

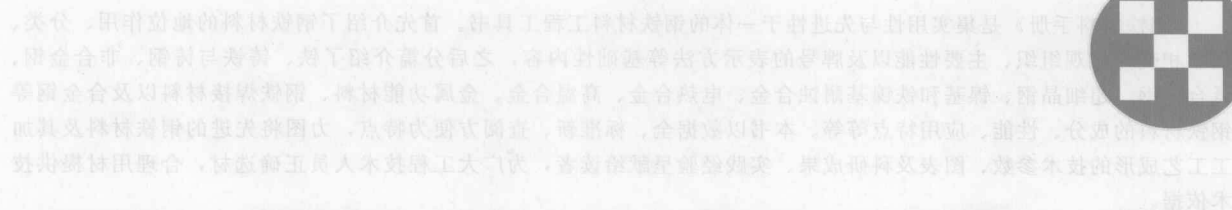
钢铁材料手册上

干勇 田志凌 董瀚 冯涤 王新林 主编

GANGTIE
CAILIAO
SHOUCE



化学工业出版社



知 知 以 人 事 事 以 知 知

干勇 田志凌 董瀚 冯涤 王新林 主编



《钢铁材料手册》是集实用性与先进性于一体的钢铁材料工程工具书。首先介绍了钢铁材料的地位作用、分类、固态相变与微观组织、主要性能以及牌号的表示方法等基础性内容，之后分篇介绍了铁、铸铁与铸钢、非合金钢、低合金钢、超细晶钢、镍基和铁镍基耐蚀合金、电热合金、高温合金、金属功能材料、钢铁焊接材料以及合金钢等钢铁材料的成分、性能、应用特点等等。本书以数据全、标准新、查阅方便为特点，力图将先进的钢铁材料及其加工工艺成形的技术参数、图表及科研成果、实践经验呈献给读者，为广大工程技术人员正确选材，合理用材提供技术依据。

本书是制造业、钢铁材料工程的科技人员，材料科学科研人员、管理人员以及高等院校相关专业师生的“良师益友”。

图书在版编目 (CIP) 数据

钢铁材料手册. 上/干勇等主编. —北京: 化学工业出版社, 2009. 6
ISBN 978-7-122-05330-5

I. 钢… II. 干… III. ①钢-金属材料-技术手册②铁-金属材料-技术手册 IV. TG14-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 057712 号

责任编辑: 周国庆 段志兵
责任校对: 洪雅姝

装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京蓝海印刷有限公司

装 订: 三河市前程装订厂

880mm×1230mm 1/16 印张 68 $\frac{1}{4}$ 字数 3148 千字 2009 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 210.00 元

版权所有 违者必究

前言

钢铁材料既是传统材料,又是先进材料。以超细组织、高洁净度、高均匀性为特征的新一代钢铁材料,大幅度地提高了钢铁材料的质量和性能。钢铁结构材料的功能化,均质材料的复合化,与环境的协调化,已成为钢铁材料的发展方向。

我国正在进行大规模的经济建设,对钢铁材料的品种、质量和数量均提出了很高的需求。2004年我国的钢产量达2亿7千万吨,约相当于日、美、俄三个产钢大国产量总和,已多年为世界第一产钢大国。在相当长期间内,基础设施建设和制造业的发展,对钢铁材料的需求量仍将保持在高位,这既是挑战又是机遇。钢铁产量的大量增加已给资源、能源供应,交通运输,环境保护带来了巨大压力。钢铁材料的研究、生产和使用部门的共同任务是:提高钢铁材料的质量和性能,延长其使用寿命,降低对资源、能源的消耗和对环境的污染。正确选材,合理用材,提高材料的利用率,已成为广大工程技术人员实际工作中急于要解决的主要问题。

编写本书的目的在于为广大工程技术人员对正确选材,合理用材,以及先进的钢铁材料及其加工工艺成形的技术参数、图表及科研成果、实践经验提供技术依据。

本书分上、下两册,共约500万字。参加编写的主要单位有钢铁研究总院、北京科技大学、清华大学、沈阳铸造研究所、首钢冶金研究院、北京钢丝厂等。干勇、田志凌、董翰、冯涤、王新林任本卷主编。参加各篇编写的人员都是该领域的专家教授,并具有深厚理论知识和丰富的生产实践经验。各篇主编如下。

- | | | |
|------|------------|------------------------|
| 第1篇 | 概论 | 干勇院士 |
| 第2篇 | 钢铁牌号表示方法 | 林慧国教授 |
| 第3篇 | 铁 | 祖荣祥教授 |
| 第4篇 | 铸铁与铸钢 | 陈琦教授 彭兆弟教授 |
| 第5篇 | 非合金钢 | 杨忠民教授 |
| 第6篇 | 低合金钢 | 董瀚教授 雍歧龙教授 刘清友教授 杨才福教授 |
| 第7篇 | 超细晶钢 | 刘正才教授 |
| 第8篇 | 镍基和铁镍基耐蚀合金 | 康喜范教授 |
| 第9篇 | 电热合金 | 唐锡世教授 |
| 第10篇 | 高温合金 | 冯涤教授 |
| 第11篇 | 金属功能材料 | 王新林教授 陈国钧教授 |
| 第12篇 | 钢铁焊接材料 | 田志凌教授 |
| 第13篇 | 合金钢 | 董瀚教授 |

全书力求全面、系统地反映我国钢铁材料的研究开发现状,特别是所取得的最新成果,包括许多首次公布的技术参数。使其成为一部集实用性与先进性于一体的钢铁材料工程工具书。主要供制造业、钢铁材料工程的科技人员使用,也供材料科学科研人员、管理人员和高等院校的师生查阅。

在本书编写过程中,得到有关单位和个人的支持与指导。在本书即将出版之际,全体作者表示衷心的感谢。由于编写时间紧迫和编著水平所限,书中不当之处,恳请指正。

干勇 田志凌 董翰 冯涤 王新林

编辑委员会^①

顾问：师昌绪 严东生 李恒德 何光远 陆燕荪 徐匡迪 李学勇 栾恩杰

王淀佐 朱道本 颜鸣皋 黄培云 周 廉 左铁镛

主任：路甬祥

副主任：李成功（常务） 钟群鹏 干 勇 黄伯云 江东亮 徐滨士 王占国

潘健生 杜善义 胡正寰 柳百成 徐祖耀 陈立泉

总策划：宋天虎 黄远东

总编辑：李骏带

秘书长：黄远东（兼）

委员（按姓氏笔画排列）：

丁 辛	丁传贤	干 勇	于月光	才鸿年	马世宁	马冲先	马济民	马眷荣
马福康	王占国	王务同	王尔德	王永岩	王亚军	王至尧	王克光	王克俭
王高潮	王淀佐	王琦安	王新林	王德志	方禹之	尹志民	邓 炬	左铁钊
左铁镛	石力开	石春山	卢世刚	叶小玲	叶光斗	田志凌	田荣璋	史耀武
冯 涤	冯 稷	冯春祥	宁远涛	邢建东	师昌绪	吕 炎	吕反修	同继锋
曲文生	朱万森	朱如瑾	朱绍华	朱道本	仲维卓	任家烈	华 林	刘 明
刘正才	刘世参	刘占阳	刘邦津	刘作信	刘其贤	刘郁丽	刘治国	刘建章
刘晋春	刘清友	刘献明	齐从谦	闫 洪	江东亮	许祖泽	许祖彦	阳明书
孙 坚	孙加林	杜善义	杨 合	杨 武	杨乃宾	杨才福	杨鸣波	杨忠民
杨晓华	杨海波	杨焕文	杨德仁	李 强	李 晋	李 楠	李长久	李龙土
李成功	李光福	李志刚	李明哲	李明辉	李学勇	李虹霞	李恒德	李贺军
李海军	李骏带	李鹤林	严东生	连克仁	肖亚庆	吴 行	吴 昆	吴 诚
吴永声	吴伟仁	吴性良	吴科如	吴恩熙	吴谊群	吴智华	吴德馨	何光远
何季麟	佟晓辉	邱 勇	邱冠周	邱德仁	余金中	邹广田	汪明朴	沈 真
沈万慈	沈德忠	宋天虎	张 力	张 扬	张 华	张 杰	张 金	张 峥
张子龙	张用宾	张立同	张永俐	张吉龙	张旭初	张佐光	张晋远	张康侯
张道中	张新民	陆燕荪	陈 琦	陈文哲	陈世朴	陈立泉	陈运远	陈志良
陈国钧	陈治明	陈南宁	陈祝年	陈晓慈	陈涌海	陈祥宝	陈超志	林慧国
欧阳世翕	卓尚军	易建宏	罗祥林	罗豪甦	果世驹	周 廉	周伟斌	周国庆
郑有焯	柳玉起	柳百成	胡玉亭	胡正寰	南策文	赵万生	赵有文	赵国群
赵金榜	赵梓森	赵慕岳	钟群鹏	施东成	施剑林	姜不居	姜晚霞	祖荣祥
姚 燕	贺守华	耿 林	聂大钧	贾成厂	顾冬红	夏巨湛	夏志华	俸培宗
徐匡迪	徐廷献	徐建军	徐祖耀	徐家文	徐跃明	徐滨士	殷树言	翁宇庆
郭会光	郭景杰	高瑞萍	栾恩杰	唐仁政	唐汝钧	唐志玉	唐昌世	益小苏
涂善东	黄 勇	黄天佑	黄玉东	黄本立	黄远东	黄伯云	黄校先	黄培云
曹勇家	曹湘洪	龚七一	崔 健	康喜范	梁 齐	梁 军	梁志杰	屠海令
隋同波	韩凤麟	彭艳萍	葛子干	董 瀚	董汉山	董首山	董祖珏	董湘怀
蒋力培	蒋建平	傅绍云	储君浩	谢邦互	谢里阳	谢建新	鄢国强	雷天民
路甬祥	解应龙	解思深	雍歧龙	蔡中义	漆 玄	谭 抚	熊守美	靳常青
樊东黎	黎文献	颜永年	颜鸣皋	潘正安	潘叶金	潘振甦	潘健生	燕 瑛
戴国强								

① 本书是原《中国材料工程大典》其中的一卷。《中国材料工程大典》由中国机械工程学会、中国材料研究学会组织编写，中国金属学会、中国化工学会、中国硅酸盐学会、中国有色金属学会及中国复合材料学会参加组织编写。本编辑委员会即为《中国材料工程大典》编委会。

目 录

第1篇 概论..... 1

第1章 钢铁材料的地位和作用..... 3

- 1 在结构材料领域 20 世纪是钢铁材料的世纪..... 3
- 2 钢铁材料的优势..... 4
- 3 市场需求..... 5
- 4 21 世纪钢铁仍是占主导地位的结构材料..... 5

第2章 钢铁材料和冶金工艺的进展..... 6

- 1 钢铁材料的发展由凭经验到靠科学..... 6
- 2 冶金工艺从手工技艺到工程科学..... 6
- 3 钢的强韧化..... 7
 - 3.1 固溶强化..... 7
 - 3.2 沉淀强化..... 7
 - 3.3 形变强化..... 8
 - 3.4 晶粒细化强化..... 8
 - 3.5 韧化..... 8
- 4 高洁净钢与炉外精炼..... 9
 - 4.1 炉外精炼迅速发展的背景..... 9
 - 4.2 炉外精炼技术的主要功能..... 9
- 5 钢质的均匀性与连续铸钢..... 10
- 6 组织细化与控轧控冷..... 11

第3章 21 世纪钢铁材料的发展展望..... 14

- 1 21 世纪国外钢铁材料的发展展望..... 14
 - 1.1 钢铁材料性能的超级化..... 14
 - 1.2 钢铁均质材料的复合化..... 14
 - 1.3 钢铁结构材料的功能化..... 14
 - 1.4 钢铁材料的智能化..... 14
 - 1.5 钢铁材料的环境协调化..... 14
 - 1.6 钢铁材料的计算机设计..... 14
 - 1.7 钢铁材料“绿色”生产新工艺、新技术和新装备的逐步实用化..... 14
- 2 21 世纪国内钢铁材料的发展展望..... 15
 - 2.1 我国钢铁材料的现状与差距..... 15
 - 2.2 到 2020 年我国钢铁材料的发展目标..... 15
 - 2.3 到 2020 年我国钢铁材料的发展方向..... 15
 - 2.4 到 2020 年急待开发的先进钢铁材料..... 15

第4章 钢铁材料的分类..... 19

- 1 钢的分类..... 19
 - 1.1 按化学成分分类..... 19
 - 1.2 按主要质量等级和主要性能及使用特性分类..... 19
 - 1.3 按冶炼方法分类..... 24
 - 1.4 按脱氧程度分类..... 25
 - 1.5 按碳含量高低分类..... 25
 - 1.6 按金相组织分类..... 25
- 2 铁的分类..... 25
 - 2.1 生铁..... 25
 - 2.2 直接还原铁 (DRI)..... 26
 - 2.3 纯铁..... 26
 - 2.4 铸铁..... 26

第5章 合金元素在钢铁材料中的作用..... 27

- 1 钢中的合金元素..... 27
 - 1.1 非合金钢中的其他元素..... 27
 - 1.2 合金钢中的合金元素..... 27

2 合金元素对铁碳平衡相图的影响..... 30

- 2.1 铁碳平衡相图..... 30
- 2.2 铁和其他合金元素的二元素平衡相图的类型..... 30
- 2.3 合金元素对 Fe-C 平衡相图的影响..... 30
- 3 合金元素在钢中的分布和存在状态..... 31
 - 3.1 合金元素在不同金相组织中的溶解度..... 31
 - 3.2 合金元素在钢中的分布倾向..... 32
- 4 合金元素对钢的组织及热处理的影响..... 33
 - 4.1 合金元素对钢的相变和组织的影响..... 33
 - 4.2 合金元素对热处理的影响..... 34
- 5 合金元素对钢性能的影响..... 36
 - 5.1 合金元素对钢力学性能的影响..... 36
 - 5.2 合金元素对钢焊接性和切削性的影响..... 38
 - 5.3 合金元素对钢物理性能的影响..... 38
 - 5.4 合金元素对钢化学稳定性的影响..... 39

第6章 钢的固态相变与微观组织..... 40

- 1 钢的固态相变..... 40
- 2 铁碳平衡图..... 40
- 3 珠光体转变..... 41
- 4 贝氏体转变..... 42
 - 4.1 上贝氏体..... 42
 - 4.2 下贝氏体..... 42
 - 4.3 无碳化物贝氏体..... 43
 - 4.4 粒状贝氏体..... 43
- 5 马氏体相变..... 43

第7章 钢的基础热处理..... 45

- 1 钢在加热时的转变..... 45
- 2 钢的过冷奥氏体转变..... 46
- 3 退火..... 48
 - 3.1 重结晶退火..... 48
 - 3.2 等温退火..... 49
 - 3.3 均匀化退火..... 49
 - 3.4 球化退火..... 49
 - 3.5 再结晶退火..... 50
 - 3.6 去应力退火..... 50
- 4 正火..... 50
- 5 淬火..... 50
 - 5.1 淬火加热温度..... 50
 - 5.2 理想的淬火冷却曲线..... 50
 - 5.3 冷却方式..... 51
- 6 回火..... 51
 - 6.1 回火的温度..... 51
 - 6.2 特殊碳化物和二次硬化..... 52
 - 6.3 回火脆性..... 52

第8章 钢铁材料的主要性能..... 53

- 1 钢铁材料的力学性能..... 53
 - 1.1 硬度..... 53
 - 1.2 强度与塑性..... 53
 - 1.3 疲劳强度..... 53
 - 1.4 高温力学性能..... 53
 - 1.5 磨损与接触疲劳..... 53
- 2 钢铁材料的工艺性能..... 54
 - 2.1 铸造性..... 54

2.2 锻造性	54	7 高温合金和耐蚀合金	72
2.3 焊接性	54	8 精密合金及其他特殊物理性能材料	72
2.4 切削性	54	9 低合金钢	72
2.5 热处理工艺性	54	10 杂类材料	73
3 钢铁材料的化学性能	54	11 粉末及粉末材料	73
3.1 耐腐蚀性	54	12 快淬金属及合金	73
3.2 抗氧化性	55	13 不锈钢、耐蚀和耐热钢	74
4 钢铁材料的物理性能	55	14 工具钢	74
4.1 热学性能	55	15 非合金钢	74
4.2 电学性能	55	16 焊接用钢和合金	75
4.3 磁性	55	第3章 我国钢材规格的标记方法与钢材理论重量计算	76
参考文献	57	1 概述	76
第2篇 钢铁牌号表示方法	59	2 型钢	76
第1章 我国钢铁产品牌号的表示方法	61	2.1 型钢的品种与规格	76
1 概述	61	2.2 型钢规格的标记方法	77
2 生铁	62	2.3 型钢的理论重量计算	78
3 铁合金	62	3 钢板和钢带	79
4 铸铁	62	3.1 钢板和钢带的品种与规格	79
5 铸钢	63	3.2 钢板和钢带规格的表示方法	79
6 碳素结构钢和低合金高强度结构钢	63	3.3 钢板和钢带的理论重量计算	80
6.1 碳素结构钢	63	4 钢管	80
6.2 低合金高强度结构钢	64	4.1 钢管的品种与规格	80
7 优质碳素结构钢	64	4.2 钢管规格的标记方法	80
8 易切削钢和深冲压用钢	64	4.3 钢管的理论重量计算	81
8.1 易切削钢	64	5 线材和钢丝	81
8.2 深冲压用钢	64	5.1 线材的品种与规格	81
9 合金结构钢	64	5.2 钢丝的品种与规格	82
10 非调质机械结构钢	64	5.3 线材和钢丝规格的标记方法	82
11 弹簧钢和轴承钢	65	5.4 线材和钢丝的理论重量计算	82
11.1 弹簧钢	65	6 钢材状态标记和涂色标记	83
11.2 轴承钢	65	6.1 钢材状态标记	83
12 工具钢	65	6.2 钢材涂色标记	83
12.1 碳素工具钢	65	第3篇 铁	85
12.2 合金工具钢	65	第1章 概述	87
12.3 高速工具钢	65	第2章 纯铁	89
13 不锈钢和耐热钢	65	1 纯铁的组织转变	89
14 焊接用钢	65	2 纯铁的磁性变化	90
15 电工用硅钢和电磁纯铁	65	3 纯铁的性质	90
15.1 电工用硅钢	65	4 纯铁的种类及应用	91
15.2 电磁纯铁	66	4.1 按生产方法分类	91
16 高温合金和耐蚀合金	66	4.2 按用途分类	92
16.1 高温合金	66	第3章 生铁	100
16.2 耐蚀合金	66	1 生铁的冶炼	100
17 精密合金和高电阻电热合金	66	1.1 高炉冶炼生铁	100
17.1 精密合金	66	1.2 非高炉炼铁	100
17.2 高电阻电热合金	66	2 生铁的种类	100
18 快淬金属	66	2.1 按化学成分分类	100
19 硬质合金	67	2.2 按用途分类	101
20 粉末冶金材料	67	参考文献	104
第2章 我国钢铁及合金牌号统一数字代号的表示方法	69	第4篇 铸铁与铸钢	105
1 概述	69	第1章 铸铁	107
2 合金结构钢	69	1 灰铸铁	107
3 轴承钢	70	1.1 灰铸铁牌号	107
4 铸铁、铸钢及铸造合金	70	1.2 灰铸铁技术要求	107
5 电工用钢和纯铁	71	1.3 灰铸铁适用范围	108
6 铁合金和生铁	71	1.4 灰铸铁选用技术	110

2 球墨铸铁	123	5.3 铸造热强钢及其选用	208
2.1 球墨铸铁牌号	123	6 铸造耐蚀钢和合金	209
2.2 球墨铸铁技术要求	123	6.1 一般用途铸造耐蚀钢及其选用	209
2.3 球墨铸铁适用范围	124	6.2 非标准型铸造耐蚀钢及其选用	212
2.4 球墨铸铁选用技术	128	6.3 铸造耐蚀合金及其选用	217
3 蠕墨铸铁	136	7 特殊用途铸钢	217
3.1 蠕墨铸铁牌号	136	7.1 低温用铸钢及其选用	217
3.2 蠕墨铸铁技术要求	137	7.2 铸造工具用铸钢及其选用	218
3.3 蠕墨铸铁适用范围	137	7.3 承压用铸钢及其选用	218
3.4 蠕墨铸铁选用技术	138	7.4 焊接结构用铸造碳素钢及其选用	223
4 可锻铸铁	142	7.5 熔模铸造用铸造碳钢及其选用	224
4.1 可锻铸铁牌号	142	8 专业常用铸钢	225
4.2 可锻铸铁技术要求	142	8.1 大型铸件常用铸钢及其选用	225
4.3 可锻铸铁适用范围	142	8.2 重型机械常用铸钢及其选用	229
4.4 可锻铸铁选用技术	144	8.3 水轮机常用铸钢及其选用	230
5 抗磨铸铁	146	8.4 汽轮机常用铸钢及其选用	230
5.1 抗磨白口铸铁及其选用	146	8.5 铁道机车车辆常用铸钢及其选用	230
5.2 抗磨球墨铸铁及其选用	152	8.6 冶金轧辊常用铸钢及其选用	231
6 冷硬铸铁	154	8.7 无磁与电工常用铸钢及其选用	233
6.1 轧辊用冷硬铸铁及其选用	154	参考文献	237
6.2 一般用冷硬铸铁及其选用	160	第5篇 非合金钢	239
7 耐热铸铁	162	第1章 概述	241
7.1 耐热铸铁牌号	162	1.1 非合金钢按其主要质量等级分类	241
7.2 耐热铸铁技术要求	162	1.1.1 普通质量非合金钢	241
7.3 耐热铸铁适用范围	163	1.1.2 优质非合金钢	241
7.4 耐热铸铁选用技术	165	1.1.3 特殊质量非合金钢	241
8 耐蚀铸铁	167	2 非合金钢按其主要性能或使用特性分类	242
8.1 高硅耐蚀铸铁及其选用	167	2.1 以规定最高强度为主要特征的非合金钢	242
8.2 高镍耐蚀铸铁及其选用	169	2.2 以规定最低强度为主要特征的非合金钢	242
8.3 高铬耐蚀铸铁及其选用	170	2.3 以限制碳含量为主要特征的非合金钢	242
8.4 中、低合金耐蚀铸铁及其选用	170	2.4 非合金易切削钢	242
8.5 专用耐蚀铸铁及其选用	171	2.5 非合金工具钢	242
9 奥氏体铸铁	172	2.6 具有专门规定磁性能或电性能的非合金钢	242
9.1 奥氏体灰铸铁及其选用	172	2.7 其他非合金钢	242
9.2 奥氏体球墨铸铁及其选用	174	第2章 普通质量非合金结构钢	243
第2章 铸钢	176	2.1 概述	243
1 铸造碳钢	176	2.1.1 分类及特性	243
1.1 铸造碳钢牌号	176	2.1.2 在国民经济中的作用	243
1.2 铸造碳钢技术要求	176	2.1.3 国内外现状	243
1.3 铸造碳钢适用范围	176	2.1.4 发展趋势和展望	243
1.4 铸造碳钢选用技术	176	2.2 合金元素在钢中的作用	244
2 铸造中、低合金钢	182	2.2.1 钢中的相	244
2.1 一般工程与结构用低合金铸钢及其选用	182	2.2.2 合金元素对钢组织性能的影响	244
2.2 中、低合金高强度铸钢及其选用	185	3 钢的成形与加工	245
2.3 微量合金化铸钢及其选用	195	3.1 钢的热加工	245
3 铸造中、高强度不锈钢	197	3.2 钢的冷加工	245
3.1 工程结构用中、高强度铸造不锈钢及其选用	197	4 钢的热处理与表面处理	245
3.2 铸造沉淀硬化型不锈钢及其选用	199	5 常用钢号化学成分、性能特点及用途	246
4 铸造耐磨钢	199	5.1 化学成分	246
4.1 铸造耐磨锰钢及其选用	199	5.2 力学性能	246
4.2 铸造耐磨中铬钢及其选用	201	5.3 物理性能	246
4.3 铸造耐磨低合金钢及其选用	201	5.4 工艺性能	246
4.4 铸造耐磨碳钢及其选用	205	6 钢号的选择原则、注意事项及选用举例	248
4.5 铸造耐磨石墨钢及其选用	205	6.1 钢号的选择原则	248
5 铸造耐热钢和合金	205	6.2 选用时注意事项	248
5.1 一般用途铸造耐热钢和合金及其选用	205	6.3 选用举例	249
5.2 非标准型铸造耐热钢及其选用	207	7 Q235A 冲击吸收功及 FATT	249

第3章 优质非合金结构钢	250	3.1 低合金高强度钢的性能要求	302
1 概述	250	3.2 低合金高强度钢的组织性能关系与 强化方式的选择	303
1.1 分类及特性	250	3.3 低合金高强度钢的合金化	304
1.2 在国民经济中的作用	251	4 低合金钢的分类	306
1.3 国内外现状	251	第2章 焊接高强度钢	308
1.4 发展趋势和展望	251	1 概述	308
2 合金元素在钢中的作用	252	1.1 分类及其特性	308
2.1 钢中的相	252	1.2 焊接高强度钢的性能要求	308
2.2 合金元素对钢组织性能的影响	252	2 合金元素在钢中的作用	311
3 钢的成形与加工	252	2.1 钢中的相	311
4 钢的热处理与表面处理	252	2.2 合金元素的作用	312
5 常用钢号化学成分、性能特点及用途	252	3 焊接高强度钢品种、性能和特点	312
5.1 化学成分	252	3.1 锅炉和压力容器用低合金钢	312
5.2 力学性能	253	3.2 普通船舶用低合金钢	314
5.3 特性及用途	253	3.3 桥梁用低合金钢	315
6 钢号的选择原则与注意事项	279	3.4 海上采油平台用钢	316
第4章 碳素工具钢	280	3.5 油气管线用低合金钢	317
1 概述	280	3.6 建筑用低合金钢	319
1.1 分类及特性	280	4 焊接高强度钢	321
1.2 在国民经济中的作用	281	4.1 一般结构用钢	321
1.3 国内外现状	281	4.2 桥梁用钢	322
1.4 发展趋势和展望	281	4.3 压力容器用钢	323
2 合金元素在钢中作用	281	4.4 锅炉用钢	326
2.1 钢中的相	281	4.5 造船和海上采油平台用钢	328
2.2 合金元素对钢组织性能的影响	281	4.6 工程机械用钢	331
3 钢的成形与加工	281	4.7 建筑用钢	331
4 钢的热处理与表面处理	281	4.8 油气输送管线用钢	334
5 常用钢号化学成分、性能特点及用途	281	4.9 车辆用钢	337
6 钢号的选择原则、注意事项及选用举例	284	第3章 低合金冲压钢	338
6.1 钢号的选择原则	284	1 概述	338
6.2 选用时注意事项	284	2 板成形概念	338
第5章 焊接用非合金钢	285	2.1 延展性参数	338
1 分类及特性	285	2.2 应变硬化指数 n 值和塑性应变比 r 值	338
2 在国民经济中的作用	285	2.3 综合成形参数 F 值	339
3 国内外现状	285	2.4 由冲压模拟试验测定的成形参数	339
4 发展趋势和展望	285	3 低合金冲压用高强度钢的分类	339
5 非合金结构钢的焊接	286	4 合金元素在钢中的作用	340
第6章 专业用非合金钢	287	4.1 钢中的相	340
1 概述	287	4.2 合金元素对钢的组织 and 性能的影响	340
1.1 分类及特性	287	5 生产工艺技术	341
1.2 在国民经济中的作用	287	5.1 热轧高强度钢生产工艺技术	341
1.3 国内外现状	287	5.2 冷轧高强度钢生产工艺技术	342
1.4 发展趋势和展望	288	6 典型钢种介绍	343
2 造船用非合金钢	288	6.1 热轧高强度钢	343
3 锅炉和压力容器用非合金钢	289	6.2 热轧双相钢板	344
4 桥梁用非合金钢	290	6.3 滚型车轮用钢	344
5 铁路用非合金钢	290	6.4 高强度 Al 镇静钢 (含 P 钢)	346
6 非合金钢建筑钢筋	291	6.5 高强度 IF 钢	346
参考文献	292	6.6 超低碳高强度 BH 钢	346
第6篇 低合金钢	293	7 冷轧双相钢	346
第1章 概述	295	第4章 耐候钢	347
1 低合金钢的定义	295	1 耐候钢的成分设计	347
2 低合金钢的标准	297	1.1 耐候钢的耐候机制	347
2.1 中国标准	297	1.2 合金元素对耐候性的影响	349
2.2 ISO 标准	298	2 耐候钢的成分、组织与性能	352
2.3 美国标准	299	2.1 耐候钢的化学成分	352
2.4 日本标准	300	2.2 耐候钢的组织	353
3 低合金高强度钢的强韧化与合金化原理	302	2.3 耐候钢的性能	354

3 耐候钢的应用	356	6.1 热轧钢筋	392
3.1 耐候钢的使用方式	356	6.2 余热处理Ⅲ级钢筋	393
3.2 耐候钢的应用领域	356	6.3 预应力混凝土用热处理钢筋	394
4 耐候钢开发的新方向	356	6.4 预应力混凝土用钢丝、钢绞线	394
4.1 开发新一代耐候钢	356	6.5 低合金(中强)钢丝和冷拔低碳钢丝	395
4.2 进一步对耐候钢的耐候机制进行研究	357	6.6 冷轧带肋钢筋	395
5 低合金耐海水腐蚀钢	357	7 国内外实物质量的对比	396
5.1 耐海水腐蚀钢的发展历史	357	7.1 钢筋的化学成分与碳当量	396
5.2 耐海水腐蚀钢的性能	358	7.2 力学性能及工艺性能	396
5.3 耐海水腐蚀钢的成分设计特点	358	7.3 化学成分和力学、工艺性能数据分析	397
5.4 耐海水腐蚀钢的生产	359	7.4 尺寸公差和表面质量	397
5.5 耐海水腐蚀钢的典型钢号	359	第7章 低合金钢轨钢	398
第5章 低合金耐磨钢	361	1 概述	398
1 概述	361	1.1 钢轨分类及其特性	398
1.1 材料耐磨性与低合金耐磨钢	361	1.2 国内外现状及发展趋势和展望	398
1.2 低合金耐磨钢的发展概况	362	2 合金元素在钢轨钢中的作用	399
1.3 低合金耐磨钢的分类及其特性	363	3 钢轨钢的生产工艺特点	400
1.4 低合金耐磨钢的发展趋势	366	3.1 钢轨的生产	400
2 低合金耐磨钢的合金成分设计	367	3.2 钢轨的焊接	400
2.1 合金元素对耐磨性能的影响	367	4 钢轨的热处理	400
2.2 不同类型低合金耐磨钢中合金元素的作用	368	4.1 钢轨的热处理工艺	401
3 低合金耐磨钢的生产	369	4.2 钢轨钢热处理工艺的选择	402
3.1 轧材直接使用的低合金耐磨钢的生产	369	5 常用钢轨钢的化学成分、性能特点及用途	402
3.2 轧材改锻使用的低合金耐磨钢的生产	370	5.1 常用钢号及化学成分	402
3.3 铸造低合金耐磨钢的生产	370	5.2 低合金钢轨钢的性能要求	403
4 低合金耐磨钢的常用钢号	370	第8章 微合金钢	406
4.1 铁道用低合金耐磨钢	370	1 概述	406
4.2 农机具用低合金耐磨钢	373	1.1 微合金钢的定义	406
4.3 矿用低合金耐磨钢	376	1.2 微合金钢的发展概况	406
5 低合金耐磨钢钢号的选择原则及注意事项	379	1.3 微合金钢的分类及其特性	407
5.1 摩擦材料之间的匹配与工况条件的适应性	380	1.4 微合金钢的性能要求	407
5.2 低合金耐磨钢的系列化、标准化	380	1.5 微合金钢在国内经济中的作用	408
5.3 重视冶金质量对低合金耐磨钢质量的影响	380	1.6 微合金钢的发展趋势	408
5.4 双金属复合材料及铸渗工艺的发展	381	2 微合金化技术原理	409
第6章 低合金钢筋	382	2.1 微合金元素在钢中的固溶量及微合金碳氮化物的体积分数的变化规律	409
1 概述	382	2.2 微合金碳氮化物的长大及其尺寸变化规律	410
2 低合金钢筋的分类和性能要求	382	2.3 微合金碳氮化物阻止高温奥氏体晶粒长大	411
2.1 钢筋的分类	382	2.4 微合金元素及微合金碳氮化物对铁基体再结晶行为的影响	411
2.2 钢筋的基本性能要求	382	2.5 微合金元素及微合金碳氮化物对铁基体 $\gamma \rightarrow \alpha$ 相变行为的影响	412
3 低合金钢筋的合金化	384	2.6 微合金碳氮化物的沉淀强化	412
3.1 固溶强化钢筋(Si、Mn)	384	2.7 微合金元素与氧、硫、碳、氮元素的交互作用及固定作用	412
3.2 微合金化钢筋	384	2.8 微合金钢中主要合金元素的作用	413
3.3 余热处理钢筋	386	3 微合金钢的生产与加工	414
3.4 预应力钢筋	386	3.1 微合金钢的冶炼	414
4 钢筋的生产工艺	386	3.2 微合金钢的连铸	415
4.1 钢筋的热轧	386	3.3 微合金钢的再结晶控制轧制(RCR)	416
4.2 钢筋的调质热处理	387	3.4 微合金钢的未再结晶控制轧制(CCR)	417
4.3 钢筋的轧后余热处理	387	3.5 微合金钢的形变诱导铁素体相变(DIFT)	418
4.4 钢筋的冷加工	388	3.6 微合金钢的双相区控制轧制和铁素体区控制轧制	419
5 我国低合金钢筋品种和质量的发展	388	3.7 微合金钢的控制冷却	419
5.1 钢筋强度等级系列	388	4 微合金钢的常用钢号	420
5.2 钢筋牌号和品种	389	5 微合金钢号的选择原则、注意事项及	
5.3 钢筋外形的改进	390		
5.4 钢筋品种和性能的新进展	390		
5.5 我国现行标准的钢筋质量水平	391		
6 我国低合金钢筋的性能和应用	392		

选用实例	420	1 无碳化物贝氏体/马氏体复相钢的特性	464
5.1 建筑用微合金钢	420	1.1 无碳化物贝氏体/马氏体钢强韧性	464
5.2 桥梁用微合金钢	422	1.2 无碳化物贝氏体/马氏体复相钢延迟断裂性能的影响	465
5.3 油气管线用微合金钢	423	1.3 无碳化物贝氏体/马氏体复相钢的疲劳特性	466
5.4 汽车用微合金钢	425	2 无碳化物贝氏体/马氏体复相钢性能改善的机理	466
5.5 低温用微合金钢	426	2.1 无碳化物贝氏体/马氏体复相钢强韧化机理	466
5.6 普通船舶用微合金钢	427	2.2 无碳化物贝氏体/马氏体复相钢延迟断裂机理	468
参考文献	429	3 无碳化物贝氏体/马氏体复相钢的合金设计及其组织结构	469
第7篇 超细晶钢	431	4 无碳化物贝氏体/马氏体复相钢的应用前景	471
第1章 概述	433	第5章 耐延迟断裂高强度马氏体钢	472
1 经济建设和社会发展需要新一代钢铁材料	433	1 高强度马氏体钢的延迟断裂	472
1.1 构件的轻量化	433	1.1 延迟断裂的概念和特征	472
1.2 发达国家的基础设施更新	433	1.2 氢与高强度钢的延迟断裂行为	473
1.3 我国的经济建设需要大量高性能钢材	433	2 新型耐延迟断裂高强度钢的性能特征	473
2 新一代钢铁材料的主要特征	433	2.1 钢种设计思路及其实验验证	473
3 组织细化理论和控制技术的新进展	434	2.2 微观组织和力学性能特征	477
3.1 超细晶铁素体/珠光体钢	434	2.3 延迟断裂行为	481
3.2 超细组织低(超低)碳贝氏体钢	434	3 工业应用及其前景	481
3.3 无碳化物贝氏体/马氏体复相钢	435	参考文献	483
3.4 耐延迟断裂高强度马氏体钢	435	第8篇 镍基和铁镍基耐蚀合金	485
3.5 超细晶钢的选用	435	第1章 概述	487
第2章 铁素体/珠光体钢	436	1 定义和分类	487
1 形变诱导(强化)铁素体相变(DIFT、DEFT)和铁素体动态再结晶	436	2 主要合金元素的作用	487
1.1 形变诱导(强化)铁素体相变的热力学	436	2.1 铬	487
1.2 形变诱导(强化)铁素体相变的证实	437	2.2 钼	487
1.3 形变诱导(强化)铁素体相变的动力学	437	2.3 钨	487
1.4 化学成分对形变诱导(强化)铁素体相变的影响	438	2.4 铜	487
1.5 低碳碳素钢产生 DIFT 的必要条件	439	2.5 铁	487
1.6 铁素体的动态再结晶	439	2.6 硅	487
1.7 形变诱导(强化)铁素体相变的特征	439	2.7 铌、钽	487
2 热轧流程的超细晶综合控制理论与技术	440	2.8 钛	487
3 工业生产及产品性能	440	2.9 铝	487
3.1 薄板	440	2.10 氮	487
3.2 长型材	441	3 镍基和铁镍基耐蚀合金的发展	488
3.3 中厚板	442	4 耐蚀合金中的碳化物	489
3.4 超细晶耐大气腐蚀钢板	443	4.1 Ni_3C	489
第3章 超细组织低(超低)碳贝氏体钢	444	4.2 MC	489
1 概述	444	4.3 Cr_7C_3	489
1.1 研制低(超低)碳贝氏体型新钢类的意义	444	4.4 M_{23}C_6	490
1.2 低(超低)碳贝氏体钢的强化机制	445	4.5 M_6C	490
1.3 低(超低)碳贝氏体钢的组织类型及形貌	445	4.6 Mo_{12}C 和 Mo_2C	490
1.4 钢种基本特征	445	5 耐蚀合金中的金属间相	491
2 新型超细组织低(超低)碳贝氏体钢	449	5.1 σ 相	491
2.1 新的组织超细化技术思路及细化效果	449	5.2 Laves 相(η 相)	491
2.2 中温组织超细化的原理分析	453	5.3 μ 相	491
2.3 超细化板条束的变形行为	456	5.4 γ' 相	491
3 新型超细组织低(超低)碳贝氏体钢的性能特征及用途	458	5.5 Ni_3Mo	492
3.1 590 MPa 级低(超低)碳贝氏体钢	458	第2章 纯镍	493
3.2 685 MPa 级低(超低)碳贝氏体钢	459	1 镍碳二元相图	493
3.3 785 MPa 级 DB785 及 HQ785DB 钢	460	2 热加工纯镍的性能	493
3.4 800 MPa 级原型钢的试生产及使用情况	461	2.1 Ni200 和 Ni201 的化学成分	493
3.5 新一代钢的焊接性能	462		
第4章 无碳化物贝氏体/马氏体复相钢	464		

2.2 室温力学性能	493	3.4 00Cr22Ni60Mo13W3 (Hastelloy C-22)	583
2.3 低温性能	493	3.5 00Cr21Ni58Mo16W4 (Inconel 686)	587
2.4 高温力学性能	495	3.6 00Cr23Ni59Mo16 (Nicrofer 5923hMo-Alloy 59)	589
2.5 Ni200 和 Ni201 的耐蚀性	496	3.7 00Cr23Ni59Mo16Cu2 (Hastelloy C-2000)	592
2.6 热加工、冷成形、热处理和焊接性能	499	3.8 1Cr22Ni60Mo9Nb4 (Inconel 625)	593
2.7 Ni200 和 Ni201 的物理性能	499	3.9 00Cr16Ni76Mo2Ti	596
3 应用	500	第8章 镍铬钼铜耐蚀合金	600
第3章 杜拉镍 301	501	1 铜对镍铬钼合金耐蚀性的影响	600
1 杜拉镍 301 的化学成分	501	2 常用几种镍铬钼铜耐蚀合金的组织、性能和应用	600
2 杜拉镍 301 的性能	501	2.1 几种合金的化学成分和组织结构	600
2.1 室温力学性能	501	2.2 力学性能	600
2.2 高温力学性能	503	2.3 在各种介质中的耐蚀性	601
2.3 耐蚀性	503	2.4 热加工、冷加工、热处理和焊接	604
2.4 热加工、冷成形、热处理和焊接性能	503	2.5 应用	604
2.5 物理性能	503	第9章 铁镍基耐蚀合金	605
3 应用	504	1 镍铁铬耐蚀合金	605
第4章 镍铜耐蚀合金	505	1.1 铬对 Fe-Ni 合金耐蚀性的影响	605
1 铜对镍耐蚀性的影响	505	1.2 常用 Ni-Fe-Cr 耐蚀合金成分、组织、性能和应用	607
1.1 铜对镍电化学行为的影响	505	2 镍-铁-钼合金	614
1.2 铜对镍耐蚀性的影响	506	2.1 钼对镍-铁-铬合金耐蚀性的影响	614
2 常用镍铜耐蚀合金的组织、性能和应用	507	2.2 常用镍-铁-铬-钼耐蚀合金的组织性能和应用	615
2.1 Ni68Cu28Fe (Monel 400)	507	3 镍-铁-铬-钼-铜耐蚀合金	617
2.2 Ni68Cu28Al (Monelk-500)	519	3.1 铜对 Ni-Fe-Cr-Mo 合金耐蚀性的影响	618
第5章 镍铬耐蚀合金	524	3.2 铬对镍-铁-钼-铜合金耐蚀性的影响	618
1 铬对镍耐蚀性的影响	525	3.3 常用 Ni-Fe-Cr-Mo-Cu 耐蚀合金的组织、性能和应用	619
1.1 铬对镍电化学行为的影响	525	参考文献	648
1.2 铬对镍在氧化性酸介质中耐蚀性的影响	525	第9篇 电热合金	649
1.3 铬对镍在强氧化性硝酸中耐蚀性的影响	525	第1章 概述	651
1.4 铬对镍在高温气体中耐蚀性的影响	526	1 对高电阻电热合金的要求、分类及其特点	651
2 常用镍铬耐蚀合金的组织、性能和应用	527	1.1 对高电阻电热合金的要求	651
2.1 0Cr15Ni75Fe (Inconel 600) ——NS312	527	1.2 高电阻电热合金的分类	651
2.2 0Cr23Ni63Fe14Al (Inconel 601) ——NS313	537	1.3 高电阻电热合金的特点	651
2.3 0Cr20Ni65Ti3AlNb	541	2 在国民经济中的作用	652
2.4 0Cr30Ni60Fe10 (Inconel 690)	543	2.1 电热元件	652
2.5 0Cr35Ni65Al (Corronel 230) ——NS-314	547	2.2 高、中温电阻元件	652
2.6 0Cr50Ni50 (In-657、In-589、Inconel 671)	548	2.3 应力测量元件	652
第6章 镍钼耐蚀合金	552	2.4 特种构件	652
1 Ni-Mo 二元相图和中间相	552	3 国内外现状	652
2 钼和铁、铬对 Ni-Mo 合金的影响	552	4 发展趋势和展望	653
2.1 钼对镍性能的影响	552	第2章 镍基电热合金	654
2.2 铁、铬对 Ni-Mo 合金性能的影响	552	1 镍铬合金的相	654
3 常用镍铜耐蚀合金的组织、性能和应用	555	1.1 合金状态图 (相图)	654
3.1 0Mo28Ni65Fe (Hastelloy B) - NS321	556	1.2 镍铬合金相图	654
3.2 00Mo28Ni69Fe2 (Hastelloy B-2) - NS322	562	2 合金元素在镍基电热合金钢中的作用	654
3.3 00Mo29Ni65FeCr (Hastelloy B-3)	565	2.1 常用物理、化学数据	654
第7章 镍铬钼耐蚀合金	567	2.2 合金元素与 γ 相区的关系	654
1 Ni-Cr-Mo 三元相图和相	567	2.3 合金元素在镍基电热合金中的作用	656
2 Ni-Cr-Mo 耐蚀合金中的合金元素及其作用	567	2.4 镍铬合金的抗拉强度	657
2.1 Cr, Mo 的作用	567	2.5 镍基电热合金的抗氧化性能	657
2.2 Fe 对 Ni-16Cr-16Mo-4W 合金耐蚀性的影响	569	2.6 镍基合金的电阻特性	659
2.3 Cu 对 00Cr16Ni60Mo16 合金耐蚀性的影响	569	2.7 其他元素的影响	660
3 镍铬钼耐蚀合金的组织、性能和应用	570	第3章 镍基电热合金的成形与加工	661
3.1 0Cr16Ni60Mo16W4 (Hastelloy C)	572	1 镍基合金的热加工	661
3.2 00Cr16Ni60Mo16W4 (Hastelloy C-276)	577	1.1 镍基合金坯料的外观质量	661
3.3 00Cr16Ni65Mo16Ti (Hastelloy C-4)	580		

1.2 影响镍基合金加工的内在因素	661	1.3 高温合金的应用	692
1.3 Ni-Cr 合金的加热制度	661	2 高温合金的分类和牌号	693
1.4 Ni-Cr 合金的热加工	662	2.1 分类	693
2 Ni-Cr 合金的冷加工	663	2.2 牌号表示方法	693
2.1 拔丝冷加工工艺	663	2.3 高温合金和金属间化合物高温材料牌号的命名和使用	693
2.2 碱浸	664	2.4 常用高温合金和金属间化合物高温材料牌号及其化学成分	694
2.3 酸洗	664	第2章 变形高温合金	705
2.4 白化(钝化)	664	1 概述	705
2.5 涂层	664	1.1 用途	705
2.6 润滑剂	664	1.2 变形高温合金的分类、牌号和强化机理	705
2.7 镍基电热合金钢丝的拉拔	664	1.3 变形高温合金的生产企业与生产流程及所用设备	707
第4章 Fe-Cr-Al 铁基电热合金	665	1.4 变形高温合金的冶金缺陷	710
1 铁铬铝合金的相	665	2 盘类锻件用变形高温合金	711
1.1 铁铬铝合金相图	665	2.1 盘类锻件用变形高温合金的特殊要求	711
1.2 合金元素的影响	665	2.2 盘类锻件用变形高温合金的成分、性能与热处理工艺	712
1.3 Fe-Cr-Al 的熔度图	665	2.3 盘类零件的主要故障类型	717
1.4 铁铬单边空间平衡图	665	2.4 模锻和制造盘类零件的技术关键	717
1.5 Fe-Cr-Al 三元合金组织结构的变化	666	3 叶片用变形高温合金	718
2 合金元素的作用	667	3.1 叶片用变形高温合金的成分与特点	718
2.1 Fe	667	3.2 叶片用变形高温合金的力学性能	719
2.2 Cr	667	3.3 叶片的生产与应用	719
2.3 Al	667	3.4 叶片的生产与应用中的质量问题与故障	722
2.4 其他合金元素的作用	667	4 环形件用变形高温合金	722
3 Fe-Cr-Al 合金的性能	668	4.1 环形件用变形高温合金的成分和特点	722
3.1 Fe-Cr-Al 合金抗氧化性能	668	4.2 变形高温合金环形锻件的生产过程	723
3.2 稀土对 Fe-Cr-Al 电热合金寿命的影响	668	4.3 变形高温合金环形锻件的力学性能	724
3.3 良好的高温应变材料性能	670	4.4 环形件的典型故障	724
3.4 铁铬铝合金的力学性能	671	5 轴类零件用变形高温合金	725
第5章 Fe-Cr-Al 电热合金成形与加工	674	5.1 轴类零件用变形高温合金	725
1 Fe-Cr-Al 合金的成形	674	5.2 轴类零件的生产特点	725
1.1 Fe-Cr-Al 合金的4种成形路线	674	5.3 轴类零件用坯料性能	726
1.2 Fe-Cr-Al 合金钢的坯料	674	5.4 轴类零件的质量分析	726
2 Fe-Cr-Al 合金的热加工	675	6 紧固件用变形高温合金	726
2.1 Fe-Cr-Al 合金钢锭的锻造开坯	675	6.1 紧固件的应用与制造特点	726
2.2 Fe-Cr-Al 合金盘条的热轧加工	676	6.2 紧固件用变形高温合金	727
3 Fe-Cr-Al 合金丝的冷加工	677	6.3 紧固件的质量分析	729
3.1 Fe-Cr-Al 合金粗丝拔丝加工	677	7 板、带材用变形高温合金	729
3.2 Fe-Cr-Al 合金盘条和丝材的拔制	678	7.1 板、带类变形高温合金的牌号、分类和使用温度	729
第6章 电热合金常用牌号化学成分、性能及选用	681	7.2 铁基板材合金	730
1 常用牌号化学成分和性能	681	7.3 镍基板材合金	732
2 选用原则	681	7.4 钴基固溶型板、带材变形高温合金	737
3 选材应注意的几个问题	682	8 管材用变形高温合金	738
3.1 最高允许使用温度	682	9 变形高温合金丝材	738
3.2 电阻温度系数对炉温的影响	682	第3章 铸造高温合金	739
3.3 炉丝表面负荷的选择	682	1 概述	739
3.4 Fe-Cr-Al 丝还是 Ni-Cr 丝的选择	682	2 铁基(铁-镍基)普通铸造高温合金	740
3.5 影响电热合金丝耐腐蚀性能的因素	683	3 镍基普通铸造高温合金	741
4 选用	683	4 钴基普通铸造高温合金	744
4.1 选用电功率	683	5 高铬镍基和铬基普通铸造高温合金	746
4.2 元件的表面负荷	684	6 细晶铸造高温合金	747
4.3 电热合金元件线径的确定	685	7 低碳高硼铸造高温合金	750
参考文献	688	8 含铅铸造高温合金	751
第10篇 高温合金	689	9 低偏析铸造高温合金	752
第1章 概述	691	9.1 低偏析镍基普通铸造高温合金	753
1 高温合金的重要特征和用途	691		
1.1 高温合金主要的金属特征	691		
1.2 合金元素的强化效应	691		

9.2 低偏析定向凝固高温合金	753
10 耐热腐蚀铸造高温合金	754
11 定向凝固高温合金	756
12 单晶高温合金	759
13 定向凝固共晶高温合金	762
14 铸造高温合金母合金质量控制和返回料使用	764
14.1 母合金化学成分的控制	764
14.2 母合金洁净度的控制	764
14.3 母合金锭表面质量和断面质量	765
14.4 母合金锭的力学性能	765
14.5 铸造高温合金返回料的利用	765
15 高温合金精密铸件冶金质量控制	766
16 高温合金及其精密铸件的热处理	769
16.1 均匀化固溶处理	769
16.2 稳定化处理	770
16.3 时效热处理	770
16.4 消除应力热处理	770
17 高温合金精密铸件的热等静压	771
18 铸造高温合金的氧化、腐蚀和涂层防护	773
18.1 铸造高温合金的氧化	773
18.2 铸造高温合金的热腐蚀	774
18.3 铸造高温合金的涂层防护	775
19 铸造高温合金的焊接	776
20 铸造高温合金在民用工业的应用	778
20.1 柴油机和内燃机用增压涡轮	778
20.2 烟气轮机叶片	778
20.3 内燃机阀座	779
20.4 冶金加热炉垫块	779
20.5 离心喷吹玻璃棉用离心头	779
20.6 钴铬钼合金人工关节	779
21 铸造高温合金的牌号对照、使用标准和主要用途	780
22 铸造高温合金的物理力学性能	781
22.1 铸造高温合金的物理性能	781
22.2 铸造高温合金的蠕变性能	782
22.3 铸造高温合金的高周疲劳强度极限	783
第4章 粉末高温合金和氧化物弥散强化 (ODS) 高温合金	785
1 粉末高温合金	785
1.1 粉末高温合金的发展概况	785
1.2 粉末高温合金的制造工艺	786
1.3 粉末高温合金的质量控制	788
1.4 几种镍基粉末高温合金的化学成分	788
1.5 几种粉末高温合金的物理性能及特征	789
1.6 技术标准规定的力学性能	789
1.7 几种粉末高温合金的组织结构	790
2 氧化物弥散强化 (ODS) 高温合金	791
2.1 概述	791
2.2 常用牌号与组织性能	791
2.3 合理选用	794
第5章 金属间化合物高温结构材料	799
1 概述	799
2 Ti-Al 系金属间化合物合金	799
2.1 Ti_3Al 基和 Ti_2AlNb 基合金	800
2.2 γ -TiAl 基合金	813
3 Ni-Al 系金属间化合物基合金	824
3.1 Ni_3Al 基合金	825
3.2 NiAl 合金	831
4 Fe-Al 系金属间化合物基合金	833
4.1 Fe_3Al 基合金	833

4.2 FeAl 基合金	834
4.3 Fe_3Al 基和 FeAl 基合金的制备和加工特点	834
5 其他系金属间化合物基合金简介	834
5.1 $MoSi_2$ 金属间化合物合金	834
5.2 Mo_5Si_3 金属间化合物合金	835
5.3 Nb_3Al 金属间化合物合金	835
5.4 Laves 相金属间化合物基合金	835
第6章 发散冷却高温结构材料	836
1 发散冷却高温结构材料的研究背景	836
2 发散冷却与发散冷却材料	836
3 丝网多孔发散冷却材料	836
4 丝网多孔发散冷却材料的基本性能	837
5 丝网多孔发散冷却材料的应用	837
第7章 民用高温合金	838
1 概述	838
2 不同工业环境下所使用民用高温合金的特点	838
2.1 高温氧化环境	838
2.2 其他腐蚀环境	839
3 高温合金在民用工业中的应用领域	840
参考文献	842
第11篇 金属功能材料	843
第1章 概述	845
1 金属功能材料的分类	845
2 金属功能材料的主要特点	845
3 作用和地位	845
4 我国金属功能材料发展简况	846
5 磁学基础	846
5.1 物质的磁性	846
5.2 磁效应	847
5.3 磁性参量的定义和单位	849
5.4 在交变磁场中的磁化	851
第2章 软磁合金	853
1 铁镍系合金	853
1.1 概述	853
1.2 高起始磁导率 (μ_i) 合金	854
1.3 磁记录技术用高磁导率合金	856
1.4 高频用低损耗高磁导率合金	858
1.5 矩形回线合金	859
1.6 高 ΔB 和恒磁导率合金	860
1.7 具有较高 B_s 的高磁导率 Ni-Fe 合金	861
1.8 热磁补偿合金	864
2 铁铝合金	864
2.1 概述	864
2.2 相图和结构	864
2.3 基本性能	865
2.4 常用 FeAl 合金	865
3 铁硅铝系合金	867
4 铁钴系合金	868
5 铁铬系合金	870
第3章 电工钢	872
1 电工纯铁和低碳电工钢	872
2 铁硅系合金 (硅钢)	874
2.1 硅钢的基本特点和分类	874
2.2 相图和物理性能	874
2.3 无取向硅钢	875
2.4 冷轧取向硅钢	877

2.5 取向薄硅钢	879	3 热双金属的制造	935
第4章 金属永磁材料	882	3.1 熔合法	935
1 概述	882	3.2 爆炸结合法	935
1.1 永磁材料的基本物理参量	882	3.3 热轧结合法	935
1.2 永磁材料的分类	882	3.4 固相结合——冷轧结合法	935
2 铝镍钴永磁材料	883	4 热双金属材料	935
3 可加工永磁材料	885	4.1 牌号的演变	935
3.1 铁铬钴永磁材料	886	4.2 热双金属牌号分类及特征	935
3.2 Mn-Al-C 永磁材料	887	4.3 热双金属的性能	935
3.3 铂钴合金	887	4.4 热双金属国内外牌号的对照	937
3.4 半硬磁材料	888	4.5 热双金属的应用	938
4 稀土永磁材料	890	4.6 热双金属使用注意事项	938
4.1 与稀土永磁有关的合金	890	4.7 热双金属的稳定性处理	938
4.2 烧结稀土永磁材料	894	4.8 热双金属元件设计	938
4.3 黏结稀土永磁材料	903	第8章 电性合金	941
5 几种新型的稀土永磁材料	905	1 电阻合金	941
5.1 双相纳米晶复合永磁材料	905	1.1 精密电阻合金	941
5.2 2:17 型氮化物稀土永磁材料	905	1.2 应变电阻合金	944
5.3 1:12 型氮化物稀土永磁材料	905	1.3 热敏电阻合金	945
第5章 弹性合金	907	2 电热合金	945
1 概述	907	2.1 Ni-Cr 系电热合金	945
2 高弹性合金	910	2.2 Fe-Cr-Al 系电热合金	946
2.1 铜基高弹性合金	910	2.3 纯金属电热材料	946
2.2 铁基高弹性合金	911	2.4 不同介质气氛中电热合金的选择	947
2.3 铁镍基高弹性合金	913	3 热电偶合金	947
2.4 镍基高弹性合金	915	3.1 标准化热电偶品种	948
2.5 钴基高弹性合金	916	3.2 热电偶补偿导线	950
2.6 铌基高弹性合金	917	4 电触头材料	951
2.7 新型高弹性材料	918	4.1 弱电触头材料	951
3 恒弹性合金	918	4.2 强电触头材料	954
3.1 概述	918	第9章 形状记忆合金	956
3.2 Fe-Ni 系恒弹性合金	919	1 概述	956
3.3 Co-Fe 系恒弹性合金	921	2 形状记忆效应的产生	956
3.4 非铁磁性恒弹性合金	921	3 形状记忆合金的用途	957
3.5 高温恒弹性合金	923	3.1 形状的回复	957
3.6 其他恒弹性合金	923	3.2 执行机构	957
第6章 膨胀合金	924	3.3 合金的超弹性	957
1 概述	924	4 形状记忆合金的分类	958
1.1 金属与合金的热膨胀特性	924	5 形状记忆效应的产生机理	958
1.2 膨胀合金的分类	927	5.1 热弹性马氏体相变	958
1.3 膨胀合金表示法	927	5.2 应力诱发马氏体相变	959
2 低膨胀合金	927	6 几种主要的形状记忆合金	959
2.1 Fe-Ni36 低膨胀合金	927	6.1 Ni-Ti 合金	959
2.2 Fe-Ni-Co 型低膨胀合金	928	6.2 铜基合金	960
2.3 其他低膨胀合金	929	6.3 铁基合金	960
2.4 因瓦和超因瓦合金的稳定化处理	929	7 磁性形状记忆合金	960
3 定膨胀合金	929	7.1 磁性形状记忆合金的特点	960
3.1 定膨胀合金的特点	929	7.2 Ni_2MnGa 磁性形状记忆合金的特点	961
3.2 各类定膨胀合金	929	7.3 磁性形状记忆效应的产生机制	961
4 电子元器件用复合材料	933	8 形状记忆合金的发展方向	962
4.1 电子元器件复合材料的特点	933	第10章 非晶态合金	963
4.2 复合材料主要性能计算	933	1 概述	963
4.3 复合膨胀材料	933	1.1 定义与基本特征	963
第7章 热双金属	934	1.2 材料和工艺的两大突破	963
1 概述	934	1.3 特殊的结构和优异特性	963
2 热双金属的组元合金	934	1.4 分类和应用	965
2.1 被动层合金	934	2 非晶态软磁合金	965
2.2 主动层合金	934	2.1 非晶态合金的结构及其形成	965
2.3 组元合金的性能	934	2.2 非晶态软磁合金的成分、分类及特点	966

2.3 铁基非晶态软磁合金及其应用	969	5.01 1.1 焊条的分类	1011
2.4 铁镍基非晶态软磁合金及应用	975	5.01 1.2 焊条的牌号编制	1011
2.5 钴基非晶态合金及应用	975	5.02 结构钢焊条	1014
3 非晶态钎焊料	980	2.1 焊条的成分和性能	1014
3.1 概述	980	2.2 焊条的选择和使用	1014
3.2 非晶态钎焊料的分类	980	2.3 焊条与钢种的配套	1018
4 微晶合金	982	3 铬钼耐热钢焊条和低温钢焊条	1019
4.1 快淬 FeSiAl 系合金	982	3.1 铬钼耐热钢焊条	1019
4.2 快淬 Si-Fe 合金	983	3.2 低温钢焊条	1020
4.3 熔抽钢纤维	984	4 不锈钢焊条	1021
第 11 章 纳米晶合金	985	4.1 不锈钢焊条的成分和用途	1021
1 纳米晶软磁合金	985	4.2 不锈钢焊条的选择和使用	1021
1.1 纳米晶结构及其形成	985	4.3 不锈钢焊条与钢种的配套	1024
1.2 软磁性起源	985	5 堆焊焊条	1024
1.3 FeCuMSiB 系 Finemet 型合金	986	5.1 堆焊焊条的成分和性能	1024
1.4 FeMM'B 系 Nanoperm 型合金	991	5.2 堆焊焊条的选择和使用	1026
1.5 非晶、纳米晶软磁合金的供货方式及铁芯系列应用简介	994	6 铸铁焊条和镍基合金焊条	1027
2 特种非晶微晶合金	997	6.1 铸铁焊条	1027
2.1 非晶态薄膜	997	6.2 镍基合金焊条	1028
2.2 非晶微晶粉末	997	第 3 章 焊丝和焊带	1029
2.3 非晶态丝材	997	1 焊丝的分类和牌号、型号编制	1029
第 12 章 减振合金	998	1.1 焊丝的分类	1029
1 复相型	998	1.2 焊丝的牌号编制	1029
2 位错型	998	1.3 焊丝的型号编制	1030
3 孪晶型	998	2 碳钢和低合金钢焊丝	1031
4 铁磁性减振合金	998	2.1 埋弧焊用焊丝	1031
4.1 铁基铁磁性型减振合金	999	2.2 气体保护焊用焊丝	1032
4.2 钴镍基铁磁性减振合金	999	3 不锈钢焊丝	1037
第 13 章 储氢合金	1000	3.1 焊丝的成分和性能	1037
1 概述	1000	3.2 焊丝的选择和使用	1039
1.1 储氢合金	1000	3.3 焊丝与钢种的配套	1039
1.2 储氢合金的化学和热力学原理	1000	4 堆焊用焊丝和焊带	1040
1.3 储氢合金的吸氢动力学	1000	4.1 堆焊用焊丝	1040
1.4 储氢合金的吸氢反应机理	1000	4.2 堆焊用焊带	1044
2 储氢合金的研究开发概况	1001	第 4 章 焊剂	1047
2.1 AB ₅ 型稀土镍系储氢电极合金	1001	1 焊剂的分类和牌号编制	1047
2.2 AB ₂ 型 Laves 相储氢电极合金	1001	1.1 焊剂的分类	1047
2.3 镁基储氢合金	1001	1.2 焊剂牌号编制	1048
2.4 V 基固溶体型合金	1002	2 焊剂的成分和特性	1049
3 提高储氢合金综合性能的途径	1002	3 焊剂的选择和使用	1052
3.1 AB _x 合金 A 侧混合稀土组成的优化	1002	3.1 焊剂选择原则	1052
3.2 合金 B 侧元素的优化	1002	3.2 焊剂使用注意事项	1052
3.3 非化学计量比低钴无钴储氢合金	1002	第 5 章 钎料	1053
4 储氢合金的制备工艺	1003	1 铜基钎料	1053
4.1 合金电极的表面处理	1003	1.1 铜钎料	1053
4.2 储氢合金的制备工艺	1003	1.2 铜锌钎料	1053
5 储氢合金的应用	1003	1.3 铜锡钎料	1054
5.1 Ni/MH 电池	1003	1.4 耐热铜基钎料	1054
5.2 氢的储运与提纯	1004	2 锰基钎料	1055
5.3 其他方面的应用	1004	3 镍基钎料	1056
参考文献	1005	4 钴基钎料	1058
第 12 篇 钢铁焊接材料	1007	5 银基钎料	1058
第 1 章 概述	1009	5.1 银铜锌镉系钎料	1058
1 焊接熔渣	1009	5.2 银铜锌系钎料	1060
2 焊缝金属的合金化	1009	5.3 银铜系钎料	1061
第 2 章 焊条	1011	5.4 银铜锡系钎料	1061
1 焊条的分类和牌号编制	1011	5.5 银锰钎料	1061
		6 贵金属钎料	1061
		6.1 金基钎料	1061

