

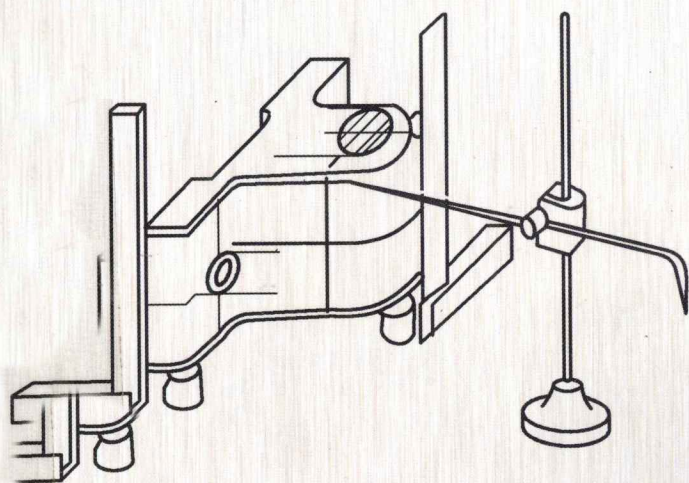
普通高等院校机械工程学科“十二五”规划教材

# 工程训练

## —— 制造技术基础

GONGCHENG XUNLIAN  
ZHIZAO JISHU JICHU

■ 主编 郝兴明 姚宪华



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

普通高等院校机械工程学科“十二五”规划教材

# 工 程 训 练

## ——制造技术基础

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 主 编 | 郝兴明 | 姚宪华 |     |
| 副主编 | 乔忠良 | 张建国 |     |
| 参 编 | 李卫国 | 杨国佐 | 吉党生 |
|     | 李云堂 | 韩世平 | 米萍珍 |

国防工业出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

本书内容包括工程材料及钢的热处理、铸造、锻压、焊接、常用量具、钳工、车削加工、铣削加工、刨削加工、磨削加工、数控加工、特种加工共十二章。每章都附有习题,便于读者进行复习和总结,巩固已学知识。

本书可作为理工科高等院校各学科、各专业学生在制造工程领域的综合实习与实践训练教材,也可作为有关工程技术人员和工业、企业管理干部的学习参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

工程训练:制造技术基础 / 郝兴明,姚宪华主编. —北京:  
国防工业出版社, 2011. 8

普通高等院校机械工程学科“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 118 - 07637 - 0

I. ①工... II. ①郝...②姚... 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(2011)第 168548 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

鑫马印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787 × 1092 1/16 印张 19¼ 字数 437 千字

2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—6000 册 定价 39.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

# 普通高等院校机械工程学科“十二五”规划教材 编委会名单

|       |     |          |
|-------|-----|----------|
| 名誉主任  | 艾 兴 | 山东大学     |
|       | 王先逵 | 清华大学     |
| 主 任   | 吕 明 | 太原理工大学   |
| 副 主 任 | 庞思勤 | 北京理工大学   |
|       | 朱喜林 | 吉林大学     |
| 秘 书 长 | 杨胜强 | 太原理工大学   |
| 委 员   | 吴宗泽 | 清华大学     |
|       | 潘宏侠 | 中北大学     |
|       | 轧 刚 | 太原理工大学   |
|       | 任家骏 | 太原理工大学   |
|       | 陈 明 | 北华航天工业学院 |
|       | 谭晓兰 | 北方工业大学   |
|       | 李德才 | 北京交通大学   |
|       | 杨 康 | 佳木斯大学    |
|       | 石望远 | 北华航天工业学院 |
|       | 王好臣 | 山东理工大学   |
|       | 王卫平 | 东莞理工学院   |
|       | 张平宽 | 太原科技大学   |
|       | 赵 波 | 河南理工大学   |

## 序

国防工业出版社组织编写的“普通高等院校机械工程学科‘十二五’规划教材”即将出版,欣然为之作“序”。

随着国民经济和社会的发展,我国高等教育已形成大众化教育的大好形势,为适应建设创新型国家的重大需求,迫切要求培养高素质专门人才和创新人才,学校必须在教育观念、教学思想等方面做出迅速的反应,进行深入教学改革,而教学改革的主要内容之一是课程的改革与建设,其中包括教材的改革与建设,课程的改革与建设应体现、固化在教材之中。

教材是教学不可缺少的重要组成部分,教材的水平将直接影响教学质量,特别是对学生创新能力的培养。作为机械工程学科的教材,不能只是传授基本理论知识,更应该是既强调理论,又重在实践,突出的要理论与实践结合,培养学生解决实际问题的能力和创新能力。在新的深入教学改革、新课程体系的建立及课程内容的发展过程中,建设这样一套新型教材的任务已经迫切地摆在我们面前。

国防工业出版社组织有关院校主持编写的这套“普通高等院校机械工程学科‘十二五’规划教材”,可谓正得其时。此套教材的特点是以编写“有利于提高学生创新能力和知识水平”为宗旨,选题论证严谨、科学,以体现先进性、创新性、实用性,注重学生能力培养为原则,以编出特色教材、精品教材为指导思想,注意教材的立体化建设,在教材的体系上下功夫。编写过程中,每部教材都经过主编和参编辛勤认真的编写和主审专家的严格把关,使本套教材既继承老教材的特点,又适应新形势下教改的要求,保证了教材的系统性和精品化,体现了创新教育、能力教育、素质教育教学理念,有效激发学生自主学习能力,提高学生的综合素质和创新能力,为培养出符合社会需要的优秀人才服务。丛书的出版对高校的教材建设、特别是精品课程及其教材的建设起到了推动作用。

衷心祝贺国防工业出版社和所有参编人员为我国高等教育提供了这样一套有水平、有特色、高质量的机械工程学科规划教材,并希望编写者和出版者在与使用者的沟通过程中,认真听取他们的宝贵意见,不断提高该套规划教材的水平!

中国工程院院士

2010年6月

V

# 前 言

本书是普通高等理工院校各学科、各专业学生进行工程实践训练(金工实习)的“十二五”规划教材。它是依据教育部高教司机械制造基础课程教学指导分委员会(工程材料及机械制造基础课程教学指导组)2009年7月提出的普通高等学校《工程材料及机械制造基础系列课程教学基础要求》和《工程训练中心建设基本要求》,参考1997年颁布的《重点高等工科院校金工系列课程改革指南》,并结合近年来有关高校金工实习改革的经验和实践编写的。

本书是在原《机械制造基础》实习教材基础上改编的。在编写过程中,努力做到以学生为本,力求强调实际、实践、实用,体现“浅、宽、精、新、用”,注重学生创新思维与能力的培养。

本书建立在创新和实践的基础之上,叙述简练,深入浅出,直观形象,图文并茂,通俗易懂,对于初学者比较容易掌握。

本书由太原理工大学工程训练中心组织编写,郝兴明、姚宪华任主编。郝兴明编写第1章、第2章,姚宪华编写第3章,乔忠良编写第4章,晋中学院张建国编写第5章和第12章,吉党生编写第6章,韩世平编写第7章,杨国佐编写第8章,李卫国编写第9章,米萍珍编写第10章,李云堂编写第11章。

本套教材的编审和出版得到了清华大学李家枢教授,太原理工大学史保萱教授的大力支持和配合,在此一并表示衷心感谢。

本书在编写过程中,参考了大量的有关教材和资料,所用参考文献均列于书后,在此对有关出版社和原作者表示深切的谢意,书中不妥之处,敬请读者批评指正。

编者  
2011年6月



# 目 录

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| <b>第 1 章 工程材料与热处理基础知识 .....</b> | <b>1</b>  |
| 1.1 概述 .....                    | 1         |
| 1.2 金属材料的基础知识 .....             | 2         |
| 1.3 金属材料的性能 .....               | 3         |
| 1.3.1 金属材料的使用性能 .....           | 3         |
| 1.3.2 金属材料的工艺性能 .....           | 4         |
| 1.4 常用金属材料 .....                | 4         |
| 1.4.1 常用钢材 .....                | 4         |
| 1.4.2 常用铸铁 .....                | 7         |
| 1.4.3 常用有色金属材料 .....            | 7         |
| 1.4.4 钢铁材料的火花鉴别 .....           | 7         |
| 1.5 常用的非金属材料 .....              | 8         |
| 1.6 常用的陶瓷材料 .....               | 11        |
| 1.7 钢的热处理 .....                 | 13        |
| 1.7.1 热处理的主要设备 .....            | 14        |
| 1.7.2 常用的热处理方法 .....            | 15        |
| 1.7.3 热处理时产生的缺陷及防止方法 .....      | 19        |
| 1.7.4 典型零件的热处理举例 .....          | 19        |
| 复习思考题 .....                     | 21        |
| <b>第 2 章 铸造 .....</b>           | <b>22</b> |
| 2.1 概述 .....                    | 22        |
| 2.2 造型材料 .....                  | 23        |
| 2.2.1 型砂与芯砂的组成 .....            | 23        |
| 2.2.2 对型砂与芯砂性能的要求 .....         | 24        |
| 2.2.3 型、芯砂的分类、成分和应用 .....       | 25        |
| 2.2.4 型、芯砂的制备 .....             | 28        |
| 2.3 造型 .....                    | 28        |
| 2.3.1 手工造型 .....                | 28        |
| 2.3.2 机器造型 .....                | 40        |
| 2.4 造芯 .....                    | 42        |
| 2.4.1 芯砂 .....                  | 42        |

|       |                     |    |
|-------|---------------------|----|
| 2.4.2 | 制芯工艺 .....          | 43 |
| 2.4.3 | 制芯方法 .....          | 44 |
| 2.5   | 合型 .....            | 45 |
| 2.6   | 铸铁的熔炼和浇注 .....      | 46 |
| 2.6.1 | 冲天炉的构造 .....        | 46 |
| 2.6.2 | 冲天炉熔炼用的炉料 .....     | 47 |
| 2.6.3 | 冲天炉的熔化过程 .....      | 48 |
| 2.6.4 | 冲天炉的操作过程 .....      | 49 |
| 2.6.5 | 浇注 .....            | 50 |
| 2.7   | 铸件的落砂、清理和缺陷分析 ..... | 51 |
| 2.7.1 | 落砂 .....            | 51 |
| 2.7.2 | 清理 .....            | 51 |
| 2.7.3 | 灰口铸铁件的热处理 .....     | 52 |
| 2.7.4 | 铸件的主要缺陷及其产生原因 ..... | 53 |
| 2.8   | 铸造工艺及模样结构特点 .....   | 55 |
| 2.8.1 | 分型面 .....           | 55 |
| 2.8.2 | 模样结构特点 .....        | 56 |
| 2.8.3 | 芯子 .....            | 57 |
| 2.8.4 | 浇冒口系统 .....         | 58 |
| 2.8.5 | 木模(芯盒)的制造过程 .....   | 61 |
| 2.9   | 特种铸造 .....          | 62 |
| 2.9.1 | 熔模铸造 .....          | 62 |
| 2.9.2 | 金属型铸造 .....         | 63 |
| 2.9.3 | 压力铸造 .....          | 63 |
| 2.9.4 | 离心铸造 .....          | 64 |
| 2.9.5 | 消失模铸造 .....         | 65 |
| 2.9.6 | 陶瓷型铸造 .....         | 66 |
| 2.9.7 | 实型铸造 .....          | 67 |
| 2.9.8 | 连续铸造 .....          | 67 |
|       | 复习思考题 .....         | 68 |
| 第3章   | 锻压 .....            | 72 |
| 3.1   | 概述 .....            | 72 |
| 3.2   | 坯料的加热和锻件的冷却 .....   | 72 |
| 3.2.1 | 加热的目的 .....         | 72 |
| 3.2.2 | 加热炉及其操作 .....       | 73 |
| 3.2.3 | 钢的加热缺陷及其防止 .....    | 75 |
| 3.2.4 | 锻造温度范围 .....        | 75 |



|            |                    |            |
|------------|--------------------|------------|
| 3.2.5      | 锻件的冷却 .....        | 76         |
| 3.3        | 自由锻 .....          | 76         |
| 3.3.1      | 自由锻常用工具 .....      | 76         |
| 3.3.2      | 自由锻常用设备 .....      | 78         |
| 3.3.3      | 自由锻的基本工序及其操作 ..... | 81         |
| 3.3.4      | 典型锻件自由锻工艺 .....    | 85         |
| 3.3.5      | 锤上自由锻操作安全规则 .....  | 87         |
| 3.4        | 锤上模锻和胎模锻 .....     | 88         |
| 3.4.1      | 锤上模锻 .....         | 88         |
| 3.4.2      | 胎模锻 .....          | 89         |
| 3.5        | 板料冲压 .....         | 90         |
| 3.5.1      | 冲压设备 .....         | 90         |
| 3.5.2      | 板料冲压的基本工序 .....    | 91         |
| 3.5.3      | 冲模 .....           | 93         |
| 3.6        | 钣金手工成形 .....       | 95         |
| 3.6.1      | 弯曲 .....           | 95         |
| 3.6.2      | 放边 .....           | 96         |
| 3.6.3      | 收边 .....           | 97         |
| 3.6.4      | 拔缘 .....           | 98         |
| 3.6.5      | 卷边 .....           | 98         |
| 3.6.6      | 咬缝 .....           | 99         |
| 3.7        | 粉末冶金 .....         | 100        |
| 3.7.1      | 粉末冶金的概念及工艺过程 ..... | 100        |
| 3.7.2      | 粉末冶金的特点与应用 .....   | 100        |
|            | 复习思考题 .....        | 101        |
| <b>第4章</b> | <b>焊接 .....</b>    | <b>103</b> |
| 4.1        | 手工电弧焊 .....        | 104        |
| 4.1.1      | 焊接过程 .....         | 104        |
| 4.1.2      | 手工电弧焊机 .....       | 105        |
| 4.1.3      | 电焊条 .....          | 107        |
| 4.1.4      | 手弧焊操作要领 .....      | 108        |
| 4.1.5      | 焊接规范的选择 .....      | 109        |
| 4.1.6      | 接头型式和坡口形状 .....    | 110        |
| 4.1.7      | 焊接位置 .....         | 111        |
| 4.1.8      | 焊接缺陷分析及防止 .....    | 111        |
| 4.1.9      | 手工电弧焊安全技术 .....    | 112        |
| 4.2        | 气焊 .....           | 113        |

|            |                             |            |
|------------|-----------------------------|------------|
| 4.2.1      | 气焊过程及其特点 .....              | 113        |
| 4.2.2      | 气焊气体 .....                  | 113        |
| 4.2.3      | 常用气焊设备、原理及操作 .....          | 114        |
| 4.2.4      | 气焊火焰 .....                  | 117        |
| 4.2.5      | 气焊焊丝和焊剂 .....               | 118        |
| 4.2.6      | 气焊规范 .....                  | 118        |
| 4.2.7      | 气焊安全技术 .....                | 119        |
| 4.3        | 氧气切割 .....                  | 120        |
| 4.3.1      | 氧气切割过程 .....                | 120        |
| 4.3.2      | 氧气切割原理 .....                | 120        |
| 4.3.3      | 氧气切割对材料的要求 .....            | 120        |
| 4.3.4      | 氧气切割工艺 .....                | 121        |
| 4.3.5      | 氧气切割的特点及应用 .....            | 122        |
| 4.4        | 埋弧自动焊 .....                 | 122        |
| 4.4.1      | 埋弧自动焊过程 .....               | 122        |
| 4.4.2      | 埋弧自动焊的特点 .....              | 122        |
| 4.4.3      | 埋弧自动焊机 .....                | 123        |
| 4.5        | 气体保护焊 .....                 | 123        |
| 4.5.1      | 氩弧焊 .....                   | 123        |
| 4.5.2      | CO <sub>2</sub> 气体保护焊 ..... | 124        |
| 4.6        | 其他焊接方法 .....                | 125        |
| 4.6.1      | 电阻焊 .....                   | 125        |
| 4.6.2      | 电渣焊 .....                   | 128        |
| 4.7        | 胶接 .....                    | 128        |
| 4.7.1      | 胶接的基本原理 .....               | 128        |
| 4.7.2      | 胶接的主要特点 .....               | 129        |
| 4.7.3      | 胶接工艺 .....                  | 129        |
|            | 复习思考题 .....                 | 130        |
| <b>第5章</b> | <b>常用量具 .....</b>           | <b>131</b> |
| 5.1        | 常用量具 .....                  | 131        |
| 5.2        | 量具的保养 .....                 | 138        |
|            | 复习思考题 .....                 | 138        |
| <b>第6章</b> | <b>钳工 .....</b>             | <b>139</b> |
| 6.1        | 概述 .....                    | 139        |
| 6.2        | 划线 .....                    | 140        |
| 6.2.1      | 概述 .....                    | 140        |
| 6.2.2      | 划线工具及其使用 .....              | 141        |

|        |                     |     |
|--------|---------------------|-----|
| 6.2.3  | 划线基准 .....          | 144 |
| 6.2.4  | 划线步骤和方法 .....       | 144 |
| 6.3    | 钻孔、扩孔和铰孔 .....      | 146 |
| 6.3.1  | 钻床 .....            | 147 |
| 6.3.2  | 钻孔、扩孔、铰孔刀具及特点 ..... | 148 |
| 6.4    | 攻丝和套扣 .....         | 150 |
| 6.4.1  | 攻丝 .....            | 150 |
| 6.4.2  | 套扣 .....            | 151 |
| 6.5    | 锯切 .....            | 153 |
| 6.5.1  | 锯切工具 .....          | 153 |
| 6.5.2  | 锯切操作 .....          | 154 |
| 6.5.3  | 典型实例 .....          | 155 |
| 6.5.4  | 锯切时产生废品的原因 .....    | 156 |
| 6.6    | 锉削 .....            | 156 |
| 6.6.1  | 锉刀的种类及选用 .....      | 156 |
| 6.6.2  | 锉削基本操作 .....        | 157 |
| 6.6.3  | 锉削后的检验 .....        | 160 |
| 6.6.4  | 锉削操作注意事项 .....      | 160 |
| 6.7    | 錾削 .....            | 160 |
| 6.7.1  | 錾削工具 .....          | 160 |
| 6.7.2  | 錾削方法 .....          | 161 |
| 6.7.3  | 錾削平面 .....          | 163 |
| 6.7.4  | 錾削操作应注意事项 .....     | 163 |
| 6.8    | 刮削 .....            | 163 |
| 6.9    | 装配与拆卸 .....         | 166 |
| 6.9.1  | 概述 .....            | 166 |
| 6.9.2  | 拆装常用工具及使用方法 .....   | 167 |
| 6.9.3  | 装配的步骤 .....         | 168 |
| 6.9.4  | 典型零件的装配方法 .....     | 168 |
| 6.9.5  | 装配工艺系统图 .....       | 169 |
| 6.9.6  | 机器的拆卸 .....         | 171 |
| 6.10   | 钳工实习件 .....         | 172 |
| 6.10.1 | 六角螺母加工 .....        | 172 |
| 6.10.2 | 手锤加工 .....          | 173 |
|        | 复习思考题 .....         | 174 |
| 第7章    | 车削加工 .....          | 176 |
| 7.1    | 普通车床 .....          | 177 |

|            |                   |            |
|------------|-------------------|------------|
| 7.1.1      | 车床型号 .....        | 177        |
| 7.1.2      | 车床的组成 .....       | 177        |
| 7.1.3      | 普通车床传动系统 .....    | 178        |
| 7.1.4      | 其他车床 .....        | 183        |
| 7.1.5      | 车床的典型机构 .....     | 184        |
| 7.2        | 车刀 .....          | 186        |
| 7.2.1      | 车刀的种类和用途 .....    | 186        |
| 7.2.2      | 车刀切削部分的材料 .....   | 186        |
| 7.2.3      | 车刀的构造和角度 .....    | 188        |
| 7.2.4      | 车刀的刃磨 .....       | 189        |
| 7.3        | 车床操作加工基础 .....    | 190        |
| 7.3.1      | 工件在车床上的装夹方法 ..... | 190        |
| 7.3.2      | 车刀安装 .....        | 194        |
| 7.3.3      | 车床操作要点 .....      | 195        |
| 7.3.4      | 粗车和精车 .....       | 197        |
| 7.4        | 各种表面的车削 .....     | 198        |
| 7.4.1      | 车外圆及台阶 .....      | 198        |
| 7.4.2      | 车端面 .....         | 200        |
| 7.4.3      | 孔加工 .....         | 201        |
| 7.4.4      | 切槽与切断 .....       | 202        |
| 7.4.5      | 车锥面 .....         | 203        |
| 7.4.6      | 车成形面 .....        | 205        |
| 7.4.7      | 车螺纹 .....         | 207        |
| 7.4.8      | 滚花 .....          | 210        |
| 7.5        | 零件的车削工艺 .....     | 211        |
|            | 复习思考题 .....       | 212        |
| <b>第8章</b> | <b>铣削加工 .....</b> | <b>214</b> |
| 8.1        | 概述 .....          | 214        |
| 8.2        | 铣床 .....          | 215        |
| 8.3        | 工件的安装方法 .....     | 218        |
| 8.3.1      | 用平口钳安装工件 .....    | 218        |
| 8.3.2      | 用回转台安装工件 .....    | 219        |
| 8.3.3      | 用分度头安装工件 .....    | 219        |
| 8.3.4      | 用螺栓压板装卡工件 .....   | 221        |
| 8.4        | 铣刀及其安装 .....      | 221        |
| 8.4.1      | 铣刀种类 .....        | 221        |
| 8.4.2      | 铣刀的安装 .....       | 222        |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 8.5 铣削方法 .....            | 223 |
| 8.5.1 铣水平面和垂直面 .....      | 223 |
| 8.5.2 铣斜面 .....           | 225 |
| 8.5.3 铣沟槽 .....           | 226 |
| 8.5.4 铣成形面 .....          | 227 |
| 8.5.5 镗床镗孔 .....          | 227 |
| 复习思考题 .....               | 228 |
| <b>第9章 刨削加工</b> .....     | 229 |
| 9.1 牛头刨床 .....            | 231 |
| 9.1.1 牛头刨床各部分的名称及用途 ..... | 231 |
| 9.1.2 牛头刨床的传动系统 .....     | 232 |
| 9.1.3 牛头刨床的调整与操纵 .....    | 233 |
| 9.2 刨刀的选择与安装 .....        | 234 |
| 9.3 工件的装夹 .....           | 235 |
| 9.4 刨削基本方法 .....          | 237 |
| 9.5 其他刨削类机床 .....         | 240 |
| 复习思考题 .....               | 243 |
| <b>第10章 磨削加工</b> .....    | 244 |
| 10.1 概述 .....             | 244 |
| 10.2 砂轮 .....             | 245 |
| 10.3 磨床 .....             | 247 |
| 10.3.1 外圆磨床 .....         | 247 |
| 10.3.2 平面磨床 .....         | 249 |
| 10.3.3 内圆磨床 .....         | 250 |
| 10.4 磨削方法 .....           | 251 |
| 10.4.1 外圆磨削方法 .....       | 251 |
| 10.4.2 内圆磨削方法 .....       | 253 |
| 10.4.3 平面磨削方法 .....       | 255 |
| 复习思考题 .....               | 256 |
| <b>第11章 数控加工</b> .....    | 257 |
| 11.1 数控基础 .....           | 257 |
| 11.1.1 数控加工简介 .....       | 257 |
| 11.1.2 数控加工系统 .....       | 258 |
| 11.1.3 数控机床坐标系 .....      | 259 |
| 11.1.4 数控加工工艺制定内容 .....   | 261 |
| 11.1.5 手工编程及部分指令介绍 .....  | 261 |
| 11.1.6 自动编程简介 .....       | 264 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 11.2 数控车削实习 .....            | 265 |
| 11.2.1 数控车床概述 .....          | 265 |
| 11.2.2 数控车床加工工艺的制定 .....     | 266 |
| 11.2.3 数控车床加工程序格式及指令简介 ..... | 266 |
| 11.2.4 数控车床加工零件举例 .....      | 268 |
| 11.3 数控铣床 .....              | 270 |
| 11.3.1 数控铣床操作基础 .....        | 270 |
| 11.3.2 数控铣床准备功能 G 代码 .....   | 270 |
| 复习思考题 .....                  | 282 |
| <b>第 12 章 特种加工</b> .....     | 283 |
| 12.1 概述 .....                | 283 |
| 12.2 电火花加工 .....             | 284 |
| 12.3 电火花线切割加工概述 .....        | 285 |
| 12.4 数控线切割加工 .....           | 286 |
| 复习思考题 .....                  | 293 |
| 参考文献 .....                   | 294 |

# 第 1 章 工程材料与热处理基础知识

## 1.1 概 述

材料是人类用来制作各种产品的物质。人类生活与生产都离不开材料,它的品种、数量和质量是衡量一个国家现代化程度的重要指标。现代材料种类繁多,据粗略统计,目前世界上的材料总和已达 50 余万种。材料有许多不同的分类方法,机械工程中使用的材料常按化学组成为金属材料、高分子材料、陶瓷材料三大类。

目前机械工业生产中应用最广的仍是金属材料,在各种机器设备所用材料中,金属材料约占 90% 以上。这是由于金属材料不仅来源丰富,而且它还具有优良的力学性能、物理性能、化学性能和易于用各种加工方法成形的工艺性能。优良的使用性能可满足生产和生活上的各种需要。优良的工艺性能则可使金属材料易于采用各种加工方法,制成各种形状、尺寸的零件和工具。金属材料还可通过不同成分配制、不同加工和热处理来改变其组织和性能,进一步扩大使用范围。

工程材料,主要指用于制造工程结构或产品的各种材料。工程上使用的材料种类繁多,一般可分为金属材料、非金属材料及复合材料三大类。

各种材料具有各自的优点与不足,设计与制造产品时,需要根据产品的功能要求、强度要求、制造要求、成本要求、环保要求等因素综合选用。绝大多数的机械产品,甚至包括很多日常生活用品也往往都是由多种材料,而非单一材料制作而成的,图 1-1 给出了小轿车上使用的主要工程材料。

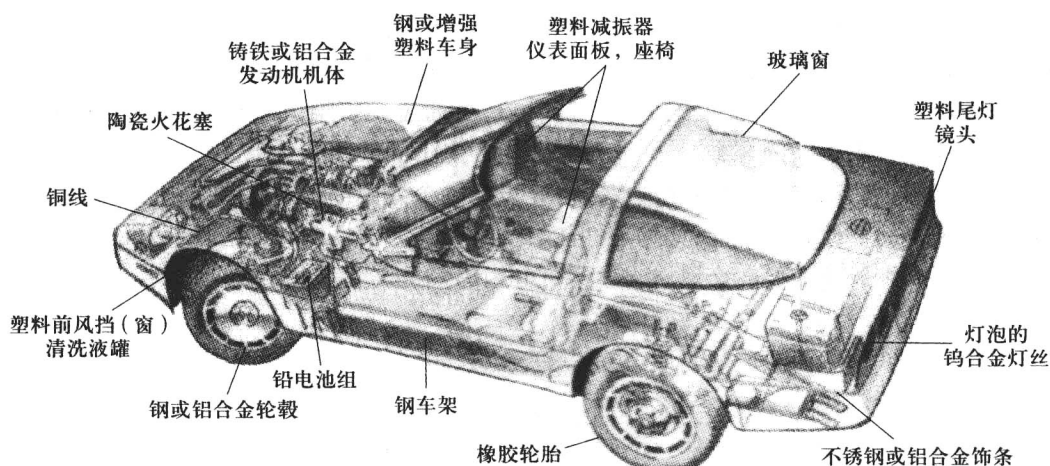


图 1-1 小轿车使用的主要工程材料



选择工程材料需要考察的材料性能主要有使用性能和工艺性能两大类。材料的使用性能主要指材料的力学、物理和化学性能,工艺性能指材料的铸造性能、锻造性能、焊接性能及切削加工性能等性能。有关材料的性能详细内容如图 1-2 所示。

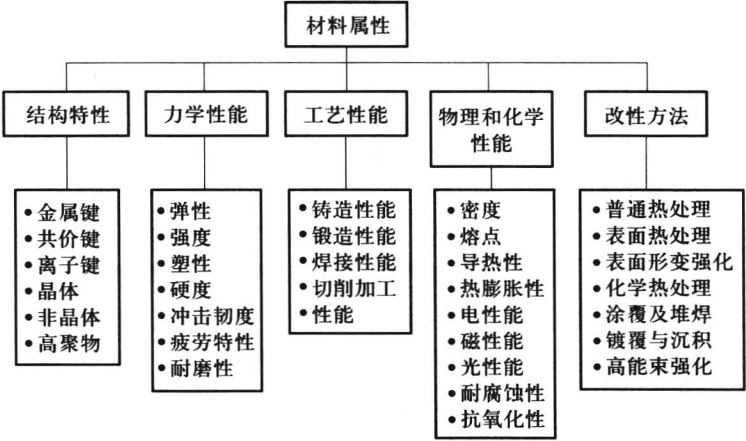


图 1-2 材料的一些特性

## 1.2 金属材料的基础知识

金属指具有良好的导电性和导热性,有一定的强度和塑性并具有光泽的物质,如铁、铝和铜等。金属材料是由金属元素或以金属元素为主组成的并具有金属特性的工程材料,它包括纯金属和合金两类。

纯金属在工业生产中虽然具有一定的用途,但是,由于它的强度、硬度一般都较低,而且冶炼困难,价格较高,因此,在使用上受到很大的限制。目前在工业生产中广泛使用的主要是合金材料。

合金指两种或两种以上的金属元素或金属与非金属元素组成的金属材料。例如,普通黄铜是由铜和锌两种金属元素组成的合金,碳钢是由铁和碳组成的合金。与组成合金的纯金属相比,合金除具有更好的力学性能外,还可通过调整组成元素之间的比例,以获得一系列性能各不相同的合金,从而满足工业生产上不同的性能要求。

金属材料,尤其是钢铁材料在国民经济建设的各个方面都有着重要作用,这是由于它具有比其他材料更优越的性能,如物理性能、化学性能、力学性能和工艺性能,能够适应生产和科学技术发展的需要。金属材料通常可分为黑色金属和有色金属两大类。

### 1. 黑色金属

以铁或以铁为主而形成的物质,称为黑色金属,如钢和生铁。

### 2. 有色金属

除黑色金属以外的其他金属,称为有色金属,如铜、铝和镁等。

除常用金属材料外,在机械制造工业中,还出现了许多新型的高性能金属材料,如非晶态金属材料、纳米金属材料、单晶合金以及新型金属功能材料(永磁合金、形状记忆合金、超细金属隐身材料)等。

## 1.3 金属材料的性能

### 1.3.1 金属材料的使用性能

金属材料的使用性能指金属材料制成零件或构件后,为保证正常工作以及一定的使用寿命而应具备的性能,包括力学性能、物理性能和化学性能等。

#### 1. 力学性能

金属材料的力学性能指其在外力作用下所表现出来的性能,反映了材料抵抗外力作用的能力。金属材料抵抗外力作用的能力大小,常用其力学性能指标来衡量。力学性能指标是通过特定的力学试验测得的,它是衡量材料优劣和选择材料的重要依据。常用的力学性能指标有强度(如抗拉强度、屈服点)、硬度(如布氏硬度 HBS、洛氏硬度 HRC)、塑性(如伸长率、断面收缩率)和韧性(如冲击功、冲击韧度)等。

表 1-1 常用的金属力学性能指标及其涵义

| 力学性能 | 性能指标  |            |                   | 涵义说明                                                |
|------|-------|------------|-------------------|-----------------------------------------------------|
|      | 名称    | 代号         | 单位                |                                                     |
| 强度   | 抗拉强度  | $\sigma_b$ | MPa               | 材料拉断前的最大应力。当材料单位面积上受的力 $\geq \sigma_b$ 时,就会被拉断      |
|      | 屈服点   | $\sigma_s$ | MPa               | 材料对微量塑性变形的抵抗能力。当材料单位面积上受的力 $\geq \sigma_s$ 时,出现塑性变形 |
| 硬度   | 布氏硬度  | HB         | 习惯不写              | 试样单位压痕面积上所受的载荷。用于较软材料的硬度测试                          |
|      | 洛氏硬度  | HRC        |                   | 据特定载荷下的压痕深度来衡量,压痕越浅,硬度越高。用于测试较硬的材料                  |
| 塑性   | 伸长率   | $\delta$   | —                 | 试样纵向相对伸长的变形量, $\delta$ 越大,材料的塑性越好                   |
|      | 断面收缩率 | $\psi$     | —                 | 试样横向相对收缩的变形量, $\psi$ 越大,材料的塑性越好                     |
| 韧性   | 冲击韧度  | $a_k$      | J/cm <sup>2</sup> | 冲断试样时,单位面积上消耗的冲击吸收功。 $a_k$ 越大,材料的韧性越好               |

强度指金属材料在外力作用下抵抗变形和断裂的能力。强度的高低是以金属材料单位横截面积上所能承受力的大小来表示的,它是机械零件和结构设计时评定、选择金属材料的重要依据。

塑性指金属材料在外力作用下断裂前发生的不可逆永久变形的能力。塑性好的材料不仅能进行塑性成形,而且在使用过程中万一出现超载的情况下,能通过塑性变形而避免突然断裂,从而带来安全。所以,大多数零件除要求具有足够的强度外,还必须有一定的塑性。

金属材料的强度和塑性可以通过先将金属材料制成标准拉伸试样,再对其进行拉伸试验而测得。

硬度指金属材料抵抗比它更硬的物体压入的能力,是一个综合的物理量。通常,金属材料的硬度越高,耐磨性越好。金属材料的硬度通过硬度试验测定。

韧性指金属材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力,可以用试样打断时所吸收的冲