

“十二五”普通高等教育本科规划教材

全国本科院校机械类**创新型**应用人才培养规划教材

金工实习指导教程

主 编 周哲波

理论与实践有机结合
注重工程素质的培养



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



“十二五” 本科规划教材
全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材

金工实习指导教程

主 编 周哲波
副主编 汪胜陆 黄绍服
方代正 汤多良



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是依据机械工程专业创新型应用人才培养目标的要求,结合作者多年金工实习教学经验编写的。全书分为热加工、切削加工、数控与特种加工三部分内容,共有8章,主要讲述工程材料与通用量具、铸造、锻压、焊接、钳工、车削、铣削、刨削、磨削、数控车床、数控铣床、数控电火花加工和实习报告等内容。

本书可作为机械类和近机械类各专业本科、专科金工实习的教材,使用本书时可根据各专业的具体情况进行调整。

图书在版编目(CIP)数据

金工实习指导教程/周哲波主编. —北京:北京大学出版社, 2013.1

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-21885-3

I. ①金… II. ①周… III. ①金属加工—实习—高等学校—教材 IV. ①TG-45

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第002442号

书 名: 金工实习指导教程

著作责任者: 周哲波 主编

策 划 编 辑: 童君鑫 宋亚玲

责 任 编 辑: 宋亚玲

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-21885-3/TH·0327

出 版 发 行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电 子 信 箱: pup_6@163.com

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 14.5印张 336千字

2013年1月第1版 2013年1月第1次印刷

定 价: 30.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

“金工实习”是机械类、近机类各专业学生必修的一门实践性极强的专业基础课程。通过本课程的学习，能使学生了解机械制造的一般过程，熟悉典型工件的常用加工方法、工艺装备的结构及工作原理，基本掌握毛坯和工件加工的工艺过程，了解现代制造技术在机械制造中的应用。针对主要工种应基本具备独立完成简单工件加工制造的操作能力，如铸造、焊接、钳工、车工、锻造等工种，直接获得感性知识，为后继专业基础课及专业课的学习和日后工作打下一定的实践基础。

全书共有 8 章内容，其中第 1、8 章由淮南职业技术学院汤多良编写，绪论、第 2、5 章由安徽理工大学周哲波编写，第 3 章由安徽理工大学汪胜陆编写，第 4、7 章由安徽理工大学黄绍服编写，第 6 章由安徽理工大学方代正编写，另外张铜杰、徐建、尹超参与了本书的部分内容的修订和图形的绘制工作。全书由周哲波教授主编并统稿，在编写中参阅了有关教材、资料和文献，在此对其作者表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者
2012.8

目 录

绪论	1	5.2 划线、锯削、錾削和锉削	90
第1章 金工实习基本知识	5	5.3 刮削	99
1.1 金属材料的性能	5	5.4 孔加工	102
1.2 常用量具	9	5.5 螺纹加工	105
第2章 铸造	17	5.6 装配	108
2.1 概述	17	5.7 安全技术规范	112
2.2 手工造型与制芯	21	第6章 车削加工	114
2.3 熔炼与浇注	37	6.1 概述	114
2.4 铸件落砂、清理及缺陷分析	42	6.2 车刀	121
2.5 安全技术规范	45	6.3 车外圆、端面和台阶	126
第3章 锻造及冲压	47	6.4 切槽、切断、车成形面和滚花	130
3.1 概述	47	6.5 车圆锥面	133
3.2 锻件的加热与冷却	48	6.6 孔加工	135
3.3 自由锻造	52	6.7 车螺纹	137
3.4 模型锻造	61	6.8 车床附件及其使用方法	140
3.5 板料冲压	62	6.9 安全技术规范	143
3.6 安全技术规范	65	第7章 铣削、刨削与磨削	144
第4章 焊接	67	7.1 铣工	144
4.1 焊接工艺基础知识	67	7.2 刨工	158
4.2 手工电弧焊	68	7.3 磨削加工	166
4.3 气焊与切割	74	第8章 数控加工与特种加工	173
4.4 其他常用焊接方法	79	8.1 数控车床加工	173
4.5 焊接质量及分析	83	8.2 数控铣床加工	181
4.6 安全技术规范	86	8.3 特种加工简介	186
第5章 钳工	88	8.4 数控加工安全技术规范	197
5.1 概述	88	附录 实习报告	198
		参考文献	223

绪 论

机械是人类生产和生存的基本要素之一，是保证人类物质文明发展的物质基础，是现代工业的主体，是国民经济持续发展的基础；它是生产工具、生活资料、科技手段、国防装备等进步的依托，是现代化的动力源之一。“金工实习”是学生进行工程训练、培养工程意识、学习制造工艺知识、提高工程实践能力的重要实践性教学环节；是学生学习机械制造技术系列课程必不可少的必修课程；是建立机械制造生产过程的概念、获得机械制造基础知识的奠基课程。

1. 金工实习的目的和要求

1) 金工实习的目的

(1) 建立起对机械制造生产基本过程的感性认识，学习机械制造工艺的基础知识，了解机械制造生产过程所使用的各类设备。

在实训中，学生要学习机械制造的各种主要加工方法及其所用主要设备的基本结构、工作原理和操作方法，并正确使用各类工具、夹具、量具，熟悉各种加工方法、工艺技术、图样文件和安全技术，了解加工工艺过程和工程技术术语，使学生对工程问题从感性认识上升到理性认识。这些实践知识将为以后学习有关专业技术基础课、专业课及毕业设计等打下良好的基础。

(2) 培养实际动手能力。

通过让学生直接参加生产实践，操作各类加工设备，使用各种工具、夹具、量具，独立完成简单零件的加工制造，培养他们对简单零件进行初步选择加工方法和分析工艺过程的能力，并具有操作生产设备和加工方法的技能，初步奠定技能型应用型人才应具备的基础知识和基本技能。

(3) 树立实践、劳动和团队协作观点，培养高质量人才。

金工实习一般均安排在校内工程培训中心的现场进行。实训现场不同于教室，它是生产、教学、科研三结合的基地，教学内容丰富，实习环境复杂、多变，接触面宽广。在这一特定的学习环境下，是对学生进行高素质品格技术人才教育的最好场所和时机。

金工实习对学好后续课程十分重要，特别是机械技术基础课和专业课，都与金工实习密不可分。金工实习场地是校内的工业生产环境，学生在实习时置身于工业生产环境之中，直接接受实习指导老师或师傅所进行的工程技术人员应具备的职业道德教育，是强化学生工程意识教育的良好教学手段。

2) 金工实习的要求

(1) 使学生掌握现代制造的一般过程和基本知识，熟悉机械零件的常用加工方法及其所用的主要设备和工具，了解新工艺、新技术、新材料在现代机械制造中的应用。

(2) 使学生对简单零件初步具有选择加工方法和进行工艺分析的能力，在主要工种方面应能独立完成简单零件的加工制造并培养一定的工艺和工程实践能力。



(3) 培养学生产品质量和经济观念、理论联系实际、一丝不苟的科学作风和热爱劳动、热爱公物的基本素质。

2. 金工实习的基本内容

“金工实习”是机械类各专业学生必修的一门实践性很强的技术基础课，其主要内容如下。

1) 金工实习的基础知识

该部分主要涉及金属材料简单分类及性能，常用量具的分类、规格及测量方法。使学生了解工程材料的分类、牌号和选用，初步掌握各种常用量具的测量方法和选用原则。

2) 热加工工艺方法

(1) 铸造。它是一种生产金属毛坯或零件的加工方法。通过液态金属浇注到预制的型腔中冷凝后获得各种各样形状复杂的铸件。铸件的尺寸、形状、质量及铸造合金成分都有很广泛的适应性。通过学习使学生了解铸造生产的工艺过程及其特点与应用，并重点熟悉砂型铸造方法的生产过程和技术特点。包括铸造材料的确定、铸型的制备、铸铁合金的熔炼、铸件的浇注以及常见铸造缺陷的分析等。结合实践教学，让学生掌握手工造型的工艺过程、特点和应用。

(2) 锻压。它是锻造与冲压的总称，是对金属材料施加外力从而得到具有一定形状、尺寸和力学性能的型材、毛坯及零件的加工方法。板料冲压通常是用来加工具有足够塑性的金属材料或非金属材料。压制品具有质量轻、刚度好、强度高、互换性好、成本低等优点。通过本部分内容的学习使学生了解锻压的实质、特点与应用，自由锻、板料冲压生产常用设备的大体结构和使用方法，锻压生产常用材料、坯料加热目的和方法。熟悉冲压基本工序及简单冲模的结构，熟悉自由锻的基本工序，了解锻压先进工艺。

(3) 焊接。它是一种将相互分离的零件连接成一体的加工工艺。它方法多样、应用广泛，气焊可用于薄板焊接，电弧焊则大量用于各种结构和厚板零件的焊接，高能密束焊能一次完成 100mm 以上厚板的焊接。通过学习使学生了解气焊、气割、电弧焊等工艺过程的特点和应用，了解焊条、焊剂、焊丝等焊接材料的使用，熟悉常用焊接设备。

3) 冷加工工艺方法

(1) 车削加工。它是机械加工中最基本、最常用的加工方法，是在车床上用车刀对零件进行切削加工的过程。它以安装在主轴上的工件的旋转运动为主运动，刀具移动为进给运动。它既可以加工金属材料，也可以加工塑料、橡胶、木材等非金属材料。车床在机械加工设备中占总数的 50% 以上，是金属切削机床中数量最多的一种，适于加工各种回转体表面，在现代机械加工中占有重要的地位。通过学习使学生了解车削加工的基本知识，熟悉卧式车床的名称、主要组成部分及作用，了解轴类、盘套类零件装夹方法的特点及常用附件的大致结构和用途。掌握外圆、端面、内孔的加工和测量操作方法，能正确确定简单零件的车削加工顺序。

(2) 铣、刨及磨削加工。铣削加工是在铣床上利用铣刀旋转为主运动和工件移动为进给运动的方式来对工件进行切削加工的工艺过程，是一种生产率较高的平面、沟槽和成形面的加工方法。刨削是在刨床上用刨刀加工工件的工艺过程，广泛用于平面、沟槽和成

形面的加工,多用于单件小批生产和维修工作。磨削加工是在磨床上以磨具(砂轮、油石等)作为切削工具,对工件表面进行切削加工的工艺过程,是机械零件的精密加工方法之一。通过学习使学生了解铣削、刨削和磨削加工的基本知识,如加工特点、加工主要运动、机床的调整方法、机床的传动原理、刀具的结构特点、刀具的装夹方法和常用机床附件的功用。熟悉工件的装夹及校正方法。掌握在牛头刨床、卧式铣床、立式铣床上加工水平面、垂直面及沟槽的操作,掌握在平面磨床及外圆磨床上进行磨削的基本操作。

(3) 钳工加工。它主要利用台虎钳、手用工具和一些机械工具完成某些工件的加工,实现机械产品的部件、机器的装配和调试,以及各类机械设备的维护、修理等任务。通过学习使学生了解钳工在机械制造维修中的作用、特点以及各种类型的加工过程;掌握划线、锯割、锉削、钻孔、扩孔、铰孔、螺纹加工、装配等操作方法;学会钳工的各种工具、量具的使用和测量方法;正确使用工具、量具,独立完成钳工的各种基本操作。

4) 数控及特种加工

涉及数控加工基础知识以及其他现代制造技术。数控加工是指采用配备计算机数字控制的机床并按照一定的规范格式和工艺要求所编制的加工程序来进行对工件的自动加工的过程,其加工精度稳定性好,劳动强度低,特别适应于复杂形状的零件或中、小批量零件的加工。特种加工主要学习电火花线切割加工,它是电火花加工的一个分支,是一种直接利用电能和热能进行加工的工艺方法,它用一根移动着的导线(电极丝)作为工具电极对工件进行切割,故称线切割加工。通过学习使学生了解数控加工的特点和应用,了解数控机床结构及运动控制方式,了解其他现代制造技术;掌握数控编程方法和数控机床(数控车床、数控铣床等)的操作,能够编制简单零件的程序,完成数控加工;掌握数控电火花加工的原理、特点和应用范围。

3. 实习安全技术

学生在实习过程中需要使用各种生产设备来完成实习大纲中所规定的实习内容,进行各种操作来完成各种不同类型的零件加工制作,一定会接触到焊机、机床、砂轮机。为了避免触电、机械伤害、爆炸、烫伤和中毒等工伤事故,实习者必须严格遵守工艺操作规程,只有施行文明生产实习,才能确保实习人员的安全和保障,实习时应做到以下几点。

(1) 实习中做到专心听讲,仔细观察,做好笔记,尊重各位指导老师和师傅,独立操作,独立完成各项实习任务。

(2) 严格执行安全制度,进车间必须穿好工作服及各种安全防护装备,领口、袖口要扣好。女生应戴好工作帽,将长发放入帽内,不得穿高跟鞋、凉鞋。

(3) 操作机床时不准戴手套,严禁身体、衣袖与转动部位接触;正确使用砂轮机,严格按安全规程操作,注意人身安全。

(4) 遵守设备操作规程,爱护设备,未经指导老师及师傅允许不得随意乱动车间设备,更不准乱动各种开关和按钮。

(5) 遵守劳动纪律,不迟到,不早退,不打闹,不串岗,不随地而坐,不擅离实习岗位,串岗,更不能到车间外玩耍,有事必须请假。



- (6) 交接班时认真清点工、卡、量具，做好保养保管，如有损坏、丢失按价赔偿。
- (7) 实习时，要不怕苦、不怕累、不怕脏，树立良好的劳动观念。
- (8) 每天下班应擦拭机床，清理用具、工件，打扫工作场地，保持环境卫生。
- (9) 爱护公物，节约材料、水、电，不践踏花木、绿地。
- (10) 爱护劳动保护品，如损坏、丢失按价赔偿。

第 1 章

金工实习基本知识

1.1 金属材料的性能

1. 工艺性能与使用性能

金属材料的性能一般分为工艺性能和使用性能两类。

所谓工艺性能是指机械零件在加工制造过程中，金属材料在所给定的冷、热加工条件下表现出来的性能。金属材料工艺性能的好坏，决定了它在制造过程中加工成形的适应能力。由于加工条件不同，要求的工艺性能也就不同，如铸造性能、可焊性、可锻性、热处理性能、切削加工性等。

所谓使用性能是指机械零件在使用条件下，金属材料表现出来的性能，它包括机械性能、物理性能、化学性能等。金属材料使用性能的好坏，决定了它的使用范围与使用寿命。

2. 金属材料机械性能(或称为力学性能)

在机械制造业中，一般机械零件都是在常温、常压和非强烈腐蚀性介质中使用的，且在使用过程中各机械零件都将承受不同载荷的作用。金属材料在载荷作用下抵抗破坏的性能，称为机械性能(或称为力学性能)。

金属材料的机械性能是零件设计和选材时的主要依据。外加载荷性质不同(如拉伸、压缩、扭转、冲击、循环载荷等)，对金属材料机械性能的要求也将不同。常用的机械性能包括强度、塑性、硬度、冲击韧性、多次冲击抗力和疲劳极限等。下面将分别讨论这些机械性能。

1) 强度

强度是指金属材料在静载荷作用下抵抗破坏(过量塑性变形或断裂)的性能。由于载荷的作用方式有拉伸、压缩、弯曲、剪切等形式，所以强度也分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。各种强度间常有一定的联系，使用中一般多以抗拉强度作为最基本



的强度指标。

2) 塑性

塑性是指金属材料在载荷作用下,产生塑性变形(永久变形)而不破坏的能力。

3) 硬度

硬度是衡量金属材料软硬程度的指标。目前生产中测定硬度最常用的方法是压入硬度法,它是用一定几何形状的压头在一定载荷下压入被测试的金属表面,根据被压入程度来测定其硬度值。

常用的测试硬度的方法有布氏硬度(HB)、洛氏硬度(HRA、HRB、HRC)和维氏硬度(HV)等方法。

4) 疲劳

前面所讨论的强度、塑性、硬度都是金属在静载荷作用下的机械性能指标。实际上,许多机器零件都是在循环载荷下工作的,在这种条件下零件会产生疲劳。

5) 冲击韧性

以很高速度作用于机件上的载荷称为冲击载荷,金属在冲击载荷作用下抵抗破坏的能力叫做冲击韧性。

3. 常用金属材料

工业上将碳的质量分数小于2.11%的铁碳合金称为钢。钢具有良好的使用性能和工艺性能,因此获得了广泛的应用。

1) 钢的分类

钢的分类方法很多,常用的分类方法有以下几种:

(1) 按化学成分分,碳素钢可分为:低碳钢(含碳量 $\leq 0.25\%$)、中碳钢(含碳量 $0.25\% \sim 0.6\%$)、高碳钢(含碳量 $> 0.6\%$);合金钢可分为:低合金钢(合金元素总含量 $\leq 5\%$)、中合金钢(合金元素总含量 $5\% \sim 10\%$)、高合金钢(合金元素总含量 $> 10\%$)。

(2) 按用途分,可分为结构钢(主要用于制造各种机械零件和工程构件)、工具钢(主要用于制造各种刀具、量具和模具等)、特殊性能钢(具有特殊的物理、化学性能的钢,可分为不锈钢、耐热钢、耐磨钢等)。

(3) 按品质分,可分为普通碳素钢($P \leq 0.045\%$ 、 $S \leq 0.05\%$)、优质碳素钢($P \leq 0.035\%$ 、 $S \leq 0.035\%$)、高级优质碳素钢($P \leq 0.025\%$ 、 $S \leq 0.025\%$)。

2) 碳素钢的牌号、性能及用途

常见碳素结构钢的牌号用“Q+数字”表示(表1-1),其中“Q”为屈服点的“屈”字的汉语拼音字首,数字表示屈服强度的数值。若牌号后标注字母,则表示钢材质量等级不同。

优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示钢的平均含碳量的质量分数的万分数,例如,20钢的平均碳质量分数为0.2%。

3) 合金钢的牌号、性能及用途

为了提高钢的性能,在碳素钢基础上特意加入合金元素所获得的钢种称为合金钢。常见合金钢的牌号、机械性能及用途见表1-2。

表 1-1 常见碳素结构钢的牌号、机械性能及其用途

类别	常用牌号	机械性能			用途
		屈服点 σ_s /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ /%	
碳素 结构钢	Q195	195	315~390	33	塑性较好，有一定的强度，通常可轧制钢筋、钢板、钢管等。可作为桥梁、建筑物等的构件，也可用作螺钉、螺帽、铆钉等
	Q215	215	335~410	31	
	Q235A	235	375~460	26	
	Q235B				
	Q235C				可用于重要的焊接件
	Q235D				
	Q255	255	410~510	24	强度较高，可轧制成形钢、钢板，作构件用
	Q275	275	490~610	20	
优质碳素 结构钢	08F	175	295	35	塑性好，可制造冷冲压零件
	10	205	335	31	冷冲压性与焊接性能良好，可用作冲压件及焊接件，经过热处理也可以制造轴、销等零件
	20	245	410	25	
	35	315	530	20	
	40	335	570	19	经调质处理后，可获得良好的综合机械性能，可用来制造齿轮、轴类、套筒等零件
	45	355	600	16	
	50	375	630	14	
	60	400	675	12	
	65	410	695	10	主要用来制造弹簧

表 1-2 常见合金钢的牌号、机械性能及其用途

类别	常用牌号	机械性能			用途
		屈服点 σ_s /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ /%	
低合金高 强度 结构钢	Q295	≥ 295	390~570	23	具有高强度、高韧性、良好的焊接性能和冷成形性能。主要用于制造桥梁、船舶、车辆、锅炉、高压容器、输油输气管道、大型钢结构等
	Q345	≥ 345	470~630	21~22	
	Q390	≥ 390	490~650	19~20	
	Q420	≥ 420	520~680	18~19	
	Q460	≥ 460	550~720	17	
合金 渗碳钢	20Cr	540	835	10	主要用于制造汽车、拖拉机中的变速齿轮、内燃机上的凸轮轴、活塞销等机器零件
	20CrMnTi	835	1080	10	
	20Cr2Ni4	1080	1175	10	



(续)

类别	常用牌号	机械性能			用途
		屈服点 σ_s /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ /%	
合金 调质钢	40Cr	785	980	9	主要用于汽车和机床上的轴、齿轮等
	30CrMnTi	—	1470	9	
	38CrMoAl	835	980	14	

合金结构钢的牌号用“两位数(平均碳质量分数的万分之几)+元素符号+数字(该合金元素质量分数,小于1.5%不标出;1.5%~2.5%标2;2.5%~3.5%标3,以此类推)”表示。

对合金工具钢的牌号而言,当碳的质量分数小于1%时,用“一位数(表示碳质量分数的千分之几)+元素符号+数字”表示;当碳的质量分数大于1%时,用“元素符号+数字”表示。(注:高速钢碳的质量分数小于1%,其含碳量也不标出)

4) 铸钢的牌号、性能及用途

铸钢主要用于制造形状复杂,具有一定强度、塑性和韧性的零件。常见碳素铸钢的成分、机械性能及其用途见表1-3。碳是影响铸钢性能的主要元素,随着碳质量分数的增加,屈服强度和抗拉强度均增加,而且抗拉强度比屈服强度增加得更快,但当碳的质量分数大于0.45%时,屈服强度很少增加,而塑性、韧性却显著下降。所以,在生产中使用最多的铸钢是ZG230-450、ZG270-500、ZG310-570三种。

表 1-3 常见碳素铸钢的成分、机械性能及其用途

钢号	化学成分			机械性能					应用举例
	C	Mn	Si	σ_s /MPa	σ_b /MPa	δ /%	ψ /%	a_k	
ZG200-400	0.20	0.80	0.50	200	400	25	40	600	机座、变速箱壳
ZG230-450	0.30	0.90	0.50	230	450	22	32	450	机座、锤轮、箱体
ZG270-500	0.40	0.90	0.50	270	500	18	25	350	飞轮、机架、蒸汽锤、水压机、工作缸、横梁
ZG310-570	0.50	0.90	0.60	310	570	15	21	300	联轴器、气缸、齿轮、齿轮圈
ZG340-640	0.60	0.90	0.60	340	640	10	18	200	起重运输机中齿轮、联轴器等

5) 铸铁的牌号、性能及用途

铸铁是碳质量分数大于2.11%,并含有较多Si、Mn、S、P等元素的铁碳合金。铸铁的生产工艺和生产设备简单,价格便宜,具有许多优良的使用性能和工艺性能,所以应用非常广泛,是工程上最常用的金属材料之一。

铸铁按照碳存在的形式可以分为:白口铸铁、灰口铸铁、麻口铸铁;按铸铁中石墨的形态可以分为:灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁。常见灰铸铁的牌号及其用途见表1-4。

表 1-4 常见灰铸铁的牌号及其用途

牌号	铸件壁厚	力学性能		用途举例
		σ_b /MPa	HBS	
HT100	2.5~10	130	110~166	适用于载荷小、对摩擦和磨损无特殊要求的不重要的零件，如防护罩、盖、油盘、手轮、支架、底板、重锤等
	10~20	100	93~140	
	20~30	90	87~131	
HT150	2.5~10	175	137~205	适用于承受中等载荷的零件，如机座、支架、箱体、刀架、床身、轴承座、工作台、带轮、阀体、飞轮、电动机座等
	10~20	145	119~179	
	20~30	130	110~166	
HT200	2.5~10	220	157~236	适用于承受较大载荷和要求一定气密性或耐腐蚀性等较重要的零件、如气缸、齿轮、机座、飞轮、床身、气缸体、活塞、齿轮箱、刹车轮、联轴器盘、中等压力阀体、泵体、液压缸、阀门等
	10~20	195	148~222	
	20~30	170	134~200	
HT250	4.0~10	270	175~262	
	10~20	240	164~247	
	20~30	220	157~236	
HT300	10~20	290	182~272	适用于承受高载荷、耐磨和高气密性的重要零件，如重型机床、剪床、压力机、自动机床的床身、机座、机架、高压液压件、活塞环、齿轮、凸轮、车床卡盘、衬套、大型发动机的气缸体、缸套、气缸盖等
	20~30	250	168~251	
	30~50	230	161~241	
HT350	10~20	340	199~298	
	20~30	290+	182~272	
	30~50	260	171~257	

1.2 常 用 量 具

在工艺过程中，必须应用一定精度的量具来测量和检验各种零件尺寸、形状和位置精度。

1. 常用量具及其使用方法

1) 钢直尺

钢直尺是最简单的长度量具，用不锈钢片制成，可直接用来测量工件尺寸，如图 1.1 所示。它的测量长度规格有 150mm、200mm、300mm、500mm 几种。测量工件的外径和内径尺寸时，常与卡钳配合使用，测量精度一般只能达到 0.2~0.5mm。

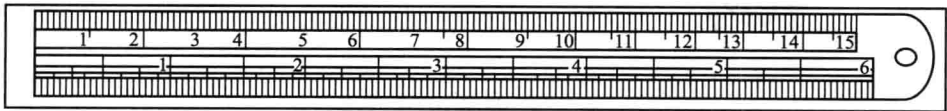


图 1.1 钢直尺

2) 卡钳

卡钳是一种间接度量工具，常与钢直尺配合使用，用来测量工件的外径和内径。卡钳



分内卡钳和外卡钳两种，如图 1.2 所示，其使用方法如图 1.3 所示。

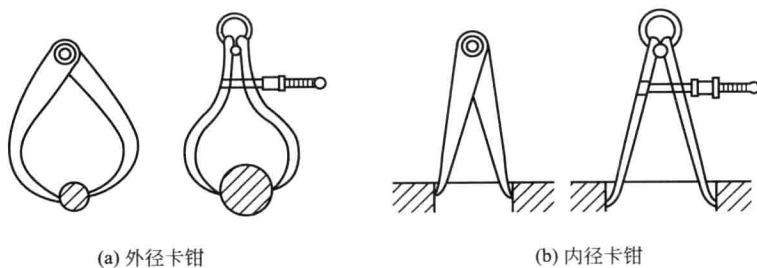


图 1.2 卡钳

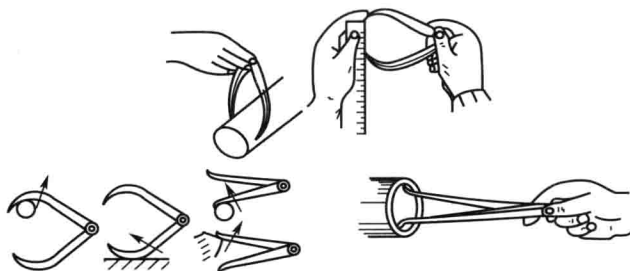


图 1.3 卡钳的使用方法

3) 游标卡尺

游标卡尺是一种中等精度的量具，可直接测量工件的外径、内径、长度、宽度和深度等尺寸。按用途不同，游标卡尺可分为：普通游标卡尺、游标深度尺、游标高度尺等几种。游标卡尺的测量精度有 0.05mm、0.1mm、0.2mm 三种，测量范围有 0~125mm、0~150mm、0~200mm、0~300mm 等。

如图 1.4 所示为一普通游标卡尺，它主要由尺身和游标组成，尺身上刻有以 1mm 为一格间距的刻度，并刻有尺寸数字，其刻度全长即为游标卡尺的规格。游标上的刻度间距随测量精度而定。现以精度值为 0.02mm 的游标卡尺的刻线原理和读数方法为例简介如下：

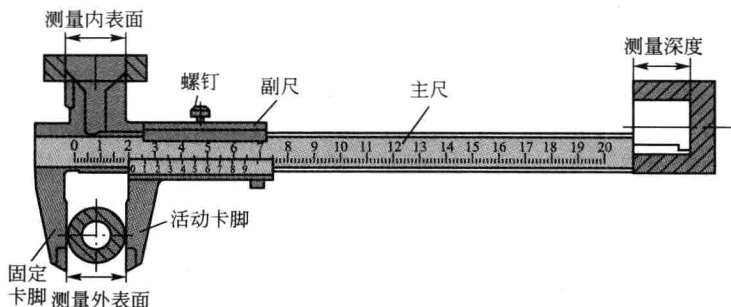


图 1.4 普通游标卡尺

尺身一格为 1mm，游标一格为 0.98mm，共 50 格。尺身和游标每格之差为 $1 - 0.98 = 0.02\text{mm}$ ，如图 1.5 所示。读数方法是游标零位指示的尺身整数，加上游标刻线与尺身线重合处的游标刻线乘以精度值之和。

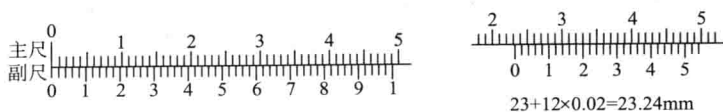


图 1.5 游标卡尺的刻线原理和读数方法

用游标卡尺测量工件的方法如图 1.6 所示，使用时应注意下列事项：

(1) 检查零线。使用前应首先检查量具是否在检定周期内，然后擦净卡尺，使量爪闭合，检查尺身与游标的零线是否对齐。若未对齐，则在测量后应根据原始误差修正读数。

(2) 放正卡尺。测量内外圆直径时，尺身应垂直于轴线；测量内外孔直径时，应使两量爪处于直径处。

(3) 用力适当。测量时应使量爪逐渐与工件被测量表面靠近，最后达到轻微接触，不能把量爪用力抵紧工件，以免变形和磨损，影响测量精度。读数时为防止游标移动，可锁紧游标；视线应垂直于尺身。

(4) 勿测毛坯面。游标卡尺仅用于测量已加工的表面，表面粗糙的毛坯件不能用游标卡尺测量。如图 1.7 所示为游标深度尺和游标高度尺，分别用于测量深度和高度。游标高度尺还可以用作精密划线。

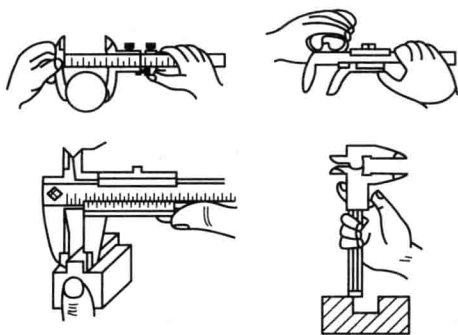


图 1.6 游标卡尺的测量方法

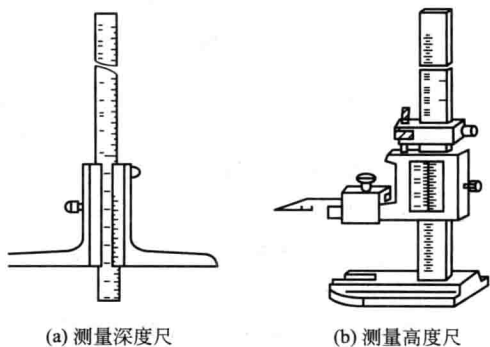


图 1.7 深度尺和高度尺

4) 千分尺

千分尺(又称分厘卡)是一种比游标卡尺更精密的量具，测量精度为 0.01mm，测量范围有 0~25mm、25~50mm、50~75mm……规格。常用的千分尺分为外径千分尺和内径千分尺。外径千分尺的构造如图 1.8 所示。

千分尺的测量螺杆和微分筒连在一起，当转动微分筒时，测量螺杆和微分筒一起沿轴向移动。内部的测力装置是使测量螺杆与被测工件接触时保持恒定的测量力，以便测出正确尺寸。当转动测力装置时，千分尺两测量面接触工件。超过一定的压力时，棘轮沿着内部棘爪的斜面滑动，发出“嗒嗒”的响声，这就可读出工件尺寸。测量时为防止尺寸变动，可转动锁紧装置通过偏心锁锁定测量螺杆。

千分尺的读数机构由固定套管和微分筒组成，如图 1.9 所示，固定套管在轴线方向上有一条中线，中线上、下方都有刻线，相互错开 0.5mm；在微分筒左侧锥形圆周上有 50



等份的刻度线。因测量螺杆的螺距为 0.5mm，即螺杆转一周，同时轴向移动 0.5mm，故微分筒上每一小格的读数为 $0.5/50=0.01\text{mm}$ ，所以千分尺的测量精度为 0.01mm。测量时，读数方法分三步，如图 1.10 所示。

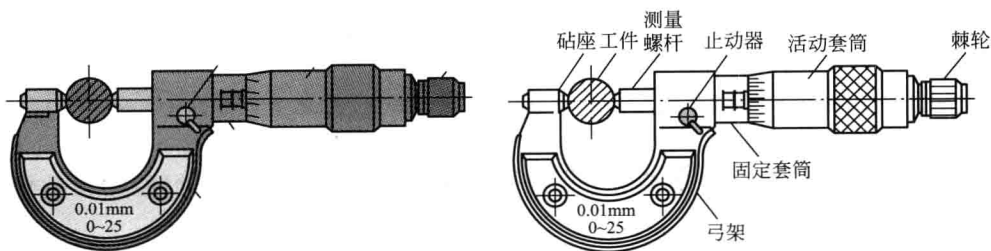


图 1.8 外径千分尺

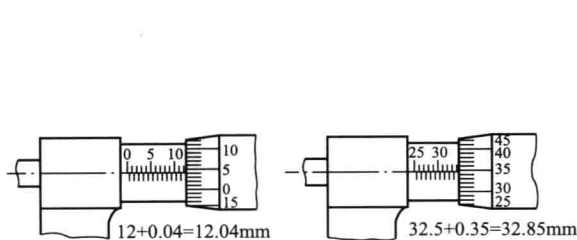


图 1.9 千分尺的刻线原理和读数方法

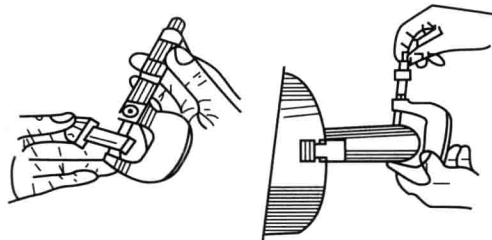


图 1.10 千分尺的使用方法

(1) 先读出固定套管上露出刻线的整毫米数和半毫米数(0.5mm)，注意看清露出的是上方刻线还是下方刻线，以免错读 0.5mm。

(2) 看准微分筒上哪一格与固定套管纵向刻线对准，将刻线的序号乘以 0.01mm，即为小数部分的数值。

(3) 上述两部分读数相加，即为被测工件的尺寸。

使用千分尺应注意以下事项：

(1) 校对零点。将砧座与螺杆接触，看圆周刻度零线是否与纵向中线对齐，且微分筒左侧棱边与尺身的零线重合，如有误差修正读数。

(2) 合理操作。手握尺架，先转动微分筒，当测量螺杆快要接触工件时，必须使用端部棘轮，严禁再拧微分筒，当棘轮发出“嗒嗒”声时应停止转动。

(3) 擦净工件测量面。测量前应将工件测量表面擦净，以免影响测量精度。

(4) 不偏不斜。测量时应使千分尺的砧座与测量螺杆两侧面准确放在被测工件的直径处，不能偏斜。

图 1.11 所示是用来测量内孔直径及槽宽等尺寸的内径千分尺。其内部结构与外径千分尺相同。

5) 百分表

百分表是一种指示量具，主要用于校正工件的装夹位置、检查工件的形状和位置误差及测量工件内径等。百分表的刻度值为 0.01mm，刻度值为 0.001mm 的叫千分表。

钟式百分表的结构原理如图 1.12 所示。当测量杆 1 向上或向下移动 1mm 时，通过齿轮传动系统带动大指针 5 转一圈，小指针 7 转一格。刻度盘在圆周上有 100 个等分格，每