

技 工 学 校 教 材

机 械 基 础

(初级工适用)

▶ 高朝祥 主编 莫解华 主审



化 学 工 业 出 版 社
教 材 出 版 中 心

TH11
243

技 工 学 校 教 材

机 械 基 础

(初 级 工 适 用)

高朝祥 主编

莫解华 主审



化 学 工 业 出 版 社
教 材 出 版 中 心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/高朝祥主编. —北京:化学工业出版社,
2005.2

技工学校教材(初级工适用)

ISBN 7-5025-6617-1

I. 机… II. 高… III. 机械学-技工学校-教材
IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 007061 号

技 工 学 校 教 材
机 械 基 础

(初级工适用)

高朝祥 主编

莫解华 主审

责任编辑:高 钰

文字编辑:余德华

责任校对:战河红

封面设计:于 兵

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京兴顺印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 8 $\frac{3}{4}$ 字数 208 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6617-1/G·1719

定 价:15.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

当今世界科学技术突飞猛进，知识经济已见端倪，国力竞争日趋激烈。国力的强弱越来越取决于劳动者的素质，取决于各类人才的质量和数量。根据《劳动法》的有关规定，劳动者必须在接受必要的职业教育培训，并取得职业资格证书后，方可就业上岗。开展职业技能鉴定，推行职业资格证书制度，对于提高劳动者素质，促进劳动力市场的建设以及深化国有企业改革，促进经济发展具有重要意义。

本书根据原劳动部、机械工业部联合颁发的机械工业《职业技能鉴定规范》中有关内容编写而成，主要讲述常用量具、机械零件的几何精度、机械传动基础、金属材料及热处理、金属切削加工基础及常用机床夹具等基本知识，对提高机械工人的技术理论水平和实际操作技能有很大帮助，可作为初级钳工、工具钳工、机修钳工、样板工、车工、磨工、刨插工、镗工等职业技能鉴定培训的基础课读本，亦可作为职业技术学校各相关专业的教学参考用书。在编写过程中，尽量注意到初级工人的认知特点，注重能力与素质的提高，力求做到基本概念阐述清晰，内容精炼、浅显易懂，突出实用性。

本书第一、四章由高朝祥编写，第二、三章由李乾伟编写，第五、六章由罗俊编写。全书由高朝祥担任主编，莫解华担任主审。

由于编者水平有限，不足之处在所难免，诚恳希望专家及读者批评指正。

编者

2004年10月

目 录

第一章 常用量具	1
第一节 长度和平面角的单位	1
一、长度单位	1
二、平面角单位	1
第二节 游标卡尺	2
一、游标卡尺的结构和用途	2
二、游标卡尺的刻线原理	4
三、游标卡尺的读数方法	5
四、游标卡尺的使用和维护	6
第三节 千分尺	8
一、千分尺的结构和用途	8
二、千分尺的刻线原理和读数方法	10
三、千分尺的使用和维护	11
第四节 百分表	12
一、钟面式百分表	12
二、内径百分表	14
三、杠杆百分表	15
第五节 角度尺	17
一、90°角度尺	17
二、游标万能角度尺	18
复习思考题	20
第二章 机械零件的几何精度	22
第一节 互换性	22
一、互换性的概念	22
二、加工误差及公差	22
第二节 尺寸精度	22
一、孔和轴的定义	22
二、尺寸的术语及定义	23
三、偏差、公差、公差带的术语及定义	24
四、极限制	25
五、公差带代号	27
六、线性尺寸的未注公差	32
第三节 配合精度	32
一、配合的术语及定义	32

二、配合制	33
三、配合代号	34
四、极限与配合的选择	34
五、公差与配合的标注	36
第四节 形状与位置精度	37
一、零件的几何要素	37
二、形位公差的项目、公差带	38
三、形位公差的标注	40
四、形状公差及公差带分析	41
五、形状或位置公差分析	42
六、位置公差及公差带分析	43
七、形位公差等级	47
第五节 尺寸精度与形位精度的关系	47
一、独立原则	47
二、相关要求	47
第六节 表面精度	50
一、表面粗糙度的常用基本术语	50
二、表面粗糙度的评定参数及应用	51
三、表面粗糙度的标注	53
四、表面粗糙度的表面特征、经济加工方法	54
复习思考题	55
第三章 机械传动基础	57
第一节 传动的分类和功用	57
一、传动的概念	57
二、传动的功用及形式	57
三、机械传动的传动比和效率	58
第二节 带传动	58
一、摩擦带传动	58
二、啮合带传动	60
第三节 链传动	60
一、链传动的组成和传动比	60
二、链传动的特点及应用	61
三、链传动的类型	61
第四节 齿轮传动	62
一、齿轮传动组成和传动比	62
二、齿轮传动的基本要求	62
三、齿轮传动的特点	63
四、齿轮传动的类型	63
五、直齿圆柱齿轮传动各部分名称及基本参数	64
六、标准直齿圆柱齿轮传动的主要几何尺寸	65

第五节 螺旋传动	65
一、螺旋传动的组成	65
二、螺旋传动的特点	66
三、螺旋传动的类型及应用	66
第六节 液压传动	67
一、液压传动的工作原理	67
二、液压传动系统的组成	68
三、液压传动的特点及应用	68
复习思考题	69
第四章 金属材料及热处理	70
第一节 金属材料的性能	70
一、金属材料的物理性能	70
二、金属材料的化学性能	70
三、金属材料的力学性能	70
四、金属材料的工艺性能	73
第二节 非合金钢(碳钢)的成分和组织	74
一、纯铁的晶格	74
二、非合金钢的组织	74
三、非合金钢的铁碳合金状态图	75
四、含碳量对非合金钢力学性能的影响	76
第三节 非合金钢的种类和牌号	76
一、非合金钢的分类	76
二、常用非合金钢的牌号、性能及用途	77
第四节 钢的热处理	78
一、热处理概述	78
二、奥氏体的冷却转变	79
三、钢的整体热处理	79
四、钢的表面热处理	82
第五节 低合金钢与合金钢	83
一、低合金钢与合金钢的特点	83
二、低合金钢	83
三、合金钢	84
第六节 铸铁	86
一、白口铸铁	87
二、灰铸铁	87
三、可锻铸铁	87
四、球墨铸铁	87
五、蠕墨铸铁	88
第七节 有色金属及其合金	88
一、铜及其合金	88

二、铝及其合金	90
三、轴承合金	91
四、硬质合金	91
复习思考题	92
第五章 金属切削加工基础	94
第一节 切削运动和工件表面的形成	94
一、切削运动	94
二、工件表面的形成	95
三、切削用量与切削层	95
第二节 金属切削刀具的结构	96
一、夹持部分	96
二、切削部分	96
三、切削刀具的几何角度	97
第三节 刀具的材料	98
一、刀具材料应具备的基本要求	98
二、刀具材料	99
第四节 常用刀具	101
一、车刀	101
二、铣刀	107
三、麻花钻	108
四、铰钻	110
五、铰刀	111
六、丝锥	113
复习思考题	116
第六章 常用机床夹具	117
第一节 夹具的作用、分类及构成	117
一、夹具的作用	117
二、夹具的分类	117
三、夹具的构成	118
第二节 车床夹具	118
一、顶尖	119
二、心轴	119
三、卡盘	120
第三节 机用平口虎钳	122
一、机用平口虎钳的类型及应用	122
二、各种机用平口虎钳的主要参数	122
第四节 分度头与回转工作台	123
一、分度头	123
二、万能回转工作台	124
第五节 钻夹头	125

一、扳手夹紧式三爪钻夹头.....	125
二、快换钻夹头.....	125
三、自紧式钻夹头.....	126
第六节 磁性夹紧装置.....	127
一、强力电磁吸盘.....	127
二、矩形永磁磁性吸盘.....	127
第七节 组合夹具简介.....	127
复习思考题.....	129
参考文献.....	130

第一章 常用量具

在机械制造中,零件加工后的几何参数需要测量,以判断其是否合格,常见的测量对象是长度和平面角。本章将介绍长度和平面角的单位,以及常用量具使用、维护等知识。

第一节 长度和平面角的单位

一、长度单位

1. 我国法定长度计量单位

为了进行长度计量,必须规定一个统一的标准,即长度计量单位。为此我国在采用先进的国际单位制的基础上,于1984年发布了《中华人民共和国法定计量单位》,明确规定长度的基本单位为米(m)。

机械制造中常用的长度计量单位为毫米(mm), $1\text{mm}=10^{-3}\text{m}$ 。精密测量时,长度计量单位采用微米(μm), $1\mu\text{m}=10^{-3}\text{mm}$ 。超精密测量时,长度计量单位采用纳米(nm), $1\text{nm}=10^{-3}\mu\text{m}$ 。

工程图样中的尺寸以毫米为单位时,无需标注计量单位的代号或名称,如采用其他单位时,则必须注明。

2. 英制单位

在一定场合还遇到英制单位,常见的英制长度单位有英尺(ft)、英寸(in), $1\text{ft}=12\text{in}$ 。法定长度计量单位与英制单位是两种不同的长度单位,使用时不能混淆。两者间的相互换算关系为: $1\text{in}=25.4\text{mm}$ 。

【例 1-1】 3/4 英寸等于多少毫米?

解: $25.4 \times 3/4 = 19.05$ (mm)

【例 1-2】 38.1 毫米等于多少英寸?

解: $38.1/25.4 = 1.5$ (in)

二、平面角单位

角度也是机械制造中重要的几何参数之一,平面角的计量单位有弧度制与角度制两种。

1. 弧度制

圆周上等于半径长的弧称为1弧度(rad)的弧,1弧度的弧所对应的圆心角称为1弧度的角。用弧度做单位来度量角与弧的制度称为弧度制。整个圆周的圆心角为 2π 弧度。

2. 角度制

整个圆周的 $1/360$ 的弧称为1度的弧,1度的弧所对应的圆心角称为1度的角。用度做单位来度量角与弧的制度称为角度制,其单位是度($^{\circ}$)、分($'$)、秒($''$), $1^{\circ}=60'$, $1'=60''$ 。

弧度与度的换算关系为：

$$1^{\circ}=(\pi/180)\text{rad}=0.017453\text{rad}$$
$$1\text{rad}=(180/\pi)^{\circ}\approx57.2958^{\circ}\approx57^{\circ}17'45''$$

【例 1-3】 70° 的角等于多少弧度？

解： $0.017453\times70=1.22171\text{ (rad)}$

【例 1-4】 3rad 的角等于多少度？

解： $57.2958^{\circ}\times3=171.8874^{\circ}=171^{\circ}53'15''$

第二节 游标卡尺

游标卡尺简称卡尺，是一种精度比较高的量具，其精度值可达 $0.1\sim0.02\text{mm}$ 。游标卡尺结构简单，使用方便，测量范围大，通常用于测量内径、外径、孔距、壁厚、深度等。

一、游标卡尺的结构和用途

游标卡尺的结构主要由刻有刻度的尺身和沿尺身活动的游标（尺框）、紧固螺钉组成。根据其用途、结构不同，游标卡尺有多种结构形式。

1. 三用游标卡尺

如图 1-1 所示，三用游标卡尺主要由尺身、游标、深度尺、紧固螺钉、两对量爪组成。每对量爪分别由与尺身固定的量爪和与游标固定的量爪组成。松开紧固螺钉移动游标即可进行测量。三用游标卡尺可用来测量各种外尺寸、内尺寸及深度。下测量爪用来测量圆柱体的外径、长方体的长、宽、高等外尺寸；上测量爪用来测量内径、槽宽等内尺寸；深度尺的一端固定在游标内，可随游标一起移动，另一端为测量面，常用于测量深度。

三用游标卡尺的测量范围有 $0\sim125\text{mm}$ 和 $0\sim150\text{mm}$ 两种规格。

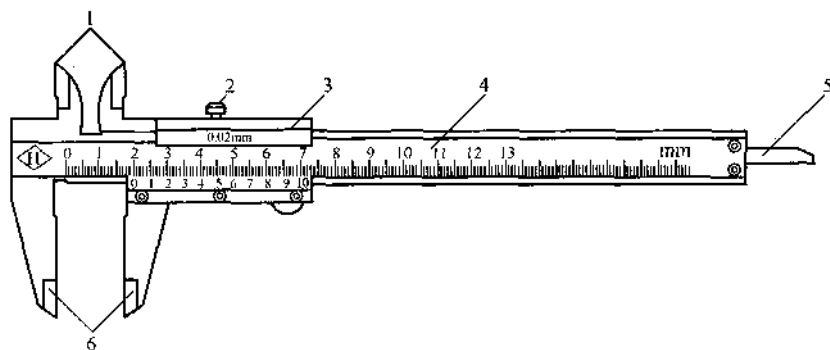


图 1-1 三用游标卡尺

1 上测量爪；2—紧固螺钉；3—游标；4—尺身；5—深度尺；6—下测量爪

2. 双面量爪游标卡尺

双面量爪游标卡尺可用来测量各种外尺寸、内尺寸，其结构如图 1-2 所示。双面量爪游标卡尺有上、下两对量爪，上测量爪用来测量外尺寸，下测量爪用来测量内、外尺寸，但用下测量爪测量内尺寸时，被测工件的实际尺寸应为游标卡尺的读数加下测量爪本身厚度尺寸 b 。

双面量爪游标卡尺的测量范围有 $0\sim200\text{mm}$ 和 $0\sim300\text{mm}$ 两种规格。

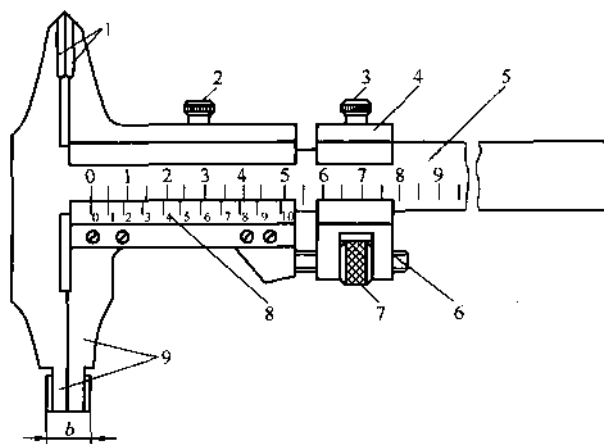


图 1-2 双面量爪游标卡尺

- 1—上测量爪；2—游标紧固螺钉；3—微动游框紧固螺钉；4—微动游框；
5—尺身；6—螺杆；7—螺母；8—游标；9—下测量爪

3. 单面量爪游标卡尺

单面量爪游标卡尺可用来测量各种外尺寸、内尺寸，其结构如图 1-3 所示。单面量爪游标卡尺有一对量爪。在测量内尺寸时，被测工件的实际尺寸应为游标卡尺的读数加测量爪本身厚度尺寸 b 。

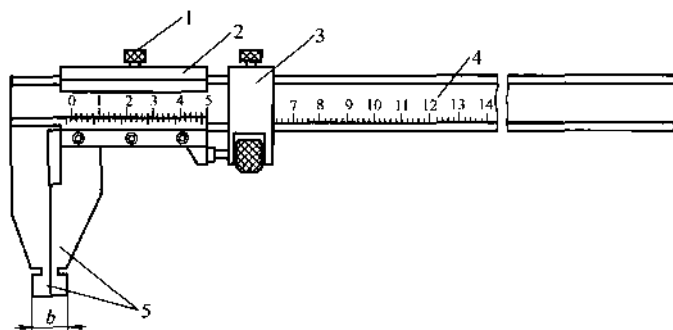


图 1-3 单面量爪游标卡尺

- 1—紧固螺钉；2—游标；3—微动游框；4—尺身；5—量爪

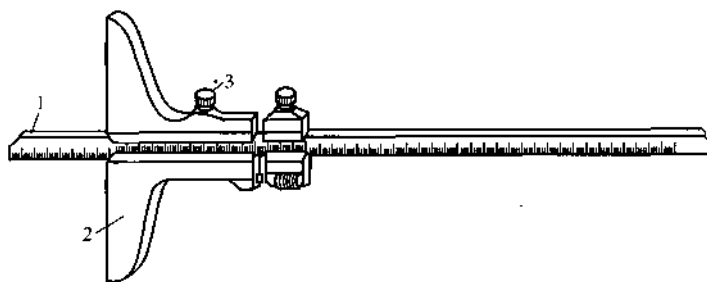


图 1-4 深度游标卡尺

- 1—尺身；2—尺框；3—紧固螺钉

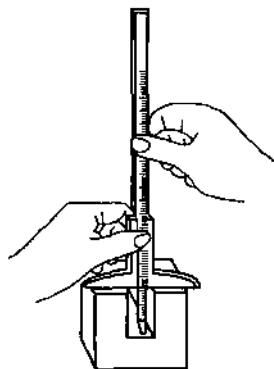


图 1-5 深度游标卡尺测量方法

单面量爪游标卡尺的测量范围有 0~500mm 和 0~1000mm 两种规格。

4. 深度游标卡尺

深度游标卡尺的结构如图 1-4 所示, 由尺身、尺框、紧固螺钉和微动装置组成。主要用来测量孔、槽的深度和台阶的高度。测量时, 尺框的测量面应贴住被测工件的平面, 向下轻推尺身, 当尺身下端与被测面接触后, 即可读数 (见图 1-5)。

5. 高度游标卡尺

高度游标卡尺 (见图 1-6) 主要由底座、尺身、尺框、紧固螺钉、微动游框、划线量爪组成。主要用于测量工件的高度尺寸或进行划线。它有五个可换量爪, 以适应不同的需要。

6. 齿厚游标卡尺

齿厚游标卡尺 (见图 1-7) 由两个相互垂直的尺身和两个游标组成。用来测量齿轮、蜗杆的固定弦齿高。

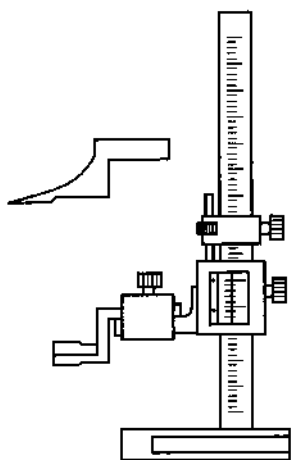


图 1-6 高度游标卡尺

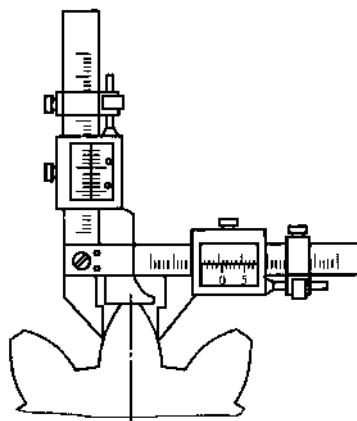


图 1-7 齿厚游标卡尺

二、游标卡尺的刻线原理

游标卡尺的读数部分由尺身和游标组成。其刻线原理是利用尺身刻线间距与游标刻线间距之差来进行小数读数。通常尺身刻线间距为 1mm (即每小格 1mm), 但游标刻线间距要比尺身刻线间距小, 按其差值的不同, 把游标卡尺分为读数值为 0.1mm、0.05mm、0.02mm 三种。

1. 读数值为 0.1mm 的游标卡尺

尺身刻线间距为 1mm, 游标刻线有两种情况。一种是当两测量爪合并时, 尺身上 9mm 刚好等于游标上的 10 格 (见图 1-8), 则游标每格的刻线间距为 $9\text{mm}/10=0.9\text{mm}$, 尺身与游标每格相差 $1\text{mm}-0.9\text{mm}=0.1\text{mm}$ 。另一种是当两测量爪合并时, 尺身上 19mm 刚好等于游标上的 10 格, 则游标每格的刻线间距为 $19\text{mm}/10=1.9\text{mm}$ 。尺身上 2 格与游标上 1 格相差 $2\text{mm}-1.9\text{mm}=0.1\text{mm}$ 。后者比前者线条更清晰, 读数更准确。

数值 0.1mm 称为该游标卡尺的读数值, 即读数精度。

2. 读数值为 0.05mm 的游标卡尺

尺身刻线间距为 1mm, 当两测量爪合并时, 尺身上 19mm 刚好等于游标上的 20 格 (见图 1-9), 则游标每格的刻线间距为 $19\text{mm}/20=0.95\text{mm}$, 尺身与游标每格相差 $1\text{mm}-0.95\text{mm}=0.05\text{mm}$ 。

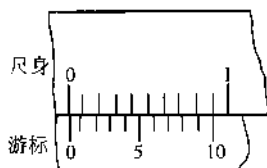


图 1-8 读数值为 0.1mm 游标卡尺的刻线原理

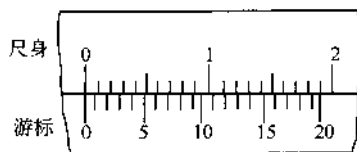


图 1-9 读数值为 0.05mm 游标卡尺的刻线原理

数值 0.05mm 称为该游标卡尺的读数值。

3. 读数值为 0.02mm 的游标卡尺

尺身刻线间距为 1mm，当两测量爪合并时，尺身上 49mm 刚好等于游标上的 50 格（见图 1-10）。则游标每格的刻线间距为 $49\text{mm}/50 = 0.98\text{mm}$ 。尺身与游标每格相差 $1\text{mm} - 0.98\text{mm} = 0.02\text{mm}$ 。

数值 0.02mm 称为该游标卡尺的读数值。

上述三种游标卡尺中，读数精度最高的为读数值为 0.02mm 的游标卡尺。

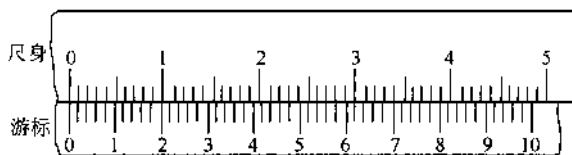


图 1-10 读数值为 0.02mm 游标卡尺的刻线原理

三、游标卡尺的读数方法

在游标卡尺上读数时，首先弄清所使用的游标卡尺的读数值，然后同时看清尺身与游标的刻度线。一般可分为三个步骤。

1. 读整数

在尺身上，读出与游标零线左边最接近的刻度线数值，该数即为被测尺寸的整数。

2. 读小数

在游标上，找出与尺身刻线对齐的刻线，该刻线的顺序数乘以游标卡尺的读数值所得的积即为被测尺寸的小数值。

3. 求和

将尺身上读出的整数与游标上读出的小数相加，即为被测尺寸的整个读数。

【例 1-5】 试读出图 1-11 所示读数值为 0.02mm 游标卡尺的测量数值。

解：（1）读整数 游标零线左边最接近的尺身刻度线为第 20 条，所以整数部分为 20mm。

（2）读小数 在游标上与尺身刻线对齐的刻线为第 1 条，所以小数部分值为 $0.02\text{mm} \times 1 = 0.02\text{mm}$ 。

（3）求和 被测工件的测量值为 $20\text{mm} + 0.02\text{mm} = 20.02\text{mm}$ 。

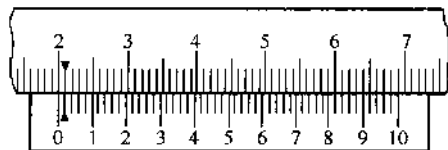


图 1-11 游标卡尺的读数示例

上述各种游标卡尺，长期使用后刻线和数字将不清晰，容易读错。为了提高游标卡尺的测量精度、便于读数，目前已有带表游标卡尺（见图 1-12）和数字显示游标卡尺（见图 1-13）。带表游标卡尺可直接从表盘读数，数字显示游标卡尺则直接从显示出的数字读数。

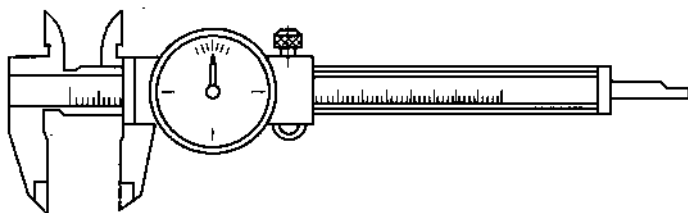


图 1-12 带表游标卡尺

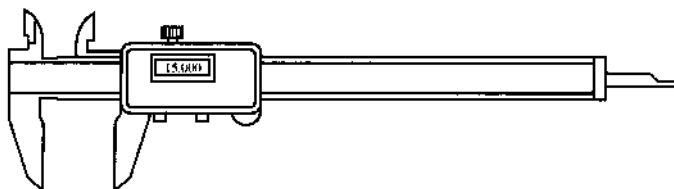


图 1-13 数字显示游标卡尺

四、游标卡尺的使用和维护

1. 游标卡尺的正确使用方法

游标卡尺是一种精度比较高的量具，使用正确与否对测量数值的准确性有非常重要的影响。

(1) 测量前应将测量爪的测量面用软布擦干净，并对卡尺进行检查。游标在尺身上滑动应灵活自如，不能过松或过紧，不能晃动，否则将产生测量误差。当两量爪合拢时，两量爪间应密不透光，尺身与游标的零线应对齐。若透光严重或不能对齐，应送检修理。

(2) 由于游标与尺身之间有间隙，若测力过大，游标将产生倾斜，对读数产生较大的影响。因此，用游标卡尺测量时，不要用力过大。

(3) 使用测量范围大于 500mm 的大型游标卡尺时，由于卡尺对温度变化很敏感，使用时应尽量减少温度的影响，最好在 20℃ 条件下进行恒温后再进行测量，否则应对测量结果进行修正；大型游标卡尺需要几个人同时操作，由于它的刚性差，若支承点位置不恰当，将使卡尺受力后产生较大变形，影响测量精度，通常在尺身上选择三个支承点，第一个支承点选择在尺身零线内侧 50mm 以内，第二个支承点应在游标框内侧 100mm 以内，第三个支承点在测量上限刻线外侧 50mm 以内；测量时用力不宜过大，应略大于移动游标所需的力，一定要用微动螺母来控制，以提高测量精度。

(4) 应用游标卡尺测量外尺寸时，左手拿住尺身的量爪端，右手拿住尺身（见图 1-14），并把两测量爪张开到比工件尺寸大一些。当测量工件的两平行平面间的距离时，两测量爪应贴住工件的被测表面，不能倾斜，否则将致使所得数值大于实际数值。当测量圆圆柱形工件

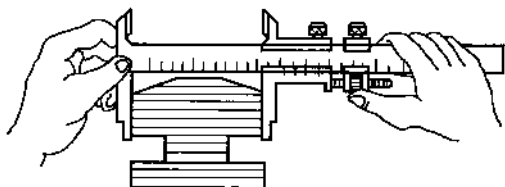


图 1-14 两平行平面间距离的测量

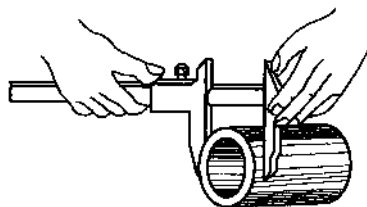


图 1-15 圆柱形工件外径的测量

的外径时,应在垂直于轴线的截面测量,并使测量爪的测量面与圆柱体相切(见图 1-15)。

(5) 测量内孔直径和孔距尺寸时,两测量爪的测量线应通过孔心,并轻微摆动卡尺以找出最大值,使测量值更准确(见图 1-16)。

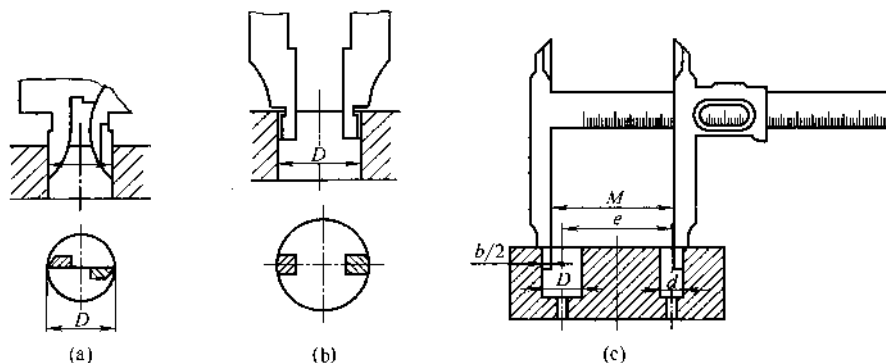


图 1-16 内孔直径、孔距尺寸的测量

测量内孔直径时,若使用三用游标卡尺,则游标卡尺的读数即为被测孔径的实际尺寸,如图 1-16 (a) 所示;若使用双面量爪游标卡尺或单面量爪游标卡尺,则被测孔径的实际尺寸为游标卡尺的读数 M 加上两量爪的宽度 b ,如图 1-16 (b) 所示。

图 1 16 (c) 为用双面量爪游标卡尺或单面量爪游标卡尺测量两孔中心距,则两孔中心距 $l = M + b - (D + d)/2$ 。

(6) 测量深度尺寸时,应使卡尺的测量面与被测面靠平,深度尺应垂直,不能倾斜(见图 1-17)。

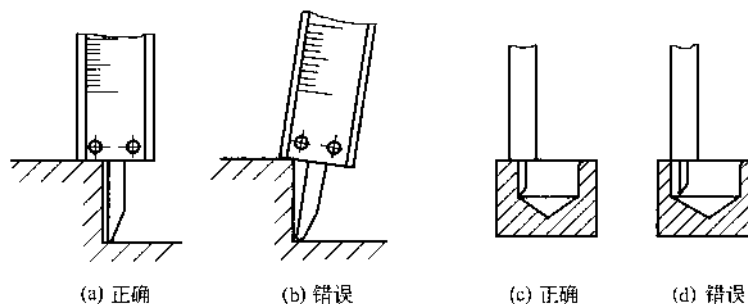


图 1-17 用游标卡尺测量深度

(7) 使用带微动装置的游标卡尺测量时,可先调节微动螺母,使两测量爪接触工件表面,再用紧固螺钉紧固游标,然后再取出卡尺读数。

2. 游标卡尺的维护保养

(1) 严禁把游标卡尺的量爪当扳手、划线、卡钳、卡板等使用,以免影响测量精度。

(2) 带深度尺的游标卡尺,用完后应将量爪合拢,否则露在外边的较细的深度尺容易变形或折断。

(3) 测量结束后,要将游标卡尺平放,尤其是大型游标卡尺,否则会造成尺身弯曲变形。

(4) 游标卡尺使用完毕后,要擦净并上油,放置在专用盒内,以防止弄脏或生锈。游标

卡尺不能和其他工具堆放在一起，不能放在强磁场附近。

(5) 不能用砂布、普通磨料来擦除刻度尺表面和量爪测量面的锈迹及污物。

(6) 游标卡尺受损后，应及时交专业修理部门修理，不可自行修理。

第三节 千 分 尺

千分尺是利用螺旋副的运动原理进行测量和读数的一种应用广泛的精密量具，其测量精度比游标卡尺高，并且比较灵敏，所以检测加工精度要求较高的零件时多用千分尺。千分尺按制造精度可分为0级和1级两种，0级精度较高。

一、千分尺的结构和用途

千分尺按其外形、结构和用途不同，可分为外径千分尺、内径千分尺、深度千分尺、厚壁千分尺、尖头千分尺、公法线千分尺等。

1. 外径千分尺

外径千分尺的结构如图 1-18 所示，测砧 2、固定套管 6 与尺架 1 紧密结合成一体。测微

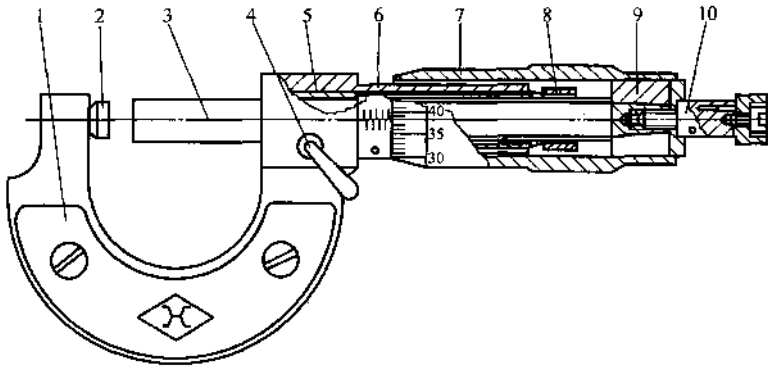


图 1-18 外径千分尺

1—尺架；2—测砧；3—测微螺杆；4—锁紧装置；5—螺纹轴套；
6—固定套管；7—微分筒；8—螺母；9—接头；10—测力装置

螺杆 3 的一端为测量杆，它的中部用螺纹与螺纹轴套 5 精密配合，另一端与微分筒 7 和测力装置 10 连成一体。因此当旋转微分筒或测力装置时，就带动测微螺杆旋转，并沿精密螺纹的轴向移动，使两测量面之间的距离发生变化。

外径千分尺用于测量加工精度要求较高的外尺寸。其测量范围有 0~25mm、25~50mm、50~75mm、75~100mm 等。

2. 内径千分尺

内径千分尺用于测量内孔直径、槽宽等内尺寸，有普通内径千分尺和杆式内径千分尺两种。

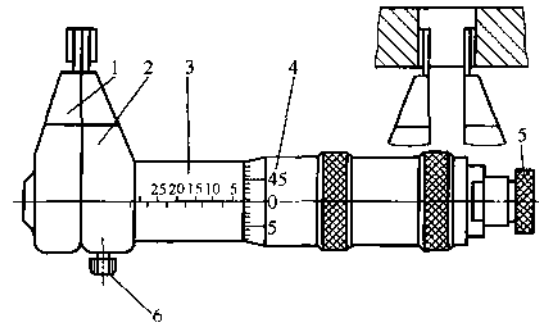


图 1-19 普通内径千分尺

1—固定测量爪；2—活动测量爪；3—固定套筒；
4—微分筒；5—测力装置；6—紧固螺钉