



普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

金工实习教程

JINGONG SHIXI JIAOCHENG

张德勤 主 编

王英惠 李养良 副主编



Fundamentals of
Mechanical design



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

金工实习教程

主 编 张德勤

副主编 王英惠 李养良

参 编 于福义 江晓东 况 菁 潘 东 王瑞花 刘 对
卢 宏 王新海 仪登亮 张义福 张幼明

TG
14

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是针对高等学校工科专业金工实习课程的教材。本书按照教育部金工课程教学指导委员会关于普通高等学校机械制造实习教学基本要求的有关内容进行编写,教材以培养学生的工程实践能力和工程素质为基本内容。全书共11章,主要包括:绪论、铸造、锻压、焊接与切割、钢的热处理、切削加工基础知识、车削加工、铣削加工、钳工、数控加工、特种加工等。本书提供配套电子课件。

本书可作为高等学校机械类、近机械类及其他工科专业金工实习的教学指导和实习教材,也可作为卓越工程师教育培养计划实施中的教材,同时还可供工程技术人员参考使用。

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。

图书在版编目(CIP)数据

金工实习教程 / 张德勤主编. —北京:电子工业出版社, 2015.7

普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

ISBN 978-7-121-25839-8

I. ①金… II. ①张… 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(2015)第 072565 号

策划编辑:王晓庆

责任编辑:王晓庆

印 刷:三河市双峰印刷装订有限公司

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:13.75 字数:397 千字

版 次:2015 年 7 月第 1 版

印 次:2015 年 7 月第 1 次印刷

印 数:3000 册 定价:32.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

目前,随着科学技术的飞速发展,机械加工中越来越广泛地采用新工艺、新方法和新技术。许多高等学校的工程实践硬件建设及教学内容都发生了重大变化,由原来的铸造、锻压、焊接、普通车铣等逐步发展到越来越多地采用现代制造技术,如数控加工等。

在如此新形势下,工程实践教学必须走操作技能训练和实践创新紧密结合、技能训练和现代企业管理相结合的道路。因此,本书在常规的工程训练基础上,增加了数控加工、特种加工等内容,以此来拓宽学生实践的知识面。

本教程特点:

- (1) 内容丰富,既包括传统的加工方法,又加强了数控加工、特种加工等方面的内容;
- (2) 各章节都有实习报告的撰写内容;
- (3) 全书重点突出,叙述清楚。

本书可作为高等学校机械类、近机械类及其他工科专业金工实习的教学指导和实习教材,也可作为卓越工程师教育培养计划实施中的教材,同时还可供工程技术人员参考使用。

教学中,可以根据教学对象和学时的具体情况对书中的内容进行删减和组合,也可以进行适当扩展。为适应教学模式、教学方法和手段的改革,本书提供配套电子课件,请登录华信教育资源网(<http://www.hxedu.com.cn>)注册下载。

本书由九江学院机械与材料工程学院编写。参与编写的教师为:于福义、况菁(第1、第2章),江晓东(第3章),潘东、王瑞花(第4章),李养良(第5章),王英惠(第6章),张义福、仪登亮(第7章),王新海(第8章),仪登亮(第9章),刘对、张幼明(第10章),卢宏(第11章)。

本书编写中,李养良负责第1~5章、王英惠负责第6~11章的审核,全书由张德勤担任主编,并对全书进行统稿。

由于编者水平和经验有限,书中难免出现不妥之处,恳请同行和广大读者批评指正。

作 者

2015年7月

目 录

第1章 绪论	1	3.1.3 锻压实习具体要求	38
1.1 常用金属材料	1	3.1.4 锻压实习安全事项	38
1.1.1 金属材料的力学性能	1	3.2 常用锻压设备	39
1.1.2 常用的金属材料	2	3.2.1 空气锤	39
1.2 常用量具	4	3.2.2 蒸汽-空气锤	40
1.2.1 游标卡尺	4	3.2.3 液压机	41
1.2.2 千分尺	6	3.2.4 曲柄压力机	41
1.2.3 百分表	7	3.2.5 平锻机	42
1.2.4 钢尺	8	3.3 锻造生产工艺过程	43
1.2.5 卡钳	9	3.3.1 下料	43
第2章 铸造	10	3.3.2 锻件的加热	44
2.1 铸造实习的目的和要求	10	3.3.3 锻造	45
2.2 铸造生产安全操作规程	11	3.3.4 锻件的冷却	45
2.3 砂型铸造	11	3.3.5 锻件的质量检验	45
2.3.1 型砂及芯砂	12	3.4 自由锻和模锻	46
2.3.2 铸型的组成	13	3.4.1 自由锻	46
2.3.3 模样和芯盒	14	3.4.2 模型锻造	49
2.3.4 浇冒口系统	15	3.4.3 锻造加工的特点及应用	50
2.3.5 浇注位置的选择	16	3.5 板料冲压	51
2.3.6 分型面的选择	16	3.5.1 冲压加工的特点	51
2.3.7 造型的基本操作	17	3.5.2 冲压加工的工序	52
2.3.8 造型	18	3.5.3 冲压的设备	53
2.3.9 制芯	24	3.5.4 冲压工艺的应用及冲压 工艺技术的展望	54
2.3.10 合箱	26	3.6 锻件的质量控制与检验	54
2.3.11 落砂、清理和检验	27	3.6.1 锻件质量控制的基本内容	54
2.4 合金的熔炼及浇注	27	3.6.2 锻坯和原材料的控制	55
2.4.1 铝合金熔炼	27	3.6.3 锻造过程的控制	55
2.4.2 铸铁的熔炼	28	3.6.4 锻件热处理的控制	55
2.5 铸造缺陷	32	3.6.5 锻件质量检验方法	55
2.6 特种铸造	34	3.7 锻压生产安全知识	56
第3章 锻压	38	3.7.1 锻造实习安全知识	56
3.1 锻压实习的目的和要求	38	3.7.2 冲压实习安全知识	56
3.1.1 锻压实习课程内容	38	3.8 锻压实习作品加工举例	57
3.1.2 锻压实习的目的和作用	38	3.8.1 自由锻工艺示例	57
		3.8.2 冲压工艺示例	58

第4章 焊接与切割	59	6.2 工作运动与切削用量	100
4.1 焊接实习的目的和要求	59	6.3 机床的组成与传动	103
4.1.1 焊接实习的目的	59	6.4 切削力与切削热	105
4.1.2 焊接实习的要求	59	6.4.1 切削力	105
4.2 焊接与切割概述	60	6.4.2 切削热	107
4.2.1 焊接定义	60	6.5 切削加工的一般步骤	109
4.2.2 焊接方法分类	61	第7章 车削加工	112
4.3 常用焊接设备	61	7.1 车削加工实习的目的和要求	112
4.3.1 电弧焊机分类	61	7.2 车削加工安全操作规程	112
4.3.2 常用电弧焊机	62	7.3 车削概述	113
4.3.3 其他电弧焊机的组成及功能	64	7.4 车床	114
4.4 焊条电弧焊	65	7.4.1 普通车床的组成及功用	114
4.4.1 焊条电弧焊基本知识	65	7.4.2 普通车床的传动系统	116
4.4.2 焊条电弧焊的原理	66	7.5 车刀	117
4.4.3 焊条	67	7.5.1 车刀的组成	117
4.4.4 焊条电弧焊操作技术	68	7.5.2 车刀的结构	117
4.5 气焊与气割	75	7.5.3 车刀的安装	118
4.5.1 气焊与气割安全操作规程	75	7.5.4 车刀的刃磨	118
4.5.2 气焊	75	7.5.5 试切的方法与步骤	119
4.5.3 气割	81	7.6 工件的安装	120
4.6 常用电弧焊方法	83	7.6.1 用三爪卡盘安装工件	120
4.6.1 CO ₂ 气体保护焊	84	7.6.2 用四爪卡盘安装工件	120
4.6.2 氩弧焊	84	7.6.3 用顶尖安装工件	121
4.6.3 埋弧焊	85	7.6.4 用心轴安装工件	121
4.6.4 等离子弧焊	85	7.6.5 用花盘安装工件	122
4.7 焊接实习思考题	86	7.7 车削的基本工作	122
第5章 钢的热处理	88	7.7.1 车外圆	122
5.1 热处理实习安全须知	88	7.7.2 车端面	123
5.2 热处理概述	88	7.7.3 切槽与切断	123
5.3 常用热处理设备	89	7.7.4 孔加工	124
5.4 热处理方法	90	7.7.5 车锥面	125
5.4.1 热处理工艺曲线	90	7.7.6 车成形面	126
5.4.2 热处理方法	90	7.7.7 车螺纹	127
5.4.3 热处理基本操作	92	7.8 榔头手柄的加工	128
第6章 切削加工基础知识	95	7.9 车工实习报告	129
6.1 切削加工的分类与刀具	95	第8章 铣削加工	132
6.1.1 切削加工的分类	95	8.1 铣削加工概述	132
6.1.2 刀具	98	8.1.1 铣削加工实习的目的和要求	132

8.1.2 铣床安全操作规程	132	9.9 攻螺纹和套螺纹	161
8.1.3 铣削加工简介	133	9.9.1 攻螺纹	161
8.2 铣床	134	9.9.2 套螺纹	162
8.2.1 铣床的种类	134	9.10 装配方法	163
8.2.2 铣床的型号及其结构组成	134	9.10.1 装配的工艺流程	163
8.3 铣刀	136	9.10.2 典型组件装配方法	164
8.3.1 铣刀的分类	136	9.11 钳工操作示例——鑿口	
8.3.2 铣刀的安装	138	榔头的制作	164
8.4 铣床附件及工件的装夹	139	9.12 钳工实习报告	166
8.4.1 铣床附件	139	第 10 章 数控加工	168
8.4.2 工件的安装	141	10.1 数控实习的目的和要求	168
8.5 铣削操作	141	10.2 数控生产安全操作规程	168
第 9 章 钳工	145	10.3 数控机床	169
9.1 钳工实习的目的和要求	145	10.3.1 数控机床的组成	169
9.2 钳工实习安全操作规程	145	10.3.2 数控系统与设备简介	171
9.3 钳工概述	146	10.3.3 数控加工的特点	177
9.3.1 钳工的工作范围及基 本操作内容	146	10.4 数控车削加工	178
9.3.2 钳工的工作场地及设备	146	10.5 数控铣床加工	183
9.4 划线	147	10.5.1 数控铣床的对刀操作	183
9.4.1 划线的作用及种类	147	10.5.2 用 G92 建立工件坐标系的 对刀方法	183
9.4.2 划线的工具及其用法	148	10.5.3 用 G54~G59 建立工件坐 标系的对刀方法	185
9.4.3 划线操作	150	10.6 数控加工实习作品加 工举例	186
9.5 锯割	150	10.6.1 螺纹切削加工实例	186
9.5.1 锯割的工具	151	10.6.2 数控铣床实例	187
9.5.2 锯割的操作及示例	152	10.7 数控加工实习报告撰写 内容及要求	188
9.6 锉削	153	10.7.1 数控车削实习报告	188
9.6.1 锉削的工具	153	10.7.2 数控铣削实习报告	189
9.6.2 锉削操作	154	第 11 章 特种加工	190
9.6.3 平面的锉削方法及 锉削质量检验	155	11.1 数控线切割加工	190
9.7 孔的加工	156	11.1.1 数控线切割加工的实习 目的和要求	191
9.7.1 钻床	156	11.1.2 数控线切割机安全 操作规程	191
9.7.2 钻孔工具	157	11.1.3 数控线切割加工的原理	191
9.7.3 钻孔操作	158		
9.7.4 铰孔及铰孔	158		
9.8 鑿削与刮削	159		
9.8.1 鑿削	159		
9.8.2 刮削	160		

11.1.4 数控线切割加工的特点 和应用	192	11.4 数控等离子切割加工	204
11.1.5 数控线切割的编程方法	192	11.4.1 等离子切割机的安全 操作规程	204
11.2 数控电火花加工	195	11.4.2 等离子弧切割规范	204
11.2.1 数控电火花机床加工的 安全操作规程	195	11.4.3 数控等离子切割操作	206
11.2.2 电火花成型加工简介	196	11.5 快速原型制造技术	209
11.3 激光加工	200	11.5.1 快速原型制造技术的原理	209
11.3.1 激光切割机加工安全 操作规程	200	11.5.2 快速原型制造技术的特点	209
11.3.2 激光加工简介	201	11.5.3 快速原型制造技术的方法	210
		参考文献	211

第1章 绪 论

1.1 常用金属材料

在各种工程设备中,金属材料因具有良好的力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能,从而成为机器零件最常用的材料,在现代工业、农业、国防及日常生活中得到了广泛的应用,是应用最广泛的工程材料。根据零件性能要求,合理地选用金属材料,并按加工状况安排适当的热处理工艺,对充分发挥金属材料的性能潜力、保证工程设备的质量和安全使用起着重要的作用。

工业上将金属及其合金分为两大类:黑色金属,主要是钢、铸铁和其他铁合金;有色金属,是黑色金属以外的所有金属及其合金。

1.1.1 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指金属抵抗外加载荷引起的变形和断裂的能力。材料的力学性能是设计零件及选择材料的重要依据。常用的力学性能指标有:强度、塑性、硬度、韧性等。

(1) 强度

强度是指金属材料在静载荷的作用下抵抗变形和断裂的能力。金属的强度指标可以通过金属拉伸试验来测定,一般用单位面积所承受的载荷(应力)表示。衡量强度的主要指标有屈服强度(包括上屈服强度 R_{eH} 和下屈服强度 R_{eL})和抗拉强度 R_m 。前者表示金属开始发生明显塑性变形的抗力;后者表示金属受拉时所能承受的最大应力。两者均是机械零件和构件设计、选材的主要依据。

(2) 塑性

塑性是指金属材料在静载荷的作用下产生塑性变形而不破坏的能力。塑性指标有伸长率 A 和断面收缩率 Z 。 A 和 Z 数值越大,表示材料的塑性越好。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、不发生突然脆断的必要条件。

塑性好的金属可以进行各种压力加工(如锻造、冲压等)获得形状复杂的零件,也能防止零件因超载而引起突然性断裂。例如,铜、铝、铁的塑性很好;铸铁的塑性很差, A 和 Z 几乎为零,不能进行塑性变形加工。

(3) 硬度

硬度是指金属材料抵抗硬物压入表面的能力,它反映材料受压时对局部塑性变形的抗力。常用的硬度指标有布氏硬度(HB)和洛氏硬度(HR)两种,它们可在相应的硬度计上进行测定。

布氏硬度指标又分为 HBS 和 HBW 两种。前者压头为淬火钢球,适用于布氏硬度值低于 450 的金属材料;后者压头为硬质合金球,适用于布氏硬度值为 450~650 的金属材料。布氏硬度符号 HBS 或 HBW 前面的数值为硬度值,且允许有一定的波动范围,如 220~250HBS。布氏硬度主要用于测定各种退火、正火、调质处理后的钢材、铸铁及有色金属等的硬度(硬

度<450HBS)。

常用的洛氏硬度指标分为 HRA、HRB、HRC 三种，见表 1-1。洛氏硬度压痕小，操作方便，硬度值可直接从表盘读取，应用极为广泛。选择相应的洛氏硬度测试法可测定各种软硬材料：HRA 适用于测量硬质合金、表面淬火层或渗碳层；HRB 适用于测量有色金属和退火、正火钢等；HRC 适用于测量淬火钢、调质钢等。

表 1-1 洛氏硬度试验规范

符 号	压 头	载 荷/N	测 量 范 围	应 用 范 围
HRA	120° 金刚石圆锥体	600	60~85	硬质合金、表面硬化钢、淬火工具钢
HRB	1/16 英寸钢球	1000	25~100	有色金属、可锻铸铁、退火或正火钢
HRC	120° 金刚石圆锥体	1500	20~67	淬火钢、调质钢

常用金属材料的硬度值范围如下。

铝合金的硬度一般低于 150HBS，铜合金的硬度为 70~200HBS，退火态的低碳钢、中碳钢、高碳钢的硬度分别为 120~180HBS、180~250HBS、250~350HBS，中碳钢淬火后的硬度可达 50~58HRC，高碳钢淬火后的硬度可达 60~65HRC。

一般结构零件、工具的硬度要求是：钢质结构件的硬度为 180~250HBS，刀具、模具、量具的硬度为 60~66HRC，弹簧及弹性零件的硬度为 40~48HRC。

硬度值作为金属材料的主要性能指标，常标注在零件图的技术要求中。硬度试验设备简单，操作方便，可直接在零件或工具上测试而不破坏工件，并可根据测得的硬度值估算出近似的抗拉强度值，从而了解材料的力学性能及工艺性能，因此，硬度试验作为一种常用的检测手段，在生产中得到了广泛的应用。

(4) 韧性

材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力称为韧性，它常用一次摆锤冲击弯曲试验所测定的冲击吸收能量 KU（U 形缺口）和 KV（V 形缺口）作为衡量指标。冲击吸收能量值越大，则材料的韧性越好。

一般将冲击吸收能量值低的材料称为脆性材料，将冲击吸收能量值高的材料称为韧性材料。脆性材料在断裂前无明显的塑性变形，断口较平整，呈晶状或瓷状，有金属光泽；韧性材料在断裂前有明显的塑性变形，断口呈纤维状，无光泽。

1.1.2 常用的金属材料

(1) 碳素钢

碳素钢是指碳的质量分数小于 2.11%并含有少量硅、锰、硫、磷等杂质元素的铁碳合金，简称碳钢。其中锰、硅是有益元素，对钢有一定强化作用；硫、磷是有害元素，分别增加钢的热脆性和冷脆性，应严格控制。碳钢的价格低廉、工艺性能良好，在机械制造中应用广泛。常用碳钢的牌号及应用举例见表 1-2。

(2) 合金钢

为了提高钢的性能，在铁碳合金中特意加入一定数量的合金元素所获得的钢，称为合金钢。常用合金元素有锰（Mn）、硅（Si）、铬（Cr）、镍（Ni）、钼（Mo）、钨（W）、钒（V）、钛（Ti）、硼（B）和稀土元素（RE）等。合金钢还具有耐低温、耐腐蚀、高磁性、高耐磨性等良好的特殊性能，它在工具或力学性能、工艺性能要求高的、形状复杂的大截

面零件或有特殊性能要求的零件方面，得到了广泛应用。常用合金钢的牌号、性能及用途见表 1-3。

表 1-2 常用碳钢的牌号、应用及说明

名 称	牌 号	应 用 举 例	说 明
碳素结构钢	Q215A 级	承受载荷不大的金属结构件，如薄板、铆钉、垫圈、地脚螺栓及焊接件等	碳素钢的牌号是由代表钢屈服点的汉语拼音第一个字母 Q、屈服点(强度)值 (MPa)、质量等级符号、脱氧方法 4 个部分组成。其中质量等级分 4 级，分别以 A、B、C、D 表示
	Q235A 级	金属结构件、钢板、钢筋、型钢、螺母、连杆、拉杆等，Q235C 级、Q235D 级可用作重要的焊接结构	
优质碳素结构钢	15	强度低、塑性好，一般用于制造受力不大的冲压件，如螺栓、螺母、垫圈等。经过渗碳处理或氧化处理可用作表面要求耐磨、耐腐蚀的机械零件，如凸轮、滑块等	牌号的两位数字表示平均含碳量的万分数，45 钢即表示平均碳的质量分数为 0.45%。含锰量较高的钢，需加注化学元素符号 Mn
	45	综合力学性能和切削加工性能均较好，用于强度要求较高的重要零件，如曲轴、传动轴、齿轮、连杆等	

表 1-3 常用合金钢的牌号、性能及用途

种 类	牌 号	性能及用途
普通低合金结构钢	9Mn2, 10MnSiCu, 16Mn, 15MnTi	强度较高，塑性良好，具有焊接性和耐蚀性，用于建造桥梁、车辆、船舶、锅炉、高压容器、电视塔等
渗碳钢	20CrMnTi, 20Mn2V, 20Mn2TiB	心部的强度较高，用于制造重要的或承受重载荷的大型渗碳零件
调质钢	40Cr, 40Mn2, 30CMo, 40CrMnSi	具有良好的综合力学性能（高的强度和足够的韧性），用于制造一些复杂的重要机器零件
弹簧钢	65Mn, 60Si2Mn, 60Si2CrVA	淬透性较好，热处理后组织可得到强化，用于制造承受重载荷的弹簧
滚动轴承钢	GCr4, GCr15, GCr15SiMn	用于制造滚动轴承的滚珠、套圈

（3）铸铁

铸铁是含碳量大于 2.11%，主要组成元素为铁、碳、硅，并含有较多硫、磷、锰等杂质元素的铁碳合金。由于铸铁具有良好的铸造性能、切削加工性、减振性、减磨性、低的缺口敏感性，并且成本较低，因此，在机械工业中得到了广泛的应用。

根据碳在铸铁中的存在形式及石墨的形态，可将铸铁分为灰铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁、可锻铸铁和白口铸铁 5 类。在铸铁中加入合金元素可获得具有耐热、耐磨、耐蚀的合金铸铁。据资料表明，铸铁件的质量占机器总质量的 45%~90%。常用铸铁的牌号、应用举例见表 1-4。

表 1-4 常用铸铁的牌号、应用及说明

名 称	牌 号	应 用 举 例	说 明
灰铸铁	HT150	用于制造端盖、泵体、轴承座、阀壳、管子及管路附件、手轮；一般机床底座、床身、滑座、工作台等	HT 为“灰铁”两字汉语拼音的字头，后面的一组数字表示 Φ30 试样的最低抗拉强度。如 HT200 表示灰口铸铁的抗拉强度为 200MPa
	HT200	承受较大载荷和较重要的零件，如汽缸、齿轮、底座、飞轮、床身等	

(续表)

名 称	牌 号	应 用 举 例	说 明
球墨 铸铁	QT400—18	广泛用于机构制造业中受磨损和受冲击的零件，如曲轴（一般用 QT500—7）、齿轮（一般用 QT450—10）、汽缺套、活塞环、摩擦片、中低压阀门、千斤顶座、轴承座等	“QT” 是球墨铸铁的代号，它后面的数字表示最低抗拉强度和最低伸长率。如 QT500—7 即表示球墨铸铁的抗拉强度为 500MPa；伸长率为 7%
	QT450—10		
	QT500—7		
	QT800—2		
可锻 铸铁	KTH300—06	用于受冲击、振动等零件，如汽车零件、机床附件（如扳手）、各种管接头、低压阀门、农具等	“KTH”、“KTZ” 分别是黑心和珠光体可锻铸铁的代号，它们后面的数字分别代表最低抗拉强度和最低伸长率
	KTH330—08		
	KTZ450—06		

(4) 有色金属及其合金

有色金属的种类繁多，虽然其产量和使用范围不及黑色金属，但是由于它具有某些特殊性能，故已成为现代工业中不可缺少的材料。常用有色金属及其合金的牌号、应用举例及说明见表 1-5。

表 1-5 常用有色金属及其合金的牌号、应用举例及说明

名 称	牌 号	应 用 举 例	说 明
纯铜	T1	电线、导电螺钉、贮藏器及各种管道等	纯铜分 T1~T4 共 4 种。T1（一号铜）铜的质量分数为 99.95%；T4 含铜量为 99.50%
黄铜	H62	散热器、垫圈、弹簧、各种网、螺钉及其他零件等	“H”表示黄铜，后面数字表示铜的质量分数，如 62 表示铜的质量分数为 60.5%~63.5%
纯铝	1070A 1060 1050A	电缆、电器零件、装饰件及日常生活用品等	铝的质量分数为 98%~99.7%
铸铝合金	ZL102	耐磨性中上等，用于制造载荷不大的薄壁零件等	“Z”表示铸，“L”表示铝，后面数字表示顺序号，如 ZL102 表示 Al-Si 系 02 号合金

1.2 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。常用的量具有钢尺、卡钳、角尺、游标卡尺、千分尺、百分表等。

1.2.1 游标卡尺

游标卡尺是一种测量精度较高、使用方便、应用广泛的量具，可直接测量工件的外径、内径、宽度、长度、深度尺寸等，如图 1-1 所示，其读数准确度有 0.1 mm、0.05 mm 和 0.02 mm 三种。下面以 0.02 mm（即 1/50）游标卡尺为例，说明其刻线原理、读数方法、测量方法及注意事项。

使用游标卡尺时应注意：

- (1) 测量前应将卡尺擦干净，量爪贴合后游标和主尺零线应对齐；
- (2) 测量时，所用的测力应使两量爪刚好接触零件表面为宜；
- (3) 测量时，防止卡尺歪斜；
- (4) 在游标上读数时，尽量避免视线误差。

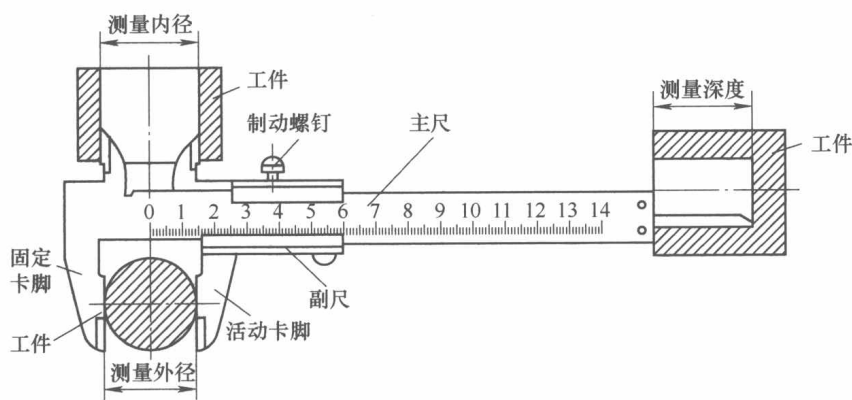


图 1-1 游标卡尺

测量步骤如下：

- (1) 读整数，即读出副尺零线左面主尺上的整毫米数；
- (2) 读小数，即读出副尺与主尺对齐刻线处的小数毫米数；
- (3) 把两次读数加起来。

图 1-2 所示为 0.02mm 游标卡尺的尺寸读法。图 1-3 所示为游标卡尺的使用方法。图 1-4 所示为专用于测量高度和深度的高度游标卡尺和深度游标卡尺。高度游标卡尺除用来测量工件高度外，也可以用来作为精密划线用。

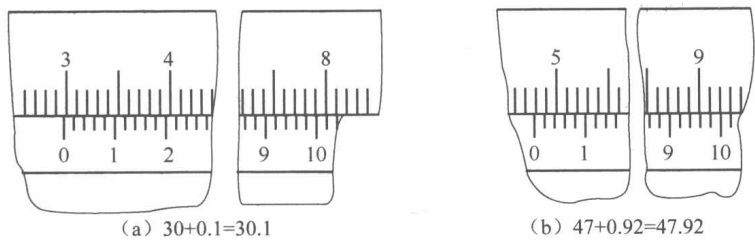


图 1-2 0.02mm 游标卡尺的尺寸读法

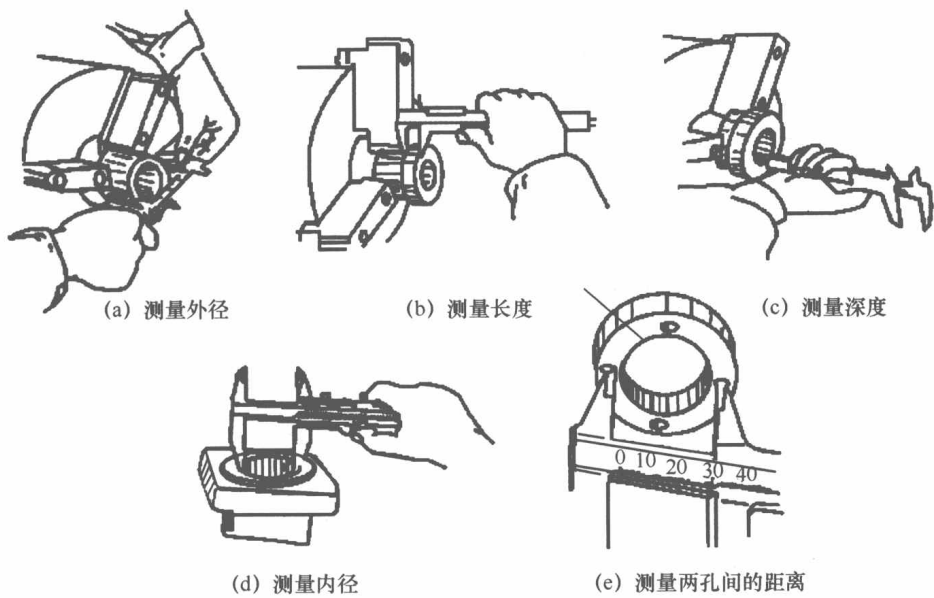


图 1-3 游标卡尺的使用方法

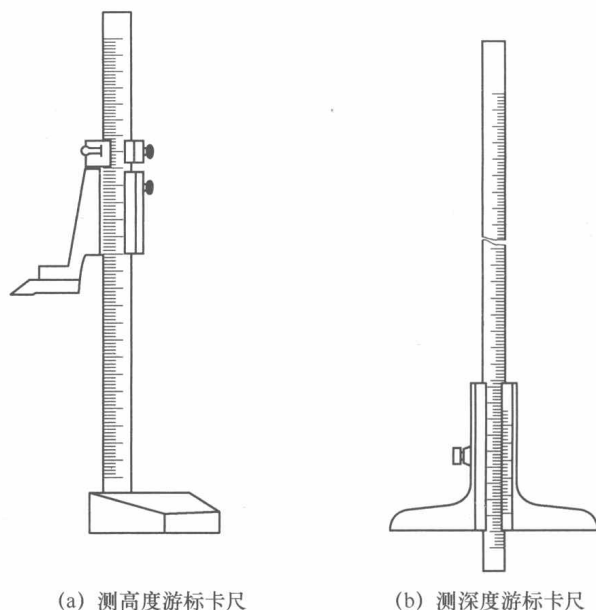


图 1-4 测高度、深度的游标卡尺

1.2.2 千分尺

千分尺是一种精密的量具。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，要用千分尺来测量。千分尺的种类很多，有外径千分尺（如图 1-5 所示）、内径千分尺和深度千分尺等，其中，外径千分尺的使用最为普遍。

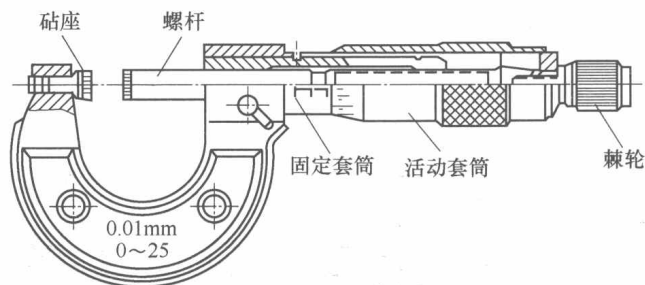


图 1-5 外径千分尺

千分尺的使用方法如下。

(1) 测量前，转动千分尺的棘轮，使两侧砧面贴合，并检查是否密合，同时看活动套筒与固定套筒的零线是否对齐，如有偏差应调整固定套筒对零。

(2) 测量时，最好双手掌握千分尺，左手握住弓架，用右手旋转活动套筒（如图 1-7 所示），当螺杆即将接触工件时，改为旋转棘轮盘，直到棘轮发出“卡卡”声为止。

(3) 读数时，最好不取下千分尺进行读数，如需要取下读数时，应先锁紧螺杆，然后轻轻取下千分尺，防止尺寸变动。读数要细心，看清刻度，不要错读 0.5 mm 。

其读数方法如下：被测工件的尺寸=副尺所指的主尺上的整数（应为 0.5 mm 的整倍数）+主尺中线所指副尺的格数 $\times 0.01$ 。图 1-6 所示为千分尺的几种读数。图 1-7 所示为千分尺的使用方法。

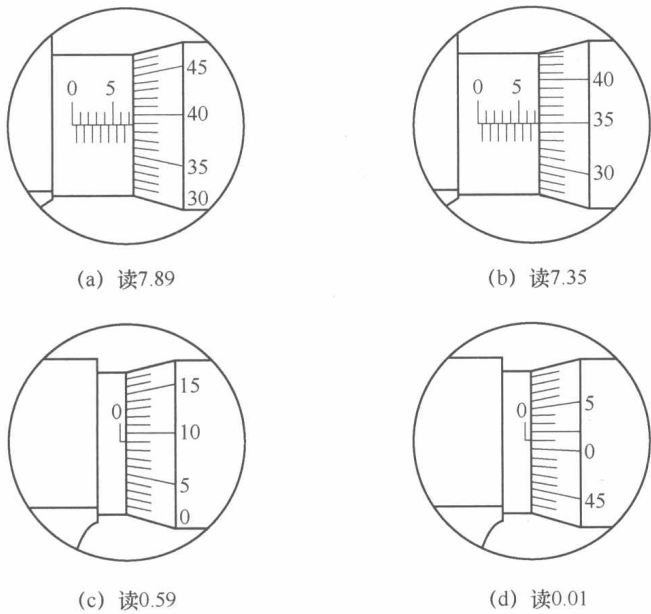


图 1-6 千分尺的几种读数

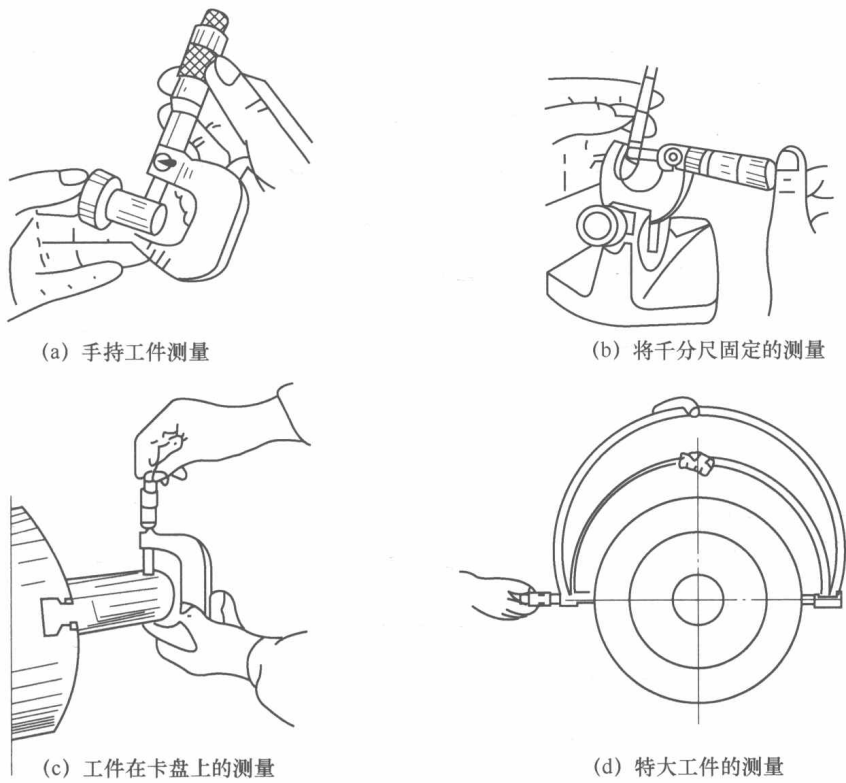


图 1-7 千分尺的使用方法

1.2.3 百分表

百分表是一种精度较高的比较量具，它只能测出相对数值，不能测出绝对数值，主要用于检测工件的形状和位置误差（如圆度、平面度、垂直度、跳动等），也可在机床上于工件的安装找正。百分表的测量准确度为 0.01mm。如图 1-8 所示。

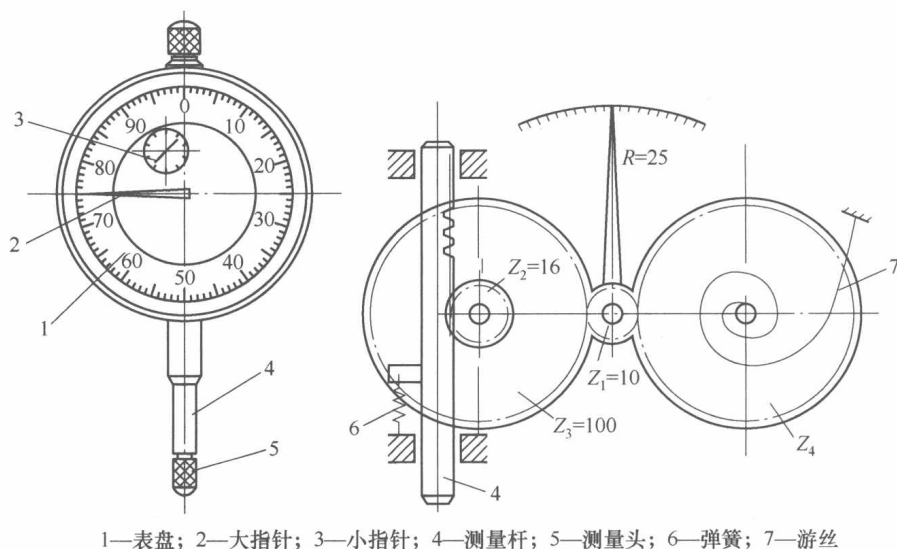


图 1-8 百分表

百分表的使用方法如下：

- (1) 测量前，检查表盘和指针有无松动现象，检查指针的平稳和稳定性；
- (2) 测量时，测量杆应垂直于零件表面；测圆柱时，测量杆应对准柱轴中心。测量头与被测表面接触时，测量杆应预先有 $0.3 \sim 1 \text{ mm}$ 的压缩量，保持一定的初始压力，以免负偏差测不出来。

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。

百分表的应用举例如图 1-9 所示。其中：

- (a) 检查外圆对孔的圆跳动；端面对孔的圆跳动。
- (b) 检查工件两面的平行度。
- (c) 内圆磨上四爪卡盘安装工件时找正外圆。

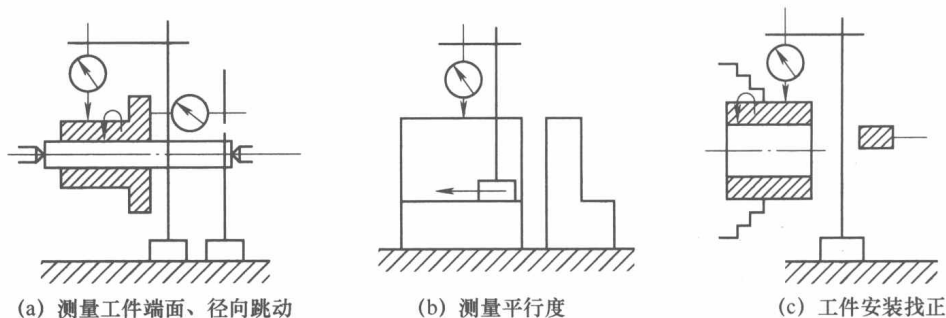


图 1-9 百分表的应用举例

1.2.4 钢尺

钢尺的长度规格有 150mm 、 300mm 、 500mm 、 1000 mm 共 4 种，常用的是 150 mm 和 300 mm 两种。

钢尺的使用方法，应根据零件形状灵活掌握，例如：

- (1) 测量矩形零件的宽度时，要使钢尺和被测零件的一边垂直，和零件的另一边平行[如图 1-10 (a) 所示]；

(2) 测量圆柱体的长度时, 要把钢尺准确地放在圆柱体的母线上 [如图 1-10 (b) 所示];

(3) 测量圆柱体的外径 [如图 1-10 (c) 所示] 或圆孔的内径 [如图 1-10 (d) 所示] 时, 要使钢尺靠着零件一面的边线来回摆动, 直到获得最大的尺寸, 这才是直径的尺寸。

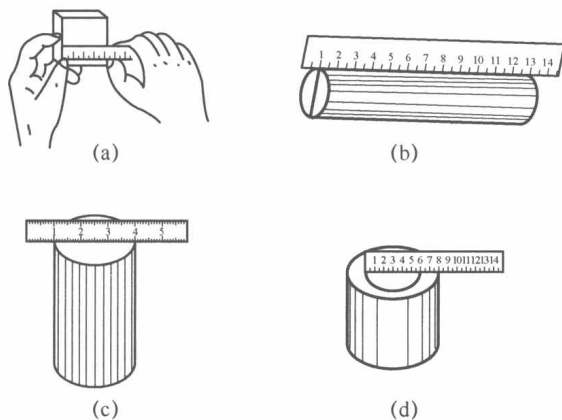


图 1-10 钢尺的使用方法

1.2.5 卡钳

卡钳是一种间接量具, 使用时必须与钢尺或其他刻线量具合用。图 1-11 所示为外卡钳, 用来测量外部尺寸 (如轴径)。图 1-12 所示为内卡钳, 用来测量内部尺寸 (如孔径)。卡钳测量方法如图 1-13 和图 1-14 所示。

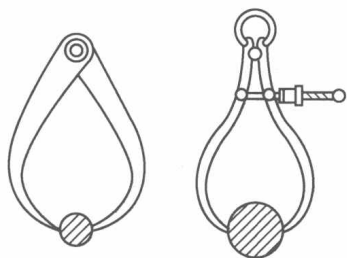


图 1-11 外卡钳

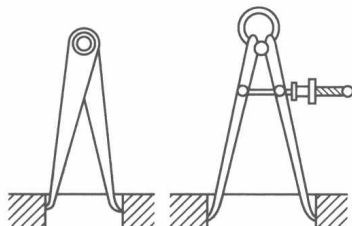


图 1-12 内卡钳

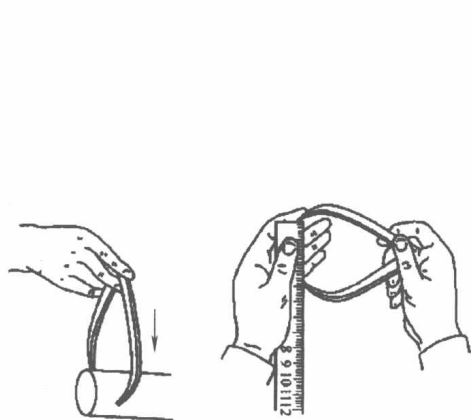


图 1-13 用外卡钳测量的方法

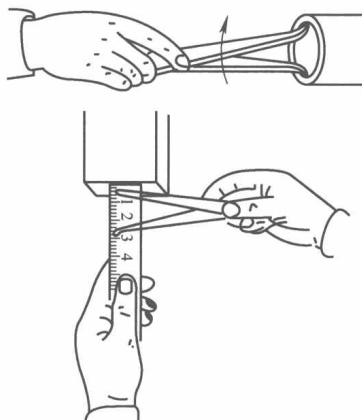


图 1-14 用内卡钳测量的方法