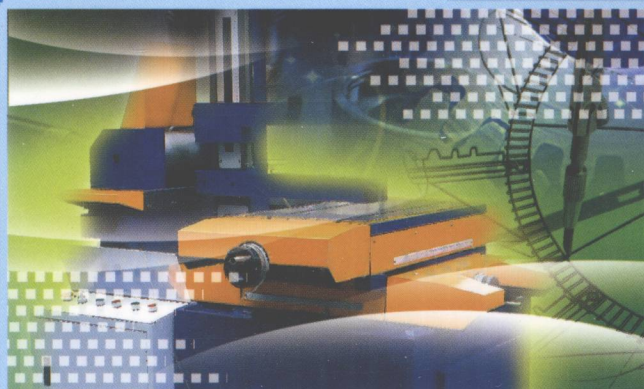




面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果



机械制造基础

JIXIE ZHIZAO JICHU

◎ 主 编 吴东平 张洪涛

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

机械制造基础

主 编	吴东平	张洪涛
副主编	陈凌佳	易红雁

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是根据高等院校机制专业、机电专业的教学基本要求,结合各有关院校教学改革、课程改革的经验而编写的高等教育教学用书。

本书主要内容包括工程材料与热处理、毛坯成形方法、公差配合与测量技术基础、传统机械加工基础、现代制造技术五部分,共计21章。

本书主要作为高等院校机电类专业基础教材,也可作为相关行业岗位培训或工程技术人员和自学人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础 / 吴东平, 张洪涛主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2010.7

ISBN 978-7-5640-3663-8

I. ①机… II. ①吴… ②张… III. ①机械制造—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第160363号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京友谊印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 21.75

字 数 / 507千字

版 次 / 2010年7月第1版 2010年7月第1次印刷

印 数 / 1~1500册

定 价 / 43.00元



责任编辑 / 张旭莉

张慧峰

责任校对 / 王 丹

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前 言

本书根据高等院校机制、机电类专业的教学基本要求，结合各有关院校教学改革、课程改革的经验而编写的高等教育教学用书。

本书编写时，能结合高等教育的实际需要出发，注重科学性、实践性、启发性，循序渐进的介绍各章知识点，做到概念清晰、重点突出、简明扼要。同时，能采用先导案例引入问题，让读者带着问题进行学习，明确目的，最后通过所学知识解决问题，从而使读者对知识的掌握趋于简单化、通俗化、任务化。本书主要内容包括工程材料与热处理、毛坯成形方法、公差配合与测量技术基础、传统机械加工基础、现代制造技术等5部分，共计21章。

本书主要作为高等院校机制、机电类专业基础教材，也可作为相关行业岗位培训或工程技术人员和自学人员的参考用书。

本书由吴东平、张洪涛任主编，陈凌佳、易红雁任副主编，王亚真、王素英、王锐参与了编写。具体编写分工是：吴东平（第2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12章）、张洪涛（第18、19章）、陈凌佳（第20、21章）、易红雁（第13、14、15章）、王亚真（第1章）、王素英（第16章）、王锐（第17章）。

由于编者水平有限，编写的时间仓促，书中错误及不当之处在所难免，恳请广大读者给予批评指正。

编 者

◎绪 论

一、机械制造的一般概念

我国经济的发展有赖于科技进步以及广泛采用新技术、新工艺、新材料和新设备。机械制造业能否提供先进的设备,取决于机械制造业的发展水平,而机械技术人员对机械制造业水平的发展肩负着重大责任。

机械制造是机器制造工艺过程的总称。它包括将原材料转变为成品的各种劳动的总和,大致可分为生产技术准备、毛坯制造、零件加工、产品检测和装配等过程。

1. 生产技术准备过程

机器投产前,必须做各项技术准备工作,其中最主要的一项是制订工艺规程。这是直接指导各项技术操作的重要文件。此外,正确选择材料,标准件购置,刀具、夹具、模具、装配工具等的预制,热处理设备和检测仪器的准备等,都要求在本过程中安排就绪。

2. 毛坯制造过程

毛坯可由不同方法获得。合理选择毛坯,可显著提高生产率和降低成本。常用的毛坯制造方法有铸造、锻压、焊接和型材。

(1) 铸造。一般来说,结构复杂,特别是内腔复杂或大型零件采用铸造方法形成毛坯。某些小型或结构简单的零件,在生产批量很大时,也往往采用铸造方法成形。

(2) 锻压。承受重载荷的零件,如主轴、连杆、重要齿轮等,常采用锻压加工获得毛坯。因为金属材料经锻压后内部组织得到改善,提高了机械性能。

(3) 焊接。工艺过程较铸造简单,近年来,由于焊接技术的提高,现代工程中的一些金属结构和零件普遍采用焊接成形。

(4) 型材。圆棒料、板料、管料、角钢、槽钢、工字钢等均为型材。其中以圆棒料应用最广,用作螺钉、销钉、小型盘状零件和一般轴类零件的坯料,使用方便。板料、角钢、槽钢、工字钢等则普遍用于金属结构。

3. 零件加工过程

金属切削加工是目前加工零件的主要方法。通用的加工设备有车床、钻床、镗床,刨床,铣床和磨床。此外,还有各种专用机床、特种加工机床。选择加工方法、选用机床设备和刀具,需要广泛的专业知识。例如,轴的精加工可用车床加工,也可用磨床加工,哪种方案合理,需视具体情况而定。车床的加工精度一般低于磨床,但在车床上采用高切削速度、小进给量,也能达到较高的精度,满足零件的技术要求。不过,这种做法与磨床加工相比,生产率低,经济效益也差。所以,必须具有“经济精度”的概念。所谓经济精度,就是指某种加工方法只宜达到某种精度,超过这个精度将失去经济性,这些问题在制订工艺规程时应予以考虑。

4. 产品检测和装配过程

由若干个零件组成的机器，其精度为各个零件精度的总体反映。设计者按机器工作要求，提出各项技术条件，必须掌握零件精度与总体精度之间的联系，采取合理的工艺措施，使用合适的机床和工装夹具，以保证每个零件的精度要求。每一个加工工序，不可避免地产生加工误差，如何检验这些误差，在哪些工序之后设定检验工序，采用何种量具等问题，都必须全面考虑，合理安排。除了几何形状和尺寸之外，还有表面质量和内部性能的检验，例如缺陷检验、机械性能检验和金相组织检验等。

装配过程必须严格遵守技术条件规定。例如，零件清洗、装配顺序、装配方法、工具使用、接合面修磨、润滑剂施加以及运转跑合，甚至油漆色泽和包装，都不可掉以轻心，只有这样才能生产出合格产品。

二、机械零件工艺过程

1. 产品质量

机械制造过程中，尽管要考虑很多问题，但始终贯串着一条主线——保证产品质量。机器制造依赖于完整的图纸（装配图、零件图）和各种技术文件以及相关标准。零件是机械制造的基本单元，零件质量、装配质量直接关系到产品质量，而零件质量又与材料性能、零件加工质量有关。因此，机械加工的首要任务就是要保证零件加工质量。

2. 工艺规程

零件的几何形状、尺寸、表面间相对位置和表面粗糙度，都有一定的技术要求，很多零件还有热处理要求。同一表面有时可用不同的方法加工，有的要用几种方法顺序加工。根据零件的技术要求，选择各表面的合理加工方法，安排加工顺序，确定热处理方案，使零件加工在保证质量的前提下获得最佳经济效益，这就是工艺规程的基本内容。工艺规程是直接指导工人进行操作和技术检验的重要技术文件，是组织生产的基础。学生学习本课程后，应具有初步拟定工艺规程的能力。

生产中，直接改变原材料或毛坯的形状、尺寸和性能，使之成为产品的过程，称为工艺过程。铸造、锻压、焊接、切削加工、热处理等都属于工艺过程。把工艺过程合理化并编写成文件，如工艺卡片等，这类文件称为工艺规程。实际生产中，不同的零件，由于其结构、形状和技术要求的不同，常采用不同的加工方法，经过一系列加工才能完成。即使是同一个零件，由于生产条件不同，加工工艺也不尽相同，但在一定生产条件下，总有一种比较合理的工艺方案。因此，制订工艺规程时，要从工厂现有的生产设备和零件的生产批量出发，在保证产品质量的前提下，考虑到提高生产率、降低成本和改善劳动条件等方面后，择优制订。

三、机械制造技术的发展简史

机械制造是在生产实践中发展起来的一门既古老又充满活力的学科。几千年来，我国人民在机械制造发展的历史上写下了许多光辉篇章。

早在商代，我国就有了冶炼铸造青铜的技术，这一时期被称为青铜器时代（公元前1562—1066年）。1939年在河南安阳出土了一个现存最大的商代青铜大鼎，长方形，四足，高1.33m，重875kg。鼎腹内有铭文，是商王为祭祀其母后而制，现藏于中国历史博物馆。

春秋时期（公元前770—476年），中国就开始应用铸铁技术，比欧洲要早1500年，如吴王阖闾制造铁兵器，命干将铸剑，得雌雄两剑，雄名干将，雌名莫邪（莫邪是干将之妻，助夫铸剑），后用以泛称宝剑。由传说中的锋利情况，可以想象当时的技术高度。

战国时期（公元前475—221年），中国发明了“自然钢”的冶炼法，有了更高的制剑技术，制剑长度达1米以上。说明那时已有了冶铸、锻造、锻焊和热处理等技术。中国古代对钢铁的主要成形方法是锻，最重要的热处理方法是“淬”，就是将已锻好的钢铁用高温烧红，放到水里一浸，使质地坚硬。

中国铁器生产在西汉时期（公元前206—公元8年）达到全盛时代。这时，农具及日用品多已用铁制造。到了公元7世纪的唐朝，有了锡焊和银焊。到8世纪，有了手工操作车床。在明朝有了很多简单的切削加工设备，如铣、刨、钻、磨削等。清初（1688年），曾用马作动力，使用直径近两丈的嵌片铣刀，铣削天文仪的大铜环。

中国从商周、春秋战国到唐、宋、元、明，在冶炼技术和机械制造工艺方面，几千年来都走在世界前列。只是鸦片战争以后，中国受到帝国主义列强的侵略和国内反动统治阶级的压迫，沦为一个半殖民地、半封建的国家，科学技术越来越落后。中华人民共和国成立以来，我国的机械制造业有了飞速的发展，仅就机械制造而言，建立了飞机、汽车、轮船等生产基地。机械制造的近代史，从普通机床迅猛发展为自动化机床、自动生产线、数控机床、机械加工中心、柔性制造系统、计算机集成制造系统、多级计算机控制的全自动化无人工厂等。今天的光辉成就，使人赞叹不已。

四、工程材料与机械制造技术发展趋势

进入21世纪，现代科学技术飞跃发展。材料技术、能源技术、信息技术成为现代人类文明的三大支柱。现在，世界上已有传统材料数十万种，并且新材料的品种正以每年大约5%的速度增长。各种各样的金属材料、高分子材料、无机非金属材料 and 复合材料给社会生产和人们生活带来了巨大的变化。在工程材料的研究和应用方面，传统钢铁材料不断扩大品种规模，不断提高质量并降低成本，在冶炼、浇铸、加工和热处理等工艺上不断革新，出现了炉外精炼、连铸连轧、控制轧制等新工艺，微合金钢、低合金高强度钢、双相钢等新钢种不断涌现。在非铁金属及其合金方面，出现了高纯高韧铝合金、高温铝合金、高强高韧和高温钛合金，先进的镍基、铁基、铬基高温合金、难熔金属合金及稀贵金属合金等。快速凝固金属非晶和微晶材料、纳米金属材料、定向凝固柱晶和单晶合金等许多新型高性能金属材料和磁性材料、形状记忆合金等功能材料也层出不穷。

在机械加工工艺方面，各种特种加工和特种处理工艺方法也日益增多。传统的机械制造工艺过程正在发生变化，如铸造、压力加工、焊接、热处理、胶接、切削加工、表面处理等生产环节采用高效专用设备和先进工艺，普遍实行工艺专业化和机械生产自动化。为适应产品更新换代周期短、品种规格多样化的需要，高效柔性加工系统获得迅速发展。计算机集成制造系统把计算机辅助设计系统（CAD）、计算机辅助制造系统（CAM）与生产管理信息系统（MIS）融合成一个有机整体，实现了机械制造过程高度自动化，极大地提高了劳动生产率和社会经济效益，是21世纪制造业的发展方向。

五、课程性质、特点和研究对象

机械制造基础是机制、机电类专业的一门重要的综合化的专业基础课。学习这门课程，不仅使学生在常用工程材料、毛坯与零件成形方法、公差配合与技术测量、切削加工

等方面获得必要的基础知识，更重要的是培养学生在工程材料和工艺设计方面具有解决实际问题的能力。

在教学计划中，本课程的先修课程主要有：“机械制图”“机械基础”及“金属工艺学”等。通过实习，学生初步熟悉了毛坯和零件的成形和加工方法、材料的使用、设备和工具的使用，并对主要工种具有了一定的操作能力。这样，才能更好地学习本课程，并为学习有关后续课程以及今后从事专业工作打下坚实的基础。

本课程研究的对象是工程材料和机械加工工艺过程中的基本知识。“工程材料”部分，以剖析铁碳合金的金相组织为基础，以介绍工程材料的性质和合理选材为重点。“毛坯成形方法”部分，以铸造、锻压和焊接工艺为基础，介绍毛坯件的结构设计知识，以合理选择毛坯的成形方法为重点。“公差配合与测量技术”部分，主要介绍公差配合的基本概念、合理选择、几何量测量技术的应用。“切削加工”部分，着眼于总结金工实习，把感性认识上升到理论高度，进而归纳成系统性知识，初步掌握机械制造工艺的全过程。

综上所述，本课程涉及工程材料、热处理、公差配合与技术测量和机械加工工艺等方面的内容。从高等职业教育培养目标和教学计划出发，在讲清工程材料的基础上，以成形工艺方法为主线，融多门课程于一体，具有内容精、容量大、综合性强的鲜明特点。

目 录

绪论	1
----------	---

第一部分 工程材料与热处理

第1章 材料的性能	3
第一节 材料的机械性能	4
第二节 材料的物理、化学性能	12
第三节 材料的加工工艺性能	14
知识扩展	15
先导案例解决	16
本章小结	16
思考题	16
第2章 铁碳合金	17
第一节 金属的晶体结构与结晶	17
第二节 合金的晶体结构、二元合金状态图	24
第三节 铁碳合金状态图	27
第四节 碳钢、铸铁	33
知识扩展	38
先导案例解决	39
本章小结	39
思考题	40
第3章 钢的热处理	41
第一节 钢在加热时的转变	42
第二节 钢在冷却时的转变	43
第三节 热处理工艺	47
第四节 钢的表面热处理	52
第五节 热处理工艺的应用	55
知识扩展	58
先导案例解决	59
本章小结	59
思考题	59

第4章 合金钢.....	60
第一节 合金元素在钢中的作用	61
第二节 低合金钢和合金钢的分类及牌号	62
第三节 低合金钢	64
第四节 合金钢	66
知识拓展	76
先导案例解决	76
本章小结	77
思考题	77
第5章 有色金属及非金属.....	78
第一节 铝及铝合金	79
第二节 铜及滑动轴承合金	83
第三节 粉末冶金与硬质合金	87
第四节 高分子材料	91
第五节 复合材料	95
第六节 其他非金属材料	96
知识拓展	99
先导案例解决	99
本章小结	99
思考题	100
第6章 铸铁	101
第一节 铸铁概述	102
第二节 灰铸铁	104
第三节 球墨铸铁	106
第四节 可锻铸铁	108
第五节 蠕墨铸铁	110
知识拓展	111
先导案例解决	111
本章小结	111
思考题	111
第7章 零件选材及热处理.....	113
第一节 零件的失效分析	113
第二节 零件材料的选用	116
第三节 热处理的技术条件及工序位置	117
第四节 典型零件的选材及热处理	119
知识拓展	123
先导案例解决	123

本章小结	123
思考题	124

第二部分 毛坯成形方法

第8章 铸造	127
第一节 铸造工艺基础	127
第二节 砂型和特种铸造	128
第三节 铸造质量与成本分析	135
第四节 铸造新工艺和新技术	137
知识拓展	138
先导案例解决	140
本章小结	140
思考题	140
第9章 锻压	141
第一节 锻压工艺基础	141
第二节 自由锻	147
第三节 模锻和胎模锻	152
第四节 板料冲压	155
知识拓展	159
先导案例解决	161
本章小结	161
思考题	161
第10章 焊接	162
第一节 焊接工艺基础	162
第二节 焊条电弧焊	164
第三节 其他焊接方法	171
第四节 常用金属材料的焊接	175
知识拓展	176
先导案例解决	177
本章小结	177
思考题	177
第11章 毛坯选择	178
第一节 确定毛坯类型及成形方法的原则	178
第二节 典型零件的毛坯选择	181
知识拓展	182
先导案例解决	182

本章小结	183
思考题	183

第三部分 公差配合与测量技术基础

第12章 尺寸公差与配合	187
第一节 基本术语及定义	187
第二节 标准公差与基本偏差系列	192
第三节 优先和常用配合	199
第四节 尺寸公差与配合的选用	202
知识拓展	205
先导案例解决	207
本章小结	207
思考题	207
第13章 形状和位置公差	208
第一节 概述	208
第二节 形状公差与位置公差	210
第三节 形状公差与位置公差的应用	217
知识拓展	224
先导案例解决	225
本章小结	225
思考题	225
第14章 表面粗糙度	227
第一节 主要术语及评定参数	228
第二节 表面粗糙度对零件功能的影响及其选择	230
第三节 表面粗糙度代号及其注法	232
知识拓展	234
先导案例解决	234
本章小结	234
思考题	234
第15章 测量方法	236
第一节 测量方法的分类	236
第二节 常用量具及仪器	238
第三节 测量误差及其处理	244
第四节 形位误差测量方法	247
知识拓展	249
先导案例解决	251

本章小结	251
思考题	251

第四部分 传统机械加工基础

第16章 机床基础知识	255
第一节 金属切削机床的分类及型号	255
第二节 机床的基本构造	258
知识拓展	259
先导案例解决	260
本章小结	260
思考题	260
第17章 金属切削加工基础知识	261
第一节 常用切削刀具	261
第二节 切削运动和切削要素	266
第三节 切削刀具基本定义	268
第四节 刀具材料	271
第五节 切削过程中的物理现象	274
知识拓展	278
先导案例解决	280
本章小结	280
思考题	280
第18章 各种表面的加工	281
第一节 外圆表面加工	281
第二节 内圆表面加工	283
第三节 平面加工	287
第四节 螺纹加工	287
第五节 齿轮的齿形加工	290
知识拓展	293
先导案例解决	294
本章小结	295
思考题	295
第19章 机械加工工艺过程	296
第一节 概述	296
第二节 工艺规程的制订	302
知识拓展	304
先导案例解决	305

本章小结	305
思考题	306

第五部分 先进制造技术

第20章 特种加工与数控加工	309
第一节 特种加工	309
第二节 数控加工	317
先导案例解决	319
本章小结	319
思考题	320
第21章 机械制造自动化	321
第一节 成组技术 (GT)	321
第二节 计算机辅助工艺规程设计 (CAPP)	323
第三节 柔性制造系统 (FMS)	326
第四节 计算机集成制造系统	329
先导案例解决	331
本章小结	331
思考题	332
参考文献	333

第一部分

工程材料与热处理

工程材料一般可分为金属材料、陶瓷材料、高分子材料和复合材料等几大类。其中金属材料是工程材料中广泛应用的一大类。它又分为黑色金属和有色金属两类。

本部分着重论述金属材料，尤其是黑色金属中的钢铁材料，而陶瓷材料、高分子材料和复合材料等几类，也将作一定的论述。

第1章

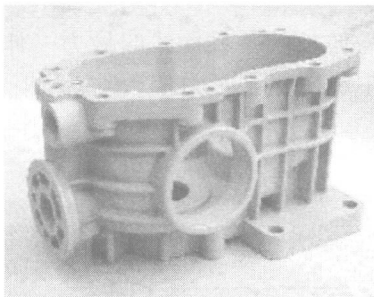
材料的性能

【本章知识点】

1. 掌握材料的强度、硬度、塑性、冲击韧度和疲劳强度等机械性能的概念及特点。
2. 掌握材料的加工工艺性能。
3. 了解材料的物理和化学特性。

【先导案例】

请想想该图片的零件材料具有什么性能？为什么？



金属材料的性能直接关系到金属制品和金属结构的质量、使用寿命和加工成本，是产品选材和拟定加工工艺方案的重要依据。其性能主要包括以下两个方面。

(1) 使用性能，即为了保证零件、工程构件或工具等的正常工作，材料所应具备的性能，它包括力学、物理、化学等方面的性能。

(2) 工艺性能，即反映金属材料在被制成各种零件、构件和工具的过程中，材料适应各种冷、热加工的性能，主要包括铸造、压力加工、焊接、切削加工、热处理等方面的性能。

根据载荷性质，零件受力情况可分为静载荷和动载荷两类。静载荷是指逐渐而缓慢的作用在工件上的力，如机床床头箱对床身的压力、钢索的拉力、梁的弯矩、轴的扭矩和剪切力等。动载荷包括冲击载荷和交变载荷等，如空气锤锤杆所受的冲击力。齿轮、曲轴、弹簧等零件所承受力的大小与方向是随时间而变化的载荷等。

无论何种固体材料，其内部原子之间都存在相互平衡的原子结合力的相互作用。当工作材料受外力作用时，原来的平衡状态受到破坏，材料中任何一个小单元与其邻近的各小单元之间就诱发了新的力，称为内力。在单位截面上的内力，称为应力，以 σ 表示。材料在