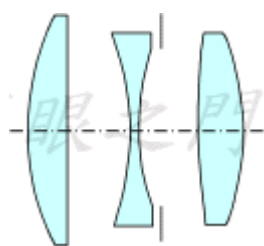


攝影鏡頭光學實務及機械簡介

這個章節是對於一些攝影鏡頭的結構做簡單的介紹，目的並不是要詳細說明各種鏡頭的歷史，那些資料在其他的一些網站可以找到。這裡主要是使大家對攝影光學以及鏡頭結構有初步了解，以便在改裝或維修鏡頭時更有概念。

庫克(Cook)三重鏡

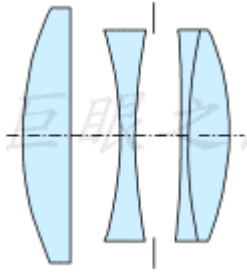


為了克服這些問題，希望能得到更良好的影像，1894 年發展出庫克三重鏡，大致如左圖，庫克三重鏡流行了一陣子。許多雙鏡反光機的對焦鏡其實就是庫克三重鏡，有些雙鏡反光機連攝影鏡頭也是庫克三重鏡，此鏡頭雖然可以用，可是邊緣的影像還是不很好，光圈要縮到 11 或更小才會比較好。

除了一些較廉價的相機鏡頭會使用此種結構之外，有些廉價的放大機鏡頭也是使用這種三片式的鏡片結構。

此種鏡片結構的鏡頭在改裝上的價值也不高，因為邊緣影像不是那麼好，花了精神卻沒有很好的畫質，應該是划不來的。

Tessar 鏡



1881 年 Tessar 鏡的早期型就已經設計出來，此鏡用了四片玻璃，其中一片是膠合的。1902 年蔡斯公司設計了更新的 Tessar 鏡片，影像比庫克鏡優良。

不過也有人說更早就有此種鏡頭結構，但是鏡片的結構其實是漸漸演進的，何時設計出來對使用者也沒什麼重要。

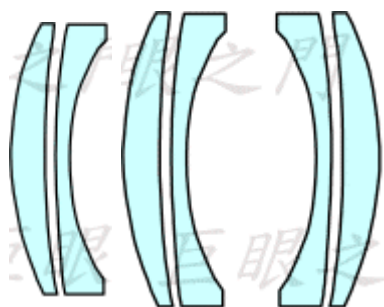
大部分的 Tessar 鏡是 3 組 4 片，後來又陸續的發展出許多的變形或是使用了更多的鏡片，許多雙鏡反光機的攝影鏡是使用此一結構，事實上此結構一直沿用到現在，還是有許多廉價相機採用。甚至有些所謂的薄餅鏡也是使用 Tessar 鏡的改良型。此種結構曾經使用在各種的廣角、標準以及望遠鏡頭上，甚至曾經製造出焦距 1 公尺以上的 Tessar 望遠鏡頭。此外有些中價位的放大機鏡頭也是使用 Tessar 結構。

使用此種結構的鏡頭，有些可以得到相當不錯的影像品質，如果有數位單眼，其實可以用手拿著試拍看看（有人戲稱為人肉接環），如果品質可以的話，是值得拿來玩一下的。

也許有人會問，Cook 鏡與 Tessar 鏡要如何區分？在實務上，其實如果試拍認為影像品質還好，那麼是哪種結構似乎也沒那麼重要，但如果真要分辨，可以看看是幾片鏡片構成。把最後面的一片拆下看看就知道，如果是膠合鏡，那可能就是 Tessar。要怎麼看膠合鏡呢？一般而言，如果將鏡片放在燈光底下，一個鏡面會有一個反光，單片鏡片會有兩個反光影像，如果是膠合鏡，那在兩個反光之間會看到一

個隱隱約約不怎麼明顯的反光影像，那就是來自膠合鏡面的反光，但是光源最好是單燈泡的光源，否則光算燈泡數目就眼花了。

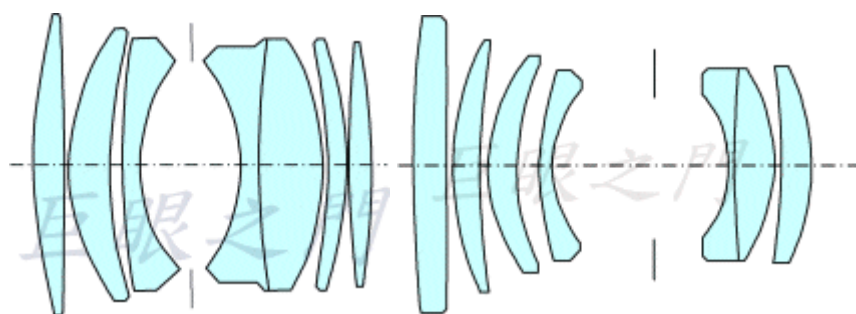
高斯型標準鏡



左圖稱為高斯型，是 1817 年數學家高斯為了解決天文望遠鏡像差問題而設計的。

在 1888 年發現對稱型的高斯設計(如右圖)也是可以產生良好的影像，後來許多公司都開始生產以對稱高斯型為基礎的鏡頭。直至今日，許多標準鏡都是對稱高斯型的改良型，即使是六片或七片的標準鏡結構，也是由對稱高斯型所演變而來，各位可以自行查一下各相機公司的網頁，看看那些標準鏡的結構就知道了。一些高級的放大機鏡頭也會使用對稱型高斯結構，我有一隻 Nikon 的 50/2.8 放大機鏡頭就是屬於此種鏡頭。

有一些影印機鏡頭也是高斯型結構，因為影印機設計大部分是用於 1:1，所以使用對稱型高斯結構，此類鏡頭可以改裝成天文望遠鏡，但是比較重；也可以改成像機的望遠鏡頭。



左方的圖

分別為

Pentax-M

50/1.4 以及

Carl Zeiss

50/1.8 標準鏡結構，都算是對稱高斯型的變形。

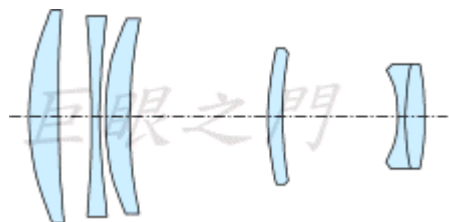
一般而言，如果一個鏡頭是高斯型的結構，大致上影像品質都不會太差。磨了那麼多鏡片還設計出爛鏡，也太扯了吧，還不如用 Tessar。

望遠鏡



在望遠鏡的章節中曾介紹，一般的望遠鏡用兩片透鏡就可以做到還不錯的效果，後

方如果加上一片凹透鏡，則可以獲得焦距增長的結果，可以很簡單的放大倍率，如左圖，在天文望遠鏡上一般稱為巴羅鏡。此種組合可以獲得更長的等效焦距，但是整個實體長度卻不會增加太多。原理在[自製望遠鏡配件](#)章節中有介紹，請自行參閱。不同的是一般望遠鏡用的加倍鏡大概只要兩片就夠了，因為望遠鏡只要中間區域影像清楚就好，但是攝影用的加倍鏡至少要四片，高品質的甚至有七片結構的。

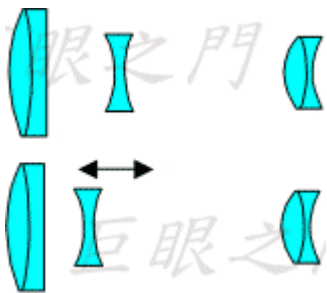


左圖為 Pentax 200mm f4 望遠鏡頭的結構圖，由圖中可以看出前方為凸鏡組，而後方則為凹鏡組。



這樣的原理也可以用在攝影鏡頭上，一般的加倍鏡（如左圖）用的也是此種原理，加倍鏡增加的長度有限，可是焦距卻是兩倍。一般而言，望遠鏡頭用兩片也差強人意了，我們如果用兩片式的望遠鏡片改裝在單眼相機上面使用，如果焦距大於 400mm，其實影像也可以不錯，筆者也改裝過。但是這樣兩片式的結構有個小問題，就是鏡筒很長，如果能利用巴羅鏡的原理就可以用更短的鏡筒獲得更長的焦距，因此目前實際上的望遠鏡頭都是前方用凸鏡組，後方用凹鏡組來組合，此種稱為伽利略式結構。所以稱為伽利略式，是因為當初伽利略就用一片凸鏡與一片凹鏡組成了簡單的望遠鏡。實際上攝影鏡頭當然為了獲得優良的影像而使用多片鏡片的結構。

在天文望遠鏡而言，一個望遠鏡的物鏡如果是三片結構的話，必然是高級物鏡，價格大概都是三級跳。不過在攝影鏡頭而言，一個望遠鏡頭大概至少都會有四片甚至更多的鏡片才能說是高級鏡頭；主要是因為攝影時需要清楚成像的面積更大。



望遠鏡頭常有所謂的內對焦設計，原理大致如左，最前方的鏡片不動，最後方的鏡組有時可動可不動，中間的鏡組則會前後移動，此種設計中間鏡組只移動一點點則可在較大的範圍對焦。

前鏡組不動時，偏光鏡就不會跟著動，比較方便。整個鏡頭的重心移動量也少，易於平衡。此外自動對焦系統只要負責較少、較輕量的鏡組移動，所耗費的能量也少，所需要的力量也小一些，反應自然也可以更迅速。一般內對焦系統較常用於望遠鏡頭，廣角鏡或標準鏡本身比較小巧，較少用到內對焦系統。

$$E.F.L = \frac{f_1 \times f_2}{f_1 + f_2 - d}$$

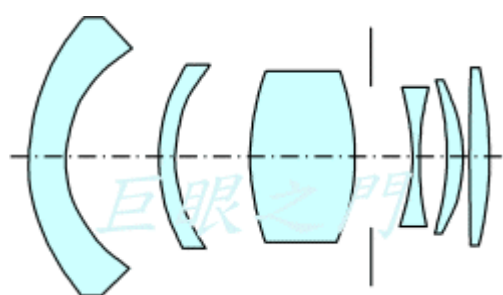
左方的公式是計算透鏡組的等效焦距用的，在自己組裝望遠鏡目鏡的時候可以利用。

f 是各別透鏡的焦距，d 則為鏡片間的距離，計算後則為組合後透鏡組的等效焦距，但實際上攝影用的鏡頭組合非常繁複，透鏡數量很多，形狀也不是理想的對稱凸透鏡，無論是焦距或是透鏡距離的計算都不是這麼單純，但是我們可以利用此處的觀念，反正透鏡組間的距離改變時，整個透鏡組的等效焦距是會變的。因此內對焦的望遠鏡頭中間鏡組移動時，整個鏡頭的焦距其實就會產生一些變化，進而導致聚焦點的位置也會變化，就可以產生對焦的作用。

一般的影印機鏡頭、製版鏡頭等多半是對稱型高斯鏡的變形，除了可以改裝為望遠鏡頭，還適合改裝為 120 底片用的鏡頭，因為此類鏡頭可以在大面積的範圍成像，而且變形校正的很好，您看過影印出來歪歪扭扭變形的嗎？不過此種鏡頭因為不是伽利略式設計，所以鏡筒較長，鏡片多因而也較重。

一般而言，望遠鏡頭在改裝上問題較小，因為鏡筒較長，改裝時鋸掉一點影響不大，最後一片鏡片與底片（或 CCD）距離較遠，不大會影響反光鏡的運作。

廣角鏡



為了拍攝更廣的場景，當然也發展出了廣角鏡，但是廣角鏡有個問題，就是廣角鏡因為焦距短，後方鏡片與底片或感光元件的距離比較短，

在非單眼相機例如連動測距相機上也許問題較小，但是在單眼相機上會有被反光鏡打到的問題，目前在數位相機上也有邊緣影像的光線角度過大的問題。

為了解決這些問題，單眼相機的廣角鏡使用了倒伽利略式的設計，如左圖，就是前鏡組為凹鏡，後鏡組為凸鏡，伽利略式可以用較短的鏡筒產生較長的焦距，倒過來則可以用較長的鏡筒來產生較短的焦距，所以廣角鏡常常整個鏡頭好幾公分甚至到 10cm 以上長度，但是實際焦距只有 2~3 公分甚至 1 公分多。實際的廣角鏡當然用了更多的鏡片組合來調整各種像差。

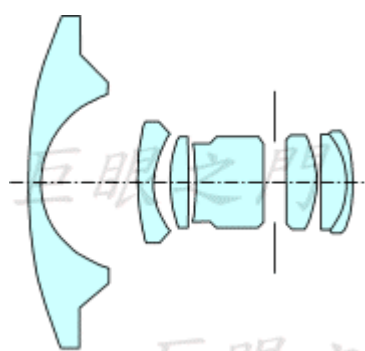
左圖是 Carl Zeiss 35/2.8 的廣角鏡頭結構，此結構很神，似乎在三十年前就用此種結構，現在的 Contax 廣角鏡竟然還是用此結構，

可見 Zeiss 的設計好像是一次到位，長長久久，日本鏡則幾乎每幾年就改了。

如果拿到了廣角鏡，可以先試試看最末端鏡片與成像之間的距離，如果小於 4cm，大概不適合用於單眼相機，因為單眼相機有反光鏡的裝置，距離不夠會影響反光鏡的運作，甚至打壞反光鏡。

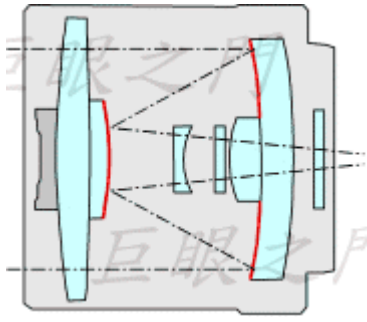
一般如果法蘭距不足的廣角鏡頭，大概只能倒接改裝為大倍率的微距鏡。

魚眼鏡



魚眼鏡其實是一種廣角鏡，只是保留了甚至加強了變形而已。一般來說魚眼鏡也是採用倒伽利略式的結構。一般的全天魚眼，就是可以在底片上產生一個圓形的 180 度影像，焦距大約在 8mm 左右；如果是 CCD 用的，那就複雜了，有全幅的、APS 尺寸、乘以 1.3、乘以 1.6 的等等。另一種魚眼是畫面對角線 180 度的，以底片機而言，焦距大約在 15~17mm 左右。左圖是 Sigma 15mm f2.8 的對角線魚眼鏡結構，該鏡在底片機上可以拍出對角線 180 度的視角。

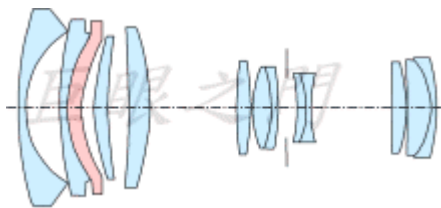
反射鏡



長焦距的望遠鏡頭其實與天文望遠鏡一樣，都會讓人想到難道鏡筒不能短一點嗎？天文鏡有所謂的卡賽格林式、馬克斯多夫式，都是利用前後反射鏡達到反射多次將鏡筒減短的目的，而攝影鏡頭也有類似的設計如左圖，左圖是 Tamron 500mm f8 反射鏡頭，利用多次反射將鏡筒減短。

此類望遠鏡頭的優點是鏡筒短、重量輕。缺點則是光圈較小，一般 400mm 的鏡頭大約是 5.6，更長的鏡頭光圈只有 8 甚至更小，而且光圈固定無法調整。此外金屬的反射層時間久了會氧化變質、一般而言解析度不如折光鏡等也是缺點。反射鏡脫焦處的影像常常成為甜甜圈樣的同心圓，此種現象許多人不喜歡。

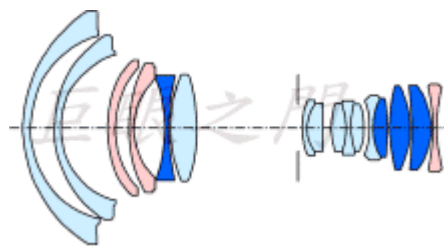
非球面鏡



有時為了校正像差，必須使用非球面鏡，此點與天文望遠鏡的需求其實是一樣的，例如稍大口徑的牛頓式反射鏡就需要拋物面化，而拋物面就是非球面鏡的一種。使用非球面鏡可以用更少的鏡片來達到同樣的光學品質，但是過去用玻璃磨製非球面鏡不易施工，成本較高，現代已經可以用鑄造的方式來製造塑膠材料的非球

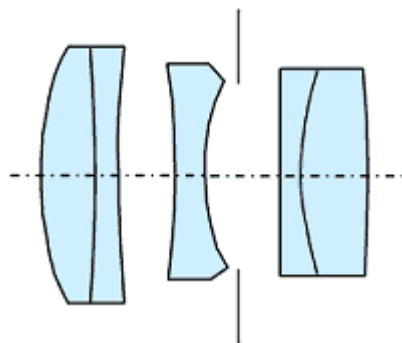
面鏡，還可以鍍膜，成本降低後，已經較為普遍。左圖即為 Pentax DA 18-55mm f3.5-5.6 的光學結構，粉紅色部份即為非球面鏡。

高折射鏡



有時為了校正像差也需要折射率較高的玻璃來製造鏡片，也可以說使用高折射率的玻璃也可以使用更少的鏡片達到很好的效果。過去有所謂的螢石鏡片也是此一目的，現代已經發展出許多類似的材料，所謂的 ED 鏡片、SD 鏡片、LD 鏡片、SLD 鏡片等都是類似的目的。左圖為 Sigma EX12-24mm f4.5-5.6 的光學結構，粉紅色為非球面鏡，深藍色部份則為 SLD 鏡片。

微距鏡

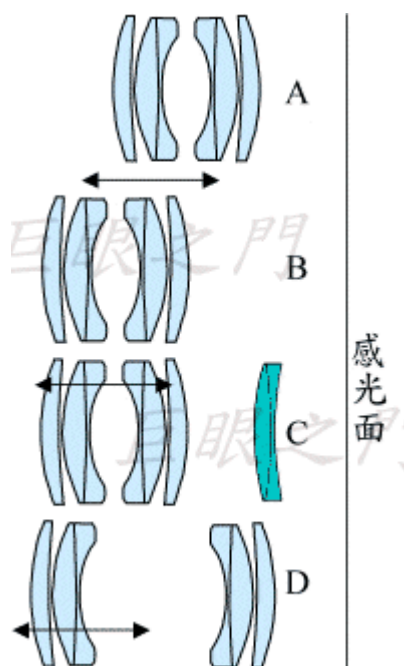


微距鏡的目的是拍近距離，一般物體與影像的大小比標準鏡更接近 1:1，早期也是使用對稱型高斯型結構。有些使用更簡單的類似 Tessar 結構，例如左圖就是 pentax

bellows 100mm f4 的結構，這是一個配合蛇腹的專用鏡，本身沒有對焦系統。

基本上來說，一個對稱式的結構適合拍 1:1 左右的倍率。如果向著物體的鏡片比較大，一般適合拍小於 1:1 的比例，如果後方的鏡片比較大，較適合拍超過 1:1 的比例，這是以實際物體與影像而言，與 135 底片還是 120 底片或是 CCD 都無關，純粹以影像尺度來衡量，而且也只是一個大約的說法。因此如果要超過 1:1 的比例就需要將一般的攝影鏡頭倒接，這樣影像才比較符合當初設計的光路走向，這是自己改裝微距鏡時候的概念。

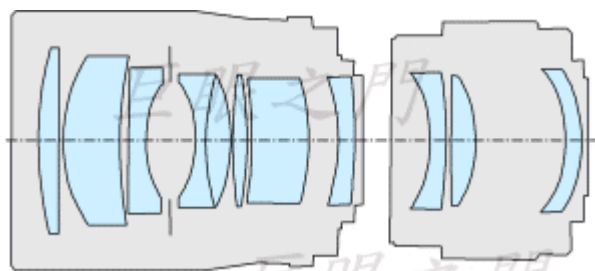
在實際的微距鏡而言，因為要符合 1:1 以下的比例以及放到更大的比例，會有其他的設計。有些會使用前組對焦，有些會設計一個後組鏡片在攝影比例超過 2:1 時再安裝上去等等，這都是要改善較大放大率時的成像品質。不過如果要自己裝微距鏡，而且希望超過 1:1 的比例，用標準鏡或是廣角鏡去倒接或者對接吧，那樣成像品質會不錯。



攝影鏡頭與望遠鏡還有另一個不同，望遠鏡看的東西都很遠，調整焦距時移動量不大。一般廣角鏡、標準鏡、望遠鏡等大部分因為對焦而造成的鏡片前後移動量與整個焦距相比的話，比值也都不大。因此焦距（正確說應該是成像的距離）與口徑比的比值變化也不大，也就是說 F 值變化不大，因而不大需要做曝光的補償。

但是微距鏡不同，如左圖 A 中為微距鏡對焦在無限遠處，B 則為對焦在近處，此時可以發現鏡片組向前移動，如果拍到 1:1 時，鏡片必須向前伸長一個焦距的距離，因為物距與像距相等時，以單鏡片而言，物距與像距皆等於鏡片的曲率半徑，也就是兩倍的焦距，這是高中物理就教過的。此時成像的距離加倍了，但口徑並沒有變，因此 F 值變成了原來的 2 倍，也就是減了兩級，所以微距鏡在近拍時如果用測光表的話必須要視拍照的倍率來作曝光補償，而使用 TTL 閃燈的話則不必，因為 TTL 的測光測的是透過鏡頭的光量。

因為微距鏡在較近距離拍攝時鏡組前移量較大，光線通過鏡片的角度也有比較大的改變，會導致畫質的降低，故有些微距鏡為了改善近拍時的畫質，設計了有鏡片的專用延伸管，如左圖的 C，或者只有前組鏡片前移，如左圖的 D，稱為前組對焦設計，這樣通過後鏡組的光線角度變化較小。

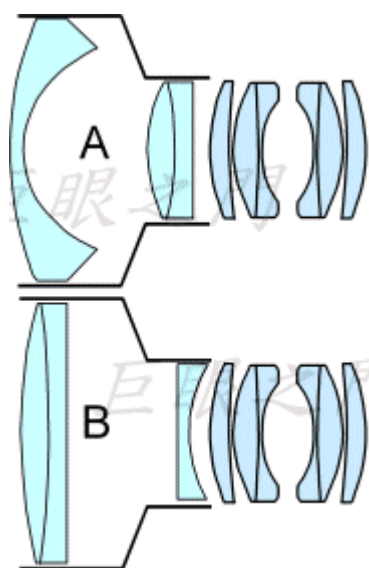


左圖為 Tokina 90mm f2.5 的微距鏡，該鏡為銘鏡之一，分為兩部份，右邊の後組鏡片

是在超過 1:2~1:1 之間用的，該部份是沒有焦距的，只有修正光線走的方向而已，是改善近距成像之用。左方鏡組為前組對焦，前組的最後兩片鏡片在對焦時不會移動。

由以上的說明應該發現微距鏡其實在鏡片結構上的花樣是比較多樣化的，但是比起變焦鏡而言，可能就相對簡單了一些。

外加廣角鏡或望遠鏡



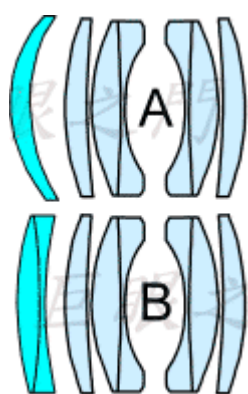
正規的廣角鏡或望遠鏡一般比較貴，或是有些無法換鏡頭的相機也無法配廣角鏡或望遠鏡，因此就有一種稱為附加鏡的鏡頭，此種鏡頭有廣角與望遠兩種，附加鏡本身雖然有鏡片，但是並沒有焦距，也就是說不會有聚焦成像的功能，但是有調整進入鏡頭光線的功能，因此有將原有的鏡頭拍攝角度增加或變窄的能力。

力。

結構如左圖，圖 A 是廣角附加鏡，屬於倒伽利略結構，而 B 圖是望遠附加鏡，屬於伽利略式結構。一般較廉價的是三片，較高級的有更多片鏡片組成，一般而言當然鏡片數越多成像畫質越好，但是也不是絕對，還要看原來鏡頭的光學系統是否剛好與附加鏡的光學系統相合，所以購買此種鏡頭時最好帶原來的相機去配，至少在觀景窗裡面看起來要像樣。

以望遠附加鏡而言，其實就是一個伽利略式的低倍數小望遠鏡，原理在[望遠鏡攝影光學](#)的章節中已經有介紹。

外加近照鏡



以附加鏡而言，還有一種近照鏡也是屬於附加鏡，便宜的近照鏡只是一片弧形的單透鏡，用老花眼鏡就可以當作近照鏡了，但是有些貴一點的近照鏡是像左圖 B 中的兩片式，是消色差的鏡片，成像會比較好。用加倍鏡也可以達到近拍的目的，但是都不會比正規的微距鏡畫質來的好，其實很簡單，科技產品一分錢一分貨，如果用附加鏡或是加倍鏡就好了，那幹嘛製造那麼貴的微距鏡？

外加近照鏡的原理其實就是利用兩片凸鏡（或兩組凸鏡）相疊後可以獲得更短的焦距的原理，請參閱本頁前面組合透鏡組等效焦距計算的公式。在像距不變的條件下，焦距變短了，因此根據物距、像距、焦距等關係的公式，物距也會變短，就可以拍的更近。



一般的外加近照鏡分為 #1、#2、#3 各號數（如左圖），#1 的焦距大約在 1m，#2 焦距大約是一半也就是 50cm，#3 焦距為三分之一，也就是 33cm，如果各號數相疊，當然拍的更近。如果將相機鏡頭本身的焦距調在為限遠時，加上 #1 近照鏡的最遠對焦距離將變為 1m，使用 #2 則最遠可對焦在 50cm，其他依此類推，其實要達到近拍的目的有很多，例如倒接、對接、使用近攝環、加倍鏡等。

其他近照器材

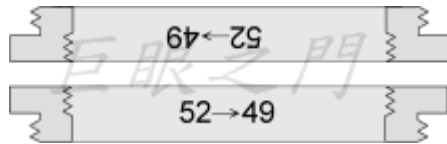
倒接與對接



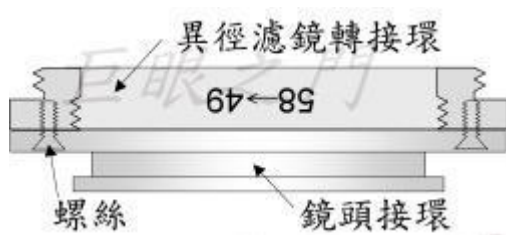
倒接環一端是鏡頭的接環，另一端是鏡頭前的螺紋（如左圖 A），倒接的優點有二，一是增加像距，一是倒過來拍光線走的角與原來設計的較為符合。

對接則是可以用兩個濾鏡環相對黏合，然後將一個鏡頭倒接在原来的鏡頭前方，好處是放大率很大，而且也符合光路的設計。左圖 B

是一組自製的對接環，用兩個轉換口徑的接環對黏，不能用一般的濾鏡環，因為一般的濾鏡環相對時黏合面積不足。



左圖為自製對接環的示意圖，圖中是以兩個 52→49 的異徑濾鏡轉接環，用大轉小，這樣前方開口就會有比較大的面積，該處可以塗上 AB 膠來黏合，就成為上圖中 B 的樣子。現在網路上已經有現成的可以買，稱為雙陽接環，算起來比買兩個異徑濾鏡轉接環還便宜。



左圖為自製倒接環的示意圖，圖中是以一個鏡頭接環與一個 52→49 的異徑濾鏡轉接環，用大轉小，這樣濾鏡接環上面才有比較寬的位置來鎖螺絲，用 AB 膠來黏合也可以，但用螺絲比較牢靠。如果用的不是 58 尺寸濾鏡的鏡頭，再用其他的異徑接環來轉接即可。至於為何有現成的可買還要自己做？很簡單，有人喜歡自己玩啊。



這是兩
鏡對接的情
形，前鏡是
Pentax
135mm
f2.5，後鏡

為 Pentax M200mm f4，接起來很壯觀，但是對接的工作距離大約都等於法蘭距，這是對接的最大缺點。

對接時有幾個原則，這是以筆者現有的器材組合所得到的結論，因為各家光學設計不同，也許您的器材有不一樣的結果，因為不花什麼錢，所以自己測試一下就知道。

1. 後鏡焦距最好大於前鏡，否則可能成像圈會很嚴重。
2. 前鏡光圈可以開到最大工作光圈，如果原來拍攝就要縮一兩級畫面才會好的話，那作為倒接的前鏡也要縮一兩級。如果前鏡是 Leica 級的鏡頭，可能直接用最大光圈就好。前鏡光圈縮太小會有成像圈。
3. 此種拍法，可以用前鏡或後鏡來控制景深，但前鏡光圈儘量開大，用後鏡控制景深有開光圈測光的好處，也不會有成像圈，對焦時也比較亮。後鏡如果有自動光圈功能仍然可以使用，相機本身的光圈或快門先決自動曝光也沒有問題。
4. 因為景深太小，自動對焦的鏡頭可能要將自動對焦功能關掉比較好，事實上高倍的微距本來就不宜用自動對焦。



上圖是用 Pentax M200mm f4 與 Pentax M50mm f1.4 對接拍出的圖片，拍的是小麥草的麥穗，此圖前鏡光圈放在 2，後鏡放在 16，影像 / 實物的放大率為 4 倍。以微距攝影而言，對接是最便宜、最方便的高品質、高倍率的拍攝法。也許畫質與微距鏡相比會稍微遜色，但是與加倍鏡法、單鏡倒接法、外加近攝鏡法、接寫環法等等相比，可能畫質是最高的。當然也要看原來的鏡頭品質，如果原來就是爛鏡大概也不會好到哪裡去。



這是局部裁切的部份，沒有後製，紋理與毛刺清晰可見。

加倍鏡



加倍鏡除了可以作為焦距加倍之用，也可以增進近攝的能力，因為焦距加倍，但是最近對焦距離不變，因而可以獲得更大的影像。

有一種可以調整長度的加倍鏡可以進一步的提升近攝能力，如左圖就是一個可以伸長的加倍鏡。

近攝環



近攝環是一種常見的近攝裝備，不過最好配合倒接或是微距鏡使用，否則一般鏡頭這樣用，畫質不佳。

使用。

近攝環常分為不同的長度，也可以組合使用。壞掉的加倍鏡如果拆掉鏡片也可當作近攝環

蛇腹

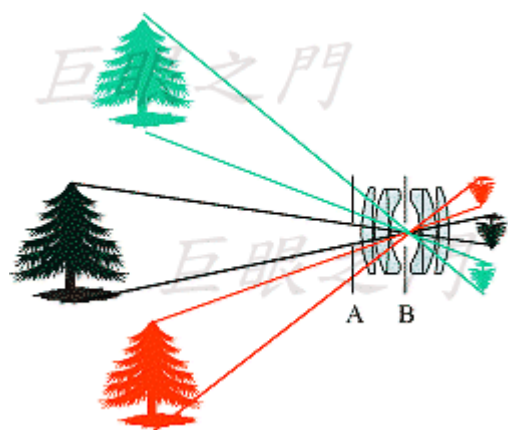


蛇腹其實只是另一種近攝環，可以方便的調到很長，一般用於高倍率的近攝。

鏡頭機械結構

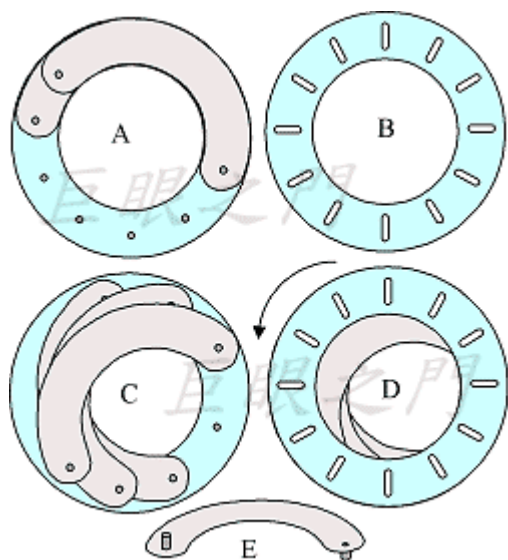
鏡頭中的玻璃鏡片（也許現在這樣說不大對，因為有許多是用塑膠鏡片）是鏡頭的核心，但是只有玻璃片也沒有用，還有兩個重要的機構，就是光圈控制與對焦機構。但是這裡只介紹一些手動鏡頭的結構，自動光圈，自動對焦的機構太複雜，種類太多，很難說明，有些筆者自己也沒玩過。

光圈機構



最簡單的光圈就是用紙或者薄片材料作成中空的一片擋在鏡頭前面，但是實際上的鏡頭並不是單鏡片，一般都是如左圖的鏡片組，在鏡片組中其實投射到感光介質各點是使用鏡片組的不同區域，尤其在小光圈時更是如此。因此我們並不能在左圖的 A 位置，用一片紙張中央剪一個洞來作為光圈（那種一片或者兩片式的天文望遠鏡才可以），透鏡組的話，光圈要放在各路光路的匯集交叉點 B。

除此之外光圈還要有可以調節大小的功能以便應付各種光線強弱不同的環境。每一級光圈數字如 1.4、2、2.8、4、5.6 等等之間，透過的光線是成為倍數遞減，因為直徑比值差 1.4 倍，則面積為 2 倍的關係。



早期的光圈結構大部分是如左圖

A、B，光圈葉底下有個金屬環，環上面有弧形的金屬片，也就是光圈葉，光圈葉的樣子如左圖 E，光圈葉上面有金屬環 B，弧形金屬片上有兩個小圓柱狀突起，一個卡在底座上，一個卡在上環的槽中，轉動上環弧形

金屬片就會帶動光圈葉而向內移動，每一片遮住一點，整個就會將邊緣遮住，像左圖的 C、D。



此種結構的光圈葉大部分用了很多片，看起來中央的孔比較接近圓形，如左

右邊的圖。但也有用直角彎型的光圈葉，像最左圖。



左圖是由簡單的小型自動相機上拆下來的光圈零件，可以看出只有兩片簡單的彎曲形

葉片，由一個桿子透過葉片上的槽來連動，這是比較簡單的光圈結構。

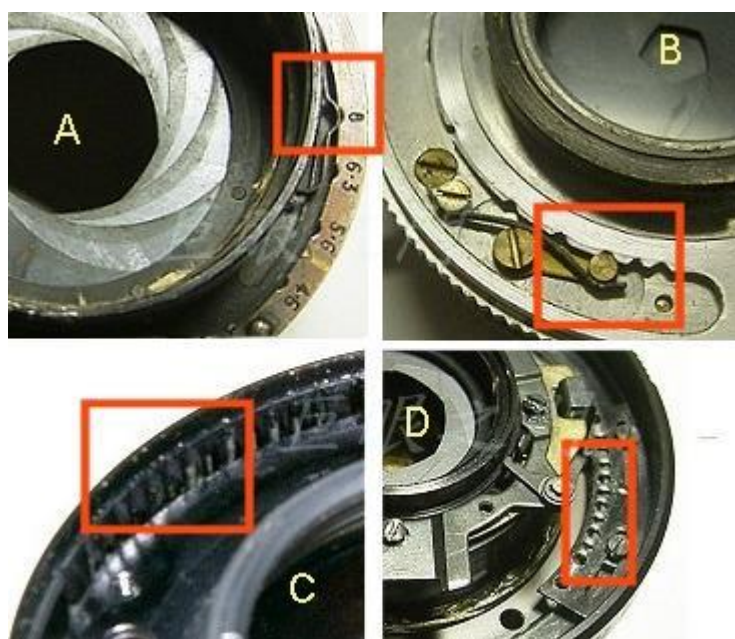


現代的鏡頭為了自動縮光圈的度需求，將光圈葉面積縮小，結構簡化，減低摩擦力，多半使用了如左圖的結構，兩個圓柱狀的結構變得接近，然後用內圈與外圈來控制，只要

旋轉很小的角度就可以控制光圈快速的開闔。

不管哪種結構，光圈葉都很薄，都是一片疊一片，原來最上面的最後會疊在最下面那一片的更下面。底板環上面的小孔與光圈葉上的小圓柱都很密合，所以光圈葉要拆開簡單，要裝回的話，要小心要耐心，尤其是最後一片，因為要插入最下面一片的更下面，一不小心折到了就會有痕，雖然可以用但是看來會很醜，嚴重折彎時可能就不能用了，會卡住。

光圈葉如果進了油就要全拆開，當然原來怎麼裝一定要紀錄好，拆開後可以用去漬油或是清潔劑洗淨，必要時可以用軟毛刷，如果用清潔劑，洗完了要馬上擦乾並且徹底晾乾。對待光圈葉要溫柔，避免折到，裝回時一定要有耐心。光圈葉有一點要注意：**【不能上油】**。



攝影鏡頭的光圈機構除了要縮放光圈之外，還需要有定位的裝置，才能方便的設定光圈位置，此種定位裝置常常是在一個環上切出凹槽，另一邊是彈簧（如左圖

A、B），另外也有在一個環上切出一串凹槽或是一串圓孔(如左圖C、D)，相對的位置會有一個洞，洞裡有彈簧與鋼珠，凹槽對準鋼珠時就會有**【檔位】**的感覺。這種機構在拆的時候就常會惹禍，一不小心就彈出不見，裝的時候也常不容易對到定位，結果也常有鋼珠或彈簧彈出不見的情形。

當然光圈定位裝置有很多種，但現在的鏡頭多半是上述的形式。一些老鏡常有一些奇奇怪怪的結構，不過越老的鏡頭其實結構越容易拆解。

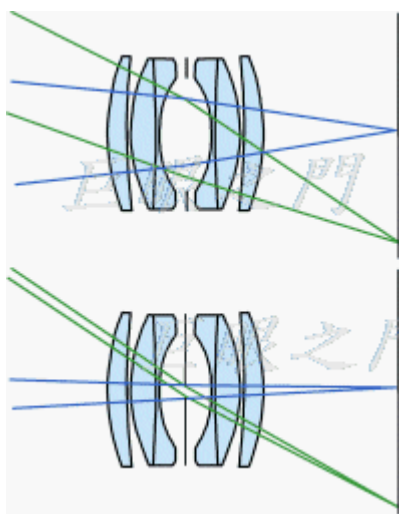


光圈控制機構中還有一些自動縮放光圈的設計，就是對焦時開放光圈，拍的一剎那才將光圈縮起，也就是所謂的開放光圈測光，那是靠一些彈簧來達成，所以在拆鏡頭時看到

彈簧就要將彈簧固定的位置記好，免得彈掉了不知道要裝在哪裡。

左圖紅線附近就是那些彈簧，有的是絲狀，細細一條，有的是螺旋狀。常常只是用彈簧末端的小勾勾著，所以很容易彈掉。

光圈位置

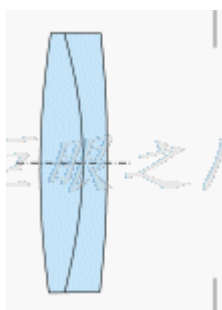


一般來說，絕大部份攝影鏡頭的光圈位置都不是在最後面，有些朋友拿到一些原來沒有光圈的放映用鏡頭，就想用來改鏡，但是這種鏡頭要裝光圈其實很麻煩，因為如果要裝在鏡組中間常需要把鏡組從中分開，分開後組合時又要維持原來的鏡片間距。找

到的光圈內徑還要符合裡面鏡組的直徑，否則太小會浪費口徑，太大又不好裝。

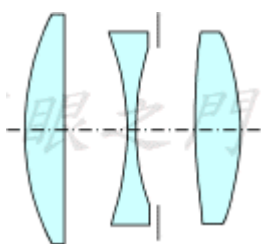
為何光圈要放在中間而不是最後面？因為如左圖中可以看出，一般的鏡頭設計，不同角度入射的光線都要經過一個中間點，大光圈時如左上圖，光圈縮小時如左下圖，這樣光圈縮小時才能對每個角度的入射光線同時減少，如果裝在最後面只會把邊緣光線擋掉，而中間可能根本沒擋到，那樣就不會減少進光量，而只會拍出剩下中央一圈的影像。

針對一些典型的攝影鏡頭光圈位置說明如下：

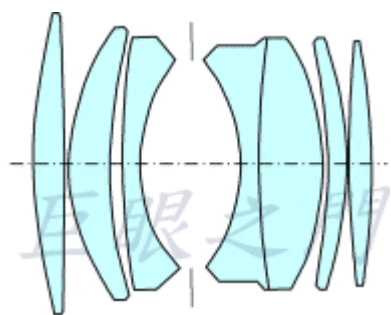


單片鏡片的光圈位置，此種結構見於一些很老的望遠鏡頭的設計，像是 Leica 400mm f6.8，它只有兩片黏在一起的單鏡片組，光圈放在離鏡片不遠的後面。

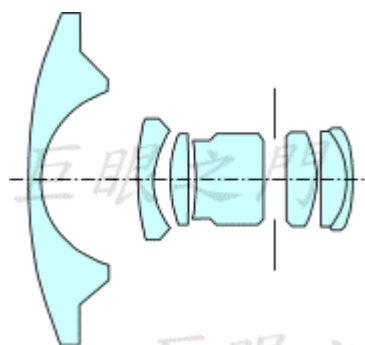
有些廉價玩具相機的鏡片只用一片弧形鏡片，光圈也在鏡頭後面的位置。



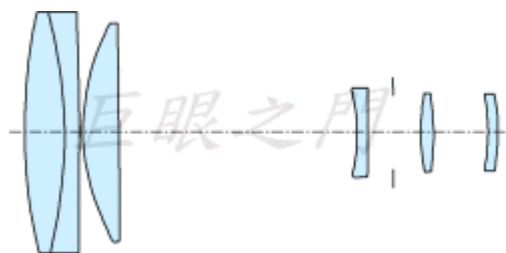
左圖是一個庫克三重鏡或是 Tessar 的三片式結構，光圈位置是在第二鏡片的後方。



左圖是 Pentax M 50 mm f1.4 的類對稱
高斯型的形態，光圈是在兩組鏡片的中間。



較複雜的廣角鏡頭的光圈位置，在稍微靠後面的地方。



Carl Zeiss 的 200 mm f4 望遠鏡
頭的光圈位置也在靠後面的位置。

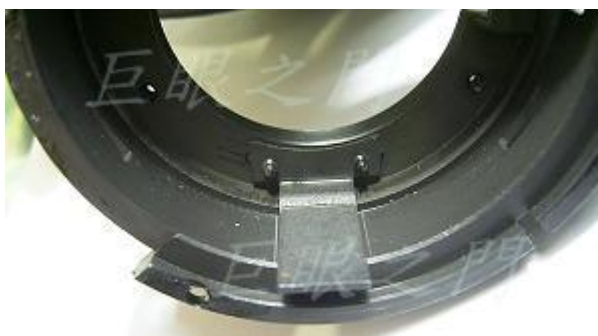
所以如果自己要加入光圈葉片其實不太好弄的，但是話說回來，沒有改不成的鏡頭，只有不願意花的成本。豁出去應該也都可以解決，只是是否值得大動干戈而已。

對焦機構



相機的對焦機構與天文望遠鏡有很大不同，天文望遠鏡常用齒條調整焦點，但是攝影鏡頭除了一些早期的長鏡頭曾使用過齒條外，其他的鏡頭幾乎都是使用複螺紋的方式來調焦。

實際的結構一般如左圖，中間的環是用很細的螺紋旋在左方的環中，而右方的環則旋在中間的環中，右方的環就是複螺紋，複螺紋是很多條螺距較大的螺紋組成，轉一點角度就可以伸縮很大的距離。但是轉的時候要配合下圖的定位桿。這樣中間的環在轉的時候，裡面的環就會沿著固定的軌道伸縮。



但是也不是所有的鏡頭都是此種結構，一般在轉動對焦時，如果鏡頭前方的透鏡組只會伸縮不會轉動的話，大概就是此種機構。如果是內對焦的長鏡頭可能就只有複螺紋的機構。如果是前組對焦的變焦鏡頭，也不是這種機構，可能只有複螺紋。

一般而言對焦機構在拆的時候最好標示一下位置，免得裝不回去，但是事實上真的裝不回去的機會不大，只是不夠熟練時會花較多時間。

一些老鏡的對焦常常不順，有點緊，此時就要將對焦的螺紋轉開，用去漬油清洗，再重新上油。有時根本轉不開，甚至要將鏡頭泡在一個金屬罐子裡，將那些陳年老油漬溶解掉，但是玻璃片要拆掉，免得泡壞，有時一些油漆塗料也會泡溶解掉。要注意的是不要用汽油洗，汽油裡面成份太雜，毒性較高，去漬油比較好。

我有時是用沙拉脫等等的洗碗精或者洗衣精，再用舊牙刷來刷，這樣最安全，不會著火也不會中毒。記得以前還有老鏡鏡片很髒，油膩的很，乾脆泡在洗碗精裡面，泡了一夜，清潔溜溜。金屬轉動性零件刷乾淨要徹底晾乾再上油，上油不能用機油，要用黃油，太黏的油對焦阻力會太大，太稀的油容易溶解滲漏到附近的其他機構。油的成份最好用礦油，有人用羊毛油，結果不久就發出氧化的味道，難聞的很。油也不能上太多，上油可以用舊牙刷或是棉花棒平均的抹一層到螺紋裡面就好，那些螺紋非常精密，沒什麼空隙，抹多了一定會擠出來，會漏的很慘。

鏡間快門



一般單眼相機所使用的鏡頭中會有光圈，但是不一定有快門，但是某些職業級的相機使用有鏡間快門的鏡頭，例如哈蘇、Mamiya 的職業機、4×5 的大相機等等。此種鏡間快門的好處是閃燈可以高速同步。鏡間快門的位置通常在接近光圈的位置，左圖是一個具有鏡間快門的老相機鏡頭，鏡片已經拆除，圖中可以看到光圈，在光圈的下方（實際上是在相機的前方）有另一層薄金屬遮光零件即為鏡間快門葉片。



這是前方的樣子，可以看到快門葉片由三片組成，互相交疊以達到遮住光線的功能。



左圖中可以看到鏡間快門打開一半的情形。

一般而言，如果拿到一個具有鏡間快門的鏡頭，要改裝給現代的單眼相機使用，大致上都需要將鏡間快門移除，否則單眼相機無法看到影像。那您也許會問，那些職業機不也是單眼相

機，為何使用鏡間快門？其實那些使用鏡間快門的職業單眼機，在按下快門的時候相機會先將鏡間快門縮起，然後將反光鏡升起，再打開快門曝光，然後反光鏡放下，快門打開。此類相機在按下快門的同時，其實有許多步驟在同時進行著。

法蘭距

法蘭距資料在改鏡時很重要，由此資料可以估算是否能改到某種機身使用，也可以估算鏡後的凸出量是否可以被某種機身接受。例如原來的法蘭距是 A，要使用在法蘭距為 B 的機身，原來鏡頭後面的凸出量是 X，那麼，如果改完後的凸出量就是 $B-A+X$ ，再量一下機身的容許凸出量就知道是否會打鏡了。[各廠牌法蘭距的資料在這裡。](#)

D.T. Tang 製作

本頁最後修改日期： 2007/2/15



[巨眼之門首頁 www.bigeye.url.tw/](http://www.bigeye.url.tw/)