

JINGONG SHIXUN YU KAOZHENG

金工实训与考证

主编 沈晓蕾 李 宏



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

JINGONG SHIXUN YU KAOZHENG

金工实训与考证

主编 沈晓蕾 李 宏

参编 黄保成 廖威春 郑广明



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书系统地介绍了金属工艺的基础知识、常用金工实训设备、工具量具及其加工工艺方法。全书共分6章,内容包括金工实训基础知识、钳工实训、车削加工实训、铣削加工实训、焊接与切割实训、钣金工实训等,重要项目均编写了综合训练示例。

本书可供高等职业院校机械类、近机类各专业的金工实训使用,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金工实训与考证/沈晓蕾,李宏主编. —北京:中国电力出版社, 2010.12

ISBN 978-7-5123-1131-2

I. ①金… II. ①沈… ②李… III. ①金属加工-实习 IV. ①TG-45

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第254002号

中国电力出版社出版发行

北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:杨淑玲 责任印制:郭华清 责任校对:郝军燕

航远印刷有限公司印刷·各地新华书店经售

2011年7月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm 1/16开本·16.75印张·385千字

定价:32.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话(010-88386685)

前 言

为了落实全国高等技能人才工作会议精神，切实解决高等职业院校工科类专业（包括机械类和近机类）教材不能满足目前教学改革和培养高等技术应用型人才需要的问题，根据教育部对高等工科院校金工实训教学的基本要求，以及高等职业院校工科类专业培养计划和教学大纲，结合培养应用型工程技术人才的实践教学特点，在充分调研的基础上，编写了这本金工实训课程的教材。

本教材遵循“实用性、科学性、先进性相结合”的宗旨，以培养学生具有良好综合素质、实践能力和创新能力为目的，力求选材实用，编排系统，图表数据可靠，叙述简明扼要，技术难度适当。在全面介绍相关工艺的同时，重点叙述了操作方法和要领，便于自学使用。本教材在编写过程中，贯彻了以下原则：

一、充分汲取高等职业院校在探索培养高等技术应用型人才方面取得的成功经验和教学成果，从职业（岗位）分析入手，构建培养计划，确定相关课程的教学目标。

二、以国家职业标准为依据，根据相关工种各级技能训练课题设定内容，选取了各工种相应的典型试件，并列出考试评分标准作为训练和考核时的参考，使教材更加科学和规范。

三、贯彻先进的教学理念，结合生产实践，以教学要求为基础，实际应用为主线、相关知识为支撑，强调对技能训练的实践指导，较好地处理了理论教学与技能训练的关系，进一步加强技能训练的力度，特别是加强基本技能与核心技能的训练，全面落实“管用、够用、适用”的教学指导思想。

四、突出教材的先进性，在保证编写基本、常用技术内容的同时，力求反映机械行业发展的现状和趋势，以期缩短学校教育与企业需要的距离，更好地满足企业用人的需要。

五、明确以学生为本，结合一般高等职业院校工科类专业的特点，以及各校金工实训课时安排的不同情况，尽量较为系统和完整地介绍目前常用的金工技术，使本教材既可作为实训教材使用，也可作为学生充实专业基础知识的参考书。

六、以实际案例为切入点，遵循由浅入深、由简单到复杂的培养训练过程，并尽量采用以图代文的编写形式，降低学习难度，提高学生的学习兴趣，使学生逐步掌握各工种的操作技能。

本教材由沈晓蕾、李宏任主编，参加编写工作的还有廖威春、黄保成和郑广明。本教材在编写过程中参阅和引用了许多技术文献中的数据和资料，并得到一批学术水平高、教学经验丰富和实践能力强的教师以及行业一线专家的大力支持。为此，编者谨向有关著、作者和提供支持与帮助的教师、专家们一并表示衷心的感谢！同时，恳切希望广大读者对本教材提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

编者

目 录

前言

第一章 金工实训基础知识..... 1

基本知识一 机械制造过程概述..... 1

一、毛坯制造..... 1

二、切削加工..... 2

三、装配与调试..... 2

基本知识二 金属材料常识..... 2

一、金属材料的性能..... 2

二、金属材料的分类..... 3

三、钢铁材料简介..... 4

基本知识三 常用量具..... 5

一、钢直尺..... 5

二、游标卡尺..... 5

三、游标万能角度尺..... 7

四、千分尺..... 7

五、百分表..... 8

六、90°角尺、刀口形直尺、塞尺 ... 9

七、光滑极限量规 10

基本知识四 极限与配合、表面

粗糙度的基本概念 11

一、极限与配合 11

二、几何公差 12

三、表面粗糙度 12

基本知识五 安全生产 13

第二章 钳工实训 15

项目一 概述 16

一、钳工工作 16

二、钳工工作台和台虎钳 16

项目二 划线 17

一、划线工具 17

二、划线基准 20

三、划线方法 21

项目三 锯削 25

一、手锯 25

二、锯削操作 26

三、锯削操作示例 27

四、问题原因与预防方法 28

项目四 锉削 30

一、锉刀 30

二、锉削操作 31

三、锉削方法 33

四、锉削质量与质量检查 35

项目五 孔加工 36

一、钻孔 36

二、扩孔、铰孔和铰孔 41

项目六 攻螺纹和套螺纹 43

一、攻螺纹 43

二、套螺纹 44

项目七 综合技能训练（一） 46

一、制作六角螺母 46

二、制作锤子 48

项目八 综合技能训练（二）

——锉配 49

一、锉配凹凸件 50

二、锉配四方体和六角体 52

三、锉配 Y 形模块（角块配合） ... 54

第三章 车削加工实训 58

项目一 概述 59

一、车削特点及加工范围 59

二、切削用量 60

项目二 卧式车床 60

一、卧式车床的型号 60

二、卧式车床的组成部分及作用 ... 61

三、卧式车床的传动 62

项目三 车刀 65

一、车刀的种类和用途 65

二、车刀的组成 66

三、车刀的几何角度及其作用 66

四、车刀的材料	67	二、铣刀的标记	132
项目四 简单外圆零件加工	70	三、铣刀主要部分的名称和 几何角度	133
一、工件在车床上的装夹方法	70	四、铣刀的安装	134
二、车端面、外圆和台阶	72	项目四 铣削用量的选择	136
三、切槽和切断	75	一、选择铣削用量的原则	136
项目五 钻孔和车内圆	81	二、铣削用量的选择	137
一、钻孔	81	项目五 铣平面、斜面、台阶面	140
二、车内圆	82	一、铣平面	140
项目六 车成形面与表面修饰	83	二、铣斜面	142
一、车成形面	83	三、铣台阶面	142
二、表面修饰	86	项目六 铣沟槽	143
项目七 车圆锥面	90	一、铣键槽	143
一、圆锥的种类及作用	90	二、铣 T 形槽	143
二、车外圆锥面的方法	90	三、铣 V 形槽	144
三、外圆锥面的检测	95	项目七 分度方法	152
四、内圆锥面的车削	96	一、万能分度	152
项目八 螺纹加工	98	二、简单分度法	155
一、车三角形螺纹	99	三、角度分度法	158
二、车梯形螺纹	109	项目八 铣等分零件	159
三、车蜗杆	113	一、分度头的安装与调整	159
项目九 车偏心工件	119	二、工作的装夹	160
一、用三爪自定心卡盘装夹车 偏心工件	120	项目九 综合作业	162
二、用四爪单动卡盘装夹车偏心 工件	120	第五章 焊接与切割实训	163
三、用两顶尖装夹车偏心工件	121	项目一 概述	164
项目十 综合零件考核与加工 工艺总结	122	项目二 焊条电弧焊	166
第四章 铣削加工实训	123	一、焊接过程及焊接电弧	166
项目一 概述	123	二、焊条电弧焊的设备	167
一、铣削运动与铣削用量	123	三、焊条	168
二、铣削特点及加工范围	124	四、焊条电弧焊焊接工艺	169
项目二 铣床及附件	126	五、焊条电弧焊操作技术	171
一、铣床的种类和型号	126	项目三 气焊和气割	173
二、X6132 万能升降台铣床	126	一、气焊设备	173
三、X5325C 型摇臂铣床	127	二、气焊工艺参数	176
四、铣床主要附件	130	三、气焊基本操作方法	179
项目三 铣刀简介	131	四、气割	180
一、铣刀切削部分的材料	132	五、回火现象	183
		项目四 气体保护电弧焊	184
		一、气体保护电弧焊的原理及	

特点·····	184	五、简单几何形体的展开计算·····	221
二、氩弧焊·····	186	项目四 样板和下料·····	222
项目五 金属材料的焊接·····	193	一、样板的特点和作用·····	222
一、金属的焊接性·····	194	二、样板的制作·····	224
二、金属材料常用焊接工艺		三、合理用料·····	226
措施·····	195	项目五 矫正·····	229
项目六 常见焊接缺陷与焊接		一、矫正的概念与原理·····	229
变形·····	197	二、矫正变形常用工具·····	230
一、常见焊接缺陷·····	197	三、手工矫正·····	234
二、焊接变形·····	198	四、火焰矫正·····	236
第六章 钣金工实训·····	200	五、机械矫正·····	239
项目一 备料·····	200	项目六 手工成形·····	240
一、钣金常用的金属材料·····	200	一、概述·····	240
二、钢材的预处理·····	203	二、弯曲·····	241
项目二 放样的基本知识·····	206	三、放边·····	245
一、基本几何图形画法·····	206	四、收边·····	246
二、放样与样图·····	210	五、拔缘·····	249
三、求线段实长·····	212	六、卷边·····	251
项目三 基本的展开方法·····	214	七、拱曲·····	252
一、可展表面与不可展表面·····	214	八、咬缝·····	254
二、平行线展开法·····	215	九、制筋·····	255
三、放射线展开法·····	217	参考文献·····	257
四、三角形展开法·····	219		

第一章 金工实训基础知识



目的和要求

1. 了解机械制造的一般过程。
2. 了解一般常用金属材料。
3. 了解常用量具的构成并掌握使用方法。
4. 了解极限与配合、表面粗糙度的基本概念。
5. 认识安全生产的重要意义。

基本知识一 机械制造过程概述

任何机器或设备，例如汽车或机床，都是由相应的零件装配组成的。只有制造出合乎要求的零件，才能装配出合格的机器设备。有的零件可以直接用型材经切削加工制成，如某些尺寸不大的轴、销、套类零件。有的则要将原材料经铸造、锻造、冲压、焊接等方法制成毛坯，然后由毛坯经切削加工制成。还有一些零件需要在毛坯制造和加工过程中穿插不同的热处理工艺。因此，一般的机械生产过程可简要归纳为：毛坯制造→切削加工（按需热处理）→装配和调试。

一、毛坯制造

常用的毛坯制造方法有铸造、锻造、冲压和焊接。

（一）铸造

熔炼金属，制造铸型，并将熔融金属浇入铸型，凝固后获得一定形状和性能的铸件的成形方法。

（二）锻造

在加压设备及工（模）具的作用下，使坯料产生塑性变形，以获得一定几何尺寸、形状和质量的锻件的加工方法。

（三）冲压

在压力机上利用冲模对板料施加压力，使其产生分离或变形，从而获得一定形状和尺寸的产品（冲压件）的方法。冲压件具有足够的精度和表面质量，只需进行很少的（甚至无需）切削加工即可直接使用。

（四）焊接

通过加热、加压或者两者共用，并辅之以使用或不使用填充材料，使焊件达到原子结合的加工方法。

毛坯的外形与零件近似，其需要加工部分的外部尺寸大于零件的相应尺寸，而孔腔尺寸小于零件的相应尺寸。毛坯尺寸与零件尺寸之差即为毛坯的加工余量。采用先进的铸造、锻造方法也可直接生产零件。

二、切削加工

要使零件达到精确的尺寸和光洁的表面,应将毛坯上的加工余量经切削加工切削掉。常用的方法有车、铣、刨、磨、钻和镗等。一般来说,毛坯要经过若干道切削加工工序才能成为成品零件。由于工艺的需要,这些工序又可以分为粗加工、半精加工与精加工。

在毛坯制造及切削加工过程中,为便于切削和保证零件的力学性能,还需在某些工序之前(或之后)对工件进行热处理。所谓热处理,是指将金属材料(工件)采用适当的方式进行加热、保温和冷却,以获得所需要的组织结构与性能的一种工艺方法。热处理之后的工件可能有少量变形或表面氧化,所以精加工(如磨削)常安排在最终热处理之后进行。

三、装配与调试

加工完毕并检验合格的各零件,按机械产品的技术要求,用钳工或钳工与机械相结合的方法按一定顺序组合、连接、固定起来,成为整台机器,这一过程称为装配。装配是机械制造的最后一道工序,也是保证机械达到各项技术要求的关键。

装配好的机器,还要经过试运转,以观察其在工作条件下的效能和整机质量。只有在检验、试车合格之后,才能装箱出厂。

基本知识二 金属材料常识

一、金属材料的性能

生产中,无论是制造机器零件,还是制造工具,首先要知道使用什么材料,以及这些材料所具有的性能,以便正确地进行加工。

金属材料的性能分为使用性能和工艺性能两大类。使用性能反映材料在使用过程中所表现出来的特性,如物理性能、化学性能和力学性能等;工艺性能反映材料在加工制造过程中所表现出来的特性。

(一) 金属材料的力学性能

任何机器零件工作时都承受外力(载荷)的作用。因此,材料在外力作用下所表现出来的特性就显得格外重要,这种性能叫做力学性能。力学性能主要有强度、塑性、硬度和韧性等。

1. 强度。金属抵抗永久变形和断裂的能力称为强度。

根据 GB/T 228—2002《金属材料 金属拉伸试验法》,常用的强度判断依据是屈服强度和抗拉强度。屈服强度用符号 R_{eH} (或 R_{eL}) 表示,单位为 MPa,屈服强度代表材料抵抗微量永久变形的能力;抗拉强度用符号 R_m 表示,单位为 MPa,抗拉强度代表材料抵抗断裂的能力。

2. 塑性。断裂前材料发生不可逆永久变形的能力称为塑性。

常用的塑性判断依据是断后伸长率(用符号 A 表示)和断面收缩率(用符号 Z 表示)。断后伸长率和断面收缩率的数值越大,材料的塑性越好。

3. 硬度。材料抵抗局部变形,特别是塑性变形、压痕或划痕的能力,是衡量金属软硬的依据。材料的硬度是用专门的硬度试验计测定的。

常用的硬度有布氏硬度和洛氏硬度两种。

布氏硬度一般用于较软的材料,如有色金属、热处理之前或退火后的黑金属(钢铁材料);洛氏硬度一般用于硬度较高的材料,如热处理后的硬度等。一般都是用洛氏硬度来衡量刀刃的硬度。简而言之,硬度越高,抗磨损能力越高,但脆性也越大。

布氏硬度试验是对一定直径的硬质合金球施加试验力将其压入试样表面,经规定保持时间后,卸除试验力,测量试样表面压痕的直径。布氏硬度用 HBW 表示,如纯铝的硬度约为 25HBW。

洛氏硬度试验是将压头(金刚石圆锥、钢球或硬质合金球)按步骤压入试样表面,经规定保持时间后,卸除试验力,测量在初试验力下的残余压痕深度,利用洛氏硬度计算公式便可计算出洛氏硬度。洛氏硬度用 HR 表示,其中使用最广泛的是用 C 标尺测得的洛氏硬度值 HRC,如热处理后车刀刀头的硬度约为 62HRC。

在生产现场没有硬度试验计时,可用锉刀锉削金属的方法来判别工件硬度值的高低。锉刀应使用新的细锉刀,长度为 200mm 左右,硬度在 60HRC 以上。如果锉削时锉刀打滑或锉刀上有划痕,说明工件材料的硬度高于锉刀的硬度;如果能锉动工件,则可根据锉削的难易程度,判别该工件大致的硬度值:当工件硬度为 30~40HRC 时,稍用力即可锉动;当工件硬度为 50~55HRC 时,已不太容易锉动;当工件硬度为 55~60HRC 时,用力仅能稍稍锉动。

4. 韧性。金属在断裂前吸收变形能量的能力。

金属的韧性通常随加载速度提高、温度降低、应力集中程度加剧而减小。

(二) 金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能主要有铸造性、锻造性、焊接性和切削加工性。

1. 铸造性。铸造性是指金属材料能否用铸造方法制成优质铸件的性能。铸造性的好坏取决于熔融金属的充型能力。影响熔融金属充型能力的主要因素之一是流动性。

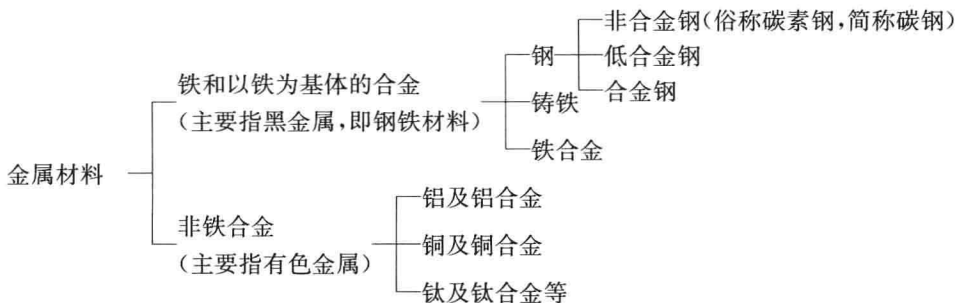
2. 锻造性。锻造性是指金属材料在锻压加工过程中能否获得优良锻压件的性能。它与金属材料的塑性和变形抗力有关,塑性越高,变形抗力越小,则锻造性越好。

3. 焊接性。焊接性主要指金属材料在一定的焊接工艺条件下,获得优质焊接接头的难易程度。焊接性好的材料,易于用一般的焊接方法和简单的工艺措施进行焊接。

4. 切削加工性。用刀具对金属材料进行切削加工时的难易程度称为切削加工性。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,加工的表面质量也比较好。对一般钢材来说,硬度在 200HBW 左右时具有良好的切削加工性。

二、金属材料的分类

金属材料的简单分类方法如下:



三、钢铁材料简介

(一) 钢

钢是以铁为主要元素，碳的质量分数一般在 2.0% 以下，并含有其他元素的材料。钢按化学成分可分为非合金钢、低合金钢和合金钢。非合金钢中除铁和碳为主要成分外，还有少量的锰、硅、硫、磷等元素，这些元素是在冶炼时由原料和燃料带入钢中的，通常称为杂质。低合金钢和合金钢是在非合金钢的基础上，在炼钢过程中有目的地加入某种或某几种元素（也称合金元素）而形成的钢种。

非合金钢俗称碳素钢，简称碳钢（考虑到行业习惯，本书采用简称碳钢）。碳钢按钢的主要质量等级和主要性能或使用特性分为普通质量碳钢、优质碳钢及特殊质量碳钢，下面列举常用的碳钢钢号。

普通质量碳钢 Q235A（Q 表示钢材屈服强度“屈”字汉语拼音首字母，235 表示屈服强度为 235MPa，A 表示质量等级为 A 级）用于制作螺钉、螺母、垫圈等。

优质碳钢 08F 钢、10 钢用于制作冲压成型的外壳、容器、罩子等；40 钢制作轴、杆；45 钢制作齿轮、连杆等（两位数字表示钢的平均含碳量）。

特殊质量碳钢主要包括碳素工具钢、碳素弹簧钢、特殊易切削钢等。T7 钢、T8 钢用于制作手钳、镊子、锤、螺丝刀等；T10 钢制作手锯锯条；T12 钢制作锉刀、刮刀（T 表示碳素工具钢“碳”字汉语拼音首字母，数字表示钢的平均含碳量）。

此外，按碳含量的不同，可将碳钢分为低碳钢、中碳钢和高碳钢。

低碳钢——碳的质量分数在 0.25% 以下。强度低，塑性和韧性好，易于成形，焊接性好，常用于制作受力不大的结构件和零件。

中碳钢——碳的质量分数在 0.25%~0.6% 之间。具有较高的强度，并具有一定的塑性和韧性，适用于制造机械零件。

高碳钢——碳的质量分数在 0.6%~1.4%（不包括 0.6%）之间。塑性和焊接性都差，但热处理后可达到很高的强度和硬度，用于制作工具和模具。

低合金钢和合金钢的分类在本教材中不予详述，下面只列举两个钢种。

(1) 工具钢。用于制作刀具、模具、量具等工具。含较多钨、铬、钒、钼合金元素的工具钢可做切削速度较高的刀具，并在 600℃ 高温时仍能保持刀具原有的硬度。常用的高速工具钢（又称锋钢、白钢）车刀，其牌号为 W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2（数字为合金元素含量的百分数）。

(2) 不锈钢、耐蚀和耐热钢。在空气、水、酸、碱等介质中具有较强的耐腐蚀能力或在高温时具有良好的抗氧化性和保持高强度的特性。典型的牌号有 12Cr13、12Cr18Ni9 等。

(二) 铸铁

铸铁是由铁、碳和硅组成的合金的总称。生产上应用的铸铁中含碳量通常在 2.5%~4.0% 之间，硅、锰、磷、硫等杂质的含量也比钢高。

常用的铸铁是灰铸铁。灰铸铁中的碳主要以片状石墨形式出现，断口呈灰色，其抗拉强度、塑性和韧性都较低，但承受压力的性能好，减摩性和减振性好，切削加工性好，成本低，因而应用广泛。灰铸铁的铸造性好，可以浇注形状复杂的铸件或薄壁铸件。灰铸铁属脆性材料，不能锻压，其焊接性较差。常用的牌号有 HT200（HT 是“灰铁”两字的汉语拼音首字母；数字表示该铸铁的最低抗拉强度值，单位为 MPa），用来制造机床床身、齿轮箱、刀架等。



复习思考题

1. 以下工件用什么材料制造?

铁钉, 缝纫机架, 锤子, 铣刀, 丝杠, 液化石油气瓶体, 车刀刀杆。

2. 以下工具和零件应具有哪些主要力学性能?

锉刀, 弹簧, 锯条, 火车挂钩。

基本知识三 常 用 量 具

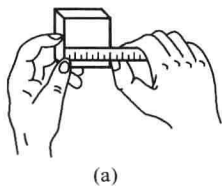
为保证质量, 机器中的每个零件都必须根据图样制造。零件是否符合图样要求, 只有经过测量工具检验才能知道, 这些用于测量的工具称为量具。常用的量具有钢直尺、卡钳、游标卡尺、游标万能角度尺、千分尺、百分表、 90° 角尺等。

一、钢直尺

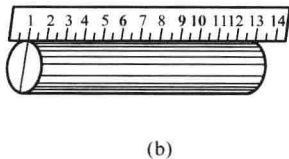
钢直尺的长度规格有 150mm、300mm、500mm、1000mm 四种。其中规格为 150mm 的测量精度为 0.5mm, 其余规格的为 1mm。钢直尺常用来测量毛坯和精度要求不高的零件。

钢直尺的使用方法应根据零件形状灵活掌握, 例如:

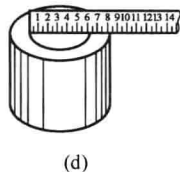
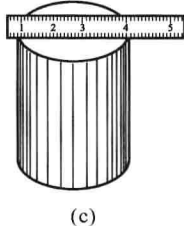
1. 测量矩形零件的宽度时, 要使钢直尺与被测零件的一边垂直, 与零件的另一边平行 [图 1-1 (a)]。



2. 测量圆柱体的长度时, 要把钢直尺准确地放在圆柱体的母线上 [图 1-1 (b)]。



3. 测量圆柱体的外径 [图 1-1 (c)] 或圆孔的内径 [图 1-1 (d)] 时, 要使钢直尺靠着零件一面的边线来回摆动, 直到获得最大的尺寸, 即直径的尺寸。



二、游标卡尺

游标卡尺是一种结构简单、中等精度的量具, 可以直接量出工件的外径、内径、长度和深度的尺寸, 其结构如图 1-2 所示。游标卡尺由尺身和游标组成。尺身与固定卡脚制成一体, 游标和活动卡脚制成一体, 并能在尺身上滑动。游标卡尺的测量精度有 0.02mm、0.05mm、0.1mm 三种。

(一) 游标卡尺刻线原理

图 1-3 所示为 0.02mm 游标卡尺的刻线原理。尺身每小格是 1mm, 当两卡脚合并时, 尺身上 49mm 刚好等于游标上 50 格, 游标每格长为 $49/50$ mm (即 0.98mm), 尺身与游标每格相差为 $1\text{mm} - 0.98\text{mm} = 0.02\text{mm}$ 。因此, 它的测量精度为 0.02mm。

(二) 游标卡尺的读数方法

如图 1-4 所示, 在游标卡尺上读尺寸时可以分为三个步骤:

图 1-1 钢直尺的使用方法

(a) 测量矩形件宽度; (b) 测量圆柱体长度;
(c) 测量圆柱体外径; (d) 测量圆孔内径

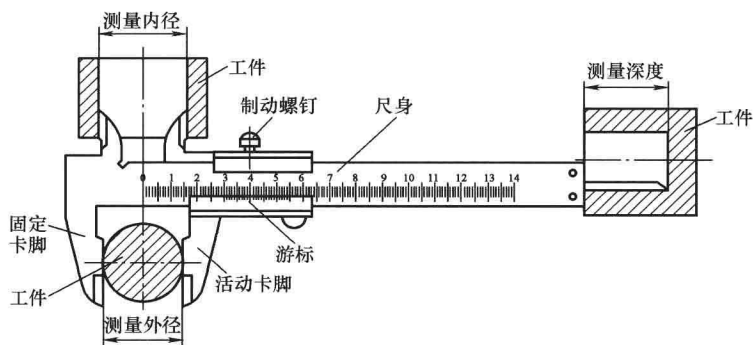


图 1-2 游标卡尺

1. 读整数，即读出游标零线左面尺身上的整毫米数。
2. 读小数，即读出游标与尺身对齐刻线处的小数毫米数。
3. 把两次读数加起来。

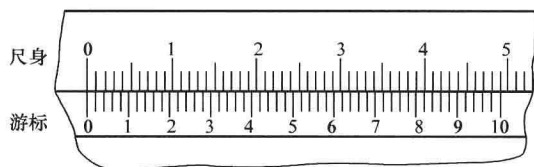


图 1-3 0.02mm 游标卡尺刻线原理

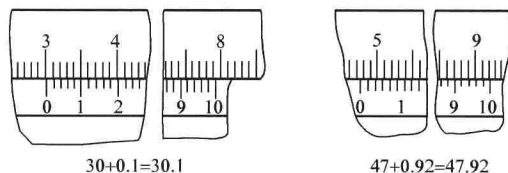


图 1-4 0.02mm 游标卡尺的尺寸读法

（三）游标卡尺的测量方法

游标卡尺的测量方法如图 1-5 所示。

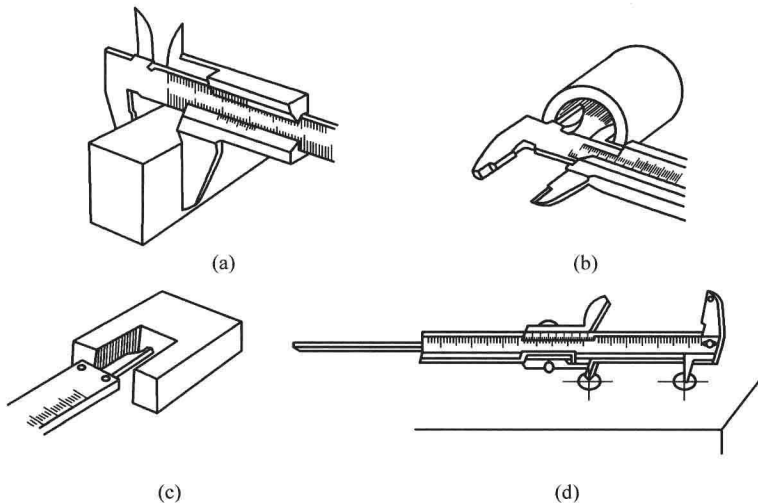


图 1-5 游标卡尺的测量方法

(a) 测量外部尺寸；(b) 测量内部尺寸；(c) 测量深度；(d) 测量中心距

用游标卡尺测量工件时,应使卡脚逐渐靠近工件并轻微地接触,同时注意不要歪斜,以防读数产生误差。

三、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。有 I、II 两种类型。I 型游标万能角度尺的测量精度有 $5'$ 和 $2'$ 两种,测量范围为 $0^\circ \sim 320^\circ$ 。

(一) 游标万能角度尺的结构

I 型游标万能角度尺结构如图 1-6 所示。它主要由尺身、 90° 角尺、游标、制动器、基尺、直尺和卡块组成。基尺随尺身可沿游标转动,转到所需角度时,再用制动器锁紧。卡块将 90° 角尺和直尺固定在所需的位置上。

(二) 游标万能角度尺(精度为 $2'$)的刻线原理

尺身上的刻线每小格所对应的中心角(圆心角)为 1° ,游标上刻线共 30 小格,对应中心角 29° ,即每小格对应的中心角为 $58'$,尺身 1 小格与游标 1 小格的角度差为 $1^\circ - 58' = 2'$,故该游标万能角度尺的测量精度为 $2'$ 。

游标万能角度尺的读数方法与游标卡尺的读数方法基本相同。

(三) 游标万能角度尺的测量范围分段

I 型游标万能角度尺的测量范围为 $0^\circ \sim 320^\circ$,共分 4 段: $0^\circ \sim 50^\circ$, $50^\circ \sim 140^\circ$, $140^\circ \sim 230^\circ$ 和 $230^\circ \sim 320^\circ$ 。各测量段的 90° 角尺、直尺位置配置和测量方法如图 1-7 和图 1-8 所示。

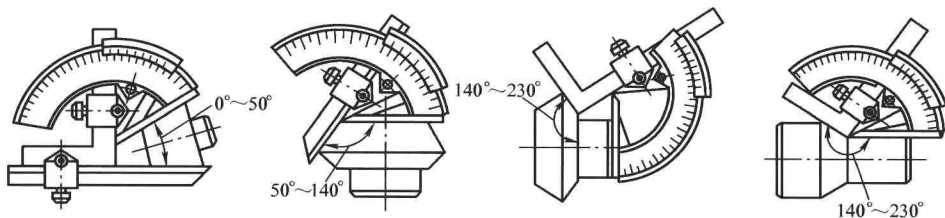


图 1-7 游标万能角度尺测量不同角度范围的方法

将游标万能角度尺的直尺与 90° 角尺卸下,用基尺与尺身的测量面可测量 $230^\circ \sim 320^\circ$ 之间的角度。

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 0.01mm 。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、内径千分尺和深度千分尺等,其中外径千分尺使用最为普遍。

(一) 千分尺的刻线原理及读数方法

图 1-9 是测量范围为 $0 \sim 25\text{mm}$ 的外径千分尺。弓架左

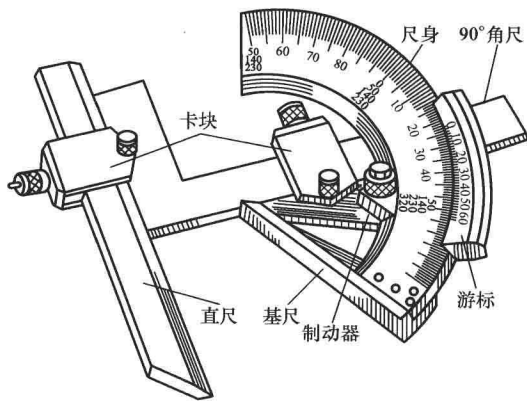


图 1-6 游标万能角度尺(I型)

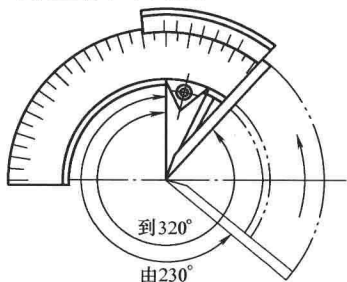


图 1-8 $230^\circ \sim 320^\circ$ 之间角度的测量方法

端有固定砧座，右端的固定套筒在轴线方向上刻有一条中线（基准线），上、下两排刻线互相错开 0.5mm，即主尺；活动套筒左端圆周上刻有 50 等分的刻线，即副尺。活动套筒转动一圈，带动螺杆一同沿轴向移动 0.5mm。因此，活动套筒每转过 1 格，螺杆沿轴向移动的距离为 $0.5\text{mm}/50=0.01\text{mm}$ 。

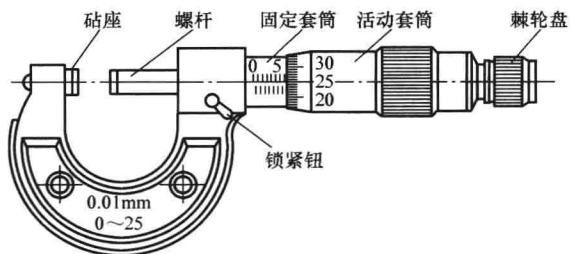


图 1-9 外径千分尺

千分尺的读数方法为：被测工件的尺寸 = 副尺所指主尺上的整数（应为 0.5mm 的整数倍） + 主尺中线所指副尺的格数 $\times 0.01$ 。

图 1-10 所示为千分尺的几种读数示例。读取测量数值时，要防止读错 0.5mm，也就是要防止在主尺上多读半格或少读半格（0.5mm）。

（二）千分尺的使用注意事项

1. 千分尺应保持清洁。使用前应先校准尺寸，检查活动套筒上零线是否与固定套筒上基准线对齐，如果没有对齐，必须进行调整。

2. 测量时，左手握住弓架，用右手旋转活动套筒（图 1-11），当螺杆即将接触工件时，改为旋转棘轮盘，直到棘轮发出“咔”、“咔”声为止。

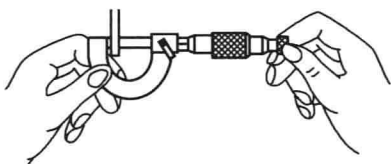


图 1-11 千分尺的使用

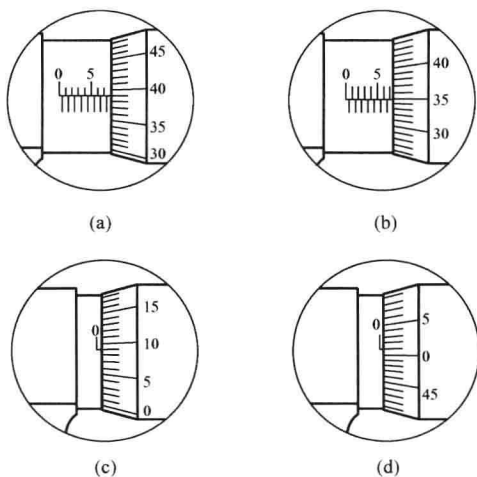


图 1-10 千分尺读数

(a) 读 7.89；(b) 读 7.35；(c) 读 0.59；(d) 读 0.01

3. 从千分尺上读取尺寸，可以在工件未取下前进行，读完后，松开千分尺，再取下工件，也可以将千分尺用锁紧钮锁紧，把工件取下后读数。

4. 千分尺只适用于测量精确度较高的尺寸，不能测量毛坯面，更不能在工件转动时测量。

五、百分表

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

（一）百分表的读数方法

图 1-12 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 0.01mm。当大指针转一

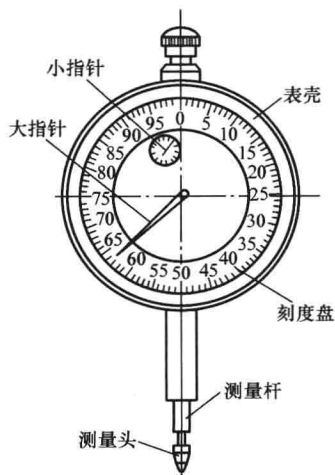


图 1-12 百分表

圈时,小指针转动一格,相当于测量杆移动 1mm。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(即整数部分),再读大指针转过的刻度数(即小数部分)并乘以 0.01,然后将两者相加,即得到所测量的数值。

(二) 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,没有任何轧卡现象,且每次手松开后,指针能回到原来的刻线位置。

2. 使用时,必须把百分表固定在可靠的夹持架(表架)上,如图 1-13 所示。切不可贪图省事,将百分表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。

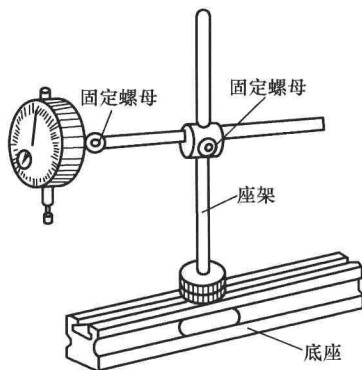


图 1-13 百分表的夹持

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,也不要用于百分表测量表面粗糙或有显著凹凸不平的工件。

5. 为方便读数,在测量前一般都让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(目的是为了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;最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,如果无变化,说明已对好,否则要再重新对一次。

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、90°角尺、刀口形直尺、塞尺

(一) 90°角尺

90°角尺(图 1-14)由尺座与尺苗组成,用来检测工件相邻表面的垂直度。检测时,通过观察尺苗与工件间透光缝隙的大小,判断工件相邻表面间的垂直度误差,如图 1-15 所示。错误使用 90°角尺的情形如图 1-16 所示。

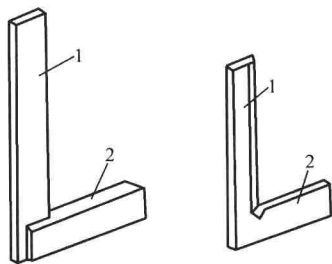


图 1-14 90°角尺
1—尺苗; 2—尺座

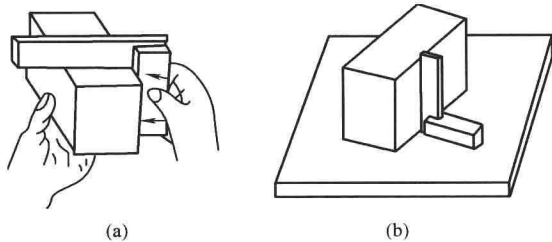
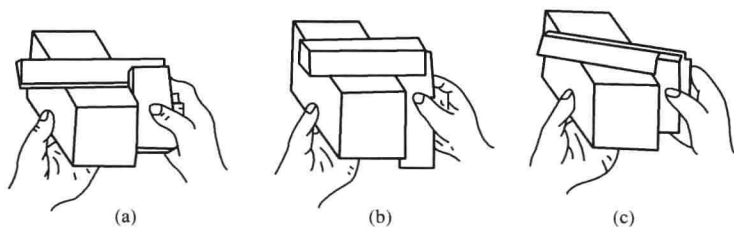


图 1-15 用 90°角尺检测垂直度
(a) 用尺苗内侧面测量; (b) 用尺苗外侧面测量

(二) 刀口形直尺

刀口形直尺(图 1-17)是用透光法来检测工件平面的直线度和平面度的量具。检测工

图 1-16 错误使用 90° 角尺

(a) 尺身前后歪斜；(b) 尺座、尺苗倒置；(c) 尺身左右歪斜

件时，刀口要紧贴工件被测平面，然后观察平面与刀口之间透光缝隙的大小，若透光细而均匀，则平面平直。

用刀口形直尺检测平面的平面度时，除沿工件的纵向、横向检查外，还应沿对角线方向检查。

(三) 塞尺

塞尺（图 1-18）是由一组不同厚度的薄钢片组成的测量工具。每片钢片都有精确的厚度并将其厚度尺寸标明在钢片上。塞尺主要用来检测两个结合平面之间的间隙大小，也可配合 90° 角尺测量工件相邻表面间的垂直度误差，如图 1-19 所示。

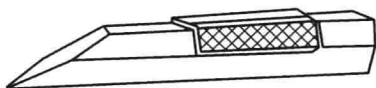


图 1-17 刀口形直尺

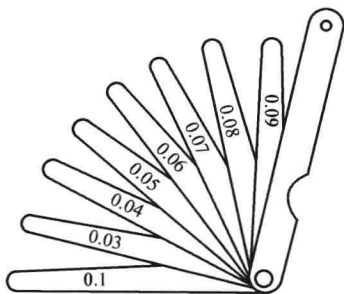
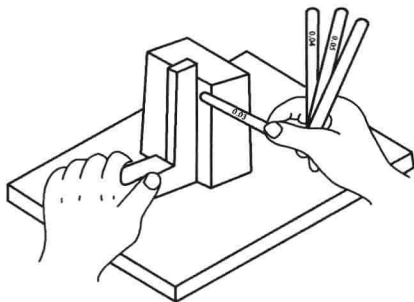


图 1-18 塞尺

图 1-19 用塞尺和 90° 角尺检测工件垂直度误差

七、光滑极限量规

光滑极限量规是按被测工件极限尺寸设计制造的具有固定尺寸的量具，因此，它不能测得工件实际尺寸的大小，而只能确定被测工件尺寸是否在规定的极限尺寸范围内，从而判定工件尺寸是否合格。光滑极限量规广泛用于成批生产或大量生产中。

光滑极限量规分孔用极限量规（又称塞规）和轴用极限量规（又称卡规）。塞规用来检验孔径和槽宽等，卡规用来检验轴径和凸键等的宽度。

(一) 孔用极限量规（塞规）

常用塞规的外形如图 1-20 所示。圆柱长度较长

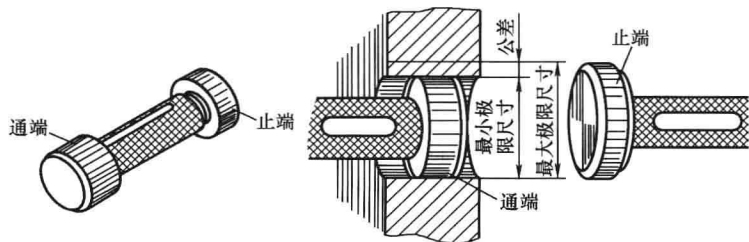


图 1-20 孔用极限量规（塞规）