

金工实习

朱流 主编

一线教师参与

练习有针对性

赠送教学PPT



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



013067026

TG-45
58

金工实习

主 编 朱 流
 参 编 郑宝增 裘 钧 张 飘
 张子园 秦利明 涂志标
 李剑平 王 静 李爱奇



机械工业出版社

TG-45
58



北航 C1674744

013087028

金工实习又叫金属加工工艺实习,是一门实践基础课,是机械类各专业学生学习工程材料及机械制造基础等课程的必修课;是机械类专业教学计划中重要的实践教学环节。主要内容包括绪论、工程材料、测量器具、钳工、车削加工、铣削加工、数控车床、数控铣床、三坐标测量、电火花线切割加工、刨削及磨削、电焊、锻压等。金工实习对于培养学生的动手能力有很大的意义,可以使学生了解传统的机械制造工艺和现代机械制造技术。

本书可供机械类及近机械类专业学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

金工实习/朱流主编. —北京:机械工业出版社,2013.6

ISBN 978-7-111-42589-2

I. ①金… II. ①朱… III. ①金属加工-实习-高等学校-教材
IV. ①TG-45

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第131938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:周国萍 责任编辑:周国萍 杨茜

版式设计:常天培 责任校对:张媛

责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013年6月第1版第1次印刷

169mm×239mm·15.5印张·314千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-42589-2

定价:29.00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

策划编辑:(010)88379733

社服务中心:(010)88361066

网络服务

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

读者购书热线:(010)88379203

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

前 言

金工实习是一门实践性很强的技术基础课,是机制类专业学生熟悉加工生产过程、培养动手实践能力的重要实践性教学环节,也是必修课程。通过金工实习,学生将熟悉机械制造的一般过程,掌握金属加工的主要工艺方法和工艺过程,熟悉各种设备和工具的安全操作方法;了解新工艺和新技术在机械制造中的应用;掌握简单零件的加工方法,提高工艺分析能力;培养学生认识图样、加工符号及了解技术条件的能力。结合实习培养学生的创新意识,为培养应用型、复合型高级人才打下一定的理论与实践基础,并使学生在提高工程素质方面得到培养和锻炼,同时为学习工程材料和机械制造技术基础等后续课程打下良好的基础。

本教材在编写过程中注重把握与“工程材料”和“机械制造基础”这两门课程的分工与配合,着重于单工种的工艺分析。在金工实习过程中,机械类专业侧重于工程材料及热处理、测量器具、钳工、车削加工、铣削加工、数控车床、数控铣床、三坐标测量、电火花线切割加工、电焊、锻压等内容的学习;非机械类专业学生侧重于钳工、车削加工、铣削加工、刨削及磨削等内容的学习。

本教材具有地方性院校教学的特点。在编写过程中,组织工作于一线的教师参与相关内容的编写,将其丰富的教学经验融于教材,同时也可以针对学生平时出现的问题,进行着重陈述,在各章后均安排了练习题,有助于学生消化、巩固和深化教学内容。

本教材的第1~3章由朱流编写,第4章由郑宝增编写,第5章由张飘编写,第6、11章由秦利明编写,第7章由裘钧编写,第8章由涂志标编写,第9章由王静、李爱奇共同编写,第10章由张子园编写,第12、13章由李剑平编写。朱流负责统稿并担任主编,聂秋根为本书主审,并提出许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

本书在编写过程中,得到了实验室教师的支持和热忱帮助,同时得到机械工业出版社有关同志的大力支持,特此感谢。

由于编著者的水平和经验有限,书中难免有欠妥甚至是错误之处,敬请广大读者批评指正。

编著者

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 金工实习的性质和目的	1
1.2 金工实习的内容	1
第 2 章 工程材料及热处理	3
2.1 工程材料	3
2.1.1 常用工程材料分类	3
2.1.2 常用金属材料简介	3
2.2 常用热处理方法	9
2.2.1 概述	9
2.2.2 普通热处理	10
2.2.3 表面热处理	10
2.3 常用热处理设备	11
2.3.1 热处理加热设备	11
2.3.2 冷却设备及其他辅助设备	12
2.3.3 热处理实习安全操作规程	13
练习题	14
第 3 章 测量器具	15
3.1 游标读数测量器具	15
3.1.1 游标卡尺	15
3.1.2 游标高度卡尺	16
3.1.3 游标深度卡尺	17
3.1.4 齿厚游标卡尺	18
3.2 千分尺	19
3.2.1 外径千分尺	19
3.2.2 内测千分尺	22
3.2.3 公法线千分尺	22
3.3 指示表	23
3.3.1 百分表	23
3.3.2 内径百分表	24
3.4 角度测量器具	26
3.4.1 游标万能角度尺	26

08	3.4.2 正弦规	28
10	练习题	28
	第4章 钳工	29
20	4.1 钳工概述	29
08	4.1.1 钳工的加工特点	29
88	4.1.2 钳工常用的设备和工具	29
88	4.2 划线、锯削和锉削	31
00	4.2.1 划线	31
50	4.2.2 锯削	35
80	4.2.3 锉削	36
00	4.3 钻孔、扩孔和铰孔	40
70	4.3.1 钻孔	40
70	4.3.2 扩孔与铰孔	42
70	4.4 攻螺纹和套螺纹	43
70	4.4.1 攻螺纹	44
70	4.4.2 套螺纹	45
80	4.5 装配	47
80	4.5.1 装配概述	47
00	4.5.2 典型连接件的装配方法	48
00	4.5.3 部件装配和总装配	50
0	练习题	51
	第5章 车削加工	53
70	5.1 车削概述	53
80	5.2 车床概述	54
80	5.2.1 卧式车床的型号与组成	54
111	5.2.2 车床安全生产和注意事项	55
811	5.2.3 车床常用附件及工件的安装	56
0	5.3 车刀及其安装	59
151	5.3.1 车床常用刀具介绍	59
851	5.3.2 车刀的安装及其使用	63
0	5.4 车削基本操作	64
851	5.4.1 刻度盘及刻度盘手柄的使用	64
851	5.4.2 基本车削加工	66
851	5.4.3 轴类零件车削工艺	75
0	练习题	77
	第6章 铣削加工	78
0	6.1 铣床概述	78
851	6.1.1 铣床简介	78

6.1.2	铣床安全生产和注意事项	80
6.1.3	铣床常用附件	81
6.2	铣刀及其安装	85
6.2.1	铣床常用刀具介绍	85
6.2.2	铣刀的安装及其使用	86
6.3	铣削基本操作	88
6.3.1	周铣与端铣	88
6.3.2	铣削平面	90
6.3.3	铣削垂直面和平行面	92
6.3.4	铣削斜面和台阶	93
	练习题	96
第7章 数控车床		97
7.1	数控车床工作原理与组成	97
7.1.1	数控车床的工作原理	97
7.1.2	数控车床的组成	97
7.1.3	数控车床的特点	97
7.1.4	数控车床的分类	98
7.1.5	数控系统的主要功能	98
7.2	数控车床编程基础	99
7.2.1	数控车床的坐标系	99
7.2.2	数控加工程序的结构	100
7.2.3	数控加工指令	101
7.3	数控车床刀具简述	107
7.4	数控车床基本操作	108
7.4.1	数控车床操作面板	108
7.4.2	数控车床对刀操作	111
7.5	数控车床加工举例	113
7.5.1	阶梯轴类零件加工实训样题	113
7.5.2	球面、圆弧面类零件加工实训样题	121
7.5.3	内轮廓类零件加工实训样题	123
	练习题	126
第8章 数控铣床		128
8.1	数控铣床概述	128
8.1.1	数控铣床简介	128
8.1.2	数控铣床安全生产和注意事项	129
8.2	数控铣刀及安装	130
8.2.1	数控铣床常用刀具介绍	130
8.2.2	数控铣刀的安装及使用	133

8.3 数控铣床基本操作	135
8.3.1 数控铣床开、关机操作	135
8.3.2 数控铣床操作面板	135
8.3.3 数控铣床对刀控制	138
8.3.4 加工程序的输入和编辑	140
8.3.5 数控铣床对刀操作	141
练习题	142
第9章 三坐标测量	145
9.1 三坐标测量机的发展历史及测量原理	145
9.1.1 发展历史	145
9.1.2 测量原理	145
9.2 数控型三坐标测量机	145
9.2.1 主机	146
9.2.2 控制系统	147
9.2.3 测头系统	147
9.3 测量软件	149
9.3.1 测量过程	149
9.3.2 测量界面	152
9.4 测量	155
9.4.1 基本几何元素的测量	156
9.4.2 工件坐标系	158
9.4.3 几何公差的测量	160
练习题	163
第10章 电火花线切割加工	164
10.1 电火花线切割加工概述	164
10.2 电火花线切割机床简介	165
10.2.1 电火花线切割加工的基本原理	165
10.2.2 电火花线切割的加工特点	166
10.2.3 电火花线切割加工的应用范围	166
10.2.4 电火花线切割机床分类	167
10.2.5 电火花线切割机床的组成	167
10.3 电火花线切割加工工艺基础	169
10.3.1 线切割加工的主要工艺指标	169
10.3.2 影响加工工艺指标的因素	169
10.3.3 电火花线切割加工工艺分析	171
10.3.4 工艺准备	174
10.4 线切割机床安全生产和注意事项	176
练习题	178

第 11 章 刨削及磨削	180
11.1 刨削	180
11.1.1 刨床简介	180
11.1.2 刨床安全生产和注意事项	185
11.1.3 刨削基本操作	185
11.2 磨削	187
11.2.1 外圆磨床	187
11.2.2 平面磨床	188
11.2.3 内圆磨床	189
11.2.4 无心外圆磨床简介	190
11.2.5 砂轮的安裝与修整	190
11.2.6 磨床安全生产和注意事项	191
11.2.7 磨削基本操作	192
练习题	195
第 12 章 电焊	196
12.1 焊接概述	196
12.2 焊接安全生产和注意事项	196
12.3 焊条电弧焊	197
12.3.1 电弧焊原理和过程	197
12.3.2 焊条电弧焊设备	198
12.3.3 焊条	200
12.3.4 焊条电弧焊的焊接规范	201
12.3.5 焊接接头与坡口形式	202
12.3.6 焊条电弧焊的基本操作	203
12.4 气焊	205
12.4.1 概述	205
12.4.2 气焊设备	206
12.4.3 气焊火焰	207
12.4.4 气焊的焊丝与焊剂	207
12.4.5 气焊工艺与焊接规范	208
12.4.6 气焊操作	208
12.5 气割	209
12.5.1 气割的原理与特点	209
12.5.2 气割过程	210
12.5.3 气割的材质条件	210
12.5.4 气割工艺	210
12.6 其他常用焊接方法简介	211
12.6.1 埋弧焊	211

12.6.2 气体保护电弧焊	212
12.6.3 电阻焊	213
练习题	213
第13章 锻压	215
13.1 锻压基本知识	215
13.1.1 锻压生产概述	215
13.1.2 坯料的加热及冷却方式	216
13.1.3 锻压安全生产和注意事项	219
13.2 自由锻造	220
13.2.1 自由锻造的工具和设备	220
13.2.2 自由锻造的基本工序	225
13.3 模型锻造	228
13.3.1 模锻设备	229
13.3.2 锤上模锻工作过程	230
13.3.3 胎模锻	230
13.4 冲压	231
13.4.1 冲压概述	231
13.4.2 冲压设备	231
练习题	234
参考文献	235

第1章 绪论

1.1 金工实习的性质和目的

金工实习是一门实践性很强的技术基础课，是机械类专业学生熟悉加工生产过程、培养动手实践能力的重要实践性教学环节。通过金工实习，学生将熟悉机械制造的一般过程，掌握金属加工的主要工艺方法和工艺过程，熟悉各种设备和工具的安全操作使用方法；了解新工艺和新技术在机械制造中的应用；掌握简单零件的加工方法，提高工艺分析能力；培养学生认识图样、加工符号及了解技术条件的能力。

通过金工实习，学生可掌握一定的工程基础知识和操作技能，培养学生的工程实践能力、创新意识和创新设计能力，加强劳动、纪律和职业能力方面的锻炼，培养踏实认真、理论联系实际和求真务实的工作作风，全面提高学生的综合素质，为后续课程和日后的工作奠定一定的实践基础。

1.2 金工实习的内容

机械类专业金工实习主要安排了解工程材料及其常规热处理工艺，铸造、锻压（锻造和冲压）、焊接、钳工、车削、铣削、刨削、磨削、数控加工、特种加工及检测等工种的实习。

(1) 铸造 铸造是指熔化的金属液浇注到预先制作的铸型型腔中，待其冷却凝固后获得零件毛坯的加工方法。铸造是获得零件毛坯最重要的方法。各种机械的机体、底座、机架、箱体、工作台等主体部件大都采用铸造。

(2) 锻压 锻压是利用冲击力或压力使加热后的金属坯料产生塑性变形，从而获得零件毛坯的加工方法。

(3) 焊接 焊接是通过加热或加压（或两者并用），使焊件形成原子间结合的一种连接方法。

(4) 钳工 钳工是以手工操作为主，使用各种工具完成制造、装配和修理等工作的一个工种。钳工的基本操作有划线、锯切、锉削、攻螺纹、刮研、装配等。

(5) 车削 车削是指在车床上利用工件的旋转运动和刀具的直线运动或曲线运动来改变毛坯的形状和尺寸，把毛坯加工成符合图样要求的零件。

(6) 铣削 铣削是平面加工的主要方法之一。另外，铣削还可用于加工台阶

面、沟槽、各种形状复杂的成形面、切断等。

(7) 刨削 刨削在单件、小批量生产和修配工作中得到广泛的应用。刨削主要用于加工各种平面（水平面、垂直面和斜面）、各种沟槽（直槽、T形槽、燕尾槽等）和成形面等。

(8) 磨削 磨削是指用砂轮或其他磨具加工工件。磨削常用于半精加工和精加工，主要可以加工外圆、内孔、平面、成形面等。

(9) 数控加工 数控加工是指通过数控机床进行零件的生产加工。数控机床是随着数字技术及控制技术的发展而产生的，通过数字程序进行控制的机床。

(10) 特种加工 特种加工是指直接利用电能、声能、光能和化学能等能量形式对工件进行加工的各种工艺方法，常见的有电火花线切割、激光、超声波等。

(11) 检测 学生通过典型零件的检测实训，掌握普通量具及三坐标测量机的选择、使用和保养，同时了解几何尺寸及几何公差的检测方法。

第 2 章 工程材料及热处理

2.1 工程材料

2.1.1 常用工程材料分类

工程材料主要指用于机械工程、电气工程、建筑工程及航空航天工程等领域的材料。世界各国对工程材料的分类也不尽相同，但就大的类别来说，可以分为金属材料、非金属材料及复合材料三大类，如图 2-1 所示。

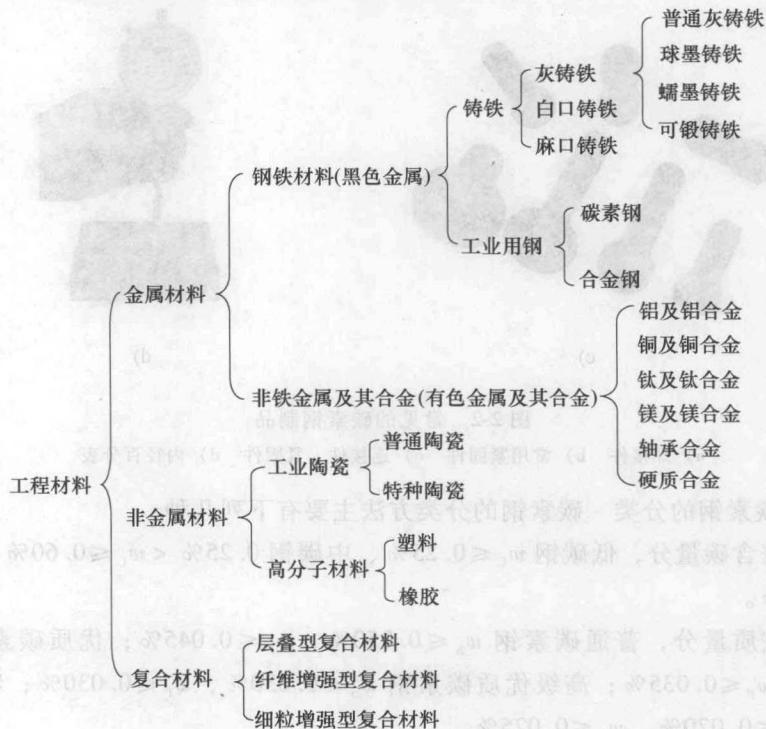


图 2-1 工程材料的分类

2.1.2 常用金属材料简介

1. 碳素钢

碳素钢是指碳的质量分数低于 2.11%，并有少量硅、锰以及磷、硫等杂质的

铁碳合金。工业上应用的碳素钢碳的质量分数一般不超过 1.4%。这是因为碳的质量分数超过此量后,表现出很大的硬脆性,并且加工困难,失去生产和使用价值,无法很好地满足相关的生产和使用要求,常见的碳素钢制品如图 2-2 所示。

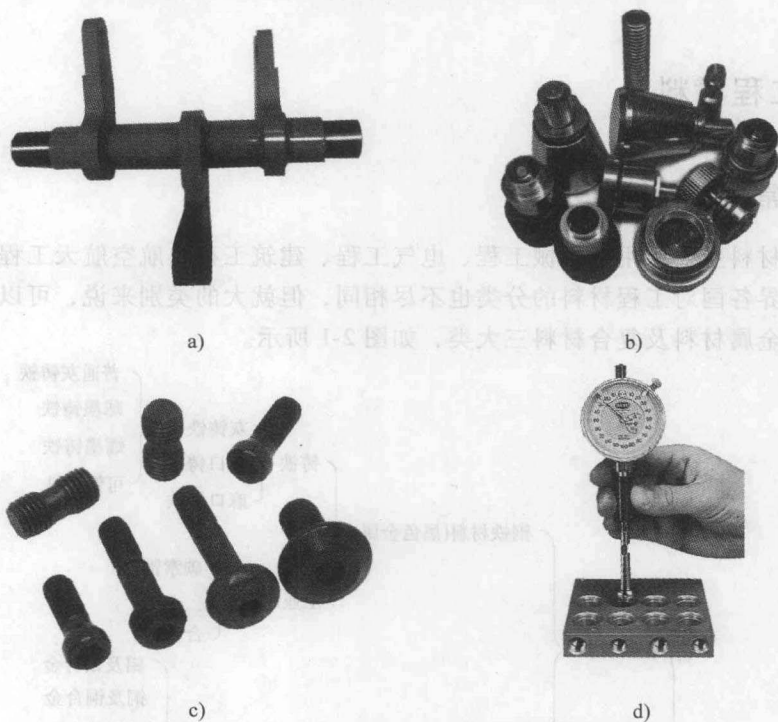


图 2-2 常见的碳素钢制品

a) 焊接件 b) 常用紧固件 c) 连接件、紧固件 d) 内径百分表

(1) 碳素钢的分类 碳素钢的分类方法主要有以下几种:

① 按含碳量分,低碳钢 $w_C \leq 0.25\%$ 、中碳钢 $0.25\% < w_C \leq 0.60\%$ 、高碳钢 $w_C > 0.60\%$ 。

② 按质量分,普通碳素钢 $w_S \leq 0.050\%$, $w_P \leq 0.045\%$; 优质碳素钢 $w_S \leq 0.035\%$, $w_P \leq 0.035\%$; 高级优质碳素钢 $w_S \leq 0.030\%$, $w_P \leq 0.030\%$; 特级优质碳素钢 $w_S \leq 0.020\%$, $w_P \leq 0.025\%$ 。

③ 按用途分 碳素钢分为碳素结构钢、碳素工具钢。

④ 按冶炼方法分,可分为平炉钢、转炉钢(氧气转炉、空气转炉)和电炉钢。

⑤ 按钢的脱氧程度分,可分为沸腾钢(钢号后标“F”)、镇静钢(用“Z”表示,可不标出)、半镇静钢(钢号后标“b”)、特殊镇静钢(代号为“TZ”,可不标出)。

(2) 典型碳素钢的牌号、主要性能及用途 (表 2-1)

表 2-1 碳素钢的牌号、主要性能及用途

序号	分类	典型钢号	典型钢号说明	用途
1	碳素结构钢	Q235AF	沸腾钢, 质量为 A 级, 屈服强度为 235MPa	主要用作焊接件、紧固件、轴、支座等
2	优质碳素结构钢	45	平均碳的质量分数为 0.45%	低碳钢强度低, 塑性好, 可制作容器、冲压件等; 中碳钢强度高, 塑性适中, 可用于制作调质件, 如轴、套等; 高碳钢强度高, 塑性差, 弹性差, 可制作弹性零件及耐磨件, 如弹簧、轧辊等
		65Mn	Mn 含量较高, 平均碳的质量分数为 0.65%	
3	碳素工具钢	T8	平均碳的质量分数为 0.8%	根据碳的质量分数不同, 分别用于制作冲模、量规或锉刀、刮刀及手用工具等

2. 合金钢

合金钢就是在碳素钢的基础上加入其他元素的钢, 加入的其他元素称为合金元素。常用的合金元素有硅 (Si)、锰 (Mn)、铬 (Cr)、镍 (Ni)、钨 (W)、钼 (Mo)、钒 (V)、钛 (Ti)、铝 (Al)、硼 (B) 及稀土元素 (RE) 等。合金元素在钢中的作用, 是通过与钢中的铁和碳发生作用、合金元素之间的相互作用以及影响钢的组织 and 组织转变过程, 从而提高了钢的力学性能, 改善钢的热处理工艺性能和获得某些特殊性能。合金钢常用来制造重要的机械零件、工程结构件以及一些在特殊条件下工作的钢件, 如图 2-3 所示。



图 2-3 常见的合金钢制品

a) 螺母及联接件 b) 连接件

(1) 合金钢的分类

1) 按化学成分分类。按合金元素含量的不同, 合金钢分为低合金钢 (合金元素质量分数小于 5%)、中合金钢 (合金元素质量分数为 5% ~ 10%) 和高合金钢

(合金元素质量分数大于 10%) 三类。

2) 按用途分类。

① 合金结构钢。合金结构钢分为两类：一类为机器零件用钢；另一类为建筑及工程结构用钢。

② 合金工具钢。合金工具钢通常分为刀具钢、模具钢、量具钢三类。

③ 特殊性能钢。特殊性能钢是具有特殊物理、化学和力学性能的钢，分为磁钢、不锈钢、耐热钢、耐磨钢等。

(2) 合金钢的牌号 我国合金钢的牌号是以钢中碳的质量分数及所含合金元素的种类和数量来表示的。从牌号上可以直接识别出钢的化学成分、钢种及用途。合金钢的牌号编制规则如下。

1) 合金结构钢的牌号。合金结构钢的牌号采用“数字 + 化学元素 + 数字”的方法编制。前面的数字表示钢的平均含碳量，以平均万分数表示碳的质量分数，例如平均碳的质量分数为 0.25% 则以 25 表示。合金元素直接用化学符号表示，后面的数字表示合金元素的含量，以平均百分数表示合金元素的质量分数，合金元素的平均质量分数少于 1.5% 时，牌号中只标明元素，不标明含量，当合金元素质量分数为 1.50% ~ 2.49%、2.50% ~ 3.49%、3.50% ~ 4.49%、4.50% ~ 5.49% …… 时，则相应地以 2、3、4、5 …… 来表示。例如，含有 0.37% ~ 0.44% C、0.8% ~ 1.1% Cr 的铬钢，以 40Cr 表示。含有 0.56% ~ 0.64% C、1.5% ~ 2.0% Si、0.6% ~ 0.9% Mn 的硅锰钢以 60Si2Mn 表示。

另外，对于有些合金结构钢，为表示其用途，在钢号前面再附以字母。如：滚动轴承钢在钢号前加以“滚”字的汉语拼音字首“G”，后面的数字表示 Cr 的质量分数，以平均质量分数的千分之几表示，如 GCr9（滚铬 9）、GCr15（滚铬 15）等。

2) 合金工具钢的牌号。平均碳的质量分数大于等于 1.0% 时不标出；小于 1.0% 时以千分之几表示，但高速工具钢平均碳的质量分数小于 1.0% 也不标出。合金元素质量分数的表示方法与合金结构钢相同。例如，9SiCr 表示平均碳的质量分数为 0.9%，Si、Cr 平均质量分数小于 1.5% 的低合金工具钢。

3) 特殊性能合金钢的牌号。12Cr13 表示碳的质量分数不超过 0.15%，铬的平均质量分数为 11.50% ~ 13.50% 的耐热钢。但有些特殊性能合金钢，只表示其主要合金的含量，碳的质量分数不标出，如 Mn13 只表示其 Mn 的平均质量分数约为 13%，碳的质量分数在牌号上不予表示。

3. 铸铁

碳的质量分数在 2.11% 以上的铁碳合金。工业用铸铁一般碳的质量分数为 2% ~ 4%。C 在铸铁中多以石墨形态存在，有时也以渗碳体形态存在。除 C 外，铸铁中还含有质量分数 1% ~ 3% 的 Si，以及 Mn、P、S 等元素。合金铸铁还含有 Ni、Cr、Mo、Al、Cu、B、V 等元素。C、Si 是影响铸铁显微组织和性能的主要元素。按断口颜色

可分为灰铸铁、白口铸铁和麻口铸铁，常见的铸铁及其制品如图 2-4 所示。

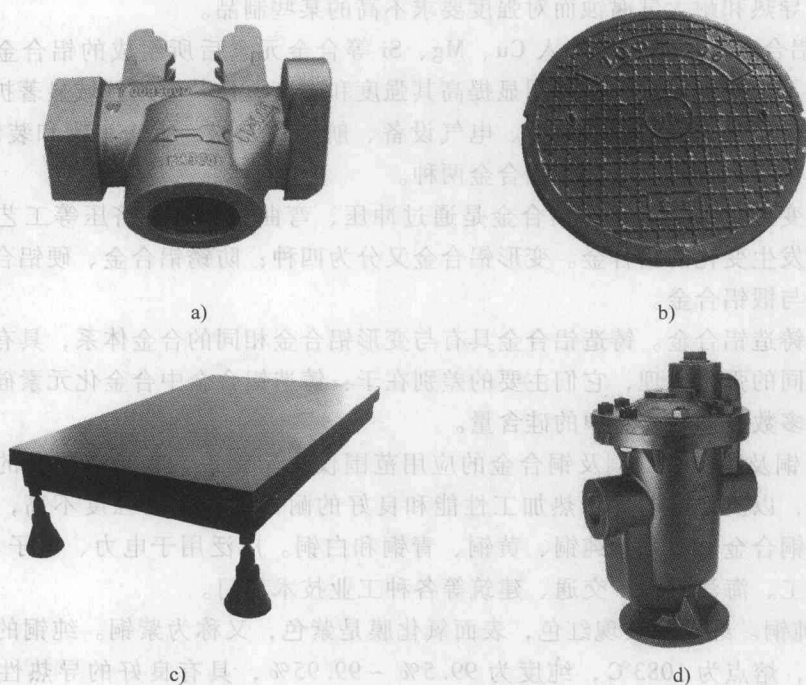


图 2-4 常见的铸铁制品

a) 阀体 b) 下水道盖子 c) 铸铁平台 d) 泵体

(1) 灰铸铁 这种铸铁中的碳大部分或全部以自由状态的片状石墨形式存在，其断口呈暗灰色，有一定的力学性能和良好的可加工性，普遍应用于工业生产中。

(2) 白口铸铁 白口铸铁是组织中完全没有或几乎没有石墨的一种铁碳合金，其断口呈白亮色，硬而脆，不能进行切削加工，很少在工业上直接用来制作机械零件。由于其具有很高的表面硬度和耐磨性，又称为激冷铸铁或硬铸铁。

(3) 麻口铸铁 麻口铸铁是介于白口铸铁和灰铸铁之间的一种铸铁，其断口呈灰白相间的麻点状，性能差，应用极少。

4. 有色金属及其合金

有色金属是指 Fe、Cr、Mn 三种金属以外所有的金属。与黑色金属相比，有色金属具有更好的耐蚀性、耐磨性、导电性、导热性、韧性、塑性及更高的强度，具有放射性等特殊性能，具有良好的延展性，易于进行压力加工和轧制，是发展现代工业、现代国防和现代科学技术不可缺少的重要材料。

合金(1) 铝及铝合金

1) 纯铝。纯铝是银白色金属，主要的性能特点是密度小，导电性和导热性