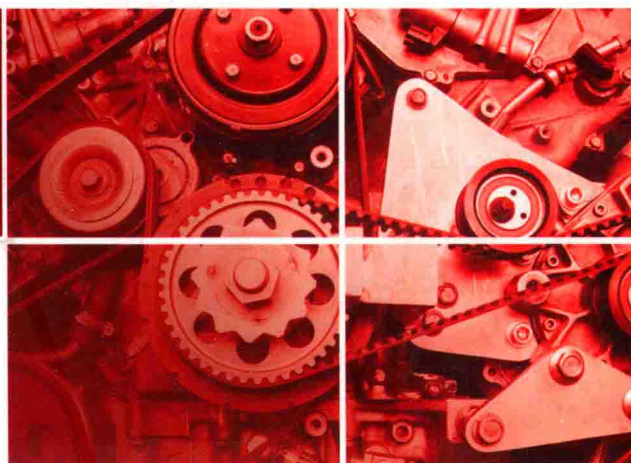


普通高等教育“十三五”工程训练系列规划教材



工程实训教程

主 编 孙 凤

副主编 白彦华 段振云



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十三五”工程训练系列规划教材

工程实训教程

主编 孙 凤

副主编 白彦华 段振云

参 编 刘云秋 田 畅 庄思明

唐 虹 于鸣鸣 金俊杰

方 芳 杜 坡

主 审 付景顺



机械工业出版社

本书由孙凤凤主编，付景顺担任主审。

本书由机械工业出版社出版，刘云秋（第3

本书是根据“卓越工程师教育培养计划”和“工程教育专业认证”中对当代高质量工程技术人才培养的要求,以工业化生产设备为资源,以解决工程问题为导向,以工程实训案例教学为手段,以培养学生的工程能力和创新能力为目标,在总结多年工程实训教学经验的基础上编写的。

本书的主要内容包括:工程实训基础、铸造、锻压、焊接、热处理、车削、铣削、刨削、磨削、钳工、数控车削、数控铣削、加工中心、快速成形、现代测量、电火花加工、激光加工、特种加工(包括电子束加工、离子束加工、超声波加工、水射流加工、电化学加工)等,共18章。内容涵盖传统的冷、热加工,数控加工,特种加工及先进的测量方法。

本书主要作为高等工科院校参加工程实训教学的学生教材,并可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程实训教程/孙凤主编. —北京:机械工业出版社,2017.8
普通高等教育“十三五”工程训练系列规划教材
ISBN 978-7-111-57469-9

I. ①工… II. ①孙… III. ①工程技术-高等学校-教材 IV. ①TB

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第300166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:丁昕祯 责任编辑:丁昕祯 余 晖 责任校对:陈 越

封面设计:张 静 责任印制:孙 焄

北京中兴印刷有限公司印刷

2018年2月第1版第1次印刷

184mm×260mm·19.75印张·473千字

标准书号:ISBN 978-7-111-57469-9

定价:39.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

21 世纪的高级工程技术人才应该是复合型、创造型人才，应该具有较强的适应能力、发展能力、竞争能力以及扎实的理论基础和较强的实际动手能力。因此，如何培养出这种既懂技术、动手能力又强的高素质应用型人才已经成为我国高等教育面临的重要课题。

工程实训是一门培养学生工程实践能力、创新能力、大工程意识的实践性教学环节，是学生综合能力培养的必修课。工程实训教学具有学时长、实践性突出、集中培训和轻理论重实践等特点，是教育部“卓越工程师教育培养计划”和“工程教育专业认证”中的重要支撑与评价指标，是当前高等工科教育研究的热点。

本书以多年的工程实训教学经验为基础，以学生的知识背景为出发点，以紧随机械制造技术快速发展步伐为驱动，以培养懂理论、会动手、能创新的高素质、高层次、复合型人才为目标，制定了全书的编排形式和编写内容。编排上采用理论、操作、实训实例、创新训练的逐层递进的形式，内容上既包含传统金工实训中的铸造、锻压、焊接、热处理、车削、铣削、刨削、磨削、钳工等实训内容，还包含了先进制造技术中的数控车削、数控铣削、加工中心、电火花加工、线切割、激光切割、激光内雕、3D 打印、三坐标测量、激光三维扫描等当前主流的现代工程实训内容。

本书在各章的内容编排上采用理论→操作→实训实例→创新能力培养的方式，以基本原理和设备的简单介绍为引导，以具体实训操作为基础，以项目式实训实例为核心，充分考虑参加实训的学生为大学一、二年级，尚未有系统学习专业知识的背景，以简单的理论使其入门，以实际操作为重点，从亲身体验、实际操作中领会机械制造相关知识。本书的编写充分考虑不同专业学生对实训难度、深度的不同要求，实训实例的编排也难易结合、由浅入深。此外，本书在培养学生实践能力的同时，特别注重学生创新能力的培养，特设创意类项目实训实例及实训拓展训练思考题。

本书由孙凤担任主编，白彦华、段振云担任副主编，付景顺担任主审。

参加本书编写的有：段振云（第 1 章），白彦华（第 2 章），刘云秋（第 3

章), 田畅 (第 4 章), 庄思明 (第 5 章), 唐虹、于鸣鸣 (第 6~9 章), 于鸣鸣 (第 10 章), 金俊杰 (第 11、12 章), 孙凤 (第 13 章), 方芳 (第 14、16 章), 杜坡 (第 15、17、18 章) 等。

本书的编写借鉴了兄弟院校教材的相关内容, 并得到了书中所用设备相关企业

企业和沈阳工业大学工程实训中心相关人员的大力支持, 在此表示衷心的感谢。付景顺教授提出了许多宝贵意见, 在此也表示感谢。

由于编者水平有限, 编写时间仓促, 书中难免存在不妥或错误之处, 恳请读者批评指正。

《工程实训教程》编委会

主编: 田畅

副主编: 庄思明、唐虹、于鸣鸣、金俊杰、孙凤、方芳、杜坡

编委: 田畅、庄思明、唐虹、于鸣鸣、金俊杰、孙凤、方芳、杜坡

编委: 田畅、庄思明、唐虹、于鸣鸣、金俊杰、孙凤、方芳、杜坡

编委: 田畅、庄思明、唐虹、于鸣鸣、金俊杰、孙凤、方芳、杜坡

编委: 田畅、庄思明、唐虹、于鸣鸣、金俊杰、孙凤、方芳、杜坡

编委: 田畅、庄思明、唐虹、于鸣鸣、金俊杰、孙凤、方芳、杜坡

编委: 田畅、庄思明、唐虹、于鸣鸣、金俊杰、孙凤、方芳、杜坡

编委: 田畅、庄思明、唐虹、于鸣鸣、金俊杰、孙凤、方芳、杜坡

编委: 田畅、庄思明、唐虹、于鸣鸣、金俊杰、孙凤、方芳、杜坡

目 录

前 言

第 1 章 工程实训基础	1
1.1 工程实训概述	1
1.2 工程实训安全规则	1
1.3 工程实训基本内容	1
1.4 工程实训基础知识	2
1.4.1 实训常用材料	2
1.4.2 实训常用量具	4
第 2 章 铸造实训	9
2.1 铸造概述	9
2.1.1 铸件的生产方法	9
2.1.2 铸件的结构分析	10
2.1.3 铸型与模样	11
2.2 砂型铸造	12
2.2.1 铸造用原砂	12
2.2.2 型砂	12
2.2.3 造型	13
2.3 铸造工艺	17
2.3.1 铸件浇注位置的确定	17
2.3.2 分型面的选择	18
2.3.3 铸造工艺参数	20
2.3.4 浇注系统	20
2.3.5 冒口与冷铁	22
2.4 特种铸造	22
2.4.1 熔模铸造 (失蜡铸造)	23
2.4.2 金属型铸造	24
2.4.3 压力铸造	24
2.4.4 低压铸造	25
2.4.5 离心铸造	26
2.5 减速机箱体和箱盖零件的铸造实训	26
2.5.1 箱体砂型手工造型过程	26
2.5.2 箱体型芯的制作过程	26

第3章 锻压实训	28
3.1 锻压概述	28
3.2 锻造	28
3.2.1 自由锻	28
3.2.2 胎模锻	31
3.2.3 模锻	32
3.2.4 半轴自由锻加工实例	33
3.3 板料冲压	35
3.3.1 冲压设备	35
3.3.2 冲模结构	36
3.3.3 冲压基本工序	37
3.3.4 金属连接件板料冲压项目实训	38
实训拓展训练	44
第4章 焊接实训	45
4.1 焊接概述	45
4.1.1 焊接种类	45
4.1.2 焊接特点及应用	45
4.2 焊条电弧焊	45
4.2.1 焊接电弧	45
4.2.2 焊接设备	46
4.2.3 焊条	47
4.2.4 焊条电弧焊工艺	48
4.2.5 平板对接件焊接实训	49
4.3 气焊与气割	53
4.3.1 气焊	53
4.3.2 气焊实训	56
4.3.3 气割	58
4.3.4 气割实训	59
4.4 气体保护焊	61
4.4.1 CO ₂ 气体保护焊	61
4.4.2 氩弧焊	63
实训拓展训练	65
第5章 热处理实训	66
5.1 热处理概述	66
5.1.1 热处理原理与应用	66
5.1.2 常用热处理方法	66
5.2 热处理工艺	67
5.2.1 退火工艺	67
5.2.2 正火工艺	67

5.2.3 淬火工艺	67
5.2.4 回火工艺	68
5.3 45钢的热处理实训	68
5.3.1 45钢中间轴整体淬火实训	68
5.3.2 45钢中间轴调质实训	69
5.3.3 45钢中间轴感应加热表面淬火实训	70
5.4 金相组织检测	71
5.4.1 显微镜简介	71
5.4.2 45钢退火态组织检测	72
5.4.3 45钢正火态组织检测	72
5.4.4 45钢淬火态组织检测	72
5.4.5 45钢回火态组织检测	72
5.5 材料力学性能测试	74
5.5.1 强度与塑性测试设备与实训	74
5.5.2 硬度测试设备与实训	76
实训拓展训练	78
第6章 车削加工实训	79
6.1 车削加工概述	79
6.1.1 车削加工范围	79
6.1.2 卧式车床 CA6140 简介	79
6.2 车刀及工件安装	81
6.2.1 常用车刀	81
6.2.2 工件的安装	82
6.3 车削加工工艺	85
6.3.1 车削加工基本过程	85
6.3.2 典型表面车削加工工艺	87
6.4 车削加工实训	92
6.4.1 台阶轴车削加工实训	92
6.4.2 螺纹轴车削加工实训	96
6.4.3 套方车削加工实训	99
实训拓展训练	102
第7章 铣削加工实训	104
7.1 铣削加工概述	104
7.1.1 铣削加工范围	104
7.1.2 X5025 立式铣床简介	105
7.2 铣刀及工件安装	106
7.2.1 常用铣刀	106
7.2.2 工件的安装	107
7.3 铣削加工工艺	109

7.3.1	铣削方式	109
7.3.2	典型表面铣削加工工艺	109
7.4	铣削加工实训	111
7.4.1	六面体铣削加工实训	111
7.4.2	锤头铣削加工实训	113
	实训拓展训练	116
第8章	刨削加工实训	117
8.1	刨削加工概述	117
8.1.1	刨削加工范围	117
8.1.2	B6065刨床简介	118
8.2	刨刀及工件安装	119
8.2.1	刨刀	119
8.2.2	工件的安装	119
8.3	刨削加工工艺	119
8.3.1	刨平面	119
8.3.2	刨垂直面与斜面	119
8.3.3	刨槽	120
8.4	燕尾块刨削加工实训	121
	实训拓展训练	123
第9章	磨削加工实训	124
9.1	磨削加工概述	124
9.1.1	磨削加工范围	124
9.1.2	磨床简介	124
9.2	砂轮及工件安装	127
9.2.1	砂轮	127
9.2.2	工件安装	127
9.3	磨削	127
9.3.1	外圆磨削	127
9.3.2	平面磨削	129
9.3.3	内孔磨削	129
9.4	平面磨削加工实训	130
第10章	钳工实训	133
10.1	钳工概述	133
10.2	钳工基本操作	134
10.2.1	划线	134
10.2.2	锯削	135
10.2.3	锉削	136
10.2.4	刮研	139
10.2.5	钻孔、扩孔和铰孔	141

10.2.6 攻螺纹与套螺纹	144
10.2.7 装配	145
10.3 钳工实训项目	147
10.3.1 直角尺制作实训	147
10.3.2 排孔攻螺纹钳工实训	151
10.3.3 减速器拆装实训	153
实训拓展训练	157
第 11 章 数控车削加工实训	158
11.1 数控车削加工概述	158
11.1.1 数控车削的工艺范围	158
11.1.2 数控车床的组成与分类	158
11.2 数控车削加工工艺	159
11.2.1 数控车削刀具	159
11.2.2 数控车削工艺	159
11.3 数控车床操作	160
11.3.1 操作面板介绍	160
11.3.2 对刀操作	165
11.4 数控车床编程基础	168
11.4.1 数控车床坐标系	168
11.4.2 数控车床常用指令	169
11.4.3 数控车床编程方法	170
11.5 数控车床加工实训	173
11.5.1 台阶轴数控车削实训	173
11.5.2 螺纹轴数控车削实训	175
11.5.3 创意性零件数控车削实训	178
实训拓展训练	181
第 12 章 数控铣削加工实训	183
12.1 数控铣削加工概述	183
12.1.1 数控铣削工艺范围	183
12.1.2 数控铣床的组成与分类	183
12.2 数控铣削加工工艺	183
12.2.1 数控铣削刀具	183
12.2.2 数控铣削工艺	184
12.3 数控铣床操作	184
12.3.1 操作面板介绍	184
12.3.2 对刀操作	184
12.4 数控铣床编程基础	188
12.4.1 数控铣床坐标系	188
12.4.2 数控铣床常用指令	189

12.4.3	数控铣床编程方法	190
12.5	数控铣床加工实训	192
12.5.1	盖板零件数控铣削实训	192
12.5.2	方形多层零件数控铣削实训	194
	实训拓展训练	197
第13章 加工中心实训		199
13.1	加工中心概述	199
13.1.1	加工中心的分类与工艺范围	199
13.1.2	立式加工中心的组成	200
13.2	立式加工中心操作	200
13.2.1	操作面板	200
13.2.2	控制面板	202
13.2.3	开机和回参考点操作	203
13.3	立式加工中心编程	203
13.3.1	立式加工中心坐标系	203
13.3.2	编程基础	204
13.3.3	常用编程指令	204
13.4	立式加工中心加工实训	214
13.4.1	多层多型面组合零件加工实训	214
13.4.2	创意类零件的加工实训	219
	实训拓展训练	221
第14章 快速成形技术实训		223
14.1	快速成形技术概述	223
14.1.1	熔融沉积成形技术	223
14.1.2	光敏树脂液相固化成形技术	223
14.1.3	选择性激光烧结成形技术	224
14.2	熔融沉积成形设备与工艺	225
14.2.1	熔融沉积成形设备	225
14.2.2	熔融沉积成形基本工艺	226
14.3	无碳小车保护罩熔融沉积成形实训	226
	实训拓展训练	228
第15章 现代测量技术实训		230
15.1	现代测量技术概述	230
15.2	三坐标测量技术	230
15.2.1	三坐标测量机简介	230
15.2.2	三坐标测量原理	231
15.2.3	三坐标测量机操作	232
15.2.4	典型零件三坐标测量实训	233
15.3	三维激光扫描技术	239

15.3.1	三维激光扫描仪简介	239
15.3.2	三维激光扫描技术原理	240
15.3.3	三维激光扫描仪操作	240
15.3.4	测量数据后处理	241
15.3.5	典型零件激光扫描与数据后处理实训	241
	实训拓展训练	249
第16章	电火花加工实训	251
16.1	电火花加工概述	251
16.1.1	电火花加工原理	251
16.1.2	电火花加工方法与应用	251
16.2	电火花成形加工	251
16.2.1	电火花成形加工机床	251
16.2.2	电火花成形加工基本工艺	252
16.2.3	异型沉孔电火花模具成形加工实训	253
16.2.4	零件穿丝孔电火花小孔加工实训	256
16.3	电火花线切割加工	258
16.3.1	电火花线切割加工机床	258
16.3.2	电火花线切割加工基本工艺	259
16.3.3	电火花线切割编程基础	260
16.3.4	典型零件电火花线切割加工实训	261
16.3.5	创意类零件电火花线切割加工实训	269
	实训拓展训练	270
第17章	激光加工实训	272
17.1	激光加工技术概述	272
17.2	激光切割技术	272
17.2.1	高速激光切割机简介	272
17.2.2	激光切割原理	273
17.2.3	高速激光切割机操作	274
17.2.4	无碳小车行进轮切割实训	275
17.2.5	图片雕刻实训	278
17.2.6	激光切割创意作品实训	280
17.3	激光内雕技术	282
17.3.1	激光内雕机简介	282
17.3.2	激光内雕原理	283
17.3.3	激光内雕机操作	283
17.3.4	工艺品内雕实训	283
17.3.5	人物头像内雕实训	286
	实训拓展训练	289

第 18 章 其他特种加工技术	291
18.1 电子束加工技术	291
18.1.1 电子束加工的基本原理	291
18.1.2 电子束加工的装置	291
18.1.3 电子束加工的特点及应用	292
18.2 离子束加工技术	292
18.2.1 离子束加工的基本原理	292
18.2.2 离子束加工装置	293
18.2.3 离子束加工的特点及应用	293
18.3 超声波加工技术	294
18.3.1 超声波加工的基本原理	294
18.3.2 超声波加工设备	295
18.3.3 超声波加工的特点及应用	296
18.4 水射流加工技术	297
18.4.1 水射流加工的基本原理	297
18.4.2 水射流加工的设备	297
18.4.3 水射流加工的特点及应用	298
18.5 电化学加工技术	299
18.5.1 电化学加工的基本原理	299
18.5.2 电化学加工的设备	300
18.5.3 电化学加工的特点及应用	301
参考文献	302

第1章 工程实训基础

1.1 工程实训概述

国家教育事业发展“十三五”规划中明确指出：“推动高校统筹使用相关经费，加大对课程建设、教学改革的常态化投入，强化实验、实训、实习环节，建立高校与企业、行业、科研机构、社区等合作育人机制，全面提升高等学校教学水平”。强化工程实训是贯彻落实国家教育事业“十三五”规划的重要举措，是顺应高等教育培养现代高技术技能型人才的客观需要，是我国高校实施“卓越工程师教育培养计划”和“工程教育专业认证”的重要支撑。

从1998年开始，工程实训从传统的金工实习模式转变为现代工程实训模式，提出和完成了两个转变，即单一到综合的转变和技能到能力的转变。纵观国内众多院校“工程实训”的发展，均将教学功能作为其存在的核心要素，强调在认知的基础上加强动手能力，以满足专业人才培养的需要。

工程实训是开展工程实践能力培养的重要依托，培养学生工程意识，提高学生工程综合素质。工程实训中心作为学校的公共实践教学平台，配备了齐全而先进的实验实训教学设施与设备，采用校企合作建设，开阔学生视野，拓展学生思路，实行对外开放与交流，为实践教学和社会专业技能培训提供服务。

1.2 工程实训安全规则

安全操作规程是加强安全管理、确保实训教学顺利进行及操作人员人身安全的一项重要管理制度，是工程实训部门的全体员工及实习学生必须自觉遵守的基本规章制度。

1) 各工种的安全实习、生产制度，必须切实贯彻到实习、生产全过程中。上岗教学、生产人员和实习学生必须正确佩戴好劳动保护用品。

2) 全体教职员工的在自己的工作范围内应经常检查自己保管、使用的设备、工具，保证设备保险、保护装置安全完好，接地线及绝缘良好，运转正常，整洁卫生。

3) 在实习、生产过程中，全体教职员工必须遵守加工工艺规程、生产程序及各专业工种安全操作规程。

4) 严禁在工作地点及实习现场打闹、游戏、进行体育活动及一切与实习、生产无关的事项，以免影响他人工作或发生事故。

5) 严格遵守用电制度，规定由专人负责检查，以杜绝电器事故发生。

6) 切实加强防火、防爆、有毒物品的管理工作，对消防器材要合理设置，定期检查，定期更换。

7) 加强治安保卫工作，防止人为地破坏及偷盗。

1.3 工程实训基本内容

工程实训是学生在学习期间进行的一项重要的实践教学内容，其主要任务是将理论与实

践相结合,将课堂知识应用于实际。通过实习,让学生树立工程意识,掌握一定的操作技能,制作出符合要求的产品。

工程实训是必修的实践基础课。其旨在使学生建立起对机械制造生产过程的感性认识,学习机械制造的基础工艺知识;了解机械制造生产的主要设备;培养学生实践动手能力;全面开展素质教育,树立实践观点、劳动观点和团队协作观点,培养高质量人才。

工程实训的教学内容,宏观上包括机械、电气、工业自动化、计算机等,实现机电控的全面覆盖和融合,具体内容上,包括金工实习、先进制造技术及特种加工技术等。按教学载体细分,实训内容包括:车、铣、刨、磨、钳、铸造、锻压、焊接、热处理、数控机床(数控车床、数控铣床、加工中心等)、电火花加工、快速成形技术、现代测量技术(三坐标测量技术、激光扫描技术等)、激光加工技术(激光切割、三维雕刻)及其他特种加工技术等。

1.4 工程实训基础知识

1.4.1 实训常用材料

通常实训材料包括金属材料和非金属材料。钢具有良好的使用性能和工艺性能,是现代工业中应用最广泛的金属材料。而非金属材料的原料来源广泛,自然资源丰富,多采用塑料制品,也是机械工程材料中不可缺少的重要组成部分。

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) 按品质分类。可分为普通钢,优质钢,高级优质钢。
- 2) 按化学成分分类。可分为碳素结构钢,低碳钢,中碳钢,高碳钢,合金钢,低合金钢,中合金钢和高合金钢。
- 3) 按用途分类。可分为建筑及工程用钢,结构钢,工具钢,特殊性能钢,电工用钢和专业用钢等。

2. 碳素钢

常见的碳素结构钢的牌号、力学性能及用途见表 1-1。

表 1-1 常见碳素结构钢的牌号、力学性能及用途

类别	常用牌号	力学性能			说明
		屈服强度 R_{eL} /MPa	抗拉强度 R_m /MPa	伸长率 A (%)	
碳素结构钢	Q195	195	315~390	33	塑性较好,有一定的强度,通常轧制成钢筋、钢板、钢管等。可以作为桥梁、建筑物等的构件,也可以用作螺钉、螺母、铆钉等。
	Q215	215	335~410	31	
	Q235A	235	375~460	26	可用于重要的焊接件
	Q235B				
	Q235C				
	Q235D	255	410~510	24	强度较高,可轧制成型钢、钢板,可作构件用
	Q255				
Q275	275				

非板式墨百中其, 对铸墨和, 铸铸式干较铸铸式 (续)

类别	常用牌号	力学性能			说明
		屈服强度 R_{eL} /MPa	抗拉强度 R_m /MPa	伸长率 A (%)	
优质碳素结构钢	80F	175	295	35	塑性好,可制造冷冲压零件
	10	205	335	31	
	20	245	410	25	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
	35	315	530	20	
	40	335	570	19	经调质处理后,可获得良好的综合力学性能,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	主要用来制造弹簧
65	410	695	10		

3. 铸铁

铸铁件具有优良的铸造性,可制成复杂零件,一般有良好的切削加工性,另外具有耐磨性,消振性良好和价格低等特点,是工程上最常用的金属材料之一。

一般来说,按照断口颜色划分,铸铁可分为三类:白口铸铁、灰铸铁、麻口铸铁。而在实际运用中最常用的是灰铸铁,常见灰铸铁的牌号、力学性能及用途见表1-2。根据石墨的形态不同,它又可以分为四类:灰铸铁,石墨呈片状,铸造性、减振性、减磨性、切削性比

表 1-2 常见灰铸铁的牌号、力学性能及用途

牌号	铸件壁厚 /mm	力学性能		用途举例
		R_m /MPa	HBW	
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一定气密性或耐腐蚀性等要求的较重要的零件,如气缸、齿轮、机座、飞轮、床身、气缸体、活塞、齿轮箱、制动轮、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、耐磨和高气密性要求的重要零件,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、缸套等
	20~30	250	168~251	
	30~50	230	161~241	
HT350	10~20	340	199~298	
	20~30	290	185~272	
	30~50	260	171~257	

钢好，但力学性能较差；可锻铸铁，力学性能稍好于灰铸铁；球墨铸铁，其中石墨为球状，力学性能与调质钢相当；蠕墨铸铁，石墨为蠕虫状，力学性能稍低于球墨铸铁。

4. 聚氯乙烯 (PVC) 塑料

塑料是以合成树脂为主要成分，加入一些用来改善使用性能和工艺性能的添加剂制成的。塑料的基本性能主要决定于树脂的本性，但添加剂也起着重要作用。有些塑料基本上是由合成树脂组成，不含或少含添加剂，如有机玻璃、聚苯乙烯等。其中聚氯乙烯 (PVC) 塑料为常见塑料之一，分为硬质和软质两种。硬质聚氯乙烯强度较高，绝缘性和耐蚀性好，但耐热性差，仅可在 $-15\sim 60^{\circ}\text{C}$ 的温度范围使用。

1.4.2 实训常用量具

在工程实训中，必须使用一定精度的量具测量和检验各种零件的尺寸、形状和位置精度。量具的种类很多，本节仅介绍几种常用量具。

1. 游标卡尺

游标卡尺，是一种测量长度、内外径、深度的比较精确的量具。它主要由主尺和附在主尺上能滑动的游标两部分构成，主尺一般以毫米为单位，而游标上则有 10、20 或 50 个分格，根据分格的不同，游标卡尺可分为十分度游标卡尺、二十分度游标卡尺、五十分度游标卡尺等，它们的读数精确程度分别是 0.1mm 、 0.05mm 和 0.02mm 。游标卡尺的主尺和游标上均有两副活动量爪，分别是内测量爪和外测量爪，内测量爪通常用来测量内径，外测量爪通常用来测量长度和外径。游标卡尺的测量范围有 $0\sim 125\text{mm}$ 、 $0\sim 200\text{mm}$ 和 $0\sim 300\text{mm}$ 等数种规格。

如图 1-1 所示，以普通 $1/50$ 游标卡尺为例，说明它的刻线原理和读数方法。

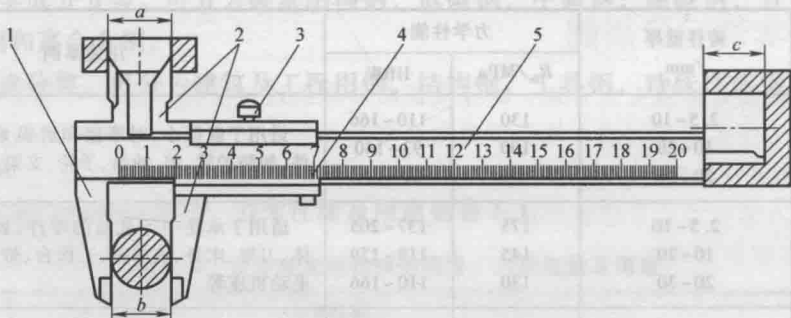


图 1-1 游标卡尺

a—测量内表面尺寸 b—测量外表面尺寸 c—测量深度尺寸

1—尺框 2—内、外量爪 3—紧固螺钉 4—游标 (副尺) 5—尺身

(1) 读数方法 如图 1-2 所示，游标卡尺的读数方法可分为三步：

- 1) 根据副尺零线以左的主尺上的最近刻度读出整数。
- 2) 根据副尺零度以右与主尺某一刻度对准的刻度线乘以 0.02 读出小数。
- 3) 将以上的整数和小数两部分尺寸相加即为总尺寸。

如图 1-2 中所示读数为 $23\text{mm} + 12 \times 0.02\text{mm} = 23.24\text{mm}$ 。

(2) 使用方法 游标卡尺的使用方法如图 1-3 所示。其中图 1-3a 所示为测量工件宽度