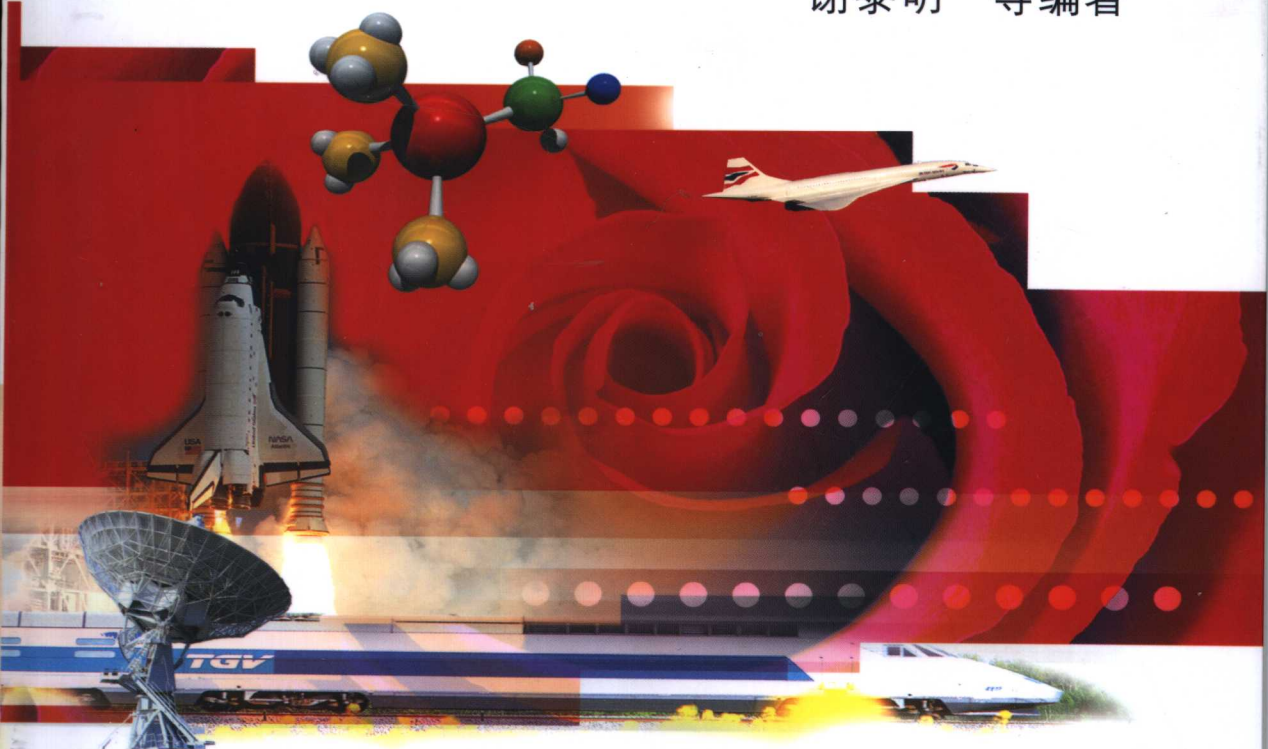


科技进步与现代文明丛书

机械工程与 技术创新

谢黎明 等编著



化学工业出版社

科技进步与现代文明丛书

机械工程与技术创新

谢黎明 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

机械工程与技术创新/谢黎明等编著. —北京: 化学工业出版社, 2005. 2

(科技进步与现代文明丛书)

ISBN 7-5025-6670-8

I. 机… II. 谢… III. 机械工程-技术革新 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 012264 号

科技进步与现代文明丛书

机械工程与技术创新

谢黎明 等编著

责任编辑: 任文斗

文字编辑: 闫 敏

责任校对: 李 林

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 14½ 字数 266 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6670-8/TH·292

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《科技进步与现代文明丛书》编委会

主 任 杨瑞成

委 员 （排名不分先后）

杨瑞成 徐兆辉 冯辉霞 戴剑锋

谢黎明 张天云

秘 书 陈 奎 王 毅

张开科技的翅膀

——丛书序

从 20 世纪 80~90 年代,直至世纪之交,世界的经济、科技和文化等都发生了极其巨大的,甚至是未曾预料的变化,波及了社会的每个角落,影响着每个人的生活。可以说,这种变化使每个人都感受到并享受着现代科技文明的成果。

21 世纪开年以来,伴随着一系列震动世界的大事件(如 9.11 事件、阿富汗战争和伊拉克战争、火星探索车成功着陆、和平号空间站超期服役和中国神舟 4 号、5 号飞船相继成功发射与返回等),我们更深切地感到世界乃至外星球离我们越来越近,高科技离我们越来越近,它们就在我们身旁,触手可及。20 世纪是一个不平凡的世纪,是科技、经济与社会文明快速发展的世纪,作为跨世纪的现代人,一方面承接着 100 多年以及更早年代前人赐予的丰硕成果,另一方面,既要审视多年沉积下来的有关资源、人口、环境等方面的难题并进而考虑如何依据科学发展观解决这些难题,更要迎接和创造本世纪科技、经济和社会文明的新的辉煌。

进入 21 世纪,从科学与技术的层面,信息科技、生物科技、新材料科技、新能源科技、系统论、管理科学等以及多学科交叉与渗透形成的若干边缘科学与技术,构成了一个前所未有的新科技群,标志着生产力演变与经济高速发展的狂飙时期已经到来。

面对当今世界新的科学技术浪潮和经济发展的涌动,面对知识经济、信息网络和经济全球化等方面的冲击,必然对知识获得和阅读习惯产生深刻的影响。首先,现代社会的迅速推进需要我们更新观念,终生阅读、终生学习成为必然;其次,为加深认识、了解世界,人们的知识结构也需要多元化;再者,为适应人才市场的竞争和择业的多样化,作为新世纪的人既要不断拓展知识面,构筑更高更宽广的知识平台,又要善于多领域知识的交汇(现代技术领域与技术岗位也正体现着这种交汇),就是说除了自身领域的知识和技能之外,还需要汲取其他领域的知识,以不断地充实、丰富和完善自己,提供进一步发展和进取的良好基础,并进而能在市场经济的大潮中,在不同的领域中,扬起理想的风帆,张开科技的翅膀,奋进疾驶,到达预定的彼岸。

为以上目的,我们组织有关方面的专家和第一线的科技人员及教师编写了这套《科技进步与现代文明丛书》。本丛书以较为通俗的形式,在不大的篇幅内,

以比较简洁的方式，介绍相关领域的知识（包括某一学科的概貌、框架、历史发展、相关原理和应用以及未来展望等）。内容丰富、涵盖面广，上承高科技前沿及未来发展，下接周围世界及日常生活；语言力求生动活泼并辅以实例，以展示科学技术进步与人类文明、经济发展和社会进步紧密联系。显然，本丛书不仅适合不同领域的知识界人士、职业员工和各学科大学生，同样对正在成长的年轻一代也大有裨益。

本丛书共 6 册，将于 2005 年初陆续出版，鉴于编著者学识及水平有限，望广大读者不吝指教。

《科技进步与现代文明丛书》编委会

杨瑞成执笔

2004 年 11 月 15 日

前 言

机械工程学是人类科学技术发展史上历史最为悠久的学科之一，也是对人类社会进步具有巨大贡献的工程学科之一。纵观近三百多年来世界经济社会发展史，可以说是一部灿烂辉煌的工业文明史，是一部技术革命和技术创新的历史，也是一部机械工程持续扮演主要角色的发展史。18 世纪的产业革命，实现了社会分工的变革并改变了人们的生活方式，但机械学科和以此为基础的制造业始终是一个国家的支柱产业。在世界进入知识经济时代的今天，由于微电子技术、计算机技术、网络技术、信息技术的迅猛发展，制造业已发生而且还在继续发生更为深刻的变化：制造技术与信息技术的紧密结合，特别是制造技术与计算机技术的紧密结合，使现代制造技术所拥有的技术较之以往更为高、更为新、更为广、更为复杂而先进。

21 世纪制造业的发展和变化将是令人炫目、令人无法想像的，设计手段、制造理论、工艺方法不断推陈出新，微电子技术、控制技术、信息与计算机技术、传感技术、生物技术与机械学科的交叉、渗透、融合，逐步形成了制造科学与技术的许多新理论、新观念、新方法、新成果，从一个侧面给人们描绘了一幅未来信息社会的壮丽图景。

本书试图向读者展示机械工程的发展历史，当今制造业的设计手段、加工方法、服务领域，机械制造业未来的发展方向。希望读者在详细阅读和学习本书后，能够对制造这一概念有一种豁然开朗和回味无穷之感。

全书共分为 13 章，由谢黎明等编著，参加本书编写的人员有谢黎明（总体策划并撰写第一、二、五、十三章）、靳岚（第三、四章）、杨建军（第九、十章）、沈浩（第十一、十二章）、吴沁（第七、八章）、蒋钧钧（第六章）。全书由谢黎明、杨建军负责统稿。

本书由博士生导师杨瑞成教授担任主审。杨瑞成教授在百忙中认真审阅了

内 容 提 要

机械是人类生产和生活的基本要素之一，是人类物质文明最重要的组成部分。

本书较全面地介绍了有关机械工程学及其相关知识，内容广泛。主要包括机械工程的过去与现在、机械工程的基础理论，具体叙述了机械制造业的最新设计手段、加工方法、服务领域，最后展望了机械制造的未来及其发展方向。

本书共分 13 章。将机械工程与社会发展、人们的日常生活以及现代高科技紧密结合起来。本书涵盖面广、面向新世纪，讲解精练、通俗易懂，具有较强的可读性与实用性。本书既适合各相关领域工作者（大专院校教师、科研人员、管理人员）阅读，也可供机械爱好者参考，又可作为高等院校文科及理工科各专业所开设的相关任选课的教材，以扩大学生知识面。

目 录

第一章 机械工程史话	1
第一节 机械与机械工程	1
第二节 指南车与中国古代机械	8
第三节 蒸汽机与近代工业革命	12
第四节 “勇气”号火星车与现代机械工程	15
第二章 改变世界的制造技术	19
第一节 机器改变了世界	19
第二节 信息时代的制造业	25
第三节 精益求精的制造	31
第三章 机械工程基础	36
第一节 机械科学基础	36
第二节 机械运动的类型	39
第三节 典型机械零件的结构与应用	41
第四节 人机工程学	45
第四章 设计手段与计算机的完美结合	50
第一节 缩短新产品的开发周期——并行工程	50
第二节 降低新产品的开发成本——价值工程	54
第三节 保护生态环境——绿色设计与制造	57
第四节 提高产品的可信度——可靠性设计	62
第五节 产品与环境的整体和谐——工业造型设计	65
第五章 机械加工新技术	69
第一节 切削加工	69
第二节 高速切削技术	72
第三节 水喷射加工	75
第四节 超声波加工	77
第五节 激光加工	80
第六节 电子束加工	82

第七节 光刻蚀加工	83
第六章 机电一体化	86
第一节 机电一体化系统	86
第二节 伺服系统	90
第三节 传感与测试技术	92
第七章 制造机器的机器——机床	96
第一节 机床简介	96
第二节 通用机床与专用机床	99
第三节 数控机床	103
第四节 加工中心	105
第五节 柔性制造系统	107
第八章 动力机械与工业文明	111
第一节 流体动力机械	111
第二节 热力发动机——蒸汽机	116
第三节 汽车的兴起——内燃机	119
第九章 生产机械与现代社会	125
第一节 挖掘机	125
第二节 起重机械	130
第三节 农用机械	135
第四节 印刷机械	140
第五节 矿山冶金机械	143
第六节 石油矿场机械	147
第十章 运载机械与人类生活	151
第一节 从秦陵铜车马到卡尔·奔驰发明汽车	151
第二节 从蒸汽机车到电力机车	155
第三节 从古老的飞箏到“神五”飞船	159
第十一章 微型机械	167
第一节 微型机械的兴起和应用	167
第二节 小机械 大机会	170
第三节 微机电系统	172

第四节	微型机械中的 IC 工艺	175
第五节	微型机械的设计	181
第十二章	“钢领工人”——工业机器人	184
第一节	工业机器人概述	184
第二节	工业机器人的构造	188
第三节	工业机器人的控制	192
第四节	工业机器人的应用	196
第五节	工业机器人的未来	198
第十三章	机械制造的未来	202
第一节	纳米制造	203
第二节	虚拟制造	206
第三节	制造的明天	209
参考文献		216

第一章 机械工程史话

第一节 机械与机械工程

一、机械概述

机械始于工具，工具即是简单的机械。机械的发明是人类区别其他动物的一项重要标志，人之所以成为地球的主宰，能够利用工具是重要的一条。人类最初制造的工具是石器，如石刀、石斧、石锤等。随着时代发展和社会进步，人类依靠自己的智慧使得工具在种类、材料、工艺、性能等方面不断丰富、完善并日趋复杂，现代各种精密复杂的机械都是从古代简单的工具逐步发展而来的。

机械是人类生产和生活的基本要素之一，是人类物质文明最重要的组成部分。

人类现在已能上游天空和宇宙，下潜大洋深层，远窥百亿光年，近察细胞和分子。机械技术在整个技术体系中占有基础和核心地位，机械技术的历史与人类社会的发展史一样源远流长。

什么是机械呢？许多中外机械专家都给它下过不同的定义，由于机械所涵盖的内容非常广泛，要下一个简明的定义很难。一台简单的机器可以称作机械；一套复杂的成套设备也是机械；一个机件可以称作机械，多个构件组成的实现各种运动形式的机构也是机械。简单地讲，机械就是实现某些工作任务的机具或装备，也是机器和机构的总称。

机械是现代社会进行生产和服务的五大要素（即人、资金、能量、材料和机械）之一。任何现代产业和工程领域都需要应用机械，就是人们的日常生活，也越来越多地应用各种机械了。从某种意义上讲，所有的机械、工具等都是人的某个或某些器官能力的延伸。今天，工具、机械已经渗透到人们生活中的每一个方面，清早醒来，打开窗户，你已经无意中启动了连杆机构；抬起手腕，看看时间，你也许不会意识到其中的齿轮正在传动；驾上爱车，匆匆赶路，你又能否想起发动机和摩擦力的作用呢？实际上，在人们的生活和工作中，机械无处不在。穿衣离不了纺织机械，吃饭离不了食品机械，住房离不了建筑机械，出行离不了交通机械，上天入地、出洋下海更是样样离不了机械。

正是 18 世纪中叶英国工业革命开辟了机械时代，用机器代替人工进行生产，而造成生产方式的变革，才使这个世界有了飞速的发展。

中国是世界上机械发展最早的国家之一。中国古代在机械方面有许多发明创造，在动力的利用和机械结构的设计上都有自己的特色。许多专用机械的设计和应用，如指南车、地动仪等，均有独到之处，为社会的发展进步做出了卓越的贡献，有些机械甚至至今还在发挥着作用。最典型的古代机械有辘轳、水车等提水机械；水磨、水转大纺车等水力机械；指南车、计里鼓车及各类车船交通机械；浑仪、简仪、地动仪、铜壶滴漏等天文、观测和计时机械；耕、犁、耒车、扇车等农业机械；缫车、纺车、织机等纺织机械；弓、弩、发石机等军事机械；还有铸造、锻造、表面处理、切削加工等各种加工技术和加工机械等。这些机械与技术无一不透露出古代先民的智慧和创造力。

现代机械涵盖的范围更加广泛。从能量转换角度划分，有动力机械，它把各种能源转换为便于利用的机械能，如风力机、汽轮机、内燃机、汽油机、电动机、液压马达、气动马达等；有能量变换机械，它把机械能转换为其他能源形式，如发电机、液压泵、压缩机等；还有工作机械，它利用人力、畜力和动力机械提供的机械能来改变工作对象的状态和位置。按功能可分为粉碎机械、物料搬运机械等。如果按照产业领域和服务对象划分，有工作母机（各类机床）、矿山机械、冶金机械、石油机械、农业机械、林业机械、交通运输机械、建筑机械、纺织机械、造纸机械、塑料机械、橡胶机械、印刷机械、仪器仪表等。也许你还能发现更多的种类。

二、机械工程

机械工程就是以有关的自然科学和技术科学为理论基础，结合在生产实践中积累的技术经验，研究和解决在开发设计、制造、安装、运用和修理各种机械中的理论和实际问题的一门应用学科。

各个工程领域的发展都要求机械工程有与之相适应的发展，都需要机械工程提供所必需的机械。某些机械的发明和完善，又会导致新的工程技术和新的产业的出现和发展。例如大型动力机械的制造成功，促成了电力系统的建立；机车的发明导致了铁路工程和铁路事业的兴起；内燃机、燃气轮机、火箭发动机等的发明和进步以及飞机和航天器的研制成功导致了航空、航天事业的兴起；高压设备的发展导致了許多新型合成化学工程的成功等。机械工程就是在各方面不断提高的需求的压力下获得发展动力，同时又从各个学科和技术的进步中得到改进和创新的能力。

机械工程的服务领域广阔而多面，凡是使用机械、工具，以至能源和材料生产的部门，都需要机械工程的服务。概括说来，现代机械工程有五大服务领域：研制和提供能量转换机械、研制和提供用以生产各种产品的机械、研制和提供从事各种服务的机械、研制和提供家庭和个人生活中应用的机械、研制和提供各种

先进的武器装备。

另外，机械在其研究、开发、设计、制造、运用等过程中都要经过几个工作性质不同的阶段。按这些不同阶段，机械工程又可划分为互相衔接、互相配合的几个分支系统，如机械科学、机械设计、机械制造、机械应用和机械维修等。

这些按不同方面分成的多种分支学科系统互相交叉，互相重叠，从而使机械工程可能分化成上百个分支学科。例如，按功能分的动力机械；按工作原理分的热力机械、流体机械、往复机械、蒸汽动力机械、核动力装置、内燃机、燃气轮机；按行业分的中心电站设备、工业动力装置、铁路机车、船舶轮机工程、汽车工程等；都有复杂的交叉和重叠关系。船用汽轮机是动力机械，也是热力机械、流体机械和透平机械，它属于船舶动力装置、蒸汽动力装置，也可能属于核动力装置等。

不论服务于哪一领域，机械工程的内容基本相同：建立和发展机械工程的工程理论基础。例如，研究金属和非金属的成形和切削加工的金属工艺学和非金属工艺学；研究各类有独立功能的机械构件的工作原理、结构、设计和计算的机械原理和机械零件学；研究力和运动的工程力学和流体力学；研究金属和非金属材料的性能及其应用的工程材料学；研究热能的产生、传导和转换的热力学等。

三、机械工程的发展历程

人类从石器时代进入青铜器时代，再进而到铁器时代。在此漫长的历史进程中，用以吹旺炉火的鼓风器的发明和发展起了重要作用。有足够强大的鼓风机，才能使冶金炉获得足够高的炉温，从矿石中冶炼金属。在中国，公元前 1000 年～公元前 900 年就已有了冶铸用的鼓风机，并逐渐从人力鼓风发展到畜力和水力鼓风。

15～16 世纪以前，机械工程发展缓慢。但在以千年计的实践中，在机械发展方面还是积累了相当多的经验和知识，成为后来机械工程发展的重要潜力。17 世纪以后，资本主义在英、法和西欧诸国出现，商品生产开始成为社会的中心问题。在 18 世纪中后期，蒸汽机的应用从采矿业推广到纺织、面粉、冶金等行业。制作机械的主要材料逐渐从木材改用更为坚韧、但难以用手工加工的金属。机械制造业开始形成，逐步成为一个重要产业。

机械工程通过不断扩大的实践，从分散性的、主要依赖工匠们个人才智和手艺的一种技艺，逐渐发展成为一门有理论指导的、系统的和独立的工程技术。机械工程是促成 18～19 世纪的工业革命以及近代机械大生产的主要技术因素。

工业革命以前，机械大都是木质结构的，由木工用手工制成。金属（主要是铜、铁）仅用来制造仪器、锁、钟表、泵和木结构机械上的小型零件。金属加工主要靠机匠的精工细作达到所需要的精度。

随着蒸汽机动力装置的推广，矿山、冶金、轮船、机车等大型机械的发展，对机械产品的需求猛增，需要成形加工和切削加工的金属零件种类越来越多，数量越来越大，要求的精度也越来越高，应用的金属材料从铜、铁发展到以钢为主。

19 世纪，机械加工的各个领域，包括锻造、锻压、钣金工、焊接、热处理等技术及装备，金属切削加工技术和机床、刀具、量具等，都得到迅速发展，保证了各产业发展生产所需的机械装备的供应。

生产批量的增大和精密加工技术的进展，促进了大量生产方法的形成，如零件互换性生产、专业分工和协作、流水加工线和流水装配线等。

简单的互换性零件和专业分工协作生产，在古代就已出现。在机械工程中，互换性最早体现在英国人莫兹利于 1797 年利用其创制的螺纹车床所生产的螺栓和螺母。同时期，美国工程师惠特尼用互换性生产方法生产火枪，显示了互换性的可行性和优越性。这种生产方法在美国逐渐推广，形成了所谓“美国生产方法”。

20 世纪初期，美国人福特在汽车制造上又创造了流水装配线。大量生产技术与泰勒在 19 世纪末创立的科学管理方法对工业活动进行的分解与优化方法综合后，使汽车和其他大批量生产的机械产品的生产效率很快达到了过去无法想像的高度。

20 世纪中、后期，机械加工的主要特点是：不断提高机床的加工速度和精度，减少对手工技艺的依赖；提高成形加工、切削加工和装配的机械化和自动化程度；利用数控机床、加工中心、成组技术等，发展柔性加工系统，使中小批量、多品种生产的生产效率提高到近于大量生产的水平；研究和改进难加工的新型金属和非金属材料的成形和切削加工技术。

随着电子技术、信息处理、传输技术及自动控制技术的发展以及微型计算机的出现，给机械加工自动化技术带来了新的概念。用数字化信号对机械运动和工作过程进行控制，推动了机床自动化的发展。数控技术的应用不但给传统的机械制造业带来了革命性的变化，而且使制造业成为工业化的象征。

从 18 世纪起，新理论的不断诞生以及数学方法的发展，使设计计算的精确度不断地提高。进入 20 世纪，出现各种实验应力分析方法，人们已能用实验方法测出模型和实物上各部位的应力。

20 世纪后半叶，微型计算机和有限元法的广泛应用，使得对复杂的机械及其零件、构件进行力、力矩、应力等的分析和计算成为可能。对于掌握有充分的实践或实验资料的机械或其元件，已经可以运用统计技术，按照要求的可靠性程度，科学地进行机械设计。

四、机械工程的发展展望

在 21 世纪中,随着电子、信息等高新技术的不断发展,随着市场需求的个性化与多样化,未来机械工程和以此为基础的制造业将以增加生产、提高劳动生产率、提高生产的经济性为目标来研制和发展新的机械产品。机械制造技术发展的总趋势是向精密化、柔性化、网络化、虚拟化、智能化、清洁化、集成化、全球化的方向发展。在未来的年代,新产品的研制将以降低资源消耗,发展清洁的再生能源,治理、减轻以至消除环境污染作为超经济的目标任务。

机械工程和以此为基础的制造业发展趋势大致有以下几个方面。

1. 信息技术的巨大作用

信息化是当今社会发展的趋势,信息技术正在以人们想像不到的速度向前发展。信息技术也正在向机械制造技术注入和融合,促进着制造技术的不断发展。信息技术使制造技术的技术含量提高,使传统制造技术发生质的变化。信息技术对制造技术发展的作用目前已占第一位。在 21 世纪对先进制造技术的各方面发展将起着更重要的作用。

信息技术促进着设计技术的现代化,加工制造的精密化、快速化,自动化技术的柔性化、智能化,整个制造过程的网络化、全球化。各种先进生产模式的发展,如 CIMS、并行工程、精益生产、敏捷制造、虚拟企业与虚拟制造,也无不以信息技术的发展为支撑。

2. 设计技术不断现代化

产品设计是制造业的灵魂。现代设计技术的主要发展趋势如下。

① 设计手段的计算机化 在实现了计算机计算、绘图的基础上,当前突出反映在数值仿真或虚拟现实技术在设计中的应用以及现代产品建模理论的发展上,并且向智能化设计方向发展。

② 新的设计思想和方法不断出现 如并行设计、面向“X”的设计(Design For X 即 DFX)、健壮设计(Robust Design)、优化设计(Optimal Design)、反求工程技术(Reverse Engineering)等。

③ 向全寿命周期设计发展 传统的设计只限于产品设计,全寿命周期设计则由简单的、具体的、细节的设计转向复杂的总体的设计和决策,要通盘考虑包括设计、制造、检测、销售、使用、维修、报废等阶段的产品的整个生命周期。

④ 设计过程的全方位发展 设计过程由单纯考虑技术因素转向综合考虑技术、经济和社会因素,设计不只是单纯追求某项性能指标的先进和高低,而是注意考虑市场、价格、安全、美学、资源、环境等方面的影响。

3. 制造技术向超精密、超高速等方向发展

① 超精密加工技术 目前加工精度达到 $0.025\mu\text{m}$, 表面粗糙度达 $0.0045\mu\text{m}$,

已进入纳米级加工时代。超精切削厚度由目前的红外波段向可见光波段甚至更短波段靠近；超精加工机床向多功能模块化方向发展；超精加工材料由金属扩大到非金属。

② 超高速切削 目前铝合金超高速切削的切削速度已超过 1600m/min，铸铁为 1500m/min，超耐热镍合金为 300m/min，钛合金 200m/min。超高速切削的发展已转移到一些难加工材料的切削加工。

③ 新一代制造装备的发展 市场竞争和新产品、新技术、新材料的发展推动着新型加工装备的研究与开发，其中典型的例子是“并联桁架式结构数控机床”（或俗称“六腿”机床）的发展。它突破了传统机床的结构方案，采用六个轴长短的变化，以实现刀具相对于工件的加工位姿的变化。

4. 新的工艺技术得到迅速发展

工艺设计由经验判断走向定量分析，加工工艺由技艺发展为工程科学。

热加工过程的数值模拟与物理模拟是一个重要的发展方向，是使热加工工艺由技艺走向科学的重要标志。应用数值模拟于铸造、锻压、焊接、热处理等工艺设计中，并与物理模拟和专家系统相结合，来确定工艺参数，优化工艺方案，预测加工过程中可能产生的缺陷及应采取的防止措施，控制和保护加工工件的质量。采用这种科学的模拟技术并与少量的实验验证相结合，以代替过去一切都要通过大量重复实验的方法，不仅可以节省大量的人力和物力，而且还可以通过数值模拟来解决一些目前无法在实验室进行直接研究的复杂问题。

工艺模拟也发展并应用于金属切削加工过程、产品设计过程。最新的进展是在并行工程环境下，开展虚拟成形制造，使得在产品的设计完成时，成形制造的准备工作（如铸造）也同时完成。

5. 成形制造技术向精密成形方向发展

成形制造技术是铸造、塑性加工、连接、粉末冶金等单元技术的总称。

21 世纪，成形制造技术正在从制造工件的毛坯、接近零件形状（Near Net Shape Process）向直接制成工件的精密成形或称净成形（Net Shape Process）的方向发展。据国际机械加工技术协会预测，塑性成形与磨削加工相结合，将取代大部分中小零件的切削加工。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。

6. 专业、学科间的界限逐渐淡化、消失

先进制造技术的不断发展，在冷热加工之间，加工、检测、物流、装配过程之间，设计、材料应用、加工制造之间，其界限均逐渐淡化，逐步走向一体化。例如，CAD、CAPP、CAM 的出现，使设计、制造成为一体；精密成形技术的