



高职高专规划教材

# 金工实训

梁蓓 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

高职高专规划教材

# 金工实训

主 编 梁 蓓  
副主编 熊运星 王晓珺  
参 编 温 瑞  
主 审 梁义田

江苏工业学院图书馆  
藏书章



机械工业出版社

本书共 11 章, 内容主要包括技术测量及常用测量器具、工程材料的基础知识、金属切削加工基础知识、车工、铣工、钳工、刨工、磨工、焊工、铸造、锻造与冲压。本书内容浅显易懂, 适宜教学和自学, 强调以实际操作为主, 重视培养动手能力。本书既可作为高职高专学生的实训教材, 也可作为企业工人以及岗位培训的培训或自学用书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

金工实训/梁蓓主编. —北京: 机械工业出版社,  
2008. 9

高职高专规划教材

ISBN 978 - 7 - 111 - 24878 - 1

I. 金… II. 梁… III. 金属加工 - 实习 - 高等  
学校: 技术学校 - 教材 IV. TG - 45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 124322 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 王海峰

责任编辑: 王海峰 章承林 版式设计: 霍永明 责任校对: 魏俊云

封面设计: 陈沛 责任印制: 邓博

北京京丰印刷厂印刷

2008 年 9 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 9 印张 · 222 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 24878 - 1

定价: 16.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379756

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

金工实习是工科类院校机械类和近机械类各专业教学中重要的实践性环节，是学生学习后继专业课程的重要基础。本书在编写过程中，以教学基本要求为主导，内容深入浅出，紧密联系目前生产实际过程，努力使本教材易懂好学，以利于培养学生的实践能力。

高职机械类专业的教学计划中一般都不开设金属工艺课堂教学课程，而是通过2~4周的实践教学来完成此课程的学习，同时学生在金工实训之前可能不具备任何操作技能，甚至完全缺乏对工厂生产和各工种的感性认识，所以要在数周实训期间内完成多个工种的实训并达到一定的技术等级，显然是不切实际的，因此本着“理论够用、突出实践”的指导思想，只要求学生对本书中常用的、普通的机械加工工种有一个基本的了解。

本书由浙江工商职业技术学院梁蓓任主编，浙江工商职业技术学院熊运星和青海大学王晓珺任副主编，浙江工商职业技术学院温瑞参加编写，青海大学梁义田教授任主审。

本书在编写过程中，浙江工商职业技术学院刘黎、董雷雷、苏姿燕、柳顺康、陈琪、章巨君、陈秋茶给予编者很大帮助，编者在此深致谢意。

由于本书编写时间比较仓促以及编者水平所限，书中难免有错误和疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前言

第1章 技术测量及常用测量器具 .....	1
1.1 技术测量的基本知识 .....	1
1.2 常用测量器具 .....	1
第2章 工程材料的基础知识 .....	8
2.1 工程材料的分类 .....	8
2.2 金属材料的性能、种类和用途 .....	9
2.3 钢铁材料现场鉴别方法 .....	14
2.4 常用非金属材料、复合材料的性能和用途 .....	18
第3章 金属切削加工基础知识 .....	20
3.1 金属切削加工的概念 .....	20
3.2 机械加工零件的技术要求 .....	21
3.3 刀具材料 .....	24
3.4 安全生产 .....	25
第4章 车工 .....	26
4.1 概述 .....	26
4.2 卧式车床 .....	27
4.3 车刀 .....	29
4.4 工件的安装及附件 .....	33
4.5 车削基本工艺 .....	35
4.6 车工安全技术 .....	46
第5章 铣工 .....	47
5.1 概述 .....	47
5.2 铣床及附件 .....	49
5.3 铣刀 .....	53
5.4 铣平面、斜面和台阶面 .....	55
5.5 铣沟槽 .....	58
5.6 铣等分零件 .....	59
5.7 铣工安全技术 .....	62
第6章 钳工 .....	63
6.1 概述 .....	63
6.2 划线 .....	64
6.3 錾削 .....	69
6.4 锯削 .....	75
6.5 锉削 .....	78
6.6 钻孔、扩孔、铰孔和铰孔 .....	84
6.7 攻螺纹和套螺纹 .....	90
6.8 机器装拆 .....	93
6.9 钳工安全技术 .....	98
第7章 刨工 .....	99
7.1 概述 .....	99
7.2 刨床 .....	99
7.3 刨刀及其安装 .....	101
7.4 工件的装夹 .....	101
7.5 刨削操作 .....	101
7.6 刨工安全技术 .....	103
第8章 磨工 .....	104
8.1 概述 .....	104
8.2 磨床 .....	104
8.3 砂轮的安裝、平衡及修整 .....	105
8.4 磨削操作 .....	108
8.5 磨工安全技术 .....	110
第9章 焊工 .....	111
9.1 概述 .....	111
9.2 焊条电弧焊 .....	112
9.3 气焊和气割 .....	120
9.4 其他焊接简介 .....	121
9.5 焊接质量及分析 .....	123
第10章 铸造 .....	125
10.1 概述 .....	125
10.2 铸造的工藝过程 .....	125
10.3 砂型铸造 .....	126
10.4 铸工安全技术 .....	131
第11章 锻造与冲压 .....	133
11.1 概述 .....	133
11.2 锻压生产过程 .....	133
11.3 自由锻 .....	133
11.4 板料冲压 .....	137
11.5 锻压安全技术 .....	139
参考文献 .....	140

# 第1章 技术测量及常用测量器具

## 1.1 技术测量的基本知识

### 1.1.1 技术测量的含义

测量是以确定被测对象的量值而进行的实验过程。在这个实验过程中，通常是将被测的量与作为计量单位的标准量进行比较，从而确定二者比值。

检验是指判断被测量是否在规定范围内的过程，它不要求得到被测量的具体数值。

检测是指检验和测量的总称。

检查是指测量和外观验收等方面的过程。

### 1.1.2 测量要素

任何一个完整的测量过程，都包括被测对象、计量单位、测量方法和测量精度4个方面，通常将它们统称为测量过程四要素。被测对象的结构特征和测量要求在很大程度上决定了测量方法。测量方法是指测量时所采用的计量器具和测量条件的综合。测量精度是指测量结果与其真值的一致程度。

### 1.1.3 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 mm， $1\text{mm} = 10^{-3}\text{m}$ 。在精密测量中，长度计量单位采用  $\mu\text{m}$ ， $1\mu\text{m} = 10^{-3}\text{mm}$ 。在超精密测量中，长度计量单位采用 nm， $1\text{nm} = 10^{-3}\mu\text{m}$ 。在实际工作中，如遇到英制长度单位时，常以 in 作为基本单位，它与法定长度单位的换算关系是  $1\text{in} = 25.4\text{mm}$ 。

机械制造中常用的角度单位为 rad、 $\mu\text{rad}$  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  $1^\circ = 60'$ ， $1' = 60''$ 。

## 1.2 常用测量器具

### 1.2.1 长度量具

#### 1. 钢直尺

钢直尺是一种不可卷的钢质板状量尺。它是通过与被测尺寸比较，由分度标尺直接读数的一种通用长度量具。由于它结构简单、价格低廉，所以被广泛使用。生产中常用的是量程为 150mm、300mm 和 1000mm 3 种，如图 1-1 所示。

使用钢直尺时，应以工作端边作为测量基准，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，才是所测直径的尺寸。

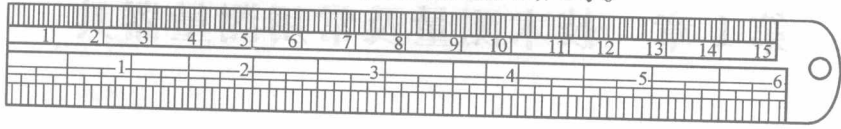


图 1-1 钢直尺

2. 卡钳

卡钳是一种间接量具，其本身没有分度，所以要与其他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。卡钳常用于测精度不高的工件。如果操作正确，测量精度可达 0.02 ~ 0.05mm。

3. 游标卡尺

游标卡尺是机械加工中使用最广泛的量具之一。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 0.1mm、0.05mm 和 0.02mm 3 种，测量范围有 0 ~ 125mm、0 ~ 200mm、0 ~ 500mm 等。

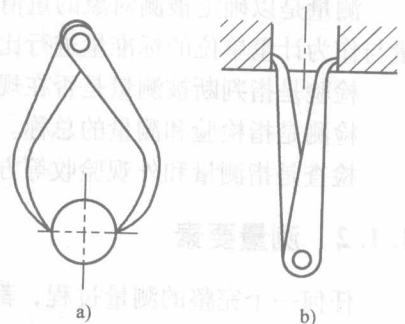


图 1-2 外、内卡钳  
a) 外卡钳 b) 内卡钳

(1) 游标卡尺的分度原理 游标卡尺是由尺身、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) 3 种。这 3 种游标卡尺的尺身是相同的，每小格为 1mm，每大格为 10mm。只是游标与尺身刻线宽度相对应的关系不同。

下面以 0.02mm 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 1mm，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  $49\text{mm}/50 = 0.98\text{mm}$ ，尺身和游标的刻线间距之差为  $1.00\text{mm} - 0.98\text{mm} = 0.02\text{mm}$ 。这个差值就是 0.02mm 游标卡尺的分度值。0.02mm 游标卡尺的分度原理如图 1-4 所示。

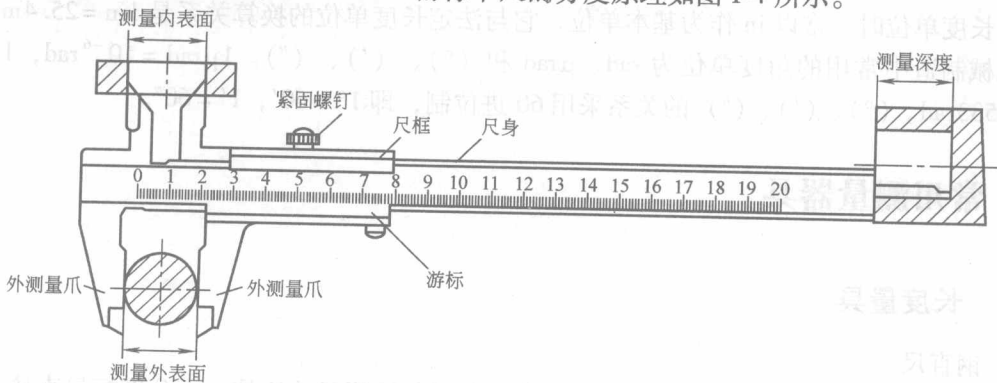


图 1-3 游标卡尺的结构

与上述分度原理相同，0.05mm 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  $19\text{mm}/20 = 0.95\text{mm}$ , 尺身和游标的刻线间之差为  $1.00\text{mm} - 0.95\text{mm} = 0.05\text{mm}$ 。这个差值就是  $0.05\text{mm}$  游标卡尺的分度值。游标的刻线间之差为  $1.00\text{mm} - 0.95\text{mm} = 0.05\text{mm}$ 。这个差值就是  $0.05\text{mm}$  游标卡尺读数值。

(2) 游标卡尺的读数方法 使用游标卡尺测量工件时, 读数可分为下面 3 个步骤 (以  $0.02\text{mm}$  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。



图 1-4 游标卡尺分度原理

2) 读小数。找出与尺身刻线对准的游标刻线, 将其顺序数乘以游标分度值  $0.02\text{mm}$  所得的积, 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, 就是被测工件的整个读数值。读数示例如图 1-5 所示, 读数:  $23\text{mm} + 10 \times 0.02\text{mm} = 23.20\text{mm}$ 。

(3) 游标卡尺的正确使用 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。其次, 使用游标卡尺时, 要先校对零点即游标零线与尺身零线, 游标尾线与尺身的相应刻线都应相互对准。再者, 测量工件时, 应使量爪逐渐靠近工件并轻微地接触, 同时注意不要歪斜, 以免读数产生误差。

#### 4. 千分尺

千分尺是用微分筒读数的, 示值为  $0.01\text{mm}$  的量尺, 是机械加工中使用最广泛的精密量具之一。千分



图 1-5 读数示例

尺一般按用途可分为外径、内径和深度千分尺 3 种类型。外径千分尺的结构如图 1-6 所示。

外径千分尺按其测量范围有  $0 \sim 25\text{mm}$ 、 $25 \sim 50\text{mm}$ 、 $50 \sim 75\text{mm}$ 、 $75 \sim 100\text{mm}$  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 1-6 所示, 活动套筒与其内部的测微螺杆连接成一体, 上面刻有 50 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  $0.5\text{mm}$ , 因此它就轴向移动  $0.5\text{mm}$ 。当活动套筒转过一格时, 测微螺杆轴向移动距离为  $0.5\text{mm}/50 = 0.01\text{mm}$ , 这就是千分尺的分度原理。

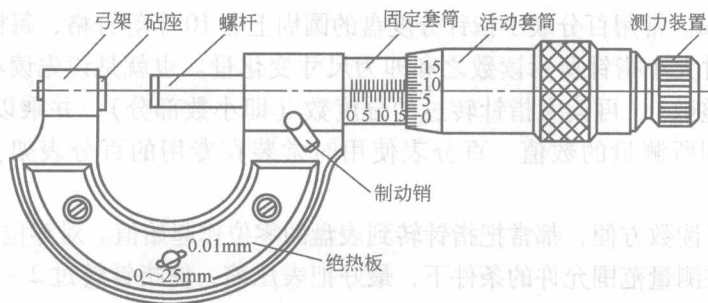


图 1-6 外径千分尺结构



基文(2) 千分尺的读数方法 千分尺的读数机构是由固定套筒和活动套筒组成的。固定套筒上的纵向刻线是活动套筒读数值基准线，而活动套筒锥面的端面是固定套筒读数值指示线。

(1) 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1mm，且相互错开0.5mm，标出数字的一侧表示mm数，未标数字的一侧即为0.5mm数。

用千分尺进行测量时，其读数也可分为以下3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露出来的刻线数值，即被测件的mm整数或0.5mm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mm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0.5mm数，则该刻线数值还要加上0.5mm后才是被测件的小数值。

3) 整个读数。将上面两次读数值相加，就是被测件的整个读数值。千分尺的读数如图1-7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，是否对零、正确。例如微分筒的转动是否灵活，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，以免脏物影响测量精度。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。转动微分筒，当测量面将与工件表面接触时，应改为转动棘轮（测力装置），直到棘轮发出“咔咔”的响声后，方能进行读数，这时最好在工件上直接读数。如果必须取下千分尺读数时，应使用锁紧装置把测微螺杆锁住，再轻轻滑出千分尺。

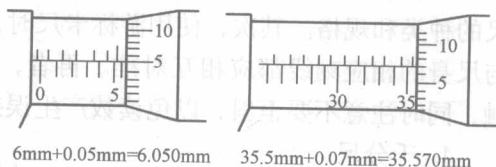


图 1-7 千分尺的读数

5. 百分表 百分表是分度值为0.01mm，指针可转一周以上的机械式量表。它只能测出相对数值，不能测出绝对数值。主要用来检查工件的尺寸、形状和位置误差（如圆度、平面度、垂直度、跳动等），也常用于工件的精密找正。

百分表的结构如图1-8所示。当测量杆向上或向下移动1mm时，通过齿轮传动系统带动大指针转一圈，小指针转一格。分度盘在圆周上有100等分的分度线，其每格的读数为 $1\text{mm}/100 = 0.01\text{mm}$ 。常用百分表小指针分度盘的圆周上有10个等分格，每格为1mm。

百分表测量时大小指针所示读数之和即为尺寸变化量。也就是说先读小指针转过的分度值（即mm的整数），再读大指针转过的分度数（即小数部分），并乘以0.01，然后两者相加，即可得到所测量的数值。百分表使用时常装在专用的百分表架上，如图1-9所示。

测量时，为了读数方便，都常把指针转到表盘的零位作起始值。对零位时先使测量头与基准表面接触，在测量范围允许的条件下，最好把表压缩，使指针转过2~3圈后再把表紧固住，然后对零位。同时，百分表的测量要与被测工件表面保持垂直，而测量圆柱形工件时，测量杆的中心线则应垂直地通过被测工件的中心线，否则将增大测量误差。



图 1-8 百分表的结构图

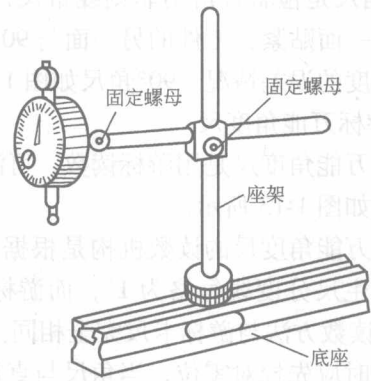


图 1-9 百分表的固定

## 6. 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 1-10 所示。

刀口形直尺的规格用刀口长度表示，常用的有 75mm、125mm、175mm、225 mm 和 300mm 等几种。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 1-10 所示。

## 7. 塞尺

塞尺是用来检查两贴合面之间间隙的薄片量尺，如图 1-11 所示。它是由一组薄片组成，其每片的厚度 0.01 ~ 0.08mm 不等，测量时用塞尺直接塞进间隙，当一片或数片能塞进两贴合面之间，则该一片或数片的厚度（可由每片片身上的标记读出），即为两贴合面的间隙值。

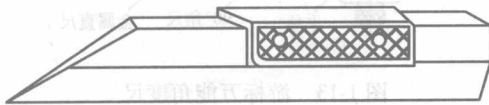


图 1-10 刀口形直尺及其应用

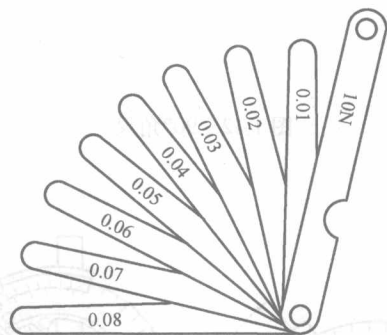


图 1-11 塞尺

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，以免尺片弯曲和折断。

## 1.2.2 角度量具

### 1. 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，可根据接触之间缝隙的大小来判断角度的误差情况。90°角尺如图1-12所示。

## 2. 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1-13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格与游标的1格的差为2'，它的读数方法与游标卡尺完全相同。

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实例如图1-14所示。

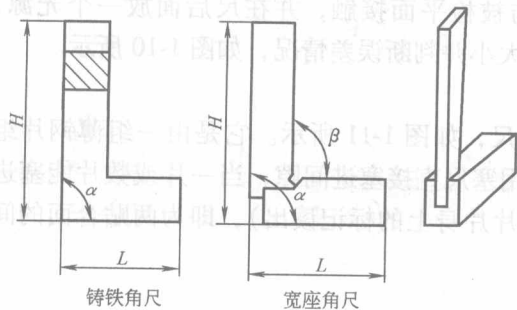


图1-12 90°角尺

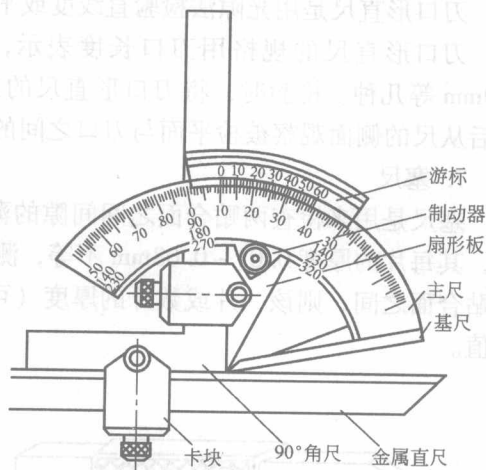


图1-13 游标万能角度尺

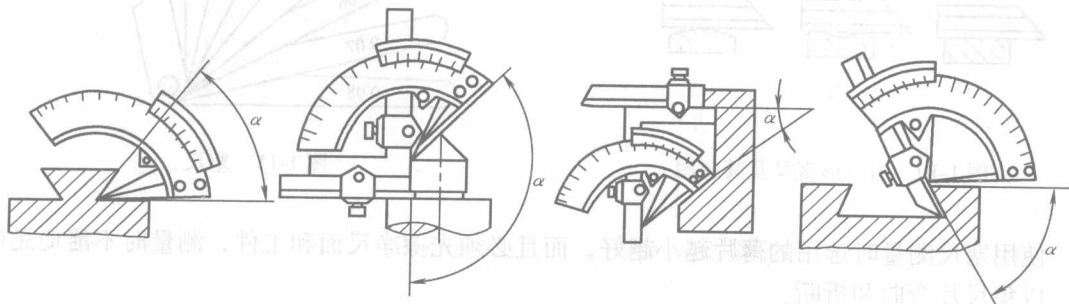


图1-14 游标万能角度尺应用实例

### 1.2.3 量具的保养

量具保养得好坏，会直接影响它的使用寿命和零件的测量精度。因此，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毛坯或运动着的工件。
- 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) 量具使用后，应将其清洗干净后涂油并放入专用的量具盒内。

表 1-5 量具的保养

量具名称	材料	保养方法	备注
游标卡尺	合金钢	用软布擦净，涂防锈油，放入量具盒内。	游标卡尺
千分尺	合金钢	用软布擦净，涂防锈油，放入量具盒内。	
百分表	合金钢	用软布擦净，涂防锈油，放入量具盒内。	
量块	合金钢	用软布擦净，涂防锈油，放入量具盒内。	
塞规	合金钢	用软布擦净，涂防锈油，放入量具盒内。	
环规	合金钢	用软布擦净，涂防锈油，放入量具盒内。	
深度游标卡尺	合金钢	用软布擦净，涂防锈油，放入量具盒内。	深度游标卡尺
外径千分尺	合金钢	用软布擦净，涂防锈油，放入量具盒内。	
内径千分尺	合金钢	用软布擦净，涂防锈油，放入量具盒内。	内径千分尺
圆锥量规	合金钢	用软布擦净，涂防锈油，放入量具盒内。	
螺纹量规	合金钢	用软布擦净，涂防锈油，放入量具盒内。	螺纹量规
光滑量规	合金钢	用软布擦净，涂防锈油，放入量具盒内。	
三坐标测量机	合金钢	用软布擦净，涂防锈油，放入量具盒内。	三坐标测量机
激光干涉仪	合金钢	用软布擦净，涂防锈油，放入量具盒内。	

游标卡尺、百分表、千分尺、量块、塞规、环规、深度游标卡尺、外径千分尺、内径千分尺、圆锥量规、螺纹量规、光滑量规、三坐标测量机、激光干涉仪等量具的保养方法如下：

## 第 2 章 工程材料的基础知识

### 2.1 工程材料的分类

用来制作工程结构和机器零件的材料称为工程材料。

工程材料按其成分特点可分为金属材料、非金属材料 and 复合材料，见表 2-1；按其用途可分为结构材料、工具材料和功能材料；按其应用的领域又可分为机械工程材料、建筑工程材料、能源工程材料、信息工程材料、生物工程材料等。

表 2-1 工程材料按成分特点分类

金属材料	钢铁材料	钢	非合金钢（碳钢）
			低合金钢
			合金钢
		铸铁	灰铸铁
			球墨铸铁
	蠕墨铸铁		
	可锻铸铁		
	非铁金属材料		轻金属（铝、镁、钛等）
			重金属（铜、铅、锌、镍、汞等）
			贵金属（金、银、铂、铑等）
		稀土金属（钆、镧、铈、镨、钕等）	
		稀有金属（铍、钨、钼等）	
非金属材料	有机高分子材料	塑料	
		橡胶	
		合成纤维	
	陶瓷材料	普通陶瓷（用天然无机物烧结制成）	
		特种陶瓷（用精制高纯无机物制成）	
复合材料	金属基复合材料	纤维增强金属、粒子增强金属、包层金属等	
	无机非金属基复合材料	钢筋混凝土、夹网玻璃、纤维增强陶瓷等	
	有机材料基复合材料	碳纤维增强塑料、玻璃纤维增强塑料、金属纤维增强橡胶、棉纤维增强橡胶等	

钢铁材料是工业中应用最广、用量最多的金属材料。钢铁是钢和铁的合称。钢的种类较多，可根据需要直接用于制造产品；铁主要用于炼钢，也可经冲天炉或电炉等熔炼后获得各类铸铁，用于生产铸件。

非铁金属又分为重金属、轻金属、贵金属、稀有金属、稀土金属等。铝、铜及其合金是目前最常用的非铁金属，在工业和民用方面，都具有重要的作用。钛合金是一种高性能的轻质结构材料，它不仅具有高的比强度，还具有良好的耐热性和耐蚀性，是航空航天工业制造飞机、导弹、火箭等的重要结构材料。

非金属材料分为有机高分子材料和陶瓷材料。有机高分子材料应用广泛，特别是塑料的使用极为广泛。高分子材料的使用改变了长期以来以钢铁为核心的状况。陶瓷材料一般具有高硬度、高绝缘性、耐高温、耐腐蚀的特点，主要用于化工设备、电气绝缘件、机械加工刀具、发动机耐热元件等。

复合材料是指由两种或两种以上成分与物理、化学性能不同的物质，用适当工艺方法复合而成的多相固体材料，一般由基体和增强材料组成。经复合增强后，复合材料具有各组分材料不具备的某些优点。目前，从生活用品到机器、从船舶到飞船等各个领域，复合材料均已得到广泛应用。

材料的正确选择与构件的工作条件及由此提出的性能要求是分不开的。例如钢材具有较高的强度、较好的塑性，常用于制造受力要求较高的各类机器零件，但因为其密度较大，所以不适于制造飞机的结构件，这时选用质轻的铝合金或钛合金、复合材料则更合适；又如铝合金适合于需要质轻而强度中等的场合，但由于铝合金的熔点低，如果是在高温下使用就不合适了，这时最好选用高熔点的材料；再如，塑料具有良好的耐蚀性，可用在需要抗大气腐蚀的地方，但由于大多数塑料暴露在阳光下会发生老化，所以在室外长期使用时，选用塑料就不太合适。

## 2.2 金属材料的性能、种类和用途

### 2.2.1 金属材料的性能

金属材料的性能可分为使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用过程中所表现的性能，它包括物理性能（如密度、熔点、导电性、导热性等）、化学性能（如耐酸性、耐蚀性、耐热性等）和力学性能。工艺性能是指金属材料适应各种加工工艺所具备的性能。按加工方法的不同，分为铸造性能、锻压性能、焊接性能、热处理性能和切削加工性能等。

#### 1. 金属的力学性能

在机械制造中，金属材料的使用性能以力学性能最为重要。力学性能是指金属在力作用下所显示的与弹性和非弹性反应相关或涉及应力-应变关系的性能。

力学性能不仅可以为设计零件（构件）的截面尺寸提供依据，也可通过性能检测对产品加工工艺进行质量控制，而且还能为挖掘材料性能潜力，发展新材料提供评价依据。金属的力学性能主要包括强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

(1) 强度 强度是指金属材料抵抗永久变形（塑性变形）和断裂的能力。工程上常用的强度指标（判据）是屈服强度和抗拉强度。屈服强度用符号  $\sigma_s$  表示，单位为 MPa；抗拉强度用符号  $\sigma_b$  表示，单位为 MPa。抗拉强度代表材料抵抗断裂的能力。

(2) 塑性 塑性是指断裂前材料发生不可逆永久变形的能力。塑性指标判据是以拉伸试样断裂时的最大相对塑性变形量表示的。常用的塑性指标（判据）是断后伸长率和断面

收缩率。断后伸长率用符号  $\delta$  表示；断面收缩率用符号  $\psi$  表示。 $\delta$  与  $\psi$  的数值越大，则材料的塑性越好。良好的塑性是材料进行成形加工的必要条件，也是保证零件工作安全，不发生突然脆断的前提。

(3) 硬度 硬度是指材料抵抗局部变形，特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。硬度是衡量金属软硬的判据。机械制造业所用的工具如刀具、量具等必须具备足够的硬度，才能保证使用性能的要求。一些重要的机械零件如轴承、齿轮等也必须具备一定的硬度，才能正确使用。

材料的硬度值是通过硬度试验，在专用的硬度计上测定的。硬度试验的方法很多，有压入硬度试验法、划痕硬度试验法、回跳硬度试验法和超声波硬度试验法等。

布氏硬度试验是对一定直径的硬质合金球施加试验力压入试样表面，经规定保持时间后卸除试验力，测量试样表面压痕的表面积而获得硬度值。布氏硬度用符号 HBW 表示。

洛氏硬度试验是用锥角为  $120^\circ$  的金刚石圆锥体或直径为  $\phi 1.588\text{mm}$  的淬火钢球作压头，在规定的压力下压入工件表面，根据工件表面压痕深度来确定硬度值的一种方法。洛氏硬度值可直接从硬度计的刻度盘上读取。国家标准 GB/T230.1—2004 规定洛氏硬度用符号 HR 表示，根据压头和试验力的不同，常用的有 HRA、HRB、HRC 3 种标尺。

(4) 韧性 韧性是指金属在断裂前吸收变形能量的能力。韧性的判据是通过冲击试验测定。常用的指标有冲击吸收功，用符号  $A_k$  表示，单位是 J。 $A_k$  值越大，材料韧性越好。

(5) 疲劳强度 疲劳强度是指材料在一定的应力循环次数下不发生断裂的最大应力，用符号  $\sigma_{-1}$  表示。疲劳强度是在专门的疲劳试验机上测定的。

## 2. 金属的工艺性能

(1) 铸造性能 铸造性能是指金属在铸造成形过程中，获得外形准确、内部健全铸件的能力。它是铸造成形中重要的工艺性能，主要内容包括流动性、收缩性、吸气性、氧化性等。

(2) 锻压性能 锻压性能是指金属在锻压过程中经受塑性变形而不开裂的能力。常用塑性和变形抗力两个指标来综合衡量。塑性越好，变形抗力越小，则金属的锻压性能越好；反之，锻压性能越差。

(3) 焊接性能 焊接性能是指材料在限定的施工条件下焊接成按规定设计要求的构件，并满足预定工作要求的能力。它包括两个方面的内容，一是接合性能，即在一定的焊接工艺条件下，形成焊接缺陷的敏感性；二是使用性能，即在一定的焊接工艺条件下，焊接接头对使用要求的适应性。

(4) 热处理性能 热处理性能是指金属对各种热处理工艺的适应性，主要内容包括淬透性、淬硬性、回火稳定性以及变形、开裂等。

(5) 切削加工性能 切削加工性能指用刀具对金属进行切削加工时的难易程度。切削加工性好的材料，在加工时刀具的磨损量小，切削用量大，加工的表面质量也较好。

## 2.2.2 金属材料的种类和用途

### 1. 钢的分类和用途

我国目前采用的钢的分类标准是 GB/T 13304—1991《钢分类》国家标准。按照这个标准，钢的分类为“按化学成分分类”和“按主要质量等级和主要性能及使用特性分类”两

部分。按化学成分分类可分为非合金钢（碳素钢）、低合金钢和合金钢。

(1) 非合金钢的分类 非合金钢按主要质量等级分类分为普通质量非合金钢、优质非合金钢、特殊质量非合金钢；若按主要性能及使用特性分类，则有以规定最高强度（或硬度）为主要特性的非合金钢、以规定最低强度为主要特性的非合金钢，以及限制碳的质量分数为主要特性的非合金钢等。

1) 普通质量非合金钢是指不规定生产过程中需要特别控制质量要求的钢，包括一般用途碳素结构钢、碳素钢筋钢、铁道用一般碳素钢、一般钢板桩型钢等。

2) 优质非合金钢生产过程中需要按规定控制质量，例如控制晶粒度，降低硫、磷质量分数，改变表面质量或增加工艺控制等，以达到比普通质量非合金钢特殊的质量要求（例如良好的抗脆性能、良好的冷成形性等），但其生产控制又不如特殊质量非合金钢要求严格的钢。优质非合金钢主要包括机械用优质非合金钢、工程结构用非合金钢、冲压用低碳薄钢板、锅炉和压力容器用非合金钢板、造船用非合金钢、铁道用优质非合金钢等。

3) 特殊质量非合金钢是指生产过程中需要特别严格控制质量和性能的非合金钢，例如控制淬透性和纯洁度，并根据不同情况规定一些特殊要求，例如冲击性能、有效淬硬深度和表面硬度，钢中非金属夹杂物、硫、磷的质量分数，残余元素 Cu、Co、V 的最高质量分数等方面要求。特殊质量非合金钢主要包括保证淬透性非合金钢，保证厚度方向性能非合金钢，铁道用特殊非合金钢如车轴、车轮钢，航空、兵器等专用非合金结构钢等。

(2) 低合金钢的分类 低合金钢可以按主要质量等级分为普通质量低合金钢（ $w_s \geq 0.045\%$ ， $w_p \geq 0.045\%$ ）、优质低合金钢（硫和磷质量分数比普通质量低合金钢少）和特殊质量低合金钢（ $w_s \leq 0.020\%$ ， $w_p \leq 0.020\%$ ）3类，也可以按主要性能和使用特性分为低合金高强度结构钢、低合金耐候钢、低合金钢筋钢、铁道用低合金钢、矿用低合金钢、其他低合金钢等。常用低合金钢有低合金高强度结构钢、易切削结构钢和低合金耐候钢。低合金高强度结构钢牌号表示方法与碳素结构钢相同，一般热轧后经退火或正火后供应市场，使用时不再进行热处理。其性能特点是塑性和韧性好，焊接性和冷成形性优良，成本低，广泛用于桥梁、车辆、船舶、锅炉、高压容器和输油管道等工程构件。

(3) 合金钢的分类 合金钢可以按主要质量等级分为优质合金钢和特殊质量合金钢两类，也可以按主要性能和使用特性分为工程结构用合金钢、机械结构用合金钢、轴承钢、工具钢、不锈钢和耐热钢等。常用合金钢的名称、牌号和用途见表 2-2。

表 2-2 常用合金钢的名称、牌号和用途

名 称	常用牌号	用 途
低合金高强度结构钢	Q345	船舶、桥梁、车辆、大型钢结构、起重机械
合金结构钢	20CrMnTi	汽车、拖拉机的齿轮、凸轮
	40Cr	齿轮、轴、连杆螺栓、曲轴
合金弹簧钢	60Si2Mn	汽车、拖拉机 25~30mm 减振板簧、螺旋弹簧
滚动轴承钢	GCr15	中、小型轴承内外套圈及滚动体
量具刀具用钢	9SiCr	丝锥、板牙、冷冲模、铰刀
高速工具钢	W18Cr4V	齿轮铣刀、插齿刀
冷作模具钢	Cr12	冷作模及冲头、拉丝模、压印模、搓丝板
热作模具钢	5CrMnMo	中、小型热锻模



## 2. 铸铁的分类和用途

根据铸铁中石墨的形态不同,常将铸铁分为灰铸铁(石墨呈片状)、可锻铸铁(石墨呈团絮状)、球墨铸铁(石墨呈球状)和蠕墨铸铁(石墨呈蠕虫状)。

(1) 灰铸铁 灰铸铁的牌号是由“HT”(“灰铁”两字汉语拼音字首)和其后续一组数字组成。数字表示最低抗拉强度值。灰铸铁的抗拉强度、塑性、韧性较低,但抗压强度、硬度以及耐磨性较好,铸造性能好,广泛应用于制作机床床身、手轮、齿轮箱体、底座等。常用牌号有 HT100、HT150、HT350 等。

(2) 可锻铸铁 可锻铸铁的牌号由“KTH(KTB 或 KTZ) + 两位数字”组成。KTH、KTB 和 KTZ 分别代表“黑心可锻铸铁”、“白心可锻铸铁”和“珠光体可锻铸铁”。第一组数字表示最低抗拉强度值,第二组数字表示断后伸长率。可锻铸铁的力学性能优于灰铸铁,特别是塑性和韧性,可用于制作形状复杂、要求塑性和韧性较好、承受冲击和振动、耐蚀的薄壁铸件。常用牌号有 KTH300—06 等。所谓“可锻铸铁”,主要是将其与灰铸铁比较具有较好的韧性,但仍不能进行锻压加工。

(3) 球墨铸铁 球墨铸铁的牌号是“QT”(“球铁”两字汉语拼音字首)和其后续两组数字组成。两组数字分别表示最低抗拉强度和断后伸长率。例如 QT700—2 表示  $\sigma_b \geq 700\text{MPa}$ 、 $\delta \geq 2\%$  的球墨铸铁。球墨铸铁通过合金化和热处理后,力学性能有较大的提高,可以代替部分铸钢、锻钢用来制造一些受力复杂,性能要求重要零件,如汽车、拖拉机中的齿轮、连杆、曲轴等。

(4) 蠕墨铸铁 蠕墨铸铁的牌号是由“RuT”(“蠕铁”两字的汉语拼音字首)加一组数字组成,数字表示最低抗拉强度。蠕墨铸铁的性能介于灰铸铁和球墨铸铁之间,主要用来制造柴油机气缸套、齿轮箱体和阀体等。

## 3. 非铁金属材料

(1) 铝及铝合金 纯铝是轻金属,其强度、硬度很低,但塑性很高。工业纯铝很少用于制作机械零件,多用于制作电线、电缆和器皿。大部分工业纯铝用来生产铝基合金。

纯铝的强度低,使用受到限制。如在铝中加入适量的硅、铜、锰等合金元素,可制成较高强度的铝合金。若再经冷变形强化或热处理,还可以进一步提高强度。根据铝合金的成分和用途,铝合金又分为变形铝合金和铸造铝合金两类。变形铝合金包括防锈铝合金、硬铝合金、超硬铝合金和锻铝合金,这些铝合金除防锈铝合金外,均能进行热处理强化,主要用于制作中、高强度的结构零件,如螺旋桨叶片、飞机大梁、内燃机活塞等。

铸造铝合金有良好的铸造性能,还可以通过变质处理提高强度和塑性,可浇注成各种形状复杂的铸件。

(2) 铜及其合金 纯铜又称紫铜,工业上使用的纯铜纯度为 99.5% ~ 99.95%。纯铜具有很高的导电性、导热性和良好的塑性和耐蚀性,但强度、硬度低,不能通过热处理强化,只能通过冷变形强化。纯铜主要用于制造电线、电缆、电刷、铜管以及配制合金,很少用来制作机械零件。

铜合金是以铜为主要元素,加入少量其他元素形成的合金。铜合金比工业纯铜的强度高,而且具有许多优异的物理、化学性能。常用来制造机械、电气零件。铜合金中使用最多的是黄铜和青铜,黄铜是以锌为主要添加元素的铜合金。黄铜按其化学成分不同分为普通黄铜和特殊黄铜,按用途不同分为压力加工黄铜和铸造黄铜。