

21 世纪高职高专规划教材·机电系列

现代机械制造技术基础 实训教程

张宝忠 主 编
陈宇晓 副主编
汪秀敏

清华大学出版社
北京交通大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书是根据我国现代制造技术的迅速发展的现状及教育部高教司《关于加强高职高专人才培养工作的若干意见》等文件对高职高专人才培养的要求而以从事现代机械制造工作的工程技术人员的要求出发,在总结高职高专机械制造类专业人才培养的教改经验基础上,对传统机械制造技术的实训内容进行了改革,同时加强了对现代制造技术的训练,并结合大量的实例进行操作训练。本书共分7章,内容包括了机械制造基础知识、钳工实训、毛坯制造、金属切削机床与操作、特种加工实训、数控加工实训和计算机辅助制造实训。全书以突出机械制造技术应用能力培养及基本操作技能训练为特点,加强现代制造技术的应用训练;以结合大量实例操作为训练和培养的方式,体现高等职业教育教学改革特色,从而构立了新的教学内容体系。

本书可作为高职、高专、成人高校及本科院校二级职业技术学院机械类及近机械类专业的实训教材,也可作为其他职业教育、职工培训的教材,或供有关的技术人员参考。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

现代机械制造技术基础实训教程 / 张宝忠主编; 陈宇晓, 汪秀敏副主编. —北京: 清华大学出版社; 北京交通大学出版社, 2004. 2

(21世纪高职高专规划教材·机电系列)

ISBN 7-81082-217-9

. 现... . 张... 陈... 汪... . 机械制造工艺 - 高等学校: 技术学校 - 教材 . TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第091067号

责任编辑: 韩 乐

出版发行: 清华大学出版社 邮编: 100084 电话: 010 - 62776969

北京交通大学出版社 邮编: 100044 电话: 010 - 51686045, 62237564

印刷者: 北京瑞达方舟印务有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18 字数: 449千字

版 次: 2004年2月第1版 2004年2月第1次印刷

印 数: 1~5000册 定价: 24.00元

前 言

加入 WTO 后,我国正成为世界的“制造中心”。计算机技术、自动控制技术、传感器技术、信息技术、管理技术等高新技术与制造技术不断进行深层次的结合,使制造业发生了日新月异的变化。为了深化高等职业技术教育改革,推动高职高专的发展,培养 21 世纪与我国现代化建设要求相适应的,并在生产、管理、服务第一线从事技术应用、经营管理、高新技术设备运作的高级职业技术应用型人才,根据教育部高教司《关于加强高职高专人才培养工作的若干意见》等文件对高职高专人才培养的要求,以从事机械制造的工程技术人才的实际要求出发,在总结高职高专机械制造类专业人才培养的教改经验基础上,对传统的《金属工艺学》或《金工实习》教科书进行了较大改革。另行编写了这本《现代机械制造技术实训教程》。在编写中力求使之达到以下特点。

(1) 加大改革传统金工实习课程体系的力度:删减和简化了传统教材中与专业课重复的部分,提高学生的学习效率;结合新标准和新设备,对陈旧落后的内容作了及时更新,使教材跟上形势的发展。

(2) 强化了现代制造技术的实践训练,结合典型范例注重过程学习。

(3) 本教材以学生的实际训练为主,每个部分均给出训练课题。结合教师的指导使学生掌握实际操作技能;有关理论知识,以学生的自学为主。

(4) 第一次机械制造实训一般安排在一年级进行,学生机械基础知识可以说为零,因此简化了传统教材中材料、设备和计算的内容,以够用为原则。加强了操作部分的内容,强调技能训练和操作的规范性。

(5) 考虑到现在高职生源越来越多,增加了实训课题的数量和难度,部分课题有意未提示加工工艺,教师可根据实际情况选择和安排实训课题。

(6) 根据学生金工考级的需要,本教材部分实训课题根据国家金工考级题库制定,机械类学生可以在短学期的强化实训中继续使用。

本课程由于具有很强的实践性,因此广大教师应注重采用先进的教学方法和手段,将基础知识与基本工艺实践有机结合起来,强化操作、讨论和多媒体教学方法等教学环节,以达到更好的教学效果。

全书由张宝忠任主编,陈宇晓、汪秀敏任副主编。张宝忠编写前言、学习指导、第 1 章和第 4 章;汪秀敏编写第 5 章;陈宇晓编写第 6 章;叶振弘编写第 2 章、第 3 章;娄用够编写第 7 章。

本教材在策划、编写过程中得到了浙江省教育厅高教处、浙江省高职研究会、宁波职业技术学院领导的大力支持,也得到了有关专家、学者和兄弟院校同行的支持和指教,在此一并表示诚挚的感谢。在本书的编写中,曾参考并引用了有关文献资料、插图等,在此对上述作者也表示由衷的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有缺点、错误,恳请读者批评指正。

编 者
2004 年 1 月

学习指导

机械工程是一门古老而又年轻的科学，有着悠久的发展历史。机械制造是组成机械工程科学的主要学科之一，是研究机械制造系统、机械制造过程和机械制造手段的科学。机械制造水平是国家工业化水平和发达程度的主要标志。我国机械制造学科取得了很大的发展，为机械工业的发展作出了积极的贡献，支持和满足了众多产业部门的发展和建设的需要。在中国加入WTO、科学技术飞速发展的今天，大批外资企业涌入中国，装备的现代化程度不断提高，社会对人才的要求越来越高，工人和技术人员已无明确的界限，对高职高专人才的实践操作能力的要求也越来越高，机械制造实训的地位就显得更加重要。

机械制造实训是机械工程的一门实践性技术基础课。它不仅是机械类各专业学生学习必不可少的实践环节，也是其他大部分工科类专业学生的一门必修课。机械制造实训的目的与任务如下。

1. 学习机械制造工艺知识，了解机械制造生产过程

在机械制造实训中，学生要学习机械制造的各种主要加工方法及其所用设备的结构、工作原理和操作方法，并正确使用各类工具、量具和夹具，熟悉加工方法、工艺技术、图纸文件和安全技术，了解加工工艺过程和工程术语。这些实践感性知识是学习工程材料、机械设计、机械制造等技术基础课、专业课和毕业设计、工程实践不可替代的基础。

2. 培养实践能力，进行技术实施型工程师的基本训练

高职工科院校是技术实施型工程师的摇篮。为培养学生的工程实践能力，学校加强安排了机械制造实训的课时和深度。机械制造实训中，学生通过直接参加生产实践，操作各种设备，使用各类设备、工具、夹具、量具，独立完成简单零件的加工，通过实践环节的训练，培养学生具有初步选择加工方法和分析工艺过程的能力、并具有操作主要机械加工设备和加工零件的技能，初步奠定工程师应具备的技能基础。

3. 进行思想、作风教育

机械制造实训在实训工厂的现场进行。现场不同于教室、实验室。它是生产、教学、科研三结合的基地，教学内容丰富，实训环境多变，接触面宽广。这么一个特定的环境是对学生进行思想教育、作风教育的好场所、好时机。如增强劳动观念、增强组织性、纪律性、爱惜国家财产、建立经济观点和质量意识、培养理论联系实际和一丝不苟的科学作风等，都是当前高质量人才全面素质不可缺少的重要组成部分，也是机械制造实训为提高人才素质，培养高质量人才需要完成的一项重要任务。

希望同学们通过机械制造实训既能为专业课学习打好基础，又能熟练掌握一种技能，在将来的工作中更加得心应手。

目 录

第 1 章	机械制造基础知识	(1)
1. 1	工程材料基础知识	(1)
1. 1. 1	金属材料的性能	(1)
1. 1. 2	常用机械工程材料简介	(3)
1. 1. 3	新材料的研究及其发展	(7)
1. 1. 4	常用热处理方法	(8)
1. 2	工程材料基础知识实训	(14)
1. 2. 1	工程材料基础知识实训课题 1	(14)
1. 2. 2	工程材料基础知识实训课题 2	(14)
1. 2. 3	工程材料基础知识实训课题 3	(14)
1. 2. 4	工程材料基础知识实训课题 4	(14)
1. 3	机械制造基础知识	(14)
1. 3. 1	零件毛坯的选择	(14)
1. 3. 2	常见表面加工方法的选择	(15)
1. 3. 3	典型零件加工方法举例	(16)
1. 4	机械制造基础实训	(22)
1. 4. 1	机械制造实训课题 1——螺旋起重器	(22)
1. 4. 2	机械制造实训课题 2——减速器	(23)
1. 5	思考题	(23)
第 2 章	钳工实训	(25)
2. 1	基本知识	(25)
2. 1. 1	钳工的工作场地和主要装备	(25)
2. 1. 2	钳工的主要量具	(28)
2. 2	基本操作	(29)
2. 2. 1	基本要求	(29)
2. 2. 2	划线	(29)
2. 2. 3	锯削	(33)
2. 2. 4	锉削	(37)
2. 2. 5	錾削	(42)
2. 2. 6	钻孔、扩孔、铰孔和铰孔	(44)
2. 2. 7	攻螺纹和套螺纹	(50)
2. 2. 8	刮削	(53)
2. 3	钳工操作实训	(57)
2. 3. 1	课题 1: 六角螺母制作	(57)

2 3.2	课题2: 制作手锤	(59)
2 3.3	课题3: 锉配键形体	(62)
2 3.4	课题4: 锉配凹凸件	(64)
2 3.5	非机类考件1: 直角定位块制作	(66)
2 3.6	非机类考件2: 双圆弧样板制作	(68)
2 4	思考题	(69)
第3章	毛坯制造	(71)
3.1	铸造	(71)
3.1.1	基本知识	(72)
3.1.2	基本操作	(74)
3.1.3	铸件的常见缺陷	(82)
3.1.4	特种铸造	(83)
3.1.5	铸造生产的安全技术	(85)
3.1.6	铸造综合实训题	(85)
3.2	焊接实训	(86)
3.2.1	基本知识	(86)
3.2.2	基本操作	(95)
3.2.3	其他焊接方法	(98)
3.2.4	焊接和气割的安全技术	(99)
3.2.5	焊接综合实训题	(100)
3.3	锻压	(101)
3.3.1	基本知识	(101)
3.3.2	锻压基本操作	(107)
3.3.3	锻造安全技术	(112)
3.3.4	锻压综合实训题	(112)
3.4	思考题	(112)
第4章	金属切削机床与操作	(114)
4.1	金属切削加工基础知识	(114)
4.1.1	切削加工的运动	(114)
4.1.2	切削用量	(115)
4.1.3	刀具材料	(115)
4.1.4	切削液	(116)
4.1.5	常用量具	(117)
4.2	车床与车床操作	(118)
4.2.1	车削工艺范围及车床的种类	(118)
4.2.2	车床的结构	(119)
4.2.3	CA6140 车床的传动系统	(120)
4.2.4	车刀	(122)
4.2.5	轴类零件的车削加工	(126)

4.3	车工操作实训.....	(129)
4.3.1	实训要求	(129)
4.3.2	车工实训课题 1	(130)
4.3.3	车工实训课题 2	(131)
4.3.4	车工实训课题 3	(132)
4.3.5	车工实训课题 4	(133)
4.3.6	车工实训课题 5	(134)
4.3.7	车工实训考件 1(机类)	(136)
4.3.8	车工实训考件 2(非机类)	(137)
4.3.9	车工考件评分标准	(137)
4.4	铣床与铣床操作.....	(138)
4.4.1	铣床和附件	(139)
4.4.2	铣刀及其安装	(142)
4.4.3	铣削的基本工艺	(142)
4.5	铣工操作实训.....	(145)
4.5.1	铣削实训要求	(145)
4.5.2	铣工操作实训课题 1	(146)
4.5.3	铣工操作实训课题 2	(148)
4.5.4	铣工操作实训课题 3	(151)
4.6	刨床与刨床操作.....	(152)
4.6.1	牛头刨床	(152)
4.6.2	刨削操作	(154)
4.7	刨工操作实训.....	(156)
4.8	磨床与磨床操作.....	(157)
4.8.1	外圆磨床的结构及工艺范围	(157)
4.8.2	平面磨床及工艺范围	(160)
4.8.3	砂轮	(161)
4.9	磨工操作实训.....	(163)
4.10	思考题	(165)
第5章	特种加工实训.....	(166)
5.1	特种加工基本知识.....	(166)
5.2	电火花加工和电火花线切割加工的基本知识.....	(167)
5.2.1	电火花加工的基本知识	(167)
5.2.2	电火花线切割加工的基本知识	(171)
5.3	电火花加工和线切割加工机床的基本操作.....	(173)
5.3.1	电火花加工机床的基本操作	(173)
5.3.2	电火花线切割加工机床的基本操作	(179)
5.4	电火花加工和线切割加工实训.....	(183)
5.4.1	电火花加工实训	(183)

5.4.2	电火花线切割加工实训	(187)
5.5	思考题	(191)
第6章	数控加工实训	(192)
6.1	基础知识	(192)
6.1.1	数控加工原理	(192)
6.1.2	数控加工设备的分类	(192)
6.1.3	数控机床的型号编制	(194)
6.1.4	常用数控系统简介	(194)
6.1.5	数控机床的工艺特点	(195)
6.1.6	数控机床编程基础	(196)
6.2	基本操作	(199)
6.2.1	数控车床基本操作	(199)
6.2.2	数控铣床基本操作	(214)
6.2.3	加工中心的基本操作	(224)
6.3	思考题	(229)
第7章	计算机辅助制造实训	(230)
7.1	基础知识	(230)
7.1.1	CAM 的范围	(230)
7.1.2	数控加工与自动编程	(231)
7.1.3	数控加工零件的工艺性分析	(234)
7.2	Mastercam mill 与 Mastercam Lathe 加工	(237)
7.2.1	Mastercam mill 的 2D 外形铣削	(237)
7.2.2	Mastercam Lathe 车削加工系统	(242)
7.3	Pro/ENGINEER 2000i 的数控加工	(259)
7.3.1	Pro/NC 的使用	(259)
7.3.2	加工模式	(261)
7.3.3	创建加工模型	(262)
7.3.4	建立加工数据库	(264)
7.3.5	建立操作	(265)
7.3.6	定义 NC 工序	(267)
7.3.7	用 Pro/NC—CHECK 进行加工仿真	(272)
7.3.8	轨迹修改	(273)
7.3.9	综合练习题	(274)
参考文献	(275)

第 1 章 机械制造基础知识

1.1 工程材料基础知识

材料是人类文明生活的物质基础。综观人类历史的发展，每一类主要材料的发现和应用，都大大加速了社会文明的发展。人类社会所谓石器时代、青铜器时代和铁器时代就是按生产活动中起主要作用的工具材料划分的。机械工程材料是指制造工程构件、机器零件和工具使用的材料。按材料的化学成分、结合键的特点，机械工程材料可分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。

1.1.1 金属材料的性能

在机械工程中金属材料得到广泛的应用，是因为其具有很好的使用性能和工艺性能。使用性能是指机械零件在使用条件下，金属材料表现出来的性质。它包括力学性能，物理、化学性能等。金属材料使用性能的好坏，决定了机械零件的使用范围和寿命。工艺性能是指金属材料在加工过程中表现出来的加工难易程度，它的好坏决定了它在加工过程中成形的适应能力。

1. 力学性能

金属材料受到外力作用时所表现出的特性称为力学性能。金属的力学性能主要有强度、塑性、硬度和冲击韧性等。材料的力学性能是零件选材、零件设计的重要依据。

1) 强度和塑性

强度是指金属抵抗永久变形和断裂的能力。常用的强度指标是屈服点和抗拉强度，屈服点和抗拉强度可用拉伸试验测定。如图 1-1 所示是低碳钢的拉伸曲线。

图 1-1 低碳钢的拉伸曲线

屈服点是指材料在拉伸过程中，载荷不增大而试样伸长量却在继续增加时的应力，用 σ_s 表示。机械设计中，有时机械零件不允许发生塑性变形，或只允许少量的塑性变形，否则会失效，因此屈服点是机械零件设计的主要依据。

抗拉强度是指试样在拉断前所能承受的最大应力，用 σ_b 表示。它是机械零件设计和选材的主要依据。

塑性是指在外力作用下产生永久变形而不被破坏的能力。常用的塑性指标有伸长率（%）和断面收缩率（%）。在拉伸试验中可同时测得。 δ 和 ψ 越大，材料的塑性越好。

2) 硬度

硬度是指材料抵抗外物压入的能力,如抵抗塑性变形、压痕或划痕的局部变形能力,是衡量金属软硬的判据。在产品图样的技术条件中,硬度是一项重要的技术指标。硬度实验在实际生产中是机械零件力学性能的最常用的重要实验方法。生产中应用较多的有洛氏硬度和布氏硬度。

洛氏硬度的测定是用顶角为 120° 的金刚石圆锥或直径为 1.588 mm 的淬硬钢球作压头,以相应的载荷压入试样表面,由压痕深度确定其硬度值,如图 1-2 所示。洛氏硬度可以从硬度计读数装置上直接读出。洛氏硬度有三种常用标度,分别以 HRC, HRB, HRA 表示。硬度值数字写在字母前面,如 55HRC, 80HRB。三种洛氏硬度的符号、试验条件和应用范围见表 1-1。

表 1-1 三种洛氏硬度的符号、试验条件及应用范围

符 号	压 头	载荷/ N (kgf)	硬度值有效范围	应 用 举 例
HRC	顶角 120° 金刚石圆锥	1470(150)	20 ~ 67 HRC, 相当于 225 HBS 以上	淬火钢、调质钢
HRB	直径 1.588 mm 淬硬钢球	980(100)	25 ~ 100 HRB, 相当于 60 ~ 230 HRS 以上	退火钢、灰铸铁、非铁金属
HRA	顶角 120° 金刚石圆锥	588(60)	70 HRA, 相当于 350 HBS 以上	硬质合金、表面淬火钢

布氏硬度的测定是用一定直径的淬硬钢球或硬质合金球,在规定的载荷 F 的作用下压入试样表面,保持一定时间后,卸除载荷,取下试样,用读数显微镜测出表面压痕直径 d ,根据压痕直径、压头直径及所受载荷查表,可求出布氏硬度值,如图 1-3 所示。

用钢球压头时,用 HBS 表示,适用于硬度小于 450 HBS 的退火钢、灰铸铁、非铁材料(有色金属)等。用硬质合金压头时,用 HBW 表示,适用于硬度小于 650 HBW 的淬钢等。

3) 冲击韧性

冲击韧性是指材料在冲击载荷作用下抵抗断裂的能力。常用两种度量方法:材料受到冲击破坏时的吸收功,用 A/J 表示;单位横断面上的冲击吸收功(冲击韧性),用 $\kappa(J/cm^2)$ 表示。冲击韧性的测定在冲击试验机上进行。

图 1-2 洛氏硬度试验原理

0, 1, 2, 3—压头位置
h, h_1 , h_2 , h_3 —压入深度

图 1-3 布氏硬度试验原理

F—试验力 D—压头直径 h—压痕深度 d—压痕直径

2 物理、化学性能

金属材料的物理、化学性能主要有密度、熔点、导电性、导热性、热膨胀性、耐热性、耐

蚀性等。根据机械零件用途的不同，对材料的物理、化学性能要求亦有不同。例如飞机上的一些零件要选用密度小的材料，如铝合金等。

金属材料的物理、化学性能对制造工艺也有影响。例如导热性差的材料，进行切削加工时刀具的温度升高就快，刀具寿命短；膨胀系数的大小会影响金属热加工后工件的变形和开裂，故膨胀系数大的材料进行锻压或热处理时，加热速度应慢些，以免产生裂纹。

3 工艺性能

从材料到零件或产品的整个生产过程比较复杂，涉及多种加工方法。为了使工艺简便，成本低廉，且能保证质量，要求材料具有相应的工艺性能，主要包含以下几个内容。

1) 铸造性能

铸造性能主要包含流动性和收缩性。前者是指熔融金属的流动能力；后者指浇注后熔融金属冷到室温时伴随的体积和尺寸的减小。

2) 锻造性能

锻造性能主要指金属进行锻造时，其塑性的好坏和变形抗力的大小。塑性高、变形抗力小、锻造性好。

3) 焊接性能

焊接性能主要指在一定焊接工艺条件下，获得优质焊接接头的难易程度。它受到材料本身的特性和工艺条件的影响。

4) 加工性能

工件材料接受切削加工的难易程度称为材料的加工性能。材料加工性能的好坏与材料的力学、物理、化学性能有关。

1.1.2 常用机械工程材料简介

1. 常用机械工程材料分类

常用机械工程材料分类如下：

2 常用金属材料简介

1) 常用钢铁材料

钢铁材料是指钢和铸铁。工业用钢按化学成分可分为碳素钢和合金钢两大类。碳素钢是碳的质量分数小于 2.11% 的铁碳合金。合金钢是为了改善和提高碳素钢的性能或使之获得某些特殊性能，在碳素钢的基础上，特意加入某些合金元素而得到的多元以铁为基础的合金。合金钢的性能比碳素钢更加优良，因此合金钢的用量逐年增大。

常用钢材如下。

碳素钢是以铁和碳为主要元素而组成，常含有硅、锰、硫、磷等杂质成分。由于这类钢容易冶炼、价格低廉、工艺性好，在机械制造业中得到了广泛的应用。表 1-2 列出了碳素钢牌号、种类和用途。

表 1-2 碳素钢的牌号、种类和用途

种类	碳素结构钢	优质碳素结构钢	一般工程用铸造碳钢	碳素工具钢
牌号举例	Q195, Q215, Q235, Q255	08F, 08, 15, 20, 35, 45, 60, 45Mn	ZG200 - 390, ZG270 - 500, ZG339 - 639	T7, T8, T10, T10A, T12, T13
牌号意义	如 Q235 - AF, 字母“Q”表示屈服点; 235 表示屈服强度值; “A”为质量等级, 分 A、B、C、D 四级, “F”表示沸腾钢	两位数字表示钢中的平均碳的质量分数的万分之几。锰的质量分数在 0.7% ~ 1.2% 时加 Mn 表示	“ZG”表示铸钢, 前三位数字表示最小屈服强度值, 后三位数字表示最小抗拉强度值。碳的质量分数越高, 强度越高	“T”表示碳, 其后的数字表示碳的质量分数的千分之几, “A”表示高级优质
用途举例	建筑构件、螺栓、小轴、销子、键、连杆、法兰盘、锻件坯料等	冲压件、焊接件、轴、齿轮、活塞销、套筒、蜗杆、弹簧等	机座、箱体、连杆、齿轮、棘轮等	冲头、镗子、板牙、圆锯片、丝锥、钻头、锉刀、刮刀、量规、冷切边模等

合金钢是在碳素钢的基础上加入一些合金元素而成的钢。常用的合金元素有锰、硅、铬、镍、钼、钨、钒、钛、硼等。工业上常按用途把合金钢分成合金结构钢、合金工具钢、特殊性能钢。表 1-3 列出了合金钢的牌号、种类和用途。

表 1-3 合金钢的牌号、种类和用途

类别	牌号举例	牌号意义	应用举例
低合金高强度结构钢	Q345C Q390C	字母“Q”表示屈服点, “345”表示屈服点的数值 (Mpa), 字母“C”表示质量等级	用于制造工程构件, 如压力容器、桥梁、船舶等
合金结构钢	20Cr 50Mn GCr15	前面两位数字表示钢中平均碳的质量分数的万分之几, 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数, 质量分数小于 1.5% 时一般不标出。若为高级优质钢, 则在钢号后面加“ A ”。如 40Cr 表示 (C) ^[注] 为 0.40%, (Cr) < 1.5% 的合金结构钢。滚动轴承钢前面加字母 G, Cr 后面的数字表示该元素平均质量分数的千分数	用于制作各种轴类、连杆、齿轮、重要螺栓、弹簧及弹性零件、滚动轴承、丝杆等

续表

类 别	牌 号 举 例	牌 号 意 义	应 用 举 例
合金工具钢及高速工具钢	9SiCr W18Cr4V	前面一位数字表示钢中平均碳的质量分数(%)当(C) 1.0%不标出, (C) < 1.0%时以千分之几表示。高速钢例外,其(C) < 1.0%时也不标出。合金元素平均质量分数的表示法同合金结构钢	用于制作各种刀具(如丝锥、板牙、车刀钻头)、模具(如冲裁模、拉丝模、热锻模等)、量具(如千分尺、塞规等)
特殊性能钢	1Cr18Ni9 15CrMo	前面一位数字表示钢中平均碳的质量分数,以千分之几表示。当(C) 0.03%时,钢号前以“00”表示,当(C) 0.08%时,钢号前以“0”表示。合金元素平均质量分数的表示法同合金结构钢	用于制作各种耐腐蚀及耐热零件,如汽轮机叶片、手术刀、锅炉等

[注]: 为元素的百分比含量。

常用铸铁是以铁和碳为主的合金,其碳的质量分数大于 2.11%,此外还含有硅、锰、硫、磷等元素。由于铸铁生产方法简便、成本低廉、性能优良,所以成为人类最早和广泛使用的金属材料之一。根据碳在铸铁中存在的形式及石墨的形态不同,将铸铁分为灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁、蠕墨铸铁、合金铸铁等。常用铸铁的牌号、种类和用途见表 1-4。

表 1-4 常用铸铁的牌号、种类和用途

名 称	类 别				
	灰 铸 铁	球 墨 铸 铁	可 锻 铸 铁	蠕 墨 铸 铁	合 金 铸 铁
常用种类	HT150 HT200 HT350	QT400 - 18 QT600 - 3 QT900 - 2	KTH330 - 08 KTH370 - 12 KTZ650 - 02	RuT300 RuT340 RuT380	RTCr16 RTSi5
牌号意义	“HT”表示灰铸铁,数字表示最小抗拉强度值	“QT”表示球墨铸铁,前面数字表示最小抗拉强度值,后面数字表示断后伸长率	“KTH”表示黑心可锻铸铁,“KTZ”表示珠光体可锻铸铁,数字意义同球墨铸铁	“RuT”表示蠕墨铸铁,数字表示最小抗拉强度值	“RT”表示耐热铸铁,化学符号表示合金元素,数字表示合金元素质量分数的百分数
用途举例	底座、床身、泵体、气缸体、阀体、凸轮等	扳手、犁刀、曲轴、连杆、机床主轴等	扳手、犁刀、船用电机壳、传动链条阀门、管接头	齿轮箱体、气缸盖、活塞环、排气管等	化工机械零件、炉底、坩埚、换热器等

2) 常用非铁材料

工业上把钢铁以外的金属称为非铁材料(有色金属),非铁材料及其合金具有钢铁材料所没有的许多特殊的力学、物理和化学性能,为现代工业中不可缺少的金属材料。非铁材料常用的有铝及铝合金、铜及铜合金等。

(1) 铝及铝合金

纯铝的密度小于($2.7g/cm^3$),导电、导热性仅次于银和铜,在大气中有良好的耐腐蚀性,强度低、塑性好。工业纯铝(如 1060、1035 等)主要用于制造电缆和日用器皿等。

铝与硅、铜、镁、锰等元素组成的铝合金,强度较高。铝合金分变形铝合金和铸造铝合金。

变形铝合金的塑性好,常制成板材、管材等型材,用于制造蒙皮、油箱、铆钉和飞机构件等。按主要性能特点和用途,变形铝合金又可分为防锈铝(如 5A05)、硬铝(如 2A11)、

超硬铝(如 7A04)和锻铝(如 2A70)。

铸造铝合金(如 ZAlSi12)的铸造性好,一般用于制造形状复杂及有一定的力学性能要求的零件,如仪表壳体、内燃机气缸、活塞、泵体等。

(2) 铜及铜合金

纯铜具有优良的导电性、导热性和耐蚀性。纯铜的强度低、塑性好,工业上加工纯铜(如 T2、T3 等)主要用于制造电缆、油管等,很少用来制造机械零件。

黄铜是以锌为主要合金元素的铜合金。加入适量的锌,能提高铜的强度、塑性和耐蚀性。只加锌的铜合金称为普通黄铜(H62、H70);若在其中再加适量的铅、锰、锡、硅、铝元素可形成特殊黄铜(如 HPb59-1, HMn58-2 等),能进一步提高其力学性能、耐蚀性和切削加工性;还有用于铸造的铸造黄铜(如 ZcuZn38)。黄铜主要用于制造弹簧、衬套及耐蚀零件等。

青铜原指铜锡合金,现把以铝、硅、铅等为主要合金元素的铜合金也称为青铜。青铜按主加元素的不同分锡青铜(如 QSn4-3)、铝青铜(如 QAl5)、铍青铜(如 QBe)及用于铸造的铸造锡青铜(如 ZCuSn10Pb1)等。青铜的耐磨及减摩性好、耐蚀性好,主要用于制造轴瓦、蜗轮及要求减摩、耐蚀的零件等。

3 非金属材料

金属一直是机械工程上使用的主要材料。这是由于金属材料具有良好的力学性能和工艺性能的缘故。但随着科学技术的发展,对材料的要求愈来愈高,不但要求高强度,而且要求重量轻、耐蚀、耐高温、耐低温和良好的电气性能等。因此,近年来已有许多非金属材料如塑料、橡胶、陶瓷等用于各类机械工程结构。

1) 常用塑料

塑料是以合成树脂为基础,加入各种添加剂(如增塑剂、润滑剂、稳定剂、填充剂等)制成的高分子材料。塑料具有密度低、耐蚀性好、绝缘、绝热、隔音性好、减摩耐磨性好、价格低、成形方便等优点,因此被广泛地用于包装、日用消费品、农业、交通、运输、航空、电子、化工、通信、机械、建筑材料等领域。塑料的缺点是强度及硬度低、耐热性差。塑料有多种分类方法。

塑料按热性能分为以下两种。

热塑性塑料:典型的品种有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、尼龙、ABS 塑料、聚甲醛、聚砜、有机玻璃等。这类塑料特点是易于加工成形,可反复使用多次,强度较高,但耐热性和刚度较低。

热固性塑料:典型的品种有环氧、酚醛、氨基、不饱和聚酯树脂等。这类塑料具有较高的耐热性和刚度,但脆性较大,不能反复成形与再生使用。

塑料按用途分为以下三种。

通用塑料:通用塑料产量大、用途广、价格低。主要有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛和氨基六大品种。

工程塑料:工程塑料具有较好的力学性能,用做工程结构材料的塑料。常用的有 ABS 塑料、聚酰胺、聚甲醛、聚四氟乙烯等。

特种塑料:特种塑料是指耐热或具有特殊性能和特殊用途的塑料。品种有氟塑料、有

机硅树脂、环氧树脂、离子交换树脂等。

2) 常用橡胶

橡胶是在室温下处于高弹态的高分子材料。工业上使用的橡胶是在生橡胶(天然或合成的)中加入各种配合剂经硫化后制成的。橡胶最大特点是弹性好,具有良好的吸振性、电绝缘性、耐磨性和化学稳定性。

橡胶分天然橡胶和合成橡胶。天然橡胶有很好综合性能,广泛用于制造轮胎、胶带、胶管等。合成橡胶种类很多,常用的有丁苯橡胶、顺丁橡胶、氯丁橡胶等。用于制造机械中的密封圈、减振器、电线包皮、轮胎、胶带等。特种橡胶有乙丙橡胶、硅橡胶、氟橡胶、聚氨酯橡胶等。

3) 常用陶瓷材料

陶瓷包括整个硅酸盐材料和氧化物材料,是无机非金属材料总称。陶瓷具有高硬度、高耐磨性、高熔点、高化学稳定性、高抗压强度。但很脆,抗拉强度低,成形和加工都较困难。

陶瓷分普通陶瓷和特种陶瓷。普通陶瓷是由粘土、长石、石英等天然原料,经粉碎、成形和烧结制成制品,主要用于建筑工程、一般电气工业、生活用品及艺术品等。特种陶瓷是为满足工程上的特殊需要人工提炼的、纯度较高的化合物制成的陶瓷,如高温陶瓷、电容器陶瓷、磁性陶瓷、压电陶瓷等。

4) 复合材料

复合材料是由两种或两种以上性质不同的物质组成的人工合成材料。复合材料既保留了组成材料各自的优点,又得到了单一材料无法具备的优良综合性能,突出的特点是重量轻、综合力学性能好,是人们按照性能要求而设计的一种新型材料。

组成复合材料的物质可分两类:一类为基体材料,起粘结剂作用;另一类是增强材料,起提高强度和韧度的作用。

按增强材料形态的不同,复合材料分为纤维复合、层叠复合、颗粒复合三种类型。

按基体材料的不同,复合材料可分为聚合物基复合、金属基复合、无机非金属复合三大类型。

目前应用较多的是树脂基纤维复合材料,如玻璃纤维树脂复合材料、碳纤维树脂复合材料。玻璃纤维树脂复合材料俗称玻璃钢,是应用最多的复合材料。复合材料广泛应用于航空、宇航、船舶、军工、汽车、化工和机械工业。

1.1.3 新材料的研究及其发展

新材料是指那些新出现或正在发展中的、具有优异性能和特殊功能的材料。发展和研制高新材料体现了国家利益,是一项国家战略。

国内新材料研究已在一些方面取得重大进展,例如在高性能陶瓷材料方面的研究水平和材料性能达到或接近国际先进水平,在高温超导材料、钕铁硼永磁材料、高温合金和金属间化合物结构材料等方面,都取得了在国际上有重要影响的研究成果。

国家支柱产业、高新技术产业和现代国防的发展极大地刺激和带动了高性能结构材料的发展。例如我国轿车年产量到2010年将达到400万辆,因此对高性能、低成本、高可靠性的

材料，特别是对先进热塑性树脂基复合材料及高强、高韧、成形性高的钢板和轻合金的需求非常迫切，迫使材料技术的发展。新材料的研究要有系统性和超前性，并形成产业化。

新材料的研究要注重学科交叉、综合，利用现代科学技术的最新成就，例如近年兴起的纳米材料、智能材料、先进复合材料和生态环境材料等都是学科交叉的结果。新材料的发展也带动和促进基础材料和传统材料的改造与更新，例如对我国产量接近世界第一的钢铁，正在进行“超级钢”的研究发展计划。

总之，21世纪新材料向高性能化、多功能化、复合化、智能化和低成本化方向发展。

1.1.4 常用热处理方法

1. 概述

钢的热处理是将钢在固态下通过加热、保温、冷却的方法，使钢的组织结构发生变化，从而获得所需性能的工艺方法。热处理工艺过程，包括下列三个步骤。

1) 加热

以一定的加热速度把零件加热到规定的温度范围。这个温度范围可根据不同的金属材料、不同的热处理要求确定。

2) 保温

工件在规定温度下，恒温保持一定时间，使零件内外温度均匀。

3) 冷却

保温后的零件以一定的冷却速度冷却下来。

把零件的加热、保温、冷却过程绘制在温度—时间坐标上，就可以得到如图 1-4 所示的热处理工艺曲线。

在机械制造中，热处理具有很重要的地位。例如，钻头、锯条、冲模，必须有高的硬度和耐磨性方能保持锋利，达到加工金属的目的。因此，除了选用合适的材料外，还必须进行热处理，才能达到上述要求。此外，热处理还可改善材料的工艺性能，如加工性，使切削省力，刀具磨损小，且工件表面质量高。

图 1-4 热处理工艺曲线示意图

热处理工艺方法很多，一般可分为普通热处理、表面热处理和化学热处理等。

2 普通热处理

钢的普通热处理工艺有退火、正火、淬火、回火四种。

1) 退火

退火是将金属或合金加热到适当温度，保温一段时间，然后缓慢冷却的热处理工艺。

退火主要目的是降低硬度、消除内应力、改善组织和性能、为后续的机械加工和热处理做好准备。

生产上常用的退火方法有消除中碳钢铸件缺陷的完全退火、改善高碳钢(如刀具、量具、模具等)加工性的球化退火及去除大型铸件、锻件应力的去应力退火等。

2) 正火

正火是将钢加热到适当温度，保温适当的时间后，在空气中冷却的热处理工艺。

正火的目的是细化晶粒，消除内应力，这与退火的目的基本相同。但由于正火冷却速度比退火冷却速度快，故同类钢正火后的硬度和强度要略高于退火。而且由于正火不是随炉冷却，所以生产率高、成本低。因此在满足性能要求的前提下，应尽量采用正火。普通的机械零件常用正火作最终热处理。

3) 淬火

淬火是将钢件加热到适当温度，保持一定时间，然后经较快速度冷却的热处理工艺。

淬火的目的是提高钢的硬度和耐磨性。淬火是钢件强化最经济有效的热处理工艺，几乎所有的模具和重要零部件都需要进行淬火处理，因此淬火也是热处理中应用最广的工艺之一。

(1) 淬火介质

由于不同成分的钢所要求的冷却速度不同，故应通过使用不同的淬火介质来调整钢件淬火冷却速度。最常用的淬火介质有水、油、盐溶液和碱溶液及其他合成淬火介质。淬火冷却的基本要求是：既要使工件淬硬，又要避免产生变形和开裂。因此，选用合适的淬火介质对钢的淬火效果十分重要。

(2) 工件浸入淬火介质的操作方法

工件淬火时浸入淬火介质的操作是否正确，对减小工件变形和避免工件开裂有着重要的影响。为保证工件淬火时得到均匀的冷却，减小工件的内应力，并且考虑到工件的重心稳定，正确的工件浸入淬火介质的方法是：厚薄不均的零件，应使厚的部分先浸入淬火介质；细长的零件（如钻头、轴等），应垂直浸入淬火介质中；薄而平的工件（如圆盘、铣刀等），必须立着放入淬火介质中；薄壁环状零件，浸入淬火介质时，它的轴线必须垂直于液面；有不通孔的工件，应将孔朝上浸入淬火介质中；十字型或H型工件，应斜着浸入淬火介质中。各种形状的零件浸入淬火介质的方法，如图1-5所示。

图 1-5 各种形状的零件浸入淬火介质的方法

1—丝锥 2—钻头 3—铣刀 4—圆片 5—钢圈 6—弹簧

各种形状的零件浸入淬火介质的方法，如图1-5所示。

4) 回火

回火是指钢件淬硬后，再加热到适当温度，保温一定时间，然后冷却到室温的热处理工艺。

淬火钢回火的目的是消除和降低内应力、防止开裂、调整硬度、提高韧性，从而获得强度、硬度、塑性和韧性配合适当的力学性能、稳定钢件的组织和尺寸。一般淬火后的钢件必须立即回火，避免造成淬火钢件的进一步变形和开裂。

根据回火加热温度不同，回火分为以下三种。

(1) 低温回火

淬火钢件在 200 ~ 250 的回火称为低温回火。低温回火使钢的内应力和脆性降低，保