

///

高等学校适用教材

制造技术工程实训

陈君若 主编
葛夏文 马俊武 副主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高等学校适用教材

制造技术工程实训

主 编	陈君若		
副主编	葛夏文	马俊武	
参 编	曲文斌	魏镜波	向启宾
	李自良	孙东明	王胜民
主 审	周 荣		

机械工业出版社

本书是根据教育部颁布的“高等学校工科本科金工实习教学基本要求”编写的，内容包括工程材料和材料处理技术，如金属材料热处理和表面处理技术；材料成形加工，如金属铸造成形、金属塑性成形、金属焊接成形和非金属材料成形；机械切削加工和钳工；现代制造技术概述、数控加工技术和特种加工等共 12 章。

本书可作为高等学校及高等职业技术学院机类、近机类、非机类专业金工实习教材，也可供有关专业工程技术人员和技术工人参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

制造技术工程实训/陈君若主编. —北京: 机械工业出版社, 2003.6
高等学校适用教材

ISBN 7-111-11977-0

I. 制… II. 陈… III. 机械制造材料-高等学校-教材 IV. TH14

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 034300 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: 王霄飞

责任编辑: 郑丹 版式设计: 张世琴 责任校对: 张晓蓉

封面设计: 饶薇 责任印制: 付方敏

北京中加印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm × 1400mm B5·7.75 印张·298 千字

定价: 19.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据教育部 1995 年颁布的“高等学校工科本科金工实习教学基本要求”，并结合教学改革的需要及高等学校工科金工实习实践而编写的。在编写过程中，参考了“工程材料及机械制造基础课程指导小组”1997 年 6 月发布的“重点高等工科院校工程材料及机械制造基础系列课程改革指南”中有关“金工实习”的改革意见。

科学技术的发展，涌现出许多新的加工理念和制造方法。如何在金工实习中反映这些内容，使学生在金工实习的过程中，对先进的加工理念和制造方法有所了解，有所接触，是金工实习课程改革的主要内容之一。可喜的是，近年来各学校都把金工实习列为校级重点课程加以建设，投入了大量的资金，来改善金工实习基地的设备，其中主要是增加先进制造技术的有关设备。但反映这种变化的教材却很少，这就是编写本教材的初衷。

此外，制造技术的发展，已不再局限于金属材料、铸、锻、焊及切削加工等传统的金工实习内容，大量非金属材料的应用，大量非传统制造技术的涌现，迫切需要在高等学校的各种教材里有所反映。因此，本教材不再沿用传统的《金属工艺学实习》教材的名称，而改称为《制造技术工程实训》，以图适应制造技术的新发展和教学改革的需要。

编写本教材的目的，是为帮助学生在进行金工实习时，正确地掌握材料的各种加工方法；了解毛坯和零件加工的工艺过程；了解当今制造业的先进制造理念和先进加工方法，指导实习操作，获得初步的操作技能，巩固感性知识，为后继课程的学习和今后的工作打下一定的实践基础。

为适应教学改革的需要，本教材大幅度增加了先进制造技术，以及各种新工艺、新技术的内容（约占全书的三分之一），同时压缩了传统加工方法的叙述。编写过程中，力求做到先进加工方法与传统加工方法的结合与连贯，既具有科学性、系统性，又具有适用性、先进性，着力反映现代科技新成就。各章后均有复习思考题，有助于学生消化、巩固和深化教学内容。

本教材中所涉及的各项技术标准及专业名词术语，均采用最新的国家标准或有关部门标准。

本书第一章、第二章、第四章由葛夏文编写；第三章、第五章、第六章由曲文斌、魏镜弢编写；第七章、第九章由向启宾编写；第八章由马俊武编写；第十章由陈君若编写；第十一章由李自良、孙东明编写、第十二章由魏镜弢、王胜民

IV

编写。陈君若担任主编并负责最后统稿。由周荣教授审阅，并提出宝贵意见，对此表示衷心的感谢。

在本书的编写过程中，得到昆明理工大学机电工程学院领导、金工教研室全体同仁以及昆明理工大学工程实践训练中心、昆明理工大学教务处领导的大力支持和热忱帮助，同时得到机械工业出版社有关同志的大力支持，特此致谢！

由于编者水平有限，书中难免有欠妥或错误之处，敬请批评指正。

编 者

目 录

前言

第一篇 工程材料基础知识

第一章 工程材料	1
第一节 金属材料基础知识	2
第二节 常用金属材料	6
第三节 常用非金属材料	9
第二章 材料处理技术	13
第一节 金属材料热处理	13
第二节 常用表面处理技术	16

第二篇 材料成形加工

第三章 金属铸造成形	21
第一节 铸造工艺基础知识	21
第二节 砂型铸造	22
第三节 铸钢及有色金属铸造简介	29
第四节 铸件质量分析	30
第五节 特种铸造简介	31
第四章 金属塑性成形	36
第一节 锻造	36
第二节 板料冲压	44
第三节 先进塑性成形加工工艺	46
第五章 金属焊接成形	53
第一节 焊接工艺基础知识	53
第二节 焊条电弧焊	54
第三节 气焊与切割	61
第四节 其他常用焊接方法	64
第五节 焊接质量及分析	67
第六节 先进焊接工艺	69
第六章 非金属材料成形	72

第一节	工程塑料成形	72
第二节	橡胶制品成形	74
第三节	特种陶瓷成形	75

第三篇 金属切削加工

第七章	切削加工基本知识	77
第一节	切削加工概述	77
第二节	切削刀具的几何角度及材料	79
第三节	常用切削加工机床的类型和型号	82
第四节	常用量具	85
第五节	零件的加工质量	91
第八章	机械切削加工	95
第一节	车削加工	95
第二节	刨削加工	112
第三节	铣削加工	119
第四节	齿形加工	125
第五节	磨削加工	128
第九章	钳工	136
第一节	钳工概述	136
第二节	划线	137
第三节	锯削	141
第四节	锉削	142
第五节	钻孔、扩孔和铰孔	145
第六节	攻螺纹和套螺纹	148
第七节	装配	150

第四篇 现代制造技术

第十章	现代制造技术概述	155
第一节	先进制造技术简介	155
第二节	CAD/CAE/CAM 技术	158
第三节	虚拟产品开发技术	163
第四节	计算机集成制造系统	166
第五节	快速原形技术	169
第十一章	数控加工技术	175
第一节	概述	175

第二节	常用数控机床简介	178
第三节	数控编程技术基础	181
第四节	数控机床的操作和使用	200
第五节	常用数控机床的编程及应用实例	203
第十二章	特种加工	214
第一节	概述	214
第二节	电火花加工	215
第三节	电火花线切割加工	220
第四节	其他特种加工方法简介	224
参考文献	237

第一篇 工程材料基础知识

在人类新的历史进程中，材料、能源、信息以及生物技术已成为一个国家经济建设的支柱产业，其中材料占有十分突出的地位。20世纪40~50年代，材料的开发应用主要围绕着机械制造业，因此，主要发展了以一般力学性能为主的金属材料。90年代以后，随着科学技术的发展，材料工艺不断进步，从而全面推动了新材料的开发和应用，极大地提高了材料的性能和质量，可以看出，没有新材料就没有科技发展的物质基础。因此，在产品的开发、设计、制造过程中，一个合格的工程技术人员必须具备工程材料的基本知识，只有了解了材料的力学、物理、化学性能以及工艺和经济等各种性能，才能根据使用要求，合理地制定工艺方法、合理地选材和加工，生产出合格的产品。

鉴于此，本篇通过对工程材料基础知识以及材料处理技术的介绍，为后续各种制造技术的学习以及工程实践训练打下良好的基础。

第一章 工程材料

凡与工程有关的材料均可称为工程材料 (Engineering Materials)，工程材料按其性能特点可分为结构材料和功能材料。结构材料通常以硬度、强度、塑性、冲击韧性等力学性能为主，兼有一定的物理、化学性能。而功能材料是以光、电、声、磁、热等特殊的物理、化学性能为主的功能和效应材料。

工程材料种类繁多，用途广泛，工程上通常按化学分类法对工程材料进行分类，可分为金属材料、陶瓷材料、高分子材料、复合材料等，如图1-1所示。

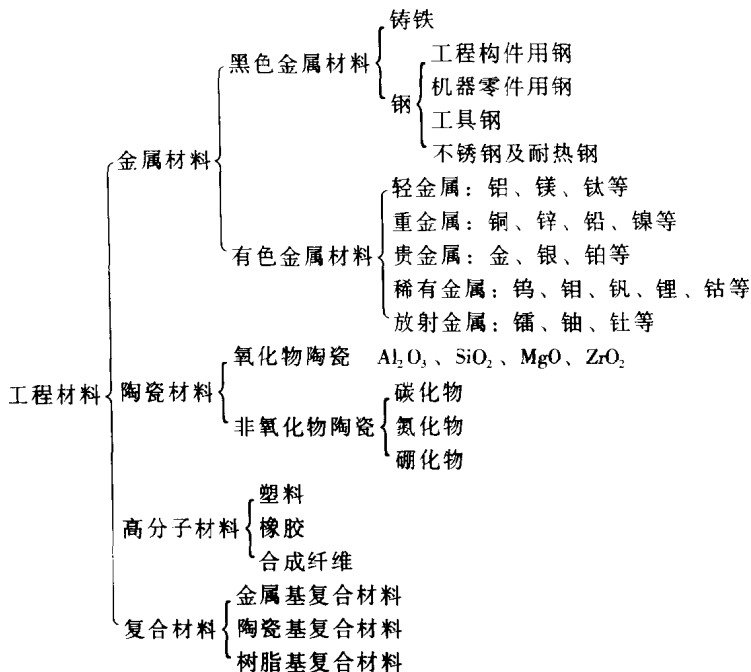


图 1-1 工程材料分类

第一节 金属材料基础知识

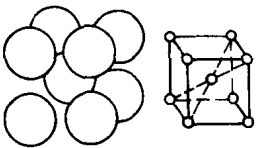
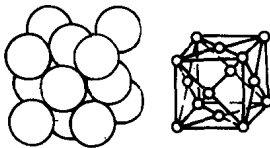
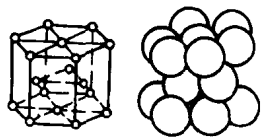
金属材料是目前制造业使用最为广泛的材料，它具有许多优良的综合性能，如物理性能、化学性能、力学性能、工艺性能等，因而广泛应用于现代科技和日常生活中，可采用各种加工方法制成各种形状和性能的零件。

一、金属的晶体结构

固态物质按其原子排列，可分为晶体和非晶体两种。固态金属和合金基本上都是晶体物质。在晶体中，原子按一定的几何形状呈规则重复的空间排列。为了便于描述晶体中的原子排列规律及其几何形状，把每个原子抽象成几何结点，以假想的直线连接起来，使之成为一个空间格子，称为晶格。在金属元素中，常见的晶格形式有以下三种，见表 1-1。

各种金属因为其晶格结构的不同，其力学性能（弹性、塑性、强度、硬度、冲击韧性等）也不一样。从以上常见的晶格类型中，我们还可以看出纯铁在不同的温度下，存在不同的晶格类型，其力学性能也不相同，这种同一金属具有两种或两种以上晶体结构的现象称为金属的同素异构性。金属的晶体结构随温度的变化而改变的现象称为同素异构转变。铁的同素异构转变是钢材进行热处理的重要理论基础。

表 1-1 常见金属及其晶格形式

晶格类型	常见金属	晶格与晶胞示意图
体心立方晶格	属于这种晶格类型的金属有： α -Fe (912℃以下的纯铁)、铬 (Cr)、钼 (Mo)、钨 (W)、钒 (V) 等。这类金属具有较好的强度和塑性	
面心立方晶格	属于这种晶格类型的金属有： γ -Fe (温度在 912~1394℃的纯铁)、铝 (Al)、铜 (Cu)、金 (Au)、银 (Ag)、镍 (Ni) 等。这类金属的塑性都很好	
密排六方晶格	属于这种晶格类型的金属有：铍 (Be)、镁 (Mg)、锌 (Zn)、 α -钛 (Ti)、 β -铬 (Cr) 及 α -钴 (Co) 等	

二、合金的结构

纯金属虽然得到了一定程度的应用，但是它的力学性能较差，而且价格昂贵。因此在工业生产上应用的大都是合金。一种金属元素与其他金属或非金属元素，通过熔化或其他方法结合成的具有金属特性的物质叫合金。例如，工业上广泛应用的碳素钢和铸铁就是以铁和碳两种元素为主组成的合金；黄铜则是由铜和锌组成的合金。合金除具有纯金属的特性外，还具有更好的力学性能，并可以通过调节组成元素的比例来获得一系列性能各不相同的合金，以满足工业生产中所需要的各种性能要求。合金的组成元素称为组元。由两个组元组成的合金称为二元合金，如黄铜就是由铜和锌组成的二元合金；其他由三个组元或四个组元组成的合金称为三元合金和四元合金，如硬铝是由铝、铜和镁组成的三元合金。

合金的结构比纯金属复杂，根据组成合金的组元之间在结晶时的相互作用，合金可以形成固溶体、金属化合物和机械混合物三种。

1. 固溶体 合金在固态时，由两种或两种以上物质相互溶解构成单一均匀的物质即为固溶体。固溶体具有溶剂组元的晶格类型。例如碳溶解在 α -Fe 中的固溶体称为铁素体，具有溶剂组元 α -Fe 的晶格类型——体心立方晶格。溶质原子溶入溶剂晶格形成固溶体后，造成溶剂晶格发生歪扭和畸变，导致固溶体的塑性变形抗力增大、强度和硬度升高的现象称为固溶强化。

2. 金属化合物 金属化合物是两组元相互作用而形成的一种新的具有金属

特性的物质。如铁碳合金中铁和碳可以组成晶格复杂的碳化物——渗碳体 (Fe_3C)。另外还有如 CuZn 、 Cr_7C_3 、 MoC 、 VC 等金属化合物。金属化合物一般具有较高的熔点以及高的硬度和脆性。

3. 机械混合物 是指纯金属、固溶体或金属化合物按一定质量比例组成的均匀物质。如铁碳合金中的铁素体和渗碳体在一定条件下形成的均匀物质就是一种机械混合物——称为珠光体。机械混合物的性能决定于组成混合物各组分的性能、数量、大小和形态。

三、铁碳合金

钢铁是现代工业中应用最广泛的金属材料，其基本组成元素是铁和碳，统称为铁碳合金。

合金的结构远比纯金属复杂。为了更好地研究和使用的合金，就必须了解合金中各种组织与成分之间的变化规律。合金状态图就是研究这些规律的有效工具。合金状态图是通过实验制作出来的。它用图解的方法表示合金的状态、组织、温度和成分之间的变化规律。最为典型的是铁碳合金状态图，见图 1-2。

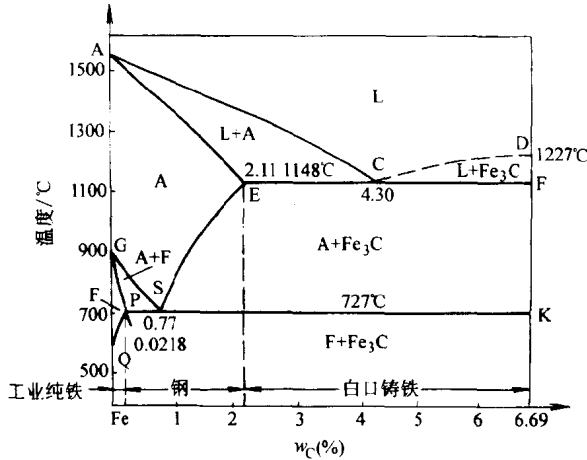


图 1-2 简化的铁碳合金状态图

(一) 铁碳合金的基本组织 (见表 1-2)

表 1-2 铁碳合金的基本组织、结构类型及性能特点

基本组织	结构类型	性能特点
铁素体	碳溶于 α -Fe 中形成的间隙固溶体。常用符号 F 或 α 表示	它仍保持 α -Fe 的体心立方晶格。碳在 α -Fe 中的溶解度很小，在 727°C 时的溶解度为 w_c 0.0218%。随着温度的降低，碳在 α -Fe 中的溶解度下降，在室温时只能溶解微量的碳。因此其性能接近于纯铁，塑性、韧性较好，强度、硬度较低。可用于冷变形加工

(续)

基本组织	结构类型	性能特点
奥氏体	碳溶于 γ -Fe 中形成的间隙固溶体。常用符号 A 或 γ 表示	它仍保持 γ -Fe 的面心立方晶格。由于面心立方晶格的间隙较大, 因而奥氏体的溶碳能力较强, 在 1148℃ 时可溶碳 w_C 2.11%, 在 727℃ 时能溶碳 w_C 0.77%。奥氏体的强度、硬度较低, 塑性很好, 适于压力加工。钢大多数加热到奥氏体温区进行锻造
渗碳体	铁与碳形成的金属化合物 Fe_3C	它具有不同于铁和碳的复杂晶体结构, 其含碳量为 w_C 6.69%。渗碳体的硬度很高, 脆性很大, 塑性、韧性极差。渗碳体在钢中主要起强化作用, 随着钢中含碳量的增加, 渗碳体的数量增多, 钢的强度、硬度提高, 而塑性和韧性下降
珠光体	铁素体和渗碳体组成的机械混合物, 用符号 P 表示	珠光体中软而韧的铁素体和硬的渗碳体层片相间, 使珠光体具有较高的强度, 又有较好的塑性和韧性, 其综合力学性能较好

(二) 铁碳合金的分类及其组织转变过程

1. 铁碳合金的分类 根据铁碳合金状态图, $w_C > 2.11\%$ 的铁碳合金为铁; $w_C < 2.11\%$ 的为钢。其中钢分为: 亚共析钢—— w_C 在 0.0218% ~ 0.77% 之间; 共析钢—— w_C 为 0.77%; 过共析钢—— w_C 在 0.77% ~ 2.11% 之间。白口铁可分为: 亚共晶白口铁—— w_C 在 2.11% ~ 4.3% 之间; 共晶白口铁—— w_C 在 4.3%; 过共晶白口铁—— w_C 在 4.3% ~ 6.69% 之间。

2. 铁碳合金的组织转变过程

现以 w_C 为 0.4%、0.77%、1.2% 的三种钢为例, 说明在缓慢冷却过程中钢的组织转变过程。

w_C 为 0.4% 的亚共析钢, 在高温时组织为奥氏体, 冷却到 GS 线时, 开始析出铁素体。当冷却到 PSK 线时, 发生共析转变, 余下的奥氏体全部转变为珠光体。因此, 亚共析钢在室温时的组织为铁素体和珠光体。 w_C 为 0.77% 的共析钢高温组织为单一奥氏体, 冷却到 S 点时, 奥氏体发生共析转变, 全部转变为珠光体。故室温时共析钢的组织为珠光体。 w_C 为 1.2% 的过共析钢在高温时组织也为单一奥氏体, 当冷却到 ES 线时, 开始从奥氏体中析出渗碳体。随着温度的下降, 析出的渗碳体增加, 剩余的奥氏体减少。当冷却到 PSK 线时, 发生共析转变, 剩余的奥氏体转变为珠光体。因此室温下过共析钢的组织为渗碳体和珠光体。

用分析钢的方法可同样分析白口铁的组织变化。室温时亚共晶白口铁的组织

为珠光体、二次渗碳体和莱氏体；共晶白口铁的组织为珠光体和渗碳体，过共晶白口铁的组织为一次渗碳体和莱氏体（P与 F_3C 的机械混合物）。

在 $1148^{\circ}\text{C} \sim 727^{\circ}\text{C}$ 的冷却过程中，由于奥氏体中碳的溶解度不断减少，所以在此温度区要从奥氏体中不断析出渗碳体。为区别直接从液态合金中析出的渗碳体和从奥氏体中析出的渗碳体，把前者称为一次渗碳体，后者称为二次渗碳体。

第二节 常用金属材料

一、碳素钢

碳素钢（Carbon Steel）是指含碳量 $w_c < 2.11\%$ 和含有少量硅、锰、硫、磷等杂质元素所组成的铁碳合金，简称碳钢。其中锰、硅是有益元素，对钢有一定的强化作用；硫、磷是有害元素，分别增加钢的热脆性和冷脆性，应严格控制。碳钢的价格低廉，工艺性能良好，在机械制造中广泛应用。常用碳钢的牌号、性能及用途见表1-3。

表1-3 碳钢的牌号、性能、应用及说明示例

名称	牌号	性能及应用	说明
碳素结构钢	Q195、Q215A、 Q215B	塑性较高，有一定强度，通常轧制成薄板、钢筋、钢管、型材等；用作桥梁、钢结构等；机械中用作铆钉、螺钉、地脚螺栓、轴套、开口销、拉杆、冲压零件等	碳素钢的牌号是由钢材屈服点的字母Q、屈服点值、质量等级符号（分A、B、C、D四个等级）、脱氧方法四个部分组成
	Q235A、Q235B、 Q235C、Q235D	强度较高，可用作转轴、心轴、拉杆、摇杆、吊钩链、套圈及心部强度要求不高的渗碳或氮化件及焊接件	
	Q255A、Q255B、 Q275	强度更高，可用作工具、轧辊、主轴摩擦离合器、制动件等	
优质碳素结构钢	08	含碳低，塑性好，主要用来制作强度要求不高，需经受大变形的冲压件和焊接件	牌号用两位数字表示平均 w_c 的万分之几，如20钢即表示其平均 w_c 为0.20%。 其中 $w_c \leq 0.25\%$ 的属于低碳钢 w_c 在0.25%~0.60%之间的属于中碳钢 $w_c \geq 0.60\%$ 的属于高碳钢
	10、15、20、25	强度低、塑性好，焊接性好。常用作制造各种容器、冲压件和焊接结构件。也常用于制造螺钉、螺母、垫圈以及需要渗碳的零件	
	35、40、45、50	含碳量中等，强度、韧性、加工性较好，经调质处理后，可得到具有良好综合力学性能的零件。广泛用来制造齿轮、轴类及套筒等零件	
	55、60、70	含碳量较高，淬火后具有较高的弹性，主要用来制造弹簧、轧辊等	

(续)

名称	牌号	性能及应用	说明
碳素工具钢	T7、T8	常用于制造要求韧性较高、硬度中等的工具，如冲头、凿子等	牌号用“碳”或“T”后面加数字表示。数字表示钢中平均 w_c 的千分之几 平均 w_c 为 0.7% ~ 1.3%，属高碳钢
	T9、T10、T11	常用于制造韧性中等、硬度较高的工具，如锯条、钻头、丝锥等	
	T12、T13	常用于制造硬度高、耐磨性好而韧性较低的工具，如量具、锉刀、丝锥等	

二、合金钢

为了改善和提高钢的性能，在碳钢的基础上加入其他合金元素，如硅、锰、铬、镍、、钨、钒、钛等，这种钢叫合金钢 (Alloy steel)。合金钢根据加入合金元素的不同，具有不同的性能，如高的耐磨性、耐蚀性、耐低温、高磁性等良好的特殊性能。合金钢按用途分为合金结构钢、合金工具钢和特殊性能钢。常用合金钢的牌号、性能、用途见表 1-4。

表 1-4 常用合金钢的牌号、性能、应用及说明示例

种类	牌号	性能及应用	说明
普通低合金钢	09Mn2、16Mn、14MnNi 15MnTi、15MnV	与碳钢相比有较高的强度，较好的塑性、韧性、焊接性和耐蚀性。通常在热轧后经退火或正火使用，用于油槽、桥梁、锅炉、压力容器、建筑结构等	合金钢的牌号采用“数字 + 化学元素 + 数字”的方法表示。具体规定如下： 前边的数字表示钢的平均含碳量，结构钢以 w_c 的万分之几表示，工具钢一般以 w_c 的千分之几表示 (≥ 1.0 则不标) 后边的数字表示合金元素的平均含量，以其质量分数的百分之几表示，小于 1.5% 时不标 特殊性能的合金钢与工具钢相似
渗碳钢	20Cr、20MnV、20Mn2、 20CrMoTi、20CrNi4A	含碳量低，可以保证渗碳零件心部较好的韧性和塑性，常用于齿轮、活塞销、轴、蜗杆、及大型渗碳齿轮等	
调质钢	40Cr、42CrMo、40MnB、 40NiMoA、38CrMoAl	经调质处理后使用的钢，大多采用中碳钢，具有良好的综合力学性能，即强度高、塑性和韧性好。广泛用于制造各种重要的机械零件，如齿轮、连杆、轴及螺栓等	
弹簧钢	65Mn、60Si2Mn、 50CrVA、60Si2CrVA	经热处理后具有较高的屈强比，用于制造各种弹性零件，如各种弹簧和板簧等	
滚动轴承钢	GCr9、GCr15	用于制造滚动轴承的滚珠、套圈	

三、铸铁

铸铁 (Cast Iron) 是 $w_c > 2.11\%$ 的铁碳合金, 与钢相比其碳、硅含量较高 (大致成分为 $w_c 2.5\% \sim 4.0\%$, $w_{Si} 1.0\% \sim 3.0\%$), 灰口铸铁中碳以石墨的形式存在。铸铁的抗拉强度、塑性和韧性不如钢, 其力学性能比钢差, 不能锻造。但它具有优良的铸造性、减振性、耐磨性和切削加工性等特点, 加之成本低廉, 生产设备和工艺简单, 在机械制造中应用较广。

根据铸铁中碳的存在形态不同, 分为白口铸铁、灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁和蠕墨铸铁等。常用铸铁的牌号、用途如表 1-5 所示。

表 1-5 铸铁牌号、应用及说明

名称	牌号	应用	说明
灰 铸 铁	HT150	用于承受中等负荷的零件, 如机座、支架、轴承座、阀体等	牌号以 HT × × × 表示, 其中“HT”为灰铸铁代号, 后面的三位数字表示 $\phi 30$ 试棒的最低抗拉强度值 (MPa)
	HT200 HT250	用于承受较大负荷的零件, 如气缸、齿轮、机座、飞轮、床身、气缸体、气缸套、活塞、齿轮箱等	
可 锻 铸 铁	KTH300—06 KTH330—08	用于承受冲击、振动及扭转负荷的零件, 如汽车、拖拉机的后桥壳, 转向机构壳体, 弹簧钢板支座、低压阀门和各种管接头等	“KT”为可锻铸铁代号, “KTH”“KTZ”分别是黑心和白心可锻铸铁的代号, 它们后面的数字分别代表最低抗拉强度值 (MPa) 和最低延伸率 (%)
	KTZ450—06	用于负荷较高和耐磨损零件, 如曲轴、连杆、齿轮、凸轮轴等	
球 墨 铸 铁	QT400—18 QT450—10	用于承受冲击、振动的零件, 如汽车、拖拉机底盘零件、中低压阀门、管道等	“QT”为球墨铸铁代号, 它后面的数字分别代表最低抗拉强度值 (MPa) 和最低延伸率 (%)
	QT500—7 QT800—2	用于负荷大、受力复杂的零件, 如曲轴、气缸套、齿轮、凸轮轴、连杆、轧钢机轧辊等	

四、有色金属及其合金

工业上把铁及其合金称为黑色金属 (Ferrous Metal), 把其他金属及其合金统称为有色金属 (Nonferrous Metal)。常用的铸造有色金属有铝、镁、铜、锌、铅、锡、钛等。其中铜及其合金是应用最早的金属, 它具有优良的导电性、导热性、抗腐蚀性和耐磨性。铝合金是比铜、铁、钢应用时间较晚的金属, 它既具有铜合金的某些优点, 又有很高的比强度 (抗拉强度/比重), 工业中应用广泛而且发展迅速。

常用的有色金属及其合金的牌号、应用举例如表 1-6 所示。

表 1-6 有色金属及其合金的牌号、应用及说明

名 称	牌 号	应 用	说 明
工业纯铜	T1、T2、T3、T4	电线、热交换器、导电螺钉及各种管道等	纯铜又称紫铜，“T”表示铜，其后的数字越大，纯度越高
普通黄铜	H62、H59	垫圈、弹簧、螺钉、螺母及热轧、热压零件	“H”表示黄铜，其后的数字表示铜的平均质量分数（%）
锡青铜	ZCuSn5Pb5Zn5 ZCuSn10Pb5	耐磨零件、耐磨轴承等	数字表示平均含量：如 ZCuSn5Pb5Zn5 其中质量分数 Sn5%、Pb5%、Zn5%、其余为 Cu（85%）
铸造铝合金	ZAlSi12（ZL102）	铸造性能好，仪表、抽水机壳体等外型复杂零件	“ZAl”表示铸铝，其后的数字表示平均含量：其中质量分数 Si12%、其余为 Al（88%） ZL102 是其代号
硬铝合金	LY1、LY11	中等强度结构件，如骨架、叶片、铆钉等	“LY”表示硬铝，其后的数字表示其顺序编号

第三节 常用非金属材料

随着科学技术的发展，工业中除大量使用金属材料外，非金属材料在近几年来有了迅速的发展，也得到愈来愈广泛的应用。常用的有工程塑料、复合材料、工业橡胶、工业陶瓷等。

一、工程塑料

工程塑料（Engineering Plastics）是应用最广的有机高分子材料，也是最重要的工程结构材料。其主要成分是合成树脂，此外还包括填料或增强材料、增塑剂、固化剂等添加剂。它具有很多优良性能，如密度小、耐腐蚀、耐磨和减摩性好、良好的电绝缘性和成形性等，其不足之处是强度、硬度较低，耐热性差，易老化和蠕变等。现已有几百种工程塑料在工业生产中被广泛应用。以下介绍几种较典型的工程塑料，见表 1-7。

二、复合材料

复合材料（Compound Materials）是指由两种或两种以上物理、化学性质不同的物质，经人工合成的一种多相固体材料。一般由高强度、高模量、脆性大的增强材料和低强度、低模量、韧性好的基体材料所组成。它不仅具有各组成材料的优点，而且还可以获得单一材料不具备的优良综合性能。具有高的比强度和比模量，较好的疲劳强度和耐蚀、耐热、耐磨性，同时还有一定的减振性。已成为一种大有发展和应用前途的新型工程材料。