

中華民國第42屆中小學科學展覽會

∴ 作品說明書 ∴

高中-應用科學科

科 別：生活與應用科學

組 別：高中組

作品名稱：身歷其境 --- 有關 3D 影像照片之物理原理的探討

關 鍵 詞：

編 號：040807

學校名稱：

國立花蓮女子高級中學

作者姓名：

呂思慧、高德衡

指導老師：

程膺、李國川



身歷其境---有關 3D 影像照片之物理原理的探討

一、研究動機

國三的地球科學課本內有一頁觀察地形的立體空照地圖，利用紅綠兩色眼鏡來看地貌的立體圖像，一些雜誌也有關於立體攝影的文章，利用相機拍出不同視角的兩張照片，再把兩張照片並在一起看出立體影像，這樣的立體效果與地球科學課本上的空照地圖的立體效果的作用不同。因此，我們想可否把這兩種效果合為一，利用一般相機來拍攝景物，沖洗出來的照片，再經由紅綠眼鏡來看照片，而呈現立體效果來，這不是一件有趣的事嗎？

在高雄科學工藝博物館也看到「回到白堊紀」的 3D 立體電影，更令人激起製作 3D 照片的決心，經過多日來的努力，終於有了以下的成果。

二、研究目的

- (一)瞭解色彩理論，並利用色彩理論，拍出立體效果的照片。
- (二)瞭解攝影的基本原理和色彩理論的應用。
- (三)利用雙像不重疊，不同色彩雙像重疊等方法來拍攝立體照片。
- (四)改變不同色彩來拍攝雙像重疊立體照片的可能性和比較其結果。

三、研究原理

(一)色光的混合

1. 色光的混合，由紅光、綠光和深藍光三色混合可以產生白光，而且

綠光+紅光=黃色	黃色光補深藍色光
深藍光+綠光=藍色	藍光補紅色光
紅光+深藍光=紫紅色	紫紅色光補綠色光

所以紅色光、綠色光和深藍色光稱為三原色，以上混合色光的方法叫做加法混色。

2. 所有不透明物體受到光線照射時，會將所接受的光線完全或部分反射，紅色的蕃茄是它接受了白光照射時，吸收了深藍色和綠色光線，只反射出紅色光線的結果，你所見到的便是紅色蕃茄。
3. 如果把深藍色光照射紅蕃茄，則深藍色光將被紅蕃茄吸收，結果你所見到的蕃茄是黑色，用紅色光線照射紅蕃茄，反射出紅色光來，因此你所見到的蕃茄還是紅色。

(二)色料的混合

1. 光線的混合和顏料的混合是不同的效果，藍色、紫紅色和黃色等三種色料混合，將得到黑色，色料的混合方法叫作減法混色，深濃的色料混合不可能得到較淺的色料。
2. 色料的三原色是藍色、紫紅色和黃色。
藍色＋紫紅色＝深藍色
黃色＋紫紅色＝紅色
藍色＋黃色＝綠色
色料的互補
深藍色 補 黃色光
紅 色 補 藍 色
綠 色 補 紫紅色
3. 互補顏色之間的共通性很小，用深藍色濾鏡來看黃色物體時，物體會呈現黑色；用綠色濾鏡來看紫紅色物體時，物體會呈現黑色，這些顏色的混合作用是屬減法混色，彩色底片、相紙的顏色呈現原理也是利用減法混色的原理，立體攝影的原理就是利用互補的濾鏡來重覆拍攝不同視角的景物，再利用互補的兩色眼鏡來看照片，而呈現出立體感的。

4. 下列為不同濾色鏡對不同顏色物體的拍攝效果

濾鏡	較亮的結果	較暗的結果	可產生下列效果
黃	黃，微綠	微藍	使天空變暗，使草地顯得光亮
黃綠	黃和綠	藍	同上(但對比比較大，對草地影響比較明顯)
綠	綠	紅和藍	使陰暗的綠色景物變得較為光亮
橙	黃和橙，微紅	藍，微綠	使天空顯得較暗，強調雲彩，或把石頭或木頭的紋理顯出來
紅	紅	藍和綠	能產生動人的天空，使房子的磚塊較亮
藍	藍	紅，微綠	強調薄霧
紫外	消除紫外線		穿透薄霧，尤其接近雪或海時
偏外			減少非金屬表面的反射，如玻璃和水

(A)把紅色和綠色的濾鏡
加起來，使天空變暗。

1



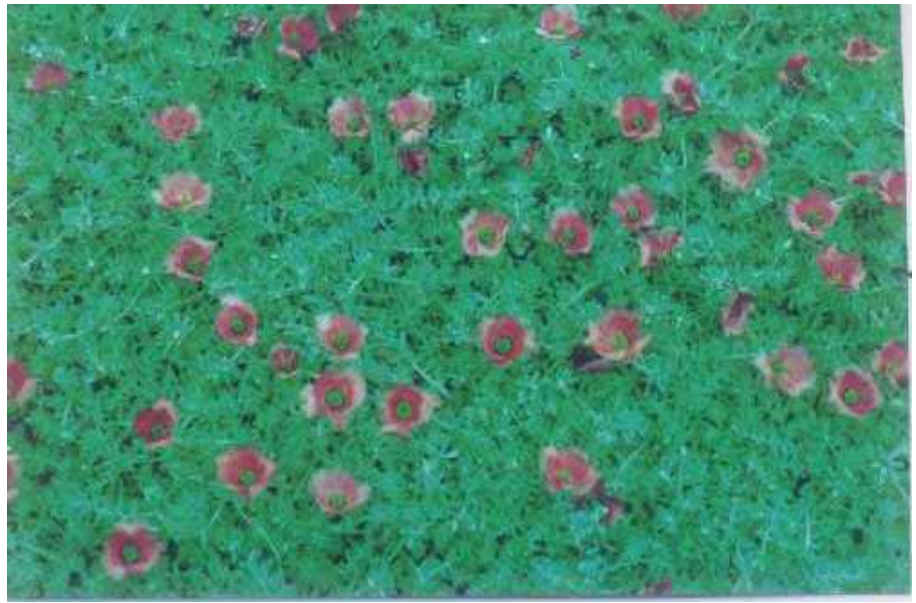
(B)不用濾色鏡拍攝的結
果。

2



(C)用綠色濾鏡拍攝的結果。

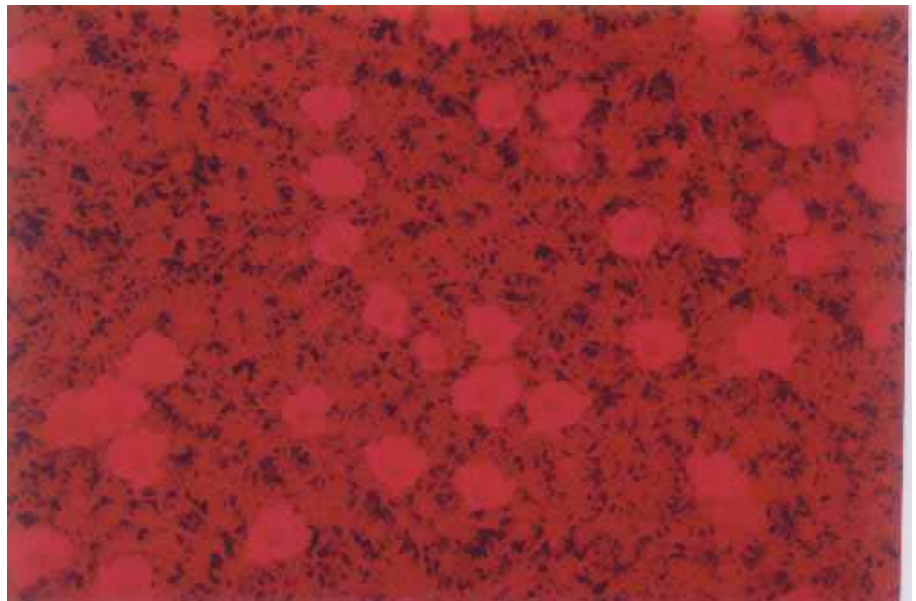
3



(D)用紅色濾鏡拍攝的結果。

因為日光強烈，綠色葉子完全無法吸收其他色光，這照片用藍色或綠色鏡片來看的話，將看到一片黑色。

4



(三)立體照片的拍攝原理

1. 要造成立體影像，由國中的地球科學課本的空照立體地形圖來看，一長列的山脈，從山腳到山頂中，山腳和平地沒有紅、綠色的分離，但越高的山頂，紅綠兩色分離的距離越大，測量一下距離大約是 0.1cm，因此，在拍攝立體照片時，第一次用綠色濾鏡，拍照下來所造成的綠色影像就像右眼所見到的影像，平移一段距離，再用紅色濾鏡重覆曝光一次，所顯現的影像如左眼所見的影像，拍出來的照片如兩眼所見的視角，以紅綠色的影像顯現在一張像紙上，再用右綠左紅的雙色眼鏡來看照片，右邊的綠色鏡看過去，照片中紅色影像

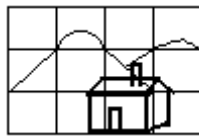
被綠色的綠鏡吸收影像變黑，只能看出綠色的影像，如右眼所見的視野，同樣的，右眼經紅色鏡看過去，照片中綠色影像變黑，只能看出紅色的影像，如左眼所見的視野，因此，兩眼所見的照片，如同兩眼所見真正的景物而呈現立體感來，接下來的問題是要在照片中看出立體感來，在主體與拍攝者的距離之下，在二次曝光中平移的距離要多少？才能在底片上留下紅綠分離影像的距離是 0.4mm 還有，若使用不同的焦距的鏡頭時，左移的距離又要如何？

2. 對眼前的景物，兩眼對景物中的主體所見會呈現立體感，是兩眼對主體所見的視角不同而造成視差，兩眼對主體所見的位置會落在遠方背景的 A、B 點上，如圖 1。

雙眼所見背景是一樣，但是主體卻「落在」背景上不同位置，因此，在拍攝有立體感的照片，背景的功能是很重要的，在雙重曝光中背景要一致附合不能分裂，因此在重覆曝光中，背景上的某一點做為「參考點」，這「參考點」在這兩次曝光當中，在觀景窗所看的位置不變，雖然在第二次曝光時有平移一段距離，如下圖



圖二：第一次曝光所拍攝的景物(綠色)



圖三：向左移，第二次曝光所拍攝的景物(紅色)



圖四：二次重覆曝光後，在底片所顯現的景物

這樣重覆曝光，在背景的影像是「單影」沒有紅綠的分離影像，而主體則呈現紅綠的「雙影」，這分離的雙影，距離要有 0.4mm，這 0.4mm 的距離是在底片呈現的，洗出的照片才有立體感來。

3. 由課本所印製的空照圖中，山頂紅綠分裂二重相的分離距離約為 0.10 公分，空照圖的面積為 8.00×8.00 平方公分，而一般 135 相機所用的底片面積為 3.60×2.40 平方公分因此，這紅綠二重分裂相的分離距離為

$$X/3.60=0.10/8.00$$

$$X=0.045 \text{ 公分}=0.45\text{mm}$$

為了在拍攝時，在主體前的景物也能呈現 3D，在底片上紅綠分裂的距離小一點較好，不然主體前的景物因較靠近相機，會洗出分離很大的二重影像，不能看出溶合的 3D 影像，我們將 X 值取 0.40mm。

4. 在拍攝第一張時，相機對準主體和遠方的參考點，注意參考點在觀景窗中的位置，用綠色濾鏡拍下，第一次曝光後在左移一段距離到 B 點，對準參考點，注意參考點的位置還是在觀景窗中原先的位置，左移後會發覺主體的位置向右偏了一段距離 m(圖 5)，主體的向右偏移 m 距離是要在相機底片中造成 0.40mm 的紅綠分離的影像(圖 6)，這樣沖洗出來的照片才會有 3D 的視覺效果。

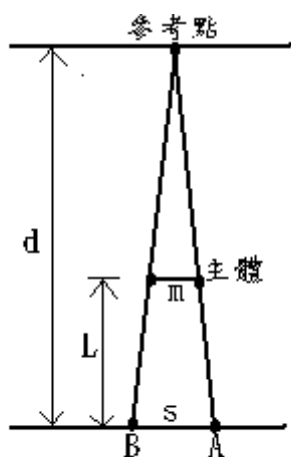


圖5 A：第一次拍攝的位置
B：第二次拍攝的位置

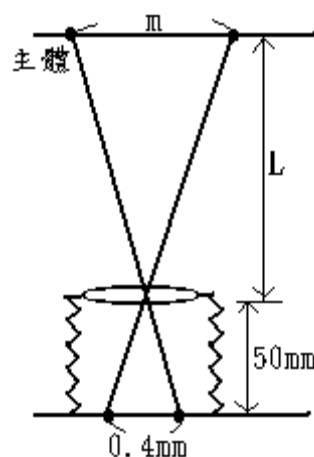


圖6：使用焦距為50mm
鏡頭的相機

5. L：主體到拍攝者的距離
d：參考點到拍攝者的距離
m：第一次曝光後，相機左移 s 的距離，鏡頭再對準參考點，主體向右偏移的距離
s：左移的距離

由圖 5，可得

$$s/d = m/(d-L) \quad \text{----(1)}$$

由圖 6，可得

$$m/L = 0.4/50$$

$$m = L/125 \quad \text{----(2)}$$

把(2)式代入(1)式中，可得

$$s = (dL) / [125 \times (d-L)] \quad \text{----(3)}$$

假如參考點取在很遠處， $d \gg L$ ， $d-L \approx d$ ，則(3)式可大約等於

$$s = L/125 \quad \text{----(4)}$$

由上列式的演算結果，可知，如把參考點取在非常遠處，用焦距為 50mm 的標準鏡頭來拍攝，第一次用綠色濾鏡曝光後，左移的距離為主體到拍攝者距離的 125 分之 1，假如主體距拍攝者為 30 公尺，則左移的距離為 $30/125 = 0.24$ (公尺) = 24(公分)，由(4)式可知物距越小，左移的距離越小，這說明為了主題的前面景物也要有 3D 的效果，左移的距離不能完成根據主體的物距來推算。

6. 如用焦距為 24mm 的廣角鏡頭來拍攝，由圖 5、6

$$m/L = 0.4/24$$

$$m = L/60 \quad \text{----(5)}$$

$$s/d = (d-L)/m$$

$$s = (dm)/(d-L) \quad \text{----(6)}$$

一樣的，設 $d \gg L$ ，則

$$s = (dL) / [60 \times (d-L)] \quad d-L \approx d$$

$$\text{得 } s = L/60 \quad \text{----(7)}$$

下表為使用不同焦距的鏡頭，參考點取在極遠處 d 距離，主體物距為 L ， $d \gg L$ 時，

焦距 (mm)	200	135	100	85	50	35	28	24	20
左移距離 (m)	$\frac{L}{500}$	$\frac{L}{337.5}$	$\frac{L}{250}$	$\frac{L}{212.5}$	$\frac{L}{125}$	$\frac{L}{87.5}$	$\frac{L}{70}$	$\frac{L}{60}$	$\frac{L}{50}$

7. 如在近距離拍攝主體其物距為 L ，而且參考點(距相機 d 距離)也取在不遠處，如用 50mm 鏡頭來拍攝，則左移的距離 s 為

$$s = (dL) / [125 \times (d - L)] \quad \text{-----}(8)$$

下表為使用不同焦距鏡頭在不同焦距下，左移的距離(參考點取在無限遠)

焦距(mm) \ 物距(m)	24	28	35	50	85	100	135	200
0.5	0.83	0.71	0.57	0.40				
1.0	1.7	1.4	1.1	0.80	0.47			
1.5	2.5	2.1	1.7	1.2	0.71	0.60	0.44	0.30
2.0	3.3	2.9	2.3	1.6	0.94	0.80	0.59	0.40
2.5	4.2	3.6	2.9	2.0	1.2	1.0	0.74	0.50
3.0	5.0	4.3	3.4	2.4	1.4	1.2	0.89	0.60
5.0	8.3	7.1	5.7	4.0	2.4	2.0	1.5	1.0
10.0	17	14	11	8.0	4.7	4.0	2.9	2.0
20.0	33	29	23	16	9.4	8.0	5.9	4.0
30.0	50	43	34	24	14	12	8.9	6.0

空白附近是焦距長的鏡頭，最短的拍攝距離較長，例如：

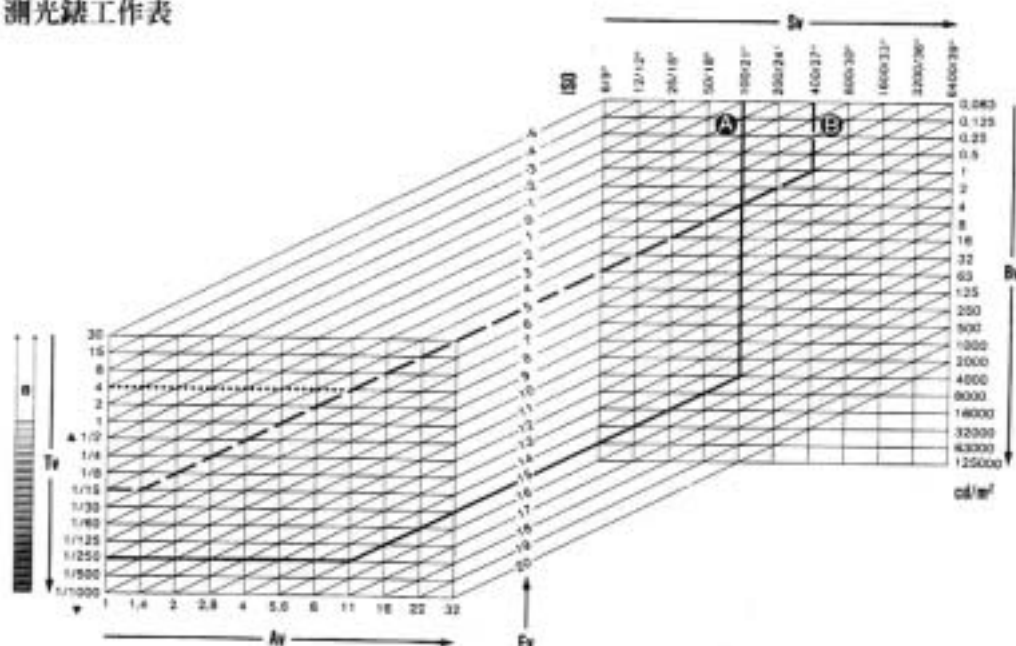
200mm 鏡頭，最短拍攝距離為 1.5 公尺(取二位有效位數)。

(四)重覆曝光的曝光值(EV 值)控制

1. 曝光值(Exposure-value numbers), EV 值是由一個數字來代表某一種曝光量，這一個數字可能有好幾種光圈 f 值和快門速度的配合，有一樣的 EV 值，就有一定的曝光量，雖光圈 f 值和快門速度不同，如表。在此表的右邊中顯示光亮的測量範圍，即底片速度 S_v 與亮度 B_v 之間的關係，以燭光/米平方顯示。而左邊則顯示快門速度 T_v (時間數值)與光圈值 A_v 之間的關係。底片速度值 ISO(以 ASA 或 DIN 表示)顯示在頂端的水平刻度為 S_v (速度值)，中央部份垂直刻度則為測光值 EV。徠卡 M6 快門的工作範圍則在最左邊的垂直漸層圖中顯示，其中曝光時間長於一秒以上則顯示為 B 快門區域。以圖中 A 點的實線為例，顯示對應於底片速度值為 ISO 100/21 時，在典型的日光條件下。即其亮度為 4,000 燭光/米平方時，當一鏡頭的光圈值為 $f/11$ 且快門速度為 $1/250$ 秒時，可在由 A 延伸的對角線，與中央 EV 刻度的交點上。讀取到其曝光值為 EV15。以圖中點 B 的虛線為例，顯示在燭光下(即亮度為 1 燭光/米平方，當底片速度值 ISO 400/27 時，應採用光圈 1.4 及快門 $1/15$ 秒拍照。當考慮使用鏡頭時，例如在選擇光圈為 $f/11$ ，當使用快門調整盤時，則因所對應的適當快門速度為 4 秒，超出快門調整盤所能控制的時間範圍，快門調整盤所能使用的最長快門時間為 1

秒鐘，為避免 LED 警示燈亮，使用的曝光時間不應長於 1 秒。

測光錶工作表



- 2.每一張底片的曝光，要有一定的曝光量，這樣才能印製正常的照片。但是在在一張底片要重覆曝光，而且被攝的東西在底片有重疊的現象，則曝光量就不一樣了。在底片上，被攝物體有重疊，而且是按照正常曝光兩次，則重疊部分的曝光量就是原本所需標準曝光的兩倍。換言之，多了一個級數的曝光量。因此，為了底片有正常的曝光，在這兩次曝光中「每一次」曝光量，都應正常曝光量的一半，二次合起來正好標準，如果是三個重疊的影像，則每次就只能用三分之一適度曝光量。

(五) 光圈大小 f 值對景深與 3D 效果的影響

1. 對主體調焦時，在該主體的前景與背景部分，仍然有些地方可以看得很清晰，這清晰的範圍叫「景深」，根據光學原理，焦距越長的鏡頭景深越短，反之，焦距越短的鏡頭景深越長，使用同一個鏡頭，光圈越小(f 值越大)景深越長；光圈越大景深越短，為了主體、前景、背景均清晰的呈現在照片上有 3D 的立體感，因此，我們拍攝時均用小光圈，但是，EV 值與正常測光的 EV 值相同因為是重覆曝（二次），因此，每一次曝光的 EV 值要加一級（曝光量減半）。拍攝距離越遠，景深也會越長；距離越近，景深越短，拍攝距離也會影響景深大小。



(六)對主體測距的方法

對主體測距的方法，如主體很近則直接用尺來測定物距，如物距大一些，則用相機對主體對焦，當從觀景器中看到清楚的影像時，查看鏡頭上所顯示的物距刻度，如物距更遠，就用長鏡頭來對焦，因為長鏡上標示的對焦物距更遠，但用這樣的方法來測距，誤差會較大，因為長鏡頭上標示距離的刻度很大，最小刻度間隔為 5 公尺或 10 公尺，如果用較精密的測距儀器來測距，則推算出來的左移距離將較準確，因此，在這樣不太精確的估算物距下，在拍攝時要小心操作，或是同一場景多拍幾張，則成功的機會較大。

(七)傳統拍攝 3D 的照片是根據立體攝影團體或研究單位「整理」出一個公式：

$$\text{左移距離} = \frac{\text{目標物距離(攝影距離)}}{50}$$

而且目標物距離最好能設定在約 3.5 公尺，如此效果最好。

以上的左移距離是當相機由右眼位置平移到左眼位置，這個距離稱之為「立體距離」，係指一般成年人兩眼瞳孔間的平均距離，約為 6.3~7.0cm。

(八)市面上有專用的立體照相機，是拍在同一張 3.5mm 軟片的兩半，沖洗出兩張左右眼的相片，因此影像的尺寸是小一些，由傳統的 3D 拍攝方法要達到良好效果，只是用相機來拍攝與人眼所看到的景物相同的照片，而達到 3D 之效果而已。在更遠、更近、或使用不同焦距鏡頭，又要發展另一套拍攝經驗，因此，由上我們的推算，可看出我們的成果。

四、研究器材

相機(Nikon FM2)，E-2 對焦屏，三角架，紅色、綠色、藍色、橙色等濾色鏡，各不同焦距鏡頭。

5 相機 對焦屏



五、研究方法

(一)雙像雙底片不重疊 3D 拍攝法

- 1.選定有層次的景觀、主體和遠方背景，相機固定在三角架上，三角架上吊一鉛錘，鉛錘下面放置一直尺，做為測定左移距離的大小。
- 2.對主體測定距離、測光、對主體對焦，記住在觀景器中主體的位置，選用光圈小的 EV 值，按下快門，捲片一格。
- 3.根據與主體的距離和鏡頭的焦距，算出左移的距離，左移三角架，注意掛在三角架上鉛錘在地上直尺左移的距離，再對準主體調焦，注意主體是否在觀景器中的位置一樣，最後按下快門。

4.在拍攝第二張時，天氣的明暗有變化，則要再測光一下。

6 拍攝過程



6



三角架下的鉛錘、尺的特寫照片

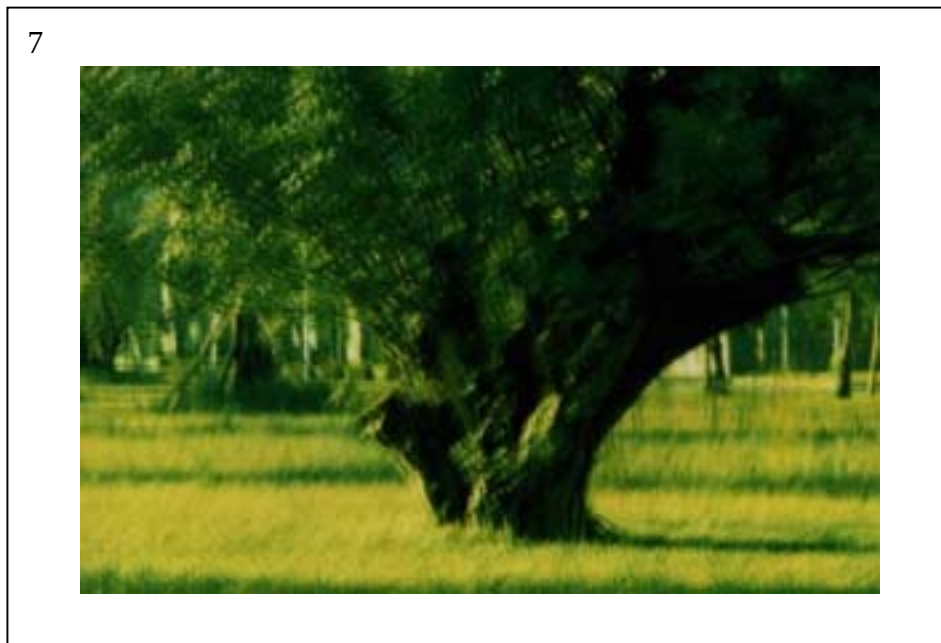
(二)雙像單底片重疊 3D 拍攝法

- 1.準備紅色、綠色等濾色鏡，使用有重複曝光和可變換調焦屏的單眼相機，我們用 Nikon FM2，調焦屏是有方格的形式，方便固定遠方參考點，調焦屏品名為 E-2。
- 2.尋找有前景、背景、有層次的景觀，固定相機，鏡頭裝上綠色濾鏡測光，選取遠方背景為參考點，調整相機方向對準主體，記住參考點落在觀景器中方格的某一位置。
- 3.選用曝光量一半，但用光圈最小有相同 EV 值來曝光，如裝上綠色濾鏡的鏡頭，在正常測光值為 f8 三十分之一秒，則用一半的曝光量 f11 三十分之一秒，因為要用光圈小，而且又要有相同曝光量來曝光，因此光圈改用 f16 十五分之一秒，按下快門。

- 4.按下重複曝光裝置同時捲片，這時底片不動，還是原先已有曝光的底片，取下濾光鏡。改換紅色濾鏡，再測光該選用正常曝光量的一半，而且用光圈小的測光值。
- 5.根據與主體的距離和鏡頭焦距的長短，算出左移的距離，再觀看觀景器中遠方的參考點，在觀景器中方格子間的位置，記住下來。
- 6.左移三角架，注意掛在三角架上的鉛錘在尺面上所移動的距離，由觀景器再對準主體調焦，注意在主體背後遠方參考點的位置，是否在原先方格子間的位置上，最後按下快門。
- 7.左移時也要注意相機水平的維持，因此在我們會固定包括參考點和另外兩個定點，來保證相機前後拍攝時的水平。

(三)改變濾色鏡顏色來拍雙像單底片重疊影像

- 1.改變使用紅、綠色濾鏡，使用深藍和黃互補的濾鏡，但是，深藍色濾鏡不易購買到，因此改用中藍濾鏡，黃色濾鏡則改為使用橙色濾鏡來補救，是為了加強 3D 的視覺效果。
- 2.依法重複上述(二)方法實驗。



不同濾鏡的照片

8



六、研究結果與討論

(一)利用兩色眼鏡，左眼用紅色玻璃紙，右眼用綠色玻璃紙，從照片的正上方向下俯瞰。

9



200mm 鏡頭

(二)與主體樹木相距 30 公尺，依序用不同的焦距的鏡頭拍攝而成，當然使用不同焦距鏡頭左移的距離也不同，參考體取鐘塔。

10



105mm 鏡頭

(三)
1.由紅、綠兩色互補的濾色鏡重複曝光，沖洗出來的照片顏色偏離，由拍出來的照片來看，呈現 3D 的效果很好，由此可證明上面的推論是正確的。

11



85mm 鏡頭

2.傳統的拍攝 3D 照片方法限於距主體 3.5m, 而且主體距離 (左移距離)只限於 6.3~7.0 公分的最好拍攝效果來看, 我們所用的方法, 打破了以上的限制。

12

50mm



50mm 鏡頭

3.我們可在不同距離來拍攝, 甚至於使用不同焦距的鏡頭來拍攝, 傳統只用 50mm 標準鏡頭, 傳統只用雙像雙底片的方法來拍攝, 我們進一步的, 而且更精確的, 用雙像單底片來拍攝。

13

35mm



35mm 鏡頭

4.因使用廣角鏡頭視角加大，主體前的樹木也拍攝入照片中，造成兩眼觀看「視差」太大，也失去立體效果，因此，使用廣角鏡頭時，主體將以照片中最最近的樹木為主體，這樣一來，最近樹木之距離為15m，用24mm鏡頭，由公式左移距離為25公分。

14

24mm



24mm 鏡頭

(四) 主體是白色建築物，物距是以建築物前的樹林為準物距大約有 70 公尺，參考點取在山脈，注意山頭的陵線沒有紅綠雙重影像。

15

85mm



85mm 鏡頭

(五) 最近椰子樹的物
距為 30 公尺，參
考點也取在山頂。

16

50mm



50mm 鏡頭

(六) 背景是高塔，但是
也要注意前方的
樹林和草叢的 3D
視覺效果，以前方
草叢中的灌木為
主題，取高塔為背
景參考體，主題物
距為 12m，鏡頭用
35mm，推算結果
左 移 距 離 為
13.8cm。

17

50mm



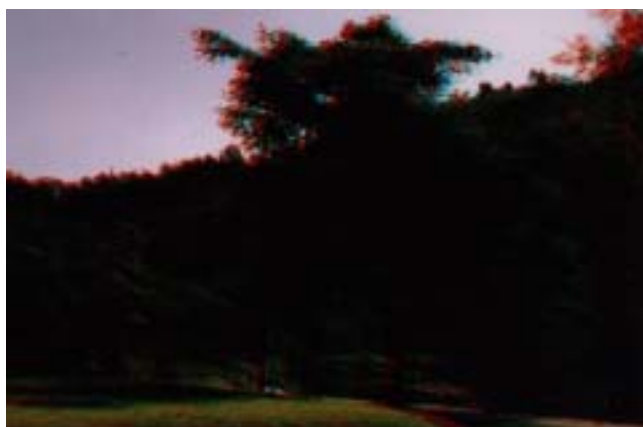
(七) 照片的沖洗，還是色彩淡一點比較好。

18



(八) 這張色彩太濃一點，用紅綠兩色鏡看顯得更暗。

19



20



21



(九) 有前景、中景、背景的畫面，更能顯現 3D 的視覺效果。

22



23



(十) 以上的照片是隨意取景，拍攝前對主體的測距是一項非常重要的課題，主體太遠的話，就要估計距離，不然你也可以左右移一段距離，觀看主題「印」在背景上的位置有否明顯變化，這樣改變左移的距離，多拍幾張照片，成功的機會就

24



會大了，左移時也要非常注意「水平移動」，在重覆曝光中注意調焦片某兩點是否還在同一水平位置上，參考點是否還在調焦片中的同一位置，成功的 3D 照片紅綠雙影是左右水平錯開的。

(十一) 左移 2 公尺拍攝的結果，前景田畦的草叢 3D 效果還好，中景則更好。

25



(十二) 左移 4 公尺拍攝的結果，前景田畦的草叢紅綠分離太大，3D 效果不好，但是中景吊橋後的樹林 3D 效果很好。

26



27



使用藍色濾鏡

28



使用橙色濾鏡

(十三) 藍、橙等色系的濾色鏡拍攝 3D 照片，觀看時宜用左紅右藍雙色鏡片，原本應該用橙藍雙色鏡片。

29



(十四) 用藍橙等濾鏡拍攝的結果，沖洗出來的照片，色彩較正常，看起來也比較令人心動。

30



(十五) 拍攝時光圈越小景深越長，前景、中景、背景皆清晰，3D 效果越好因此，三角架用來固定相機。

31



32



33



(十六) 花草的層次立體感用藍色和橙色濾鏡重覆曝光，沖洗出來的照片就是直接用眼睛來看也是很美的。

34



35



(十七) 蓮蕉花的「浮出」3D 立體視覺效果，令人讚嘆！主體距離為 1.5m，使用 35mm 鏡頭，參考體取遠方的房屋。

36



(十八) 下列 3D 照片是在近距離拍攝的照片，參考體到相機的距離 d 為 202 公分，主體到相機的距離 L 為 150 公分，鏡頭用 80mm，由近距離拍攝時左移距離的公式(8)得

$$\begin{aligned} S &= dL/212.5 \times (d - L) \\ &= 202 \times 150 / 212.5 \times (202 - 150) \\ &= 2.5 \text{ 公分} \end{aligned}$$

左移的距離為 2.5 公分。



(十九) 取牆角為背景參考點(距離為 1.20m)，主題為盆景，物距為 0.75m，使用 85mm 鏡頭，推算結果

$$S = \frac{1.20 \times 0.75}{212.5 \times (1.20 - 0.75)} = 0.00941\text{m} = 0.941\text{cm}$$

在室內有光線明暗的地方，拍攝 3D 照片的效果好。



(二十) 下方照片是在不同的近距離下使用 50mm 鏡頭來拍攝，參考點取在近處，因此左移距離的推算是用公式(3)，參考圖 5、6。



d=340.0cm, L=140.0cm, S=1.9cm



d=300.0cm, L=100.0cm, S=1.2cm



d=284.0cm, L=70.0cm, S=0.74cm

- (二十一) 以圖上的黑點為左右眼視覺的焦點，試試能否看出立體影像，或是設法讓左眼只看到左邊拍攝的照片，右眼只看到右邊拍攝的照片。

40

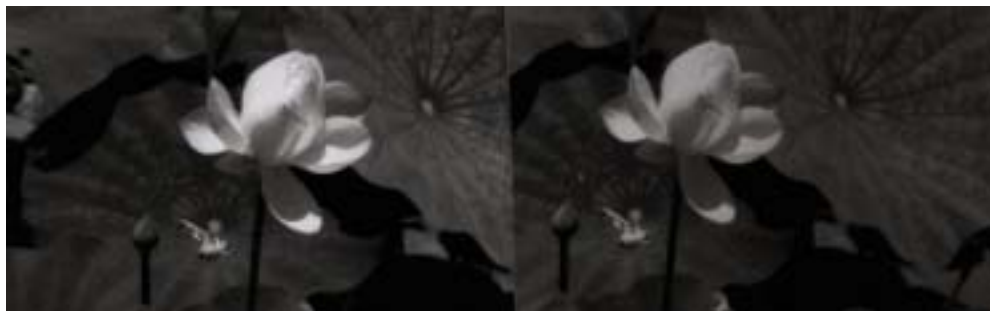


- (二十二) 如讓眼睛保持注視遠方狀態，平時練習可將一塊紙板放在兩張照片之間，阻隔兩眼視線交叉，這樣可較快進入狀況，兩張照片的中心點的距離不能超過兩眼瞳孔間距，六點三公分。

- (二十三) 不使用特殊器，而使用一般相機也可拍出傳統立體照片所需的兩張照片，方法是使用兩台同樣的相機，平行的架在三角架的平台上，調兩者間的距離(約兩眼瞳孔的距離)。

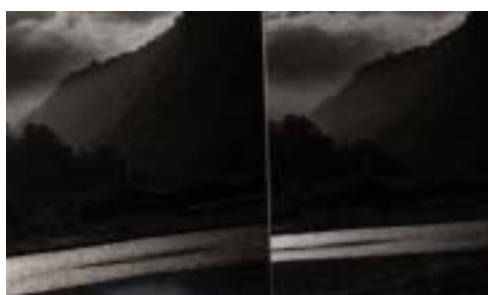
並裝置雙快門線，一次按下，可讓兩台相機同時曝光，就可拍出兩張視角不同的照片。

41



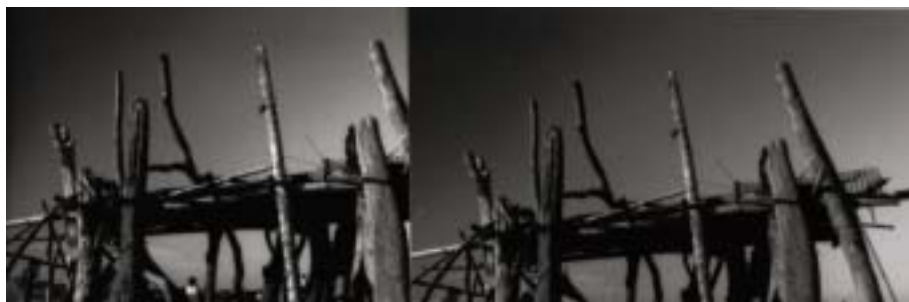
- (二十四) 只用一台相機，在與景物平行的水平線上左右移動按兩次快門，照出兩張視角不同的照片，也可收到異曲同工之效。但此方法不能拍攝運動中的物體。

42



(二十五) 賀伯颱風引起大量飄流木，聚集花蓮海邊，當地人搭蓋的簡陋小屋，要呈現立體感是不太容易。

43



七、結論

- (一)拍攝雙像雙底片不重疊的 3D 照片，其拍攝過程較簡單，不必那麼嚴密精確，只要物距估計出來，左移的距離正確，沖洗出來的照片再修改並列在一起，左右兩張拍片中心點的距離約為 6.5 公分就可看出立體效果。
- (二)拍攝雙像單底片重疊的照片，其過程就要精確，一是背景要固定，左移距離要正確，相機左移時要保持水平，重覆曝光，而且曝光要準確。
- (三)使用一部相機來從事 3D 攝影，不只要攝影即可，在研究過程中，要克服相機移動後再對焦，而且要使背景固定在原先對焦屏上的位置，這障礙足可使研究工作停頓一陣，又不能在對焦屏上畫作標，或是設計一個自動描準儀，不管位置如何移動，相機自動對準目標上的某一點，後來想到使用畫有方格的調焦屏，問題才解決。
- (四)重覆曝光當中的左移距離推算，也是一個障礙，沒有任何資料可查尋參考，以前看過的 3D 電影，或是照片都是以兩個鏡頭以固定的視角，對準主體拍攝而成，所拍成的 3D 影像就和人的雙眼所看的一樣。物體在近距離的 3D 效果較好，距離遠的話 3D 效果就差。但是，經我們這樣按物距的不同和相機鏡頭焦距的不同，推算出左移距離，由此我們對遠方的重疊的山脈，或是不到一公尺的花草，我們也可拍出 3D 立體的效果來。
- (五)用紅綠雙色濾鏡或是藍橙雙色濾鏡來拍攝照片，都會使照片的色彩偏離，無法洗出正常色彩的照片，這是本方法的缺點，但是，以藍色和橙色兩種濾鏡來拍攝，照片的色彩會較好，我們喜歡。
- (六)從各處所看到的資料，不論是從網路或是攝影資料，我們只得到大概的 3D 拍攝經驗，尤其是立體距離(左移距離)的計算。因此，經過我們由國中地球科學中 3D 的高空地圖中山頂紅綠影像分距離，經使用不同焦距鏡頭的拍攝，到底片雙重曝光所造成分裂影像，推算出立體距離並用來拍攝 3D 照片，達到百分百的成功而不是大概的經驗。因此，我們可以說在 3D 拍攝影像照片中，創造前人沒有做出的效果來，這是令人欣慰的事！
- (七)傳統的 3D 攝影，單只考慮主體和相機的距離，再根據「經驗」公式推算出立體距離(左移距離)，它沒有進一步的考慮到背景對 3D 攝影的影響，其實對主體距離的測定，再把背景的因素(距離)考慮進去，最後推算出左移距離，這樣一來拍攝 3D 照片是會百分百的成功的。
- (八)正確的左移距離的推算，無非在拍攝時，在兩次曝光中，在同一張底片中顯現出主體「投射」在背景中，就像人眼看主體時左右眼所見的視差，我們只是把這視差顯現在照片上，

無論主體的距離大小，主體的距離越大，左移的距離越大。相機描準主體和背景中的參考點，就像一只「大」眼睛來看景物，主體的距離越小，左移的距離也就越小，我們就變成小小的眼睛來看主體。因此，假如我們有 macro 的鏡頭，加上「蛇腹」的裝備，我們將可進入 macro 的立體世界。

八、實用價值

就像空照的 3D 地形圖的應用一樣，3D 的地形圖可看出山脈的高低起伏，這些是遠距離的應用，但是在較短距離的應用，如：河谷、一個山丘的地形，本研究的方法是可大大應用，尤其在軍事用途上，可減少由平面地形照片所造成的錯誤判斷。

九、參考文獻

- (一)拍攝精技，布賽爾，麒麟出版社。
- (二)繪畫色彩學，Parramon 著，黃文範譯，三民書局。
- (三)Nikon 的世界(一)、(三)，徐政夫主編，眾文書局。
- (四)B+W，Filter 使用手冊，關年有限公司。
- (五)國中地球科學，國立編譯館。

(第二名)

本作品團隊利用長達一年的時間，瞭解立體照片製作的原理，並利用簡單的單一相機位移，重複曝光於同一張照片上，使得左右眼可用紅綠眼鏡看出清晰的立體彩色照片圖，從大量半成功的作品至最後清晰的成像，充分運用了科學的精神從事研究，故予以推薦。