

第六章 玻璃的加工

§ 44. 光学車間	61
§ 45. 用金剛石和滾刀切割玻璃	62
§ 46. 玻璃的鋸切	63
§ 47. 粗磨	65
§ 48. 玻璃柱的胶合和滾圓	67
§ 49. 透鏡的粗磨和磨光	68
§ 50. 預磨	71
§ 51. 定中心	72
§ 52. 稜鏡的製造	73
§ 53. 玻璃的銑切和鉗孔	75
§ 54. 光学零件的胶合	75
§ 55. 鏡面的鍍銀和鍍鋁	76
§ 56. 分划板的刻綫	78
§ 57. 照相分划板	80
§ 58. 鍍透光膜	81
复习題	82

第七章 光学机械仪器的初步装配和修理

§ 59. 装配車間	84
§ 60. 初步装配工場	84
§ 61. 初步装配的工作地点	85
§ 62. 装配工的工具	87
§ 63. 装配工艺过程	90
§ 64. 装配前零件的准备	92
§ 65. 孔的划綫	92
§ 66. 鉗孔、划口和攻絲	94
§ 67. 用螺釘連接零件	96
§ 68. 零件的銷緊	97
§ 69. 鉗焊	101
§ 70. 帶目鏡螺紋的目鏡的装配	102

§ 71. 伸縮管連接的裝配	104
§ 72. 滑動軸承的裝配	105
§ 73. 滾珠軸承的裝配	107
§ 74. 齒輪傳動	108
§ 75. 圓柱齒輪的裝配	109
§ 76. 圓錐齒輪的裝配	111
§ 77. 蝸杆傳動	112
§ 78. 應用用視瞄准鏡測角機構的蝸杆傳動的裝配	113
§ 79. 機構松扣和失調的原因	115
§ 80. 儀器的防水性和密封性	115
§ 81. 刻度的刻制和分度	116
復習題	117

第八章 零件的精飾

§ 82. 精飾的用途和種類	118
§ 83. 精飾前表面的準備	119
§ 84. 化學精飾	120
§ 85. 電鍍精飾	120
§ 86. 塗色、塗漆和硫化橡皮復蓋層	121

第九章 光學機械儀器的最後裝配和修理

§ 87. 最後裝配工場	122
§ 88. 工作地點和光學零件的處理	123
§ 89. 光學零件和金屬零件的連接	124
§ 90. 圓形光學零件的鑄口	125
§ 91. 用壓圈固定圓形光學零件	126
§ 92. 稜鏡的固定	128
§ 93. 物鏡的裝配	128
§ 94. 目鏡的最後裝配	130
§ 95. 分划板的安裝和視差的消除	132
§ 96. 視度的調節	133
§ 97. 雙筒儀器光軸平行度的調節	134

§ 98. 像傾斜的消除	137
§ 99. 儀器总的調整和影像質量	138
§ 100. 光学零件的情況	140
§ 101. 儀器的密封和干燥	142
§ 102. 水准器的裝配	143
§ 103. B-6 双筒望遠鏡的裝配	144
§ 104. 双筒望遠鏡的修理	147
复习題	149

第三編 光学机械生產的檢查方法和測量技術

第十章 光学測量

§ 105. 透鏡厚度和空气間隔的測量	151
§ 106. 用样板玻璃檢查表面質量	152
§ 107. 准直管及其用自动准直法校正于无窮远	155
§ 108. 稜鏡角和光楔角在測角儀上的測量	156
§ 109. 焦距和截距的測量	158
复习題	159

第十一章 成品儀器的檢查和試驗

§ 110. 鑒別率和影像質量的檢驗	160
§ 111. 用視度管檢驗視度讀數和視差	161
§ 112. 用倍率計檢驗儀器的放大率、出射瞳孔 的直徑和距離	163
§ 113. 視場角的檢驗	166
§ 114. 双筒儀器光軸平行度的檢驗	167
§ 115. 光学机械儀器的試驗	169
复习題	171

第一編 光学基本概念

第一章 物理光学概念

§ 1. 有关光的本性和性質的概念

由經驗知道，光綫能使物体变热。在太阳光的照射下雪会融化，水会蒸发，而沙则会变得灼热。穿过广大的真空空間，太阳光帶給地面一部分太阳的能量，这部分叫做光能的能量轉变成热。因此，光是将一个空間的能量傳遞到另一空間去的介質。

光所携带的能不仅能够轉变成热，并且也能轉变成其他形式的能，例如轉变成化学能和电能。我們知道，光可以漂白麻布，在光的作用下照相底片会发黑，各种物体会变色。这就是光的化学作用的結果。射到我們眼睛里的光发生了一种特殊的作用，由于这种作用我們能够看到我們周圍的事物。有一些物体反射出射到它表面上的光，另外一些物体则射出自己本身的光，因而就被当作光源。

能够自己发光而射出光綫的物体叫做光源，例如太阳、星星、电灯泡、蜡燭的火焰等。光主要是由紅热的物体发出。物体的紅热程度愈強，它的温度愈高，那末它的光就愈亮，发射的光也就愈多。

§ 2. 光的傳播

实验証明，光是直綫傳播。常常可以看到阳光或直綫地穿过云彩。探照灯的光就是由两条直綫所限制的一根光帶（图1）。光的这种直綫的性質我們是常常利用的。如檢驗尺子的直不直我們常常用光綫来和它作比較（图2）。射击时的瞄准系使槍筒的方向沿着通过槍靶、准星和照門的一条直的光綫（图3）。

光所沿着傳播的方向叫做光綫，而光在其中傳播的空間或物

体則叫做介質。

光的傳播速度很快，在真空中光速達每秒鐘300,000公里。這是現在我們所知道的最快的一種速度。光在一秒鐘內所跑

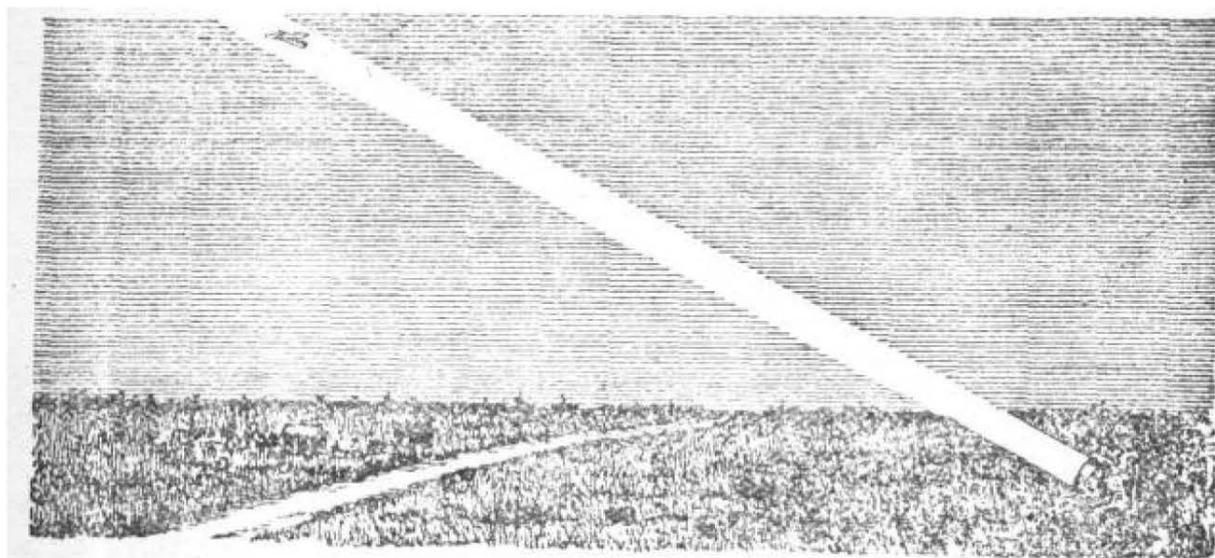


图1 探照灯的光直綫地照射

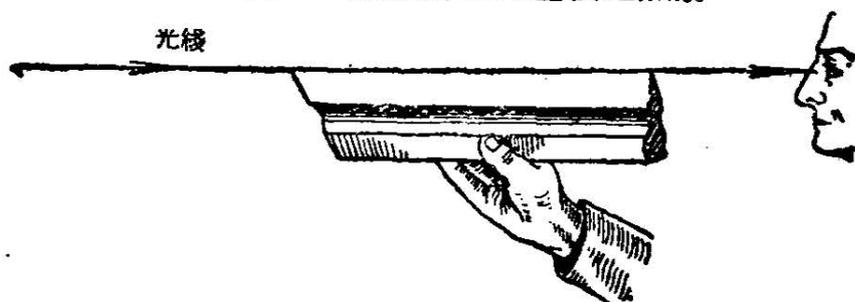


图2 用光綫比較尺子直不直



图3 在瞄准时利用光綫的直綫性，經槍靶、准星和照門通过一条直綫——光綫

过的路程等于环繞地球赤道七圈半。經過專門的測量，确知光在不同介質里的速度是不一样的。光在水里要比在玻璃里傳播得快，在空气里还要快，在真空中則最快。这个速度决定于所謂介質的光学密度。介質愈密，光在其中傳播得愈慢。玻璃的光学密度較水为大，而水則較空气为密。

§ 3. 光波的概念

通过对光的現象作了一系列的研究，我們得到这样一个概念，就是光是以波的形式从光源向四面八方傳播的，光波当然我們是看不见也摸不到的，但是利用这种光波的概念，我們可以很好的解釋和了解許多光的現象。在水面上的波可以給我們一个关于光波傳播的明显概念。如果間隔相等的时间，将石块投到表面平靜的水里去，那末在石块落点的周圍可以看到一个接着一个的环形波浪，它們的直徑不断地扩大，并且离开中心愈来愈远。在这种情况下，每一个水的質点只是上下摆动，并不沿着波浪傳播的方向移动。每一个波由波峯和波谷組成，两个相鄰的波峯或波谷之間的距离叫做波长（图4）。

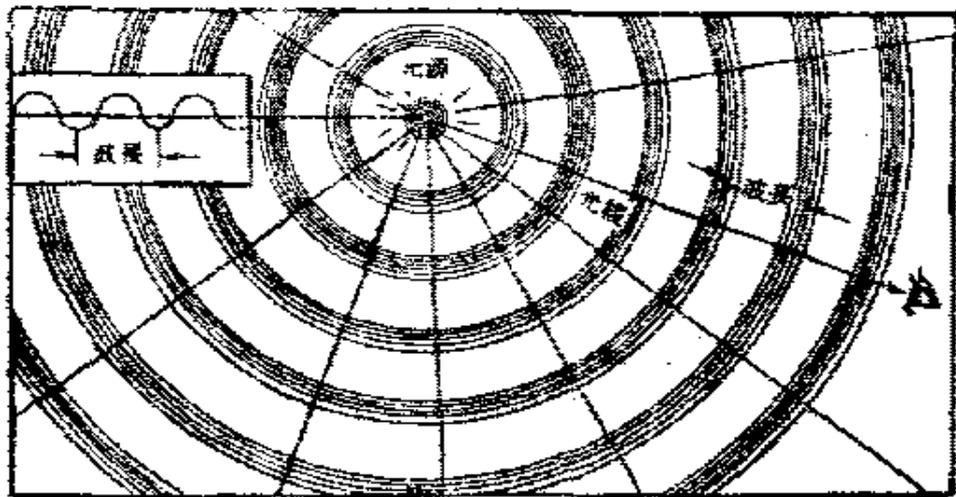


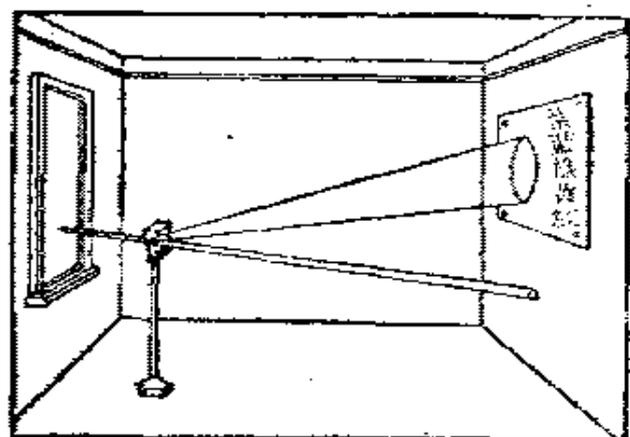
图4 光波傳播的图解表示

光波和水波不同的地方在于光波不是环形的，而是球形的。光源就是光波的球心。球形波从光源散播于空間就和环形波在水面上散播一样。

光波和无线电波最相像。从光源发出光波就像广播电台将无线电波发射到空間一样。太阳发出它的波就像是一座无线电发射台。光波和无线电波的区别在于光波的頻率要大得多，它的波长也要短得多。无线电波的波长以几公尺，几百公尺，甚至几千公尺来計量，而光波的波长則极短，它以万分之几公厘来計量。

§ 4. 將光分解成組成它的有色光綫

實驗告訴我們，從任何普通光源，例如太陽或是電弧發出的白光都是各種色彩的有色光綫混合而成。



如使一束白光通過三稜鏡，那末它就分解成為組成它的有色光綫。

圖5示一束日光穿過暗室窗簾上的小縫落到一塊三稜鏡上。在稜鏡后面的屏上就得到了一條由虹彩的全部顏色所組成的彩色光帶，這條光帶就叫做光譜。光譜的

圖5 用三稜鏡將日光分解成光譜
顏色系以一定的程序排列在屏幕上：最下面的是紅色，然後順次是橙、黃、綠、青、藍和紫色。而且從一種顏色轉變到另一種顏色還經過了許多中間的顏色。

白光通過稜鏡後分解成有色的光綫，這是因為不同顏色的光綫被稜鏡偏折的角度不同。紅光的偏折角度較其他顏色的光綫要小，因此（當稜鏡在現在這樣的位置時）它就在屏上構成了光譜的下面部分。其他顏色光綫的偏折角度都漸次增大，因而按上述的次序自下向上落在屏幕上。

光譜中的每一種顏色與一定的波長相對應。下面的表中列出了光譜中各種顏色的波長，單位為公忽，也就是千分之一公厘：

紅.....	0.77	青.....	0.45
橙.....	0.65	藍.....	0.43
黃.....	0.55	紫.....	0.4
綠.....	0.5		

我們可以看到，被稜鏡偏折最小的紅光，它的波長是所有有色光綫里最大的。其餘被稜鏡偏折較大角度的有色光綫，則其波長就相應的較短。有色光綫的波長愈短，它被稜鏡偏折得也就愈厲害。

第二章 几何光学概念

§ 5. 光的反射

如果光线成某一角度射到研得很光的平的镜面上，例如玻璃或金属的镜子，或者是静止的液体表面上，那末这条光线在和镜子相遇的一点上就要改变自己的方向，也就是好像抛掷的皮球从墙上弹回来一样地反射回来。

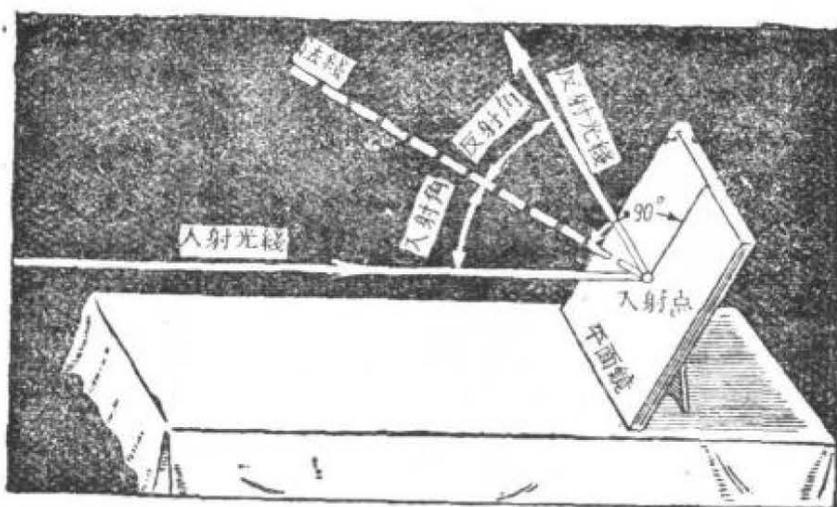


图 6 光线由平面镜的反射

射向镜子的光线叫做入射光线（图 6）。

光线与镜面相遇的点叫做入射点。

从镜面反射回来的光线叫做反射光线。

在入射点处镜面的垂线叫做法线。

入射光线和法线之间的夹角叫做入射角。反射光线和法线之间的夹角叫做反射角。

实验确定了下面的反射定律：

1. 入射角等于反射角。

2. 在入射点处镜面的垂线、入射光线和反射光线均位于同一平面内。

§ 6. 平 面 鏡

平面鏡在光学机械仪器里应用得非常多。它們主要用来将光綫按需要的方向来反射。現在我們来研究一下平面鏡的性質以及由它所成像的作法。

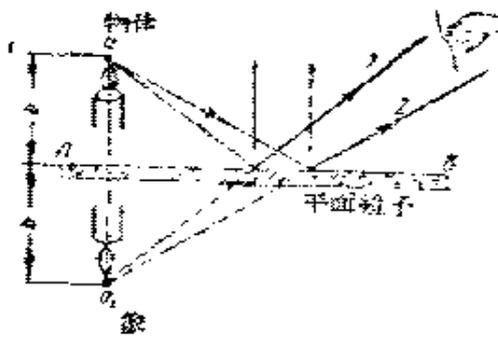


图 7 平面鏡成像的作法

求物体上之 a 点在鏡子 AB 內所成的像(图 7)。自 a 点引两任意方向的光綫与鏡面 AB 相交，按照反射定律作它們的反射光綫 1 和 2。光綫 1 和 2 的延长綫相交于 a_1 点，則該点即为 a 点的像。

眼睛沿着光綫 1 和 2 的方向去看时，光綫好像是从鏡子后

面的 a_1 点发出的。实际上所成的像并不位于鏡子的后面，而仅仅是好像在那里。这种像便叫做虚像。

不难証明，物点 a 和像点 a_1 位在鏡面的同一垂綫上，并且距鏡面为一相等的距离 b 。这也为我們日常的观察所証明。当我们看一个物体和它在鏡子里的像时，就能感觉到它們位于与鏡子相等的距离处。

平面鏡所生成的像，它的大小和物体相等，并且是物体对称的反映，物的右方是像的左方。書写的字句在鏡子里看起来就像是在吸墨紙上的印迹一样(图 8)。

从反射定律总結出平面鏡的一个非常重要的性質来：当将平面鏡轉过某一角度时，反射光綫向相同的方向轉过两倍大的角度。为了理解平面鏡的这个性質，利用如图 9 所示的并不复杂的装置，这个装置系由幻灯、屏幕和平面鏡所組成。

幻灯的光束通过狭縫射向屏幕，并沿着屏幕的表面滑过而在它上面留下了一条狭狭的亮迹。这条亮迹通过画在屏幕上的分

度圓周中心。在屏幕上放了一块平面鏡，它的反射面和屏幕的表面成垂直并且还通过圓心。被平面鏡反射的光綫也在屏幕的表面上构成一条亮迹。

如果將平面鏡以保持它的表面和屏幕相垂直并通過圓的中心轉動，則反射光綫也就像時針一樣地旋轉。

在圖10上表示出平面鏡的轉動位置對入射光綫的關係。在圖的上方平面鏡與入射光綫成垂直，這時由平面鏡反射的光綫與入射光綫相遇并和它重合。

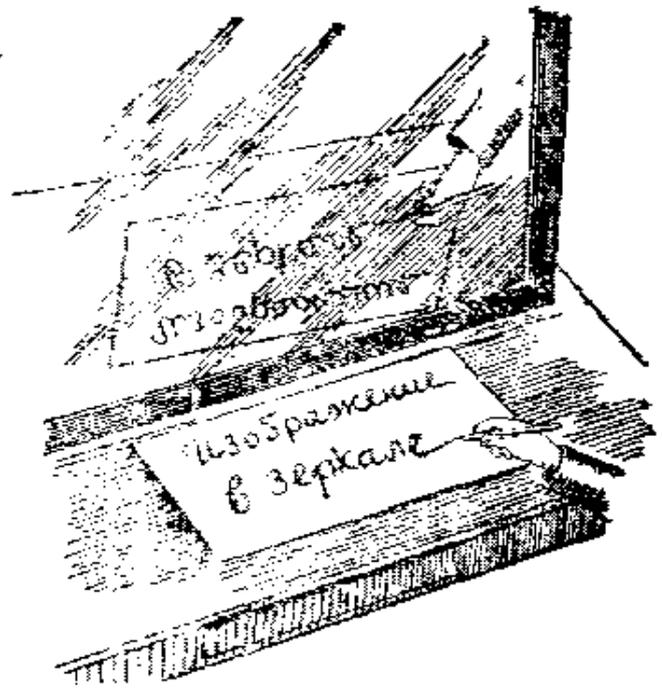


圖8 書寫的字句在鏡子里看起來就像是在吸墨紙上的印迹一樣

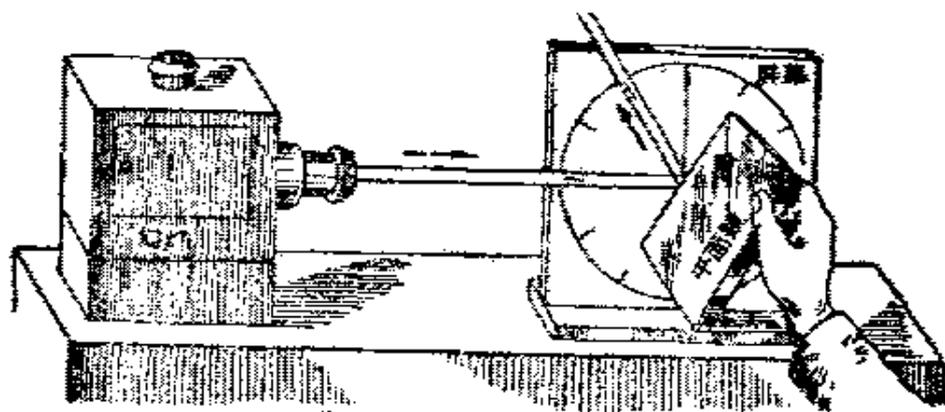


圖9 用幻灯、平面鏡和画了分度的屏幕來說明反射定律

如將平面鏡轉過 30° 、 45° 、 60° 和 90° 角，就像下面幾個圖所示，則我們可以从圓的分度看到反射光綫相应地轉過比它大一倍的角度，也就是轉過 60° 、 90° 、 120° 和 180° 。

由此我們確信，反射光綫的旋轉角等于平面鏡旋轉角的两倍。

平面鏡的这种反射性質無論在計算光学系統或是在裝配時將平面鏡固定到鏡框里去時都需考慮到。

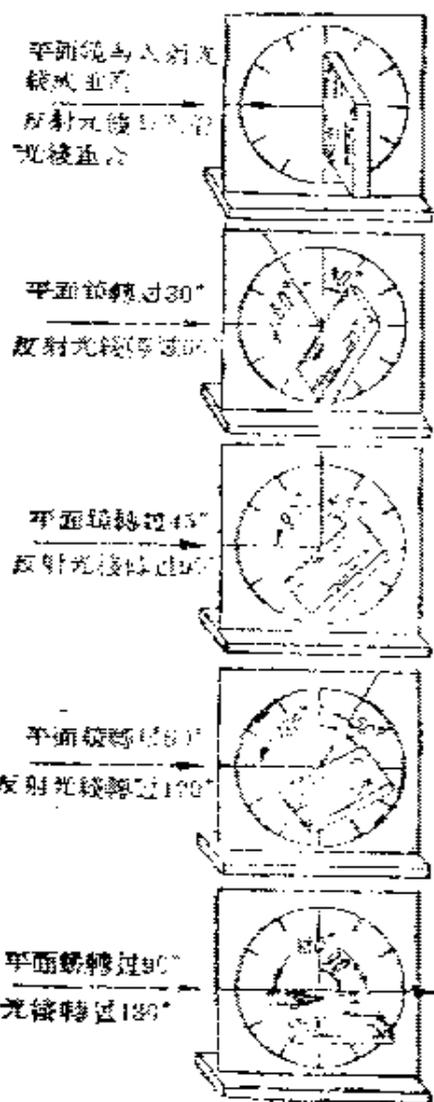


图10 反射光綫的旋轉角等于平面鏡旋轉角的两倍

§ 7. 平面鏡系統

在图 11 上画出两块相交成 ACB 角构成一四面角的平面鏡。

用鏡框将两块平面鏡牢固联結起来的这种系統，在光学仪器里当作反射器来使用。

两块平面鏡的交綫 C 叫做反射器稜。

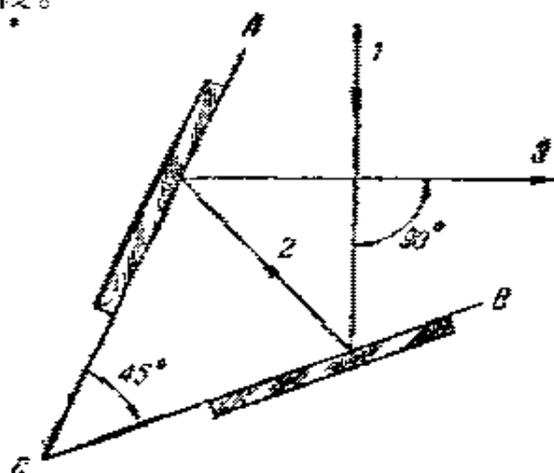


图11 两块平面鏡所构成的系統——反射器

射到平面鏡 BC 上的光綫 1 沿着光綫 2 的方向反射；射到平面鏡 AC 后，光綫 2 又被反射，并沿着光綫 3 的方向射出。

由反射定律得出这两块平面鏡所构成的系統具有下列的性質：

1. 当入射光綫是在垂直于反射器稜的平面內时，入射光綫 1 和經两平面鏡反射的光綫 3 之間的夾角等于两鏡面之間夾角的两倍（在图 11 中入射光綫与反射光綫間的夾角等于 90° ，而鏡面間的夾角則等于 45° ）。

2. 当两平面鏡所构成的系統繞着接(或是不平行于接)的軸旋轉时，經兩平面鏡反射并位于稜的垂直平面內的光綫，它的方向不变。

平面鏡之間的夾角等于 45° 的这种反射器，应用于測量距離的复杂光学仪器里，这种仪器叫做測距仪。

有一种叫做鏡式潛望鏡的簡單仪器，它的里面包括由两块互相平行的平面鏡所組成的系統，这种仪器用于在掩蔽所里来进行观察（图12）。

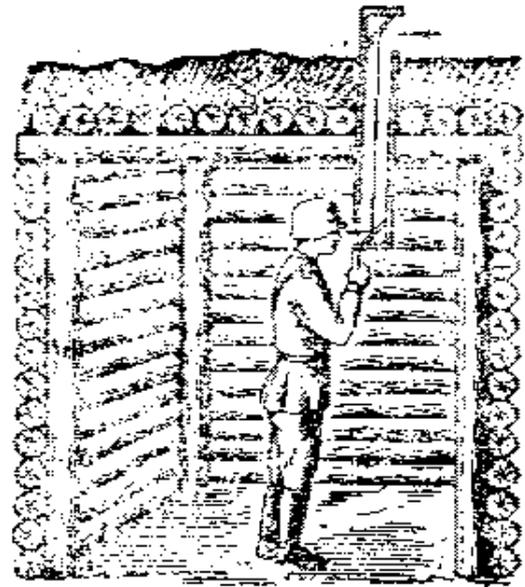


图12 鏡式潛望鏡

§ 8. 光的折射

光綫自一种介質进入另一种介質时改变其方向的性質叫做光的折射。

实验証明，所有斜射到两种介質分界面上的光綫，当通过时，分界面时要发生折射而得到新的方向。只有垂直地射在分界面上

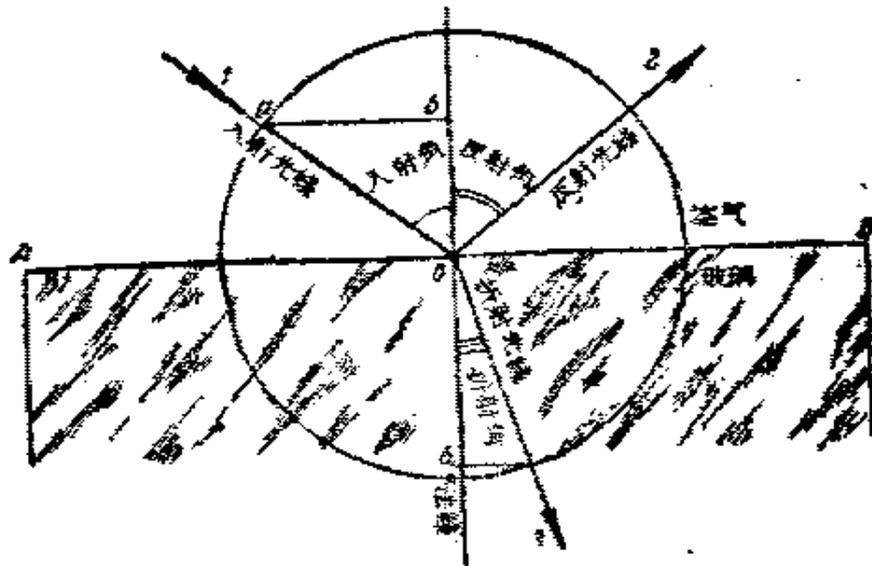


图13 光綫在玻璃內的折射和它在玻璃表面上的反射

的光綫才沒有折射地通過。

如果光綫 1 (圖 13) 成某一角度射在空氣和玻璃的分界面 AB 上；則此光綫在入射點分成兩條光綫 2 和 3：光綫 2 自表面 AB 反射，并按 § 5 中所討論的反射定律反射出去，光綫 3 并不沿着入射方向進入玻璃，而是沿着新的方向進入。

換句話說，就是所有斜射的光綫，當它從空氣進入玻璃時要改變它的方向，也就是要被折射。

在新的介質里改變了方向的光綫叫做折射光綫。

兩種不同介質的分界面叫做折射表面。

折射光綫和在入射點處折射表面的垂綫之間的夾角叫做折射角。在折射角和入射角之間存在着極重要的有規律的聯繫，這種聯繫和光綫通過的介質的性質有關。如果繞入射點 O 畫一圓，并自 a 點及 a₁ 點作法綫的垂綫，則得到綫段 ab 及 a₁b₁，分別代表入射角和折射角的大小。對於該種同類的介質，此兩綫段之比

$\frac{ab}{a_1b_1} = n$ 為一常數，它僅與介質的性質有關，而與入射角的大小無關。這個比值叫做折射系數。

在同一入射角下，折射角可以大也可以小，這決定於光綫所通過的介質的折射性質以及它的折射系數。介質的折射系數愈大，它使光綫折射得愈厲害。

空氣的折射系數差不多等於 1 (1.0003)，因此光綫自真空進入空氣時折射得很少。

水的折射系數等於 1.33。光在水中的折射可以在日常生活中各種情況下看到。如果在某一角度下，通過盛放在透明的玻璃杯里的水，來看壓在玻璃杯下面的書或報紙上的文字時，可以看到一行一行的字好像挪動了位置 (圖 14)。如果代替盛水的玻璃杯放上一塊厚的玻璃板，則也能看到這種挪動 (圖 15)。

製造光學零件所用的玻璃，它的折射系數等於 1.5~1.9。根據折射系數的不同，製造儀器的光學零件用的光學玻璃可以分成兩類：冕牌玻璃和火石玻璃。冕牌玻璃的折射系數較小，火石玻

璃的折射系数较大。

金刚石具有极大的折射系数(2.47)。

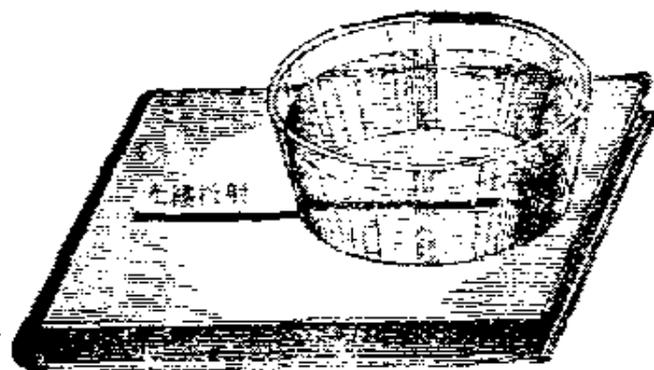


图14 玻璃水盆下的字好象移动了位置

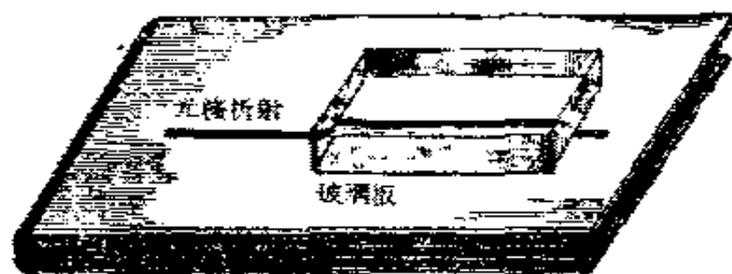


图15 厚玻璃板下的字好象移动了位置

§ 9. 全 反 射

假定水中有一光源发出许多光线1、2、3、4和5(图16)，分别以不同的角度射到水和空气的分界面AB上。我们看到，垂

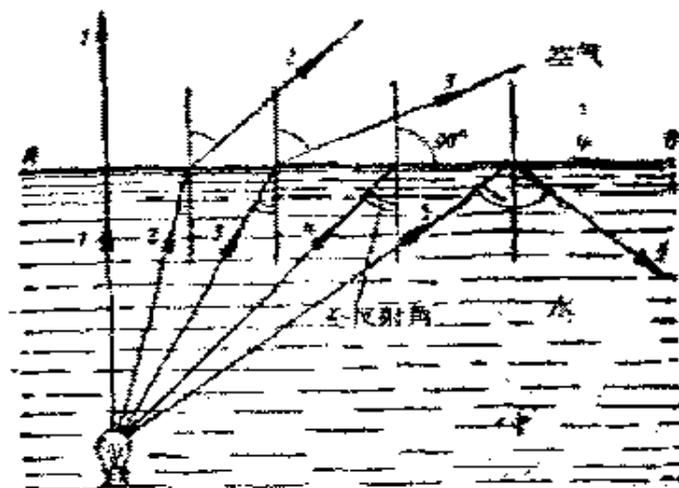


图16 自水进入空气时光的折射

直地射到表面 AB 上的光綫 1，沒有折射地自水進入空氣，並不改變它的方向。其餘所有的光綫都被折射，並且入射角愈大，折射角也愈大（光綫 2 和 3）。當折射角等於 90° ，則光綫就完全不透出水，而是沿着水的表面滑過（光綫 4）。

折射光綫與法綫成 90° 時的入射角，叫做全反射角。

入射角較全反射角大的入射光綫 5，全部從分界面向內反射，而完全不透出水面。這種現象叫做全反射。

全反射不僅僅是在水的表面上發生，而且也在任何透明介質表面上發生，只要當在反射表面後面的是光學密度較小的介質，也就是折射系數較小的介質，例如玻璃表面後面的是空氣或是水，就能發生全反射。

各種不同介質的全反射角是不同的，它以折射系數來決定。以水而言它等於 $48^\circ 36'$ ，以折射系數為 1.5 的玻璃言，它等於 42° 。

利用全反射現象可以使許多光學零件的反射面不必鍍銀，例如稜鏡、導光裝置（светопровод）等。

§ 10. 稜鏡及其應用

為平面所限制的光學零件叫做稜鏡，稜鏡一般都是玻璃的。

在光學機械儀器里廣泛應用各式各樣的稜鏡。

將光綫折射並將其分解成為組成它的有色光綫的稜鏡叫做折射稜鏡。它們應用在比較不很大一類的叫做光譜儀器的儀器中，以用來得到光譜。

作用和反射鏡或平面鏡系統相同的稜鏡叫做反射稜鏡。它們用來使光綫向所需的方向反射，也用來使象倒轉。在許多情況下，借反射稜鏡來改變光束的方向比借平面鏡來改變方向更為適宜。所應用的反射稜鏡大多數系基於全反射原理。這類稜鏡的反射面不需要鍍銀。這是稜鏡的優點之一，是平面鏡所不具備的。光綫以小于全反射角的角度射到稜鏡的反射面上，則該稜鏡有鍍銀的反射面。

§ 11. 折射三稜鏡

图17示一最简单的折射三稜鏡。

光綫进入稜鏡时所通过的面ABFE叫做入射面。

光綫离开稜鏡时所通过的面BCDF叫做出射面。

入射面和出射面的交綫BF叫做稜鏡的稜。

对着稜的面ACDE叫做稜鏡的底。

稜鏡入射面和出射面之間的夹角ABC叫做稜鏡的折射角。

光綫經過稜鏡时仅通过两个面——入射面和出射面。所以这两个面要拋得很光。其余各面，光綫并不通过，一般就做成毛的。

光綫L成某一角度射到入射面上，当通过入射面进入稜鏡时被折射一次，当它离开稜鏡时又被折射一次。

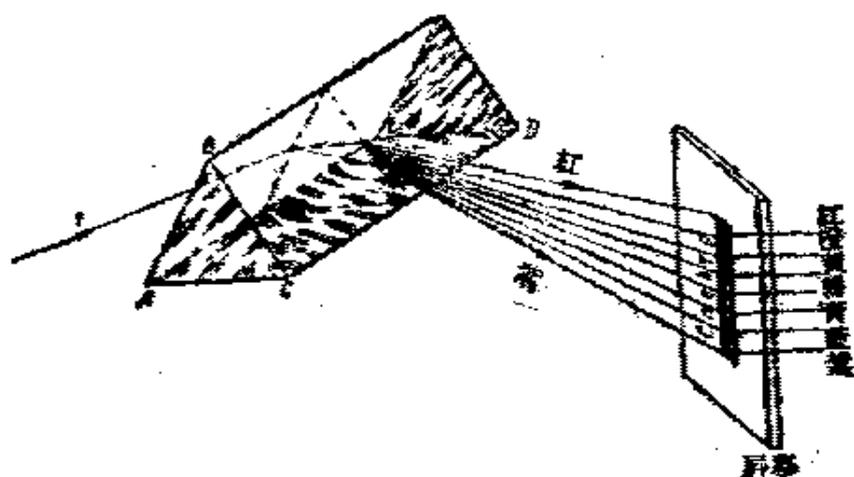


图17 折射三稜鏡的作用

經過两次折射后，白光被分解成組成它的有色光綫，这些有色光綫在离开稜鏡时被偏折成不同的角度。偏折最小的是紅光，最大的是紫光。其余的各色光綫分布在紅光和紫光之間，在屏幕上就构成了光譜。

折射三稜鏡永远將所有的光綫向自己的底部方向偏折。

前面已經說过，折射三稜鏡用于光譜仪器中，利用它可根据光譜的不同来測定光源的化学成分。为了要得到尽可能寬的光

譜，也就是說紅光和紫光之間的角度儘可能的大（圖17），稜鏡用叫做重火石玻璃的特種玻璃來製造，有的時候或者使白光不是通過一塊稜鏡，而是通過依次排列的兩塊或三塊稜鏡。

§ 12. 直角反射稜鏡

圖18示一直角反射稜鏡。它的三個面——入射面 $ABFE$ ，出射面 $ACDE$ 和反射面 $BCDF$ ——為拋得很光的表面。面 ABC 和 DEF 既不通過也不反射光綫，為毛糙的表面。

自物體來的光綫垂直地射在入射面上，因此毫無折射地進入稜鏡，即不改變它的方向。當射到 45° 傾斜的反射面 $BCDF$ 後，光綫就象在平面鏡上一樣地從此反射面上反射，並成 90° 改變自己的方向，就是垂直地射到出射面上並同樣毫不折射地離開稜鏡。

因為光綫系成 45° 角落在反射面上，也就是說大於（對玻璃言）全反射角，因此它們是全反射。在這種情況下稜鏡的反射面上不需要鍍反射用的銀層。這種稜鏡叫做全反射稜鏡。

固定不動地安裝在儀器里的直角稜鏡，它的反射面不鍍銀。搖擺的直角稜鏡的反射面，由於在反射面上的入射角可能會小於全反射角，因此需要鍍銀。

稜鏡所造成的象 a_1b_1 ，和由平面鏡所得到的一樣，並且和物體 ab 的大小相等。

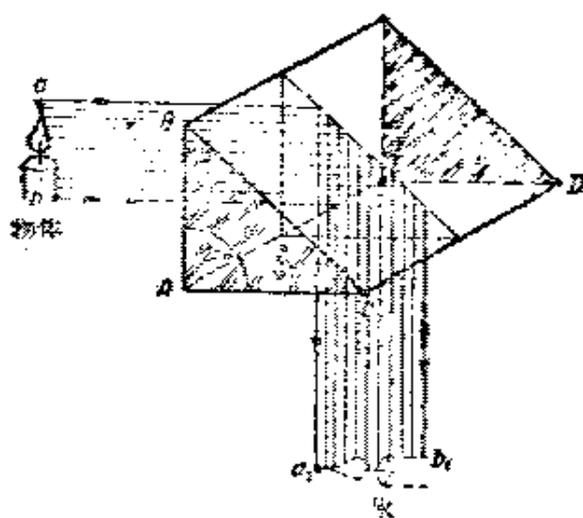


圖18 直角反射稜鏡

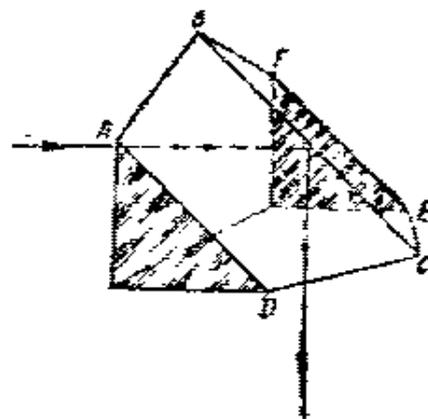


圖19 直角屋脊稜鏡

§ 13. 直角屋脊稜鏡

屋脊稜鏡（圖19）是一種變形的直角稜鏡，它是以前兩個構成 90° 兩面角的、屋脊形般的反射面 ABCD 和 BCEF 代替平的反射面。屋脊稜鏡的名字就是由此而來。

反射面的交綫 BC 叫做屋脊稜。

屋脊稜鏡的作用和圖18中所示的直角稜鏡一樣，所不同的僅在屋脊稜鏡所給的象為完全顛倒的象，而直角稜鏡所給的象只是一個方向顛倒的象。在圖20中左邊為直角稜鏡，右邊為屋脊稜鏡。在稜鏡的前面放了水平箭頭和垂直箭頭代表物體。眼睛通過直角稜鏡來看這些箭頭時，只看到一個箭頭是顛倒的，而通過屋脊稜鏡來看時，兩個箭頭都是顛倒的。

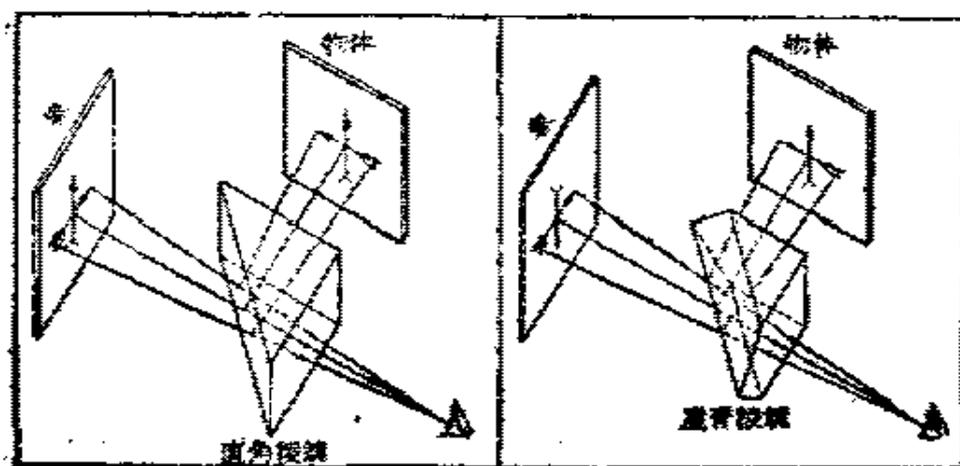


圖20 屋脊稜鏡給出完全顛倒的象，而直角稜鏡給出的只是一個方向顛倒的象

在許多觀察和瞄準的儀器里，在要改變光綫的方向同時並要獲得顛倒的象的情況下，常常應用如圖19中所示的屋脊稜鏡。

用屋脊來代替平的反射面，不僅僅是在上述的直角稜鏡中這樣做，當需要象完全倒轉時，在其他許多稜鏡中也同樣應用。

§ 14. 道威稜鏡

圖21示道威稜鏡。它是將直角稜鏡切去了用虛綫所表示的頂部abcdEF後的變形。稜鏡的三個面——入射面 AabB，出射面

DdcC和反射面ABCD——为抛得很光的表面。其余各面则为毛面。

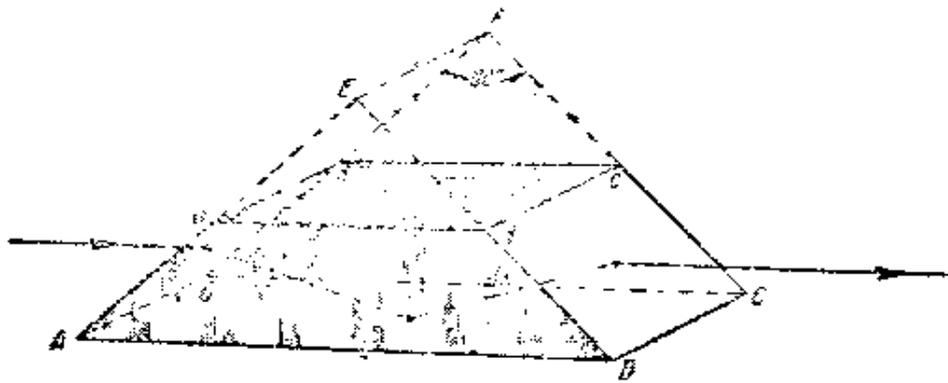


图21 道威稜鏡

光綫与反射面平行地进入稜鏡和离开稜鏡，它的方向并不改变。光綫在与入射面成 45° 角下进入稜鏡后，被折射并射在反射面上，再由反射面反射出来落在出射面上。经过第二次的折射后，光綫沿着最初的方向离开稜鏡。

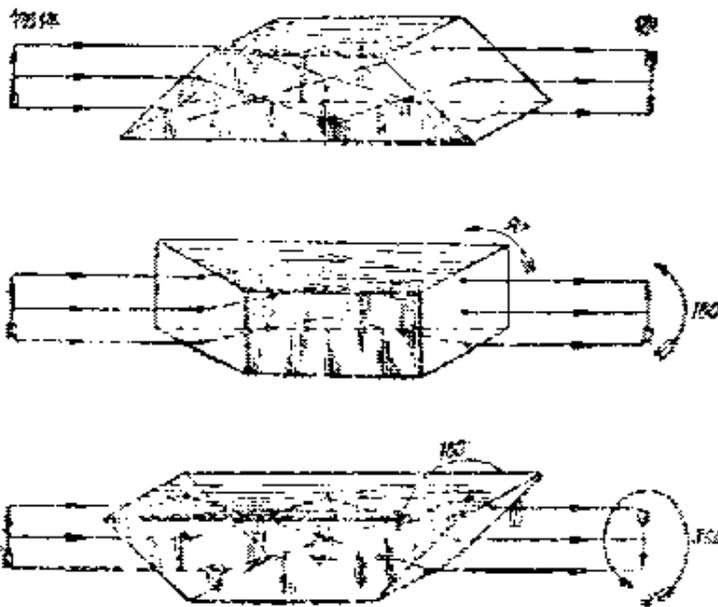


图22 像的旋轉等于道威稜鏡旋轉的两倍

在反射面上，光綫的角度大于全反射角，因此它們为全反射而不需要将反射面鍍銀。

稜鏡具有下列的特性。当道威稜鏡繞着平行于入射光綫的軸旋轉时，固定不动物体的象以两倍的速度按同一方向旋轉。在图

22上方所画的道威稜鏡得出垂直箭头的顛倒的象。如將稜鏡轉過 90° ，如中間的圖所示，則箭头的象轉過了 180° 。換句話說，在稜鏡轉動前，箭头的象是尖端向下的，再將稜鏡轉過 90° 以後，箭头的象轉過了 180° 變成尖端向上了。在下方的圖中，稜鏡轉了半周，即 180° ，這時箭头的象轉了一整周，即 360° 。因此，當道威稜鏡轉過一整周時象轉過了兩整周。

§ 15. 菱形稜鏡

圖23的左方面畫了菱形稜鏡，右方則為其橫斷面。菱形稜鏡的斷面是一個菱形 $ABCD$ 。稜鏡有入射面 AD 、出射面 BC 和兩個互相平行的和入射光綫成 45° 的反射面 AB 和 CD 。上述這些面均為拋得很光的表面。其餘各面則為毛面。

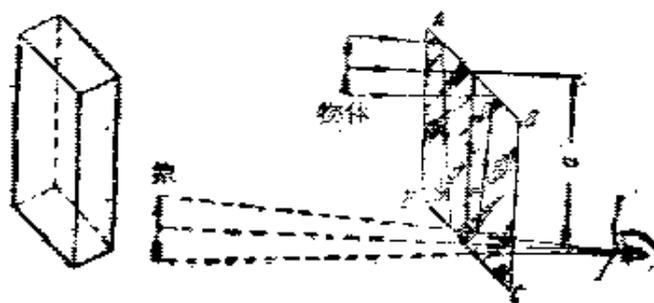


圖23 菱形稜鏡

反射面系按全反射原理工作，因此它們不鍍銀。

菱形稜鏡給的是正象。圖23中所示的箭头，當通過菱形稜鏡來看它時仍保持不顛倒。在水平方向也不發生顛倒。

射入的光綫離開稜鏡時並不改變它的方向，而僅僅移動了一個距離 a 。

菱形稜鏡應用在測距儀的目鏡部分以及別的儀器里。它系用來將光綫移動一個不大的距離。

§ 16. 五邊稜鏡

圖24示一叫做五邊稜鏡的五邊形的稜鏡。它有两个反射面 $CDEF$ 和 $MNOP$ 。反射面延長后相交的交綫 ab 叫做五邊稜鏡的

稜。反射面之間構成一 45° 角。入射面 $ABPO$ 和出射面 $ABCD$ 之間則構成一 90° 角。

光綫垂直于入射面 $ABPO$ 無折射地進入稜鏡，成 22.5° 的角度射到反射面 $CDDEF$ 上。經過反射後仍以 22.5° 的角度射到第二個反射面 $MNOPE$ 。從第二個反射面上反射後，光綫垂直于出射面 $ABCD$ 無折射地離開稜鏡。

因為在反射面上光綫的入射角為 22.5° ，小於全反射角，因此五邊稜鏡的反射面需要復蓋一層反射用的銀層。

這種稜鏡給的是正像。

進入稜鏡的光綫和離開稜鏡的光綫之間的夾角等於 90° ，並且當稜鏡繞垂直于五邊稜鏡稜 ab 的軸旋轉時，這個角度並不改變。這是五邊稜鏡重要的優點。因此它被用作測距儀里的終端反射鏡，那里重要的是要保持入射光綫和出射光綫始終成 90° 角。五邊稜鏡還應用在那些需要將光綫轉過 90° ，同時並要保持正像的儀器里。

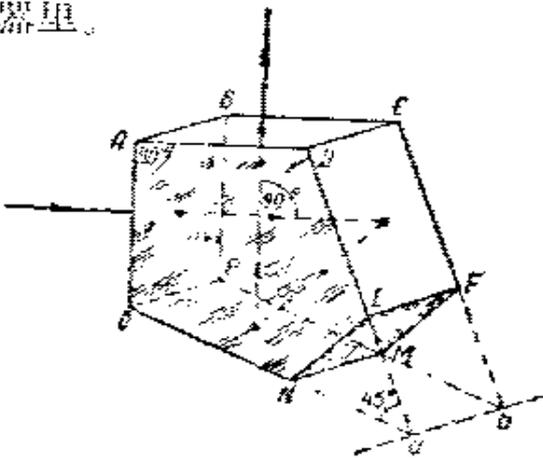


圖24 五邊稜鏡

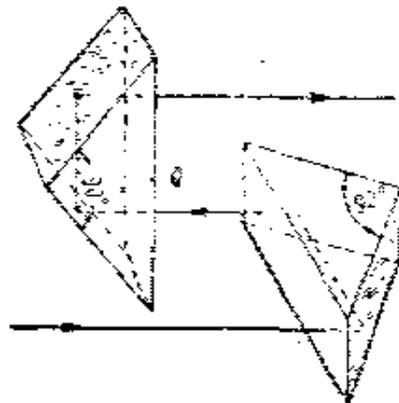


圖25 稜鏡轉象系統

§ 17. 轉象稜鏡系統

圖25示轉象用的稜鏡系統。它應用於稜鏡式雙筒望遠鏡里，在保持雙筒望遠鏡外形尺寸不很大的條件下用來使像倒轉。

這個系統系由兩個相同的直角稜鏡組成，它們的直角稜彼此垂直地一個對着一個放置。它們彼此以弦面相對。每一個稜鏡的弦面均同時為入射面和出射面，因為對於每一個稜鏡，光綫均通過

此面进入稜鏡并通過此面离开稜鏡。

稜鏡的两个直角面系反射面。它們并不鍍銀，因为在这些面上发生的系全反射。

光綫垂直于入射面无折射地进入第一块稜鏡，或 45° 角射在第一个反射面上，并由其反射后以同样角度射在第二个反射面上。又一次反射后，光綫垂直于出射面无折射地离开第一块稜鏡。离开第一块稜鏡的光綫进入第二块稜鏡，和在第一块稜鏡里完全一样，經二次反射后自第二块稜鏡离去。

在图25中第一块稜鏡的入射光綫和出射光綫位在水平面內，而第二块稜鏡的則位于垂直面內。

进入稜鏡的光綫，出来时在方位上有了轉移并平行于最初的方向。

这种稜鏡系統給的是完全倒轉的象。

§ 18. 平行玻璃板

凡具有两彼此平行并能使光綫通过的拋光平面的光学零件叫做平行玻璃板。

它們广泛应用于光学机械仪器中有各种不同的用途。有一些

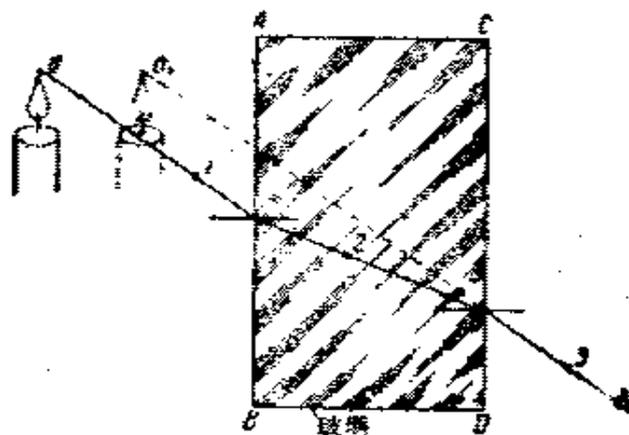


图26 光綫通过平行玻璃板的路程

用作保护玻璃，封閉仪器上的孔和洞，不使灰塵和潮气进入仪器内部，另一些用作叫做刻度板或分划板的零件，在其上刻了十字

鏡、各種類型的刻度、數字和符號。比上面所說的兩種厚得多的平行玻璃板用在特殊的儀器里使光綫偏斜以及其它的目的。

讓我們看一下光綫通過平行玻璃板的路徑。入射光綫 1 (圖 26)，在通過平行玻璃板的折射面 AB 時被折射，並沿着光綫 2 的方向在玻璃里通過。通過第二個折射面 CD 時又被折射並沿着光綫 3 的方向離開玻璃板。

我們看到，離開平行玻璃板的光綫 3 仍和進入的光綫 1 平行，但在方位上稍微移動了一些。

位在 a 點的物體，通過平行玻璃板看時好像移到了光綫 3 的虛綫延長綫上的 a_1 點。

§ 19. 光 楔

具有構成很小的兩面角的两折射平面的光學零件叫做光楔。換句話說，折射角很小的折射三稜鏡 (見 § 11) 就是光楔。

圖 27 左邊示一光楔，右邊則為它的剖面。



圖 27 光楔使光綫偏折

光楔兩折射面的交綫 BF 叫做光楔稜。

與光楔稜相對的面 $ACDE$ 叫做光楔底。

光楔入射面和出射面間的夾角 ABC 叫做光楔折射角。

通過光楔的光綫，偏折成某一角度 α 。這個角度叫做光楔偏向角。

光楔和折射三稜鏡一樣，永遠將光綫向自己的底部偏折。

光楔偏向角 α 決定於光楔玻璃的折射係數。對於折射係數為 1.5 的玻璃而言，偏向角等於光楔折射角的一半。

因為光楔將光綫偏折一個很小的角度，因此這時幾乎看不出

白光被分解成組成它的有色光綫，并且眼睛透過折射角很小的光楔去看物体时，不能覺察到物体的顏色，而这种物体的顏色在通过折射三稜鏡去看时是可以很清楚地看到的。

光楔应用于需要将光綫偏折很少的光学仪器中。在某些情况用楔形的玻璃来代替平行保护玻璃板，如果轉动楔形玻璃就可以将光綫傾斜成需要的方向以及需要的大小。

§ 20. 球 面 鏡

反射鏡面是圓球表面的一部分的鏡子叫做球面鏡。

球面鏡可分成凹面鏡和凸面鏡兩類。凹面鏡是圓球內表面的一部分，而凸面鏡則是圓球外表面的一部分。

图28示一凹面鏡。

圓球表面的圓心O叫做鏡子的曲率中心。

圓球表面的半徑叫做鏡子的曲率半徑。

曲率半徑很小的鏡子，即凸得很厉害或凹得很厉害的表面，而曲率半徑大的鏡子則有比較平，即凸得比較小或凹得比較小的表面。曲率半徑等于无穷大的鏡子，一点不凸也不凹，也就是平面鏡。

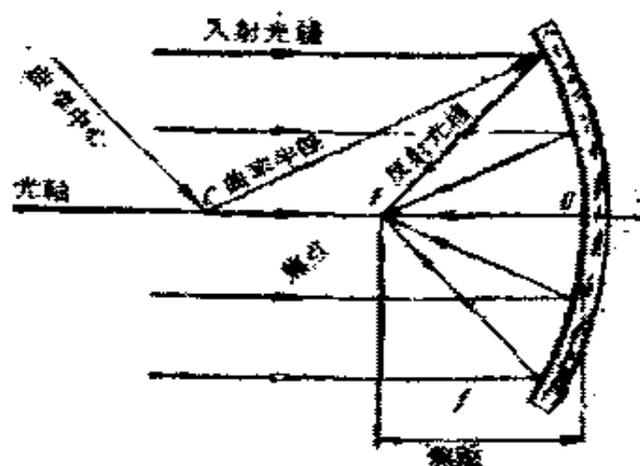


图28 凹面鏡

鏡子中心O叫做頂点。

經過鏡子的曲率中心和鏡子中心或其頂点的直綫叫做光軸。

如果引一狭光束，平行于光轴引向球面镜，则所有的光线均自镜子反射回来并相交于位于光轴上的F点。这个点叫做镜子的焦点。

自位于不远的光源来的光束叫做发散光束。这种光线并不彼此平行地射来，而是向着各个方向发散。

自无穷远光源来的光束叫做平行光束。象太阳和星星的距离极远，可以当作无穷远的光源。

下面要谈到，平行光束不仅仅能从天然的光源如太阳和星星等得到，也可以人工地得到。

这样，平行于光轴射入的平行光束，自球面镜反射后相交，或照通常所证的会聚于镜子的焦点F。

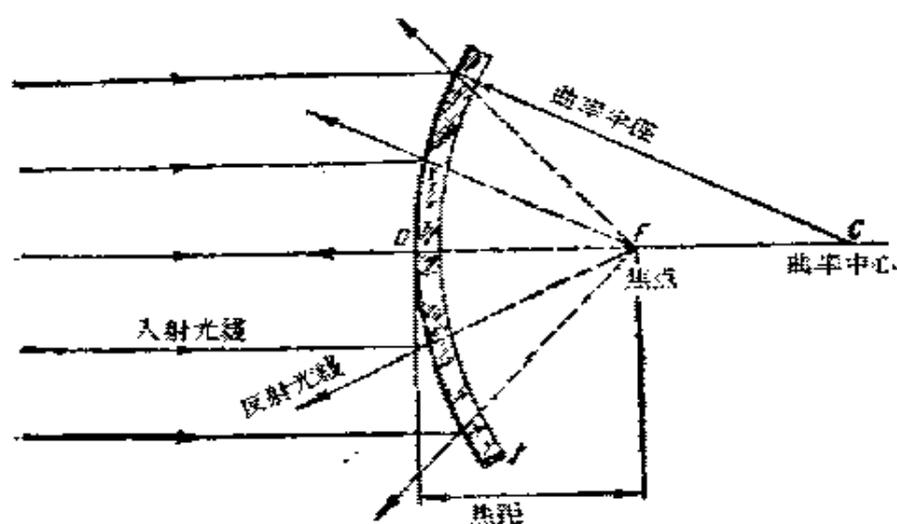


图29 凸面镜

凹球面镜将它转变成会聚光束。

自镜子的中心(C)到焦点F的距离叫做焦距。

弯得厉害的球面镜的焦距短，比较平的球面镜的焦距长，而平面镜则焦距等于无穷大。

位于光轴上的无穷远的物体成象在镜子的焦点处。如果将凹球面镜的反射面向着太阳，则在镜子的焦点处可以得到太阳的很小的象。我们知道，放在焦点处的纸，会由于在该点集聚了所有射在镜子上的光线而燃起起来。这种凹面镜也叫做聚光镜。

图29示一凸面鏡。

平行于凸面鏡光軸射入的平行光束，由它的表面反射回来并沿着以位于鏡子后面的焦点为起点的方向发散。凸球面鏡將平行光束轉变成为发散光束。这种凸面鏡也叫做散光鏡。

凸面鏡在光学机械仪器里用得相当少。凹面鏡在天文仪器里和探照灯里用作反射器。

§ 21. 球面鏡的象的作法

象的求作就是要定出物体和它的象对于鏡子的相互位置。

为了作出任何物体的象，只要找出它的个别点的象的位置就够了。下面的規則可用来作出物体上任何一点的象。自物点引出两条光綫，一条光綫和光軸平行，另一条光綫經過焦点。前一条光綫自鏡子反射后通过鏡子的焦点，后一条光綫則反射后与光軸平行。这两条光綫的交点就是物点的象。

在前节里我們已經看到，位于无穷远的物体成象于鏡子的焦点。如果物体向鏡子的焦点移近，則它的象將迎着物体自鏡子的焦点移远。

在图 30, I 中物体位于鏡子前在无穷远和曲率中心 C 之間。如果利用作象的規則自物点 a 引两光綫 1 和 2，則在反射光綫 1 和 2 的交点 a_1 处得到它的象。因为物体位于 a 点和光軸之間，所以象也位于 a_1 点和光軸之間。这样作图以后，我們得到了縮小的倒立实象。

將屏幕放在象平面处，在屏幕上能够得到的象叫做实象。如將一張白紙的边緣放在点 a_1 处，則在其上可以看到物点 a 的象。

在图 30, II 中物体 a 更接近焦点并位于曲率中心 C 。作图以后得到的象也位于曲率中心 C ，所得的象为一与物体大小相等的倒立实象。

在图 30, III 中物体 a 更接近焦点并位于焦点 F 和曲率中心 C 之間。所得到的象 a_1 位于曲率中心 C 和无穷远之間，为一倒立的实象。

如果物体移至焦点F，则它的象移至无穷远。

位于焦点和镜子之间的物体（图30, IV），它的象的作法比较复杂。与光轴平行的光线1，由镜子反射后通过焦点F。自a点沿着通过焦点F和点a的方向引向镜子的光线2，由镜子反射后与光轴平行地离开。反射光线1和2的延长线（虚线）相交于镜子的后面，得到一点 a_1 ， a_1 即为点a的象。这时在镜子后面得到的是放大的正立虚像。

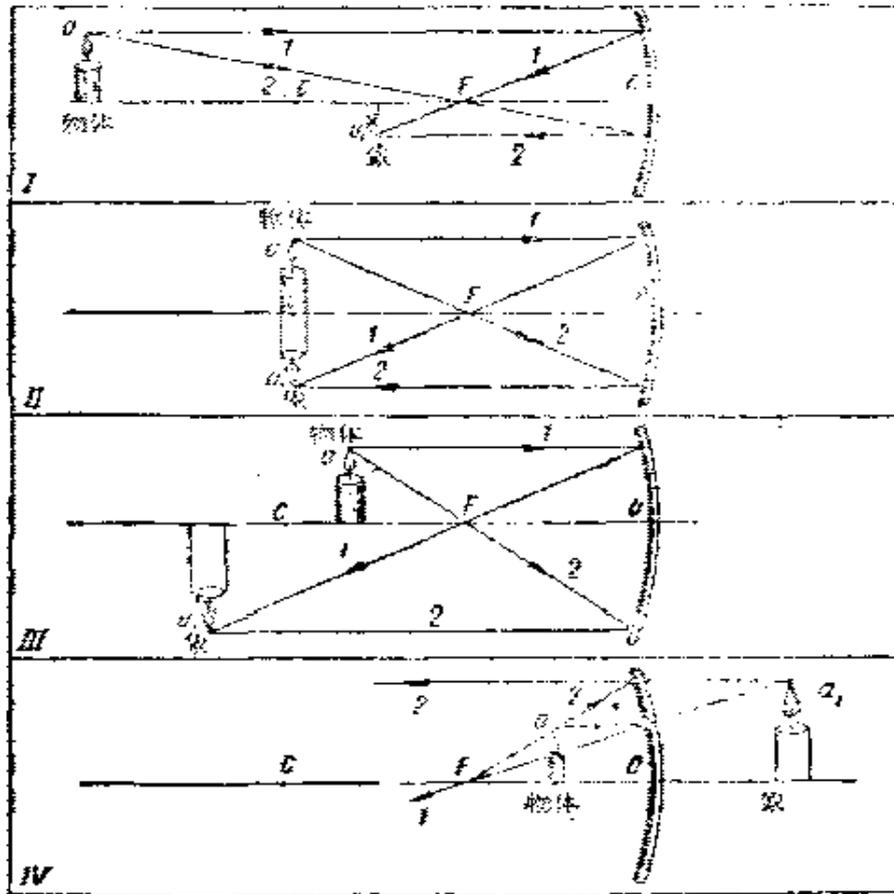


图30 凹面镜的象的作法

I——物体位于镜子曲率中心前； II——物体位于曲率中心；
 III——物体位于曲率中心和焦点之间； IV——物体位于镜子和
 焦点之间。

在位于象平面处的屏幕上不能得到的象叫做虚象。

§ 22. 透 镜

具有两个折射面，其中一个或两个都是球面的光学零件叫做透镜。

透镜是在光学机械仪器里所有光学零件中用得最多的一种。它几乎是每一种光学仪器里的组成部分。

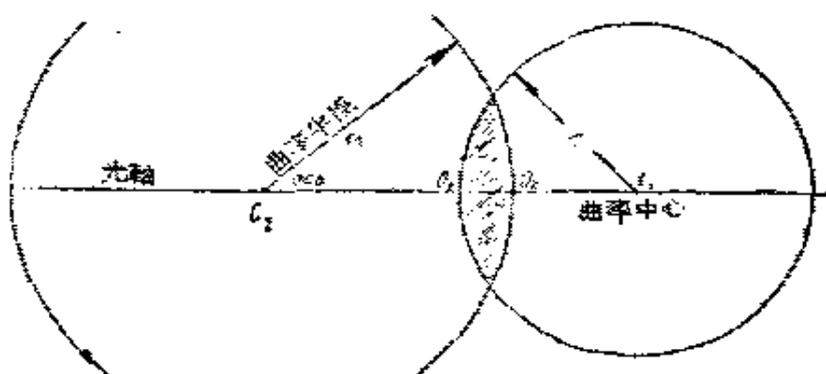


图31 用圆球表面限制的透镜表面

透镜的折射球面是圆球表面的一部分。图31所示为两圆球表面所限制的双凸透镜。

圆球表面的中心 C_1 和 C_2 叫做曲率中心。

圆球表面的半径 r_1 和 r_2 叫做透镜表面的曲率半径。

通过曲率中心 C_1 和 C_2 的直线叫做透镜的光轴。光轴经过叫做顶点的透镜表面的中心 O_1 和 O_2 。

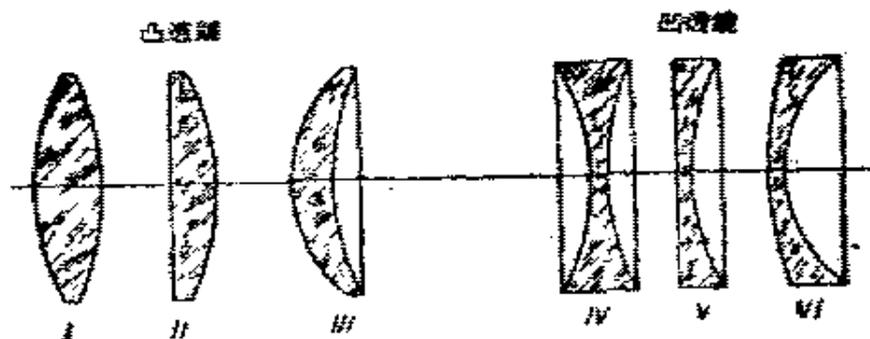


图32 凸透镜和凹透镜的断面

I—双凸；II—半凸；III及VI—凸凹（III—正凸凹透镜；VI—负凸凹透镜）；IV—双凹；V—平凹。

透镜分为两类：凸透镜和凹透镜（图32）。凸透镜也叫做会聚透镜，而凹透镜也叫做发散透镜。凸透镜中央比边缘厚，凹透镜则相反，边缘比中央要厚。

透镜根据它的形状有下列这些名称：1) 双凸透镜（图32, I），两折射面均是凸的；2) 双凹透镜（图32, IV），两面均是凹

的；3) 平凸透鏡 (图32, II)，一面是平的，一面是凸的；4) 平凹透鏡 (图32, V)，一面是平的，一面是凹的；5) 凸凹透鏡 (图32, III及VI)，也叫做弯月形透鏡，一面是凸的，一面是凹的。图32, III所示为正凸凹透鏡，而图32, VI所示则为負凸凹透鏡。

与光軸平行地射在凸透鏡上的平行光束，在經過透鏡时被折射并会聚于位于光軸上的点 F' (图33)。这个点叫做透鏡的焦点。透鏡有两个焦点——前焦点和后焦点。它們在透鏡的两边并均位于光軸上。自左方与光軸平行地射来的光綫 (图31, I及II)，經過透鏡后通过后焦点 F' 。自右方与光軸平行地射来的光綫 (图34, III及IV)，經過透鏡后通过前焦点 F 。凸透鏡的后焦点 F' 在透鏡的后面，而前焦点 F 则在透鏡的前面，凹透鏡則相反，后焦点 F' 在透鏡的前面，而前焦点 F 则在透鏡的后面。

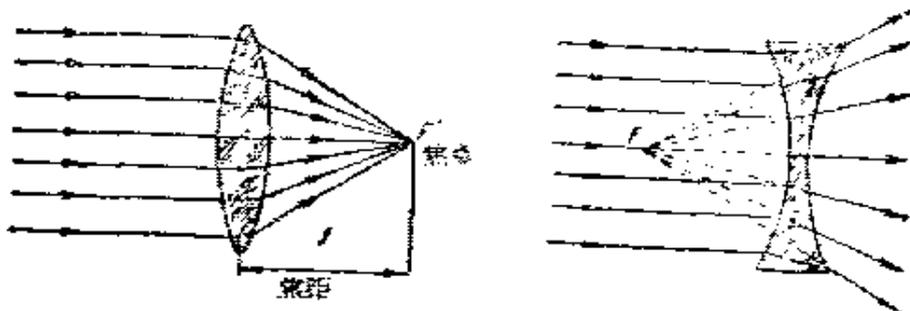


图33 光綫通过凸透鏡和凹透鏡的路徑

如在焦点处放一光源，則由它发出的光綫，通过透鏡后与光軸平行。

与光軸平行地射到凹透鏡上的平行光束 (图33右)，通过透

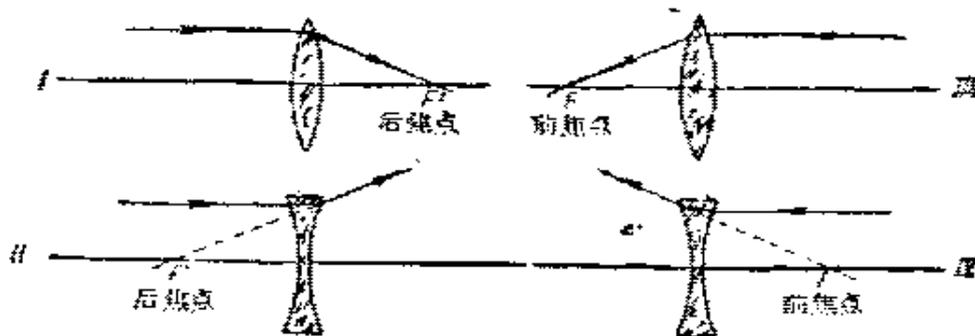


图34 凸透鏡和凹透鏡的前焦点和后焦点的位置

鏡時被折射，并沿着这样的一些方向发散，即它們的延長綫相交于焦点。

如果想像透鏡是由許多单个稜鏡所組成的，就如图35所示一

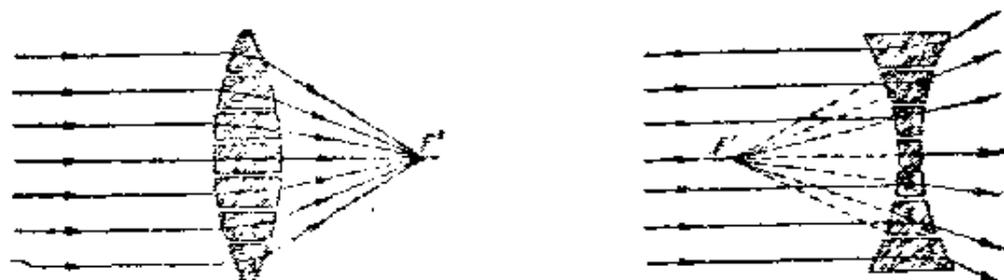


图35 透鏡可以想像是由許多单个的稜鏡所組成

样，則就很容易明了透鏡的作用。接近透鏡邊緣的稜鏡較之接近透鏡中央的稜鏡具有更大的偏向角。因此光綫在邊緣要比在中央偏折得厉害。对于凹透鏡則相反，稜鏡的底系向着透鏡的邊緣，因此光綫被偏折得离开光軸。

焦点和透鏡之間的距离叫做透鏡的焦距。透鏡的焦距决定于它的表面曲率半徑。透鏡的表面凸得愈厉害或是凹得愈厉害，它的焦距也就愈短。相反的，表面凸或凹得較少的透鏡就有較长的焦距。

垂直于光軸并通过焦点的平面叫做焦面。

§ 23. 透鏡成象的作法

利用透鏡和利用球面鏡一样可以获得物体的象。在 § 21 中所研究的球面鏡象的作法也可应用于求作通过透鏡后的物象。

如果物体位于距透鏡无穷远处，則它的象在透鏡的后焦点处。

在图 36, I 中物体接近透鏡并位于透鏡左方无穷远和点 C 之間，点 C 离透鏡为焦距的两倍。自物点 a 引两条光綫——一条平行于光軸，另一条通过前焦点 F 。通过透鏡以后，第一条光綫通过后焦点 F' ，而第二条光綫則与光軸平行。此两光綫的交点 a' ，即为点 a 的象。这样作图所得为一縮小的倒立的实象。

在图 36, II 中物体位于距透鏡为焦距的两倍处。这时在透鏡的另一面距透鏡为焦距的两倍处得到一大小与物体相同的倒立的

实像。

在图 36, III 中物体位于前焦点和距透镜为焦距的两倍(C点)之间。这时得到放大的倒立的实像。

在图 36, IV 中物体位于前焦点和透镜之间。这时得到放大的正立的虚像。

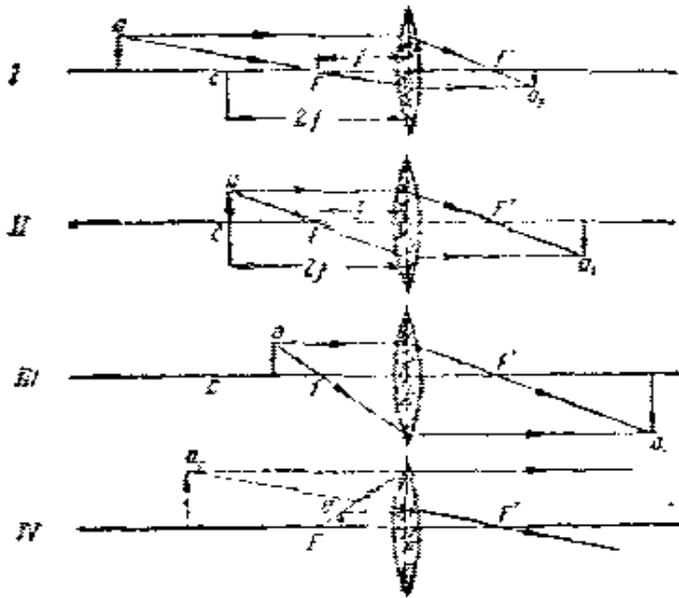


图36 通过凸透镜的象的作法

I—物体位于透镜前大于焦距两倍处；II—物体位于焦距的两倍处；III—物体位于前焦点前小于焦距的两倍处；IV—物体位于透镜和前焦点之间。

我們看到，当物体自无穷远从左方移近透镜的前焦点时，它的象从后焦点向右移远。当物体达到前焦点时，象即位于右方的无穷远。当物体继续移近透镜，则在左方即出现它的放大的、正立的虚象。

复 习 题

1. 反射定律說些什么？
2. 什么是入射角、反射角和折射角？
3. 光线在平面鏡上的入射角等于 30° ，問反射角等于多少？
4. 当将平面鏡轉过 1.5° 时，由平面鏡反射的光綫轉过的角度等于多少？
5. 何謂光的折射？
6. 光线垂直地射在玻璃平面上，在玻璃中的折射角为多大？

7. 什么是全反射角?
8. 成全反射角射入的光线, 它的折射角为多大?
9. 在什么情况下棱镜的反射面不需要镀银?
10. 列举你所知道的棱镜。
11. 直角棱镜和直角屋脊棱镜的区别是什么?
12. 屋脊棱镜的屋脊角为多大?
13. 道威棱镜的特性是什么?
14. 当道威棱镜转过半周时, 像转过多少?
15. 菱形棱镜有多少反射面?
16. 五边棱镜反射面间的夹角为多大?
17. 为什么在边棱镜的反射面需要镀银?
18. 转象棱镜系统系由何种棱镜所组成?
19. 在那些仪器里应用转象棱镜系统?
20. 平行玻璃板是什么?
21. 平行玻璃板有什么特性?
22. 光线折射角和光线偏向角, 那一个大?
23. 你知道有哪些球面镜?
24. 何谓光轴?
25. 何谓焦点?
26. 何谓平行光束?
27. 何谓焦距?
28. 在象的求作时利用什么规则?
29. 列举出你所知道的透镜。
30. 当物体位于距透镜为焦距的两倍处, 凸透镜给出怎样的象?
31. 试利用象的求作规则, 作出凹透镜的象来。

第三章 生理光学概念

§ 24. 眼睛的构造

几乎所有的光学仪器都是人眼在观察和测量时的辅助工具。因此在创造光学仪器以及在使用它们的时候必须考虑到眼睛的性质, 而眼睛本身就是一套很复杂的光学系统。

图37示人眼的水平剖面。它的形状近似一个直径为2.5公分的圆球，前面有通过光线的凸起部分。眼睛的外面包着一层叫做巩膜的白色坚硬的不透明膜。它的前面凸起部分是透明的叫做角膜。眼睛的内腔由前房和后房组成。前房内充满一种透明的胶状液体，叫做前房液，后房内充满另一种透明的胶状液体，叫做玻璃状液。在前房和后房之间有形状像双凸透镜的透明弹性物体，叫

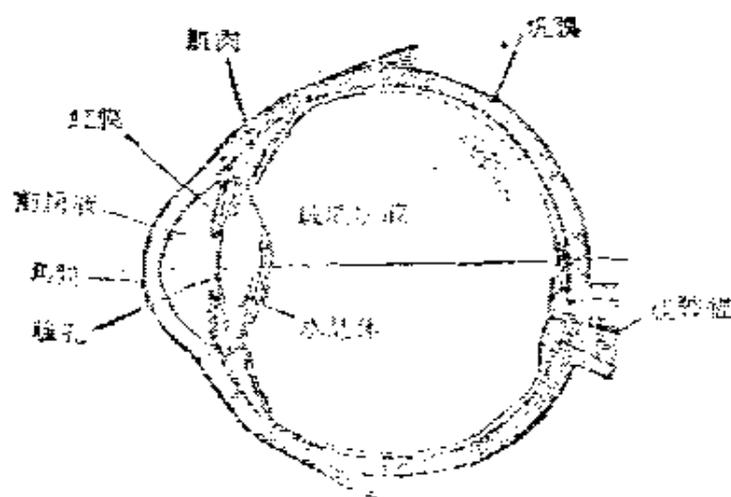


图37 人眼的水平剖面图

做水晶体。水晶体的凸度可以借和它相联的肌肉系统的作用而改变。在水晶体的前面有一层虹膜，它的颜色随着人而不同。在虹膜上有一个小孔，叫做瞳孔。瞳孔可以在1.5至8公厘的范围内改变自己的直径。当光很亮的时候，瞳孔缩小以避免眼睛被强光所眩惑，而当光很弱的时候，瞳孔的直径增大使得更多的光线通过，这样使得眼睛能够区分照度很弱的物体。视神经进入眼睛的后房，沿着眼睛内部的后壁分布，构成一层极薄的膜。这层膜叫做网膜。它是由千百万个感光特别灵敏的视神经末梢所组成。

通过瞳孔进入眼睛的光线，被眼睛组织部分中的透明物体——角膜、前房液、水晶体和玻璃状液——所折射，就像会聚透镜的作用一样在网膜上形成我们周围物体的缩小的倒立的像。这个像借视神经传到大脑。正常眼睛的网膜具有区别有色光线的本领和感受有色物体和无色物体的视觉印象的本领。

§ 25. 眼睛的性質和缺陷

为了使远的物体和近的物体明晰地成像于网膜上，眼睛就需要进行工作。肌肉应当紧张起来来改变水晶体的凸度，也就是改变它的焦距。

人的眼睛有正常的、近视的和远视的。正常眼睛的焦点位于网膜上，因此远的物体，由它来的平行光线进入眼睛后明晰地成像于网膜上，不需要使肌肉系统很紧张眼睛就能很清楚地看到它们。近处的物体，由它来的是发散光线，正常的眼睛只有当眼睛的肌肉紧张使水晶体的凸度增加，才能明晰地成像在网膜上。因此，当正常的眼睛看远处时，它的肌肉并不紧张，水晶体的凸度最小，眼睛也不累。但是当眼睛看近物时，它的肌肉是紧张的，水晶体凸度较大，眼睛也很累。

近视眼的焦点在网膜的前面，远视眼的焦点则在网膜的后面（图38）。因此近视眼和远视眼的肌肉松弛的时候，远物不能明

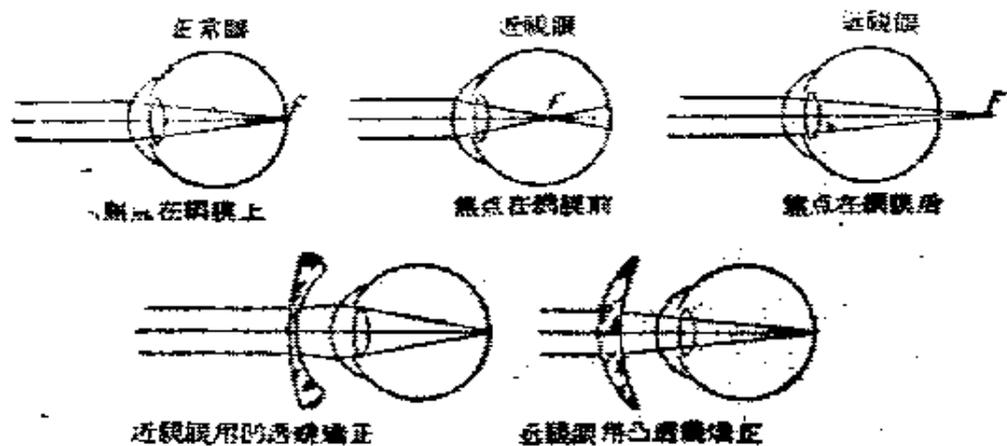


图38 正常眼、近视眼和远视眼的焦点位置。
借眼镜透镜矫正近视眼和远视眼

晰地成像在网膜上。远物的明晰的像，近视眼成在网膜前，远视眼则成在网膜后。

为了矫正近视眼和远视眼需使用眼镜。近视眼用凹透镜来矫正，远视眼则用凸透镜来矫正（图38）。

近视或远视的程度随着眼睛而不同。根据近视或远视的程度

而選擇适当的不同折射力的眼鏡透鏡。

透鏡的折射力，也就是眼睛的近視或遠視程度，用視度這個量來測量。視度用焦距（以公尺計）的倒數來表示。為了將透鏡的焦距換算成視度，必須將 1 被它的焦距（單位為公尺）除。

$$\text{視度} = \frac{1}{\text{焦距 (單位公尺)}}$$

視度為 1 度的透鏡	它的焦距為 1 公尺
視度為 2 度的透鏡	它的焦距為 $\frac{1}{2}$ 公尺
視度為 3 度的透鏡	它的焦距為 $\frac{1}{3}$ 公尺
視度為 4 度的透鏡	它的焦距為 $\frac{1}{4}$ 公尺
視度為 $\frac{1}{2}$ 度的透鏡	它的焦距為 2 公尺
視度為 $\frac{1}{3}$ 度的透鏡	它的焦距為 3 公尺
視度為 $\frac{1}{4}$ 度的透鏡	它的焦距為 4 公尺以此類推。

視度的大小以帶正號的表示凸透鏡，例如 +2 度，以帶負號的表示凹透鏡，例如 -2 度。

§ 26. 雙 眼 視 覺

我們一般总是用兩個眼睛來觀察我們周圍的物體的。有很大一類光學儀器都是適合於用兩個眼睛通過它們來觀察的，例如，雙筒望遠鏡、炮隊鏡等。這類儀器叫做雙目儀器，而用雙眼觀察的視覺則叫做雙眼視覺。

當我們用兩個眼睛觀看時，在左眼和右眼的網膜上得到同一物體的像。這兩個像同時為我們的大腦所感受，並產生了一個物體的印象。但是，如果破壞了正常的觀察條件，則如下面要談到的，左眼和右眼的兩個像各單獨地被感受，因而得到了雙像。

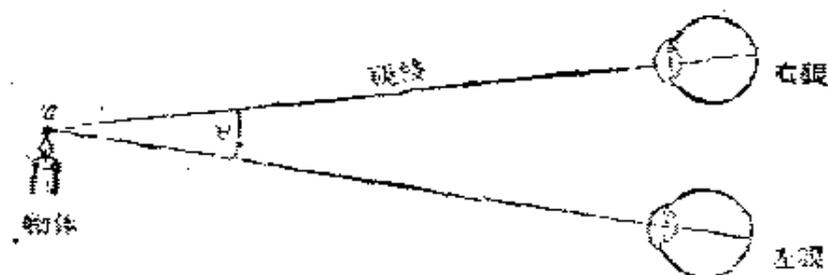


圖 39 雙眼視覺

当我们观看很近的物体上一个点时，右眼的视线（经过瞳孔中心和网膜中心的直线）和左眼的视线相交于所观看的 a 点（图39）。眼视线间的夹角 α 愈小，所观察的 a 点也就愈远。当所观察的物体上的点位于无穷远时，这个角度等于零。这时眼视线彼此平行。在前节里我们看到，当眼睛看远的时候，也就是当用两眼观察，眼视线为平行时，正常眼睛的肌肉系统最轻松地工作着。因此双目仪器必须做成这样，通过它来观察时眼睛的视线是平行的。

当通过双目仪器用两眼观察时，允许有下列很小范围内的不扰乱视觉的眼视线间平行度的偏差：

视线在水平面内的发散为60分。

视线在水平面内的会聚为20分。

视线在垂直面内的发散为20分。

眼视线平行度的破坏大于上述范围时会使视觉疲乏并且产生双像。

当从观察近物转到观看远物时，转动眼睛的肌肉系统和改变水晶体凸度的肌肉系统协同一致地工作。如果在用两眼观看任一物体时，人为地使一个眼睛转动一个不大的角度，例如，用手指从下面或侧面轻轻地压在眼皮上，则在相应的上方和侧方将会看到物体的双像。

§ 27. 立 体 视 觉

当我们用两个眼睛观看我们周围的物体时，我们感觉到它们的空间深度和浮凸性，也就是说我们明显地看到和在意識里估计出什么较远什么较近。如果比较空间物体实际的形状和它们的照片，则我们看到在照片上所有的物体均位于一个平面内，而实际空间内我们看到它们在深度上离开我们的距离是不同的。

这种空间深度的视觉叫做立体视觉。

立体视觉的能力是我们双眼视觉的特点所产生的。正是因为我们有两个眼睛，我们可用以感觉空间的深度。在我们看任一画

凸的空間物体时，在我們眼睛的网膜上得到不一样的象。如果將物体放近我們的眼睛，依次閉上一个眼，先用左眼看，然后用右眼看，則可以看到，左眼看到的与右眼看到的并不完全一样（图40）。这就是立体效应的基本原因。左眼和右眼两个不一样的像

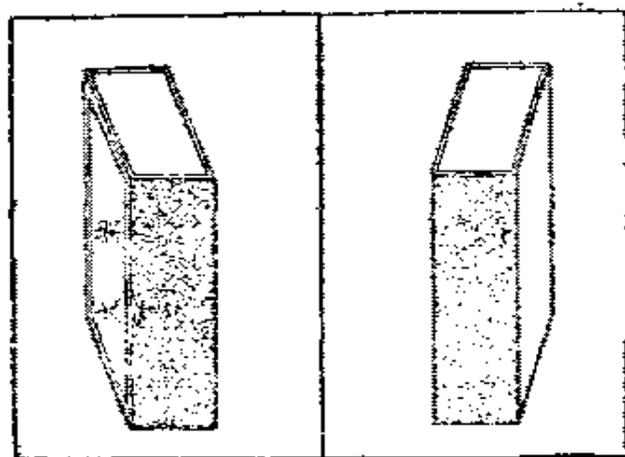


图40 左眼看到的与右眼看到的并不完全一样

为我們的意識合并成一个空間的印象。

在图41里，在离眼睛不同距离处放了两个物体，分別以三角和圓来代表。三角离眼較近，圓則較远。

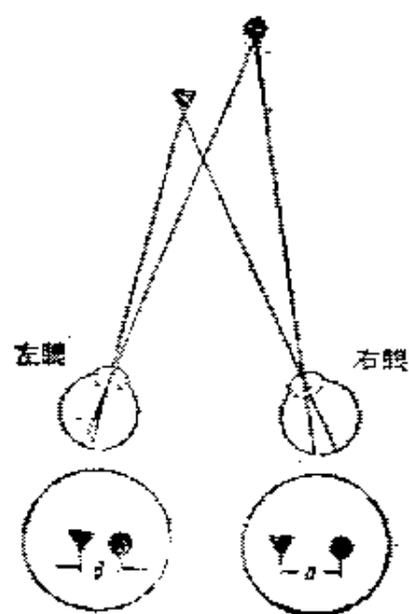


图41 立体效应是由于用右眼所看到的物体间的距离 a 不等于用左眼所看到的距离 b

在每一个眼睛下面画了每个眼睛单独看到的象。我們看到，右图里的距离 a 大于左图里的距离 b 。如果我们同时分开去看这两图形——右眼看右图，左眼看左图，則它們便合并成为一个空間的象，而我們看到三角較近，圓則較远。这样，借助两张平面的图形，每一个眼分別去看一張图形，就能人为地产生空間图形的印象。这样一对图形可以用照相的方法在水平綫上的两点將同一物体照两次相而制成。这种照片对，叫做立体照片，需借助于一种叫做立体鏡的仪器来看它。

在立体鏡里，右眼只看从物体右方攝取的照片，而左眼則只看从左方攝取的照片。借立体鏡来看的这两张照片合并成为一張凹凸的圖画。斜眼的人沒有立体視觉的能力，因为由于眼視綫的偏斜，他的左眼和右眼內的图形不能合并成为一个空間的印象。这种不正常的眼睛可以借楔形玻璃的稜鏡眼鏡来矯正。

立体电影以及許多測量仪器，如立体坐标測量仪、立体測距仪等的构造即基于观察立体照片和像的原理。借助立体仪器可以按照在飞机上所攝取的立体照片来編制地形图。

第四章 光学仪器簡介

§ 28. 光学机械仪器分类

光学机械仪器有各种极为不同的构造和用途。它們广泛地应用于許多不同的部門里，例如在医学上、測量学上、天文学上、軍事上，在各种科学和艺术部門里以及大多数的工业部門里。

在医学上应用的有显微镜、研究人的眼睛用的檢眼仪器、膀胱鏡、照明設備以及其他医疗器材。

在測量学上主要应用水准仪、經緯仪、远鏡照准仪、編制地理图用的航空測量仪器等。

在天文学上应用望遠鏡、折射望遠鏡、反射望遠鏡、中星仪、照相机和光譜仪器。

在軍事上主要应用观察和瞄准的仪器。其中包括双筒望遠鏡、望遠鏡、炮队鏡、陆上潛望鏡、坦克、大炮、高射炮和其它陆上用的瞄准具、轟炸用的投彈瞄准具、測距仪、潜水艇用潛望鏡、探照灯、照相机和空中照相机以及其他專門的仪器。

在科学和艺术部門应用显微镜、光譜仪器、电影摄影机、干涉仪、偏振仪器和各种不同的測量裝置。

在工业部門主要应用檢查測量仪器，如各种型式的工具显微镜和測量显微镜、比长仪、光学分度头、光学指示仪、机械傳动比較仪、折射計、偏极計、攝譜仪、照相投影設備以及其他各种光学仪器。

当然，这样多种多样的光学机械仪器可以按其不同的特征来分类。根据工作条件它们可以分成下列基本三大类：

- 1) 用来观察很近很小物体的仪器（放大镜和显微镜）；
- 2) 在照相底板和屏幕上给出象来的仪器（投影仪器、摄影机和放映机）；
- 3) 用来观察远物的望远仪器（双筒望远镜、望远镜、瞄准具、周视瞄准镜等）。

下面研究一下这三类中个别仪器的工作系统和原理。

§ 29. 放大镜及其放大率

放大镜可以算是最简单的光学仪器了。它们用来观察放得很近的很小的物体。放大镜广泛应用于各种不同的生产部门，例如用以检查光学零件的表面光洁度，用以在装配时观察细小的机构，用以读取游标上细小的标记和读数等。

放大镜一般由一块或几块透镜组成。通过放大镜来观看物体

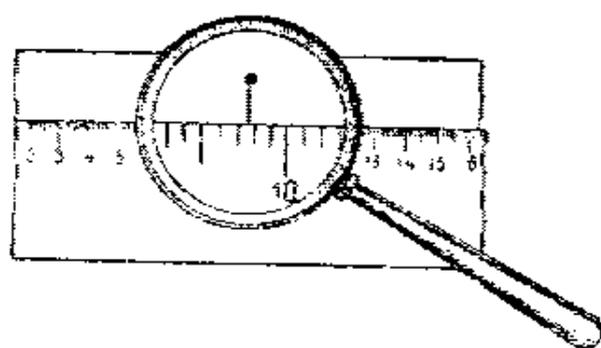


图42 放大镜给出放大的像

时，我们看到它被放大了（图42）。放大率系由在眼的网膜上所得到的像的大小，或是我们看物体时所张的角度来鉴定。由图43可见，如果物体离眼睛很远，则它在网膜上所成的像 a 很小。如果该物体离眼较近，则它的像 b 也就较大。在第一种情形下看物体的张角 α ，较第二种情形下看物体的张角 β 为小。离我们很远的电线杆，我们看来很小，而当接近它的时候，我们看到它很大，这是因为在前一种情形下是在小角度下看到它，而在后一种情形下

則在大角度下看到它。為了將物體的各個細小部分在放大的情況下觀察而將物體移近眼睛是可以的，但是只能到一定的極限為止。離眼過分近的物體反而看不清楚。對於正常的眼睛物體放在離眼 250 公厘處為最好。這個距離叫做明視距離。在我們讀書的時候，我們一般就是將書放在明視距離，也就是 250 公厘處（對於正常眼睛而言）。

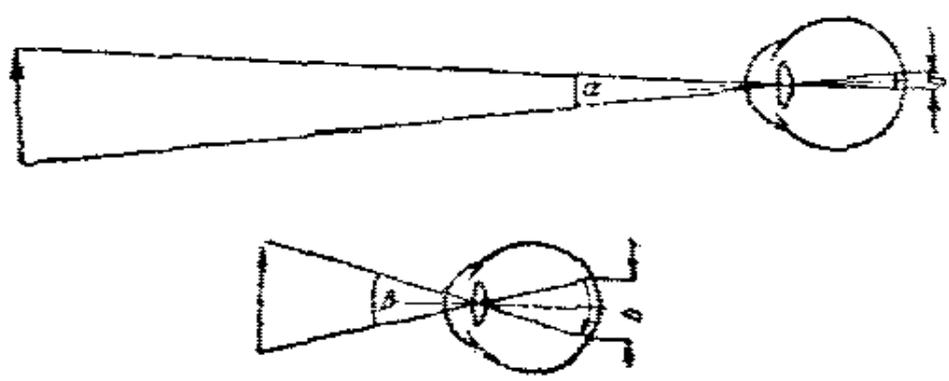


圖43 物體離眼愈近，在網膜上它的象就愈大

放大鏡可用以將物體移近眼睛並在較大的角度下來看它（圖44）。明視距離和放大鏡的焦距之比叫做放大鏡的放大率，即：

$$\Gamma = \frac{250}{f}$$

式中 Γ ——放大率， f ——放大鏡的焦距。這樣，為了求得放大鏡的放大率，必須用它的焦距（單位為公厘）除250。

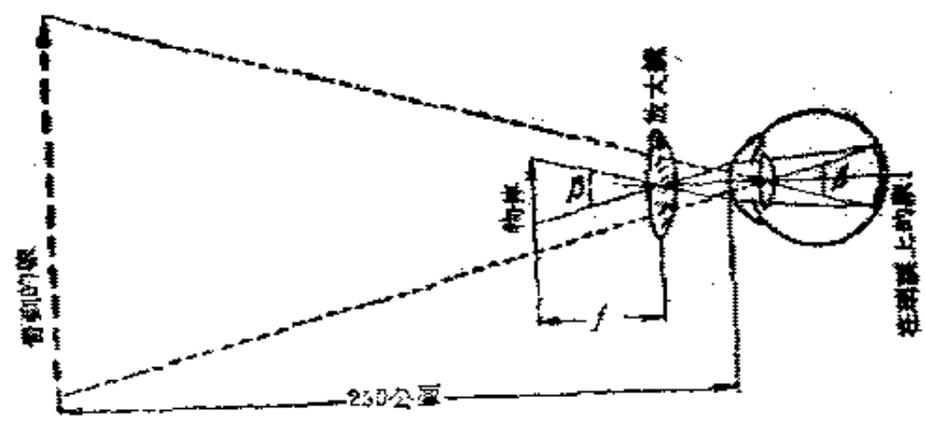


圖44 放大鏡放大了物體在眼睛網膜上的象

放大鏡一般做成放大率由2.5至27倍。為了得到更大的放大率，至百倍甚至千倍，以用顯微鏡為宜。

§ 30. 照 相 机

照相机系用以攝制所有各種的照片。

照相机的構造是極多種多樣的。雖然已有許多式樣和系統的照相机，但它們的構造却系基於同一原理，即可能在感光板或照相底片上得到被攝物體的象。圖45示照相机的剖面圖解。它是一個不透光的鏡箱，在它的前壁上放了一隻照相物鏡，後壁則有一塊毛玻璃，它可以用照相底板或軟片來代替。照相物鏡裝在可以沿著軸綫方向移動的前面板上。

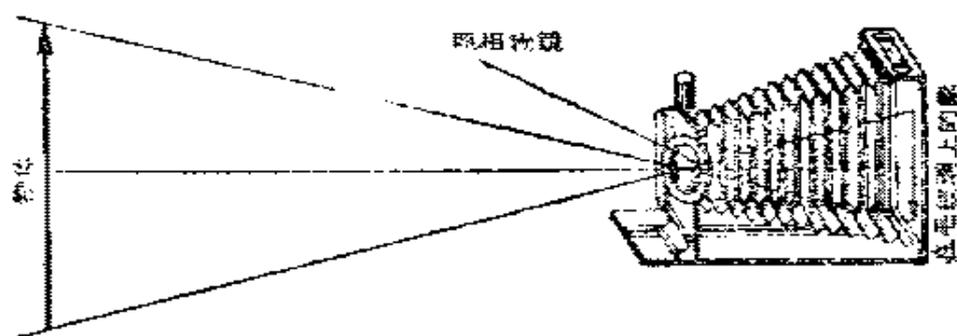


圖45 照相机剖面圖

為了在毛玻璃上得到遠物的明晰的象，調節底有照相物鏡的前面板，使它与毛玻璃的距離等於照相物鏡的焦距。如所攝的物體離照相机很近，則移動前面板以增加照相物鏡與毛玻璃之間的距離，直至得到明晰的象為止。所攝的物體離照相机愈近，照相机就需拉開得愈長，也就是說照相物鏡與毛玻璃間的距離需要愈大。如將鏡箱拉開至等於照相物鏡焦距的兩倍，則在毛玻璃上得到的像大小就和所攝物體相等，這時所攝物體系位於距照相物鏡為兩倍焦距的地方。

圖46示一種常用的照相机，它的底片尺寸為 9×12 公分，它的鏡箱是一個折疊成手風琴形狀的皮囊。它的物鏡的焦距等於135公厘。較輕便的尺寸較小的照相机用來攝制小尺寸的照片(例

如在电影胶卷上)，然后再将它们放大。这种照相机一般没有折成手风琴状的皮囊，它的对光使像清晰系借照相物镜在其框子里的移动而进行。这种照相机的物镜焦距一般等于50公厘。还有一种尺寸很大的所谓复制照相机，它用以复制供印刷以及其它特殊用途的图、表和图画等。这类镜箱上装有长焦距的照相物镜，它的焦距长达一公尺甚至以上的。

照相物镜是照相机上最重要的组成部分。最简单的照相物镜是一块或两块凸透镜组成。较复杂的则由几块透镜组成。在目前所应用的最贵最复杂的照相物镜系由七块或八块透镜所组成。

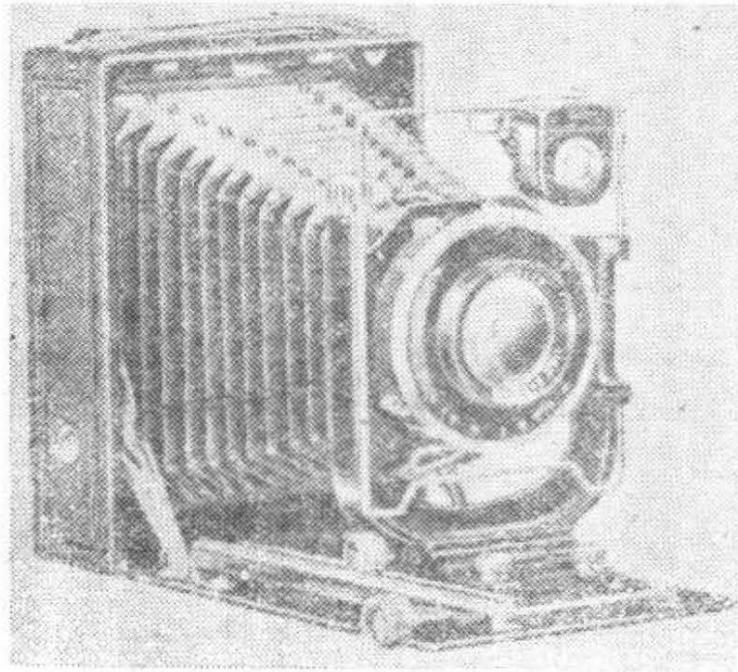


图46 照相机外形图

照相物镜不仅是焦距彼此不同，而且光强度也彼此不同。光强度就是评定通过照相物镜落在照相底板上的光的数量。光强度以物镜直径和它的焦距之比表示。它一般就标在照相镜头的镜框上，例如1:4.5，1:8或1:11。数字4、5、8和11表示物镜直径较焦距小的倍数。光强度为1:4.5的第一个物镜，它的光强度较第二个物镜为大，较第三个物镜则尤大。照相物镜的光强度愈大，它所通过的光就愈多，照相物镜也就愈复杂愈贵。光强度高的物镜特别适宜于摄取运动的物体或是照度很弱的物体。

§ 31. 投 影 仪 器

用来在屏幕上获得物像（在大多数情况是放大的像）以供许多人一起观看的光学仪器叫做投影仪器。属于这类仪器的有电影放映机和用以将幻灯片、图片、图样、以及图表、文字等在教室和讲堂里投射到屏幕上去的实物透射幻灯机以及照相放大机等。

投影仪器分成两类。第一类叫做透射投影仪器，是用来投影透明物体的投影仪器，光线透过物体而投在屏幕上。第二类叫做实物投影仪器，是投影不透明物体的投影仪器，光线由物体反射后落在屏幕上。

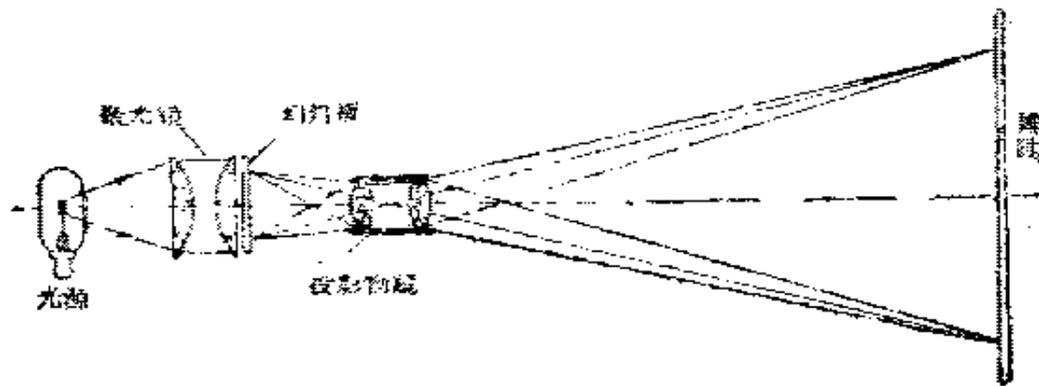
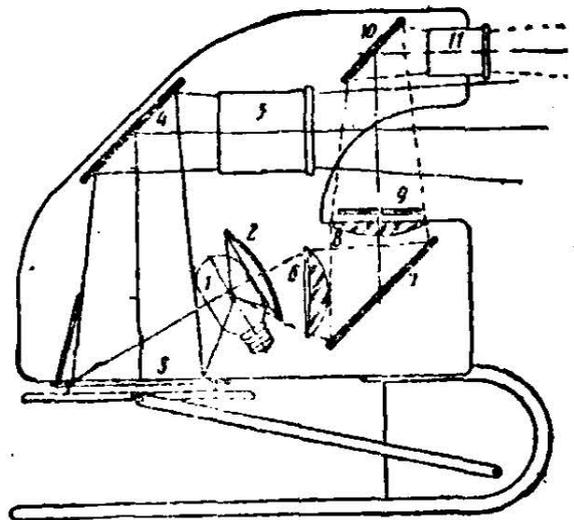
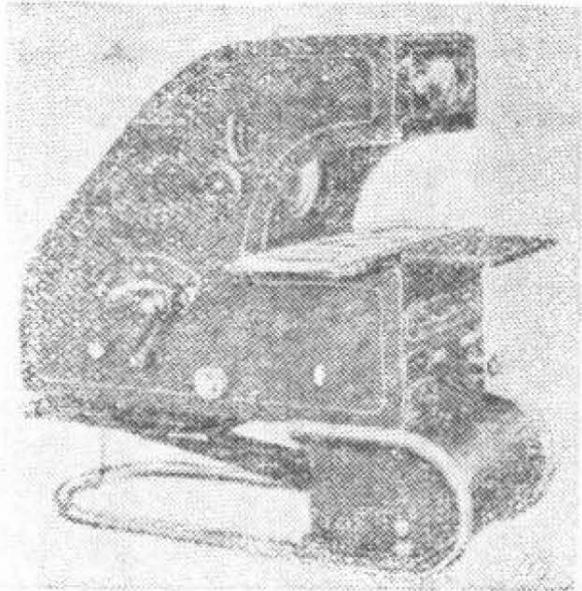


图47 投影仪的光学系统

图47示透射投影（投影幻灯）的光学系统。它由两部分组成：照明部分和投影部分。照明部分由光源和聚光镜组成。投影部分由投影物镜和屏幕组成。一般由两块平凸透镜所组成的聚光镜将由光源来的光线集聚于透明的图片（幻灯片）上，并用强烈的均匀的光照明它。光源放得接近聚光镜的焦点使得光源的像成于物镜上。幻灯板放得接近聚光镜。在幻灯板的后面放了投影物镜，距离略大于它的焦距。沿着轴綫移动投影物镜以在屏幕上获得明晰的象。为了在屏幕上获得质量很好的象，投影物镜系由几块特殊计算的透镜用特殊选择的玻璃所做成。

现代的投影仪可以用来投影透明的物体，也可用来投影不透明的物体，因为它们里面有透射投影的结构也有实物投影的结构。这种仪器叫做实物透射幻灯机。图18示这种实物透射幻灯机

以及它的光学系统。在投影不透明的物体时，灯 1 照明放在台 3 上的书、图片或别的物品。反射的光线射在镜子 4 上，并通过投影物镜 5 而射到屏幕上。在投影透明物体时，用作反射器的凹面镜 2 折向左边，由灯 1 发出的光线通过聚光镜的第一块透镜 6，由平面镜 7 反射出来，经过聚光镜的第二块透镜 8，透过幻灯板 9，由平面镜 10 反射并通过第二个投影物镜 11 而射到屏幕上。幻灯板 9 可以用毛玻璃来代替，投影的时候可以用铅笔在其上写字或画画，在屏幕上即以它们的放大的形象呈现出来。这种实物透射幻灯机可使教室里或讲堂上的演讲人用来配合自己的演讲在屏幕上放映出直观教材来。



§ 32. 望远系统

用来观察离观察者很远物体的仪器，例如双筒望远镜、望远镜等，它们的光学系统有着共同的性质。自远物来的进入观察仪器的光线实际上是平行的。前面已经述及，为了使得眼睛不累，自仪器出来并进入眼睛的光线必须也是平行的。因此，用以观察远物的仪器，进入仪器的应为平行光束，而出去的也应是平行光束。这种条件由叫做望远系统的光学系统来满足。

最简单的望远系统如图 19 所示。它由两部分——物镜和目镜

图 48 实物透射幻灯机的光学系统及其外形

所組成。物鏡對着觀察的物體，目鏡則對着觀察者的眼。物鏡的後焦點 F'_{ob} 和目鏡的前焦點 F_{oe} 相重合。物鏡的焦面同時也是目鏡的焦面。這是望遠系統的特點。射入物鏡的平行光束相交於物鏡和目鏡的公共焦面上並以平行光束離開目鏡。圖49上示兩束平行光束，一束平行於光軸地進入物鏡並同樣平行於光軸地離開目鏡。

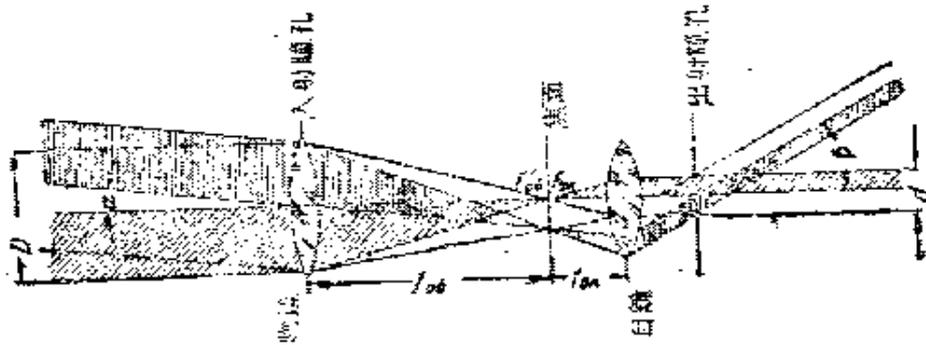


圖49 望遠系統之光學系統

另一束與光軸成角 α 斜射入物鏡並以角 β 離開目鏡。

限制通過儀器光量的圓形框子（一般是物鏡框），叫做入射瞳孔。這個框子在目鏡後面的象叫做出射瞳孔。出射瞳孔位於目鏡後，並且當通過儀器觀察時它與眼睛的瞳孔相重合。如果將儀器的物鏡對向光亮的背景，並沿着儀器的軸綫從目透鏡方面去看時，則可以看到出射瞳孔以一個小的亮圓呈現在透鏡的上方。出射瞳孔也可以以一個小的亮圓形在放在目鏡附近的白紙上得到

（圖50）。

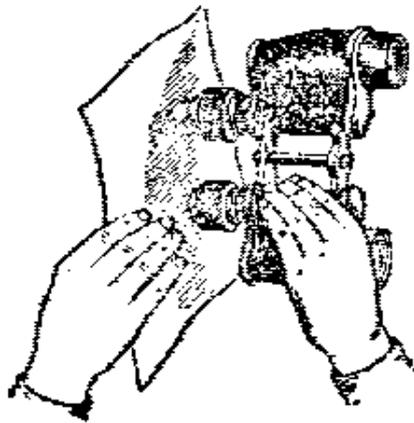


圖50 在放在目鏡附近的白紙上，出口瞳孔以白色小圓的形狀出現

觀察者的眼睛通過目鏡來看，在物鏡和目鏡的焦面上所得到的遠物的像，就象是通過放大鏡來看一樣。通過望遠系統所看到的物體看起來是放大了，因為自物體邊緣上的點來的光綫是以角 α 來的（圖49），而離開目鏡進入觀察者眼睛的却是在較大的角 β 下的光綫。角 β 比角 α 大多少倍，我們看到的物體就放大多少倍。

這些角度的比例關係就叫做望遠

系統的可見放大率。如果已知物鏡和目鏡的焦距，則可由物鏡的焦距被目鏡的焦距除得到望遠系統的可見放大率，即

$$\Gamma = \frac{f'_{06}}{f_{0K}}$$

式中 Γ ——可見放大率； f'_{06} ——物鏡焦距； f_{0K} ——目鏡焦距。物鏡焦距比目鏡焦距大多少倍，望遠系統就放大多少倍。望遠系統的可見放大率也可由入射瞳孔的直徑 D 被出射瞳孔的直徑 d 除得到，即

$$\Gamma = \frac{D}{d}$$

入射瞳孔的直徑比出射瞳孔的直徑大多少倍，望遠系統就放大多少倍。

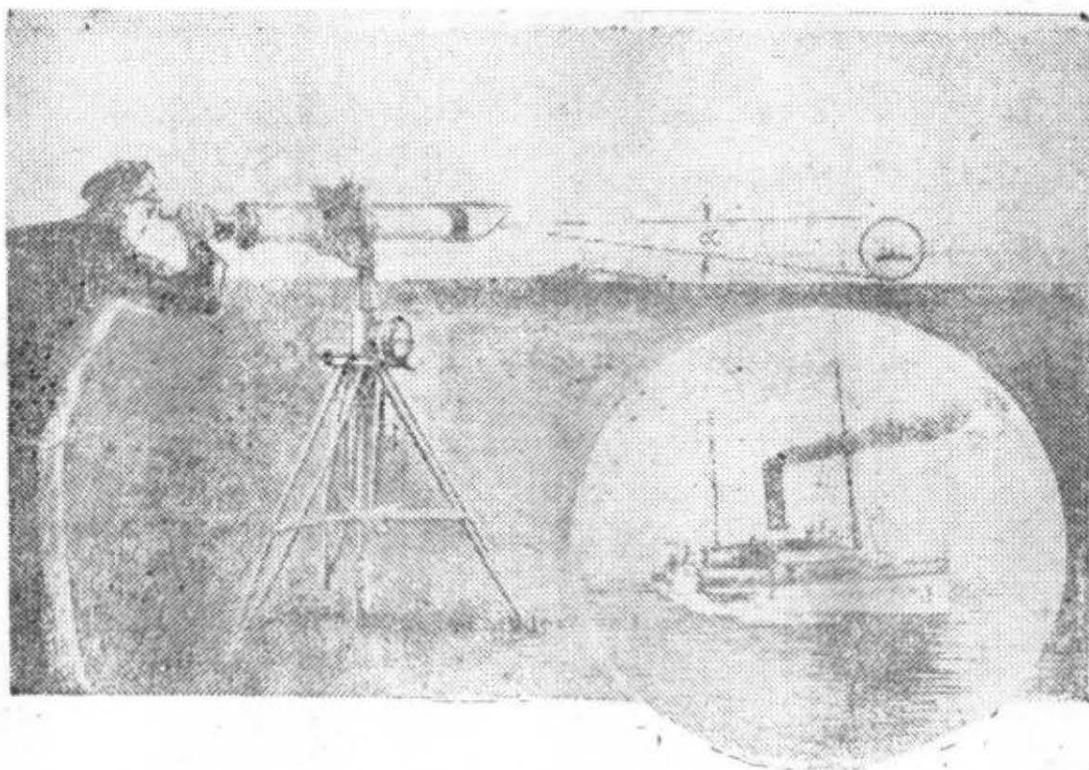


图51 为边缘光线限制了的 α 角所組成之望遠鏡視場

当我们通过望遠仪器来观察我们前面的地区时，我们不能一下子看到整个地区，而只能看到我们要观察的空间的不大一部分。为了看到整个空间，需要使我们的头部和仪器一起转动。通

过不动的仪器一下子能看到的空間部分包括在一个角度內，包括这部分空間的角度叫做光学仪器的視場。图51示一望远镜，它的視場为角 α ，在这样的角度下看到空間的不大一部分如圓內所示。

图49上所示的望远系統給的是倒象。为了得到正象，在物鏡和目鏡之間加入各种結構的所謂轉象系統。根据仪器的用途在望远系統的物鏡和目鏡之間可以放入各种不同的光学零件，如稜鏡、透鏡、光楔等等，这些零件的加入是为了別的目的，但望远系統的性質仍旧保持不变。在物鏡和目鏡之間有轉象透鏡的仪器，它的物鏡和目鏡的焦面不再重合。

在这一章書的以后几节里将简单地闡述几种屬於望远系統类的光学仪器。

§ 33. 双筒望远镜

双筒望远镜是一种尺寸和重量均不大的光学仪器，供用双眼观察远方物体，所看到的是物体放大的形状。軍用双筒望远镜不仅用以观察，并可用以测量角度。

双筒望远镜由两个鏡筒組成，一般系用鉸鏈連接。每一个鏡筒即是一个給出正象的望远系統。

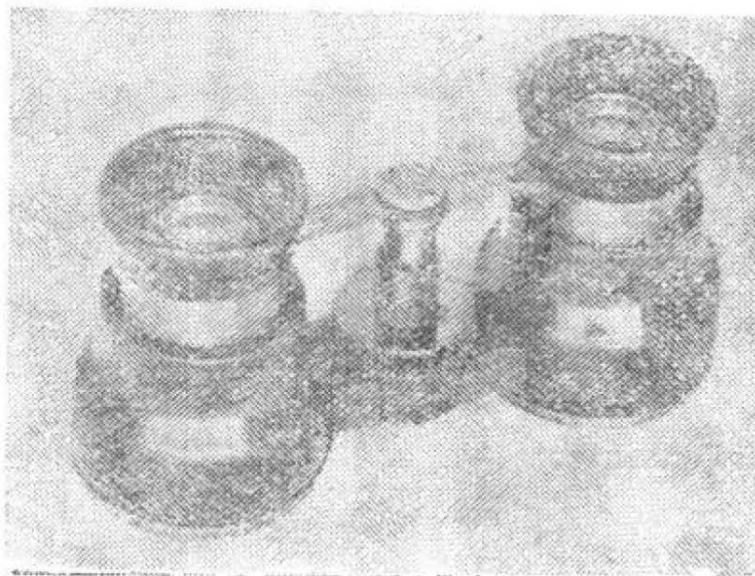


图52 伽里略式（观劇）双筒望远镜

利用鉸鏈連接可改變兩鏡筒之間的距離以適應觀察者兩眼瞳孔之間的距離。

伽里略式及筒望遠鏡的光學部分系由凸的物鏡和凹的目鏡所組成。這種帶有凹目鏡的望遠系統不需附加的轉象系統就給出正的象。伽里略式雙眼望遠鏡的放大率不大，它主要用作規則望遠鏡（圖52）。

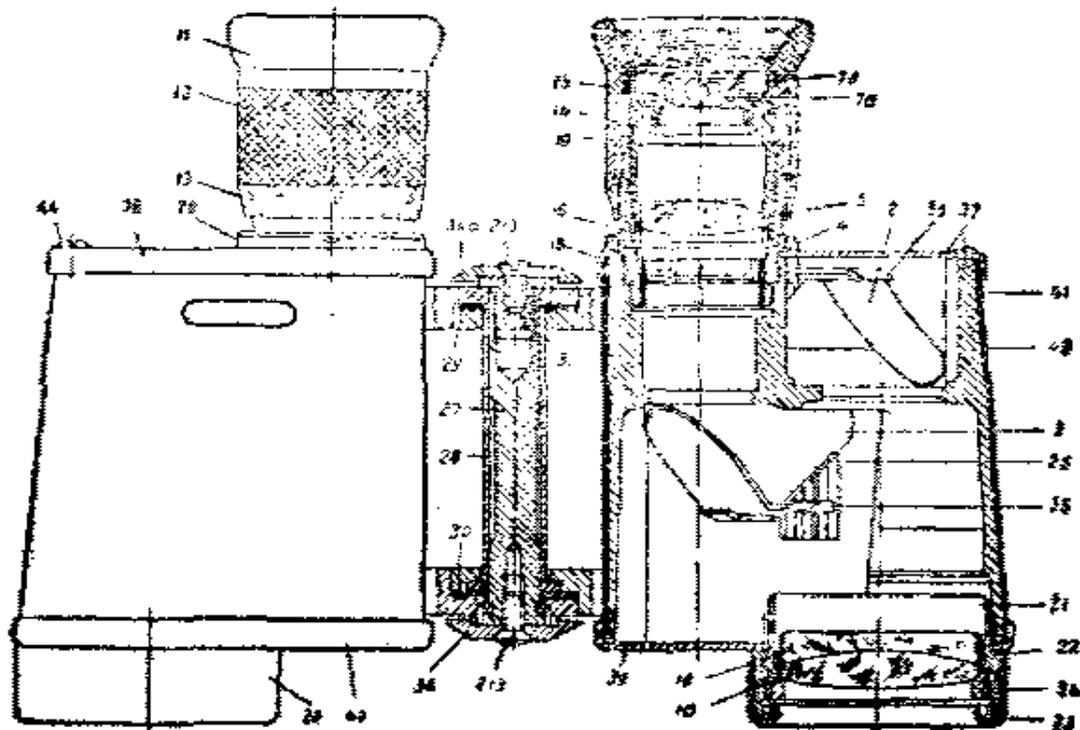


圖53 稜鏡雙筒望遠鏡

1a及1b—物鏡透鏡；2及3—稜鏡；4—分划板；5—聚光鏡；7a及7b—目鏡的目透鏡；11—眼罩；12—目鏡套管；13—視度圈；14—目鏡筒；15—目透鏡框；16—壓圈；18—分划板框；19—目鏡座；20—壓圈；21—物鏡座；22—物鏡框；23—夾持調；24—偏心圈；25—座；26—罩；27—鏡縫軸；28—管子；29及30—墊圈；31—螺母；34—圓片；34a—帶分划的圓片；35—彈簧片；37、38、39及40—蓋；41—壳体；43—壳体被复层；44—螺釘；213—螺釘。

另一種所謂稜鏡雙筒望遠鏡，它的光學部分由凸的物鏡和凸的目鏡所組成，在物鏡和目鏡之間有稜鏡的轉象系統（圖53）。這種雙筒望遠鏡用作軍用的陸上望遠鏡和海上望遠鏡。為了測定到達觀察物體的距離，在它的右鏡筒里有一塊分划板。

双筒望远镜的基本性能一般用数字表示在它的盖上，例如 6×30 。第一个数字表示双筒望远镜的放大率，后一个数字则表示物镜的直径。

稜鏡双筒望远镜中最常用的是 6×30 和 8×40 。也可以遇到放大率为20倍的双筒望远镜，这种望远镜很重，为了观察的方便，它们系架在三脚架上来观察。

§ 34. 望 远 镜

望远镜系用以在較大的放大率下来观察远方的物体。它们系架在三脚架上，这种三脚架可以将望远镜向上、向下以及向任意方向来进行瞄准。

供一只眼睛观察的望远镜，叫做单筒望远镜，供两眼观察的望远镜叫做双筒望远镜（图54）。

望远镜分陆上望远镜和天文望远镜两种。陆上望远镜是带有轉象系統的給出正象的望远镜系統。天文望远镜是沒有轉象系統

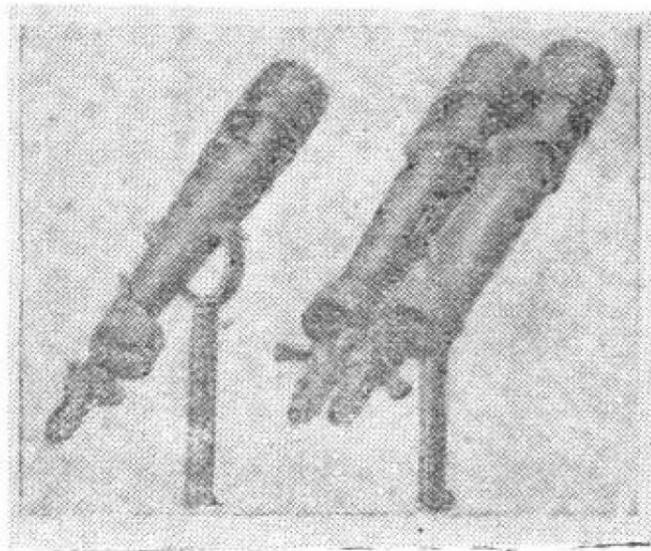


图 54 单筒和双筒望远镜

的，因此給出的是倒象的望远镜系統。在观察天体时，倒象并不起重要的作用。因此天文望远镜沒有轉象系統，以免使仪器变得复杂。在观察地上的物体时，倒象是完全不合适的，因此在大多数情况，陆上望远镜必須要有轉象系統。这种轉象系統一般是做成

各种不同构造的稜鏡块放在目鏡部分內。图55所示为用于望远镜里的轉象系統中的一种。这个系統由稜鏡体 1、目鏡筒 2、目鏡 3 和有四个反射面 5~8（光綫在其上系发生全反射）的稜鏡轉象机构 4 所組成。

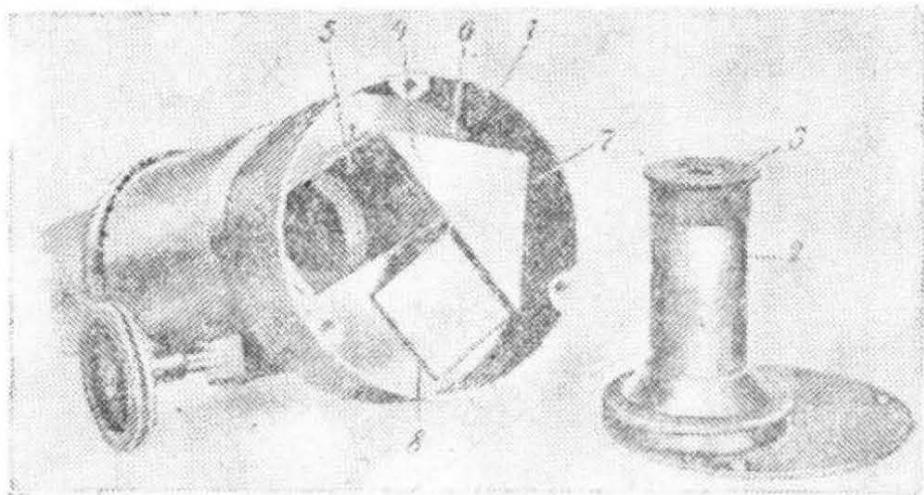


图55 望远镜的稜鏡轉象系統

在观察的条件不同时希望要有不同的放大率。这个目的由可以改变放大率的望远镜来实现。改变放大率有各种不同的方法。图54上所示的望远镜，它的放大率是通过可在目鏡旋轉头上轉动的可換目鏡来改变。

§ 35. 炮用周視瞄准鏡

炮用周視瞄准鏡是用来使大炮瞄准目标的复杂的軍用光学仪器。它可以通过固定不动的目鏡来观察周圍 360° 內的全部地形。这个重要的性質，使炮兵在射击看不見的目标时，可以利用大炮射击方向以外的、甚至于在大炮后面的輔助点（标定点）。这时利用炮用周視瞄准鏡可以精确地确定可見的标定点方向和大炮所要瞄准之看不到的目标方向之間应有的夹角。因此炮用周視瞄准鏡不仅是观察的仪器，并且也是精密的測角仪器。

图56示炮用周視瞄准鏡的剖面图。在上部有直角稜鏡（反射器）1 和道威稜鏡 2。在这些光学零件的下面，位于周視瞄准鏡的底部有物鏡向上和目鏡成水平的拐角的望远镜。这个望远镜是

一个由两块透镜胶合的物镜3、转象直角屋脊棱镜4和带分划板的目镜5所组成的望远系统。目镜由两对胶合透镜组成。分划板刻十字线的平面和物镜的焦面相重合。

位于周视瞄准镜底部的拐角望远镜是它的固定部分。为了环视周围的地形，需绕垂直轴旋转带棱镜1的周视瞄准镜的头部。如果旋转的只是棱镜1，则象也要旋转，也就是说，通过周视瞄

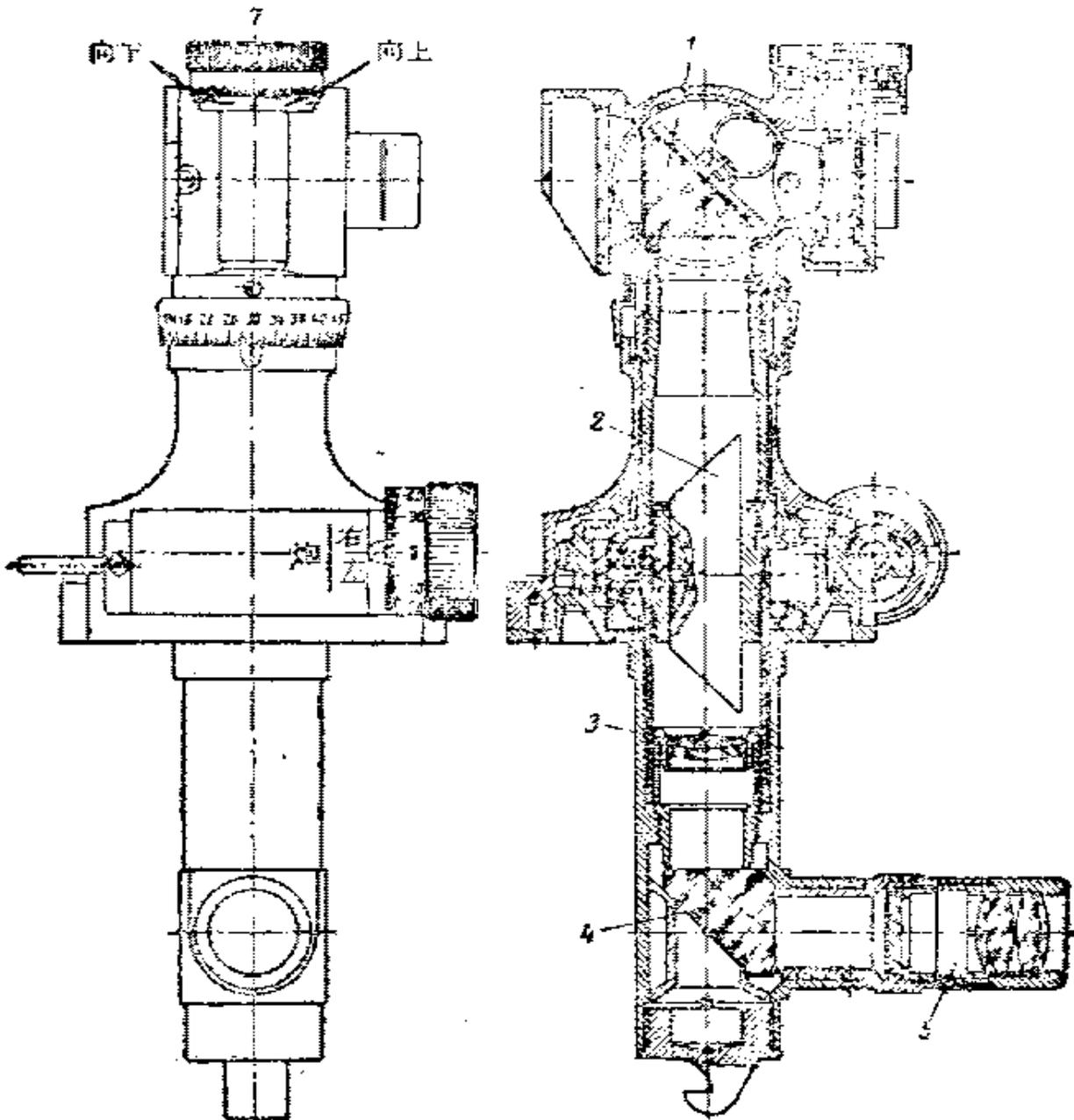


图56 周视瞄准镜剖面图

- 1—直角棱镜(反射器); 2—道威棱镜; 3—物镜; 4—转象屋脊棱镜; 5—带分划板的目镜。

准鏡所看到的景象先向側邊傾斜，然後向下面傾斜等等。為了避免在接物稜鏡 1 旋轉時象同時旋轉，道威稜鏡 2 以 $\frac{1}{2}$ 的速度和稜鏡 1 作同方向的旋轉。

上稜鏡 1 在周視瞄准鏡頭部內繞水平軸的旋轉可以測量在垂直平面內的角度和瞄准大炮，雖然範圍不大，但是足夠用來射擊位置較大炮的水平面略高或略低的陸上或海上的目標。

§ 36. 炮 隊 鏡

炮隊鏡在軍事上廣泛應用為觀察和測角的光學儀器。由於它具有很高的光學和結構的質量，炮兵可以用它來解決許多任務。

為了方便和穩固起見，在觀察的時候將它架在可折疊和攜帶的三腳架上。在三腳架上固定了用來測量角度的測角度盤。在測角度盤上固定炮隊鏡，炮隊鏡由兩個相同的十倍放大率的拐角望遠鏡所組成，中間用鉸鏈連接起來。

望遠鏡的拐角的構造可用來在掩蔽所里進行觀察。為了安全起見，觀察手的頭和儀器可一起藏在掩蔽所里，觀察時只要將儀器的頭部伸出掩蔽所就夠了（圖 57）。

利用鏡筒的鉸鏈連接可在炮隊鏡展開狀態時進行觀察。在這樣展開狀態時，儀器的基綫，也就是光綫進入炮隊鏡所通過的頭部入射孔之間的距離，要較觀察手眼睛瞳孔之間的距離大 10 倍。炮隊鏡的這個重要性質增加了在觀察距離很遠的物體時的立體效應。為了了解得更清楚，這裡應當指出，不使用光學儀器的肉眼，它的立體視覺的本領，也就是說，它對物體之間深度距離的估計和浮凸性的感覺的本領是有限的。立體效應隨着至觀察物體距離的增加而逐漸消失。這是由於

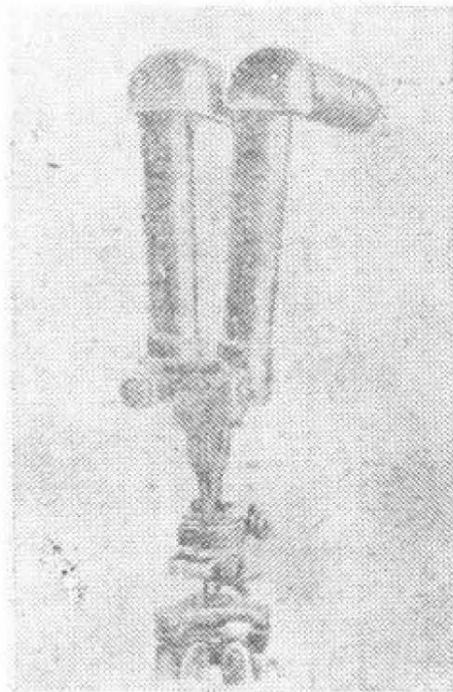


圖 57 炮隊鏡外形圖

眼睛瞳孔之间的距离——所谓目距，它平均等于65公厘——和至观察物体的长距离比起来太小的缘故。呈展开状态的炮队镜就好象把我们的眼睛放得相离更远而因此增加了对非常远的物体的立体效应。利用炮队镜在展开状态的这种性质，炮兵可以从很远的地方来观察炮弹命中目标的准确性，精确地确定很小的逸弹距离并相应地来进行修正射击。

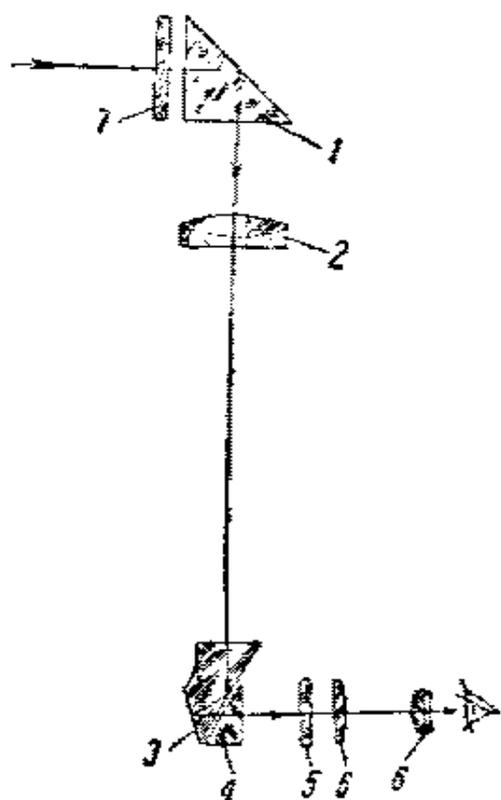


图58 炮队镜光学系统

1—接物棱镜；2—物镜；3、4—棱镜转象系统；5—分划板；6—目镜；7—头部保护玻璃。

炮队镜的左半和右半的光学部分相同，都是由接物棱镜1（图58）、由两块透镜胶合成的物镜2、棱镜转象系统3和4、分划板（带十字线的玻璃板）5、由三块透镜组成的目镜6和头部保护玻璃7所组成。接物棱镜1的作用相当于与入射光线成 45° 角放置的反射镜，它将光线的方向改变 90° 。棱镜3和4又一次将光线方向改变 90° ，同时并将物镜给的颠倒的象纠正回来。因此，放在物镜和目镜公共焦面处的分划板5上得到的是正象，这个正象通过目镜以放大的形状被看到。

放在物镜和目镜公共焦面处的分划板5上得到的是正象，这个正象通过目镜以放大的形状被看到。

§ 37. 潜望镜

在军事上为了要从掩蔽所里，例如从堑壕、掩体、深掩蔽所里、从沉在水底的潜水艇里等来进行观察，应用叫做潜望镜的特种望远镜。在图12上已经列举过一种镜式潜望镜，作为由两块反射镜组成的系统的应用的例子。这种仅由两块反射镜组成的最简单的仪器，其光学质量不高：首先，它不能放大所观察的物体，因为在它的结构里并没有一块透镜；其次，它的视场很小，因此不能将它做得很长。

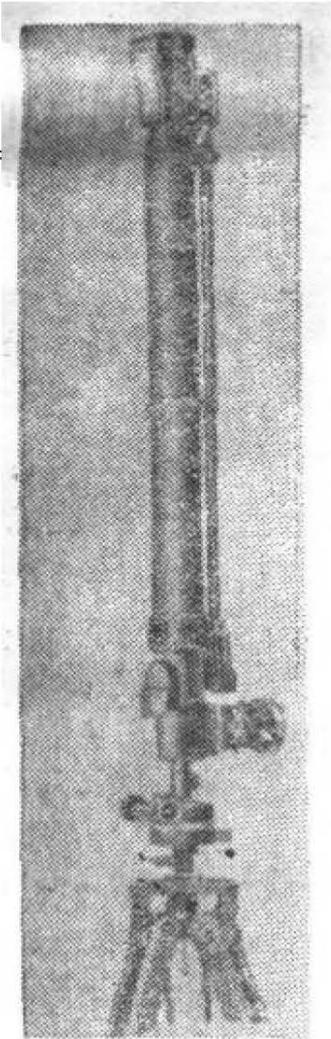


图59 在三脚架上带有度盘的塹壕潜望镜

现代潜望镜的结构可以获得需要的放大率，并且在潜望镜很长时可以得到足够的视场。利用这种潜望镜可以从很深的掩体里来进行观察。观察者从深深地藏在掩体里的潜望镜很长的直立镜筒下端的目镜来观看，可以通过不易被觉察的露在上方的头部(潜望镜的上端)的入射孔看到掩体上方的地形。

在图59上是一个架在三脚架上的塹壕潜望镜，三脚架上有供测量角度用的度盘。

潜水艇潜望镜是最复杂的潜望镜。它的长度有5~10公尺。当从沉在水里的潜水艇来进行观察时，只有潜望镜的上端露出水面，光线

即从它的入射孔进入。整个镜筒和目镜部分均位于水面下和潜水艇里。

各种不同的潜望镜的光学系统，原理上都是在直立的望远镜两端有两块反射镜或反射棱镜，经过将光线两次反射，就使象从上面移到了下面来。

潜水艇潜望镜的光学部分，如图60所示，这是一个望远系统，它由接物直角棱镜1、物镜2、聚光镜3、转象系统4、第二块聚光镜5、下直角棱镜6和目镜7所组成。聚光镜3和5是附加的透镜，它的用途是增加潜望镜的视场或是缩小它的镜筒直径。由两对胶合透镜组成的透镜转象系统4，它的

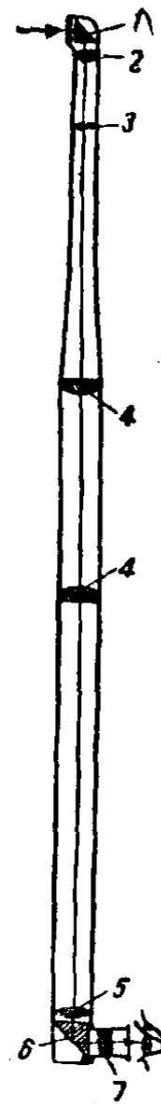


图60. 潜水艇潜望镜系统

- 1—接物直角棱镜；
- 2—物镜；
- 3—聚光镜；
- 4—转象透镜；
- 5—第二个聚光镜；
- 6—下直角棱镜；
- 7—目镜。

用途是获得正象。这种用透镜组成的转象系统和前面所谈到的棱镜转象系统（例如在双筒望远镜里）不同，它可做成分开的，用来增加潜望镜的长度，而棱镜转象系统则应用在需要缩短仪器长度使仪器尺寸尽可能小的时候。

§ 38. 测 距 仪

要在射击时精确地命中目标，必须有可能来确定达到目标的精确距离。根据达到目标的距离，炮兵将大炮的炮身向上或向下瞄准。这个距离必须很快地确定，因为目标可能是迅速运动着的（坦克、军舰和飞机）。此外，距离的测定必须是在远离目标的地方来进行的，因为在战争条件下不可能跑到目标那里去；然后用卷尺或皮尺来测量距离。最后，还应当能够在射击时间内连续不断地来测定距离，因为目标可能迅速地接近或远离，不断地改变着距离。因此，我们需要精确地、迅速地、连续不断地并且远离目标地来测量达到不动的和运动着的敌对目标的距离。

这个极其复杂的任务由叫做测距仪的复杂光学仪器所解决。

已经有了各种类型和式样的测距仪。根据用途它们可以分成陆上的、海上的和高射的三种。陆上测距仪应用来确定达到地上目标的距离；海上测距仪用在潜艇上用来测定至海上目标的距离；高射测距仪则用来确定至飞机的距离。根据它们的结构测距仪可以分成单眼测距仪和立体测距仪。这些名字就把它们的用途说出来了，单眼测距仪供一个眼睛使用，而基于利用立体效应的立体测距仪则供两个眼睛使用，因此立体测距仪也可以称为双眼测距仪。

现代测距仪的结构非常复杂，但是它们的工作原理很简单并且很容易理解。

单眼测距仪的简单的系统如图61所示。

我们假定有一个直角三角形 ABC ，其中 AB 边叫做基线，它的长度为已知。如目标（例如飞机）位于 C 点，需要确定自 A 点到它的距离，则只要测出角 α ，即可由三角学的公式求出未知距离 AC 。测距仪实际上所测量的也就是这个角 α 。而测距仪的机槽

則應做成這樣，我們任何計算都不必做，在刻度尺上讀到的就是距離而不是角 α 。

在已知距離（基綫） AB 的兩端，與基綫成 45° 角放置兩反射鏡 1 及 2，叫做端反射器。自目標來的光綫在左面的鏡 1 上反射，通過左方的物鏡 3，在鏡 4 上又一次反射並通過目鏡 5。同時自目標來的另一條光綫在右面的鏡 2 上反射，通過右方的物鏡 6，在鏡 7 上又一次反射並通過同一目鏡 5。位於基綫中點的反射鏡 4 和 7 系上下疊着放置，並以水平分界綫為準將可見視場劃分成兩半。進入視場下面一半的是從左邊進來並經鏡 4 反射的光綫，而進入視場上面一半的則是從右邊進來並經鏡 7 反射的光綫。公共的目鏡與左右兩物鏡分別構成兩個望遠鏡——左望遠鏡和右望遠鏡。因此，通過公共的目鏡觀察時可以看到為分界綫所劃分開的兩個象。在測距儀的系統里，用適當的稜鏡轉象系統來代替反射鏡，我們可以在視場的下面一半得到正象，而在視場的上面一半則得到倒像。在右鏡筒里光綫通過所謂

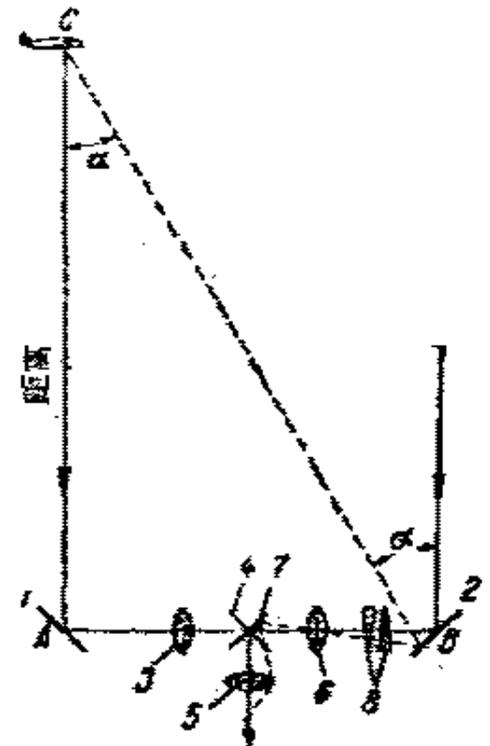


圖 61 單眼測距儀的簡單系統

雙光楔補償器 8，這是由兩塊旋轉的光楔所組成的，用它可以用很高的精度來測量極小的角度。補償器的光楔旋轉時，進入右鏡筒的光綫被偏折，因此在視場上面一半里的像沿着分界綫相對於下面的象移動。如果物體位於無窮遠（例如星辰和月亮），則上面的象與下面的象重合。如果物體位於有限距離，則我們看到上面的象相對於下面的象有偏移，就如图 62 所示。物體位置愈近，這個偏移就愈大。為要測量這個未知距離，轉動補償器直到上面的象和下面的象重合為止，然後從刻度尺上讀得所求的距離。在圖以上所示的系統是假定地簡化了的。

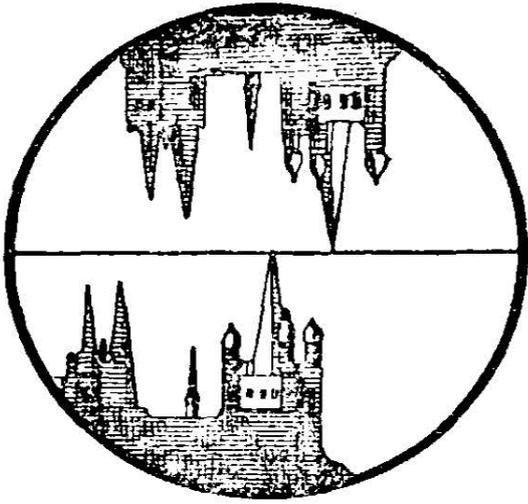


图62 单眼测距仪视场的型式

实际上是用五边稜鏡或是用如图11所示的由两块平面鏡所組成的端反射器来代替反射鏡1和2。反射鏡4和7則是用由两块或几块稜鏡胶合起来的所謂中心稜鏡的复合稜鏡来代替。

立体測距仪和单眼測距仪不同，在它的鏡筒中央有两块分开的稜鏡代替一个中心稜鏡，分別将左方和右方的光綫偏折到两个分开的目鏡里，这样左眼看到通过左鏡筒的象，而右眼則看到通过右鏡筒的象（就象展开的炮队鏡一样）。在目鏡的焦面上，装了刻着很小的小棍形或稜形标記的平玻璃。通过立体測距仪的目鏡观察时，地形看来是浮凸的，而标記則好象是悬挂在所观察物体上方的空中。轉动补偿器时，在右鏡筒內的光綫被偏折，因此右面的象相对于右面的标記偏移。这个偏移在用两眼观察时就感觉到标記在被观察空間內作深度上的移动。測量距离时，轉动补偿器使标記和物体在深度上

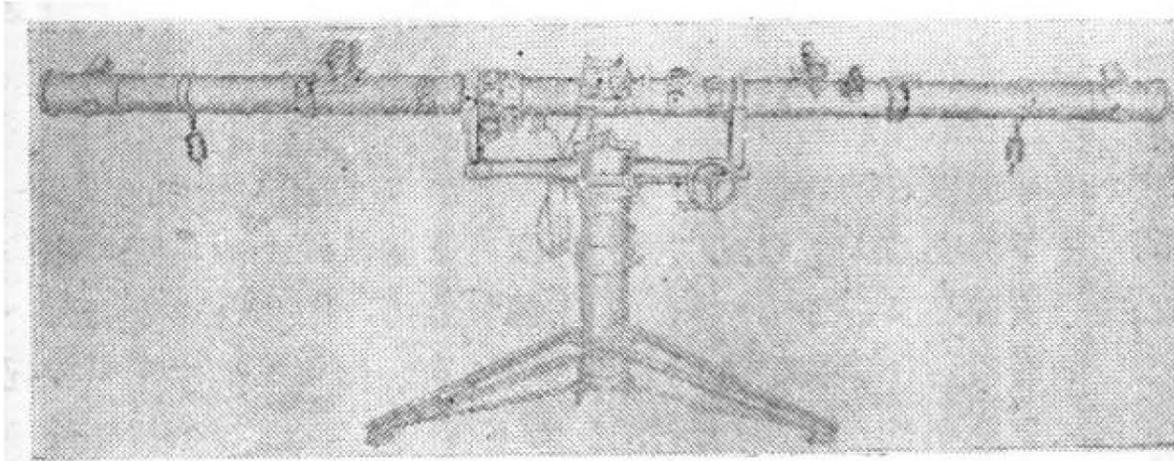


图63 基綫为4公尺的立体測距仪

重合，即可由刻度尺讀出相应的距离。

图63示基綫为4公尺的立体測距仪。測距仪的基綫愈长，測得的距离就愈精确。海上測距仪的基綫长达10公尺。

复 习 题

1. 当从黑暗的房間走到很亮的房間时，眼睛瞳孔的直径将如何变化？
2. 在怎样的条件下，正常眼睛的水晶体的肌肉并不紧张，而水晶体的凸度最小？
3. 什么是近视和远视？
4. 用怎样的眼镜透镜来矫正近视和远视？
5. 什么是视度？
6. 焦距为400公厘的凸透镜，它的视度等于多少？
7. 近视眼需用视度为2度的透镜来矫正，这个透镜的焦距等于多少？
8. 当用两眼观看一物体时，在右眼和左眼的网膜上的像是否相同？
9. 立体感的实质如何？
10. 在用一只眼睛观察时能否发生立体效应？
11. 放大镜做什么用？
12. 什么是明视距离？
13. 放大镜的焦距为25公厘，求它的放大率。
14. 为什么照相机的物镜需要移动？
15. 照相机中的照相物镜的用途如何？
16. 怎样表示照相物镜的光强度？
17. 投影仪器做什么用？
18. 什么是实物透射幻灯机？
19. 为要得到望远系统，物镜和目镜应如何放置？
20. 已知望远系统物镜的焦距等于200公厘，目镜的焦距等于25公厘，求可见放大率。
21. 望远系统的入射瞳孔直径等于80公厘，而出射瞳孔直径等于2公厘。求它放大多少倍？
22. 什么是视场？
23. 棱镜双筒望远镜由那些光学零件组成，它和伽里略式双筒望远镜的区别在那里？
24. 陆上望远镜和天文望远镜有什么不同？
25. 道威棱镜在炮用周视瞄准镜中的主要用途是什么？
26. 炮队镜在怎样的位置给出最大的立体效应？
27. 为什么要用潜望镜？
28. 测距仪的用途是什么？

第二編 光学机械仪器的 制造和修理工艺

第五章 光学玻璃

§39. 玻璃的成分

为了制造现代光学仪器的光学零件只有一两种玻璃是不够的。只有选择若干种玻璃才能获得很好的影像质量和满足一系列其它的要求。例如，照相物镜或是显微镜物镜，只有当它是用几块不同种类玻璃（这些玻璃的折射系数和别的性质均彼此不同）的透镜组合时，才能得到好的影像质量。选择和组合了各种不同的玻璃，才能够获得成像清晰的光学仪器。

光学玻璃与普通用的，例如应用于镶嵌窗户的玻璃或是制造玻璃器皿的玻璃不同，它应当具有一系列很高的质量，即：特殊的透光性、纯洁性、无色性、均匀性和一定的折射性能。由于这些，光学玻璃的成分和熔炼方法也就与普通的玻璃不同。光学玻璃的成分有石英砂（或纯石英）、碳酸钠、硼酸、磷酸盐、钡盐、氧化铅、氟盐等。

用以熔制光学玻璃的原料应当特别的纯洁。

用以熔制玻璃的混合物叫做配料，而每一种玻璃当然有它一定成分的配料。现今已经可以借在配料里加入这一种或那一种物质来获得需要的玻璃品种。例如，在玻璃中加入氧化铅可以大大地增加折射系数。相反地，加入氟盐可以降低折射系数。

为了各种不同的目的需要有色玻璃，例如，所谓滤光镜。为了得到需要的颜色（红、绿、黄、蓝等），在无色玻璃中加入各种含有铜、金、钼等带色的物质。用特殊成分的配料处方可以得到对看不见的紫外线和红外线特别透明的玻璃。

§ 40. 玻璃的熔炼

光学玻璃的熔炼在可容1000公斤玻璃的大容器（坩埚）里进行。用以熔化玻璃的坩埚的材料应当能够承受熔化的玻璃液的高温而不熔解到玻璃液中。在玻璃熔炼工厂里坩埚系用耐火黏土和不含铁的化合物的优质耐火泥的混合物制成，并经过缓慢而长期的干燥和焙烧。然后将坩埚放入温度约 1500°C 的玻璃熔炉里。在炉里先将它加热，然后装填配料。

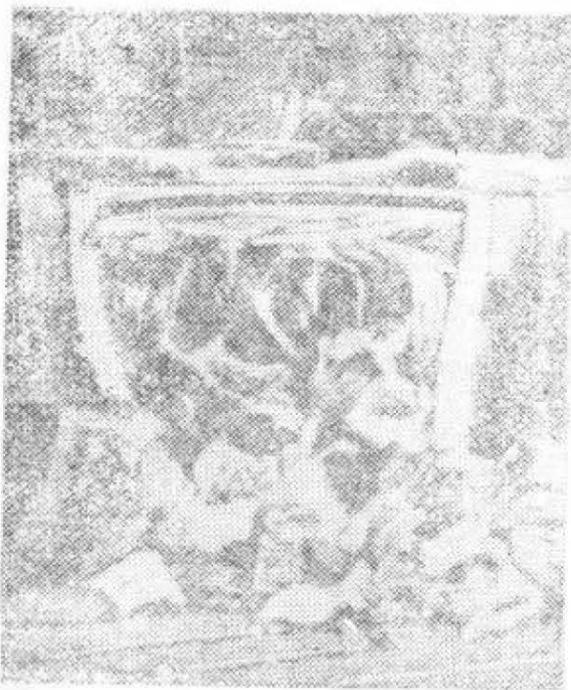


图64 冷却后熔结的玻璃和坩埚一起裂成碎块。用玻璃块做成光学零件

光学玻璃最重要的性质是它的均匀性。这个均匀性应理解成玻璃的每一层每一个质点的光学性质均相同。均匀性是光学玻璃与普通玻璃最主要的区别之一。对于普通的窗玻璃或瓶玻璃不均匀并不很重要。而光学玻璃，特别是做重要光学零件（只有当光线严格地按照计算的方向通过这些零件时才能给出需要的结果）的玻璃，必须均匀一致。玻璃块的所有各部分应当相同地折射光线，也就是说，玻璃全部质量的折射系数应当相同。这由在熔炼

时仔细地 and 长久地搅拌坩埚中熔化了了的玻璃液而达到。

搅拌系借机械的方法用耐火泥的搅棒来进行，搅棒垂直地悬挂在炉内，并在熔化的玻璃液内沿着坩埚的壁以每分钟 $25\sim 30$ 转的速度旋转。熔炼时间延续约24小时。在熔炼过程中时时用铁棒取出玻璃试样来确定熔炼程度。熔炼结束后将坩埚自炉中取出，放入专门的坩埚套里并用砂埋起来，这样保持约一个星期使它逐渐冷却。这时在玻璃里产生很大的应力，由于这应力，玻璃碎裂成不均匀的大大小小的各种形状不规则的碎块。这时坩埚也同时碎裂（图64）。

將玻璃塊按照它的大小分類，並用手錘敲碎那些有裂縫的玻璃塊，以免在以後的加工中產生廢品。同時並用手錘打破和敲碎那些有很粗的雜質和很大的氣泡的玻璃塊。完好的玻璃塊經仔細的審察後準備進一步的加工。

§ 41. 玻璃毛坯的模制和压制

產量不多的儀器的光學零件用塊料的玻璃來製造。這種塊料用兩種方法來製造。第一種方法是將玻璃塊放在專門的爐子裡加熱至軟化，然後借壓力將它們壓成方塊的形狀。這種方法之所以可能，是由於當溫度改變時玻璃有緩慢地逐步改變它的黏度的性質。金屬或是冰當加熱至一定的熔點溫度時，一下子就從固體變成了液體，而玻璃則當加熱時系逐漸地愈來愈軟。由於它的黏度、稠度是逐漸改變的，因此當在一定的軟化溫度時玻璃可以很容易地來成形。另一種獲得模制毛坯的方法是將選出的每一塊不定型的玻璃塊放在用耐火泥做的長方形匣內，然後在爐子裡加熱至軟化為止。玻璃流散了並充滿了整個型匣。

無論用第一種方法和第二種方法來得到模制毛坯，均需經過長久的緩慢的冷卻，即所謂退火。然後將毛坯所有的面均經過磨光，並拋光每一塊料的兩個相對的面以便檢查玻璃的質量和挑去帶有各種疵病的玻璃塊。

產量大的儀器的光學零件，採用借压制法得到的毛坯進行大量製造。

压制法進行如下：

將坩堝破碎以後選出來的不同大小的玻璃塊，在爐內加熱至軟化為止，然後壓成需要厚度的玻璃板。冷卻以後，磨光並拋光玻璃板的表面以獲得透光，這是檢查有沒有雜質、氣泡和其它玻璃疵病時所必需的。每一塊玻璃板均經檢驗，檢驗以後將它切成需要尺寸和重量的小塊，這時將不適用的玻璃塊剔去。切好的玻璃塊又一次的加熱至軟化，在熱的時候將它放到壓力機上用金屬的模子加壓。压制以後的毛坯需經過退火。压制得到的毛坯，在尺寸

和形狀方面的接近成品零件。壓制毛坯只有很小的裕量供以後的加工，因此用壓制毛坯來製造成品零件所消耗的時間要較用模制的毛坯為少。

§ 42. 玻璃的退火

不定形的玻璃塊經用模制法或壓制法成型以後需經過退火。這是決定光學玻璃質量的一道很重要和主要的工序。退火是將加熱至一定溫度的毛坯在規定的條件下緩慢地冷卻。一般退火過程持續約5天，而大塊玻璃的退火可以延長至幾個月之久。緩慢的冷卻對於消除在玻璃內所謂應力的產生是必須的。假如在熔煉過程中借長久的攪拌已經達到玻璃的均勻性的話，則由於玻璃塊不均勻的冷卻，所產生之应力仍會重新使玻璃產生不均勻性。應力的產生是由於溫度不均勻地降低。當迅速冷卻時，玻璃塊的外層冷卻得較中央為快，因此收縮得較中央為劇。結果外層得到拉应力，而中央則為外層所壓縮。這種玻璃的折射係數自邊緣到中央數值不同。這就大大地降低了影象質量。當極其緩慢地冷卻時，在玻璃中应力產生得非常小甚至完全不產生应力。

§ 43. 玻璃的疵病

前面已經談到，毛坯的兩個相對的面要經過磨光和拋光。通過這些拋光面來檢查整個玻璃塊並剔出那些有不允許疵病的玻璃。光學玻璃的疵病包括結石、氣泡、雜泡、薄綫、脈理和应力。

熔在玻璃內部的不同形狀和不同尺寸的不透明的小塊夾雜物叫做結石。它們的來源各有不同。它們可能是坩堝的顆粒，在熔煉的時候從坩堝壁上分離出來落入玻璃中的，也可能是配料中的不熔化的顆粒。

在玻璃熔煉過程中，配料的成分互相作用。這時要分解出氣體來，這些氣體以大大小小的氣泡形狀自玻璃內部向上浮升。部分氣泡並不浮起而停留和凝固在玻璃中。

不直接接近焦面的光学零件，例如物鏡，允許有个別的小結石和气泡。尺寸不大的个別的小結石和气泡仅仅擋住不大一部分光綫，对于象的質量它們几乎不影响。在位于焦面或是它的附近的零件里完全不允許有結石和气泡。在分划板上甚至是极細小的气泡或結石，通过目鏡放大后可以很清楚地看到，因此它会妨碍观察。

有时在玻璃里遇到的不是个别的气泡，而是許多极細小的气泡，叫做群泡。群泡甚至比单个較大的气泡是更危险的疵病，因为群泡一般占有很大的玻璃体积而散射掉大部分的光。

当檢驗光学零件的毛坯时可以看到在有一些玻璃块里有所謂薄綢的东西。它們好象是蜘蛛網般的极薄的織物。薄綢的产生是由于在模制过程中所构成的皺紋或是在模制之前沒有发现的玻璃内部的裂紋等的燒結。

脉理是在玻璃内部可以看到的透明細綫或細帶。脉理的折射系数和整个玻璃質的折射系数不同。为要說明玻璃中的脉理是什么样子的，我們可以举下面的例子。如果在一杯水中滴入一滴糖的溶液，則这滴溶液就沉到底下去而遺留下了一条明显的綫的蹤迹，这条綫是由糖溶液所組成，它的折射能力較純水为大。

玻璃中的脉理也就是这种样子。个别不大的脉理在光学零件中常常沒有什么危险，但是脉理集聚得很密則是有害的。

应力是由于玻璃冷却不均匀所产生的有害的玻璃不均匀性。这个疵病在一般条件下很难发现，但是很容易用特殊的叫做偏振仪的光学仪器来发现。当光通过由透明晶体所組成的尼科尔偏振棱鏡时，光即变了形态——偏振。使这种偏振光通过要檢驗应力的玻璃块，然后通过第二块尼科尔棱鏡。后者又一次的使光偏振。如通过第二块尼科尔棱鏡去看时，玻璃中的应力立刻以盲点和光点表现出来。这些点并没有清晰的界限。它們逐漸地由一种

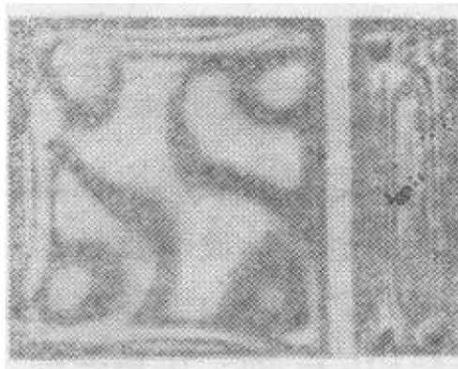


图65 用偏振仪发现的玻璃內的应力

顏色过渡到另一种顏色。图55上示在偏振仪中看到的玻璃中的应力。如果玻璃中并无应力，则在偏振仪中看到的是一片沒有斑点的均匀的颜色。

第六章 玻璃的加工

§ 44. 光 学 車 間

在光学車間中，将从玻璃熔炼工厂所出产的块料或压型的玻璃毛坯制成光学零件。一般光学車間分划成下列几个生产工場：

1) 成形，2) 磨光，3) 抛光，4) 定中心，5) 刻度，6) 鍍銀，7) 鍍銅，8) 胶合，9) 照相分划和10) 鍍透光膜。大型的車間还包括制造工具和回收用过的金剛砂的輔助工場。

所有上述的工場均应明亮而洁淨。地板最好鋪上漆布，牆壁和天花板則漆以明亮的油漆。对于进行抛光、胶合、制造照相分划、刻度、鍍銅和鍍膜的工場來說这些尤其重要。在这些工場里必須沒有尘土，这点由經常用湿布擦洗地板和牆壁而达到。在进行抛光的工場中还需要保持固定的室温，以保持抛光时所应用树脂的固定的黏度，当温度下降时树脂会变得太硬，而当温度上升时树脂又变得过分軟，这就違反了工作规范。

在成形工場进行将原料做成单个光学零件所需大小的毛坯的全部粗加工，包括切割大片玻璃和块料以及用磨料进行粗磨等。压型的毛坯不需要經過成形的工序，因此可直接将它们送去磨光。

磨光工場是在專門的机床上用磨料磨制毛坯以获得尺寸精确的光学零件。經過磨光以后得到的零件，所有表面都是毛的。为了抛光它們，将它们送到下一个工場。

抛光工場是在專門的抛光机床上用抛光材料（紅粉）来抛光光学零件以获得光澤透明的表面。

定中心工場是切去圓形光学零件邊緣的材料以获得零件最后精确的直徑尺寸，并使零件的光軸与它們外圓的軸綫相重合。这个工序叫做定中心，它是在定心机床上用磨料来进行的。在这个工場

里还进行圆形零件的倒角。

刻度工場是使光学零件表面上获得线条、分划、刻度、数字、标记和各种图形，这是在刻度机床上刻制成的。

鍍銀工場是用化学方法在光学零件反射面上鍍一层极薄的反射銀层。

鍍鋁工場和鍍銀工場的作用相同，但这里是用鋁层来代替銀层。鍍鋁是在具有鐘形玻璃罩的特殊装置内在真空中蒸发进行的，罩子从下面预先抽去空气。

胶合工場是用一种叫做加拿大胶的无色透明胶将光学零件胶合起来，加热时胶和零件一起放在电爐上。

照相分划工場和刻度工場的用途相同，但这里线条和图形的繪划系用照相的方法来进行。

鍍透光膜工場是在光学零件的表面涂上一层不同物質的薄层以增加通过的光量。

§ 45. 用金剛石和滾刀切割玻璃

在成形工場内切割玻璃最常用的方法是用金剛石、滾刀来切割，和在鋸床上用圓盤金剛石鋸片来鋸切。

金剛石一般用来将厚度在5公厘以下表面光滑的玻璃板切割成方块。金剛石也用来切割圆形的毛坯。

比較厚的且表面粗糙的(有时是光滑的)玻璃板，用滾刀来切

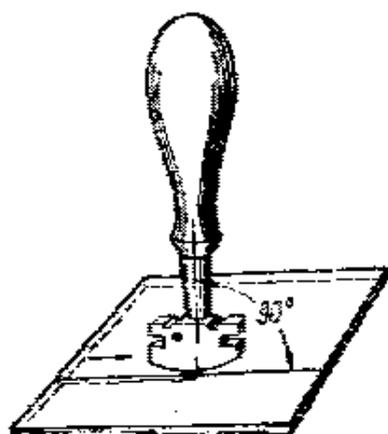


图66 用金剛石切割玻璃

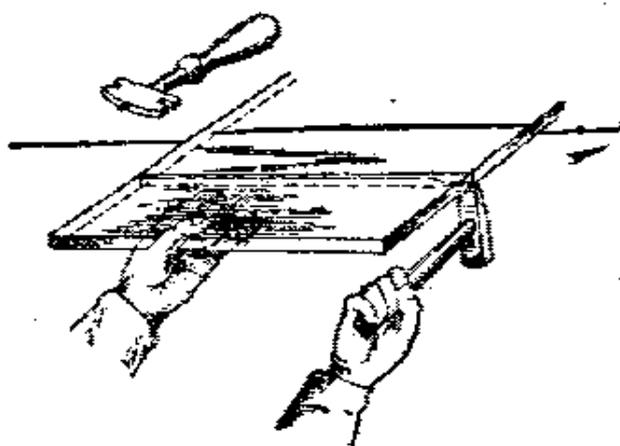


图67 割过的玻璃的分开

割。厚的玻璃块用錐片來鋸切。

金剛石如圖67所示。它是一個黃銅的圓錐，上部有一個木柄，下部有一個用鉛填充的孔，其中嵌着帶有凸出的尖銳切削角的金剛石顆粒。被切割的玻璃板平放在桌上，金剛石垂直地放在玻璃上，并用右手將金剛石的尖口沿玻璃劃過一次。因為金剛石比玻璃硬，因此甚至於不要特別加壓它就能劃破玻璃，在它的表面上留下了裂縫。薄的玻璃很容易沿着金剛石所留下的切口分開。較厚的玻璃板則需用手錘輕輕敲擊來分開。為此將玻璃放在桌子上，切口向上，就如圖67上所示一樣。則右手拿手錘的尖端在切口的

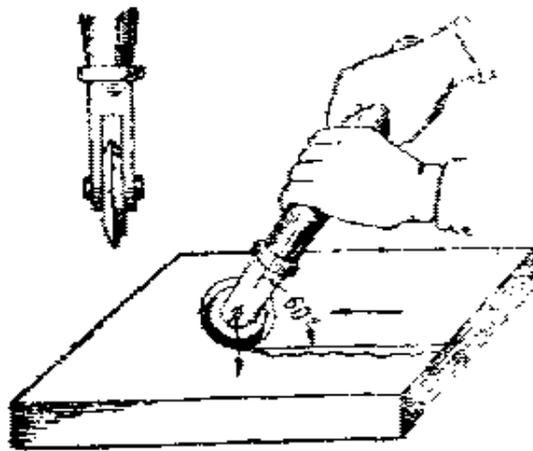


圖68 用滾刀切割玻璃

的下面輕輕敲擊，左手拿住要分開的玻璃塊，稍微將它向下壓。先從玻璃的右邊開始敲擊。在右邊敲了一兩下以後，在玻璃里切口下面構成了很深的裂縫。繼續敲擊時，裂縫向左移，最後向左移到頭時，玻璃即沿着切口分開。

用滾刀切割玻璃如圖68所示。滾刀是一個在金屬叉子的軸上旋轉的銳利的圓盤，用淬火的硬鋼製成。用兩手用力地壓緊滾刀，在玻璃板的表面上即構成切口。這時滾刀的手柄系傾斜成約 60° ，並用力加壓使它沿着玻璃向前滾動。沿滾刀所切出的切口分開的方法和用金剛石切割後的方法相同。

§ 46. 玻璃的鋸切

為了將厚的玻璃塊鋸切成單個的毛坯，應用帶有旋轉的圓盤形金剛石鋸片的鋸床。鋸床的結構和工作原理並不複雜（圖69）。它是由工作臺和床架所構成，工作臺底下放着驅動機床的馬達。在工作臺上固定了帶有水平旋轉主軸的架子。主軸上安着皮帶輪，此皮帶輪位於馬達皮帶輪的上方，用皮帶將它們聯繫起來。在主

軸的一頭兩個墊圈之間固裝了部分被罩子保護起來的圓盤形金剛石鋸片。鋸片的下部浸在盛放潤滑液體的槽里。當馬達旋轉時，鋸片以每分鐘650~700轉的速度旋轉。在工作台上鋸片旁邊固裝了夾持被切割的玻璃塊用的虎鉗。在鋸切時玻璃的進刀，系借懸掛在繞過滾子的軟索一頭的重物作用下，將玻璃壓向旋轉的鋸片而得到。軟索的另一頭系在可繞水平軸擺動的虎鉗的框架上。

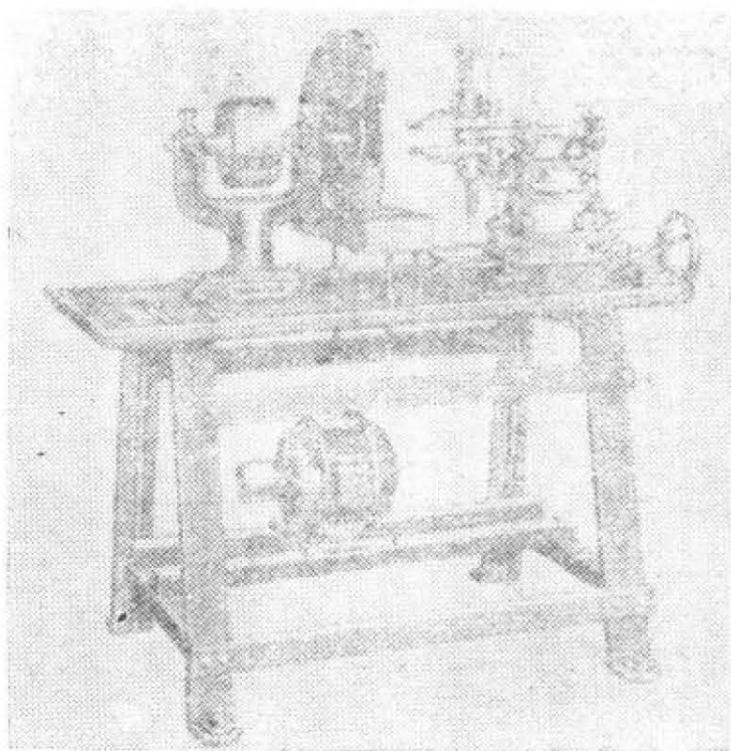


圖69 帶圓盤形金剛石鋸片的鋸床

圓盤形鋸片是一個用厚度為0.8~1.2公厘的軟鐵或鋅的薄片做成的圓盤。圓盤的直徑由250至400公厘。沿着圓盤的圓周填塞了打碎的金剛石碎屑，在圓盤旋轉時就是這些碎屑切削玻璃。

金剛石鋸片的填塞進行如下。用楔角為 15° 的尖銳的鑿子沿圓盤的整個圓周鑿出深3~4公厘的鑿口來。鑿口之間的距離一般為3~4公厘。鑿口和鋸片的半徑成一定的斜角。一般鑿口的方向對半徑傾斜成 30° 角（圖70）。金剛石碎屑放在金屬的研鉢內搗碎并用篩子篩出顆粒大小由0.15至0.25公厘的金剛石粉末。用凡士林、甘油或糖漿將這種粉末拌和起來。將得到的稠密物質嵌入鋸片的鑿口至填滿為止。然后用小錘將鑿口收斂。這樣金剛石小顆

粒能成爲在鐵盤或鋅盤的軟材料中盤口之間的鑲嵌物。鋸切時鋸片按圖70上箭頭所示的方向旋轉。鋸片的這種旋轉方向可以將金剛砂粒卡入盤口內以防止它們過早的脫落。填塞一次可用以切割約15000公分²的玻璃。填塞一個鋸片需耗費1.0至1.5克拉金剛石。(克拉——用以測量金剛石重量的重量單位,一克拉等於0.2克)。

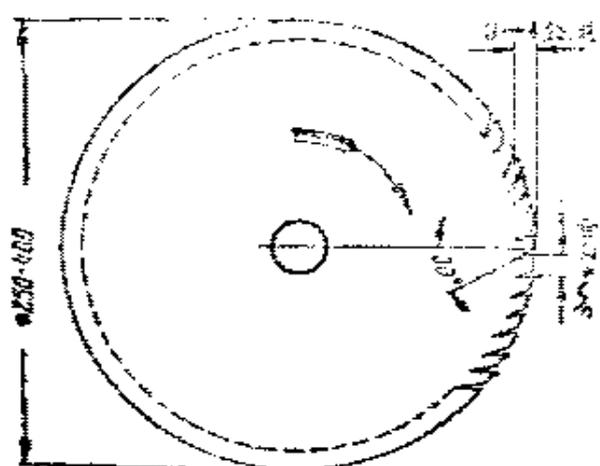


圖70 圓盤形鋸片供填塞金剛石碎屑的鑿口

金剛石是貴重稀有的礦物,也是所有已知礦物中最硬的礦物,它的分量要在很精確的天平上來秤同時要很愛惜地使用它。填塞一個鋸片多餘下來的金剛石留着下一次填塞用。

工作時鋸片的下部浸在潤滑液里,這種潤滑液有着冷卻鋸片和玻璃(切割時要變熱)、帶走切屑以及潤滑

的用途。爲了這些目的應用乳油液、煤油或是蘇打水。

§47. 粗 磨

在將玻璃板切成毛坯以後,要將它們的兩面經粗磨到需要的厚度。

粗磨用粗磨機,它由工作臺和機架所構成(圖71),在工作臺上開了直徑很大的圓孔并換了圓形的盆子。在每一個圓盆的中央有一個孔,垂直旋轉主軸的一端即穿過這個孔。主軸和它的軸承以及傳動裝置裝在工作臺的下面。主軸伸出圓盆中央孔的一端有螺紋以供擰上磨模。主軸旋轉速度每分鐘達750轉。磨模有平的、凸的和凹的(圖72)。磨模是鑄鐵的圓盤,下面有帶螺紋的柄,用以擰在機床主軸上,而上面則是加工得很好的表面,就在這個表面上用金剛砂來進行玻璃的加工。帶平表面的磨模叫做平模,帶凸面的叫凸模,帶凹面的則叫凹模。

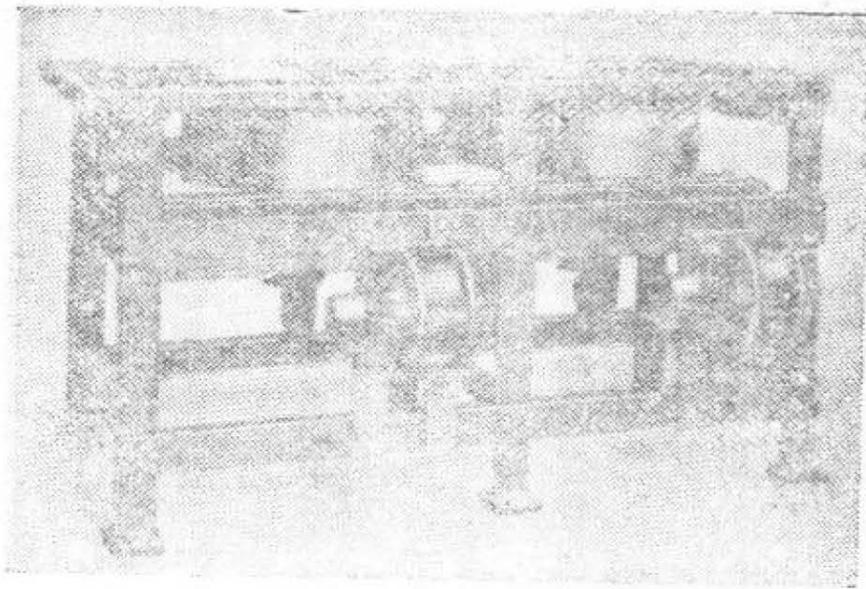


图71 玻璃加工的粗磨机

磨模用鑄鐵做成，根据用途有各种不同的直徑。最大的直徑达 1 公尺。

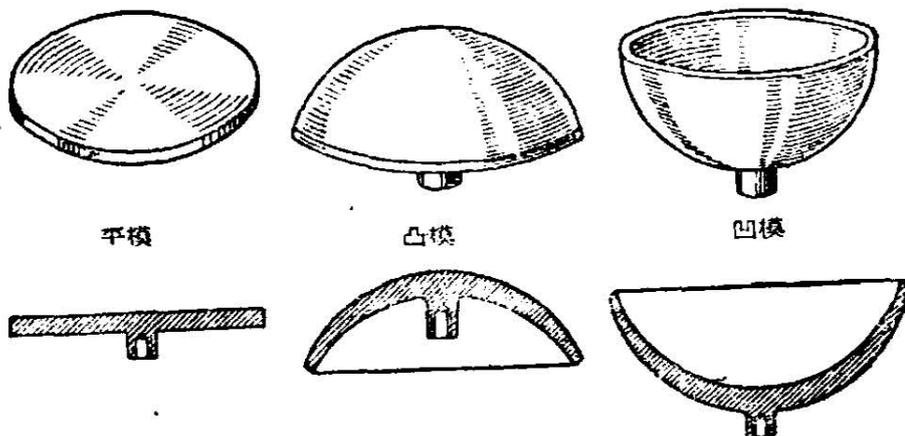


图72 磨模—平面的，凸面的和凹面的

粗磨玻璃平板时在机床主軸上擰上平模。在平模表面上放些加水的粉末状金剛砂，将要加工的玻璃平板叠放在上面。用手将玻璃平板把握住并开动机床。在旋轉的平模上以和旋轉方向相反地移动被加工的玻璃平板。不时地在平模表面上添些金剛砂。摩擦着的玻璃表面即为金剛砂所加工。加工到获得毛表面时为止。

将这样磨好一面的玻璃平板，用由蠟和松香組成的胶将磨好的一面胶在預热过的輔助平模上。胶合玻璃平板时，应当将磨好的

平面很好的粘附在平模面上，同时因挤出多余的胶来。将胶了玻璃平板的平模很慢地冷却，然后将它整放在粗磨机的磨模上，胶合的玻璃平板向下，并和单个地加工每一块平板的第一面一样来粗磨第二面，这时加工不仅要得到很好的粗糙表面为止，而且还要同时得到玻璃平板需要的厚度。

粗磨时玻璃平板厚度的检查用深度规或厚度规来进行，特别胶合的凸出在平模以外的玻璃平板的厚度用厚度规来测量（图73）。

粗磨时应用粗粒的全刚砂也用石英河砂。

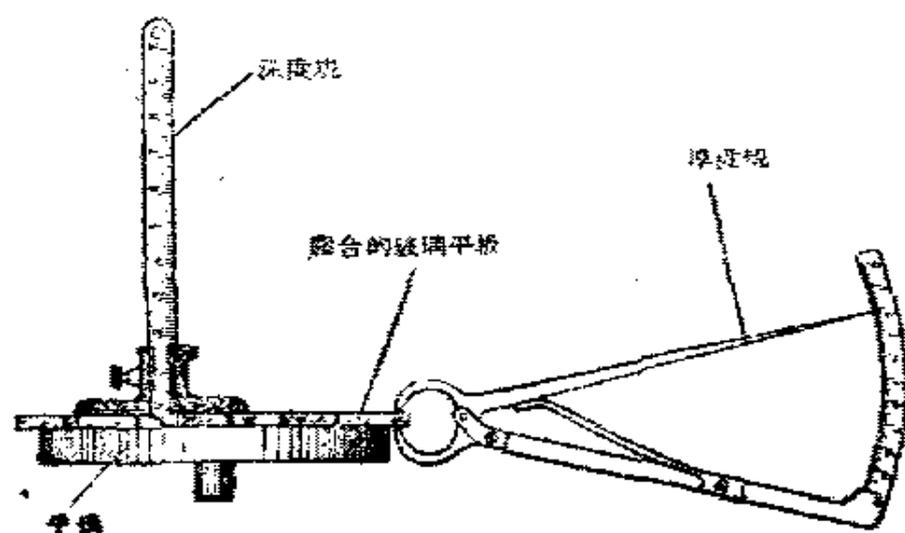


图73 胶合在平模上的玻璃平板

§ 48. 玻璃柱的磨合和滚圆

为了要使磨好两面的由切割得到的方玻璃板具有圆的形状应用下面的方法。用钳口用软铁做的圆钳（图74）将方形毛坯的角折去一些至近似地具有圆形。然后将玻璃平板用擦布洗净，在电爐上加热，趁热时涂上融化了的由松香和蜡组成的胶，并胶合成玻

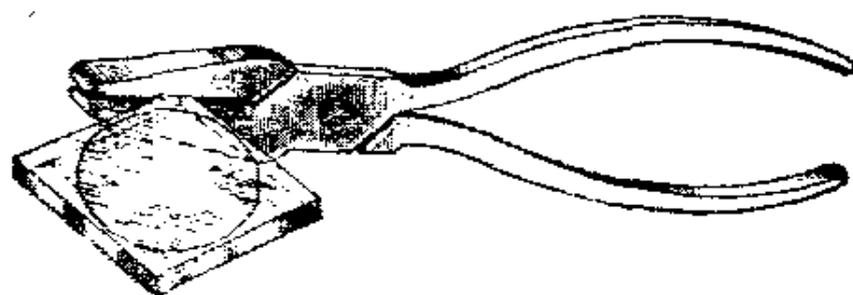


图74 玻璃毛坯的折角

璃柱。在胶合平板时要将它们彼此很好地研贴，挤出多余的胶，并排齐边缘使得到近似正确的圆柱体。将玻璃柱缓慢地冷却后，用小刀刮去多余的胶，并放到粗磨机上用粗金刚砂来研磨。在旋转的手模上按图75上箭头所示的方向缓缓地转动玻璃柱。在研磨的时候达到玻璃柱正确的圆柱形而同时也得到需要的直径尺寸。因此需要不时地用卡尺或卡钳在好几个地方量玻璃柱的直径，并研磨太厚的地方。把直径磨好的玻璃柱拆开，并将玻璃上的胶洗掉。

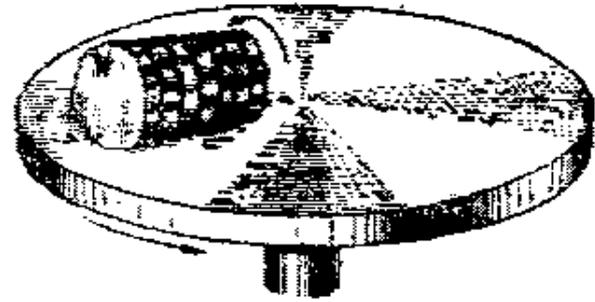


图75 胶合玻璃柱在平盘上滚圆

§ 49. 透镜的粗磨和磨光

为了要使洗掉胶后的圆形平板玻璃成透镜的形状，用凸模或凹模来将它们粗磨和磨光。要得到凹的表面就用凸模来做磨模，而要得到凸的表面则用凹模来做磨模。每块平板玻璃先单个地加工一个表面。在粗磨机的主轴上撑上一个凸模或凹模，放上湿的粗金刚砂，将平板玻璃叠放在模上，并用手将它压住，开动机床。在旋转的凸模或凹模上移动并同时缓缓地转动平板玻璃。这样玻璃被磨削而得到球形的表面。同样粗磨平板玻璃的第二面。粗磨时应

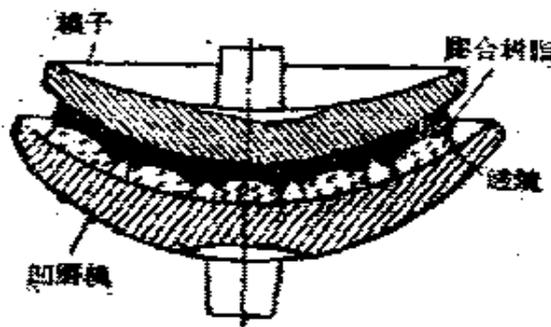


图76 利用凹模将透镜胶合在镜盘上

注意需要具有供进一步加工的裕量的透镜厚度。厚度的测量借卡尺或卡钳来进行。

这样粗磨以后得到的透镜表面很粗糙，并带有很粗的麻点，即带有在粗磨时所应用的

粗粒金刚砂所留下的很深的坑。为了将零件进一步去抛光以得到光泽的透明表面，透镜要经过用较细颗粒金刚砂的细磨。在细磨中同时也得到精确的透镜厚度尺寸和球面曲率半径。

透鏡的細磨一般不是每块单个地进行，而是将几块胶合在叫做鏡盤的輔助凹模或凸模上同时进行。为了将透鏡胶在鏡盤上，将胶合树脂做成直徑等于透鏡直徑，厚5~8公厘的小餅形状的圓墊。将做好的树脂墊叠放到在电爐上烤热了的透鏡上。由于和热的玻璃表面接触，树脂被熔化了并粘在透鏡上。透鏡应加热到这样的温度，即树脂仅仅能熔化但是不会完全都化了。将冷却了的带树脂餅的透鏡以稍稍濡湿的表面貼在凹模或凸模上。第一块透鏡貼在磨模中央，其余的透鏡圍着中央的透鏡沿着圓周布置。

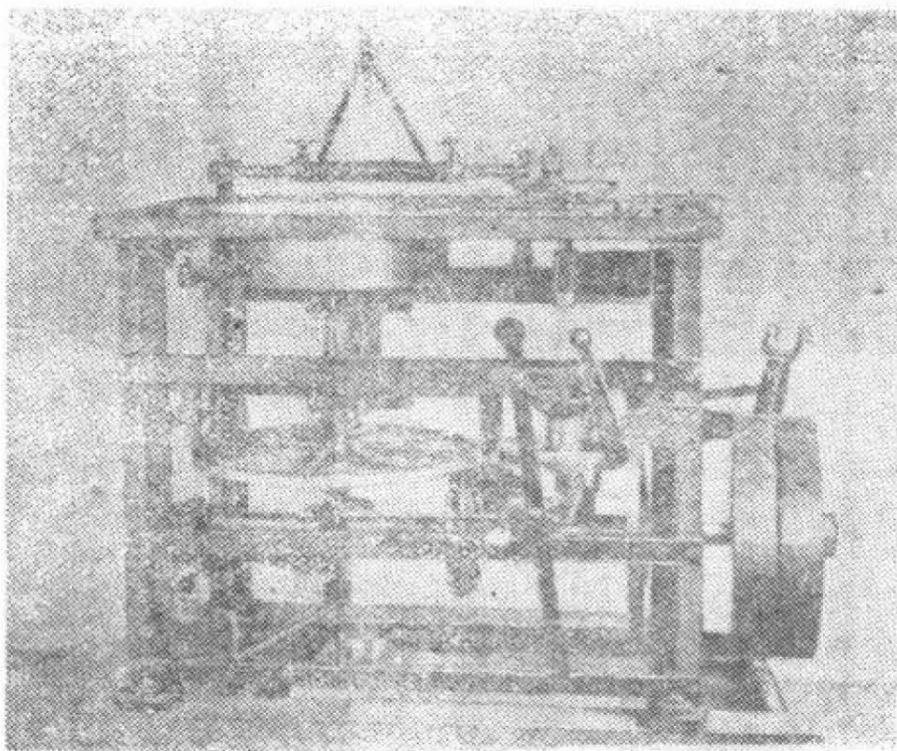


图77 磨光-拋光机

透鏡之間要留出空隙，以免彼此接触。然后将加热了的鏡盤叠放在树脂餅上（图76）。由于和預热的鏡盤表面接触树脂被熔化并粘在鏡盤上。鏡盤的預热温度应选择成这样，即树脂不至于完全熔化。将冷却了的鏡盤自凹模或凸模上取下，則上面胶有透鏡的鏡盤即已准备好去磨光了。

磨光在磨模（或拋光模）自动运动的磨光-拋光机上进行（图77）。机床所以这样叫法是因为它可以用来磨光，也可以用来拋光。它和粗磨机不同的地方在于它有在垂直旋轉軸的作用下，磨

盤自動動作的機構。在機床工作台上，軸的上端旋轉着偏心盤 2（圖78）。偏心盤是一個帶槽的圓盤，沿着槽可以移動和固定銷子 3。銷子 3 上套着連杆 4，連杆借鉸鏈軸 6 和杆 5 相連，并將其繞固定軸 7 擺動。在杆 5 上套着套管 8，可拆卸的三角架 10 即裝在它的軸 9 上。在三角架 10 上裝着嵌在磨模 1 的孔里的銷子。當偏心盤 2 旋轉時，銷子即作如圖上用箭頭和虛綫所示的向前向后運動。銷子帶動磨模使它在旋轉的鏡盤上運動。這種構造使工人解脫了象在粗磨中所採用的以手來推動磨模。工人只需要不時地用刷子在模子上加添金剛砂，檢查透鏡的厚度和用放大鏡檢驗磨光的表面。當在這種自動機床上工作時，工人可同時看管幾個主軸。因此用於大量生產中的這種機床系制成多軸的（圖79）。

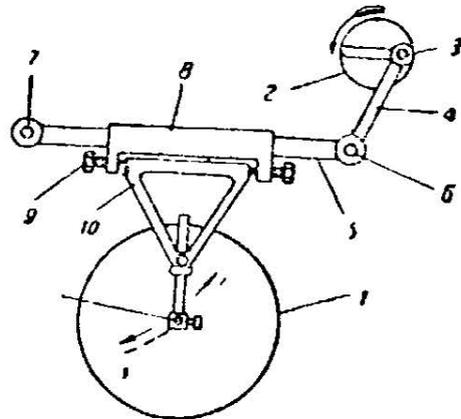


圖78 磨光-拋光機工作圖解
1—磨模；2—偏心盤；3—銷子；4—連杆；5—杆；6—鉸鏈軸；7—垂直軸；8—套管；9—軸；10—可放倒的三角架。

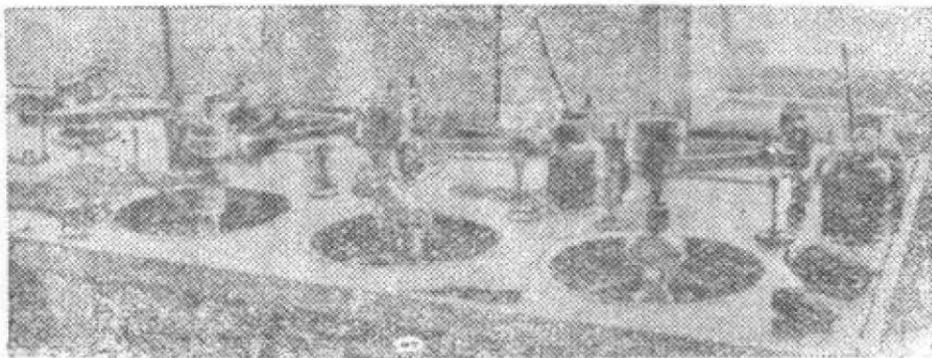


圖79 多軸磨光-拋光機

為了得到細的麻點，以便縮短以後拋光表面的過程起見，要用由粗到細的金剛砂磨光幾次。最後用最細的金剛砂磨光。為了避免在由一種金剛砂換成另一種金剛砂時劃起紋路起見，鏡盤需用軟的海綿在水里洗淨，並且每種金剛砂需應用各自的磨模。因為有一顆粗砂落在細砂里，就可能將鏡盤上的全部透鏡划壞。

当鏡盤有一面磨好后，一般就將它放到別处另外一台机床上进行抛光。

§ 50. 抛 光

抛光和磨光一样是在抛光模自动运动的机床上进行。抛光是表面加工的最后一道工序，因此要求房間、工作地点、机床、工具和材料、以及工人特別干淨。在抛光的时候有金剛砂粒或别的髒东西落在透鏡上，在透鏡上就会出现紋路就会使它报废。

抛光时应用呢子的抛光模和树脂抛光模。呢子抛光模用于抛光精度要求不高的表面。树脂抛光模用以抛光高精度的光学零件的表面。呢子抛光模系將浸在水里并擰干了的呢子或氈块胶在預热过的并涂了树脂的平模、凹模或凸模上做成。胶粘呢子时要用另一个平模、凸模或凹模压紧并冷却。在呢子上密密地鋪上抛光粉。抛光粉是一种很細的暗紅色的粉末（氧化鉄），它是主要的抛光材料。

树脂抛光模是由在預热过的平模、凹模或凸模上敷上一层厚为3~4公厘的树脂而做成。在树脂还未凝固还是軟的时候，在抛光

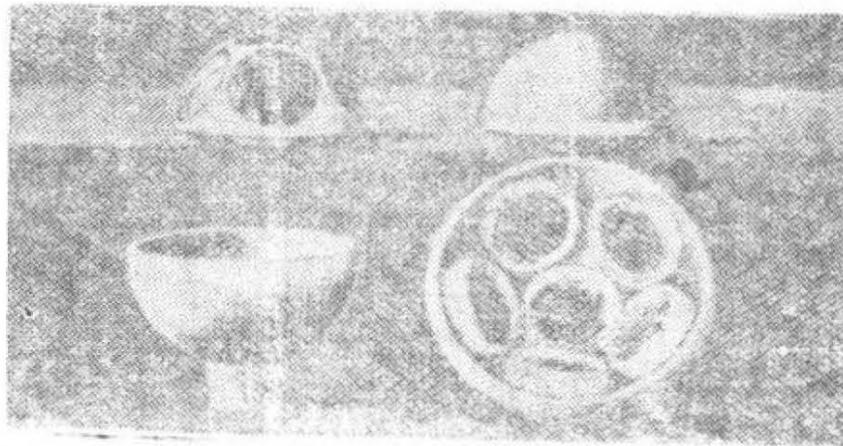


图80 胶模上的抛光透鏡和抛光盤

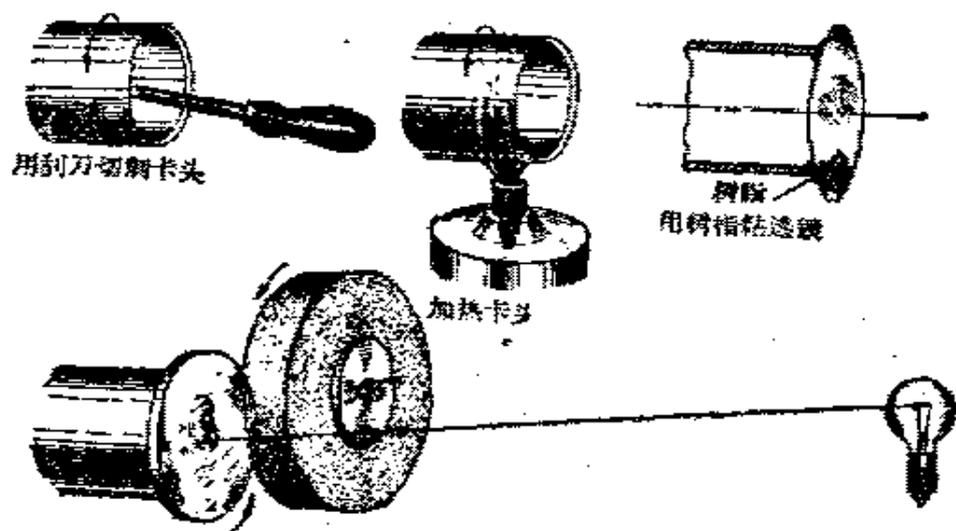
模上压上另一个用水濡湿了的平模、凸模或凹模。树脂抛光模和呢子抛光模一样要密密地敷上一层用水調过的抛光粉。抛光模准备好了以后，將带透鏡的鏡盤擰在机床主軸上，叠放上抛光模后象磨光一样地进行抛光，只是这时不是加金剛砂，而是不时地用刷子蘸用水調过的抛光粉。制成的抛光鏡盤和对应的抛光模如图80中所示。

將膠在鏡盤上的透鏡拋光好一面以後，下一步的過程是這樣：為了保護透鏡已經拋光的表面，用刷子蘸假漆塗在上面。用小錘敲擊鏡盤的後面將透鏡從鏡盤上取下。和膠合第一面一樣，用樹脂餅將取下的透鏡的拋光好和塗了漆的表面膠在鏡盤上。研磨第二面至需要的透鏡厚度。然後進行拋光、脫膠、洗淨和檢查表面。

§ 51. 定中心

透鏡拋光以後需經過定中心。定中心是沿着圓周來加工透鏡的圓柱面。這時透鏡的直徑要達到精確的尺寸，同時透鏡的光軸要和它的幾何軸相重合。我們知道，通過透鏡球面曲率中心的直線叫做光軸，而通過它的外圓中心的透鏡圓柱面的軸線則叫做幾何軸。

定中心是在結構不複雜的定心機上進行。機床有水平旋轉主



按燈泡的象安裝透鏡并用砂輪定中心

圖81 用砂輪進行定中心

軸和旋轉的砂輪。砂輪的旋轉軸一般和主軸的旋轉軸成平行。主軸系在固定於機床床架上的頭架內旋轉，而砂輪軸則系架在機床的刀架上。

在主軸上撐上一個卡頭，這是一個黃銅薄壁管子。管子的直

徑要比特定中心的透鏡小些。主軸旋轉時用刮刀從外和從內切削卡頭的邊（圖81）。這樣做是為了消除卡頭被切削邊的搖擺，在這個邊上是裝粘透鏡的。

切削以後，一邊轉動卡頭一邊用酒精燈加熱邊緣，在卡頭邊緣上塗上樹脂並將透鏡粘上。這時，粘在卡頭上的球面的中心將位於主軸的旋轉軸上。另一球面的中心則可能不在旋轉軸上。在將透鏡粘到卡頭上時應當使得第二個球面的中心精確地和旋轉軸相重合。這由這樣的方法來實現。當轉了透鏡的主軸旋轉時立刻可以看到電燈泡的兩個小的像。粘住的面所成的象是不動的。由非粘接的面所成的燈泡的另一個像將繞着不動的象旋轉。透鏡對卡頭軸線的偏移愈遠，燈泡的第二個象所畫的圓也就愈大。

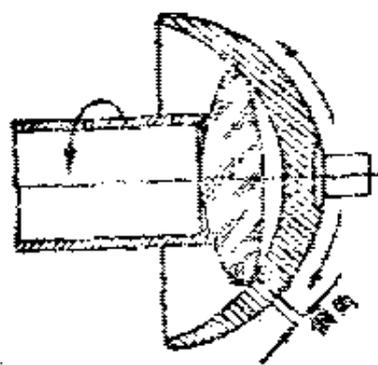


圖82 用凹模倒角

趁粘以後樹脂還沒有來得及凝結以前，用手移動透鏡並將其壓在卡頭上，使得燈泡的第二個象也不動。這就證明透鏡是安裝得正確的，即它的光軸和主軸的旋轉軸相重合。透鏡安裝好後使樹脂迅速凝結並開始定中心。小心地移動刀架，將砂輪移向透鏡，並逐漸地磨削邊緣到需要的直徑。直徑用卡鉗或卡尺來測量。定中心時，在進刀磨削時要用冷卻液冷卻砂輪和透鏡。砂輪轉速每分鐘2000轉，透鏡每分鐘700轉。

在定中心以後，一般在從卡頭取下透鏡之前，要用手拿着塗了金剛砂的適當的凹模來進行倒角（圖83）。將凹模壓在旋轉的透鏡上並用手按箭頭所示的方向移動。透鏡的脫膠系借加熱樹脂來進行。

§ 52. 稜鏡的製造

稜鏡平面的加工工序實質上與透鏡的加工一樣。稜鏡的粗磨、磨光和拋光的方法和上面所寫的加工透鏡表面的方法相同。

应用最广的直角棱镜的制造步骤可以作为各种型式棱镜加工过程的例子。

这种棱镜（见图18）由两个平行的非抛光面（底面）和三个抛光面所组成，抛光面中的两面（直角面）构成直角，而另一面（弦面）则与直角面构成 45° 角。

这类棱镜的毛坯或者用大块玻璃所切成的，或者用具有棱镜形状的压型。无论那种毛坯都有必须的加工裕量。

加工过程是以获得棱镜两底面平行为开始。为此将棱镜的毛坯放在鋪了紙的平模平面上，底面向下。毛坯放在平模上时，先使毛坯的弦面两块两块成对地相贴。这样放法（正方形）可以使得平模上的毛坯放得多一些。毛坯与毛坯之间用胶合树脂充满，这样便得到由棱镜毛坯胶合成的一块坚固的玻璃平板。

然后在平模上粗磨和磨光胶合成的玻璃平板来加工棱镜的底面。加工胶合玻璃平板的两面时，达到这两面的需要平行度和要求的棱镜高度。

然后用木槌敲击或是用加热的方法将玻璃平板拆成单个的毛坯。然后将几块毛坯平行面相对地胶成玻璃柱。

先粗磨和磨光胶合玻璃柱的直角面，使直角面之间以及直角面和玻璃柱的底面之间均达到 90° 角。然后加工弦面，用卡钳或卡尺测量它的长度。角度用量角规、量角器或专门的仪器测量。将做好的玻璃柱拆开并洗去树脂。每个棱镜单个地倒角。

下一步的过程是细磨和抛光直角面和弦面。用细金刚砂进行细磨，目的是除去粗的麻点并为抛光准备好表面。同时还修正表面和角度的误差。

棱镜的细磨和抛光和加工透镜一样，用镜盘来进行。棱镜的镜盘的制备原理以及进一步的加工，基本上和透镜的一样。所不同的是，这里用平模来代替球面模，以及棱镜在镜盘上的固定或者用石膏胶合，或者用树脂将棱镜嵌在放在平模上的特殊的槽里。

§ 53. 玻璃的銑切和鑽孔

有些光学零件，主要是稜鏡，為了便於將它們固定在鏡框里，需要銑出槽來或是銑切掉多餘的角。玻璃的銑切和在銑床上大量供給冷卻液時銑切金屬零件相類似。銑刀用紫銅製造。銑刀的切削表面和銑切玻璃用的金剛石銑片上的鑿口一樣刻成尖銳的齒。鑿口里填塞了調在凡士林中的金剛石顆粒，並將其收斂住。金剛石銑刀的製造過程以及它的工作原理和金剛石銑片的製造及工作相類似。根據用途的不同，銑刀制成各種不同的型式。

玻璃的鑽孔是用切削力以結石鋼制成的金剛石銑刀或扁鑽來進行。玻璃鑽孔時用松節油作為冷卻液和潤滑液。

§ 54. 光学零件的膠合

用透明膠來膠合，是將兩個或幾個表面應當接觸並且彼此不移動的光学零件連接起來的方便的方法。為了獲得好的影像質量，大多數儀器的物鏡系由兩個或幾個玻璃種類不同的透鏡所組成。這些透鏡一般是膠合起來的。在大多數目鏡的組成部分里也有膠合的透鏡。有時將光学零件膠合起來是為了便於將它們固定起來。例如，在測距儀里應用由幾塊小稜鏡膠合起來的複合中央稜鏡。不用膠合，將這些稜鏡固定在鏡框里會非常複雜。

膠合還應用於保護各種照相分劃板，使它不致被損傷和弄污。用照相法製在光学零件表面上的像是極薄的嬌嫩的膜層，它很容易被破壞。為了耐久起見，用一塊蓋玻璃膠在有像的表面上來保護它。

還可以将膠合應用於其他目的。膠合光学零件中的絕大部分是物鏡和目鏡的透鏡。可以說，幾乎所有儀器的物鏡都是由兩塊或更多的透鏡膠合而成的。例外的是直徑很大的物鏡。透鏡的膠合對是由用冕牌玻璃制成的凸透鏡和用火石玻璃制成的凹透鏡所組成。這種透鏡對是凸透鏡的凸面和凹透鏡的凹面膠合起來。這兩個膠合表面有相同的曲率，因此它們沒有空隙地互相緊貼在一起。

胶合是用一层极薄的无色透明胶来进行。

在现在应用两种胶——加拿大胶和凤仙胶。最近几年仅仅应用加拿大胶。苏联的加拿大胶是从西伯利亚松树和乌拉尔松树取得的。松胶在室温时是透明的固体。厚的加拿大胶块稍带黄色。薄的加拿大胶层几乎无色。加热时加拿大胶软化并变成稠的好象松脂一样的胶状透明液体。

用加拿大胶胶合进行如下：用软的擦布蘸酒精洗净透镜。用乙醚洗过并干燥了的灰鼠刷从要胶合的表面上拭去灰尘，并将凸透镜叠放在凹透镜上。观察复合透镜的胶合面之间有否灰尘或绒毛。将检查过的透镜对放到电炉上，凹透镜在下，供胶合用的上面放零件的电炉应当有一很光滑的水平的金属表面，上面铺上一层干净的香烟纸。透镜加热至 110°C 。放在玻璃试管里的固体加拿大胶加热至成为液体状态。左手用镊子或是用手指将凸透镜从凹透镜上取下，右手用浸在加拿大胶试管里的干净玻璃棒蘸一滴加拿大胶到凹透镜上。将凸透镜叠放在凹透镜上，并将两块透镜一起从电炉上取下移到丝绒的擦布上。用软木块挤压凸透镜，使凸透镜作圆周运动来挤出多余的加拿大胶和空气泡。这时达到获得可能薄的加拿大胶层。在胶合的透镜对还未冷却前，将它放在仪器上，借适当地将一块透镜对于另一块透镜移动来校正中心。

用凤仙胶胶合的不同点在于它不需要加热。因为用于胶合的凤仙胶在室温时是透明的胶状的液体。凤仙胶在一晝夜之间逐渐变硬。液态的冷胶应存放在温度很低的冷藏箱里。

§ 55. 镜面的镀银和镀铜

为了得到优良的反射镜面，玻璃的抛光表面上要镀上一层极薄的金属膜。银的复盖层和铜的复盖层具有最高的反射性质。因此在光学仪器里应用镀银的和镀铜的反射镜。镀银主要应用于内复盖，而镀铜则应用于外复盖。以金属膜和玻璃相接触的一面为反射面的复盖层，叫做内复盖。这种反射镜和棱镜，光线先要通过玻璃一次，被金属层反射后又通过玻璃一次。以金属膜不和玻璃接

鍍的外表面為反射面的復蓋層，叫做外復蓋。這種反射鏡，光線直接射在金屬膜上並從其上反射，而並不反復通過玻璃。內復蓋的反射鏡和稜鏡，用銅層和漆層來保護其上嬌嫩的銀膜使不被損壞。外復蓋反射鏡有裸露的金屬反射膜，需要小心地對待。

玻璃上鍍銀是用化學方法按如下進行：將要鍍銀的表面洗淨並用溶劑脫脂。將洗淨的零件浸在注滿硝酸銀溶液的玻璃盆或瓷盆里。將盆子不斷地搖動3~8分鐘。溶液中所含的銀粒子沉澱到玻璃的干淨表面上，構成了牢牢地粘在玻璃上的銀膜。蓋了銀的零件取出沖洗，重新浸入含新鮮的硝酸銀溶液的盆里，再沉澱

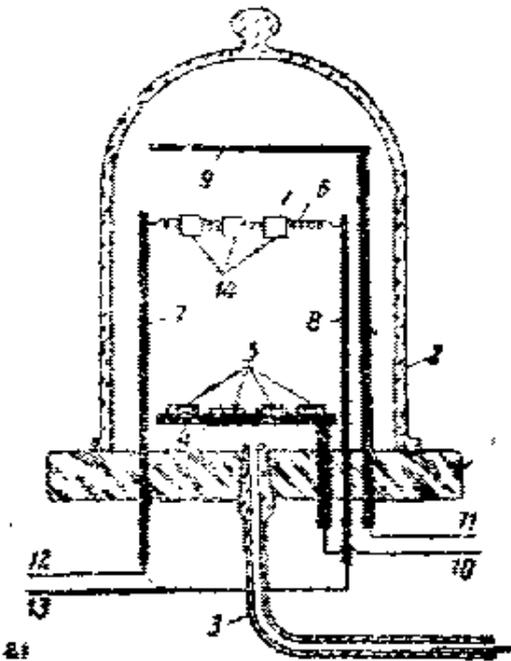


圖83 反射鏡鍍銀裝置系統
 1—玻璃板；2—罩；3—管；4—金屬台；5—零件；6—燈絲；7，8—金屬柱；9—金屬板；10，11—高壓導線；12，13—導線；14—鉛塊。

第二層銀膜。這樣重復3~4次至獲得足夠的厚度。鍍了銀的零件需放在含硫酸銅溶液的槽里去鍍銅。在通過液體的電流的作用下，銅沉澱在銀膜上，成為牢牢地粘在銀上的一層致密的銅層。在玻璃上鍍銅是為了保護銀膜。為了防止粗暴的機械性破壞，在鍍銅表面上還需塗上一層用細的銅粉和別的物质混合成的人造樹脂漆。漆用刷子來塗刷或用噴漆器來噴塗。

反射鏡的鍍銅在如圖83中所示的裝置內進行。厚玻璃板1上放着可舉升起的鐘形玻璃罩2。罩子有研磨得很好的底面，嚴密地貼在玻璃板上。通過玻璃管3借泵自罩內抽去空氣。為了使得在抽氣時空氣不致于漏進罩里去，罩子的底面要塗上一層特殊的密封潤滑油。此外，管子的端面要被板1上的錐形孔研磨得很好，並要塗上特殊的密封潤滑油。在金屬台4上放着零件5，它的要鍍鉛的表面向上。在零件

反射鏡的鍍銅在如圖83中所示的裝置內進行。厚玻璃板1上放着可舉升起的鐘形玻璃罩2。罩子有研磨得很好的底面，嚴密地貼在玻璃板上。通過玻璃管3

和金属台的上方有用钨丝做的灯丝6，它的两端连在两根金属柱7和8上。灯丝的上方有金属板9。金属台和金属板与导线10和11相连。钨丝的两头则通过柱7和8与导线12和13相连。

在钨丝上挂着纯铝落的小块14。

镀铝的过程进行如下：抽空气约20~40分钟。然后，一面继续抽空气，一面将导线10和11接上高压电流（约2~3千伏）。在接上了高压电流的金属板9和台4之间，在罩内稀薄空气中发生了放电现象。放电的同时就是将零件5的表面处理好准备镀铝。经30~40分钟这样的处理以后，断开高压电流，并在导线12和13之间接通几秒钟的电流。这时钨丝在电流的作用下强烈地灼热起来（就类似于电灯泡里的灯丝灼热一样），挂在钨丝6上的铝块14在钨丝高温的作用下迅速地熔化和蒸发。铝的蒸汽沉淀在罩内所有的表面上，也沉淀在零件5的表面，成为镜面的极薄的铝膜。

这样得到的镜子有一足够牢固的薄膜，将它长期露放在甚至是露天的空气里也不会败坏。但是如不精细地去清洗它则很容易受到损坏。在清洗时甚至是用很软的棉花稍微加压就可能损坏和划破娇嫩的铝膜。

§ 56. 分划板的刻线

分划板是上面刻着线段、十字线、刻度尺、数字和其它图形的平行玻璃板，一般系通过观察仪器的目镜被看到。刻在玻璃表面上的图形是非常小的。线条的粗细一般用百分之几和千分之几

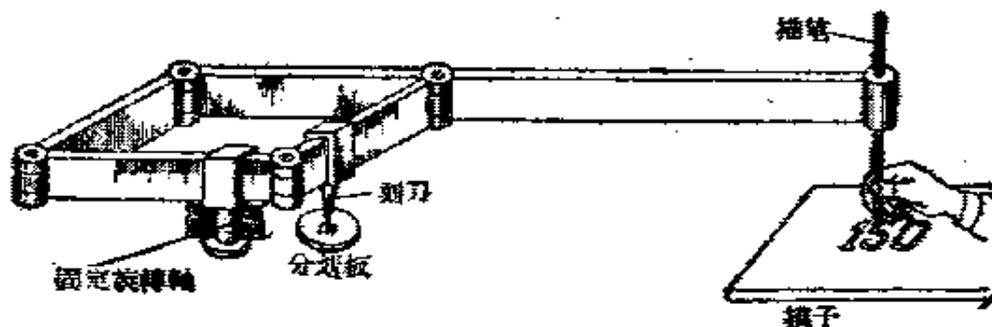


图84 縮放机图解

公厘来测量，而数字的高度则仅十分之几公厘。

因为分划板是放大以后被看到，所以它的表面光洁度要求很高。在分划板上不允许有纹路和麻点。用作分划板的玻璃应选择没有气泡、结石和别的夹杂物的玻璃。

在分划板上图形的刻制用各种结构的刻度机和缩放机来进行。图84示缩放机的结构原理图解。四根连杆用铰链轴连接起来构成一个四边形。在一根连杆上带有固定旋转轴的导架，连杆可相对于它移动并按刻度尺来调节。带刻刀的导架可在另一根连杆上

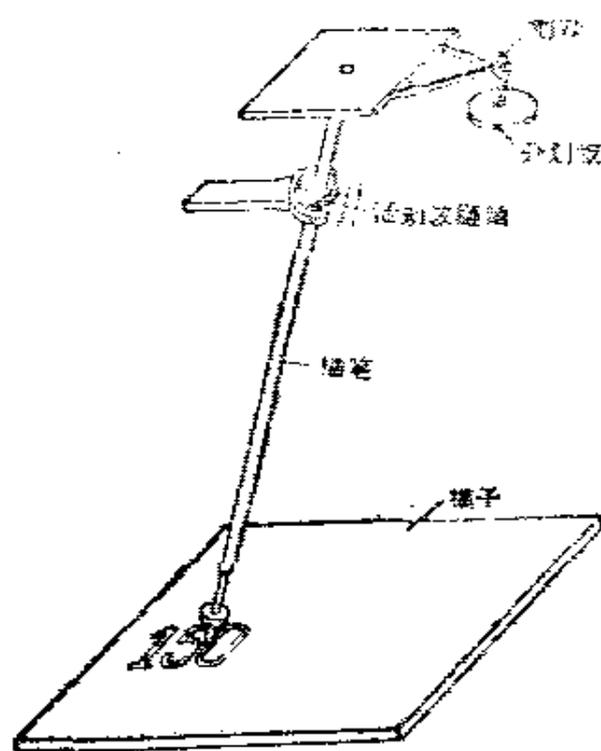


图85 刻制分划板用的直立式缩放机图解

移动并按刻度尺来调节。在第三根长连杆的一端有描笔，它的端部沿着模子而移动。借描笔一头的描画，刻刀的大小以缩小的比例刻出图形来。需要的比例在缩放机连杆上按两个刻度尺而调节。模子是一块金属板上面做成放大的分划板的图形。线条在模子上做成深沟，作为缩放机描笔的导轨。如果将刻刀和旋转轴按缩放机的刻度尺调节成缩小到 $1/50$ ，则当将描笔的一端画一个圆时，刻刀也描出一个圆，它的

直径是模子的 $1/50$ 。如果描笔的一端在模子上描某一个数字，则刻刀也描出同一数字，大小是原字的 $1/50$ 。广泛应用的还有直立式缩放机。这种缩放机的图解如图85所示。

在分划板上刻制图形进行如下：玻璃分划板的表面上涂上一层腊。溶化了的腊用刷子或是用浸的方法涂在上面。将分划板安装到缩放机上并在复盖了腊的表面上进行刻制图形。这时刻刀划去了腊膜，然后将分划板浸在氟氢酸里腐蚀。氟氢酸能溶解玻

璃。腊和石腊则不溶于其中。氟氢酸很容易挥发。它需存放在石腊或铅的容器里。腐蚀时将分划板浸在酸的溶液里或是放在氟氢酸容器的上面几秒钟，然后迅速用水冲洗。酸将刻刀在腊上刻出线条处的玻璃腐蚀掉。分划板其余的表面氟氢酸不能作用，因为它有腊保护着。然后用汽油洗去腊，并将玻璃上得到的凹线填上颜料。填充时颜料应仅粘在腐蚀得到的凹线中。玻璃的抛光表面仍需保持清洁。

§ 57. 照相分划板

如要在玻璃表面上刻制曲线和各种复杂的图形，用上述的刻度方法很难刻制，这时应用照相的方法。这种方法是：在粘在玻璃上的大张白纸上，或是在涂上白色油漆的玻璃板表面上，用黑墨以放大比例画上所需要的曲线或图形。将得到的图照相，这时照相底板是直接放在照相分划场内做在厚 4 ~ 6 公厘的干净玻璃板上的。它的表面上涂了一层适用于获得特细线条的感光乳剂。将底板装在照相机里并移动底板和照相镜头以得到缩或需要大小的象。这由试拍了许多照片以后达到。每一张试拍的照片的尺寸在比长仪上来测量。根据测量得到的结果来修正照相机的位置。如果得到的象的尺寸需要缩小，则镜箱离图远些，而如要求放大，则相反，将镜箱移近些。当达到需要精度的象的比例时，将镜箱固定住以防止将已得到的位置搅乱，并照几张底板。这些底板就作为以后工作的底板，用来在仪器中的光学零件上进行复制之用。

乳剂、显影剂和定影剂的成分和普通照相所应用的成分不同。所有的药剂的选择，是要在完全透明的乳剂层上得到极细的黑线条。

制造照相分划应用质量特佳的照相机，特别是要给出极细线条特别清晰的象。一般的物镜用在这里是不合适的。

由得到的工作底板来制造照相分划板主要有两种方法——湿法和干法。

湿法是在拍摄前涂于零件上的湿的感光层上来进行制作。这种方法是直接拍摄用均匀光特殊照明的底板，用来制造线条特别细（5~10微米）的照相分划。用和底板接触复制的方法来制造照相分划是用干法来进行的。这种方法是，将涂上感光乳剂的零件干燥，叠在尺寸精确的底片上进行曝光（用白光照射）、显影和定影，就象普通照相时用底片在纸上印象一样。

在光学仪器里应用有色线条的照相分划板。它们的制造并不复杂。在玻璃板上涂上一层水、胶（鱼胶或细木工胶）和重铬酸铵的混合物。平板在暗室里干燥。这样得到的玻璃上的薄膜是溶于水，很容易洗掉，但是如果这种薄膜在亮光中曝露过，则由于光的作用，它变得不溶于水也不能用水洗掉。在这种干燥的薄膜上叠放上底板，并在日光或强灯光下曝光几分钟。然后将平板放在水里。用水将平板上被底板黑色表面所挡住的部分洗去。平板上被通过底片透明部分（也就是透明线条）的光作用过的部分不能洗去。在水里这样显影以后，在干净的平板上得到由不溶于水的铬胶所形成的凸起线条的象。但是显影以后这些线条是无色透明的。为了得到所要的颜色，将平板放在溶于水的颜料内。只有胶质的线条着上颜色，玻璃则仍保持清洁。

用照相法在玻璃上得到的象，要在其上胶一块盖玻璃以防止被损坏。

§ 58. 透光膜

所有光学仪器特别重要的性质是它的透光性，即允许通过的光量。光通过玻璃时部分的光要损失掉，光的损失，一方面由于它在光学零件抛光表面的反射，另一方面由于玻璃的吸收，并且在反射上的损失要比在吸收上的损失大得多。现代的光学玻璃每公分厚仅吸收0.3~1%的光。光在每一个和空气分界的玻璃抛光表面上的反射损失则达4~9%。

当光通过仪器时，在它的路程中它所遇到的不是一个抛光面，而是若干个表面。每一个表面都要反射和漫射掉一部分光，

不允許这部分光通过仪器。这样，由許多光学零件組成的仪器，光的巨大的損失主要是由于光的反射。

为了减少在光学零件表面上光的反射量，需进行鍍透光膜。

鍍膜的實質是在玻璃拋光表面上構成一层极薄的透明固体薄膜。这种一定厚度和一定折射系数的薄膜，有強烈地减少自玻璃表面反射的光量的性能。薄膜的折射系数較玻璃为小。它的厚度以万分之几公厘来計量。在反射光中观察时，膜层有淺藍或淺紫的色彩。根据膜层的顏色来决定它的厚度。

膜层在玻璃表面上的构成有两种方法，并根据这两种方法分成两种鍍透光膜——化学鍍透光膜和物理鍍透光膜。

化学鍍透光膜是用特殊的溶剂加工玻璃的表面来构成膜层。溶剂和玻璃发生化学反应并在它的表面上构成牢固的透明薄膜。这种薄膜很牢固，可以用普通的方法来清洗表面。

物理鍍透光膜是在真空中用如上面所叙述的反射鏡鍍鋁过程中堆积鋁层一样的方法在玻璃表面上形成薄膜。这时代替鋁在真空室内蒸发的是氟盐，例如，氟化钙，氟化镁和冰晶石。这些物質蒸发时沉淀在被鍍表面上，构成了需要的膜层。

装配时应特別小心地对待鍍透光膜的零件，不要破坏膜层，因为它要比玻璃軟。膜层油污后它的透光性質就降低。手指不能和鍍膜表面接触。当必須处理拋光零件时，在放入仪器之前它的清洗包括用脫脂的軟毛刷拂去灰尘或是用脫脂的山羊皮或洗过并脫脂过的擦布輕輕擦洗。

如在装配时膜层被损坏了，則需将它除去并重新鍍膜。

复習題

1. 玻璃用什么做成？
2. 光学玻璃在哪里熔煉？
3. 熔煉时怎样达到光学玻璃的均匀性？
4. 玻璃退火是什么？
5. 你知道玻璃有那些疵病？

6. 脉理是什么?
7. 光学車間由那些工場組成?
8. 你知道有那些切割玻璃的方法?
9. 如何制造全剛百葉片?
10. 粗磨玻璃時應用那些磨模?
11. 粗磨時怎樣測量嵌在平模上的玻璃板的厚度?
12. 切割成的毛坯為什麼要裝成玻璃片?
13. 用凸模的磨模得到的是怎樣的表面?
14. 同時磨光几塊透鏡有那些方法?
15. 在那些情況下應用呢子拋光模? 而在那些情況下應用樹脂拋光模?
16. 拋光模如何制造?
17. 用什麼來潤滑拋光模的表面?
18. 如何進行透鏡的定中心?
19. 按製造的程序敘述由方形玻璃板制造一塊凸透鏡的工序。
20. 同樣敘述由一塊正方形斷面的玻璃同時製造六塊透鏡的工序; 玻璃塊正方形的邊等於透鏡的直徑加上加工必須的裕量。
21. 如何製造同時加工几塊透鏡用的鏡架?
22. 用什麼來膠合透鏡?
23. 在用加拿大膠膠合好的透鏡對照, 發現膠層里有不允許有的氣泡。試按完成的程序敘述消除此發現的疵病的工序和步驟。
24. 如何在反射鏡的反射面上复蓋上一層鋁膜?
25. 在那些情形下用鍍銀, 在那些情形下用鍍鋁?
26. 你知道有那些方法在玻璃表面上制出黑綫條的分划和文字?
27. 如何在分划板表面上制出有色的綫條?
28. 為什麼要鍍透光膜?
29. 如何清洗鍍過透光膜的零件?

第七章 光学机械仪器的初步装配和修理

§ 59. 装配车间

将在加工车间制造的各个已制成的光学零件和机械零件送到装配车间。在这里将它们连接成为一个成品的仪器。由一整套光学零件和机械零件用连接的方法得到一个成品的仪器叫做装配。

光学机械仪器的装配由于下列的特点而不同于机器以及别种产品的装配：1) 需要将玻璃零件与金属零件连接；2) 要达到很高的零件相互位置的精确度和仪器本身工作的精度；3) 仪器内表面必须很清洁，特别是光学零件的表面，并且外部精饰必须很精致；4) 保持仪器的密封性，即外部零件要严密的连接以防止灰尘和潮气进入仪器的内部；5) 保证仪器在特殊条件下工作的可靠性和持久性的许多必要的特殊要求，例如军用仪器在战地条件下，需能经受严寒、雨淋和酷热的影响。

所有这些特点都影响装配的程序和方法，也影响装配车间的组织。为了满足上列的特点在制造光学机械仪器时有必要将装配过程和装配车间划分成初步装配和最后装配两部分。

在初步装配工场里仅仅进行机械零件的装配和修整。在最后装配工场则进行机械零件及已装好的机构和光学零件的连接。

在装配车间内还有试验站，那里借用各种检验和试验来仔细检查仪器质量，进行成品仪器的验收。

在沒有单独一个车间作为修理站时，可以在装配车间里组织一个单独的工场，用来修理待修仪器的个别磨损零件。

§ 60. 初步装配工场

初步装配工场仅供装配机械零件之用。它之所以称为初步装配工场是因为许多在这里进行的工序仅是初步地完成，而不是最终的完成。借互相修理、研磨、钻孔、精车、攻丝以及初步调整

等方法初步装配好的部件为主要装入光学零件而需局部拆开。

工场的房间应当是清洁、明亮和干燥的。在房间内应装置特殊的通风设备，用来抽去装配中清洗零件时所应用的汽油的蒸汽。

地板应紧密无尘，工作台应铺上漆布。

每一个工人所占有的工作台的长度应不小于1.5~2公尺。

在初步装配工场里安装有装配车床和台钻。根据工作的种类，机床的数量应当这样计算：每2~4个工人应有一台装配车床，每8~10个工人应有一台台钻。

在工场里应备有研磨钻头和别种工具用的砂轮机。它应当放在离装配的仪器比较远的地方，以避免金刚砂的颗粒落到仪器里。如果它不放在工场里，而放在邻近的房间里那是更好了。

每个工作地点所需的面积根据装配仪器的大小应由6~20平方公尺。

在工场里的全部工作人员应当有干净的工作服，而妇女必须用头巾包头，以避免由于头髮落到机床旋转部分去而造成不幸。

§ 61. 初步装配的工作地点

供完成光学机械仪器初步装配和修理工序的工作地点由放在靠近窗口的稳固的工作台、装配车床和台钻组成（图86）。在工作台上装上不大的平行虎钳。工作台由台座和桌面组成，台座上有可拉出的抽屉，用以存放工具、材料和小的零件，桌面上盖了漆布并用板条围起来。板条紧密地贴紧桌面并凸起在桌面以上以防止小的零件落掉。

虎钳有夹持零件的淬过火的钢钳口。在大多数情况应用软金属做的衬垫（如用紫铜、铅、木头、皮革和厚纸片——纸板等制成）。衬垫垫在钳口上是为了防止被夹持的零件表面的被破坏。

台钻安放在工作台上。它是用来钻直径很小（6公厘以下）的孔的。它的主轴的转速一般为每分钟1500~3000转。

装配车床是高度精密的车床，它用在装配中的各种车削工

序，使兩聯結零件得到極高的精度，也用于精加工。它用來切削少量光潔的切屑。在裝配車床上不允許進行粗加工。裝配車床安裝在工作台的附近，與它約1~1.5公尺的距離，並且需使從窗戶進來的光線能夠照亮被加工的零件。

工作地點應當經常保持清潔和有秩序。不允許在工作地點存

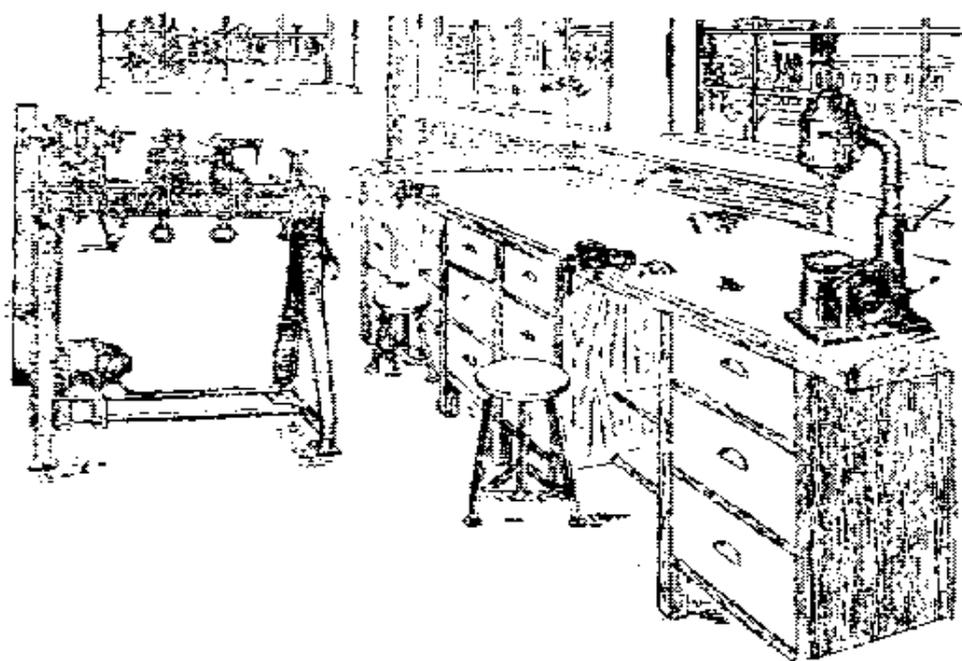


图86 光学机械师的工作地点

放不需要的物件。工具應貯放在抽屜內固定的地方。在工作台上應只放置正在進行的工作所必需的物件。

零件存放在專門的匣子里。有精確表面的零件、有最後精飾過和精加工過的表面的零件，以及薄壁的零件應單個分開放入匣子內的專門格子里。為了避免零件的損壞不允許將零件毫無次序地堆放在匣子里。供存放零件用的匣子應完全是干淨的。

小的零件，如螺釘、止碟和銷子等，應存放在工作地點分成許多小格的有蓋的匣子里。每一類零件和每一種尺寸的零件各占有單獨的一格。

應用的潤滑材料，如凡士林和各種不同牌號的潤滑油等應保持特別清潔。它們應保存在專門的有蓋的干淨器皿內。對於液態的潤滑油應用用塞子塞起來的玻璃小罐，對於較稠的潤滑油以及

復圓的潤滑脂則應用緊密關閉的金屬匣。任何情況都不允許有細沙、小的切屑或是銀屑落到潤滑材料里去。

在裝配使用于严寒酷暑條件下的儀器時，需應用冷時不凍、熱時不滲的特殊的潤滑油。這時在工作地點必須只放上述的潤滑油，所有別種的潤滑油應全部取掉，因為偶然的用錯會產生廢品，而這廢品只有在裝成成品儀器后用特殊的試驗才能發現。

每一個裝配工在他的工作地點有兩個用汽油清洗零件用的關閉的金屬匣子。

工作地點應經常用法蘭絨或麻布做的干淨的抹布（尺寸為40×40公分）來擦拭。裝配工應有1、2、3三種抹布。第一種抹布是用細的織物做的洗滌用抹布；第二種和第三種則是用較粗的織物做的抹布。

在裝配小的零件時，工作台上應鋪上白色清潔的抹布。

在工作完畢以後工作地點應仔細地收拾，工作台應用汽油擦干，機床應仔細地清除并用蘸了油的抹布輕輕地擦洗。

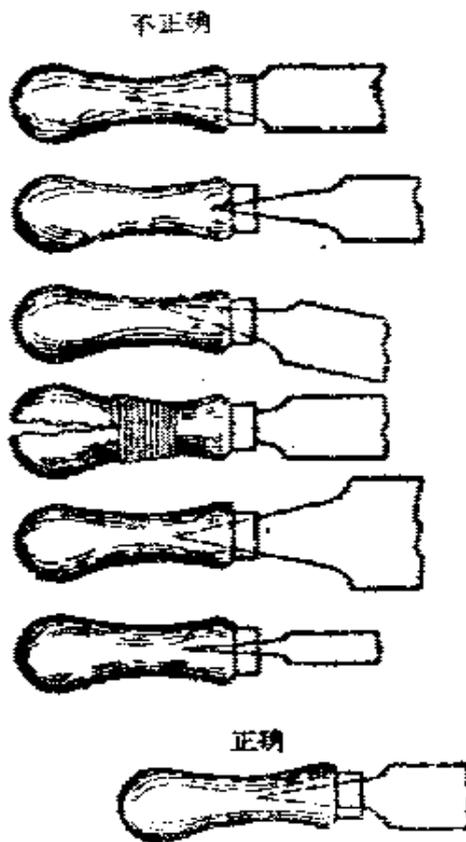


图87 将手柄安在工具上

§ 62. 裝配工的工具

在每一個初步裝配的工作地點必須有一套固定的經常應用的工具。當有工藝過程時，在工作地點只應備有工藝過程中所指定的工具。不常用的工具和裝配設備存放在工具庫房裏。在需要的時候再從庫房裏取出來。

實踐證明，裝配工的工作質量，他的勞動生產率以及生產成本在很大程度上決定于所應用工具的質量和整套工具的是否足夠完備。好的工具和正確的使用可以促使工作質量的提高、勞動生產率的提高以及生產成本

的降低

每一种工具仅应用于一定的用途。例如，不允许用宽度和螺
钉头上的印不相符合的螺絲刀来拧紧或是拧松螺钉，不允许将錾

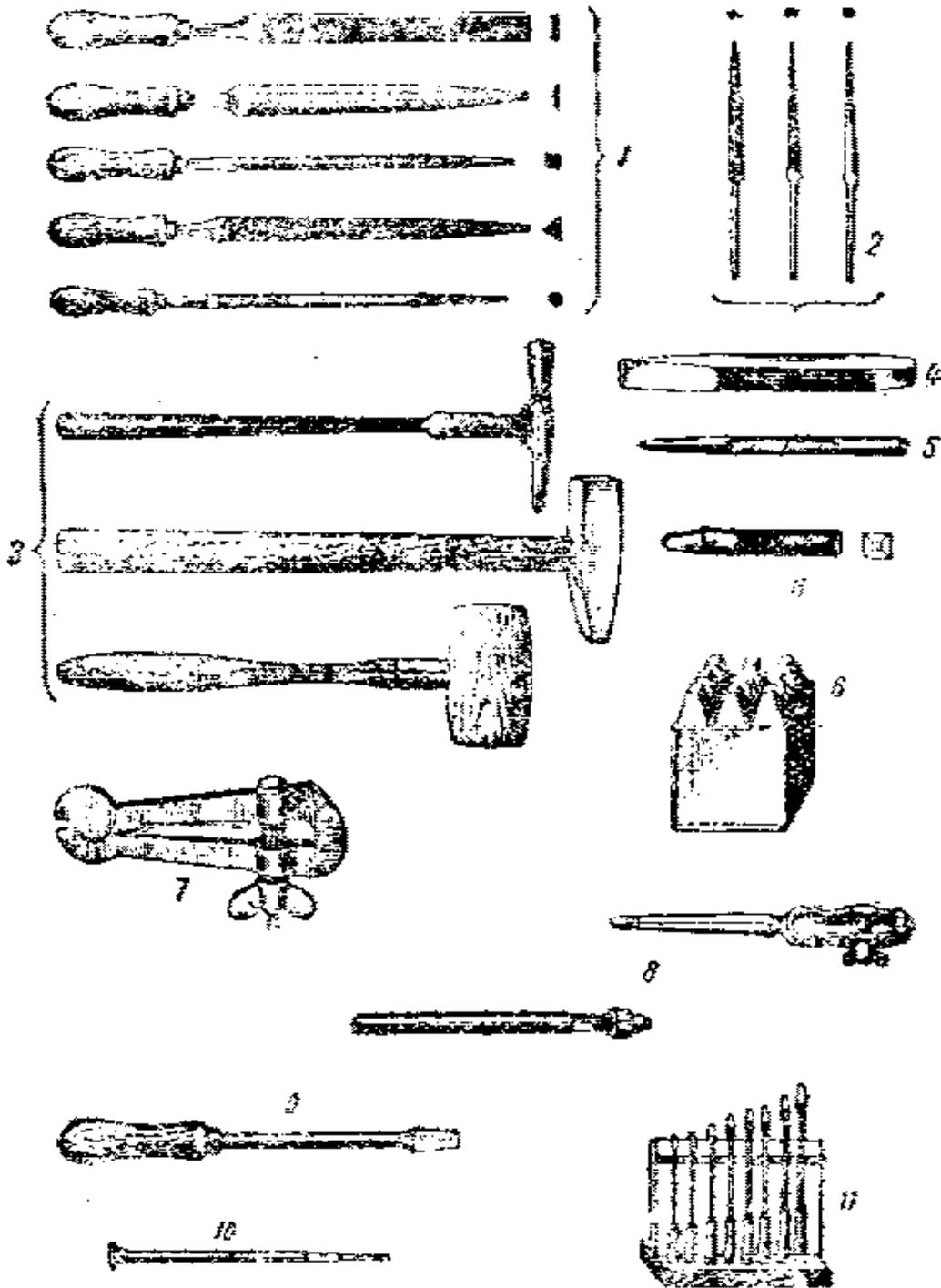


图88 光学机械师的工具

1—錾； 2—錐錐； 3—手錘； 4—錐； 5—洋冲； 6—号碼
冲； 7—手鉗； 8—鐘表鉗； 9—螺絲刀； 10—鐘表螺絲刀；
11—成套螺絲刀。

的手錘用在該用木錘的地方等等。不遵守这条規則往往会引起裝配部件的損廢或是工具的損壞。用坏了的工具必須及时的換上新的。將不常用的工具保存在工作地点是不允許的。

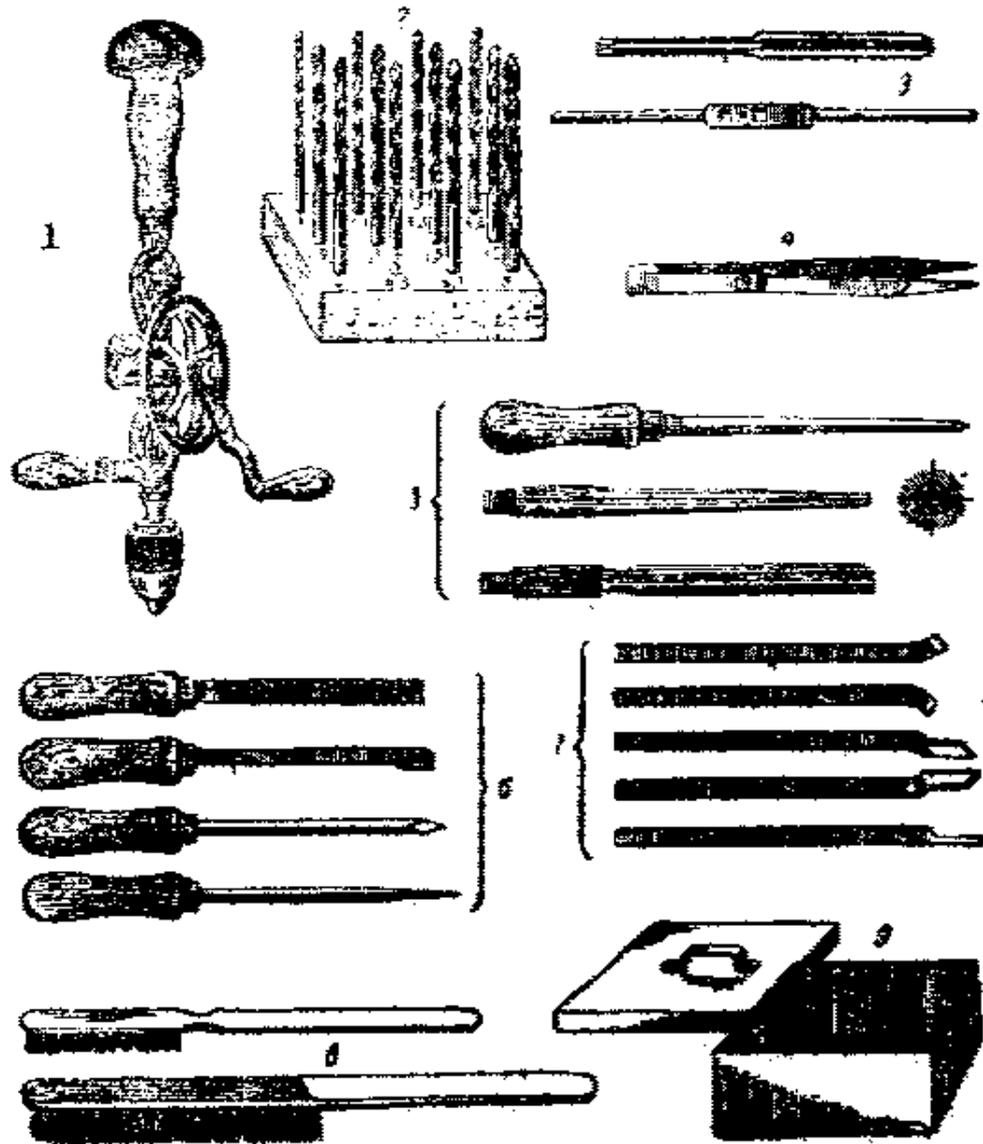


图89 光学机械师的工具

1—手搖鑽；2—成套鑽頭；3—絲錐和搬手；4—刷子；5—鉸刀；6—各种手用的切削工具；7—車刀；8—清洗和洗刷零件用的刷子；9—清洗零件用的槽。

木質的手柄应当緊密地和正确地安在銼刀、螺絲刀、手鉸刀等工具上，并且大小要与工具的大小相适合。图87示正确和不正确安手柄的例子。必須避免借燒烙出孔来的不正確的方法来安手柄。

手柄应当鑽一个孔，用适当的銼刀的尖端扩孔，然后在硬的

底座上敲击将手柄安到工具上去。

必須經常注意到及時地和正確地來磨銼頭、切刀、刮刀以及別的切削工具。用鈍的切削工具來工作往往不能保證必要的精度并產生廢品。螺絲刀應正確地修正好。

圖88和89示在光學機械儀器初步裝配中裝配工所需的最常用的工具。

§ 63. 裝配工藝過程

在製造產品時所應完成之工作的預先規定的程序叫做工藝過程。工藝過程不僅規定工作的程序，而且也預先確定了產品製造過程中所使用的設備和方法。工藝過程一般決定于同時製造儀器的數量。在產品數量很大的大量生產時工藝過程一般預先考慮好應用能簡化工作的專用工具和夾具。在儀器數量很少的單件生產時不值得把資金化在複雜昂貴的生設備上。這時工作的方法和次序也就不同。

工藝過程可分成工序和工步。在一個工作地點所進行的工作總和叫做工序。工序的一部分，是單獨一種加工形式的，叫做工步。例如，如果在一個工作地點所進行的工序是用研磨、鉗孔、攻絲和擰入螺釘的方法將幾個零件連接起來，則研磨、鉗孔、攻絲和擰入螺釘就是獨立的一些工步。

對儀器裝配工作編制“裝配施工工序卡片”（見91頁的式樣）。

在這種施工卡片里詳細地列出裝配的程序、方式和方法，應用的設備、夾具和儀器，刀具、量具和輔助工具，輔助材料以及每一工步所需的時間等。除此之外，施工卡片上還有裝配件和進入該裝配件的零件的草圖。

精確地完成在施工卡片上所規定的工藝過程具有特別重要的意義。任意違反規定的工藝過程是不允許的。只有嚴格遵守它才能保證工作有很好的質量和很高的勞動生產率。先進生產者可以建議用新的更完善的工藝過程來代替現行的工藝過程。這種建

工号		装配施工工序卡片			产品		装配名称			
车间号		工段		工序		总		工序张数		
进入装配的		装配号								
		零件号								
		数量								
草图										
说明										
工序号	工步号	工步名称	设备	夹具和仪器	工具			辅助材料	时间	
					刀具	量具	辅助工具		基本	辅助
编制者		审核者			主任工艺师					

議應首先用少量的儀器作試驗性的裝配，等到確定新的工藝過程的優點以後，然後再批准它。

§ 64. 裝配前零件的準備

送來初步裝配的零件一般是有精飾過的表面的（例如塗漆、鍍銀或是氧化）。

送來裝配的鋼零件都塗有一層機油以防止生鏽。在裝配之前零件應用汽油很好地洗淨并干燥。汽油能溶去零件表面的潤滑油和油脂。有色金屬的零件也應當仔細地在汽油里洗滌，因為在機械加工以後，它們的表面上可能粘着很小的金屬切屑和鏽層。

清洗一般是在單獨一間按照防火安全規則裝配起來的房間內進行。將零件放在裝盛汽油的金屬匣子里，然後用細毛牙刷或鐘表刷子來洗滌。用刷子仔細地洗刷所有可能帶有鏽層、切屑或沙粒的內表面和角落。這樣洗滌以後的零件浸到第二個盛干淨汽油的匣內再洗滌一次，然後使它干燥。

具有內隔壁、狹槽和各種各樣孔的複雜的儀器壳体，在那里很難把細小的切屑和鏽層清洗出來，因此，在洗滌之前先用壓縮空氣來吹洗。

清洗以後的零件內表面塗上一層極薄的潤滑油以防生鏽，同時並可在內表面形成一層粘性的薄層以粘住灰塵和細小的顆粒。這樣可以防止它們落到光學零件表面上去。

§ 65. 孔的劃綫

在光學儀器中最常用的零件連接方法之一是用螺釘來連接。兩個相連零件當中的一件有通過螺釘的孔，另一件上則有螺紋孔。前一個零件一般在裝配之前就已經鉗好了孔，而後一件有時需在裝配時才鉗。孔的位置按照第一件零件來劃綫。在劃綫的時候第一個零件應當正確地安裝在第二件上。這一般是借使劃在兩個零件的控制綫條相重合來達到（圖90）。不要動掉安裝位置，將零件互相壓緊，并用劃針按照第一件上的孔記出孔的位置。這

时注意的是使针尖正确地对着孔的下面的圆心。划针不应与孔的上面的圆周接触。用手锤和洋冲在划得的圆的中心冲一个点。这时为了更精确地使洋冲的尖放在圆心上，将洋冲的上部向自己这边倾斜，找到中心后，将洋冲放垂直了，然后再用手锤敲击。在用手锤敲击时洋冲不应倾斜，否则洋冲的尖在敲击以后会离开孔的中心（图91），以后钻头就会沿着不正确的方向钻下去。

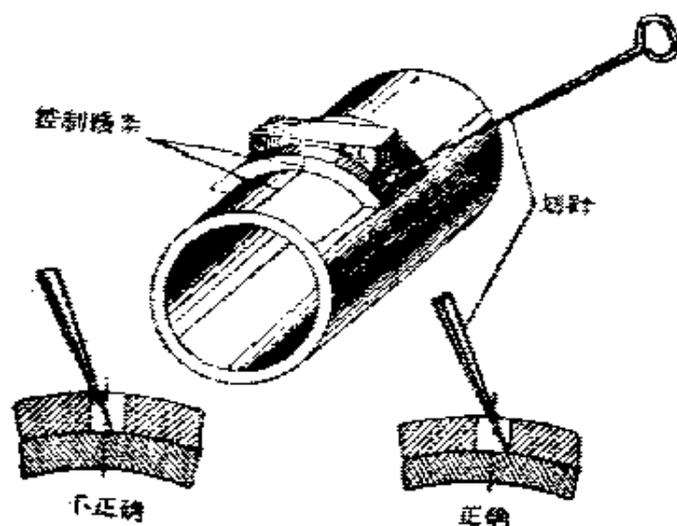


图90 用划针将孔标出

在用手锤敲击洋冲时必须注意，敲得太重时会使零件弯曲，特别是薄壁零件。

在修理仪器时常常需要用新的零件换去用坏的或损坏的零件。这时需要根据螺孔在管道上划记出孔来。但是在大多数情形很困难或不可能用划针从零件内部划记出零件的孔来，因为在这里面放不下拿了划针的手。这时常常应用下面的简单方法。在有孔的零件上盖上一张结实的薄纸，然后用手指压它，使得孔的锐边在纸上留下一个痕迹。然后将纸取下并用尖的铅笔找出圆周的圆心。将这样得到的纸型放到需要划线的零件上，并用洋冲和手锤通过纸片标出孔来。

在大量生产时并不进行孔的划线，因为在钻孔时系应用叫做钻模的专用夹具。钻模有支持面（基面），零件即压紧在那些面上，对着它在钻模的壁上精确地安装了引导钻头的套筒。在将每个零件夹持在钻模中之前必须先要从支持面上清除掉切屑。落在零

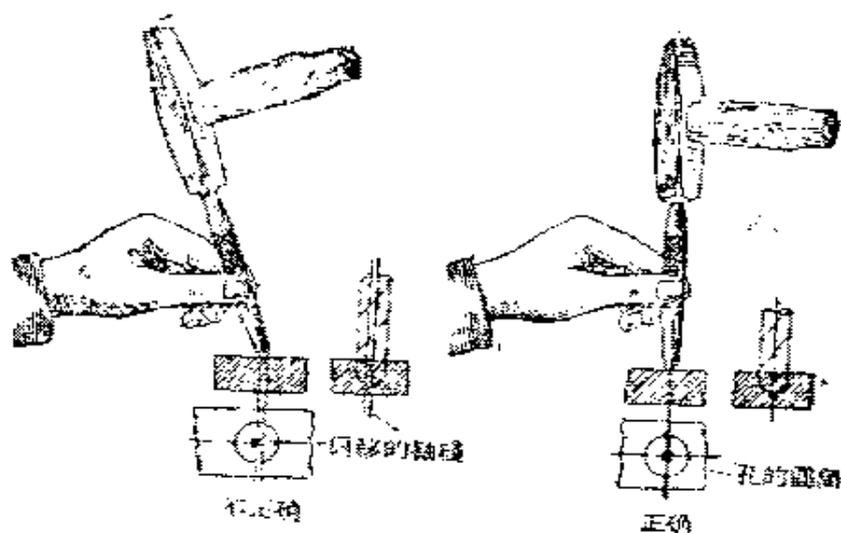


图91 洋冲的尖端应精确地处于划得的孔的中心。手锤敲击时洋冲应垂直放置

件和支持面之间的切屑使得零件对钻套的位置发生偏移或歪斜。这常常是报废的原因。正确使用钻模可以缩短钻孔的时间，给出孔的相互位置的高精度并保证互换性。

§ 66. 鑽孔、划口和攻絲

要得到直径正确的孔必须要用磨得正确的钻头来钻孔。钻头的切削刃应当有同一长度和同一斜度。在相反的情况下，则钻得的孔直径就要比需要的大。

钻头的切削刃应当磨得很锐利。钝的钻头会在孔的上面产生挤边，而在钻头的出口构成毛刺（图92）。

钻螺紋孔时，钻头应按螺钉螺紋的直径由下表选择。

装螺钉头的孔系借扩孔钻头划出（扩孔）。在图93上示圆柱头和圆锥头的扩孔钻头。圆锥孔的划口多半用直径和螺钉头相等的磨成90°角的麻花钻头来进行。装螺钉头的划口的深度应当和图所示的相当。在大多数情形下它都钻成使得螺钉头不凸出在零件的表面但也不沉得太深（图93）。

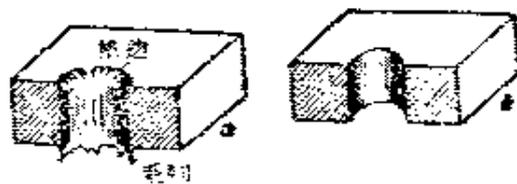


图92 钻孔

a—用未磨好的钻头钻孔；
b—用磨好的钻头钻孔。

鑽螺紋孔用的鑽頭直徑

螺紋直徑公厘	1	1.2	1.4	1.7	2	2.3	2.6	3	4	5	6	8
鑽頭直徑公厘	0.75	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.1	2.5	3.3	4.1	4.9	6.7

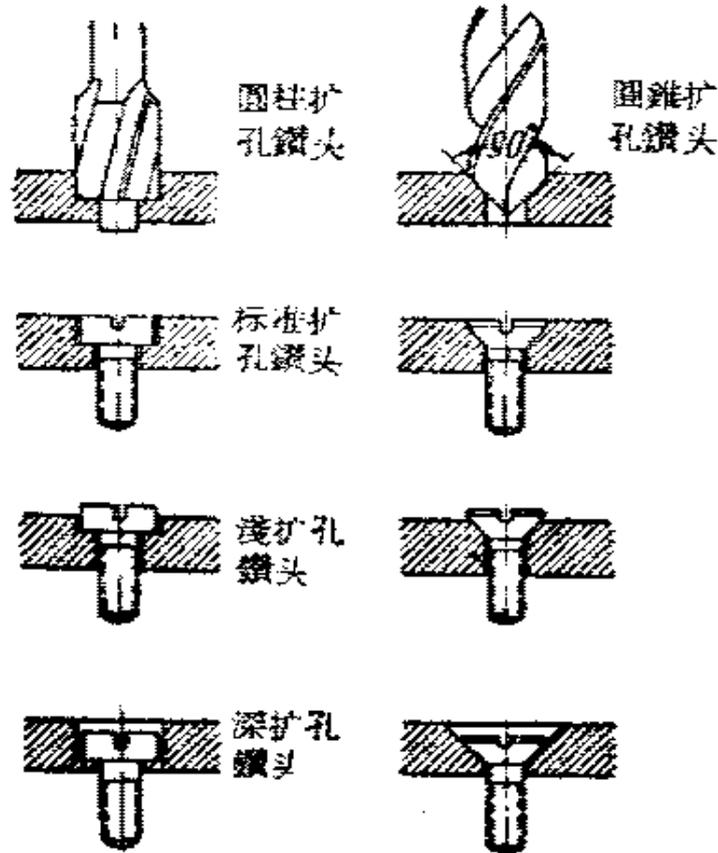


图93 圆柱和圆锥扩孔钻头

为了要使螺钉头的整个压紧面紧紧地和零件的划口表面相贴住，必須在钻孔和划口时正确地沒有偏斜地安裝零件。圓形的零件在大多数情况需要安裝在稜鉄块上，使得鑽头的軸綫通过圓的中心，而平面的零件必須放在与鑽头軸成垂直的平面上。

用直徑不大的絲錐攻絲是不复杂的工序，但是需要有一些經驗。用力稍为过大一些絲錐就很容易折断。攻絲时大概每一轉都必須向前向后地来轉动絲錐。絲錐的轉动系用不大的搬手或是鐘表虎鉗夹持絲錐来进行。

在攻絲的开头不可將絲錐放成与孔的軸綫傾斜。这样会折斷絲錐或形成不正確的螺紋。

为了得到光潔的螺紋表面，根据被切削材料的不同应用油脂或是松节油來潤滑絲錐。

§ 67. 用螺釘連接零件

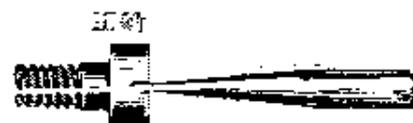
用于光学仪器中連接零件的螺釘主要有两种式样：柱头螺釘和錐形埋头螺釘。

柱头螺釘应用于在連接时需要將一个零件对另一个零件移动的情况下。在許多調整或是調节机械的情况下所必需的这种移动，可以在螺釘和零件之間間隙范围内进行。稍將螺釘擰松以后即可移动和調节零件，然后再將螺釘擰紧。

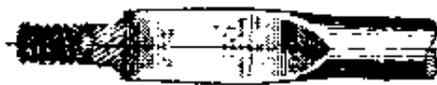
錐头螺釘应用于必須消除一个零件对另一个零件移动的情况下。螺釘头的錐面使得零件不能移动。即使在將錐头螺釘松开并



磨成楔形的螺絲刀口在槽里扭紋而使其损坏



螺絲刀口应当緊密地進入槽內，并且在整個槽的高度范围内应有相同的厚度



螺絲刀不应太狹



螺絲刀的寬度应大致与槽長相等



螺絲刀的寬度不应大于槽底，否则会刮坏零件的錐形切口



螺絲刀的寬度应大致与槽底相等

图94 螺絲刀口和螺釘槽的校驗

將零件移動，但在將螺釘擰緊的時候零件又重新移到原來的位置。

在用螺釘固定零件時必須將螺釘擰緊以保證連接的牢固性。這時螺釘的槽不允許被螺絲刀擰壞。因此螺絲刀的刀口必須磨得很正確，在擰的時候螺絲刀口應完全貼緊螺釘，它的寬度應與槽的寬度相適應。在圖 64 上示正確與不正確應用螺絲刀的例子。磨成楔形的螺絲刀在槽里扭絞而使其損壞。螺絲刀的刀口應當緊密地進入槽內，並且在整個槽的高度範圍內應有相同的厚度。刀口的寬度如與槽的寬度相等，則視為是正確的。用于錐頭螺釘的刀口寬度不應比槽底寬，否則螺絲刀會刮壞零件的錐形劃口。

在擰螺釘時應當考慮到，用過大的力量會使螺紋破裂，特別是象鉛之類的軟金屬。

§ 68. 零件的鎖緊

用柱頭螺釘連接的零件，在安裝和調整以後，一般用圓柱銷或斜銷來鎖緊。鎖緊的作用是確定零件的相互安裝位置並防止零件因受到敲擊而移動。此外，有了銷子以後，連接的零件拆開後再裝配時，可以不需要重新調節。

用螺釘連接的零件的鎖緊，一般用兩個銷子來進行，它們之間的距離應儘可能的遠。用一個銷子來確定位置是不夠的，因為零件可以繞着銷子的軸線旋轉。

圓柱銷應用在不常拆卸的連接處，因為幾次拆卸以後圓柱銷的張力會減弱，因此銷子變松。斜銷可以經常將連接件拆卸而仍保持必需的張力，因為它決定于斜銷敲入的深度。

銷孔系在連接件上一同鉗出。為了得到張力，孔的直徑應按下列的表做得較銷子直徑為小：

表 2

圓柱銷孔直徑

銷子直徑	1	1.5	2	3	4	5	6	8
孔(鉗頭)直徑	0.9	1.4	1.9	2.9	3.9	4.8	5.8	7.8

對於最精確的連接應用精確的銷子，這時銷孔在鉗了以後還

要用圓柱錐刀絞過。在這種情形使用下列的表：

表 5

圓柱銷銷孔和錐刀直徑

銷子直徑	1	1.5	2	3	4	5	6	8
絞前孔(錐頭)的直徑	0.9	1.4	1.9	2.8	3.8	4.8	5.8	7.7
絞后孔(錐刀)的直徑	1	1.5	2	3	4	5	6	8

在敲入圓柱銷的時候，在孔的壁上發生了各個方向的壓力(圖95)，這樣便產生了保證銷子緊密配合的張力。

銷子的端部不應打毛，否則的話，很細小的鐵屑會塞在銷子和孔之間而引起卡住。在敲入銷子之前，銷子應先稍微塗上潤滑油以防止卡住。

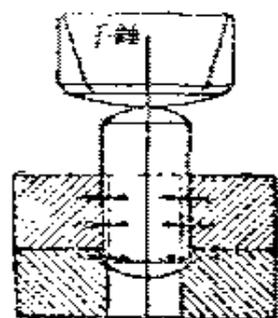


圖95 在圓柱銷配合時的張力保證了連接的可靠性

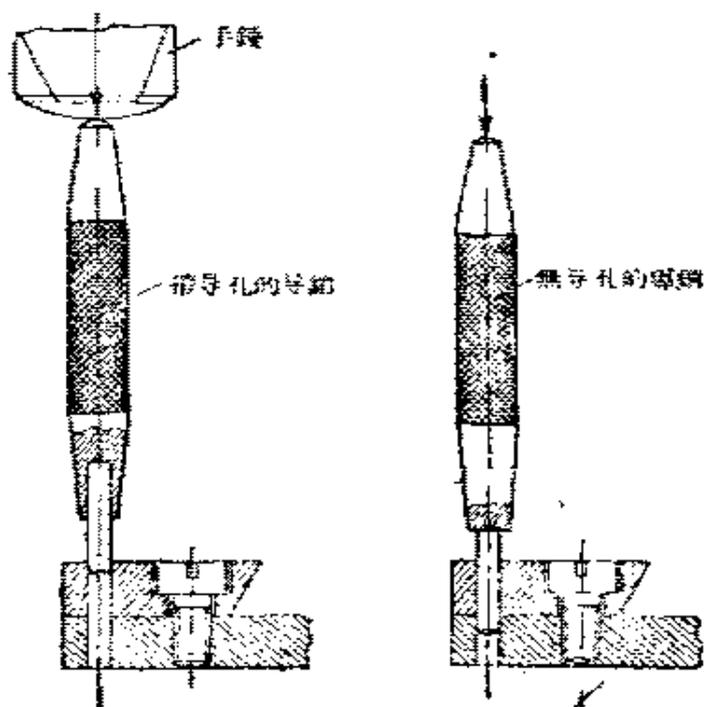


圖96 配入銷子用的導銷

為了避免將銷子打毛應用導銷，手錘即敲擊在導銷上(圖96)。

对于长的销子，因为它可能会弯掉，在开始敲入的时候应用有导孔部分的导销。

斜销带有 1 : 50 的锥度，斜销的销孔按照下表在钻了以后用锥形铰刀铰出。

表 4

斜销销孔铰前直径

销子最小直径	1.5	2	3	3.5	4	5	6	8
铰前孔（钻头） 的直径	1.4	1.9	2.9	3.4	3.9	4.8	5.8	7.8

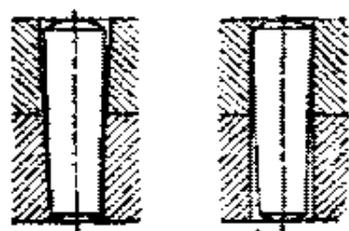


图97 斜销的锥度和孔的锥度不符

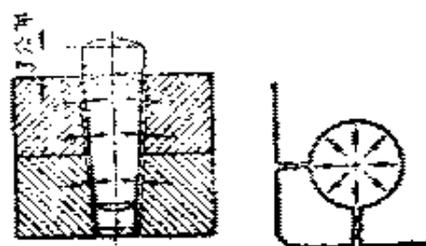


图98 斜销敲入深度为 3 公厘时产生很好的张力。靠近边上的销子敲入得过分深时会裂开

当斜销的锥度和孔（铰刀）的锥度相同时，斜销可保证很好的连接。如果销子仅以细的部分贴压在孔上（图97），则铰刀锥度太大，如果接触的是粗的一头，则铰刀锥度太小了。销子的接触情形应当由将销子和孔研磨后在销子表面上的痕迹来检验。

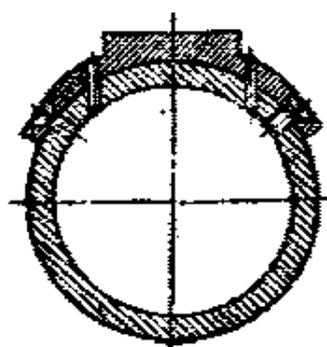


图99 用于拆卸连接的销子配合

铰孔应铰到这样程度：将销子放入后露出在零件外面的约为 3 公厘。当将销子敲入 3 公厘时可产生很好的张力。位于靠近脆性零件边缘的销子敲得过分深时会引起零件的碎裂（图98）和损坏。

在连接管子和圆形盖板之类的零件时，销子应与通过盖板零件中央的直径相平行（图99）。安装成其他方向而不平行的销子，不能用于拆卸的连接。

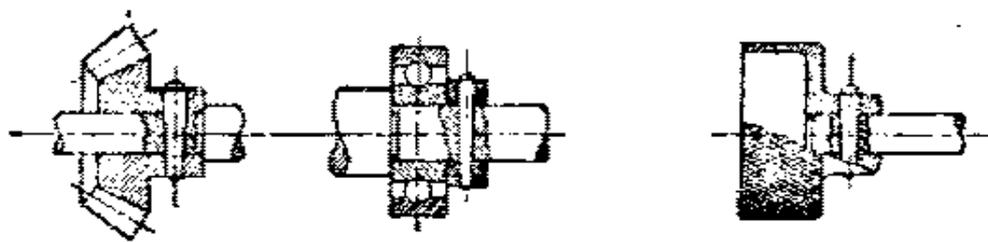


图100 用销子固定的例子

将齿轮、摇圈和各种式样的圆形零件固定在光学仪器的机构的轴上,在大多数情况下系用销子来进行(图100)。

§ 69. 钎 焊

钎焊应用于以后不再拆开的零件间牢固的连接。在装配光学仪器时常常应用钎焊的方法将德国银的指标焊在钢的、青铜的或黄铜的零件上,以及将铂丝焊在十字线框上。

指标是一块不大的德国银块,其上刻了一条用颜料填充起来的细线。带有钎焊指标的零件对着刻了刻度的另一零件移动(图101)。指标与刻度圈上需要的分划相重合,或是根据指标来读取刻度圈上的读数。为了使得读数或者刻度圈和指标的线条的重合具有足够的精度,指标的线条应当很细而又很清楚。此外,指标不能随着时间而腐蚀坏。最适合于这个目的是刻在银子或是德国银的光滑而又光亮的表面上的黑线。这个表面不会变暗。因为银子很贵,所以以应用德国银,将它很好的焊在钢,青铜和黄铜上为合适。

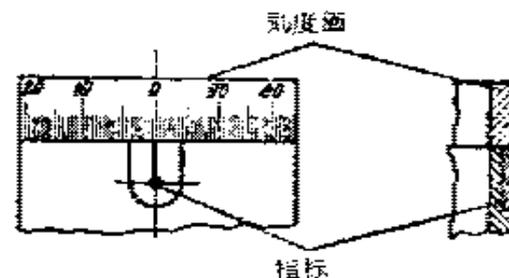


图101 钎焊的指标

指标焊入并紧密地嵌入铣得的槽里。钎焊之前,指标和槽的接触表面应仔细地清理。槽用刮刀刮净,而指标则在配合槽的时候用细锉修整。钎焊应立即进行,不要搁放到第二天,因为槽的表面会氧化而焊料就不能很好的贴附在它的表面上。

钎焊用成分为25%锡和75%铅的锡铅硬焊料进行。选择硬焊

料是为了在钎焊以后要将零件涂漆。涂漆以后加热将漆干燥时焊料不会熔化。钎焊借电烙铁来进行，将烙铁加热到当它和焊料接触时焊料即熔化的温度。将加热后的烙铁端部用锉刀锉净，涂上氯化铵后压到焊料条上。焊料被熔化后成一小滴附着在烙铁端部。用很细的小棒沾一小滴酸（锌在浓盐酸中的溶液）到指标上，酸液流散后濡湿了零件和指标的接触面。将蘸了熔化的焊料

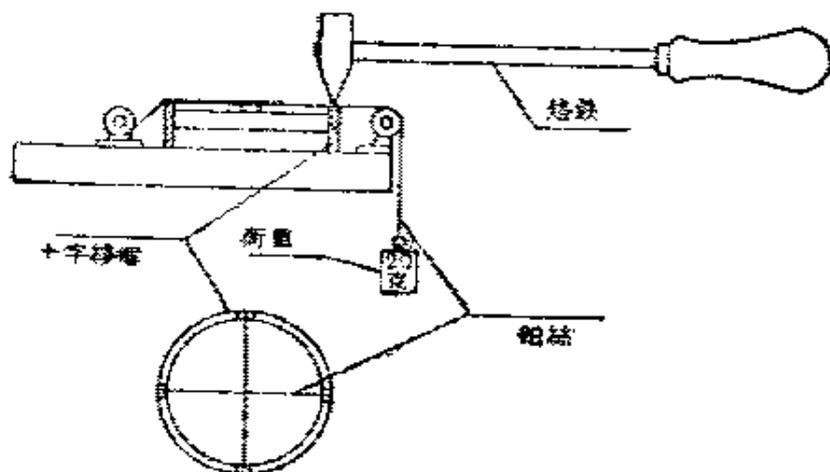


图102 将铂丝焊成十字标的装置图解

滴的烙铁端部放到在酒精焰或煤气焰上加热了的指标和零件的接合处。焊料即沿着濡湿的表面流散，冷凝以后指标和零件即牢牢地连接成一体。多余的焊料用细锉锉去。钎焊以后零件应当浸在苏打溶液里仔细地酸洗净。在零件上残留下的酸迹会使零件随着时间而被腐蚀（锈蚀）掉。最好是在钎焊时完全不用酸，因为它很难洗掉而会腐蚀。如在钎焊时将零件加热，则酸完全可以用松香来代替。代替酸还可以应用硬脂和别种东西。

通过光学仪器的目镜看到的十字线：一般是刻在平玻璃板上的。但是在有些仪器里它是用两根交叉的铂丝焊在框子上做成的。铂丝是粗为0.02公厘的极细的铂线。

十字线框上有四个供焊铂丝的凸缘。图102示供焊接用的装置。交叉通过线框的铂丝，一头固定在装置上，另一头用约20克的荷重将它拉紧在框子上。荷重重量的选择是能将铂丝很好的拉紧而又不致于拉断。线框的凸缘在未焊上铂丝之前应先用细砂纸

打干淨。钎焊的地方用酸液濡湿，然后用小烙铁的很尖的端部蘸上一小滴熔化的錫鉛焊料。焊接的地方应浸在水里用棉花洗擦几次将酸液洗淨。

§ 70. 帶目鏡螺紋的目鏡的裝配

光学机械仪器的目鏡在大多数情况均有移动的可能，目的是得到清晰的象。对于近視眼目鏡一般可以撵入 -5 度，而对于远視眼则可以撵出 $+5$ 度。目鏡在两个方向的移动系借特殊的梯形多头螺紋在一整轉的範圍內轉動而得到。这种螺紋叫做目鏡螺紋。

图103示六倍双筒望远镜 6×30 的目鏡。它的結構并不复杂并且和其他许多目鏡并无大的区别。目鏡座1撵死在鏡筒內，并用作为紧鎖螺母的环2固紧住。嵌入所有目鏡透鏡的夹套3借目鏡螺紋与座1相联。夹套的一头撵入眼透鏡框4。套圈6用三个止螺5与夹套固定在一起。視度圈7借螺紋撵死在套圈里，眼罩8則撵在套圈上。在双筒望远镜右目鏡的座1嵌入分划板框9。視度圈上刻有零綫，在它的两边各有五个視度分划。

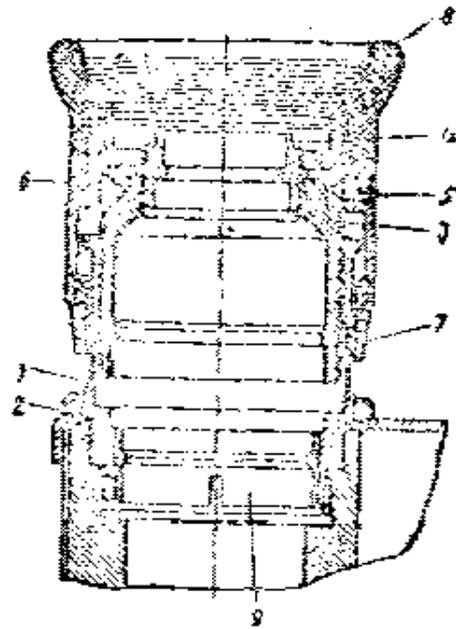


图103. 初步裝配的目鏡
1—目鏡座；2—环；3—夹套；4—眼透鏡框；5—止螺；6—套圈；7—視度圈；8—眼罩；9—分划板框。

裝配目鏡时最重要的工序是目鏡螺紋的研磨。研磨时应达到目鏡

的轉动容易而又平稳，但又沒有能感觉得出的搖动。所謂轉动容易就是用两个指头不需特殊的力量就能将目鏡轉动。所謂轉动平稳就是在轉动时沒有手指所能感觉出的卡住、間断和阻碍。目鏡不允許有搖动是因为它会使得双眼仪器的光軸平行性被破坏。此外，当有了搖动后目鏡就会过分容易轉动，这样当受到震动或是稍微触动目鏡时即会带来不希望有的随意的轉动。

進入裝匣的夾套和目鏡座是根據目鏡螺紋成對地選配好的，並帶有研磨的裕量。如果夾套能用手用力地擰入目鏡座內三分之二螺紋長度，則裕量認為是合適的。過大的裕量會使研磨後的螺紋帶有錐形，即夾套的開始幾圈有搖動，而最後幾圈則轉起來很緊。過分小的裕量，不夠用來很好的研磨目鏡。

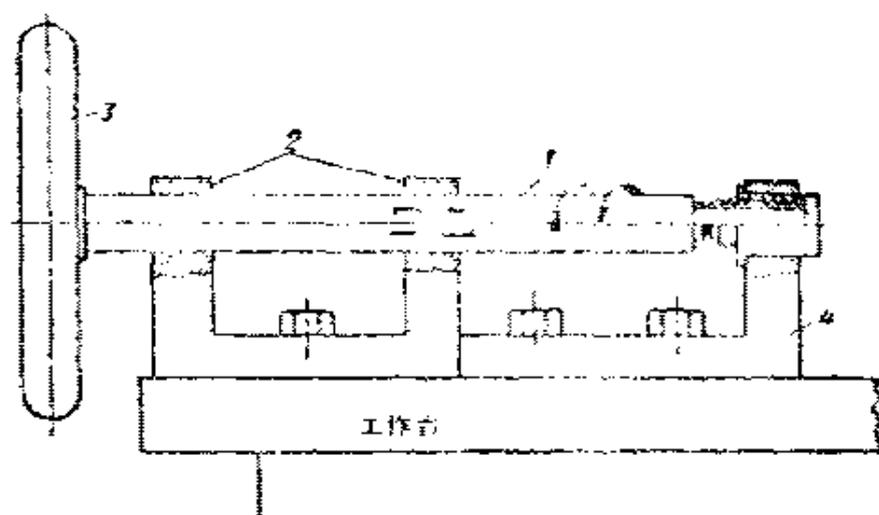


圖104 研磨目鏡螺紋的裝置

1—主軸；2—軸承；3—手輪；4—固定部分。

研磨進行如下：將兩零件的螺紋在汽油內用刷子洗淨，在螺紋上塗上調在煤油里的中等粒度的哥伊（ГОИ）軟膏，然後將一個零件在另一個零件內左右來回轉動。當夾套整個螺紋長度都完全擰入時，將零件洗淨，塗上目鏡潤滑油並試驗轉動。如果還太緊，則繼續左右轉動來研磨整個螺紋長度。研磨或者用手或者用如圖104所示的裝置來進行。主軸1可自由轉動並可在固定於工作臺上的軸承2內移動。主軸的一端有手輪3，用來使主軸運動，而另一端則固定了要研磨的目鏡夾套。目鏡座固定在裝置的固定部分4上。

不允許用金剛砂來研磨目鏡螺紋，因為金剛砂的顆粒嵌在螺紋里清洗時不能洗掉。這就會使螺紋迅速磨損而呈現目鏡搖動的現象。哥伊軟膏沒有這種性質。

正確地切削和很好地研磨的目鏡螺紋應當任何一個螺紋頭咬合起來均一樣。但是也允許在同樣的螺紋接觸時進行研磨後而得

到很好的轉動。在這種情形兩個零件接觸的那一對螺紋應用刻針記下一條指紋來。

目鏡進一步的初步裝配是將所有的零件均擰起來以檢查它們的尺寸和螺紋是否合適。這時選擇和配合零件時應使得它們的螺紋能緊密地和配合。止螺應將套圈拉緊在夾圈上，它的錐面應抵在夾圈上的切槽壁上。如果止螺是以尖端抵在夾圈上，這種連接是不正確的。分劃板框應當緊緊地嵌在目鏡座里，當受到打擊時它並不移動而是借著摩擦力保持在原處。

§ 71. 伸縮管連接的裝配

伸縮管連接是活動連接中的一種，它是幾根管子，一個在另一個內來回移動以改變它的長度。照相機的三腳架的活動腳常常就是伸縮管連接，它由幾個管子組成，一根在另一根里移動。

望遠鏡和天文望遠鏡的使像調節清晰的目鏡移動機構也是伸縮管連接（圖 105）。與目鏡相聯的管 1 在與物鏡相聯的管 3 內移動。移動系借手輪 4 轉動圓柱小齒輪 3 進行。小齒輪 3 與裝在

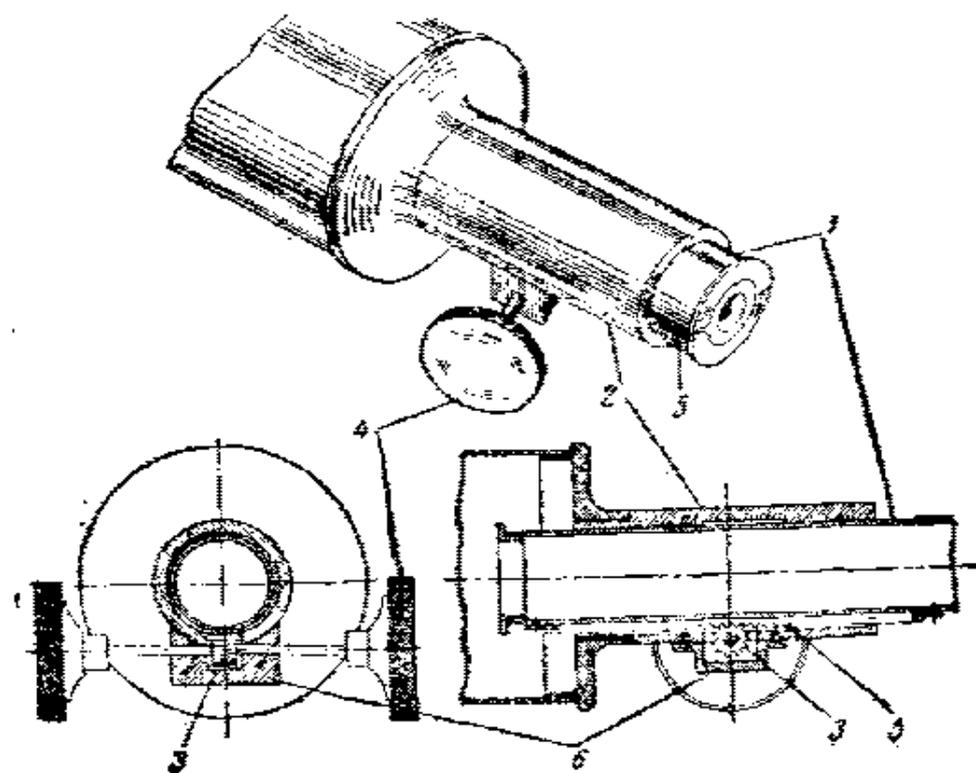


圖 105 望遠鏡調節清晰機構

管 1 上的齿条 5 相啮合。

装配进行如下：用研磨器研磨管 1 和 2，使得一个能在另一个里紧紧地运动。然后用最细的哥伊软膏将一个管子放在另一个内进行研磨，一直到整个管长都得到轻松而又平稳的运动。研磨系沿着整个管长将管作往复直线运动和旋转运动。研磨时必须注意不能有感觉得出来的一个管子在另一管内的摇动。

同时用作导向键的齿条 5 也应当用哥伊软膏和管 2 的键槽进行研磨，使得它能容易而又平稳地在槽内移动。这时只要齿条和槽的侧面贴紧而无摇动。

研磨后将管 1 和齿条放入管 2，记出固定齿条的螺钉孔的位置，钻孔，攻丝并将齿条装上管 1。如果齿条擰上后移动起来太紧，则应只将齿条侧边与槽壁摩擦起痕迹的地方刮去一些。

将装配好的轴承 6 和圆柱小齿轮 3 放在管 2 上，使得小齿轮与齿条相啮合。压紧轴承，在管 2 上记出将它固定在管 2 上的孔的位置。预先将管 1 自管 2 取出，钻出所记的孔，攻丝。钻孔攻丝以后应将管 2 内壁的毛刺除去。然后将管 1 和齿条放入管 2，擰上轴承 6 和小齿轮。在齿轮和齿条的齿间，允许有当向前向后转动手轮 4 时能感觉到的不大的齿隙。如齿隙很大，则必须将齿轮移近齿条。这时可在特殊的装置上切削轴承的圆柱部分。如果没有齿隙而齿轮的轮齿将齿条压得过紧，则必须将齿条移远齿轮。这时可铰或更好是磨齿条贴附管 1 的表面。同时应注意到齿条的厚度在整个长度应一致。在相反的情形就会使齿条一头的齿隙很大，而另一头则很小。

§ 72. 滑动轴承的装配

轴承是活动连接中的一种。它们系用作机构旋转部分的支承和导向件。

应用在光学机械仪器中的轴承，它们的工作条件及装配时对他们的要求，照例与应用在机械制造中的轴承不同。在光学机械仪器中很少遇到旋转速度很大的部分和它们加给轴承很大的压力。因此这里很少应用带有特殊浇铸轴瓦（例如巴氏合金的轴瓦）的

軸承以及承受高速旋轉部分很大重量的滾柱軸承。

裝配光學機械儀器的軸承的基本要求照例是行程的容易和平穩以及沒有搖動和空隙。

最簡單和便宜的是基于滑動摩擦的滑動軸承。旋轉零件的被包容面沿着它們的工作表面滑動。這類軸承應用在不要求行程特別容易的情形。

較複雜和昂貴的是基于滾動摩擦的滾動軸承。其中包括所有各種的滾珠軸承和滾柱軸承。在軸承中的旋轉零件在滾珠上滾動。它們應用在行程要求非常容易的情形。

裝配那種連接精度不要求很高的滑動軸承非常簡單。這種軸承的樣子如圖106, I 所示。零件2是旋轉軸1的軸承，軸1的端部有擋圈3。

裝配前按孔來選擇零件，使軸1能自由地進入軸承2的孔內，並且很容易地在其中旋轉，而擋圈3則要緊緊地套在軸上。

將塗了潤滑油的軸1插入軸承2內并套上擋圈3。在這樣裝好的情形下鉋裝斜錐的孔。鉋孔時應注意軸承2的兩端A和B，一面應緊密地貼緊擋圈，另一面應貼緊軸肩。用錐形鉋刀鉋好的孔，并打入斜錐。

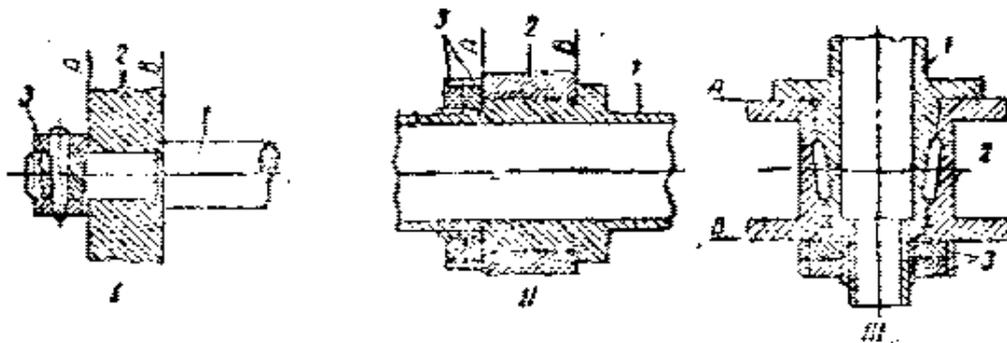


圖106 滑動軸承

I和II一帶柱形軸頸；III一帶錐形軸頸；1—軸；

2 軸承；3 擋圈。

如果不允許有軸向和徑向的空隙，但是允許緊的行程，則應用如圖106, II的帶柱形軸頸的軸承和圖106, III的帶錐形軸頸的軸承。允許旋轉零件沿着它的軸的方向移動的間隙叫做軸向空隙。允許旋轉零件沿着半徑方向移動的間隙叫做徑向空隙。

在装配柱形轴颈的轴承之前，选择零件时应使得旋转轴 1 很紧地进入轴承 2 的孔内，而圈 3 则自由地撑在轴 1 上。用哥伊软膏研磨件 1 和件 2 至获得容易的行程，但不允许有径向的空隙。然后在车床上切轴承 2 或轴 1 的端面 A，使得圈 3 撑到头时紧密地压在轴 1 的端面 A 上。同时轴承 2 不应当在端面 A 和 B 之间有轴向空隙，并应当很容易旋转。如果件 1 和件 2 能够以装配好的形式很方便地固定在车床上，则同时切削此两零件的端面 A。这样保证端面有最精密的连接。在车床上车切之前零件应当用指示表调节到没有摆动。

锥形轴颈的滑动轴承（图 106, III）主要应用在特别精密仪器的垂直旋转轴，旋转轴完全不允许有一点摇摆。旋转零件用研磨或刮的方法来配合轴承 2，使得它的端面 A 及整个锥面同时接触。这些表面的完全接触用涂在工作表面上的颜色来检验，然后撑上螺母 3。

§ 73. 滚珠轴承的装配

滚珠轴承用以获得旋转部分的特别容易的行程。滚珠所沿着滚动的滚珠轴承环和滚珠本身，有淬火淬硬的、光洁的和特别精密加工过的表面。图 107, I 示套在旋转轴上的标准滚珠轴承应用的最简例子。滚珠轴承 1 的内环压在旋转轴 3 的圆柱轴颈上。挡圈 5 套在并紧在轴端，使得滚珠轴承 1 的内环不能沿着轴 3 的轴

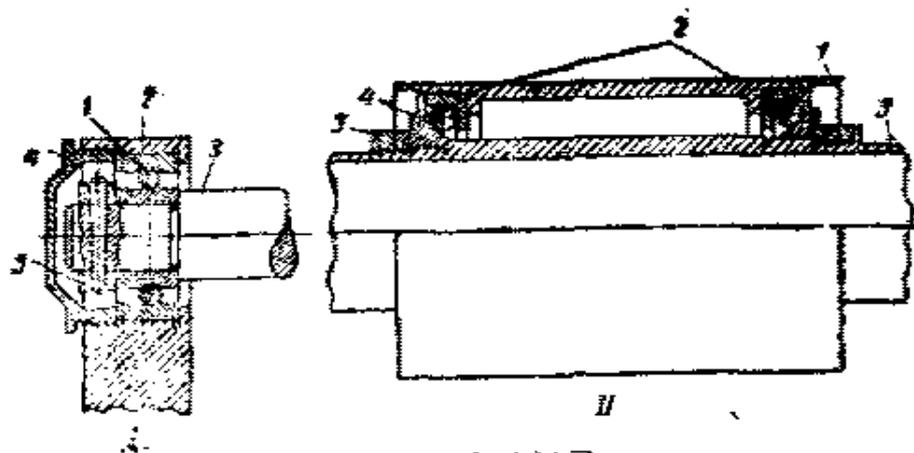


图 107 滚珠轴承：

I - 标准的；II - 锥入的

頭移動。軸和滾珠軸承嵌入本体 2 內。

滾珠軸承的外環壓在體中，并擰入小蓋 4 來壓住。本体 2 及軸 3 和滾珠軸承相副的配合表面应当加工得很光滑和很正確。它們不應當有橢圓度和錐度。配合應選擇成這樣，即軸承很緊密地位于軸上和本體內，但是在壓入時并不至于變形。如果將滾珠軸承壓得太緊，它的環會壓住滾珠，這樣旋轉起來就會太緊。

在裝配滾珠軸承時應當防止鏽屑或是切屑落入，否則就會導致卡住。滾珠軸承裝配以後在清潔的汽油里洗滌，并用潤滑油潤滑。

由于光学机械仪器必需要得到尽可能小的外形和重量，在许多情形不采用标准的滚珠轴承，特别是中等尺寸和大尺寸的。代替它们，应用所谓填入的（Пазовый）滚珠轴承。这种轴承如图107, II所示。它的装配进行如下：

1. 在管 1 內压入淬过火的环 2。压入后它們应很紧地套在中部并且沒有間隙地貼紧在端平面上。

2. 在管 3 上擰上环 4 至擰到头为止，并用圈 5 压住。

3. 在环 2 上涂上很稠的潤滑油，并放上一排滾珠至放滿整圈为止。每一圈的最后一顆滾珠不放，以减少滾珠之間的摩擦。

4. 將管 3 小心地插入管 1。

5. 擰上第二个环 4 至它和滾珠接触为止。

6. 擰上第二个圈 5。

稍微擰紧或擰松环 4 以达到管 3 和管 1 之間沒有搖动以及行程的容易。然后将第二个圈 5 擰紧至擰到头为止。如果將圈 5 擰紧后行程变紧，則需松开圈 5，将环 4 擰松一点，再重新將圈 5 擰紧。

§ 74. 齒 輪 傳 動

將运动由一个零件傳遞到另一个零件上去有各种不同的結構，它們叫做傳动机构。在所有各种傳动机构里，光学机械仪器中应用得最多的是齒輪傳动。运动的傳遞系借彼此用齒貼紧在

一起的帶齒零件（小齒輪）之間的嚙合來進行。

兩平行軸之間的旋轉運動的傳遞用圓柱齒輪來進行。

在同一平面內的两交錯軸間旋轉運動的傳遞用圓錐齒輪來進行。

不在同一平面內的两交錯軸間旋轉運動的傳遞用蝸桿和蝸輪或是用斜齒齒輪來進行。

齒輪傳動中還有一種齒條傳動。它用來將旋轉運動改變成直線運動。齒條傳動用圓柱齒輪和齒條而實現。

應用於光學機械儀器中的所有各種齒輪傳動按其用途可分成驅動的和讀數的兩種。對第一種往往只要求運動的傳遞容易而又平穩。對第二種還有旋轉角度傳遞正確度的要求。從外表面看起來讀數傳動常常和驅動傳動並沒有什麼區別。它們和後一種傳動的差別是零件製造的精度高以及裝配的特別仔細。

在裝配之前首先應確定所裝的是讀數傳動還是驅動傳動。這不難分辨。讀數傳動一般是傳動機構中將讀數分划或指標的運動與改變視線的光學零件的運動聯繫起來的部分。

為要齒嚙合正確地工作，主動輪和從動輪的齒必須要有正確的齒形，並且在旋轉時要有一定形式的嚙合。

輪齒斷面的正確係在製造齒輪時來保證，而嚙合的正確則主要是靠裝配來保證。

§ 75. 圓柱齒輪的裝配

要使圓柱齒輪對的輪齒正確地嚙合，必須滿足下列的條件：

- 1) 齒輪的旋轉軸應平行；
- 2) 齒輪在軸上，以及軸在軸承里不應當有空隙或搖動（這個條件對讀數傳動特別重要）；
- 3) 旋轉軸應調節在等於主動輪和從動輪節圓半徑之和的距離；
- 4) 齒輪相互間不應當沿着旋轉軸方向的偏移，也就是說，它們應當沿着齒的整個寬度嚙合起來；

5) 齿上不当有凹痕, 毛刺和脏物。

圆柱齿轮的齿啮合结构虽然可以遇到各种极不同的形式, 但是在大多数情况下, 它们都保证在装配时有可能满足上述的条件。

图108, I 示套在轴3和4上的圆柱齿轮对1和2的啮合。一根轴的轴承就是本体5, 而另一根轴的轴承则是用柱头螺钉拧在本体5上的轴套6。拧松螺钉后移动轴套, 可以改变齿轮之间以及它们的轴之间的距离。

装配从研磨和修整轴和轴承, 达到行程容易和没有摇动开始。然后用装在将来套齿轮的圆柱面上的指示器(千分表)来检验跳动。跳动大于允许值的轴应当换去。

根据孔来选择齿轮, 使它们能很紧地套在轴上。套到轴上去的时候应注意在轴承里不应当有轴向的空隙。

移动轴承6以消除齿轮之间的齿隙。

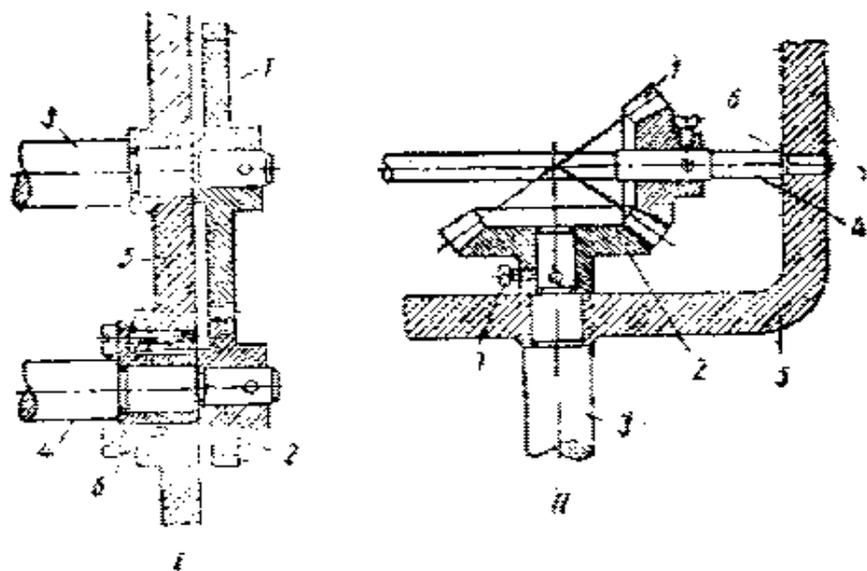


图108 齿啮合

I—圆柱齿轮; II—圆锥齿轮。

一个齿轮对于另一个不动的齿轮在啮合齿之间的间隙中的旋转角叫做齿啮合的齿隙。

消除齿隙对于传动特别重要。齿隙是在两齿轮旋转轴之间的距离不正确而产生的, 如果齿轮2的轴离齿轮1的轴的距离大于节圆半径之和, 则在轮齿之间就有间隙, 也就有了齿隙。研

磨几下以后，用放大鏡仔細觀察輪齒，可以根據在齒上發現的亮條來決定在研磨時嚙合發生的地方，也就是齒輪旋轉時輪齒接觸的表面。正確的嚙合，研磨以後應當在齒上留下一條寬度相同的狹帶，這條狹帶位在整個齒寬的節圓處。

如果得到的痕迹不在整個齒寬上，則說明齒輪互相是歪斜的或者是齒輪旋轉軸是不平行的。

如果不在全部齒上都有痕迹，則說明齒輪中的一個有跳動，或者是兩個都有跳動。

實際工作中常用研磨來消除不大範圍內的嚙合偏差，如跳動、齒隙、齒面不均勻等。

研磨可用手工或是在機床上進行。有時應用電鉗來研磨，這時在夾頭里夾的不是鉗頭而是裝配好的嚙合件，這樣轉上幾分鐘。如果在研磨的時候造成了齒隙，則需將齒輪移近來消除它。研磨時在齒輪的齒上塗上哥伊軟膏，研磨以後洗掉。不准用金剛砂來研磨。

§ 76. 圓錐齒輪的裝配

圖108, II 示套在交錯軸 3 和 4 上的圓錐齒輪對的嚙合。

為了嚙合的正常工作的必須使旋轉軸位於同一平面內，並且成直角地相交於一點。此外，旋轉軸通過兩個齒輪的節圓中心也非常重要。這些條件一部分由軸承在本體 5 上的準確位置來保證，一部分則由裝配時來滿足。

圓錐齒輪對的裝配方法和程序和圓柱齒輪一樣。軸 3 和本體 5 的孔研磨至達到行程容易和沒有搖動。齒輪 2 緊密地套在軸 3 上并用附加的螺釘 7 壓緊，使得軸在軸承內沒有軸向空隙。

軸 4 對軸 3 和齒輪 2 的位置由在本體 5 上它的軸承的位置決定。軸承在本體 5 上的位置應當使軸 4 的旋轉軸與軸 3 的旋轉軸成直角地相交。

將軸 4 和它的軸承研磨至行程容易而沒有搖動。然後套上齒輪 1，選擇齒輪 1 使它能很緊地套上。將套了齒輪的軸裝在軸

承尾，將齒輪 1 移向齒輪 2，使得它們之間完全嚙合，沒有齒隙，然後將附加的螺釘 6 擰緊。如果需要沿軸 3 移動齒輪 2，則可切削齒輪 2 的端面或是選擇適當尺寸的齒輪。然後進行研磨。

研磨達到行程容易平穩而又沒有齒隙以後，一起鉋齒輪 1 和軸 4 上的斜銷孔以及齒輪 2 和軸 3 上的斜銷孔，鉋孔并打入斜銷。

§ 77. 蝸杆傳動

在光學機械儀器里，蝸杆傳動一方面用作降低旋轉運動的驅動傳動，另一方面則用作測量、計讀和傳遞精度很高的旋轉角的讀數傳動。對驅動傳動一般只要求行程容易和平穩。對讀數傳動還增加了傳遞角度的精確以及沒有齒隙的要求。

蝸杆傳動由蝸杆和蝸輪組成。

蝸杆是一根絲杆，它的螺圈在軸向斷面內是齒輪輪齒的形狀。根據用途的不同，蝸杆可以是單頭（圈）或是多頭（圈）的，對應于它的頭數分別稱做單頭蝸杆、雙頭蝸杆等等。

蝸輪是一個齒輪，它的齒以圓周的一小部分包住蝸杆。圖 109 示蝸杆傳動的原件。

主動件照例是蝸杆，而從動件則是蝸輪，即運動是由蝸杆傳遞給蝸輪的。相反的傳動極少應用。

蝸杆傳動的傳送比等於蝸杆頭數對蝸輪齒數的比。例如，如蝸

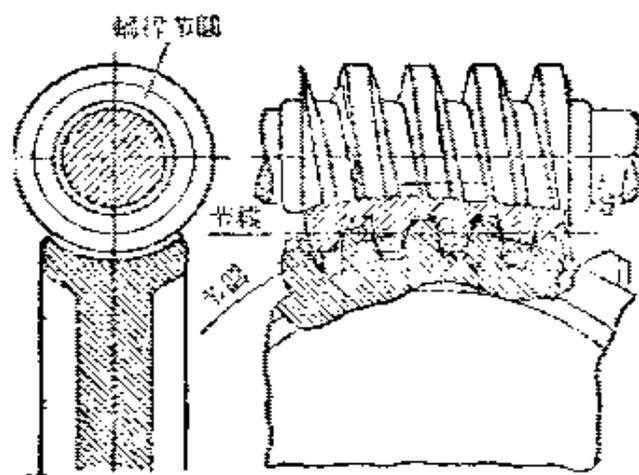


圖 109 蝸杆傳動的原件

杆为单头，蜗轮有60个齿，则传动比等于1：60。这时当蜗杆转一周时，蜗轮转过一个齿，即 $\frac{1}{60}$ 圆周。如果在上例中，在蜗杆轴上装了一个刻成100个分划的读数鼓轮，并利用它将蜗杆转过一个分划，即 $\frac{1}{100}$ 圆周，则蜗轮转过 $\frac{1}{6000}$ 圆周。这样的系统在火炮测角仪器里应用，例如，炮用周视瞄准镜、炮队镜的度盘等。显然，要精确地测量这样小的角度，一方面要求蜗杆啮合零件的制造精度很高，另一方面要求很仔细地来装配，以保证没有齿隙。

在蜗杆传动里齿隙的来源可以是：1) 蜗杆和蜗轮在轴承里的轴向和径向空隙；2) 蜗杆和蜗轮旋转轴之间的距离不正确；3) 蜗轮的径向空隙；4) 蜗杆和蜗轮的跳动以及5) 齿形的不正确。

§ 78. 炮用周视瞄准镜测角机构的蜗杆啮合的装配

图 110 示蜗杆读数传动最合理的结构的剖面图。它应用在炮用周视瞄准镜的测角机构里以及许多别的火炮仪器里。

这种结构的重要优点是用弹簧将蜗杆压向蜗轮以消除齿隙，以及在将周视瞄准镜迅速瞄准目标时将蜗杆脱离啮合用的蜗杆的偏心轴承。

装配的程序如下。极其仔细地研磨蜗轮（鼓轮）58和壳体40，使得互相能很容易又平稳地旋转而又没有空隙。应当是零件58在壳体40内任何位置时都没有空隙，因此在研磨之前要选择这些零件，使得它们的导向圆柱表面的椭圆度和锥度均不超过0.01。研磨用哥伊软膏进行。

研磨以后将件58取出，在壳体40内压入套管A31，并用两个螺钉撑住。

研磨壳体和偏心轴承44，将轴承取出和蜗杆A13一起研磨。

在进行了研磨工序以后，用汽油洗濯零件，涂上润滑油后开始着手装配。将蜗杆插入偏心轴承，放入小片A24，并撑入消除轴向空隙用的弹簧轴承A20。为了防止在蜗杆旋转时轴承松扣，安上止螺A19。在偏心轴承上撑上转动手柄A14，撑上止螺A2并套上弹簧48。

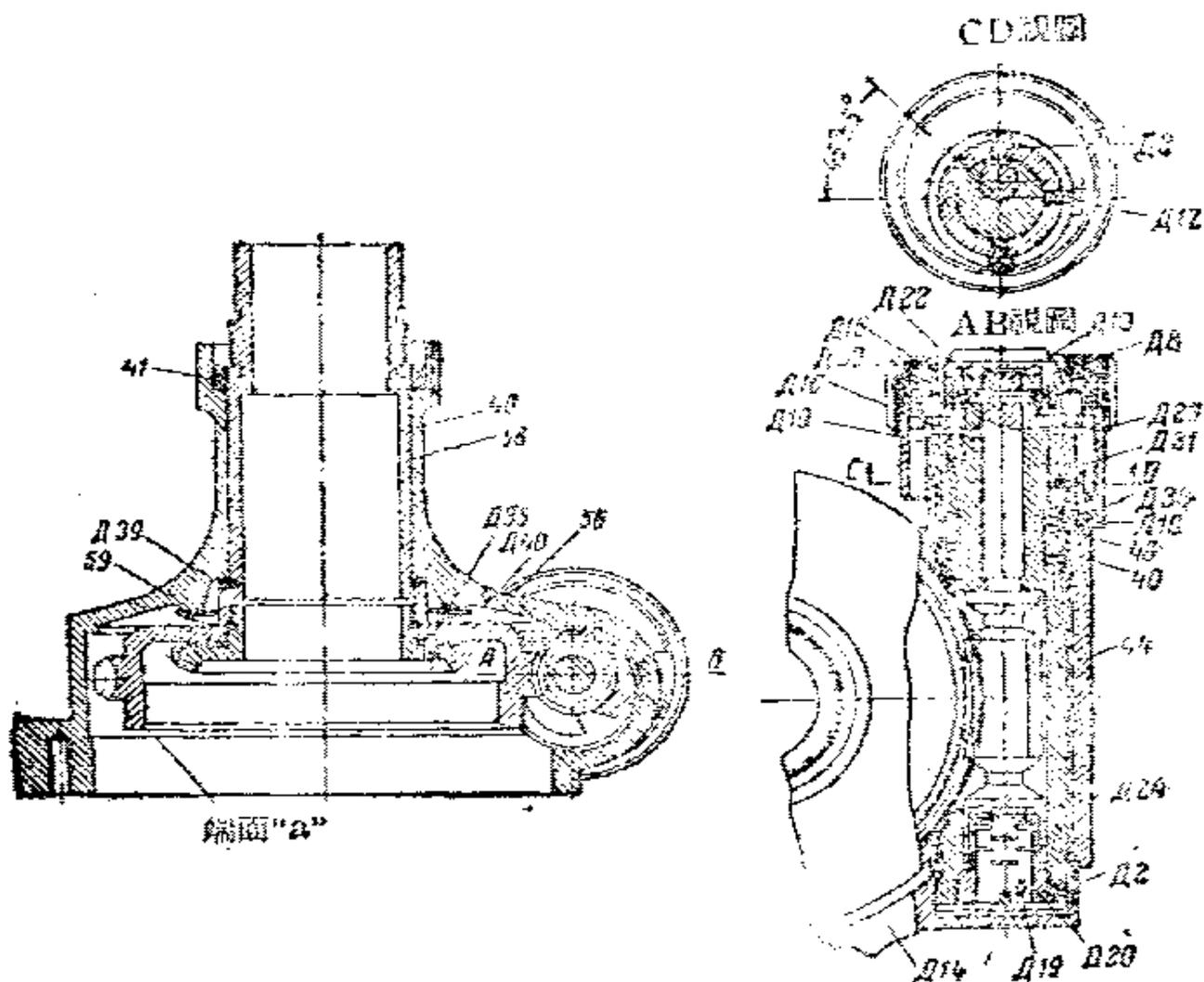


图110 炮用周视瞄准镜测角机构的蜗杆传动

将装配在一起的蜗杆和偏心轴承插入壳体40，使得弹簧43的一头进入套管431的孔里。在偏心轴承上拧上圆螺母423并接上止螺419。这时偏心轴承不应当有轴向空隙，并且当压动转动手柄414时它应当旋转。

在蜗杆的凸出端装上手柄和带分划的读数鼓轮。

在这些工序以后进行蜗杆和蜗轮的互相研磨。啮合的正确程度用在蜗杆上涂一薄层蓝颜料来检查，涂上的蓝颜料在蜗轮轮齿上和蜗杆接触的地方留下了痕迹。为了蜗杆传动正确工作，重要的是经过蜗杆轴线的剖截平面AB，应该是蜗轮轮齿以及蜗杆齿的对称平面。这由选择垫在蜗轮58的端面4下面需要厚度的环形垫圈而达到。这种垫圈可在图56上看到。

§ 79. 机構松扣和失調的預防

光学机械仪器在搬运和使用的时候，在大多数的情况下都要受到碰撞、振动和振摆，而引起联接较弱部分的松扣和移动。

特别是军用仪器和大地测量仪器经常要受到碰撞。在大炮、机榆和坦克上的瞄准具在射击时受到强烈的撞动。其他陆上、海上和航空仪器由于不断的搬运和运输也要经受长时间的振动和振摆。

在所有光学机械仪器的结构里都要预先考虑失調的預防，例如止螺、鎖紧螺母、銷子以及在較粗机構里的开口銷。它們的正确安装决定仪器的牢固性。

在装配时必须經常記住并滿足下列的条件：

- 1) 螺釘应擰到头；
- 2) 銷子应很紧地压入，并且全部圓柱面或圓錐面都和被銷零件的孔的表面貼紧；
- 3) 鎖紧螺母应擰到头；
- 4) 沒有鎖紧螺母的螺母和螺紋擋圈应擰到头并需止住；
- 5) 在擰入每一个止螺之前应当用頂角为 90° 的鋤头先划一个坑，坑的深度等于止螺錐形部分的高度；沒有划坑的止螺一般是管不住零件的；
- 6) 擰入止螺以后，有时好象是擰到头了，其实是止螺槽有了毛刺不能擰入，这样的止螺应当报廢；
- 7) 仪器的牢固性、精确性和持久性照例是由装配时全部工序的正确和优良的完成来保証。

§ 80. 仪器的防水性和密封性

露天使用的光学机械仪器可能受到雨和雪的濺淋。进入光学仪器内部的水会使仪器变得不中用。进入仪器内部的潮湿的空气对仪器也是有害的。温度显著地降低时从潮湿空气里凝結出小水

滴来，附着在光学零件的表面上成为水状薄层（水汽）或是結霜。这就妨碍了观察并且会破坏光学零件的表面。为了避免这种情形，仪器需做成密封的。所有封闭住壳体上的孔的外部零件和盖等，在最后装配时如不再拆卸，均需加上密封油灰。

油灰层用刮片涂在壳体和零件要密封的表面上，擰在它們上面的螺釘也要涂上密封油灰。过多的挤出的油灰从仪器内部及外部除去。油灰里不应当有金屬的夹杂物。在螺紋连接的零件之間的油灰中如有細小的切屑或是其他脏物，会破坏它們严密的貼紧。

自仪器壳体向外伸出的旋轉軸，用在矿物油里煮过的油封来密封。

油封是用軟的細毛氈片或是优質的呢子冲切成的圓环。油封的外徑和內徑的大小，应当使油封一面能紧密地貼紧不动的零件，而另一面則紧密地包住旋轉軸。

在某些情形用毛繩代替圓环形的氈油封来密封滑动軸承。在軸頸上車出的溝里纏上几圈預先在矿物油里煮过的毛繩，各圈毛繩彼此貼紧。和軸一起旋轉的毛繩，貼紧在軸承的圓柱面上使得潮气和灰尘不能落到仪器内部去。

§ 81. 刻度的刻制和分度

光学机械仪器在大多数情况都具有各种式样的讀数刻度。根据用途的不同，刻度用显微鏡、放大鏡或是肉眼来看。

用显微鏡观看的刻度有很細的綫条和注解。它們一般是刻在玻璃零件上。它們的制造已見前述。

用放大鏡或肉眼观看的刻度，一般刻制在金屬零件的平的表面、圓柱面或圓錐面上。

高精度的刻度，例如經緯仪和測角仪的度盤，用銀或德国銀制成。較粗的刻度系做在鋁的、黃銅的和鋼的零件上。最适宜于刻制的材料是韌性的有色金屬。在韌性材料上很难除去毛刺和挤边。

为了要获得清楚的綫条和注解，它們是刻在平坦的細加工过

的无光泽表面上。

刻度的制造用专门的刻度机和彫刻机床来进行。应用最广泛的刻度机的工作原理和上一章所讨论的刻分划板的机器一样。

直线条用很细很尖的切刀鉋成。切刀的宽度决定在金属上鉋出的线条的宽度。

曲线、数字、注解和各种不同的图形用旋轉的特殊磨銳的切刀，按照模子在金属表面上鉋出。

金属彫刻机的工作原理也和玻璃上刻分划的一样（见图84）。所不同的是，借縮放机按照模子移动的切刀的轉速較大——每分鐘由3000~4500轉。

切出线条以后要去除毛刺。

刻在德国銀或銀的零件上的线条用黑色顏料填充。

应当有亮的表面和暗的线条的刻度，在刻制以后要鍍銻、鍍銀或是鍍銀，然后再填充黑色顏料。

应当有暗的表面和亮的线条的刻度，在刻制以后用暗漆涂刷，然后填充白色顏料。

在暗表面上的亮线条还可以用下列方法得到：在涂了暗漆以后的黄銅零件表面上刻制出线条，并在线条里嵌入烏氏合金。烏氏合金是一种白色輕合金金属，能在热水中融化。将刻制好的零件浸在溶有烏氏合金的热水中。用刷子将烏氏合金涂在刻过的零件表面上，烏氏合金只焊在未涂漆的线条上。涂过漆的表面烏氏合金不能粘附。为了更好的将合金焊上，在热水中加添少量的氯化鋅、氯化銨和硫酸盐。

复 習 題

1. 光学机械仪器初步装配的任务是什么？
2. 如何装备初步装配的工作地点？
3. 零件、工具和輔助材料在工作地点应如何保存？
4. 列举初步装配工作地点所需的工具。
5. 工艺过程是什么？

6. 試舉出由于不遵守工藝過程而造成廢棄以及其亂結果的实例。
7. 裝配前零件的准备工作在于什么?
8. 你知道有那些孔的刻紋方法?
9. 为了得到好的孔, 在鉗孔時应滿足那些条件?
10. 切螺紋時那些原因会使絲錐折斷?
11. 列举擰緊釘時不正确使用螺絲刀的情形, 并叙述它們会引起怎樣的后果。
12. 为什么要用錐子?
13. 不正确配合的錐子会引起怎樣的后果?
14. 研磨目鏡螺紋時如何确定裕量?
15. 如何算是目鏡行程的平穩和容易?
16. 什么是伸縮管連接?
17. 列举你所知道的应用齿条的情形。
18. 你知道那些轴承?
19. 裝配光学机械仪器時有那些基本要求?
20. 什么是轴承的軸向空隙和徑向空隙?
21. 試画出滑动轴承的草图, 并訂出它的裝配程序。
22. 列举你所知道的齒輪傳动。
23. 級數齒傳动和驅动齒傳动有什么区别?
24. 什么是齿嚙合的齿隙, 如何消除?
25. 蝸杆嚙合中齿隙如何产生?
26. 为了保证仪器在搬運及转动以后不受到損害, 在裝配時必須滿足那些条件?
27. 列举預防潮气进入仪器内部的方法。
28. 你知道有那些方法在金属零件表面上刻分划刻度和注劑?

第八章 零件的精飾

§ 82. 精飾的用途和种类

在零件表面上复蓋一层保护薄层, 例如, 金屬、漆、顏料、硫化橡皮或氧化膜等, 叫做精飾。

精飾是为了保护仪器零件的表面使不生銹和腐蝕, 并为了給

它一种漂亮的外观以及为了得到透明的反射性质。

在光学机械仪器里一般不仅仅精饰零件的外表面，而且也精饰零件的内表面。

未保护的金属零件由于空气中潮气的作用以及汗手的接触，很快就会生锈和腐蚀。精饰可延长仪器的使用期限。

经过装饰精饰的仪器，有漂亮的外表和悦人的色泽，用时会比较未精饰过的仪器更加小心对待。

为了避免亮条并提高象的对比性，通过光线的仪器壳体、镜管和镜框的内表面要做成无光泽的、粗糙的或是槽纹的并涂饰以黑的颜色。这种表面强烈地吸收和制止不需要的杂光。在某些情形，则相反，零件用亮颜色涂饰或镀镍以反射落在其上的光。

在光学机械工业中应用最广的是下列几种精饰：

- 1) 化学精饰；
- 2) 电镀精饰；
- 3) 涂色、涂漆和硫化橡胶复盖层。

化学精饰包括钢的砒蓝和黄铜的氧化。

电镀精饰包括钢、青铜和黄铜零件的镀镍和镀铬、铝、银、金等的阳极氧化。

涂色包括用各种不同的方法用颜料和油漆复盖零件（无光漆、有光漆和皱纹漆）。

§ 83. 精饰前表面的准备

为了在保护膜和被精饰零件表面间得到牢固可靠的结合，在精饰前表面必须经过仔细的清洗和准备。

涂在有些许酸迹、油脂斑或是其他脏物的表面上的薄膜，附着是不牢固的，很快就会剥落。因此在任何那一种精饰之前都必须进行表面的准备。

表面的准备分几个工序来进行，有：脱脂、喷砂和酸洗。

脱脂是将零件在溶解油脂的液体里洗濯，主要是在汽油里和在热的硷溶液里洗濯。

噴砂是在特殊的噴砂設備中進行。在噴砂机中壓縮空氣(2~3大氣壓)強有力的氣流帶著細的砂澆射到零件表面上。被砂噴過的零件變成無光澤的，為任何一種精飾準備了很好的表面。

酸洗是將零件浸在酸液里去除氧化皮(銹皮)。

切削加工出來的零件不需要經噴砂。它們只要脫脂和稍微酸洗一下。有銹、銹皮或旧的漆層的零件需經脫脂和噴砂。

§ 84. 化 學 精 飾

用溶劑在金屬零件表面發生化學反應來進行的精飾，叫做化學精飾。對各種不同的金屬應用各種不同的化學精飾。

鋼零件的化學精飾中應用最廣的是**砒藍**。這是在表面上造成一層黑色的牢固的防銹保護膜。外部的零件經過砒藍之後有很好的抗銹穩定性。

砒藍是在仔細地脫脂和稍微酸洗以後浸在溫度為140°C的強鹼溶液里進行。零件在這種溶液里保持1~1.5小時。

黃銅零件的發黑是在室溫下在碳酸銅的氨溶液里進行，時間是8~10分鐘。

§ 85. 電 鍍 精 飾

電鍍是在金屬零件表面上復蓋一層抗銹穩定性高的和給予零件漂亮外觀的金屬保護膜。金屬膜鍍飾的過程叫做**電解**。整個過程是這樣的。槽內注滿含構成薄膜的金屬(例如鎳、鉻、銀、金)鹽類的溶液，在槽內浸了當作電鍍的金屬板和被精飾零件。照例總是取用來復蓋被精飾零件的那種金屬當作電極的。只有鍍鉛的電極是例外。它用不溶解在槽里的鉛來做電極。電極和零件用金屬小鉤掛在鋼杆上，鋼杆用電綫和直流電源，例如電鍍電池組或是發電機相連接。當直流電流通過電極、溶液和零件時，在零件表面上沉澱了從槽內溶液里分解出來的金屬。就這樣來進行鍍鎳、鍍鉻、鍍銀和鍍金等。在光學機械工業中應用最廣的電鍍精飾是鍍鎳和鍍鉻。鎳和鉻在實際生產中只用來復蓋鋼、銅和

銅合金的零件。鋼零件在鍍鉛和鍍銀之前要復蓋一層銅的中間層。這樣做是為了得到較密致的薄層，以及鋼的零件和所鍍的銀膜或鎳膜之間更為牢固的聯繫。

鉻層的鍍蓋常常是為了要將零件的尺寸改變一個膜層的厚度。在零件表面上這種鉻層的增厚可達0.02~0.03公厘。這種鍍鉻叫做尺寸鍍鉻（Размерное хромирование）。更厚的膜層鍍蓋是不均勻的，因此比較不牢。

● 電鍍精飾中包括鉻的陽極氧化。這種過程有兩個步驟：得到氧化膜和它的着色。氧化膜是將零件浸在20%硫酸溶液的槽里，并使12伏的直流電流通過零件和槽而獲得。然後將零件浸在苯胺顏料的溶液里，將得到的氧化膜着色。

§ 86. 塗色、塗漆和硫化橡皮復蓋層

光學機械儀器的外表面主要用油顏料、油漆或瓷漆以及硝化顏料來復蓋。用顏料和油漆來復蓋零件借噴霧器進行。這種復蓋給出均勻的薄層。

例外的是巨大的零件，它們是用刷子來塗飾油顏料。用刷子塗飾的過程如下。為了得到顏料層牢固平整的表面，零件在塗飾前應很好地準備。準備分幾個工序進行。它們是清洗表面、打底和填平。清洗包括脫脂和噴砂或是用鋼刷子洗刷。打底是用毛刷在洗得很乾淨的表面上塗上一層干性油或油顏料。

等到底漆完全乾燥之後進行細致的填平，將所有的細孔、小氣孔和粗糙處全部填滿，特別是在鑄件的表面上。將很好乾燥的填平的表面用金剛砂紙打磨，并用毛刷刷油顏料二或三遍。

有光漆、無光漆和皺紋漆的塗飾用噴霧器來進行。油漆在準備得很好的表面上的復蓋借噴霧器用壓縮空氣流噴射液態油漆的霧來進行。這種復蓋的方法給出極薄的均勻漆層，沒有折皺、堆積和流痕。塗好漆的零件放在加熱乾燥櫃內的板條上或是掛鉤上來乾燥。乾燥需加熱幾個鐘頭。

根據所用漆的種類得到有光的、無光的或是半無光的表面。

皺紋漆在一定条件下干燥后在表面上构成結晶体形状的花紋。

有些仪器的外表面經常要用手接触的，例如双筒望远镜和照相机，用硫化橡皮来复盖。这种复盖层給予表面很悅人的外觀。复盖的过程进行如下。在准备好的表面上粘上一張未硫化的橡皮，橡皮的一面是平滑的，另一面是有花紋的。将橡胶平滑的一面涂上松脂并贴到准备好的零件表面上，然后放到加热櫃里經過几个鐘头。加热温度至 140° 。在这样的条件下橡皮硬化（硫化）起来，并构成了牢固的有花紋的保护层。

第九章 光学机械仪器的

最后装配和修理

§ 87. 最后装配工場

进入最后装配工場的，一方面是初步装配中装配好的部件、机构以及配好的和精工好的单个零件，另一方面則是光学車間送来供最后装配的成品光学零件。

将部件、机构、机械零件和光学零件互相连接起来成为仪器，它們的調整以及光学零件的清洗就是在最后装配工場所进行的基本工序。

工場的房間应当是清潔、明亮、干燥和通风很好的。为了避免灰尘落到光学零件上，牆壁和天花板刷以明亮的油漆，地板和工作台則鋪以漆布。为了在最后装配工場內保持必需的清潔，牆壁、地板和工作台要經常用湿布来擦拭。

如同初步装配中一样，这里要应用装配車床和台钻。因为在机床上工作，切屑会把工場弄脏，因此机床一般分开放在单独的房間內。

所有最后装配的工作人员均需穿上干净的白色工作服。妇女应用白头巾把头包起来。最后装配的房間一般是不能穿行的，以創造宁靜的工作条件和保持房間的无尘。

§ 88. 工作地点和光学零件的处理

最后装配的工作地点配备有和初步装配一样的工作台，用于初步装配的工具大部分也应用于最后装配中。

按照最后装配的特点，工作地点备有许多辅助工具和检查调整仪器，它们系安放在工作台上或是工作台旁专门的稳固的架子上。

光学零件清洗的工作地点应装备得特别清洁。在每一个工作地点有用来检查光学零件清洁与否的台灯。工作台的一部分盖上半玻璃板，光学零件和光学零件清洗用的工具即放在玻璃板上。在工作地点备有整套盖紧的玻璃罐，用以盛放溶剂、干净的脱脂擦布和脱脂棉花。用于光学零件清洗的棉花保存在盖紧的干净玻璃罐或金属匣内。

在初步装配中保持工作地点、工具、零件和材料的清洁和有秩序的要求，在最后装配中也同样需保持。此外还需增加下列对待光学零件和检查调整仪器的要求和规则。

大部分的光学零件均有一部分抛光表面和一部分毛面。拿取光学零件时必须只能拿它的毛面。永远应当避免用手指去接触抛光表面。后者是很容易损坏的。手指和抛光表面接触时会在其上留下很难洗掉的油斑。在某些条件下这些油斑和汗斑是构成薄层的原因。

不可以将两个光学零件的抛光表面互相叠放起来，因为它们很容易互相擦伤。

在工作地点光学零件只应存放在带小格的专用匣子内。匣子的小格底上应铺上干净的纸、厚纸或绸布。每个零件应有单独的一格。

光学零件不允许受到任何的碰撞、震动或力量。甚至是两零件互相很轻的碰撞，或是在光学零件边上受到挤压都会造成破坏，特别是在镜边和尖角的地方。

检查调整仪器的精确性应当定期的经常检验，检验的结果

應記入儀器附帶的說明書內。每一個在最後裝配中使用檢查調整儀器的工人應當知道用不及時檢驗的儀器工作會引起大量的廢品。

在使用檢查調整儀器之前，每一個工人應當詳細地熟悉它的系統、說明和使用守則。

§ 89. 光學零件和金屬零件的連接

光學零件和金屬零件的固定方法和單是金屬零件的固定方法完全不一樣。在固定光學零件時需經常注意到下面幾點。在光學零件上，特別是在薄的透鏡上，不均勻的壓力會使它們變形，因而在玻璃內產生內應力。

如所周知，很小的應力和變形就會破壞像的質量，當應力較大時甚至會發生碎裂，而膠合的零件則會脫膠。因此在裝配時永遠應當這樣來固定光學零件，即使其上的壓力很均勻並且儘可能的小。

另一方面，固定了的光學零件應當緊緊地完全不動地嵌在框子裏。在許多情形，當光學零件有了很小的、眼睛看不出甚至很難感覺出來的活動，就會使儀器失調，像的質量被破壞并失去其工作精度。因此在裝配時應將光學零件固定得一點搖動也沒有。

在光學零件固定得牢固和可靠的條件下使得內應力和變形最小，這一方面要由金屬框子的結構來保證，另一方面要由裝配方法來保證。

最主要的裝配部件在裝配以後要用偏振儀來檢查有無應力存在。

圓形的光學零件，例如：透鏡、分劃板、圓形保護玻璃和濾光鏡主要用轆口法和壓圈壓緊法來固定在金屬框子內。轆口法應用於直徑不大於60公厘的小零件。

非圓形的光學零件，例如：稜鏡和反射鏡，用壓板、角板、蓋板、彈簧等來固定。

§ 90. 圓形光学零件的轆口

用轆口法固定圓形光学零件有时也叫做包边或轆边。这种工序是将鏡框的薄边弯曲过来包在透鏡的圓形斜棱上（图111）。轆口进行如下：

1. 选择装配車床，車床应当完全没有毛病并且主軸没有一点搖动和跳动。

2. 在車床上車削供固定透鏡鏡框用的輔助心軸。应特別仔細車削輔助心軸的支持端面（基面），擰入的透鏡鏡框的基面应緊密地与它貼附。

3. 不要將輔助心軸自車床上取下来或擰松它，將透鏡鏡框擰在其上至基准端面緊密貼住为止。如果輔助心軸由于某种理由而擰松过，則在开始工作之前应重新將它切制以消除跳动。

4. 車削鏡框的內徑，使得透鏡放入鏡框后沒有搖动，但当用手指的力量轉动时它能在鏡框里轉动。車削鏡框时，鏡框和透

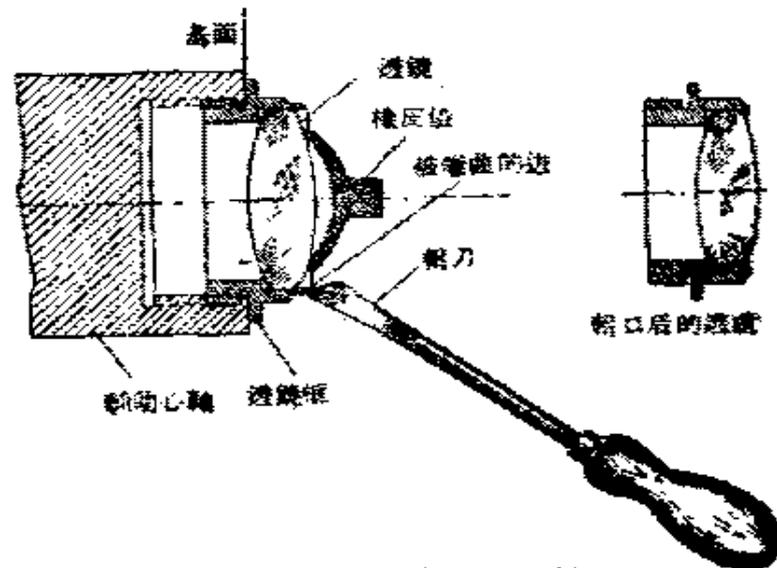


图111 透鏡在鏡框里的轆口

鏡之間間隙，根据直徑和要求的精度允許有由 0.01 至 0.05 公厘。透鏡的嵌入鏡框借胶在透鏡中央的蜡块，或最好是借橡皮墊来进行。

5. 用轆刀稍微將鏡框的薄边卷向透鏡的斜棱。卷曲和以后

的工序系当車床主軸以每分鐘400~500轉的速度旋轉時進行。轉刀靠在車床的靠手架上并压在鏡框的薄边上。靠手架放得尽可能接近透鏡，使得轉刀的圓角的刃边不高也不低地恰恰位于通过旋轉軸的水平面內。

6. 用也是靠在靠手架上的彫刻刀切削鏡框的薄边，使它的长度等于透鏡斜稜的寬度。边厚由0.2至0.4公厘。

7. 最后将整个鏡框的薄边用轉刀压下使与透鏡斜稜貼紧。这样压紧后，就是用手摺撥，透鏡也应当不能在鏡框內轉动。已經轉压过的鏡框邊緣应当很好的除去毛刺，使得在光学零件清洗时不至于挂住棉花的纖維。弯曲的邊緣应当只盖住斜稜而不盖住拋光表面。

8. 为了保証儀器的防水性，外面的光学零件在嵌入鏡框进行轉口之前，先在光学零件或鏡框的榫柱部分涂上密封油灰。

鏡框的材料采用軟的金屬，主要的是黃銅，有时也用軟鋼。

§ 91. 用压圈固定圓形光学零件

用压圈固定圓形光学零件应用于大的直徑，也应用于小的直徑。

这种固定方法比起轉口法的优点是装配工序比較簡單，并且可以更換光学零件而不破坏鏡框。轉口的透鏡只有毀坏了鏡框以后方能拆开。

用压圈固定的缺点是，和轉口的鏡框比較起来，它的鏡框的零件比較复杂和价貴，并且尺寸也較大。

在用压圈固定透鏡時也应当滿足透鏡在鏡框內配合的全部要求，即配合无应力和无搖动。

这种情形的装配包括将光学零件嵌入鏡框內和用压圈将它固

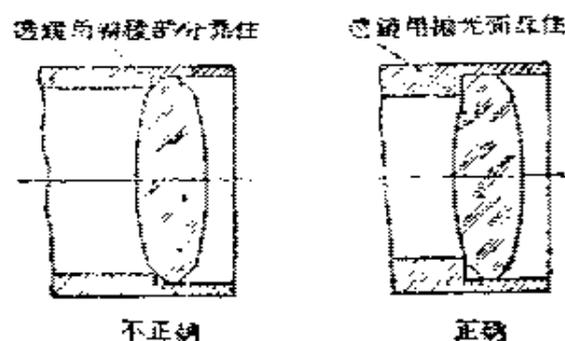


图112 透鏡在鏡框內的正确和 incorrect 的位置

定住。

擰入壓圈所用的力量应当使透鏡不能在鏡框內轉動，但在玻璃內又沒有有害的應力。為了防止壓圈的鬆出用止螺將其止緊。

為了使得透鏡正確地裝在鏡框內（沒有歪斜），必須使得透鏡是以它的拋光面靠在鏡框的端面上，而不是斜稜部分(圖112)。

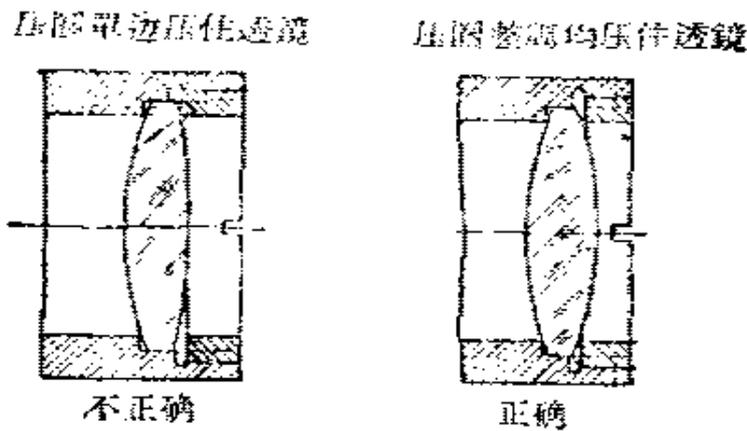
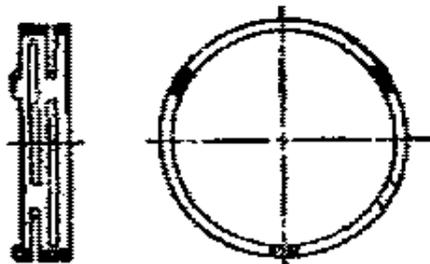


圖113 用壓圈將透鏡固定在鏡框內

為了防止在受到震動的時候，透鏡在鏡框里透鏡和鏡框之間間隙範圍內產生移動的可能，附加地用補牙水泥或別種水泥將透鏡固定住。為此在鏡框的圓柱部分鉗上三個或四個孔，在透鏡裝入以後用水泥填滿。

壓圈應當以它整個支持環面壓在透鏡上。如果它只是一邊接觸透鏡，如圖113所示，則這證明鏡框壓圈或是透鏡做得不正確。這樣的固定是不允許的，因為它不可靠並且產生內應力



為了在玻璃上產生均勻的壓力，在有些情況在透鏡和壓圈之間加入彈簧圈（圖114）。

在特別複雜和精確的物鏡鏡框里，透鏡的表面一面只和鏡框的三個凸起接觸，而另一面則也被彈簧圈的三個凸起所壓住。這時鏡框的凸起和彈簧圈的凸起應當一個對着一個。在相反的情形壓緊時透鏡將要被彎曲。

§ 92. 稜鏡的固定

將稜鏡固定在儀器的座板上、架板上和壳体里可用各種不同的方法進行：用壓板、蓋板和彈簧片。每一種方法均應保證在調整時稜鏡可以活動和調節，保證固定的可靠性和牢固性以及保證有不致于在玻璃中引起不允許的應力的均勻的壓力。

圖115 示直角稜鏡（I）、屋脊稜鏡（II）、道威稜鏡（III）和五邊稜鏡（IV）的固定的例子，也可以用別的方法來將它們固定。

在裝配的時候應當保證所有在這些情況下金屬零件的平面均緊密地與稜鏡面組貼住。為此應當滿足下列的條件：

1. 安裝稜鏡之架板、座板即壳体上的表面應當很平并經過精細的加工。裝配前應當用樣板來檢查。如有不平的地方必須用研磨或輪磨的方法來消除。

2. 可調節的架板和角板與稜鏡拋光面接觸的平面應當經過輪磨，配合平面之間的角度應當準確，并且所有的表面，無論與稜鏡或是與架板、座板或壳体，均應貼緊。

3. 在可調節的架板和固定它們的螺釘之間間隙應當足夠供調整時移動稜鏡之用。

§ 93. 物鏡的裝配

物鏡是光學儀器最重要的部件。整個儀器的影像質量主要決定于它的裝配質量。

最複雜的物鏡是照相機和顯微鏡的物鏡。這些物鏡一般由幾塊透鏡和複雜的鏡框組成。

望遠系統的物鏡較不複雜。它們大部分由兩塊透鏡組成。但是在裝配時它們也需要特別注意，特別是由大直徑的薄透鏡組成的物鏡。

圖116示六倍稜鏡式雙筒望遠鏡的物鏡，它由裝在偏心鏡框內的雙股合透鏡組成，偏心鏡框用來調整雙筒望遠鏡左右兩半光軸

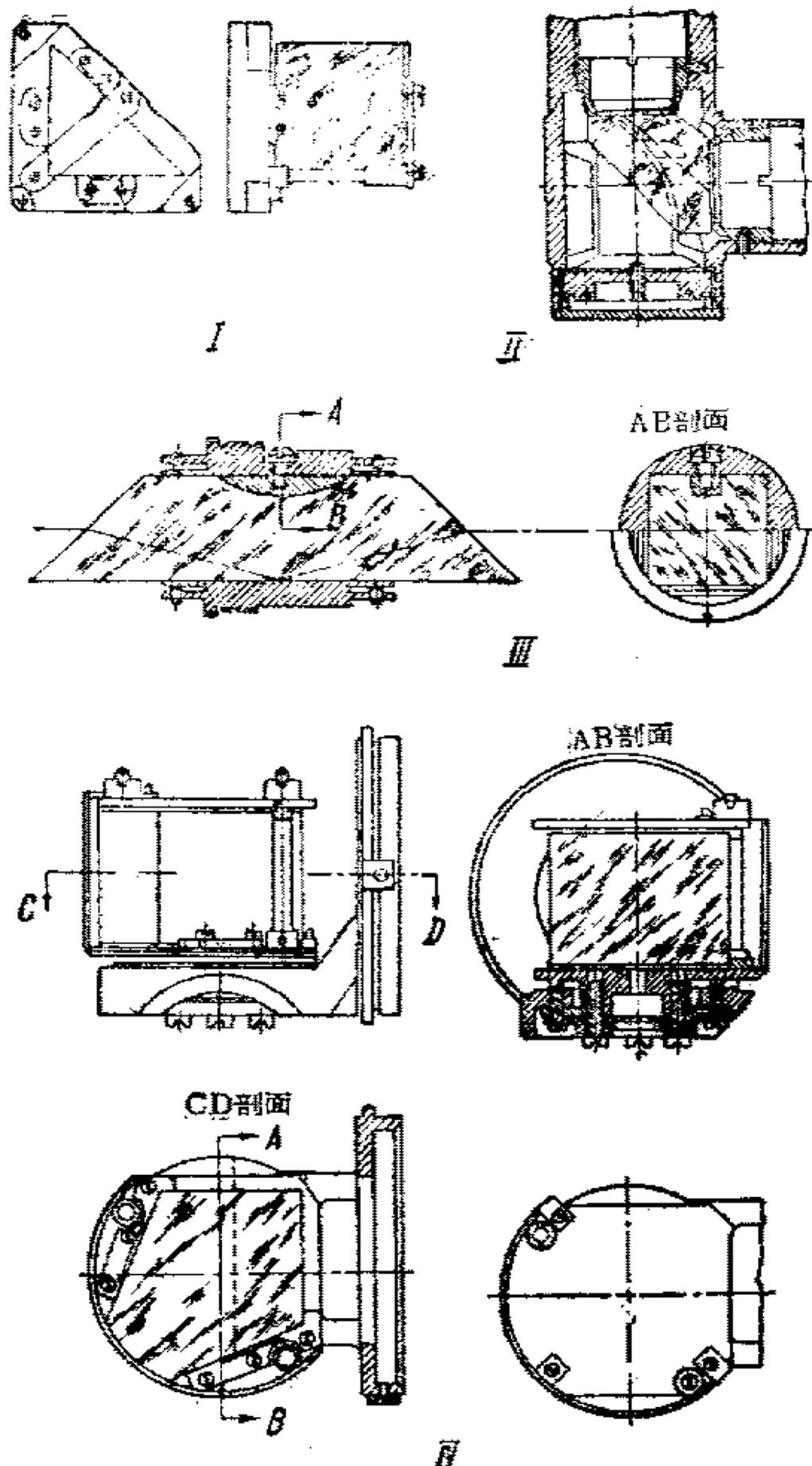


图115 棱镜固定实例

I—用盖板 and 可调节的条板固定直角棱镜；II—周视瞄准镜中屋脊棱镜的特殊固定；III—道威棱镜用键的特殊固定；IV—用盖板、可调节的条板和角板固定五边棱镜。

的平行。这种物镜的装配按下列程序进行：

1. 胶合透镜 1 用辘口法固定在偏心镜框 2 内，使得正透镜向着双筒望远镜的外面。辘口时透镜的外圈涂上防水油灰。在镜框 2 内的胶合透镜 1 在这种情况下并不要求定中心。

2. 在涂了防水油灰的偏心镜框上套上偏心圈 3，使镜框的厚壁对着圈的薄壁。

3. 将框 2 和圈 3 嵌入夹圈 4 内。隣接表面应预先涂上防水油灰。

4. 将压圈 5 擗入至擗到头为止。

5. 擗入止螺 6 并擗上罩 7。

6. 清除去多余的防水油灰，清洗光学零件表面并检验影象质量。

在装配较复杂的物镜时应遵守下列的基本条件：

1. 每一个透镜在它本身的镜框内应精确地进行校正中心，全部装入物镜的透镜应互相精确地校正中心。

2. 借切削镜框和隔圈来精确保持所谓空气间隔，即透镜顶点之间的距离。

§ 94. 目镜的最后装配

送来最后装配的照例是初步装配好的、目镜螺纹研磨好的目镜。

图 117 示 6×30 双筒望远镜的目镜。它的装配程序如下：

1. 将初步装配好的目镜拆开清洗，特别是镜框的内表面，用蘸了棉花的小棒蘸了汽油来清洗。在拆开之前应当用划针在目镜座和夹圈的目镜螺纹接触的一对螺紋头上做出记号。这一对螺紋头应在以后的装配中相接触。

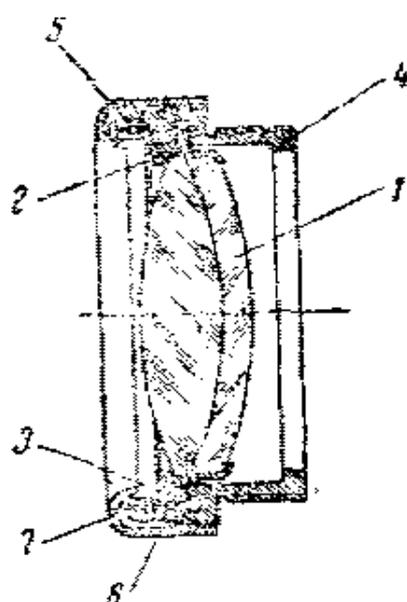


图 116 在偏心镜框内的双筒望远镜物镜

1—胶合透镜； 2—偏心镜框； 3—偏心圈； 4—夹圈； 5—压圈； 6—止螺； 7—罩。

2. 將塗了防水油灰的接目透鏡10用轄口法鑲入鏡框4，同透鏡向外。

3. 將鏡框和接目透鏡10擰入夾圈3至轉到頭為止。

4. 為了確定透鏡10和11之間的空氣間隔，即兩透鏡相向兩頂點間的距離，用深度尺量出自凸透鏡10的頂點至夾圈3的端面的距離。然後嵌入透鏡11并用深度尺量出自它的外頂點至夾圈3

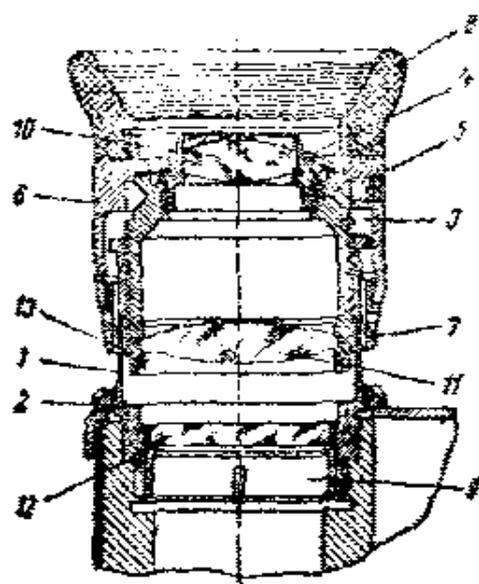


图117 最后装配的目鏡

1—目鏡座；2—环；3—夾圈；4—框；5—止螺；6—套圈；7—視度圈；8—眼罩；9—框；10、11—透鏡；12—分划板；13—压圈。

同一端面的距離。空氣間隔的大小可由第一次量得的量減去透鏡11的厚度和第二次量得的量得到。如果得到的空氣間隔大于允許值，則在車床上切削夾圈3上支持透鏡11的端面至需要的深度。如果空氣間隔小于允許值，則選用另一個夾圈。

5. 清洗透鏡10和11的光學表面和夾圈3的內壁。然後最後嵌入透鏡11并用压圈13將它固定住。為了確信夾圈內部完全清洗了，應當將裝好透鏡的夾圈劇烈地推動或是輕輕地敲擊，然後用放大鏡來檢驗光學零件內表面的

光潔度。如在表面上發現散落着“點”的顆粒，則清洗做得不夠。為了防止散落，常在夾圈內壁塗上一層極薄的潤滑油，小顆粒和灰塵即粘在潤滑油上。

6. 將裝配好的夾圈擰入目鏡座1。同時需用特殊的目鏡潤滑油潤滑目鏡螺紋。

7. 在目鏡座1上套上視度圈7和連着眼罩8的套圈6。將視度圈擰入套圈。

8. 將分划板12轄口鑲入鏡框9內。

9. 在清洗好的目鏡座內嵌入仔細清洗好的轄好口的分划板

12. 借搖動和激击來檢驗光学零件表面上是否落有顆粒。

§ 95. 分划板的安裝和視差的消除

在許多觀察、測量和瞄准的光学儀器里，在目鏡的視場里有一個帶十字綫、刻度尺或其它記号的分划板。成像的分划板平面應位于物鏡所給出的和通過目鏡所看到的象平面上。

分划板平面沿着光軸對於物鏡所給象平面的偏移叫做視差。

有了視差以後，當人眼在出射瞳孔平面內偏移時會在測量和瞄准中產生誤差。如果地形上的某一點的象和有視差的瞄准具（或別的儀器）的分划板上一點相重合，則當眼在出射瞳孔平面內移動時，這兩點將發生一點對另一點的相對偏移。

在各種測量量微鏡里，象平面和分划板平面的重合借將目鏡和分划板一起移動而得到。在望遠系統里，例如陸上雙筒望遠鏡、瞄准具等內，分划板是在裝配時調整和固定的，並且在這些儀器里分划板平面和物鏡焦面精確相重合。

為了在裝配時消除視差，在儀器的結構里預先考慮到分划板或物鏡有沿着光軸移動的可能。

視差的消除用下列的方法進行。將儀器固定在牢固的座架上，通過開着的窗子將它瞄准窗外的遠物（不小于一公里），自該物進入儀器的是平行光束。為要更方便和更精確地調整，代替瞄准遠物，將儀器瞄准准直管的分划板，從准直管進入被調整儀器的也是平行光束（准直管的結構見后）。

通過目鏡觀察，並在出射瞳孔平面內垂直於光軸地移動眼睛。

如果分划板比象更近眼睛，則象和眼向同一方向移動。這時需將分划板移近物鏡或是將物鏡移近分划板。如果分划板離眼睛較象為遠，則分划板和眼向同一方向移動。在這種情況下要將分划板移遠物鏡或是將物鏡移遠分划板。

在調節好分划板或物鏡之後，當眼睛在出射瞳孔平面內搖擺時不應當再看到象和分划板的相對偏移。

常常还应用下面第二种方法来发现和消除视差。在被调整的仪器前放上一个视度管（它的结构见图118），通过它来观察分划板和远物的象或准直管所给的象（图118）。

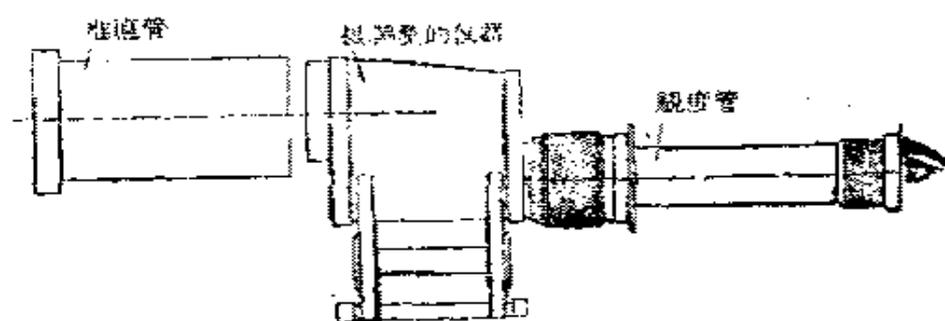


图118 调整视差和视度位置的图解

如果通过视度管可同时看清楚分划板和象，则没有视差。如果将视度管清晰瞄准在象上时分划板看不清楚，并且当向外挪出被调整仪器的目镜时才能看清楚，则需要将分划板移近物镜或是将物镜移近分划板。如果当向内挪入目镜时能清楚看到分划板，则需要将分划板移远物镜或是将物镜移远分划板。

有时在消除视差时为了达到较高的精度还应用下面第三种方法——屏蔽法。用一块不透明的薄板或黑纸依次自一边和另一边遮住入射瞳孔（物镜）的一半。同时通过目镜观察，如果准直管的象和被调整仪器的分划板并不互相偏移，则无视差。

§ 96. 视度的调节

如前所述，为了矫正近视和远视应用眼镜。瞄视的仪器，即用眼通过它们来观察的仪器，在大多数的情形都有所谓视度的调节。

利用视度的调节，近视眼和远视眼通过仪器观察时，不需要带眼镜即可根据自己的眼睛瞄准使象清晰。清晰的瞄准系借将目镜挪入或挪出而进行。这时固定在目镜上的视度圈和它一起旋转（见图117），在视度圈上刻有零线，并在零线的两边各有间隔相等的五条刻线。每条刻线相当于目镜移动一度。自零线向左的

刻綫用正号表示，自零綫向右則用負号表示。

每一个观察者在知道了自己的近視或远視度数以后，可以預先将目鏡調節至視度圈上需要的度数。

在調整時必須正确地調節視度圈的零綫，或如一般說的，調節“視度零位”。这进行如下：

1. 松开三个止螺（见图117）。

2. 如同消除視差一样，将被調整的仪器瞄准远物或准直仪的分划板（见图118）。

3. 将已調節在“視度零位”的視度管放到目鏡上（視度管的結構見后）。应当預先調節好視度管的目鏡，使得观察者的眼睛能清晰地看到視度管的十字綫。

4. 轉动被調整仪器的目鏡，将它調節到远物或准直管分划板的像最清晰为止。

5. 不擾乱目鏡的調整裝置地将套圈和視度圈一起轉动，直到零綫和刻在目鏡座上的綫段重合为止。

6. 当将目鏡調節在零綫时，又一次檢驗清晰度后，固定止螺。

“視度零位”調節的允許誤差不超过四分之一度。

沒有視度調節的目鏡也用上述的方法調節在“視度零位”，并在这个位置固定住。这时如需将目鏡移近象平面，可根据目鏡的結構切割框子或隔圈。在这种情形“視度零位”的調節誤差允許由0至-0.5度。

§ 97. 双筒仪器光軸平行度的調節

当用两眼通过双筒仪器进行观察时，如前所述，要求自仪器左右目鏡出来进入观察者眼睛的光束彼此平行。这个要求是因为观察者的眼互相有关联并且只能一起向着同一方向观看的缘故。观察者不能同时用左眼看一个方向，而右眼则看另一个方向。如在双筒仪器中，从它的目鏡出来的光束軸綫之間，具有大于上述最大极限（20~40分）的不平行度时，則会使视觉疲乏。

为了調整光軸的平行度，在每一个双筒仪器里均預先考虑到光学零件有移动的可能。

光軸平行度可以用下列方法調节：

1) 物鏡垂直光軸地位移：这种位移可以是直綫移动的结果也可以是物鏡在偏心框内轉动的結果（ 6×30 双筒望远镜物鏡的偏心框有偏心率 0.5 公厘）；

2) 目鏡垂直于光軸地位移；

3) 移动或轉动仪器組成部分的稜鏡或反射鏡；

4) 双筒仪器的一半对于另一半作机械的轉动和調节。



图119 調节光軸平行度的仪器图解

根据仪器的結構，用上述方法中的一种或两种来进行調整光軸平行度。先借移动稜鏡或反射鏡粗略地消去光軸不平行度，然后借轉动偏心框内的物鏡来进行更精确的調整。大的炮队鏡系借調节接物稜鏡来調整光軸平行度，而双筒望远镜則系借轉动偏心框内的物鏡来調整。

在調整之前首先应确信在联結双筒仪器两半的鉸鏈軸中沒有搖动。

当将双筒仪器的两半繞鉸鏈軸旋轉以改变它的目鏡及物鏡之間的距离时，光軸的平行度不应当被破坏。因此鉸鏈旋轉軸必須也和双筒仪器的光軸相平行。这样，光軸平行度的調节就归結成要得到三个軸的平行度：1) 鉸鏈軸，2) 左半光軸和 3) 右半光軸。

用以調节和檢驗光軸平行度的仪器有几种式样。我們来看这

些儀器中的兩個圖解以作為例子。圖 119 示由准直管和平行望遠鏡組成的儀器圖解。平行望遠鏡是兩個固定聯結起來的光軸平行的望遠鏡（它的結構見后）。

夾住被調節儀器的鉸鏈軸，並將其轉到使得准直管的十字綫中心和左平行望遠鏡的十字綫中心相重合。然後將被調節儀器的左半繞鉸鏈軸轉到另一極限位置。如果這時十字綫中心發生偏移，則借轉動物鏡的偏心框消去偏移的一半，而另一半偏移則由轉動整個被調節儀器來消除。將這工序重復幾次，達到當將左半繞鉸鏈軸轉動至兩極限位置時，准直管十字綫中心和左平行望遠鏡十字綫中心始終重合。這樣就達到了左半光軸和鉸鏈軸之間的平行。然後轉動物鏡偏心框來使准直管和右平行望遠鏡的十字綫中心相重合。

圖 120 示另一種儀器——沙氏 (А. Н. Захарьевский) 儀器的系統。這種儀器宜於用以檢驗和調整雙筒望遠鏡的光軸平行度。將雙筒望遠鏡物鏡向上夾住它的鉸鏈軸。在雙筒望遠鏡上方裝了一塊平面鏡 1。雙筒望遠鏡下方則裝了准直管。為了工作的方便借平面鏡 2 將准直管的軸轉折，使得物鏡 3 的焦面轉向上。在物鏡焦面上放了平面毛玻璃 4 和帶十字綫的分劃板 5，後者借電燈泡和直角小稜鏡照明。

自分劃板 5 出來的光，由鏡 2 反射后，平行地進入物鏡 3 並通過雙筒望遠鏡。被鏡 1 反射后的光綫反轉回來並再一次的通過雙筒望遠鏡和准直管。在毛玻璃 4 上即可看到十字綫 5 的象。在毛玻璃上有一帶十字綫的長方框（毛玻璃的形狀如圖 120 的右方所示）。

如果雙筒望遠鏡的軸是平行的，則雙筒望遠鏡每一半所給出的十字綫 5 的象應彼此重疊。如果雙筒望遠鏡光軸不平行，則在毛玻璃上將看到兩個十字綫 5 的象，分別由雙筒望遠鏡的每一半所給出。轉動雙筒望遠鏡使得其中一個象和毛玻璃的十字綫中心相重合。如果這時另一個象位在長方框的範圍內，如圖 120 上所示，則這樣的光軸不平行是允許的。如果它在長方框的範圍以外，則需用上述的方法來調節雙筒望遠鏡。

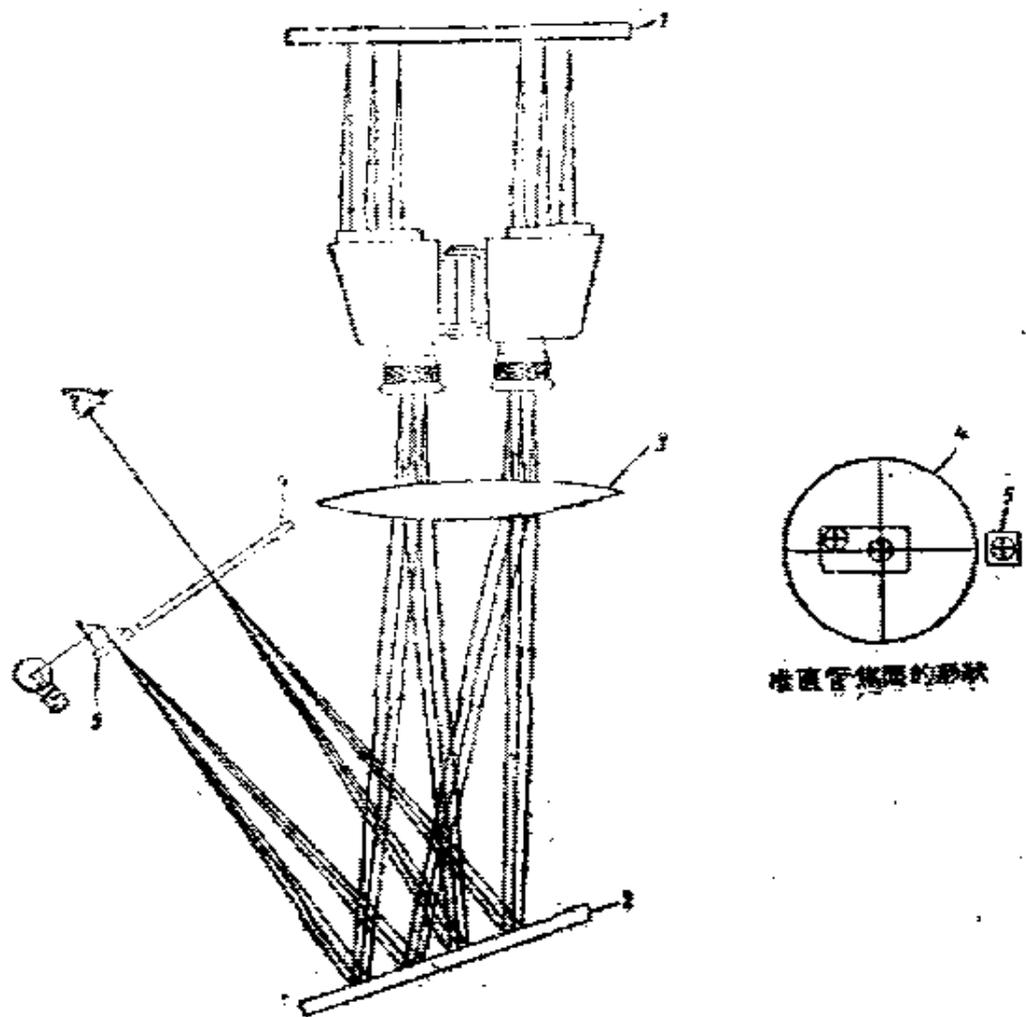


图120 調整光軸平行度的沙氏 (А. Н. Захарьевский) 仪器系統
1,2—平面鏡；3—物鏡；4—毛玻璃；5—帶十字綫的分刻板。

§ 98. 象傾斜的消除

在瞄視儀器的視場內不应当看到象的傾斜。如果通過沒有消除掉象傾斜的稜鏡式雙筒望遠鏡、周視瞄準鏡、炮隊鏡以及類似的儀器來觀察周圍地形時，則將看到所有垂直的和水平的物體都是傾斜的。樹、柱子、房屋、地平綫及所有看到的地形都將向側邊傾倒過去。這就使觀察很不方便。在單筒的瞄準具里象的傾斜會帶來瞄準的錯誤。在雙筒的儀器里特別需要精確地消除掉左半對於右半的傾斜之差。有了傾斜之差會使視覺疲乏。

帶有十字綫的分刻板在儀器里也應安裝得沒有傾斜。十字綫

的一根綫条一般是水平的，另一根則是垂直的。

象的傾斜借組成儀器的稜鏡或平面鏡的旋轉來消除。轉動或移動球面的光學零件，例如透鏡或球面反射鏡，並不消除也不帶來象的傾斜。只有平面的光學零件才使象傾斜。

調整借鉛垂或是准直管和平行望遠鏡按下列程序進行：

1. 將被調整的儀器安放成工作狀態。如果儀器上有水準器，則它應根據水準器安成水平。

2. 在目鏡後面放一個有水準器的4~6倍放大率的平行望遠鏡，水準器的軸綫與光軸成垂直。平行望遠鏡有帶十字綫的分劃板，它的一條綫條根據它的水準器放成水平，另一條則根據鉛垂放成垂直。

3. 通過帶水準器的平行望遠鏡觀察，同時轉動被調整儀器的分劃板，至它的綫條和平行望遠鏡的綫條重合為止。這時為了不帶入視差，不可以沿光軸方向移動分劃板。

4. 將儀器對準懸在3~5公尺距離處的鉛垂。鉛垂是一根懸掛在天花板上的黑綫，在它的下端系了浸在油里的荷重。綫的後面放了白的屏幕。為了能清晰地通過被調整的望遠系統看到鉛垂的綫，在儀器的入射瞳孔前放上一個焦距等於儀器和鉛垂之間的距離的凸透鏡。

5. 通過帶水準器的平行望遠鏡觀察，同時轉動稜鏡或反射鏡至鉛垂的象和平行望遠鏡的垂直綫條重合為止。

鉛垂可以用有根據水準器或鉛垂調節好的十字綫的准直管來代替。

在雙筒儀器里，當轉動稜鏡或反射鏡以消除象的傾斜時，必須注意不要破壞掉光軸的平行度。

§ 99. 儀器总的調整和影象質量

由單個的部件和零件在最後裝配中裝配好的儀器應按一定的程序進行調整。上述的調整工序在個別情況下是相互聯繫起來的。有時需借調整同一個光學零件來同時完成兩道或三道工序。

例如，轉動同一塊稜鏡來調整光軸平行度，消除像的傾斜和矯正影像質量。

調整工序的程序應這樣來安排，即使得前一工序調整的結果不會被後一工序所破壞。

在完成全部調整工序的時候必須保證獲得質量好的象。如在最後裝配和調整中不能遵守一定的規則，則成品儀器會是影像質量很差的，也就是說得到的不是清晰鮮明的象，而是模糊的、縷條帶色的變形的不清的象。這些裝配和調整的規則，主要包括光學系統的正確定中心、光學零件可靠的固定，在它們中間不引起應力，以及在每一個調整工序以後有系統地檢查儀器全部元件的影像質量。

下列因素中的一個或幾個都會影響儀器的影像質量：

- 1) 在光學零件固定時由於壓得太緊而引起玻璃內部的應力；
- 2) 由於用質量不可靠的水泥來固定光學零件所引起的玻璃內部的應力；
- 3) 由於膠合引起玻璃內部的應力；
- 4) 由於退火不良的結果遺留在玻璃內部的應力；
- 5) 光學零件低劣的定中心；
- 6) 透鏡對於儀器光軸的歪斜；
- 7) 稜鏡不正確的安裝；
- 8) 光學零件不正確的表面。

儀器的影像質量在不同程度上與儀器中每一個通過或反射自物體至觀察者眼睛的光線的光學零件有關。對影像質量影響最大的是物鏡和接近它的光學零件。接近焦面的光學零件，例如分划板和聚光鏡則對影像質量影響最小。

因此，要找出影像質量低劣的原因，首先必須檢查物鏡的影像質量，然後再去檢查各個原件。

低劣的影像質量還可能在此種情況下得到，如果在將光學零件裝框時把某一塊透鏡錯誤地裝反了。

§ 100. 光学零件的情况

每一个光学仪器应当有特别清洁的光学零件表面。仪器的折射和反射面愈清洁，则它就愈透明，而通过仪器去看甚至是亮度极弱的物体也就愈好愈明显。因此光学零件的情况要用特殊的用具和材料特别仔细地来进行。象在一般条件下所做的洗涤和拭擦玻璃表面，例如玻璃器皿，是完全不够的。在这种表面上还遗留着只能用特殊的溶剂除去的油脂斑迹，这种斑迹可以在特殊条件下去观察时看到。

光学清洗时应用两种方法来审查零件的清洁程度。第一种方法（较不灵敏）叫做在透射光中的审查。第二种方法（较灵敏）叫做在反射光中的审查。第一种方法是由光源（60~100瓦的电灯）来的光通过被审查的零件进入观察者的眼睛。第二种方法是由光源来的光进入被审查零件的侧面（图121），而进入观察者眼的是由位于玻璃表面和玻璃内部的伤痕、气泡和颗粒反射出来的光。

因为对分划板的清洁的要求要比对其它的零件高得多，因此它们不仅要用第二种方法来进行检查，而且还需要使用六倍至十倍的放大镜。

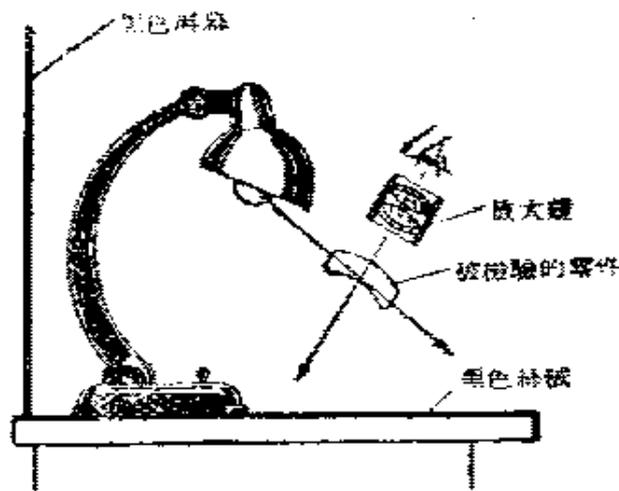


图121 审查光学零件清洁（使用反射光）的图解

光学零件的清洗基本上是用混以少量无水酒精的石油醚借脱脂棉花和脱脂的棉质薄擦布来进行。

清洗过程和所应用的装置应这样考虑，即避免手和清洗用的棉花及光学零件的抛光表面相接触。甚至于在手的皮肤上常有的油脂稍微将棉花弄脏一点，也会使清洗发生困难。

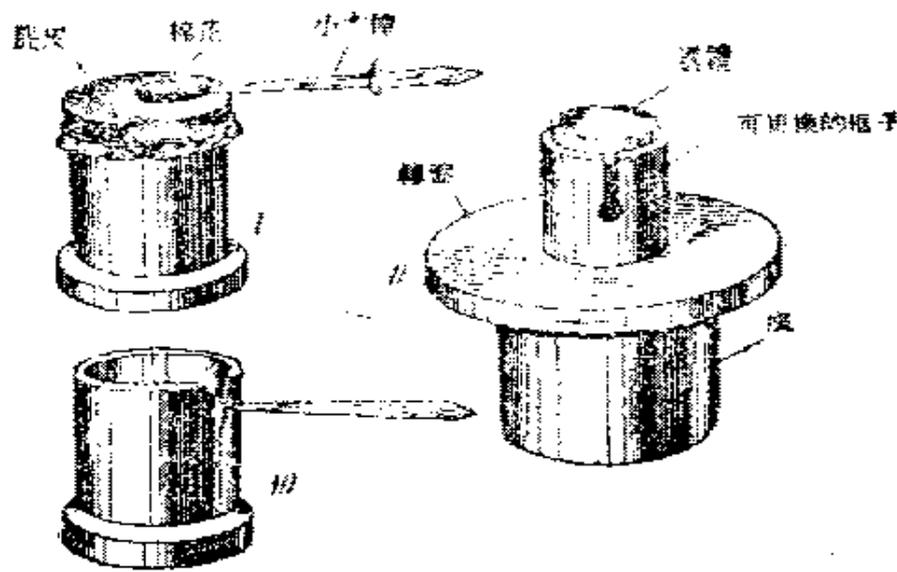


图122 清洗光学零件的装置

I—卷棉装置；II—清洗时转动透镜的迴轉器；III—取去棉花的装置。

清洗进行如下：

- 1) 用干净的擦布蘸乙醚酒精混合物来洗涤光学零件；
- 2) 在木棒或金属棒（用软金属做）的细的尖端卷上一小块棉花并蘸乙醚酒精的混合物；
- 3) 自零件的中心至边缘作圆周运动来擦拭表面几次，每一次均需更换小棒上的棉花，至完全消除掉油脂迹和其它脏物为止。

图 122 示光学零件情况的装置。

为了将棉花卷到小棒上去应用上面缠着脱脂鹿皮的金属小罐，鹿皮应经常用乙醚清洗。应用从前的方法，一边转动小棒一边将棉花向手的皮肤上压紧来卷是完全不允许的。

为了缩短清洗圆形光学零件的时间应用迴轉器II，零件嵌入迴轉器中然后靠轉盤使它迅速旋轉。在旋轉的时候用卷了棉花的小棒自中心向边缘擦拭光学零件的表面。

在更换新的棉花时，为了迅速地自小棒上剥去用污的棉花采用有三角形缺口的小罐III。

§ 101. 仪器的密封和干燥

如前所述，陆上和它光学机械仪器要经受雨淋、严寒和酷热的作用，应当是密封和不透水的。

仪器的密封一般是在最后装配中全部调整工序以后进行。所有的盖均涂上密封油灰，并用螺钉拧紧在壳体里或是仪器筒里，螺钉也要涂以油灰。

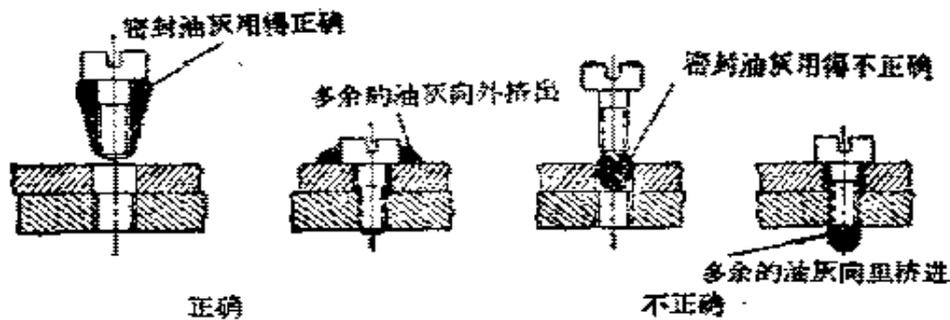


图123 用油灰密封螺钉连接

密封时油灰的涂放应使它的多余部分挤出时不落在仪器内部。如果说在初步装配中进行密封，还有可能将多余的油灰自内部取去的话，那末在最后装配中就没有这种可能，因为最后装配好的仪器到内部去的通路是没有的。因此为了防止多余的油灰落到仪器的内部必须在要密封的表面上不要涂上过分厚的一层，而是能足够保证可靠的密封就够了。

在拧螺钉时，密封油灰应仅放在螺钉头的下面，如图123所示。放在孔里的油灰会挤到内部去并且当受到震动时会落到光学零件表面上去。

最后密封系在干燥的房内进行。尺寸大的仪器，在仪器的筒筒或壳体内部关闭着很大体积的空气，需经密封性和干燥的检验。

密封性检验是将压缩空气(0.2~0.4大气压)压入仪器，并在密封处涂上肥皂水。如发现有肥皂泡就表示那里洩漏出空气。

仪器的干燥是将潮湿的空气排出而代之以干燥的空气。这系借空气压缩机来进行，空气压缩机用两根橡皮软管和要干燥的仪

器相联接。这种装置的系统如图 124 所示。经过一根软管将空气压入仪器，经另一根软管抽出空气。自压缩机出来的空气依次经过

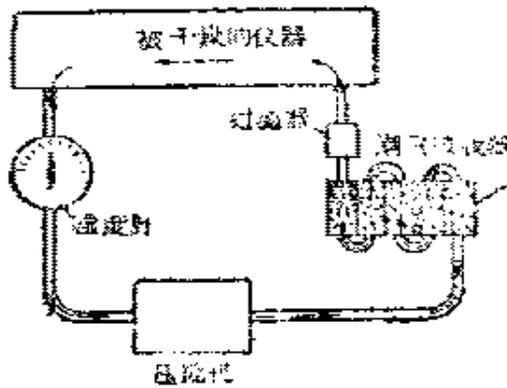


图124 仪器干燥装置系统

过一连串小室，里面充满了吸湿剂，例如粉状的氯化钙或硅胶。通过吸湿剂的空气被干燥，再经过用棉花做的过滤器后进入仪器。自仪器抽出的空气经过湿度计后回到压缩机。这样，在封闭系统里不断循环的空气就逐渐干燥了。湿度计指示出系统内部

空气的湿度。当空气湿度达90~95%时，干燥即告结束。

在某些仪器里掺入经常起作用的干燥筒。长久使用后变得潮湿的干燥筒可经 200°C 时的焙烧而还原。

§ 102. 水准器的装配

各种灵敏度和精度的水准器在光学机械仪器中有着广泛的应用。它们用来校正仪器的零位（调节水平零位）和用以测量角度。

水准器由玻璃的细颈瓶和框子组成（图 125）。细颈瓶有管状的和圆的两种。管状的细颈瓶是两头焊住的玻璃管，里面充满了酒精。在酒精的表面上有一个空气泡。细颈瓶的横断面是向上

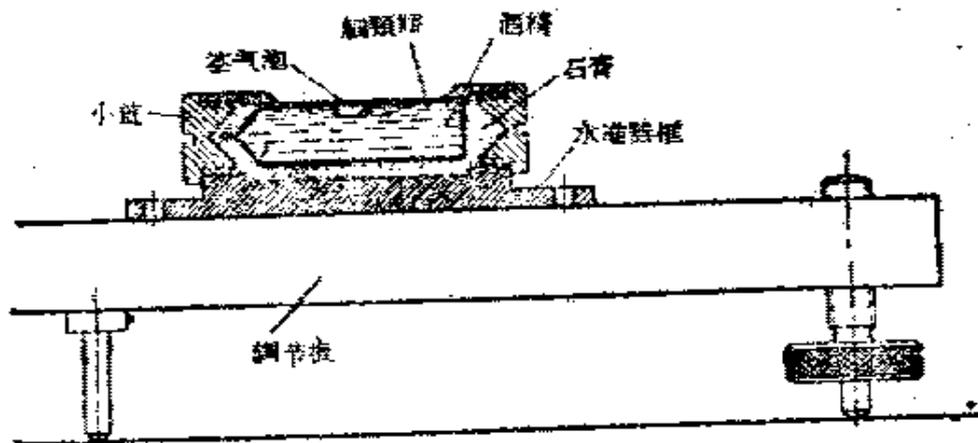


图125 在调节板上装配的水准器

凸起的弧形。当細頸瓶軸綫成水平时，則气泡位于瓶的中央。当細頸瓶傾斜时，气泡移动，它始終停留在瓶內最高的位置。根据气泡的移动可以判断細頸瓶軸綫傾斜的角度。細頸瓶的內表面凸得愈少，水准器就愈灵敏。

圓形的細頸瓶在空气泡的上方是球面。

細頸瓶在框子內应完全固定不动。因此它是用胶結（一般用石膏）的方法固定在框子里。

因为供胶結用的石膏很快就結硬，因此胶結应进行得很快，并且在工作之前应一切都准备好。胶結进行如下：

- 1) 借調節螺釘將很重的平板調節成水平（見圖 125）；
- 2) 將石膏化在水里至得到稀糊一样的状态；
- 3) 在水准器框內填入石膏，放入細頸瓶并从側边擰入小盖；在擰入小盖之前，先填入石膏使得在細頸瓶和框子之間沒有空隙；一个小盖不擰到头；
- 4) 將水准器放在調節板上；用小木棒压細頸瓶以調節它在框內的位置，使得水准器的水泡位在中央，然后將小盖擰到头。所有这些都应当在石膏还没有凝結之前进行。

胶結好的水准器靜止地放一晝夜直至石膏完全凝結和干燥为止。限止玻璃細頸瓶的框子外形輪廓要塗上防水油灰。

§ 103. B-6 双筒望远镜的装配

B-6 棱鏡式双筒望远镜有下列部件：1) 鉸鏈軸，2) 稜鏡和壳体，3) 物鏡和 4) 目鏡。

在裝配数量大的双筒望远镜时，以在分开的工作地点平行地进行装配鉸鏈軸、物鏡和目鏡为最合适。这些部件中的每一个都可以彼此无关地独立进行装配。稜鏡和壳体一般在装配了鉸鏈軸以后装配。这样，双筒望远镜的装配程序如下：装配鉸鏈軸，即將两壳体連接起来，然后装配稜鏡和壳体。其次再將壳体和物鏡及目鏡連接起来并进行总的調整。

裝配双筒望远镜的鉸鏈軸应非常仔細。壳体繞鉸鏈軸的轉动应容易而平稳。同时完全不允許鉸鏈軸有无论是軸向或徑向的搖

动：在铰链轴中有了搖动，以后就不可能调整好双筒望远镜目鏡視軸間的平行。

B-6 双筒望远镜的铰链轴有下列结构（见图 53）：锥形轴 27 通过左壳体凸耳上的锥孔，并通过固定在右壳体 41 凸耳上的管 28 的锥孔。轴 27 固定在左壳体凸耳上的锥孔内并用两个圆销锁住。这样轴 27 即牢固地与左壳体固定住。右壳体 41 和管 28 一起能在轴 27 上自由转动。

铰链轴的装配在初步装配工場按下列程序进行：

1. 将左右壳体配成对，选择复盖在壳体外面的橡皮的顏色和花紋均一致。

2. 用锥形铰刀铰左壳体凸耳的孔，使得轴 27 嵌入时还露出 4~5 公厘。这个距离系留下在以后压入轴 27 时产生应力用的。铰刀和锥形轴 27 应有严格一致的锥度。

3. 用同一锥形铰刀铰右壳体上管 28 的孔，使得轴 27 能配至需要的深度，能自由转动而无搖动。这时轴 27 的需要配合深度由测得左壳体下方凸耳和垫圈 30 的厚度而决定。

4. 根据厚度选择垫圈 29 和 30 并涂上石墨不冻潤滑油后放入凸耳之間，使得在壳体之間沒有軸向的空隙。

5. 用手压机将涂了石墨不冻潤滑油的轴 27 压入（不要用手錘敲入，因为这会减弱连接）。

6. 将螺母 31 拧入轴 27 至拧到头为止。

7. 通过轴 27 在左壳体的凸耳上钻两个供装圆销的孔。

8. 在轴 27 上钻入两个销子。

9. 用螺钉 213 拧上圆盘 34 和 34a。

在初步装配工場內平行地进行的还有下列工序：

1) 目鏡的初步装配（装配的程序見前）。

2) 目鏡目透鏡、物鏡透鏡、分划板和滤光鏡的轆口。

与这些工序平行地还进行清洗光学零件以及物鏡和目鏡的最后装配（物鏡和目鏡的装配程序見前）。

双筒望远镜的进一步的装配系按下列程序进行最后装配：

1. 將稜鏡 2 及 3 放入壳体，使它們的端面落在壳体架板上的窩里，并用彈簧 35 和 36 將它們壓緊。

2. 在架板平面內相對於下稜鏡轉動上稜鏡使得象沒有傾斜。這是在由准直管、帶十字綫的平行望遠鏡及在准直管和平行望遠鏡之間供放壳体用的小台組成的專門儀器上進行的。准直管和平行望遠鏡的光軸彼此平行。從准直管出來的平行光束，通過壳体中的稜鏡和平行望遠鏡。轉動上稜鏡使得准直管分划板的十字綫與平行望遠鏡的十字綫平行。轉動稜鏡時在必要的情形用刮刀將壳体架板上的窩擴大一些。

3. 在消除了象傾斜以後，用洋沖來進行稜鏡的斂鑿。在架板上接近稜鏡側面的地方用手錘和洋沖做兩個坑。這時架板的移動的金屬即在兩個地方壓在稜鏡側面上，這樣防止了稜鏡在架板平面內轉動的可能。

4. 借縱向移動稜鏡在專門的儀器上調整光軸的平行，並對着稜鏡側面中央的修整第三沖。這樣架板的金屬凸入稜鏡的槽內，即防止了稜鏡沿縱向的移動。

也可用另一種在稜鏡下面墊薄片墊片的方法來調整稜鏡使光軸平行。

5. 清洗壳体和稜鏡。在壳体内面涂上一层极薄的潤滑油用以粘住灰尘。这时架板上不能涂到，因为潤滑油不能落在光学零件表面上。

6. 在蓋 37, 38, 39 和 40 上涂上防水油灰并用螺釘 41 擰上。

7. 擰上最后裝配好并清洗好的目鏡。

將它們調節在視度移動範圍的中間位置。這時兩目鏡的出射瞳孔應位于同一平面內。擰入選好的物鏡，使它們給出遠物或准直管分划板的清晰的象。為此需根據焦距來選擇物鏡，它們的框子需根據配合的深度來切開。

8. 在沙氏 (А. И. Захаровский) 儀器上借轉動物鏡偏心鏡框按前述方法來調整光軸平行度。

9. 將塗了防水油灰的蓋 26 擰在物鏡上。

10. 在右目鏡內裝上分切板。消除視差和分切板傾斜并最后清洗和密封目鏡。

11. 將目鏡調節在“視度零位”。

12. 借表明瞳孔之間距離的样板來調節刻度盤（圓盤34a）。

§ 104. 雙筒望遠鏡的修理

在拆開和修理雙筒望遠鏡之前先要編制疵病登記表，其上寫明雙筒望遠鏡的檢查和檢驗的結果。在疵病登記表上填寫全部在修理時需修正的已發現的疵病。所有在拆卸中發現的疵病也均應補充填寫在疵病登記表上。

雙筒望遠鏡的檢查和檢驗按下列程序進行：

1. 進行外部的檢查以發現雙筒望遠鏡全部外部的疵病（鏽、壳体的油漆和脫落的磁漆、零件的損壞或短缺）。
2. 檢驗數字和刻線的填充。
3. 檢驗絞鏈軸和目鏡的行程平穩性和搖動。
4. 檢驗雙筒望遠鏡的調整（光軸平行度、視差、分切板和象的傾斜、“視度零位”、瞳孔距離刻度盤的調節）。

在修理時會遇到性質極為不同的修正。但是最常進行的是下列的一些修理工序：

1. 不能修復的磨損和用壞的零件需更換新的。起子槽壞掉的螺釘也應更換新的。
2. 當裝螺釘的螺紋孔損壞時，將它鉗并攻成直徑較大的孔，或者在新的地方另鉗原直徑大小的孔。
3. 重新精飾、塗漆、磁藍和氧化以修復零件的外形。修正并重新填充分切和數字。
4. 重裝脫膠的光學零件。如果光學零件是轉在框子內的，則在拆開時往往要破壞框子來保存光學零件，或者相反，破壞光學零件來保存框子。為了將兩個都保存下來，將轉在透鏡上的金屬取去，取出透鏡并將框子車深一些。這時透鏡在框子裏的位置不一樣，為了把它裝到儀器中原來的位臵，一般在框子下面墊上圓環。圓環的厚度等于框子車下去的深度。

5. 重新清洗光学零件以去除灰尘、漆粒、润滑油和油灰的斑迹。目镜透镜和分划板的疵病从目镜方面去发现。物镜透镜和稜镜的疵病则从物镜方面去发现。在分划板向着目镜的一面上，一般在 1° 范围的视场内允许有直径等于0.5刻线宽的麻点两个，而在视场的其余部分则允许有不聚集在一堆的直径等于0.5刻线宽的麻点不多于6个。在分划板的另一面上允许有不多于5个麻点或是宽度等于0.5刻线宽、长度为3公厘的纹路。

在反射光中审查光学零件有时会发现薄层。它一般是无数细小的白点或黑点。薄层在光学零件的表面上是不允许的，因为它会随着时间而增长。薄层用石油醚和酒精的混合物来清洗。有时很难除去的薄层则用红粉来清除。

6. 从目镜方面看不到的光学零件的细小破损（麻点、纹路），如果并不妨碍观察则是允许的。在光学零件边缘上的小破碎（不大于2公厘）用细金刚砂条来打磨掉。

7. 如果转动目镜不能得到清晰的象，则检验套圈12（见图53）是否压扁，将套圈12和夹圈11连接起来的止螺是否固定得很好。如果止螺松掉了，则套圈转动，而带透镜的夹圈将要滑动或是保持不动。

8. 目镜的行程太紧时，检验视度圈和目镜座是否有摩擦，以及目镜螺纹中的润滑油是否变稠，是否污穢。视度圈的摩擦可能是视度圈有压扁或凹痕。这时视度圈需更换新的，或者是修复旧的。污穢的目镜螺纹仔细地洗濯后涂上新鲜的润滑油。

9. 发现了的象倾斜借稜镜在架板平面内的转动及按前述方法用洋冲进行斂整来消除。

10. 发现出的分划板倾斜借分划板框在目镜座内的转动来消除。在检验象或分划板的倾斜时将双筒望远镜的瞳孔距离调节成65公厘，将双筒望远镜放在水平的小台上来瞄视铅垂。

11. 双筒望远镜右半内的视差借移动分划板框来消除。同时根据铅垂来检验分划板的倾斜。

12. 不大的光轴不平行度可以转动物镜偏心框来矫正。较大

的光軸平行度的破坏則需用移动稜鏡来矯正。

矯正以后用前述方法將稜鏡鎖住。光軸平行度最后更精确的調整由轉动物鏡偏心框进行。

在消除光軸不平行度之前应当檢驗是不是由于絞鏈軸的搖动沒有矯正好。絞鏈軸的搖动可能是由于螺母31(見图53)松掉了,則应擰紧;也可能是由于絞鏈軸的軸27的磨損。在这种情形应当將軸換掉并按前述方法来裝配絞鏈軸。

13. 如果“視度零位”沒有調節好,則轉动物鏡套圈来矯正,并用止螺將它固定住。

14. 如果瞳孔距离与刻度盤不相符,則調節刻度盤31a并用螺釘213將它固定住。

复 習 題

1. 在最后裝配中完成那些工序?
2. 应当如何对待光学零件?
3. 你知道有那些固定圓形光学零件的方法?
4. 为什么薄的光学零件在框子里不能經受强烈而不均匀的压力?
5. 按照进行的程序,列举將透鏡在框子里開口时所做的操作。
6. 为什么要应用彈簧圈?
7. 試述双筒望远镜物鏡和目鏡的裝配程序。
8. 什么是視差,如何消除它?
9. 你知道有那些方法檢驗仪器具有視差?
10. 視度管有那些用途?
11. 刻在視度圈上的分划对应于什么?
12. 物鏡的偏心框有什么用处?
13. 能否借轉动或移动透鏡来消除象傾斜?
14. 你知道有那些使影象質量低劣的原因?
15. 清洗光学零件时应用那些材料?
16. 你知道有那些檢驗光学零件清洁的方法?
17. 为什么要应用密封油灰?
18. 如何檢驗仪器的密封性?
19. 如何干燥仪器内部的空气?
20. 为什么要將水准器的細頸黏胶粘住?

第三編 光学机械生产的

检查方法和测量技术

第十章 光学测量

§ 105. 透镜厚度和空气间隔的测量

在光学仪器的装配、修理和拆卸过程中,在很多情况下需要进行测量透镜的厚度以及所需空气的间隔,即透镜顶点之间的距离。

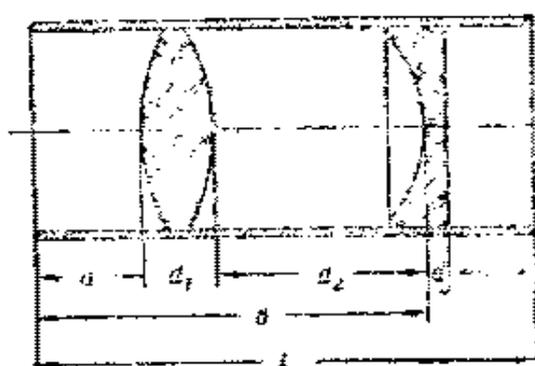


图126 带透镜的框子

d_1 和 d_3 —透镜厚度; d_2 —空气间隔; l —框子长度;
 a , b 及 c —透镜顶点到框子边缘的距离。

图126示带透镜的框子的系统图。

透镜厚度 d_1 和 d_3 用百分尺测量。深度 a , b 及 c 用深度尺测量。框子长度 l 用卷尺测量。空气间隔 d_2 由所得的结果计算得到,测量按照下列程序进行:

- 1) 测量深度 a ;
- 2) 自框子里取出透镜 d_1 并测量它的厚度;
- 3) 测量深度 b ;
- 4) 测量深度 c ;
- 5) 取出透镜 d_3 并测量它的厚度;
- 6) 按下列公式计算空气间隔 d_2 ;

$$d_2 = b - (d_1 + a);$$

- 7) 测量框子长度 l ,并按下列公式计算 l 以作检验

$$l = b + d_3 + c$$

确定自透镜顶点到框子边缘的距离是用深度尺(图127)。测量进行如下:

1. 將深度尺放在平板上由指標確定出測量尺的刻度位置。

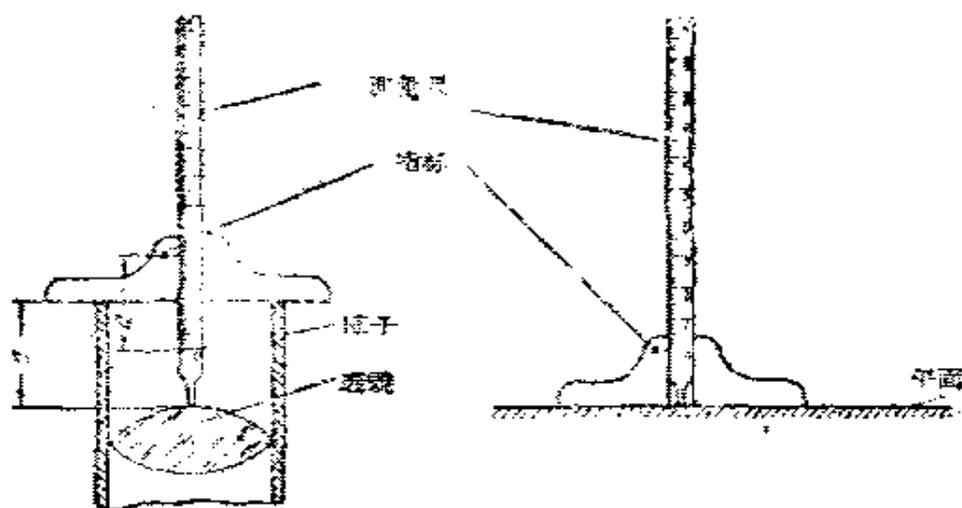


圖127 用深度尺測量框子邊緣到透鏡頂點的距離

如果指標不和刻度的零線重合，則記下讀數 (n_1)。

2. 將深度尺放在被檢驗的框子上，移動尺子使得它所指示出的讀數是最小或最大的，這是與深度尺的測量尺子在中央的位置相對應的。記下讀數 (n_2)。

3. 兩讀數之差就是所求之值

$$a = n_2 - n_1$$

測量的精度為0.05公厘。

如果需要更高的精度，則應用阿貝厚度尺。它的系統如圖128所示。

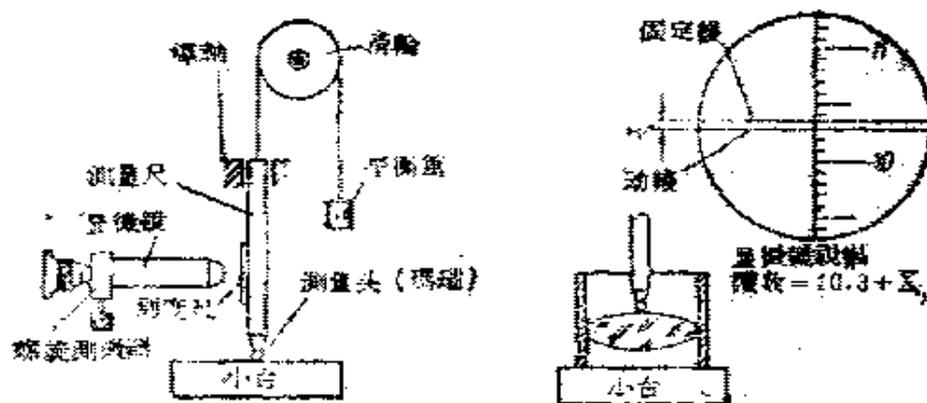


圖128 阿貝厚度尺的測量系統

在刻度尺上刻的是0.1公厘的分度。利用目鏡螺旋測微器測量刻度尺對於顯微鏡視場內固定綫的位置，精度達0.001公厘（1公忽）。測量範圍（刻度尺長度）為150公厘。

透鏡的厚度用千分尺測量。測量雙凸透鏡時將透鏡放在千分尺中使得讀數最大，這就對應於在它軸綫上的透鏡厚度 d （圖129）。

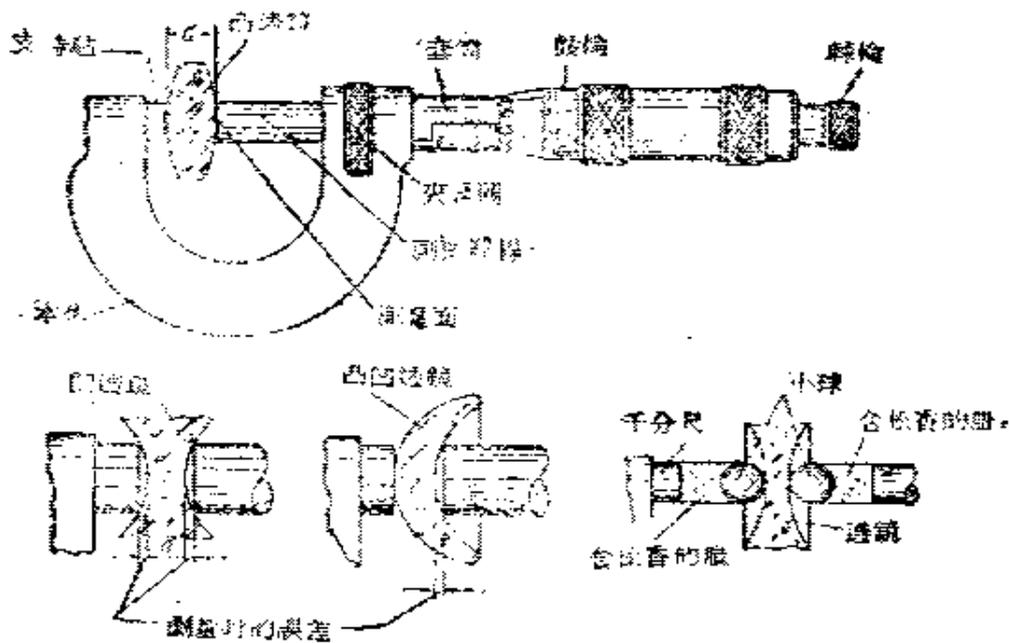


圖129 用千分尺測量透鏡厚度

用千分尺測量凹透鏡和凸凹透鏡時可能有如圖129所示的誤差。為了消除這些誤差，用調了松香的臘（4：1）將小球放在千分尺的測量平面上。測量進行如下：

- 1) 調整千分尺至兩小球接觸（沒有透鏡），並記下讀數 (n_1) ；
- 2) 在小球之間放入透鏡重新記下讀數 (n_2) ；
- 3) 兩次讀數之差就是透鏡厚度 d ；

$$d = n_2 - n_1。$$

§ 106. 用样板玻璃檢查表面質量

對光學零件拋光表面精度的要求非常高。對於平面或是一定

曲率半徑的球面的允許偏差極其微小。它們是以千分之一和萬分之一公厘來計算的。

看起來這樣的量幾乎是不可捉摸的。但是由於應用觀察牛頓干涉圈的方法得以捉摸到，並且精確地測量出這樣微小的誤差。測量是用樣板玻璃來進行的。

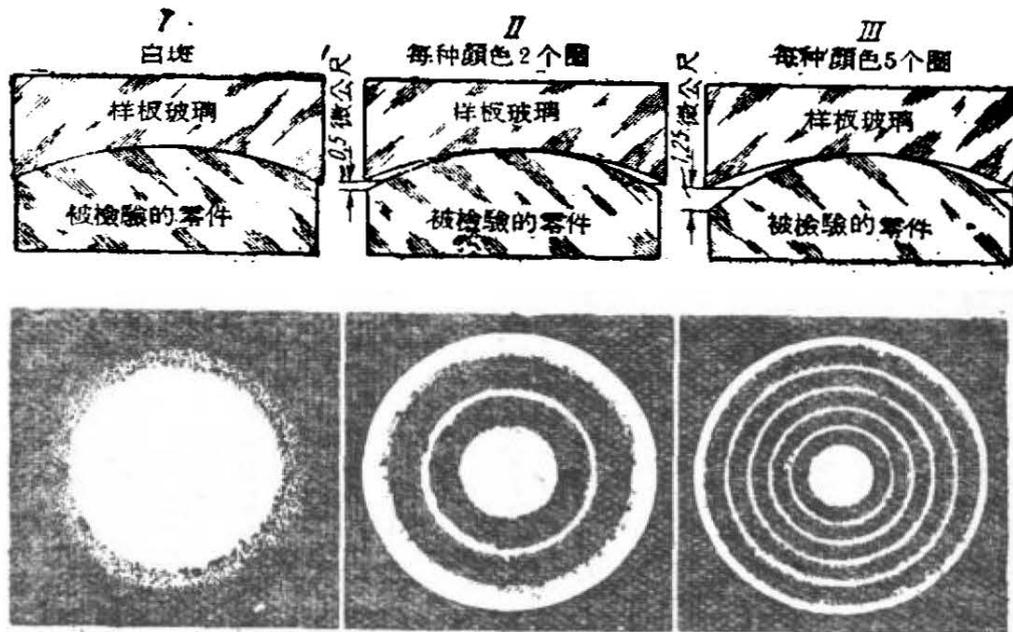


图130 用樣板玻璃觀察到的牛頓圈

樣板玻璃是厚20~30公厘的圓玻璃板，有兩個透明的拋光表面。其中一個表面拋光得非常的精確，用作和光學零件表面相比較的標準件。檢驗平面用標準平面的樣板玻璃，檢驗球面則用一套需要的曲率半徑的球面樣板玻璃。

如將樣板玻璃疊放在被檢驗的零件上，使得標準面和被檢驗表面相接觸，則通過樣板玻璃可以看到所謂牛頓圈（图130）。如果樣板玻璃只壓在中央，而邊緣不接觸，則將看到中央有一個亮斑，周圍繞着各種顏色的虹彩同心環。中央的亮斑表示在那一點玻璃之間沒有空氣間隔，即玻璃在那一點是完全接觸的。離開了中央就不接觸了，玻璃之間有空氣間隔，愈接近邊緣間隔愈大。這個空氣間隔的厚度，即任何地方玻璃之間的距離，可以由計算從中央起同一種顏色的圈數來確定。每一圈相當於空氣間隔

增加 0.25 公忽。例如，在图 130, III 上，計得自中央至邊緣同一色的圈有 5 个。这就表示在第五圈处的邊緣，玻璃之間的空气間隔的厚度等于 $0.25 \times 5 = 1.25$ 公忽。如果只看到 2 圈（图 130, II），則邊緣处玻璃之間的空气間隔等于 0.5 公忽。如果玻璃整个表面都貼紧（图 130, I），則代替圈看到的是稍帶顏色的实心斑点。

因此，借計算样板玻璃下得到的圈数，可以算出样板玻璃和被檢驗零件的曲率半徑之間的差。一般光学零件表面曲率的公差在图上直接注以圈数。主要零件（保證影像質量优良的）的公差大概是由 0.5 圈至 2 圈，較次要的零件（目透鏡）允許到 20 个圈。

在评价表面質量时还考虑圈的形状。如果圈是圆的，則表面是正确的球面。如果圈是橢圓的或变形的，則被檢驗的表面不是正确的球面。

在檢驗平面时，代替同心圈得到的是平行条紋。根据这些条紋的变形来判断表面的質量。在好的表面上应当得到直綫的条紋。

平面样板玻璃不仅仅用来檢驗光学零件，也用来檢驗千分尺的測量平面、規块以及其它精密的金屬表面。

在用样板玻璃工作时必須遵守下列的規則：

1. 在叠放样板玻璃之前，它的标准面以及被檢驗的表面应当用蘸酒精的擦布仔細擦洗。

2. 在叠放之前必須要用乙醚洗过的軟毛刷拂拭去样板玻璃和被檢驗的表面的灰尘和絨毛。

3. 将样板玻璃叠放在零件的边上，然后不加压地将它移到中央，这样可以推走灰尘。如果在样板玻璃和被檢驗的零件之間落入了甚至是不易觉察的灰尘，那末就会什么圈也看不到了。

4. 移动样板玻璃时应当非常細心，以免划伤零件。

5. 在檢驗精密的零件时，将样板玻璃放上以后必須停留一段时间，使样板玻璃和被檢驗零件的温度变得一致。

§ 107. 准直管及其用自动准直法校正于无穷远

在檢驗和調整光学仪器时，在很多情形中应用准直管作为独立的仪器或是作为檢查調整仪器中的組成部分。准直管的基本用途是給出平行光束。如所周知，平行光束可以在自然条件中由极远的物体，例如，由太阳、月亮和星辰而得到。但是將被檢驗和被調整的仪器对准天体的光并不是始終很方便的。

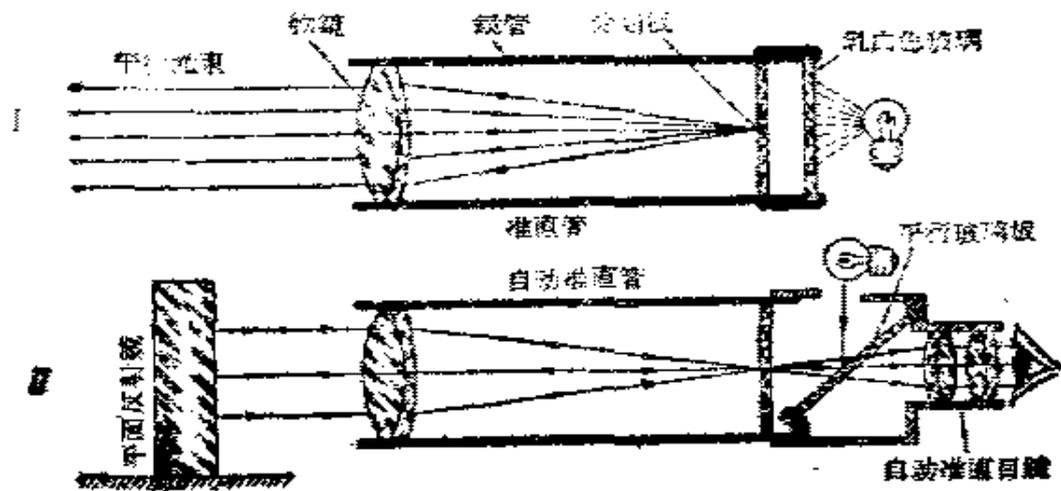


图131 I—准直管；II—用自动准直法將准直管校正于无穷远。

給出平行光束的准直管可代替自然界的远物并可用來在室內进行仪器的檢驗和調整。

准直管由物鏡、鏡管和帶十字橫的分划板組成（图131，I）。电灯通过乳白色玻璃用漫射的光照明分划板。

为了得到平行光束准直管需校正于无穷远，即它的分划板应精确地放在物鏡的焦面上。校正准直管于无穷远的最最合理而又精确的方法是自动准直法。它进行如下。

在准直管物鏡的前面放上一块和光軸成垂直的平面反射鏡（图131，II）。反射鏡的平面应十分准确并在外面鍍上銀或鋁。

代替乳白色玻璃在准直管上套上一个自动准直目鏡。它是由一个放大鏡和一块与光軸成 45° 角斜放着的透明平行玻璃板所組成。灯泡的光射在透明板的斜面上，反射后照亮分划板。由透明板反射的光綫通过分划板和物鏡后，被平面鏡反射回来射入观察

者的眼睛。这样，眼睛同时看到分划板的十字綫和它被平面鏡反射回来的象。

沿光軸移动准直管的分划板至消除了分划板和它的象之間的視差，即分划板和它的象位于同一平面內能同时看清为止。这个分划板的位置就恰巧是相当于它和物鏡焦面相重合。

§ 103. 稜鏡角和光楔角在測角儀上的測量

稜鏡和光楔兩拋光面之間的角度，以及光綫通过稜鏡和光楔后的偏向角用測角儀來檢驗。測角儀还可以用來檢驗各種不同的測角机构和測角儀器的精度。

測角儀的图解如图132所示。它由下列基本部分組成：度盤1，有两个游標2的照准部A、小台B、准直管C和平行望遠鏡D。

沿着度盤的圓周用很高的精度刻成單位為度的分度。利用游標可讀到度的分數——分和秒。

測角儀的小台用來安放被檢驗的零件II。

准直管由物鏡和安裝在它的焦面處的帶狹縫的片III所組成。

平行望遠鏡由物鏡、帶十字綫的分划板和自動准直目鏡IV所組成。

平行望遠鏡強固地和照准部相联接。度盤和小台有一公共的垂直旋轉軸，繞这个軸它們可以一起旋轉也可以分开旋轉。旋轉軸精確地通过度盤的中心。准直管是固定不動的，它連接在不動的測角儀底座上。

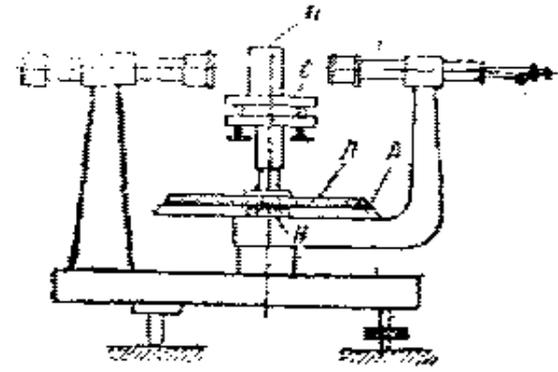
在使用測角儀之前先要按照下列的要求進行檢驗和調節：

1. 平行望遠鏡帶十字綫的分划板應位于平行望遠鏡物鏡的焦面上。用自動准直法對放在測角儀小台上的平面鏡來調節分划板。

2. 帶狹縫的片應當位于准直管物鏡的焦面上。它用預先校正到無窮遠的平行望遠鏡來調節。將帶狹縫的片調節成使它的象能在平行望遠鏡里清晰看到而無視差。

3. 平行望遠鏡的光軸，即連接物鏡中心和十字綫中心的直

鏡，应当和測角儀的旋轉軸成垂直。如果這個條件不滿足，則測角儀將給出不準確的讀數。調節是用放在小台上和儀器光軸成垂直的平行玻璃板來進行的。調節小台，從平行玻璃板得到平行望遠鏡十字綫的自動准直象，並使水平綫相重合。將放平板的小台轉過 180° ，重新找到十字綫的自動准直象。如果十字綫的水平綫和它的象上下不相重合，則旋轉軸不和平行望遠鏡的光軸成垂直。借調節螺釘調節平行望遠鏡，使得自動准直象在轉 180° 時高低上始終保持重合。將平行望遠鏡轉過 90° ，同樣來進行這樣的調節。



4. 准直管帶狹縫的片和
平行望遠鏡十字綫的垂綫應與
測角儀的旋轉軸平行。調節借
助水準器和鉛垂來進行。根據
放在小台上的水準器將測角
儀的旋轉台調節成垂直。當小
台繞着旋轉軸旋轉，水準器
的氣泡不再移動時，旋轉軸
就是垂直的了。調節平行望
遠鏡十字綫的垂綫使與鉛垂
平行，然後根據此垂綫將准
直管帶狹縫的片校垂直。

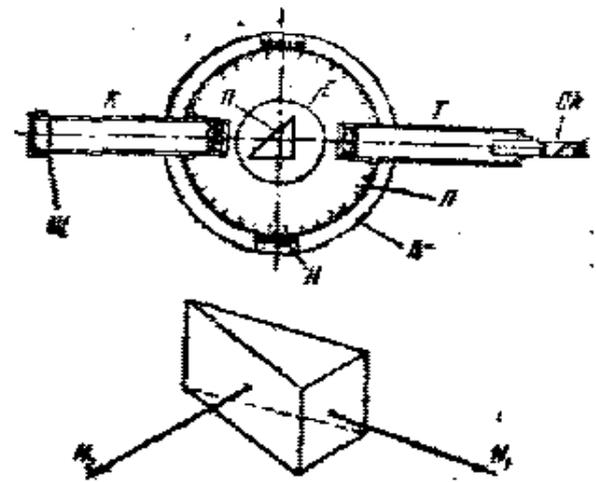


圖132 在測角儀上稜鏡角的測量系統

在測角儀上測量角度有各種不同的方法。

將要測量偏向角的稜鏡或光楔放在小台上，使得通過它們可以在平行望遠鏡里看到准直管內狹縫的象，狹縫的象和
平行望遠鏡分划板的垂綫相重合。這時從度盤讀取一個讀數。然後將被測量的零件從小台上取下，重新使平行望遠鏡分划板的垂綫和狹縫重合，從度盤再讀一次讀數。兩次讀數之差就是偏向角。

測量稜鏡角時，依次將平行望遠鏡用自動准直法調節成與稜

鏡的兩面成垂直，並從度盤讀出平行望遠鏡轉過的角度。從得到的數據即可計算出稜鏡角。

在測量稜鏡之前，應將稜鏡在小台上調節成這樣，使得通過稜鏡兩面法線 N_1 和 N_2 （圖132）的平面垂直於小台的旋轉軸並平行於平行望遠鏡的軸線。此兩面的調節借自動准直法來進行。當將平行望遠鏡依次轉向此兩面時，借轉動小台的調節螺釘使平行望遠鏡十字線的象和十字線本身相重合。

§ 169. 焦距和截距的測量

裝配光學機械儀器時，有時需要檢驗單個透鏡的或是幾塊透鏡所組成的系統（例如物鏡或目鏡）的焦距或截距。

這裡需要明確的是，從焦點到透鏡頂點之間的距離叫做截距（或頂焦距），而從焦點到所謂透鏡主平面之間的距離則叫做焦

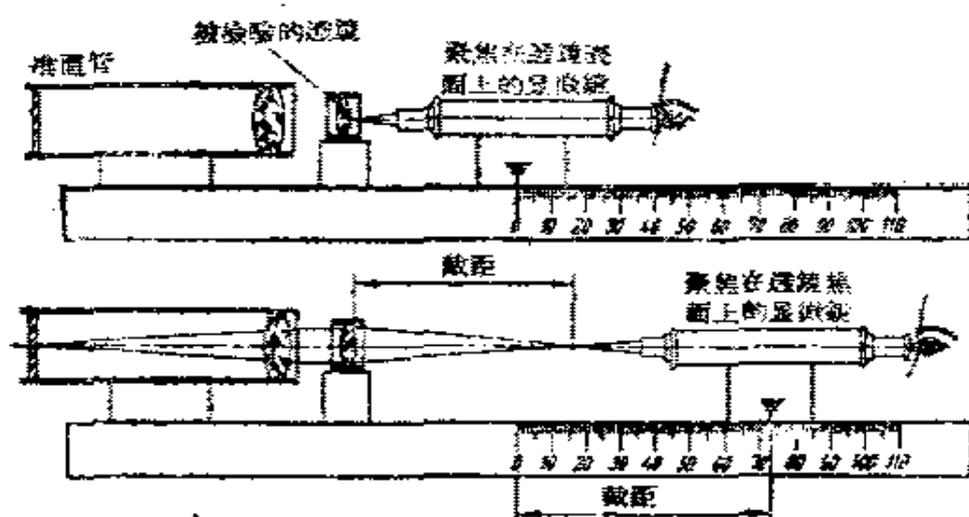


圖133 截距的測量系統

距（主平面垂直於光軸並通過與光軸平行的入射光線和被透鏡折射的光線相交的交點。根據透鏡的式樣，主平面可能在透鏡的內部，也可能在透鏡的外面）。

焦距可以借叫做焦距計的專門儀器用幾種方法來測量。最簡單的方法可以用准直管和測量顯微鏡來測量焦距。在准直管的焦面上有刻度。將被檢驗的透鏡或透鏡系統放在准直管的前面，並

測量刻度上已知範圍的像的大小。知道了准直管物鏡的焦距、刻度的尺寸以及測得刻度的象的大小，即可算出焦距來。

但是在裝配時很少需要測量焦距。多半只要測量截距就夠了。

圖133示用准直管和顯微鏡測量透鏡截距的系統。在架子上裝了准直管，被檢驗的透鏡和顯微鏡裝在它的前面的活動小台上，可以沿着架子移動。顯微鏡的移動量可以從刻度讀出。將顯微鏡調節在刻度另分劃。被檢驗的透鏡則調節成這樣，使得通過顯微鏡可以清楚地看到它的表面，為了更好的看到它最好在透鏡的表面上塗上一些細灰（石松子）。然後將顯微鏡從透鏡處移開，將它聚焦在准直管分劃板的像上。這時從刻度讀到的顯微鏡的移動量就等於被檢驗的透鏡的截距。

復習題

1. 什麼是空氣間隔，用那些工具來測量它？
2. 在用十分尺測量透鏡的厚度時，可用那些方法防止透鏡被劃傷？
3. 什麼是样板玻璃？
4. 什麼是牛頓圈？
5. 什麼是准直管？
6. 校正准直管子無窮遠是什麼意思？
7. 什麼是自動准直目鏡？
8. 測角儀用來做什麼？
9. 列舉測角儀的組成部分。
10. 在用測角儀進行測量角度之前必須要檢驗測角儀那些部分？
11. 如何測量透鏡的截距？

第十一章 成品儀器的檢查和試驗

§ 110. 鑒別率和影象質量的檢驗

每一個新做的或重新修理的光學儀器都要經過檢驗和試驗。檢驗它的光學特性和精度以及試驗它的工作可靠性。

儀器成的象幾乎是每一種光學儀器的最最重要的質量特徵。很顯然，在我們觀看用光學儀器得到的象，例如在照相機的照片上，在投影儀器的屏幕上或是在顯微儀器的焦面上的象時，總是希望首先要能夠分辨出物象最小的細節，其次要能看到特別鮮明的象。因此為了評價象的優劣，需要進行兩種檢驗：1) 確定是否足夠詳細區別物象的細節，及2) 確定看到的象的對比以及沒有變形和帶色的程度如何。第一種檢驗叫做儀器鑒別率的檢驗，第二種則叫做影象質量的檢驗。

一般這兩種檢驗是用特殊的表同時進行的。所用的表的格式如圖134所示。表上有不同寬度和不同方向的黑條紋和白條紋。

根據觀察到的表的象來判斷影象質量和鑒別率。影象質量低劣的標志是：1) 邊緣模糊的不清晰的條紋象，2) 條紋的假象，3) 條紋的邊上有拖長的尾巴似的光輪，4) 虹彩似的顏色，5) 條紋的變形以及6) 圖形整個發灰——對比性很差。

鑒別率根據能夠清楚地分辨開的條紋之間最小距離來判斷。如果條紋之間相隔距離過小并混在一起看起來成一片灰色的背景。在這種情形下我們說儀器不能夠鑒別。

因此，儀器的鑒別率我們可作量的規定——根據一公厘中被鑒別的條紋數或是根據被鑒別的條紋之間的角距離。在表中每一組條紋旁一般都注有表示每公厘的條紋數或是條紋之間的角距離的數字。對於照相儀器或投影儀器，通常應用每公厘內的綫數來測量鑒別率。這時以兩相隣白條紋或黑條紋的中綫之間的距離作為一綫。例如，如果儀器應當鑒別不小於每公厘20綫，則在照片上

或屏幕上能看到的兩相隣白條紋或黑條紋的中綫之間的距離應當不大於 $1/20 = 0.05$ 公厘。

對於監視的儀器通常應用以秒計的條紋之間的角距離來測量鑒別率。例如，如果儀器應當鑒別5秒，則這就是說，表上能夠分開的兩相隣白條紋或黑條紋在儀器物鏡方面的張角應不大於5秒。同時表上所畫的所有四個方向的條紋應當都能鑒別。

在有些情形採用條紋沿着圓的半徑分布並且寬度朝着中心漸減的表（見圖134）。在這種情形，鑒別率系根據包含條紋上儀器不能鑒別的模糊部分的圓的直徑來判斷。

影象質量不能從數量上來檢驗，因此在檢驗時一般利用已經通過的儀器作為標準，來比較被檢驗儀器的影象質量。

這時後者的象不應當比規定為標準的儀器的象壞。

§ 111. 用視度管檢驗視度讀數和視差

光學儀器目鏡視度圈的零綫的調節誤差一般允許不超過 $1/4$ 個視度。用視度表示的允許視差一般也是此數。

在檢驗成品儀器時，這些視差一般用視度管和准直管來測量。

視度管如圖135所示。它是一個物鏡可沿光軸移動的六倍望遠鏡。視度管的組成部分包括帶視度裝置的目鏡、帶十字綫的分划板和可移動的物鏡。物鏡的框子可以由兩個露在外面的小鈕沿着鏡管上的兩條縱槽的移動而在鏡管內移動。在物鏡的框子上有一

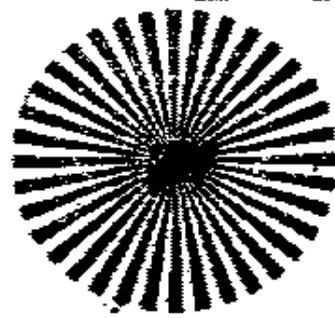
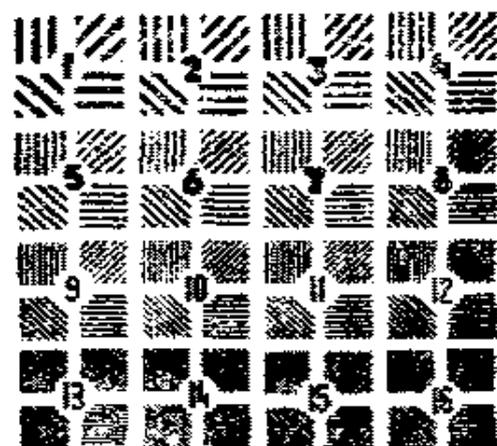


圖134 檢驗影象質量和鑒別率的表

环形线条的指标。根据通过望远镜上纵向孔看到的物镜上的指标，可确定物镜相对于刻在镜管外表面上的视度刻度的位置。视度刻度的分度自零线向两边每隔 $\frac{1}{4}$ 视度刻一格，并注上正号和负号。

当物镜上的指标和视度刻度的零线重合，如图135所示，视度管即调节在无穷远，也就是说，进入视度管的平行光束通过物

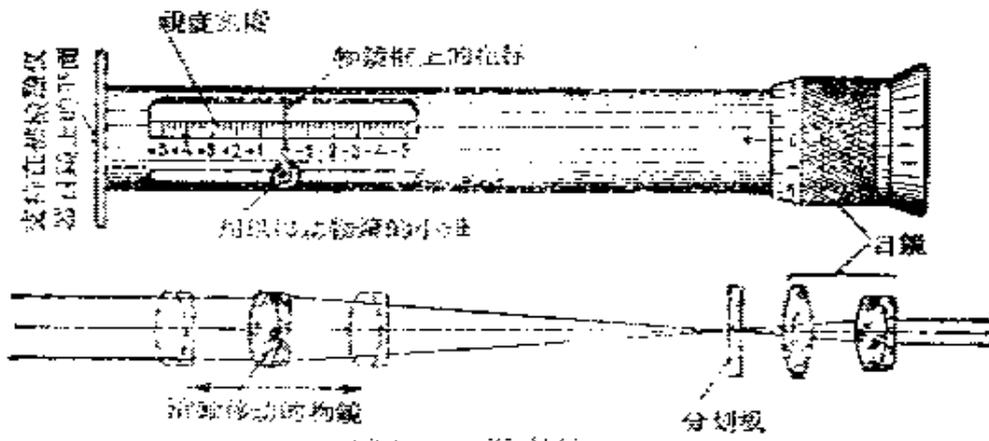


图135 视度管

镜后相交于和物镜焦点重合的分划板平面内。这时通过目镜可以同时看清楚视度管的分划板和无穷远物体的象。

如将物镜向任何一边移动，使它的指标不和视度分划的零线重合，则相交在分划板平面上的是进入视度管物镜的会聚光线或发散光线。进入视度管的光线的会聚程度可根据视度刻度的视度数来决定。例如，如果物镜移离分划板，使它的指标和+1视度的分度和重合，则1公尺远处的物体将在分划板平面上成一清晰的象，而当将物镜调节在 $+\frac{1}{2}$ 视度时，在分划板平面上将得到2公尺远处物体的清晰的象，以此类推。

为了测量方便，在视度管的一端有一法蓝盘似的罩子，它的平面即靠在被检仪器的目镜上。

“视度零位”的调节精度的检验进行如下：

1. 将被检仪器放在已校正于无穷远的准直管前。
2. 如被检仪器的目镜有视度装置，则使视度线和目镜上的零线重合。

3. 根据眼睛调节视度管的目镜，使得通过它能清晰地看到视度管的分划板。

4. 将视度管抵在被检验仪器的目镜上，移动它的物镜至得到准直管分划板的清晰的象。这时视度管物镜上的指标即在视度刻度上指示出测量到的以视度数计的误差。

类似地同时可进行测量视差。移动视度管的物镜至获得准直管分划板的清晰的象，并从视度管的刻度进行读数。然后移动视度管的物镜至获得被检验仪器分划板的清晰的象，并读取第二次读数。两次读数的差就是以视度数计的视差。

§ 112. 用倍率计检验仪器的放大率、出射瞳孔的直径和距离

前已叙述，望远镜的放大率可以由位于入射瞳孔处的物体的长度，被它在出射瞳孔处的象的长度除而得到。检验放大率时，通常是用刻了一对线条的玻璃刻度板或是圆孔或方孔的光阑，放在入射瞳孔处作为物体。为了便于安装，玻璃刻度板或光阑带有罩子形状的框子，套在被检验仪器的入口孔处。刻度板上线条之间的距离、光阑的直径或是正方形的边长预先用测量显微镜或比长仪精确测出。为了方便起见，测量出的数目刻在刻度板或光阑上。

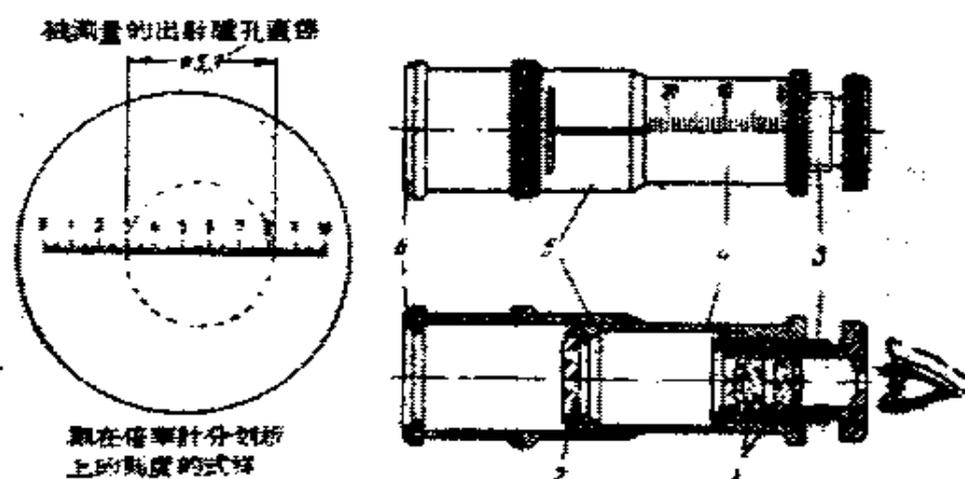


图136 倍率计。外形图和剖面
1—透镜；2—分划板；3—内管；4—中管；5—外管；6—橡皮罩。

在出射瞳孔处的象的大小用倍率計来測量。

倍率計是一个放大鏡，一般是十倍的，在它的焦面处有一玻璃的刻度板，測量的时候刻度板和被檢驗儀器的出射瞳孔相重合。图136示倍率計的构造。倍率計的光学部分是放大鏡的透鏡1和分划板2，后者是一个放在放大鏡焦面上的圓形玻璃刻度板。

倍率計的机械部分是三个套起来的可移动的管子：內管3、中管4和外管5。透鏡1装在管3里。带刻度的分划板2装在中管4里。管3沿着螺紋在管4內移动可将放大鏡对准得使刻度清晰。刻在倍率計分划板上的刻度的式样如图136所示。刻度的分度值为0.1公厘，总长10公厘。虛綫表示被測量的出射瞳孔的圓形輪廓。外管5可以沿着中管4移动，在它的外端有环形的橡皮罩6，用以将倍率計支持在被檢驗儀器的目鏡目透鏡的玻璃表面上。中管4的外面刻了由0至30公厘的公厘分度。外管5的鏡边沿着这些分度移动，根据鏡边就可以讀出由分划板2的平面到橡皮罩6支持面之間的距离。当分划板2的平面和橡皮罩6的支持面重合时，外管5的鏡边即和刻在管4外面的刻度的零綫重合。

这种构造的倍率計可以用作測量儀器的放大率、出射瞳孔的直徑和它离开目透鏡的距离的一种方法。

放大率的測量按下列程序进行：

1. 在被檢驗儀器的入口孔（多半是物鏡框）上套一个带有光闌或玻璃刻度的罩。这时光闌或刻度的平面不应当有看得出的傾斜，即它应当尽可能和光軸垂直。

2. 借在管4內沿着螺紋轉动管3，根据眼睛調节使倍率計的分划板2很清楚。

3. 将倍率計上橡皮罩6的支持面抵在被檢驗儀器的目透鏡上，并在管5內移动管4至在倍率計分划板平面上得到安装在入口孔处的光闌或刻度刻綫清晰的象。

4. 由倍率計分划板的刻度确定放在入口孔处的光闌孔的象或刻度上一对刻綫之間距离的象的大小。

如前所述，將預先量得的光闌直徑、它的正方形邊長或是玻璃刻度上綫條之間的距離，被用倍率計測得的這些綫段的象的大小除，即得到放大率。例如，如果光闌的直徑或是玻璃刻度上一對綫條之間的距離等于30公厘，而這些綫段在出射瞳孔處的象的大小等于5公厘，則放大率等于

$$\frac{30}{5} = 6^{\times}。$$

為了測量出射瞳孔的直徑，從被檢驗儀器上取下光闌或玻璃刻度（檢驗放大率時裝上的），用手指將外管5壓緊在被檢驗儀器的目鏡的目透鏡上，在外管5內移動倍率計，至得到出射瞳孔清晰的輪廓。由倍率計分划板的刻度讀出出射瞳孔直徑的公厘數和十分之幾公厘數。這時倍率計應當安放得使它的分划板上的刻度通過出射瞳孔的直徑（見圖136）。

不使倍率計的外管5和中管4有相對移動，由刻在中管4外面的公厘刻度讀得出射瞳孔至目透鏡表面的距離。

對於規定的放大率，出射瞳孔直徑和它離目透鏡的距離的允許偏差，在驗收成品儀器的技術條件里規定。一般對儀器放大率的計算值的偏差允許不超過5%。例如，如果儀器的放大率規定為 6^{\times} ，則實際上它可以到不小於 5.7^{\times} 。對於雙筒的儀器一般對儀器左右兩半的放大率的差允許不超過2%。

出射瞳孔的直徑決定通過儀器的光量。出射瞳孔的面積愈大，進入觀察者眼睛的光就愈多，因此，在昏暗的條件看照度弱的物體也就愈清楚。但是出射瞳孔的直徑做得比眼瞳直徑還大是沒有用處的，因為光綫雖然能通過儀器，但不能射入眼瞳里，因此沒有用處。因此觀察儀器的出射瞳孔要做得直徑儘量大，但不要大於6~7公厘。一般出射瞳孔的直徑對於計算值的偏差允許不超過5%。

出射瞳孔不允許有明顯地減少它的面積的切割。瞳孔的切割可能是由於稜鏡和它們的框子安裝得不正確而產生（直綫切割），或者是由於圓形光學零件或它們的框子相互間的偏移而產生（扇

圓形瞳孔)。瞳孔的切割也用倍率計或者用簡單放大鏡來檢查。

出射瞳孔與目透鏡的距離，根據觀察者的眼對於目鏡正確放置的條件來考慮。對於不帶防毒面具觀察用的儀器，瞳孔距離做成10~12公厘。這樣可將眉毛抵在目鏡罩上，而使出射瞳孔和眼瞳重合。對於軍用儀器出射瞳孔距離一般做成20~22公厘。這是為了可以在觀察者的眼和儀器目鏡之間放入防毒面具的玻璃，而出射瞳孔和眼瞳能重合。

§ 113. 視場角的檢驗

自通過固定不動的儀器所能看到的直徑方向相距最遠的兩點，到儀器物鏡中心的两條光綫之間的夾角，叫做光學儀器的視場角。

通過固定不動的儀器同時看到的整個空間部分，即儀器的整個視場，一般是一個輪廓分明的圓。這個包容視場的圓是分劃板框內孔的輪廓，或者是放在儀器焦面上的特殊光闌的輪廓。

准直管分劃板刻度

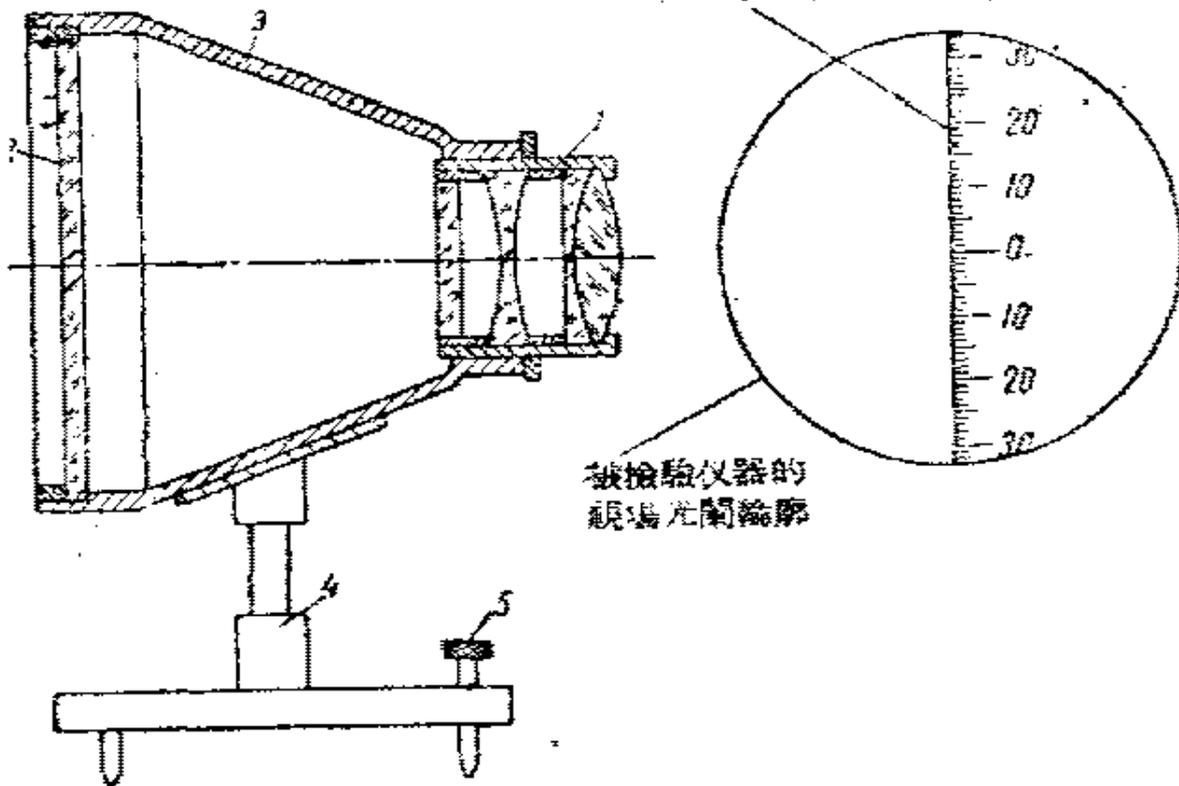


圖137 檢驗視場角用的广角准直管：

1—物鏡；2—分劃板；3—本体；4—座；5—調節螺釘。

鮮明地限制儀器視場的光圈叫做視場光圈。

視場角可以用各種不同方法來測量。實踐上多半是用廣角准直管來測量視場角，它的剖面圖解如圖137所示。

廣角准直管由物鏡1、分劃板2、本体3和帶調節螺釘5的座4所組成。裝在物鏡表面處的分劃板上有單位為度和分或是六千分之一圓周（密位）的刻度。准直管物鏡的影象質量應當很好，它的視場應當比被檢驗儀器的視場大。

視場角的測量進行如下：

1. 將被檢驗儀器放在廣角准直管的前面，使它的物鏡和准直管的物鏡相對，同時使它們的光軸儘可能重合。

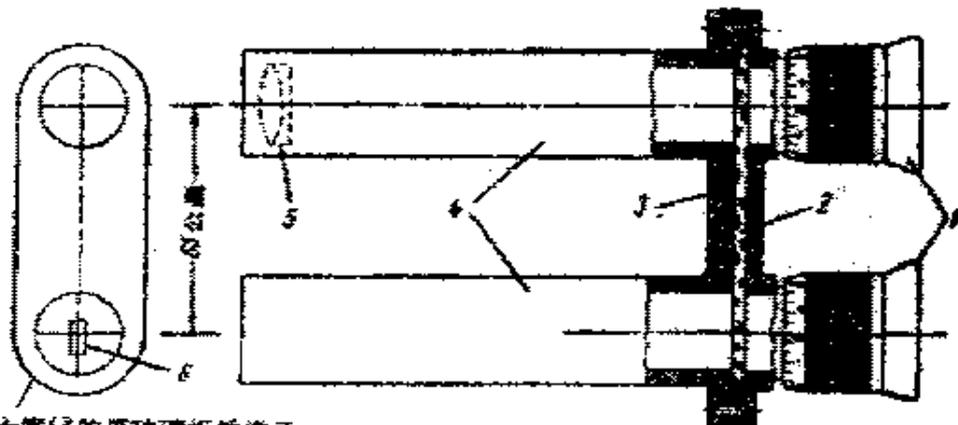
2. 通過目鏡觀察，一面調節儀器或者利用調節螺釘調節准直管，使得准直管分劃板上的刻度通過視場光圈的圓的直徑，如圖137上所示。

准直管上包括在視場光圈的圓內並通過它的直徑的刻度部分，就示出被檢驗儀器的視場角。

§ 114. 雙筒儀器光軸平行度的檢驗

雙筒儀器的光軸平行度在實踐中系借能給出兩束彼此平行的光束的准直管和平行望遠鏡來檢驗。

准直管可以由兩個彼此強固連接在一起的光軸平行的准直



帶十字綫的平玻璃板的樣子

圖138 檢驗雙筒儀器光軸平行度用的平行望遠鏡：

1—目鏡；2—分劃板；3—平玻璃板框；4—鏡筒；

5—物鏡；6—長方形

管所組成，或者是一個物鏡的直徑比被檢驗儀器光軸之間的距離大的准直管。

在前一種情形被檢驗儀器調節成這樣，使它的物鏡對向准直管的物鏡，并使左准直管的分划板可以通過被檢驗儀器的左目鏡看到，而右准直管的分划板則可以通過右目鏡看到。

在後一種情形被檢驗儀器調節成這樣，使它的兩個物鏡對向准直管的物鏡，并使通過被檢驗儀器的兩個目鏡可以同時看到同一個准直管的分划板。

准直管可以用足夠遠的地面物體來代替，將被檢驗儀器對准該物體，使得通過儀器的兩個目鏡能同時看到它。

在儀器的目鏡前面放了光軸彼此平行的六倍平行望遠鏡（圖138）。兩個目鏡1有一公共的平玻璃板2，其上有對左右目鏡的兩個十字綫。平玻璃板的框子3同時和兩個鏡筒4強固地連接。望遠鏡的兩個物鏡5裝在偏心框里，偏心框可與光軸垂直地移動。這種移動物鏡的可能性是調整望遠鏡軸的平行度所必須的。望遠鏡的目鏡軸之間、物鏡軸之間以及平玻璃板十字綫中心之間的距離均等於65公厘，相當於觀察者眼鏡之間的正常距離。

光軸平行度的檢驗進行如下：

使右望遠鏡十字綫中心、被檢驗儀器的右目鏡和准直管的十字綫中心重合。當利用地上的物體時，使右望遠鏡的十字綫中心、儀器的右目鏡和地上物體的某一點，例如，煙囪的尖頂、避雷針等相重合。

如果被檢驗儀器的光軸平行度沒有超出允許的範圍，則儀器右半所對准的准直管十字綫中心或遠物的一點，應當和左望遠鏡的十字綫中心重合，或者是在長方形G的範圍內。這個長方形是刻在平行望遠鏡的平玻璃板左方十字綫上的。它的輪廓就是雙筒儀器光軸不平行度的允許偏差。

當定期地檢驗光軸平行度時，應當肯定一點，就是所應用的檢查工具（准直管和平行望遠鏡）本身沒有失去它的光軸平行度。

如果應用一個大直徑物鏡的准直管，則應當用自動准直法來

檢驗它的分划板是否安裝在物鏡的焦面上。

如用遠物來代替准直管，則遠物的距離應當選到從它的任一點來的到被檢驗儀器物鏡中心的兩條光綫之間的夾角不大於1分。對於物鏡之間的距離不大於1公尺的儀器（例如雙筒望遠鏡和迫斂鏡），應當選擇距離不小於4.5公里的物體。

平行望遠鏡也應用不遠於1公里的遠物來定期地檢驗。當通過固定不動的強固連接在一起的平行望遠鏡觀察時，物體同一點的像應當精確地和左右鏡筒的十字綫中心相重合。如果不重合，則借轉動物鏡的偏心框來進行調整。

平行望遠鏡還可以用自動准直法來進行檢驗。為此在桌上放一個外面鍍銀、反射表面足夠精確的反射鏡。將平行望遠鏡物鏡向下垂直地靠在反射鏡上，使得它的光軸和鏡面垂直。在桌上反射鏡旁放了一個電燈泡，使它的光射入觀察者的眼睛。這些光從眼睛的角膜反射下來進入望遠鏡的目鏡，足夠照亮望遠鏡的分划板並得到它們的自動准直像。稍微擺動支靠在反射鏡上的望遠鏡找到十字綫的反射象，並使它們和分划板本身重合。如果光軸平行度未破壞，則在每一個目鏡里由反射鏡反射回來的十字綫都應當和分划板本身精確重合。光軸的平行度還可以用前述的沙氏（А. П. Захарьевский）儀器來進行檢驗。

§ 115. 光學機械儀器的試驗

新制的或重新修理的光學機械儀器需經過特殊的試驗，以檢驗它們的工作可靠性和持久性。試驗的意思是在人造的、儀器在使用時會遇到的最嚴格的條件下來試驗儀器的工作。

使用條件不同的各種不同類的儀器要進行不同的試驗。使用光學機械儀器的條件是極為不同的。有的儀器使用時是固定不動的，並且是安放在正常室溫的乾燥的房間里的。這類儀器里包括各種實驗室測量設備。另一類儀器則相反，使用時是在不安定的環境里，並且經常要經受振動、撞擊以及雨淋、酷熱和嚴寒的影響。裝在軍艦上、飛機上和坦克里的光學儀器要經受振動和振

摆。射击时的后坐使光学瞄准具受到强烈的抖动。陆上的仪器由于经常在坏的道路上传输而经受到振动和碰撞。很大一类光学机械仪器是在露天工作的。所有上述的这些仪器都应当绝对地完全没有毛病地工作。

对应于这些使用条件，一般需进行下列的人工试验：

- 1) 震动、射击和振摆；
- 2) 人工雨（“浸”）；
- 3) 加热；
- 4) 冷却（冷冻）。

每一种仪器需受试验的种类、程序和延续时间决定于它们的用途，并在验收的技术条件里载明（技术条件是载录被试验仪器应当满足的要求、检验和试验的清单）。

应该说是没有完全一样的试验程序的。在实际生产中一般总是先进行震动、射击和振摆的试验，首先检验装配的牢固性。然后进行人工雨、加热和冷却试验。这种程序之所以有利是因为，如果在人工雨淋时潮气进入了密封得不好的仪器里，并且当事后偶然地没有发觉出来，则在以后进行加热和冷却时，存在于仪器内部的潮气会成为玻璃表面上的水汽或是结霜而被发现。

震动、射击和振摆试验，有时也叫做机械性试验，是用专门的试验机来进行。震动的机器是平板形的，装在运输时用的箱子里的仪器就放在它的上面。平板支撑在凸轮上，借马达转动凸轮，平板即得到了快节奏的震动。这种力量的震动是在将仪器装在火车上、在坏的圆石路上运输时会受到的。试验延续时间由0.5~2小时。在没有专门的试验机时，可以简单地将仪器装在马车上或载重汽车上，在坏的路上走1~2小时来进行试验。

在大炮、机枪和迫击炮射击时要受到后坐力的仪器需经射击试验。它们是用会给予仪器相当于射击后坐力量的打击的专门试验机来进行试验。打击的次数由技术条件来规定。

装在飞机和军舰上的仪器，要经过在能给予仪器高频率摇摆的振摆装置上的试验。

机械性試驗以后，仔細地审察被試驗仪器的外部，并仔細地檢驗它的工作精度。檢驗零件是否脫落，螺釘是否松出，以及仪器的連接部分是否減弱。仔細地审察光学零件的情形。檢驗光学表面是否落灰和弄脏以及光学零件是否有裂痕、破边或其他的破損。在檢驗仪器的工作精度时是看仪器的調节和調整是否由于机械性試驗而有改变。

人工雨的試驗进行如下：将仪器以工作时的位置放在自 1.5 ~ 2 公尺高处落下的水流下面，水系从管子或淋浴用的噴头上的小孔中流出。水的温度与室温的差应不超过 $+5^{\circ}\text{C}$ 。試驗延續時間由 0.5 ~ 1 小时。試驗以后将仪器仔細地擦干并用壓縮空气流吹干，使得在外部零件之間的四坑和縫隙里的水滴全部去掉。然后审察仪器的內表面和光学零件的表面。这时最好抖动仪器以发现滯留在零件之間的水滴。在发现了仪器內部有湿迹时，仪器应当立刻拆开并仔細地干燥。在拆卸的过程中找出滲水的原因。

加热試驗在專門的加热室——加热櫃内进行。仪器在加热室內停留 2 ~ 3 小时。温度由 $+40^{\circ}$ 至 $+45^{\circ}\text{C}$ 。然后檢驗光学零件是否脫胶，潤滑油是否流出，光学零件的表面上是否蒙有水汽。当仪器內部存在潮气时就会发现有水汽。此外还需檢驗仪器在加热时和冷却后的工作精度和影象質量。

冷冻試驗在冷冻室內进行，仪器放在室中 2 ~ 4 小时，温度为 -40° ~ -60°C 。

試驗以后，在冷的状态下檢驗全部机构行程的容易程度。然后檢驗光学零件是否脫胶，以及光学零件表面上是否結霜。如仪器內部的空气干燥得不够，在冷却时会发现結霜。行程太紧可这是由于应用了不合适的潤滑油。

复 习 题

1. 檢驗儀器的鑒別率時是要確定什麼？
2. 你知道有那些影象質量不佳的特徵？
3. 什麼是檢驗鑒別率的表，它是用來做什麼的？
4. 什麼是視度管，它是用來做什麼的？
5. 如何測量視度？
6. 倍率計的構造如何，它是用來做什麼的？
7. 如何檢驗放大率？
8. 如何測量出射瞳孔直徑？
9. 如何測量出射瞳孔至目鏡目透鏡的距離？
10. 如何可以不用倍率計來測量出口瞳孔的直徑？
11. 如何用廣角准直管來測量視場角？
12. 什麼是視場光闌？
13. 檢驗雙筒儀器光軸平行度用的平行望遠鏡的構造如何？
14. 在用平行望遠鏡檢驗光軸平行度之前，如何檢驗它的正確性？
15. 你知道有那幾種光學機械儀器的試驗？
16. 經機械性試驗以後應當檢驗些什麼？
17. 震動試驗檢驗的是什麼？
18. 在人工雨、加熱和冷凍試驗以後，應當檢驗些什麼？

