

自准直仪 (平面度检查仪)

-----上海弘测仪器科技有限公司

主讲人：弘测仪器

自准直仪

学习目标:

1. 熟悉自准直测量原理;
2. 了解自准直仪的三种基本光学系统;
3. 熟悉平直度检查仪的光路原理与测微原理，在此基础上，了解光电自准直仪和激光准直仪的基本工作原理;
4. 结合实训，掌握平直度检查仪的操作使用。

仪器用途:

自准直仪是一种光学测角仪器它是利用光学自准直原理来观测目标位置的变化，广泛应用于直线度和平面度的测量。

它和多面棱体配合可以检测分度机构的分度误差；此外，还可测量零部件的垂直度、平行度等。

第一节 自准直仪的测量原理

一、平行光管原理

如图2—1所示:

当位于物镜焦面上的分划板被光源照亮后，从分划板上发出的光，经过物镜后，即形成平行光，这样的光学系统结构，就叫做平行光管。

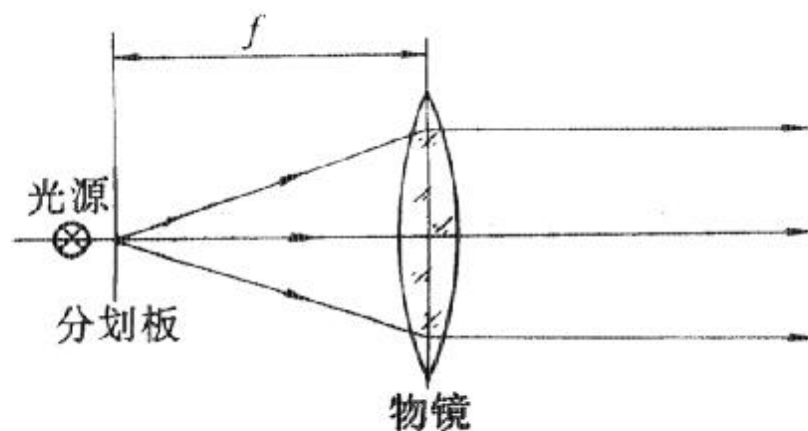


图 2—1

二、自准直光管原理

图2—2为自准直光管的工作原理:

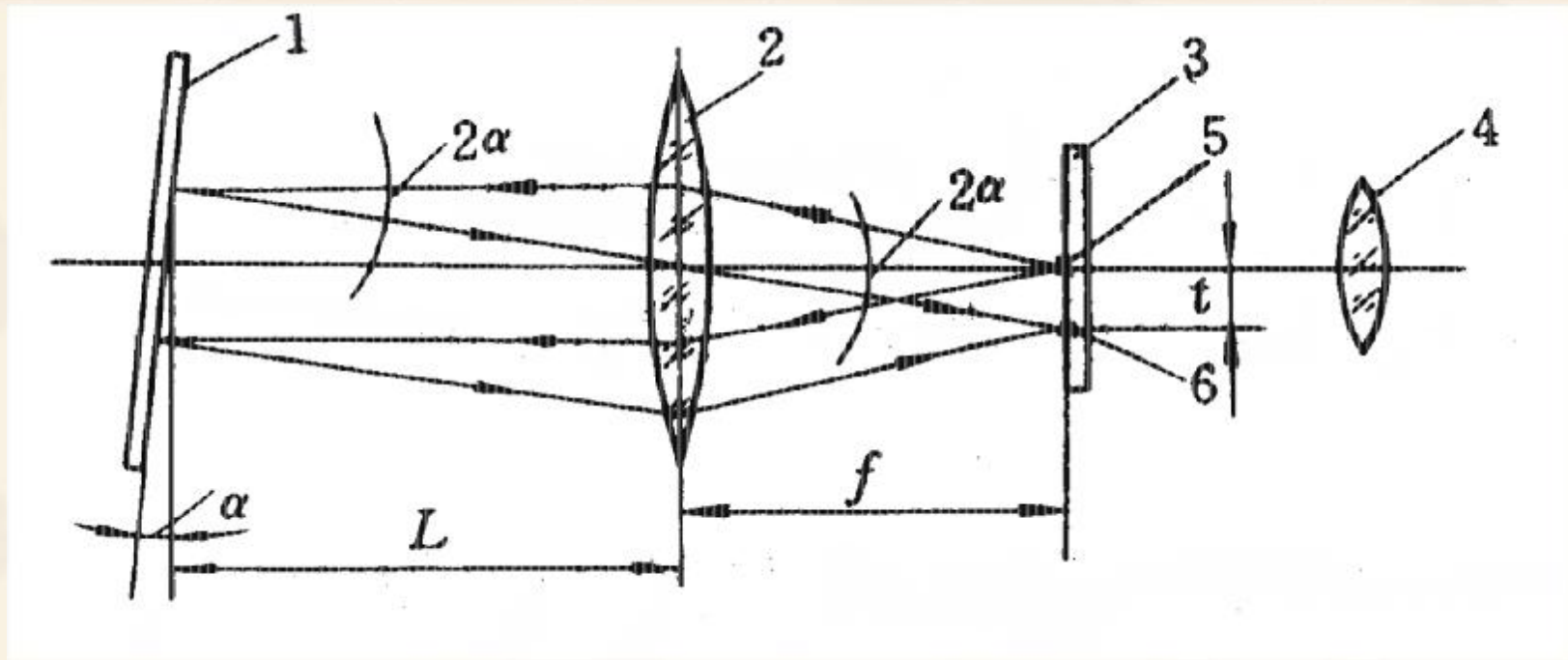


图2-2 自准直光管的工作原理

十字线与其倒像之间将错开距离 t 为:

$$t = f \cdot \tan 2\alpha$$

t ——称为偏离量 当 α 很小时,

$$t = 2f\alpha$$

三、自准直仪的测微原理

应用自准直光管的工作原理，再加上测微机构而设计制造的计量仪器，被称之为自准直仪。

只要用自准直仪的测微机构测出上式中距离 t ，就可得出反射镜的角度变化值。这就是自准直仪测量微小角度的基本原理。

第二节 自准直仪的三种基本光学系统

自准直仪通常由三部分组成：

1. 体外反射镜
2. 物镜光管部件
3. 测微目镜部件

由于分划板和各个光学元件的位置、结构不同，自准直仪有以下三种基本光路。

一、高斯型自准直仪

(一) 光路原理

如图2—3所示,

如果反射镜严格与光轴垂直, 则十字线在分划板上所成的像与原来的十字线完全重合。若反射镜有一微小转角 α , 则十字线的像将偏离原来的十字线, 其偏离量的大小可从测微目镜6中读出。

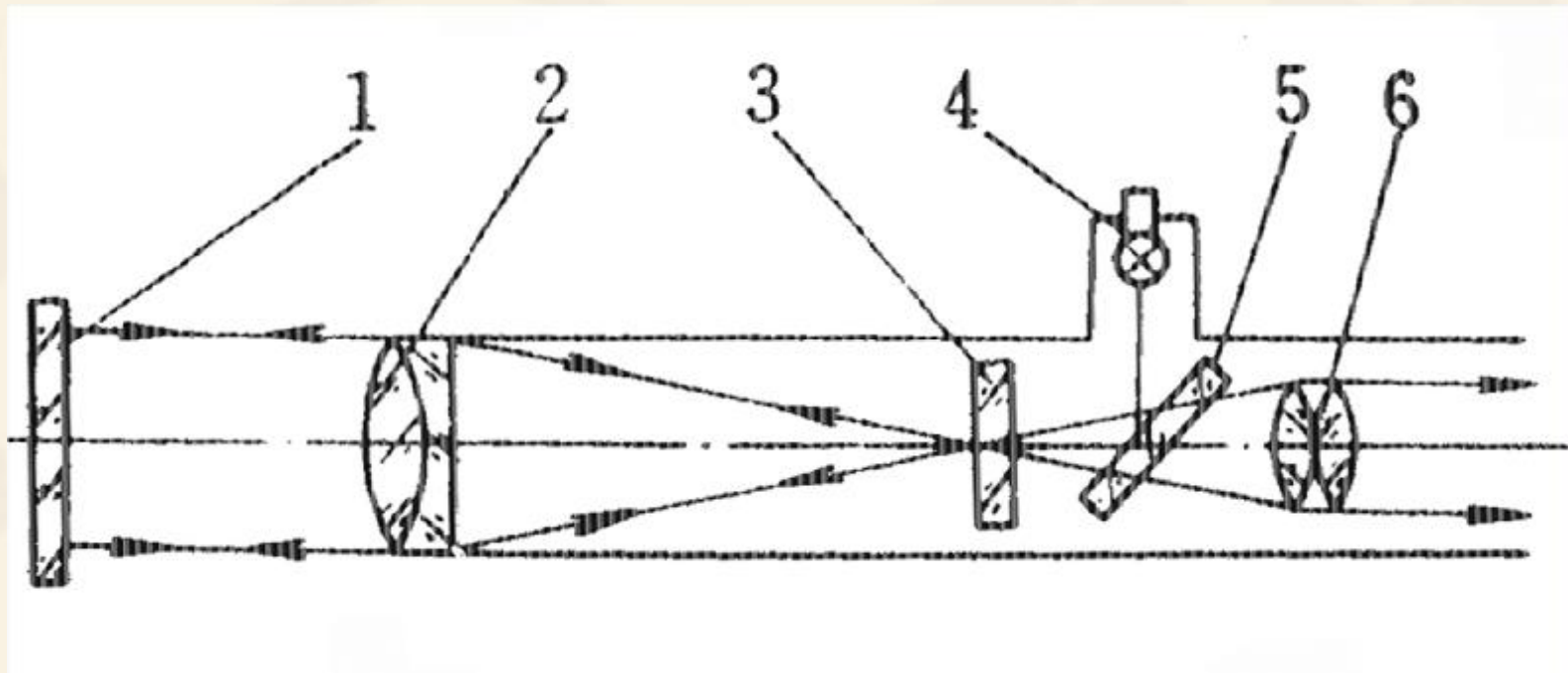


图2-3 高斯型光学系统

1-反射镜； 2-物镜； 3-分划板；
4-光源； 5-分光镜； 6-目镜

(二) 高斯型系统特点

优点：高斯型系统是目镜视场不受遮挡，且分划板上的刻划位于视场正中，观察方便。

缺点：是亮度损失大，因而自准直像较暗；另外，为安置分光镜，目镜焦距较长，因而无法获得较大的放大倍数。

高斯型主要应用于普通光学自准直仪的光学系统。

二、阿贝型自准直仪

(一) 光路原理

如图2—4所示

(二) 阿贝型系统特点

优点：是光强度大，亮度损失只有10-15%

缺点：是它的视场被胶合棱镜遮挡了一半，又因光管出射光和反射光的方向不同，当反射镜和物镜间的距离超过一定数值后，反射光线就不能进入物镜成像，所以仪器工作距离较短。阿贝型应用于光学计的光学系统。

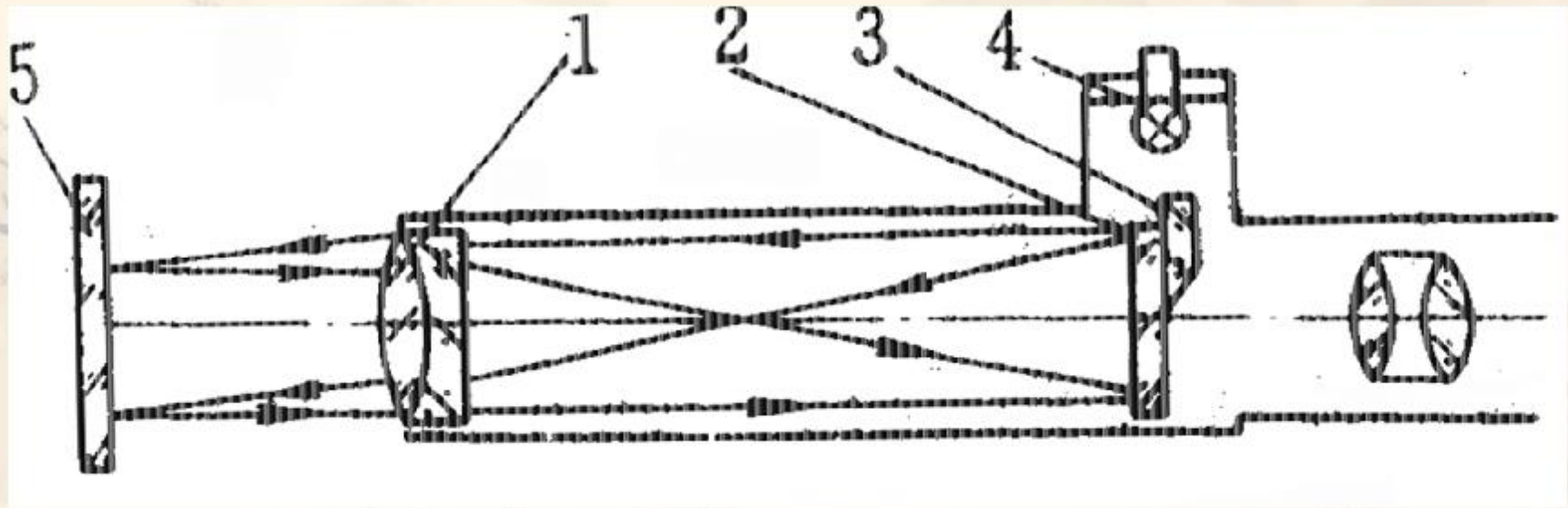


图2-4 阿贝型光学系统

1-物镜； 2-分划板； 3-棱镜； 4-光源； 5-反射镜

若平面反射镜对光轴产生微小转角 α ，则十字线像将发生偏离，偏离量可从刻度尺上读出。

三、双分划板型自准直仪

(一) 光路原理

如图2—5所示,

(二) 双分划板型系统特点

优点: 是视场不被遮挡, 刻线可位于视场中央; 目镜焦距短, 可获得较大的放大倍率。另外目镜和光源可互换位置, 给使用带来方便。

缺点: 是结构比较复杂, 亮度损失较大 (介于前两者之间)。

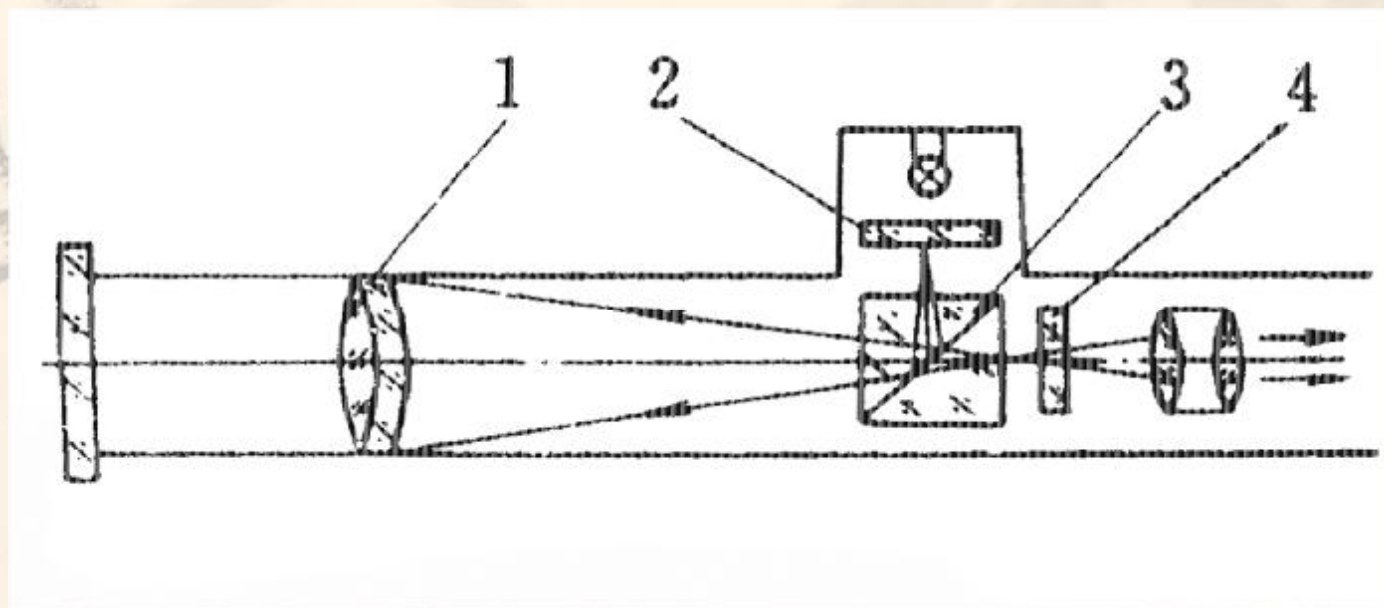


图2-5 双分划板型光学系统

1-物镜； 2-指示分划板； 3-立方直角棱镜； 4-刻度分划板

若平面反射镜对光轴有偏转，将引起自准直像偏离十字线，由测微机构测出其偏离量，即可得出反射镜对光轴的偏转角。

第三节 HC1401型自准直仪

HC1401型 自准直仪常称为平面（直）度检查仪，是国产自准直仪中应用较多的一种（以下称平直度检查仪）。

一、仪器光学系统

（一）光路原理

如图2—6所示

思考：该平直度检查仪的光学系统是属于哪种基本光路？

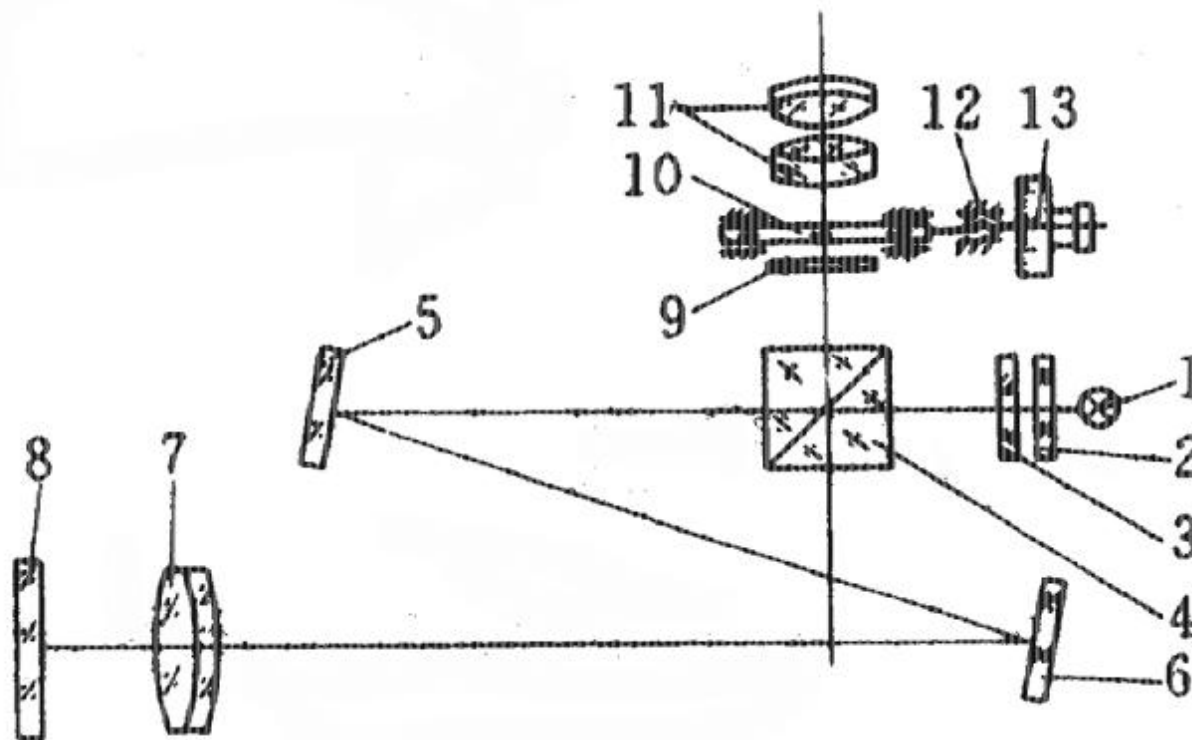


图2-6 平直度检查仪光学系统

- 1-光源； 2-滤光片； 3-分划板； 4-立方直角棱镜；
 5、6-反射镜； 7-物镜； 8-体外反射镜； 9-固定分划板；
 10-活动分划板； 11-目镜； 12-测微螺杆； 13-测微鼓轮

求偏离量t:

如图2—7所示

当反射镜8严格垂直于光轴时，十字线成像在固定分划板9的正中央，对称于字标“10”，目镜视场如图2—7(a)所示。若反射镜8对光轴有一微小倾角 α ，则十字线像将偏离字标“10”，如图2—7（b）所示，偏离量t由自准直原理可得

$$t = f_{\text{物}} \tan 2\alpha \approx 2f_{\text{物}} \cdot \alpha$$

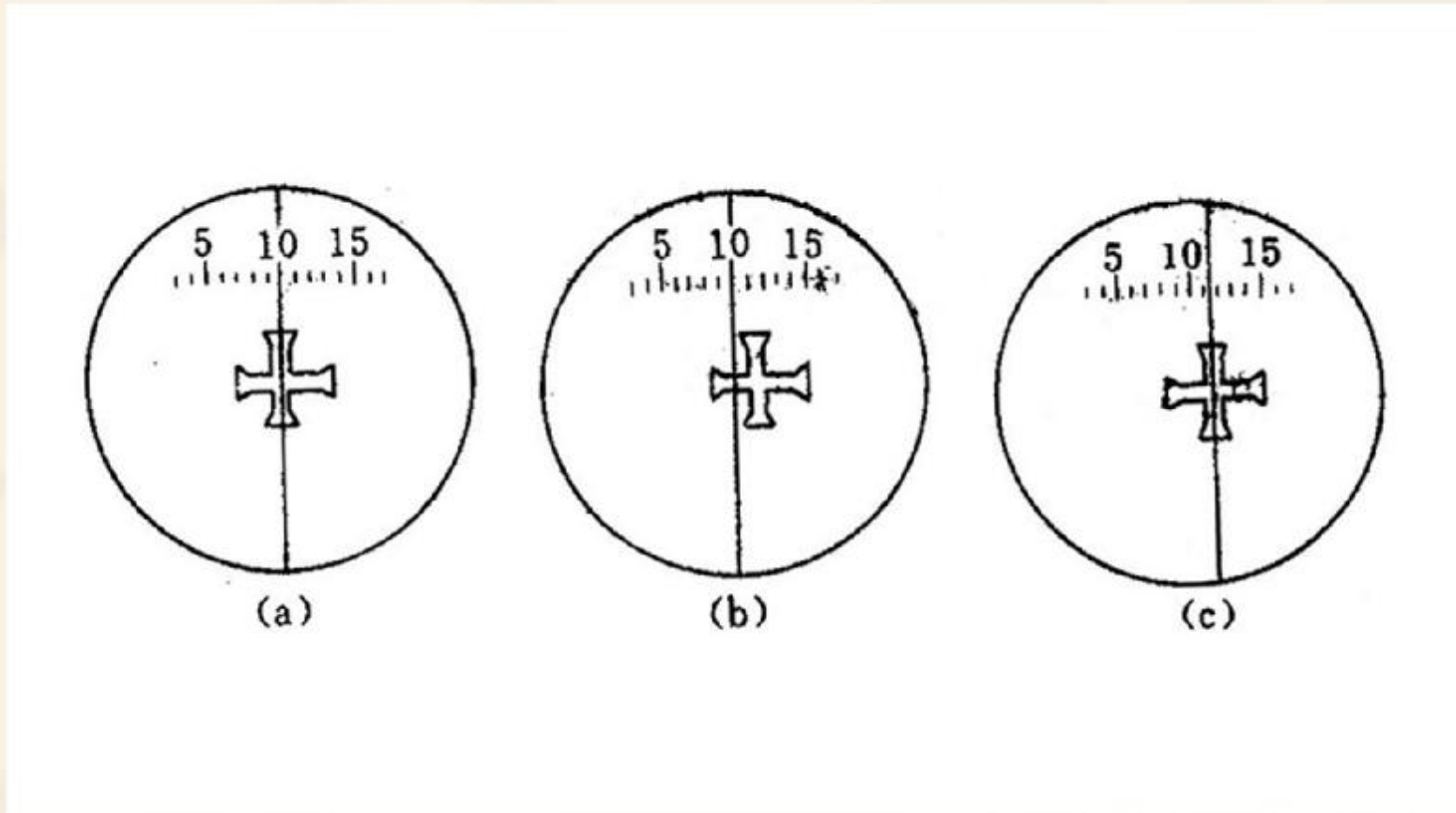


图2-7 平直度检查仪目镜视场

(二) 测微原理

仪器的 $f_{物}$ 为400mm，测微螺杆12的螺距和固定分划板9上刻线的分度值（每个相当于）：线度值： $100 \times L/200$ 微米（角度值： 100×1.03 秒）；测微轮毂分度值（每格相当于）：线度值： $L/200$ 微米（角度值： 1.03 秒 ≈ 1 秒），即测微螺杆每转一圈，活动分划板10上的长刻线在固定分划板9的刻度上移动一格，其对应的反射镜的倾角 α 为：

$$\alpha = \frac{t}{2f_{物}} = \frac{0.4}{2 \times 400} = \frac{1}{2000} \text{ 弧度}$$

和测微螺杆12同轴相连的测微鼓轮13上有100格圆周刻度，每格代表反射镜的倾角 α 为0.005/1000弧度。

当十字线像偏离刻度“10”时，如图2—7 (b)，可转动测微鼓轮13，使长刻线再次夹在十字线象的正中如图2—7 (c)。长刻线移动的距离，即十字线象的偏离量。

(三) 技术指标

- ❖ 物镜焦距-----400毫米
- ❖ 物镜口径-----42毫米
- ❖ 目镜放大倍率-----17.5倍
- ❖ 示值范围-----1600格
- ❖ 示值精度：
 - 当测微鼓轮不超一圈时 $\pm (0.5+0.01n)$ 格
 - 当测微鼓轮超过一圈时 $\pm (1.5+0.0015n)$ 格

n 为测微鼓轮的测量格数。例如：测微鼓轮转过一周，n=100格；转过两周，n=200格。
- ❖ 光学直角器精度-----2秒

二、仪器基本结构

(一) 外形结构

图2—8为平直度检查仪的外形图。

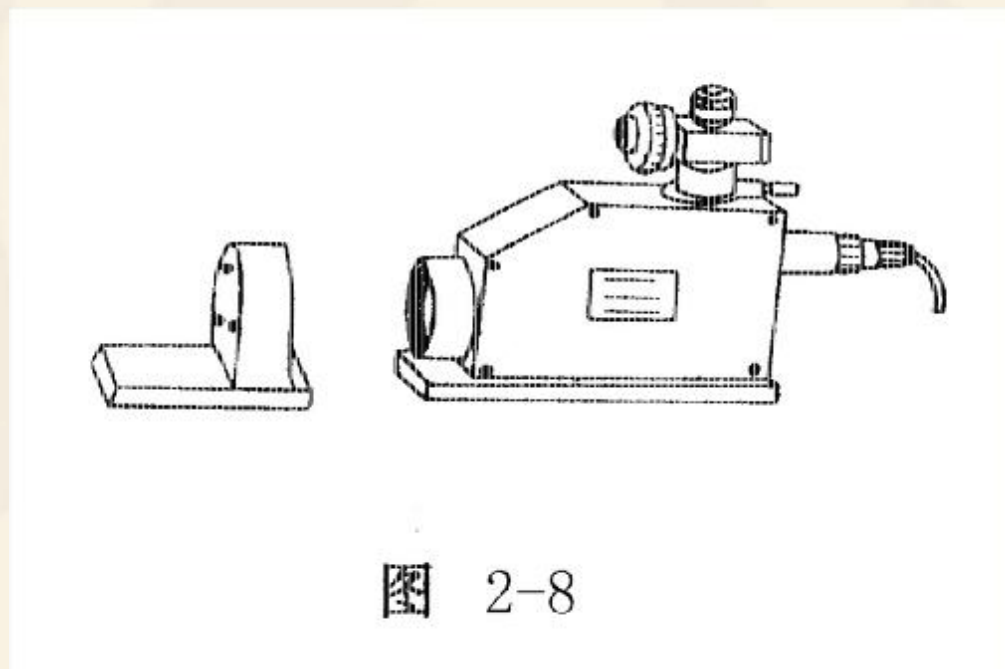


图 2-8

由图可知，从外形仪器分为两个部分。

(二) 内部结构

图2—9为仪器的结构示意图。

图中1~4组成了测微目镜部件，测量前可松开定位螺钉5，由于两锥孔在圆周上互成 90° ，可使整个目镜头就可精确地转过 90° 。

(三) 体外反射镜结构

体外反射镜是仪器的重要组成部分。

如图2—10所示

调整三个调节螺钉6将反射镜调整到严格垂直于镜座面的位置上。

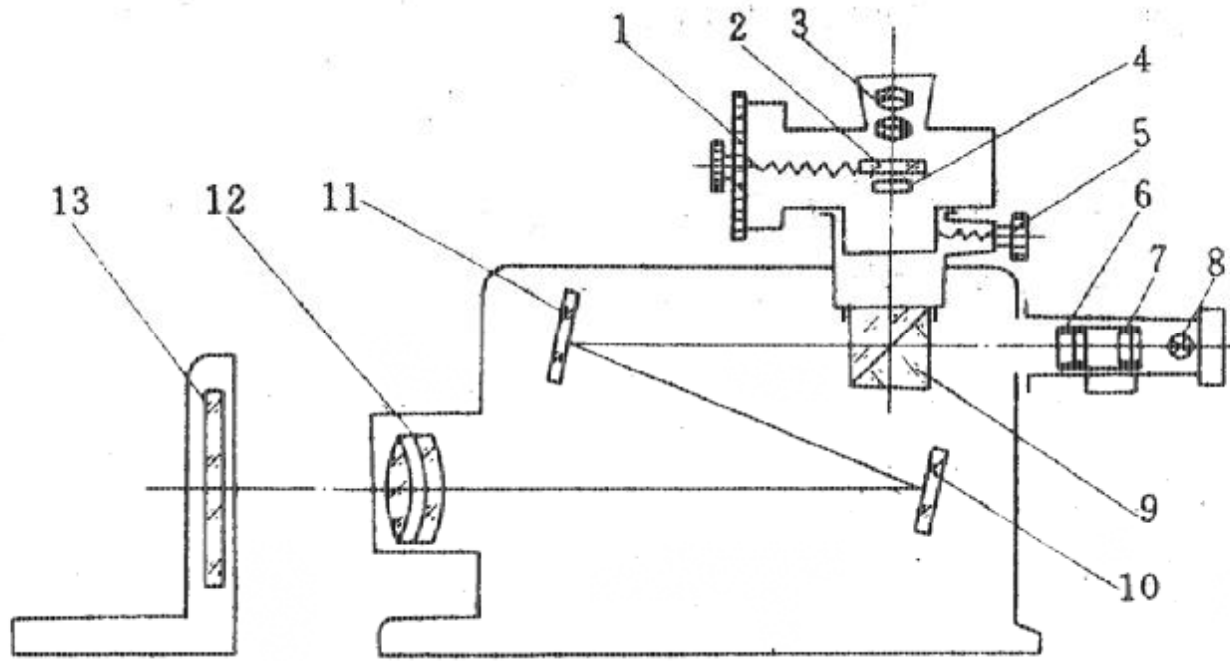
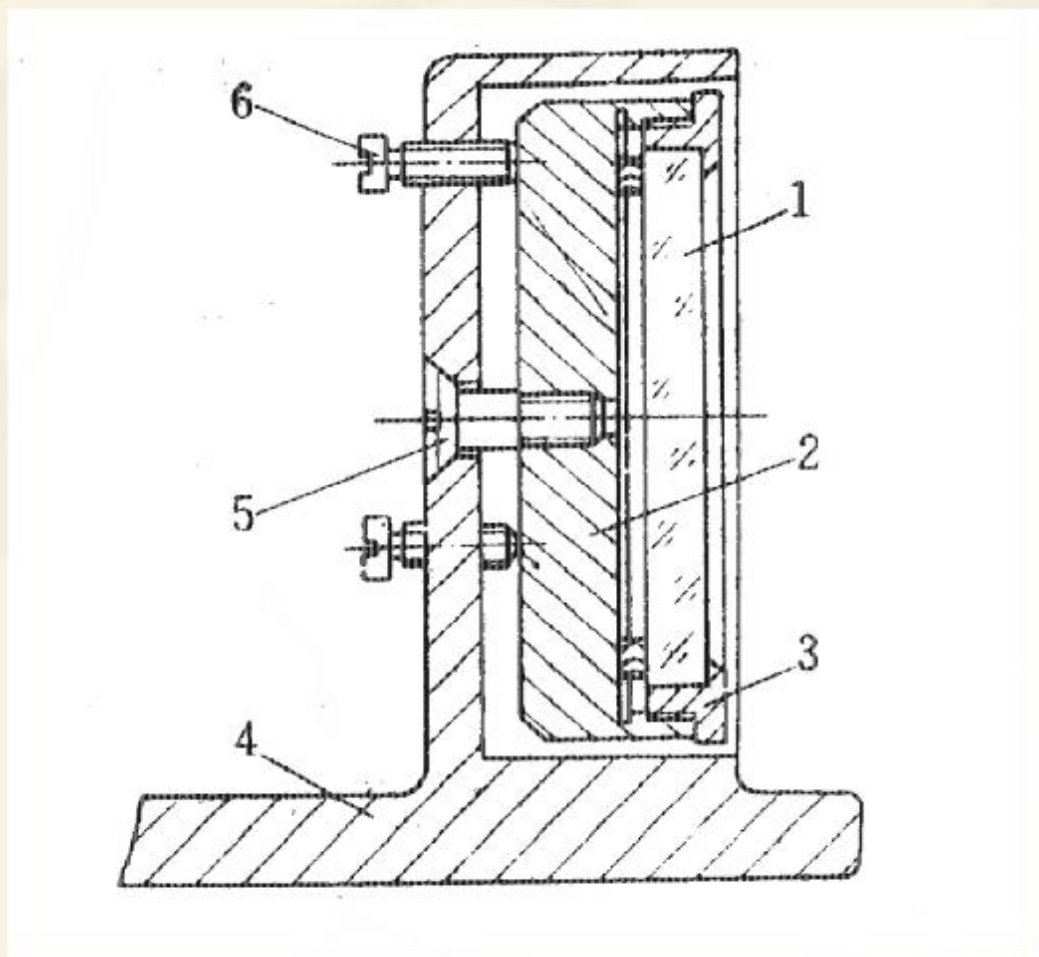


图2-9 平直度检查仪结构

**1-测微鼓轮； 2-活动分划板； 3-目镜； 4-固定分划板； 5-定位螺钉；
6-十字线分划板（带保护玻璃）； 7-滤光片； 8-光源； 9-立方直角棱镜；
10、11-体内反射镜； 12-物镜； 13-体外反射镜**



- 1--反射镜;
- 2--可动板;
- 3--压圈;
- 4--反射镜座;
- 5--球头螺钉;
- 6--调节螺钉
(共三个)

图2-10 体外反射镜结构

三、仪器的操作与使用

(一) 操作过程

1、将仪器主体放置在被测件的一端或被测件以外稳固的基础上，反射镜座放在被测件上，并且要与仪器主体在同一水平面内；

2、接通电源后，将反射镜座靠近自准直仪的主体，使反射镜正对物镜，使十字线像出现在目镜视场的正中或附近；

3、仔细地沿测量方向移动反射镜座，在各预定测量位置上读数，并进行数据处理。

(二) 注意事项

1、当体外反射镜安放在桥板上时，仪器的线性分度值与桥板长度有关

设桥板长度为 B ，仪器的线性分度值为 S ，如图2—11所示，则

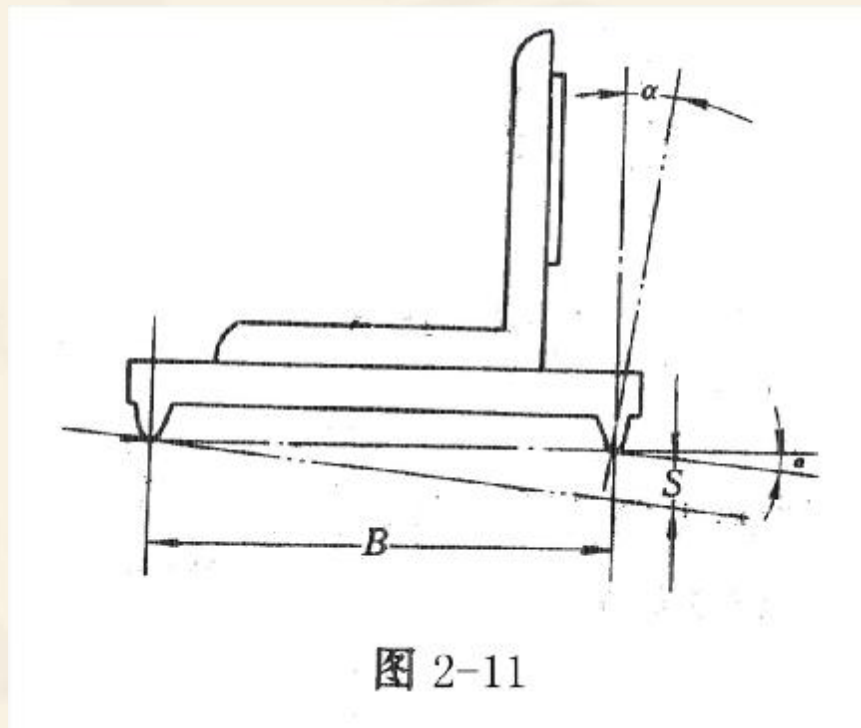
$$S \approx B \cdot \alpha$$

如 $B = 200mm, \alpha = \frac{0.005}{1000}$

$$S = 0.001mm = 1\mu m$$

如 $B = 100mm, \alpha = \frac{0.005}{1000}$

$$S = 0.0005mm = 0.5\mu m$$



2、关于仪器的分度值

在仪器说明书中有表示为（ ≈ 1 秒）。仪器物镜的焦距 $f_{物}$ 为 400mm，其分度值 i 应为

$$i = \frac{0.4 \times 206 \times 265}{2 \times 400 \times 100} = 1.031325'' \approx 1.03''$$

仪器若按分度值为 $1''$ 使用时，每一个分度就有 $0.03''$ 误差。所测角值范围较大，仪器仍按 $1''$ 分度值使用时，要注意修正。

3、体外反射镜对其底面是垂直的，一般在仪器出厂时都已调好。如需调整，可在精密平板上用自准直仪观测标准的垂直反射面，以此调整反射镜。调整必须特别仔细，任何过重的压力都足以使反射镜变形甚至破损。

4、在测量过程中，自准直仪主体除在改变测位时需要移动之外，不能有任何位移，否则将严重影响测量结果。

三、仪器的主要技术参数

1、测微鼓轮分度值	1.03秒
2、物镜焦距	400mm
3、目镜放大倍数	17.5倍
4、示值范围	1600格
5、最大测距	6000mm
6、示值误差	

当测微鼓轮不超过一圈时 $\pm(0.5+0.01n)$ 格

当刻度鼓超过一圈时 $\pm(1.5+0.01n)$ 格

n----为测量时测微鼓轮转过的格数

四、仪器应用实例

平直度检查仪广泛用于精密测量与机床的调整等方面。下面介绍几种平直度检查仪单独使用或与附件配合使用作精密测量的实例（有关测量数据的处理参见本书下册）。

（一）测量直线度

图2-12是用平直度检查仪测量机床导轨直线度时的安装示意图。

测量时，反射镜依次由近到远移动一个跨距 L 并首尾衔接，逐点进行测量读数。然后将反射镜返回移动，重新在各个位置上读数，反射镜返回移动的位置应与前者一致，取两次读数的平均值作为该次测量结果。

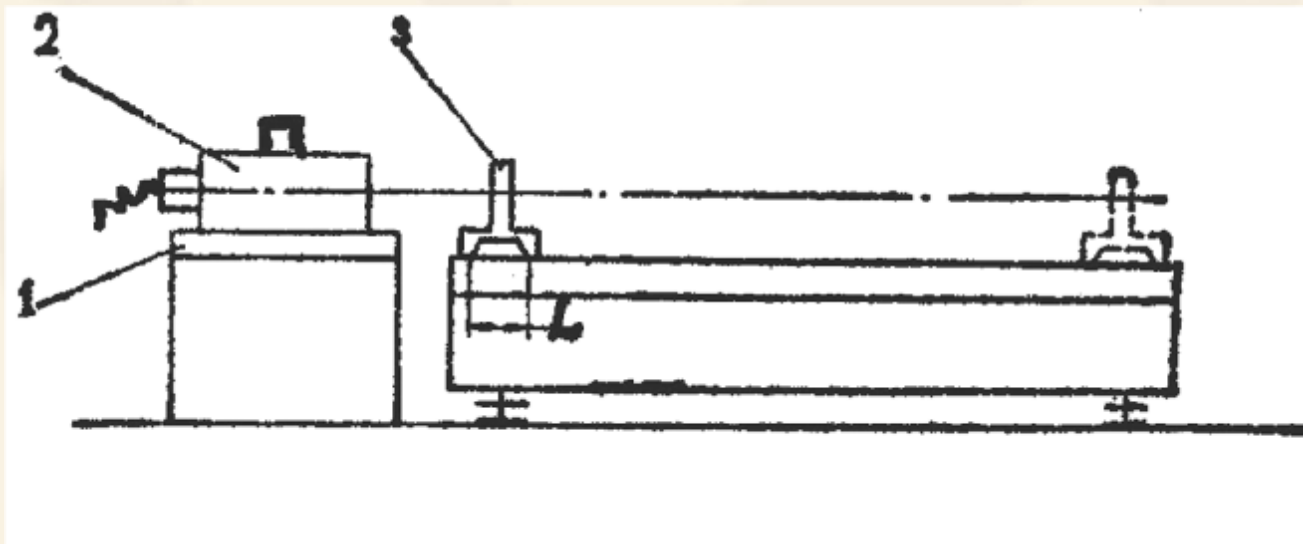


图2-12 检测导轨直线度

1—调整平台； 2—平直度检查仪； 3—体外反射镜

(二) 测量平行度

1、两端面平行度的测量

图2-13为测量两端面A与B平行度的示意图。

两端面平行度的测量还可按图2-14所示。

2、两内表面平行度的测量

图2-15为测量两内表面的平行度示意图。

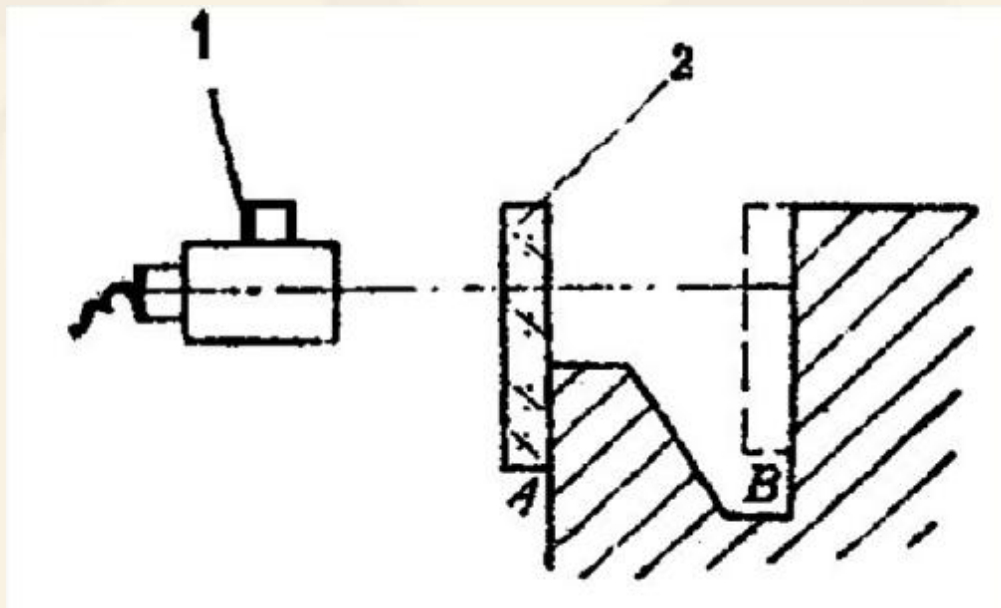


图2-13 测量两端面平行度之一

1—平直度检查仪； 2—反射镜

两次读数之差，即为两端面的平行度误差。

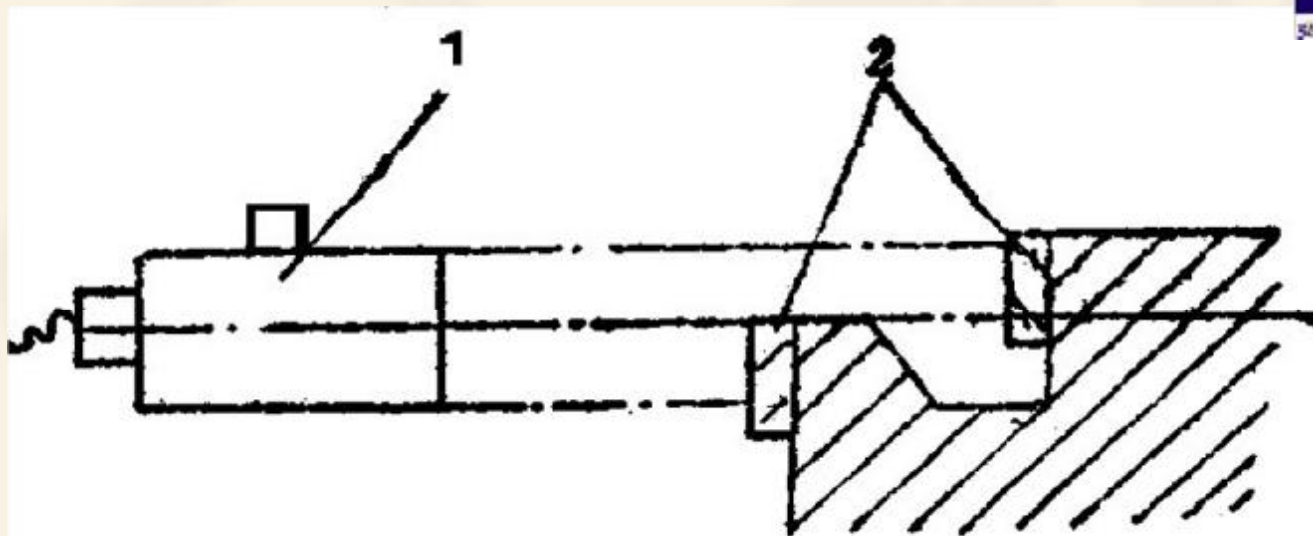


图2-14 测量两端面平行度之二

1—平直度检查仪；2—反射镜

测得两十字影象的距离，即为两表面的平行度误差。

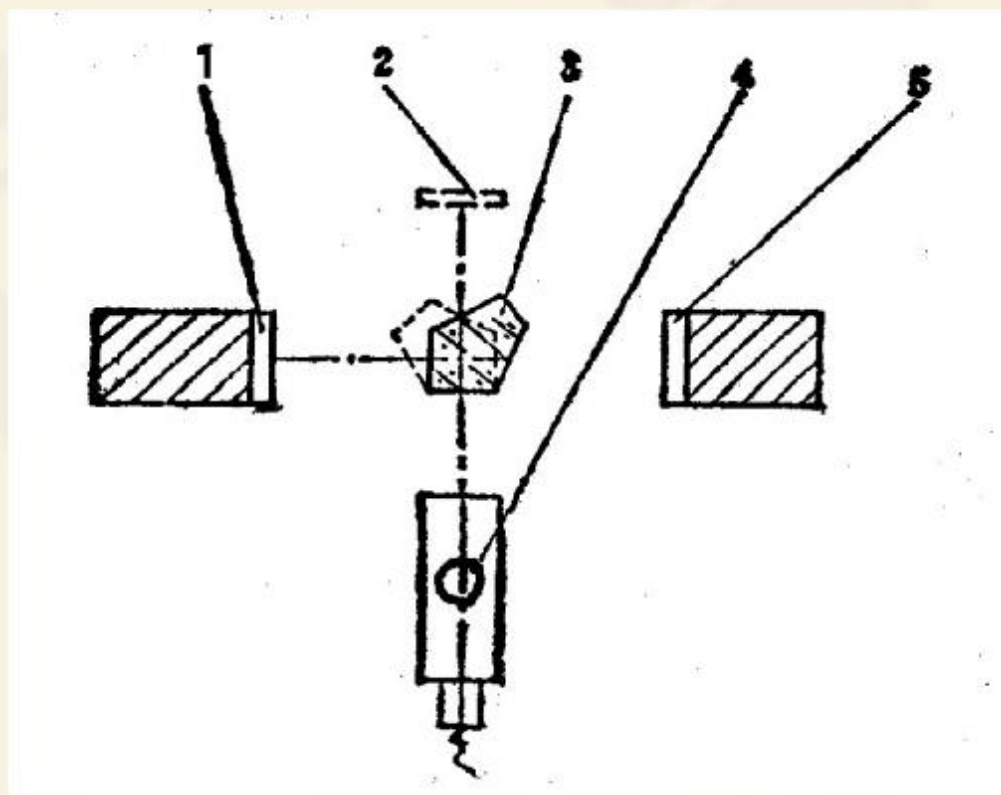


图2-15 测量两内表面的平行度

1、5—反射镜 2—定位反射镜 3—五棱镜 4—平直度检查仪

两次读数之差，即为两表面的平行度误差。

(三) 测量垂直度

1、两平面垂直度的测量：

如图2-16所示，

当两被测垂直平面为图2-17所示情况时，

此外还可以用五棱镜，按图2-18所示的方法进行测量。

2、机床主轴与工作台面垂直的测量：

如图2-19所示

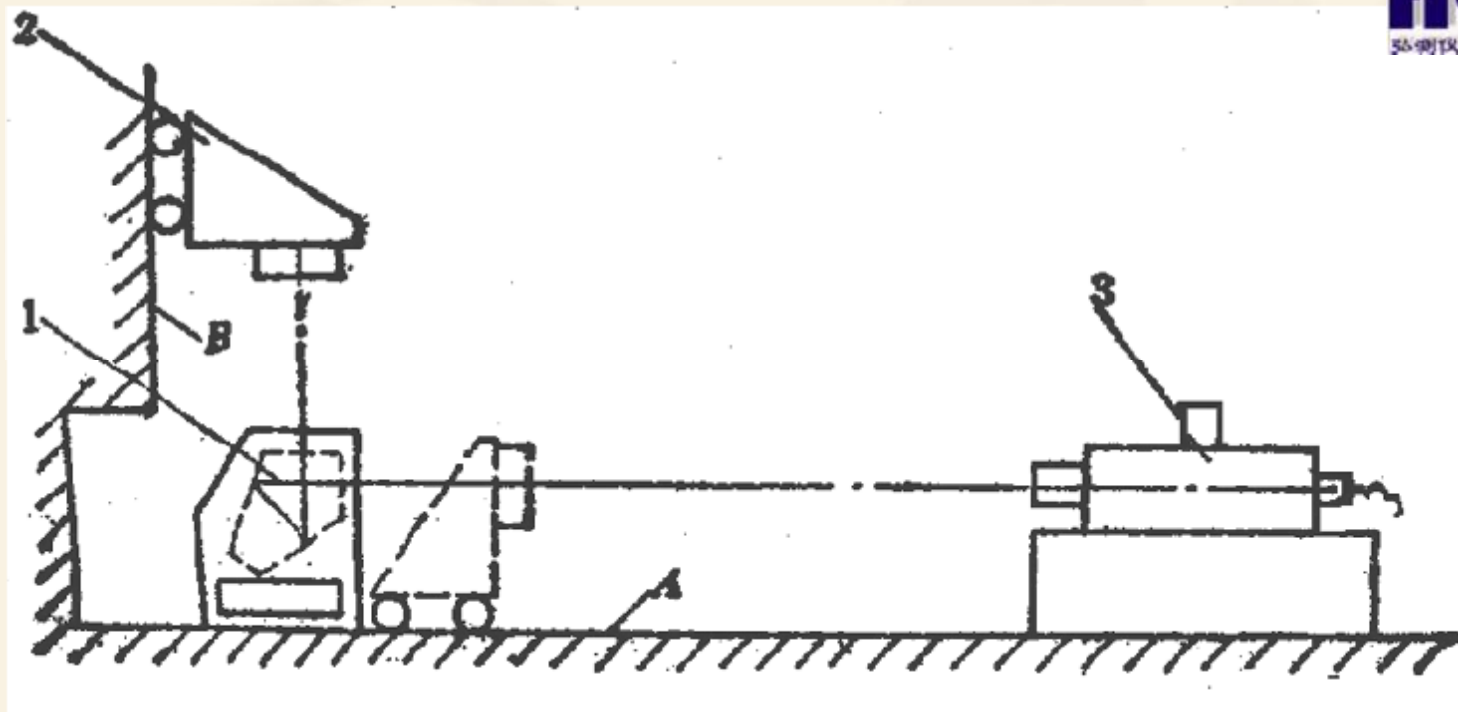


图2-16 测量两平面垂直度之一

1—五棱镜； 2—反射镜； 3—平直度检查仪

两次读数之差，即为两个平面的垂直度误差。

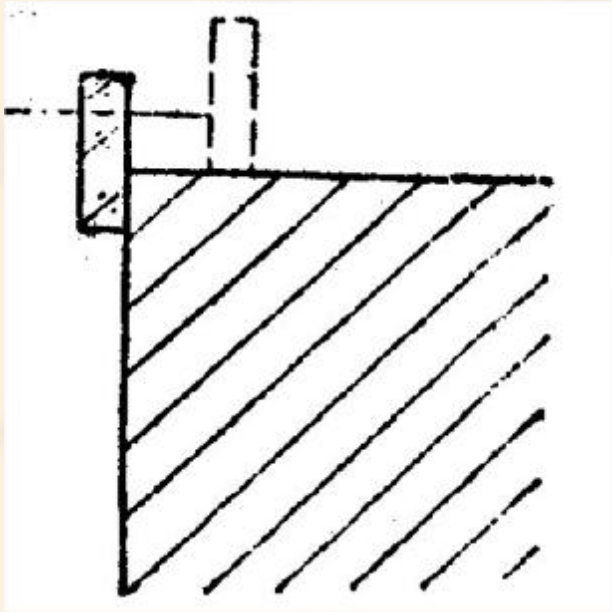


图 2-17 测量测量两平面垂直度之二

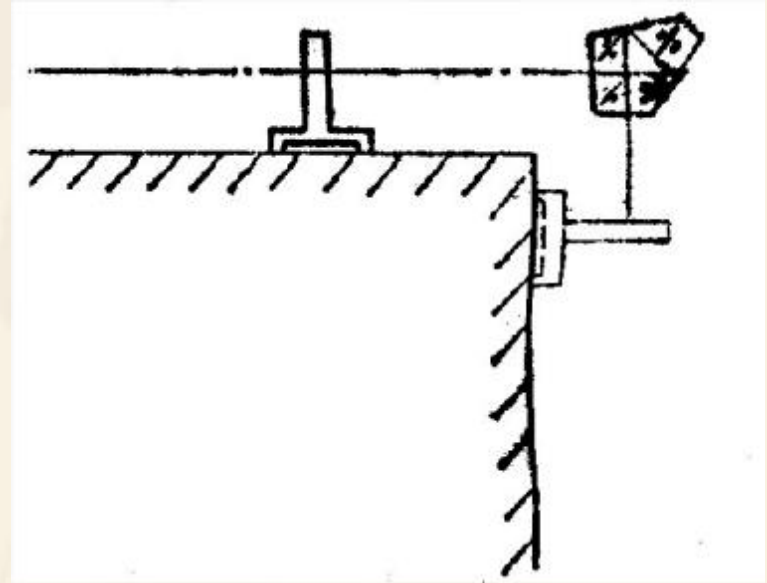


图 2-18 测量测量两平面垂直度之三

两次读数之差，即为两表面的垂直度误差。

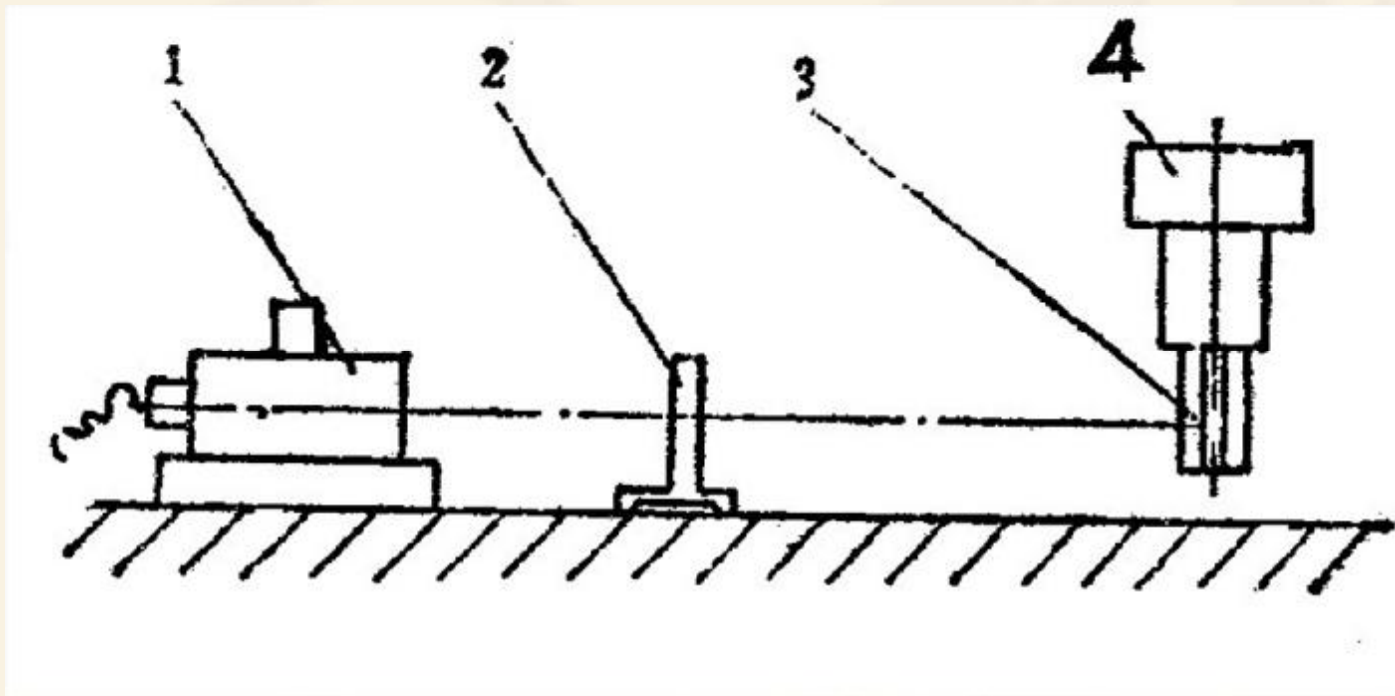


图2-19 轴线与平面垂直度的测量

1—平直度检查仪 2—反射镜 3—两面平行的双面反射镜 4—主轴

在机床主轴4上安放一个两面平行双向反射镜3
转动主轴，两次读数之差即为机床主轴和工作台平面的垂直度误差。

第四节 光电自准直仪与激光准直仪

一、光电自准直仪

仪器的光学系统如图2—20所示

如果狭缝振动中心与十字线像重合，则指示电表15的指针指零，这就是瞄准位置；如果狭缝中心偏离了十字线像，则指示电表的指针就离开零位。当电表指针归零时，刻度分划板的刻线和十字线像正好处于对准的位置。这就是起到了精确瞄准的作用。

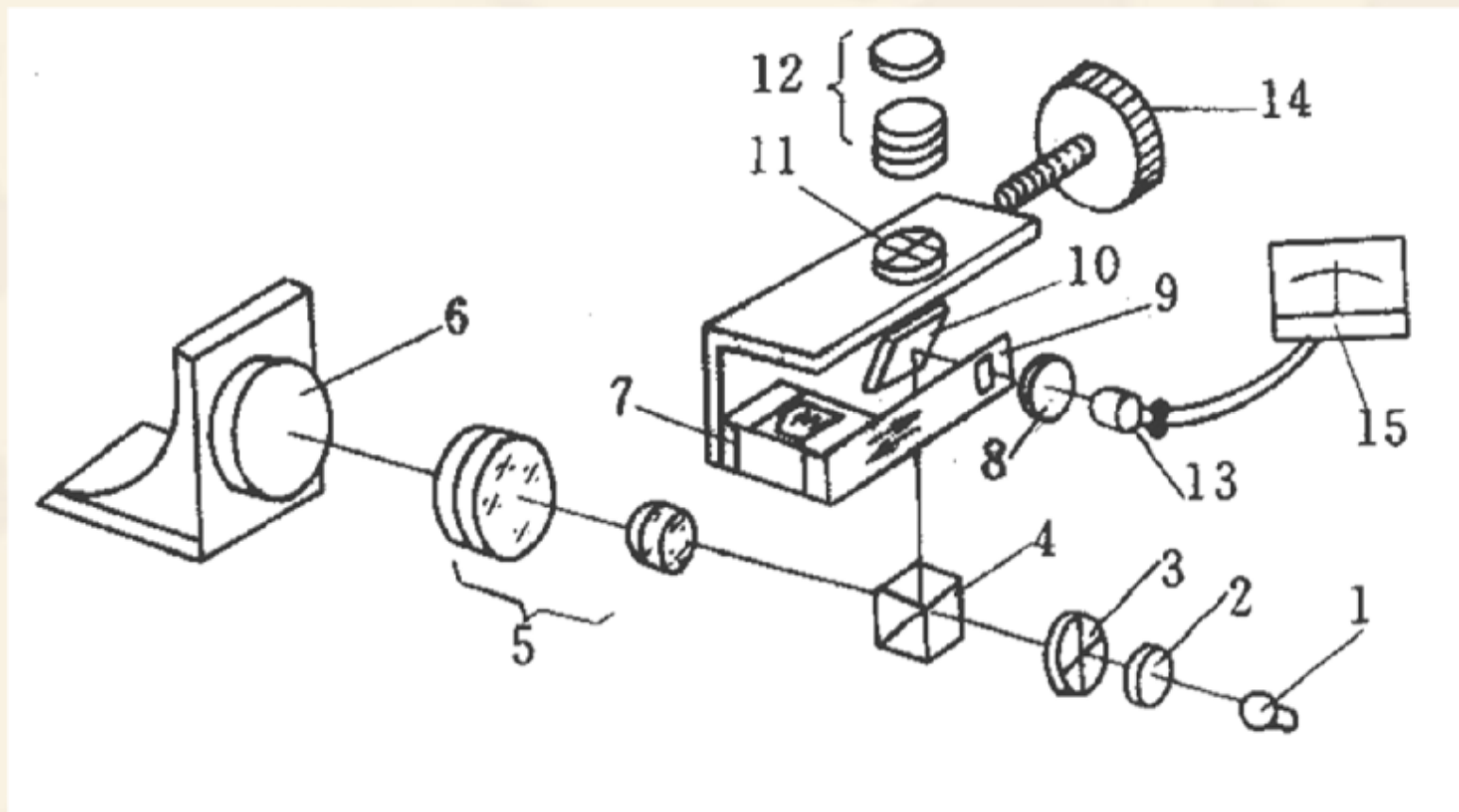


图 2—20 仪器光学系统

1—光源；2—聚光镜；3—分划板；4—立方直角棱镜；5—物镜；6—反射镜；7—振子；
8—聚光镜；9—狭缝；10—分光镜；11—刻度分划板；12—目镜；13—光电元件；
14—测微鼓轮；15—指示电表

二、激光准直仪

激光准直仪是利用激光具有能量高、方向性好等特点，提供了一条直线性极好的可见激光束，以作为测量基准。激光准直仪的测量距离大，测量精度高。

图2—21 为激光准直仪的工作原理图

激光准直仪是用激光束作为测量的基准，易受温度和气流等因素的影响。除了仪器本身要采取一些防范措施外，对其测量环境即防震、防热、防气流抖动等都提出较高的要求，否则将会影响测量精度。

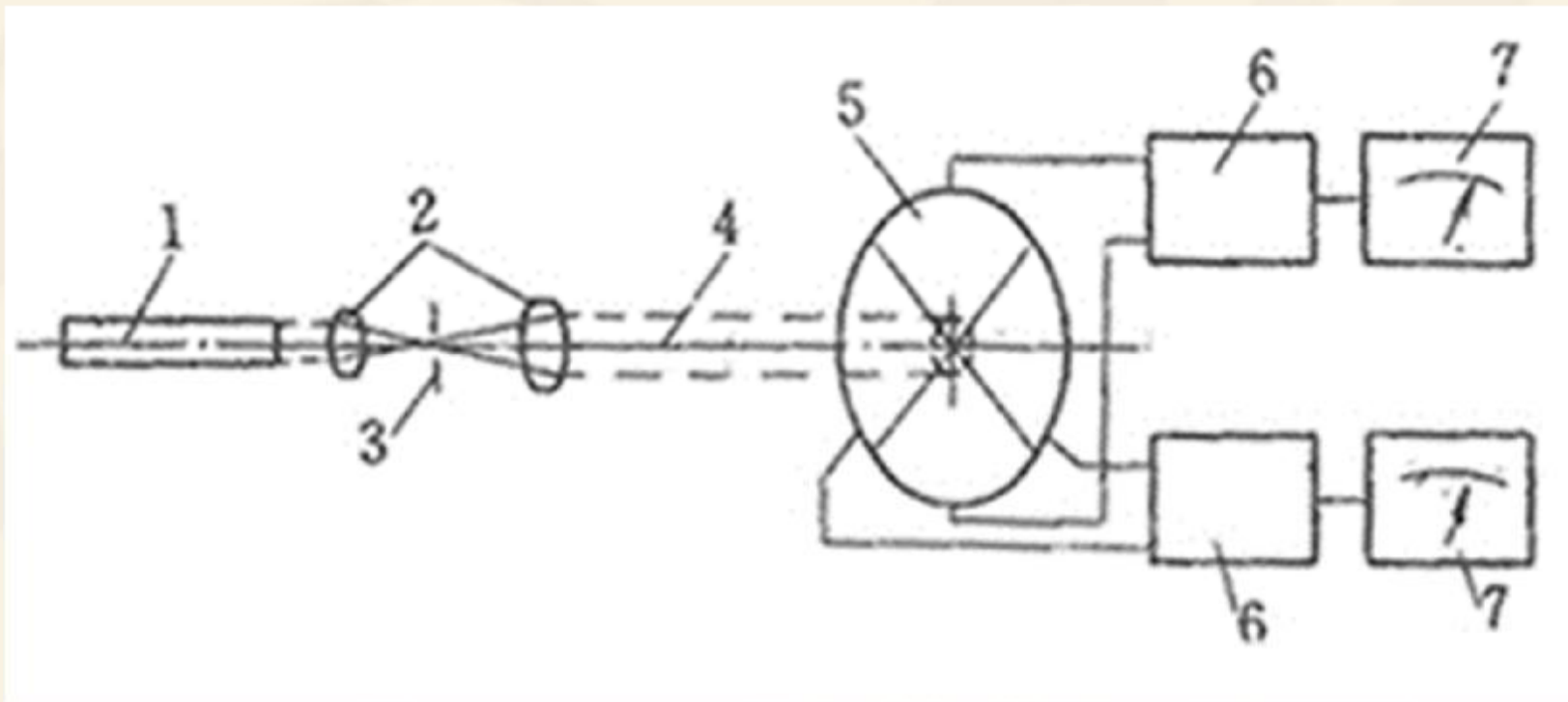


图 2—21 激光准直仪工作原理

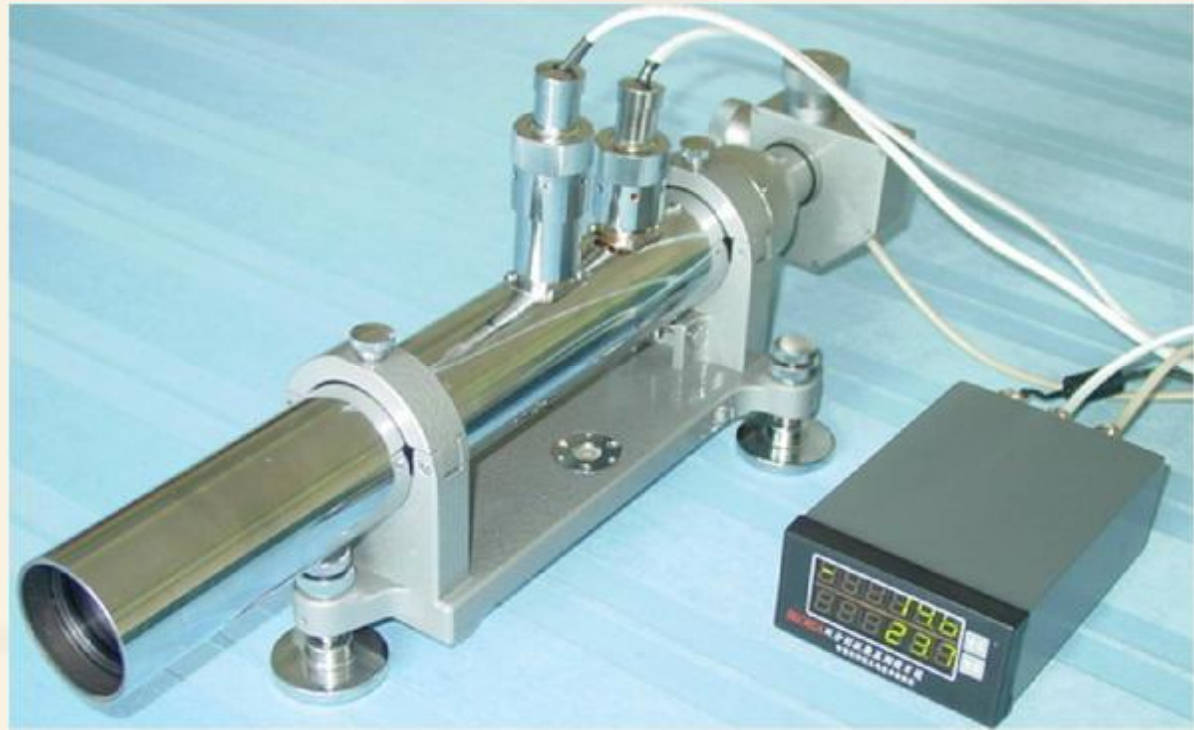
- 1—氦氖激光器 2—平行光管 3—针孔光阑 4—激光束
 5—光电探测器（四象限靶） 6—运算电路 7—指示电表

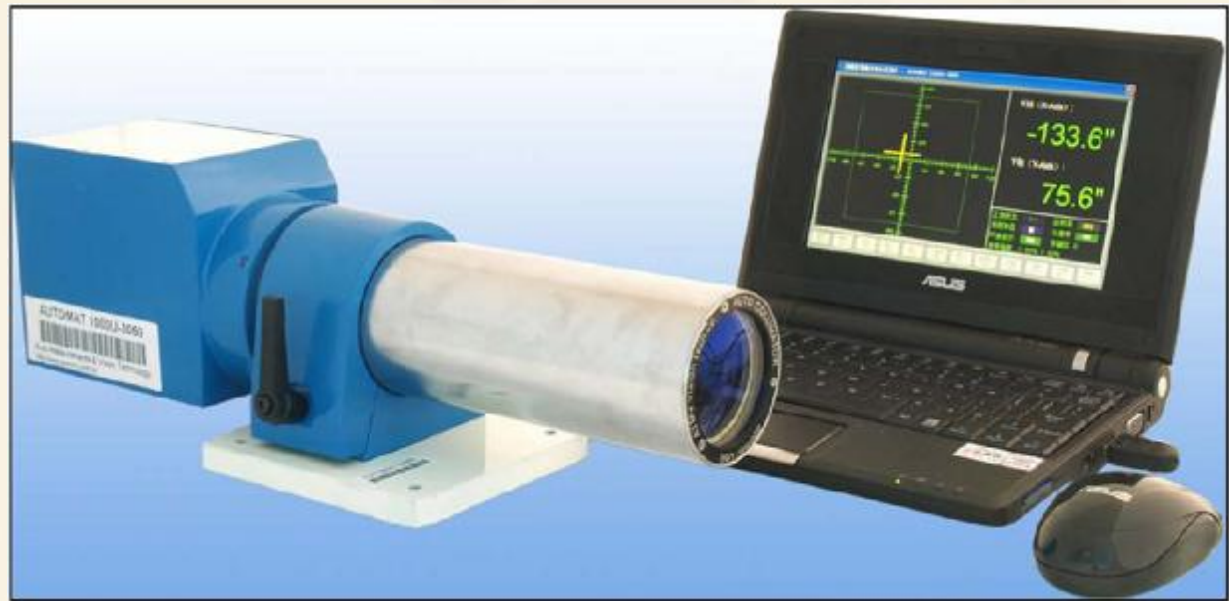
第五节 公司产品

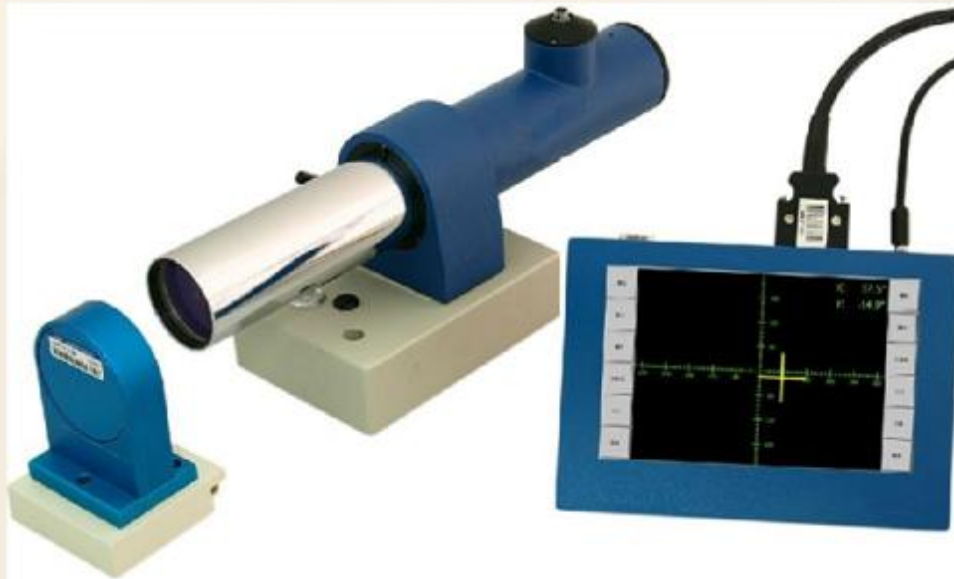


测量导轨直线度和平面度

测量工作状态导轨直线度







思考题

- 1 试述自准直测量原理。
- 2 自准直仪有哪几种基本光路？它们各有什么特点？
- 3 简述平直度检查仪的光路原理和测微原理。
- 4 试述自准直仪的操作步骤和使用时应注意的事项。
- 5 光电自准直仪在测量时是如何实现零位瞄准的？
- 6 简述激光自准直仪的工作原理。

上海弘测仪器科技有限公司

- ❖ 弘测企业—上海弘测仪器科技有限公司
- ❖ HONC Group— Shanghai HONC Instrument Technology Co., Ltd
- ❖ 地址：上海市浦东新区沪南公路3467号
- ❖ Add: No. 3467 Hunan Road, Pudong, Shanghai China
- ❖ 手机 (Mob) : 13671676970
- ❖ 电话 (TEL) : +86-021-20969529
- ❖ 传真 (FAX) : +86-021-20969530
- ❖ 联系人: Andy Jiang
- ❖ *E-mail*: Andy.Jiang@honc17.com
- ❖ Website: <http://www.honc17.com>