

金属工艺学 实习教材

· 高等专科学校教学用书 ·

G AODENG

ZHUANKE

XUEXIAO

JIAOXUE

YONGSHU

冶金工业出版社

高等专科学校教学用书

金属工艺学实习教材

吉林电气化高等专科学校

庞绍平	刘晓刚	主 编	
刘彦华	耿德旭	石云宝	副主编
朴凯东	陶承祥	主 审	

北京
冶金工业出版社
1997

图书在版编目 (CIP) 数据

金属工艺学实习教材/庞绍平、刘晓刚主编.-北京:

冶金工业出版社, 1997. 12

高等专科学校教学用书

ISBN 7-5024-2125-4

I. 金… II. ①庞…②刘… III. 金属加工-工艺-高等学校: 专业学校-教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 28577 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

北京梨园印刷厂印刷; 冶金工业出版社出版; 各地新华书店发行

1997 年 12 月第 1 版, 1997 年 12 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 13 印张; 310 千字; 198 页; 1~3200 册

15.30 元

前 言

“金属工艺学实习”是一门传授机械制造基础知识的、实践性很强的技术基础课，是工科院校学生工程训练不可缺少的重要环节之一。通过金属工艺学实习，不仅可使学生学习到机械加工工艺知识，还可培养学生的实践能力，为后续课程的学习及今后从事技术工作打下必要的基础。国家教委已把金属工艺学实习作为对高等工业院校专业评估和课程评估的重要内容，并制定了相应的教学基本要求和评估指标体系。

本书是根据国家教委机械制造基础课程指导小组制定的“金属工艺学实习教学基本要求”，结合高等学校金工实习实际而编写的，适合高等工科院校机类、非机类专业实习使用。

本书在以实践教学为主的同时，还注重了基本知识的传授，如对有色和黑色金属材料、精度和粗糙度、量具等常识的介绍都较过去实习教材详细，而且典型零件加工的内容也较详细。各工种的设备、工具和加工过程、操作要领和安全技术的介绍都是与生产实际密切结合的，每章后都有较多的复习思考题，以帮助学生消化、巩固学习内容。书中名词术语、计量单位、符号及材料牌号都采用新的国家标准，表格、插图也作了更新。编写时力求做到基本概念清晰、重点突出、简明扼要、形象生动、循序渐进、由浅入深，以培养学生观察、分析、解决问题的能力。

本书由吉林电气化高等专科学校组织编写，前言、第一、二章由庞绍平编写，第三、四章由刘彦华编写，第五、六章由刘晓刚编写，第七、十一章由耿德旭编写，第八章由石云宝编写，第九章由杨斌久编写，第十章由王哲编写。全书由庞绍平及刘晓刚担任主编，刘彦华、耿德旭、石云宝担任副主编，朴凯东担任热加工部分主审，陶承祥担任冷加工部分主审。朴凯东副教授制定了本书的编写大纲，并无私地提供了许多宝贵资料，在此深表感谢！

由于水平有限，书中难免有欠妥和错误之处。恳请读者批评指正。

编 者

1997年7月28日

目 录

第一章 金属材料及热处理知识.....	1
第一节 金属及合金.....	1
第二节 铁碳合金.....	2
第三节 有色金属及其合金	15
第四节 热处理	21
复习思考题	23
第二章 铸 造	25
第一节 概述	25
第二节 型砂	25
第三节 造型基本操作	27
第四节 造型方法	33
第五节 造型工艺	38
第六节 造芯	41
第七节 铸铁的熔化	44
第八节 铸造有色合金的熔炼	45
第九节 浇注、落砂、清理和铸件缺陷分析	48
第十节 模型	50
第十一节 特种方法铸造	52
复习思考题	54
第三章 锻 压	56
第一节 坯料的加热和锻件的冷却	56
第二节 自由锻造	59
第三节 胎模锻	68
第四节 板料冲压	69
复习思考题	71
第四章 焊 接	72
第一节 手工电弧焊	72
第二节 埋弧自动焊与气体保护焊简介	80
第三节 气焊	82
第四节 电阻焊	88
第五节 焊接变形	91
第六节 焊接缺陷及其检验方法	92
复习思考题	93
第五章 切削加工的基础知识	94
第一节 切削加工概述	94

第二节	切削加工的质量	95
第三节	刀具材料	96
第四节	量具	97
复习思考题		103
第六章	钳 工	104
第一节	钳工工作台和虎钳	104
第二节	划线	105
第三节	鑿削	109
第四节	锯切	113
第五节	锉削	115
第六节	钻孔与铰孔	119
第七节	攻丝与套扣	124
第八节	刮削	126
复习思考题		128
第七章	车 工	130
第一节	普通车床简介	131
第二节	车刀及其安装	135
第三节	工件的安装及所用的附件	139
第四节	车床操作要点	145
第五节	车削基本工艺	147
第六节	其它车床简介	157
复习思考题		158
第八章	刨 工	160
第一节	牛头刨床	160
第二节	牛头刨床的刨削工艺	163
第三节	刨削类机床简介	165
复习思考题		166
第九章	铣 工	167
第一节	概述	167
第二节	铣床	167
第三节	分度头及其工作原理	171
第四节	铣削的基本方法	172
复习思考题		177
第十章	磨 工	178
第一节	概述	178
第二节	砂轮	179
第三节	磨床	180
第四节	磨削的加工方法	184
复习思考题		187

第十一章 典型零件加工工艺简介..... 188

第一节 轴类零件..... 188

第二节 盘类零件..... 192

第三节 箱体类零件..... 193

第一章 金属材料及热处理知识

第一节 金属及合金

在自然界迄今已发现的 103 种元素中，有 80 多种是具有良好的导电、导热和可塑性，并具有金属光泽的金属元素。由于金属具有良好的使用性能（如机械性能、物理性能、化学性能）和工艺性能（如铸造性能、塑性成形性、焊接性能、切削加工性能），因此，在工业、农业、国防以及科学技术各个领域金属都得到广泛应用。

一、基本概念

1. 合金

所谓合金，就是指由一种金属元素同另一种或几种其它元素熔合在一起而形成的具有金属特性的物质。例如铁元素与碳元素熔合在一起就形成了铁碳合金，即钢与铸铁；铜元素与锌元素熔合在一起就形成了铜锌合金，即普通黄铜。合金除具有纯金属的基本特性外，还兼有优良的机械性能与特殊的物理、化学性能，如高强度、强磁性、耐热性、耐蚀性、低热膨胀性等。同时，改变合金中各元素的含量，可调节合金的性能，以满足对不同性能的要求。

2. 组元

组成合金独立的、最基本的单元称为组元。铁碳合金中纯铁和碳是组元，普通黄铜中的铜与锌也是组元。合金中的组元可以是化学元素，也可以是化合物。

3. 合金系

合金系是由两种或两种以上的组元，在不同的浓度下所构成的一组合金。合金系可以由构成它的组元命名，例如铁碳合金、铜锌合金。也可以用其组元的个数来命名，例如由两个组元组成的合金系，称为二元系。铁碳合金属于二元系。由三个组元组成的合金系则称三元系，依次类推。

二、金属的分类

在工业上习惯地把已发现的 86 个金属元素分为黑色金属与有色金属两大类。

1. 黑色金属

所谓黑色金属是指铁、铬、锰及其合金而言。但是，作为工程材料最广泛使用的是铁及其合金，而铬、锰及其合金很少使用，故通常指的黑色金属是铁及其合金，即钢与铸铁。

2. 有色金属

除铁、铬、锰以外的所有金属称为有色金属。

有色金属种类较多，常以密度、价格、在地壳中的含量及分布情况，使人们发现和使用早晚等分为五大类，即轻有色金属、重有色金属、稀有金属、贵金属、半金属。在有色金属中产量大，应用广泛的铜、铝、镍、铅、锌、钨、钼、锡、锑、汞为我国十种常用有色金属。

(1) 轻有色金属 轻有色金属一般指相对密度在 4.5 以下的有色金属，包括铝、镁、钠、钾、钙、锶、钡。这类金属的共同特点是：相对密度小，化学活性大，与氧、硫、碳和卤素形成的化合物都相当稳定。

铝在自然界中占地壳重量的 8% (铁为 5%), 随着近代炼铝技术的发展及铝在国民经济中的广泛应用, 目前铝已成为有色金属中产量最大的金属, 其产量已超过有色金属总产量的三分之一。

(2) 重有色金属 重有色金属一般指相对密度在 4.5 以上的有色金属。其中包括铜、镍、铅、锌、钴、锡、锑、汞、镉、铋等。

由于各种重有色金属特性不同, 在国民经济各部门中都具有特殊的应用范围。例如铜是电气设备的基本材料; 铅在化工、蓄电池方面有着广泛的应用; 镀锌的钢材广泛应用于工业和生活方面; 而镍、钴则是制造高温合金与不锈钢的重要战略物质。

(3) 贵金属 贵金属包括金、银和铂族元素 (铂、铱、钌、钨、钼、铑)。由于它们对氧和其它试剂的稳定性, 而且在地壳中含量少, 开采与提取比较困难, 故价格比较贵, 因而得名贵金属。贵金属在工业上广泛应用于电器、电子、宇航、高温仪表、接触剂等。

(4) 半金属 半金属一般是指硅、硒、碲、砷、硼。其物理化学性质介于金属与非金属之间, 如砷是非金属, 但又能传热导电。半金属根据各自特性, 具有不同用途。硅是半导体主要材料之一; 高纯碲、硒、砷是化合物半导体的原料; 硼是合金的添加元素。

(5) 稀有金属 稀有金属在自然界中含量少、分布稀疏、提取困难或者发现和使用较晚。稀有金属种类较多, 故分为稀有轻金属 (锂、铍、铷、铯、铊); 稀有高熔点金属 (钨、钼、钽、铌、锆、钒等); 此外还有稀土金属和稀有放射性金属。

第二节 铁碳合金

钢铁是现代机械制造工业中应用最为广泛的金属材料。钢铁都是以铁与碳为主要组元的合金, 钢的含碳量小于 2.11%, 铁 (即生铁) 的含碳量大于 2.11%。

一、钢的分类

由于钢的品种繁多, 为了便于生产、保管、选用与研究, 必须对钢加以分类。按钢的用途、化学成分、质量的不同, 可将钢分为若干类。

1. 按用途分类

按钢的用途可分为结构钢、工具钢、特殊性能钢三大类。

结构钢有两种, 一种是用作各种机器零件的钢, 它包括渗碳钢、调质钢、弹簧钢及滚珠轴承钢; 另一种是用作工程结构的钢, 它包括普通碳素结构钢和普通低合金结构钢。

工具钢是用来制造各种工具的钢。根据工具用途不同可分为刃具钢、模具钢和量具钢。

特殊性能钢是具有特殊物理化学性能的钢, 可分为不锈钢、耐热钢、耐磨钢、磁钢等。

2. 按化学成分分类

按钢的化学成分可分为碳素钢和合金钢两大类。

碳素钢: 按含碳量又可分为低碳钢 (含碳量 $\leq 0.25\%$); 中碳钢 ($0.25\% < \text{含碳量} < 0.6\%$); 高碳钢 (含碳量 $\geq 0.6\%$)。

合金钢: 是在碳钢的基础上, 有目的地加入某些元素 (称为合金元素) 而得到的多元合金。

合金钢按合金元素含量的不同, 又可分为低合金钢 (合金元素总含量 $\leq 5\%$)、中合金钢 (合金元素总含量 $= 5\% \sim 10\%$) 和高合金钢 (合金元素总含量 $> 10\%$)。此外, 根据钢中所含主要合金元素种类不同, 也可分为锰钢、铬钢、铬锰钢、铬锰钛钢等。

3. 按质量分类

按钢中有害杂质磷、硫含量的不同,可分为普通钢 ($P \leq 0.045\%$ 、 $S \leq 0.055\%$; 或 P 、 S 均 $\leq 0.05\%$), 优质钢 (P 、 S 均 $\leq 0.040\%$) 和高级优质钢 ($P \leq 0.035\%$ 、 $S \leq 0.03\%$)。

此外,还可按冶炼方式的不同,将钢分为平炉钢(酸性平炉、碱性平炉),转炉钢(酸性转炉、碱性转炉、氧气顶吹转炉)与电炉钢。按冶炼时脱氧程度的不同,将钢分为沸腾钢(脱氧不完全)、镇静钢(脱氧比较完全)及半镇静钢。

工业上对钢命名时,常常将用途、成分、质量三种分类方法结合起来,如普通碳素结构钢、优质碳素结构钢、碳素工具钢、高级优质碳素结构钢、合金结构钢、合金工具钢等。

二、碳素钢

1. 普通碳素结构钢

这类钢含有害杂质和非金属夹杂物较多,但冶炼容易,工艺性好,价格低廉,而且在性能上也能满足一般工程结构及普通机器零件的要求,因而应用很广。它通常被轧制成钢板或各种型材(圆钢、方钢、角钢、槽钢、工字钢、钢筋等)供应。

这类钢的牌号由代表屈服点的字母“Q”、屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法符号等四个部分按顺序组成。钢的质量等级分为四级用字母 A、B、C、D 表示。沸腾钢在钢的牌号尾部加“F”,半镇静钢在钢的牌号尾部加“b”,镇静钢不加字母。普通碳素结构钢的分类及机械性能如表 1-1 及表 1-2 所示。

表 1-1 碳素结构钢 (GB 700—88)

牌 号	等 级	化 学 成 分 (%)					脱氧方法
		C	Mn	Si	S	P	
				不大于			
Q195	—	0.06~0.12	0.25~0.50	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
Q215	A	0.09~0.15	0.25~0.55	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
	B				0.045		
Q235	A	0.14~0.22	0.30~0.65 ^①	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
	B	0.12~0.20	0.30~0.70 ^①		0.045		
	C	≤0.18	0.35~0.80		0.040	0.040	Z
	D	≤0.17			0.035	0.035	TZ
Q255	A	0.18~0.28	0.40~0.70	0.30	0.050	0.045	Z
	B				0.045		
Q275	—	0.28~0.38	0.50~0.80	0.35	0.050	0.045	Z

①Q235A、B 级沸腾钢锰含量上限为 0.60%。

2. 优质碳素钢

这类钢含有害杂质 S、P 及非金属夹杂物较少,钢材的均匀性也较好。根据用途不同可分为优质碳素结构钢和碳素工具钢。

(1) 优质碳素结构钢

优质碳素结构钢的编号(钢号)以两位数字表示,数字代表平均含碳量的万分数。如 45 号钢,表示平均含碳量为 0.45% 的优质碳素结构钢。根据含锰量的不同,将含锰量为 0.25%~0.80% 的优质碳素结构钢称为普通含锰钢,含锰量为 0.70%~1.20% 的优质碳素

结构钢称为较高含锰钢，钢号中标出锰元素，如 15Mn。

表 1-2 碳素结构钢的机械性能

牌 号	等 级	拉 伸 试 验												冲击试验		
		屈服点 σ_s /MPa						抗拉强度 σ_b / MPa	伸长率 δ_5 (%)						温 度 /℃	V 型 冲击功 (纵向) /J
		钢材厚度 (直径) /mm							钢材厚度 (直径) /mm							
		≤ 16	>16 ~ 40	>40 ~ 60	>60 ~ 100	>100 ~ 150	>150		≤ 16	>16 ~ 40	>40 ~ 60	>60 ~ 100	>100 ~ 150	>150		
		不小于							不小于						不小于	
Q195	—	(195)	(185)	—	—	—	—	315~390	33	32	—	—	—	—	—	—
Q215	A	215	205	195	185	175	165	335~410	31	30	29	28	27	20	—	—
	B														20	27
Q235	A	235	225	215	205	195	185	375~460	26	25	24	23	22	21	—	—
	B														20	27
	C														0	
	D														-20	
Q255	A	255	245	235	225	215	205	410~510	24	23	22	21	20	19	—	—
	B														20	27
Q275	—	275	265	255	245	235	225	490~610	20	19	18	17	16	15	—	—

优质碳素结构钢用途广泛，其化学成分及用途见表 1-3 及表 1-4。

表 1-3 优质碳素结构钢的化学成分和机械性能^①

钢 号	σ_b /MPa	δ (%)	化 学 成 分 (%)				
			C	Mn	Si	S	P
08	330	33	0.05~0.12	<0.40	≤ 0.17	<0.040	<0.04
08F	320	34	0.05~0.12	<0.40	≤ 0.03	<0.040	<0.04
10	340	31	0.07~0.14	0.35~0.65	0.17~0.37	<0.040	<0.04
10F	330	33	0.07~0.14	0.35~0.65	0.17~0.37	<0.040	<0.04
15	370	27	0.12~0.15	0.35~0.65	0.17~0.37	<0.040	<0.04
20	410	25	0.17~0.24	0.35~0.65	0.17~0.37	<0.040	<0.04
25	440	23	0.22~0.29	0.50~0.80	0.17~0.37	<0.040	<0.04
30	450	21	0.27~0.35	0.50~0.80	0.17~0.37	0.040	<0.04
35	520	20	0.32~0.40	0.50~0.80	0.17~0.37	0.040	<0.04
40	570	19	0.37~0.45	0.50~0.80	0.17~0.37	0.040	<0.04
45	600	16	0.45~0.50	0.50~0.80	0.17~0.87	0.040	<0.04
50	630	14	0.47~0.55	0.50~0.80	0.17~0.37	0.040	<0.04
55	640	12	0.52~0.62	0.50~0.80	0.17~0.37	0.040	<0.04
60	650	10	0.57~0.65	0.50~0.80	0.17~0.37	0.040	<0.04
65	660	10	0.62~0.75	0.50~0.80	0.17~0.37	0.040	<0.04

①热轧供应状态。

表 1-4 优质碳素结构钢的主要用途

钢 号	用 途 举 例
10 10F	用来制造锅炉管、油桶顶盖、钢带、钢丝、钢板和型材，用于制造机械零件
20 20F	用于不经受很大应力而要求韧性的各种机械零件，如拉杆、轴套、螺钉、起重钩等；也用于制造在 6MPa、450℃ 以下非腐蚀介质中使用的管子等；还可以用于心部强度不大的渗碳与氰化零件，如轴套、链条的滚子、轴以及不重要的齿轮、链轮等
35	用作热锻的机械零件，冷拉和冷顶锻钢材，无缝钢管，机械制造中的零件，如转轴、曲轴、轴销、拉杆、连杆、横梁、星轮、套筒、轮圈、钩环、垫圈、螺钉、螺母等；还可用来铸造汽轮机机身、轧钢机身、飞轮等
40	用来制造机器的运动零件，如辊子、轴、曲柄销、传动轴、活塞杆、连杆、圆盘等
45	用来制造汽轮机、压缩机、泵的运动零件；还可以用来代替渗碳钢制造齿轮、轴、活塞销等零件，但零件需经高频或火焰表面淬火，并可用作铸件
55	用于制造齿轮、连杆、轮圈、轮缘、扁弹簧及轧辊等，也可用作铸件
65	用于制造气门弹簧、弹簧圈、轴、轧辊、各种垫圈、凸轮及钢丝绳等
70	用于制造弹簧

(2) 碳素工具钢 碳素工具钢的牌号是在“碳”或“T”的后面附以数字来表示，其数字代表平均含碳量的千分数。如 T9 表示平均含碳量为 0.90% 的碳素工具钢。若为高级优质碳素工具钢时，还需在后面加一“A”字。如 T12A 表示平均含碳量为 1.20% 的高级优质碳素工具钢。碳素工具钢只适用于工作温度不高于 200℃ 的尺寸较小、形状简单的工具，量具、模具等。其化学成分及主要用途见表 1-5。

表 1-5 碳素工具钢的钢号、成分、硬度和用途

钢 号	化 学 成 分 (%)			硬 度		用 途 举 例
	碳	硅	锰	退火状态 HBS (不大于)	淬火后 HRC (不小于)	
T7 T7A	0.65~0.74	≤0.35	≤0.40	187	62	用作能承受冲击，硬度适当，并有较好韧性的工具，如扁铲、改锥、手钳、大锤及木工工具等
T8 T8A	0.75~0.84	≤0.35	≤0.40	187	62	用作能承受冲击，要求较高硬度与耐磨性的工具，如冲头、压缩空气工具及木工工具等
T8Mn T8MnA	0.80~0.90	≤0.35	0.40~0.60	187	62	同 T8 及 T8A，但淬透性较大些，可制截面较大的工具
T9 T9A	0.85~0.94	≤0.35	≤0.40	192	62	用作硬度高、韧性中等的工具，如冲头等
T10 T10A	0.95~1.04	≤0.35	≤0.40	197	62	用作不受剧烈冲击，要求硬度高、耐磨的工具，如冲模、钻头、丝锥、车刀等

续表 1-5

钢 号	化 学 成 分 (%)			硬 度		用 途 举 例
	碳	硅	锰	退火状态 HBS (不大于)	淬火后 HRC (不小于)	
T11 T11A	1.05~1.14	≤0.35	≤0.40	207	62	同 T10
T12 T12A	1.15~1.24	≤0.35	≤0.40	207	62	用作不受冲击, 要求硬度高、极耐 磨的工具, 如锉刀、精车刀、量具、 丝锥等
T13 T13A	1.25~1.35	≤0.35	≤0.40	217	62	用作刮刀、拉丝模、锉刀、剃刀等

注: 1. 钢号中无“A”者为优质碳素工具钢, 硫含量不大于 0.03%、磷含量不大于 0.035%; 钢号中有“A”者为高级优质碳素工具钢, 硫含量不大于 0.02%、磷含量不大于 0.03%。

2. 化学成分、硬度摘自 GB 1293—77《碳素工具钢技术条件》。

三、合金钢

为了提高钢的机械性能、工艺性能或物理、化学性能, 在冶炼时常特意往钢中加入一些合金元素, 所获得的钢称为合金钢。

合金钢按用途、性能可分为合金结构钢、合金工具钢、特殊性能钢等。

1. 合金结构钢

合金结构钢主要包括普通低合金钢、渗碳钢、调质钢、弹簧钢等。

合金结构钢的编号原则上是采用“数字+化学元素+数字”的方法。前面的数字表示钢的平均含碳量, 以万分之几表示, 例如平均含碳量为 0.40%, 则以 40 表示; 合金元素直接用化学符号 (或汉字) 表示; 最后面的数字表示合金元素的含量, 以平均含量的百分之几表示。合金元素的含量少于 1.5% 时, 编号中只表明元素一般不标明含量; 如果平均含量等于或大于 1.5%、2.5%、3.5%……, 则相应地以 2、3、4……等表示。例如含 0.37%~0.45%C、0.8%~1.1%Cr 的铬钢, 以 40Cr (或 40 铬) 表示; 含 0.57%~0.65%C、1.5%~2.0%Si、0.6%~0.9%Mn 的硅锰钢, 以 60Si2Mn (或 60 硅 2 锰) 表示。若是含硫、磷量较低 ($S \leq 0.02\%$ 、 $P \leq 0.03\%$) 的高级优质钢, 则在钢号的最后加“A” (或“高”) 字, 例如 20Cr2Ni4A (或 20 铬 2 镍 4 高)。

(1) 普通低合金钢 普通低合金钢是一种低碳结构钢, 含碳量一般低于 0.20%, 合金元素一般在 3% 以下, 常加入元素为 Mn、Ti、V、Nb、Cu、P 等。这类钢的强度显著高于相同碳量的碳素钢, 它具有较好的韧性和塑性, 以及良好的焊接性和耐蚀性, 它广泛应用于建造桥梁、制造车辆、船舶、锅炉、高压容器、油管、大型钢结构以及汽车、拖拉机等产品方面。

表 1-6 列出了我国生产的几种常用普通低合金钢的成分、性能及用途。

(2) 渗碳钢 适用于生产渗碳零件 (要求表面具有高的硬度、耐磨性、心部具有足够的强度和韧性) 的钢称为渗碳钢。

渗碳钢含碳量一般都很低, 介于 0.10%~0.25% 之间, 属于低碳钢范畴。合金渗碳钢中所含的主要合金元素是铬、镍、锰、硼等。

表 1-6 普通低合金钢的成分、性能及用途

钢 号	化 学 成 分 (%)				钢材 厚度 /mm	机 械 性 能			冷 弯 试 验 a —试件厚度 d —心棒直径	用 途
	C	Si	Mn	其 它		σ_s /MPa	σ_b /MPa	δ (%)		
09Mn2	≤ 0.12	0.20~ 0.60	1.40~ 1.80	—	4~10	450	300	21	180° ($d=2a$)	油槽、油罐、机 车车辆、梁柱等
14MnNb	0.12~ 0.18	0.20~ 0.60	0.80~ 1.20	0.015~ 0.050Nb	≤ 16	500	360	20	180° ($d=2a$)	油罐、锅炉、桥 梁等
16Mn	0.12~ 0.20	0.20~ 0.60	1.20~ 1.60	—	≤ 16	520	350	21	180° ($d=2a$)	桥梁、船舶、车 辆、压力容器、 建筑结构等
16MnCu	0.12~ 0.20	0.20~ 0.60	1.25~ 1.50	0.20~ 0.35Cu	≤ 16	520	350	21	180° ($d=2a$)	桥梁、船舶、车 辆、压力容器、 建筑结构等
15MnTi	0.12~ 0.18	0.20~ 0.60	1.25~ 1.50	0.12~ 0.20Ti	≤ 25	540	400	19	180° ($d=3a$)	船舶、压力容 器、电站设备等
15MnV	0.12~ 0.18	0.20~ 0.60	1.25~ 1.50	0.04~ 0.14V	≤ 25	540	400	18	180° ($d=3a$)	压力容器、船 舶、桥梁、车辆、 起重机械等

表 1-7 列出了常用渗碳钢的化学成分。

表 1-7 常用渗碳钢的化学成分

钢 号	化 学 成 分 (%)								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	其 它
15	0.12~0.19	0.17~0.37	0.35~0.65	≤0.040	≤0.040	≤0.25	≤0.25		
20	0.17~0.24	0.17~0.37	0.35~0.65	≤0.040	≤0.040	≤0.25	≤0.25		
15Mn2	0.12~0.18	0.20~0.40	2.00~2.40	≤0.040	≤0.040	≤0.35	≤0.35		
20Mn2	0.17~0.24	0.20~0.40	1.40~1.80	≤0.040	≤0.040	≤0.35	≤0.35		V0.07~0.12
20MnV	0.17~0.24	0.20~0.40	1.30~1.60	≤0.040	≤0.040	≤0.35	≤0.35		V0.07~0.12
20MnVB	0.17~0.24	0.20~0.40	1.20~1.60	≤0.040	≤0.040	≤0.35	≤0.35		B0.001~0.004
15Cr	0.12~0.18	0.20~0.40	0.40~0.70	≤0.040	≤0.040	0.70~1.00	≤0.35		
20Cr	0.17~0.24	0.20~0.40	0.50~0.80	≤0.040	≤0.040	0.70~1.00	≤0.35		
20CrMn	0.17~0.24	0.20~0.40	0.90~1.20	≤0.040	≤0.040	0.90~1.20	≤0.35		
20CrMnTi	0.17~0.24	0.20~0.40	0.80~1.10	≤0.040	≤0.040	1.00~1.30	≤0.35		Ti0.06~0.12
30CrMnTi	0.24~0.32	0.20~0.40	0.80~1.10	≤0.040	≤0.040	1.00~1.30	≤0.35		Ti0.06~0.12
20CrMo	0.17~0.24	0.20~0.40	0.40~0.70	≤0.040	≤0.040	0.80~1.10	≤0.35	0.15~0.25	
15CrMnMo	0.12~0.18	0.20~0.40	0.90~1.20	≤0.040	≤0.040	0.90~1.20	≤0.35	0.20~0.30	
20CrMnMo	0.17~0.24	0.20~0.40	0.90~1.20	≤0.040	≤0.040	1.10~1.40	≤0.35	0.20~0.30	
20CrNi	0.17~0.24	0.20~0.40	0.40~0.70	≤0.040	≤0.040	0.45~0.75	1.00~1.40		
12CrNi3	0.10~0.17	0.20~0.40	0.30~0.60	≤0.040	≤0.040	0.60~0.90	2.75~3.25		
12Cr2Ni4	0.10~0.17	0.20~0.40	0.30~0.60	≤0.040	≤0.040	1.25~1.75	3.25~3.75		
20Cr2Ni4	0.17~0.24	0.20~0.40	0.30~0.60	≤0.040	≤0.040	1.25~1.75	3.25~3.75		
18Cr2Ni4W	0.13~0.19	0.20~0.40	0.30~0.60	≤0.040	≤0.040	1.35~1.65	4.00~4.50		W0.80~1.20

(3) 调质钢 调质钢一般指经过调质处理（即淬火+高温回火）后使用的钢。大多数调质钢属于中碳钢，一般含碳量在 0.27%~0.50% 之间，加入的合金元素有铬、镍、锰、硅等。这类钢经热处理后，具有良好的综合机械性能（即强度、塑性、韧性配合较好），因此用于制造较重要的机器零件，如轴、齿轮、曲轴、连杆等。

表 1-8 为常用调质钢的化学成分。

表 1-8 常用调质钢的化学成分

钢 号	化 学 成 分 (%)								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	其它
40	0.37~0.45	0.17~0.37	0.50~0.80	≤0.040	≤0.040	≤0.25	≤0.25	—	—
45	0.42~0.50	0.17~0.37	0.50~0.80	≤0.040	≤0.040	≤0.25	≤0.25	—	—
42Mn2V	0.38~0.45	0.20~0.40	1.60~1.90	≤0.040	≤0.040	≤0.35	≤0.35	—	V0.07~0.12
40MnVB	0.37~0.44	0.20~0.40	1.10~1.40	≤0.040	≤0.040	≤0.35	≤0.35	—	B0.001~0.004 V0.05~0.10
40Cr	0.37~0.45	0.20~0.40	0.50~0.80	≤0.040	≤0.040	0.80~1.10	≤0.35	—	—
40CrMn	0.37~0.45	0.20~0.40	0.90~1.20	≤0.040	≤0.040	0.90~1.20	≤0.35	—	—
42CrMo	0.38~0.45	0.20~0.40	0.50~0.80	≤0.040	≤0.040	0.90~1.20	≤0.35	0.15~0.25	—
40CrNi	0.37~0.44	0.20~0.40	0.50~0.80	≤0.040	≤0.040	0.45~0.75	1.00~1.40	—	—
30CrMnSi	0.27~0.34	0.90~1.20	0.80~1.10	≤0.040	≤0.040	0.80~1.10	≤0.35	—	—
35CrMo	0.32~0.40	0.20~0.40	0.40~0.70	≤0.040	≤0.040	0.80~1.10	≤0.35	0.15~0.25	—
37CrNi3	0.34~0.41	0.20~0.40	0.30~0.60	≤0.040	≤0.040	1.20~1.60	3.00~3.50	—	—
40CrNiMo	0.37~0.44	0.20~0.40	0.50~0.80	≤0.040	≤0.040	0.60~0.90	1.25~1.75	0.15~0.25	—
40CrMnMo	0.37~0.45	0.20~0.40	0.90~1.20	≤0.040	≤0.040	0.90~1.20	≤0.35	0.20~0.30	—

(4) 弹簧钢 弹簧钢必须具有较高的弹性极限、疲劳强度、足够的塑性、韧性以及良好的表面质量。还要有良好的淬透性及较低的脱碳敏感性。

碳素弹簧钢通常含碳量在 0.60%~0.75% 之间，合金弹簧钢含碳量在 0.46%~0.70% 之间，且常有硅、锰、铬、钒等合金元素。常用的弹簧钢有：65、70、65Mn、55Si2Mn、60Si2Mn、50CrVA、50CrMn 等。

2. 合金工具钢

合金工具钢是用于制造刀具、模具、量具等工具的钢，其编号也是采用“数字+化学元素+数字”的方法。平均含碳量≥1.0% 时不标出；<1.0% 时以千分之几表示。高速钢例外，平均含碳量<1.0% 时也不标出。合金元素含量的表示方法与合金结构钢相同。如 CrMn，表示平均含碳量≥1.0%，Cr、Mn 平均含量均<1.5% 的合金工具钢；9SiCr 表示平均含碳量为 0.9%，Si、Cr 平均含量均<1.5% 的合金工具钢；W18Cr4V 表示含碳量为 0.70%~0.80%，W、Cr、V 平均含量分别为 18%、4%、<1.5% 的高速工具钢。

作为工具钢，虽然其使用目的不同，但必须具有高硬度、高耐磨性、足够的韧性以及小的变形量等。因此，有些钢是可以通用的，既可做刀具又可做模具、量具。

常用刀具钢有 9SiCr、CrWMn、CrMn 以及高速钢等，见表 1-9 及表 1-10。

模具钢分为冷模具钢和热模具钢。冷模具钢有 Cr12、Cr12MoV、Cr6WV 等；热模具钢有 5CrMnMo、5CrNiMo、3Cr2W8V 等。

量具钢有 9SiCr、CrMn、CrWMn 等。

3. 特殊性能钢

特殊性能钢一般包括不锈钢、耐热钢、耐磨钢等。

(1) 不锈钢 不锈钢是指在空气、碱或盐的水溶液等介质中具有高度化学稳定性的钢。不锈钢并不是绝对不腐蚀，只不过腐蚀速度慢一些。在同一介质中，不同种类的不锈钢耐腐蚀能力不同。在不同介质中，同一种不锈钢其腐蚀速度也不一样。因此，选用不锈钢时，必须根据钢材的特点，结合各种影响因素（如介质种类、温度、浓度、压力等）来综合考虑。

不锈钢的编号方法与含碳量小于 1% 的合金工具钢相同。由于钢中合金元素种类不同，常把不锈钢分为铬不锈钢、铬镍不锈钢。

表 1-9 常用低合金刀具钢的化学成分、热处理及用途

钢 号	化学成分(%)					淬 火			回 火		用 途 举 例
	C	Mn	Si	Cr	其它	温度 (℃)	介质	HRC (不低于)	温度 (℃)	HRC	
9SiCr	0.85~ 0.95	0.3~ 0.6	1.2~ 1.6	0.95~ 1.25		850~ 870	油	62	190~ 200	60~ 63	板牙、丝锥、铰 刀、搓丝板、冷冲 模等
CrWMn	0.9~ 1.05	0.8~ 1.1	0.15~ 0.35	0.9~ 1.2	1.2~ 1.6W	820~ 840	油	62	140~ 160	62~ 65	长丝锥、长铰 刀、板牙、拉刀量 具、冷冲、模等
CrMn	1.3~ 1.5	0.45~ 0.75	≤0.40	1.3~ 1.6		840~ 860	油	62	130~ 140	62~ 65	长丝锥、拉刀、 量具等
9Mn2V	0.85~ 0.95	1.7~ 2.0	≤0.40		0.01~ 0.25V	780~ 820	油	62	150~ 200	58~ 63	丝锥、板牙、样 板、量规、中小型 模具、磨床主轴、 精密丝杠等

表 1-10 常用高速钢的化学成分、热处理、特性及用途

名 称	钢 号	主要化学成分(%)						热处理温度(°C)			硬 度		热硬性 (HRC ⁰)	用 途
		C	W	Mo	Cr	V	Al 或 Co	退火	淬火	回火	退火后 (HB)	回火后 (HRC)		
钨高速钢	W18Cr4V (18-4-1)	0.70~ 0.80	17.50~ 19.00	≤0.30	3.80~ 4.40	1.00~ 1.40	—	860~ 880	1260~ 1300	550~ 570	207~ 255	63~ 66	61.5~ 62	制造车刀、刨刀、钻头、铣刀等
高碳钨高速钢	95W18Cr4V	0.90~ 1.00	17.50~ 19.00	≤0.30	3.80~ 4.40	1.00~ 1.40	—	860~ 880	1260~ 1280	570~ 580	241~ 269	67.5	64~ 65	在切削不锈钢及其它硬或韧的材料时,可显著提高刀具寿命与被加工零件的光洁度
钨钼高速钢	W6Mo5Cr4V2 (6-5-4-2)	0.80~ 0.90	5.75~ 6.75	4.75~ 5.75	3.80~ 4.40	1.80~ 2.20	—	840~ 860	1220~ 1240	550~ 570	≤241	63~ 66	60~ 61	制造要求耐磨性和韧性很好配合的切削刀具,如丝锥、钻头等,并适于采用轧制、扭制热变形加工成形新工艺来制造钻头等刀具
高钒的钨钼高速钢	W6Mo5Cr4V3 (6-5-4-3)	1.10~ 1.25	5.75~ 6.75	4.75~ 5.75	3.80~ 4.40	2.80~ 3.30	—	840~ 885	1200~ 1240	550~ 570	≤255	>65	64	制造要求耐磨性和热硬性较高、耐磨性和韧性较好配合、形状稍为复杂的刀具,如拉刀、铣刀等