

Address:

[go: [up one dir](#), [main page](#)]

Include Form Remove Scripts Accept Cookies Show Images Show Referer Rotate13 Base64
Strip Meta Strip Title Session Cookies

望遠鏡攝影光學

關鍵字：天文攝影、DIY

天文攝影有許多種方法，接天文台級大望遠鏡的方法我不想寫，因為那很專業，您大概用不到，即使有那種設備也不會想去 DIY 什麼東西，而且用那種設備的朋友，您一定已經是專家，用不到我班門弄斧，事實上我也沒有實際用過，只是看到書上寫的如何如何。這裡只介紹一般業餘玩家可以真正自己做的一些型式以及光學原理。

天文攝影與一般攝影的異同

其實望遠鏡攝影並不一定是天文攝影，後面談的只是如何將望遠鏡與相機結合，並不意味一定是拍天文的內容。在此先將天文攝影與一般攝影的異同稍加說明。

天文攝影一般指的當然是拍天上的星體，因為天空的星體一般都是高反差，所以一般的天文鏡都是低反差高解析度。在數位時代問題並不大，因為用天文鏡拍地面的景物反差偏低，但是可以用軟體修正。

一般攝影的鏡頭反差較高，但是解析度稍低，因為不需要那麼高的解析度，這是需求特性的不同，並不表示在技術上有問題，當然有時與成本也有關係，有些高價鏡頭的解析度仍然很高，在此說的多半是大部分一般情形，那些特別設計的或是特別高價的鏡頭當然什麼情況都有可能。

另外一個不同，是天文鏡口徑越大解析度越好，而一般鏡頭縮小口徑會比較好。請注意這裡說得其實是兩回事，天文鏡口徑越大，是指開口大，不是計算焦比（光圈）用的口徑，因為天文鏡一般口徑大了，焦距也長了，而焦比可能都是同樣的數字，以光圈的觀念來看其實光圈是相同的。開口越大解析越好的現象主要是因為物理上的繞射原理而造成，但是我也用過廉價的鏡片將開口擋一部份反而解析度變好的情況，那表示該鏡的像差嚴重，縮小孔徑，可以減少一些像差。

攝影鏡頭不同，一般所謂縮小光圈是指同樣一隻鏡頭縮小光圈時解析度會變好，因為一般攝影鏡頭光圈較大，容易有些像差，縮小孔徑後可以改善。天文鏡則不同，因為大部分的天文鏡最大光圈其實已經是7或者是8，早期的折射鏡只有15，以光圈而言已經夠小，哪能再縮。即使是一般鏡頭光圈縮到11以後也不見得解析度會變好，因為繞射現象也會變得明顯。我覺得在數位單眼上，此現象更加明顯，因為以前洗的照片不大的話，其實不容易看出，而現在常常會以1:1在螢幕上看，常發現縮到16似乎影像已經劣化。

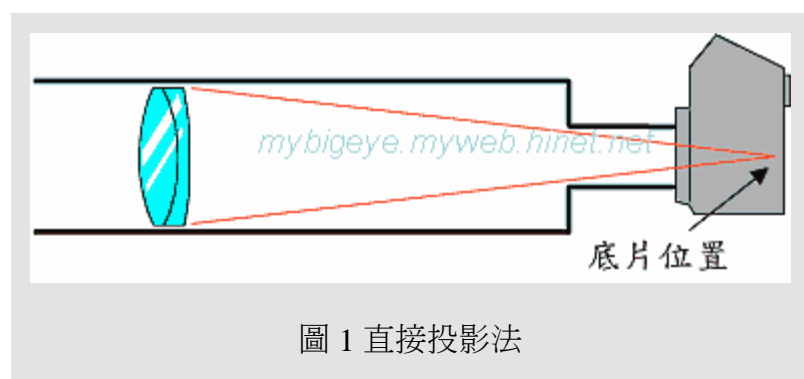
可換鏡頭的單眼相機

如果使用可換鏡頭的單眼相機，一般常見的天文攝影方法有直接焦點法、加倍鏡投影法、目鏡投影法等。一般天文攝影或是要使用天文望遠鏡來拍地面景物，最好使用可換鏡頭的單眼相機。而且使用時的最高原則是【盡量使光線經過最少的鏡片】，也就是直接投影，只用物鏡本身呈像是最清晰的。

但是有時會有影像不夠大的問題，此時就會想用加倍鏡投影法或者目鏡投影法，加倍鏡一般為兩片鏡片組成，目鏡一般可能鏡片結構更複雜，所以不是最好的選擇。

以下即介紹各種光學原理，直接投影法在其他的章節已經介紹過，請參閱相機接環的製作章節。

直接焦點法

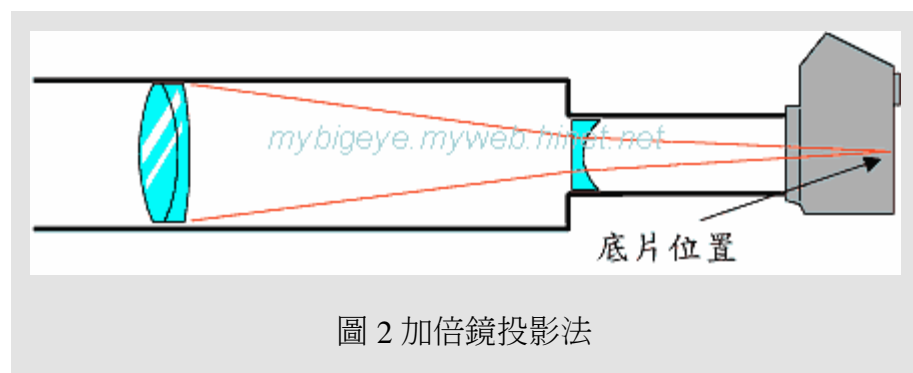


直接焦點法就是只用物鏡投影在底片上，好處是呈像較清晰、比較容易與鏡筒接合，接合方法請參閱其他章節。

缺點是有時影像不夠大。直接投影法光學原理如圖 1。一般的市售現成的天文望遠鏡都有接相機的附件出售。

此種結合時，光圈最單純，就是原來物鏡的焦比，或說是F值，也就是焦距除以口徑。

加倍鏡投影法



如果在拍攝月球時嫌影像太小，可以用加倍鏡來加大影像；光學原理如圖 2，有如伽利略式的望遠鏡。此方法可以有效增加影像尺寸，但卻增長鏡筒，常會出現接合不易穩固的缺點。雖然我設計過一個光學系統與機械結構，尚可使用，但結構過於複雜，不方便，一般不建議這樣用。但是如果有相機專用的加倍鏡，裝在相機上倒是可以試試

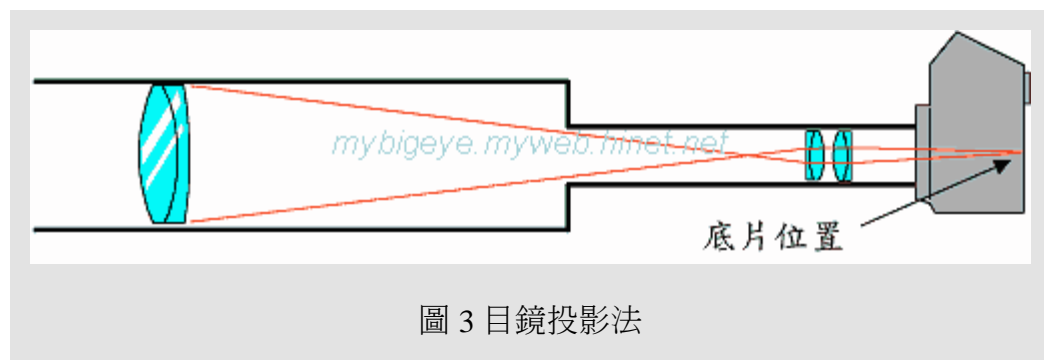
看。

加倍鏡投影法的焦距如何算？在前面的網頁中談加倍鏡的地方已經說過了，請自行參考。

而此種組合時，光圈的計算是等於等效焦距除以口徑，如果用的是一般單眼相機用的加倍鏡，那就是光圈減兩級，或者說光圈值加倍，因為一般市售的單眼相機加倍鏡大概都是剛好兩倍，當然也有1.4倍的，如果

是1.4倍的市售加倍鏡，光圈值就是乘以1.4，也就是只小一級。

目鏡投影法



有時拍行星因為星像實在太小會用目鏡投影法來投影，這種方法類似正像鏡的光學結構，但是因為要裝相機，也會有接合不穩的問題。目鏡與底片距離越長，倍數就越大，但也越不穩。

另一個問題是因為倍數很大很暗，用單眼相機的對焦屏很難對焦。因為很暗所以也需要追蹤馬達，要自己作有一定的困難度。

目鏡投影法的合成焦距如何計算？在前面談正像鏡的製作時也談過了，請自行參考，前面是談倍數，那原來的焦距乘上放大率就是合成焦距。由合成焦距除以口徑就可以得到整個系統的光圈值。

由以上的三種方法來看，前兩種自己可以嘗試，但第三種牽涉追蹤問題，並不實際。而放大率越大，整個光學系統越長，也越不穩固。常需要特別設計一組專用的組件。這樣的組合有個問題，就是會在觀景窗中產生倒立的影像，如果拍天文無所謂，但是拍地面景物在取景時會有困擾。

不可換鏡頭的單眼相機或者非單眼數位相機

如果您的相機是單眼相機，但是鏡頭不能取下；或者您是使用數位相機，也有許多相當是單眼相機但是鏡頭不能取下的。這時要怎麼辦？那就要使用加倍鏡法或者目鏡法；這些與上面說的投影法在光學原理上有很大的不同。

這一類的方法又稱為無焦點法，在光學上來說是將望遠鏡的射出光線調成平行光，就相當於來自無限遠的光線，進入鏡頭以相機鏡頭呈像，此時相機鏡頭焦距要調整在無限遠。

基本上不推薦此類的攝影法，因為經過太多鏡片，而這些鏡片又不是原來就設計組合在一起的，呈像品質都不會太好。

加倍鏡法

此種接合時，加倍鏡與相機鏡頭的距離隨意，只要將相機鏡頭焦距調在無限遠，再調整加倍鏡與物鏡的距離，在相機觀景窗中可以看到影像清

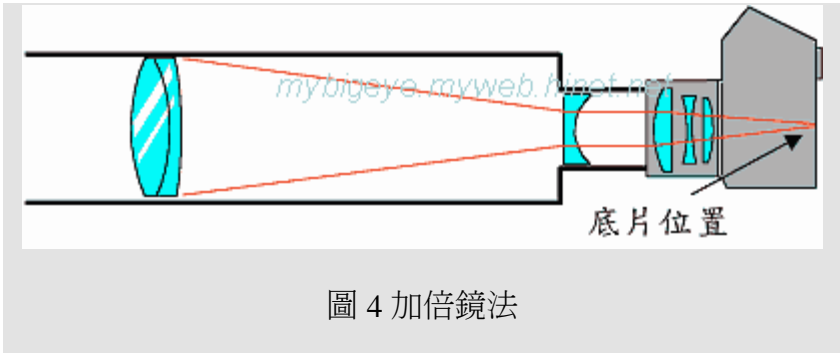


圖 4 加倍鏡法

楚即可。

此法的合成焦距多少？假設原有物鏡焦距 F_1 ，加倍鏡的凹透鏡焦距（取絕對值）為 F_2 ，相機的鏡頭焦距為 F_3 ，合成焦距為 F_4 。

則： $F_4 = (F_1/F_2) \times F_3$

也就是等於前端伽利略望遠鏡的倍數乘上相機焦距。此時光圈也是等於合成焦距（或稱為等效焦距）除以前方物鏡的口徑。

目鏡法

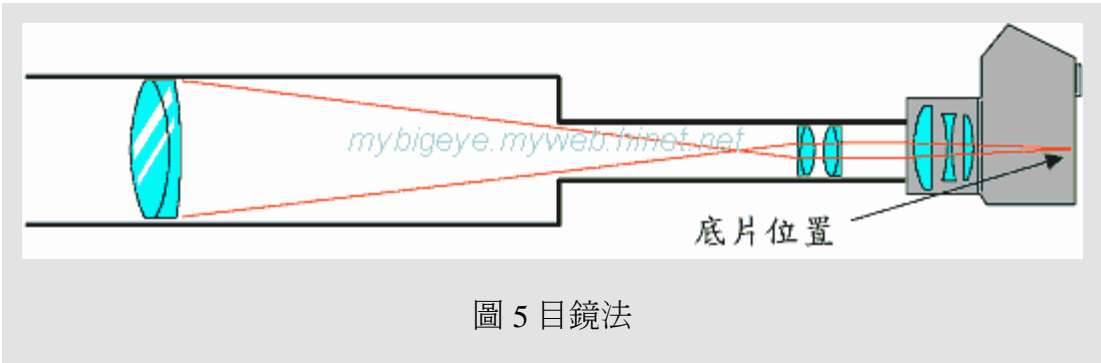


圖 5 目鏡法

目鏡法也是將望遠鏡的射出光線調成平行，相機的鏡頭調在無限遠即可，目鏡與相機距離隨意，當然越近越好，比較好安裝。

此法的合成焦距多少？假設原有物鏡焦距 F_1 ，目鏡焦距

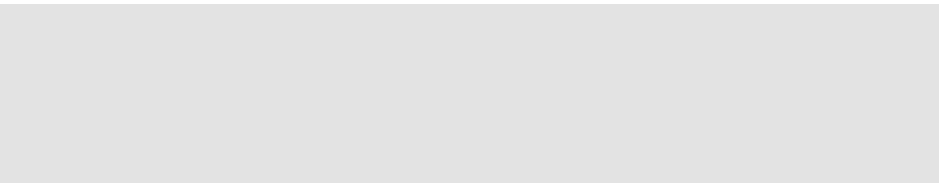
為 F_2 ，相機的鏡頭焦距為 F_3 ，合成焦距為 F_4 。

則： $F_4 = (F_1/F_2) \times F_3$

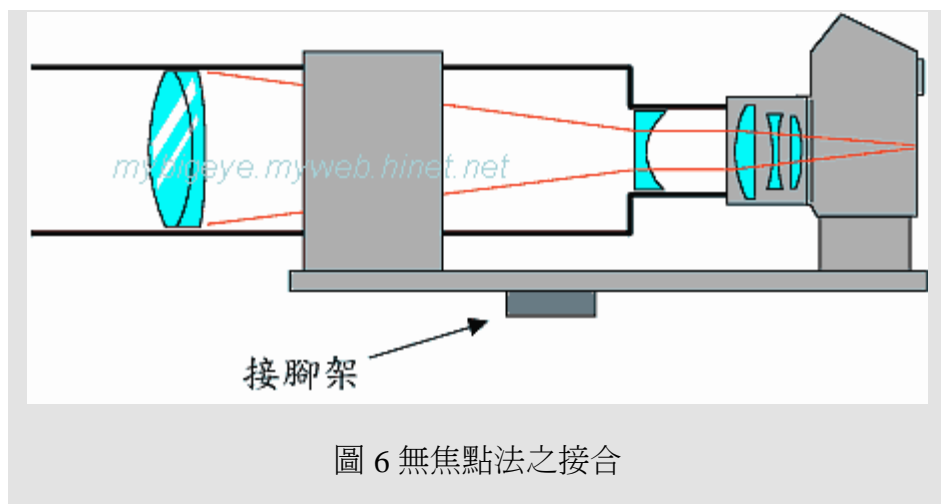
也就是等於前端原來望遠鏡的倍數乘上相機焦距。而組合之光圈等於合成焦距（或稱為等效焦距）除以前方物鏡的口徑。

這樣的組合也會在觀景窗中產生倒立的影像，如果拍天文無所謂，但是拍地面景物在取景時會有困擾。

無焦點法



無焦點法與投影法的差異在於相機上多了鏡頭，所以也增加了重量，不大可能直接自製接環來接合望遠鏡與相機，所以



一般都用圖 6 的方法來接合。先用一個長的板子或金屬架分別的固定鏡筒與相機，再接到腳架上。

無焦點法一般來說都不會得到好的影像品質，因為要經過太多的光學元件，有時照片四角會暗掉。用目鏡法時在相機觀景窗中還會有上下顛倒的影像，不過拍成

照片沒差，倒過來就好。

基本上不推薦無焦點法，因為呈像品質只能碰運氣，而且 99% 的機會不會有好成績。但是如果不信邪硬要試試，那當然隨您便了，我當年不也是這樣嘛！不過現在數位相機大行其道，好處是不用沖洗，拍壞了了不起花電池錢而已，浪費的時間當作交學費。

非單眼相機

非單眼相機在天文攝影時不建議使用，因為無法直接看到影像，拍攝到什麼範圍？焦點是否清晰？都無法當場看到，只能嘗試錯誤，所以算了吧！不要自找麻煩！反正現在二手的單眼相機並不貴，很多二手相機的網站，去隨便買一台，只要有 B 快門的單眼相機都可以用來天文攝影，不要自動對焦，也不需要光圈快門自動，但如果要拍攝月球就最好有手動快門。

自製的天文相機

其實要拍天文的東西不一定要市售的相機，只要有個不透光的箱子能裝底片、能對焦即可。以前我就自己做過一個，拍過月球，效果不錯。放到 8×10 寸的相片還馬馬虎虎可以看。

拍天文的相機也不一定要快門，只要把望遠鏡口擋住，打開一下再遮起來就是快門了。

圖 7 是自製的相機，實際上有許多細縫要用黑絨布貼住，以免漏光，黑絨布可以收集底片筒開口處的黑絨布來貼。使用時用滑槽來控制是否曝光，先滑到右方遮住底片開口，用目鏡透過座子調整焦點，目鏡要特製，要考慮座子開口到底片面處的誤差。調好焦點，再遮住望遠鏡口，將滑槽再滑到曝光處，將望遠鏡打開再遮

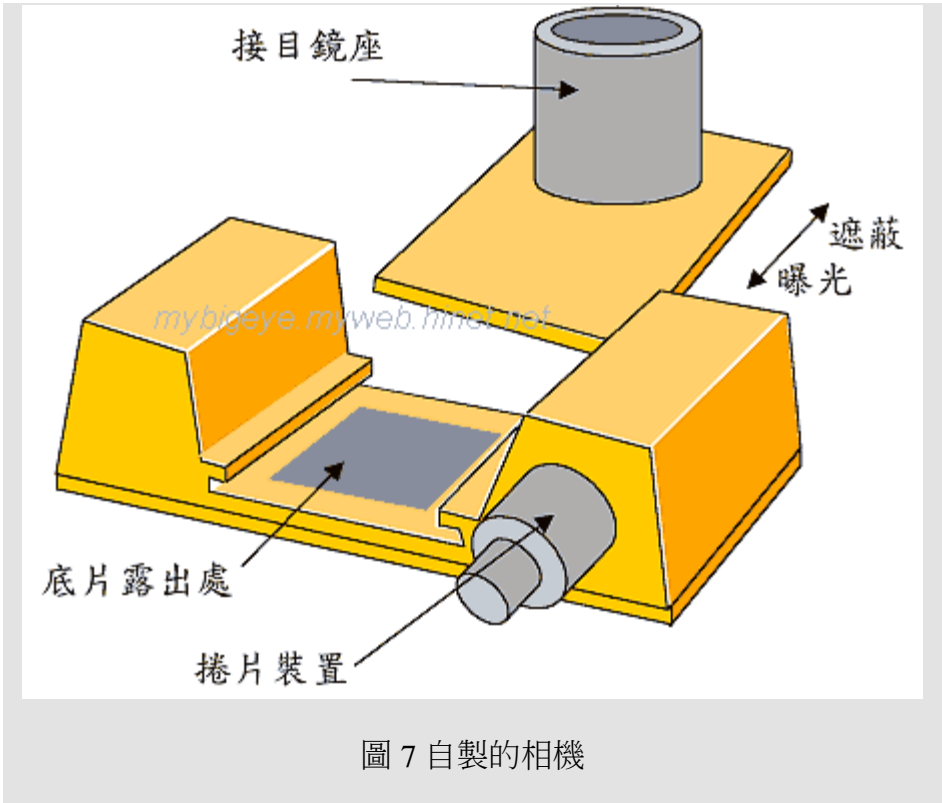


圖 7 自製的相機

住，遮住打開時都用硬紙板將鏡筒遮住，但不要碰到鏡筒，否則會抖動。鏡筒遮住了再將滑槽滑到遮住底片處，就完成一次曝光。

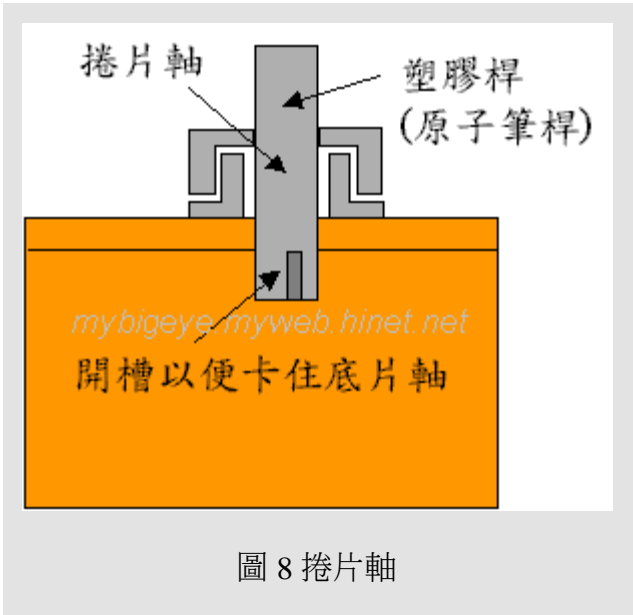


圖 8 捲片軸

圖 8 的捲片軸處要注意要一邊突起，一邊凹入，互相卡住以免漏光，固然晚上比較暗，但還是注意一些。

拍這種東西一次不可能拍很多，可以將底片改裝成一捲 10 張比較方便，洗相片的地方都可以協助改裝，自己晚上再棉被裡面改裝也可以，只要向洗相片的店收集一些空底片筒即可。

CCD 攝影設備

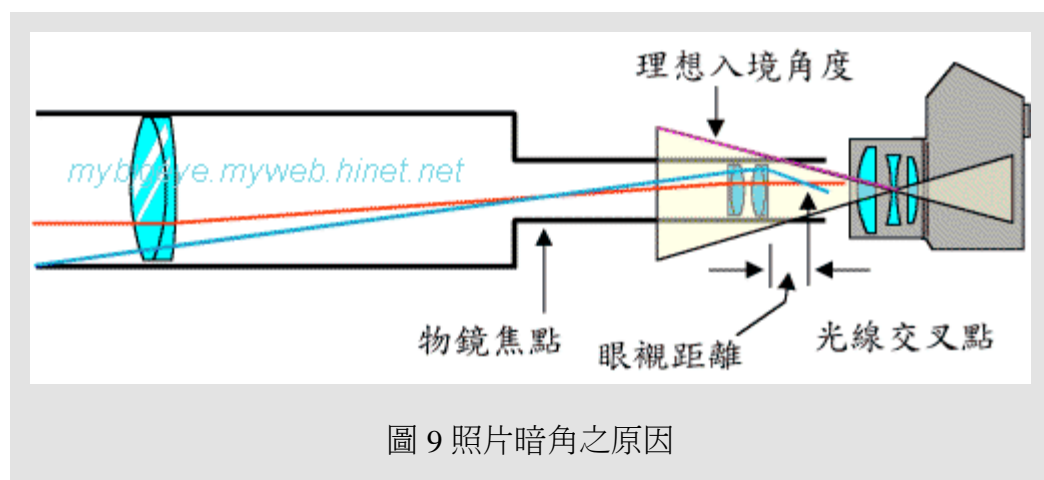
目前國外天文攝影很多人都改用 CCD 來拍攝，因為沒有底片問題，用電腦就可以處理，而且天文照片非常需要用電腦來編修，以增強其圖片品質。因為本人目前沒在玩這個領域，所以沒有經驗可以寫出來，看有沒有跟我一樣的瘋子來繼續寫吧！在國外許多雜誌都有 CCD 的廣告，請自行參考。

正規的天文攝影法

正規的天文攝影器材，要接相機都是金屬材質的接環，角架也都是很穩固的，而且還要追蹤。各位可以

參考一些專家的照片，多半都是曝光好久的成果，用自製的器材很難拍到。以上的介紹只是告訴您可以這樣拍，但不見得拍的好。不像作望遠鏡，只要有好的物鏡，就可以做出不錯的成品。

相片發生暗角的原因



有許多朋友用不能拆下鏡頭的相機（或者是鏡頭不能拆下的數位相機）來透過天文望遠鏡拍攝，都會發生四角發黑的情形，原因為何？請看圖 9，紅色線為望遠鏡視野中央的光線，藍線為望遠鏡視野邊緣的光線，紫色線則為進入相機邊緣之理想光線角度。紅色光線必然進入相機，所以視野中央的光線沒有問題；但是藍色線進入鏡頭的位置與紫色線並不一致，沒有辦法在底片上呈像，所以相機鏡頭不能拆卸時，常會有邊緣有黑圈的現象。

位置與紫色線並不一致，沒有辦法在底片上呈像，所以相機鏡頭不能拆卸時，常會有邊緣有黑圈的現象。

要避免此種現象應如何做？一方面要用開口大一些的目鏡，一般來說都要稍長焦距的目鏡，目鏡開口比相機鏡頭開口還大才好；但實際上不容易，只好要求相機鏡頭開口要小。另一方面就是要用眼襯距離大的目鏡，這樣藍線與紫色線重合的機會比較大；何謂眼襯距離在目鏡的知識部份已經說明。

此外在裝配時相機鏡頭與目鏡之距離越小越好，由圖中也可看出距離小，藍色線與紫色線也比較會重合。如果相機上是變焦鏡，調在望遠端也可以減少黑圈的狀況。

在目鏡與相機鏡頭之間加上場透鏡也是方法之一，但是因為自己加的場透鏡並不一定能符合該光學組合的最佳組合，所以經常是黑圈狀況減少或不見了，但是呈像品質很差。

目前國內某些望遠鏡賣店，有出售一種望遠鏡連接數位相機用的目鏡，焦長夠，眼襯距離也夠，還有配合某幾種數位相機的接環，有興趣可以自行去打聽一下。

總而言之，要使用目鏡法連接數位相機的話，就要使用**長焦點，長眼襯距離的超廣角目鏡**。

簡單型數位相機與天文望遠鏡的接合

近年數位相機大行其道，尤其是螢光幕上的檢視效果類似單眼相機，所見即所得，因此比過去接望遠鏡一定要使用單眼相機而言，多了許多方便，數位相機重量輕，使得腳架問題減小，鏡頭開口比單眼相機小，因此使用目鏡法來接相機變得比較方便，一般 20-25mm 焦距的廣角目鏡就可以使用了，相機在變焦到相當傳統相機 60-70mm 焦距左右時多半已經沒有暗角，這是小型數位相機接望遠鏡最大的優點。

但是廉價的數位相機如果沒有 B 快門是比較麻煩的，如果想拍日間景物比較沒問題。此外直接用目鏡法

接望遠鏡，會有影像顛倒的問題，但如果拍天上的東西比較沒有關係，即使地面的景物也只是不習慣就是了，最後反正可以在電腦中後製來調整。另一個問題是消費型的數位相機即使有手動快門，但多半沒有安裝快門線的地方，也是不方便的。

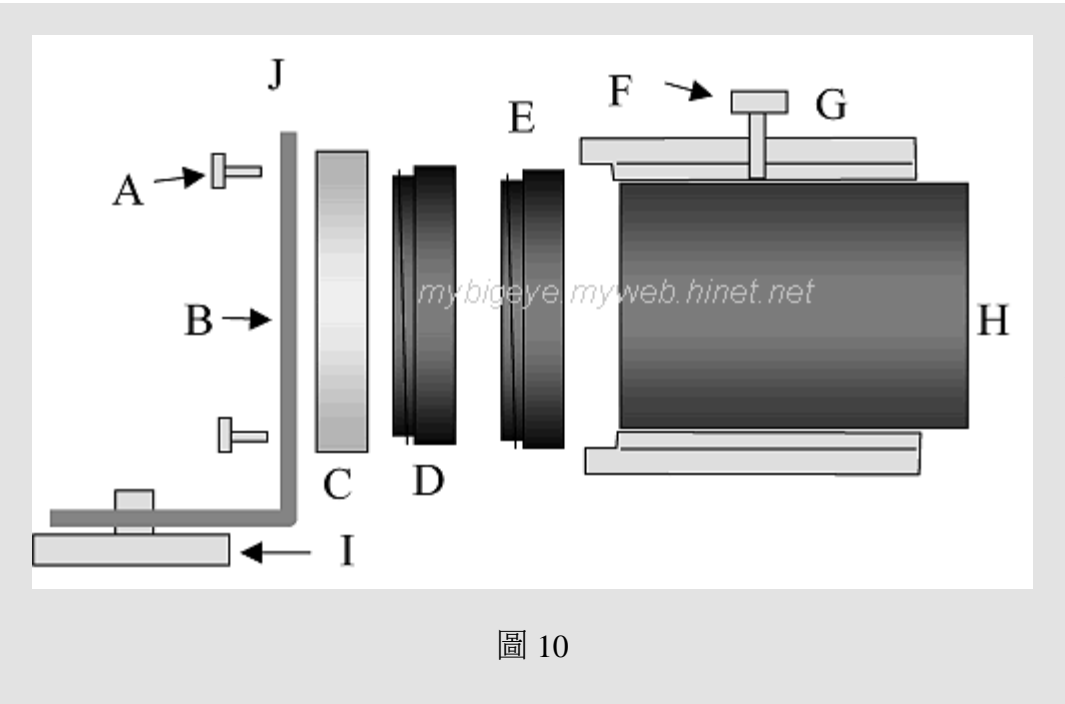


圖 10

數位相機與望遠鏡接合的範例如下面幾張圖，但是要接合，可能有一些零件必須要用車床。圖 10 中：

A：小螺絲，可由舊的一些破爛相機拆開後取得。B：L 型鋁板。C：一小截厚塑膠管。

D 與 E：保護鏡的一部份，口徑視數位相機口徑的直徑而定，保護鏡的鏡片拆掉即可。

F：目鏡的固定螺絲。G：塑膠管車成與目鏡外徑吻合，最好兩層以上比較結實。

H：目鏡。I：鎖相機底部接口的螺絲，一般是 1/4 英吋規格。

C 與 D、E 與 G 分別要用 AB 膠黏合。

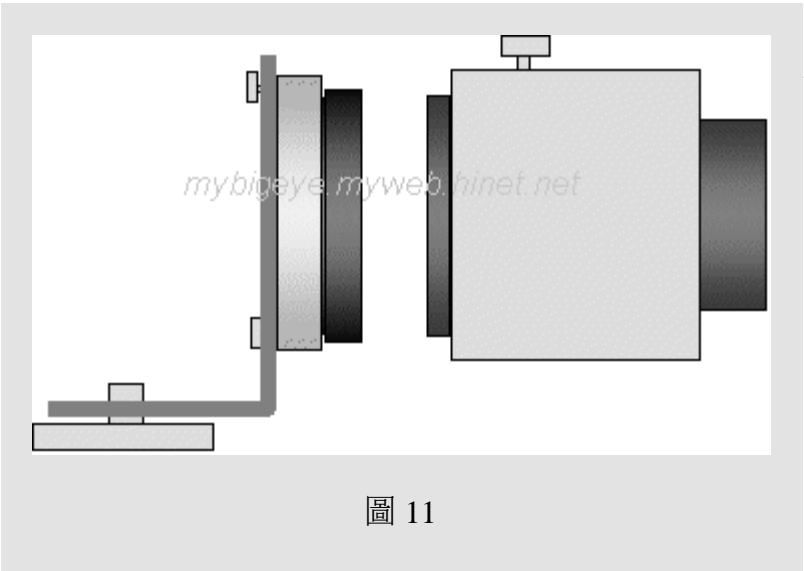


圖 11

各個零件完成後組合完畢會像圖 11，變成兩個部份，用螺紋接合後即可拍照。

圖 12 是實際製作的接環，相機端。此種接環某些廠牌本來就有販售該類配件，原本用於外接廣角鏡或望遠鏡等。某些廠牌並無該配件，齊



圖 12

鼎科技公司則有生產販售此類原廠未提供之配件，楔石企業等也有代理，但是型式並不齊全，某些機型可以買到現成的，但是某些就不行；像我用 Ricoh 的 G3，結果就買不到，因此只好自製了一個，下圖就是成品。



圖 13

圖 13 是自製的接環，望遠鏡端，該接環已經套在目鏡上，此類目鏡與相機的接環太陽光學也有在替顧客訂做，當然人家要賺點錢，大約是幾千元的費用吧。

圖 14 是即將接合的示意圖，圖 15 則是相機端裝上接環的狀態。

這樣的組合會在觀景窗中產生倒立的影像，如果拍天文無所謂，但是拍地面景物在取景時會有



圖 14



圖 15

困擾。所以如果要拍地面景物，最好能找個地面望遠鏡用的正像系統裝在目鏡與物鏡之間。

單眼數位相機與天文望遠鏡的接合

目前數位單眼的價格已經下降，而且使用 APS 尺寸的 CCD，感光範圍



圖 22



圖 23

比原來的底片小，因為天文望遠鏡原來就是窄場儀器，良好的成相範圍設計時就只是著重於中心區的解像力，感光區小一些邊緣影像就不會用到。此外因為夜空影像原來是高反差的星空，所以天文鏡的特性是低反差高解析度，以前用底片拍一定是感覺反差不夠霧濛濛的，但是數位相機易於後製，調一下馬上就可以有大幅改善。不過天文鏡理論上紫光的消色一般都不夠好，因為紫光在夜空中並不明顯，但是用於攝影時則會發生紫邊現象，在長焦距的正規攝影鏡頭上目前多半是應用低色散玻璃以及非球面鏡來解決。

本人是使用 PENTAX 系統，廉價機型 *istDs 一上市就馬上去買了一



圖 24

台，現在將原來有
三十年歷史的
420mm/f7 的物鏡以
及一個 600mm/f7.5

的物鏡拿來組裝，竟然看來也沒有嚴重紫邊，經過後製也還可以用，此部份的圖例就是一些組裝的結果。

有關鏡身的組裝在前面的章節已經示範很多，目前與機身的結合是以一個機身蓋來改裝的，因為目前 PENTAX 的數位單眼機身可以用任何接的上的非自動鏡頭來做光圈優先，所以目前我的接合方法在測光上完全沒有問題，可以用光圈優先也可以用全手動的 M 模式。都可以正確曝光。

以下的連結是一些[範例的照片](#)。



圖 25

一般在裝配對焦裝置時所需要的齒條很難找，自己定做也是划不來，現在拍賣網站上常有一些廉價的小望遠鏡拍賣，價格便宜，上面就有一組好用的塑膠齒條。

左圖是拆解小望遠鏡的圖片，圖 25 是原來的小望遠鏡，圖 26 已將零件拆解，圖 27 是用另一台拆解的小望遠鏡齒條組裝的對焦裝置，接環則是拆解取自一個舊的 PENTAX 接環鏡頭。

如果要將折光鏡裝配在相機上，所用的對焦齒輪組兩個調節輪的距離要大些，因為接相機的管子直徑不能太小，否則會遮住進入相



圖 26

機的光線，調節輪距離不夠就會卡住管子。如果齒條用來裝配望遠鏡目鏡的對焦裝置則可使用比較小的對焦輪，因為一般的望遠鏡調焦所需的管子並不需要太粗。



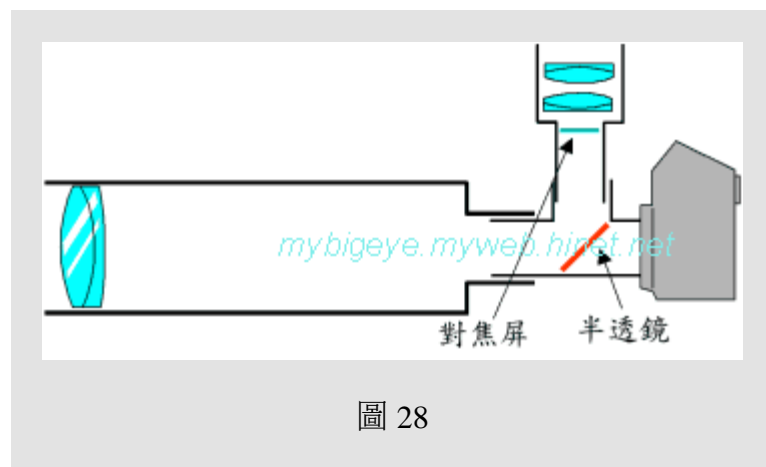
圖 27

天文攝影的對焦

天文攝影其實還有個問題，就是對焦，自動對焦的相機在天文攝影上沒有什麼發揮的機會，對焦屏也會變得很暗。天文攝影如果用數位機其實還有個問題，就是長時間曝光很耗電，電池要準備充足。

一般而言，低亮度並沒有很理想的對焦屏可以用。如果用一般的相機鏡頭，鏡頭本身無限遠準確的話，

拍天文就放在無限遠就好。如果無限遠不準，就要校正無限遠的位置，那要拆鏡頭調整。另一個方法是在白天對好無限遠，在對焦環上做個記號，拍天文的時候對準記號就好。



如果是接望遠鏡的話，比較麻煩，有的是有雙光路，如圖 28，就是接相機之前有個切換光路可以切出來用目鏡對焦或者是半透鏡分一部份光線給對焦目鏡。目鏡前方有個專用的對焦屏，對焦屏幾乎透明，但是上面有些刻痕，對焦時要左右移動眼睛，當星光與刻痕沒有相對移動時就對準了。但實際上也沒那麼好對焦，因為有時很暗。

另外的方法是組合好了之後，找一顆亮星來對焦，或者用月亮對焦。

但是要注意，真正的長焦距望遠鏡不能用地面景物對焦，會有些誤差，還聽人說過有些超長焦望遠鏡中，月亮與星星的焦距會有微小誤差，筆者沒親自驗證過。

早期有一種天文用的對焦屏，沒有磨沙，幾乎全透明，但是中央有十字線，要移動眼睛看星點與十字線有沒有相對移動，如果在同一個平面就不會有相對移動，但是我沒有買過。印象中 1976 年左右的時期好像 Pentax 曾經出產過，不過也許有記錯。

本頁最後修改日期：2007/5/28



[巨眼之門首頁 mybigeye.myweb.hinet.net](http://mybigeye.myweb.hinet.net)