

钢材质量检验

（第2版）

刘天佑 主编



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

钢材质量检验

(第2版)

刘天佑 主编

北 京
冶金工业出版社
2007

图书在版编目 (CIP) 数据

钢材质量检验/刘天佑主编. —2 版. —北京: 冶金工业出版社, 2007. 2

ISBN 978-7-5024-4185-2

I. 钢… II. 刘… III. 钢材-质量检验 IV. TG142

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 006539 号

出 版 人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 程志宏 美术编辑 李 心

责任校对 刘 倩 李文彦 责任印制 丁小晶

北京兴华印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

1999 年 10 月第 1 版, 2007 年 2 月第 2 版; 2007 年 2 月第 5 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 15.5 印张; 374 千字; 238 页; 8001~11000 册

35.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010) 64044283 传真: (010) 64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号 (100711) 电话: (010) 65289081

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

第1版前言

钢材、钢制件和半成品都要进行各种性能试验、检验和分析。钢的检验对于评价钢材质量的优劣、进行工程机械设计、合理选择材料、正确制订和在生产过程中改进加工工艺等有着极其重要的意义。随着科学技术的进步，钢的检验技术日益发展，检测手段日臻完善，这就要求冶金工作者不断地学习新的科学知识，了解钢的检验标准，熟悉和掌握先进的检验方法和检测手段。本书较详细地介绍了冶金工厂常用钢的检验技术，包括检验设备、检验原理和方法，以及有关的基础知识。其主要内容有：钢及钢材的分类和编号、钢的化学成分分析、宏观检验、金相检验、力学性能检验、工艺性能检验、物理性能检验、化学性能检验和无损检验等。

本书是根据原冶金工业部高等学校教材“九五”出版规划而编写的，适用于大中专院校钢铁冶金、金属压力加工和轧钢等专业，也可供从事钢铁生产的工人、检验员和技术人员学习参考。

参加本书编写工作的有本溪冶金高等专科学校刘天佑（第一、四、五、六、七章）、吴国玺（第二、八章）和李杰（第三、九章）。全书由刘天佑担任主编。在编写过程中，参考和引用了一些著作的部分内容，在此谨向作者表示谢意。

本书由东北大学李见教授担任主审。东北大学徐家桢教授、本溪冶金高等专科学校马贺利副教授、夏翠丽副教授审阅了全书，并对初稿提出了许多宝贵建议。本溪钢铁总公司特钢公司研究所孙丽娜高级工程师提供了部分金相照片，编者在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，不当与错误之处在所难免，恳切希望读者批评指正。

编 者

1998年6月

第2版前言

本书是根据原冶金工业部高等学校教材“九五”出版规划而编写的，是“九五”出版规划重点建设教材。自1999年出版以来，多次重印。为了使教材内容更符合教学的要求和生产实际的需要，本书参照最新国家标准，对相关章节作了相应的修订，并对生产中最常用的检验方法作了较详细的介绍。

全书共分九章，主要内容包括：钢及钢材的分类和编号、钢的化学成分分析、宏观检验、金相检验、力学性能检验、工艺性能检验、化学性能检验和无损检验等。本书可作为大专院校钢铁冶金、金属压力加工和轧钢等专业教学用书，也可供从事钢铁生产现场的检验员和技术人员以及物流管理人员和技术工人学习参考。

参加本书第2版编写的有刘天佑（第一章、第四章、第七章）、吴国玺（第八章）、刘志明（第三章、第六章）、郑溪娟（第二章）、陈丹（第五章、第九章）。全书由刘天佑担任主编。在编写过程中参考和引用了一些著作文献中的部分内容，作者在此谨向这些著作文献的作者表示谢意。

本书第1版经东北大学李见教授、徐家桢教授审阅，再版修订时，辽宁科技学院刘志明教授、马贺利教授审阅了全书，并提出了宝贵建议，本书在修订的过程中还得到了编者的同事和领导的大力支持，本溪钢铁集团特钢公司研究所孙丽娜高级工程师为本书提供了部分金相照片，编者在此一并向他们表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中纰漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者
2006年6月

目 录

第一章 概论	1
第一节 钢的分类及编号.....	1
第二节 常用钢材.....	9
第三节 钢材的检验	17
第二章 钢的化学成分检验	22
第一节 化学分析法	22
第二节 仪器分析	37
第三节 钢铁材料的火花鉴别	43
第三章 钢的宏观检验	50
第一节 钢锭（钢坯）的组织及其宏观缺陷	50
第二节 酸浸试验	55
第三节 断口检验	62
第四节 钢材塔形发纹酸浸检验方法	68
第五节 硫印试验	70
第四章 金相检验	72
第一节 金相试样的制备	72
第二节 金相显微镜	75
第三节 金相摄影与暗室操作	79
第四节 脱碳层深度测定	84
第五节 晶粒度检验	86
第六节 钢中非金属夹杂物的检验	91
第七节 钢中化学成分偏析的检验	98
第五章 力学性能检验	109
第一节 硬度试验.....	109
第二节 拉伸试验.....	116
第三节 金属高温拉伸试验.....	127
第四节 冲击试验.....	134
第六章 工艺性能检验	141
第一节 钢的淬透性试验.....	141
第二节 焊接性能试验.....	144
第三节 金属切削性能试验.....	147

第四节	磨损试验·····	149
第五节	金属弯曲试验·····	150
第六节	金属反复弯曲试验·····	153
第七节	金属线材反复弯曲试验·····	154
第八节	金属线材扭转试验·····	156
第九节	金属线材缠绕试验·····	157
第十节	金属顶锻试验·····	158
第十一节	金属杯突试验·····	160
第十二节	金属管材工艺性能试验·····	161
第七章	物理性能检验·····	166
第一节	密度测定·····	166
第二节	膨胀系数测定·····	168
第三节	电阻率测定·····	174
第四节	热分析法·····	179
第五节	热电势测定·····	183
第六节	磁性能测定·····	186
第八章	钢的化学性能检验·····	192
第一节	晶间腐蚀试验·····	192
第二节	抗氧化性能试验·····	196
第三节	大气腐蚀试验·····	197
第四节	全浸、间浸腐蚀试验·····	199
第九章	无损检验·····	202
第一节	超声波探伤·····	202
第二节	磁力探伤·····	215
第三节	射线探伤·····	219
附录	·····	224
附表 1	钢的检验标准汇总·····	224
附表 2	钢的各临界点及空冷组织和硬度表·····	232
附表 3	常用浸蚀剂·····	236
参考文献	·····	238

第一章 概 论

第一节 钢的分类及编号

钢是碳质量分数小于 2.11% 的铁碳合金，是现代化工业中用途最广、用量最大的金属材料。

钢按化学成分分为碳素钢（简称碳钢）和合金钢两大类。工业用碳钢除以铁和碳为主要成分外，还含有少量的锰、硅、硫、磷、氮、氧、氢等常存杂质。由于碳钢容易冶炼，价格低廉，性能可以满足一般工程机械、普通机器零部件、工具及日常轻工业产品的使用要求，故得到了广泛的应用。我国碳钢产量约占钢总产量的 90% 左右。合金钢是在碳钢的基础上，为了提高钢的机械性能、物理性能和化学性能，改善钢的工艺性能，在冶炼时有目的地加入一些合金元素的钢。在钢的总产量中，合金钢所占比重约 10%~15%，与碳钢相比，合金钢的性能有显著的提高和改善，随着我国钢铁工业的发展，合金钢的产量、品种、质量也将逐年增加和提高。

一、钢的分类

钢的种类繁多，为了便于生产、选用和比较研究并进行保管，根据钢的某些特性，从不同角度发出，可以把它们分成若干具有共同特点类别。下面简单介绍一些常用的分类方法。

（一）按化学成分分类

按化学成分可把钢分为碳素钢和合金钢两大类。

（1）碳素钢 按含碳量（碳质量分数）不同又可分为低碳钢（ $w(C) < 0.25\%$ ）、中碳钢（ $w(C) = 0.25\% \sim 0.60\%$ ）和高碳钢（ $w(C) > 0.60\%$ ）。

（2）合金钢 按钢中合金元素总含量可分为低合金钢（合金元素总质量分数小于 5%）、中合金钢（合金元素总质量分数为 5%~10%）和高合金钢（合金元素总质量分数大于 10%）。此外，还可根据钢中所含主要合金元素种类不同来分类，如锰钢、铬钢、硼钢、铬锰钢、铬锰钛钢等。

（二）按钢的质量分类

根据钢中所含有害杂质（S、P）的多少，工业用钢通常分为普通质量钢、优质钢和高级优质钢。

（1）普通质量钢 硫的质量分数 $w(S) \leq 0.035\% \sim 0.050\%$ ， $w(P) \leq 0.035\% \sim 0.045\%$ 。

（2）优质钢 $w(S) \leq 0.035\%$ ， $w(P) \leq 0.035\%$ 。

（3）高级优质钢 $w(S) \leq 0.025\%$ ， $w(P) \leq 0.025\%$ 。

（三）按金相组织分类

（1）按照平衡状态或退火组织可分为亚共析钢（其金相组织为铁素体和珠光体）、共析钢（其金相组织为珠光体）、过共析钢（其金相组织为珠光体和二次碳化物）和莱氏体钢（其金相组织类似白口铸铁，即组织中存在着莱氏体）。

（2）按正火组织可分为珠光体钢、贝氏体钢、马氏体钢和奥氏体钢。但由于空冷的速度随钢试样尺寸大小而有所不同，所以这种分类法是以断面不大的试样（通常选用 $\phi 25\text{mm}$ ）为准。

（3）按加热及冷却时有无相变和室温时的金相组织可分为铁素体钢（加热和冷却时，始终保持铁素体组织）、奥氏体钢（加热和冷却时，始终保持奥氏体组织）和复相钢（如半铁素体或半奥氏体钢）。

（四）按冶炼方法分类

（1）按冶炼设备分类，可分为平炉钢（酸性平炉钢、碱性平炉钢）、转炉钢（酸性转炉钢、碱性转炉钢，其中又有底吹、侧吹、顶吹转炉钢）和电炉钢（电弧炉钢、电渣炉钢、感应炉钢和真空感应炉钢）。

（2）按钢的脱氧程度和浇注制度不同，又可将其分为沸腾钢、镇静钢和半镇静钢。合金钢一般均为镇静钢。

（五）按用途分类

按钢的用途分类是钢的主要分类方法。我国冶金行业标准（YB）和国家标准（GB）一般都是按钢的用途分类法制定的。

根据工业用钢的不同用途，可将其分为结构钢、工具钢、特殊性能钢三大类。

1. 结构钢

（1）用作工程结构的钢。属于这类钢的有碳素结构钢、低合金结构钢。

（2）用作各种机器零部件的钢。包括渗碳钢、调质钢、弹簧钢、滚动轴承钢，以及易削钢、低淬钢、冷冲压钢等。

2. 工具钢

工具钢包括碳素工具钢、合金工具钢和高速工具钢三种。它们可用以制造刀具、模具和量具等。

3. 特殊性能钢

这类钢具有特殊的物理、化学性能，它包括不锈钢、耐热钢、耐磨钢、电工用钢、低温用钢等。

此外还有特定用途钢。如锅炉用钢、压力容器用钢、桥梁用钢、船舶用钢及钢筋钢等。

二、钢的编号方法

为了管理和使用方便，必须确定一个编号方法。编号的原则是：以明显、确切、简单的符号反映钢种的冶炼方法、化学成分、特性、用途、工艺方法等，同时还要便于书写、打印和识别而不易混淆。

我国现行钢号，基本上是按国家标准总局 1979 年颁布的钢铁产品牌号表示方法（GB 221—1979）确定的。2000 年对此标准进行了重新修订，并颁布了新的国家标准 GB/T

221—2000 钢铁产品牌号表示方法，取代原标准，于 2000 年 11 月 1 日正式实施。产品牌号使用汉语拼音字母、化学元素符号和阿拉伯数字来表示。

汉语拼音字母表示产品名称、用途、特性和工艺方法。例如，碳素工具钢，采用“碳”字汉语拼音“TAN”的“T”表示；滚珠轴承钢选用字母“G”表示（表 1-1）。

化学元素采用国际化学符号表示。例如，锰用“Mn”表示，硅用“Si”表示，铬用“Cr”表示，镍用“Ni”表示等。

阿拉伯数字用来表示化学元素含量或表示牌号的顺序号、分类号及特性。例如，40Cr 钢，“40”表示钢中的平均含碳量为 $w(C)=0.40\%$ ；Q235 钢，“235”表示此钢的屈服点数值。

(一) 结构钢

1. 碳素结构钢

按 GB 700—1979 标准，此类钢称为普通碳素钢，普通碳素钢分为甲类钢、乙类钢和特类钢三类。分别用字母 A、B、C 表示。

表 1-1 产品名称、用途、特性和工艺方法命名符号

名 称	采用的汉字和汉语拼音		采用符号	字 体	位 置
	汉 字	汉语拼音			
炼钢用生铁	炼	LIAN	L	大写	牌号头
铸造用生铁	铸	ZHU	Z	大写	牌号头
球墨铸铁用生铁	球	QIU	Q	大写	牌号头
脱碳低磷粒铁	脱炼	TUO LIAN	TL	大写	牌号头
含钒生铁	钒	FAN	F	大写	牌号头
耐磨生铁	耐磨	NAI MO	NM	大写	牌号头
碳素结构钢	屈	QU	Q	大写	牌号头
低合金高强度钢	屈	QU	Q	大写	牌号头
耐候钢	耐候	NAI HOU	NH	大写	牌号尾
保证淬透性钢			H	大写	牌号尾
易切削非调质钢	易非	YI FEI	YF	大写	牌号头
热锻用非调质钢	非	FEI	F	大写	牌号头
易切削钢	易	YI	Y	大写	牌号头
电工用热轧硅钢	电热	DIAN RE	DR	大写	牌号头
电工用冷轧无取向硅钢	无	WU	W	大写	牌号中
电工用冷轧取向硅钢	取	QU	Q	大写	牌号中
电工用冷轧取向高磁感硅钢	取高	QU GAO	QG	大写	牌号中
(电讯用)取向高磁感硅钢	电高	DIAN GAO	DG	大写	牌号头
电磁纯铁	电铁	DIAN TIE	DT	大写	牌号头
碳素工具钢	碳	TAN	T	大写	牌号头
塑料模具钢	塑模	SU MO	SM	大写	牌号头
(滚珠) 轴承钢	滚	GUN	G	大写	牌号头

续表 1-1

名 称	采用的汉字和汉语拼音		采用符号	字 体	位 置
	汉 字	汉语拼音			
焊接用钢	焊	HAN	H	大写	牌号头
钢轨钢	轨	GUI	U	大写	牌号头
铆螺钢	铆螺	MAO LUO	ML	大写	牌号头
锚链钢	锚	MAO	M	大写	牌号头
地质钻探钢管用钢	地质	DI ZHI	DZ	大写	牌号头
船用钢			采用国际符号		
汽车大梁用钢	梁	LIANG	L	大写	牌号尾
矿用钢	矿	KUANG	K	大写	牌号尾
压力容器用钢	容	RONG	R	大写	牌号尾
桥梁用钢	桥	QIAO	q	小写	牌号尾
锅炉用钢	锅	GUO	g	小写	牌号尾
焊接气瓶用钢	焊瓶	HAN PING	HP	大写	牌号尾
车辆车轴用钢	辆轴	LIANG ZHOU	LZ	大写	牌号头
机车车轴用钢	机轴	Ji ZHOU	JZ	大写	牌号头
管线用钢			S	大写	牌号头
沸腾钢	沸	FEI	F	大写	牌号尾
半镇静钢	半	BAN	b	小写	牌号尾
镇静钢	镇	ZHEN	Z	大写	牌号尾
特殊镇静钢	特镇	TE ZHEN	TZ	大写	牌号尾
质量等级			A	大写	牌号尾
			B	大写	牌号尾
			C	大写	牌号尾
			D	大写	牌号尾
			E	大写	牌号尾

注：没有汉字及汉语拼音的，采用符号为英文字母。

(1) 甲类钢 保证机械性能供应的一类钢。用平炉冶炼时，其牌号表示为 A2、A3、A2F、A3F……；用氧气转炉冶炼时，其牌号表示为 AY2、AY3、AY3F……；用碱性空气转炉冶炼时，其牌号为 AJ2、AJ3、AJ2F、AJ3F……。

(2) 乙类钢 保证化学成分供应的一类钢。用平炉冶炼时，其牌号表示为 B2、B3、B2F、B3F……；用氧气转炉冶炼时，其牌号表示为 BY2、BY3、BY2F、BY3F……；用碱性空气转炉冶炼时，其牌号为 BJ2、BJ3、BJ2F、BJ3F……。

(3) 特类钢 既保证机械性能又保证化学成分供应的一类钢。用平炉冶炼时，其牌号表示为 C2、C3、C2F、C3F……；用氧气转炉冶炼时，其牌号表示为 CY2、CY3、CY2F、CY3F……；用碱性空气转炉冶炼时，其牌号表示为 CJ2、CJ3、CJ2F、CJ3F……。

专门用途的普通碳素钢，可按普通碳素钢的表示方法，但在钢号之尾附以用途字母。例如，桥梁用甲类 3 号钢写为 A3q。

碳素结构钢自 1988 年 10 月 1 日起实施新标准 GB 700—1988。从 1991 年 10 月 1 日起，原国家标准 GB 700—1979《普通碳素结构钢技术条件》作废。新标准采用五个钢号（Q195、Q215、Q235、Q255、Q275），取消了按甲类钢、乙类钢和特类钢的分类方法。钢号由代表屈服点的字母“Q”、屈服点下限值、质量等级符号（A、B、C、D）、脱氧方法符号四个部分按顺序组成。例如：

Q235-A·F 表示碳素结构钢，屈服点下限为 235MPa，A 等级沸腾钢。

Q235-B 表示碳素结构钢，屈服点下限为 235MPa，B 等级镇静钢。

表 1-2 为新旧钢号对照表。

表 1-2 新旧 GB700 标准钢号对照

GB 700—1988		GB 700—1979	
Q195	不分等级，化学成分和力学性能（抗拉强度、断后伸长率和冷弯）均须保证。但轧制薄板和盘条这类产品时，力学性能的保证项目可根据产品特点和使用要求，在有关标准中另行规定	1 号钢	Q195 的化学成分与本标准 1 号钢的乙类钢 B1 相同，力学性能（抗拉强度、断后伸长率和冷弯）与甲类钢 A1 相同（A1 的冷弯试验是附加保证条件）。1 号钢没有特类钢
Q215	A 级 B 级（做常温冲击试验，V 形缺口）	A2 C2	
Q235	A 级（不做冲击试验） B 级（做常温冲击试验，V 形缺口） C 级 D 级（作为重要焊接结构用）	A3 C3	（附加保证常温冲击试验，U 形缺口） （附加保证常温或 -20℃ 冲击试验，U 形缺口）
Q255	A 级 B 级（做常温冲击试验，V 形缺口）	A4 C4	（附加保证冲击试验，U 形缺口）
Q275	化学成分和力学性能均须保证	C5	

2. 优质碳素结构钢和优质碳素弹簧钢

优质碳素结构钢按含锰量不同，分为普通含锰量和较高含锰量两组。

普通含锰量的优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示，数字表示钢中平均含碳量的万分之几。如 20 钢，平均含碳量为 $w(C)=0.20\%$ ；08 钢，平均含碳量为 $w(C)=0.08\%$ 。

较高含锰量的优质碳素结构钢的牌号用两位数字和“Mn”表示，数字表示钢中平均含碳量的万分之几。例如 20Mn、65Mn。

沸腾钢、半镇静钢在牌号尾部分别加“F”、“b”（镇静钢不标符号）。例如 08F、10b。

高级优质碳素结构钢，在牌号尾部加“A”。例如 20A。

特级优质碳素结构钢，在牌号后加符号“E”。例如：平均含碳量为 0.45% 的特级优质碳素结构钢，其牌号表示为“45E”。

优质碳素弹簧钢的牌号表示方法与优质碳素结构钢相同。

专门用途的优质碳素结构钢，可按优质碳素结构钢的表示方法，但在钢号之尾附以用

途字母。例如锅炉钢，20g。

3. 低合金高强度结构钢

按 GB 1591—1988 标准，此类钢称为低合金结构钢。这类钢的牌号采用含碳量（两位数字）、合金元素符号及含量三者来表示。含碳量用两位数字表示，数字表示钢中平均碳的质量含量的万分之几。合金元素含量用质量含量的百分之几表示。若合金元素的质量分数低于 1.5%，在钢号中只标出元素符号，而不标明含量，若合金元素的平均质量分数为 1.50%~2.49%、2.50%~3.49%……，则相应地在元素符号后标出阿拉伯数字 2、3……。

GB 1591—1988《低合金结构钢》标准已于 1994 年修订为新标准 GB/T 1591—1994《低合金高强度结构钢》，1995 年 7 月 1 日实施，原标准 GB 1591—1988 标准即行作废。新标准采用五个钢号（Q295、Q345、Q390、Q420、Q460），牌号的命名方法与碳素结构钢基本相同，采用国际标准。钢号由代表屈服点的字母“Q”、屈服点下限值、质量等级（A、B、C、D、E）三个部分按顺序组成。例如：Q295-A，表示低合金高强度结构钢，屈服点下限为 295MPa。

专用结构钢一般采用代表钢屈服点的符号“Q”、屈服点数值和表 1-1 中规定的代表产品用途的符号等表示，例如：压力容器用钢牌号表示为 Q345R；焊接气瓶用钢牌号表示为 Q295HP；锅炉用钢牌号表示为 Q390g；桥梁用钢表示为 Q420q。

耐候钢是抗大气腐蚀用的低合金高强度结构钢，其牌号表示为 Q340NH。

根据需要，通用低合金高强度结构钢的牌号也可以采用两位阿拉伯数字（表示平均含碳量，以万分之几计）和元素符号，按顺序表示；专用低合金高强度结构钢的牌号也可以采用两位阿拉伯数字（表示平均含碳量，以万分之几计）、元素符号和表 1-1 中规定代表产品用途的符号，按顺序表示。

表 1-3 为新旧标准强度级别大致相对应的牌号。它们在化学成分、力学性能以及交货状态上均有所不同。

表 1-3 低合金高强度结构钢新旧标准钢号对照表

标准号	GB/T 1591—1994	GB 1591—1988
标准名称	低合金高强度结构钢	低合金结构钢
标准中相应的牌号	Q295 (A、B)	09MnV、09MnNb、09Mn2、12Mn
	Q345 (A、B、C、D、E)	12MnV、14MnNb、16Mn、16MnRE、18Nb
	Q390 (A、B、C、D、E)	15MnV、15MnTi、16MnNb
	Q420 (A、B、C、D、E)	15MnVN、14MnVTiRE
	Q460 (C、D、E)	

4. 合金结构钢和合金弹簧钢

这两类钢的牌号采用含碳量（两位数字）、合金元素、含量及优质程度四者来表示。

含碳量用两位数字表示，数字表示钢中平均碳的质量含量的万分之几。

主要合金元素含量，除个别钢号外，一般都用质量含量的百分之几表示。若合金元素的质量分数低于 1.50%，在钢号中只标出元素，而不标明含量，若合金元素的平均质量分数为 1.50%~2.49%、2.50%~3.49%……，则相应地在元素符号后标出阿拉伯数字

2、3……。

高级优质钢则在钢号后加一个字母“A”。

例如，20Cr，平均含碳量为 $w(C) = 0.20\%$ ，铬的质量分数低于 1.5% 。18Cr2Ni4WA，平均含碳量为 $w(C) = 0.18\%$ ，铬含量为 $w(Cr) = 1.5\% \sim 2.49\%$ ，镍含量为 $w(Ni) = 3.5\% \sim 4.49\%$ ，钨的质量分数低于 1.5% ，高级优质钢。

特级优质合金结构钢，在牌号尾部加符号“E”表示，例如 30CrMnSiE。

专用合金结构钢，在牌号头部（或尾部）加表 1-1 中规定的代表产品用途的符号表示。例如：碳、铬、锰、硅的平均含量分别为 0.30% 、 0.95% 、 0.85% 、 1.05% 的铆螺钢，其牌号表示为 ML30CrMnSi。

5. 其他结构钢

(1) 易切削钢 易切削钢用字母“Y”和阿拉伯数字表示，阿拉伯数字表示平均含碳量的万分之几。硫易切削钢或磷易切削钢的牌号中不标出易切削元素符号，而含钙、铅、硒等易切削元素的易切削钢，在牌号尾部应标出易切削元素符号。含锰量较高的易切削钢，在牌号后标出锰元素符号。例如：Y15Pb，含碳为 $w(C) = 0.15\%$ ，含易切削元素铅 $w(Pb) = 0.15\% \sim 0.35\%$ ；Y40Mn，含碳为 $w(C) = 0.40\%$ ，含锰 $w(Mn) = 1.20\% \sim 1.55\%$ 。

(2) 非调质机械结构钢 在牌号的头部分别加符号“YF”、“F”表示易切削非调质机械结构钢和热锻用非调质机械结构钢，牌号表示方法与合金结构钢相同。例如：平均含碳量为 0.35% ，含钒量为 $0.06\% \sim 0.13\%$ 的易切削非调质机械结构钢，其牌号表示为 YF35V；平均含碳量为 0.45% ，含钒量为 $0.06\% \sim 0.13\%$ 的热锻用非调质机械结构钢，其牌号表示为 F45V。

6. 轴承钢

轴承钢分为高碳铬轴承钢、渗碳轴承钢、高碳铬不锈钢轴承钢和高温轴承钢四大类。

(1) 高碳铬轴承钢 这类钢在牌号头部加符号“G”，但不表明含碳量；铬含量以千分之几计，其他合金元素按合金结构钢的合金含量表示。例如：GCr15 表示铬含量为 1.50% 的高碳铬轴承钢；GCr15SiMn 表示铬含量为 1.50% ，硅、锰含量分别小于 1.50% 的高碳铬轴承钢。高碳铬轴承钢为高级优质钢，牌号后不再标“A”符号。

(2) 渗碳轴承钢 这类钢采用合金结构钢的牌号表示方法，仅在牌号头部加符号“G”。例如：G20CrNiMo，表示平均含碳 0.20% ，铬、镍、钼含量分别小于 1.50% 的渗碳轴承钢。高级优质渗碳轴承钢，在牌号尾部加“A”，例如：G20CrNiMoA。

(3) 高碳铬不锈钢轴承钢和高温轴承钢 这两类轴承钢分别采用不锈钢和耐热钢的牌号表示方法，牌号头部不再加符号“G”。例如：9Cr18，表示平均含碳量为 0.9% ，含铬量为 18% 的高碳铬不锈钢轴承钢；10Cr14Mo4 表示平均含碳量为 1.0% ，含铬量为 14% ，含钼量为 4% 的高温轴承钢。

(二) 工具钢

1. 碳素工具钢

碳素工具钢牌号采用汉语拼音字母符号、含碳量、含锰量及优质程度四者来表示。

在钢号中，冠以汉语拼音字母“T”，表示碳素工具钢。

含碳量一律以平均含量的千分之几表示，采用阿拉伯数字表示之。

锰含量较高的碳素工具钢，在其牌号中的阿拉伯数字后加锰元素符号。

高级优质碳素工具钢，应在牌号尾部加“A”。

例如：T7 钢，优质碳素工具钢，平均含碳量为 $w(C)=0.70\%$ 。T10A 钢，高级优质碳素工具钢，平均含碳量为 $w(C)=1.0\%$ 。

2. 合金工具钢和高速工具钢

合金工具钢钢号采用含碳量、合金元素及含量这三者来表示。

含碳量 $w(C)\geq 1.0\%$ 时，钢号中不必标出含碳量；含碳量 $w(C)<1.0\%$ 时，钢号中用含碳量的千分之几表示。

合金元素含量的表示方法，与合金结构钢基本相同。但对含铬量低的合金工具钢，其含铬量以千分之几表示，并在含量之前加一个“0”。

例如：Cr06 钢，平均含碳量 $w(C)>1.0\%$ （实际为 $1.3\%\sim 1.45\%$ ），含合金元素铬，其含量为 $w(Cr)=0.6\%$ 。9Mn2V 钢，平均含碳量 $w(C)<1.0\%$ （实际为 $0.85\%\sim 0.95\%$ ），合金元素锰含量为 $w(Mn)=1.50\%\sim 2.49\%$ （实际为 $1.70\%\sim 2.00\%$ ），钒含量 $w(V)<1.50\%$ （实际为 $0.1\%\sim 0.25\%$ ）。

高速工具钢钢号除个别外，只用合金元素及其含量来表示。合金元素含量表示方法与合金结构钢相同。例如：W6Mo5Cr4V2 钢，含碳量不标出（实际 $w(C)=0.80\%\sim 0.90\%$ ），钨含量 $w(W)=6\%$ （实际为 $5.50\%\sim 6.75\%$ ），钼含量 $w(Mo)=5\%$ （实际为 $4.50\%\sim 5.50\%$ ），铬含量 $w(Cr)=4\%$ （实际为 $3.80\%\sim 4.40\%$ ），钒含量 $w(V)=2\%$ （实际为 $1.75\%\sim 2.20\%$ ）。如果两个钢号除含碳量之外，其余合金元素含量均相同，则为了区别起见，仅标出一个含碳量（含碳量较高钢号）。如 W18Cr4V 和 9W18Cr4V，它们的含碳量分别为 $w(C)=0.70\%\sim 0.80\%$ 和 $w(C)=0.90\%\sim 1.00\%$ ，其余都一样。

合金工具钢和高速工具钢均属于高级优质钢，故钢号后不再标出“A”。

（三）特殊性能钢

1. 不锈钢和耐热钢

不锈钢和耐热钢牌号采用合金元素符号和阿拉伯数字表示，易切削不锈钢和耐热钢在牌号头部加“Y”。一般用一位阿拉伯数字表示平均含碳量（以千分之几计）；当平均含碳量不小于 1.00% 时，采用两位阿拉伯数字表示；当含碳量上限小于 0.1% 时，以“0”表示含碳量；当含碳量上限不大于 0.03% ，大于 0.01% （超低碳）时，以“03”表示；当含碳量上限不大于 0.01% （极低碳）时，以“01”表示含碳量。含碳量未规定下限时，采用阿拉伯数字表示含碳量的上限数字。合金元素的表示方法与合金结构钢相同。例如：2Cr13 钢，平均含碳量为 0.2% ，含铬量为 13% ；0Cr18Ni9 钢，含碳量上限为 0.08% ，平均含铬量为 18% ，含镍量为 9% ；Y1Cr17 钢，含碳量上限为 0.12% ，平均含铬量为 17% ，是一种加硫易切削不锈钢；11Cr17 钢，平均含碳量为 1.10% ，含铬量为 17% 的高碳铬不锈钢；03Cr19Ni10 钢，含碳量上限为 0.03% ，平均含铬量为 19% ，含镍量为 10% 的超低碳不锈钢；01Cr19Ni11 钢，含碳量上限为 0.01% ，平均含铬量为 19% ，含镍量为 11% 的极低碳不锈钢。

2. 电工用硅钢

电工用硅钢分为热轧硅钢和冷轧硅钢，冷轧硅钢又分为无取向硅钢和取向硅钢。

硅钢牌号采用表 1-1 规定的代表产品用途的符号和阿拉伯数字表示。阿拉伯数字表示

典型产品（某一厚度的产品）的厚度和最大允许铁损值（W/kg）。

（1）电工用热轧硅钢 牌号头部加符号“DR”，之后为表示最大允许铁损值 100 倍的阿拉伯数字。如果是在高频率（400Hz）下检验的，在表示铁损值的阿拉伯数字后加符号“G”；而在频率 50Hz 下检验的，不加“G”。牌号尾部数字为产品公称厚度（单位，mm）100 倍的数字。例如：DR440-50 钢，表示频率为 50Hz 时，厚度为 0.50mm，最大允许铁损值为 4.40W/kg 的电工用热轧硅钢；DR1750G-35 钢，表示频率为 400Hz 时，厚度为 0.35mm，最大允许铁损值为 17.50W/kg 的电工用热轧硅钢。

（2）电工用冷轧无取向硅钢和取向硅钢 牌号中间用符号“W”（无取向硅钢）和“Q”（取向硅钢）表示，牌号头部数字为产品公称厚度（单位：mm）的 100 倍，牌号尾部数字为铁损值 100 倍。例如：30Q130 钢，表示厚度为 0.30mm，最大允许铁损值为 1.30W/kg 的电工用冷轧取向硅钢；35W300 钢，表示厚度为 0.35mm，最大允许铁损值为 3.00W/kg 的电工用冷轧无取向硅钢。取向高磁感硅钢，其牌号应在符号“Q”和铁损值之间加符号“G”，例如：27QG100 钢。

（3）电讯用取向高磁感硅钢 牌号采用表 1-1 中规定的符号和阿拉伯数字表示。阿拉伯数字表示电磁性能级别。从 1 至 6 表示电磁性能从低到高。例如：DG5 钢。

第二节 常用钢材

钢水的绝大部分铸造成钢锭或钢坯，然后经压力加工（热轧、冷轧、锻造和拉拔），制成各种不同断面形状和规格尺寸的钢材，以满足工程建筑结构、机械制造、工具制作的需要。下面简单介绍钢材的生产知识、常用钢材和钢材表面缺陷。

一、钢材生产知识

将钢锭或钢坯进行压力加工便可制成钢材。所谓压力加工就是使金属在外力作用下，产生塑性变形，从而获得所要求的断面形状和规格尺寸产品的加工方法。压力加工的作用不仅是通过塑性变形改变金属的形状和尺寸，而且能改善其组织和性能。压力加工方法有轧制、锻造、拉拔、挤压、冲压及爆炸成形等多种，钢材生产主要采用前三种方法。

1. 轧制

轧制是指金属在轧机旋转轧辊的辗压下，进行塑性变形的一种压力加工方法。在钢的生产总量中，除少部分采用铸造和锻造等方法直接制成器件以外，其余占 90% 以上的钢都须经过轧制成材，轧制是钢铁工业中最主要的加工方法。

生产不同品种的钢材，其轧制方式是不同的，一般可分为纵向轧制（纵轧）、横向轧制（横轧）和斜向轧制（斜轧）。

轧制是在轧制设备中进行的。轧制设备也称轧机成套机组，分为主要设备（轧钢机机座）和辅助设备（如辊道、升降台、剪切机、锯机、矫直机、热处理设备以及控制设备等）。

轧机的种类很多。按轧机用途可分为轧制方坯、扁坯或板坯等的钢坯轧机和轧制型材、板（带）材、管材等的成品轧机，以及轧制车轮、轮箍、钢球等的特种轧机。按轧辊在机架内的布置方式可分为轧辊在机架中水平布置的水平轧机和轧辊在机架内垂直布置的

立辊轧机，以及轧辊在机架内既有水平布置又有垂直布置的轧机。按轧机的排列方式可分为仅有一架机座的单机座轧机；数架机座横向顺序排列的横列式轧机；数架机座纵向顺序排列的纵列式轧机；数架机座依次纵向顺序排列的连续式轧机；既有非连续式轧机又有连续式轧机组合的半连续式轧机。

通常在某类轧机名称前加一组表示轧辊尺寸（mm）的数字，构成轧机的名称。

钢坯轧机和型钢轧机一般将轧辊直径（或齿轮机座齿轮的节圆直径）数字加在轧机名称前来命名的，例如 1150 初轧机，就是轧辊直径为 1150mm 的初轧机。板带钢轧机一般将轧辊辊身长度数字加在轧机名称前来命名，例如 1700 钢板连轧机，表示该轧机轧辊辊身长度为 1700mm，能轧制最宽为 1500mm 的钢板或带钢。钢管轧机一般用所轧制钢管的最大外径或外径的尺寸范围和轧机的类型来命名，例如 140 无缝管轧机，20~102 焊管机。

钢材轧制也称轧钢。轧钢工艺过程一般包括原料（钢锭或钢坯）清理、加热、轧制、轧后冷却及精整等工序。轧钢的原料是钢锭或钢坯，轧制加热前必须对原料表面的缺陷进行清理，清理方法有火焰、风铲、喷砂清理，砂轮研磨以及车削剥皮等方法。轧前需要加热（一般为 1100~1300℃），使之成为塑性好的奥氏体状态，然后进行轧制（热轧）。轧制是轧钢生产的中心环节，钢锭先经过初轧机或钢坯轧机轧成各种规格尺寸的半成品——钢坯（方坯、扁坯或板坯等），这一过程叫初轧或开坯。将钢坯在成品轧机上进行轧制，可获得要求的形状和尺寸的钢材。成材的轧制分为两个阶段：粗轧阶段，采取较大压下量，以减少轧制道次；精轧阶段，采取较小的压下量，以获得精确的尺寸和良好的表面质量。热轧终轧温度一般为 800~900℃。轧后可采用缓冷、空冷和通风或喷水等冷却方式。轧后的钢材还需进行精整处理，精整工序通常包括：剪切、矫直、表面加工、热处理、检查分级、成品质量检验、打印记和包装等。

轧制有热轧和冷轧两种方法。

2. 锻造

锻造是用锻锤的往复冲击力或压力机（油压或水压）的压力，使金属坯料产生塑性变形，从而获得具有一定形状、尺寸和内部组织的毛坯或零件的加工方法。

锻造是制造机器零件毛坯的一种主要方法。锻件经过塑性变形和再结晶后，晶粒细化，组织致密，并且内部的杂质按纤维方向排列，从而改善了材料的机械性能，同时，现代化的锻造生产方法具有很高的劳动生产率。因此，锻造加工在机械、电力、电子、交通、国防等工业部门以至生活用品的生产中都占有重要的地位。各种机械中受力复杂的重要零件，如主轴、传动轴、曲轴、齿轮、凸轴、叶轮、叶片等，大都采用锻件。在飞机上锻件（包括冲压件）的重量约占各种零件的 85%，在汽车上占 80%，机车上占 60%。

按照所用设备和变形方式的不同，锻造方法可分为自由锻造和模型锻造两大类。

自由锻造是将加热好的金属坯料放在锻造设备（空气锤、蒸汽锤及水压机等）的上、下抵铁之间施加冲击力或压力，使之产生塑性变形，从而获得所需锻件的加工方法。坯料在上、下抵铁之间变形时，一般都是自由流动的，故称自由锻造，简称自由锻。

按照使用的设备和锻造力的性质不同，自由锻可分为锤上自由锻和水压机上自由锻两类。锤上自由锻适于锻造 0.5~1t 以下的中小型锻件，大型锻件要在水压机上锻造。