

仪 器 概 論

(光学仪器部分)

哈尔滨科技大学精密仪器教研室

一九八三年八月

前 言

仪器概论是精密仪器设计专业的一门专业课，其任务是使学生能够掌握一些精密仪器的总体部局，工作原理及组成，学会分析典型机械结构及典型光学系统，掌握其功能用途。并能初步分析仪器精度。本课为“仪器设计”课和毕业设计打下一定基础。与此同时要求学会能一般掌握选用、维修仪器的方法。

本教材共分三部分，第一部分“机械式测微仪”。第二部分“光学计量仪器”。第三部分“其它类型仪器”。这三部分，分别选用了一些典型仪器仪表，以整机为例进行扩展，所涉及的内容有测量原理，基准部件，读数细分装置、典型测微元件（机、光等测微元件），导轨形式，精密轴系、传动系统、立柱、微调锁紧机构等等。

本教材，亦可供仪器系其它专业参考。对于计量仪器，尤其有关几何量计量仪器的设计人员及工程技术人员，有一定参考价值。

第二章 光学计量仪器

§ 2—1	卧式万能测长仪	1 ~ 2 2
§ 2—2	立式光学比较仪	2 2 ~ 3 2
§ 2—3	测长机	3 2 ~ 5 5
§ 2—4	万能工具显微镜	5 5 ~ 8 6
§ 2—5	平面度检查仪	8 6 ~ 9 5
§ 2—6	光学分度头	9 5 ~ 1 1 3

第二章 光学计量仪器

§ 2-1 卧式万能测长仪

卧式万能测长仪是一种，由精密机械、光学系统和电气部分相结合起来的通用长度计量仪器，它的测量轴是安装在水平位置的，由于它有一个万能工作台，并附有较多的附件。因此它不但可以测量外尺寸和内尺寸，而且还可进行一些特殊的测量工作，如小孔直径、内外螺纹中径、螺距等，所以它是计量室中基本长度计量仪器之一。

一. 仪器的主要规格

1. 分度值

读数显微镜的分度值 0.001 毫米

工作台上微分筒的分度值 0.01 毫米

2. 直接测量范围 0~100毫米

3. 使用范围

外尺寸测定 a) 不用顶尖时 0~500 毫米

 b) 用顶尖时 至 180 毫米

内尺寸测量 a) 当深度从 4 至 50 毫米时

 10~200 毫米

 b) 使用电眼装置时 1~20 毫米

- 外螺纹中径测定 至180毫米
- 内螺纹中径测定, 当深度从10至50毫米时
10~200毫米
4. 测量压力 一般情况时 150~250克
用电眼装置测定时 0

5. 仪器误差:

在外尺寸测定时 $\pm (1.5 + \frac{L}{100})$ 微米

在内尺寸测定时 $\pm (2 + \frac{L}{100})$ 微米

式中 L 为测定值, 单位毫米。

6. 仪器示值稳定性: 0.4 微米

7. 万能工作台调节范围

高度范围 0~105毫米

横向范围 0~25毫米

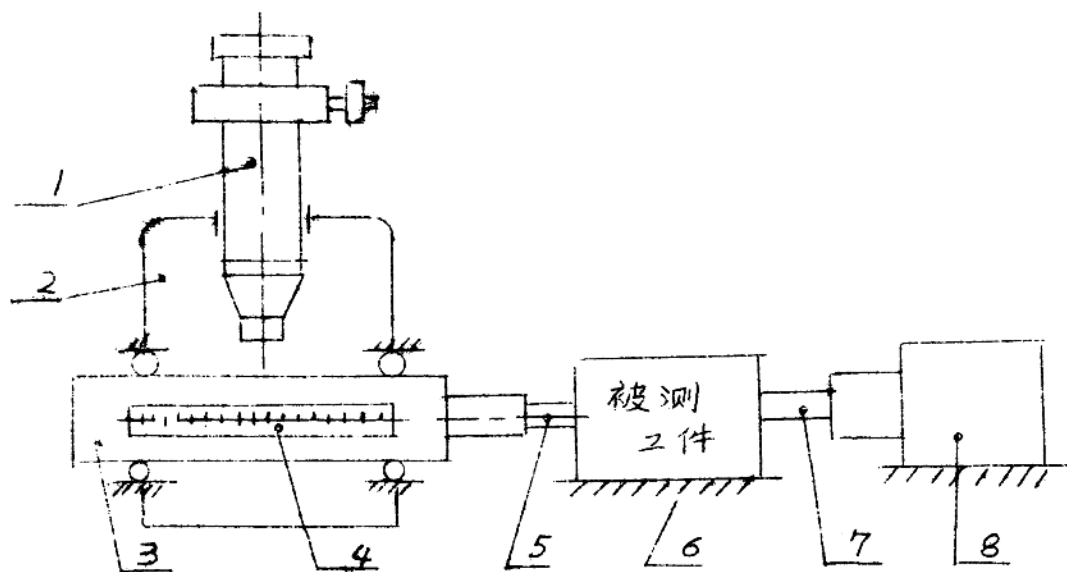
8. 顶针架 最大跨度 200毫米

被测定圆柱形零件的最大直径 180毫米

二. 仪器的测量原理及总布局

卧式万能测长仪是按照阿贝原则设计制造的, 如图一所示, 被测工件是在标准件(玻璃刻度)的延长线上, 即被测线与测量线重

合或在其延长线上。因此能保证仪器的高精度测量。



1. 补偿式读数显微镜 2. 测座 3. 测轴 4. 标准玻璃刻线尺 5. 测头 6. 万能工作台 7. 顶砧 8. 尾座

图 2-1 测量原理示意图

在万能测长仪上进行测量，是直接将被测件与精密玻璃刻线尺作比较，然后利用补偿式读数显微镜细分观察尺寸，进行读数。而玻璃刻线尺固定在测轴中间，可随测轴左右移动。如测工件时，在没放上工件前，可先调顶砧7与测头5接触，使读数显微镜对零，然后放入工件，使顶砧不动，移动测头使其分别于被测件的两面接触，再进行读数，此读数值即为工件尺寸。

卧式万能测长仪总体部局如图 2-2 所示。

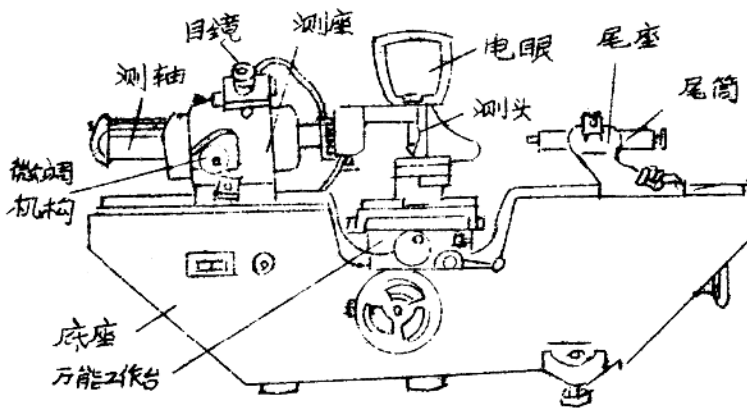


图 2-2

它主要由四大部分组成

1. 底座，船形底座被三个安平螺钉及垫板支承着，所有部件都由底座支承着。它的稳定性及变形程度影响着仪器精度。

2. 万能工作台，可放置被测工件，或放附件，它可调整被测件是否摆正，以达到正确测量。

3. 测座，在底座的左导轨面上放置测座，在测座上有测轴及读数显微镜，测轴轴心内有玻璃刻线尺。在测轴前端可放测头与工件接触。

4. 尾座，固定在底座右导轨面上，在其上装有顶砧及尾管等。

三、主要结构特点及用途

万能工作台，它是用来装夹被测工件及安装附件用的。为了把

被测件尺寸能摆正在被测线上（玻璃刻尺一条线上），因此要求工作台应具备5个方面的自由度，以适应各种被测件正确位置。如在工作台上放置的工件要求测量平行平面时，图2-3（a），为了使工作台在X轴转动达到最小值，在Z轴转动，达最小值；在Y轴

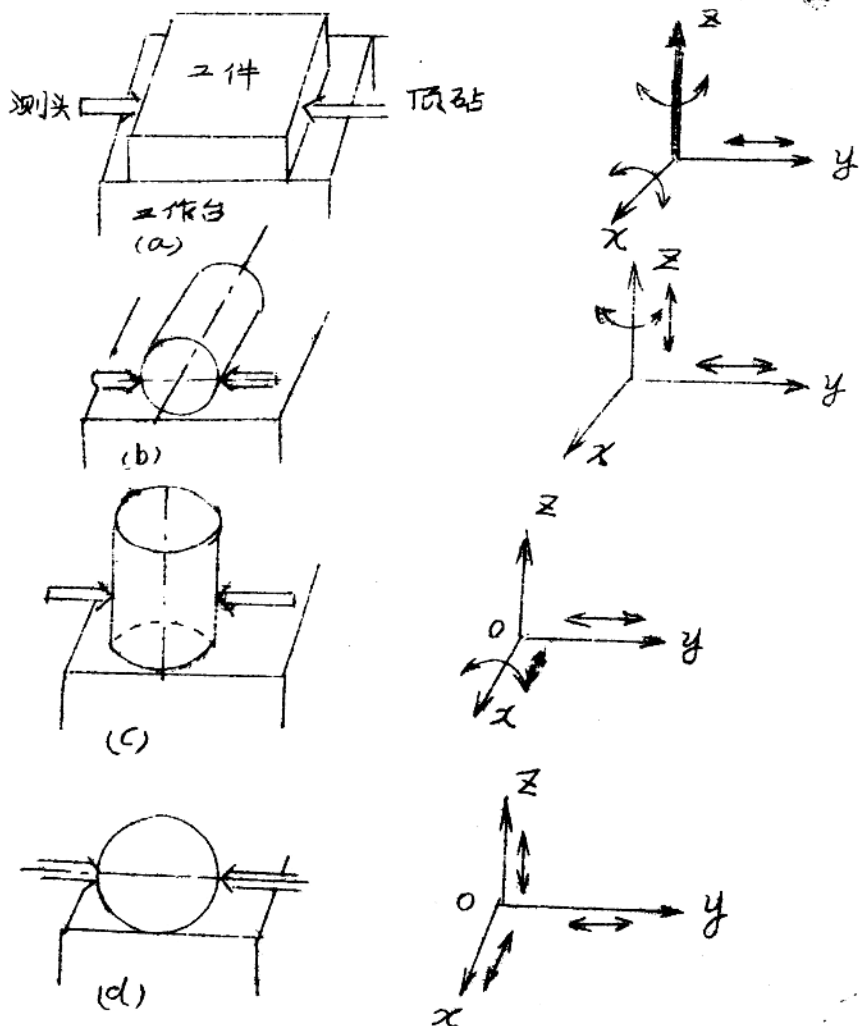


图2-3 万能工作台所要求五个自由度

向移动达到合理值。因此需要工作台有 X 转动、Z 转动、Y 平移 3 个自由度。对于图 2-3 (b) 的圆柱测量、则需要 Z、Y 轴平移，Z 转动自由度。对于图 2-3 (c) (d) 也需要工作台有相应的自由度。考虑各种可测件具体情况，工作台需 X 轴平转与转动，Z 轴的平移与转动和 Y 轴的平移。因此这台仪器工作台可满足五个自由度要求。

工作台的结构见图 2-4。

工作台 Z 向移动，(即上下移动)，用手轮通过斜齿轮 4 与斜齿条 3 啮合，可使工作台上下运动，为了保证工作台处于任意位置，不致下滑，或向上运动省力，采用如图 2-5 所示的弹簧平衡机构。通过手柄 1 旋转，使丝杆 4 平移，若往右移，则拉簧 3 通过杠杆 6，连杆 7、支板 8 上推 V 型支座 9。整个工作台重量由弹簧 4 的一定拉紧力来平衡。

工作台的 Z 轴旋转，是由回转工作台 8 在横溜 7 上的回转轴上完成，图 2-6 所示，可使工作台绕垂直轴线旋转 $\pm 4^\circ$ 。

工作台 X 轴旋转，是通过手轮转动，由偏心机构，连杆使摇摆工作台 6 在 V 型支座 5 上，可转动 $\pm 3^\circ$ 。工作台 X 向移动，是由图 2-7 所示的顶丝手轮机构完成的。摆动工作台是 X 向固定的，而螺母 2 与横溜板 7 固定，螺母 2 与挡铁 4 由两个弹簧拉紧。当拧顶丝手柄向左移动时，则横溜板 7 在 V 型钢球导轨图

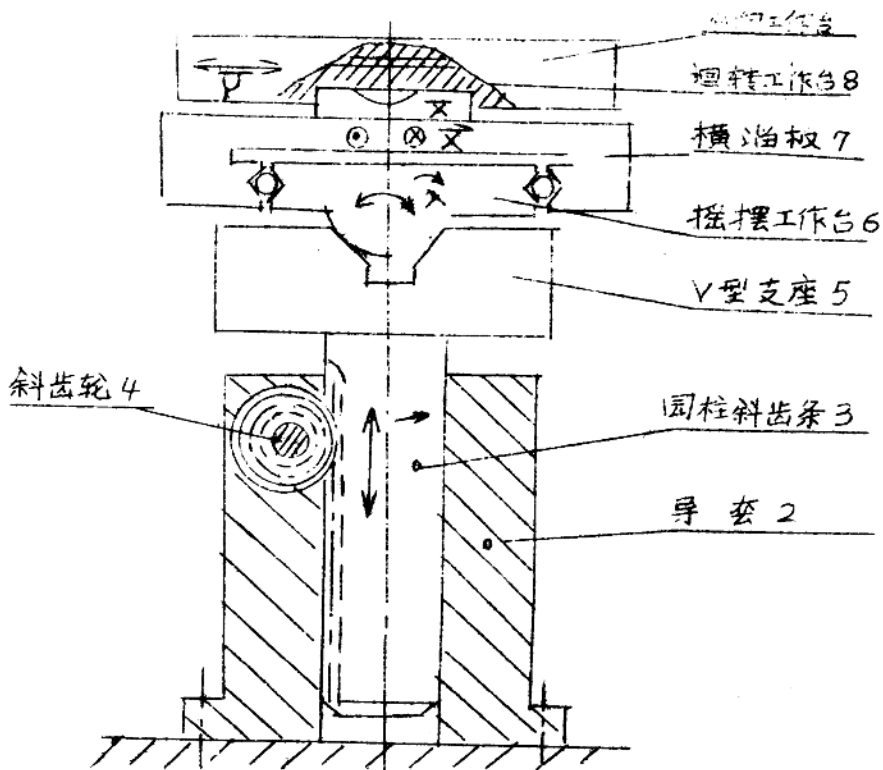


图 2-4 工作台结构示意图

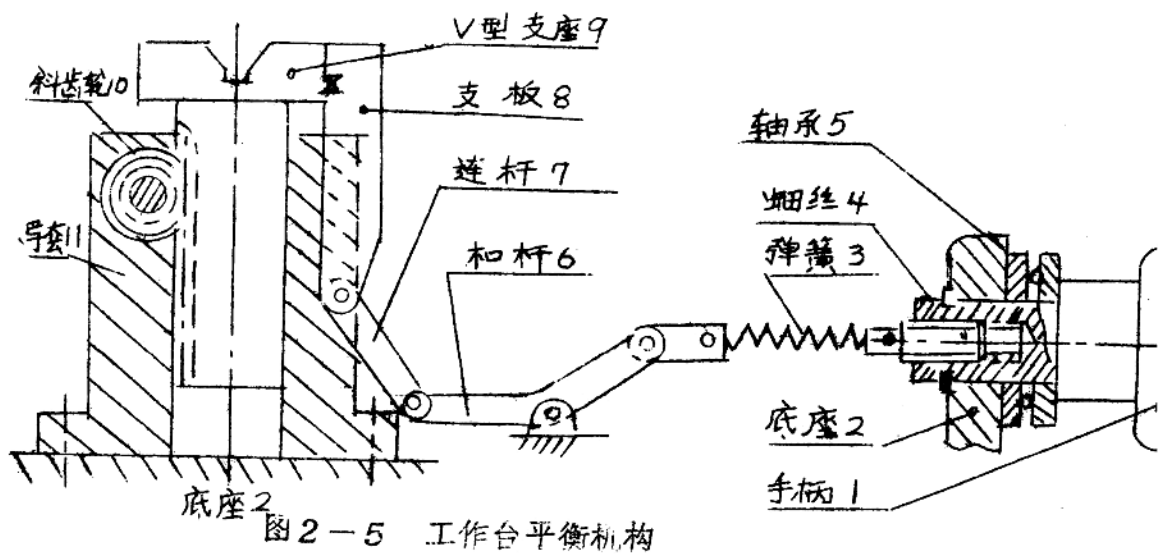


图 2-5 工作台平衡机构

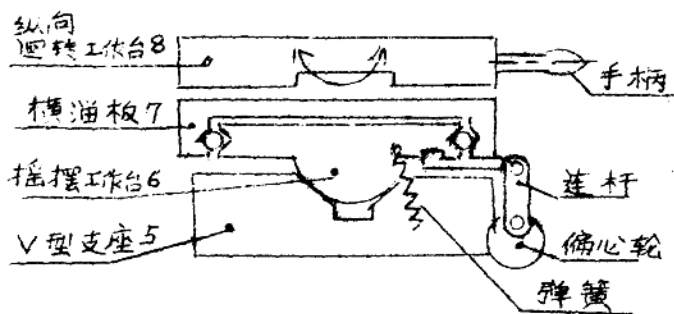


图2-6 工作台摇摆机构

2-4上移动，当顶丝手柄反向旋转时，靠弹簧把横溜板拉向摆动工作台，这种不是顶丝刚性联接的优点，是它单方向传动、无间隙，始终是弹簧拉紧面的螺纹起传动作用。

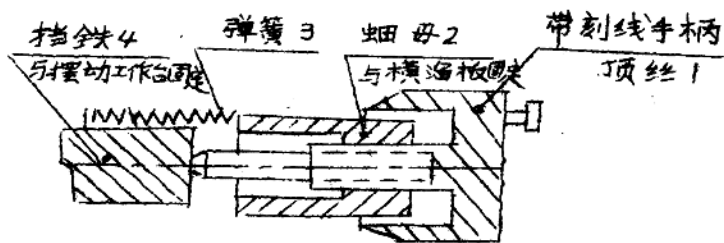


图2-7 横溜板控制机构

工作台Y方移动可见图2-4，纵向工作台9与回转工作台8之间是由V型钢球导轨实现的。

测座图 2-2 所示，它是该仪器的主要部分，在测座内装有测轴，其上有标准玻璃刻线尺，在测座前面有微调机构，在斜上方有读数显微镜对测轴上的玻璃刻线尺进行读数。在测轴的右边可装测头、测钩等附件。

测轴可在测座内移动，可由手动也可微调，测轴在测座内为移动灵活，采用了液珠

轴承导轨支承及导向，见图 2-8 所示。在测轴中心装有玻璃刻线尺，长 100mm 有六个精密轴承安装在测座上，

为测轴的导向支承。为了使测轴径向可动，轴承的轴做成偏式，可调

其间隙。为了防止测轴转动在测轴的侧面还有 4 个轴承来导向。读数显微镜直接观察刻尺刻线。

测轴微调机构，可使测轴左右微量调节位移。它是采用了蜗轮传动方式，见图 2-9 所示。弹簧 2 使支承架 6 远离套筒 3，而

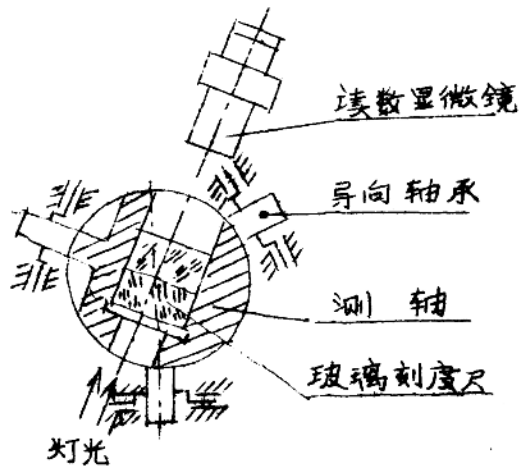


图 2-8 玻璃刻尺及导向机构

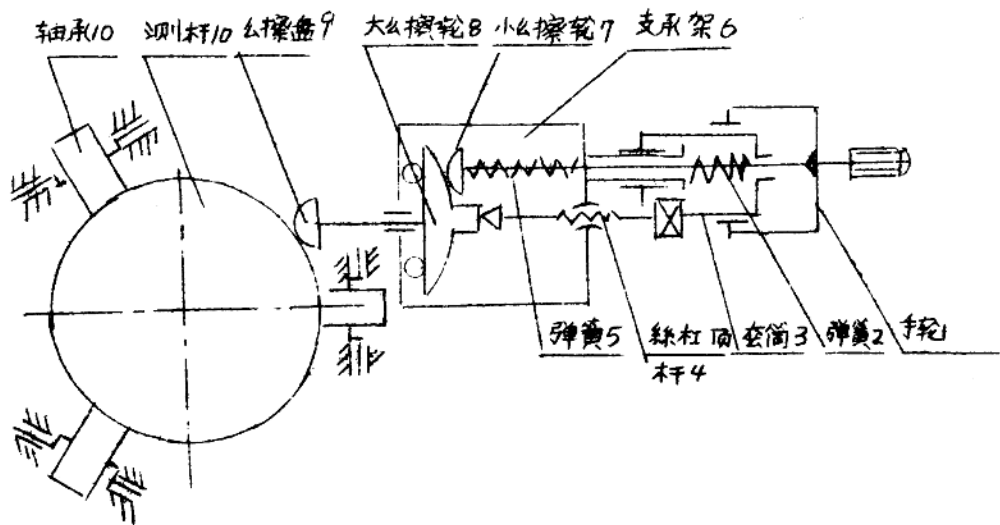


图 2-9 测杆微调机构

使公擦盘 9 接触测杆 10。弹簧 5 使小摩擦轮 7 与大摩擦轮 8 紧密接触。而丝杠顶杆 4 可使公擦盘 9 进一步与测杆接触，当旋转手轮 1 时，小摩擦轮 7 由于偏心接触大摩擦轮 8，而使它回转，大摩擦轮 8 又带动公擦盘 9 偏心接触测轴，而带动它移动，而实现了微调。当不需微调时，可由顶回机构（未画）使支架 6 向右移，弹簧 2 被压缩，使公擦盘脱离测杆。它的传动分析见图 2-10。

设旋扭轴的球面与小摩擦轮在 A 点接触，而公擦盘与测轴在 B 点接触，旋扭轴转动方向为 n_1 ，公擦盘转动方向为 n_2 ，则测轴向外运动，慢转钮半径 r_1 ，小摩擦轮中心到大摩擦轮接触点半径为 r_2 ，大摩擦轮与小摩擦轮接触点到大摩擦轮中心为 r_3 ，而摩擦

蓋中心到接觸點 B 半徑為 r_4 。

當快轉鈕一周時，旋鈕外圓周位移 $2\pi r_1$

求出 n_2 軸的圓周位移量： $n_2 = n_1 \times \frac{r_2}{r_3}$

當 $n_1 = 1$ 時 $n_2 = \frac{r_2}{r_3}$

所以 n_2 圓周位移量： $S = 2\pi r_4 \cdot n_2 = 2\pi r_4 \frac{r_2}{r_3}$

此機構的傳動比：

$$K = \frac{2\pi r_1}{S} = \frac{2\pi r_1}{2\pi r_4 \frac{r_2}{r_3}} = \frac{r_1 \cdot r_3}{r_2 \cdot r_4}$$

例 $r_1 = 25 \text{ mm}$ ， $r_2 = 0.53 \text{ mm}$ ， $r_3 = 12 \text{ mm}$ ， $r_4 = 0.57 \text{ mm}$

$$K = 1000$$

因為快轉和轉鈕直徑比為 1:5，故降速比，也僅為上述值的 $1/5$ ， $K = 200$

工作台升降限程機構是一種典型機構。圖 2-11 所示為限程機構原理圖。環 1 與 10 固定在軸上，與軸一起轉動，環 2、3、11、12 空套在軸上，擋塊 9 固定在限程器的本體上，擋塊 7 與

8分别固定在发条盒6与4上，而发条5的一端固定在4上，另一端固定在6上，其作用是：在发条盒未锁紧时，当手轮15反时针旋转时，始终保持挡块7与环1、2、3接触，以能把工作台限制在所要求的位置上。通过旋钮21将发条盒6锁住，则手轮顺时针旋转只能到此为止（被挡块7挡住），即工作台只能下降到此位置。但手轮仍可反时针转动而使工作台上升。若要求上升一定距离后，需要加以限制，同样只要通过旋钮20把另一半发条盒锁住即可。此时手轮反时针转动就被挡块8挡住，即工作台只能升到此位置。因此通过旋钮20、21就可以方便地将工

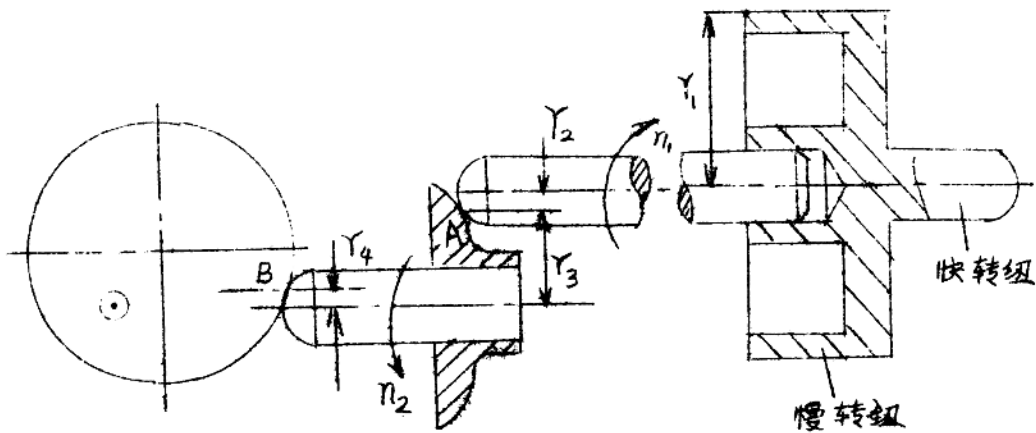


图2-10 测轴微调传动分析

工作台上升下降运动限制在所示的某一范围内。放松旋钮20, 21, 借助手轮15, 可使工作台在0~150毫米的范围内升降, 此时升降距离只受挡块9的限制了。

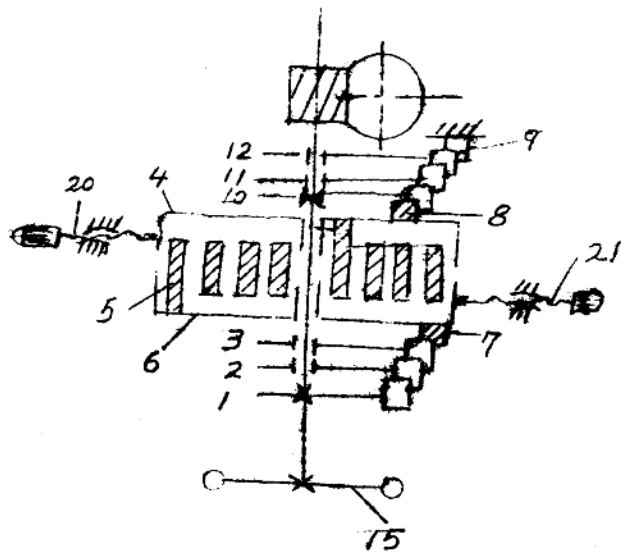


图 2-11

尾座上有顶砧5和调整螺丝1等, 见图2-12作用是对零调整及测量工件做为基准。顶砧的端面一般要求与测轴和顶砧连线垂直。所以它可由在垂直方向的两个顶丝8调整, 在顶丝对面有簧片7反作用压紧。调整时, 旋进螺丝1, 顶杆4, 钢球推顶砧5左移, 旋出螺丝1时, 由簧3使顶砧退回, 弹簧6可使顶砧始终接触钢球。

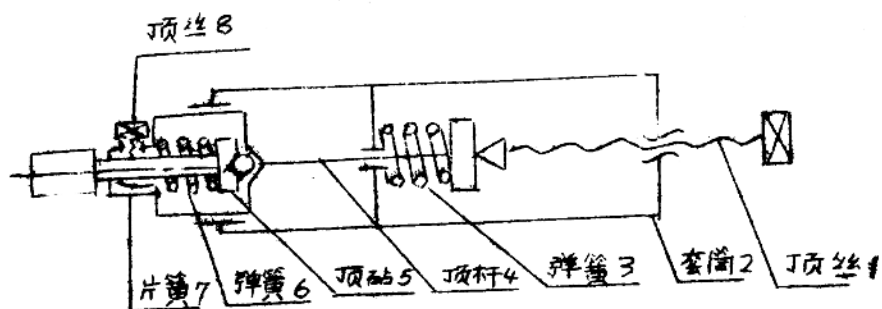


图 2-12 测砧调整机构示意图

四. 补偿式光学读数细分系统

补偿式透镜工作原理, 如图 2-13 所示

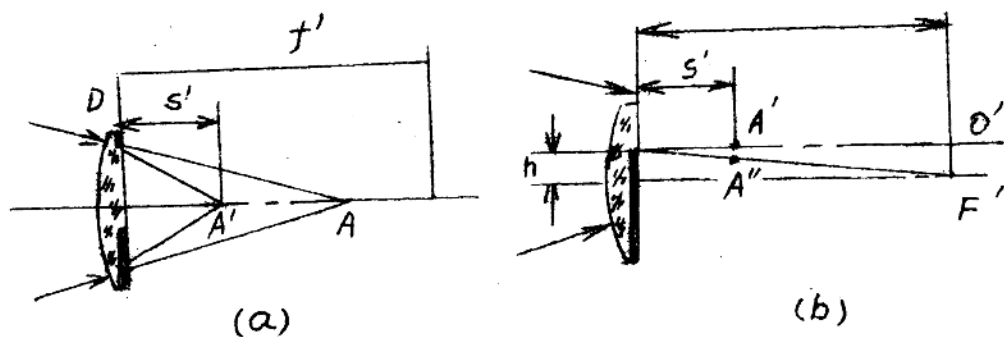


图 2-13 补偿式透镜工作原理

当焦距为 f' 的正透镜 D (补偿透镜), 未置入光路前, 从物镜来的会聚光束成象在 A 点。当放入透镜 O 后, 成象在 A' 点