



高等教育“十二五”规划教材
国家级机械工程实验教学示范中心系列实验教材

机械工程基础实验

Jixie Gongcheng
Jichu Shiyan

◎主 编 田春林



内 容 简 介

本实验教材是在总结多年实验教学经验的基础上,基于长春理工大学国家级机械工程实验教学示范中心的实验教学体系而编写的,是该中心机械工程实验系列教材之一。本书充分考虑非 211 大学教学实际情况,合理安排实验内容,使其更适合于实验教学的开展。

本书内容主要包括材料力学、机械原理、机械设计、工程材料、机械制造技术基础、机械制图等几门课程中的部分实验内容及有关实验教学的基础知识,教师可以根据本校的教学大纲进行适当的取舍,本书内容安排既可以理论教学与实验教学同步进行,也便于实验课程单独设课。本书可作为高等学校机械类、近机械类各专业学生的实验教学用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械工程基础实验 / 田春林主编. —北京:北京理工大学出版社, 2012.5

ISBN 978-7-5640-5406-9

I. ①机… II. ①田… III. ①机械工程-实验-高等学校-教材
IV. ①TH-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 264928 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 11.25

字 数 / 257 千字

版 次 / 2012 年 5 月第 1 版 2012 年 5 月第 1 次印刷

印 数 / 1~3000 册

定 价 / 24.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 吴皓云

图书出现印装质量问题,本社负责调换

Foreword || 前言

实践教学是人才培养的重要组成部分,对提高大学生的实践创新能力和高等教育质量至关重要。实验教学是实践教学的重要内容之一,是专业人才培养过程中的重要教学环节。机械工程基础实验在专业课程体系中占有重要地位,在理论知识学习及工程应用与创新能力的培养过程中具有重要作用。

目前中国大学数量有 2 000 所左右,其中普通本科院校为 740 余所,进入“985 工程”的高校是 34 所,“211 工程”重点建设的高校是 95 所,虽然重点大学在我国高等教育中占有重要的地位,但是广大非重点大学的在校生数量却是非常大的。所以,如何提高非重点院校的教学质量,是摆在我们面前的一项重要课题。长春理工大学机械工程实验教学中心被教育部财政部批准为 2008 年度国家级实验教学示范中心建设单位,因此,如何搞好广大非 211 院校的实验教学工作,成了我们责无旁贷的义务。为此,实验教学中心编写了适用于广大兄弟院校实验教学的系列实验教材。

本书主要包括材料力学、机械原理、机械设计、工程材料、机械制造技术基础、机械制图等几门课程中的部分实验内容及有关实验教学的基础知识,涵盖了这几门课程中的所有基本实验,并包括一部分综合性、创新性实验。

参加本教材编写的有田春林、李一全、王淑坤、许颖、黄根哲、刘静、高宝东、徐春鹰、夏杨等老师,全书由田春林统稿。付林、宋波、刘楠楠、马德树、张凯龙同学在文字处理及插图方面做了大量工作,在此表示感谢。

在本书的编写过程中,参阅了有关同类教材、资料及文献,并得到许多同行专家的支持和帮助,在此衷心致谢。

由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,敬请广大读者提出宝贵意见。

编 者

第1章 常用实验设备	1
1.1 液压式万能材料试验机	1
1.2 冲击试验机	3
1.3 水平仪	4
1.4 电子布氏硬度计	10
1.5 XD-2 视频金相显微镜简介	17
1.6 数显洛氏硬度计	21
1.7 微机控制电子式扭转试验机	27
第2章 测量误差分析与实验数据处理	31
2.1 关于测量的一些概念	31
2.2 单位制与基准(标准)	32
2.3 误差的概念	33
2.4 有效数字与数据运算	36
2.5 测量误差的传递	39
第3章 基本实验	48
3.1 常用测量工具的使用及几何量的测量方法	48
3.2 E 、 μ 的测量	58
3.3 电阻应变片的粘贴及防潮技术	61
3.4 拉伸、压缩实验	64
3.5 扭转实验	66
3.6 纯弯曲梁的正应力实验	67
3.7 典型机构认识	70
3.8 机构运动简图测绘	72
3.9 渐开线直齿圆柱齿轮基本参数的测定	73
3.10 机械零部件认识实验	76
3.11 螺栓连接实验	79
3.12 常用金属材料的显微组织观察	83
3.13 碳钢热处理后的显微组织观察	86

3.14	铁碳合金平衡组织分析	89
3.15	硬度测量	93
3.16	刀具几何角度的测量	96
3.17	典型夹具定位误差分析及夹具结构分析	98
3.18	加工精度统计分析	102
第4章	综合性、创新性实验	107
4.1	简单机械测绘实验	107
4.2	薄壁圆筒在弯扭组合变形下主应力测定	120
4.3	压杆稳定实验	123
4.4	组合变形单一力素测定	126
4.5	齿轮范成加工原理	130
4.6	典型机构主要参数测定实验	133
4.7	转子动平衡实验	137
4.8	轴系结构设计实验	142
4.9	减速器分析实验	145
4.10	机械传动性能参数测试实验	148
4.11	液体动压滑动轴承实验	154
4.12	切削变形的测定	157
4.13	切削力的测定	159
4.14	切削温度的测量	163
4.15	工艺系统静刚度的测定	165
4.16	切削振动及消振	169
参考文献		172

第 1 章

常用实验设备

1.1 液压式万能材料试验机

测定材料的力学性能的主要设备是材料试验机。常用的材料试验机有拉力试验机、压力试验机、扭转试验机、冲击试验机、疲劳试验机等。能兼做拉伸、压缩、剪切、弯曲等多种实验的试验机称为万能材料试验机。根据加力的性质可分为静荷试验机和动荷试验机。供静力实验用的万能材料试验机有液压式、机械式、电子式等类型。

现以国产 WE 系列为例介绍液压式万能材料试验机，如图 1-1 (a) 所示。图 1-1 (b) 为这一系列中最常见的 WE—100、300、600 试验机的结构简图。现分别介绍其加载系统和测力系统。

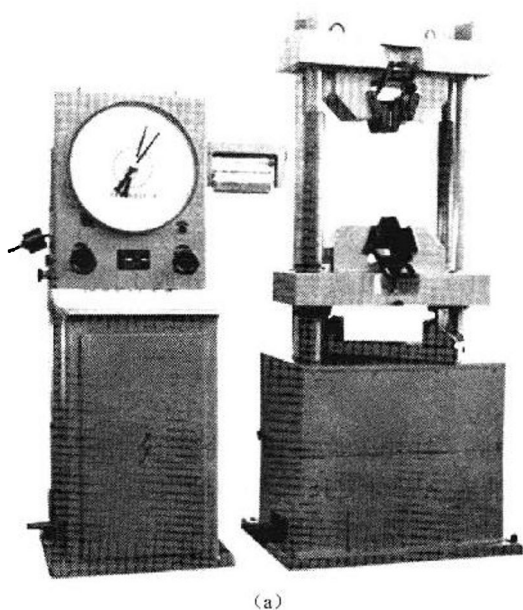


图 1-1 液压式万能材料试验机

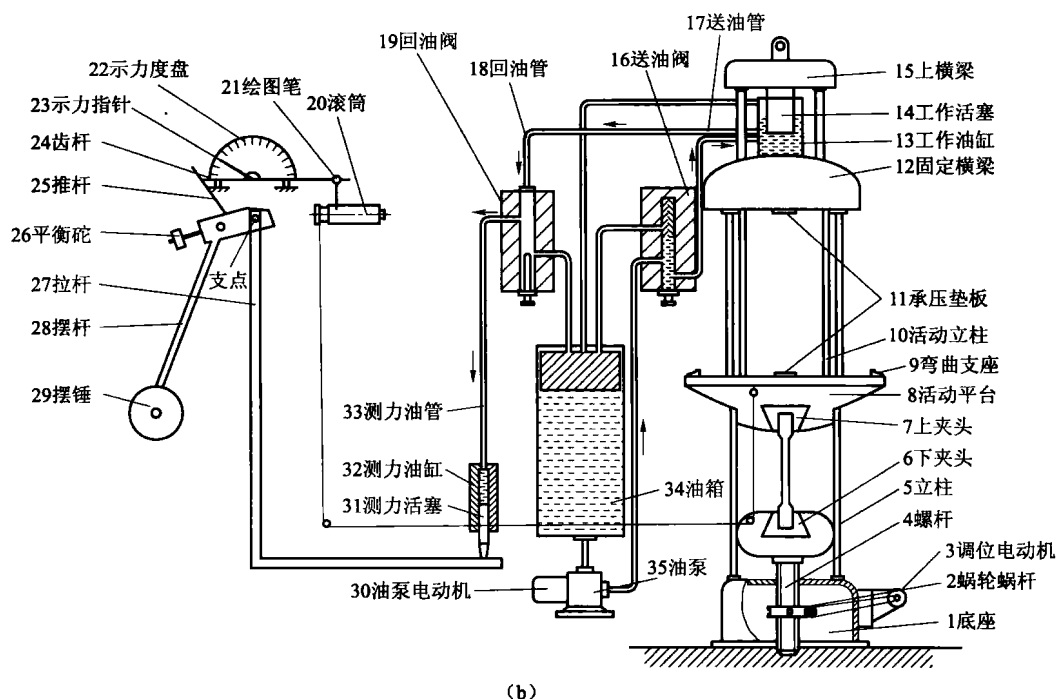


图 1-1 液压式万能材料试验机 (续)

1.1.1 加载系统

在底座 1 上由两根固定立柱 5 和固定横梁 12 组成承载框架。工作油缸 13 固定于框架上。在工作油缸的工作活塞 14 上, 支承着由上横梁 15、活动立柱 10 和活动平台 8 组成的活动框架。当油泵 35 启动时, 油液通过送油阀 16, 经送油管 17 进入工作油缸, 把工作活塞连同活动平台一同顶起。这样, 如把试样安装于上夹头 7 和下夹头 6 之间, 由于下夹头固定, 上夹头随活动平台上升, 试样将受到拉伸。若把试样放置在两个承压垫板 11 之间, 或将受弯试样放置在两个弯曲支座 9 上, 则因固定横梁不动而使活动平台上升, 试样将分别受到压缩或弯曲。此外, 实验开始前如欲调整上、下夹头之间的距离, 则可开动调位电动机 3, 驱动螺杆 4, 便可使下夹头上升或下降。但调位电动机不能用来给试样施加拉力。

1.1.2 测力系统

加载时, 开动油泵电动机, 打开送油阀 16, 油泵把油液送入工作油缸 13, 顶起工作活塞 14 给试样加载; 同时, 油液经回油管 18 及测力油管 33 (这时回油阀 19 是关闭的, 油液不能流回油箱 34), 进入测力油缸 32, 压迫测力活塞 31, 使它带动拉杆 27 向下移动, 从而迫使摆杆 28 和摆锤 29 连同推杆 25 绕支点偏转。推杆偏转时, 推动齿杆 24 作水平移动, 于是驱动示力盘的指针齿轮, 使示力指针 23 绕示力度盘 22 的中心旋转。示力指针旋转的角度与测力油缸活塞上的总压力 (即拉杆 27 所受拉力) 成正比。因为测力油缸和工作油缸中油液压强相同, 两个油缸活塞上的总压力成正比 (活塞面积之比)。这样, 示力指针的转角便

与工作油缸活塞上的总压力,亦即试样所受载荷成正比。经过标定便可使指针在示力度盘上直接指示载荷的大小。

试验机一般配有质量不同的摆锤,可供选择。对质量不同的摆锤,使示力指针转同样的转角,所需油压并不相同,即载荷并不相同。所以,示力刻度盘上由刻度表示的测力范围应与摆锤的质量相匹配。以 WE—300 试验机为例,它配有 A、B、C 三种摆锤。摆锤 A 对应的测力范围为 0~60 kN,摆锤(A+B)对应的测力范围为 0~150 kN,摆锤(A+B+C)对应的测力范围为 0~300 kN。

开动油泵电动机,送油阀开启的大小可以调节油液进入工作油缸的快慢,因而可用以控制增加载荷的速度。开启回油阀 19,可使工作油缸中的油液经回油管 18 流回油箱 34,从而卸减试样所受载荷。

实验开始前,为消除活动框架等的自重影响,应开动油泵送油,将活动平台升高 10 mm 左右,然后调节示力部分的平衡砣 26,使摆杆 28 保持垂直位置,并使示力指针指在零点。

试验机上一般还有自动绘图装置,它的工作原理是,活动平台上升时,由绕过滑轮的拉绳带动滚筒 20 绕轴线转动,在滚筒圆柱面上构成沿周线表示位移的坐标;同时齿杆 24 的移动构成沿滚筒轴线表示载荷的坐标。这样,实验时绘图笔 21 在滚筒上就可自动绘出载荷—位移曲线。当然,这只是一条定性曲线,不是很准确的。

(1) 根据试样尺寸和材料,估计最大载荷,选定相应的示力度盘和摆锤质量。需要自动绘图时,事先应将滚筒上的纸和笔装好。

(2) 先关闭送油阀和回油阀,再开动油泵电动机。待油泵工作正常后,开启送油阀将活动平台升高约 10 mm,以消除其自重。然后关闭送油阀,安装好试样,调整示力度盘指针指在零点。

(3) 安装拉伸试样时,可开动调位电动机 3 以调整下夹头位置,试样安装好后就不能再启动调位电动机。

(4) 缓慢开启送油阀,给试样平稳加载。应避免油阀开启过大进油太快。实验进行中,注意不要触动摆杆或摆锤。

(5) 实验完毕,关闭送油阀,停止油泵工作。破坏性实验先取下试样,再缓缓打开回油阀将油液放回油箱。非破坏性实验,自然应先开回油阀卸载,才能取下试样。

1.2 冲击试验机

冲击试验机是测定材料冲击韧度的专用设备。按冲击方式可分为落锤式、摆锤式和回转圆盘式冲击试验机;按受力状态可分为弯曲(包括简支梁式弯曲和悬臂梁式弯曲)冲击、拉力冲击和扭转冲击式试验机。应用最广的是其中的摆锤式冲击试验机。

1.2.1 工作原理

摆锤式冲击试验机原理如图 1-2 所示。它是利用摆锤冲击试件前后的能量差,来确定冲断该试件所消耗的功 a_k ,该冲击功 W_k ,通常可从试验机的度盘上直接读取。

摆锤式冲击试验机类型较多,但基本原理相同,只是在摆锤的控制上有人工和自动的区别。

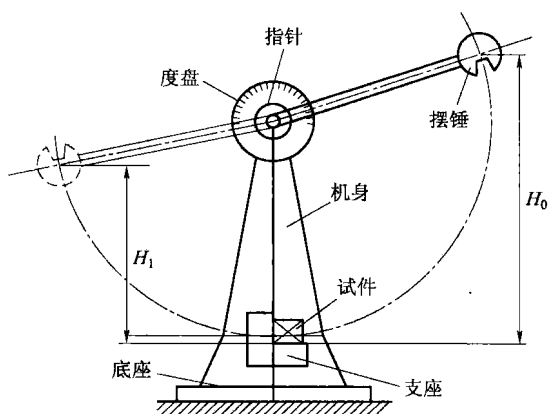


图 1-2 冲击试验机原理图

1.2.2 操作步骤

现以 JB—30B 型摆锤式冲击试验机为例作一些简介。该冲击机为半自动试验机，能自动进行取摆、冲击和放摆的动作，其操作步骤如下。

- (1) 打开电源，指示灯亮，伺服电机逆时针转动。
- (2) 估算出冲击所需能量，选好摆锤。
- (3) 用专用样板调整支座跨距及冲击刀刃的相对位置。
- (4) 安装试件，使试件缺口背对刀刃，并用样板找准试件的位置。

(5) 进行试验。将指针拨到度盘最大位置。打开操纵按钮盒开关，按下“取摆”按钮，当摆锤可靠地挂于挂摆机构上时，按“冲击”按钮，此时摆锤自由下冲。试件被冲断后，摆锤将重新挂在挂摆机构上，这时可从度盘上读取试件的冲击功 W_k 。

(6) 按住“放摆”按钮，直到摆锤位于铅垂位置，然后放开按钮。并闭电源，清理场地。

1.3 水平仪

水平仪是测量角度变化的一种常用量具，主要用于测量机件相互位置的水平位置和设备安装时的平面度、直线度和垂直度，也可测量零件的微小倾角。

常用的水平仪有条式水平仪、框式水平仪和数字式光学合象水平仪等。

1.3.1 条式水平仪

图 1-3 是钳工常用的条式水平仪。条式水平仪由作为工作平面的 V 形底平面和与工作平面平行的水准器（俗称气泡）两部分组成。工作平面的平直度和水准器与工作平面的平行度都做得很精确。当水平仪的底平面放在准确的水平位置时，水准器内的气泡正好在中间位置（即水平位置）。在水准器玻璃管内气泡两端刻线为零线的两边，刻有

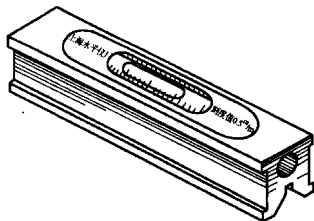


图 1-3 条式水平仪

不少于8格的刻度,刻线间距为2 mm。当水平仪的底平面与水平位置有微小的差别时,也就是水平仪底平面两端有高低时,水准器内的气泡由于地心引力的作用总是往水准器的最高一侧移动,这就是水平仪的使用原理。两端高低相差不多时,气泡移动也不多;两端高低相差较大时,气泡移动也较大,在水准器的刻度上就可读出两端高低的差值。

条式水平仪的规格见表1-1。条式水平仪分度值的说明,如分度值0.03 mm/m,即表示气泡移动一格时,被测量长度为1 m的两端上,高低相差0.03 mm。再如,用200 mm长、分度值为0.05 mm/m的水平仪,测量400 mm长的平面的水平度。先把水平仪放在平面的左侧,此时若气泡向右移动2格,再把水平仪放在平面的右侧,此时若气泡向左移动3格,则说明这个平面是中间高两侧低的凸平面。中间高出多少毫米呢?从左侧看中间比左端高2格,即在被测量长度为1 m时,中间高 $2 \times 0.05 = 0.10$ mm,实际测量长度为200 mm,是1 m的1/5,所以实际上中间比左端高 $0.10 \times 1/5 = 0.02$ mm。从右侧看中间比右端高3格,即在被测量长度为1 m时,中间高 $3 \times 0.05 = 0.15$ mm,现实际测量长度为200 mm,是1 m的1/5,所以实际上中间比右端高 $0.15 \times 1/5 = 0.03$ mm。由此可知,中间比左端高0.02 mm,中间比右端高0.03 mm,则中间比两端高出的数值为 $(0.02 + 0.03) \div 2 = 0.025$ mm。

表1-1 水平仪的规格

品 种	外形尺寸/mm			分度值	
	长	阔	高	组别	(mm/m)
框式	100	25 ~ 35	100	I	0.02
	150	30 ~ 40	150		
	200	35 ~ 40	200		
	250	40 ~ 50	250	II	0.03 ~ 0.05
	300		300		
条式	100	30 ~ 35	35 ~ 40	II	0.03 ~ 0.05
	150	35 ~ 40	35 ~ 45		
	200	40 ~ 45	40 ~ 50	III	0.06 ~ 0.15
	250				
	300				

1.3.2 框式水平仪

图1-4是常用的框式水平仪,主要由框架1和弧形玻璃管主水准器2、调整水准3组成。利用水平仪上水准泡的移动来测量被测部位角度的变化。

框架的测量面有平面和V形槽,V形槽便于在圆柱面上测量。弧形玻璃管的表面上有刻线,内装乙醚(或酒精),并留有一个水准泡,水准泡总是停留在玻璃管内的最高处。若水平仪倾斜一个角度,气泡就向左或向右移动,根据移动的距离(格数),直接或通过计算即可知

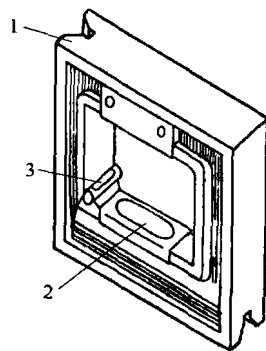


图1-4 框式水平仪

1—框架; 2—主水准器; 3—调整水准

道被测工件的直线度、平面度或垂直度误差。

水平仪工作原理（图 1-5），精度为 $0.02 \text{ mm}/1\,000 \text{ mm}$ 的水平仪玻璃管，曲率半径 $R = 103\,132 \text{ mm}$ ，当平面在 $1\,000 \text{ mm}$ 长度中倾斜 0.02 mm ，则倾斜角 θ 为

$$\tan \theta = \frac{0.02}{1\,000} = 0.000\,02$$

$$\theta = 4''$$

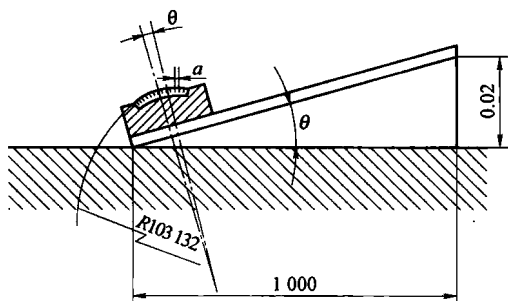


图 1-5 框式水平仪工作原理

水准泡转过的角度应与平面转过的角度相等，则水准泡移动的距离（1 格）为

$$a = \frac{2\pi R\theta}{360 \times 60 \times 60}$$

$$= \frac{2\pi \times 103\,132 \times 4''}{360 \times 60 \times 60}$$

$$= 2$$

水平仪的读数方法有直接读数法和平均读数法两种。

（1）直接读数法。以气泡两端的长刻线作为零线，气泡相对零线移动格数作为读数，这种读数方法最为常用，如图 1-6 所示。

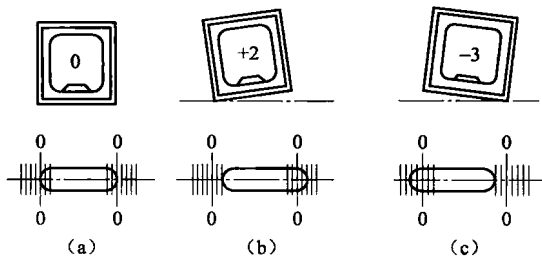


图 1-6 直接读数法

图 1-6 (a) 表示水平仪处于水平位置，气泡两端位于长线上，读数为“0”；图 1-6 (b) 表示水平仪逆时针方向倾斜，气泡向右移动，图示位置读数为“+2”；图 1-6 (c) 表示水平仪顺时针方向倾斜，气泡向左移动，图示位置读数为“-3”。

（2）平均读数法。由于环境温度变化较大，使气泡变长或缩短，引起读数误差而影响测量的正确性，可采用平均读数法，以消除读数误差。

平均读数法读数是分别从两条长刻线起，向气泡移动方向读至气泡端点止，然后取这两

个读数的平均值作为这次测量的读数值。

图 1-7 (a) 表示, 由于环境温度较高, 气泡变长, 测量位置使气泡左移。读数时, 从左边长刻线起, 向左读数 “-3”; 从右边长刻线起, 向左读数 “-2”。取这两个读数的平均值, 作为这次测量的读数值。

$$\frac{(-3) + (-2)}{2} = -2.5$$

图 1-7 (b) 表示, 由于环境温度较低, 气泡缩短, 测量位置使气泡右移, 按上述读数方法, 读数分别为 “+2” 和 “+1”, 则测量的读数值是

$$\frac{(+2) + (+1)}{2} = +1.5$$

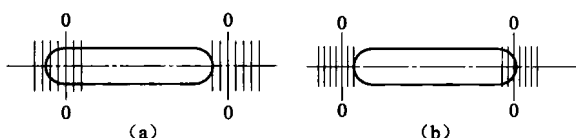


图 1-7 平均读数法

框架水平仪的使用方法:

(1) 框架水平仪的两个 V 形测量面是测量精度的基准, 在测量中不能与工作的粗糙面接触或摩擦。安放时必须小心轻放, 避免因测量面划伤而损坏水平仪和造成不应有的测量误差。

(2) 用框架水平仪测量工件的垂直面时, 不能握住与副侧面相对的部位, 而用力向工件垂直平面推压, 这样会因水平仪的受力变形, 影响测量的准确性。正确的测量方法是手握持副侧面内侧, 使水平仪平稳、垂直地 (调整气泡位于中间位置) 贴在工件的垂直平面上, 然后从纵向水准读出气泡移动的格数。

(3) 使用水平仪时, 要保证水平仪工作面和工件表面的清洁, 以防止脏物影响测量的准确性。测量水平面时, 在同一个测量位置上, 应将水平仪调过相反的方向再进行测量。当移动水平仪时, 不允许水平仪工作面与工件表面发生摩擦, 应该提起来放置。如图 1-8 所示。

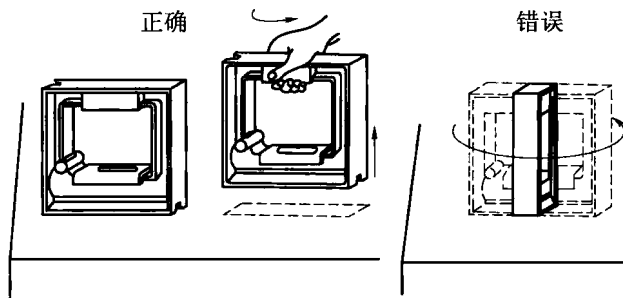


图 1-8 水平仪的使用方法

(4) 当测量长度较大工件时, 可将工件平均分若干尺寸段, 用分段测量法, 然后根据各段的测量读数, 绘出误差坐标图, 以确定其误差的最大格数, 如图 1-9 所示。床身导轨在纵向垂直平面内作直线度的检验时, 将方框水平仪纵向放置在刀架上靠近前导轨处

(图 1-9 中位置 A), 从刀架处于主轴箱一端的极限位置开始, 从左向右移动刀架, 每次移动距离应近似等于水平仪的边框尺寸 (200 mm)。依次记录刀架在每一测量长度位置时的水平仪读数。将这些读数依次排列, 用适当的比例画出导轨在垂直平面内的直线度误差曲线。水平仪读数为纵坐标, 刀架在起始位置时的水平仪读数为起点, 由坐标原点起作一折线段, 其后每次读数都以前折线段的终点为起点, 画出应折线段, 各折线段组成的曲线, 即为导轨在垂直平面内直线度曲线。曲线相对其两端连线的最大坐标值, 就是导轨全长的直线度误差; 曲线上任一局部测量长度内的两端点相对曲线两端点的连线坐标差值, 也就是导轨的局部误差。

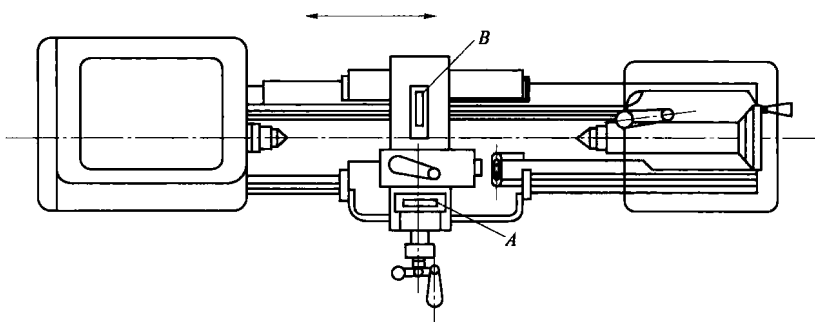


图 1-9 纵向导轨在垂直平面内的直线度检验

A、B—水平仪

例 1-1 一台床身导轨长度为 1 600 mm 的卧式车床, 用尺寸为 200 mm × 200 mm、精度为 0.02 mm/1 000 mm 的方框水平仪检验其直线度误差。

将导轨分成 8 段, 使每段长度为水平仪边框尺寸 (200 mm), 分段测得水平仪的读数为: +1、+2、+1、0、-1、0、-1、-0.5。根据这些读数画出误差曲线图 (图 1-10)。作图的坐标为: 纵轴方向每一格表示水平仪气泡移动一格的数值; 横轴方向表示水平仪的每段测量长度。作出曲线后再将曲线的首尾 (两端点) 连线 I—I。并经曲线的最高点作垂直于水平轴方向的垂线与连线相交的那段距离 n , 即为导轨的直线度误差的格数。从误差曲线图可以看到, 导轨在全长范围内呈现出中间凸的状态, 且凸起值最大在导轨 600 ~ 800 mm 长度处。

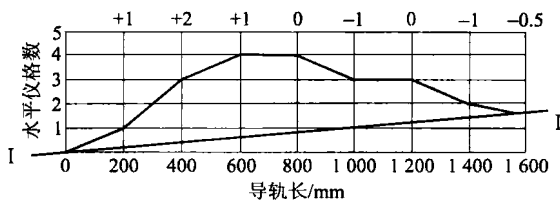


图 1-10 导轨在垂直平面内直线度误差曲线图

将水平仪测量的偏差格数换算成标准的直线度误差值 δ , 即

$$\delta = ni$$

式中 n ——误差曲线中的最大误差格数;

i ——水平仪的精度 (0.02 mm/1 000 mm);

l ——每段测量长度 (mm)。

按误差曲线图各数值计算得

$$\delta = 3.5 \times 0.02 / 1\,000 \times 200 = 0.014 \text{ mm}$$

(5) 机床工作台面的平面度检验方法如图 1-11 所示, 工作台及床鞍分别置于行程的中间位置, 在工作台面上放一桥板, 其上放水平仪, 分别沿图示各测量方向移动桥板, 每隔桥板跨距 d 记录一次水平仪读数。通过工作台上 A 、 B 、 D 三点建立基准平面, 根据水平仪读数求得各测点平面的坐标值。误差以任意 300 mm 测量长度上的最大坐标值的标准规定允差见表 1-2。

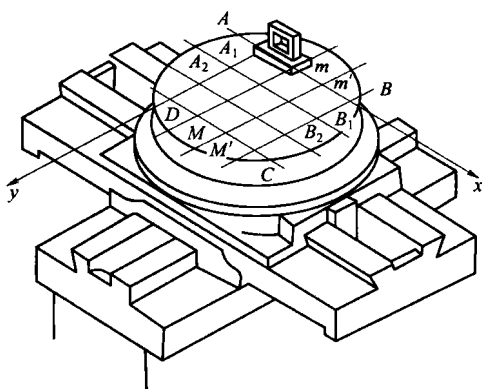


图 1-11 检验工作台面的平面度

表 1-2 工作台面的平面度允差

mm

工作台直径	≥ 500	$> 500 \sim 630$	$> 630 \sim 1\,250$	$> 1\,250 \sim 2\,000$
在任意 300 mm 测量长度上允差值	0.02	0.025	0.03	0.035

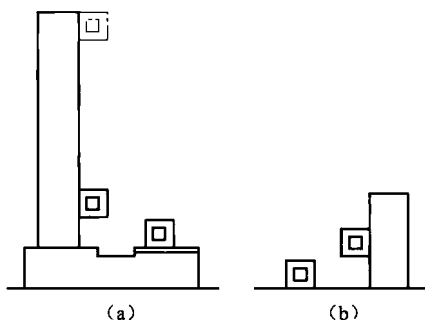


图 1-12 水平仪垂直度测量

(6) 测量大型零件的垂直度时, 如图 1-12 (a) 所示, 用水平仪粗调基准表面到水平。分别在基准表面和被测表面上用水平仪分段逐步测量并用图解法 (图 1-11) 确定基准方位, 然后求出被测表面相对于基准的垂直度误差。

测量小型零件时, 如图 1-12 (b) 所示, 先将水平仪放在基准表面上, 读气泡一端的数值, 然后用水平仪的一侧紧贴垂直被测表面, 气泡偏离第一次 (基准表面) 读数值, 即为被测表面的垂直度误差。

(7) 水平仪使用完后, 应涂上防锈油并妥善保管好。

1.3.3 光学合像水平仪

光学合像水平仪, 广泛用于精密机械中, 测量工件的平面度、直线度和找正安装设备的正确位置。

1. 合像水平仪的结构和工作原理

合像水平仪主要由测微螺杆、杠杆系统、水准器、光学合像棱镜和具有 V 形工作平面的底座等组成, 如图 1-13 所示。

水准器安装在杠杆架的底板上, 它的水平位置用微分盘旋钮通过测微螺杆与杠杆系统进行调整。水准器内的气泡圆弧, 分别用 3 个不同方向位置的棱镜反射至观察窗, 分成两个半像, 利用光学原理把气泡像复合放大 (放大 5 倍), 提高读数精度, 并通过杠杆机构提高读数的灵敏度和增大测量范围。

当水平仪处于水平位置时, 气泡 A 与 B 重合, 如图 1-13 (c) 所示。当水平仪倾斜时,

气泡 A 与 B 不重合, 如图 1-13 (d) 所示。

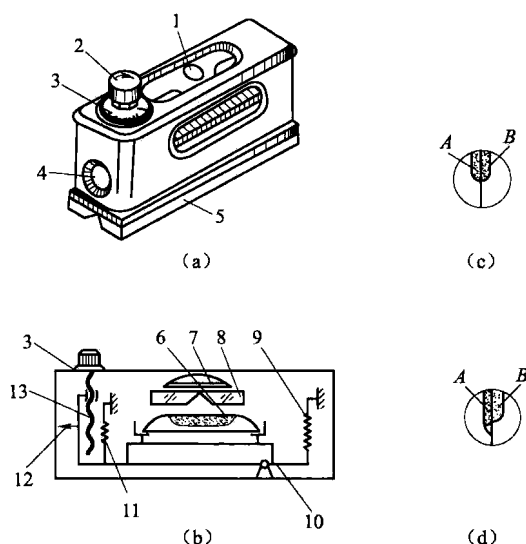


图 1-13 数字式光学合像水平仪

1、4—窗口；2—微分盘旋钮；3—微分盘；5—水平仪底座；6—玻璃管；7—放大镜；
8—合成棱镜；9、11—弹簧；10—杠杆架；12—指针；13—测微螺杆

测微螺杆的螺距 $P = 0.5 \text{ mm}$, 微分盘刻线分为 100 等分。微分盘转过一格, 测微螺杆上螺母轴向移动 0.005 mm 。

2. 使用方法

将水平仪放在工件的被测表面上, 眼睛看窗口 1, 手转动微分盘, 直至两个半气泡重合时进行读数。读数时, 从窗口 4 读出毫米数, 从微分盘上读出刻度数。

例 1-2 分度值为 $0.01 \text{ mm}/1\,000 \text{ mm}$ 的光学合像水平仪微分盘上的每一格刻度表示在 1 m 长度上, 两端的高度差为 0.01 mm 。测量时, 如果从窗口读出的数值为 1 mm , 微分盘上的刻度数为 16, 这次测量的读数就是 1.16 mm , 即被测工件表面的倾斜度, 在 1 m 长度上高度差为 1.16 mm 。如果工件的长度小于或大于 1 m 时, 可按正比例方法计算: 1 m 长度上的高度差 $\times$ 工件长度。

3. 使用特点

(1) 测量工件被测表面误差大或倾斜程度大时, 使用框式水平仪, 气泡就会移至极限位置而无法测量, 光学合像水平仪就没有这一弊病。

(2) 环境温度变化对测量精度有较大的影响, 所以使用时应尽量避免工件和水平仪受热。

1.4 电子布氏硬度计

1.4.1 概述

金属布氏硬度试验系采用一定直径硬质合金球, 以规定的试验力压入被测材料表面 [图 1-14 (a)] 规定的保持时间后, 卸除实验力, 测量试样表面的压痕直径 [图 1-14

(b)], 以计算试样上球压痕之球冠面积所承受的水平压力, 并以下式计算。

$$HBW = \frac{0.102 \times 2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中 F ——试验力, N;

D ——球直径, mm;

d ——压痕平均直径, mm;

HBW——用硬质合金球压头测得的布氏硬度。

当用硬质合金球直径 10 mm, 在 29.42 kN (3 000 kgf^①) 实验力下保持 12 s 测定硬度为 286 时, 其布氏硬度以符号 HBW 表示, 例如: 286 HBW10/3 000/12, 依次类推。

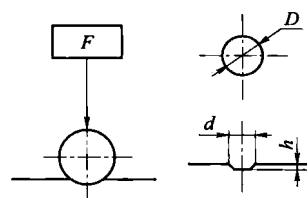


图 1-14 布氏硬度测量原理

1.4.2 使用范围

本硬度计供测定未经淬火钢、铸铁、有色金属及质地较软的轴承合金等的布氏硬度值。适用于金属冶金工厂、机械制造厂、工业试验所以及专业学校的试验室中。

测定硬度范围为: 当选用硬质合金球压头时——适用于硬度 8 ~ 650 HBW。

1.4.3 主要规格及技术参数

试验力级数——0.613、0.981、1.255、1.839、2.452、7.355、9.807、14.71、29.42 kN (65.2、100、125、187.5、250、750、1 000、1 500、3 000 kgf);

球直径 2.5、5、10 mm;

试验力保持时间 5 ~ 99 s;

试样最大高度 240 mm;

压头中心至机壁的距离 150 mm;

电源电压 AC220 V;

硬度计外形尺寸 (长 × 宽 × 高) 620 mm × 250 mm × 10 00 mm;

硬度计净重 200 kg。

1.4.4 结构简述

硬度计由机身、试台、杠杆、传感器、加卸荷机构、前面板等部件组成。

1. 机身与试台

硬度计有机身, 在机身前台面上, 安装了丝杠座, 丝杠座中装有配合精确的丝杠。在丝杠上端装有可更换的试台。试台上升与下降依靠丝杠的上下移动, 而丝杠的移动则由转动手轮通过螺母来实现。

在手轮和螺母之间装有钢球弹性定位器, 当压头保护帽与试样接触并产生一定压力时, 手轮与螺母产生相对滑动, 以保证接触压力不超过一定范围。

2. 杠杆部件

杠杆部件由杠杆的支点——杠杆前轴通过调心轴承、耳板连接到机身上, 加力部位是在

^① 1 kgf = 9.806 65 N。

杠杆的尾部连接滚珠丝杠，通过步进电机转动带动滚珠丝杠上升或下降，从而带动杠杆上升或下降，受力部位是杠杆的后轴通过两个调心轴承传力给传感器的上端面，来实现试验力施加与卸除的。

3. 面板正视图（图 1-15）

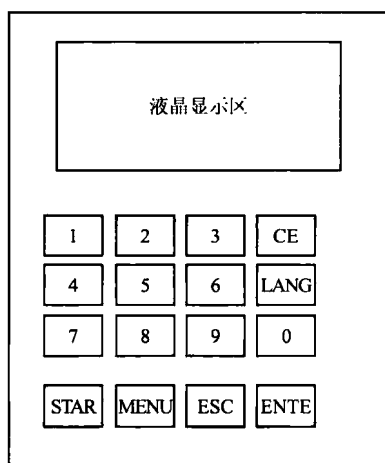


图 1-15 面板正视图

1.4.5 使用方法

1. 安装压头与试台

按“常用试验力和压头直径关系表”选择压头，并用无酸汽油清洗其球上黏附的防锈油，用棉花或质地较软的纱布擦拭干净，装入主轴中旋转紧定螺钉使其轻轻压于压头固定杆的扁平处。

选择合适的试台，清洗干净后，将试台装在丝杠孔上。再将试样平稳、密合地安放在试台上，转动手轮，使试台缓慢上升，试样与压头接触直至手轮与螺母产生相对滑动，最后将压头紧定螺钉压紧于固定杆的扁平处。

转动手轮使试台下降，将压头保护帽旋入机身的主轴孔中，调整保护帽高度，使压头凹于保护帽端面 0.2~0.3 mm，然后将背帽拧紧。

2. 选择试验力等试验参数

接通电源，打开机身后的电源开关，此时前面板上液晶屏显示内容：“莱州华银试验仪器有限公司欢迎您使用本产品”字样，并自动判断传感器是否在初始位置，如不在则自动复位。复位后，显示自动切换到准备试验状态，并默认上次试验设定的参数，例如试验力为 29.42 kN (3 000 kgf)，试验力保持时间为 30 s，试验力施加时间为 07 s，如图 1-16 所示。

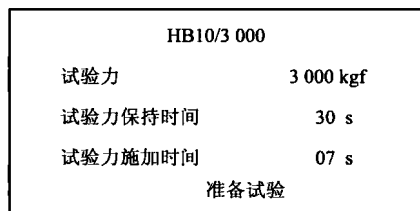


图 1-16 准备试验状态界面

3. 键盘功能

(1) 按数字键 1，在等待输入状态时为输入数字‘1’。

(2) 按数字键 2，在等待输入状态时为输入数字‘2’，在标定过程中为手动卸除试验力，在显