

教育部高职高专材料类专业教学指导委员会规划教材

# 机械工程 材料应用

王纪安 陈文娟 编著

JIXIE GONGCHENG  
CAILIAO YINGYONG



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

教育部高职高专材料类专业教学指导委员会规划教材

# 机械工程材料应用

王纪安 陈文娟 编著



机械工业出版社

本书是根据教育部高职高专材料类专业教学指导委员会的指导意见,按照工程材料与成形工艺分委员会教材建设的有关要求,结合高职高专教学改革的实践经验,适应 21 世纪培养高等技术应用性、技能型人才的要求编写的。本书以培养机械制造生产第一线所需的知识、技能为目标,以一种常用机械零件作为工作项目引入,实施典型工作任务,驱动整个工作学习的过程,形成强化应用的具有高职高专特点的新的教材体系。

本书可作为高等职业院校、成人院校、本科二级职业技术学院、应用性本科等机械类专业的通用教材,同时可应用于课堂教学、实训与实验等教学环节,也可作为有关工程技术人员和企业管理人员参考用书或培训教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械工程材料应用/王纪安,陈文娟编著. —北京:机械工业出版社, 2011.12

教育部高职高专材料类专业教学指导委员会规划教材  
ISBN 978 - 7 - 111 - 36579 - 2

I. ①机… II. ①王… ②陈… III. ①机械制造材料  
—高等教育—教材 IV. ①TH14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 242394 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:王海峰 责任编辑:王海峰 杨 茜

版式设计:常天培 责任校对:张晓蓉

封面设计:马精明 责任印制:乔 宇

三河市国英印务有限公司印刷

2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·10 印张·243 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 36579 - 2

定价:20.00 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

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销 售 一 部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销 售 二 部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

教育部高职高专材料类专业规划教材  
工程材料与成形工艺专业  
**编审委员会**  
(排名不分先后)

**主 任**

承德石油高等专科学校 王纪安  
内蒙古科技大学 任慧平

**副主任**

中国热处理协会 佟晓辉  
包头职业技术学院 曹朝霞  
山西机电职业技术学院 凌爱林  
无锡职业技术学院 姜敏凤  
武汉船舶职业技术学院 谭银元  
内蒙古科技大学 赵丽萍  
深圳职业技术学院 王红英

**委 员**

承德石油高等专科学校 张连生  
四川工程职业技术学院 王泽忠  
北京电子科技职业学院 李荣雪  
武汉船舶职业技术学院 陈长江  
南宁职业技术学院 诸小丽  
山东工业职业学院 白星良

沈阳职业技术学院 李学哲  
天津中德职业技术学院 赵 峰  
新疆农业职业技术学院 李 慧  
石家庄铁路职业技术学院 尹英杰  
承德石油高等专科学校 苏海青  
衡阳财经工业职业技术学院 邱葭菲  
承德石油高等专科学校 许利民  
兰州石化职业技术学院 王建勋  
山西机电职业技术学院 韩静国  
包头职业技术学院 王书田  
黑龙江工程学院 郝晨生  
陕西工业职业技术学院 韩小峰  
山西机电职业技术学院 阎庆斌  
四川工程职业技术学院 彭显平  
长沙航空职业技术学院 杨坤玉  
兰州石化职业技术学院 蔡建刚  
四川工程职业技术学院 杨 跃  
洛阳理工学院 张 伟  
陕西工业职业技术学院 杨兵兵

# 总 序

当前,高等职业教育改革方兴未艾,各院校积极贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号文)和教育部、财政部《关于实施国家示范性高等职业院校建设计划,加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号文)文件精神,探索“工学结合”的改革之路,取得了很多很好的教学成果。

教育部高等学校高职高专材料类教学指导委员会工程材料与成形工艺分委员会,主要负责工程材料及成形工艺类专业与课程改革建设的指导工作。分教指委组织编写了《高职高专工程材料与成形工艺类专业教学规范(试行)》,并已正式出版,向全国推广发行,它是对高职院校教学改革的阶段性探索和成果的总结,对开办相关专业的院校有较好的指导意义和参考价值。为了适应工程材料与成形工艺类专业教学改革的新形势,分教指委还积极开展了工程材料与成形工艺类专业高职高专规划教材的建设工作,并成立了高职高专工程材料与成形工艺类专业教学指导委员会规划教材编审委员会,编审委员会由教指委委员、分指委专家、企业专家及教学名师组成。教指委及规划教材编审委员会于2008年11月在长沙中南大学召开了教材建设研讨会,会上讨论了焊接技术及自动化专业、金属材料热处理专业、材料成形与控制技术专业(铸造方向、锻压方向、铸热复合)以及工程材料与成形工艺专业等一系列教材的编写大纲,统一了整套书的编写思路、定位、特色、编写模式、体例等。

历经几年的努力,这套教材终于与读者见面了,它凝结了全体编写者与组织者的心血,体现了广大编写者对教育部“质量工程”精神的深刻体会和对当代高等职业教育改革精神及规律的准确把握。

本套教材体系完整、内容丰富。归纳起来,有如下特色:①根据教育部高等学校高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业制定的教学规划和课程标准组织编写;②统一规划,结构严谨,体现科学性、创新性、应用性;③贯彻以工作过程和行动为导向,工学结合的教育理念;④以专业技能培养为主线,构建专业知识与职业资格认证、与社会能力、方法能力培养相结合的课程体系;⑤注重创新,反映工程材料与成形工艺领域的新知识、新技术、新工艺、新方法和新标准;⑥教材体系立体化,提供电子课件、电子教案、教学与学习指导、教学大纲、考试大纲、题库、案例素材等教学资源平台。

教材的生命力在于质量与特色。希望本系列教材编审委员会及出版社能做到与时俱进,根据高职高专教育改革和发展的形势及产业调整、专业技术发展的趋势,不断对教材进行修订、改进、完善,精益求精,使之更好地适应高职人才培养的需要,也希望他们能够一如既往地依靠业内专家,与科研、教学、产业第一线人员紧密结合,加强合作,不断开拓,出版更多的精品教材,为高职教育提供优质的教学资源和服务。

衷心希望这套教材能在我国材料类高职高专教育中充分发挥它的作用，也期待着在这套教材的哺育下，一大批高素质、应用型、高技能人才脱颖而出，为经济社会发展和企业发展建功立业。

王纪安<sup>⊙</sup>

2010年1月18日

---

⊙ 总序作者系教育部高等学校高职高专材料类教学指导委员会委员，工程材料与成形工艺分委员会主任，承德石油高等专科学校教授。

# 前 言

作为迄今为止世界上最大的钢结构工程，奥运主会场“鸟巢”外部钢结构的钢材用量为 4.2 万 t，全部由国产钢——Q460 高强钢板制造。人们在日常生活和工作中会接触到钢铁、铝合金和铜合金等金属材料，也会接触到诸如塑料、橡胶等很多非金属材料。此外还有很多神奇的新型材料，如助推“神舟”六号升空的运载火箭中的发动机整体涡轮转子，用的就是高温合金材料。人们使用的各种工具——从简单的手工工具，到复杂的加工中心，都是由各种材料制造的。而利用工具从事的加工对象——零件如轴和齿轮，成品如汽车和飞机，也都是由各种材料制造的。工程材料是制造之母。

本书将会对材料具有的不同性能和如何去选择和用好材料等问题给出答案。

本书的每一个项目之初都设了“问一问，想一想”栏目，希望引起读者的兴趣和思考。“学习目标”栏目提出了本章学习的基本内容、重点和应掌握的基本技能。

本书打破了目前工程材料教材的编写范式，首次尝试以一种常用机械零件作为工作项目引入，实施典型工作任务驱动整个工作学习的过程。通过分析这个零件的工作条件、失效形式、性能要求等，来判断应选用什么材料、什么热处理工艺，进而形成对机械工程材料的全面了解和获得材料应用的职业技能。本书紧密结合高等职业教育高素质高端技能型人才培养目标，可作为各类高等职业技术教育机械类专业的通用教材，同时可应用于课堂教学、实训与实验（金工实习与金工实验）等教学环节，也可供有关工程技术人员和企业管理人员选用或参考。

本书编写具有如下特点：

1) 以培养生产第一线需要的高等职业教育应用性、高技能人才为目标，强调与工作过程相结合，适应教学做一体化要求。

2) 用一种典型机械零件作为工作项目引入，通过分析这个零件的工作条件、失效形式、性能要求引出材料应用内容，符合实践认知规律，用工作任务驱动整个工作学习过程。

3) 典型机械零件用材从普通碳钢到合金钢，由简单到复杂，相关知识等按照应用的逻辑深化展开。

4) 建立工程材料和材料成形工艺与现代机械制造过程的完整概念。

5) 重视新材料、新工艺、新技术的引入。

6) 重视综合性、应用性与实践性，强调培养学生的技术应用能力和职业技能。

7) 重视培养学生的基本素质，引入技术经济分析和质量管理的概念，贯彻低碳经济和可持续发展的观点。

本书由王纪安、陈文娟编著，来自企业一线的一些高级工程师参加了讨论和审阅。

本书编写得到了教育部高职高专材料类教学指导委员会和有关企业专家、老师等的大力支持，并参考了大量有关文献资料，在此一并表示衷心的感谢。由于高等职业教育

课程体系与教学内容的改革正在积极研究和探索之中，书中存在问题在所难免，恳请广大读者给予关心和批评指正。

编 者

# 目 录

## 总序

## 前言

|                          |   |
|--------------------------|---|
| 项目一 工程材料与机械制造过程 .....    | 1 |
| 1.1 材料的简要发展过程 .....      | 3 |
| 1.2 机械工程材料的分类及发展趋势 ..... | 4 |
| 1.3 机械制造过程与材料 .....      | 6 |
| 1.4 课程学习指导 .....         | 8 |
| 习题与思考题 .....             | 8 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 项目二 螺栓、螺母的选材——碳素结构钢的应用 ..... | 9  |
| 2.1 螺纹联接件服役条件分析 .....        | 9  |
| 2.2 材料的力学性能——强度与塑性 .....     | 10 |
| 2.3 材料的晶体结构 .....            | 12 |
| 2.4 金属材料的分类 .....            | 17 |
| 2.5 碳素结构钢及螺纹联接件的选材 .....     | 20 |
| 习题与思考题 .....                 | 21 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 项目三 手锯锯条的选材——碳素工具钢的应用 ..... | 22 |
| 3.1 手锯锯条的服役条件分析 .....       | 22 |
| 3.2 材料的力学性能——硬度与韧性 .....    | 23 |
| 3.3 金属的结晶特点与铁碳相图 .....      | 26 |
| 3.4 金属材料的热处理 .....          | 35 |
| 3.5 碳素工具钢及手锯锯条的选材 .....     | 42 |
| 习题与思考题 .....                | 44 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 项目四 车床主轴的选材——优质碳素结构钢的应用 ..... | 46 |
| 4.1 车床主轴的服役条件分析 .....         | 46 |
| 4.2 材料的力学性能——疲劳极限 .....       | 47 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 4.3 钢的表面热处理和热处理新技术 .....  | 48 |
| 4.4 热处理工艺的应用 .....        | 50 |
| 4.5 工程材料的表面处理 .....       | 53 |
| 4.6 优质碳素结构钢及车床主轴的选材 ..... | 57 |
| 习题与思考题 .....              | 59 |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 项目五 汽车车架的选材——低合金钢的应用 ..... | 60 |
| 5.1 汽车车架的服役条件分析 .....      | 60 |
| 5.2 合金元素在钢中的作用 .....       | 61 |
| 5.3 合金钢及其钢号的表示方法 .....     | 63 |
| 5.4 汽车车架的选材与低合金钢 .....     | 64 |
| 习题与思考题 .....               | 65 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 项目六 汽车齿轮的选材——合金结构钢的应用 ..... | 66 |
| 6.1 汽车齿轮服役条件分析 .....        | 66 |
| 6.2 机械结构用合金钢 .....          | 67 |
| 6.3 汽车齿轮的选材和热处理 .....       | 71 |
| 习题与思考题 .....                | 73 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 项目七 车刀的选材——合金工具钢的应用 ..... | 74 |
| 7.1 车刀的服役条件分析 .....       | 74 |
| 7.2 合金工具钢和高速工具钢 .....     | 75 |
| 7.3 车刀的选材和热处理 .....       | 78 |
| 习题与思考题 .....              | 81 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 项目八 叶片的选材——特殊性能钢的应用 ..... | 82 |
| 8.1 叶片的服役条件分析 .....       | 82 |
| 8.2 材料的化学性能 .....         | 83 |
| 8.3 特殊性能钢 .....           | 84 |
| 8.4 叶片的选材和热处理 .....       | 86 |
| 习题与思考题 .....              | 88 |

**项目九 箱体的选材——铸铁的****应用 ..... 89**

9.1 箱体的服役条件分析 ..... 89

9.2 铸铁 ..... 89

9.3 铸钢 ..... 96

9.4 箱体的选材 ..... 97

习题与思考题 ..... 97

**项目十 铝合金车轮的选材——非铁****金属材料的应用 ..... 98**

10.1 铝合金车轮的服役条件分析 ..... 98

10.2 材料的物理性能 ..... 98

10.3 铝及铝合金 ..... 100

10.4 铝合金的热处理 ..... 103

10.5 铜及铜合金 ..... 108

10.6 滑动轴承合金 ..... 111

10.7 其他新型材料 ..... 111

10.8 铝合金车轮的选材 ..... 115

习题与思考题 ..... 115

**项目十一 汽车保险杠的选材****——非金属材料的应用 ..... 116**

11.1 汽车保险杠的服役条件分析 ..... 116

11.2 高分子材料 ..... 116

11.3 陶瓷材料 ..... 126

11.4 复合材料 ..... 127

11.5 汽车保险杠的选材 ..... 130

习题与思考题 ..... 131

**项目十二 机械工程材料选材与质量****控制 ..... 132**

12.1 机械零件的失效形式 ..... 132

12.2 机械工程材料选择原则 ..... 134

12.3 机械工程材料选择方法 ..... 138

12.4 机械工程材料的质量检验 ..... 142

习题与思考题 ..... 145

**附录 综合性实验指导 ..... 147**

实验1. 铁碳合金成分、平衡组织与性能间的关系 ..... 147

实验2. 金属材料的热处理 ..... 147

实验3. 钢铁材料的质量检验 ..... 148

**参考文献 ..... 149**

# 项目一 工程材料与机械制造过程

[问一问，想一想]：

找一个就在您身边或您在生活中熟悉的某种制品或零件（如校徽），根据常识您认为它是由什么材料制造的，为什么要选用这种材料？

[学习目标]：

学习的目的在于应用，本项目目的是使读者从整体上对工程材料及其与机械制造过程的关系有个简单而全面的了解。

- 1) 了解机械工程材料的概念与分类。
- 2) 了解工程材料的发展过程。
- 3) 了解现代机械制造的基本过程。
- 4) 了解工程材料在机械制造过程中的地位和作用。

工程材料是构成机械设备的基础，也是各种机械加工的对象，包括金属材料、非金属材料 and 复合材料等。机械制造生产过程就是将各种工程材料经过成形、改性、连接等工艺转变为机器的过程。

我们不妨提供如下一个工程材料应用的具体工作项目。图 1-1 是一台单级齿轮减速器，外形尺寸为 430mm × 410mm × 320mm，传递功率 5kW，传动比为 3.95。减速器在许多机械设备中都有，主要用于减速传动和增大转矩。减速器的构成包括外壳和轴、齿轮等各类零件。它们在工作过程中的用途不同，受力状况和使用要求也不同，那么，它们分别有什么不同的性能要求？选择什么材料？采用什么热处理方法？采用什么样的制造工艺？工艺如何制定和审核？这就是我们面临的具体工作内容和工作任务。了解了有关工程材料和成形工艺的知识，具备了相关的实际工作技能后，这些问题就可以解决了。表 1-1 列出了一个初步的解决方案。

表 1-1 单级齿轮减速器部分零件的材料和毛坯选择

| 零件序号 | 零件名称 | 受力状况和使用要求                                         | 毛坯类别和制造方法                    |                   | 材料及热处理                                      |
|------|------|---------------------------------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|
|      |      |                                                   | 单件，小批                        | 大批                |                                             |
| 1    | 窥视孔盖 | 观察箱内情况及加油                                         | 钢板下料或铸<br>铁件                 | 冲 压 件 或 铸<br>铁件   | 钢 板：Q235A，铸 铁<br>件：HT150，冲压件：08             |
| 2    | 箱 盖  | 传动零件的支承件和包容件，<br>结构复杂，箱体承受压力，要求<br>有良好的刚性、减震性和密封性 | 铸铁件（手工<br>造型）或焊接件<br>（焊条电弧焊） | 铸 铁 件 （ 机<br>器造型） | 铸 铁 件：HT150 或<br>HT200 退火消除应力，<br>焊接件：Q235A |
| 6    | 箱 体  |                                                   |                              |                   |                                             |
| 3    | 螺栓   | 固定箱体和箱盖，受纵向<br>（轴向）拉伸应力和横向剪切力                     | 锻、挤件（标准件）                    |                   | Q235A                                       |
| 4    | 螺母   |                                                   |                              |                   |                                             |
| 5    | 弹簧垫圈 | 防止螺栓松动                                            | 冲压件（标准件）                     |                   | 60Mn，淬火 + 中温<br>回火                          |

(续)

| 零件序号 | 零件名称 | 受力状况和使用要求                                                               | 毛坯类别和制造方法                       |            | 材料及热处理                              |
|------|------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------|-------------------------------------|
|      |      |                                                                         | 单件, 小批                          | 大批         |                                     |
| 7    | 调整环  | 调整轴和齿轮轴的轴向位置                                                            | 圆钢车制                            | 冲压件        | 圆钢: Q235A<br>冲压件: 08                |
| 8    | 端盖   | 防止轴承窜动                                                                  | 铸铁件 (手工造型) 或圆钢车制                | 铸铁件 (机器造型) | 铸铁件: HT150<br>圆钢: Q235A             |
| 9    | 齿轮轴  | 重要的传动零件, 轴杆部分受弯矩和扭矩的联合作用, 应有较好的综合力学性能; 齿轮部分的接触应力和弯曲应力较大, 应有较好的耐磨性和较高的硬度 | 锻件 (自由锻或模锻) 或圆钢车制               | 模锻件        | 45 钢, 调质处理                          |
| 12   | 轴    | 重要的传动零件, 受弯矩和扭矩的联合作用, 应有较好的综合力学性能                                       |                                 |            |                                     |
| 13   | 齿轮   | 重要的传动零件, 轮齿部分有较大的弯曲应力和接触应力                                              |                                 |            |                                     |
| 10   | 挡油盘  | 防止箱内机油进入轴承                                                              | 圆钢车制                            | 冲压件        | 圆钢: Q235A<br>冲压件: 08                |
| 11   | 滚动轴承 | 受径向和轴向的压应力, 要求有较高的强度和耐磨性                                                | 标准件, 内外环用扩孔锻造, 滚珠用螺旋斜轧, 保持器为冲压件 |            | 内外环及滚珠: GCr15, 淬火 + 低温回火<br>保持器: 08 |

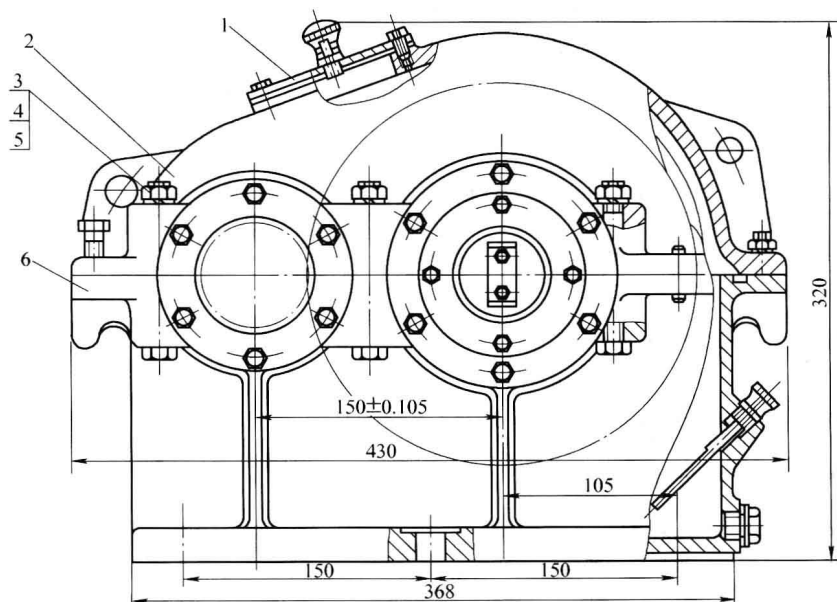


图 1-1 单级齿轮减速器

1—窥视孔盖 2—箱盖 3—螺栓 4—螺母 5—弹簧垫圈 6—箱体

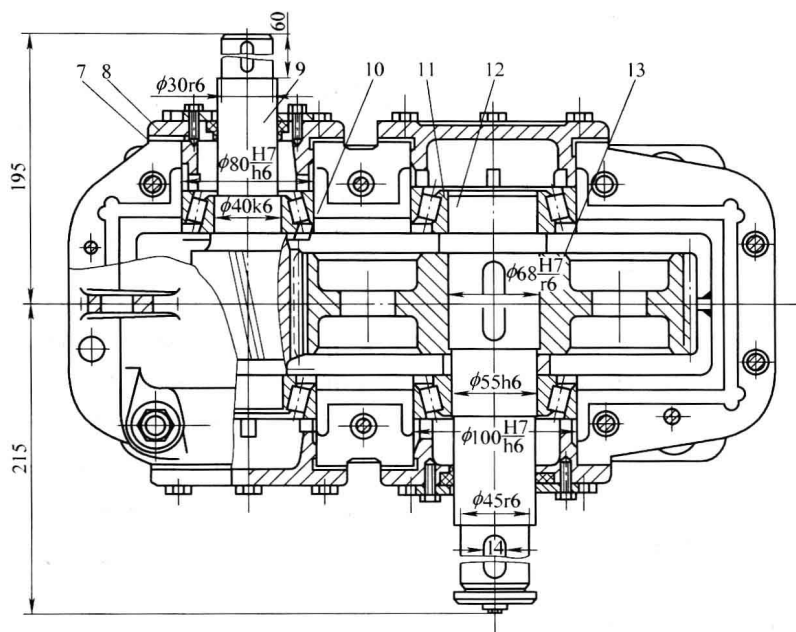


图 1-1 单级齿轮减速器 (续)

7—调整环 8—端盖 9—齿轮轴 10—挡油盘 11—滚动轴承 12—轴 13—齿轮

我们日常生活中的几乎任何机械都离不开各种材料，下面介绍材料在人类生活和工业发展中是如何发展的。

## 1.1 材料的简要发展过程

材料是人类文明生活的物质基础。综观人类利用材料的历史，可以清楚地看到每一类重要新材料的发现和运用，都会引起生产技术的革命，并大大加速社会文明发展的进程。人类社会发过程中的石器时代、青铜器时代和铁器时代就是按生产活动中起主要作用的材料划分的。材料与你和你的工作密不可分。

在远古时代，人类的祖先是石器为主要工具的。他们在不断改进石器和寻找石料的过程中发现了天然铜块和铜矿石，并在用火烧制陶器的生产中发现了冶铜术，后来又发现把锡矿石加到红铜里一起熔炼，制成的物品更加坚韧耐磨，这就是青铜。公元前 3000 年人类进入青铜器时代。公元前 1200 年左右，人类进入铁器时代。开始使用的是铸铁，后来炼钢工业迅速发展，成为 18 世纪产业革命的重要内容和物质基础，所以有人将 18 ~ 19 世纪称为“钢铁时代”。进入 20 世纪后半叶，新材料研制日新月异，出现了所谓“高分子时代”、“半导体时代”、“先进陶瓷时代”和“复合材料时代”等提法，材料发展进入到了丰富多彩的新时期。

中华民族在材料生产及其成形加工工艺技术方面取得了辉煌的成就。我国原始社会后期开始有陶器，早在仰韶文化和龙山文化时期，制陶技术已经很成熟。我国的青铜冶炼开始于夏代，到了距现在三千多年前的殷商、西周时期，技术已达当时世界高峰，用青铜制造的工

具、食具、兵器和车马饰得到普遍应用。河南安阳发掘出来的商代“司母戊”青铜大方鼎，重达 875kg，在大鼎的四周，有蟠龙等组成的精致花纹，充分反映出我国古代青铜冶炼和铸造成形的高超技艺。湖北江陵楚墓中发现的埋藏两千多年仍金光闪闪的越王勾践宝剑，陕西临潼秦皇陵陪葬坑发现的工艺复杂、制作精美的铜车马等，都显示了当时制作工艺的精细。春秋战国时期的《周礼考工记》关于钟鼎和刀剑不同的铜锡配比记载，反映出当时已经掌握青铜成分与性能的关系。春秋战国时期，我国开始大量使用铁器，白口铸铁、可锻铸铁相继出现。随后出现了炼钢、锻造、钎焊和退火、淬火、正火、渗碳等热处理技术。用现代技术对古代宝剑进行检验，揭开了宝剑在阴暗潮湿的地下埋藏两千多年仍保持通体光亮锋利异常的奥妙：越王剑经过了硫化处理，秦皇陶俑剑采用了钝化处理技术。这些表面处理技术在现代仍是重要的防护方法。明朝宋应星所著《天工开物》，是举世公认的有关金属加工的最早的科学技术著作之一，书中记载了冶铁、铸造、锻造、淬火等各种金属加工的方法，其中记述关于锉刀的制造、翻修和热处理工艺与今日相差无几。上述事实，生动地说明了中华民族在材料及其加工方面对世界文明和人类进步做出的卓越贡献。21 世纪初叶，我国的现代工程材料与成形技术又有了可喜的发展，我国已成为世界上最大的钢铁生产和消费国家。

18 世纪 20 年代初先后在欧美发生的产业革命极大地促进了钢铁工业、煤化学工业和石油化学工业的快速发展。各类新材料不断涌现，材料对科学技术的发展发挥着关键性作用。以航空工业为例，1903 年世界上第一架飞机所用的主要结构材料是木材和帆布，飞行速度每小时仅 16km。1911 年硬铝合金研制成功，金属结构取代木布结构，使飞机性能和速度获得一个飞跃；喷气式飞机超过声速，高温合金材料制造涡轮发动机起到重要作用；当飞机速度为声速的 2~3 倍时，飞机表面温度会上升到 300℃，飞机材料只能采用不锈钢或钛合金。由于航天飞机机体表面温度会高达 1000℃ 以上，所以只能采用高温合金材料及防氧化涂层。目前，玻璃纤维增强塑料、碳纤维高温陶瓷复合材料、陶瓷纤维增强塑料等复合材料在飞机、航天飞行器上已获得广泛应用。

## 1.2 机械工程材料的分类及发展趋势

在生活生产和科技各个领域，用于制造结构、机器、工具和功能器件的各类材料统称为工程材料。工程材料按其组成特点可分为金属材料、有机高分子材料、无机非金属材料及复合材料四大类。若按材料的使用性能，则可分为结构材料与功能材料两大类。结构材料是作为承力结构使用的材料，其使用性能主要是力学性能；功能材料的使用性能主要是光、电、磁、热、声等特殊性能。按应用领域材料又可分为机械工程材料、信息材料、能源材料、建筑材料、生物材料、航空航天材料等多种类别。

当今国际社会公认材料、能源和信息技术是现代文明的三大支柱。从现代科学技术发展史中可以看到，每一次重大的新技术发现，往往都有赖新材料的发展。所谓新材料，主要是指最近发展或正在发展中的具有比传统材料更为优异性能的一类材料。目前世界上传统材料已有几十万种，而新材料的品种正以每年大约 5% 的速度在增长。金属材料、陶瓷材料、高分子材料及复合材料的新发展给社会生产和人们生活带来巨大的变化。

金属材料的分类如图 1-2 所列。由于金属材料工业已形成了庞大的生产能力，并且质

量稳定,性能价格比具有一定的优势,因此金属材料仍占据材料工业的主导地位。目前,金属材料不断推陈出新,许多新兴金属材料应运而生。例如,传统的钢铁材料正在不断提高质量、降低成本、扩大品种规格,在冶炼、浇注、加工和热处理等工艺上不断革新。在非铁金属及合金方面出现了高纯、高韧铝合金,先进的镍基高温合金等。此外,还涌现了其他许多新型高性能金属材料,如快速冷凝金属非晶和微晶材料、纳米金属材料、超导材料和单晶合金等。新型金属功能材料,如形状记忆合金、超细金属隐身材料及活性生物医用材料等也正在向着高功能化和多功能化发展。

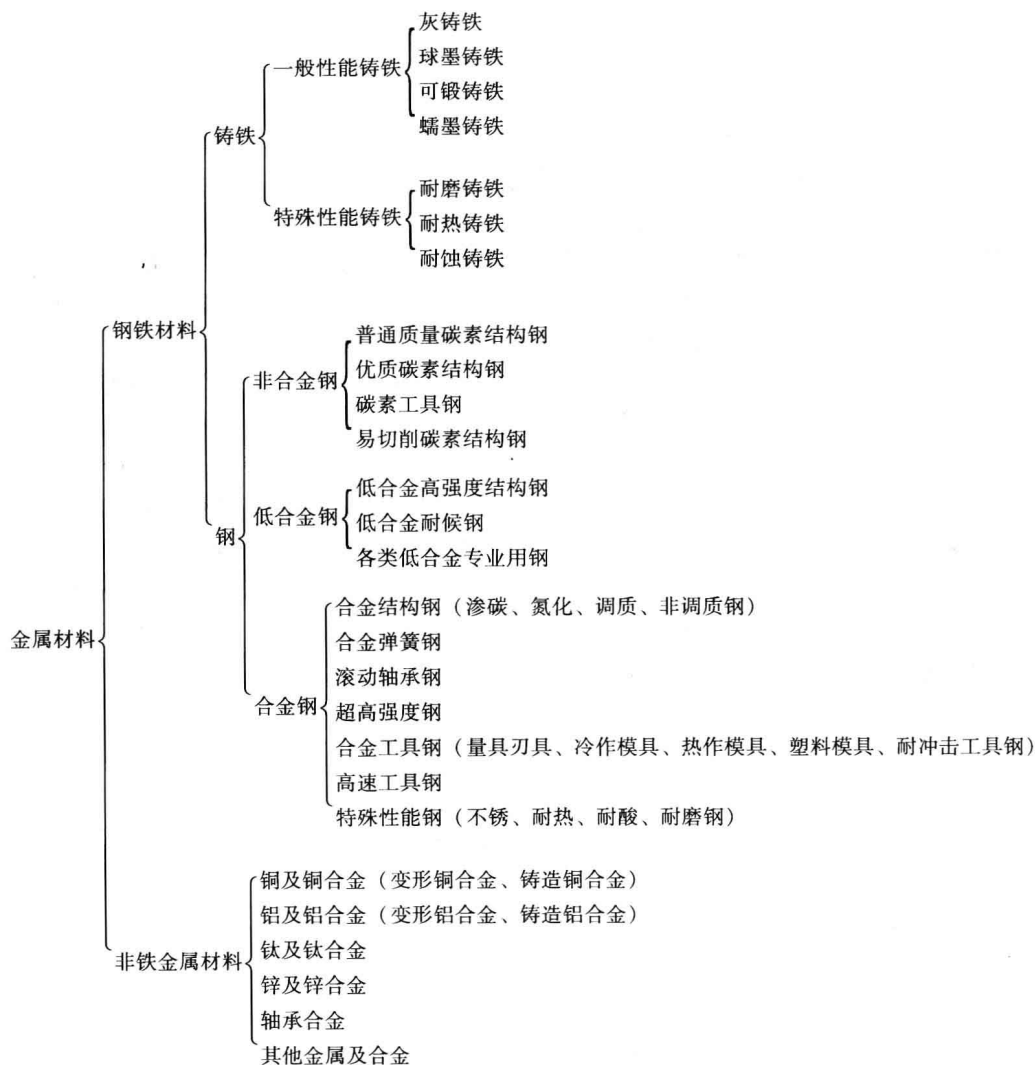


图 1-2 金属材料分类

无机非金属材料分类如图 1-3 所示。由于制备技术的进步,开发出了一批先进陶瓷材料,包括氮化硅、氧化铝等新的结构陶瓷材料,其强度和断裂韧性大大优于普通的硅酸盐陶瓷材料,用作高温结构件、耐磨耐腐蚀部件、切削刀具等,替代金属材料有明显优点。功能陶瓷是一类利用材料的电、磁、声、光、热、弹性等效应以实现某种功能的陶瓷,是现代信息、自动化等工业的基础材料。从传统的硅酸盐陶瓷到先进陶瓷是陶瓷材料发展史上的重大飞跃。

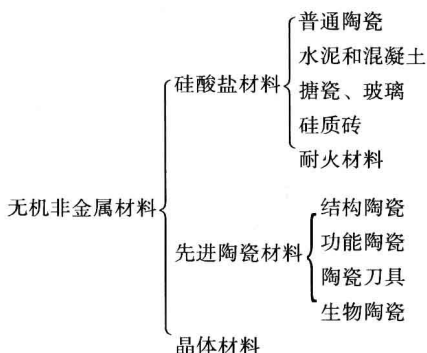


图 1-3 无机非金属材料的分类

有机高分子材料包括塑料、橡胶、合成纤维、粘结剂、液晶、木材、油脂和涂料等。人们将那些力学性能好，可以代替金属材料使用的塑料称作工程塑料。由于石油化学工业大规模合成技术的迅速发展，高分子合成材料包括合成纤维、合成橡胶和塑料已成为国家建设和人民生活中必不可少的重要材料。近 10 年来，随着高压聚合工艺的进步，高分子材料的合成，高性能的合成纤维和工程塑料进入实用阶段。另一方面，人们还可以通过各种手段，使高分子化合物作为物理功能高分子材料、化学功能高分子材料或生物功能高分子材料，例如：导电高分子、光功能高分子、液晶高分子、信息高分子材料、人工骨材料等。

金属、陶瓷和有机高分子材料各有其固有的优点和缺点，而复合材料是由几类不同材料通过复合工艺组合而成的新型材料，它既能保留原组成材料的主要特色，又能通过复合效应获得原组分所不具备的性能，还可以通过材料设计使各组分的性能互相补充并彼此关联，从而获得新的优越性能。结构复合材料由能承受载荷的增强体与能连接增强体为整体材料的基体构成，由不同的增强体和不同的基体即可构成名目繁多的结构复合材料，如高聚物（树脂）基复合材料（如玻璃钢）、金属基复合材料和陶瓷基复合材料等。结构材料复合化成为结构材料发展的一个重要趋势。复合材料的分类如图 1-4 所示。

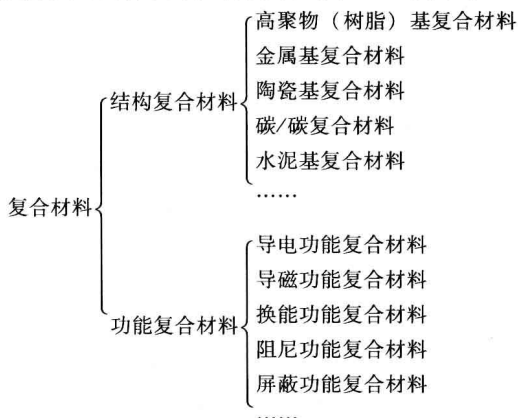


图 1-4 复合材料的分类

### 1.3 机械制造过程与材料

机械制造工艺是指将各种原材料、半成品加工成为产品的方法和过程。机械生产过程按

其功能不同主要分为两类：一类是直接改变工件的形状、尺寸、性能，以及决定零件相互位置关系的加工过程，如毛坯制造、机械加工、热处理、表面保护、装配等，以材料成形工艺为主，它们直接创造附加价值；另一类是搬运、储存、检验、包装等辅助生产过程，它们间接创造附加价值。机械制造工艺流程如图 1-5 所示。

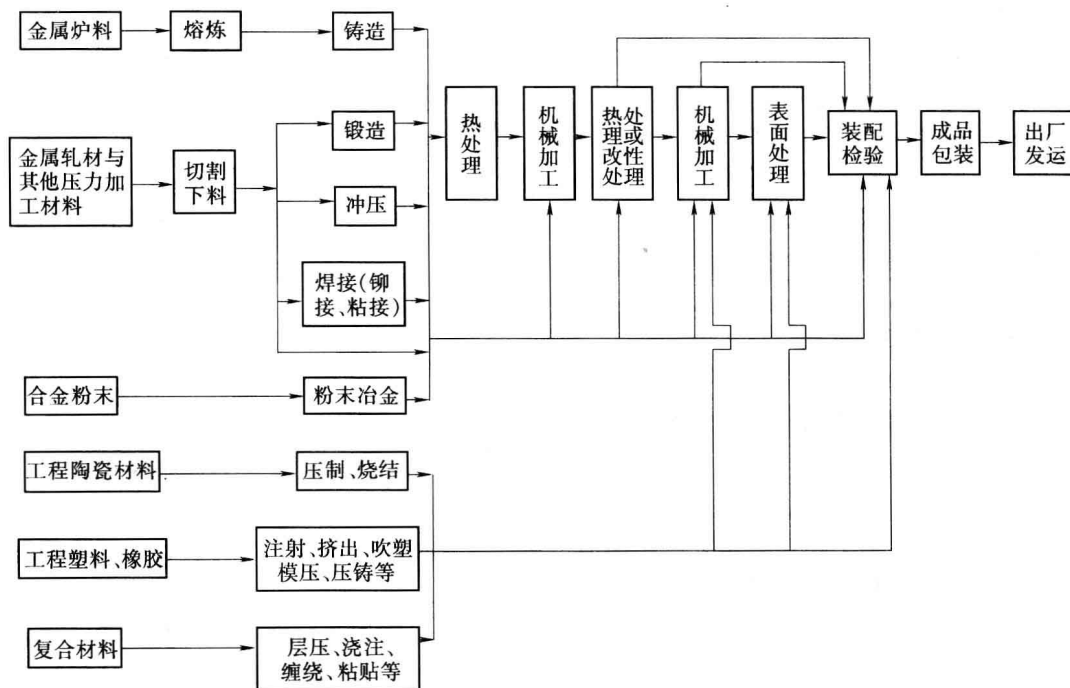


图 1-5 机械制造工艺流程图

机械工业生产的原材料主要是以钢铁为主的金属材料，包括由冶金工厂直接供应的棒、板、管、线材、型材，供进行切割、焊接、冲压、锻造或下料后直接进行机械加工；也包括生铁、废钢、铝锭、电解铜板等材料，进行二次熔化和加工（铸造、铸锭—锻造）。随着机械工程材料结构的不断调整，各种特种合金、金属粉末、工程塑料、复合材料和工程陶瓷材料的应用比例也不断扩大。

金属毛坯和零件的成形一般有铸造、锻造、冲压、焊接和轧材下料等五种常用方法（轧材下料又常用作锻压和焊接的准备工序）；其他材料（合金粉末、工程陶瓷、工程塑料等）另有各自的特殊成形方法。

零件的机械加工是指采用切削、磨削和特种加工等方法，逐步改变毛坯的形状、尺寸及表面质量，使其成为合格零件的过程。根据加工余量的大小及所能达到的精度，一般分粗加工和精加工两种。

金属材料的热处理可分为预备热处理和最终热处理。前者一般在毛坯成形后粗加工前进行；后者一般在粗加工后精加工前进行。部分热处理工艺（表面热处理和化学热处理）往往也作为表面保护的具体措施。

材料电镀、转化膜、气相沉积、热喷涂、涂装等表面处理工艺，一般在零件精加工后、装配前进行，用以改变零件表面的力学性能及物理化学性能，使其具有符合要求的强韧性、