



普通高等学校工程材料及机械制造基础  
创新人才培养系列教材

# 工程材料

及

# 机械制造基础

主编 骆莉 陈仪先 王晓琴

Gongcheng Cailiao ji Jixie Zhizao Jichu



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



# 工程材料及机械制造基础

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 主 编 | 骆 莉 | 陈仪先 | 王晓琴 |
| 副主编 | 徐自立 | 郭毕佳 |     |
|     | 龚文邦 | 吴世林 |     |

华中科技大学出版社  
中国·武汉

## 内 容 简 介

本书按照《普通高等学校工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求》(机械基础课程教学指导分委员会金工课指组 2009 年 8 月(讨论稿))的最新要求编写。

本书共分十二章,主要内容为材料的力学性能、材料的结构、材料相变基础、材料的改性技术、工程用金属材料、非金属材料及其他新型材料、铸造成形、压力加工成形、焊接成形与胶接成形、切削加工成形、非金属材料成形、机械零件用材及成形方法选择,且每章后附有适量的复习思考习题。

本书比较系统地介绍了机械制造生产中所涉及的工程材料及加工工艺方法,同时也介绍了有关机械制造的新材料、新工艺、新技术及其发展趋势。

全书可作为高等学校机械类、近机类专业的技术基础课教材,适量删减可用于非机类专业技术基础课教学,也可供相关工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

工程材料及机械制造基础/骆 莉 陈仪先 王晓琴 主编. —武汉:华中科技大学出版社, 2012.2

ISBN 978-7-5609-7671-6

I. 工… II. ①骆… ②陈… ③王… III. ①工程材料-高等学校-教材 ②机械制造-高等学校-教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 000340 号

工程材料及机械制造基础

骆 莉 陈仪先 王晓琴 主编

策划编辑:徐正达

责任编辑:徐正达

封面设计:刘 卉

责任校对:朱 玢

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉佳年华科技有限公司

印 刷:仙桃市新华印务有限责任公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:24.25

字 数:409 千字

版 次:2012 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:38.00 元



华中科大

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

普通高等学校工程材料及机械制造基础  
创新人才培养系列教材

编审委员会

主任:林萍华(华中科技大学教授,教育部高等学校材料成型  
及控制工程专业教学指导分委员会副主任)

顾问:傅水根(清华大学教授,教育部高等学校机械基础  
课程教学指导分委员会副主任)

孙康宁(山东大学教授,教育部高等学校机械基础  
课程教学指导分委员会委员)

副主任:童幸生(江汉大学教授,教育部高等学校机械基础  
课程教学指导分委员会委员)

王连弟(华中科技大学出版社副社长,编审)

周世权(华中科技大学工程实训中心副主任,  
教授级高级工程师)

委员:(按姓氏笔画顺序排列)

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 孔小东 | 王连弟 | 田文峰 | 汪云  |
| 陈仪先 | 陈慧敏 | 杨雄  | 林萍华 |
| 宗振华 | 周世权 | 赵新泽 | 骆莉  |
| 夏先平 | 徐翔  | 徐正达 | 徐自立 |
| 童幸生 |     |     |     |

## 序 言

党的十七大提出,要把“提高自主创新能力、建设创新型国家”作为国家发展战略的核心和提高综合国力的关键。这是时代对我们提出的迫切要求。

改革开放以来,我国的经济建设取得了举世瞩目的成就,科学技术发展步入了一个重要跃升期。然而,与世界先进国家相比,我国科技缺乏原创性和可持续的动力,缺乏跨学科、跨领域重大继承创新的能力,缺乏引领世界科技发展的影响力。同时,我国科技人员的知识结构、业务能力、综合素质显得不足。多年以来形成的学校教育与社会教育的隔阂、智力教育与能力教育的隔阂、自然科学与社会科学的隔阂,造成了几代人科技创新能力的缺陷。时代呼唤各种类型的创新人才,知识的创新、传播和应用将成为社会发展的决定因素。

担负着培养创新人才重任的高等学校,如何培养创新人才呢?我以为有两点非常重要:创新教育和创新实践。湖北省金属工艺学教学专业委员会近年来完成了省级教学改革项目“工程材料及机械制造基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”,获得湖北省教学成果二等奖,并在全省十几所大学中推广应用,取得了良好的教学效果,由此带动了一批新的教学研究课题的开展。这是在创新教育和创新实践方面的有益尝试。

要进行创新教育,应当站在巨人的肩膀上,而这位巨人就是各门科学的重点基础课。只有打下了牢固的基础,才能自如地实现向新领域的转变,才能具有可靠的应变能力和坚实的后劲。没有良好的理论基础和知识结构,创新与创造就将成为无源之水、无本之木。然而,传统教育重传习、重因袭,缺乏对学生探究问题的鼓励,这极大地制约了学生智力的培养和独创性的发挥。因此,亟须在基本教育理念方面进行变革,在教学活动的实施中加强创新意识,在教材的编写中注入大量创新元素。在有效提升学生的创新品质方面,学校和教师有着不可替代的影响力和感召力。因此,重新理清“工程材料及机械制造基础系列课程”教学改革和教材编写的发展思路,探索该教学课程体系的内容与教学方法,是一项迫在眉睫

而又意义深远的工作。

科学的目的在于认识,而技术与工程的目的则在于实践,创造性思维基于实践,始于问题。正如杨叔子院士所说:“创新之根在实践。”对培养高素质创新人才而言,加强实践性教学环节具有重要的基础性作用和现实意义。工科教学的特征是实用性强,专业性强,方法性强,必须让学生从书本和课堂中适度解放出来,通过接触实践,接触实际问题,来增强学生对课堂书本知识的理解和掌握,以减少传习教学色彩,使学生获取宽广的工程感性知识。

近年来“工程材料及机械制造基础系列课程”教学改革实践表明,按照教学体系的总体方案和学生认知水平的发展,创新实践教育的内容似可划分为三个层次。第一层次,针对低年级学生的知识背景,着重让学生建立起工程系统概念,初步学会选用材料和选择制作工艺,了解制作对象的结构工艺性及常用的技术装备。第二层次,着手训练学生的动手能力与创新意识。首先通过基础科学原理的实验训练,养成科学、规范的研究习惯与方法;其次通过技术基础课程实验训练,了解工程技术创新的方法和过程;最后,也是最重要的一点,通过验证基础科学原理和技术科学原理的动手过程,切身体验科学发现与工程创新的方法与历程。第三层次,通过专业课程实验、课程设计、生产实习和毕业论文研究等综合实践环节,着重培养学生分析问题、解决问题的能力,让学生体会如何在工程上应用与发挥自身知识和能力,进行学以致用用的过渡。

湖北省金属工艺学教学专业委员会在组织实施“工程材料及机械制造基础系列课程”教学改革实践基础上,提出了“以工业系统认知为基础,以工艺实验分析能力为根本,以工艺设计为主线,加强工程实践,注重工艺创新”的教学新思路,打破了原有四门课程(金工实习、工程材料、材料成形工艺基础和机械制造基础)相对隔离的现状,改善了课程结构体系,努力实现整体优化,体现基于问题的学习、基于项目的学习、基于案例的学习以及探究式学习的创新教育思想,并在此基础上建立起新型的工业培训中心教学基地,大大推动了本系列课程的发展。

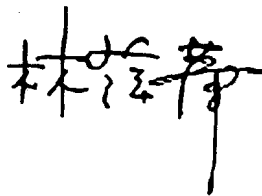
呈献给大家的“普通高等学校工程材料及机械制造基础创新人才培养系列教材”,是湖北省金属工艺学教学专业委员会获得省优秀教学成果二等奖后,与华中科技大学出版社经过进一步探索和实践取得的新成果,拟由《工程系统认识实践》(理工科通识)、《工程材料》、《材料成形工艺基础》、《机械制造基础》、《工程材料及其成形工艺》、《材料成形及机械制造

工艺基础》、《机械制造工艺基础》、《制造工艺综合实验》、《基于项目的工程实践》(机械及近机械类)、《工程实践教程》(非机械类)、《工程实践报告》等组成。它通过构建新的课程体系,改革教学内容、教学方法与教学手段,以期达到整体优化,促进学生的知识、能力和素质的均衡发展,特别是培养学生的工程素质、创新思维能力和独立获取知识的能力。殷切希望该系列教材能够得到广大读者和全国同仁的关心、支持和帮助。相信经过湖北省金属工艺学教学专业委员会的统一规划和各高校师生的团结协作,汲取国内同行课程改革的成功经验,遵循“解放思想、实事求是”的原则,我们能够进一步转变教育观念,在教学改革上更上一层楼。

面对科学技术的飞速发展,面对全球信息化浪潮的挑战,我们必须贯彻落实科学发展观,坚持与时俱进的精神品质,讲求竞争,倡导无私无畏的开拓精神,为全面提高全民族的创新能力,建设创新型国家培养更多的创新人才。

谨此为序。

教育部高等学校机械学科教学指导委员会委员  
材料成型与控制工程专业教学指导分委员会副主任  
湖北省金属工艺学教学专业委员会理事长  
华中科技大学常务副校长,教授



2010年8月于喻家山

## 前 言

“工程材料及机械制造基础”是一门研究工程材料和毛坯成形及切削加工工艺的重要技术基础课程。它系统地阐述了常用工程材料的性能特点与应用,毛坯成形及切削加工等工艺的基本原理和基本方法。

本书按照《普通高等学校工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求》(机械基础课程教学指导分委员会金工课指组 2009 年 8 月(讨论稿))的最新要求编写,并选用了最新的国家标准。编者精炼了传统的教学内容,增加了新材料、新技术、新工艺的内容,反映了工程材料及机械制造基础的发展趋势,并注重理论联系实际,旨在培养大学生创新思维及工程实践能力。

本书内容充实,结构合理,适应性广,有较大的选择余地,可满足不同专业、不同课时教学的要求。书中每章后均附有难度不等的复习思考题,供不同层次学生选用。

本书由武汉纺织大学、武汉工业学院、华中科技大学等高校教师联合编写。编写分工如下:骆莉编写绪论和第 8、9 章,陈仪先编写第 7、12 章,王晓琴编写第 4 章,徐自立编写第 6 章和第 10 章 3、4 节,龚文邦编写第 5 章,吴世林编写第 10 章 1、2 节,郭毕佳编写第 1 章,卢记军编写第 11 章,郭毕佳、孙利合编第 3 章,谈芬芳、贺占文合编第 2 章。本书由骆莉、陈仪先、王晓琴任主编,徐自立、郭毕佳、龚文邦、吴世林任副主编,全书由骆莉统稿,美国俄克拉荷马大学李烨协助整理。

本书的编写参考了多本教材(见参考文献),对此,谨向所涉及的作者表示诚挚的谢意。

限于编者水平,书中难免存在不足之处,敬请广大读者斧正。

编 者

2011 年 9 月

# 目 录

|                     |      |
|---------------------|------|
| 绪论                  | (1)  |
| 第 1 章 材料的力学性能       | (4)  |
| 1.1 材料的静载力学性能       | (4)  |
| 1.1.1 拉伸试验          | (4)  |
| 1.1.2 弹性与刚度         | (5)  |
| 1.1.3 强度与塑性         | (6)  |
| 1.1.4 硬度            | (7)  |
| 1.2 材料的非静载力学性能      | (10) |
| 1.3 材料的断裂韧性         | (12) |
| 1.4 材料的高、低温力学性能     | (13) |
| 第 2 章 材料的结构         | (15) |
| 2.1 金属晶体结构          | (15) |
| 2.1.1 晶体结构的基本概念     | (15) |
| 2.1.2 典型的金属晶体结构     | (16) |
| 2.1.3 晶面指数与晶向指数     | (18) |
| 2.1.4 晶体的各向异性       | (19) |
| 2.1.5 实际金属中的晶体结构    | (19) |
| 2.2 合金的晶体结构         | (22) |
| 2.2.1 基本概念          | (22) |
| 2.2.2 合金的相结构        | (23) |
| 2.3 非金属材料的结构特点      | (25) |
| 2.3.1 陶瓷材料的结构特点     | (25) |
| 2.3.2 高分子材料的结构特点    | (26) |
| 第 3 章 材料相变基础        | (28) |
| 3.1 纯金属的结晶          | (28) |
| 3.1.1 纯金属结晶的条件      | (28) |
| 3.1.2 纯金属的结晶过程      | (29) |
| 3.1.3 结晶晶粒大小及控制     | (31) |
| 3.1.4 金属铸锭(件)的组织与缺陷 | (31) |
| 3.1.5 晶体的同素异构转变     | (33) |
| 3.2 二元合金相图          | (34) |
| 3.2.1 二元合金相图的建立     | (34) |
| 3.2.2 二元合金相图的基本类型   | (35) |
| 3.3 铁碳合金相图          | (42) |
| 3.3.1 铁碳合金的组元及基本相   | (42) |

|       |                    |       |
|-------|--------------------|-------|
| 3.3.2 | 相图分析               | (43)  |
| 3.3.3 | 铁碳合金的平衡结晶过程及组织     | (46)  |
| 3.3.4 | 含碳量对铁碳合金平衡组织和性能的影响 | (51)  |
| 3.3.5 | 铁碳相图的应用            | (54)  |
| 第4章   | 材料的改性技术            | (56)  |
| 4.1   | 钢的热处理              | (56)  |
| 4.1.1 | 钢在加热时的组织转变         | (56)  |
| 4.1.2 | 钢在冷却时的组织转变         | (58)  |
| 4.1.3 | 钢的普通热处理            | (65)  |
| 4.1.4 | 钢的表面热处理            | (71)  |
| 4.1.5 | 热处理新技术简介           | (74)  |
| 4.2   | 钢的表面强化处理           | (76)  |
| 4.2.1 | 钢的表面形变强化           | (76)  |
| 4.2.2 | 钢的表面覆层强化           | (76)  |
| 4.3   | 铸铁的改性处理            | (78)  |
| 4.3.1 | 铸铁的热处理             | (78)  |
| 4.3.2 | 铸铁的合金化             | (79)  |
| 4.4   | 高聚物的改性强化           | (80)  |
| 第5章   | 工程用金属材料            | (83)  |
| 5.1   | 工业用钢               | (83)  |
| 5.1.1 | 钢的分类               | (83)  |
| 5.1.2 | 非合金钢               | (83)  |
| 5.1.3 | 低合金高强度结构钢          | (88)  |
| 5.1.4 | 合金钢                | (89)  |
| 5.2   | 铸铁                 | (104) |
| 5.2.1 | 铸铁的石墨化             | (104) |
| 5.2.2 | 铸铁的分类              | (105) |
| 5.2.3 | 常用铸铁               | (106) |
| 5.3   | 非铁金属材料             | (112) |
| 5.3.1 | 铝及铝合金              | (112) |
| 5.3.2 | 铜及其合金              | (116) |
| 5.3.3 | 轴承合金               | (118) |
| 5.3.4 | 粉末冶金材料             | (119) |
| 第6章   | 非金属材料及其他新型材料       | (123) |
| 6.1   | 高分子材料              | (123) |
| 6.1.1 | 有机高分子材料的组成及性能特点    | (123) |
| 6.1.2 | 工程塑料               | (124) |
| 6.1.3 | 合成橡胶               | (127) |
| 6.1.4 | 胶黏剂                | (129) |

|            |                       |              |
|------------|-----------------------|--------------|
| 6.2        | 陶瓷材料 .....            | (131)        |
| 6.2.1      | 陶瓷的分类 .....           | (132)        |
| 6.2.2      | 陶瓷材料的性能特点 .....       | (132)        |
| 6.2.3      | 常用工程陶瓷的种类、性能和用途 ..... | (133)        |
| 6.3        | 复合材料 .....            | (134)        |
| 6.3.1      | 复合强化原理 .....          | (134)        |
| 6.3.2      | 复合材料的种类 .....         | (135)        |
| 6.3.3      | 复合材料的性能特点 .....       | (135)        |
| 6.3.4      | 复合材料的应用 .....         | (136)        |
| 6.4        | 其他新型材料及其应用 .....      | (137)        |
| 6.4.1      | 高温材料 .....            | (137)        |
| 6.4.2      | 形状记忆材料 .....          | (138)        |
| 6.4.3      | 非晶态材料 .....           | (140)        |
| 6.4.4      | 超导材料 .....            | (141)        |
| 6.4.5      | 纳米材料 .....            | (143)        |
| <b>第7章</b> | <b>铸造成形 .....</b>     | <b>(148)</b> |
| 7.1        | 铸造成形工艺基础 .....        | (148)        |
| 7.1.1      | 合金的铸造性能 .....         | (148)        |
| 7.1.2      | 铸造内应力及铸件的变形与裂纹 .....  | (154)        |
| 7.1.3      | 常用合金铸件的生产特点 .....     | (157)        |
| 7.2        | 铸造成形工艺方法 .....        | (161)        |
| 7.2.1      | 砂型铸造 .....            | (161)        |
| 7.2.2      | 特种铸造 .....            | (166)        |
| 7.2.3      | 铸造成形方法的选择 .....       | (172)        |
| 7.3        | 铸件的工艺设计 .....         | (174)        |
| 7.3.1      | 浇注位置与分型面的选择 .....     | (174)        |
| 7.3.2      | 工艺参数的确定 .....         | (176)        |
| 7.3.3      | 浇注系统和冒口 .....         | (177)        |
| 7.3.4      | 铸造工艺图 .....           | (178)        |
| 7.4        | 对铸件结构的要求 .....        | (179)        |
| 7.5        | 铸件质量分析 .....          | (184)        |
| <b>第8章</b> | <b>压力加工成形 .....</b>   | <b>(189)</b> |
| 8.1        | 压力加工成形基础 .....        | (190)        |
| 8.1.1      | 金属变形过程中的组织与性能变化 ..... | (190)        |
| 8.1.2      | 冷变形与热变形 .....         | (193)        |
| 8.1.3      | 金属的可锻性 .....          | (193)        |
| 8.2        | 锻压成形方法 .....          | (195)        |
| 8.2.1      | 自由锻 .....             | (195)        |
| 8.2.2      | 模锻 .....              | (202)        |

|        |                    |       |
|--------|--------------------|-------|
| 8.2.3  | 压力机上模锻·····        | (211) |
| 8.3    | 板料冲压成形·····        | (214) |
| 8.3.1  | 冲压设备·····          | (214) |
| 8.3.2  | 板料冲压基本工序·····      | (215) |
| 8.3.3  | 冲压模具及结构·····       | (220) |
| 8.3.4  | 冲压成形件结构工艺性·····    | (222) |
| 8.4    | 新型压力加工方法·····      | (225) |
| 8.4.1  | 精密模锻·····          | (225) |
| 8.4.2  | 精密冲裁·····          | (226) |
| 8.4.3  | 挤压成形·····          | (226) |
| 8.4.4  | 轧锻成形·····          | (228) |
| 第9章    | 焊接成形与胶接成形·····     | (232) |
| 9.1    | 焊接成形工艺基础·····      | (232) |
| 9.1.1  | 焊接成形的分类与特点·····    | (232) |
| 9.1.2  | 电弧焊基本原理·····       | (233) |
| 9.1.3  | 焊接接头组织与性能·····     | (234) |
| 9.1.4  | 焊接应力与变形·····       | (236) |
| 9.1.5  | 焊接缺陷及质量检验·····     | (240) |
| 9.2    | 焊接成形方法·····        | (242) |
| 9.2.1  | 熔焊·····            | (242) |
| 9.2.2  | 压焊·····            | (257) |
| 9.2.3  | 钎焊·····            | (260) |
| 9.3    | 金属材料的焊接性·····      | (261) |
| 9.3.1  | 金属材料的焊接性及评定方法····· | (261) |
| 9.3.2  | 常用金属材料的焊接特点·····   | (262) |
| 9.4    | 焊接件结构工艺设计·····     | (265) |
| 9.4.1  | 焊接件材料的选择·····      | (265) |
| 9.4.2  | 焊接方法的选择·····       | (266) |
| 9.4.3  | 焊缝布置·····          | (267) |
| 9.4.4  | 坡口形式·····          | (269) |
| 9.4.5  | 焊接件结构工艺设计示例·····   | (271) |
| 9.5    | 胶接成形·····          | (272) |
| 9.5.1  | 胶接的特点与应用·····      | (272) |
| 9.5.2  | 胶接技术·····          | (273) |
| 第10章   | 切削加工成形·····        | (277) |
| 10.1   | 切削加工成形基础·····      | (277) |
| 10.1.1 | 零件表面形成及切削运动·····   | (277) |
| 10.1.2 | 加工表面与切削要素·····     | (278) |
| 10.1.3 | 切削刀具·····          | (279) |

|        |                  |       |
|--------|------------------|-------|
| 10.1.4 | 金属的切削过程及其基本规律与应用 | (284) |
| 10.2   | 典型表面加工           | (290) |
| 10.2.1 | 外圆加工             | (291) |
| 10.2.2 | 孔的加工             | (295) |
| 10.2.3 | 平面加工             | (306) |
| 10.2.4 | 齿轮齿形加工           | (312) |
| 10.2.5 | 螺纹加工             | (318) |
| 10.3   | 数控加工与特种加工        | (322) |
| 10.3.1 | 数控机床与数控加工        | (322) |
| 10.3.2 | 特种加工             | (327) |
| 10.4   | 零件结构工艺性          | (334) |
| 10.4.1 | 零件结构工艺性的基本概念     | (334) |
| 10.4.2 | 零件结构的切削加工工艺性     | (334) |
| 第 11 章 | 非金属材料成形          | (342) |
| 11.1   | 高分子材料成形          | (342) |
| 11.1.1 | 塑料成形             | (342) |
| 11.1.2 | 橡胶成形             | (348) |
| 11.2   | 陶瓷成形             | (350) |
| 11.3   | 复合材料成形           | (351) |
| 11.3.1 | 树脂基复合材料成形        | (351) |
| 11.3.2 | 金属基复合材料成形        | (352) |
| 11.3.3 | 陶瓷基复合材料成形        | (354) |
| 11.4   | 非金属材料成形新技术       | (355) |
| 第 12 章 | 机械零件用材及成形方法选择    | (358) |
| 12.1   | 机械零件的失效          | (358) |
| 12.1.1 | 机械零件失效的类型、原因     | (358) |
| 12.1.2 | 机械零件失效分析方法       | (358) |
| 12.2   | 机械零件选材的基本原则及方法   | (359) |
| 12.2.1 | 选材的基本原则          | (359) |
| 12.2.2 | 选材的一般程序          | (361) |
| 12.3   | 典型零件的选材及热处理示例    | (363) |
| 12.3.1 | 齿轮类零件的选材及热处理     | (363) |
| 12.3.2 | 轴类零件的选材及热处理      | (365) |
| 12.4   | 毛坯成形方法选用原则       | (367) |
| 12.4.1 | 毛坯的种类            | (367) |
| 12.4.2 | 毛坯选择的基本原则        | (369) |
| 12.4.3 | 选择毛坯的依据          | (371) |
| 12.5   | 典型机械零件毛坯成形方法选用示例 | (372) |
| 参考文献   |                  | (376) |

# 绪 论

## 1. 机械制造生产过程及发展

机械制造的生产过程一般是先根据设计选用材料,然后用铸造、压力加工或焊接等方法将材料制作成零件的毛坯(或半成品),再经切削加工制成符合尺寸精度要求的零件,最后将零件装配成为机器。为了改善毛坯和工件的性能,常需在制造过程中穿插进行热处理。机械制造工艺与流程如图 0-1 所示。

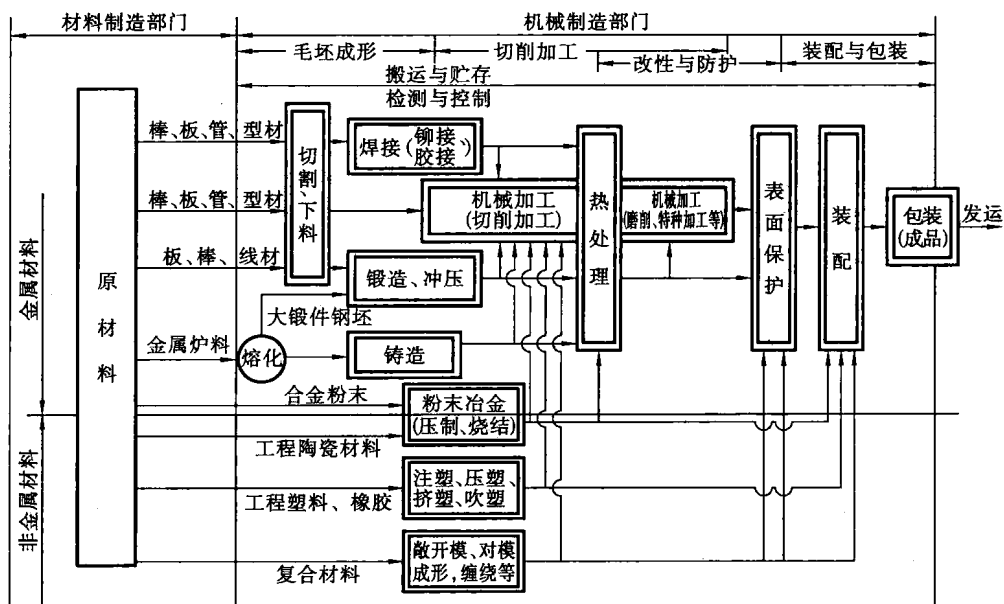


图 0-1 机械制造工艺与流程图

毛坯材料和成形方法的选用直接影响零件的质量、成本和生产率。要合理选择毛坯种类及制造方法,就必须掌握各种材料的性能、特点、应用及其成形过程,包括各种成形方法的工艺实质、成形特点和选用原则等。

在材料生产及其成形工艺的历史上,我们的祖先就有辉煌的成就。我国在原始社会后期开始使用陶器,在仰韶文化和龙山文化时期,制陶技术已相当成熟;青铜冶炼始于夏代,至商周时期(公元前 16 世纪至公元前 8 世纪)冶铸技术已达到很高水平,形成了灿烂的青铜文化;公元前 7 世纪至公元前 6 世纪的春秋时期,铁器在我国已开始大量使用,白口铸铁、麻口铸铁、可锻铸铁相继出现,这比欧洲诸国早 1800 多年;约 3000 年前,我国便已采用铸造、锻造、淬火等技术生产工具和各种兵器,大量的历史文物,如湖北江陵楚墓中发现的埋藏了 2000 多年的越王勾践剑,至今仍异常锋利;陕西秦始皇陵出土的大型彩绘铜车马,由 3000 多个零部件组成,综合采用了铸

造、焊接、凿削、研磨、抛光及各种连接工艺,结构之复杂,制作之精美,至今仍令人叹服;明朝永乐年间制造的大钟(重 46.5 t),上有经文 20 余万字,其浑厚悦耳的钟声至今仍伴随着华夏子孙辞旧迎新……这些均显示了中华民族在材料成形方法及热处理工艺等方面的卓越成就。

新中国成立以后,特别是近几十年来,我国工业生产迅速发展。上世纪 60 年代我国自行设计并生产的 12000 t 水压机,是制造大型机电设备的必备生产设备;我国人造地球卫星、洲际弹道导弹、长征系列运载火箭及“天宫一号”目标飞行器的研制成功,均与我国机械制造工艺水平的发展密切相关。我国是世界上少数几个拥有运载火箭和人造卫星发射实力的国家。这些飞行器的壳体均是选用铝合金、钴合金或特殊合金薄壳结构,采用胶接及钨极氩弧焊、等离子弧焊、真空电子束焊、真空钎焊和电阻焊等方法焊接而成。我国成功生产了世界上最大的轧钢机机架铸钢件(重 410 t)和长江三峡巨型水轮机发电机组特大型零部件。

上世纪 80 年代后,世界各国纷纷开始了对各种新材料的开发。光电子信息材料、先进复合材料、先进陶瓷材料、新型金属材料、高性能塑料、超导材料等层出不穷,并迅速投入使用,给社会生产和人们的生活带来了巨大的变化。近年来,精密成形技术的不断产生,使毛坯的形状、尺寸和表面质量更接近零件要求。国际机械加工技术学会预测,本世纪初精密成形与磨削加工相结合,将逐渐取代大部分中、小零件的切削加工,到 2010 年,它所成形的公差可相当于磨削精度。

当今之世,科学技术迅猛发展,微电子、计算机、自动化技术与制造工艺和设备相结合,形成了从单机到系统,从刚性到柔性,从简单到复杂等不同档次的多种自动控制加工技术;成形加工过程的计算机模拟、仿真与并行工程、敏捷化工程及虚拟制造相结合,已成为网络化异地设计和制造的重要内容,应用新型传感器、无损检测等自动监控技术及可编程控制器、新型控制装置可以实现系统的自适应控制和自动化控制。

尽管各种新技术、新工艺应运而生,新的制造理念不断形成,但铸造、锻压、焊接、热处理及机械加工等传统的常规成形工艺至今仍是广泛使用的技术。因此,常规工艺的不断改进和提高,并通过各种途径实现其高效化、精密化、轻量化和绿色化,具有重大的技术经济意义。

## 2. 本课程的性质、作用和基本要求

“工程材料及机械制造基础”课程是机械类专业必修的一门主干技术基础课,也是近机类和部分非机类专业普遍开设的一门专业基础课程,旨在使学生建立机械制造生产过程的基本知识,了解新材料,掌握传统的和现代的制造技术及工艺方法,培养大学生的工程实践能力和创新思维方法。

本课程的基本要求如下:

① 建立工程材料和材料成形工艺与现代机械制造的完整概念,培养良好的工程意识;

② 掌握金属材料的成分、组织、性能之间的关系及强化金属材料的基本途径,钢的热处理原理及方法,熟悉常用工程材料的性质、特点、用途和选用原则;

③ 掌握各种成形方法的基本原理、工艺特点和应用场合,会合理选择毛坯成形方法;

④ 掌握零件(毛坯)的结构工艺性,并具有设计毛坯和零件结构的初步能力;

⑤ 了解与本课程有关的新技术、新工艺的发展趋势。

本课程融多种工艺方法为一体,信息量大,实践性强,叙述性内容较多,建议在学生完成金工实习后再开始本课程的学习。在实际教学中,应以课堂教学为主,采用多媒体课件、实物与模型、课堂讨论等多种教学手段及形式,以增强学生的感性认识,加深其对教学内容的理解;建议开设适量的相应实验课,并应注意理论联系实际,使学生在掌握理论知识的同时,提高分析问题和解决问题的工程实践能力;建议完成一定量的作业及复习思考题,以巩固所学的课程内容。

# 第 1 章 材料的力学性能

材料的力学性能是指材料在外力作用下所表现出的特性,通常表现为变形(材料受到载荷作用而产生的几何形状和尺寸的变化)与断裂。常用的有强度、塑性、硬度等静载荷条件下材料的力学性能、冲击韧度、疲劳强度非静载荷条件下材料的力学性能及断裂韧度等,它们是通过标准试验来测定的。

## 1.1 材料的静载力学性能

静载荷是指对材料缓慢地施加的载荷,它使得材料相对变形的速度较小(一般小于  $10^{-2}$  mm/s)。常见的静载荷施加方式有拉伸、压缩、弯曲、剪切等,相应的材料强度指标有抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。在生产中,静载荷下的材料力学性能是最常用的,而拉伸试验和硬度试验又是静载荷下材料力学性能测试方法中应用最广泛的方法。

### 1.1.1 拉伸试验

所谓拉伸试验是指用静拉伸力对标准拉伸试样进行缓慢的轴向拉伸,直至试样被拉断为止的一种试验方法。在拉伸试验中和拉伸试验后可测量力的变化与相应的伸长,从而测出材料的强度与塑性。即测定试样对外加试验力的抗力,求出材料的强度值;测定试样在破断后塑性变形的大小,求出材料的塑性值。

首先将被测材料按国家标准 GB/T228.1—2010《金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法》制成标准拉伸试样(见图 1-1)。标准试样的横截面一般为圆形,也可为矩形、多边形、环形等。 $L_0$  为试样的原始标距(mm), $S_0$  为试样的原始横截面积( $\text{mm}^2$ )。对于圆形截面试样,通常取  $L_0 = 5.65\sqrt{S_0} = 5\sqrt{4S_0/\pi}$ 。将试样夹持在拉

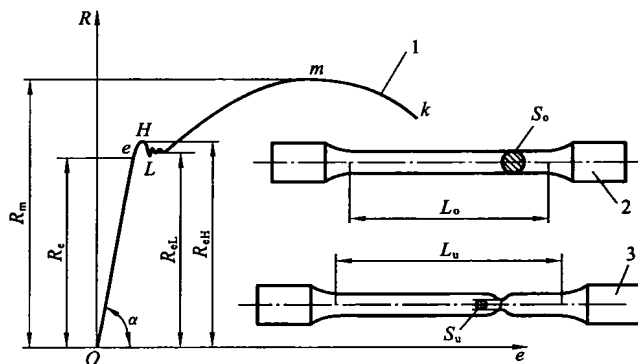


图 1-1 低碳钢的拉伸试样与拉伸曲线

1—拉伸曲线 2—拉伸试样 3—拉断后的试样