

清华大学基础工业训练系列教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国高等教育教材建设委员会重点课题
普通高等教育北京市精品教材

机械制造工艺基础

(第3版)

主 编 傅水根
副主编 张学政 马二恩

清华大学出版社

清华大学基础工业训练系列教材

机械制造工艺基础

(第3版)

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是按照教育部颁布的课程教学基本要求和重点院校课程改革指南的精神编写的。这次作为国家“十一五”规划教材和北京市精品教材予以修订,将出版以来课程改革中的理念和教学经验融入其中,在内容和体系方面均有新的突破和创新。

本书共 12 章,主要内容有:切削加工工艺基础、特种加工工艺基础、特型表面的加工、常见表面加工方案选择、数控加工技术、零件表面处理技术、其他新技术新工艺、零件的结构工艺性、零件的制造工艺过程、微细加工与集成电路制造、装配自动化、新世纪的生产系统与环境保护等。它是多年来生产与科研实践的结晶,是长期教学经验的积淀。本书条理清楚,逻辑分明,实例较多,图文并茂,内容翔实得当。

本书是高等工科院校机械制造冷加工部分的课程教材,也可供电视大学、职工大学、函授大学选用,或作为工程技术人员和技术工人的参考书。

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

机械制造工艺基础/傅水根主编. —3 版. —北京:清华大学出版社,2010.7

(清华大学基础工业训练系列教材)

ISBN 978-7-302-22545-4

I. ①机… II. ①傅… 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(2010)第 069759 号

责任编辑:庄红权

责任校对:王淑云

责任印制:何 芊

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:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:18.25

字 数:467 千字

版 次:2010 年 7 月第 3 版

印 次:2010 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.80 元

产品编号:026903-01

清华大学基础工业训练系列教材编委会

主 任 傅水根

副主任 李双寿 严绍华 李鸿儒

编 委 张学政 卢达溶 张万昌 李家枢

王天曦 洪 亮 王豫明

秘 书 钟淑苹

序言

随着教育教学改革的逐渐深入,我国高等工科教育的人才培养正由知识型向能力型转化。高等学校由主要重视知识传授向重视知识、能力、素质和创新思维综合发展的培养方向迈进,以满足尽快建立国家级创新体系和社会协调发展对各层次人才的需要。

由于贯彻科学发展观和科教兴国的伟大战略方针,我国对教育的投入正逐年加大。在新的教育改革理念的支持下,我国高校的实验室建设、工程实践教学基地建设呈现着前所未有的发展局面。不仅各种实验仪器、设备等教学基础设施硬件条件有了较好的配置,而且在师资队伍、课程建设、教材建设、教学管理、教学手段、教学方法和教学研究等方面都取得了长足的进步。

面对发展中的大好形势,清华大学基础工业训练中心在总结长期理论教学和工程实践教学经验的基础上,参照教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组完成的《工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求》和《重点高等工科院校工程材料及机械制造基础系列课程改革指南》,组织高水平的师资队伍,博采众家之长,策划、编写(包括修订)了这套综合性的系列教材。

在教材的编写过程中,作者试图正确处理下列6方面的关系:理论基础与工程实践、教学实验之间的关系;常规机电技术与先进机电技术之间的关系;教师知识传授与学生能力培养之间的关系;学生综合素质提高与创新思维能力培养之间的关系;教材的内容、体系与教学方法之间的关系;常规教学手段与现代教育技术之间的关系。

由于比较正确地处理了上述关系,使该系列教材具有下列明显的特色:

(1) 重视基础性知识,精选传统内容,使传统内容与新知识之间建立起良好的知识构架,有助于学生更好地适应社会的需求,并兼顾个人的长远发展。

(2) 重视跟踪科学技术的发展,注重新理论、新材料、新技术、新工艺、新方法的引进,力求使教材内容具有科学性、先进性、时代性和前瞻性。

(3) 重视处理好教材各章节间的内部逻辑关系,力求符合学生的认识规律,使学习过程变得顺理成章。

(4) 重视工程实践与教学实验,改变原教材过于偏重知识的倾向,力图引导学生通过实践训练,发展自己的工程实践能力。

(5) 重视综合类作业,力图培养学生综合运用知识的能力;倡导小组式的创新实践训练,引导学生发现问题、提出问题、分析问题和解决问题,培养创新思维能力和群体协作能力。

(6) 重视综合素质的提高,引导学生通过系统训练建立责任意识、安全意识、质量意识、环保意识和群体意识等,为毕业后更好地适应社会的不同工作需求创造条件。

(7) 重视配套音像教材和多媒体课件的建设,引导教师在教学过程中适度采用现代教育技术,在有限的学时内提高教学效率和效益,同时方便学生预习和复习。

该系列教材还注重文字通顺,深入浅出,图文并茂,表格清晰,使之符合国家与部门最新标准。

该系列教材主要适用于大学本科和高职高专学生,也可作为教师、工程技术人员工作和进修的教科书或参考文献。

尽管作者和编辑付出了很大努力,书中仍可能存在不尽如人意之处,恳请读者提出宝贵意见,以便及时予以修订。

傅水根

2006年2月18日

于清华园

第 1 版前言



本书是根据原国家教委 1995 年颁布的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》和 1997 年颁布的《重点高等工科院校金工系列课程改革指南》编写的,是全国高等教材建设专业委员会的重点课题《机械加工工艺基础教材改革研究》和北京市教委教育教学试点项目《金工课程改革研究与实践》成果的体现,也是清华大学多年金工教学改革与实践的经验总结。由于本书所编写的内容已大大超过传统冷热加工的范畴,故取名为《机械制造工艺基础》。

《机械制造工艺基础》是我国高等工科院校中贯彻工艺教育的一门重要的技术基础课程。本教材在课程内容和体系上进行了力度较大的改革,除了大幅度增加新技术、新工艺外,还力图从认识论的高度把握各章节间的相互联系,使之不仅在内容精选上适应 21 世纪人才培养的需要,而且在各主要章节的内部联系上有利于学生学习、掌握和运用。

本书具有如下主要特色:

(1) 从 21 世纪培养人才的需要出发,不仅注重学生获取知识能力的培养,而且注重学生全面素质和创新思维的培养。

(2) 对机械制造中的传统工艺方法进行精心取舍,合理吸收本学科成熟的新材料、新技术、新工艺及部分前沿知识,较大幅度地更新教学内容,初步建立起新的课程体系。

(3) 正确处理实习、实验、讲课三者内容之间的关系,既做到有机衔接,又避免简单重复。

(4) 全书插图做了较多的更新,且全部采用计算机绘图。

(5) 每章后附有主要参考文献和供选用的教学电视片目录;本书配有与书中插图一一对应的教学幻灯片(由清华大学音像出版社出版)。

(6) 名词术语采用国家最新标准。

(7) 本书有意识模糊冷、热加工界限。

参加本书编写的教师有:张学政(第 1、4 章和第 7.1 节)、傅水根(第 2、5、7、10 章)、马二恩(第 3、9 章)、李生录(第 6 章和第 7.2 节)、洪亮(第 8 章)、卢达溶(第 9.4 节)。由傅水根教授任主编,马二恩和张学政任副主编。由北京工业大学王永波教授任主审。由刘宣玮、裴文中、钟淑苹等绘制全书插图。

在全书的编写过程中,得到全国高等学校教材建设专业委员会和北京市教委高教处的大力支持,同时吸收了许多教师对编写工作的宝贵意见,在此一并表示由衷的感谢。

在编写过程中还参考了大量的有关教材,手册、学术杂志和论文等。所用参考文献均已列于书后。在此对有关出版社和作者表示衷心感谢。

由于编者水平和经验所限,又由于是一次改革尝试,书中难免会有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

1998 年 9 月

第2版前言

本书是根据教育部颁布的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》和《重点高等工科院校金工系列课程改革指南》编写的,是全国高等教育教材建设专业委员会的重点课题《机械加工工艺基础教材改革研究》和北京市教委教育教学改革跨校重点项目《金工课程改革研究与实践》成果的体现,也是清华大学多年课程教学改革与实践的经验总结。这次作为北京市立项的重点精品教材予以修订,又将1998年第1版出版以来课程改革中的理念和教学经验融入其中,除了根据工程技术的综合化倾向,新增加了第10章微细加工与集成电路制造外,第9章零件的制造工艺过程也充实了新内容。总体来说,修订后的本书在内容和体系方面均有新的突破与创新。

《机械制造工艺基础》是我国高等工科院校中贯彻工艺教育的一门重要的技术基础性课程。本教材在课程内容和体系上进行了力度较大的改革,除了大幅度地增加新技术、新工艺外,还力图从认识论的高度把握各章节间的相互关系,使之不仅在内容精选上适应21世纪培养高素质、创造性人才的需要,而且有利于学生学习、掌握和运用。

本书具有如下主要特色:

1. 从21世纪培养具有高素质、创造性复合型人才的需要出发,不仅注重学生独立获取知识能力的培养,而且注重综合素质和创新性思维的培养。
2. 对机械制造中的常规工艺方法精心取舍,合理吸收本学科成熟的新材料、新技术、新工艺、制造系统,以及部分前沿知识,大幅度地更新教学内容,建立起新的教材体系。
3. 力求正确处理实习、实验、讲课三者内容之间的关系,尽可能做到既有机衔接,又避免简单重复。
4. 从机电一体化综合发展和学科交叉与融合的趋势,充实了制造工艺过程的重要内容,新增了微细加工和集成电路制造,并依然保留了环境保护方面的内容。
5. 书中名词术语采用国家最新标准,插图做了更新,且全部采用计算机绘图。
6. 每章后附有主要参考文献和供选用的教学电视片目录,并备有与书中插图相对应的教学幻灯片(清华大学音像出版社出版)。
7. 在选取教材内容时,本书有意模糊冷热加工的界限,同时吸收了作者的科研和教学研究成果。

参加本书编写的教师有:张学政(第1、4章和第7.1节)、傅水根(第2、5、7章,第9.1节,第10、11章)、马二恩(第3、9章)、李生录(第6章和第7.2节)、洪亮(第8章)、卢达溶(第9.4节)。傅水根教授主编、张学政教授和马二恩研究员副主编,北京工业大学王永波教授主审。刘宣玮、裴文中、钟淑苹等绘制全书插图。

在编写过程中,得到全国高等教育教材建设专业委员会和北京市教委的大力支持,同时吸收了许多教师对编写工作的宝贵意见,在此一并表示由衷的感谢。

在编写中,还参考了国内外大量教材、手册、学术杂志和论文,所用参考文献均已列入各章之后,在此对有关出版社和作者表示衷心感谢。

由于编者水平和经验有限,又由于是一次教学改革的尝试,尽管做了很大努力,但书中难免会有错误和欠妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2004年3月6日

第3版前言



本书是根据2009年教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组起草并组织专家审查通过的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》编写的。它既是全国高等教育教材建设专业委员会的重点课题“机械加工工艺基础教材改革研究”和北京市教委教育教学改革跨校重点项目“金工课程改革研究与实践”成果的体现,也是北京市“十五”重点精品教材立项成果的体现。该教材于1998年首次出版,以其为主教材的立体教材于2001年获得北京市教学成果二等奖;根据工程技术综合化的倾向,第2版增加了第10章微细加工与集成电路制造,同时,在第9章零件的制造工艺过程中突出了“工件的安装”和“六点定位原理”。修订后的第2版于2004年出版,于2006年获得北京市精品教材称号,于2008年获得清华大学优秀教材一等奖。本次修订则是作为国家级“十一五”规划教材立项进行的。

从我国制造业的发展脉络看,我国历来十分重视设计技术,尤其在仿真技术和数字化设计技术出现后更为突出。实事求是地说,重视设计技术是实现制造现代化所必需的。创新思维的体现,首先在于设计。但使我们忧虑的是,我国长期忽略了制造工艺技术,忽略了工艺技术在制造业中的重要性,忽略了工艺技术对实现我国从制造大国向制造强国转化中的关键作用,对工艺技术的研究与发展缺乏长远的政策性导向。几乎与此同时,我国的高校削弱了工艺课程和工艺研究,职业技术学校削弱了工艺实践,企业削弱了工艺教育和工艺培训。这使企业有相当数量的先进工艺装备不仅没有发挥出应有的潜力,有的连基本功能都难以尽其所用,而由此产生的设备功能性浪费是十分惊人的。更有甚者,在20世纪90年代中期,居然出现一股要取消工艺理论课程的强劲思潮。所幸的是,这股思潮最终逐渐销声匿迹。长期轻视工艺技术的结果,必然导致我国的综合工艺教育、综合工艺水平和核心工艺技术落后于世界发达国家,并延误我国由制造大国向制造强国过渡的时间。

在作者40年的教学与科研生涯中,在设计和工艺两个技术层面,共主持研制成功数控旋转电加工机床、汽车离合器超速试验机、多功能木材力学试验机、局域网络条件下的数控线切割二维创新设计与制作系统、12工位数控激光淬火机床、数控旋转超声波加工机床、游泳训练水上牵引系统、体质智能化测试系统等8台、套先进的设备和系统,深切体会到工艺技术在实现创新设计中所起的十分重要的作用。从课题立项和组织队伍开始,自己动手设计和操作机床加工,到生产现场监管重要零件的工艺过程,参加装配调试,直到最后验收与鉴定,反复经历着一种高水平设备或系统从立项到成功的完整过程,深刻体会到在创新产品研制的成功道路上,设计与工艺所处的同等重要地位和彼此之间的巨大关联性。

为什么我国有难以计数的科研成果很难转化为符合市场需求的产品?其主要原因之一仍然是工艺技术不成熟,很多工艺细节问题没有得到解决。因此,工艺技术确实是制造领域中的

关键技术和核心技术。作者主持研制成功的小直径聚晶金刚石麻花钻头和颅内血肿排空器中的超细长不锈钢功能螺杆,如果事先没有研制出相应的先进工艺装备,其优良的设计只能停留在图纸阶段。因此,没有过硬的工艺技术,我国研制的设备和国外相比,几乎不可能解决形似而神不似的尴尬局面。因此,要高速发展我国的机械制造业,在重视设计、材料和管理的同时,必须重视和发展工艺教育,制订科学合理的工艺政策,倡导一流人才投身于工艺技术的研究与开发。在发展新设计的同时,积极创新工艺技术。

制造中的工艺究竟是什么?有人认为它是生产过程中一个离散的、经验的、水平不高的,甚至不屑一顾、不值一谈的工作层面。作者认为,这种看法有失偏颇。即使从表面看,制造工艺是利用现有的或需要发展的各种工艺条件,将材料或毛坯转化为符合图纸要求的合格零件的过程,是产品质量保证的关键环节。即便就此来说,也很值得深究,因为这个转化过程并不是人们想像的那么简单。如果从本质看,制造工艺则是生产过程中最活跃的关键因素,是通过人这一决定性要素,系统地处理机床、工件、夹具、刀具、切削运动和切削参数之间的复杂矛盾运动,是在复杂加工条件的诸要素中寻求优化解的过程,是提供解决不确定性问题基本思路和方法的一种有效途径。事实上,我们面对的工艺问题,几乎都是系统的、综合的,几乎没有简单的问题。因此,学习工艺理论和工艺知识,参加工艺实践,不仅可使学生深入了解机械制造的工艺知识和工艺流程,领悟解决复杂性和不确定性问题的思维方法,还是发展创造性思维的重要途径,而且为学生日后成功地实施创造性设计奠定丰厚的基础条件。

“机械制造工艺基础”或“制造工程基础”是我国高等理工科院校中贯彻和落实工艺教育的一门重要的技术基础课程。为配合该课程的开设,本教材从1998年第1版开始,就在教材内容和体系上进行了重大改革,使我国高等学校的制造工艺教材,从长期以来的几乎以机械切削加工为唯一核心内容的工艺基础,首次拓展为以切削加工和特种加工两方面为核心内容的工艺基础;力图从系统论的角度,将工艺人才、工艺技术、工艺环境、工艺管理和工艺教育紧密结合;希望从认识论的高度来把握各章节间的内部逻辑联系,使学生对工艺的理解变得更为容易,学习变得更为主动。

在现阶段,数控加工技术已经成为先进制造技术中的基础性技术。但从切削加工的终端本质看,数控加工技术仍然属于刀具切削、砂轮磨削这类常规加工技术,仍然属于机械切削加工。它之所以先进,主要是基于计算机网络和计算机信息技术基础上的工艺过程自动控制。这样不仅减少了加工过程中的人工干预,而且减少了加工中工件的反复安装、换刀、测量等中间过程。其加工效率和加工稳定性的双重优势就凸显出来。然而,只有特种加工(如放电加工、激光加工、超声波加工、水射流加工、快速原型制造等),由于其加工机理(属于非常规加工)的根本性改变,才是具有真正意义上的另一类重要工艺基础。

第1、2版教材,先后经过12年的使用,再经第3版修订工作的完成,无论从内容和体系看,将更加趋于成熟与完善。但从发展的眼光看,任何一本精品教材,其本身就是一件永无止境的工作。它必须随着工艺领域科学技术的发展而发展,必须随着教育教学改革的进展和人才培养的动态需求而向前演化。

作为第3版,侧重从以下三个方面进行修改和充实:

- (1) 第5章数控加工技术中增加了在实践教学独立摸索出来的“离散化数控制造系统”内容;
- (2) 删除了胶结技术一节,以避免与材料成形工艺部分的内容重复;
- (3) 增加第11章“装配自动化”,使制造工艺技术更具先进性和完整性。这样,原教材中

的第11章,就调整为第12章。

修订后的第3版教材,仍然继承和发展以下主要特色:

(1) 从21世纪培养具有高素质、复合型和创造性的人才需要出发,不仅注重学生独立获取知识能力的培养,而且注重综合素质和创新思维的培养。

(2) 对常规工艺方法精心取舍,比较系统地进行分析与归纳,力求从中提炼出工艺规律,使学生更易于学习与掌握。

(3) 注重吸收本学科新材料、新技术、新工艺、制造系统,以及有关学科的前沿知识,大幅度地更新教材内容,在继承的基础上建立起新的教材体系。

(4) 力求正确处理与本教材密切相关的实习、实验和课堂讲课之间的关系,尽可能做到有机结合与避免机械重复。

(5) 教材中的名词术语采用国家最新标准,文字简练,插图丰富,图文并茂。

(6) 本教材吸收了作者长期教学和科研工作中所取得的一系列成果。

在采用本教材授课的过程中,逐步积累了下列行之有效的教学方法。

(1) 对于教师,在认真备课、讲课的基础上,需要做好下列几项工作。

① 认真批改作业,并对作业中比较有代表性或典型的问题进行讲评;

② 以小组方式,安排综合性的工艺讨论课,给学生留有个人独立探究与团队合作的思维碰撞空间;

③ 从工艺装备和工艺技术的历史发展,以及从任课教师的科研工作中提炼出一批典型的创新案例,激发和培养学生的创新思维;

④ 对于布置自学的内容,必须安排检查环节,避免自学流于形式;

⑤ 安排答疑时间,及时解决课堂和作业中的其他问题;

⑥ 关注留学生的学习情况,及时安排答疑甚至补课等。

(2) 对于学生,在学习本课程时,强调完成两个转化和一个独立。

① 角色转化:由学生转化为现场工艺师。学生学习知识时,成绩有优、良、中、差之分,作业错了可以重来;作为现场工艺师,却只有成功与失败之分,如果错了,一定会造成损失。因此,在工作中必须体现出强烈的责任感。

② 空间转化:由图纸上的平面二维尺寸转化为空间的三维实际尺寸,以便选择所需要的机床设备和工装和卡具。

③ 独立完成作业(允许讨论和答疑)。

在本教材的编写中,傅水根为主编、张学政和马二恩为副主编,北京工业大学王永波为主审。参加本教材编写工作的教师有:清华大学张学政(第1、4章、第7.1节)、傅水根(第2、5、7章、第9.1节、第10、12章)、马二恩(第3章、第9.2、9.3节)、李生录(第6章、第7.2节)、洪亮(第8章)、卢达溶(第9.4节),北京工业大学刘德忠(第11章)。刘宣玮、裴文中、钟淑苹等绘制全书插图。

本教材在编写和修订过程中,得到全国高等教育教材建设专业委员会和北京市教委的大力支持,同时吸取了本校和兄弟院校专家、教授的宝贵意见,在此表示由衷的感谢。

由于编者水平有限,恳请读者对书中存在的错误和缺点批评指正。

傅水根

2010年5月

目录

1 切削加工工艺基础	1
1.1 切削加工概述	1
1.1.1 切削加工的分类、特点、作用和发展方向	1
1.1.2 零件的种类及组成	3
1.1.3 机床的切削运动	5
1.1.4 切削加工的阶段	7
1.2 刀具与刀具切削过程	9
1.2.1 刀具	9
1.2.2 刀具切削过程	15
1.2.3 刀具切削过程中的物理现象	16
1.3 磨具与磨削过程	19
1.3.1 磨具	19
1.3.2 磨削过程	21
1.4 普通刀具切削加工方法综述	22
1.4.1 车削加工	22
1.4.2 钻削加工	25
1.4.3 镗削加工	28
1.4.4 铣削加工	29
1.4.5 刨削加工	31
1.4.6 插削加工	32
1.4.7 拉削加工	33
1.5 磨削加工方法综述	35
1.5.1 普通磨削	35
1.5.2 无心磨削	37
1.5.3 高效磨削	38
1.5.4 砂带磨削	40

1.6 精密加工方法综述	40
1.6.1 刮削	41
1.6.2 宽刀细刨	41
1.6.3 研磨	41
1.6.4 珩磨	43
1.6.5 低粗糙度磨削	44
1.6.6 超精加工	44
1.6.7 抛光	45
1.7 加工精度和表面质量	46
1.7.1 加工精度	46
1.7.2 表面质量	47
复习思考题	48
本章主要参考文献	49
本章推荐选用教学电视片	49
2 特种加工工艺基础	50
2.1 特种加工概述	50
2.2 电火花加工	52
2.2.1 电火花加工的原理与特点	52
2.2.2 电火花加工的基本工艺规律	54
2.2.3 电火花加工的应用范围	57
2.3 电解加工	63
2.3.1 电解加工的原理与特点	63
2.3.2 电解加工的基本工艺规律	64
2.3.3 电解加工的应用范围	66
2.4 超声波加工	67
2.4.1 超声波加工的原理与特点	68
2.4.2 超声波加工的基本工艺规律	68
2.4.3 超声波加工的应用范围	69
2.5 激光加工	71
2.5.1 激光加工的原理与特点	71
2.5.2 激光加工的应用范围	72
2.6 电子束和离子束加工	73
2.6.1 电子束加工	73
2.6.2 离子束加工	74
2.7 复合加工	76
复习思考题	78
本章主要参考文献	78
本章推荐选用教学电视片	78

3 特型表面的加工	79
3.1 螺纹加工	79
3.1.1 概述	79
3.1.2 车螺纹	82
3.1.3 铣螺纹	89
3.1.4 攻螺纹和套螺纹	90
3.1.5 磨螺纹	91
3.1.6 滚压螺纹	91
3.1.7 电火花加工螺纹	92
3.2 齿形加工	93
3.2.1 概述	93
3.2.2 圆柱齿轮精度简介	96
3.2.3 铣齿	97
3.2.4 插齿和滚齿	99
3.2.5 齿形精加工	103
3.3 成形面加工	106
3.3.1 概述	106
3.3.2 成形面的加工方法	106
复习思考题	110
本章主要参考文献	110
本章推荐选用教学电视片	110
4 常见表面加工方案选择	111
4.1 常见表面的加工方案	111
4.1.1 外圆加工方案	111
4.1.2 内圆加工方案	113
4.1.3 锥面加工方案	113
4.1.4 平面加工方案	115
4.1.5 螺纹加工方案	115
4.1.6 齿形加工方案	117
4.2 选择表面加工方案的依据	118
4.3 表面加工方案选用实例	123
复习思考题	129
本章主要参考文献	129
本章推荐选用教学电视片	129
5 数控加工技术	130
5.1 成组技术	130
5.2 数控加工技术	133
5.2.1 概述	133

5.2.2	数控机床加工	134
5.2.3	离散化数控制造系统	138
5.2.4	柔性制造单元和柔性制造系统	139
5.2.5	计算机集成制造系统	141
5.2.6	智能制造技术与智能制造系统	143
	复习思考题	144
	本章主要参考文献	144
	本章推荐选用教学电视片	144
6	零件表面处理技术	145
6.1	概述	145
6.2	表面强化处理	146
6.2.1	表面机械强化	146
6.2.2	表面电火花强化	148
6.2.3	表面激光强化	149
6.3	表面电镀与氧化处理	151
6.3.1	电镀	151
6.3.2	表面氧化处理	153
	复习思考题	155
	本章主要参考文献	155
	本章推荐选用教学电教片	155
7	其他新技术新工艺	156
7.1	直接成形技术	156
7.2	少无切削加工	159
7.3	水射流切割技术	160
7.4	快速激光原型制造技术	163
7.4.1	快速激光原型制造技术的基本原理	163
7.4.2	快速激光原型制造的技术后盾	164
7.4.3	快速激光原型制造技术的特点和应用	165
7.5	精密加工和超精密加工技术	166
7.5.1	精密加工和超精密加工概念	166
7.5.2	精密加工和超精密加工方法	166
	复习思考题	169
	本章主要参考文献	169
	本章推荐选用教学电视片	169
8	零件的结构工艺性	170
8.1	零件结构工艺性概念	170
8.2	零件结构的切削加工工艺性	171

8.3 零件结构的装配工艺性	171
复习思考题	185
本章主要参考文献	185
本章推荐选用教学电教片	185
9 零件的制造工艺过程	186
9.1 零件加工工艺的基本知识	186
9.1.1 工艺过程的有关概念	186
9.1.2 工件的安装	188
9.1.3 六点定位原理	190
9.1.4 基准	192
9.1.5 定位基准的选择原则	193
9.2 零件加工工艺的制定	194
9.2.1 制定零件加工工艺的内容和要求	194
9.2.2 制定零件加工工艺的步骤	195
9.3 典型零件加工工艺过程	197
9.3.1 轴类零件的加工过程	197
9.3.2 盘套类零件的加工过程	201
9.3.3 支架箱体类零件的加工过程	204
9.3.4 切削加工与特种加工综合工艺例题	206
9.4 工艺设计及工艺管理中的技术经济分析	208
9.4.1 机械零件加工工艺成本	208
9.4.2 降低工艺成本的途径	210
9.4.3 加强工艺管理	215
复习思考题	216
本章主要参考文献	217
本章推荐选用的教学电视片	217
10 微细加工与集成电路制造	218
10.1 微细加工技术	218
10.1.1 微细加工	218
10.1.2 纳米技术	220
10.2 硅片的制备	221
10.3 集成电路制造	223
10.3.1 集成电路制造工艺概述	223
10.3.2 基本的制造工艺技术	223
复习思考题	230
本章主要参考文献	230