

“十二五”普通高等教育本科规划教材

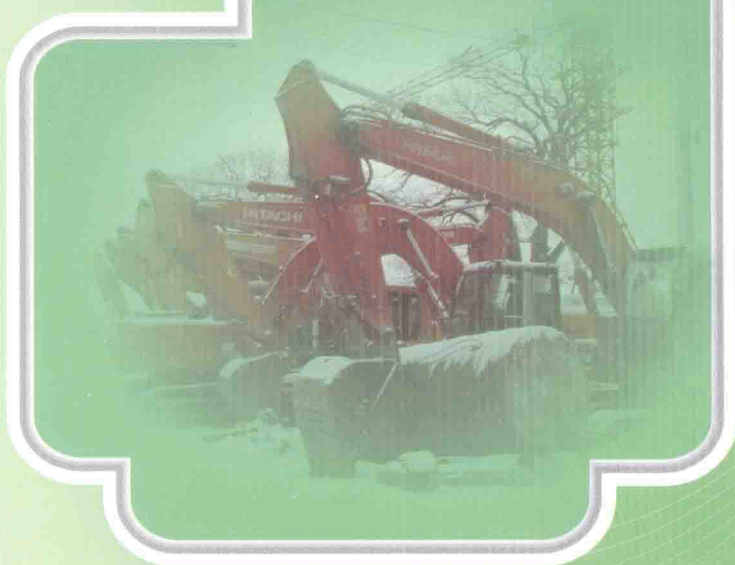


全国本科院校机械类**创新型**应用人才培养规划教材

工程训练

(第3版)

主编 郭永环 姜银方
主审 傅水根



根据工程教学的基本要求进行了修订
汇集了工程实践教学的最新研究成果
旨在培养学生工程实践及创新能力



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

“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

工程训练(第3版)

主 编	郭永环	姜银方
副主编	雷 声	刘正义
主 审	傅水根	



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是2006年8月出版的《金工实习》一书的第3版。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,2011年获江苏省高等学校精品教材。根据国家“高等工科院校金工系列课程改革指南”精神,传统的《金工实习》内容已不能完全满足课程改革的需要,因此特将第3版教材编写成符合学生工程训练用教材。

本书在内容上对第2版金工实习内容做了适当的取舍,合理地吸入现代加工技术的元素,并且对第2版的特色章节“综合与创新训练”进行了更新。全书分为3个模块共4章:模块1是传统加工技术,包括第1章工程材料及成形技术和第2章切削加工技术。模块2是现代加工技术,包括第3章特种加工技术与数控特种加工技术。模块3是综合与创新训练,包括第4章综合与创新训练。

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、专科的工程训练教材或金工实习教材,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

工程训练/郭永环,姜银方主编. —3版. —北京:北京大学出版社,2014.5

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-24115-8

I. ①工… II. ①郭…②姜… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第071015号

书 名: 工程训练(第3版)

著作责任者: 郭永环 姜银方 主编

策 划 编 辑: 童君鑫

责 任 编 辑: 宋亚玲

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-24115-8/TH·0389

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: 三河市博文印刷有限公司

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 18印张 彩插2 411千字

2006年8月第1版 2010年1月第2版

2014年5月第3版 2014年5月第1次印刷

定 价: 38.00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

第3版前言

《金工实习》自2006年8月出版以来,第1版印刷了5次,第2版印刷了6次,共印刷了4万余册,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。而且本书第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,2011年获江苏省高等学校精品教材。根据国家“高等工科院校金工系列课程改革指南”精神,传统的《金工实习》内容已不能完全满足课程改革的需要,因此特将第3版教材编写成符合学生工程训练用教材。

1. 教材修订的依据及原则

依据: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”。

原则:兼顾金工实践教学的科学性和合理性。教材体系保证相对稳定,适当调整,考虑使用教材的惯性。具体体现如下:

(1) 补充自教材出版以来金工实践教学的最新研究成果;

(2) 结合机械工程应用型人才今后的发展方向要求修订,增强教材的实用性。使学生能成为在工业生产第一线从事机械制造领域内的设计制造、科技开发、应用研究、运行管理和经营销售等方面工作的高级工程技术应用型人才。要求融教材的系统性与实用性于一体、融科学性与创新性于一体。符合当前教学改革的需要,符合教学大纲的要求;

(3) 把第2版的创新尝试变成结合金工实践教学进行有的放矢的工程创新训练,重视培养学生综合运用知识的能力和创新能力;关注现代制造技术的发展,逐步形成工艺技术的科学发展观;使学生由被动实习变成主动实习,使教材既助教,又助学,体现“学生主体”的教学模式。

2. 教材结构体系的修订

第3版教材在体系上由传统——现代——综合训练三个相互统属的模块所组成,由浅入深,便于学生理解和学习,培养学生抽象思维、创新意识以及工程实践能力。

3. 教材修订核心理念及对金工实践教学的建议

修订核心理念:人人都能获得良好的工程实践教育,人人都能得到必要的工程训练,不同的人能在技能上得到不同的发展。

修订后对金工实践教学的建议:

- (1) 处理好学生主体与教师主导的关系;
- (2) 处理好金工实践基础与工程创新的关系;
- (3) 学生在学习“综合与创新训练”章节时,处理好独立思考与团队合作的关系;
- (4) 教师应处理好面向全体与因材施教的关系,使人人获得必要的工程训练;
- (5) 处理好教材理论知识与工程实践应用的关系。

4. 修订中具体关注的一些问题和修订举要

在内容上对传统的金工实习内容做了适当的取舍,合理地吸入现代加工技术的元素,



并且对综合与创新训练章节进行更新。主要分为3个模块共4章:模块1是传统加工技术,包括第1章工程材料及成形技术和第2章切削加工技术。模块2是现代加工技术,包括第3章特种加工技术与数控特种加工技术。模块3是综合与创新训练,包括第4章综合与创新训练。

(1) 删去部分结构示意图,用实体图取而代之;

(2) 增加激光加工、电解加工、超声波加工、快速原型制造、特种加工的发展方向、切削加工的发展方向及机械产品创新设计实例分析;

(3) 对综合与创新训练章节进行更新;对钳工章节重新编写;

(4) 另外在教学提示及要求上根据课程改革的需要也做了适当的调整。

参加编写的教师有:江苏师范大学郭永环(2.1~2.3节、2.5节及第4章)、江苏大学姜银方(1.1.1节)、安徽建筑大学雷声(1.1.2节、1.3节)、福建工程学院刘正义(2.4节、3.1~3.5节及3.9.1节)、武汉理工大学陈士民(1.2节及1.4节)、江苏师范大学范希营(3.6~3.8节及3.9.2节)。本书由郭永环、姜银方任主编,雷声、刘正义任副主编,由郭永环负责统稿和定稿。

本书第3版由原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》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。本书在写作中,作者参考了大量的文献资料,在此,一并向有关单位及作者表示衷心的感谢!

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

2013年10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 工程材料及成形技术 1

1.1 工程材料及热处理	2
1.1.1 工程材料	2
1.1.2 钢的热处理	11
1.2 铸造	17
1.2.1 铸造概述	17
1.2.2 造型与制芯	20
1.2.3 熔炼与浇注	33
1.2.4 铸造缺陷分析	40
1.2.5 现代铸造技术及其发展 方向	43
1.3 锻压	44
1.3.1 锻压概述	44
1.3.2 金属的加热与锻件的 冷却	44
1.3.3 自由锻造	47
1.3.4 模锻	52
1.3.5 板料冲压	56
1.3.6 现代锻压技术及其发展 方向	58
1.4 焊接	62
1.4.1 焊接概述	62
1.4.2 电弧焊	63
1.4.3 气焊与气割	73
1.4.4 电阻焊及其他焊接方法 ...	78
1.4.5 现代焊接技术及其发展 方向	83
小结	84
复习思考题	84

第 2 章 切削加工技术 88

2.1 切削加工的基础知识	89
2.1.1 切削加工概述	89
2.1.2 切削要素	90

2.1.3 刀具材料及其几何角度 ...	91
2.1.4 零件切削加工步骤安排 ...	93
2.2 车削	95
2.2.1 车削概述	95
2.2.2 工件的安装及车床附件 ...	101
2.2.3 车刀	106
2.2.4 车床操作要点	107
2.2.5 车削工艺	109
2.2.6 车削综合工艺分析	117
2.3 刨削、铣削和磨削	118
2.3.1 刨削	118
2.3.2 铣削	129
2.3.3 磨削	144
2.4 钳工	154
2.4.1 钳工概述	154
2.4.2 划线、锯削和锉削	156
2.4.3 钻孔、扩孔和铰孔	164
2.4.4 攻螺纹和套螺纹	168
2.4.5 装配	172
2.5 切削加工技术及其发展方向	177
2.5.1 高速切削加工	177
2.5.2 干切削加工技术	178
小结	179
复习思考题	180

第 3 章 特种加工技术与数控特种加工技术 184

3.1 电火花加工	185
3.1.1 电火花加工原理	185
3.1.2 电火花加工的工艺特点及 应用	186
3.2 电解加工	188
3.2.1 电解加工原理	189
3.2.2 电解加工的工艺特点及 应用	189



3.3 激光加工	191
3.3.1 激光加工原理	191
3.3.2 激光加工的工艺特点及 应用	193
3.4 超声波加工	196
3.4.1 超声波加工原理	196
3.4.2 超声波加工的工艺特点及 应用	197
3.5 快速原型制造	198
3.5.1 快速原型工作原理	199
3.5.2 快速原型的工艺特点及 应用	199
3.6 数控机床编程基础	200
3.6.1 数控编程的格式	200
3.6.2 数控系统的指令代码 类型	201
3.6.3 机床坐标系与工件 坐标系	203
3.6.4 尺寸的米制、英制选择与 小数点输入	205
3.6.5 绝对、增量式编程	206
3.6.6 基本移动指令	206
3.6.7 刀具补偿指令	207
3.7 数控机床加工	209
3.7.1 数控车床加工	209
3.7.2 数控铣床加工	218
3.7.3 数控铣削加工中心 加工	224
3.8 数控特种加工技术	231
3.8.1 数控电火花加工机床 的组成	231
3.8.2 数控线电火花切割加工 工艺	232
3.8.3 数控电火花线切割编程 指令与加工实例	234
3.9 特种加工技术与数控加工技术的 发展趋势	237

3.9.1 特种加工技术的发展 趋势	237
3.9.2 数控加工技术的发展 趋势	238
小结	240
复习思考题	240

第4章 综合与创新训练

4.1 综合与创新训练概述	244
4.1.1 综合与创新训练简介	245
4.1.2 综合与创新训练的意义	245
4.2 毛坯与加工方法的选择	246
4.2.1 毛坯的选择	246
4.2.2 加工方法选择及经济性 分析	247
4.3 典型零件的综合工艺过程	252
4.3.1 轴类零件	253
4.3.2 盘套类零件	255
4.3.3 箱体类零件	256
4.4 工程训练全过程进行创新训练	257
4.4.1 各类思维方式及其 创造性	257
4.4.2 工程训练全过程进行创新 训练	258
4.5 创新实例	261
4.5.1 结合工程训练进行综合 创新训练过程	261
4.5.2 结合单一工种进行 综合创新训练实例	261
4.5.3 结合多个工种进行 综合创新训练实例	264
4.5.4 机械产品创新设计实例 分析	268
小结	271
复习思考题	272

参考文献

第 1 章

工程材料及成形技术



教学提示

本章主要内容是常用的工程材料及金属材料的铸造、锻压及焊接成形原理、成形方法，成形特点及成形工艺中的成形设备；铸造、锻压、焊接成形方法及热处理工艺对零件结构工艺性的要求。

主要知识点是：钢的退火、正火、淬火、回火的目的及实际应用；钢的表面热处理的目的、方法及实际应用；铸造工艺技术，主要包括造型与制芯、铸铁熔炼、浇注工艺；自由锻和板料冲压的原理和特点；模锻和胎膜锻的原理特点；焊接工艺及设备，包括电弧焊、气焊、气割、压力焊及钎焊等。



教学要求

本章教学要求是使学生通过学习，在掌握热处理原理和热处理工艺方法的基础上，掌握热处理的一般规律，掌握典型零件热处理工艺的应用；了解铸造生产的工艺过程及其特点和应用，并重点熟悉砂型铸造方法的生产过程和技术特性，熟悉并掌握铸造原理及砂型铸造工艺技术；了解自由锻、板料冲压成形的工作原理和方法，熟悉其加工特点，在掌握锻压的基本理论及基本知识的基础上，具备合理选择典型零件的锻压方法、分析锻件结构工艺性，具有锻件质量与成本分析的初步能力；通过焊接一节的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，配合实践教学，掌握焊条电弧焊、气体保护焊、气焊和气割的基本知识和操作方法，通过学习使学生熟悉一般金属材料的焊接工艺技术。



1.1 工程材料及热处理

1.1.1 工程材料

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)	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。

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,含碳量很低(近似为零)的称为工业纯铁。

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价比高,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,而且赋予现代化制造装备高性价比,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等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, 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	
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, 16MnNb), Q420(15MnVN, 14MnVTiRE)	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

(续)

种 类	牌 号	性能及用途
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, 根据铸铁结晶过程中的石墨化程度不同, 铸铁分为白口铸铁、灰口铸铁和麻口铸铁, 生产中使用的铸铁一般为灰铸铁。根据铸铁中石墨形态的不同, 灰口铸铁又分为灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁和特殊性能铸铁等。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，主要有下屈服强度 $R_{eL}(\sigma_s)$ 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 $A_{5.65}(\delta_5)$ 、 $A_{11.3}(\delta_{10})$ ，单位为%；断面收缩率 $Z(\psi)$ ，单位为%。 $A_{5.65}$ 、 $A_{11.3}$ 、 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

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

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……所有这些都属于高分子材料。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。

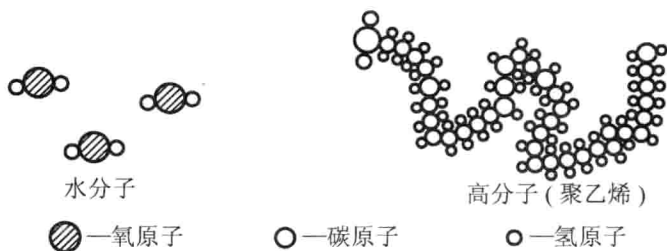


图 1.1 水分子和高分子（聚乙烯）结构示意图

（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结构件的塑料，其强度大、刚度高、韧性好，如聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯等。通用塑料改性后，也可作为工程塑料使用。耐热塑料工作温度高于 150~200℃，但成本高。典型的耐热塑料有聚四氟乙烯、有机硅树脂、芳香尼龙及环氧树脂等。

按塑料受热后的性能，可分为热塑性塑料和热固性塑料。热塑性塑料加热时可熔融，并可多次反复加热使用。热固性塑料经一次成形后，受热不变形、不软化，但只能塑压一



次,不能回用。

(2) 橡胶。

橡胶一般在 $-40\sim+80^{\circ}\text{C}$ 范围内具有高弹性,通常还具有储能、隔音、绝缘、耐磨等特性。橡胶材料广泛用于制造密封件、减振件、传动件、轮胎和导线等。

(3) 合成纤维。

合成纤维是指呈黏流态的高分子材料,是经过喷丝工艺制成的。合成纤维一般都具有强度高、密度小、耐磨、耐蚀等特点,不仅广泛用于制作衣料等生活用品,在工农业、交通、国防等部门也有重要作用。常用的合成纤维有涤纶、锦纶和腈纶等。

2) 陶瓷材料

陶瓷是一种古老的材料。一般人们对于陶瓷的概念,除了日用陶瓷外就是精美的陶瓷工艺品,如唐代的“唐三彩”及“明如镜,薄如纸”的薄胎瓷等。传统的陶瓷一般是指陶器、瓷器及建筑用瓷。然而在现代材料科学中,陶瓷被赋予了崭新的意义。

陶瓷材料与其他材料相比,具有耐高温、抗氧化、耐腐蚀、耐磨耗等优异性能,而且它可以用作有各种特殊功能要求的专门功能材料,如压电陶瓷、铁电陶瓷、半导体陶瓷及生物陶瓷等。特别是随着空间技术、电子信息技术、生物工程、高效热机等技术的发展,陶瓷材料正显示出独特的作用。

人们把许多用于现代科学与技术方面的高性能陶瓷称为新型陶瓷或精细陶瓷。新型陶瓷在很多方面突破了传统陶瓷的概念和范畴,是陶瓷发展史上一次革命性的变化。例如:原料由天然矿物发展为人工合成的超细、高纯的化工原料;工艺由传统手工工艺发展为连续、自动,甚至超高温、超高压及微波烧结等新工艺;性能和应用范围由传统的仅用于生活和艺术的简单功能产品,发展为具有电、声、光、磁、热和力学等多种功能综合起来的高科技产品。

新型陶瓷按化学成分主要可分为以下几种:

- (1) 氧化物陶瓷 主要包括氧化铝、氧化锆、氧化镁、氧化铍、氧化钛等。
- (2) 氮化物陶瓷 主要有氮化硅、氮化铝、氮化硼等。
- (3) 碳化物陶瓷 它们是碳化硅、碳化钨、碳化硼等。

新型陶瓷按其使用性能来分类,可分为结构陶瓷和功能陶瓷两大类。

4. 复合材料

复合材料是由两种或两种以上材料,即基体材料和增强材料复合而成的一类多相材料。基体材料主要分为有机聚合物、金属、陶瓷、水泥和碳(石墨)等。增强材料指纤维、丝、颗粒、片材、织物等。纤维增强材料包括玻璃纤维、碳纤维、硼纤维、芳纶纤维、碳化硅纤维、氮化硅纤维等。复合材料保留了组成材料各自的优点,获得单一材料无法具备的优良综合性能。它们是按照性能要求而设计的一种新型材料。复合材料已成为当前结构材料发展的一个重要趋势。玻璃纤维增强树脂基为第一代复合材料,碳纤维增强树脂基为第二代复合材料,金属基、陶瓷基及碳基等复合材料则是目前正在发展的第三代复合材料。

复合材料的种类繁多,按基体分,有金属基和非金属基两类。金属基主要有铝、镁、钛、铜等及其合金;非金属基主要有合成树脂、碳、石墨、橡胶、陶瓷、水泥等。按使用性能分,有结构复合材料和功能复合材料。