

高等职业教育机电类“十一五”规划教材

GAODENG ZHIYE JIAOYU JIDIAN LEI SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI

主 编 卢志珍 阎维建
副主编 王 彬 尹昭辉
主 审 何时剑

互换性与测量技术 实验指导

HUHUANXING YU CELIANG JISHU SHIYAN ZHIDAO



电子科技大学出版社

高等职业教育机电类“十一五”规划教材

互换性与测量技术 实验指导

主 编 卢志珍 阎维建

副主编 王 彬 尹昭辉

主 审 何时剑

电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

互换性与测量技术实验指导 / 卢志珍, 阎维建主编. —成都:

电子科技大学出版社, 2008. 8

高等职业教育机电类“十一五”规划教材

ISBN 978-7-81114-807-7

I. 互… II. ①卢…②阎… III. ①零部件—互换性—实验—

高等学校—教学参考资料②零部件—测量—实验—高等学校—教学

参考资料 IV. TG801-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 127076 号

内 容 简 介

全书共分八章, 包括尺寸测量、形状和位置误差的测量、表面粗糙度的测量、角度和锥度的测量、螺纹的测量、齿轮的测量、三坐标测量机的使用、典型零件的综合检测。

本书与卢志珍主编的《互换性与测量技术》教材及《互换性与测量技术学习指导及习题集》配套使用。

本书具有很强的实用性和指导性, 可作为高职高专院校机械工程类各专业学生学习“互换性与测量技术”课程实践指导用书, 也可供制造业质量检验员在工作中随时查用。

高等职业教育机电类“十一五”规划教材

互换性与测量技术

实验指导

主 编 卢志珍 阎维建

副主编 王 彬 尹昭辉

主 审 何时剑

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 朱 丹

责任编辑: 万晓桐

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 成都经纬印务有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 9 字数 216 千字

版 次: 2008 年 8 月第一版

印 次: 2008 年 8 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-807-7

定 价: 16.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。
- ◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。

前 言

本书是《互换性与测量技术》(卢志珍主编)的配套教材,其内容及编排顺序基本与该教材统一。

互换性与测量技术实验是该课程教学的重要组成部分,也是培养学生技术应用能力的重要手段与途径。根据高职高专人才培养目标要求和《互换性与测量技术》课程教学大纲的规定,在总结教学实践经验的基础上,有针对性地编写了这本实验指导书,以满足师生的实际需要。

本实验指导书共编写了 33 个实验,其中 22 个是基础实验,对每个基础实验的目的、仪器仪表结构和工作原理、测量原理、测量方法、步骤、数据处理等方面均作了详尽的介绍,是实验课的必备教材,适用于机电类各专业、各层次的班级教学。

本书由卢志珍、阎维建主编,王彬、尹昭辉副主编,何时剑主审。其中实验 1.2~实验 1.4、实验 2.1、实验 2.2、实验 2.4、实验 5.1~实验 5.3 由王彬编写;实验 2.3、实验 7.1、实验 8.5~实验 8.10 由尹昭辉编写;实验 1.1、实验 3.1~实验 3.3、实验 4.1~实验 4.2、实验 6.1~实验 6.7 及附录实验报告由卢志珍编写;实验 8.1~实验 8.4 由阎维建编写;在编写过程中得到了马宪亭、游专、钱秋云等老师的大力支持,哈尔滨理工大学于庆有教授对本书提出了宝贵的修改意见;同时得到了相关院校领导的大力支持,在此一并表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中难免出现疏漏之处,恳请读者提出宝贵意见。

编 者

2008 年 7 月

目 录

第一章 尺寸测量.....	1
实验 1.1 常用计量器具的使用与维护.....	1
实验 1.2 用投影立式光学计测量轴径.....	11
实验 1.3 用内径百分表测量孔径.....	16
实验 1.4 用数字式万能测长仪测量内尺寸.....	20
第二章 形状和位置误差的测量.....	23
实验 2.1 直线度误差的测量.....	23
实验 2.2 平面度误差的测量.....	28
实验 2.3 圆度误差的测量.....	33
实验 2.4 箱体位置误差的测量.....	38
第三章 表面粗糙度的测量.....	44
实验 3.1 用干涉显微镜测量表面粗糙度.....	45
实验 3.2 用光切显微镜测量表面粗糙度.....	47
实验 3.3 用粗糙度测量仪测量表面粗糙度.....	50
第四章 角度和锥度的检测.....	52
实验 4.1 用万能角尺测角度.....	52
实验 4.2 用正弦规测量锥度偏差.....	54
第五章 螺纹的测量.....	56
实验 5.1 用螺纹千分尺测量外螺纹中径.....	56
实验 5.2 用三针法测量外螺纹中径.....	57
实验 5.3 用影像法检测外螺纹参数.....	60
第六章 齿轮的测量.....	67
实验 6.1 用齿厚游标卡尺测量齿厚偏差.....	67
实验 6.2 用公法线千分尺测量公法线长度变动量.....	69
实验 6.3 径向综合总偏差的测量.....	71
实验 6.4 用径向跳动检查仪检测齿圈径向跳动.....	73
实验 6.5 用周节仪检测齿距偏差和齿距累积误差.....	74
实验 6.6 用基节仪检测基节偏差.....	76
实验 6.7 用万能测齿仪测量齿轮参数.....	78

第七章 三坐标测量机的使用.....82

 实验 7 用三坐标测量机测量形位误差.....82

第八章 典型零件的综合检测.....91

 实验 8.1 零件 1 的综合检测.....91

 实验 8.2 零件 2 的综合检测.....93

 实验 8.3 零件 3 的综合检测.....94

 实验 8.4 零件 4 的综合检测.....96

 实验 8.5 零件 5 的综合检测.....97

 实验 8.6 零件 6 的综合检测.....99

 实验 8.7 零件 7 的综合检测.....100

 实验 8.8 零件 8 的综合检测.....102

 实验 8.9 零件 9 综合检测.....105

 实验 8.10 零件 10 综合检测.....106

附录 互换性与测量技术实验报告.....109

参考文献.....135

第一章 尺寸测量

实验 1.1 常用计量器具的使用与维护

一、实验目的

1. 了解量块与线纹量具的区别。
2. 掌握量块、游标类量具、螺旋测微类量具的使用与维护方法。

二、实验内容

1. 选择组合量块；
2. 量块的研合；
3. 游标卡尺、千分尺的使用。

三、仪器及测量原理说明

(一) 量块

量块是没有刻度、截面为矩形与平面平行的端面量具，也称为块规。量块用特殊合金钢制成，具有线胀系数小、不易变形、硬度高、耐磨性好、工作面粗糙度值小以及研合性好等特点。

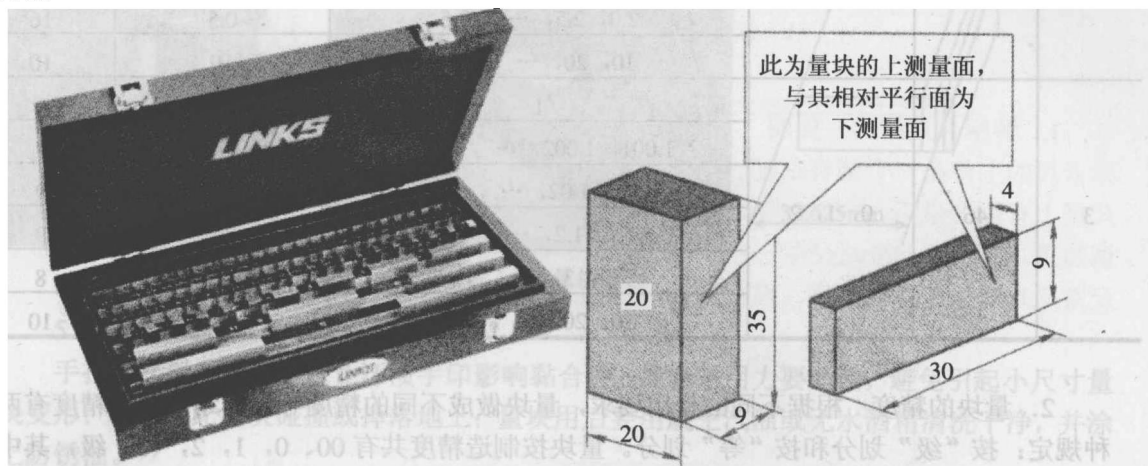


图 1-1 量块的形状

1. 量块的长度 量块具有经过精密加工很平很光的两个平行平面，叫做测量面。如图 1-1 所示，量块上两个测量面间具有精确的尺寸。另外还有四个非测量面。从量块一个测量面上任意一点（距边缘 0.5mm 区域除外）到与此量块另一个测量面相研合的面的垂直距离称为量块长度 L ，从量块一个测量面上中心点到与此量块另一个测量面相研合的面的垂直距离称为量块中心长度 L_c 。量块上标出的尺寸称为量块的标称尺寸。量块的标称尺寸大于或等于 10mm 时，其测量面的尺寸为 35mm×9mm；标称尺寸在 10mm 以下时，其测量面的尺寸为 30mm×9mm。当标称尺寸小于等于 6mm 时，长度数字刻在上测量面上，标称尺寸大于

6mm 的量块，长度数字刻在侧面上。

量块的测量面是经过超精研制造的，平面度和表面粗糙度都很好，具有可黏合的特性。将两量块的测量面擦洗干净后手压研合，两量块即黏到一起。利用这个特性，可将多块量块叠合组成量块组。成套量块的尺寸见表 1-1。

表 1-1 成套量块的组合尺寸

套别	总块数	级别	尺寸系列/mm	间隔/mm	块数
1	91	00, 0, 1	0.5	—	1
			1	—	1
			1.001, 1.002, … , 1.009	0.001	9
			1.01, 1.02, … , 1.49	0.01	49
			1.5, 1.6 … , 1.9	0.1	5
			2.0, 2.5 … , 9.5	0.5	16
			10, 20 … , 100	10	10
2	83	00, 0, 1, 2, (3)	0.5	—	1
			1	—	1
			1.005	—	1
			1.01, 1.02, … , 1.49	0.01	49
			1.5, 1.6, … , 1.9	0.1	5
			2.0, 2.5, … , 9.5	0.5	16
			10, 20, … , 100	10	10
3	46	0, 1, 2	1	—	1
			1.001, 1.002, … , 1.009	0.001	9
			1.01, 1.02, … , 1.09	0.01	9
			1.1, 1.2, … , 1.9	0.1	9
			2, 3, … , 9	1	8
			10, 20, … , 100	10	10

2. 量块的精度 根据不同的使用要求，量块做成不同的精度等级，划分量块精度有两种规定：按“级”划分和按“等”划分。量块按制造精度共有 00、0, 1, 2, (3) 级，其中 00 级精度最高，精度依次降低，(3) 级精度最低。量块按级使用时，是以量块的标称尺寸为工作尺寸的，该尺寸包含了量块的制造误差，它们将被引入到测量结果中，但不需要加修正值，故使用较为方便。按检定精度量块分为 1~6 等，其中 1 等精度最高，其余精度依次降低，6 等精度最低，量块按等使用时不再以标称尺寸作为工作尺寸，而是用量块经检定后所给出的实测中心长度作为工作尺寸，排除了量块的制造误差，仅包含检定时较小的测量误差。

3. 量块的组合 常常用几个量块组合成所需的尺寸，为了减少量块组的长度累积误差，选取的量块数要少，一般不超过 4 块，可以从消去尺寸的最末位数开始，逐一选取。例如从

83 块一套的量块组中选取量块组成 33.625mm。

33.625		量块组合尺寸
- 1.005		第一块量块尺寸
32.62		
- 1.02		第二块量块尺寸
31.6		
- 1.6		第三块量块尺寸
30		第四块量块尺寸

即 $33.625\text{mm} = (1.005 + 1.02 + 1.6 + 30)\text{mm}$

4. 量块的正确使用

① 观察每一块量块，找到测量面，用酒精擦洗干净。

② 将两量块的工作面相互接触，摆成“+”字形，稍加压力，轻轻转正，沿长边方向推进，即可黏合，如图 1-2 所示。

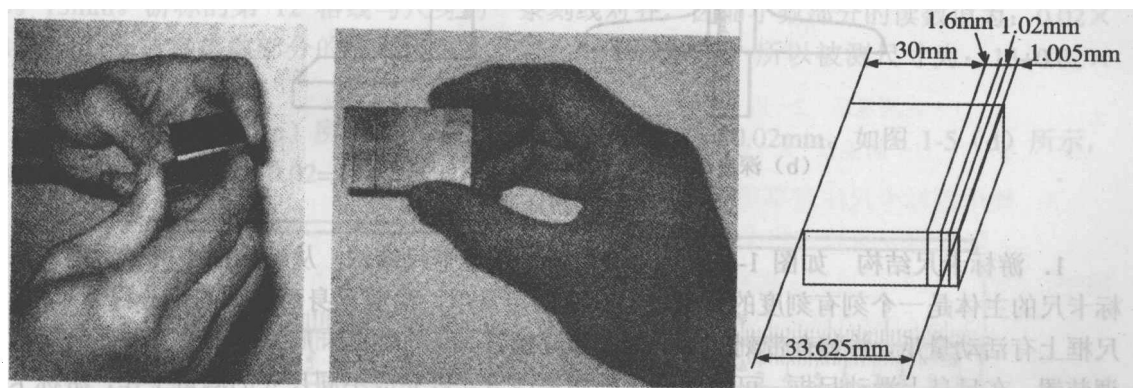


图 1-2 量块研合

5. 注意事项

手指勿接触黏合面，以免汗渍手印影响黏合性；推合时用力要适当，避免引起小尺寸量块变形；尽量防此量块碰撞或掉落地上；量块用后要用航空汽油或无水酒精清洗干净，并涂上防锈油。

(二) 游标类量具

游标类量具是利用游标读数原理制成的一种常用量具，它具有结构简单、使用方便、测量范围大等特点。常用的长度游标类量具有游标卡尺、深度游标尺、高度游标尺等，它们的读数原理相同，所不同的是测量面的位置不同，如图 1-3 所示。下面以游标卡尺为例介绍游标类量具的刻线原理和读数方法。

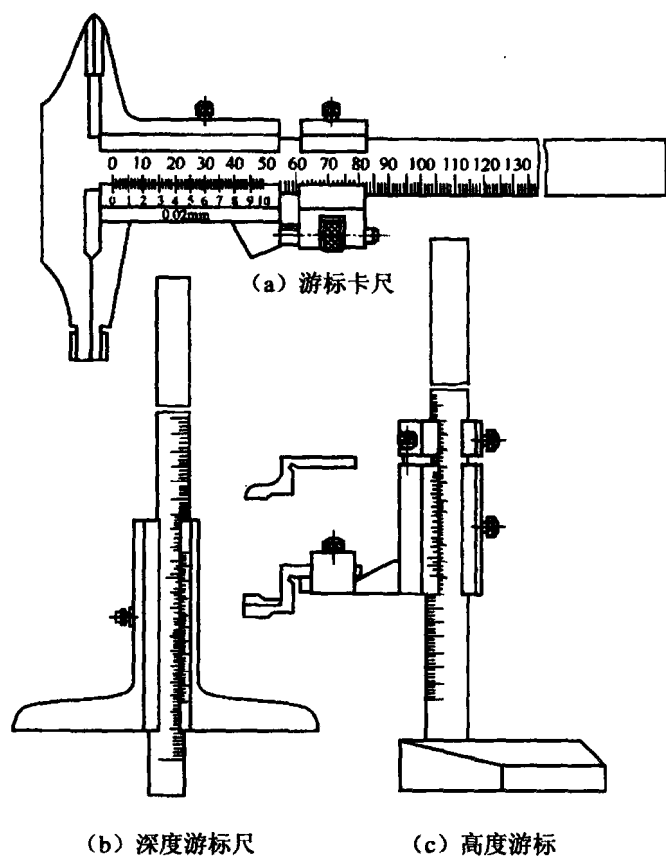


图 1-3 游标量具

1. 游标卡尺结构 如图 1-4 所示为 0.02mm 游标卡尺结构，从结构图中可以看出，游标卡尺的主体是一个刻有刻度的尺身，其上有固定量爪，沿着尺身可移动的部分称为尺框，尺框上有活动量爪，并装有带刻度的游标和紧固螺钉。有的游标卡尺为了调节方便还装有微调装置。在尺身上滑动尺框，可使两量爪的距离改变，以完成不同尺寸的测量工作，游标卡尺常用来测量零件的长度、厚度、内外径、槽宽度及深度等。

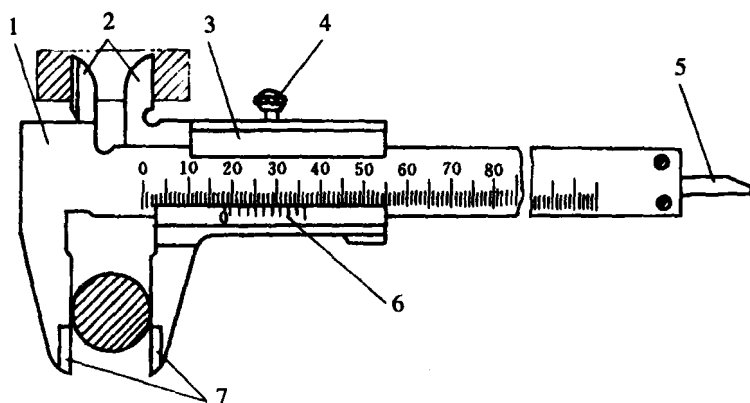


图 1-4 0.02mm 游标卡尺

1—尺身 2—内量爪 3—尺框 4—紧固螺钉 5—深度尺 6—游标 7—外量爪

2. 游标卡尺的刻线原理和读数方法 游标卡尺的读数部分由尺身与游标组成。其原理是利用尺身刻线间距和游标刻线间距之差来进行小数读数。通常尺身刻线间距 a 为 1mm，尺身刻线 $(n-1)$ 格的长度等于游标刻线 n 格的长度。相应的游标刻线间距为 $b = \frac{(n-1)a}{n}$ ，尺身刻线间距与游标刻线间距之差即为游标卡尺的分度值 $i = a - b$ 。游标卡尺的分度值有 0.1mm、0.05mm 和 0.02mm 三种。

用游标卡尺测量零件进行读数时，其读数方法和步骤是：

- ① 根据游标零线所处位置读出主尺在游标零线前的整数部分的读数值；
- ② 判断游标上第几根刻线与主尺上的刻线对准，该游标刻线的序号乘以该游标量具的分度值即可得到小数部分的读数值；
- ③ 最后将整数部分的读数值与小数部分的读数值相加即为整个测量结果。

如图 1-5 所示为游标卡尺读数示例。图 1-5 (a) 所示，尺身每小格为 $a=1\text{mm}$ ，当两测量爪合并时，尺身上的 49mm 正好对准游标上的 50 格，则：

$$\text{游标每格 } b = \frac{(n-1)a}{n} = 49 \div 50 = 0.98\text{mm}, \text{ 主尺与游标每格相差 } i = 1 - 0.98 = 0.02\text{mm}.$$

如图 1-5 (b) 所示，游标的零线落在尺身的 13~14mm 之间，因而整数部分的读数值为 13mm。游标的第 12 格线与尺身的一条刻线对齐，因而小数部分的读数值为：0.02 × 12 = 0.24mm。将整数部分的读数值与小数部分读数值相加，所以被测尺寸为：13 + 0.02 × 12 = 13.24mm。

同理，如图 1-5 (c) 所示，被测尺寸为：20 + 1 × 0.02 = 20.02mm。如图 1-5 (d) 所示，被测尺寸为：23 + 45 × 0.02 = 23.90mm。

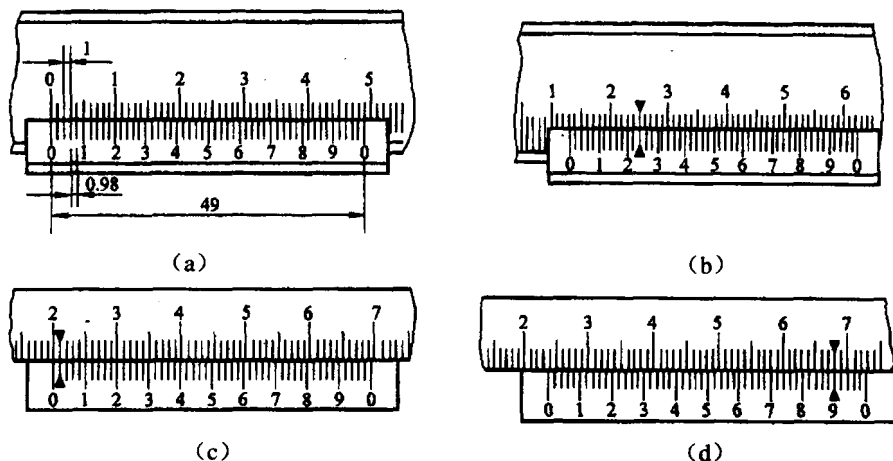


图 1-5 游标卡尺刻线原理及读数示例

为了读数方便，有的游标卡尺上装有测微表头，如图 1-6 所示是带表游标卡尺，它是通过机械传动装置，将两测量爪相对移动转变为指示表的回转运动，并借助尺身刻度和指示表，对两测量爪相对移动所分隔的距离进行读数。如图 1-7 所示为电子数显卡尺，它具有非接触性电容式测量系统，测量结果由液晶显示器显示。其外形结构各部分名称如图 1-7 中的 1~12 所示。电子数显卡尺测量方便可靠。

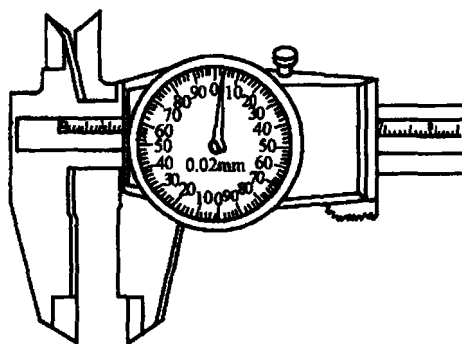


图 1-6 带表游标卡尺

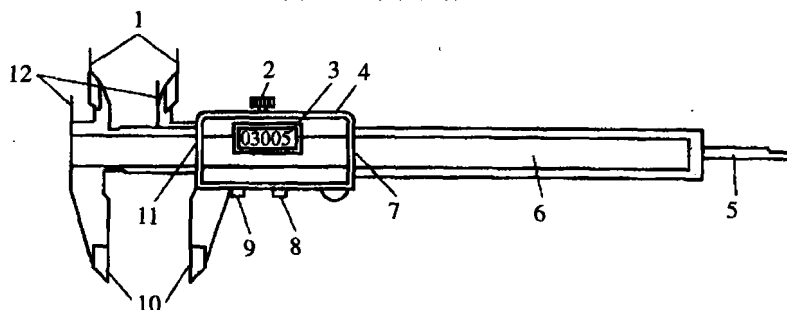


图 1-7 电子数显卡尺

1—内测量爪 2—固定测砧 3—液晶显示器 4—数据输出端口 5—深度尺
6—尺身 7, 11—防尘板 8—置零按钮 9—米制/英制转换按钮 10—外测量爪 12—台阶测量面

3. 使用游标卡尺注意事项

(1) 测量前应用软布将卡尺擦干净，卡尺的两个量爪合拢，应密不透光。如漏光严重，需进行修理。量爪合拢后，游标零线应与尺身零线对齐。如不对齐，就存在零位偏差，一般不能使用。有零位偏差时如要使用，需加修正值。游标在尺身上滑动要灵活自如，不能过松或过紧，不能晃动，以免产生测量误差。

(2) 测量时，要先看清楚尺框上的分度值标记，以免读错小数值产生粗大误差。应使量爪轻轻接触零件的被测表面，保持合适的测量力，量爪位置要摆正，不能歪斜，如图 1-8 所示。

(3) 在游标上读数时，视线应与尺身表面垂直，避免产生视觉误差。

(三) 螺旋测微类量具

螺旋测微类量具是利用螺旋副运动原理进行测量和读数的一种测微量具。按其用途分为外径千分尺、内径千分尺、深度千分尺等。其中外径千分尺最普遍，主要用于测量轴类尺寸；内径千分尺用于测量内尺寸。

1. 外径千分尺结构 外径千分尺的外形、结构如图 1-9、图 1-10 所示。其尺架上装有砧座和锁紧装置，固定套管与尺架结合成一体，测微螺杆与微分筒和测力装置结合在一起。当旋转测力装置时，就带动微分筒和测微螺杆一起旋转，并利用螺纹传动副沿轴向移动，使砧座和测微螺杆和两个测量面之间的距离发生变化。外径千分尺使用方便，读数准确，其测量精度比游标卡尺高，在生产中使用广泛。千分尺测微螺杆的移动量一般为 25mm，少数大型千分尺也有制成 100mm 的。

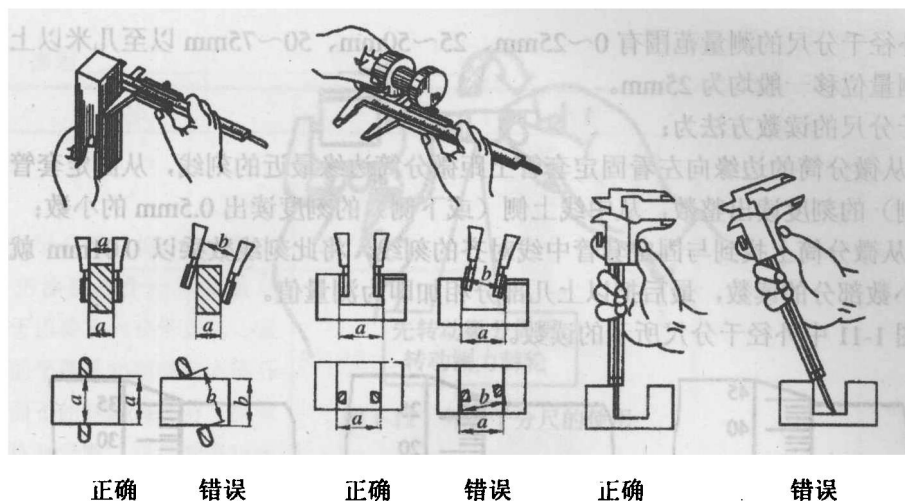


图 1-8 游标卡尺的使用



图 1-9 外径千分尺外形

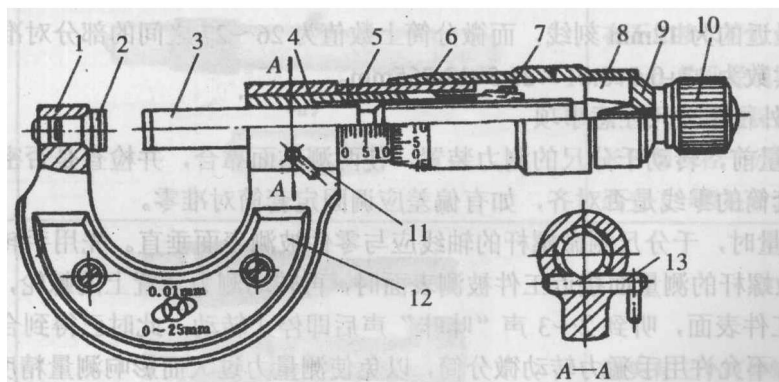


图 1-10 外径千分尺结构

- 1—尺架 2—测砧 3—测微螺杆 4—螺纹轴套 5—固定套管 6—微分筒 7—调节螺母
8—接头 9—垫片 10—测力装置 11—锁紧机构 12—绝热片 13—锁紧轴

2. 外径千分尺的读数原理和读数方法 在千分尺的固定套管上刻有轴向中线，作为微分筒读数的基准线。在中线的两侧，刻有两排刻线，每排刻线的间距为 1mm，上下两排相互错开 0.5mm。如图 1-10 所示，千分尺测微螺杆上的螺纹，其螺距为 0.5mm，微分筒圆周上均匀刻有 50 格，当微分筒 6 转一周时，测微螺杆 3 沿轴向移进 0.5mm。因此，当微分筒每转一格时，测微螺杆就移进： $0.5 \div 50 = 0.01\text{mm}$ 。因而 0.01mm 就是千分尺的分度值。

常用外径千分尺的测量范围有 0~25mm、25~50mm、50~75mm 以至几米以上，但测微螺杆的测量位移一般均为 25mm。

外径千分尺的读数方法为：

① 先从微分筒的边缘向左看固定套管上距微分筒边缘最近的刻线，从固定套管中线下侧（或上侧）的刻度读出整数，从中线上侧（或下侧）的刻度读出 0.5mm 的小数；

② 再从微分筒上找到与固定套管中线对齐的刻线，将此刻线数乘以 0.01mm 就是小于 0.5mm 的小数部分的读数，最后把以上几部分相加即为测量值。

读出图 1-11 中外径千分尺所示的读数。

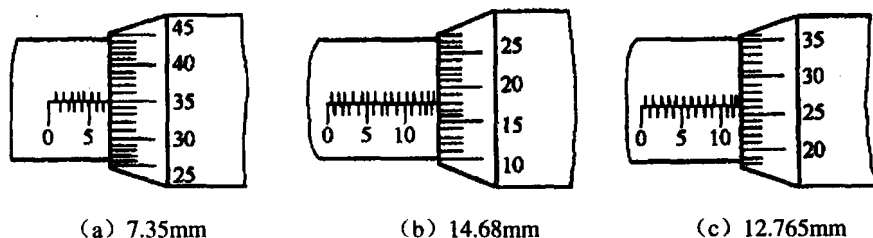


图 1-11 千分尺读数示例

从 (a) 图中可以看出，距微分筒最近处刻线为中线下侧的刻线，是 7mm 的整数刻线，微分筒上数值为 35 的刻线对准中线，所以外径千分尺的读数为 $7+0.01 \times 35=7.35\text{mm}$ 。

从 (b) 图中可以看出，距微分筒最近的刻线为中线上侧的刻线，表示 0.5mm，中线下侧距离微分筒最近的为 14mm 刻线，而微分筒上数值为 18 的刻线对准中线，所以外径千分尺的读数为 $14+0.5+0.01 \times 18=14.68\text{mm}$ 。

从 (c) 图可以看出，距微分筒最近的刻线为中线上侧的刻线，表示 0.5mm，中线下侧距离微分筒最近的为 12mm 刻线，而微分筒上数值为 26~27 之间的部分对准中线，所以外径千分尺的读数为 $12+0.5+0.01 \times 26.5=12.765\text{mm}$ 。

3. 使用外径千分尺注意事项

(1) 测量前，转动千分尺的测力装置，使两测砧面靠合，并检查是否密合；同时看微分筒与固定套筒的零线是否对齐，如有偏差应调固定套筒对准零。

(2) 测量时，千分尺测微螺杆的轴线应与零件被测表面垂直。先用手转动千分尺的微分筒，待测微螺杆的测量面接近工件被测表面时，再转动测力装置上的棘轮，使测微螺杆的测量面接触工件表面，听到 2~3 声“咔咔”声后即停止转动，此时已得到合适的测量力，可读取数值。不允许用手猛力转动微分筒，以免使测量力过大而影响测量精度，严重时还会损坏螺纹传动副，如图 1-12 所示。

(3) 读数时，最好不取下千分尺，如需取下读数，应先锁紧测微螺杆，然后轻轻取下千分尺，防止尺寸变动。读数要细心，看清刻度，分清整数部分和 0.5mm 的刻线。

4. 其他类型千分尺简介

其他类型的千分尺读数方法和度数原理与外径千分尺相同，只是由于用途不同，在外形和结构上有所差异，见表 1-2。

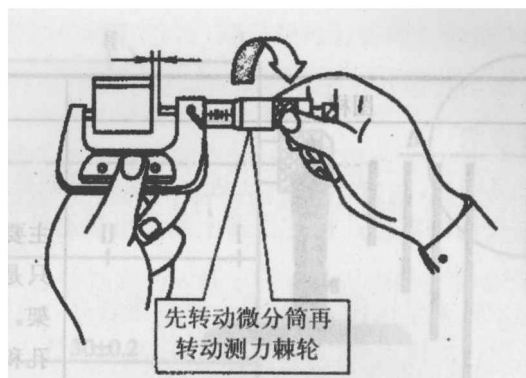
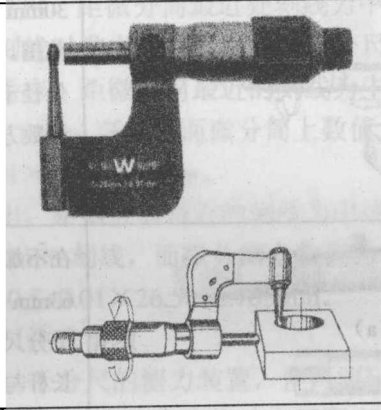
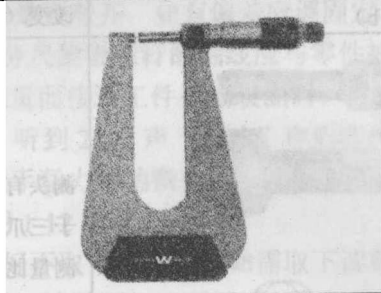


图 1-12 外径千分尺的使用

表 1-2 其他类型千分尺

名称	图样	特点
内测千分尺		用来测量孔径等内尺寸,有5~30mm 和 25~50mm 两种测量范围。其固定套筒上的刻线与外径千分尺刻线方向相反,但读数方法与外径千分尺相同
内径千分尺 (接杆式)		在不加接长杆时,可测量 50~63mm 的孔径或内尺寸。去掉千分尺前端的保护螺母,把接长杆与内径千分尺旋合,便可改变(一般是增大)测量范围
内径千分尺 (三爪式)		测头有三个可伸缩的测爪,由于三爪有三点与孔壁接触,故测量比较准确,其刻线和内部结构与内测千分尺基本相同

(续表)

名称	图样	特点
深度千分尺		主要结构与外径千分尺相似，只是多了一个基座而没有尺架。深度千分尺主要用于测量孔和沟槽的深度及两平面间的距离。在测微螺杆的下面连接着可换测量杆，测量杆有四种尺寸，测量范围分别为： 0~25mm，25~50mm， 50~75mm，75~100mm
壁厚千分尺		主要用来测量带孔零件的壁厚，前端做成杆状球头测砧，以便深入孔内使测砧与孔的内壁贴合
深弓千分尺		也称板厚千分尺，主要用来测量距端面较远处的厚度尺寸，其尺身的弓深较深

四、实验步骤

1. 利用所给的量块研合下列尺寸：29.875mm，48.98mm，10.56mm。
2. 用游标卡尺，外径千分尺测量图 1-13 所示的轴。
3. 记录测量数据，填写实验报告，实验报告见附录实验 1-1。

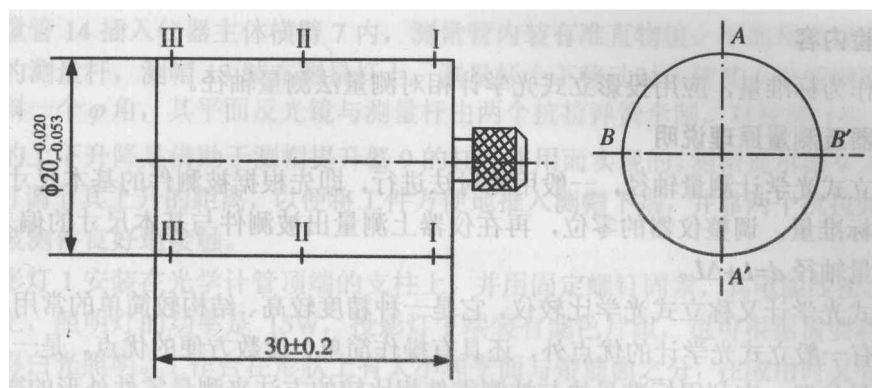


图 1-13 被测轴

五、思考题

1. 量块在结构和使用上有何特点？它主要应用在什么场合？
2. 使用游标卡尺时应注意些什么？
3. 简述游标卡尺的读数方法，并确定如图 1-14 所示游标卡尺表示的被测尺寸数值。

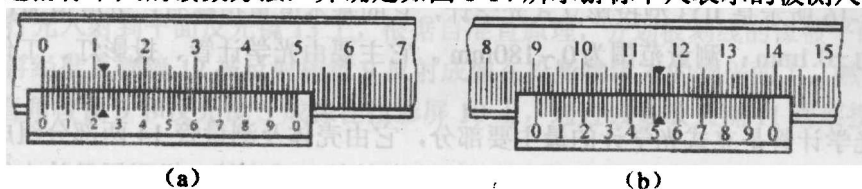


图 1-14 游标卡尺的读数

4. 常用的外径千分尺有哪些？它们一般都用于什么场合？
5. 说明外径千分尺的读数方法。确定如图 1-15 所示的千分尺表示的被测尺寸的数值。

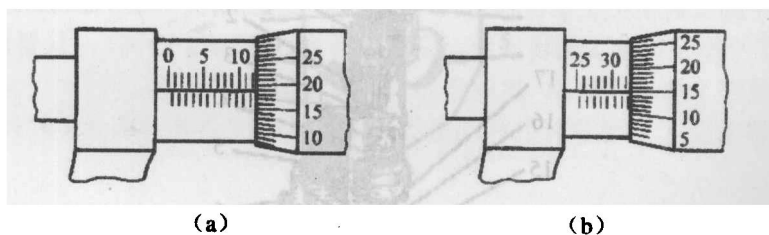


图 1-15 外径千分尺的读数

实验 1.2 用投影立式光学计测量轴径

一、实验目的

1. 了解投影立式光学计结构和测量原理。
2. 掌握投影立式光学计调整和测量方法。
3. 加深对相对测量方法的了解。