

大学工科教学、实践通用教材

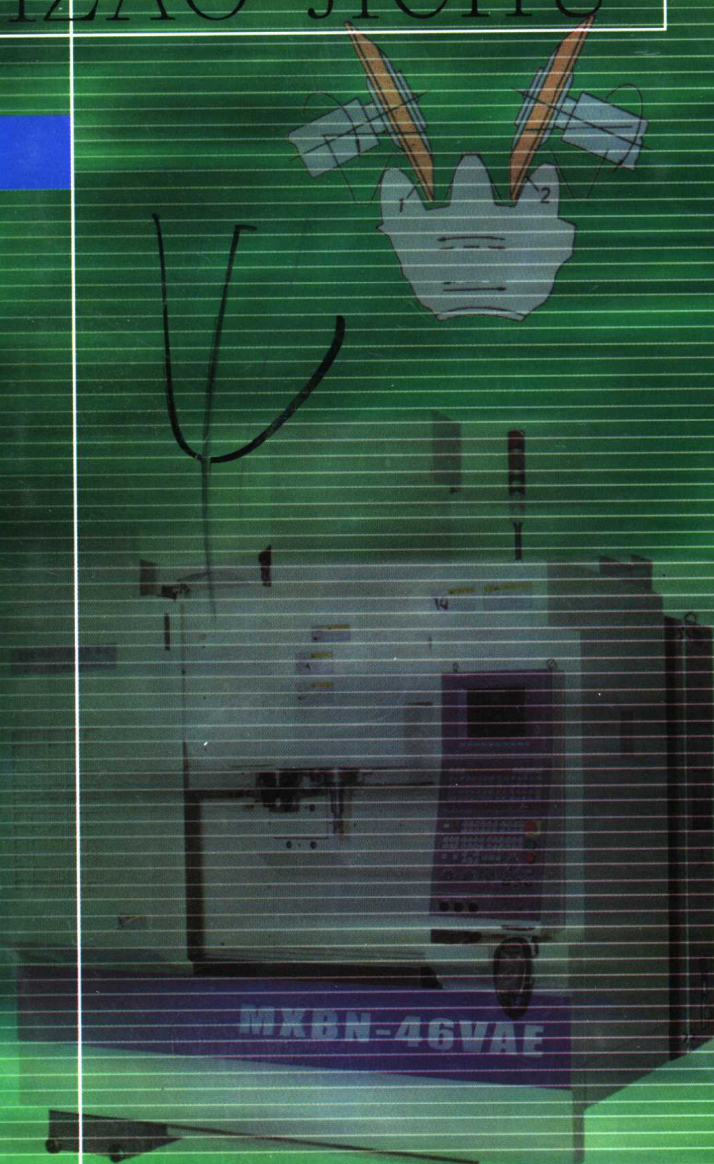
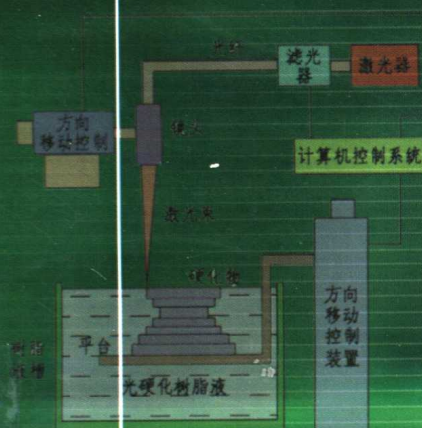
机械制造基础

JIXIE ZHIZAO JICHU

(第二版)

主编 鞠鲁粤

主审 陈茂贞



上海交通大学出版社

大学工科教学、实践通用教材

机械制造基础

(第二版)

主编 鞠鲁粤

主审 陈茂贞

上海交通大学出版社

内 容 简 介

本书是工科学生课堂教学和实践教学的教学参考书,也可作为工程技术人员参考用书。

全书共分 17 章。前 6 章主要介绍工程材料及热处理,铸造成形,锻压成形,焊接成形,非金属材料成形和快速成形(RP)方法。后 11 章主要介绍了金属切削基本知识,钳工,车削加工,铣、刨、镗、拉削加工,齿轮加工,磨削、精密加工,数控加工,特种加工,计算机辅助设计与制造(CAD/CAM),机械制造工艺过程,先进机械制造技术(AMT)发展等。为配合学习,每一章节都附有习题,便于读者进行复习和总结,巩固已学知识。为适应机械制造的飞速发展,许多章节都介绍了现代加工方法的新成果和新发展,便于读者了解先进制造技术的发展趋势。

本书阐述了各种成形过程和加工过程的工艺原理、工艺方法、自身规律、相互联系及技术进展。本书注重理论教学与实践相结合,曾获得上海市优秀教材三等奖。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/鞠鲁粤主编. —修订版. —上海:上海交通大学出版社,2000

ISBN 7-313-02025-2

工程类教学、实践通用教材

I. 机… I. 鞠… III. 机械制造-高等学校-教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 26259 号

机械制造基础

(第二版)

鞠鲁粤 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市文化印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:15.5 字数:378千字

1998年5月第1版 2001年3月第2版 2001年3月第4次印刷

印数:10100—17150

ISBN 7-313-02025-2/TH·065 定价:21.00元

版权所有 侵权必究

前 言

机械制造基础(金属工艺学)是高等工科院校近机类和非机类专业的一门重要的技术基础课程。本教材自1998年4月第一版问世后,受到兄弟院校同仁的厚爱,1万多册已告售罄,获得上海市优秀教材三等奖。

进入21世纪,在强调高等院校创新教育的同时,实践教育已提到了极为重要的位置。本教材的改编,就是建立在创新和实践两大立意上的。

本书的编写从三个角度考虑:其一,通过工程材料及其性能控制、材料成形、机械加工三个方面,分别叙述传统的机械制造过程及方法;其二,尽可能全面地介绍机械制造中的一些新工艺、新技术、新方法及其发展趋势,以扩大学生的视野,适应用人单位对学生知识结构和知识面的要求,使高校培养的学生能适应时代对工程技术人员的要求;其三,在编写本书的同时,已开始进行教材的多媒体建设。因此,在编写的过程中,尽量为多媒体教材的实施作好铺垫,读者很快就会看到笔者主编的多媒体配套教材。

本书内容较新,实践性较强,不但可以满足工科学生的课程学习需求,同时也可作为机械制造实践训练教材。

本书的编者长期从事近机类、非机类和机械类工科学生的金工实习和课程教学工作,已累计有近万人次的机械制造基础教学工作经历。本书的编写,是编者长期教学工作经验的总结,对非机类、近机类和其他专业的学生掌握机械制造科学会有一定的帮助。

参加本书编写的人员有:(按章节顺序)鞠鲁粤(第1,7,8,9,12,16,17章)、李祖齐(第2章)、姚勤(第3,5章)、方宇栋(第4章)、张萍(第5章)、陈方泉(第6章)、秦亦慧(第10章)、朱克华、陆筠(第11章)、陆建刚(第13章)、章宇、吴卫东(第14章)、陈东(第15章)。

全书由上海大学鞠鲁粤教授主编,陈茂贞先生主审。

本书在编写过程中,参考了有关教材、手册、资料,并得到众多同志的支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,书中难免有错误和不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2001年2月

目 录

第 1 章 工程材料	1
1.1 金属材料简介	1
1.1.1 金属材料的种类	1
1.1.2 金属材料的性能	2
1.2 晶体的结构	3
1.2.1 晶体与非晶体	3
1.2.2 实际金属结构	3
1.3 金属的结晶	5
1.3.1 结晶的概念	5
1.3.2 金属结晶过程	5
1.3.3 铸态晶粒的大小	5
1.3.4 金属的同素异构	6
1.4 二元合金和其晶体结构	6
1.5 铁碳合金	8
1.5.1 铁碳合金的基本组织	8
1.5.2 铁碳合金状态图	8
1.5.3 铁碳合金的平衡结晶过程与组织转变	9
1.5.4 铁碳合金室温组织性能随成分的变化规律	11
1.6 钢的热处理	11
1.6.1 概述	11
1.6.2 钢在加热时的转变	11
1.6.3 钢在冷却时的转变	12
1.6.4 常用钢的热处理	14
1.7 塑料	16
1.7.1 塑料的组成	16
1.7.2 塑料的分类和性能	17
1.8 现代结构材料	18
1.8.1 现代材料发展概述	18
1.8.2 铝合金	18
1.8.3 钛合金	18
1.8.4 镍及镍合金	19
1.8.5 镁及镁合金	19
1.8.6 难熔金属	19
1.8.7 先进陶瓷	19

1.8.8 复合材料·····	20
1.9 功能材料·····	22
1.9.1 传感器用敏感材料·····	22
1.9.2 电功能材料·····	22
1.9.3 磁功能材料·····	22
1.9.4 新能源材料·····	23
1.9.5 光学功能材料·····	23
1.9.6 热功能材料·····	23
1.9.7 力学、声学功能材料·····	23
1.10 纳米材料·····	23
1.10.1 纳米材料的发展·····	24
1.10.2 纳米材料的应用及前景·····	24
习题·····	26
第2章 铸造成形 ·····	28
2.1 概述·····	28
2.2 铸件成形理论基础·····	29
2.2.1 金属的充型·····	29
2.2.2 合金的收缩·····	30
2.3 造型方法·····	33
2.3.1 手工造型·····	33
2.3.2 机器造型·····	36
2.3.3 造型生产线·····	38
2.4 铸造工艺分析·····	38
2.4.1 浇注位置和分型面的选择原则·····	38
2.4.2 浇注系统的确定·····	40
2.4.3 型芯的形式·····	41
2.4.4 主要工艺参数的确定·····	42
2.4.5 铸造工艺图的制定·····	43
2.5 特种铸造·····	43
2.6 常用铸造方法的比较·····	45
2.7 铸造新工艺新技术简介·····	46
2.7.1 真空密封造型·····	46
2.7.2 气流冲击造型·····	47
2.7.3 冷冻造型·····	47
2.8 铸造技术的发展趋势·····	47
习题·····	48

第3章 锻压成形	50
3.1 金属的塑性变形及锻造性能	50
3.1.1 金属的塑性变形	50
3.1.2 金属的锻造性能	51
3.2 锻造	53
3.2.1 自由锻造	53
3.2.2 胎模锻	56
3.2.3 模型锻造	58
3.3 板料冲压	59
3.3.1 冲压设备	60
3.3.2 冲压的基本工序	60
3.3.3 冲模	61
3.4 粉末冶金	63
3.4.1 粉末冶金的概念及工艺过程	63
3.4.2 粉末冶金的特点与应用	63
3.5 锻压新工艺简介	64
3.5.1 超塑性成形	64
3.5.2 粉末锻造	66
3.5.3 液态模锻	66
3.5.4 高能率成形	67
习题	68
第4章 焊接成形	71
4.1 概述	71
4.2 手工电弧焊	72
4.2.1 焊接电弧	72
4.2.2 焊缝形成过程	72
4.2.3 焊条	73
4.3 其他焊接方法	74
4.3.1 气焊与气割	74
4.3.2 二氧化碳气体保护焊	75
4.3.3 氩弧焊	75
4.3.4 埋弧自动焊	76
4.3.5 电渣焊	77
4.3.6 电阻焊	78
4.3.7 钎焊	79
4.3.8 摩擦焊	80
4.4 焊接接头	80

4.5	常用金属材料的焊接	82
4.5.1	金属焊接性的概念	82
4.5.2	常用金属材料的焊接	82
4.6	焊接结构设计简介	83
4.6.1	焊接应力与变形	84
4.6.2	焊接接头与坡口	85
4.6.3	焊缝位置的设计	85
4.7	胶接	85
4.7.1	胶接的基本原理	86
4.7.2	胶接的主要特点	86
4.7.3	胶接工艺	86
4.8	焊接新技术简介	87
4.8.1	等离子弧切割	87
4.8.2	激光切割	87
4.8.3	水射流切割	87
4.8.4	电子束焊	87
4.8.5	激光焊	88
4.8.6	扩散焊	88
4.8.7	窄间隙焊	88
4.8.8	堆焊与喷涂	89
4.8.9	螺柱焊	89
4.8.10	焊接机器人	90
	习题	90
第5章	非金属材料的成形	92
5.1	塑料的成形与加工	92
5.1.1	塑料的成形方法	92
5.1.2	塑料的加工方法	95
5.2	橡胶的成形加工	96
5.2.1	橡胶的组成	97
5.2.2	橡胶的分类和性能	97
5.2.3	橡胶的成形加工	98
5.3	陶瓷的成形加工	99
5.3.1	陶瓷材料简介	99
5.3.2	陶瓷的成形加工	100
5.4	复合材料的成形	102
5.4.1	复合材料的成形方法	102
5.4.2	复合材料的二次加工	104
	习题	105

第 6 章 快速成形	106
6.1 概述	106
6.1.1 快速原形制造(RP)	106
6.1.2 快速模具制造(RT)	107
6.1.3 快速精铸(QC)	108
6.1.4 快速反求工程(RRE)	108
6.2 快速成形技术的基本过程	108
6.2.1 RP 技术的工艺过程	108
6.2.2 RP 技术的功能	109
6.3 几种常用 RP 技术的工艺原理	109
6.3.1 立体光固化(SLA)	110
6.3.2 分层实体制造(LOM)	110
6.3.3 选择性激光烧结(SLS)	111
6.3.4 熔融沉积成形(FDM)	111
6.3.5 三维打印(3D-P)	111
6.3.6 形状沉积快速成形(SDM)	112
6.4 RP 技术的应用领域	113
习题	114
第 7 章 金属切削基本知识	116
7.1 概述	116
7.1.1 切削加工方法	116
7.1.2 机械加工质量	116
7.2 切削加工基本知识	118
7.2.1 切削运动和切削用量	118
7.2.2 切削刀具的基本知识	121
7.2.3 金属的切削过程	125
7.2.4 切削力和切削功率	126
7.2.5 非金属材料加工刀具	128
7.3 金属切削机床	128
7.3.1 金属切削机床的分类	128
7.3.2 机床的组成和基本结构	129
习题	132
第 8 章 钳工	135
8.1 概述	135
8.2 划线	135
8.3 锯削和锉削	136

8.3.1	锯削	136
8.3.2	锉削	137
8.4	钻削	137
8.5	装配	140
8.5.1	装配的工艺流程	140
8.5.2	装配方法	141
8.5.3	典型零件的装配	142
习题		143
第9章	车削加工	144
9.1	概述	144
9.1.1	车削加工范围	144
9.1.2	车削加工的工艺特点	145
9.2	卧式车床	146
9.2.1	卧式车床的组成	146
9.2.2	车床的传动系统	147
9.2.3	车床常用附件	148
9.3	车削加工基本方法	149
9.3.1	车削外圆	149
9.3.2	车削端面	149
9.3.3	车削锥面	150
9.3.4	车成形面	151
9.3.5	车螺纹	151
9.4	其他车床简介	152
习题		153
第10章	铣、刨、镗、拉削加工	155
10.1	铣削加工	155
10.1.1	铣削加工范围	155
10.1.2	铣削加工工艺特点	155
10.2	铣床	156
10.2.1	升降台铣床的主要结构	156
10.2.2	分度头及其工作	156
10.3	铣削加工基本方法	157
10.3.1	铣削方式	157
10.3.2	铣削发展趋势	159
10.4	刨削加工	160
10.4.1	刨削加工范围	160
10.4.2	刨削加工工艺特点	160

10.4.3 提高刨削效率的主要方法	161
10.5 镗削加工	161
10.5.1 镗削加工范围	161
10.5.2 镗削加工工艺特点	162
10.5.3 镗床	162
10.6 拉削加工	163
10.6.1 拉削加工范围	163
10.6.2 拉削加工工艺特点	163
习题	164
第 11 章 齿轮加工	166
11.1 概述	166
11.2 滚齿	166
11.2.1 滚齿的加工原理	166
11.2.2 滚齿工艺	167
11.3 插齿	168
11.4 剃齿	168
11.4.1 剃齿加工的特点和原理	168
11.4.2 刀具、夹具、工件的安装	169
11.4.3 剃齿方法	169
11.5 珩齿	169
11.5.1 珩齿加工原理	169
11.5.2 珩削方法	170
11.5.3 珩齿加工参数对齿形精度的影响	170
11.6 齿轮磨削	170
习题	171
第 12 章 磨削、精密加工	172
12.1 概述	172
12.2 磨削加工	172
12.2.1 磨削加工的加工范围	172
12.2.2 磨削加工的工艺特点	172
12.2.3 砂轮	173
12.2.4 磨削用量	174
12.2.5 磨削基本方法	175
12.2.6 磨削新工艺	177
12.3 精整和光整加工	178
12.3.1 精整和光整加工范畴	178
12.3.2 精整和光整加工特点	178

习题	179
第 13 章 数控加工	180
13.1 概述	180
13.1.1 数控机床的组成	180
13.1.2 数控机床的分类	180
13.1.3 数控机床的加工特点	182
13.1.4 常用数控系统的种类	182
13.2 数控加工程序	183
13.2.1 机床坐标系和工作坐标系的定义	183
13.2.2 编制程序的常用工艺指令	185
13.2.3 数控机床编程步骤简述	190
13.3 数控机床编程实例	191
习题	193
第 14 章 特种加工	194
14.1 概述	194
14.1.1 特种加工技术的发展	194
14.1.2 特种加工技术的特点	194
14.1.3 特种加工的分类	194
14.2 电火花加工	195
14.2.1 电火花成形设备及加工原理	195
14.2.2 电火花加工的应用	196
14.3 电火花线切割	197
14.3.1 电火花线切割工作原理	197
14.3.2 电火花线切割数控系统	198
14.4 超声波加工	199
14.4.1 超声波加工的基本原理和特点	200
14.4.2 超声波加工的应用	201
14.5 其他特种加工方法	201
14.5.1 其他特种加工方法简介	201
14.5.2 常用特种加工方法比较	202
习题	203
第 15 章 计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)	204
15.1 概述	204
15.1.1 CAD/CAM 技术概况	204
15.1.2 CAD/CAM 系统的主要任务	204
15.2 CAD/CAM 系统的硬件	206

15.2.1 CAD/CAM 系统的基本组成	206
15.2.2 CAD/CAM 系统硬件配置与选择原则	206
15.3 CAD/CAM 系统的软件	209
15.3.1 系统软件	209
15.3.2 应用软件	209
15.3.3 常用 CAD/CAM 软件介绍	210
习题	211
第 16 章 机械制造工艺过程	212
16.1 概述	212
16.1.1 生产过程和工艺过程	212
16.1.2 工艺过程的组成	212
16.1.3 生产纲领和生产类型	212
16.2 毛坯的选择	213
16.2.1 毛坯选择的原则	214
16.2.2 根据零件形状选择毛坯成形方法	215
16.3 加工余量和定位基准	215
16.3.1 加工余量	215
16.3.2 定位基准	216
16.4 各种表面加工方案的选择	216
16.5 典型零件工艺过程	217
16.5.1 机械加工工艺过程设计步骤	217
16.5.2 工艺路线的拟定	217
16.5.3 典型零件的工艺路线	218
习题	219
第 17 章 先进机械制造技术的发展	221
17.1 概述	221
17.1.1 热加工学科的发展	221
17.1.2 机械加工学科的地位及作用	221
17.2 先进机械制造技术及发展	222
17.2.1 机械制造系统	222
17.2.2 先进制造技术分类	223
17.2.3 先进制造技术概念	224
17.3 先进制造技术的特征和技术要素	228
习题	229
参考文献	231

第1章 工程材料

材料是现代文明的三大支柱之一,也是发展国民经济和机械工业的重要物质基础。20 世纪前半叶,应用于机械、航空、建筑等领域的工程材料,均是基于应力、应变为代表的 10^{-3}m 以上的宏观材料。材料科学发展比较缓慢。20 世纪 50 年代后固体物理学的发展与冶金科学的结合,形成了新的材料科学,到了 20 世纪 70 年代,又发展为“材料科学与工程”的新兴学科,材料工程进入了宏观与微观共同发展的新时期。1984 年,德国科学家 H. Gleiter 制成了第一块纳米材料——纳米微晶体块。IBM 前首席科学家 John Armstrong 指出:“我相信纳米科学和技术将会是下一个信息时代中心,就像在 20 世纪 70 年代的微米引起的革命一样。”纳米科学和技术将会改变人造物体的特性,这种材料技术的巨大进步和生产范例的改变将产生工业革命。

进入 21 世纪,材料科学蓬勃发展,新材料新技术层出不穷,极大地推动了科学技术和国民经济的发展。对于工科学生,适当了解现代材料的发展方向,具有极其重要的意义。

1.1 金属材料简介

1.1.1 金属材料的种类

传统金属材料是能源、通信、交通运输、建筑、家用电器等行业中最基本的构成物质,也是保证经济持续增长的支柱之一。金属材料是工程材料中广泛应用的一大类。金属材料可分为黑色金属和有色金属两类。

常用的黑色金属材料分为钢和铸铁两大类。碳钢按质量可分为普通质量钢、优质钢、高级优质钢、特级优质钢等;按化学成分可分为低碳钢($\omega_{\text{C}} \leq 0.25\%$)、中碳钢($\omega_{\text{C}} = 0.25\% \sim 0.6\%$)、高碳钢($\omega_{\text{C}} > 0.6\%$)、合金钢(低合金钢、中合金钢、高合金钢)等;按用途可分为结构钢(工程结构钢、机器零件用钢等)、工具钢(制造刀具、模具、量具等)、特殊性能钢(如不锈钢、耐热钢、耐磨钢、磁钢等)。

铸铁可分为白口铸铁(铁碳合金中的碳以 Fe_3C 形式出现)、灰口铸铁(碳以粗片状石墨出现)、可锻铸铁(碳以团絮状石墨形式出现)、球墨铸铁(碳以球状石墨形式出现)、蠕墨铸铁(碳以蠕虫状石墨形式出现)以及特殊性能铸铁(如耐磨铸铁代号 KmTB、冷硬铸铁代号 LT、耐热铸铁代号 RT、耐蚀铸铁代号 ST)等。常用的黑色金属分类如表 1-1 所示。

表 1-1 常用的黑色金属材料

名称	分类	编号方法		用途
		举例	说明	
碳 钢	碳素结构钢	Q235—A F	屈服点为 235MPa、质量为 A 级的沸腾钢	一般以型材供应的工程结构件,制造不太重要的机械零件及焊接件
	优质碳素结构钢	45	表示平均 ω_{C} 为万分之 45 的优质碳素结构钢	用于制造曲轴、传动轴、齿轮、连杆等重要零件

(续表)

名称	分类	编号方法		用途
		举例	说明	
碳钢	碳素工具钢	T8 T8A	表示平均 ω_c 为 8‰ 的碳素工具钢, A 表示高级优质	制造需较高硬度、耐磨性, 又能承受一定冲击的工具, 如手锤、冲头等
	一般工程铸造碳钢	ZG200—400	表示屈服强度为 200MPa、抗拉强度为 400MPa 的碳素铸钢	铸造用钢, 低碳铸钢, ZG310—570 为中碳铸钢, ZG340—640 为高碳铸钢
铸铁	灰口铸铁	HT200	表示试样直径为 30mm, 平均抗拉强度 200MPa 的灰口铸铁	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
	可锻铸铁	KTZ450—06	平均抗拉强度不小于 450MPa, 延伸率不小于 6% 的珠光体可锻铸铁	制造负荷较高的耐磨损零件, 如曲轴、连杆、齿轮、凸轮轴等薄壁小铸件
	球墨铸铁	QT450—10	表示抗拉强度大于 450MPa, 延伸率 10% 的球墨铸铁	承受冲击振动的零件如曲轴、蜗杆等
	蠕墨铸铁	RuT340	表示平均抗拉强度大于 450MPa 的蠕墨铸铁	制造大截面复杂铸件, 主要用来代替高强度灰口铸铁、合金铸铁

除了黑色金属以外的其他金属材料统称为有色金属, 如铜、铝及其合金、轴承合金、硬质合金等。

1.1.2 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, 如表 1-2 所示。

表 1-2 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、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	指在外力作用下材料抵抗变形和破坏的能力,分为抗拉强度 σ_b 、抗压强度 σ_{bc} 、抗弯强度 σ_{bb} 、抗剪强度 σ_r ,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(HBS、HBW)、洛氏硬度(HR)和维氏硬度(HV)等	
		塑性	指在外力作用下材料产生永久变形而不发生破坏的能力。常用指标是延伸率 $\delta(\%)$ 和断面收缩率 $\psi(\%)$, δ 和 ψ 愈大,材料塑性愈好	
		冲击韧度	指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更重要的意义	
疲劳强度	指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、切削加工性能		

1.2 晶体的结构

1.2.1 晶体与非晶体

固体可分为两类：晶体和非晶体。晶体中原子按一定规则排列。金属及其合金及大多数矿物等都是晶体。最普通的非晶体是玻璃，它的原子排列较不规则。非晶体的结构比晶体结构更难确定。

A 晶体的空间点阵和晶系

如果把所有具有相同环境的原子或原子群作为一个质点，则晶体结构可以抽象为这些质点在空间上的、周期性规则排列的空间点阵，见图 1-1。

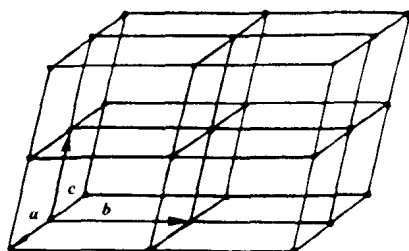


图 1-1 空间点阵表示法

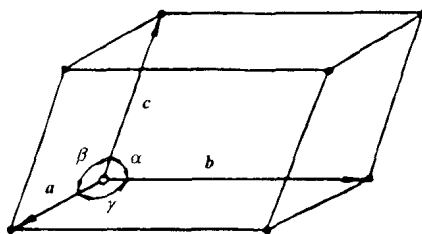


图 1-2 晶胞表示法

在空间点阵中取一单位体积(通常为六面体)作为点阵的最小组成单元，称为晶胞，见图 1-2。晶胞的大小和形状以晶胞的棱边长 a 、 b 、 c 和棱边之间的夹角 α 、 β 、 γ 来表示。

B 金属的晶体结构

金属材料包括纯金属和合金，在一般情况下都是晶体。最常见的金属晶体结构有三种，即体心立方(图 1-3(a))、面心立方(图 1-3(b))、密排六方晶格(图 1-3(c))。

1.2.2 实际金属结构

A 多晶体结构

实际的金属结构都包含着许多小晶体，每个小晶体内的晶格方位是一致的，而小晶体之间彼此方位不同。由于每个小晶体都具有不规则的颗粒外形，故称为“晶粒”；晶粒与晶粒之间的界面叫做“晶界”。由于晶界是两相邻晶粒不同晶格方位的过渡区，所以在晶界上原子排列总是不规则的。这种由多晶粒组成的晶体结构称为“多晶体”。

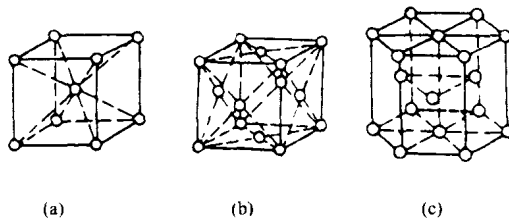
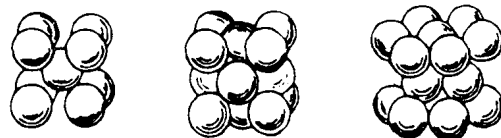


图 1-3 金属的晶胞

(a) 体心立方；(b) 面心立方；(c) 密排六方

钢铁材料的晶粒尺寸一般为 $10^{-1} \sim 10^{-3} \text{mm}$ 左右，所以必须在显微镜下才能观察到，因此

也叫“显微组织”。有色金属的晶粒一般都比较粗大,有时肉眼就可以看见。

B 晶格缺陷

在实际晶体中,或多或少存在偏离理想结构的区域,称为晶体缺陷。

晶体缺陷对金属的许多性能有极重要的影响,与晶体的凝固、固态相变、扩散等过程都有重大关系,特别是对塑性变形、强度和断裂等方面起着决定性的作用。

在晶体中,缺陷并不是静止地、稳定不变地存在着,而是随着各种条件的改变而不断地变动,它们可以产生、发展、运动和交互作用,有时则会合并或消失。

晶体缺陷按几何形状可分为点缺陷(晶格空位、间隙原子和置换原子,图 1-4)、线缺陷(晶体中呈连续线状分布的位错,图 1-5)和面缺陷(晶界、亚晶界,图 1-6、1-7)三类。

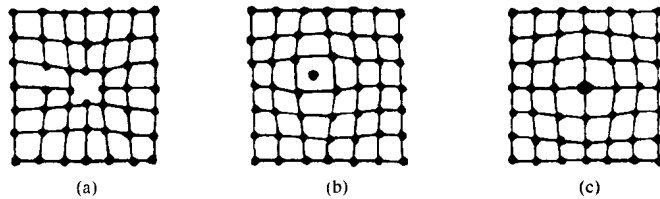


图 1-4 点缺陷示意图

(a) 晶格空位; (b) 间隙原子; (c) 置换原子

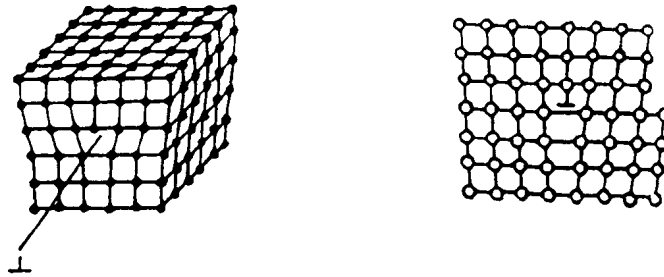


图 1-5 刃型位错结构示意图

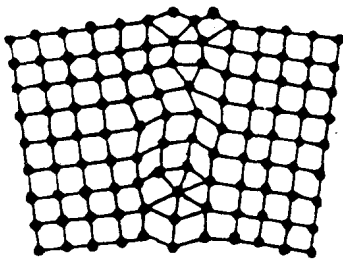


图 1-6 晶界示意图

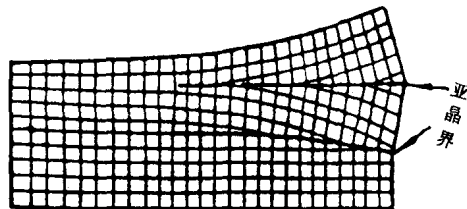


图 1-7 亚晶界示意图

所有这些缺陷,都将导致周围的晶格发生明显的畸变,从而对金属的力学性能、化学性能产生显著的影响。