



高等学校机电工程类“十三五”规划教材

互换性与技术 测量实验指导书

主 编 彭 丽

副主编 杜 涛



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校机电工程类“十三五”规划教材

互换性与技术测量实验指导书

主 编 彭 丽

副主编 杜 涛

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书包括测量技术基础、尺寸的测量、形位误差的测量、表面粗糙度的测量、螺纹的测量、齿轮的测量和三坐标精密测量等 7 个部分的内容, 共计 17 个测量实验项目。每个测量实验项目都含有重要概念提示、实验内容介绍, 包括测量对象、标准参数、选择量具、测量方法、调整量具、测量步骤等内容, 有的实验还有测量数据处理方法和示例的内容。

本书可供高等学校机械类各专业师生使用, 也可作为继续教育院校机械类各专业的教材, 本书适用于开放式实验及学生自主选择实验。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量实验指导书/彭丽主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2015.10
高等学校机电工程类“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3844-7

I. ① 互… II. ① 彭… III. ① 零部件—互换性—实验—高等学校—教学参考资料
② 零部件—技术测量—实验—高等学校—教学参考资料 IV. ① TG801-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 209129 号

策 划 王 飞

责任编辑 王 斌 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2015 年 10 月第 1 版 2015 年 10 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 7.5

字 数 170 千字

印 数 1~3000 册

定 价 15.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3844 - 7/TG

XDUP 4136001-1

如有印装问题可调换

前 言

本书主要针对本科实验教学编写，适用于应用性本科院校，全书共分测量技术基础、尺寸的测量、形位误差的测量、表面粗糙度的测量、螺纹的测量、齿轮的测量和三坐标精密测量等7章，共计17个测量实验项目。每个测量实验项目都含有重要概念提示、实验内容介绍，包括测量对象、标准参数、选择量具、测量方法、调整量仪、测量步骤等内容，有的实验还有测量数据处理方法和示例的内容。本书可供高等学校机械类各专业师生使用，也可作为继续教育院校机械类各专业的教材。

本书还编写了部分相应的实验报告模板，读者可以参考并编写自己的实验报告。

本书由成都工业学院彭丽担任主编，杜涛担任副主编。赵雪芹、李静、林阳军、伍琼仙参加编写。

在本书编写过程中，得到成都工业学院系部领导的大力支持及帮助，在此表示衷心的感谢。

由于我们水平和时间有限，书中难免存在不妥之处，欢迎广大读者批评指正。

编 者

2015年5月

实验室规则

1. 实验前，必须认真复习教材有关内容，仔细阅读实验指导书，了解实验原理，明确实验目的、要求和步骤，做好充分准备。
2. 必须按规定时间到达实验室，不迟到，不早退。进入实验室要衣着整洁，把鞋底擦干净，避免带入尘土。
3. 实验室内严禁吸烟，不得吃零食、喝饮料，保持室内安静、整洁、卫生，不准大声喧哗及乱丢纸屑。
4. 要在实验教师的指导下进行实验，要遵守纪律，听从指挥。
5. 实验时，要按照不同要求使用计量器具及样件，并按指导书上的实验步骤仔细操作，认真记录有关数据，听从指导教师的指导。
6. 爱护实验室一切设备和用品，量具和量仪要严格按照要求维护和使用，光学镜头禁止用手触摸，不可对其呵气，与实验无关的仪器设备一律不许乱动。各组所用仪器或器材未经许可不准互相调换，所有仪器设备不得随意拆除；凡违规操作造成实验设施损坏的，按章赔偿，追究责任。
7. 认真了解实验所用仪器、器材的基本原理、使用方法和注意事项，使用前要仔细检查有无短缺或损坏，如有情况及时报告指导教师。使用时必须严格遵守操作规程。
8. 计量器具如有故障，必须报告指导教师，不得自行拆修。仪器有异常现象，应断开电源，报告指导教师查明原因，正确处理方能再用。
9. 量具和量仪的测量面、精密金属表面和测头、被测样件，要先用优质汽油洗净，再用棉花擦干后使用。测量结束要再清洁这些表面，并均匀涂上防锈油。
10. 实验完成后需将所有一切物品收拾归位，做好清洁卫生。经指导教师检查清点后，方可离去。

实验报告的内容和要求

自主编写实验报告是训练学生逻辑思维和创新能力的一个重要环节,也是培养学生工程意识的一个起步点,还可以培养学生的自学能力。实验报告是考核学生学习成绩和评估教学质量的重要依据。

学生对所做的实验应该做到测量原理清楚,测量方法和操作步骤正确,测量数据比较可靠,并且会处理数据和查阅公差表格。

实验报告应由每个学生独立完成,用钢笔、炭黑墨水笔工整书写。报告内容要层次清楚,文字简明通顺,图、表清晰,符合汉语规范和法定计量单位。学生可根据所测的样件,认真看清图纸的标题栏及加工工艺后进行编写。实验报告中有些内容是在做实验前准备的,有些是做实验时现场记录的。实验报告一般包含下列9项内容:

- (1) 实验名称。
- (2) 实验目的。
- (3) 实验原理。
- (4) 实验流程图。
- (5) 根据图样及工艺写出关键尺寸及其他尺寸。
- (6) 选择适宜的测量方法。
- (7) 实验记录。
- (8) 测量数据处理及相应结论。
- (9) 回答思考题,分析测量误差,并提出整改措施。

其中,前5项应在预习时书写。

实验记录包括:

(1) 实验所用计量器具的名称、标尺分度值(或分辨力)、标尺示值范围和计量器具测量范围及可以使用的范围。

(2) 被测样件的名称,被测部位的公称尺寸、极限偏差和公差,测量示意图。

(3) 调整计量器具步骤(包括调整计量器具示值零位及所选用的其他标准实物量具)。

(4) 测量数据(列表或用其他方式清晰表示测量的实际尺寸)。

为了培养学生的工程实践能力,在实验报告中要求画出被测孔、轴尺寸公差带示意图及测量样件的位置示意图。

为了减少误判率,特要求按 GB/T 3177—2009《产品几何技术规范(GPS)光滑工件尺寸的检验》的规定,安全裕度 A 取被测孔、轴尺寸公差 T 的十分之一(即 $A = 0.1T$),计量器具的测量不确定度的允许值 u_1 取安全裕度 A 的十分之九(即 $u_1 = 0.9A$)。所选用计量器具的测量不确定度 $u'_1 \leq u_1$ 。相应地,被测孔、轴的上验收极限为样件的上极限尺寸减去一个安全裕度 A ,下验收极限为样件的下极限尺寸加上一个安全裕度 A 。

目 录

第一章 测量技术基础..... 1

- 一、测量技术的概念..... 1
- 二、长度基准与量值的传递..... 2
- 三、测量器具的分类..... 6
- 四、常用量具和测量方法的分类..... 7
- 五、测量误差及测量不确定度..... 11
- 六、测量数据的处理..... 13
- 七、基本测量原则..... 14
- 八、计量器具的基本计量参数..... 15
- 九、常用测量器具的测量原理、基本机构
与使用方法..... 16

第二章 尺寸的测量..... 26

- 实验一 用内径百分表测量孔的直径..... 26
 - 一、实验目的..... 26
 - 二、实验内容..... 26
- 实验二 用机械式量仪测量标准棒直径..... 29
 - 一、实验目的..... 29
 - 二、实验内容..... 30
- 实验三 用立式光学计测量塞规的直径..... 31
 - 一、实验目的..... 31
 - 二、实验内容..... 31

第三章 形位误差的测量..... 38

- 实验一 用合像水平仪测量导轨的直线度
误差..... 39
 - 一、实验目的..... 39
 - 二、实验内容..... 39
- 实验二 用两点法测量圆度和圆柱度误差..... 44
 - 一、实验目的..... 44
 - 二、实验内容..... 44

实验三 用千分表测量平面与平面的

平行度误差..... 47

- 一、实验目的..... 47
- 二、实验内容..... 47

实验四 用千分表测量径向圆跳动和

径向全跳动..... 49

- 一、实验目的..... 49
- 二、实验内容..... 49

实验五 用偏摆检查仪测量径向圆跳动和

端面圆跳动..... 51

- 一、实验目的..... 51
- 二、实验内容..... 51

实验六 用高精度偏摆检查仪测量形位误差... 54

- 一、实验目的..... 54
- 二、实验内容..... 54

实验七 用 KSY2.5 次元测量机测量零件的

形位误差..... 61

第四章 表面粗糙度的测量..... 62

实验一 用 9J 型双管显微镜测量样块的

表面粗糙度 R_z 62

- 一、实验目的..... 62
- 二、实验内容..... 62

实验二 用 6JA 型干涉显微镜测量零件

表面轮廓的最大高度..... 68

- 一、实验目的..... 68
- 二、实验内容..... 68

第五章 螺纹的测量..... 76

实验一 用三针法测量外螺纹中径..... 76

- 一、实验目的..... 76
- 二、实验内容..... 76

实验二 用工具显微镜测量外螺纹主要参数
(中径、螺纹、牙型半角)..... 78

一、实验目的..... 78

二、实验内容..... 79

实验三 用台式投影仪测量外径螺纹的
主要参数(中径、螺纹)..... 86

一、实验目的..... 86

二、实验内容..... 86

第六章 齿轮的测量..... 89

实验一 用齿厚游标卡尺测分度圆弦齿厚..... 89

一、实验目的..... 89

二、实验内容..... 89

实验二 公法线千分尺用于测量 8 级精度
以下的齿轮..... 91

一、实验目的..... 91

二、实验内容..... 91

第七章 三坐标精密测量..... 94

一、实验目的..... 94

二、实验内容..... 94

附录 部分实验报告..... 98

实验一 用立式光学比较仪测量光滑
极限塞规..... 98

实验二 用机械式量仪测量标准棒直径..... 99

实验三 用内径指示表测量孔径..... 100

实验四 直线度误差的测量..... 101

实验五 圆度和圆柱度的测量..... 102

实验六 用指示表和平板测量平行度的
误差..... 103

实验七 用指示表和平板测量径向圆跳动
和径向全跳动误差..... 104

实验八 偏摆检查仪测量径向圆跳动和
端面圆跳动..... 105

实验九 用光切显微镜测量表面粗糙轮廓的
最大高度 R_z 106

实验十 用干涉显微镜测量表面粗糙度
轮廓的最大高度 R_z 107

实验十一 三针法测量螺纹塞规通端中径..... 108

实验十二 工具显微镜测量外螺纹的主要
参数..... 109

实验十三 齿轮的测量..... 111

第一章 测量技术基础

测量是指把被测的量与有计量单位的标准量进行比较,从而确定被测量的量值的过程。因为测量工作是实现互换性的重要保证,所以在实际生产中测量技术被广泛地应用,同时为保证测量的正确性,对测量技术在两个方面提出了一些基本要求:①合理地选用计量器具与计量方法;②具有较高的测量效率。

一、测量技术的概念

测量包括测量对象、计量单位、测量方法和测量精度四个要素。机械制造业的技术测量或精密测量主要是指几何量参数的测量,包括长度、角度、表面粗糙度和形位误差等的测量。

测量时需根据测量对象的特点和测量要求,拟定测量方法,选定计量器具,把被测量与标准量进行比较,并分析测量过程的误差,从而得出具有一定测量精度的测量结果。

测量的本质就是将被测的量与具有计量单位的标准量的数值进行比较,从而确定二者比值的实验认知的过程。任何一个测量过程必须有被测量的对象(被测量)所采用的计量单位,还要解决两者如何进行比较以及比较的精确程度如何的问题,即要解决测量方法和测量精度的问题。

例如,用游标卡尺对一轴径的测量,就是将被测对象(轴的直径)用特定测量方法(用游标卡尺测量)与长度单位(mm)相比较。若其测量值为 20.32 mm,准确度为 ± 0.02 mm,则测量结果可表达为 (20.32 ± 0.02) mm。

这样一个完整的测量过程就包括了如上所述的测量对象、计量单位、测量方法和测量精度这四个要素。下面我们对测量过程的四个要素进行相关说明。

(一) 测量对象

在技术测量中,测量对象主要指几何量,包括长度、角度、表面粗糙度及形位误差等。由于几何量种类繁多,并且形状各异,因此对于它们的特性、被测参数的定义以及标准等都必须加以研究和掌握,以能够顺利进行相关测量。

(二) 计量单位

在我国法定的计量单位中,长度的基本单位是米(m),而在机械制造业中通常规定以毫米(mm)作为计量长度的单位。在技术测量中也常用微米(μm)为计量单位。三者之间的换算关系如下

$$1\text{ m} = 1000\text{ mm}; 1\text{ mm} = 1000\text{ }\mu\text{m}$$

1983 年第 17 届国际计量大会审议并批准通过了“米”的定义：1 m 是光在真空中在 $(1/299\,792\,458)$ s 时间间隔内的行程的长度。

平面度的角度计量单位为弧(rad)及度($^{\circ}$)、分(')、秒(")。在机械制造中常用的角度计量单位为弧度、微弧度(μrad)和度($^{\circ}$)、分(')、秒(")。1 $\mu\text{rad} = 10^{-6}$ rad, $1^{\circ} = 0.017\,453\,3$ rad。度、分、秒的关系采用六十进制，即 $1^{\circ} = 60'$, $1' = 60''$ 。

(三) 测量方法

测量方法是指进行测量时所采用的测量原理、计量器具和测量条件的总和。根据被测对象的特点，如精度、形状、质量、材质和数量等来确定需用的计量器具，分析研究被测参数的特点和它与其他参数的关系，确定最合适的测量方法以及测量的主观条件。测量方法可以从不同的角度来分类。

(四) 测量精度

测量精度是指测量结果与真值的一致程度。任何测量过程总是不可避免地出现测量误差，误差大，说明测量结果离真值远，精度低；反之，误差小，精度高。因此，对于每一个测量过程的测量结果都应该给出一定的测量精度。测量精度和测量误差是两个概念。由于存在测量误差，任何测量结果都是以一近似值来表示或者说测量结果的可靠有效值是由测量误差确定的。

测量条件是指被测量对象和计量器具所处环境条件，如温度、湿度、振动和灰尘等。测量时的标准温度为 20°C 。一般计量室的温度控制在 $[20 \pm (0.5 \sim 2)]^{\circ}\text{C}$ ，精密计量室的温度控制在 $[20 \pm (0.03 \sim 0.05)]^{\circ}\text{C}$ ，且尽可能地使被测对象与计量器具在相同的温度下进行测量。测量环境的相对湿度以 50%~60% 为宜，应远离振动、避免灰尘。

二、长度基准与量值的传递

光波波长可用于长度测量，但在生产实践中，不可能直接利用光波波长进行长度尺寸的测量，为了保证机械制造中长度测量的量值统一，必须建立从光波长度基准到生产中使用的各种量具、量仪和工件尺寸的传递系统。量块和线纹尺是实现光波长度到测量实际之间的尺寸传递媒介，是机械制造中的实用长度基准。长度尺寸的传递系统如图 1-1 所示。在该传递系统中，基准量具以量块(端面量具)应用最为广泛。

(一) 量块的正常使用

量块又称为块规。它是机械制造业中控制尺寸的最基本的量具，是从标准长度到零件之间尺寸传递的媒介，也是技术测量上长度计量的基准。对量块的描述包含以下几个方面：

(1) 量块的形状：矩形截面的长方体、圆形截面的圆柱体。长度量块是指用耐磨性好、硬度高而不易变形的轴承钢制成矩形截面的长方块，如图 1-2 所示。它有上、下两个测量面和四个非测量面。两个测量面是指经过精密研磨和抛光加工出的很平、很光的平行平面。

(2) 量块的矩形截面尺寸：基本尺寸为 0.5 mm~10 mm 的量块，其截面尺寸为 $30\text{ mm} \times 9\text{ mm}$ ；基本尺寸大于 10 mm~1000 mm，其截面尺寸为 $35\text{ mm} \times 9\text{ mm}$ 。

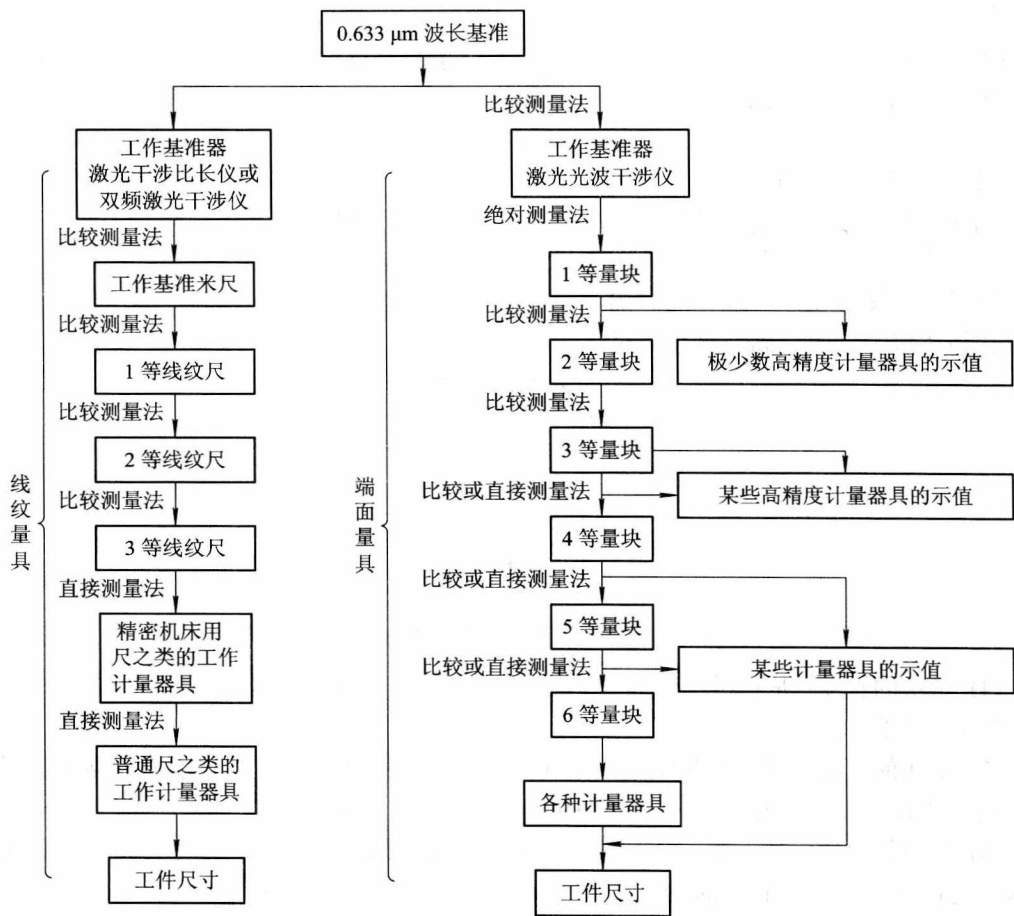


图 1-1 长度尺寸的传递系统

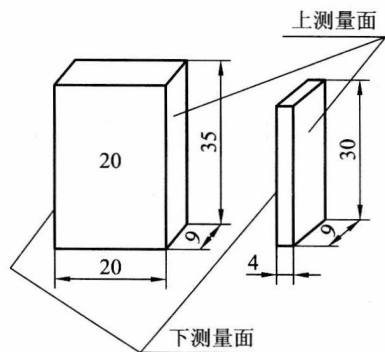


图 1-2 量块

(3) 量块的中心长度(如图 1-3 所示): 由于两个测量面不是绝对平行的, 因此量块的工作尺寸是指中心长度, 即量块的一个测量面的中心(两个测量面对角线的交点的距离)至另一个测量面相黏合面(其表面质量与量块一致)的垂直距离。在每块量块上, 都标记着它的工作尺寸: 当量块尺寸等于或大于 6 mm 时, 工作尺寸标记在非工作面上; 当量块在 6 mm

以下时,工作尺寸直接标记在测量面上。量块的精度根据它的工作尺寸的精度和两个测量面的平面平行度的准确程度,分成五个精度级,即00级(暂不介绍)、0级、1级、2级和3级。0级量块的精度最高,工作尺寸和平面平行度等都做得很准确,只有零点几个微米的误差,一般仅用于省市计量单位作为检定或校准精密仪器使用。1级量块的精度次之,2级更次之。3级量块的精度最低,一般为工厂或车间计量站所使用,用来检定或校准车间常用的精密量具。量块是精密的尺寸标准,制造不容易。如果按“等”使用时,应以检定后给出量块中心长度的实际尺寸作为工作尺寸,该尺寸排除了量块制造误差的影响,仅包含检定时较小的测量误差,在使用时加上量块检定的修正值。因此量块按“等”使用的测量精度比按“级”使用时高,可作为尺寸的精密标准。

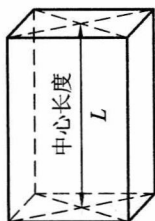


图 1-3 量块的中心长度

(4) 量块的长度:是指量块上测量面的任意一点到与下测量面相研合的辅助体(如平晶)平面间的垂直距离。

(5) 量块的中心尺寸:是指量块测量面上中心点的量块长度,用符号 L 来表示,即用量块的中心长度尺寸代表工作尺寸(如图 1-3 所示)。

(6) 量块的尺寸标注:量块上标出的尺寸为名义上的中心长度,称为名义尺寸(或称为标称长度)。尺寸小于 6 mm 的量块,名义尺寸刻在上测量面上;尺寸不小于 6 mm 的量块,名义尺寸刻在一个非测量面上,而且该表面的左右侧面分别为上测量面和下测量面。

(7) 量块的研合性(黏合性):利用量块的研合性,就可以把各种尺寸不同的量块组合成量块组,得到所需要的各种尺寸。

(8) 角度量块(如图 1-4 所示):

① 测量角:相邻两平面的夹角。

② 形状:三角形,只有一个工作角;四角形,每个角都是工作角。

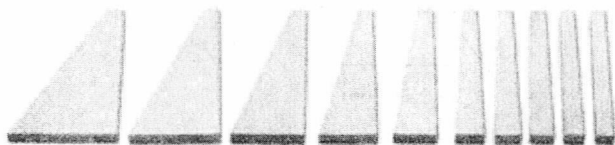


图 1-4 角度量块

(二) 成套量块和量块尺寸的组合

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和每块量块的尺寸,如表 1-1 所示。

表 1-1 成套量块的编组

套别	总块数	精度级别	尺寸系列/mm	间隔/mm	块数
1	91	00、0、1	0.5, 1, 1.001, 1.002, …, 1.009, 1.01, 1.02, …, 1.49, 1.5, 1.6, …, 1.9, 2.0, 2.5, …, 9.5, 10, 20, …, 100	0.001、0.01、0.1、0.5、10	2 9 49 5 16 10
2	83	00、0、12(3)	0.5, 1, 1.005, 1.01, 1.02, …, 1.49, 1.5, 1.6, …, 1.9, 2.0, 2.5, …, 9.5, 10, 20, …, 100	0.01、0.1、0.5、10	3 49 5 16 10
3	46	0、1、2	1, 1.001, 1.002, …, 1.009, 1.01, 1.02, …, 1.09, 1.1, 1.2, …, 1.9, 2, 3, …, 9, 10, 20, …, 100	0.001、0.01、0.1、1、10	1 9 9 9 8 10
4	38	0、1、2(3)	1, 1.005, 1.01, 1.02, …, 1.09, 1.1, 1.2, …, 1.9, 2, 3, …, 9, 10, 20, …, 100	0.01、0.1、1、10	2 9 9 8 10
5、6、7、8	10、10、10、10、	00、0、1	0.991, 0.992, …, 1, 1.001, …, 1.009, 1.991, 1.992, …, 2, 2.001, …, 2.009	0.001、0.001、0.001、0.001	10 10 10 10
9	8	00、0、12(3)	125, 150, 175, 200, 250, 300, 400, 500	—	8
10	5		600, 700, 800, 900, 1000	—	5

在总块数为 83 块和 38 块的两盒成套量块中, 有时带有 4 块护块, 所以每盒成为 87 块和 42 块了。护块即保护量块, 主要是为了减少常用量块的磨损, 在使用时可放在量块组的两端, 以保护其他量块。

每块量块只有一个工作尺寸。但由于量块的两个测量面做得十分准确而光滑, 具有可黏合性。即将两块量块的测量面轻轻地推合后, 这两块量块就能黏合在一起, 不会自己分开, 好像一块量块一样。由于量块具有可黏合性, 每块量块只有一个工作尺寸的缺点就克服了。利用量块的可黏合性, 就可组成各种不同尺寸的量块组, 大大扩大了量块的应用范围。但为了减少误差, 组成量块组的块数最好不超过 4~5 块。

为了使量块组的块数为最小值, 在组合时就要根据一定的原则来选取块规尺寸, 即先选择能去除最小位数的尺寸的量块。例如, 若要组成 87.545 mm 的量块组, 在 83 块的成套块中, 其量块尺寸的选择方法如下:

量块组的尺寸——87.545 mm。

选用的第一块量块尺寸——1.005 mm。

剩下的尺寸——86.54 mm。

选用的第二块量块尺寸——1.04 mm。

剩下的尺寸——85.5 mm。

选用的第三块量块尺寸——5.5 mm。

剩下的即为第四块尺寸——80 mm。

所有尺寸—— $1.005 + 1.04 + 5.5 + 80 = 87.545 \text{ mm}$ 。

量块是很精密的量具，使用时必须注意以下几点：

(1) 量块使用前，先在汽油中洗去防锈油，再用清洁的麂皮或软绸擦干净。不要用棉纱头去擦量块的工作面，以免损伤量块的测量面。

(2) 清洗后的量块，不要直接用手去拿，应当用软绸衬起来拿。若必须用手拿量块，则应把手洗干净，并且要拿在量块的非工作面上。

(3) 把量块放在工作台上时，应使量块的非工作面与台面接触。不要把量块放在蓝图上，因为蓝图表面有残留化学物，会使量块生锈。

(4) 不要使量块的工作面与非工作面进行推合，以免擦伤测量面。

(5) 量块使用后，应及时在汽油中清洗干净，用软绸擦干后，涂上防锈油，放在专用的盒子里。若需要经常使用，可在洗净后不涂防锈油，放在干燥缸内保存。绝对不允许将量块长时间黏合在一起，以免由于金属黏结而引起不必要损伤。

(三) 量块附件

为了扩大量块的应用范围，便于各种测量工作，可采用成套的量块附件。在量块附件中，有不同长度的夹持器和各种测量用的量爪，如图 1-5(a)所示。量块组与量块附件装置，可用于校准量具尺寸(如内径百分尺的校准)，测量轴径、孔径、高度和划线等，如图 1-5(b)所示。

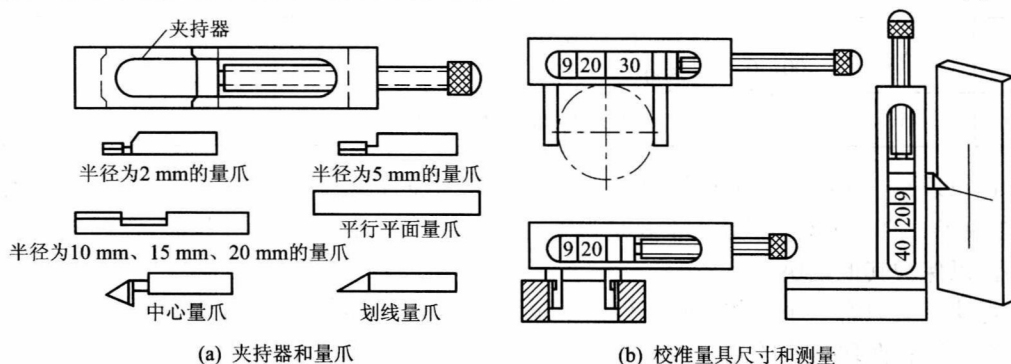


图 1-5 量块的附件及其使用

三、测量器具的分类

测量器具是测量仪器和测量工具的总称。测量器具按其测量原理、结构特点及用途分为以下四类。

(一) 标准量具

以固定形式复现量值的计量器具称为标准量具，一般结构比较简单，没有传动放大系统。量具有的可以单独使用，有的可以与其他计量器具配合使用。量具又可分为单值量具和多值量具两种。单值量具是用来复现单一量值的量具，又称为标准量具，如量块、线纹

尺、直角尺等。多值量具是用来复现一定范围内的一系列不同量值的量具,又称为通用量具。通用量具按其结构特点划分有:固定刻线量具(如游标卡尺、万能角度尺等)、螺旋测微量具(如内、外径千分尺和螺纹千分尺等)。对于成套的量块又称为成套量具,通常用来校对和调整其他测量器具或者作为标准量与被测工件进行比较。

(二) 量规

量规是指没有刻度的专用计量器具,用于检验零件要素的实际尺寸及形状、位置的实际情况所形成的综合结果是否在规定的范围内,从而判断零件被测的几何量是否合格。量规的检验不能获得被测几何量的具体数值。例如,用光滑极限量规检验光滑圆柱形工件的合格性、用螺纹量规综合检验螺纹的合格性等。

(三) 量仪

量仪是能将被测几何量的量值转换成可直接观察的指示值或等效信息的计量器具。量仪一般具有传动放大系统。按原始信号转换的原理不同,量仪又可分为以下四种:

(1) 机械式量仪。机械式量仪是指用机械方法实现信号转换的量仪,如指示表、杠杆比较仪和扭簧比较仪等。这种量仪结构简单,性能稳定,使用方便,因而应用广泛。

(2) 光学式量仪。光学式量仪是指用光学方法实现原始信号转换的量仪,具有放大功能的光学放大系统。例如,万能测长仪、立式光学计、大中型工具显微镜、干涉仪等。这种量仪精度高,性能稳定。

(3) 电动式量仪。电动式量仪是指将原始信号转换成电量信息输出的量仪。这种量仪具有放大和运算电路,可将测量结果用指示表或记录器显示出来。例如,电感式测微仪、电容式测微仪、电动轮廓仪、圆度仪等。这种量仪精度高,易于实现数据自动化处理和显示,还可实现计算机辅助测量和检测自动化。

(4) 气动式量仪。气动式量仪是指以压缩空气为介质,通过其流量或压力的变化来实现原始信号转换的量仪。例如,水柱式气动仪、浮标式气动仪等。这种量仪结构简单,可进行远距离测量,也可对难以用其他计量器具测量的部位(如深孔部位)进行测量;但示值范围小,对不同的被测参数需要不同的测头。

(四) 计量装置

计量装置是指为确定被测几何量值所必需的计量器具和辅助设备的总体。它能够测量较多的几何量和较复杂的零件,有助于实现检测自动化或半自动化,一般用于大批量生产中,以提高检测效率和检测精度。

四、常用量具和测量方法的分类

(一) 测量中常用量具和量仪

常用的量具和量仪有以下几种:

(1) 游标类量具:它是利用游标读数原理制成的一种常用量具。将主尺刻度 $(n-1)$ 格宽

度等于游标刻度 n 格的宽度,使游标一个刻度间距与主尺一个刻度间距相差一个读数。游标量具的分度值有: 0.1 mm、0.05 mm、0.02 mm 三种。

(2) 螺旋测微类量具: 它是利用螺旋副测微原理进行测量的一种量具。根据不同用途螺旋测微类量具,可分为外径千分尺、公法线千分尺、深度千分尺等。

(3) 机械类量仪: 此类量仪是以杠杆、齿轮、扭簧等机械零件组成的传动部件,将测量杆微小的直线位移传动放大,转变为指针的角位移,最后由指针在刻度盘上指出示值。机械量仪种类很多,主要有百分表、杠杆百分表、内径百分表、杠杆式卡规等。

(4) 光学类量仪: 利用光学原理制成的光学量仪,在长度测量中应用比较广泛的有光学投影仪、卧式测长仪等。此类仪器的工作原理是利用光学透镜将被测零件放大投影在投影屏上,再通过投影屏上的指标线瞄准被测零件的轮廓像,由坐标读数系统读出各被测点的坐标值。

光学投影仪检验效率高,使用方便,特别适合各类样板、仪表盘等形状复杂的两维零件的尺寸、角度测量,因而被广泛应用于计量室、生产车间。尤其适用于仪器仪表和制表行业。图 1-6 为常见的台式投影仪。

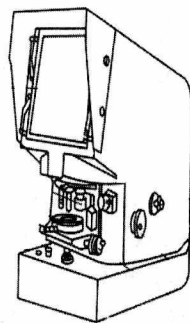


图 1-6 台式投影仪

卧式测长仪是长度计量中应用广泛的光学计量仪器之一。因其设计符合阿贝原理,又称为阿贝测长仪。卧式测长仪不仅能测量外尺寸,还能进行各种内尺寸的测量,如内孔的直径、内螺纹中径等。由于该仪器测量精度高,因而在精密测量中应用广泛。卧式测长仪如图 1-7 所示。机械式比较仪如图 1-8 所示。

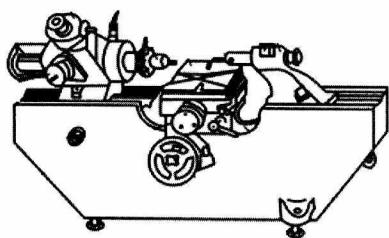


图 1-7 卧式测长仪

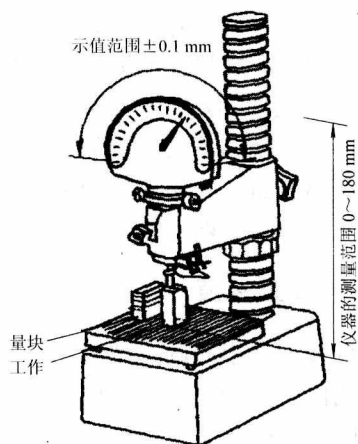


图 1-8 机械式比较仪

(5) 电动量仪: 是将被测尺寸转变为电信号来实现长度尺寸测量的仪器。电动量仪一般由测量装置(或传感装置)、电器装置和显示装置三部分组成。常用的有电动测微仪、电动轮廓仪及圆度仪等。

圆度仪是测量工件圆度误差的专用测量仪器,仪器高精度主轴下端装置一电感传感器。测量时,工件不动,传感器测头绕主轴轴线做匀速回转运动,它在回转中描述的轨迹是一个理想的标准圆。工件的实际轮廓与此理想圆进行比较,其半径变化量转变为电信号,经

由电路后,由记录器描绘出被测量的工件的实际轮廓的图形,也可由计算机给出测量结果。HYQ014A 型圆度仪如图 1-9 所示。

(6) 角度类量具:应用较广泛的有水平仪、万能角尺、正弦规等。水平仪一般用于测量水平面或垂直面上的微小角度,在实际工作中,主要用于测量机床导轨在垂直平面内的直线度、工作台的平面度、零部件间的垂直度和平行度等,是机床装配和修理中最基本的测量仪器。水平仪的基本元件是水准泡。

常用的水平仪有条形水平仪、框式水平仪和合像水平仪。三种水平仪的外形结构分别如图 1-10~图 1-12 所示。

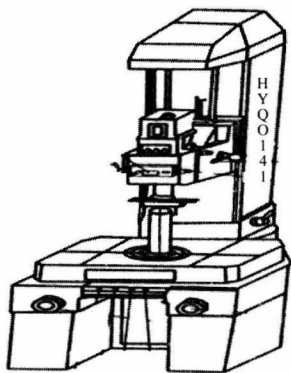


图 1-9 HYQ014A 型圆度仪

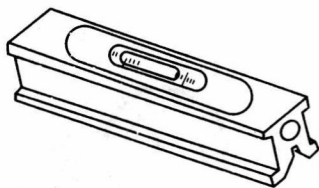


图 1-10 条形水平仪

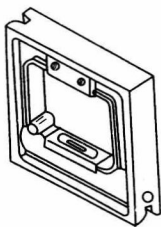


图 1-11 框式水平仪

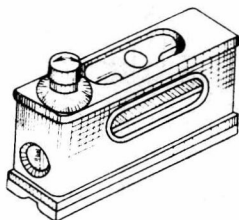


图 1-12 合像水平仪

(二) 测量方法的分类

广义的测量方法是指测量时所采用的测量器具和测量条件的总体。而在实际工作中往往从获得测量结果的方式来理解测量方法,即按照不同的出发点,测量方法有各种不同的分类:

(1) 根据所测的几何量是否为要求被测几何量,测量方法可分为直接测量和间接测量,其分述如下:

① 直接测量:被测量能直接从测量器具上获得的测量方法。直接测量又分为绝对测量和相对测量。

A. 绝对测量是指测量时从测量器具上直接读取被测量值的测量方法。例如,用游标卡尺测量轴径尺寸。

B. 相对测量(又称为比较测量或微差测量)是指将被测量与同它只有微小差别的已知同种量(一般为标准量)相比较,通过测量这两个量值之间的差值以确定被测量值。例如,用