

铸造手册

铸铁

第 1 卷



机械工业出版社

铸 造 手 册

第 1 卷

铸 铁

中国机械工程学会铸造专业学会 编



机 械 工 业 出 版 社

(京)新登字054号

《铸造手册》共分铸铁、铸钢、铸造非铁合金、造型材料、铸造工艺和特种铸造六卷出版。本书为第1卷《铸铁》。本卷共有绪论、生产优质铸铁的基础知识、铸铁材质的检测与分析、灰铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁、可锻铸铁、抗磨铸铁、耐热铸铁、耐蚀铸铁、铸铁熔炼、改善铸铁件性能和质量的若干技术等共12章。分别论述了铸铁生产的简史及其发展趋势；生产优质铸铁所必须掌握的基础知识；研究铸铁材质的常规及现代测试技术；各种铸铁的金相组织、性能、化学成分、生产工艺以及典型件等；铸铁的燃焦冲天炉、电炉和双联等熔炼方法及所用的原辅材料；以及铁液过滤技术、水平连铸等新技术。附录中列出了各种铸铁的国际标准和主要国家的现行标准以供参考。

本手册主要供广大铸造工作者使用，也可供设计、科研和教学人员参考。

铸 造 手 册

第 1 卷

铸 铁

中国机械工程学会铸造专业学会 编

*

责任编辑：余茂祚 责任校对：韩 晶

封面设计：姚 毅 版式设计：霍永明

责任印制：卢子祥

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₁₆·印张51¹/₂·插页3·字数1264千字

1993年3月北京第1版·1993年3月北京第1次印刷

印数00 001—15 500·定价：41.00元

*

ISBN 7-111-03117-2/TG·684

铸造手册编委会

顾 问 荣 科

主 任 陶令桓

副 主 任 缪 良 周尧和 沈嘉猷

委 员 (以姓氏笔划为序)

丛 勉 刘兆邦 陈金城

余茂祚 罗志健 姜希尚

钟雪友 徐人瑞 黄恢元

谢明师

铸造手册铸铁卷编委会

主 任 陶令桓

副 主 任 陆文华 唐玉林 张伯明

委 员 陈 琦 刘静远 张宝庆

主 审 罗志健

前 言

随着科学技术和国民经济的发展, 各行各业都对铸造生产提出了新的和更高的要求。铸造技术涉及物理、化学、冶金、机械等多种学科, 影响铸件质量和成本的因素又很多, 正确地使用合理的铸造技术, 生产质量好、成本低的铸件, 实际上并非易事, 鉴于此, 为了促进铸造生产的发展和技术水平的提高, 并给铸造技术工作者提供工作上的方便, 我会编译出版委员会与机械工业出版社组织有关专家编写了由铸铁、铸钢、铸造非铁合金、造型材料、铸造工艺和特种铸造共六卷组成的《铸造手册》。

手册的内容从生产需要出发, 既总结国内行之有效的技术经验, 也介绍近期有可能采用的国外先进技术。手册以图表和数据为主, 辅以适当的文字说明。

手册的编写工作由我会编译出版委员会和机械工业出版社负责组织和协调。

本卷的编写工作是在本会铸铁及熔炼专业委员会的支持下, 在铸铁卷编委会的主持下, 由近30位同志辛勤劳动完成的。由主编机械电子工业部机械科学研究院陶令桓负责全书统编工作其各章编写分工如下:

- 第一章 吴德海 (清华大学)
- 第二章 陆文华 (西安交通大学)、王家炘 (陕西机械学院)、张宝庆 (机械电子工业部郑州机械研究所)
- 第三章 李德珊 (机械电子工业部沈阳铸造研究所)、王世元 (沈阳铸造厂)、吴又玄 (机械电子工业部沈阳铸造研究所)、赵维俊 (大连理工大学)
- 第四章 张伯明、胡家骢 (机械电子工业部中国农业机械化科学研究院)、马敬仲 (北京第一机床厂)
- 第五章 王云昭、唐玉林 (机械电子工业部沈阳铸造研究所)
- 第六章 楼恩贤 (北京农业工程大学)、曾大本 (清华大学)、刘静远 (机械电子工业部沈阳铸造研究所)
- 第七章 陈永民 (昆明工学院)、钱翰城 (重庆大学)
- 第八章 陆文华、周庆德 (西安交通大学)、胡起萱 (湖南省机械研究所)、柳葆铠 (清华大学)
- 第九章 杨士浩 (山东工业大学)
- 第十章 姜炳煊 (机械电子工业部沈阳铸造研究所)
- 第十一章 陈琦 (机械电子工业部沈阳铸造研究所)、林克光 (沈阳工业大学)、胡起萱、刘幼华 (机械电子工业部沈阳铸造研究所)
- 第十二章 姜炳煊、唐玉林
- 附 录 胡家骢

在本卷的编写过程中得到了机械电子工业部机械科学研究院、西安交通大学、机械电子工业部沈阳铸造研究所、中国农业机械化科学研究院、机械电子工业部郑州机械研究所、扬州柴油机厂等许多工厂、科研单位和高等院校的大力支持, 以及柳百成 (清华大学)、曾

艺成（机械电子工业部机械科学研究院）、崔春芳（沈阳市钢铁研究所）、于泉根、李安民（机械电子工业部沈阳铸造研究所）、高志栋（清华大学）等许多同志的帮助。此外，参加本卷审稿工作的除主审外，还有陈农（郑州纺织机械厂）、王贻青（陕西机械学院）、胡学文（机械电子工业部机械科学研究院）等，在此一并致谢。由于水平有限，书中难免有不当和错误之处，恳请读者批评指正，以便再版时予以订正。

中国机械工程学会
铸造专业学会

目 录

前言

第一章 绪 论..... 1

一、铸铁发展简史 1

1. 灰铸铁 2
2. 球墨铸铁 3
3. 蠕墨铸铁 3
4. 可锻铸铁 4
5. 白口铸铁 4

二、对现代铸铁的展望 5

1. 全世界铸件产量增长速度减慢 5
2. 我国铸铁件的发展 6
3. 对现代铸铁提出的质量要求 6
 - (1) 高强度 6
 - (2) 高使用性能 7

参考文献 7

第二章 生产优质铸铁的基础知识 8

一、铸铁的分类 8

二、Fe-C相图 8

1. Fe-C、Fe-Fe₃C双重相图 8
2. Fe-C、Fe-Fe₃C双重相图中的基
本组元 10
 - (1) 纯铁 10
 - (2) 渗碳体 10
 - (3) 石墨 11
3. Fe-C、Fe-Fe₃C双重相图中的组成
相 11
4. Fe-C-Si准二元相图 12
5. 铸铁中常见元素对Fe-C相图上各
临界点的影响 13
6. 碳当量和共晶度的意义及表达式 13

三、铸铁的凝固结晶及固态相变 14

1. 初析石墨的结晶 14
2. 初析奥氏体的结晶 15
 - (1) 初析奥氏体枝晶的凝固过程 15
 - (2) 初析奥氏体的形态 15
 - (3) 奥氏体枝晶中的成分偏析 15
 - (4) 影响奥氏体枝晶数量及粗细的
因素 17

3. 共晶凝固过程 20

- (1) 稳定系的共晶转变 20
- (2) 亚稳定系的共晶转变 28
4. 磷共晶的形成 29
5. 铸铁的固态相变 31
 - (1) 奥氏体的脱碳 31
 - (2) 铸铁的共析转变 32
 - (3) 过冷奥氏体的中温及低温转变 33

四、影响铸铁铸态组织的因素 33

1. 冷却速度的影响 34
2. 化学成分的影响 35
 - (1) 各元素在铸铁中存在的状态 35
 - (2) 常见元素对铁碳相图上共晶温
度的影响 36
 - (3) 化学成分对石墨化作用的影响 36
 - (4) 各元素对金属基体的影响 37
 - (5) 常用合金元素的具体作用 37
 - (6) 常见微量元素的影响 37
3. 铁液的过热和高温静置的影响 39
4. 孕育的影响 39
5. 气体的影响 40
6. 炉料的影响 40

五、铸铁凝固及冷却过程中主要 缺陷的形成原理及其防止 40

1. 缩孔及缩松的形成及其防止 40
 - (1) 缩孔及缩松的形成 40
 - (2) 缩孔和缩松的防止方法 42
2. 铸造应力、变形和开裂及其防止 42
 - (1) 铸造应力的形成 42
 - (2) 减小铸造应力的方法 43
 - (3) 铸铁件的变形和开裂 43
3. 非金属夹杂物和组织不均匀性及其防止 44
 - (1) 非金属夹杂物的形成及其防止 44
 - (2) 组织不均匀性及其防止 46
4. 气孔的形成及其防止 48
 - (1) 析出性气孔的形成及其防止 48
 - (2) 反应性气孔的形成及其防止 49

参考文献	50	9. 铸铁高温金相组织的检测方法与应用	76
第三章 铸铁材质的检测与分析	52	(1) 高温金相显微镜原理	76
一、铸铁金相组织的检测方法	52	(2) 高温金相显微镜的应用	76
1. 铸铁金相试样的制备方法	52	二、铸铁组织的现代物理测试	
(1) 取样	52	方法	77
(2) 铸铁金相试样的磨光与抛光	53	1. 扫描电子显微镜	77
(3) 铸铁金相试样的化学浸蚀	54	(1) 扫描电子显微镜原理	77
2. 铸铁中石墨的检测方法	55	(2) 扫描电子显微镜在分析铸铁组织中的应用	78
(1) 铸铁中石墨的分类	55	2. 透射电子显微镜	78
(2) 石墨的光学显微镜鉴别方法	55	(1) 透射电子显微镜的组成及作用	78
(3) 石墨尺寸及数量的检测	55	(2) 透射电子显微镜的功能	81
(4) 石墨球化率的测量与计算方法	55	(3) 透射电子显微镜试样的种类及制作方法	85
(5) 石墨蠕化率的评定方法	59	(4) 透射电子显微镜复型制样方法的应用	85
3. 显微硬度及其测量方法	59	(5) 金属薄膜透射电子显微镜分析	
(1) 显微硬度计的负荷	59	3. 电子探针	95
(2) 显微硬度测量原理	59	(1) 电子探针的组成及作用	95
(3) 显微硬度计的应用	60	(2) 电子探针的测试原理	97
(4) 显微硬度换算	61	(3) 电子探针的功能	98
4. 铸铁中常见夹杂物的检查方法与类型	62	(4) 电子探针的应用	98
(1) 检查方法	62	(5) 电子探针分析方法的实例	98
(2) 几种常见夹杂物的类型和特征	63	4. X射线	101
5. 铸铁金属基体特征及检测方法	65	(1) X射线衍射仪的组成及其作用	101
(1) 铁素体	65	(2) X射线衍射测试原理	101
(2) 珠光体	67	(3) 粉末X射线衍射照象法的应用(德拜法)	103
(3) 索氏体	67	(4) 平板试样的物相分析实例	104
(4) 托氏体	68	(5) X射线衍射仪的应用	106
(5) 贝氏体	68	(6) 元素含量对铁晶格常数的影响及常见合金相、夹杂物的晶体学数据	106
(6) 马氏体	69	5. 图象仪在铸铁组织含量分析中的应用	108
(7) 奥氏体	70	(1) 图象测量装置	108
(8) 金属基体显微硬度参考值	70	(2) 有关测量的物理概念	109
6. 铸铁中碳化物分类及检查方法	70	(3) 在铸铁分析中的应用	109
(1) 初晶碳化物	71	(4) 测量结果的表示	110
(2) 共晶碳化物	71	三、铸铁物理性能的测试方法	111
(3) 共析碳化物	72	1. 密度的测定方法	111
(4) 二次碳化物	72	(1) 天平称量法	111
(5) 三次碳化物	73	(2) 比重(密度)瓶法	112
(6) 合金碳化物着色分析方法	73		
(7) 铸铁中各类碳化物显微硬度参考值	74		
7. 铸铁中磷共晶的检测方法	74		
8. 共晶团的检测方法	75		
(1) 共晶团的鉴别方法	75		
(2) 共晶团的测算方法	75		

2. 线膨胀系数的测定方法	112	3. 铸铁耐蚀性能的测试方法	144
3. 比热容的测定方法	114	(1) 静态腐蚀测试方法	144
(1) 激光脉冲加热-降温法	115	(2) 动态腐蚀的测试方法	147
(2) 激光吸收板法	116	(3) 电化学腐蚀的测试方法	148
4. 热导率的测定方法	117	4. 铸铁致密性的测试方法	149
(1) 径向热流圆柱法	117	参考文献	149
(2) 闪光法	118	第四章 灰铸铁	150
5. 电导率的测定方法	118	一、金相组织特点及其对性能的	
四、铸铁力学性能的测试方法	120	影响	150
1. 铸铁抗拉性能的测试方法	120	1. 石墨	150
(1) 试棒(块)和试样的制备	120	(1) 石墨的形状及分布	150
(2) 铸铁抗拉性能的测试	122	(2) 石墨长度分类	150
(3) 测定结果的计算	124	2. 基体	150
(4) 灰铸铁的弹性模量及其测试方		3. 碳化物	150
法	125	4. 磷共晶	150
2. 中锰抗磨球墨铸铁抗弯性能的测		5. 共晶团	161
试	125	6. 金相组织对性能的影响	161
3. 铸铁硬度的测试方法	125	(1) 石墨的影响	161
4. 铸铁冲击试验方法	129	(2) 共晶团的影响	166
5. 小能量多次冲击性能的测试方法	130	(3) 基体的影响	166
6. 铸铁疲劳性能的测试方法	130	二、灰铸铁的性能	170
7. 铸铁平面应变断裂韧度的测试方		1. 力学性能	171
法	131	(1) 抗拉强度	171
8. 铸铁疲劳裂纹扩展速率的测定方		(2) 伸长率	172
法	132	(3) 抗压强度	172
9. 铸铁疲劳裂纹扩展门槛值测试方		(4) 抗弯强度	172
法	132	(5) 硬度	173
五、铸铁铸造性能的测试方法	135	(6) 抗剪强度	174
1. 流动性及其测试方法	135	(7) 抗扭强度	174
2. 体收缩及其测试方法	136	(8) 拉伸弹性模量	174
3. 线收缩及其测试方法	136	(9) 泊松比	175
4. 裂纹倾向及其测试方法	138	(10) 冲击性能	176
5. 铸造应力及其测试方法	139	(11) 疲劳极限	177
6. 凝固膨胀力及其测试方法	141	(12) 断裂韧度	179
六、铸铁使用性能的测试方法	141	(13) 高低温力学性能	179
1. 耐热性能的测试方法	141	2. 物理性能	182
(1) 抗生长性	141	(1) 密度	182
(2) 抗氧化性	142	(2) 比热容	183
(3) 表面脱碳	143	(3) 热膨胀系数	184
(4) 热疲劳性	143	(4) 热导率	184
2. 铸铁耐磨性能的测试方法	143	(5) 电阻率	185
(1) 润滑磨损	143	(6) 磁性能	185
(2) 磨料磨损	143		

(7) 粘度	185	系	236
3. 使用性能	185	3. 试棒与铸件本体性能	236
(1) 耐磨性	185	4. 合理选用原则	238
(2) 减振性	189	七、典型灰铸铁件	241
(3) 耐热疲劳性能	191	1. 高强度灰铸铁件	241
(4) 抗氧化、抗生长性能	193	(1) 中、厚壁铸件——机床铸件	241
(5) 致密性	193	(2) 薄壁铸件——发动机汽缸体、 汽缸盖	245
4. 工艺性能	195	2. 薄壁耐磨灰铸铁件	246
(1) 铸造性能	195	(1) 汽缸套	246
(2) 切削性能	196	(2) 活塞环	247
(3) 焊补性能	198	参考文献	250
三、灰铸铁的冶金质量指标	199	第五章 球墨铸铁	253
1. 成熟度及相对强度	199	一、金相组织特点	253
2. 硬化度及相对硬度	201	1. 石墨	253
3. 品质系数	202	(1) 金相组织	253
四、提高灰铸铁性能的途径	203	(2) 球状石墨的微观分析和结构特 征	253
1. 化学成分的合理选配	203	(3) 球化分级	253
(1) 碳、硅及硅碳比	203	(4) 石墨大小	253
(2) 锰和硫	204	(5) 石墨球数	253
(3) 磷	205	2. 基体	258
2. 改变炉料组成	206	(1) 铁素体	258
3. 铁液过热处理	208	(2) 珠光体	264
4. 铁液孕育处理	211	(3) 奥氏体	264
(1) 孕育目的及其效果的评定	212	(4) 贝氏体	264
(2) 孕育剂的分类、成分及选用	214	(5) 马氏体及回火组织	265
(3) 孕育方法	218	(6) 渗碳体	267
5. 低合金化	223	(7) 磷共晶	268
五、灰铸铁的热处理及其他处理	225	二、球墨铸铁的性能	269
1. 灰铸铁热处理特点	225	1. 力学性能	269
2. 灰铸铁常用的热处理工艺	226	(1) 静载荷性能	269
(1) 减应力处理	226	(2) 动载荷性能	271
(2) 石墨化退火	228	(3) 高温性能	274
(3) 表面热处理	229	(4) 低温性能	278
(4) 其它热处理	229	2. 物理性能	279
3. 振动时效	233	(1) 密度	279
(1) 原理和做法	233	(2) 热膨胀系数	280
(2) 作用	233	(3) 热导率	280
(3) 效果的检测	233	(4) 比热容	282
六、灰铸铁的标准及合理选用原 则	234	(5) 熔化潜热	282
1. 灰铸铁的力学性能标准	234	(6) 电阻率	282
2. 灰铸铁力学性能与铸件壁厚的关			

(7) 磁性	283	六、典型铸造缺陷及其防止	330
(8) 减振性及声学性能	283	1. 球化不良和球化衰退	330
(9) 熔融状态的物理性能	284	2. 缩孔和缩松	331
3. 工艺性能	284	3. 皮下气孔	331
(1) 铸造性能	284	4. 应力变形和裂纹	332
(2) 切削性能	289	5. 夹渣	332
(3) 焊补性能	289	6. 石墨漂浮	333
(4) 表面涂镀性	292	7. 碎块状石墨	333
4. 使用性能	293	8. 反白口	334
(1) 耐热性	293	七、大断面球墨铸铁件生产中的	
(2) 耐蚀性	294	特殊问题	335
(3) 耐磨性	298	1. 凝固结晶	335
三、影响性能的因素	299	2. 化学成分的选择	336
1. 化学成分	299	3. 生产工艺要点	337
(1) 基本元素	299	八、球墨铸铁的热处理及表面强	
(2) 合金元素	301	化	338
(3) 微量元素、反球化元素和气体		1. 球墨铸铁热处理特点	338
元素	306	(1) 共析转变温度范围	338
2. 基体组织	307	(2) 奥氏体含碳量的可控性	339
3. 石墨	308	(3) 加热冷却时的组织转变	339
4. 冷却速度	309	(4) 奥氏体等温转变	339
四、球墨铸铁成分的选定	309	(5) 奥氏体连续冷却转变	340
1. 各种成分选定的一般原则	309	(6) 淬透性、淬硬性和淬火介质	348
(1) 基本元素	310	2. 退火	349
(2) 球化元素	310	3. 正火	352
(3) 合金元素	311	(1) 普通正火	352
2. 各种类型球墨铸铁的成分选定	312	(2) 部分奥氏体化正火	353
(1) 铁素体球墨铸铁	312	4. 淬火和回火	353
(2) 珠光体球墨铸铁	313	5. 等温淬火	354
(3) 贝氏体球墨铸铁	313	(1) 上贝氏体等温淬火	355
五、球化处理、孕育处理及球化		(2) 下贝氏体等温淬火	356
率检测技术	316	6. 表面淬火	356
1. 球化处理	316	(1) 感应淬火	356
(1) 球化剂的选用	316	(2) 火焰淬火	357
(2) 球化处理工艺	319	(3) 激光表面相变硬化	357
2. 孕育处理	325	7. 化学热处理	358
(1) 孕育剂的选用	325	8. 表面物理强化	359
(2) 孕育工艺	326	九、球墨铸铁标准及合理选用原	
3. 球化率检测技术	328	则	359
(1) 炉前试样检验法	328	1. 球墨铸铁的牌号规格	359
(2) 炉前快速金相检验	329	2. 球墨铸铁牌号的合理选用	361
(3) 超声波声速法检测	329	(1) 根据铸件性能要求选择牌号	361
(4) 其他方法	330		

(2) 制造工艺性	361	(1) 碳、硅及碳当量	394
(3) 生产条件	362	(2) 锰	395
3. 球墨铸铁应用范围	362	(3) 磷	395
十、典型球墨铸铁件	363	(4) 硫与氧	395
1. 曲轴和桥壳	363	(5) 稀土	396
(1) 曲轴	363	(6) 镁	396
(2) 汽车驱动桥壳体	367	(7) 钙	397
2. 离心球墨铸铁管	367	(8) 合金元素和干扰元素	397
3. 齿轮	369	4. 冷却速度	400
4. 典型大断面球墨铸铁件	370	四、蠕墨铸铁的处理和控制	400
参考文献	371	1. 蠕化剂及蠕化处理工艺	400
第六章 蠕墨铸铁	376	(1) 蠕化剂	400
一、蠕墨铸铁金相组织特点	376	(2) 蠕化处理方法	402
1. 石墨	376	2. 蠕墨铸铁的孕育处理	404
(1) 形态特征	376	3. 蠕化率的检测	405
(2) 蠕虫状石墨形态的评定	377	五、蠕墨铸铁的缺陷及防止方	
(3) 蠕化率的评定	377	法	407
2. 共晶团	379	六、蠕墨铸铁的热处理	410
3. 基体组织	379	1. 蠕墨铸铁的正火	411
二、蠕墨铸铁的性能	383	(1) 正火目的	411
1. 力学性能	383	(2) 正火工艺	411
(1) 常温力学性能	383	2. 蠕墨铸铁的退火	412
(2) 高温力学性能	384	(1) 退火目的	412
2. 物理性能	386	(2) 退火工艺	412
(1) 密度	386	七、蠕墨铸铁标准、牌号及其选	
(2) 热膨胀系数	386	用原则	412
(3) 热导率	386	1. 蠕墨铸铁的牌号	412
3. 工艺性能	387	2. 关于蠕墨铸铁蠕化率的规定	413
(1) 铸造性能	387	3. 牌号选用原则	413
(2) 切削性能	388	八、典型蠕墨铸铁件	414
(3) 焊补性能	390	1. 柴油机缸盖	414
4. 使用性能	390	2. 液压件	415
(1) 致密性	390	3. 汽车排气管	416
(2) 耐磨性	390	4. 钢锭模	416
(3) 耐热疲劳性能	391	参考文献	418
(4) 抗氧化、抗生长性能	392	第七章 可锻铸铁	421
(5) 减振性	392	一、可锻铸铁的分类及特征	421
(6) 耐腐蚀性	393	1. 分类	421
三、影响性能的因素及化学成分		2. 牌号	421
的选定	393	3. 金相组织特征	421
1. 蠕化率	393	二、石墨化退火	424
2. 基体	394	1. 固态石墨化原理	424
3. 化学成分	394		

(1) 固态石墨化的必要条件	424	3. 白心可锻铸铁的生产	451
(2) 高温两阶段石墨化退火时的 组织转变	425	(1) 化学成分的选定	451
(3) 低温石墨化退火时的组织转变	425	(2) 固体(氧化铁、矿石)脱碳法	451
2. 影响石墨化退火过程的因素	426	(3) 气体(空气、水蒸气)脱碳法	452
(1) 化学成分的影响	426	(4) 典型白心可锻铸铁件	453
(2) 石墨化退火工艺的影响	427	七、可锻铸铁的常见缺陷及防止 方法	454
(3) 石墨核心数的影响	427	八、球墨可锻铸铁	456
3. 加速石墨化退火过程的措施	429	1. 球墨可锻铸铁的性能	456
三、铁素体可锻铸铁	431	(1) 力学性能	456
1. 铁素体可锻铸铁的性能	431	(2) 物理性能	457
(1) 力学性能及影响因素	431	(3) 使用性能	459
(2) 物理性能	435	(4) 铸造性能	460
(3) 工艺性能	435	2. 球墨可锻铸铁的金相组织	461
(4) 使用性能	437	3. 球墨可锻铸铁的生产	462
2. 铁素体(黑心)可锻铸铁的金相组 织	437	(1) 化学成分的选定	462
3. 铁素体可锻铸铁的生产	441	(2) 熔炼工艺及变质处理	462
(1) 化学成分的选定	441	(3) 热处理工艺	463
(2) 熔炼方法、孕育工艺和炉前质 量控制	442	4. 典型球墨可锻铸铁件	463
(3) 石墨化退火工艺的选定	442	5. 常见缺陷及其防止	465
(4) 典型铁素体可锻铸铁件	444	(1) 片状石墨麻口及其防止	465
四、珠光体可锻铸铁	446	(2) 收缩缺陷及其防止	465
1. 珠光体可锻铸铁的性能	446	(3) 皮下气孔及其防止	466
2. 珠光体可锻铸铁的金相组织	447	6. 质量控制	466
3. 珠光体可锻铸铁的生产	447	参考文献	466
(1) 化学成分的选定	447	第八章 抗磨铸铁	467
(2) 孕育处理	447	一、铸铁的抗磨性	467
(3) 石墨化退火工艺	447	1. 抗磨性与零件工作条件的关系	467
(4) 典型珠光体可锻铸铁件	448	2. 抗磨铸铁在磨料磨损过程中的失 效	467
五、脱碳退火	449	3. 提高抗磨铸铁件的使用寿命	470
1. 脱碳退火原理	449	二、冷硬铸铁	470
(1) 脱碳过程的基本反应	449	1. 冷硬铸铁的金相组织特点	471
(2) 碳的扩散	450	2. 化学成分对金相组织和性能的影 响	471
2. 影响脱碳退火过程的因素	450	3. 工艺参数对金相组织和性能的影 响	474
(1) 脱碳气相组成的影响	450	4. 典型冷硬铸铁件	476
(2) 碳的溶入及碳在奥氏体中扩散 速度的影响	450	(1) 冷硬轧辊	476
六、白心可锻铸铁	451	(2) 凸轮轴	479
1. 白心可锻铸铁的性能	451	三、中锰球墨铸铁	481
2. 白心可锻铸铁的金相组织	451	1. 中锰球墨铸铁的特点	481

2. 中锰球墨铸铁化学成分与组织和性能之间的关系	482	能	533
(1) 基本元素的作用	482	(1) 硅系耐热铸铁的常温力学性能及金相组织	533
(2) 化学成分与金相组织的关系	483	(2) 硅系耐热铸铁的高温力学性能	535
(3) 化学成分与金相组织对性能的影响	485	(3) 硅系耐热铸铁的抗氧化、抗生长性能	535
3. 典型中锰球墨铸铁件	491	3. 铝系耐热铸铁的成分、组织及性能	535
4. 中锰球墨铸铁常见缺陷及防止	493	(1) 铝系耐热铸铁的常温及高温力学性能	535
四、白口抗磨铸铁	494	(2) 铝系耐热铸铁的抗氧化、抗生长性能	536
1. 各种白口铸铁的成分、组织和性能	494	4. 铬系耐热铸铁的成分、组织及性能	539
(1) 普通白口铸铁	494	(1) 铬铸铁的组织	539
(2) 低合金白口铸铁	495	(2) 铬系耐热铸铁的常温及高温力学性能	540
(3) 中合金白口铸铁	497	(3) 铬系耐热铸铁的抗氧化、抗生长性能	540
(4) 高合金白口铸铁——高铬白口铸铁	503	5. 耐热铸铁的物理性能	542
2. 白口抗磨铸铁的铸造性能	508	6. 耐热铸铁的铸造性能	543
3. 白口抗磨铸铁的热处理	510	四、耐热铸铁的选用	544
4. 白口抗磨铸铁的抗磨性比较	514	五、耐热铸铁的生产工艺	545
5. 白口抗磨铸铁的生产工艺要点	519	1. 硅系耐热铸铁	545
6. 白口抗磨铸铁件的失效	522	2. 铝系耐热铸铁	545
(1) 抗磨性不良	522	3. 铬系耐热铸铁	546
(2) 脆断	522	六、耐热铸铁的常见缺陷及防止方法	546
7. 典型白口抗磨铸铁件	522	七、典型耐热铸铁件	547
(1) 磨球	524	1. 针状预热器	547
(2) 衬板	524	2. 二硫化碳反应甑	547
参考文献	525	3. SZD型工业锅炉侧密封板	549
第九章 耐热铸铁	527	参考文献	550
一、铸铁的高温氧化	527	第十章 耐蚀铸铁	552
1. 铸铁氧化膜的结构	527	一、铸铁的耐蚀性	552
2. 石墨和基体对铸铁抗氧化性能的影响	528	1. 铸铁腐蚀的基本原理及特征	552
3. 合金元素对铸铁抗氧化性能的影响	528	2. 提高铸铁材质耐蚀性的途径	553
4. 铸铁氧化时的脱碳	529	(1) 提高铸铁材质耐蚀性的方法	554
二、铸铁的生长	531	(2) 合金元素对铸铁耐蚀性的影响	554
1. 生长的机理	531	二、耐蚀铸铁的分类、组织、性能及应用范围	558
2. 防止生长的措施	531	1. 普通高硅铸铁	558
三、各种耐热铸铁的成分、组织及性能	533		
1. 耐热铸铁件标准(GB9437—88)	533		
2. 硅系耐热铸铁的成分、组织及性能	533		

(1) 化学成分、金相组织	558	(1) 底焦燃烧	584
(2) 高硅铸铁的耐蚀性	559	(2) 热交换	586
(3) 力学、物理性能	560	(3) 冶金过程	587
2. 合金高硅铸铁	561	2. 冲天炉主要结构参数的选择	592
(1) 稀土中硅铸铁	561	(1) 炉身部分的参数选择	592
(2) 含铜高硅铸铁	561	(2) 前炉部分参数的选择	596
(3) 含钼高硅铸铁	562	(3) 鼓风机的选择	599
(4) 高硅铬铸铁	562	3. 冲天炉主要工艺参数的选择	602
(5) 合金高硅铸铁与普通高硅铸铁 在不同介质中耐蚀性的对比	562	(1) 供风强度(供风量)和风压的选 择	602
3. 镍奥氏体铸铁	564	(2) 送风系统参数的选择	605
(1) 化学成分与金相组织	564	(3) 底焦高度的选择	608
(2) 力学、物理性能	565	(4) 金属炉料组成及批铁量的选择	609
(3) 耐蚀性能	565	(5) 层焦量的选择	611
4. 高铬铸铁	570	(6) 层熔剂量的选择	611
5. 含铝铸铁	573	4. 冲天炉的操作和控制	612
6. 低合金耐蚀铸铁	573	(1) 冲天炉操作要点	612
(1) 含铜铸铁	573	(2) 冲天炉炉况判断	613
(2) 低铬铸铁	575	5. 冲天炉三化系列	618
(3) 低镍铸铁	575	6. 冲天炉熔炼检测技术	620
三、典型耐蚀铸铁件	575	(1) 检测内容及主要技术经济指标 的统计方法	620
1. 高硅铸铁件	575	(2) 冲天炉熔炼过程的检测	620
(1) 生产设备和原材料	575	(3) 冲天炉炉前检测	632
(2) 熔炼工艺	575	7. 改善冲天炉熔炼效果的主要措施	633
(3) 铁液含气量检测	575	(1) 预热送风	633
(4) 孕育处理与浇注工艺	576	(2) 富氧送风	638
(5) 造型工艺	577	(3) 除湿送风	639
(6) 消除应力的热处理	577	(4) 水冷无炉衬冲天炉	641
(7) 铸件的补焊	577	(5) 脱硫	643
2. 镍奥氏体铸铁件	578	三、电炉熔炼	648
(1) 生产设备、原材料	578	1. 无芯感应电炉熔炼	648
(2) 熔炼工艺	578	(1) 基本原理	648
(3) 浇注工艺	578	(2) 结构及其参数选择	649
(4) 造型工艺	579	(3) 操作及其控制	652
(5) 时效处理工艺	580	(4) 提高熔炼技术经济指标的主要 途径	656
四、典型缺陷、形成原因及其防 止	581	2. 有芯感应电炉熔炼	658
参考文献	582	(1) 基本原理	658
第十一章 铸铁熔炼	583	(2) 结构及其参数选择	659
一、概述	583	(3) 操作及其控制	660
二、冲天炉熔炼	584	(4) 感应器的快速更换	667
1. 基本原理	584	3. 电弧炉熔炼	667

(1) 基本原理	668	3. 双金属复合镶铸	707
(2) 结构及其参数选择	668	(1) 镶铸用材的选用	707
(3) 操作及其控制	668	(2) 镶块的几何尺寸与布置	707
四、双联熔炼	674	(3) 造型工艺	708
1. 双联熔炼的主要形式和特点	674	(4) 浇注温度	708
(1) 双联熔炼的主要形式	674	(5) 热处理工艺及效果	708
(2) 双联熔炼的主要特点	674	(6) 镶铸件镶铸工艺实例	709
2. 双联熔炼炉的合理选配	675	三、铸铁件的铸渗	710
(1) 双联熔炼炉选配的主要依据	675	1. 铸渗工艺基本原理	710
(2) 双联熔炼炉容量的选配	676	2. 合金涂层(敷层)的制备	710
3. 双联熔炼的应用实例	677	(1) 涂层(敷层)用合金材料	710
五、炉料及修炉材料	678	(2) 涂层用粘结剂	711
1. 炉料	678	(3) 涂层用熔剂	711
(1) 金属炉料	678	(4) 涂层的烘干工艺	712
(2) 燃料和导电材料	689	3. 铸渗件的铸造工艺及控制	713
(3) 熔剂	689	(1) 砂型铸渗工艺	713
2. 修炉材料	692	(2) 真空(V法造型)铸渗工艺	713
(1) 耐火材料	692	4. 铸渗层的组织、性能及生产应用	714
(2) 隔热材料	692	(1) 铸渗层的组织结构	714
(3) 粘结材料	693	(2) 铸渗层的力学性能	714
参考文献	693	(3) 铸渗层的抗磨性	715
第十二章 改善铸铁件性能和质量		(4) 铸铁铸渗件工艺实例	716
的若干技术	695	四、水平连续铸造技术	717
一、铸铁的过滤技术	695	1. 水平连铸的生产特点	717
1. 铁液过滤器的种类和用途	695	(1) 生产工艺	717
(1) 纤维过滤网(布)	695	(2) 石墨型	718
(2) 泡沫陶瓷过滤片	696	2. 连铸型材的化学成分、组织及性能	718
(3) 蜂窝状陶瓷过滤片	696	能	718
2. 铸铁过滤器的性能	696	3. 连铸产品的应用	721
3. 铸铁过滤技术的应用	696	参考文献	723
(1) 过滤器的选择	697	附录	725
(2) 浇注系统的设计	698	A. 国外有关标准(摘录)	725
(3) 对铸铁成分、性能的影响	699	一、国际标准	725
(4) 应用实例	700	1. 灰铸铁标准[ISO185:1988(E)]	725
二、双金属铸造	703	2. 球墨铸铁标准[ISO1083:1987	
1. 双金属铸造的基本原理	703	(E)]	728
2. 双金属复合铸造	704	3. 蠕墨铸铁性能参考数据	732
(1) 选材	704	4. 可锻铸铁标准[ISO5922—1981	
(2) 熔铸工艺特点	704	(E)]	732
(3) 双金属复合铸件的热处理	705	5. 奥氏体铸铁标准(ISO2392—1973) ...	733
(4) 双金属铸件的性能	705	二、美国标准	738
(5) 双金属复合铸件铸型工艺实		1. 灰铸铁	738
例	706		

(1) 灰铸铁件标准(ANSI/ASTM A48—83)	738	3. 蠕墨铸铁性能参考数据	766
(2) 机动车辆灰铸铁件标准(ANSI/ASTM 159—83)	740	4. 可锻铸铁件标准(DIN 1692—1982)	767
2. 球墨铸铁件标准(ANSI/ASTM A536—84)	742	(1) 黑心可锻铸铁(GTS)	767
3. 蠕墨铸铁标准(ANSI/ASTM A842—85)	744	(2) 白心可锻铸铁(GTW)	767
4. 可锻铸铁标准	744	5. 抗磨铸铁件标准(DIN 1695—1981)	769
(1) 铁素体可锻铸铁件标准(米制)(ANSI/ASTM A47M—84)	744	6. 奥氏体铸铁件标准(DIN 1694—1981)	772
(2) 珠光体可锻铸铁件标准(米制)(ANSI/ASTM A220M—88)	745	(1) 片状石墨奥氏体铸铁	772
(3) 冲天炉可锻铸铁标准(ANSI/ASTM A197M—87)	746	(2) 球状石墨奥氏体铸铁	773
(4) 机动车辆可锻铸铁件标准(ANSI/ASTM A602—87)	746	五、法国国家标准	780
5. 抗磨铸铁标准(ANSI/ASTM A532M—87)	747	1. 灰铸铁件标准(NF A32-101—1987)	780
6. 奥氏体铸铁	747	2. 球墨铸铁件标准(NF A32-201—1987)	784
(1) 奥氏体灰铸铁件标准(ANSI/ASTM A436—84)	747	3. 可锻铸铁	786
(2) 奥氏体球墨铸铁件标准(ANSI/ASTM A439—89)	748	(1) 白心可锻铸铁件标准(NF A32-701—82)	786
7. 高硅耐蚀铸铁件标准(ANSI/ASTM A518M—86)	748	(2) 黑心可锻铸铁件标准(NF A32-702—82)	787
三、英国国家标准	749	4. 抗磨白口铸铁件标准(NF A32-401—80)	787
1. 灰铸铁件标准(BS1452:1977)	749	5. 奥氏体铸铁件标准(NF A32-301—72)	788
2. 球墨铸铁件标准(BS2789:1985)	751	六、日本国家标准	792
3. 可锻铸铁件标准(BS6681:1986)	752	1. 灰铸铁件标准(JIS G5501—1989)	792
4. 抗磨白口铸铁件标准(BS4844:1986)	754	2. 球墨铸铁件标准(JIS G5502—1989)	793
(1) 非合金和低合金类	754	3. 可锻铸铁	794
(2) 镍铬类	754	(1) 黑心可锻铸铁件标准(JIS G5702—1988)	794
(3) 高铬类	755	(2) 白心可锻铸铁件标准(JIS G5703—1988)	794
5. 奥氏体铸铁件标准(BS3468:1986)	756	(3) 珠光体可锻铸铁件标准(JIS G5704—1988)	795
6. 高硅耐蚀铸铁件标准(BS1591:1975)	758	七、前苏联国家标准	796
四、德国国家标准	759	1. 灰铸铁标准(ГОСТ 1412—85)	796
1. 灰铸铁件标准(DIN 1691—85)	759	2. 球墨铸铁标准(ГОСТ 7293—85)	796
2. 非合金与低合金球墨铸铁件标准	762	3. 可锻铸铁标准(ГОСТ 1215—79)	798
(1) 标准类球墨铸铁(DIN 1693—1973)	762	4. 耐磨铸铁标准(ГОСТ 1585—85)	799
(2) 附铸试样的性能(DIN 1693—1977)	765	5. 特殊性能的合金铸铁件标准(ГОСТ 7769—82)	801
		6. 耐蚀和耐热铸铁件标准(ГОСТ 11849—76)	807
		B. 化学元素周期表	