

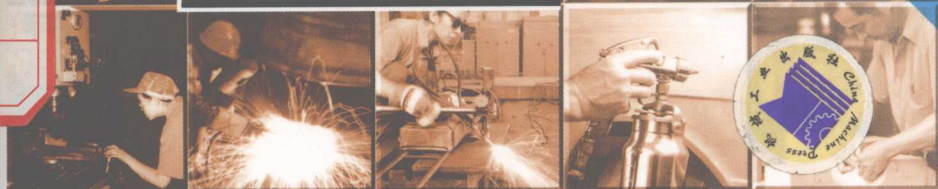
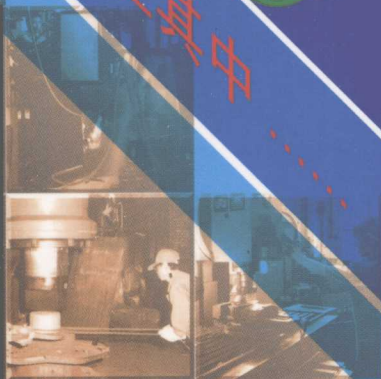
机械工人职业技能培训教材

 高级

工具钳工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

理论技能尽在其中



机械工业出版社



本书是根据原劳动部、机械工业部联合颁发的《职业技能鉴定规范》中高级工具钳工内容而编写的。主要内容有：精密量仪的结构和原理；精密夹具的装配和测量；冷冲模的装配和调整。

图书在版编目（CIP）数据

高级工具钳工技术/机械工业职业技能鉴定指导中心编．
—北京：机械工业出版社，1999.6（2006.7 重印）

机械工人职业技能培训教材

ISBN 7-111-01679-3

I. 高 ... II. 机 ... III. 钳工—技术培训—教材 IV. TG9

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2000）第 08031 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：朱 华 版式设计：霍永明 责任校对：李秋荣

封面设计：姚 毅 责任印制：杨 曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 7 月第 1 版 · 第 5 次印刷

140mm × 203mm · 4 印张 · 100 千字

定价：7.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话（010）68326294

编辑热线（010）88379083

封面无防伪标均为盗版

机械工人职业技能培训教材与题库 编审委员会名单

(按姓氏笔画排列)

主任委员	邵奇惠			
副主任委员	史丽雯	李成云	苏泽民	陈瑞藻
	谷政协	张文利	郝广发(常务)	
委 员	于新民	田力飞	田永康	关连英
	刘亚琴	孙 旭	李明全	李 玲
	李超群	吴志清	张 岚	张佩娟
	邵正元	杨国林	范申平	姜世勇
	赵惠敏	施 斌	徐顺年	董无岸
技术顾问	杨溥泉			
本书主编	郭庆荣			
副 主 编	姜伟道			
参 编	陆志良	马开富	颜勤忠	
本书主审	钱乐东			
参 审	江 涛			

前 言

这套教材及试题库是为了与原劳动部、机械工业部联合颁发的机械工业《职业技能鉴定规范》配套，为了提高广大机械工人的职业技能水平而编写的。

三百六十行，各行各业对从业人员都有自己特有的职业技能要求。从业人员必须熟练地掌握本行业、本岗位的职业技能，具备一定的包括职业技能在内的职业素质，才能胜任工作，把工作做好，为社会做出应有的贡献，实现自己的人生价值。

机械制造业是技术密集型的行业。这个行业对其职工职业素质的要求比较高。在科学技术迅速发展的今天，更是这样。机械行业职工队伍的一半以上是技术工人。他们是企业的主体，是振兴和发展我国机械工业极其重要的技术力量。技术工人队伍的素质如何，直接关系到行业、企业的生存和发展。在市场经济条件下，企业之间的竞争，归根结底是人才的竞争。优秀的技术工人是企业各类人才中重要的组成部分。企业必须有一支高素质的技术工人队伍，有一批技术过硬、技艺精湛的能工巧匠，才能保证产品质量，提高生产效率，降低物质消耗，使企业获得经济效益；才能支持企业不断推出新产品去占领市场，在激烈的市场竞争中立于不败之地。

机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训，重视工人培训教材等基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的经验。尤其是在“七五”和“八五”期间，先后组织编写出版了《机械工人技术理论培训教材》149种，《机械工人操作技能培训教材》85种，以及配套的习题集、试题库和各种辅助性教材共约700种，基本满足了机械行业工人职业培训的需要。上述各类教材以其行业针对性、实用性强，职业工种覆盖面广，层次齐备和成龙

配套等特点，受到全国机械行业工人培训、考核部门和广大机械工人的欢迎。

1994年以来，我国相继颁布了《劳动法》、《职业教育法》，逐步推行了职业技能鉴定和职业资格证书制度。我国的职业技能培训开始走上了法制化轨道。为适应新形势的要求，进一步提高机械行业技术工人队伍的素质，实现机械、汽车工业跨世纪的战略目标，我们在组织修改、修订《机械工人技术理论培训教材》，使其以新的面貌继续发挥在行业工人职业培训工作中的作用的同时，又组织编写了这套《机械工人职业技能培训教材》和《技能鉴定考核题库》，共87种，以更好地满足行业和社会的需要。

《机械工人职业技能培训教材》是依据原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》编写的，包括18个机械工业通用工种。各工种均按《职业技能鉴定规范》中初、中、高三级“知识要求”（主要是“专业知识”部分）和“技能要求”分三册编写，适合于不同等级工人职业培训、自学和参加鉴定考核使用；对多个工种有共同要求的“基本知识”，如识图、制图知识等，另编写了公共教材，以利于单科培训和工人自学提高。题库分别按工种和学科编写。

本套教材继续保持了行业针对性强和注重实用性的特点，采用了国家最新标准、法定计量单位和最新名词、术语；各工种教材则更加突出了理论和实践的结合，将“专业知识”和“操作技能”有机地融于一体，形成了本套教材的一个新的特色。

本套教材是由机械工业相对集中和发达的上海、天津、江苏、山东、四川、安徽、沈阳等地区机械行业管理部门和中国第一汽车集团公司等企业组织有关专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师编写的。在此，谨向为编写本套教材付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢！教材中难免存在不足和错误，诚恳希望专家和广大读者批评指正。

目 录

前言

第一章 精密量仪的结构和原理	1
第一节 光学元件的基础知识	1
第二节 长度量仪	9
第三节 光学分度头	15
第四节 万能工具显微镜	19
第五节 齿轮基节仪	27
第六节 用电动轮廓仪测量表面粗糙度	28
第七节 用自准直仪测量导轨直线度误差	29
第八节 计量器具的正确使用原则	33
复习思考题	35
第二章 精密夹具的装配和测量	37
第一节 精密夹具的装配	37
第二节 夹具的装配质量对使用寿命的影响	40
第三节 精密夹具装配质量的检验	45
第四节 机床夹具制造及装配实例	73
复习思考题	81
第三章 冷冲模的装配和调整	83
第一节 冷冲模的装配	83
第二节 冷冲模的特殊装配工艺	85
第三节 冷冲模间隙的调整	88
第四节 冷冲模的试冲和调整	93
第五节 复杂级进模的制造、装配实例介绍	105
复习思考题	117

第一章 精密量仪的结构和原理

培训要求 了解测长仪的光学系统和结构、掌握其使用方法；了解光学分度头的结构；了解万能工具显微镜的光学系统和结构、掌握其在螺纹测量中的应用；熟悉投影仪的结构、掌握其测量方法；了解齿轮基节的测量原理、掌握其使用方法。

第一节 光学元件的基础知识

学习光学量仪的结构、原理及使用方法，应该具有如下的光学元件基础知识。

一、平面光学元件

1. 平面反射镜 众所周知，光在空气或玻璃中沿直线方向传播。由不同物体发出的光线相交时，对每一光线的直线传播不发生影响，只是在各个光线重叠的区域内增强亮度。

平面反射镜可以是一块金属板，但其表面极其平整、光滑，能把入射光线全部反射到原来的介质中。入射角 α 等于反射角 α' (图 1-1)，且在该点法线的两侧，这就是反射定律的内容。入射光线的方向保持不变，平面反射镜转动 θ 角，则反射光线转动 2θ 角。

在反射光线 AC 、 BD (图 1-2) 的圆锥内，光线好像从发光点 S' 发出的一样，构成与实物大小相等的虚像，且在平面反射镜的同一法线上对称，这是平面镜成像的原理。

2. 平面平行玻璃板 当光线斜射到两种介质（如空气和玻璃）分界面上时，很小部分光线反射，大部分光线进入另一种介质。光线从光疏介质（如空气）进入光密介质（如玻璃）要向法线折射，入射角 β 大于折射角 γ (图 1-3)；若从光密介质进入光疏介质要离法线折射，入射角 β 小于折射角 γ 。当入射光线垂直两种

介质分界面时，入射角、折射角都为 0° ，光线直线传播。这是折射定律的内容。

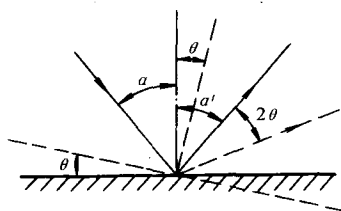


图 1-1 平面反射镜

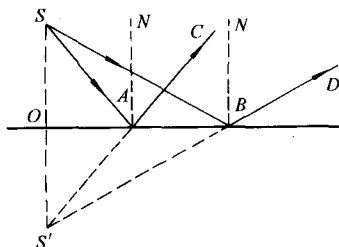


图 1-2 平面反射镜成像

平面平行玻璃板 (图 1-4)，具有相互平行的光滑平整的二个平面，且是介质均匀的玻璃。当光线从 A 点射出，与玻璃板表面垂直的光线沿 $AMNQ$ 方向直线传播，而倾斜的光线 AB 经过二次折射后，以平行于入射光线的方向回到原来的介质中，即 $\alpha_1 = \beta_2$ ，只是偏移一个距离 ΔS ，而物点 A 与像点 A' 轴向位移 ΔL 。

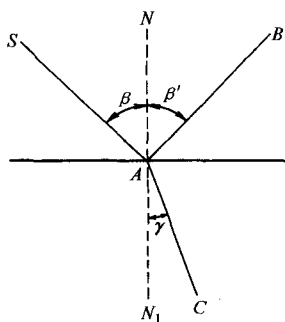


图 1-3 反射与折射

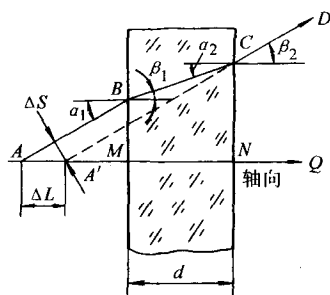


图 1-4 平面平行玻璃板

3. 直角棱镜 透明体的各平面相交而成棱柱形称为棱镜。棱镜的横断面形状为直角三角形称为直角棱镜，用于改变光路。

光从光密介质进入光疏介质时要离开法线折射，入射角越大，折射角更大。当入射角增大到临界角或超过时，折射角趋于 90° ，

意味着没有折射光线，入射光线被两种介质的分界面全部反射到原来的介质中，这种现象叫做全反射。玻璃的临界角是 42° ，水的临界角是 49° 。这是全反射定律的内容。

当光线垂直地照射到直角棱镜的一直角面上(图 1-5a)，保持直线方向射到斜面。因入射角为 45° 发生全反射，再从另一直角面垂直地射出，改变光线方向 90° ，像与物体或上下颠倒或左右调换。当光线垂直地从斜面射入棱镜(图 1-5b)，经过两个直角面的全反射，再从斜面射出，改变光线方向 180° ，像与物体的上下方向是颠倒的。

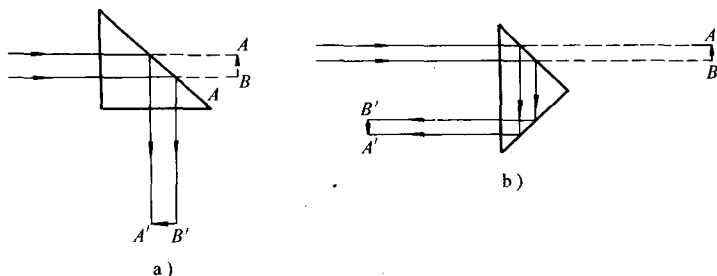


图 1-5 全反射

用全反射棱镜控制光路比用平面镜好，因为平面镜的反射能力取决于水银涂层，不可能百分之百的反射全部光线。

4. 五角棱镜与半五角棱镜 棱镜的横断面形状为五角形和半五角形，也是控制光路的。当光线垂直地射入棱镜，经过两次反射，五角棱镜改变光线方向 90° (图 1-6a)，半五角棱镜改变光线方向 45° (图 1-6b)。

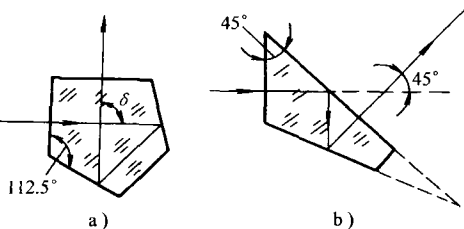


图 1-6 五角棱镜和半五角棱镜

二、球面透镜元件

一个透明物体的两个表面都是球面 (或者其中一个是平面)，

这就称为透镜（图 1-7）。中央部分比边缘部分厚的称凸透镜，它具有会聚光线的性能故又称为会聚透镜。另一种称凹透镜或发散透镜。

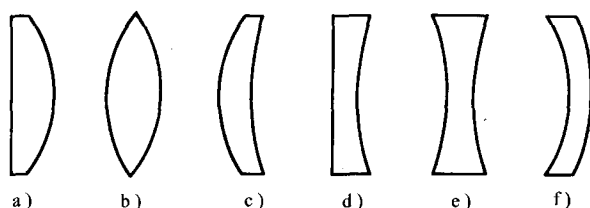


图 1-7 透镜

a) 平凸 b) 双凸 c) 凹凸 d) 平凹 e) 双凹 f) 凸凹

通过透镜两个球面曲率中心的光线，称为透镜的主光轴或主光轴（图 1-8）。主光轴垂直于透镜的对称线。光心就是主光轴与透镜中心的交点 O 。通过光心的其他光线称为副光轴（图 1-9）。凡是通过光心的光线传播方向是一条直线。

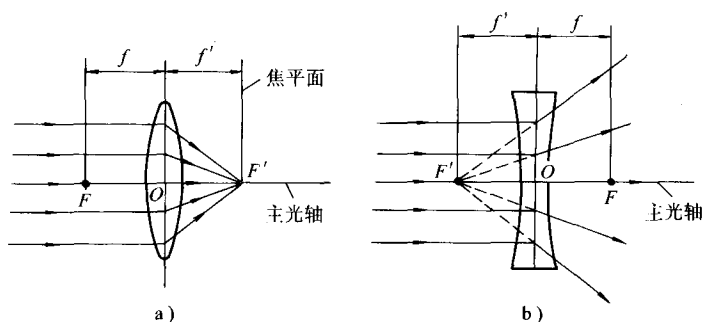


图 1-8 透镜的主焦点和焦平面

a) 凸透镜 b) 凹透镜

跟主光轴平行的一束光线经过透镜折射后，折射光线（或折射光线的反向延长线）会聚于主光轴上一点 F' ，称为透镜的主焦点（图 1-8）；或者说物体在无穷远处，成像在主光轴上 F' 点，故又称为像方焦点。与 F' 点对应的 F 点则称为物方焦点，也是主焦

点。跟副光轴平行的光线经透镜折射后，折射光线（或折射光线的反向延长线）会聚于副光轴上一点，称为副焦点（图 1-9）。主焦点、副焦点所在的平面称为焦平面。焦平面垂直于主光轴。上述光线的会聚，反过来说则是焦平面上任意一点发射的光线（或发射光线的延长线），经透镜折射后，折射光线平行于光轴（图 1-9b、图 1-8 都从反箭头方向看），所造成的像在无穷远处。

主焦点和光心之间的距离称为焦距，标注为 f, f' （图 1-8）。 f 称为物方焦距， f' 称为像方焦距。

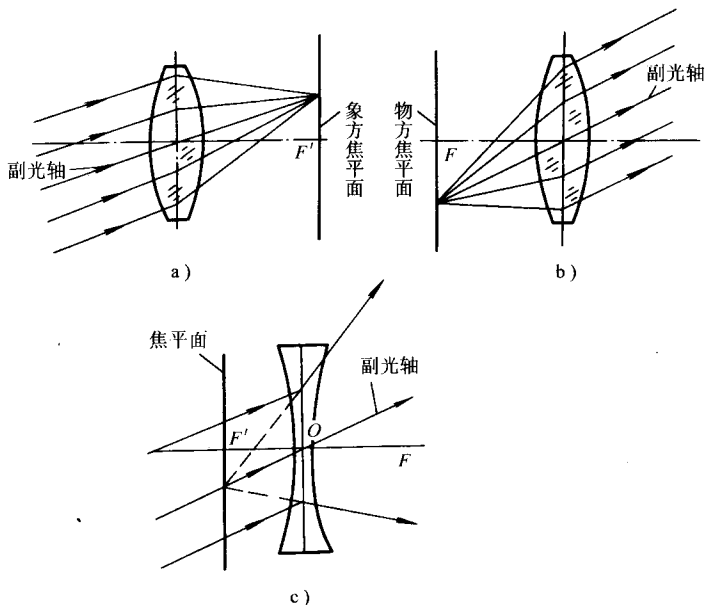


图 1-9 透镜的副焦点和焦平面

三、透镜的成像

1. 用作图法画透镜的成像

(1) 平行于光轴的光线，经透镜折射后，折射线（或折射线的延长线）通过像方焦点（图 1-10 中光线①）。

(2) 通过物方焦点 F 的光线（或光线的延长线），经透镜折射后，与光轴平行（图 1-10 中光线②）。

(3) 通过光心的光线，传播方向保持一条直线（图 1-10 中光线③）。

这三条特殊光线中，任选两条即可画出透镜的成像。

2. 凸透镜成像 物体在无穷远，凸透镜成像在焦面上，是缩成很小的倒立实像，见图 1-11a 中 $B'A'$ 。

物体在两倍焦距即 $2f$ 之外，凸透镜成像在 $f' \sim 2f'$ 之间，是缩小的倒立实像，见图 1-11b 中 $B'A'$ 。

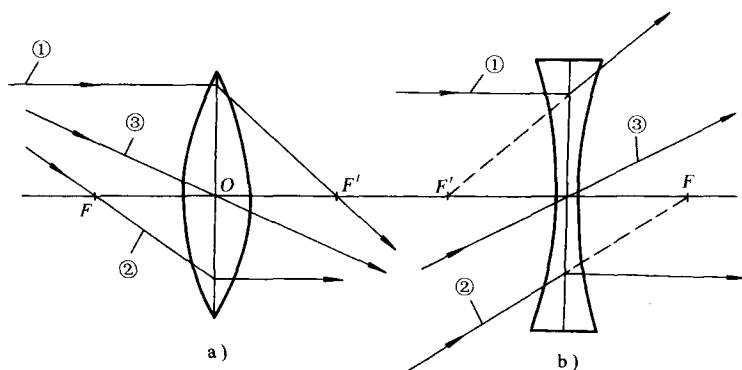


图 1-10 三条特殊光线

a) 凸透镜 b) 凹透镜

物体放在两倍焦距即 $2F$ 位置上，凸透镜成像在 $2F'$ 位置上，是与物体同等大小的倒立实像，见图 1-11c 中 $B'A'$ 。

物体放在 $f \sim 2f$ 之间，凸透镜成像在 $2f'$ 之外，是放大的倒立实像，见图 1-11d 中 $B'A'$ 。

物体放在主焦点即 F 位置上，则凸透镜不能成像见图 1-9b。

物体放在光心与主焦点之间即 f 之内，凸透镜成像在物体的同一侧，是放大的正立虚像，见图 1-11e 中 $A'B'$ 。

3. 凹透镜成像 物体放在光心到无穷远之间任何位置上，经透镜折射后，折光线的延长线在光心与主焦点之间即 f' 之内造成一个缩小的正立虚像 $A'B'$ （图 1-12a）。入射光线、物体、虚像在凹透镜的同侧。

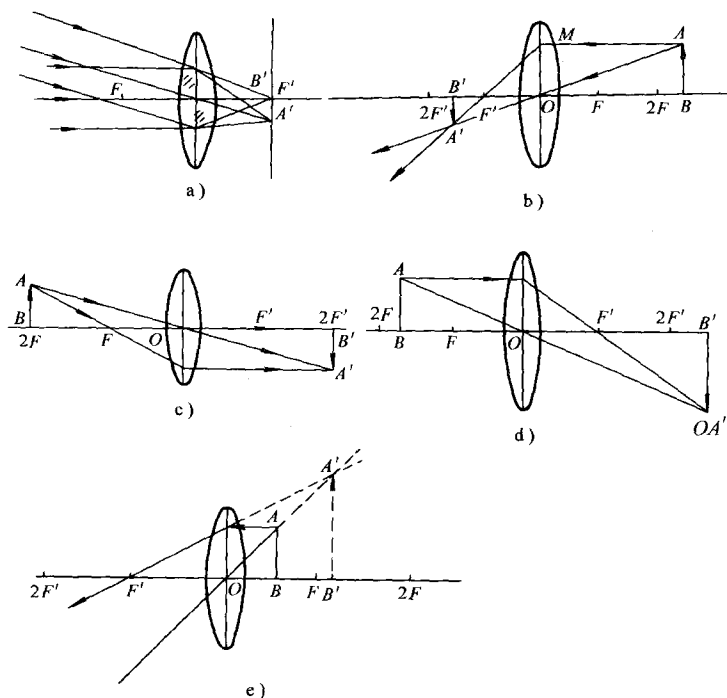


图 1-11 凸透镜成像

入射光线经过凹透镜折射后，把放在凹透镜另一侧的光心与焦点之间的物体，造成一个放大的正立实像 $A'B'$ (图 1-12b)；物体、实像在凹透镜的同一侧。

三、自准直原理

图 1-13a 所示，位于物镜焦点 F 的物体发出的光线，经物镜（凸透镜）折射，成为一束平行于主光轴的光线射出。遇到与主光轴垂直的平面反射镜 PP ，按原路反射回来，又经过物镜成像在

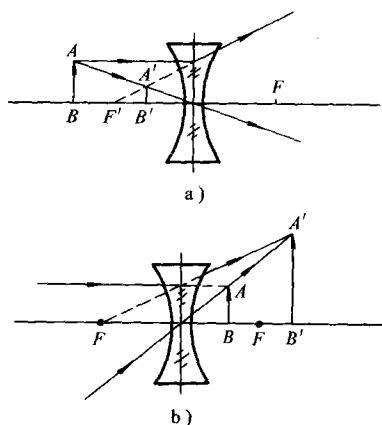


图 1-12 凹透镜成像

焦点 F 上，即实像与物体完全重合。这就是自准直原理。

图 1-13b 所示，位于物镜焦平面上任一点 E 的物体，发出一束光线经物镜折射，成为平行于副光轴的光线。以 ω 角射向平面反射镜 PP （因为副光轴与主光轴成 ω 角）， PP 以相等的 ω' 角反射出光线，又经过物镜成像在焦平面的 E' 点，即象点与物点 E 是不重合的。若物镜焦距为 f ，则这个距离 EE' 说明发出光线的物体不在主光轴上。

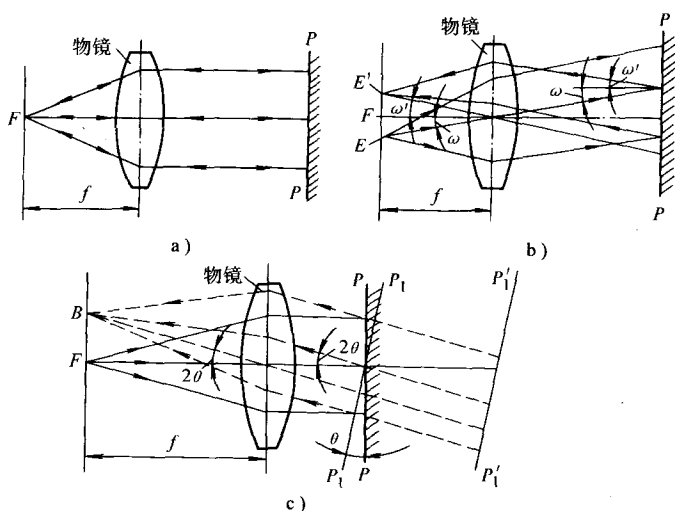


图 1-13 自准直原理

$$EF = E'F = f \tan \omega$$

若图 1-13a 所示的平面反射镜 PP 被一测量杆的直线位移而转动，使 PP 从与主光轴的严格垂直关系转动 θ 角，那么反射光线则转动 2θ 角（图 1-13c）射出，又经过物镜成像在焦平面 B 上，则

$$BF = f \tan 2\theta$$

这个距离 BF 说明平面反射镜没有与主光轴保持垂直。这个结论若不是测量杆牵动而是 PP 平面反射镜所座落的平面造成的，说明该平面是倾斜的。

图 1-13c 中，把平面反射镜从 P_1P_1 位置平移至 $P'_1P'_1$ 位置，

并不影响反射回去的象点仍落在 B 点上。这是因为折射线都平行于光轴，光轴的方向是不会改变的，只要保持平面反射镜与主光轴的角度不变，就能实现。

所以测量中可任意改变平面反射镜与物镜的轴向距离：移动过程中， BF 值不变说明 PP 平面反射镜所座落平面的倾斜状态不变； BF 值变化说明倾斜状态是变化的； BF 值为零说明呈水平状态。这就是利用自准直原理，配以合适的标尺，测量出 BF 值，计算出直线度（或平面度）的数值，或倾斜的小角度 θ 值。

第二节 长度量仪

一、卧式测长仪（又名万能测长仪）

1. 主要结构 卧式测长仪的外形如图 1-14 所示。

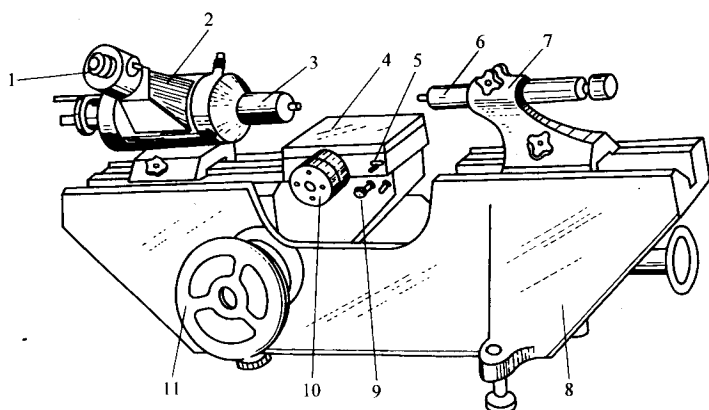


图 1-14 卧式测长仪

- 1—测微目镜 2—测座 3—测量主轴 4—万能工作台 5—摆动手柄
6—尾管 7—尾座 8—底座 9—扳动手柄 10—微分筒 11—手轮

测座 2、尾座 7 与底座 8 用导轨联接，故能作左右滑动或被锁紧；容纳长短不同的工件。

万能工作台 4 用于安装与调整被测工件。不同的被测工件对调整的要求是不相同的，故万能工作台 4 有五种运动：旋转手轮 11 作上下升降运动；旋转微分筒 10 作横向移动；在测量主轴 3 与

尾管 6 的轴线方向上可作自由滑动，滑动范围为 $\pm 5\text{mm}$ ；摆动手柄 5 作 $\pm 3^\circ$ 的左右倾斜摆动；扳动手柄 9 可绕垂直轴旋转 $\pm 4^\circ$ 。

测座 2 又称测量头，是由测量主轴 3、微动装置、读数显微镜组成。测量主轴的轴线位置上固联精密玻璃刻度尺，故玻璃刻度尺的移动量就是测量主轴的移动量。

尾管 6 的头部有测头，尾部有使测头作轴向移动的螺旋机构。所以转动旋钮，使测头对正零位或作为被测工件的定位点。通过螺钉调整尾管测头的轴线与测量主轴 3 的轴线共线。

2. 读数显微镜的光路系统 如图 1-15 所示，光束从光源 1 发出到目镜 10 被观察。滤色片 2 以绿色光照明玻璃刻度尺 5，使眼睛视觉舒适。聚光镜 3 的作用是收集尽可能多的光线会聚在玻璃刻度尺上，使测量者看得清晰。玻璃刻度尺 5（即测量主轴）移动的方向与图面垂直。物镜 6、目镜 10 都是由一组透镜组成，简化成图 1-16 的物镜 O 、目镜 E ，物镜 O 的焦距 f_o 较小，当玻璃刻度尺位于焦点 F_o 之外的 AB 处，经凸透镜造成一个放大倒立的实像 B_1A_1 ， B_1A_1 正好处在目镜 E 的焦点 F_e 之内 ($f_e > f_o$)，再由目镜放大成正立的虚像 B_2A_2 （对测长仪而言成像于螺旋分划板），经过两次放大，玻璃刻度尺细微的移动量都能看清。读数显微镜中的测微目镜能见到玻璃刻度尺、螺旋分划板、游标刻度尺的像，因为游标刻度尺紧挨着螺旋分划板。

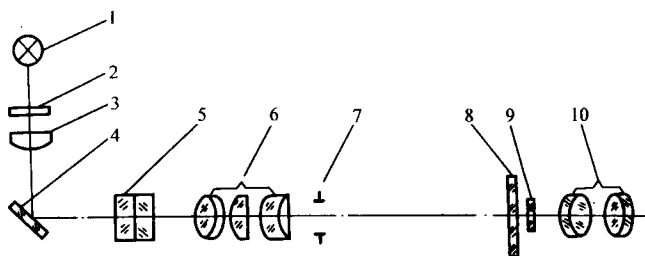


图 1-15 卧式测长仪光路系统图

- 1—光源 2—滤色片 3—聚光镜 4—反射镜 5—玻璃刻度尺 6—物镜
7—光阑 8—螺旋分划板 9—0.1mm 游标刻度尺 10—目镜

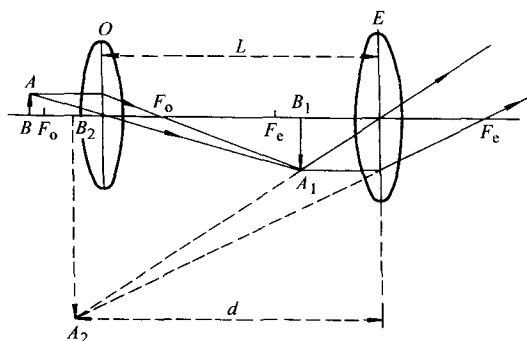


图 1-16 透镜组的放大作用

3. 测量原理 卧式测长仪设计的优点：被测工件安装在万能工作台（图 1-14）上能完全符合阿贝原则（被测工件的被测尺寸应处于仪器基准刻线尺的轴线延长线上），保证了仪器测量的高精度。测量前，先将测座 2 的测量主轴与尾管 6 的测头接触，从读数显微镜中读数，尾座测头不动，再将被测工件安装在万能工作台上，从读数显微镜中读数，两读数之差为被测尺寸，这是绝对测量。若将量块（标准件）安装在万能工作台上（图 1-17），将测量主轴与测头接触量块。通过调节使目镜视场内刻度值都为零，尾座测头不动，再将被测工件安装在万能工作台上，从读数显微镜

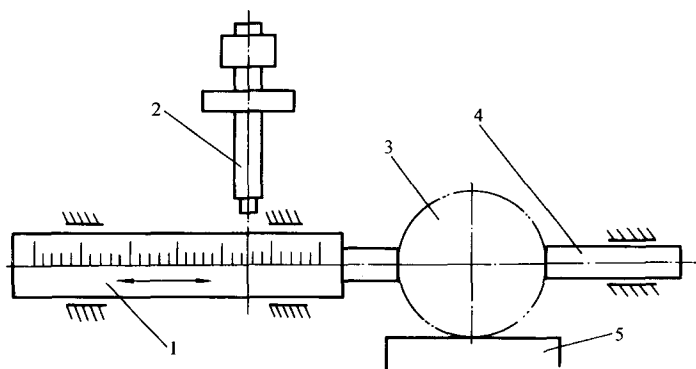


图 1-17 测量方法

1—测量主轴 2—读数显微镜 3—工件或标准件 4—测头 5—工作台