

新北市 101 學年度中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生活與應用科學科

組 別：高中組

作品名稱：印表機顏色校正與可行之色彩管理模式探討

關 鍵 詞：色彩管理、印表機、色彩校正

編號：

摘要

許多人在列印時常會發現印出來的效果跟螢幕上的原稿有落差，市面上雖有許多的色彩校正器，但價格皆不便宜，且需校正三四次才能接近標準色彩，另外隨零件老化也必須再校正。本研究從色彩的基本概念出發，分析一般軟體自動處理或硬體校色方法的優缺點。接下來探討 RGB 在 CMYK 上呈現時，所產生的色差，並發展出一種印表機管理模式，探討色差的補色方式，運用曲線與色彩學的互補色原理，不運用複雜 ICC 校色設備，達到一般人透過此模式達到顏色補正的方式。本色彩管理模式經過實驗發現，除了便宜方便，可以在不同紙張、不同種類印表機的上做管理外，甚至不同墨水(或碳粉)都可使用，使用者並可隨熟悉軟體的不同做管理，不須額外花時間學習，非常實用。

壹、研究動機

大家都希望辛苦拍照的相片進了電腦，最後印出來時，依然可以還原當時攝影的那般感動，而不是相較之下有些色差。所以市面上有了許多色彩管理與校正的相關軟體與硬體出現。但是硬體色彩校正器的價格不斐，動輒數萬元起跳，對於一般人而言可能不會考慮購買。於是很多人就做出一些相關研究，想辦法將相片還原出最初的顏色，例如自行用軟體製作 ICC Profile 檔案(免費軟體)，用色卡比對(自行撰寫程式)再用迴歸分析出原始顏色，或利用商業軟體自動校正功能(PhotoImpact X3)處理後再行輸出，更又甚者，將圖形載入影像處理軟體中(例如 Photoshop CS6)，用錯誤嘗試法，從裡面 22 個相關色彩功能來作一個一個校正嘗試，直到滿意為止。

市面上講授照片後製處理的書籍琳瑯滿目，但是大都講述軟體的使用方法，讓很多人知其然不知其所以然，而一般的輸出設備就是螢幕與印表機，本研究旨在如何讓印出的照片能精彩呈現當初的意境，並且不須每次皆要參照書籍調整，讓家裡或辦公室的印表機(或多功能事務機)能找到一個簡單、快速、能運用在不同照片，不同印表機的列印輸出模式，就是我們的研究課題。

貳、研究目的

- 一、探討印表機的色彩管理策略及一般人應用之可行性。
- 二、探討市面上軟體、硬體做印表機色彩管理之優缺點。
- 三、從色彩的成像原理，找出簡單並能大量運用的列印色彩管理模式。

參、研究設備器材及軟體

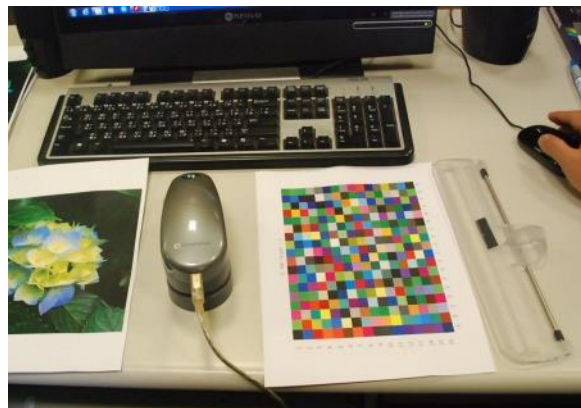
- 一、電腦硬體：CPU：pentium3.0G，8GB Ram，asus splendid22 吋中階螢幕，USB 傳輸線，六合一讀卡機。
- 二、電腦軟體：WIN 7 SP2，PhotoImpact X3，Photoshop CS6，螢幕校色使用 adobe gamma loader，viewsonic e-color 交叉測試個人電腦、筆記型電腦
- 三、印表機：Hp design jet 5550dn 雷射印表機，Epson R290 噴墨印表機

四、 GretagMacbeth il 色彩校正器、Il pro 印表機校正器

五、 數位相機：Nikon D80， Canon 60D 單眼數位相機



圖一、GretagMacbeth il 螢幕色彩校正器



圖二、GretagMacbeth il pro 印表機色彩校正器

肆、研究過程及方法

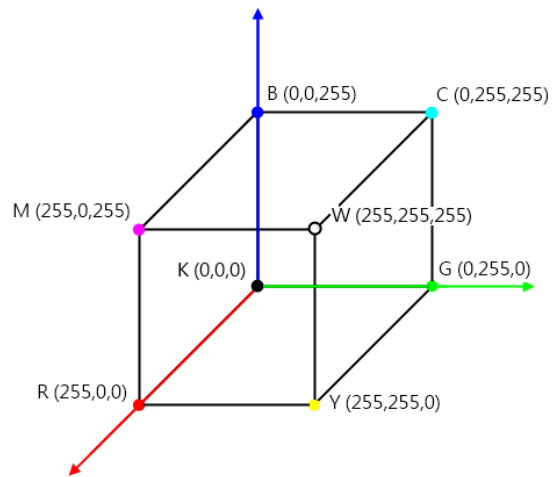
在測試環境建立上，我們使用 Windows 7 且更新至 ServicePack 2，並安裝 PhotoImpact X3、Photoshop CS6 螢幕並使用 Adobe gamma loader、ViewSonic e-color 調整至最佳化的 gamma 值(2.2) 及色溫(6500 k)，以翻拍架或腳架固定照相工具，在拍攝過程中均關閉照相工具之閃光燈以免造成誤差，並且不使用數位變焦以求得正確的影像品質。所有測試檔在拍攝後直接由傳輸線或藍芽無線傳輸器輸入電腦，而在印表機方面我們也做了印表機的印字頭清潔與直線校正，接下來探討何謂色彩空間，以及為什麼需要校色？

一、相關色彩理論的認識

從色彩學角度而言，色彩空間亦稱為色彩系統或色彩模型，目的是為了方便於使用某項標準而且一般大眾可以接受的方式是來描述或指定色彩，常用到的有 RGB、CMYK、CIEXYZ、CIELAB、HSB、YIQ 等，以下僅就本研究所使用相關色彩空間作介紹。

1. RGB 色彩空間

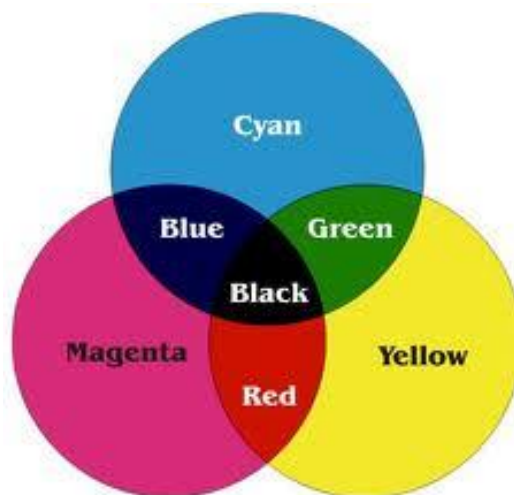
一般最常見的 RGB 色彩空間廣泛的運用在數位系統（掃描器、數位相機、印表機、螢幕等）、彩色電視、攝影機上，此色彩空間是建立在以紅色（R）、綠色（G）、藍色（B）為三軸的立體直角坐標系統上，所以每一個色彩均可用立體座標系統的三個分量來表示。在電腦系統中的 24 位元全彩影像中，其紅色（R）、綠色（G）、藍色（B）三軸的分量可以用 8 個位元來表示（0 至 255），共可顯示 $256^3=16,777,216$ 種色彩。



圖三、RGB 色彩空間

2. CMYK 色彩空間

四分色模式是彩色印刷時採用的一種套色模式，利用色料的三原色混色原理，加上黑色油墨，共計四種顏色混合疊加，形成所謂「全彩印刷」，至於顏料的特性剛好和光線相反，顏料是吸收光線，而不是增強光線，因此顏料的三原色必須是可以個別吸收紅、綠、藍的顏色，也就是紅、綠、藍的補色：青(C)、洋紅(M)以及黃色(Y)，以濃度 0~100% 來表示。把黃色與青色顏料混合起來，因為黃色顏料會吸收藍色光，青色顏料會吸收紅色光，因此只剩下綠色光可以反射出來，這就是黃色加青色顏料會變成綠色的原理。理論上將印刷三原色混合後，由於紅、綠、藍光被完全吸收因而產生黑色，只是現實生活中並找不到這種光線吸收、反射特性都十分完美的顏料，混合後還是會有些許光線反射出來，而呈現暗灰色或深褐色。事實上除了黑色外，印刷三原色也無法混和出許多暗色系的顏色，為了彌補這個缺點，實際印刷時會額外加入黑色的顏料，以解決無法產生黑色的問題。因此就有所謂 CMYK 的色彩模式，K 則表示黑色。



圖四、CMYK 混色原理

3. HSB 色彩空間（有時也稱作 HSV 色彩空間）

HSB 為色相（Hue）、飽和度（Saturation）以及色調（Value），稱呼成 HSB 時的 B 指的是亮度（Brightness），為了與軟體中的用詞統一，接下來皆以 HSB 稱呼。

HSB 的概念很接近色彩學所常使用的色彩空間模型，由於是由三個屬性所組合而成，因此常以色立體表示，例如下圖為日本孟塞爾顏色系統（Munsell Color System）的色立體模型，常被用來教學與解說色彩系統的組成：

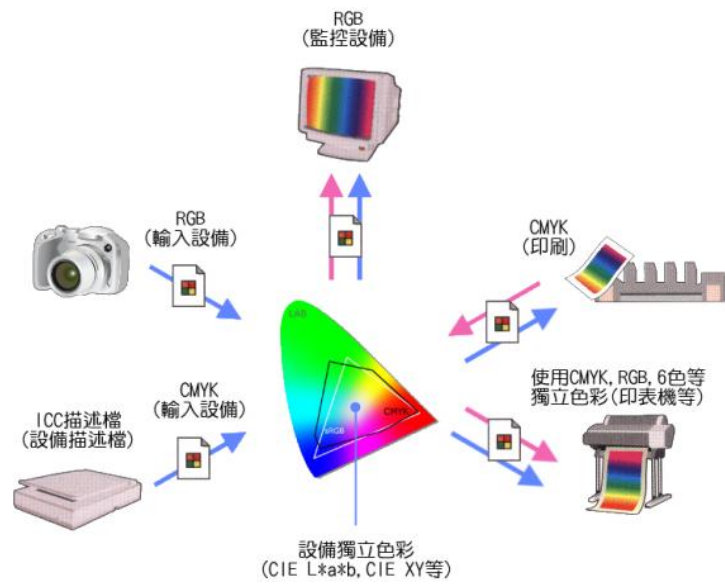


圖五、日本孟塞爾顏色系統的色立體模型

4. 色彩校正的意義

除了上述介紹以外還有許多常見的色彩空間，主要分為 RGB、CMYK 與灰階三大類。例如常見的 RGB 色彩空間有：sRGB、Apple RGB、Adobe RGB、ColorMatch RGB、CIE RGB、NTSC、PAL 等，而常見的 CMYK 則有更多，例如 Adobe Photoshop CS4、5 預設的 CMYK、日本 2001 色彩標準…等等，至於灰階則比較簡單，通常是網點擴散的比例或是亮度再製曲線的曲率函數，例如 Dot Gain 20%或 Gamma 1.8、2.2 等。

色彩校正是將設備所使用的色彩空間，修正到絕對的色彩空間。例如顯示器，如何讓顯示器能夠使用絕對色彩空間？首先需要提供顯示器一個量測的資料給電腦，讓電腦知道顯示器的特性為何，之後色彩管理系統會將電腦的顯示，修正為接近標準的絕對色彩空間。而修正這些設備的資料檔案，則稱為色彩描述檔（ICC Profile）。顯示器色彩校正主要讓顯示器能夠遵循標準的色彩協定，也就是拉近顯示的效果與絕對定義之間的差異。而本研究所希望的輸出設備(印表機)的色彩校正也是如此，使我們能夠還原至真實的色彩，而不受限於設備所看見的色彩。



圖六、色彩校正的流程示意圖

5.印表機色彩校正現況探討

許多人會發現印表機所印出的顏色與螢幕上不太一樣，最常見的就是產生以下幾種色偏：

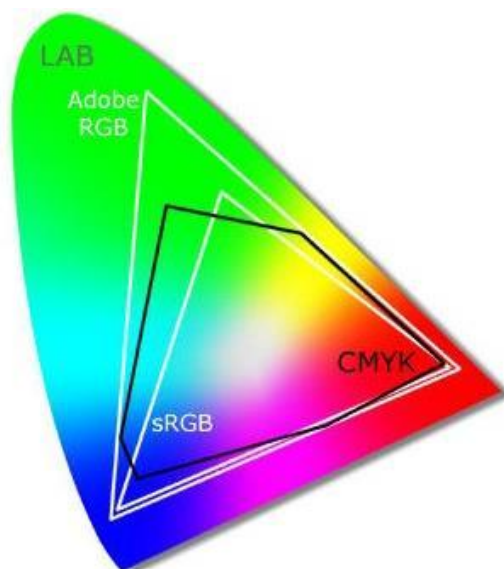
表一、常見色偏範例圖

偏青	偏洋紅	偏黃
偏紅	偏綠	偏藍

根據上述討論，印刷是用青、洋紅、黃、黑四色油墨印刷，因此顏色都是採用 CMYK 來指定，CMYK 確定了，就表示印刷的油墨比例確定，而從一般人觀點而言，顏色通常就不會有太大的問題。但是電腦裡頭的顏色是採用 RGB 表示，因此要把 RGB 色彩印刷出來，就必須先經過一道色彩轉換的步驟，這裡會出現兩個問題：第一是油墨沒有辦法印出所有的 RGB 顏色，這時程式只好用最接近的 CMYK 來代替。第二個問題是，RGB 轉 CMYK 時是依據什麼來換算標準？

為什麼油墨沒有辦法印出所有的 RGB 顏色呢？一般油墨印刷各原色網點色階為 0~100%，而電腦螢幕各原色光色階為 0~255，兩者產生的色階差距甚大，CMYK 僅有 101^3+101 共 1,030,402 色，而 RGB 卻有 256^3 共 16,777,216 色，加上前述印刷油墨並非理想

純色，造成色域偏狹，致使 RGB 縱然有較多的色階，也無法完全涵蓋 CMYK 所產生的色域，而 RGB 色彩更有許多溢位 CMYK 的色域範圍，所以專業的印刷廠一般都會強調不能以螢幕上所看見的色彩來要求輸出成品。



圖七、一般螢幕(RGB)與印表機(CMYK)色域圖

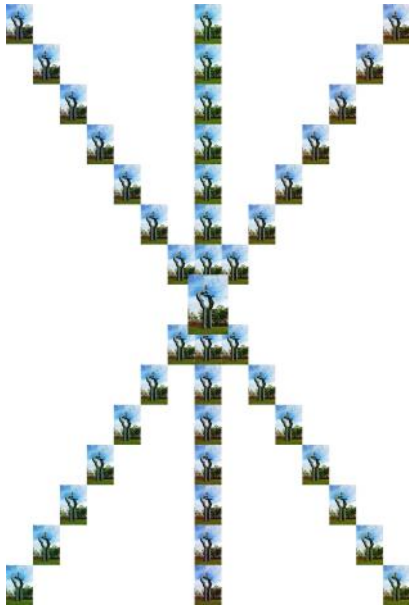
根據上述色彩校正的意義而言，色彩校正比較偏向硬體面，顯示器與輸出設備的色彩校正告訴電腦要如何將資料上的色彩，較為真實的表現出來，針對現有印表機的解決方案可以從硬體或軟體層面著手，例如購買顏色校正硬體搭配色票處理、使用原廠的色彩描述檔，或者在相關處理軟體(Photoshop 或 Corel Draw)上使用 CMYK 模式，也可以使用軟體自動處理來處理色偏的懶人法(PhotoImpact)，還有之前科展研究自行撰寫程式搭配色彩轉換矩陣做校正等，雖然印表機本身的價格不高，但是顏色的修正問題一直困擾著許多人。

6.本研究的印表機色彩管理構想

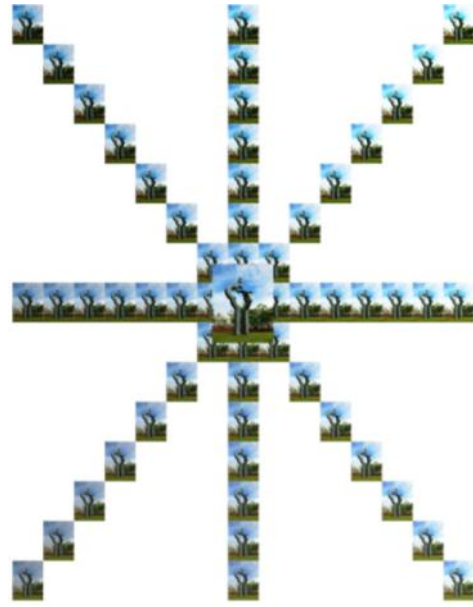
我們認為基本上色彩管理與色彩校正是兩回事。以顯示器為例，一張圖片會先在作業系統層級當中，預先轉換色彩值，再經由顯示卡將轉換過的色彩值傳至顯示器，使顯示器得以顯示出正確的色彩。而在輸出列印上也是如此，都是使用了預先補償轉換的原理。至於如何預先補償轉換，就是我們所要研究的課題。但是色彩校正單單只是數據上的意義，並未加入作者本身的情感，如果我們在影像當中加入了調整與創作，就可使用色彩管理這個功能。本研究希望處理完成的影像，可以在做過色彩管理的輸出設備上，得到幾乎跟螢幕一樣的顯示效果，雖然從理論而言，這是不可能達成的，但是我們思考如何發展一套色彩管理模式，可以快速且有效的完成色彩校正，並且和其它的色彩校正模式比較其中差別，找出使用者可行的管理模式。

二、印表機校正方法實作

一般我們判斷照片會有問題，除了焦距問題不在本研究討論之列，就是色彩、亮度、對比等不在我們肉眼(或機器)所判斷或預期的合理範圍，因此判斷為色偏。從色彩的成色 RGB/CMY 角度來看，印出照片可能的色偏會是偏紅或偏青、偏綠或偏洋紅、偏黃或偏藍等幾種可能，受過訓練的專家可一眼就可以看出色偏的顏色，但是一般人並不是專家，也很難在短時間內變成專家，而在本實驗中我們的螢幕已經是校正過了，所以在判斷上我們用自製的色票來處理，將印出來的照片與螢幕上的色票來做比對，觀察其偏移的數字並做紀錄，而在紙張的選擇上，我們選用原廠的專用相片紙來做觀察。



圖八、自製色彩偏色對照色票



圖九、自製亮度對比對照色票

上圖八為本小組自製色彩偏色對照色票，每一張照片皆以數值+3 作為差別，呈現在螢幕上用以比對列印的色偏誤差值。而圖九則是自製亮度對比對照色票，每一張照片以亮度±5、對比±15 作為區別。

1. 使用 Eye-One 色彩校正器製作印表機之色彩描述檔：

本研究首先將 Eye-One 色彩校正器內建的標準 RGB 色彩導表經由本小組希望校正之印表機列印出來，再以 Eye-One 色彩校正器之儀器掃描整張 il RGB Target 1.5 色彩導表，逐一掃描，直至整張導表掃描成功，使軟體知悉印表機之色彩偏差值，製作補正的 ICC Profile。將所得到的色彩資訊與絕對色彩空間之 Lab 等數值互相連結，加以計算出印表機的色彩空間，為求正確，我們以校正 5 次後的 ICC profile 表來做列印設定。



圖十、使用 Eye-One 色彩校正器掃描印出的圖形

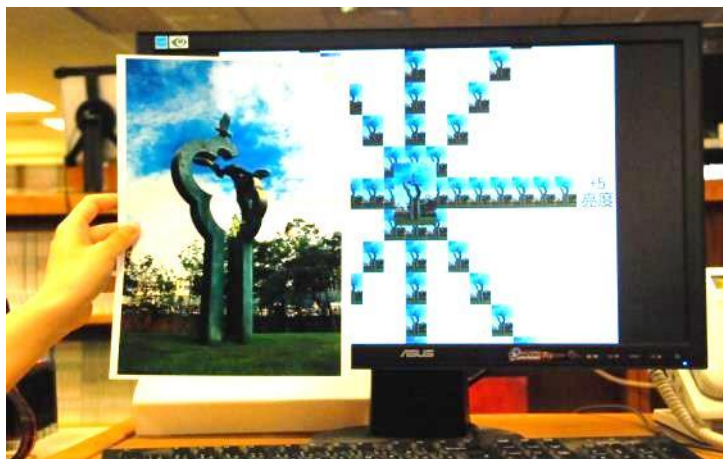
接下來在列印時，將印表機套用此 ICC Profile 列印，最後將所印出來的成果與螢幕上的自製色票做比較，觀察其顏色誤差情形。



圖十一、在列印時選擇套用製作出的 ICC 描述檔

2. 使用印表機既有的 ICC Profile

在使用者安裝印表機的驅動程式時，其實就已經安裝印表機的 ICC Profile。一般有兩種方法，一是 Windows 7 系統內建驅動程式，經由內建路徑套用即可使用，這也就是一般公用的驅動程式版本。另一方法是另外安裝印表機驅動程式時才安裝 ICC Profile，一般是在“C:\Windows\System32\spool\drivers\color”路徑中可見許多的色彩描述檔。本小組在列印圖片之前，經由以上介紹之路徑，套用此印表機原廠提供的 ICC Profile，再將已套用原廠 ICC Profile 之圖片影印出來，固定於螢幕前，藉以與本小組自製兩種色票做視覺上之比較。



圖十二、在列印後與自製亮度對比色票作比較

3. 使用 Photoshop CS6 中曲線功能的「自動調整」來調整光線及色彩

很多軟體無論是免費或是付費軟體，都有提供色彩校正的功能，而在坊間使用者評價較高的軟體中，以 Photoshop CS6 相片調整之功能最為多樣化，在 22 種相片調整功能之中，我們主要是判斷光線及色彩，所以本小組選擇一般最方便的「曲線」功能的「自動調整」功能作為實作方法。自動調整的原理是將整張相片的顏色與亮度平均，使得相片中的亮部與暗部之對比產生較無太大的差異。

4. 使用 PhotoImpact X3 全自動處理功能調整亮度與對比

在實作方法(三)之中本小組選擇使用「自動調整」作為實作方法，相同的，在 PhotoImpact X3 圖像處理軟體中，也有相似之功能，稱為「自動處理」，本小組想得知在實作方法(三)與本實作方法(四)兩項相似之功能中，哪一軟體使相片最接近原色，而其中是否難免有些差異？



圖十三、與自製色偏色票作比較

伍、 研究結果與討論

一、研究結果探討：

上述四種方法所印出來的結果依序列印如下圖所示：



圖十四、四種實驗設計列印成果

將上述實驗方法列印結果與色偏數據比較，得到下表：

表二、各實驗之色偏顏色之數據比較

	R	G	B	C	M	Y	標準差
實作方法(一)	7	0	0	0	8	0	3.89
實作方法(二)	0	10	6	2	0	0	4.15
實作方法(三)	0	7	3	17	0	0	6.72
實作方法(四)	0	14	2	2	0	0	5.48

根據上述數據之比較，我們發現以下結論：

1. 實作方法(三)，將 Photoshop CS6 軟體的「自動調整」應用於相片後，標準差之值在四種實作方法中為最大者，而標準差愈大代表此軟體之穩定性愈低，在調整時使得色彩不平均。
2. 實作方法(一)，也就是套用由 Eye-One 色彩校正器所產生的 ICC Profile，則是四種實作方法中誤差最小者，代表使用此方法調整相片色彩時，可使誤差降到最低。
3. 標準差值低者，也就是實作方法(一)，使用 Eye-One 色彩校正器製作印表機色彩描述檔為最佳方法。

將上述實驗方法列印結果與亮度對比色票比較，得到下表

表三、各實驗之亮度對比之數據比較

	亮度	對比	平均值
實作方法(一)	-15	+15	15
實作方法(二)	+15	+45	30
實作方法(三)	-40	+35	37.5
實作方法(四)	-30	+90	60

根據上述數據之比較，我們發現以下結論：

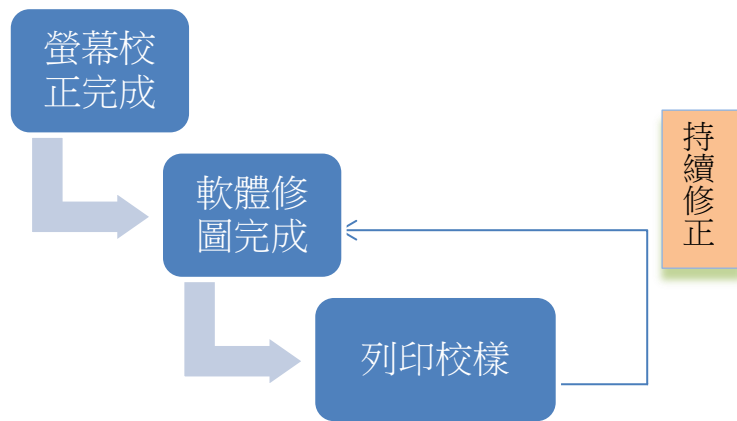
1. 實作方法(一)，將 Eye-One 色彩校正器製作之 ICC Profile 應用於相片後，其亮度與對比的平均值為四種實作方法中最小者，而平均值愈低表示此調整方法與原圖之差距愈小。
2. 實作方法(四)，和上述相反，為平均值最大者，因此可明顯看出與原圖的差異。

經過不斷重複校正與討論，本小組發現以下結論：

1. 購買 GretagMacbeth Eye-One 色彩校正器需要投入大量的資金(約 10 萬元)，並不適用於普遍大眾使用，而且經過二次校正後，依然不是很滿意，要在經過第三、四次校正以後，顏色才有較為接近的情形，且每一次的校正都必須花費 10 分鐘左右，所以整體下來約需 30 至 40 分鐘才算完成。而隨著紙張的不同，勢必要再做一次調教動作。
2. 雖然理論上原廠的色彩描述檔效果是最好的，但是與實作方法(一)的成果相比較，偏差數值並不小，我們判斷應該是印表機已經使用了一年半，內部零件應該有所老化所造成，而這也顯示原廠的 ICC Profile 並非萬能，須考慮到印表機的零件的使用時間做不同校正，若在不考慮金錢及時間的因素下，應該每個月校正一次印表機。
3. 不同的軟硬體搭配模式應該是最經濟實惠的色彩校正方案，例如現有的印表機描述檔再搭配紙張的描述檔，就可以有不錯的校正效果，而若使用者時間有限的情形下，使用軟體的自動處理功能後再送印也都有不錯的效果。

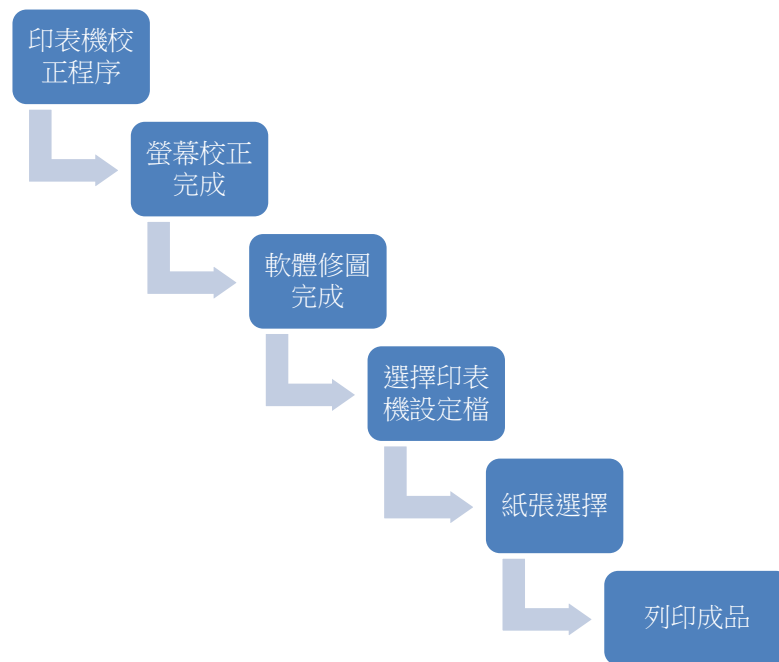
二、色彩管理模式分析與討論：

一般使用者的色彩管理流程下，其是一種不斷修正的過程，最後印出滿意的結果。



圖十五、一般人的簡易色彩校正流程

而綜合上述研究設計的方法後，在理論上可行的色彩校正流程，最後應該可以輸出近似螢幕呈現的圖案。



圖十六、理論上的色彩管理流程

從上述的色彩校正方式來看，現有的色彩校正方法大致上有以下困難：設備昂貴、校正過於費時、校正後的效果會隨時間逐漸變差，此外，在不同紙張上、甚至不同墨水時，列印效果也會有所不同。而使用軟體作校正的缺點是當我們想要調整到想要的效果時，往往需要印出來反覆比對，然後做再次修正，也非理想的色彩管理策略，當然軟硬體的結合使用是最好的方式，但是所花時間也不少，也很難克服更換紙張、墨水以及印表機零件老化的問題。

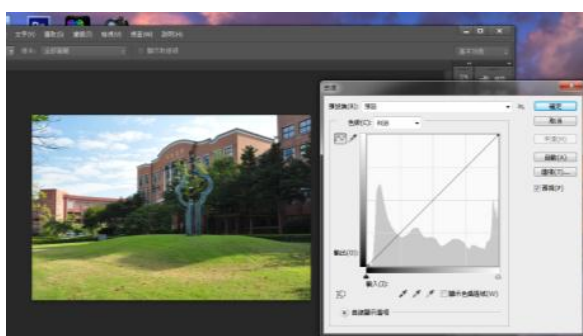
我們發現若是從硬體的角度來作色彩管理，勢必需要花費許多的時間及財力，才能有精確的效果。本研究希望能探討出大眾可行的色彩管理模式，所以應從省時及容易管理的角度考量，之後再從色彩的成色到列印的過程中做更深入的探討。

我們嘗試逆向思考，假設有一把步槍，按照標準程序，由神射手每次打靶都是向右偏移 10 公分，步槍裡面的機器零件，花了很多時間校正更新修正之後，還是偏移五公分，這時候我們會怎麼處理，應該就是在瞄準的時候直接向左修正 5 公分即可命中，事實上，既然神射手每次打靶都是向右偏移 10 公分，表示內部機件應該還算穩定，如果一開始直接就向左修正 10 公分，應該可以命中靶心，而且更為節省時間。

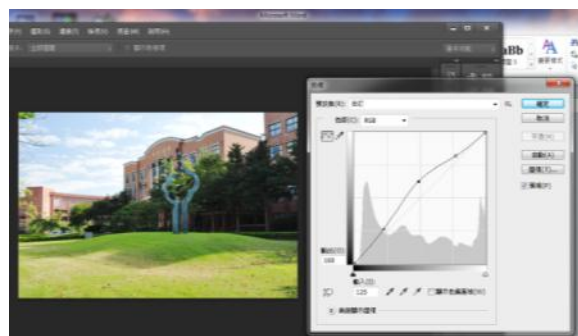
根據上述原理，假設我們從螢幕上看到的是標準顏色，經過列印出來時假設紅色偏移了 5 個數值，那我們只要將該顏色向青色偏移 5 個數值，就可以得到修正，雖然理應如此，但是我們怎麼得到這個數值 5 呢？同樣的道理，在亮度及對比也是一樣，因為印表機的零件老化也需要一定的時間，假如我們能找到偏移的數值，將其修正回來，就可以達成本小組所希望的「色偏修正」管理模式。

「色偏修正」管理模式必須假設在我們沒有昂貴的設備，僅有作過免費軟體校正過後的螢幕，以及一台印表機(是否有 ICC Profile 並不重要)，在以下的原理討論中我們以使得 Photoshop 裡面的工具來說明「色偏修正」原理，但是我們希望透過色彩原理的探討，未來在軟體校正的過程中，所做的動作可在不同軟體上實現的模式。

假如我們對於一張照片的亮度色階有疑問，傳統的方法可能用「曲線」功能慢慢調整到自己想要的顏色，然後印出來不滿意時再行修正直至滿意，如下圖所示：



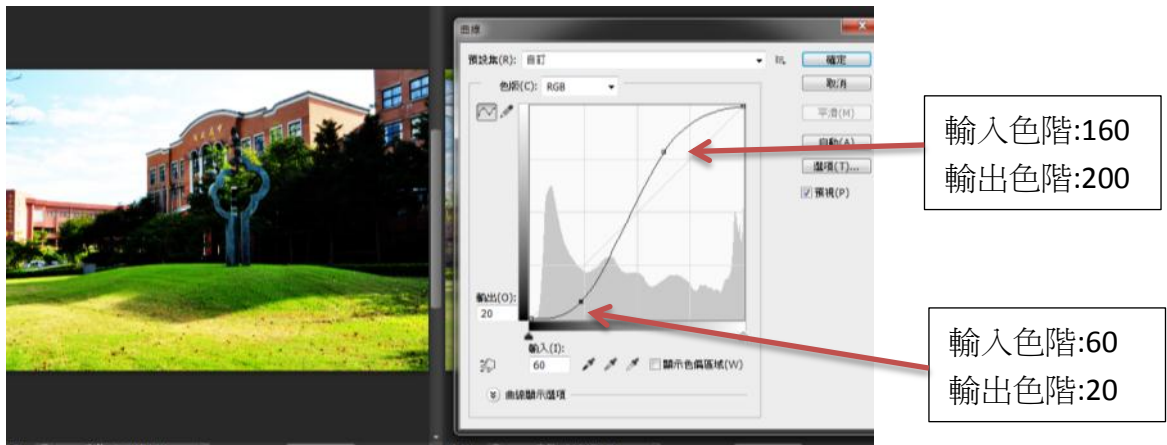
圖十七、原始圖的曲線



圖十八、原始圖經調整後曲線(一般作法)

當在曲線上確立一個點後，輸入和輸出就指示著目前所選中的點。如下右圖。其中的輸入表示變化前色階值，輸出則表示變化後的色階值。可以直接輸入數字進行精確的調整定位。此時兩個數值不再隨著鼠標移動而變化，如果要恢復動態數值，可用滑鼠在遠離曲線的位置點擊一下即可。而所有的網路文章和電腦叢書，甚至原廠的說明文件也是點到為止，畢竟後續的顏色調整比較主觀，也不在我們討論之列。

用一種誇飾的方式說明，在圖十九中就是把原圖的輸入色階 160 調整到 200，而輸入色階 60 調整到 20，而我們所要探討的是，這數字的功用就這樣而已嗎？



圖十九、原始圖經調整後曲線的數值範圍

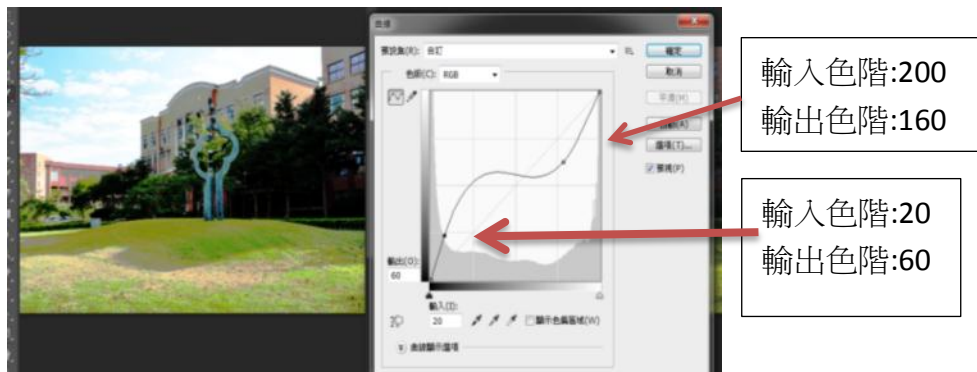
「色偏修正」色彩管理模式就是要找到偏移的數值，並且將其修正回來，假如我們的螢幕原圖如下圖左(未經任何校正)，列印結果如下圖右，而右圖很明顯跟原圖有所落差，我們稱之為列印誤差。



圖二十、一般列印誤差範例

接下來就是找出誤差值，也就是將螢幕的正確色階調整成印表機的錯誤色階，並且記錄下來，以 Photoshop 而言，其可以設定 14 個控制點，應該是非常足夠，雖然不可能完全一樣，但是可以調整至非常近似的效果，而重點是將調整過後的數值記錄下來。

接下來回到原圖做色偏修正動作，也就是如前風偏修正的向左偏移的理論，在原始圖中，將先前紀錄的數值做對調的動作，以圖二十一之點而言，就是將色階 20 的部分變成 60，無論做了多少輸入點皆將其對調。經過調整，我們會在螢幕上看見顏色相當奇怪的圖形。



圖二十一、將輸入輸出數值調換，在螢幕上呈現奇怪的圖

最後，我們將這一張調整後的圖印出來，就可以得到與原來近似的圖形，這就是透過曲線功能的修正，找出其誤差值，再將其誤差值修正的方法。

當然根據色彩原理，顏色的調整並不只是亮度色階而已，還有可能產生各種顏色的色偏，例如可能偏青或偏黃，我們可以採用如同前面色偏修正管理系統所用模式，在本例中我們以下圖二十二顯示，左邊為螢幕原圖，右邊為列印出圖：



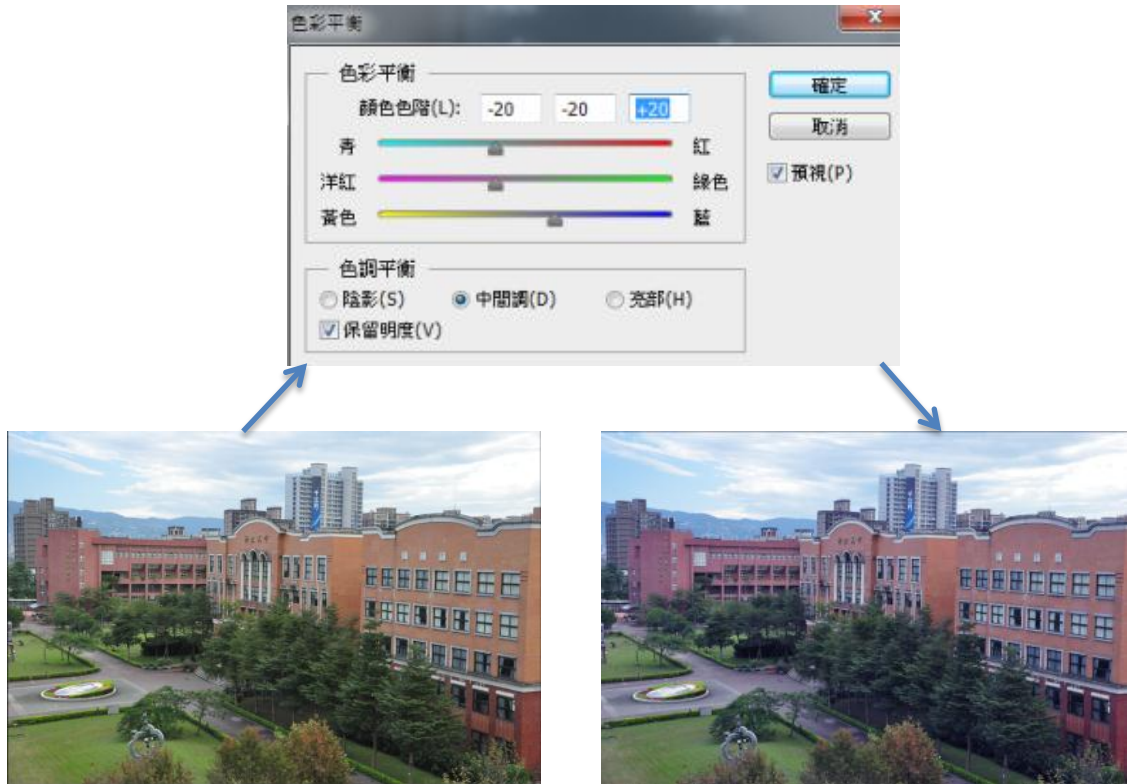
圖二十二、螢幕原圖與印出來的圖形中間有誤差情形

我們可以使用在顏色調整方面的功能，在 Photoshop 裡面就是色彩平衡，我們可以設法將螢幕調成跟印表機一樣，在本例中為紅色偏 20%，綠色偏 20%，黃色偏 20%如下圖二十三所示，我們可以將其記錄下來：



圖二十三、螢幕原圖與列印出圖的色彩誤差數值

接下來開啟原圖，利用我們的色偏修正管理模式，回到原來的圖形，並將其作一反向修正，將紅色向青色方向調整 20%，向洋紅方向調整 20%，向藍色方向調整 20%如下圖 23，最後在螢幕上可得到如下圖形：



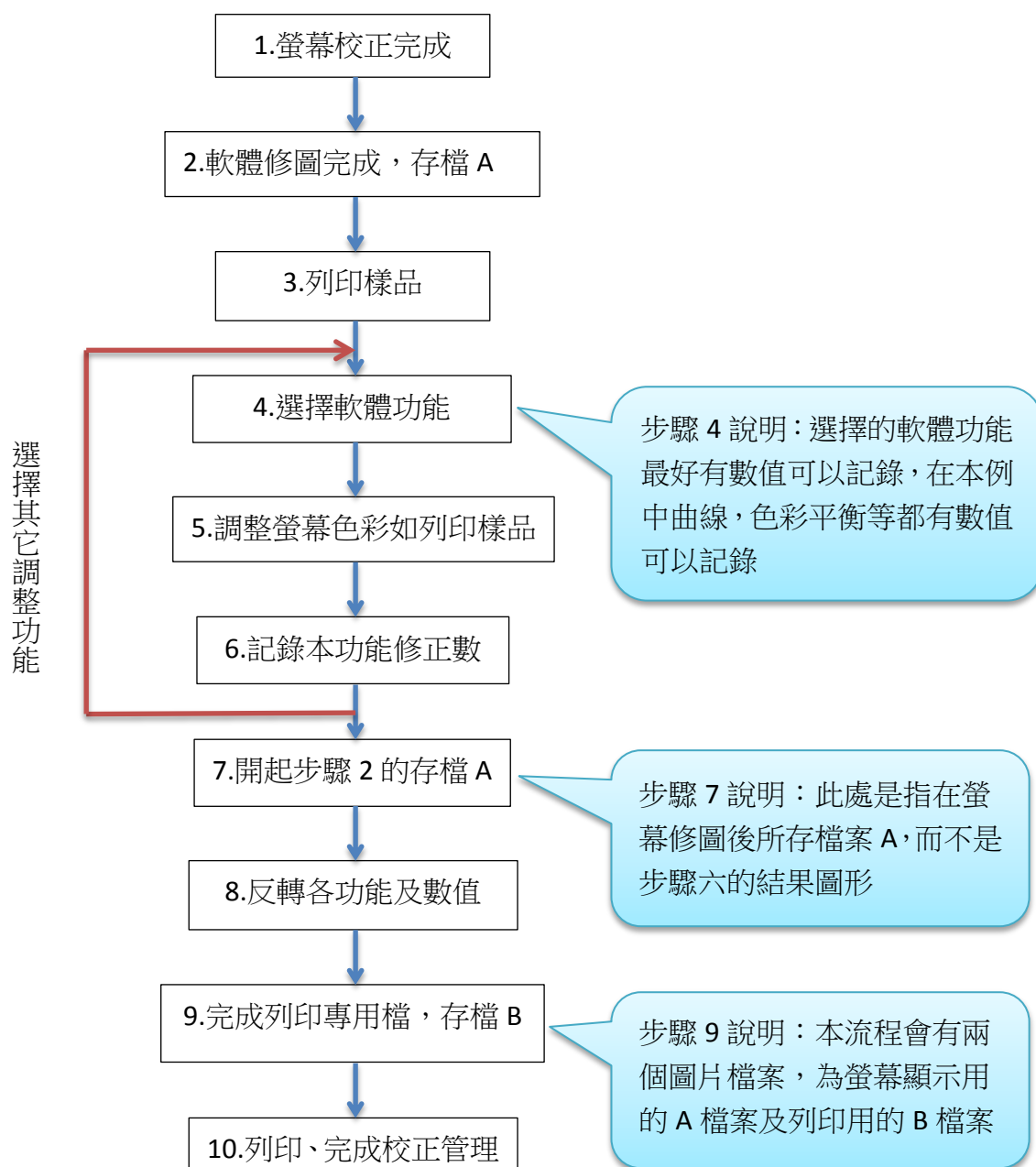
圖二十四、將螢幕原圖根據色彩誤差數值做修正後在螢幕上看到的圖形

最後，將修正後的圖形進行列印，即可得到修正後之圖形。

上述色偏修正管理模式的操作過程，經過不斷測試後有以下發現：

1. 需不需要每種方法都印出來再作修正呢：根據我們測試結果其實是不需要的，在我們測試過程中先作曲線調整再作色彩平衡，或者是先作色彩平衡再作曲線，這中間的數值可能會有些許不同，但並不影響結果的呈現。
2. 修正過程中產生的檔案是否需要儲存：所產生的檔案是屬於列印專用圖形檔，顏色亮度與色階等都是為測試用印表機列印而設計的，並不適合在螢幕上呈現，所以若改天有列印需求，則最好存檔備用，但是此檔案只適合在測試的印表機使用，若是到別台印表機就不適用了。

根據上述討論與不斷實作測試，我們提出以下印表機色彩管理模式如下圖二十五：



圖二十五、本研究所提出的印表機色彩管理流程

為求完美，經過不同的紙張與軟體實驗設計，本色彩管理模式補充說明如下：

1. 在紙張上：一般人習慣是先用一般的影印紙試印一張，最後確定沒問題再用噴墨專用紙印出或相片紙印出，而本管理流程中比較大的不同是在步驟 3 跟步驟 10 所用的紙張是必須一樣的，如果更換紙張，則相關列印專用檔案(存檔 B)就不一樣了。
2. 在軟體上：本模式可以配合每個人熟悉的軟體不同，而作不同的校正動作，在步驟 4~6 中假如有的人喜歡 Photoshop，其就可以使用曲線、色彩平衡或相關的功能。若有人習慣 PhotoImpact，就可以使用相片→光線→曲線，以及調整→色彩調整等，都可以得到不錯的效果，如果是其他免費軟體例如 neo 光影魔術手等，也可以使用基

本功能→曲線，基本功能→色彩平衡等都可以使用。在套用本修正模式之後，也都有不錯的效果。

3. 在數量上：一些商用軟體(如 Photoshop 或 PhotoImpact)有儲存動作紀錄的功能，配合本模式之後，我們發現在螢幕處理完成後，可以套用其動作紀錄檔，方便大量照片列印的顏色校正，而不用每一張都作校正，在學校實際應用中，我們發現學務處許多學校照片都因為 RGB 轉 CMYK 的結果而偏暗(因為印表機色域較小)，在套用動作紀錄後，很快就能大量處理到正確的色域，不必像以前一樣單張做調整，或是調整的不盡理想，非常實用。



圖二十六、經本研究校正管理後之圖片對照圖，左邊是修正後，右邊修正前偏暗



圖二十七、應用動作紀錄，本研究在學校大量圖片修正曲線及色彩平衡後的結果
(因作品不得呈現校徽及相關校名等資訊，圖片部分已作裁切)

柒、結論

一、經過測試結果，本研究所發展的印表機色彩管理模式有以下優點：

1. 可以在不同紙張上執行，即使是高級的相片印表紙或一般家庭用影印紙皆可應用，不因紙張吸墨方式不同而改變。
2. 可以在不同種類印表機上面執行，噴墨與雷射印表機都可以實施。
3. 節省時間和經費，隨時間改變印表機的零件會有所老舊失真，硬體校正模式需花費不少時間跟經費，本模式可隨時做校正工作。
4. 填充式墨水也可以校正，並不一定要購買昂貴的原廠墨水。有的印表機一旦使用填充式墨水，原廠的 ICC Profile 就不能使用，而本模式可隨墨水不同隨時校正。
5. 本模式可依使用者熟悉的軟體不同，無論是付費軟體（Photoshop，PhotoImpact）或免費軟體(光影魔術手)等，只要有類似的功能，皆可以使用相關功能作紀錄與校正工作，不用另外花時間學習特定軟體或撰寫程式。

二、本流程在操作過程中相同圖片必須存檔成螢幕專用及列印專用，如果檔案太大也會占用硬碟空間，但在硬碟越來越便宜的情形下，單一圖檔應不會造成太大影響。

三、如果經費許可，傳統的校色方式搭配色彩描述檔應該是攝影相關工作室或印刷工作者的最佳選擇，而本模式則適合一般人使用，可以在省時省錢的前提下，達到近似螢幕圖片的效果。

捌、參考資料及其他

1. 陳鴻興、陳君彥（譯）（2004）。**基礎色彩再現工程**。台灣：全華科技圖書股份有限公司。
2. 繆紹綱（譯）（2003）。**數位影像處理**。台灣：台灣培生教育出版股份有限公司。
3. 鄭柏左（2004）。**色彩理論與數位影像**。台灣：新文京開發出版股份有限公司。
4. 洗鏡光（2007）。**數位相機觀念、技巧與原理**。台灣：儒林圖書公司。
5. 胡國瑞（2009）。**顯示色彩工程學**。台灣：全華科技圖書股份有限公司。
6. 歐秀明（1994）。**應用色彩學**。台灣：雄獅美術出版社。
7. 戴孟宗（2011）。**現代色彩學：色彩理論、感知與應用**。台灣：全華科技圖書股份有限公司。
8. 羅梅君（2011）。**數位色彩管理科學：色彩度量學**。台灣：藍海文化。
9. 陳英偉（2006）。**實用色彩學**。台灣：華立圖書。
10. 林秋萍、蔡淑惠（2004）。**色彩學 I**。台灣：全華科技圖書股份有限公司。

- 11.周世生 (2008)。印刷色彩學。台灣：印刷工業出版社。
- 12.王頌婉 (2003)。最新實用色彩學。台灣：國家出版社。
- 13.數位視野 DCView，<http://www.dcvview.com.tw/>。
- 14.數位元影像坊，<http://www.digital.idv.tw/>。
- 15.富士官方網站，<http://www.fujifilm.com.tw/>。
- 16.RGB coordinates of the Macbeth ColorChecker，<http://www.babelcolor.Com/>。
- 17.CIE Color Space，<http://www.fho-empden.de/~hoffmann/>。
- 18.本研究自製對照亮度對比色票圖(以亮度 ± 5 、對比 ± 15 作為區別)

