



普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等教育机电类规划教材

机械制造 技术概论

周建华 孙俊兰 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等教育机电类规划教材

机械制造技术概论

主 编	周建华	孙俊兰	
参 编	李益民	金卫东	黄景飞
	杜官将	陈杰来	
主 审	任乃飞		



机械工业出版社



本书内容包括金属切削基本原理、机械加工方法与装备、机械制造工艺与夹具设计原理、制造技术新发展等。为适应培养生产一线应用型机械类专业人才的需要,本书强调应用性和能力培养,注重突出知识要点和基本概念,加强理论联系工程实际。通过引用典型实例进行分析,用图、表来表达叙述性的内容,使学生能加深对所述内容的理解,较好地掌握机械制造技术的基本理论,培养学生分析和解决生产实际问题的能力。

本书适合作为普通高等院校机械设计制造及其自动化专业的教材,也可作为普通高等院校机械类其他专业的教材,还可作为高等专科学校、高等职业技术学院相关专业的教材,也可供从事机械制造等工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术概论/周建华,孙俊兰主编. —北京:机械工业出版社,2012.12

普通高等教育“十二五”规划教材·普通高等教育机电类规划教材

ISBN 978-7-111-40521-4

I. ①机… II. ①周…②孙… 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(2012)第280842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:余 皞 责任编辑:余 皞 韩 冰 冯 铤

版式设计:闫玥红 责任校对:肖 琳

封面设计:张 静 责任印制:张 楠

北京华正印刷有限公司印刷

2013年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm 20.5印张 502千字

标准书号:ISBN 978-7-111-40521-4

定价:38.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面防伪标均为盗版

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主 任：邱坤荣

副主任：黄鹤汀 左健民

高文龙 章 跃

王晓天 周建方

沈世德

秘 书：周骥平

委 员：（排名不分先后）

周骥平 徐文宽

唐国兴 邓海平

戴国洪 李纪明

蒋同洋 鲁屏宇

葛士恩 赵连生

芮延年 王 萍

乔 斌 李建启

葛友华

序

20 世纪末、21 世纪初，在社会主义经济建设、社会进步和科技飞速发展的推动下，在经济全球化、科技创新国际化、人才争夺白炽化的挑战下，我国高等教育迅猛发展，跨入了高等教育大众化阶段，高等教育理念、定位、目标和思路等发生了革命性变化，正在逐步形成以科学发展观和终身教育思想为指导的新的高等教育体系和人才培养工作体系。在这个过程中，一大批应用型本科院校和高等职业技术学院异军突起，超常发展，1999 年已见端倪。当时我们敏锐地感到，这批应用型本科院校的崛起，必须有相应的应用型本科教材来满足教学需求，否则就有可能回到老本科院校所走过的学术型办学路子。2000 年下半年，我们就和机械工业出版社及扬州大学工学院、南京工程学院、河海大学常州校区、淮海工学院、南通工学院、盐城工学院、淮阴工学院、常州工学院、江南大学等 12 所高校在南京工程学院开会，讨论策划编写出版机电类应用型本科系列教材问题。规划出版 38 种，并进行了分工，提出了明确的规范要求，得到江苏省各方面的支持和配合。2001 年 5 月开始出书，到 2004 年 7 月已出齐 38 种，还增加了 3 种急需的教材，总册数已达 45 万册。每种至少有 2 次以上印刷，最多的印刷了 5 次、发行量达 2.5 万册。据调查，用户反映良好，并反映这个系列教材基本上体现了我在序言中提出的四个特点，符合地方应用型工科本科院校的教学实际，较好地满足了一般应用型工科本科院校的教学需要。用户的评价使我们很高兴，但更是对我们的鞭策和鼓励。实际上，这一轮机电类教材存在的问题还不少，需要改进的地方还很多。我们应当为过去取得的进步和成绩而高兴，同时，我们更应当为今后进一步发展而正视自己。我们并不需要刻意去忧患，但确实存在值得忧患的现实而不去忧患就很难有更美好的明天。今后怎么办？这是大家最关注的问题，也是我们亟待研讨和解决的问题。我们应该以对国家对人民对社会对受教育者高度负责的精神重新审视这一问题，以寻求更好的解决方案。我们认为，必须在总结前一阶段经验教训的新起点上，坚持以国家新时期教育方针和科学发展观为指导，坚持高标准、严要求，坚持“质量第一、多样发展、打造精品、服务教学”的方针，把下一轮机电类教材修订、编写、出版工作做大、做优、做精、做强，为建设有中国特色的高水平的地方工科应用型本科院校作出新的更大贡献。

一、坚持用科学发展观指导教材修订、编写和出版工作

应用型本科院校是我国高等教育在推进大众化过程中崛起的一种新的办学类型，它除应恪守大学教育的一般办学基准外，还应有自己的个性和特色，就是要在培养具有创新精神、创业意识和创造能力的工程、生产、管理、服务一线需要的高级技术应用型人才方面办出自己的特色和水平。应用型本科人才的培养既不能简单“克隆”现有的本科院校，也不能是原有专科培养体系的相似放大。应用型人才的培养，重点仍要思考如何与社会需求的对接。既要从学生的角度考虑，以人为本，以素质教育的思想贯穿教育教学的每一个环节，实现人的全面发展；又要从经济建设的实际需求考虑，多类型、多样化地培养人才。但最根本的一条还是坚持面向工程实际，面向岗位实务，按照“本科学

历+岗位技术”的双重标准,有针对性地进行人才培养。根据这样的要求,“强化理论基础,提升实践能力,突出创新精神,优化综合素质”应当是工作在一线的本科应用人才的基本特征,也是本科应用型人才的总体质量要求。

培养应用型人才的关键在于建立应用型人才的培养模式。而培养模式的核心是课程体系与教学内容。应用型的人才培养必须依靠应用型的课程和内容,用学科型的教材难以保证培养目标的实现。课程体系与教学内容要与应用型的人才的知识、能力、素质结构相适应。在知识结构上,科学文化基础知识、专业基础知识、专业知识、相关学科知识四类知识在纵向上应向应用前沿拓展,在横向上应注重知识的交叉、联系和衔接。在能力结构上,要强化学生运用专业理论解决实际问题的实践能力、组织管理能力和社会活动能力,还要注重思维能力和创造能力的培养,使学生思路清晰、条理分明,有条不紊地处理头绪纷繁的各项工作,创造性地工作。能力培养要贯彻到教学的整个过程之中。如何引导学生去发现问题、分析问题和解决问题应成为我们应用型本科教学的根本。

探讨课程体系、教学内容和培养方法,还必须服从和服务于大学生全面素质的培养。要通过形成新的知识体系和能力延伸以促进学生思想道德素质、文化素质、专业素质和身体心理素质的全面提高。因此,要在素质教育的思想指导下,对原有的教学计划和课程设置进行新的调整和组合,使学生能够适应社会主义现代化建设的需要。我们强调培养“三创”人才,就应当用“三创教育”、人文教育与科学教育的融合等适应时代的教育理念,选择一些新的课程内容和新的教学形式来实现。

研究课程体系,必须看到经济全球化与我国加入世界贸易组织以及高等教育的国际化对人才培养的影响。如果我们的课程内容缺乏国际性,那么我们所培养的人才就不可能具备参与国际事务、国际交流和国际竞争的能力。应当研究课程的国际性问题,增设具有国际意义的课程,加快与国外同类院校的课程接轨。要努力借鉴国外同类应用型本科院校的办学理念和培养模式、做法来优化我们的教学。

在教材编、修、审全过程中,必须始终坚持以人的全面发展为本,紧紧围绕培养目标和基本规格进行活生生的“人”的教育。一所大学使得师生获得自由的范围和程度,往往是这所大学成功和水平的标志。同样,我们修订和编写教材,提供教学用书,最终是为了把知识转化为能力和智慧,使学生获得谋生的手段和发展的能力。因此,在修订、编写教材过程中,必须始终把师生的需要和追求放在首位,努力提供教的方便和学的便捷,努力为教师和学生留下充分展示自己教和学的风格和特色的发展空间,使他们游刃有余,得心应手,还能激发他们的科学精神和创造热情,为教和学的持续发展服务。教师是课堂教学的组织者、合作者、引导者、参与者,而不应是教学的权威。教学过程是教师引导学生,和学生共同学习、共同发展的双向互促过程。因此,修订、编写教材对于主编和参加编写的教师来说,也是一个重新学习和思想水平、学术水平不断提高的过程,决不能丢失自我,决不能将“枷锁”移嫁别人,这里“关键在自己战胜自己”,关键在自己的理念、学识、经验和水平。

二、坚持质量第一,努力打造精品教材

教材是教学之本。大学教材不同于学术专著,它既是学术专著,又是教学经验之理性总结,必须经得起实践和时间的考验。学术专著的错误充其量只会贻笑大方,而教材

之错误则会遗害一代青年学子。有人说：“时间是真理之母”。时间是对我们所编写教材的最严厉的考官。目前，我们的教材才使用了几年，还很难说就是好教材。因为前一阶段主要是解决有无问题，用户还没有来得及去总结和反思，所以有的问题可能还没有来得及暴露。我们必须清醒地看到这一点。今后，更要坚持高标准、严要求，用航天人员“一丝不苟”、“一秒不差”的精神严格要求自己，确保教材质量和特色。为此，必须采取以下措施：第一、高等教育的核心资源是一支优秀的教师队伍，必须重新明确主编和参加编写教师的标准和要求，实行主编招标和负责制，把好质量第一关；第二，教材要从一般工科本科应用型院校实际出发，强调实际、实用、实践，加强技能培养，突出工程实践，内容适度简练，跟踪科技前沿，合理反映时代要求，这就要求我们必须严格把好教材编写或修订计划的评审关，择优而用；第三、加强教材编写或修订的规范管理，确保参编、主编、主审以及交付出版社等各个环节的质量和要求，实行环节负责制和责任追究制；第四、确保出版质量；第五、建立教材评价制度，奖优罚劣。对经过实践使用、用户反映好的教材要进行修订再版，切实培育一批名师编写的精品教材。出版的精品教材必须和多媒体课件配套，并逐步建立在线学习网站。

三、坚持“立足江苏、面向全国、服务教学”的原则，努力扩大教材使用范围，不断提高社会效益

下一轮教材编写和修订工作，必须加快吸收有条件有积极性的外省市同类院校、民办本科院校、独立学院和有关企业参加，以集中更多的力量，建设好应用型本科教材。同时，要相应调整编审委员会的人员组成，特别要注意充实省内外的优秀的“双师型”教师和有关企业专家。

四、建立健全用户评价制度

要在使用这套教材的省市有关高校建立教材使用质量跟踪调查，并建立网站，以便快速、便捷、实时地听取各方面的意见，不断修改、充实和完善我们的教材编写和出版工作，实实在在地为教师和学生提供精品服务，实实在在地为培养高质量的应用型本科人才服务。同时也努力为造就一批工科应用型本科院校高素质高水平的教师提供优良服务。

本套教材的编审和出版一直得到机械工业出版社、江苏省教育厅和各主编、主审以及参加编写高校的大力支持和配合，在此，一并表示衷心感谢。今后，我们应一如既往地更加紧密地合作，共同为工科应用型本科院校教材建设作出新的贡献，为培养高质量的应用型本科人才作出新的贡献，为建设有中国特色社会主义的应用型本科教育作出新的努力。

普通高等教育机械工程及自动化专业

机电类规划教材编审委员会

主任 教授 邱坤荣

前 言

“机械制造技术概论”是机械工程类专业的一门主要专业基础课程。本教材是为适应应用型本科教育机械专业人才培养目标的需要，在总结近几年的教学改革实践经验和兄弟院校对本课程内容设置提出的意见和建议，按照加强基础、拓宽面向、突出应用、更新知识的改革思路编写而成的。通过本课程的学习，学生能掌握机械制造技术的基础知识和基本理论，了解机械制造技术的最新发展动态，为后续专业课程的学习、为毕业设计以及毕业后从事机械设计与制造打下基础。

本教材内容包括金属切削基本原理、机械加工方法与装备、机械制造工艺与夹具设计原理、制造技术新发展等。为适应培养生产一线应用型机械专业人才的需要，本教材强调应用性和能力培养，注重突出知识要点和基本概念，加强理论联系工程实际。通过引用典型实例进行分析，用图、表来表达叙述性的内容，学生能加深对所述内容的理解，较好地掌握机械制造技术的基本理论，培养学生分析和解决生产实际问题的能力。

本教材由周建华、孙俊兰任主编。周建华编写第四章，并负责统稿；孙俊兰编写第一章；李益民编写绪论、第三章；金卫东编写第八章；黄景飞编写第二章；杜官将编写第五章；陈杰来编写第六章、第七章。江苏大学任乃飞教授担任本教材主审，扬州大学周骥平教授对本教材内容的选择提出了许多建设性的意见，在此表示衷心感谢！

由于编者水平有限，书中难免有错漏及不当之处，恳请广大读者多提宝贵意见。

编 者

目 录

序

前言

绪论 1

一、制造业与制造技术 1

二、机械制造业在国民经济中的地位 和作用 1

三、机械制造技术的现状与发展前景 2

四、本课程的目的、要求和特点 4

第一章 金属切削过程及其控制 5

第一节 金属切削基本知识 5

一、切削运动与切削参数 5

二、刀具角度 8

第二节 刀具材料 14

一、刀具材料应具备的性能 14

二、常用的刀具材料 14

第三节 金属切削过程的变形 19

一、金属切削层的切削变形 19

二、切屑的类型 22

三、积屑瘤的成因及对切削过程 的影响 24

四、切削变形程度的表示方法 25

五、影响切削变形的主要因素 27

第四节 切削力 28

一、切削力的来源与分解 28

二、切削功率、单位切削力 29

三、切削力的测量及切削力经验公式 30

四、影响切削力的因素 32

第五节 切削热和切削温度 34

一、切削热的产生和传导 34

二、切削温度对切削过程的影响 34

三、切削温度的测定方法 35

四、影响切削温度的因素 36

五、切削温度的分布 37

第六节 刀具磨损与刀具使用寿命 38

一、刀具磨损的形式 38

二、刀具磨损的原因 40

三、刀具磨损过程及磨钝标准 41

四、刀具寿命 42

第七节 切削加工条件的合理选择 44

一、工件材料的可加工性 44

二、刀具材料的选择 45

三、刀具几何参数的合理选择 46

四、切削用量的选择 48

五、切削液 54

第八节 磨削 55

一、磨削的特点 55

二、磨削运动与磨削用量 56

三、磨削过程 57

四、单颗磨粒的切削厚度 58

五、磨削力 59

六、磨削温度 59

七、砂轮的磨损和修整 60

习题与思考题 61

第二章 机械加工方法及装备 63

第一节 金属切削机床概述 63

一、机床的分类和型号的编制 63

二、机床的组成 65

三、机床的运动分析 66

第二节 车削与车床 72

一、卧式车床的工艺范围及组成 72

二、卧式车床的传动系统 72

三、车刀 79

第三节 其他加工方法与机床 81

一、钻削与钻床 81

二、铣削与铣床 84

三、磨削与磨床 88

四、齿形加工	94	的误差	154
五、数控加工与数控加工机床	100	一、基本概念	154
习题与思考题	106	二、工艺系统刚度	155
第三章 机床夹具设计原理	108	三、工艺系统受力变形对加工精度 的影响	155
第一节 概述	108	四、机床部件刚度的测定和影响因素	159
一、机床夹具的作用	108	五、减小工艺系统受力变形对加工精度 影响的措施	161
二、机床夹具的分类	109	第四节 工件残余应力引起的加工 误差	162
三、机床夹具的组成	109	一、残余应力的概念及产生原因	162
第二节 工件在夹具中的定位	110	二、减少或消除残余应力的措施	163
一、工件的定位	110	第五节 工艺系统热变形引起的加工 误差	164
二、机床夹具定位元件	117	一、概述	164
三、定位误差的分析与计算	122	二、工件热变形对加工精度的影响	164
第三节 工件在夹具中的夹紧	127	三、刀具热变形对加工精度的影响	165
一、夹紧装置的组成和要求	127	四、机床热变形对加工精度的影响	166
二、夹紧力的确定	128	五、减少工艺系统热变形的途径	166
三、典型夹紧机构	130	第六节 加工误差的统计分析	168
四、夹紧的动力装置	133	一、加工误差的性质	168
第四节 典型机床夹具	135	二、分布图分析法	169
一、钻床夹具	135	三、点图分析法	176
二、铣床夹具	138	第七节 提高加工精度的工艺措施	178
三、车床夹具	139	一、减少误差法	178
第五节 机床夹具设计方法	141	二、误差补偿法	179
一、机床夹具设计要求	141	三、误差分组法	179
二、机床夹具设计的内容及步骤	141	四、误差转移法	179
习题与思考题	142	五、“就地加工”法	179
第四章 机械加工质量及控制	145	六、误差均分法	180
第一节 机械加工精度概述	145	第八节 机械加工表面质量	180
一、加工精度与加工误差	145	一、表面质量的内容	180
二、研究机械加工精度的目的和方法	145	二、表面质量对零件使用性能的影响	181
三、获得机械加工精度的方法	146	三、表面粗糙度的主要影响因素及 控制	182
四、原始误差和误差敏感方向	147	四、表面层物理力学性能的影响因素	184
第二节 工艺系统的几何误差对加工 精度的影响	148	五、提高表面质量的加工方法	187
一、原理误差	148	习题与思考题	188
二、机床的几何误差	149		
三、工艺系统其他几何误差	153		
第三节 工艺系统受力变形引起			

第五章 机械加工工艺规程设计	192	四、装配尺寸链的概念与建立方法	256
第一节 概述	192	五、装配尺寸链的计算方法	258
一、生产过程与机械加工工艺过程	192	第二节 保证装配精度的方法	258
二、机械加工工艺过程的组成	192	一、互换装配法	258
三、生产纲领与生产类型	194	二、选择装配法	261
四、机械加工工艺规程	196	三、修配装配法	263
第二节 机械加工工艺规程设计	197	四、调整装配法	266
一、零件的结构工艺性分析	197	第三节 装配工艺规程的制订	267
二、毛坯的选择	201	一、制订装配工艺规程的基本原则	267
三、定位基准的选择	203	二、制订装配工艺规程所需要的原始资料	268
四、机械加工工艺路线的拟订	207	三、制订装配工艺规程的步骤	268
五、加工余量、工序尺寸及公差的确 定	213	习题与思考题	273
六、工艺过程的生产率	216	第七章 典型零件加工	274
七、工艺方案的技术经济分析	220	第一节 轴类零件加工	274
八、编制工艺规程文件	222	一、轴类零件的结构特点和技术要求	274
第三节 工艺尺寸链	224	二、轴类零件的材料及毛坯	275
一、尺寸链的基本概念	224	三、轴类零件的主要加工方法	276
二、尺寸链计算的基本公式	226	四、轴类零件加工工艺的拟订	276
三、工艺过程尺寸链的分析与解算	229	五、轴类零件工艺过程示例与分析	278
第四节 数控加工工艺设计	237	六、轴类零件的检验	281
一、数控加工工艺概述	237	第二节 箱体类零件加工	282
二、数控加工工艺内容的选择	239	一、箱体类零件的结构特点和技术 要求	282
三、数控加工工艺性分析	241	二、箱体类零件的材料及热处理	283
四、数控加工工艺路线的设计	242	三、箱体类零件的加工	284
五、数控加工工序的设计	244	四、拟订箱体类零件机械加工工艺规 程的原则	287
六、对刀点与换刀点的确定	246	五、箱体类零件工艺过程示例与分析	288
七、数控加工专用技术文件的编写	246	六、箱体自动化生产	290
第五节 计算机辅助工艺规程 设计	247	七、箱体的检测	291
一、概述	247	习题与思考题	292
二、计算机辅助工艺规程设计方法	248	第八章 制造技术的新发展	293
习题与思考题	249	第一节 概述	293
第六章 装配工艺规程设计	253	第二节 超精密加工技术	294
第一节 概述	253	一、精密与超精密加工技术概述	294
一、装配的概念	253	二、超精密切削技术	295
二、装配工作的基本内容	254	三、超精密磨削技术	296
三、装配精度	255		

四、纳米加工技术简介	297	五、激光加工技术	308
第三节 特种加工技术	301	第四节 快速原型制造技术	309
一、特种加工技术概述	301	一、快速原型制造技术的成形原理	309
二、电火花加工技术	303	二、快速原型制造工艺的分类	310
三、电火花线切割加工	304	习题与思考题	311
四、电化学加工技术	306	参考文献	312

绪 论

一、制造业与制造技术

制造业是将各种原材料加工制造成可使用的工业品或生活消费品的行业。制造业的先进与否是一个国家经济发展的重要标志，制造业在多数国家尤其是发达国家的国民经济中占有十分重要的地位，是国民经济的支柱产业。据统计，工业化国家中以各种形式从事制造活动的人员约占全国从业人数的四分之一。我国的制造业在工业总产值中占了 40%。可以说，制造业是国家的立国之本，没有发达的制造业，就不可能有国家的真正繁荣和富强。

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的需求，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本动力。

二、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。世界的高科技强国，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。

制造技术是制造企业的技术支柱，是制造企业持续发展的根本动力。实践证明，忽视制造技术的发展，就可能导致经济发展走入歧途。例如，在 20 世纪 70 年代到 80 年代间，美国一度受所谓制造业已成为“夕阳工业”的思潮影响，忽视制造技术的提高与发展，致使制造业急剧滑坡，在汽车、家电等方面受到了日本的有力挑战，丧失了许多市场，导致了 20 世纪 90 年代初的经济衰退。这一严重局面使得美国决策层重新审视自己的产业政策，自 20 世纪 80 年代中期，美国制订了一系列民用技术开发计划并切实加以实施，并特别将 1994

年确定为美国的先进制造技术年,作为当年重点扶持的唯一领域,先进制造技术得到了长足的发展,促进了美国经济的全面复苏,夺回了许多原先失去的市场。一个国家如果把经济的基础放在股票、旅游、金融、房地产、服务业上,而没有自己的制造业,这个国家的经济就容易形成泡沫经济,一有风吹草动就会发生经济危机。这也进一步表明制造业是一个国家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。

三、机械制造技术的现状与发展前景

改革开放三十年来,我国制造业有了显著的发展,无论是总量还是技术水平,都有很大的提高。机械制造业从产品研发、技术装备和加工能力等方面都取得了很大的进步,为国民经济、国防和高科技的发展提供了有力的支持。工业制成品在出口商品总额中的比重不断提高,我国正由初级产品出口国发展为制成品大国,通过国际贸易,逐步融入全球国际分工体系之中,成为其中不可分割的一个部分。

尽管我国制造业的综合技术水平有了大幅度提高,但应该看到,与工业发达国家相比,我国制造业依然是大而不强,劳动生产率及工业增加值低,低水平生产能力过剩,高水平生产能力不足,技术创新能力相对薄弱,产品技术含量和附加价值较低。同时,我国制造业的结构不尽合理,装备制造业薄弱,制造企业的规模普遍偏小,不能形成规模效应,产品缺乏国际竞争力。我国制造业的现状使我们认识到,低成本、低利润、缺乏自主品牌与技术含量的劳动密集型制造企业没有核心竞争力,一旦低成本的比较优势丧失,面临的危机就不单纯是生产危机,而是生存危机。在这种情况下,企业要想摆脱困境,首先应该做的事情就是提高产品的技术含量,打造属于自己的品牌。没有技术将永远受制于人,必须以市场需求为导向,以技术创新为动力,加快战略转型,努力提高产品的科技含量和附加值,从低成本优势向高效率和技术优势转变,只有技术研发和技术创新才是企业的出路。

随着科技、经济、社会的日益进步和快速发展,日趋激烈的国际竞争及不断提高的人民生活水平对机械产品在性能、价格、质量、服务、环保及多样性、可靠性等多方面提出的要求越来越高,对先进的生产技术装备、科技与国防装备的需求越来越大,机械制造业面临着新的发展机遇和挑战。

微电子技术、信息技术和计算机技术,以及材料科学、生命科学和宇航科学等交叉学科的迅猛发展,为现代制造技术的诞生和发展提供了足够的技术支撑。现代制造技术的发展趋势可以归结为:机电产品要“精”“极”“文”,制造过程要“绿”“快”“省”“效”,制造方法要“数”“自”“集”“网”“智”,这12个方面的发展趋势将彼此渗透,相互依赖,相互促进,并形成有机整体服务于现代制造技术。

“精”是指“精密化”。一方面是指对产品、零件的精度要求越来越高,另一方面是指对产品、零件的加工精度要求越来越高。有了前者,才要求有后者;有了后者,才促使前者得以发展。“精密化”是发展的关键,涉及精密与超精密加工、微细加工和纳米加工等。

“极”是指“极端化”,即对产品有极端要求或能在极端条件下工作。例如,一般高科技产品或者在高温、高压、高湿、强磁场、强腐蚀等条件下工作,或者有高硬度、大弹性要求,或者在几何形体上有极大、极小、极厚、极薄、异形等要求。

“文”是指“人文化”。这是指在人类文明高度发展的今天,机电产品不仅是一个工业

产品,只解决“实用”的问题,满足物质层面上的需要;还应该是一个艺术产品,人文文化含量高,真正解决“物美”问题,满足精神层面上的需要,能同环境协调,能供欣赏,能悦人心,经得起“看”,经得起“想”。

“绿”是指“绿色化”。这是从环境保护和资源合理利用角度提出的发展要求。要求现代机电产品从方案构思到结构设计与生产制造,再到销售与服务、使用与回收的各个阶段,都必须充分考虑到环境保护,并努力发展绿色制造技术。所谓绿色制造技术,不仅要保护自然环境,还要保护生产环境;不仅要保护社会环境,还要保护生产者的身心健康。

“快”是指“快速化”,即指对产品市场的快速响应,以及对生产资源的快速重组。这两个“快”必然要求生产模式要有高度的柔性 with 敏捷性。适应快速多变的机电产品市场需求,发展快速响应的制造技术,是当代市场经济走向“买方市场”“多变市场”“顾客是上帝”、企业满足“客户化”的必然结果。

“省”是指“节省化”。任何一种经济行为都要核算成本,都要力求资源的合理配置和有效利用。因此,立足于市场经济、低碳经济和循环经济的发展以及环保节约型社会建设的需要,机电产品的制造过程必须力求节省、节约、节俭。

“效”是指“高效化”,主要是指“高生产率”,即单位时间内生产的产品数量多。这也是市场经济行为对机电产品生产制造的根本要求,否则无法保证产品的市场竞争力和企业的可持续发展。

“数”是指“数字化”。“数字化”在现代制造业中的应用包括设计、制造、控制和管理等诸多领域。“数字化”是机械制造企业信息化的基础,计算机辅助设计与制造技术和数字测控技术在机电装备和机电一体化产品中的应用是大势所趋,各种管理信息系统也是机械制造企业提升加工质量和生产率的必由之路。

“自”是指“自动化”。它是用于强化、延伸甚至取代人的有关劳动的重要技术与手段。以保证加工质量和提高生产率为重要技术指标的现代机电产品必然是自动化技术的载体。自动化技术的广泛应用不仅可以大大减轻操作人员的劳动强度,而且极大地规避了人为因素在制造和使用中可能引起的故障或失误。特别是自动化技术和信息技术的有机集成还可以部分地减轻设计与使用人员的脑力劳动。

“集”是指“集成化”。“集成化”包括技术的集成、管理的集成、技术与管理的集成三个层面,最终目标是要努力形成人员、技术、管理和信息的四维集成,其本质是知识的集成,即知识表现形式的集成,根本目标是实现总体效益的最大化。

“网”是指“网络化”。随着科学技术的发展,制造业必将走向整体化、有序化。因此,“网络化”将是现代制造技术的发展方向和必由之路。这是因为随着机电产品的复杂程度和技术水平的提高,在全球化的市场竞争环境下,必将导致机械制造企业的分工协作和专业化生产。机械企业要想获得可持续发展,一方面于内部要在设计制造和流程管理上充分利用网络化技术来合理配置和有效利用各种制造资源,一方面于外部要通过网络化技术来加强协同研究和合作生产,从而使企业自身专注于核心竞争力的维持和发展。

“智”是指“智能化”。现代制造系统正在由原先的能量驱动型逐步转变为信息驱动型,这就要求制造系统不但要具备柔性,而且还要能实现某些智能,以应对大量复杂信息的处理。智能化的最终目标是形成具备某种特定功能的全智能制造模式,主要特点包括:人一机—环境的整体最优,具有自组织和超柔性,具备自学习和自维护功能,基于网络技术实现

专家指导和协同制造，并能借助计算机信息处理技术实现人类专家的某些智能活动。

四、本课程的目的、要求和特点

通过本课程的学习，学生应能从技术与经济紧密结合的角度出发，围绕加工质量和交货期这个目标，掌握整个制造系统的规划设计、选择优化和运作监控的基本知识，能在宏观上和全局上对生产活动、生产组织有清楚的认识，而不能仅局限于单个工序及其优化的知识。要求掌握机械制造过程中包括传统和现代的各种常用加工方法和制造工艺，以及与之有关的切削机理、加工原理、切削参数的选用、加工质量的分析与控制方法等。具体要求为：

- 1) 掌握金属切削的基本规律，具有根据加工条件合理选择刀具种类、刀具材料、刀具几何参数、切削用量及切削液的能力。
- 2) 掌握常用机械加工方法和常用机床的用途、工艺范围以及机床夹具的设计原理，能够合理地选择加工方法、机床和夹具，具有分析与调整通用机床传动链的能力。
- 3) 掌握拟订机械加工工艺规程（含数控加工）和机器装配工艺规程的基本知识及有关计算方法，具有拟订中等复杂程度零件机械加工工艺规程的能力。
- 4) 掌握机械加工精度和表面质量的基本理论和基本知识，初步具备分析解决现场工艺问题的能力。
- 5) 对机械制造技术的新发展有一定的了解。

本课程的特点是涉及面广、综合性强、实践性强，对初学者来说，会有一定的难度。生产原理与管理模式，没有足够的实践基础也很难准确地把握与理解。因此，在学习本课程时，应理论联系实际、重视实践性教学环节，通过生产实习、课程实验、课程设计、现场教学及工厂调研等来更好地体会和加深理解所学内容，并在理论与实际的结合中，培养分析和解决实际问题的能力。

第一章 金属切削过程及其控制

金属切削加工是指在机床上利用金属切削刀具切去工件上多余的（或预留的）金属层（加工余量），以获得具有一定表面精度（尺寸、几何精度）和表面质量的机械零件的加工方法。

金属切削过程是工件和刀具相互作用的过程。伴随切削过程，会产生切削变形、切削力、切削热和刀具磨损等一系列现象。本章在介绍金属切削基本知识的基础上，对切削过程中的上述现象进行研究，揭示它们的产生机理和相互之间的内在联系。深入研究金属切削的基本理论和规律，对控制切削过程、保证加工质量、提高生产率和降低生产成本具有重要意义。

第一节 金属切削基本知识

一、切削运动与切削参数

1. 切削运动

在金属切削中，为了切除工件上多余的金属，形成所需要的表面，刀具和工件之间必须有一定的相对运动。刀具与工件间的相对运动称为切削运动。切削运动可分为主运动和进给运动。

（1）主运动 主运动是刀具和工件间主要的相对运动，它使刀具切削刃及其邻近的刀具表面切入工件材料，使被切削层转变为切屑，从而形成工件的新表面。在切削运动中，主运动速度最高，消耗功率最大，是切下切屑所必需的基本运动。主运动可以由工件完成，也可以由刀具完成，如车削时工件的旋转运动和牛头刨床刨削时刀具的直线运动。切削加工中主运动只有一个。主运动速度是矢量，有大小和方向，如图 1-1 所示。主运动速度称为切削速度，用符号 v_c 表示。

（2）进给运动 进给运动是使新的金属不断投入切削的运动，它保证切削工作连续或反复进行，从而切除切削层，形成所需工件表面。

进给运动速度较低，消耗功率也小。进给运动可由刀具完成（如车削），也可由工件完成（如铣削）；进给运动可以是一个，也可以是多个；进给运动可以是连续运动，也可以是间歇运动；进给运动是矢量，有大小和方向（图 1-1）。进给运动的速度称为进给速度，用符号 v_f 表示。

（3）合成切削运动 主运动和进给运动可以同时进行（如车削、铣削），也可交替进行

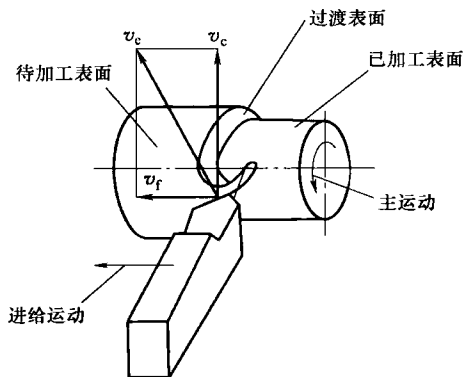


图 1-1 外圆车削时的切削运动