

NTSC

PAL

SECAM

彩色電視

PAL System Colour Television

原著者：G. N. PATCHETT

編譯者：周 信

黃鑑村 · 黃坤年 校閱



百靈圖書公司

Perlen Book Company

九龍油蔴地佛喃街十號三樓 電話：K 308814
No. 10, 2/F Wai Ching Street, Kowloon, Hong Kong.

- ①出版經銷實用知識、科學技術、醫藥、文娛體育、文史哲學、武術、文藝創作等書籍。
- ②本附設有郵購部專為海外讀者服務（包括書籍及其他生活必需品），空運則需另加航空郵費，可購郵局或銀行匯票，運寄本社郵購部，貨物一律掛號寄出。讀者若有詢問，須附回郵萬國郵票。
- ③經銷港版武俠、偵探、文藝小說。
- ④代訂港版及國內外圖書雜誌。
- ⑤代客自費出版各種著作及傳記。
- ⑥歡迎惠寄稿件，如經刊出，當致薄酬，不合則原件退回。

新書介紹

- 新編中文字典（國音粵音、英文拼音）H.K. \$7.50
新編英漢辭典（國際、韋氏音標並用）..... 6.00
新編中國通史①~④..... 呂思勉著 20.00
清代吳研人萬言集..... 盧叔度著 5.80
論金聖嘆評改水滸傳..... 何南子 5.80
水泊梁山英雄譜..... 邵光宇編圖 6.80
現代中國小品散文選..... 顧芳洲編 8.50

- 魯迅小說論集..... 李榮牧著 6.80
中國名詩注釋..... 內田泉之助著 5.00
歷史..... 錢南揚著 6.00
中國著名將軍和俠士故事..... 4.00
中國著名謀士和才子故事..... 4.00
中國著名政治家故事..... 4.00
中國歷代名人故事..... 4.00
中國歷代民族英雄故事..... 4.00
中國易占淺釋..... 3.80
中國測字占法..... 4.80
綜合太極拳..... 袁寶輝著 10.00
水彩畫..... Eliot O Har'a 18.00

獨家出版諸部名著——

- ①落難孤雲歸山月..... 4.00
②江湖兒女血淚仇..... 4.00
③斷血丹心游龍傳..... 4.00
④虎牙山下恩仇記..... 5.00
旅行家手冊..... 5.80
愛情事業掌上觀..... 李康節著 5.00
圖解最新手相學..... 蕭 希著 3.60
增加你的魅力..... 4.80
少女的藝術生活..... 3.00

圖書數百種，備有目錄

歡迎索閱



彩色電視

編譯者：周 信
出版者：百 靈 出 版 社
九龍佛喃街十號三樓
電話：3-308814
印刷者：成 記 印 刷 廠
新蒲崗八達街7-9號2樓

定價 H.K. \$7.50
PRINTED IN HONG KONG

作者序

本書所討論之內容包括彩色與彩色電視系統之基本原理，特別着重於PAL彩色電視系統之介紹，其他近代系統所佔之篇幅較少。

因為PAL系統並非完全新創之系統，可以說是從NTSC系統演變而來，欲瞭解PAL系統，必須先對NTSC系統有相當的認識，故以較長之一章來敘述之，作為介紹PAL系統之開始。此外並以較短之一章來介紹SECAM系統，此系統之延遲線觀念亦用於PAL系統。

筆者假定讀者對電視之原理已有相當基礎與經驗，本書係繼筆者所編之電視修護叢書後對彩色電視作進一步的討論。

本書之取材儘量避免涉及複雜的色彩學，對數學之推演求証亦減至最低限度。第二章雖簡單的介紹一下彩色原理，但與其餘各章並無直接關聯，讀者縱然不讀此章，對其餘各章內容之瞭解亦無困難。為闡釋近代彩色電視系統之原理，難免涉及簡單的數學，至於各數學公式之進一步求証則詳於附錄內，可供讀者參攷。

筆者編寫此書時，在英國市面上PAL系統彩色接收機尚不多見，因此PAL彩色電視接收機將採用何種型式之電路，資料尚少。此後數年內電路之設計，不斷的修改，當屬意料中事。第十四章列舉若干可能用於PAL接收機之電路實例，以幫助讀者瞭解。

Mullard公司惠允筆者在本書內使用該公司出版之PAL彩色黑白雙系統電視接收機文件中之插圖，特此致謝。

本書內頻率之單位使用 H_z (Hertz)，以順應潮流 ($1H_z = 1c/s$)

本書雖不是專為彩色電視修理技術人員參加政府或公會之執業考試所編寫，但已包括參加是項考試所必需之資料，事實上若干章節內容之取材較參加考試所需要者更豐富。

謹將本書提供給對彩色電視有興趣之讀者及工作人員作為參攷。

目 錄

第一章 色之混合與攝影術	1
第二章 彩色原理	13
第三章 彩色電視系統應具備之條件	21
第四章 彩色電視原理	24
第五章 早期彩色電視系統	28
第六章 產生彩色電視信號之設備	34
第七章 接收彩色電視信號之設備(彩色信號顯示設備)	41
第八章 蔭蔽板形管或三色管	47
第九章 近代彩色電視系統原理	90
第十章 NTSC系統	108
第十一章 SECAM系統	153
第十二章 PAL系統	163
第十三章 其他近代彩色電視系統	193
第十四章 PAL彩色電視接收機	198
第十五章 彩色電視檢驗圖F	239
附錄	243
索引	253

第一章

色之混合與攝影術

彩色電視所用之若干基本方法，皆屬彩色基本原理，而彩色原理則至為複雜，範圍廣泛。本章僅對其簡單的加以介紹，但相信已足夠讀者去瞭解彩色電視之需要。

所有彩色印刷，彩色攝影與彩色電視之原理，皆用少數幾種顏色（通常為三種）相混合而獲得原物中各種不同之顏色。雖然用兩種基本顏色（通常為橘紅和青色）相混亦可能製成彩色電視，然以今日之標準衡量，其結果難以令人滿意，蓋今日任何彩色系統所產生之彩色圖像須能與彩色照片或良好的彩色印刷品相比方可。因此目前無論彩色攝影彩色印刷或彩色電視通常皆用三種顏色（三原色）相混合。此三原色如果混合適當，可產生自然界中任何已有之顏色。在理論上講此點雖未必完全真實（將於第二章論及），但對一般彩色畫面而言已足夠矣。

色之混合有兩種方法：一種為將彩色光線混合（加法混色）；另一種為將彩色顏料相混合（減法混色）。認識此兩種混色方法之區別頗為重要，因其混合之法則，根本互異也。

加法混色方式

三原色並非僅有一種而已，此點常為人所忽略。任何三種顏色中之一種不能由其他兩種顏色相混而產生者皆可用作三原色。顯然有的顏色比其他種較適合作為原色。實用上，多以紅、綠、藍三種作為原色，但其確實之濃淡度則因用途之不同而略有變化。

假如我們以紅光與綠光射在同一面幕上而相混合，將產生黃色。紅光與藍光相混將產生洋紅色（magenta），綠光與藍光相混將產生青色（cyan）。假如我們將三原色以適當的比例相混，將產生白色。這些色光混合所產生之結果如圖1.1所示。二原色相混所產生之黃色、青色和洋紅色稱為補色（Complementary colours）。如紅綠藍三原色分別自不同之幻燈機射出，照

在同一幕上，使部分彼此重疊，如圖 1.2 所示。二原色相疊部分即產生補色，而三原色相重疊部分將為白色。

加法混色法被用於某一種彩色攝影術（將於以後述及）而目前所有之彩色電視系統。皆採用此加法混色。

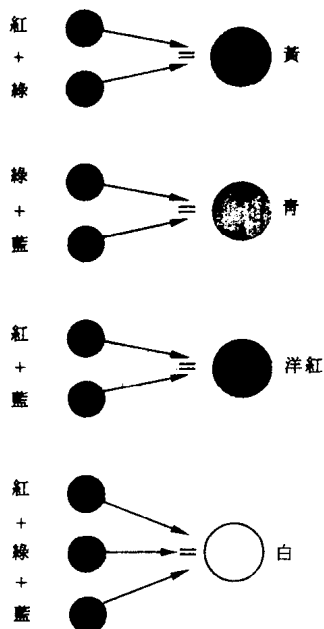


圖 1.1 應用色光之加法混色法。

加法混色攝影術之原理

在討論減法混色之前，宜先說明加法混色如何用於彩色攝影術，因其基本原理與彩色電視之原理相同。如圖 1.3 所示。被攝體包括紅綠藍三原色以及一種補色——黃色，太陽以及白色的天空。以三具攝影機去拍攝被攝物。（實際上，因為三具攝影機之位置各不相同，故照出來的像將有差異，故不能使用三

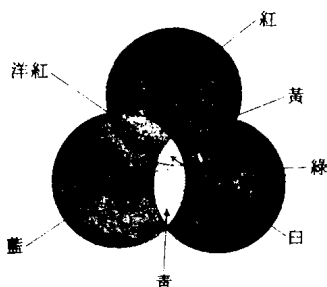


圖 1.2 使用三具放映機之加法混色法。

具攝影機；但是為便於解釋其原理起見，假定使用三具攝影機）。在第一架攝影機前裝以通紅光濾光器；第二具裝上通綠光濾光器；第三具攝影機前裝上通藍光濾光器。為克服因攝影機位置不同而產生照出來的像有少許差異之困難，可以使用一架攝影機，分別裝以紅、綠、藍濾光器照攝三次。顯然此種方法僅限於拍攝靜物。當被攝體移動時，可用一種稱為一次拍攝式攝影機（Single shot camera）去拍攝。在此式攝影機內，影像經過分光器將光線分成三路，分別經過紅綠藍濾光器，將被攝景物之影像同時分別照在三塊軟片上。分光器係用稜鏡薰蒸以極薄之銀層所製成，稱為半鍍銀鏡。

被攝體之白色部分反射回來之光線包括所有顏色，因此，紅光將通過左邊攝影機之通紅光濾光器而照射在聚焦幕上。從被攝體中船帆上反射回來之紅光部分，亦通過通紅光濾光器而照射在聚焦幕上。因為黃色係由紅綠兩種顏色所合成，自太陽反射回來光線之紅色部分亦通過通紅光濾光器而照射在聚焦幕上。藍色的海與綠色的船，不反射紅光，故無紅光通過通紅光濾光器。藍光與綠光不能通過通紅光濾光器，通紅光濾光器對這兩種顏色而說就等於是不透明的。因此聚焦幕上所顯示之圖像將如圖 1.3 (b) 所示。

若以底片置於聚焦面之位置而使之感光，沖洗出來之負片將如圖 1.3 (c) 所示。產生黑白色之負片，如果所置之底片為正片，沖洗出來的將是如圖 1.3 (d) 所示之黑白幻燈片。

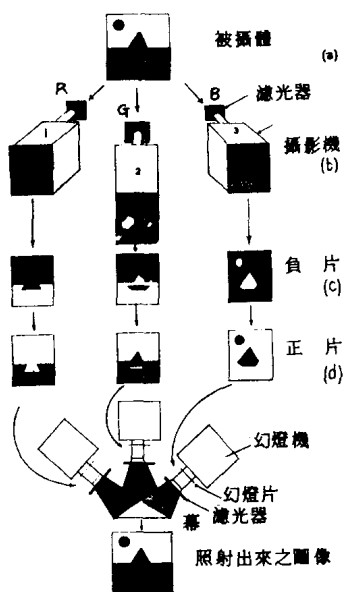


圖 1.3 加法混色攝影術之原理。

同理，在置有通綠光濾光器與通藍光濾光器之攝影機上亦各攝得一個幻片。此三個幻燈片稱為分離式正片。將攝得之三個分離式正片，分別置於三相同之幻燈機中，將各該幻燈機照射出來之光線各經過其原色濾光器落在同幕上，重疊正確，即可組成與原物顏色相同之影像。依圖 1.3 所示之方式，因為幻燈機之位置各不相同，故照射出來之影像不會精確的完全重疊而將入視差 (Parallax error)。〔克服此項困難須使用其他影像組合法，如使用半鍍銀鏡 (Semi-silvered mirror)，因其與基本原理無關，暫時不討論〕。首先討論白色天空部分；三張幻燈片之此部分均係透明的，之從三個幻燈機來的此部分光線均照射在幕上。根據圖 1.1 幕上此部分為白，正和原被攝景一樣。船帆部分在幕上顯紅色，因僅有紅色光線能達於幕上，藍綠色正片幻燈片此部分為不透明的。船的部分在幕上將為綠色，蓋此部分

紅與藍燈上之正片為不透明的。太陽在幕上將為黃色，因此部分有紅光與綠光照在幕上，但無藍光。依此原理，較複雜的景物及顏色，仍可以此法攝製，而用適當的三原色幻燈機重組和原物顏色相同之影像。

上述之方法雖可獲得滿意之彩色影像，但因重疊頗難正確，故在攝影術中並不太實用。此方式與使用紅綠藍三只影像管 (Picture tube) 組成彩色畫面之電視系統頗為近似。

一種實用上之彩色攝影系統使用加法混色原理者。如圖 1.4 所示。此方法稱為杜飛彩色法 (Dufay color system)，最近幾年方開始使用，但目

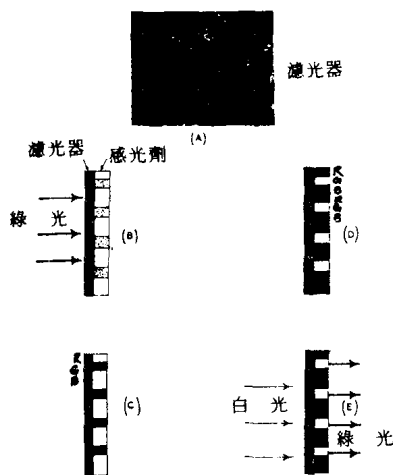


圖 1.4 杜飛 (Dufay) 彩色攝影法之原理。

前並未見推廣。在上述方法中三個濾光器之位置，改用由細微紅綠藍元素所組成之精細濾光幕，如圖 1.4 (A) 所示。此濾光幕置於軟片全色感光劑之前，並與之緊密相接。實際上此濾光幕係印於基片上，上面再塗以全色感光劑，此種照像底片按正常方法曝光，但光線經過基片。現在設想景像中有綠色部分，照像底片將感綠光如圖(B)所示。綠色光線將通過通綠光濾光幕元素而使其後面之感

光劑感光。綠色光線將無法通過紅光與通藍光濾光幕之元素，因之其後面之感光劑亦不感光。此底片經沖洗手續後，感光部分將變成不透明的，如圖(C)所示。再經反轉手續（包括將原感光部分漂除，使之再曝光與沖洗）後乃變成正片，如圖(D)所示。亦即將圖(C)反轉。底片之此部分如果放在白色光源之前或置於白光之幻燈機上放映，綠色光線將通過通綠光濾光元素，但因紅與藍之濾光元素後面之感光劑已變成不透明，故無光線通過。因此，此部分之軟片將顯綠色，如圖 1.4(E)所示。被攝體反射紅光與藍光部分亦以同理在底片上感光。對補色來說，例如黃色，因為黃色係由紅綠兩原色所組成，故在通紅光濾光幕與通綠光濾光幕後面之感光劑皆將感光。製成之正片在(D)處通藍光濾光幕元素後面之感光劑將變成不透明的。因此，紅色光線與綠色光線將通過底片相加而組成黃色。以任何比例之原色配合而成之顏色均將使相關濾光幕後面之感光劑按比例作不同程度之感光。

如果元素夠小的話（在杜飛彩色法中每一平方毫米（ mm^2 ）有 1200 個元素），人類之眼睛將無法分辨，甚至放映在幕上，如果站在適當距離處亦難以分辨出元素之存在。此方法之優點計有底片相當簡單，沖洗容易，產生之圖像色彩亦甚滿意，但是其透明度較差。假設三種濾光元素所佔之面積相等，落在紅色濾光元素上之紅光僅佔照射紅光之三分之一。整個來說，至少有 $\frac{2}{3}$ 光線被濾掉（綠光與藍光），因此實際上自底片所放出之光線僅為全部照射光線之九分之一。實際上，濾光幕的透光效率並非百分之百。故通過濾光幕之紅光必將介入損失，故有效之紅色光尚不及全部照射光線之九分之一。如是製作出來之底片，直接觀看尚稱滿意，但經幻燈機或放映機放映出來就嫌太濃了些。

此種彩色再生之方法與第七及第八章所述之三色管電視彩色影像再生之情況頗為近似。

減法混色

上述之混色之方法係兩種或兩種以上之原色相加，另一種混色之方法為自白光中減去原色，稱為減法混色。前文中曾提及，白色光線係由紅綠藍三種光相加而成，而黃色係由紅綠二色光線相加而得。因此，如果我們自白光中減去藍光，即可獲得黃光。亦即：

$$\text{白光} - \text{藍光} = (R + G + B) - B = R + G = \text{黃色}$$

上式中R代表紅光，G代表綠光，B代表藍光。

同理自白光中減去紅光可得青色光，自白光中減去綠光可得洋紅色（Magenta），如圖1.5所示。因此，通黃光濾光器不能通過藍光，通洋紅色光濾光器不允許綠光通過。若吾人將上述之兩種濾光器置於一起，而以白光照射之（見圖1.6），因為藍光不能透過通黃光濾光器，綠光部分則不能透過通洋紅光濾光器，只有紅光成分可以通過，此二濾光器重疊後將變成紅色。讀者當會發覺此方法與前述之加法混色大不相同，而是自白光中減去顏色。各種不同濾光器之組合如圖1.7所示。如果將通黃、通洋紅、與通青色三種濾光器重疊而以白光照射，其結果變成黑色，因組成白光之三原色皆被濾去之故。如以通黃、通洋紅與通青色三種濾光鏡片彼此部分重疊安置，如圖1.8所示。在二鏡片重疊之處獲得紅綠藍三種原色，而三鏡片相疊部分將為黑色。

圖1.9為另一種彩色組合之表示方法。如以(b)環中之任兩種色光相混（加法混色），則得如(c)環所示之相應的補色。如將(b)環中之三種色光相混，將得如(a)環所示之白光。若我們以(c)環中任兩種濾光器（或顏料）相加（減法混色），我們將可獲得(b)環中所示之相應的原色。若將(c)環中三種顏色之濾光器重疊，將得如(d)環所示之黑色。

如以顏料相加（如繪畫與印刷等），所得之結果與使用濾光器混色之結果相同。黃色顏料之所以顯示黃色，係因吸收藍光而反射紅光與綠光之故。洋紅色顏料因吸收綠光，反射紅光與藍光，故呈洋紅色。如將數種顏料相混，它們仍將吸收各自應該吸收之色光。黃色與洋紅相混之顏料，既吸收藍光也吸收綠光，因此反射的是紅光，此與通黃光與通洋紅光濾光器相組合所透過之光線相同。同理，如將黃色、洋紅與青色三種顏料相混合，亦將成為黑色。此種混色法就是畫家用之以調配顏色之方法。因此，黃色、青色和洋紅（通常稱為黃、藍、紅）有時稱作藝術家的三原色（Artist's primary colours）。然而“藝術家的”四個字常被省掉，以致造成混淆不清；讀者應當瞭解，真正的三原色是紅、綠、藍。

減法混色常用於彩色印刷（因彩色印刷物係由許多小點組成，可混合使用兩種混色法而獲得最終所需要之顏色），和所有彩色攝影術中（杜陵彩色法除外），例如Kodachrome，阿克發彩色（Agfacolor），柯達彩色（Kodacolor）等。不管用的是加法混色還是減法混色，彩色印刷與彩色攝影之

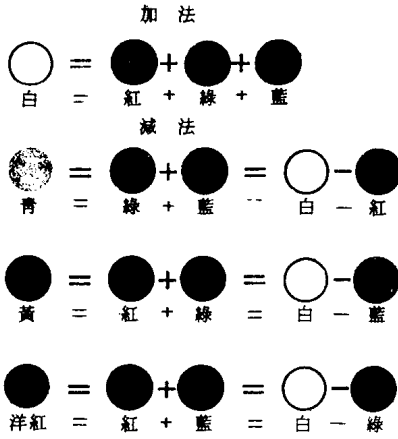


圖 1.5 顏色相減之原理。減法部分之加號表示濾光器或顏料相加，並非色光相加。

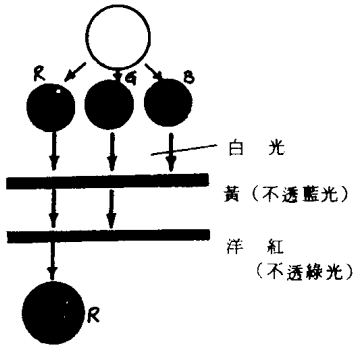


圖 1.6 減法混色之原理。

$$\text{黃} + \text{洋紅} = \text{白} - \text{藍} - \text{綠} = \text{紅}$$

$$\text{黃} + \text{青} = \text{白} - \text{藍} - \text{紅} = \text{綠}$$

$$\text{青} + \text{洋紅} = \text{白} - \text{紅} - \text{綠} = \text{藍}$$

$$\text{黃} + \text{洋紅} + \text{青} = \text{白} - \text{藍} - \text{綠} - \text{紅} = \text{黑}$$

圖 1.7 減法混色。加號代表濾光器或顏料相加，並非色光相加。

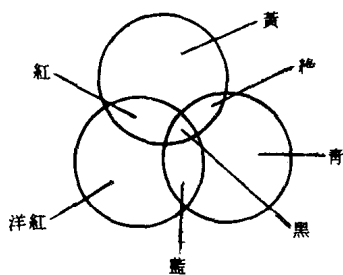


圖 1.8 使用三塊濾光鏡片之減法混色。

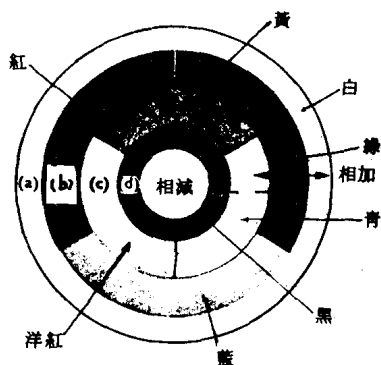


圖 1.9 加法混色與減法混色圖。

基本原理其最終手續皆為製成三塊獨立之正片。已示於圖 1.3 和圖 1.10。如果複製之方法為如圖 1.10 所示之使用減法混色，則需使用補色正片。這些補色正片需得自照射之白光減去各該攝影機前相應之濾光器之原色。例如紅色正片複製成青色（即 $G + B$ 或 $W - R$ ）。在攝影術中此三片彩色分離式正片，彼此以正確之位置重疊，以光照射之而製成彩色照片。在如圖 1.10 之情況中，三片正片之白色天空部分皆透明無阻擋，故複製成之圖片之此部分亦為白色。因黃色正片濾除藍光而剩下黃色，故太陽顯示黃色。在黃色正片中船帆部分濾除藍色，而洋紅色正片之此部分濾除綠色而留下紅色，故在複製之圖片中之帆呈紅色。同理，黃色正片中船的部分藍光被濾除，青色正片此部分之紅色被濾除，故在複製之圖片中船為綠色。最後，青色正片濾除紅色，洋紅色片濾除綠光，故在複製之圖片中之海呈藍色。

因為分離式之正片僅減除不需要之色光，製成之透明片其濃度沒有杜飛法那麼高，例如紅色的帆係自白光中減去藍光與綠光而得紅色。假定濾光器之效率為百分之百，照射光線總量之三分之一可落在圖片。在杜飛法中所受之光線僅為全部照射光線的九分之一。在彩色印刷中所使用之分離正片與此法同。由洋紅、青與黃色三種正片製成三種印模，將之正確重疊印刷而成。如前所述，印刷油墨重疊在一起，其作用與濾光器之道理同。（實際上因印出來的圖片係由

許多小點組成，欲詳細解釋，相當複雜但原理則同）。

彩色照像之洗印曾使用與圖 1.10 所示相同之方法，將分離式彩色正片軟片重疊。此即所謂重疊法（Carbo process），但是由於重疊之位置不易正確，現已不用。現行之彩色照像軟片係將三種分離式正片集在同一軟片上，一種感光劑僅對紅色感光，一種僅對藍色感光，一種僅對綠色感光。藉一種複雜的沖洗手續，將感光劑變為合適的補色，而製成減法混色之透明片。彩色照片之印製其方法亦同。

目前應用減法混色之彩色電視系統尚不切實用。圖 1.11 所示是可能的方法之一。陰極射線管上顯示之圖像仍為通常之黑白色。在影像管前置以洋紅、青與黃色濾光器，各該濾光器之濃度受外加適當之變化電壓控制之，因此，當掃描光點跨幕面移動時，三塊濾光器之濃度隨之作適當之變化，以產生所需之瞬間顏色。可惜的是直到目前尚不能找到一種以電氣方法來控制濾光器濃度的瞬間變化。因此，減法混色之電視系統也就沒有出現，所以不再進一步去討論減法混色法。

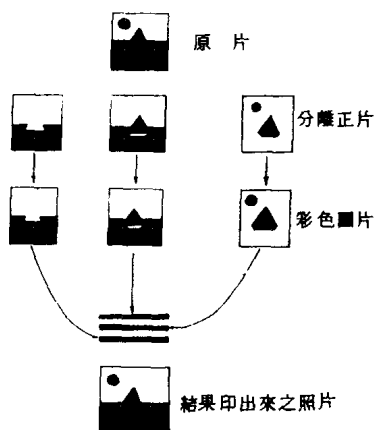


圖 1.10 減法混色攝影術之原理。

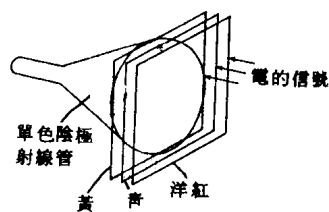


圖 1.11 減法混色之彩色電視原理。

第二章

彩色原理

色彩學

色相 (Hue) ; 彩度 (Saturation) ; 與發光度 (Luminosity) ; 爲彩色電視所常提到的名辭, 彩度有時亦稱飽和度, 發光度有時也稱作亮度 (Brightness) 。假設將紅綠藍三種光源置於三角形之三角上, 此三角形稱爲色三角形 (Colour triangle) , 如圖 2.1 所示。如果將二角上之二原色相加, 沿三角形之該邊將產生補色。假設來自三角形頂點之三種光源之光量比例適當, 則照射在三角形之中心處將呈白色。又假設以三角形之中點爲圓心, 畫一圓, 則光之色相將沿此圓變化, 例如色相分別爲紅、綠、洋紅等。(色相實際上就是色彩的另一名稱)。

色彩之彩度視加入稀釋之白光多少而定。此可以圖中之 RW 線來解釋, 在圖中 R 點全部爲紅光, 我們說是飽和的或未被沖淡的紅色。愈接近 W 點, 加入之白光愈多, 紅色也愈淡。直到 W 點全變爲白色。但沿 RW 線各點之色相則始終相同, 亦即始終爲紅色。被沖淡之色彩 (Colour) 通稱爲輕淡色彩 (Pastel colour) , 讀者宜特別注意, 加入白光後, 色相並未改變。加白光後之效應, 以另一種表示法示於圖 2.2 。若我們把光之波長與其輻射能量之關係描出其曲線, 則灰色 (Neutral colour) 將爲一條直線, 蓋灰色僅係低值白光而已 (1 千分微米 [millimicron] 等於 10^{-6} 公尺) 。飽和紅色之曲線, 其輸出能量皆在及靠近紅色波長。圖中亦示出沖淡紅色之曲線, 由曲線之形狀可以看出係以紅色波長爲中心向兩邊延伸出去, 此亦可視爲由前述兩曲線 (飽和紅與中間灰) 以適當比例所合成。

發光度也就是光量之意, 可視爲與色三角形成垂直的一條軸, 如圖 2.1 所示。亦即圖 2.2 中曲線之高度。

因此, 假如我們欲指出色三角形內任一點之光, 可以: (a) 說明每一種原色之量; (b) 說明色相、彩色與發光度。後文中將可看出介紹 (b) 項之重要性了。