

应用型本科系列教材·机械类

金工实习指导

王 兴 主编



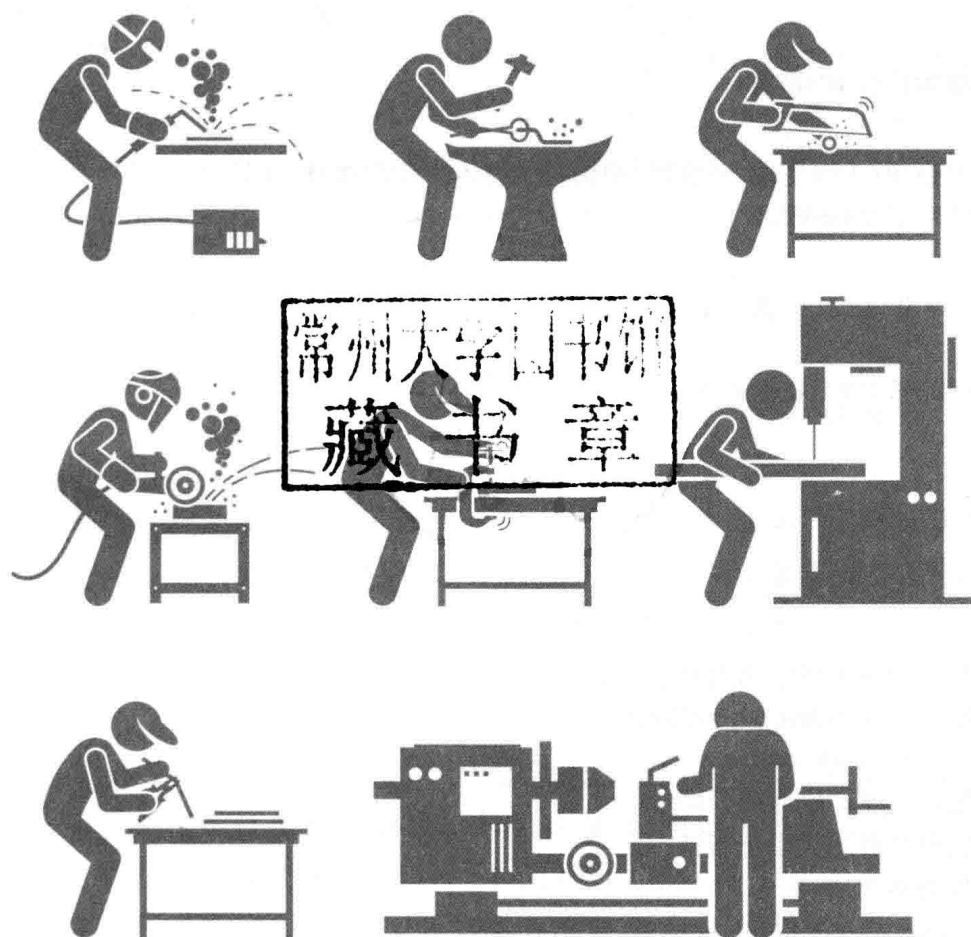
中国科学技术大学出版社

应用型本科系列教材 · 机械类

金工实习

金工实习指导

王 兴 主编



中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书是根据教育部新颁布的高等工科院校《金工实习教学基本要求》，结合编者所在应用型本科高校的学生实际能力总结编写而成的。全书分为金工实习基础理论及实践操作两个模块，内容包括常用量具、工程材料常识、金属切削加工基本知识、安全生产、车削、钳工、铣削、焊接、铸造等9章。

本书可作为高等学校及高等职业技术学院机械类、近机械类、非机械类专业的金工实习教材，也可供有关专业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金工实习指导/王兴主编. —合肥:中国科学技术大学出版社, 2017.4
ISBN 978-7-312-04082-5

I. 金… II. 王… III. 金属加工—实习 IV. TG-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 251106 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号, 230026
<http://press.ustc.edu.cn>
印刷 合肥市宏基印刷有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 787 mm×1092 mm 1/16
印张 9.75
字数 267 千
版次 2017 年 4 月第 1 版
印次 2017 年 4 月第 1 次印刷
定价 25.00 元

前 言

金工实习又叫金属加工工艺实习,是一门实践基础课,是机械类各专业学生学习工程材料及机械制造基础等课程必不可少的前置选修课,是非机械类有关专业教学计划中重要的实践教学环节。内容包括车工、铣工、电焊、特殊加工(线切割、激光加工)、数控车、数控铣、钳工和砂型铸造等。它对于培养学生的实践操作能力有很大的意义,而且可以使学生了解传统的机械制造工艺和现代机械制造技术。

“实习条件是实现教学目标的保障。”安徽三联学院工程训练中心是立足于安徽三联学院“厚德博学,砺能树人”的应用型、复合型人才的教育定位,围绕学校的总体发展而建设的。中心建设以科学发展观为指导,以社会发展为向导,坚持科学建设与实验室建设相结合,以能力、技能、素质的提高为核心,兼顾科研与创新。

工程训练中心于2013年底建成,占地700 m²,有两个实习车间。可以开设的实训项目有车工、铣工、钳工、焊工、砂型铸造、数控车工、数控铣工、特种加工、Pro/E设计与制造以及CAD/CAM一体化制造等,为培养具有较强分析能力、实践能力、创新能力的高素质应用型人才提供了保障。

本书获2014年安徽三联学院质量工程项目“应用型本科教材开发(14zlgc037)”资助。

本书由王兴担任主编,吴明明任副主编,本书编写人员如下:安徽三联学院王兴编写第一章、第二章、第三章和附录,吴明明编写第四章、第五章,张芹编写第六章,王建国编写第七章,牛海侠编写第八章,周金霞编写第九章。

本书的编写得到了安徽三联学院吕新生教授、张余贵工程师、陈祥林高级车工、周运掌高级铣工、陈言贵高级铸工、陈兆君高级钳工以及安徽国业工程设计咨询有限公司王大业高级工程师提出的宝贵意见,同时还得到了安徽科技学院张春雨副教授及安徽科技学院工程训练中心的热忱帮助,在此一并表示衷心感谢。

本书为安徽三联学院应用型本科校本教材,也可供其他相关专业学生学习参考。由于编者水平有限,时间仓促,书中难免有疏漏和欠妥之处,敬请各位读者批评指正,以便修正完善。

编 者

2017年2月

目 录

前言	(i)
----	-------

上篇 基础理论

第一章 常用量具	(3)
一、计量单位	(3)
二、长度量具	(3)
三、角度量具	(8)
四、量具的保养	(10)
练一练	(10)
第二章 工程材料常识	(11)
一、工程材料概述	(11)
二、金属材料	(12)
三、非金属材料	(15)
四、复合材料	(17)
练一练	(18)
第三章 金属切削加工基本知识	(21)
一、金属切削加工的概念	(21)
二、机械加工零件的技术要求	(23)
练一练	(25)
第四章 安全生产	(27)
一、车工安全技术	(27)
二、铣工安全技术	(28)
三、焊工安全技术	(28)
四、钳工安全技术	(28)
五、铸造工安全技术	(29)
练一练	(30)

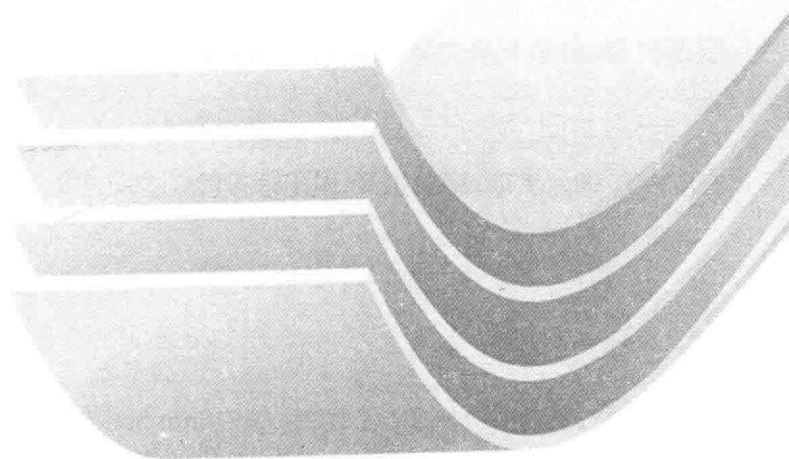
下篇 实践操作

第五章 车削	(33)
一、车削概述	(33)
二、工件的安装及车床附件	(37)

三、车刀	(41)
四、车床操作要点	(43)
五、车削工艺	(45)
练一练	(52)
第六章 钳工	(54)
一、钳工概述	(54)
二、划线、锯削和锉削	(56)
三、钻孔、扩孔和铰孔	(63)
四、攻螺纹和套螺纹	(67)
练一练	(70)
第七章 铣削	(73)
一、铣削概述	(74)
二、工件的安装及铣床附件	(77)
三、铣刀	(81)
四、铣削工艺	(83)
练一练	(87)
第八章 焊接	(89)
一、手工电弧焊	(89)
二、其他焊接方法	(96)
三、焊接缺陷及质量检验	(101)
练一练	(103)
第九章 铸造	(109)
一、铸造概述	(109)
二、造型	(112)
三、浇注工艺	(122)
四、铸造缺陷分析	(123)
五、现代铸造技术及其发展方向	(125)
练一练	(126)
附录一 综合练习(手锤制作)	(130)
附录二 金工实习报告	(136)
实习一 车工	(138)
实习二 铣工	(140)
实习三 钳工	(142)
实习四 焊工	(144)
实习五 砂型铸造	(146)
实习六 金工实习综合分析	(147)
附录三 金工实习守则	(148)
参考文献	(149)

上篇

基础理论



第一章 常 用 量 具

为保证质量,机器中的每个零件都必须根据图样制造。零件是否符合图样要求,只有经过测量工具检验才能知道,这些用于测量的工具称为量具。常用的量具有钢直尺、卡钳、游标卡尺、游标角度尺、千分尺、百分表、90°角尺等。

一、计量单位

为了保证测量的准确性,首先需要建立国际统一、稳定可靠的长度基准。机械制造中常采用的长度计量单位为毫米(mm)。在精密测量中,长度计量单位采用微米(μm)($1\ \mu\text{m} = 10^{-3}\ \text{mm}$)。在实际工作中,有时会遇到英制长度单位,其常以英寸(in)作为基本单位,它与法定计量单位的换算关系是 $1\ \text{in} = 25.4\ \text{mm}$ 。

机械制造中常用的角度单位为 rad, μrad 和($^{\circ}$)、($'$)、($''$)。

$1\ \mu\text{rad} = 10^{-6}\ \text{rad}$; $1^{\circ} = 0.0174533\ \text{rad}$ 。($^{\circ}$)、($'$)、($''$)的关系采用 60 进位制,即 $1^{\circ} = 60'$, $1' = 60''$ 。

二、长度量具

(一) 钢直尺

钢直尺的长度规格有 150 mm, 300 mm, 1 000 mm 三种,如图 1.1 所示。钢直尺结构简单,价格低廉,常用来测量毛坯和精度要求不高的零件。

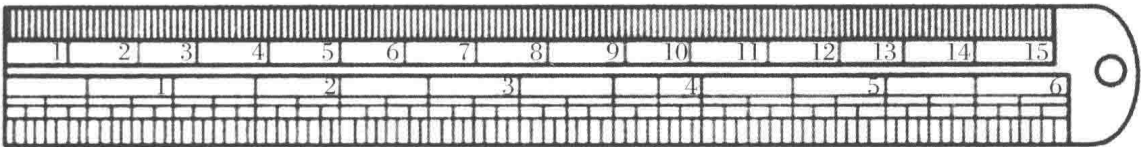


图 1.1 钢直尺

使用钢直尺时,应以工件端边作为测量基准,这样不仅便于找正测量基准,而且便于读数。用钢直尺测量柱形工件的直径时,先将尺的端边或某一刻线紧贴住被测件的一边,并来回摆动另一端,所获得的最大读数值,即是所测直径的尺寸。

(二) 卡钳

卡钳是一种间接量具,其本身没有分度,所以要与其他有分度的量具配合使用。卡钳根据用途可分为外卡钳和内卡钳两种,前者用于测量外尺寸,后者用于测量内尺寸,如图 1.2 所示。卡钳常用于测量精度不高的工件。如果操作正确,测量精度可达 $0.02\sim0.05\ \text{mm}$ 。

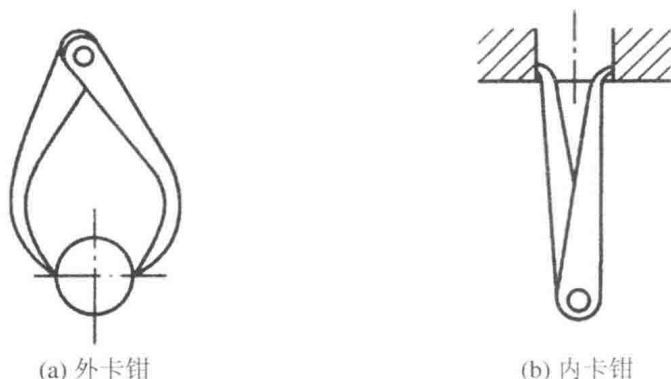


图 1.2 外、内卡钳

(三) 游标卡尺

游标卡尺是机械加工中广泛使用的一种量具。它可以直接测量出工件的内径、外径、中心距、宽度、长度和深度等。游标卡尺的测量精度有 0.1 mm, 0.05 mm 和 0.02 mm 三种, 测量范围有 0~125 mm, 0~200 mm, 0~500 mm 等。

1. 游标卡尺的分度原理

游标卡尺由尺身、游标、尺框所组成, 如图 1.3 所示。按游标读数值的不同, 分为 0.1 mm (1/10), 0.05 mm (1/20) 和 0.02 mm (1/50) 三种规格。这 3 种游标卡尺的尺身是相同的, 尺身分度每小格为 1 mm, 每大格为 10 mm, 只是游标与尺身刻线宽度相对应的关系不同。

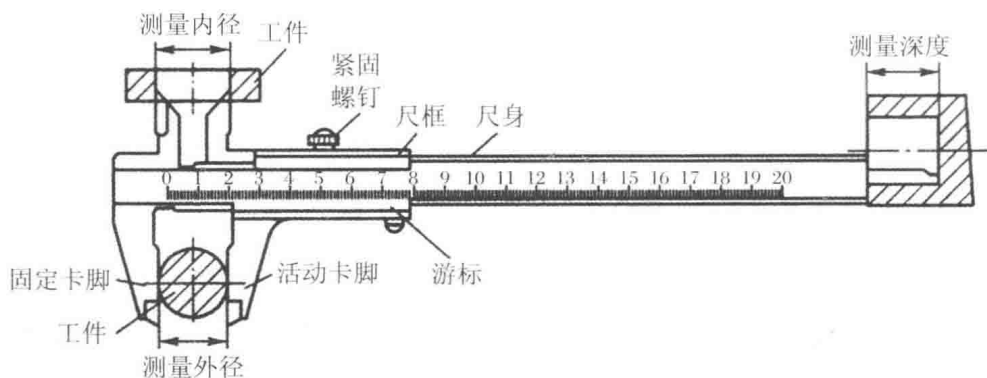


图 1.3 游标卡尺的结构

下面以 0.02 mm 游标卡尺为例来说明其分度原理。游标卡尺的尺身每格刻线宽度为 1 mm, 使尺身上 49 格刻线的宽度与游标上 50 格刻线的宽度相等, 则游标的每格刻线宽度为 $49/50 = 0.98(\text{mm})$, 尺身和游标的刻线间距之差 (即每小格的差值) 为 $1.00 - 0.98 = 0.02(\text{mm})$ 。这个差值就是 0.02 mm 游标卡尺的分度值。0.02 mm 游标卡尺的分度原理如图 1.4 所示。

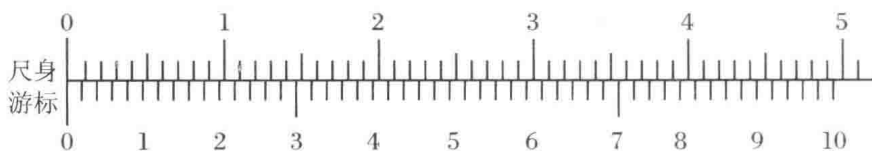


图 1.4 游标卡尺的分度原理

与上述分度原理相同,0.05 mm 游标卡尺是使尺身上的 19 格刻线的宽度与游标上 20 格刻线的宽度相等,则游标的每格刻线宽度为 $19/20 = 0.95(\text{mm})$,尺身和游标的刻线间之差为 $1.00 - 0.95 = 0.05(\text{mm})$ 。这个差值就是 0.05 mm 游标卡尺的分度值。

2. 游标卡尺的读数方法

使用游标卡尺测量工件,读数可分为下面 3 个步骤(以 0.02 mm 游标卡尺为例)。

(1) 读整数

读出游标零线左边最近的尺身分度值,该数值就是被测件的整数值。

(2) 读小数

找出与尺身刻线对准的游标刻线,将游标格数乘以游标分度值 0.02 所得的值,即为被测件的小数值。

(3) 整个读数

把上面(1)和(2)两次读数值相加,就得被测工件的整个读数值。

如图 1.5 所示,示例读数为

$$23 + 10 \times 0.02 = 23.20(\text{mm})$$

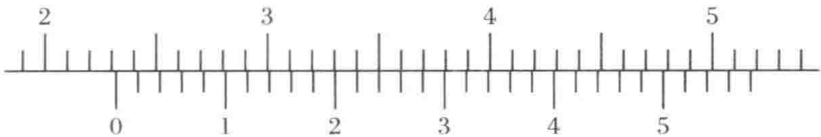


图 1.5 读数示例

3. 游标卡尺的使用方法

首先应根据所测工件的部位和尺寸精度,正确合理选择卡尺的种类和规格。测量工件时,应使量爪逐渐靠近工件并轻微接触,同时注意不要歪斜,以免读数产生误差,如图 1.6 所示。

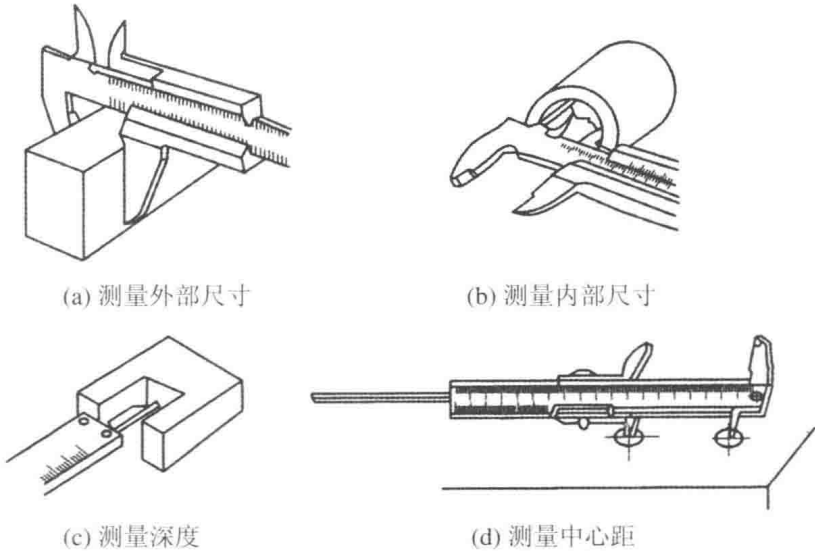


图 1.6 游标卡尺的使用方法

(四) 千分尺

千分尺是一种精密量具。生产中常用的千分尺的测量精度为 0.01 mm。它的精度比游标

卡尺高,并且比较灵敏。因此,对于加工精度要求较高的零件尺寸,要用千分尺来测量。千分尺的种类很多,有外径千分尺、内径千分尺、深度千分尺等,其中以外径千分尺应用最为普遍,外径千分尺的结构如图 1.7 所示。

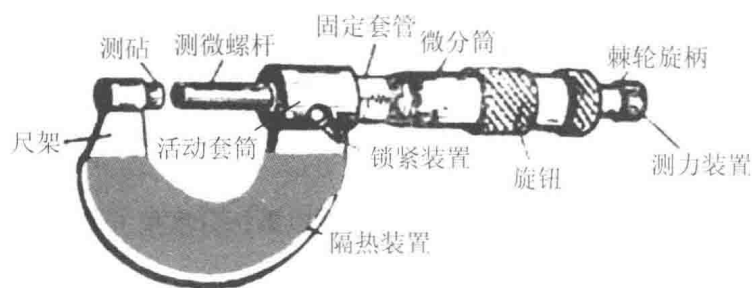


图 1.7 外径千分尺的结构

外径千分尺按其测量范围划分,可分为 0~25 mm, 25~50 mm, 50~75 mm, 75~100 mm 等多种规格。

1. 千分尺的分度原理

外径千分尺是利用螺旋传动原理,将角位移变成直线位移来进行长度测量的。如图 1.7 所示,活动套筒与其内部的测微螺杆连接成一体,上面刻有多条等分刻线,当活动套筒旋转一周时,由于测微螺杆的螺距一般为 0.5 mm,因此它就轴向移动 0.5 mm。当活动套筒转过一格时,测微螺杆轴向移动距离为 $0.5/50 = 0.01(\text{mm})$,这就是千分尺的分度原理。

2. 千分尺的读数方法

千分尺的读数机构由固定套筒和活动套筒组成。固定套筒上的纵向刻线是活动套筒读数值的基准线,而活动套筒锥面的端面是固定套筒读数值的指示线。

固定套筒纵刻线的两侧各有一排均匀刻线,刻线的间距都是 1 mm,且相互错开 0.5 mm,标出数字的一侧表示毫米整数,未标数字的一侧即为 0.5 mm 数。

用千分尺进行测量时,其读数可分为以下三个步骤。

(1) 读整数

读出活动套筒锥面的端面左边在固定套筒中露出来的刻线数值,即为被测件的毫米整数或 0.5 mm 数。

(2) 读小数

找出与基准线对准的活动套筒上的刻线数值,如果此时整数部分的读数值为毫米整数,那么该刻线数值就是被测件的小数值;如果此时整数部分的读数值为 0.5 mm 数,则该刻线数值还要加上 0.5 mm 才是被测件的小数值。

(3) 整个读数

将上面两次读数相加,就是被测件的整个读数。

千分尺的读数示例如图 1.8 所示。

3. 千分尺的正确使用

使用前,要检查千分尺的各部分是否灵活可靠,对零是否正确,例如,活动套筒的转动是否灵活,测微螺杆的移动是否平稳,锁紧装置的作用是否可靠等。还要把工件的测量表面擦干净,以免污物影响测量精度。测量时,要使测微螺杆轴线与工件的被测尺寸方向一致,不要倾斜。转动活动套筒,当测量面将与工件表面接触时,改为转动棘轮(测力装置),直到棘轮发出“咔咔”

的响声后,方能进行读数。最好在被测件上直接读数。如果必须取下千分尺读数,应使用锁紧装置把测微螺杆锁住,再轻轻滑出千分尺。

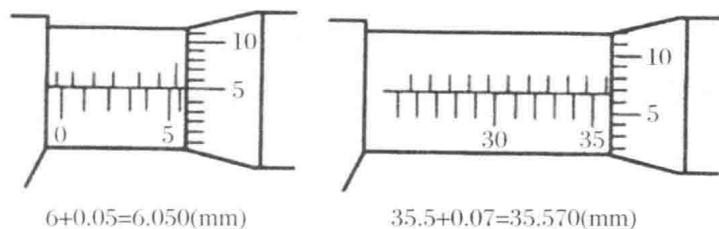


图 1.8 千分尺的读数

(五) 百分表

百分表是精密量具,主要用于校正工件的安装位置,检验零件的形状、位置误差以及测量零件的内径等。常用的百分表测量精度为 0.01 mm。

1. 百分表的读数方法

图 1.9 所示的百分表刻度盘上刻有 100 个等分格,大指针每转动一格,相当于测量杆移动 0.01 mm。当大指针转一圈时,小指针转动一格,相当于测量杆移动 1 mm。用手转动表壳时,刻度盘也跟着转动,可使大指针对准刻度盘上的任一刻度。

百分表的读数方法为:先读小指针转过的刻度数(毫米整数),再读大指针转过的刻度数(小数部分),并乘以 0.01,然后两者相加,即得到所测量的数值。

2. 百分表的使用注意事项

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,没有任何卡滞现象,且每次手松开后,指针能回到原来的刻度位置。

② 使用时,必须把百分表固定在可靠的夹持架(表架)上,如图 1.10 所示。切不可随便夹在不稳固的地方,否则容易造成测量结果不准确,或摔坏百分表。

③ 测量平面时,百分表的测量杆要与平面垂直,测量圆柱形工件时,测量杆要与工件的中心线垂直,否则将使测量杆活动不灵或测量结果不准确。

④ 测量时,不要使测量杆的行程超过它的测量范围,不要使表头突然撞到工件上,也不要使用百分表测量表面粗糙或明显凹凸不平的工件。



图 1.9 百分表的结构

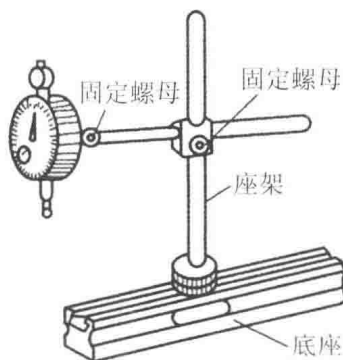


图 1.10 百分表的固定

⑤ 为方便读数,一般在测量前都将大指针指到刻度盘的零位。对零位的方法是:先将测量头与测量面接触,并使大指针转过一圈左右(目的是在测量中既能读出正数也能读出负数),然后把表夹紧,并转动表壳,使大指针指到零位。然后再轻轻提起测量杆几次,检查放松后大指针的零位有无变化。如无变化,说明零位已对好,否则要重新对零。

⑥ 百分表不用时,应使测量杆处于自由状态,以免使表内弹簧失效。

(六) 刀口形直尺

刀口形直尺是用光隙法检验直线度或平面度的直尺,其形状如图 1.11 所示。

刀口形直尺的规格用刀口长度表示,常用的有 75 mm、125 mm、175 mm、225 mm 和 300 mm 等。检验时,将刀口形直尺的刀口与被检平面接触,并在尺后面放一个光源,然后从尺的侧面观察被检平面与刀口之间的漏光大小并判断误差情况,如图 1.11 所示。

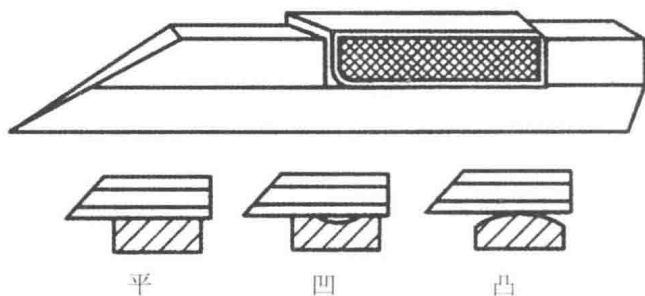


图 1.11 刀口形直尺及其应用

(七) 塞尺

塞尺是用来检查两个贴合面之间间隙的薄片量尺。如图 1.12 所示,它由一组薄钢片组成,每片的厚度从 0.01 mm 到 0.08 mm 不等。测量时用塞尺直接塞进间隙,当一片或数片刚好能塞进两个贴合面之间时,则该片或数片的厚度(可由每片片身上的标记读出),即为这两个贴合面的间隙值。

使用塞尺测量时选用的薄片越小越好,而且必须先擦净尺面和工件,测量时不能使劲硬塞,以免尺片弯曲或折断。

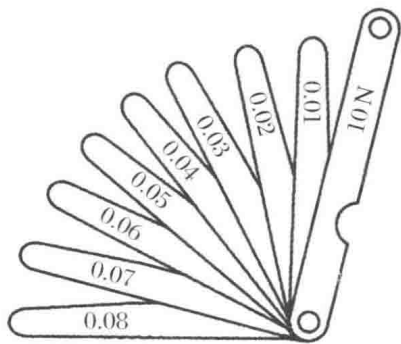


图 1.12 塞尺

三、角度量具

(一) 90°角尺

90°角尺是检验直角用非刻线量尺,用于检查工件的垂直度。检测时,将 90°角尺的一边与工件一面贴紧,工件的另一面与 90°角尺的另一边相接触,可根据接触面之间缝隙的大小来判断角度的误差情况。90°角尺如图 1.13 所示。

(二) 游标万能角度尺

游标万能角度尺是用游标读数,可测任意角度的量尺,一般用来测量零件的内外角度,它的构造如图 1.14 所示。

游标万能角度尺的读数机构是根据游标原理制成的。以分度值为 $2'$ 的游标万能角度尺为例,其主尺分度线每格为 1° ,而游标刻线每格为 $58'$,即主尺 1 格与游标 1 格的差为 $2'$,它的读数方法与游标卡尺完全相同。

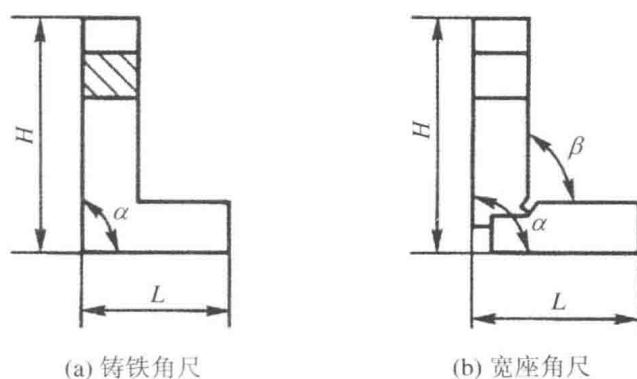


图 1.13 90° 角尺

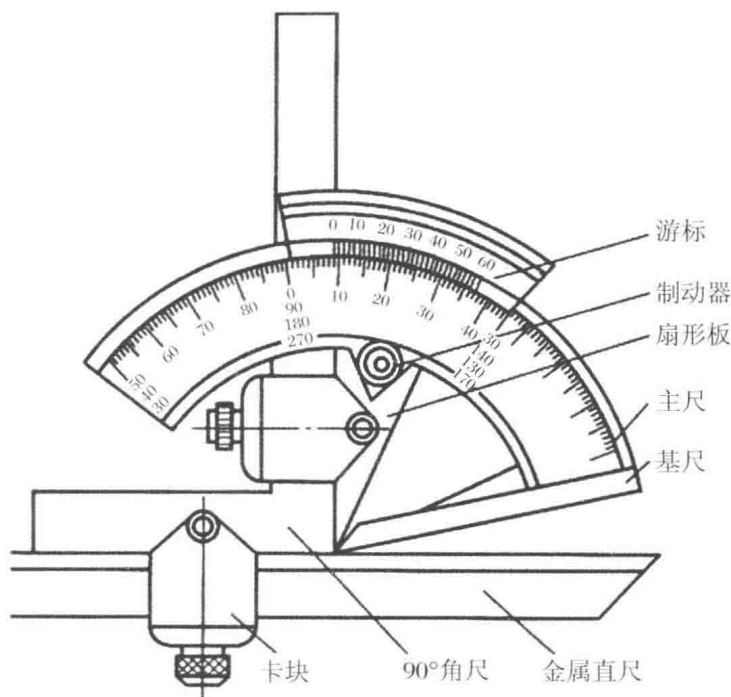


图 1.14 游标万能角度尺

测量时应先校对零位,当角尺与直尺均安装好,且 90° 角尺的底边及基尺均与直尺无间隙接触,主尺与游标的“0”线对准时即调好了零位。使用时通过改变基尺、角尺、直尺的相互位置,可测量游标万能角度尺测量范围内的任意角度。用游标万能角度尺测量工件时,应根据所测范围组合量尺。游标万能角度尺应用示例如图 1.15 所示。

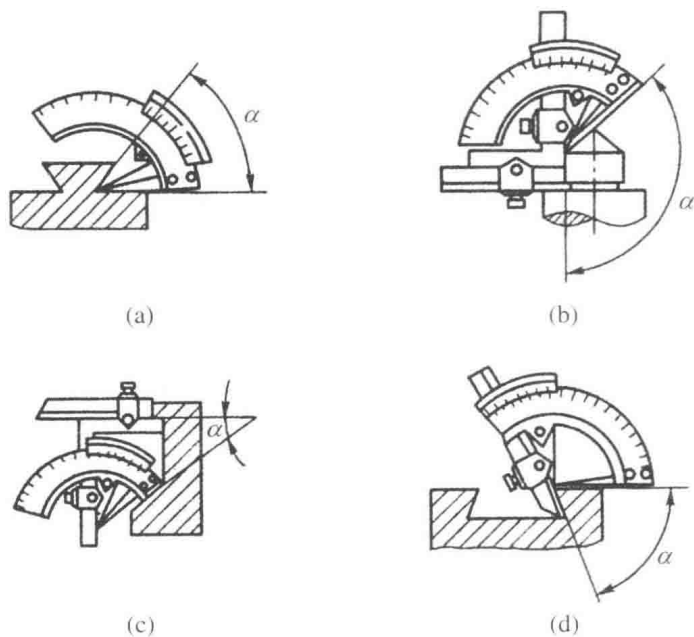


图 1.15 游标万能角度尺应用示例

四、量具的保养

量具保养的好坏,会直接影响量具的使用寿命长短和测量精度高低。

对量具的保养必须做到以下几点:

- ① 使用前必须用绒布将其擦拭干净。
- ② 不能用精密量具去测量粗糙或运动着的工件。
- ③ 测量时不能用力过猛、过大,也不能测量温度过高的工件。
- ④ 不能把量具乱扔、乱放,更不能将其当工具使用。
- ⑤ 不能用脏油清洗量具,更不能注入脏油。
- ⑥ 量具使用完,应将其擦拭干净后涂油并放入专用的量具盒内。

练一练

- ① 请使用游标卡尺测量签字笔的外径,并读数。
- ② 请使用游标卡尺测量水杯盖的内径,并读数。
- ③ 请使用游标卡尺测量铣床工作台定位槽的深度,并读数。
- ④ 请使用外径千分尺测量刀口直尺的厚度,并读数。
- ⑤ 请使用游标万能角度尺测量车床导轨燕尾槽的角度。
- ⑥ 请使用塞尺测量车床主轴与卡盘的间隙值。

第二章 工程材料常识

一、工程材料概述

翻开人类进化史,不难发现,材料的开发、使用和完善贯穿其始终。从天然材料的使用到陶器和青铜器的制造,从钢铁冶炼到材料合成,人类成功地生产出许多满足自身需求的材料,进而走出深山、洞穴,奔向茫茫平原和辽阔海洋,飞向广袤的太空。

人类社会的发展历史证明,材料是人类生产与生活的物质基础,是社会进步与发展的前提。当今社会,材料、信息和能源技术已构成人类现代社会大厦的三大支柱,并且能源和信息的发展都离不开材料,所以世界各国都把研究、开发新材料放在突出的地位上。

材料是人类社会可接受的、能经济地制造有用器件(或物品)的固体物质。工程材料是指在各个工程领域中使用的材料。工程上使用的材料种类繁多,有许多不同的分类方法。按化学成分、结合键的特点,可将工程材料分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类,见表 2.1。

表 2.1 工程材料的分类举例

金属材料		非金属材料			复合材料
黑色金属材料	有色金属材料	无机非金属材料	有机高分子材料		
碳素钢、合金钢、铸铁等	铝、镁、铜、锌及其合金等	水泥、陶瓷、玻璃等	合成高分子材料（塑料、合成纤维、合成橡胶等）	天然高分子材料（木材、纸、纤维、皮革等）	金属基复合材料、塑料基复合材料、橡胶基复合材料、陶瓷基复合材料等

金属材料可分为黑色金属材料和有色金属材料。黑色金属材料主要指铁、锰、铬及其合金,包括碳素钢、合金钢(锰钢、铬钢等)、铸铁等;有色金属材料包括轻金属及其合金、重金属及其合金等。非金属材料可分为无机非金属材料 and 有机高分子材料。无机非金属材料包括水泥、陶瓷、玻璃等;有机高分子材料包括塑料、橡胶及合成纤维等。上述两种或两种以上材料经人工合成后,获得的优于单个组成材料特性的材料称为复合材料。

工程材料按照用途可分为两大类,即结构材料 and 功能材料。结构材料通常指工程上对硬度、强度、塑性及耐磨性等力学性能有一定要求的材料,主要包括金属材料、陶瓷材料、高分子材料及复合材料等。功能材料是指具有光、电、磁、热、声等功能和效应的材料,包括半导体材料、磁性材料、光学材料、电解质材料、超导体材料、非晶和微晶材料、形状记忆合金等。

工程材料按照应用领域不同,又可分为信息材料、能源材料、建筑材料、生物材料 and 航空材料等。