

“十二五”国家重点图书出版规划项目

先进制造理论研究与工程技术系列

**THEORY AND PRACTICE OF MODERN EQUIPMENT
MANUFACTURING TECHNOLOGY**

现代装备制造技术理论与实践

主编 王世刚

哈尔滨工业大学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目

先进制造理论研究

**THEORY AND PRACTICE OF MODERN EQUIPMENT
MANUFACTURING TECHNOLOGY**

现代装备制造技术理论与实践

主 编 王世刚
副主编 王雪峰 吴子敬
参 编 王凤娟 崔有正



哈尔滨工业大学出版社

内容简介

本书根据教育部普通高等学校工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求,结合各高校装备制造技术理论与实践教学实际情况以及国内外高等工程教育发展状况,再结合编者多年理论与实践教学经验编写而成。全书共分4篇17章,第1篇为现代装备制造理论与实践基础,内容包括实践基本要求、实践安全知识、现代装备制造材料与热处理、现代装备制造切削加工基础知识,共4章;第2篇为现代装备制造材料成形理论与实践,内容包括熔铸成形、锻压成形、焊接成形、3D打印成形,共4章;第3篇为金属切削加工理论与实践,内容包括车削加工、铣削加工、刨削加工、磨削加工、钳工,共5章;第4篇为现代加工技术理论与实践,内容包括数控加工、自动编程加工、激光加工、特种加工,共4章。各章均编写了教学目的和要求、安全技术以及复习思考题。

本书适合作为高等学校各专业本、专科装备制造技术理论与实践的基础教材,也可供工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

现代装备制造技术理论与实践/王世刚主编. —哈尔滨:
哈尔滨工业大学出版社,2015.1
ISBN 978-7-5603-5029-5

I. ①现… II. ①王… III. ①制造业-高等学校-教材 IV. ①F407.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第278988号

责任编辑 杨秀华
封面设计 卞秉利
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编 150006
传 真 0451-86414749
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 20 字数 493千字
版 次 2015年2月第1版 2015年2月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-5029-5
定 价 42.00元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

现代装备制造技术的内容覆盖机械、电子、信息、控制、工业管理等知识,在重视学生的基础理论和基本技能训练的同时,不断增加新技术、新工艺和新设备的相关内容。实施综合工程技术理论与实践教育,就是要置受教育者于现代工程背景下,通过一系列现代装备制造技术理论与实践教学活动、科技创新活动和人文素质教育活动,了解和熟悉工程的全过程,让学生在企业管理、工程实践能力和技术创新意识等诸多方面都得到全面的训练和提高,为培养现代卓越工程师奠定基础。

在大工程背景下,现代装备制造技术理论与实践在教学模式上改变传统的装备制造技术教学方法和教学手段,从以教师为中心转为以学生为中心,充分利用各类现代装备制造技术条件,集理论学习、基础实践、综合实践、拓展实践和创新实践为一体,注重传统与现代的结合,坚持以学生为主体、教师为主导,坚持传授知识、培养能力、提高素质协调发展,着力培养学生的工程意识、实践能力和创新精神。按分层次、模块化、组合式、开放型的新形式组织理论与实践教学,优化资源配置,合理布局,形成新的教学特色。

本书以现代制造业为专业背景,贴近区域经济和社会需求,适应现代装备制造业的发展趋势,注重机械工程与计算机控制技术、现代测试技术等学科的交叉渗透,注重现代装备与控制工程的能力培养,将传授知识、能力培养与素质教育紧密结合,培养面向工程实际、富有创新精神、基础理论扎实、知识信息面宽、实践能力强、综合素质高,具备现代装备技术、计算机控制技术和现代测试技术综合交叉应用的能力,并掌握现代装备设计制造与控制工程系统理论及应用技术的复合型高级工程技术人才。

我们基于上述背景和理念,组织了具有多年理论与实践教学经验的教师和工程技术人员共同编写了本书。本书受黑龙江省高等教育综合改革试点专项项目(GJZ201301036)和黑龙江省精品图书出版工程专项资金资助出版。

本书由王世刚任主编,并负责全书统稿;王雪峰、吴子敬任副主编。参与编写的具体分工如下:王世刚编写第0、1、2、8、16、17章;王雪峰编写第9、10、13、14章;吴子敬编写第5、15章;王凤娟编写第3、4、6、章;崔有正编写第7、11、12章。

本书编写过程中参考了大量相关文献,在此向相关作者和出版社表示衷心的感谢。

限于编者水平有限,书中难免出现这样或那样的错误和疏漏,诚望广大同行和读者批评指正。

编者

2015年1月

第0章 现代制造技术及其发展	1
0.1 现代制造技术概述	1
0.2 现代制造技术的地位与分类	2
0.3 现代制造中加工技术的发展趋势	4

第1篇 现代装备制造理论与实践基础

第1章 实践基本要求	9
1.1 实践的目的	9
1.2 实践的基本规章制度	10
第2章 实践安全知识	13
2.1 实践安全概述	13
2.2 工业安全法规	13
2.3 机械安全	14
2.4 物料搬运安全	18
2.5 电气安全	19
2.6 防火与灭火知识	20
第3章 现代装备制造材料与热处理	23
3.1 材料概述及分类	23
3.2 金属材料的基本性能	23
3.3 常用金属材料及其牌号	25
3.4 非金属材料及其在工程上的应用	29
3.5 钢的热处理技术	31
第4章 现代装备制造切削加工基本知识	35
4.1 切削加工概述	35
4.2 切削刀具	37
4.3 常用量具	41
4.4 零件技术要求	47

第2篇 现代装备制造材料成形理论与实践

第5章 铸造成形	53
5.1 熔铸成形概述	53
5.2 砂型铸造的造型工艺	54
5.3 铸造合金的熔炼与浇注	68
5.4 特种铸造	70
第6章 锻压成形	74
6.1 锻压成形概述	74
6.2 锻造工艺	75
第7章 焊接成形	91

7.1	焊接成形概述	91
7.2	电弧焊	92
7.3	气焊	102
7.4	其他焊接方法	104
第8章	3D打印成形	109
8.1	3D打印成形概述	109
8.2	3D打印机操作	113
第3篇 金属切削加工理论与实践		
第9章	车削加工	120
9.1	车削加工概述	120
9.2	卧式车床	121
9.3	卧式车床操作要点	123
9.4	切削液	127
9.5	车削加工工艺	129
9.6	车床附件	138
9.7	车削加工操作实训	141
第10章	铣削加工	146
10.1	铣削概述	146
10.2	铣床	149
10.3	铣刀	149
10.4	铣床附件及工件装夹	152
10.5	铣削的基本工作	157
10.6	铣削加工操作实训	160
第11章	刨削加工	165
11.1	刨削加工概述	165
11.2	牛头刨床	166
11.3	刨刀及其安装	167
11.4	工件的安装	168
11.5	刨削基本工作	169
11.6	刨削加工操作实训	171
第12章	磨削加工	172
12.1	磨削加工概述	172
12.2	砂轮	173
12.3	磨床及其工作	174
第13章	钳工	179
13.1	钳工概述	179
13.2	钳工的基本工作	180
13.3	钳工操作实训	200

第4篇 现代加工技术理论与实践

第14章 数控加工	203
14.1 数控加工概述	204
14.2 数控编程基础	205
14.3 数控车编程与操作	212
14.4 数控铣床编程与操作	224
14.5 数控加工中心编程与操作	237
14.6 数控加工技术实训	242
第15章 自动编程加工技术	254
15.1 自动编程概述	254
15.2 CAXA 制造工程师操作界面	256
15.3 CAXA 制造工程师功能	258
15.4 CAXA 制造工程师的自动编程实例	261
15.5 CAXA 编程助手	270
15.6 CAXA 编程助手应用实例	271
第16章 激光加工	276
16.1 激光加工概述	276
16.2 材料加工用激光器简介	278
16.3 激光加工工艺及实践	281
第17章 特种加工	294
17.1 特种加工概述	294
17.2 电火花加工	295
17.3 电火花成形机	296
17.4 电火花线切割加工	297
17.5 其他常用特种加工	304
17.6 特种加工技术实训	307
参考文献	309

第0章 现代制造技术及其发展

0.1 现代制造技术概述

制造技术的涉及面较广,机械、电子、冶金、建筑、水利、信息、农业和交通运输等各个行业都需要制造业的支持,制造业是一个支柱产业,不同时期发展重点不同,但需要制造技术的支持是永恒的。制造技术具有普遍性和基础性,同时也具有特殊性和专业性。制造技术的发展经历了工匠手艺、设计工艺到制造系统三个重要阶段。生产发展和社会分工,形成7个不同的制造单元技术,产生了包括设计、加工、装配、检验、维修、设备、工具和工装等多个直接或间接的生产部门。加工方法也从传统的车、铣、钻、刨、磨发展到电加工、超声波加工、电子束加工、离子束加工、激光加工等多种特种加工方法。在生产组织上出现了适应大批量生产需要的加工和装配流水线、自动线。随着信息技术的发展以及在制造技术中的应用,制造技术产生新的飞跃,出现了以物质流、能量流和信息流组成的制造系统,形成了现代制造技术。正是这些卓有成效的现代制造技术,使得现代多品种、小批量的制造企业,在面对严峻生存环境的挑战下,能够顺应买方市场千变万化的需求,及时开发并生产出不同买方所需要的各种新产品。在这些制造技术中,大多属于成熟技术,仅有少数是刚刚起步。不同技术虽然侧重点不同,但从企业目标、管理模式、运行机制、关键技术以及生产过程等方面来看,有许多共同之处,不少技术相互交叉、方法共用,这些共同点形成了现代制造技术的发展方向。

0.1.1 现代制造技术的含义

现代制造技术是指制造业不断吸收机械工程技术、电子信息技术(包括微电子、光电子、计算机软硬件、现代通信技术)、自动化技术生产设备、材料、能源及现代管理等方面的成果,并将其综合应用于产品设计、制造、检测、管理和售后服务以及对报废产品的回收处理这样一个制造全过程;实现优质、高效、低耗、清洁和灵活生产,提高对动态、多变市场的适应能力和竞争能力,并取得理想的技术经济效果的制造技术的总称。

“信息技术+传统制造技术的发展+现代管理技术=现代制造技术”

0.1.2 现代制造技术内涵

现代制造技术,其内涵就是“制造技术”+“信息技术”+“管理科学”,再加上相关的科学技术交融而形成的制造技术。在制造的生产规模上,它从单件小批量—少品种大批量—多品种变批量发展;在生产方式上,呈现出从劳动密集型—设备密集型—信息密集型—知识密集型变化;在制造装备上,呈现出从手工—机械化—单机自动化—刚性自动化—柔性自动化—智能自动化;在制造技术和工艺方法上,表现为集工艺方法、工艺装备和工艺材料为一体的成套技术,使制造技术成为重视物流、检验,包装及储藏,覆盖加工全过程的综合技术,不断发展优质高效、低耗的工艺及加工方法,以取代落后工艺,不断吸收微电子、计算机和自动化等高新技术成果,并实现系统集成,形成从单机到自动生产线等不同档次的自动化制造系统。现代制造技术引入工业工程和并行工程概念,强调系统化及其技术和管理的集成,将

技术和管理有机地结合在一起,并引入先进的管理模式,使制造技术及制造过程成为覆盖整个产品生命周期(设计、生产设备、加工制造、销售和维修,甚至再生回收),包含物质流、能量流和信息流的系统工程。

现代制造技术是多技术交融的技术,它适应并占领了现代制造业市场。我国这么一个大国,如果没有强大的现代制造业特别是装备制造业,我国就不可能有独立自主的制造业与工业,即使制造业再大再多再好,也受制于人。21世纪现代制造技术的发展趋势将是随着市场的全球化、竞争的激烈化、需求的个性化、生产的人性化而体现出的制造技术的信息化、服务化和高技术化,现代制造技术的内涵具体表现在以下几方面:

1. 信息化、数字化制造技术;
2. 精密与超精密加工技术;
3. 柔性自动化技术;
4. 现代集成制造技术;
5. 网络化制造技术;
6. 智能制造技术;
7. 可持续发展技术。

0.2 现代制造技术的地位与分类

0.2.1 现代制造技术的地位

一方面,由于人类社会在发展中不断发明新的产品、新的材料,对制造技术不断提出新的需求,因而促成了新的制造原理和方法不断诞生和成长,使得制造技术生机勃勃,持续发展。尤其是人类社会进入20世纪以后,现代数学、系统论、控制论和信息论等理论与学科的创建和发展,新材料技术、数控技术、自动化技术和微电子技术的诞生和发展,从根本上改变了制造技术的手工、低效的传统面貌,使之迈向自动、高效的现代化技术体系。另一方面,由于制造技术的发展,新的制造方法不断涌现,从而在效率、精度、成本等诸多方面都在难以想象的程度上拓展了人类开发和制造新产品的能力。今天,人们依托先进的制造技术,以前所未有的速度更新现有的产品,不断创造新的产品,从而极大地丰富了人类社会的物质生活,有力地推动了科学技术的整体发展,加快了人类认识自我和外部世界的进程。

必须指出的是,20世纪80年代以来,我国有关未来人类物质生产的浪漫遐想令人瞩目,但有失偏颇,甚至有默换主题之虑。有人讲知识对经济的重要性时,断言“所有创造财富的资源中,知识可以取代其他资源”“知识是取代自然资源的替代品”“目前有两种经济,一种是朝阳经济,另一种是夕阳经济”“多数传统产业已成夕阳,矿业、铁路、钢铁已被新技术革命所淘汰”“现代经济的主要职能是知识和信息的生产和分配,而不再是物质的生产和分配”“包括生产、消费和生活的各种经济活动过程都具有虚拟性,都不需要在现场进行,而是通过数字化的网络来完成”等,于是,得出了“工业经济已经衰落”的结论。甚至有人指出,今后的生产对象主要是“比特”,而不是物质原子,将出现无物质生产的社会。这些过于浪漫、豪放的言辞,对于艺术和科幻小说的创作来说是无可厚非的,但是对于一名科技工作者来说,则必须慎重对待,必须对制造工业的历史地位、现在的形势和未来的发展趋势做出更符合实际的、科学的分析,从而正确地认识现代加工技术的地位,准确地把握现代制造技术的发展方向。

在20世纪中叶的美国,曾经有很多学者鼓吹他们已进入“后工业化社会”,认为制造业是“夕阳工业”,主张经济重心应由制造业转向信息、生物等高科技产业和第三产业,结果导致美国在经济上竞争力明显下降,许多产品的质量和性能落后于日本、德国等其他发达国家。到20世纪80年代,美国政府开始意识到问题的严重性,于是在1988年美国的投资开展了大规模“21世纪制造企业战略”研究,提出了“先进制造技术”(Advanced Manufacturing Technology,简称AMT)的发展目标,制订并实施了“先进制造技术计划”和“制造技术中心计划”。1991年,在美国白宫科学技术政策办公室发表的“美国国家关键技术”报告中,重新确立了制造业在国民经济中的地位。

当前,在我国人们已经逐渐认识到,其他学科和工业的快速发展往往是以制造技术的不断发展为前提的这样一个事实,如在半导体制造领域,随着加工技术的进步,在单位面积上可以制造出的电子元件数量成百上千倍地增长,集成电路芯片的集成度越来越高,使得计算机以及其他电子产品的体积不断减小,而性能却不断提高。在我国航空航天、国防等某些特殊领域,加工制造技术常常成为瓶颈,产品在性能设计上虽然和工业先进国家相比相差不大,但是“做不好”的现象时有发生。我国民用产品的加工制造水平和工业发达国家相比,仍有很大差距。因此,近年来我国政府提出采用信息科学、材料科学、控制科学、管理科学等领域的先进成果对制造业进行升级改造,积极提升我国加工制造技术的整体水平。尤其在国防工业中,结合我国国防武器装备的研发和生产,已经开始大力加强先进加工技术的研究和开发工作。如今,制造科学在世界上已广泛被认为与信息科学、材料科学、生物科学并列当今时代的四大支柱学科。

0.2.2 现代制造技术的分类

制造业的基础和核心是制造技术,它由设计技术、加工工艺技术、基础设施及其支撑技术组成。其中,加工工艺技术又是制造技术的核心,它由各种加工方法及其制造过程所决定。所谓加工技术是指采用某种工具(包括刀具)或能量流通过变形、去除、连接、改性或增加材料等方式将工件材料制成满足一定设计要求的半成品或成品的过程技术的总称。加工的目的是获得一定的表面几何形状,并具有一定的几何精度,有时还必须保证加工后的表面(或表面层)满足一定的力学、光学、组织、成分等物理方面的要求,尤其在航空航天、国防等特殊领域更是如此。现代加工技术则是指满足“高速、高效、精密、微细、自动化、绿色化”特征中一种以上特征的加工技术。

制造业在长期的实践过程中逐渐形成了一整套加工技术,有习惯上划分为冷加工的车削、铣削、刨削、磨削、抛光、钻削、拉削、镗削、铰削、攻丝、滚齿、插齿、冲压、滚弯加工等;有习惯上划分为特种加工的电解、电铸、电火花、电化学、电子束、气相沉积、光刻、蚀刻、超声加工、激光加工、快速成形加工等;有习惯上划分为热加工的锻造、铸造、焊接、热处理加工等;还有它们两种或多种的复合。这些技术根据产生的年代以及加工原理,有着多种不同的分类方法。

习惯上有按照工件在被加工时是否加热对其进行分类的方法,即将加工技术划分为所谓的冷加工和热加工。如切削、铣削等不对工件加热进行加工的技术归入冷加工;而将需要对工件进行加热的锻造等热成形技术划入热加工。这种划分方法至今仍有一定的实用意义,但是它远远未能反映出加工技术的全貌,而且伴随着加工技术的发展,冷加工与热加工的界限已经愈来愈难以界定。如属于传统热加工范畴的锻造、轧制等加工技术已发展出冷锻、冷轧等工艺方法;而属于传统冷加工的切削加工技术中也出现了加热辅助切削等。因

此,这种冷热分类方法过于粗糙,不够科学、严谨。

对于加工技术还可以按照加工过程中所使用的能量形式对其进行分类。到目前为止,几乎所有的能量形式都已经应用于加工中,如机械能、电能、光能、声能、热能、化学能、生物能等。相应的加工方法被称为机械加工、电加工、光加工、声加工、热加工、化学加工、生物加工等。这些能量形式有单独使用的,也有组合使用的。现代加工技术在发展过程中,往往通过能量形式的组合催生出新的加工方法。因此,这种分类方法有助于理解具体某种加工技术的加工机理,有助于创造新的加工技术。

当然,还可以按照加工对象的最终几何形状来对加工进行分类,如:平面加工、沟槽加工、圆柱面加工、光空加工、螺纹加工、齿轮加工、非圆曲面(型腔)加工等。这种分类方法从所需加工几何形状出发,对实际生产中选择具体加工方式有指导意义。但是,它主要适用于去除材料类加工技术的细分类,而不能适用于以变形或增加材料的方式进行加工的技术分类,也不能囊括主要以改变表面物理性能为目的的表面加工技术。

20世纪末出现了一种新的加工技术分类方法,即按照被加工工件加工前后材料的增减变化与否进行分类。这样可以将加工技术分为四大类,即:去除(或减材)加工、增材加工、变形加工和表面加工。采用不同类的加工方法,工件被加工前后所比表现出的特征变化如表0.1所示。

表 0.1 不同加工技术的加工特征

加工技术类别	工件外形	工件体积
去除(或减材)加工	变化	减小
增材加工	变化	增大
变形加工	变化	不变
表面加工	不变	不变

这种分类方法可以涵盖所有的加工技术,任何一种具体的加工方法都可以归入其中一类。因此,越来越多的教科书上开始介绍这种分类方法,并试图将已有的加工技术对号入座。该方法全面而形象,具有科学严谨性。不过,它不像能量分类法那样能体现出加工过程的机理本质,而且比较粗略。

还有学者指出,现代加工技术可以按广义和狭义来分,广义的加工概念对应于英语中的 manufacturing 或 working,包括去除(或减材)加工、接合加工、变形加工和表面处理等四大类,分别对应于英语中的 Material Removal Manufacturing 或简称 Removing, Material Joining Manufacturing 或简称 Joining, Material Forming Manufacturing 或简称 Forming, Material Treating Manufacturing 或简称 Treating。而狭义的加工概念则对应于英语中的 Machining,单指去除或减材加工。这样分类基本符合习惯,但是它不能将快速成形技术、表面熔覆技术、气相沉积技术等涵盖进去,不够全面。

0.3 现代制造中加工技术的发展趋势

现代加工技术需要关注的核心问题是加工质量、加工成本、加工效率、加工的绿色性以及加工的自动化水平,在实际生产中采用何种具体的加工技术必须考虑这些问题,而且往往还要考虑它们之间的协调性。为了以更低的加工成本获得更高的加工质量和加工效率,并

节省劳力和保证加工过程中尽可能地不对环境产生有害影响,加工技术走过了漫长的发展经历,逐步走向更高水准。

现代加工技术的发展是人们不断追求加工自动化的结果,是人们不断将不同加工方法进行综合、复合的结果,是人们不断挑战加工精度极限、加工对象微小化极限的结果,是人们不断思索与环境和谐发展的结果。

现代加工技术发展到今天,一方面,随着全球化市场经济的发展,各国、区域间的产品竞争不断加剧,因此,围绕新产品研制和批量化生产,提高企业快速响应市场变化的能力,对加工技术的效率、精度、成本、柔性等已提出越来越高的要求;另一方面,随着人类认识自身、认识自然的步伐不断加快,对人与自然和谐发展的认识不断加深,要求加工技术能够更方便地制造出能够进入人体的微小零件与设备,制造出更加低廉的安全载人飞船和太空探索机器,同时保证加工过程的安全、绿色。

0.3.1 现代加工技术的发展趋势特征

现代加工技术的发展趋势呈现以下几个重要特征。

1. 追求更高的加工精度

获得更高的加工精度一直是加工技术孜孜不倦追求的目标。200多年前,在工业革命时代,去除加工技术的大家族中仅有普通的切削加工,其加工精度最高约为1 mm;而进入21世纪,在工业发达国家即使对于大批量生产的普通零件,其加工精度也可达到1 μm 。200年间,普通加工的精度提高了约三个数量级,而精密加工的精度已达到10 nm水准,更是提高了约五个数量级。

1983年,日本的谷口纪男教授在分析研究了诸多精密超精密加工实例的基础上,对精密超精密加工技术的现状进行了归纳总结,并对其发展趋势进行了预测。他把普通、精密与超精密加工技术的过去、现状和未来系统地归纳为图0.1所示的三条曲线。

20年后的今天,精密与超精密加工技术的发展基本上仍沿着图中几条曲线所示的趋势发展。该图对于我们今天讨论精密与超精密加工技术的范畴仍具有重要的参考价值。虽然该图表明,超精密加工的精度将很快达到原子晶格距离这一极限水准,但是,对于普通加工来说,精度的提高仍有很大的空间,加工精度的进一步提高仍然是加工技术发展的重要趋势特征。

2. 以高速实现高品质高效加工

航空和航天工业、汽车工业的迅猛发展,集成电路制造等电子工业的日新月异都迫切要求实现高效率生产,而实现高效率生产首先应实现高效率加工。目前,由于高速主轴技术、直线电机技术、高速控制技术以及刀具技术的发展和进步,以加工的高速化实现加工的高品质、高效率已成为切削加工技术发展的重要特征。

特别值得指出的是,进入20世纪90年代以来,随着电主轴和直线进给电机在机床上成功而广泛的应用,使得加工机床的主运动和进给运动速度提高了一个数量级。近年来,高速切削加工技术已经在航空、航天、汽车、模具等工业领域中获得了极其成功的应用。

在飞机制造业中,为了降低飞机机身的重量,提高飞机的速度、机敏性以及载重能力等性能,目前广泛采用整体结构代替传统的组装结构。飞机机身、机翼中的框、梁等大型零件采用一块整体毛坯件直接去除多余的部分,“掏空”而成。因此,加工余量非常之大,最多时需要去除毛坯95%以上的部分;同时,加工结构也非常复杂,加工变形问题突出。所以,不仅对加工效率要求非常之高,而且对切削力、切削温度要求也很苛刻。目前,为保证获得高

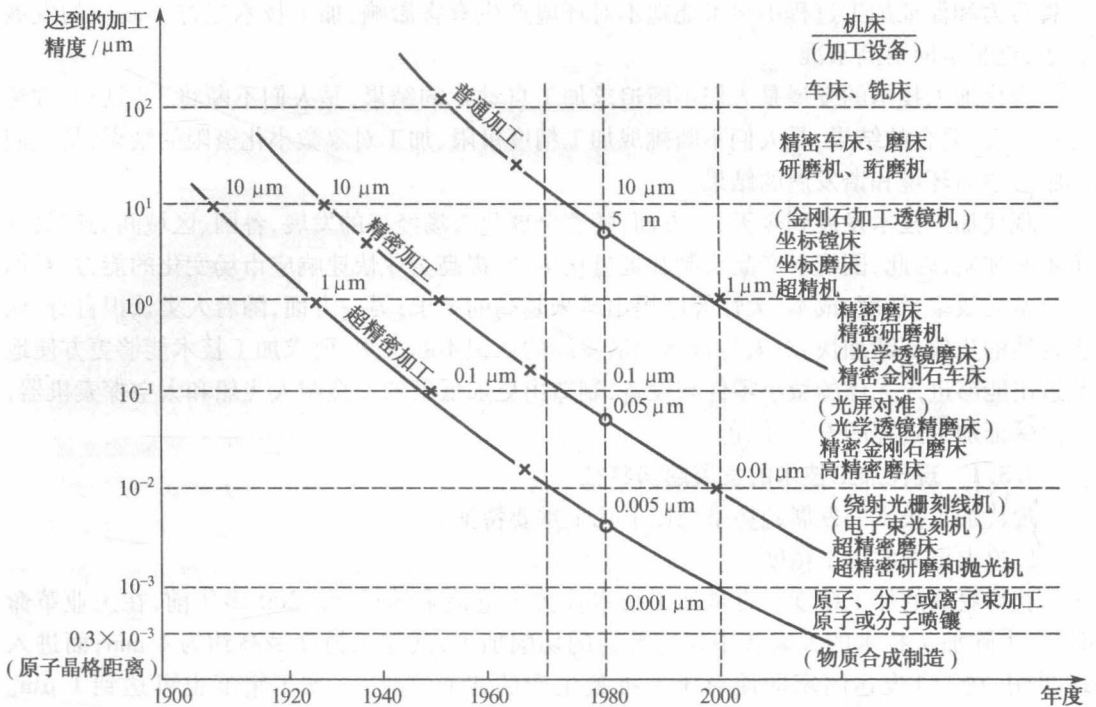


图 0.1 加工精度的发展

品质的同时获得足够高的加工效率,已广泛采用高速切削加工技术,且加工速度越来越高。例如,美国 Cincinnati 公司以往用于飞机制造的铣床主轴转速为 15 000 r/min,现在已经提高到了 40 000 r/min,功率从 22 kW 提高到了 40 kW。该公司的 Hyper Mach 铣床已将主轴转速提高到了 60 000 r/min,功率达 80 kW。Hyper Mach 铣床采用直线电机,工作行程进给速度最大可达 60 m/min,空行程快速则达到 100 m/min,加速度达 2g。由于采用高速的电主轴和高速的直线电机进给,使得加工时间减少了 50%。高速铣削加工还成功应用于典型薄壁零件——雷达天线的生产制造中,较好地解决了薄壁加工容易变形的难题。

汽车工业也是高速加工技术应用的一个重要领域,目前很多汽车制造商已采用高速加工中心代替多轴组合机床,不仅可以保证加工质量,提高加工效率,而且还可以提高产品生产的柔性,有利于产品的更新换代。

高速切削加工技术另一个应用得比较成功的领域是模具制造业,尤其是塑料模具业,其所有的先进企业均已采用高速铣削加工技术。同时,直线电机技术在电加工机床上也开始应用,从而大大提高了电加工效率,有力地推动了模具加工技术的发展。

加工速度正在向更快的方向发展。目前正在研制的高速切削加工中心,其主轴转速已达 300 000 r/min,直线进给速度达 200 m/min。随着高速切削机床技术、高速刀具技术的发展以及人们对高速切削机理认识的不断加深,高速切削加工技术的应用一定会越来越广泛。

3. 微细与纳米加工快速发展

从集成电路的诞生算起,微细加工技术的历史还不到半个世纪,可是微细加工技术的发展却表现出惊人的速度。它的发展不仅使集成电路的集成度越来越高,使得微电脑的功能越来越强大,而且满足了人们对许多工业产品功能集成化和外形小型化的不断需求。目前生产的便携式录音机的机械和电路所占空间容积仅为 20 世纪 60 年代产品的 1%;光通信

机器中激光二极管所需非球面透镜的尺寸仅为0.1~1 mm,其模具制造必须采用微细加工技术。此外,进入人体的医疗机械和微管道自动检测装置等都需要微型的齿轮、电机、传感器和控制电路,它们的加工制造已逐渐成为现实。

微细加工技术的发展促进了微型机械的系统化,从而催生了微机电系统(MEMS)技术。在传感器制造中采用MEMS技术,将传感器和电路蚀刻在一起,不仅大大减小了其体积,而且可以大幅度降低加工成本。如汽车安全气囊中的传感器制造,采用MEMS技术后可将其成本降低到原来的40%。

微细加工技术由于其加工对象尺度小到微米级,所加工的尺寸公差及形位公差小至数十纳米,表面粗糙度则低达纳米级,所以它往往兼具微小和超精密加工的特征,与纳米加工正逐渐融合。

今天,人们已在实验室实现了单个原子的搬迁和排列,批量生产的集成电路其线宽也已突破100 nm。另外,纳米材料制备技术不断成熟,纳米进给工作台已形成批量生产能力,纳米切削机床已经诞生。这些技术的发展不仅极大地丰富了纳米加工技术的内涵,而且为纳米加工技术的发展提供了良好的基础。随着现代加工技术的进步,微细加工和纳米加工技术有着广阔的发展前景。

4. 追求加工智能化

随着自动化技术、现代控制技术、计算机技术以及人工智能技术的发展,智能在制造中的应用越来越受到学术界和企业界的重视,智能制造技术与系统的研究已在世界范围内展开。智能加工技术的概念就是在这样的大背景下诞生的。

智能加工是一种基于多传感融合以及知识处理理论和技术的加工方式,以满足人们所要求的高效益、低成本、操作简便等需求,解决加工过程中众多不确定性的、要求人工干预才能解决的问题。它的最终目的是要由计算机取代或延伸加工过程中人的部分脑力劳动,实现加工过程中决策、监测与控制的自动化。智能加工技术的基本特征可以概括为以下几点:

- (1) 基于人工知识系统,部分代替人的决策,自动产生零部件的加工方案和初步的加工参数;
- (2) 具有根据外部传感信号的变化,实时监测加工过程的能力;
- (3) 具有根据工件形状变化实时优化调整加工参数,使加工系统始终处于最优工作状态的能力;
- (4) 根据加工状态的监测,能对机床故障进行自我诊断、自我排除、自我修复等;
- (5) 能为操作人员提供人机一体化的智能交互界面;
- (6) 具有加工经验的自我积累能力,通过加工过程的延续,不断获取加工知识,丰富原有的知识系统。

目前,真正的智能加工系统还没有建立起来,但是由于机床熟练操作人员在世界范围内的缺乏以及工业对加工技术提出越来越高的要求,因此,提高加工的智能化水平势在必行,加工的智能化是现代加工技术发展的必然趋势。

5. 更加注重加工的绿色化

加工技术和很多其他科学技术一样,具有“双面刃”特性,即:它一方面极大地提高了人类大量生产物质产品的能力,从而丰富了人类的物质生活;但另一方面,却由于大量生产加快了人类向大自然索取资源的速度,又由于产品更新换代的快节奏加快了人类向自然界排放“工业垃圾”的步伐。另外,在加工过程中,也时有对人体有害的气体释放和噪声的产生。

例如,在切削加工中冷却液的雾化、汽化,电加工中电解液、电镀液的分解、蒸发,激光加工中有害气体的产生,还有各种加工噪声等都对操作者和环境造成危害。在加工结束之后,还有废液、废渣的排放等环境问题。

绿色加工技术的概念已经随着绿色制造理念的提出而出现,它追求在产品加工过程中,采用先进的少或无污染加工工艺方法,并尽可能地节省资源。它的主要特征表现为节能、低耗和无废排放。节能是指在加工过程中,尽量降低能量损耗。如在切削加工中,可以通过降低切削力来降低切削功率消耗;一般的去除加工中,应尽量降低去除单位体积材料所需的能量,即材料去除比能。低耗是指在生产过程中通过简化工艺系统组成、节省原材料的消耗。可以通过优化毛坯加工技术、优化下料技术,以及采用少无屑加工技术、干式加工技术、新型特种加工技术、再制造技术等方法降低材料消耗。

另外,应努力实现“无废”加工,即采用先进的加工方法或采取某些特殊措施,使生产过程中产生的废液、废气、废渣、噪声等对环境和操作者有影响或危害的物质尽可能减少或完全消除。

现代加工技术必须注重绿色环保,这样才能实现可持续发展,才能最终实现人与自然的真正和谐。随着科学技术的发展和人类社会的进步,加工技术的绿色化已经成为必然的要求和趋势。

复习思考题

1. 试简述制造技术在人类社会活动中的地位 and 作用。
2. 现代制造技术的分类方法主要有哪些?各自有什么特点?
3. 试列举 10 种以上去除加工方法的名称,并简述其用途。
4. 现代加工技术的发展呈现哪些趋势?
5. 试简述实现绿色加工的重要性。

第1篇 现代装备制造理论与实践基础

第1章 实践基本要求

【目的和要求】

1. 了解实践的目的。
2. 熟悉实践内容。
3. 熟悉实践基本规章制度。

1.1 实践的目的

工程实践的目的在于培养学生工程实践能力、协作精神和创新意识,学生通过学习工艺知识,增强工程实践能力,提高工程素质,培养创新精神。基于工程训练中心的工程实践平台是以先进技术训练为龙头,引导创新思维为主线,贯彻多学科集成思想,在与现代科技发展水平相适应的平台上培养学生的工程实践能力和创新精神,积极引导建立具有大工程背景的知识结构。

1.1.1 学习工艺知识

理工科类及部分文管类专业学生,除了应具备较强的基础理论知识和专业技术知识外,还必须具备一定的工程制造的基本工艺知识。与一般的理论课程不同,学生在工程实践中,主要是通过自己的亲身实践来获取工程制造的基本工艺知识。这些工艺知识都是非常具体、生动而实际的,对于各专业的学生学习后续课程、进行毕业设计乃至以后的工作,都是必要的基础。

1.1.2 增强实践能力

实践能力,包括动手能力,向实践学习、在实践中获取知识的能力,以及运用所学知识和技能独立分析和亲手解决工艺技术问题的能力。这些能力,对于大学生是非常重要的,而这些能力只能通过实习、实验、作业、课程设计和毕业设计等实践性课程或教学环节来培养。在工程训练中,学生亲自动手操作各种机器设备,使用各种工、夹、量、刀具,尽可能结合实际生产进行各工种操作培训。在有条件的情况下,还要安排综合性练习、工艺设计和工艺讨论等训练环节。

1.1.3 提高综合素质

作为一个工程技术人员,应具有较高的综合素质,即应具有坚定正确的政治方向,艰苦奋斗的创业精神,团结勤奋的工作态度,严谨求实的科学作风,良好的心理素质及较高的工程素养等。其中工程素养包括市场、质量、安全、群体、环境、社会、经济、管理、法律等方面的

意识。工程实践是在生产实践的特殊环境下进行的,对大多数学生来说是第一次接触工人岗位,第一次用自身的劳动为社会创造物质财富,第一次通过理论与实践的结合来检验自身的学习效果,同时接受社会化生产的熏陶和组织性、纪律性的教育。学生将亲身感受到劳动的艰辛,体验到劳动成果的来之不易,增强对劳动人民的思想感情,加强对工程素养的认识。所有这些,对提高学生的综合素质,必然起到重要的作用。

1.1.4 培养创新意识和创新能力

培养学生的创新意识和创新能力,最初启蒙式的潜移默化是非常重要的。在工程训练中,学生要接触到几十种机械、电气与电子设备,并了解、熟悉和掌握其中一部分设备的结构、原理和使用方法。这些设备都是前人和今人的创造发明,强烈地映射出创造者们历经长期追求和苦苦探索所燃起的智慧火花。在这种环境下学习,有利于培养学生的创新意识。在训练过程中,还要有意识地安排一些自行设计、自行制作的创新实践环节,以培养学生的创新能力。

1.2 实践的基本规章制度

1.2.1 工程实践安全生产制度

为认真贯彻落实国家及学校有关安全生产的相关规定,预防和减少安全生产事故发生,确保国家财产和师生员工的生命财产安全,结合工程训练中心的实际,制定工程实践安全生产制度如下:

1. 树立“安全第一”意识,在工程实践教学中把安全生产放在首位,以对党和人民极端负责、对实训学生和实训指导教师生命安全极端负责的态度做好安全生产工作。
2. 坚持“谁主管,谁负责”的原则,制定切合工程训练中心实际的安全生产制度,明确责任,层层抓落实。
3. 加强安全生产知识的宣传教育,提高实训指导教师和实训学生的安全生产意识,做到人人重视安全生产工作,熟悉安全生产知识。
4. 把安全生产工作纳入工程训练中心和实训各车间工作的重点,做到与其他工作同计划、同部署、同检查,并主动接受学校和上级安全生产工作领导部门的监督、检查、指导。
5. 落实安全生产检查制度,做到平时检查和重点检查相结合,重点要害部位检查与日常门、窗、水、电检查相结合,发现安全隐患要及时处理,暂时不能处理的要及时上报,并采取及时有效的临时措施加以防范。
6. 对安全生产工作中成绩显著和有效控制各种事故的集体和个人给予表彰奖励;凡发生安全事故的,按学校相关规定处罚,取消评先评优、晋升级别资格,直至追究肇事者和有关责任人的法律责任。

1.2.2 实践训练指导教师岗位职责

1. 遵守学校、中心各项规章制度,爱岗敬业,坚持教书育人,在教学中注意培养学生的工艺分析能力和创新意识的培养。
2. 重视安全教育,严格执行操作规程。在指导实训工作期间不作与实训无关的事情,要密切注意并督促学生按安全操作规程进行实训操作,保证学生人身安全。
3. 严格按照实训大纲要求进行指导,不得随意删减教学内容。服从分配,积极承担教学及生产任务。