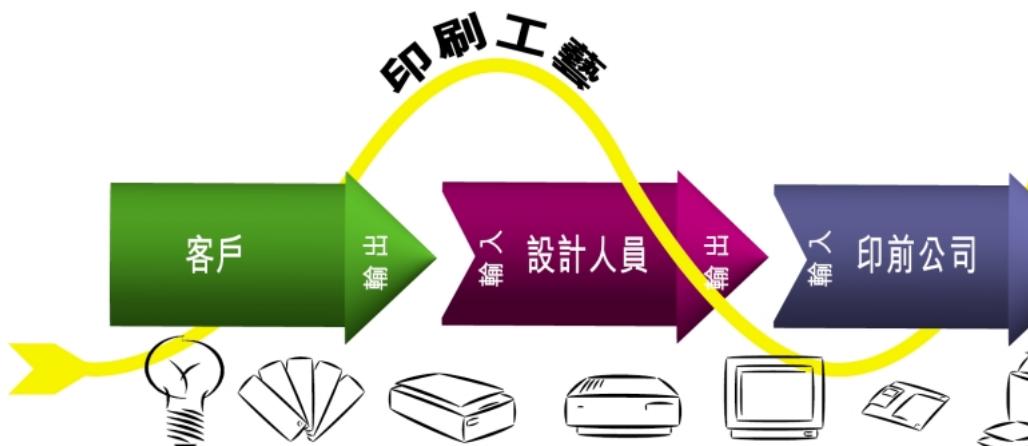
- 原稿景物包含廣範的自然、實際顏色。
- 照片能夠獲得實際景物的大部分顏色。然而，當圖像被掃描成RGB數據時，有些階調丟失了。同樣，在顯示器上會有更多的顏色丟失或改變 — 而且，不同的顯示器也會稍有不同。
- 如果將藝術品在成像、插圖及組版程序中傳遞時，顏色會以不同的方式被指定。例如，指定87% 品紅、91% 黃在 Photoshop™, Freehand™ 及 QuarkXPress™ 中得到的顏色略有不同。
- 當印刷藝術品時，從RGB轉成CMYK的時候，顏色通過不同的設備後，演譯所得的色彩數據也略為不同 — 從鐳射打印機、打樣系統及印刷機上。
- 當檢查輸出時，我們是在不同的觀察條件下進行的，而不同的觀察條件將影響顏色外觀。此外，不同的觀察者對顏色的感知是建立在各自不同的視覺技能和記憶基礎上的，這將造成對顏色評價的差異。

在此過程中基本的問題是：哪一個設備是準確的？不幸的是，沒有哪一個觀察者、設備或軟件能夠揭示出顏色的真實特性。而顏色的外觀是很容易受到照明，觀察條件和其他因素所影響的。

解決方法：顏色測量及控制

測量是整個生產控制的關鍵。為此：我們以英寸、毫米量度大小；以磅和千克量度重量等等。這樣我們就能在生產過程中建立重複使用的準確的測量標準，因此，所有的生產項目是一致的並且在質量容差範圍之內。採用測量的顏色數據，我們就能做出相同的顏色 — 使用可重複的、標準化的數據並在每一個生產階段作監控顏色並且檢查顏色匹配的“近似性”。

那麼，顏色的什麼性質可以做到一致並被測量呢？我們來檢查一下這些性質 — 顏色在自然界和我們的記憶中是如何產生的？它又是如何在屏幕和紙張上再現的？顏色又是怎樣以反射率（光譜數據）和三維值（三刺激值）被交流的？

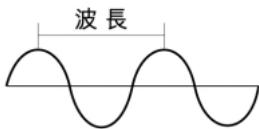


了解顏色

為了幫助讀者理解如何測量顏色的，我們首先來學習一下有關顏色的物理和生理特性。

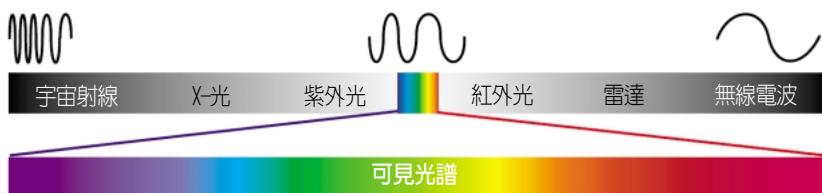
光、物件和觀察者之間的相互作用產生顏色。光通過物件到達觀察者 — 人的視覺系統而改變 — 被改變的光以顏色感知。這三個元素是產生顏色的基本元素。首先我們來研究一下顏色的起源 — 光。

光 — 波長及視覺光譜



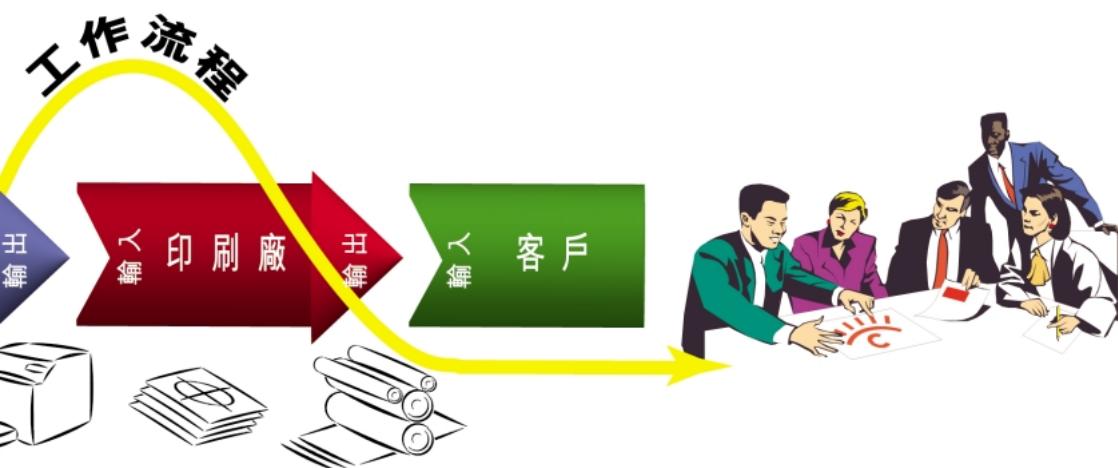
光是電磁波譜中的可見部分，電磁波由億萬個波段構成。它在空氣中移動就如同池塘中的水波一樣，隨時在我們周圍。每一個波段具有不同的大小，以波長來表示，波長是兩個相鄰波峰之間的距離。波長是以納米(nm)或百萬分之一毫米來表示。

可見光譜的範圍從400到700納米之間，僅僅是電磁波譜中的一小部分。可見光譜以外還有很多人眼不能看到的光譜如波長較短的X射線到波長較長的無線電波和電視波。

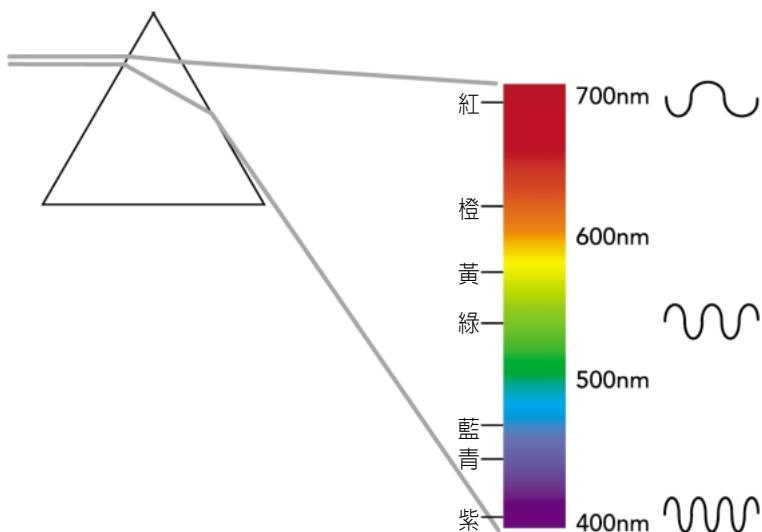


我們的眼睛有對可見光譜波長敏感的光傳感器。這些傳感器將檢查到的信號傳給大腦，大腦經過分析判斷產生顏色的感覺。如果這些傳感器同時檢測到所有的可見光，大腦感覺為白光。如果沒有波長被檢測到，就不存在光，大腦感覺為黑色。

現在我們知道了眼睛和大腦對所有可見波長如何反應的。下面，讓我們來看一下大家熟悉的牛頓的三棱鏡分光實驗。



當一束白光通過三棱鏡色散後，我們的眼睛就能看到分光後的各個波長。這個實驗表明不同的波長使我們看見不同的顏色。我們能辨認出可見光譜中的紅、橙、黃、綠、青、藍、紫，以及它們形成的彩虹帶。



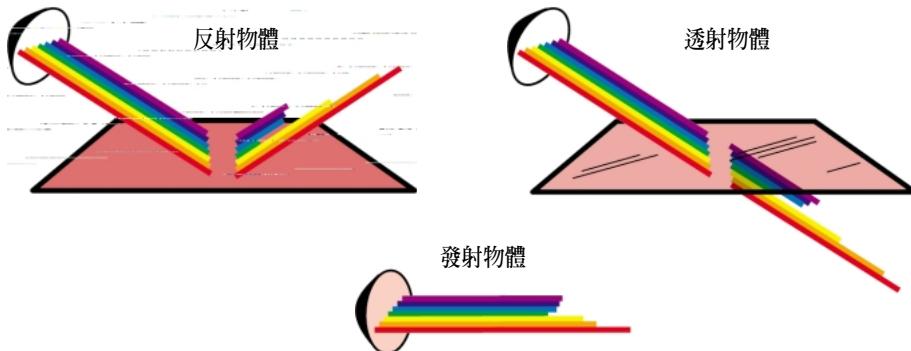
當我們的視覺系統檢測到 700nm 左右的波長時，我們看到“紅色”；而當我們的視覺系統檢測到 450–500nm 左右的波長時，我們看見“藍”，400nm 波長給我們“紫”色的感覺等等。我們的視覺系統每天都能檢測到億萬種不同的顏色。

然而，我們很難同時看見所有的波長(純白光)，也難看見單一波長。我們的顏色世界比這要複雜得多。由此可見，顏色不是簡單的光的一部分。我們所看見的顏色是已經改變後由許多波長的新的組合。例如，我們看見一個紅色物體，我們檢測的光主要包含“紅”波長。就這樣所有的物體得到了它們的顏色 — 通過改變光。由於每一個物體傳給我們的眼睛一個特有的混合光譜，我們就看到了一個充滿色彩的世界。接下來，我們來看一下物體是如何影響光的。

物體 — 操縱波長

當光照到物體上，物體表面就吸收了一些光譜能量，其它部分的光譜能量被物體反射。被物體反射的已改變的光由全新的波長組成。不同的表面含有各種不同的顏料、染料、油墨，它產生不同的唯一的波長組分。

照到反射物體例如紙上的光會被改變；通過透射物體比如膠片的光也會被改變。光源本身具有唯一的波長組成。像人工照明以及計算機顯示器這樣的光源稱為發射物體。



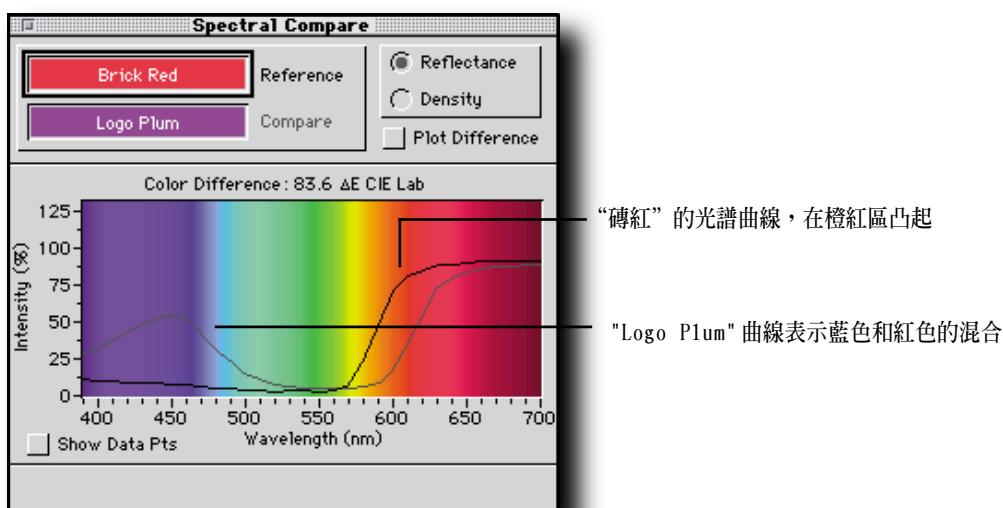
光的反射、透射和發射是講物體的顏色時用的專業術語。不同的物體表面呈現出不同的顏色 — 這是因為對不同的光波的反射和透射率不同。離開物體後波長的表現形式是物體的 光譜數據，通常我們稱之為顏色的“指紋”。對應每一波長的測量就得到光譜數據。這個測量得到反射給觀察者的波長的百分比即是反射率強度。

這種測量只能通過分光光度儀，比如愛色麗(X-Rite)的數碼色樣冊(Digital Swatchbook)、938型分光密度儀，DTP41型自動掃描式分光光度儀或者自動追蹤型分光光度儀(ATS)系統來測量。我們可以將測量數據繪成光譜曲線，通過視覺考查顏色的光譜特性。在此，我們將採用Digital Swatchbook軟件的“曲線”工具。

光譜數據

光譜數據可以繪制成光譜曲線，從而提供可見的顏色指紋。光的波長和反射率強度提供繪制曲線的兩個絕對參考點：包括300納米在內的不同波長為水平軸，反射率強度為垂直軸。

使用ColorShop軟件中的光譜曲線工具，可以比較顏色曲線形狀 — 沿著波長軸向哪兒凸哪兒凹。



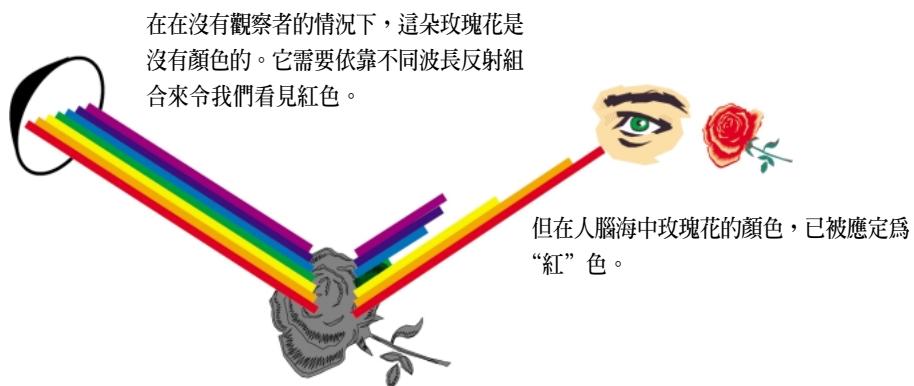
為計算光譜數據，分光光度儀沿著波長軸向測量許多均勻間隔的點，(例如，Digital Swatchbook 數碼色樣冊採用 31 個 10nm 間隔的點)，這樣得到每個波長對應的反射率強度。這是對我們所看到的顏色最全面準確的描述。將其與其它的顏色模型或說明方法相比，光譜數據是最準確的。

至此，我們已經了解了光、物體；物體是如何改變光而產生不同的顏色；以及分光光度儀是怎樣直接測量出不同物體對光的反映。為全面的定義我們所知的顏色，我們必需了解觀察者 — 人的眼睛及其它交流和再現顏色的設備，從而得出結論。

觀察者—將波長感知為“顏色”

要能感知顏色，必須具備三要素 — 光、物體及觀察者。沒有光就不存在波長；沒有物體則僅有白色 — 光未被改變；而沒有觀察者就沒有將波長識別為唯一“顏色”的感覺反映。

有一個著名的諺語：“如果森林裡的樹倒下而沒人在那兒聽，它會有聲音嗎？”實際上，對於顏色可以有同樣的問題：“如果紅色的玫瑰沒被看見 它有顏色嗎？”回答也許讓你吃驚 — 沒有。我們所說的“紅色”僅僅產生在我們的思維中，是通過我們的視覺傳感系統對那些波長反映而產生的結果。



人的視覺是眼睛對光的傳感器網絡。這些傳感器對不同的波長的響應信號傳給大腦，在大腦中，這些信號被加工成可感知的顏色。我們的記憶系統能識別不同的顏色，然後把它們與某一名稱的顏色相聯系。

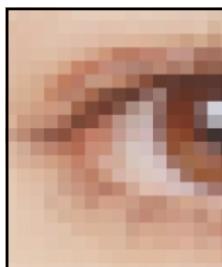
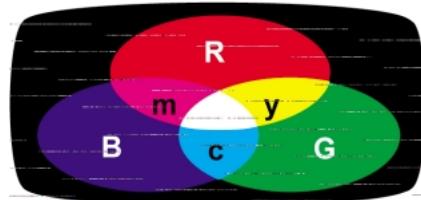
那麼，我們的大腦也能測量不同的顏色並將我們看到的每個顏色繪成曲線嗎？並不盡然。如果每秒大腦收到大量的視覺信息，人的視覺系統必須工作的特別快。然而，人的視覺系統使用非常有效的方法“大量處理”波長，將可見光譜分成最主要的紅、綠、藍 成分，然後以它們來計算顏色信息。



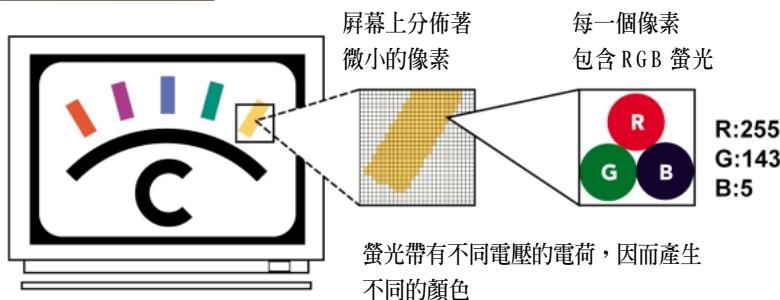
RGB — 加色三原色

將這些主要的顏色 — RGB，以不同的量混合，稱為加色法，它能夠非常近似地模擬出自然界中所有的顏色。如果反射光中包含等量的純紅、綠、藍的混合，那末，眼睛感受到白色；如果沒有光，則為黑色。兩種純的加色原色混合（如 R+G）產生減色原色（Y）。減色三原色黃、品紅、青是紅、綠、藍的互補色。

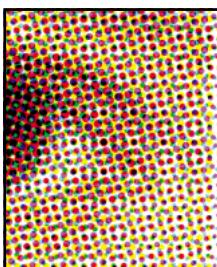
當疊加兩個加色原色時
就會產生一個減色原色。
三個加色原色混合時，
就產生白光。



人眼的三值顏色系統被彩色掃描儀、顯示器、打印機模擬、開發。這些設備採用的色彩再現方法直接基於紅綠藍光的刺激。



正如人眼一樣，這些設備必須一次處理大量的顏色信息 — 在屏幕上和紙上。按照邏輯推理，這些設備模擬人眼對加色原色的反映產生彩色的圖。例如，顯示器上一個像素的色調是用不同強度的紅、綠、藍來體現的。這些像素非常小，非常密集，人眼僅對RGB 混合的響應卻能感覺有許多顏色。

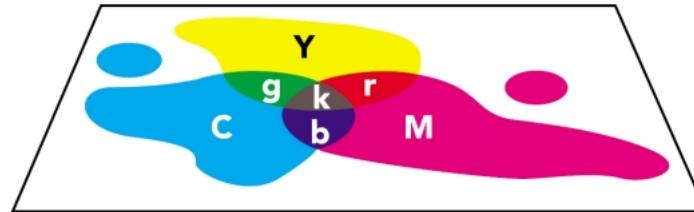


CMY 和 CMYK — 減色法原色

顯示器和掃描儀均採用加色法顏色系統，因為它們是發射性設備 — 可以直接在黑色上加紅、綠和藍。而打印機，必須在紙和其它材料上再現色彩，是以反射光原理成色。因此，打印機採用與加色法相反的減色法原色青、品紅和黃色。

當兩個加色法原色重疊時，便會產生出另一新的原色。

在理論上，當原色青、品紅和黃色加起來，便會產生出黑色。但在實際作業上，用這三原色只能產生偏啡色的暗灰；由於這個原因，純黑色油墨會被加上成為第四個印刷原色。此舉不但能保證在印文字或細緻地方時有一個清晰及結實的黑色，並且能大大改善印刷品的總調子範圍。



在可見光譜內，青是紅的互補色；品紅是綠的互補色；黃是藍的互補色。當青、品紅和黃顏料印刷在白色的反射材料上時，每種顏料完全吸收 — 或減去 — 白光中它的互補色。因此，印刷過程採用青、品紅和黃油墨以控制從白紙上反射的紅、綠和藍光。

	油墨顏色	吸收	反射	結果
單一 油墨	藍	▷ 紅	▷ 綠 ▷ 青	藍
	品紅	▷ 綠	▷ 紅 ▷ 黑	品紅
	黃	▷ 青	▷ 紅 ▷ 綠	黃
套加印	藍 品紅	▷ 紅 ▷ 綠	▷ 青	紫
	藍 黃	▷ 紅 ▷ 青	▷ 綠	綠
	品紅 黃	▷ 青 ▷ 綠	▷ 紅	紅
	藍 品紅 黃	▷ (沒有光)	(沒有光)	黑*
	(沒有顏料)	(沒有光)	紅 綠 青	白

這些顏色以不同的半色調網點印在紙上，網點大小及角度的變化會產生不同的顏色和階調。網點大小變化的效果同改變顯示屏上紅、綠、藍螢光強度效果相似。

這幅圖表明減色法原色如何從光中減去它們的互補色而產生顏色。

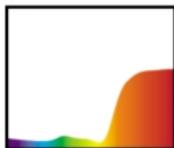
HSL — 顏色的三個屬性

現在，我們已經了解了顏色含有複雜的波長信息，人眼、顯示器以及打印機將這個複雜的信息轉換成原色的三值系統以簡化對信息的處理和再現。另一種描述顏色的直觀方法是 描述顏色的“三屬性”

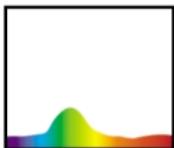
- 色相 (Hue) — 它是用來定義顏色性質的物理量，如紅、粉紅、藍和橙色
- 飽和度 (Saturation) — 它是用來定義顏色的純度 (如顏色的鮮艷或混溶程度)
- 明度 (Lightness) — 它是用來定義顏色的明暗程度

光波可以用色相、飽和度和明度三屬性來描述。顯然，波長決定顏色的色相，波純度決定飽和度，波的振幅決定明度。光譜曲線表示波的特徵和我們感知這些特徵的方法之間的關係。

在光譜曲線上高出的位置直接奠定
色相

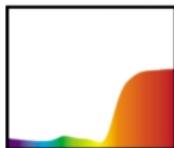


“紅”

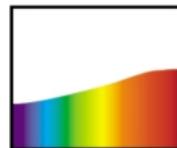


“綠”

曲線的純度奠定顏色的飽和度



“鮮紅”



“暗紅”



“淺紅”



“深紅”

曲線高低，定出顏色的明暗度



“深灰”



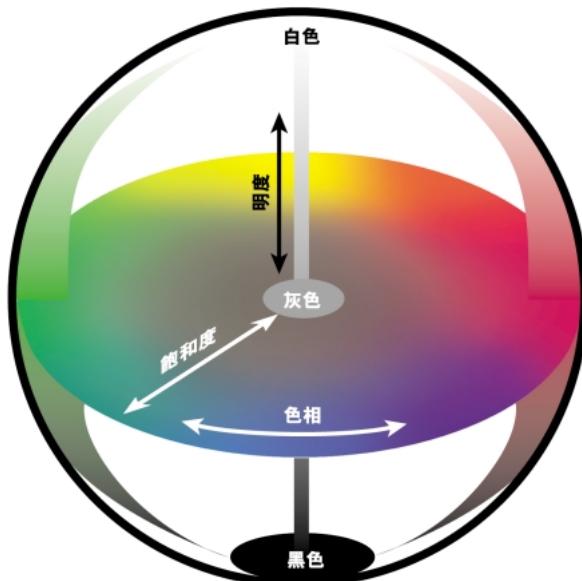
“淺灰”

曲線於均等時，代表低飽和度及沒
有特定色相。

色彩艷麗的物體以高強度反射光譜的某一部分；接近白色或淺灰的物體以高強度均勻地反射大部分光譜；深灰色、黑棕色以及黑色物體吸收大部分光譜能量等等。

顏色空間—繪制顏色立體

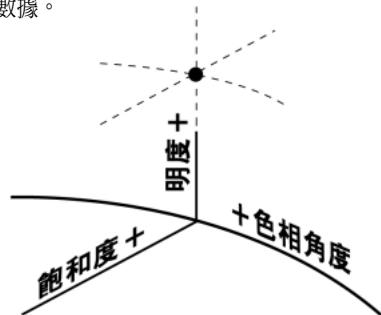
色相、飽和度和明度可用三維的顏色立體來表示。這些特徵提供了能用於描繪顏色空間三個坐標。本世紀初，藝術家孟塞爾 — 孟塞爾色表的制作人 — 是三維顏色空間描述的開創人。基於孟塞爾色系或模仿孟塞爾色系有許多不同類型的顏色系統。基本上，基於色相、飽和度和明度的顏色空間採用柱形坐標。明度是中心垂直軸，飽和度是與明度軸垂直並向外延伸出的水平軸，色相是飽和度軸繞著明度軸的角度。



我們可以在三維顏色空間中找到光波的屬性和顏色屬性之間的關係。光波的振幅決定一種顏色在明度軸上的位置；光波的純度決定顏色在飽和度軸上的位置；光波長決定色相角度。沿著“赤道”分佈著不同的色相。色相向中心方向純度變小，即飽和度減少；沿垂直軸方向，不同色相和彩度的顏色變得越來越亮或暗；明度的極值白和黑位於“柱的兩個端點”。顯然，垂直軸中心的顏色為中性灰。

三刺激數據

顏色空間可用於描述視覺或複制的顏色範圍 — 或描述測量儀器或設備的色域。三維形式可用於比較兩個或更多顏色之間的關係也很方便。下面，我們來看一下如何通過兩種顏色 在色空間中的距離來確定它們之間的“相似性”。三維顏色模型以及三值系統如RGB，CMY 和 HSL 是我們熟知的三刺激數據。



確定某一特定顏色在三刺激顏色空間，如RGB或HSL中的位置，就像用一張地圖說明一個城市的交通及地理位置。例如，在HSL顏色空間“地圖”上，首先找到色相角度和飽和度 距離相交的位置。然後，明度值表明該顏色位於哪一“層”：從最底端“黑”到中性灰到最上端“白”。

許多情況下，三刺激顏色描述使得對顏色的測量變得很方便，不同於光譜數據的複雜(當然光譜數據使更全面準確)。例如，稱為色度儀的儀器通過模擬眼睛計算紅、綠和藍光的量來測量顏色。這些RGB值可轉化成更直觀的三維系統，因而幾種顏色測量值之間的關係可以很容易比較。

當然，任意測量系統都需要一套可重複的標準。對於顏色測量，RGB顏色模型不能作為標準，因為它不可重複 — 不同的觀察者、顯示器、掃描儀等就有許多不同的RGB顏色空間（後面在設備相關性中將討論）。關於顏色測量標準，我們來看一下著名的CIE — 國際標準照明委員會的研究。

前面已經了解關於顏色測量及顏色屬性，現在來看工業顏色交流及測量所依據的已建立的CIE標準。

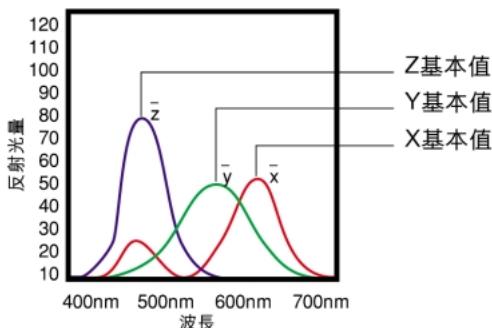
CIE 顏色系統

1931年，CIE建立了表示可見光譜的一系列顏色空間的標準，採用這些標準，我們可以根據可重複的標準對不同觀察者及設備的不同的顏色空間進行比較。

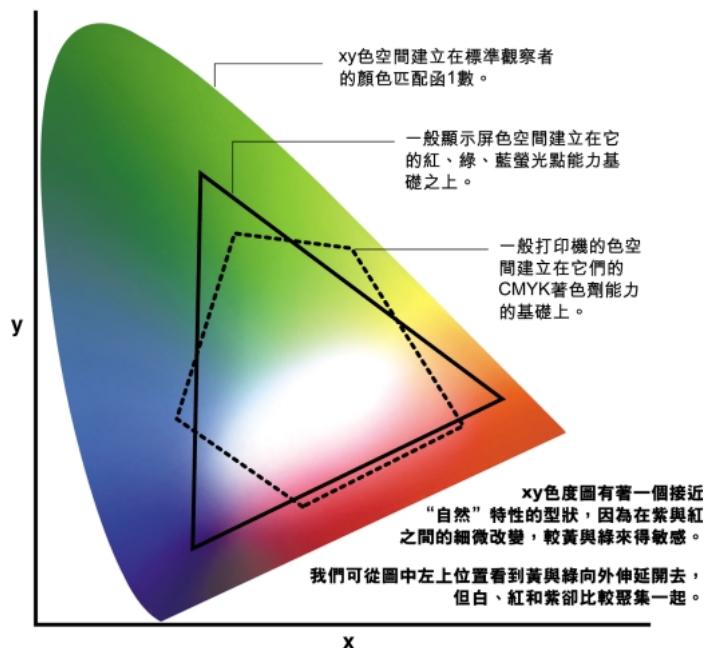
CIE顏色空間同我們前面討論過的其它的三值模型相似，採用三個坐標來表示一個顏色在色空間中的位置。但是，CIE空間 — 包括CIE XYZ，CIE L*a*b*以及CIE L*u*v*是設備無關的，也就是說，這些色空間中的顏色範圍並不受到某種設備或某一個觀察者視覺再現能力的限制。

CIE XYZ 和標準觀察者

基本的CIE色空間是CIE XYZ，它建立在標準觀察者的視覺能力的基礎之上，所謂標準觀察者是CIE對人的視覺深入研究得出的理想觀察者。CIE針對大量的對像進行了顏色



匹配實驗，然後用實驗的結果產生“顏色匹配函數”和“通用顏色空間”，表示標準的人眼可見顏色的範圍。顏色匹配函數是每個光的基本色 — 紅、綠、藍的值 — 標準的人的視覺系統必須用這些基本色來感知可見光譜的所有顏色。X、Y、Z坐標軸代表三個基本色。

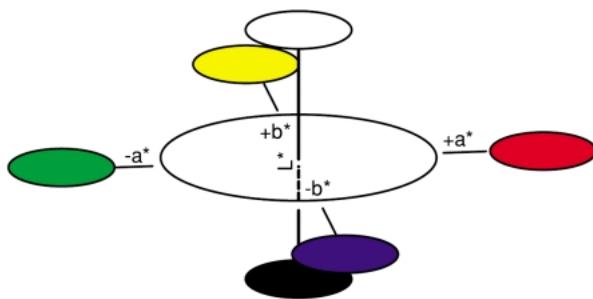


由XYZ三個值，CIE導出了xyY色度圖將可見光譜定義為一個三維顏色空間。此顏色空間的坐標軸同HSL顏色空間的坐標軸相似。然而，xyY空間不能用柱形或球形來表示。CIE發現，我們不能均勻地看見所有顏色，因此，CIE將顏色空間修正成有些不對稱的(變形的)顏色空間來描繪視覺範圍。

在我們提供的xyY色度圖上，我們可以看出顯示器RGB和打印機CMYK的色空間的局限性，為做進一步的討論，我們必須指出，這裡所示的RGB和CMYK色域並非標準色域，每個不同的設備的描述將是不同的。然而，XYZ色域是與設備無關的，是可重複的標準。

CIE L*a*b*

CIE的最終目標是開發一個做為顏色信息交流標準的可重複系統，為顏料、油墨、染料及其他色料生產廠商使用。這些標準最重要的功能是提供顏色匹配的通用框架。標準觀察者和XYZ色空間是此框架的基礎；但是，XYZ空間的不平衡性 — 如xyY色度圖所示 — 使得這些標準難於清楚地定位。

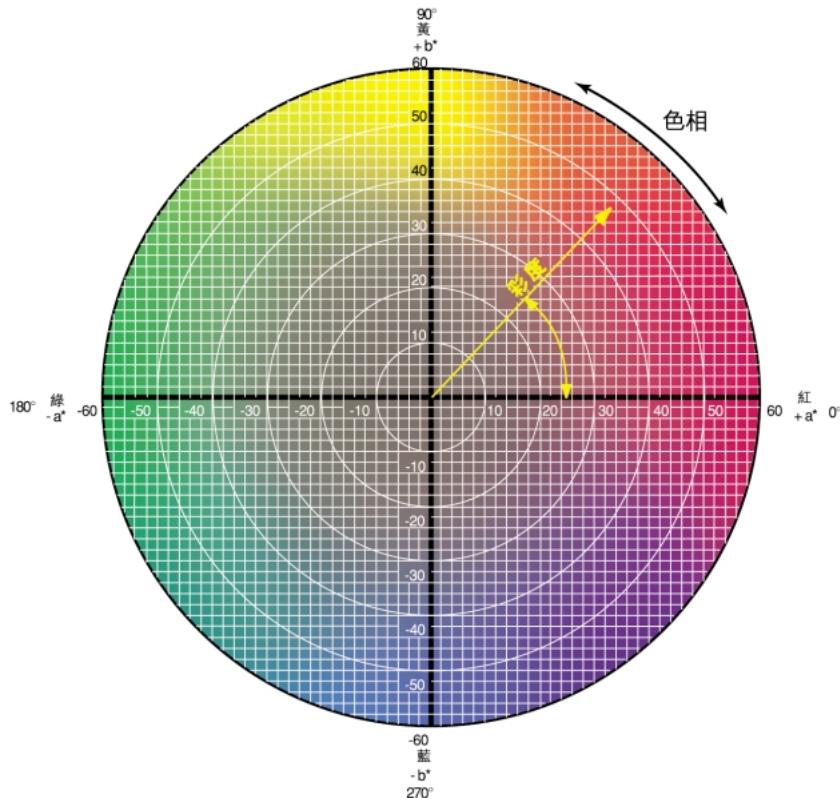


因此，CIE 開發出更為均勻的顏色標準，CIE $L^*a^*b^*$ 和 CIE $L^*u^*v^*$ 。在這兩種模型中，CIE $L^*a^*b^*$ 使用最為廣泛。 $L^*a^*b^*$ 色空間良好的平衡結構是基於一種顏色不能同時既是綠又是紅、也不能同時既是藍又是黃這個理論而建立的。所以，單個的值可用於描述紅色/綠色以及黃色/藍色特徵。當一種顏色用 $CIEL^*a^*b^*$ 表示時， L^* 表示明度； a^* 表示紅/綠值； b^* 表示黃/藍值。許多方面，這個顏色空間很像三維顏色空間如 HSL。

CIE $L^*C^*H^\circ$

$L^*a^*b^*$ 顏色模型採用了黃-藍和綠-紅軸相互垂直的直角坐標系。CIE $L^*C^*H^\circ$ 顏色模型採用了同 $L^*a^*b^*$ 一樣的由 XYZ 導出的顏色空間，但它採用明度、彩度、色相角度的柱形坐標。這同色相、飽和度（彩度）以及明度的三維很相像。 $L^*a^*b^*$ 和 $L^*C^*H^\circ$ 特徵都能由測得的光譜數據導出，或者直接由 XYZ 值轉化得來，也可以直接由色度測量出的 XYZ 值得出。我們可以由每個坐標軸上的數值定出某一顏色在 $L^*a^*b^*$ 色空間中的位置。下面的圖是基於 $L^*a^*b^*$ 色空間繪制的 $L^*a^*b^*$ 和 $L^*C^*H^\circ$ 坐標圖。

後面在觀察顏色容差和顏色變化時將再度使用這些顏色空間，這些三維模型提供了邏輯框架，通過它們可以計算出兩個或更多顏色的關係。在這些空間中，兩個顏色之間的“距離”表明它們之間的視覺匹配的“相似性”。



觀察儀器的色域並非隨觀察條件變化而變化的唯一的顏色元素。照明條件也影響顏色外觀。採用三刺激數據描述一個顏色時，我們還必須說明照明光源的反射率數據。但是我們採用哪種光源呢？CIE 還建立了標準照明體。

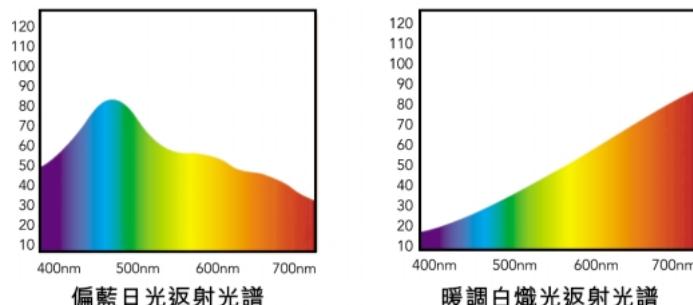
CIE 標準照明體

定義照明體的性質是描述顏色的重要的一部分。CIE 標準對幾種常用的照明體提供了如下參數。

1931 年，CIE 建立了三個標準照明體，表示為 A，B 和 C：

- 照明體 A 表示色溫約為 2856°K 的白熾燈照明條件
- 照明體 B 表示色溫為 4874°K 的直射的陽光
- 照明體 C 表示色溫為 6774°K 的非直射的陽光

後來，CIE 又增加了一系列 D 照明體、理想的 E 照明體以及一系列 F 照明體。D 照明體表示不同的日光條件，以色溫表示。兩個照明體 — D_{50} 和 D_{65} — 是印刷觀察條件中最為常用的標準照明體（“50”和“65”分別表示 5000°K 和 6500°K 的色溫）。



這些照明體在顏色計算中以光譜數據表示，光源的光譜反射功率 — 發射物 — 比彩色反射物的光譜數據實際上並無不同。我們可以通過某一顏色在不同光源下的相對光譜功率分佈的光譜曲線來觀察不同光源對顏色的影響。

三刺激顏色描述主要依賴 CIE 標準顏色系統及標準照明體。另一方面，光譜顏色描述卻不需這些附加信息。當然，CIE 標準在從顏色的三刺激值到光譜數據的轉換中確實起了重要作用。接下來，我們來進一步研究光譜數據和三刺激數據之間的關係。

光譜數據和三刺激數據

我們已經考察了描述顏色的主要方法。這些方法分為兩類：

- 光譜數據通過證明物體表面可以看出如何影響（反射，透射或發射）光，光譜數據實際上描述彩色物體的表面性質，照明條件改變、觀察者不同及複制方法不同對這些表面都沒有影響。
- 三刺激數據以三個坐標值或數值簡單地描述物體的顏色在觀察者或感應器中如何表現的以及顏色是如何再出現在設備，如顯示器或打印機上。CIE 系統，例如 XYZ 和 L*a*b* 採用三維坐標將顏色

表示在顏色空間中，而顏色再現（複制）系統如RGB和CMY (+K)以混合產生顏色的三個數值來描述顏色。

作為顏色規範及交流形式，光譜數據比傳統的三刺激形式，如RGB和CMY (+K) 值有明顯的優勢。最為重要的是，光譜數據是對實際彩色物體的唯一真實的描述。而RGB和CMYK 色彩描述依賴於觀察條件 — 再現顏色的設備類型，以及觀察顏色所使的照明類型。

設備相關性

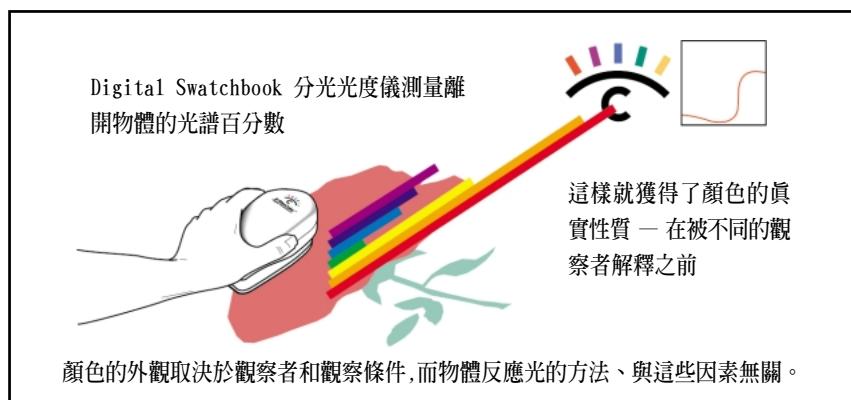
正如我們在顏色空間比較中所討論的每一個彩色顯示器由於產生RGB的螢光物質不同而有不同的色域 — 即使同一生產廠同一年製造的顯示器色域也不相同。打印機及其 CMYK 色料的情況也是這樣，通常其色域比大多數顯示器的色域有更大的局限。

為精確地規範採用 RGB 或 CMYK 值的顏色，還必須定義用於表現顏色的特定設備的特性。

照明相關性

正如在前面所討論的，不同的照明體，如白熾燈和日光有各自不同的光譜特性，顏色的顯色性(外觀)受這些特性極大地的影響，同一物體在不同照明條件下有不同的顏色外觀。

為精確地規範採用三刺激值的顏色，還必須定義用於表現顏色的照明體的特性。



設備及照明體的無關性

被測量的光譜數據既是設備無關的又是照明體無關的。

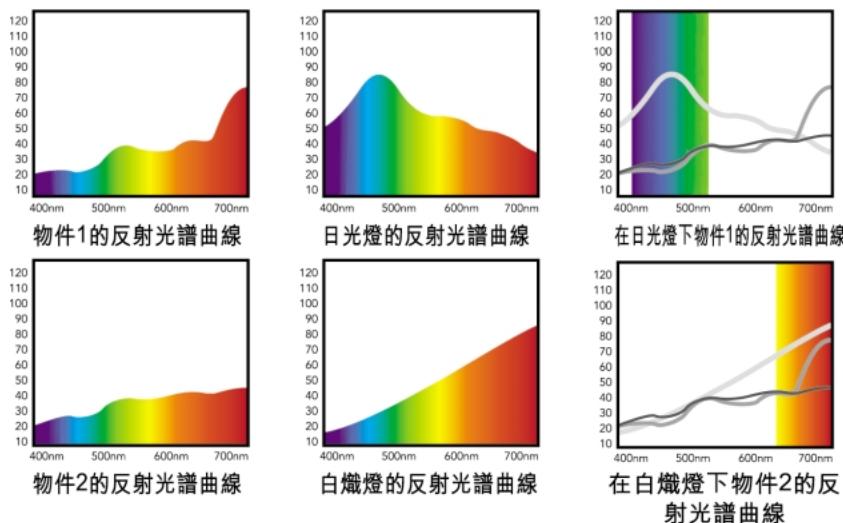
- 在被觀察者或設備演譯之前，光譜數據測量物體反射光的組成
- 不同的光源照到物體上有不同的表現，因為這些光源每一波長上含有不同量的光譜。物體總是吸收和反射某一波長的同樣百分比（不考慮數量）。光譜數據就是對這個百分比的測量。

因此，隨著觀條件變化而變化的顏色的兩個方面 — 光源和觀察者（或設備）是被“忽略的”，而測量的是物體表面相當穩定的特性。為準確地規定顏色，光譜數據是我們所需的 — 簡言之，光譜數據是“真實的東西”。而 RGB 和 CMYK 的描述是被不同觀察者和設備“解釋”的結果。

測量同色異譜色

光譜數據的另一優點是能夠預測不同光源照在同一物體外觀的效果。正如前面討論過的，不同光源有其自己的波長成分，而它們又受到物體不同情況的影響。例如，在商場螢光燈下觀察一雙襪子和手套，可以發現同在家中白熾燈下看的結果不一樣，這種現像叫做同色異譜現像。

下面的例子是比較同色異譜匹配的兩個灰調。在日光燈下，這些灰色匹配得很好。然而，在白熾燈下，第一個灰樣有些偏紅。這些變化可以通過繪制光譜曲線得到證明，然後比較兩色樣之間最強的反射功率。



如果在日光下觀察兩色樣，這兩個顏色之間的關係在藍色區增強（高光部分），曲線靠近；而在白熒燈下，在紅光區分佈著更多的反射功率，兩個色樣曲線在此相差明顯。所以，在冷色照明下兩色樣之間的差別不這麼明顯；而在暖色照明下差別很明顯。我們的視力被照明條件變化所“蒙敝”。因為三刺激數據是照明相關的，這些形式不能證明這些變化的影響，只有光譜數據能清楚地測量這些特性。

2. 顏色測量及控制

現在，我們已經了解了顏色的基礎知識以及傳遞顏色信息的不同方法，接下來看一看收集這個顏色信息（數據）的方法。我們已經接觸過測量顏色的兩種儀器 — 分光光度儀和色度儀。首先，我們將仔細研究這些儀器以及在印刷行業中常用的密度儀。然後，再研究一下顏色測量的不同類型，以及在數字成像和印刷生產流程中如何使用這些顏色測量方法。

儀器簡介

我們已經討論了傳遞及描述顏色的許多尺度 — 如顏色的基本屬性、視覺屬性及實際光譜數據，這些模型為我們提供了類似於“英寸”和“盎司”的度量單位。我們所需要的是能夠以定量形式測量顏色的一套“尺子”，比如 CIEL*a*b*。現在，測量顏色最為常用的儀器是密度儀、色度儀以及分光光度儀。

了解顏色測量

顏色測量儀器用和人眼感知顏色的同樣方法“接受”顏色：將從某物體反射的光的主波長收集、濾光。先前，我們曾證實了光、物件（以一朵玫瑰為例）和觀察者如何混合而形成對一朵“紅”玫瑰的感覺。當一台儀器是觀察者時，它以一個定量的數值“接受”反射的波長。這些數值的範圍及準確性取決於測量儀器 — 應用密度儀測量時，這些數值將被演譯為一個簡單的密度值；而用色度儀時為三刺激值；用分光光度儀時則為光譜數據。

給顏色標注數值

每一種顏色測量儀器都能夠做出人眼不能做到的事情：給顏色標以特定的值。因此可以以數量誤差加以分析並控制。每種儀器所做這種轉換是不同的。

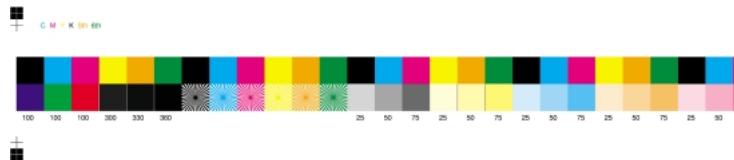
- 在這些儀器中，密度儀是最為常用的。密度儀是光電儀器，能簡單地測量計算從一個物體反射或透射的光量大小。它主要用於印刷、印前以及照相中來測量顏色強度的一種簡單儀器。

自動掃描式密度儀 (ATD)



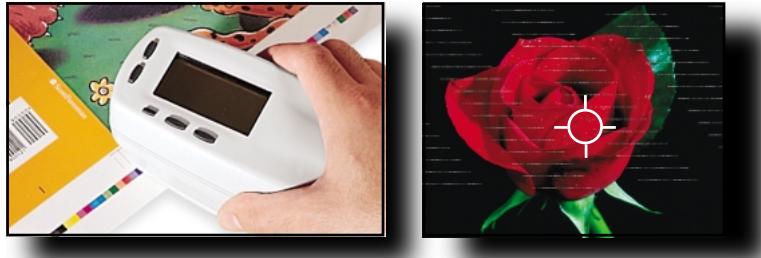
361T 台式透射密度儀

密度儀，例如 X-Rite 的 X-Scan 系列簡單地測驗量物體反射的光量多少，從而得到其密度或“強度”。



在上例中，實地品紅密度為 1.17。這個值幫助印機操作人員對墨量進行必要的調節。

- 色度儀也能測量色光，但它將光分成 R、G、B 三種成分（按照同人眼、顯示器或掃描儀相似的方法）這樣，某一顏色的數值就用 CIEXYZ 顏色空間或其轉換空間如 CIE L*a*b* 或 CIE L*u*v* 來表示。這些測量以色空間圖來表示。



色度儀，如 X-Rite 的 528 型分光密度儀測量被物體反射的紅、綠、藍光。採用 CIE XYZ 作為參考空間，這個色度數據測量就轉換成 L*a*b* 坐標。

例中被測量的 CIE

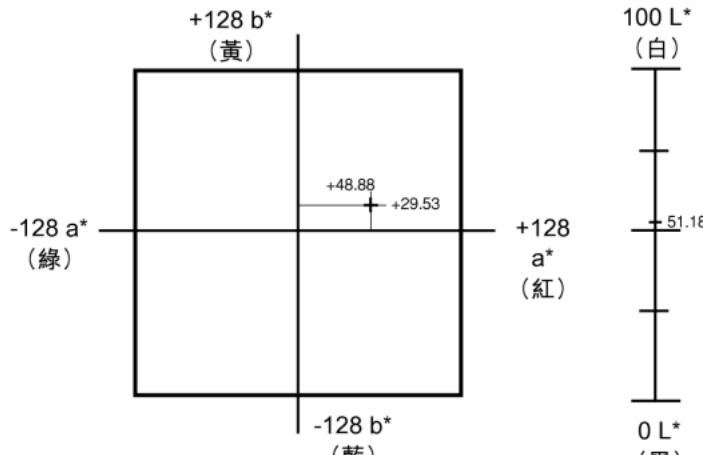
L*a*b* 值為：

L^* 51.13

a^* +48.88

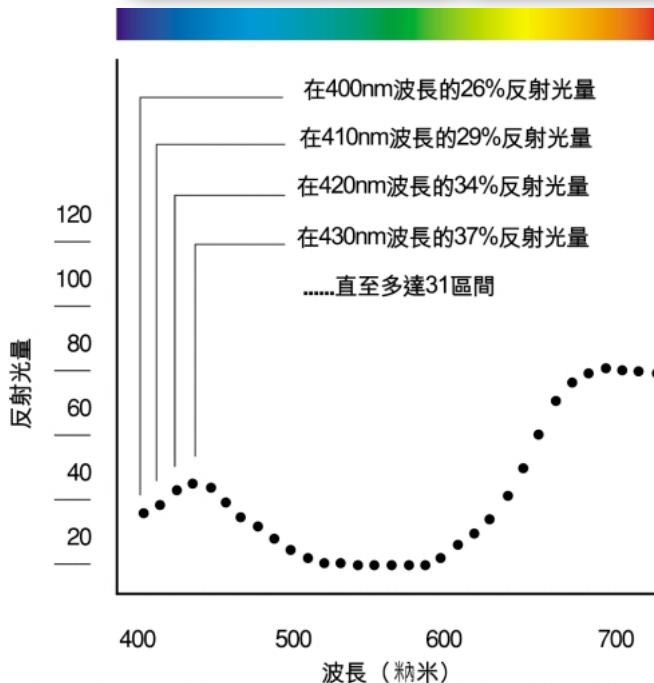
b^* +29.53

(2度標準確觀察者，照明條件為 D_{50})



- 分光光度儀測量光譜數據 — 在可見光譜範圍中，沿不同區間內物體反射的光量。這些測量結果是一組複雜的反射率數據，用光譜曲線的形式表示。

分光光度儀，如 X-Rite 的數碼色樣冊(Digital Swatchbook)建立了光譜“指紋”，它測量被測表面如何反影不同波長上的光。



分光光度儀包含有這麼複雜的顏色信息，而這個信息只通過一些計算就可被轉化成色度或密度數據。簡言之，分光光度儀是最準確、有用及靈活的儀器。

印刷工作流程中的測量應用

不同類型的測量儀器被用於印刷工作流程中的不同階段。精確的測量能夠確保從最初的設計到最終的印張以及從設備到設備間的變化具有穩定的顏色結果。不同類型的測量適於不同的生產階段。例如，光譜數據是正確測定顏色標準的最佳形式；而簡單的密度測量最適於監測四色印刷過程印張上的色標。

首先，我們應注意很重要的一點：典型的RGB色空間比人眼能看到的顏色範圍小，而CMYK印刷過程得到的色域更小。同時，照明條件及材料比如色料和承印物又造成了色彩再現色域的局限性。掃描和顯示技術不斷地提高顏色位深並將RGB的色域範圍向外擴展，新的印刷技術如高保真(HiFi)顏色也拓寬了印刷色域。但是，原稿顏色與其複制品和不同的印刷工藝之間永遠存在著差別。

顏色測量使我們能夠得到最佳的彩色複製品：

- 設備和生產階段之間最小的顏色偏差
- 這些偏差可預知，並且使所有的輸出是一致的
- 任何有問題的顏色偏差迅速地識別出來並在最短的時間、最小的材料浪費情況下加以更正。

接下來，我們討論一下不同類型的顏色測量如何在生產過程中不同的關鍵階段獲得最佳的顏色質量：

- 標準（客戶和合同制作商）
- 彩色管理（制作商及印前中心）
- 配色（油墨供應商和印刷廠）
- 控制（印刷廠）
- 檢驗（印刷廠、客戶、合同制作商）

我們注意到這個流程是全封閉的 — 最重要的是使最終的印品質量盡可能的與客戶的原稿一致。

顏色說明

定義顏色最好的方法是用光譜數據。現今技術的發展已使得光度儀被廣泛使用，光譜數據已成為描述、規定、標識顏色的最好方法。光譜測量對於傳統的CMYK色彩描述範圍以外的顏色 — 比如專色以及高保真印刷顏色特制重要。因為光譜描述是與設備無關的，它能保證在工作流程中不同的階段的一致性。此外，RGB、CMYK以及油墨配方都能通過光譜測量確保準確的數據。

X-Rite 的DIGITAL SWATCHBOOK手持分光光度儀系統能對彩色樣張進行測量，並在計算機顯示屏上顯示被測的顏色的光譜數據。並可存貯為數字“樣品”(Swatchbook)，所收集到的樣品可存在"Swatchbook"軟件中，它可以引入到其它相關的圖像或圖像軟件，如Adobe Illustrator™中。調色板(palettes)也可通過顏色採集器引入Photoshop™。由於光譜數據的測量是設備無關的，也是最精確的，可用於彩色複制的全過程，不論是印前制作者、客戶，還是印刷廠全可用光譜數據來比較和評判質量。

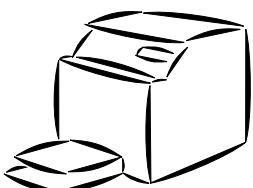


顏色管理

前面我們已注意到有多少顯示器就有多少個RGB 色空間，有多少打印機就有多少CMYK 色空間。這種情況就使得在桌面設備上制作和打樣的設計者帶來混亂。掃描的顏色同顯示屏上顯示出的顏色不同：屏幕上的顏色和打印出的樣張的顏色不同；圖像文件中的顏色在每個生產場所中被不同地顯

示和輸出（設計處、印前中心、印刷廠）。彩色管理系統（CMS）幫助我們解決在桌面出版中的顏色問題，因此也“順勢”提供解決的方案。

彩色管理系統使RGB 和CMYK 色空間一致，這對你的工作十分重要，它適用於掃描儀、顯示器以及打印機。這些設備的特徵描述可稱為 profiles或者特性化(characterizations)。蘋果機和Mac OS兼容計算機提供稱為 Apple ColorSync 的工作平台用以補償和處理這些設備的 Profile。另一個常用的CMS是圖像顏色匹配 (Image Color matching) (ICM)，用於 Microsoft Windows95 平台。彩色測量儀器與CMS 和 CMS 支持的軟件共用採集形成設備 特徵的重要數據，並且定期地監示和調整設備的性能。採用CMS兼容軟件以及Plug-ins 和彩色測量儀器系統，並通過兩個主要階段 — 設備校正和設備特徵描述你就能達到桌面系統顏色的一致性。



設備校準

設備校正是桌面彩色管理過程的第一步。你的顯示器和輸出設備操作性能可能會不斷地變化 — 螢光穩定性是導致顯示器變化的主要原因，而

色料和室溫的變化導致打印機性能變化。顯示器和打印機的校準採用不同類型的設備。

屏幕顯示器校正採用色度儀例如 X-Rite 的 Monitor Optimizer 或 DTP92 型色度儀及其兼容校正軟件可達到準確校正。例如，Monitor Optimizer 傳感器直接吸在顯示器上，通過軟件可在顯示屏上對色標進行定位。此色標包含一系列顏色 — 100% 的紅、100% 綠、100% 藍，以及各種階調的灰。色度儀測量每一色塊，然後，軟件收集了測量數據。分析此數據就可判斷發生的任何性能變化。你的顯示器的 γ 、白和黑點以及顏色平衡因此就可得到調整。



除了校準之外，你還可做些其它的事情以確保可靠的顯示效果：將亮度及對比度旋鈕調到合適位置；為你的屏幕“桌面”選擇中性灰形式。應避免將鮮艷的工藝品挨著顯示器放置；避免將你的工作站靠近窗戶或室內燈光閃爍或變化頻率高的地方放置，甚至應將顯示器上部蓋起來。

輸出設備校正通常用密度儀及配套軟件進行。校準將設備的輸出調整到與軟件要求的值一致。對於彩色打印機，通過校準確保印刷的青、品紅、黃和黑的色量正確。典型的測試圖為幾排色塊，即設備所能印出的顏色的色塊。每排色塊表示不同的百分比，通常以 5% 或者 10% 遲增從 0 到實地排列。另一方面，輸出膠片的照排機，也可在分色膠片上輸出檢驗用的階調值。

測量這些色塊上的階調值來進行設備的線性化調整 — 設備能夠正確地按校準軟件中標注的百分比成像。自動掃描密度儀如 X-Rite 的 DTP32 型密度儀通過讀數孔可自動掃描整排色塊，從而快速輕鬆地做線性校準測量。測量結果被反饋給軟件，在此做內部調整，將信息傳給控制輸出設備顏色值的 PostScript 命令。



愛色麗 DTP32
桌面排版密度儀

設備特徵描述

設備特徵描述是繼設備校準之後彩色管理過程的第二步。特徵描述是實際產生關於你的掃描儀、顯示器及打印機設備特徵描述文件Profile的過程。許多設備製造廠家將工廠產生的、通用的Profile存在磁盤上與其產品一同發給客戶，用戶針對自己的設備建立的profile更為準確可靠，從而能夠得到更好的顏色效果。

掃描儀特徵描述包括使用一張掃描測試用的反射或透射色標如IT8測試條，然後運行掃描儀Profile應用程序。IT8測試條包括幾十個不同色塊，這些色塊用CIE XYZ或L*a*b*色空間表示每一個色塊的色值。將這些已知數值與掃描儀的設備相關的每個顏色的RGB表示形式相比較。從這個數據中，可以確定掃描儀的顏色空間。這個唯一的顏色空間信息做為掃描儀用戶Profile的一部分存下來。



掃描測試用的
IT8 測試條

顯示器特徵描述採用同校準時所用的同樣的儀器(如Monitor Optimizer)和屏幕顯示色標順序用做描述，來自設備的色度數據與顯示器能再現這些顏色的能力相比較，因此軟件能計算出顯示器的顏色空間與XYZ色空間有怎樣的關係。這個唯一的信息是顯示器用戶profile的核心成分。

打印機特徵描述與掃描儀特徵描述類似，通過測量測試圖來確定設備能再現顏色的範圍，對於打印

機，測試圖是用外部設備輸出的CMYK疊印的一個樣張。

用於打印機特徵描述的軟件包含由500個不同色塊組成的測試圖，這個測試圖輸出到打印機，然後測量這些色塊，測量得到的色度數據計算成某打印機的色空間信息，它與CIE XYZ 色空間有關。這個信息成為打印機用戶Profile的核心部分。

因為特徵描述與打印機是再現不同印刷原色能力而不是特定色料密度，因此必須用色度儀或分光光度儀採集測量（例如用X-Rite的Digital Swatchbook分光光度儀或DTP51自動掃描色度儀）



愛色麗 DTP41
自動掃描式
分光光度儀

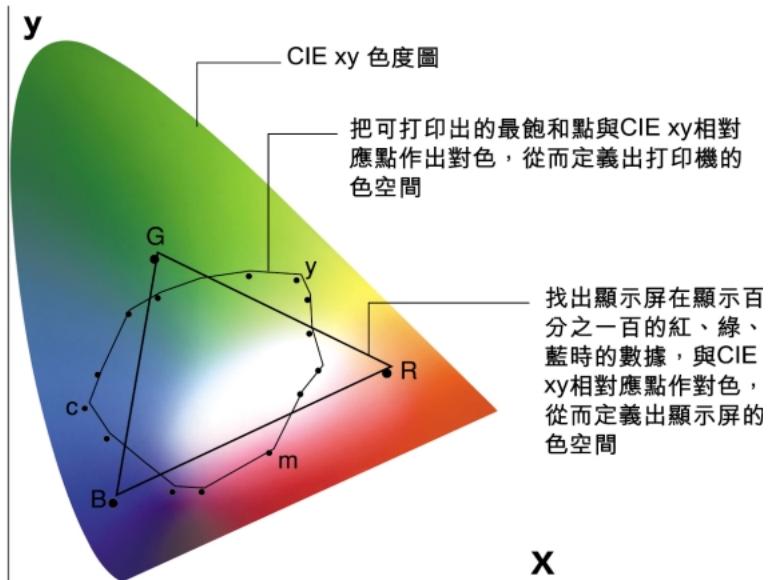


打樣系統及印刷機特徵描述可以幫助客戶和設計者準確地預測在生產過程的後面階段中顏色再現的方法，使用顏色測量及管理系統的印前中心和印刷廠能夠根據其輸出設備提供的 Profile為客戶提供服務。對生產流程中所有輸出設備的性能的了解能進一步增強在桌面 設計階段中做重要的顏色控制的決定。在生產早期達到顏色控制能夠節省返工時間並降低材料的浪費。

設備色空間的剖析

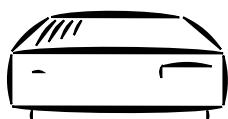
一個設備的色空間的構成是以掃描、顯示的顏色在CIEXYZ 色空間不同點的表現能力。最常用的目標色塊，代表不同色相的最大色飽和度 — 兩個色空間的大小(回憶一下以前討論過的色相、飽和度和亮度)。黑色和原色的不同色調，也可以確定設備對不同亮度的再現能力。

Profile “知道”表示設備色域的目標值與設備無關。這些已知的色值與設備的實際值比較從而判斷設備優劣。對應點的差值可做確定，也可確定測量點和已知點的“映射” 關係。其結果提供Profile產生設備特有的對色彩再現能力的精確描述。



Profile文件生成系統存儲了把某一個設備的Profile存入你指定的操作系統軟件。利用設備Profile的程序，如 Colorshop 軟件和 Adobe® Illustrator™, Adobe® PageMaker™, Marcomedia® Freehand™, Adobe® Photoshop™, Quark® Xpress™軟件允許你從操作環境 中通過菜單操作將存儲的你想得到的 Profiles文件激活。

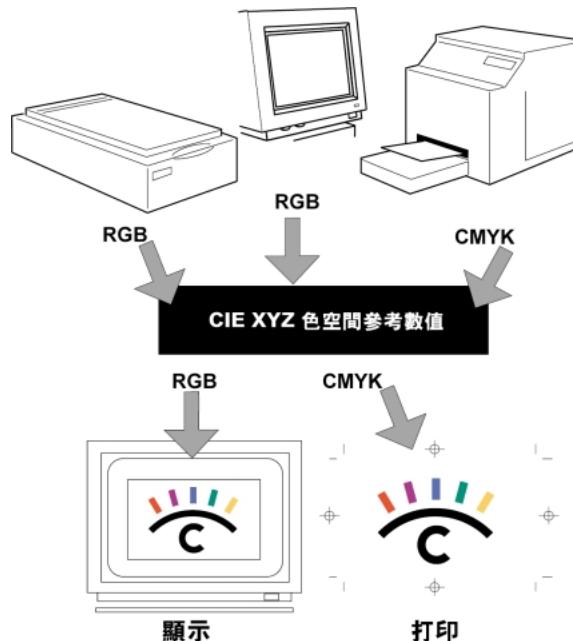
顏色管理系統是怎樣工作的



在上頁圖中所示的較小的RGB和CMYK色空間“映射”在XYZ色域內實現了“色域壓縮”的過程。這過程在我們的生產活動中傳遞顏色信息時經常發生。我們的風景原稿中包含許多照相膠片無法捕獲到的顏色；照片上也有一些顏色不在掃描儀的色空間或色域內；掃描的圖像在顯示器的色域空間顯示時，仍有較多的顏色丟失或做替代。我們的圖像在輸出設備上打樣或印刷出來的時候，它的原始色域已經被大量地壓縮了。每一個過程中，超出色域的顏色都被最接近的顏色替代。

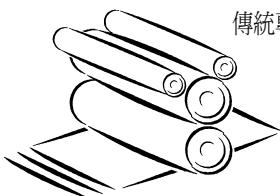
舉例來說，蘋果公司的Colorsync 色彩管理系統，能幫你實現色域的壓縮和壓縮後的控制。它利用你的外圍設備的Profiles計算出在 CIE XYZ系統內的“共同基礎”的色空間， 當你的外圍設備的Profiles文件通過Colorsync相關連的時候，你只能在設備的色空間重疊 的區域內進行色彩工作，此時顏色信號能夠很容易地從一個設備送到另一個設備。比如說，根據你在屏幕上看到的顏色可以很精確在輸出設備上再現出來。

圖中表示了 CMS 如何將掃描儀顯示器和打印機的顏色空間信息轉換成 CIE XYZ 坐標。



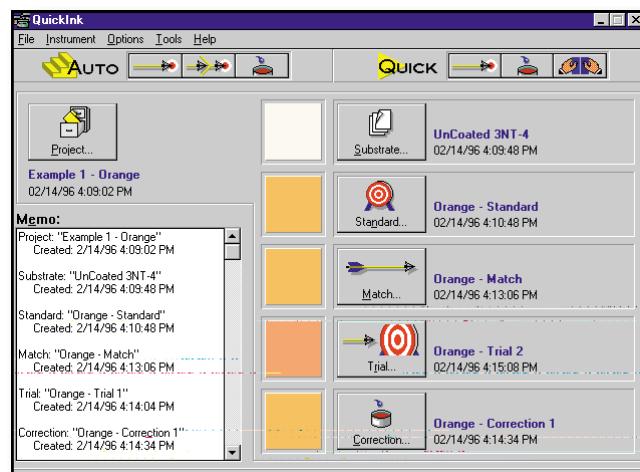
用 CIEXYZ 為通用的顏色“語言” CMS
通過計算得到的
RGB 顯示值就能精確在印刷時得到。

配色



傳統專色配色是用分光光度儀測量多種油墨和紙張組合的顏色為依據的，這一工作通常是油墨制造商做的事，現在，測量儀器以及軟件技術的進步，使得油墨配色可以在印刷時進行，此時生產實際用紙在配色時已經考慮，這樣配出的顏色非常符合客戶的要求，解決這一問題的方案，可用 X-Rite QuickLink System 利用提供的光譜數據或顏色手冊說明，或測量實際樣品或樣本進行配色。

QuickLink 配色
軟件用傳統油墨去匹配所測的顏色數據



顏色控制

顏色控制—或者說過程控制—使印刷全過程的顏色保持一致十分重要，不同的紙、不同的機器操作者、不同的原材料都會造成顏色不一致，同一種紙或前後兩張印張上的顏色會不一致。這時，通過測量數據可以用來控制顏色的變化。例如：可用密度儀來測量色標，色標上有很多提供信息的小色塊(如各色實地色、色調色塊、套印和特殊圖案)，色標通常放在印樣的邊緣，通過對它的測試了解印刷特性、印刷密度、網點面積率、網點增大、印刷反差、油墨疊印率等。操作者可通過這些信息去排除出現的故障。通過印刷測量值與色標上的標準值比較，可以清晰的看出單張紙印刷時的印刷特性。

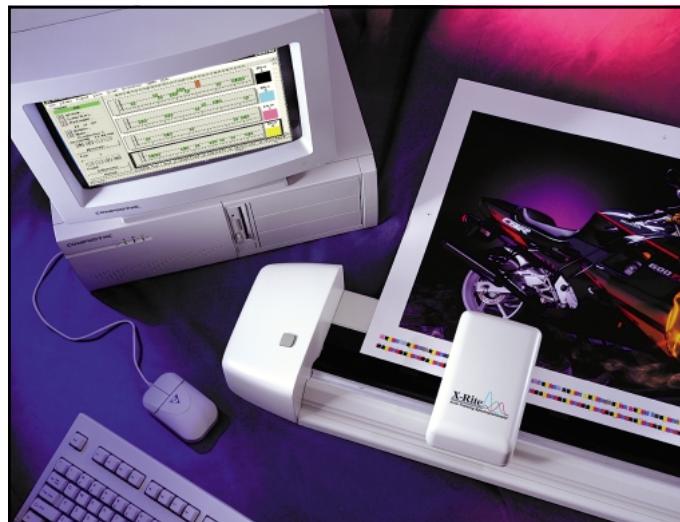
這些測量預示著應如何實時地監控印刷，通過在印刷過程中的抽樣檢測，印刷工人就能做到：

- 實時監控印刷情況
- 監視個別的油墨色調
- 監視印刷文件質量

通過測量並與印刷標準分析比較而進行控制。任何測量數據若超出控制範圍，則說明印刷設備或印刷過程可能有問題。有了這些信息操作者就能立即著手解決，調整印刷設備使耗材消耗最少。

X-Rite 自動
跟蹤分光光密計
測量系統，
可自動分段測量
單張上色標
的信息。

測量數據可顯示在
伴隨 ATS 軟件接口
的顯示器上。



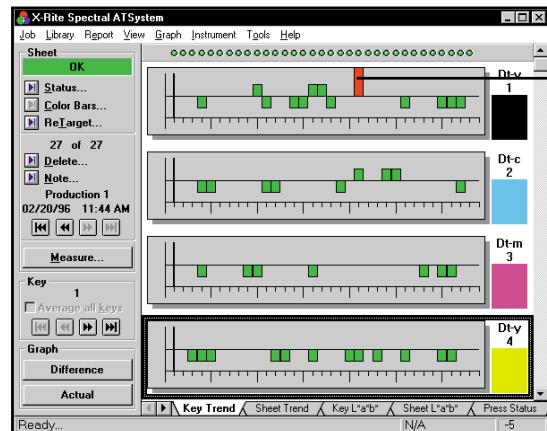
現代最新的印刷技術，如高保真(HiFi)彩色技術也常用色度儀或分光光度儀進行有效的監視和控制，採用七色 CMYK+RGB 或者常用觸摸板或彈式顏色(bump colors)的高保真(HiFi)印刷，使用這些工具，如X-Rite 938型便攜式分光光度儀或ATS系統更適合生產過程控制。因為完成高保真彩色印刷色域的擴展，光譜數據在完成控制高保真印刷擴展板起重要作用。

控制範圍

如前所述，任何單張印刷，從開始到裝訂的顏色都會發生變化，某些變化是正常的、可接受的，控制範圍就是要使印刷變化控制在正常和可接受範圍內。它們類似於街道的任何邊線。在邊線內的變化是可接受的，如同汽車司機開車一樣，有時會發生車超越邊線的情況。

控制範圍常用的方法是用密度儀測量單張印刷品上色標，例如，用分光光度儀自動檢測系統(Auto tracking Spectrophotometer System)和配套的軟件，可將測量值以圖形的方式實時顯示印刷執行情況，這些線性的圖形能很快的辨認出所測油墨密度與可接受值相比是強還是弱。

這些圖形是用
ATS 軟件表示的在
多個色標上的
測量情況。
每一圖的水平中心線
是要求的密度值，
在中心線上、
下的兩條線
之間是允許的
密度變化範圍。



任何超出控制範圍的
測量（由其是在這次
測量的這一點）可提
醒印刷機操作員把印
刷設定作出適當調
節。

顏色檢驗

另外，顏色測量的優點是在複制工藝的每一步能夠精確的監視和控制顏色，使之盡可能的達到客戶的要求。

檢驗實際油墨顏色的校正 — 特別是非四色印刷油墨顏色 — 需要色度儀或分光光度儀(密度儀也可用於這些特殊的顏色，但只能用於測量強度)因為分光光度儀具有測量密度和色度的功能，用它去控制彩色複制質量的變化有多種用途，而且很科學。

顏色容差

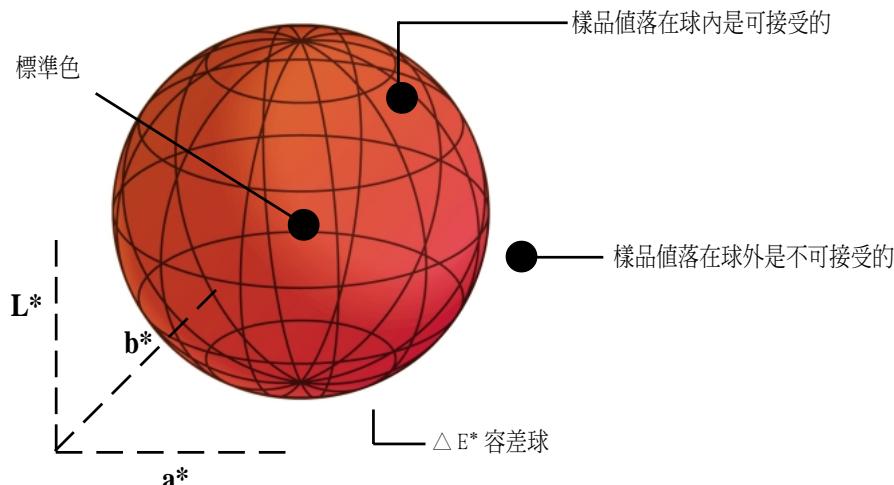
顏色容差是檢驗標準顏色和實測顏色（測量數據）之間的數值差別。顏色容差包含一些彩色樣品（輸出的顏色）和已知標準顏色（輸入色或技術要求色）測量值的比較，這樣可判斷樣品與標準的接近程度，若樣品的測量數據與標準值相比不夠理想，則需要對設備和印刷過程進行調整。

(若對控制範圍和顏色容差分別考慮，那末生產流程和印刷工作的設定要用兩套參數，一般情況下，客戶很少提出技術規範，印刷工人也無需在控制範圍內來實現)

標準值與實測值的容差值可通過計算得到，計算方法是在L*a*b*三色空間中，測量標準色和樣品色之間的坐標距離。最常用的方法是CIELAB 和 CMC。

CIELAB 容差方法

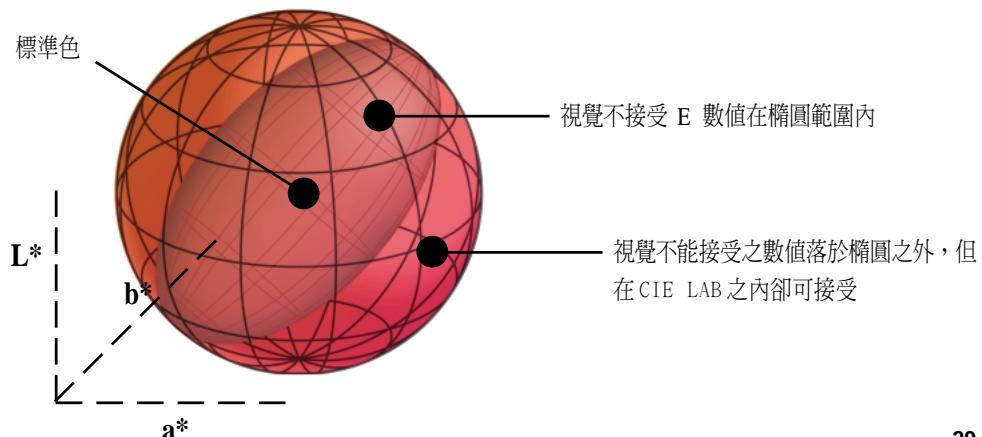
前面已講過，CIELAB 容差的計算是建立在 $L^*a^*b^*$ 顏色空間對標準色樣或原稿技術參數作精確測量，然後在理想的“容差球”上標出色點，在球上可找出標準色和其它被比較未定的樣品（如輸出色）之間的差值，若差值落在容差球內是可以接受的，若差值落在容差球以外是不可接受的。



容差球的大小取決於客戶對可接受色差的要求。色差值可用 $\triangle E$ (delta error) 表示，在印刷工業， $\triangle E$ 的值在 2 與 $6 \triangle E$ 之間，它說明，樣品色距離標準色的最大容差是 $6 \triangle E$ 單位。小於 $2 \triangle E$ 單位的容差在正常印刷條件下是難達到的。較高的容差，視覺就能發現二色之間的差別，若在彩色圖片中兩色的差值在 $4 \triangle E$ 單位以內則視覺不能區分出色差。

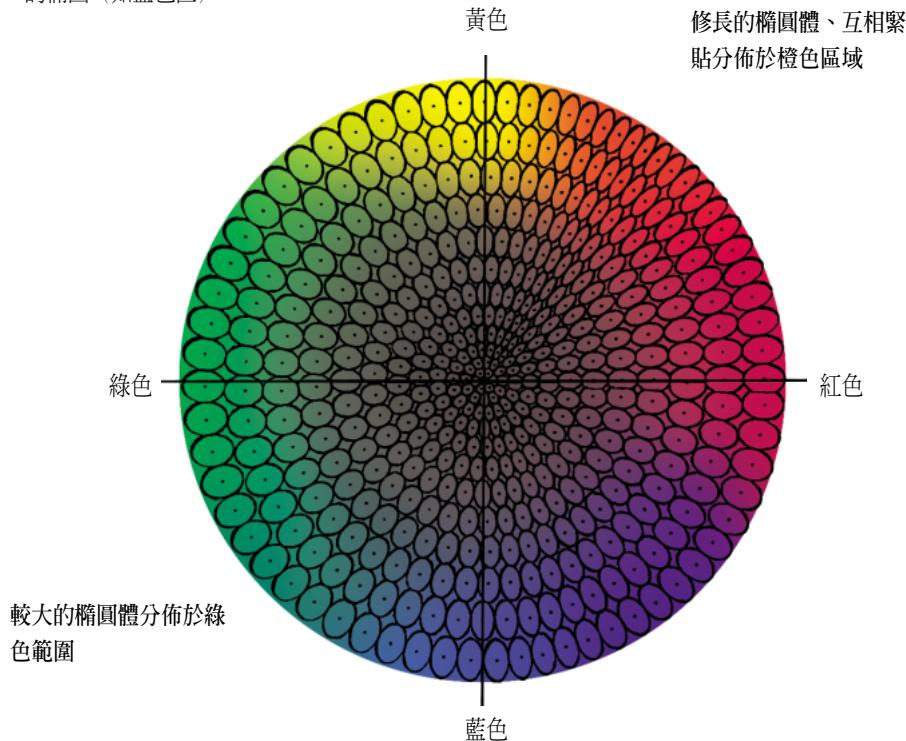
CMC 容差方法

CIELAB 容差表示方法是建立在容差“球”範圍內，相反，CMC 容差表示方法是建立在橢圓範圍內。因此，CIELAB 方法常常使人誤解。例如，可接受的顏色落在 CIELAB 的球內，但卻落在可接受的橢圓之外。



CMC 容差方法，用橢圓作為視覺對色差的範圍，因而許多工業認為 CMC 對色差的表示方法比 CIELAB 的表示方法更精確合理。

CMC 沒有新的顏色空間，它描述顏色容差的系統是建立在 $L^*a^*b^*$ 色空間基礎上的，CMC 對色差的計算方法是沿著橢圓的顏色空間，橢圓由含有與色相、色飽和度、亮度一致的半軸組成，它表示與標準相比可接受的區域，這與 CIELAB “球” 定義認可接受色差範圍的方法類似。在 CMC 系統中，橢圓的大小及變化與色空間的位置有關 — 例如，在橙色範圍內橢圓是窄的(細長)，而在綠色範圍內，橢圓是寬的(扁圓)而且在彩度高的範圍內的橢圓(如黃、紅區)大於彩度低的範圍內的橢圓(如藍色區)



總結

顏色手冊向大家介紹感興趣的顏色交流，測量和控制的模式。以及它們的基本概念和過程。其中的很多信息和技術數據會有助於增加你的彩色複制知識，不僅如此，從這本書中得到的信息，會幫助你對顏色科學和理論的基本解釋，以及測量顏色的不同工具，同時也告訴你彩色複制的不同階段對顏色測量的重要性，為掌握這些知識，特請你繼續閱讀後面的專業術語。

提醒你記住下面兩句話：若你能測量顏色，你就能控制顏色。沒有測量，對顏色的變化就無法確定，沒有測量數據，就不可能精確可靠的說明顏色的變化。

3. 專業術語

A

吸收 (Absorb/Absorption)：電磁波進入物體時與物質發生相互作用而導致電磁能量損失，伴隨傳遞輻射能的減少而轉換成吸收能量。

加色原色 (Additive Primaries)：紅、綠、藍光強度為100%的三色光時則產生白光，三色光的混合強度變化時，則產生不同的色域，強度為100%的二色光混合時則產生減色原色即青、品紅或黃的任何一種。

外觀 (Appearance)：自然界物體和物質的視覺表現屬性，如大小、形狀、顏色、紋理、光澤、透明度、不透明度等等。

屬性 (Attribute)：感覺、知覺或外貌特徵的區分。顏色的屬性常用色相、色飽和度(或彩度)和亮度來表示。

B

黑 (Black)：物體吸收光源的全部波長，無反射光。

當100%的青、品紅和黃三種顏料混合時，理論上講應產生黑色，但在實際應用中是產生深灰或棕色。在四色印刷中，黑墨是四色油黑之一。

大寫“K”常用來表示CMYK中的黑色。這主要是避免與RGB中的藍色“B”混淆。

亮度 (Brightness)：視覺屬性之一，它表示某一面積輻射或反射光的多少(在HSB顏色模型中，顏色的屬性用色相(H)，色飽和度(S)，亮度(B)來表示)

C

校正(Calibration)：檢定、調節、或有系統性地確定設備的漸變等級標準。

彩度 (chroma)：視覺感知的屬性，它表示某一顏色或色相的飽和度，例如紅蘋果的彩度高，彩色蠟筆的彩度低，黑、白、灰則無彩度(用於描述顏色屬性的L*C*H顏色模型其中L*為亮度、C*為彩度、H為色相)

色度，色度坐標(chromaticity, chromaticity coordinates)：顏色刺激的量度可用色相和色飽和度來表示，也可用除亮度強度外的紅—綠和黃—藍坐標來表示，通常在坐標平面上點的亮度是不變的。見CIEXY色度圖。

CIE(Comission Internationale de l'Eclairage)：國際照明委員會的縮寫。是法文名，英文名為International Commission on Illumination，它是顏色和顏色測量的國際組織。

CIE94： CIE94容差方法利用三維橢圓作顏色接受範圍。CIE94概念跟CMC2:1大同小異，但卻缺少了色相與亮度調整。

CIELAB(或CIE L*a*b* CIELab)：以L*a*b*值表示的相互垂直的三維色空間，在此色空間中，相等的距離近似於相等的色差，L*值表示亮度、a*表示紅/綠坐標軸，b*值表示黃/藍坐標軸。CIELAB(顏色空間)常用於量度物體的反射率和透射率。

CIE 標準照明體 (CIE Standard Illuminants)：已知的光譜數據是建立在 CIE 的四種不同的典型的光源基礎上，用三刺激值描述顏色時，必須定義光源。

CIE 標準觀察者 (CIE Standard Observer)：1931CIE 推荐在 2 度視場角條件下觀察三刺激混合色為假想的標準觀察者。1964 年將大於 10 度視場角增補為標準觀察者。若未加說明 2 度視場角為標準觀察者，若視場大於 4 度則用 10 度為標準觀察者。

CIE XY 色度圖 (CIE XY Chromaticity Diagram)：在二維色度圖中，X 表示橫坐標，Y 表示縱坐標。色度圖表示光譜軌跡（單色光的色度坐標，380~770nm）對比較發光和不發光材料顏色的性質有很多用途。

CIE 三刺激值 (CIE Tristimulus Values)：用色光混合去匹配某一顏色時，三個分量在 CIE 系統中表示為 X、Y、Z。在顏色匹配函數中又須說明照明體和標準觀察者，若不是這樣，則默認照明體是 C 光源，標準觀察者是 1931CIE 2 度視場角。

CIE XYZ 色度坐標 (CIE XYZ Chromaticity Coordinates)：為繪制 xyY 色度圖，表示 1931CIE 2 度視場標準觀察者繪制的可視色域。色度坐標值 CIE XYZ 可由三刺激值 XYZ 計算得到。

CMC (color measurement Committee)：彩色測量委員會 CMC 是英國染料和顏料者協會，提出了在 CIELAB 顏色空間的直角坐標系中，計算顏色誤差 ΔE 值的橢圓公式。

CMY：青、品紅、黃為減色原色，見減色原色。

顏色匹配函數 (Color Matching Functions)：按一定比例的三色光可匹配得到某一波長的光。

CIE 標準觀察者顏色匹配函數常用這一名詞。

顏色模型 (Color Model)：用數值來說明顏色屬性的顏色測量標尺或系統，用於顏色測量儀器和繪圖計算。

分色 (Color Separation)：將紅、綠、藍顏色信息經計算後轉換成可用於制版的青、品紅、黃、黑四通道信息。

顏色空間 (Color Space)：描述顏色的三維幾何圖形，可見到或產生某種顏色模型。

顏色技術要求 (Color Specification)：常用三刺激值，色度坐標和亮度值或其它量度顏色的值來表示在指定顏色空間中顏色的量值。

色溫 (Color Temperature)：物體在加熱時，所輻射的色光的測量，色溫常用絕對溫度或開爾文 (K) 度表示，低的色溫如紅色是 2400°K，高的色溫如藍色是 9300°K，中性色溫如灰色是 6504°K。

色輪 (Color wheel)：色輪即可見連續光譜在圓環上的排列。

著色劑 (Colorants)：產生顏色的材料如染料、顏料、調色劑、螢光物質等。

Colorsync：建立於蘋果 Macintosh 計算機的色彩管理架構，利用 Colorsync 工作架構可提供設備標準，設備特性描述以及設備 Profile 的建立方法。

色度儀 (Colorimeter)：模擬人眼對紅、綠、藍光響應的光學測量儀器。

色度 (Colorimetric)：給予或接受紅、綠、藍三色光有關的值。

反差 (Contrast)：在圖像中，明暗變化的程度

控制範圍 (Control Limits) : 印刷過程中可接受的印刷能力的變化量。

青色 (Cyan) : 四色印刷油墨中的一種，純青色油墨，它吸收全部紅光而反射全部綠光和藍光。

D

D₅₀ : 表示色溫為5000°K的CIE標準照明體。在印刷工業中，這色溫較廣泛地用於製作觀察燈箱。

D₆₅ : 表示色溫為6504°K的CIE標準照明體。

Delta (Δ) : 用於表示偏差或差別的符號

Delta Error (△E) : △ E是代表顏色誤差的符號，可利用色差公式計算出總的色差，計算色差的公式 $\triangle E = [\triangle a^{*2} + \triangle b^{*2} + \triangle L^{*2}]^{1/2}$

密度儀 (Densitometer) : 測量顏色或圖像密度的光電儀器或光電傳感器。

密度 (Density) : 表示材料吸收光的能力。愈黑則密度愈高。

設備相關性 (Device-Dependent) : 描術一台設備表達顏色信息能力的顏色空間，例如，一台顯示器產生的顏色空間，一台設備具有表達自身特殊的色域，而且，所有顯示器有不同的能力和範圍。

設備無關性 (Device-Independent) : 描述的顏色空間能夠定義為人眼視覺的全部色域，就如由標準觀察者定義的色域，與任何設備的顏色再現能力無關。

設備描述文件 (Device Profile) : 一台設備顏色再現及複制能力的特徵描述的顏色信息。顯示器、掃描儀及打印機描述文件應用於色彩管理如Apple ColorSync中來幫助進行設備之間的顏色信息的傳遞。描述文件通過校準和/或特徵描述方法得到。

染料 (Dye) : 一種可溶的著色劑。與此相反，顏料是不可溶的。

動態範圍 (Dynamic Range) : 用儀器所測量到的最低和最高的量值範圍。

E

電磁光譜 (Electromagnetic Spectrum) : 以不同尺寸在空氣中傳播的電磁波輻射帶，用波長來表示，不同波長具有不同性質，很多波段是人眼不能看到的。只有波長在380~720nm之間的電磁輻射是人眼能看到的可見光波。在可見光波以外的是不可見，如γ射線，x射線，微波和無線電波等。

輻射體 (Emissive Object) : 輻射光的物體，如化學反應中的煤氣燃燒及燈絲加熱發光的燈泡。

F

螢光燈 (Fluorescent Lamp) : 在玻璃燈泡內充滿水銀氣體，在內壁塗有螢光物質的燈管。當氣體用電流而被充電時，產生的輻射轉換成螢光能量致使螢光發光。

四色印刷 (four-color process) : 減色原色青、品紅、黃、黑在紙上的組合附著，這四種顏料以不同的網點大小、不同形狀、不同網角而產生不同的顏色，(見CMY減色原色)

G

色域 (Gamut) : 不同顏色的範圍，可用顏色模型或特殊設備生產的顏色模型來說明。

色域壓縮 (Gamut Compression) : 色域壓縮或階調範圍壓縮。將具有較大色域顏色空間壓縮成色域較小的目的色空間，例如，將照相原稿的色域壓縮為用 CMYK 表示的較小的色域而適應四色印刷。

色域映射 (Gamut Mapping) : 將兩個或多個色空間坐標換成共通的顏色空間，此時常導致階調範圍壓縮 (見色域)

H—I

高保真印刷(HiFi Printing) : 在四色印刷基礎上，用增加專色油墨來擴展傳統四色印刷的色域，以確保比四色更豐富的色彩。

色相 (Hue) : 物體的基本色，如紅色、綠色、紫色等，可用圓柱形色空間角度位置或在色輪上的位置確定色相。

光源 (Illuminant) : 用光譜分佈說明伴隨的發光能量。

A 光源 (Illuminant A) (CIE) : 以白熾燈為代表的CIE標準光源，黃—橙色、與之相關的色溫為 2856°K 。

C 光源 (Illuminant C) (CIE) : 模擬平均日光的鎢絲燈為代表的標準光源，如藍色，與之相關的色溫為 6774°K 。

D 光源 (Illuminants D) (CIE) : 以日光燈為代表的CIE標準光源，以日光的真實測量光譜為依據，與之相關的色溫為 6504°K 。 D_{65} 以及 D_{50} 、 D_{55} 、 D_{75} 等是最常用的幾種色溫。

F 光源 (Illuminants F) (CIE) : 以螢光燈為代表的CIE標準光源；F2 代表冷白螢光燈(4200°K)；F7 代表寬頻日光螢光燈(6500°K)；F11 代表窄頻白螢光燈(4200°K)。

強度 (Intensity) : 又指色飽和度，或相對可見光波的反射能量。高強度的反射率產生高飽和度或彩度。

IT8 : 建立在 ANSI (美國工業標準) 顏色特性基礎上的顏色色標 (包括若干色塊及灰梯尺)，IT8 已成為數字數據交換的標準，IT8 色標常用於不同設備特徵描述，如掃描儀和打印機。

K — L

Kelvin (K) : 色溫的單位，Kelvin (開爾文) 溫標的絕對零度是攝氏負 273°C

L*C*H : 類似於 CIELAB 的顏色空間，除用標準坐標表示顏色的亮度、彩色和色相角以外，也可用直角坐標代替。

光 (Light) : 人眼所能檢測到的電磁輻射光譜，光譜範圍接近於 $380\text{~}720\text{nm}$

亮度 (Lightness) : 顏色視覺屬性之一，表示單位面積發射或反射的光的多少，亮度可區別白色物體和灰色物體。也可區別彩色物體的亮和暗。

M

品紅色 (Magenta) : 四色印刷油墨中的一種，純品紅色不含綠色，它吸收白光中的全部綠光，反射白光中的全部紅光和藍光。

條件等色 (Metamerism) , 條件等色對 (Metamerism Pair) : 在同一光源下出現兩種色的現像，在不同光源下的仍然不能匹配得到。如此兩色稱條件等色對。

顯示器 RGB : 如同 RGB 一樣，RGB 顯示器能提供 RGB 顏色空間，用顯示器可以實現紅、綠、藍三色光的組合。

孟賽爾顏色圖表 (Munsell Color Charts) : 孟賽爾發明了三維顏色圖表，圖表是根據孟賽爾色彩三屬性即孟賽爾色相 (H) 、孟賽爾明度 (V) 、孟賽爾彩度 (C) 建立的。

N-O-P

納米 (Nanometer) (nm) : 納米是波長的長度單位， $1\text{ 納米} = 10^{-9}\text{ 米}$

套印 (Overprint) : 在單位紙張放入測控條，測控條上有很多小色塊，兩色套印時，一個色塊疊印在另一色塊上，操作人員可檢查印刷允許的疊後密度值。套印一詞也用於英文印刷方式。

螢光 (Phosphors) : 是一種發光材料，用陰極射線或電場中的電子轟擊時就會發光，發光強度取決於激發 能量的量值。

光電現像 (Photoelectric) : 與光電效應或其它輻射有關的現像，例如：電子輻射。

光接受器 (Photoreceptor) : 在人眼視網膜上錐狀和柱狀細胞，被可見光激發時，隨即將信號送給大腦，大腦就能感受到顏色。

顏料 (Pigment) : 不可溶的色料，而染料是可溶的。

像素 (Pixel) : 組成圖像的最小元素，它反映了在掃描儀或顯示器上紅、綠、藍的信息。當產生顏色時，像素類似於油墨印在紙上的網點，掃描儀的分辨力通常表示為每英寸具有的像素 (Pixels-per-inch縮寫為ppi)，它類似於印刷分辨力即每英寸上的網點數，表示為dpi (dots per inch)。

三原色 (Primary Colors) : 可見光譜區域的主色：紅、綠、藍與之對應的補色青、品紅、黃(見加色三原色和減色三原色)。

棱鏡 (Prism) : 三角形狀的玻璃或其它透明材料，當光線通過棱鏡時，不同波長的光線產生不同折射而形成彩虹，這證明白光可以分解成色光，並形成可見光譜 (見可見光譜)。

過程控制 (Process Control) : 利用密度儀和色度儀在單印張測控條上的測量數據和印刷過程在顯示器上顯示的數據，通過分析就可建立相關的控制範圍，(見控制範圍)。

R

反射體 (Reflective Object) : 表面能反射部份或全部入射光線的固體，表面能反射100%光線的物體稱全反射體或表面純白物體。

反射率 (Reflectance) : 描寫光從物體表面反射的百分率，用分光光度可測量出沿可見光譜的不同間隔內物體的反射率，若所可見光譜為橫坐標，所反射率為縱坐標就可繪制物體色的光譜曲線 (見 光譜曲線，光譜數據)。

RGB : 紅、綠、藍是加色三原色 (見加色三原色)

S

色飽和度 (Saturation) : 顏色視覺屬性之一，它表示顏色的彩度、顏色的飽和度，以及顏色的含灰量。

色序 (Sequence) : 四色油墨在紙上印刷的先後順序。

光譜曲線 (Spectral Curve) : 顏色“指紋”——顏色光譜數據的描述。以光譜反射率強度為縱坐標，以可見光譜波長為橫坐標繪制出的曲線稱光譜曲線。

光譜數據 (Spectral Date) : 物體顏色的精確描述，物體的顏色表現出物體對入射(或透射)光的改變，與此同時反射(或透過)到觀察者，光譜數據描述反射光是如何被改變的，反射光的百分數可從光譜波長不同間隔測量得到，這些信息可用光譜曲線來表示。

光譜光度儀 (Spectrophotometer) : 測量光波經過物體反射或透射特性的測量儀器，並將測量結果表示為光譜數據。

光譜 (Spectrum) : 電磁波能量按波長大小的空間排列。

標準 (Standard) : 衡量所評價樣品測量值所建立的被審定的基準值。

減色三原色 (Subtractive Primaries) : 青、品紅、黃是減色三原色，用100%的青、品紅、黃印在白紙上時則產生黑色，三色按不同強度組合則產生不同顏色的色域。若用100%的兩種減色顏色組合則可產生加色顏色，可以是紅或綠或藍。

例如 $100\%C+100\%M=blue$ (藍)

$100\%C+100\%Y=Green$ (綠)

$100\%M+100\%Y=Red$ (紅)

T

容差 (Tolerance) : 已知標準量和樣品測量量之間可接受的差值。(見 Delta 誤差)

透明體 (Transmissive Object) : 光線可以從物體的一邊穿過物體的另一邊。彩色透明體可以讓光波透過。

刺激值 (Tristimulus) : 交流或產生顏色的一種方法，產生三刺激色既可以是減色三原色 (CMY) 或加色三原色 (RGB) 或顏色三屬性 (如亮度、彩度和色相)。

三刺激數據 (Tristimulus Date) : 三刺激值的組合可定義或產生一特定色，如R255/G255/B0，三刺激數據不能全面的描述顏色，而必須同時定義光源色，而且，對設備相關的顏色模型如RGB模型，必須對觀察者以及設備顏色特性的兼容性作規定。(見設備的獨立性)

V-W-X-Y

觀察燈箱 (Viewing Booth) : 在印刷工業中，用於圖像藝術設計室、印前中心，評價打樣與印刷樣張用的觀察燈箱，燈箱內的光源通常採用印刷工業標準光源D₆₅，燈箱表面是中性灰色(見 D₆₅)

可見光譜 (Visible Spectrum) : 波長在380~720nm範圍內的電磁波譜，在此波段範圍內的光人眼能感覺，人眼所感受到的最短波長是紫色和藍色，最長波長是紅和橙色。

波 (Wave) : 在媒體中傳播時，波峰及波谷作周期性變化的物理現像。

波長 (Wavelength) : 光波是電磁波，波長是兩個相鄰的波峰或波谷之間的距離。

白光 (White Light) : 從理論上說，輻射一切可見光譜而且強度均勻的光稱白光，但實際多數光源並不能達到盡善盡美。

黃色 (Yellow) : 四色印刷用的油墨之一，純黃色不含藍，它應吸收所有藍波長的光，而反射所有的紅和綠光。

參考文

Billmeyer, Fred W. Jr. And Max Saltzman 1982, Principles of Color Technology. second Edition. Chichester, England: John Wiley & Sons.

Hunt, R.W.G. 1991. Measuring Colour. Second Edition. Chichester, England: Ellis Horwood.

Jackson, Richard, Ken Freeman, and Lindsay MacDonald 1994. Computer Generated Colour. First Edition. Chichester, England: John Wiley & Sons

Kieran, Michael 1994. Understanding Desktop Colour. First Edition. Berkeley, California: Peachpit Press

Mollila, R.K. 1988. Electronic Color Separation. Montgomery, WV: R.K. Printing and Publishing

Southworth, Miles, Thad McIlroy, and Donna Southworth 1992. The Color Resource Complete Color Glossary. Livonia, New York: The Color Resource.



愛色麗（亞太）有限公司

香港鰂魚涌康山道一號康怡商業中心808-10室

電話: (852) 25686283

傳真: (852) 28858610

電子郵箱: xriteap@netvigator.com

網址: <http://www.x-rite.com>

天津辦事處

天津市和平區河北路202號209-10室 郵編:300040

電話: (022) 23396741, 23308808

傳真: (022) 23128844

電子郵箱: xritetjc@public1.tpt.tj.cn