

技工学校机械类通用教材

机械基础

(第4版)

技工学校机械类通用教材编审委员会 编



机械工业出版社

本书是为技工学校机械类机械加工技术基础课的教学需要编写的。

本书是根据 1991 年第 3 版修订的。本次修订保持了原书的前 4 章，即：量具和量仪，公差，机械传动，液压传动，第五章更名为特种加工，重编了其中数控机床一节。修订时增加了新的内容，删除了陈旧内容，采用了最新国家标准和法定计量单位。为便于教师教学和学生复习，各章末仍附有复习题。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械基础/技工学校机械类通用教材编审委员会编. —4 版. —北京：机械工业出版社，2004.10

技工学校机械类通用教材

ISBN 7-111-03468-6

I. 机... II. 技... III. 机械学—技工学校—教材 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 096763 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：崔世荣 版式设计：霍永明 责任校对：樊钟英

封面设计：姚毅 责任印制：洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 1 月第 4 版第 1 次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·16.5 印张·409 千字

定价：23.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

第 4 版前言

技工学校机械类通用教材自 1980 年出版以来，经过 1986 年第 2 版、1991 年第 3 版的修订，内容不断充实和完善，在技工学校、职业技术学校的教学、工矿企业工人的技术培训等方面发挥了很大的作用，取得了较好的社会效益，受到了广大读者的欢迎和好评。

但随着时间的推移，现代科学技术不断发展，教学内容不断完善，新的国家标准和行业技术标准相继颁布、修订和实施，本套教材的部分内容已不能适应教学的需要。为保证教学质量，决定组织第 3 版各门课程的大部分原作者，并适当吸收教学一线的教师，对第 3 版部分教材进行修订，以便更好地满足目前技工学校、职业技术学校教学的实际需要。

为保持本套教材的延续性和原有的读者层次，本次修订在原有教材风格和特点的基础上，根据教学实践，针对原教材的不足进行了改进，以充分反映教学的需要，如对原教材中结构安排不合理之处进行了一些调整，对不切实际或过时的技术内容与错误进行了订正，并删繁就简，使教材内容更具有科学性和实用性；同时根据教学需要补充增加了部分新知识、新技术、新工艺和新方法方面的内容，使教材内容更具有先进性。全套教材还全面采用了新的技术标准、名词术语和法定计量单位。

本次共修订五门基础课和四门专业课的教材，具体包括：机械制图、机械基础、工程力学、金属工艺学、电工与电子基础、车工工艺学、钳工工艺学、焊工工艺学、电工工艺学及相应的习题集。

本套教材的修订工作得到了各位编者的支持，参加教材修订的人员基本上都是参加前 3 版教材编写的老作者，保证了本套教材能够按计划有序地进行，在此对参加修订的各位作者和前 3 版的各位编审者的支持和配合表示感谢。

参加本书第 1 版编写的是陈家芳、倪国栋、张毓麟、梁学圣。

参加本书第 2 版修订的是陈家芳、徐济湘、徐义中。

参加本书第 3 版修订的是徐义中、邵国清。

参加本书第 4 版修订的是邵国清。

由于修订时间仓促，编者水平有限，调查研究不够深入，书中难免仍有缺点和错误，我们恳切希望读者批评指正。

技工学校机械类通用教材编审委员会

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目 录

第 4 版前言	
第一章 量具和量仪	1
第一节 长度单位	1
第二节 游标卡尺	2
第三节 千分尺	6
第四节 百分表	11
第五节 光滑极限量规	14
第六节 刀口形直尺	16
第七节 角度量具	16
第八节 水平仪	19
第九节 量块	21
第十节 塞尺	23
第十一节 正弦规	23
第十二节 转速表	24
第十三节 气动量仪	25
复习题	27
第二章 公差	29
第一节 基本概念	29
第二节 极限与配合	29
第三节 形状和位置公差	51
第四节 表面粗糙度	69
复习题	74
第三章 机械传动	80
第一节 平面连杆机构	83
第二节 间歇运动机构	92
第三节 凸轮机构	95
第四节 摩擦轮传动	102
第五节 带传动	104
第六节 链传动	113
第七节 齿轮传动	115
第八节 螺旋传动	142
第九节 变速变向机构	144
第十节 联轴器、离合器和制动器	147
第十一节 机构运动简图符号	152
第十二节 轮系	163
第十三节 润滑	170
复习题	176
第四章 液压传动	179
第一节 液压传动基本概念	180
第二节 液压泵	189
第三节 液压缸和液压马达	197
第四节 液压阀	203
第五节 液压辅件	223
第六节 液压基本回路	228
第七节 液压传动系统及实例	237
复习题	240
第五章 特种加工	244
第一节 电加工知识	244
第二节 激光在机械制造中的应用	249
第三节 数控机床	250
复习题	253
附录	254
附录 A 中华人民共和国法定计量单位	254
附录 B 轴、孔极限偏差	254
附录 C 常用液压系统图图形符号	256
附录 D 液压系统常见故障与排除	259
附录 E 中低压液压元件型号说明	260

第一章 量具和量仪

量具和量仪是测量零件的尺寸、角度等所用的测量工具和测量仪器。这里所说的量具是指能直接表示出长度的单位和界限的计量用具，如钢直尺、游标卡尺、千分尺、量块、光滑极限量规等。量仪是指利用机械、光学、气动、电动等原理，将被测的量值放大或细分并转换成可直接观察的指示值或等效信息的计量器具，如水平仪、扭簧比较仪、气动量仪等。

由于零件有各种不同的形状和精度要求，因此量具和量仪也有各种不同的类型和规格。这里仅介绍机械制造中常用的量具和量仪。

第一节 长度单位

测量的实质是将被测量与一个具有计量单位的标准量进行比较的过程，因此必须有一个基本单位。在国际单位制中，长度的基本单位是米（m）（即光在真空中，在 $1/299792485s$ 时间间隔内所行程的长度，1983年10月第17届国际计量大会通过）。

目前，我国所采用的长度单位就是国际单位制的长度单位。1984年2月27日公布的中华人民共和国法定计量单位，明确规定：以国际单位制单位为基础的。在长度计量中基本单位为米（m），其他常用单位有毫米（mm）和微米（ μm ）等（见表1-1）。

表 1-1 我国长度法定计量单位

单位名称	代号	对基本单位的比	单位名称	代号	对基本单位的比
千米（公里）	km	$10^3 m$ (1000m)	毫米	mm	$10^{-3} m$ (0.001m)
米	m	基本单位	微米	μm	$10^{-6} m$ (0.000001m)
分米	dm	$10^{-1} m$ (0.1m)	纳米	nm	$10^{-9} m$ (0.000000001m)
厘米	cm	$10^{-2} m$ (0.01m)	皮米	pm	$10^{-12} m$ (0.000000000001m)

在机械制造中，实际应用的长度单位常以 mm 为基本单位，例如：

1.6m 写成 1600mm；7dm 写成 700mm；2.4cm 写成 24mm； $7\mu m$ 写成 0.007mm。

在实际工作中，有时还会遇到英制尺寸。英制尺寸之间以及与米制尺寸的换算的关系是：

$$1\text{ft} (') = 12\text{in} (")$$

$$1\text{in} (") = 8 \text{英分} = 1000 \text{英丝}^{\ominus}$$

$$1\text{in} (") = 25.4\text{mm}$$

所以，知道英制尺寸以后，只要将这个尺寸的英寸值乘上 25.4mm，就可以化成米制尺寸了。

例 1 $\frac{9}{16}\text{in} = ? \text{mm}$

[⊖] 英制单位为非法定计量单位，考虑到实际工作中仍有需要，故作简单介绍。英尺符号为 ft，英寸符号为 in，英分、英丝为习惯称呼，没有对应符号。

$$\text{解 } 25.4\text{mm} \times \frac{9}{16} = 14.288\text{mm}$$

$$\text{例 2 } 1 \frac{7}{64}\text{in} = ? \text{mm}$$

$$\text{解 } 25.4\text{mm} \times 1 \frac{7}{64} = 28.178\text{mm}$$

第二节 游标卡尺

游标卡尺是一种中等测量精确度的量具，它是利用游标原理对两测量爪相对移动分隔的距离进行读数的通用长度测量工具。

一、游标卡尺的结构形状

游标卡尺型式有 I、II、III、IV 型四种。现以常用游标卡尺（图 1-1b）为例，来说明它的基本结构。

游标卡尺是由尺身 1、量爪 5、6 和游标 7 等组成。在尺身 1 上刻有每格 1mm 的刻度，游标 7 上也刻有刻线。2 是微动装置，当游标需要移动较大距离时，只要松开螺钉 3 和 4，推动游标 7 就可以了。如果要使游标 7 作微动调节，可将螺钉 3 紧固，松开螺钉 4，用手指转动螺母 8，通过螺杆 9 移动游标 7，即可得到需要的尺寸。取得尺寸后，把螺钉 4 加以紧固，使游标 7 不再移动。

在游标卡尺上端的两个量爪，可用来测量内孔直径、沟槽或齿轮公法线长度等。下端内、外测量爪的内侧面是测量外圆或厚度用的，外侧面（带有圆弧面）是测量内孔或沟槽用的。

图 1-1a 所示的游标卡尺为 I 型游标卡尺，比较轻巧灵活，还可用尺后的深度尺测量内孔或沟槽的深度。其测量范围为 0~125mm、0~150mm；图 1-1b 所示的游标卡尺为 III 型游标卡尺，其测量范围为 0~300mm。

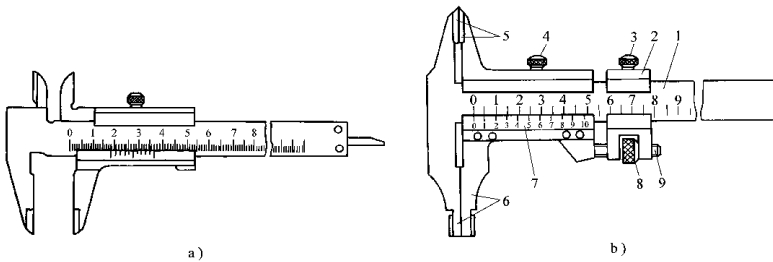


图 1-1 游标卡尺

a) I 型游标卡尺 b) III 型游标卡尺

1—尺身 2—微动装置 3、4—螺钉 5、6—量爪 7—游标 8—螺母 9—螺杆

二、游标卡尺的读数及读法

游标卡尺的读数值就是测量时的读数精度，常用的有 1/10mm (0.1mm)、1/20mm (0.05mm) 和 1/50mm (0.02mm) 三种。这三种游标卡尺的尺身刻度是相同的，即每格为 1mm，所不同的是游标格数与尺身相对的格数，现分别简述如下：

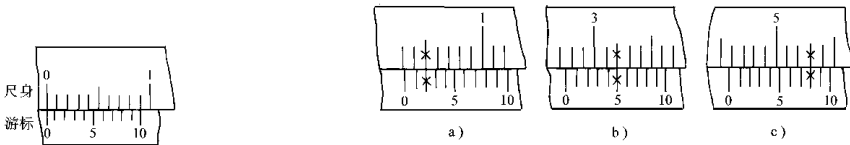


图 1-2 0.1mm 游标卡尺的刻线

图 1-3 0.1mm 游标卡尺的读尺寸方法示例

a) $3\text{mm} + 0.2\text{mm} = 3.2\text{mm}$ b) $27\text{mm} + 0.5\text{mm} = 27.5\text{mm}$
 c) $45\text{mm} + 0.8\text{mm} = 45.8\text{mm}$

1. 0.1mm 游标卡尺 尺身每小格为 1mm，当两测量爪合并时，尺身上 9mm 刚好等于游标上 10 格（图 1-2），则

$$\text{游标每格} = 9\text{mm} \div 10 = 0.9\text{mm}$$

$$\text{尺身与游标每格相差} = 1\text{mm} - 0.9\text{mm} = 0.1\text{mm}$$

这就是读数值的来源。

另有一种 0.1mm 游标卡尺，是尺身上 19mm 对游标的 10 格，则

$$\text{游标每格} = 19\text{mm} \div 10 = 1.9\text{mm}$$

$$\text{尺身 2 格与游标 1 格相差} = 2\text{mm} - 1.9\text{mm} = 0.1\text{mm}$$

这种刻线方法的优点是线条清晰，容易看准。

在游标尺上读尺寸时，一般可分为三个步骤：

第一步：读出游标上零线在尺身多少毫米后面。

第二步：读出游标上哪一条线与尺身上刻线对齐（第一条零线不算，从第二条起每格算 0.1mm）。

第三步：把尺身上和游标上读出的尺寸加起来。

图 1-3 所示是 0.1mm 游标卡尺的读尺寸方法示例。

2. 0.05mm 游标卡尺 尺身每小格为 1mm，当两测量爪合并时，尺身上的 19mm 刚好等于游标上的 20 格（图 1-4），则

$$\text{游标每格} = 19\text{mm} \div 20 = 0.95\text{mm}$$

$$\text{尺身与游标每格相差} = 1\text{mm} - 0.95\text{mm} = 0.05\text{mm}$$

同理，也有尺身上的 39mm，在游标上分成 20 格的，则

$$\text{游标每格} = 39\text{mm} \div 20 = 1.95\text{mm}$$

$$\text{尺身 2 格与游标 1 格相差} = 2\text{mm} - 1.95\text{mm} = 0.05\text{mm}$$

图 1-5 是 0.05mm 游标卡尺的读尺寸方法示例。

3. 0.02mm 游标卡尺 尺身每小格为 1mm，当两测量爪合并时，尺身上的 49mm 刚好

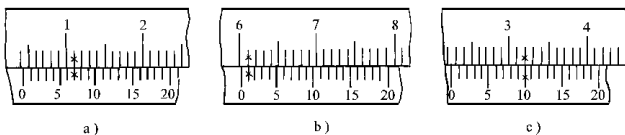


图 1-5 0.05mm 游标卡尺的读尺寸方法示例

a) $4\text{mm} + 0.35\text{mm} = 4.35\text{mm}$ b) $60\text{mm} + 0.05\text{mm} = 60.05\text{mm}$ c) $22\text{mm} + 0.5\text{mm} = 22.5\text{mm}$

等于游标上 50 格 (图 1-6), 则

$$\text{游标每格} = 49\text{mm} \div 50 = 0.98\text{mm}$$

$$\text{尺身与游标每格相差} = 1\text{mm} - 0.98\text{mm} = 0.02\text{mm}$$

图 1-7 是 0.02mm 游标卡尺的读尺寸方法示例。

三、游标卡尺的测量范围和读数值

游标卡尺按所测工件尺寸的不同有很多规格, 每一种规格只能适用一定尺寸范围, 并有几种不同的读数值, 见表 1-2。

测量或检验工件尺寸时, 应按工件尺寸的公差等级选用相适应的量具。游标卡尺是一种中等精确度的量具, 只适用于尺寸公差等级为 IT10~IT16 的测量和检验。不允许用游标卡尺去测量铸、锻件毛坯尺寸, 否则容易损坏量具。

当然更不能用游标卡尺去测量公差等级高的工件。因为在制造游标卡尺的过程中, 本身就存在一定示值误差。也就是说, 游标卡尺本身也存在着一定的误差。例如, 用读数值为 0.02mm 的 0~125mm 的游标卡尺, 测量直径 50mm 的轴径, 由表 1-3 可知, 其示值误差为 $\pm 0.02\text{mm}$, 如果这时测得实际轴径为 50mm, 那么这根轴的实际直径可能是 50.02mm, 也可能是 49.98mm。这就是不能用游标卡尺去测量公差等级高的工件尺寸的道理。

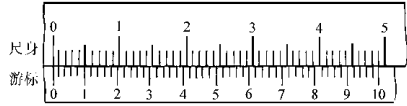


图 1-6 0.02mm 游标卡尺的刻度

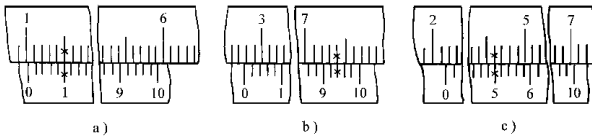


图 1-7 0.02mm 游标卡尺的读尺寸方法示例

a) $10\text{mm} + 0.1\text{mm} = 10.1\text{mm}$ b) $27\text{mm} + 0.94\text{mm} = 27.94\text{mm}$ c) $21\text{mm} + 0.5\text{mm} = 21.5\text{mm}$

表 1-2 游标卡尺的测量范围和读数值

(mm)

型 式	测 量 范 围	读 数 值
I	0~125, 0~150	0.02, 0.05, 0.10
II、III	0~200, 0~300	
IV	0~500, 0~1000	

表 1-3 游标卡尺的示值误差

(mm)

游 标 读 数 值	示 值 总 误 差
0.02	± 0.02
0.05	± 0.05
0.10	± 0.10

如果由于条件限制, 一定要用游标卡尺去测量公差等级高的工件, 那末必须先用量块校对一下这把游标卡尺的误差, 然后在测量工件时把这个误差值考虑进去。

四、游标卡尺的使用方法

图 1-8a 和图 1-8b 所示为用游标卡尺测量外径和宽度的方法。

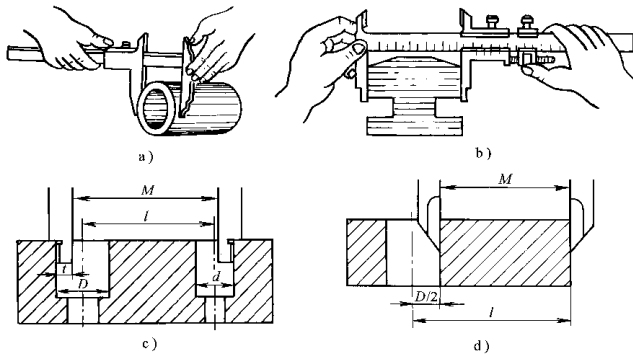


图 1-8 游标卡尺的使用方法

图 1-8c 所示为测量工件的内表面和孔距的方法。但必须注意，这时游标卡尺上读出来的尺寸应加上两量爪的宽度，如图中两孔中心距应为

$$l = M + 2t - \frac{1}{2}(D + d)$$

图 1-8d 所示为测量内孔轴线与平面之间距离的方法。这时游标卡尺上读出来的尺寸应加上工件内孔半径，即

$$l = M + \frac{D}{2}$$

五、其他游标卡尺

1. 深度游标卡尺 深度游标卡尺是利用游标原理，对尺框测量面和尺身测量面相对移动分隔的距离进行读数的一种测量工具（图 1-9）。它是用来测量孔的深度、台阶的高低和槽的深度的，其读数方法和读数与普通游标卡尺完全相同。使用时，把尺框 2 贴住工件平面，再将尺身 1 插到底部，并用螺钉 3 紧固后再读尺寸。

2. 高度游标卡尺 高度游标卡尺是利用游标原理，对装置在尺框上的划线量爪工作面与底座工作面

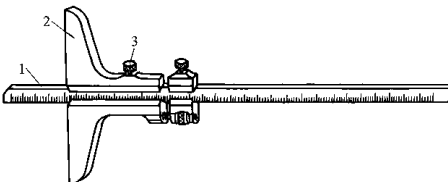


图 1-9 深度游标卡尺
1—尺身 2—尺框 3—螺钉

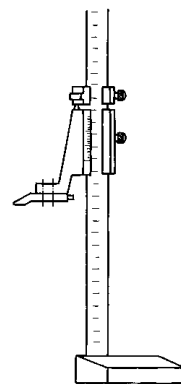


图 1-10 高度游标卡尺

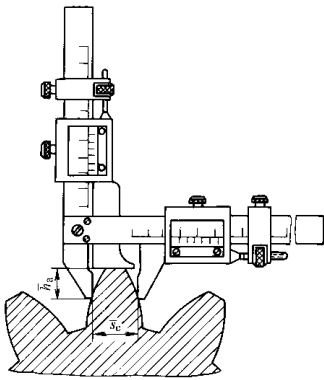


图 1-11 齿厚游标卡尺

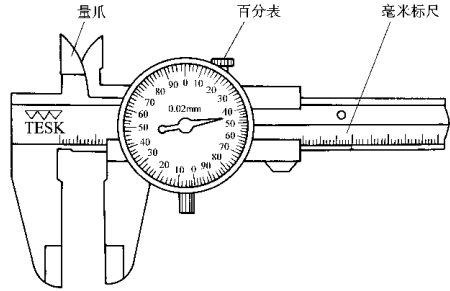


图 1-12 带指示表的游标卡尺

相对移动分隔的距离进行读数的一种测量工具（图 1-10）。它是用来测量工件高度或者是对工件划线，其读数方法和读数值也与一般游标卡尺相同。

3. 齿厚游标卡尺 齿厚游标卡尺是利用游标原理，以齿高尺定位，对齿厚尺两测量爪相对移动分隔的距离进行读数的一种测量工具（图 1-11）。它是用来测量齿轮的弦齿高 $\overline{h_a}$ 和弦齿厚 $\overline{s_c}$ 。这种游标卡尺由两根互相垂直的尺身和游标组成。 $\overline{h_a}$ 的尺寸由齿高尺调整， $\overline{s_c}$ 的尺寸由齿厚尺调整，其读数方法和读数值也与一般游标卡尺相同。

以上所介绍的几种游标卡尺都存在一个共同问题，就是用久后刻度及数字不清晰，容易读错。为了解决这个问题，目前已生产出一种带指示表装置的游标卡尺，这种游标卡尺在工件表面上量得尺寸时，可通过机械传动系统将两测量爪相对移动转变为指示表指针的回转运动，并借助尺身刻度和指示表对测量爪相对移动所分隔的距离进行读数，即在指示表上直接显示数字（图 1-12），使用极为方便。

第三节 千 分 尺

千分尺是一种比较精密的测量量具，其测量精确度比游标卡尺高。普通千分尺的测量精确度（分度值）为 0.01mm，因此常用来测量加工精度要求较高的工件尺寸。

一、千分尺的结构形状

千分尺是利用螺旋副原理，对弧形尺架上两测量面间分隔的距离进行读数的通用长度测量工具。

常用的千分尺的结构形状如图 1-13 所示。图中 1 是尺架，尺架的左面有测砧 2，右端有固定套筒 3。固定套筒 3 的表面有刻度，里面有衬套 4，其内有内螺纹，螺距为 0.5mm。测微螺杆 7 右面的螺纹可沿此内螺纹回转。在固定套筒 3 的外面有一微分筒 6（上面刻有线条），它用锥孔与测微螺杆 7 右端锥体相连。测微螺杆 7 在转动时的松紧程度可用螺母 5 调节。当要测微螺杆 7 固定不动时，可转动手柄 13 通过偏心锁紧。松开罩壳 8 时，可使测微

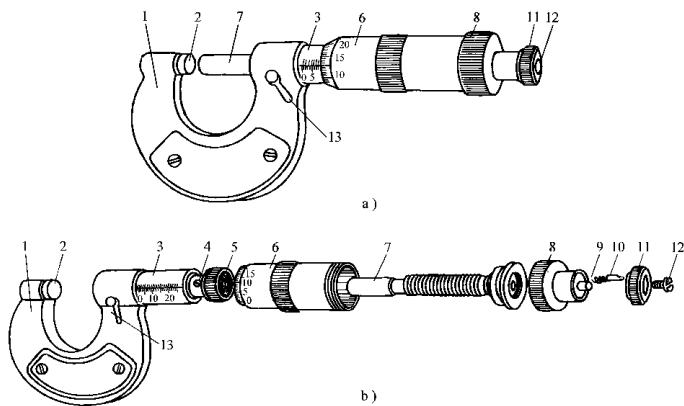


图 1-13 千分尺的结构形状

1—尺架 2—测砧 3—固定套筒 4—衬套 5—螺母 6—微分筒 7—测微螺杆 8—罩壳
9—弹簧 10—棘爪 11—棘轮 12—螺钉 13—手柄

螺杆 7 与微分筒 6 分离，以便调整零线位置。转动棘轮 11，测微螺杆 7 就会前进。当测微螺杆 7 左端面接触工件时，棘轮 11 在棘爪 10 的斜面上打滑，由于弹簧 9 的作用，使棘轮 11 在棘爪 10 上滑过而发出吱吱声。如果棘轮 11 以相反方向转动，则拨动棘爪 10 和微分筒 6 以及测微螺杆 7 转动，使测微螺杆 7 向右移动。棘轮 11 用螺钉 12 与罩壳 8 连接。

二、千分尺的分度值及读法

千分尺测微螺杆右端螺纹的螺距为 0.5mm。当微分筒转一周时，测微螺杆就推进 0.5mm。固定套筒上的刻度间隔也是 0.5mm，微分筒圆周上共刻 50 格，因此当微分筒转一格时，测微螺杆就推进了。

$$0.5\text{mm} \div 50 = 0.01\text{mm}$$

即这种千分尺的分度值为 0.01mm。

在千分尺上读尺寸的方法，分为三步：

第一步：读出微分筒边缘在固定套管多少 mm 后面。

第二步：微分筒上哪一格与固定套筒上基准线对齐。

第三步：把以上两个读数加起来。

图 1-14 是千分尺的读尺寸方法示例。

三、千分尺的测量范围和精度

千分尺的测量范围分为 0~25mm；25~50mm；50~75mm；75~100mm；100~125mm 等，间隔为 25mm，应按被测工件尺寸大小来选用。

千分尺的制造精度分为 0 级和 1 级两种。0 级精度最高，1 级次之。千分尺的制造精度，主要由它的示值误差和测量面的平面平行度误差的大小来决定。小尺寸千分尺的制造精度见

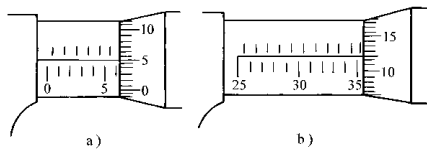


图 1-14 千分尺的读尺寸方法示例

a) $6\text{mm} + 0.05\text{mm} = 6.05\text{mm}$

b) $35.5\text{mm} + 0.12\text{mm} = 35.62\text{mm}$

表 1-4。测量时，应根据工件尺寸的公差等级选用合适精度的千分尺。

表 1-4 千分尺的制造精度

(mm)

测量上限	示 值 误 差		两 测 量 面 平 行 度	
	0 级	1 级	0 级	1 级
15, 20	± 0.002	± 0.004	0.001	0.002
50	± 0.002	± 0.004	0.0012	0.0025
75, 100	± 0.002	± 0.004	0.0015	0.003

四、使用千分尺的方法和注意事项

用单手握尺测量时，如图 1-15 所示，可用大拇指和食指捏住微分筒，小指勾住尺架并压向手心上就可测量。

用双手握尺测量时，可按图 1-16 所示的方法进行。

使用千分尺时应注意下面几点：

1) 千分尺的测量面应保持干净，使用前应校准尺寸。对于 0~25mm 的千分尺，首先应使两测量面接触，检查一下微分筒上的零线是否与固定套筒上基准线对齐。如果没有对齐，应先进行校准。对于 25~50mm 以上的千分尺，可用量具盒内的标准样棒来校准。

2) 测量时，先转动微分筒。当测量面将接近工件时，改用棘轮，直到棘轮发出吱吱声音为止。

3) 测量时，千分尺要放正，并注意温度影响。

4) 不能用千分尺去测量毛坯，更不能在工件转动时去测量，或将千分尺当作锤子敲击工件。

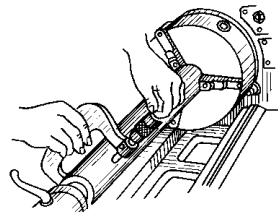
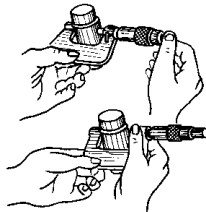
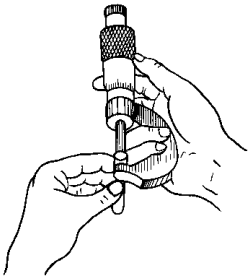


图 1-15 用单手握住千分尺测量

图 1-16 用双手握住千分尺测量

五、其他千分尺

1. 杠杆千分尺 如图 1-17 所示，这种千分尺的结构与普通千分尺不同。它有一个活动测砧 5，在弹簧 3 的作用下，通过杠杆 4 和连杆 2 使扇形齿轮 10 带动小齿轮 11 转动，并通过游丝 12 来消除齿轮间的间隙。在小齿轮 11 的同轴上装有指针 1，随着小齿轮 11 的转动，指针 1 也随着转动。测量时，为了减少千分尺测量面与工件之间的摩擦，在被测工件放入时，测量面之间的空档尺寸应大于工件尺寸，这时可掀按钮 7，通过杠杆 9 推动推杆 8，由

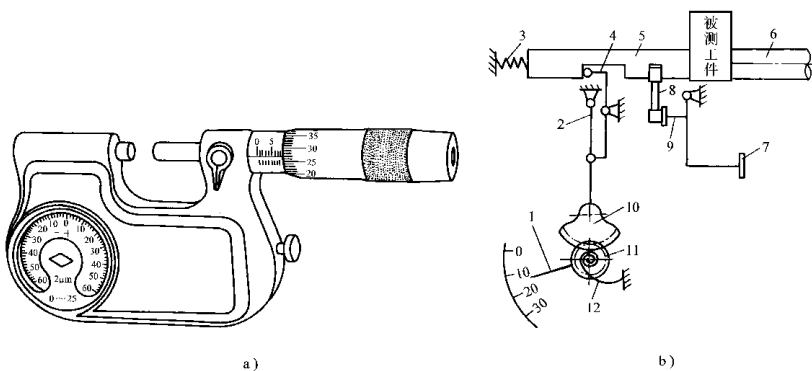


图 1-17 杠杆千分尺

a) 杠杆千分尺外形 b) 杠杆千分尺结构

1—指针 2—连杆 3—弹簧 4、9—杠杆 5—活动测砧 6—固定杆 7—按钮 8—推杆
10—扇形齿轮 11—小齿轮 12—游丝

于推杆 8 是固定在活动测砧 5 上的，因此活动测砧 5 就向左移动，从而达到减少摩擦的目的。

测量时，把工件放在两个测量面之间，慢慢地转动微分筒，直到指针在刻度盘上出现为止。当微分筒的刻线与基准重合时，即停止转动，先读出固定套筒和微分筒上的尺寸 mm，再读出指针所指的尺寸（每格 0.002mm 或 0.001mm），然后将两数相加，即得工件的实际尺寸。

2. 内径千分尺 内径千分尺是用来测量内孔直径及槽宽等尺寸的，有普通形式（图 1-18）和杆式（图 1-19）两种。

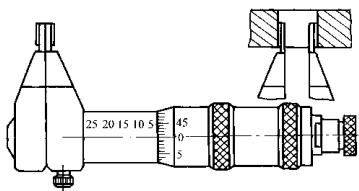


图 1-18 普通内径千分尺

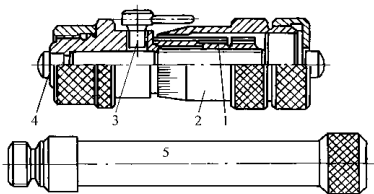


图 1-19 杆式内径千分尺

1—固定套筒 2—微分筒 3—锁紧装置
4—测量面 5—接长杆

测量一般孔径不大（如小于 40mm）的内孔时，可用普通内径千分尺。这种千分尺的结构与测量外径的千分尺基本相同，只是固定套筒上的刻线方向与千分尺相反。这是因为当微分筒转动时，是测微螺杆带动图中左边卡脚移动，尺寸的变化正好与千分尺相反。

测量大孔径时，可用杆式内径千分尺，图中接长杆 5 是测量更大直径孔用的，它有多种长度规格，可根据被测工件孔的尺寸大小选用不同规格的接长杆。

3. 深度千分尺 这种千分尺(图 1-20)是用来测量工件台阶长度和槽或孔深度的。它的结构基本上与千分尺相同,但它的测微螺杆长度可根据工件尺寸不同进行调换。

4. 螺纹千分尺 螺纹千分尺(图 1-21)是用来测量螺纹中径的。它的结构与千分尺相似,所不同的是它有两个特殊的可调换的量头 1 和量头 2,量头的角度与螺纹牙形角相同。这种千分尺可测量螺距为 0.4~6mm 的普通螺纹。

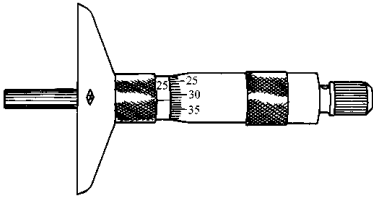


图 1-20 深度千分尺

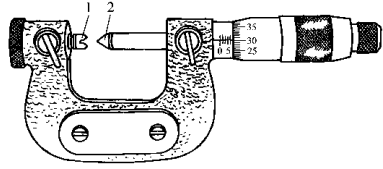


图 1-21 螺纹千分尺
1、2—量头

5. 壁厚千分尺 这种千分尺(图 1-22)是用来测量精密管形工件的壁厚的,测量面镶有硬质合金,以提高寿命。

6. 尖头千分尺 这种千分尺(图 1-23)是用来测量普通千分尺不能测量的小沟槽的,如钻头和偶数槽丝锥的沟槽直径等,分度值为 0.01mm,测量范围为 0~25mm。

7. 公法线千分尺 这种千分尺(图 1-24)是用来测量齿轮的公法线长度的,它的结构与千分尺相同,所不同的是在测量面上装有两个带精确平面的量钳(测量面)来代替原来的测量面,以便能伸进齿槽中进行测量。

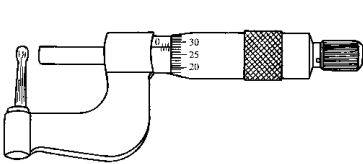


图 1-22 壁厚千分尺

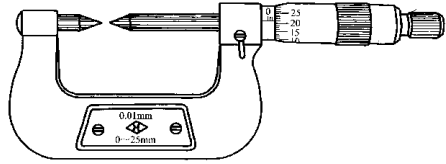


图 1-23 尖头千分尺

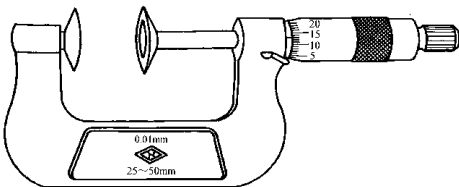


图 1-24 公法线千分尺

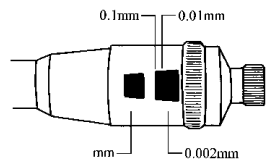


图 1-25 新型千分尺

上面所介绍的千分尺,在读尺寸时,必须将固定套筒和微分筒上的两个读数加起来,所以比较麻烦。目前生产的新型千分尺就比较方便,当千分尺在工件上量得尺寸时,这个尺寸

就会在微分筒窗口中显示出来（图 1-25）。

第四节 百分表

百分表和千分表也是一种长度测量工具，其测量杆的直线位移，是通过机械传动系统转变为指针在表盘上的角位移的。沿表盘的圆周上刻有均匀的刻度，分度值为 0.01mm 和 0.001mm 。百分表和千分表均为指示式精密量具，可以用来测量工件的形状误差（如圆度、直线度、平面度误差等）或位置误差（如平行度、垂直度、同轴度、圆跳动误差等），也可以用相对法测量工件的尺寸。

一、百分表和千分表的结构与分度值

百分表的分度值是 0.01mm ，其结构如图 1-26 所示。图中 1 是淬硬的测量头，用螺杆旋入测量杆 2 的下端。测量杆 2 的上端铣出齿纹。当测量杆上升时，带动小齿轮 3（16 个齿），在小齿轮 3 的同一轴上装有大齿轮 4（100 个齿），再由这只齿轮带动中间的小齿轮 10（10 个齿），在小齿轮 10 的同一轴上装有长指针 7，因此长指针就随着一起转动。在小齿轮的另一边装有另一只大齿轮 9（100 个齿），齿轮轴的下端装有游丝，用来消除齿轮间的间隙，以保证其精度。该轴的上端装有短指针 8（露在表面上），用来记录长指针的转数，即长指针转一转，短指针转一格。在表盘 5 上刻有线条，每格代表 0.01mm 。转动表圈 6，可调整表盘刻线与长指针的相对位置。

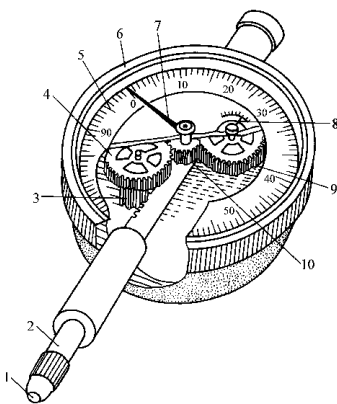


图 1-26 百分表的结构

- 1—测量头 2—测量杆 3—小齿轮（16 个齿）
4—大齿轮（100 个齿） 5—表盘 6—表圈
7—长指针 8—短指针 9—大齿轮
10—小齿轮（10 个齿）

测量杆和齿轮的齿距是 0.625mm 。当测量杆上升 16 齿时（即上升 $0.625\text{mm} \times 16 = 10\text{mm}$ ），16 个齿的小齿轮转一转，同轴上的 100 个齿的大齿轮也转一转，10 个齿小齿轮连同长指针就转了 10 转。当测量杆上升 1mm 时，长指针就转了一转。由于表盘上共刻 100 格，所以长指针每转一格就代表测量杆上升了 0.01mm 。

千分表的分度值是 0.001mm ，其基本结构与百分表差不多，读数与使用方法基本相同，下面以百分表为例加以介绍。

二、百分表的测量范围和精度

百（千）分表的测量范围是指测量杆的最大移动量，百分表的测量范围一般有 $0 \sim 3\text{mm}$ 、 $0 \sim 5\text{mm}$ 和 $0 \sim 10\text{mm}$ 三种；千分表的测量范围有 $0 \sim 1\text{mm}$ 、 $0 \sim 2\text{mm}$ 、 $0 \sim 3\text{mm}$ 和 $0 \sim 5\text{mm}$ 四种。

百分表的精度分为 0 级和 1 级两种，0 级精度较高。

分度值为 0.01mm 的百分表，用于校正和检验 IT6~IT9 级工件；而分度值为 0.001mm 的千分表，则用于校正和检验 IT5~IT8 级工件。所以，应按被检验工件的公差等级不同来选用。

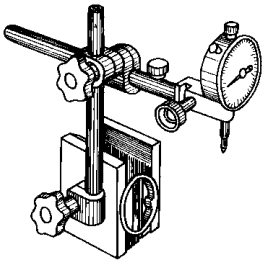


图 1-27 百分表的安装方法

三、百分表的使用方法

百分表在使用时，可装在专用的表架上（图 1-27），表架放在平板上，或放在某一平整位置上。百分表在表架上的上下、前后位置可以任意调节。

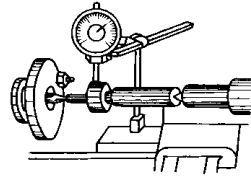


图 1-28 在车床上应用百分表的方法

图 1-28 为用百分表检验车床上所安装的工件的精度。图 1-29 表示在专用工具上检验工件精度的方法。但必须注意，百分表的杠杆测量头应垂直于被检验的工件表面。此外，百分表测量杆的升降范围不能太大，以减少由于存在间隙所产生的误差。

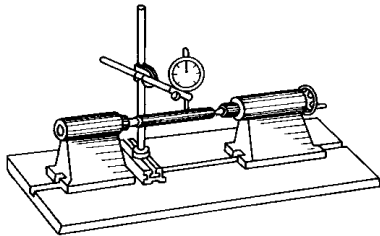


图 1-29 在专用工具上应用百分表检验工件

在正常使用状态下，测量杆的移动应平稳、灵活、无卡滞现象。

四、其他百分表

1. 杠杆百分表 这种百分表（图 1-30a）常用于车床上找正工件的安装位置，或者用在普通百分表无法使用的地方。杠杆百分表的结构如图 1-30b 所示。杠杆测量头 11 与扇形齿板 10 用连接板 1 连接，杠杆测量头 11 与连接板 1 靠摩擦力连接。当杠杆测量头向上（或向下）摆动时，扇形齿轮 10 就带动小齿轮 9 转动。在小齿轮 9 的同一轴上装有端面齿轮 8，随着小齿轮 9 的转动端面齿轮 8 也随之转动，从而带动与它相啮合的小齿轮 6 转动。当小齿轮 6 转动时，与它同轴上的指针 7 也就随之转

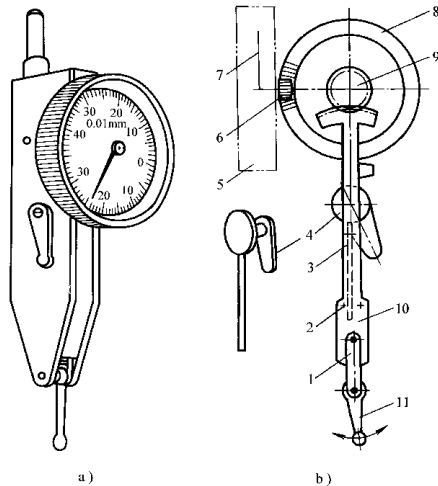


图 1-30 杠杆百分表

a) 杠杆百分表外形 b) 杠杆百分表结构
 1—连接板 2—挡销 3—钢丝 4—扳手 5—表圈 6、9—小齿轮
 7—指针 8—端面齿轮 10—扇形齿轮 11—杠杆测量头

动,这样就可以在表盘上读出读数。表圈 5 可以调节(转动),以便使指针对准需要的刻线。这种百分表的杠杆测量头可以自上向下摆动,也可以自下向上摆动。当需要改变方向时,只要扳动表体侧面的扳手 4,通过钢丝 3 和挡销 2,就可以使扇形齿轮偏在左面或偏在右面,从而使杠杆测量头处在需要的方向。

杠杆千分表的结构与杠杆百分表的结构是差不多的。

杠杆百分表在使用时,应安装在相应的表架上或专门的夹具上。

2. 内径百分表 内径百分表(图 1-31a)是用来测量孔径的,其结构原理如图 1-31b 所示。在测量头端部有一固定测量头 1,另一端有一活动测量头 2。测量内孔时,孔壁使活动测量头 2 向左移动,推动了摆块 3(有的内径百分表用钢珠代替摆块)。摆块 3 把杆件 4 向上推,从而推动了百分表测量杆 6,这样百分表指针就会指出读数。测量完毕后,在弹簧 5 的作用下,活动测量头就回到原位。

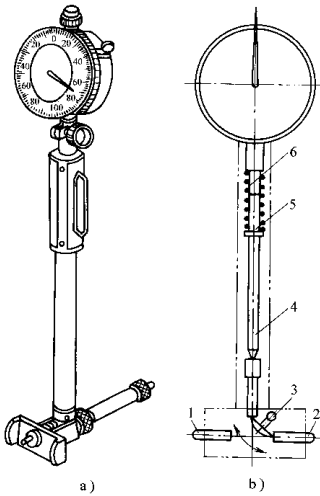


图 1-31 内径百分表

a) 内径百分表外形 b) 内径百分表结构
1—固定测量头 2—活动测量头 3—摆块 4—杆件
5—弹簧 6—测量杆

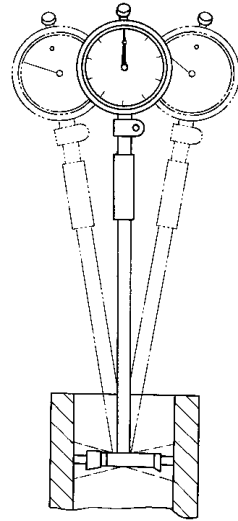


图 1-32 内径百分表的使用方法

根据孔径的不同尺寸,可调换固定测量头 1 的长短。固定测量头的尺寸有下列几种: 6~18mm、18~35mm、35~50mm 和 50~160mm 等。

内径百分表的示值误差比较大,必须经常用千分尺校对尺寸。

内径百分表的使用方法如图 1-32 所示。测量时应放正。

3. 扭簧比较仪 扭簧比较仪(图 1-33)是用来测量工件的形状偏差和跳动量的。如果先用量块或样块调整好距离,则可测量工件尺寸。

扭簧比较仪的结构如图 1-34 所示。装有比较仪测量头的测量轴 1 可以在 U 形架 2 的孔中上下移动。当测量轴 1 向上移动时,弹性薄片 3 和 4 就向右让开,于是把具有弹性的两根