

第六章 數學投影片設計原則

第一節 構圖原則

由投影片的特性來看，因為可以利用重疊的特性效果來進行投影片的製作與呈現。因此，要相同的物件放置於不同投影片的相同位置，就要先將所欲呈現的教材作好版面配置的規劃。在規劃好訊息的相關位置之後再製作投影片，以免製作到一半時，才發現訊息放置於投影片上的位置不佳，此時再來將各張投影片中，本來想要在同一位置呈現或是相關呈現的物件，再調至原本所預計的相關位置，就很難作到當初所設計好的精準定位了。因此，製作投影片之前，除了要思考教材的內容，也要先做構圖的工作。

以視覺傳達的觀點來看，畫面的呈現之後，觀眾所看到的及所注意到的事項，是否與設計者當初的原意相同；是否因為版面的配置不當，而導致原本所欲呈現的重點反而不被觀眾所注意，甚至於有原意遭到扭曲的現象？所以在構圖上，必須有一些符合人類知覺的原理與原則，才能將訊息作正確的傳達。事實上，愈了解學生的知覺「傾向」，愈能設計出利用其傾向的視覺媒體，或者克服知覺的障礙。

一、 兩欄式構圖

數學的相關教材，尤其是幾何會經常性地出現圖形訊息及相關的文字敘述，就雙重編碼理論的觀點而言，學習者需要同時使用「語文系統」與「圖像系統」來有效處理資訊。多媒體的設計有利於學習者的學習，但是必須基於以下幾點：(1). 媒體最好有存在雙重編碼的資訊。(2). 媒體與媒體間須有相關性存在 (Najjar, 1996)。因此，在投影片的畫面中，最好能同時出現文字與圖像資訊，也必須考慮到文字與圖像的配置。一般而言，數學的教材設計，可將畫面分成上下兩欄或是左右兩欄，而分別放置文字與圖像。

在左右兩欄式的構圖中，兩邊分別置放文字與圖，而兩邊所佔畫面的份量並不需要均等。又因為觀察者會先將注意力放置於左側，因此考量教材的內容，可將主要的內容放置於左側，次要內容放置於右側。以數學教材的特性來說，圖形的角色在於輔助文字難以說明的數學概念，因此大部份的情況會將圖形放置於左側，且圖形所佔的版面會較大。若是兩者位置互調，則會讓人感覺到文字部份為

重點，圖形只是供文字敘述的參考。

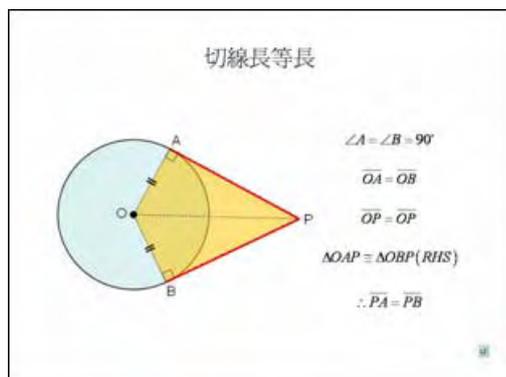


圖 6-1 兩欄式構圖（圖形為主）
圖形置於左側，且所佔的版面較大。

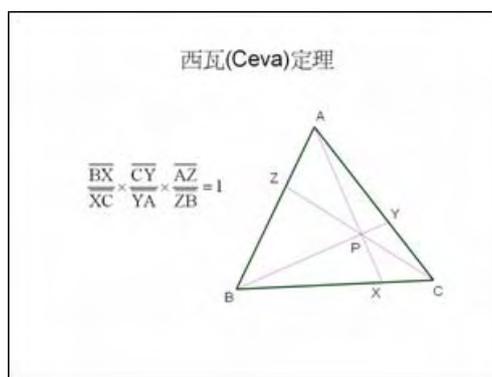


圖 6-2 兩欄式構圖（文字為主）
文字為主體，且文字放置的位置運用「三點原則」。

二、圖文整合式構圖

在數學的教材中，一張投影片中免不了要放置文字與相關的圖形。以認知負荷的觀點來看，若是文字與圖像資訊沒有經過適當的安排，學習者需要他們的注意力分開來處理不同來源的資訊，此時學生者便會額外產生認知負荷（cognitive load），學者將之稱為分散注意力效果（split-attention effect）（Mousavi et al., 1995）。如果能將這些資訊以整合的方式呈現時，觀察者將會花費比較少的心力於圖形和文字的聯結。也有學者研究，在數學的教材中，將畫面中的文字說明放置於圖形之相關位置時，學習者便省卻了來回搜尋畫面中的資訊的動作，因此便排除了分散注意力效果，而學習者便能以較多的心力專注於數學觀念的學習上（Sweller et al., 1998）。因此，在教材內容的性質及份量許可下，能夠以圖文整合的形式來製作投影片，其文字與圖形之間的聯結性最高。以此方式構圖可免於觀察投影片時，疲於觀察圖形與文字資訊之間的相關性，因此是比較適合的構圖方式。

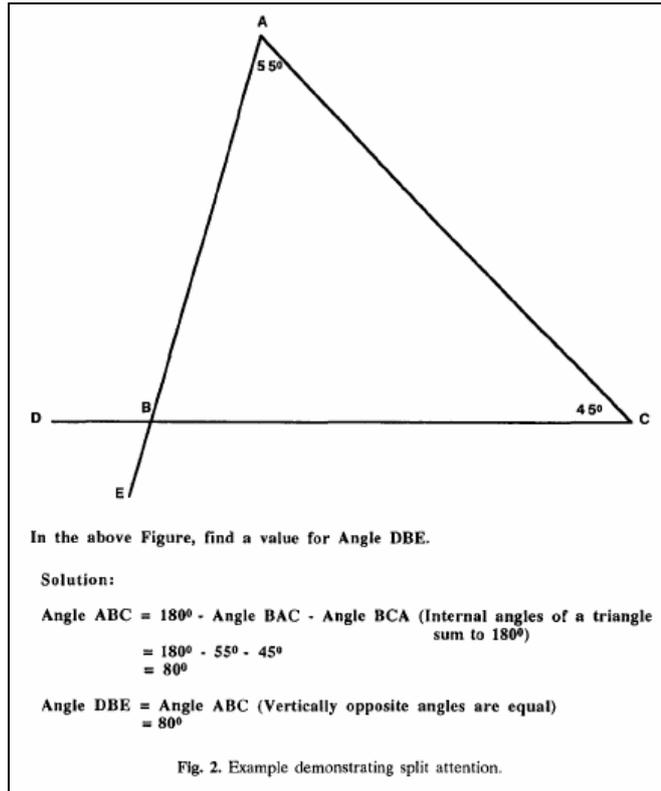


圖 6-3 未整合的資訊，產生注意力分散效果 (Sweller et al., 1998)。

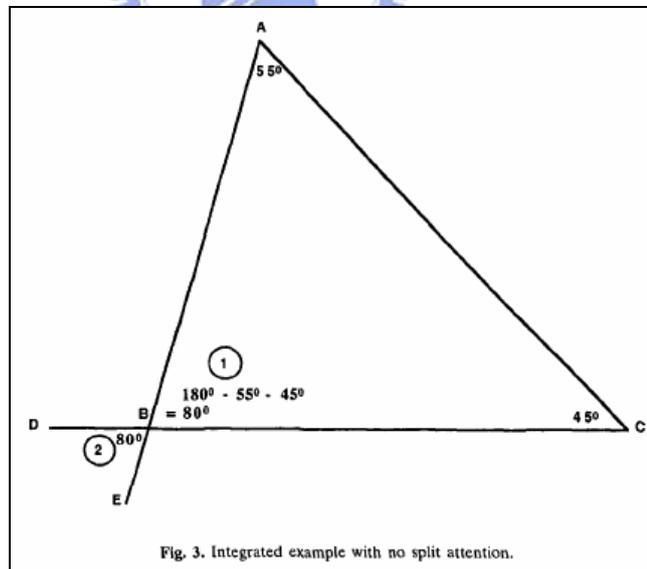


圖 6-4 資訊整合，無注意力分散 (Sweller et al., 1998)。

三、 構圖形式的選擇

雖然構圖的形式以圖文整合的形式最能建立圖形與文字之間的聯結，但是大部份的情形卻不得不以兩欄的形式呈現。以兩欄的形式取代圖文整合，有以下幾種原因：

1. 資訊量比較多時：

圖文整合時，需要將文字安排於圖形的相關位置。但是因為電腦的畫面不大，一味地圖文整合只會造成畫面的紊亂，此時若將文字與圖形資訊各自安排不同區域內，則可達到畫面整齊簡潔的效果。

2. 文字為資訊的主體：

若是以文字說明為資訊的主體，圖形只是附加說明，則文字的整體性就顯明比圖文的關聯重要。此時將文字整合在畫面左側，將有利於觀察者閱讀。

3. 程序性文字敘述：

程序性文字的各行之間就有關聯性，尤其是數學運算式，各行的閱讀順序亦是無法改變。以圖 6-4 為例，雖然圖形與文字的位置安排建立了關聯性，但是卻需額外再增加數字順序標籤，以引導觀察者的閱讀順序。



當資訊的性質與數量允許時，一般而言以圖文整合形式構圖較佳。兩欄式構圖雖然喪失了相關位置的關聯性，但是亦可利用視覺元素及教師的口語提示，補足資訊之間的關聯性。

第二節 色彩之配置

鮮豔的色彩為電腦教材不同傳統黑板教學的一項優勢，色彩的運用可引發學習者的情緒、製造學習情境、增加學習動機。但是，一般教師並未受過專業的美術訓練，因此在色彩運用的技巧上多半是憑個人的直覺。若只是單色的選擇，還不會造成太大的問題；但若是教材所需，必須用到二色、三色、四色以上，則單靠個人的直覺與喜好來選色，經常會造成一些色調上不平衡或是顏色混淆的情況發生。對於美工方面比較專業的視覺傳達設計者，對於色彩的應用已有一套特定

方法。色彩調配的目的是爲了讓觀察者產生與設計者有相同感覺的心理作用，色彩的選擇大致上可爲底色的選擇、色調的選擇、相近色調和或是對比色調和…。

教材製作上的情況比較單純，在一張投影片上色彩運用的目的，除了吸引學生目光、增加學習興趣與動機之外，也是欲藉著不同的顏色來達到畫面上物件分群的效果。而且投影片製作完成後利用投影機展示，展示時又因爲不同投影機的機器設定而有時呈現不同的顏色，靠著肉眼及直覺選色，很明顯地無法應付實際所需。因此，在製作教材時的色彩使用，原則上只要對比強烈、畫面單純即可。投影片的底色選擇應以白色爲主，可避免後續畫面上其餘物件選色上的困擾，而不同群組的物件以對比調和色來分群；相同群組的物件，則可利用電腦軟體上特有的透明度來完成。

一、 PowerPoint 調色盤

若欲改變 PowerPoint 中物件的顏色，可利用工具列上（填滿色彩、線條色彩、字型色彩）的按鈕。按鈕上方已有原先預定的色彩，若要改變上面的顏色，則需按下旁邊的小箭頭。按下之後的，又出現三個部份可供選擇：最上方是原先軟體所預設的色塊或是無顏色；之後是其他色彩按下之後就會出現調色盤，最下方是填滿效果（線條色彩部份爲圖樣線條、字型色彩則無此選項）。因製作教材所需，在此不建議使用填滿效果選項，以免造成教材視覺上的混亂。在此只對 PowerPoint 所提供的調色盤作說明：

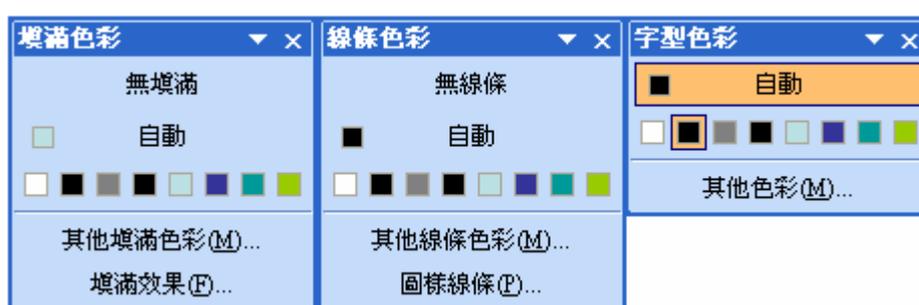


圖 6-5 PowerPoint 色彩設定選單。

除字型色彩之外，其餘的色彩都有三種情況可供使用者選擇。

按下其他填滿（線條）色彩之後，會出現色彩選單，其上又有（自訂）和（標準）兩種子選單。在自訂選單中，可以選擇色彩的模式爲 RGB 模式或是 HSL 模式，而從 HSL 模式中再觀察色調、飽和度及亮度的數值便可得知，調色盤中的橫

向移動為色調的變化、縱向移動則為飽和度的變化、至於亮度的值則於右側的色彩調整區作縱向的調整。色調、飽和度及亮度合稱為色彩的三要素、也稱為色彩的三屬性（Attributes），這是構成色彩的三個基本條件，只要說出某一色彩的三屬性，就可以肯定它的色彩性質，不會與別種色彩混淆（丘永福，1990）。



圖 6-6 色彩的模式。

將色彩模式改為 HSL 之後，便可了解色彩盤中的顏色配置。

按下（標準）子選單之後，會出現一個由許多六邊形小色塊組合而成一個大的六邊形調色盤。由色調的值來看由右下方的色調值 0 以逆時針方向漸增至 255，而調色盤由內而外則為亮度值的減少；由內往外則是同一色調，但是顏色愈來愈暗。調色盤上色調的環狀排列並不是絕對的，有些色塊的值會比較特殊。圖六-9、10 中列出了調色盤中所有色塊所對應的 HSL 模式中色彩三元素的值及 RGB 模式中色光三原色的值，由圖中便可看出色塊的排列方法及找出一些基本色彩（紅色、綠色、藍色、黃色、紫色、靛藍色）。

選單的最下方有一條透明度調整捲軸，這一個選項是電腦在顏色的設定上不同於傳統的設計。所謂的透明度即是透視下方物件的程度，透明度值若是 100% 時，就是完全透明也就是可以完全透視下方的物件；透明度 0% 就是完全不透明，也就是將下方的物件遮蓋住的部份則是完全看不到的，這也是一般的原始預設值。雖然透明度 100% 的效果就像是無填色，但是在 PowerPoint 中的意義卻是完全不同的。無填色物件是中空的，只有邊線的存在；但是透明度 100% 的物件卻是實心的，就好像一片透明的玻璃一般。



圖 6-7 PowerPoint 調色盤，由內而外為亮度的遞減。

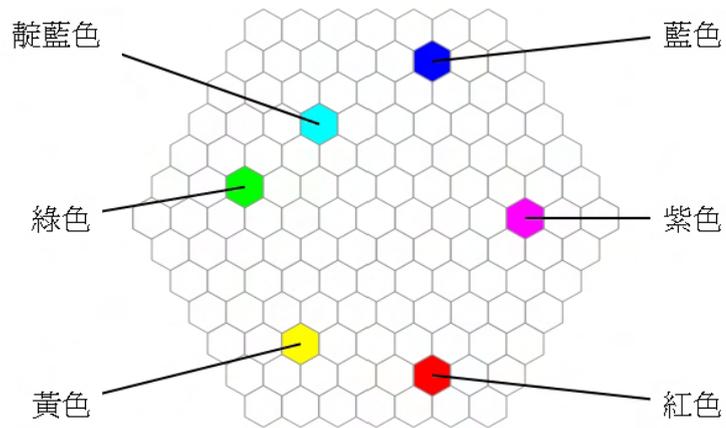


圖 6-8 調色盤中基本六色的位置。

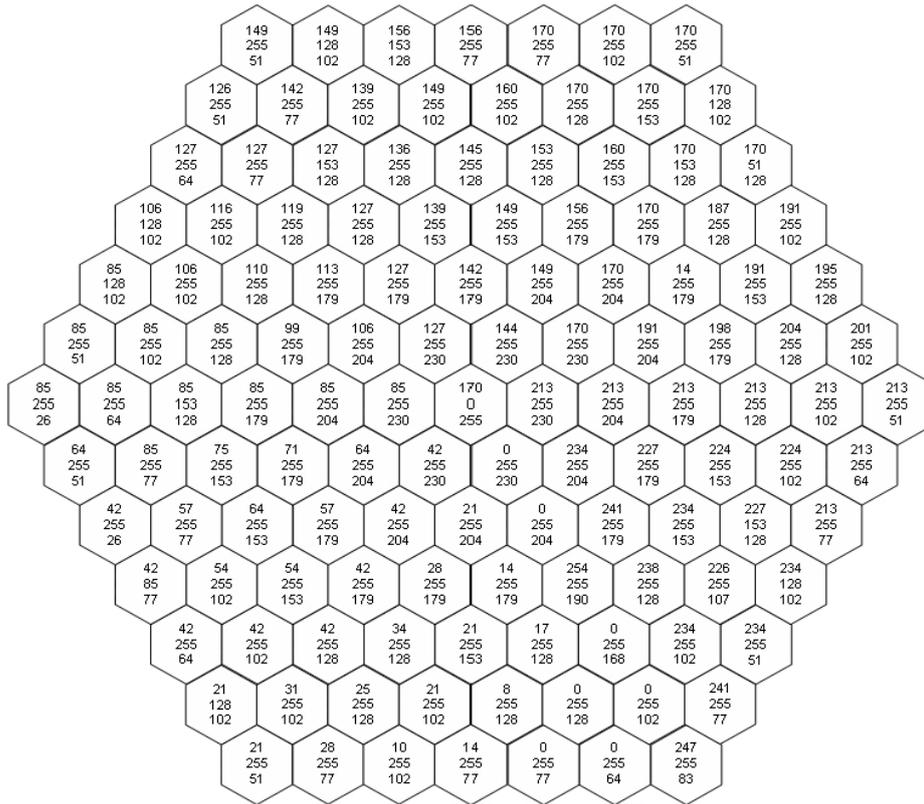


圖 6-9 調色盤的 HSL 值。

由上而下分別為色調、飽和度、亮度。

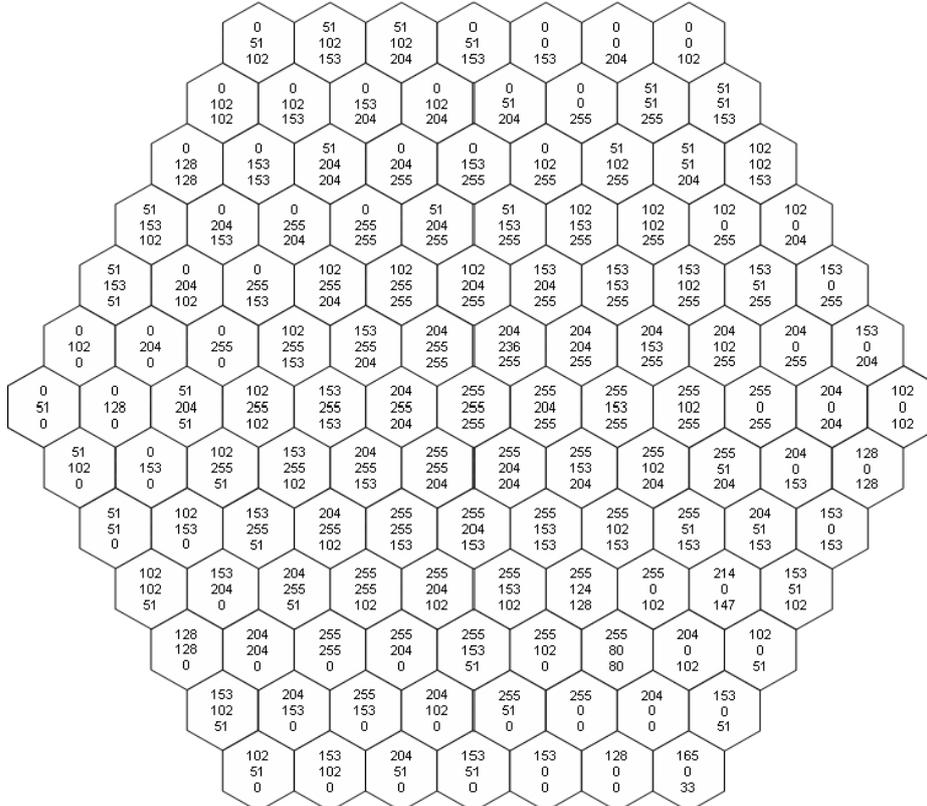


圖 6-10 調色盤中各色塊的 RGB 值。

由上而下分別為紅色、綠色、藍色。

二、 色偏現象

將設計好的教材經由投影機投射之後所呈現的影像，其顏色與原本在電腦上的設定有所差異，不相同的部份除了亮度會明顯的不足外，有的時候色調也會一起改變。其原因乃是因為投影機的色彩輸出未經過校正，因而產生色調偏移的現象。色調偏移的產生，會使得原本為了教材所需所設定的相近色，在呈現時的顏色卻是迥然不同；或是原本設定的不同的顏色，呈現之後卻是相近的。

一般教學場地中所設置的投影機並不會作色彩輸出的校正，色偏現象常常發生。但是以教學的目的來看，顏色使用的目的只是要顯眼、對比、羣化。因此，顏色的改變並非重點，重要的是必須保持原本差異性大的顏色在輸出之後差異性仍大，相近的顏色在輸出之後仍然相近。要解決上述的問題，由對比色調合選色法及透明度的利用，便可避免這些問題的產生，也可得到視覺上美觀的效果。

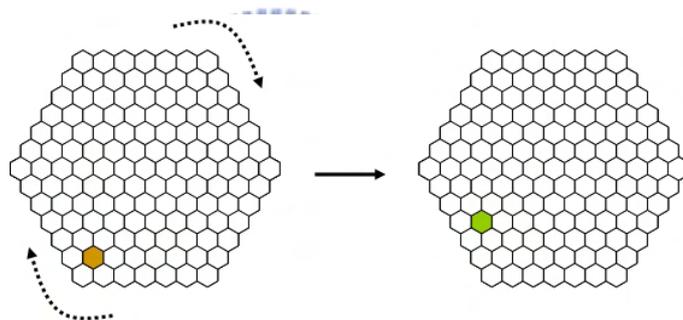


圖 6-11 色調偏移 1。

原本選取左圖中的顏色，投影之後卻呈現右圖的顏色。

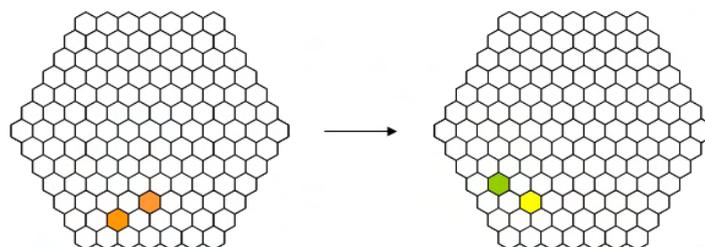


圖 6-12 色調偏移 2。

原本選取相近的兩色，輸出之後卻是相異。

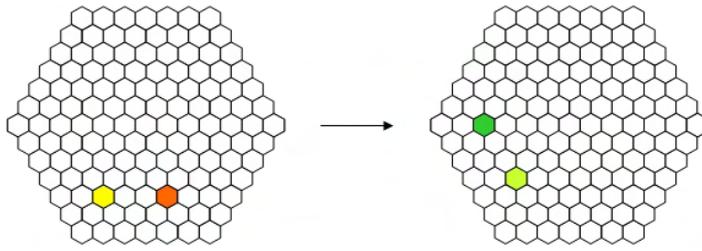


圖 6-13 色調偏移 3。

原本選取相異的兩色，輸出之後卻是相近。

三、 對比色調合法

為了使畫面的配色能有視覺上調合的效果，且能兼顧教學上的目的與放映機器上的誤差，在教材設計的配色上，可利用視覺設計中常利用的互補色調合法。互補色是指在色相環上處於相反位置的顏色，因此，互補色也表示出對比(Denton, 1998)。在 PowerPoint 的調色盤上，其顏色的排列類似色相環，由內而外為亮度的改變，因此選取同一層的顏色其亮度大致上會相同。對比色調合法中又分二對比色調和（對角線選色法）、三對比色調和（三角選色法）和及四對比色調和（矩形選色法）。先利用對比色調合法找到所需的色調，然後在所選擇的色調中再選取同一層的色塊，如此便可完成配色的工作。

二對比色調和是指調色盤中的對角線位置，先選定一種顏色，然後從這個色塊通過中心到對面相同層的色塊即為所需的顏色，因此也可以稱之為對角線選色法。三對比色調和則是在調色盤中先想像一個正三角形，然後正三角形的三個頂點即為所需的三個顏色，也可稱之為三角選色法。因為 PowerPoint 的調色盤為一個正六邊形的組合，所以在六邊形調色盤的六條對角線上來選色，則三角選色法共有二種選擇。四對比色調和的選色方法類似三角選色法，也是在調色盤中想像一個矩形（非正方形），然後矩形四個頂點所在的色塊即為所需的顏色。在六邊形調色盤的六條對角線上來選色，雖然有三種可能，但是垂直站立的這一種矩形不建議讀者使用，因為上方兩個頂點的顏色比較相近。

雖然六邊形調色盤還可選出六種顏色，但是以教學的目的而言，四種色彩在教材的製作上已夠用，太多的顏色在螢幕上會造成學習者的視覺混亂，也喪失了原本使用顏色的目的（醒目、群化）。當螢幕上以顏色標示了太多的重點，便是沒有重點；當螢幕上以顏色分了很多群，便是不分群。

以筆者製作教材的經驗，最常用的為對角線選色法(二色)及三角選色法(三色)，同時用到四色的機會已經很少，甚至於有時只是單純為了顯著畫面中的重點，這時只需選取一種顏色。若只需選取單一顏色時，可選取調色盤中下方、右下方或是右方的顏色，因為這部份的顏色屬於暖色調，在色彩學上這一區的顏色大部份為“前進色”或是“顯眼色”。最前進的顏色為紅色，同時也是顯眼色，為最引人注目的顏色(大山正，1998)。所以只需選一個顏色時，紅色為最佳的選擇。

以上為製作教材時選取顏色的方法，但是一般而言，最外層的顏色不列入選色的考量。因為這一層顏色的亮度值太低，在經過投影機投射之後的影像其亮度再降低，則所有的顏色皆相近於黑色，此時學習者的肉眼上便不易分辨，因此選色時顏色的由深到淺便從第二層開始往中心選取。

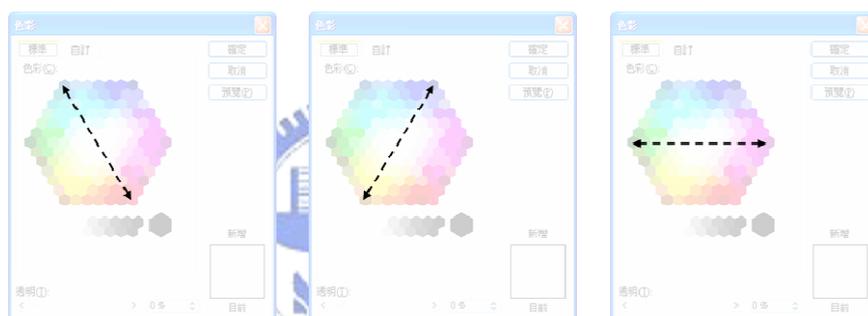


圖 6-14 二對比色調和(對角線選色法)

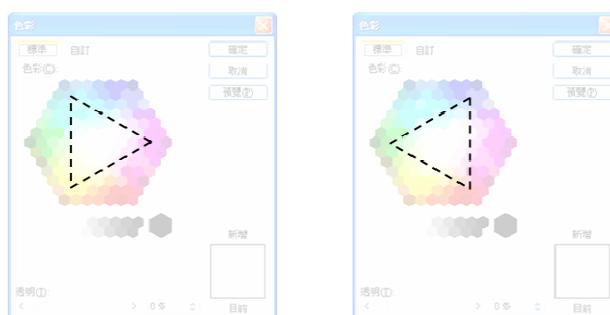


圖 6-15 三對比色調和(三角選色法)

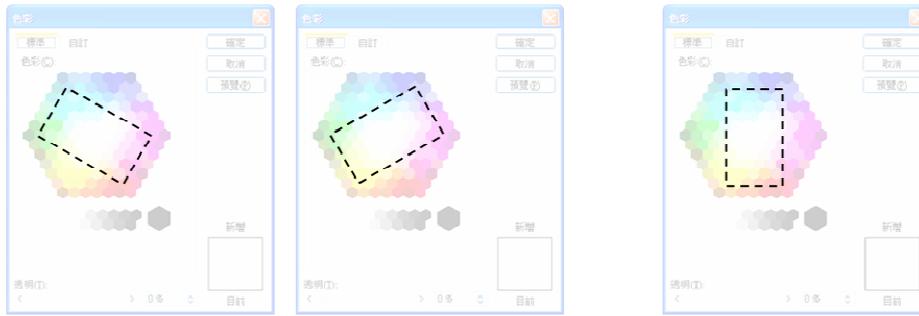


圖 6-16 四對比色調和（矩形選色法）。
最右側的方法不建議使用

四、 透明度之應用

色彩的透明度值比較不同於傳統色彩的屬性係數，但是在電腦美工上的使用卻是非常的普遍。經由透明度的設定，不但很明顯地可以感覺到顏色變淡，而且當有兩個圖層重疊時，上方圖層的透明度設定可決定透視到下方圖層的百分比。雖然圖形重疊時，不一定要利用透明度來讓觀察者了解圖形的重疊，而且因為圖形的重疊也有可能造成視覺上的混淆。但是只要圖形與圖形之間有適當的設計，透明度的使用後所發揮的功效，便可超越因圖形重疊所造成的干擾 (Ware, 2000)。

在教材的設計上，透明度的使用通常用來著色一個封閉區域。一個封閉區域乃是由數條線段或是曲線所組成的，在教學上除了教師用口頭上告知學習者將這些線段（曲線）看成一塊區域之外，將此區域著色則是最直接也是最明顯的方式。將一個區域著上透明色而非純色，乃是因為一整塊區域在畫面上所占的比例比其它元素還大，也因此給予觀察者視覺上的負荷與疲勞也相對地增大，而透明色的設定有減少彩度的效果，便可降低因大面積色彩造成的心理效應。再者因為在幾何教材上，區域與區域重疊是常見的現象，藉由透明度的使用，兩個重疊的圖形便可以各自清楚地顯現，而不需靠觀察者自行利用視覺上的封閉律來連接被遮蓋的圖形。

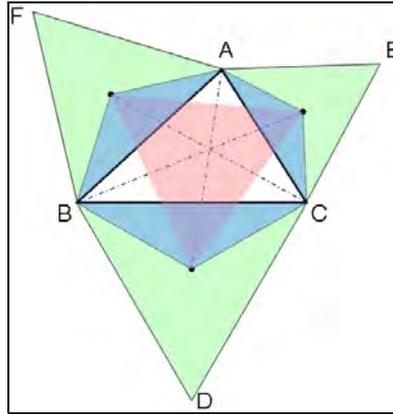


圖 6-17 透明度的應用 1：重疊圖形。
中央的三角形能清楚地呈現又不影響底下的圖形。

另外，利用透明度來做相近色的設定也是非常方便的。上一節曾經提到“色偏現象”，爲了教材所需而直接在調色盤上選取肉眼上看起來相近的顏色是危險的，若是在調色盤上選取同一色塊，並設定不同的透明度，如此就會有「單一色相調和」的效果。將教材投設至螢幕上時，因爲一開始設定的色調相同，所以一但有“色偏現象”產生，色調也是一起改變，故各物件之間依然是色調相同，但是透明度不同，依然是類似色調和的感覺。

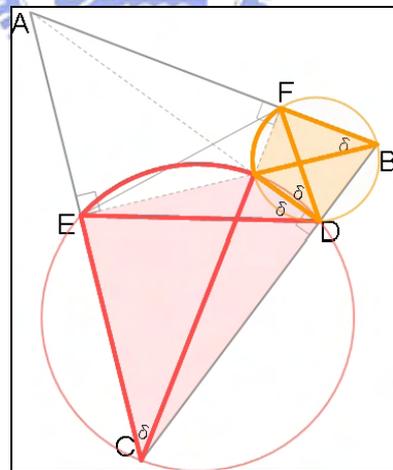


圖 6-18 透明度的應用 2：相近色的效果。
透明度共分三階段：四邊形，外接圓、圓周角與弧。

第三節 造形元素

一、點

一般而言，點必須給人結實、厚重的感覺，也是視覺凝聚的焦點。因此造形上最好是以深色的圓形（通常使用黑色），且所占的面積不宜過大。在幾何上，點是代表空間位置的一個元素，因此造形最好是固定，以免給觀察者額外的心理感覺（譬如產生深度的感覺）。



圖 6-19 點大小不固定，產生深度的感覺。

在製作教材時，除了要用一個圓代表點所在的位置之外，在操作上也要避免移動這個圓的原始位置。要在畫面上準確地畫出一個點，MathPS 工具列提供了一個十分便利的工具，可以輕鬆地在畫面上作出多邊形的頂點、線段交點、線段等分點、等分弧點…。若要改變系統所作出的點的大小，按住鍵盤上的 **Ctrl+Shift**，然後再用滑鼠拖曳物件四周的控制點，即可在不改變點的位置及形狀之下變更點的大小。有時以滑鼠直接拖曳物件來改變點的大小，無法對該點作細微的調整，此時可在旁邊再任意作一個物件，然後將此物件與欲作改變的點一起選取，一起拖曳滑鼠同步改變物件大小，便可將點作比較細微的調整大小，完成之後便可刪除多餘的物件。

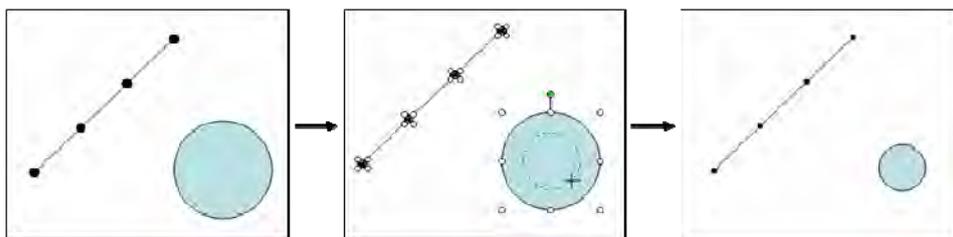


圖 6-20 同步縮放，位置不變。

二、 線

幾何上定義的線條應無粗細之分，但是在教材製作上，線條的粗細、樣式、顏色也是設計上的考量。關於線條顏色的設定原則，依照前文所提及的配色原則即可；而線條的其它設定，在 PowerPoint 的繪圖工具中有三個選單，分別是線條樣式、虛線樣式、箭頭樣式。在線條樣式及箭頭樣式選單之下，還有一個其他樣式選取鈕，按下之後便會出現快取圖案格式的視窗，在此視窗之下可對於線條再作比較細微的調整。一般而言，PowerPoint 為放映性媒體，細微的調整並不會在放映時產生太大的影響，而且也為了製作上方便的緣故，因此一開始的三個選單再搭配顏色的設定便已足夠。



圖 6-21 線條可用的設定。

1. 線條樣式選單：

共有 13 種線條的粗細可供選擇，但是在幾何教材上使用最下方的四種雙線條（3 線條）表示某一線段或直線時，容易造成學習者的誤解。因此除了只是單純地利用線條作為指向性的作用外，不建議教材設計者使用這四種線條表示幾何圖形上的一個線段。另外在其它的線條粗細方面，6 點及 4.5 點在畫面上顯得太粗，若是線段的長度不夠長，很容易讓觀察者產生面積的感覺。

以教材的設計目的而言，設定線條的粗細只是為了將畫面上的線條作視察上的分類，因此只要看起來有所分別即可。一開始系統預設的線條樣式為 0.75，由觀察可得知，從 0.25 點到 1 點這四種線條樣式在視覺上並無差別。若是畫面上欲呈現二種線條的粗細，建議選取 0.75 點及 2.25 點；若是欲呈現三種線條的粗細，

建議選取 0.75 點、1.5 點及 3 點。若是不敷使用時，可搭配顏色及虛線的應用。

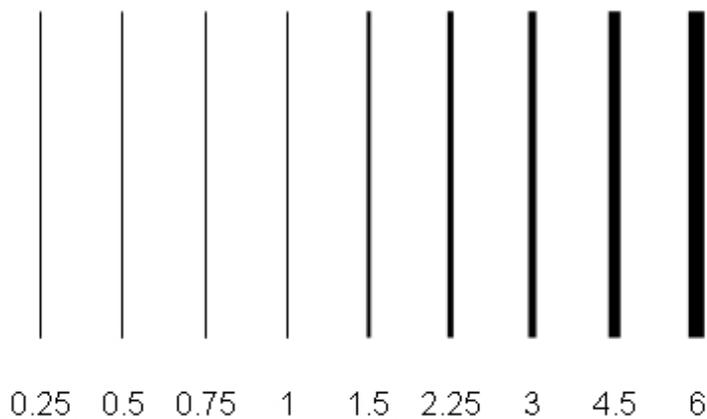


圖 6-22 線條的粗細。

2. 虛線樣式選單：

除了第一種預設的實線之外，其餘有 7 種虛線可供選擇，這些虛線的樣式在不同粗細的線條之下所呈現的效果亦不同。就視覺上的效果而言，大致上可區分為三類：實線單獨為一類；虛線 1 和長虛線可為同一類；虛線 2、長虛點線和虛線 3 視為同一類。只要在選取虛線樣式時，選取不同類的虛線，即可達到視覺上分辨的效果。另外，圓點和方點兩種樣式在線條粗細為 2 點以下並不明顯，因此也不建議使用。

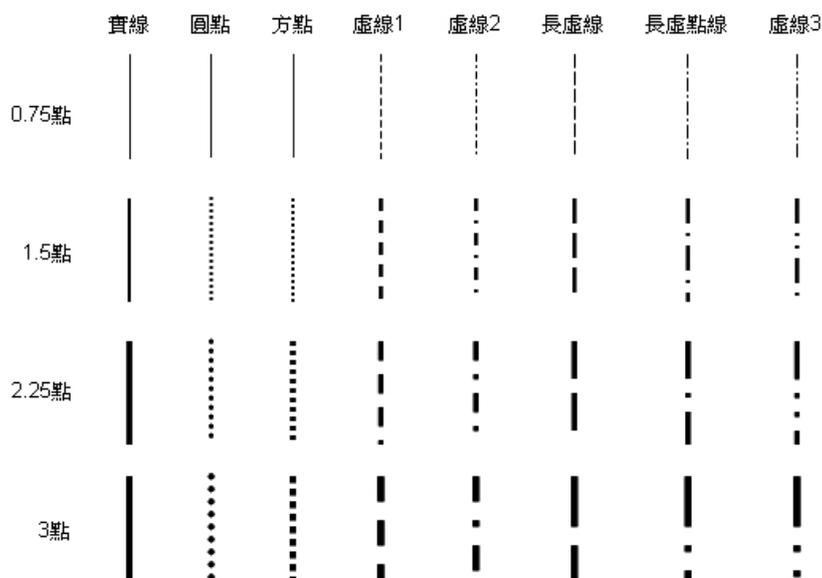


圖 6-23 不同粗細的虛線樣式。

3. 箭頭樣式選單：

PowerPoint 中的線段物件皆具有方向性，箭頭樣式選單中每一個箭矢的左右兩側分別代表線段的起點和終點，也就是在此選單中所作的選項，乃是在選擇箭頭的樣式及箭頭所欲加在線段的起點或終點。因此同在畫面上水平的線段，有可能是由左至右的線段，也有可能是由右至左的線段。在 MathPS 系統中，線段的方向性也經常地影響圖形的產生，利用此選單可以製造出一條具有箭頭的線段，也可以顯示出線段的方向。

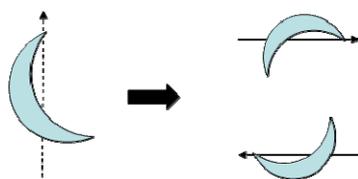


圖 6-24 直線方向與線複製。

三、 文字符號

目前有關電腦螢幕上文字呈現的相關研究，大部份皆屬於英文字呈現的研究，對於中文字及數學運算式的編排及呈現方式，可由這些研究中應用至設計數學投影片教材所需。關於字體大小及間距、行距，都是文字在排編上必須考慮的因素，行與行之間最好不要用「靠右對齊」的方式，而且頁面與頁面之間，行距、間距等格式的設定宜統一（Hartley, 1987）。粗體字及顏色都可作為文字的指引及辨識用途，增加文字的可讀性，而且為了幫助學習者在螢幕上尋找特定的資訊，可利用框架予以提示（Rubens & Krull, 1985）。雖然文字的顏色有助於學生分辨文字中的重點，但是對於學生閱讀速度、記憶的保留程度及理解能力並無顯著的影響（Wolters et al., 1990）。Kemp & Smellie 也針對設計教材時文字配置的易讀性標準提出了以下的看法：(1). 選擇容易辨讀的字體。(2). 字體變化不超過三種。(3). 大小寫用法視字量而定。(4). 注意每一畫面之總字量與四周留白空間。(5). 字間行距要處理得宜。(6). 適當對比幫助辨視（Kemp & Smellie, 1997）。

因為電腦科技的進步，文字的顯示可以以許多動態的方式呈現，雖然動態地呈現文字可以引導學習者的視覺，增強觀察者的注意力與興趣。但是螢幕上文字一行一行的翻動比整頁顯示較不易閱讀（Hartley, 1987）。所以對於文字的呈現方式，原則上在於可讀性及重點提示，注意字體與字體之間、行與行之間的編排，顏色及動態效果的使用只在於重點提示，不可因為過度使用而造成學習者閱讀上

的困擾。

從以上的結果可以得知，電腦畫面上文字呈現的原則，不外乎是增加文字的可讀性，因此要注意文字編排上的整齊與清晰。文字的樣式（字形、色彩、動態呈現）只是為了引導觀察者的目光，故不可濫用反而造成畫面的紊亂。將這些原則應用於 PowerPoint 環境之下，可得到以下文字製作編排的方法：

1. 字體選用系統預設的字體即可。
（中文：新細明體，18、英文：Arial，18）。
2. 代數符號（如： x 、 y 、 \dots ）可換成 Times New Roman 斜體。
3. 注意每一列文字的距離，並且全部靠左對齊。
4. 加減乘除的符號最好是利用符號表工具列以取代鍵盤直接輸入。
5. 在數字與運算元之間留一個空格，視覺上比較不會混淆。
6. 利用方程式編輯器編輯數學式時，將其放大 150% 即可與以文字方塊輸入之文字等大小。
7. 數學簡報以白色為底，因此文字以黑色最具可讀性。
8. 顏色的運用只為重點提示，使用過度會造成視覺混亂。
9. 在文字中提示重點，可利用畫面標籤。
10. 導讀用之視覺引導標籤，以紅色最顯眼；若用顏色方塊導讀時，黃底黑字導讀性最佳。



$(1+2)-3\times 4=-9$	數字與運算符號間未有空格
$(1+2)-3\times 4=-9$	數字與運算符號間留置空格
$(1+2)-3\times 4=-9$	色彩濫用造成視覺混亂
$(1+2)-\boxed{3\times 4}=-9$	利用方框提示重點

圖 6-25 數學運算式之各類型比較。

以標籤導讀	以顏色方塊導讀
$(x + 3)^2$ $= x^2 + 2 \times x \times 3 + 3^2$ $= x^2 + 6x + 9$	$(x + 3)^2$ $= x^2 + 2 \times x \times 3 + 3^2$ $= x^2 + 6x + 9$

圖 6-26 文字導讀。

利用視覺引導方式導讀比逐行顯示更具可讀性。

第四節 高視覺控制設計

一份設計好的數學簡報，畫面上會呈現許多資訊。而一般學習者在數學上的經驗不足，在瀏覽此畫面時往往無法掌握觀看資訊的先後順序及重點。因此必須由教師或簡報系統本身提供視覺上的引導，以幫助學習者分辨資訊的先後次序及過濾主要資訊和次要資訊。所謂教師的引導乃為課堂上與學生口頭上的互動與滑鼠或光筆的指引，而簡報系統本身亦可提供多樣化的視覺刺激，以達到以往黑板上無法完成的教學效果。

一、 視覺引導策略

電腦化教材可以提供多樣式的呈現方式，以文字、圖像、動畫的方式，對同一內容予以解說。目前大部份的多媒體學習教材多少都以動態的方式呈現內容，在呈現的過程中如果沒有配合使用掌控機會的提供，學習者恐怕會疲於奔命的接收畫面出現或移動的訊息，於是自我掌控視覺呈現的設計與系統掌控視覺設計可能為設計者所面臨的抉擇（林麗娟，2000）。在數學簡報系統中，教材的使用者為教師，對象為課堂上的學生，視覺的掌控為教師所控制，不同於一般的多媒體學習教材。以數學簡報中內容呈現的關聯性與步驟性考量，尋找畫面中的資訊、過濾次要資訊、注意畫面的變化、動態呈現時間控制…，都需要教師以專家的身份，對於教材內容不熟悉的學習者扮演引導的角色。因此教師除了可以用口語上引導學習者的注意力之外，也可以利用數學簡報系統的特性，再付予視覺上的引導。

1. 游標

投影片放映時滑鼠為操作工具，根據筆者的經驗，觀察者的目光也常跟隨著滑鼠游標而移動。移動的物件可以吸引目光，因此滑鼠的游標可為視覺引導所用，況且在 PowerPoint XP 之後的版本，動畫的啓動可以用點選畫面上的物件來控制。MathPS 即利用此特性，將作為啓動的物件則為原物件的複製，並以透明度 99% 覆蓋在原物件之上。如此，只要游標移動至該處，按下滑鼠即可啓動動畫。

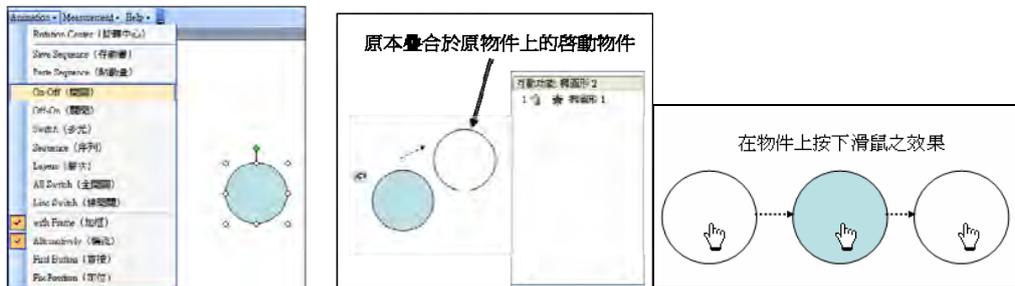


圖 6-27 利用滑鼠游標的互動性功能。

2. 標籤

同一畫面中如果呈現數個類似的圖像或符號，尤其是以整齊排列的方式呈現，而需要觀察者來回尋找資訊時，此時如果只單純利用滑鼠游標，會造成觀察者的目光來回地追逐游標的情況。此時若將畫面中的數個資訊予以標示，便可方便與學習者溝通。在畫面上作標示有兩種方法：一種方法是在物件上編號，利用口語告知學習者資訊的位置；另一個方法是設定互動性標籤，由教師利用點選物件，點選之後在畫面上的物件做上一個標籤記號。

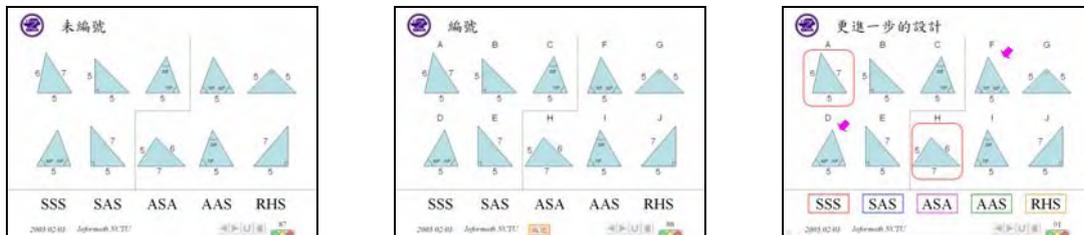


圖 6-28 畫面中的標籤（邱建偉，2005）。

3. 線條

人類的視覺會隨著線條而移動，而線條也常在紙本上以靜態的方式，用來表示物件的移動。所以線條在數學簡報設計上的作用有二個：目光的牽引、移動的軌跡。當相關的資訊位於畫面中不同的位置，而此時又需要顯示訊息的相關性時，可利用線條作視覺上的引導，此時觀察者便因為線條的牽引，輕鬆地將兩個資訊作連結。另外，在畫面上以動畫的特效作物件的移動時，動畫播放結束之後其過程隨即消失，為了避免觀察者因為分心或是反應不及而未看清楚物件移動的情形，因此在畫面上加上線條以顯示物件的移動軌跡，可保留動態呈現的過程。

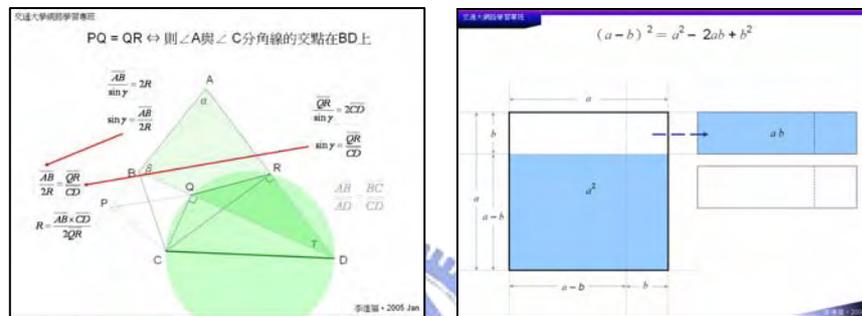


圖 6-29 線條的作用。

4. 對比

平面設計師的第一個設計原則，為利用對比反差來吸引觀察者的注意(Denton, 1998)。並且區別主題與背景乃知覺反應的第一步，故設計者對於畫面的設計必須明顯地區分主題與背景，以方便觀察者分辨各資訊之間的主次要關係(Winn, 1993)。在一份數學簡報之中，課程內容有其講解課程的有其步驟性、畫面上的資訊也要注意其層次性與結構性。通常在教師在使用投影片教學的過程中，會要求學生注意畫面中正在講述的部份，且希望學生不會受到其他資訊的干擾，而這些資訊又有其存在的必要性時。原則上會將次要資訊以顏色淡化處理，除技術上除了更改顯示顏色之外，也可將暫時欲淡化的部份，覆蓋上一塊與底色相同且半透明的色塊(透明度約 20%~50%)，如此便可以隨機地顯示或淡化該部份的資訊。

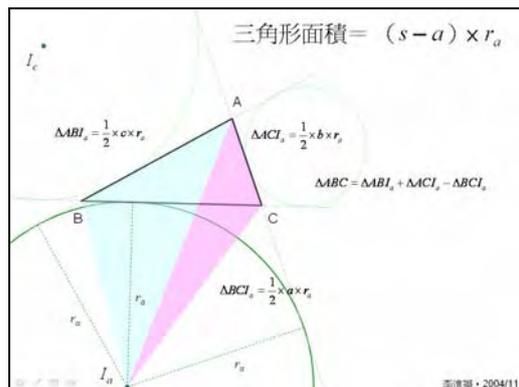


圖 6-30 資訊對比：淡化處理。

5. Pop-up

減低次要資訊對於主要資訊的干擾，還有一個方法就是暫時將這些資訊“關掉”。經由 MathPS 中『off-on』的功能，可設定物件暫時性地不顯示，直到需要時再將滑鼠游標移至畫面中的位置，按下滑鼠之後才顯示該物件。此種技法，在運算式中常用於最後結果的產生，或是因減法、除法時對消的刪除線；在幾何圖形上常用於動態地呈現某一特定面積，需要時才顯示，以減低因圖形太過複雜而產生視覺上的干擾。況且，人類的目光較易為動態的物件所吸引，動態地呈現物件，有吸引學生注意力的作用。

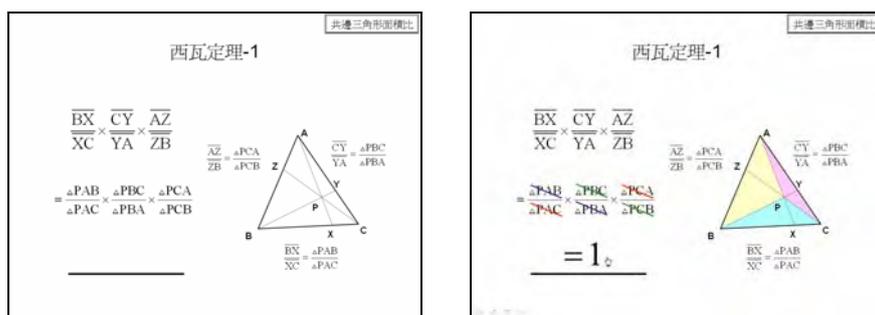


圖 6-31 按下滑鼠之後才顯示資訊。

二、動態呈現原則

動態地呈現資訊比較能吸引學生的注意力，但是畫面中動畫播放的結束也代表了訊息的消失，這也是學生在觀看投影片教材時，與觀看紙本教材的最大不同。學生在觀看紙本教材時，可以來回地反覆閱覽文件中的資訊，因此即使課堂上不

專心，也可以擁有再次看到該資訊的機會。但是在利用投影片教學時，若是學生未跟上教師上課的步調，動畫在展示完畢之後，畫面中的資訊便與原先的不同，學生也無法再觀看已顯示過的資訊。因此，這些原本在傳統教學上不會發生的問題，但是在使用投影片教學之後，教師所必須注意的新問題，也是投影片的設計時所必須先行考慮到的因素。以下為設計投影片的動畫時，為了因應學生課堂上的反應所需，而必須注意到的事項：

1. 與視覺同步

教師在啟動動畫之前，必須先將學生的目光引導至畫面中適當的位置，如此學生學習的步調才能與教材的呈現同步。而移動學生目光的方式，可以利用上述的視覺引導策略中的“游標”與“線條”。

2. 一次一個

PowerPoint 可以設定同時啟動多個動畫，但是同一畫面中，多個物件同時移動或呈現，會造成學生來不及反應，或是不曉得必須注意那一個資訊。對於教材的設計者而言，應該相當地熟悉投影片的內容。但是學生卻是第一次看到該畫面，畫面上的每一個元素對於學生而言，都有相當的新鮮感。因此教師在設定動畫時，一次只能啟動一個，讓學生有反應與吸收的空間。

3. 隨機使用

雖然在設計投影片時，已考慮了眾多視覺的因素。但是一份設計好的投影片可以在許多不同的班級上使用，面對不同狀況的學生。因此畫面上的動態呈現應以互動式按鈕製作，即按下畫面上的物件才啟動動畫。如此，才能因應不同課堂上不同學生的需求，隨機地啟動不同的動畫。

三、 資訊呈現注意事項

動態呈現為數學簡報系統異於紙本教科書的主要特色，而在設計數學簡報時，依據視覺原理及數學教材的特性，動態呈現時所要注意的原則可區分為十種：『層次性』、『對比性』、『比較性』、『定位性』、『演化性』、『結構性』、『步驟性』、『

『關聯性』、『互動性』、『隨機性』(邱建偉, 2005)。

1. 層次性：在同一畫面中，不同資訊之間的疊合關係，影響到觀察者觀看螢幕時的感覺。
2. 對比性：將畫面上的資訊分別為主要資訊與次要資訊，必須給予視覺上對比的效果。
3. 比較性：數學題材中規律尋找，這時需要將畫面中相關的資訊作聯結以方便學習者觀察。
4. 定位性：投影片在放映時，頁間相同的資訊必須在畫面中的同一位置，以防止換頁時相同的資訊產生跳動的現象。
5. 演化性：給予學習者的資訊應為由少至多、由簡入繁，教材應注意內容演化的效果。
6. 結構性：畫面中各個資訊的安排，影響了觀察者的心理感覺與學習成效。
7. 步驟性：教師於教學時，對於課程內容的講解有一定的步驟與方法，教材應予以配合。
8. 關聯性：畫面的空間有限，所有的資訊無法放置於最顯眼的位置，必須將不同位置但是相關的資訊，作適當的視覺引導。
9. 互動性：課堂上為一個師生互動的過程，因此教材也必須有互動的功能，而不是單純地將教材放映一遍。
10. 隨機性：針對課堂上不同的狀況，同一份教材能隨機地顯示不同的資訊。

綜合上述教材設計與呈現時，考慮觀察者的視覺、教材的內容、課堂上的應用…，可以規納出下列的幾個指標：

表格 4 教材呈現指標。

規 則	說 明
指標	靜態與動態指標（標籤）、符號、圖示、語言，以避免重複搜尋訊息。
層次	掌握訊息角色與呈現的比重，以呈現主題。
群化/關聯	建立相關訊息視覺關聯。
對比/比較/演化	相似性與差異性之呈現。
步驟	概念分解或步驟化。
定位	頁間訊息定位，避免訊息重新解讀。
動態/互動/隨意	依授課情境呈現教學內容，調教學步調。
結構	訊息結構化，有助於探索訊息，抽象概念的呈現。
銜接/連貫/重整	導覽、銜接與重整的性質，可以協助學生在偶而無法跟上教師的步調時，能夠重新審視先前內容。
溝通性	教師、學生、與教材三者可以溝通的環境。

第五節 圖形錯視與修正

所謂「錯視」是指眼睛的錯覺，一種對形態辨認的誤差，一般較為典型或顯著的錯誤知覺，在心理學上稱為錯覺（*illusion*），又稱為視錯覺或錯視（*Optical illusion*）。通常在數學簡報中，錯視的情況在幾何教材中比較可能會發生。一般利用 MathPS 工具列所產生的幾何元素（線段長、角度、面積…）都很精準，但是觀察者在觀看投影片時，因為摻雜了心理因素或是背景的干擾，而使得觀察者對於投影片上的線段長、面積大小…的感覺，與原始教材的設計有所不同。因此，在設計投影片時必須避免這些因素，以免造成學習者額外的學習負擔。

一、 生成原因

錯視的種類及生成原因繁多，大部份是有關形狀、大小、長短以及線條等方面，係以幾何的錯覺為主，且大都以發現者或是研究者的名字命名。錯視的分類方法很多，較為常見且簡便的方式可以分為以下幾項：

1. 角度、方向的錯視：

在一組原本平行的直線附加上 45° 的斜線段之後，這幾條直線看起來沒有平行，都朝著與多數交叉線傾斜方向的相反方向傾斜，產生不平行的錯覺現象。

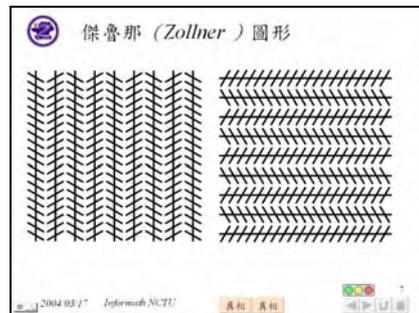


圖 6-32 傑魯納 (Zollner, F) 圖形 (邱建偉, 2005)。

2. 彎曲錯視：

和放射線交叉的兩條平行線，因受放射線的影響，讓我們看起來並不像平行線，而是兩條內凹的彎曲線條。

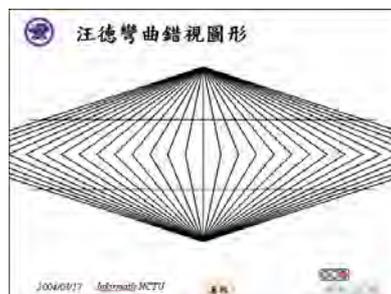


圖 6-33 汪德 (Wundt, W.) 彎曲錯視圖形 (邱建偉, 2005)。

3. 大小錯視：

被大圓包圍在中間的圓，與被小圓包圍在中間的圓，其大小在客觀上是相同的，可是受到周圍支援的對比影響，讓我們覺得其大小有顯著的不同。

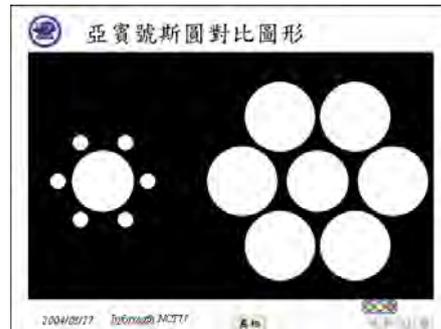


圖 6-34 亞賓浩斯 (Ebbinghaus, H.) 圖形 (邱建偉, 2005)。

4. 垂直與水平的錯視：

雖然是完全相同的扇形，可是在主觀上我們會覺得下面的扇形比較大，上面的扇形比較小。

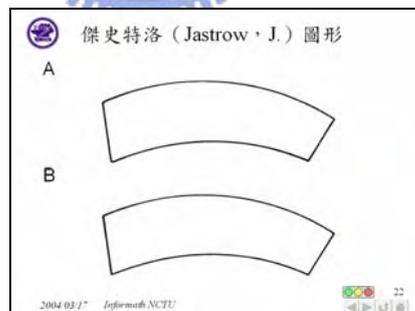


圖 6-35 傑史特洛 (Jastrow, J.) 錯視圖形 (邱建偉, 2005)。

由以上的幾種錯視的類型看來，錯視的生成原因可歸納出兩種情況：

1. 外在因素之干擾：如上述的前三種狀況，都是因為額外地增加了一些不必要的圖形，而干擾了觀察者對原始圖形的判斷。
2. 內在因素之影響：如上述的第四種，原始的兩個之外並沒有再增加任何的圖形，可是卻因為在日常生活經驗中，堆放物品時比較大的物品會

放置於下方，也就是觀察者的舊經驗影響了對圖形的判斷。

二、 修正方法

教材使用的目的在於教導學生正確的知識，一些錯視的產生能避免應盡量避免。避免錯視產生的方法首先了解錯視生成的因素，掌握了產生錯誤的因素之後，只要針對生成因素作修正，就可以免除觀察者因為錯視的產生，而對於畫面中的圖形資訊產生錯誤的認知。

1. 因素消除

若是錯視生成的原因，是因為外加圖形的視覺干擾所致，則免除錯視的方法，當然就是消除這些干擾的圖形，讓觀察者能專心地觀察主要的圖形。以下圖為例，中央的長方形因三角形的影響，看起來很像梯形。在教學上，教師除了以口頭告知學生之外，也要提供適當的視覺環境以免造成誤導。最佳的方式乃是在這些三角形上設定“開關（on-off）”，在說明中央的長方形時，將三角形“關掉”，讓學生可以在沒有干擾的情形之下觀察圖形。

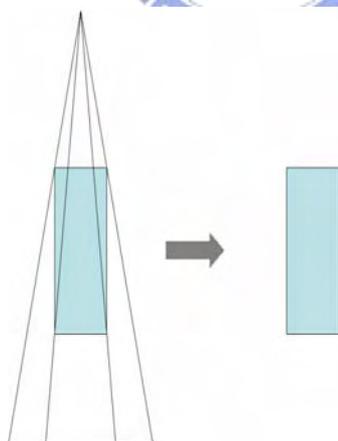


圖 6-36 錯視修正(1)：消除因素。

將三角形“關掉”之後，長方形看起來不再像是梯形。

2. 限制鷹架

若是錯視生成的原因，是因為觀察者本身的心理因素，則可以附上輔助的視

覺元素，以導正觀察者心理的感覺。以下圖為例：在展示旁切圓的切線長時，將切線旋轉、展開以表示線段的長度，但是此舉卻造成了線段有延展伸長的感覺。此錯覺的產生純粹是因為觀察者的舊經驗，因此分別額外再繪製兩線段的移動軌跡，此軌跡為兩圓且兩線段恰為此兩圓的半徑，如此在旋轉時再無線段增長的錯覺。

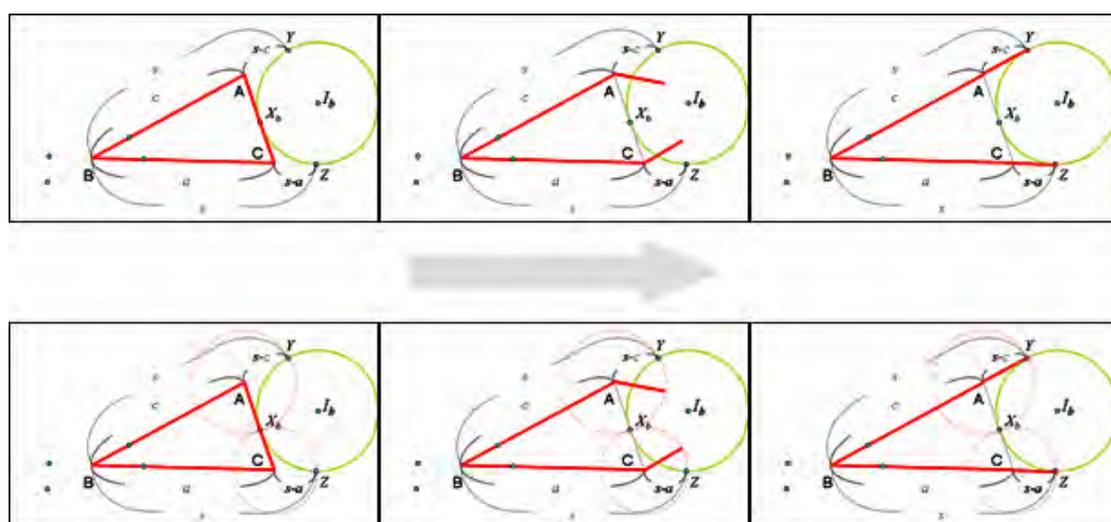


圖 6-37 錯視修正(2)：限制鷹架。
增加移動軌跡，可修正因舊經驗造成的錯覺。

第六節 相關理論關聯

本章所提出的設計原理原則，皆是依據前人的相關理論所得的研究結果。希望往後在設計教材時，在視覺呈現的部份，有一個規則可依循。關於設計原則所依據的相關理論，整理成下表。另外知覺原理和訊息處理理論的部份因為牽涉太廣，所有的原則皆與其相關。這兩個理論可視為訊息呈現與處理的最基礎理論，故不列於表中。

表格 5 設計原則之相關理論對照表。

		心理學			視覺設計		
		注意力	認知負荷	雙碼理論	基本造形	色彩理論	構圖原則
構圖	兩欄式	√		√	√		√
	圖文整合		√	√			√
配色	對比色調合					√	√
	透明度	√		√	√	√	
造形元素	點	√			√	√	
	線	√			√	√	
文字	格式				√		√
	對齊			√	√		√
	色彩	√	√			√	√
	導覽	√	√	√		√	
視覺引導	游標	√					
	標籤	√	√	√		√	√
	線條	√		√	√		√
	對比	√	√				
	pop up	√	√				
動態呈現	隨機使用	√	√				
	一次一個	√	√				
	視覺同步	√					
錯視修正	因素消除	√	√	√			
	限制鷹架	√	√	√	√		