

工人岗位技能培训系列教材

机修钳工技能

徐英祥 主编



航空工业出版社

8
6

(京)新登字161号

内 容 简 介

本书阐述的机修钳工技能,是根据航空工业《工人技术等级标准》(机修钳工)应知应会的要求,以技能培训为主干并贯穿必要的理论知识,借鉴国际劳工组织开发的模块式(MES)教材的形式编写的,即以代表本岗位技能要求的典型零件为模块,再根据模块选配学习单元。适合立足本职,定向学习,岗位成才的要求,是开展工人岗位技能培训的适用教材。

本书是机修钳工的岗位技能培训教材,技能内容图文结合,便于自学和施教。本书也可作为机修钳工技术人员的参考书和技校、大专院校学生的技能培训参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

机修钳工技能/徐英祥主编. —北京:航空工业出版社,
1995.1

工人岗位技能培训系列教材
ISBN 7-80046-758-9

I.机… II.徐… III.机械工程-维修-钳工-教材 IV.
①TH17②TG9

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第08342号

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

1995年1月第1版

1995年1月第1次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:15.25 插页:2 字数:384千字

印数:1—7000

定价:11.00元

前 言

为落实国务院关于“搞好职工培训，不断提高职工队伍素质”的指示精神，适应工人岗位培训的需要，在总结航空工业多年来工人培训的实践，借鉴国际劳工组织开发的职业技能模块（MES）教学法的基础上，我们组织编写了包括车工、钳工、铣工、钣金工、磨工、冲压工、表面处理工、焊工等十几个专业工种和工人岗位通用知识在内的新型教材。计划从1991年至1994年陆续出版。

这套教材的内容及其深广度，以《工人技术等级标准》为依据，以操作技能为主，将本工种各技术等级、不同岗位的要求，用若干个典型零件来体现，这种典型零件即为模块，而完成模块技能要求所需的单一的基础技能训练内容称为学习单元。因此，这套教材既是工人技能培训教材，同时也是技能考核标准的具体化。当某个工人需要培训或考核时，根据技术等级和需要加工的零件（或工艺）类型，可以很快找到所应掌握的学习单元和考核要求。本教材的内容大多是由一些老工人、技师和多年在生产第一线工作的技术人员提供的操作技能技巧实例，加上通俗易懂的文字和大量的图示图解，无论采取集中培训形式还是工人自学，都较其他类型教材容易掌握。

本书由沈阳黎明发动机公司培训中心组织编写，由徐英祥、高庆珍、陈曾族同志编写，徐英祥同志主编。在组织编写过程中，李广同、金世勋等同志作了大量工作。上海飞机制造厂程谟功、徐岚，西安航空发动机公司潘立信，哈尔滨飞机制造公司栾忠胜，哈尔滨东安发动机制造公司姜余炜，南方动力机械公司杨太和等同志集体审定。在教材编审过程中，部教育司、有关工厂、航空工业出版社等单位给予了大力支持和帮助，在此表示感谢！

在教材编写过程中，我们坚决地按照岗位培训“干什么，学什么；缺什么，补什么”的原则，努力处理好专业理论与操作技能、典型与一般以及各技术等级之间的关系，希望能成为一套适合岗位培训并受广大工人欢迎的新型教材。但由于时间仓促，水平有限，缺点错误在所难免，请广大工人同志和各位读者提出宝贵意见，使该套教材日臻完善。

工人岗位技能培训系列教材编委会

1991年6月

目 录

导论	(1)
第1学习单元 机床修理常用的检测方法	(1)
第2学习单元 机床零件的刮削修复法	(16)
第3学习单元 机床零件的研磨修复法	(30)
第4学习单元 机床零件的焊、镀、涂修复法	(37)
第5学习单元 机床零件的粘接修复法	(44)
第6学习单元 齿轮(蜗轮)和丝杠螺母机构的装配调整	(54)
第7学习单元 轴承的装配与调整	(65)
第8学习单元 机床导轨种类与修补法	(80)
第9学习单元 直线导轨副和环形导轨副修复法	(87)
第10学习单元 机床滚动导轨副和滚动体的修复法	(95)
第11学习单元 机床主轴部件的拆卸与修理	(102)
第12学习单元 加工中心机床主轴部件结构与调整两例	(112)
第13学习单元 数控机床回转运动部件的调整	(117)
第14学习单元 数控机床自动换刀装置的安装与调整	(129)
第15学习单元 车床主传动修前检查与装配调整	(141)
第16学习单元 车床进给传动结构及调整	(151)
第17学习单元 数控机床进给传动系统及定位精度	(162)
第18学习单元 数控机床位置检测器的安装与调整	(172)
第19学习单元 机床液压系统的修理与调整	(188)
第20学习单元 普通机床的修理与检查	(217)
第21学习单元 数控机床安装与调试	(229)
参考资料	(240)

导 论

机修钳工岗位技能主要表现为六个方面的技能，即机床零件的检测和零件修复技能；组件、部件的装配和调试技能；机床试车、精度检测技能；机床故障分析的技能，机床的中修、大修的技能以及掌握先进设备的安装、调试及验收的技能。

本教材编写中，紧扣了机修钳工岗位技能的内涵和要求，既注意了操作技能水平的提高，又注重了生产现场修理经验的传授，并将专业理论和操作技能、技巧融为一体，建立了较为系统的机修钳工岗位技能培训模块和学习单元（详见机修钳工岗位技能培训模块及学习单元划分）。所编制的21个学习单元基本上满足了机修钳工各层次模块的训练内容和要求。

随着科学技术的不断发展，数控机床设备的应用越来越广泛，本教材在编写中适当的引进了先进设备的装配、调试和安装的内容，为机修钳工迎接未来数控机床修理提供基础能力。

第1学习单元

机床修理常用的检测方法

普通机床几何精度的恢复和检测是修理工作的主要内容。因此，应用较先进的适合实际需要的检测量具量仪，掌握正确的测量方法是机床修理中的重要一关。

一、机床导轨精度的检测方法

机床部件的运动精度，主要取决于床身、立柱、横梁、滑座等基础零件导轨的表面形状和位置精度。对导轨精度的检测，主要是对导轨的直线度、导轨间的平行度和导轨间的垂直度的检测等。

（一）导轨直线度的常用检测方法

1. 平尺研点法

通常用精度不低于被测件精度，长度最好不短于被测导轨长度的标准平尺（一般不超过2m），放在涂有很薄的一层红丹粉的被测导轨面上进行研点。然后取下平尺，观察导轨面上研点的分布情况和数量，如果研点在导轨全长上分布均匀，并达到显点要求，则表示导轨的直线度已达到所用平尺的相应精度等级。

此种方法不能测出导轨直线度误差的绝对值。另外，测量精度受平尺精度直接影响，测前，最好利用三块平尺互刮原理校整测量用平尺。

2. 平尺拉表法

用平尺拉表测量，可以分别检测导轨在垂直平面内和水平面内直线度误差。如图 1-1 所示，测量前，把平尺安放在被测导轨附近，平尺 1 工作表面要根据测量需要放置。然后把千分表 2 固定在测量垫铁 3 上，使表头触及平尺工作表面上。测量时，首先调整平尺，使千分表 2 在平尺 1 两端表面的读数值相等。接着，每隔一定距离移动一次垫铁并记录千分表读数。千分表读数的最大差值就是被测导轨的直线度误差。

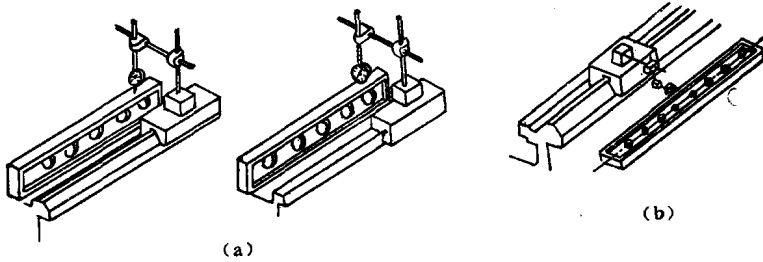


图 1-1 平尺拉表法测量直线度
(a) 在垂直面内的直线度 (b) 在水平面内的直线度

3. 量块测量法

量块测量法主要用于测量导轨的直线度，测量方法如图 1-2 所示，将标准平尺 1 放在被测导轨平面上，然后在距离平尺两端各 $2/9L$ 处，用两个等高垫铁 2 支承在平尺下面。然后用量块 3 测量导轨，每隔一段距离测量一次导轨相对平尺工作面的距离值，其中最大差值就是被测导轨的直线度误差。

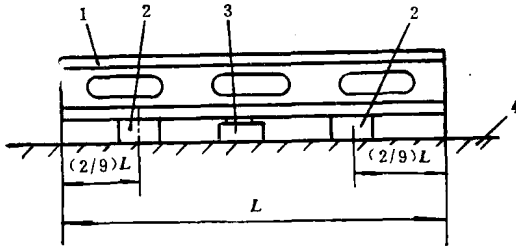


图 1-2 量块测量导轨直线度
1—平尺；2—等高垫铁；3—量块；4—被测工件

4. 水平仪测量法

(1) 水平仪原理

水平仪是以水准器作为测量和读数元件的一种量具。用于测量相对于水平位置的倾角、机床导轨的平面度和直线度、机床安装的水平位置和垂直位置等。

普通水平仪有条式和框式两种如图 1-3 所示，由主体 1、主水准器 2 和横向水准器 3 等部分组成。框式水平仪主体的四个外侧面经过精加工，是测量用的表面。水平仪的主要件是水准器。水准器是内壁磨成所需要的曲率并带有刻度的玻璃管，管内装有乙醚和酒精（不装满），没有液体的部分形成一个气泡。由于密度的关系，气泡始终停在玻璃管的最高点。当水平仪在水平位置，气泡就处于玻璃管的中间；当水平仪倾斜一个角度时，气泡便偏离中间一定位置。机床修理中常用水平仪的精度（即分度值）为 4 秒，以倾角的斜率 $0.02\text{mm}/1000\text{mm}$ 表示，当气泡移动一格，1m 内的高度差为 0.02mm 或表示倾角 α 为 4 秒。水平仪读数的几何意义如图 1-4 所示，将精度为 $0.02\text{mm}/1000\text{mm}$ ，规格为 $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ 的水平仪放置在长 1000mm 的平尺表面上，则

$$\text{tg}\alpha = \delta_H / L \quad (\text{或 } \delta_H = L \cdot \text{tg}\alpha)$$

当角度很小时，弧度与其正切值非常近似，查表可知 $\text{tg}4'' = 0.00002$ ，所以，

$$\delta_H = L \cdot \text{tg}\alpha = 1000 \times 0.00002 = 0.02\text{mm}。$$

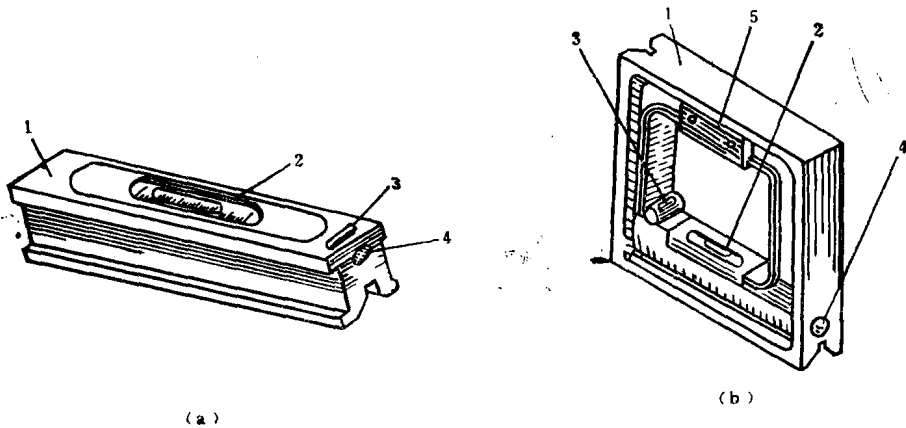


图 1-3 水平仪

(a) 条式水平仪 (b) 框式水平仪

1—主体；2—主水准器；3—横向水准器；4—调零装置；5—手把

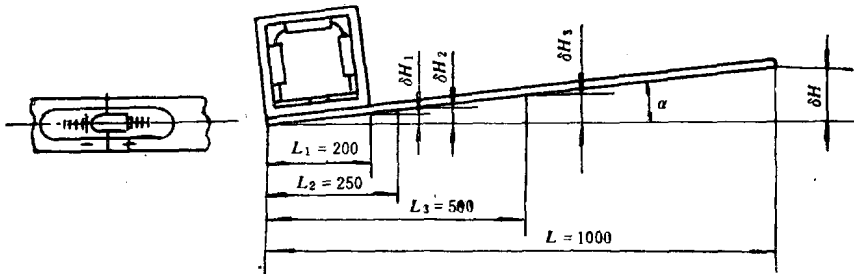


图 1-4 水平仪读数的几何意义

由此可知，水平仪气泡每移一格为 $0.02\text{mm}/1000\text{mm}$ ，既表示变动了4秒角值，又表明其正切值为 $0.02\text{mm}/1000\text{mm}$ 。用水平仪直接测量时，按相似三角形的比例关系，可以求出距离左端任一相应距离处的高度差值，即：

$$\text{离左端 } 200\text{ mm, } \delta H_1 = 0.02 \times \frac{200}{1000} = 0.004\text{ mm}$$

$$\text{离左端 } 500\text{ mm, } \delta H_2 = 0.02 \times \frac{500}{1000} = 0.01\text{ mm}$$

上述 δH_1 与 δH_2 的计算数值虽然相差了两倍，可是在水平仪上的示值都是一格，即 $0.02\text{mm}/1000\text{mm}$ 。从中说明水平仪测量的是角度误差值，同时也证明水平仪测量导轨直线度时，与水平仪所采用专用垫铁长度有密切关系。

水平仪的读数方法分绝对读数法和相对读数法。绝对读数法是指水泡在水平仪的中间位置时读作“0”，偏向起端时读“-”，偏离起端时，读“+”。相对读数法是将水平仪在起端测量位置总是读作零位，读数零位不一定和水平仪示值零位重合。测量中，气泡相对零位的位置的移动方向与测量位移方向相同，读作“+”，反之读作“-”。

水平仪的示值零位误差不得超过分度值的四分之一。水平仪示值零位误差的校验方法如图1-5所示，首先将水平仪和平板的工作面用汽油和脱脂棉擦洗干净，把水平仪放在平板上。按气泡的一端边缘读数，然后将水平仪调转 180° 放在原来位置再观察读数，两次读

数之差的一半，即为水平仪示值零位误差。

光学合象水平仪工作原理和使用方法

光学合象水平仪利用光学零件将气泡复合放大以及杠杆传动机构等，提高了读数灵敏度。如图 1-6 所示，光学合象水平仪主要由水准器、微动螺杆、杠杆和光学合象棱镜等部分组成。水准器安装在杠杆架的底板上，它的水平位置可用旋钮通过微动螺杆与杠杆系统进行调整。水准器内的气泡圆弧，分别用三个不同方向位置的棱镜反射至观察窗放大观察（分成两半合象）。当水平仪在水平位置时，气泡 *A*、*B* 就重合，见图 1-6 (b)，当水平仪

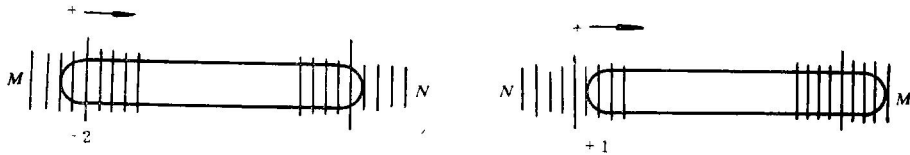


图 1-5 示值零位误差的校验
(a) 转位前气泡的位置 (b) 转位后气泡的位置

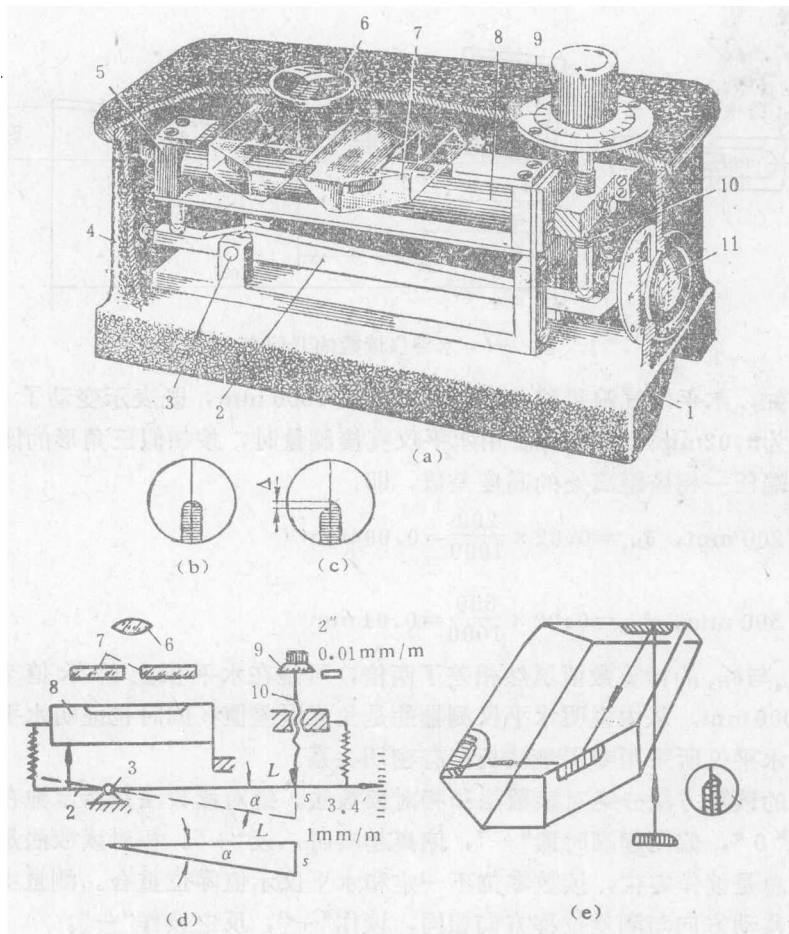


图 1-6 合象水平仪的结构和原理

(a) 结构图 (b) 气泡重合 (c) 气泡不重合 (d) 原理图 (e) 光学合象棱镜
1—基座；2—杠杆；3—转轴；4—罩壳；5—镜框；6—目镜；7—对称棱镜；8—主水准器外壳；9—微动螺杆上的度盘；10—微动螺杆；11—观察粗刻尺的放大镜

不在水平位置时，气泡 A、B 就不重合，差 Δ ，见图 1-6(c)。

使用方法 使用分度值为 $0.01\text{mm}/1000\text{mm}$ 的光学合象水平仪时，将水平仪放在被测表面上，眼睛看观察窗，用手转动微分盘的旋钮，直到两半气泡 A、B 重合为止，然后从刻度杆 11 上（见图 1-6），读取 mm/m 数，从刻度盘 9 上读数取 $0.01\text{mm}/\text{m}$ 数（每一格表示在 1m 长度内的高度差为 0.01mm ）。

(2) 水平仪测量法典型实例

现测平面导轨长 1500mm ，刮削前使用精度为 $0.02\text{mm}/1000\text{mm}$ 的水平仪，垫铁长度为 250mm ，测量导轨在垂直平面内的直线度误差。

测量步骤及方法

① 导轨初步校平

将被测的导轨置于可调整的支承垫铁上，置水平仪于导轨的两端或中间位置，初步校平导轨，其目的是便于观察水平仪的格数。

② 分段测量

分段测量的基本方法是对导轨只作等节距有限点测量。如图 1-7 所示，将被测导轨分成

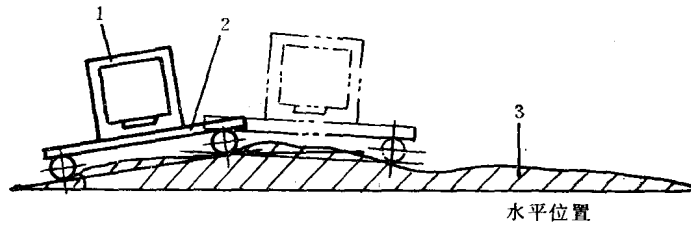


图 1-7 等节距有限点测量导轨

等距的若干档后，用水平仪借助专用垫铁，使支承点首尾相接，沿测量方向移动，分别测量出各档相对于水平仪上所选定的零位（相对测量基准）的倾斜角，并换算成相邻间的高度差。测得各档读数如下：

位置：	1、	2、	3、	4、	5、	6
格数：	+2、	+1.5、	+0.5、	-0.5、	0、	-2.5
角值：	$(+\frac{0.04}{1000})$ 、	$(+\frac{0.03}{1000})$ 、	$(+\frac{0.01}{1000})$ 、	$(-\frac{0.01}{1000})$ 、	0、	$(-\frac{0.05}{1000})$

（角值 = $\frac{0.02}{1000} \times \text{格数}$ ）

线值：+0.01、+0.0075、+0.0025、-0.0025、0、-0.0125（线值 = 角值 \times 250）

③ 画直线度误差曲线并计算

根据上述测量结果，把各测量点的误差值标在坐标图上，通常以 x 轴代表水平仪垫铁的间距方向（导轨长度），比例可选 $1:10$ 。 y 轴表示导轨误差方向（各测量点相对于测量基准的误差），把这些点连起来，称之为“直线度误差曲线”。由于这曲线可以反映机床移动部件运动轨迹的情况，

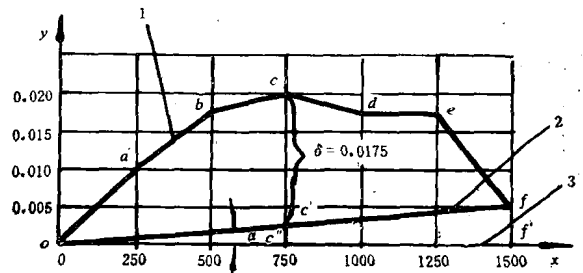


图 1-8 车床导轨在垂直平面内的直线度误差曲线

1—误差曲线；2—两端点连线；3—测量基准

又称为“运动曲线”（见图 1-8）。将曲线首尾两点相连，该曲线在连线的上方，是凸形，找

出曲线与直线之间的最大坐标值为0.0175 mm，即为导轨在全长上的直线度误差。其计算方法如下：

根据相似三角形的原理， $\triangle fof'$ 与 $\triangle c'oc''$ 相似得：

$$\frac{y'}{750} = \frac{0.005}{1500} \quad \text{即 } y' = 0.0025\text{mm} \quad (y' = c'c'')$$

直线度误差 $\delta = cc'' - y' = 0.02 - 0.0025 = 0.0175\text{mm}$ 。

用列表计算法求导轨直线度误差的步骤如下：

① 将测得的每段气泡移动格数列入表中，求出代数平均值，见表1-1。

表 1-1 列表计算导轨直线度误差

气泡移动格数(Δy)	+2	+1.5	+0.5	-0.5	0	-2.5
算术平均值(e)	$e = \frac{2+1.5+0.5-0.5+0-2.5}{6} = \frac{1}{6} = 0.1666$					
相对偏差 $\Delta y - e$	+1.8334	+1.3334	+0.3334	-0.6666	-0.1666	-2.6666
累积误差	↓ ↗	↓ ↗	↓ ↗	↓ ↗	↓ ↗	↓ ↗
	1.8334	3.1668	3.5002	2.8336	2.6669	0.0003

② 求得各段相对偏差（见表1-1）。各段相对偏差等于水平仪气泡移动格数减去代数平均值。

③ 计算每段的累积误差（各段的累积误差值等于上段累积误差加本段的相对偏差）。最后把最大累积误差换算成线性值：

$$3.5002 \times \frac{0.02}{1000} \times 250 = 0.0175\text{mm}$$

几点说明：

a. 用水平仪测量单导轨的直线度误差时，为了减少磨损保持测量精度并使计算方便，应将水平仪放在专用垫铁（见图1-9）上进行测量，垫铁底面的两个支承面间的距离 L_1 ，如用精度为0.02mm/1000mm的水平仪，则取200、250或500 mm。测量长度在4m以下的导轨时，可选用200~250mm的垫铁，超过4m长的导轨，应选用长度500 mm的垫铁。

b. 按机床精度标准规定，用水平仪检测直线度误差的计算方法，有角值法和坐标值法两种。角值法（也称水平仪读数法）用水平仪倾斜角的正切值来度量导轨直线度误差，其误差值用0.02/1000、0.03/1000等表示；线值法（也称坐标法）则是以运动曲线的纵坐标值（微米）来计算导轨直线度误差，误差值用1m长度上0.02mm、全程0.04~0.06mm等表示。注意：0.02/1000和1 m长度上0.02的误差数值不一定相等。如图1-10所示，1 m长度内直线度误差为0.01mm；角值误差0.02 mm/1000 mm。可见角值法和线值法（坐标法）的误差值是不同的。应当按机床精度标准的规定来选择直线度误差的计算方法。

c. 直线度误差是相对理想直线而确定的，这理想直线就是评定基准。评定基准主要采用以下两种：

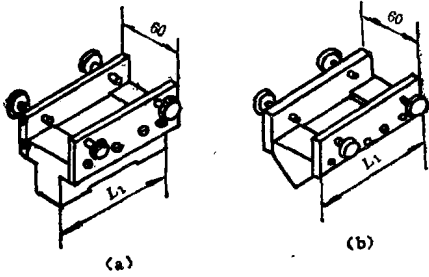


图 1-9 水平仪垫铁

(a) 平面导轨用垫铁 (b) V形导轨用垫铁

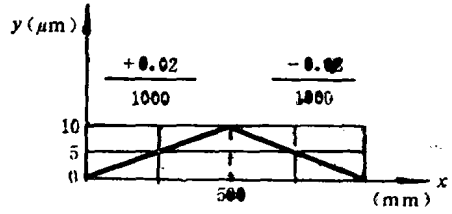


图 1-10 角值误差和线值误差比较

测量记录(格): +1, +1, -1, -1
 角值误差: $[(+0.02/1000) - (-0.02/1000)] \times 2 = 0.02/1000$
 线值误差: 1m内(或全长内)直线度误差0.01mm

(a) 以两端连线为评定基准;

(b) 以可使最大直线度误差为最小的理想直线, 作为评定基准。称之为符合“最小条件”。

5. 光学平直仪检测法

(1) 光学平直仪原理及其使用方法

光学平直仪是根据自准直光管原理制成的, 其原理图见图1-11, 光源射出的光线, 通过滤光片和刻有十字形透光十字线分划板, 形成十字象, 再经过棱镜3、平镜1、平镜2

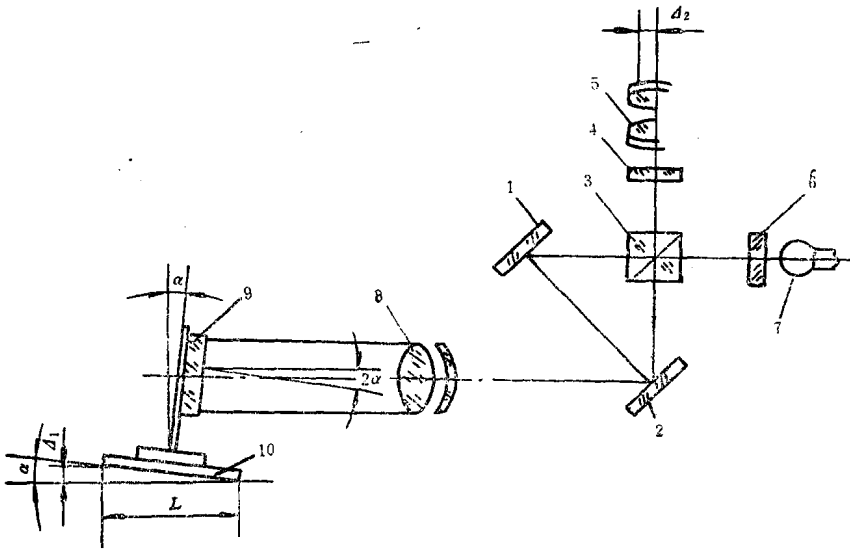


图 1-11 光学平直仪原理图

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

和物镜8后, 变成平行光束射到反光镜上, 游动的反光镜的镀银(或镀铬)表面将入射的光线按原路反射到分划板上。如果被测表面的直线度误差为 Δ_1 , 而使游动的反光镜偏转 α 角, 那么回到分划板的十字象就不重合, 而相差一个 Δ_2 的大小, 见图1-12(b), 可通过调节测微手轮, 使目镜中视场基准线与十字象对正, 测微手轮的调整量就是 Δ_2 的大小。

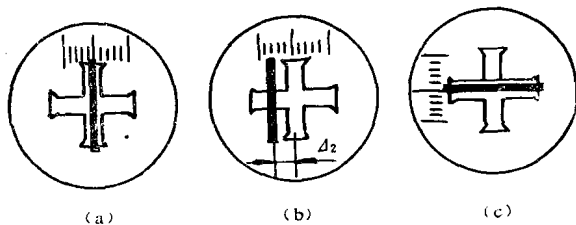


图 1-12 目镜观察视场图

(a)、(b)为测量导轨在垂直面内的直线度误差情况
(c)将目镜旋转90°后测量导轨在水平面内的直线度误差时，十字象重合情况

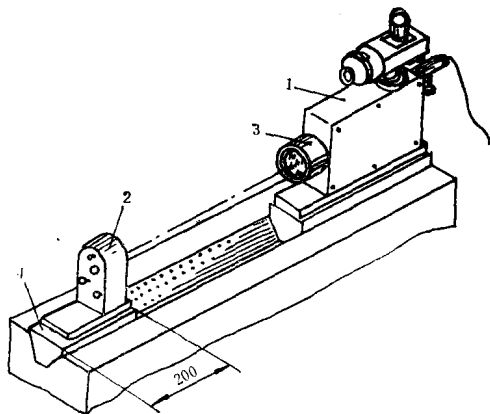


图 1-13 光学平直仪测量V型导轨示意图

1—光学平直仪主体；2—反光镜；3—望远镜，
4—垫板

光学平直仪具有使用方便，精度高（ $\pm 1.5'' \sim \pm 5''$ ）和测距大等优点。

(2) 用光学平直仪检测V型导轨实例

用光学平直仪检测V型导轨直线度方法如图1-13所示。将光学平直仪主体和反光镜分别置于被测导轨的两端，垫上V型垫铁，随后移动反光镜垫铁，使其接近光学平直仪主体，左右转动反光镜，同时观察目镜，直至反射回来的亮“十字象”位于视场中心为止。然后将反光镜垫铁移至原位，再观察“十字象”是否仍在视场中。否则需重新调整光学平直仪主体和反光镜（可用薄纸片垫塞），调整好以后，光学平直仪主体不许移动。此时将反光镜垫铁移至导轨的起始测量位置，转动目镜，使目镜中的准线在亮十字象中间，记下手轮刻度的数值，直至测完导轨全长。根据记下的数值，便可用作图法或算法求出导轨的直线度误差。

现用分度值为0.005mm/1000mm的光学平直仪，测量长1400mm的V型导轨。反光镜垫铁长度为200mm，测量的读数值列入表1-2中。

表 1-2 光学平直仪测量一览表

(mm)

测量位置	0~200	200~400	400~600	600~800	800~1000	1000~1200	1200~1400
读数值	+0.0012	+0.004	+0.0055	+0.0038	+0.0064	+0.0057	+0.0084
算术平均值	$\frac{0.035}{7} = 0.005$						
相对值	-0.0038	-0.001	+0.0005	-0.0012	+0.0014	+0.0007	+0.0034
累积误差	-0.0038	-0.0048	-0.0043	-0.0055	-0.0041	-0.0034	0
导轨直线度误差	0.0055						

计算法：

① 求出算术平均值：所有各读数绝对值之和的算术平均值 $=0.035/7=0.005$ 。

② 求出相对值：每一测量位置的相对值，等于该位置的读数值与算术平均值的代数差值。如测量 $0\sim 200\text{mm}$ 的相对值为 $+0.0012-0.005=-0.0038\text{mm}$ 。

③ 求出累积值：每一测量位置的累积值，等于该位置的相对值与该位置前所有相对值的代数和。如测量位置 $200\sim 400\text{mm}$ 段的累积值为 $-0.001-0.0038=-0.0048\text{mm}$ 。其中最大累积值就是该导轨的直线度误差。

作图法与用水平仪测量的作图法基本相同，不再赘述。导轨直线度的误差曲线图如图1-14(a)所示，该曲线是按表1-3所列的累积值作成的，图1-14(b)所示直线是按光学平直仪的读数值直接作图。比较图(a)、(b)两个图形，可看出两者在导轨各点的误差是相等的。

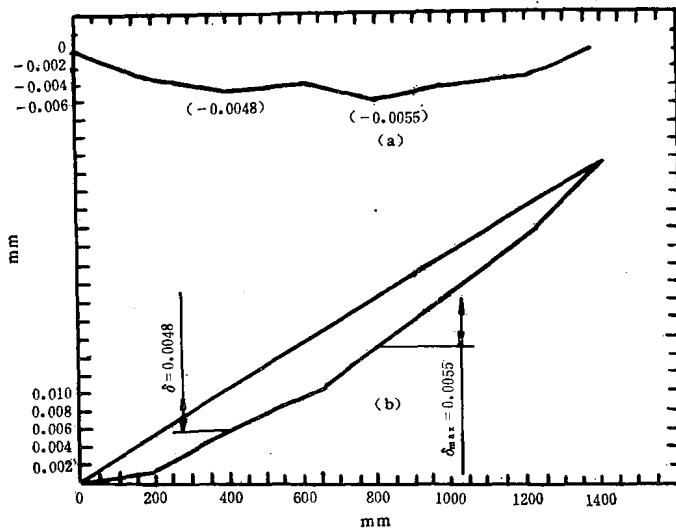


图 1-14 导轨直线度误差曲线

(二) 导轨平行度误差的常用测量方法

导轨平行度的常用测量方法有以下三种。

1. 拉表测量法

借助专用垫铁用千分表来测量导轨间平行度误差的方法，如图1-15所示。在导轨全长上，千分表读数的最大差值就是被测导轨间的平行度误差。

2. 千分尺测量法

千分尺测量法如图1-16所示。利用两根直径相等的检验棒，靠紧导轨面，用千分尺在导轨两端和中间进行测量。千分尺读数的最大差值就是平行度误差。被测尺寸太大时测量困难，不宜采用。

3. 桥板水平仪测量法

桥板水平仪测量法如图1-17所示，测量时，在导轨全长上移动桥板，每隔一定距离，依次测量，水平仪在每 1m 行程上或全部行程上读数的最大代数差，就是导轨的平行度误差值。使用水平仪时，要注意不能调头，以免引入水平仪示值误差，影响测量的准确性。

(三) 导轨间垂直度的常用测量方法

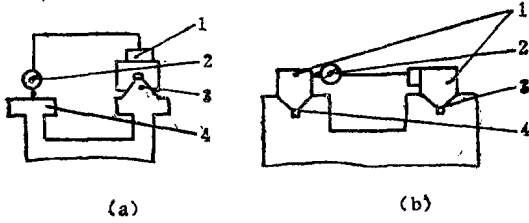


图 1-15 拉表测量导轨间平行度误差
1—专用垫铁, 2—千分表, 3—基准导轨,
4—被测导轨

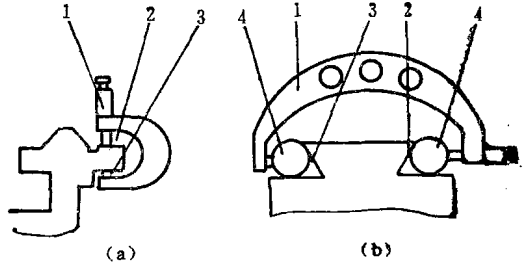


图 1-16 用千分尺测量导轨平行度误差
1—千分尺, 2—被测导轨, 3—基准导轨,
4—检测棒

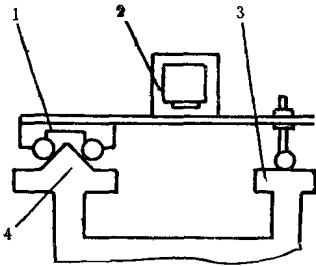


图 1-17 桥板水平仪测量法
1—桥板, 2—水平仪, 3—被测导轨, 4—基准导轨

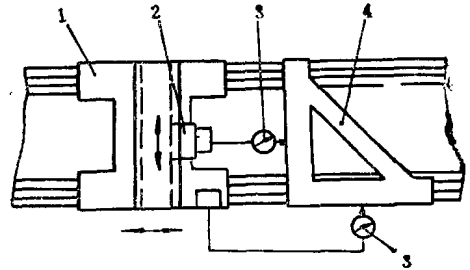


图 1-18 直角尺拉表法测量导轨间的垂直度
1—拖板, 2—专用垫铁, 3—千分表, 4—直角尺

1. 直角尺（或方尺）拉表测量法

车床拖板的上部横向燕尾导轨和下部的纵向导轨的垂直度误差，可用直角尺拉表测量，如图1-18所示。测量时，先用千分表保证直角尺纵向工作面，在拖板移动方向上的平行度要求。然后，在拖板的燕尾导轨上，移动安放有千分表的专用垫铁进行测量，并使千分表测头触及直角尺的横向工作表面上。千分表读数的最大差值就是导轨在测量长度上的垂直度误差。

2. 框式水平仪测量法

利用框式水平仪工作面互成直角的特点，来检查垂直面内的垂直度。如图1-19所示，

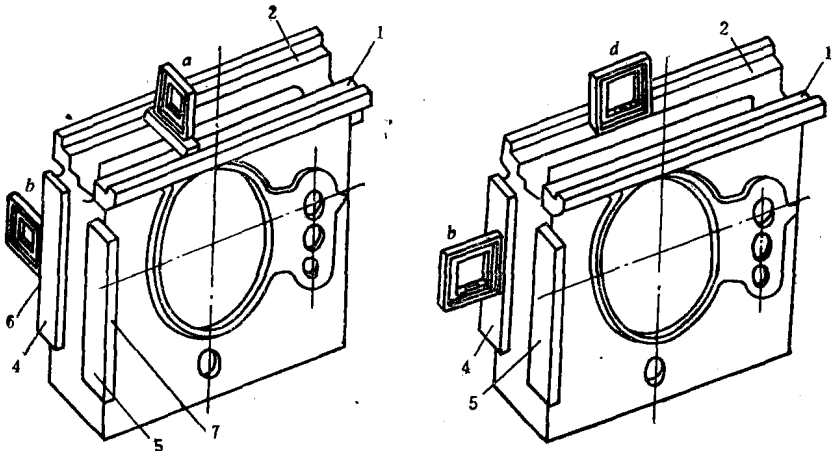


图 1-19 用框式水平仪测量床身导轨垂直度

测量牛头刨床床身导轨的垂直度误差。当测量床身的上、下导轨表面1、2与表面6、7以及表面1、2与表面4、5垂直度时，可用水平仪，按图示方法进行测量。

二、工作台工作面平面度误差的检测方法

机床的工作台工作面是工件和夹具的定位基准，与运动方向（导轨）之间又有一定关系，为了使工件与工作台工作面接触紧密可靠，其平面度一般都规定中凹。以工作台面在各个方向（纵、横、对角、辐射）直线度误差中的最大值作为工作台的平面度误差。工作台平面度的常见测量位置见图1-20。

1. 量块检测法

用量块检测法检测万能铣床工作台平面度方法，如图1-21所示。用一根相应长度的平尺，精度为0~1级。在台面上放两个等高垫铁，平尺放在垫铁上。用量块检查工作台面至平尺检验面的间距，测得应测方向上的直线度误差，取其中的最大值，作为被测工作台面的平面度误差。

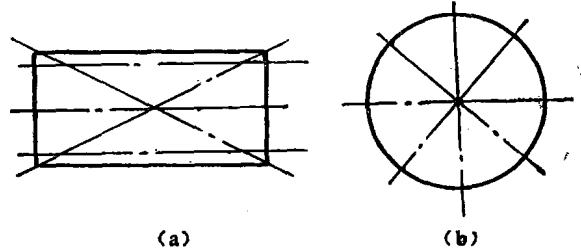


图 1-20 工作台平面度常见测量位置

2. 平尺拉表法

平尺拉表法如图1-22所示。把平尺按照要求的测量方法，安放在等高垫铁上，将千分表

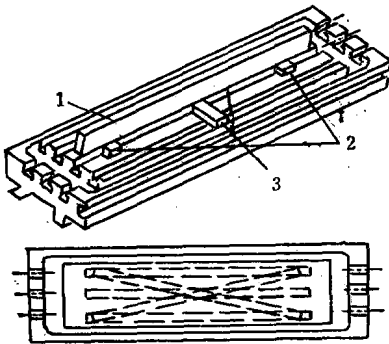


图 1-21 用量块、平尺检测台面平面度
1—平行平尺；2—等高垫铁；3—量块

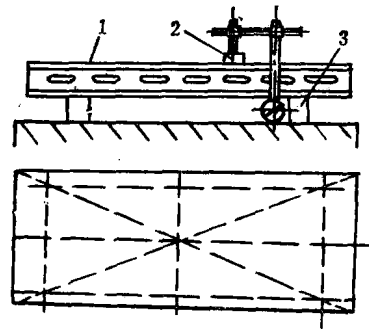


图 1-22 平尺拉表法测量工作面平面度
1—平尺；2—千分表；3—等高垫铁

表装在表座上，检查台面至平尺检验面的距离，按图1-22中所示虚线方向检查8个位置，取其最大值为平面度误差。

三、机床主轴及工作台回转精度的检测

为了保证机床的加工精度，对机床的主轴、工作台的回转精度在机床精度标准中都有严格规定。修理前和总装后都应进行检测。

(一) 主轴径向圆跳动的测量方法 图1-23所示为测量主轴、圆工作台锥孔轴线径向圆跳动的测量方法。将接触良好的锥柄检验棒紧密地插入锥孔中，使千分表测头触及检验棒表面上。回转主轴（或工作台），分别在靠近主轴端 a 处和伸出端 b 处（ ab 为300mm或规定值）检测径向圆跳动，千分表读数的最大差值，就是径向圆跳动误差值。 a 、 b 两处的误差分

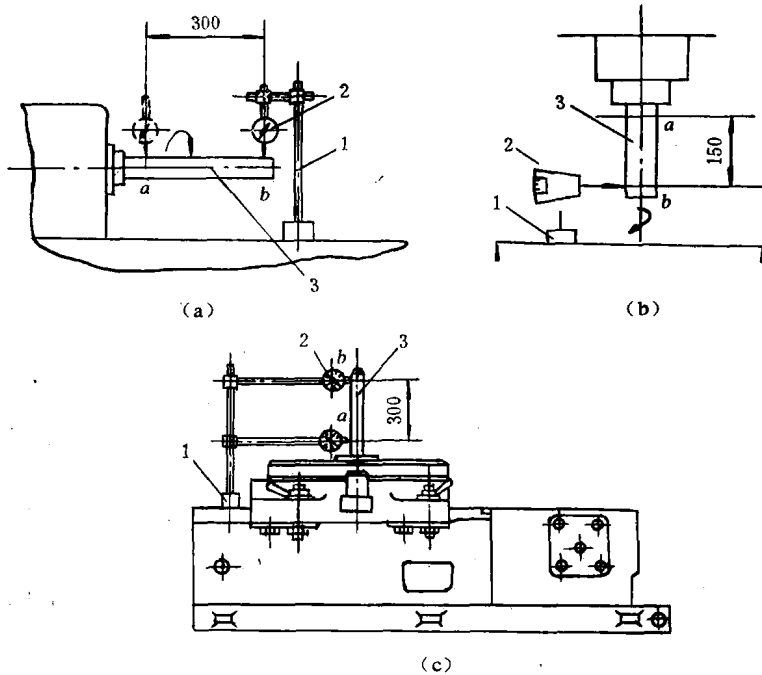


图 1-23 测量主轴（或圆工作台）锥孔轴线的径向圆跳动
1—磁力表架；2—千分表；3—检验棒

别计算。

为了避免检验棒本身误差对测量的影响，可将检验棒取出后转 180° 再插入锥孔，重新测量，取两次测量结果的平均值作为圆跳动误差。

主轴锥孔径向圆跳动的检测方法见图1-24。将杠杆千分表固定在机床上，使千分表测头触及主轴锥孔的内表面上（注意：测量时测头必须垂直于被测表面）。旋转主轴检测，千分表读数的最大差值，就是径向圆跳动误差值。

主轴各种定心轴颈径向圆跳动的检测方法，如图1-25所示，将千分表测头触及主轴定心轴颈表面上（若为锥面，则测头垂直于锥面），旋转主轴检测，千分表读数的最大差值，就是定心轴颈径向圆跳动误差值。

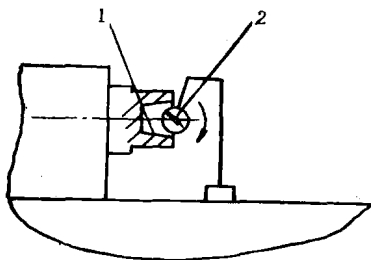


图 1-24 主轴锥孔径向圆跳动的检测方法

1—主轴锥孔；2—千分表

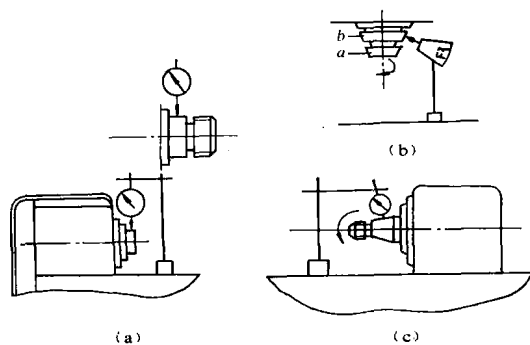


图 1-25 主轴定心轴颈径向圆跳动的检测方法

(二) 端面圆跳动和轴向窜动的检测方法

主轴端面圆跳动检测方法如图1-26(a)所示。将千分表固定在机床上，使其测头垂直触及被测端面的边缘处，回转主轴检测，千分表读数的最大差值就是端面圆跳动量。

主轴轴向窜动的检测方法，如图1-26(b)所示，在轴的中心孔中用润滑脂粘一钢球（如果是锥孔，应在锥孔中紧插入一根锥柄短检验棒），将带有平测头的千分表固定在机床上，使平测头触及钢球。

回转主轴检测，千分表读数的最大差值，就是轴向窜动量。当检查丝杠和蜗杆时，应正、反两方向回转检查。

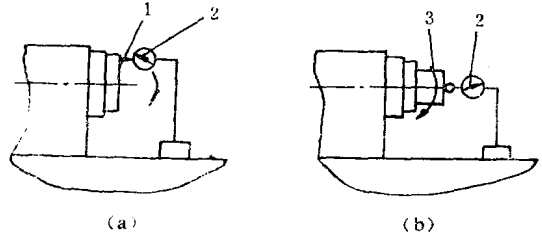


图 1-26 主轴端面圆跳动和轴向窜动的检测方法
1—主轴端面；2—千分表；3—检验棒

四、机床部件之间位置精度的检测方法

1. 立柱导轨对底座表面或工作台的垂直度检测法 如立式车床、镗床、龙门刨床、立式钻床等都有立柱导轨。现以立式车床为例，检测立式车床导轨对工作台面垂直度误差方法，如图1-27所示。在车床工作台上，距工作台中心相等的地方，离开平尺两端 $2/9L$ 处，

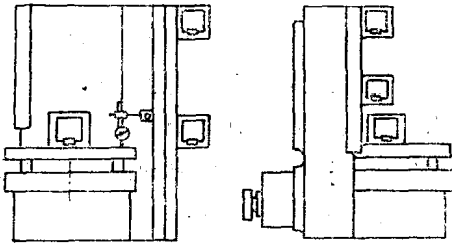


图 1-27 立式车床立柱导轨对工作台面垂直度的检测方法

放两个等高垫铁，将水平仪置于平尺中间，然后用水平仪在立柱导轨面与横梁成平行和垂直两个方向进行检测。水平仪的测量位置，分别在立柱导轨面的上部和下部。平尺上水平仪和立柱上水平仪读数的最大代数差，即为立柱对工作台面的垂直度误差。

2. 轴线与轴线之间平行度的检测方法

图1-28所示为无心磨床砂轮中心线与导轮中心线的平行度检测方法，检测时，可将托架定位槽的导向面作为两中心线的基准面，以此分别检测两个轮轴中心线与导向面的平行度。

托架定位槽导向面对砂轮轴线平行度的检测方法如图1-28(a)所示。检测前应加工一检验轴套，该轴套装在砂轮定心锥轴上，且与定心锥轴配合紧密，同时，应加工一专用垫板，该垫板与托架定位槽配合。检测时，将千分表固定在专用垫板上，并使千分表测头触及轴套表面。这时即可左右移动专用垫板，分别在图示的(a)上母线和(b)侧母线上检测，并记下千分表读数的最大差值。然后将砂轮轴转向 180° ，用同样方法再次检测，其值应是两次测量结果代数之和之半，此值即是托架定位槽导向面对砂轮轴线的平行度误差。

托架定位槽导向面对导轮轴线平行度的检测方法如图1-28(b)所示。测量方法和平行度误差的计算方法均与上述方法相同。

3. 轴线对称度的检测方法

卧轴圆台平面磨床，其回转工作台的中心应与主轴中心相交且垂直。其检测方法如图1-29所示。检测前，在砂轮轴定心锥面上放置一个配合紧密的筒形检验棒，且将千分表固