

21世纪全国高职高专机电系列实用规划教材



21st CENTURY  
实用规划教材

# 工程材料与成形工艺

主 编 杨红玉 刘长青



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专机电系列实用规划教材

## 工程材料与成形工艺

主 编	杨红玉	刘长青
副主编	赵冬梅	迟彩芬
	王周让	赵 瑾
参 编	陈淑花	邹哲维



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

## 内 容 简 介

本书根据职业技术教育的教学要求编写。第一篇材料篇, 主要介绍金属材料的性能、金属的晶体结构与结晶、铁碳合金、钢的热处理、常用金属材料、非金属材料等内容。第二篇工艺篇, 主要介绍铸造成形、锻压成形、焊接成形、表面成形工艺等内容, 并阐述各种热加工工艺方法、特点、工艺等。第三篇应用篇, 主要介绍零件材料与成形工艺的选择, 附录中列举了 8 个单元实训。

本书满足教学计划 50~90 课时的教学需要, 可作为高职高专机械类各专业使用的教材, 也可供有关技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

工程材料与成形工艺/杨红玉, 刘长青主编. —北京: 北京大学出版社, 2008. 1

(21 世纪全国高职高专机电系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-13264-7

I. 工… II. ①杨…②刘… III. 工程材料—成形—工艺—高等学校: 技术学校—教材 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 196742 号

书 名: 工程材料与成形工艺

著作责任者: 杨红玉 刘长青 主编

策划编辑: 徐 凡 赖 青

责任编辑: 孙哲伟

标准书号: ISBN 978-7-301-13264-7/TH·0088

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](mailto:pup_6@163.com)

印 刷 者: 山东省高唐印刷有限责任公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.5 印张 519 千字

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 35.00 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](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

# 《21世纪全国高取高专机电系列实用规划教材》

## 专家编审委员会

主任 傅水根

副主任 (按拼音顺序排名)

陈铁牛	李 辉	刘 涛	祁翠琴
钱东东	盛 键	王世震	吴宗保
张吉国	郑晓峰		

委 员 (按拼音顺序排名)

蔡兴旺	曹建东	柴增田	程 艳
丁学恭	傅维亚	高 原	何 伟
胡 勇	李国兴	李源生	梁南丁
刘靖岩	刘瑞己	刘 铁	卢菊洪
马立克	南秀蓉	欧阳全会	钱泉森
邱士安	宋德明	王世辉	王用伦
王欲进	吴百中	吴水萍	武昭辉
肖 珑	徐 萍	喻宗泉	袁 广
张 勤	张西振	张 莹	周 征

# 丛书总序

高等职业技术教育是我国高等教育的重要组成部分。从 20 世纪 90 年代末开始, 伴随我国高等教育的快速发展, 高等职业技术教育也进入了快速发展时期。在短短的几年时间内, 我国高等职业技术教育的规模, 无论是在校生数量还是院校的数量, 都已接近高等教育总规模的半壁江山。因此, 高等职业技术教育承担着为我国走新型工业化道路、调整经济结构和转变增长方式提供高素质技能型人才的重任。随着我国经济建设步伐的加快, 特别是随着我国由制造大国向制造强国的转变, 现代制造业急需高素质高技能的专业人才。

为了使高职高专机电类专业毕业生满足市场需求, 具备企业所需的知识能力和专业素质, 高职高专院校的机电类专业根据市场和社会需要, 努力建立培养企业生产第一线所需的高等职业技术应用型人才的教学体系和教材资源环境, 不断更新教学内容, 改进教学方法, 积极探索机电类专业创新人才的培养模式, 大力推进精品专业、精品课程和教材建设。因此, 组织编写符合高等职业教育特色的机电类专业规划教材是高等职业技术教育发展的需要。

教材建设是高等学校建设的一项基本内容, 高质量的教材是培养合格人才的基本保证。大力发展高等职业教育, 培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的高素质技能型人才, 要求我们必须重视高等职业教育教材改革与建设, 编写和出版具有高等职业教育自身特色的教材。近年来, 高职教材建设取得了一定成绩, 出版的教材种类有所增加, 但与高职发展需求相比, 还存在较大的差距。其中部分教材还没有真正过渡到以培养技术应用能力为主的体系中来, 高职特色反映也不够, 极少数教材内容过于肤浅, 这些都对高职人才培养十分不利。因此, 做好高职教材改革与建设工作刻不容缓。

北京大学出版社抓住这一时机, 组织全国长期从事高职高专教学工作并具有丰富实践经验的骨干教师, 编写了高职高专机电系列实用规划教材, 对传统的课程体系进行了有效的整合, 注意了课程体系结构的调整, 反映系列教材各门课程之间的渗透与衔接, 内容合理分配; 努力拓宽知识面, 在培养学生的创新能力方面进行了初步的探索, 加强理论联系实际, 突出技能培养和理论知识的应用能力培养, 精简了理论内容, 既满足大类专业对理论、技能及其基础素质的要求, 同时提供选择和创新的空間, 以满足学有余力的学生进修或探究学习的需求; 对专业技术内容进行了及时的更新, 反映了技术的最新发展, 同时结合行业的特色, 缩短了学生专业技术技能与生产一线要求的距离, 具有鲜明的高等职业技术人才培养特色。

最后, 我们感谢参加本系列教材编著和审稿的各位老师所付出的大量卓有成效的辛勤劳动, 也感谢北京大学出版社和中国林业出版社的领导和编辑们对本系列教材的支持和编审工作。由于编写的时间紧、相互协调难度大等原因, 本系列教材还存在一些不足和错漏。我们相信, 在使用本系列教材的教师和学生的关心和帮助下, 不断改进和完善这套教材, 使之成为我国高等职业技术教育的教学改革、课程体系建设和教材建设中的优秀教材。

《21 世纪全国高职高专机电系列实用规划教材》

专家编审委员会

2007 年 7 月

# 前 言

《工程材料与成形工艺》是高职高专机械、机电类专业的一门重要的职业技术基础课。

本教材结合专业的实际需要,坚持以理论联系实际为指导,以熟悉原理、掌握应用为原则,旨在创新和实践的基础上进行编写。在编写本教材时力图表现以下特点。

(1) 为培养学生的综合工程技术能力,强调对各种工艺的论述与比较,使学生达到能够初步选择材料及工艺、零件成形方法的能力。

(2) 在内容上不强求系统性,以实用性、综合性为原则,并力图反映近年来在工程材料和热成形工艺领域的最新成果。

(3) 为便于教学,在叙述上尽力做到图文并茂、通俗易懂、文字简练、直观形象。

本书共分为三篇。第一篇材料篇,主要介绍金属材料的主要性能、金属的晶体结构与结晶、铁碳合金、钢的热处理、常用金属材料、非金属材料等内容,其中重点讲述了铁碳合金和热处理的内容。第二篇工艺篇,主要介绍铸造成形、锻压成形、焊接成形、表面成形等内容,其中重点讲述各种热加工工艺方法、特点、应用与结构工艺性等内容。第三篇应用篇,主要介绍各种工程材料和成形工艺的选用,附录中还列出8个单元的实训。

参加本书编写人员有杨红玉(第一篇序、第1章及单元实训一、二、三、四),刘长青(第二篇序、第6章及单元实训五、六、七、八),迟彩芬(第2、第4章),赵冬梅(第3、第10章),陈淑花(第5章),赵瑾(第7、11章),王周让(第8章),邹哲维(第10章)。本书由杨红玉、刘长青任主编。

本书在编写过程中,参阅了国内外相关资料、文献和教材,并得到了专家和同行的指导,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平和经验所限,书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2007年10月

## 北京大学出版社高职高专机电系列教材

书号	书名	编著者	定价	出版日期
978-7-5038-4861-2	公差配合与测量技术	南秀蓉	23.00	2007.9
978-7-5038-4863-6	汽车专业英语	王欲进	26.00	2007.8
978-7-5038-4864-3	汽车底盘电控系统原理与维修	闵思鹏	30.00	2007.8
978-7-5038-4865-0	CAD/CAM 数控编程与实训(CAXA 版)	刘玉春	27.00	2007.9
978-7-5038-4862-9	工程力学	高原	28.00	2007.9
978-7-5038-4868-1	AutoCAD 机械绘图基础教程与实训	欧阳全会	28.00	2007.8
978-7-5038-4869-8	设备状态监测与故障诊断技术	林英志	22.00	2007.9
978-7-5038-4866-7	数控技术应用基础	宋建武	22.00	2007.8
978-7-5038-4937-4	数控机床	黄应勇	26.00	2007.8
978-7-301-10464-2	工程力学	余学进	18.00	2006.01
978-7-301-10371-9	液压传动与气动技术	曹建东	28.00	2006.01
978-7-5038-4867-4	汽车发动机构造与维修	蔡兴旺	32(估)	2008.1
978-7-301-13258-6	塑模设计与制造	宴志华	38.00	2008.1
	机械设计基础	朱凤芹	30.00(估)	2008.2
	机械制造基础	徐从清	30.00(估)	2008.1
978-7-301-13260-9	机械制图	徐萍	30.00(估)	2008.1
978-7-301-13263-0	机械制图习题集	吴景淑	25.00(估)	2008.1
	工程力学	武昭晖	28.00(估)	2008.1
978-7-301-13264-7	工程材料与成形工艺	杨红玉	35.00	2008.1
978-7-301-13262-3	实用数控编程与操作	钱东东 龚肖新	32.00	2008.1
978-7-301-13261-6	微机原理及接口技术(数控专业)	程艳	28.00(估)	2008.1
	机械英语图解教程	朱派龙	24.00(估)	2008.2
978-7-301-12182-5	电工电子技术	李艳新	29.00	2007.8
978-7-301-12181-8	自动控制原理与应用	梁南丁	23.00	2007.8
978-7-301-12180-1	单片机开发应用技术	李国兴	21.00	2007.8
978-7-301-12173-3	模拟电子技术	张琳	26.00	2007.8
978-7-301-12392-8	电工与电子技术基础	卢菊洪	28.00	2007.9
978-7-301-11566-4	电路分析与仿真教程与实训	刘辉珞	20.00	2007.2
978-7-301-09529-5	电路电工基础与实训	李春彪	31.00	2007.8
	数字电子技术	何首贤	28.00(估)	2008.2
978-7-301-12386-7	高频电子线路	李福勤	22.00(估)	2008.1
7-301-10227-5	ProENGINEER 野火 2 版精彩实例教程(1CD)	张朝晖	42.00	2006.1
7-301-10273-9	SolidWorks 2005 精彩实例教程(1CD)	姜开宇	30.00	2006.1
7-301-08979-1	UG NX 2/3 实例教程(1CD)	袁锋	45.00	2005.6

电子书(PDF版)、电子课件和相关教学资源下载地址: <http://www.pup6.com/ebook.htm>, 欢迎下载。

欢迎免费索取样书, 请填写并通过 E-mail 提交教师调查表, 下载地址: <http://www.pup6.com/down/教师信息调查表 excel 版.xls>, 欢迎订购。

欢迎投稿, 并通过 E-mail 提交个人信息卡, 下载地址: <http://www.pup6.com/down/zhuyizhexinxika.rar>。

联系方式: 010-62750667, xufan666@163.com, linzhangbo@126.com, 欢迎来电来信。

# 目 录

第一篇 材料篇 .....	1
序 .....	2
第1章 金属材料的性能 .....	6
1.1 力学性能 .....	6
1.1.1 强度 .....	6
1.1.2 塑性 .....	7
1.1.3 硬度 .....	8
1.1.4 冲击韧度 .....	10
1.1.5 疲劳强度 .....	11
1.2 物理性能和化学性能 .....	12
1.2.1 物理性能 .....	12
1.2.2 化学性能 .....	13
1.3 工艺性能 .....	14
1.3.1 切削加工性能 .....	14
1.3.2 锻造性能 .....	14
1.3.3 铸造性能 .....	14
1.3.4 焊接性能 .....	15
1.3.5 热处理性能 .....	15
1.4 经济性能 .....	15
本章小结 .....	16
习题 .....	16
第2章 材料的结构与凝固 .....	18
2.1 金属材料的结构特点 .....	18
2.1.1 晶体结构的基本概念 .....	18
2.1.2 三种典型的金属晶体结构 .....	19
2.1.3 实际金属的晶体结构 .....	20
2.1.4 合金的相结构 .....	22
2.2 非金属材料的结构特点 .....	24
2.2.1 陶瓷材料的结构特点 .....	24
2.2.2 高分子材料的结构特点 .....	26
2.3 材料的凝固与结晶 .....	28
2.3.1 纯金属的结晶 .....	28
2.3.2 非晶态凝固的特点 .....	31
2.4 铁碳合金的结构及相图 .....	31
2.4.1 铁碳合金的基本组元 和基本相 .....	31

2.4.2 Fe—Fe <sub>3</sub> C 相图分析 .....	32
2.4.3 典型合金的结晶过程分析 .....	35
2.5 铁碳合金相图的应用 .....	40
2.5.1 含碳量、组织与力学性能 的关系 .....	40
2.5.2 铁碳合金相图的应用 .....	40
本章小结 .....	41
习题 .....	42
第3章 钢的热处理 .....	43
3.1 钢的热处理概述 .....	43
3.2 钢在加热和冷却时的转变 .....	43
3.2.1 钢在加热时的转变 .....	43
3.2.2 过冷奥氏体的 等温转变曲线 .....	45
3.2.3 等温转变产物的 组织与性能 .....	46
3.2.4 过冷奥氏体的 连续冷却转变 .....	47
3.3 钢的整体热处理工艺 .....	48
3.3.1 退火 .....	48
3.3.2 正火 .....	49
3.3.3 淬火 .....	50
3.3.4 回火 .....	53
3.4 钢的表面热处理工艺 .....	54
3.4.1 钢的表面淬火 .....	54
3.4.2 化学热处理 .....	55
3.5 热处理工艺的应用 .....	57
3.5.1 热处理技术条件的标注 .....	57
3.5.2 热处理工序位置的安排 .....	59
3.5.3 常见热处理缺陷及预防 .....	60
3.6 热处理新技术简介 .....	61
3.6.1 真空热处理技术 .....	61
3.6.2 形变热处理 .....	61
3.6.3 激光淬火和电子束淬火 .....	61
本章小结 .....	62
习题 .....	62



<b>第4章 钢铁材料</b> .....	64	<b>第二篇 工艺篇</b> .....	125
4.1 工业用钢 .....	64	<b>序</b> .....	126
4.1.1 钢的分类与牌号 .....	64	<b>第6章 凝固成形工艺</b> .....	127
4.1.2 杂质元素和合金元素在 钢中的作用 .....	65	6.1 材料凝固理论 .....	127
4.1.3 非合金钢 .....	69	6.1.1 液态金属的凝固 .....	127
4.1.4 合金钢 .....	70	6.1.2 金属与合金的铸造 性能 .....	130
4.2 铸铁 .....	81	6.1.3 铸造性能对铸件质量 的影响 .....	134
4.2.1 铸铁的石墨化 .....	82	6.1.4 铸造合金的生产特点 .....	139
4.2.2 常用铸铁材料 .....	84	6.2 凝固成形方法 .....	142
4.2.3 合金铸铁 .....	89	6.2.1 砂型铸造 .....	142
4.3 非铁金属材料 .....	91	6.2.2 熔模铸造 .....	161
4.3.1 铝及铝合金 .....	91	6.2.3 金属型铸造 .....	163
4.3.2 铜及铜合金 .....	93	6.2.4 压力铸造 .....	164
4.3.3 滑动轴承合金 .....	96	6.2.5 离心铸造 .....	167
4.3.4 粉末冶金材料 .....	97	6.2.6 陶瓷型铸造 .....	168
本章小结 .....	99	6.2.7 对各种凝固成形方法 的评价 .....	169
习题 .....	101	6.3 铸造工艺设计 .....	171
<b>第5章 非金属材料</b> .....	103	6.3.1 浇注位置的选择 .....	171
5.1 高分子材料 .....	103	6.3.2 铸型分型面的选择 .....	173
5.1.1 塑料 .....	103	6.3.3 工艺参数的选择 .....	174
5.1.2 橡胶 .....	105	6.3.4 浇注系统 .....	176
5.2 陶瓷材料 .....	106	6.3.5 铸造工艺简图绘制 .....	179
5.2.1 陶瓷的分类 .....	106	6.3.6 铸造工艺设计实例 .....	179
5.2.2 陶瓷材料的组织结构 .....	107	6.4 凝固成形件的结构设计 .....	181
5.2.3 陶瓷材料的性能特点 .....	107	6.4.1 铸造工艺对铸件结构 的要求 .....	181
5.3 复合材料 .....	108	6.4.2 合金的铸造性能对铸件 结构的要求 .....	184
5.3.1 复合材料复合强化原理 .....	108	6.4.3 铸造方法的影响 .....	186
5.3.2 复合材料的种类 .....	108	6.5 铸件质量检验、缺陷分析 及措施 .....	187
5.3.3 复合材料的性能特点 .....	109	6.5.1 铸件质量检验 .....	187
5.4 工程材料的新进展 .....	110	6.5.2 铸件的主要缺陷、原因分析 及措施 .....	188
5.4.1 形状记忆合金 .....	110	6.6 凝固成形技术新发展 .....	189
5.4.2 纳米材料 .....	113	6.6.1 凝固理论推动的 铸造新发展 .....	189
5.4.3 超导材料 .....	114	6.6.2 造型技术的新发展 .....	191
5.4.4 智能材料 .....	116	6.6.3 计算机技术推动铸造 的新发展 .....	191
5.4.5 梯度功能材料 .....	116		
5.4.6 减振合金 .....	118		
5.4.7 磁性材料 .....	120		
5.4.8 非晶态材料 .....	121		
本章小结 .....	122		
习题 .....	123		

本章小结 .....	193	8.5.3 焊接接头的主要缺陷 及检验 .....	275
习题 .....	195	8.6 焊接技术发展 .....	277
<b>第7章 塑性成形工艺</b> .....	200	8.7 胶接成形 .....	277
7.1 塑性成形理论基础 .....	200	8.7.1 胶接的特点与应用 .....	277
7.1.1 金属塑性变形的实质 .....	200	8.7.2 胶接工艺 .....	278
7.1.2 塑性变形对金属组织与 性能的影响 .....	202	本章小结 .....	280
7.1.3 金属的可锻性 .....	204	习题 .....	280
7.2 板料成形 .....	206	<b>第9章 非金属材料的成形工艺</b> .....	282
7.2.1 冲压设备与模具 .....	207	9.1 工程塑料和橡胶成形工艺 .....	282
7.2.2 板料冲压的基本工序 .....	208	9.1.1 工程塑料的种类及 成形方法 .....	282
7.2.3 冲压件结构设计 .....	214	9.1.2 工程塑料件结构设计 .....	285
7.2.4 冲压工艺设计实例 .....	216	9.1.3 橡胶的成形方法 .....	288
7.3 体积成形 .....	218	9.2 工程陶瓷及复合材料的 成形工艺 .....	289
7.3.1 锻造 .....	218	9.2.1 陶瓷种类及成形工艺 .....	289
7.3.2 锻造工艺设计 .....	230	9.2.2 复合材料种类及 成形工艺 .....	290
7.3.3 锻件结构设计 .....	235	本章小结 .....	292
7.3.4 锻件缺陷及其产生 的原因 .....	238	习题 .....	293
7.3.5 轧制、挤压和拉拔 .....	244	<b>第10章 表面成形工艺及强化技术</b> ..	294
7.4 塑性成形新发展 .....	246	10.1 热喷涂技术 .....	294
7.4.1 板料成形方面 .....	246	10.1.1 热喷涂技术的原理和 涂层性能 .....	294
7.4.2 体积成形方面 .....	248	10.1.2 热喷涂技术的分类 及特点 .....	295
本章小结 .....	251	10.1.3 热喷涂技术常用方法 及原理 .....	296
习题 .....	252	10.2 气相沉积技术 .....	297
<b>第8章 连接成形工艺</b> .....	256	10.3 化学膜层保护技术 .....	299
8.1 焊接的基础知识 .....	256	10.3.1 钢铁的氧化和磷化 .....	299
8.1.1 焊接的冶金特点 .....	256	10.3.2 铝及铝合金的氧化 处理 .....	301
8.1.2 金属的焊接性能 .....	257	10.3.3 铜及铜合金的氧化 .....	302
8.1.3 常用金属材料的焊接 .....	257	10.4 镀层处理技术 .....	303
8.2 电弧焊 .....	260	10.4.1 电镀 .....	303
8.2.1 焊条电弧焊 .....	261	10.4.2 化学镀 .....	303
8.2.2 埋弧焊 .....	263	本章小结 .....	304
8.2.3 气体保护焊 .....	264	习题 .....	305
8.3 其它焊接方法 .....	266	<b>第11章 零件材料与成形工艺的         选择</b> .....	306
8.3.1 电渣焊 .....	266	11.1 工程材料的选择 .....	306
8.3.2 电阻焊 .....	267		
8.3.3 钎焊 .....	267		
8.4 焊件的结构设计 .....	268		
8.5 焊接质量及其控制 .....	271		
8.5.1 焊接接头的组织与性能 .....	271		
8.5.2 焊接应力与变形 .....	272		

11.1.1 零件的失效分析 ..... 306

11.1.2 机械零件材料选择的一般原则 ..... 307

11.2 材料成形方法的选择 ..... 309

11.3 典型零件材料与成形工艺选择及实例分析 ..... 311

11.3.1 轴杆类零件 ..... 311

11.3.2 轮盘类零件 ..... 312

11.3.3 箱座类零件 ..... 313

本章小结 ..... 315

习题 ..... 315

附录 ..... 317

单元实训一 金属材料的力学性能实验 ..... 318

单元实训二 铁碳合金平衡组织观察 ... 325

单元实训三 碳钢的热处理 ..... 327

单元实训四 钢铁材料的火花鉴别 ... 330

单元实训五 手工两箱造型 ..... 333

单元实训六 锤上自由锻造 ..... 336

单元实训七 手工电弧焊 ..... 338

单元实训八 调研汽车零件的材料和成形方法 ..... 342

参考文献 ..... 345

1.1 绪论 ..... 1

1.1.1 工程材料的发展概况 ..... 1

1.1.2 工程材料在国民经济中的地位 ..... 2

1.1.3 工程材料的主要性能指标 ..... 3

1.2 金属材料 ..... 5

1.2.1 金属的晶体结构 ..... 5

1.2.2 金属的力学性能 ..... 10

1.2.3 金属的腐蚀与防护 ..... 15

1.3 非金属材料 ..... 20

1.3.1 陶瓷材料 ..... 20

1.3.2 高分子材料 ..... 25

1.3.3 复合材料 ..... 30

1.4 工程材料的选择 ..... 35

1.4.1 选材原则 ..... 35

1.4.2 选材步骤 ..... 40

1.4.3 选材实例 ..... 45

2 金属材料 ..... 50

2.1 金属的晶体结构 ..... 50

2.2 金属的力学性能 ..... 55

2.3 金属的腐蚀与防护 ..... 60

3 非金属材料 ..... 65

3.1 陶瓷材料 ..... 65

3.2 高分子材料 ..... 70

3.3 复合材料 ..... 75

4 工程材料的选择 ..... 80

4.1 选材原则 ..... 80

4.2 选材步骤 ..... 85

4.3 选材实例 ..... 90

5 金属材料 ..... 95

5.1 金属的晶体结构 ..... 95

5.2 金属的力学性能 ..... 100

5.3 金属的腐蚀与防护 ..... 105

6 非金属材料 ..... 110

6.1 陶瓷材料 ..... 110

6.2 高分子材料 ..... 115

6.3 复合材料 ..... 120

7 工程材料的选择 ..... 125

7.1 选材原则 ..... 125

7.2 选材步骤 ..... 130

7.3 选材实例 ..... 135

8 金属材料 ..... 140

8.1 金属的晶体结构 ..... 140

8.2 金属的力学性能 ..... 145

8.3 金属的腐蚀与防护 ..... 150

9 非金属材料 ..... 155

9.1 陶瓷材料 ..... 155

9.2 高分子材料 ..... 160

9.3 复合材料 ..... 165

10 工程材料的选择 ..... 170

10.1 选材原则 ..... 170

10.2 选材步骤 ..... 175

10.3 选材实例 ..... 180

11 金属材料 ..... 185

11.1 金属的晶体结构 ..... 185

11.2 金属的力学性能 ..... 190

11.3 金属的腐蚀与防护 ..... 195

12 非金属材料 ..... 200

12.1 陶瓷材料 ..... 200

12.2 高分子材料 ..... 205

12.3 复合材料 ..... 210

13 工程材料的选择 ..... 215

13.1 选材原则 ..... 215

13.2 选材步骤 ..... 220

13.3 选材实例 ..... 225

14 金属材料 ..... 230

14.1 金属的晶体结构 ..... 230

14.2 金属的力学性能 ..... 235

14.3 金属的腐蚀与防护 ..... 240

15 非金属材料 ..... 245

15.1 陶瓷材料 ..... 245

15.2 高分子材料 ..... 250

15.3 复合材料 ..... 255

16 工程材料的选择 ..... 260

16.1 选材原则 ..... 260

16.2 选材步骤 ..... 265

16.3 选材实例 ..... 270

17 金属材料 ..... 275

17.1 金属的晶体结构 ..... 275

17.2 金属的力学性能 ..... 280

17.3 金属的腐蚀与防护 ..... 285

18 非金属材料 ..... 290

18.1 陶瓷材料 ..... 290

18.2 高分子材料 ..... 295

18.3 复合材料 ..... 300

19 工程材料的选择 ..... 305

19.1 选材原则 ..... 305

19.2 选材步骤 ..... 310

19.3 选材实例 ..... 315

20 金属材料 ..... 320

20.1 金属的晶体结构 ..... 320

20.2 金属的力学性能 ..... 325

20.3 金属的腐蚀与防护 ..... 330

21 非金属材料 ..... 335

21.1 陶瓷材料 ..... 335

21.2 高分子材料 ..... 340

21.3 复合材料 ..... 345

22 工程材料的选择 ..... 350

22.1 选材原则 ..... 350

22.2 选材步骤 ..... 355

22.3 选材实例 ..... 360

23 金属材料 ..... 365

23.1 金属的晶体结构 ..... 365

23.2 金属的力学性能 ..... 370

23.3 金属的腐蚀与防护 ..... 375

24 非金属材料 ..... 380

24.1 陶瓷材料 ..... 380

24.2 高分子材料 ..... 385

24.3 复合材料 ..... 390

25 工程材料的选择 ..... 395

25.1 选材原则 ..... 395

25.2 选材步骤 ..... 400

25.3 选材实例 ..... 405

26 金属材料 ..... 410

26.1 金属的晶体结构 ..... 410

26.2 金属的力学性能 ..... 415

26.3 金属的腐蚀与防护 ..... 420

27 非金属材料 ..... 425

27.1 陶瓷材料 ..... 425

27.2 高分子材料 ..... 430

27.3 复合材料 ..... 435

28 工程材料的选择 ..... 440

28.1 选材原则 ..... 440

28.2 选材步骤 ..... 445

28.3 选材实例 ..... 450

29 金属材料 ..... 455

29.1 金属的晶体结构 ..... 455

29.2 金属的力学性能 ..... 460

29.3 金属的腐蚀与防护 ..... 465

30 非金属材料 ..... 470

30.1 陶瓷材料 ..... 470

30.2 高分子材料 ..... 475

30.3 复合材料 ..... 480

31 工程材料的选择 ..... 485

31.1 选材原则 ..... 485

31.2 选材步骤 ..... 490

31.3 选材实例 ..... 495

32 金属材料 ..... 500

32.1 金属的晶体结构 ..... 500

32.2 金属的力学性能 ..... 505

32.3 金属的腐蚀与防护 ..... 510

33 非金属材料 ..... 515

33.1 陶瓷材料 ..... 515

33.2 高分子材料 ..... 520

33.3 复合材料 ..... 525

34 工程材料的选择 ..... 530

34.1 选材原则 ..... 530

34.2 选材步骤 ..... 535

34.3 选材实例 ..... 540

35 金属材料 ..... 545

35.1 金属的晶体结构 ..... 545

35.2 金属的力学性能 ..... 550

35.3 金属的腐蚀与防护 ..... 555

36 非金属材料 ..... 560

36.1 陶瓷材料 ..... 560

36.2 高分子材料 ..... 565

36.3 复合材料 ..... 570

37 工程材料的选择 ..... 575

37.1 选材原则 ..... 575

37.2 选材步骤 ..... 580

37.3 选材实例 ..... 585

38 金属材料 ..... 590

38.1 金属的晶体结构 ..... 590

38.2 金属的力学性能 ..... 595

38.3 金属的腐蚀与防护 ..... 600

39 非金属材料 ..... 605

39.1 陶瓷材料 ..... 605

39.2 高分子材料 ..... 610

39.3 复合材料 ..... 615

40 工程材料的选择 ..... 620

40.1 选材原则 ..... 620

40.2 选材步骤 ..... 625

40.3 选材实例 ..... 630

41 金属材料 ..... 635

41.1 金属的晶体结构 ..... 635

41.2 金属的力学性能 ..... 640

41.3 金属的腐蚀与防护 ..... 645

42 非金属材料 ..... 650

42.1 陶瓷材料 ..... 650

42.2 高分子材料 ..... 655

42.3 复合材料 ..... 660

43 工程材料的选择 ..... 665

43.1 选材原则 ..... 665

43.2 选材步骤 ..... 670

43.3 选材实例 ..... 675

44 金属材料 ..... 680

44.1 金属的晶体结构 ..... 680

44.2 金属的力学性能 ..... 685

44.3 金属的腐蚀与防护 ..... 690

45 非金属材料 ..... 695

45.1 陶瓷材料 ..... 695

45.2 高分子材料 ..... 700

45.3 复合材料 ..... 705

46 工程材料的选择 ..... 710

46.1 选材原则 ..... 710

46.2 选材步骤 ..... 715

46.3 选材实例 ..... 720

47 金属材料 ..... 725

47.1 金属的晶体结构 ..... 725

47.2 金属的力学性能 ..... 730

47.3 金属的腐蚀与防护 ..... 735

48 非金属材料 ..... 740

48.1 陶瓷材料 ..... 740

48.2 高分子材料 ..... 745

48.3 复合材料 ..... 750

49 工程材料的选择 ..... 755

49.1 选材原则 ..... 755

49.2 选材步骤 ..... 760

49.3 选材实例 ..... 765

50 金属材料 ..... 770

50.1 金属的晶体结构 ..... 770

50.2 金属的力学性能 ..... 775

50.3 金属的腐蚀与防护 ..... 780

51 非金属材料 ..... 785

51.1 陶瓷材料 ..... 785

51.2 高分子材料 ..... 790

51.3 复合材料 ..... 795

52 工程材料的选择 ..... 800

52.1 选材原则 ..... 800

52.2 选材步骤 ..... 805

52.3 选材实例 ..... 810

53 金属材料 ..... 815

53.1 金属的晶体结构 ..... 815

53.2 金属的力学性能 ..... 820

53.3 金属的腐蚀与防护 ..... 825

54 非金属材料 ..... 830

54.1 陶瓷材料 ..... 830

54.2 高分子材料 ..... 835

54.3 复合材料 ..... 840

55 工程材料的选择 ..... 845

55.1 选材原则 ..... 845

55.2 选材步骤 ..... 850

55.3 选材实例 ..... 855

56 金属材料 ..... 860

56.1 金属的晶体结构 ..... 860

56.2 金属的力学性能 ..... 865

56.3 金属的腐蚀与防护 ..... 870

57 非金属材料 ..... 875

57.1 陶瓷材料 ..... 875

57.2 高分子材料 ..... 880

57.3 复合材料 ..... 885

58 工程材料的选择 ..... 890

58.1 选材原则 ..... 890

58.2 选材步骤 ..... 895

58.3 选材实例 ..... 900

59 金属材料 ..... 905

59.1 金属的晶体结构 ..... 905

59.2 金属的力学性能 ..... 910

59.3 金属的腐蚀与防护 ..... 915

60 非金属材料 ..... 920

60.1 陶瓷材料 ..... 920

60.2 高分子材料 ..... 925

60.3 复合材料 ..... 930

61 工程材料的选择 ..... 935

61.1 选材原则 ..... 935

61.2 选材步骤 ..... 940

61.3 选材实例 ..... 945

62 金属材料 ..... 950

62.1 金属的晶体结构 ..... 950

62.2 金属的力学性能 ..... 955

62.3 金属的腐蚀与防护 ..... 960

63 非金属材料 ..... 965

63.1 陶瓷材料 ..... 965

63.2 高分子材料 ..... 970

63.3 复合材料 ..... 975

64 工程材料的选择 ..... 980

64.1 选材原则 ..... 980

64.2 选材步骤 ..... 985

64.3 选材实例 ..... 990

65 金属材料 ..... 995

65.1 金属的晶体结构 ..... 995

65.2 金属的力学性能 ..... 1000

65.3 金属的腐蚀与防护 ..... 1005

66 非金属材料 ..... 1010

66.1 陶瓷材料 ..... 1010

66.2 高分子材料 ..... 1015

66.3 复合材料 ..... 1020

67 工程材料的选择 ..... 1025

67.1 选材原则 ..... 1025

67.2 选材步骤 ..... 1030

67.3 选材实例 ..... 1035

68 金属材料 ..... 1040

68.1 金属的晶体结构 ..... 1040

68.2 金属的力学性能 ..... 1045

68.3 金属的腐蚀与防护 ..... 1050

69 非金属材料 ..... 1055

69.1 陶瓷材料 ..... 1055

69.2 高分子材料 ..... 1060

69.3 复合材料 ..... 1065

70 工程材料的选择 ..... 1070

70.1 选材原则 ..... 1070

70.2 选材步骤 ..... 1075

70.3 选材实例 ..... 1080

71 金属材料 ..... 1085

71.1 金属的晶体结构 ..... 1085

71.2 金属的力学性能 ..... 1090

71.3 金属的腐蚀与防护 ..... 1095

72 非金属材料 ..... 1100

72.1 陶瓷材料 ..... 1100

72.2 高分子材料 ..... 1105

72.3 复合材料 ..... 1110

73 工程材料的选择 ..... 1115

73.1 选材原则 ..... 1115

73.2 选材步骤 ..... 1120

73.3 选材实例 ..... 1125

74 金属材料 ..... 1130

74.1 金属的晶体结构 ..... 1130

74.2 金属的力学性能 ..... 1135

74.3 金属的腐蚀与防护 ..... 1140

75 非金属材料 ..... 1145

75.1 陶瓷材料 ..... 1145

75.2 高分子材料 ..... 1150

75.3 复合材料 ..... 1155

76 工程材料的选择 ..... 1160

76.1 选材原则 ..... 1160

76.2 选材步骤 ..... 1165

76.3 选材实例 ..... 1170

77 金属材料 ..... 1175

77.1 金属的晶体结构 ..... 1175

77.2 金属的力学性能 ..... 1180

77.3 金属的腐蚀与防护 ..... 1185

78 非金属材料 ..... 1190

78.1 陶瓷材料 ..... 1190

78.2 高分子材料 ..... 1195

78.3 复合材料 ..... 1200

79 工程材料的选择 ..... 1205

79.1 选材原则 ..... 1205

79.2 选材步骤 ..... 1210

79.3 选材实例 ..... 1215

80 金属材料 ..... 1220

80.1 金属的晶体结构 ..... 1220

80.2 金属的力学性能 ..... 1225

80.3 金属的腐蚀与防护 ..... 1230

81 非金属材料 ..... 1235

81.1 陶瓷材料 ..... 1235

81.2 高分子材料 ..... 1240

81.3 复合材料 ..... 1245

82 工程材料的选择 ..... 1250

82.1 选材原则 ..... 1250

82.2 选材步骤 ..... 1255

82.3 选材实例 ..... 1260

83 金属材料 ..... 1265

83.1 金属的晶体结构 ..... 1265

83.2 金属的力学性能 ..... 1270

83.3 金属的腐蚀与防护 ..... 1275

84 非金属材料 ..... 1280

84.1 陶瓷材料 ..... 1280

84.2 高分子材料 ..... 1285

84.3 复合材料 ..... 1290

85 工程材料的选择 ..... 1295

85.1 选材原则 ..... 1295

85.2 选材步骤 ..... 1300

85.3 选材实例 ..... 1305

86 金属材料 ..... 1310

86.1 金属的晶体结构 ..... 1310

86.2 金属的力学性能 ..... 1315

86.3 金属的腐蚀与防护 ..... 1320

87 非金属材料 ..... 1325

87.1 陶瓷材料 ..... 1325

87.2 高分子材料 ..... 1330

87.3 复合材料 ..... 1335

88 工程材料的选择 ..... 1340

88.1 选材原则 ..... 1340

88.2 选材步骤 ..... 1345

88.3 选材实例 ..... 1350

89 金属材料 ..... 1355

89.1 金属的晶体结构 ..... 1355

89.2 金属的力学性能 ..... 1360

89.3 金属的腐蚀与防护 ..... 1365

90 非金属材料 ..... 1370

90.1 陶瓷材料 ..... 1370

90.2 高分子材料 ..... 1375

90.3 复合材料 ..... 1380

91 工程材料的选择 ..... 1385

91.1 选材原则 ..... 1385

91.2 选材步骤 ..... 1390

91.3 选材实例 ..... 1395

92 金属材料 ..... 1400

92.1 金属的晶体结构 ..... 1400

92.2 金属的力学性能 ..... 1405

92.3 金属的腐蚀与防护 ..... 1410

93 非金属材料 ..... 1415

93.1 陶瓷材料 ..... 1415

93.2 高分子材料 ..... 1420

93.3 复合材料 ..... 1425

94 工程材料的选择 ..... 1430

94.1 选材原则 ..... 1430

94.2 选材步骤 ..... 1435

94.3 选材实例 ..... 1440

95 金属材料 ..... 1445

95.1 金属的晶体结构 ..... 1445

95.2 金属的力学性能 ..... 1450

95.3 金属的腐蚀与防护 ..... 1455

96 非金属材料 ..... 1460

96.1 陶瓷材料 ..... 1460

96.2 高分子材料 ..... 1465

96.3 复合材料 ..... 1470

97 工程材料的选择 ..... 1475

97.1 选材原则 ..... 1475

97.2 选材步骤 ..... 1480

97.3 选材实例 ..... 1485

98 金属材料 ..... 1490

98.1 金属的晶体结构 ..... 1490

98.2 金属的力学性能 ..... 1495

98.3 金属的腐蚀与防护 ..... 1500

99 非金属材料 ..... 1505

99.1 陶瓷材料 ..... 1505

99.2 高分子材料 ..... 1510

99.3 复合材料 ..... 1515

100 工程材料的选择 ..... 1520

100.1 选材原则 ..... 1520

100.2 选材步骤 ..... 1525

100.3 选材实例 ..... 1530



# 序

材料科学的发展一直是社会进步的物质基础和先导。人类社会的发展史证明，生产中使用的材料的性质直接反映了人类社会的文化水平。材料在人类历史进程中的地位人所共知，材料发展与社会进步有着密切关系。它是衡量人类社会文明程度的标志之一。

通常将制造机械零件、工程构件、工具等的材料成为工程材料。将改变原材料的尺寸、形状和性能的加工过程称为成形。根据制造目的不同，选用合适的材料和加工方法，以保证用最低成本生产出性能优良的产品。

## 0.1 工程材料在制造业中的地位和作用

工程材料是工业生产的基础。材料工业的发展水平是衡量一个国家经济实力以技术水平的重要标志，对一个国家的科学技术和经济实力、对社会文明进步有着至关重要的影响。工程材料种类繁多、性能各异，其中金属材料是最重要的工程材料，金属材料包括钢铁、非铁金属及合金。近年来非金属材料、复合材料发展迅速，已经成为重要的工程材料。新技术的发展对一些特殊功能材料提出更高的要求，一种新材料的出现又会引起新技术的诞生。

正确地选择原材料关系到产品的质量、使用寿命、生产成本、生产周期与经济效益。

## 0.2 工程材料的历史、分类及发展趋势

### 0.2.1 工程材料的历史

工程材料是机械产品制造所必须的物质基础，工程材料的使用与人类进步密切相关，标志着人类文明的发展水平。所以，历史学家将人类的历史按使用材料的种类划分成了石器时代、陶器、铜器时代和铁器时代等。早在公元前 2000 年左右的青铜器时代，人类就开始了工程材料的冶炼和加工制造。公元前 2000 多年的夏代，我国就掌握了青铜冶炼术，到距今 3000 多年前的殷商、西周时期，技术达到当时世界高峰，用青铜制造的生产工具、生活用具、兵器和马饰，得到普遍应用。河南安阳武官村发掘出来的重达 875kg 的祭器司母戊大方鼎，不仅体积庞大，而且花纹精巧，造型美观。湖北江陵楚墓中发现的埋藏 2000 多年的越王勾践的宝剑仍金光闪闪，说明人们已掌握了锻造和热处理技术。春秋战国时期，我国开始大量使用铁器，白口铸铁、灰铸铁、可锻铸铁相继出现。公元 1368 年，明代科学家宋应星编著了闻名世界的《天工开物》，详细记载了冶铁、铸造、锻铁、淬火等各种金属加工制造方法，是最早涉及工程材料及成形技术的著作之一。在陶瓷及天然高分子材料(如丝绸)方面，我国也曾远销欧亚诸国，踏出了名垂千

古的丝绸之路，为世界文明史添上了光辉的一页。19世纪以来，工程材料获得了高速发展，到20世纪中期，金属材料的使用达到鼎盛时期，由钢铁材料所制造的产品约占机械产品的95%。今后的发展趋势是传统材料不断扩大品种规模，不断提高质量并降低成本，新材料特别是人工合成材料等将得到快速发展，从而形成金属、高分子、陶瓷及复合材料三分天下的新时代。

另外，功能材料、纳米材料等高科技材料将加速研究，逐渐成熟并获得应用。工程材料的发展已成为所有科技进步的核心。

### 0.2.2 工程材料的分类

工程材料按成分特点可分为金属材料、非金属材料、复合材料，见表0.1所示；按用途分为结构材料、工具材料、功能材料；按应用领域分为机械工程材料、建筑工程材料、能源工程材料、信息工程材料、生物工程材料等。

表0-1 按成分特点的工程材料种类

金属材料	钢铁材料	钢	非合金钢（碳钢）
			低合金钢
			合金钢
		铸铁	灰铸铁
			球墨铸铁
			蠕墨铸铁
			可锻铸铁
		合金铸铁	
	非铁金属材料 (有色金属)	轻金属	铝、镁、钛等
		重金属	铜、铅、锌、镍、汞等
贵金属		金、银、铂、铑等	
稀土金属		钕、镧、铈、镨、钐等	
稀有金属		铍、铟等	
非金属材料	有机高分子材料	塑料	
		橡胶	
		合成纤维	
	陶瓷材料	普通陶瓷	用天然无机物烧结而成
特种陶瓷		用精制高纯无机物制成	
复合材料	金属基复合材料	纤维增强金属、粒子增强金属、包层金属等	
	无机非金属基复合材料	钢筋混凝土、夹网玻璃、纤维增强陶瓷等	
	有机材料基复合材料	碳纤维增强塑料、玻璃纤维增强塑料、金属纤维增强橡胶、棉纤维增强橡胶等	

金属材料通常分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属通常包括铁及其合金、锰及铬等；有色金属包括轻金属(铝、镁、锂、铍等)，重金属(铜、锌、镍、铅等)，贵金属(金、银、铂族)，稀有金属(钛、锆、钒、钨、钼等)；另外，还有类金属(铀、钍等)等。从总产量来看，钢铁材料的产量占绝对优势，占世界金属总产量的95%，而且有许多良好的性能，能满足大多数条件下的应用，故用量最大。

铝、铜及其合金是目前最常用的非铁金属，在工业和民用方面具有重要作用。钛合金是一种高性能的轻质结构材料，比强度高，且具有良好的耐高温性、耐腐蚀性，是制造飞机、导弹、火箭等航空航天工业产品的重要结构材料。

非金属材料分为高分子材料、陶瓷材料。合成高分子材料应用广泛，改变了长期以来以钢铁材料为核心的状况。陶瓷材料一般具有高硬度、高绝缘性、耐高温、耐腐蚀的特点。主要用于化工设备、电器绝缘器、加工工具、发动机耐热元件等。

复合材料是指由两种或两种以上成分且物理、化学性能不同的物质，用适当的工艺方法复合而成的多相固体材料。一般由基体和增强材料组成。复合材料具有各组分材料具备的优良性能，从生活用品到机械、船舶、飞机等各个领域都得到广泛应用。

### 0.2.3 工程材料的发展趋势

为适应新兴的产业革命，各种新材料、新工艺不断涌现。主要表现在以下4个方面。

#### (1) 高性能的新型金属材料。

高性能材料就是指具有高强度、高韧性、耐高温、耐低温、抗腐蚀、抗辐射等性能的材料。这种材料对发展空间技术、核能、海洋开发等工业有着极其密切的关系。新材料是采用新技术和新工艺发展的。高性能材料的研究热点主要是传统金属材料的微合金化、金属间化合物结构材料、金属基复合材料、新型有色金属材料等等。

#### (2) 非晶(亚稳态)材料。

上世纪70年代通过快冷技术(106K/s)而获得非晶态或亚稳态合金材料，由于骤冷，金属中的合金元素偏析程度降低，没有晶界，从而可提高合金化程度，而不致产生脆性相，非晶态合金具有高强度、耐腐蚀等特点。在工程应用中，通过高能束流等处理技术可在工件表面获得非晶态或纳米结构，改善和提高工件表面的耐磨性和耐蚀性。

#### (3) 特殊条件下应用的金属材料。

在低温、高压、高真空、高温以及辐照条件下，材料的结构和组织将会转变。并因此引起性能变化。例如，在高压下、电磁场作用下的金属凝固和加工技术，微重力条件下金属材料的凝固技术，高压及冲击波对材料性能影响的试验研究等等。另外，太空、深海洋等工程技术所用的材料将继续深入研讨。

#### (4) 材料的设计及选用计算机化。

由于电子计算机及应用技术的高度发展，使得人们可以按照指定的性能进行材料设计正逐步成为现实。目前已初步建立起了计算机化的各种材料性能数据库和计算机辅助选材系统，并进一步向智能化方向发展，从前提提高了工程技术的用材水平。

实践证明，新产品的出现很大程度上依赖于材料科学的发展和制造水平的提高，而新材料的发展又可以推动传统产业的技术进步和产业结构调整。

## 0.3 工程材料篇的性质、基本要求和学习方法

### 0.3.1 性质

工程材料是研究与材料有关的成分、工艺、组织和性能相互之间关系的一门技术基础课。是机械类各专业必修的综合性技术基础课。制造行业的设计、生产、管理、使用、维修人员，必须了解常用工程材料的有关知识。

### 0.3.2 基本要求

通过学习，使学生获得有关工程材料的基本理论、基本知识，并一般了解材料分析的基本方法；了解常用工程材料的成分、工艺、组织和性能之间的关系；具有根据机械零件的工作条件和性能要求，合理地选用机械工程材料的初步能力。

学生通过本课程的学习，应达到下列要求：

- (1) 了解工程材料在机械制造过程中的地位和作用；
- (2) 掌握工程材料的种类、牌号、成份、热处理规范、组织、力学性能和用途；
- (3) 了解与本课程有关的新材料、新工艺、新技术及其发展趋势；
- (4) 能够根据工程构件、机器零件(或工具)的服役条件，具有合理选用材料，正确确定热处理技术条件的知识；
- (5) 能对材料产品质量作初步分析，提出消除或预防热处理缺陷的措施。

### 0.3.3 学习方法

本课程具有实践性强的特点，其内容与生产、生活密切相关。为达到教学要求，学生应做好以下四个方面。

- (1) 学生应掌握先修知识。学习前应先修完“机械制图”、“工程力学”、“机械设计基础”等课程；
- (2) 重视理论联系实际，训练并逐渐提高运用所学理论知识分析和解决实际问题的能力。
- (3) 制订学习计划，合理安排好学习时间并按照计划进行学习。安排和处理好学习与生活的相互关系。
- (4) 充分利用图书馆，查阅图书资料，了解科技前沿，掌握先进的新材料、新工艺。

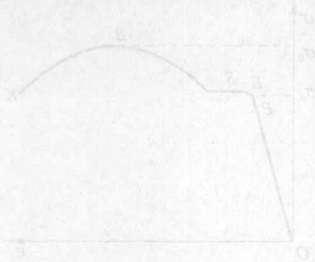


图 0.3.1 应力-应变曲线 (σ-ε 图)

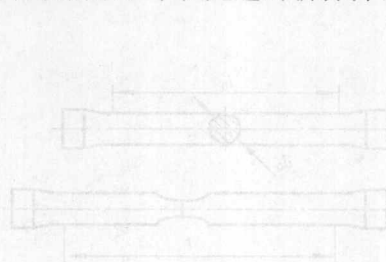


图 0.3.2 拉伸试样 (I 型图)



# 第 1 章 金属材料性能

工程上所用的各种金属材料、非金属材料 and 复合材料统称为工程材料。材料的性能包括工艺性能和使用性能两类。

工艺性能是指材料对各种加工工艺适应的能力，它包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能和热处理工艺性能等；使用性能是指材料在使用过程中表现出来的性能，它包括力学性能、物理性能和化学性能等。

## 1.1 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抵抗能力。由于载荷的形式不同，材料可表现出不同的力学性能，如强度、硬度、塑性、韧性、疲劳强度等。材料的力学性能是零件设计、材料选择及工艺评定的主要依据。

### 1.1.1 强度

材料在外力作用下抵抗变形和断裂的能力称为材料的强度。根据外力的作用方式，强度分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和抗剪强度等。在使用中一般多以抗拉强度作为基本的强度指标，简称为强度，强度单位为 MPa(N/mm<sup>2</sup>)。

材料的强度、塑性是依据国家标准(GB/T 228—1987)通过拉伸试验测定的。这种测试方法是指把一定形状和尺寸的试样装夹在拉力试验机上，然后对试样逐渐施加拉伸载荷，直至把试样拉断为止。拉伸前后的试样如图 1.1 所示。标准试样的截面有圆形和矩形，圆形试样用得较多，圆形试样有长试样( $l=10d$ )和短试样( $l=5d$ )两种。一般拉伸试验机上都有自动记录装置，可绘制出载荷( $F$ )与试样伸长量( $\Delta L$ )之间的关系曲线，并据此可测定应力( $\sigma$ )—应变( $\epsilon$ )关系。 $\sigma=F/S$ ( $S$ 为试样原始截面积)、 $\epsilon=(L-L_0)/L_0$ (%)。如图 1.2 所示，为低碳钢的应力—应变曲线( $\sigma$ — $\epsilon$ 曲线)。研究表明低碳钢在外加载荷作用下的变形过程一般可分为三个阶段，即弹性变形、塑性变形和断裂。

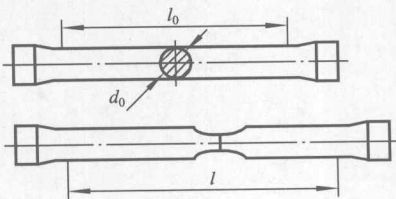


图 1.1 拉伸试样

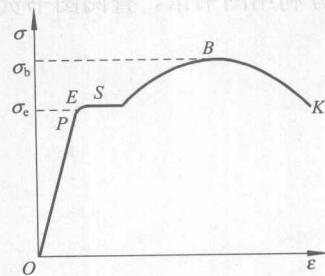


图 1.2 低碳钢的应力—应变曲线图