



面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

金属切削加工指南

主编 黎志保

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

金属切削加工指南

主 编 黎志保

副主编 刘卫东 肖红毅

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书为金属切削加工实训教程,内容包括:常用金属材料及热处理基本知识、钳工和车工的操作技能、常用刀具的刃磨技巧、主流数控系统的编程及机床操作;同时强调实训过程的指导性,在内容编排上除了讲述基础知识以外,更多地通过典型实例明确了解决问题的思路和方法。

本书可作为高等院校、高职高专院校、中等职业学校机械制造类专业的实训教材,也可以供机械工人和工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

金属切削加工指南/黎志保主编. —北京:北京理工大学出版社, 2010. 8
ISBN 978-7-5640-3513-6

I. ①金… II. ①黎… III. ①金属切削—加工工艺 IV. ①TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 148059 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http://www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市文通印刷包装有限公司

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 13.25

字 数 / 243 千字

版 次 / 2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑/ 廖宏欢

印 数 / 1~2000 册

责任校对/ 陈玉梅

定 价 / 28.00 元

责任印制/ 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

近年来，我国高等教育的改革和发展实现了历史性的跨越，培养了大量人才，为我国经济的发展作出了巨大的贡献，但从 IMD 国际竞争力指标体系中的分析数据来看，我国企业需要的工程技术人员特别是工程应用型技术人才严重不足，这也热切地呼唤着高等院校培养出更多具备全面的知识、能力和综合素质，面向生产、建设、管理、服务第一线的高级应用型专门人才。教育部在 2003 年启动了本科教学评估工作，并在 2007 年提出了本科教育、教学“质量工程”，鼓励和支持高等学校在教学理念等方面进行创新，形成有利于多样化人才成长的培养体系，满足国家对社会紧缺的创新型人才和应用型人才的需要。

北京理工大学出版社组织知名专家、学者，以培养应用型人才为主题进行深入的研讨，规划出版了这套“面向‘十二五’高等教育课程改革项目研究成果”系列教材。着力于培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持工作有效运行的高等应用型人才。

本套教材在规划过程中体现了如下基本原则和特点：

- 学科体系完整，课程间相互衔接紧密。

本套教材根据工程实践需要，按教学体系要求进行整合编排。包括了机电类专业的基础课、专业基础课和部分专业课。除了考虑单门课程自身体系的完整，兼顾不同课程间的衔接。

- 强调实用性和工程概念。

工程的概念体现在整套教材中，以工程实践要求为核心编写教材。

- 减少了部分理论推导方面的内容。

强调概念和应用，减少了部分理论推导。在实验环节强调创新型的实验，减少验证型的实验。

■ 结合新技术和新工艺。

充分吸收新技术和新工艺的内容，反映国内外机械学科最新发展。

■ 注重培养学生职业能力。加强学生对 Autocad、UG、Pro/E、Mastercam 等软件进行设计和仿真的能力。

■ 提供教学包，可在北京理工大学出版社网站 [www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn) 下载。

本套教材既严格遵照学科体系的知识构成和教材编写的一般规律，又针对本科人才培养目标及与之相适应的教学特点，精心设计写作体例，科学安排知识内容，表达了一批教育工作者和出版人“精心打造精品，教材服务教育”的理念。

本套教材可作为高等教育应用型本科院校机电类相关专业的课程教学用书，也可以作为机电类技能培训用书。

北京理工大学出版社

前 言

当今世界上正在进行新一轮的产业调整，制造业逐渐向发展中国家转移，我国已成为许多跨国公司的首选之地，特别是近几年随着汽车、家电等产业的迅猛发展，给我国带来了前所未有的发展机遇，也带来了巨大的挑战。以信息化带动工业化，对传统产业进行技术改造，提升国际竞争力，使我国由制造业大国向制造业强国迈进，已成为我国发展制造业的基本方针。

本书正是在这样的社会背景下编写而成的。全书以满足行业所需的知识技术人才培养目标为宗旨。全书共分六章，第一章介绍了常用的金属材料及热处理知识，第二、三章分别讲述钳工、普通车工加工工艺，其中对刀具的选择、刃磨及切削用量的选择进行了重点的讲述。第四、五、六章结合目前国内工厂企业使用较多的数控系统：广州数控系统、华中数控系统、FANUC 系统，就数控车削加工、数控铣削加工、加工中心在加工过程中的机床操作、工艺制定、程序编制等方面进行了深入浅出的阐述。书中还编有一些实例及实训项目，供学生加工实训。

本书由黎志保高级工程师主编，由刘卫东、肖红毅高级工程师任副主编；特邀湖湘测控技术研究所所长洪惟义高级工程师，中南仪表厂厂长黎剑高级工程师对全书作了详细的审校，并提出了许多宝贵的意见，在此表示忠心感谢。

本书可作为高等院校、高职高专、中专机电、模具类专业实训指导教材，也可作为工厂企业从事机械切削加工的工人的参考用书。

由于编者水平有限，编写时间仓促，谬误欠妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 金属材料及热处理基本知识	1
1.1 生铁、铁合金、铸铁及钢的来源及组成成分	1
1.2 金属材料力学（机械）性能名词简介	2
1.3 钢的分类方法	4
1.4 钢铁产品牌号表示方法	5
1.5 常用钢和铸铁的主要力学性能及应用举例	6
1.6 合金元素在钢中的主要作用	9
1.7 钢的热处理的基本概念	9
理论测试题	11
第2章 钳工实训	12
2.1 划线工具的种类及使用方法	12
2.2 基本划线方法	15
2.3 錾削	17
2.4 锉削	21
2.5 锯削	26
2.6 钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹	30
2.7 加工实例	38
理论测试题	39
实践操作题	42
第3章 普通车床加工实训	44
3.1 概述	44
3.2 车工安全技术	44
3.3 文明生产	45
3.4 车刀	45
3.5 切削用量的基本概念	52
3.6 车削时冷却与润滑	54
3.7 车外圆	54
3.8 车端面 and 台阶	60
3.9 切断和车沟槽	60
3.10 车床上加工圆柱孔	61
3.11 车圆锥	64

3.12 滚花	67
3.13 车三角形螺纹	68
3.14 细化工件表面粗糙度的方法	70
3.15 加工实例	71
理论测试题	75
实践操作题	77
第4章 数控车床加工实训	79
4.1 数控车床的坐标系统	79
4.2 对刀与建立工件坐标系	80
4.3 数控车床的编程	82
4.4 数控车程序的结构和内容	85
4.5 编程格式	86
4.6 GSK980T 系统 M 代码和 G 代码的含义	86
4.7 各 G 功能代码的编程应用	88
4.8 子程序指令	99
4.9 宏指令编程	99
4.10 数控车床操作实训	101
4.11 数控车床加工实例	119
理论测试题	129
实践操作题	131
第5章 数控铣床加工实训	133
5.1 数控铣床坐标系统及对刀方法	133
5.2 数控铣床的编程	137
5.3 数控编程常用指令格式	141
5.4 数控铣床操作面板	150
5.5 数控铣床加工实例	154
理论测试题	176
实践操作题	178
第6章 加工中心实训	180
6.1 加工中心简介	180
6.2 加工中心编程指令	180
6.3 换刀点设置与自动换刀	192
6.4 加工实例	193
6.5 加工中心操作面板	196
理论测试题	201
参考文献	202

第1章 金属材料及热处理基本知识

基本要求

1. 熟悉金属材料的重要名词、概念及常用的分类方法。
2. 初步掌握零件设计时的分理选材、用才，并且具有正确运用热处理的能力。

1.1 生铁、铁合金、铸铁及钢的来源及组成成分

(1) 生铁来源：把铁矿石放入高炉中冶炼，产品即为生铁（液态），把液态生铁浇铸于钢模或砂模中，冷却后即成为块状生铁。

(2) 生铁组成成分：碳含量在2%以上的一种铁碳合金。此外，尚含有硅、锰、硫、磷等元素。

(3) 生铁品种：炼钢用生铁、铸造用生铁。

(4) 铁合金：铁与硅、锰、钨、铬等元素组成的合金的总称。如铁与硅组成的合金，称硅铁；铁与锰组成的合金，称锰铁。

(5) 钢的来源：把炼钢用的生铁放入炼钢炉内熔炼，再把钢液浇铸成型，冷却后即得到钢锭或供轧制各种钢材用的连铸坯，也可以直接铸成各种铸钢件等。

(6) 钢的组成成分：碳的含量小于2%的一种铁碳合金。此外，尚有比生铁中含量少的硅、锰、硫、磷等元素。

(7) 铸铁来源：把铸造生铁放入炼铁炉内熔炼的产品，即为铸铁（液态），再把液态铸铁浇铸成铸件，称铸铁件。

(8) 铸铁组成成分：碳的含量大于2.11%，并含有较多的硅、锰元素及硫、磷等杂质的一种铁碳合金。虽然铸铁的抗拉强度、塑性和韧性不如钢，无法进行锻造，但铸铁具有优良的铸造性、减摩性和切削加工性，而且熔炼简便，成本低。

(9) 铸铁品种：工业上常用的铸铁有灰口铸铁、可锻铸铁（马铁、玛钢）、球墨铸铁和耐热铸铁等。

1.2 金属材料力学（机械）性能名词简介

1. 强度极限（强度）

代号： σ ；单位：MPa。

概念：指金属材料抵抗外力破坏作用的最大能力。强度按外力作用形式的不同分为：

①抗拉强度：代号 σ_b ；指外力是拉力时的强度极限。一般所说的强度是指抗拉强度。

②抗压强度：代号 σ_{bc} ；指外力是压力时的强度极限。

③抗弯强度：代号 σ_{bb} ；指外力与材料轴线垂直，并在作用以后使材料呈弯曲时的强度极限。

④抗剪强度：代号 σ_r ；指外力与材料轴线垂直，并对材料呈剪切作用时的强度极限。

⑤疲劳极限（强度）：代号 σ_D ；指在交变载荷下，当应力低于某一值时，应力循环到无数次也不会发生疲劳断裂，此应力值称为材料的疲劳极限（强度）。

2. 屈服点、规定残余伸长应力和规定非比例伸长应力

(1) 屈服点（物理屈服强度）。

代号： σ_s ；单位：MPa。

概念：指金属材料受拉力作用，开始出现塑性变形时的强度。

(2) 规定残余伸长应力（屈服强度、条件屈服强度）。

代号： σ_r ；单位：MPa。

概念：指金属材料在卸除拉力以后，标注部分残余伸长率达到某一规定数值时的应力。当规定数值为 0.2% 时，其代号写为 $\sigma_{0.2}$ 。

(3) 规定非比例伸长应力。

代号： σ_p ；单位：MPa。

概念：指金属材料在受拉力过程中，标注部分非比例伸长率达到某一规定数值时的应力。当规定数值为 0.01% 时，其代号写为 $\sigma_{p0.01}$ 。

3. 弹性极限

代号： σ_e ；单位：MPa。

概念：指金属材料受外力（拉力）作用到某一限度时，若除去外力，其变形（伸长）即消失而恢复原状，弹性极限是指金属材料抵抗这一限度的外力的能力。

4. 伸长率（延伸率）

代号： δ ；单位：%。

概念：指金属材料受外力（拉力）作用断裂时，试棒伸长的长度与原来长度的百分比，伸长率按试棒长度的不同可分为：

- (1) 短试棒求得的伸长率：代号为 δ_5 ，试棒的标距等于 5 倍直径。
- (2) 长试棒求得的伸长率：代号为 δ_{10} ，试棒的标距等于 10 倍直径。

5. 断面收缩率（收缩率）

代号： ψ ；单位：%。

6. 冲击吸收功和冲击韧性

- (1) 冲击吸收功（冲击功）。

代号： A_k ；单位：J。

概念：用一定形状和尺寸的材料试样在冲击负荷作用下折断时所吸收的功。

- (2) 冲击韧性（冲击值）。

代号： α_k ；单位： J/cm^2 。

概念：金属材料在冲击载荷作用下抵抗断裂的能力。它的值等于冲击吸收功除以试样缺口底部处横截面积所得的商。

7. 硬度

概念：材料抵抗硬的物体压入自己表面的能力。硬度按测定方法的不同分为以下几种：

- (1) 布氏硬度。

代号：HBS（淬硬钢球测定）或 HBW（硬质合金球测定），一般也写成 HB；单位：无。

概念：以一定的负荷，把一定直径的淬硬钢球或硬质合金球压入材料表面，保持规定时间后卸除负荷，测量表面的压痕，然后按公式来计算硬度的大小。测量精度高，由于对工件有压痕，所以只能对半成品进行硬度测定。

- (2) 洛氏硬度。

代号：HR；单位：无。

概念：以一定的负荷把淬硬钢球或顶角为 120° 的圆锥形金刚石压入器压入材料表面，然后以材料表面上凹坑的深度来计算硬度的大小。对工件压痕小，可以对成品进行硬度测定。洛氏硬度有多种标尺，常见的有：

①标尺 C。代号 HRC，采用 1471.1 N（150 kgf）总负荷和金刚石压入器求得的硬度。它适用于调质钢、淬火钢等较硬材料的硬度测定。

②标尺 A。代号 HRA，采用 588.4 N（60 kgf）总负荷和金刚石压入器求得的硬度。它适用于表面淬火钢、渗碳钢或硬质合金等材料的硬度测定。

③标尺 B。代号 HRB，采用 980.7 N（100 kgf）总负荷和直径 1.588 mm 淬硬钢球压入器求得的硬度。它适用于有色金属、退火钢、正火钢等较软材料的硬度测定。

(3) 表面洛氏硬度。

代号：HR；单位：无。

概念：试验原理和洛氏硬度一样。它适用于钢材表面经渗碳、渗氮等处理的表面和极薄钢板以及有色金属等硬度的测定。此类硬度也有多种标尺：

①标尺 15N。代号 HR15N，采用 147.1N (15 kgf^①) 总负荷和金刚石压入器求得的硬度。

②标尺 30N。代号：HR30N，采用 294.2N (30 kgf) 总负荷和金刚石压入器求得的硬度。

③标尺 45N。代号 HR45N，采用 441.3N (45 kgf) 总负荷和金刚石压入器求得的硬度。

④标尺 15T。代号 HR15T，采用 147.1N (15 kgf) 总负荷和直径 1.588 mm 淬硬钢球压入器求得的硬度。

⑤标尺 30T。代号 HR30T，采用 294.2N (30 kgf) 总负荷和直径 1.588 mm 淬硬钢球压入器求得的硬度。

⑥标尺 45T。代号 HR45T，采用 441.3N (45 kgf) 总负荷和直径 1.588 mm 淬硬钢球压入器求得的硬度。

(4) 维氏硬度。

代号：HV；单位：无。

概念：以 49.03 ~ 980.7 N 的负荷，将相对面夹角为 136° 的方锥形金刚石压入器压入材料表面，保持规定的时间后，用测量压痕对角线长度，再按公式来计算硬度的大小。它适用于较大工件和较深表面层的硬度测定。维氏硬度尚有小负荷维氏硬度，试验负荷 1.961 ~ 小于 49.03 N，它适用于较薄工件、工件表面或镀层的硬度测定；显微维氏硬度，试验负荷小于 1.961 N，它适用于金属箔、极薄表面层的硬度测定。

1.3 钢的分类方法

钢的分类方法很多，现只对几个经常用到的名称列一下。

(1) 低碳钢：($C \leq 0.25\%$)。

中碳钢：($0.25\% < C \leq 0.60\%$)。

高碳钢：($C > 0.60\%$)。

(2) 结构钢：主要用于制造各种工程构件和机器零件的钢。这类钢一般属于低碳钢和中碳钢。

工具钢：用于制造各种工具（如刀具、量具、模具）的钢。一般属于高

① kgf 为非使用单位，1 kgf = 9.806 65。

碳钢。

(3) 低合金钢：合金元素总质量分数 $\leq 5\%$ 。

中合金钢：合金元素总质量分数为 $5\% \sim 10\%$ 。

高合金钢：合金元素总质量分数 $\geq 10\%$ 。

1.4 钢铁产品牌号表示方法

钢铁产品牌号的表示方法见表 1-1 至表 1-3。

表 1-1 碳素钢的牌号

类别	举例	牌号说明
碳素结构钢 (包括低合金结构钢)	Q235—AF Q235—C	“Q”为“屈”，后面的数字为屈服点 (MPa)；A、B、C、D 表示质量等级，从 A 到 D 依次提高；F、b、Z、TZ 分别表示沸腾钢、半镇静钢、镇静钢、特殊镇静钢。如 Q235—AF，表示屈服点为 235MPa，质量为 A 级的碳素结构钢、沸腾钢
优质碳素结构钢	45 40Mn	两位数字表示钢中平均碳的质量分数的万倍值。如 45，表示碳的含量为 0.45%。“Mn”表示钢中锰的质量分数较高
碳素工具钢	T8 T10A	“T”表示“碳”，后面的数字表示钢中平均碳的质量分数的千倍值，如 T8 表示碳的含量为 0.8% 的碳素工具钢。“A”为高级优质钢

表 1-2 合金钢的牌号

类别	举例	牌号说明
合金结构钢	20MnV	两位数字表示钢中平均碳的质量分数的万倍值，元素符号表示所含合金元素，元素符号后面的数字表示该元素平均质量分数的百分值，如果含量小于 1.5% 时不标出。若为高级优质钢加“A”
合金工具钢	9SiCr CrWMn	前面一位数字表示钢中平均碳的质量分数的千倍值，如果碳的含量大于或等于 1% 时，不标出。合金元素质量分数的表示方法与合金结构钢相同
特殊性能钢	1Cr13 0Cr18Ni9	编号方法基本与合金工具钢相同，当碳的含量小于或等于 0.08% 时，在钢号前以“0”表示；小于或等于 0.03% 时，在钢号前以“00”表示

表 1-3 铸铁的牌号

类别	举例	牌号说明
灰铸铁	HT150	“HT”表示灰铸铁，数字表示抗拉强度最低值
球墨铸铁	QT400—18	“QT”表示球墨铸铁，前一组数字表示抗拉强度最低值，后一组数字表示伸长率最低值
可锻铸铁	KTH300—06 KTZ650—02	“KTH”表示黑心可锻铸铁，“KTZ”表示珠光体可锻铸铁。前一组数字表示抗拉强度最低值，后一组数字表示伸长率最低值
蠕墨铸铁	RuT380	“RuT”表示蠕墨铸铁，数字表示抗拉强度最低值

1.5 常用钢和铸铁的主要力学性能及应用举例

常用钢和铸铁的主要力学性能及举例见表 1-4 和表 1-5。

表 1-4 常用碳素钢的主要力学性能及应用举例

类别	典型钢号	性能特点	应用举例
碳素结构钢	Q235 (老标准为 A3 钢)	力学性能较好，切削加工性能好，焊接性能好，价格低。 $\sigma_b \geq 375 \text{ MPa}$ ， $\delta \geq 23\%$ ， $\sigma_s \geq 235 \text{ MPa}$	常用来制造金属构件。不能热处理。钢厂一般用板料、圆钢及其他型材供货，品种、规格最齐，产量大
优质碳素结构钢	08、08F	较高的塑性和强度，良好的焊接性。 $\sigma_b \geq 325 \text{ MPa}$ ， $\delta \geq 33\%$ ， $\sigma_b \geq 410 \text{ MPa}$	用于制造汽车覆盖件及其他冷拉伸件。钢厂一般用薄板($\leq 3\text{mm}$)供货
	20	塑性好，焊接性能好，正火后切削加工性能好，易于冲压。 $\sigma_s \geq 245 \text{ MPa}$ ， $\delta \geq 25\%$ ， $\sigma_b \geq 410 \text{ MPa}$	一般用作渗碳零件、铆钉。也可以制造受力不大的零件。钢厂一般供板料、圆钢
	45	力学性能好，切削加工性能好，经过调质以后可以获得更好的力学性能。 $\sigma_s \geq 355 \text{ MPa}$ ， $\delta \geq 16\%$ ， $\sigma_b \geq 600 \text{ MPa}$	可以制造受力较大的零件。如：主轴、齿轮等。钢厂一般供板料、圆钢。产量大
	65	有较高的强度、弹性和耐磨性。 $\sigma_s \geq 420 \text{ MPa}$ ， $\delta \geq 10\%$ ， $\sigma_b \geq 695 \text{ MPa}$	常用来制造弹簧、钢丝绳、凸轮等。钢厂一般供退火状态的圆钢

续表

类别	典型钢号	性能特点	应用举例
碳素工具钢	T8	淬火后硬度高, 韧性较好。淬火后硬度 $\geq 62\text{HRC}$	制造冲击较大的工具, 如: 手钳、冲头等。钢厂一般供退火状态的圆钢
	T10	淬火后硬度高, 韧性中等。淬火后硬度 $\geq 62\text{HRC}$	制造不受剧烈冲击的工具, 如锯条、刨刀等。钢厂一般供退火状态的圆钢
	T12	淬火后硬度高, 耐磨性好、韧性低。淬火后硬度 $\geq 62\text{HRC}$	制造不受冲击的工具, 如: 锉刀、刮刀等。钢厂一般供退火状态的圆钢

表 1-5 常用合金钢的性能特点及应用举例

类别	典型钢号	性能特点	应用举例
低合金结构钢	09MnV	较高的塑性和强度, 良好的焊接性。 $\sigma_b \geq 430 \text{ MPa}$, $\delta \geq 23\%$	用于制造汽车覆盖件及其他的冷拉伸件
	Q345—C Q375—C	较好的塑性和韧性, 较高的强度, 良好的焊接性。 $\sigma_s \geq 345 \text{ MPa}$, $\delta \geq 18\%$	常用来制造压力容器, 桥梁、船舶等。钢厂一般供应板料、圆钢及其他型材
合金渗碳钢	20Cr 20CrMnTi	经渗碳淬火后表面硬度可达 60 ~ 62HRC, 心部韧性好 $\alpha_k \geq 60 \text{ J/cm}^2$	轴、齿轮或其他需要表面硬度高而心部韧性好的零件。 钢厂一般供应圆钢
合金调质钢	40Cr	经过调质以后可以获得良好的力学性能。 $\sigma_s \geq 785 \text{ MPa}$, $\delta \geq 9\%$, $\sigma_b \geq 980 \text{ MPa}$, $\alpha_k \geq 60 \text{ J/cm}^2$	可以制造受力较大的零件。如: 主轴、连杆、齿轮等。性能优于 45, 价格比 45 稍贵。钢厂一般供应圆钢
合金弹簧钢	65Mn 60Si2Mn	热处理以后有高屈服点 (弹性好) 及足够的韧性。 $\sigma_s \geq 850 \text{ MPa}$, $\alpha_k \geq 25 \text{ J/cm}^2$	常用来制造弹簧及其他弹性零件。钢厂一般供应退火状态的圆钢
滚动轴承钢	GCr15	热处理以后硬度高 (62 ~ 66HRC), 耐磨性能好, 接触疲劳强度高	用来制造滚动轴承、丝杆等。钢厂一般供应退火状态的圆钢

续表

类别	典型钢号	性能特点	应用举例
低合金刀具钢	9SiCr CrWMn	热处理以后硬度高 (≥62 HRC), 耐磨性能好, 有一定的红硬性 (300℃)	用于制造各种低速刀具, 如: 丝锥、板牙、铰刀。还可以用来制造模具。钢钢厂一般供应退火状态的圆钢
高速钢	W18Cr4V	热处理以后硬度高 (≥63 HRC), 耐磨性能好, 红硬性好 (600℃)	用于制造各种中、低速切削刀具, 如: 铣刀、车刀、钻头及其他的成形刀具
冷作模具钢	Cr12 Cr12MoV	热处理以后硬度高 (58 ~ 63 HRC), 耐磨性能好, 热处理变形小	冷作模具钢的主要用钢, 锻造以后性能更好。钢厂一般供应退火状态的圆钢
塑料模具钢	SM ₃ CrMo (与美国 “P20” 是同类钢)	预硬型钢, 力学性能好, 淬透性高, 抛光性能好。调质处理后, 较低硬度为 25 ~ 35 HRC, 较高硬度为 40 ~ 50 HRC, 表面镀 Cr 可提高耐磨性及耐腐蚀性	预硬钢就是供应时预先进行了热处理, 并使之达到模具使用态硬度。经过机械加工以后, 可直接使用。是塑料模具的典型用钢。钢厂供货时有预先进行了热处理的, 有硬度, 也有退火状态的
	4Cr ₂ MnNiMo (与德国 “718” 是同类钢)	预硬型钢, 相当 P ₂ O + Ni, 力学性能好, 淬透性更高, 抛光性、电蚀刻性好。淬火后, 在不同的回火温度下可以得到范围较大的硬度 28 ~ 51 HRC, 表面镀 Cr 可提高耐磨性及耐腐蚀性	可以做大截面 (>400 mm) 的塑料模具。钢厂供货时有预先进行了热处理的, 有硬度, 也有退火状态的
低熔点金属压铸模	3Cr ₂ W8V	淬火后硬度为 47 ~ 50 HRC。一般是经调质以后再进行表面渗氮 (氮化), 硬度可提高到 52 HRC, 且具有较好的耐磨性、疲劳强度和抗蚀性	是低熔点金属压铸模的典型用钢。钢厂供货是退火状态的圆钢
不锈钢	1Cr17	$\sigma_{0.2} \geq 206 \text{ MPa}$, $\delta \geq 22\%$, $\sigma_b \geq 451 \text{ MPa}$	通用钢种, 建筑装饰、家庭用具等

注: 一般高碳钢、合金钢需要锻造制毛坯, 经锻造以后力学性能更优。

1.6 合金元素在钢中的主要作用

碳素钢存在淬透性差、强度低、回火抗力低和基本相软等缺点，不能用于大尺寸、受重负荷的零件，也不能用于耐腐蚀、耐高温的零件，而且热处理工艺性能不佳。常常需在铁碳合金中加入一定量的合金元素。

(1) 常用合金元素对基本相的影响。

①Ni、Co、Si、Al、N、B，它们不和碳形成碳化物，但能溶于铁素体、奥氏体中，起固溶强化作用，使钢的强度提高，塑性、韧性下降。Ni 是优良的元素它们可以提高钢的强度也可以使塑性、韧性改善。

②Mn、Cr、Mo、W、V、Ti、Nb 和碳的亲合力强，Mn 为弱碳化物形成元素，其余都能形成难溶碳化物，提高耐磨性，尤其是 Cr。

(2) 常用合金元素对热处理的影响。

①合金元素对钢的淬透性的影响，由强到弱排列为：Mo、Mn、W、Cr、Ni、Si、V。

②回火产生二次硬化的元素：Mo、W、V 等。

1.7 钢的热处理的基本概念

将钢材在固态下通过加热、保温和不同方式的冷却，改变内部组织，获得所需性能的工艺方法称为热处理。高碳钢及合金钢如不进行热处理，它们的力学性能就不能体现出来。钢的热处理主要有退火、正火、淬火、回火和表面热处理等。

1. 退火与正火

将钢加热到适当的温度，保温以后随炉缓冷的热处理方法称为退火。

退火可以降低硬度，改善切削加工性；细化组织，提高力学性能；消除内应力，防止变形和开裂。

将钢加热到适当的温度，保温以后出炉空冷的热处理方法称为正火。

经正火以后，钢的强度、硬度比退火时高些。消除内应力不如退火彻底。

低碳钢常用正火提高硬度，改善切削加工性。对一些普通的零件，正火常作为最终热处理。

2. 淬火和回火

将钢加热到适当的温度，保温以后在水中或油中快冷以获得高硬度组织的热处理方法称为淬火。

淬火以后，钢的硬度、强度大大提高。但产生很大的内应力，钢的脆性加大。为了减少内应力，降低脆性，稳定尺寸，获得所需要的性能，钢淬火以后必须及时回火。