

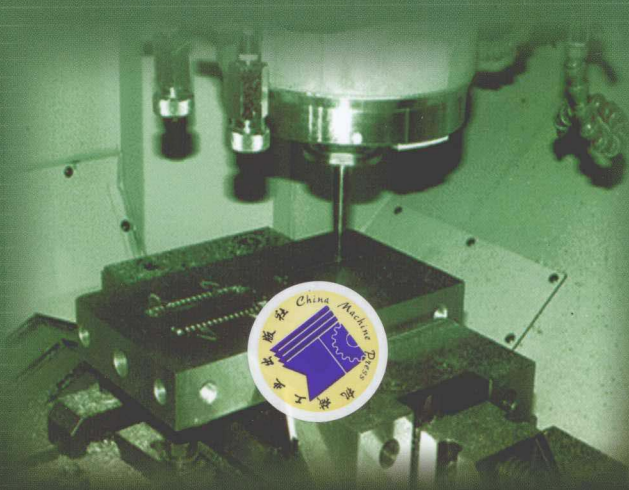


机械工人速成与提高丛书

铣工 速成与提高



李志乔 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是为铣工编写的一本速成与提高技术图书。本书内容包括：铣工的基础知识、铣床基本知识、金属铣削过程、基本铣削加工技术、特殊零件的铣削加工。本书图文并茂，条理清晰，内容翔实得当；注重知识与技术的结合，兼顾到入门与提高的不同要求。

本书的主要读者对象是铣工，可以作为初级铣工的培训和提高教材，也可以作为中专、中技、高职高专相关专业师生的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

铣工速成与提高/李志乔主编. —北京：机械工业出版社，2009.12

（机械工人速成与提高丛书）

ISBN 978 - 7 - 111 - 29003 - 2

I. 铣… II. 李… III. 铣削 - 基本知识 IV. TG54

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 202732 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：陈保华 责任编辑：章承林 版式设计：张世琴

封面设计：陈 沛 责任校对：魏俊云 责任印制：乔 宇

北京京丰印刷厂印刷

2010 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm×239mm·12.75 印张·243 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978 - 7 - 111 - 29003 - 2

定价：22.00 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

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010)88379649

读者服务部：(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

机械制造业是国民经济的基础工业，也是支柱产业之一。在我国，工业总产值的40%来源于机械制造业，这一比例还需进一步提高。可以说，没有发达的制造业就没有国家的真正繁荣与富强。现代机械制造技术的发展，不仅需要高水平的工程技术人员，更需要高水平的生产一线技术工人。有资料表明，近年来，高水平的技术工人的数量在减少，与实际需要量的差距在拉大，而普通工人的技术水平也亟需得到提高。

铣削加工作为机械制造业的重要组成部分，具有从业人员众多、加工范围广、技术复杂的特点，掌握起来有一定的难度。近年来，许多新人进入到铣削加工行业中，为了使他们尽可能快地掌握基础理论知识及铣削加工技术，尽可能快地达到入门与提高的目的，我们特约了一些大学教授和工程技术人员以及多年从事机械加工、特别是铣削加工的高级工和技师等，群策群力，共同完成了本书的编写工作。

本书主要由三部分组成：第1章至第3章为第一部分，主要讲述的是机械加工的基础知识、机床、刀具及切削用量的选择等，这一部分是铣削加工的基础理论知识；第4章为第二部分，主要讲述的是基本的铣削加工技术，如平面的铣削、斜面的铣削、沟槽的铣削等，这是一个操作工人所必须掌握的基本的操作技能；第5章为第三部分，主要是一些特殊零件的铣削加工技术的论述，是铣削加工技术的提高部分。

本书结构合理，层次清楚，既重理论，更重实践，是一本以机械加工工人为对象，帮助其提高理论水平与操作技能的参考书。

本书由李志乔主编，参加编写的还有周增宾、刘利剑、李宜川、安艳香、边越健和徐强等同志。在本书编写过程中，得到了机械工业出版社的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，在编写中难免有不妥和错误之处，真诚希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 铣工的基础知识 1

1.1 金属材料及钢的热处理 1

1.1.1 金属材料的性能 1

1.1.2 金属材料的分类 2

1.1.3 钢的热处理 14

1.2 机械制图基础 17

1.2.1 平行投影 17

1.2.2 视图 18

1.2.3 剖视图 21

1.2.4 断面图 28

1.2.5 局部放大图 28

1.2.6 零件图 29

1.3 公差、配合与表面粗糙度 33

1.3.1 公差与配合 33

1.3.2 形位公差 41

1.3.3 表面粗糙度 46

1.4 铣削加工常用量具及使用 49

第2章 铣床基本知识 54

2.1 铣床的型号 54

2.2 X6132 型卧式万能升降台 铣床 56

2.2.1 主要技术规格 56

2.2.2 铣床的主要部件 56

2.2.3 机床的主轴传动系统 57

2.2.4 机床的进给传动系统 59

2.3 X5042A 型立式升降台铣床 61

2.4 铣床的维护与保养 63

2.4.1 铣床的日常维护与 保养 63

2.4.2 铣床的一级保养 63

第3章 金属铣削过程 67

3.1 铣刀 67

3.1.1 铣刀的种类 67

3.1.2 铣刀材料 67

3.1.3 铣刀的几何角度 69

3.2 铣削运动及铣削用量 71

3.2.1 概念 71

3.2.2 铣削方式 72

3.2.3 铣削用量的选择 74

3.3 常用的工件装夹方式 75

3.3.1 用机用虎钳装夹工件 76

3.3.2 用螺栓、压板装夹 工件 78

3.4 铣刀的安装和尺寸的控制 方法 79

3.4.1 铣刀的安装 79

3.4.2 尺寸的控制方法 82

3.5 切削液及其使用 82

3.5.1 种类及作用 82

3.5.2 切削液的合理使用 83

3.6 安全知识与文明生产 84

第4章 基本铣削加工技术 86

4.1 铣平面 86

4.1.1 用圆柱铣刀铣平面 86

4.1.2 用面铣刀铣平面 91

4.1.3 铣平面的质量分析 94

4.2 垂直面和平行面的铣削 95

4.2.1 铣垂直面的装夹方法 95

4.2.2 铣平行面的装夹方法 96

4.2.3 影响平面的垂直度或平行度的因素	97	5.3 花键轴的铣削	151
4.3 矩形工件的铣削	97	5.4 直齿圆柱齿轮和齿条的铣削 ...	157
4.4 斜面的铣削	100	5.4.1 相关知识	157
4.4.1 加工斜面的装夹方法	101	5.4.2 直齿圆柱齿轮的测量	160
4.4.2 斜面的检验方法	104	5.4.3 齿轮铣刀及其选择	164
4.4.3 铣削斜面时常见质量问题及原因	104	5.4.4 直齿圆柱齿轮的加工方法	165
4.5 台阶形工件的铣削	105	5.4.5 直齿条的铣削	167
4.5.1 铣台阶用的铣刀	105	5.5 直齿锥齿轮的铣削	168
4.5.2 铣台阶的加工步骤	105	5.5.1 基本知识	168
4.5.3 铣台阶时常见的误差分析	107	5.5.2 锥齿轮铣刀的选择和齿厚的测量计算	169
4.5.4 用组合铣刀铣台阶	108	5.5.3 铣削锥齿轮的步骤	171
4.6 直角沟槽和键槽的铣削	109	5.6 螺旋槽和斜齿圆柱齿轮的铣削	175
4.7 工件的切断	117	5.6.1 螺旋槽的铣削	175
4.8 V形槽的铣削	119	5.6.2 斜齿圆柱齿轮的铣削	177
4.9 T形槽的铣削	122	5.7 凸轮的铣削	184
4.10 燕尾槽的铣削	124	5.7.1 等速圆盘凸轮的铣削	185
第5章 特殊零件的铣削加工	128	5.7.2 等速圆柱凸轮的铣削	189
5.1 万能分度头及分度方法	128	5.8 铣削曲线外形工件	190
5.1.1 F11125型万能分度头	128	5.8.1 回转工作台	190
5.1.2 分度头的分度方法	133	5.8.2 在回转工作台上铣削由圆弧和直线组成的曲线外形工件步骤	191
5.2 离合器的铣削	143	5.8.3 用靠模法铣削曲线外形工件	193
5.2.1 矩形齿离合器的铣削	144	参考文献	195
5.2.2 尖齿离合器的铣削	147		
5.2.3 锯齿形离合器的铣削	148		
5.2.4 梯形齿离合器的铣削	149		

第 1 章 铣工的基础知识

1.1 金属材料及钢的热处理

1.1.1 金属材料的性能

(1) 力学性能 金属材料的力学性能，是指金属材料受到各种不同性质的外力作用时所反映出来的性能，它是衡量材料极其重要的标志。金属的力学性能指标主要有：强度、硬度、塑性、冲击韧度等。见表 1-1。

表 1-1 金属材料的力学性能指标

名 称	代 号	含 义	计 量 单 位
强度		金属材料在外力作用下抵抗塑性变形和断裂的能力	
抗拉强度	σ_b	当所受外力是拉力时所表现出来的抵抗能力	
抗弯强度	σ_{bb}	当所受外力与材料的轴线相垂直，并在作用后使材料呈弯曲时所表现出来的抵抗能力	MPa
抗压强度	σ_{bc}	当所受外力是压力时所表现出来的抵抗能力	
硬度		金属材料抵抗更硬物体压入表面的能力	
布氏硬度	HBW	用一定直径的硬质合金球作为压头，在一定的压力下，将压头压入金属材料的表面，测得压痕的直径，经过计算即得布氏硬度值	
洛氏硬度	HRC	用 1470N 的力将金刚石的圆锥压头压入金属材料的表面，以压痕深度表示硬度的大小	
	HRB	用 980N 的力和直径 1.59mm 淬硬钢球压入金属表面求得的硬度	
	HRA	用 580N 的力和圆锥形金刚石圆锥压入金属表面求得的硬度	
塑性		金属在外力作用下，产生永久变形而不会被破坏的能力	
冲击韧度	a_K	金属在冲击载荷下，抵抗破坏的能力	J/cm ²

注：1. 布氏硬度广泛应用于铸铁、有色金属、热轧坯料及正火、退火的低合金结构钢等硬度较低金属的硬度测量。

2. HRA 一般用于测定硬度很高或硬而薄的材料；HRB 主要用于测定硬度为 60 ~ 130HBW 的较软金属材料；HRC 应用范围最广，主要用于测定淬火钢及较硬的金属材料。

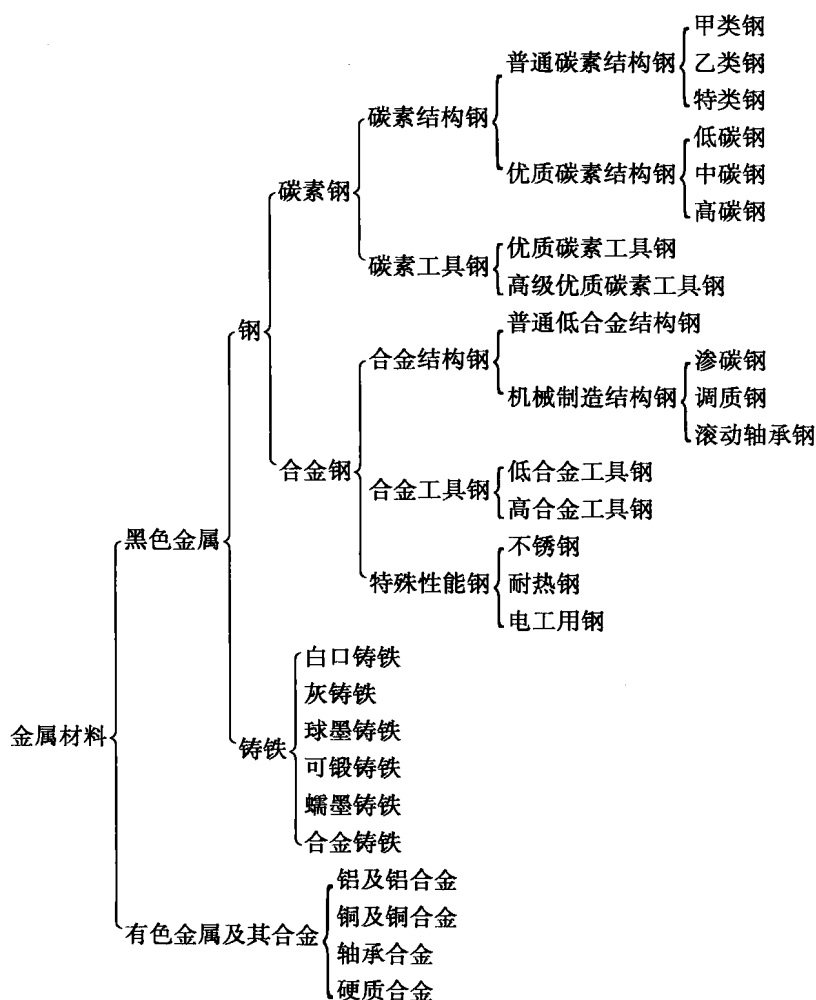
(2) 物理性能 金属材料的物理性能是指金属的密度、熔点、热膨胀、导热性、导电性和磁性等。

(3) 化学性能 金属材料的化学性能是指金属在常温或高温时抵抗各种化学作用的能力，如耐蚀性和热稳定性等。

(4) 工艺性能 金属材料是否易于加工成形的性能称为工艺性。

1.1.2 金属材料的分类

金属材料种类繁多，分类方法也各不相同。综合材料的质量、成分和用途等方面，通常可把金属材料分类如下：



1. 钢

钢是指碳的质量分数低于 2.11%，并含有少量的磷、硫、硅、锰等杂质的铁碳合金。钢又分为碳素钢和合金钢。

2. 碳素结构钢

碳素结构钢所含杂质较多，质量差些。根据国家标准规定，甲类钢只保证力学性能而不保证化学成分。这种钢多用于制作钢筋、槽钢、角钢和棒料以及一些力学性能要求不高的零件，如螺钉、螺母、垫圈、销、铆钉等。乙类钢只保证化学成分，而不保证力学性能，其用途基本上与甲类钢相同。特类钢是既保证化学成分又保证力学性能的钢，这种钢主要用于建筑、桥梁工程上制作质量要求较高的焊接结构件。但其在机械制造上却很少使用，它往往被优质碳素结构钢代替。

碳素结构钢牌号表示方法如下：

1) 由 Q + 数字 + 质量等级符号 + 脱氧方法符号组成。它的钢号冠以“Q”，代表钢材的屈服点，后面的数字表示屈服点数值，单位是 MPa。例如 Q235 表示屈服点 (σ_s) 为 235MPa 的碳素结构钢。

2) 必要时钢号后面可标出表示质量等级和脱氧方法的符号。质量等级符号分别为 A、B、C、D。脱氧方法符号：F 表示沸腾钢，例如 Q235—AF 表示 A 级沸腾钢；b 表示半镇静钢；Z 表示镇静钢；TZ 表示特殊镇静钢。镇静钢可不标符号，即 Z 和 TZ 都可标。

3) 专门用途的碳素钢，例如桥梁钢、船用钢等，基本上采用碳素结构钢的表示方法，但在钢号最后附加表示用途的字母。

常用碳素结构钢的特性及应用见表 1-2。

表 1-2 碳素结构钢的特性和应用

牌 号	主 要 特 性	应 用 举 例
Q195	具有高的塑性、韧性和焊接性能，良好的压力加工性能，但强度低	用于制造地脚螺栓、犁铧、屋面板、铆钉、低碳钢丝、薄板、吊钩、焊接结构等
Q215		
Q235	具有良好的塑性、韧性、焊接性能和冷冲压性能，以及一定的强度、好的冷弯性能	广泛用于一般要求的零件和焊接结构
Q255	具有较好的强度、韧性和塑性、较好的焊接性能和冷、热压力加工性能	用于制造要求强度不太高的零件，如螺栓、键、轴、拉杆、钢板等
Q275	具有较高的强度、较好的塑性和可加工性、一定的焊接性能。小型零件可以淬火强化	用于制造要求强度较高的零件，如齿轮、轴、链轮、键、螺栓、输送链和链节等

3. 优质碳素结构钢

优质碳素结构钢既保证化学成分、又保证机械性能，含有害杂质硫、磷较少，钢的质量好，一般用来制造力学性能要求较高的机器零件。

优质碳素结构钢牌号表示方法如下：

1) 钢号开头的两位数字表示钢的碳含量，以平均碳含量的万分之几表示，例如平均碳的质量分数为 0.45% 的钢，钢号为“45”，它不是顺序号，所以不能读成“45 号钢”，而应读成“45 钢”。

2) 锰含量较高的优质碳素结构钢，应将锰元素标出，例如 50Mn。

3) 沸腾钢、半镇静钢及专门用途的优质碳素结构钢应在钢号最后特别标出，例如平均碳的质量分数为 0.1% 的半镇静钢，其钢号为 10b。

常用优质碳素结构钢的特性及应用见表 1-3。

表 1-3 优质碳素结构钢的特性和应用

牌 号	主 要 特 性	应 用 举 例
15F 15	强度低，淬透性、淬硬性低，韧性、焊接性好	中、小结构螺钉、螺栓、拉杆、起重钩、焊接容器等
20	强度硬度稍高于 15F、15 钢，塑性、焊接性都好	中、小型渗碳、碳氮共渗件、锻压件
45	综合力学性能良好，淬透性低，水淬时易生裂纹	强度高的运动件，如涡轮机叶轮、压缩机活塞、轴、齿轮、齿条、蜗杆等
60	具有高强度、高硬度和高弹性。冷变形时塑性差，可加工性中等，焊接性不好，淬透性差，水淬易生裂纹	轧辊、轴类、轮箍、弹簧圈、减振弹簧、离合器、钢丝绳
85	强度、硬度比其他高碳钢高，但弹性略低，焊接性和可加工性差，淬透性不高	铁道车辆、扁形板弹簧、圆形螺旋弹簧、钢丝、钢带等
15Mn	含锰（质量分数 0.70% ~ 1.00%）较高的低碳渗碳钢，故其强度、塑性、切削性能和淬透性均比 15 钢稍高	齿轮、曲柄轴、铰链、螺钉；铆焊结构件，如板制油罐等；寒冷地区农具，如奶油罐等
30Mn	与 30 钢相比具有较高的强度和淬透性，冷变形时塑性好，焊接性中等，可加工性良好	螺栓、螺母、螺钉、拉杆、杠杆、小轴、齿轮
45Mn	中碳调质结构钢，调质后具有良好的综合力学性能。淬透性、强度、韧性比 45 钢高，可加工性尚好，冷变形塑性低，焊接性差，具有回火脆性倾向	转轴、心轴、曲轴、连杆、制动杠杆、齿轮、螺栓、螺母等
65Mn	强度、硬度、弹性和淬透性均比 65 钢高，具有过热敏感性和回火脆性倾向，水淬有形成裂纹倾向。退火态可加工性尚可，冷变形塑性低，焊接性差	受中等载荷的板弹簧，弹簧垫圈、弹簧环；高耐磨性零件，如磨床主轴、弹簧夹头等

4. 碳素工具钢

碳素工具钢硫、磷含量较少，同时具有较高的硬度、耐磨性和足够的韧性，一般用来制造各种工具、模具、量具和切削刀具（低速）等。

碳素工具钢牌号表示方法如下：

- 1) 钢号冠以“T”，以免与其他钢类相混。
- 2) 钢号中的数字表示碳的质量分数，以平均碳的质量分数的千分之几表示。例如“T8”表示平均碳的质量分数为0.8%。
- 3) 锰含量较高者，在钢号最后标出“Mn”，例如“T8Mn”。
- 4) 高级优质碳素工具钢的磷、硫含量，比一般优质碳素工具钢低，在钢号最后加注字母“A”，以示区别，例如“T8MnA”。

碳素工具钢经淬火和低温回火后具有很高的硬度和耐磨性，但由于淬透性差，回火温度低，当工作温度高于250℃时，硬度明显下降，故只适合于制作手动或低速切削的工具和要求不高的刀具等。

T7、T8 用来制造中等硬度、有一定韧性的工具，例如冲头、錾子和锻造工具等；T9、T10、T11 用来制造较高硬度、稍有韧性的工具，例如钻头、丝锥等；T12、T13 用来制造高硬度而耐磨的工具，例如量规、锉刀等。

5. 合金钢

在碳素钢中加入一种或几种合金元素，以获得特定性能的钢称为合金钢。合金钢又分为合金结构钢、合金工具钢和特殊性能钢三大类。

(1) 合金结构钢

1) 合金结构钢牌号表示方法如下：

①钢号开头的两位数字表示钢的碳的质量分数，以平均碳的质量分数的万分之几表示，如40Cr。

②钢中主要合金元素，除个别微合金元素外，一般以百分之几表示。当平均合金的质量分数<1.5%时，钢号中一般只标出元素符号，而不标明含量，但在特殊情况下易致混淆时，在元素符号后亦可标以数字“1”，例如钢号“12CrMoV”和“12Cr1MoV”，前者铬含量为0.4%~0.6%，后者为0.9%~1.2%，其余成分全部相同。当合金元素平均的质量分数分别大于或等于1.5%、2.5%、3.5%、……时，在元素符号后面应标明含量，可相应表示为2、3、4、……等，例如18Cr2Ni4WA。

③高级优质钢应在钢号最后加“A”，以区别于一般优质钢。

2) 常见的合金结构钢分为普通低合金钢、渗碳钢、调质钢、弹簧钢和滚动轴承钢五种。

①普通低合金钢的强度比普通碳素结构钢的高，且自重轻、韧性好、耐蚀，可用作建筑结构、压力容器、桥梁、造船钢板、罐车等。常见牌号有15MnV、

16Mn 等。

②合金渗碳钢适用于制造既表面耐磨、又要承受冲击载荷的零件，如变速器齿轮、柴油机的凸轮以及活塞销等。常见牌号有 20Cr、20CrMnTi 等。

③合金调质钢经调质处理后具有较高的强度，又有良好的塑性和冲击韧性，主要用于制造传递动力的机器零件，如齿轮、轴、联轴器等。常见牌号有 40Cr、40CrNi 等。

④弹簧钢主要用于制造各种弹簧。常见牌号有 65Mn、60Si2Mn 等。

⑤滚动轴承钢主要用于制造滚动轴承内外套圈及滚动体。常见牌号有 GCr9SiMn、GCr15 等。

(2) 合金工具钢

1) 合金工具钢牌号表示方法如下：

①合金工具钢钢号的平均碳的质量分数 $\geq 1.0\%$ 时，不标出碳的质量分数；当平均碳的质量分数 $< 1.0\%$ 时，以千分之几表示。例如 Cr12、CrWMn、9SiCr、3Cr2W8V。

②钢中合金元素的质量分数的表示方法基本上与合金结构钢相同。但对铬的质量分数较低的合金工具钢钢号，其铬的质量分数以千分之几表示，并在表示的质量分数的数字前加“0”，以便把它和一般元素的质量分数按百分之几表示的方法区别开来。例如 Cr06。

③高速工具钢的钢号一般不标出碳的质量分数，只标出各种合金元素平均的质量分数的百分之几。例如钨系高速钢的钢号表示为“W18Cr4V”。

2) 合金工具钢可分为刃具钢、模具钢和量具钢。

①刃具钢主要用于制造切削刀具，如低合金工具钢和高速钢等。

②模具钢主要用于制造冷冲模及冷挤压模具等。

③量具钢主要用于制造量具，如游标卡尺、千分尺、量块、样板等。

(3) 特殊性能钢 特殊性能钢具有特殊的物理或化学性能，用来制造要求有特殊性能的零件。常用的特殊性能钢有不锈钢、耐热钢和耐磨钢等。

1) 不锈钢能抵抗大气腐蚀及化学介质的腐蚀。

2) 耐热钢能在高温下抗氧化，并具有较高的高温强度。

3) 耐磨钢是指在强力冲击载荷下能发生硬化的高锰钢，典型牌号如 ZGMn13，主要用于制造坦克、拖拉机履带、破碎机腭板、防弹钢板等。

6. 铝及铝合金

人们把铁碳合金称为黑色金属，而把其余金属如 Mg、Al、Cu、Sn、Pb 等及其合金统称为有色金属。

(1) 纯铝 纯铝是一种银白色的金属，它的密度小、熔点低、导热和导电性能好，铝还有良好的抗蚀能力。

纯铝的强度较低，硬度不高，但塑性很好，可以通过压力加工制成各种型材。工业上多用纯铝作导线、电气元件、配制铝合金和制作强度要求不高的耐蚀的器具和零件。

(2) 铝合金 在纯铝中加入硅、铜、镁、锰等元素，即可获得强度较高的铝合金。铝合金分为铸造铝合金和形变铝合金两类。

铸造铝合金具有良好的铸造性能和足够的强度，可用于制造内燃机的活塞、气缸体等。

形变铝合金的塑性较好，可以在冷态或热态进行轧制、锻造等压力加工，常用于制作轻载荷的冲压件和要求耐蚀的零件。

表 1-4 是常用铝及铝合金的新旧牌号及应用举例。

表 1-4 常用铝及铝合金的新旧牌号及应用举例

组 别	牌 号		应 用 举 例
	新牌号	旧牌号	
工业纯铝	1060	L2	结构元件，如垫片、电容器、电子管隔离罩、电线保护套管等
	1050A	L3	
	1035	L4	
	8A06	L6	
硬铝合金	2A11	LY11	要求中等强度的零件、构件，冲压的连接件，空气螺旋桨叶片，局部墩粗件（螺栓、铆钉）等
	2A12	LY12	要求高载荷的零件、构件，如飞机上的骨架零件、蒙皮、翼梁、铆钉等
	2B11	LY8	主要用作铆钉材料
超硬铝合金	7A03	LC3	受力结构的铆钉
	7A04	LC4	用作承力构件和高载荷零件，如飞机上的大梁、蒙皮、翼肋、起落架零件等，常用以取代 2A12
	7A09	LC5	
锻铝合金	2A50	LD5	形状复杂和中等强度的锻件和冲压件，如内燃机活塞、压气机叶片和叶轮，高温下工作的复杂锻件等
	2A70	LD7	
	2A80	LD8	
	2A14	LD10	高负荷和形状简单的锻件和模锻件
防锈铝合金	5A02	LF2	在液体介质中工作的中等强度的焊接件、冷冲压件和容器、骨架等
	3A21	LF21	要求高的塑性和良好的焊接性，在油、气介质中工作的低载荷零件，如油箱、油管、液体容器、饮料罐等

7. 铜及铜合金

铜及铜合金也是有色金属中应用很广泛的金属材料。

(1) 纯铜 纯铜的外观为紫红色，表示符号为 T。纯铜是一种导磁性材料，同时具有很好的导电性、导热性及抗大气和淡水腐蚀的性能。纯铜适用于热压或冷压加工，一般不用作制造结构零件，常用冷加工方法制成电线、电缆、铜管等。

工业纯铜中铜的质量分数为 99.5% ~99.95%，其牌号以“铜”的汉语拼音字母“T” + 顺序号表示，如 T1、T2、T3、T4，顺序数字越大，纯度越低。

(2) 铜合金 在纯铜中加入合金元素得到的材料为铜合金，铜合金相对于纯铜具有更高的强度、硬度，并且保持了它的高塑性。

根据合金元素的不同，铜合金可分为黄铜、青铜、白铜三大类。

黄铜是铜和锌的合金。黄铜分普通黄铜和特殊黄铜两大类。普通黄铜主要是铜和锌的合金；特殊黄铜是在普通黄铜中加入如铝、锰、硅、铅等合金元素，用来提高其耐磨性和耐蚀性。

普通黄铜的牌号以“黄”的汉语拼音字首“H” + 数字表示，数字表示铜的质量分数，如 H62 表示铜的质量分数为 62%，其余为锌的普通黄铜。

特殊黄铜的代号表示形式是“H + 第一合金元素符号 + 铜的质量分数 + 第一合金元素的质量分数 + 第二合金元素的质量分数”，数字之间用“-”分开，如 HAl59-3-2，表示 Cu 的质量分数为 59%，Al 的质量分数为 3%，Ni 的质量分数为 2%，其余为 Zn 的质量分数的特殊黄铜。

常用普通黄铜和特殊黄铜的牌号及用途见表 1-5 及表 1-6。

青铜是在铜合金中加入的主要元素不是锌而是锡、铝、硅、铍等其他元素。青铜具有良好的耐蚀性、耐磨性、导电性、加工性、导热性能和较小的体积收缩率。

按主加合金元素的不同可分为锡青铜、铝青铜、铍青铜等；按生产方式的不同可分为压力加工青铜、铸造青铜。

表 1-5 普通黄铜牌号及用途

牌 号	用 途
H96	冷凝管、散热器及导电零件等
H90	奖章、供水及排水管等
H80	薄壁管、造纸网、波纹管、装饰品、建筑用品等
H70	弹壳、造纸、机械及电气零件
H68	形状复杂的冷拉深、冲压件、散热器外壳及导管等
H62、H59	机械、电气零件，铆钉、螺母、垫圈、散热器及焊接件、冲压件

表 1-6 特殊黄铜牌号及用途

类 别	牌 号	用 途
铅黄铜	HPb63-3	钟表、汽车、拖拉机及一般机器零件
	HPb59-1	适于热冲压及切削加工零件，如销子、螺钉、垫圈等
铝黄铜	HA177-2	海船冷凝器管及耐蚀零件
	HA160-1-1	齿轮、蜗轮、轴及耐蚀零件
	HA159-3-2	船舶、电机、化工机械等常温下工作的高强度耐蚀零件
硅黄铜	HS180-3	耐磨锡青铜的代用材料，船舶及化工机械零件
锰黄铜	HMn58-2	船舶零件及轴承等耐磨零件
铁黄铜	HFe59-1-1	摩擦及海水腐蚀下工作的零件
锡黄铜	HSn90-1	汽车、拖拉机弹性套管
	HSn62-1	船舶零件
镍黄铜	HNi65-5	压力计管、船舶用冷凝管、电动机零件

压力加工青铜牌号以“青”字汉语拼音字首“Q”开头，后面是主加元素符号及质量分数，其后是其他元素的质量分数，数字间以“-”隔开，如铝青铜 QAl10-3-1.5，表示主加元素为铝且质量分数为 10%，铁的质量分数为 3%，锰的质量分数为 1.5%，其余为铜的质量分数。

铸造青铜表示方法是“ZCu + 第一主加元素符号 + 质量分数 + 合金元素 + 质量分数 + ……”如铸造锡青铜 ZCuSn5Pb5Zn5 表示主加元素为 Sn 且 Sn 的质量分数为 5%、Pb 的质量分数为 5%、Zn 的质量分数为 5%，其余为 Cu 的质量分数。

常用青铜的牌号及用途见表 1-7。

表 1-7 常用青铜的牌号及用途

类 别	代号（或牌号）	用 途
压力加工锡青铜	QSn4-3	弹性元件、化工机械耐磨零件和抗磁元件
	QSn6.5-0.1	精密仪器中的耐磨零件和抗磁元件，弹簧等
	QSn4-4-2.5	飞机、汽车、拖拉机用轴承和轴套的衬垫等
铸造锡青铜	ZCuSn10Zn2	在中等及较高载荷下工作的重要管配件，以及阀、泵体等
	ZCuSn10P1	重要的轴瓦、齿轮、连杆和轴套等
特殊青铜（无锡青铜）	ZCuAl10Fe3	重要的耐磨、耐蚀重型铸件，如轴套、蜗轮等
	ZCuAl9Mn2	形状简单的大型铸件，如衬套、齿轮、轴承
	QBe2	重要仪表的弹簧、齿轮等
	ZCuPb30	高速双金属轴瓦、减摩零件等

白铜是以 Ni 为主加元素的铜合金。白铜具有较高的强度和塑性，可进行冷、热变形加工，具有很好的耐蚀性，电阻率较高。根据性能和应用分为耐蚀用白铜和电工用白铜；按化学成分和组元数目可分普通白铜（或简单白铜）和特殊白铜（或复杂白铜）。特殊白铜又按加入 Zn、Mn、Al 等不同合金元素，称作锌白铜、锰白铜和铝白铜等。

普通白铜的牌号以“白”字汉语拼音字首“B”+数字表示，数字代表 Ni 的质量分数，如普通白铜 B30 表示 Ni 的质量分数为 30%。

特殊白铜的代号表示形式是“B+第二合金元素符号+镍的质量分数+第二合金元素的质量分数”，数字之间以“-”隔开，如锰白铜 BMn3-12 表示 Ni 的质量分数为 3%、Mn 的质量分数为 12%、Cu 的质量分数为 85%。

常用白铜的牌号及用途见表 1-8。

表 1-8 常见白铜的牌号及用途

类 别	牌 号	用 途
普通白铜	B30、B19、B5	船舶仪器零件、化工机械零件
锌白铜	BZn15-20	潮湿条件下和强腐蚀介质中工作的仪表零件
锰白铜	BMn3-12	重要用途的弹簧
	BMn40-1.5	热电偶丝

8. 硬质合金

详见第 3 章铣刀一节。

9. 铸铁

铸铁主要是由铁、碳、硅组成的合金的总称。在铸铁中，碳的质量分数较高，一般为 2.5%~4%，硅的质量分数也较高，杂质元素 S、P 也较多。铸铁的抗拉性能较低，塑性、冲击韧度较差，不能进行锻造。但铸铁具有较高的耐磨性、减振性和低的缺口敏感性等钢所不及的优良使用性能，再加上具有优良的铸造性能，使铸铁广泛使用于机械制造中。

碳在铸铁中主要以渗碳体（ Fe_3C ）或石墨（G）形式存在，根据碳的存在形式，铸铁可分为：白口铸铁、灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁及麻口铸铁几类。

(1) 白口铸铁 白口铸铁中，碳除少量溶入铁素体外，绝大部分以渗碳体的形式存在。因断口呈银白色，故称白口铸铁。白口铸铁硬度高，脆性大，难以切削加工，故很少直接用来制造机械零件，主要用作炼钢原料、可锻铸铁的毛坯，以及不需切削加工、要求硬度高和耐磨性好的零件，如轧辊、犁铧及球磨机的磨球等。

(2) 麻口铸铁 麻口铸铁中，碳一部分以石墨存在，另一部分以渗碳体存

在，断口呈黑白相间，这类铸铁的脆性较大，故很少使用。

(3) 灰铸铁 灰铸铁是应用最广泛的一种铸铁，碳主要以片状石墨形式存在，断口呈灰色。灰铸铁的牌号以“HT”和其后一组数字表示，其中“HT”表示灰铁二字的汉语拼音，其后一组数字表示直径 30mm 试棒的最小抗拉强度值。

灰铸铁是工业中应用最广泛的铸铁，占铸铁总产量的 80% 左右。灰铸铁组织是铁和片状分布的石墨。虽然石墨的存在使铸铁基体的抗拉强度大为减小，塑性和韧性几乎全部丧失，但它也赋予了灰铸铁一些其他材料所不及的使用性能。大量的石墨片割裂了基体，能阻碍振动的传播，使之具有良好的减振性；同时也减少了外来缺口对机械性能影响的敏感性。在半干摩擦时，石墨本身就是很好的润滑剂；在液态摩擦时，石墨脱落留下了大量显微凹坑，又可作为储油的场所，使灰铸铁具有良好的耐磨性。

灰铸铁广泛用于制作各种承受压力并要求减振性好、耐磨性好及缺口敏感性低的机床床身、机架及结构复杂的箱体、导轨等机械零件。

常用灰铸铁的牌号及用途见表 1-9。

表 1-9 常用灰铸铁的牌号及用途

牌 号	硬度 HBW	应 用 范 围
HT100	≤170	盖、油盘、手轮、支架等形状简单、不甚重要的零件
HT150	150 ~ 200	一般机械制造中的铸件，如：支柱、底座、齿轮箱、轴承座等。薄壁（重量不大）零件，工作压力不大的管子配件以及壁厚 ≤ 30mm 的耐磨轴套等。圆周速度 > 6 ~ 12m/s 的带轮等
HT200	170 ~ 220	一般机械制造中较为重要的铸件，如：气缸、齿轮、活塞环等。承受中等压力的液压缸、泵体、阀体等。圆周速度 > 12 ~ 20m/s 的带轮等零件
HT250	190 ~ 240	
HT300	210 ~ 260	机械制造中重要的铸件，如机床的床身、机座和大而厚的衬套、齿轮等。高压的液压缸、泵体、阀体等。圆周速度 > 20 ~ 25m/s 的带轮等零件
HT350	230 ~ 280	

(4) 可锻铸铁 可锻铸铁是由具有一定化学成分的白口铸铁，通过可锻化退火而获得的具有团絮状石墨的铸铁。这种铸铁并不可锻，但韧性和耐腐蚀性好，适宜制造形状复杂、承受冲击的薄壁铸件及在潮湿环境中工作的零件。

可锻铸铁的牌号用“KT”和后面两组数字表示。其中“KT”是“可铁”两字的汉语拼音字首，两组数字分别表示最低抗拉强度和最低断后伸长率。

常用可锻铸铁的牌号、特性及用途见表 1-10。

表 1-10 常用可锻铸铁的牌号、特性及用途

类型	牌号	硬度 HBW	特性和应用
黑心可锻铸铁	KTH300—06	≤150	有一定的韧性和适度的强度，气密性好；用于承受低动载荷及静载荷、要求气密性好的工作零件，如管道配件（弯头、三通、管件）、中低压阀门等
	KTH330—08	≤150	有一定的韧性及强度，用于承受中等动载荷和静载荷的工作零件，如农机上的犁刀、车轮毂，机床用的扳手，输电线路上的线夹本体及压板等
	KTH350—10 KTH370—12	≤150	有较高的韧性和强度，用于承受较高的冲击、振动及扭转载荷下工作的零件，如轮毂、差速器壳，犁刀、犁柱、船用电动机壳等
珠光体可锻铸铁	KTZ450—06	150 ~ 200	韧性较低，但强度大、硬度高、耐磨性好，且可加工性良好；用于制造承受较高的动、静载荷，在磨损条件下工作并要求有一定韧性的主要工作零件，如曲轴、齿轮、凸轮轴、万向接头等
	KTZ550—04	180 ~ 230	
	KTZ650—02	210 ~ 260	
	KTZ700—02	240 ~ 290	
白心可锻铸铁	KTB350—04	≤230	薄壁铸铁仍有较好的韧性，有优良的焊接性，可加工性好，但工艺复杂、生产周期长、强度及耐磨性较差，适于铸造厚度在 15mm 以下的薄壁铸件和焊接后不需进行热处理的铸件
	KTB380—12	≤220	
	KTB400—05	≤220	
	KTB450—07	≤220	

(5) 球墨铸铁 球墨铸铁是将铁液经过球化处理而得到的。铸铁中碳的大部分或全部呈球状石墨形式存在，用于力学性能要求高的铸件。

球墨铸铁的牌号用“QT”及其后的两组数字表示。其中“QT”表示“球铁”二字的汉语拼音字首，后面的两组数字分别表示最低抗拉强度和最低断后伸长率。

常用球墨铸铁的牌号及用途见表 1-11。

表 1-11 常用球墨铸铁的牌号及用途

牌号	硬度 HBW	主要特性	应用举例
QT400-18 QT400-15	130 ~ 180	具有良好的焊接性和可加工性，常温时冲击韧度高，而且脆性转变温度低，同时低温韧性也很好	农机具；机车类的轮毂、差速器壳、离合器拨叉等；阀体、阀盖、支架等
QT450-1	160 ~ 210	焊接性、可加工性均较好	
QT500-7	170 ~ 230	具有中等强度与塑性，可加工性尚好	内燃机的机油泵齿轮，汽轮机中温气缸隔板、水轮机的阀门体等
QT600-3	190 ~ 270	中高强度，低塑性，耐磨性较好	柴油机和汽油机的曲轴、凸轮轴、气缸套等
QT700-2 QT800-2	225 ~ 305 245 ~ 335	有较高的强度、耐磨性，低韧性（或低塑性）	农机具；部分磨床、铣床、车床的主轴；曲轴、缸体、缸套等