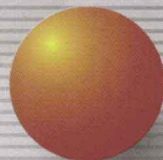


机械工程材料手册

金属材料

第7版

曾正明 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机械 工程 材料 手册

金属 材料

第 7 版

曾正明 主编



机械工业出版社

本手册是一部标准最新、品种较全、内容丰富的实用型工程材料工具书。分上、下两篇，共 18 章。上篇为钢铁材料，其内容为钢铁材料的基本知识、生铁及铁合金、铸铁及铸钢、常用钢种、型钢、钢板及钢带、钢管、钢丝、钢丝绳及钢绞线。下篇为有色金属材料，其内容为有色金属材料的基本知识，铜、铝、钛、镍、镁、锌、铅、锡及其合金。手册以表格形式并辅以简要说明，介绍了各种金属材料的用途、牌号、规格和性能。对于常用的金属材料还分别举例说明了各种牌号的主要特性和用途，可供读者选用时参考。

本手册可供机械、电子、冶金、石油、化工、轻工、军工、建筑等各部门从事工程设计、制造、施工、维修的设计人员、工艺人员、管理人员、购销人员使用，也可供有关院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械工程材料手册：金属材料/曾正明主编. —7 版. —北京：机械工业出版社，2010. 10

ISBN 978 - 7 - 111 - 31300 - 7

I. ①机… II. ①曾… III. ①机械制造材料 - 手册②金属材料 - 手册
IV. ①TH14-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 133961 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：刘彩英 责任编辑：刘彩英 责任校对：程俊巧 张莉娟

封面设计：姚毅 责任印制：杨曦

北京京丰印刷厂印刷

2010 年 10 月第 7 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 76.25 印张 · 3 插页 · 2571 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978 - 7 - 111 - 31300 - 7

定价：198.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010) 68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010) 88379649

读者服务部：(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

目 录

第7版出版说明

上篇 钢铁材料

第一章 钢铁材料的基本知识	1
一、钢铁材料的分类	1
1. 生铁的分类	1
2. 铸铁的分类	1
3. 钢的分类	3
二、钢铁产品的牌号	6
1. 钢铁产品牌号的表示方法	6
2. 常用钢铁产品牌号的表示方法	10
3. 铸铁牌号的表示方法	13
三、金属材料的主要性能指标及其含义	13
1. 物理性能	13
2. 力学性能	18
3. 化学性能	24
四、金属材料的工艺性能	24
1. 铸造性	25
2. 锻造性	25
3. 焊接性	25
4. 可加工性	27
5. 热处理工艺性能	28
6. 金属材料的工艺性能试验	31
五、常用钢铁材料的基本性能数据	32
1. 常用钢铁材料的密度	32
2. 常用钢铁材料的线胀系数	34
3. 常用钢铁材料的熔点、热导率及 比热容	35
4. 常用钢铁材料的弹性模量与 泊松比	35
六、化学元素对钢铁性能的影响	35
1. 常见元素对铸铁性能的影响	35
2. 常用合金元素在钢铁材料中的 作用	35
3. 合金元素对钢性能的影响	42
七、钢铁材料的热处理	45
1. 钢铁材料的基本组织	45
2. 钢铁材料的热处理工艺及应用	47
八、钢铁产品的有关术语	57
1. 钢及合金术语	57

2. 常用钢材术语	59
3. 钢材产品缺陷术语	61
4. 钢材标准常用术语	65
5. 钢材交货状态	69
九、钢铁材料的标记	70
1. 钢产品的标记代号	70
2. 钢材的涂色标记	71
3. 生铁的涂色标记	72
十、钢材质量的计算	72
1. 常用钢材理论质量的计算方法	72
2. 钢材理论质量计算简式	73
十一、钢材的储运管理	74
第二章 生铁及铁合金	75
一、生铁	75
1. 铸造用生铁	75
2. 炼钢用生铁	75
3. 球墨铸铁用生铁	75
4. 铸造用磷铜钛低合金耐磨生铁	75
5. 含钒生铁	76
6. 脱碳低磷粒铁	76
二、铁合金	76
1. 硅铁	76
2. 低碳硅铁	76
3. 硅铬合金	78
4. 硅钙合金	78
5. 硅钡合金	78
6. 硅铝合金	79
7. 硅钡铝合金	79
8. 硅钙钡铝合金	79
9. 锰铁	79
10. 金属锰	80
11. 电解金属锰	80
12. 锰硅合金	80
13. 铬铁	81
14. 金属铬	81
15. 氮化铬块	83
16. 钒铁	83
17. 钒氮合金	83
18. 五氧化二钒	83

19. 钒渣	83	1. 碳素工具钢	185
20. 铌铁	84	2. 合金工具钢	187
21. 钼铁	84	3. 高速工具钢	196
22. 氧化钼块	84	三、轴承钢	202
23. 钨铁	84	1. 高碳铬轴承钢	202
24. 钛铁	85	2. 高碳铬不锈轴承钢	203
25. 硼铁	85	3. 渗碳轴承钢	204
26. 稀土硅铁合金	85	四、特种钢	205
27. 稀土镁硅铁合金	85	1. 不锈钢	205
28. 铁合金的密度和熔点	85	2. 耐热钢	226
第三章 铸铁及铸钢	88	五、专业用钢	237
一、铸铁	88	1. 桥梁用结构钢	237
1. 灰铸铁件	88	2. 船体用结构钢	240
2. 球墨铸铁件	94	3. 内燃机气阀用钢及合金钢棒	243
3. 蠕墨铸铁件	102	4. 汽轮机叶片用钢	246
4. 可锻铸铁件	102	5. 涡轮机高温螺栓用钢	249
5. 抗磨白口铸铁件	107	第五章 型钢	253
6. 耐磨铸铁件	109	一、通用型钢	253
7. 耐热铸铁件	110	(一) 棒钢	253
8. 高硅耐蚀铸铁件	110	1. 热轧圆钢和方钢	253
9. 铸铁件的缺陷术语	112	2. 热轧六角钢和八角钢	254
二、铸钢	113	3. 冷拉圆钢、方钢、六角钢	255
1. 一般工程用铸造碳钢件	113	4. 锻制圆钢和方钢	256
2. 焊接结构用碳素钢铸件	113	5. 银亮钢	257
3. 大型低合金钢铸件	115	(二) 扁钢	259
4. 高锰钢铸件	117	1. 热轧扁钢	259
5. 承压钢铸件	117	2. 优质结构钢冷拉扁钢	261
6. 大型不锈钢铸件	124	3. 锻制扁钢	262
7. 一般用途耐蚀钢铸件	126	4. 热轧工具扁钢	262
8. 一般用途耐热钢和合金铸件	128	5. 热轧弹簧扁钢	265
9. 铸钢件的主要缺陷	130	6. 塑料模具用扁钢	265
第四章 常用钢种	132	(三) 角钢	268
一、结构钢	132	1. 热轧等边角钢	268
1. 碳素结构钢	132	2. 热轧不等边角钢	272
2. 优质碳素结构钢	134	3. 热轧 L 型钢	276
3. 低合金高强度结构钢	141	(四) 工字钢、槽钢及钢轨	277
4. 合金结构钢	146	1. 热轧工字钢	277
5. 保证淬透性结构钢	165	2. 热轧槽钢	277
6. 耐候结构钢	167	3. 铁路用热轧钢轨	280
7. 易切削结构钢	169	4. 轻轨	281
8. 冷墩和冷挤压用钢	172	5. 起重机钢轨	281
9. 弹簧钢	178	(五) 其他通用型钢	282
10. 非调质机械结构钢	181	1. 热轧环件	282
11. 优质结构钢冷拉钢材	183	2. 冷拉异型钢	284
二、工具钢	185	3. 通用冷弯开口型钢	288

VI 目 录

4. 结构用冷弯空心型钢	292	14. 耐热钢板和钢带	388
二、专用型钢	304	15. 厚度方向性能钢板	396
(一) 建筑用钢筋	304	16. 热轧花纹钢板和钢带	396
1. 钢筋混凝土用热轧光圆钢筋	304	17. 塑料模具用热轧厚钢板	399
2. 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋	305	二、冷轧钢板	399
3. 钢筋混凝土用余热处理钢筋	308	1. 冷轧钢板和钢带的尺寸规格	399
4. 预应力混凝土用螺纹钢	310	2. 冷轧钢板和钢带的理论质量	402
5. 冷轧带肋钢筋	311	3. 冷轧低碳钢板及钢带	402
6. 冷轧扭钢筋	314	4. 碳素结构钢冷轧薄钢板及钢带	404
(二) 汽车及农机用钢	316	5. 优质碳素结构钢冷轧薄钢板和 钢带	405
1. 汽车用冷弯型钢	316	6. 不锈钢冷轧钢板和钢带	406
2. 汽车车轮轮辋用热轧型钢	325	7. 搪瓷用冷轧低碳钢板及钢带	420
3. 汽车车轮挡圈、锁圈用热轧型钢	331	三、复合钢板	422
4. 拖拉机大梁用槽钢	334	1. 不锈钢复合钢板和钢带	422
5. 履带用热轧型钢	336	2. 铜-钢复合钢板	426
(三) 其他专用型钢	338	3. 镍-钢复合板	426
1. 标准件用碳素钢热轧圆钢及盘条	338	4. 钛-钢复合板	426
2. 工业链条用冷拉钢	339	5. 钛-不锈钢复合板	428
3. 电梯导轨用热轧型钢	340	四、涂镀钢板	430
三、盘条(线材)	342	1. 单张热镀锌薄钢板	430
1. 热轧圆盘条	342	2. 连续热镀锌钢板及钢带	431
2. 低碳钢热轧圆盘条	342	3. 连续电镀锌、锌镍合金镀层钢板及 钢带	443
3. 优质碳素钢热轧盘条	344	4. 连续热浸镀锌铝稀土合金镀层钢带 和钢板	446
4. 焊接用钢盘条	344	5. 连续热镀锌铝锌合金镀层钢板及 钢带	447
5. 不锈钢盘条	348	6. 热镀锌锡合金碳素钢冷轧薄钢板及 钢带	452
6. 焊接用不锈钢盘条	353	7. 冷轧电镀锡钢板及钢带	453
第六章 钢板及钢带	359	8. 涂覆镀锡(或铬)薄钢板	457
一、热轧钢板	359	五、建筑用钢板	457
1. 热轧钢板和钢带的尺寸规格	359	1. 建筑结构用钢板	457
2. 热轧钢板和钢带的理论质量	363	2. 高层建筑结构用钢板	460
3. 碳素结构钢和低合金结构钢热轧 厚钢板和钢带	364	3. 彩色涂层钢板及钢带	462
4. 碳素结构钢和低合金结构钢热轧 薄钢板和钢带	365	4. 建筑用压型钢板	466
5. 优质碳素结构钢热轧厚钢板和宽 钢带	365	六、汽车用钢板	470
6. 优质碳素结构钢热轧薄钢板和 钢带	367	1. 汽车用高强度热连轧钢板及钢带 第1部分:冷成形用高屈服强度 钢	470
7. 合金结构钢热轧厚钢板	368	2. 汽车用高强度冷连轧钢板及钢带 第1部分:烘烤硬化钢	472
8. 合金结构钢薄钢板	369	3. 汽车用高强度冷连轧钢板及钢带 第2部分:双相钢	474
9. 高强度结构用调质钢板	370		
10. 弹簧钢热轧薄钢板	373		
11. 碳素工具钢热轧钢板	373		
12. 高速工具钢钢板	373		
13. 不锈钢热轧钢板和钢带	373		

4. 汽车用高强度冷连轧钢板及钢带	
第3部分: 高强度无间隙原子钢	475
5. 汽车大梁用热轧钢板和钢带	476
七、锅炉、压力容器用钢板	478
1. 锅炉和压力容器用普通钢板	478
2. 压力容器用调质高强度钢板	481
3. 低温压力容器用低合金钢板	482
4. 焊接气瓶用钢板和钢带	483
八、电工用钢板	484
1. 电磁纯铁	484
2. 电工用热轧硅钢薄钢板	485
3. 中频用电工钢薄带	486
4. 冷轧取向和无取向电工钢带(片)	488
5. 半工艺冷轧无取向电工钢带(片)	492
九、钢带	493
1. 碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢带	493
2. 碳素结构钢冷轧钢带	494
3. 低碳钢冷轧钢带	495
4. 优质碳素结构钢热轧钢带	496
5. 优质碳素结构钢冷轧钢带	498
6. 热处理弹簧钢带	499
7. 弹簧钢、工具钢冷轧钢带	499
8. 不锈钢热轧钢带	501
9. 弹簧用不锈钢冷轧钢带	501
10. 磁头用不锈钢冷轧钢带	503
11. 彩色显像管弹簧用不锈钢冷轧钢带	503
12. 工业链条用冷轧钢带	504
13. 锯条用冷轧钢带	505
14. 机械锯条用高速工具钢热轧钢带	506
15. 铠装电缆用钢带	506
16. 包装用钢带	507
第七章 钢管	510
一、无缝钢管	510
1. 无缝钢管的尺寸规格和理论质量	510
2. 输送流体用无缝钢管	537
3. 流体输送用不锈钢无缝钢管	537
4. 结构用无缝钢管	542
5. 结构用不锈钢无缝钢管	545
6. 不锈钢小直径无缝钢管	548
7. 不锈钢极薄壁无缝钢管	550
8. 奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管	552
9. 冷拔或冷轧精密无缝钢管	553
10. 冷拔异型钢管	556
11. 高压化肥设备用无缝钢管	575
12. 石油裂化用无缝钢管	577
13. 钻探用无缝钢管	579
14. 薄壁不锈钢水管	581
二、焊接钢管	582
1. 焊接钢管的尺寸规格和理论质量	582
2. 直缝电焊钢管	607
3. 低压流体输送用焊接钢管	609
4. 流体输送用不锈钢焊接钢管	610
5. 机械结构用不锈钢焊接钢管	614
6. 奥氏体-铁素体型双相不锈钢焊接钢管	615
7. 双层铜焊钢管	617
8. 深井水泵用电焊钢管	618
三、复合钢管	619
1. 钢塑复合压力管	619
2. 给水涂塑复合钢管	621
3. 给水衬塑复合钢管	623
4. 结构用不锈钢复合管	624
5. 不锈钢塑料复合管	628
6. 内衬不锈钢复合管	629
7. 陶瓷内衬复合钢管	630
四、建筑用钢管	632
1. 建筑结构用冷弯矩形钢管	632
2. 装饰用焊接不锈钢管	643
3. 建筑装饰用不锈钢焊接管材	647
4. 结构用高强度耐候焊接钢管	650
五、汽车用钢管	651
1. 汽车半轴套管用无缝钢管	651
2. 柴油机用高压无缝钢管	652
3. 传动轴用电焊钢管	653
六、锅炉、压力容器用钢管	654
1. 高压锅炉用无缝钢管	654
2. 高压锅炉用内螺纹无缝钢管	661
3. 低中压锅炉用无缝钢管	665
4. 低中压锅炉用电焊钢管	666
5. 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管	668
6. 换热器用焊接钢管	672
7. 低温管道用无缝钢管	673
8. 气瓶用无缝钢管	674
第八章 钢丝	676
一、钢丝综合	676
1. 钢丝的分类	676

2. 冷拉圆钢丝、方钢丝、六角钢丝的 尺寸规格和理论质量	678
二、常用钢丝	681
1. 一般用途低碳钢丝	681
2. 重要用途低碳钢丝	683
3. 通信线用镀锌低碳钢丝	684
4. 优质碳素结构钢丝	685
5. 合金结构钢丝	686
6. 不锈钢丝	688
7. 热处理型冷镦钢丝	692
8. 非热处理型冷镦钢丝	695
9. 冷顶锻用不锈钢丝	695
10. 六角钢丝	698
11. 轴承保持器用碳素结构钢丝	699
12. 工业网用金属丝	700
三、弹簧用钢丝	701
1. 冷拉碳素弹簧钢丝	701
2. 重要用途碳素弹簧钢丝	705
3. 非机械弹簧用碳素弹簧钢丝	706
4. 弹簧垫圈用梯形钢丝	706
5. 合金弹簧钢丝	708
6. 油淬火-回火弹簧钢丝	709
四、汽车和工具用钢丝	712
1. 汽车附件、内燃机、软轴用异型 钢丝	712
2. 碳素工具钢丝	713
3. 合金工具钢丝	714
4. 高速工具钢丝	714
五、焊接用钢丝	715
1. 熔焊用钢丝	715
2. 焊接用不锈钢丝	717
3. 惰性气体保护焊接用不锈钢棒及 钢丝	721
第九章 钢丝绳和钢绞线	723
一、钢丝绳综合	723
1. 钢丝绳的分类	723
2. 钢丝绳的构件	723
3. 钢丝绳的标记代号	725
二、钢丝绳	726
1. 一般用途钢丝绳	726
2. 面接触钢丝绳	750
3. 不锈钢丝绳	751
4. 电梯钢丝绳	755
5. 操纵用钢丝绳	760
6. 航空用钢丝绳	763
7. 飞机操纵用钢丝绳	766
三、钢绞线	768
1. 镀锌钢绞线	768
2. 高强度低松弛预应力热镀锌钢 绞线	770
3. 锌-5%铝-混合稀土合金镀层钢 绞线	771
下篇 有色金属材料	
第十章 有色金属材料的基本知识	773
一、有色金属材料的分类	773
1. 有色金属材料的分类方法	773
2. 工业上常用的有色金属	775
二、有色金属产品牌号的表示方法	776
1. 有色金属及其合金牌号的表示 方法	776
2. 变形铝及铝合金状态代号的表 示方法	777
3. 常用有色金属及其合金牌号的 表示方法	781
4. 铸造有色金属及其合金牌号的 表示方法	784
三、有色金属材料的性能	785
1. 常用有色金属的主要特性	785
2. 常用有色金属的熔点、热导率及 比热容	785
3. 常用有色纯金属的物理性能	785
4. 常用有色纯金属的力学性能	786
5. 常用有色金属的力学性能	787
6. 主要有色金属与钢铁材料的车削 数据对比	788
7. 主要有色金属与钢铁材料的耐 蚀性	788
8. 主要有色金属与钢铁材料的硬度	788
四、化学元素对有色金属性能的影响	788
1. 化学元素对铜及铜合金性能的 影响	788
2. 化学元素对铝及铝合金性能的 影响	789
3. 化学元素对镍及镍合金性能的 影响	790
4. 化学元素对锌及锌合金性能的 影响	790
五、有色金属材料的热处理	790
1. 有色金属材料的热处理方法	790

2. 铜合金的热处理	791	1. 一般用途的加工铜及铜合金带材的 尺寸规格	863
3. 变形铝合金的热处理	792	2. 常用铜及铜合金带材	865
4. 铸造铝合金的热处理	793	3. 变压器用铜带	868
六、有色金属产品的有关术语	793	4. 电缆用铜带	869
1. 有色金属产品术语	793	5. 散热器冷却管专用黄铜带	870
2. 有色金属产品的常用标准术语	797	6. 散热器水室和主片用黄铜带	870
3. 有色金属加工产品的缺陷术语	798	7. 散热器散热片专用纯铜及黄铜带 箔材	871
4. 有色金属及其合金压延材的交货 状态	801	8. 引线框架用铜及铜合金带材 第 1 部分: 平带	871
七、有色金属冶炼产品的涂色标记	802	9. 引线框架用铜及铜合金带材 第 2 部分: U 形带	873
八、有色金属材料的理论质量计算	802	10. 双金属带	873
1. 常用有色金属材料的密度	802	五、铜及铜合金箔材	874
2. 有色金属材料的理论质量计算 公式	804	1. 常用铜及铜合金箔材	874
九、常用有色金属材料的储运管理	805	2. 电解铜箔	875
第十一章 铜及铜合金	807	3. 常用镍及白铜箔	876
一、铜及铜合金冶炼及铸造产品	807	六、铜及铜合金管材	876
1. 粗铜	807	1. 铜及铜合金管材的理论质量	876
2. 阴极铜	807	2. 铜及铜合金无缝管材的尺寸规格	880
3. 电工用铜线坯	808	3. 铜及铜合金拉制管	887
4. 铸造黄铜锭	809	4. 铜及铜合金挤制管	889
5. 铸造青铜锭	810	5. 铜及铜合金毛细管	890
6. 铜中间合金锭	812	6. 铜及铜合金散热扁管	891
7. 铜铍中间合金锭	814	7. 冰箱用高清洁度铜管	893
8. 铸造铜合金	814	8. 空调与制冷设备用无缝铜管	894
9. 压铸铜合金	820	9. 空调器连接用保温铜管	895
二、加工铜及铜合金	820	10. 无缝内螺纹铜管	896
1. 加工铜	820	11. 同步器齿环用挤制铜合金管	898
2. 加工黄铜	822	12. 热交换器用铜合金无缝管	899
3. 加工青铜	830	13. 无缝铜水管和铜气管	901
4. 加工白铜	838	14. 电缆用无缝铜管	903
三、铜及铜合金板材	844	15. 导电用无缝圆形铜管	903
1. 铜及黄铜板、带、箔的理论质量	844	16. 塑覆铜管	904
2. 一般用途的加工铜及铜合金板材的 外形尺寸及允许偏差	845	17. 压力表用铜合金管	905
3. 常用铜及铜合金板材	848	18. 铜及铜合金波导管	907
4. 电镀用铜、锌、镉、镍、锡阳 极板	853	19. 磁控管用无氧铜管	911
5. 照相制版用铜板	855	20. 卫生洁具用黄铜管	912
6. 导电用铜板和条	855	七、铜及铜合金棒材	914
7. 无氧铜板和带	858	1. 铜及铜合金棒材的理论质量	914
8. 铍青铜板材和带材	859	2. 铜及铜合金拉制棒	917
9. 钟表用黄铜板与带	861	3. 铜及铜合金挤制棒	920
10. 钟表用铅黄铜板和带	862	4. 黄铜磨光棒	922
四、铜及铜合金带材	863	5. 铜碲合金棒	922

6. 铜锌铋碲合金棒	923	6. 铝及铝合金波纹板	1047
7. 铍青铜棒	925	7. 铝及铝合金压型板	1048
8. 导电用铜棒	927	8. 铝及铝合金压花板、带材	1049
9. 电极材料用铬、铍青铜棒材	927	9. 铝及铝合金彩色涂层板、带材	1050
10. 阳极磷铜材	928	10. 表盘及装饰用铝及铝合金板	1054
11. 热锻水暖管件用黄铜棒	929	11. 洗衣机用铝及铝合金板材	1055
12. 钟表用铅黄铜棒与线	930	12. 瓶盖用铝及铝合金板、带材	1055
13. 表用镍锌白铜棒	932	13. 铁道货车用铝合金板材	1056
八、铜及铜合金线材	933	14. 普通装饰用铝塑复合板	1057
1. 铜及铜合金线材的理论质量	933	四、铝及铝合金带材	1058
2. 常用铜及铜合金线材	934	1. 铝及铝合金铸轧带材	1058
3. 铜及铜合金扁线	943	2. 易拉罐罐体用铝合金带材	1060
4. 铍青铜线	944	3. 百叶窗用铝合金带材	1061
5. 半导体器件键合用铜丝	945	五、铝及铝合金箔材	1062
6. 钟用黄铜线	946	1. 一般用途的铝及铝合金箔	1062
第十二章 铝及铝合金	948	2. 电解电容器用铝箔	1064
一、铝及铝合金冶炼及铸造产品	948	3. 电子、电力电容器用铝箔	1065
1. 重熔用铝锭	948	4. 空调器散热片用铝箔	
2. 细晶铝锭	948	第1部分: 素铝箔	1066
3. 变形铝及铝合金圆铸锭	949	5. 空调器散热片用铝箔	
4. 变形铝及铝合金扁铸锭	950	第2部分: 亲水铝箔	1067
5. 电工用圆铝杆	951	6. 钎焊式热交换器用铝合金箔	1067
6. 铝线锭	952	7. 钎焊式热交换器用铝合金复合箔	1068
7. 铸造铝合金锭	952	8. 软管用铝及铝合金箔	1069
8. 铝中间合金锭	959	9. 半刚性容器用铝及铝合金箔	1070
9. 铸造铝合金	960	六、铝及铝合金管材	1072
10. 压铸铝合金	968	1. 铝及铝合金管的理论质量	1072
11. 铝合金压铸件	969	2. 铝及铝合金管材的尺寸规格	1074
12. 汽车车轮用铸造铝合金	970	3. 铝及铝合金热挤压管	
二、变形铝及铝合金	972	第1部分: 无缝圆管	1079
1. 变形铝及铝合金的牌号和化学		4. 铝及铝合金热挤压管	
成分	972	第2部分: 有缝管	1081
2. 变形铝及铝合金的物理性能	997	5. 铝及铝合金拉(轧)制无缝管	1083
3. 变形铝及铝合金的工艺性能	999	6. 铝及铝合金连续挤压管	1085
4. 变形铝及铝合金的特性和用途	999	7. 铝塑复合压力管	
5. 变形铝及铝合金的新旧牌号对照	1005	第1部分: 铝管搭接焊式铝	
三、铝及铝合金板材	1007	塑管	1086
1. 铝及铝合金板的理论质量	1007	8. 铝塑复合压力管	
2. 一般工业用铝及铝合金板、带材		第2部分: 铝管对接焊式铝	
第1部分: 一般要求	1007	塑管	1088
3. 一般工业用铝及铝合金板、带材		七、铝及铝合金棒材、线材	1089
第2部分: 力学性能	1015	1. 铝及铝合金棒的理论质量	1089
4. 一般工业用铝及铝合金板、带材		2. 铝及铝合金挤压棒材	1091
第3部分: 尺寸偏差	1037	3. 一般工业用铝及铝合金拉制棒材	1093
5. 铝及铝合金花纹板	1043	4. 铝及铝合金挤压扁棒	1095

5. 活塞用 4A11、4032 合金挤压棒材	1098	2. 镍及镍合金带材	1143
6. 铝及铝合金拉制圆线材	1098	四、镍及镍合金管、棒、线材	1145
7. 电工圆铝线	1102	1. 镍及镍合金管	1145
8. 精铝丝	1103	2. 镍及镍铜合金棒	1148
9. 半导体键合铝-1% 硅细丝	1103	3. 镍及镍合金线和拉制线坯	1148
10. 半导体器件键合用铝丝	1104	第十五章 镁及镁合金	1151
11. 铝钛合金线	1105	一、镁及镁合金冶炼及铸造产品	1151
第十三章 钛及钛合金	1106	1. 原生镁锭	1151
一、钛及钛合金冶炼及铸造产品	1106	2. 变形镁及镁合金圆铸锭	1151
1. 海绵钛	1106	3. 铸造镁合金锭	1152
2. 铸造钛及钛合金	1106	4. 铸造镁合金	1159
3. 钛及钛合金铸件	1107	5. 便携式工具用镁合金压铸件	1160
二、加工钛及钛合金	1108	二、加工镁及镁合金	1161
1. 钛及钛合金的牌号和化学成分	1108	1. 加工镁及镁合金的牌号和化学	
2. 钛及钛合金加工产品的化学成分		成分	1161
允许偏差	1113	2. 加工镁及镁合金的物理性能	1162
3. 加工钛及钛合金的物理性能	1114	3. 加工镁及镁合金的特性和用途	1162
4. 加工钛及钛合金的工艺性能	1114	4. 加工镁及镁合金的新旧牌号对照	1163
5. 加工钛及钛合金的特性和用途	1114	三、镁及镁合金加工产品	1164
三、钛及钛合金板、带、箔材	1116	1. 镁及镁合金板、带	1164
1. 钛及钛合金板材	1116	2. 镁合金热挤压管材	1166
2. 板式换热器用钛板	1119	3. 镁合金热挤压棒材	1170
3. 钟表用纯钛板材	1120	4. 镁及镁合金挤制矩形棒材	1171
4. 钛及钛合金带、箔材	1120	第十六章 锌及锌合金	1174
5. 磁头用工业纯钛箔	1121	一、锌及锌合金冶炼及铸造产品	1174
四、钛及钛合金管材	1122	1. 锌锭	1174
1. 钛及钛合金管	1122	2. 再生锌合金锭	1174
2. 工业流体用钛及钛合金管	1123	3. 热镀用锌合金锭	1175
3. 换热器及冷凝器用钛及钛合金管	1124	4. 铸造用锌合金锭	1177
五、钛及钛合金棒、丝材	1126	5. 铸造锌合金	1177
1. 钛及钛合金棒材	1126	6. 压铸锌合金	1178
2. 钛铜复合棒	1128	7. 锌合金压铸件	1179
3. 钛及钛合金丝	1131	二、加工锌及锌合金	1181
第十四章 镍及镍合金	1134	1. 加工锌及锌合金的代号和化学	
一、镍	1134	成分	1181
1. 电解镍	1134	2. 加工锌及锌合金的物理力学性能	1182
2. 电池用泡沫镍	1134	三、锌及锌合金加工产品	1183
二、加工镍及镍合金	1135	1. 胶印锌板	1183
1. 加工镍及镍合金的化学成分和		2. 照相制版用微晶锌板	1183
产品形状	1135	3. 电池锌板	1183
2. 加工镍及镍合金的物理性能	1135	4. 电池锌饼	1184
3. 加工镍及镍合金的工艺性能	1140	第十七章 铅及铅合金	1186
4. 加工镍及镍合金的特性和用途	1140	一、铅及铅合金冶炼及铸造产品	1186
三、镍及镍合金板、带、箔材	1141	1. 铅锭	1186
1. 镍及镍合金板	1141	2. 再生铅及铅合金锭	1186

XII 目 录

3. 粗铅	1187	1. 加工锡的代号和化学成分	1197
4. 高纯铅	1188	2. 加工锡的物理力学性能	1198
二、加工铅及铅合金	1188	三、锡及锡合金加工产品	1198
1. 加工铅及铅合金的牌号和化学成分	1188	附录	1200
2. 加工铅及铅合金的力学性能	1189	一、新旧标准性能名称和符号对照表	1200
三、铅及铅合金加工产品	1190	二、常用计量单位(新旧)对照换算	1200
1. 铅及铅锑合金板	1190	三、常用线规号与公称直径对照表	1201
2. 电解沉积用铅阳极板	1192	四、不锈钢和耐热钢新旧牌号对照	1202
3. 铅及铅锑合金管	1193	1. 奥氏体型不锈钢和耐热钢	1202
4. 铅及铅锑合金棒和线材	1195	2. 奥氏体-铁素体型不锈钢和耐热钢	1203
第十八章 锡及锡合金	1197	3. 铁素体型不锈钢和耐热钢	1203
一、锡及锡合金冶炼及铸造产品	1197	4. 马氏体型不锈钢和耐热钢	1203
1. 锡锭	1197	5. 沉淀硬化型不锈钢和耐热钢	1204
2. 高纯锡	1197	参考文献	1205
二、加工锡及锡合金	1197		

上篇 钢铁材料

第一章 钢铁材料的基本知识

(续)

一、钢铁材料的分类

钢铁材料又称黑色金属材料，它是工业中应用最广、用量最多的金属材料。钢铁是钢和生铁统称，它们都是以铁和碳为主要元素组成的合金。

钢铁材料分为生铁、铸铁和钢三类。

1. 生铁的分类

碳的质量分数 (w_C) 大于 2% 的铁碳合金称为生铁。生铁的分类见表 1-1。

表 1-1 生铁的分类

分类方法	分类名称	说明
按用途分	(1) 炼钢生铁	炼钢生铁是指用于平炉、转炉炼钢用的生铁，一般含硅量较低 (w_{Si} 不大于 1.75%)，含硫量较高 (w_S 不大于 0.07%)。它是炼钢用的主要原料，在生铁产量中占 80% ~ 90%。炼钢生铁质硬而脆，断口呈白色，所以也叫白口铁
	(2) 铸造生铁	铸造生铁是指用于铸造各种铸件的生铁，俗称翻砂铁。一般含硅量较高 (w_{Si} 达 3.75%)，含硫量稍低 (w_S 不大于 0.06%)。它在生铁产量中约占 10%，是钢铁厂中的主要商品铁，其断口为灰色，所以也叫灰口铁
按化学成分分	(1) 普通生铁	普通生铁是指不含其他合金元素的生铁，如炼钢生铁、铸造生铁都属于这一类生铁

分类方法	分类名称	说明
按化学成分分	天然合金生铁	天然合金生铁是指用含有共生金属如铜、钒、镍等的铁矿石或精矿，用还原剂还原而炼成的一种特种生铁，它含有一定量的合金元素（一种或多种，由矿石的成分来决定），可用来炼钢，也可用于铸造
	(2) 特种生铁 铁合金	铁合金和天然合金生铁不同之处，是在炼铁时特意加入其他成分，炼成含有多种合金元素的特种生铁。铁合金是炼钢的原料之一，也可用于铸造。在炼钢时作钢的脱氧剂和合金元素添加剂，用以改善钢的性能 铁合金的品种很多，如按所含的元素来分，可分为：硅铁、锰铁、铬铁、钨铁、钼铁、钛铁、钒铁、磷铁、硼铁、镍铁、铌铁、硅锰合金、稀土合金等等，其中用量最大的是锰铁、硅铁和铬铁。按照生产方法的不同，铁合金通常又分为：高炉铁合金、电炉铁合金、炉外法铁合金、真空碳还原铁合金等

2. 铸铁的分类

碳的质量分数 (w_C) 超过 2% (一般为 2.5% ~ 3.5%) 的铁碳合金称为铸铁，铸铁是用铸造生铁经冲天炉等设备重熔，用于浇注机器零件。铸铁的分类见表 1-2。

表 1-2 铸铁的分类

(续)

分类方法	分类名称	说 明
1. 按断面颜色分	(1) 灰铸铁	这种铸铁中的碳大部或全部以自由状态的片状石墨形式存在,其断面呈暗灰色,故称为灰铸铁。它有一定的力学性能和良好的可加工性,是工业上应用最普遍的一种铸铁
	(2) 白口铸铁	白口铸铁是组织中完全没有或几乎没有石墨的一种铁碳合金,其中碳全部以渗碳体形式存在,断面呈白亮色,因而得名。这种铸铁硬而且脆,不能进行切削加工,工业上很少直接应用它来制作机械零件。在机械制造中,有时仅利用它来制作需要耐磨而不承受冲击载荷的机件,如拉丝板、球磨机的磨球等,或用激冷的办法制作内部为灰铸铁组织、表层为白口铸铁组织的耐磨零件,如火车轮圈、轧辊、犁铧等。这种铸铁具有很高的表面硬度和耐磨性,通常又称为激冷铸铁或冷硬铸铁
	(3) 麻口铸铁	这是介于白口铸铁和灰铸铁之间的一种铸铁,它的组织由珠光体+渗碳体+石墨组成,断面呈灰白相间的麻点状,故称麻口铸铁,这种铸铁性能不好,极少应用
2. 按化学成分分	(1) 普通铸铁	普通铸铁是指不含任何合金元素的铸铁,一般常用的灰铸铁、可锻铸铁、激冷铸铁和球墨铸铁等,都属于这一类铸铁
	(2) 合金铸铁	它是在普通铸铁内有意识地加入一些合金元素,借以提高铸铁某些特殊性能而配制成的一种高级铸铁,如各种耐蚀、耐热、耐磨的特殊性能铸铁,都属于这一类型的铸铁
3. 按生产方法和组织性能分	(1) 普通灰铸铁	(参见“灰铸铁”)

分类方法	分类名称	说 明
3. 按生产方法和组织性能分	(2) 孕育铸铁	孕育铸铁又称变质铸铁,它是在灰铸铁的基础上,采用“变质处理”,即在铁液中加入少量的变质剂(硅铁或硅钙合金),造成人工晶核,使能获得细晶粒的珠光体和细片状石墨组织的一种高级铸铁。这种铸铁的强度、塑性和韧性均比一般灰铸铁要好得多,组织也较均匀一致,主要用来制造力学性能要求较高而截面尺寸变化较大的大型铸钢件
	(3) 可锻铸铁	可锻铸铁是由一定成分的白口铸铁经石墨化退火而成,其中碳大部或全部呈团絮状石墨的形式存在,由于其对基体的破坏作用,较之片状石墨大大减轻,因而比灰铸铁具有较高的韧性,故又称韧性铸铁。可锻铸铁实际并不可锻造,只不过具有一定的塑性而已,通常多用来制造承受冲击载荷的铸件
	(4) 球墨铸铁	球墨铸铁简称球铁。它是通过在浇铸前向铁液中加入一定量的球化剂(如纯镁或其合金)和墨化剂(硅铁或硅钙合金),以促进碳呈球状石墨结晶而获得的。由于石墨呈球形,应力大为减轻,它主要减小金属基体的有效截面积,因而这种铸铁的力学性能比普通灰铸铁高得多,也比可锻铸铁好;此外,它还具有比灰铸铁好的焊接性和接受热处理的性能;和钢相比,除塑性、韧性稍低外,其他性能均接近,是一种同时兼有钢和铸铁优点的优良材料,因此在机械工程上获得了广泛的应用
	(5) 特殊性能铸铁	这是一组具有某些特性的铸铁,根据用途的不同,可分为耐磨铸铁、耐热铸铁、耐蚀铸铁等等。这类铸铁大部分都属于合金铸铁,在机械制造上应用也较为广泛

3. 钢的分类

钢。钢的分类见表 1-3。

碳的质量分数 (w_C) 不大于 2% 的铁碳合金称为

表 1-3 钢 的 分 类

分类方法	分类名称		说明
1. 按冶炼方法分	(1) 按冶炼设备分	1) 平炉钢	平炉钢是指用平炉炼钢法所炼制出来的钢, 按炉衬材料的不同, 分酸性和碱性两种, 一般平炉都是碱性的, 只有特殊情况下才在酸性平炉内炼制。平炉炼钢法具有原料范围宽, 设备能力大, 品种多, 质量好等优点, 在 20 世纪 50 年代前, 平炉钢在世界总产量中占绝对优势, 以后由于氧气顶吹转炉炼钢法的出现很快使平炉相形见绌, 现在世界各国都有停建平炉的趋势。平炉钢的主要品种是普碳钢、低合金钢和优质碳素钢
		2) 转炉钢	转炉钢是指用转炉炼钢法所炼制出来的钢, 除分为酸性和碱性转炉钢外, 还可分为底吹、侧吹、顶吹和空气吹炼、纯氧吹炼等转炉钢。它们常常混合使用, 例如: 贝氏炉钢为底吹酸性转炉钢, 托马斯钢为底吹碱性转炉钢。我国现在大量生产的为侧吹碱性转炉钢和氧气顶吹转炉钢, 氧气顶吹转炉钢具有生产速度快, 质量高, 成本低, 投资少, 基建快等一系列优点, 是当代炼钢的主要方法。转炉钢的主要品种是普碳钢, 氧气顶吹转炉亦生产优质碳素钢和合金钢
		3) 电炉钢	电炉钢是指用电炉炼钢法所炼制出来的钢, 可分为电弧炉钢、感应电炉钢、真空感应电炉钢、电渣炉钢、真空自耗炉钢、电子束炉钢等。工业上大量生产的, 主要是碱性电弧炉钢, 品种是优质钢和合金钢
	(2) 按脱氧程度和浇注制度分	1) 沸腾钢	这是脱氧不完全的钢, 浇注时在钢锭模里产生沸腾, 因而得名, 其特点是收得率高, 成本低, 表面质量及深冲性能好; 但成分偏析大, 质量不均匀, 耐腐蚀性和机械强度较差。这类钢大量用以轧制普通碳素钢的型钢和钢板
		2) 镇静钢	它是脱氧完全的钢, 在浇注时钢液镇静, 没有沸腾现象, 所以称镇静钢。其特点是成分偏析少, 质量均匀, 但金属的收得率低 (缩孔多), 成本比较高。一般合金钢和优质碳素钢都是镇静钢
		3) 半镇静钢	它是脱氧程度介于沸腾钢和镇静钢之间的钢, 浇注时沸腾现象较沸腾钢弱。钢的质量、成本和收得率也介于沸腾钢和镇静钢之间, 它的生产较难控制, 故目前在钢的生产中所占比重不大
2. 按化学成分分	(1) 碳素钢	<p>碳素钢是指含碳量 w_C 低于 2%, 并含有少量锰、硅、硫、磷、氧等杂质元素的铁碳合金。按其含碳量的不同可分为:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 工业纯铁——为含碳量 $w_C \leq 0.04\%$ 的铁碳合金 2) 低碳钢——为含碳量 $w_C \leq 0.25\%$ 的钢 3) 中碳钢——为含碳量 $w_C > 0.25\% \sim 0.60\%$ 的钢 4) 高碳钢——为含碳量 $w_C > 0.60\%$ 的钢 <p>此外, 按照钢的质量和用途的不同, 碳素钢通常又分为: 普通碳素结构钢、优质碳素结构钢和碳素工具钢三大类</p>	

分类方法	分类名称	说明
2. 按化学成分分	(2) 合金钢	<p>合金钢是指在碳素钢的基础上, 为了改善钢的性能, 在冶炼时特意加入一些合金元素(如铬、镍、硅、锰、钼、钨、钒、钛、硼……等)而炼成的钢</p> <p>按其合金元素的种类不同, 可分为: 铬钢、锰钢、铬锰钢、铬镍钢、铬钼钢、硅锰钢、硅锰钼钢、铬镍钼钢、钒钼硼钢……等许多钢组</p> <p>按其合金元素的总含量, 可分为:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 低合金钢——这类钢的合金元素总质量分数 $\leq 5\%$ 2) 中合金钢——这类钢的合金元素总质量分数 $> 5\% \sim 10\%$ 3) 高合金钢——这类钢的合金元素总质量分数 $> 10\%$ <p>按照钢中主要合金元素的种类, 又可分为:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 三元合金钢——指除铁、碳以外, 还含有另一种合金元素的钢, 如锰钢、铬钢、硼钢、钼钢、硅钢、镍钢等 2) 四元合金钢——指除铁、碳以外, 还含有另外两种合金元素的钢, 如: 硅锰钢、锰硼钢、铬锰钢、铬镍钢……等 3) 多元合金钢——指除铁、碳以外, 还含有另外三种或三种以上合金元素的钢, 如: 铬锰钛钢、硅锰钼钒钢……等
3. 按用途分	1) 建筑及工程用结构钢	<p>建筑及工程用结构钢, 简称建造用钢, 它是指用于建筑、桥梁、船舶、锅炉或其他工程上制作金属结构件的钢。这类钢大多为低碳钢, 因为它们多要经过焊接施工, 含碳量不宜过高, 一般都是在热轧供应状态或正火状态下使用</p> <p>属于这一类型的钢, 主要有:</p> <ol style="list-style-type: none"> ①普通碳素结构钢——按用途又分为: a. 一般用途的普碳钢 b. 专用普碳钢 ②低合金钢——按用途又分为: a. 低合金结构钢 b. 耐腐蚀用钢 c. 低温用钢 d. 钢筋钢 e. 钢轨钢 f. 耐磨钢 g. 特殊用途的专用钢
	(1) 结构钢 2) 机械制造用结构钢	<p>机械制造用结构钢是指用于制造机械设备上结构零件的钢。这类钢基本上都是优质钢或高级优质钢, 它们往往要经过热处理、冷塑性成形和机械切削加工后才能使用</p> <p>属于这一类型的钢, 主要有:</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>① 优质碳素结构钢</p> </div> <div style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;"> <p>按其工艺特征分为</p> <ul style="list-style-type: none"> 调质结构钢 表面硬化结构钢 <ul style="list-style-type: none"> 渗碳钢 渗氮钢 液体碳氮共渗钢 表面淬火用钢 冷塑性成形用钢(如冷冲压钢、冷镦钢、冷挤压用钢等等) </div> </div> <p>②合金结构钢</p> <p>③易切结构钢</p> <p>④弹簧钢</p> <p>⑤滚动轴承钢</p>
	(2) 工具钢	<p>工具钢是指用于制造各种工具的钢</p> <p>这类钢按其化学成分, 通常分为: 1) 碳素工具钢 2) 合金工具钢 3) 高速钢</p> <p>按照用途又可分为: 1) 刃具钢(或称刀具钢) 2) 模具钢(包括冷作模具钢、热作模具钢和塑料模具钢等) 3) 量具钢</p>

(续)

分类方法	分类名称	说明	
3. 按用途分	(3) 特殊钢	特殊钢是指用特殊方法生产, 具有特殊物理、化学性能或力学性能的钢 属于这一类型的钢, 主要有: 1) 不锈钢 2) 耐热不起皮钢 3) 高电阻合金 4) 低温用钢 5) 耐磨钢 6) 磁钢 (包括硬磁钢和软磁钢) 7) 抗磁钢 8) 超高强度钢 (指 $\sigma_b \geq 1400\text{MPa}$ 的钢)	
	(4) 专业用钢	这是指各个工业部门专业用途的钢。例如: 农机用钢、机床用钢、重型机械用钢、汽车用钢、航空用钢、宇航用钢、石油机械用钢、化工机械用钢、锅炉用钢、电工用钢、焊条用钢等	
4. 按金相组织分	(1) 按退火后的金相组织分	1) 亚共析钢	含碳量 w_C 小于 0.80%, 组织为游离铁素体 + 珠光体
		2) 共析钢	含碳量 w_C 为 0.80%, 组织全部为珠光体
		3) 过共析钢	含碳量 w_C 大于 0.80%, 组织为游离碳化物 + 珠光体
		4) 莱氏体钢	实际上也是过共析钢, 但其组织为碳化物和奥氏体的共晶体, 通常把它另分为一类
	(2) 按正火后的金相组织分	1) 珠光体钢、贝氏体钢	当合金元素含量较少, 于空气中冷却可得到珠光体或索氏体、托氏体的, 就属于珠光体钢, 若得到贝氏体组织的, 就属于贝氏体钢
		2) 马氏体钢	当合金元素含量较高, 于空气中冷却, 可得到马氏体组织的, 称为马氏体钢
		3) 奥氏体钢	当合金元素含量很多时, 在空气中冷却, 奥氏体直到室温仍不转变的, 称为奥氏体钢
		4) 碳化物钢	当含碳量较高并含有大量碳化物组成元素时, 于空气中冷却, 可得到由碳化物及其基体组织 (珠光体或马氏体、奥氏体) 所构成的混合物组织的, 称为碳化物钢。最典型的碳化物钢是高速钢
	(3) 按加热、冷却时有无相变和室温时的多相组织分	1) 铁素体钢	这类钢含碳量很低并含有多量的形成或稳定铁素体的元素, 如铬、硅等, 以致加热或冷却时, 始终保持铁素体组织
		2) 半铁素体钢	这类钢含碳量较低并含有较多的形成或稳定铁素体的元素 (如铬、硅), 在加热或冷却时, 只有部分发生 $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ 相变, 其他部分始终保持 α 相的铁素体组织
		3) 半奥氏体钢	这类钢含有一定的形成或稳定奥氏体的元素 (如镍、锰), 以致在加热或冷却时, 只有部分发生 $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ 相变, 其他部分始终保持 γ 相的奥氏体组织
		4) 奥氏体钢	这类钢含有多量的形成或稳定奥氏体的元素, 如锰、镍等, 以致加热或冷却时, 始终保持奥氏体组织
5. 按品质分	(1) 普通钢	这类钢含杂质元素较多, 其中 w_P 与 w_S 均被限制在 0.07% 以内, 主要用作建筑结构和要求不太高的机械零件, 属于这一类的钢如: 普通碳素钢、低合金结构钢等	
	(2) 优质钢	这类钢含杂质元素较少, 质量较好, 其中硫与磷的含量 w_S , w_P 均被限制在 0.04% 以内, 主要用作机械结构零件和工具。属于这一类的钢有: 优质碳素结构钢、合金结构钢、碳素工具钢和合金工具钢、弹簧钢、轴承钢等	
	(3) 高级优质钢	这类钢含杂质元素极少, 其中硫、磷含量 w_S , w_P 均被限制在 0.03% 以内, 主要用作重要的机械结构零件和工具, 属于这一类的钢, 大多是合金结构钢和工具钢, 为了区别于一般优质钢, 这类钢的钢号后面, 通常加符号 "A" 或汉字 "高" 以便识别	