

科學圖書大庫

# 光學儀器叢書

(一~六全一冊)

譯者 王大庚 曹培熙

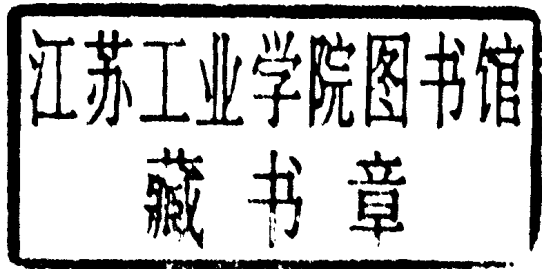
本叢書含下列各書：

1. 望遠鏡光學
2. 自製望遠鏡
3. 光學遊戲
4. 望遠照相鏡頭大全
5. 準直儀與準直
6. 紅外線及其應用

徐氏基金會出版

# 紅外線及其應用

譯者 王大庚



# 目 錄

譯者小言

光譜.....	1
紅外線之基本性質.....	2
使用照相法偵測紅外線.....	2
紅外線光源.....	2
窺望鏡.....	5
瞄準望遠鏡.....	5
電源.....	7
高壓線路.....	8
望遠鏡電路.....	9
瞄準望遠鏡之控制.....	9
瞄準望遠鏡之用途.....	10
自製之紅外線望遠鏡.....	10
紅外線顯微鏡與望遠鏡接合器.....	15
紅外線看守系統.....	19
紅外線通信.....	22

# 紅外線及其應用

## 光 譜

全部之光譜分析如圖 1 所示。自可見之紅光區邊際至無線電微波之上部邊界為止，此一部份屬於紅外線範圍。紅外線不能為肉眼看見，但用特別設計之換像管 (Image Converter Tube)，可以測出其輻射情況。

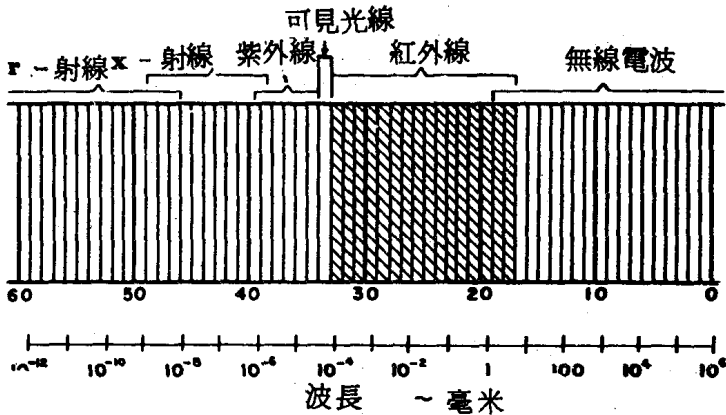


圖 1： 光源

現有之換像管為 1P 25。使用此種換像管之儀器實際上稱為窺望鏡與瞄準望遠鏡。此二者均係二次世界大戰時在黑暗之處用以達成準確之火射擊者。上述二者以及其他之望遠鏡在本書中稍後均有說明。紅外線影像偵測器之典型用途以及如何將其用於各種科學儀器中之說明在本書中亦有論列。其他諸如紅外線照相、紅外線防盜警鈴、紅外線火警器、與紅外線通信等項目亦均討論及之。本書之末附有另件冊，以供願作實驗或自行試造紅外線裝備之人士使用。

### 紅外線之基本性質

電磁波譜之紅外線部份，其特性為光波易被他物吸收而轉變成為熱能，但紅外線之輻射決非熱波。熾熱之物體或燈絲之所以有紅外線發出，乃是因其受熱之故。此種輻射能乃是分子因熱騷動之結果，是一種表面現象。

紅外線輻射之性質與無線電波或光波同，也是以同樣方式經由空氣、真空、或太空中傳播的。紅外線輻射碰到物體易變成熱能之此一事實，使其與其他輻射顯然有別。任何物體若有高於絕對零度之溫度，即發出電磁波之輻射，而有波長在紅外線區域內之特性。絕對溫度之高低決定紅外線輻射之多寡。換言之，即物體愈熱，其所發出之紅外線亦愈多。

傳經空域中之電磁波輻射得為物體吸收之後變為熱能，因之吾人便認為紅外線係熱之輻射，實在並非如此。紅外線并非藉普通所稱之傳導或對流方法而使熱能轉移。使用此種轉移方法，熱須憑藉實質之媒體方可完成。此種轉移乃是熱能之轉移，而非電磁波之輻射。

### 使用照相法偵測紅外線

紅外線區域中之大部份光譜也可使用紅外線軟片、利用照相之方法偵測之。因為紅外線輻射穿經大氣之雲霧，其被吸之程度遠較可見光波為少，故在空中照相中，紅外線照相法被應用得最廣。在業餘照相方面，遠處之背景或其他物體經利用紅外線濾鏡將其照於紅外線軟片上時，其所得之結果常較清楚明晰。

第2圖表示紅外線偵測之照相法。相機之鏡頭對着反射光源之物體，鏡頭之上裝有特製之玻璃，塗上不透明之材料，以遮斷所有之可見光波。如該圖所示，一切之可見光波均被阻止於紅外線濾鏡之外，僅有紅外線之電磁輻射方能使該一特製之軟片曝光。

### 紅外線光源

紅外線光源之製造細節可由各人自行設法，因其只是在鎢絲燈前面裝一濾鏡而已，十分簡單。然而光源與紅外線濾鏡之間須留相當距離，以防所塗之一層不透明材料被熱燒毀。只要記住此一設計上之特點，典型之光源圖便

不難繪成，如第3圖所示。

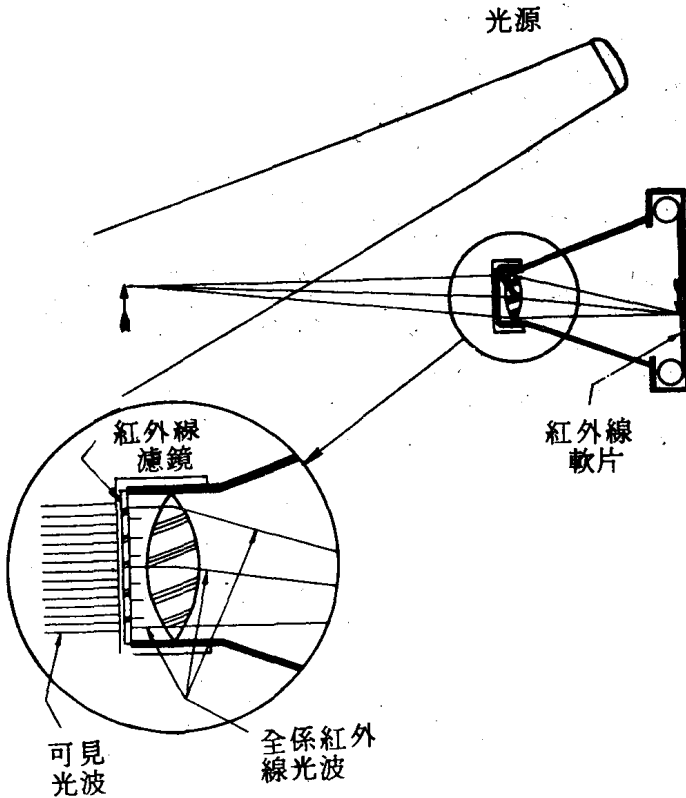


圖 2： 用照相法偵測

此種光源之製造相當簡單，可於數小時內完成之。其切面圖（圖 3）所示者，乃一典型之長方形盒，中有一特製之紅外線濾鏡裝於光源之一邊。空氣進口與上端蓋有百葉窗之空氣出口均係長方形之槽孔，其長度至少為整個盒寬之  $\frac{3}{4}$ 。反光鏡座可用  $\frac{1}{2}$ "厚之木塊製之，中挖一個有斜邊之孔，以安放反光鏡。鏡座之上端與下端可用木螺絲固定兩條薄木片，俾將反光鏡壓住

#### 4 紅外線及其應用

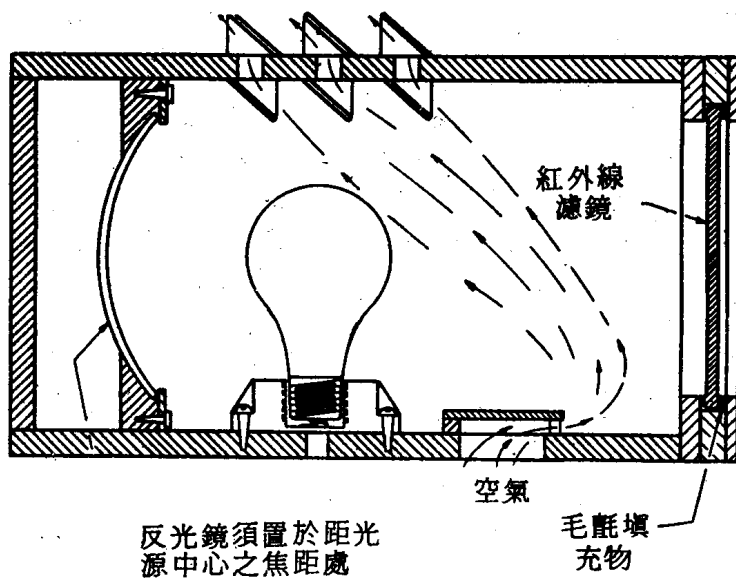


圖 3： 紅外線光源

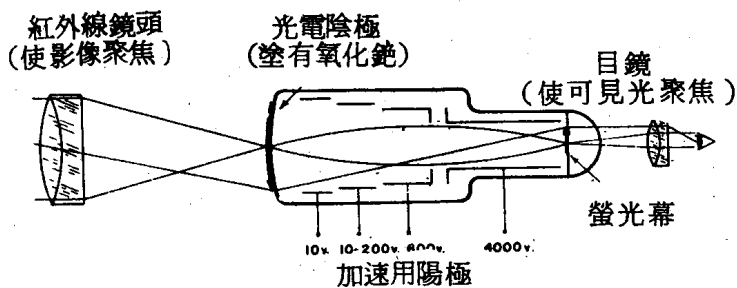


圖 4： 典型之瞄準望遠鏡

之。右邊之紅外線濾鏡係用多塊約  $1/4$ " 厚之長方形木片夾住之。充填毛氈之作用在作為濾鏡之緩衝墊，將光密封，以防止可見之散光漏出。

光源（或燈泡）之強度至少應為 30 瓦特。要能有較大之範圍，可用 100 至 300 瓦特之洪光燈代替通常之燈泡與反光鏡。如用洪光燈，其裝置之處至少離開鏡頭 4 至 6 吋。密封而發出光束之車燈亦可使用，裝於距離濾鏡至少 3' 之處。紅外線濾鏡之溫度決不可讓其超過不能用手相觸之程度。

紅外線輻射不能為肉眼看見，前已提及，因此，紅外線望遠鏡或其他之觀望器具，其基本之部分乃是換像管。在陳品市場上有二類現成之換像管可以購到，此即美國之 1P25 與英國之 CR1-143, CV-147, CV-148 及其他等程式。兩類換像管之作用原理，都非常相似。

圖 4 之 1P25 管包含有一個半透明之光電陰極（photocathode），上塗以氧化鎂，及一個螢光幕、與一個集焦用之靜電光學系統。物體經過如圖所示之典型鏡頭系統後，將其焦點投射於光電陰極上。該光電陰極乃依紅外線輻射之多寡，發射電子於螢光幕上。

自此陰極起，電子乃隨成一系列的陽極電位之高低而成一曲線路徑，導經該管而前往螢光幕。電子撞著螢光幕後即發綠光，其形態之變化與被觀察之物體一樣。應當指出者，即光電陰極所投射出之影像乃是倒影，然後方在螢光幕上映出正像。此一過程與簡易光學系統之基本原理毫無二致。

英式換像管與美式者稍有不同。英式管無靜電集焦系統，而係有賴於光電陰極與螢光幕二者密切靠近。此等管子之一的作用如圖 5 所示。在此種系統中所出現之影像并非正立，因之須有改正作用之目鏡方能看出直立之正像。

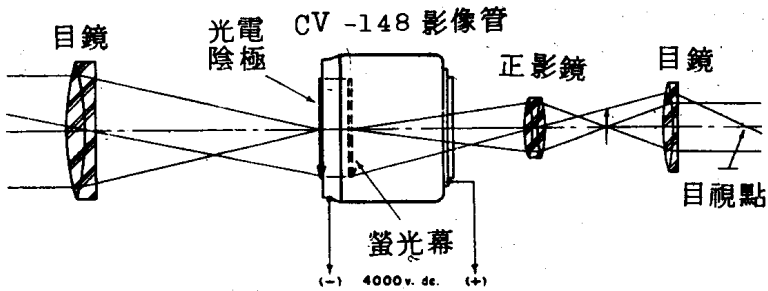
## 窺望鏡

窺望鏡之典型構造如圖 6 所示。該圖所示之構造包括一具 1P25 換像管、一個球面鏡、一個平面鏡、及一片許密特改正板（Schmidt Corrector Plate）。本窺望鏡較瞄準望遠鏡為優之處乃係其具有能讓較多之光線碰到換像管之特性。

## 瞄準望遠鏡

有很多種之紅外線偵測儀可用各種現成可用之陳品由個人自行設計製作之。此種望遠鏡之一將於本書中稍後再行描述。然而，凡屬希望有一具完善





註：4000 V. AC. 之電流得使用之，  
唯其清晰度減低。

圖 5： 英式換像管之望遠鏡系統

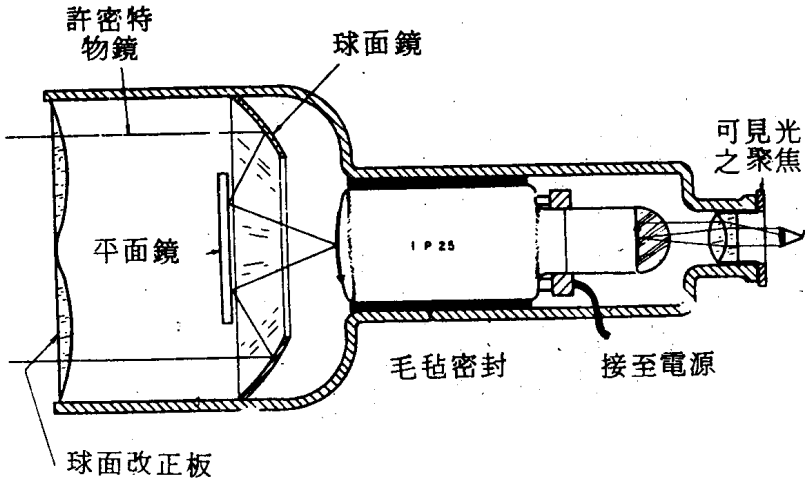


圖 6： 窺望鏡之構造



圖 7： 紅外線瞄準望遠鏡

之商製紅外線偵測儀之人士，市上有現成之整具瞄準望遠鏡可以供應（見零件冊）。此等儀器也可依個人之願望，購買各個分件而裝成之。整具瞄準望遠鏡之各個分件為：鏡體、電源、光源、與鏡柄，如第 7 圖。

## 電 源

瞄準望遠鏡之電源（圖 8）乃是一個有振盪器之電源盒，將輸入之 6 伏特電壓變換成所需之高壓，以供此一望遠鏡之用。此項電源亦可以 6 伏特之交流電激勵升高之。所需之零件包括一個 6 伏特之變壓器、一個開關、兩個柱狀接合桿、連接用之電源、焊錫、以及容納整個組合作之外盒。柱狀接合桿係用以接合瞄準望遠鏡上電源供應之相配插頭之用。上述各零件之資料請參

## 8 紅外線及其應用

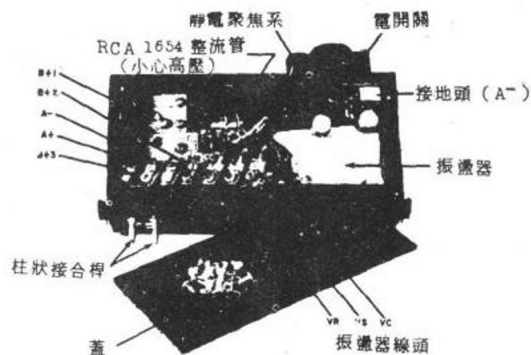
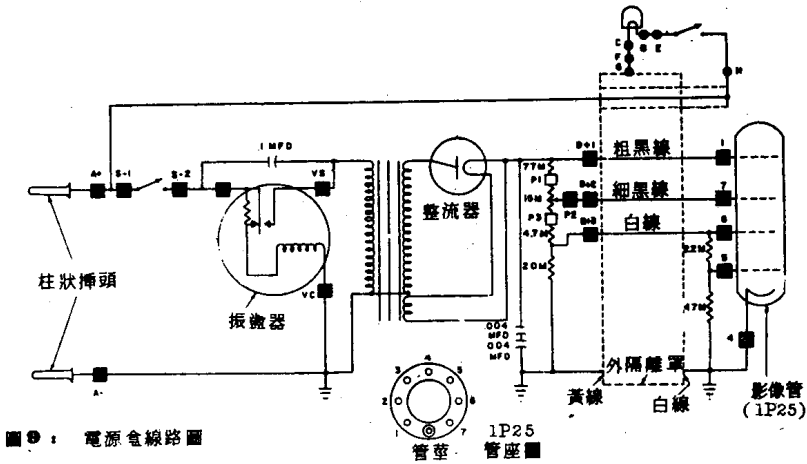


圖 8：電源盒

閱本書末所附之零件冊。

### 高壓線路

基本之電源供應線路如圖 9 所示。由於振盪器截斷主線圈電路之作用，變壓器副線圈之接頭處乃產生斷續之高電壓。該一電壓加於整流管之屏極，乃在於 B + 1 端相連之整流器燈絲上出現高壓，約為 4,250 伏。其他加於望遠鏡上之 D. C. 電位，係從分壓網路之抽頭處獲得之。此項分壓器之第一部份係藏於電源盒之次組合件內，在接線板之下，而接於 B + 1 與 P1 端，其電阻為 77 兆歐姆。分壓器之第二部份為 15 兆歐姆之電位器，連於接頭 P1 與 P3 之間。可移動之臂連至 P2，再經過內部連至接頭 B + 2。此種連接法所供給之可變電壓為自 350 伏至 750 伏，以供聚焦電極之用。



## 望遠鏡電路

望遠鏡之內部電路為 B + 1、B + 2、B + 3、與 A - (地線) 等結點所組成，係分別自管座之線頭 1、7、6、4 所引出。20 伏之電壓可由插座線頭 5 處取出，藉在線頭 6 與 5 之間接上電阻後供應。此項電源供應極其低微，因為真空管只需極小之電流即可發生作用。

電源供應中之零件并非均可更換，因為有好幾個分件係密封於蠟中以防受潮。例如下列之各個分件均係密封成一整體而不可更換，此即：一個 0.1 微法拉之電容器，一個 5.7 兆歐姆之電阻器，4 個 20 兆歐姆之電阻器，與一個變壓器。不過此等分件均較穩定，通常不需更換。萬一其中某一分件失效，此一次組合件只好整個換新。詳見零件冊。此項電源供應一經換新，其電位器、電開關、整流管、與振盪器等須將之拆下，留供新的次組合件之用。

## 瞄準望遠鏡之控制

1. 望遠鏡與電源用之電開關 電源與望遠鏡二者均係由電源供應器底部之外電開關控制之。該電開關用一種由軟橡皮所製之防水套管而加以保護。將電開關向右扭 (順時鐘方向)，電源與望遠鏡即接通；向左扭 (反時鐘方向)，電源即被切斷。

2. 光源 光源之電開關裝在光源手柄上，握住手柄，用掌力下壓，電開關即接合而通電。

3. 物鏡焦點調整 物鏡焦點之控制乃是由一個裝在望遠鏡前端之滾花圓環為之。轉動此一圓環可將物鏡前後移動，而將自影像而來之紅外線輻射聚焦於影像管上。

4. 目鏡焦點調整 目鏡之焦點係由目鏡組零件前部之滾花寬環控制之。轉動此環，目鏡即前後移動，而將影像聚集於螢光幕上以合於各人之目光焦點。

5. 目鏡鎖緊環 目鏡鎖緊環為一狹窄之滾花圓環，位於目鏡組零件之最後端。變更目鏡焦點之前須將其鬆開，調整至適當之焦點後即將其旋緊。

6. 靜電聚焦 望遠鏡之靜電聚焦作用由裝於電源供應器上之內鈕控制之。轉動此鈕即調整該供應器內之電位器而改變影像管上一個陽極之電壓。慢慢轉動此鈕，直至獲得極佳之焦點為止。

### 瞄準望遠鏡之用途

瞄準望遠鏡適合於很多方面之各種用途，例如在美國較大城市中之某些地方，警察即賴以供作夜間巡邏之用。該鏡可用手持以監視黑暗地區，或裝在鎮暴槍上作正規之巡邏與搜捕工作。

消防人員亦發現瞄準望遠鏡有其用途，特別是在急欲找出火源時，在濃烟籠罩下找出燃燒的物體極其有用。瞄準望遠鏡亦可藉輔助的密接鏡頭之助而用於距離極近之觀察，因之能適於實驗室各種工作，諸如檢查眼睛、分析光譜、以及用於程序管制等方面。

### 自製之紅外線望遠鏡

本書中所述之家中自製紅外線望遠鏡主係用 1P25 換像管而設計製作。1P25 在許多方面優於英式之 CV-138 換像管，因其能映出正像，大大簡化了光學系統之構造，而且其清晰度與黑白對比亦遠優於英式管。然而英式管在電路方面卻不似 1P25 繁雜，因其僅需兩根電線即可操作。職是之故，對此一使用 CV-148 換像管而自製之望遠鏡，在本書中亦簡要提及。

1. 光學設計 設計紅外線望遠鏡光學系統之主要考慮因素乃是物鏡之速率，或其  $f$  光圈。宜於使用之最佳物鏡，乃是直徑不小於 25 毫米而其孔

徑比為  $f/2.5$  或更快者。此一規則初看之似乎很嚴，但因此等透鏡毋須具有照相方面之品質，故本段中所述之透鏡系統不難製作。

圖 10 中之 A. B. C. 三圖說明此三類紅外線望遠鏡之基本光學系統。圖 10A 所示之系統乃是用於英製之 CV - 148 換像管者，其詳細之構造未曾顯示，但是一個類似下列所述之望遠鏡還是可以造成。正如以前所述，英式換像管內部無改正影像之系統，如需使像正立，還得加上一種光學系統。因之此類透鏡之光學系統包括一個物鏡、二個正像鏡、及由兩個目鏡所排列而成之對稱目鏡。一種單倍望遠鏡所宜採用之透鏡大小與排列距離在所附之圖中均有註明。

圖 10 B 與圖 10 C 說明使用 1P25 換像管之二種光學系統。圖 10 B 中之望遠鏡係  $1\frac{1}{2}$  倍，而圖 10 C 中者則為  $2\frac{1}{2}$  倍。二者之構造相似，均係使用同一之影像變換組件。每一望遠鏡有一物鏡及一對稱之目鏡，影像改正器則無必要。對稱目鏡之所以採用，係因其與其他大多數之目鏡排列相比可得較大之目隙 (eye relief)。二圖中各透鏡安排之正確距離係以毫米計，然而此種排列距離均係依據可見光之各種波而規定，故製作此種望遠鏡以適應紅外線時需要稍加調整。此種情形對於物鏡之排列距離亦屬真實。因為物鏡乃是需要通過紅外線之唯一透鏡也。

2 影像變換組 圖 10 中所示之兩種紅外線望遠鏡，其設計在使物鏡與目鏡可以互相調換。因此各望遠鏡在倍率方面之組合可從  $1\frac{1}{2}$  至  $2\frac{1}{2}$  倍。此等範圍對於一般之紅外線探照相當適合，在距離 200 呎以下配以適當之光源時甚為有用。強大之倍數意即物鏡需有較長之焦距，且為使孔徑保持最小之  $f/25$ ，高倍數又需較大之直徑，價錢昂貴。唯一可供採擇之辦法乃是使用可能獲得之最大直徑的透鏡，配以極強之紅外線光源，或特別設計之物鏡。例如一種 5 倍之物鏡孔徑為  $f/3.0$  者，現今或許可能獲得，此類透鏡係特別設計供紅外線用者（見本書末之零件冊），包括一個  $3\frac{1}{2}$  之紅外線消色差透鏡，其焦距約為  $10\frac{1}{2}$  吋。

圖 11 A 所示之影像變換組係專為 1P25 影像管而設計。其主要之外殼為  $5\frac{1}{2}$  吋長、 $1\frac{13}{16}$  吋外徑之黃銅管所製成，管壁厚度為  $\frac{1}{32}$  吋。距管端 1 吋處鑽有一個  $\frac{3}{8}$  吋孔以容納  $\frac{3}{8}$  吋之橡皮護圈。影像管係用  $3\frac{3}{8}$  吋長之毛毡包圍於管之周圍而安置之。該毛毡之厚度須夠，以便將影像管裹牢。毛毡須有之厚度一經確定後，即用膠水將其黏牢於適當之位置。在橡皮護圈之另一邊鑽兩個小孔，以便容納小的銅片螺釘。此等螺釘係用以作為對準焦點之支點，如圖 14 所示。影像變換組之內部應漆成沒有光澤之黑色，以減

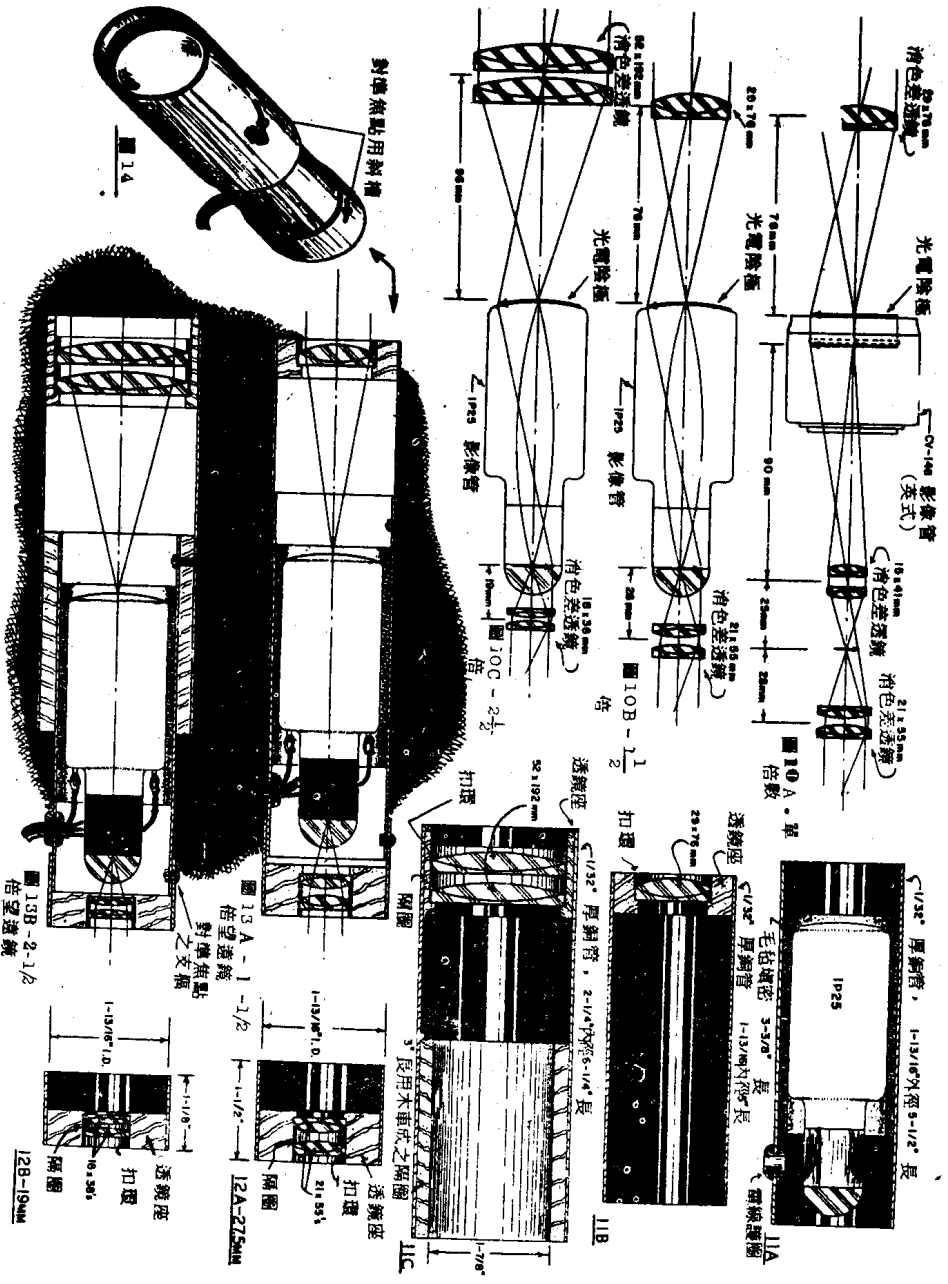


圖 10-14 : 各種紅外線望遠鏡之構造

少散光之反射，漆一乾後，影像管即可依圖所示之位置安放。影像管不要永久膠牢或固定，因其必須保持可以扭動之狀態。注意：影像管之腳銷不要突出於毡墊之外。操作影像管所需之高壓即以此毡墊為絕緣體。

連至影像管之電路係使用自 7 脚小電子管插座上拆下之連接器製成，因為此種 1P25 管之特種插座非常不易獲得。所用之電線，其絕緣體須能承受 5,000 伏特之高壓而不破壞。所有之電線均自橡皮護圈中引出，并逐一小心標以腳銷之號碼，俾能妥當的連至電源而不致發生錯誤。1P25 管座之正確接法如圖 9 所示。

3. 關於 CV - 148 影像變換組之備註 此種英式影像變換管在作用上不及 1P25 管優異，故使用此種英式管之影像變換組未在本書中列述。然而為便於業已持有 CV - 148 管或與之相當者之人士參考起見，特作如下之說明。

該影像管外壳係用  $1/32$  吋厚之黃銅管製成，其尺寸為  $4\frac{1}{2}$  吋長  $\times$   $2\frac{1}{4}$  吋內徑。圖 5 中所示兩根電源線之接法，極易用一指寬之薄銅片連於高壓之引線，然後部份繞於影像管兩端之各環上而製成之。銅片接上後，該管須用一層厚膠布包裹或套入一根  $1\frac{15}{16}$  吋內徑之電木管中。影像管連同其絕緣線再套入黃銅外壳中，使其有石墨環之一端約離外壳之尾端 1 吋。該兩根電線須從橡皮護圈中引出，并作以記號，以便能妥當的連至電源而不致發生錯誤。影像管目視之一端須蓋上  $1/16$  吋之透明塑膠圓片，以免使影像改正系統之黃銅管與高壓線頭發生接觸。該塑膠圓片須壓入黃銅外壳內，使其成為牢固而永久之裝置。

4. 物鏡之安裝 兩種物鏡組如圖 11 之 B 與 C 所示。此兩種物鏡之設計係可以將其互相交換，因之可讓裝用者為自己之望遠鏡選擇其倍數。 $1\frac{1}{2}$  倍者（圖 10 B），其物鏡之裝法如圖 11 B 所示。該一裝置之外壳係用 5 吋長、 $1/32$  吋厚之黃銅管製成，其內部表面漆以沒有光澤之黑漆。管之內徑約為  $1\frac{13}{16}$  吋，因之可組成一套滑動配合之影像變換組。物鏡外壳之內部約有 3 吋不要塗漆，以免影像變換組咬住，不能滑動。

該  $29 \times 76$  毫米之物鏡係利用一種車成或雕成之木質透鏡座而裝於金屬外壳之一端，用一個紙板或金屬製之扣環將透鏡固定之。此等物件可用少量之家用膠水將之黏住。

至於  $2\frac{1}{2}$  倍者（圖 10 C），其物鏡之裝法如圖 11 C 所示。兩個相同之透鏡緊裝在一起，以成為一個雙物鏡系統。兩個透鏡之裝法均係曲面向外。因為每一透鏡均係 52 毫米之直徑及 192 毫米之焦距，故由此組合而成



之系統有一約為  $f/2.0$  之相對孔徑與一約為 96 毫米之組合焦距。

物鏡之外壳包括一根  $6\frac{1}{4}$ 吋長、 $\frac{1}{32}$ 吋厚、漆成黑色之黃銅管，與一個用木車成內徑  $1\frac{7}{8}$ 吋之隔圈。黃銅管之內徑為  $2\frac{1}{4}$ 吋，而木質隔圈之長度為 3吋，如圖 11 C 所示。該隔圈之作用為使影像管與物鏡座之間有一滑動配合。兩個  $52 \times 192$ 毫米之物鏡係緊裝在一起，鏡面之曲率大者向外，如圖所示。用一個小的扣環當作隔圈，使透鏡緊裝於鏡座內而不相接觸。另用一扣環將此一系統固定，不使其位置變動。此等物件可按前述之辦法，用少量之家用膠水黏牢之。

上述之任一物鏡組均可藉一條細小之斜槽使物鏡之焦點正確調整之，其大略之圖形如圖 14 所示。所用之斜槽須有相當之長度，俾使物鏡之直線移動能有  $\frac{3}{4}$ 吋。槽之中心點離每一物鏡之開口端約為  $2\frac{1}{2}$ 吋。將一個小的銅片螺絲釘穿經此槽，伸入影像變換組內之孔中，即可用以調整焦點。目鏡之焦點調整辦法也是使用同一方式。

換像管不僅對紅外線敏感，對於可見之藍光區與紫外線區之光線亦然。在某些應用上此一性質也許是一項缺點，故而一個諸如 Wratten 87C 之紅外線濾鏡可加裝於此一物鏡系統內，其位置不是在透鏡之前方便是緊接其後。此一辦法可在換像管上獲得一個比較清楚之焦點，因為紅外線影像與由可見光線而造成之影像二者之焦點係各自位於稍許不同之平面上的緣故。然而，此種濾鏡將會減低望遠鏡之靈敏度，故僅在必要時方得使用。變通之法為使用一個普通照相用之紅色濾鏡，此可消除藍光與紫外線之波長，對於整個靈敏度只稍有減低而已。

5. 目鏡組 二種不同之目鏡如圖 12A 與 12 B。其中一個之有效焦距為 7.5 毫米，另一之有效焦距為 19.0 毫米。此可讓裝用者為任一特別之望遠鏡選擇如下之倍數：

27.5 毫米者之倍數		19.0 毫米者之倍數
物 鏡	目 鏡	目 鏡
29×76	1.5×	2.0×
52×96	1.75×	2.5×

目鏡組之構造恰如較大之物鏡組，所有之尺寸均於圖 12 A 與 12 B 中列出。斜槽可以鑽成或銼成，其中心距離每一目鏡之開口端  $\frac{3}{8}$ 吋。如此便可照以前所述調整焦點。唯一需要注意之點乃是務使各透鏡裝牢，彼此平行，