

高级技工学校教材

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心
全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会
组织编写



机械加工技能 铣工

中央广播电视大学出版社

18
1
KD00224247

高级技工学校教材

机械加工技能 (铣工)

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心

组织编写

全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会

江苏工业学院图书馆
藏书章

中央广播电视大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械加工技能·铣工/劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心,全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织编写. —北京:中央广播电视大学出版社,2004.12

高级技工学校教材

ISBN 7-304-02945-5

I. 机… II. ①劳…②全… III. 铣削—技工学校—教材 IV. TG5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 125361 号

版权所有,翻印必究。

机械加工技能·铣工

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心
全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会 组织编写

出版·发行:中央广播电视大学出版社

电话:发行部:010-68519502 62529338 总编室:010-68182524

网址:<http://www.crtvup.com.cn>

地址:北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编:100039

经销:新华书店北京发行所

策划编辑:苏 醒

责任编辑:姜 澜

责任印制:赵联生

封面设计:王 容

版式设计:张 彦

责任校对:刘 仙

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

印数:0001—3000 册

版本:2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:9.75

字数:220 千字

书号:ISBN 7-304-02945-5/TH·64

定价:18.80 元

(如有缺页或倒装,本社负责退换)

《机械加工工艺(钳工)》编写人员

高级技工学校教材

主 编: 周 伟

机电类专业编审工作委员会

编 者: 胡 翔 陆均良 刘克诚

主 任: 陈 宇 郝广发

副主任: 孙长庆 张永麟 杨黎明

委 员: (按姓氏笔画排序)

于 平	王 军	王兆山	王洪琳	王晓君
付志达	付元胜	冯振君	刘大力	刘亚琴
许炳鑫	孙国庆	李 涛	李长江	李木杰
李鸿仁	李超群	杨耀双	杨君伟	杨柳青
何阳春	张 斌	张仲民	张跃英	陈 蕾
林 青	林爱平	周学奎	单渭水	郝晶卉
赵杰士	贾恒旦	董桂桥	甄国令	

《机械加工技能(铣工)》编写人员

主编：周伟

主审：赵杰士

编者：胡翔 陈均良 刘克诚

为实施国家高技能人才培训工程，加快高技能人才培养，劳动和社会保障部组织实施了国家高技能人才培训工程。为配合这项工程实施，我部委托中国就业培训技术指导中心、全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会，组织专家编写了高级技工学校专业教材。本套教材是高级技工学校专业教材，包括模具制造与维修、数控机床加工、电气维修5个专业的配套教材。

高级技工学校是我国培养高技能人才的重要基地。这次编写的5个专业的配套教材，是高级技工学校多年教学实践经验的积累和总结。教材依据《国家职业标准》和《高级技工学校专业教学计划》，瞄准经济发展对技能人才的要求，以职业技能为核心，注重教学内容的科学性、先进性和规范性，突出实践创新能力的培养。本套教材在编写中，特别注意了中、高级技能人才培养的衔接。教材的适用范围为具备中级职业资格水平的读者对象。本套教材同时可作为相关职业(工种)高级工、技师等企业职工培训教材，也可作为相关专业高职院校的课程教材，并且还可为相关专业技术人员作为参考。

本套教材的编写得到了学校、企业等有关方面的大力支持，30多所高级技工学校和企业专家参加了教材的编审工作，付出了辛勤的劳动。在此向所有参与教材编审工作的同志和给予大力支持的学校、企业表示感谢。

劳动和社会保障部培训就业司

序

为实施人才强国战略，加快高技能人才培养，劳动和社会保障部组织实施了国家高技能人才培养工程。为配合这项工程实施，我部委托中国就业培训技术指导中心、全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会，组织专家编写了高级技工学校机床切削加工、机械设备维修、模具制造与维修、数控机床加工、电气维修 5 个专业的配套教材。

高级技工学校是我国培养高技能人才的重要基地。这次编写的 5 个专业的配套教材，是高级技工学校多年教学实践经验的积累和总结。教材依据《国家职业标准》和《高级技工学校专业教学计划》，瞄准经济发展对技能人才的要求，以职业技能为核心，注重教学内容的科学性、先进性和规范性，突出实践创新能力的培养。本套教材在编写中，特别注意了中、高级技能人才培养的衔接，教材的适用范围为具备中级职业资格水平的读者对象。本套教材同时可作为相关职业（工种）高级工、技师等企业职工培训教材，也可作为相关专业高职院校的课程教材，并且还可为相关专业技术人员作为参考。

本套教材的编写得到了学校、企业等有关方面的大力支持，30 多所高级技工学校和企业的专家参加了教材的编审工作，付出了辛勤的劳动，在此向所有参与教材编审工作的同志和给予大力支持的学校、企业表示感谢。

劳动和社会保障部培训就业司

前 言

随着我国经济持续快速的发展，社会对于具有高技能人才的需求不断增加。为适应职业教育改革的需要，有助于本专业技能人才的培养而编写本书。

本书是依据中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指委员会制定的教学计划、教学大纲，参照《国家职业标准》的要求编写的全国高级技工学校机械加工专业铣工实习教学的专业课教材。全书重点介绍了高级铣工应掌握的量具、量仪的使用及维护，典型课题的工艺分析、加工方法、设备使用及容易产生问题和注意事项。在编写中，根据生产实际需要，突出针对性、典型性和实用性的原则，将理论知识和技能操作有机地结合在一起，用理论指导操作，用操作来加深对知识的理解，做到理论知识简明易懂、实训内容实用可操作。

本教材不仅可供高级技工学校、中等职业技术学校、机械类各专业高级工使用，也可作为企业培训和职工自学用书，尤其是本书中所列举的技能操作实例对于高级工教学及职业技能鉴定具有指导意义。

全书由天津市机电工艺学院周伟主编，胡翔、陈均良、刘克诚参加了编写工作，赵杰士任本书主审。

限于编者水平，书中错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 铣工常用精密测量仪器的使用	1
第一节 光学分度头	1
第二节 自准直仪和光学平直仪	5
第三节 扭簧比较仪	10
第二章 复合斜面的铣削方法	12
第一节 复合斜面的铣削方法	12
第二节 复合斜面的检验	18
第三章 刀具齿槽的铣削	20
第一节 圆柱面直齿刀具齿槽的铣削	20
第二节 圆柱螺旋齿刀具齿槽的铣削	30
第三节 端面齿齿槽的铣削	43
第四节 刀具齿槽铣削的检验及质量分析	49
第四章 直齿锥齿轮的铣削	52
第一节 直齿锥齿轮的铣削	52
第二节 大质数直齿锥齿轮的铣削	66

第三节 直齿锥齿轮的质量检测	72
第五章 蜗轮和蜗杆的铣削	75
第一节 蜗杆的铣削	75
第二节 蜗轮的铣削	83
第三节 蜗杆和蜗轮的铣削加工质量分析	98
第六章 模具型面的铣削	100
第一节 模具型面的铣削方法	100
第二节 数控铣床铣削模具型面简介	118
第三节 模具型面的检验方法	123
第七章 典型铣床的结构和使用	125
第一节 X2010A 型龙门铣床的结构和使用	125
第二节 XK5025 数控铣床的结构和使用	134
参考文献	143

第一章 铣工常用精密测量仪器的使用

测量仪器是利用机械、光学、气动、机械—数字电子转换或其他原理，将长度单位放大或细分的测量器具。铣工常用的精密测量器具有光学分度头、扭簧比较仪、自准直仪和光学平直仪等。通过训练了解铣工常用精密测量仪的工作原理、工作特性、示值误差和测量范围以及正确调整和使用的方法。

第一节 光学分度头

教学目标

- (1) 了解光学分度头的结构和光学系统。
- (2) 熟悉光学分度头的示值误差、测量范围及读数装置。
- (3) 正确使用光学分度头进行角度的精密测量和精密分度。

相关知识

一、光学分度头的结构

光学分度头是精密切分和测量的光学测量仪。它可用于精密测量角度，也可用于加工零件时的精密切分。

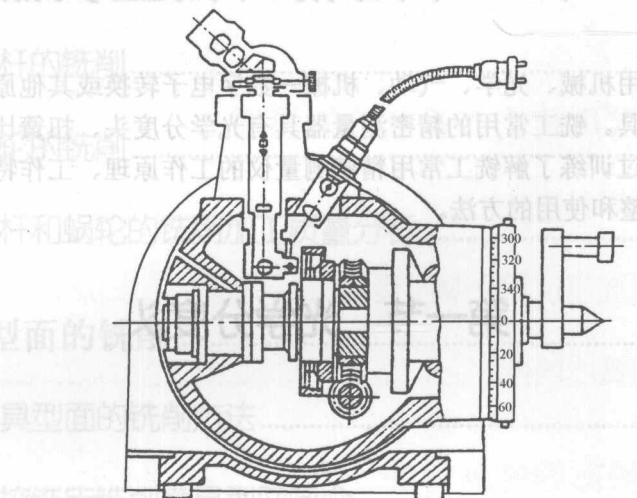
光学分度头的种类很多，按读数形式可分为目镜式、影屏式和数显式等几种。其结构、光学系统和分度方法基本相似，区别只在于光学放大倍数有所不同。常用的是目镜式光学分度头。目镜式分度头的内部结构如图 1-1a 所示。

转动手轮经过蜗杆带动分度头主轴旋转，锁紧装置可将分度头主轴固定在任何位置上。玻璃刻度盘的圆周刻度由光源照明。其转角由读数显微镜读得。分度头还可以在垂直蜗杆轴的平面内转动 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 。

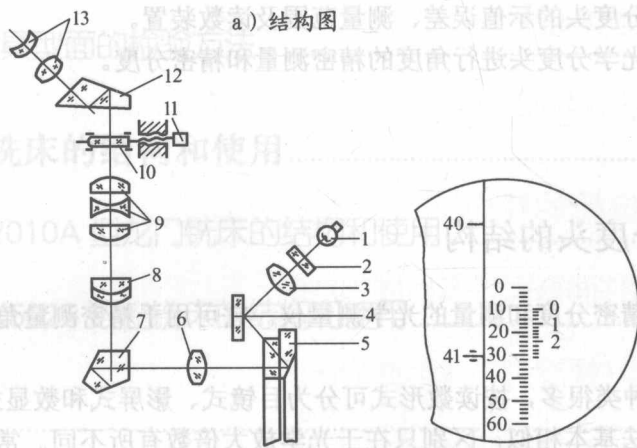
二、光学分度头的光学系统

光学分度头的光学系统如图 1-1b 所示。由光源 1 发出的光线经滤光片 2 和聚光镜 3 射到反射镜 4，光线被反射并照亮主轴上的圆刻度盘 5，经反射后再通过玻璃刻度盘把刻度盘上刻线影像投射到物镜 6 上。棱镜 7 改变光束的方向，使光线垂直向上投射到游标刻度盘 8。

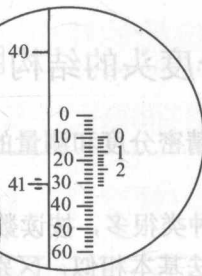
这样圆刻度盘 5 上的刻线在游标刻度盘 8 上所成的像和其上的游标刻度尺一起再经过中间透镜组 9 成像在可动分划板 10 上,分划板上有带刻度值的刻尺,最后经透镜和目镜组成的目镜组放大后以供观测。



a) 结构图



b) 光路图



c) 视场读数

- 1—光源 2—滤光片 3—聚光镜 4—反射镜 5—圆刻度盘
6—物镜 7、12—棱镜 8—游标刻度盘 9—中间透镜组
10—可动分划板 11—微动手轮 13—目镜

图 1-1 光学分度头

三、光学分度头的读数装置视场

目镜中观察到的读数装置视场如图 1-1c 所示。在目标的视场中可以看到可动分划板上的一组刻尺。图中长线是“度”盘刻线尺,刻度值为 1° ;中间是“分”值刻线尺,刻度值

为 $2'$ ，它刻在可动分划板 10 上，在此板上还有两根短线；图中右边是“秒”值游标刻度尺，共 12 格，刻度值为 $10''$ ，它是游标刻度盘 8 上刻线的成像，是固定不动的。读数时，先将可动分划板 10 上的两根短线套准“度”刻线上读出读数，由右边“秒”值刻度尺的第一根刻线即“0”线指在中间“分”值刻线尺读出分数，“秒”值游标刻线中某一刻线和中间“分”值刻线对准处，此时两刻度尺的刻线连成一条亮线，由此读出秒值。如图 1-1c 中读数为 $41^{\circ}8'40''$ 。

四、光学分度头的主要技术参数

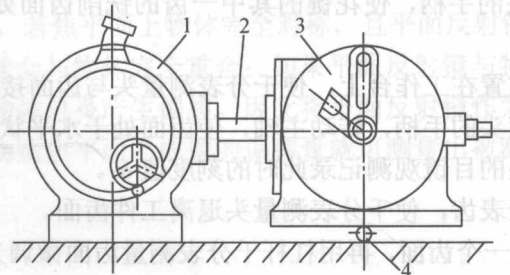
角度测量范围	$0^{\circ} \sim 360^{\circ}$
度盘刻度值	1°
分划板刻度值	$2'$
秒盘刻度值	$10''$
金属度盘刻线值	1°
壳体旋转度盘游标刻度值	$6'$
分度头距基面的中心高	130mm
放大倍率	40 倍
主轴倾斜范围	$0^{\circ} \sim 90^{\circ}$
主轴锥孔	莫氏 4 号
示值精度	$20''$
可测零件最大质量	80kg

五、光学分度头的正确使用及注意事项

利用光学分度头测量时，以零件的回转中心作为测量基础，可以把被测工件装在两顶尖之间或心轴上，由此来测量工件的中心夹角。

1. 用光学分度头测量铣床分度头的分度误差

利用光学分度头测量铣床分度头的分度误差，如图 1-2 所示。将连接棒 2 的两端分别装



1 - 光学分度头 2 - 连接棒 3 - 铣床分度头 4 - 圆柱

图 1-2 检验铣床分度头的分度误差

入铣床分度头 3 和光学分度头 1 的主轴锥孔中并关紧。铣床分度头 3 支承在圆柱 4 上，处于可以自由调位的状态。将光学分度头 1 的蜗轮和蜗杆脱开，使其主轴可以自由转动，同时要调整好显微目镜中的视场。

铣床分度头手柄每转 1 周，就能通过光学分度头 1 读出主轴的实际转角，并求出每个实际回转角与名义回转角的差值。在主轴回转 1 周的过程中，这些差值中的最大值与最小值之差，就是蜗轮旋转 1 周的分度误差。

测量分度误差时，要将主轴顺时针和逆时针旋转各进行一次检验。

铣床分度头手柄旋转 α 角，测量主轴的实际回转角。测量时要调整分度系统，按照铣床分度头蜗杆和分度盘的特性选择，如蜗杆转动 $1/z$ 周 ($z=8\sim 12$)，使手柄旋转 α 角。

手柄每旋转 α 角，测量一次主轴的实际回转角，并求出每个实际回转角与名义回转角的差值；在蜗杆 1 周内测定这些差值中的最大值和最小值之差即为分度头蜗杆 1 周内的分度误差。

在测量过程中，至少要使蜗杆位于蜗轮圆周上 3 个不同的位置测量，并正反各测量一次。

2. 用光学分度头精密测量工件的中心夹角

光学分度头可以精密测量工件的中心夹角，主要用于测量有定位中心零件的分度误差。例如，分度盘、花键、铣刀、精密齿轮、圆柱零件上的孔或槽的相互位置的中心角等。

如图 1-3 所示，工件为花键轴，用光学分度头测量花键的中心夹角。具体步骤如下：

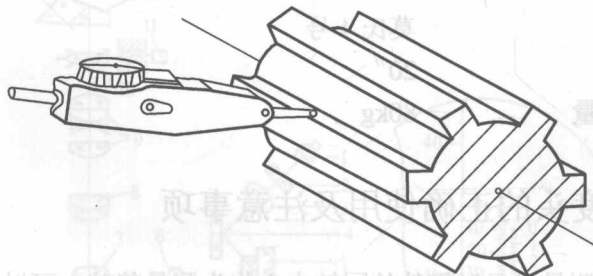


图 1-3 检测花键的中心夹角

- (1) 将花键轴装在两顶尖之间。
 - (2) 摇动铣床分度头的手柄，使花键的其中一齿的铣削齿面处于与工作台面平行的位置。
 - (3) 将杠杆千分表放置在工作台上，使千分表测量头与齿面接触，测量齿面的平面度，若有误差则微调光学分度头的手柄，转动主轴，使齿面处于水平状态。
 - (4) 通过光学分度头的目镜观测记录此时的刻度值 α_1 。
 - (5) 移动杠杆千分表表齿，使千分表测量头退离工件齿面。
 - (6) 将花键分度至下一个齿面，再用杠杆千分表测量齿面微调光学分度头的手柄，使齿面处于水平状态，并读取分度头刻度值 α_2 。
 - (7) 计算 α_2 与 α_1 的差值 α ，即为两齿之间的中心夹角。
- 用以上方法依次测量各齿面，记录分度头刻度值，并计算出各齿面的中心夹角。

第二节 自准直仪和光学平直仪

教学目标

- (1) 了解自准直仪的工作原理、光学系统。
- (2) 熟悉自准直仪和光学平直仪的结构和读数方法。
- (3) 正确使用自准直仪和光学平直仪对工件进行测量和计算, 推算出工件的平面度误差。

相关知识

一、光学自准直原理

自准直光学量仪是根据光学的自准直原理制造的测量仪器, 它包括自准直仪、光学平直仪、测微准直望远镜及经纬仪等多种。

光学自准直原理就是指在物镜焦平面上的物体, 通过物镜及物镜后面反射镜的作用, 仍可在物镜焦平面上形成物体的实像。如图 1-4a 所示, 物镜的焦点 F 发出的光束经物镜折射后成为平行于光轴的光束, 在经过垂直于光轴的平面反射镜 PP 后, 光束仍按原路反射回来, 经物镜后仍会聚在焦点 F 上, 即 F 点和它的像 F' 完全重合。

如图 1-4b 所示, 在物镜焦平面上任意一点 E 发出的光束, 经物镜折射后成为与光轴成 ω 角的平行光束。 ω 角是 E 点和物镜主点的连线与光轴的夹角, 当遇到垂直于光轴的平面反射镜 PP 后, 根据反射定律, 光束以反射角 ω 反射回来, 经物镜后会聚在物镜焦平面上的 E' 点。 E' 点就是 E 点的像, 并且与 E 点相对于光轴完全对称。设物镜焦距为 f , 则 $E'FEF=f \tan \omega$ 。

如图 1-4c 所示, 如果平面反射镜在子午平面内对光轴偏转 θ 角, 根据反射定律, 经平面反射镜 P_1P_1 , 反射后光束偏转 2θ 角, 这时自准像相对于物点产生了偏移, 偏移量的大小为 $BF=f \tan 2\theta$ 。

以上 3 种情况说明, 若焦平面上物体完全对称, 且平面反射镜与物镜光轴垂直, 那么物体在焦平面上的成像就会与物体完全重合; 如果平面反射镜与物镜光轴不垂直, 物体在焦平面上的成像就会与物体自身产生偏移。因此将平面反射镜作为目标反射镜置于被测物体的平面上, 通过测量物镜焦平面上成像的偏移量就可测量出被测量物体平面与基准平面的误差。

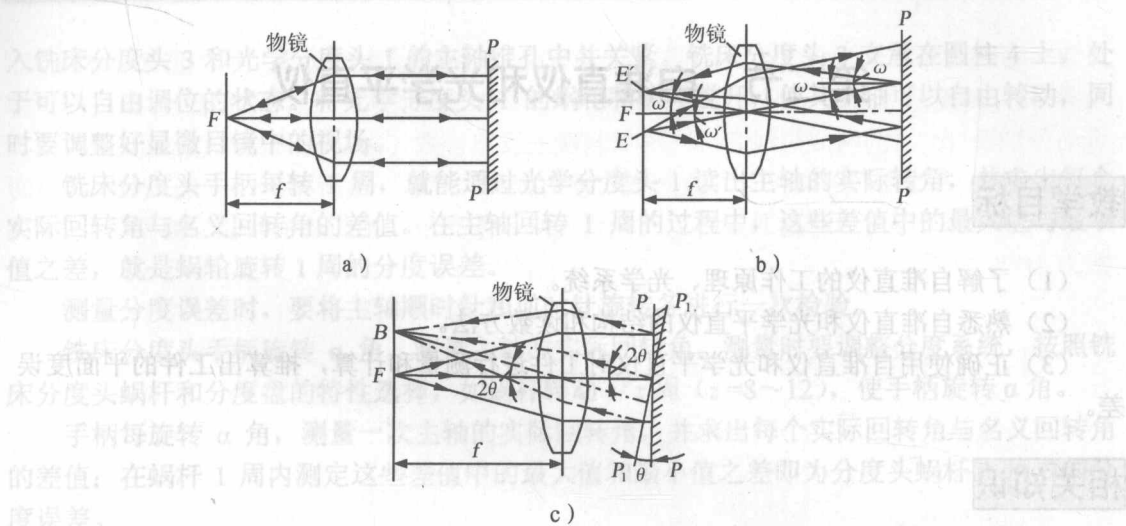


图 1-4 光学自准直原理

二、自准直仪

自准直仪又称为自准直平行光管，是自准直光管式计量仪的简称。它是测量微小角度差异的光学仪器，实质上它是由平行光管和望远镜组合而成。

平行光管是一种投射平行光线的装置，如图 1-5 所示，由物镜 2、位于透镜后焦面上的十字线或刻有指标线的分划板和光源组成。通过物镜，焦面十字线上每一点所发出的光束均被聚成指向某一方向的平行光束。

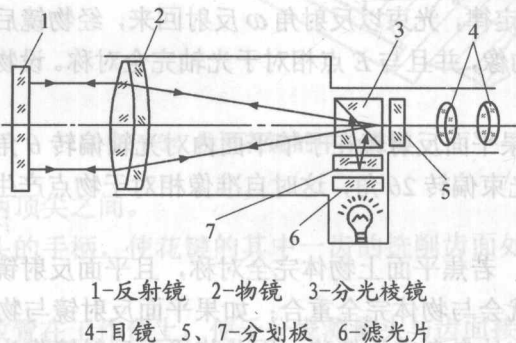


图 1-5 自准直光管式计量仪

自准直仪工作原理如图 1-6 所示。从光源 7 发出的光线，经聚光镜 6 照亮分划板 8 上的十字线，由半透明棱镜 12 折向测量光轴，经物镜 9、10 成为平行光束射出，再经目标反射镜 11 反射回来，使十字线成像于分划板 4、5 的刻线面上。旋转鼓轮 1 带动测微丝杆 2 移动，对准可移动分划板 4 上的双刻线，由目镜 3 观察使双刻线与十字线重合，然后在鼓

轮 1 上读数。

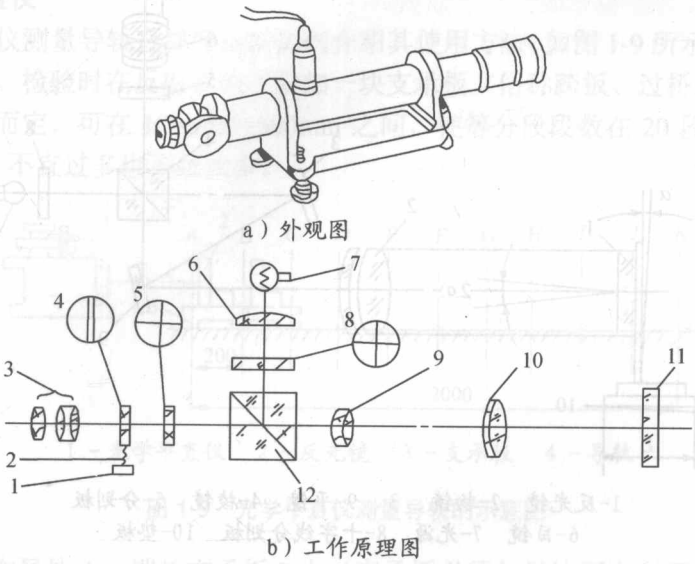


图 1-6 自准直仪工作原理图

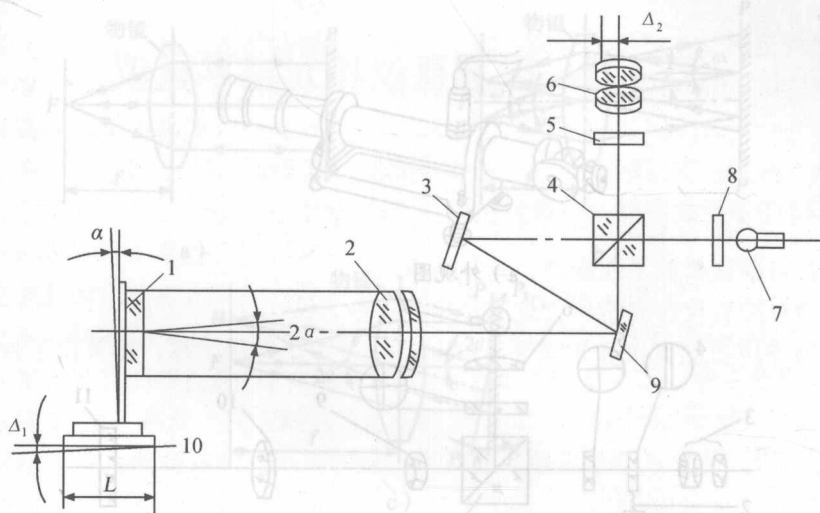
三、光学平直仪

光学平直仪是根据自准直原理制成的，由平直仪本体（包括望远镜和目镜等）和反射镜组成。其工作原理如下：

如图 1-7 所示，光源 7 射出光束，经十字线分划板 8 形成十字像，再经过棱镜 4、平镜 3、平镜 9 和物镜 2 后，形成平行光束射到反光镜 1 上，随即又从反光镜 1 反射到物镜 2 上，经平镜 9、平镜 3 和棱镜 4 成像于分划板 5 上。如果导轨的直线误差为 Δ_1 ，而使反光镜偏转 α 角，那么返回到分划板的十字像就不重合，而且相差一个 Δ_2 的距离。调节测微的手轮，使目镜 6 中视物基准线与十字像对正，测微手轮的调整量就是 Δ_2 的大小。如果导轨的直线度误差 Δ_1 为零，即反光镜的平面与物镜的光轴垂直，那么返回到分划板的十字像即重合，测得的误差 Δ_2 也就为零。

光学平直仪是一种精密光学测角仪器，通过转动目镜，可同时测出工件水平方向和与水平垂直的方向的直线性，还可测出滑板运动的直线性。用标准角度块进行比较，还可以测量角度。光学平直仪可以应用于对较大尺寸、高精度工件和机床导轨的测量与调整，尤其适用于各种导轨的测量，具有测量精度高、操作简便的优点。

光学平直仪测微手轮的刻度值有两种：一种是以角度值秒（"）表示，即测微手轮的一圈是 60 格，每格刻度值为 1"；另一种以线值表示，即测微手轮的一圈是 100 格，每格刻度值为 0.005mm/1000mm。



1-反光镜 2-物镜 3、9-平镜 4-棱镜 5-分划板
6-目镜 7-光源 8-十字线分划板 10-垫板

图 1-7 光学平直仪工作原理图

四、自准直仪和光学平直仪的正确使用及注意事项

1. 自准直仪

自准直仪可用于直线度、平面度和垂直度等误差的测量。

自准直仪的国产型号有 42J、JZC 等，其主要技术参数大致相同，测微鼓轮示值读数每格为 $1''$ ，测量范围为 $0' \sim 10'$ ，测量工作距离为 $0\text{m} \sim 9\text{m}$ 。

使用自准直仪进行直线度测量，其方法是将被测工作表面的全长分成若干个距离相等的段，利用自准直原理将各段的微小倾角测出，并求得其相应的累积值，然后经处理得出其直线度误差。

如图 1-8 所示。测量前首先要确定测量基准视线，将自准直仪固定在被测工件的一端，并与反射镜在同一高度，先把反射镜放在靠近自准直仪的一端 A 处，并调整到成像与十字线对准；再把反射镜移到另一端 K 处，调整到成像与十字线对准，如此反复调整，直到两端 A、K 处都对准为止。然后将反射镜放到各段位置，测量各段的倾斜度，即能推算出直线度误差。

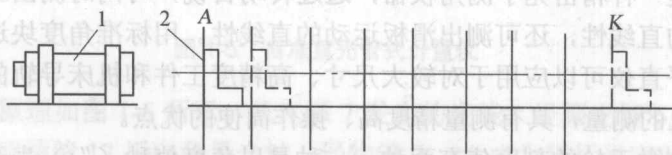


图 1-8 自准直仪测量示意图