

国家工科基础课程教学基地机械基础系列教材

机械制造技术基础

第2版

刘 英 袁绩乾 主编

上册



国家工科基础课程教学基地机械基础系列教材

机械制造技术基础

(上册)

第 2 版

主 编	刘 英	袁绩乾
副主编	严兴春	
参 编	廖 兰	郭 建
	鞠萍华	廖志勇
主 审	张根保	



机械工业出版社

本书是为了培养机械设计制造及其自动化专业应用型人才的需要,融合机械制造工艺学、金属切削原理与刀具、金属切削机床、机床夹具设计及机械加工工艺基础等内容,对机械制造技术的基本知识、基本理论、基本方法进行有机整合而撰写成的一本专业主干技术基础课程教材。全书共11章,包括:绪论、金属切削及机床基本知识、外圆表面加工、平面加工、孔加工、齿轮及螺纹表面加工、机床夹具设计、机械加工质量及其控制、机械加工工艺规程设计、机械装配工艺基础、现代制造技术简介等。

本书适用于作为高等院校机械设计制造及其自动化专业的教材,亦可作为普通高等院校机械类其他专业的教材或参考书,还可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校等相关专业的教材或参考书,也可供从事机械制造的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/刘英,袁绩乾主编. —2版. —北京:
机械工业出版社, 2008. 8

(国家工科基础课程教学基地机械基础系列教材)

ISBN 978-7-111-09116-5

I. 机… II. ①刘…②袁… III. 机械制造工艺-高等学校
-教材 IV. TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第114563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:刘小慧 责任编辑:刘小慧 李建秀 版式设计:霍永明

责任校对:程俊巧 封面设计:鞠 杨 责任印制:邓 博

北京京丰印刷厂印刷

2008年9月第2版·第1次印刷

184mm×260mm·27.25印张·666千字

标准书号:ISBN 978-7-111-09116-5

定价:45.00元(上下册)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379711

封面无防伪标均为盗版

第2版前言

本书第1版自2001年出版以来,已在很多高校中作为教材或参考书使用。随着高等教育教学改革的进一步深入,重庆大学机械设计制造及其自动化专业委员会,根据近几年教学改革积累的实践经验和成果,对“机械制造技术基础”课程的教学内容和学时数都作了重大的调整,因此第1版教材已不能满足本课程教学的要求。为此,与机械工业出版社协商对该书进行修订。

修订时,作者对全书的内容进行了重新编排,本着突出“工程应用”,培养学生实践动手能力以及便于组织教学和精选整合的原则,在保持原教材体系与特色的基础上进行修订。主要修订内容如下:①取消了原教材的第二章——机械零件加工表面的形成。将有关机械零件的种类及其表面形成原理部分内容、切削运动与切削要素部分内容、金属切削机床基本知识部分内容整合到金属切削及机床基本知识一章中;将公差与配合内容删除(另设“精度设计”课程);将工件定位原理的内容整合到机床夹具设计一章中。②增加了齿轮及螺纹表面加工一章,主要讨论圆柱齿轮及螺纹表面加工的加工方法和设备。③增加了机床夹具设计一章,除了介绍工件定位的基本原理外,还增加了定位误差的分析与计算、典型机床夹具和夹具设计方法和步骤等内容。④增加了机械加工质量一章,主要介绍了机械加工质量的概念、影响机械加工精度和表面质量的因素以及加工质量的统计分析等内容。⑤在机械加工工艺规程一章中,增加了工艺尺寸链、计算机辅助工艺设计、制订机械加工工艺规程的实例、数控加工工艺规程的编制等内容。⑥在机械装配工艺基础一章中,增加了保证装配精度的方法一节内容。

本书第2版的编写是在第1版基础上进行的,在此首先对参与第1版编写的作者们表示衷心的感谢!本书第2版由重庆大学刘英、袁绩乾担任主编,刘英并承担第8章、第9章的编写;重庆大学严兴春担任副主编,并承担第1章、第2章和第6章的编写;重庆工商大学廖兰编写了第7章;重庆大学郭建编写了第10章、第11章;重庆大学鞠萍华编写了第4章、第5章;重庆大学廖志勇编写了第3章。全书由刘英负责统稿。重庆大学张根保教授审阅了全稿,在此表示衷心的感谢!

在本书第2版的编写过程中,由于参考了众多的教材和专著,可能存在部分参考资料没有列入参考文献的现象,在此向所有的作者表示感谢!

本书得到重庆大学教材建设基金的资助,在此表示感谢!

最后,向参加本书编写、审稿和出版工作,以及在编写过程中给予帮助和支持的各位同仁,致以最诚挚的谢意!由于我们的水平有限,缺点错误在所难免,希望广大读者对本书提出宝贵意见,以利于本书质量的提高。

编者 2008年4月

第1版前言

“机械制造技术基础”课程是在实施国家教育部“面向二十一世纪教学内容和课程体系改革”研究项目和国家工科机械基础课程教学基地建设过程中,根据我国“机械设计制造及其自动化专业教学指导委员会暨工科机械类专业课程改革研讨会”关于设置技术基础课的意见而设置的,是工科机械类各专业所有学生都要学习的一门技术基础课。按照该意见,机械类学生必修的技术基础课程可分为力学系列、计算机应用系列、电工电子技术系列、机械设计基础系列、机械制造基础系列、测控系列和经管系列等。其中,机械设计基础系列课程包括“工程图学”、“机械原理”和“机械设计”等课程,机械制造基础系列课程包括“机械工程材料”、“材料成形技术基础”和“机械制造技术基础”等课程。按照教学改革的要求,应实现课程体系的整体优化,构建融会贯通、紧密配合、有机联系的课程体系;要精选整合教学内容,改变课程内容庞杂陈旧、分割过细,避免简单拼凑、脱节和不必要的重复;要加强理论联系工程实际,改进教学方法,培养学生自主学习和独立思考等等。按照新课程体系的要求,应将“机械加工工艺基础”、“金属切削原理与刀具”、“金属切削机床”、“机械制造工艺学”、“机床夹具设计”和“公差与技术测量”等课程合并形成“机械制造技术基础”课程。为此,根据面向21世纪机类专业人才培养的要求及本课程在机械基础系列课程中的定位和任务,本书是将上述原有课程的最基础内容精选出来,适当新增一些知识要点,加以整合,精心编写而成的。由于机械工程具有高度的综合性和系统性,在研究机械工程问题时,需要多方面的知识与经验的集合。例如,机械设计需要机械制造方面的基础知识,而机械制造也需要机械设计方面的基础知识,两者相辅相成。在先讲授机械设计基础系列课程,或是先讲授机械制造基础系列课程的教学安排上,存在着两种课程体系。按照新的课程体系,本课程的教学过程,应放在“工程图学”、“机械工程材料”与“材料成形技术基础”课程之后,在“机械设计”和“机械原理”课程之前,而且,还规定在学习本课程之后,要进行为期一周的计算机辅助机械加工工艺规程(CAPP)课程设计,目的是使学生进一步融会贯通。本书既然能够满足先讲授机械制造基础系列课程的课程体系的要求,也就能够满足先讲授机械设计基础课程的课程体系的要求。为此,本书对一些重要的基础知识给予了详细的叙述,注重了突出要点和概念,注重了联系工程实际,讲授时还可以采用多媒体等实感性较强的教学手段,还需要设置相关的课程实验,学生应采用反复阅读、前后借鉴的学习方法。

从组织结构与内容顺序分析,本节可大致划分为五大部分:第一部分(第一、二章)是从宏观整体出发,让学生了解制造业、制造系统和制造技术,了解其发展历史,当今国内外的的发展状况与前景,明确制造业在科技与社会经济发展中的重要地位和作用。接着让学生具体了解获得机械零件加工表面形状的方法和加工条件,如表面加工成形的方法、成形运动、切削要素、切削机床类型、零件表面尺寸形位公差,以及加工时零件的定位与夹紧等。第二部分(第三章)进一步让学生深入了解零件加工的基本原理和规律。对加工过程中的现象、影响因素、控制方法进行了较深入地分析;对影响加工过程最重要的方面,如切削刀

具的结构、刀具几何参数作了较全面的介绍；再通过对磨削加工方法和加工过程特点的分析，让学生学会怎样去分析除车削、磨削以外的其他各种加工方法（铣削、刨削、钻削、拉削、镗削、珩磨、研磨等）的特点。这部分内容为学生进一步全面学习制造技术的知识打下了较坚实的基础。第三部分（第四、五、六章）把学生的思路引导到解决机械零件表面加工的问题上。主要介绍机械零件基本形状要素（外圆、平面、内孔）的加工方法、加工机床及其切削加工过程的特点。各章有不同的重点内容：在外圆加工一章中，重点是介绍卧式车床和外圆磨床的结构与传动系统，以此讲解金属切削机床结构与传动方面的主要基本知识，而对其他类型的机床（在其他章节里）仅作简单介绍，只要求了解机床的基本功能和基本组成，学会如何正确选用；在平面加工一章中，重点对铣削加工方法及其铣削过程特点进行了分析，由此进一步扩大和加深对切削加工规律的认识；在孔及孔系加工一章中，主要介绍了孔加工的各种方法和刀具。通过这一部分的学习，应对常用的各种加工方法、各类机床、各种加工刀具都有较全面的了解和认知，能够合理选用。第四部分（第七、八、九章）进一步引导学生从零件外形的加工提高到从机械零件的整体出发考虑，如何制订合理的机械加工工艺规程，还对影响零件加工质量的原因和控制方法进行了分析，并具体介绍了几种典型零件的机械加工工艺规程；再进一步从机械零部件出发考虑，如何制订合理的机械装配工艺规程。这就使学生对机械制造系统和机械制造技术的基本知识有了比较具体全面的理解。第五部分（第十、十一章）较全面介绍了目前国内外发展的各种先进制造系统、先进制造技术、精密超精密加工和特种加工方法，其中对数控加工基本知识作了较多的介绍，让学生对机械制造业的发展方向有了初步认识。总之，本书是在学习了金属切削基本理论、讲述了金属切削机床基本知识、了解了公差与配合知识要点、分析了机械零件定位原理后，再依次叙述机械零件的特征表面及其加工方法与加工精度。之后，研究制订机械加工工艺规程和机械装配工艺规程的问题。最后，再了解自动化加工、数控加工、特种加工和先进制造技术的概念性知识，这就是本课程的教学主线。

本书的编写是在重庆大学国家工科机械基础课程教学基地的组织下进行的，本书的编写大纲、第一章和第八章由重庆大学袁绩乾（其中，第八章的第一节由董胜龙，第八章的第二节由李文贵）编写；第二章、第五章和第六章由重庆大学李文贵编写；第三章由重庆大学严兴春编写；第四章由重庆大学董胜龙编写；第七章由重庆大学刘英（其中，第三节五.由袁绩乾）编写；第九章由重庆大学张毅编写；第十章和第十一章由西南交通大学杜全兴编写。本书由四川大学杨治国教授主审。

在此，向参加本书编写、审稿和出版工作的，以及在编写过程中给予帮助和支持的各位同仁，致以最诚挚的谢意！由于编者水平有限，本书尚有许多不足之处，诚望读者提出宝贵意见^①。

主编 2001年3月
于重庆大学机械工程学院

① 主编的 E-mail: yuanjiqian@netease.com; Tel: 023-65103837; Fax: 023-65105634。

目 录

第2版前言

第1版前言

第1章 绪论 1

- 1.1 制造业、制造系统与制造技术 1
- 1.2 机械制造业在国民经济中的
地位和作用 1
- 1.3 我国机械制造业现状 2
- 1.4 机械制造学科的范畴及研究内容 3
- 1.5 机械制造学科发展趋势 5
- 1.6 本课程的性质、任务及目的 7

第2章 金属切削及机床基本知识 8

- 2.1 概述 8
 - 2.1.1 机械零件的种类及其表面
形成原理 8
 - 2.1.2 切削运动和切削用量 11
 - 2.1.3 刀具切削部分的几何参数 13
 - 2.1.4 切削层参数与切削方式 19
 - 2.1.5 金属切削机床基本知识 21
- 2.2 金属切削过程的基本规律 27
 - 2.2.1 金属切削过程 27
 - 2.2.2 切削力 32
 - 2.2.3 切削热和切削温度 39
 - 2.2.4 刀具磨损与刀具寿命 42
- 2.3 切削条件的合理选择 46
 - 2.3.1 工件材料的切削加工性 46
 - 2.3.2 刀具材料 47
 - 2.3.3 刀具几何参数的合理选择 51
 - 2.3.4 切削液的作用和选择 54
 - 2.3.5 切削用量的合理选择 55
- 2.4 磨削 63
 - 2.4.1 磨削运动及磨削用量 63
 - 2.4.2 砂轮特性及其选择 64
 - 2.4.3 磨削过程 68
 - 2.4.4 高效磨削方法简介 72

复习思考题 73

第3章 外圆表面加工 75

- 3.1 外圆表面加工的技术要求及

方案选择 75

- 3.1.1 外圆表面加工的技术要求 75
- 3.1.2 外圆表面加工的方案选择 75
- 3.2 外圆车削 76
 - 3.2.1 常用车刀的结构 76
 - 3.2.2 CA6140 型卧式车床的功能
和运动 77
 - 3.2.3 CA6140 型卧式车床的主
运动链 81
 - 3.2.4 CA6140 型卧式车床的进给
运动链 84
 - 3.2.5 CA6140 型卧式车床的结构 90
- 3.3 外圆磨削 104
 - 3.3.1 工件外圆的磨削方法 104
 - 3.3.2 M1432A 型万能外圆磨床 107

复习思考题 113

第4章 平面加工 114

- 4.1 概述 114
 - 4.1.1 平面加工的技术要求 114
 - 4.1.2 常用的平面加工方法 115
 - 4.1.3 平面加工方案的选择 115
- 4.2 铣削加工 117
 - 4.2.1 铣削过程及其特点 118
 - 4.2.2 常用铣床 123
- 4.3 刨削加工 126
 - 4.3.1 刨削过程及其特点 126
 - 4.3.2 刨床与插床 128
- 4.4 平面磨削 129
 - 4.4.1 平面磨削的方法 129
 - 4.4.2 平面磨床 130

复习思考题 132

第5章 孔加工 133

- 5.1 孔加工的技术要求 133
 - 5.1.1 孔的分类 133
 - 5.1.2 孔的技术要求 133
- 5.2 孔的常规加工方法 134
 - 5.2.1 钻孔 134

5.2.2 扩孔	138	7.4.2 确定夹紧力的原则	213
5.2.3 铰孔	138	7.4.3 常用的夹紧机构	216
5.2.4 铰孔	139	7.5 夹具的连接元件、对刀装置	
5.2.5 镗孔	141	和引导元件	224
5.2.6 拉削加工	143	7.5.1 夹具的连接元件	224
5.2.7 高精度孔的磨削与珩磨	147	7.5.2 对刀装置	226
5.2.8 深孔加工	151	7.5.3 引导元件	228
5.2.9 孔的典型加工方案选择	154	7.6 典型机床夹具	231
5.3 孔加工的典型设备	154	7.6.1 钻床夹具	231
5.3.1 钻削加工机床	154	7.6.2 铣床夹具	236
5.3.2 镗床	157	7.6.3 镗床夹具	240
复习思考题	160	7.6.4 组合夹具	245
第6章 齿轮及螺纹表面加工	162	7.7 夹具设计的方法和步骤	251
6.1 圆柱齿轮加工	162	7.7.1 明确夹具的设计任务	251
6.1.1 圆柱齿轮的结构特点与		7.7.2 定位方案的确定	252
技术要求	162	7.7.3 对刀元件或导向元件的	
6.1.2 齿轮加工方法概述	163	选择和确定	254
6.1.3 滚齿加工	165	7.7.4 夹紧方案的确定	254
6.1.4 插齿加工	176	7.7.5 夹具总图的绘制	254
6.1.5 剃齿加工	178	7.7.6 夹具有关尺寸和技术要求	
6.1.6 珩齿和磨齿加工	180	的标注	255
6.1.7 圆柱齿轮齿部加工工艺		复习思考题	256
方案选择	181	第8章 机械加工质量及其控制	259
6.2 螺纹加工	182	8.1 基本概念	259
6.2.1 螺纹的技术要求	182	8.1.1 机械加工精度	259
6.2.2 螺纹加工的成形原理	182	8.1.2 机械加工表面质量	261
6.2.3 螺纹加工方法	182	8.2 影响机械加工误差的主要因素	263
复习思考题	187	8.2.1 机床误差	263
第7章 机床夹具设计	189	8.2.2 刀具误差	266
7.1 概述	189	8.2.3 工艺系统的弹性变形	267
7.1.1 基准及其分类	189	8.2.4 工艺系统的热变形	273
7.1.2 工件在工艺系统内的安装	191	8.2.5 工件内应力(残余应力)	276
7.1.3 机床夹具的组成及分类	193	8.2.6 其他因素	277
7.2 工件在夹具中的定位	194	8.2.7 提高和保证加工精度的措施	278
7.2.1 工件的六点定位原理	194	8.3 机械加工表面质量的形成及其	
7.2.2 常见定位方式与定位元件	196	影响因素	280
7.3 定位误差的分析与计算	205	8.3.1 表面粗糙度的形成及其	
7.3.1 定位误差的概念及产生		影响因素	280
的原因	205	8.3.2 加工表面硬化及其影响因素	282
7.3.2 定位误差的分析与计算	207	8.3.3 表面金相组织变化与	
7.3.3 加工误差不等式	212	磨削烧伤	284
7.4 工件在夹具中的夹紧	212	8.3.4 表面层的残余应力	286
7.4.1 夹紧装置的组成及基本要求	212	8.3.5 工艺系统的振动	286

8.3.6 提高零件表面质量的 工艺途径	288	9.7.1 数控加工工艺的概念	345
8.4 机械加工质量的统计分析	289	9.7.2 数控加工内容的选择	346
8.4.1 加工误差的性质	289	9.7.3 数控加工工艺的特点	346
8.4.2 正态分布曲线法	289	9.7.4 数控加工工艺性分析	346
8.4.3 控制图法	292	9.7.5 数控加工工艺路线的设计	348
复习思考题	295	9.7.6 数控加工工序的设计	349
第9章 机械加工工艺规程设计	297	9.7.7 数控加工工艺文件	350
9.1 基本概念	297	复习思考题	351
9.1.1 生产过程和机械加工 工艺过程	297	第10章 机械装配工艺基础	355
9.1.2 机械加工工艺过程的组成	297	10.1 机械装配工艺规程的制订	355
9.1.3 生产纲领与生产类型	299	10.1.1 机械装配生产类型及其特点	355
9.1.4 机械加工工艺规程	300	10.1.2 制订机械装配工艺规程的原始 资料和基本原则	356
9.1.5 制订机械加工工艺规程 的步骤	303	10.1.3 制订装配工艺规程的方法 和步骤	357
9.1.6 工艺规程的技术经济分析	306	10.1.4 机械结构的装配工艺性	361
9.2 工艺路线的拟定	307	10.2 保证机械装配精度的方法	363
9.2.1 定位基准的选择	308	10.2.1 装配精度	363
9.2.2 加工方法的选择	310	10.2.2 装配尺寸链的建立	363
9.2.3 加工阶段的划分	313	10.2.3 保证装配精度的方法 ——解装配尺寸链	365
9.2.4 工序内容的合理安排	313	复习思考题	374
9.2.5 安排加工顺序的原则和方法	314	第11章 现代制造技术简介	376
9.3 工序具体内容的确定	315	11.1 机械制造系统自动化	376
9.3.1 加工余量和工序尺寸的确定	315	11.1.1 生产系统和机械制造系统	377
9.3.2 机床及工艺装备的选择	318	11.1.2 自动生产线	378
9.3.3 时间定额的确定	319	11.1.3 柔性制造系统	380
9.4 工艺尺寸链	321	11.1.4 机械手与工业机器人	380
9.4.1 工艺尺寸链的概念	321	11.2 数控机床与加工中心	381
9.4.2 工艺尺寸链的计算公式 (极值法)	322	11.2.1 概述	381
9.4.3 工艺尺寸链的应用	323	11.2.2 数控机床的坐标系和组成	385
9.5 制订机械加工工艺规程的实例	327	11.2.3 数控车床与数控车削加工 中心简介	387
9.5.1 主轴类零件机械加工工 艺规程的制订	327	11.2.4 镗铣加工中心简介	391
9.5.2 箱体类零件的加工工艺	334	11.3 精密加工和超精密加工技术	394
9.6 计算机辅助工艺规程设计 (CAPP)	339	11.3.1 精密加工和超精密加工概念	394
9.6.1 概述	339	11.3.2 精密加工和超精密加工 技术介绍	395
9.6.2 CAPP 系统的功能	342	11.3.3 金刚石超精密切削	396
9.6.3 CAPP 系统的类型及工作 原理	343	11.4 超精密磨料加工	397
9.7 数控加工工艺规程简介	345	11.4.1 金刚石砂轮和立方氮化硼 (CBN) 砂轮磨削	398
		11.4.2 超精密砂带抛光	398

11.4.3 超精密游离磨料研磨抛光.....	398	11.9 激光加工技术	405
11.4.4 超精研.....	399	11.9.1 激光加工原理.....	405
11.5 超声加工	399	11.9.2 激光加工的基本设备.....	406
11.6 电化学加工	400	11.9.3 激光加工的特点.....	407
11.6.1 电解加工.....	400	11.10 快速成形制造技术与微机械 制造技术	407
11.6.2 电铸加工.....	401	11.10.1 快速成形制造技术	407
11.7 电火花加工与线切割加工	402	11.10.2 微机械制造技术	409
11.7.1 电火花加工.....	402	复习思考题	410
11.7.2 线切割加工.....	403	参考文献	412
11.8 电子束加工和离子束加工	403	读者信息反馈表	413
11.8.1 电子束加工.....	403		
11.8.2 离子束加工.....	404		

第1章 绪 论

1.1 制造业、制造系统与制造技术

制造业是将可用资源、能源与信息通过制造过程，转化为可供人们使用或利用的工业品或生活消费品的行业，人类的生产工具、消费产品、科研设备、武器装备等，都是由制造业提供的，可以说制造业是国民经济的装备部，是国民经济产业的核心，是工业的心脏，制造业是国民经济和综合国力的支柱产业。制造过程是制造业的基本行为，是将制造资源转变为有形财富或产品的过程，制造过程涉及国民经济的许多行业，如机械、电子、轻工、化工、食品、军工、航天等，因此，制造业对国民经济有较显著的带动作用。

制造系统是制造业的基本组成实体。制造系统是由制造过程及其所涉及的硬件、软件和制造信息等组成的一个具有特定功能的有机整体，其中的硬件包括人员、生产设备、材料、能源和各种辅助装置；软件包括制造理论和制造技术，而制造技术又包括制造工艺和制造方法等。

广义而言，制造技术是按照人们所需目的，运用主观掌握的知识和技能，利用客观物质工具和采用有效的方法，使原材料转化为物质产品的过程所施行的手段的总和，是生产力的主要体现。制造技术与投资和熟练劳动力一起将创造新的企业、新的市场和新的就业机会。制造技术是制造业的支柱，而制造业又是工业的基石，因此，可以说制造技术是一个国家经济持续增长的根动力。

1.2 机械制造业在国民经济中的地位和作用

机械制造业的主要任务就是完成机械产品的决策、设计、制造、装配、销售、售后服务及后续处理等，其中包括对半成品零件的加工技术、加工工艺的研究及其工艺装备的设计制造。机械制造业担负着为国民经济建设提供生产装备的重任，为国民经济各行业提供各种生产手段，其带动性强、波及面广，产业技术水平的高低直接决定着国民经济其他产业竞争力的强弱，以及今后运行的质量和效益；机械制造业也是国防安全的重要基础，为国防提供所需武器装备，世界军事强国，无一不是装备制造业的强国；机械制造业还是高科技产业的重要基础。作为基础的高科技可以认为有五大领域，即信息科技、先进制造科技、材料科技、生命科技和集成科技，机械制造业为高科技的发展提供各种研究和生产设备，世界高科技强国，无一不是装备制造业的强国。世界机械制造业占工业的比重，从1980年以来，已上升并超过三分之一。

机械制造业的发展不仅影响和制约着国民经济与各行业的发展，而且还直接影响和制约着国防工业和高科技的发展，进而影响到国家的安全和综合国力，对此应有足够清醒的认识。然而，二战后，美国却出现了“制造业是夕阳产业”的观点，忽视了对制造业的重视和投入，以至于工业生产下滑，出口锐减，工业品进口陡增，第二、第三产业的比例严重失调，经济空前滑坡，物质生产基础遭到严重削弱。严重的后果在各方面都有表现：汽车生产

从过去的大量出口转变为大量（比例达 31%）进口，1967 年到 1987 年的 20 年间，汽车的贸易逆差达 600 亿美元；微电子工业是美国首创的，但到 1987 年，美国的半导体生产只占世界总产量的 40%；家用电器也是美国首先发展起来的，但美国的家电市场已经被日本等国外产品所占有；美国过去也曾经是一个机床出口大国，但到 1986 年，美国有 50% 的机床依靠进口，机床产量仅为高峰期的一半；1987 年美国贸易赤字高达 1610 亿美元，主要赤字来自工业。这一严峻形势迫使美国政府和企业界不得不重新审视美国的科学技术政策和产业政策，重新认识和评价制造业在国民经济中的地位和作用。20 世纪 80 年代初，美国关于工业竞争的总统委员会的报告指出“美国在重要而又高速增长的技术市场中失利的一个重要原因是没有把自己的技术应用到制造业上”。美国麻省理工学院（MIT）的 16 位教授对美国工业的衰退问题进行了系统调查研究，调查了汽车、民用飞机、半导体和计算机、家用电器、机床等几个工业部门，经多年写成了《美国制造业的衰退及对策——夺回生产优势》一书，指出“振兴美国经济的出路在于振兴美国的制造业”，认为“经济的竞争归根到底仍然是制造技术和制造能力的竞争”，主张必须重视和发展机械制造业。美国在中东战争后提出的应当给予扶持的“对于国家繁荣与国家安全至关重要的”22 项关键技术中，就有材料加工、计算机一体化制造技术、智能加工设备和纳米制造技术等 4 项直接与机械制造业有关。近几年，美国、日本、德国等工业发达国家都把发展先进制造技术列为工业、科技的重点发展技术。美国政府历来认为，生产制造是工业界的事，政府不必介入，但经过十年反思，美国政府已经意识到，政府不能不介入工业技术的发展，自 20 世纪 80 年代中期，美国制定了一系列民用技术开发计划并切实加以实施。由于给予了重视，近年来美国的机械制造业有所振兴，汽车、机床、微电子工业又获得了较大发展。可见，机械制造业是国民经济赖以发展的基础，是国家经济实力和科技水平的综合体现，是每一个大国任何时候都不能掉以轻心的关键行业。

1.3 我国机械制造业现状

目前，我国的机械制造业已经具有了相当雄厚的实力，为国民经济、国防和高科技提供了有力的支持，为汽车、火车、飞机、农业机械、火箭、宇宙飞船、电站、造船、计算机、家用电器、电子及通信设备等行业提供了生产装备，是我国实现经济腾飞、提升高科技与国防实力的重要基础。统计表明，我国机械制造业的主要经济指标占全国工业的比重约为 1/5 ~ 1/4，出口额占全国外贸总额的 25.46%，从业人数占工业总人数的 21.91%。

从机床生产能力可看出一个国家的机械制造业水平。目前，我国能自主设计、生产各种普通机床、小型仪表机床、重型机床以及各种精密的、高度自动化的、高效率的和数字控制的机床，产品品种较齐全，大部分达到 20 世纪 90 年代国际水平，部分达到国际先进水平。当前，国际数控机床发展的趋势是高速度化、高精度化、复合化、智能化，并且要求高度安全与对环境友好，我国目前生产的数控机床与此趋势基本一致，国产数控机床在质量和品种上都取得了较大的进步，市场占有率也得到迅速提高。

近年来，中国机床工业高速发展，数控机床更是以年 30% 以上的速度发展，以 2007 年为例：2007 年我国的数控机床产量突破了 10 万台大关，达 11 万多台，这标志着中国数控机床产业规模又上了一个新台阶；一批高档数控机床技术突破国外垄断，取得了重大进展，自主创新速度加快，如齐重的 CWT130 × 145/180L-MC 重型旋风曲轴加工机床，上机的大型

数控曲轴磨, 济二的伺服压力机, 沈阳机床集团的主轴头带 A、B 摆角的龙门式加工中心等; 2007 年中国数控机床出口增速加快, 增幅达 30% 以上, 进出口逆差首次缩小。沈阳机床集团出口 1.5 亿美元, 大连机床集团出口 1.2 亿美元, 其中都有不少数控机床出口。不仅一般数控机床出口, 高档数控机床也相继出口。如四川长征机床集团的 GMC2000H/2 五轴联动高速、高精重型龙门加工中心出口美国艾勒德机械工程公司, 齐二机床集团的 TK6920 重型数控镗铣床打入欧洲市场, 济二机床集团的冲压生产线出口巴西和美国等, 标志着中国机床产品出口结构开始发生变化。但是, 在高技术机床方面, 我国与发达国家之间, 总的说来还存在相当的差距。20 世纪 90 年代中期以来, 随着我国机械工业的发展, 相继进口了较多的数控机床, 致使我国成为了机床的进口大国。

当前, 世界经济正向全球化发展, 正在进行着国际间的以知识经济为目标的产业结构大调整, 工业发达国家正加速发展高科技产业, 而将装备制造业等第二产业逐步向发展中国家转移。我国由于自身巨大的市场需求以及在人才、制造资源等方面的比较优势, 将成为这种产业转移的主要受益者。我国的机械制造业正在利用这个难得的机遇, 实现全行业的调整与振兴, 将我国建设成为世界机械制造业的一个重要基地。我国机械制造业目前面临的主要任务是, 必须平稳地完成从计划经济向市场经济的过渡, 以及从粗放型经营向集约型经营的过渡, 并在科技水平、管理水平上有显著提高, 逐步接近并最终达到发达国家水平。

1.4 机械制造学科的范畴及研究内容

机械工程学科是一门有着悠久历史的学科, 是国家建设和社会发展的支柱学科之一。机械制造(冷加工)是机械工程的一个分支学科, 是一门研究各种机械制造过程和方法的学科。具体来说, 机械制造研究的主要内容是: ①机械加工和装配工艺过程的生产装备及其自动化、集成化与智能化; ②机械加工和装配工艺过程和方法; ③机械制造的基础理论。

金属切削机床、特种加工机床、机器人以及机械加工工艺系统中的其他工艺装备是机械制造的主要设备和工装。它们是机械制造赖以实现的重要手段, 其先进程度如何是反映机械制造技术水平高低的主要标志。研究各种机械制造设备和工艺装备的设计和制造, 发展新的设备和工装, 是机械制造学科的一项重要内容。

在过去的几十年里, 机床的切削速度、加工精度和自动化程度有了很大的提高, 今后机械装备仍将向着提高加工精度、切削速度和自动化程度方向发展。

20 世纪 50 年代用高速钢刀具的切削速度为 $30 \sim 40\text{m/min}$, 现在硬质合金和超硬材料涂层刀具车削和铣削低碳钢的速度已到达 500m/min 以上, 陶瓷刀具则达到了 $800 \sim 1000\text{m/min}$, 机床的切削功率和主轴转速也相应大幅度提高。如加工中心在精铣时的主轴转速已普遍达到 5000r/min , 有的甚至超过了 10000r/min , 某些模具精加工机床的主轴转速已达到 20000r/min 以上。

1950 年到 1980 年的 30 年间, 普通机械车间的加工的精度提高了 1 倍(加工误差从 $10\mu\text{m}$ 降低到 $5\mu\text{m}$), 精密加工精度提到了近两个数量级, 而超精密加工则已进入纳米($0.001\mu\text{m}$)级。现在已有多种机床的主轴回转精度达到 $0.01 \sim 0.05\mu\text{m}$, 其加工圆度为 $0.01\mu\text{m}$, 加工表面粗糙度 R_a 可达 $0.003\mu\text{m}$ 。

机械加工自动化也跨上了一个新的台阶。机械制造设备已从过去的人工操作的普通机床

向着数字控制机床发展,从单功能自动的单能机向多功能自动的多能机(加工中心)发展,从刚性连接的自动生产线向计算机控制的柔性加工单元(FMC)和柔性制造系统(FMS)方向发展,这标志着当代机械加工技术已进入了柔性自动化生产时期。

过去,机床的象征是力、功率和强度,而今天,现代机床和工厂的关键词则是信息、智能和集成。机械制造学科的前沿已从动力驱动型的机器(体力取代型的机器)转换到信息驱动型的机器(脑力取代型的机器)。

各种工艺理论包括切削机理的研究,以及机床基本性能(如精度、可靠性、刚度、热变形、振动、噪声等)和试验的研究,是机械制造中的基础理论研究。现代机械制造技术的发展,无一不是基础理论和试验研究的综合结果。随着机械制造技术向着高精度、高效率 and 高度自动化方向的迅速发展,以及新材料、新刀具与新加工方法的不断涌现,有关这些基础理论的研究必将进一步得到重视与加强。

机械制造工艺过程一般是指零件的机械加工工艺过程和机器装配工艺过程。因此,机械制造也是研究机械加工和装配工艺过程及方法的科学。

零件的机械加工工艺过程是机械生产过程的一部分,它是研究如何利用切削原理使工件成形而达到预订的设计要求(尺寸精度,形状、位置精度和表面质量要求)。从广义上来说,特种加工(激光加工、电火花加工、超声波加工、电子束加工和离子束加工等)也是机械加工工艺过程的一部分,但实际上已不属于切削加工的范畴。与热加工相比较,机械制造(冷加工)由于加工成本低、能量消耗小,能加工各种不同形状、尺寸和精度要求的工件。因此,现在它仍将是获得精密机械零件的最主要方法。

机器的装配工艺过程也是机械生产过程的一部分,它是研究如何将零件或部件进行配合和连接,使之成为半成品或成品,并达到要求的装配精度的工艺过程。目前,大多数的装配工作还是由手工来完成的。装配劳动量在产品制造的总劳动量中还占相当大的比例。研究和发发展新的装配技术、大幅度提高装配质量和装配生产效率是机械制造工艺的一项重要任务。

机械制造工艺及其基础理论在不断发展,这主要表现在:①建立在现代自然科学新成就基础上的新工艺在不断涌现,传统工艺在不断发展;②研究、开发新工艺时,科学的方法(如模型化方法,系统论、信息论,并行工程等)的应用越来越广泛;③工艺过程正在向着典型化、成组工艺和生产专业化的方向发展;④工艺过程正在向着优化方向发展,并朝着设计、制造、管理集成化、自动化和智能化方向迈进。

然而,长期以来机械制造工艺学的基础理论发展较为缓慢,主要原因是工艺难以用数学方法描述。由于人始终在任何工艺过程的必然参加者,所以机械制造工艺学在很大程度上也是一门社会科学。因此,机械制造工艺不仅是一门技术科学,而且也是一门规律难以模型化的社会科学(如同任何社会过程难以模型化一样)。

任何机器的设计、工艺和生产组织,都是众多相互矛盾之间折衷的结果。因而寻求一个能满足方方面面要求的,首先是用户的要求尽善尽美的方案是及其复杂的。若有可能对所有的方案定量地进行综合评估,进行分析计算,并采用各种复杂生产过程的数学模型,才能使所选的结构工艺和生产方案的优化大大简化。而这些只有在对所有生产过程以及生产对象结构的描述都建立数学模型以后,才有可能。

因此,对机械制造工艺基础理论的模型化研究是机械制造学科的重要任务。

机械制造过程是一种离散的生产过程。离散化的特点表现在：毛坯、零件、组件、部件和机器是采用顺序作业或平行作业的方式来制造的，各工序、工步的转换和定位之间可以彼此关联或不相关联，零件的制造或机器的装配需要有各种设备、工装、刀具和控制程序，以及具有各种专业 and 技能的员工才能实现。应当承认，离散性的工艺不是最合理的。例如，生物工程提供了更完善的方法，用携带大量遗传信息的细胞来复制最复杂的“机器”——生命机体。这些遗传信息则是建造多种多样功能和不同用途的结构所必需的和充分的程序。仿照这种“方法学”来建造机器是一项有重大科学意义的事业，看来也是遥远未来的事业，尽管目前已有很粗略的例子。如燃气涡轮发动机单晶叶片的生长工艺，就是在薄壳型腔中，借助晶粒的定向作用，使熔合金的原子按一定程序长成单晶叶片的。所以，基础理论应当对目前机械制造业的发展作出较大的贡献。

1.5 机械制造学科发展趋势

我们正处在一个科学技术飞跃发展的时代，而电子计算机的广泛应用则是这个时代的重要标志，微电子技术及计算机技术的迅速发展以及在机械制造业中的广泛应用，使得机械制造业近 30 年来发生了极为广泛与深刻的变化，这些变化无疑会使社会生产力产生一次大飞跃，也必将深刻改变机械制造业的生产方式、企业面貌乃至人们的思想。

电子计算机具有巨大的信息存储量，高速运算能力和逻辑判断力，不仅能用于进行生产过程的自动控制，实现自动化，而且能够对生产过程进行适应控制和最优控制，自行选择最优参数，使生产过程按最佳方式进行，以保证最低生产成本或最高生产效率，实现最优化。

计算机还能够实现自动生产系统的柔性化，使之毫无困难的改变产品，或同时处理各种型号和规格的零件，使真正的柔性自动化成为可能。

应用机电一体化技术和计算机技术于机械制造业所获得的最独特的效应之一，就是实现机械制造过程的集成化，即把产品的设计构思、生产计划、现场调度、机床设备的操作控制、产品的装配与检验以及技术文件和管理文件的处理等各环节，统统纳入计算机的统一管理之下。在传统的机械制造过程中，人们要花费巨大的劳动来绘制、编写大量的图样、表格和技术文件，以解决设计、制造、装配、检验等各个环节的衔接问题，而实现计算机集成控制后，这种衔接问题由于计算机网络内部的通信与数据、信息共享而自然得以解决。这样一来，零件工作图和工艺卡等就不再是绝对必要的了。显然，这将带来巨大的经济效益，并将深刻地改变机械制造的组 织方式。

基于智能软件或智能计算机的人工智能必将把机械制造逐步推向智能化的新高度，不仅大量的体力劳动和繁琐重复的操作，而且部分脑力劳动都将为智能自动化系统所取代，而这将使人们能把更多的精力投入真正富有创造性的工作中去，从而促使生产力的更快发展，并使繁重、枯燥的专业劳动逐步变为一种饶有趣味的享受。

还必须看到，由于计算机外围设备、精密电子机械以及微电子技术发展的需要，极大地刺激了精密、超精密加工与微细加工技术的发展，另一方面，基于计算机、微电子技术的现代测试、监控、补偿与数据分析处理技术又为精密、超精密加工及微细加工技术的发展提供了技术手段。

总之，自动化、最优化、柔性化、集成化、智能化和精密化，这是当代机械制造业正在经历巨大的变化，也是今后这个行业发展的必然趋势。这一发展的目标是物力资源和智力

资源的更有效的应用,以及更高的经济效益。

微电子技术、控制技术、传感技术与机电一体化技术的迅速发展,特别是计算机的广泛应用,不仅推动了机械制造工业的高速发展,而且在机械制造学科中形成了许多新的观念,同时使一些老观念逐渐失去效力。

以前人们对于机械制造的概念是一个有机联系的整体,一直缺乏明确的认识,仅将注意力集中于单台机床和单个工序。由系统论、信息论和控制论所形成的系统科学与方法论,自20世纪50年代中期开始在机械制造领域产生越来越大的影响。这种方法论着重从整体与部分环境之间的相互联系、相互作用、相互制约的关系中,综合而精确的考虑对象,使问题得到最佳的处理,由此产生了“制造系统”的概念。

现在,制造系统的概念已经有整体目的性并包括物质流、信息流和能量流的系统。制造系统甚至将用户也包括在内,瑞典Sandvik公司的计算机网络一直达到其主要用户,用户可以在自己办公室的终端查看公司的生产进度与库存。

有些学者认为,制造系统应该包括从原材料到产品实现其社会价值的整个范围:零件制造、产品制造、地方工业、国家工业乃至国家和世界经济。而过去最多只将一个工厂范围内进行的工作考虑为制造系统。

人们早就认识到物质和能量在制造过程中的作用,但对信息的认识却仅始于20世纪50年代,随着微电子技术尤其是机电一体化技术及计算机技术在机械制造行业日益广泛和深入的应用,人们开始自觉和积极地研究、开发和利用机械制造过程中的信息。

长期以来,机械制造靠的是工人和技术人员的技艺和经验,制造技术主要是制造经验的总结。随着对机械零件制造精度与效率要求的不断提高,主要靠操作者的技艺来保证质量的旧模式已被动摇,机械设备的加工能力、制造精度以及监测、补偿控制系统在质量保证中正在起着越来越大的作用。可以预料,机械制造越来越密切地依赖知识、依靠科学。事实上,今天的机械制造比以前任何时候都更紧密地依赖诸如数学、物理、化学、电子技术、计算机技术、系统论、信息论、控制论等各门学科的基础理论和最新成果,并正在形成一种新的制造模式,这种新的制造模式对工人和技术人员在技艺、经验上的要求将逐步降低,知识上的要求将迅速提高,工人和技术人员的界限将逐渐消失,工人也必须要有较高层次的知识结构。

在设计与制造的关系上,过去一直是设计主导制造,产品主导工艺。今天一方面由于制造系统(如加工中心、柔性制造系统)的工艺能力增强,柔性增高,有可能在较大范围内适应各种工艺要求;另一方面是产品更新换代的加速,这样就出现了一种新的形势:要求在产品的设计阶段充分考虑现有制造系统的工艺能力,使设计出的零件和产品能在现有制造系统中加工和装配。也就是说,今天零件和产品的设计要更多地顾及结构的工艺性,或者说,今天的制造工艺对于产品的设计表现出更强的反作用,今天的设计者比起他们早期的同行来,要求掌握更多的工艺知识。

在制造与装配的关系上,以往是先制造出一批产品的所有零件,然后进行装配。这是当时提高生产率、降低成本的有效方法。而且批量越大,生产率越高,成本越低。由于计算机管理的生产系统具有高度的机动性、灵活性和可规划性,零件加工的合理批量逐渐下降,有可能实现按装配要求来确定生产数量,即在上一个24h内生产的零件,正是下一个24h内需要装配的零件,这样把半成品的数量缩减为最少,从而节省大量的资金,这就是“及时生产”(Just-in-Time Production)的概念。

20 世纪 90 年代随着因特网的出现和应用,提出了敏捷制造(或网络制造)的新制造模式。应用因特网,可使不同地区的单位间实现快速大信息量的传输交流,使机械制造业可以将不同地区的工厂、设计单位和研究所通过因特网组合在一起,分工协作,发挥各单位特长,共同开发、研制并生产大型新产品。因为多单位协作,并行作业,故可快速、优质、低成本的进行大型新产品研制与生产,这就是敏捷制造(或网络制造)的概念。敏捷制造是多单位的协作生产(有一单位是主持的主导单位),可以包含基层单位中的局部的计算机控制管理自动化(CIMS)、FMS、CAD/CAM,可以灵活机动地采用虚拟制造、虚拟装配、并行工程等各种先进工艺和管理方法,最终达到快速、优质、低成本地进行生产或研制新产品的目的。

总之,随着数学和计算机技术广泛而深度的应用,机械制造已经由一种技艺发展为一门科学。

1.6 本课程的性质、任务及目的

“机械制造技术基础”是机械设计制造及自动化专业的一门专业基础课程。

本课程是讨论机械制造过程的本质与规律、研究机械制造技术和方法、论述如何合理而且可行地制造各种机械设备和工艺装备的基础知识。

如前所述,自动化、最优化、柔性化、集成化、智能化、精密化是当代机械制造发展的必然趋势,机械制造技术正沿着现代化、完善化、复杂化的道路不断发展。但是,进行前沿性的科学研究和解决关键的工程技术问题,总是需要带有根本性的基础知识和技术,正所谓“万丈高楼平地起”,这就是本课程对机械类专业学生的重要性所在。

学习本课程后,要求达到以下目的:

- 1) 建立机械制造系统的基本概念,认识机械制造业在国民经济中的作用,了解机械制造技术的研究内容和发展趋势。
- 2) 认识金属切削过程的基本原理和基本规律,并将之应用于产品制造过程之中,能按实际工艺要求选择合理的加工条件。
- 3) 了解机械制造中工艺装备的原理、结构特点及应用,能结合实际加工要求合理选择金属切削机床、刀具和设计机床夹具。
- 4) 了解机械零件各种表面加工的工艺方法及特点,能结合生产实际选择合理的加工方法和工艺路线。
- 5) 了解零件机械加工质量的基本规律和知识,能对具体的工艺质量问题进行分析,提出保证或改进质量的工艺措施。
- 6) 了解机械加工工艺和装配工艺的基本理论知识,掌握制定机械零件制造工艺规程的方法和知识,在保证质量前提下,结合生产实际编制提高生产率、降低成本的零件制造工艺规程,初步树立质量与成本、安全与环保、效率与效益等方面的工程意识。
- 7) 了解现代制造技术的知识、应用及其发展趋势。

本课程具有综合性、实践性和工程性的特点,在学习中,要注意应用多种学科的理论和方法解决机械制造过程中出现的各种实际问题,理论联系实际,在生产实际中学习,并注重学习和采用先进制造技术。