

万能显微镜工作法

徐孝恩 编著

中国工业出版社

万能显微镜工作法

徐孝恩編著

中国工业出版社

本书比較具体地总结了万能显微镜的使用經驗。对仪器的使用方法、工件的測量方法、測值的处理和測量誤差、仪器的保养和維護等方面作了詳細地介紹。

本书可供計量檢驗人員閱讀。

万能显微镜工作法

徐 孝 恩 編 著

*

机械工业图书編輯部編輯 (北京苏州胡同 141 号)

中国工业出版社出版 (北京佟麟閣路丙 10 号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 110 号

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印張 $5 \frac{3}{16}$ · 字数 112,000

1964 年 12 月北京第一版 · 1964 年 12 月北京第一次印刷

印数 0,001— 6,610 · 定价(科六)0.65 元

*

統一书号: 15165 · 3220(一机-671)

目 次

引言	1
第一章 仪器的概括说明	1
第二章 仪器光学系统的特性及提高测量精度的措施	8
1 调焦原则	8
2 被测工件的形状与光圈的关系	10
3 立柱垂直性与特殊工件测量时的关系及其修正方法	18
4 测量时的压线和对线	23
第三章 万能显微镜各主要附件的使用方法	25
1 测量刀和其所属附件的使用	25
1) 测量刀的种类和其使用时的正确安装方法	25
2) 测量刀的检定	32
3) 测量刀的简易修理法	37
4) 测量刀的测量误差	37
2 特殊目镜头的使用	39
1) 双像目镜头的作用原理和使用方法	39
2) 双像目镜的技术数据	41
3) 在螺纹轮廓目镜头内几种特殊刻线的使用	42
3 光学灵敏杠杆的使用方法和用途	45
4 光学分度头的使用	48
5 光学分度台的使用	52
6 其他基本附件的使用	54
1) 测量平台	54
2) V形架	54
3) 径向跳动检查仪	55
4) 投影筒的使用与放大图的绘制	55
5) 摄影设备的使用	57
第四章 工件的测量方法	58
1 样板尺寸的测量	58
2 螺纹和螺纹刀具的测量	61

1) 螺紋零件的一般測量方法	61
2) 利用干涉法測量螺紋	75
3) 螺紋刀具——帶有奇數槽絲錐的檢查	78
4) 精密絲杠的測量	81
3 一般切削工具在萬能顯微鏡上的測量	85
1) 鉸刀前後角及鉗頭橫刃對稱性的反射測量法	85
2) 光截面法	88
4 齒輪滾刀和蝸輪滾刀在顯微鏡上的測量	90
1) 齒輪滾刀的測量	90
2) 蝸輪滾刀的測量	108
5 在萬能顯微鏡上對齒輪漸開綫的測量	109
1) 漸開綫的幾何性質和測量方法	110
2) 測量中所產生的誤差	116
6 帶前角的各種型銑刀的測量方法	117
第五章 測值的處理和測量誤差	119
1 過失誤差	120
2 系統誤差	121
3 偶然誤差	122
4 量值處理中的算術平均值原理	125
5 表征測量準確度的中誤差（均方誤差）計算方法	126
6 在萬能顯微鏡上測量時過失誤差的剔除方法與測值 處理實例	130
7 組合測量精度的計算	133
第六章 儀器的維護與保養	134
1 儀器的開箱與安裝	134
2 電路聯接	140
3 安裝後的檢查與缺點的消除和保養方法	141
4 萬能顯微鏡的負荷	146
5 鏡頭的保護	150
附錄 萬能顯微鏡及其附件的技術數據	154
附表 $\Phi(z)$ 數值與 z 值對照表	160
參考文獻	162

引 言

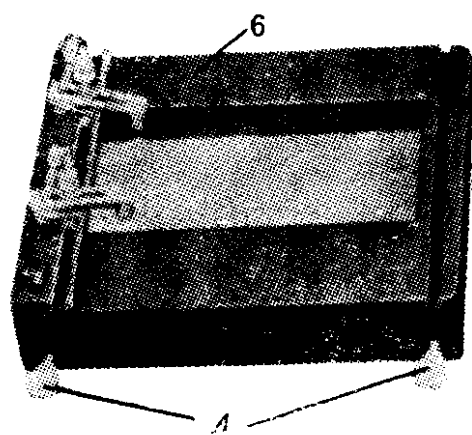
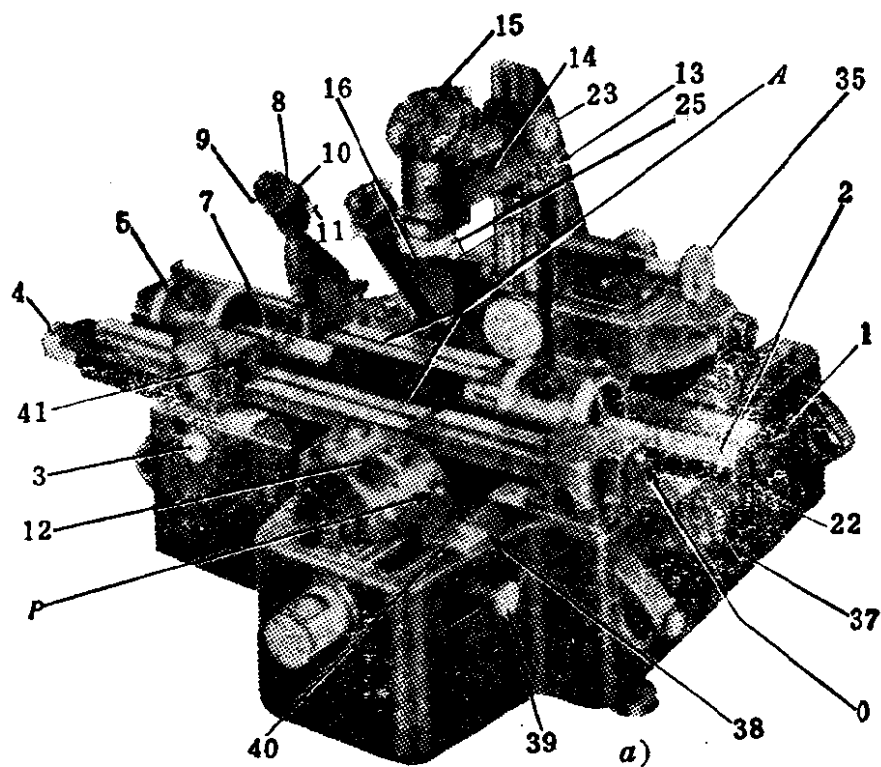
万能显微镜是机械制造厂常用的一种光学测量仪器。这种仪器具有一定的万能性和灵活性，可以对各种工件进行复杂的测量工作，如曲线样板、凸轮、螺纹和各种切削刀具等。它的应用范围极为广泛。如果再有经验丰富的计量工作人员，就能更加充分地发挥它的测量作用。

目前我国这种仪器的类型很多，有国外进口的（如苏联的、德意志民主共和国的等），也有国内生产的。为了使这些仪器更好地为机械工业服务，充分地发挥它的作用，提高测量精度，本文搜集了国内外一些经验，结合自己工作中的一些体会，对万能显微镜的精度、部件和测量方法，作了较有系统地叙述，供从事这方面工作的同志参考。

第一章 仪器的概括说明

万能显微镜是机械制造厂中比较大型和复杂的光学仪器。它可以按照工厂产品形状的不同，进行长度、角度的直接测量和复杂样板、成形刀具轮廓的相对测量。仪器的主要组成部分为纵横导板（图1），它们都通过滚动轴承安装在仪器的铸铁基座1上。纵导板2可在基座上作纵向移动，其移动范围为200毫米，按被测工件的需要，来对准测量的大概

位置, 然后可通过定位把手 3 加以固定。对于精密的安装, 则可通过微动螺絲 4 来达到。在测量时, 微动螺絲一般应当放置在可調整範圍的中間位置, 以保証足够的微动量。导板的上面有弧形导槽, 用来安装頂針座 5。在两頂針座上可以放置直徑为 100 毫米、长度为 700 毫米的工件。如果被測工件的



b)

图 1

长度超过这个尺寸,或者没有顶针孔的杆形工件,可以把两顶针座除去,安装上V形支架,来满足测量上的要求。有时被测工件要求除了长度测量外,还要求繞軸綫作某一轉角,这时可以把右顶针座向右方移掉,装上专用的光学分度头来达到上述目的。在纵导板的中間,具有带T形槽的准平面A,其上可以安装測量平台6,用来測量样板之类的工件;亦可安装光学分度台及測量螺紋等用的測量刀等附件。导板的左方有一长方形框7,是200毫米标准玻璃刻度尺之所在。其上有螺旋讀数显微镜8,作为測量时纵向讀数之用。这纵向讀数螺旋显微镜的机体是和基座1紧密結合。上面有螺旋讀数显微镜的镜头,在镜头內有一块用滾花輪9来旋轉的玻璃板,板上刻有螺距为0.1毫米高精度的阿基米德螺旋綫。另一端有圓周刻度,将圓周为100等分,分度值相当于0.001毫米。在镜头內的另一块玻璃上,刻有0.1毫米的10条刻綫。这两块玻璃刻度板在目鏡的同一成像面上。再結合从物鏡上来的毫米刻綫,这样就組成了一套完整的讀数系統。測量时,纵导板的移动,使毫米刻度尺在螺旋讀数显微镜的視野內相对移动,当在某一測量位置进行讀数时,用手旋轉滾花輪9,使阿基米德螺旋双綫和視野內毫米刻綫相套,如图2所示。

該螺旋讀数显微镜帶有零位調整裝置,也就是說当我們希望測量的第一个讀数为整数时,这时只要把0.001毫米的分度值零位和标綫重合,然后放松螺絲10,旋轉調整螺釘11,使整个螺旋讀数显微镜的头部,相对毫米刻綫进行移动,使阿基米德螺旋双綫和两端毫米刻度相符合一致。这时再把螺絲10紧固,就得到要求的整数讀数了。这就是第一次整数調整的測量方法。对于技术比較成熟的計量人員來說,是不

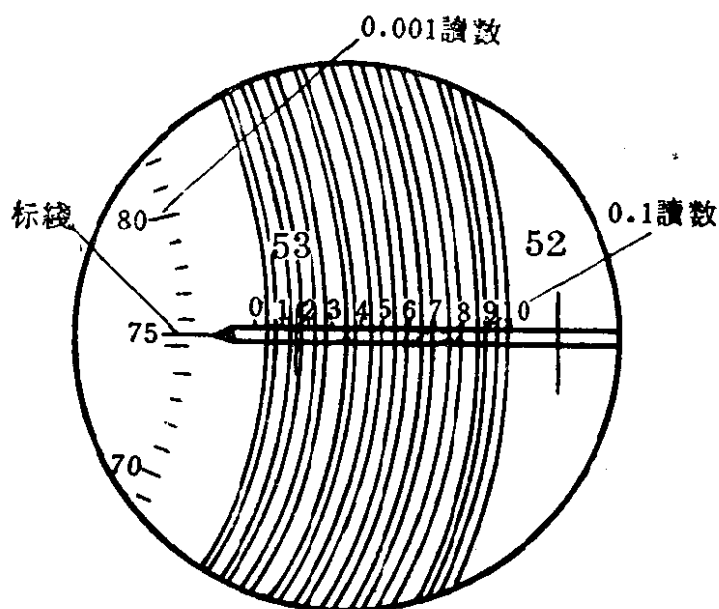


图 2

允許採用第一次整數調整的測量方法的。其原因是為了減少測量時的讀數誤差。大家知道，每一個人對某一儀器刻度尾數進行估計讀數時，都有一定的主觀誤差，這種主觀因素所造成的誤差，一般多是常數，即不是偏高就是偏低。如果我們用兩次測量來決定一個工件的尺寸時，首先是以儀器的機構來控制整數，其次是以主觀估計來決定讀數的尾數，這就勢必造成一個讀數誤差。假如我們測量時，第一次的讀數也是按照一般正規估計讀數，如前所述，一般估計讀數所引起的誤差多系常差的原因，使兩次讀數中所引起的這項誤差在處理時互相抵消，而提高了測量的精度。所以我們在这些精密的光學儀器上進行測量時，不願意為了貪圖一些微小的方便而損失了寶貴的測量精度。反過來說，如果有些操作者在必要時須要調整零位，則必須嚴格遵守前述的操作步驟，也就是說只有在放鬆螺絲 10 之後，才允許旋轉調整螺釘 11，否則就可能由於內部推力彈簧的過分壓縮，在放鬆螺釘 10 時，

給鏡頭带来突然的撞击，而引起鏡頭內玻璃刻綫板相互位置的破坏。

横导板 12 在基座 1 上，可以作 100 毫米的移动。其移动方向与纵导板垂直，横导板上連有中央显微鏡支架 13，用来安装中央測量显微鏡 14。中央显微鏡的目鏡 15 和物鏡 16，都可以按照測量的需要进行更換。一般測量时，多用带米字綫的目鏡頭，它的作用是測角和对綫。其他还有螺紋目鏡、圓弧目鏡、双像目鏡等，可以根据工作需要不同而分別选用。在安装时，可通过螺絲 17（图 3）的放松，用右手把彈簧支杆 18 往上拉，然后把

目鏡頭取下，装上另一个目鏡頭。但必須注意安装基准問題，因为有时会出现这样情况，在使用米字綫目鏡頭时，安装基准和米字綫在“0”度时的十字基准刻綫与纵横导板移动綫彼此平行，但当换上另一个目鏡頭时，发现視

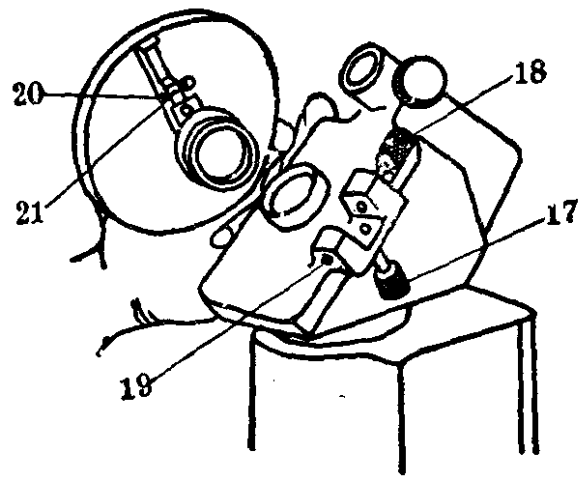


图 3

野內对准“0”度的十字基准刻綫不与导板移动綫彼此平行时。这显然对该目鏡的位置要进行調整，这时操作者应仔細认真，采取适当的調整方法。以螺釘 19 作为調整的对像（图 3），虽然能达到調整的目的，但是这样却为了满足一个目鏡頭安装基准的吻合，而破坏了其它目鏡頭的安装基准，使以后每換一次目鏡頭，都要調整一次基准。

目鏡頭安装基准的正确調整法如下：

在更換目鏡頭后，發現視野內的縱橫“0”位基準刻綫不与導板運動方向重合時，首先把目鏡頭定位螺絲 20 的夾緊螺絲 21 放鬆（圖 3），再用細的針狀扳手來調整螺絲 20，使視野內的基準和導板移動方向重合。用這方法來改變所調整目鏡頭的安裝位置，就不会改變其目鏡頭安裝時的基準，因此當安裝上其他目鏡頭使用時，無須再進行調整。

安裝各種目鏡頭時，必須注意物鏡的放大倍數，因為在目鏡頭的玻璃板上，所畫標準輪廓的大小和物鏡倍數相對應。如果所用物鏡的倍數不能同標準輪廓所規定的相適應，就可能造成測量上的錯誤。顯微鏡附帶的四個物鏡，放大倍數分別為 $1\times$ 、 $1.5\times$ 、 $3\times$ 和 $5\times$ ，其中 $3\times$ 是標準物鏡。目鏡頭內的許多標準刻綫和輪廓的放大率都以它為根據。物鏡在安裝和更換時，須特別小心，安裝方法如圖 4 所示，以右手各指抓住物鏡的滾花部分，用掌心保護鏡頭，防止下落。更換時，則以左手掌心放置目鏡之下，用右手手指旋物鏡滾花部分，這

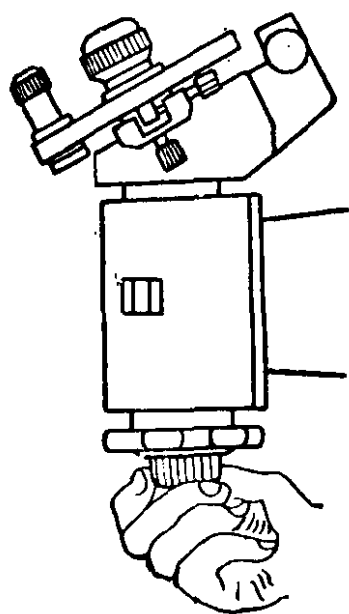


圖 4

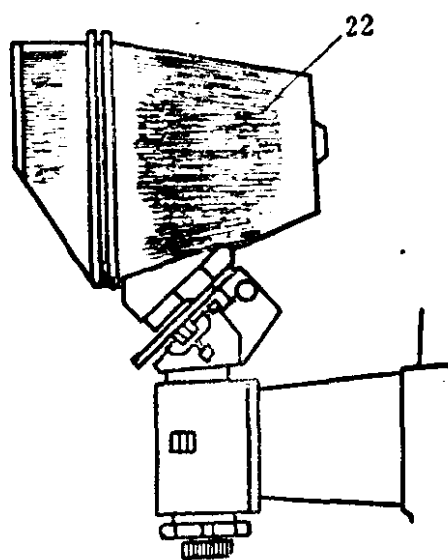


圖 5

样安装可以避免镜头不小心滑落和使光学玻璃蒙上油垢。

为了檢驗螺旋形的工件并在螺旋綫的法向对像起見，中央显微鏡支柱可以作 $\pm 12^\circ$ 的摆动。横导板的其他部分都和纵导板类似，但纵横螺旋讀数显微鏡的讀数方向剛剛相反，一个按順时針方向增大，另一个按順时針方向减小，所以当我們使用纵横螺旋讀数显微鏡同时进行測量时，在 0.001 毫米刻度的讀数方向上就很可能互相混淆。当我们进行数字繁多的測量时，更应注意，以免因誤讀測值而需进行重复測量。

中央显微鏡的照明光源是 6 V / 30 W 的小灯泡。在进行投影測量时，并不使用綠色滤光器，而以白光自下向上照射，使被測工件在投影屏 22 內成像，投影屏則安装在接目鏡的位置（图 5）上。

測量圓形工件时，焦距的精密調整，可以用 焦距規 23 来进行。必須指出，焦距規只能作調整焦距之用，不能用作其他工作。因为焦距規在半圓缺口上的刀刃长度很短，有人用它来察看頂針軸綫和导板移动方向的密合程度，这样往往把这刃口来回在視野內相对米字綫移动，以求得頂針軸綫和米字橫刻綫之密合，来調整頂針軸綫和导板移动方向的密合性。其实这样来回移动，只能观察导板移动方向和米字綫的密合性，而和頂針軸綫与导板移动方向的密合性无关。要使頂針軸綫和导板移动方向密合，一般都用校正棒，或高精度的心杆来进行調整（如对大型工具显微鏡）。但对万能显微鏡來說，因为頂針安装导軌已被仪器纵导板所控制，无需考虑这一問題。

关于万能显微鏡的其它几項主要附件，如光学灵敏杠杆、徑向跳动檢查設備、照相設備、高頂針座及測量刀的全套附件等将分別在以后各章詳述。

第二章 仪器光学系统的特性及 提高测量精度的措施

1 調焦原則

在万能显微镜上进行测量时，首先遇到的一个问题，就是如何在目镜的视野内取得清晰的标准刻线和物像。换句话说，也就是要求物像和米字线分划线的像在同一聚焦面上，这样才能保证测量的正确性。

举例来说，在工厂里时常使用游标卡尺，当用它来测量工件进行读数时，由于游标距主尺刻度面有距离 ΔL 及视线不可

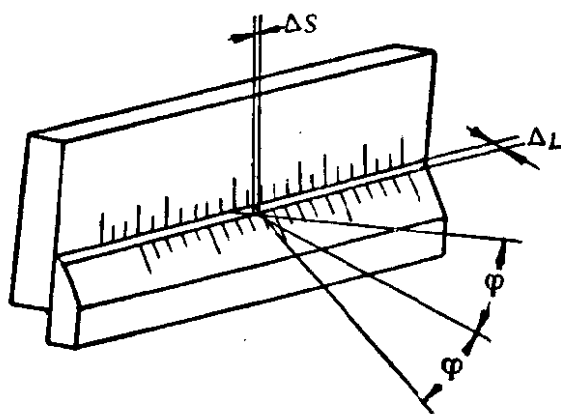


图 6

能完全和读数平面垂直，就势必带来读数误差（图 6），其值为

$$\Delta S = \operatorname{tg} \varphi \cdot \Delta L。$$

因为 ΔL 越大，误差也就越大。对于万能显微镜来说，也有同样情况，它是由于调焦方法不对而引起。因为仪器不是只为某一个人使用而设计，因此对于目镜上的视度，由于使用者目力不同，要求补偿程度也不一样，如果使用时不注意这点，而只要求物像清晰，用手轮 23 来移动悬臂（图 1），使工件在视野内成像清晰，然后当测量时，感到目镜头内米字

刻綫像不清楚，而調整接目鏡套外的滾花圈24，使米字綫像清晰而进行測量，这样就使物像和米字刻綫的像不落在同一聚焦面上（图7）。这时測量就感到压綫非常困难，每压一次綫，由于观察位置的移动，即有不同的数值，这样就大大的增加了仪器讀数的視差散发值，降低了測量准确度。关于它的正确調焦原則如下：

当在工作台上或頂針間裝上工件后，首先从目鏡視野內仔細觀察米字刻綫是否清晰，如果視野內影像不够清晰，应調整滾花圈24，使視度和測量者視力相适应，在視野內得到清晰的米字綫影像。然后再移动显微镜悬臂或焦距微調环25，使視野內物像輪廓清晰，并移

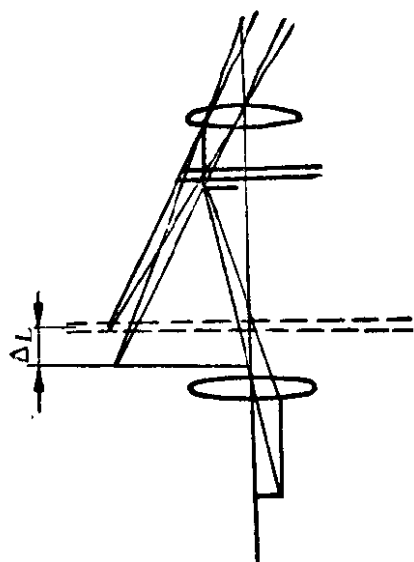


图 7

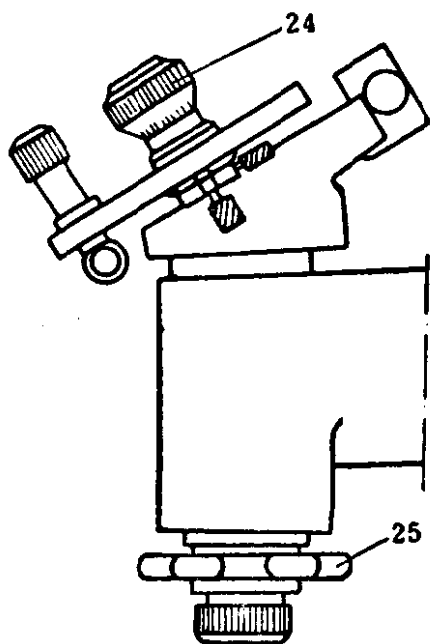


图 8

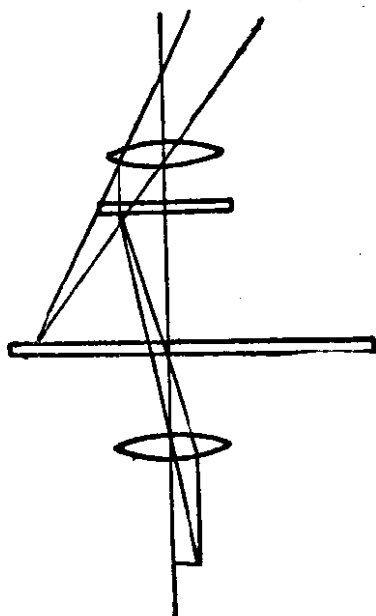


图 9

动纵横导板来使米字綫和被測件影像輪廓邊緣相互重叠（一般叫做压綫）。为了进一步檢驗調焦位置的正确性，測量者的眼睛可在接目鏡上略作晃动，觀察視野內物像和米字綫刻綫所压的輪廓邊緣有否相对移动，如无相对移动，則說明被測件成像平面是正确的落在米字綫的分划板上（图 9），这时就可以进行測量。反之，如果米字刻綫所压的輪廓邊緣有相对移动，則說明显微鏡和被測工件之距离还有問題，这时可以轉动焦距微动調整环25，直到滿足图 9 要求为止。

2 被測工件的形状与光圈的关系

物像調整清晰后，就要注意光圈問題，光圈的調整应严格遵守使用規則。

在万能顯微鏡和其它同类型的工具顯微鏡上进行測量时，成像光綫由仪器本身內所裝置的灯泡供給。灯泡的灯絲一般落在聚光透鏡的焦平面上（图 11），这样当灯泡通电发光后，灯絲各点射出的光綫，經過聚光透鏡各自成一束平行光綫，这样汇交而成的总光束，再經過一組透鏡，然后經 90° 反射后，照射被測物体，并进行造像。这时的光束不完全和主光軸平行，而和它成一定的角度。这样的光束如果作为刀口測件或輪廓邊緣比較薄的測件的造像时，問題不大，因为这时光的反射和繞射的影响，对像的失真起不了大的作用（图 11）。

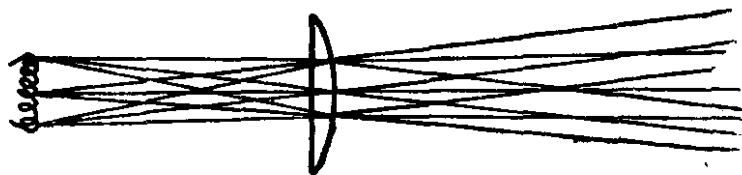


图 10

但当测量的工件具有一定厚度时，由于造像光线不是平行光，就要带来一连串影响。例如我们测量一块样板（图 12）时，其厚度为 h ，焦平面为 $d-d$ 。这时下面一束光线 $ABCD$ 上来时，就有一部分光线在被测工件表面反射，然后一起进入物镜造像。这时就产生了一个问题，从图 12 可以看出， BCD 光线在被测工件表面反射以后进入物镜造像，使我们在视野内观察到的物像除了明暗程度冲淡外，观察到的像不是 O 边缘的轮廓，而是 O' 边缘的轮廓。也就是说使被测工件轮廓的尺寸缩小。但这里必须说明，我们测量的样板往往是相当厚的，这样在测量时事实上不能在 $d-d$ 的边缘对准

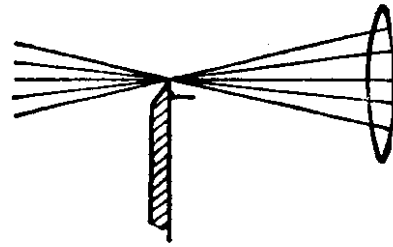


图 11

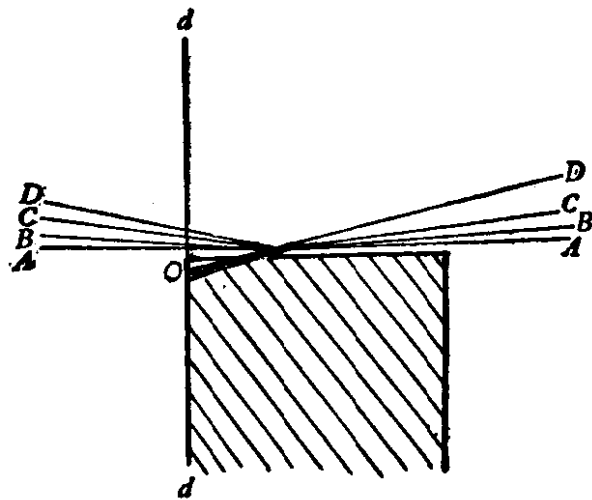


图 12

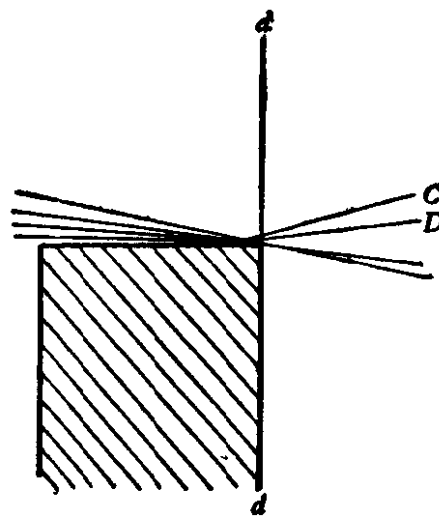


图 13

焦平面，也就是说只能把焦平面落在靠近物镜的这一平面

上，这样才能得到清晰的物像。这时光线将以下面方式投射在视野内，所得像的轮廓是基本可靠。因为这时 CD 光线不起造像作用，只给物像的旁边添一点光辉而已（图14）。由此可知在一般平直边缘样板的测量中，不大考虑造像光束和主光轴的平行性问题也就在这里。严格说来，因为我们焦平面有一定空间深度，这样还是要给我们测量上带来一定影响。那末为什么要在这里叙述上面的现象呢？这是因为我们在万能显微镜和其同类型的工具显微镜上所测量的不仅仅是平直棱形体的样板，而是要测量许多曲面体的轮廓，如：圆柱直径，螺纹，曲面样板等。这时显然不可能把焦平面和前述样板一样能调在测量的上平面位置，这样由于造像不是平行光就要给我们带来测量上的误差。上面首先以平直棱体样板来举例主要是容易说明非平行光束造像的一些性质。

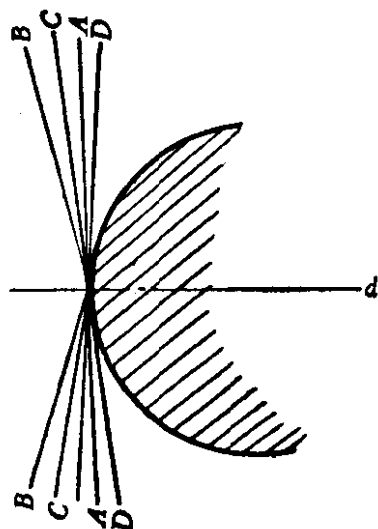


图 14

在测量圆柱时，可以从图 14 看到焦平面总是对在圆柱的直径位置上，这里可以知道在这焦平面附近表面的弯曲不是一个突变，而是慢慢变化的，在这焦平面附近的一段几乎是平直轮廓，这样就要在造像时产生前述的误差，也就是说由于 CB 光线在表面反射的影响使被测工件的尺寸缩小。这里还可以看出很明显的問題，如果一束性质相同的非平行造像光束，在照射其不同测件直径的表面时，显然其影响是不同的。当直径小时曲率加大， CB 光线对它所形成的造像误差就将大大减弱。以上所说是圆柱成像时的情况，这也就是说它是曲