

普通高等院校工程训练系列规划教材

工程技能训练教程

(第2版)

主 编 陈 渝 朱建渠
副主编 廖智勇 王 锋

普通高等院校工程训练系列规划教材

工程技能训练教程

(第2版)

主 编 陈 渝 朱建渠
副主编 廖智勇 王 锋

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是根据教育部机械基础教学指导委员会关于工程训练课程的教学改革精神,并结合多年的金工实习教学实践经验而编写的。全书共分为 14 章,内容包括:训练基础知识、铸造、锻压、焊接、车削、铣削、刨削、磨削、钳工、数控车削、数控铣削、特种加工、电气与气动控制、产品分析,每章包括基本知识、基本技能和复习思考题三部分。

本书主要作为全国各类普通高等工科院校和中、高等职业技术学院的工程训练教材,同时也可作为企业技术培训和相关从业技术人员的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

工程技能训练教程 / 陈渝等主编. --2 版. --北京:清华大学出版社,2011.9

(普通高等院校工程训练系列规划教材)

ISBN 978-7-302-26597-9

I. ①工… II. ①陈… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 174507 号

责任编辑:庄红权

责任校对:赵丽敏

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:18.5

字 数:442 千字

版 次:2011 年 9 月第 2 版

印 次:2011 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:32.00 元

产品编号:043977-01



改革开放以来,我国贯彻科教兴国、可持续发展的伟大战略,坚持科学发展观,国家的科技实力、经济实力和国际影响力大为增强。如今,中国已经发展成为世界制造大国,国际市场上已经离不开物美价廉的中国产品。然而,我国要从制造大国向制造强国和创新强国过渡,要使我国的产品在国际市场上赢得更高的声誉,必须尽快提高产品质量的竞争力和知识产权的竞争力。清华大学出版社和本编审委员会联合推出的“普通高等院校工程训练系列规划教材”,就是希望通过工程训练这一培养本科生的重要环节,依靠作者们根据当前的科技水平和社会发展需求所精心策划和编写的系列教材,培养出更多视野宽、基础厚、素质高、能力强和富于创造性的人才。

我们知道,大学、大专和高职、高专都设有各种各样的实验室。其目的是通过这些教学实验,使学生不仅能比较深入地掌握书本上的理论知识,而且能更好地掌握实验仪器的操作方法,领悟实验中所蕴涵的科学方法。但由于教学实验与工程训练存在较大的差别,因此,如果我们的大学生不经过工程训练这样一个重要的实践教学环节,当毕业后步入社会时,就有可能感到难以适应。

对于工程训练,我们认为这是一种与社会、企业及工程技术的接口式训练。在工程训练的整个过程中,学生所使用的各种仪器设备都是来自社会企业的产品,有的还是现代企业正在使用的主流产品。这样,学生一旦步入社会,走上工作岗位,就会发现他们在学校所进行的工程训练与社会企业的需求具有很好的一致性。另外,凡是接受过工程训练的学生,不仅为学习其他相关的技术基础课程和专业课程打下了基础,而且同时具有一定的工程技术素养。这样就为他们进入社会与企业,更好地融入新的工作群体,展示与发挥自己的才能创造了有利的条件。

近 10 年来,国家和高校对工程实践教育给予了高度重视,我国的理工科院校普遍建立了工程训练中心,拥有前所未有的、极为丰厚的教学资源,同时面向大量的本科学生群体。这些宝贵的实践教学资源,像数控加工、特种加工、先进的材料成形、表面贴装、数字化制造等硬件和软件基础设施,与国家的企业发展及工程技术发展密切相关。而这些涉及多学科领域的教学基础设施,又可以通过教师和工程技术人员的创造性劳动,转化和衍生出我国社会与企业所迫切需求的课程与教材,使国家投入的宝贵资源发挥其应

有的教育教学功能。

为此,本系列教材的编审,将贯彻下列基本原则:

(1) 努力贯彻教育部和财政部有关“质量工程”的文件精神,注重课程改革与教材改革配套进行。

(2) 要求符合教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组所制定的课程教学基本要求。

(3) 在整体将注意力投向先进制造技术的同时,要力求把握好常规制造技术与先进制造技术的关联,把握好制造基础知识的取舍。

(4) 先进的工艺技术,是发展我国制造业的关键技术之一。因此,在教材的内涵方面,要着力体现工艺设备、工艺方法、工艺创新、工艺管理和工艺教育的有机结合。

(5) 有助于培养学生独立获取知识的能力,有利于增强学生的工程实践能力和创新思维能力。

(6) 融汇实践教学改革的最新成果,体现出知识的基础性和实用性,以及工程训练和创新实践的可操作性。

(7) 慎重选择主编和主审,慎重选择教材内涵,严格遵循国家技术标准。

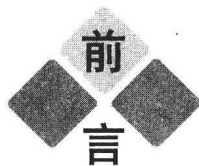
(8) 注重各章节间的内部逻辑联系,力求做到文字简练,图文并茂,便于自学。

本系列教材的编写和出版,是我国高等教育课程和教材改革中的一种尝试,一定会存在许多不足之处。希望全国同行和广大读者不断提出宝贵意见,使我们编写出的教材更好地为教育教学改革服务,更好地为培养高质量的人才服务。

普通高等院校工程训练系列规划教材编审委员会

主任委员:傅水根

2008年2月于清华园



从“金工实习”发展到“工程训练”，不仅仅是教学内容和教学手段的简单拓展，更是教学理念和教学目的的时代变迁。本书正是基于以上理念，并坚持“理论够用，实践为主”的原则进行组编的。本书在内容组织上力求突出实用性、应用性、先进性和综合性，为培养学生的工程实践能力和工程综合应用能力提供有效指导。本书适合于高等工科院校机械类、近机械类专业的工程训练教学使用。对于非机械类专业，可根据专业特点和后续课程需要，有针对性地选择书中内容。

本书作为普通高等工科院校和中、高等职业技术学院的工程技能训练教材，具有体系新颖、内容精练、图文并茂等特点，可读性极强；内容组织上力求突出实用性、应用性、先进性和综合性，各工种操作技能讲解简明扼要；示例结合训练内容和工程实际，学以致用。通过本书的学习，能培养学生的工程实践能力和工程综合应用能力，为其后续课程的学习和综合创新训练以及今后的工作奠定良好的基础。

本书由陈渝、朱建渠主编，廖智勇、王锋副主编，参加编写的人员还有张昱、谭逢友、杜晓林、左时伦、周雄、苏卫东等。在编写过程中，得到重庆科技学院工程训练中心领导、教研室同仁及实习指导老师们的的大力支持和热忱帮助，特此表示感谢！

本书在编写过程中参考和引用了相关手册、教材、学术杂志等文献资料上的有关内容，借鉴了许多同行专家的教学成果，在此一并表示真诚的谢意。

本书涉及内容多、范围广，由于编者水平所限，书中难免有许多错误和不足，恳请读者指正。

编 者

2011年7月



1	训练基础知识	1
1.1	概述	1
1.2	工程材料	2
1.2.1	工程材料的分类及应用	2
1.2.2	金属材料性能	3
1.2.3	常用钢铁材料简介	5
1.2.4	有色金属及其合金	7
1.3	切削加工基础	7
1.3.1	切削加工	7
1.3.2	切削要素	8
1.3.3	刀具材料	9
1.3.4	刀具的几何角度	10
1.3.5	零件切削加工	12
1.4	加工质量及检测量具	13
1.4.1	零件制造质量	13
1.4.2	表面质量	14
1.4.3	检测量具	16
1.5	安全总则	20
	复习思考题	20
2	铸造	22
2.1	基本知识	22
2.1.1	铸造概述	22
2.1.2	造型与制芯	23
2.1.3	合金的熔炼与浇注	30
2.1.4	铸件常见缺陷	33
2.2	基本技能	34
2.2.1	铸造安全技术	34
2.2.2	铸造操作训练	35
	复习思考题	37

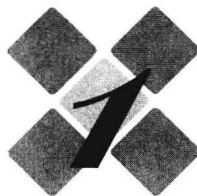
3 锻压	39
3.1 基本知识	39
3.1.1 锻压概述	39
3.1.2 锻造设备与工艺	39
3.1.3 自由锻造和模锻	44
3.1.4 板料冲压	46
3.2 基本技能	49
3.2.1 锻压安全技术	49
3.2.2 锻压操作训练	50
复习思考题	53
4 焊接	54
4.1 基本知识	54
4.1.1 焊接概述	54
4.1.2 手工电弧焊	55
4.1.3 气焊与气割	62
4.2 基本技能	66
4.2.1 焊接安全技术	66
4.2.2 焊接操作训练	67
复习思考题	71
5 车削	72
5.1 基本知识	72
5.1.1 车削概述	72
5.1.2 普通车床	72
5.1.3 车刀	77
5.1.4 车削工艺	78
5.2 基本技能	84
5.2.1 车削安全技术	84
5.2.2 车削操作训练	85
复习思考题	89
6 铣削	90
6.1 基本知识	90
6.1.1 铣削概述	90
6.1.2 铣床	91
6.1.3 铣刀	95
6.1.4 铣削工艺	99
6.2 基本技能	103
6.2.1 铣削安全技术	103

6.2.2 铣削操作训练	104
复习思考题	107
7 刨削	108
7.1 基本知识	108
7.1.1 刨削概述	108
7.1.2 刨床	109
7.1.3 刨刀	113
7.2 基本技能	114
7.2.1 刨削安全技术	114
7.2.2 刨削操作训练	115
复习思考题	118
8 磨削	119
8.1 基本知识	119
8.1.1 磨削概述	119
8.1.2 磨床	119
8.1.3 砂轮	124
8.1.4 磨削工艺	126
8.2 基本技能	128
8.2.1 磨削安全技术	128
8.2.2 磨削操作训练	129
复习思考题	130
9 钳工	131
9.1 基本知识	131
9.1.1 钳工概述	131
9.1.2 划线、锯削和锉削	133
9.1.3 钻孔、扩孔、铰孔和铰孔	141
9.1.4 攻螺纹和套螺纹及刮削	145
9.2 基本技能	149
9.2.1 钳工安全技术	149
9.2.2 钳工操作训练	149
复习思考题	154
10 数控车削	155
10.1 基本知识	155
10.1.1 数控加工基础	155
10.1.2 数控车削基础	162
10.2 基本技能	179

10.2.1	安全技术与基本操作	179
10.2.2	数控车床的实训训练	186
	复习思考题	190
11	数控铣削	192
11.1	基本知识	192
11.1.1	数控铣削的加工设备	192
11.1.2	数控铣削的加工对象	196
11.2	基本技能	198
11.2.1	安全技术与基本操作	198
11.2.2	数控铣工操作训练	200
	复习思考题	203
12	特种加工	204
12.1	线切割	204
12.1.1	线切割加工	204
12.1.2	线切割安全技术与基本操作	211
12.1.3	线切割加工操作训练	212
12.2	激光雕刻	214
12.2.1	激光雕刻加工	214
12.2.2	激光安全技术与基本操作	217
12.2.3	激光雕刻加工操作训练	218
	复习思考题	220
13	电气与气动控制	221
13.1	基本知识	221
13.1.1	常用电工工具	221
13.1.2	常用低压电器	222
13.1.3	电机与控制	231
13.1.4	气动控制技术	234
13.2	基本技能	242
13.2.1	电气与气动控制安全操作规程	242
13.2.2	操作训练	247
	复习思考题	252
14	产品分析	253
14.1	产品开发设计	253
14.1.1	产品的基本组成要素	253
14.1.2	产品设计的一般程序	253
14.1.3	机械零件设计的一般步骤	255

14.2	产品加工工艺	256
14.2.1	机械加工工艺过程的组成	256
14.2.2	工序类型与工艺过程	258
14.2.3	工序集中与工序分散	259
14.2.4	加工余量	260
14.2.5	生产纲领和生产类型	260
14.2.6	工艺过程的技术经济分析	261
14.2.7	工艺规程	263
14.3	产品拆装工艺分析	265
14.3.1	机械拆卸的基本知识	265
14.3.2	机械装配的基本知识	269
14.3.3	摩托车拆装训练	273
14.4	零件的测绘方法	274
14.4.1	零件测绘的方法和步骤	274
14.4.2	零件测绘的种类	276
14.4.3	测绘中零件尺寸的圆整与协调	276
14.4.4	测绘中零件技术要求的确定	278
14.4.5	零件尺寸的测量方法	278
14.4.6	零件测绘时的注意事项	280
	复习思考题	280
	参考文献	281

训练基础知识



1.1 概 述

机械制造生产过程是一个由资源向产品或零件的转变过程,是将大量设备、材料、人力和加工过程有序结合的生产系统。机械制造生产过程可分为产品规划阶段、方案设计阶段、技术设计阶段、施工设计阶段及加工制造阶段。其中,机械加工制造阶段尤为重要,它主要涉及的知识如图 1-1 所示。

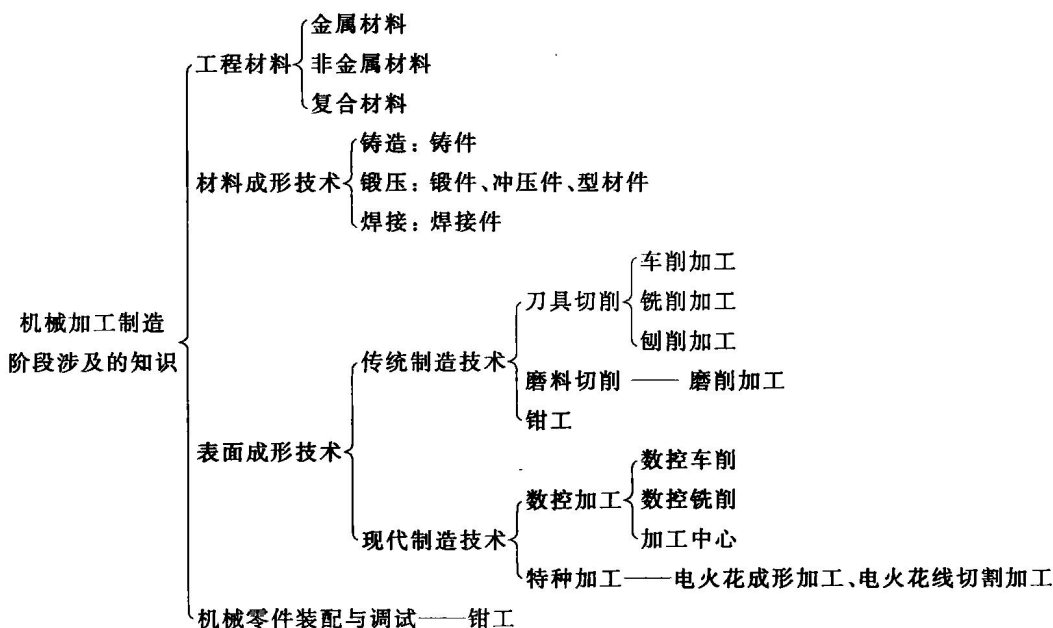


图 1-1 机械加工制造阶段涉及的知识

各种机器设备都是由其相应的机器零件组装而成的,例如冶金轧钢机、石油钻井机、机床、汽车、飞机、轮船等。只有制造出符合要求的零件,才能装配出合格的机器设备。而零件可以是将原材料经过铸造、锻造、冲压、焊接等方法直接得来;或通过其制成毛坯,再由毛坯经过切削加工而获得;也可以直接将各种型材经过切削加工而获得。有的零件则需要制造过程中插入不同的热处理工艺才能达到设计要求。

1. 基本制造加工

(1) 产品设计,包括总体设计、零部件设计、选用材料、确定结构及尺寸、编制技术要求和绘制图纸等。

(2) 工艺准备,包括决定生产方案、制定工艺文件和选择工艺装备等。

(3) 毛坯生产,包括铸件、锻件、冲压件、焊接件、型材和非金属材料成形件等的生产。

(4) 切削加工,指车削、铣削、刨削、磨削、镗削等进行的粗加工、半精加工和精加工。

(5) 装配与调试,包括组件装配、部件装配、产品总装和调试。

(6) 装箱出厂,指产品的包装、标识、运输等。

2. 先进制造加工

有关先进制造加工的内容详见第10~12章,主要指以下几个方面:

(1) 采用物化知识的职能来代替人,从人的直接参与生产劳动变为主要负责控制生产;

(2) 采用先进工艺和高效专用设备,使工艺专业化;

(3) 机械加工技术柔性化,大量采用信息技术和计算机技术。

1.2 工程材料

材料是可以直接制成成品的物质,如木料、石料、塑料、金属等。工业生产中所使用的材料属于工程材料,主要包括金属材料、非金属材料和复合材料三大类。

金属材料是制造机械的最主要材料。金属材料以合金为主,很少使用纯金属。合金是以一种金属为主体,加入其他金属或非金属,经过熔炼、烧结或其他方法制成的具有金属特性的材料。

最常用的合金是以铁为基础的铁碳合金,有以铜或铝为基础的铜合金和铝合金。用来制造机器零件的金属或合金应具有如下性能:

(1) 优良的工艺性能,包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能、机械加工性能。

(2) 较好的使用性能,包括物理性能、化学性能、力学性能等。

1.2.1 工程材料的分类及应用

1. 工程材料的分类

机械制造工程材料主要用于制造工程构件、机械零件和工模量具等,其分类如图1-2所示。

2. 工程材料的应用

金属材料具有良好的力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能,是机械制造工程中应用最广的材料,主要用于冶金、石油、机械、船舶、航天、桥梁、交通等工程结构中。

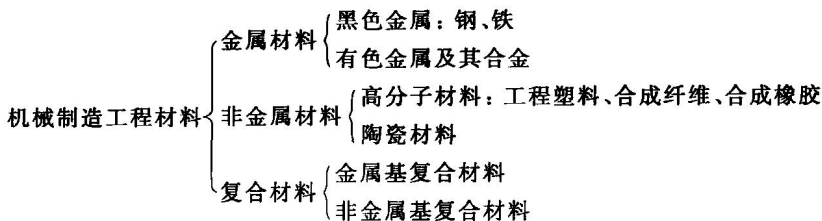


图 1-2 机械制造工程材料的分类

非金属材料是近年来快速发展的工程材料，其耐腐蚀性、绝缘性和成形性能优良，成本低、质量轻，广泛应用于轻工、家电、汽车等行业。

复合材料是将两种以上的材料组合于一体，从而获得比单一材料更为优越的综合性能，成为一种新型的高科技材料，主要应用于航空、航天、医疗、军事、汽车、体育等领域。

1.2.2 金属材料的性能

材料的性能以金属材料为例，包括力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能等。

1. 力学性能

力学性能是指金属材料在受外力作用时所反映出来的特性，主要包括强度、塑性、硬度、冲击韧度和疲劳强度等指标，是选择、使用金属材料的重要依据。

1) 强度

金属材料在外力作用下，抵抗塑性变形和断裂的能力，称为强度。

按作用力性质不同，强度可分为屈服强度（屈服点）、抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。在工程上常用来表示金属材料强度的指标有屈服强度和抗拉强度。

(1) 屈服强度。当载荷增大到 F_s 时，试样所承受的载荷几乎不变，而塑性变形不断增加，这种现象称为屈服现象。屈服强度为在外力作用下开始产生明显塑性变形的最小应力，用 σ_s 表示：

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} (\text{MPa}) \quad (1-1)$$

式中， F_s ——试样产生明显塑性变形时所受的最小载荷，即拉伸曲线中 S 点对应的外力，N；

A_0 ——试样的原始截面积， mm^2 。

(2) 抗拉强度。金属材料断裂前所承受的最大应力，又称抗拉强度。常用 σ_b 表示：

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} (\text{MPa}) \quad (1-2)$$

式中， F_b ——指试样被拉断前所承受的最大外力，即拉伸曲线上 B 点对应的外力，N；

A_0 ——试样的原始横截面积， mm^2 。

屈服强度和抗拉强度在设计机械和选择、评定金属材料时有重要意义，因为金属材料不能在超过 σ_s 的条件下工作，否则会引起机件的塑性变形；金属材料也不能在超过其 σ_b 的条件下工作，否则会导致机件的破坏。

2) 塑性

金属材料在外力作用下,产生永久变形而不致引起破坏的性能,称为塑性。在外力消失后留下这部分的不可恢复的变形,叫做塑性变形。

金属材料的塑性通常用延伸率和断面收缩率来表示。

(1) 延伸率 δ 。延伸率是指试样被拉断后的长度相对于标准长度的伸长值,用下式计算:

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中, L_0 ——试样的原标距长度, mm;

L_1 ——试样拉断后的标距长度, mm。

(2) 断面收缩率 ψ 。断面收缩率是指试样被拉断后断面处横截面积的相对收缩值,用下式计算:

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中, A_0 ——试样的原始截面积, mm^2 ;

A_1 ——试样断面处的最小截面积, mm^2 。

δ 和 ψ 越大,则塑性越好。良好的塑性是金属材料进行塑性加工的必要条件。对于 Q235 钢,其强度和塑性指标的平均值如下: $\sigma_s \approx 235 \text{ MPa}$; $\sigma_b \approx 390 \text{ MPa}$; $\delta = 20\% \sim 30\%$; $\psi \approx 60\%$ 。

3) 硬度

金属材料抵抗其他更硬的物体压入其内的能力叫做硬度。它是材料性能的一个综合的物理量,表示金属材料在单位体积内抵抗弹性变形、塑性变形或破断的能力。

金属材料的硬度可用专门仪器来测试,常用的有布氏硬度机、洛氏硬度机等。

(1) 布氏硬度(HB)。用布氏硬度机测试出来的硬度叫布氏硬度。因布氏硬度压痕面积较大,其值的代表性较全面,而且实验数据的重复性也好。但由于淬火钢球本身的变形问题,不能试验太硬的材料,一般在 450 HB 以上就不能使用。布氏硬度通常用于测定铸铁、有色金属、低合金结构钢等材料的硬度。

(2) 洛氏硬度(HR)。在洛氏硬度机上测试出来的硬度叫洛氏硬度。洛氏硬度(HR)可以用于硬度很高的材料,而且压痕很小,几乎不损伤工件表面,故在钢件热处理质量检查中应用最多。但由于洛氏硬度压痕较小,硬度代表性就差些,如果材料中有偏析或组织不均的情况,则所测硬度值的重复性也差。

4) 冲击韧度 α_k

金属材料抵抗冲击载荷作用而不被破坏的能力叫做冲击韧度,常用摆锤一次冲击试验来测定金属材料的冲击韧度,其可用下式计算:

$$\alpha_k = \frac{A_k}{A_0} (\text{J} \cdot \text{mm}^{-2}) \quad (1-5)$$

式中, A_k ——折断试样所消耗的冲击功, J;

A_0 ——试样断口处的原始截面积, mm^2 。

5) 疲劳强度

金属材料在无数次重复或交变载荷作用下而不致引起断裂的最大应力叫做疲劳强度。材料的疲劳强度通常在旋转对称弯曲疲劳试验机上测定。无数次应力循环,对于钢材为

10^7 , 有色金属和某些超高强度钢常取 10^8 。产生疲劳破坏的原因, 一般认为是由于材料有杂质、表面划痕及其他能引起应力集中的缺陷。

2. 物理性能

金属材料的物理性能主要有密度、熔点、热膨胀性、导电性和导热性等。

3. 化学性能

化学性能是金属材料在室温或高温时抵抗各种化学作用的能力, 主要是指抵抗活泼介质的化学侵蚀能力, 如耐酸性、耐碱性、抗氧化性等。

4. 工艺性能

工艺性能是物理、化学、力学性能的综合。按工艺方法的不同, 分为可铸性、可锻性、焊接性和切削加工性等。

1.2.3 常用钢铁材料简介

钢铁材料又称黑色金属材料, 是以铁和碳元素为主要化学成分的一系列金属材料(钢、生铁、铸铁和铸钢)的总称。

各行各业都用钢, 为了保证钢的质量, 国家及有关部门对各种钢制定了标准, GB 为国家规定的标准; YB 为冶金部规定的标准。

1. 钢的分类

根据合金元素含量的不同, 可将钢分类为图 1-3 所示的不同种类。

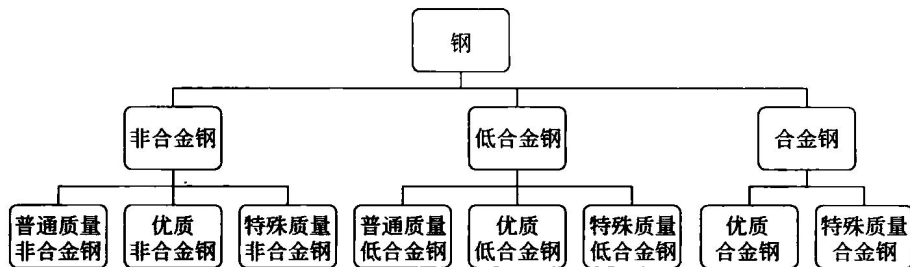


图 1-3 钢的分类

2. 常用非合金钢

非合金钢俗称碳素钢, 行业习惯简称碳钢。

1) 按钢的用途和质量分类

按照钢的用途和质量可分为碳素结构钢、优质碳素结构钢和碳素工具钢。

(1) 碳素结构钢

① 成分: 碳的质量分数 $0.09\% \sim 0.33\%$ 。

② 牌号: 由代表屈服点的字母、屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法 4 个部分按顺序组成。例如 Q235A 中, Q 表示钢的屈服点“屈”的汉语拼音字首, 235 表示屈服点值为 235 MPa, A 表示质量等级为 A 级。

③ 性能: 碳的质量分数低, 焊接性能好。

④ 用途: 适合于轧制钢板、钢带型钢等, 用于制作不需热处理的焊接、铆接、栓接构件及螺栓、螺母、垫圈等零件。

(2) 优质碳素结构钢

① 成分: 碳的质量分数 0.08%~0.85%。

② 牌号: 用两位数字加符号表示。数字表示碳的质量分数的万分之几, 符号如果是 F 则表示是沸腾钢。例如 08F, 15F。

(3) 碳素工具钢

① 成分: 碳的质量分数 0.65%~1.35%。

② 牌号: 用 T 加数字表示。T 表示碳; 数字表示千分含量。若是特殊质量, 则数字后面加 A。例如: T8A 指碳的质量分数为 0.8% 的特殊质量的碳素工具钢。

③ 性能: 具有很高的硬度和耐磨性, 但淬透性差, 热硬性差。

④ 用途: 用于制作手动和低速切削的工具和要求不高的量具、模具等。

2) 按碳的质量分数不同分类

根据碳的质量分数的不同, 也可将碳钢分为低碳钢、中碳钢和高碳钢。

(1) 低碳钢

① 成分: 碳的质量分数 $\leq 0.25\%$ 。

② 性能: 强度低, 塑性、韧性好, 易于成形, 焊接性好。

③ 用途: 08F、10F、15F 用于冷变形加工成形件、机壳、容器, 10~25 钢用于各种标准件、轴套、容器等。

(2) 中碳钢

① 成分: 碳的质量分数 0.25%~0.6%。

② 性能: 强度和硬度比低碳钢略高, 而塑性和韧性略低, 具有良好的综合力学性能, 切削加工性好, 但焊接性一般。

③ 用途: 30~55 钢用于制作齿轮、主轴及连杆等重要的机械零件。

(3) 高碳钢

① 成分: 碳的质量分数 $> 0.60\%$ 。

② 性能: 在淬火加中温回火后, 具有较高的强度和良好弹性(也叫弹簧钢), 具有较好的耐磨性和中等硬度。

③ 用途: 60 钢以上的钢主要用于制作弹簧、高强度钢丝和耐磨件等。

3. 常用低合金钢

(1) 牌号表示方法: 与碳素结构钢基本相同。

(2) 性能特点: 具有较高的强度、塑性和冲击韧性, 特别是低温冲击韧性; 具有良好的焊接性, 具有较高的抗大气腐蚀性。

4. 常用合金结构钢

(1) 牌号表示方法: 数字加元素符号加数字。