



“十三五”国家重点出版物出版规划项目

现代机械工程系列精品教材

教育部普通高等教育精品教材

普通高等教育“十一五”国家级规划教材



Mechanical Manufacturing Technology

机械制造工艺学

第④版

王先逵 © 主编

清华大学



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

“十三五”国家重点出版物出版规划项目
现代机械工程系列精品教材
教育部普通高等教育精品教材
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机械制造工艺学

第4版

主 编 王先逵
参 编 (按章节顺序排名)
 贾云福 张世昌 张福润
 吴博达 王宛山
主 审 王小华 于骏一

机械工业出版社

本书是1995年11月出版的《机械制造工艺学》一书的第4版,是根据近年来机械制造技术的发展,同时保持“机械制造工艺及设备专业教学指导委员会”制订的教学计划和课程教学大纲编写的。全书内容共分七章,即绪论、机械加工工艺规程设计、机床夹具设计、机械加工精度及其控制、机械加工表面质量及其控制、机器装配工艺过程设计、机械制造工艺理论和技术的发展。

本书作为机械工程系列精品教材,力求精益求精、尽善尽美,在保证基本内容的基础上,为反映现代制造技术的发展,增加了一些新内容;理论联系实际,多用实例、图、表等来表述,贯彻国家新的制图标准,而且每章均有一定数量的习题与思考题,便于学生思考,掌握内容要点。

本书主要作为高等院校“机械设计制造及其自动化”专业的本科教材,也可供从事机械制造业的工程技术人员和参加自学考试的考生参考。

本书的教师版课件仍由天津大学张冠伟教授修订升级。

本书第1版曾荣获国家机械工业局1999年科学技术进步奖三等奖,第2版荣获教育部普通高等教育精品教材,并列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材。第3版又被列入“十三五”国家重点出版物出版规划项目。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺学/王先逵主编. —4版. —北京:机械工业出版社, 2019.8

“十三五”国家重点出版物出版规划项目 现代机械工程系列精品教材
教育部普通高等教育精品教材 普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-111-62438-7

I. ①机… II. ①王… 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(2019)第062724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 朱琳琳 任正一

责任校对:张晓蓉 封面设计:张静

责任印制:张博

三河市国英印务有限公司印刷

2019年9月第4版第1次印刷

184mm×260mm·26.75印张·665千字

标准书号:ISBN 978-7-111-62438-7

定价:59.80元

电话服务

客服电话:010-88361066

010-88379833

010-68326294

封底无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

机工教育服务网:www.cmpedu.com

第4版前言

时光荏苒，转眼间《机械制造工艺学》一书根据机械工业出版社的要求又要修订出版了。本书自1995年11月出版以来，经2007年1月和2013年1月两次修订，现在就是第3次修订了。本书第1版曾荣获国家机械工业局1999年科学技术进步奖三等奖，第2版曾荣获教育部普通高等教育精品教材，并列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材，2017年又被列入“十三五”国家重点出版物出版规划项目。这些荣誉无时不在鞭策着我们更加努力工作，以满足广大教师、学生和其他读者的要求。

2015年我国提出了“中国制造2025”，立足国情，立足现实，制造业要特别重视创新性、智能性、精密性三性和重大型、尖端型、高端型三型，力争通过“三步走”实现制造强国的战略目标。第一步：力争用十年时间（2016—2025年），迈入制造强国行列。提出了“中国制造2025”所实施的十大重点工程，并特别提出了智能制造。第二步：到2035年，我国制造业整体达到世界制造强国阵营中等水平。第三步：新中国成立100年时，制造大国的地位更加巩固，综合实力进入世界制造强国前列。我们编写的教材应适应这一形势要求，结合实际，急国家之所需。

这次修订，除通常的要求外，力求明确做到以下几点：

(1) 系统 这次修订保持了原有基本内容和经典内容的论述，总体论述机械制造工艺系统，又明确形成了有四条主线共七章的结构体系：第一条主线是机械加工工艺规程和机床夹具设计，第二条主线是机械加工精度和表面质量及其控制，第三条主线是机器装配工艺过程设计，第四条主线是机械制造工艺理论和技术的发展。虽然各部分的内容范围不同，分量不等，但都很重要，构成了工艺学这个整体，反映了当代制造工艺的发展态势，使学生和读者能多多受益。

(2) 实践 “机械制造工艺学”是一门实践性很强的课程，没有实践环节的配合是学不好的，机械制造专业原为五年制，教学计划中有基础课、专业基础课和专业课三大部分，认识、生产和毕业三种实习，工艺、机床、刀具、夹具等多种课程设计以及“真刀真枪”的毕业设计，对学生在能力和知识上的培养作用显著。当前如何培养学生的实践能力十分重要，在这方面教材有着举足轻重的作用，应当重视并有所改进。

(3) 新颖 社会总是在前进，总是不断地提出需求，因此教学就要跟上，教材总要不断修订，就要精益求精，尽善尽美，不断创新，这是永恒的要求。在新颖上，除贯彻新的国家标准外，还要结合“中国制造2025”及智能制造这一重点，为此本书编写了一些相关内容以飨读者。

(4) 精品 教材是与学生接触最多的宜友，因此理所当然地都应该是精品。但是要编写一本好教材很不容易，需要多方面的条件和多年的努力，特别是在专业、教学计划经常变化的情况下，难度会更大。

本书主要作为高等院校“机械设计制造及其自动化”专业本科生的教材，也可供广大从事机械制造业的工程技术人员自学参考。

本版具体章节的编写人员如下：第一章和第七章由清华大学王先逵教授编写；第二章由大连理工大学贾云福教授编写；第三章由天津大学张世昌教授编写；第四章由华中科技大学张福润教授编写；第五章由教育部吴博达教授编写；第六章由东北大学王宛山教授编写。本书由清华大学王先逵教授任主编，大连理工大学王小华教授和吉林大学于骏一教授任主审。两位主审对本书的编写提出了许多宝贵意见，在此深表谢意！

本版的教师版课件仍由天津大学张冠伟教授修订。

由于编者水平有限，书中会有错误和不当之处，恳请广大同行和读者批评指正。

编者
2019年1月

第3版前言

《机械制造工艺学》第2版自2007年1月出版以来,在将近5年时间内,共印刷了13次,6万多册。在这期间荣获教育部普通高等教育精品教材,被列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材,并由天津大学编写、制作了配套的教师版课件,受到广大读者的欢迎,这是难能可贵和没有想到的事。

时过境迁,制造技术有了飞速发展,教育改革使教学计划和课程设置都有了较大的变化,教材也要相应进行修订。在这种形势下,机械工业出版社提出了编写《机械制造工艺学》第3版的要求,并对读者进行了调研,整理出读者对第2版的意见,于今年3月份开始,组织了修订工作。值得庆贺的是编审者原班人马均健在,不少人还仍在第一线工作,因此修订工作思想统一,进展顺利。

这次修订仍保持第1版原有的基本内容和风格,以机械加工工艺和装配工艺为主线,高标准要求进行编写,力求做到“系”“实”“精”“新”四点。

1.“系”是调整了系统。从总的系统来看可以分为四大部分,第一部分是加工工艺的基本理论和方法,从“绪论”开始,先论述“机械加工工艺规程设计”,对工艺提出全面要求,其后再论述“机床夹具及其设计原理”,在“工艺规程”和“夹具”的基础上论述和分析机械加工质量及其控制问题;第二部分是“机械加工精度及其控制”和“机械加工表面质量及其控制”,这是机械制造工艺的核心理论问题;第三部分是“机器装配工艺过程设计”;第四部分是“机械制造工艺理论和技术的发展”。虽然内容不多,但反映了新工艺和新技术。

2.“实”是加强了实践,理论联系实际。在“机械加工工艺规程设计”一章中增加了典型零件加工工艺规程的制定,在“机械加工精度及其控制”“机器装配工艺过程设计”等章节中增加了不少实例,以供学生学习时参考。考虑到学生在学习夹具设计时,要看懂一些复杂的二维图形困难较大,因此将一些复杂的二维夹具图用三维图表示,则比较形象、清楚。

3.“精”是强调了精品。本书已是教育部普通高等教育精品教材,在此基础上应该精益求精、尽善尽美,因此对全书进行了精心校订,对一些不适当的提法、论述以及文字、图、表上的错误进行了认真修改,提高了教材质量。

4.“新”是增强了新意。社会在发展,科学在进步,在全书修订中增加一些新内容,删减一些旧内容是非常必要的。例如,在“机器装配工艺过程设计”一章中,由于虚拟装配技术发展很快,故对这部分内容做了较大的补充。另外,国家标准也在不断更新,全书贯彻了新的国家标准,如对表面结构的图形符号贯彻GB/T 131—2006标准。

有关课程研究对象和任务、课程的主要内容、特点和学习方法等均可参考第2版前言。

VI

第3版的教师版课件仍由天津大学张冠伟教授和张世昌教授进行修订。

本版具体章节的编写人员是：第一章和第七章由清华大学王先逵教授编写；第二章由大连理工大学贾云福教授编写；第三章由天津大学张世昌教授编写；第四章由华中科技大学张福润教授编写；第五章由教育部吴博达教授编写；第六章由东北大学王宛山教授编写。本书由清华大学王先逵教授任主编，大连理工大学王小华教授和吉林大学于骏一教授任主审。两位主审对本书的编写提出了许多宝贵意见，在此谨向他们表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不足之处，恳请广大同行和读者批评指正。

编者

第2版前言

一、课程教材出版背景

《机械制造工艺学》自1995年11月出版以来，已印刷了20次，共9万余册，受到广大读者欢迎，这对编者是一个很大的鼓舞和鞭策。鉴于此，机械工业出版社要求进行修订。在出版社的积极组织下，于2004年7月4日在沈阳东北大学召开了第2版教材修订会议。难能可贵的是参加第1版编写工作的全体编审者都出席了会议。会上讨论了修订原则，一致认为应保持第1版原有的基本内容和风格，以机械加工工艺和装配工艺为主线，保证教材的先进性、科学性和实用性，并请天津大学机械工程系配做教师版计算机辅助课件。

本书在编写过程中力求贯彻以下基本思想：

1) 近20年来，信息技术的发展推动了制造技术的进步，现代（先进）制造技术成为全世界发展的重点，因此应反映这一时代的变化，使教材具有先进性。

2) 目前，大多数高等工科院校的机械制造专业已将“切削原理和刀具”“金属切削机床”“机械制造工艺学”和“机床夹具设计原理”等课程综合为“机械制造原理”或“机械制造基础”等课程，但也有不少院校仍坚持单独开设“机械制造工艺学”课程，因此本书仍保持第1版原有的基本内容和风格，以机械加工工艺和装配工艺为主线，按高标准要求进行编写。

3) 保证教材的实用性、科学性。采用分析、归纳的方法，尽量多用图、表来表达叙述性的内容，以培养学生的综合分析能力。

4) 理论联系实际，注意多用典型实例分析，以便于学生牢固掌握基本内容。

5) 每章均有一定数量的习题与思考题，以培养学生的思考能力，掌握每章内容要点和方法。

6) 近年来，名词术语、代（符）号、量和单位等均有变化，本书均采用国家新的标准。

本书是根据机械制造工艺及设备专业指导委员会所制定的大纲编写的，课程应配有实验、习题、生产实习和课程设计等教学环节，才能有好的教学效果。课程的主要内容包括“机械制造工艺学”和“机床夹具设计原理”两大部分，共分绪论、机械加工精度及其控制、机械加工表面质量及其控制、机械加工工艺规程设计、机器装配工艺过程设计、机床夹具设计、机械制造工艺理论和技术的发展7章。第2版与第1版相比，其基本内容和风格相同，但做了一些改变：

1) 在体系结构上进行了调整。将原“绪论”变为第一章，更新了机械制造工程学科发展的内容，反映了近年来的发展概况；同时将生产过程、生产类型、工件加工时的

定位和基准等工艺基本知识等内容放在这一章，使系统性更好一些。

章节顺序重新进行了安排，将原第一章“机械加工工艺规程设计”安排在第四章；将原第三章“机床夹具设计原理”安排在第六章，从而使体系上更加符合认知规律。

2) 近年来，制造技术有了很大的发展，因此在内容上增加了一些新知识、新技术和新观点，如制造永恒性、广义制造论、全面质量控制、数控加工工艺、机器的虚拟装配，以及大规模定制制造、绿色制造、集成电路制造和印制电路板制造等，并加强了表面质量及其控制、计算机辅助夹具设计等内容，同时改进了习题及思考题。

因此在总字数基本不变的情况下，拓宽了“绪论”内容，在有关章节中增加了数控机床加工和计算机控制内容，同时在机械制造工艺发展部分中增加了一些实际知识。

3) 适应现代教学要求，增加了习题、思考题等，并由天津大学机械工程系配做教师版计算机辅助课件。该课件不仅可以帮助教师备课，同时还提供了开放式平台，教师可利用其编制新课件。

本书主要作为普通高等院校机械工程及自动化专业的教材，也可供自学考试、电视大学、业余大学、职工大学等学生使用，同时可供从事机械制造业的工程技术人员参考。

参加本书编写的人员有：第一章绪论和第七章机械制造工艺技术的发展由清华大学王先逵教授编写；第二章机械加工精度及其控制由华中科技大学张福润教授编写；第三章机械加工表面质量及其控制由教育部吴博达教授编写；第四章机械加工工艺规程设计由大连理工大学贾云福教授编写；第五章机器装配工艺过程设计由东北大学王宛山教授编写；第六章机床夹具设计由天津大学张世昌教授编写。本书由清华大学王先逵教授任主编，大连理工大学王小华教授和吉林大学于骏一教授任主审。两位主审对本书的编写提出了许多宝贵意见，在此谨向他们表示衷心感谢！

二、课程研究对象和任务

“机械制造工艺学”课程在我国首次于1953年由苏联专家节门杰夫教授在清华大学正式讲授，经过我国学者多年来的努力，其内容不断充实和发展，它已与“金属切削原理”“金属切削刀具”“金属切削机床”等课程一同成为机械制造专业的主干课。

“机械制造工艺学”的研究对象是机械产品的制造工艺，包括零件加工和装配两方面，其指导思想是在保证质量的前提下达到高生产率、经济性（包括利润和经济效益）。课程的研究重点是工艺过程，同样也包括零件加工工艺过程和装配工艺过程。工艺是使各种原材料、半成品成为产品的方法和过程。各种机械的制造方法和过程的总称为机械制造工艺。工艺是生产中最为活跃的因素，它既是构思和想法，又是实在的方法和手段，并落实在由工件、刀具、机床、夹具所构成的工艺系统中，所以它包含和涉及的范围很广，需要多门学科知识的支持，同时又和生产实际联系十分紧密。

课程的主要任务有以下几点：

1) 掌握机械加工和装配方面的基本理论和知识，如零件加工时的定位理论、工艺和装配尺寸链理论、加工精度理论等。

2) 了解影响加工质量的各项因素，学会分析、研究加工质量的方法。

- 3) 学会制定零件机械加工工艺流程和部件、产品装配工艺流程的方法。
- 4) 掌握机床夹具设计的基本理论和方法。
- 5) 了解当前制造技术的发展及一些重要的先进制造技术,认识制造技术的作用和重要性。

三、课程的主要内容、特点和学习方法

课程的主要内容有:

(1) 加工质量分析 包括机械加工精度和机械加工表面质量两部分。在加工精度部分,分析了影响加工精度的因素、质量的全面控制、加工误差的统计分析及提高加工精度的途径,强调了误差的检测与补偿和加工误差综合分析实例;在表面质量部分,分析了影响表面质量的因素及其控制,阐述了表面改性处理以及防治机械振动的方法等问题。

(2) 零件机械加工工艺流程制定 论述了零件机械加工工艺流程制定的指导思想、内容、方法和步骤,分析了余量、工艺尺寸链等问题,并阐述了成组技术、数控加工技术和计算机辅助工艺过程设计等先进制造技术内容。同时进行了制定工艺流程的实例分析。

(3) 装配工艺过程设计 论述了装配工艺过程的制定及典型部件装配举例、结构的装配工艺性、装配工艺方法和装配尺寸链、机器人与装配自动化等内容,同时增加了虚拟装配等新技术。

(4) 机床夹具设计原理和方法 加强了成组夹具、随行夹具和计算机辅助夹具设计等内容,以适应当前制造自动化的需求。

(5) 机械制造工艺技术的发展 从精密工程和纳米技术、制造系统自动化的角度论述了现代制造工艺技术、先进制造模式,并增加了集成电路和印制电路板制造技术,扩大了制造工艺的范围。

本课程的特点可归纳为以下几点:

1) “机械制造工艺学”是一门专业课,随着科学技术和经济的发展,课程内容需要不断更新和充实。由于制造工艺是非常复杂的,影响因素很多,课程在理论上和体系上正在不断地完善和提高。

2) 课程的实践性很强,与生产实际的联系十分密切,有了实践知识才能在学习时理解得比较深入和透彻,因此要注意实践知识的学习和积累。

3) 课程具有工程性,有不少设计方法方面的内容,需要从工程应用的角度去理解和掌握。

4) 要掌握课程的内容,需要有习题、课程设计、实验、实习等各环节的相互配合。每个教学环节都是重要的,必不可少的。各教学环节之间应密切结合和有机联系,形成一个整体。

5) 每一门课程都有先修课程的要求,在学习“机械制造工艺学”时应具备“金属工艺学”“金工实习”“互换性与技术测量基础”“金属切削原理”“金属切削刀具”“金属切削机床”等知识。当前教学计划和课程设置变化很大,因此本课程应在“工程

训练”和“机械制造基础”等培训和授课后再学习，则效果可能更好些。

在课程的学习方法上应根据个人情况而定，这里只能提出一些基本方法供参考。

1) 注意掌握基本概念，如工件在加工时的定位、尺寸链的产生、加工精度和加工表面质量等。有些概念的建立是很不容易的。

2) 注意学习一些基本方法，如工艺尺寸链和装配尺寸链的方法、制定零件加工工艺过程和机器装配工艺过程的方法、机床夹具设计方法等，并通过设计等环节来加深理解和掌握。

3) 注意和实际相结合，要向实际学习，积累实际知识。

4) 要重视与课程有关的各教学环节的学习，使之产生相辅相成的效果。

由于编者水平有限，书中难免有不少错误和不足之处，恳请广大同行和读者批评指正。

编者

第1版前言

1992年9月在杭州召开的“机械制造工艺及设备专业教学指导委员会会议”决定，为了适应机械制造业的发展和教学改革的需要，要新编一本《机械制造工艺学》大学本科教材。在这以前，专业教学指导委员会曾对我国近年来高等院校编写的《机械制造工艺学》教材进行了评审，在此基础上决定由清华大学、大连理工大学、天津大学、华中理工大学、吉林工业大学、东北大学承担编写，由清华大学王先逵教授任主编。

本书在编写过程中力求贯彻以下基本思想：

1) 在保证基本内容的基础上，删除一些过时的内容，增加新内容，以反映现代制造技术的发展。

2) 尽量多用图、表来表达叙述性的内容，以培养学生的综合分析能力。

3) 理论联系实际，注意多用典型实例分析，以便牢固掌握基本内容。

4) 每章均有一定数量的习题和思考题，以培养学生的思考能力，掌握要点。

5) 贯彻名词术语、代（符）号、量和单位等现行国家标准。

本书是根据专业教学指导委员会所制定的大纲编写的，课堂讲授为66学时，课程应配有实验、习题、生产实习和课程设计等教学环节。由于近年来“机床夹具设计原理”大多放在“机械制造工艺学”中讲授，故仍按此处理，并将工艺与夹具在内容上有机结合起来。

本书主要作为高等院校机械制造工艺及设备专业的教材，也可供自学考试、电视大学、函授大学、业余大学、职工大学等学生使用，同时可供从事机械制造业的工程技术人员参考。

本书由清华大学王先逵任主编，参加具体章节的编写人员有：绪论：清华大学王先逵；第一章：大连理工大学贾云福；第二章：天津大学张世昌；第三章：华中理工大学张福润；第四章：吉林工业大学吴博达；第五章：东北大学王宛山；第六章：清华大学王先逵。全书由大连理工大学王小华、吉林工业大学于骏一主审，他们对书稿提出了不少宝贵意见，在此谨向他们表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不少错误和不足之处，恳请读者批评指正。

编者

1995年2月

目 录

第 4 版前言	
第 3 版前言	
第 2 版前言	
第 1 版前言	
第一章 绪论	1
第一节 机械制造工程学科的发展	1
一、制造的永恒性	1
二、广义制造论	3
三、机械制造科学技术的发展	6
第二节 生产过程、工艺过程与工艺系统	7
一、机械产品生产过程	7
二、机械加工工艺过程	7
三、机械加工工艺系统	10
第三节 生产类型与工艺特点	11
一、生产纲领	11
二、生产批量	11
三、生产类型及其工艺特点	12
第四节 工件加工时的定位和基准	13
一、工件的定位	13
二、基准	22
习题与思考题	24
第二章 机械加工工艺规程设计	26
第一节 概述	26
一、机械加工工艺规程的作用	26
二、机械加工工艺规程的格式	26
三、机械加工工艺规程的设计原则、 步骤和内容	29
第二节 工艺路线的制定	32
一、定位基准的选择	32
二、加工经济精度与加工方法的选择	36
三、典型表面的加工路线	38
四、工艺顺序的安排	43
五、工序的集中与分散	45
六、加工阶段的划分	45
第三节 加工余量、工序尺寸及公差的 确定	46
一、加工余量的概念	46
二、加工余量的确定	49
三、工序尺寸与公差的确定	50
第四节 工艺尺寸链	51
一、直线尺寸链	51
二、平面尺寸链	60
第五节 时间定额和提高生产率的工艺 途径	62
一、时间定额	62
二、提高生产率的工艺途径	64
第六节 工艺方案的比较与技术经济指标	67
一、工艺方案的比较	67
二、技术经济指标	70
第七节 实例	70
一、机械加工工艺规程设计实例	70
二、机械加工工艺过程实例分析	77
第八节 数控加工工艺设计	80
一、数控加工的主要特点	80
二、数控加工工序设计	80
三、数控编程简介	82
四、数控加工工序综合举例	85
五、工序安全与程序试运行	87
第九节 成组加工工艺设计	87
一、成组技术的基本原理	87
二、零件的分类编码	87
三、成组工艺	91
第十节 计算机辅助工艺过程设计	95
一、计算机辅助工艺过程设计的基本 方法	95
二、样件法 CAPP	96
习题与思考题	99
第三章 机床夹具设计	104
第一节 机床夹具概述	104
一、机床夹具及其组成	104
二、机床夹具的功能	104

三、机床夹具的分类	106	三、机床误差	177
第二节 工件在夹具上的定位	106	四、夹具的误差与磨损	193
一、常用定位方法与定位元件	106	五、刀具的误差与磨损	193
二、定位误差计算	112	第三节 工艺系统的受力变形对加工精度的影响	194
第三节 工件的夹紧	116	一、基本概念	194
一、对夹紧装置的要求	116	二、工艺系统刚度的计算	195
二、夹紧力的确定	117	三、工艺系统刚度对加工精度的影响	196
三、常用夹紧机构	120	四、机床部件刚度	202
第四节 各类机床夹具	129	五、减小工艺系统受力变形对加工精度影响的措施	205
一、车床与圆磨床夹具	129	六、工件残余应力引起的变形	206
二、钻床夹具和镗床夹具	130	第四节 工艺系统的热变形对加工精度的影响	207
三、铣床夹具	136	一、概述	207
四、加工中心机床夹具	139	二、工件热变形对加工精度的影响	209
第五节 柔性夹具	140	三、刀具热变形对加工精度的影响	211
一、组合夹具	140	四、机床热变形对加工精度的影响	211
二、可调整夹具	145	五、减少工艺系统热变形对加工精度影响的措施	214
三、其他柔性夹具	148	第五节 加工误差的统计分析	215
第六节 机床专用夹具的设计步骤和方法	149	一、加工误差的性质	216
一、专用夹具设计的基本要求	149	二、分布图分析法	216
二、专用夹具设计的一般步骤	150	三、点图分析法	223
三、夹具设计中的几个重要问题	152	四、机床调整尺寸	228
第七节 计算机辅助夹具设计	157	第六节 保证和提高加工精度的途径	229
一、计算机辅助夹具设计系统工作原理	157	一、误差预防技术	230
二、计算机辅助夹具设计系统应用软件设计	158	二、误差补偿技术	232
三、夹具装配体及装配图的转换	161	第七节 加工误差综合分析实例	234
四、计算机辅助夹具设计技术的发展方向	164	习题与思考题	245
习题与思考题	166	第五章 机械加工表面质量及其控制	248
第四章 机械加工精度及其控制	171	第一节 加工表面质量及其对零件使用性能的影响	248
第一节 概述	171	一、加工表面质量的概念	248
一、机械加工精度	171	二、加工表面质量对零件使用性能的影响	250
二、影响机械加工精度的原始误差及分类	172	第二节 影响加工表面质量的工艺因素及其改进措施	252
三、误差的敏感方向	173	一、切削加工表面的表面粗糙度	252
四、研究加工精度的方法	174	二、磨削加工后的表面粗糙度	253
五、全面质量管理	174	三、表面粗糙度和表面微观形貌的测量	255
第二节 工艺系统的几何误差对加工精度的影响	175	第三节 影响表层金属力学物理性能的	
一、加工原理误差	175		
二、调整误差	176		

工艺因素及其改进措施	260	第八节 机器的智能装配	337
一、加工表面层的冷作硬化	260	一、智能装配	337
二、表面金属的金相组织变化	263	二、智能装配的关键技术	338
三、表层金属的残余应力	265	三、智能装配系统	339
四、表面强化工艺	270	习题与思考题	342
第四节 机械加工过程中的振动	273	第七章 机械制造工艺理论和技术的	
一、机械加工中的强迫振动	274	发展	344
二、机械加工中的自激振动(颤振)	275	第一节 概述	344
三、机械加工振动的诊断技术	281	一、制造工艺的重要性	344
四、机械加工振动的防治	285	二、现代制造工艺理论和技术的发展	345
习题与思考题	291	第二节 机械制造工艺理论	345
第六章 机器装配工艺过程设计	293	一、加工成形机理	345
第一节 概述	293	二、精度原理	347
一、机器装配的基本概念	293	三、相似性原理和成组技术	347
二、装配工艺系统图	294	四、工艺决策原理	348
第二节 装配工艺规程的制定	295	五、优化原理	349
一、制定装配工艺规程的基本原则及		第三节 现代制造工艺方法	350
原始资料	295	一、特种加工技术	350
二、制定装配工艺规程的步骤	296	二、特种加工方法	351
第三节 机器结构的装配工艺性	297	三、增材制造(3D打印技术)和材料	
一、机器结构应能分成独立的装配		快速原型制造	359
单元	298	四、高速加工和超高速加工	362
二、减少装配时的修配和机械加工	299	五、精密工程和纳米技术	365
三、机器结构应便于装配和拆卸	300	六、复合加工技术	376
第四节 装配尺寸链	301	第四节 制造单元和制造系统	377
一、装配精度	301	一、制造单元和制造系统的自动化	377
二、装配尺寸链的建立	303	二、自动生产线	379
三、装配尺寸链的查找方法	304	三、柔性制造系统	381
四、装配尺寸链的计算方法	305	第五节 先进制造模式	385
第五节 保证装配精度的装配方法	305	一、计算机集成制造系统	385
一、互换装配法	305	二、并行工程	393
二、选择装配法	314	三、精益生产	395
三、修配装配法	316	四、敏捷制造和虚拟制造	396
四、调整装配法	321	五、大规模定制制造	397
第六节 机器装配的自动化	324	六、企业集群制造	397
一、自动装配机与装配机器人	324	七、绿色制造	398
二、装配自动线	327	第六节 智能制造技术	400
第七节 机器的虚拟装配	328	一、智能制造的含义	400
一、虚拟现实与虚拟装配	328	二、智能制造技术的方法	400
二、虚拟装配的类型	329	三、智能制造的形式	411
三、虚拟装配环境的建立	330	习题与思考题	411
四、虚拟装配的关键技术	331	参考文献	413
五、虚拟装配应用系统的实现	333		

第一章 绪论

第一节 机械制造工程学科的发展

一、制造的永恒性

(一) 机械制造技术的发展

现代制造技术或先进制造技术是 20 世纪 80 年代提出来的,但它的工作基础已经历了半个多世纪。最初的制造是靠手工来完成的,以后逐渐用机械代替手工,以达到提高产品质量和生产率的目的,同时也为了解放劳动力和减轻繁重的体力劳动,因此出现了机械制造技术。机械制造技术有两方面的含义:其一是指用机械来加工零件(或工件)的技术,更明确地说是在一种机器上用切削方法来加工,这种机器通常称为机床、工具机或工作母机。另一方面是指制造某种机械的技术,如汽车、涡轮机等。此后,由于在制造方法上有了很大的发展,除用机械方法加工外,还出现了电加工、光学加工、电子加工、化学加工等非机械加工方法,因此,人们把机械制造技术简称为制造技术。

可以认为:先进制造技术是将机械、电子、信息、材料、能源和管理等方面的技术,进行交叉、融合和集成,综合应用于产品全生命周期的制造全过程,包括市场需求、产品设计、工艺设计、加工装配、检测、销售、使用、维修、报废处理等,以实现优质、敏捷、高效、低耗、清洁生产,快速响应市场的需求。

制造技术是一个永恒的主题,是设想、概念、科学技术物化的基础和手段,是国家经济与国防实力的体现,是国家工业化的关键。制造业的发展和其他行业一样,随着国际、国内形势的变化,有高潮期也有低潮期,有高速期也有低速期,有国际特色也有民族特色,但必须加以重视,而且要持续不断地向前发展。

(二) 制造技术的重要性

制造技术的重要性是不言而喻的,它有以下四个方面的意义。

1. 社会发展与制造技术密切相关

现代制造技术是当前世界各国研究和发展的主题,特别是在市场经济繁荣的今天,它更占有十分重要的地位。

人类的发展过程就是一个不断制造的过程,在人类发展的初期,为了生存,制造了石器,以便于狩猎。此后,相继出现了陶器、铜器、铁器和一些简单的机械,如刀、剑、弓、箭等兵器,锅、壶、盆、罐等用具,犁、磨、碾、水车等农用工具,这些工具和用具的制造

