

21世纪全国高等院校机械设计制造及其自动化专业系列规划教材

全新推出第**2**版

金工实习 (第2版)

JINGONG SHIXI

主 编 郭永环 姜银方
主 审 傅水根



MECHANICAL



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

TG-45/16=2

2010

21 世纪全国高等院校机械设计制造及其自动化专业系列规划教材

金 工 实 习

(第 2 版)

主 编	郭永环	姜银方
副主编	雷 声	林 宪
参 编	陈士民	范希营
主 审	傅水根	



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书第1版是中国林业部“十一五”规划教材,于2008年获首届淮海科学技术奖二等奖,第2版为2009年江苏省高等学校立项精品教材。

本书是根据教育部“普通高校工程材料及机械制造基础”课程教学指导组最新审定的“普通高校工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求”,并吸取兄弟院校教学改革经验编写的。全书分材料及成形技术、切削加工技术、现代加工技术、综合与创新训练4个模块,共10章:第1章工程材料及热处理,第2章铸造,第3章锻压,第4章焊接,第5章切削加工的基础知识,第6章车削,第7章铣削、刨削和磨削,第8章钳工,第9章数控机床与特种数控电加工机床,第10章综合与创新训练。

本书结合金工实习增加了车、铣、刨、磨等单一工种的创新训练实例和多工种的创新实例,并增加了创新的训练方法。各章新增、更换与改正了部分插图,尽量多用图、表来表达叙述性内容,力求做到文字简练。本书还增加了现代铸造、现代锻压、现代焊接技术及其发展方向、数控加工中心等内容,并介绍了FANUC和SIEMENS两种数控系统编程方法。

本书可作为高等学校机械工程类、近机械工程类和非机械工程类各专业本科、专科的金工实习教材,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/郭永环,姜银方主编. —2版. —北京:北京大学出版社,2010.1

(21世纪全国高等院校机械设计制造及其自动化专业系列规划教材)

ISBN 978-7-301-16558-4

I. 金… II. ①郭…②姜… III. 金属加工—实习—高等学校—教材 IV. TG-45

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第000675号

书 名: 金工实习(第2版)

著作责任者: 郭永环 姜银方 主编

责任编辑: 郭穗娟

标准书号: ISBN 978-7-301-16558-4/TH·0176

出版者: 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> <http://www.pup6.com>

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

电子邮箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787mm×1092mm 16开本 18.25印张 彩插2 420千字

2006年8月第1版 2010年1月第2版 2010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

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

第 2 版 序

郭永环和姜银方两位老师主编的教材《金工实习》(第 2 版)是 21 世纪全国高等院校机械设计制造及其自动化专业系列规划教材,符合教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组最新审定的“普通高校工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求”,符合“学习工艺知识,增强工程实践能力,提高综合素质(包括工程素养),培养创新精神和创新能力”的课程教学目标,对应用型大学培养新世纪所需要的素质高、能力强、富于创新精神的人才将更好地发挥作用。

我们知道,设计、工艺、材料和管理是制造业中的四大要素,而工艺则是生产中最活跃的因素,是制造业中的关键技术,即使在设计和制造技术进入数字化阶段仍然是这样。学生在大学阶段,比较深入地学习工艺知识,进行工艺实践,将有助于学生实现创新设计。一个对工艺知识掌握得很好的工程师,所进行的创新设计,不仅容易成功,而且比较容易转化为市场所需要的产品。

金工实习这门课程从本质来说,主要是一种制造领域的工艺实践。学生从实践中,不仅可以领略到一个机械产品从毛坯到成品的全过程,而且要亲自动手,操作不同种类的常规与现代化设备,体验各种工艺方法,使用各种常用的工具、刀具和测量仪器。学生在实践中,将对“实践是内容最丰厚的教科书;实践是贯彻素质教育最好的课堂,实践是实现创新最主要的源泉;实践是心理自我调理的一剂良药;实践是完成简单到综合、知识到能力、聪明到智慧转化的催化剂”这样一种理念和内涵有比较深刻的认识和领悟。学生在实践中所经受的不同磨砺和丰富的体验,将会成为他们今后人生中的宝贵财富。实践与理论、实践与创新的高度结合,将使应用型大学的学生在学习中充满兴趣与乐趣,将使他们变得更加心灵手巧,前途更加光明。

本书在保持第 1 版的基本内容和主体风格的基础上,重点进行了下列修改:

1. 按照知识结构,将全书内容分为材料及成形技术、切削加工技术、现代加工技术以及综合与创新训练 4 个教学模块。这样既便于教师施教,也便于学生学习。

2. 专门辟出综合与创新训练模块,突出创新实践训练,以培养学生的综合技能和创新思维能力。

3. 增加了现代成形技术方面的内容,如现代铸造、现代锻压和现代焊接技术;充实了数控加工技术和特种加工技术方面的内容,如在第 9 章增加了数控加工中心,并介绍了 FANUC 和 SIMENS 两种数控系统的编程方法,以便更好地适应实习基地不同的数控系统,并充实了电火花加工技术方面的内容,如数控电火花线切割技术。

4. 修改、更换与增加了一批插图,特地增加一些实物或三维模拟图,力求更好地做到文字简练、图文并茂,全书编写风格统一。

总之,本书第 2 版可更好地体现金工实习的教学基本要求,从学习工艺知识、增强工程实践能力、提高综合素质和培养创新思维方面,将使学生更好地受益。

清华大学 傅水根

2009 年 9 月

第2版前言

本书第1版自2006年8月出版以来,已印刷了5次,共20000册,深受北京、上海、江苏、山东、安徽、福建及湖北等15省市兄弟院校的欢迎。鉴于此,2009年1月北京大学出版社要求进行修订。编审组经过充分讨论,根据教育部“普通高校工程材料及机械制造基础”课程教学指导组最新审定的“普通高校工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求”,吸取兄弟院校的教学改革经验,制定了修订原则,在保持原教材的基本内容和风格基础之上,做了如下修改:

1. 内容模块化。本书分为4个教学模块,即材料及成形技术(第1~4章)、切削加工技术(第5~8章)、现代加工技术(第9章)、综合与创新训练(第10章),这样便于教师教学和学生学学习。

2. 增加现代铸造、现代锻压、现代焊接技术及其发展方向方面的内容。改变了第9章的内容和篇章结构,增加了数控加工中心的内容。为适应采用不同数控系统实习的需要,介绍了FANUC和SIEMENS两种数控系统编程方法。

3. 专辟综合与创新训练教学模块。在第10章增加创新训练实例与创新方法,以培养学生的创新思维能力。结合金工实习增加了车、铣、刨、磨等单一工种的创新训练实例和多工种的创新训练实例,并增加了创新训练方法,使学生创新训练有章可循。

4. 各章新增、更换与修改了部分插图,尽量多用图、表来表达叙述性的内容,做到文字简练。

5. 全书的名词术语、计量单位、符号及材料牌号均采用新的国家标准,为了便于学生学习,将容易混淆的旧标准在括号内注明。

本书为2009年江苏省高等学校立项精品教材[苏教高(2009)29号],并获得资助。

本书的第5、6、7、10章由徐州师范大学郭永环编写,第1章第1节由江苏大学姜银方编写,第1章第2节及第3章由安徽建筑工业学院雷声编写,第8章由福建工程学院林宪编写,第2、4章由武汉理工大学陈士民编写,第9章由徐州师范大学范希营编写。本书由郭永环、姜银方任主编,雷声、林宪任副主编,由郭永环负责统稿和定稿。

本书第2版仍由教育部高等学校机械学科教学指导委员会委员兼机械基础课程教学指导分委员会副主任委员、《金工研究》副主编、清华大学教授傅水根主审。傅水根教授对本书提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。也借此机会,感谢傅水根教授为本书作序。

限于编者的水平和经验,书中难免有欠妥和疏漏之处,敬请同行与广大读者批评指正,以便修正和完善。

编者

2009年10月

第 1 版前言

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。通过本课程的学习,能使学生:了解机械制造的一般过程,熟悉典型零件的常用加工方法及其所用加工设备的工作原理,了解现代制造技术在机械制造中的应用;在主要工种上应具有独立完成简单零件加工制造的动手能力;对简单零件具有初步选择加工方法和进行工艺分析的能力。同时,结合实习培养学生的创新意识,为培养应用型、复合型高级人才打下一定的理论与实践基础,并使学生在工程素养方面得到培养和锻炼。

在编写过程中本书注重把握与工程材料和机械制造基础这两门课程的分工与配合,并注意单工种的工艺分析。全书分材料及成形、切削加工、现代制造技术及综合与创新训练三个模块,共 10 章。每个模块的每个章节选取了生产中应用的实例,结合生产实践,以教学要求为基础,实际应用为主线,把抽象零散的教材内容连接起来,说明该部分内容是什么,有什么作用。本书在材料牌号、技术条件、技术术语等方面均采用最新国家标准和法定计量单位。编写中注重程序化,即教师教课与学生学习按规范化的程序进行,教师讲一点,学生练一点;教师再讲一点,学生再练一点,如此反复进行。这种程序化的教与学结合,既有助于教师教学,又有助于学生学习。

本书的第 5、6、7 章由徐州师范大学郭永环编写,第 1 章第 1 节由江苏大学姜银方编写,第 1 章第 2 节由安徽建筑工业学院雷声编写,第 8 章由福建工程学院林宪编写,第 2、4 章由武汉理工大学陈士民编写,第 9、10 章由山东德州学院冯瑞宁编写,第 3 章由安徽建筑工业学院雷声和雷经发编写。郭永环、姜银方任主编,雷声、林宪任副主编,全书由郭永环负责统稿和定稿。

本书由教育部高等学校机械学科教学指导委员会委员兼机械基础课程指导分委员会副主任委员、《金工研究》副主编、清华大学基础工业训练中心主任傅水根教授主审。

限于编者的水平和经验,书中难免有欠妥和疏漏之处,敬请广大读者批评指正,以便再版时修正和完善。

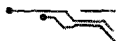
编 者
2006 年 3 月

目 录

第 1 章 工程材料及热处理.....1	
1.1 工程材料.....2	
1.1.1 工程材料概述.....2	
1.1.2 金属材料.....2	
1.1.3 非金属材料.....7	
1.1.4 复合材料.....8	
1.1.5 工程材料应用举例.....9	
1.2 钢的热处理.....12	
1.2.1 钢的热处理工艺.....12	
1.2.2 钢的退火和正火.....13	
1.2.3 钢的淬火和回火.....13	
1.2.4 表面热处理.....14	
1.2.5 热处理常用设备.....16	
1.2.6 热处理常见缺陷.....17	
小结.....17	
复习思考题.....17	
第 2 章 铸造.....19	
2.1 铸造概述.....20	
2.1.1 铸造工艺特点.....20	
2.1.2 砂型铸造生产工序.....20	
2.1.3 特种铸造.....21	
2.2 造型与制芯.....23	
2.2.1 铸型的组成.....23	
2.2.2 型(芯)砂的性能.....24	
2.2.3 型(芯)砂的组成.....24	
2.2.4 型(芯)砂的制备.....25	
2.2.5 模样、芯盒与砂箱.....26	
2.2.6 手工造型.....27	
2.2.7 机器造型.....31	
2.2.8 制芯.....34	
2.2.9 浇注系统.....37	
2.2.10 冒口和冷铁.....38	
2.3 熔炼与浇注.....39	
2.3.1 铸铁.....39	
2.3.2 铸铁熔炼.....40	
2.3.3 浇注工艺.....45	
2.4 铸造缺陷分析.....45	
2.5 现代铸造技术及其发展方向.....49	
2.5.1 造型制芯与特种铸造.....49	
2.5.2 发展提高铸件质量的技术.....49	
2.5.3 计算机技术在铸造工程中的 应用.....49	
2.5.4 发展节能和环保的技术.....49	
小结.....50	
复习思考题.....50	
第 3 章 锻压.....52	
3.1 锻压概述.....53	
3.2 金属的加热与锻件的冷却.....53	
3.2.1 锻造加热设备.....54	
3.2.2 锻造温度范围的确定.....55	
3.2.3 坯料加热缺陷.....56	
3.2.4 锻件冷却.....57	
3.2.5 锻后热处理.....57	
3.3 自由锻造.....57	
3.3.1 自由锻的主要设备.....57	
3.3.2 自由锻的基本工序及其操作.....59	
3.3.3 自由锻件常见缺陷及 产生原因.....62	
3.3.4 典型自由锻件工艺举例.....62	
3.4 模锻.....64	
3.4.1 胎模锻.....64	
3.4.2 锤上模锻.....66	
3.5 板料冲压.....66	
3.5.1 板料冲压的基本工序.....67	
3.5.2 冲压设备及冲模.....68	
3.6 锻造新工艺简介.....69	

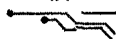


3.6.1 摆动辗压	69	5.1.1 切削运动	102
3.6.2 辗锻	70	5.1.2 工件加工的三个表面	103
3.6.3 精密模锻	70	5.2 切削要素	103
3.6.4 挤压	70	5.2.1 切削用量三要素	103
3.6.5 粉末锻造	71	5.2.2 切削层几何参数	104
3.6.6 液态模锻	71	5.3 刀具材料及其几何角度	105
3.7 现代锻压技术及其发展方向	71	5.3.1 刀具材料	105
3.7.1 先进成形技术的开发和应用	72	5.3.2 刀具的几何角度	106
3.7.2 数值模拟技术在塑性成形中的 应用	73	5.4 零件切削加工步骤安排	107
小结	73	小结	109
复习思考题	73	复习思考题	109
第4章 焊接	75	第6章 车削	111
4.1 焊接概述	76	6.1 车削概述	112
4.2 电弧焊	76	6.1.1 车削加工的特点	112
4.2.1 焊接电弧	77	6.1.2 卧式车床的组成	113
4.2.2 焊条电弧焊	78	6.1.3 车床传动	115
4.2.3 焊接设备	82	6.1.4 其他车床	116
4.2.4 常用电弧焊方法	84	6.2 工件的安装及车床附件	117
4.3 气焊与气割	87	6.2.1 三爪自定心卡盘	118
4.3.1 基本原理	87	6.2.2 四爪单动卡盘	119
4.3.2 气焊工艺	89	6.2.3 顶尖、跟刀架及中心架	119
4.3.3 气割	92	6.2.4 心轴	121
4.4 电阻焊及其他焊接方法	93	6.2.5 花盘及弯板	122
4.4.1 电阻焊	94	6.3 车刀	123
4.4.2 电渣焊	95	6.3.1 车刀的分类	123
4.4.3 电子束焊	96	6.3.2 车刀的安装	124
4.4.4 激光焊	96	6.3.3 车刀的刃磨	124
4.4.5 钎焊	97	6.4 车床操作要点	125
4.5 现代焊接技术及其发展方向	98	6.4.1 刻度盘及其手柄的使用	125
4.5.1 先进材料的连接	98	6.4.2 车削步骤	126
4.5.2 焊接方法与电源技术的发展	98	6.5 车削工艺	127
4.5.3 焊接自动化水平的提高	99	6.5.1 车端面	127
小结	99	6.5.2 车圆柱面	128
复习思考题	99	6.5.3 车圆锥面及成形面	129
第5章 切削加工的基础知识	101	6.5.4 车台阶面	132
5.1 切削加工概述	102	6.5.5 车槽及切断	132
		6.5.6 车螺纹	133
		6.5.7 滚花	135





6.6 车削综合工艺分析	135	8.4.1 攻螺纹	198
6.6.1 轴类、盘套类零件的车削	135	8.4.2 套螺纹	200
6.6.2 车削综合工艺	136	8.5 装配	202
小结	137	8.5.1 装配概述	202
复习思考题	137	8.5.2 典型联接件装配方法	203
第 7 章 铣削、刨削和磨削	139	8.5.3 部件装配总装配	207
7.1 铣削	140	小结	208
7.1.1 铣削概述	140	复习思考题	208
7.1.2 工件的安装及铣床附件	144	第 9 章 数控机床与特种数控电加工	
7.1.3 铣刀	149	机床	210
7.1.4 铣削工艺	150	9.1 数控机床加工概述	211
7.1.5 铣削综合工艺举例	154	9.1.1 数控车床加工概述	211
7.2 刨削	156	9.1.2 数控铣床加工概述	211
7.2.1 刨削概述	156	9.1.3 加工中心加工概述	212
7.2.2 工件及刨刀的安装	163	9.2 数控机床编程基础	212
7.2.3 刨削工艺	164	9.2.1 数控编程的格式	212
7.2.4 刨削综合工艺举例	167	9.2.2 数控系统的指令代码类型	213
7.3 磨削	169	9.2.3 机床坐标系与工件坐标系	215
7.3.1 磨削概述	169	9.2.4 尺寸的米制、英制选择与	
7.3.2 工件的安装及磨床附件	172	小数点输入	217
7.3.3 砂轮	174	9.2.5 绝对、增量式编程	218
7.3.4 磨削工艺	176	9.2.6 基本移动指令	218
7.3.5 磨削综合工艺举例	179	9.2.7 刀具补偿指令	220
小结	180	9.3 数控机床加工	221
复习思考题	180	9.3.1 数控车床加工	221
第 8 章 钳工	182	9.3.2 数控铣床加工	230
8.1 钳工概述	183	9.3.3 数控铣削加工中心加工	235
8.1.1 钳工的加工特点	183	9.4 特种数控加工机床	241
8.1.2 钳工常用的设备和工具	183	9.4.1 数控电火花加工概述	241
8.2 划线、锯削和锉削	186	9.4.2 数控电火花加工机床的	
8.2.1 划线	186	组成	242
8.2.2 锯削	190	9.4.3 数控线电火花切割	
8.2.3 锉削	191	加工工艺	243
8.3 钻孔、扩孔和铰孔	194	9.4.4 数控电火花线切割编程指令与	
8.3.1 钻孔	195	加工实例	245
8.3.2 扩孔与铰孔	197	9.5 现代数控机床发展趋势	248
8.4 攻螺纹和套螺纹	198	小结	250
		复习思考题	250





第10章 综合与创新训练.....253

10.1 综合与创新训练概述.....254

10.1.1 综合与创新训练简介.....254

10.1.2 综合与创新训练的意义.....254

10.2 毛坯与加工方法的选择.....255

10.2.1 毛坯的选择.....255

10.2.2 加工方法选择及
经济性分析.....258

10.3 典型零件的综合工艺过程.....261

10.3.1 轴类零件.....262

10.3.2 盘套类零件.....264

10.3.3 箱体类零件.....265

10.4 实习全过程进行创新训练.....266

10.4.1 各类思维方式及其创造性....266

10.4.2 实习全过程进行创新训练....267

10.5 创新实例.....270

10.5.1 结合金工实习进行综合
创新训练过程.....270

10.5.2 结合金工实习单一工种进行
综合创新训练实例.....270

10.5.3 结合金工实习多个工种进行
综合创新训练实例.....274

小结.....277

复习思考题.....278

参考文献.....279

第 1 章

工程材料及热处理



教学提示

本章涉及金属材料、非金属材料、复合材料的简介及常用的热处理方法。热处理是采用适当的方式,对金属材料进行加热、保温和冷却,改变其表面或内部的组织结构以及各种应力,以期获得所需要的组织结构与性能的一种加工工艺方法。其主要目的是消除毛坯缺陷,挖掘材料的力学性能潜力,以及改善、提高零件与工模具的加工、使用性能,提高产品质量,延长使用寿命。



教学要求

本章使学生了解工程材料概述,工程材料的分类、牌号和应用,了解热处理的目的和作用、常用的热处理方法和热处理工艺过程、热处理常用生产设备的基本结构和操作方法。



1.1 工程材料

1.1.1 工程材料概述

翻开人类进化史,不难发现,材料的开发、使用和完善贯穿其始终。从天然材料的使用到陶器和青铜器的制造,从钢铁冶炼到材料合成,人类成功地生产出满足自身需求的材料,进而使自身走出深山、洞穴,奔向茫茫平原和辽阔海洋,飞向广袤的太空。

人类社会的发展历史证明,材料是人类生产与生活的物质基础,是社会进步与发展的前提。当今社会,材料、信息和能源技术已构成了人类现代社会大厦的三大支柱,而且能源和信息的发展都离不开材料,所以世界各国都把研究、开发新材料放在突出的地位。

材料是人类社会可接受的、能经济地制造有用器件(或物品)的固体物质。工程材料是在各个工程领域中使用的材料。工程上使用的材料种类繁多,有许多不同的分类方法。按化学成分、结合键的特点,可将工程材料分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类,见表 1-1。

表 1-1 工程材料的分类举例

金 属 材 料		非金属材料			复 合 材 料
黑色金属材料	有色金属材料	无机非金属材料	有机高分子材料		
碳素钢、合金钢、铸铁等	铝、镁、铜、锌及其合金等	水泥、陶瓷、玻璃等	合 成 高 分 子材料(塑料、合成纤维、合成橡胶等)	天然高分 子材料(木材、纸、纤维、皮革等)	金属基复合材料、塑料基复合材料、橡胶基复合材料、陶瓷基复合材料等

金属材料可分为黑色金属材料和有色金属材料。黑色金属材料主要指铁、锰、铬及其合金,包括碳素钢、合金钢(锰钢、铬钢等)、铸铁等;有色金属材料包括轻金属及其合金、重金属及其合金等。非金属材料可分为无机非金属材料 and 有机高分子材料。无机非金属材料包括水泥、陶瓷、玻璃等,有机高分子材料包括塑料、橡胶及合成纤维等。上述两种或两种以上材料经人工合成后,获得优于组成材料特性的材料称为复合材料。

工程材料按照用途可分为两大类,即结构材料 and 功能材料。结构材料通常指工程上对硬度、强度、塑性及耐磨性等力学性能有一定要求的材料,主要包括金属材料、陶瓷材料、高分子材料及复合材料等。功能材料是指具有光、电、磁、热、声等功能和效应的材料,包括半导体材料、磁性材料、光学材料、电解质材料、超导体材料、非晶和微晶材料、形状记忆合金等。

工程材料按照应用领域还可分为信息材料、能源材料、建筑材料、生物材料和航空材料等多种类别。

1.1.2 金属材料

金属材料是人们最为熟悉的一种材料,机械制造、交通运输、建筑、航天航空、国防





与科学技术等各个领域都需要使用大量的金属材料,因此,金属材料在现代工农业生产中占有极其重要的地位。

金属材料是由金属元素或以金属元素为主,其他金属或非金属元素为辅构成的,并具有金属特性的工程材料。金属材料的品种繁多,工程上常用的金属材料主要有黑色及有色金属材料等。

黑色金属材料中使用最多的是钢铁,钢铁是世界上的头号金属材料,年产量高达数亿吨。钢铁材料广泛用于工农业生产及国民经济各部门。例如,各种机器设备上大量使用的轴、齿轮、弹簧,建筑上使用的钢筋、钢板,以及交通运输中的车辆、铁轨、船舶等都要使用钢铁材料。通常所说的钢铁是钢与铁的总称。实际上钢铁材料是以铁为基体的铁碳合金,当碳的质量分数大于 2.11% 时称为铁,当碳的质量分数小于 2.11% 时称为钢。

为了改善钢的性能,人们常在钢中加入硅、锰、铬、镍、钨、钼及钒等合金元素,它们各有各的作用,有的提高强度,有的提高耐磨性,有的提高抗腐蚀性能,等等。在冶炼时有目的地向钢中加入合金元素就形成了合金钢。合金钢中合金元素含量虽然不多,但具有特殊的作用,就像炒菜时放入少量的味精一样,含量不多但味道鲜美。合金钢种类很多,按照性能与用途不同,合金钢可分为合金结构钢、合金工具钢、不锈钢、耐热钢、超高强度钢等。

人们可以按照生产实际提出的使用要求,加入不同的合金元素而设计出不同的钢种。例如,切削工具要求硬度及耐磨性较高,在切削速度较快、温度升高时其硬度不降低,按照这样的使用要求,人们就设计了一种称为高速工具钢的刀具材料,其中含有钨、钼、铬等合金元素。又如,普通钢容易生锈,化工设备及船舶壳体等的损坏都与腐蚀有关,据不完全统计,全世界因腐蚀而损坏的金属构件约占其产量的 10%。人们经过大量试验发现,在钢中加入 13% 的铬元素后,钢的抗蚀性能显著提高;如果在钢中同时加入铬和镍,还可以形成具有新的显微组织的不锈钢,于是人们设计出了一种能够抵抗腐蚀的不锈钢。

有色金属包括铝、铜、钛、镁、锌、铅及其合金等,虽然它们的产量及使用量不如钢铁材料多,但由于具有某些独特的性能和优点,从而使其成为当代工业生产中不可缺少的材料。

由于金属材料的历史悠久,因而在材料的研究、制备、加工以及使用等方面已经形成了一套完整的系统,拥有了一整套成熟的生产技术和巨大的生产能力。金属材料在长期使用过程中经受了各种环境的考验,具有稳定可靠的质量,以及其他任何材料不能完全替代的优越性能。金属材料的另一个突出优点是性能价格比高,在所有的材料中,除了水泥和木材外,钢铁是最便宜的材料,它的使用可谓量大面广。由于金属材料具有成熟稳定的工艺、与其相适应的现代化制造工艺装备以及高性能价格比,因而具有强大的生命力,在国民经济中占有极其重要的位置。

此外,为了适应科学技术的高速发展,人们还在不断推陈出新,进一步发展新型的、高性能的金属材料,如超高强度钢、高温合金、形状记忆合金、高性能磁性材料以及储氢合金等。





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、磷等杂质元素所组成的铁碳合金，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、应用及说明见表 1-2。

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材屈服强度的汉语拼音第一个字母 Q、屈服强度值(MPa)、质量等级符号、脱氧方法四部分组成。其中质量等级共分四级，分别以 A、B、C、D 表示，从 A 级到 D 级，钢中的有害元素硫、磷含量依次减少
	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压制件，如螺栓、螺母、垫圈等。经过渗碳处理或氰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碳的质量分数的万分数，45 钢即表示平均碳的质量分数为 0.45%。含锰量较高的钢，须加注化学元素符号 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	
铸造碳钢	ZG200-400	有良好的塑性、韧性和焊接性能，用于受力不大、要求韧性好的各种机械零件，如机座、变速箱壳等	ZG 代表铸钢。其后面第一组数字为屈服强度(MPa)；第二组数字为抗拉强度(MPa)。ZG200-400 表示屈服强度为 200MPa，抗拉强度为 400MPa 的碳素铸钢

2. 合金钢

为了改善和提高钢的性能，在碳钢的基础上加入其他合金元素的钢称为合金钢。常用的合金元素有硅、锰、铬、镍、钨、钼、钒、稀土元素等。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。

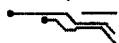




表 1-3 常用合金钢的牌号、性能及用途

种 类	牌 号	性 能 及 用 途
普通低合金结构钢	Q295(09Mn2, 12 Mn), Q345(16Mn, 10MnSiCu, 18Nb), Q390(15MnTi, 16Mn Nb), Q420(15MnVN, 14Mn VTiRE)	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, 30CrMo, 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

注: 括号内为旧标准牌号。

3. 铸铁

碳的质量分数大于 2.11%的铁碳合金称为铸铁。由于铸铁含有的碳和杂质较多, 其力学性能比钢差, 不能锻造。但铸铁具有优良的铸造性、减振性及耐磨性等特点, 加之价格低廉、生产设备和工艺简单, 是机械制造中应用最多的金属材料。据资料表明, 铸铁件占机器总质量的 45%~90%。常用铸铁的牌号、应用及说明见表 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 $\phi 30$ 试样的最低抗拉强度。如 HT200 表示 $\phi 30$ 试样灰铸铁的最低抗拉强度为 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	
球墨铸铁	QT400-18 QT450-10 QT500-7 QT800-2	广泛用于机械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)、汽缸套、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%
可锻铸铁	KTH300-06 KTH330-08 KTZ450-06	用于受冲击、振动等零件, 如汽车零件、机床零件(如棘轮)、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, 其后面的两组数字分别代表抗拉强度和断后伸长率



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、应用及说明见表 1-5。

表 1-5 常用有色金属及其合金的牌号举例、应用及说明

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 四种。如 T1(一号铜)铜的平均质量分数为 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,后面数字表示铜的平均质量分数,如 62 表示铜的平均质量分数为 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,后面的第一个数字表示合金系列,第二、三两个数字表示顺序号。如 ZL102 表示 Al-Si 系列 02 号合金

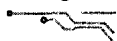
5. 金属材料的性能

金属材料的性能分为使用性能和工艺性能见表 1-6。

表 1-6 金属材料的性能

性 能 名 称		性 能 内 容
使用性能	物理性能	包括密度、熔点、导电性、导热性及磁性等
	化学性能	金属材料抵抗各种介质的侵蚀能力,如抗腐蚀性能等
	力学性能	强度 在外力作用下材料抵抗变形和破坏的能力,主要有屈服强度 $R_e(\sigma_s)$ 和抗拉强度 $R_m(\sigma_b)$, 单位均为 MPa。
		硬度 衡量材料软硬程度的指标,较常用的硬度测定方法有布氏硬度 HBW(新标准取消了 HBS)、洛氏硬度 HR 和维氏硬度 HV 等
		塑性 在外力作用下材料产生永久变形而不发生破坏的能力。常用指标是断后伸长率 $A(\delta_5)$ 、 $A_{11.3}(\delta_{10})$, 单位为%; 断面收缩率 $Z(\psi)$, 单位为%。 A 、 $A_{11.3}$ 、 Z 越大,材料塑性越好
		冲击韧度 材料抵抗冲击力的能力。常把各种材料受到冲击破坏时,消耗能量的数值作为冲击韧度的指标,用 $a_k(\text{J}/\text{cm}^2)$ 表示。冲击韧度值主要取决于塑性、硬度,尤其是温度对冲击韧度值的影响具有重要的意义
	疲劳强度	材料在多次交变载荷作用下而不致引起断裂的最大应力
工艺性能		包括热处理工艺性能、铸造性能、锻造性能、焊接性能及切削加工性能等

注:括号内为旧标准使用的符号





1.1.3 非金属材料

1. 高分子材料

生活中有很多东西是用塑料做的,如包装用的塑料袋,装饮料的塑料瓶、塑料桶,计算机显示器外壳、键盘;各种车辆的轮胎都是用橡胶做的;钢铁的表面要涂涂料以防腐,家具的表面要刷油漆以美观;导线要有塑料或橡胶包皮以绝缘;人们穿的衣物是纤维做的,它们也许是天然的棉花、羊毛,也许是人造的涤纶、腈纶……所有这些都是高分子材料。高分子材料既包括人们日常所见的塑料、橡胶和纤维(它们称为三大合成材料),也包括经常用到的涂料和粘接剂,以及日常较少见到的所谓功能高分子材料,如用于水净化的离子交换树脂、人造器官等。

有机高分子材料是以一类称为“高分子”的化合物(或称树脂)为主要原料,加入各种填料或助剂而制成的有机材料。高分子是由成千上万个原子通过共价键连接而成的分子量很大(通常几万,甚至几百万)的一类分子。它们可以是天然的,如蛋白质、纤维素,称天然高分子;也可以是人工合成的,如聚乙烯、有机玻璃,称合成高分子。组成高分子的原子排列不是杂乱无章的,而是有一定规律的。通常由少数原子组成一定的结构单元,再由这些结构单元重复连接形成高分子。如图 1.1 所示为水分子和高分子(聚乙烯)结构示意图。

高分子通常是由一种或几种带有活性官能团的小分子化合物经过一定的反应而得到的。如有机玻璃是由甲基丙烯酸甲酯上的双键打开而生成高分子,蛋白质是由各种氨基酸上的氨基和羧基脱水而形成的。

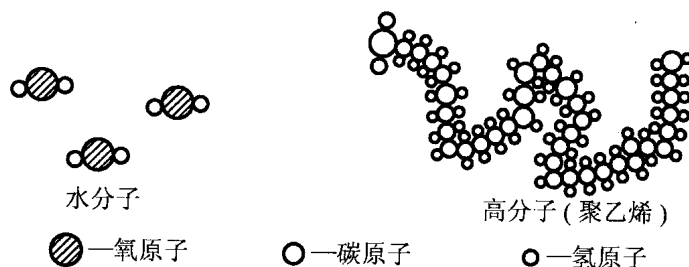


图 1.1 水分子和高分子(聚乙烯)结构示意图

1) 塑料

塑料是以合成树脂为主要成分,加入适量的添加剂后形成的一种能加热融化、冷却后保持一定形状不变的材料。合成树脂是由低分子化合物经聚合反应所获得的高分子化合物,如聚乙烯、聚氯乙烯、酚醛树脂等。树脂受热可软化,起粘接作用,塑料的性能主要取决于树脂。绝大多数塑料是以所用的树脂名称来命名的。

加入添加剂的目的是弥补塑料的某些性能的不足。添加剂有填料、增强材料、增塑剂、固化剂、润滑剂、着色剂、稳定剂及阻燃剂等。

塑料是一类产量最大的高分子材料,其品种繁多,用途广泛。仅就体积而言,全世界的塑料产量已超过钢铁。

塑料按使用性能可分为通用塑料、工程塑料和耐热塑料三类。通用塑料的价格低、产量高,约占塑料总产量的 3/4 以上,如聚乙烯、聚氯乙烯等。工程塑料是指用来制造工程