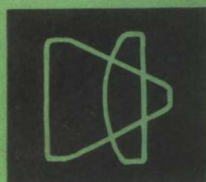


光学仪器丛书

636280

571212

4607



仪直准自

杨靖岳 邵荫梅 张仁岱 周明家 编



1212

07

机械工业出版社

光 学 仪 器 丛 书

自 准 直 仪

杨靖岳 邵荫梅 张仁岱 周明家 编



机 械 工 业 出 版 社

本书在叙述自准直仪的原理、结构的基础上,着重介绍了自准直仪的使用及维护、修理知识。对国内外常用的自准直仪也作了简单的介绍。

本书可供计量检测人员阅读。

光学仪器丛书

自准直仪

杨靖岳 邵荫梅 张仁岱 周明家 编

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $3 \frac{3}{8}$ · 字数 72 千字

1982年3月北京第一版·1982年3月北京第一次印刷

印数 0,001—4,300 · 定价 0.30 元

*

统一书号: 15033 · 5239

目 录

第一章 概述	1
一、自准直仪的特点和分类	1
二、自准直仪的应用	2
第二章 自准直仪的结构原理	3
一、自准直测量原理	3
二、测微读数系统结构原理	6
三、照明系统结构	11
四、光管与基座的结构	13
五、光电自准直仪的结构原理	16
六、常用附件	19
七、仪器的精度分析	24
第三章 自准直仪的使用	30
一、仪器使用前的准备、安放与调整	30
1. 使用前的准备	30
2. 仪器的安放与调整	30
二、导轨不直度的测量	33
1. 不直度误差分析	33
2. 不直度误差的测量及数据处理	36
三、不平度的测量	44
1. 测量剖面的选择和测点要求	45
2. 不平度测量数据处理	45
四、垂直度的测量	59
1. 铣床导轨垂直度的测量	59
2. 机床主轴与工作台垂直度的测量	60
3. 动态检验机床主轴装配质量的方法	61

IV

五、平行度的测量	62
1. 二外表面平行度的测量	62
2. 二内表面平行度的测量	62
3. 机床拖板在床身上移动情况的测量	63
4. 有水平（或铅直）要求的平面相互位置的检验	64
六、圆周分度误差的检定	65
七、利用自准直仪进行小角度的测量	68
1. 直接测量法（双象法）	68
2. 比较法	70
八、自准直仪的其它应用	71
1. 蜗轮圆周分度的检验	71
2. 管状水准器格值及灵敏度的检验	72
3. 轴向窜动检验	72
4. 自准直仪格值的检定	73
第四章 自准直仪的维护和修理	75
一、光学仪器的特点及一般的维护常识	75
二、自准直仪光学零件常见疵病与产生原因	76
1. 光学零件的发霉	76
2. 光学零件的生雾	77
3. 附着物	77
4. 脱胶	78
5. 分划板刻线脱色	78
6. 反射膜、增透膜和分（析）光膜的损伤	78
三、自准直仪的修理和装调	79
1. 分光棱镜的装调	79
2. 目镜装调	80
3. 物镜装校	81
4. 光电测微目镜头的装配	82
5. 平行光管的调整	83

6. 装光敏电阻并与检波器配套统调	86
7. 示值误差的调整	86
四、光电自准直仪的维护和注意事项	88
第五章 仪器介绍	90
一、常用的国外自准直仪	93
1. TA53 型光电万能显微自准直仪	93
2. TA50 型万能显微自准直仪	95
二、国产仪器介绍	96
1. 702 型光电自准直仪	96
2. JZC 型自准测微平行光管	97
3. 42J 型测微平行光管	98
4. HYQ-011 型平直仪	100
5. 平面度检查仪	101

第一章 概 述

一、自准直仪的特点和分类

自准直仪(又称自准测微平行光管)是一种应用光学自准直成象测微原理工作的高精度测试仪器。它是利用光学自准直法,把角度量变换成线量,然后用测微器测出其线量变化而间接地把角度量检测出来的办法来测出反射面微小角度变化的。由于自准直法原理相当于光学杠杆作用,而光轴相当于杠杆基准(或起始)位置,所以只要光管相对位置固定,其基准就定下来了。如果检测光束与光轴发生偏斜,就会产生一定偏角,使分划板象产生相对位移,用目镜等放大后即可检测出来。

光学杠杆在光学仪器中是比较容易实现的,而且只要有足够的放大率,其灵敏度也可达很高。因此自准直仪具有原理、机构简单,精度高,使用方便、可靠、仪器体积小和便于携带等优点,故很早就获得了广泛的应用。目前这类仪器被用于各精密机械加工、计量、科研、大型设备安装以及军事工程等部门。

随着科学技术的不断发展和加工技术的不断提高,使加工工件要求越来越高,机构也日趋复杂,故对检测仪器也提出了更高要求。由于自准直仪应用的广泛性,有时甚至只有自准直仪才是唯一可用的测试仪器,故对自准直仪也提出了更高要求。所以为了适应不同要求,自准直仪从开始应用,发展到现在已形成了一套较完整的系列,品种型式也较齐全。

如按自准直仪外形特点,可分为管式和盒式二种。一般,管式用于计量测试部门较多,而盒式大都用在车间,作现场检测。

如按其精度和检测方法，自准直仪可分为目视、光电和伺服三种。一般光电自准直仪精度比目视自准直仪高，使用、瞄准读数也较方便，但对环境要求也较高，故目视自准直仪大都作一般测试用，而光电自准直仪一般用在计量室等环境要求较高，测试精度要求也较严的场合。至于伺服准直仪，因为它有自动寻找目标的能力和自动跟踪的可能，故一般用在有特殊要求的地方。

其它，从光路测试原理看，虽然都应用自准直原理，但具体光路测试系统型式各不一样，此处不再详述，可参看第五章有关内容。

二、自准直仪的应用

自准直仪主要是用自准直法来测量被测物体在小角度范围内的微小角度变化。虽然它受其视场大小、物镜焦距长短、光度强弱的限制，使角度测试范围、精度和测试距离也有一定限制，但仍能满足各部门广泛的使用要求。从原则上讲，凡涉及到小角度测量的，自准直仪基本上都能应用。自准直仪不但本身原理、机构简单、而且配以一定附件后，能扩大应用范围。归纳起来主要用来检测的项目有：

- 1) 不直度、不平度等表面几何形状偏差。
- 2) 不平行度和不垂直度等相对位置偏差。
- 3) 小角度偏差及变化。
- 4) 回转零件及仪器的角度偏差。

近几十年来，随着科学技术和工农业生产的发展，自准直仪不仅生产数量增多，而且品种、质量也在不断发展、提高。发展高效、高精度、高稳定性和使用方便的自准直仪对四化建设必将有更大意义。

第二章 自准直仪的结构原理

一、自准直测量原理

自准直仪是以自准直法为基本原理，用测微系统对被测件进行角位移的精密测定的。如图 2-1，当照明灯 4 发出光线照明位于物镜 2 焦平面上的分划板 3 上的目标 O 时，如果 O 点在物镜 2 光轴上，那么由它发出的光线通过物镜后，成一束与光轴平行的平行光束射向反射镜 1，当反射镜面垂直于光轴时，光线仍按原路返回，经物镜后仍成象在分划板上 O 处，与原目标重合。

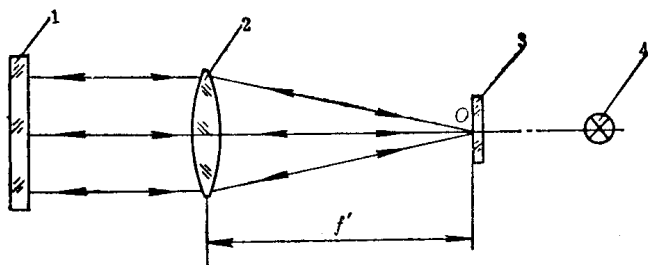


图2-1 自准直原理（反射镜垂直光轴）

1—反射镜 2—物镜 3—分划板 4—照明灯

如果反射镜面与光束不垂直，而是偏过一个小角度 α ，那么当平行光轴的光线射向反射镜时，光线按反射定律与原光线成 2α 角反回，通过物镜后成象在分划板上的 O' 处，与原目标 O 不重合而有 OO' 的位移量（如图 2-2）。当反射镜偏角为 α 时，根据几何光学原理，光线就偏转 2α ，这时就相当于进入物镜的是与光轴成 2α 角的平行光束，因此使

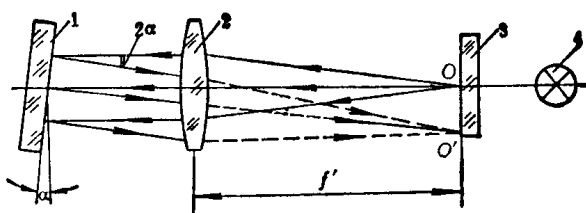


图2-2 自准直原理（反射镜与光轴成 α 角）

1—反射镜 2—物镜 3—分划板 4—照明灯

目标 O 与成象 O' 处有 x 的位移量，根据图 2-3 可推算出

$$x = f' \tan 2\alpha \quad (2-1)$$

式中 x ——平面反射镜偏转 α 角时在分划板上的目标位移量；

f' ——物镜焦距。

由于 α 角一般很小，所以上式可近似化简为

$$x = 2f'\alpha \quad (2-2)$$

因为物镜是一定的，所以 f' 是一固定常数。如果测知了 x 的数值，就可以根据式 (2-1) 计算出反射镜偏角 α 的大小。这就是自准直法的基本原理。自准直仪就是运用这一基本原理工作的。

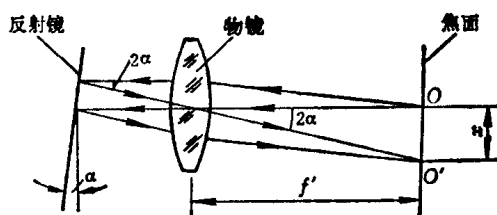


图2-3 反射角 α 与位移量 x 的关系

如图 2-4 所示，由光源 7 发出的光线经聚光镜 6，照明位于物镜 8 的焦平面上的十字分划板 5，经半透立方棱镜 4，

被物镜 8 成一束平行光线投射到放在被测面上的平面反射镜 9 上。如果平面反射镜的反射面垂直于光轴，那么反射光线仍按原路返回，经物镜 8 后成像在位于其焦面的测微分划板 3 上。如十字分划板 O 点在光轴上，则经反射镜反回的十字象成在测微分划板 3 与光轴的交点 O' 上，人眼通过滤色片 1 和目镜 2 就可观察到反射象。

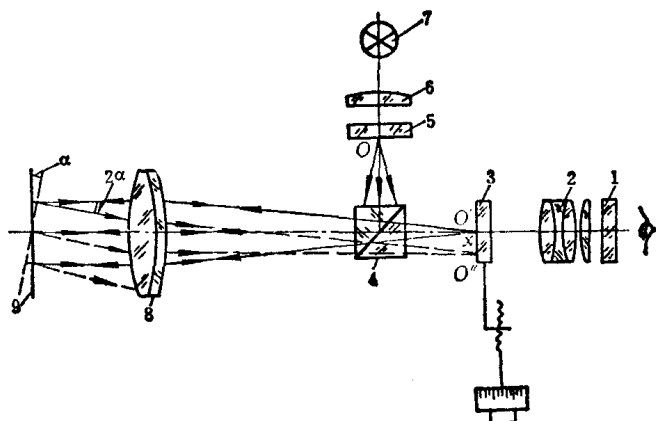


图2-4 自准直仪光路测量原理

1—滤色片 2—目镜 3—测微分划板 4—半透立方棱镜
5—十字分划板 6—聚光镜 7—光源 8—物镜 9—平面反射镜

如果平面反射镜 9 的反射面不垂直于光轴，而有一偏角 α ，则由图 2-3 可知，反射光线将有 2α 的偏角，反映在自准直仪上的情况如图 2-4 所示， O 点经反射镜反回后成像在测微分划板的 O'' 处，在测微分划板上产生一位移量 x 。利用测微读数系统测出 x 值，即可算出反射镜的偏角 α 值。

虽然各种自准直仪的实际光路参数及布局各不相同，但基本原理都是一样的，即都是按上面所说的利用测微读数系统测出十字线象的位移量而间接算得反射镜偏角 α 这一基本

方法工作的。

二、测微读数系统结构原理

正如前面所介绍的，自准直法是由于反射镜偏转一定角度后，对应在物镜分划板上产生十字线象的相对位移，其位移量 x 与反射镜偏角 α 之间关系可通过公式(2-1)或(2-2)计算。只要测得位移量 x ，即可换算得反射镜的偏角 α 。所以为了测量平面反射镜因被测面不平而引起反射镜反射面有一偏角 α ，从而带来测微分划板上有一位移量 x ，自准直仪都必须有测微读数系统，用以准确测定 x 值的大小。

为了达到测量 x 值的目的，测微读数系统包括测微对准和读数两大部分。

图 2-5 所示为 42 J 型测微读数系统结构。图中读数分划板 1 的位置是固定不动的，在其上刻有 0 ~ 10 短刻线。刻有双刻线的另一块测微分划板 3 安装在燕尾滑板上，它的一端顶在测微丝杆 4 上，反向用二条弹簧拉住，使其始终与测微丝杆接触。当测微丝杆转动时，可以推动测微分划板垂直目镜光轴移动，在目镜 2 的视场中就可同时看到不动的读数分划板刻线和可移动的测微分划板双刻线。

另外，在燕尾滑板座边上装有测微鼓轮 5，测微鼓轮与测微丝杆紧固在一起，在其圆周上刻有 60 等分刻线。转动测微鼓轮时，使测微丝杆也一起转动，并推动测微分划板移动，

测量时，当自准直仪十字分划板上的十字线经反射镜反射后，成象在测微分划板 3 上。转动测微鼓轮 5，带动测微丝杆 4，使测微分划板上双刻线对准十字象。然后读出目镜视场中的读数分划板上刻度值和测微鼓轮上的刻度值。因为读数分划板和测微鼓轮上的刻度格值已按反射镜偏角换算，

所以读得值即为反射镜的偏转角度值。如图 2-6 所示：分划板上的读数值为 $7'$ ，测微鼓轮上的读数值为 $22''$ ，所以测得的读数值为 $7'22''$ 。

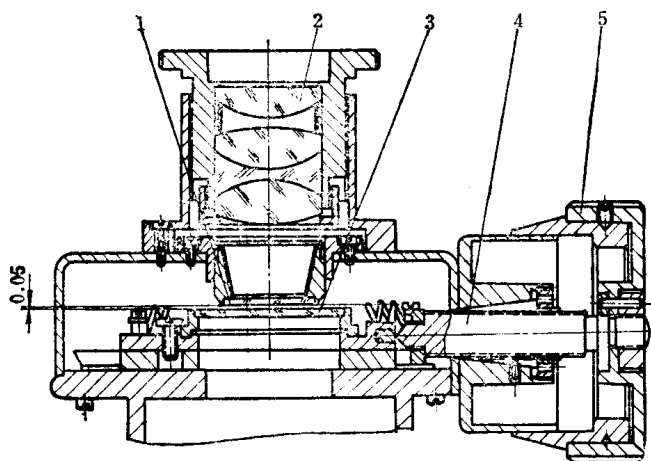


图2-5 42 J 型测微读数系统结构

1—读数分划板 2—目镜 3—测微分划板 4—测微丝杆 5—测微鼓轮

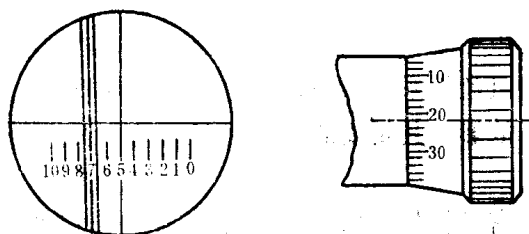


图 2-6

当平面反射镜在其被测面上由一个位置移动到第二个位置时，由于被测面的不平度而使反射镜的反射面改变某一角度值 α ，反映在视场中的十字线象就有一位移量。此时转动

测微鼓轮，使测微分划板上的双刻线重新对准变动后的十字线象，则又可读出其角度值。二次读数差便是被测面在此二位置的角度差。

有的测微读数系统的读数全部在测微鼓轮上，读数分划板上只有十字线，没有刻度，测微分划板双刻线仅仅起对准目标象的作用，如图 2-7 所示。图中读得值为 $5'20''$ 。

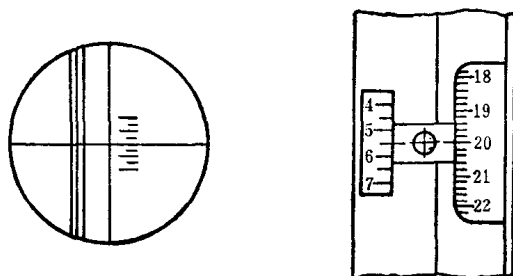


图 2-7

由于测微读数系统起对准和读数二种作用，使它能测得十字线象在分划板上的位移量，故影响其精度的因素有：瞄准误差、读数分划板刻划误差、丝杆误差和测微鼓轮刻划误差。因为读数分划板和测微鼓轮刻划误差对瞄准读数精度影响很小，而且丝杆系统累积误差也可通过调节物镜放大率来加以消除，故影响其精度的主要因素为瞄准误差和丝杆的周期误差。

由于精密丝杆加工精度可以很高，而且丝杆副结构紧凑，速比大，因此目前国内生产的自准直仪的测微机构大都采用测微丝杆的类型。

下面介绍测微丝杆螺距的选定及与自准直仪的焦距、测微鼓轮格值的联系。

根据公式 (2-2)

焦距

$$f' = \frac{x}{2\alpha}$$

由于式中的 α 为角度值, x 为线量, 所以必须把 α 化为弧度值。

因为 $1'' = 0.00000485$ 弧度
所以上式可以写成

$$f' = \frac{x}{2\alpha \times 0.00000485} = \frac{x}{0.97 \times 10^{-5} \alpha} \quad (2-3)$$

若测微丝杆的螺距选择得过大, 会使仪器的轮廓尺寸增大, 过小又会使测微丝杆易磨损且加工困难, 所以丝杆的螺距必须选择得恰当。对于 42J 型自准直仪选用螺距 $s = 0.5$ 毫米。

如果我们用 x 表示测微鼓轮旋转一周, 即测微鼓轮带动测微分划板移动一个格值, 那么 $x = s = 0.5$ 毫米。

因为 42J 的测微鼓轮旋转一周表示 $1'$, 所以我们可求出物镜的焦距 f' 为:

$$f' = \frac{0.5}{60 \times 0.97 \times 10^{-5}} = 859.4 (\text{毫米})$$

也就是说要达到上述二个要求, 物镜的焦距必须采用 859.4 毫米。但是, 如果物镜的焦距直接用 859.4 毫米, 显然是不恰当的, 因为这么长的焦距必然会使仪器结构过长, 于是 42J 型自准直仪在光路系统中加了 3 倍显微物镜, 这样就相当于物镜焦距缩短了 3 倍而采用 286.5 毫米就可以了, 从而使仪器的结构尺寸缩短。

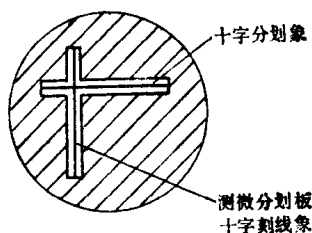


图2-8 JZC 自准直
仪瞄准形式

上述介绍的自准直仪测微分划板的测微形式是用双刻线来瞄准十字线象的，此外也有不用双刻线而用其它形式来进行瞄准的，如 JZC 型自准直仪的测微分划板采用十字分划象来瞄准绿色的十字分划象，而且它的视场为如图 2-8 所示的暗视场。

也有的自准直仪采用其它各种形式，如用图 2-9 所示的平板测微系统，这里不再一一叙述了。

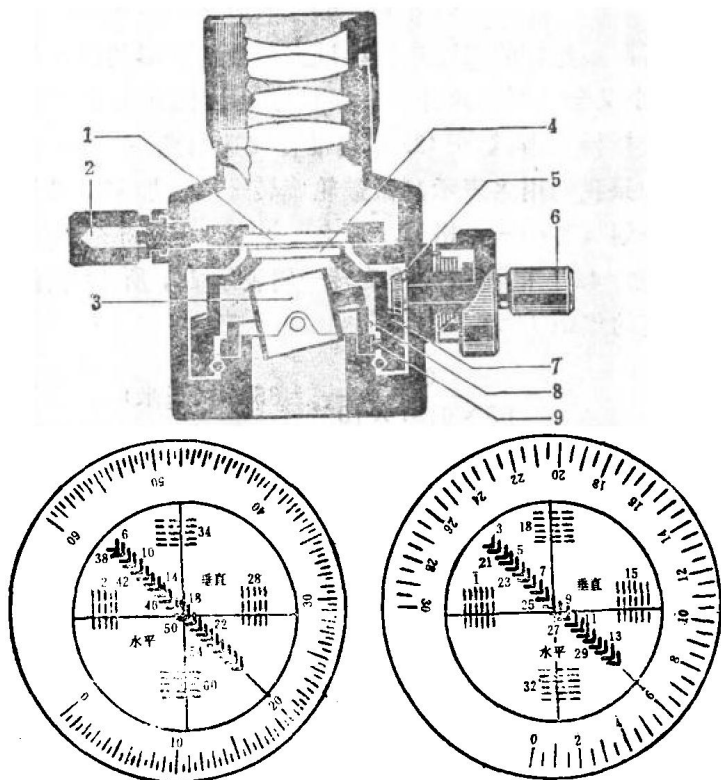


图2-9 平板测微读数系统

- 1—读数分划板 2—调节手轮 3—平板 4—度盘 5—伞齿轮
6—转动手轮 7—转座 8—凸轮 9—联杆

三、照明系统结构

上述为自准直仪测微读数系统的结构原理。在自准直仪中，为了使反射象及测微目镜视场中的刻划象获得最好的照明效果，需要有合适的照明系统。自准直仪照明系统一般包括：灯源、磨砂玻璃（也有的在此放滤色片）、聚光镜和分划板等，如图 2-10 所示。

由灯源发出的光照明磨砂玻璃后产生漫射光，通过聚光镜照明分划板

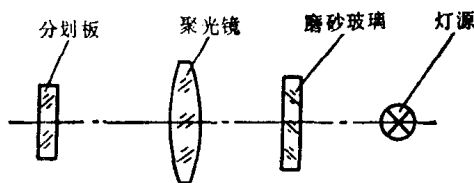


图2-10 自准直仪照明系统

上的十字线，使十字线获得均匀良好的照明。

灯源一般选用功率较小的 6V5W 或 6V2.1W 的小电珠，且灯丝位置可作一定范围的调节（位置调整得好坏直接影响象面照度的均匀性）。这对光电自准直仪来说尤为重要。如果灯源照明效果不好会直接影响光电瞄准精度，严重的甚至可能使仪器不能正常工作。

另外，若灯源功率过小，会使视场照明度太小，影响目视瞄准精度。对光电自准直仪来说，会降低光电瞄准的灵敏度。但灯源功率也不能选得过大，因灯源的功率过大，产生的热量也多，光管受热就容易引起变形而影响仪器精度。同时照度太大也会使反射象的衬度不好而影响目视瞄准精度。所以照明灯源的功率大小和位置一定要选择得恰当。

在照明系统中所以加磨砂玻璃，或放磨砂了的滤色片，是为了使视场能获得均匀的照明，但视场的照度也相应降低。所以要注意不能使视场的照度降低到影响瞄准精度的许可限