

应用型本科非机类机工训练规划教材

机械工程 实训

(第二版)

主 编◎梁键钊 陈晓斌
主 审◎林 颖 韩 伟

JIXIE
GONGCHENG
SHIXUN



应用型本科非机类机工训练规划教材

机械工程实训

(第二版)

主编 梁键钊 陈晓斌
主审 林颖 韩伟



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机械工程实训/梁键钊, 陈晓斌主编. —2 版. —北京: 中国轻工业出版社, 2016. 7

应用型本科非机类机工训练规划教材

ISBN 978-7-5184-0977-8

I. ①机… II. ①梁…②陈… III. ①机械工程—高等学院—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 126920 号

责任编辑: 王 淳 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 宋振全 责任校对: 晋 洁 责任监印: 马金路

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 北京君升印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2016 年 7 月第 2 版第 1 次印刷

开 本: 710 × 1000 1/16 印张: 13.5

字 数: 272 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-0977-8 定价: 32.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

151333J1X201ZBW

第二版前言

“机械工程实训”也称为“金工实习”，是一门实践性很强的课程，为了使非机类专业学生了解机械制造的一般过程，知道机械加工的主要工艺，熟悉常用机械加工设备和工具，并提高动手能力，我们编写了此教材。

理工科院校的大部分非机类专业学生毕业后也会进入企业工作，为了使这些学生对职场上的机械设备及各种制造方法不陌生，我校开设了“机械工程基础”课程。但是，在教学实践中我们感到仅凭课堂上讲授机械加工，学生很难理解。为了加深学生对机加工各工种工艺特点的认识，用提高学生动手能力和亲身参与实践的方法来促进学生对机加工认识，其教学效果很好。

有鉴于此，我们增加了非机类专业学生实训力度，学生每年必须要进行为期1~2周的金工实习，我校各工种老师结合指导金工实习的实际情况，为这些非机类专业学生制订了实践环节教学的教学大纲和讲义，经过三年使用，学生反馈和教学效果尚可，再经过反复修改，最终形成了符合我校应用型人才培养要求的非机类金工实习教材。

本书主要包括工程材料与钢的热处理、铸造、冲压、焊接、车削、铣削、钳工、模具、数控加工、电火花、线切割、快速成型、可编程序控制器等工种的实训教学内容。

参加本书编写工作的有：梁键钊、陈晓斌主编，林颖、韩伟负责主审工作，童洲负责常用量具，陈晓斌负责热处理，王建兵负责铸造，梁秋华负责板料冲压，谈毅负责焊接，杨筱坤负责车削加工，钟永针负责铣削加工，卢健能负责钳工，章盼梅负责模具拆装，刘建光负责数控加工，罗邦芬负责数控车床，胡伟锋负责数控铣床，杨建荣负责加工中心，韩伟负责数控自动编程，段海峰负责电火花，梁键钊负责线切割，朱小明负责快速成型，陈宇姗负责可编程序控制器。

在本教材编写的过程中，梁松坚、邹日荣老师提供了许多宝贵的意见，在此一并表示感谢。

由于我们水平有限，不当之处，敬请同行指正，谢谢。

编 者

华南理工大学广州学院

2015年9月18

目 录

第一章 常用量具的测量技术	1
第一节 概述	1
第二节 常用量具	2
第三节 量具的使用与维护	10
思考与练习	11
第二章 机械工程材料与钢的热处理	12
第一节 概述	12
第二节 钢的热处理	14
第三节 钢铁材料显微组织观察	17
第四节 热处理实训	20
第五节 实习安全操作规程	21
思考与练习	21
第三章 铸造	22
第一节 概述	22
第二节 砂型铸造基础知识	23
第三节 铸造实训	28
第四节 实习安全操作规程	31
思考与练习	31
第四章 板料冲压	32
第一节 冲压概述	32
第二节 冲压基本工序	33
第三节 冲压实训	35
第四节 冲压实习安全操作规程	35
第五节 数控冲床	36
第六节 数控冲床编程技术	37
第七节 数控冲床实训	38
第八节 数控冲床实习安全操作规程	39
思考与练习	39
第五章 模具拆装	40
第一节 冲压模	40
第二节 注塑模	44

第三节	模具拆装实训	47
第四节	实习安全操作规程	49
思考与练习		49
第六章	焊接	50
第一节	概述	50
第二节	电弧焊	51
第三节	其他焊接方法	56
第四节	焊接实训	57
第五节	焊接实习安全操作规程	57
思考与练习		58
第七章	钳工	59
第一节	概述	59
第二节	钳工基本操作	60
第三节	钳工实训	72
第四节	钳工实习安全操作规程	73
思考与练习		73
第八章	车削加工	75
第一节	概述	75
第二节	车刀及刀具材料	81
第三节	刀具及工件安装	82
第四节	机械加工的切削运动	83
第五节	基本车削加工操作方法	84
第六节	车削加工实训	86
第七节	实习安全操作规程	88
思考与练习		89
第九章	铣削加工	90
第一节	概述	90
第二节	铣削加工工艺	97
第三节	铣削加工实训	101
第四节	实习安全操作规程	103
思考与练习		104
第十章	数控加工基础知识	105
第一节	概述	105
第二节	数控机床数控编程	109
思考与练习		110
第十一章	数控车床	111

第一节 概述	111
第二节 GSK 980TD 数控车床加工实训	117
第三节 实习安全操作规程	129
思考与练习	130
第十二章 数控铣削加工	131
第一节 概述	131
第二节 FANUC Oi Mate-MC 数控铣床加工实训	132
第三节 GSK 983M 数控铣床加工实训	139
第四节 数控编程实例	141
第五节 实习安全操作规程	150
思考与练习	150
第十三章 加工中心	151
第一节 概述	151
第二节 加工中心加工实训	155
第三节 加工中心编程典型实例	158
第四节 实习安全操作规程	159
思考与练习	161
第十四章 数控电火花成型加工	162
第一节 概述	162
第二节 电火花成型加工工艺	165
第三节 电火花机床的基本操作	167
第四节 电火花加工实训	168
第五节 实习安全操作规程	171
思考与练习	172
第十五章 数控电火花线切割加工	173
第一节 概述	173
第二节 线切割加工工艺	176
第三节 线切割机床的基本操作	177
第四节 线切割加工实训	178
第五节 实习安全操作规程	182
思考与练习	182
第十六章 快速成型技术	183
第一节 概述	183
第二节 熔丝沉积成型 (FDM) 技术	186
第三节 Solidworks 软件建模实例	187
第四节 快速成型加工实训	191

第五节 实习安全操作规程	196
思考与练习	196
第十七章 可编程序控制器（PLC）	197
第一节 概述	197
第二节 PLC 的编程元件	198
第三节 PLC 的编程及应用	200
第四节 PLC 编程实训	202
第五节 实习安全操作规程	207
思考与练习	207
参考文献	208

第一章 常用量具的测量技术

第一节 概 述

一、测量的定义

测量是指将测量对象与一个用作测量单位的标准作比较而确定测量对象的过程，测量过程包含测量对象、测量单位、测量器具和测量精度等因素，机械制造中测量对象主要是长度、角度、形状和位置误差等几何量及表面粗糙度。

零件经过加工后，其几何参数等是否符合图纸规定的设计要求，都需要借助于量具对工件进行测量和检验。

二、量具的种类

在机械行业中，常用的量具有：

- (1) 线纹类量具：如线纹尺、钢直尺和钢卷尺等。
- (2) 游标类量具：如游标卡尺、游标高度尺和游标深度尺等。
- (3) 测微类量具：如千分尺、内径千分尺和深度千分尺等。
- (4) 指示类量具：如百分表、内径百分表和杠杆百分表等。
- (5) 角度测量用量具：如直角尺、万能角度规和水平仪等。
- (6) 其他常用量具：如塞尺和各种量规等。

三、量具常用的名词术语

- (1) 刻线距离——刻度尺上相邻两条刻线之间距离。
- (2) 分度值——刻度尺上相邻两条刻线所代表的长度单位数值。
- (3) 测量范围——量具所能测量的最小值到最大值的范围。
- (4) 示值范围——量具所能显示的最低值到最高值的范围。
- (5) 测量力——在接触测量过程中，量具测头和被测量件表面接触时产生的机械力。
- (6) 示值稳定性——在外界条件不变的情况下，对同一被测量对象连续多次重复测量（一般5~10次），量具示值变动的最大差值。有时也叫示值变化、示值变差和示值重复性等。
- (7) 示值误差——量具的标称值和示值之间的差值。

(8) 灵敏度——计量器具对被测量对象变化的反应能力。

(9) 计量器具——用以直接或间接测出对象量值的量具、仪器、仪表和计量装置等统称计量器具。

测量误差是指测量结果与被测量对象的真值之差，测量误差的大小决定了测量的精度。

造成测量误差的因素有很多种，其中包含：基准体本身的误差，测量方法不完善引起的误差，量具本身的误差，测量力引起的误差，测量时对准工件和读数时引起的对准误差，温度、湿度、气压、振动及灰尘等环境条件引起的误差。另外，测量人员的技术熟练程度、疲劳程度等，也会成为产生测量误差的因素。在分析测量误差时，应找出造成误差的主要原因，采取恰当的预防措施，以保证测量结果的精确。

第二节 常用量具

一、钢直尺

钢直尺是最简单的长度量具，它有四种规格，长度分别为 150mm，300mm，500mm 和 1000mm。一般用于量取尺寸、测量工件以及作为划直线时的导向工具（如图 1-1 所示）。

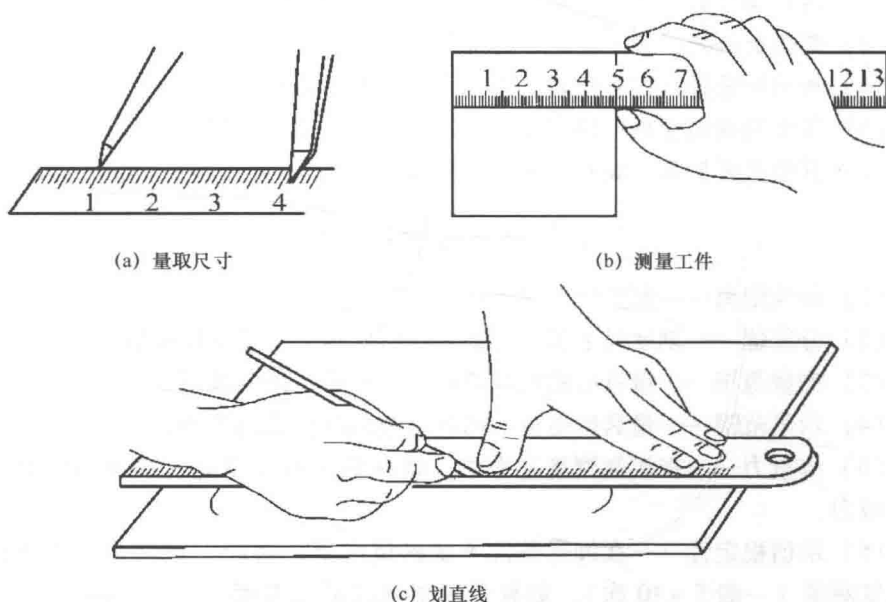


图 1-1 钢直尺

钢直尺用于测量零件的长度尺寸，它的测量结果不太准确。这是由于钢直尺的刻线间距为 1mm，而刻线本身的宽度就有 0.1 ~ 0.2mm，所以测量时读数误差比较大，只能读出毫米数，即它的最小读数值为 1mm，比 1mm 小的数值，只能估计而得。

二、游标卡尺

游标卡尺是一种常用的量具，具有结构简单、使用方便、精度中等和测量的尺寸范围大等特点，可以用它来测量零件的外径、内径、长度、宽度、厚度、深度和孔距等（如图 1-2 所示），应用范围很广。

游标卡尺的读数机构，是由主尺和游标两部分组成。当活动量爪与固定量爪贴合时，游标上的“0”刻度线（简称游标零线）对准主尺上的“0”刻度线，此时量爪间的距离为“0”。游标卡尺的读数原理是利用尺身和游标的联合运用，即利用尺身刻线间距与游标刻线间距差来进行小数读数的。以精度为 0.02mm 的游标卡尺为例，其读数方法，可分三个步骤：

- (1) 根据副尺零线以左的主尺上的最近刻度读出整毫米数。
- (2) 根据副尺零线以右与主尺上的刻度对准的刻线数乘上 0.02 读出小数。
- (3) 将上面整数和小数两部分加起来，即为总尺寸。

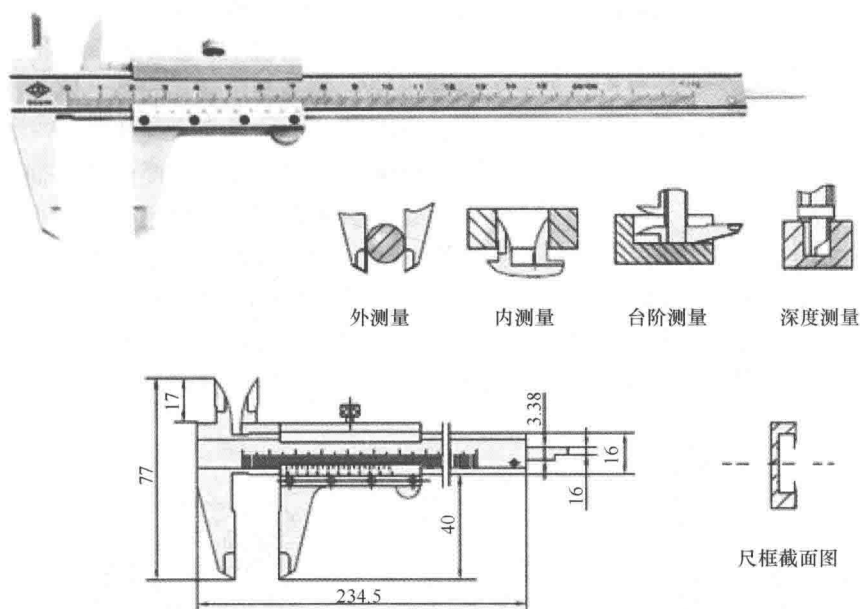


图 1-2 游标卡尺

如图 1-3 所示，副尺 0 线所对主尺前面的刻度 64mm，副尺 0 线后的第 9 条线与主尺的一条刻线对齐。副尺 0 线后的第 9 条线表示： $0.02 \times 9 = 0.18$ (mm)

所以被测工件的尺寸为： $64 + 0.18 = 64.18$ （mm）

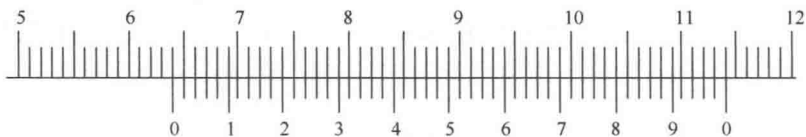


图 1-3 0.02mm 游标卡尺的读数方法

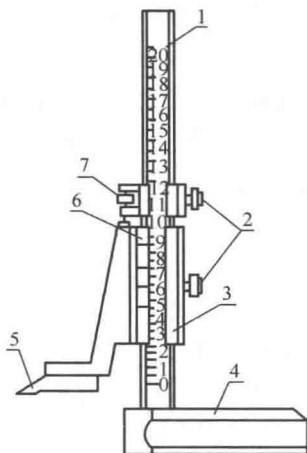


图 1-4 高度游标卡尺

1—主尺 2—紧固螺钉 3—尺框 4—基座
5—量爪 6—游标 7—微动装置

注意：进行测量时，若出现游标上任何一条刻度线都不与尺身上某一条刻度线对准时，可找出两条与尺身上某一刻线比较对准的游标刻度线，这样，被测尺寸的小数部分等于左边一条游标刻度线所指示的读数值加上游标分度值的一半。

除一般的游标卡尺外，有一种高度游标卡尺（如图 1-4 所示）的应用也较为广泛，主要用于测量零件的高度和精密划线。其结构特点是用质量较大的基座 4 代替固定量爪 5，而动的尺框 3 则通过横臂装有测量高度和划线用的量爪，量爪的测量面上镶有硬质合金，提高量爪使用寿命。高度游标卡尺的测量工作，应在平台上进行。

当量爪的测量面与基座的底平面位于同一平面时，如在同一平台平面上，主尺 1 与游标 6 的零线相互对准，所以在测量高度时，量爪测量面的高度，就是被测量零件的高度尺寸，它的具体数值，与游标卡尺一样可在主尺（整数部分）和游标（小数部分）上读出。应用高度游标卡尺划线时，调好划线高度，用紧固螺钉 2 把尺框 3 锁紧后，应在平台上先调整再进行划线。图 1-5 为高度游标卡尺的划线应用。

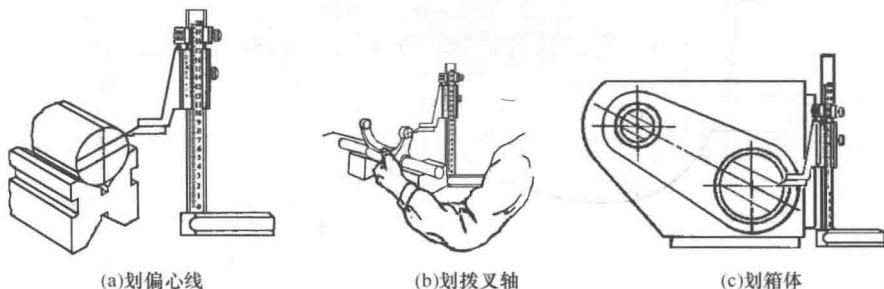


图 1-5 高度游标卡尺的划线应用

三、千 分 尺

千分尺也称螺旋测微器，是比游标卡尺更精密的测量长度的工具，用它测长度可以准确到 0.01mm ，测量范围为几个厘米。通常所说的千分尺是指外径千分尺（如图 1-6 所示），它的一部分加工成螺距为 0.5mm 的螺纹，当它在固定套管 4 的螺套中转动时，将前进或后退，微分筒 6 和螺杆连成一体，其周边等分成 50 个分格。螺杆转动的整圈数由固定套管上间隔 0.5mm 的刻度线去测量，不足一圈的部分由微分筒周边的刻度线去测量，最终测量结果需要估读一位小数。

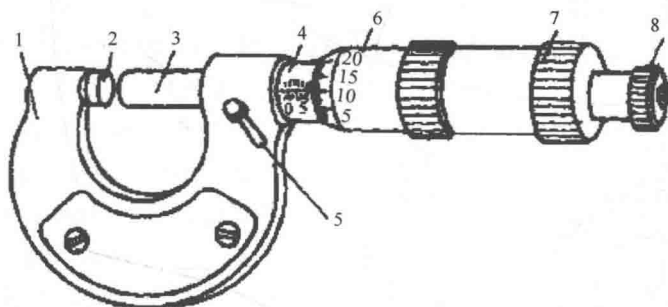


图 1-6 外径千分尺

1—尺架 2—测砧 3—测微螺杆 4—固定套管 5—锁紧装置 6—微分筒 7—测力装置 8—旋钮

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。另外，为了计算测微螺杆旋转的整数转，在固定套管中线的两侧，刻有两排刻度线，刻度线间距均为 1mm ，上下两排相互错开 0.5mm （如图 1-7 所示）。

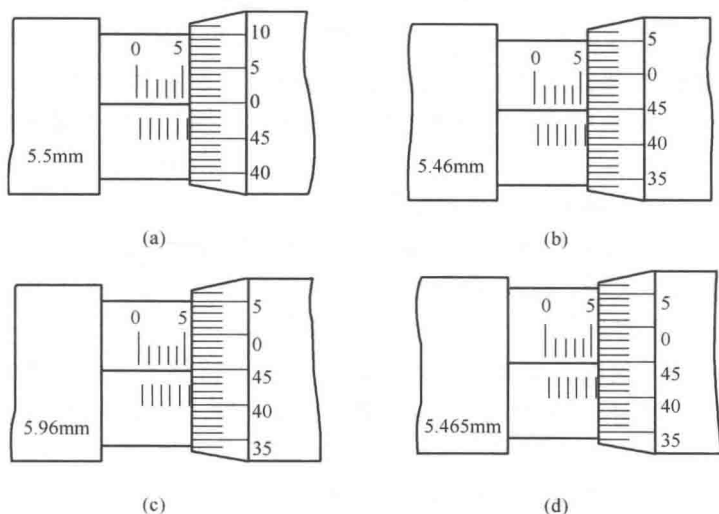


图 1-7 千分尺的刻度线原理和读数示例

千分尺的具体读数方法可分为三步：

(1) 读出固定套管上露出的刻度线尺寸，一定要注意不能遗漏应读出的 0.5mm 的刻度线值。

(2) 读出微分筒上的尺寸，要看清微分筒圆周上哪一格与固定套管的中线基准对齐，将格数乘 0.01mm 即得微分筒上的尺寸。

(3) 将上面两个数相加，即为千分尺上测得尺寸。

四、百分表

百分表一般用来校正零件或夹具的安装位置，也可用于检验零件的形状精度或相互位置精度。百分表的读数值为 0.01mm，其外形如图 1-8 所示。8 为测量

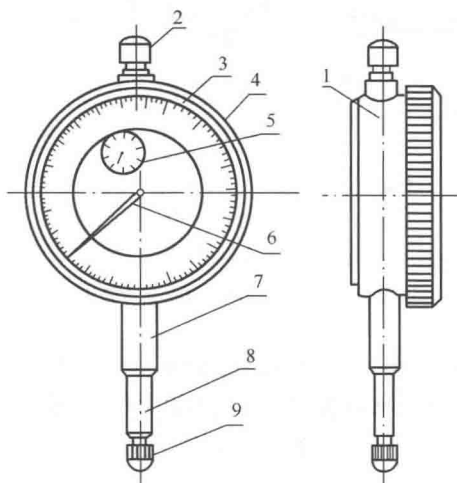


图 1-8 百分表

1—表壳 2—圆头 3—表盘 4—表圈 5—转数指示盘
6—指针 7—套筒 8—测量杆 9—测量头

杆，6 为指针，表盘 3 上刻有 100 个等分格，其刻度值（即读数值）为 0.01mm。当指针转一圈时，小指针即转动一小格，转数指示盘 5 的刻度值为 1mm。用手转动表圈 4 时，表盘 3 也跟着转动，可使指针对准任一刻度线。测量杆 8 是沿着套筒 7 上下移动的，套筒 7 可作为安装百分表用。9 是测量头，2 是手提测量杆用的圆头。

百分表适用于尺寸精度为 IT6 ~ IT8 级零件的校正和检验。百分表按其制造精度，可分为 0、1 和 2 级三种，0 级精度较高。使用时，应按照零件的形状和精度要求，选用合适的百分表的精度等级和测量范围。

使用百分表时，必须注意以下几点：

(1) 使用前，应检查测量杆活动的灵活性。即轻轻推动测量杆时，测量杆在套筒内的移动要灵活，没有任何轧卡现象，且每次放松后，指针能回复到原来的刻度位置。

(2) 使用百分表时，必须把它固定在可靠的夹持架上（如固定在万能表架或磁性表座上，如图 1-9 所示），夹持架要安放平稳，以免使测量结果不准确或摔坏百分表。

(3) 用百分表校正或测量零件时，如图 1-10 所示，应当使测量杆有一定的初始测力，即在测量头与零件表面接触时，测量杆应有 0.3 ~ 1mm 的压缩量，使

指针转过半圈左右,然后转动表圈,使表盘的零位刻线对准指针。轻轻地拉动手提测量杆的圆头,拉起和放松几次,检查指针所指的零位有无改变。当指针的零位稳定后,再开始校正或测量零件的工作。如果是校正零件,此时开始改变零件的相对位置,读出指针的偏摆值,就是零件安装的偏差数值。

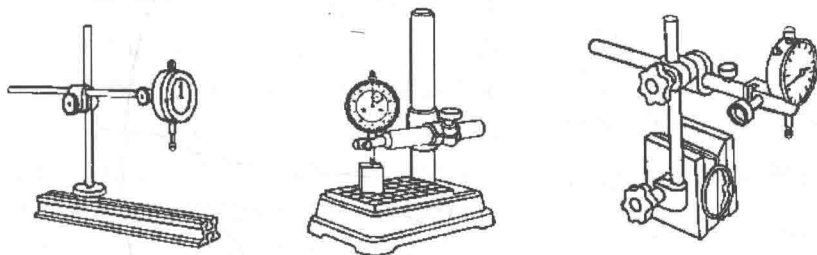


图 1-9 安装在支架上的百分表

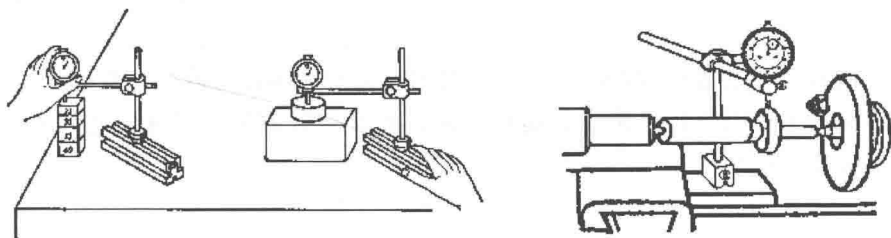


图 1-10 百分表尺寸校正与检验方法

五、内外卡钳

内外卡钳是最简单的比较量具。外卡钳是用来测量外径和平面的,内卡钳是用来测量内径和凹槽的(如图 1-11 所示)。它们本身都不能直接读出测量结果而是把测量得的长度尺寸(直径也属于长度尺寸)在钢直尺上进行读数或在钢直尺上先取下所需尺寸,再去检验零件的直径是否符合。由于卡钳具有结构简单、制造方便、价格低廉、维护和使用方便等特点,它被广泛应用于要求不高的零件尺寸的测量和检验,尤其是对锻铸件毛坯尺寸的测量和检验。

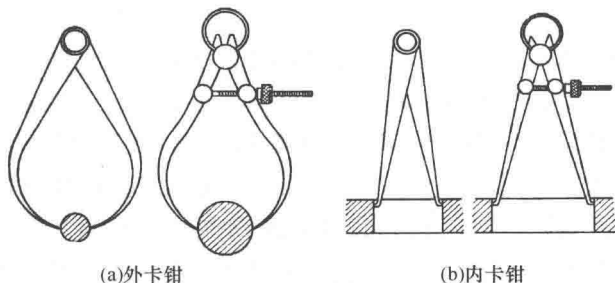


图 1-11 内外卡钳

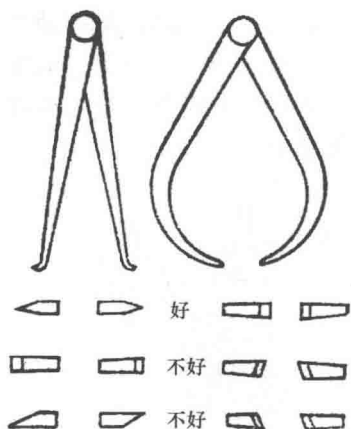


图 1-12 卡钳钳口形状
好与坏的对比

选用卡钳时，首先检查钳口的形状，钳口形状对测量精确性影响很大，应注意经常修整钳口的形状，图 1-12 所示为卡钳钳口形状好与坏的对比。调节卡钳的开度时，应轻轻敲击卡钳脚的两侧面。先用两手把卡钳调整到和工件尺寸相近的开口，然后轻敲卡钳的外侧来减小卡钳的开口，敲击卡钳内侧来增大卡钳的开口。

外卡钳在钢直尺上取下尺寸时，如图 1-13 (a) 所示，一个钳脚的测量面靠在钢直尺的端面上，另一个钳脚的测量面对准所需尺寸刻度线的中间，且两个测量面的连线应与钢直尺平行，人的视线要垂直于钢直尺。用已在钢直尺上取好尺寸的外卡钳去测量外径时，要使两个测量面的连线垂直零件的轴线，靠外卡钳的自重滑过零件外圆时，我们手中的感觉应该是外卡钳与零件外圆正好是点接触，此时外卡钳两个测量面之间的距离，就是被测零件的外径。

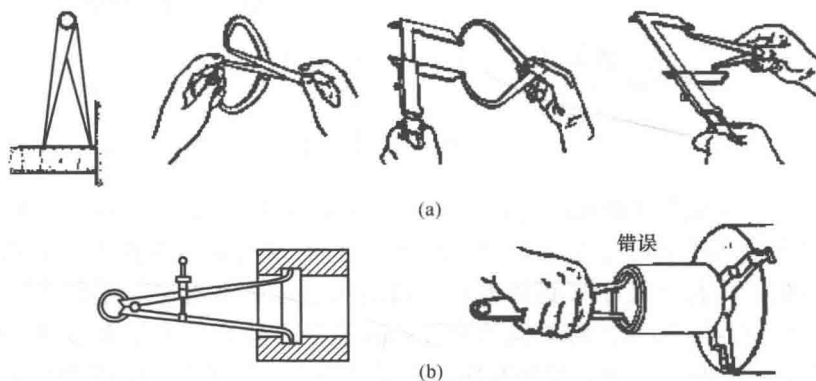


图 1-13 卡钳取尺寸和测量方法

用内卡钳测量内径时，应使两个钳脚的测量面的连线正好垂直相交于内孔的轴线，即钳脚的两个测量面应是内孔直径的两端点。因此，测量时应将下面的钳脚的测量面停在孔壁上作为支点，上面的钳脚由孔口略往里面一些逐渐向外试探，并沿孔壁圆周方向摆动，当沿孔壁圆周方向能摆动的距离为最小时，则表示内卡钳脚的两个测量面已处于内孔直径的两端点了。再将卡钳由外至里慢慢移动，可检验孔的圆度公差。用已在钢直尺上或在外卡钳上取好尺寸的内卡钳去测量内径，就是比较内卡钳在零件孔内的松紧程度。如内卡钳在孔内有较大的自由

摆动时，就表示卡钳尺寸比孔径内小了；如内卡钳放不进，或放进孔内后紧得不能自由摆动，就表示内卡钳尺寸比孔径大了；如内卡钳放入孔内，按照上述的测量方法能有 1~2mm 的自由摆动距离，这时孔径与内卡钳尺寸正好相等。测量时不要用手抓住卡钳测量，如图 1-13 (b) 所示，这样手感就没有了，难以比较内卡钳在零件孔内的松紧程度，并使卡钳变形而产生测量误差。

六、万能角度尺

万能角度尺是用来测量精密零件内外角度或进行角度划线的角度量具。

万能角度尺的读数机构，如图 1-14 所示，是由刻有基本角度刻线的尺座 1，和固定在扇形板 6 上的游标 3 组成。扇形板可在尺座上回转移动（有制动头 5），形成了和游标卡尺相似的游标读数机构。

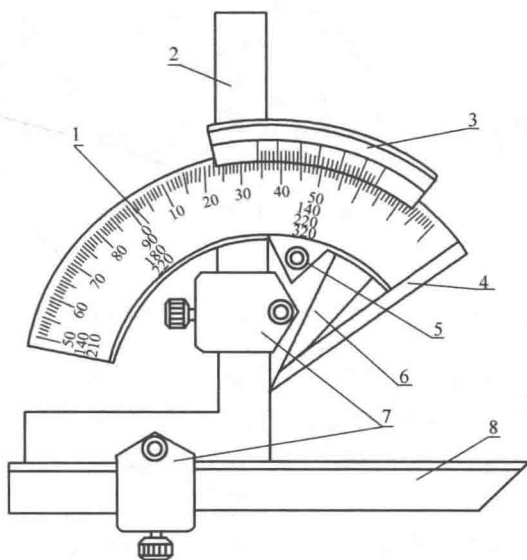


图 1-14 万能角度尺

1—尺座 2—角尺 3—游标 4—基尺 5—制动头 6—扇形板 7—卡块 8—直尺

万能角度尺尺座上的刻度线每格 1° 。由于游标上刻有 30 格，所占的总角度为 29° ，因此，两者每格刻线的度数差为：

$$1^\circ - \frac{29^\circ}{30} = \frac{1^\circ}{30} = 2'$$

即万能角度尺的精度为 $2'$ 。

万能角度尺的读数方法和游标卡尺相同，先读出游标零线前的角度是几度，再从游标上读出角度“分”的数值，两者相加就是被测零件的角度数值。

在万能角度上，基尺 4 是固定在尺座上的，角尺 2 是用卡块 7 固定在扇形板