

机械类

高级技工学校统编教材 高级工培训教材

高级钳工技能训练



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高级钳工技能训练/杨建敏等编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 1999.3

高级技工学校机械类统编教材

ISBN 7-5045-2307-0

I. 高…

II. 杨…

III. 钳工-工艺

IV. TG9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 38107 号

高级钳工技能训练

高级技工学校机械类教材编审委员会组织编写

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

责任编辑 孟陆英

新华书店经销

北京地质印刷厂印刷 北京密云青云装订厂装订

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 23.25 印张 577 千字

1999 年 5 月北京第 1 版 2004 年 10 月北京第 5 次印刷

印数: 3000 册

定价: 36.00 元

读者服务部电话: 010 - 64929211

发行部电话: 010 - 64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64911344

简 介

为了更有效地培养高级技能人才,自1995年起,原劳动部、原机械工业部和中国航空工业总公司依据国家《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》,共同组织编写了一套机械类高级技工学校统编教材,本书是其中的一本。

全书共有钳工基本操作技能训练;技能、技巧训练;综合技能训练;相关工种的技能操作;技术攻关五部分。书中对精密量仪及其应用、特殊孔的加工、复杂大型工件的立体划线、大型复杂高精度设备的装配和调试等作了较详细的介绍。书中的新技术、新材料部分介绍了刀具材料,喷涂、粘接、冷挤压技术等。

本书可作为高级技工学校机械专业、中级技工学校机械高级班的教材,也可作企业高级工培训和工人自学用书。

本书由广西机械高级技工学校杨建敏、杨柳青、张华、谢贤金、韦有英、余洪胜、刘玉鹏、刘学、李林、谭泽进编写,杨建敏主编;由沈阳黎明高级技校高庆珍、成都航空仪表公司高级技校张文斌审稿,高庆珍主审。

前 言

高级技工教育是较高层次的职业技术教育。发展高级技工教育既是我国经济发展和现代化建设的需要,也是提高劳动者素质的需要。为加快培养高级技能人才,原劳动部从1990年开始试办高级技工学校,之后又在省级以上重点技工学校中选择了一批骨干学校陆续建立起高级技工学校几十所。几年来,这些高级技工学校已经成为高级职业培训基地,承担着培养高级技术工人、技师、生产实习指导教师以及其他高级技能人才的任务。

为了规范高级技工学校的教学,较好地解决教材的使用问题,1995年3月,原劳动部职业技能开发司会同原机械工业部教育司和中国航空工业总公司教育局,共同召开了高级技工学校机械类教学计划研讨会,提出“制订教学计划,并通过教学计划对培养目标进行质量检查,是保证高级技工学校健康发展的重要条件”。本套高级技工学校机械类统编教材,就是根据会议通过的高级技工学校机械类教学计划组织编写的。

本套教材以国家颁布的《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》为依据,文化基础课教材突出了实用性和服务性;专业课教材注意了从技能培养的需要出发确定编写内容,力求紧密结合企业的技术和生产实际;专业技能训练教材大量吸收了现场工人在生产中总结出来的操作经验和特殊技巧,补充了相关的专业知识,并介绍了国内较先进的技术和工艺。基本做到了从专业工种的实际需要出发,重点讲清知识应用的条件、方法和手段,使文化基础课为专业课服务,

专业课为技能训练服务,最终提高学生的操作技能和分析、解决实际问题的能力。

本套教材既可以作为高级技工学校的教材,也可以作为高级技工的培训教材。但由于我国高级技工教育正处在发展阶段,教材建设还存在着各种各样的问题,因此在选用本套教材时,一定要结合本单位的实际情况安排教学。

在近两年的教材编审工作中,得到了有关方面的大力支持,特别是一些高级技工学校的教师,承担了大量的编审任务,在此一并致以诚挚的感谢。欢迎大家在使用中将发现的问题及时反馈给我们,以便适时修订。

高级技工学校机械类教材编审委员会

1998年12月

目 录

第一单元 基本操作技能训练.....	(1)
课题 1 精密量仪及其应用	(1)
课题 2 钳工的基本操作	(23)
第二单元 技能、技巧训练.....	(53)
课题 1 特殊孔的加工及铰孔	(53)
课题 2 复杂大型工件的立体划线	(75)
课题 3 旋转件的平衡	(87)
第三单元 综合技能训练.....	(100)
课题 1 高精度轴组的装配	(100)
课题 2 精密机床导轨的刮研和装配	(114)
课题 3 大型复杂高精度机床传动链的装配	(139)
课题 4 液压传动装置的装配和调整	(160)
课题 5 大型复杂、高精度设备的装配和调整	(169)
课题 6 振动与噪声的检测和消除	(227)
课题 7 工艺装备的加工、装配、检验及鉴定	(241)
课题 8 工艺规程的制定	(268)
第四单元 相关工种技能操作训练及技术攻关.....	(279)
课题 1 相关工种技能操作训练	(279)
课题 2 新技术、新工艺及技术攻关	(333)

第一单元 基本操作技能训练

课题1 精密量仪及其应用

一、常用精密量仪简介

(一) 教学要求

熟悉常用精密量仪的结构原理和使用方法

(二) 基本知识

在机床精度检测中,广泛采用的精密量仪是各种光学量仪,其优点是快速、精确和方便。不过光学量仪的价格一般比较昂贵,在生产现场使用时还普遍存在易损坏的问题。而且测量精度的好坏,除与仪器本身精度有关外,还决定于使用者对量仪的调整和测量的技术水平。为了使仪器的效能获得充分发挥,并且避免损坏,使用者必须理解仪器的光学原理和结构性能,掌握其使用方法。

1. 水平仪

水平仪是一种测角量仪。常用的有框式水平仪和合像水平仪两种。水平仪的测量基准为水平面。当水平仪的测量面与水平面倾斜一定角度 φ 时,测量元件水准管内的气泡便会向高处移动一个距离,其倾斜误差用该倾斜角 φ 的正切函数值表示。例如,测量面与水平面的倾斜角为 $4''$,则其倾斜误差 $\Delta=\tan 4''=0.02/1\,000$ 。框式水平仪的水准管与框架是固定的,水准管上有刻线,其示值精度有 $0.02/1\,000\sim 0.04/1\,000$ 多种。合像水平仪的水准管安装在一个杠杆架上特制的底板内,如图1.1所示。水准管内气泡的两端圆弧,通过棱镜3反射至目镜4,形成左右两半合像。当水准管在水平位置时,两半气泡A、B圆弧端重合;不在水平位置时,两半气泡A、B圆弧端有 Δ 差值而不重合。测量时,水准管的水平位置可通过调节测微旋钮5,转动测微螺杆6经杠杆1进行调整。其调整值可从测微旋钮5的微分刻度盘上读取细读数,每格示值为 $0.01/1\,000$,粗读数可由侧面的标尺指针8所指示的刻线位置,通过观察窗的放大镜7读出,每小格示值为 $0.5/1\,000$ 。由于合像水平仪的水准管位置可以调整,而且视见像采用了光学放大,并以双像重合来提高对准精度,可使水准管的曲率半径减小,因此测量时气泡达到稳定的时间短,且其测量范围要比框式水平仪大。

2. 自准直仪

自准直仪原理如图1.2所示,从十字线5发出的光线(照明十字线的光源没有画出)通过物镜2后成为平行光束投射出去,又被反射镜1反射回来,进入物镜后又在十字线分划板3上成倒像6。所以在目镜4中将可以同时看到分划板上实际十字线和反射回来所成的十字线的倒像。若反射镜的反射面严格垂直于瞄准线,即反射镜的法线与瞄准线平行,那么十字线和其倒像将是重合的;而若反射镜的法线与瞄准线之间存在某一偏角 γ ,那么在十字线和其倒像之间将会有偏移量 a 。这个偏移量 a 的数值决定于夹角 γ 的大小和物镜的焦距 f 。由于 γ 很

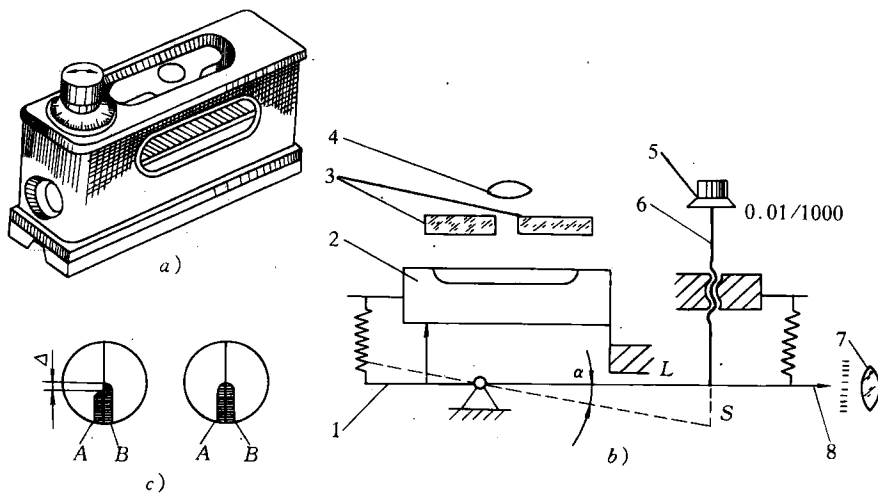


图 1.1 合像水平仪结构原理

a) 合像水平仪外观图 b) 合像水平仪的结构原理 c) 视见示意图

1—杠杆 2—水准管 3—棱镜 4—目镜 5—测微旋钮

6—测微螺杆 7—放大镜 8—标尺指针

小，故可有以下关系：

$$a = 2\gamma f$$

或

$$\gamma = a/2f$$

式中 f 是常量，所以只要用测微机构测出偏移量 a ，就反映了 γ 角的弧度值。根据目镜系统的不同，制成了不同类型的自准直仪，如阿贝式自准直仪、高斯式自准直仪、双分划板式自准直仪等。

自准直仪又称自准直平行光管，图 1.3 为外观图及光学系统。从光源 7 发出的光线经聚光镜 6 照明分划板 8 上的十字线，由半

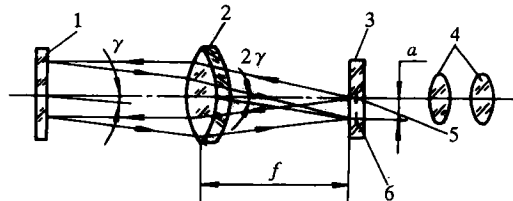


图 1.2 自准直仪原理

1—反射镜 2—物镜 3—十字线分划板

4—目镜 5—十字线 6—十字线倒像

透明棱镜 12 折向测量光轴，经物镜组 9、10 成平行光束出射，再经目标反射镜 11 反射回来，把十字线成像于分划板 5、4 的刻线面上，由鼓轮 1 通过测微螺杆 2 移动照准刻线（刻在可动分划板 4 上），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。

国产自准直仪的型号有 42J、JZC 等，其主要技术数据大致相同：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 $0 \sim 9 \text{ m}$ 。

3. 光学平直仪

光学平直仪是检测机床导轨和转台圆分度等精度时应用最广泛的一种自准直仪，其光学系统如图 1.4 所示。在光源前的十字线分划板 9 上刻有透明的十字线，由光源发出的光束照亮透明十字线后，透过分光棱镜经反射镜 11 和物镜 2 成平行光束投射出去。经反射镜 1 反射

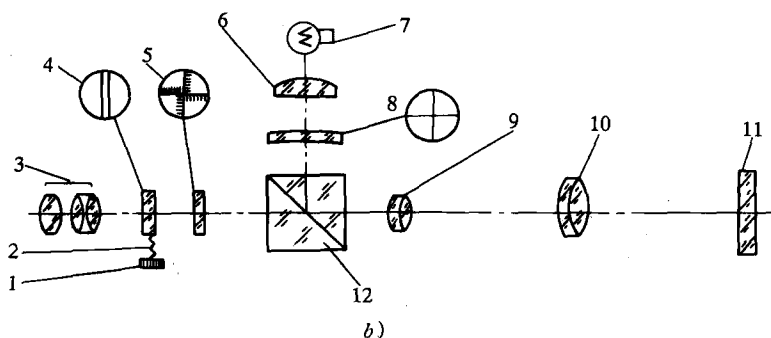
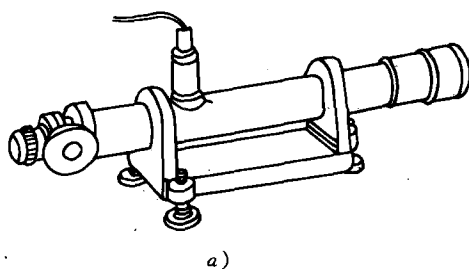


图 1.3 自准直仪及其光学系统

a) 外观图 b) 光学系统

1—鼓轮 2—测微螺杆 3—目镜 4—可动分划板 5—分划板 6—聚光镜
7—光源 8—十字线分划板 9、10—物镜 11—目标反射镜 12—半透明棱镜

回来仍是平行光束，进入物镜后经反射镜 11、分光棱镜 10 在固定分划板 7 上成像。所以在目镜 5 中可以将同时看到固定分划板 7 上实际十字线和反射回来所成的十字线的倒像。若反射镜 1 反射面的法线和光轴之间有一偏角，那么十字线像的位置就会对十字线有一偏移量而不重合。固定分划板 7 上刻有“分”的刻度，在固定分划板 7 的上部有一块活动分划板 6，板上有一条用来对准十字线影像的刻线。拧动测微螺杆 4 可使活动分划板 6 移动，当板上的刻线对准十字线影像的中心时，就可读数。从目镜中可以读出“分”值，而从读数鼓筒上可以读出“秒”值。即读数鼓筒上的一个分度，相当于反射镜法线对光轴偏角 $1''$ ($0.005/$

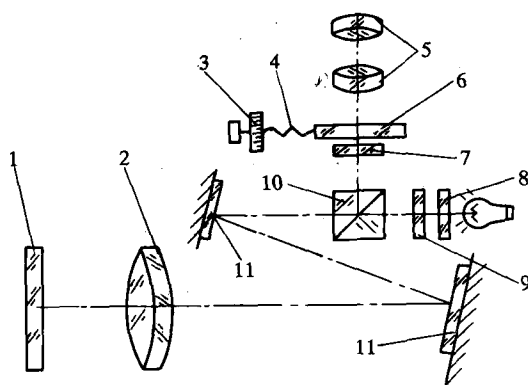


图 1.4 光学平直仪的光学系统

1—反射镜 2—物镜 3—读数鼓筒 4—测微螺杆
5—目镜 6—活动分划板 7—固定分划板 8—滤光片
9—十字线分划板 10—分光棱镜 11—反射镜

1 000)。光学平直仪的外观图如图 1.5 所示。

目镜观察视场的情况如图 1.6 所示。图 *a* 为平直仪测量调整时作起始位置的视场；图 *b* 为平面反射镜移动时出现相对倾斜偏角时的视场；图 *c* 为转动测微目镜手轮，借助活动分划板瞄准，即将长单刻线对准亮十字形指示标的中间时，进行读数的视场；图 *d* 为将整个读数机构转动 90° 时进行水平测量时的读数视场。

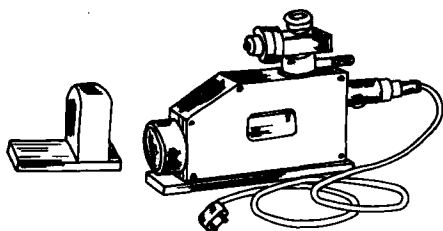


图 1.5 光学平直仪外观图

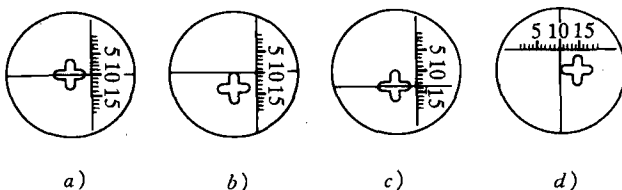


图 1.6 光学平直仪目镜观察视场

国产光学平直仪的型号有 HYQ03、ZY2、Z70-1 等，其主要技术数据大致相同：测微鼓轮示值读数每格为 0.005/1 000，测量范围为 ± 0.5 mm，最大测量工作距离为 5~6 m。

4. 经纬仪

经纬仪是一种精密光学测角量仪。它具有竖轴和横轴，可使瞄准镜管在水平方向作 360° 的方位转动，也可在垂直面内作大角度的俯仰。其水平面和垂直面的转角大小可分别由水平度盘和垂直度盘示出，并由测微尺细分，测角精度一般为 2"。图 1.7 为国产 J2 型经纬仪外观图。经纬仪常和平行光管配合，以组成一个测量的光学基准系统。

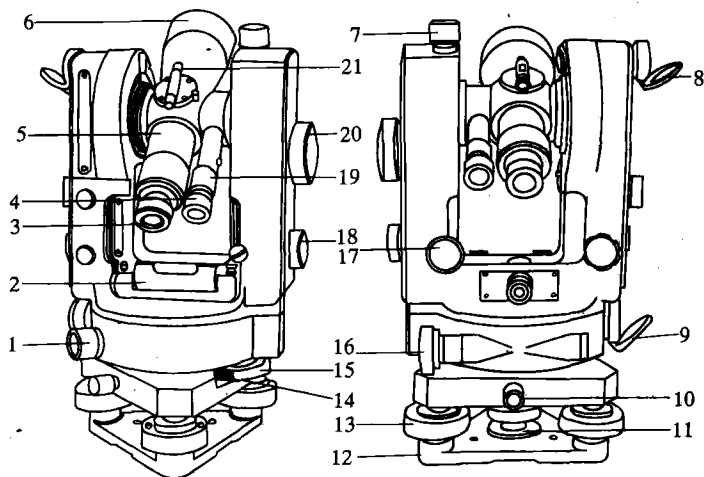


图 1.7 J2 型经纬仪外观图

- 1—照准部制动手轮 2—水准器 3—望远镜目镜 4—读数显微镜目镜 5—望远镜调焦手轮
6—望远镜物镜 7—望远镜制动手轮 8—竖盘照明反光镜 9—水平度盘反光镜 10—三角基座制动手轮
11—紧固螺母 12—三角基座底板 13—脚螺旋 14—换盘手轮 15—换盘手轮护盖 16—照准部微动手轮
17—望远镜微动手轮 18—换像手轮 19—读数显微镜 20—测微手轮 21—光学瞄准器

下面简单介绍经纬仪的使用方法：

(1) 找平 转动仪器照准部，使长方形水准器 2 与任意两个脚螺旋 13 的连线平行，以相反的方向等量转动此两脚螺旋，使气泡正确居中。将仪器转动 90°，旋转第三脚螺旋，也使气泡居中。上述方法反复调整，直到仪器旋转的任意位置，水准气泡最大偏离值不大于 1/2 格。

(2) 调整望远镜管到水平 反时针方向转动换像手轮 18，到转不动为止，使读数显微镜目镜 4 中显示垂直度盘影像，旋转测微手轮 20，将经纬仪读数微分尺放在零分零秒，调节望远镜微动手轮 17，使度盘中的 90° 与 270° 刻线对准。用制动手轮 7 将望远镜筒锁紧。

(3) 测量 将望远镜筒瞄准目标，调整调焦手轮 5，使目标的影像清晰，无视差存在。如目标是平行光管，则使平行光管的十字线与望远镜分划板的十字线对准。

(4) 读数方法 经纬仪测量的示值读数由望远镜旁边的读数显微镜 19 得出。当经纬仪找正目标准确瞄准后，使换像手轮 18 顺时针方向转到底，打开并转动水平度盘反光镜 9，使水平度盘有均匀、明亮的光线照明。调节读数显微镜目镜 4，使度盘影像清晰。拨开换盘手轮护盖 15，转动换盘手轮 14，使在读数窗内看到所需之度盘读数，然后关好换盘手轮护盖 15。

按习惯的顺时针方向仔细转动测微手轮 20，读数显微镜内见到度盘上、下两部分影像相对移动，到上、下对径刻线精确符合为止。读数显微镜目镜所见到的度盘影像如图 1.8 所示。

其读数方法如下：度盘的刻线符合后每格为 10'，整度数由大窗中央或偏左的正写数目字读得；再数度盘对整度数之间的格数，数得的格数乘 10' 即得整分数，余下的零数从左边的小窗内读到。测微尺上下共 600 格，每小格为 1"，共计 10'，左边的数目字为分，右边的数目字乘 10"，再数到指标线的格数即为秒数。度盘上读得的读数加上测微尺上读得的读数之和即为全部的正确读数。图 1.8 所示的读数为：

$$174^{\circ}10' + 1'56'' = 174^{\circ}11'56''$$

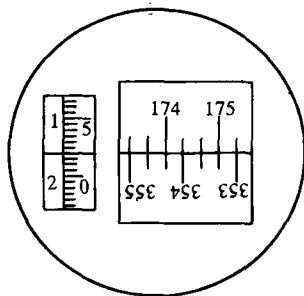


图 1.8 度盘读数示例

二、直线度测量

(一) 教学要求

1. 掌握直线度的测量方法和操作技能
2. 了解测量中应注意的事项

(二) 基本知识

1. 直线度测量的基本概念

直线度误差是相对于理想直线而确定的，这理想直线就是“基准”。由于基准的位置不同，误差的数值也不同。测量时作为依据的理想直线称“测量基准”，而评定误差数值时作为依据的理想直线称“评定基准”。在测定直线度误差时，测量基准和评定基准通常都是不重合的，强求一致往往很困难（而且没有必要），可以在测量后再作基准转换。即测量时所得的读数一般并不直接反映被测要素的直线度误差，而在测量后再作基准转换——数据处理，可用图解法或计算法。

测量基准的位置一般是可以任意选择的。如以水平仪的读数为零值为基准，则测量基准是水平面；以光学平直仪的读数为零值为基准，则测量基准是光轴线。而评定基准则主要采用以下两种：

- (1) 以两端点连线作为评定基准。

(2) 以“最小条件”的理想直线作为评定基准。即作一对平行直线包容被测要素，当这对平行直线之间的距离为最小时，此距离即为被测要素的直线度误差。

以两端点连线作为评定基准的主要优点是直观和数据处理比较简便，在生产中使用也比较适宜。两端点连线一般还作为导轨“凸”或“凹”的分界线，即以两端点连线之上的部分为凸，连线之下的部分为凹，如图 1.9 所示。

以最小条件作为评定基准的主要优点是，排除了因所选基准而带来的附加误差，所以评定的误差数值是最小的和唯一的，而且是检测标准中规定采用的评定方法。当发生争议时，应按此法进行仲裁。

在实际生产中，对机床导轨的最后加工无论是磨削、精刨，还是手工刮研，大多数都是呈单纯凸（见图 1.9a）或单纯凹（见图 1.9b）的状态。在这样的情况下，上述两种评定基准是重合的，因而评定结果是一致的。而若导轨的形状呈波折形（见图 1.9c），则两者的评定结果会有出入，即以两端点连线作为评定基准时的直线度误差稍偏大。

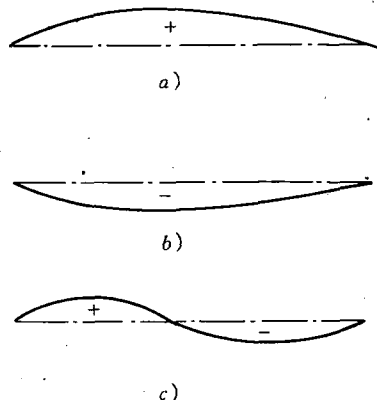


图 1.9 导轨的凹凸形式

2. 测量方法

由于被测的导轨很长，在测量其直线度误差时往往难以采用实物（如平尺、检验棒等）为基准，而只能设法在测量方法中体现存在一条假想的理想直线作为测量基准。因此用水平仪或光学平直仪等精密测角仪器测量直线度的原理在于把被测表面分成若干段，分别测出各段相对于所选定测量基准（即仪器读数的零位）的倾斜角 α 。将测量所得的倾斜角 α 按 $1'' = 0.005/1\ 000$ 化为弧度后乘以桥板跨距，就反映了桥板两个支承点之间相对于测量基准的高度差。如图 1.10 中，M、N 两个测量点之间的高度差 Δh_i 为：

$$\Delta h_i = \frac{0.005}{1\ 000} \times \eta \times l \times \alpha \quad (\text{mm})$$

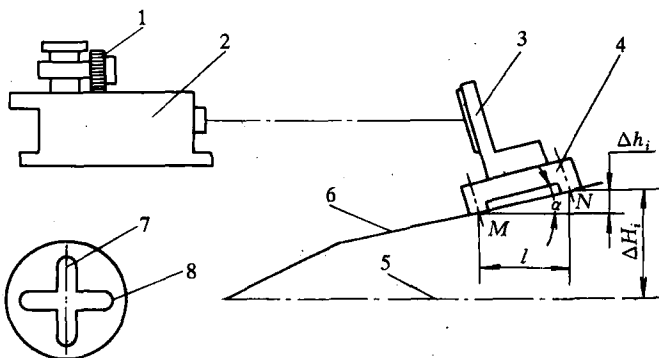


图 1.10 节距测量法原理

1—读数数筒 2—自准直仪 3—反射镜 4—桥板 5—测量基准
6—被测表面 7—活动分划板上的刻线 8—十字线像

式中 η ——仪器分度值 (");

l ——桥板跨距 (mm);

a ——仪器读数 (格)。

各挡高度差累计相加的和就是各测量点相对于测量基准的高度 ΔH_i :

$$\Delta H_i = \Sigma \Delta h_i = \frac{0.005}{1\ 000} \times \eta \times l \times \Sigma a \quad (\text{mm})$$

测量时注意:为使所画出的误差曲线向上的部位反映被测表面凸,向下的部位反映被测表面凹,合像水平仪的调节手轮应放在测量方向向前的位置,或光学平直仪的读数鼓筒应放在向前的位置。依次记下各挡的测量结果,即为测量的原始数据。

3. 直线度误差的评定

对测量结果进行数据处理,以得到实际的直线度误差。数据处理有两种方法:图解分析法和计算分析法,下面分别介绍。

(1) 图解分析

例 1.1 如图 1.11 所示,用分度值为 0.01/1 000 的合像水平仪,跨距为 250 mm 的桥板测量 2 m 长导轨的垂直平面内的直线度误差,共测八段,读数为:

22, 23, 26, 29, 25, 33, 26, 20

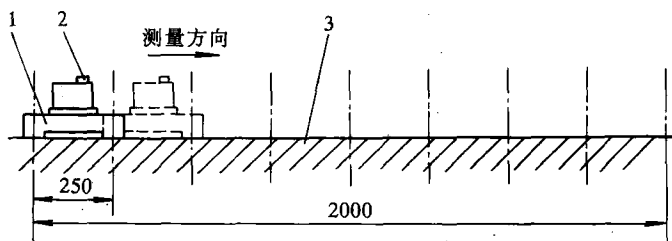


图 1.11 用合像水平仪测量导轨垂直平面内的直线度误差

1—桥板 2—调节手轮 3—被测导轨

各段原始读数同减 25, 得:

-3, -2, +1, +4, 0, +8, +1, -5

以此读数作误差曲线图,如图 1.12 所示。

1) 以两端点连线法评定误差:

作出两端点连线,图中 f_1 为 +5.5 格, f_2 为 -6 格,故直线度误差 Δ 为:

$$\Delta = \frac{0.01}{1\ 000} \times 250 \times [5.5 - (-6)] = 0.028\ 75 (\text{mm})$$

例 1.2 如图 1.13 所示,用分度值为 1" 的光学平直仪跨距为 250 mm 的桥板,共测十段,读数为:

46, 52, 47, 53, 54, 52, 56, 54, 48, 44

各挡同减 46, 得:

0, +6, +1, +7, +8, +6, +10, +8, +2, -2

为使作出的曲线形状不致于太陡,各段再减 4, 得:

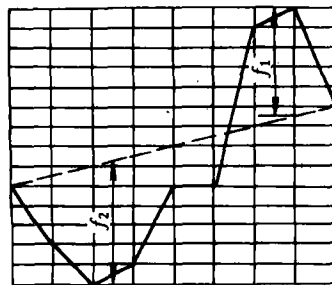


图 1.12 误差曲线图

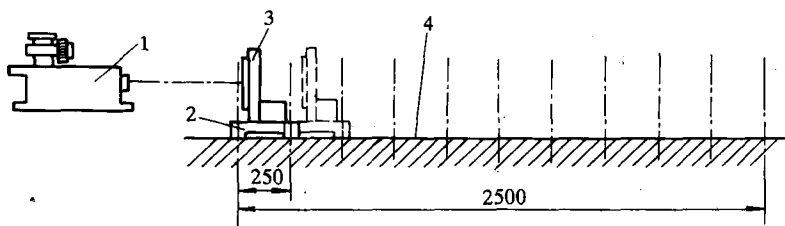


图 1.13 用光学平直仪测量导轨垂直平面内直线度误差

1—平直仪 2—桥板 3—反射镜 4—被测导轨

-4, +2, -3, +3, +4, +2, +6, +4, -2, -6

据此读数作误差曲线, 如图 1.14 所示。连结两端点, f_1 凸起 9.2 格, f_2 凹下 6.8 格, 所以直线度误差为:

$$\Delta = \frac{0.005}{1\ 000} \times 250 \times [9.2 - (-6.8)] = 0.020(\text{mm})$$

2) 以最小条件法评定误差:

作两平行直线包容图 1.14 中折线。若折线上有高低相间的三个点分别在两平行直线上, 则两平行直线之间的区域即为最小包容区域。在图中, 两平行直线之间的宽度 f_3 (11.14 格) 即为其直线度误差:

$$\Delta = \frac{0.005}{1\ 000} \times 250 \times 11.14 = 0.013\ 93(\text{mm})$$

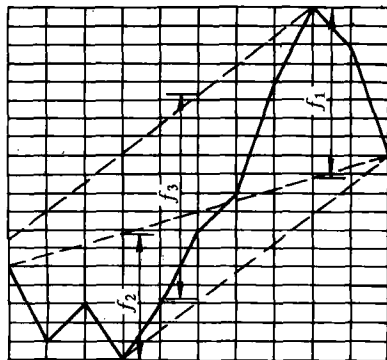


图 1.14 误差曲线图

(2) 计算分析

1) 以两端点连线法评定误差:

实质是将各段读数的坐标位置进行变换, 使两端点最终能与横坐标重合或平行, 此时, 导轨的误差值 Δ 就等于其中最大纵坐标值与最小纵坐标值之代数差的绝对值。

仍以例 1.1 为例, 按例 1.1 的读数:

22, 23, 26, 29, 25, 33, 26, 20

计算各段代数值的平均值:

$$\bar{n} = \frac{22+23+26+29+25+33+26+20}{8} = 25.5$$

各减平均值 25.5, 得:

-3.5, -2.5, 0.5, 3.5, -0.5, 7.5, 0.5, -5.5

累加, 得各段端点坐标值:

0, -3.5, -6, -5.5, -2, -2.5, 5, 5.5, 0

全长上的直线度误差为:

$$\Delta = \frac{0.01}{1\ 000} \times 250 \times [5.5 - (-6)] = 0.028\ 75(\text{mm})$$

2) 以最小条件法评定误差:

按最小条件法来确定误差值的实质是:同样通过对各段原始读数的坐标位置进行变换,使最大读数相对于评定基准(上下包容线)具有最小值,此时,其最大读数即为直线度误差。

以例 1.2 为例,按读数:

46, 52, 47, 53, 54, 52, 56, 54, 48, 44

各减 46 得:

0, 6, 1, 7, 8, 6, 10, 8, 2, -2 (格)

累加, 得:

0, 6, 7, 14, 22, 28, 38, 46, 48, 46 (格)

为达最小条件, 各点各减 7, 得:

-7, -7, -1, 0, 7, 15, 21, 31, 39, 41, 39

绕“0”点旋转, 各点旋转量如下:

+16.71, +11.14, +5.57, 0, -5.57, -11.14, -16.71, -22.29, -27.86, -33.43, -39

将上述二数列相加后得:

+9.71, +4.14, +4.57, 0, +1.43, +3.86, +4.29, +8.71, +11.14, +7.57, 0

可知, 最大值“11.14”在两最小值“0”之间, 符合最小条件, 故直线度误差为:

$$\Delta = \frac{0.005}{1\ 000} \times 250 \times 11.14 = 0.013\ 93(\text{mm})$$

(三) 基本技能

1. 练习

练习(1) 用合像水平仪测量一长度大于2 500 mm 的机床导轨在垂直平面内的直线度误差。

练习(2) 用光学平直仪测量一长度大于2 500 mm 的机床导轨在垂直平面内的直线度误差。

2. 要求

(1) 画出误差曲线图, 对误差曲线图作图解分析; 分别用两端点连线法和最小条件法评定导轨在全长上的直线度误差。

(2) 对测量原始读数作计算分析; 分别用两端点连线法和最小条件法评定导轨在全长上的直线度误差。

(3) 写出测量内容、方法、测量数据和误差结果报告。

3. 测量中的注意事项

(1) 桥板每次移动的间距应和桥板的跨距相等, 唯有在这样的情况下测量所获得的读数才能用误差曲线来评定直线度误差。

(2) 当被测导轨在横向(垂直于测量方向)对自然水平面有较大的倾斜时, 则必须严格保证桥板是沿着一条直线移动。否则, 横向的安装水平误差将会反映到水平仪的示值中去, 且无法剔除。

(3) 光学平直仪的反射镜在桥板上应当用橡皮泥粘住, 使之稳固, 防止产生难以察觉的

微小移动。放置反射镜的桥板表面和放置平直仪的支架表面应等高并与被测表面平行。

(4) 使用光学平直仪测量时, 唯有当反射镜对瞄准线的垂直度已调整到一定范围时, 目镜中才会出现十字线的像, 所以在测量前要仔细调整, 使反射镜垂直于被测表面, 使反射镜垂直于瞄准线, 使瞄准线平行于被测表面。

(5) 目镜中十字线的像自被测表面的始端至末端都保持清晰时, 方可开始测量。

(6) 为使误差曲线向上的部位反映被测导轨“凸”, 向下的部位反映被测导轨“凹”, 作图和计算的顺序应始终从靠近仪器的一端开始。

三、平面度测量

(一) 教学要求

1. 掌握平面度的测量方法和操作技能
2. 熟悉平面度评定方法
3. 了解测量中应注意的事项

(二) 基本知识

1. 平面度误差

平面度误差的定义为: 包容实际表面且距离为最小的两平行平面间的距离 Δ , 如图 1.15 所示。

由此定义可以看到, 作为评定基准的包容平面, 其位置也需要根据最小条件原则来确定。所以必须首先全面掌握被测表面的误差情况, 才能按一定原则确定评定基准。这样就决定了测量必然分为两个步骤, 即先测出实际表面上若干点相对于一个理想平面 (测量基准) 的高度, 然后通过基准转换, 求出符合定义的误差值。

2. 测量方法

为了全面反映被测表面的实际情况, 也为了便于作基准转换, 测量点以栅格均匀分布为宜, 如图 1.16 所示。

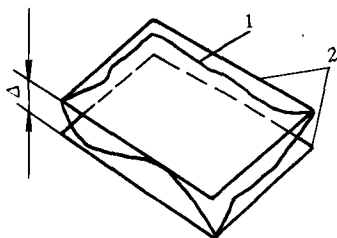


图 1.15 平面度定义

1—实际表面 2—包容平面

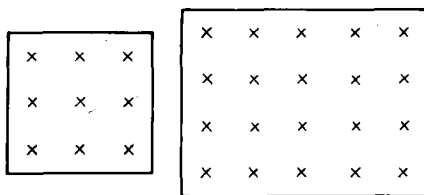


图 1.16 测点分布

(1) 比较测量法 将待测平面用三个千斤顶支承在精度高的平板上, 调平后, 用千分表作比较测量, 如图 1.17 所示。按均匀布点记下千分表的读数, 以作为基准转换的原始数据。

在这种测量方法中, 被测量平面调平的方式有以下三种:

1) 按对角线调平 调平的要求是, 使被测平面的两条对角线平行于基准平板, 使 A 点和 C 点的读数一致, B 点和 D 点的读数一致。

这种调平方式的优点是测量结果是唯一的, 缺点是调平比较困难。因为当调平一条对角线后, 再调另一条对角线时, 已调平的一条对角线又会发生变化。

2) 按三角点调平 调平的要求是,任意三个角点对基准平板等高,即使 D 、 A 、 B 三点的读数一致,或使 B 、 C 、 D 三点的读数一致……。

这种调平方式的优点是调平方便,因为在调平 D 、 A 两点后,再调 B 点或 C 点时, A 、 D 两点不会发生变化,缺点是测量的结果不唯一。由于在四个角点中任选三个可以有四种不同的选法,所以也就会有四种不同的测量结果。

3) 按水平仪调平 由于基准平板在安装时必然都认真找正过水平,所以也就可以用水平仪来调平被测平板。调平的要求是:水平仪在相互垂直的两个方向上,气泡都居中。

这种调平方式的优点是调平更加方便,但测量结果可能是无规律的。

这三种调平方式都可以使用,测量结果经基准转换后,都可以获得符合平面度定义的唯一误差值。

(2) 水平仪测量法 用水平仪测出实际表面上若干点相对于水平面的高度差。其方法为:将被测平面调整到大致水平后,把水平仪放在桥板上,按节距法逐挡测量实际表面对水平面的倾斜度。测量顺序按图 1.18 所示:

$a-e-i-m-n-o-p$
 $a-b-c-d-h-l-p$
 $b-f-j$
 $c-g-k$

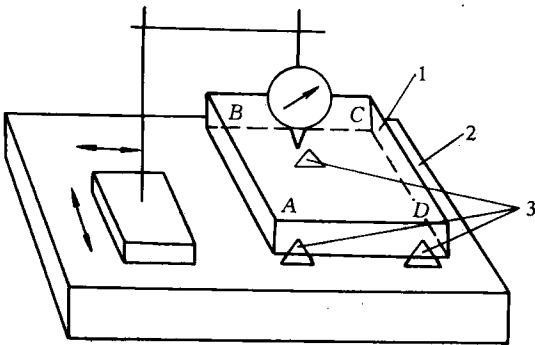


图 1.17 平面度的比较测量法

1—被测平板 2—基准平板 3—千斤顶

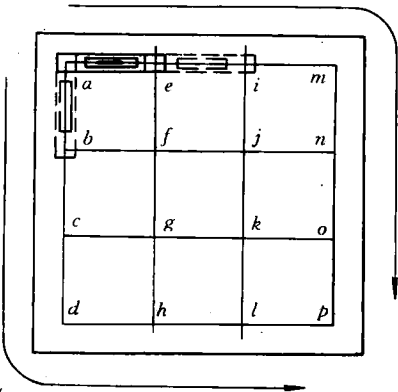


图 1.18 平面度的水平仪测量法

水平仪读数所反映的是各挡对水平面的倾斜度,乘以桥板跨距后就是高度差。现若以 a 为 0 点,那么按上述测量顺序将所测出的各挡高度差累计相加,其和就是各测量点对测量基准的高度。此时 P 点的高度可能有两个数值,这两个数值之差称“闭合差”,若闭合差不大,则 P 点的高度可取两个数值的平均值,若差值大应重测。

例 1.3 被检平板尺寸为 $800\text{ mm} \times 800\text{ mm}$,用分度值为 $0.01/1\ 000$ 的合像水平仪和跨距为 250 mm 的桥板测量,测量结果如图 1.19 所示,图中箭头表示水平仪气泡偏移的方向,数字表示偏移的格数。

结合图 1.18,以左上角为 0 点,各测量点累计相加后各点的高度为: