

机床修理工具及 修理技术问答

谢怀湘 编著



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS



机床修理工具及 修理技术问答

谢怀湘 编著



机械工业出版社

机床是制造业的最基本加工设备,机床的修理也是必不可少和不可避免的。本书对作者几十年使用机床修理工具、量具和仪器的方法及经验进行了总结。全书分机床修理工具、量具仪器及用途、机床的精度测量常识和方法、机床整机大修四部分。

本书可作为职业技术学校、技工培训学校教材,也适合企业的机修部门的技术人员、机械员、修理钳工等使用。

图书在版编目(CIP)数据

机床修理工具及修理技术问答/谢怀湘编著. —北京:机械工业出版社, 2010.9

ISBN 978 - 7 - 111 - 31904 - 7

I. ①机… II. ①谢… III. ①机床 - 机械维修 - 工具 - 问答
②机床 - 机械维修 - 问答 IV. ①TG502.7 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 179756 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:沈 红 责任编辑:沈 红

版式设计:张世琴 责任校对:任秀丽

封面设计:姚 毅 责任印制:杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2011 年 1 月第 1 版 · 第 1 次印刷

169mm × 239mm · 10.25 印张 · 197 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 31904 - 7

定价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

策划编辑:(010) 88379778

社服务中心:(010) 88361066

网络服务

销售一部:(010) 68326294

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

机床制造和机床修理中所用的工具、量具和仪器是不可缺少的。

机床制造和机床修理在性质上是不同的。机床制造的所有零件是靠机械加工来完成的，而机床修理大部分是靠人工来完成的。如机床床身导轨面的机加工制造是在导轨磨床上磨削而成；而在机床修理工序中，它是人工用手铲刮完成的。所以机床修理必须依靠各种各样的工具、量具及仪器来进行工作。所以修理工具、量具及仪器对机床修理极为重要。

不管是机床制造还是机床修理，必须对每个零件、部件和组装后的几何精度进行测量，所以测量方法很重要。

本书介绍的工具尺寸规格、技术条件、精度标准，是从前苏联的图样中和 IOCT 标准中汇集起来的。测量方法、所用的工具和仪器，都是经过几十年实践的经验而总结出来的。

只要读者把本书的内容掌握好，就可以自行设计一个机床修理厂中所具有的工、量仪，并可以开展机床修理工作。

本书最大的好处是，可使读者根据本厂的条件而选择书中某一种测量方法。

本书的特点是：示意图多，容易看懂。

本书最适合职业技术学校、技工培训学校作教材之用，也适合企业里的机修部门人员使用。如工程技术人员、机械员、修理钳工等使用。

编 者

目 录

前言

第一章 机床修理工具	1
第一节 机床修理中的常用工具	1
1.1-1 机床修理中有哪些常用工具?	1
1.1-2 机床修理中有哪些铲刮和测量工具?	2
第二节 铲刮和测量工具	3
1.2-1 什么是平板? 其规格和用途有哪些?	3
1.2-2 平板机械加工后, 最后一道工序是怎样进行的?	5
1.2-3 平板的精度是怎样测量的?	7
1.2-4 什么是平尺?	9
1.2-5 桥形平尺的规格和用途有哪些?	10
1.2-6 桥形角度平尺的规格和用途有哪些?	11
1.2-7 什么是平行平尺(工字平尺)?	13
1.2-8 凹形平行平尺的规格和用途有哪些?	15
1.2-9 凸形平行平尺的规格和用途有哪些?	18
1.2-10 什么是方形平尺?	18
1.2-11 什么是角度平尺?	19
1.2-12 什么是直角尺?	20
1.2-13 什么是水平仪垫铁?	29
1.2-14 V形铁有哪些种类?	31
1.2-15 什么是过桥?	33
1.2-16 什么是检验芯棒?	35
1.2-17 什么是塞规?	37
1.2-18 什么是环规?	38
1.2-19 什么是锥形研磨棒? 锥形研磨棒的用途是什么?	39
1.2-20 什么是圆柱形研磨棒?	41
1.2-21 什么是台阶式圆柱形研磨棒?	41

1.2-22 什么是可调式研磨棒?	42
第二章 量具、仪器及用途	43
2-1 一般量具有哪些?	43
2-2 什么是量块?	43
2-3 什么是三支承点内径千分尺?	43
2-4 什么是电感器?	44
2-5 什么是光电直线检查仪?	45
2-6 什么是读数显微镜及标准尺?	47
2-7 什么是经纬仪和平行光管?	49
2-8 什么是水平仪?	50
第三章 机床的精度测量常识和方法	56
3-1 什么是直线度?	56
3-2 什么是平面度?	72
3-3 什么是平行度? 平行度的测量方法有哪些?	77
3-4 什么是垂直度? 垂直度的测量方法有哪些?	82
3-5 什么是主轴的径向跳动? 其测量方法有哪些?	86
3-6 什么是主轴的轴向窜动? 其测量方法有哪些?	88
3-7 什么是主轴的端面圆跳动? 其测量方法有哪些?	88
3-8 什么是同心度? 其测量方法有哪些?	89
3-9 什么是定位坐标? 其精度怎样测量?	90
3-10 什么是分度? 其精度怎样测量?	91
第四章 机床整机大修	92
第一节 机床维修概述	92
4.1-1 机床维修管理包括哪些内容?	92
4.1-2 机床大修前应如何准备?	93
第二节 C620 卧式车床的大修	94
4.2-1 机床床身如何进行修理?	95
4.2-2 溜板箱的修理如何进行?	102
4.2-3 主轴箱的修理如何进行?	114
4.2-4 尾座的修理如何进行?	122
4.2-5 如何检验卧式车床精度?	125
第三节 卧式及万能铣床的修理	126

4.3-1	如何修理床身?	127
4.3-2	如何修理悬梁?	129
4.3-3	如何修理升降工作台?	129
4.3-4	如何修理卧式万能铣床升降工作台?	133
4.3-5	如何修理铣刀杆轴承座?	137
4.3-6	如何检验铣床的精度?	138
第四节	部分机床的主要部件修理	143
4.4-1	如何修理万能外圆磨床的主要部件?	143
4.4-2	如何修理龙门刨床、龙门铣床的主要部件?	146

第一章 机床修理工具

在机床制造与机床修理中，各种工具、量具及仪器是不可缺少的，尤其是在机床修理中，它们显得更为重要。

第一节 机床修理中的常用工具

1.1-1 机床修理中有哪些常用工具？

答：机床修理中常用的工具有：①扁头旋具；②扁头铁柄螺钉旋具；③十字旋具；④克丝钳；⑤尖嘴钳；⑥内环卡钳；⑦外环卡钳；⑧活动扳手；⑨单头扳手；⑩两头扳手；⑪单头梅花扳手；⑫双头梅花扳手；⑬内六角扳手；⑭管钳；⑮手钳；⑯台虎钳；⑰平口台虎钳；⑱平头刮刀；⑲圆头刮刀；⑳三角刮刀；㉑各种形状的油石；㉒斜铁；㉓滚杠（ $\phi 100\text{mm} \times 1500\text{mm}$ 钢管、六根为一组，移动机床用）；㉔龙门起重机（没有天车的工厂使用）；㉕挠杠；㉖小锤子；㉗大锤子；㉘各种规格的丝锥；㉙各种规格的板牙；㉚锥形铰刀；㉛各种形状的锉刀；㉜手电钻；㉝小台钻；㉞套筒扳手；㉟砂轮机；㊱手锯；㊲斤不落；㊳样冲；㊴划规；㊵磁力表座；㊶长方形和圆柱形等高垫铁（见图 1-1），用来支承部件，也便于测量，每组为三个；㊷V 形等高垫铁：主要用来支承圆柱检验芯棒，测量两导轨的平行度，两块为一组（见图 1-2）；㊸螺旋式千斤顶，用途与长方形等高垫铁相同，但可调整（见图 1-3）。螺旋式千斤顶分为两种形式，图 1-3a 所示的尺寸根据具体情况而定；应用最广泛的是支承大平板，使平板平面处在水平状态；㊹拔销器如图 1-4 所示，一般用螺钉将带内螺钉孔的锥销拔出锥孔

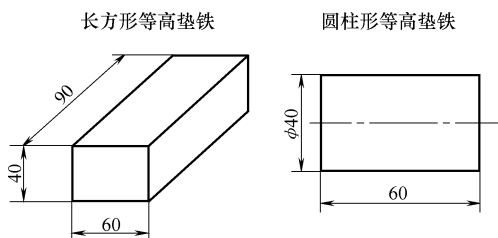


图 1-1 长方形和圆柱形等高垫铁

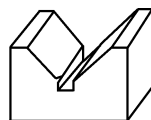


图 1-2 V 形等高垫铁

很困难，但用拔销器就方便得多；更换双头螺栓，可以拔出不同大小的锥销，既方便又省力；④点温度计：主要用来测量机床主轴温度，以便分析主轴故障；点温度计操作方便，很省时（见图 1-5）。

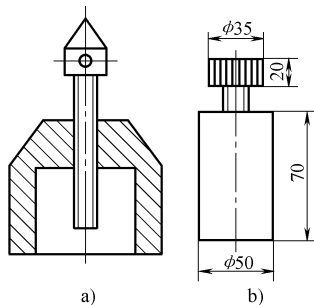


图 1-3 螺旋式千斤顶

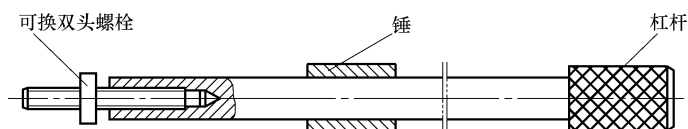


图 1-4 拔销器

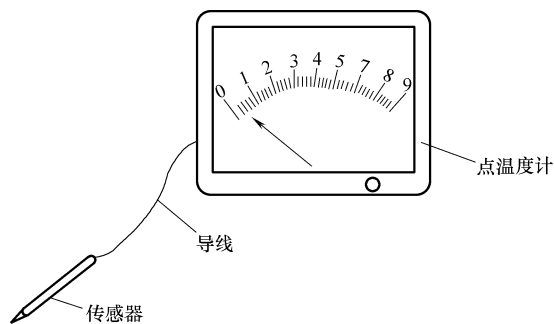


图 1-5 点温度计

1.1-2 机床修理中有哪些铲刮和测量工具？

答：机床修理中进行测量、铲刮是机床修理中的主要手段，没有这些手段就不能完成机床的修理任务。工具就像工人的手，量具就像工人的眼睛，不管工人的技术怎样的高明，缺少工具、量具和仪器就无法完成修理任务。

测量工具和铲刮工具一般分为常用工具（通用工具）及专用工具两种。

常用工具：这类工具不只限于一种型号的机床使用，而是几种型号的机床都

可使用,而且这些工具在机床修理过程中是不可缺少的。例如:平板,桥形平尺、方形平尺、平行平尺(工字平尺、凹形平行平尺、凸形平行平尺)、游标万能角尺、角度平尺、角铁(V形铁)、弯尺、方尺、各种水平仪垫铁(与光电准直仪的反射镜座共用)、过桥、各种锥形检验芯棒、各种形状的研磨棒、塞规和环规等。

专用工具:这类工具只限于一种型号机床的一个零件或一个部件使用。例如坐标镗床的万能分度盘,圆形导轨用的圆形铲刮平板,T4163坐标镗床床身导轨的过桥、锥形研磨棒、主轴套筒研磨套等。

还有一种专用工具只限于一台机床上某个零件或某个部件用,而不能用于同型号的另一台机床上。如丝杠上的两支承座孔用心轴及带螺纹的心轴,坐标镗床主轴箱主轴套筒孔用的研磨棒。

专用工具是根据机床的结构、大小、形状进行设计制造的。因此,只有对机床进行拆卸后才能真正了解每个零部件的结构、形状,与看图样相比运用工具更快捷,更实际。

第二节 铲刮和测量工具

现在介绍机床大修理时的主要铲刮和测量工具。

1.2-1 什么是平板?其规格和用途有哪些?

答:凡是设置机修单位的工厂,平板是一种不可缺少的工具。

(1) 平板的分类 如图1-6所示,平板分为刮研平板和研磨平板。这两种平板的结构相同,只是表面最后加工方法不一样,其用途也不一样。

1) 刮研平板:机械加工后,用铲刮的方法,完成最后一道工序。它主要用来配研机床零件表面和测量机械零件的几何精度。

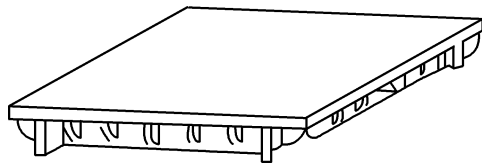


图1-6 平板

2) 研磨平板:机械加工后,用研磨粉配研的方法,完成最后一道工序。它主要用来配研机床零件的平面,而获得一定的光滑表面及高精度的几何尺寸。

平板通常的规格和精度见表1-1,平板的材料一般为HT240。

(2) 平板的用途

1) 配研铲刮各种工具的表面:平板、平尺、方尺、弯尺、角尺等刮研表面。

2) 配研铲刮机床零件、部件表面。如机床刀架、滑板、工作台表面等。

表 1-1 平板通常的规格和精度

精 度 等 级	0	1	2	3
每边为 25mm 正方形内的接触斑点数目≥	25	25	20	12
规格/mm × mm	工作面平面度的允许偏差/μm			
100 × 200	± 3	± 6	± 12	± 30
200 × 200	± 3	± 6	± 12	± 30
200 × 300	± 3.5	± 7	± 12.5	± 35
300 × 300	± 3.5	± 7	± 13	± 35
300 × 400	± 3.5	± 7	± 14	± 35
400 × 400	± 3.5	± 7	± 14	± 40
450 × 600	± 4	± 8	± 16	± 40
500 × 800	± 4	± 8	± 18	± 45
750 × 1000	± 5	± 10	± 20	± 50
1000 × 1500	± 5	± 12	± 25	± 60

3) 用于测量机械零件的尺寸精度。

4) 用于对机械零件半成品的画线，便于加工等。

目前国内外也有用花岗岩做的平板。花岗岩平板适用于各车间检查站、计量室和实验室，但它不能作研点刮研之用。

花岗岩与铸铁平板优缺点的比较，见表 1-2。

表 1-2 铸铁与花岗岩平板的优缺点比较

特 性	铸 铁	花 岗 岩
耐磨性	良好	良好
稳定性	优良	优良
刚性	优良	优良
相同重量时的强度	一定重量下具有高强度(容易在单板内铸加强肋)	坚固,但在一定重量下要低一些(采用加强肋是不现实的)
潮湿	生锈,但不歪扭	不生锈,但会歪扭
制造和修复方法	研磨和刮削	必须研磨
接触点	能改变接触点(优点)	不容易改变接触点(使用中的缺点亦会限制所能达到的精度)
精度	取决于制造者	取决于制造者
毛刺	容易起毛(缺点)	形成洞眼(优点)
可采用的形状与尺寸	有限制,需要特制砂型浇铸	几乎不受限制,能锯或雕

(续)

特 性	铸 铁	花 岗 岩
使用时的适应性	优良能加工、钻和攻螺纹	良好,但需要镶嵌和紧固
温度影响(吸收)	吸热快、散热慢(既是优点也是缺点)	吸热慢、散热慢(既是优点又是缺点)
温度影响(辐射)	反射辐射热(优点)	吸收辐射热,特别是黑色花岗岩(缺点)
温度影响(膨胀系数)	和大多数钢膨胀系数相同(通常是优点,但有时是缺点)	与钢不同(通常是缺点,有时也是优点)
成本	相当昂贵	相对便宜些

花岗岩平板的平面会受湿度影响的论点还没有得到最后的论证。

奥克利(Oakley)进行的特定试验中,将两块黑色花岗岩平板,用水长时间润湿约70h,然后将平板擦干,再进行定期测量,结果表明平面度只有微小的变化。但却发现10天后,平板又恢复到原来的平面度。这似乎是建议不要用溶液清洗平板面。

然而奥克利(Oakley)警告说:“如果在高潮湿气候的影响下未经过试验,那么由于高湿度的影响,就会使平面精度丧失的可能性有所增加”。

这种结果提醒了花岗岩平板的制造者,在采用液体溶剂作为研磨剂时,会具有这种潜在的危险。因而采用常用的研磨方法后,不应立即用水平仪或自准仪来测量。

1.2-2 平板机械加工后,最后一道工序是怎样进行的?

答:平板机械加工后,最后一道工序通过铲刮完成,铲刮的方法有:

(1) 互研铲刮法(原始铲刮法) 在没有标准平板或标准平尺的情况下,采用三块平板互相配研进行铲刮的方法。

将三块平板分别编为1、2、3个号进行配研铲刮。

如图1-7所示。首先将1、2两块平板配研铲刮,这样就会出现一块凹面的平板1和一块凸面的平板2,然后再用3号平板依次与2号平板、1号平板配研铲刮,即按照互相配研铲刮进行。最终才能保证三块平板的平面度。

(2) 用标准平尺以信封式配研的铲刮法 用一标准平尺对平板配研铲刮,如图1-8a所示。按图1-8b的点画线进行。

首先用标准平尺配研两对角线并铲刮,使两对角线配研铲刮一致后,作为基准小平面,然后用标准平尺纵向逐步、配研铲刮,使之与对角线小平面接触面一致即可。再用标准平尺横向逐步、配研铲刮,使之与对角线小平面接触为止,这

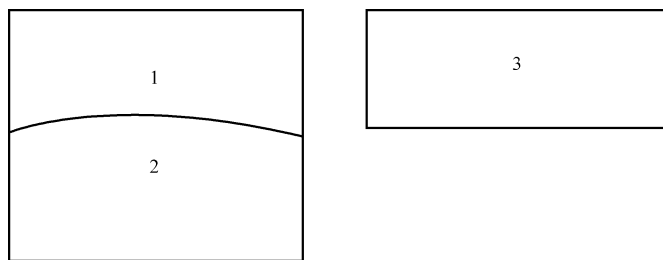


图 1-7 三块平板互研铲刮

说明平板的平面度已完成。

这种方法最适用于大型刮研平板。如 $750\text{mm} \times 1000\text{mm}$ 、 $1000\text{mm} \times 1500\text{mm}$ 的平板。

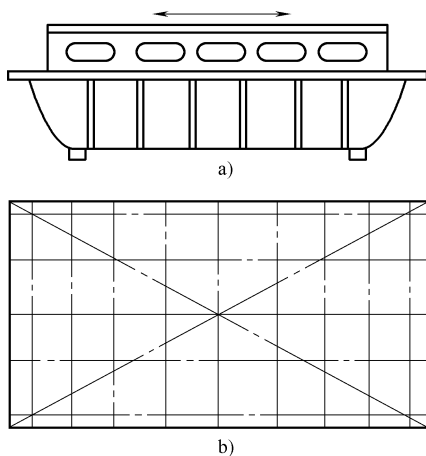


图 1-8 配研铲刮

(3) 小型平板配刮法 小型平板的铲刮很方便。即直接把小型平板的被铲刮面放置在大型标准平板上，往复移动，观察其表面的接触点分布情况是否均匀，如图 1-9 所示。

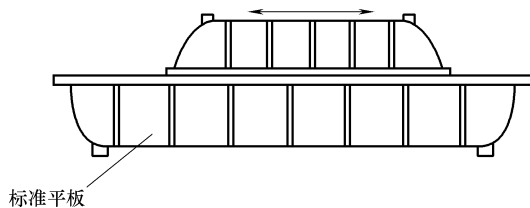


图 1-9 小型平板配刮法

1.2-3 平板的精度是怎样测量的？

答：平板的精度测量方法如下：

(1) 透光法 这种方法比较简单，就是用一根标准平尺，按图 1-10 的点画线的位置安放，用灯照射，观察平板与平尺接触面透光情况。

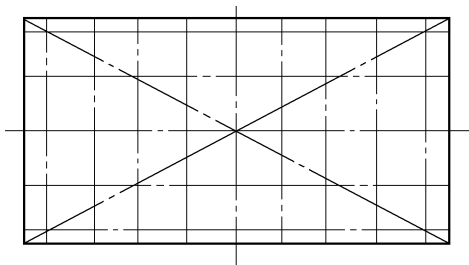


图 1-10 平板的精度测量用点画线

这种情况只知道平板平面度的情况，而不知道平面度误差。

(2) 配研法 铲刮好的平板表面涂上一层薄薄的红丹粉（涂得均匀些），然后用一根标准平尺放置在平板上，用力压住平尺来回推动（见图 1-11a），平尺按图 1-11b 方向、位置进行配研，使其平板平面全部配研接触到为止，观察其平面的接触点是否均匀分布。这种方法与透光法一样，只知道它的接触点的情况，不知道它的误差值是多少。

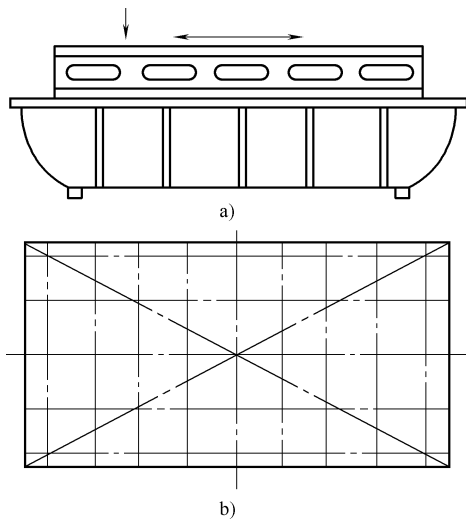


图 1-11 配研法

(3) 插入法 铲刮好的平板表面上放置一根工字平尺，如图 1-12 所示，用塞尺塞入平板与平尺之间的缝隙中，平尺放的位置与透光法、研点法相同，这种方法可以测量出平板的最大误差值，但只限于平面度误差大于 0.01mm 的间隙（因为塞尺最薄的是 0.01mm，小于 0.01mm 的误差就不能测得了）。

(4) 塞入法 平板上安放两个等高垫铁，平尺放置在等高垫铁上。平板面与平尺面之间塞入量块，如图 1-13 所示。其平尺所放的位置与透光法、配研法相同。这种方法可以测量出平面度误差值小于 0.01mm 的情况。

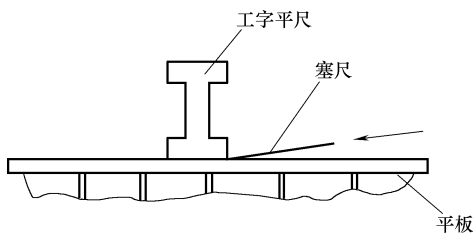


图 1-12 插入法

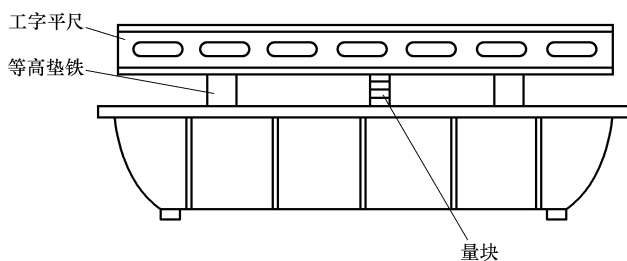


图 1-13 塞入法

(5) 综合测量法 这种方法用一平行平尺、指示表、指示表架、两块等高垫铁和一块量块共同测量，如图 1-14 所示。

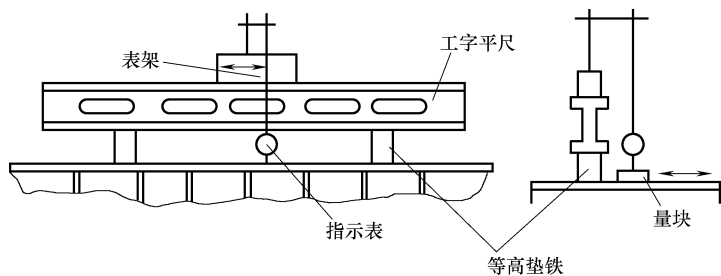


图 1-14 综合测量法

平板平面上放置两块等高垫铁，平行平尺放在等高垫铁上，带指示表的表座放置在平行平尺上平面，移动表座，用一量块塞入指示表指针与平板平面之间，移动表架不断地进行测量，观察指示表指针变化情况，最大的数值就是平板的平面度误差。在测量时用量块，是因为铲刮出的平面表面是凹凸凸凸的。

注意：在测量前必须测量出平行平尺两面的直线度误差（画出直线度的曲线图），同时测量出平行平尺两平面的平行度误差。这样测量出的平板平面的数值减去平行平尺本身的误差值，才是被测量平面的平面度误差。

(6) 水平仪测量法 把被测量的平板调整到 $0.02/1000$ 位置, 使其处于水平状态, 就可以开始对被测量平面进行测量。

水平仪安放在一个水平仪垫铁上 (防止水平仪在移动时, 水平仪底平面磨损, 使水平仪失其精度), 水平仪与水平仪垫铁同时放在平板表面上, 如图 1-15 所示。按水平仪垫铁长度移动, 每移动一次, 将水泡移动的格数记录下来, 其位置与透光法、配研法相同。按各数值画成坐标曲线, 将凸的曲线最大值与凹的曲线最大值相加, 这就是平板平面的平面度误差。关于水平仪测量后的数据处理及绘制坐标曲线的方法, 请看后面水平仪测量直线度中关于绘制坐标曲线和确定误差值方法的介绍。

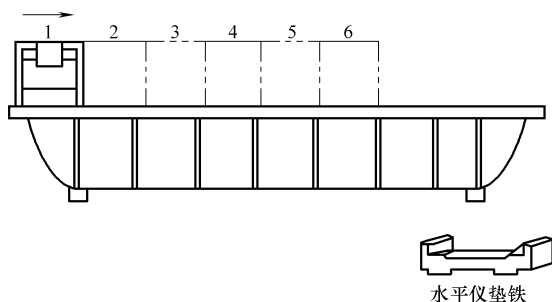


图 1-15 水平仪测量法

(7) 光学仪测量法 用光学仪测量平板平面精度很高, 它的读数值一格为 $0.001/200$ 。

光学仪器安放在靠近被测量平板的附近支承架上。反光镜固定在一块垫铁上, 一起放在被测量的平板平面上, 移动反光镜, 如图 1-16 所示。将测量数值记录下, 画出坐标曲线图, 找出其误差值, 其方法与水平仪方法相同。具体操作方法, 请看后面的光学仪器计算方法。

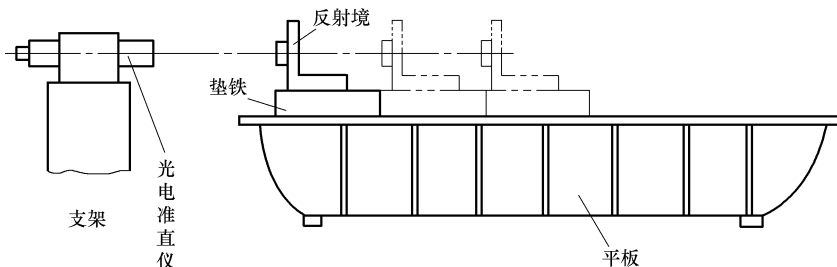


图 1-16 光学仪测量法

1.2.4 什么是平尺?

答: 平尺对机床修理工厂来说, 是不可缺少的研刮工具, 它的用途很广。种

类有桥形平尺，平行平尺（工字平尺）、桥形角度平尺、角度平行平尺，方形平尺和角度平尺。它们的材料均为 HT240。

1.2-5 桥形平尺的规格和用途有哪些？

答：桥形平尺如图 1-17 所示，桥形平尺主要用于配研铲刮机床床身导轨及其他工具平面，如配研铲刮平板、机床工作台面等。

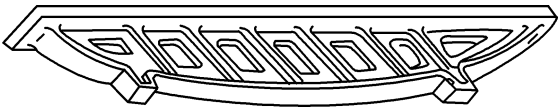


图 1-17 桥形平尺

桥形平尺常用的规格和精度见表 1-3。

表 1-3 桥形平尺常用的规格和精度

桥尺长度 /mm	每 25mm × 25mm 面积内接触点数				直线度/μm			
	0	1	2	3	0	1	2	3
500	25	25	20	12	4	7	14	70
750	25	25	20	12	5	10	18	100
1000	25	25	20	12		12	24	120
1500	25	25	20	12		16	34	180
2000	25	25	20	12		22	44	220

桥形平尺在结构设计上比平行平尺的抗弯性有所增强。但由于结构不均匀对称，因此在温度不均匀分布时，容易产生扭曲。

桥形平尺最后一道工序的铲刮方法：

- 1) 互相配研铲刮，其方法与平板相同，同样用三根进行。
- 2) 在 1000mm × 1500mm 的大型平板上配研铲刮，这种方法操作方便，也能保证质量。
- 3) 1000mm 以上的桥形平尺，又没有大型平板和长的标准平尺时，可采用短的方铁进行，如图 1-18 所示。首先在平尺表面涂上一层薄薄的红丹粉，方铁在平尺表面来回配研进行铲刮。直到平尺表面的接触点均匀分布为止。用水平仪进行测量，保证其直线度和扭曲度合格。

桥形平尺精度的测量方法：

- 1) 将桥形平尺放在一块平板或一个支架上，用水平仪调整桥形平尺纵、横方向处于水平状态。

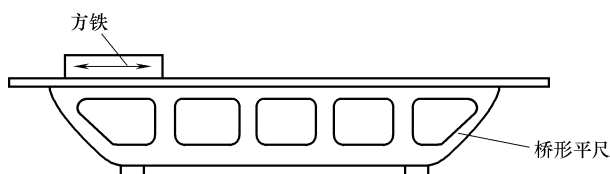


图 1-18 桥形平尺

用水平仪测量桥形平尺的直线度及桥形平尺平面的扭曲度。如图 1-19 所示。水平仪放在水平仪垫铁上，再一起放在桥形平尺表面。水平仪与平尺成 90° ，移动水平仪垫铁，观察水平仪水泡移动情况，其数值为桥形平尺平面的扭曲度误差。

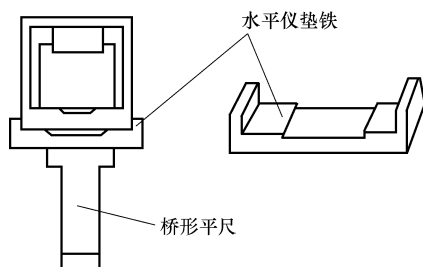


图 1-19 水平仪测量桥形平尺精度

2) 在平板上，测量桥形平尺的直线度。将桥形平尺放在平板上，带指示表的表架也放在平板上，用指示表调整平尺 a 、 b 两端都为零，然后表架带动指示表从左到右移动，看指示表指针的变动情况，其最大值为平尺的直线度误差，如图 1-20 所示。

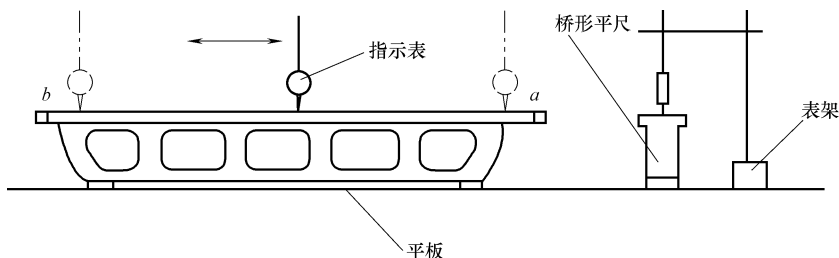


图 1-20 在平板上，测量桥形平尺的直线度

3) 用光学仪器测量，其测量方法与测量平板的方法相同，在此不再介绍。

1.2-6 桥形角度平尺的规格和用途有哪些？

答：如图 1-21 所示。它的结构与桥形平尺相同，不同之处是：一个是平面，另一个是凸的 V 形面。

(1) 桥形角度平尺的用途 它主要用来配研铲刮机床床身凹的 V 形导轨的两平面，如磨床床身的 V 形导轨。使用这种桥形平尺配研铲刮床身 V 形导轨比较方便，可以同时对面进行铲刮。如果用平面平尺铲刮导轨面时，只能一面一面的铲刮，铲刮好一面，再铲刮另一面，而且还需用一个标准的凸形角尺保证床

身 V 形导轨为 90° ，使得工作量大，铲刮很不方便，而且延长了修理时间。使用桥形角度平尺不但缩短了修理时间，还保证了质量。另外由于结构的关系，它的强度（抗弯性）比角度平行平尺的要好。

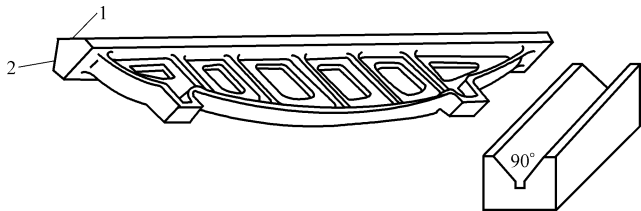


图 1-21 桥形角度平尺

1、2—铲刮面

(2) 桥形角度平尺的尺寸规格 桥形角度平尺的尺寸规格与桥形平尺相同。材料也是 HT220。

(3) 桥形角度平尺的铲刮方法

1) 首先在平板上或者用平尺配研铲刮“1”面，如图 1-21 所示，当完成后，再配研铲刮“2”面，并用标准 V 形角尺（V 形角度规）保证 90° 。在铲刮过程中，保证直线度和扭曲度。

2) 首先将桥形角度平尺安放在一个支承架上，用水平仪调整使桥形平尺“1”面纵、横方向处于水平状态，这样就可以开始进行配研铲刮工作了。用水平仪保证“1”面的直线度和扭曲度。然后用“1”面作为基准面，配研铲刮“2”平面（配研铲刮“2”面时，“2”面不要处于水平状态，但桥形角度平尺处于水平状态）。用方铁配研铲刮“2”平面，方铁如图 1-22 所示。用标准 V 形角尺保证桥形角度平尺为 90° 。测量桥形角度平尺的直线度和扭曲度，同样用水平仪进行，方法与桥形平尺相同，如图 1-23 所示。

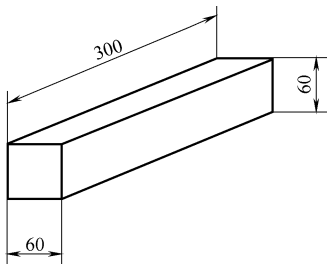


图 1-22 方铁

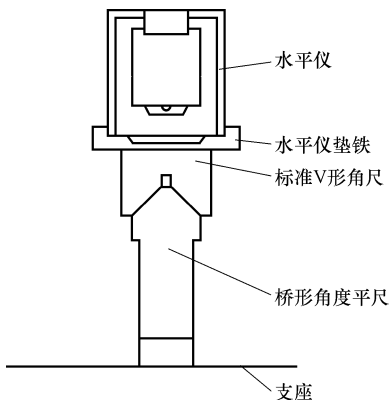


图 1-23 桥形角度平尺的测量

这种配研铲刮方法虽然复杂、麻烦、工作量大，但是在缺乏大型平板和大型平尺的情况下，采用这种方法是合适的，为今后修理机床 V 形导轨提供了方便，而且能保证其质量，并缩短了修理时间，最终是值得的。

1.2-7 什么是平行平尺（工字平尺）？

答：（1）平行平尺（见图 1-24）的用途 平行平尺主要用于配研铲刮小型机床床身导轨平面和工作台台面及通过圆柱检验芯棒、垫铁可以代替过桥测量机床床身两导轨的平行度。如图 1-25 所示，由于结构的关系，一般平行平尺的长度不应大于 1500mm。平行平尺的用途举例说明如下：

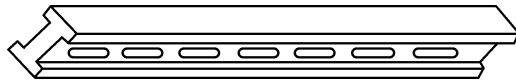


图 1-24 平行平尺

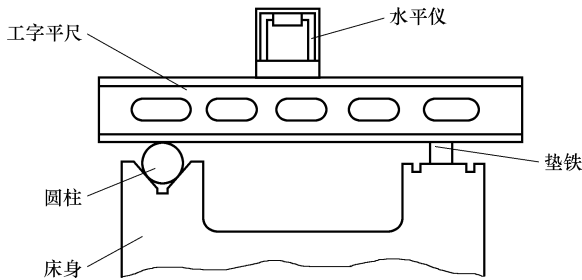


图 1-25 磨床床身导轨的测量

1) 磨床床身导轨的测量 V 形导轨上放一根圆柱棒，而平面导轨上放一块垫铁，平行平尺放在圆柱检验芯棒和垫铁上。框形水平仪放置平行平尺上，移动水平仪圆柱检验芯棒和垫铁。观察水平仪气泡的变化情况，经过计算将角度误差换算成线性误差（后文将详细介绍水平仪误差值的计算方法）。

2) 卧式镗床的工作台底座是两平面导轨 在“1”、“2”平面上放两块等高垫铁（图 1-26），平行平尺放在垫铁上，水平仪放在平行平尺上，移动平行平尺和垫铁，水平仪气泡的变化情况，就是两平面导轨的平面度误差。

上述两个例子中两导轨的跨距很大，如果用指示表架和指示表进行测量，指示表表架杆长，移动时指示表容易产生抖动，这样测量的数值不准确。

（2）平行平尺的规格尺寸 平行平尺的规格尺寸及精度，见表 1-4。平行平尺的材料：HT240。

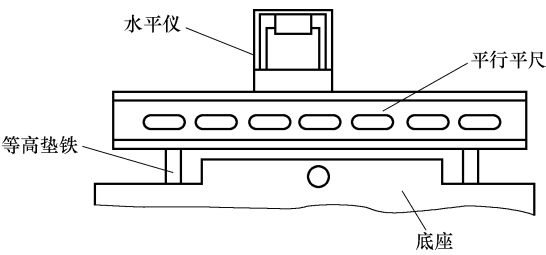


图 1-26 卧式镗床的工作台底座测量

表 1-4 平行平尺的规格尺寸的精度

平尺长度 /mm	每 25mm × 25mm 面积内接触点数				直线度允差 /μm				平行度允差 /μm			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
500	25	25	20	12	4	7	14	70	6	7	15	150
750	25	25	20	12	5	10	18	100	8	10	20	200
1000	25	25	20	12		12	24	120		12	25	250
1500	25	25	20	12		16	34	180		16	35	350
2000	25	25	20	12		22	44	220		22	45	450

(3) 平行平尺的配研铲刮方法

1) 平行平尺两平面涂上一层薄薄的红丹粉，在标准平板或标准平尺上进行配研铲刮两平面。这种方法很简单，而且很方便。

2) 平行平尺大于 1000mm 时，用方铁进行配研铲刮。具体操作方法前面已介绍过，现不重复，如图 1-27 所示。

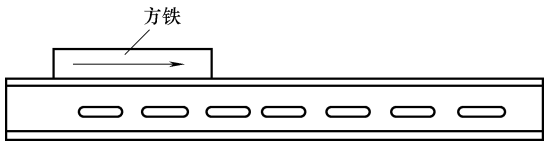


图 1-27 平行平尺用方铁配研铲刮

两平面应保证直线度和扭曲度，同时还应保证两平面的平行度。

(4) 平行平尺的精度测量方法 用水平仪进行。将平行平尺放在被调整好的平板或机床床身平面导轨上，用水平仪进行测量，前面介绍的透光法、研点法、光学仪等都可使用，在此不再介绍，如图 1-28 所示。

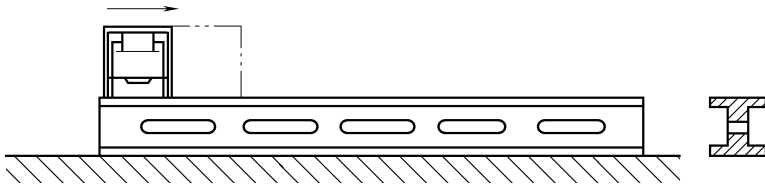


图 1-28 平行平尺精度测量

(5) 平行平尺上、下两平面的测量方法

1) 用千分尺进行测量, 如图 1-29 所示。这种方法既简单, 又方便, 测量结果精度很高, 每个工厂都有这种量具。它最大的好处是可以测量很长的平行平尺。

2) 混合法: 平板表平面安放两块等高垫铁, 把平行平尺放在等高垫铁上。带指示表的表座放在平板上, 指示表触头触及平行平尺上平面, 如图 1-30 所示。然后移动表座, 指示表指针的变化数值, 即为平行平尺两平面的平行度误差。

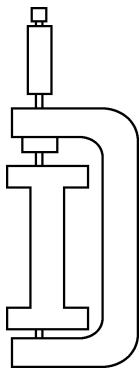


图 1-29 用千分尺测量

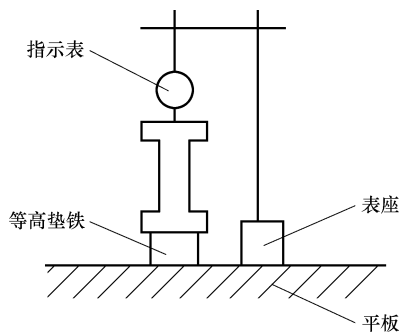


图 1-30 混合法测量

1.2-8 凹形平行平尺的规格和用途有哪些?

答: 规格如图 1-31 所示。主要用来配研铲刮机床床身和工作台凸的 V 形导轨平面。同时, 利用角度平行平尺的 V 形与平面的关系, 可以用指示表和角度指示表座测量两 V 形导轨的平行度或 V 形导轨与平面导轨的平行度。如图 1-32 所示。

例如磨床工作台 V 形导轨与平面导轨 (见图 1-32a)、六角普通车床床身两 V 形导轨 (见图 1-32b) 等。

角度平行平尺的材料: HT240。

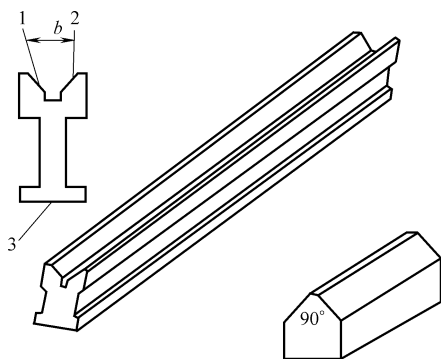


图 1-31 凹形平行平尺

1、2—V 形面 3—平面

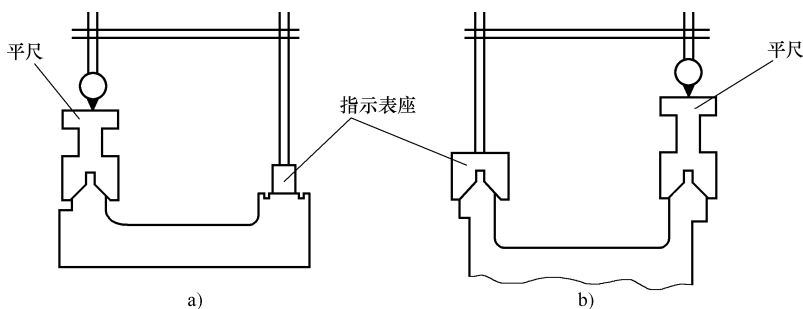


图 1-32 V 形导轨的测量

平尺的尺寸根据机床导轨来设计。

这种平尺一次可以配研铲刮 V 形导轨的两个平面（前面已介绍过），从而缩短配研铲刮的辅助时间，保证导轨的精度要求。因为角度平行平尺的 V 形两平面是用方形平尺配研铲刮而成的。这样铲刮出来的两种 V 形面是一致的。

用角度平行平尺配研铲刮出来的 V 形导轨不会出现圆弧面。用桥形平尺和平行平尺配研铲刮出来的 V 形导轨面则可能会出现圆弧面。因为，V 形导轨面很小，而且与水平面成一角度，平尺配研时操作不易平衡。所以配研出来的表面有可能不是一个真正的平面。

角度平行平尺的规格和精度，参照平行平尺的规定进行。

角度平行平尺（凹）的配研铲刮方法：将角度平行平尺安放在支架上，使平面处于水平状态，如图 1-33 所示。用平尺或方（形的角）铁，配研铲刮角度平行平尺的平面“1”，用水平仪测量保证其直线度。再用此方法配研铲刮平面“2”，然后用方铁保证平面“1”、“2”成 90° 。再用水平仪测量平行平尺“1”面的直线度和扭曲度（图 1-33 所示水平仪实线是测量平面“1”的直线度，虚线是测量平面“1”的扭曲度）。

用平尺或者在平板上配研铲刮“3”面（如果这两种工具没有，可用方铁来配研铲刮，用水平仪保证其直线度和扭曲度）。同时要与“1”、“2”面保证其平行度，如图 1-34 所示。实线为测量直线度，虚线为扭曲度。凹形角度平行平尺“1”、“2”面与平面“3”的平行度的测量：

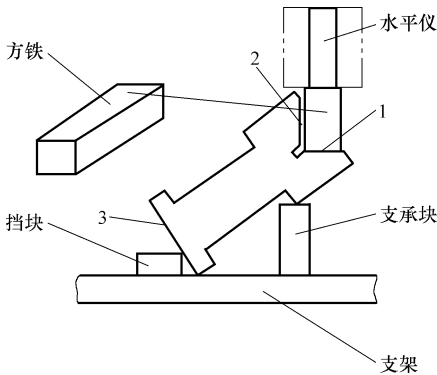


图 1-33 角度平行平尺的配研铲刮
1、2—V 形面 3—平面

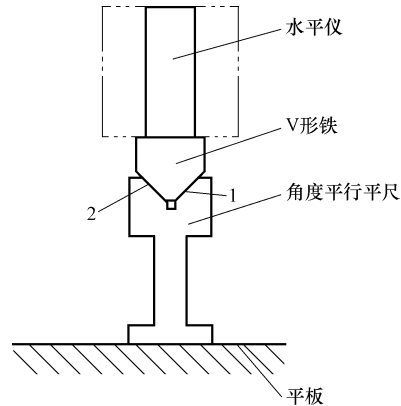


图 1-34 平板上配研铲刮

1) 标准平板上放置两块等高垫铁，凹形平行平尺安放在等高垫铁上，凹形平行平尺中，放一块 V 形铁，带指示表的表座放在平板上，指示表触头触及 V 形铁上面，移动表座和 V 形铁，指示表指针的变化情况，就是凹形角度平行平尺上下的平行度误差，如图 1-35 所示。

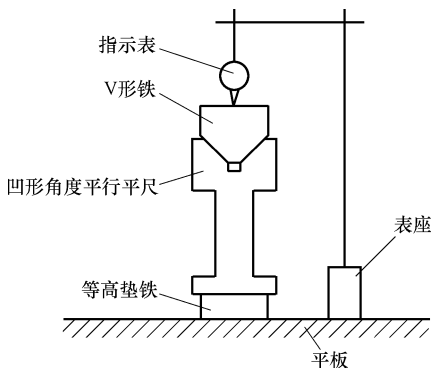


图 1-35 凹形角度平行平尺的测量

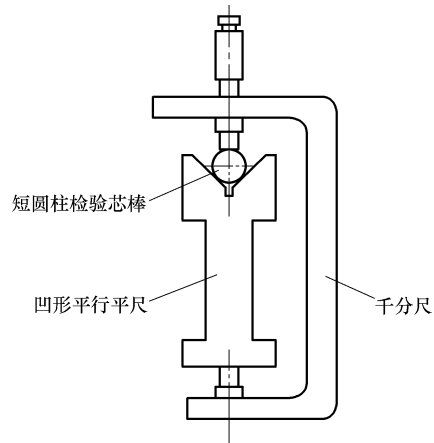


图 1-36 用千分尺来测量

2) 用千分尺来测量：这种方法比较简单，而且也很方便，凹形角度平行平尺的凹形上放一短的圆柱检验芯棒，用指示表进行测量，其数值的变化就是两面

的平行度误差,如图 1-36 所示。

1.2-9 凸形平行平尺的规格和用途有哪些?

答:凸形平行平尺的用途与凹形平行平尺的用途相同,如图 1-37 所示,也是一次性配研铲刮机床床身 V 形导轨“1”、“2”面,如图 1-38 所示的是磨床床身导轨的形状。

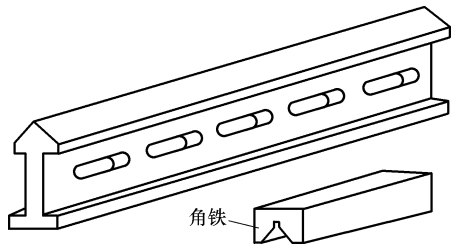


图 1-37 凸形平行平尺

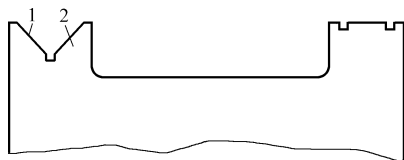


图 1-38 磨床床身导轨

凸形平行平尺的测量方法与凹形平行平尺的测量方法相同,如图 1-39 所示。

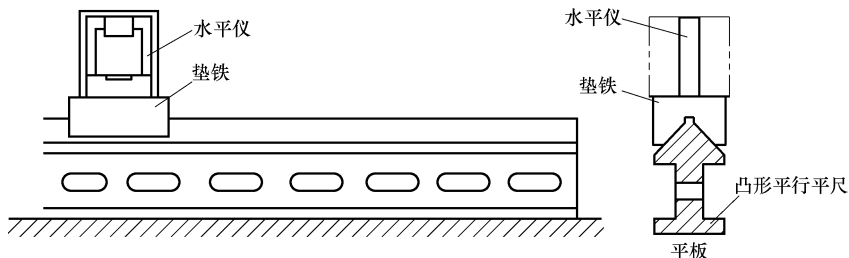


图 1-39 凸形平行平尺的测量

1.2-10 什么是方形平尺?

答:方形平尺如图 1-40a 和 1-40b 所示。这种方形平尺的四个面都是工作面。两相对面互相平行,两相邻面互成 90° 。它的优点:①结构简单;②用途较广:如可以配研铲刮机床平面导轨,工作台工作平面,床身凹形的 V 形导轨两平面,还可以当过桥用。③铸造简单:不需要做复杂的模型,造型浇铸方便;④机械加工和铲刮方便;⑤精度测量方便;⑥不易扭曲和弯曲。

这种方形平尺相邻面互为 90° 。 90° 的误差测量不需送有关计量单位进行标定,测量者可以自行解决,详细情况请看方尺一节介绍。

方形平尺的材料:HT240。

方形平尺的长度:500mm、1000mm、1500mm 三种。

方形平尺最后配研铲刮的工序很方便,可在标准平板和标准平尺以及短的方铁上进行,详细情况在前面平行平尺中已谈得很详细,可以参考进行。自身的精度测量也一样,在此不再介绍。

方形平尺用途比较广,可以当平行平尺、凸形平尺及过桥用,如图 1-41 所示,它可以配研铲刮 90° 的两平面和过桥。

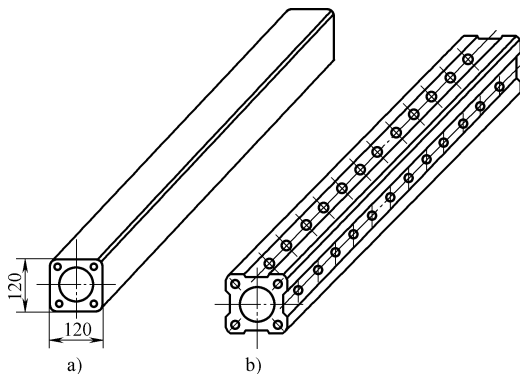


图 1-40 方形平尺

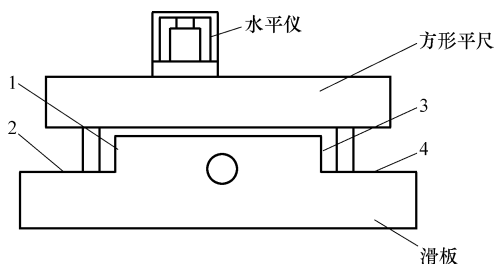


图 1-41 铣床升降齿轮箱平面铲刮

1~4—平面

1.2-11 什么是角度平尺?

答:如图 1-42a、b 所示。这两种角度平尺主要是用来配研铲刮机床滑板的燕尾导轨“1”、“2”、“3”、“4”平面,如图 1-43、图 1-44 所示。其角度有 45° 、 50° 、 55° 、 60° 四种。一般长度有 500mm、750mm 和 1000mm 三种。

材料: HT240。

这两种角度平尺最后配研铲刮的方法各不相同。

1) 凸形平尺配研铲刮比较方便,“1”、“2”平面可在平板和平尺上进行,用标准凹形角度平尺来保证“1”、“2”面的角度。这样铲刮出来的角度平尺不需测量。因为平板和平尺是标准的,它的直线度可以保证,更不会出现平面“1”、“2”扭曲现象。

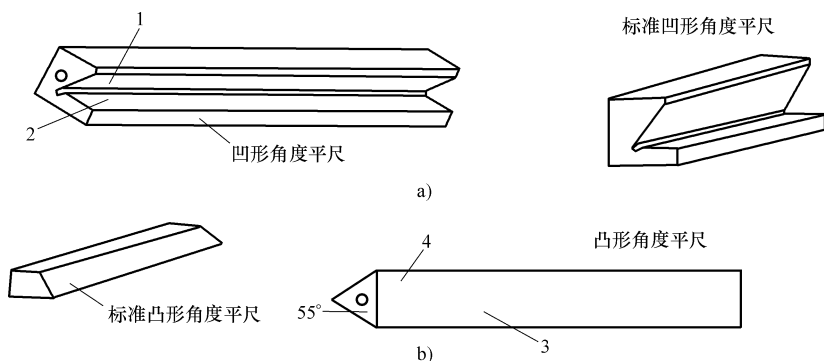


图 1-42 角度平尺

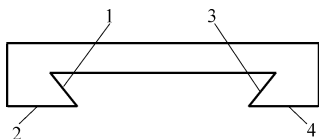


图 1-43 燕尾导轨 (一)

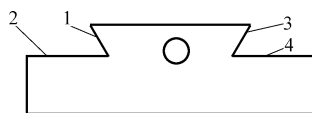


图 1-44 燕尾导轨 (二)

2) 凹形平尺配研铲刮比较麻烦些,因为它不能在平板或平尺上进行配研铲刮“1”、“2”平面,只能用标准凸形角度平尺来进行。首先配研铲刮好一面,用水平仪来保证这面的直线度和扭曲度,如图 1-45 所示。测量方法前面已介绍过。

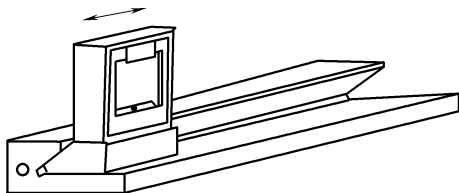


图 1-45 凹形平尺

一平面铲刮好之后,以该平面为基准面,用标准凸形角度平尺配研铲刮另一平面,这样,凹形角度平尺就铲刮完成了。

这种方法配研铲刮的凹形平尺能保证质量,不需再进行精度测量。

凸、凹形平尺的用途:主要配研铲刮机床滑板的燕尾导轨平面,如车床床鞍与小滑板导轨面,如图 1-43、图 1-44 所示,还有铣床立柱导轨面等。

1.2-12 什么是直角尺?

答:机床制造和修理中,直角尺是不可缺少的测量工具。一般分为三种:角铁、弯尺和方尺。

(1) 角铁 如图 1-46a、b 所示。

这种工具主要测量小型机床两部件相互移动的垂直度或一个零件两平面间的垂直度。

角铁常用的规格见表 1-5。

角铁根据工作面的精度分为四级：0 级、1 级、2 级、3 级。0 级用于计量检定，1 级和 2 级用于测量及检验，3 级用于划线。

角铁的材料：HT240。

角铁的铲刮方法：

1) 三块互研铲刮：首先将三个角铁编“1”、“2”、“3”号，如图 1-47 所示。

在平板上将三个角铁“1”面铲刮好后，“1”平面放在平板上，两个角铁左右配研“2”面后铲刮，1 与 3 配研铲刮互相配研铲刮。方法与平板配研铲刮一样。

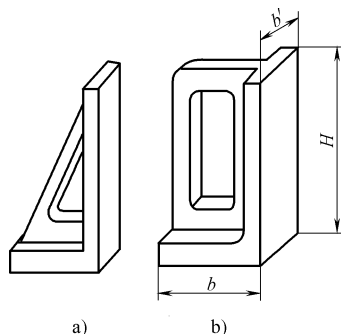


图 1-46 角铁

表 1-5 角铁常用的规格

(单位：mm)

序 号	1	2	3
H	250	320	400
b	150	200	250
b_1	100	130	150

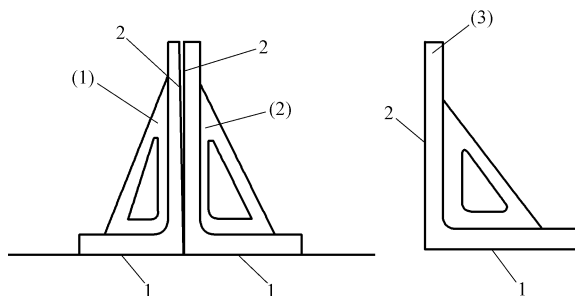


图 1-47 三块角铁互研铲刮

这种方法才能保证平面“1”、“2”成 90° 的精度。测量方法请看后面方尺的测量方法。

2) 将角铁“1”面在平板上配研铲刮后，再用标准角铁与“1”方法相同配研铲刮角铁“2”面，这样铲刮出来的角铁能达到精度要求。

3) 在没有标准角铁或只铲刮一个角铁时的铲刮方法：用多测量的方法保证“1”、“2”面的 90° 精度，先在平板上配研铲刮角铁“1”平面，保证了平面质量后，再在平板上配研铲刮平面“2”。用下面测量方法反复进行测量，保证 90°

的垂直度。

测量角铁“1”、“2”平面的垂直度的方法：角铁两平面互成 90° ，一般工厂不能测量两面互成 90° 的精度误差，只好送到计量单位进行标定，测量费用也不少。

现在用几种简单的工具、量具进行测量：

1) 用框式水平仪进行测量（因为框式水平仪相邻两面互成 90° ，精度很高）。首先将平板调整到水平状态，角铁放在平板上，水平仪底面放一个 $\phi 15\text{mm}$ 、长 40mm 的圆柱检验芯棒，如图 1-48 所示。将水平仪紧靠在角铁的侧平面，观察水泡的变化情况（因为水平仪底座平面与水平仪测量面处于平行，所以水泡处在中间位置，水泡偏移值就是垂直度误差。这种方法既简单又方便，而且可得到误差值。

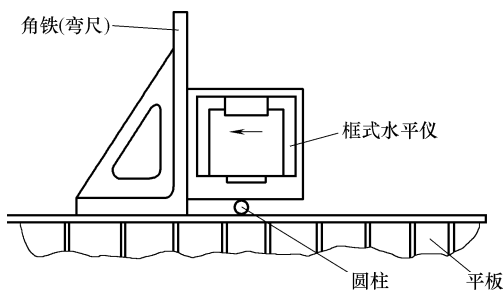


图 1-48 测量角铁的垂直度

2) 透光法：这种方法更简单，将角铁与框形水平仪都放在平板上（设有平板时，可在机床工作台平面或机床床身平面导轨上进行），框形水平仪紧靠角铁，用灯光照射，观察两接触面透光情况。这种方法只知道它是否垂直，但得不到误差值。

3) 用塞尺、框形水平仪或标准方尺（标准角铁）进行，如图 1-49 所示。

将角铁、框形水平仪或方尺放在平板或机床床身平面导轨上，使方尺紧靠在角铁上，用塞尺进行测量，这种方法可得到误差值。

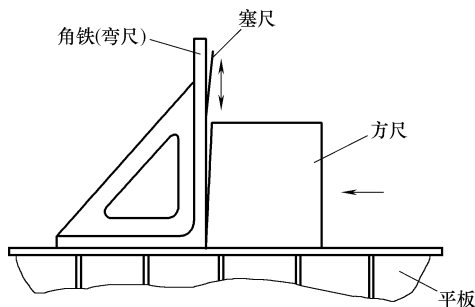


图 1-49 用塞尺、框形水平仪测量

4) 用指示表，标准角尺测量如图 1-50 所示，这种方法测量的精度很高，可以测量的垂直度误差值为千分之几毫米。首先将标准角铁的误差值及误差值的方向记下，将其放在平板上，被测量的角铁也放在平板上。用带指示表（分度值为 0.001mm 的指示表）的表座来测量。先把 $\phi 15\text{mm}$ 长 40mm 的圆柱检验芯棒靠近标准角铁下方，带指示表的表座紧靠圆柱检验芯棒和标准角铁下面，指示表触头触及标准角铁上平面，调整指示表的指针为零。用同样的测量方法，测量被测量的角铁，这时观察指示表指针变化值，并去掉标准角铁的误差值，这就是被测量的角铁的真正误差值。

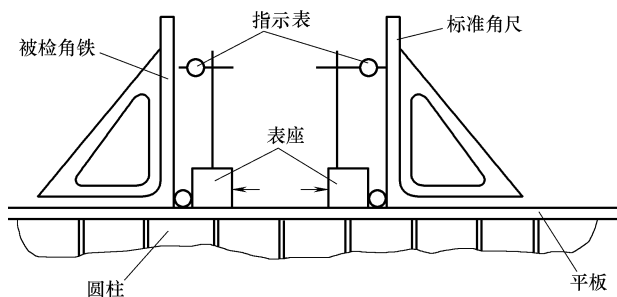


图 1-50 用带表座指示表、标准角尺测量

角铁的用途：

- 1) 角铁用于测量机床零、部件及两相关件几何精度。
- 2) 在机床修理和机床制造中，两个零件组装后，测量它们的相关联系。例如：

①镗床立柱导轨对工作台面的垂直度。如图 1-51 所示。工作台工作面放一角铁，带指示表的 V 形角尺紧靠在立柱导轨上，指示表触头触及角铁表面，上、下移动 V 形角尺，指示表指针的变化值就是立柱导轨对工作台面的垂直度误差。

②车床床身导轨对床鞍燕尾导轨的垂直度测量。如图 1-52 所示，角铁放在床身导轨上，带指示表的 V 形角尺放在床鞍的燕尾导轨中，指示表触头触及角铁“1”面，来回移动，调整角铁“1”面与燕尾导轨平行为止。指示表座再放在床鞍上，指示表触头触及角铁“2”面，移动床鞍，指示表指针的变化值，就是床鞍燕尾导轨与床身导轨的垂直度误差。

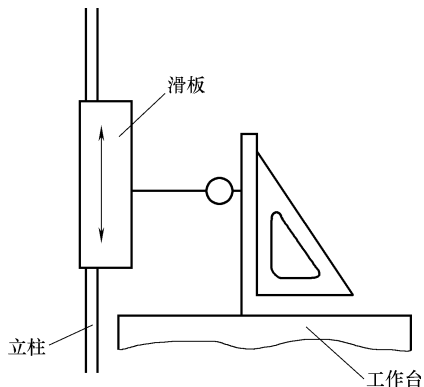


图 1-51 用角铁测量镗床立柱导轨对工作台面的垂直度

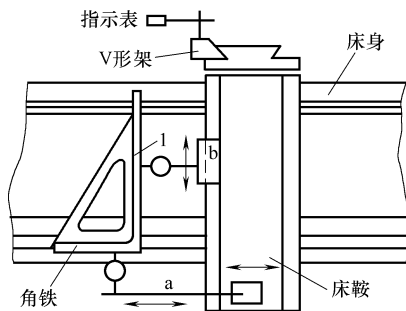


图 1-52 车床床身导轨对大拖板燕尾导轨的垂直度

(2) 弯尺 如图 1-53 所示。弯尺的结构与角铁相同。但弯尺 C 的尺寸较窄。它主要用于测量大型机床零、部件的垂直度。

弯尺常用的尺寸规格见表 1-6。

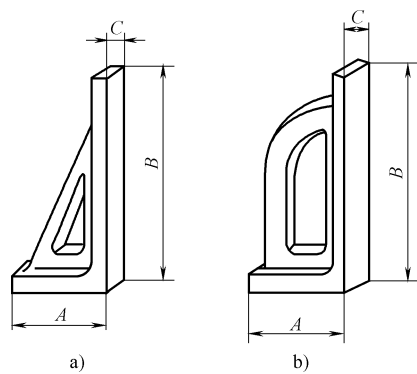


图 1-53 弯尺

弯尺的精度与角铁一样为 4 级。0 级用于精密机床的精度测量,1 级用于一般普通机床的精度测量,2 级用于锻压设备的精度测量,3 级用于非标设备的测量。

材料: HT240。

弯尺两平面的铲刮、测量方法与角铁的相同,用途也相同。它们的不同之处就是弯尺用于大型机床。例如龙门刨、龙门铣、机床导轨磨、卧式镗床、单臂刨床等。

(3) 方尺 如图 1-54 所示。方尺的用途与角铁、弯尺相同,测量机床导轨相互间的垂直度,还能用于测量修理工具。

这种结构的方尺优点有: ①使用方便; ②制造简单; ③本身的精度可以自行测量 (详细的测量方法下面介绍); ④变形小; ⑤适用于精密机床的测量。

方尺的规格见表 1-7, 方尺的精度见表 1-8。

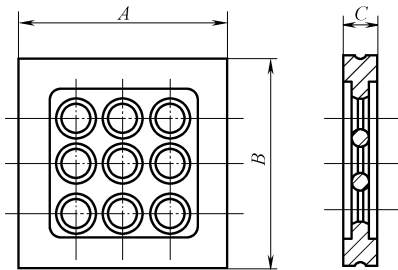


图 1-54 方尺

材料: 1. HT240
2. 20Cr 渗碳淬火

表 1-7 方尺常用规格 (单位: mm)

序 号	A	B	C
1	200	200	30
2	300	300	40
3	500	500	50

表 1-8 方 尺 精 度

规格/mm	公差 等级		两工作面的平行度/ μm (\pm)		两相邻面的垂直度/ μm (\pm)	
			I	II	I	II
200 \times 200 \times 50			2	4	4	8
300 \times 300 \times 50			2.5	5	5	10
500 \times 500 \times 50			5	10	7	14

方尺的垂直度测量：方尺的垂直度一般送入计量室或计量机关，用光学分度盘进行测量（光学分度盘价格昂贵，一般工厂没有这种设备），价格也很高。现在介绍一种用普通量具、工具进行测量的方法，如图 1-55、1-56 所示。

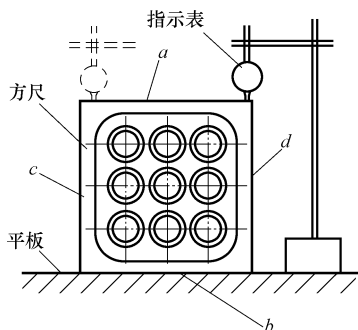


图 1-55 方尺平行度的测量

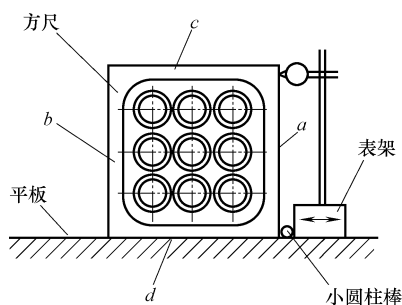


图 1-56 方尺垂直度的测量

方尺放置在平板上，带指示表的表座也放在平板上，测量方尺 a 面和 b 面的平行度。再将方尺转动 90° ，用同样的方法，测量 c 面和 d 面的平行度。将这些数值记录好（即将平行度的方向记录好）。

上述测量出来的平行度都达到了规定的要求，这只说明这块方尺是平行四边形，并不能说它是正方形。

下面的方法就是测量方尺相邻边的垂直度，如图 1-56 所示。

方尺放在平板上，带指示表表架放在靠近方尺 a 面，方尺 a 面与表架之间放一小圆柱检验芯棒，表架紧靠圆棒，指示表触头触及方尺 a 面上方，观察指针的数值，将其记录下来。

然后，表架和小圆柱检验芯棒不动，将方尺拿掉，转动 180° ，紧靠在小圆柱检验芯棒上，观察指示表指针变化情况，如果指示表指针指在 a 面时的数值与指在 b 面时的数值相等，就说明 a 面与 d 面垂直， b 面也和 d 面垂直。也就是说 a 面和 b 面都和 d 面垂直（因为 a 面平行于 b 面）。如图 1-56 所示。

如果上述 a 面和 b 面的数值不一样，则按下述方法算其垂直度。

如果 a 面指示表指针指的为 0, 而 b 面指示表指针指的数为 0.01mm , a 、 b 两面对 d 的垂直度为: $0.01/2 = 0.005\text{mm}$ 。

方尺垂直度的误差为指示表指针读数极限的代数差的一半计。

为了便于理解, 作如下解释:

如图 1-57 所示。假设 a 、 b 面与 d 面垂直, 指示表指针指的数值一样, 则没有变动 (因为 a 平面平行于 b 平面; d 平面平行于 c 平面)。如果 a 平面与 d 平面垂直度有偏差, 就会出现 a 平面指示表指针指出的刻度值为 $-x$, b 平面指示表指针指出的刻度值为 $+x$ 。这样, 指示表指针的变动出现 $2x$ 的刻度值, 其真正的垂直度偏差则为:

$$\frac{1}{2}[(+x) - (-x)] = \frac{1}{2}(2x) = x。$$

由于方尺四个平面互相平行, 所以 a 平面 b 平面与 c 平面的偏差和与 d 平面的偏差值是相等的, 如图 1-58 所示。

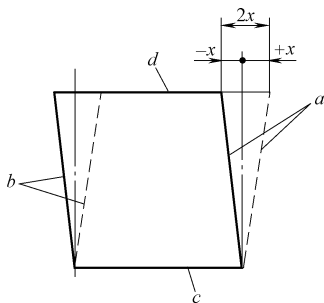


图 1-57 方尺垂直度误差计算

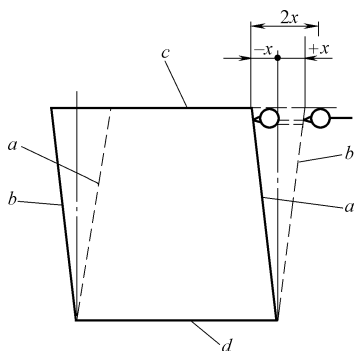


图 1-58

另一种测量方法与上述的方法相同, 不同之处在于 d 平面与 c 平面上、下倒换 (见图 1-58)。偏差的计算与上述相同。

方尺的最后一道工序不是铲刮, 而是研磨。因为, 方尺面积小, 铲刮不容易进行。所以用研磨方法进行。研磨平板上放一些用润滑油调和的金刚砂, 先涂在平板, 对四平面进行配研。金刚砂 (研磨粉) 由粗到细进行研磨, 最后用氧化铬膏作精研。

将方尺相邻平面的垂直度误差记录下来, 标在方尺的侧面, 便于测量其它零件时, 知道其本身误差值。方尺则根据采用的指示表类型来确定测量的值。如用百分表, 分度值为 0.01mm ; 如用指示表, 分度值为 0.001mm ; 如用万分表 (电感器), 分度值为 0.0001mm 。所以说, 用方尺可以测量很精密的零件、工具两面的垂直度。

方尺的用途：

1) 用方尺调整框形水平仪水泡的位置。因为框形水平仪底平面由于经常使用产生磨损，所以底平面和两相邻平面垂直度误差被破坏，水泡与底平面不平行，就是水泡不在中间位置。所以用方尺来校正。测量方法如图 1-59 所示。方尺和水平仪放在调整好水平状态的平板上，观察框形水平仪水泡是否在中间位置，然后框形水平仪紧靠在方尺的侧平面，这时观察水泡是否与未靠紧时一致，如水泡位置没有变化，这说明底平面没有磨损，如果有偏移，就说明底平面有磨损，必须对框形水平仪进行修磨和调整。

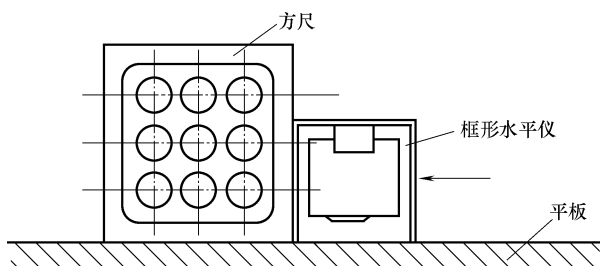


图 1-59 用方尺调整框形水平仪水泡位置

2) 用方尺测量角铁、弯尺、机床零件两平面及其他工具两平面的垂直度，如图 1-60 所示。

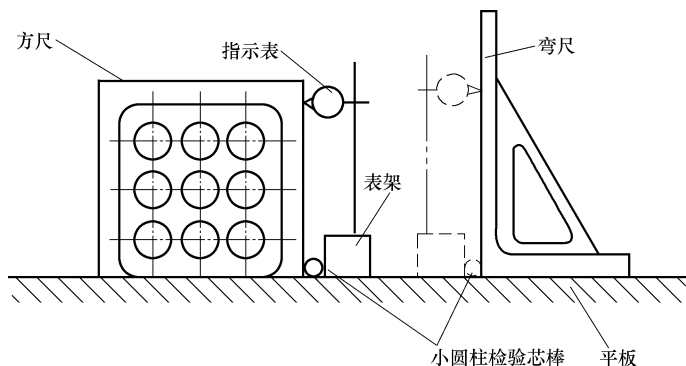


图 1-60 用方尺测量角铁、弯尺、机床零件等两平面的垂直度

方尺、弯尺都放在平板上。用指示表、小圆柱检验芯棒、表架进行测量，带指示表的表架紧靠在方尺和小圆柱检验芯棒上，指示表触头触及方尺上平面，将

指针调整到刻度盘为零。用同样的方法，将指示表触头触及弯尺平面上端，指示表指针的变化值，就是弯尺垂直度的误差。

3) 用方尺测量机床导轨是最理想的工具，它容易安放，操作方便。

如图 1-61 所示。它是测量车床床身 V 形导轨与床鞍燕尾导轨的垂直度。测量方法与角铁测量车床床身相同，如图 1-52 所示。在此不再详细介绍。

(4) 圆柱形的检验棒 如图 1-62 所示。这种圆柱形的检棒加工方便，只需机械加工即可，不需铲刮或研磨。精度容易达到，只通过磨削后即可使用。

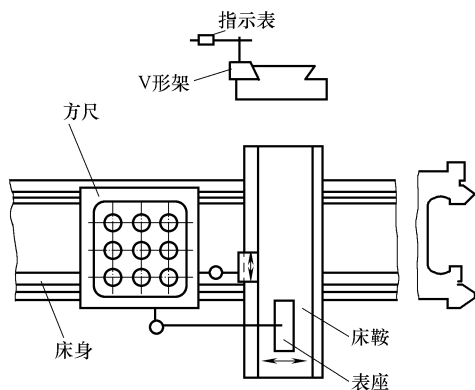


图 1-61 用方尺测量机床导轨

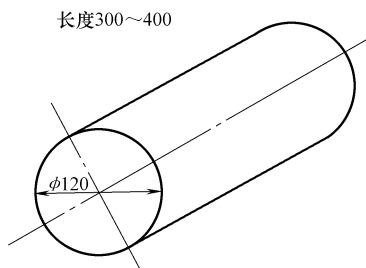


图 1-62 圆柱形检验棒

它自身的精度测量很方便，用千分尺测量圆柱形锥度和圆度，而它和端面的垂直度的测量，如图 1-63 所示。圆形的检验棒紧靠带指示表的 V 形角尺，指示表触及圆形的检验棒上端，指示表指针调整在刻度盘零位，如图 1-63a、图 1-63b 所示。用这种方法在 90°处再测量一次，观察指示表指针指的数值并详细记录下来，找出其误差值。

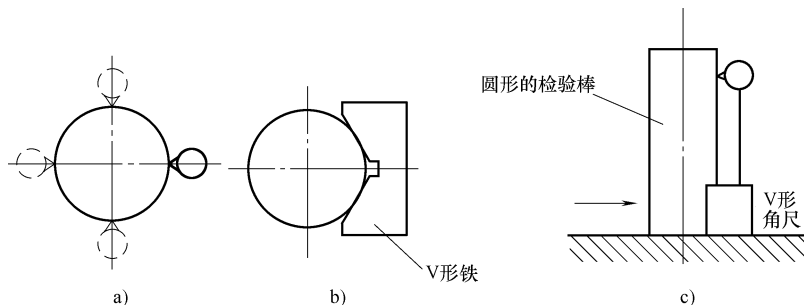


图 1-63 圆形检验棒的精度测量

圆柱形的检验芯棒的用途

1) 用圆柱形的检验芯棒测量机床导轨相互之间的垂直度。如图 1-64 所示为车床床身导轨对大拖板燕尾导轨的垂直度的测量方法。它的测量方法和步骤与用弯尺、方尺相同，但必须有两个等高的 V 形架。

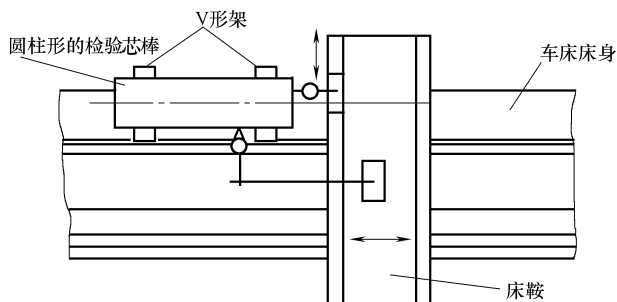


图 1-64 用圆柱形检验芯棒测量车床床身导轨

2) 图 1-65 所示为铣床工作台平面对立柱导轨的垂直度测量方法。圆柱形的检验芯棒放在工作台平面上，带指表的 V 形铁紧靠在立柱导轨上，指示表触头触及圆柱形检验芯棒上表面，指示表指针的变化值，就是工作台平面对立柱导轨的垂直度。它可以测量工作台面对立柱导轨纵、横方向的垂直度，是它比角铁、弯尺、方尺优越的方面之一。

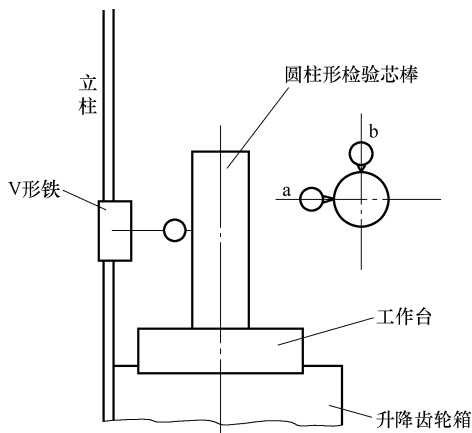


图 1-65 用圆柱形检验芯棒测量铣床工作台平面

1.2-13 什么是水平仪垫铁？

答：水平仪使用时间长时，底平面产生磨损，这样会出现水泡与底平面不平

行，必须进行修复。为了避免底面磨损，丧失水平仪精度，采用不同形状的水平垫铁进行测量机床导轨。

图 1-66 所示为水平仪垫各种形状。它们各有各的用途。如图 1-66a 是用水平仪测量工作台平面的平面度和平导轨的直线度；图 1-66b 是用水平仪测量机床 V（凹）形导轨的直线度；图 1-66c 是用水平仪测量机床 V（凸）形导轨的直线度。

通过图 1-66a 水平仪组合成一体，可以测量平面导轨的扭曲，如图 1-66d，图 1-66e 和图 1-66f 测量 V 形导轨的扭曲。

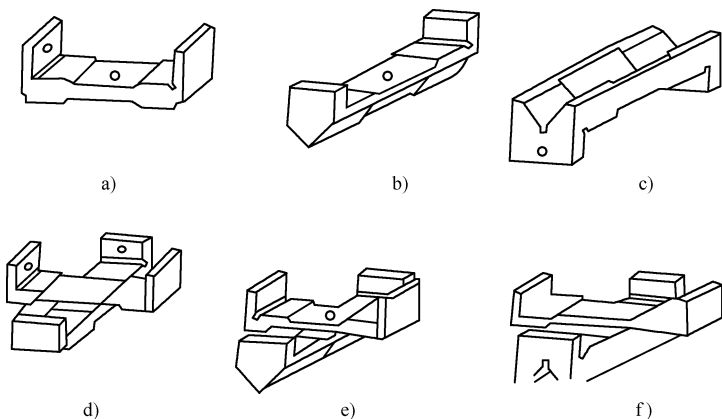


图 1-66 水平仪垫铁

现举例说明水平仪垫铁在测量机床导轨的用途：

1) 图 1-67 所示为用水平仪垫铁和水平仪测量车床床身平面导轨的直线度（实线）和导轨的扭曲度（虚线）。用水平仪测量出来数值划出坐标曲线，找出其直线度误差（详细情况后文介绍）。

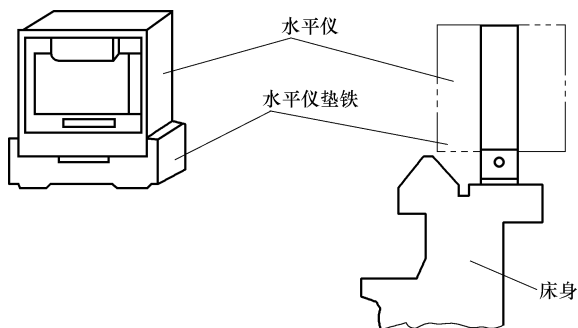


图 1-67 车床床身平面导轨直线度和扭曲度测量

2) 如图 1-68 所示为用凸形水平仪垫铁测量磨床床身 V 形导轨的直线度和扭曲度。

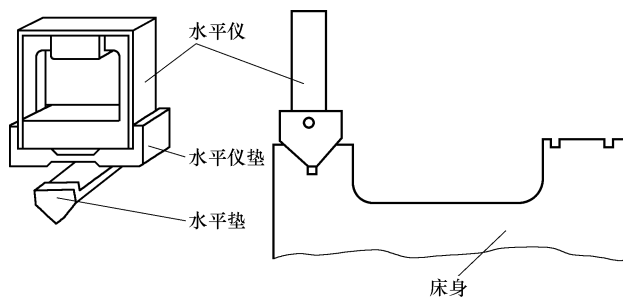


图 1-68 用凸形水平仪垫铁测量 V 形导轨的直线度和扭曲度

3) 如图 1-69 所示为用凹形水平仪垫铁测量磨床工作台 V 形导轨的直线度和扭曲率。

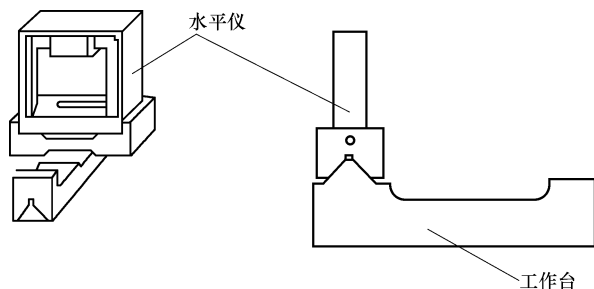


图 1-69 用凹形水平仪垫铁测量工作台 V 形导轨

1.2-14 V 形铁有哪些种类?

答: 如图 1-70a ~ f 所示, V 形铁的形状是根据机床导轨形状设计制造的。它们与平尺共同配研铲刮机床的 V 形导轨, 目的是保证与机床的 V 形导轨一致。

各种 V 形铁的材料: HT240。

各种 V 形铁常用尺寸见下列表格: 图 1-70a 型见表 1-9, 图 1-70b 型见表 1-10, 图 1-70c 型见表 1-11, 图 1-70d 型见表 1-12, 图 1-70e 型见表 1-13。

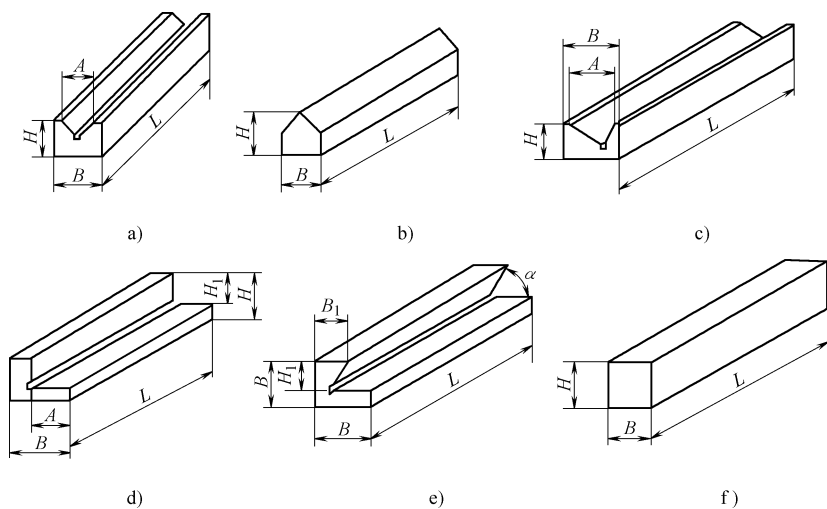


图 1-70 V 形铁的种类

表 1-9 图 1-70a 型 V 形铁常用尺寸 (单位: mm)

序 号	A	B	L	H
1	60	75	350	50
2	45	60	350	40
3	35	50	350	35
4	30	45	300	30
5	25	40	350	30
6	20	35	200	30
7	15	30	200	30

表 1-10 图 1-70b 型 V 形铁常用尺寸 (单位: mm)

序 号	B	L	H
1	60	350	50
2	45	350	40
3	35	350	35
4	30	300	30
5	25	250	30
6	20	200	30
7	15	200	30

表 1-11 图 1-70c 型 V 形铁常用尺寸 (单位: mm)

序 号	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>A</i>	<i>L</i>
1	75	40	52	350
2	65	35	45	300

表 1-12 图 1-70d 型 V 形铁常用尺寸 (单位: mm)

序 号	<i>H</i>	<i>H</i> ₁	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>L</i>
1	130	100	70	45	300
2	110	90	65	40	300
3	90	70	60	40	300
4	80	60	55	35	250
5	70	50	50	30	206

表 1-13 图 1-70e 型 V 形铁常用尺寸 (单位: mm)

序 号	α	<i>B</i>	<i>B</i> ₁	<i>H</i>	<i>H</i> ₁	<i>L</i>
1	45°	90	30	40	20	250
2	50°	95	30	45	25	200
3	50°	125	48	60	40	250
4	55°	100	25	38	20	200
5	55°	110	32	50	30	250
6	55°	120	40	58	38	250
7	55°	120	50	70	50	250
8	60°	100	24	38	20	200
9	60°	110	30	50	30	250
10	65°	110	34	55	35	250

图 1-70f 型见表 1-14。

表 1-14 图 1-70f 型 V 形铁常用尺寸 (单位: mm)

序 号	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>L</i>
1	80	80	350
2	70	70	300
3	60	60	300

1. 2-15 什么是过桥？

答：如图 1-71a、b 所示。过桥主要是用来安放水平仪测量机床两导轨的平行度（即机床床身导轨的扭曲度）。

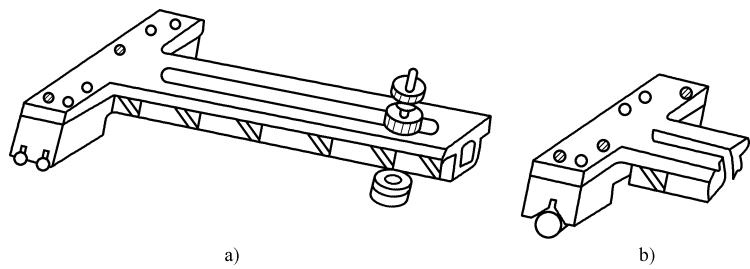


图 1-71 过桥

如用指示表通过过桥测量两导轨对第三导轨平面的平面度。

图 1-71 所示的过桥是可以调整的，根据机床床身两导轨跨距调整。过桥主要用于床身两导轨跨距比较大的测量。

过桥是在设备制造和机床修理中不可缺少的测量工具，它主要是用于大型机床测量的工具。用它来测量机床两导轨的平行度精度可靠。

机床导轨跨距小的可用角度表座、指示表进行测量，如图 1-72 所示。如机床两导轨跨距大时，角度表座移动时表杆产生振动，这样测量出来的数值就不准确，误差会增大。

现举几例说明过桥的用途：

1) 图 1-73 所示为车床床身导轨 V 形导轨面与平面导轨面用过桥、水平仪测量车床床身 V 形导轨面与平面导轨面的平行度。

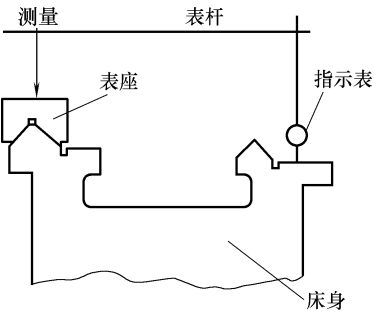


图 1-72 小跨距机床导轨的测量

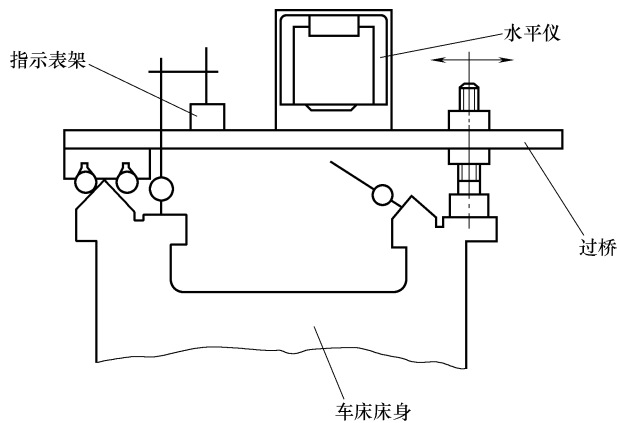


图 1-73 用过桥、水平仪测量车床床身导轨

将带指示表的表架安置在过桥上，指示表触头触及尾座用 V 形导轨和平面导轨，这就是床身大拖板的 V 形导轨，平面导轨对尾座用 V 形导轨和平面导轨的平行度。这就是一举两得，省去测量尾座导轨之平行度的一道工序。

2) 如图 1-74 所示为磨床床身 V 形导轨与平面导轨用过桥、水平仪测量其平行度。水平仪的计算方法，看下面的介绍。

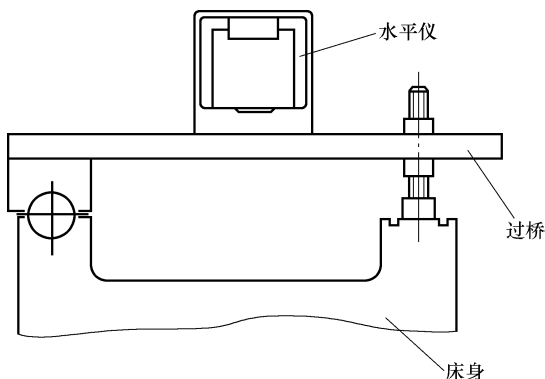


图 1-74 磨床床身

1.2-16 什么是检验芯棒？

答：检验芯棒主要用来测量机床主轴锥孔的径向圆跳动和主轴箱主轴锥孔中心线对床身导轨的平行度。

检验芯棒按形状分为：莫氏锥度、7:24 锥度、5°锥度及 1:200 锥度等四种。

1) 图 1-75 所示为莫氏锥度检验芯棒。

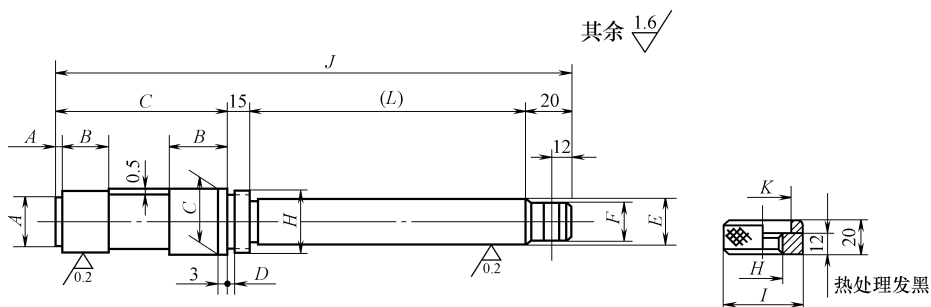


图 1-75 莫氏锥度检验芯棒

材料：20Cr 渗碳淬火。

技术条件：

1. 两端保护中心孔按 GB/T 145—2001 做。
2. 各种莫氏锥体角度允差 $\pm 10''$ 。
3. 圆锥面与 E 圆柱面的同心度误差不大于 0.002mm。
4. E 圆柱的圆柱度和圆度不大于 0.002mm。
5. 热处理：渗碳 1~1.2mm，淬火 62~65HRC（螺纹部分不渗碳）。

规格尺寸及技术条件见表 1-15。

表 1-15 莫氏锥度检验芯棒规格尺寸 (单位: mm)

莫氏号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	9	20	58	2×0.5	9	8	12.24	M12×1	25	205	14	112
2	14	25	68	2×0.5	13	12	17.98	M16×1	30	255	19	152
3	19	30	85	3×1	21	20	24.05	M24×1	40	320	25	200
4	24	35	105	3×1	25	22	31.542	M30×1.5	50	390	33	250
5	35	40	136	3×1	38	36	44.731	M42×2	62	471	46	300
6	50	50	189	3×1	42	40	63.348	M60×2	77	524	65	300

长柄莫氏锥度检验芯棒用途很广，金属切削机床主轴箱主轴锥孔、尾架套筒锥孔绝大多数的是莫氏锥度孔。如：车床、磨床、镗床、坐标镗床、螺钉磨床、丝杠精密车床、齿轮磨床等。

它主要用来测量主轴锥孔的径向摆差和主轴锥孔中心线对导轨移动方向的平行度，以及床头主轴中心对尾座套筒锥孔的同心率。

2) 长柄 7:24 锥度检验芯棒，如图 1-76 所示，它只限于用在铣床主轴锥孔上。

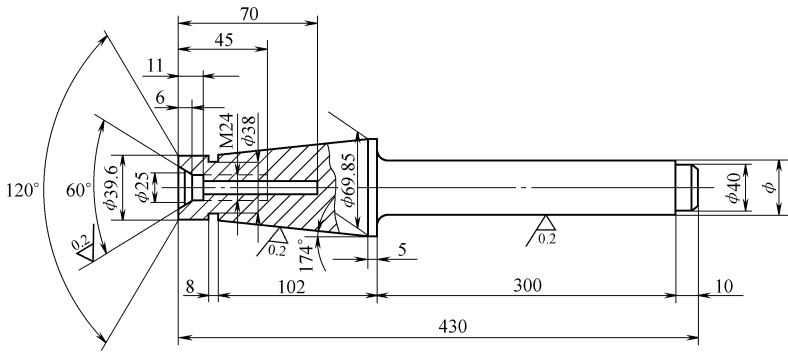


图 1-76 长柄 7:24 锥度检验芯棒

- 材料: 20Cr。
- 技术条件:
- 1. 另一端中心孔按 GB/T 145—2001 做。
 - 2. 锥度体角度允差 $\pm 10''$ 。
 - 3. 圆锥面与 $\phi 40$ 圆柱面同心度不大于 0.002mm。
 - 4. $\phi 40$ 的圆柱度和圆度不大于 0.002mm。
 - 5. 热处理 S1-C59。

长柄 7:24 锥度的检验芯棒。主要是用在齿轮磨床。它的材料、尺寸规格与

长柄莫氏锥度检验芯棒、热处理相同。

3) 短柄莫氏锥度检验芯棒：如图 1-77 所示。其主要用于测量主轴箱主轴的轴向窜动。

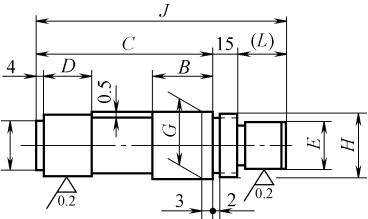


图 1-77

材料：20Cr。

技术条件：

- 1. 两端保护中心孔，按标准 GB/T 145—2001 做。
 - 2. 各种莫氏锥度允差为 $\pm 10''$ 。
 - 3. 圆锥面与圆柱面的同心度误差不大于 0.002mm。
 - 4. E 圆柱的圆度不大于 0.002mm。
 - 5. 热处理：渗碳深 1 ~ 1.2mm。
- 淬火硬度：62 ~ 65HRC（螺纹部分不渗碳）。

短柄莫氏锥度检验芯棒尺寸规格见表 1-16。

表 1-16 短柄莫氏锥度检验芯棒尺寸规格 (单位：mm)

莫氏号	A	B	C	D	E	G	H	I	J	K	L
1	9	20	58	2 × 0.5	9	12.24	M12 × 1	25	83	14	15
2	14	25	68	2 × 0.5	13	17.98	M16 × 1	30	105	19	20
3	19	30	85	3 × 1	21	24.05	M24 × 1	40	128	25	25
4	24	35	105	3 × 1	25	31.542	M30 × 1.5	50	150	33	30
5	35	40	136	3 × 1	38	44.731	M42 × 12	62	186	46	35
6	50	50	189	3 × 1	42	63.348	M60 × 2	77	190	65	40

不管莫氏锥度、还是 7:24 锥度和 1:20 锥度的短柄检验芯棒，都是用来测量主轴箱主轴的轴向窜动。

1.2-17 什么是塞规？

答：如图 1-78 所示。它主要用来测量机床主轴锥孔的精度。塞规涂上一层薄薄的红粉，塞规插入主轴锥孔中，左、右小角度旋转塞规，观察锥孔表面的接触情况。要求孔的接触面均匀，其接触面为 90% 以上。

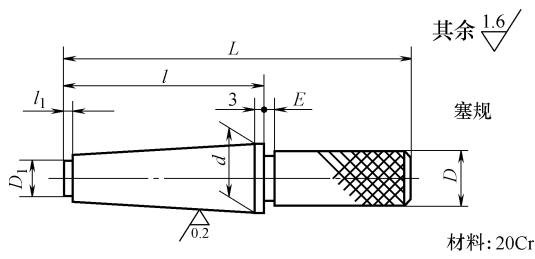


图 1-78 塞规

技术条件:

- 1. 两端保护中心孔按 GB/T 145—2001 做。
- 2. 各种莫氏锥度体角度允差 $\pm 10''$ 。
- 3. 圆锥面与圆柱面的同心度不大于 0.002mm。
- 4. E 圆柱的圆度不大于 0.002mm。
- 5. 热处理:
材料: 20Cr。
渗碳深: 1 ~ 1.2mm。
淬火硬度: 62 ~ 65HRC (螺纹部分不渗碳)。

尺寸规格见表 1-17。

表 1-17 塞规尺寸规格表 (单位: mm)

莫氏号	d	D	D_1	L	f	f_1	E
1	12.24	11	9	115	58	2	2 × 0.5
2	17.98	16	13	130	70	2	2 × 0.5
3	24.05	20	19	150	88	3	2 × 0.5
4	31.542	26	25	180	105	3	3 × 1
5	44.731	40	35	215	136	3	3 × 1
6	61	40	48	190	130	4	4 × 1

1.2-18 什么是环规?

答: 如图 1-79 所示的环规, 在机床制造和机床的大修理中, 环规是一种不可缺少的测量检验工具。

环规主要用来配磨检验芯棒锥面和研磨棒的锥面。这样磨削出来的锥体面一致, 利用这样的研磨棒研磨出来的锥孔比较标准, 也只有用这种方法磨削出来的检验芯棒测量 (莫氏 6 号用于 GUA 螺钉磨床) 主轴摆差才会准确。

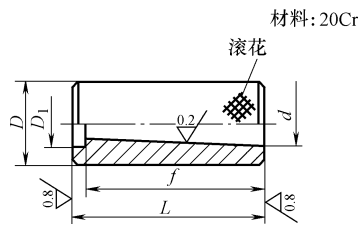


图 1-79 环规

材料：20Cr。

技术条件：

1. 莫氏锥度孔以标准塞规研点测量，其接触面在 95% 以上，研点应均匀分布。
2. 热处理：锥孔渗碳深 1 ~ 1.2mm。
淬火硬度 62 ~ 65HRC。

环规的尺寸规格见表 1-18。

表 1-18 环规尺寸规格表 (单位：mm)

莫氏号	L	f	D	D_1	d
1	63	58	25	12	12.24
2	75	70	40	20	17.98
3	91	85	40	24	24.05
4	110	105	50	28	31.542
5	142	136	60	40	44.731
6	133	126	80	56	61

1. 2-19 什么是锥形研磨棒？锥形研磨棒的用途是什么？

答：锥形研磨棒分为半圆形和整体形两种。

半圆形和整体形研磨棒如图 1-80 所示。实线的为半圆形研磨棒，虚线的为整体的研磨棒。研磨棒的尺寸规格，见表 1-19。

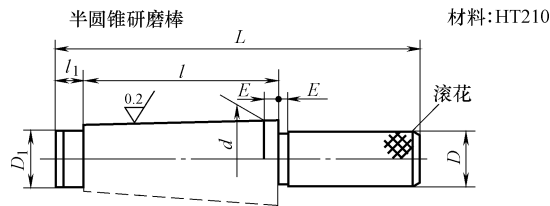


图 1-80 锥形研磨棒

两种研磨棒的技术条件：

1. 两端中心孔按 GB/T 145—2001 做。
2. 莫氏锥度体以标准环规研点测量，其接触点面在 90% 以上，应均匀分布。

表 1-19 研磨棒的尺寸规格 (单位: mm)

莫氏号	d	D	D_1	L	l	l_1	E
1	12.24	11	9	125	58	10	2×0.5
2	17.95	16	13	145	70	15	2×0.5
3	24.05	20	19	165	88	15	2×0.5
4	31.542	25	25	200	105	20	3×1
5	44.731	40	35	220	136	20	3×1
6	61	40	40	190	130	20	3×1

半圆锥形研磨棒和整体锥形研磨棒主要是用来修复主轴锥度孔磨损而与主轴支承轴颈面中心线产生偏差 (即两中心线的不重合性)。

锥形研磨棒的用途:

1) 主轴锥孔面有轻微磨损, 精度超差不是很大, 就用整体锥形研磨棒研磨修复, 消除主轴锥形孔的椭圆度和锥孔中心线与轴颈中心线不同心 (用长柄锥形检验芯棒来进行测量) (见图 1-81)。

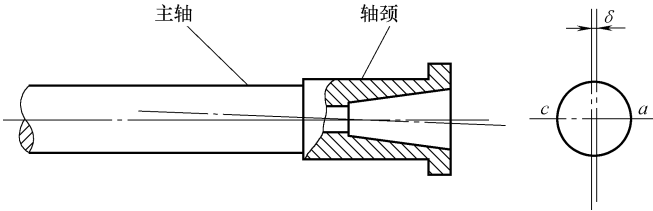


图 1-81 用整体锥形研磨棒研磨修复

2) 主轴锥孔面磨损大, 出现椭圆现象, 同时主轴锥孔中心线与轴颈中心线同心度超差较大时, 必须用半圆形研磨棒和整体锥形研磨棒同时进行。

修复方法: 首先用半圆形锥体研磨棒研磨 (很细的金刚砂进行) 锥孔椭圆孔短轴面, 再用整体锥形研磨棒研磨, 反复进行, 直到消除椭圆度为圆面为止, 用时注意保证锥孔中心线与轴颈中心线同心。同长柄锥形检验芯棒, 两个 V 形铁, 带指示表架测量其同心度, 如图 1-82 所示 (在平板上进行)。

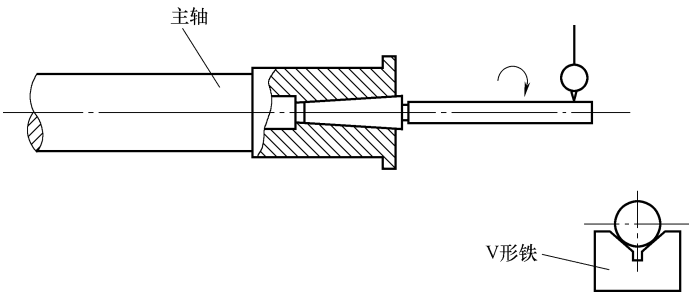


图 1-82 锥孔中心线与轴颈中心线同心度测量

1.2-20 什么是圆柱形研磨棒？

圆柱研磨棒，它是圆柱形的铸铁棒。它的整体是圆柱形，没有角度。

圆柱形研磨棒主要是对主轴箱套筒用的孔进行修复。如车床尾座套筒孔，镗床主轴箱主轴套筒用孔等，如图 1-83 所示。研磨棒、套筒、螺栓组成。研磨棒的螺纹槽是用来储藏研磨粉的。

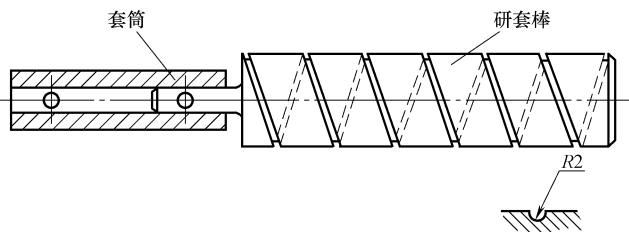


图 1-83 圆柱形研磨棒

现举例说明研磨坐标镗床主轴箱主轴套筒孔的研磨方法。借用摇臂钻床的方形工作台，将主轴箱固定在方形工作台侧面，如图 1-84 所示。调整主轴箱孔中心线与地平面垂直。

之所以不能将主轴箱纵放研磨，是因为研磨棒有一定重量，纵放研磨时下半圆就会被多研磨，上半圆少、研磨或者研磨不到，这样研磨出来的孔不是正圆，而是椭圆。因此必须竖立研磨。

操作方法：用螺栓将研磨棒和套筒连接为一体，钢丝绳另一端通过悬挂在梁上的滑轮，并用人拉住，如图 1-84 所示。两个人上、下拉钢丝绳，一人

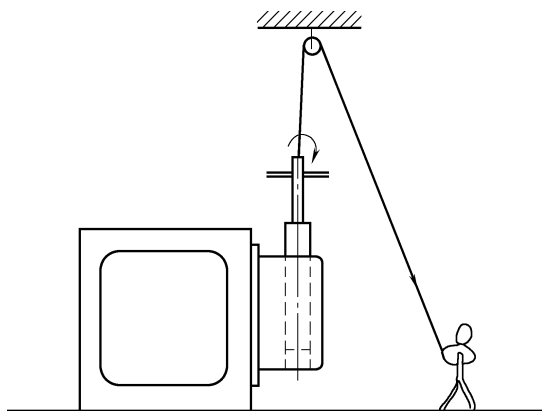


图 1-84 坐标镗床主轴套筒孔的研磨

把住研磨棒套筒铁根作一定角度的转动，使研磨棒上、下旋转。因为研磨棒很重，故无法一人完成（研磨棒直径大于 90mm，长 500mm）。

1.2-21 什么是台阶式圆柱形研磨棒？

答：台阶式圆柱形研磨棒就是两个以上不同直径的圆柱形的检验芯棒，如图

1-85 所示。它用来研磨两个相距一定距离，而直径不等的孔，修整两个孔的同心度。

图 1-86 为车床的主轴箱的主轴轴承孔“1”、“2”同心度超差，必须进行修复。

修复方法：首先测量两孔的圆度和锥度情况，选择误差小的为基准孔，如孔“2”误差最小，以它为定心轴孔，先用细砂纸研去孔表面的毛刺，用航空汽油清洗干净，并在内表面涂上一层薄薄的润滑油。根据孔的损坏情况选择金刚砂的粒度，在研磨棒“1”表面涂一层用润滑油调合成的研磨粉（研磨棒与孔的间隙为 0.02 ~ 0.03mm），研磨棒作上、下回转移动。（箱体孔中心线与地面垂直）。研磨完成后，清洗干净孔内的余粉，再以孔“1”为定心轴孔，研磨孔“2”表面。

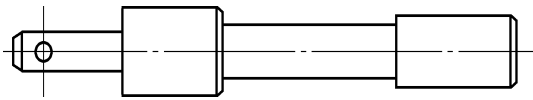


图 1-85 台阶式圆柱形研磨棒

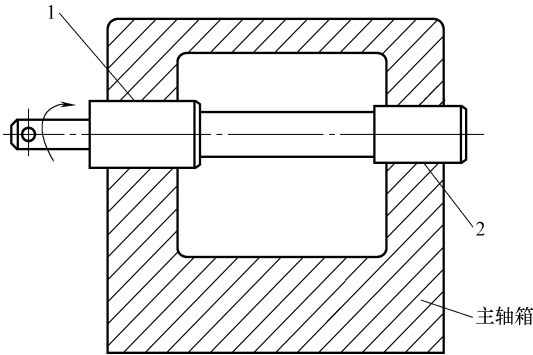


图 1-86 车床床头箱主轴轴承孔的修复

注：不管是圆柱研磨棒还是台阶式圆柱形研磨棒，一般准备毛坯件或半成品件 2 ~ 3 根，才能满足主轴箱体孔的研磨要求。

1. 2-22 什么是可调式研磨棒？

答：可调式研磨棒就是研磨棒外径可以微量的扩大，如图 1-87 所示。它是由开口研磨套、锥体调整棒，调整螺母所组成。开口研磨套内孔为锥体，锥体调整棒一般也是带锥体的，它们的角度一致。

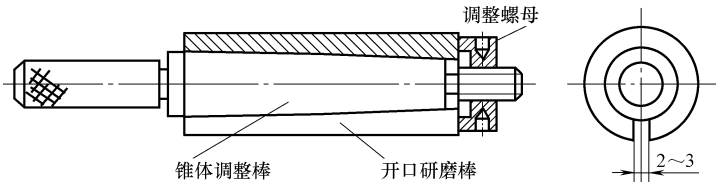


图 1-87 可调式研磨棒

这样的研磨棒可以一次性把被研磨的孔研磨完成。不像圆柱形研磨棒需要 2 ~ 3 根才能完成。这样不仅可以节约材料，也可以减少机械加工。

第二章 量具、仪器及用途

设备制造（机床）和机床的修理，量具和仪器是不可缺少的。它好像人的眼睛一样，没有眼睛什么都看不见。没有量具和仪器，就不能保证机床制造和机床的修理的质量，所以量具和仪器很重要。

2-1 一般量具有哪些？

答：一般量具有：

- 1) 卡尺（游标卡尺），分度值为 0.01mm；
- 2) 千分尺（游标尺），分度值为 0.001mm；
- 3) 内径千分尺，分度值 0.01mm；
- 4) 百分表，分度值为 0.01mm 的指示表；
- 5) 指示表，分度值为 0.001mm 的指示表；
- 6) 外径比较仪，分度值为 0.001mm。

上述量具虽然很普通，但是不可缺少。

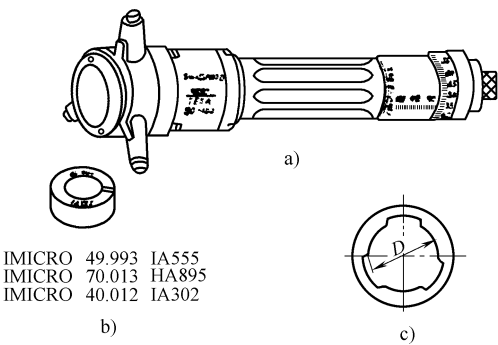
2-2 什么是量块？

答：量块可用来进行校准量具尺寸（如内径百分尺的校准），测量轴径、孔径、高度和画线等工作。

量块是成套供应的，并每套装成一盒。每盒中有各种不同尺寸的量块，其尺寸编组有一定的规定。常用成套量块的块数有 91 块、83 块、46 块、38 块等。它的精度很高。

2-3 什么是三支承点内径千分尺？

答：如图 2-1 所示。图 2-1a 为三支承点内径千分尺，它主要测量整体的三支承点轴瓦的内径尺寸，如图 2-1c 所示为螺纹磨床主轴轴瓦，它的三个凸面，与主轴接触，是工作面，它的三个凹面储存润滑油，所以轴的润滑性能好。图 2-1b 所示为环规，用于校正三支承点内径千分尺的精度。三支承点内径千分尺的规格见表 2-1。



IMICRO 49.993 IA555
IMICRO 70.013 HA895
IMICRO 40.012 IA302

图 2-1

a) 三支点内径千分尺 b) 环规 c) 三支点轴瓦

表 2-1 三支点内径千分尺规格 (单位: mm)

规 格	一格读数值	规 格	一格读数值
40 ~ 50	0. 005	90 ~ 100	0. 005
50 ~ 60	0. 005	100 ~ 125	0. 01
60 ~ 70	0. 005	125 ~ 150	0. 01
70 ~ 80	0. 005	150 ~ 175	0. 01
80 ~ 90	0. 005	175 ~ 200	0. 01

2-4 什么是电感器？

答：如图 2-2 所示。它主要测量精密零件的几何精度及主轴的径向圆跳动和轴向窜动。例如机床导轨的平行度、T4163 坐标镗床床身导轨用镶条的平行度，坐标镗床主轴的径向圆跳动和轴向窜动（因为坐标镗床的精度很高）。

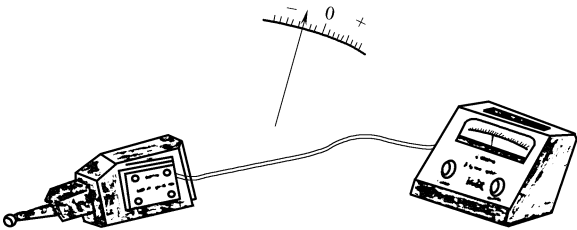


图 2-2 电感器

电感器与指示表结构不同，指示表的刻度盘与触头是一整体，电感器的触头和刻度盘是分开的，如图 2-2 所示。从表盒可以很清楚地看到指针刻度变化，操

作也方便。

电感器的精度值很高, 1 格为 0.0001mm 。

2-5 什么是光电直线检查仪?

答: 光电直线检查仪主要用于测量机床床身 V 形导轨在水平面内的直线度和垂直面内的直线度。

通过附件, 还可以测量两个零件的导轨的垂直度。

光电直线检查仪有: 平面度检查仪、光电准直仪、光电自准仪。

1. 平面度检查仪

(1) 平面度检查仪的外观及结构 图 2-3 为平面度检查仪的外观图。

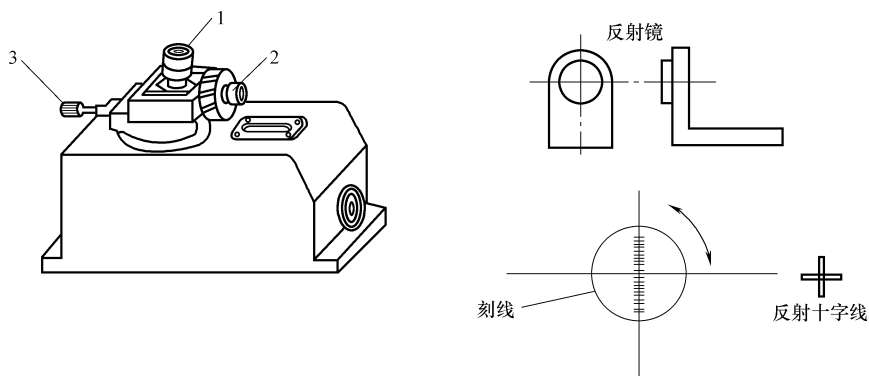


图 2-3 平面度检查仪

1—目镜 2—带刻度微动手柄 3—紧螺钉

1) 平面度检查仪的基本参数:

工作距离: 6m 、 10m 、 15m 、 20m ;

物镜焦距: 400mm ;

口径: 42mm ;

目镜放大倍率: 1.75 倍;

微动手轮分度值 (每格相当) $1\mu\text{m}/200\text{mm}$, 约为 $1''$ 。

2) 平面度检查仪的示值精度:

当微动手轮不超过一圈时, 为 $\pm (0.5 + 0.01n)$ 格;

当微动手轮不超过一圈时, 为 $\pm (1.5 + 0.0015n)$ 格。

注: n 为实际测量格数, 如转动一圈, $n=100$ 格; 转动两圈, $n=200$ 格。

3) 仪器尺寸 (长 \times 宽 \times 高) $245\text{mm} \times 57\text{mm} \times 157\text{mm}$

(2) 平面度检查仪的光学系统图 如图 2-4 所示。

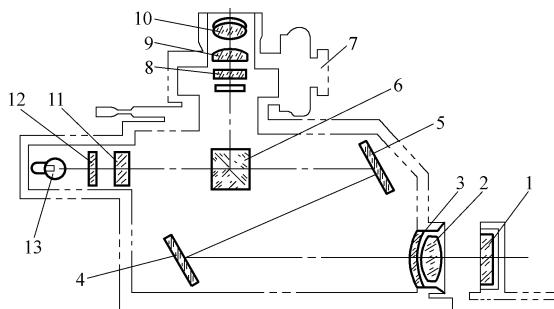


图 2-4 平面度检查仪光学系统图

- 1、4、5—反射镜 2、3—物镜 6—分光棱镜
7、8—分划板 9、10—目镜 11—十字
线分划板 12—滤光片 13—光源

(3) 平面度检查仪光学系统的工作原理 光源“13”发射光线，通过滤光片“12”，均匀照到“十字线”分划板“11”上。“十字线”像经过分光棱镜“6”、反射镜“4”、“5”、物镜“2”、“3”成平行光到达平面反射镜“1”。如果反射面法线和光轴夹角为 α ，则反射光线与原光线成 2α 的线量。（ f 为物镜焦距）。反回到目镜“9”、“10”中来，它通过分划板“7”、“8”。

用平面度检查仪测量机床导轨垂直面内的直线度和两导轨的平面度的方法后面详细介绍。

2. 光电准直仪

如图 2-5 所示的为英国希尔格与瓦兹有限公司（Hilger. Watts）出品的光电准直仪。它的用途与平面度检查仪相同，但它的分度值的精度很高，其分度值有 0.001mm, 0.0005mm, 0.0002mm 和 0.0001mm 四种。

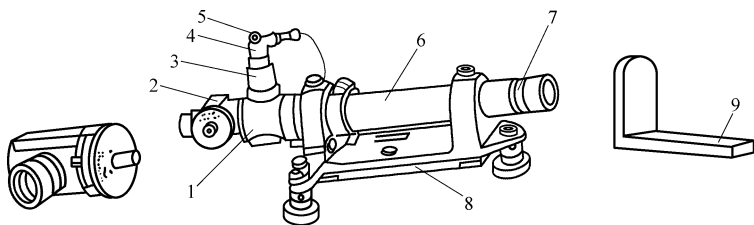


图 2-5 光电准直仪

- 1—十字分划头 2—刻度镜头和微动手柄 3—分划板 4—光源
5—电源 6—套筒主体 7—物镜头 8—可调支架 9—反射镜

这种仪器精度高，价格昂贵，用于精密机床的精度测量。

3. 光电自准仪

外形与光电准直仪相同，但在从目镜观察其刻度时，不需眼睛观察“十字线”的变化，因为它有一个像电流表一样的表（像电感器一样），表中的指针的变化，就是机床导轨直线度误差。

这种仪器的优点是操作方便，节省劳动力（眼力）。

这种仪器精度高，操作方便、测量速度快，但价格很昂贵，主要用于精密机床的精度测量。

2-6 什么是读数显微镜及标准尺？

答：（1）读数显微镜 图 2-6 所示为读数显微镜外观图，图 2-7 所示为光学系统图。

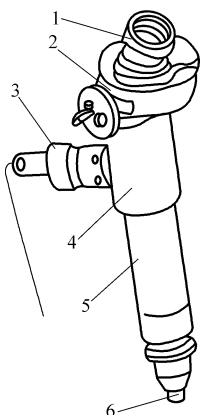


图 2-6 读数显微镜

1—目镜 2—微动手柄
3—光源 4—分划板
5—套筒主体 6—物镜

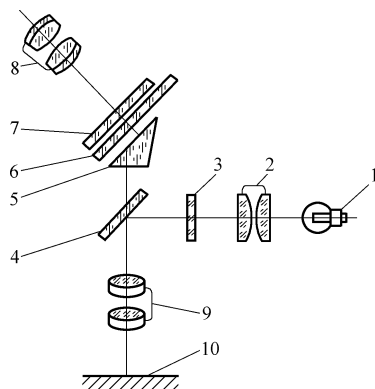


图 2-7 读数显微镜光学系统图

1—光源 2—指示线分划板 3—滤光片
4—反射镜 5—分光棱镜 6—刻度分
划板 7—分划板 8—目镜
9—物镜 10—镜面尺

读数显微镜必须和标准尺联合使用，单独一件无法使用。它主要用于长度的测量。例如测量精密丝杠螺距误差、镜面轴线距的误差、刻度尺的线间误差等。也用它们来测量坐标镗床的定位坐标，尤其是丝杠定位的坐标镗床，也可用它们来反复地测量、修正校正尺。这种仪器对于精密机床修理部门是不可缺少的。

图 2-6 为 JC1 型入射式读数显微镜外观图。图 2-8 为其光学刻度传动图，即为读数显微镜与标准尺配合测量时实际读数情况。

(2) 标准尺 标准尺从形状上分为圆形、方形、U 形、H 形四种。

1) 圆形标准尺 (镜面轴), 如图 2-9 所示。这种镜面轴都装在坐标镗床上, 如 T4363 坐标镗床的纵、横向坐标。

镜面轴表面为镜面, 刻有螺纹线, 线的粗细为 0.002mm , 螺距为 2mm 。

2) 方形标准尺。方形标准尺一般为有机玻璃制成, 其长度为 $200 \sim 300\text{mm}$, 常用于各种仪器。

3) U 形标准尺。如图 2-10 所示, 这种形状为 U 形, 凹面为镜面 (有的镜面镀一层铬)。其表面刻有距离 1mm 的刻线。这种标准尺一般用于坐标镗床纵、横坐标的测量。

4) H 形标准尺。如图 2-11 所示, 这种标准尺与 U 形标准尺作用相同。它的强度比 U 形标准尺要好一些。

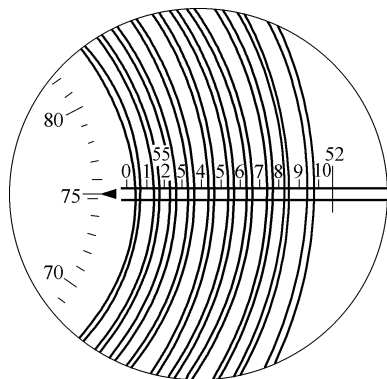


图 2-8 JC1 型读数显微镜
镜光学刻度传动图

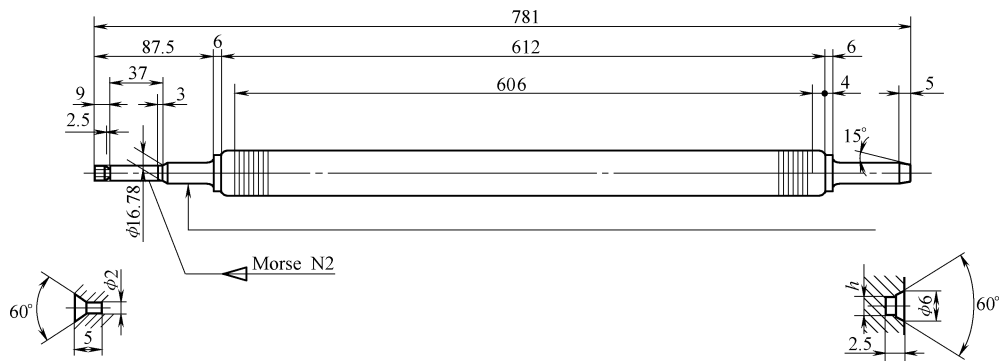


图 2-9 圆形标准尺 (镜面轴)

材料: 2Cr13

技术条件:

1. 螺旋线用金刚刀刻, 线宽为 $0.003 \sim 0.005\text{mm}$;
2. 螺旋线螺距误差曲线应均匀起伏, 不大于 $\pm 0.002\text{mm}$ 。全长总误差按机床导轨精度选配或配制。
3. 螺距误差的修正数是在下述两个条件下标出的:
 - 1) 刻线时金刚刀沿镜面轴上部中心线刻制。
 - 2) 在测长仪上测量时通过显微镜的物镜从上面观察镜面轴。
4. $\phi 4.75 \pm 0.01$ 端面孔对 $\phi 20d$ 轴颈的同心度允差为 0.01mm 。
5. $\phi 40 \pm 0.2$ 圆柱面的圆锥度和鼓形度不大于 0.01mm , 圆度不大于 0.005mm , 并不得有伤痕。
6. 短尾 2 号莫氏锥度用涂色法测量时着色面积不少于 $70\% \sim 80\%$ 。
7. 定性。

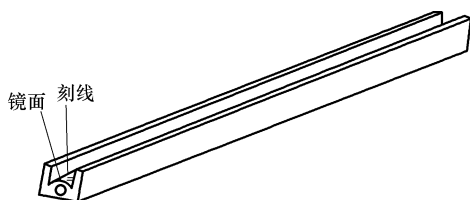


图 2-10 U 形标准尺

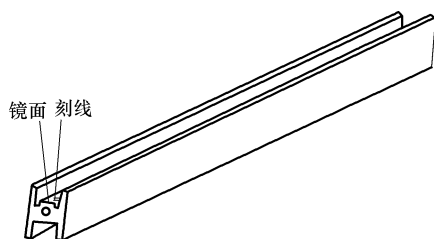


图 2-11 H 形标准尺

2-7 什么是经纬仪和平行光管?

答：经纬仪和平行光管也是联合使用，它主要用来测量角度误差。例如精密蜗轮、精密齿轮及各种坐标镗床的万能分度盘、水平分度盘、滚齿机传动链的精度测量的角度误差。

图 2-12 所示为经纬仪的外观图。它是用来测量分度盘、蜗轮、齿轮精度的主要仪器。机械制造业常用的分度值有：2"、1"、0.5"、0.2"及 0.1"。

精密机床修理中常用的为 0.5"、0.2"和 0.1"的经纬仪。

图 2-13 为平行光管外观图，它与经纬仪联合使用。它主要是作为经纬仪目标之用。

它也可像平面度检查仪测量机床床身导轨的直线度。

分度盘、蜗轮、齿轮的角度测量方法在后面详细介绍。

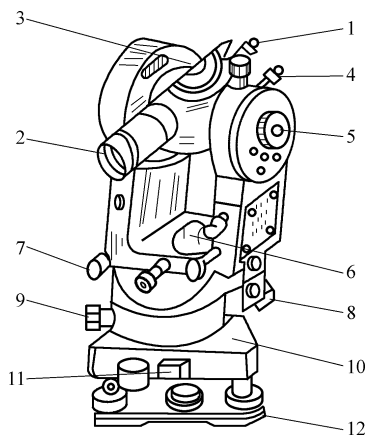


图 2-12 经纬仪外观图

- 1—目镜 2—物镜 3、6—水平器
4—垂直转动锁紧手柄 5、7—微动
手柄 8、9—水平转动手柄
10—底座 11—电源插座
12—支架

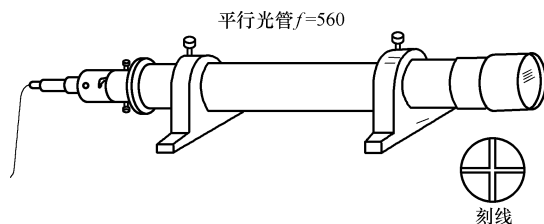


图 2-13 平行光管外观图

2-8 什么是水平仪？

答：水平仪是一种普通常用的量仪，在机床制造和机床修理中，是不可缺少的量仪。

水平仪用途很广，例如机床在制造和修理中，机床在装配时，床身处于水平状态才能组装，所以用水平仪进行测量。新机床和大修理后的机床安装，用水平仪调整水平，机床床身 V 形导轨垂直面内的直线度用水平仪，平行度、垂直度等都可用水平仪测量。

水平仪按形状分为三种：

- 1) 条形水平仪，如图 2-14a 所示。
- 2) 框形水平仪，如图 2-14b 所示。
- 3) 合像水平仪，如图 2-14c 所示。

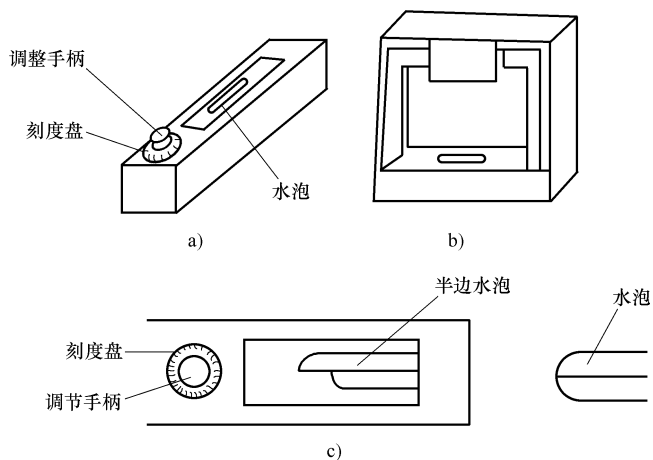


图 2-14 水平仪的分类

水平仪一格值分为： $0.01/1000 \approx 2''$ 、 $0.02/1000 \approx 4''$ 、 $0.03/1000 \approx 6''$ 、 $0.04/1000 \approx 8''$ 。

水平仪一格为角度值，而不是线性值。一般人在工作中说“拿 0.01 水平仪”，是不正确的，应该说是拿 0.01/1000 水平仪。

框型水平仪按大小分为三种：200mm × 200mm、300mm × 300mm、400mm × 400mm。

水平仪读数数值一格的由来，如： $0.02/1000$ 。

鉴定水平仪应在 $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ 的恒温室进行。首先将一根 1m 长的平行平尺放

在调整好水平的平板上，如图 2-15 所示。水平仪再放在平行平尺上，这时水平仪水泡处在中间位置。

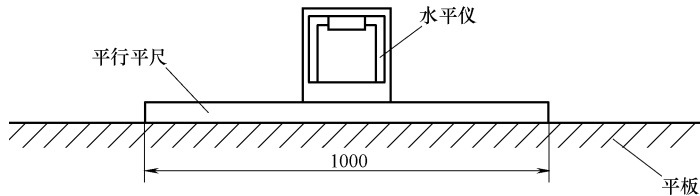


图 2-15 水平仪的鉴定

如图 2-16 所示，在平行平尺的右方放一块 ΔH 厚的塞尺，其角度为 $\alpha = \Delta H / 1000$ 。水平仪水泡向右移动一格，这就是 $\Delta H / 1000$ 值，也就是角度误差。

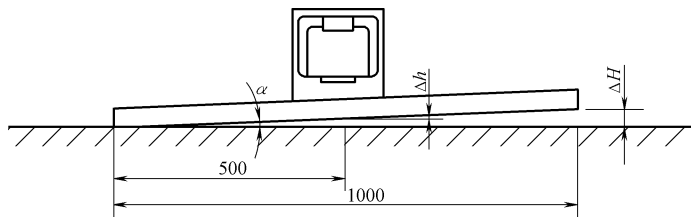


图 2-16 水平仪的角度误差

以图 2-17 为例：在平行平尺右端塞入一块 0.02mm 厚的塞尺，这时水平仪水泡向右移动一格，这时水平仪示值为 0.02/1000 水平仪，这就是角度，将它换算成角度： $\tan \alpha = (0.02 / 1000) \alpha = 4''$ 。

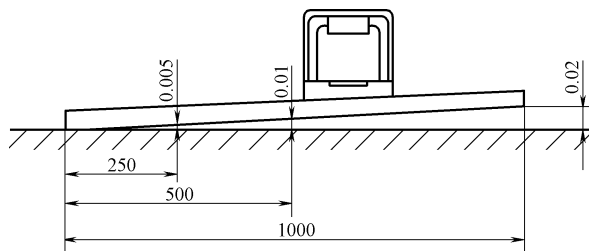


图 2-17 水平仪角度误差举例

从图 2-17 看，在平行平尺 500mm 处、平行平尺与平板之间的间隙为

0.01mm, 在 250mm 处间隙为 0.005mm。由此可见水平仪一格示值精度很高。0.02/1000 为角度值, 0.02mm 为线形值。因此, 用水平仪最适合测量机床床身导轨在垂直面内的直线度。

如果在平行平尺的右端塞入 0.04mm 的塞尺, 水泡移动一格, 这水平仪读数值为 0.04/1000。如此类推, 就可得出水平仪读数值。

现举一实例说明读数方法, 以及确定正数和负数的方法。

(1) 绘图法 水平仪水泡移动方向与水平仪移动方向相同, 其数值为正 (+), 水平仪水泡移动方向与水平仪移动方向相反, 其数值为负 (-)。

如图 2-18 所示, 设第一位置水平仪水泡位置为 0、第二位置为 +1、第三位置为 +2、第四位置为 0、第五位置为 +1、第六位置为 -2、第七位置为 -1。(数值为水平仪格值, 如一格)。

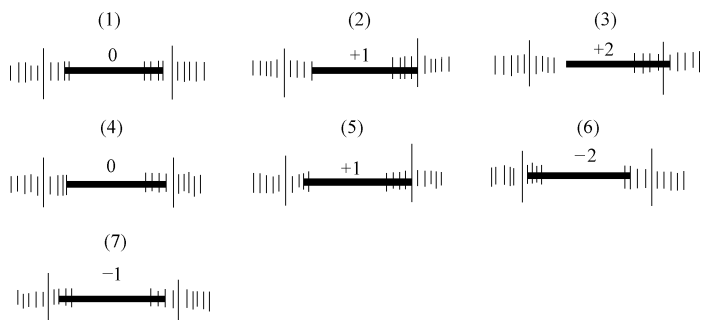


图 2-18 水平仪的读数

水平仪水泡的读数有两种方法, 如图 2-18 所示。

1) 第一种读数法: 以第一位置为零, 其读数值如下:

0、+1、+2、0、+1、-2、-1。

其运动曲线图, 如图 2-19 所示。

2) 第二种读数法: 以水平仪水泡在中间位置为零。其读数值如下:

+1、+2、+3、+1、+2、-1。

其运动曲线图如图 2-19 所示。

这两种读数方法都可以, 虽然读出的数值不一样, 但画出来的运动曲线图基本相似, 并且每个位置的坐标误差值相等。这两条运动曲线连线的夹角 α 不同。从图 2-19 看, 在各位置上的坐标值是相等: $\delta = \delta'$ 、 $\delta_1 = \delta'_1$ 、 $\delta_2 = \delta'_2$ 、 $\delta_3 = \delta'_3$ 、 $\delta_4 = \delta'_4$ 、 $\delta_5 = \delta'_5$ 。夹角 α 的不同, 是由于机床安装水平度不一致引起的。

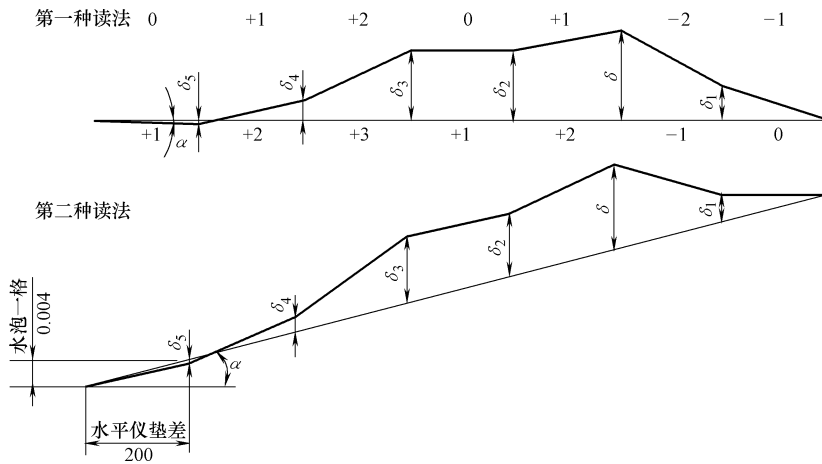


图 2-19 水平仪的运动曲线图

图 2-20 为水平仪测量机床导轨垂直面内直线度水泡变动情况。

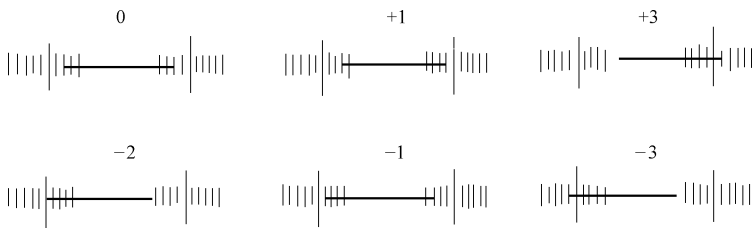


图 2-20

水平仪在第一位置为 0。移动到第二位置时，水泡向右移动一格，这就是右边高一格（+1）。移动到第三位置时，水泡向右移动三格，这就是右边高三格（+3）。移动到第四位置时，水泡向左移动二格（-2），这就是说右边低二格。移动到第五位置时，水泡向左再移动一格，就是说右边再低一格（-1）。移动到第六位置时，水泡向左边移动三格，也就是左边再低三格（-3）。

根据上述内容，其读数值为：

0、+1、+3、-2、-1、-3。

根据上述数值绘制坐标曲线图。

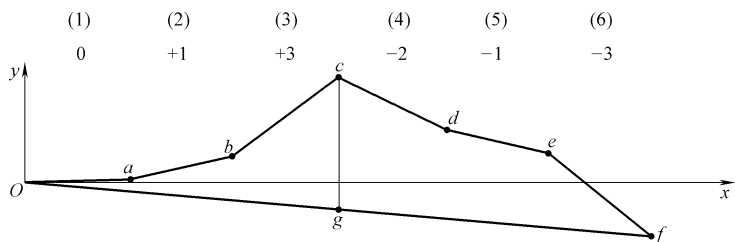


图 2-21 坐标曲线图

水平仪在第一位置时，水泡处于中间位置为 O ，所以在坐标纸上画一条 Oa 连线，平行于 x 轴。水平仪移动到第二位置时，水泡向右移动一格，就是说 b 点比 a 点高出一格。水平仪移动到第三位置时，水泡向右移动三格，就是说 c 点比 b 点高出三格。水平仪移动到第四位置时，水泡向左移动二格，就是说 d 点比 c 点低二格。水平仪移动到第五位置时，水泡向左移动一格，就是说 e 点比 d 点低一格。水平仪移到第六位置时，水泡向左移动三格，这就是说， f 点比 e 点低三格，这样把 $Oabcdef$ 点连接起来，就成为 $Oabcdef$ 的一条曲线。将这条曲线的两端相连，这就是机床导轨直线度曲线。取这条曲线的最大值，就是机床导轨的直线度误差。从图 2-21 所示 cg 为误差值（即为 5 格）。

5 格是角度，换算为线性值为：假设水平仪读数值为 $0.02/1000$ ，所用水平仪垫长为 200mm ，而 200mm 长的水平仪 1 格为 0.004mm （前面已介绍），那么 $5 \times 0.004 = 0.02\text{mm}$ ，这条导轨直线度误差为 0.02mm 。

所以说，用水平仪测量机床导轨直线度的精度很高。

(2) 算法 用算法不需画图就可以知道导轨直线度的具体情况，如图 2-22、表 2-2 所示。

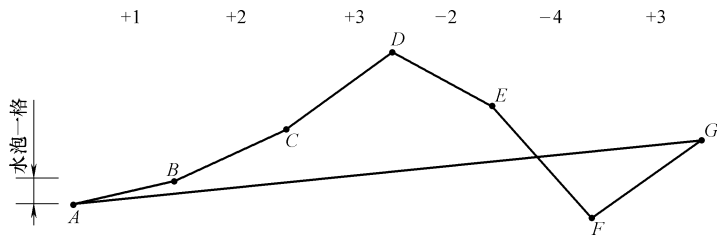


图 2-22 水平仪读数值的算法

表 2-2 内已介绍计算方法，以绝对值画出图 2-23 坐标曲线：它的误差值为极限代数差计： $+4.5 \text{ 格} - (-2.5 \text{ 格}) = 7 \text{ 格}$

表 2-2 计算法表 (单位: 格)

读数值	+1	+2	+3	-2	-4	+3
平均值	$[(+1) + (+2) + (+3) + (-2) + (-4) + (+3)]/6 = +0.5$					
相对误差 每项 - 平均值	$+1 - (+0.5)$ = +0.5	$+2 - (+0.5)$ = +1.5	$+3 - (+0.5)$ = +2.5	$-2 - (+0.5)$ = -2.5	$-4 - (+0.5)$ = -4.5	$+3 - (+0.5)$ = +2.5
绝对值	+0.5	+2	+4.5	+2	-2.5	0

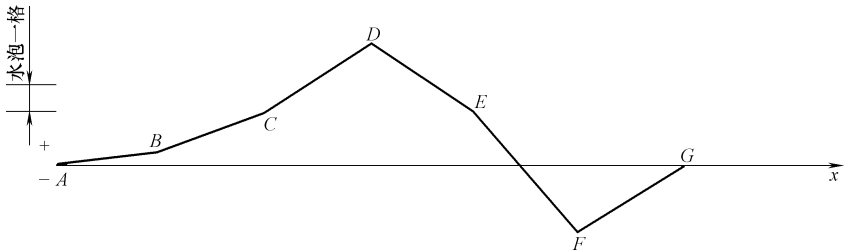


图 2-23 表 2-2 中绝对值的坐标曲线

第三章 机床的精度测量常识和方法

机床几何精度的测量在机床制造和机床大修理中是一项极其重要的工作。测量的正确与否，将直接影响机床的精度，甚至会导致返工现象，以致影响机床制造与修理进度。

不管是普通机床还是精密机床，它们的几何精度的测量方法是相同的，不同的只是精密机床所用的量具、工具、仪器的读数精度高一些。例如卧式机床修理时用 0.01mm 的指示表（百分表），而精密机床修理时，则用 0.001mm 的指示表（指示表）。

需要特别注意的是，在机床大修理前一定要将所有的工具、量具、仪器进行精度测量，否则会因量具有误差，仪表失灵、工具变形而影响机床的修理质量，出现返工现象。

下面谈谈机床修理中常用的测量方法。

3-1 什么是直线度？

答：直线的机械部分或运动，对理想直线的偏差。

直线度分为：垂直面内的直线度和水平面内的直线度。

被测量的表面与垂直平面相交所形成的交线，在 z 方向与 y 轴所包容的最大坐标值，如图3-1所示。

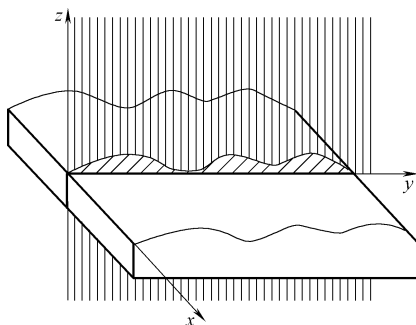


图 3-1 垂直平面内的直线度

如火车轨道的上坡和下坡。

垂直平面内的直线度的测量方法：

(1) 透光法 被测量的平面紧靠一根刀刃尺或检验平尺（窄面的）、圆柱检验芯棒来测量。如图 3-2a、b、c 所示为在强光下观察两接触面间的透光程度。

这种方法只能测量比较小的零件表面和轴类的轴颈母线。测量的结果也只能知道被测量表面的直线度的偏差，而得不出具体的偏差值。这种方法一般用于钳工锉零件表面的直线度测量。

研磨主轴锥体表面时，一般用刀刃尺测量母线的直线度，如图 3-2d 所示。

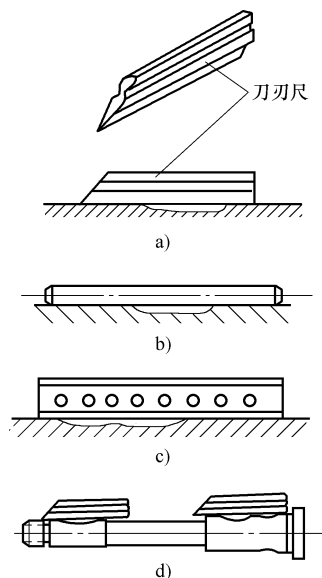


图 3-2 透光法

(2) 研点法 在被测量的平面上均匀涂一层很薄的红丹粉，把检验平尺放在被测量面上作短距离往复移动，观察被测量表面研点是否均匀。图 3-3 为车床床身平面导轨的直线度测量。

这种方法在机床修理中，应用得比较广泛，尤其适用于中、小型机床。但这种方法得不到直线度的误差值。

(3) 堵塞法

1) 被测量的平面上放置一根标准检验平尺，在两者之间用两块等高垫铁支承（等高垫铁安放在离两端 $2l/9$ 处， l 为标准平尺的长度），然后用量块组合塞入两平面之间，在几个不同位置进行测量（图 3-4 所示为卧式车床床身平面导轨的测量方法）。其间隙最大值为平面导轨直线度误差。

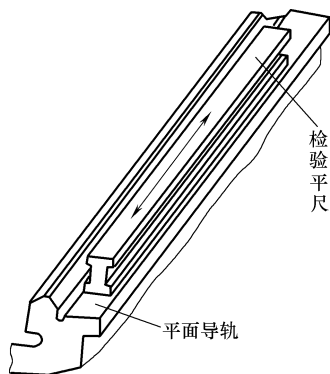


图 3-3 车床床身平面导轨的直线度

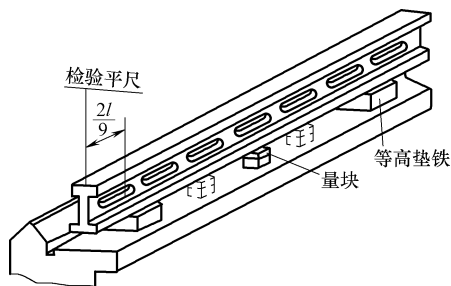


图 3-4 卧式车床床身平面导轨测量方法

但是，这偏差值包括检验平尺本身的偏差值在内，应去掉检验平尺本身偏差值，这才是机床床身导轨真正的直线度误差。

2) 如果没有较好的标准检验平尺, 可用一根圆柱检验芯棒和两个等高 V 形铁支承进行测量 (见图 3-5)。测量方法与标准检验平尺的测量方法相同。

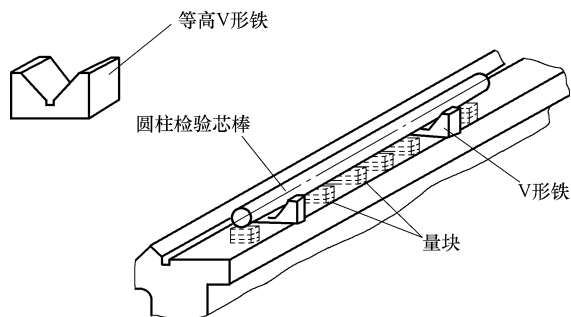


图 3-5 卧式车床床身平面导轨的测量

此种方法, 只用于小型机床导轨的测量 (导轨长度小于 1500mm), 测量结果可以得出误差值。

堵塞法在机床制造和修理中的应用也比较广泛, 一般用塞尺进行卧式机床的测量, 精密机床则必须采用量块进行。

(4) 混合法 这种方法是用指示表、平行平尺、等高垫铁及指示表架 (角度规) 进行测量。

在被测量的平面上, 安放一根平行平尺, 在两者之间用两块等高垫铁支承。如图 3-6a 所示, 带指示表的表座安放在被测量的平面上, 指示表触头触及平行平尺上平面, 移动指示表座及量块, 观察指示表指针的变化情况, 变化的数值即为误差值 (应去掉平行平尺的本身误差)。

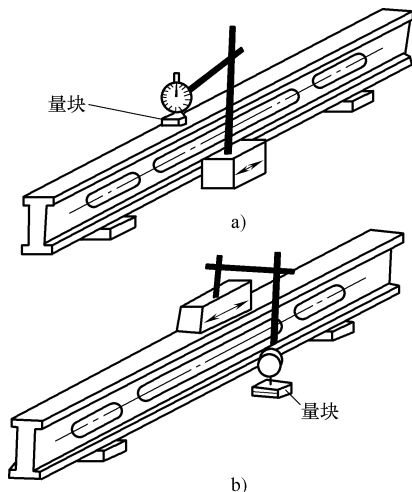


图 3-6 混合法

刮削平面要用量块配合进行是因为铲刮面是凸、凹不平的,指示表触头直接触及铲刮面,指示表指针会出现摆动现象(见图 3-7),凸凹之间有一定差值,这样测量的结果是不准确的。因此,在测量时必须放一块量块,这样避免了这种误差的产生,尤其对精密机床来说,更应注意。

如图 3-6b 所示,带指示表的表座安放在平行平尺的上平面,指示表的触头触及被测量的平面,移动指示表座,观察指示表指针的变动情况,变化的数值即为误差值。

这种方法,主要用于中、小型机床的测量。

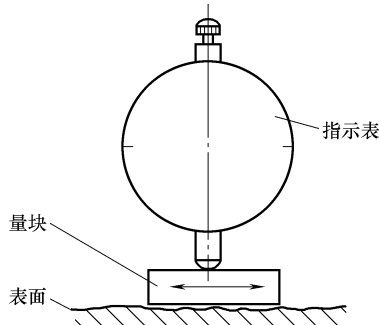


图 3-7

(5) 调整法 检验平尺放在床身平面导轨上,用两块垫铁支承(见图 3-8a)。带指示表的 V 形铁放置在 V 形导轨上,指示表触头触及检验平尺两端,调整检验平尺,使指示表指针数值一致,移动 V 形铁,指示表指针的变化值即为误差值。

图 3-8b 所示的测量方法与图 3-8a 相同,但指示表不安装在 V 形导轨的 V 形铁上,而是安放在平尺表面上,指示表触头触及 V 形铁的上平面,移动指示表的表座,指示表指针的变化值,即为误差值(两端调整一致)。

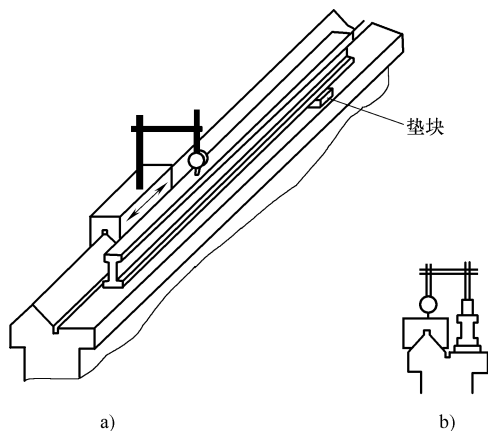


图 3-8 调整法

如果没有很好的检验平尺,可以用圆柱形检验芯棒和 V 形铁进行测量,如图 3-9 所示。同样,将检验芯棒两端调整一致,分段进行测量,记下指示表指针的偏差值,即为误差值。在测量时,主要测量检验芯棒上母线。

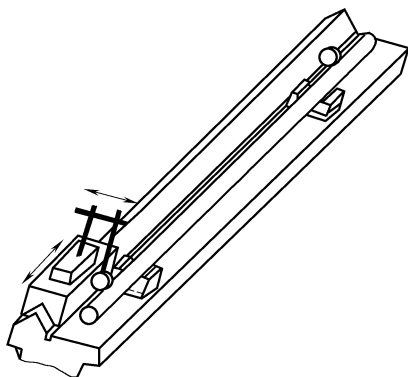


图 3-9 用圆柱形检验芯棒和 V 形铁进行测量

(6) 液体法 在两端封闭的凹形槽中，注入液体，安放在被测量的 V 形导轨和平面导轨旁，V 形导轨中放置一个带螺钉测微器（测微器杆前端是尖形）的 V 形铁，测微器杆尖端与凹形槽液面两端接触，调整床身 V 形导轨两端与凹形槽液面等距（见图 3-10a），移动 V 形铁，分段测量，用眼睛观察测微器杆尖端与液面接触（瞬间），再看测微器杆分度值。

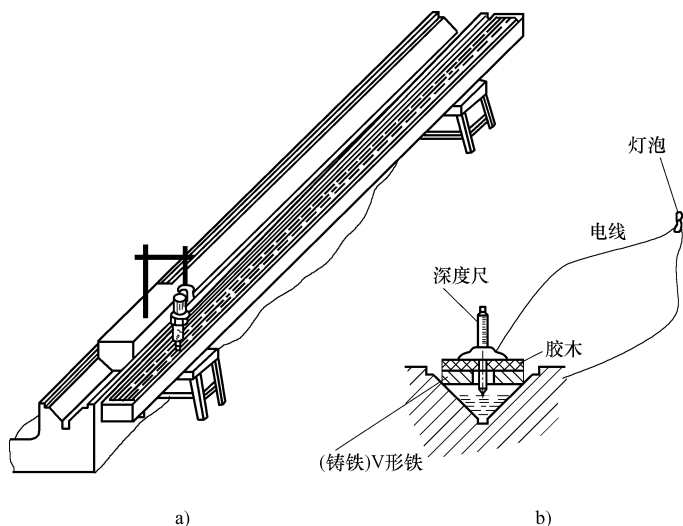


图 3-10 液体法

这种测量方法很难观察测微器杆尖端与液面的瞬间接触。为了便于观察，用通电方法，装上灯泡或电铃。

也可以利用机床的 V 形导轨进行测量，在 V 形导轨中注入液体（V 形导轨两端堵住）。测微器固定在 V 形导轨上，调整床身导轨两端使之与液面一致，分段进行测量（见图 3-10b）。

此种方法可用于大型机床平面导轨和 V 形导轨的测量。测量的结果，能得到误差值，其精度可达到 0.01mm。

注意：在测量过程中，凹形槽内液体应平静，不应受振动，以免液面产生波纹，影响测量精度。

（7）水平仪测量 水平仪测量机床床身导轨在垂直面内的直线度，是一直在用的。

20 世纪 50 年代我国采用的标准中没有出现画坐标曲线法，只有计算法。20 世纪 60 年代初才出现画图的方法，20 世纪 60 年代中期，国家标准才规定采用画图的方法找出误差值。

用水平仪测量机床导轨直线度误差值的计算方法分为读数法和画图法（坐标值法）两种。画图法又可分为角度误差和线性误差两种。

1) 读数法 读数法（ГОСТ）分为（不必绘制曲线图）：

①误差以水平仪两极限读数的代数差的一半计（只许凸）。

②误差以水平仪两极限的代数差计。

③公差。

④误差以气泡偏差所示的振幅的一半计。

⑤误差以水平仪读数（气泡偏差）的代数差的一半计。

⑥误差以水平仪读数的代数差一半计。

这些方法只知道误差值，导轨的具体情况就不能了解，这对修理来说有一定困难。

2) 画图法（坐标值法） 角度误差和线性误差都应画出导轨直线度的坐标曲线图，这样对修理工人有一定好处。

①测量方法：水平仪放置在机床导轨的专用水平仪垫铁上，水平仪垫铁沿着机床导轨分段移动（分段测量时每移动距离小于水平仪垫铁，如水平仪垫铁长 200mm，移动距离应为 190mm，这样画出来的曲线是相连的），如图 3-11 所示。记下水平仪水泡在每个位置的数值，根据这些数值，绘出一条曲线，此条曲线称为导轨的运动曲线。

水平仪水泡值“正”“负”的确定方法：

正（+）：水平仪水泡移动的方向与水平仪移动相同。

负（-）：水平仪水泡移动的方向与水平仪移动方向相反。

现举例说明用 0.02/1000mm 的水平仪测量机床导轨直线度。

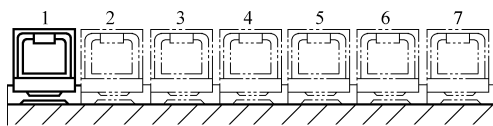


图 3-11 画图法测量方法

安放有水平仪的水平仪垫铁放置在机床导轨上，如图 3-11 所示，移动水平仪垫铁，将水平仪水泡变化的位置值记录下来（见图 3-12）。

0、-2、-1、-5、0、-1、-3

根据图 3-12 记录的数值，画出坐标曲线（见图 3-13 的第一条曲线）。同时画出共 10 条曲线，以便分析曲线，用不同的计算方法，得出不同的结果。

误差以水平仪两极限的代数差计。

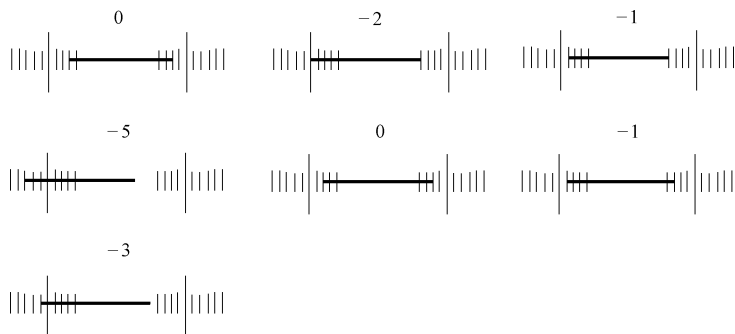


图 3-12 水平仪水泡的位置

从图 3-13 所示的 10 条曲线可以看出，读数法和坐标值法对于同一条曲线，结果并不相同。读数法的结果大于坐标值法的结果。

②机床导轨直线度的标准：

角度误差：每一米行程为 $\frac{0.02}{1000}$ ；

全部行程为 $\frac{0.05}{1000}$ 。

线性误差：每一米行程为 0.02mm；

全部行程为 0.04mm。

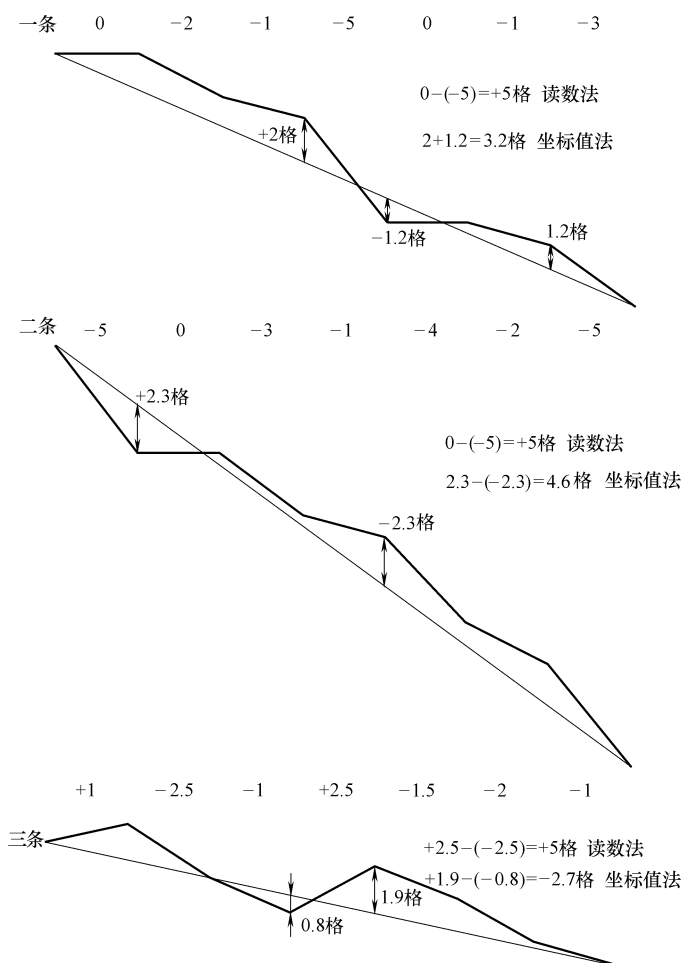


图 3-13 坐标曲线

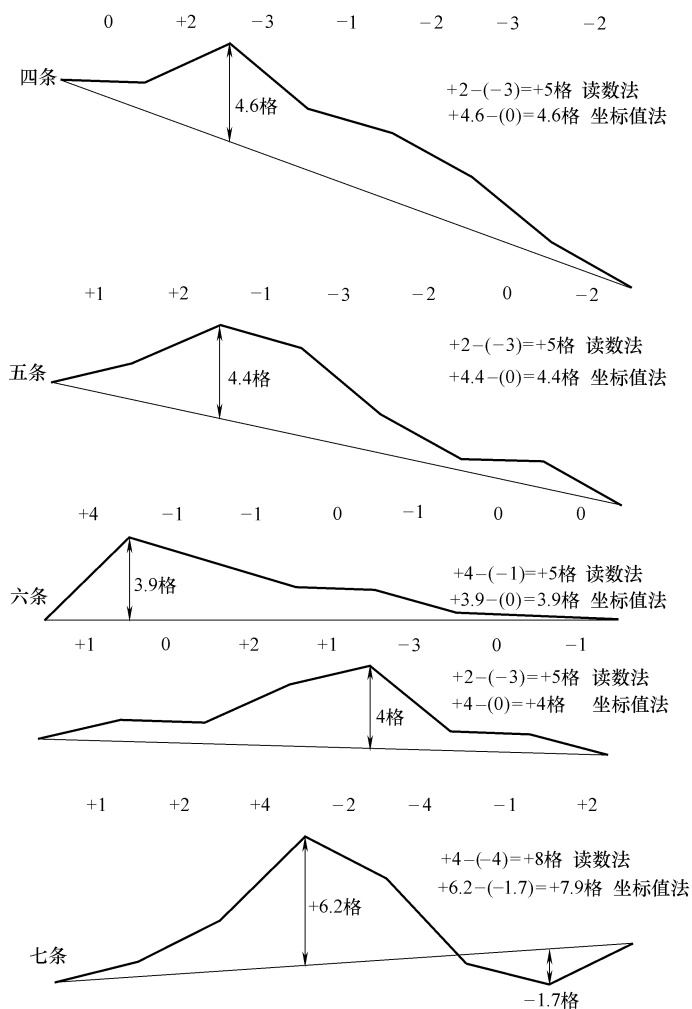


图 3-13 坐标曲线 (续一)

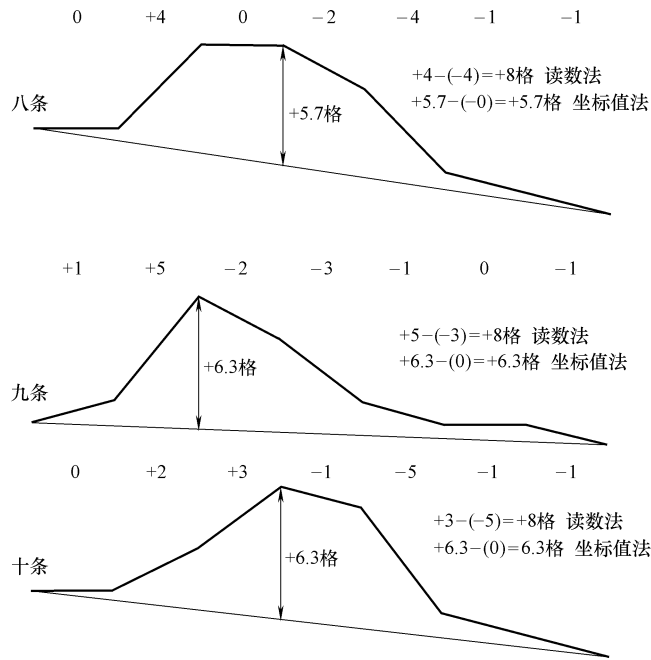


图 3-13 坐标曲线（续二）

如图 3-14 所示，将水平仪测量出来的数值：+1、+2、-1、-3、+2、+1、+2 绘出图 3-14 的曲线图 o 、 a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 、 g 。

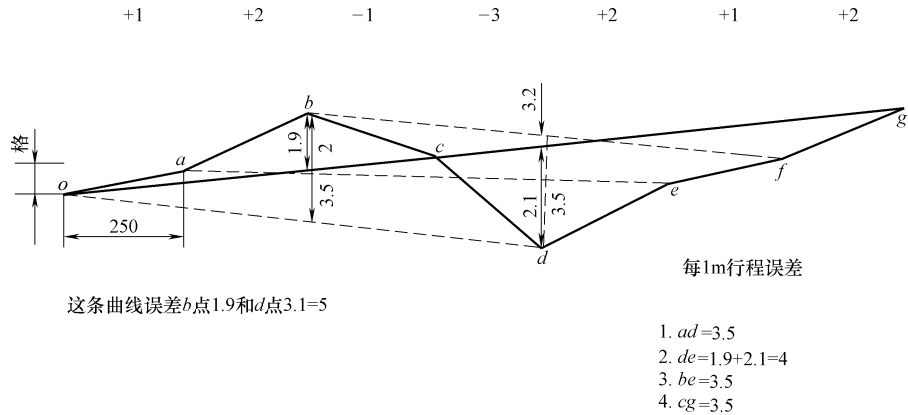


图 3-14

水平仪垫铁长为 250mm

从图 3-14 找出每 1m 行程的误差值。

- ① od 为 1m, 误差 3.5 格;
- ② ae 为 1m, 误差 1.4 格 + 1.9 格 = 4 格;
- ③ bf 为 1m, 误差 3.5 格;
- ④ cg 为 1m, 误差 3.5 格;
- ⑤ og 为全长误差 1.9 + 3.1 = 5 格。

从上述得出的格数换成角度值和线性值如下:

角度值:

$$\textcircled{1}od = 5 \text{ 格} = 5 \times \frac{0.02}{1000} = \frac{0.1}{1000};$$

$$\textcircled{2}ae = 4 \text{ 格} = 4 \times \frac{0.02}{1000} = \frac{0.08}{1000};$$

$$\textcircled{3}bf = 3.5 \text{ 格} = 3.5 \times \frac{0.02}{1000} = \frac{0.07}{1000};$$

$$\textcircled{4}cg = 3.5 \text{ 格} = 3.5 \times \frac{0.02}{1000} = \frac{0.07}{1000};$$

$$\textcircled{5}og = 5 \text{ 格} = 5 \times \frac{0.02}{1000} = \frac{0.1}{1000}。$$

线性值:

$$\textcircled{1}od = 5 \text{ 格} = 5 \times 0.005\text{mm} = 0.025\text{mm};$$

$$\textcircled{2}ae = 4 \text{ 格} = 4 \times 0.005\text{mm} = 0.02\text{mm};$$

$$\textcircled{3}bf = 3.5 \text{ 格} = 3.5 \times 0.005\text{mm} = 0.0175\text{mm};$$

$$\textcircled{4}cg = 3.5 \text{ 格} = 3.5 \times 0.005\text{mm} = 0.0175\text{mm};$$

$$\textcircled{5}og = 5 \text{ 格} = 5 \times 0.005\text{mm} = 0.025\text{mm}。$$

像这样的每 1m 行程还可作很多条。

按标准规定的允差值, 每 1m 行程和全长行程都应合格。每 1m 行程不合格、而全长行程合格是不行的, 而每 1m 行程合格, 全长行程不合格也不行。应该每一米和全长都合格才算合格。

水平仪测量机床导轨直线度用画图方法是从 20 世纪 60 年代初精密机床修理中苏联专家提出来的, 但他选择的误差值是错误的, 如图 3-15 所示。

这条曲线的误差值是 db 还是 dc 。当时苏联专家选择 db (d 点是这条曲线的最高点, db 是垂直于 Of 的连线) 为直线度误差值。

应该选择 dc 为误差值, 才是正确的。

因为:

- ①从图看, OG 为机床导轨的长度, 而曲线的两端连线为 Of , $Of > OG$ (机床

导轨的长度是固定的, 而 Of 连线与 x 轴产生了一个 α 角度, 三角开 OGf , Of 为斜线)。所以 dc 为误差值是正确的。

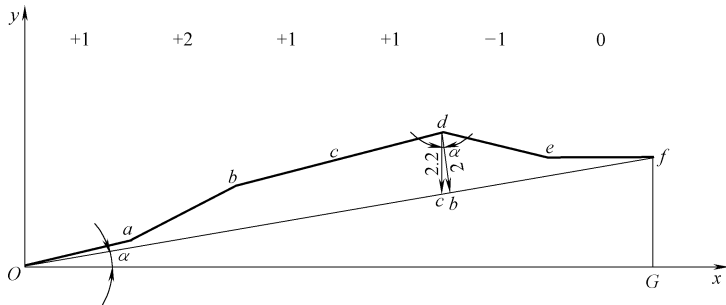


图 3-15 用水平仪测量导轨误差值

②从几何角度来看, $\triangle OGf$ 、 $\triangle dbc$ 都为直角三角形。 $\triangle OGf$ 、 $\triangle dbc$ 为相似三角形, 相似三角形对应边成比例。所以 dc 为误差值是正确的。

③用实例说明选择 dc 为误差值是正确的。

在图 3-15 中每个数值加“2”得

$(+1) + 2 = +3$ 、 $(+2) + 2 = +4$ 、 $(+1) + 2 = +3$ 、
 $(+1) + 2 = +3$ 、 $(-1) + 2 = +1$ 、 $0 + 2 = +2$ 。

根据加“2”后的数值, 画出图 3-16 曲线图。

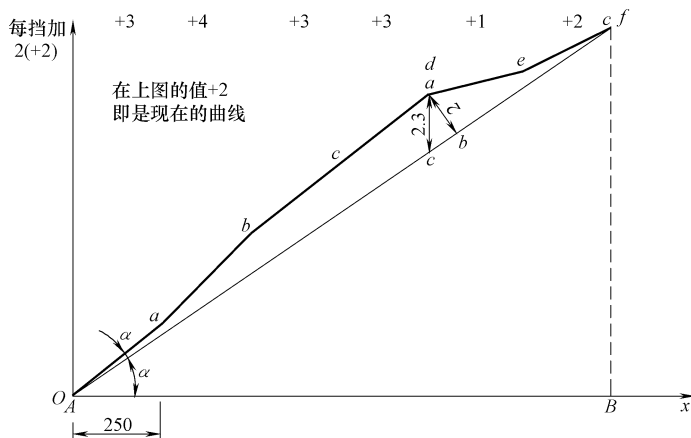


图 3-16 加“2”后绘出的曲线图

从图 3-15、图 3-16 看这两条曲线相似, 图 3-16 的曲线两端连线与 x 轴的夹角, 比图 3-15 大, 连线也长, 但是 ac 线相等, ac 线值就是坐标值, 所以这条曲线叫做坐标曲线。

从上述三方面解释，误差值为坐标值。

20 世纪 70 年代初，又有人提出用包容线法确定直线度误差值。

用包容线法只能用于图 3-17 的凸曲线，和图 3-18 的凹曲线，对于 S 曲线就行不通了（见图 3-19）。

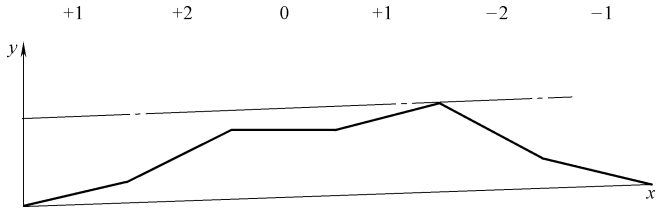


图 3-17 凸曲线

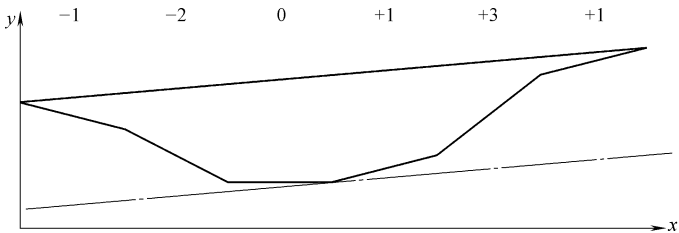


图 3-18 凹曲线

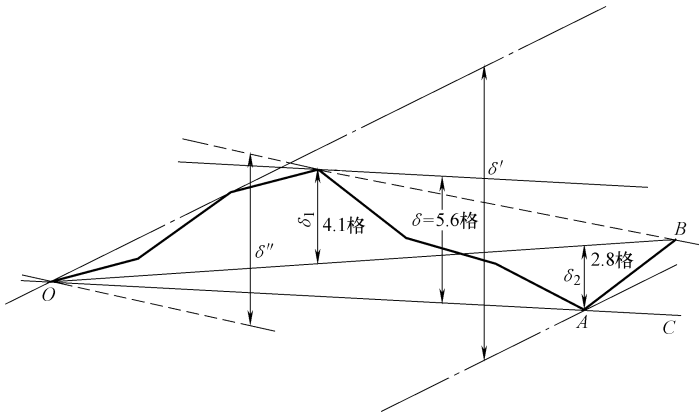


图 3-19 S 曲线

包容线法的详细情况在此不再介绍。

如图 3-19 所示的包容线误差 $\delta = 5.6$ 格，机床导轨长度是 OC ，而包容线误差值长 OA 。 AC 长度到哪里去了。包容线的误差值为 $\delta = 5.6$ 格，正常画法的误

差值是 $\delta_1 + \delta_2 = (4.1 + 2.8)$ 格 $= 6.9$ 格, 两者之间差 $(6.9 - 5.6)$ 格 $= 1.3$ 格。标准规定允差为 6 格, 如果用包容线法它是合格的, 如果用正常法, 它就是不合格的。用包容线法, 就降低了机床的精度, 对用户不利。因此, 表 2-2、图 2-23 已介绍过包容线法 (计算法) 是错误的。

(8) 钢丝与显微镜 在平面导轨与 V 形导轨上安放一个带有刻线的读数显微镜的 V 形铁或过桥, 在导轨两端各固定一小滑轮, 两滑轮上放一根两端挂有重锤、直径为 0.1mm 的钢丝, 并被拉紧, 然后调整钢丝两端使之与显微镜的刻线重合, 如图 3-20 所示。然后移动 V 形铁或过桥, 并记录显微镜刻线变化的读数, 读数值即为误差值。

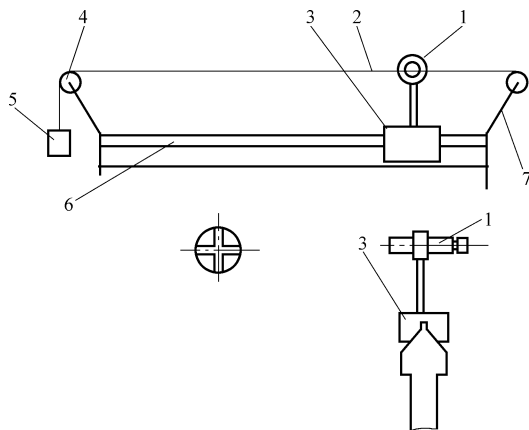


图 3-20 钢丝与显微镜法

1—读数镜头 2—钢丝 3—V 形角规 4—滑轮 5—重锤 6—机床导轨 7—支架

这种方法适用于中、大型机床。它的误差包括钢丝绳挠度误差在内。

在测量过程中, 应防止钢丝绳移动或振动, 否则会影响测量精度。

(9) 光学法 光学法是一种用自准式平行光管的原理来测量机床导轨直线度的仪器。比一般水准仪器的精度为高。一般有平行光管、平面度检查仪, 光电自准仪等仪器。这种仪器适用于精密机床和大型机床的导轨测量。这些仪器的测量方法是相同的。

1) 用平面度检查仪测量机床导轨直线度的方法。

仪器的主体放置在被测量导轨的前方支架上, 如图 3-21 所示。调整仪器主体处于水平状态。反射镜固定在 V 形铁上, 同样使反射镜也处于水平状态 (即反射镜平面与水平面处于垂直状态)。这时, 轻微转动反射镜, 使反射镜反射光回到主体内的 “+” 字光镜中一定的位置, 并记下此刻度手轮上的刻度值。然后, 分段移动 V 形垫铁, 记下刻度手轮的刻度数值, 经过计算, 见表 3-1, 按表内积累误差一栏的数值, 画出运动曲线图, 如图 3-22 所示。

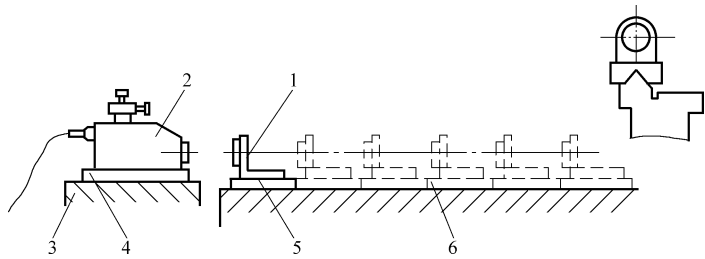


图 3-21 光学法

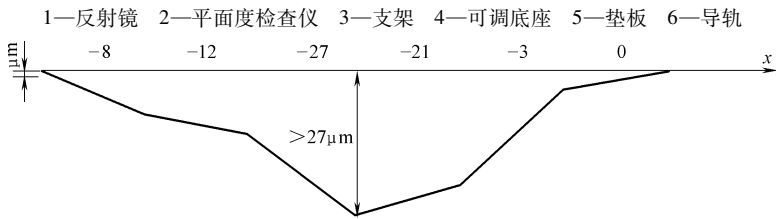


图 3-22 导轨运动曲线

表 3-1 积累误差 (单位: μm)

距离每隔 200mm 测量读数	26	30	19	40	52	37
算术平均值	$204/6 = 34$					
相对偏差	$26 - 34$ $= -8$	$30 - 34$ $= -4$	$19 - 34$ $= -15$	$40 - 34$ $= +6$	$52 - 34$ $= +18$	$37 - 34$ $= +3$
积累误差	-8	$-8 + (-4)$ $= -12$	$-12 + (-15)$ $= -27$	$-27 + 6$ $= -21$	$-21 + 18$ $= -3$	$-3 + 3$ $= 0$

从上文可以看出，不画曲线图，查表 3-1 内的积累误差值，也可以知道导轨的情况。

2) 水平面内的直线度 被测量的表面与水平面相交所形成的交线，在 x 方向与 y 轴所包容的最大坐标值。如图 3-23 所示。

例如火车轨道的左、右拐弯。但只有是两个平面所组成的导轨（即 V 形导轨），才存在水平平面内的直线度。平面导轨则不存在水平平面内的直线度。

水平面内直线度的测量方法：

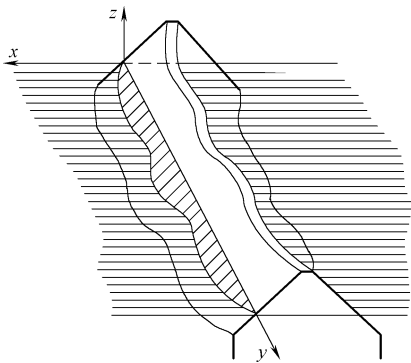


图 3-23 水平面内的直线度

①调整法:

a. 检验平尺纵放在床身 V 形导轨旁, V 形导轨上放置一带指示表的 V 形铁, 指示表触头触及平尺两端 a 、 b 。调整平尺 a 、 b 端与 V 形导轨平行, 如图 3-24 所示。移动 V 形铁, 指示表触头在平尺表面滑过, 指示表的读数差即为导轨的直线度误差。

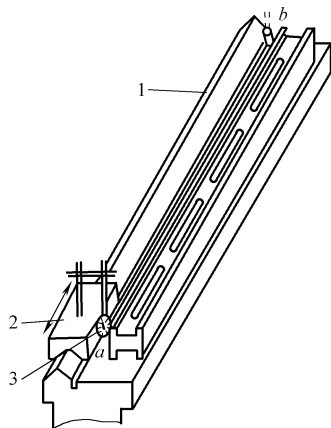


图 3-24 用检验平尺测量水平面内的直线度

1—工字平尺 2—V 形铁 3—指示表

b. 用圆柱检验芯棒进行测量。用芯棒进行测量时, 圆柱检验芯棒用两块 V 形铁支承在 V 形导轨旁。首先调整圆柱检验芯棒上母线与 V 形导轨等高, 如图 3-25 所示。然后使指示表触头触及圆柱检验芯棒侧母线 (两端 a 、 b 处), 调整 a 、 b 使之与 V 形导轨一致, 移动 V 形铁、指示表触头在圆柱检验芯棒侧母线滑动, 指示表指针的读数差, 即为导轨的直线度误差。

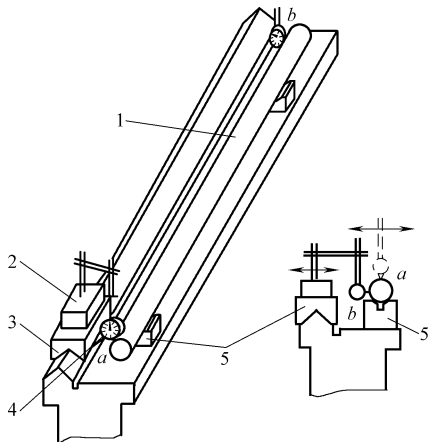


图 3-25 用圆柱芯棒测量水平面内的直线度

1—圆柱芯棒 2—指示表架 3—V 形架 4—指示表 5—2 个等高 V 形架

此种方法, 广泛运用于机床的修理之中, 但限于 1500mm 以内的机床导轨。

②钢丝与显微镜: 钢丝与显微镜配合, 可以用来测量 V 形导轨垂直平面内的直线度和水平面内的直线度。前面已介绍了用钢丝和显微镜测量 V 形导轨在垂直面内的直线度的方法, 水平面内直线度的测量方法与垂直面内直线度的方法

相同,不同之处只是将显微镜镜头竖立起来,放在钢丝上方,如图 3-26 所示。

注意:在测量过程中,应防止空气流动(即不要有风),否则会因钢丝产生摆动而影响测量精度。

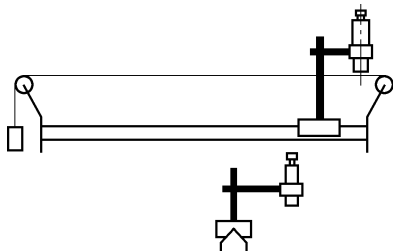


图 3-26 钢丝与显微镜法
测量水平面内直线度

③光学法:光学仪器不但可以测量 V 形导轨在垂直面内的直线度,而且还可以测量 V 形导轨水平面内的直线度。前面已介绍了用平面度检查仪测量 V 形导轨在垂直面内的直线度的方法,现在同样可以用平面度检查仪测量水平面内的直线度,测量方法也相同,不同之处是将分划板转动 90° 。读数和画运动曲线的方法与前相同,在此不再重复介绍。

3-2 什么是平面度?

答:平面度是平面的机械部分表面对理想平面的偏差。

平面度的测量方法有下列几种。

(1)信封式透光法 这种方法与测量直线度的方法相同,所用的工具也一样。

测量平面时,必须在几个方向进行测量,如图 3-27 所示。

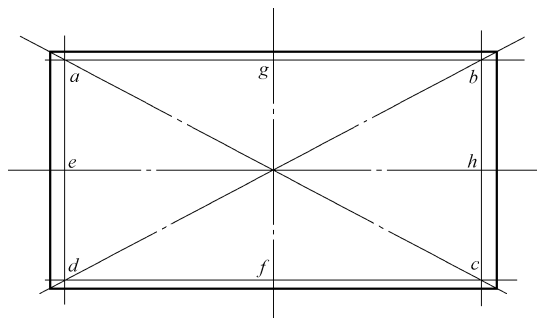


图 3-27 信封式透光法测量平面度

测量步骤:首先从对角线开始 $a-c$; $d-b$; $e-h$; $f-g$; $a-d$; $c-b$; $a-b$; $d-c$ 。

这种方法同样得不出误差值。

(2)信封式研点法

1) 研点法。被测量的平面放在一标准平板的平面上,在被测量的平面上涂

一层很薄的红丹粉，被测量工作作短距离的移动（见图 3-28），观察其表面的接触点是否均匀。

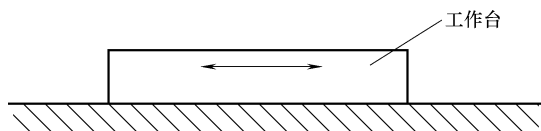


图 3-28 研点法测量平面度

这种方法在机床修理中应用比较广泛，但由于摩擦力的关系，它不用来测量大零件，如平板最大仅为 750mm、1000mm。

2) 信封式研点法 这种方法和测量垂直面内直线度的方法相同，配研步骤与上述透光法一致，但它测量的平板最大可达 1000mm × 1500mm。

这种信封式研点方法可对各种大、小平面进行测量。堵塞法、混合法、水平仪、光学法也可用来测量平面的误差。

(3) 研点法 同一标准平板对机床工作台面进行配研。工作台面涂上薄薄一层红丹粉，标准平板放在工作面上（标准平板比工作台面稍微大一些），作短距离的来回移动，然后观察工作台平面接触点分布情况是否均匀（见图 3-29）。

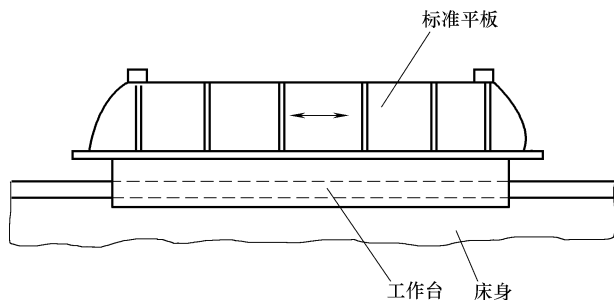


图 3-29 研点法测量工作台面平面度

(4) 水平仪测量法 用水平仪测量工作台平面的平面度是最好的仪器，主要是水平仪价格比较便宜，操作也比较方便，不像光电准直仪价格昂贵，操作也比较麻烦。水平仪测量出来的误差值也很高。

水平仪测量平面的平面度的方法有：信封式测量法、三点法和四点法，下面主要介绍三点法。

1) 水平仪按图 3-30 所示进行测量，将测量结果记录在表 3-2、3-3 中。

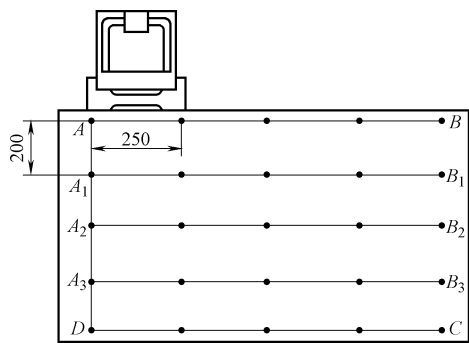


图 3-30 水平仪测量平面的平面度

- 2) 将表 3-2 内的数值格值换算成微米值。水平仪读数为 0.02/1000，水平仪垫长为 250mm，所以水平仪一格值为 0.005mm，填在表 3-3 内。
- 3) 将表 3-3 内的数值，用叠加法记录在表 3-4 内。
- 4) 根据表 3-4、表 3-5 绘制图 3-31。

表 3-2 (单位：格)

	0	1	2	3	4	
A	0	-0.5	-0.5	+1.5	+1.5	B
A ₁	-1	-1	-1	+2.5	+2	B ₁
A ₂	-1.5	-0.5	0	+2	+1.5	B ₂
A ₃	+2.5	+2.5	-0.5	+1.5	+2.5	B ₃
D	+2	-2	-0.5	+1	+2	C

表 3-3 (单位：μm)

	0	1	2	3	4	
A	0	-2.5	-2.5	+7.5	+7.5	B
A ₁	-4	-5	-5	+12.5	+10	B ₁
A ₂	-6	-2.5	0	+10	+7.5	B ₂
A ₃	+10	-7.5	-2.5	+7.5	+12.5	B ₃
D	+8	-10	-2.5	+5	+10	C

表 3-4 (单位: μm)

	0	1	2	3	4	
A	0	-2	-5	+2.5	+10	B
A ₁	-4	-9	-14	-1.6	+8.5	B ₁
A ₂	-10	-12.5	+12.5	-2.5	+5	B ₂
A ₃	0	-7.5	-10	-2.5	+10	B ₃
D	+8	-2	-0.5	+0.5	+10.5	C

表 3-5 (单位: μm)

	0	1	2	3	4	
A	0	-5	-10	-5	0	B
A ₁	-6	-13.5	-21	-11	-3.5	B ₁
A ₂	-14	-19	-21.5	-14	-9	B ₂
A ₃	-6	-16	-21	-16	-6	B ₃
D	0	-12.5	-17	-15	-7.5	C

图 3-31 的绘制方法:

首先画 AD 曲线, 使之 AD 为零 (A、A₁、A₂、A₃、O), 再画 AB 曲线, 使 A、B 为零。

画曲线 A₁B₁、A₂B₂、A₃B₃、DC 前, 知道 AD 曲线的情况, A 点为零, D 点为 +8, 也就是说 D 点比 A 点高出 +8 μm , AD 不平行 x 轴。

为了使 AB、A₁B₁、A₂B₂、A₃B₃、DC 五条连线处于同一水平面, 按下列方法进行调整:

- ①A₁B₁ 连线上方 +2 μm , 画一条平行于 A₁B₁ 的平行线;
- ②A₂B₂ 连线上方 +4 μm , 画一条平行于 A₂B₂ 的平行线;
- ③A₃B₃ 连线上方 +6 μm , 画一条平行于 A₃B₃ 的平行线;
- ④DC 连线上方 +8 μm , 画一条平行于 DC 的平行线。

这样各点与平行线的坐标距离就是这点的误差值。将各点的误差值记录在表 3-5 内。

从表 3-5 中的数值, 找出误差的最大值 -24.5 μm 。 -24.5 μm 就是工作台面的平面度误差, 同时还知道了工作台面是中间凹的, 因为误差是以负值出现的。如以 +24.5 μm 出现, 该平面就是中间凸。

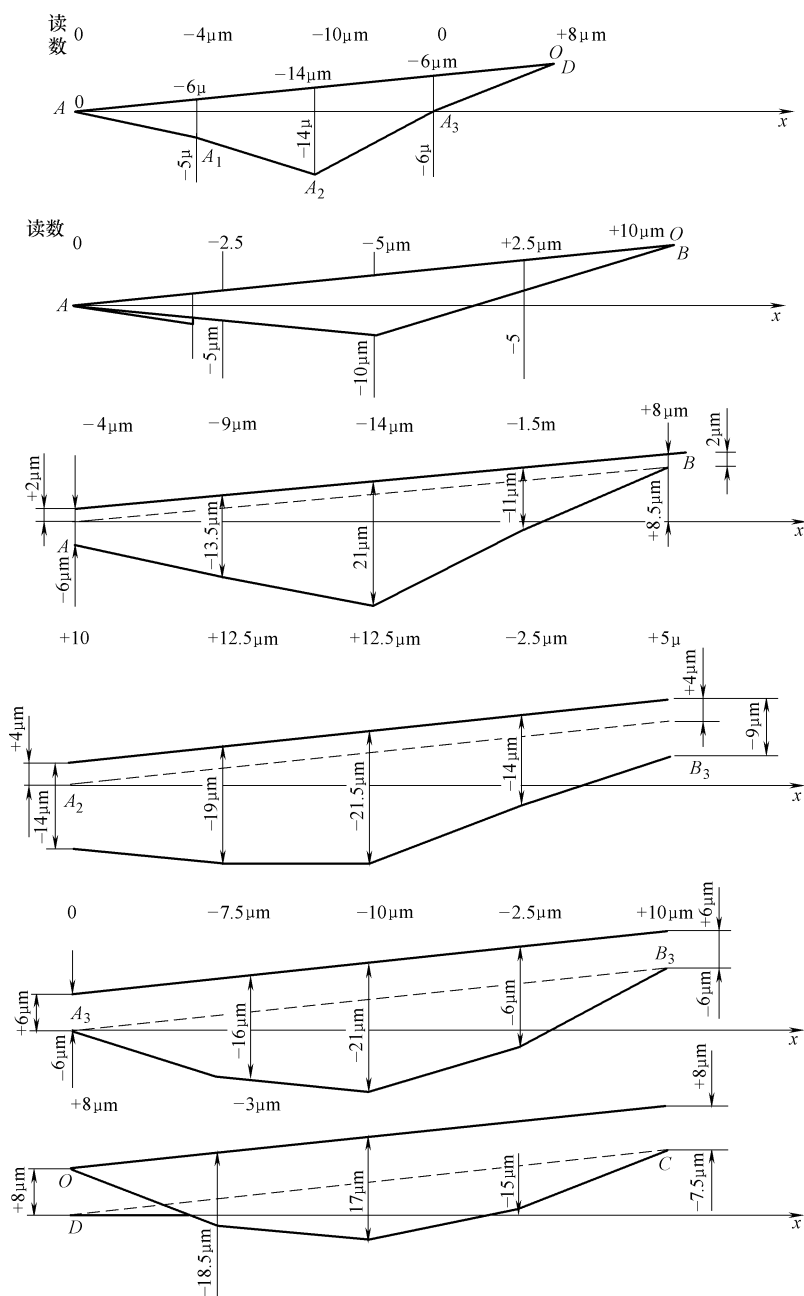


图 3-31 坐标曲线图

3-3 什么是平行度？平行度的测量方法有哪些？

答：互为平行的机械部分或运动对平面的偏差就是平行度。

1. 平行度的测量方法

(1) 水平仪法 用水平仪通过专用过桥或可调式过桥可以测量两平面导轨（见图 3-32），两 V 形导轨（凹）如图 3-33 所示，一个平面导轨、一个 V 形导轨（见图 3-34），两个凸 V 形导轨（见图 3-35），一个凸 V 形导轨、一个平面导轨（见图 3-36）的平行度。

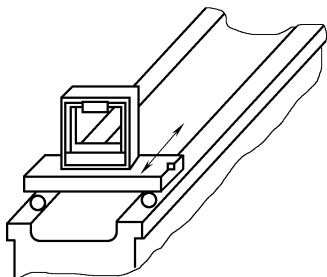


图 3-32 用水平仪测量两平面导轨平行度

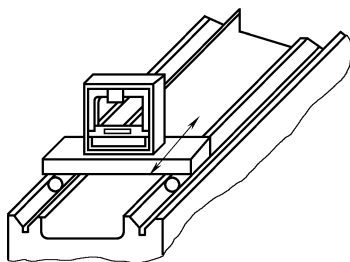


图 3-33 用水平仪测量两 V 形导轨平行度

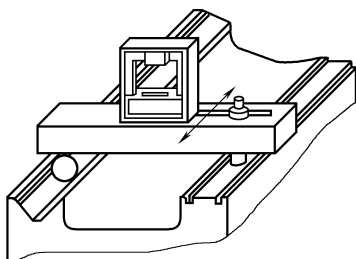


图 3-34 两个凹 V 形导轨的平行度测量

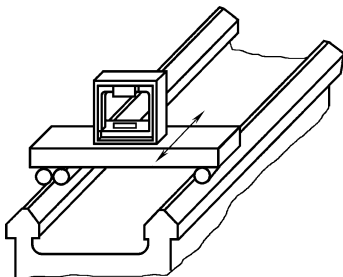


图 3-35 两个凸 V 形导轨平行度的测量

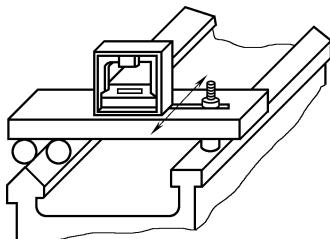


图 3-36 一个凸 V 形导轨与平面导轨平行度的测量

误差为水平仪两极限值的代数差。

这种方法应用很广，尤其是在大型机床导轨测量中是不可缺少的。

两轴中心线的平行度也可用水平仪进行测量。图 3-37 为两轴在垂直平面内

的平行度的测量方法，它通过过桥板用水平仪进行测量。

图 3-38 为两轴在水平面内的平行度的测量方法。它通过角度弯尺用条形水平仪进行测量。

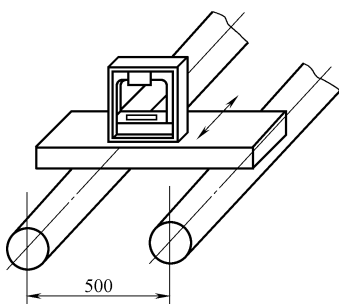


图 3-37 两轴垂直面的平行度测量

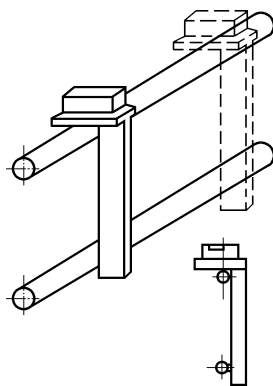


图 3-38 两轴水平面内平行度的测量

注意：用水平仪测量的结果应通换算才能得出误差值。因为，水平仪读数值为角度值。经过换算，将角度值换算为线性值。

换算的方法看图 3-37。两轴的中心线距离为 500mm，用 0.02/1000 的水平仪，水泡移动一格，线性值是： $\frac{0.02}{1000} \times 500\text{mm} = 0.01\text{mm}$ 。

(2) 指示表混合法 这种方法是用指示表，通过各种游标万能角度尺进行测量。如图 3-39a ~ d 所示。这种方法用于小型机床导轨的测量。

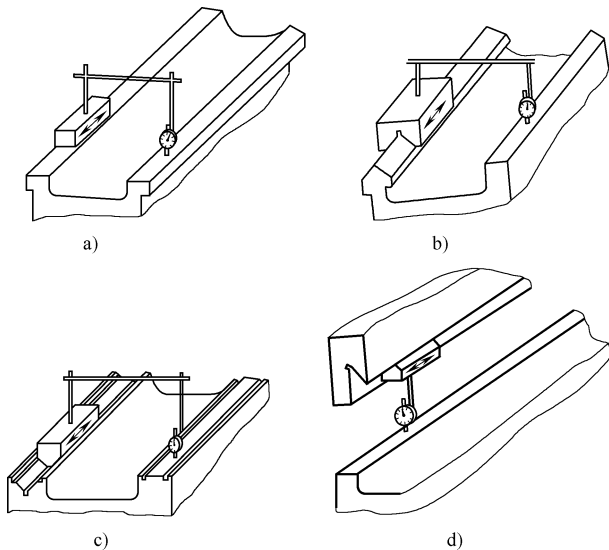


图 3-39 指示表混合法

1) 一个 V 形导轨和一个平面导轨组成的机床床身导轨。它只能测量垂直平面内的平行度。如图 3-39a ~ d 所示。

2) 如果是两个 V 形导轨组成的床身导轨，它既有垂直平面内的平行度，同时也有水平平面内的平行度。这两个平行度都应进行测量，其方法是用两个 V 形铁和指示表进行，如图 3-40a、b 所示。这种方法适用于小型机床。

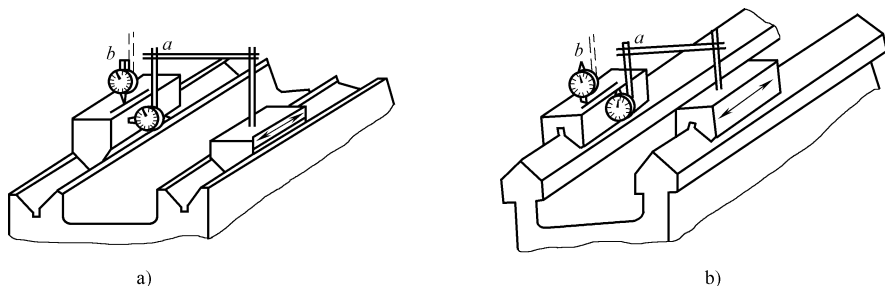


图 3-40 两个 V 形导轨平行度的测量

这种方法同时可以测量垂直平面内平行度和水平面内的平行度。如果用于大型机床导轨的测量，则由于表杆过长，在 V 形架移动时，表杆会产生颤动，影响测量的精度。

图 3-41 为机床滑板，它的两导轨跨距不大，用表架（V 形铁）测量是可行的。

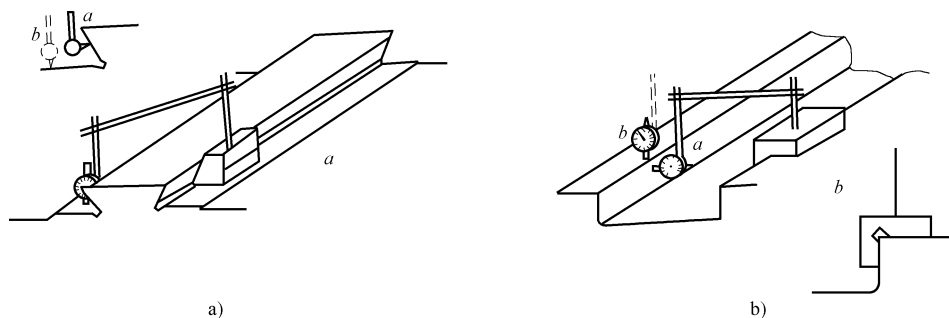


图 3-41 机床滑板平行度的测量

3) 有的借助于机床本身的部件进行测量，图 3-42 为利用滑板测量 V 形导轨对齿条用床身平面平行度的方法。又如图 3-43 为利用车床滑板测量床身 V 形导轨对尾座用床身 V 形导轨的平行度的方法。测量方法：指示表安放在车床的滑板上，指示表触头触及尾座套筒的上母线和侧母线，移动滑板带动尾座一起前进，指示表指针的变化值，即为滑板用床身导轨对尾座用床身导轨的平行度误差。

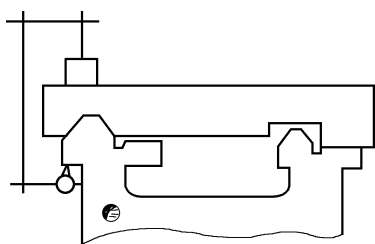


图 3-42 利用滑板测量 V 形导轨与齿条用床身平面平行度

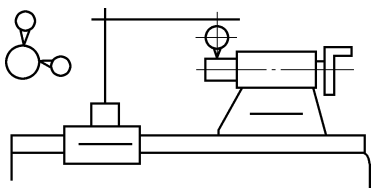


图 3-43 利用车床测量床身 V 形导轨与尾座用 V 形导轨平行度

4) 主轴箱主轴锥孔中心线对工作台台面的平行度的测量。

①主轴锥孔中紧密插入一根带指示表的检验棒，工作台台面上放一弯尺，指示表触头触及弯尺表面，调整弯尺左、右位置，然后观察指示表指针在上下 a 、 b 点的偏差，偏差值就是主轴中心线对工作台台面的平行度误差。如图 3-44 所示。

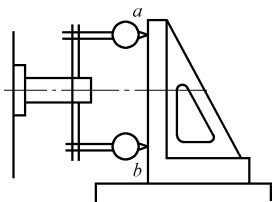


图 3-44 用弯尺测量

②主轴锥孔中紧密插入一根检验芯棒，带指示表的表座放在滑板上平面上指示表触头触及检验芯棒上母线，图 3-45 所示。移动指示表座，指示表指针变化值的极限代数差，就是工作台台面对主轴中心线的平行度误差。

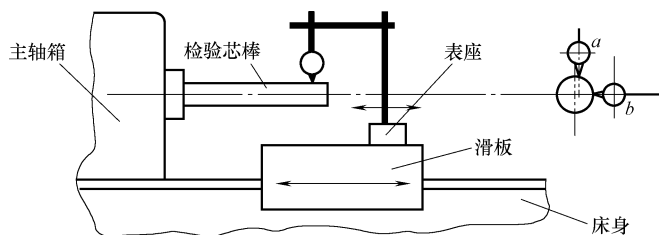


图 3-45 用拖板测量

(注意：用指示表触头找检验棒上 a 母线的最高点)。

③指示表不动，移动滑板（见图 3-45）。指示表触头触及检验棒上母线 a 和检验棒侧母线 b 。移动滑板，指示表指针变化值的极限代数差，就是滑板移动对主轴中心线的平行度误差。

5) 工作台移动对工作台台面的平行度的测量（见图 3-46）。

以磨床为例，指示表固定在砂轮架上，触头触及工作台工作面，移动工作台

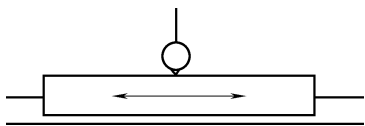


图 3-46 工作台移动时平行度的测量

即能测量出平行度误差。

这种方法用得很广，如龙门铣床、龙门刨床、龙门磨床、铣床等。

6) 以车床为例，图 3-47 为测量床头主轴箱主轴中心线与尾座套筒中心线对床身导轨的平行度的测量方法。指示表固定在滑板上，主轴与尾座之间顶住一根圆柱形检验芯棒，指示表触头触及芯棒母线。首先测量上母线，后测量侧母线。指示表指针变化的极限代数差即为平行度误差。

7) 图 3-48 所示为立式铣床主轴箱。主轴箱上下移动对主轴锥孔中心线的平行度（即主轴锥孔中心线对主轴箱底平面的平行度的测量方法）。

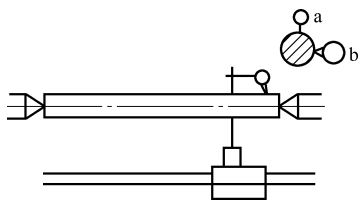


图 3-47 测量导轨平行度的测量方法

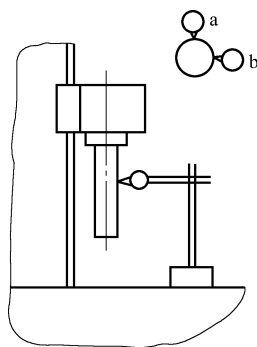


图 3-48 立式铣床主轴箱

主轴锥孔中紧密插入一根检验棒，指示表固定在工作台上，触头触及芯棒的两侧面母线，上下移动主轴箱，指示表指针变化值的极限代数差即为平行度误差。

8) 图 3-49 是用指示表和 V 形铁测量两孔中心线的平行度的方法。

(3) 千分尺混合法 千分尺是测量机床导轨平行度的一种很好的量具，它主要测量短距离的两平面和两 V 形导轨的平行度。这种方法也是修理中常用的方法。

①图 3-50 为铣床升降台 90°平面导轨，可直接用千分尺测量两平面的平行度。

②图 3-51 为常见的结构，如车床的床鞍、小滑板导轨。

在燕尾导轨中放两根短圆柱检验芯棒，用千分尺分段进行测量。

③图 3-52 为一个 V 形导轨和一个平面导轨。V 形槽内放一短圆柱检验芯棒，用千分尺进行测量。用千分尺测量方便，精度达到千分之几。

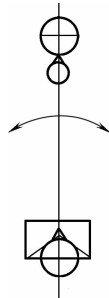


图 3-49 测量两孔中心线

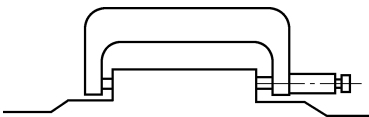


图 3-50 用千分尺测量平行度



图 3-51 用两根短圆柱检验芯棒
和千分尺分段测量

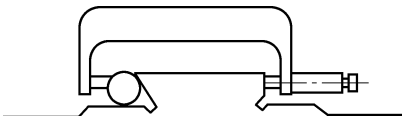


图 3-52 放一短圆柱检验芯棒和千分尺测量

2. 举例说明测量机床导轨的平行度

1) 图 3-53 为车床床身床鞍用导轨（一个是凸形导轨，一个是平面导轨）的平行度测量，凸形导轨上放一根凹形工字平尺（或凹形短垫铁），带指示表的表座放在平面导轨上，移动表座，指示表指针变化值的极限代数差值，即为误差值。

2) 图 3-54 为磨床床身凹形导轨和平面导轨。凹形导轨上放一凸形工字平尺，平面导轨上放一带指示表的表座，指示表触头触及凸形工字平尺上平面，移动指示表座，指针变化值的极限代数差值，即为误差值。

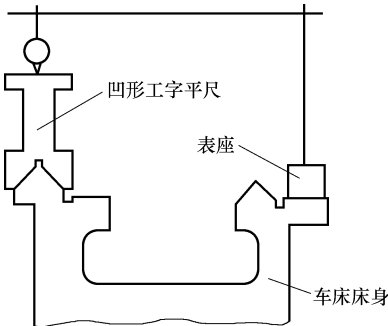


图 3-53 车床床身床鞍用导轨的
平行度测量（放凹形工字平尺）

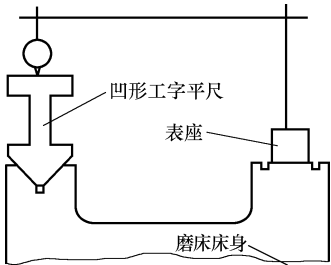


图 3-54 放凸形工字平尺测量法

3-4 什么是垂直度？垂直度的测量方法有哪些？

答：垂直度是指应互相垂直的机械部分或运动对垂直的偏差。

垂直度的测量方法：

(1) 透光法 用一方尺或弯尺紧靠在被测量的平面 *A*、*B* 上，如图 3-55、3-56 所示，在强光下看透光程度。

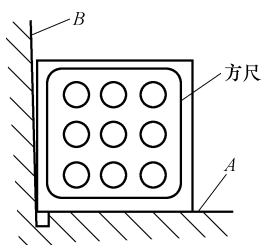


图 3-55 用方尺测量垂直度

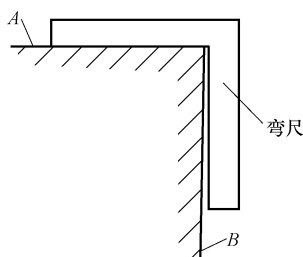


图 3-56 用直角尺测量垂直度

(2) 堵塞法 用方尺或弯尺进行。方尺和弯尺紧靠在被测量的平面 A 、 B 上，然后用塞尺插入有缝隙的地方。如图 3-57、图 3-58 所示。

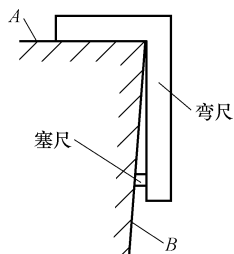


图 3-57 用直角尺测量垂直度

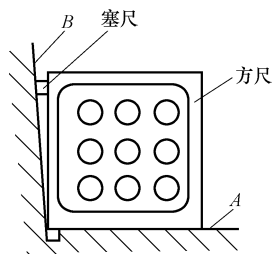


图 3-58 用方尺测量垂直度

(3) 水平仪法 首先将矩形水平仪安放在被测量的平面 A 上，记录下水泡的位置，然后，将水平仪紧靠在被测量的平面 B 上，再观察水泡的位置值（见图 3-59），两位置的水泡差，即为平面 A 与平面 B 的垂直度误差。

这种方法应用很广，一般常用于大型机床，如龙门铣床、龙门刨床、龙门磨床、卧式镗床等的工作台面与立柱导轨的垂直度测量。

(4) 混合法 这种方法是通过方尺或弯尺、游标万能角度尺和指示表共同进行。

1) 被测量的平面 B 紧贴一块方尺或弯尺，带指示表的表座安放在被测量的平面 A 上，指示表触头触及方尺 a 表面，移动指示表座，指示表指针的变化值，即为垂直度误差，如图 3-60 所示。

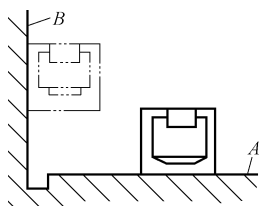


图 3-59 框形水平仪测垂直度

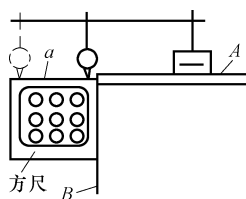


图 3-60 方尺或弯尺测量垂直度

2) 图 3-61 为测量床鞍燕尾导轨对 V 形导轨垂直度的示意图。用方尺或弯尺、游标万能角度尺及指示表进行。

方尺安放在床身导轨上, 指示表固定在床鞍上, 指示表触头触及方尺的 a 平面, 往返移动床鞍, 调整方尺, 使 a 面与床身 V 形导轨平行。然后, 床鞍燕尾导轨紧贴游标万能角度尺, 其指示表触头触及方尺 b 平面, 移动游标万能角度尺, 指示表指针变化值的极限代数差值, 就是床鞍燕尾导轨对 V 形导轨的垂直度误差。

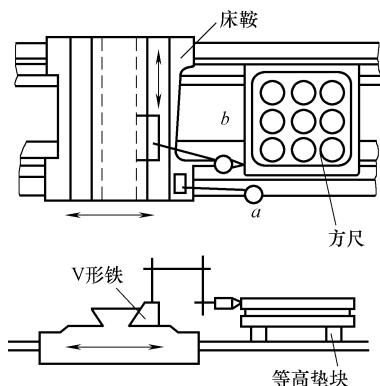


图 3-61 方尺、游标万能角度尺测垂直度

3) 图 3-62 为磨床砂轮架移动对工作台移动的垂直度测量、测量方法与上述相同。

这种方法常用于机床大修理中几何精度的测量。例如坐标镗床工作台纵、横向的垂直度测量。

4) 图 3-63 为测量支承孔中心线对圆导轨面的垂直度 (T4163 坐标镗床及有关所有的坐标镗床的水平分度盘和万能分度盘的结构)。

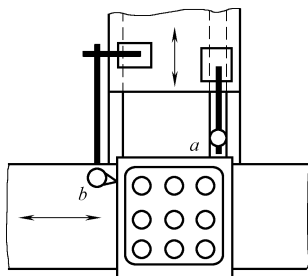


图 3-62 测量磨床砂轮架与工作台垂直度

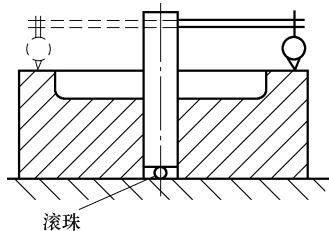


图 3-63 利用滚珠支承测量支承孔中心线对圆导轨面的垂直度

被测量的工件安放在平板上, 支承孔中紧密插入一根圆柱检验芯棒, 检验芯棒下端中心孔放一个滚珠支承。检验芯棒上端装一根刚性较好的带指示表的表杆, 指示表的触头触及圆导轨表面, 旋转芯棒, 指示表指针变化值的极限代数差值即为垂直度误差。

5) 主轴锥孔中紧密插入一根带指示表的检验芯棒, 如图 3-64 所示, 指示表触头触及工作台面, 回转主轴, 指示表指针 $a-a'$ 、 $b-b'$ 位置变化值的极限代数差值即为垂直度误差。

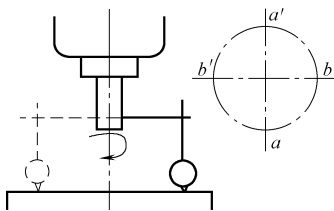


图 3-64 测主轴锥孔垂直度

6) 主轴回转中心线对 A 、 B 平面的垂直度。

主轴锥孔中紧密地插一根带指示表的检验芯棒，指示表触头触及 A 、 B 平面上的量块表面，回转主轴，如图 3-65 所示。指示表指针变化值的极限代数差值即为垂直度误差。

7) 主轴回转中心线对床头中心线与尾座套筒中心线的垂直度。

床头主轴锥孔和尾座套筒锥孔中各紧密插入一顶尖，两顶尖之间顶住一根圆柱检验棒，如图 3-66 所示。主轴锥孔中紧密插入一根带指示表及表杆的检验芯棒，指示表的触头触及圆柱检验芯棒侧母线，回转主轴，指示表指针变化值的极限代数差值，即为垂直度误差。

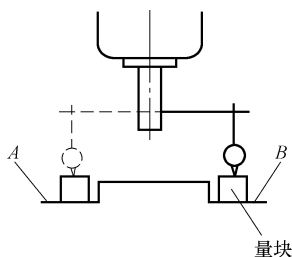


图 3-65 主轴回转中心线
对 A 、 B 平面的垂直度的测量

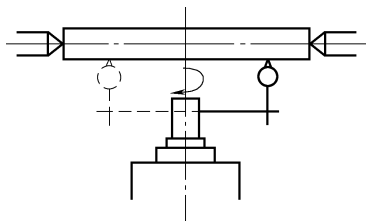


图 3-66 主轴回转中心线对床头
中心线与尾座套筒中心线的垂直度测量

8) 车床床鞍燕尾导轨对床头主轴箱主轴锥孔中心线和尾座套筒锥孔中心线的垂直度。

床头主轴锥孔和尾座套筒锥孔中各插一个顶尖，两顶尖间顶住一根圆柱检验芯棒，使圆柱检验棒侧母线紧靠一个弯尺或方尺，燕尾导轨中放置一个带指示表的 V 形铁，指示表触头触及弯尺另一平面 a ，移动 V 形铁（见图 3-67）。指示表指针变化值的极限代数差值就是垂直度误差。

9) 主轴回转中心线对工作台 T 形槽侧面的垂直度。

主锥孔中紧密插入一根带指示表的检验芯棒，工作台上的 T 形槽侧面紧靠一个 T 形铁或 Γ 形铁（ T 形铁或 Γ 形铁两平面应平行）。指示表触头触及 T 形铁或 Γ 形铁表面，如图 3-68 所示。主轴转动 180° 进行测量 A 、 B 位置，指示表指针变化值的极限代数差值，就是主轴中心线与 T 形槽侧面的垂直度误差。

10) 主轴回转中心线对滑板的燕尾导轨的垂直度。

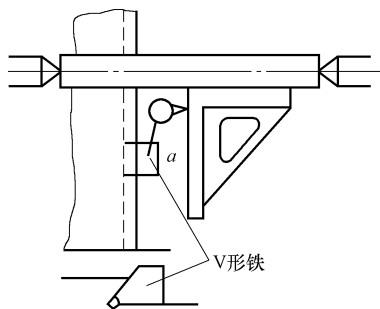


图 3-67 测量导轨对主轴
锥孔中心线垂直度

主轴锥孔中紧密插入一报带指示表的检验棒，如图 3-69 所示。燕尾导轨内放一短圆柱检验芯棒，指示表触头触及燕尾导轨短圆柱棒侧母线，主轴转动 180° ，指示表指针变化值的极限代数差值，就是主轴中心线与燕尾导轨垂直度误差。

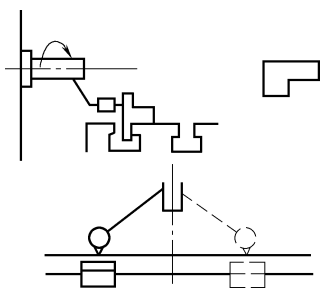


图 3-68 主轴回转中心线对工作台 T 形槽侧面的垂直度

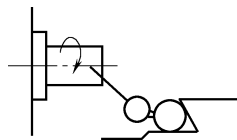


图 3-69 主轴回转中心线对滑板的燕尾导轨的垂直度

3-5 什么是主轴的径向跳动？其测量方法有哪些？

答：回转部分圆柱表面的径向跳动。用极低的速度使轴回转，取回转中径向跳动的最大值。

主轴径向跳动的测量方法：

(1) 直接测量法

①指示表触头触及主轴轴颈表面，如图 3-70 所示。低速旋转主轴，指示表指针的变化值，即为主轴的径向跳动误差。

②指示表触头触及主轴内孔表面（靠表），如图 3-71 所示。低速旋转主轴，指示表指针的变化值即为主轴的径向跳动。

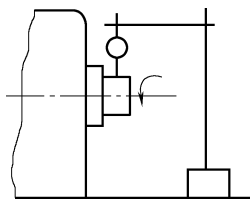


图 3-70 指示表触头触及主轴轴颈表面直接测量法

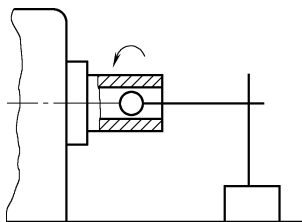


图 3-71 指示表触头触及主轴内孔表面直接测量法

(2) 间隙法 主轴锥孔中紧插入一根带锥体的圆柱检验芯棒，指示表固定在工作台上（指示表固定在碰力表架上），指示表触头触及检验芯棒锥体 a 和 b 处，如图 3-72 所示（ a 、 b 距离根据标准规定确定），低速转动主轴，指示表指

针变化值的极限代数差值即为主轴的径向跳动。

用检验芯棒测量主轴锥孔中心线的径向圆跳动获得的偏差值包括下列误差值：

1) 制造误差。主轴锥孔中心线与支承轴颈中心线的同心度。

2) 装配误差。主轴装入主轴箱时，产生的装配误差。

3) 调整误差。

①滑动轴承。主轴轴颈与轴瓦的间隙调整不当，造成过大的间隙。

②滚动轴承。由于轴承需加预加负荷，由于负荷选择不当，间隙调整不好，造成间隙过大。

4) 检验芯棒的误差。

①锥度不标准。检验芯棒锥度与被测量主轴锥孔的锥度不一致，即接触面不好，一般要求检验芯棒锥体与主轴锥孔的接触面为：普通机床 80%，精密机床 90%。

②检验芯棒锥体与圆柱部分的同心度误差。

③圆柱部分的几何精度，如圆度、锥度。

④刚性不好，圆柱部分产生挠度。

5) 量具误差。由于指示表弹簧压力不当，刚性不好，灵敏度不高而产生误差。

6) 读数误差。即视觉误差，观察指示表指针时，与表盘刻度有一定的误差。

7) 温度引起的误差。主轴一定要运行到正常温度后进行测量，尤其是对磨床砂轮主轴（因为主轴轴颈与轴瓦在正常温度时的间隙较正确）。

(3) 综合精度测量法 指示表触头触及主轴锥体表面和锥孔表面，如图 3-73、图 3-74 所示的磨床砂轮主轴。

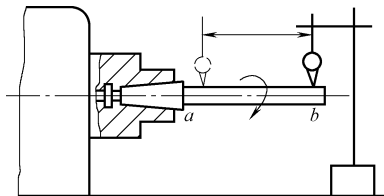


图 3-72 指示表触头触及检验芯棒锥体直接测量法

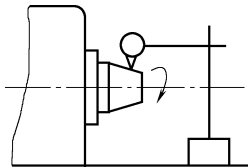


图 3-73 指示表触头触及主轴锥体表面综合精度测量法

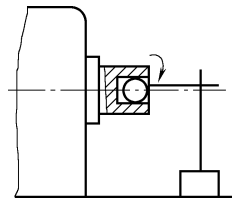


图 3-74 指示表触头触及主轴锥孔表面综合精度测量法

这种测量方法，得出的误差值包括两个内容：一个是主轴的径向跳动，另一个是主轴的轴向窜动。

3-6 什么是主轴的轴向窜动？其测量方法有哪些？

答：轴在回转时轴心线上的任意一点，周期性的轴向窜动量。以极低的速度使轴回转，取回转中窜动量最大值来表示。

主轴轴向窜动的测量方法：

(1) 直接测量法 主轴中心孔内放一个小滚珠，指示表触头装一个圆形触头，其圆触头紧靠在小滚珠上，如图 3-75 所示，主轴作中速回转、指示表指针的变化值，即为主轴轴向窜动误差。

(2) 间接测量法

1) 主轴锥孔中紧密插入一根莫氏锥度的短检验芯棒，检验芯棒中心孔也放一小滚珠，带圆平头的触头触及滚珠表面一点，如图 3-76 所示，主轴作中速旋转，指示表指针变化值的代数差值，就是轴向窜动误差。

2) 主轴锥孔中紧密插入一莫氏锥度的顶尖，带圆头的指示表顶住顶尖的尖头，中速旋转主轴，如图 3-77 所示，指示表指针的变化值的代数差值，即为主轴轴向窜动误差值。

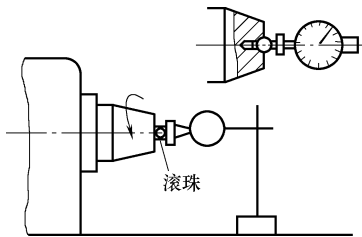


图 3-75 主轴的轴向窜动
误差直接测量法

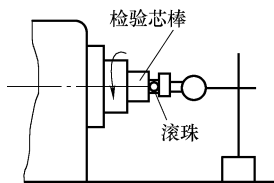


图 3-76 主轴的轴向窜动
误差间接测量法（一）

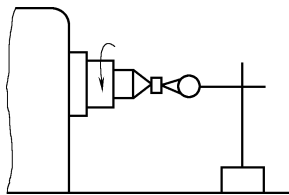


图 3-77 主轴的轴向窜动
误差间接测量法（二）

3-7 什么是主轴的端面圆跳动？其测量方法有哪些？

答：轴在回转时轴的端平面上的跳动量。以极低的速度使轴回转，用回转中端面的最大变化值表示。

主轴端面圆跳动的测量方法：指示表固定在机床床身上，指示表触头触及主

轴轴肩靠近边缘的端面上,如图 3-78 所示,低速旋转主轴,指示表指针的变化值的代数差,就是主轴端面圆跳动误差值。

在主轴端面直径上相对的两极点,先后进行测量。

此项误差包括:

- 1) 主轴的轴向窜动误差。
- 2) 主轴轴颈中心线对端面的垂直度误差。
- 3) 主轴与轴承(轴瓦)的装配误差。

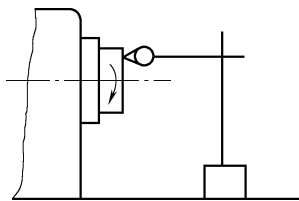


图 3-78 主轴的端面圆跳动测量

3-8 什么是同心度? 其测量方法有哪些?

答:被加工成具有公用轴线的两个圆柱同心度的程度。同心度的测量方法:

(1) 两孔中心线的同心度 将被测量的零件放在平板上,在 d 孔中插入一根圆柱形检验芯棒(检验芯棒与孔配合不要很紧,可以转动,但也不能太松,太松影响测量精度)。平板与圆柱检验芯棒之间放一小滚珠(小滚珠用黄油粘在圆柱检验芯棒中心孔中),圆柱检验芯棒上端固定一指示表,指表触头触及 D 孔表面,旋转检验芯棒,如图 3-79 所示。误差值以被测量对称位置 $a-a'$ 、 $b-b'$ 的读数的代数差的一半计,如图 3-80 所示。

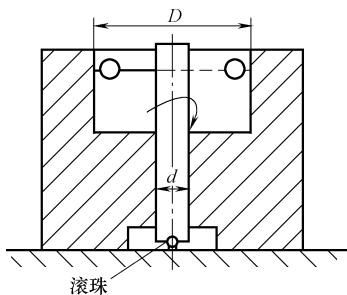


图 3-79 两孔中心线的同心度测量

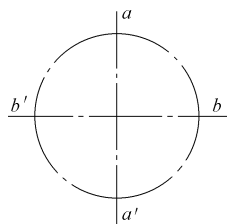


图 3-80 测量位置

(2) 两轴中心线的同心度 主轴锥孔中紧密插入一根带莫氏锥体的圆柱检验芯棒,圆柱部分套入一个外带锥体的轴套(轴套内孔与检验芯棒圆柱部分应很好的配合)。指示表触头触及检验芯棒端处的上母线 a 和侧母线 b ,如图 3-81 所示。轴套推入被测量的孔中,指示表指针变化值的极限代数差值,就是两轴中心线的同心度误差。

这种方法仅用于允差较大的零件。

(3) 测量两锥孔中心线的同心度 主轴锥孔中紧密插入带莫氏锥体的短圆

柱检验芯棒，另一锥孔同样紧密插入前端带指示表的锥形检验芯棒，指示表触头触及检验芯棒母线，如图 3-82 所示，转动带指示表的检验芯棒的主轴。误差以被测量对称位置 $a-a'$ 、 $b-b'$ 的指示表读数的最大差的一半计。

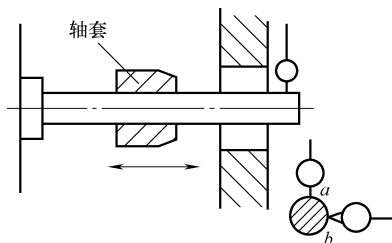


图 3-81 两轴中心线的同心度测量

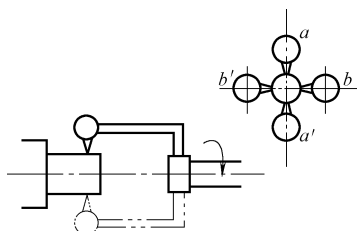


图 3-82 两锥孔中心线的同心度测量

3-9 什么是定位坐标？其精度怎样测量？

答：定位坐标是机械部分的移动位置对理想位置的偏差。

定位坐标一般常用于坐标镗床工作台的纵向坐标、横向坐标及垂直坐标。坐标镗床的坐标精度是靠丝杠和螺母、标准尺、镜面轴实现。同样的还有螺纹磨床、精密丝杠车床等精密机床。

现在举一实例说明测量移动距离的精度的方法。

以图 3-83 T4240 坐标镗床为例，它是用精密丝杠传动实现坐标定位，由于使用一段时间后丝杠螺纹表面磨损，丧失一些精度，所以必须进行测量，检查它的精度是否超差。测量方法如下：

读数显微镜装在主轴套筒上，标准刻度尺安放在工作台上，并使刻度面在工作台移动时处于平行状态。上、下移动主轴套筒，使读数显微镜视场找到标准尺上的刻线，并调整读数显微镜中的刻线与标准尺上的刻线平行（俗称对焦距）。然后按下列步骤进行测量：

第一步 工作台每移动 50mm 距离测量一次，记下读数显微镜手轮刻度值，重复测量三次，看三次的数值是否一致，有否变化。

第二步 工作台按丝杠螺距的距离移动（手轮转动一周），记下其读数，同样重复测量三次，记下三次测量的结果，若相差不大，则把三次的结果取平均

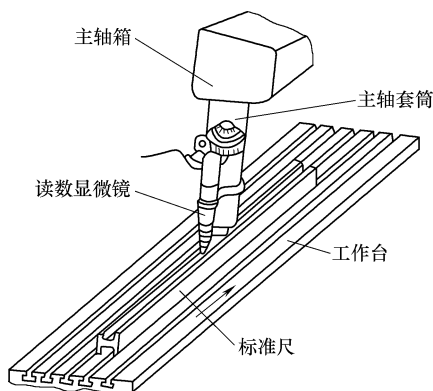


图 3-83 坐标镗床的坐定位测量

值，确定它的定位坐标值。

检查测量结果，若其误差值超过标准规定的误差值，这根丝杠就必须进行修复、重新更换螺母。

3-10 什么是分度？其精度怎样测量？

答：分度是机械部分的转动位置与理想位置的偏差。

坐标镗床常用的分度盘是使坐标镗床实现角度镗孔，它的角度误差要求极高。目前采用精密蜗杆副和光学刻度盘来实现高精度的孔距。

常见的是精密蜗轮的分度值，如 T4240、T4163、T4240 等坐标镗床。光学分度盘比较少见，如瑞士 QPDiXi75、DiXi50 的水平分度盘及工作台。

分度的测量方法：将经纬仪底座拧入一个带锥体的螺纹，然后插入分度盘锥孔中，并用压板将经纬仪压在分度盘上，调整支承经纬仪的平板使之处于水平状态（这时经纬仪也处于水平状态）。这时将目镜放平，处于水平状态。平行光管安放在离经纬仪 5m 外的支承座上。然后调整经纬仪目镜中的“十”字线使之与平行光管中的“十”字线重合。注意从这时起不能碰撞平行光管支承座。

经纬仪与分度盘都调整在“零”的位置，如图 3-84 所示。首先将经纬仪的“十”字线与平行光管的“十”字线重合，记下经纬仪的刻度读数。操动手柄使分度盘旋转一定角度，然后将经纬仪反转过来，找正经纬仪的“十”字线，使其与平行光管的“十”字线重合，这时观察刻度盘的数值，其差值为角度误差。

测量步骤如下：

第一步：分度盘旋转 90° 、 180° 、 270° 、 360° ，各测量三次，详细记录其刻度值，观察其三次结果是否一致。

第二步：分度盘每旋转 10° 测量一次，并详细记录其刻度值，重复三次。

第三步：分度盘每旋转 5° 测量一次，并详细记录其刻度值，重复三次。

检查重复三次测量的值是否一致，如果不一致，就将三次测量结果相加取平均值，即为分度盘的误差值。

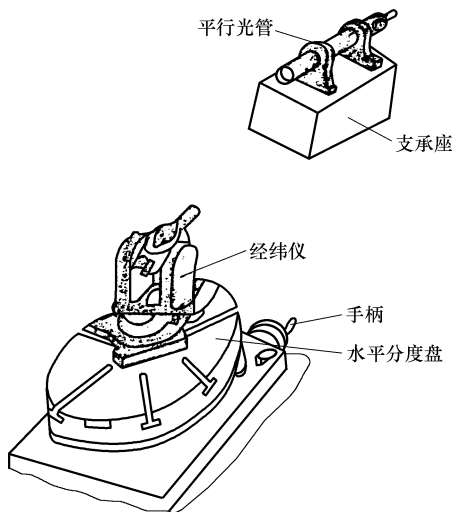


图 3-84 经纬仪与分度盘的调整

第四章 机床整机大修

机床安装、使用一定时间之后，不管什么机床，都会出现这样和那样的故障，以致加工的零件不合格，即机床部分部件丧失精度，影响生产。这样，就得对机床进行检查、测量和修理。

20 世纪五六十年代，我国工厂对机床采用计划性的修理，即所谓的计划预修。

机床进厂之后，按下列步骤进行：

第一步：拆箱，观察机床外形是否有损坏部件，油漆是否有脱落现象。

第二步：开箱后，检查箱内技术资料是否齐全。说明书、合格证，以及易损零件图样等。

第三步：按照清单，清查随机带来的易损零件是否有缺件的现象。

第四步：把机床运到安装位置，用煤油和汽油进行外表面的清洗，检查导轨表面是否有碰损痕迹和拉伤。

第五步：机床就位后，用水平仪来调整机床处于水平状态。

第六步：对机床进行精度测量(按机床说明书合格证的项目,逐项进行测量)。

检查完毕后对机床进行登账造册、编号，然后投入生产使用。

接着对机床进行维修的管理。

第一节 机床维修概述

4.1-1 机床维修管理包括哪些内容？

机床维修管理的内容：①巡回检查；②定期检查；③计划性修理；机床的小修、机床的中修、机床的大修。

(1) 巡回检查 修理工人在上班期间，在车间走动，发现机床出现问题，及时处理。同时监督操作者对机床进行维护保养，例如上班前对机床的加油点和机床导轨平面进行加润滑油，下班前清除机床上的铁屑，擦干净机床导轨面，并加上润滑油。

(2) 定期检查 按编制的计划，对机床进行检查，看看紧固螺栓是否松动，导轨面之间的间隙是否过大，导轨表面是否有拉伤等。

(3) 计划性的修理 按照编制的计划，对机床进行修理。

①机床的小修。就是更换部分的轴承，调整主轴与轴瓦的间隙、铲刮燕尾导轨面的伤痕和毛刺，铲刮镶条，调整其间隙，清洗主轴箱，进给箱内的污物，更换润滑油等。

②机床的中修。恢复丧失精度的零件和部件，如床身导轨的铲刮，溜板箱的床鞍、中滑板、小刀架的铲刮、镶条的修补等。

③机床的大修。解剖机床，对所有的部件、零件进行修复或更换、对机床所有表面进行铲刮，经过大修恢复到新机床的精度，符合机床合格证的要求。

机床大修理的周期是：三次小修后为中修，三次中修后为大修。

这就是设备的计划预修。

4.1-2 机床大修前应如何准备？

答：机床使用一段时间后，机械零件就会磨损，配合零件间隙增大，精度丧失，导致生产出来的工件不合格，这样使车间不能按时完成生产任务。因此必须对机床进行大修理。通过大修理，使机床恢复原来的精度。

通过机床大修理，把前面所介绍的铲刮工具、测量工具、量具、仪器运用技术融入到机床修理中去，这样才能把所学过的技术知识与实际结合，才能提高实际工作的技术水平，使自己能够独挡一面。

机床大修理前的准备工作是一项极其重要的工作，准备工作的好坏，直接影响机床的修理质量和修理进度，所以，修理前的准备工作是不可缺少的。

一般在机床大修理前三个月着手于大修理的准备工作。它包括下列工作：

1) 机床的几何精度检查（按机床合格证内的项目进行）为了掌握机床的磨损及损坏情况，以便于制订修理方案，做到心中有数，必须对机床进行一次几何精度的检查。机床几何精度检查的项目，是按照出厂合格证一项一项进行的，并将检查的结果，详细记录在合格证之内。同时，对每项结果逐条进行分析，制订出合理的机床大修理工艺流程。

2) 对机床主要零件、部件进行检查和了解，提出更换的零件清单，以便于提出备件。

机床备件准备的情况对机床大修理工作是有影响的，如果它影响了机床装配，就会拖延修理时间。

机床大修理更换的零件是根据以下情况提出的。

1) 日常的维护：根据日常维护中了解到的哪些零件易磨损和易损坏。

2) 大修理前：在预检时对机床主要零件进行拆卸并进行精度检查。这项工作应在机床大修理前三个月进行，其理由有：①主要零件精度高、工艺比较复杂，生产周期比较长。如精密丝杠副、精密蜗轮副、主轴、尾座套筒等零件。②在修复过程中需要一定精度的辅助工具，这些工具的制造也需要一定的时间。如

车床尾座套筒孔磨损需要用研磨棒进行研磨，研磨棒的制造需要一定的时间。又如车床主轴锥孔表面磨损和严重拉伤现象，使锥孔中心线与轴颈中心线同心度超差，必须对主轴进行修复。这样就得设计制造两根研磨棒，这也需要时间。③外购标准件，如精密轴承、螺钉、螺母、V带等都需要外购（每个厂不会储备所有的标准备件，避免积压资金）。

3) 提出备件清单：根据日常维护的记录和对机床全部零件、部件的检查，工艺员和修理工人分别提出更换零件和修复零件的清单。其中外购件清单包括轴承、传送带、螺钉、螺母、定位销等。自制备件清单包括自己能生产的零件。协作备件清单包括自己不能生产或者最后一两道工序不能加工需委托其他单位加工的零件。根据这些清单分头进行准备。

4) 对现有的备件进行清查及精度检查：根据上述的清单，在库房查对零件备件，并将现有的备件按照图样的要求，进行精度核实。

5) 制订机床大修理工艺：机床修理工艺是机床大修理过程中的技术指导文件，修理工人根据修理工艺有顺序的进行工作。机床大修理工艺包括：机床的主要零件、部件拆卸工艺、刮研工艺；主要零件修配工艺；零件、部件测量工艺；机床几何精度的测量方法。

机床大修理工艺的制订，是依据机床几何精度的测量结果和零件、部件测量的结果进行的。这样制订出来的工艺比较切合实际。

6) 设计各种专用测量及刮研工具：机床大修理用修理、测量、刮研工具是机床大修理中的主要工具，没有它们就无法完成修理任务。

工具就像是工人的手，量具、仪器就像是工人的眼睛，不管工人的技术多么高明，缺少工具、量具、仪器就无法进行工作。

第二节 C620 卧式车床的大修

C620 卧式车床的规格见表 4-1，如图 4-1 所示。

表 4-1 卧式车床的规格 (单位：mm)

制件最大直径 D	320	400	500	630	800	1000
最大尺寸 L	500、750、 1000	750、1000、 1500、2000	1000、1500、 2000、2500	1500、2000 2500、3000	1500、2000、 3000、4000	2000、3000、 4000、5000

注：尺寸 L 为尾座主轴完全伸出，尾座位于床身极端位置时（但不得伸出下垂）两标准顶尖间的距离。

车床使用一段时间之后，零件磨损、组合件之间的间隙变大、精度丧失，加工出来的零件不合格，使之不能生产。所以必须进行大修，恢复到出厂时的精度。

通过卧式车床大修方法，使大家了解在修理中怎样把前面介绍的刮研工具、测量工具、量具、仪器运用到修理中去。这样才能提高自己的技术水平，不断

累积修理经验，才能独立的工作。

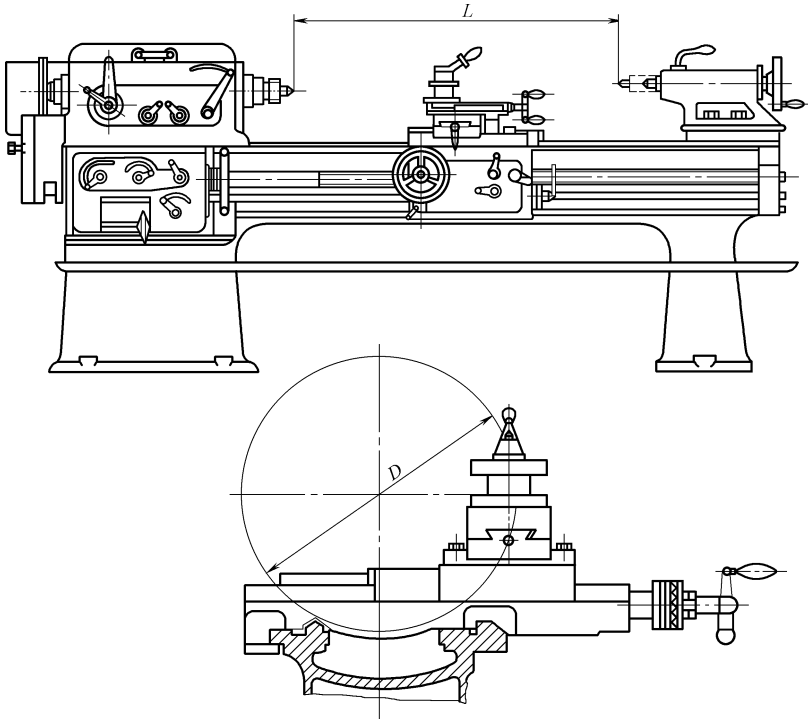


图 4-1 C620 卧式车床

4.2-1 机床床身如何进行修理？

答：图 4-2 为卧式车床床身导轨结构图，图中两图的结构基本相同。不同之处为图 4-2a 中床鞍用床身导轨为不等边三角形，图 4-2b 床鞍用床身导轨为等边三角形。

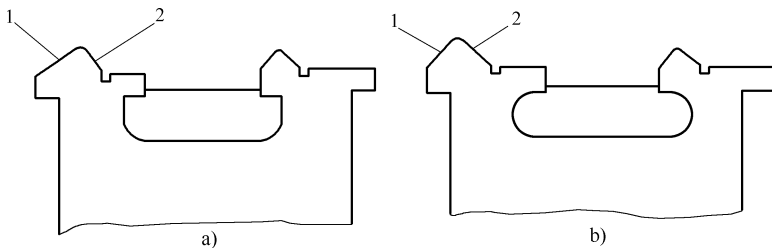


图 4-2 卧式车床床身导轨结构图

a) 按苏联图样制造的——卧式车床 1A62 床身

b) 按我国图样制造的——卧式车床 C620-1 床身

1、2—床身导轨面

图 4-2a 为 20 世纪 50 年代苏联的机床床身导轨结构图。当时苏联提供我国的设备都是苏联自己制造的，所以它的型号都是苏联的型号，如卧式车床的型号为 1A62。我国自己制造的机床图样也都是苏联提供的，所以生产的机床也是用苏联型号。

图 4-2b 为自行设计制造的车床，除了机床床身导轨的结构有所改变外，其他一切都和苏联的机床相同，只是型号改为 C620-1。

图 4-3 所示的床身 9 个工作平面（以下均以此图为基础），都要进行修理。对这 9 个工作平面进行修刮的方法及其顺序可选择下列几种方法中的一种。

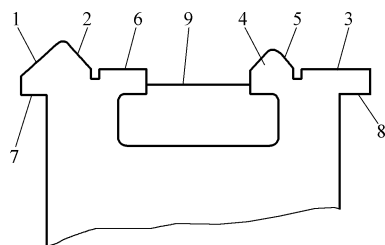


图 4-3 车床床身导轨面

(1) 磨削法 此种方法方便可靠，可节约劳动力，缩短修理时间。这种方法就是把床身安装在导轨磨床工作台上进行磨削加工，精度容易保证，但加工费用昂贵。

1、2—床鞍床身 V 形导轨平面 3—床鞍床身平面导轨平面
4、5—尾座床身 V 形导轨平面 6—尾座床身平面导轨平面
7、8—床身底平面导轨平面 9—床身导轨平面

20 世纪 50 年代，有导轨磨床的工厂极少。具有导轨磨床的单位是机床制造厂和大型的机械加工厂，一般工厂没有这个条件。

20 世纪 60 年代的设备改造中，对一些机械设备进行了改造，在单臂刨床、龙门刨床、龙门铣床上增加一个磨头，就变成了导轨磨床，也可以加工机床床身导轨平面。但是，具备单臂刨床、龙门刨床、龙门铣床的工厂为数也不多，最后还是用人工方法进行修理。

(2) 苏式法 在 20 世纪 50 年代，大修理机床用的是苏联的资料。在机床修理时，都是在苏联专家的指导下进行，所用的修理工具有：桥形平尺或平行平尺、游标万能角度尺角度规等。

在机床床身导轨平面的铲刮中，很重要的是怎样选好基准导轨平面，然后再铲刮其他平面。这次选的基准导轨平面是尾座 V 形导轨平面 4、5、6，如图 4-4 所示。

为选择平面 4、5、6 为基准导轨平面是因为尾座在工作中移动很少，故导轨平面的磨损小，其精度丧失也小，从而铲刮时比较容易。

用平行平尺（图 4-4c）或桥形平尺配研铲刮床身 V 形导轨平面 4，当平面 4 的刮研点全部均匀分布时，表示平面 4 已经铲刮完成。铲刮平面 4 的同时，再用平尺配研铲刮 V 形导轨平面 5，在铲刮过程中，经常用 V 形铁如图 4-4b 所示进行配研，目的是保证 V 形导轨平面 4、5 成 90° 。同时用水平仪测量 V 形导轨平

面4、5的直线度和扭曲度,如图4-5、4-6和图4-7所示。

图4-5是测量V形导轨面4、5在垂直平面内的直线度。

测量方法是把安放有水平仪的游标万能直度尺放置在床身V形导轨平面4、5上,移动水平仪垫铁(角度规),分段进行,并记下水平仪水泡变化数值。图4-6为水平仪水泡变化图。

图4-7a的读数的数字是以水平仪第一个位置的水泡为零,以下的数字依次为: +1、+2、+3、0、-2、+1、-3、-1,根据这些数字画出一条坐标曲线A。

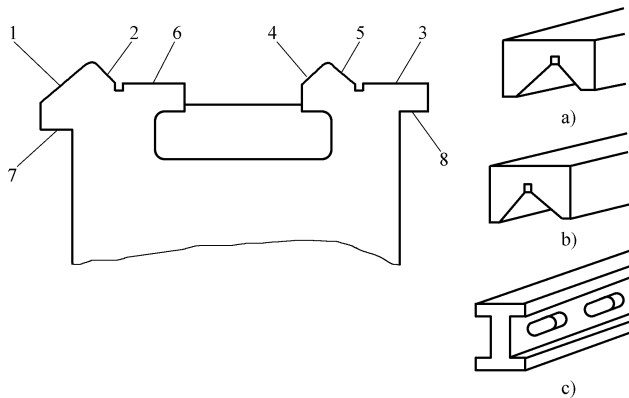


图4-4 基准导轨平面的选择

1~8—序号见图4-3

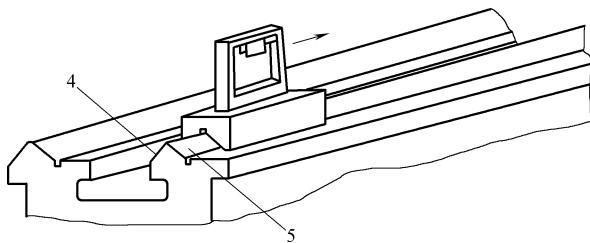


图4-5 用水平仪测量导轨平面4、5在垂直平面内的直线度

4、5—V形导轨面

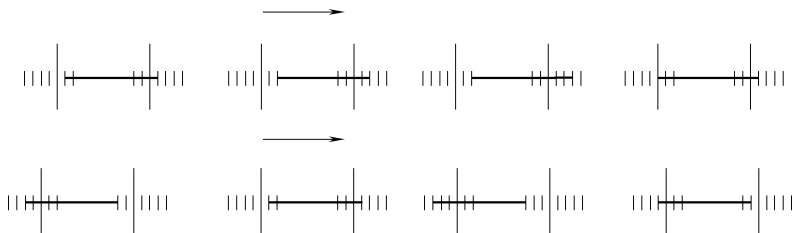


图4-6 水平仪水泡变化图

$cdefgh$ 曲线最大误差: 2 格 $=0.008\text{mm}$ 。

可以看出, 这四条每米行程曲线中最大的误差为 $oabcde$ 曲线, 其误差值为 0.0144mm , 允差为 0.02mm 。因此可以说 V 形导轨平面 4、5 是合格的。

垂直面内的直线度合格后就测量 V 形导轨水平面内的直线度。

2) 水平面内的直线度允差: 每米行程为 0.02mm ; 全长行程为 0.03mm 。

如图 4-8 所示, 平面导轨 6 上放两块等高垫铁, 垫铁上放一平行平尺。V 形导轨平面 4、5 上安放一块游标万能角尺或带指示表的 V 形角尺, 指示表触头触及平行平尺工作平面。调整平行平尺两端 a 、 b , 使指示表读数为零。然后从头部移动 V 形角尺到尾部, 观察指示表指针的变化情况, 记下指示表指针变化数值。检查所记录的数值, 得出的误差值如下:

每米行程为 0.015mm ; 全长行程为 0.023mm 。

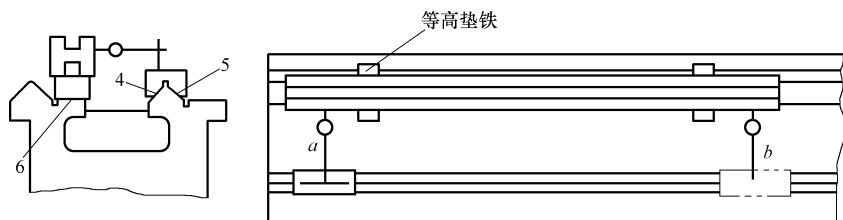


图 4-8 V 形导轨水平面内直线度的测量

4、5—V 形导轨平面 6—平面导轨平面

V 形导轨平面 4、5 在水平面内的直线度是合格的。

接着用游标万能角度尺和水平仪测量 V 形导轨平面 4、5 的扭曲度。

按合格证书的技术要求规定 V 形导轨平面 4、5 的扭曲度: 全长允差为 $0.04/1000$ 。

图 4-9 是测量 V 形导轨平面 4、5 的扭曲度的方法。

V 形导轨平面 4、5 上安放一块 V 形游标万能角度尺, 水平仪横放在 V 形游标万能角度尺上, 移动 V 形游标万能角度尺, 观察水平仪水泡变化情况, 找出最大值为 $0.03/1000$, 因此, 扭曲度合格。

V 形导轨平面 4、5 的两个直线度和扭曲都合格。这时就可以开始配研铲刮平面导轨 “6” 了。

用平行平尺或桥形平尺配研铲刮平面 “6”。

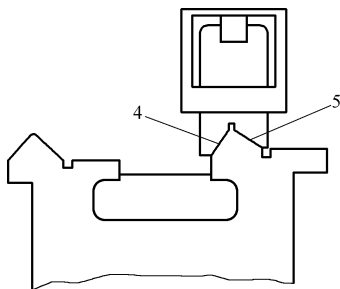


图 4-9 V 形导轨扭曲度的测量

4、5—V 形导轨平面

在铲刮平面导轨平面“6”时，应保证与V形导轨4、5的平行度。

合格证书的技术要求规定V形导轨平面4、5与平面导轨平面6的平行度允差为0.02mm。

图4-10为测量V形导轨平面4、5与平面导轨平面6的平行度示意图。

在V形导轨平面4、5上放一带指示表的游标万能角度尺，指示表触头触及平面导轨平面6，移动游标万能角度尺，观察指示表指针的变化情况，变化的最大值，就是V形导轨平面4、5与平面导轨平面6的平行度误差。

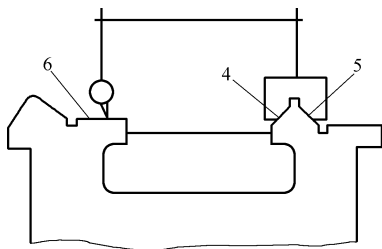


图4-10 V形导轨平面4、5与平面导轨平面6的平行度测量
4、5—V形导轨平面 6—平面导轨平面

当底座底板的床身V形导轨平面4、5与平面导轨平面6的平行度、V形导轨平面4、5的两个直线度、V形导轨平面4、5本身的扭曲度等项目都合格后，才可以对床鞍床身

V形导轨平面1、2与平面导轨平面3进行配研铲刮。其操作方法，所用的铲刮工具、量具、各项允差值的测量方法等都与底座底板床身V形导轨平面4、5、平面导轨平面6相同，所以在此不再进行介绍。

在配研铲刮床鞍床身V形导轨1、2平面过程中，要经常测量两V形床身导轨的平行度。

测量方法如图4-11所示，床鞍床身V形导轨平面1、2上安放一块带指示表的角度规，指示表触头触及底座床身V形导轨平面4或5，观察指示表指针变化情况，找出最大误差值。

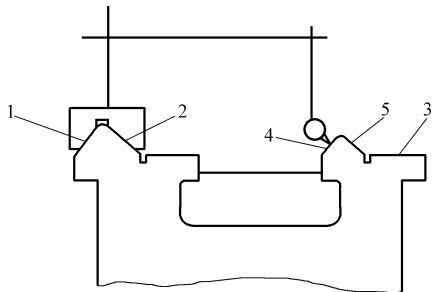


图4-11 两V形床身导轨的平行度测量
1、2、4、5—V形导轨平面 3—平面导轨平面

床身底平面导轨平面7、8的铲刮：合格证书的技术条件规定平面7

与床身V形导轨平面1、2的平行度允差和平面8与床身平面导轨平面3的平行度允差都是1000mm为0.02mm。导轨长为3m和大于3m时，在全长上为0.04mm。

铲刮方法：用平行平尺或方铁（见图4-12）。配研铲刮床身齿条平面7和床身床鞍底平面导轨平面8用平行平尺进行配研铲刮床身，因平行平尺比较重，在操作配研过程中比较困难，有可能配研的点子不真实。因此，采用方铁进行配研的效果比较好（方铁长300mm、宽50mm、高50mm，材料是铸铁，经过机加工后，铲刮四个平面方可使用）。

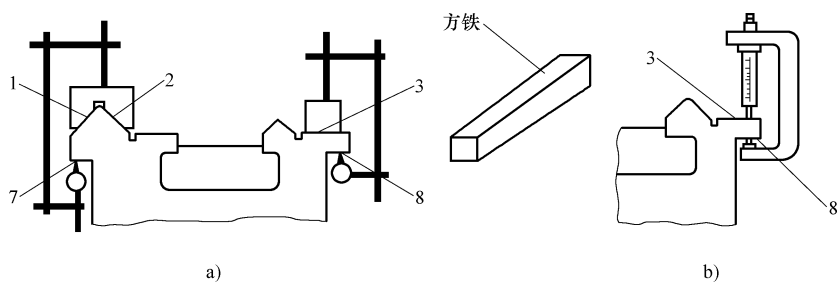


图 4-12 V 形导轨平面 1、2 与平面 7

平面导轨 3 平面与 8 平面平行度的测量

1、2—V 形导轨平面 3—平面导轨平面 7—齿条平面

8—床身床鞍底平面导轨平面

在铲刮平面 7、8 时，困难比较大，这两个面是在床身底部，操作工人必仰卧铲刮，工人的劳动量很大。

铲刮后，进行测量工作，在 V 形导轨平面 1、2 上安放一块带指示表的角度规，如图 4-12a 所示，平面导轨平面 3 上安放一块带指示表的方铁，指示表触头触及床身齿条平面 7、压条平面 8，移动角度规和方铁，指示表指针变化的最大的数值为平行度误差。

平面导轨平面 3 和压条平面 8 的平行度也可用千分尺进行测量，如图 4-12b 所示。

主轴箱床身导轨平面 9 的铲刮（见图 4-13）：平面 9 是床身导轨平面中最后的一个平面，这个平面很重要。主轴箱主轴中心线与床鞍床身 V 形导轨平面 1、2（见图 4-12）的平行度要求很高，其全长允差为 0.015mm。

平面 9 的铲刮，用一块 300mm × 400mm 的铲刮小平板配研平面 9，使铲刮点子均匀分布在平面内即可，但要保证平面 9 与床身 V 形导轨平面 1、2 平行（见图 4-12），误差不超过 0.015mm。

测量方法：床身 V 形导轨平面 1、2 上安放一块带指示表的 V 形角尺或游标万能角度尺，指示表的触头触及平面 9，移动游标万能角度尺，如图 4-13 所示，

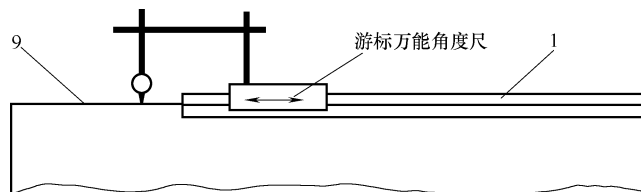


图 4-13 平面 9 与 V 形导轨平面 1、2 平行度的测量

1—V 形导轨平面 9—床身导轨平面

指示表指针变化的最大值就是平行度误差。

这时机床床身导轨的铲刮结束。

注意：

1) 铲刮的平面接触点的要求 (见图 4-3): ①平面 1、2、3 接触点 14~16 点/25×25; ②平面 4、5、6 接触点 12~14 点/25×25; ③平面 7、8 接触点 10~12 点/25×25; ④平面 9 接触点 8~10 点/25×25。

2) 床身导轨平面在铲刮前, 必须调整床身导轨处于水平状态, 才能进行铲刮工作, 否则就会在测量中造成不良的效果。

水平度允差纵向、横向均为 $\frac{0.04}{1000}$ 。

(3) 专用工具法 该法的修理步骤和前苏式法相同, 但使用的配研铲刮工具不同, 方式也不同。

如图 4-14 所示, 用一根一面与床身 V 形导轨角度相同, 一面是平面的平行平尺和一块与床身 V 形导轨角度相同的 V 形角尺修理机床床身导轨。用平行平尺配研铲刮床身导轨的所有的九个平面, 用 V 形角尺进行测量。

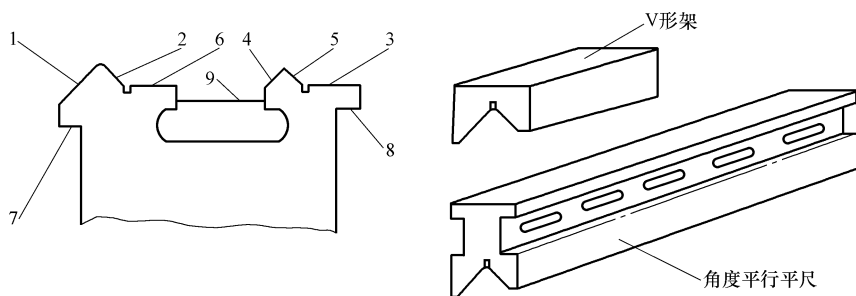


图 4-14 专用工具修理法

1~9—床身导轨面

这种平行平尺可以同时配研铲刮 V 形导轨的两个平面, 操作方便, 并且还能保证质量, 使 V 形导轨不会出现扭曲现象。

用这种工具配研铲刮的方法和步骤与前苏式法相同。测量所用的工具、量具也相同。因此, 不再重复介绍。

4.2-2 溜板箱的修理如何进行?

答: 溜板箱由床鞍、中滑板、小滑板、小刀架、方刀架等组成。这个部件修理很复杂, 它的连接部件很多如主轴箱、进给箱、传动杠、丝杠、齿条、齿轮、尾座等。

1. 床鞍的铲刮

如图 4-15 所示, 床鞍有需铲刮面 1、2、3、4、5、6、7、8、9 共九个平面。

床鞍 V 形导轨平面 1、2 和平面导轨平面 3 与床身 V 形导轨平面 1、2 和平面导轨平面 3 配研。床鞍 V 形导轨平面 1、2 和平面导轨平面 3 涂上一层薄薄的红丹粉, 将床鞍安放在床身导轨上, 往返移动床鞍, 观察床鞍导轨平面 1、2、3 接触情况并进行铲刮。

2. 中滑板的铲刮

如图 4-16 所示, 在刮研平板上配研中滑板平面 9、10 并铲刮其平面 (在平板上配研铲刮平面 9、10 的目的是使平面 9、10 处于一个平面)。

在平板上配研铲刮刻度平面 13 (见图 4-16), 保证平面 13 与平面 9、10 的平行度, 允差为 0.02mm 。但是应注意铲刮平面 13 时保证平面 13 与孔 A 的中心线成 90° 。测量方法如图 4-17 所示。中滑板放置平板上, A 孔插入检验棒, 检验棒底端与平板之间放一个滚珠, 检验棒上端固定带指示表的表杆, 指示表触头触及平面 13, 旋转检验棒, 观察指示表指针变化情况, 指示表指针变化的最大值就是误差值。允差为 0.02mm 。

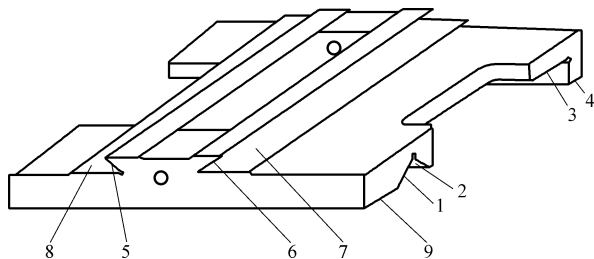


图 4-15 床鞍的配研

1~9—床鞍的铲刮面

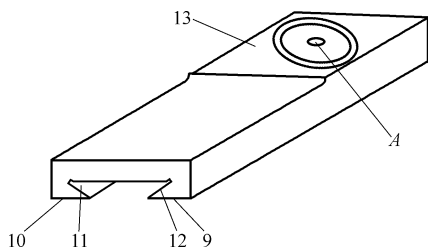


图 4-16 中滑板的配研

9~12—中滑板铲刮面 13—刻度平面

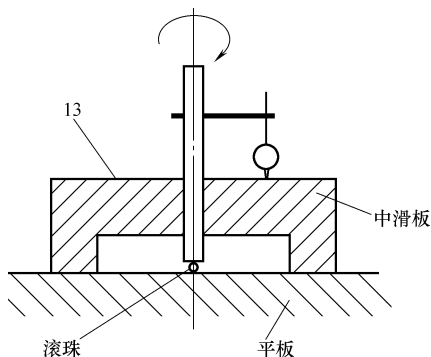


图 4-17 测量中滑板铲刮面平行度

13—刻度平面

中滑板铲刮工作暂时到此, 尚有平面 11、12 (见图 4-16) 未铲刮, 当床鞍

V形导轨5、6平面（见图4-15）铲刮后，再来铲刮V形导轨平面11、12（见图4-16）。

中滑板安放在床鞍平面7、8上（见图4-15）。平面7、8涂上一层薄薄的红丹粉，用中滑板导轨，平面9、10配研铲刮床鞍导轨平面7、8。

在配研铲刮平面7、8时，注意这两平面应与床鞍V形导轨平面1、2（见图4-15）平行。测量方法如图4-18所示。将床鞍安放在床身导轨上，床身V形导轨上安放一个带指示表的游标万能角度尺，在床鞍平面7上放一块方铁或量块（方铁高于燕尾导轨），指示表触头触及方铁上平面，记下指示表指针的数值，移动方铁，使指示表触头触及平面8的方铁或量块上平面，观察指示表指针的数值，平面7和平面8两位置的数字差，即为平行度误差。

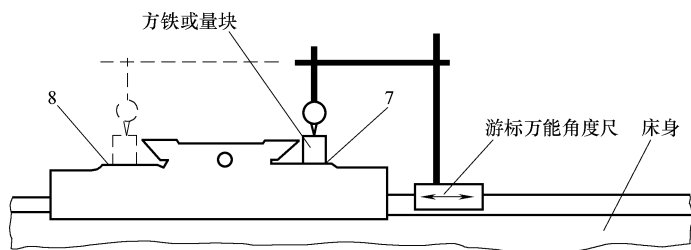


图4-18 测量铲刮面7、8平行度
7、8—床鞍平面

用一根角度平尺配研铲刮床鞍燕尾导轨5、6平面，如图4-19所示为角度平尺。角度平尺可以配研铲刮完成。而用角铁是一点一点逐步向前配研铲刮，这样比较麻烦。

在铲刮时应注意：

1) 当床鞍燕尾导轨平面5、6、7、8铲刮时，应保证与V形导轨平面1、2和平面导轨平面3成 90° 。

测量方法如图4-20所示。床鞍安放在床身导轨之上，再将弯尺安放在床身导轨上，带指示表的磁力表座安放在床鞍上，指示表触头触及弯尺a平面，来回移动床鞍，调整弯尺a面与床鞍平行，即指示表指针为零。燕尾导轨平面6、7内放置一块带指示表的V形角尺或游标万能角尺，如图4-20A所示，指示表触头触及弯尺平面“b”，移动V形角尺或游标万能角尺，指示表指针的变化值就是床鞍V形床身导轨平面1、2与床鞍燕尾导轨平面6、7的垂直度误差，即是床鞍移动与中滑板移动的垂直度误差。

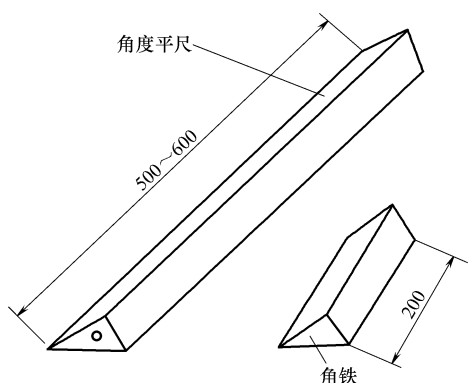


图 4-19 用角度平尺配研铲刮
床鞍燕尾导轨

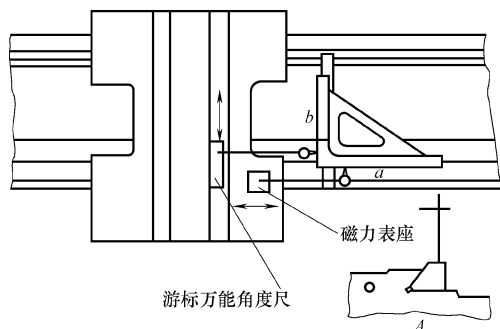


图 4-20 测量床鞍与中滑板
移动的垂直度

2) 配研铲刮床鞍燕尾导轨平面 6、7、5、8 时 (见图 4-21) 应与床鞍丝杠中心上母线和侧母线平行。测量方法如图 4-21 所示。床鞍燕尾导轨平面 6、7 或平面 5、8 中放一带指示表的 V 形角尺或游标万能角尺, 床鞍丝杠中心孔 “D” 紧密插入一根检验芯棒, 指示表触头触及检验棒上母线 a , 移动游标万能角度尺 (检验棒伸出长度为 200mm、允差为 0.02mm), 指示表指针的变化数值, 即为误差值。随后指示表触头触及检验棒的侧母线 “ b ”, 测量方法与上母线 a 相同。

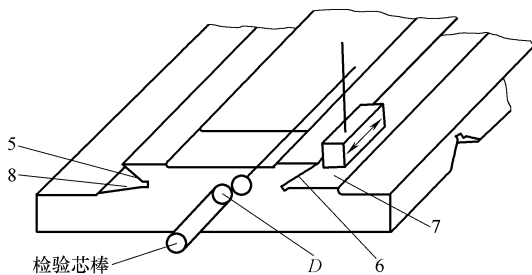


图 4-21 燕尾导轨平面与
丝杠中心孔平行度的测量
5~8—床鞍燕尾导轨平面

用床鞍燕尾导轨平面 6、7 与平面 5、8 配研中滑板燕尾导轨平面 11 与 12 (见图 4-16), 并进行铲刮。

3. 镶条的配制

如图 4-16 所示, 床鞍和中滑板所有的导轨平面都铲刮合格后, 更换新的镶条。因为床鞍导轨平面 5、6、7、8 (见图 4-21) 经过铲刮之后, 它的原来尺寸有所变化, 同样, 中滑板燕尾导轨平面 9、10、11、12 经过铲刮之后, 它的原来尺寸同样有所变化, 综合尺寸变化更大 (就是说配合间隙很大)。原来的镶条经修复也满足不了需要, 必须更换新的镶条, 如图 4-22 所示。

镶条的制作, 先机械加工, 留有充分的余量进行配研铲刮 (镶条的斜度是 1:50)。首先在平板上配研镶条平面 1 (见图 4-22) 并进行铲刮, 直到铲刮平面点子均匀分布为止。然后把中滑板安放在床鞍之上, 镶条平面 2 表面涂上一层薄

薄的红丹粉，然后插入中滑板平面 6 与床鞍平面 12 之间，如图 4-23 所示。将镶条插入退出，来回几次的配研后，铲刮镶条平面 2 面（见图 4-22），直到平面 1、2 上点子均匀分布为止。

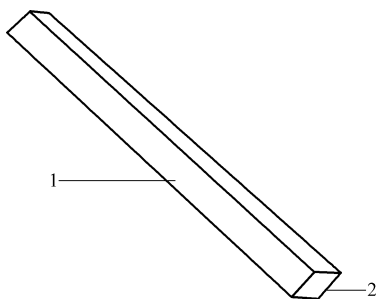


图 4-22 镶条
1、2—镶条平面

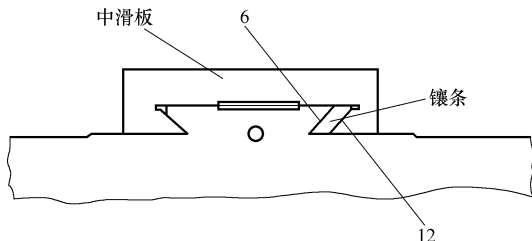


图 4-23 镶条的配研
6—中滑板平面 12—床鞍平面

4. 床鞍压板的配研铲刮

如图 4-24 所示，床身床鞍平面导轨平面 3、8 经铲刮后，其尺寸变薄。床鞍平面导轨 3 平面被铲刮后，如图 4-15 所示，床鞍平面 3 与固定平面 4 的高度尺寸就会增大，压板固定在床鞍平面 4 之后，床鞍平面 3 与床身导轨平面 8（见图 4-14）之间的间隙增大（规定要求平面 8 与压板平面 1 的间隙为 0.02mm），如超过允许值床鞍移动时就会产生跳动，影响机床加工零件的质量，因此必须对压板进行铲刮。

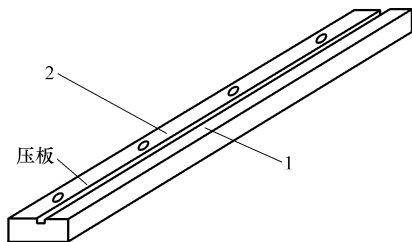


图 4-24 压板
1、2—压板平面

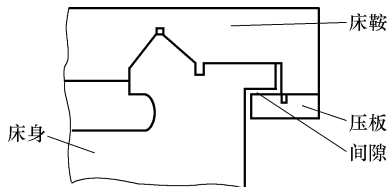


图 4-25 床身、床鞍与压板的装配组合

图 4-25 所示为床身、床鞍、压板之装配组合，间隙值不能大于 0.02mm。0.02mm 的塞尺可以插入，0.03mm 的塞尺不可插入。

压板（见图 4-24）的配研铲刮方法：在平板上配研压板平面 1、2，使平面 1、2 处于一个平面上。

在配研铲刮床鞍平面 8 时, 注意平面 3 与平面 4 平行。而且平面 3 与平面 4 的高度比床身导轨平面 3 与平面 8 厚度大 0.02mm。

测量方法如图 4-26 所示。将床鞍安放在平板上, 带指示表的方铁放在床鞍固定平面 4 上, 指示表触头触及平面 3, 移动方铁, 观察指示表指针变化数值, 最大值就是平面 4 与平面 3 的平行度误差值。

怎样测量床鞍平面 4 与床身平面 3、8 的厚度与压板平面 1 之间的间隙。下面介绍两种方法。

1) 测量方法如图 4-27 所示。床鞍安置在床身导轨上。床鞍平面导轨平面 7 上放一块带指示表的方铁, 指示表触头触及床身导轨平面 8 和床鞍固定平面 4, 指示表指针的数值差 0.02mm 为床身平面导轨平面 8 与床鞍固定平面 4 的间隙。

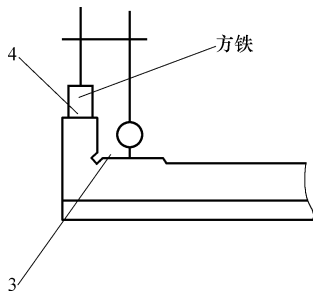


图 4-26

3—床身平面 4—床鞍平面

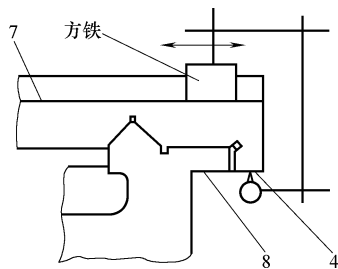


图 4-27

4、7—床鞍平面 8—床身平面

2) 测量方法。图 4-28a 是用千分尺测量床身导轨平面 3 和 8 的厚度, 将其测量数值记下。图 4-28b 是用深度千分尺测量床鞍平面导轨平面 3 与 4 的高度。高度大于厚度 0.02mm, 这就是压板平面 1 与床身平面导轨平面 “8” 的间隙。

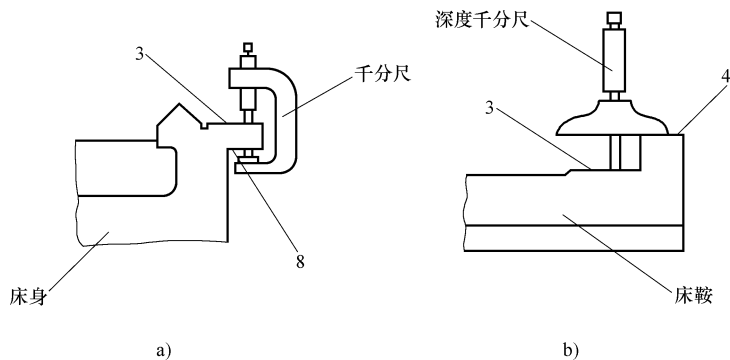


图 4-28 千分尺测量

3、8—床身平面 4—床鞍平面

5. 齿条的安装与测量方法

机床床身导轨平面经过铲刮之后,原齿条节径中心线与V形导轨平面的平行度有很大的变化,所以必须进行重新调整。

怎样调整齿条节径中心线与床身V形导轨的平行度的方法:齿条用螺钉固定在床身侧平面,但螺钉不要过于拧紧,以便调整。如图4-29所示,带指示表的游标万能角度尺安放在床身V形导轨上,齿条齿槽中放一小圆柱,如图4-29中下图所示,指示表触头触及小圆柱上母线,读出指示表指针上数字变化值。按照这种方法,在齿条的几处位置进行测量,调整齿条,使每个点的数字均处在0.04mm,紧固齿条上所有的螺钉。然后,用铰刀铰齿条、床身的定位销孔、重新打入新的定位销。重新定位是因为虽然用螺钉将齿条固定在床身上,但是机床使用一段时间后,由于振动,螺钉就会松动,齿条也会产生位移,齿条节径中心线与床身V形导轨的平行度将得不到保证。有了定位销锁死后,虽然螺钉会有些松动,但不会影响其平行度。

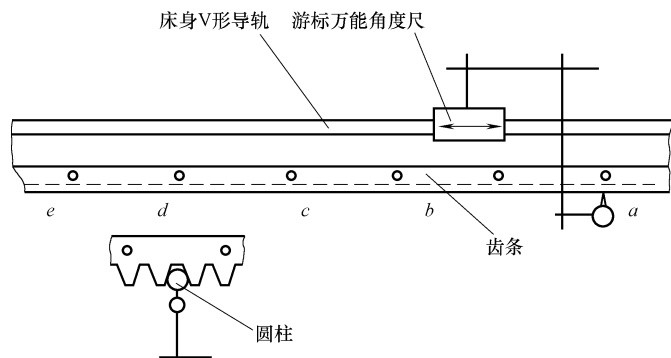


图4-29 带指示表的游标万能角度尺测量

6. 传动丝杠的安装

丝杠和开合螺母是车床的主要组合件,它的精度直接影响加工零件的精度。

丝杠和开合螺母在使用一定时间后,它们的磨损很大,所以在修理时必须更换新的丝杠副或对丝杠进行修复。

(1) 更换新的丝杠副 直接更换就可以,但丝杠的支承座孔应该进行修复。

图4-30所示为丝杠的示意图。图4-31为丝杠、传动杠、操纵杠所谓的三杠支承座。

由于使用时间长,孔和丝杠支承轴颈都有磨损,它们之间的间隙很大,这样必须更换支承座或修复支承座。

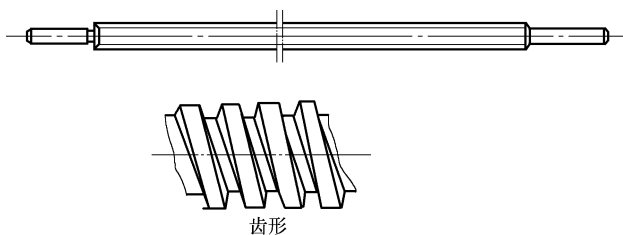


图 4-30 丝杠示意图

1) 更换支承座时, 它的三个支承孔的尺寸根据丝杠、传动杠、操纵杠的轴颈的尺寸镗孔, 其轴颈与孔的间隙为 0.02mm , 如图 4-31 所示。

2) 修复支承座的方法 首先加工三个铜套, 紧压入三个孔中 (铜套内孔留有加工余量), 然后根据三个丝杠的轴颈尺寸镗三个孔。

上述两种方法, 还是更换支承座相对方便。修复支承座则比较费工、费时、费材料。

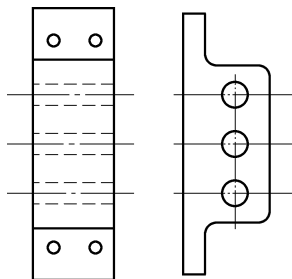


图 4-31 支承座

(2) 丝杠的修复 车床在加工零件时, 床鞍的移动距离不是全长而是局部使用, 所以丝杠螺纹表面磨损比较大, 而且大部分是在中间靠近主轴箱的位置, 因此丝杠两端磨损小, 螺纹齿形变化不大; 而中间螺纹齿形变小, 使得床鞍移动到中间位置时的间隙变大, 从而导致加工的零件尺寸也不一致。所以更换丝杠副和修复丝杠很有必要。

1) 更换丝杠副对于修理装配比较方便。但是一套丝杠副价格很高, 因此为了节约资金, 修复旧丝杠还是比较经济。所以, 通常对旧丝杠进行修复。

2) 修复丝杠的步骤:

①测量。丝杠使用一段时间后, 不但螺纹表面磨损, 而且丝杠也会变形而弯曲, 所以必须首先对其进行测量。

测量方法如图 4-32 所示, 两块等高 V 形铁安放在平板上 (注意丝杠中心线应与平板平面平行), 丝杠两端轴颈放入 V 形铁槽中, 带指示表的表座放在平板上, 指示表触头安一个圆头的触块, 如图 4-32A 所示。圆头触块触及丝杠外圆表面, 旋转丝杠, 指示表指针变化的最大值, 就是丝杠的弯曲误差。

②修磨丝杠两端轴颈中心孔。丝杠两端轴颈中心孔是线杠的基准, 磨削两端轴颈外圆及车削螺纹都以两中心孔为基准。

中心孔的修磨是以丝杠两端轴颈为基准, 用标准角度砂轮进行修磨。

③磨削丝杠两端轴颈和丝杠外圆。磨削两端轴颈是消除轴颈表面的拉伤现象

和锥度、椭圆度。磨削丝杠的外圆表面是消除丝杠的弯曲度，并保证丝杠外圆与两端轴颈外圆同心。这些工作由外圆磨床完成。

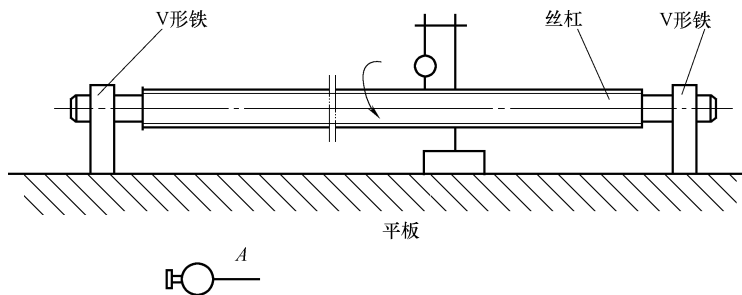


图 4-32 用 V 形铁和指示表测量丝杠

④车削螺纹。螺纹部分的修复人的手工是无法完成的，只能在丝杠车床上进行修复。

⑤丝杠的开合螺母必须更换新的。螺母的螺纹根据丝杠的螺纹来配车。

⑥丝杠的装配。开合螺母安装在进给箱内，而丝杠又装在开合螺母中。进给箱移动到床身导轨中间位置，带指示表的角度规安放在床身 V 形导轨上，如图 4-33 所示。

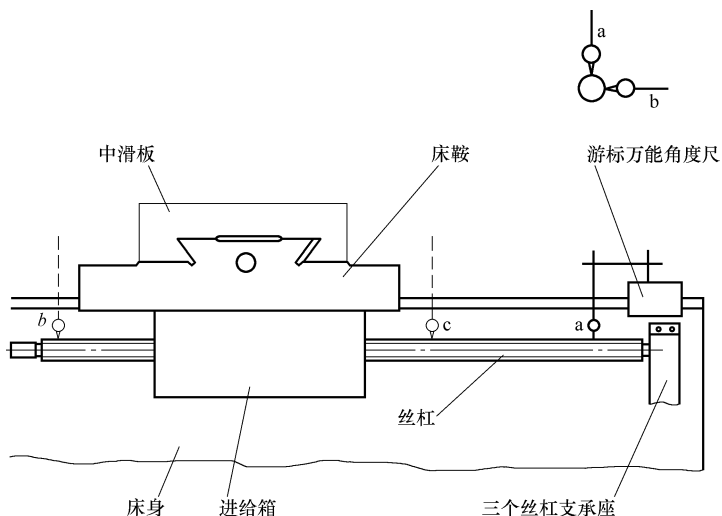


图 4-33 丝杠的装配

首先将指示表触头触及进给箱两边 c、b 处，使丝杠上母线和侧母线与 V 形

导轨平行。丝杠、三杠支承座边的丝杠上 a 处的上母线和侧母线相对于 c、b 处平行（需很好地测量和调整）。这时将三个丝杠支承座紧固在床身上，对定位销孔进行铰屑后，将定位销打入孔中。

进给箱的三杠联接轴的中心线与丝杠中心线同心，紧固进给箱在床身上。

这时，必须对丝杠转动时的轴向窜动进行测量。测量方法：丝杠端面中心孔中放一滚珠，如图 4-34 所示，指示表

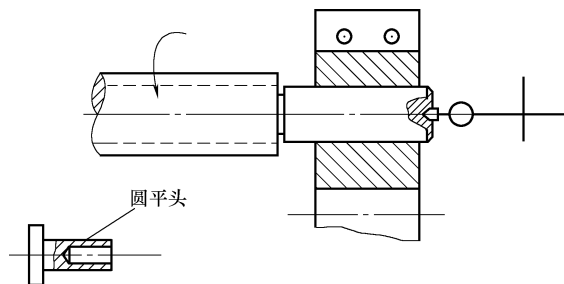


图 4-34 测量丝杠的轴向窜动

触头套一圆平头，带指示表的磁力表座吸在床身上，圆平头紧靠在小滚珠上，旋转丝杠，此时指示表指针的变化值，就是丝杠的轴向窜动。

7. 机床精度检验的标准

1) 床鞍用床身导轨在垂直平面内的直线度（只许中间凸）：

中心高至 400mm 的为 $\frac{0.02}{1000}$ 或 0.02mm；

中心高大于 400mm 的为 $\frac{0.03}{1000}$ 或 0.03mm。

2) 床鞍用床身导轨在水平平面内的直线度（曲度的中心只许在机床前面）为 0.02mm/1000mm。

3) 床鞍用床身导轨的平行度（即导轨不许歪扭）：

中心高至 400mm 的：

导轨长 1000mm 时为： $\frac{0.02}{1000}$ ；

导轨长至 3000mm 时，在全长上为：0.05mm；

导轨长至 5000mm 时，在全长上为：0.06mm；

导轨长大于 5000mm 时，在全长上为：0.07mm。

中心高大于 400mm 的：

导轨长 1000mm 时为： $\frac{0.03}{1000}$ ；

导轨长至 3000mm 时，在全长上为：0.06mm；

导轨长至 5000mm 时，在全长上为：0.07mm；

导轨长大于 5000mm 时，在全长上为：0.08mm。

4) 床鞍用床身导轨下滑面对于上滑面的平行度为：

每长 1000mm 为 0.02mm。

导轨长为 3000mm 和大于 3000mm 时, 在全长上为 0.04mm。

(趋向床身尾端, 导轨的下滑面只许逐渐接近上滑面)。

5) 丝杠两轴承中心线对于床鞍用床身导轨的等距性(平行度)。

在水平面内:

中心高至 400mm 者为 0.10mm;

中心高大于 400mm 者为 0.15mm。

6) 丝杠上的开合螺母的中心线与丝杠两轴承中心线的重合度:

中心高至 400mm 者为 0.15mm;

中心高大于 400mm 者为 0.20mm。

7) 丝杠的轴向窜动:

中心高至 400mm 者为 0.01mm;

中心高大于 400mm 者为 0.02mm。

8. 中滑板的铲刮

如图 4-35 所示, 在平板上配研铲刮小滑板滑块平面, 并保证与其下平面纵、横方向平行。

再用小滑板滑板平面 I 配研铲刮小滑板平面 II。用角度平尺或游标万能角度尺配研铲小滑板底座燕尾导轨 III、IV 平面。

在平板上配研铲刮圆平面 1。保证与平面 II 纵、横方向平行。

用小滑板底座燕尾导轨 III、IV 平面配研铲刮小滑板滑板燕尾导轨平面 V、VI。

小滑板底座、小滑板滑板的燕尾导轨的铲刮的方法与床鞍和中滑板的方法相同, 在此不再介绍。

9. 方刀架的修复

如果方刀架各平面伤痕不大, 用油石修磨即可, 可以不需机械加工。如果平面有很大的伤痕, 必需在平面磨床上加工修复。

图 4-36 为床鞍、中滑板、小滑板、方刀架的组合装配图。

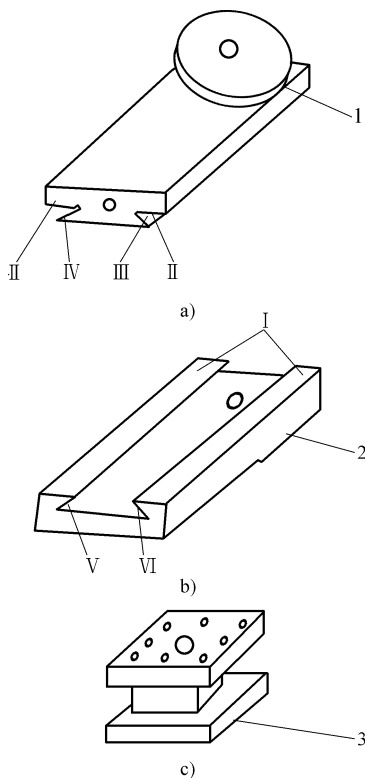


图 4-35 中滑板的铲刮

a) 小滑板底座 b) 小滑板滑板 c) 方刀架

1—圆平面 2、3—下平面

I—小滑板滑板平面 II—小滑板平面

III、IV—小滑板底座燕尾导轨平面

V、VI—小滑板燕尾导轨平面

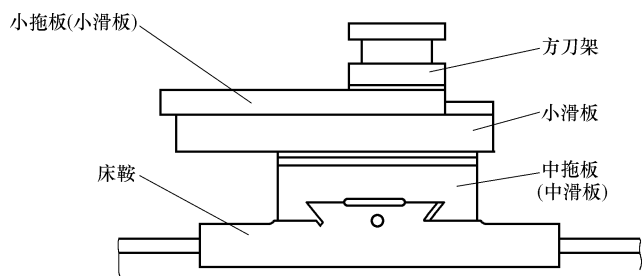


图 4-36 床鞍、中滑板、小滑板及方刀架组合装配图

注意：在配研铲刮小滑板（小拖板）时，保证小刀架滑板移动方向对于主轴箱主轴中心线的平行度。如图 4-37 所示。平行度允差：每长 100mm，允差为 0.03mm。

测量方法：主轴箱主轴孔中紧密地插入一根带锥度的圆柱形检验棒。刀架小滑板上固定指示表，使其触头触及检验棒表面的测母线。调整转盘的位置，使小滑板移动时，指示表在检验棒两端的读数相同。达到此条件后，变动指示表，使其指示表触头触及检验棒表面的上母线。刀架小滑板沿导轨的行程全长移动。

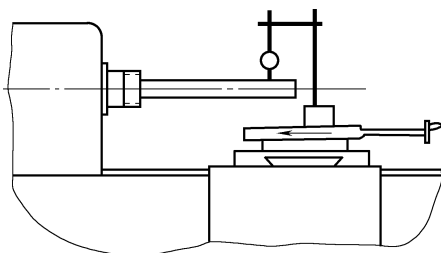


图 4-37 方刀架小滑板与主轴中心线平行度的测量

注意：为了提高测量小刀架移动方向对主轴箱主轴锥孔中心线的平行度的准确性，为了提高测量精度及消除检验芯棒本身测量分两次进行（见图 4-38）。

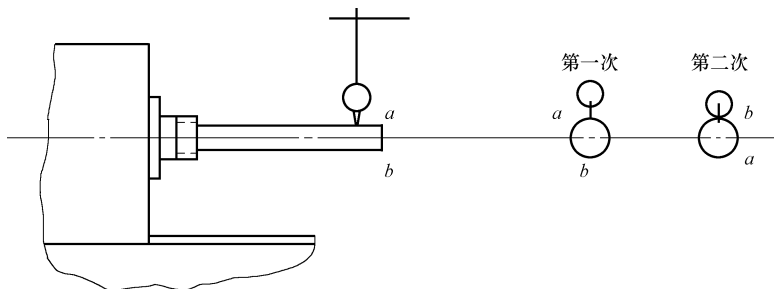


图 4-38 分两次进行测量

第一次测量方法已介绍，不再重复，将测量的数值记录下来。然后将检芯棒取下，记下方向，再把检验芯棒转动 180° 插入主轴锥孔中，再按上述方法，重新测量一次（第二次），将指示表数值记录下来。将两次测量的数值相加除 2 取平均值，这就是小刀架滑板移动对主轴箱主轴中心线的平行度误差值。

4.2-3 主轴箱的修理如何进行?

答：车床主轴箱是车床部件中最重要的部件，它的精度好坏，直接影响加工出来的零件精度。所以，在修理中应特别注意和小心，不能马虎。

1. 主轴和轴承的修理

主轴是车床所有零件中最重要的零件，它的精度高，结构复杂，加工难度高，价格也最贵。所以修复很有必要。

(1) 车床主轴的技术条件

- 1) 主轴的材料：40 钢。
- 2) 轴颈、锥孔硬度：56 ~ 62HRC。
- 3) 与滑动轴承配合的轴颈表面粗糙度 Ra 为 $0.2\mu\text{m}$ 。
- 4) 与三爪自定心卡盘配合的定心和基准轴颈的粗糙度 Ra 为 $0.4\mu\text{m}$ 。

(2) 主轴的精度和测量方法

1) 锥孔的直径：被测量的锥孔中，插入一根标准锥形角度检验规，其上作两道横刻线。主轴端面须在两刻线的范围内，如图 4-39 所示。

允差：标准锥形角度检验规两刻线间的公称距离 $m = 4\text{mm}$ ，两刻线必须与符合公称直径的平面相对称。

2) 锥孔表面的准确度：用一根标准锥形角度检验规，锥体表面涂上一层薄薄的红丹粉，然后插入孔中，

小角度旋转，取出观察表面接触面的情况是否均匀和接触面的面积。

允差：接触面为 80%。

3) 三爪自定心卡盘中心的主轴颈对两端轴承颈的径向圆跳动：平板上安放一个角铁和两个不等高的 V 形铁（因为主轴前后轴颈的直径不相同，所以大小 V 形铁各一个），如图 4-40 所示。调整主轴中心线与平板平面平行。在角铁与主轴之间放一滚珠，指示表触头触及三爪自定心卡盘中心的主轴颈，旋转主轴，指示表指针读数的变化值即为三爪自定心卡盘中心主轴颈对两端轴承颈的径向圆跳动。

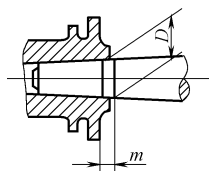


图 4-39 主轴精度的测量

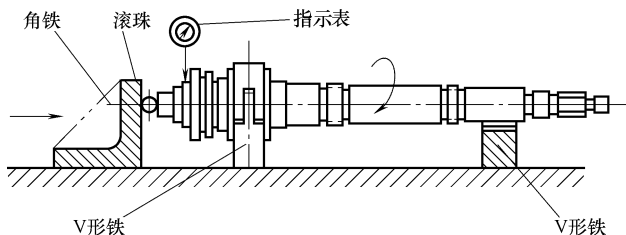


图 4-40 径向圆跳动测量

滚珠放在角铁与主轴之间，当转动主轴时，防止主轴有移动现象，影响测量精度。

允差如下：

①滚动轴承：

定心轴颈直径大于 80mm 为：

一级精度主轴：0.005mm；

二级精度主轴：0.007mm。

②滑动轴承：

定心轴颈直径至 80mm 为：

一级精度主轴：0.005mm；

二级精度主轴：0.007mm。

定心轴颈直径大于 80mm 为：

一级精度主轴：0.005mm；

二级精度主轴：0.010mm。

4) 定气压气缸中心的主轴颈对于两轴承颈的径向圆跳动：如图 4-41 所示，测量方法、工具、量具等与图 4-40 相同，在此不再重复。

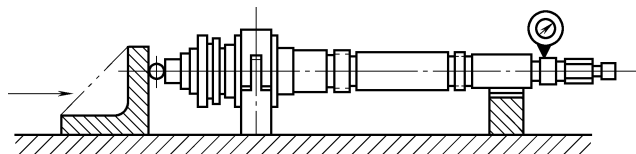


图 4-41 径向圆跳动测量

允差：轴颈直径至 80mm 为 0.01mm；轴颈直径大于 80mm 为 0.02mm。

5) 安装三爪自定心卡盘用的轴肩对于轴承颈的端面圆跳动：如图 4-42 所示，同样用角铁，两块不等高的 V 形铁放在平板上，将主轴轴承颈置于 V 形铁槽中，若为圆锥形轴承颈，则置于开合式滑动轴承的特殊轴套中，以一滚珠作为支点于轴向使主轴定位。

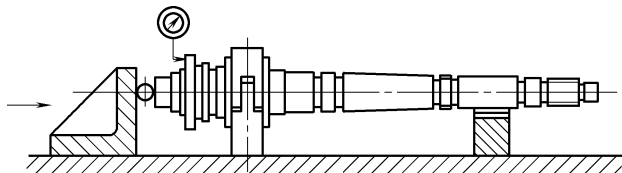


图 4-42 轴肩端面圆跳动测量

指示表安置在表座上,其触头触及被测量端面,以手动旋转主轴。指示表指针的变化值即为端面圆跳动误差值。

允差如下:

①滚动轴承:

定心轴颈直径至 80mm 为:

一级精度主轴: 0.003mm;

二级精度主轴: 0.005mm。

定心轴颈直径大于 80mm 为:

一级精度主轴: 0.005mm;

二级精度主轴: 0.007mm。

②滑动轴承:

定心轴颈直径至 80mm 为:

一级精度主轴: 0.005mm;

二级精度主轴: 0.007mm。

定心轴颈直径大于 80mm 为:

一级精度主轴: 0.005mm;

二级精度主轴: 0.010mm。

6) 安装防松螺母的螺纹倾斜度: 主轴轴颈的锁紧轴承的防松螺母端面应与滚动轴承端面平行即防松螺母端面与主轴中心线垂直, 如果不垂直, 那么防松螺母端面与轴承端部接触, 这样就会影响主轴精度。

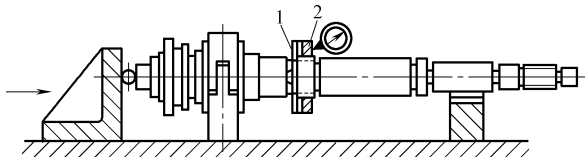


图 4-43 防松螺母螺纹倾斜度测量

1—可摇动的垫圈 2—标准螺纹圈

测量方法如图 4-43 所示, 测量用的工具、量具和

测量方法相同, 不过需增加一些附件。

主轴上套一可摇动的垫圈 1 和标准螺纹圈 2。将主轴轴承颈置于 V 形铁上, 若为锥形轴承颈, 即置于如开合式滑动轴承形的特殊轴套中。

以一滚珠作为支点, 于轴向使主轴定位。指示表架安置在平板上, 指示表触头触及螺纹圈端面近周边处。以手动回转主轴。指示表指针的变化值即为倾斜度误差值。

防松螺母螺纹倾斜度允差如下:

螺纹圈外径至 50mm 的为 0.02mm;

大于 50 ~ 100mm 的为 0.03mm;

大于 100 ~ 150mm 的为 0.04mm;

大于 150mm 的为 0.05mm。

7) 圆柱形轴孔对于两轴承颈的径向圆跳动。图 4-44 所示是测量方法，所用的工具、量具及测量方法与前述相同。

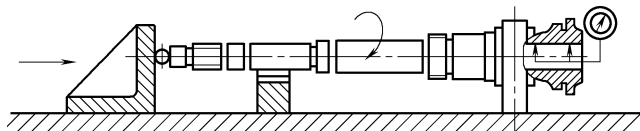


图 4-44 圆柱形孔径向圆跳动的测量

不同之处是它不用外径指示表来测量，而用靠表进行测量，即将触头深入主轴孔中，触头触及孔的表面，用手转动主轴。

圆跳动允差如下：

①滚动轴承：

轴孔直径至 80mm 为：

一级精度主轴：0.003mm；

二级精度主轴：0.005mm。

轴孔直径大于 80mm 为：

一级精度主轴：0.005mm；

二级精度主轴：0.007mm。

②滑动轴承：

轴孔直径至 80mm 为：

一级精度主轴：0.005mm；

二级精度主轴：0.007mm。

轴孔直径大于 80mm 为：

一级精度主轴：0.007mm；

二级精度主轴：0.010mm。

8) 锥孔中心线对于两轴承颈的径向圆跳动，如图 4-45 所示。测量所用的工具、量具与上述相同，但增加了一根带莫氏锥度，圆柱部分直径为 300mm 的检验棒。

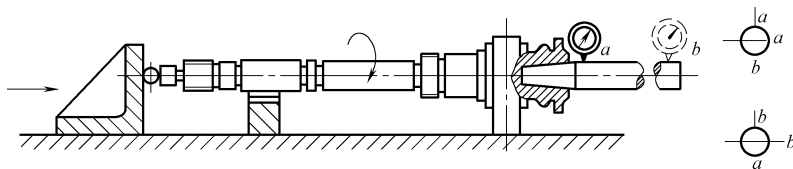


图 4-45 锥孔中心线径向圆跳动的测量

测量方法：将主轴轴承颈置于 V 形铁上，若为锥形轴承颈，则置于如开合式滑动轴承形的特殊轴套中，以一滚珠作为支点，于轴向使主轴定位。安置指示表的表座在平板上，使其触头触及插在主轴锥孔中的锥形检验棒的圆柱形表面，在 a、b 处进行测量。

以手动旋转主轴。误差以检验棒在锥孔中转动五个位置测得的结果记录。

记住这个位置取出检验棒。将检验棒转动 180° ，再插入主轴的锥孔，重复旋转主轴，在五个位置测量，记录下五个位置的数值。将两次测量的数值相加，取其平均值，即为锥孔中心线对于两轴承颈的径向圆跳动的误差值。

两次测量的目的是消除锥形圆柱检验棒本身的误差。

允差如下：

①滚动轴承：

近主轴端处：

一级精度主轴：0.003mm；

二级精度主轴：0.007mm。

离主轴端 300mm 处：

一级精度主轴：0.007mm；

二级精度主轴：0.015mm。

②滑动轴承：

近主轴端处：

一级精度主轴：0.005mm；

二级精度主轴：0.010mm。

离主轴端 300mm 处：

一级精度主轴：0.010mm；

二级精度主轴：0.020mm。

(3) 主轴的修复 主轴从主轴箱拆卸之后，用航空汽油清洗干净，对其按下列步骤进行检查。

第一步 观察主轴轴承颈表面和主轴锥孔表面磨损情况，是否有拉伤和划痕。

第二步 用千分尺或比较仪（与量块配合进行）测量主轴轴承颈的圆度和锥度。用标准莫氏锥度塞规涂上一层薄薄的红丹粉，插入主轴锥孔中，小角度的旋转塞规，观察锥孔表面接触情况，接触面是否均匀。

第三步 测量主轴相关部位的几何精度。测量方法，所用的工具、量具前面已经介绍过，在此不再重复。

将上述三个步骤测量的结果做好记录，以便制订修复方案。

(4) 滚动轴承主轴的修复 机床长期使用，滚动轴承需要经常更换，轴承

经常拉出和装入,所以主轴轴颈表面也会受到磨损和损伤,轴颈与轴承内环的间隙增大,所以在大修时主轴需要更换新的或者对原来的主轴进行修复。

机床大修理中,对主轴修复有两种方法:一是更换新的主轴,二是对原来的主轴进行修复。

更换新主轴,给修理带来方便,但新主轴价格比较高,会使修理费用增加。修复原来的主轴,虽然可以降低修理费用,但是修理人员的劳动量大。

主轴修理步骤:

- 1) 除去主轴轴颈以及配合表面的毛刺和划痕。
- 2) 加工修理中所用的锥形研磨棒和锥形堵头。锥体部位应以标准莫氏锥形环规配研。如图 4-46 所示。

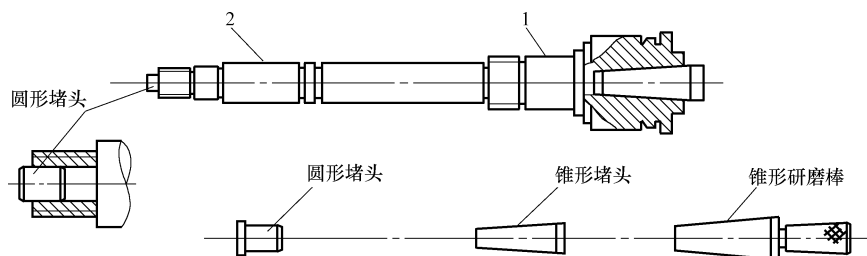


图 4-46 主轴的修理

1、2—主轴轴颈表面

3) 主轴锥孔的修复。锥形研磨棒表面涂上一层用润滑油与金刚砂调和而成的研磨膏,插入主轴锥孔中,用力回转研磨棒,来回地进行配研,使之与锥孔表面全部接触,然后反复进行数次,直到锥体表面整个研磨到没有留有旧痕为止。将锥孔用航空汽油清洗干净。锥体研磨棒涂上氧化铬膏,对锥孔再进行配研,提高锥孔表面的粗糙度。

注意:在配研锥孔过程中,应保证主轴锥孔中心线与主轴轴颈 1、2 中心线的同心度。测量方法如图 4-45 所示。

4) 滚动轴承颈的修复。修复前必须加工两个不同形状的堵头(锥形堵头和圆柱形堵头)和一两根锥形研磨棒,如图 4-46 所示。在加工锥形堵头和锥形研磨棒时,以标准莫氏锥度的环规配磨其锥体表面。

将锥形堵头和圆柱形堵头分别插入主轴锥孔和主轴后的圆柱形孔中(圆柱形堵头与主轴孔的配合为紧密配合)。利用锥形堵头和圆柱形堵头的中心孔作为基准,即是用外圆磨床的主轴箱主轴顶尖和尾座顶尖顶住主轴两端堵头的中心孔,磨削主轴轴承颈 1、2 表面,消除其表面的伤痕、圆度、锥度。

用千分尺或外径比较仪、量块测量其轴颈 1、2 的尺寸和更换的新轴承内环

的内孔尺寸值, 加上磨削轴颈时的加工余量, 将轴送到热处理车间对其外圆 1、2 进行镀铬处理 (镀铬的厚度不超过 0.20mm)。然后用外圆磨床磨削主轴轴颈 1、2 以及其他相关的部位。这样主轴就可以进行装配了。

5) 滑动轴承颈的修理。滑动轴承颈的修复与滚动轴承颈的修复相同, 不同之处就是轴颈 1、2 不镀铬。

6) 滑动轴承主轴轴瓦的修复。滑动轴承主轴轴瓦是修复还是交换新的主轴轴瓦。这需要根据旧轴瓦是否还有铲刮和调整余量确定。

轴瓦是开口的, 可以调整间隙。轴瓦内表面的修复方法有两种: 一种是铲刮, 另一种是研磨。

① 铲刮法。铲刮轴瓦必须有熟练的修理工人, 有丰富的铲刮技能, 才能承担这一工作, 否则就无法保证修理质量。

铲刮轴瓦不需要其他辅助工具, 可直接用主轴轴颈 1、2 配研铲刮, 铲刮到点子大小一致, 并且均匀分布在轴瓦的内表面为止。但注意在用主轴轴颈配研中, 不能破坏轴颈表面的粗糙度, 更不能使轴颈表面出现划痕。所以在配研过程中, 要特别注意清洁。

② 配研法。首先加工外径与主轴轴承颈 1、2 直径相同的圆柱形研磨棒各一根或一根与主轴轴承颈 1、2 相同的台阶式研磨棒。如图 4-47 所示。其外径直径比主轴轴承颈 1、2 小 0.01mm。

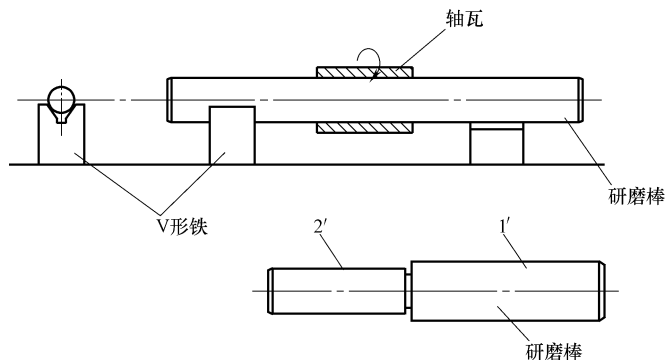


图 4-47 配研法修复轴瓦

1'、2'—主轴轴承颈

配研方法: 根据旧轴瓦的磨损和伤痕情况选择研磨粉 (金刚砂) 的粗、细。另外还要根据旧轴瓦孔的圆度和锥度选择研磨粉。

研磨粉与润滑油调和成糊状, 将其涂在研磨棒表面 (少量)。一边回转研磨棒一边插入开口轴瓦孔中 (见图 4-47)。然后将主轴安置在平板上的两个 V 形铁槽中, 一面回转轴瓦, 一面加润滑油, 这样来回进行研磨一定时间后, 取出轴

瓦,用航空汽油清洗轴瓦内孔和研磨棒表面。观察轴瓦内表面研磨情况,这样重复几次,直到消除轴瓦孔的圆度和锥度为止。用航空汽油清洗轴瓦内孔和研磨棒,再用氧化铬研磨膏进行一次研磨,提高轴瓦孔的表面粗糙度。最后用润滑油来回配研(只加润滑油),清除轴瓦孔中的研磨粉。

这时将主轴箱的所有零件进行装配。主轴箱装配完毕后就可以进行机床的总装,但是,在总装之前还有一道工序,就是主轴箱底平面的配研铲刮。

2. 主轴箱(床头箱)的修理

主轴箱所有的零件装配在主轴箱后,最后一道工序就是铲刮主轴箱底平面1。

(1) 主轴箱底平面的铲刮

铲刮在平板上进行,如图4-48所示,在铲刮前应注意:

1) 主轴箱底平面1的铲刮量。不能无目的铲刮,否则,在修复尾座时就会有有很大的麻烦,因为合格证的验收,有一项主轴箱主轴锥孔中心线

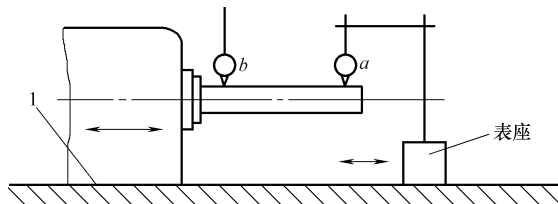


图4-48 主轴箱底平面的铲刮

1—底平面

对尾座套筒锥孔中心线的等高度。所以在铲刮前要查看机床修理前的测量记录(主轴箱主轴锥孔中心线与尾座套筒锥孔中心线的等高度),是否是主轴高于尾座套筒。因为主轴箱不移动,底平面不会磨损,而尾座的底座V形导轨平面来回移动,其磨损比较严重,所以尾座套筒锥孔中心线低于主轴箱主轴锥孔中心线。

因此将其等高差值记录下来,确定主轴箱底面1的铲刮量。

2) 在测量床身V形导轨平面1、2,对主轴箱用床身平面9的平行度时(见图4-3),应记下平行度的方向,如是靠近V形导轨平面1、2(见图4-3)低还是高,便于铲刮主轴箱底面时,注意方向。

3) 主轴箱底平面的铲刮,应与主轴箱主轴锥孔中心线平行。

在平板上配研铲刮主轴箱底平面1,在铲刮过程中,反复测量主轴锥孔中心线与底平面1的平行度,如图4-48所示。

测量方法:主轴锥孔中紧密插入一根带锥体的圆柱检验棒,表座上的指示表触头触及检验棒上母线的a、b处,其差值就是主轴箱主轴锥孔中心线与主轴箱底平面的平行度误差。侧母线无须测量。

(2) 主轴箱的装配 将主轴箱吊装到床身上,找到定位销孔,将定位销放入孔中(不打死,留一些活动余量),然后用紧固螺钉将主轴箱固定在床身上,不要拧紧。主轴锥孔紧密插入一根带锥体的圆柱检验棒,如图4-49所示。刀架上安装一指示表,指示表触头触及检验棒的上母线a'处,移动床鞍到b'处,使

圆柱棒与床身 V 形导轨等高一致后（调整主轴箱），床鞍回到原处 a' ，指示表触头触及圆柱棒的侧母线 b 。移动床鞍，调整主轴箱，使指示表在侧母线 a' 、 b' 处读数为零。这时取出定位销，用铰刀铰定位销孔后，将定销打入孔中，使主轴箱不能移动。这时才能把所有的紧固螺钉拧紧，完成主轴箱的修理。

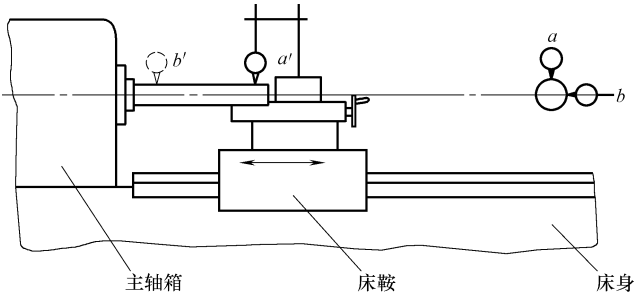


图 4-49 主轴箱的装配

4.2.4 尾座的修理如何进行？

答：尾座是车床一大部件，它只是在加工长的轴类零件时，作支承之用，也是主要部件之一。

尾座是由尾座体、套筒、底板 V 形导轨、方键及丝杠和螺母所组成，如图 4-50 所示。

1. 尾座体的修理

按下列步骤进行。

1) 首先加工锥体研磨棒、锥体堵头、圆柱堵头和研磨尾座孔用的研磨棒各一根如图 4-51 所示。

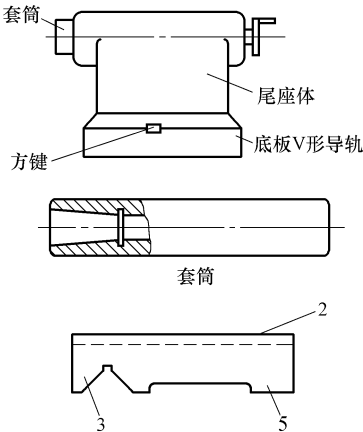


图 4-50 尾座的组成

2、3—底板 V 形导轨平面 5—底板平面导轨平面

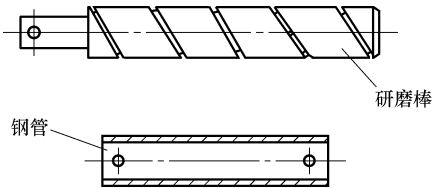


图 4-51 尾座体修理用工具

2) 尾座体的修理。将尾座体安装在方形工作台侧面（借助摇臂钻床的方形工作台）或一个支承架上，如图 4-52 所示。使尾座体中心孔中心线处于与水平面垂直状态。研磨棒小圆柱上套一钢管，用螺钉紧固，钢管另一孔中插一根铁棒作为扳手。研磨棒外圆有一条深 2mm、宽 3mm 的螺纹槽，其目的是在研磨过程中储存研磨粉。

在研磨前，用内径千分尺或内径比较仪测量孔的圆度、锥度并观察孔表面拉伤情况，确定研磨粉的大、小号。

首先在研磨棒上涂一层薄薄的用润滑油调和的研磨粉，将研磨棒插入孔中，一面旋转研磨棒一面往孔中插入，然后上下旋转，往复进行，同时在研磨中加研磨粉。直到孔的圆度、锥度及划痕清除为止，在研磨完成后，用航空汽油清洗干净孔中的研磨粉。

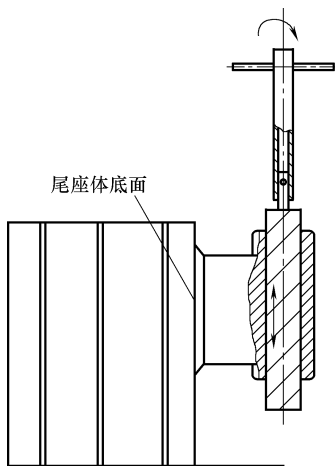


图 4-52 尾座体的修理

3) 尾座体底平面的修理。将尾座体安放在平板上配研铲刮底平面“1”，套筒插入一根带锥体的圆柱检验棒，如图 4-53 所示。以此测量尾座体中心线与底面“1”是否等高。键槽的修理，待 V 形底板铲刮后，再对尾座体键槽进行修理。

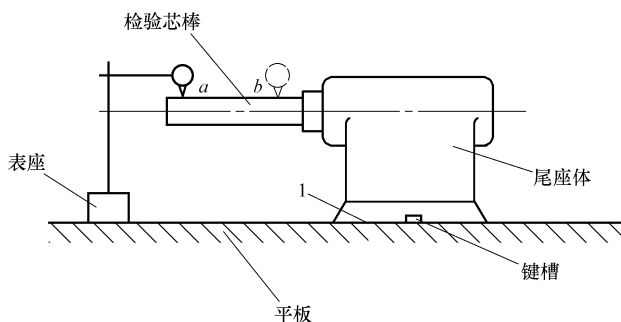


图 4-53 尾座体底平面修理时的测量

2. 套筒的修理

尾座套筒的修理与主轴修理相同，先用标准锥体研磨棒配研套筒锥孔，然后在套筒前、后装入堵头，以两堵头中心孔为基准，在外圆磨床上磨削套筒外圆，直至消除套筒外径的锥度、圆度、划痕为止。

这时测量套筒外径与尾座体孔的实际尺寸, 计算两者现在的间隙, 确定套筒外径的镀铬厚度。套筒经镀铬后, 利用两堵头的中心孔, 在外圆磨床上进行磨削。套筒外径与尾座体内孔的间隙为 $0.015 \sim 0.02\text{mm}$ 。

3. 底板的修理

如图 4-50 中所示, 底板 V 形导轨平面 3、4 和平面导轨平面 5 表面都涂上一层薄薄的红丹粉, 与床身的 V 形导轨和平面导轨配研铲刮, 完成后, 在平板上配研铲刮底板平面 2。铲刮平面 2 应与底板的 V 形导轨平面 3、4 和平面导轨平面 5 平行。图 4-54 为测量上下平面平行度的示意图。

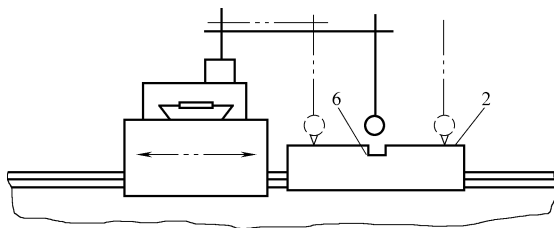


图 4-54 测量上下平面平行度的示意图

2—底板平面 6—底板键槽侧面

床鞍上的中滑板安置一指示表, 触头触及底板平面 2, 移动表针的变化值就是上、下平面的平行度误差, 允差为 0.02mm 。

将指示表换成千分靠表, 触头触及底板键槽侧面 6, 中滑板横向移动, 表的指针变化值, 就是底板 V 形导轨平面 3、4 与键槽侧面 6 的垂直度误差, 根据这个值铲刮键槽侧面 6。然后再铲刮对侧面, 两侧面保持平行。铲刮完成后, 再修理尾座体的方形槽的两侧面。

4. 尾座的综合修理

所有的零件修理合格后, 进行组装, 在组装过程中, 边测量边补修。

尾座组装之后 (尾座体方键槽两侧面经测量后, 再进行铲刮和配方键)。

尾座安放在床身导轨上, 如图 4-55 所示, 尾座套筒锥孔紧密插入一根锥体圆柱检验棒, 床鞍上安装指示表, 指示表触头触及检验棒上侧母线, 调整尾座体, 使上母线 a 、 b 处于相同的数字为止。然后, 将指示表触头触及检验棒侧母线。

尾座套筒锥孔中心线不但要与床身导轨上母线和侧母线平行, 而且还要与主轴箱主轴锥孔中心线同心 (侧母线是可以调整的, 主要是在键槽两侧面的铲刮后进行。上母线是靠铲刮底板平面 2 来完成的)。

测量方法如图 4-56 所示。床头与尾座顶尖之间紧顶一圆柱形检验棒, 其长

度约为床鞍长度的2倍,刀架上固定指示表,使其触头触及检验棒上母线和侧母线,移动床鞍,指示表指针的变化值即为同心度误差。

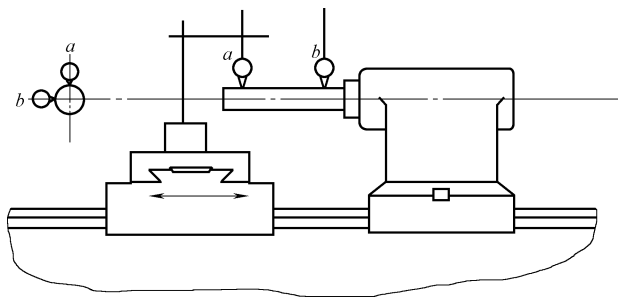


图 4-55 尾座修理时的测量

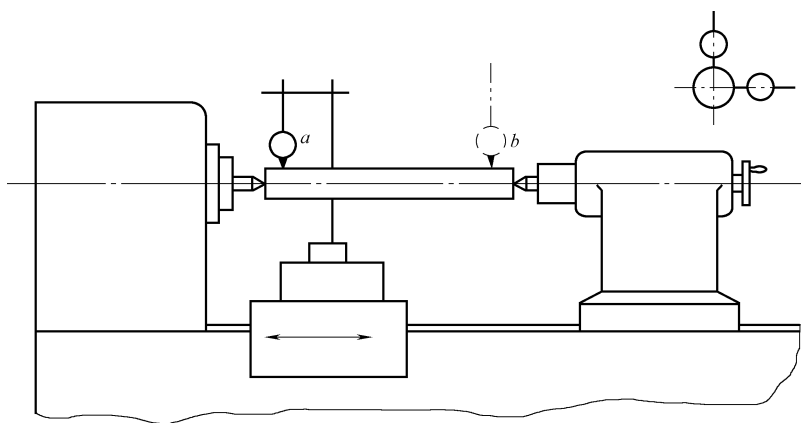


图 4-56 尾座套筒锥孔中心线与
主轴锥孔中心线同心度的测量

车床的大修到此结束,最后是按照合格证的项目进行测量。

4.2-5 如何检验卧式车床精度?

答:卧式车床的精度按下列项目逐项检验:

- 1) 溜板用床身导轨在垂直面内的直线度。
- 2) 溜板用床身导轨在水平面内的直线度。
- 3) 溜板用床身导轨的平行度(即导轨不允许扭曲)。
- 4) 溜板用床身导轨下滑面对于上滑面的平行度。

- 5) 尾座移动方向对于溜板移动方向的平行度。
- 6) 床头主轴定心轴颈的径向圆跳动。
- 7) 床头主轴锥孔中心线的径向圆跳动。
- 8) 床头主轴中心线对于溜板移动方向的平行度。
- 9) 床头主轴的轴向窜动。
- 10) 床头主轴轴肩端面对于床头主轴回转中心线的垂直度。
- 11) 尾座主轴（顶尖套）锥孔的中心线对于溜板移动方向的平行度。
- 12) 顶尖套筒移动方向对于溜板移动方向的平行度。
- 13) 床头主轴孔中心线及顶尖套筒孔中心线对于溜板用床身导轨的等高度。
- 14) 刀架小滑板移动方向对于床头主轴中心线的平行度。
- 15) 丝杠两轴承中心线对于溜板用床身导轨的等距度：①在垂直面内；②在水平面内。
- 16) 丝杠上的开合螺母的中心线与丝杠两轴承中心线的重合度。
- 17) 丝杠的轴向窜动。
- 18) 丝杠的螺距及由主轴到丝杠间传动系统的精度。
- 19) 在车床上加工一根圆柱棒，其精度为：①圆度：中心高至 400mm 为 0.01mm。中心高大于 400mm 为 0.02mm。②锥度：每 300mm 长为 0.03mm。
- 20) 车一零件的平面的平面度：直径每 300mm 为 0.02mm（只许凹）。

第三节 卧式及万能铣床的修理

铣床（见表 4-2）在机械加工中是不可缺少的加工设备，通过分度盘，它可加工各种角度的平面以及各种槽面，如图 4-57 所示。

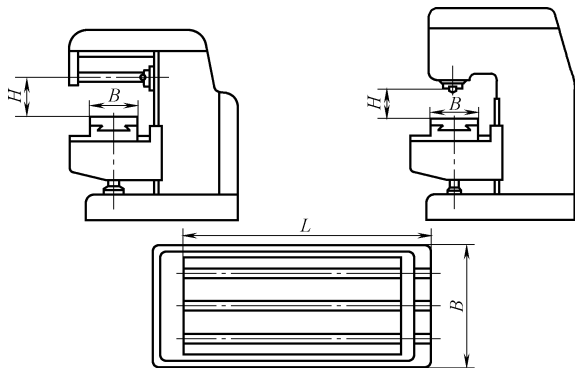


图 4-57 铣床

表 4-2 铣床的规格

(单位: mm)

工作台工作面		工作台行程		H 不小于
		纵 向	横 向	
宽度 B	长度 L	不小于		
100	400	200	80	150
125	500	250	100	200
160	630	320	125	250
200	800	400	160	300
250	1000	530	200	350
320	1250	700	260	400
400	1600	900	320	450
500	2000	1250	400	500

4.3-1 如何修理床身?

答: 床身的修理按下列步骤进行。

1) 将床身卧放在大平板上或水泥地平面上, 一端用枕木和千斤顶支承, 如图 4-58 所示。调整千斤顶使床身处于水平状态。用小平板配研床身平面导轨平面 4 并进行铲刮, 在铲刮平面 4 时, 应保证该平面与主轴用床身孔中心线垂直。测量方法: 床身主轴中心孔中放入旋转轴 (可旋转, 但不要过于松动), 带指示表的表座安放在旋转轴上, 指示表触头触及床身平面 4, 转动旋转轴, 其指针变化数值即为误差值。

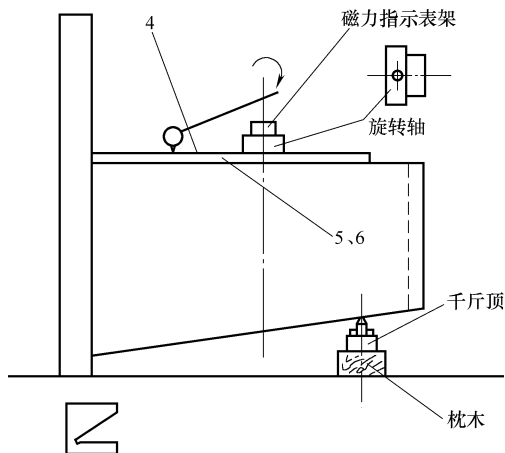


图 4-58 床身平面导轨的修理与测量

4—床身平面 5、6—V 形导轨平面

允差： $\phi 300\text{mm}$ ，为 0.03mm 。

用 V 形角度平尺配研铲刮床身两 V 形导轨平面 5、6，保证两燕尾导轨平行。测量方法如图 4-59 所示。在燕尾导轨上各放一个游标万能角度尺，一个游标万能角度尺上安装一指示表，指示表触头触及另一个游标万能角度尺的侧面，两游标万能角度尺同时移动，表的指针变化即为平行度误差。

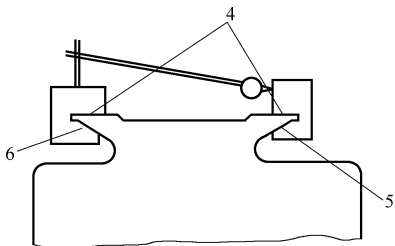


图 4-59 燕尾导轨平行度测量
4~6 同图 4-58

2) 在平板上或水泥地上安放几块可调斜铁，将床身安置在斜铁上，调整斜铁，使床身导轨平面 1 处于水平状态，开始进行铲刮。同样用一块小平板配研床身平面 1 并铲刮，保证与平面 4 垂直。

测量方法：床身平面导轨平面 4 紧靠一根弯尺，燕尾导轨平面 2、3 上放一带指示表的游标万能角度尺，指示表触头触及弯尺上平面，如图 4-60 所示。移动游标万能角度尺指示表指针的变化，就是它们之间的垂直度误差（借用燕尾导轨平面 3 或 2，因为平面 3、2 未铲刮）。

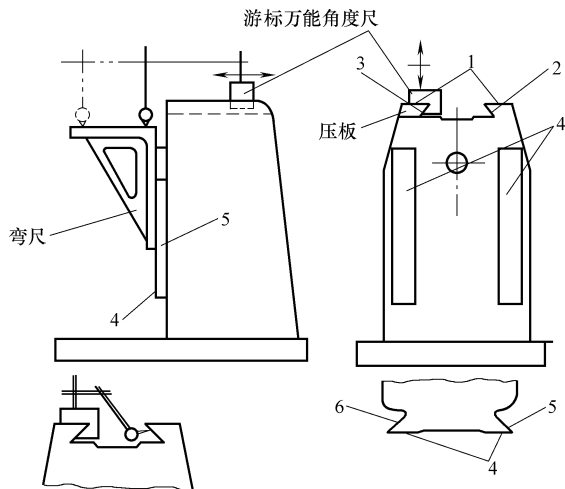


图 4-60 床身燕尾导轨的测量

1~3—燕尾导轨平面 4~6 同图 4-58

再用角度平尺配研燕尾导轨平面 2、3 并进行铲刮。两燕尾导轨 1、2 与 1、3 平行。测量方法：带指示表（千分靠表）的游标万能角度尺触头触及燕尾导轨

平面2, 移动角度规, 指示表指针的变化值, 即为两燕尾导轨的平行度误差值。

4.3-2 如何修理悬梁?

答: 悬梁主要是通过安在悬梁上的支承架的轴承座的孔、支持铣刀杆, 起支承作用。以床身燕尾导轨平面1配研悬梁燕尾导轨平面7、8并铲刮, 再以床身燕尾导轨平面2、3配研平面9、10铲刮。如图4-61所示。

利用悬梁测量床身燕尾导轨平面1、2和1、3对床身主轴孔中心线的平行度。测量方法: 床身主轴孔中紧密插入一根台阶式的检验圆柱棒, 如图4-62所示。带指示表的磁力表座安放在悬梁上, 指示表的触头触及检验棒的上母线 a 和侧母线 b , 移动悬梁指示表的指针变化值, 就是平行度误差。

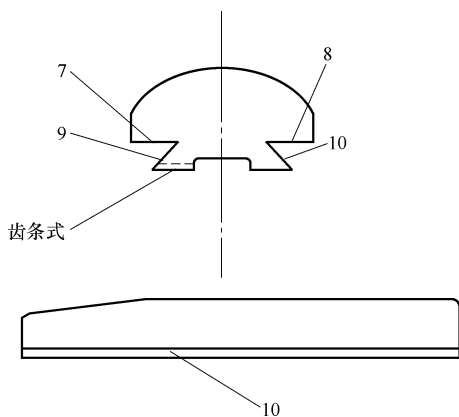


图 4-61 悬臂燕尾导轨的配研
7~10—悬梁燕尾导轨平面

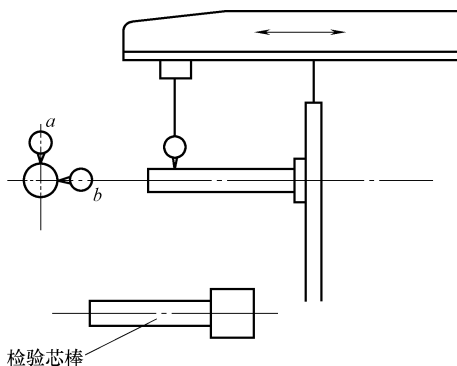


图 4-62 燕尾导轨平面与主轴
孔中心线平行度的测量

4.3-3 如何修理升降工作台?

卧式铣床分为两种: 一是卧式铣床, 二是卧式万能铣床。

卧式铣床升降工作台是由上工作台、下工作台、升降台组成, 它不能转动角度。

卧式万能升降工作台是由上工作台、旋转工作台、下工作台、升降台组成; 它可以转动 45° 的角度。

1. 升降台的铲刮

图4-63为卧式铣床升降台的示意图。

将床身卧倒铲刮燕尾导轨平面5、6与4(见图4-60)之后, 床身还是卧倒安放不动。利用其燕尾导轨平面1、2、3(见图4-60)配研升降台, 燕尾导轨平

面 1、2 及压板斜面 6 并进行铲刮。燕尾导轨的间隙是靠铲刮压板平面 7' 来保证的。

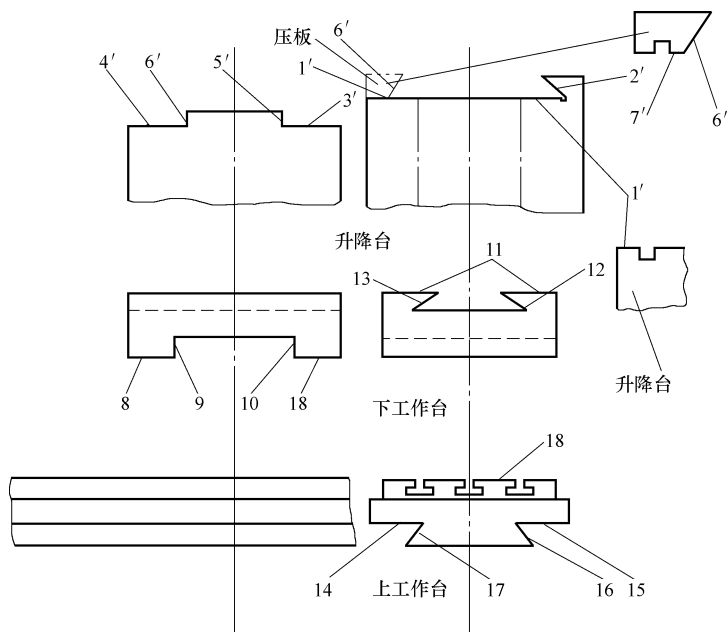


图 4-63 卧式铣床升降台示意图

1' ~ 6'—升降台燕尾导轨平面 7'—压板平面

8 ~ 10—下工作台导轨平面 11 ~ 18—上工作台导轨平面

升降台导轨平面 3'、4'、5'、6' 待下工作台导轨平面 8、9、10 铲刮后，再进行铲刮。

2. 下工作台的铲刮

在平板上配研铲刮下工作台平面 8 面，如图 4-64a 所示，然后用游标万能角度尺配研铲刮导轨平面 9、10，保证两平面平行。测量方法如图 4-64b 所示，用游标万能角度尺，指示表进行。

在平板上配研铲刮下工作台燕尾导轨平面 11，如图 4-65 所示。再用游标万能角度尺配研燕尾导轨平面 12、13 并进行铲刮。

注意：

- 1) 燕尾导轨平面 11、12 和 11、13 应平行。
- 2) 燕尾导轨平面 11、12 和下方形导轨平面“8”、“9”应垂直。

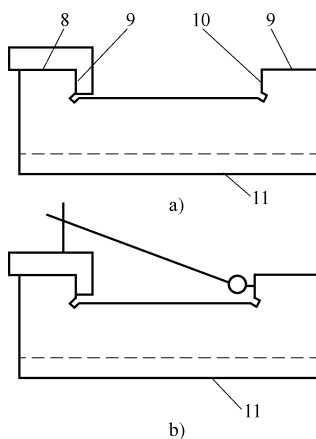


图 4-64 下工作台的铲刮与测量

8—下工作台平面 9、10—导轨面

11—下工作台燕尾导轨平面

燕尾导轨平面 11、12 和 11、13 平行度的测量方法如图 4-65 所示。燕尾导轨平面 11、13 安置一个带靠表（百分表）的游标万能角度尺，表的触头触及平面，移动游标万能角度尺，靠表指针的变化值即为平行度误差。

燕尾导轨平面 11、12 和下方形导轨平面 8、9 垂直度的测量方法如图 4-66 所示。

在平板上放一块垫铁，垫铁的高度大于方形导轨的高度与方尺的高度之和。下工作台平面 10 紧靠在垫铁的侧面，而方尺或弯尺侧面也紧靠在垫铁侧面，带指示表的游标万能角度尺安放在燕尾导轨平面 11、13 上，指示表触头触及方尺 a 面，移动游标万能角度尺指示表针的变化值就是垂直度误差。

当下工作台的铲刮完成之后，回去铲刮升降台方形导轨平面 3、4、5、6。

利用下工作台平面 8 配研升降台平面 3'、4'，如图 4-63 所示。

平面 3'、4' 应与燕尾导轨平面 1'、2'、6' 互相垂直。

测量方法：将升降台安装在床身立导轨上，平面导轨 3' 上放一弯尺，床身立式导轨上安放一块带指示表的 V 形角尺

或游标万能角尺，其触头触及弯尺的工作面 a 上下移动游标万能角度尺指示表的指针变化值即为误差值，这是升降台平面 3' 与床身立柱导轨横向的垂直度，如图 4-67a 所示。

在升降台平面 3'、4' 上分别安放一块等高垫铁，垫铁上放一平行平尺，平行

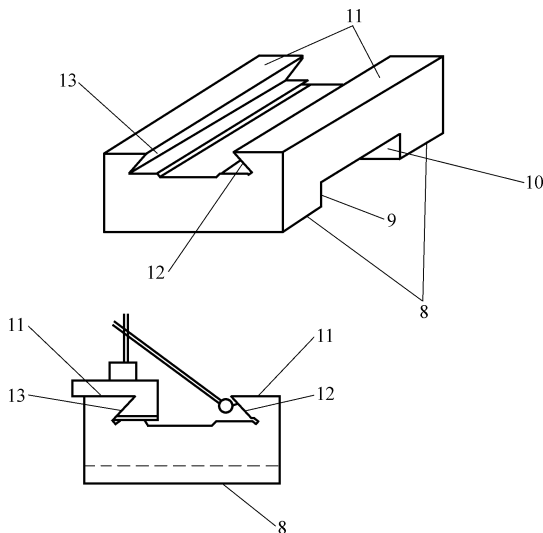


图 4-65 燕尾导轨平面 11 ~ 13 平行度的测量方法
8 ~ 10—下方形导轨平面 11 ~ 13—燕尾导轨平面

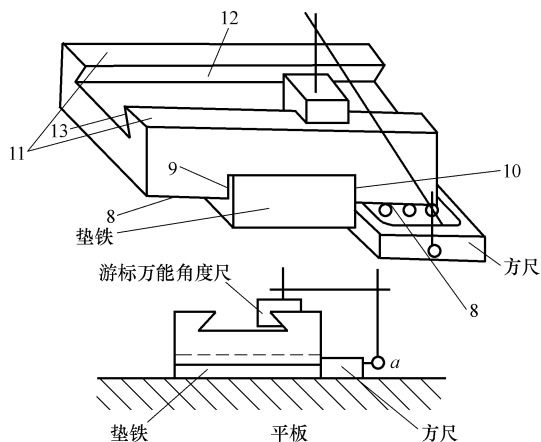


图 4-66 燕尾导轨和方形导轨垂直度的测量
8 ~ 10—下工作台平面 11 ~ 13—燕尾导轨平面

平尺上再放一弯尺,把游标万能角尺紧贴在床身燕尾导轨上,指示表的触头触及弯尺的侧面,上、下移动指示表的指针的变化值就是升降台平面 3'、4' 与床身立柱导轨纵向的垂直度误差。如图 4-67b 所示。

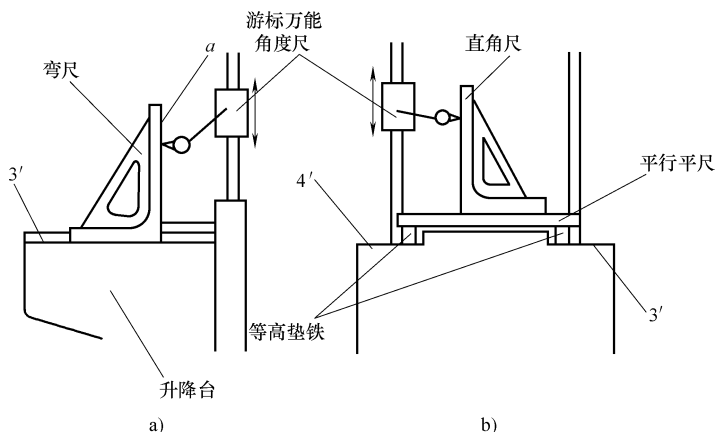


图 4-67 升降台垂直度的测量
3'、4'—升降台平面

3. 上工作台的铲刮

上工作台倒放在平板上(台面与平板接触),如图 4-68 所示。下工作台放置在上工作台上。利用下工作台燕尾导轨平面 11、12、13 配研铲刮上工作台燕尾导轨平面 14、15、16、17。用平尺或平板配研铲刮上工作台工作面 18,保证与燕尾导轨平面 14、15 平行,其工作面 18 的平面度为 0.04mm (只许凹)。

平面度的测量方法很多,前面已经介绍过,可以选用其中一种,在此不再重复。

工作台上的三条 T 形槽,以中间的为定位槽,它的两侧应与燕尾导轨平面 14、17 和 15、16 平行。

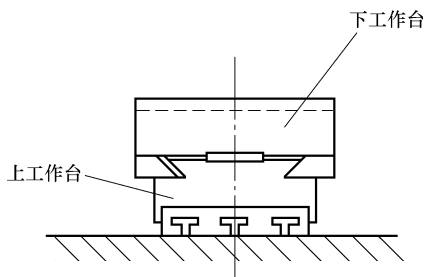


图 4-68 上工作台燕尾导轨的配研

用直角尺配研铲刮 T 形槽两侧面。如图 4-69 所示。并保证槽的两侧面与下燕尾导轨平面 14、17 与 15、16 的平行度和燕尾导轨平面 14、15 与工作台面 18 的平行度,如图 4-70 所示。

测量方法:如图 4-70 所示,将下工作台安置在平板上,上工作台又放在下工作台燕尾导轨中。

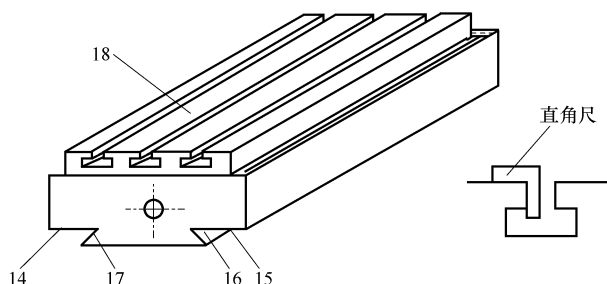


图 4-69 上工作台 T 形槽的铲刮

14~17—上工作台燕尾导轨平面 18—上工作台工作面

1) 测量上工作台台面 18 的平行度，带指示表的表座安放在平板上，指示表触头触及上工作台工作面 18，推动上工作台，指示表指针的变化值即为工作台工作面 18 与燕尾导轨平面 14、15 的平行度误差。

2) 测量上工作台 T 形槽侧面对燕尾导轨平面 14、17 和 15、16 的平行度，带指示表的表座安放在平板上，指示表触头触及 T 形槽侧面，推动工作台，推动上工作台时，使上工作台的燕尾导轨紧靠在下工作台燕尾导轨一边。指示表指针的变化值，即为平行度误差。

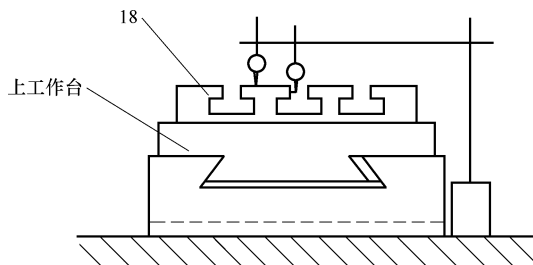


图 4-70

18—上工作台工作面

4.3-4 如何修理卧式万能铣床升降工作台？

答：卧式万能铣床升降工作台是由升降台、下工作台、回转工作台和上工作台组成。它们的形状与卧式铣床基本相同。

升降台和上工作台的铲刮方法也相同，而回转工作台和下工作台的不同之处是，它们多了一个旋转的机构，如图 4-71 所示。

1. 下工作台的铲刮方法

在平板上配研铲刮下工作台圆工作平面 a ，该平面应与回转中心孔中心线垂直。测量方法如图 4-72 所示。下工作台安放在平板上，心轴插入孔中，心轴中心孔放一滚珠，支承心轴在平板上，心轴上装一指示表，触头触及下工作台圆工作面上，回转心轴，指示表触头在圆工作面上划圈，指示表指针的变化数值即为孔中心对圆工作面的垂直度误差。

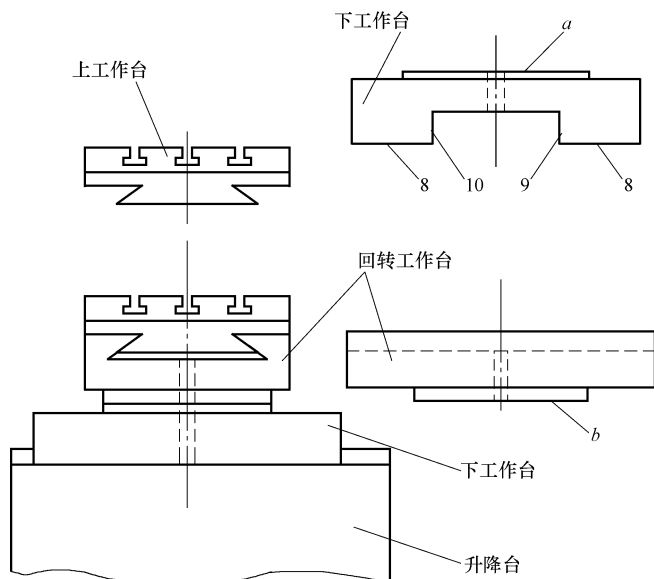


图 4-71 卧式万能铣床升降工作台示意图

8—底平面 9、10—方形导轨平面

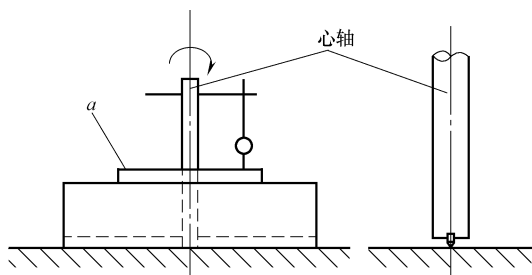


图 4-72 测量下工作台圆工作面与回转中心孔的垂直度

a—下工作台圆工作面

在平板上配研铲刮底平面 8、在配研铲刮平面 8 时，注意平面 8 与圆工作面 $a'-a'$ 、 $b-b'$ 方向平行，如图 4-73 所示。

测量方法：下工作台安放在平板上，带指示表的表座也放在平板上，指示表触头触及下工作台圆工作面，按如图 4-73 所示中的 $a'-a'$ 、 $b-b'$ 方向进行测量。

下工作台的方形导轨平面 8、9、10 与前面配研铲刮方法相同，平面 8 在平板上配研铲刮，平面 9、10 用游标万能角度尺进行铲刮，如图 4-74 所示。

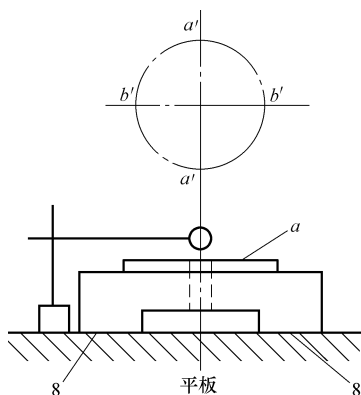


图 4-73 底平面 8 与圆工作面平行度测量

8—底平面

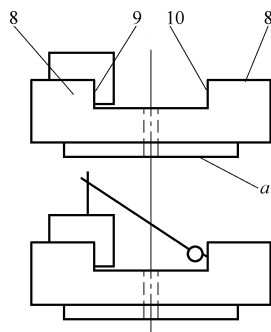


图 4-74 下工作台的配研铲刮与测量

8—底平面 9、10—方形导轨平面

测量方法也同样用游标万能角度尺，指示表进行。

2. 回转工作台的铲刮方法

在平板上进行，下工作台安放在平板上，平面 a 涂上一层薄薄的红丹粉，心轴插入下工作台中心孔中，用一个滚珠支持心轴，如图 4-75 所示，回转工作台放在下工作台上，转动回转工作台，使下工作台面 a 与回转工作台 b 面两平面配研后，铲刮回转工作台平面 b ，反复几次，直到平面 a 与平面 b 全部接触为止。

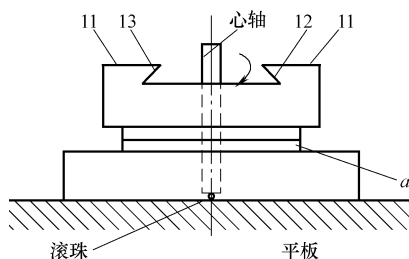


图 4-75 回转工作台的铲刮方法示意图

11~13—燕尾导轨平面

在平板上配研铲刮回转工作台燕尾导轨平面 11，保证燕尾导轨平面 11 与圆平面 b 纵、横方向平行，如图 4-76 所示。

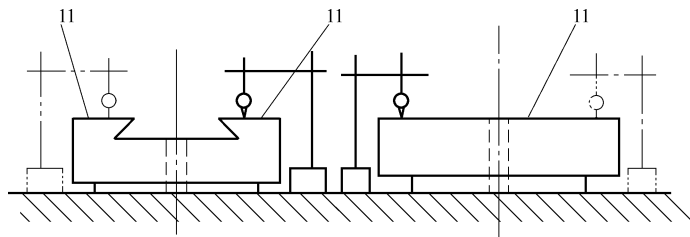


图 4-76 回转工作台燕尾导轨平面平行度的测量

11—燕尾导轨平面

测量方法：在平板上进行。回转工作台放在平板上，带表架的指示表触头触及平面 11，纵、横方向移动表架即可。

用角铁配研铲刮回转工作台燕尾导轨平面 12、13（两燕尾导轨不是平行的，有一定角度），保证两角度一致，如图 4-77 所示。

3. 上工作台的铲刮方法

以回转工作台燕尾导轨平面 11、12 和 11、13 配研铲刮上工作台燕尾导轨平面 14、17 和 15、16，如图 4-78 所示。燕尾导轨平面 14、17 与 15、16 应平行。

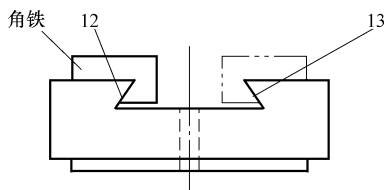


图 4-77 回转工作台燕尾导轨的铲刮
12、13—回转工作台燕尾导轨平面

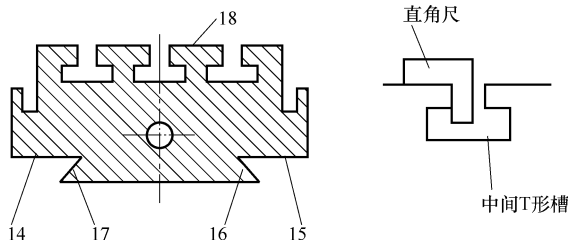


图 4-78 上工作台燕尾导轨的铲刮
14~17—上工作台燕尾导轨平面 18—上工作台平面

两 V 形导轨的平行度的测量方法：V 形导轨平面 15、16 中放一游标万能角度尺，指示表触头触及 V 形导轨平面 17、14，如图 4-79 所示。

上工作台平面 18 的铲刮：在小平板或大平板上配研铲刮上工作台面 18，该面应与燕尾导轨平面 15、14 平行。

用游标万能角度尺配研铲刮中间 T 形槽两侧面，两侧面应与燕尾导轨平面 15、16 和平面 14、17 平行，同时保证 T 形槽两侧面对主轴孔中心线的对称度。测量方法：回转工作台安放在平板上，而上工作台放在回转工作台燕尾导轨槽中，V 形导轨互相紧贴在一起，平板上安装带靠表的磁力表座，而靠表触头触及 T 形槽两侧平面，移动上工作台，靠表指针的变化值即为平行度误差值，如图 4-80 所示。

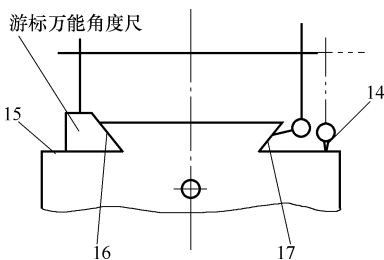


图 4-79 V 形导轨平行度测量
14~17—V 形导轨平面

当升降台、下工作台、回转工作台、上工作台组装之后,才能进行铲刮或研磨工作台中央 T 形槽两侧面。

测量方法如图 4-81 所示。使工作台中央 T 形槽两侧面平行于主轴中心线。将指示表座放置在专用工具上,专用工具底面凸块紧靠在 T 形槽的一侧面,并使指示表触头触及圆柱形检验棒的侧母线,此检验棒锥体紧密地插入主轴锥孔中。近主轴端处及距主轴端 300mm 处,于 T 形槽的两侧相对各进行一次测量。

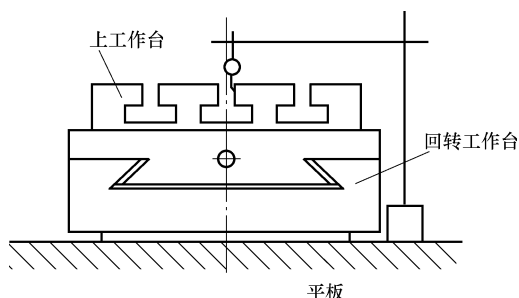


图 4-80 T 形槽平行度的测量

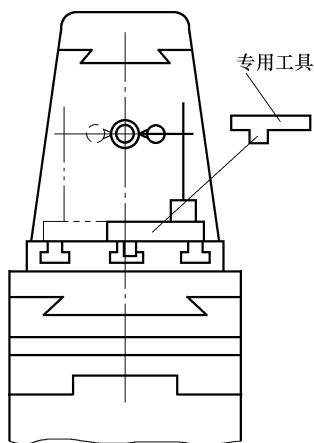


图 4-81 T 形槽的测量

每次测量的误差以指示表读数的代数差的一半计。

允差:每长 300mm 为 0.15mm。

4.3-5 如何修理铣刀杆轴承座?

答:铣刀杆轴承座主要是支承铣刀杆,它的中心孔中心线与主轴中心线同心。

当主轴和悬梁装在床身之后,对铣刀杆轴承座进行铲刮。轴承座的燕尾平面用肱架燕尾平面配研铲刮,配研时应用螺栓将轴承座的燕尾平面和肱架燕尾平面紧贴在一起,但轴承座可以在悬梁导轨上移动,轴承座的支承孔中心线应与主轴中心线同心。

测量方法如图 4-82 所示。铣刀杆轴承座孔中,紧密插入一根圆柱检验棒,其自由部分长度为铣刀杆轴承座孔直径的两倍。主轴上固定指示表,使其触头触及检验棒的表面。回转主轴。误差:以指示表指针变化差值的一半计。

允差:由垂直滑面起每长 300mm 为 0.03mm。

铣床主轴、丝杠副的修复、安装与卧式车床的修复相同,在此不再重复。

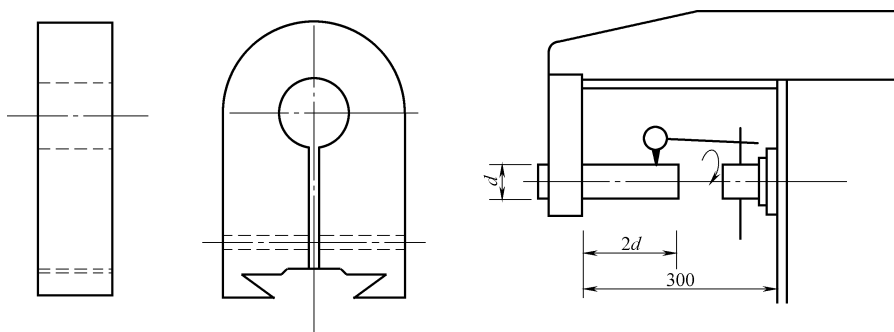


图 4-82 轴承座支承孔中心线与主轴中心线同心度测量

铣床所有零件装配完成后，进行综合性测量。测量按机床说明书中的合格证逐项进行。

4.3-6 如何检验铣床的精度？

答：铣床的精度按下列项目逐项进行检验。

1) 主轴轴颈的径向圆跳动的测量方法如图 4-83 所示。工作台上安置指示表，使其触头触及主轴轴颈表面。旋转主轴，指示表指针变化值即为圆跳动误差。

允差：0.015mm。

2) 主轴的轴向窜动。测量方法如图 4-84 所示。主轴孔中紧密地插入一根短检验棒，其中心孔放一滚珠（用黄油粘住），其端面与其中心线垂直。工作台上安置带指示表的表座，指示表触头套一个圆平头，使其紧靠在滚珠上。回转主轴。

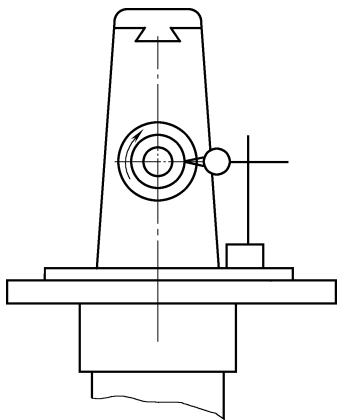


图 4-83 主轴轴颈径向圆跳动的测量

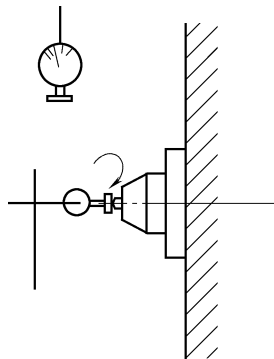


图 4-84 主轴轴向窜动测量

允差：主轴轴颈径至 50mm 者为：0.01mm；50 ~ 80mm 者为：0.02mm；大于 80mm 者为：0.02mm。

3) 工作台工作面的平面度（只许凹）。测量方法如图 4-85 所示。在工作台工作面上，按不同方向安置两个等高垫铁，其上放一工字平尺（点画线），用量块塞入工字平尺下平面和工作台面间的空隙中。平面的测量方法很多，可根据自己的条件，选择测量的方法、工具和量具。

4) 主轴端面对于主轴回转中心线的垂直度。测量方法如图 4-86 所示，带指示表的磁力表座安置在工作台上，使其触头触及主轴端面，回转主轴。在直径相对位置的两点上，进行测量。

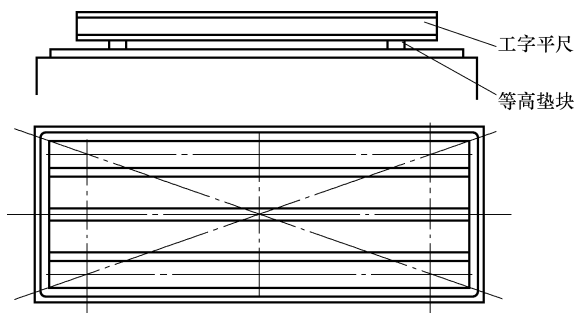


图 4-85 工作台工作面平面度测量

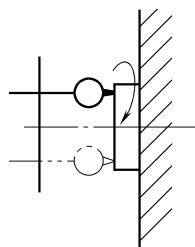


图 4-86 主轴端面对主轴中心线垂直度测量

误差以在主轴端面测得的最大摆动值和主轴的轴向窜动值的差计。

允差：主轴端面直径上为 0.01mm。

5) 主轴锥孔中心线的径向圆跳动。测量方法如图 4-87 所示。工作台上安置带指示表的磁力表座，使其触头触及圆柱形检验棒母线。此检验棒的锥体紧密地插入主轴锥孔中。回转主轴。在检验棒的两极端处进行测量。

允差：滚动轴承的机床：

近主轴端处为 0.015mm；

距主轴端 300mm 处为 0.03mm。

滑动轴承的机床：

近主轴端处为 0.01mm；

距主轴端 300mm 处为 0.02mm。

6) 工作台工作面对于工作台导轨的平行度。测量方法如图 4-88 所示。带指示表的磁力表座吸在横梁上，使其触头触及工字平尺上测量面，此工字平尺纵向置于工作台上的两个等高垫铁上。工作台沿着自己的导轨移动。

允差：每长 500mm 为 0.02mm。

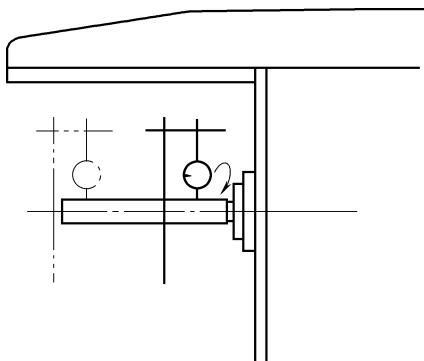


图 4-87 主轴锥孔中心线
径向圆跳动的测量

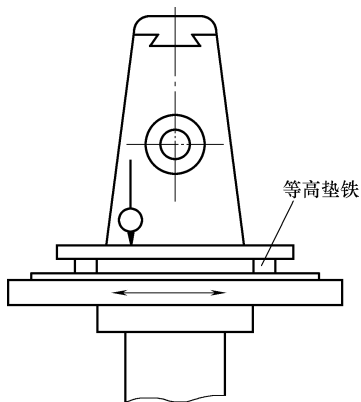


图 4-88 测量工作台工作面与
工作台导轨的平行度

7) 工作台工作面对于横向导轨的平行度。测量方法如图 4-89 所示, 带指示表的磁力表座吸在肱架上, 使其触头触及工字平尺上测量面, 此平尺置于工作台面上的两个等高垫铁上, 肱架固定在床身上, 工作台横向移动。

允差: 每长 300mm 为 0.03mm。

8) 工作台移动对于主轴中心线的平行度。测量方法如图 4-90 所示。主轴锥孔中紧密地插入一根带锥体的圆柱检验棒, 工作台上安置带指示表的磁力表座, 使其触头触及检验棒的母线。

a: 上母线; *b*: 侧母线。

工作台横向移动。

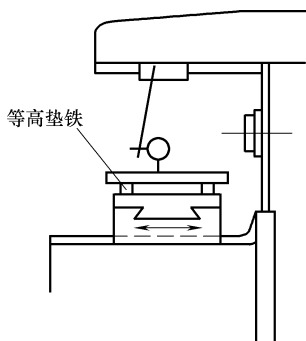


图 4-89 工作台工作面与
横向导轨的平行度测量

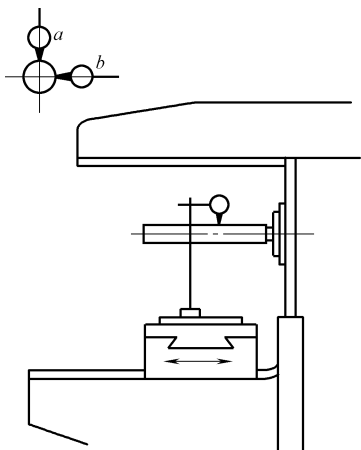


图 4-90 工作台与主轴中心
线的平行度测量

允差：上母线 a 、每长 300mm 为 0.03mm，检验棒前端只许向上偏。

侧母线 b 、每长 300mm 为 0.02mm，检验棒前端只许向主轴中心线的左边偏。

9) 悬梁导轨对于主轴中心线的平行度。测量方法如图 4-91。主轴锥孔中紧密地插入一根带锥体的圆柱检验棒。悬梁导轨安放一游标万能角度规，其上固定一指示表，使其触头触及检验棒的母线移动角度规。

a ：上母线； b ：侧母线。

允差：上母线 a 每长 300mm 为 0.02mm（悬架只许向下偏）。

侧母线 b 每长 300mm 为 0.02mm。

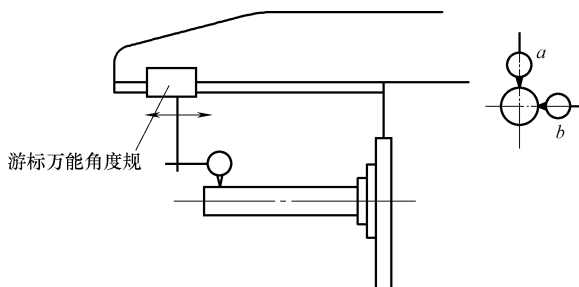


图 4-91 悬梁导轨与主轴中心线平行度测量

10) 铣刀杆轴承座孔中心线与主轴中心线的同心度。测量方法如图 4-82 所示。铣刀杆轴承座孔中紧定一圆柱形检验棒，其自由部分长为铣刀杆轴承座孔直径的两倍。主轴上固定指示表，使其触头触及检验棒的表面。回转主轴。误差以指示表所示偏差的一半计。

允差：由垂直滑面起每长 300mm 为 0.03mm。

11) 工作台中央夹制槽两侧壁对于主轴中心线的垂直度。测量方法如图 4-92 所示，主轴上固定指示表，使其触头触及一 T 形的垂直壁的一面，此板的凸缘紧靠工作台中央夹制槽的一面。回转带指示表的主轴，并移动 T 形的垂直壁至另一端进行测量。

允差：每长 300mm 为 0.02mm。

12) 工作台中央夹制槽两侧壁对工作台纵向移动方向的平行度。测量方法如图 4-93 所示。带指示表的磁力表座吸在床身立柱上，触头触及工作台中央夹制槽的侧壁上，

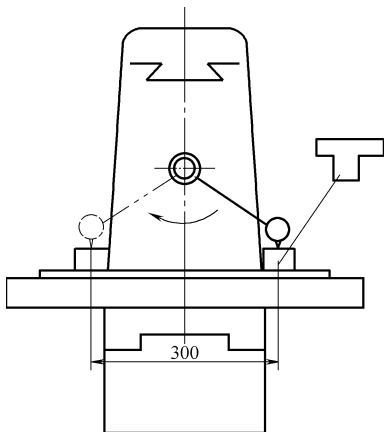


图 4-92 工作台中央夹制槽两侧壁与主轴中心线垂直度的测量

工作台纵向移动。

允差：每长 300mm 为 0.02mm。

13) 工作台上、下移动时其工作台工作面对于床身导轨的垂直度。测量方法如图 4-94 所示，带指示表磁力表座吸在床身立柱导轨上，使其触头触及弯尺的垂直平面，此弯尺安置在工作台工作面上，位于：

a：主轴中心线的平面内；

b：与主轴中心线垂直的平面内。

工作台沿床身导轨上下移动。

允差：*a*：每长 300mm 为 0.03mm（弯尺上端只许向主轴偏）；

b：每长 300mm 为 0.02mm。

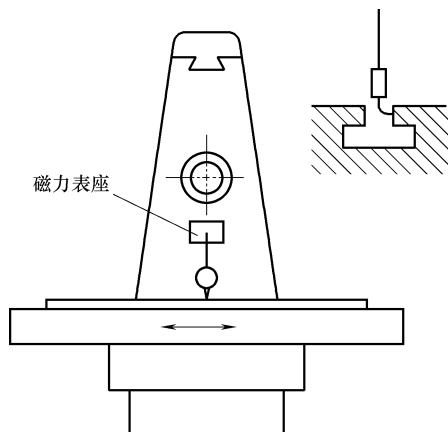


图 4-93 工作台中央夹制槽两侧壁与工作台纵向移动方向的平行度测量

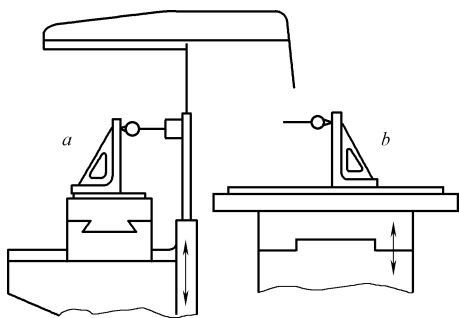


图 4-94 工作台上、下移动时，工作面与床身导轨垂直度测量

14) 工作台工作面对其回转工作面的平行度。测量方法如图 4-95 所示。工作台工作面上安置一水平仪。工作台绕其轴心左、右各转 45° 测量其偏差。当水平仪位于纵向及横向位置时，进行测量。

允差： $\frac{0.10}{1000}$ 。

15) 工作台中央夹制槽（T 形槽）两侧壁对于主轴中心线的对称度。测量方法如图 4-81 所示。使工作台中央夹制槽侧壁面平行于主轴中心线。将指示表座底面的突缘靠紧在夹制槽的一侧壁面，并使指示表触头触及

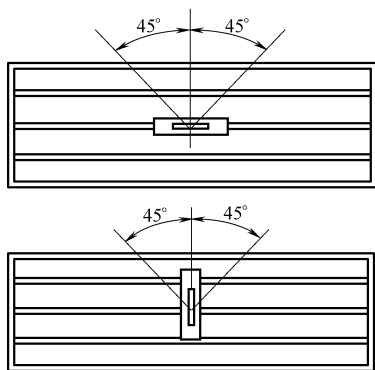


图 4-95 工作台工作面与回转工作面平行度的测量

圆柱形检验棒的一侧母线，此检验棒锥体紧密地插在主轴锥孔中。近主轴端处及距主轴端 300mm 处，于夹制槽的两相对侧壁面各进行一次测量。每次测量的误差以指示表读数的代数差一半计。

第四节 部分机床的主要部件修理

本节主要介绍部件的铲刮和测量方法，而不是整台机床的修理。

4.4-1 如何修理万能外圆磨床的主要部件？

答：1. 床身导轨的铲刮

图 4-96 为外圆磨床床身的 V 形导轨平面 1、2 和平面导轨平面 3，用凸 V 形平行尺的 V 形配研铲刮床身 V 形导轨平面 1 和 2，再用凸 V 形平行尺的平面配研床身平面导轨平面 3。保证 V 形导轨平面 1、2 与平面导轨平面 3 的平行度，如图 4-96 所示。测量方法：V 形铁上固定一指示表，其触头触及平面导轨平面 3，如图 4-96b 所示。移动游标万能角度尺，指示表指针的变化值即为 V 形导轨平面 1、2 与平面导轨平面 3 的平行度误差。

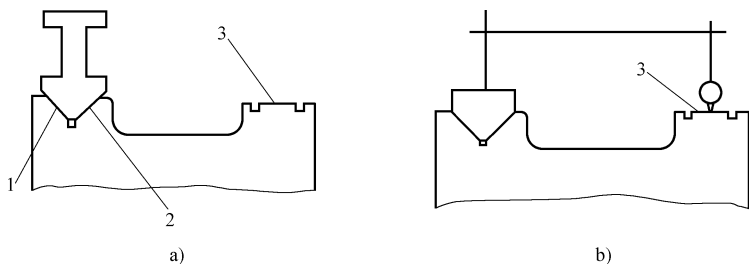


图 4-96 床身导轨的铲刮与测量

磨床工作台由下工作台和上工作台组成。如图 4-97a 所示。

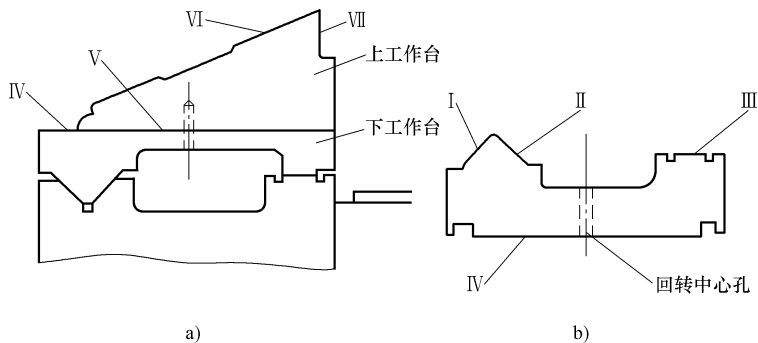


图 4-97 磨床工作台的组成

2. 工作台的配研铲刮

(1) 下工作台的铲刮 下工作台 V 形导轨平面 I、II 与平面导轨平面 III，涂上一层薄薄红丹粉，安放在床身上，来回短距离的移动，配研后对平面 I、II、III 铲刮。

用小平板或在平板上配研铲刮下工作台平面 V，该平面应与 V 形导轨平面 I、II 和平面导轨平面 III 平行。

测量方法如图 4-98 所示，带指示表的磁力表架固定在床身上，指示表的触头触及下工作台工作面 V，移动下工作台、指示表指针的变化数值，即为平行度的误差值。

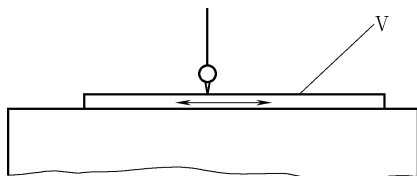


图 4-98 平行度的测量

用凸的角度平行平尺配研铲刮砂轮架用床身 V 形导轨平面 4、5，再用凸的角度平行平尺的平面配研其平面导轨平面 6。两导轨平面应平行测量方法：如图 4-99 所示，用一个可调的过桥放在 V 形导轨和平面导轨上，过桥的上方安放一水平仪，移动过桥，水平仪水泡的变化，即为两导轨的平行度误差（注意：允差为角度值时，水平仪水泡变化值就是误差值。如果允差为线性值时，必须计算。前面已介绍过，不再重复）。

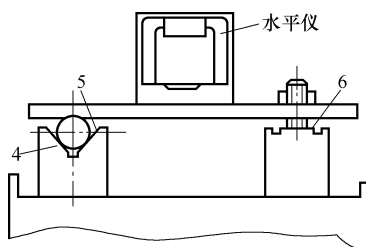


图 4-99 导轨平面平行度测量
4、5—V 形导轨平面 6—平面导轨平面

但是 V 形导轨平面 4、5（见图 4-99）应与工作台用床身 V 形导轨平面 1、2 和平面导轨 3（见图 4-96）：

1) V 形导轨平面 4、5 平面和平面导轨平面 6 应与下工作台工作面 IV 平行。

测量方法如图 4-100 所示。带指示表的 V 形游标万能角度尺规安置在砂轮架用床身 V 形导轨平面 3、4 上，指示表触头触及下工作台上平面 IV，移动游标万能角度尺，指示表指针的数字变化值，就是其平行度误差。

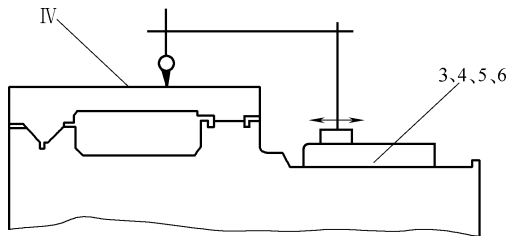


图 4-100 V 形、平面导轨平面与
下工作台平面平行度测量
3~5—V 形导轨平面 6—平面导轨平面

2) 砂轮架用床身 V 形导轨平面 4、5 对下工作台用床身导轨平面 1、2 的垂直度。

测量方法如图 4-101 所示。下工作台上平面安置一弯尺，带指示表的磁力表架吸在床身上，表头触及弯尺的侧面 a，移动下工作台，

调整弯尺 a 面, 使其 a 面与下工作台平行, 也就是说床身 V 形导轨平面 1、2 与弯尺侧面 a 平行。再在砂轮架用床身 V 形导轨平面 4、5 上放一带指示表的 V 形游标万能角度尺, 指示表的触头触及弯尺侧面 b , 移动游标万能角度尺, 指示表指针的变化值, 就是下工作台移动对砂轮架用床身 V 形导轨平面 4、5 的垂直度误差。即是床身 V 形导轨平面 1、2 与砂轮架用 V 形导轨平面 4、5 的垂直度误差。

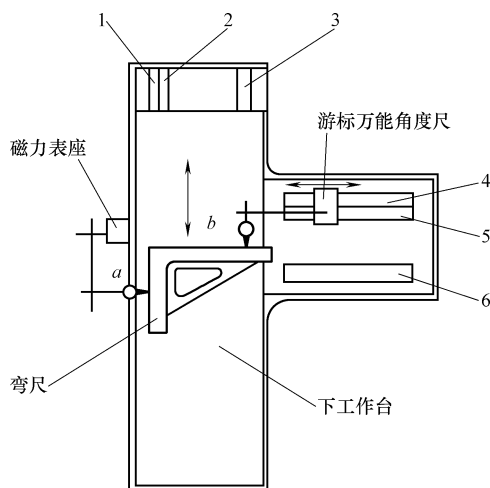


图 4-101 V 形导轨平面与下工作台导轨平面垂直度测量
1~6—V 形导轨平面

(2) 上工作台的铲刮 将心轴插入下工作台中心孔中, 上工作台底平面 V 涂上一层薄薄的红丹粉, 将上工作台安放在下工作台上 (上工作台的孔对准下工作台的心轴)。上工作台作一定的角度回转配研后进行铲刮。当平面 V 上研点分布均匀后即可。

用小平板或在大平板上配研平面 VI, 并保证平面 VI 的平面度。测量方法后面介绍。

用游标万能角度尺配研铲刮侧面 VII, 保证该面的平面度。如图 4-102 所示。

测量方法: 如图 4-103 所示, 上工作台是回转工作台, 它可以回转一定的角度, 它的作用是磨削带锥体的圆柱棒, 因为床头和尾架都安装上工作台, 所以角度导轨平面 VI、VII 的直线度的精度要求很高。

因为上工作台可以回转, 所以用带指示表的磁力表架固定在床身上, 指示表触头触及上工作台面 VI 的 a 、 b 两处, 转动上工作台, 调整这两点的指示表指针在零的位置上, 移动工作台, 指示表指针的变化值, 就是工作台工作面对床身 V 形导轨面的平行度误差。

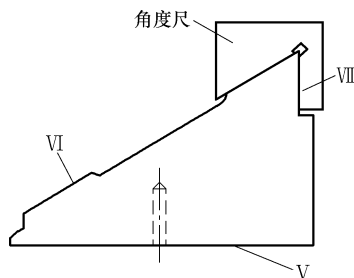


图 4-102 上工作台侧面的配研

将指示表的触头触及上工作台平面 VII, 移动工作台, 指示表指针的变化值, 就是平面 VII 对床身 V 形导轨的平行度误差。平面 VI 和 VII 组成的角度为角度导轨。

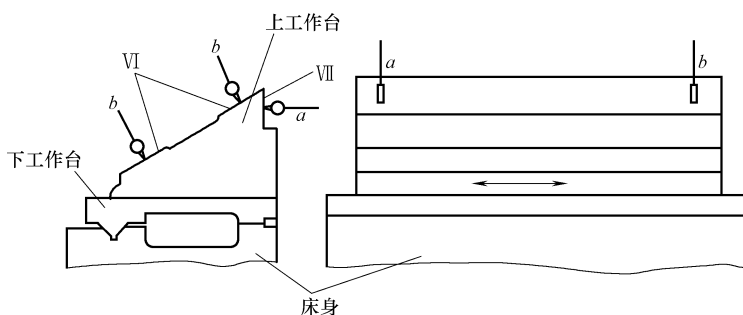


图 4-103 平面 VI、VII 的平面度测量

允差：床头及尾座用导轨的侧滑面：

a ：每长 1000mm 为 0.01mm； b ：每长 1000mm 为 0.02mm。

床身横向导轨对于下工作台表面的平行度，如图 4-100 所示。

允差：在砂轮架横向移动长度上为 0.05mm。下工作台表面对于工作台面移动方向的平行度，如图 4-98 所示。

允差：每长 1000mm 为 0.02mm。

床身 V 形导轨在垂直平面内的直线度：只许凸。

允差：0.02/1000。

床身 V 形导轨在水平平面内的直线度：只许自砂轮架方向外凸。

允差：每长 1000mm 为 0.01mm。

床身 V 形导轨平面 1、2 与平面导轨的平行度。

允差：每长 1000mm 为 0.02/1000；

导轨长大于 2000mm 时则为 0.04/1000。

4.4-2 如何修理龙门刨床、龙门铣床的主要部件？

答：1. 床身导轨的铲刮

龙门刨、龙门铣的 V 形导轨和平面导轨比较大，床身比较长，其长度为 6~8m，一般工厂根本没有这样大型的机床对其进行机械加工（除制造厂外），只能用铲刮方法。首先加工一个游标万能角度尺，如图 4-104c 所示。（因为床身导轨太长，没有这样大而且长 2~3m 的 V 形平行平尺。即使有也很难操作）。V 形游标万能角度尺机械加工后，因为它的角度不一定符合床身 V 形导轨的角度，所以寻找机床床身 V 形导轨磨损较小的一段，配研铲刮 V 形游标万能角度尺平面 a 、 b ，当两面接触面与床身导轨一致即可。然后在平板上配研铲刮游标万能角度尺平面 c 。铲刮角度规平面 c 时，应保证 V 形游标万能角度尺放在床身 V 形导轨上时水平仪水泡的位置与放在床身平面导轨上时水平仪水泡的位置一致，如图 4-105 所示。

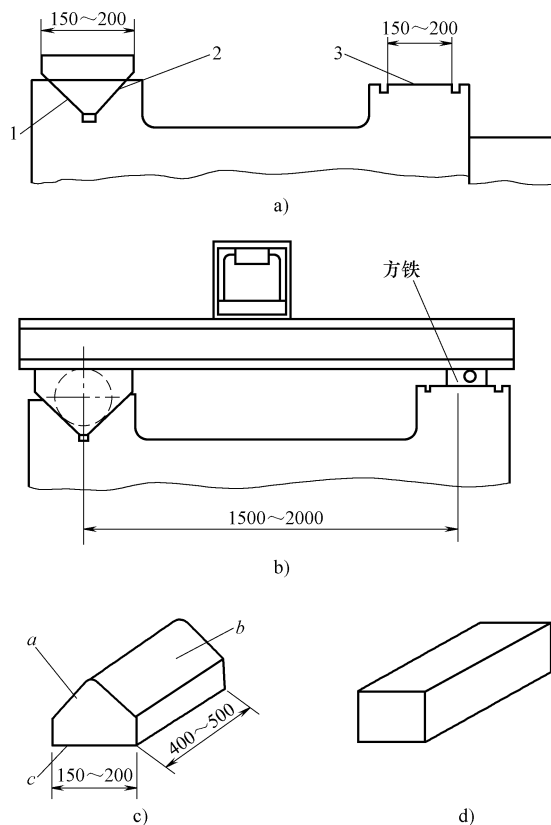


图 4-104 床身导轨的铲刮

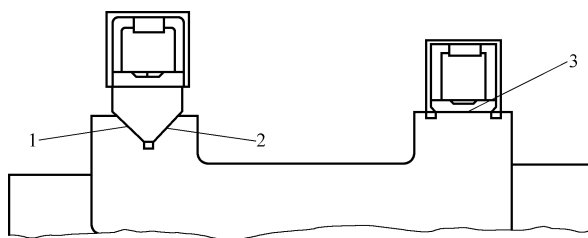


图 4-105 两个水平仪指示一致

1、2—V 形导轨平面 3—床身平面导轨平面

用 V 形游标万能角度尺平面 *a*、*b* 配研铲刮床身 V 形导轨平面 1、2 (见图 4-105)。用水平仪测量 V 形导轨平面 1、2 在垂直平面内的直线度, 如图 4-106 所示。将水平仪转动 90° (水平仪与 V 形游标万能角度尺垂直安放)。测量 V 形导轨平面 1 与 2 的扭曲度, 如图 4-106 虚线所示。

用平面度检查仪测量 V 形导轨平面 1 与 2 在水平面内的直线度, 利用 V 形游标万能角度尺安装反射镜座, 详细测量方法前面已介绍过, 在此不再重复。用其他方法很难实现, 因导轨太长。

还是利用这个 V 形游标万能角度尺的 c 平面配研铲刮床身平面导轨 3。其铲刮、测量方法及项目与 V 形导轨面相同, 不再重复。

机床床身 V 形导轨平面 1、2 与平面导轨 3 的平行度: V 形导轨平面 1、2 与平面导轨的跨距太大, 用指示表座的方法不好。如果用它, 因两导轨跨距太大表杆容易发生振动, 测量结果不准确。可以用 V 形

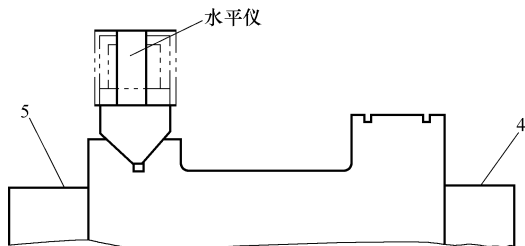


图 4-106 测量直线度

4、5—床身平面

游标万能角度尺、方铁、平行平尺、水平仪进行测量, 如图 4-104b 所示。

用 V 形游标万能角度尺、方铁进行测量, 缺点是移动时阻力大, 最好还是用两个大、小不同的圆柱棒进行测量、省力、方便、如图 4-104b 虚线所示。

床身导轨在垂直平面内的直线度:

允差: 0.05mm。

床身导轨在水平平面内的直线度:

允差: 0.06mm。

床身 V 形导轨与平面导轨的平行度:

允差: 每长 1000m 为 0.02/1000。

导轨长大于 2000mm 时, 在全长上为 0.05/1000。

用平板配研铲刮立柱用床身平面 4 与 5, 这两平面应与床身平面导轨 3 在纵、横方向平行。

测量方法如图 4-107 所示。还是用水平仪进行测量, 在床身平面导轨上, 将水平仪纵、横方向放在平面 3 上, 记下水泡的位置, 再将水平仪安置在立柱用床身平面 4、5 上, 纵、横方向水平仪水泡的位置是否与床身平面导轨平面 3 一致, 如相同, 说明平面 3、4、5 都处在水平状态, 它们互相平行。

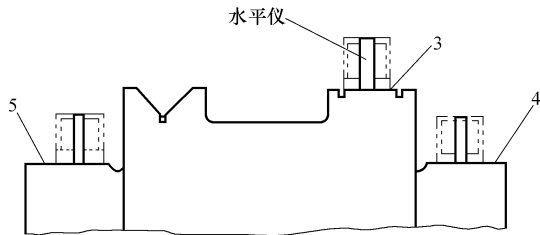


图 4-107 床身平面与床身平面导轨应平行

3—床身平面导轨 4、5—床身平面

2. 立柱的铲刮

(1) 立柱安装在床身座上的铲刮方法

1) 立柱的铲刮。用平尺或小平板配研铲刮立柱导轨平面 6。用水平仪测量平面 6 的直线度和扭曲度,如图 4-108 所示。测量方法前面已介绍过,不再重复。再用游标万能角度尺配研平面 7,保证平面 7 的直线度,测量方法相同(将立柱卧放进行)。

用水平仪测量立柱导轨平面 7,如图 4-109 所示,根据测量数值绘制其坐标曲线,以确定误差值。

将立柱倒放,平面 8 朝上,用平尺配研平面 8 并进行铲刮。平面 8 应与平面 6 平行。

测量方法:最简单的方法是用千分尺进行测量。

用平板配研铲刮立柱底平面 9,应保证与立柱导轨纵、横向垂直。

测量方法如图 4-110a、b 所示,用弯尺、指示表、方铁进行,具体测量前文已有介绍,不再重复。

2) 立柱与床身的安装。龙门刨床、龙门铣床的立柱与床身的安装结构有两种:一种是立柱安放在床身座上;一种是立柱安装在床身两侧面。

立柱安放在床身座上如图 4-111 所示。调整与测量方法如图 4-112 所示。图 4-112 中游标万能角度尺安置在床身 V 形导轨平面 1、2 中,带指示表的表座吸在 V 形游标万能角度尺上。将立柱吊装在床身座面 5 上。立柱平面 6 紧靠一弯尺指示表触头触及弯尺平面 a 。来回移动 V 形游标万能角度尺,同时转动立柱,当指示表指在零的位置时,停止立柱的转动,这时,立柱平面 6 就与床身 V 形导轨平面 1、2 垂直。

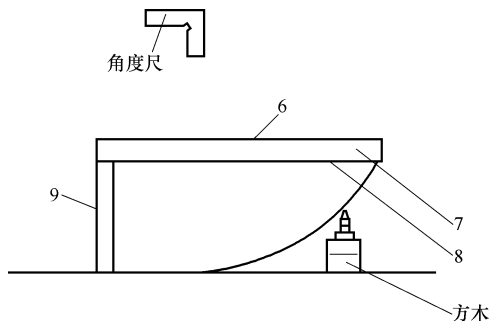


图 4-108 测量立柱导轨平面 6 的直线度
6~8—立柱导轨平面 9—立柱底平面

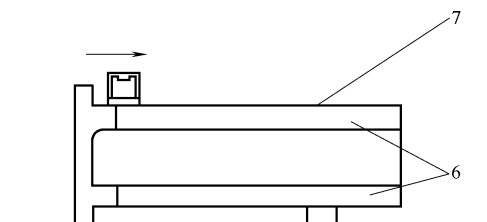


图 4-109 测量立柱导轨平面 7 的直线度
6、7—立柱导轨平面

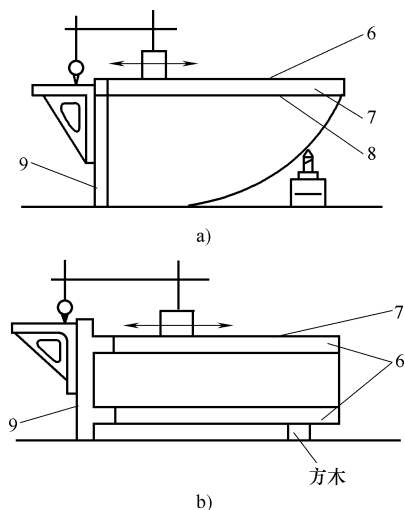


图 4-110 立柱导轨纵、横向垂直
6~8—立柱导轨平面 9—立柱底平面

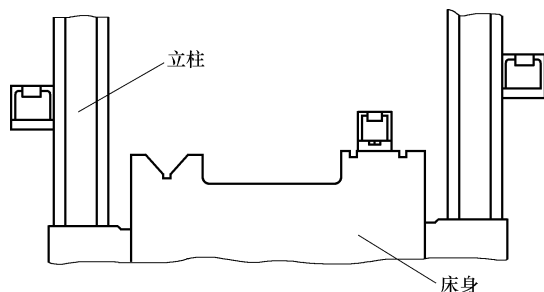


图 4-111 立柱安装在床身座上

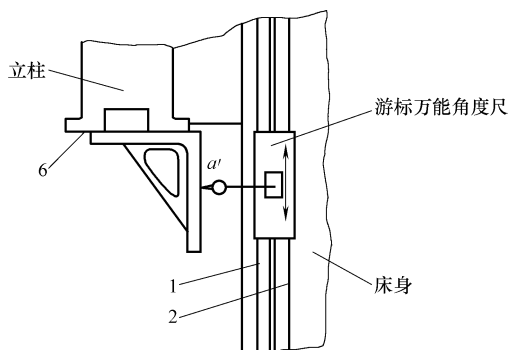


图 4-112 主柱的调整与测量

1、2—V形导轨 6—立柱平面

重新铰定位销孔，装入定位销，拧紧螺栓，使立柱固定在床身上。

将另一立柱吊装放在床身平面 4 上，在床身上放一根长的方尺或平行平尺，平尺的工作面紧靠在左边立柱平面 6 上，如图 4-113 所示。右边的立柱平面移动到平尺工作面上，使其贴紧，用 0.01mm 的塞尺塞入两平面之间，不能塞入，这说明两立柱平面 6 在一个平面内，也就是两立柱平面 6 与床身 V 形导轨平面 1、2 是垂直的。

两立柱安装后对床身的技术要求：

①立柱平面 6 对床身导轨要求垂直。测量方法：在床身平面导轨上纵

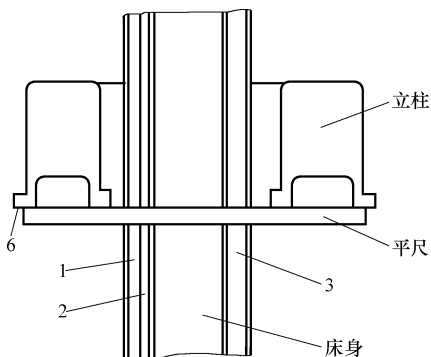


图 4-113 两立柱与床身 V 形导轨平面垂直

1~3—V形导轨平面 6—立柱平面

向放一水平仪，然后将水平仪移到立柱紧靠导轨的平面 6，观察两个位置的水泡是否一致，差值为两平面的垂直度误差，如图 4-114 所示。

②立柱平面 7 对床身平面导轨要求垂直。测量方法：一水平仪横放在床身平面导轨平面 3 上，然后将水平仪分别紧靠在左、右立柱平面导轨平面 7（见图 4-111）。观察水平仪在三个位置水泡的变化情况。这就是相互垂直度误差。

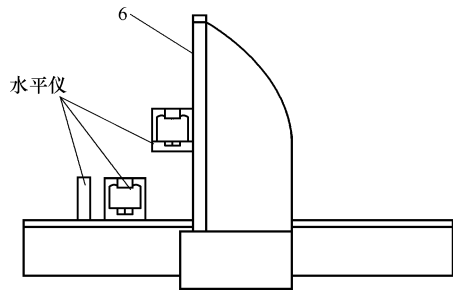


图 4-114 立柱平面与床身导轨垂直度测量
6—立柱平面

(2) 立柱安装在床身两侧面的铲刮方法

1) 立柱的铲刮。图 4-115 为床身和立柱的结构型式图，图 4-116 为床身结构示意图。

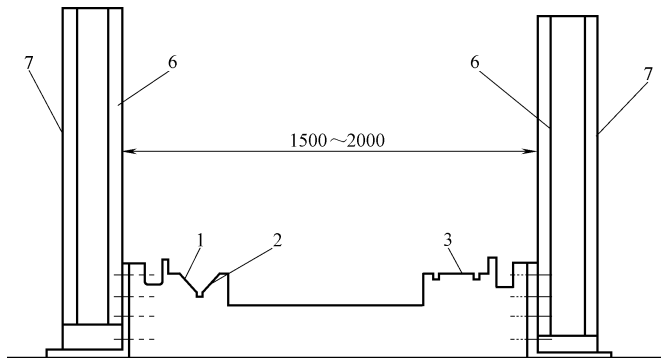


图 4-115 床身和立柱的结构

1、2—V 形导轨平面 3—平面导轨 6、7—立柱导轨平面

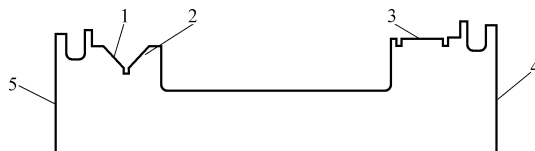


图 4-116 床身结构示意图

1~3 同图 4-115 4、5—床身侧面

床身 V 形导轨平面 1、2 和平面导轨平面 3 的铲刮方法与图 4-104 相同。

用平板配研铲刮床身侧平面4、5。应保证与平面导轨平面3垂直，同时与V形导轨平面1、2平行。

测量方法如图4-117所示，水平仪安放在三个位置进行测量，观察其水泡的位置是否一致，即为床身侧面4、5是否与平面导轨平面3垂直。

用直径不同的长200mm的钢管和一根长的工字钢组成一个过桥，如图4-118所示（钢管固定在工字钢上）。

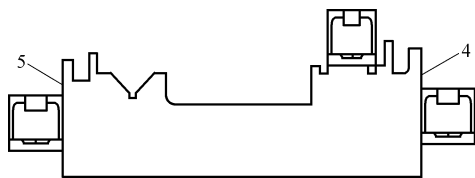


图4-117 床身侧平面与床身导轨平面3的垂直度测量
4、5—床身侧面

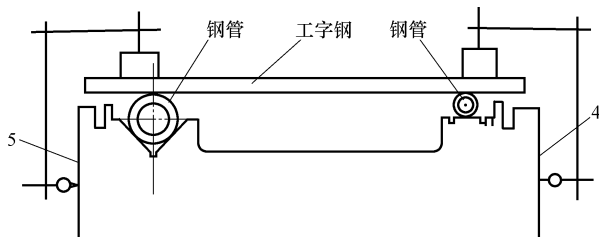


图4-118 过桥
4、5—床身侧工作面

将过桥安放在床身导轨上，带指示表的磁力表座安置在过桥上，指示表触头触及床身侧工作面4、5。移动过桥、指示表指针的变化数值就是床身侧平面对床身V形导轨的平行度。

立柱的导轨平面6、7、8（见图4-110）的铲刮方法与立柱安装在床身体座上的立柱铲刮方法相同，不再重复介绍。

用平板配研立柱平面10。而平面10应与平面7平行。测量方法：如图4-119所示，带指示表的方铁安放在平面7上，指示表触头触及立柱平面10，移动方铁，指示表指针的变化值，就是平面7与平面10的平行度误差。

立柱平面10应与导轨平面6垂直。

测量方法如图4-120所示。立柱平面6安放两块等高垫铁，其上放一平行平尺，带指示表的方铁放在平行平尺的工作面上，弯尺紧靠立柱平面10，指示表触头触及弯尺a面，移动方铁，指示表指针的变化值，就是平面6与平面10的

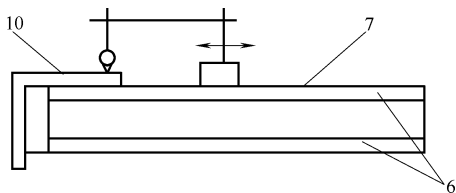


图4-119 平面10与平面7的平行度测量
6—导轨平面 7—立柱的导轨平面 10—立柱平面

垂直度误差。

2) 立柱与床身的安装。立柱用螺栓固定在床身侧面上, 立柱底面用可调斜铁支承, 如图 4-121 所示。立柱装配后, 各项技术条件及测量方法与立柱安放在床身座上相同。只是立柱导轨平面 6 与床身平面导轨 3 的垂直度应进行调整。

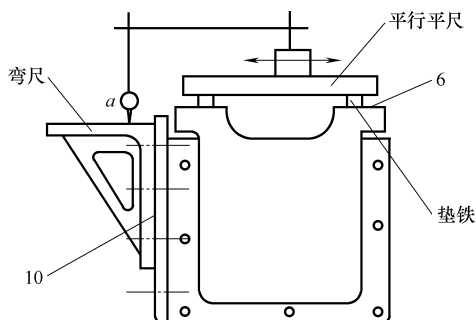


图 4-120 立柱平面 10 与
导轨平面 6 垂直度的测量

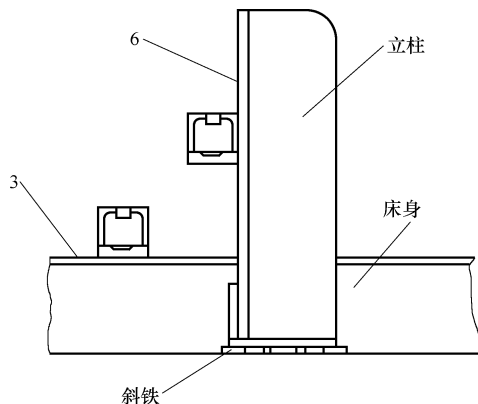


图 4-121 立柱与床身的安装
3—床身平面导轨 6—立柱导轨平面

调整的方法：在床身平面导轨 3 上放一水平仪，立柱平面 6 紧靠一水平仪，调整斜铁，使立柱水平仪水泡的位置与床身平面导轨 3 水平仪的水泡位置一致。这就是立柱平面 6 与床身平面导轨 3 垂直，这时重铰定位销孔，打入定位销后，紧固所有螺栓，再安装好顶梁。

3. 横梁的铲刮

图 4-122 为横梁的结构图。将横梁放平，即横梁导轨平面 1 朝上。用平板配研铲刮平面 1，保证平面 1 的直线度和扭曲度。用平行平尺和水平仪进行测量，如图 4-123 所示，水平仪横放是测量平面 1 的扭曲度。水平仪纵向放置是测量平面 1 的直线度。

用游标万能角度尺配研铲刮横梁导轨平面 2，保证一定的直线度。再用角度尺配研铲刮燕尾导轨平面 3，保证与导轨平

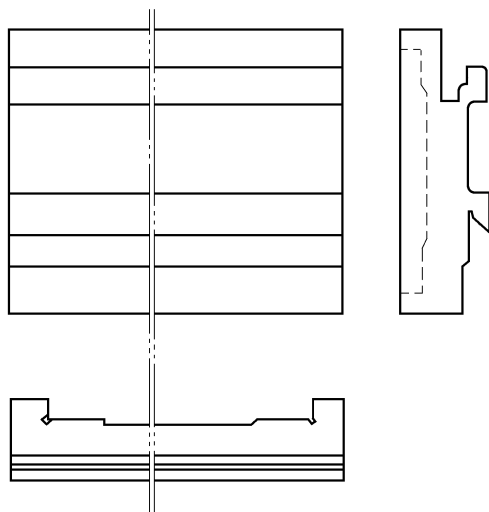


图 4-122 横梁的结构图

面 1、2 平行,如图 4-124 所示。同样用游标万能角度尺,指示表进行测量。即在游标万能角度尺上安置带靠表的磁力表架,靠表触头触及燕尾导轨平面 3,移动游标万能角度尺,靠表的指针变化值,即为平行度误差。再用该游标万能角度尺配研铲刮平面 4,使平面 4 与 1 平行,用千分尺进行测量。

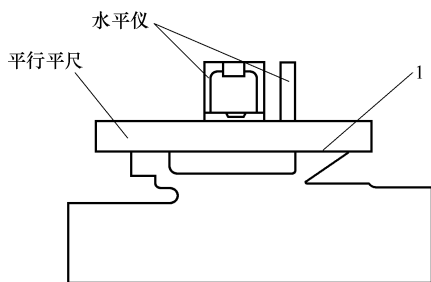


图 4-123 横梁平面 1 的测量

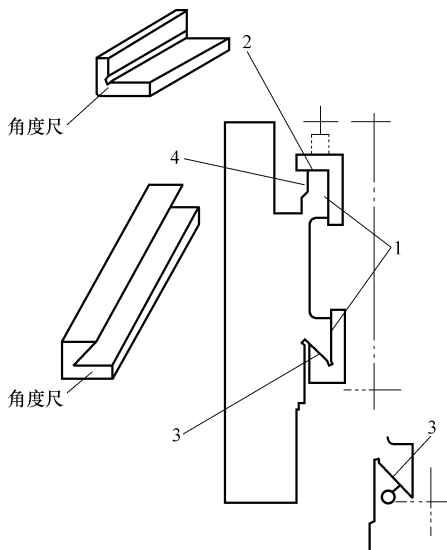


图 4-124 角度尺配研直线度、平行度

1、2—横梁导轨平面 3—燕尾导轨平面 4—铲刮平面

用钢丝绳捆住横梁,横梁平面 5 涂上一层薄薄的红丹粉,用吊车将横梁吊起,使横梁平面 5 紧靠立柱平面 6,如图 4-121、图 4-122 所示,即两平面 5、6 贴住,用力推住横梁,使两面贴合更紧,起重机将横梁上下移动,两面配研,铲刮横梁平面 5。该平面应与角度导轨平面 1、2 平行。

测量方法如图 4-125 所示。将横梁竖立固定。游标万能角度尺上固定一带指示表的磁力表座,指示表触头触及横梁平面 5,移动游标万能角度尺,游标万能角度尺从 a 点移动到 b 点。指示表指针数值的变化值就是横梁角度导轨平面 1、2 对横梁平面 5 的平行度误差。

用同样的吊装方法,使横梁上、下移动,并使横梁平面 6'、7'与立柱导轨平面 7 紧贴,配研铲刮横梁侧面 6'、7',并保证该平面与横梁导轨平面 6'、7'垂直。

测量方法如图 4-126 所示。将横梁竖立固定,在横梁平面 6'上紧靠一弯尺,横梁导轨平面 1、2 安放一游标万能角度尺,游标万能角度尺上平面固定一带指示表的磁力表座,指示表触头触及弯尺 a 面,移动角度规,指示表指针的变化值,就是横梁平面 1、2 对平面 6'的垂直度误差。

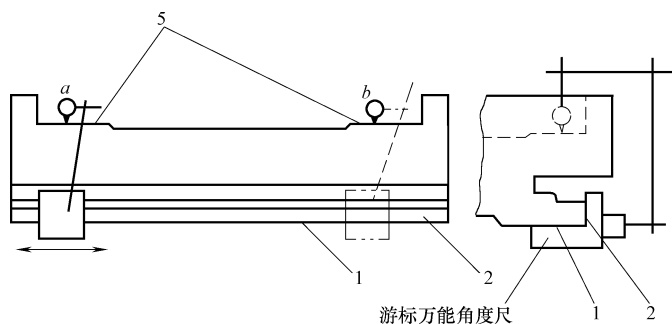


图 4-125 横梁平面 5 与导轨平面 1、2 平行

4. 工作台的铲刮方法

如图 4-127 所示。工作台 V 形导轨平面 I、II 与平面导轨平面 III 在床身导轨平面 1、2 与平面 3 上配研铲刮。因为工作台很重，所以使工作台短距离移动配研很费力。配研后进行铲刮导轨平面 I、II 与平面 III。工作台面 IV 待机床装配完成后，利用机床本身对工作台面 IV 和 T 形槽两侧面刨削。横梁上的压板、镶条的配研铲刮及间隙的调整方法，与前面介绍的相同，可作参考。

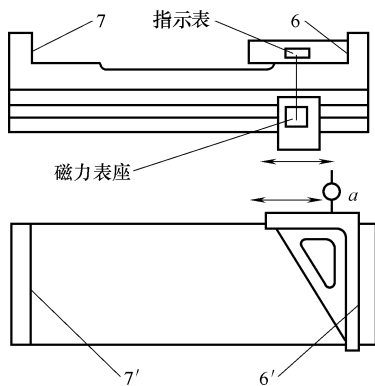


图 4-126 平面 6、7 与平面 6'、7' 垂直

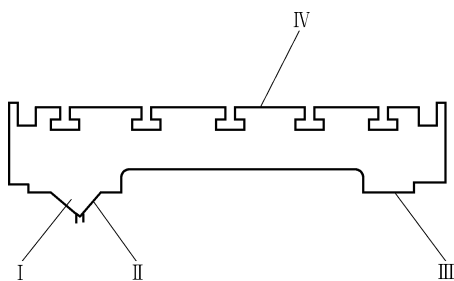


图 4-127 工作台的铲刮

I、II—导轨平面 III—平面导轨平面
IV—工作台面

5. 龙门刨床、龙门铣床的精度检验

(1) 床身导轨在垂直面内的直线度：

测量方法如图 4-128 所示。

允差：0.02/1000，在垂直平面内所示导轨坐标曲线的正负之和为：0.05mm。

(2) 床身 V 形导轨对平面导轨的平行度 (即床身 V 形导轨不许扭曲)

测量方法如图 4-104b 所示。

允差: 每长 1000mm 为: 0.02mm。

导轨长度大于 2000mm 时, 在全长上为 0.05mm。

(3) 工作台工作面的平面度

测量方法: 用水平仪进行测量, 其误差值用三点法进行计算。前面已介绍, 在此不再重复。

(4) 工作台工作面对其移动方向的平行度

测量方法如图 4-128 所示。横梁刀架上安装固定一指示表, 使其触头触及工作台工作面的量块上面, 移动工作台逐步进行测量, 测出其误差值。

允差: 刨削长度至 2000mm 时, 在全长上为 0.02mm。刨削长度大于 2000mm 时, 每长 1000mm 为 0.01mm。

(5) 横梁上、下移动对工作台工作面横向的垂直度 测量方法: 工作台工作面安放一弯尺, 平面朝横梁方向, 如图 4-129 所示。横梁刀架上固定一指示表, 指示表的触头触及弯尺平面 a , 上下移动横梁, 指示表指针的变化值, 就是工作台工作面对横梁上下移动的垂直度误差。

允差: $\frac{0.03}{1000}$ 。

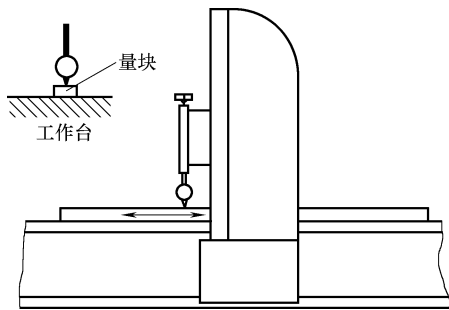


图 4-128 床身导轨在垂直面内的直线度

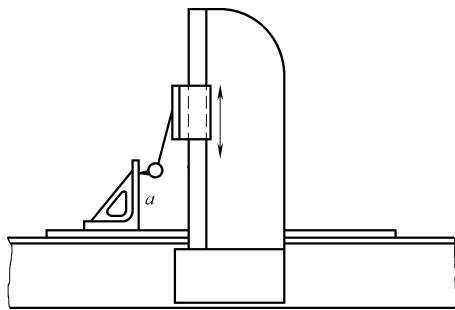


图 4-129 横梁上下移动对工作台工作面横向的垂直度

(6) 横梁上、下移动对工作台工作面纵向的垂直度 测量方法: 工作台工作面纵向安放一弯尺, 平面朝向立柱方向, 如图 4-130 所示。横梁刀架上固定一指示表, 指示表的触头触及弯尺 a 面, 横梁作上、下移动, 表的指针变化值, 就是横梁上、下移动对工作台纵向垂直度误差。

允差: 每长 500mm 为 0.02mm。

(7) 横梁导轨对于工作台工作面的平行度 测量方法: 横梁刀架上固定一

指示表，如图 4-130 中的虚线所示。指示表触头触及工作台工作面的量块面上，横向移动刀架，分段进行测量，指示表指针的变化值就是横梁导轨对于工作台工作面的平行度的误差值。横梁在上、下几个位置进行测量，看它的数值是否有变化，它的变化值，不应超过允差值。

允差：0.03/1000。

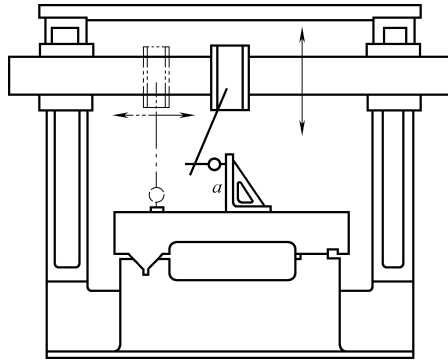


图 4-130 横梁的测量

机械工业出版社机械加工工具书书目(部分)

书 号	书 名	作 者	定价(元)
27324	车削加工速查手册	刘利剑	30.00
26393	实用车工手册(第2版)	编写组	39.80
26316	实用钳工手册	陈宏钧	39.80
6105	车工操作技能手册(第2版)	陈宏钧	39.00
21221	机械工人常用计算手册	何建民	28.00
16605	机械工人切削技术手册	陈宏钧	35.00
21176	机床夹具和辅具速查手册	王健石	36.00
2269	金属切削速查手册(第3版)	陈宏钧	32.00
23907	金属切削刀具设计手册	袁哲俊	168.00
09782	数控机床故障检测与维修问答	编委会	42.00
11267	机床电器设备维修问答	编委会	38.00
15303	工厂电气设备维修问答	编委会	32.00
16772	密封使用与维修问答	编委会	22.00
17540	设备润滑与维修问答	编委会	30.00
21781	锻压设备维修问答	编委会	49.00
22270	铸造设备维修问答	编委会	39.00
26372	压力容器设备管理与维修问答	编委会	58.00
32105	液压与气动设备维修问答(第2版)	编委会	49.00

上架指导: 工业技术/工业技术/设备维修

地址: 北京市百万庄大街22号 邮政编码: 100037
 电话服务 网络服务
 社服务中心: (010)88361066 门户网: <http://www.cmpbook.com>
 销售一部: (010)68326294 教材网: <http://www.cmpedu.com>
 销售二部: (010)88379649 封面无防伪标均为盗版
 读者服务部: (010)68993821

定价: 22.00元

ISBN 978-7-111-31904-7



9 787111 319047 >