

机械制造 及其自动化

■ 张伯鹏 主编



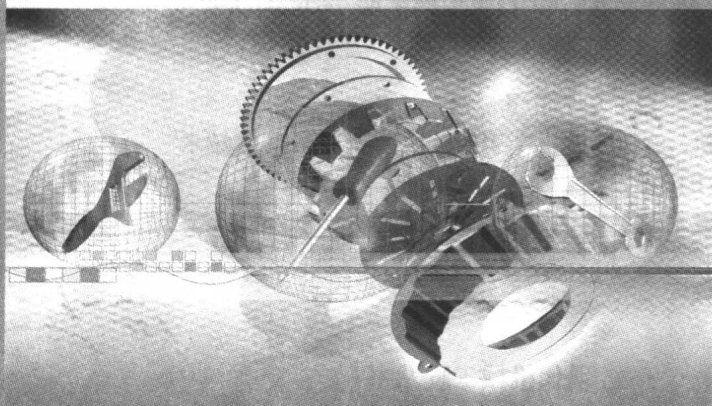
人民交通出版社
China Communications Press



现代机械工程丛书

机械制造 及其自动化

■ 张伯鹏 主编



人民交通出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造及其自动化/张伯鹏主编. —北京:人民交通出版社,2003.8

ISBN 7-114-04725-8

I. 机... II. 张... III. 机械制造—自动化技术
IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 049928 号

现代机械工程丛书

Jixie Zhizao Jiqi Zidonghua

机械制造及其自动化

张伯鹏 主编

责任校对:戴瑞萍 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 — 64216602)

各地新华书店经销

三河市宝日文龙印务有限公司印刷

开本:880 × 1230 1/32 印张:16.75 字数:365 千

2003 年 9 月 第 1 版

2003 年 9 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001 — 4000 册 定价:34.00 元

ISBN 7-114-04725-8

现代机械工程丛书编委会

主 编 张伯鹏 郑 力

编辑委员 (按汉语拼音排序)

高钟毓 吴宗泽

张伯鹏 郑 力

现代机械工程丛书

《机械制造及其自动化》编委会

主 编 张伯鹏

参 编 (按汉语拼音排序)

陈 愚 成 晔

段广洪 李志忠

刘成颖 刘大成

潘尚峰 徐家球

叶培华 郁鼎文

张伯鹏 张玉峰

郑 力 周 凯

序 言

机械工程学科从产业革命起算已经历经 200 余年的发展历程。近半个世纪特别是近 30 年来,随着科学技术的进步,机械工程技术在传统的基础上又取得了众多新的成就。众所周知,机械工程是覆盖一切装备全生命周期的支撑学科,而装备包括仪器仪表又是国家现代化的物质基础,所以无论在过去、现在和将来,机械工程都是重要的。传统的机械工程随着社会经济的发展 and 科学技术的进步,正在不断演进成为现代机械工程。

现代机械工程的学科内涵扩大了,不仅包括机构学、机械设计和机械制造及其自动化,还包括机电系统设计、机电动力学系统分析、结构有限元分析和设计、材料工程、摩擦学设计和表面工程等。现代机械工程的技术手段也现代化了,工程数据库、CAX、DFX、VM 和 RP 等已经成为支撑设计不可或缺的手段。

本丛书试图从设计、机电一体化和制造等不同角度,对现代机械工程的内涵和技术手段作一扼要阐述。我们希望本丛书今后能继续得到充实。

《现代机械工程丛书》编委会

前言

QIANYAN

机械制造及其自动化是支撑制造企业运作、制造技术进步,产生先进制造技术的工程学科。本书包括三部分内容:机械制造及其自动化学科基本内容;本学科在 20 世纪的发展回顾;本学科 21 世纪发展展望。

本书内容共分 16 章,全书回顾了机械制造及其自动化学科在 20 世纪的发展,对本学科的体系、原理、研究方法、学科交叉成就和发展展望进行了较系统的概述。

本书各章撰写者为:第一章 张伯鹏;第二章 段广洪;第三章 潘尚峰;第四章 张玉峰,刘大成;第五章 叶培华;第六章 陈恳;第七、八、九章 刘成颖;第十章 李志忠;第十一章 郁鼎文,成晔;第十二章 徐家球;第十三章 周凯;第十四章 郑力,李志忠,刘大成;第十五章 张伯鹏;第十六章 张伯鹏。全书由张伯鹏主编。

本书可供制造企业工程技术人员、管理人员使

用,也可以作为高等学校制造工程专业的参考书。

现代机械制造及其自动化涉及的知识面十分广泛,又跨多种学科。限于撰写者的水平,书中难免有欠妥之处,恳请广大读者不吝指正。

编 者

目录

MULU

第一章 机械制造及其自动化概述	1
第一节 4000 多年里的中国制造技术	3
第二节 我国现代制造业的建设.....	8
第三节 产业革命以来制造工程技术的发展.....	9
第四节 当代制造自动化的内涵	14
第二章 机械制造的起源与历史发展	22
第一节 制造技术的起源	22
第二节 古代制造技术发展史	25
第三节 近代制造技术的发展	31
第三章 金属切削原理与刀具	53
第一节 概论	53
第二节 金属切削的基本定义	54
第三节 金属切削的变形过程	68
第四节 切屑的种类及卷屑、断屑机理.....	74
第五节 积屑瘤	75
第六节 切削力	77
第七节 切削热和切削温度	81
第八节 刀具磨损与刀具使用寿命	82

第九节	刀具几何参数的选择	87
第十节	工件材料的切削加工性	89
第十一节	切削液	90
第十二节	刀具材料	91
第四章	机械加工装备——机床	97
第一节	绪论	97
第二节	普通机床	99
第三节	数控机床的结构和驱动	121
第四节	机床性能分析	129
第五章	数控机床	147
第一节	数控技术和数控机床	147
第二节	数控机床程序编制	160
第三节	柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造 系统(CIMS)	171
第四节	开放式数控系统	179
第六章	机械作业装备——工业机器人	186
第一节	制造中的机器人自动化作业	186
第二节	工业机器人的组成和分类	187
第三节	工业机器人的基础理论和技术	188
第四节	工业机器人技术标准	195
第五节	工业机器人的应用和发展	196
第七章	机械加工工艺规程的制订	201
第一节	基本概念	201
第二节	工艺路线的制订	212
第三节	工序设计	225
第四节	工艺方案的比较与技术经济分析	233

第八章 装配工艺规程的制订	238
第一节 装配工艺规程的制订	238
第二节 保证装配精度的方法	250
第九章 机械制造中的夹具	259
第一节 夹具的发展	259
第二节 夹具的基本概念	261
第三节 工件定位的基本理论	268
第四节 机床夹具设计	277
第五节 发展中的机床夹具概念	282
第十章 精密、超精密加工和特种加工	288
第一节 精密和超精密加工概述	288
第二节 精密车削和镗削	294
第三节 精密和超精密磨削	296
第四节 微细加工技术	299
第五节 纳米技术	302
第六节 特种加工概述	304
第七节 电火花加工	306
第八节 高能束加工	308
第九节 电化学和化学加工	312
第十节 机械的特种加工	317
第十一节 复合加工	317
第十二节 快速成型技术	318
第十一章 机械制造中的质量保证与监控技术	320
第一节 机械加工质量	320
第二节 机械加工精度	329
第三节 机械制造中的质量控制	354

第四节	质量检测技术	357
第五节	制造过程监控技术	365
第十二章	制造自动化	374
第一节	绪论	374
第二节	制造自动化的基础元件	375
第三节	制造自动化系统	401
第十三章	制造模式与制造系统	413
第一节	概述	413
第二节	现代制造模式	416
第三节	制造系统的体系结构	426
第四节	制造系统的分析与综合	432
第五节	制造系统的管理与控制	435
第十四章	虚拟制造	447
第一节	概述	447
第二节	虚拟产品开发	457
第三节	虚拟加工	467
第四节	虚拟企业	474
第十五章	制造科学——先进制造的科学基础	477
第一节	现代制造技术的特征	478
第二节	制造业内外正在发生的变化	480
第三节	21 世纪之初制造学科面临的挑战	482
第四节	制造科学发展的历史回顾	484
第五节	制造科学的体系结构和内涵	485
第十六章	机械制造及其自动化在 20 世纪的发展 回顾和 21 世纪初的发展展望	496
第一节	机械制造及其自动化在 20 世纪的	

发展回顾	496
第二节 制造及其自动化在 21 世纪初的	
发展展望	505
参考文献	510

第一章

机械制造及其自动化概述

回顾历史,人类的制造活动在工业革命前主要是凭手艺、以手工作坊方式进行。工业革命后则是以制造厂、制造企业、制造业方式进行。20 世纪前半叶,制造业的主体就是机械制造业,企业关注的仅是产品在企业内的生产。20 世纪下半叶,制造业则已扩展为大制造业,为了企业的生存和发展,企业需要关注产品寿命的全过程,而不仅仅是产品在企业内的生产过程。每一个历史时期,劳作的人们总是力图提高作业效率并使作业省力化,为此古代人们先是应用杠杆、滚轮、滑轮等简单机构,后来则逐步采用各种形式的机械化,产业革命推出了蒸汽机,使制造作业有了新的动力来源,机械化开始朝机械自动化过渡。19 世纪电气技术的发明促使机械自动化发展为机电自动化。到 20 世纪中叶,机械制造及其机电自动化已达到相当高水平。从那时迄今,随着制造业的不断扩大,以及信息、微电子技术 with 机电技术的迅速融合,自动化技术被提高到一个新的高度,机械制造及其自动化也就演进为制造及其自动化。

使用工具、制造工具进行产品制造,是人类最古老的生产活动之一,又是促进人类社会进步的关键生产活动。经过几百年知识和生产力的累积,18 世纪中叶首先在欧洲发生了以蒸汽机(动力机械)和纺织机(作业机械)为代表的产业革命,新型动力机械和作业机械的出现,极大地促进了社会生产力的发展并扩大了社会需求,在这些因素的推动下诞生了加工金属材料的通用设备——机床,并开始出现专门从事产品生产的机械制造工厂。此后经过近百年科技和生产力的不断发展和累积,19 世纪开始出现现代机械制造企业的萌芽并逐渐形成机械制造行业,机械化和机械自动化技术得到广泛应用。进入 20 世纪,电气化技术和以兵器生产与汽车生产为代表的大批大量生产技术和生产模式加快机械制造技术和企业的技术进步,两次世界大战造就了工业化国家机械制造业的空前繁荣,以机械制造及其机电自动化为代表的传统的机械制造技术和制造业的发展在 20 世纪 40 年代达到了顶峰,此后市场需求和制造技术都发生了重大变化:

(1)战后和平时期的市场需求和战时不同,产品需求更加多样化,大批大量生产仍然重要,但是单件小批生产的重要性在不断上升。卖方市场转为买方市场,市场竞争激化。所有这些都使机械制造企业迫切需要开发新产品,利用新的生产技术和生产管理办法。

(2)电子计算机的诞生及其随即与机械制造技术的迅速融合,为机械制造技术的提升提供了新的机遇,面对新的需求,机械制造业正逐步演进为大制造业,传统机械制造技术和机械制造业面临重大变革,数字化、信息化的制造时代开始了。

半个世纪以来,机械制造及其自动化虽然已经取得了一系

列重大成就,但在世纪之交同时也面临着新的挑战。

第一节 4000 多年里的中国制造技术

众知人类在漫长的进化过程中,使用工具并制造工具进行劳动,是人类不同于其他动物的根本行为特征。劳动促进了人类大脑的进化,不断进化的大脑反过来又不断提升人类的制造能力。早在 50~60 万年前的旧石器时代,北京猿人在与大自然的搏斗中就已经能制造并使用各种石制“尖状器”、“砍砸器”和“刮削器”等类工具。到了新石器时代,人类已经能将石制或骨制工具如刀、斧和器皿等做得相当精致,并掌握了在石料上磨光、钻孔,在骨刀上镶嵌石刃等项制造技术。在中国,石制或骨制的各种农具大约出现在公元前 6000~公元前 5000 年这段时期。

金属冶炼技术的诞生标志着人类社会生产力发展的重要里程碑,考古发现指出,我国在公元前 2000 多年的五帝时代的齐家文化时期已经能用天然铜浇铸铜器和铜刀,冷锻已经用于制造工具。公元前 2000 年以后的几百年里即夏代及夏商之交就出现了无辐条和有辐条的车轮。公元前 16~公元前 11 世纪的商代,青铜冶铸技术得到发展,在商代中期已用热锻制造武器,在商代中晚期的锻造中已采用退火处理。公元前 11 世纪~公元前 771 年的西周时期,已出现相当先进的两轮车和水上运输舟筏,并已经掌握了相当发达的青铜冶铸技术和生铁冶铸技术,能制造用于加工的青铜工具和青铜剑、铁刃铜钺等兵器以及各种青铜器皿。同一时期社会对玉石工艺品的需求,促进了玉石转动加工技术与装置的发展,这实际上是现代车削技术与车床的原型。

公元前 770~公元前 221 年间的春秋、战国时期,机械技术有了

较快发展。出现了用于射击且控制灵巧的弩,还在冶铁基础上发明了炼钢技术。可锻铸铁和锻钢的出现,加快了青铜时代向铁器时代的过渡。同一时期淬火、退火和渗碳等热处理技术的发明,使制造坚硬锋利的兵器和工具成为可能。这一时期的中后期,发明了失蜡铸造和低熔点合金铸造。考古发现战国时期的青铜器上已经出现用金属工具刻画纹饰和钻孔加工的痕迹。我国最早的一部有关手工制作技术的著作是公元前 475 ~ 公元前 221 年的战国时期留传下来的“考工记”,它大概也是世界上最早的一部制造技术专著。值得注意的是它不仅记载了如车轮的制造工艺等单项制造技术,还从系统和标准化的观点记载了战车的制造工序序列,以及其他兵器、生产工具和生活器皿的制造规范。还对弓的弹力、箭的射速及其飞行的稳定性等作了阐述。在那个年代实在是个了不起的成就。

西安兵马俑出土的公元前 221 ~ 公元前 207 年秦代制造的各种金属兵器如剑、簇、钺、殳(音 shu)等,其制造水平已相当精良。以出土的剑为例,剑身 6 个棱面偏差不超过 0.2mm,三棱形的箭头(簇)3 个面的尺寸误差小于 0.15mm。又以三棱形的箭头(簇)为例,一批箭头的尺寸偏差不大于 0.2mm,考虑到三棱体的制造工艺难度,在那个年代利用人工能批量制造到这个水平,实在令人叹服。而青铜马车的艺术和制造水平之高更是空前。

到了公元前 206 年 ~ 公元 25 年的西汉时期,从出土的铁制锉刀和经过外圆车削的金属货币,以及加工精度和表面粗糙度相当好的青铜弩机来看,其切削加工技术已具有相当水平。汉弩有一石至十石共八种规格,说明西汉已初步建立了制造标准。汉代已能建造各类舟船和楼船,有的还装备了艉舵和推进橦。公元 25 ~ 220 年的东汉时期,出现了记里鼓车,车上有一套减速