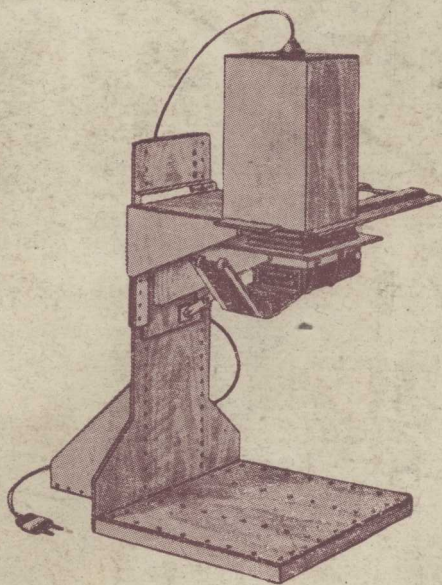


青年光學用具

吳定洪編著



中國科學圖書儀器公司
出版

青年光學用算

吳定洪編著

中國科學圖書儀器公司

出版

內 容 介 紹

本書敘述觀望、攝影、放映及繪圖方面的光學用具十七種，介紹簡單原理並詳細說明製造和應用方法等等。內容淺顯，極易為青年讀者所瞭解，每種用具的製法說明中，俱有豐富的插圖，可資模仿。

本書主要為供讀者自行製造時作參考之用，但亦極適合中小學校採為勞作教材，同時亦可供學校中自製光學實驗儀器時作為參考資料。

青 年 光 學 用 具

編 著 者 吳 定 洪

出 版 刷 者 中 國 科 學 國 書 儀 器 公 司
上海延安中路 537 號 電話 64545

總 經 售 中 國 國 書 發 行 公 司

★ 有 版 權 ★

TS, 4—0.10 32 開 44 頁 58 千字 每千冊用紙 2.75 令
新定價 ¥ 3,000 1954 年 4 月初版 0001—8000

上海市書刊出版業營業許可證出零貳柒號

目 錄

一、前言.....	1
二、觀望用具.....	7
1. 潛望鏡.....	7
2. 隔牆觀望鏡.....	8
3. 水下觀測筒.....	9
4. 顯微鏡.....	11
5. 望遠鏡.....	16
6. 捲片觀影器.....	19
7. 立體觀影器.....	22
三、攝影用具.....	27
8. 針孔攝影機.....	27
9. 照片放大機.....	32
10. 圖片翻攝機.....	39
11. 顯微攝影機.....	46
12. 立體攝影機.....	50
四、放映及繪畫用具.....	55
13. 單片幻燈機.....	55
14. 捲片幻燈機.....	61
15. 講台幻燈機.....	64
16. 圖片反射機.....	67
17. 反射繪畫器.....	71
五、結語.....	74

一、前 言

“太陽”從東山升起，光芒照耀到大地上。人們在陽光下開始了一天的生活，開始了一天的勞動，進行着與自然界的鬥爭。

到了晚間，太陽已經下山，大地上呈現了黑暗。但人們仍須生活，仍須工作，便應用了“燈”來給我們以光明。

太陽和燈，都是發光體，它們所發出的光線是人們在生活和工作中所不可缺少的東西。有了光線，人們的眼睛才起作用，能看到一切，這樣就幫助了人們進行勞動和鬥爭。於是，眼睛和光線就發生了密不可分的關係。

“眼睛”是我們的感覺器官之一，人們除了感覺器官外，還有理智。當感覺器官告訴我們什麼以後，就會憑藉理智的幫助，而反過來對它們進一步地去研究。

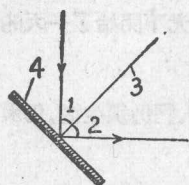
那麼光線告訴我們些什麼呢？我們又怎樣對它進行研究呢？

首先，光線告訴我們：它在一般的情況下，是沿着直線進行的。例如：太陽在我們的上方時，才有陽光射來；等到地球轉過去以後，太陽在我們的下方時，就變成了黑暗。這是人們的眼睛最容易感覺到的。所以人眼的直接觀察，由於光線直進的限制，就僅限於眼前的物體。至於旁邊、背後、以及物體後面的東西都看不見，甚至於連自己都看不見自己。但人們會向自然界作鬥爭，而偏偏要看到這些。於是，就開始了進一步的研究。

要想看到眼前以外的東西，就要想辦法來改變光線進行的路程；不讓它永遠直進，而要它轉彎。最簡單的方法是我們大家都知道的：“鏡子”能使

光線“反射”。當我們對着鏡子的時候，可以看到自己，這是因為射入鏡子的光線遇到鏡面後，折返回來，而達到我們的眼睛，於是就看到了自己的影像。

圖1說明了鏡子反射光線的原理。射入鏡面的光線，它和鏡面的垂直



線所交成的角，叫做“入射角”。光線遇到鏡面後反射出來的光線，它和垂直線所交成的角，叫做“反射角”，這反射角是一定等於入射角的。當我們觀看時，眼睛平平地對着斜放的鏡子，可以看到上面的東西。這就是說：光線已經轉了彎，改變了它的路程。

圖1 鏡子反射光線

1.入射角 2.反射角

3.垂直線 4.鏡子

在照鏡子的時候，我們一定會注意到一件事；從鏡子中看到的像，與原來的正好左右相反，徽章上的字

會變成反的。這是什麼緣故呢？從圖2上即可明瞭這一點。

鏡前的“上”字，從鏡面反射出來後，我們從前面看去，左右的方向正好相反，而上下仍然不變。

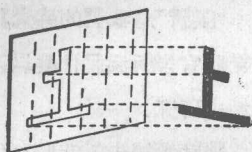


圖2 物與像

在許多“光學用具”中，都應用了這種“平面反光鏡”來改變光線進行的路程，例如“潛望鏡”就是應用了這個方法而做成的。

除了上面所說的平面反光鏡外，還有曲面的反光鏡，它有凸面的和凹面的兩種。在光學用具中應用到的很多是“凹面反光鏡”，就是一面圓的鏡子，它的反光面在凹進去的一面。

凹面反光鏡的曲面，實際上是圓球表面的一部份(如圖3)。這圓的中心到鏡面中心之間的連線叫做“光軸”，在它一半地方的那一點叫做“焦點”。凡是平行於光軸的光線射進反光鏡時，就折向焦點的方向去；所以

凹面反光鏡除了能反射光線外，還能使反射出來的光線聚攏，而加強其亮度。因此在光學用具中，就經常把它放在發光體的後面，使光源向後照射的光線，聚攏反射回來，以增加前面的亮度。例如在“幻燈機”裏就是這樣應用它的。

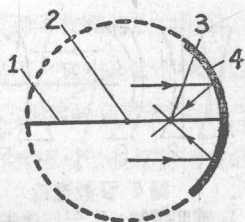


圖3 凹面反光鏡

1. 光軸 2. 圓心
3. 焦點 4. 凹面反光鏡

我們已經有辦法叫光線往回走了。現在我們想要它向前走，但是要轉一個不太大的彎，因為這樣可以改變物體影像的大小。那麼就讓我們來對光線再作進一步的研究吧！

要光線屈折，這並不困難。如圖4上，有一個盛水器，拿一根筷子斜插

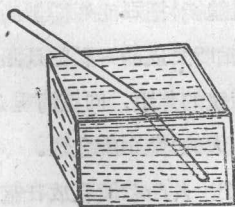


圖4 光線進入水裏
折屈的情形

在水裏，從側面就可以很清楚地看見筷子不是直的，而是屈折的了。實際上筷子並沒有彎屈，這是光線進入水裏後，發生了屈折的情形。

光線不但進入水裏有這現象，進入其它物體特別是進入到玻璃裏，或由玻璃裏射出來，都有這種現象。我們爲了要控制光線屈折的程度，就應用了有曲面的玻璃，叫做“透鏡”。它的曲面也是

圓球表面的一部份，它的種類可以分爲二

類：第一類是邊緣薄、中間厚的“凸透鏡”。凡平行於光軸的光線通過它以後，可以會聚在一點上（如圖5），所以又叫它“會聚透鏡”。它的形狀有雙凸、平凸和凹凸三種。

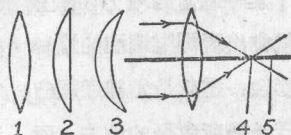


圖5 會聚透鏡

1. 雙凸透鏡 2. 平凸透鏡
3. 凹凸透鏡 4. 焦點 5. 光軸

第二類是邊緣厚、中間薄的“凹透鏡”。

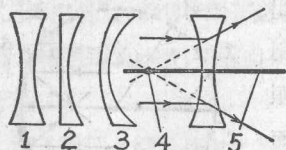


圖 6 發散透鏡

1. 雙凹透鏡 2. 平凹透鏡
3. 凸凹透鏡 4. 焦點 5. 光軸

凡平行於光軸的光線通過它以後，將向外發散(如圖 6)，所以又叫它“發散透鏡”。它的形狀也有三種，即雙凹、平凹和凸凹。透鏡怎樣控制光線屈折程度的呢？試在陽光下拿一片凸透鏡對着白紙，上下移動透鏡對光，到一定距離時，紙上會出現一個極小的光點。如果多等一會兒，那個地方就會燒焦起來。這個光點叫做“焦點”。從透鏡中心到焦點之間的距離叫“焦距”。每一個凸透鏡都有它一定的焦距，凸透鏡的凸度愈大，焦距就愈短。這樣，只要選擇凸度適當的透鏡，就可以控制住了光線屈折的程度。

至於凹透鏡也有焦點和焦距，不過在陽光下試不出來，因為它是發散的。但我們可以從圖上來瞭解它。光線通過凹透鏡後，把那向外發散的光線往後延長，如圖 6 中的虛線所示，在那裏與光軸所交成的一點就是凹透鏡的焦點，從這一點到透鏡中心的距離就是凹透鏡的焦距。同樣情況，每個凹透鏡都有它一定的焦點和焦距；凡是凹度愈大的，焦距就愈短。

我們明白了這些道理之後，可以做一個試驗。把一片凸透鏡直放在電燈泡的前面，使它們之間的距離大於透鏡的焦距(如圖 7)。在前面再放一塊白幕，把它前後移動，到了某一適當的地方，幕上就會出現那電燈泡的燈絲影像。這就是光線通過凸透鏡後所會聚的地方。所聚成的燈絲影像比原來電燈泡中的要大，而且仍很

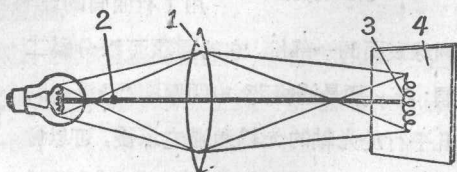


圖 7 凸透鏡成像圖

1. 凸透鏡 2. 焦點
3. 燈絲的影像 4. 白幕

清晰。於是知道，凸透鏡把光線屈折後，使我們看到了物體的放大影像。

但是光線通過凸透鏡後，所屈折的路程，有時候不一定完全合乎我們的理想，因為透鏡有它本身的缺點。這時，就利用凹透鏡的發散能力，和凸透鏡在一起配合起來，校正屈折的方向。這樣，就組成了複雜而精確的“複透鏡”。

現在，我們已經又得到了一種控制光線的方法。如果再想繼續對光線進行研究，那還有許多許多東西，暫先，我們就研究到這裏。因為僅僅用到“反光鏡”和“透鏡”的光學用具，已經足供我們進行研究和製作了。

就拿“顯微鏡”和“望遠鏡”來說罷，它們只不過是用二片透鏡組合起來的東西，然而自從開始到現在，已經作了無數次的改進。並且，科學家們有了這個用具後，研究了小到微生物的種類和形狀，大到太陽和星球的運動，更結合了與人生有關的各種科學如：病菌的傳染、物質的細微構造、氣象的變化、電波的放射、紅外線和紫外線的功用等等，給人類創造了更多的幸福。

還有僅用一個透鏡做成的“攝影機”，已經有一百餘年的歷史了。自從最初的老攝影機一直發展到現代新型的攝影機，更進一步而發展到了“立體的攝影機”。有了它們，可以記錄事物、傳遞新聞，使人們得到了更豐富的文化生活。

再說“幻燈”吧！從我國漢武帝時代的“燈影戲”開始，已有二千多年了。而現在却出現了各式各樣的幻燈，可供我們使用。使我們從它那裏得到正確的宣傳和教育，特別是使偏僻農村裏的農民們，得到了新的文化食糧。

這些，都是由於人們認識了自然界中的光線，同時結合了其它的科學，再加以研究、創造和改進後的勞動成果，也就是向自然界作鬥爭後所得到

的收穫。這些成果和收穫具體表現在那裏呢？下面所要談到的就是其中的一部份。

現在，就讓我們開始把光學用具一件一件地進行研究和製作吧！

二、觀望用具

1. 潛望鏡

在1834年，俄羅斯的將軍希立傑爾試驗他自己設計的潛水艇的時候，就在艇上使用了潛望鏡。他在水裏面，只要把潛望鏡的頭豎起來伸到水上，就可以偵察到外面的一切情況，用不到自己昇出到水面上來了。

後來，在陸地上也應用了它，戰士們伏在戰壕裏，利用這潛望鏡來窺探外面敵人的動作。

潛望鏡到底是個什麼東西呢？它怎麼會有這樣的功用呢？讓我們來研究一下吧！

潛望鏡是根據了平面鏡反射光線的原理而做成的。我們拿一面鏡子斜放在前面（如圖8），如果是向上傾斜45度角的，那我們就可以從鏡子裏看見上面的東西；如果是向下傾斜45度角的，那我們就可以從鏡子裏看見下面的東西。這是因為光線射

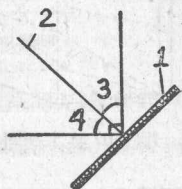


圖8 平面鏡反射圖
1. 平面鏡 2. 垂直線
3. 射入角 4. 反射角

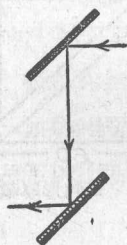


圖9 二面鏡子反射圖

到平面鏡上再反射出去時，它的射入角是等於反射角的緣故。所以從上面射來的光線和鏡面的垂直線交成的角度是45度，也就是射入角等於45度。這樣，反射出來的光線和鏡面的垂直線也成45度角，就是反射角等於45度。於是，就成為90度的直角，而從水平方向射出去了。

現在，再加上一塊平面鏡，放成像圖9的樣子，使從右面射來的光線，給第一面鏡子反射到下面去，遇到了第二面鏡

子，又反射到左面去了。如果我們從下面觀看，當然就可以看到上面的東西了。

在潛水艇或戰地上用的潛望鏡是比較複雜的，但是一架簡單的潛望鏡，是人人都能做的。所需要的材料是二面小方鏡子、硬厚紙、花紙和漿糊

等。做的方法，只要按照下面的步驟：

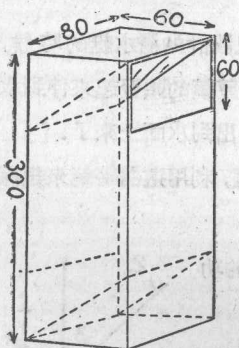


圖 10 長方形匣子

先用硬厚紙做一個長方形匣子。它的一邊是 60 毫米、另一邊是 80 毫米，長約 300 毫米，或再長些（如圖 10）。在匣子前面的最上端開一個方孔，它的大小是寬 80 毫米、高 60 毫米。再在匣子背後的最下端也開一個同樣大小的方孔。

然後把兩面鏡子各裝在上下兩個方孔裏。裝的時候，先在每一個孔內的兩側，各貼上兩塊三角形厚紙，大小如圖 11 所示，中間留出一條縫，讓鏡子的兩邊正好插在孔內兩側的這二條縫內，就可以使鏡子傾斜成為 45 度的角了。口上再用紙條貼住鏡邊和紙匣，不使鏡子落下。

最後在紙匣外糊以花紙，或繪以圖案，使增加美觀。

現在潛望鏡已經做成，你從下面的孔內觀望，就可以看見上面前方的東西了。

如果看不到上面的東西，或者只看見一小部份，那是因為鏡子傾斜的角度沒有放準，須要重新安裝。

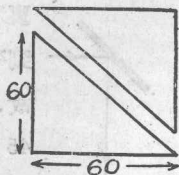


圖 11 三角形厚紙

2. 隔牆觀望鏡

從上面我們已經知道了潛望鏡的原理和製法。如果把它再進一步，做

得比較複雜些，就可以做得一種更加有趣的光學用具，叫做“隔牆觀望鏡”的。

它的原理和潛望鏡相仿，也是利用傾斜 45 度角的平面鏡，把光線折成 90 度的角反射出去。不過這裏所用的鏡子一共要四塊，它們的作用是把直進的光線繞一道彎，再射出去。見圖 12 所示，(1)(2)(3)(4)是四塊斜

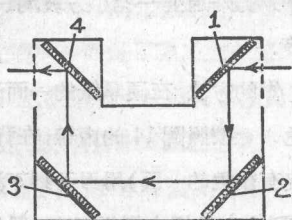


圖 12 隔牆觀望鏡中光線進行路程

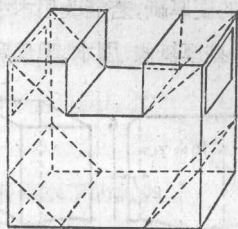


圖 13 凹形紙匣

放着的鏡子，上面兩塊向下，下面兩塊向上。從右面射來的光線，被鏡子(1)反射向下面去，遇到鏡子(2)，被反射向左面去，遇到鏡子(3)，又反射到上面去，遇到了鏡子(4)再反射向左面去。

現在，我們用硬厚紙照圖 13 做一個凹形的紙匣，左右兩側的上端，各開一個方孔，匣內照上面所說的位置按裝四塊同樣大小的鏡子。至於它們的尺寸，可以根據鏡子的大小，自己來設計。

做好了之後，把眼睛從一側的方孔中看去，就能看到對面的東西了。

如果我們把這個“隔牆觀望鏡”裝在門上或是牆壁上，那麼躲在房間裏就可以看到外面的一切了。

3. 水下觀測筒

在池塘及小河的水底下，住着許多魚、蟹、蝦等，甚至於還會有奇怪的水

族動物，他們逍遙自在地在那裏遊玩。如果能到水下去看看他們的行動，那是多麼有趣的事呢？但是要潛入到水裏是很麻煩的，即使到了水裏，給他們知道了，他們就會趕快游開，不讓你看見了。要想達到這個目的，最簡單的方法，就是做一個“水下觀測筒”來觀看。

做“水下觀測筒”需要的材料，是一張長一米（一米等於一千毫米）、寬三百毫米的硬厚紙，若能改用木板則更好。另外還要一塊小方玻璃、一張牛皮紙、一些厚紙條、膠水、黑墨和油漆等。

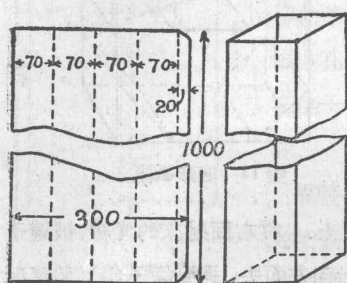


圖 14 長方筒

做的方法：在硬厚紙的一面滿塗黑色。按照圖 14 的虛線，在背面（即沒有塗色的一面）用刀子刻下淺的切痕，小心地把它彎折起來，黑的一面彎在裏面，然後膠住邊緣，做成一個長的方筒。

在筒的一端，裝上小方玻璃，這一端是要浸入水中去的。先在筒口內貼一個小紙框，把玻璃切成與筒口一樣的大小後放進去，再貼一個相同的小紙框，這樣，玻璃就在筒口內被這兩個小紙框夾住了（圖 15）。

筒外全部包貼牛皮紙。在有玻璃的一端，要把玻璃四周的紙框一起貼沒，只留出中間的玻璃部份。另一端，則要把牛皮紙一直彎貼到筒口內。等它完全乾了之後，外面全塗油漆，最好多塗幾層，使筒不怕水浸。

現在，“水下觀測筒”做好了，我們站在船上，或就站在岸邊，把有玻璃的一端伸入水下，從上面的筒口內就可以看見水下的魚、蟹、蝦，或奇怪的水族動物了。

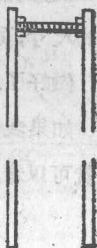


圖 15
筒端玻璃

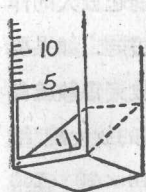


圖 16 觀測筒

如果把它再改裝一下，在筒的下端按一面斜的鏡子，好像前面所說潛望鏡裏的鏡子一樣。把底下的玻璃換到鏡子的前面去（如圖 16）。

這時候，把筒伸到水裏，和筒底在同樣高度的魚、蟹、蝦等的影像，就會被鏡子反射到上面來，而被我們看見。它的光線進行路程見圖 17 所示。

再在筒的一面畫了和尺上一樣的刻度，於是筒伸到水裏有多深，從這刻度上就可以讀出。這個深度也就是水裏魚、蟹、蝦等離開水面的距離。

所以有了這個“水下觀測筒”，不但可以觀望水下的魚、蟹、蝦和奇怪的水族動物，還可以測量出他們在水下多深的地方。



圖 17
水下觀測筒中
光線進行路程

4. 顯 微 鏡

在自然界裏，我們看見了許多許多有生命和無生命的東西。但是除了這些東西之外，還有一個微小的世界，例如微生物和物體的細微構造等。它們隨時在我們的眼前出現，我們竟然看不清它們，甚至於根本看不見它們，因為它們太小了。

那麼我們用什麼辦法來看清和看見它們呢？科學家為我們準備了一件極其有用的光學儀器——“顯微鏡”，它幫助了我們向科學進軍，打開了進入微小世界的門徑。

顯微鏡裏，主要的只是幾片組合起來的透鏡而已，它控制了光線，改變了光線的方向，把微小世界裏的小東西放大起來，直到讓我們看見和看清楚為止。於是，透鏡就成了顯微鏡中最重要的部份。

透鏡的種類很多，凡是屬於中間厚、邊緣薄的凸透鏡，都能起放大的作用，所以也叫它為“放大鏡”，它的放大倍數有從幾倍到幾十倍的。如果要它放得再大些，只要用兩片這樣的透鏡配合起來，那麼它的放大倍數就會大得多。譬如取一片能放大 10 倍的，和另一片能放大 20 倍的放大鏡，配合起來之後，它們總的放大倍數不是 $10 + 20 = 30$ 倍，而是 $10 \times 20 = 200$ 倍。所以顯微鏡都是用這種方法，來達到高倍數的放大率。

還因為光線通過透鏡時，由於透鏡本身的缺點，而使放大後的影像發生模糊或不正。為了校正這些缺點，就用兩片以上的透鏡配合起來，其中也應用到中間薄、邊緣厚的凹透鏡。所以當我們有機會看到一架高倍數放大率的精細顯微鏡時，會發現它的內部有着許多塊不同形狀的複雜透鏡，却不是一片或兩片簡單的凸透鏡了。

像這種顯微鏡，它的效率固然很高，然而構造比較複雜，決不是以一個人的力量，用些簡單的工具和材料所能做到的。但是我們卻可以根據這個原理，先來做一架最簡單的顯微鏡，它所用的材料簡單到不用透鏡，而用一個小玻璃珠來代替。這種顯微鏡是人人都可以製造的。

為什麼一個小玻璃珠可以用來代替透鏡呢？因為透鏡的放大率是和它的凸度有着密切的關係；凡是凸度愈大的，放大倍數也就愈大。圓珠球面的凸度可以說是最大的了，所以用在這裏，就能夠得到滿意的放大倍數。必須承認，用這樣的放大鏡所造成的像是不够清楚的，但是在要求不高的情況下，只要它的體積很小，對於成像的清晰度還沒有多大關係，所以仍然可以應用。下面就來談一談“最簡單的顯微鏡”的具體製作方法。

需要的材料：玻璃碎片、硬紙片（最好用隔電紙，在無線電行裏有出售）及膠水。進行製作時，還要準備尖頭鑷子、酒精燈、剪子、刀片和細針等。

做的方法：

一、做小玻璃珠——把玻璃碎片洗淨擦乾後擊碎，用尖頭鑷子夾取一顆小米粒般大小的碎屑，放在酒精燈溫度最高處的火焰尖端去焙燒。燒到剛剛可以黏着時，將鑷子張開，這時玻璃屑恰好附着在鑷子的一個臂的尖端(如圖 18)。這一步要做到恰到好處才是；張開得早了，固然附着不住，若



圖 18 做小玻璃珠

時間稍晚，玻璃屑已被燒軟，與鑷子接觸部份過大，將來在做成的玻璃珠上會有疤痕的。繼續燒下去，玻璃屑便熔化，而自然縮成一個小圓球。這時，圓珠裏可能含有小氣泡，若再燒一會，就可以把它趕出來。

現在可以把火撤去了。稍靜一會，等玻璃珠冷凝，放在洗淨的器皿裏，便可備用。若做得好，玻璃珠和鑷子的附着部份非常小，輕輕一震動，就會脫落下來。要注意，無論把手洗得怎樣乾淨，絕對不可以用手去拿，否則着了油垢，便難以擦淨。

二、做鏡筒——剪一塊長 50 毫米、寬 25 毫米的長方形硬紙捲起來，膠成一個直徑約 12 毫米的長圓筒(如圖 19)。按照這圓筒的口徑剪一個圓片，正中開一個直徑約 6 毫米的圓孔，膠到圓筒的一端去，孔上膠一片比孔略大的玻璃，作為載片用。

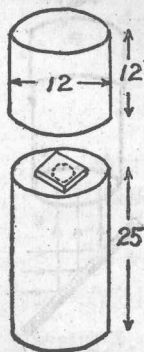


圖 19 鏡筒

再剪一塊長 50 毫米、寬 12 毫米的長方形硬紙，並做成一圓筒，它的粗細以能套在長圓筒外，而又能不鬆不緊地自由伸縮。按照它的口徑也剪一個圓片，和再剪一個較小的圓片，每片的正中，都用細針刺一個小孔，它的大小必須比玻璃珠略小。孔外聳起的紙毛用刀片削平，使之既圓且光。