



“十二五”职业教育
国家规划教材
经全国职业教育教材
审定委员会审定

现代制造技术

(第三版)

主编 隋秀凇 夏晓峰

高等教育出版社



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

XIANDAI ZHIZAO JISHU

现代制造技术

(第三版)

主编 隋秀凇 夏晓峰
副主编 王亚萍 邵秋萍
参编 李绍红 段铁民
审阅 司乃钧 王刚

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是“十二五”职业教育国家规划教材。

本书是在普通高等教育“十一五”国家级规划教材《现代制造技术》(第二版)的基础上,根据高等教育应用型人才和高端技能型人才培养的基本要求修订而成的。

全书共分8章,内容包括:现代制造技术的内涵、体系结构及分类;特种加工技术;精密加工和超精密加工技术;计算机辅助设计与制造技术;工业机器人技术;柔性制造技术;现代制造系统以及典型现代制造系统实例。每章后附有思考题与习题。

本书较系统全面地对现代制造技术进行了介绍,内容新颖实用,理论联系实际,与产业紧密联系,突出应用型人才和高端技能型人才的培养,强调实用性和应用性。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、应用型本科院校、成人高校、民办高校等相关专业的教学用书,也可供有关教师以及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代制造技术/隋秀凇,夏晓峰主编. --3版. --北京:高等教育出版社,2014.8

ISBN 978-7-04-038043-9

I. ①现… II. ①隋…②夏… III. ①机械制造工
艺-高等职业教育-教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 160057 号

策划编辑 李文轶
插图绘制 尹莉

责任编辑 李文轶
责任校对 胡美萍

封面设计 李卫青
责任印制 刘思涵

版式设计 童丹

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京人卫印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 18.75
字 数 450千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>

版 次 2003年9月第1版
2014年8月第3版
印 次 2014年8月第1次印刷
定 价 31.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 38043-00

出版说明

教材是教学过程的重要载体,加强教材建设是深化职业教育教学改革的有效途径,推进人才培养模式改革的重要条件,也是推动中高职协调发展的基础性工程,对促进现代职业教育体系建设,切实提高职业教育人才培养质量具有十分重要的作用。

为了认真贯彻《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》(教职成〔2012〕9号),2012年12月,教育部职业教育与成人教育司启动了“十二五”职业教育国家规划教材(高等职业教育部分)的选题立项工作。作为全国最大的职业教育教材出版基地,我社按照“统筹规划,优化结构,锤炼精品,鼓励创新”的原则,完成了立项选题的论证遴选与申报工作。在教育部职业教育与成人教育司随后组织的选题评审中,由我社申报的1338种选题被确定为“十二五”职业教育国家规划教材立项选题。现在,这批选题相继完成了编写工作,并由全国职业教育教材审定委员会审定通过后,陆续出版。

这批规划教材中,部分为修订版,其前身多为普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职高专)或普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专),在高等职业教育教学改革进程中不断吐故纳新,在长期的教学实践中接受检验并修改完善,是“锤炼精品”的基础与传承创新的硕果;部分为新编教材,反映了近年来高职院校教学内容与课程体系改革的成果,并对接新的职业标准和新的产业需求,反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有鲜明的时代特色和职教特色。无论是修订版,还是新编版,我社都将发挥自身在数字化教学资源建设方面的优势,为规划教材开发配备数字化教学资源,实现教材的一体化服务。

这批规划教材立项之时,也是国家职业教育专业教学资源库建设项目及国家精品资源共享课建设项目深入开展之际,而专业、课程、教材之间的紧密联系,无疑为融通教改项目、整合优质资源、打造精品力作奠定了基础。我社作为国家专业教学资源库平台建设和资源运营机构及国家精品开放课程项目实施单位,将建设成果以系列教材的形式成功申报立项,并在审定通过后陆续推出。这两个系列的规划教材,具有作者队伍强大、教改基础深厚、示范效应显著、配套资源丰富、纸质教材与在线资源一体化设计的鲜明特点,将是职业教育信息化条件下,扩展教学手段和范围,推动教学方式方法变革的重要媒介与典型代表。

教学改革无止境,精品教材永追求。我社将在今后一到两年内,集中优势力量,全力以赴,出版好、推广好这批规划教材,力促优质教材进校园、精品资源进课堂,从而更好地服务于高等职业教育教学改革,更好地服务于现代职教体系建设,更好地服务于青年成才。

高等教育出版社

2014年7月

第三版前言

本书根据高等教育应用型和高端技能型人才培养的基本要求,在第二版的基础上修订而成的,是普通高等教育“十一五”国家级规划教材的修订版。

进入21世纪,随着微电子、计算机、通信、网络、信息、自动化等科学技术的迅猛发展和在制造领域中的广泛渗透、应用和衍生,使制造业的面貌发生了深刻的变化,极大地拓展了制造活动的深度和广度,促使制造业日益向着高度自动化、智能化、集成化和网络化的方向发展,不断涌现出新的制造模式,现代制造技术的内涵也随着它的发展而不断地变化。目前,随着全球市场的逐渐形成,国际间的经济贸易交往与合作更加频繁和紧密,竞争愈来愈激烈,对于制造业来说,竞争的核心将是新产品和制造技术的竞争。

本书第一版被评为普通高等教育“十五”国家级规划教材、第二版被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,此次修订以第二版为基础,在保持原书特点的同时,对原书的部分内容进行调整、删减、充实和更新,更加符合当前人才培养模式转变及教学改革的需要,教材内容新颖实用,与产业紧密联系,注重应用型人才和高端技能型人才的培养规律。全书对现代制造技术进行了较全面的介绍,在内容的安排上力求反映新概念、新技术及新方法,保持教材的先进性;在对基础理论及基本技术阐述的同时,注意理论联系实际,强调实用性、针对性,强化工程意识,培养学生的工程实践能力;既着眼于先进技术及其未来的发展,同时也注重我国当前的国情;在行文叙述方面力求由浅入深,循序渐进,注意培养学生的自学能力和拓展知识能力。

全书共分8章,在第1章绪论中介绍现代制造技术的内涵、体系结构、分类及其发展趋势等;第2章特种加工中介绍特种加工的工艺特点及分类,分别介绍电火花加工、电解加工、超声波加工、激光加工、电子束加工、等离子体加工等加工方法的基本原理、基本设备、主要特点及适用范围;第3章精密加工和超精密加工中介绍精密切削加工、精密磨削加工、珩磨、超精研、研磨和超精密磨料加工及纳米级加工——原子、分子加工单位的加工方法,并介绍了精密圆柱齿轮的加工方法;第4章计算机辅助设计与制造技术中首先介绍计算机辅助设计与制造系统的工作过程及组成,然后分别介绍计算机辅助设计(CAD)技术、计算机辅助工艺过程设计、计算机辅助制造(CAM)技术及CAD/CAM集成技术;第5章工业机器人中主要介绍工业机器人的机械结构、工业机器人的控制与驱动、工业机器人的编程语言及工业机器人的应用;第6章柔性制造技术中主要介绍FMS的自动加工系统、物料输送与储存系统、刀具管理系统、控制系统及信息流支持系统,并介绍FMS的应用与实施要点及步骤;第7章现代制造系统中介绍计算机集成制造、虚拟制造、敏捷制造与并行工程、智能制造与精益生产、反求设计与快速成形、网络化制造及生物制造等现代制造系统;第8章介绍典型现代制造系统实例。

本书由哈尔滨理工大学隋秀凇及长春汽车工业高等专科学校夏晓峰担任主编,由哈尔滨理工大学王亚萍及南京工程学院邵秋萍担任副主编。各章的编写分工如下:本书的第1、5、6章由哈尔滨理工大学隋秀凇编写,第2、8章由长春汽车工业高等专科学校夏晓峰编写,第3章由中国

第一汽车集团公司教育培训中心李绍红、黑龙江建筑职业技术学院段铁民编写,第4章由哈尔滨理工大学王亚萍编写,第7章由南京工程学院邵秋萍编写。全书由隋秀凇统稿。

本书由哈尔滨理工大学司乃钧教授及哈尔滨工业大学王刚教授审阅,他们对书稿进行了全面、认真的审读,并提出许多宝贵意见,在此向他们表示衷心的感谢。

本书在编写过程中得到各兄弟院校及相关企业的大力支持和热情帮助,滕艳、陈加婷、华崇、邓庆南等研究生参与了部分资料的收集整理和插图绘制工作,在此也向他们表示感谢。

本教材配套的教学课件、动画、视频等资源可通过封底的“增值学习卡”方式进行获取。

由于编者水平所限,书中不足、漏误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2014年4月

第一版前言

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材。

进入 21 世纪之际,随着微电子、计算机、通信、网络、信息、自动化等科学技术的迅猛发展和在制造领域中的广泛渗透、应用和衍生,使制造业的面貌发生了深刻的变化,极大地拓展了制造活动的深度和广度,促使制造业日益向着高度自动化、智能化、集成化和网络化的方向发展,不断涌现出新的制造模式,现代制造技术的内涵也随着它的发展而不断变化。目前,随着全球市场的逐渐形成,国际间的经济贸易交往与合作更加频繁和紧密,竞争愈来愈激烈,对于制造业来说,竞争的核心将是新产品和现代先进制造技术的竞争。

本书对现代制造技术进行了较全面的介绍,在内容的安排上力求反映新概念、新技术及新方法,保持教材的先进性;在对基础理论及基本技术进行阐述的同时,注意理论联系实际,强调实用性、针对性,强化工程意识,培养学生的工程实践能力;既着眼于先进技术及其未来的发展,同时也注重我国当前的国情;在行文叙述方面力求由浅入深,循序渐进,注意培养学生的自学能力和拓展知识能力。

全书共 7 章,内容包括:现代制造技术的内涵、体系结构及分类;特种加工技术、精密加工和超精密加工技术;计算机辅助设计与制造技术;柔性制造技术;现代制造系统;典型现代制造系统实例。每章后附有思考题与习题。

本书由哈尔滨理工大学隋秀凇统稿并担任主编。各章分工如下:第 1、4、5 章由隋秀凇编写,第 2、7 章由长春汽车工业高等专科学校夏晓峰编写,第 3 章由长春汽车工业高等专科学校赵长明编写,第 6 章由南京工程学院邵秋萍编写。

哈尔滨工业大学王刚教授对书稿进行了全面、认真的审查,编者对此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中得到各兄弟院校的大力支持和热情帮助,在此也表示感谢。

由于编者水平所限,书中不足、漏误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2003 年 3 月

目 录

第1章 绪论	1	2.3.3 电解磨削的基本原理	35
1.1 制造业、生产系统和制造系统	1	2.3.4 电解磨削的特点及应用	36
1.1.1 制造业的基本概念	1	2.4 超声波加工	37
1.1.2 生产系统的基本概念	1	2.4.1 超声波加工的基本原理与特点	37
1.1.3 制造系统的基本概念	2	2.4.2 超声波加工设备	38
1.2 机械制造技术的发展	2	2.4.3 超声波加工的基本工艺规律	39
1.2.1 传统制造业及其技术的发展	2	2.4.4 超声波加工的应用	40
1.2.2 现代制造及其技术的发展	3	2.5 激光加工	40
1.3 现代制造技术的内涵及技术构成	4	2.5.1 激光加工的基本原理	41
1.3.1 现代制造技术的定义	4	2.5.2 激光加工的基本规律	43
1.3.2 现代制造技术的内涵及技术构成	4	2.5.3 激光加工的特点与应用	44
1.4 现代制造技术的体系结构及分类	5	2.6 其他特种加工	45
1.4.1 现代制造技术的体系结构	5	2.6.1 电子束加工	45
1.4.2 现代制造技术的分类	5	2.6.2 等离子体加工	49
1.5 现代制造技术的发展趋势	8	2.6.3 磨料喷射加工	50
思考题与习题	10	2.6.4 电铸成形	51
第2章 特种加工	11	2.6.5 液力加工	55
2.1 特种加工概述	11	思考题与习题	57
2.1.1 特种加工的产生和发展	11	第3章 精密加工和超精密加工	58
2.1.2 特种加工的分类	12	3.1 概述	58
2.1.3 特种加工的工艺特点	13	3.1.1 精密、超精密加工的概念	58
2.1.4 各种特种加工技术经济指标对比	14	3.1.2 精密、超精密加工的意义与重要性	59
2.2 电火花加工	15	3.1.3 精密加工和超精密加工的工艺特点	59
2.2.1 电火花加工(EDM)的基本原理与特点	15	3.1.4 超精密加工的共性技术及其发展	60
2.2.2 电火花加工的基本规律	18	3.2 精密、超精密加工方法	62
2.2.3 电火花加工的基本设备	20	3.2.1 精密切削加工	63
2.2.4 电火花成形加工工艺	25	3.2.2 精密磨削加工	68
2.2.5 电火花加工实例	30	3.2.3 珩磨、超精研、研磨和超精密磨料加工	70
2.3 电解加工和电解磨削	32	3.2.4 纳米级加工——原子、分子加工单位的加工方法	82
2.3.1 电解加工的基本原理与规律	32	3.3 精密圆柱齿轮加工	86
2.3.2 电解加工的特点及应用	33		

3.3.1 齿轮的精度要求	86	发展	151
3.3.2 精密圆柱齿轮加工方法	88	4.5.2 CAD/CAM 集成方式	152
3.3.3 滚齿加工	89	4.5.3 CAD/CAM 集成的关键技术	153
3.3.4 插齿加工	95	4.5.4 基于产品数据管理(PDM)技术的 集成方案	154
3.3.5 剃齿	97	思考题与习题	156
3.3.6 磨齿	101	第5章 工业机器人	157
3.3.7 珩齿	105	5.1 工业机器人概述	157
3.4 基于微机器人的超精密加工 技术	105	5.1.1 工业机器人的定义及特点	157
3.4.1 微加工机器人	105	5.1.2 工业机器人的发展状况及发展 方向	158
3.4.2 宏-微结合的驱动方式	106	5.1.3 机器人的分类	159
3.4.3 机床与微机器人技术的结合	106	5.1.4 工业机器人的组成	163
3.4.4 扫描隧道显微镜	106	5.2 工业机器人的机械结构	166
思考题与习题	107	5.2.1 工业机器人的臂部结构	166
第4章 计算机辅助设计与制造技术	108	5.2.2 工业机器人的腕部结构	167
4.1 CAD/CAM 概述	108	5.2.3 工业机器人的手部结构	170
4.1.1 CAD/CAM 的基本概念	108	5.2.4 机器人的基本参数和性能特征	171
4.1.2 CAD/CAM 系统的工作过程	109	5.3 工业机器人的控制与驱动	172
4.1.3 CAD/CAM 系统的组成	111	5.3.1 工业机器人的控制	172
4.1.4 CAD/CAM 系统的硬件	111	5.3.2 工业机器人的驱动	176
4.1.5 CAD/CAM 系统的软件	115	5.4 工业机器人的编程语言	179
4.2 计算机辅助设计(CAD)技术	117	5.4.1 机器人编程语言的分类	180
4.2.1 CAD 系统的基本功能	117	5.4.2 几种工业机器人编程语言简介	180
4.2.2 CAD 系统的类型	117	5.5 工业机器人的应用	181
4.2.3 几何建模技术	118	5.5.1 焊接机器人	182
4.2.4 UG6.0 三维实体造型方法及 造型实例	124	5.5.2 喷漆机器人	183
4.2.5 CAD 应用软件的开发原则及 开发实例	127	5.5.3 装配机器人	184
4.3 计算机辅助工艺过程设计	130	5.5.4 机器人柔性装配系统	184
4.3.1 CAPP 系统的功能及结构组成	130	5.5.5 机器人在FMS中的应用	186
4.3.2 CAPP 系统的类型及其工作原理	131	5.5.6 恶劣工作环境及危险工作	186
4.3.3 CAPP 系统的基础技术	133	思考题与习题	187
4.3.4 开目 CAPP 软件功能简介	134	第6章 柔性制造技术	188
4.3.5 ICAPP 简介	137	6.1 柔性制造系统(FMS)概述	188
4.4 计算机辅助制造(CAM)技术	139	6.1.1 FMS 的产生和发展	188
4.4.1 数控机床概述	139	6.1.2 FMS 的基本组成及主要功能	190
4.4.2 计算机辅助数控编程	142	6.1.3 FMS 的优点及效益	193
4.4.3 计算机辅助制造过程仿真	147	6.2 FMS 的自动加工系统	194
4.5 CAD/CAM 集成技术	151	6.2.1 自动加工系统的功能和机床 配置	194
4.5.1 CAD/CAM 集成技术的产生和		6.2.2 机床辅具及自动上、下料装置	197

6.2.3 FMS 对加工系统的控制功能和其他项目的要求	199	7.4.2 精益生产(LP)技术	251
6.3 FMS 的物料输送与储存系统	200	7.5 反求设计与快速成形制造技术 ...	254
6.3.1 物料输送与储存系统简介	200	7.5.1 反求设计	254
6.3.2 物料的输送系统	202	7.5.2 快速成形制造技术	256
6.3.3 自动化储存与检索系统	208	7.6 网络化制造技术	261
6.4 FMS 的刀具管理系统	210	7.6.1 网络化制造的内涵	262
6.4.1 FMS 的刀具管理系统的组成及其作业过程	210	7.6.2 网络化制造的关键技术分析	262
6.4.2 刀具的交换与存储	212	7.6.3 网络化制造对制造业的影响	263
6.4.3 刀具的监控与信息管理	216	7.6.4 网络化制造的发展趋势	263
6.5 FMS 的控制系统	218	7.7 生物制造技术	264
6.5.1 对 FMS 控制系统结构的要求	218	7.7.1 生物制造的概念	264
6.5.2 控制系统的体系结构	218	7.7.2 生物制造研究的主要内容	264
6.5.3 控制系统任务	220	思考题与习题	265
6.6 FMS 的信息流支持系统	221	第 8 章 典型现代制造系统实例	267
6.6.1 FMS 的信息流模型	221	8.1 成都飞机工业公司 CIMS 应用实例	267
6.6.2 FMS 的信息流要素、联系和特征 ...	222	8.1.1 成都飞机工业公司 CIMS 自动化集成分系统的总体结构	267
6.7 FMS 的应用与实施	224	8.1.2 CAC - CIMS/FA 功能	271
6.7.1 FMS 的应用	224	8.1.3 CAC - CIMS/FA 实施效果与效益分析	275
6.7.2 FMS 的实施步骤	226	8.2 一汽集团公司 CAD/CAM 应用实例	276
思考题与习题	228	8.2.1 引言	276
第 7 章 现代制造系统	229	8.2.2 技术依据及其转化途径	277
7.1 计算机集成制造系统(CIMS)	229	8.2.3 产品几何造型	278
7.1.1 CIMS 的概念	229	8.2.4 车身模具 CAM	279
7.1.2 CIMS 的基本组成	230	8.2.5 CAD/CAM 一体化的必要性	280
7.1.3 CIMS 的递阶控制模式	234	8.3 德国 FESTO 公司 FMS - 50 应用实例	281
7.1.4 CIMS 的体系结构	235	8.3.1 引言	281
7.1.5 我国在 CIMS 技术方面的进展	237	8.3.2 FMS - 50 柔性制造系统的基本组成	281
7.2 虚拟制造(VM)技术	238	8.3.3 FMS - 50 柔性制造系统的主要功能	281
7.2.1 虚拟制造的定义	238	8.3.4 FMS - 50 柔性制造系统在机械类专业综合训练中的应用	282
7.2.2 虚拟制造的分类	239	参考文献	285
7.2.3 虚拟制造的关键技术	239		
7.2.4 虚拟制造技术的应用实例	242		
7.3 敏捷制造与并行工程技术	243		
7.3.1 敏捷制造(AM)	243		
7.3.2 并行工程(CE)技术	245		
7.4 智能制造与精益生产技术	249		
7.4.1 智能制造系统(IMS)	249		

1.1 制造业、生产系统和制造系统

1.1.1 制造业的基本概念

制造业是将制造资源(物料、能源、设备、工具、资金、技术、信息和人力等)通过制造过程,转化为可供人们使用与利用的工业品与生活消费品的行业。

制造业涉及国民经济的许多部门,已成为国民经济的支柱产业。它一方面直接创造价值,成为社会财富的主要创造者和国民经济收入的重要来源;另一方面,它为国民经济各部门(包括国防等部门)的科学进步及发展提供先进的工作方式和装备。据估计,工业发达国家 70% ~ 80% 的物质财富来自制造业。制造业的发达与先进程度是国家工业化的表征。制造业不仅是高新技术的载体,也是高新技术发展的动力,它是一个国家经济发展的基石,也是增强国家竞争力的基础。因此,无论是发达国家、新兴工业国家还是发展中国家,都将制造业的发展作为提高竞争力、振兴国民经济的战略手段,我国也将制造业作为经济发展的战略重点。

1.1.2 生产系统的基本概念

将整个机械制造业作为分析研究对象,若要实现最有效的生产和经营,不仅要考虑物料、能源、设备、工具、设计、加工、装配、储运等各种因素,而且还必须把技术情报、经营管理、劳动力调配、资源和能源的利用、环境保护、市场动态、经济政策、社会问题乃至国际因素等作为更重要的要素来考虑,这就是以上要素构成的企业的生产系统。

生产系统一般可分为三个不同的层次,即决策层、经营管理层和生产技术层。决策层位于生产系统的最高层次,企业领导根据国家的经济政策、资源和能源、环境保护、市场动态和数据库中的有关情报资料,制定企业的总生产纲领,确定产品方向,同时制定总的经济政策,并将决策意见提供给经营管理层以决定工厂具体的生产和经营计划。在经营管理层中,管理指挥中心根据上级下达的指示、市场信息、总计划部门提供的资料以及有关研究成果和技术信息,确定具体产品品种和生产计划,并向生产计划部门以及工程开发与设计部门发出指示。总计划部门根据市场的销售情况和生产情况,随时向管理指挥中心提供资料,以便正确地做出生产决策,合理地进行

生产调度和管理。在生产技术层中,包括工程开发设计和生产制造两个子系统。工程开发与设计子系统负责开发和改进产品,进行产品设计和工艺设计,并提供产品图样及工艺文件;生产制造子系统则根据工程开发与设计子系统的技术信息制定生产作业计划,分配调度生产任务,完成加工、装配、储运和检验任务,最后输出成品。各个子系统的处理结果不断存入数据库,作为生产管理档案随时提供检索和调用,使生产系统在更为科学的基础上进行各项生产经营活动。

1.1.3 制造系统的基本概念

制造过程及其所涉及的硬件包括人员、生产设备、材料、能源和各种辅助装置,有关软件包括制造理论、制造技术(制造工艺和制造方法等)和制造信息等组成了一个具有特定功能的有机整体,称之为制造系统。制造技术则是按照人们所需的,运用知识和技能利用客观物质工具,使原材料转变为产品的技术总称。

制造系统一般包括机械加工系统、物料的储运系统、检验系统以及计划调度等辅助系统。制造系统是将毛坯、刀具、夹具、量具和其他辅助物料作为原材料输入,经过存储、运输、加工、检验等环节,最后作为机械加工的成品或半成品输出。它接受上级系统下达的生产计划和技术要求,通过自身的计划调度系统合理分配各个加工单元的任务,适时地调整和调度各加工单元的负荷,使各个加工工艺系统能够协调有序地工作,以取得整个系统最佳的生产效率。

1.2 机械制造技术的发展

1.2.1 传统制造业及其技术的发展

机械制造业自18世纪初工业革命形成以来,经历了一个漫长的发展过程。19世纪末20世纪初,随着自动机床、自动线的相继问世以及产品部件化、部件标准化的科学思想的提出,掀起了制造业革命的新浪潮。20世纪中期,电子技术和计算机技术的迅猛发展及其在制造领域所产生的强大的辐射效应,更是极大地促进了制造模式的演变和产品设计与制造工艺的紧密结合,也推动了制造系统的发展和管理方式的变革。同时,制造技术的新发展也为现代制造科学的形成创造了条件。制造技术的发展主要经历了以下三个发展阶段:

1. 用机器代替手工,从作坊形成工厂

20世纪初,各种用机器代替手工的金属切削加工工艺方法陆续形成,近代制造技术已成体系,但是使用机器的生产方式是作坊式的单件生产。它产生于英国,在19世纪先后传到法国、德国和美国,并在美国首先形成了小型的机械工厂,使这些国家的经济得到了发展,国力大大增强。

2. 从单件生产方式发展到大量生产方式

1913年,美国人福特首先推行所有零件都按照一定的公差要求来加工(零件互换技术),建立了具有划时代意义的汽车装配生产线,实现了以刚性自动化为特征的大量生产方式,它对社会结构、劳动分工、教育制度和经济发展都产生了重大的影响。20世纪50年代,工业技术的革命和创新使传统制造业及大工业体系也随之建立和逐渐成熟。近代传统制造工业技术体系的形成,其特点是以机械-电力技术为核心的各类技术相互结合和依存。

3. 柔性化、集成化、智能化和网络化的现代制造技术

20 世纪 80 年代以来所产生的现代制造技术沿着 4 个方面发展:传统制造技术的革新、拓展;精密工程;非传统加工方法;制造系统的柔性化、集成化、智能化和网络化。

由于传统制造是以机械-电力技术为核心的各类技术相互结合和依存的制造工业技术体系,其支撑技术的发展决定了传统制造业的生产和技术有如下特点:

- 1) 单件小作坊式生产加高度的个人制造技巧,与大量的机械化刚性规模生产线并存,再加上细化的专业分工与一体化的组织生产模式。
- 2) 制造技术的界限分明及其专业的相互独立。
- 3) 制造技术一般仅指加工制造的工艺方法,即制造全过程中某一段环节的技术方法。
- 4) 制造技术一般只能控制生产过程中的物质流和能量流。
- 5) 制造技术与制造生产管理分离。

1.2.2 现代制造及其技术的发展

随着现代科学技术的进步,特别是微电子技术和计算机技术的发展,使机械制造技术增加了新的内涵。自然科学的进步促进了新技术的发展和传统技术的革新、发展及完善,产生了新兴材料技术、新切削加工技术、大型发电和传输技术、核能技术、微电子技术、自动化技术、激光技术、生物技术和系统工程技术等。20 世纪中叶以来,随着微电子、计算机、通信、网络、信息、自动化等科学技术的迅猛发展,掀起了以信息技术为核心的“第三次浪潮”,正推动着人类进入工业经济时代最鼎盛的时期,正是这些高新科学技术在制造领域中的广泛渗透、应用和衍生,推动着制造业的深刻变革,极大地拓展了制造活动的深度和广度,促使制造业日益向着高度自动化、智能化、集成化和网络化的方向蓬勃发展。

另外,计算机正在将制造业带入信息时代。计算机长期以来在商业和管理方面得到了广泛的应用,它正在作为一种新的工具进入工厂,而且它如同蒸汽机在 100 年前使制造业发生改变那样,正在使制造业发生着变革。尽管基本的金属切削过程不太可能发生根本性的改变,但是它们的组织形式和控制方式必将发生改变。将来,计算机可能是一个企业生存的基本条件,现今的许多企业将被生产能力更高的企业组合所取代,这些企业组合是一些能生产高质量产品和高生产率的工厂,它们能以高生产率的方式生产 100% 合格产品。以先进技术的竞争为标志的正在促使制造业开始做更多的工作,使其本身采用先进的技术。只有通过计算机对机械制造技术进行革新才能适应这种竞争。

现代制造及其技术的形成和发展特点是:

- 1) 在生产规模上:少品种大批量→单件小批量→多品种变批量。
- 2) 生产方式上:劳动密集型→设备密集型→信息密集型→知识密集型。
- 3) 制造设备的发展过程:手工→机械化→单机自动化→刚性自动线→柔性自动线→智能自动化。
- 4) 在制造技术和工艺方法上,其特征表现为:重视必不可少的辅助工序,如加工前、后处理;重视工艺装备,使制造技术成为集工艺方法、工艺装备和工艺材料为一体的成套技术;重视物流、检验、包装及储藏,使制造技术成为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,形成 CAD、CAM、CAPP、CAT、CAE、NC、CNC、MIS、FMS、CIMS、IMT、IMS 等一系列现代制造技术,并实现上述技术的局部或系统集成,形成从单机到自动生产线等不同档次的自动化制造系统。

5) 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,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,包含物质流、能量流和信息流的系统工程。

1.3 现代制造技术的内涵及技术构成

1.3.1 现代制造技术的定义

现代制造技术是为了适应时代要求提高竞争能力,对制造技术不断优化及推陈出新而形成的。现代制造技术是传统制造技术不断吸收机械、电子、信息(计算机通信、控制理论、人工智能等)、材料、能源及现代管理等技术成果,将其综合应用于产品设计、制造、检测、管理、售后服务等机械制造全过程,实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产,取得理想技术经济效果的制造技术的总称。

1.3.2 现代制造技术的内涵及技术构成

现代制造技术是一个多层次的技术群,其内涵和层次及其技术构成如图 1-1 所示。

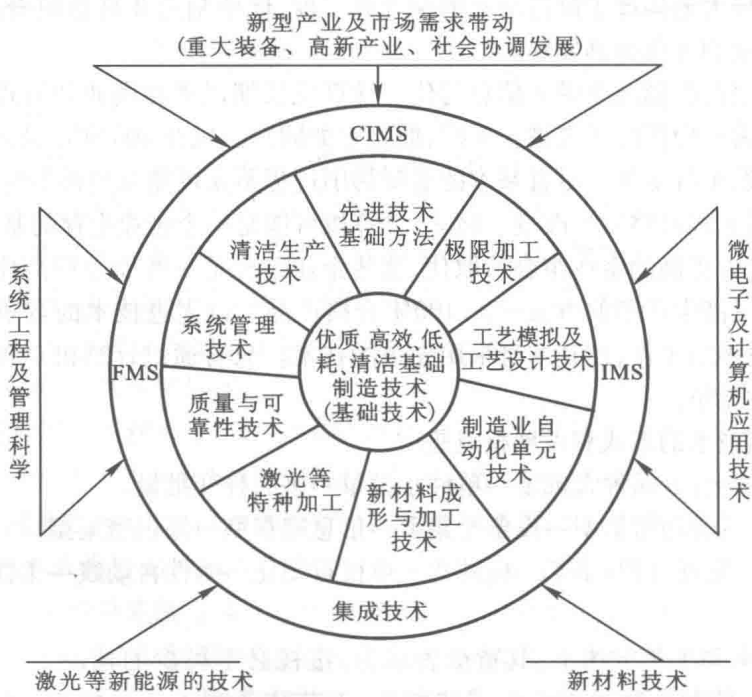


图 1-1 现代制造技术的内涵、层次及其技术构成示意图

1. 基础技术

第一层次是优质、高效、低耗、少无污染基础制造技术。这些基础技术主要有精密下料、精密成形、精密加工、精密测量、毛坯强韧化、少无氧化热处理、气体保护焊及埋弧焊、功能性防护涂层等。

2. 新型单元技术

第二层次是新型的现代制造单元技术。这是在地求需求及新兴产业的带动下,制造技术与电子、信息、新材料、新能源、环境科学、系统工程、现代管理等高新技术结合而形成的崭新的制造技术,如制造业自动化单元技术、极限加工技术、新材料成形与加工技术、激光与高密度能源加工技术、工艺模拟及设计优化技术等。

3. 集成技术

第三层次是现代制造集成技术。这是应用信息、计算机和系统管理技术对上述两个层次的技术局部或系统集成而形成的现代制造技术的高级阶段。如柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)、智能制造系统(IMS)等。

1.4 现代制造技术的体系结构及分类

1.4.1 现代制造技术的体系结构

现代制造技术所涉及的学科较多,所包含的技术内容较为广泛。1994年,美国联邦科学、工程和技术协调委员会将现代制造技术分为三个技术群:主技术群、支撑技术群和制造技术环境。这三个技术群体相互联系、相互促进,组成一个完整的体系,每个部分均不可缺少,否则就很难发挥预期的整体功能效益。图1-2所示为现代制造技术的体系结构。

1.4.2 现代制造技术的分类

根据现代制造技术的功能和研究对象,可将现代制造技术归纳为以下几个方面。

1. 现代设计技术

产品设计是制造业的灵魂。现代设计必须是面向市场、面向用户的设计。现代设计技术是根据产品功能要求,应用现代技术和科学知识,制定方案并使方案付诸实施的技术。现代设计技术包含如下内容:

(1) 计算机辅助设计技术

通过计算机实现辅助设计,如有限元设计、优化设计、计算机辅助设计、反求工程技术、CAD/CAM一体化技术、工程数据库技术等。

(2) 性能优良设计基础技术

提高性能优良设计的基础设计,如可靠性设计、产品动态分析和设计、可维护性及安全设计、疲劳设计、健壮设计、耐环境设计、维修性设计和维修性保障设计、测试性设计、人机工程设计等。

(3) 竞争优势创建技术

面向市场,提高竞争优势的创建技术,如快速响应设计、智能设计、仿真与虚拟设计、工业设计、价值工程设计、模块化设计等。



图 1-2 现代制造技术的体系结构

(4) 全寿命周期设计

通盘考虑产品整个生命周期的设计技术,如并行设计、面向制造的设计、全寿命周期设计等。

(5) 可持续发展产品设计

主要有绿色设计等。

(6) 设计试验技术

如产品可靠性试验、产品环保性能试验与控制、仿真试验与虚拟试验等。

2. 现代制造工艺技术

现代制造工艺技术包括精密和超精密加工、精密成形与特种加工技术等几个方面。

(1) 精密、超精密加工技术

指对工件表面材料进行去除,使工件的尺寸、表面性能达到产品设计要求所采取的技术措施。根据加工的尺寸精度和表面粗糙度,可大致分为精密加工、超精密加工和纳米加工三个不同的档次:

精密加工:精度为 $3 \sim 0.3 \mu\text{m}$,表面粗糙度 Ra 值为 $0.3 \sim 0.03 \mu\text{m}$;

超精密加工:精度为 $0.3 \sim 0.03 \mu\text{m}$, 表面粗糙度为 Ra 值为 $0.03 \sim 0.005 \mu\text{m}$ 或称亚微米加工;

纳米加工:精度高于 $0.03 \mu\text{m}$, 表面粗糙度 Ra 值小于 $0.005 \mu\text{m}$ 。

(2) 精密成形制造技术

指从制造工件的毛坯、从接近零件形状(near net shape process)向直接制成工件即精密成形或称净成形的方向发展。包括精密凝聚成形技术、精密塑性加工技术、粉末材料构件精密成形技术、精密热加工技术及其复合成形技术等。改性技术主要包括热处理及表面工程各项技术。主要发展趋势是通过各种新型精密热处理和复合处理达到零件组织性能精确、形状尺寸精密以及获得各种特殊性能要求的表面(涂)层,同时大大减少能耗及完全消除对环境的污染。

(3) 特种加工技术

指那些不属于常规加工范畴的加工,如高能束流(电子束、离子束、激光束)加工、电加工(电解和电火花加工)、超声波加工、高压水加工以及多种能源的组合加工。

3. 制造自动化技术

制造自动化是指用机电设备、工具取代或放大人的体力,甚至取代和延伸人的部分智力,自动完成特定的作业,包括物料的储存、运输、加工、装配和检验等各个生产环节的自动化。制造自动化技术涉及数控技术、工业机器人技术和柔性制造技术,是机械制造业最重要的基础技术之一。

(1) 数控技术

包括数控装置、进给系统和主轴系统、数控机床的程序编制。

(2) 工业机器人

包括机器人操作机、机器人控制系统、机器人传感器、机器人生产线总体控制。

(3) 柔性制造系统(FMS)

包括 FMS 的加工系统、FMS 的物流系统、FMS 的调度与控制、FMS 的故障诊断。

(4) 自动检测及信号识别技术

包括自动检测(CAT)、信号识别系统、数据获取、数据处理、特征提取和识别。

(5) 过程设备工况监测与控制

包括过程监视控制系统、在线反馈质量控制。

4. 先进生产制造模式和制造系统

先进生产制造模式和制造系统是面向企业生产全过程,是将现代信息技术与生产技术相结合的一种新思想、新哲理,其功能覆盖企业的市场预测、产品设计、加工制造、信息与资源管理直到产品销售和售后服务等各项活动,是制造业的综合自动化的新模式。

(1) 先进制造生产模式

包括现代集成制造系统(CIMS)、敏捷制造系统(AMS)、智能制造系统(IMS)以及精益生产(LP)、并行工程(CE)等先进的生产组织管理和控制方法。

(2) 集成管理技术

包括并行工程、MRP 与 JIT(just in time)的集成——生产组织方法、基于作业的成本管理(ABC)、现代质量保证体系、现代管理信息系统、生产率工程、制造资源的快速有效集成。

(3) 生产组织方法