

# 濾鏡在星野攝影的應用

(2.1 版, 2002/2/13)

王為豪

濾鏡可以部分或完全吸收特定波長的光，而讓其他波長的光穿透。攝影時透過使用濾鏡，我們可以選擇性地讓我們想要的光進入鏡頭，以改變畫面的色調、突顯某些特定顏色的景物。

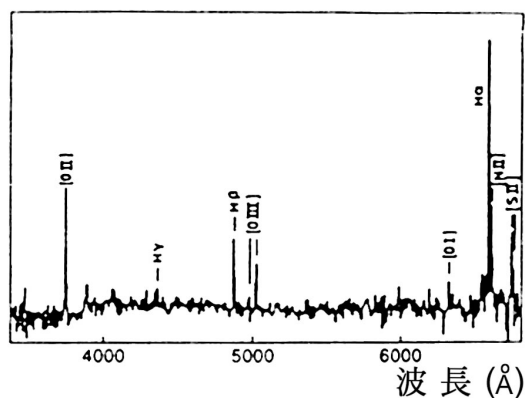
做天文攝影時，濾鏡最重要的用處之一便是吸收掉包括光害在內的天空背景光。因為當天空背景不夠黑時，一些很暗的天體會被淹沒在背景中，長時間的曝光所能得到的，也只是泛白的背景而已。這時，只有使用濾鏡來隔離天體的光與其他雜光，才有希望拍出這類暗淡的天體。此外，濾鏡在天文攝影上較次要的作用是豐富畫面的色調、增進畫面的美感，使照片更具吸引力。

在這篇文章中，我以幾個常被攝星者使用的濾鏡為例，向大家介紹我們在選擇濾鏡時所依據的原理及心目中的考量。本文內容將集中於以傳統底片做星野攝影的濾鏡應用，我將不討論 CCD 攝影以及行星或太陽攝影用的濾鏡。

## 發射型星雲與光害的光譜

若不考慮對照片色彩產生的視覺效應的話，最理想的濾鏡是只讓目標天體的光通過，而濾除所有其他天體與光害的光。如果我們想拍的天體是恆星（包括星團與銀河）或反射星雲（如昴宿星雲、心宿二星雲等），這是不可能達到的。因為這一類天體發出的光屬連續光譜，從藍光到紅光都有，你不可能期望又要濾去光害又不損失這類天體的光。

另一方面，發射型星雲（emission nebula，包括紅色星雲與行星狀星雲）則是有希望滿足前述理想的天體。來自此類星雲的光線除了少量散射的連續光外，主要集中在少數幾個波長，也就是線型光譜，圖一即是一典型的紅色星雲光譜，我們不妨注意幾條明顯的譜線，最強的是  $H\alpha$ （波長  $6563\text{\AA}$ ）及  $[N II]$ （ $6548$ 、 $6584\text{\AA}$ ），次強的有  $H\beta$ （ $4861\text{\AA}$ ）、 $[O III]$ （ $4959$ 、 $5007\text{\AA}$ ）及  $[O II]$ （ $3726$ 、 $3727\text{\AA}$ ）等。最強的  $H\alpha$  與  $[N II]$  都在  $6500\text{\AA}$  左右是使這類星雲在照片呈現紅色的主因，而  $[O III]$  則在



圖一：紅色散光星雲的光譜，取自 Durret, F. and Bergeron, J. (1988) *Astron. Astrophys. Suppl.* 75, 273.

行星狀星雲中較強，行星狀星雲的綠色部分可以說就是它造成的（[註一](#)）。

我們再看看都市中的光害。都市中最主要的照明光源是汞燈(即日光燈)與鈉燈，它們發出的都是線光譜，而發出連續光的照明器材比例並不高且多侷限於室內。因此，當我們遠離都市，看到的光害便以汞燈與鈉燈的散射光為主。[表一](#)即是光害的幾條主要譜線，我們可以看到它們主要集中在波長 5400Å 到 6000Å 之間（即人眼最敏感的範圍，不然要它們做什麼呢？）以及 4000 到 4500Å 之間，在這兩個範圍內基本上是沒有發射型星雲的光的。

利用發射型星雲與光害兩者譜線位置不重疊的事實，我們比較容易找到適合的濾鏡將它們分開，接下來的討論也將集中在這兒。要拍其他連續光的天體的話，濾鏡就只能搔搔癢，不是很有用。不過這也不會是大問題，紅色星雲不是大部分攝星者的最愛嗎？能對付它，我們就很滿足了。

表一：光害的幾條主要線譜

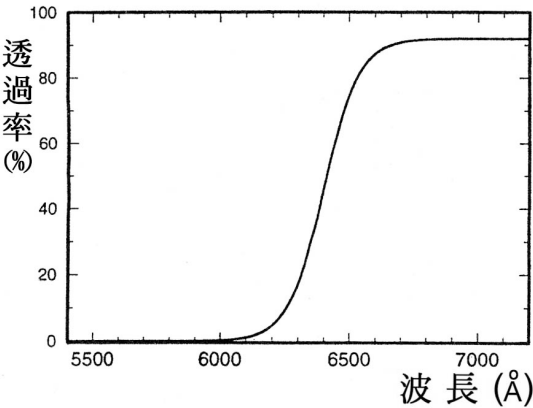
來源	波長(nm,1nm=10Å=10 <sup>-9</sup> m)
Hg	405
Hg	436
Hg	546
Airglow [O I]	558
Na <sub>2</sub>	570
Hg	579
Na <sub>2</sub>	583
Na <sub>2</sub>	600
Airglow O I	630

說明：Airglow 即天光，在此歸類為光害。其中[O I]為氧原子在 5577Å 的禁線，它通常比 6300Å 的氧原子譜線強。

## 直切式濾鏡的應用

在了解哪些光是我們想要的，哪些是不想要的之後，便可以開始尋找合適的濾鏡。

首先想到的是直切式濾鏡（Sharp Cutting Filter），是把波長短於某特定波長（此後稱臨界波長）全部濾除而長於該臨界波長的光全部通過的濾鏡，其中以富士的 SC 系列最有名（SC 縮寫即來自 Sharp Cutting）。以最常見的 SC64 為例，其特性曲線如圖二，我們可以看到



圖二：SC64 的特性曲線

它對波長 6400Å 以上的光是幾乎透明的，而對 6400Å 以下的光則為不透明。其他的直切式濾鏡如 SC40、SC56 等，都可由名稱後兩位的數字來了解該濾鏡在透光與不透光間的臨界波長。

既然來自星雲的光絕大多數是在 6500Å 以上，而光害則在 5000 到 6000Å 之間，我們便可用臨界波長在 6000 到 6500Å 之間的直切式濾鏡來將兩者隔開。當然，這是針對黑白底片而言（基本上指的是 TP2415，請參考[註一](#)），把這樣的濾鏡用在彩色底片上的話，拍到的所有東西都會是深紅色，令人難以接受。

常被拿來這麼用的是 SC64 與 SC60。前者是極深的紅色，透過界限緊鄰著 H $\alpha$  的 6563Å，是效果最強的濾鏡，通常與氫氣增感後的 TP 及低焦比的光學系統一起使用。SC60 比 SC64 多透過了一些星雲的光與光害（天光的 O I，見[表一](#)）及大量的恆星光，用它拍出的照片基本上與 SC64 差不多，只是星點稍多而已。通常，拍較亮的紅色星雲只需用 SC60，很暗的才需要用 SC64。

直切式濾鏡也是用來對付色差的好工具。一般不是很好的折射式望遠鏡，會把消色差範圍定在人眼較敏感的 4500Å 到 6500Å 之間，如此在眼視時並不會感到太大的色差。但這類系統往往在 4500Å 以下時，色差會急遽地加重。偏偏只要是溫度比太陽稍高的恆星，就會發出很多短波長的光，而且底片看得到這些光。因此用這類系統拍星星的話，彩色照片上很多星周圍都會有藍暈，在黑白照片上這些星則會顯得肥大，都是不能容忍的。

常被用來削減色差的是 SC42 與 SC46，除了藍色星雲外，大部分的星光都被保留了，被吸收掉的是會讓你看出色差的短波長的光。通常，SC46 只適合黑白底片，因為已有不少藍光被它吸收掉，用彩色底片的話畫面會有可察覺的變黃，要拍藍色星雲的話，亦是以 SC42 較合。當然，也可以視情況使用介於二者之間的 SC44。

除了富士的直切式濾鏡有系統化的命名法則，其他廠的就很難從名稱上一眼看出它是不是直切式濾鏡，或其臨界波長為何。表二中列出幾種天文攝影常用的富士 SC 濾鏡及各廠所生產相當的濾鏡名稱，供各位參考。

表二：各廠牌直切式濾鏡名稱對照表

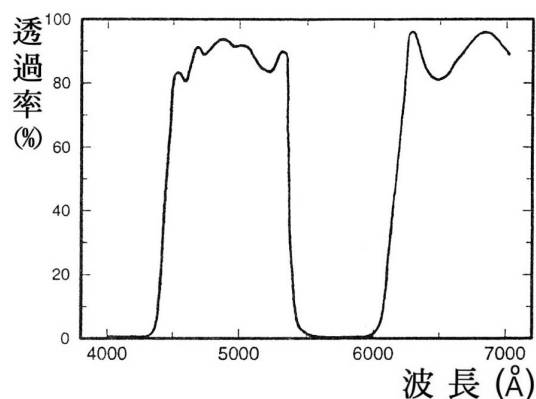
臨界波長(Å)	FUJI	KODAK	B+W	KENKO	LUMICON
6400	SC64	Wratten #92	091	R64	H-Alpha Pass
6000	SC60	Wratten #25	090	R1	
5600	SC56	Wratten #21	041		
4600	SC46	Wratten #3			
4400	SC44				
4200	SC42	Wratten #2A	420		Minus Violet

## 干涉濾鏡的傳聞

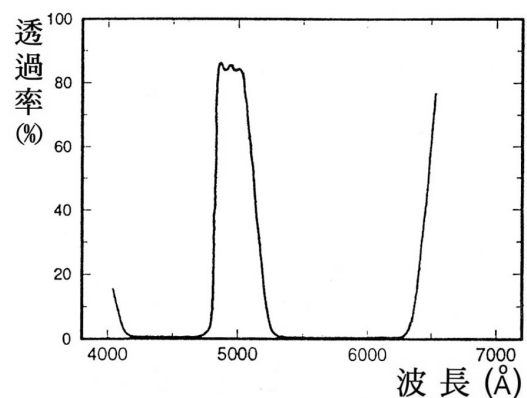
前一段提到的 SC64、SC60 等直切式濾鏡最大的缺點是不能給彩色底片使用，用於黑白底片時則只適於拍攝紅色星雲，而不適合行星狀星雲，因為在行星狀星雲中很重要的[O III]與 H $\beta$ 被濾掉了。這時我們或許會想，要是有一種濾鏡能剛好只濾掉 5400 到 6000Å 之間與 4500Å 以下的光，那它不只可用來拍行星狀星雲，或許還可以給彩色底片用，這豈不是太完美了？事實上，干涉型濾鏡可以做到這一點。

一般攝影用的濾鏡多半是在鏡片材質中加入染料而做成；另一種濾鏡則是在鏡片表面鍍上許多層折射率不同的薄膜，利用光在薄膜間多次反射產生的破壞性干涉來消除我們不想要的光，這種濾鏡即為干涉型濾鏡。干涉型濾鏡在光學波段的天文觀測中被極大量地運用，給業餘天文攝影用的干涉型濾鏡，就是我們泛稱的光害濾鏡。

光害濾鏡中最具代表性的美國 Lumicon 公司所生產的 Deep-Sky Filter（日本人叫它 DSP，不知為什麼），它的特性曲線就像圖三那般奇怪的模樣。很明顯，它對表一所列的幾條光害的譜線幾乎都是不透明的，卻對圖一所示來自星雲的光只有少量的吸收。加上它仍允許相當多量的藍光與綠光（註二）通過，即使用於彩色底片，也不會得到只有單一色調的星點。



圖三：Deep-Sky Filter 的特性曲線



圖四：UHC 濾鏡的特性曲線

在抗光害方面，我在山上使用這款濾鏡時，儘管用的是光圈 3.3 與 800 度底片這樣高速的組合，在一小時以上的曝光後，得到的底片底色仍與未曝光差不多。這表示它濾除光害方面相當值得信賴，而且禁得起極長時間的曝光。

在曝光時間方面，對大部分星雲來說，曝光時間反而可以比不加濾鏡稍短，因為在幾乎沒有背景的狀況下，不用太長的曝光即可令星雲突顯出來。但若拍的是像 M42、M17、M8 一類明亮且中心發白光的星雲，因為它們含有很多連續光，而這些連續光會被濾鏡吸收掉一大半，所以曝光時間反而要延長（註三）。

在照片顏色方面，Deep-Sky 濾鏡拍出的星點較無變化，除非用對底片，否則

不容易拍出紅藍俱全的星點，而它拍出的星雲則呈現深紅色。較具體的例子是天文通訊 248 期封底的北美洲星雲，大家可以參考看看。

需要提醒大家的是，Deep-Sky 濾鏡在攝影時，只適於在光害微弱地區用以強調發射型星雲。在市中心用它不保證會有好下場；而若要拍反射型星雲或星系等連續光天體的話，Deep-Sky 濾鏡都會將這類星雲的光削弱很多，即使用極長時間的曝光也難以有效拍攝（[註四](#)）。

如果拍攝地光害稍重，或希望得到更強烈的效果，則可考慮 Lumicon 公司的另一款 Ultra High Contrast Filter（簡稱 UHC）。[圖四](#)是 UHC 濾鏡的特性曲線，基本上它可以看成是 H $\beta$ 與[O III]附近開了個窗口的 SC64。因此 UHC 濾鏡與 SC64 相比，可以在引入最少量的光害下，兼顧了拍攝行星狀星雲的可能性，而即使拍一般紅色星雲，也因引入了 H $\beta$ 而可省下些曝光時間。從這個角度來看，UHC 濾鏡是比 SC64 更值得採用的。當然，其與 SC64 一樣，只適用於黑白底片。

現在，Deep-Sky 濾鏡在日本已有幾位知名的使用者，在台灣幾位特別愛拍星雲的同好則是人手一片。除了 Lumicon 廠以外，其他廠也有提供類似的光害濾鏡，如美國的 Meade、Orion，日本的 Mizar、Kenko 等，選用時應留心它們是像 Deep-Sky 濾鏡一樣可用於彩色底片（透過範圍較大），還是如 UHC 濾鏡一般只適用於黑白底片（透過範圍較窄）。

## 修正濾鏡

前面提到的濾鏡，包括直切式與光害濾鏡，其特性曲線的形狀是極端的，對大部分的波長而言，不是完全透過就是完全吸收，這在使用彩色底片時，會對畫面色調產生相當大的影響。日本流行的折衷方法是，只在曝光中途使用這些濾鏡而不全程使用，例如在曝光前半段加濾鏡而後半段不加。如此，攝得的彩色照片不會有過度偏差的色調，紅色星雲也可獲得加強（[註五](#)）。同樣的手法也可以在拍攝其他天體時，用以部分抑制光害。

前述的兩段式用法在操作上並不容易，且只適於在弱光害下搔搔癢。這種時候，不如直接用調色的濾鏡。

攝影家們在用彩色底片拍照時，常需要針對現場的照明環境與底片特性，用一些能使畫面色調產生微妙變化的濾鏡。這類濾鏡中，具有代表性的是所謂的色補償濾鏡（Color Compensating Filter，簡稱 CC 濾鏡，柯達與富士都有生產），其他還有柯達的 Conversion Filter、Light Balancing Filter 等。我們以下的介紹將集中在 CC 濾鏡的部分。



CC 濾鏡共有六種色調，分別是三色及其補色：R（紅）、G（綠）、B（藍）、C（cyan，生青）、M（magenta，紫紅）、Y（黃）。例如 G 濾鏡是用以強調綠色，而抑制紅色與藍色，也就是 G 的補色 M；而 M 濾鏡則反過來，可抑制 G 而同時強調 R 與 B。另一方面，每一種色調的 CC 濾鏡又由淺到深有各種濃度。以 M 為例，淺到深的完整濾鏡名稱依序是：025M（這是柯達的稱法，富士則稱 2.5M）、05M、10M、20M、30M……。關於 CC 濾鏡的特性曲線，我只以 M 為例繪於圖五，因為詳細的曲線形狀並不重要。而且，CC 濾鏡對於其所抑制色光的吸收量可直接由其名稱上的數字讀出，不需藉助特性曲線，方法見[註六](#)。

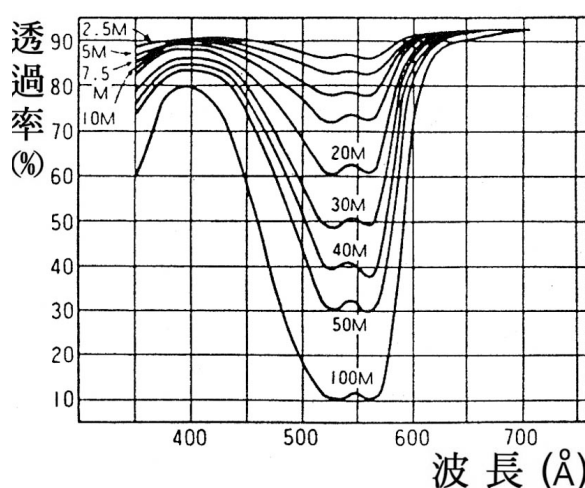
看到 M 濾鏡的特性曲線後，大家應該可以想得到，它也可以用來抑制微弱的光害。當拍攝時天空透明度不頂好或拍低仰角天體時，得到的背景常泛著微綠，這時若不是真的要拍很暗的天體，用 M 色系的濾鏡會比較恰當。

例如，10M 約抑制了 20% 的綠光（[註六](#)、圖五），適合在光害微弱時使用。20M 較深，不適合拍攝綠色成份較重的天體，如行星狀星雲與呈現橙色的夏季銀河（因為橙色是紅色加綠色）。而更濃的 30M 對綠光的吸收已達 50%，不但只適合拍紅色與藍色的天體，最好只與負片搭配使用，這樣要是不幸畫面調色改變過劇，還可以在洗相時加以修正。

除了 M 色系的 CC 濾鏡可用來修正因光害而偏綠的背景，R 色系也可用來單獨強調紅色星雲。例如，較淺的 10R 可用於正片；較深的 20R 或 30R 則只適用於負片，且要小心對其他顏色天體的影響。

以上的考量，都是只考慮天體與背景的效應，但是很多時候，底片本身在做天體攝影時就會有色調偏移。當你拍的天體較亮，這種色調偏移較不明顯；當你拍的天體很暗，就會看出很明顯的色調偏移。這是因為彩色底片的紅、綠、藍三層感光乳劑的倒數律失效（Reciprocity Failure）步調不一致而造成。這種現象嚴重的底片當然不宜使用；輕微者，負片可在放相時修正回來，正片則可考慮用 CC 濾鏡來修正。

例如，富士的 G400（約流行於 1994 到 1997 年）是很優秀的天文攝影用負片，它對藍、綠色光的感光能力很強，紅光相較之下稍弱。這時，可考慮用 10R 或 20R 來修正，拍暗的紅色星雲時，還可考慮用 30R。又例如，Konica 的 400 度負片有



圖五：M 色系 CC 濾鏡的特性曲線

偏紫色的傳統，從過去的 XG400 到 LV400（97 年停產）皆是。若拍的不是以紅、藍光爲主的較暗的天體，可以考慮用 G 色系的 CC 濾鏡來修正。例如，若要拍明亮的夏季銀河，色偏會較不明顯，用淺色的 5G 或 10G 即可；拍橢圓星系時因對象較暗，適用的濾鏡從 10G 到 30G 都可能（[註七](#)）。正片方面，柯達的 EPP、EPD、EPL 及富士的 Provia 400 等，都需要用 R 色系的濾鏡來修正紅色的不足，修正量因底片而異，使用者須事先測試。

各種不同色調、不同濃度的 CC 濾鏡的應用不只以上幾例，尤其面對連續光譜天體及使用彩色底片時，其所能產生的變化遠多過直切式與光害濾鏡。只有充分了解天體、濾鏡、底片三者的特性，才能拍出色調豐富的照片。關於底片與天體特性方面，請參考我所著的「[談星野攝影底片](#)」一文。

## 其他關於濾鏡的問題

前面我介紹了幾種濾鏡在星野攝影上的應用，現在讓我來談談濾鏡本身的問題，這是使用者最好要知道的。

### 濾鏡的材質

一般攝影者用的濾鏡幾乎都是玻璃製的，圓形的玻璃濾鏡在外側套上金屬框後，旋在鏡頭前或望遠鏡中使用。本文中提到的 B+W、Kenko、Lumicon 等廠的濾鏡皆屬此類。

另一種濾鏡是薄片型濾鏡，其材質有膠質（gelatin）與醋酸纖維（acetate）兩種。本文提到的柯達的 Wratten 與 CC 屬膠質濾鏡，富士的 SC 與 CC 則屬醋酸纖維濾鏡。柯達的膠質濾鏡只有 0.1mm（ $\pm 0.01$ mm）厚，最常見的尺寸爲 75mm 見方，也有 100mm 或更大的。據柯達宣稱，醋酸纖維濾鏡的厚度不均勻性會比膠質濾鏡大，光學表現稍差。

剛買回來的薄片型濾鏡就是很單純的一片膠片，四周沒有支持體，使用上比玻璃濾鏡不方便。想加在鏡頭前的話，可以配合 Cokin 的濾鏡架與其供薄片型濾鏡用的框；若要放在望遠鏡裡，就得自行切割成適當的形狀，再設法加進光路。除了使用不便外，薄片型濾鏡的另一個缺點是脆弱，它禁不起任何觸摸、刮損及潮濕，很容易受潮而彎曲、褪色，甚至長時間處於明亮的環境也會引起褪色。基本上，要有把它當消耗品來用的心理準備。

但另一方面，薄片型濾鏡有個玻璃濾鏡完全比不上的優點，那就是它的光學表現。當濾鏡不是放在光學系統的正前方，而是光路中，正如大部分的望遠鏡頭與天文望遠鏡一般，濾鏡本身即會引起焦點的移動以及包括色差在內的各種像差（請看下一小節）。這種效應，濾鏡愈厚愈嚴重。因此相較之下，只有 0.1mm 厚的

薄片型濾鏡對影像品質的影響可說小之又小，尤其是厚度均勻性相當好的膠質濾鏡。

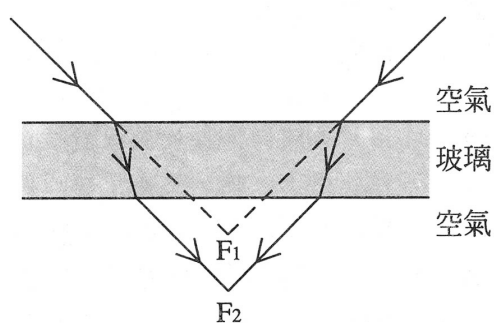
我自己使用膠質濾鏡的方式是，裁成圓形後夾在兩個濾鏡環中，當然，原有的玻璃濾鏡已被我拿下來了。不用時我會將濾鏡取下，用拭鏡紙夾住、壓平後放入乾燥箱。即使如此，山上山下的潮濕也很快地傷害了它，估計使用五個夜晚後就要更新了。B+W 公司很體貼地把柯達的 CC 濾鏡膠封在兩片玻璃內，製成圓形濾鏡出售，不僅使用上方便，更不用擔心濾鏡受到傷害。不過，這只適用於鏡頭前，若用於光路中，則失去了薄片型濾鏡的優勢，要有接受相對後果的覺悟。

## 濾鏡對成像的影響

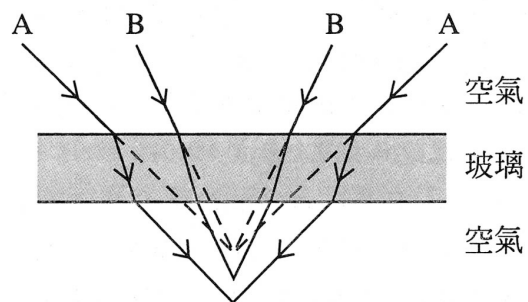
我們平常關心濾鏡的光學品質時，通常只在乎其兩個表面的平行性與平面性。這是因為若把濾鏡加在鏡頭前，只要平面性與平行性良好，就不會影響影像品質。然而，若是加在光路中，通過濾鏡的是匯聚的而非平行的光束，此時即使是擁有完美平面性的濾鏡，也會大大影響最終成像。

讓我們看看圖六的例子，兩束原本要匯聚到  $F_1$  點的光，在加了濾鏡後各自產生偏移，成為匯聚到  $F_2$  點。這告訴我們第一件事，在匯聚光路中加入濾鏡會讓焦點向後移動，例如，若用的是厚度 3mm、折射率 1.5 的濾鏡，對於焦比 2.8、4 與 6 的光學系統來說，焦點的後移量都約是 1mm，但造成的星點直徑增加則分別有 0.36mm、0.25mm 與 0.17mm，都非常大（[註八](#)）。所以，在望遠鏡中加入或更換濾鏡後，重新對焦是絕對必要的。

這種焦點後移的效應基本上與濾鏡厚度成正比。因此，若使用的是前述的薄片型濾鏡，除非使用的是焦比極低的系統，否則加入濾鏡後即使不重新對焦也無所謂。



圖六



圖七

除了焦點後移外，濾鏡也會引入球面像差。如圖七，來自主鏡不同區域的兩組光束 A、B，原本可順利地匯聚到同一點，但經過濾鏡後各自產生偏移而匯聚到不同的兩點。這效應基本上也是正比於濾鏡厚度而反比於主鏡焦比。例如，仍是厚 3mm、折射率 1.5 的濾鏡，而主鏡焦比 2.8，因此產生的星點變粗，少則  $10\mu\text{m}$ ，多則  $20\mu\text{m}$ ，不可不慎。



不過，這種困擾只出現在天文望遠鏡上，因為濾鏡內置的長鏡頭在設計時即已考慮到這現象而加以消去。這也是為什麼望遠鏡頭即使不使用濾鏡，也要放一塊透明的保護鏡在裡面，不放反而會產生像差。而對天文望遠鏡來說，此一現象主要影響著焦比 3.5 以下且焦距在 600mm 以下的系統；長焦的系統不論焦比是大是小，都較不受影響。而使用薄片型濾鏡是唯一合理的解決方式。

焦點後移與球面像差是光路中的濾鏡所引入的兩個主要問題，除此二者，還有色像差、像面彎曲等等，但就星野攝影的角度來看，這些就顯得比較次要，故不再加以討論。

## 結語

不論用的底片是黑白或彩色，濾鏡的效果都可以是立竿見影的，前題是要用得對、用得好。你總得先知道背後的理由，才能判斷該怎麼做、會出現什麼結果。希望本文帶給大家的，不是一堆濾鏡的型號，而是知其然還要知其所以然的態度，這永遠是拍出好照片的必要條件。

## 註釋

註一：值得留心的是，貢獻紅色星雲中絕大多數的光的  $H\alpha$  與  $N II$  等譜線，波長都在  $6500\text{\AA}$  以上，而對大部分的黑白軟片來說，在  $6500\text{\AA}$  以上的感光能力是很差的，但柯達的 TP2415 是個例外。若要用 TP2415 以外的黑白底片來拍紅色星雲，只能寄望拍到較弱的  $H\beta$ 、 $[O III]$ 、 $[O II]$  等譜線，效率會很低。

註二：附帶說明一下，最粗略的分法是： $5000\text{\AA}$  以下是藍色光， $5000\text{\AA}$  到  $5800\text{\AA}$  是綠色光，而  $5800\text{\AA}$  以上是紅色光。

註三：M42 是最明顯的，其中含有大量的連續光，任何人都可以看出 M42 中心不似其他星雲那麼紅。我個人用 Deep-Sky 濾鏡拍 M42 的經驗是，曝光時間幾乎要加倍，因此可能不用還比較好。

註四：最佳反面教材是「天文ガイド」雜誌 1996 年 12 月號 145 頁上半部的 M33，作者用了 Deep-Sky 濾鏡後，一張原本只要一小時曝光即可的照片，變成即使配合了冷卻相機這麼有力的增感方式、長達兩小時的曝光，及顯影增感等手段，星系本體都仍處於曝光不足的狀態，訊噪比非常地差。相反的，星系中的紅色星雲卻快曝光過度了。

註五：一個成功的例子是，在註四所述的同一期雜誌，第 144 頁下方的 IC1805、1848。

註六：要了解 CC 濾鏡前方的數字，我們必須了解什麼是攝影家口中的“濃度”（density）。濃度是用來衡量底片、照片、濾鏡顏色的深淺，濃度愈高表示顏色愈深。定量上，濃度是透光率（這是對底片與濾鏡而言，照片的話則是反光率）倒數的對數，即

$$D = \log(1/T) = -\log T$$

其中 D 是濃度，而 T 是透光率。例如 SC64 在 6600Å 的透光率是 92%，則其在 6600Å 的濃度是  $-\log 0.92 = 0.036$ ；而其在 6400Å 的透過率約是 50%，則其在 6400Å 的濃度是  $-\log 0.5 = 0.3$ 。

CC 濾鏡名稱中的數字，即是補色濃度減主色濃度後乘以 100。以 R 色系為例，主色是 R，補色是 C (=G+B)，則其名稱前的數字#其實是

$$\# = 100 (D_C - D_R) = 100 (-\log T_C + \log T_R) = 100 \log(T_R/T_C)$$

反過來就成了

$$T_R / T_C = 10^{\# / 100}$$

或者，一般而言

$$T_{\text{補}} / T_{\text{主}} = 10^{\# / 100}$$

例如 20R，由上式可知  $T_R / T_C = 10^{-20/100} = 10^{-0.2} = 63\%$ ，也就是說，這塊濾鏡將藍色光與綠色光都壓抑到成為紅色光的 63%。又以 10M 為例，主色是 M (=R+B)，補色是 G，則  $T_G / T_M = 10^{-0.1} = 79\%$ ，表示它把綠色抑制成紅與藍的 79%。

這種算法其實比從特性曲線看要準確，特性曲線有時候會騙人，而且不見得每個人都弄得到特性曲線，用算的顯然方便多了。

註七：事實上，因為在呈現橙色的橢圓星系中，綠色光佔了重要的比例，對綠光感應力不佳的 Konica 負片其實是不宜使用的。因為即使用濾鏡修正了色偏，曝光時間也要很長才行。

註八：要算出這些數字一點也不難，只需用到高中物理裏的折射定律。若需要簡單易算的公式的話，對於厚度 d 的玻璃濾鏡而言，若光學系焦比是 F，則焦點後移後將導致星點直徑增加  $d \times 0.35 / F$ 。而在最一般的狀況下，底片上星點的典型大小是在 30μm 到 50μm 之間，亦即在 0.03~0.05mm，請參考我所著的「[談星野攝影底片](#)」一文。

註九：本文原出處為 [ALOHA 天文小站](#)

## 版權聲明

本文作者是王為豪（[whwang@asiaa.sinica.edu.tw](mailto:whwang@asiaa.sinica.edu.tw)），本文著作權歸作者所有。只要將此版權聲明原封不動地放在文章中，並以此為唯一的版權聲明，任何人可自由

地以任何形式修改、複製與散佈全部或部份的本文，包括販售圖利，以及將本文重新排版成各種檔案格式，而不需經任何人同意。請你注意的是，不論你如何散佈或修改本文，除了這段版權聲明，你不能對你的散佈品作任何其它的限制，也就是你不能限制他人散佈你的散佈品，否則作者將對你採取法律行動。如果你對擴充或修改本文有任何建議，請與作者聯絡，作者將樂於把你的大名放在本文的擴充版本裡。