

# 机械工程师手册

金属材料

(第5版)

中国第一汽车集团公司编写组 编

机械工业出版社



# 机械 工程 材料 手册

## 金属 材料

(第 5 版)

中国第一汽车集团公司编写组 编



机械工业出版社

### 图书在版编目 (CIP) 数据

机械工程材料手册：金属材料/中国第一汽车集团公司编写组编. 第5版. -北京：机械工业出版社，1998. 12

ISBN 7-111-06275-2

I. 机… II. 中… III. ①机械制造材料-手册②金属材料-机械制造材料-手册 IV. TG14-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 07575 号

出版人：马九荣 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：刘彩英 张绪姜 版式设计：冉晓华 责任校对：刘志文

封面设计：方 芬 责任印制：王国光

煤炭工业出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1998 年 12 月第 5 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub> · 65.25 印张 · 2 插页 · 2225 千字

243601—247600 册

定价：98.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

## 第5版出版说明

机械工程材料手册自1970年初版以来，深受读者欢迎，累计印数达23万余册。随着我国经济建设的发展，工程材料的品种、型号、规格日益增多，经常颁布新的国家标准和部颁标准，或是相应地进行修改。为此，本手册在1977年出版第2版，1982年出版第3版，1991年出版第4版，现又进行第5版修订。

这次修订，全面核实查对了1997年前新颁布的国家标准和部颁标准，因此，基本上更新了原书内容，并增补了一批新的材料品种、规格。全书内容力求做到简明扼要，切合实用。为便于读者使用，决定分成金属材料和非金属材料两卷出版。

在修订过程中，得到我公司领导的热情支持和有关兄弟单位的大力协助，在此谨致以诚挚的谢意。由于水平有限，书中难免存在缺点和错误，希望读者批评指正。

中国第一汽车集团公司 编写组

1997年10月

# 机械 工程 材料 手册

## 金属材料

(第 5 版)

中国第一汽车集团公司 编写组

主 编	曾正明	彭福泉		
审 校	周汝格	刘彩英		
编写人员	周汝格	金奉燮	黄 晶	付绍云
	曾正明	曾 晶	彭福泉	彭达志
	虞莲莲	刘彩英	付 杰	吴洪发
	史元兴	许国旗	曾 鹏	陈子侠

# 目 录

第5版出版说明

<b>第1章 金属材料概述</b> .....	1	2.2.8 氧化铝块 .....	114
1.1 金属材料的分类 .....	1	2.2.9 钒铁 .....	115
1.1.1 钢铁材料(黑色金属材料)的 分类 .....	1	2.2.10 钛铁 .....	115
1.1.2 有色金属材料的分类 .....	11	2.2.11 铌铁 .....	115
1.2 金属材料牌号的表示方法 .....	13	2.2.12 硼铁 .....	116
1.2.1 钢铁材料牌号的表示方法 .....	13	2.2.13 磷铁 .....	116
1.2.2 有色金属及合金牌号的表示 方法 .....	20	2.2.14 金属锰 .....	116
1.2.3 铸造有色金属及其合金牌号的 表示方法 .....	24	2.2.15 电解金属锰 .....	117
1.3 国内外常用金属材料牌号对照 .....	25	2.2.16 金属铬 .....	117
1.3.1 国内外常用钢铁材料牌号对照 .....	25	2.2.17 金属钙 .....	117
1.3.2 国内外常用有色金属材料牌号近似 对照 .....	53	2.2.18 锰硅合金 .....	118
1.4 金属材料的热处理 .....	73	2.2.19 硅铬合金 .....	119
1.4.1 钢铁的热处理 .....	73	2.2.20 硅铝合金 .....	119
1.4.2 有色合金的热处理 .....	88	2.2.21 硅钙合金 .....	119
1.5 金属材料的主要性能指标及其 涵义 .....	90	2.2.22 硅钡合金 .....	120
1.5.1 钢铁材料的主要性能指标及其 涵义 .....	90	2.2.23 硅钙钡铝合金 .....	120
1.5.2 常用有色金属材料的基本性能 数据 .....	106	2.2.24 钒铝合金 .....	120
<b>第2章 生铁及铁合金</b> .....	108	2.2.25 铌锰铁合金 .....	121
2.1 生铁 .....	108	2.2.26 稀土硅铁合金 .....	121
2.1.1 炼钢用生铁 .....	108	2.2.27 稀土镁硅铁合金 .....	121
2.1.2 铸造用生铁 .....	108	2.2.28 混合稀土金属 .....	122
2.1.3 球墨铸铁用生铁 .....	109	<b>第3章 铸铁、铸钢及铸造合金</b> .....	123
2.1.4 含钒生铁 .....	110	3.1 铸铁 .....	123
2.1.5 铸造用磷铜钛低合金耐磨生铁 .....	110	3.1.1 灰铸铁件 .....	123
2.2 铁合金 .....	111	3.1.2 球墨铸铁件 .....	129
2.2.1 硅铁 .....	111	3.1.3 可锻铸铁件 .....	136
2.2.2 锰铁 .....	111	3.1.4 蠕墨铸铁件 .....	141
2.2.3 铬铁 .....	112	3.1.5 耐磨铸铁 .....	143
2.2.4 氮化铬铁 .....	113	3.1.6 耐热铸铁件 .....	151
2.2.5 真空法微碳铬铁 .....	113	3.1.7 高硅耐蚀铸铁件 .....	153
2.2.6 钨铁 .....	114	3.1.8 铸铁件热处理状态的名称及 代号 .....	156
2.2.7 钼铁 .....	114	3.2 铸钢 .....	156
		3.2.1 一般工程用铸造碳钢 .....	156
		3.2.2 焊接结构用碳素钢铸件 .....	158
		3.2.3 合金钢铸件 .....	158
		3.2.4 高锰钢铸件 .....	160
		3.2.5 不锈钢铸件 .....	160
		3.2.6 工程结构用中、高强度不锈钢 铸件 .....	161

3.2.7 耐热钢铸件 .....	162	5.2.4 热轧弹簧扁钢 .....	421
3.2.8 轧辊用铸钢件 .....	164	5.2.5 锻制圆钢和方钢 .....	422
3.2.9 铸钢件热处理状态的名称及代号 .....	165	5.2.6 冷拉圆钢、方钢、六角钢 .....	422
3.3 铸造合金 .....	165	5.2.7 银亮钢 .....	425
3.3.1 单层滑动轴承用铝基合金 .....	165	5.2.8 键用型钢 .....	426
3.3.2 单层和多层滑动轴承用铸造铜合金 .....	166	5.2.9 标准件用碳素钢热轧圆钢 .....	427
3.3.3 铸造轴承合金 .....	170	5.2.10 工业链条用冷拉钢 .....	427
3.3.4 铸造高温合金 .....	170	5.2.11 内燃机气阀钢钢棒 .....	428
<b>第4章 变形钢及合金 .....</b>	<b>181</b>	5.2.12 电磁纯铁棒材 .....	430
4.1 变形钢 .....	181	5.3 角钢 .....	430
4.1.1 碳素结构钢 .....	181	5.3.1 热轧等边角钢 .....	430
4.1.2 优质碳素结构钢 .....	183	5.3.2 热轧不等边角钢 .....	440
4.1.3 低合金高强度结构钢 .....	218	5.3.3 不锈钢热轧等边角钢 .....	440
4.1.4 合金结构钢 .....	220	5.3.4 热轧L型钢 .....	441
4.1.5 优质结构钢冷拉钢材 .....	299	5.4 工字钢 .....	442
4.1.6 保证淬透性结构钢 .....	301	5.5 槽钢 .....	444
4.1.7 低淬透性含钛优质碳素结构钢 .....	311	5.6 钢轨 .....	445
4.1.8 高耐候性结构钢 .....	312	5.6.1 轻轨 .....	445
4.1.9 焊接结构用耐候钢 .....	312	5.6.2 起重机钢轨 .....	446
4.1.10 易切削结构钢 .....	312	5.7 专业用型钢 .....	447
4.1.11 非调质机械结构钢 .....	315	5.7.1 汽车车轮轮辋用热轧型钢 .....	447
4.1.12 弹簧钢 .....	316	5.7.2 货运汽车用冷弯型钢 .....	450
4.1.13 滚动轴承钢 .....	320	5.7.3 客运汽车用冷弯型钢 .....	451
4.1.14 碳素工具钢 .....	324	5.7.4 机引犁犁铧用热轧型钢 .....	455
4.1.15 合金工具钢 .....	328	5.7.5 农机用特殊截面热轧型钢 .....	456
4.1.16 高速工具钢 .....	339	5.7.6 履带板用热轧型钢 .....	460
4.1.17 冷锻钢 .....	344	<b>第6章 钢板及钢带 .....</b>	<b>461</b>
4.1.18 不锈钢 .....	347	6.1 钢板及钢带的尺寸规格 .....	461
4.1.19 耐热钢 .....	365	6.1.1 热轧钢板和钢带的尺寸规格 .....	461
4.1.20 船体用结构钢 .....	380	6.1.2 冷轧钢板和钢带的尺寸规格 .....	465
4.1.21 桥梁用结构钢 .....	382	6.1.3 热连轧钢板和钢带的尺寸规格 .....	467
4.1.22 汽轮机叶片用钢 .....	382	6.1.4 钢板和钢带的理论质量 .....	468
4.2 合金 .....	387	6.2 热轧钢板及钢带的品种 .....	474
4.2.1 变形高温合金 .....	387	6.2.1 碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板和钢带 .....	474
4.2.2 变形耐蚀合金 .....	401	6.2.2 碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带 .....	474
4.2.3 高电阻电热合金 .....	411	6.2.3 碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢带 .....	474
<b>第5章 型钢 .....</b>	<b>414</b>	6.2.4 优质碳素结构钢热轧薄钢板和钢带 .....	475
5.1 盘条 .....	414	6.2.5 优质碳素结构钢热轧厚钢板和宽钢带 .....	476
5.1.1 热轧盘条 .....	414	6.2.6 优质碳素结构钢热轧钢带 .....	477
5.1.2 低碳钢热轧圆盘条 .....	415	6.2.7 合金结构钢热轧厚钢板 .....	478
5.2 钢棒 .....	416		
5.2.1 热轧圆钢和方钢 .....	416		
5.2.2 热轧六角钢和八角钢 .....	418		
5.2.3 热轧扁钢 .....	421		

6.2.8 高强度结构钢热处理和控轧钢 板、钢带 .....	479	钢带 .....	535
6.2.9 弹簧钢热轧薄钢板 .....	480	6.4 镀涂钢板和钢带 .....	536
6.2.10 碳素工具钢热轧钢板 .....	480	6.4.1 单张热镀锌薄钢板 .....	536
6.2.11 不锈钢热轧钢板 .....	480	6.4.2 连续热镀锌薄钢板和钢带 .....	537
6.2.12 不锈钢复合钢板 .....	482	6.4.3 连续电镀冷轧钢板及钢带 .....	540
6.2.13 耐热钢板 .....	483	6.4.4 连续热浸镀锌铝稀土合金镀层 钢带和钢板 .....	541
6.2.14 一般结构用热连轧钢板和钢带 .....	484	6.4.5 连续热浸镀锌硅合金镀层钢 带和钢板 .....	543
6.2.15 花纹钢板 .....	485	6.4.6 电镀锡薄钢板和钢带 .....	544
6.2.16 厚度方向性能钢板 .....	486	6.4.7 热镀铅合金冷轧碳素钢板 .....	546
6.2.17 钢炉用碳素钢和低合金钢板 .....	486	6.4.8 电镀铅锡合金钢带 .....	547
6.2.18 压力容器用碳素钢和低合金钢厚 钢板 .....	489	<b>第 7 章 钢管</b> .....	549
6.2.19 压力容器用热轧钢带 .....	491	7.1 无缝钢管 .....	549
6.2.20 多层压力容器用低合金钢厚 钢板 .....	492	7.1.1 结构用无缝钢管 .....	549
6.2.21 低温压力容器用低合金钢厚 钢板 .....	492	7.1.2 结构用不锈钢无缝钢管 .....	561
6.2.22 焊接气瓶用钢板 .....	496	7.1.3 输送流体用无缝钢管 .....	566
6.2.23 汽车制造用优质碳素结构钢热轧 厚钢板和钢带 .....	496	7.1.4 流体输送用不锈钢无缝钢管 .....	567
6.2.24 汽车大梁用热轧钢板 .....	497	7.1.5 不锈钢小直径钢管 .....	572
6.2.25 电磁纯铁热轧厚板 .....	498	7.1.6 不锈钢耐酸钢极薄壁无缝钢管 .....	573
6.2.26 电工用热轧硅钢薄钢板 .....	499	7.1.7 冷拔或冷轧精密无缝钢管 .....	574
6.3 冷轧钢板和钢带 .....	501	7.1.8 冷拔无缝异型钢管 .....	578
6.3.1 碳素结构钢冷轧钢带 .....	501	7.1.9 低、中压锅炉用无缝钢管 .....	597
6.3.2 碳素结构钢和低合金结构钢 冷轧薄钢板和钢带 .....	501	7.1.10 高压锅炉用无缝钢管 .....	600
6.3.3 低碳钢冷轧钢带 .....	502	7.1.11 锅炉、热交换器用不锈钢 无缝钢管 .....	608
6.3.4 优质碳素结构钢冷轧薄钢板和 钢带 .....	503	7.1.12 船舶用碳钢无缝钢管 .....	612
6.3.5 合金结构钢薄钢板 .....	505	7.1.13 柴油机用高压无缝钢管 .....	613
6.3.6 弹簧钢、工具钢冷轧钢带 .....	506	7.1.14 汽车半轴套管用无缝钢管 .....	614
6.3.7 热处理弹簧钢冷轧钢带 .....	507	7.1.15 液压和气动缸筒用精密内径 无缝钢管 .....	615
6.3.8 不锈钢冷轧钢板 .....	509	7.2 焊接钢管 .....	617
6.3.9 不锈钢和耐热钢冷轧钢带 .....	516	7.2.1 直缝电焊钢管 .....	617
6.3.10 弹簧用不锈钢冷轧钢带 .....	526	7.2.2 低压流体输送用焊接钢管和低压 流体输送用镀锌焊接钢管 .....	622
6.3.11 深冲压用冷轧薄钢板和钢带 .....	528	7.2.3 流体输送用不锈钢焊接钢管 .....	623
6.3.12 工业链条用冷轧钢带 .....	529	7.2.4 双层卷焊钢管 .....	625
6.3.13 锯条用冷轧钢带 .....	530	7.2.5 传动轴用电焊钢管 .....	626
6.3.14 包装用钢带 .....	531	7.2.6 带式输送机托辊用电焊钢管 .....	627
6.3.15 电磁纯铁冷轧薄板 .....	532	7.2.7 普通碳素钢电线套管 .....	628
6.3.16 冷轧晶粒取向、无取向磁性 钢带(片) .....	533	7.2.8 机械结构用不锈钢焊接钢管 .....	630
6.3.17 铠装电缆用冷轧钢带和镀锌		7.3 金属软管 .....	631
		7.3.1 P3型镀锌金属软管 .....	631
		7.3.2 S型钎焊不锈钢金属软管 .....	632
		<b>第 8 章 钢丝</b> .....	634



8.1 钢丝的分类 .....	634	9.2 面接触钢丝绳 .....	702
8.2 钢丝的尺寸规格 .....	635	9.3 操纵用钢丝绳 .....	705
8.2.1 冷拉圆钢丝 .....	635	9.4 密封钢丝绳 .....	706
8.2.2 冷拉方钢丝 .....	636	9.5 不锈钢钢丝绳 .....	708
8.2.3 冷拉六角钢丝 .....	637	9.6 镀锌钢绞线 .....	711
8.3 钢丝的品种 .....	637	<b>第 10 章 铜及铜合金</b> .....	714
8.3.1 一般用途低碳钢丝 .....	637	10.1 铜 .....	714
8.3.2 重要用途低碳钢丝 .....	639	10.1.1 铜锭 .....	714
8.3.3 铠装电缆用低碳镀锌钢丝 .....	639	10.1.2 加工铜 .....	723
8.3.4 通讯用镀锌低碳钢丝 .....	639	10.2 加工黄铜 .....	725
8.3.5 优质碳素结构钢丝 .....	640	10.2.1 加工黄铜的化学成分 .....	725
8.3.6 合金结构钢丝 .....	641	10.2.2 加工黄铜的产品形状 .....	727
8.3.7 碳素工具钢丝 .....	643	10.2.3 加工黄铜的性能 .....	727
8.3.8 高速工具钢丝 .....	644	10.2.4 加工黄铜的特性和应用 .....	735
8.3.9 碳素弹簧钢丝 .....	644	10.3 加工青铜 .....	737
8.3.10 非机械弹簧用碳素弹簧钢丝 .....	645	10.3.1 加工青铜的化学成分 .....	737
8.3.11 重要用途碳素弹簧钢丝 .....	645	10.3.2 加工青铜的产品形状 .....	741
8.3.12 阀门用油淬火-回火碳素弹簧 钢丝 .....	647	10.3.3 加工青铜的性能 .....	741
8.3.13 油淬火-回火碳素弹簧钢丝 .....	647	10.3.4 加工青铜的特性和应用 .....	753
8.3.14 油淬火-回火硅锰合金弹簧 钢丝 .....	648	10.4 加工白铜 .....	755
8.3.15 阀门用油淬火-回火铬硅合金 弹簧钢丝 .....	649	10.4.1 加工白铜的化学成分 .....	755
8.3.16 阀门用油淬火-回火铬钒合金 弹簧钢丝 .....	650	10.4.2 加工白铜的产品形状 .....	757
8.3.17 硅锰弹簧钢丝 .....	650	10.4.3 加工白铜的性能 .....	757
8.3.18 铬钒弹簧钢丝 .....	651	10.4.4 加工白铜的特性和应用 .....	761
8.3.19 阀门用铬钒弹簧钢丝 .....	651	10.5 铸造铜合金 .....	761
8.3.20 铬硅弹簧钢丝 .....	652	10.5.1 铸造铜合金的化学成分 .....	761
8.3.21 弹簧垫圈用梯形钢丝 .....	652	10.5.2 铸造铜合金的性能 .....	763
8.3.22 不锈钢丝 .....	653	10.5.3 铸造铜合金的特性和应用 .....	768
8.3.23 弹簧用不锈钢丝 .....	655	10.5.4 铸造铜合金的新旧标准牌号 对照 .....	769
8.3.24 冷顶锻用碳素钢丝 .....	656	10.6 铸造铜基轴承合金 .....	771
8.3.25 冷顶锻用合金钢丝 .....	657	10.7 压铸铜合金 .....	771
8.3.26 冷顶锻用不锈钢丝 .....	658	<b>第 11 章 铝及铝合金</b> .....	774
8.3.27 轴承保持器用碳素结构 钢丝 .....	659	11.1 铝 .....	774
8.3.28 气体保护焊用钢丝 .....	659	11.1.1 铝锭 .....	774
8.3.29 六角钢丝 .....	660	11.1.2 铝的性能 .....	780
8.3.30 内燃机用扁钢丝 .....	660	11.2 变形铝及铝合金 .....	780
8.3.31 软轴用扁钢丝 .....	660	11.2.1 变形铝及铝合金的化学成分 .....	780
8.3.32 汽车车身附件用异型钢丝 .....	661	11.2.2 铝及铝合金加工产品的形状 .....	791
<b>第 9 章 钢丝绳</b> .....	662	11.2.3 铝及铝合金加工产品的性能 .....	791
9.1 钢丝绳的分类 .....	662	11.2.4 铝及铝合金加工产品的工艺 参数 .....	800
		11.2.5 铝及铝合金加工产品的特性 和应用 .....	804
		11.3 铸造铝合金 .....	808

11.3.1 铸造铝合金的化学成分 .....	808	13.3 钨 .....	882
11.3.2 铸造铝合金的性能 .....	810	13.4 钼 .....	883
11.3.3 铸造铝合金的工艺参数 .....	813	13.5 镉 .....	884
11.3.4 铸造铝合金的特性和应用 .....	817	13.6 钴 .....	885
11.3.5 铸造铝合金的新旧标准牌号 对照 .....	823	13.7 银 .....	886
11.4 铝基轴承合金 .....	824	13.8 铋 .....	886
11.5 压铸铝合金 .....	825	13.9 工业硅 .....	887
<b>第 12 章 镁、钛、锌、镍、铅、锡及其 合金 .....</b>	<b>827</b>	<b>第 14 章 有色棒材及线材 .....</b>	<b>888</b>
12.1 镁及其合金 .....	827	14.1 有色棒材 .....	888
12.1.1 镁锭 .....	827	14.1.1 铜棒 .....	888
12.1.2 加工镁合金 .....	828	14.1.2 铜及铜合金矩形棒 .....	894
12.1.3 铸造镁合金 .....	832	14.1.3 黄铜磨光棒 .....	895
12.1.4 压铸镁合金 .....	836	14.1.4 铍青铜棒 .....	896
12.2 钛及钛合金 .....	839	14.1.5 优质铝及铝合金挤压棒材 .....	897
12.2.1 钛及钛合金成分、性能及 应用 .....	839	14.1.6 镁合金热挤压棒 .....	899
12.2.2 钛及钛合金铸件 .....	849	14.1.7 钛及钛合金棒材 .....	901
12.3 锌及锌合金 .....	851	14.1.8 镍及镍铜合金棒 .....	903
12.3.1 锌锭 .....	851	14.1.9 铅及铅铋合金棒 .....	904
12.3.2 加工锌及锌合金 .....	853	14.1.10 镉棒 .....	905
12.3.3 铸造锌合金 .....	855	14.2 有色线材 .....	905
12.3.4 压铸锌合金 .....	855	14.2.1 黄铜线 .....	905
12.4 镍及镍合金 .....	855	14.2.2 青铜线 .....	907
12.4.1 电解镍 .....	855	14.2.3 铍青铜线 .....	908
12.4.2 加工镍及镍合金 .....	855	14.2.4 白铜线 .....	909
12.5 铅及铅合金 .....	863	14.2.5 纯铜线 .....	910
12.5.1 铅锭 .....	863	14.2.6 铜及铜合金扁线 .....	911
12.5.2 加工铅合金 .....	864	14.2.7 专用铜及铜合金线 .....	912
12.5.3 铸造铅基轴承合金 .....	866	14.2.8 滤清器用黄铜线 .....	913
12.6 锡及锡合金 .....	867	14.2.9 导电用铝线 .....	913
12.6.1 锡 .....	867	14.2.10 铆钉用铝及铝合金线材 .....	914
12.6.2 铸造锡基轴承合金 .....	869	14.2.11 焊条用铝及铝合金线材 .....	915
12.6.3 易熔合金 .....	870	14.2.12 钛及钛合金丝 .....	916
<b>第 13 章 其他有色金属材料 .....</b>	<b>872</b>	14.2.13 铝钛合金线 .....	916
13.1 硬质合金 .....	872	14.2.14 镍铜合金线 .....	916
13.1.1 硬质合金的牌号和性能 .....	872	14.2.15 镍线和电真空器件用镍及 镍合金线 .....	917
13.1.2 切削加工用硬质合金的分类 .....	873	14.2.16 铅及铅铋合金线 .....	918
13.1.3 硬质合金的特性和应用 .....	874	14.2.17 保险铅丝 .....	919
13.1.4 硬质合金牌号的选用 .....	876	14.2.18 钨丝 .....	920
13.2 钢结硬质合金 .....	878	14.2.19 钼丝 .....	920
13.2.1 钢结硬质合金的化学成分 .....	878	14.3 铜棒及铜线的理论质量 .....	921
13.2.2 钢结硬质合金的性能 .....	878	<b>第 15 章 有色板材、阳极板、双金 属板 .....</b>	<b>924</b>
13.2.3 钢结硬质合金的特性和应用 .....	882	15.1 有色板材 .....	924
		15.1.1 纯铜板 .....	924

15.1.2 黄铜板 .....	926	16.1.5 专用铅黄铜带 .....	966
15.1.3 复杂黄铜板 .....	928	16.1.6 水箱主片和水室用黄铜板、 带 .....	966
15.1.4 铝青铜板 .....	929	16.1.7 电容器专用黄铜带 .....	967
15.1.5 镉青铜板 .....	930	16.1.8 电缆用铜带 .....	967
15.1.6 铬青铜板 .....	930	16.1.9 青铜带 .....	968
15.1.7 锰青铜板 .....	931	16.1.10 铝青铜带 .....	969
15.1.8 硅青铜板 .....	932	16.1.11 锡青铜带 .....	969
15.1.9 锡青铜板 .....	933	16.1.12 白铜带 .....	970
15.1.10 锡锌铅青铜板 .....	935	16.1.13 铝白铜带 .....	971
15.1.11 普通白铜板 .....	935	16.1.14 锌白铜带 .....	972
15.1.12 铝白铜板 .....	937	16.1.15 铝及铝合金热轧带材 .....	973
15.1.13 锰白铜板 .....	938	16.1.16 铝及铝合金冷轧带材 .....	974
15.1.14 锌白铜板 .....	939	16.1.17 钛带材 .....	977
15.1.15 热交换器固定板用黄铜板 .....	940	16.1.18 镍及镍合金带 .....	977
15.1.16 水箱、水室用黄铜板和带 .....	941	16.1.19 电真空器件用镍及镍合金 带材 .....	978
15.1.17 铜导电板 .....	941	16.1.20 双金属带 .....	978
15.1.18 铝及铝合金板材的尺寸规格 .....	942	16.1.21 锡基合金-钢双金属带 .....	979
15.1.19 优质铝及铝合金热轧板 .....	944	16.1.22 热双金属带 .....	980
15.1.20 优质铝及铝合金冷轧板 .....	946	16.2 有色箔材 .....	983
15.1.21 铝及铝合金花纹板 .....	947	16.2.1 纯铜箔 .....	983
15.1.22 镁合金板 .....	951	16.2.2 黄铜箔 .....	983
15.1.23 钛及钛合金板材 .....	952	16.2.3 青铜箔 .....	984
15.1.24 重要用途的 TA7、TC4 钛合 金板 .....	955	16.2.4 电解铜箔 .....	984
15.1.25 板式换热器用钛板 .....	956	16.2.5 铝合金箔 .....	985
15.1.26 镍及镍合金板 .....	956	16.2.6 工业用纯铝箔 .....	986
15.1.27 铅及铅铋合金板 .....	958	16.2.7 精制铝箔 .....	986
15.2 阳极板 .....	959	16.2.8 电力电容器用铝箔 .....	987
15.2.1 铜阳极板 .....	959	16.2.9 电解电容器用铝箔 .....	987
15.2.2 锌阳极板 .....	959	16.2.10 镍及白铜箔 .....	988
15.2.3 镍阳极板 .....	960	16.2.11 锡、铝及合金箔和锌箔 .....	988
15.2.4 锡阳极板 .....	960	<b>第 17 章 有色管材</b> .....	990
15.2.5 镉阳极板 .....	960	17.1 铜管 .....	990
15.2.6 铅阳极板 .....	960	17.2 黄铜管 .....	992
15.3 双金属板 .....	961	17.3 黄铜薄壁管 .....	995
15.3.1 铝、镉、镁-钢双金属板 .....	961	17.4 黄铜焊接管 .....	996
15.3.2 铝锡 20 铜-钢双金属板 .....	962	17.5 气门口用铅黄铜管 .....	997
<b>第 16 章 有色带材及箔材</b> .....	963	17.6 挤制铝青铜管 .....	997
16.1 有色带材 .....	963	17.7 压力表用锡青铜管 .....	999
16.1.1 纯铜带 .....	963	17.8 锌白铜管 .....	1000
16.1.2 黄铜带 .....	964	17.9 铜及铜合金毛细管 .....	1001
16.1.3 散热器冷却管专用纯铜带、 黄铜带 .....	965	17.10 铜及铜合金散热扁管 .....	1005
16.1.4 散热器散热片专用纯铜带、 黄铜带 .....	965	17.11 热交换器用铜合金管 .....	1006
		17.12 空调机换热器铜管 .....	1007

---

17.13 铝及铝合金管材外形尺寸及 允许偏差 .....	1008	17.18 换热器及冷凝器用钛及钛合 金管 .....	1024
17.14 工业用铝及铝合金拉(轧) 制管 .....	1018	17.19 镍及镍合金无缝薄壁管 .....	1026
17.15 铝及铝合金热挤压管 .....	1021	17.20 镍及镍铜合金管 .....	1026
17.16 铝及铝合金焊接管 .....	1021	17.21 铅及铅铋合金管材 .....	1027
17.17 钛及钛合金管 .....	1023	参考文献 .....	1030

# 第 1 章 金属材料概述

## 1.1 金属材料的分类

### 1.1.1 钢铁材料（黑色金属材料）的分类

#### 1.1.1.1 生铁

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
1. 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生铁铸件的生铁，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
2. 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
	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

#### 1.1.1.2 铸铁

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

分类方法	分类名称	说明
1. 按断口颜色分	(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，其断口呈暗灰色，故称为灰铸铁。它有一定的力学性能和良好的被切削加工性，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完全没有石墨的一种铁碳合金，其中碳全部以渗碳体形式存在，断口呈白亮色，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、球磨机的铁球等，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，断口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



(续)

分类方法	分类名称	说明
3. 按生产方法和组织性能分	(1) 普通灰铸铁	(参见“灰铸铁”)
	(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”,即是在铁水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以锻造,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

(续)

分类方法	分类名称	说明
3. 按生产方法和组织性能分	(4) 球墨铸铁	球墨铸铁简称球铁。它是通过在浇铸前往铁水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

### 1.1.1.3 钢的分类

碳的质量分数( $w_C$ )不大于2%的铁碳合金称为钢。钢的分类见表1-3~表1-7。

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) 按脱氧和浇注度分	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,抗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

(续)

分类方法	分类名称		说明
1. 按冶炼方法分	(2) 按脱氧程度和浇注制度分	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 <math>w_C</math> 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"> <li>1) 工业纯铁——为含碳量 <math>w_C \leq 0.04\%</math> 的铁碳合金</li> <li>2) 低碳钢——为含碳量 <math>w_C \leq 0.25\%</math> 的钢</li> <li>3) 中碳钢——为含碳量 <math>w_C &gt; 0.25\% \sim 0.60\%</math> 的钢</li> <li>4) 高碳钢——为含碳量 <math>w_C &gt; 0.60\%</math> 的钢</li> </ol> <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、优质碳素结构钢和工具碳素钢三大类</p>
	(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、硅锰钼钒钢、铬镍钼钢、锰钒硼钢……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"> <li>1) 低合金钢——这类钢的合金元素总质量分数 <math>\leq 5\%</math></li> <li>2) 中合金钢——这类钢的合金元素总质量分数 <math>&gt; 5\% \sim 10\%</math></li> <li>3) 高合金钢——这类钢的合金元素总质量分数 <math>&gt; 10\%</math></li> </ol> <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"> <li>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</li> <li>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</li> <li>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</li> </ol>
3. 按用途分	(1) 结构钢	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"> <li>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</li> <li>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</li> </ol>

(续)

分类方法	分类名称	说明	
3. 按用途分	(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、冷塑成形和机械切削加工后才能使用属于这一类型的钢，主要有：</p> <p>① 优质碳素结构钢 ② 合金结构钢 ③ 易切结构钢 ④ 弹簧钢 ⑤ 滚动轴承钢</p> <p>按其工艺特征分为</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>调质结构钢</li> <li>表面硬化结构钢               <ul style="list-style-type: none"> <li>渗碳钢</li> <li>氮化钢</li> <li>碳氮共渗氧化钢</li> <li>表面淬火用钢</li> </ul> </li> <li>冷塑性成形用钢（如冷冲压钢、冷镦钢、冷挤压用钢等等）</li> </ul>	
	(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) 刀具钢（或称刀具钢） 2) 模具钢（包括冷作模具钢和热作模具钢） 3) 量具钢</p>	
	(3) 特殊钢	<p>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</p> <p>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 <math>\sigma_b \geq 1400\text{MPa}</math> 的钢）</p>	
	(4) 专业用钢	<p>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……等等</p>	
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、冷却时有无相变的金相组织分	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 $\alpha$ 相的铁素体组织	

(续)

分类方法	分类名称		说明
4. 按金相组织分	(3) 按加热、冷却时无和变温金相组织	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 $\gamma$ 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
6. 按制造加工形式分	(1) 铸钢		铸钢是指采用铸造方法而生产出来的一种钢铸件,其含碳量 $w_c$ 一般在0.15%~0.60%之间。铸钢件由于铸造性能差,常常需要用热处理和合金化等方法来改善其组织和性能,在机械制造业中,铸钢主要用于制造一些形状复杂、难于进行锻造或切削加工成形而又要求较高的强度和塑性的零件。按照化学成分,铸钢一般分为铸造碳钢和铸造合金钢两大类;按照用途,铸钢又可分为铸造结构钢、铸造特殊钢和铸造工具钢三大类
	(2) 锻钢		锻钢是指采用锻造方法而生产出来的各种锻材和锻件,锻钢件的质量比铸钢件高,能承受大的冲击力作用,塑性、韧性和其他方面的力学性能也都比铸钢件高,所以凡是一些重要的机器零件都应当采用锻钢件。在冶金工厂,某些截面较大的型钢,也采用锻造方法,生产和供应一定规格的锻材,如锻制圆钢、方钢和扁钢等
	(3) 热轧钢		热轧钢是指用热轧方法而生产出来的各种热轧钢材。大部分钢材都是采用热轧轧成的,热轧常用来生产型钢、钢管、钢板等大型钢材,也用于轧制线材
	(4) 冷轧钢		冷轧钢是指用冷轧方法而生产出来的各种冷轧钢材。与热轧钢相比,冷轧钢的特点是表面光洁、尺寸精确、力学性能好。冷轧常用来轧制薄板、钢带和钢管
	(5) 冷拔钢		冷拔钢是指用冷拔方法而生产出来的各种冷拔钢材,冷拔钢的特点是:精度高、表面质量好。冷拔主要用于生产钢丝,也用于生产直径在50mm以下的圆钢和六角钢,以及直径在76mm以下的钢管

表 1-4 非合金钢、低合金钢和合金钢的合金元素规定含量界限值(摘自 GB/T 13304—1991)

合金元素	合金元素规定质量分数界限值(%)			合金元素	合金元素规定质量分数界限值(%)		
	非合金钢 <	低合金钢	合金钢 ≥		非合金钢 <	低合金钢	合金钢 ≥
Al	0.10	—	0.10	Se	0.10	—	0.10
B	0.0005	—	0.0005	Si	0.50	0.50 ~ < 0.90	0.90
Bi	0.10	—	0.10	Te	0.10	—	0.10
Cr	0.30	0.30 ~ < 0.50	0.50	Ti	0.05	0.05 ~ < 0.13	0.13
Co	0.10	—	0.10	W	0.10	—	0.10
Cu	0.10	0.10 ~ < 0.50	0.50	V	0.04	0.04 ~ < 0.12	0.12
Mn	1.00	1.00 ~ < 1.40	1.40	Zr	0.05	0.05 ~ < 0.12	0.12
Mo	0.05	0.05 ~ < 0.10	0.10	RE	0.02	0.02 ~ < 0.05	0.05
Ni	0.30	0.03 ~ < 0.50	0.50	其他规定元素(S、P、C、N除外)	0.05	—	0.05
Nb	0.02	0.02 ~ < 0.06	0.06				
Pb	0.40	—	0.40				