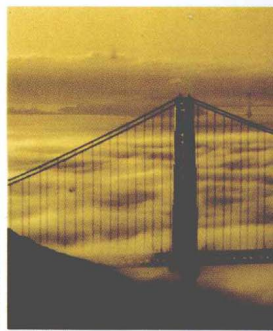
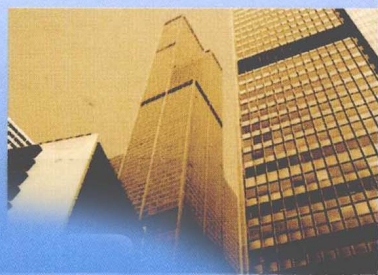


实用金属材料 选用手册

© 曾正明 主编

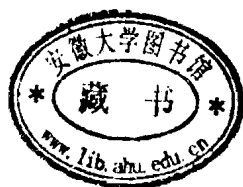
Shiyong Jinshu Cailiao
Xuanyong Shouce



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

实用金属材料选用手册

曾正明 主编



机械工业出版社

本手册是一本专门阐述如何选用金属材料的工具书，分为上、下两篇，共11章。上篇为钢铁材料，主要内容为钢铁材料的基本知识，铸铁，铸钢，碳素结构钢和低合金钢，合金结构钢、弹簧钢和轴承钢，工具钢和模具钢，特殊钢和合金。下篇为非铁金属材料，主要内容为非铁金属材料的基本知识、铜及铜合金、铝及铝合金、其他非铁金属材料。

本手册可供机械、电子、汽车、船舶、冶金、石油、化工、轻工、军工、建筑等行业的工程技术人员、管理人员、维修人员、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

实用金属材料选用手册/曾正明主编. —北京: 机械工业出版社, 2012. 3
ISBN 978 - 7 - 111 - 36497 - 9

I. ①实… II. ①曾… III. ①金属材料 - 技术手册
IV. ①TG14-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 236659 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: 马晋 责任编辑: 马晋 王华庆
版式设计: 张世琴 责任校对: 程俊巧 任秀丽
封面设计: 张静 责任印制: 杨曦
北京京丰印刷厂印刷
2012 年 6 月第 1 版 · 第 1 次印刷
184mm × 260mm · 55.75 印张 · 2 插页 · 1384 千字
0 001—3 000 册
标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 36497 - 9
定价: 118.00 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

销售二部: (010)88379649

教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者购书热线: (010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

金属材料是工业生产的物质基础，是衡量一个国家经济实力与技术水平的重要标志。金属材料品种、规格繁多，性能、用途各异。为了给广大工程技术人员在生产实践中能正确选材、合理用材提供科学依据，我们组织编写了这本手册，目的是使读者可以方便、快速地查阅和掌握金属材料的相关数据。

材料的选择应用是使用者最需了解的。本手册是一本专门阐述如何选用金属材料的工具书，提供了常用钢铁材料和非铁金属选择应用的详细内容。本手册主要以表格的形式，介绍了金属材料的化学成分、力学性能、物理性能、化学性能、工艺性能、热处理规范以及材料的选用等内容，以供读者选用时参考。

本手册强调实用性，具有四大特点：

(1) 基础知识丰富——系统地介绍每种材料的定义、分类、性能术语、基本性能数据、热处理工艺及应用、各类产品缺陷、金属材料的选用原则以及机械零件的失效形式等，充分体现了技术手册的特点。

(2) 性能数据齐全——准确地叙述了每种材料的化学成分、力学性能、物理性能、化学性能等。这些基本性能数据既来源于现行标准，也取材于多年来的实测数据，具有较强的实用性和先进性。

(3) 工艺参数详尽——详细地阐述了各类金属材料的热处理规范，铸造、锻压、焊接、切削加工参数，合金元素对性能的影响。数据准确可靠，可供读者在现场施工过程中查阅、选用。

(4) 大量选用实例——叙述了金属材料的主要特性和用途举例、选材综合特点、选用注意事项等。仅讲述金属材料特性和用途的表格，本手册就有 120 余个。为了方便查找，特将每种材料的若干性能表统一编写序号，查阅十分便捷。

另外，本手册在内容上力求新、准、全，在文字上力求简明扼要，在形式上力求多用图表，尽可能做到实用、可靠、查找方便。

本手册由曾正明主编，虞莲莲审校，参加编写的人员有陈雷、王贵华、胡清寒、付蓉、付宏祥、李伟东、付贵君、李淑琴、曾晶、付杰、付爽杰。

在本手册的编写过程中，得到了中国第一汽车集团公司领导的热情支持，在此谨致以诚挚的谢意。由于作者水平有限，书中难免存在缺点或错误，希望读者批评指正。

曾正明

目 录

前言

上篇 钢铁材料

第一章 钢铁材料的基本知识	1	3. 不锈钢和轴承钢的线胀系数	73
一、钢铁材料的分类	1	4. 常用钢铁材料的熔点、热导率 及比热容	74
1. 钢铁材料的总体分类	1	5. 常用钢铁材料的摩擦因数	74
2. 铸铁的分类	1	6. 常用钢铁材料的滚动摩擦因数	75
3. 钢的分类	3	7. 常用钢铁材料的弹性模量与泊 松比	76
4. 钢材的分类	12	8. 钢铁材料的强度与硬度换算	76
二、金属材料的主要性能指标 及含义	12	七、机械零件常见失效形式和 失效原因	79
1. 物理性能	12	1. 机械零件失效的形式	79
2. 力学性能	13	2. 机械零件失效的原因	80
3. 化学性能	18	3. 几种典型机械零件的工作条件 和失效形式	80
4. 工艺性能	20	八、金属材料的选用	80
三、合金元素在钢铁材料中 的影响和作用	35	1. 金属材料的选用原则	80
1. 常见元素对铸铁性能的影响	35	2. 汽车用钢铁材料的选用	82
2. 常见合金元素对钢性能的影响	35	3. 非铁金属在汽车上的应用	83
3. 常见合金元素在钢铁材料中的 作用	45	4. 常用钢材的用途举例	84
四、钢铁材料的热处理	52	第二章 铸铁	87
1. 钢铁材料的基本组织	52	一、铸铁的基本知识	87
2. 钢铁材料的热处理工艺 及应用	53	1. 铸铁的分类	87
3. 钢的热处理缺陷及防止 方法	64	2. 铸铁的成分范围	88
五、钢铁产品有关术语	64	3. 铸铁的性能	88
1. 钢及合金术语	64	4. 化学元素对铸铁组织和性能 的影响	90
2. 钢材产品缺陷术语	67	5. 铸铁件热处理状态的名称、 代号和定义	90
3. 铸铁件、铸钢件的缺陷术语	71	二、灰铸铁	92
六、常用钢铁材料的基本 性能数据	73	1. 灰铸铁件	92
1. 常用钢材的线胀系数	73	2. 气缸体和气缸盖用合金灰铸铁 的选用	105
2. 结构钢的线胀系数	73		

三、球墨铸铁	106	7. 易切削结构钢	222
1. 球墨铸铁件	106	二、低合金钢	227
2. 球墨铸铁曲轴的选用	121	1. 低合金高强度结构钢	227
3. 球墨铸铁齿轮的选用	122	2. 低合金结构钢	232
四、蠕墨铸铁	123	3. 耐候结构钢	234
五、可锻铸铁	127	4. 非调质机械结构钢	236
六、耐磨铸铁和抗磨铸铁	134	5. 耐低温普通合金结构钢	238
1. 耐磨铸铁	134	6. 低合金耐磨钢	240
2. 冷硬铸铁	140	7. 一般容器用钢	241
3. 抗磨白口铸铁	145	8. 耐氢蚀容器用钢	245
七、耐热铸铁	151	9. 一般大锻件用钢	248
八、耐蚀铸铁	156	第五章 合金结构钢、弹簧钢和	
1. 耐蚀铸铁的类型	156	轴承钢	253
2. 高硅耐蚀铸铁件	157	一、合金结构钢	253
3. 耐蚀铸铁的选用	158	1. 合金结构钢的性能和用途	253
第三章 铸钢	160	2. 保证淬透性结构钢	286
一、铸钢的基本知识	160	3. 机床零件用钢	290
1. 铸钢的分类	160	4. 齿轮材料的选用	310
2. 铸钢中常见杂质元素和夹杂物	161	5. 机械制造中典型齿轮零件的热	
3. 铸钢件的热处理	162	处理规范	315
4. 铸钢件的主要缺陷	164	6. 齿轮的失效形式	316
二、铸造碳钢	166	7. 轴用材料的选用	318
1. 一般工程用铸造碳钢件	166	8. 典型轴类零件的热处理规范	327
2. 焊接结构用铸造碳钢件	167	9. 汽车曲轴用调质钢棒	328
三、铸造合金钢	168	10. 轴类零件的失效形式	329
1. 低合金铸钢件	168	二、弹簧钢	330
2. 大型低合金钢铸件	168	1. 弹簧钢的成分和性能	330
3. 电渣熔铸合金工具钢模块	171	2. 弹簧钢的选用	335
四、高锰铸钢	172	3. 常用弹簧材料的特性和用途	337
五、耐热铸钢	173	4. 螺旋弹簧材料的选用	338
1. 大型耐热钢铸件	174	5. 弹簧的失效形式	342
2. 炉用耐热钢构件的选用	177	三、轴承钢	342
六、耐蚀铸钢	179	1. 高碳铬轴承钢	342
第四章 碳素结构钢和低合金钢	190	2. 高碳铬不锈轴承钢	344
一、碳素结构钢	190	3. 渗碳轴承钢	346
1. 碳素结构钢的成分和性能	190	第六章 工具钢、硬质合金和	
2. 优质碳素结构钢	193	模具钢	350
3. 低淬透性含钛优质碳素结构钢	211	一、工具钢	350
4. 冷镦和冷挤压用钢	212	1. 碳素工具钢	350
5. 紧固件材料的选用	219	2. 合金工具钢	355
6. 紧固件的失效形式	221	3. 高速工具钢	375
		二、硬质合金	381

VI 实用金属材料选用手册

1. 常用硬质合金	381
2. 切削加工用硬质合金的分类	383
3. 切削加工用硬质合金的牌号	384
4. 耐磨零件用硬质合金	387
三、工具材料的选用	388
1. 刀具材料的选用	388
2. 量具材料的选用	397
四、冷作模具钢	400
1. 冷作模具钢的成分和性能	400
2. 优质合金模具钢	417
3. 冷作模具钢的选用	419
4. 冷作模具的失效形式	430
5. 模具的失效分析	430
五、热作模具钢	432
1. 热作模具钢的成分和性能	432
2. 热作模具钢的选用	447
3. 热作模具的失效形式	451
六、塑料模具钢	451
1. 塑料模具钢的成分和性能	452
2. 塑料模具用扁钢	482
3. 塑料模具钢的选用	485

第七章 特殊钢和合金	488
一、不锈钢	488
1. 不锈钢的成分和性能	489
2. 含铜抗菌不锈钢	529
3. 不锈钢热轧钢板和钢带	530
4. 不锈钢冷轧钢板和钢带	534
5. 不锈、耐酸、耐热钢锻件	538
6. 建筑行业使用的不锈钢	541
7. 不锈钢的选用	541
8. 不锈钢应用举例	545
二、耐蚀合金	558
三、耐热钢	564
1. 耐热钢的成分和性能	565
2. 耐热钢板和钢带	584
3. 锅炉用耐热钢管	585
4. 汽轮机和燃气轮机用耐热钢	589
5. 气阀用耐热钢	599
6. 炼油和化工设备用耐热钢	601
7. 炉用耐热钢	603
四、高温合金	605
五、精密合金	623

下篇 非铁金属材料

第八章 非铁金属材料的基本知识	628
一、非铁金属材料的分类和应用	628
1. 非铁金属材料的分类	628
2. 工业上常用的非铁金属材料	631
二、非铁金属材料的基本性能	632
1. 常用非铁金属材料的主要特性	632
2. 常用非铁纯金属材料的物理性能	632
3. 常用非铁纯金属材料的力学性能	633
4. 常用非铁金属材料的力学性能	634
5. 与常用金属材料的力学性能比较	635
6. 主要非铁金属材料与钢铁材料的 车削数据对比	635
7. 主要非铁金属材料与钢铁材料的 耐腐蚀性对比	636
8. 主要非铁金属材料与钢铁材料的 硬度对比	636
9. 常用非铁金属材料的弹性模量 与泊松比	636

10. 常用非铁金属材料的摩擦因数	636
11. 常用非铁金属材料的线胀系数	637
三、化学元素对非铁金属材料性能 的影响	638
1. 化学元素对铜及铜合金性能的 影响	638
2. 化学元素对铝及铝合金性能的 影响	639
3. 化学元素对镍及镍合金性能的 影响	640
4. 化学元素对锌及锌合金性能的 影响	641
四、非铁金属材料的热处理	641
1. 非铁金属材料的常用热处理规范	641
2. 铜合金的热处理规范	642
3. 变形铝合金的热处理规范	643
4. 铸造铝合金的热处理规范	644
五、非铁金属产品的有关术语	644

1. 非铁金属产品术语	644	常见缺陷	809
2. 非铁金属加工产品的缺陷术语	648	3. 变形铝及铝合金管、棒、线材 产品的常见缺陷	811
第九章 铜及铜合金	653	五、铝及铝合金的选用	812
一、加工铜及铜合金	653	1. 选用的基本原则	812
1. 加工铜	654	2. 纯铝的选用	813
2. 加工黄铜	660	3. 变形铝合金的选用	813
3. 加工青铜	675	4. 铸造铝合金的选用	813
4. 加工白铜	696	第十一章 其他非铁金属材料	815
5. 齿轮用铜合金	704	一、钛及钛合金	815
二、铸造铜合金	708	1. 加工钛及钛合金	817
1. 铸造铜合金的成分和性能	708	2. 铸造钛及钛合金	832
2. 压铸铜合金	716	3. 钛及钛合金的选用	834
三、铜及铜合金的热处理工 艺参数	717	二、镍及镍合金	834
1. 铜及铜合金的退火工艺参数	717	三、镁及镁合金	846
2. 铜合金的淬火及时效工艺参数	718	1. 变形镁及镁合金	846
四、铜及铜合金产品的常见缺陷	718	2. 铸造镁合金	854
1. 铜及铜合金铸造产品的常见缺陷	718	四、锌及锌合金	858
2. 铜及铜合金板、带、箔材产品的 常见缺陷	719	1. 加工锌及锌合金	859
3. 铜及铜合金管、棒、线材产品的 常见缺陷	723	2. 铸造锌合金	860
五、铜及铜合金的选用	724	3. 压铸锌合金	862
1. 选用的基本原则	724	五、铅及铅合金	863
2. 仪表齿轮的选材	725	六、轴承合金	867
3. 仪表弹簧的选材	725	1. 铅基轴承合金	868
4. 蜗杆的选材	725	2. 锡基轴承合金	870
第十章 铝及铝合金	727	3. 铜基轴承合金	872
一、变形铝及铝合金	728	附录	875
二、铸造铝合金	785	附录 A 金属材料常用量的符号	875
三、压铸铝合金	805	附录 B 金属材料常用性能名称 和符号新旧标准对照	876
四、变形铝及铝合金产品的缺陷	806	附录 C 不锈钢和耐热钢新旧标 准牌号对照	876
1. 变形铝及铝合金铸锭的常见缺陷	806	参考文献	881
2. 变形铝及铝合金板、带材产品的 常见缺陷			

上篇 钢铁材料

钢铁材料又称黑色金属材料。钢铁是对钢和生铁的总称。钢铁主要由铁和碳两种元素组成，又称铁碳合金。

钢与铁的区别主要在于碳的质量分数大小。碳质量分数的大小对钢与铁的性质影响极大。生铁中碳的质量分数大于2.0%，钢中碳的质量分数小于2.0%。生铁硬而脆，几乎没有塑性，主要用于炼钢，少部分用于铸造零件。钢不仅有良好的塑性，而且具有强度高、韧性好、耐高温、耐腐蚀、易加工、抗冲击、易提炼等优良的力学和物理化学性能，因此在工业生产中被广泛利用。钢铁材料是工业中应用最广、用量最多的金属材料。

第一章 钢铁材料的基本知识

一、钢铁材料的分类

1. 钢铁材料的总体分类

钢铁材料的总体分类见表1-1。

表1-1 钢铁材料的总体分类

分类	定义	用途
1. 工业纯铁	杂质总的质量分数小于0.2%及碳的质量分数小于0.02%的纯铁	重要的软磁材料,也是制造其他磁性合金的原材料
2. 生铁	碳的质量分数大于2%并含硅、锰、硫、磷等杂质的铁碳合金	通常分为炼钢用生铁和铸造用生铁两大类
3. 铸铁	铸铁是在凝固过程中经历共晶转变的用于生产铸件的铁基合金的总称。其碳的质量分数在2%以上	主要有灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁、耐磨铸铁和耐热铸铁
4. 铸钢	铸钢是在凝固过程中不经历共晶转变的用于生产铸件的铁基合金的总称。其碳的质量分数一般在0.15%~0.60%之间	一般分为铸造碳钢和铸造合金钢两大类
5. 钢	以铁为主要元素,碳的质量分数一般在2%以下,并含有其他元素的材料	由炼钢生铁经炼钢炉熔炼而成的钢,除少数直接浇注成钢铸件外,绝大多数先铸成钢锭、连铸坯,再锻压或轧制成锻件或各种钢材。通常所讲的钢,一般是指轧制成各种型材的钢

2. 铸铁的分类

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 断面颜色 分	(1) 灰铸铁	这种铸铁中的碳大部分或全部以自由状态的片状石墨形式存在,由于其断面呈暗灰色,故称为灰铸铁。它有一定的力学性能和良好的切削加工性能,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。其中的碳全部以渗碳体的形式存在。其因断面呈白亮色而得名。这种铸铁硬而且脆,不能进行切削加工,在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耐磨而不承受冲击载荷的机件,如搓丝板、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	普通灰铸铁具有一定的强度、硬度,良好的减振性和耐磨性,具有高的导热性,好的抗热疲劳能力,同时还具有良好的铸造性能以及切削加工性能,生产简便,成本低,在工业和民用生活中得到了广泛的应用
	(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),形成人工晶核,使其能获得细小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较高而截面尺寸变化较大的大型铸铁件
	(3) 球墨铸铁	球墨铸铁简称球铁。它是在浇注前通过往铁液中加入一定量的球化剂(如纯镁或镁合金)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。石墨呈球形,减小了金属基体的有效截面积,使应力大为减轻,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;与钢相比,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
	(4) 蠕墨铸铁	蠕墨铸铁是通过往铁液中加入蠕化剂(稀土硅铁镁合金)和孕育剂,使其中的碳大部分或全部以游离的蠕虫状石墨形态存在而得到的。与片状石墨相比,蠕虫状石墨的长宽比明显减小,端部变圆、变钝。蠕墨铸铁的抗拉强度、断后伸长率、弹性模量、弯曲疲劳强度均优于灰铸铁,接近于铁素体基的球墨铸铁。其导热性、铸造性能、切削加工性能均优于球墨铸铁,与灰铸铁相近,具有良好的综合性能。蠕墨铸铁主要用在一些受热循环载荷的铸件、组织致密的零件以及一些结构复杂而设计又要求高强度的铸件
	(5) 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后而形成的。其中的碳大部分或全部以团絮状石墨的形式存在。由于团絮状石墨对基体的破坏作用较片状石墨大大减轻,因而可锻铸铁比灰铸铁具有高的韧性,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零件
	(6) 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。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炼制出来的钢, 按炉衬材料的不同, 分为酸性平炉钢和碱性平炉钢两种。一般平炉都是碱性的, 只有特殊情况下才在酸性平炉内炼钢。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, 平炉钢在世界钢的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炼钢法相形见绌, 现在世界各国都有停建平炉的趋势。平炉钢的主要品种有普通碳素结构钢、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炼制出来的钢, 除分为酸性转炉钢和碱性转炉钢外, 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转炉钢为侧吹碱性转炉钢和氧气顶吹转炉钢。氧气顶吹转炉法炼钢具有生产速度快, 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通碳素结构钢, 也可用氧气顶吹转炉法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, 浇注时钢液在钢锭模里产生沸腾, 因而得名。其特点是金属的收得率高, 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结构钢的型钢和钢板
		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, 所以称为镇静钢。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结构钢都是镇静钢
		3) 半镇静钢	它是脱氧程度介于沸腾钢和镇静钢之间的钢, 浇注时钢液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>碳素钢是指碳的质量分数低于 2%, 并含有少量锰、硅、硫、磷、氧等杂质元素的铁碳合金。按其中碳的质量分数的不同可分为:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 工业纯铁——碳的质量分数小于或等于 0.04% 的铁碳合金 2) 低碳钢——碳的质量分数小于或等于 0.25% 的钢 3) 中碳钢——碳的质量分数介于 0.25% ~ 0.60% 之间的钢 4) 高碳钢——碳的质量分数大于 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、硅锰钼钒钢、铬镍钼钢、锰钒硼钢等</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——合金元素总质量分数大于或等于 5% 2) 中合金钢——合金元素总质量分数介于 5% ~ 10% 之间 3) 高合金钢——合金元素总质量分数大于 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——除铁、碳以外, 还含有另一种合金元素的钢, 例如锰钢、铬钢、硼钢、钼钢、硅钢、镍钢等 2) 四元合金钢——除铁、碳以外, 还含有另外两种合金元素的钢, 例如硅锰钢、锰硼钢、铬锰钢、铬镍钢等 3) 多元合金钢——除铁、碳以外, 还含有另外三种或三种以上合金元素的钢, 例如铬锰钛钢、硅锰钼钒钢等
3. 按用途分	(1) 结构钢	<p>建筑及工程用结构钢, 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, 因为多要经过焊接施工, 所以碳的质量分数不宜过高, 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——按用途又分为一般用途的普通碳素结构钢和专用普通碳素结构钢 ② 低合金钢——按用途又分为低合金结构钢、耐腐蚀用钢、低温用钢、钢筋钢、钢轨钢、耐磨钢、特殊用途的专用钢 <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、冷塑性成形和切削加工后才能使用</p> <p>属于这一类型的钢主要有:</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 优质碳素结构钢 <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 ——表面淬火钢 ——冷塑性成形用钢(如冷冲压钢、冷镦钢、冷挤压钢等) ② 合金结构钢 ③ 易切削结构钢 ④ 弹簧钢 ⑤ 滚动轴承钢

(续)

分类方法	分类名称	说明	
3. 按用途分	(2) 工具钢	工具钢是指用于制造各种工具的钢 这类钢按化学成分通常分为碳素工具钢、合金工具钢、高速工具钢,按用途又可分为刀具钢(或称刀具钢)、模具钢(包括冷作模具钢、热作模具钢和塑料模具钢等)、量具钢	
	(3) 特殊钢	特殊钢是指用特殊方法生产、具有特殊物理性能、化学性能或力学性能的钢 属于这一类型的钢主要有: 不锈钢、耐热不起皮钢、高电阻合金钢、低温用钢、耐磨钢、磁钢(包括硬磁钢和软磁钢)、抗磁钢、超高强度钢(指抗拉强度大于或等于1400MPa的钢)	
	(4) 专业用钢	这是指具有专业用途的钢,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	碳的质量分数小于0.80%, 组织为游离铁素体+珠光体
		2) 共析钢	碳的质量分数为0.80%, 组织全部为珠光体
		3) 过共析钢	碳的质量分数大于0.80% (小于2%), 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	当合金元素的质量分数较小时, 于空气中冷却可得到珠光体或索氏体、托氏体的钢, 就属于珠光体钢, 如果得到的贝氏体组织, 就属于贝氏体钢
		2) 马氏体钢	当合金元素的质量分数较大时, 于空气中冷却可得到马氏体组织的钢, 称为马氏体钢
		3) 奥氏体钢	当合金元素的质量分数很大时, 在空气中冷却, 奥氏体直到室温仍不转变的钢, 称为奥氏体钢
		4) 碳化物钢	当碳的质量分数较大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钢, 称为碳化物钢。最典型的碳化物钢是高速工具钢
	(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	这类钢中碳的质量分数很小并含有大量的形成或稳定铁素体的元素(如铬、硅等), 以致在加热或冷却时, 始终保持铁素体组织
		2) 半铁素体钢	这类钢中碳的质量分数较小并含有较多的形成或稳定铁素体的元素(如铬、硅), 以致在加热或冷却时, 只有部分铁素体组织发生 $\alpha \Rightarrow \gamma$ 相变, 其他部分始终保持 α 相
		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, 只有部分奥氏体组织发生 $\alpha \Rightarrow \gamma$ 相变, 其他部分始终保持 γ 相
		4) 奥氏体钢	这类钢含有大量的形成或稳定奥氏体的元素(如锰、镍等), 以致在加热或冷却时, 始终保持奥氏体组织

(续)

分类方法	分类名称	说明
5. 按品质分	(1) 普通钢	这类钢中杂质元素的质量分数较大, 其中磷的质量分数与硫的质量分数均被限制在 0.07% 以内, 主要用作建筑结构和要求不太高的机械零件。属于这一类的钢有普通碳素结构钢、低合金结构钢等
	(2) 优质钢	这类钢中杂质元素的质量分数较小, 质量较好, 其中硫与磷的质量分数均被限制在 0.035% 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	这类钢中杂质元素的质量分数极小, 其中硫、磷的质量分数均被限制在 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”以便识别
6. 按制造加工形式分	(1) 铸钢	铸钢是在凝固过程中不经历共晶转变的用于生产铸件的铁基合金的总称, 其中碳的质量分数一般在 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	锻钢是在凝固过程中不经历共晶转变的用于生产锻件的铁基合金的总称。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。所以凡是重要的机器零件都应当采用锻钢件。在冶金工厂, 某些横截面积较大的型钢, 也采用锻造的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	热轧钢是在凝固过程中不经历共晶转变的用于热轧生产的铁基合金。大部分钢材都是采用热轧成形的。热轧工艺常用来生产型钢、钢管、钢板等大型钢材, 也用于轧制线材
	(4) 冷轧钢	冷轧钢是在凝固过程中不经历共晶转变的用于冷轧生产的铁基合金。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。冷轧工艺常用来轧制薄板、钢带和钢管
	(5) 冷拔钢	冷拔钢是在凝固过程中不经历共晶转变的用于冷轧生产的铁基合金。冷拔钢的特点是: 精度高、表面质量好。冷拔工艺主要用于生产钢丝, 也用于生产六角钢和直径在 50mm 以下的圆钢以及直径在 76mm 以下的钢管

表 1-4 非合金钢、低合金钢和合金钢中合金元素规定含量界限值
(GB/T 13304.1—2008)

合金元素	合金元素规定含量界限值(质量分数)(%)		
	非合金钢	低合金钢	合金钢
Al	<0.10	—	≥0.10
B	<0.0005	—	≥0.0005
Bi	<0.10	—	≥0.10
Cr	<0.30	0.30 ~ <0.50	≥0.50
Co	<0.10	—	≥0.10
Cu	<0.10	0.10 ~ <0.50	≥0.50
Mn	<1.00	1.00 ~ <1.40	≥1.40
Mo	<0.05	0.05 ~ <0.10	≥0.10
Ni	<0.30	0.30 ~ <0.50	≥0.50
Nb	<0.02	0.02 ~ <0.06	≥0.06
Pb	<0.40	—	≥0.40
Se	<0.10	—	≥0.10
Si	<0.50	0.50 ~ <0.90	≥0.90
Te	<0.10	—	≥0.10
Ti	<0.05	0.05 ~ <0.13	≥0.13
W	<0.10	—	≥0.10
V	<0.04	0.04 ~ <0.12	≥0.12
Zr	<0.05	0.05 ~ <0.12	≥0.12
La系(每一种元素)	<0.02	0.02 ~ <0.05	≥0.05
其他规定元素(S,P,C,N除外)	<0.05	—	≥0.05

注：1. La系元素含量也可作为混合稀土含量的总量。

2. 表中“—”表示不规定，不作为划分依据。

表 1-5 非合金钢的主要分类及举例 (GB/T 13304.2—2008)

按主要特性分类	按主要质量等级分类		
	1	2	3
	普通质量非合金钢	优质非合金钢	特殊质量非合金钢
以规定最高强度为主要特性的非合金钢	普通质量低碳结构钢板和钢带 GB 912 中的 Q195	(1) 冲压薄板低碳钢：GB/T 5213 中的 DC01 (2) 供镀锡、镀锌、镀铅板带和原板用的碳素钢 GB/T 2518 } 全部碳素钢牌号 GB/T 2520 } YB/T 5364 } (3) 不经热处理的冷顶锻和冷挤压用钢：GB/T 6478 中表 1 的牌号	—

(续)

按主要特性分类	按主要质量等级分类		
	1	2	3
	普通质量非合金钢	优质非合金钢	特殊质量非合金钢
以规定最低强度为主要特性的非合金钢	<p>(1) 碳素结构钢: GB/T 700 中 Q215 的 A、B 级, Q235 的 A、B 级, Q275 的 A、B 级</p> <p>(2) 碳素钢筋钢: GB 1499.1 中的 HPB235、HPB300</p> <p>(3) 铁道用钢: GB/T 11264 中的 50Q、55Q, GB/T 11265 中的 Q235-A</p> <p>(4) 一般工程用不进行热处理的普通质量碳素钢: GB/T 14292 中的所有普通质量碳素钢</p> <p>(5) 锚链用钢: GB/T 18669 中的 CM 370</p>	<p>(1) 碳素结构钢: GB/T 700 中除普通质量 A、B 级钢以外的所有牌号及 A、B 级规定冷成形性及模锻性特殊要求者</p> <p>(2) 优质碳素结构钢: GB/T 699 中除 65Mn、70Mn、70、75、80、85 以外的所有牌号</p> <p>(3) 锅炉和压力容器用钢: GB 713 中的 Q245R, GB 3087 中的 10、20, GB 6479 中的 10、20, GB 6653 中的 HP235、HP265</p> <p>(4) 造船用钢: GB 712 中的 A、B、D、E, GB/T 5312 中的所有牌号, GB/T 9945 中的 A、B、D、E</p> <p>(5) 铁道用钢: GB 2585 中的 U74, GB 8601 中的 CL60B 级, GB 8602 中的 LG 60B 级、LG 65B 级</p> <p>(6) 桥梁用钢: GB/T 714 中的 Q235qC、Q235qD</p> <p>(7) 汽车用钢: YB/T 4151 中 330CL、380CL, YB/T 5227 中的 12LW, YB/T 5035 中的 45, YB/T 5209 中的 08Z、20Z</p> <p>(8) 输送管线用钢: GB/T 3091 中的 Q195、Q215A、Q215B、Q235A、Q235B, GB/T 8163 中的 10、20</p> <p>(9) 工程结构用铸造碳素钢: GB/T 11352 中的 ZG200-400、ZG230-450、ZG270-500、ZG310-570、ZG340-640, GB 7659 中的 ZG200-400H、ZG230-450H、ZG275-485H</p> <p>(10) 预应力及混凝土钢筋用优质非合金钢</p>	<p>(1) 优质碳素结构钢: GB/T 699 中的 65Mn、70Mn、70、75、80、85 钢</p> <p>(2) 保证淬透性钢: GB/T 5216 中的 45H</p> <p>(3) 保证厚度方向性能钢: GB/T 5313 中的所有非合金钢, GB/T 19879 中的 Q235GJ</p> <p>(4) 汽车用钢: GB/T 20564.1 中的 CR180BH、CR220BH、CR260BH, GB/T 20564.2 中的 CR260/450DP</p> <p>(5) 铁道用钢: GB 5068 中的所有牌号, GB 8601 中的 CL60A 级, GB 8602 中的 LG60A、LG65A 级</p> <p>(6) 航空用钢: 包括所有航空专用非合金结构钢牌号</p> <p>(7) 兵器用钢: 包括各种兵器用非合金结构钢牌号</p> <p>(8) 核压力容器用非合金钢</p> <p>(9) 输送管线用钢: GB/T 21237 中的 L245、L290、L320、L360</p> <p>(10) 锅炉和压力容器用钢: GB 5310 中的所有非合金钢</p>

(续)

按主要特性分类	按主要质量等级分类		
	1	2	3
	普通质量非合金钢	优质非合金钢	特殊质量非合金钢
以碳的质量分数为主要特性的非合金钢	<p>(1) 普通碳素钢盘条: GB/T 701 中的所有牌号 (C 级钢除外), YB/T 170.2 中的所有牌号 (C4D、C7D 除外)</p> <p>(2) 一般用途低碳钢丝: YB/T 5294 中的所有碳素钢牌号</p> <p>(3) 热轧花纹钢板及钢带 YB/T 4159 中的普通质量碳素结构钢</p>	<p>(1) 焊条用钢 (不包括成品分析 S、P 的质量分数小于或等于 0.025 的钢): GB/T 14957 中的 H08A、H08MnA、H15A、H15Mn, GB/T 3429 中的 H08A、H08MnA、H15A、H15Mn</p> <p>(2) 冷镦用钢: YB/T 4155 中的 BL1、BL2、BL3, GB/T 5953 中的 ML10 ~ ML45, YB/T 5144 中的 ML15、ML20, GB/T 6478 中的 ML08Mn、ML22Mn、ML25 ~ ML45、ML15Mn ~ ML35Mn</p> <p>(3) 花纹钢板: YB/T 4159 优质非合金钢</p> <p>(4) 盘条钢: GB/T 4354 中的 25 ~ 65、40Mn ~ 60Mn</p> <p>(5) 非合金调质钢 (特殊质量钢除外)</p> <p>(6) 非合金表面硬化钢 (特殊质量钢除外)</p> <p>(7) 非合金弹簧钢 (特殊质量钢除外)</p>	<p>(1) 焊条用钢 (成品分析 S、P 的质量分数小于或等于 0.025 的钢): GB/T 14957 中的 H08E、H08C, GB/T 3429 中的 H04E、H08E、H08C</p> <p>(2) 碳素弹簧钢: GB/T 1222 中的 65 ~ 85、65Mn, GB/T 4357 中的所有非合金钢</p> <p>(3) 特殊盘条钢: YB/T 5100 中的 60、60Mn、65、65Mn、70、70Mn、75、80、T8MnA、T9A (所有牌号) YB/T 146 中所有非合金钢</p> <p>(4) 非合金调质钢 (符合 GB/T 13304.2—2008 中的 4.1.3.2 规定)</p> <p>(5) 非合金表面硬化钢 (符合 GB/T 13304.2—2008 中的 4.1.3.2 规定)</p> <p>(6) 火焰淬火及感应淬火硬化钢 (符合 GB/T 13304.2—2008 中的 4.1.3.2 规定)</p> <p>(7) 冷顶锻和冷挤压钢 (符合 GB/T 13304.2—2008 中的 4.1.3.2 规定)</p>
非合金易切削钢	—	易切削结构钢: GB/T 8731 中的 Y08 ~ Y45、Y08Pb、Y12Pb、Y15Pb、Y45Ca	特殊易切削钢: 要求测定热处理后的冲击韧度等, GJB 1494 中的 Y75
非合金工具钢	—	—	碳素工具钢: GB/T 1298 中的全部牌号
规定磁性能和电性能的非合金钢	—	<p>(1) 非合金电工钢板、带: GB/T 2521 中的电工钢板、带</p> <p>(2) 具有规定导电性能 ($\gamma < 9S/m$) 的非合金电工刚</p>	<p>(1) 具有规定导电性能 ($\gamma \geq 9S/m$) 的非合金电工钢</p> <p>(2) 具有规定磁性能的非合金软磁材料: GB/T 6983 规定的非合金钢</p>
其他非合金钢	栅栏用钢丝: YB/T 4026 中的普通质量非合金钢牌号	—	原料纯铁: GB/T 9971 中的 YT1、YT2、YT3