

先进制造技术



南华大学
机电类创新训练中心

- 
- A blue and white fighter jet is parked on a runway. The jet has a blue and white livery with a blue and white logo on the tail. The background shows a hazy landscape with green hills and a building. Overlaid on the image is a list of five topics in orange text.
1. 制造的概念
 2. 制造技术的发展
 3. 我国的制造业
 4. 制造业面临的竞争和挑战
 5. 先进制造技术

1、制造的概念

- 1.1 制造的概念



- 1.2 制造的相关概念
- 1.3 制造系统

1、制造的概念

1.1 制造的概念

制造 (Manufacturing):

是人类所有经济活动的基石，是人类历史发展和文明进步的动力。

狭义：为机电产品的机械加工工艺流程

广义：国际生产工程学会1990年：

制造是涉及制造工业中产品设计、物料选择、生产计划、生产过程、质量保证、经营管理、市场销售和服务的一系列相关活动和工作的总称。

1.2 制造的相关概念

制造技术 (Manufacturing Technology)

按照人们所需的目的，运用知识和技能，利用客观物资工具，将原材料物化为人类所需产品的工程技术。即：使原材料成为产品而使用的一系列技术的总称

- **制造过程**

产品从设计、生产、使用、维修、报废、回收等的全过程，也称为产品生命周期。

- **制造业**

将制造资源（物料、能源、设备、工具、资金、信息、人力等）利用制造技术，通过制造过程，转化为供人们使用或利用的工业品或生活消费品的行业。

1.3 制造系统

制造系统的概念

制造系统是制造业的基本组成实体。

- **结构：**是制造过程所涉及的硬件（物料、设备、工具、能源等）、软件（制造理论、工艺、信息等）、人员所组成的具有特定功能的有机整体。

功能：输入制造系统的资源（原材料、能源、信息、人力...）通过制造过程输出产品。

- **过程：**制造生产的运行过程，包括市场分析、产品设计、工艺规划、制造装配、检验出厂、产品销售、售后服务、报废、回收、再利用等。

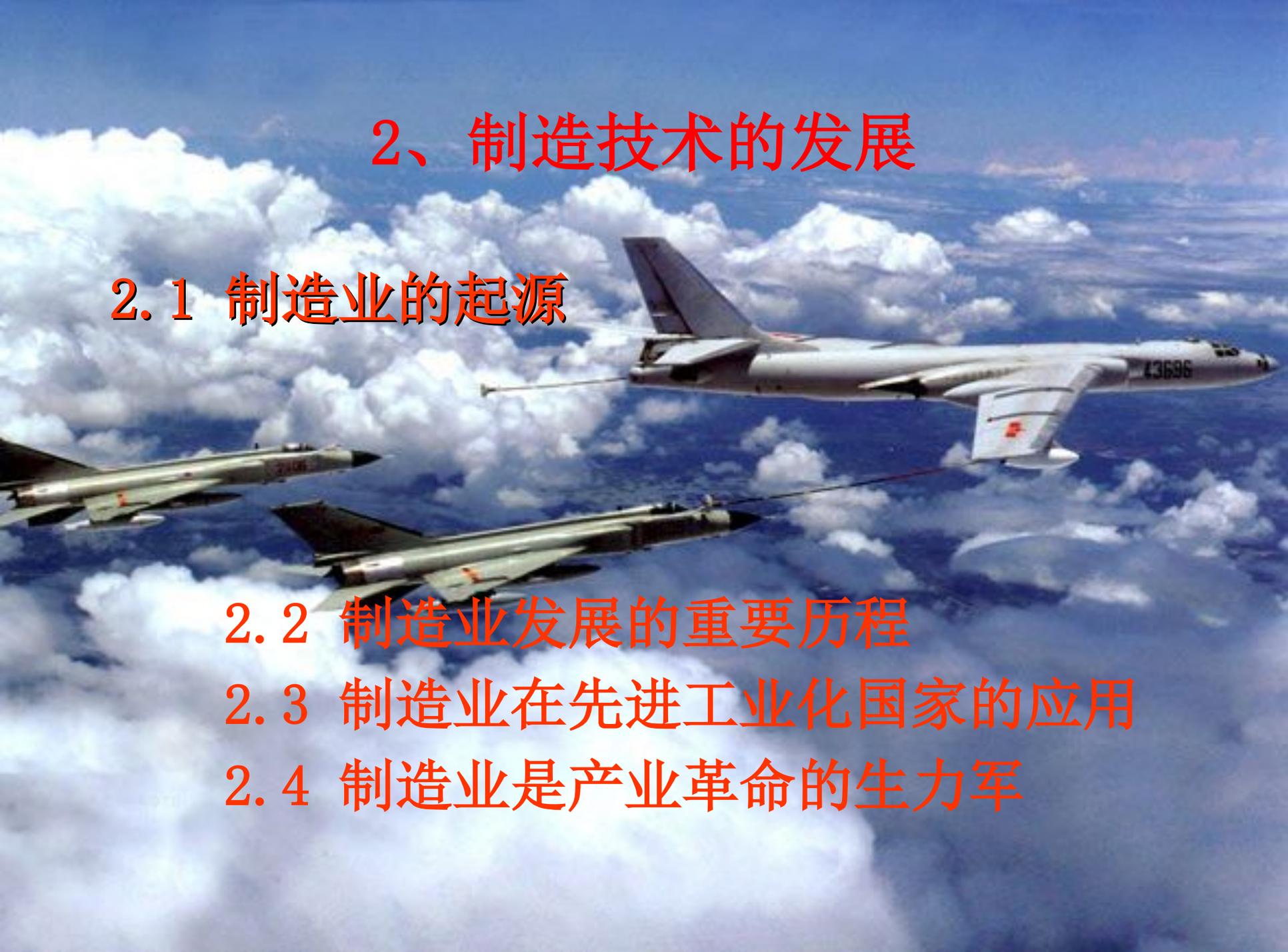
2、制造技术的发展

2.1 制造业的起源

2.2 制造业发展的重要历程

2.3 制造业在先进工业化国家的应用

2.4 制造业是产业革命的生力军





2.1 制造业的起源

- 1) 人从猿进化而来，人猿分离，是由于人学会双足行走和用手制造并使用工具。——制造创造了人类。
- 2) 中国的元谋人（170万年前的南方古猿）、非洲人早在160万年前即开始用火，石料开采和加工，形成了原始制造业。饮食改善促进了脑的发展。200万年前的猿人脑容量约为700毫升，100万年前的直立人脑容量约为1000毫升，50万年前增加到1200毫升，1929年发现的57万年前的北京（直立）猿人为1050毫升，而现代人的脑容量平均为1450毫升，现代人的大脑皮层褶皱面积为 1700-2200平方厘米，是黑猩猩的3倍。
- 3) 恩格斯指出：“直立和劳动创造了人类，而劳动是从制造工具开始的。动物所做到的最多是收集，而人则从事生产。”

2.2 制造业发展的重要历程

(1) 用机器代替手工，从作坊形成工厂

19世纪机器在英国诞生，先后传入法国、德国和美国。

(2) 从单件生产方式发展成大量生产方式

泰勒：以劳动分工和计件工资制为基础的科学管理。

福特：零件互换技术，1913年建立了具有划时代意义的汽车装配生产线

(3) 柔性化、集成化、智能化和网络化的现代制造技术

柔性制造系统、计算机集成制造系统、网络化制造、智能制造系统、及时生产、精良生产、敏捷制造.....

2.3 制造业在先进工业化国家的应用

一、美国

- 1) 上个世纪70年代,美国不重视制造业,把制造业称为“夕阳工业”,结果导致美国80年代的经济衰退。
- 2) 80年代后期,美国的一些国会议员、政府要员纷纷要求政府出面,协调和支持制造产业的发展,1991年,布什政府期间,美国白宫科学技术政策办公室发表了总数为22项的美国国家关键技术,其中制造技术占4项,标志着美国科技政策的转变。
- 3) 克林顿上台后,对制造业大力支持,他把先进制造技术列为六大国防关键技术之首。结果美国在机械工业、汽车工业、航空工业及信息产业等方面取得了明显的进展,使美国的经济连续8年取得了2-3%的增长率,而且还同时保持低通胀率和低失业率。这就是克林顿虽发生丑闻而未被弹劾的主要原因。

2.3 制造业在先进工业化国家的应用

二、日本

- 1) 在上个世纪70-80年代，日本非常重视制造业，特别大抓了汽车制造和微电子制造，结果日本的汽车和家用电器占领了全世界的市场，特别是大举进入了美国市场。
- 2) 日本的微电子芯片成为美国高技术产品的关键元件。1991年海湾战争结束后，日本人说美国赢得这场战争是依靠的日本的芯片，是“日本的芯片打败了伊拉克的钢片”。

2.3 制造业在先进工业化国家的应用

三、东南亚经济危机的启示

- 1) 1998年爆发的东南亚经济危机，从另一个侧面反映了一个国家发展制造业的重要。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，而无自己的制造业，这个国家的经济就容易形成泡沫经济，一有风吹草动就会产生经济危机。
- 2) 新加坡、台湾都有自己的制造业，因此受经济危机的影响小一些。

2.3 制造业在先进工业化国家的应用

四、 瑞士依靠什么使人均产值居世界第一？

- 1) 瑞士是一个仅700万人口的小国，但瑞士的制造业十分发达，瑞士的精密机械产品的出口量是我国的8倍，瑞士的手表世界第一，连小小的军刀，也风靡全世界。
- 2) 现在瑞士的年人均国民生产总值达到4.3万美元以上，居世界第一。



2.4 制造业是产业革命的生力军

- 一、 第一次工业革命：1733-1878
- 1) 又称为：蒸汽革命。
- 2) 产业革命的标志：瓦特发明的蒸汽机。
- 3) 英国的制造业孕育和实现了瓦特的发明
- 4) 制造业和瓦特的发明推动了热力学理论的诞生。

2.4 制造业是产业革命的生力军

- **二、第二次工业革命：1879-1945**
- 1) 又称为：电气革命。
- 2) 产业革命的标志：电灯（爱迪生）、电话（贝尔）、电机（西门子）等电气化产品。
- 3) 制造业肇始了电的应用，而后才有麦克斯韦电动力学理论的诞生。
- 4) 麦克斯韦电动力学理论推动了20世纪初开始的无线电、微波、雷达、合成孔径、微波成像、卫星通信、宇宙微波探测等技术的发展。
- 5) 牛顿力学和电动力学又为量子力学的发展指引了道路，导致了量子场论的创立。

2.4 制造业是产业革命的生力军

- **三、第三次产业革命：1945-1972**
 - 1) 又称为：电子（原子）革命。
 - 2) 产业革命的标志：原子弹（1945）、电子计算机（1946）、晶体管（1948）、集成电路、微电子技术等。
 - 3) 微电子制造技术开创了全新的信息时代。



2.4 制造业是产业革命的生力军

• 四、第四次工业革命：1973-

- 1) 又称为：高新技术产业革命。
- 2) 产业革命的标志：众多高新技术产品，如微电子产品、电脑、新一代通信产品、新一代汽车、磁悬浮列车、新一代飞机、机器人、生物工程产品、新一代药物、绿色食品、转基因产品等等。
- 3) 微器件制造工艺，如拉单晶、掺杂、扩散、离子注入、外延、溅射、化学沉积（CVD）、光刻、表面贴装、自动化组装、进而到纳米器件制造工艺将把高新技术产业革命推向顶峰。

3、我国的制造业

- 3.1 制造业在国民生产中的地位
- 2001年中国工程院的调查结果：
 - 1) 制造业占国民生产总值的1/3
 - 2) 占整个工业生产的4/5
 - 3) 为国家财政提供1/3以上的收入
 - 4) 贡献出口总额的90%
 - 5) 就业人员8043万

3.2 我国制造业取得的成就

改革开放20年来我国制造业取得的成就：

- 1) 引进国外先进技术2500多项，占全国的1/3以上。近几年发展的新产品，50%达到80年代中后期的世界水平。
- 2) 一些重要产品的年生产能力已跃居世界前列，如汽车280万辆以上（其中轿车120万辆以上），大中型发电设备1200万千瓦以上（火电1000万千瓦，水电200万千瓦），大中型拖拉机11万台以上，金切机床10万台以上。
- 3) 我国已成为世界最大的服装纺织品出口国；与日本、马来西亚和韩国并称世界消费类电子产品四大生产国。
- 4) 成功开发生产了运七、运八、新舟60等支线飞机。
- 5) 一些新产品的技术水平已达世界领先或先进水平，如沈阳机床集团的电主轴高速卧式加工中心、激光切割机床，沈阳变压器厂的50万伏超高压变压器，黎明航发集团的中国第一台拥有完全知识产权的航空发动机、燃气轮机，沈阳新松机器人自动化有限公司的6000米水下机器人等产品，清华大学制造工程研究所研制开发的并联构型机床。

4、制造业面临的竞争和挑战

4.1 国际形势的变化

90年代以来，世界出现了多级化的新格局：

- 政治冷战→经济热战
- 国际竞争和对抗的焦点由军备竞赛转向全球范围内的以科技为先导，经济为基础、军事为后盾的综合国力的较量；

4.1 国际形势的变化

产业技术和经济实力成为政治对抗的重要资本；

不计生产成本和代价的军品生产模式不适用于新形势下的生产；

“战略伙伴”关系中经济色彩突出

提高制造业产品竞争能力，发展高技术，尤其是独具知识产权的产业技术成为未来抢占经济制高点、振兴国家经济的焦点

4.2 制造业市场竞争的新特点

- 1) 知识—技术—产品更新的周期更短；
- 2) 产品批量 更小；
汽车生产：大批量生产→大批量定制生产；
- 3) 顾客对产品功能、性能、质量的要求 更高；
- 4) 能参与全球竞争的企业 更多；
- 5) 跨国公司的垄断性 更明显；
- 6) 企业的兼并重组 更激烈、更动荡；
- 7) 一般水平的产品及制造能力 严重过剩；
- 8) 人口老龄化 更严重；
- 9) 环保意识、绿色制造呼声 更强。

4.3 20世纪90年代制造业的标志性进展

波音777的设计和制造

- 全数字化定义——无纸生产
- 数字化预装配——无金属样机的生产（虚拟制造的一部分）
- 广域网上的异地设计、异地制造
- 基于STEP的数据交换
- 协同工作小组Team work 238个
 →设计制造周期大大缩短：4年
 （而波音757、767约9-10年）
 更大的利润，每架777，\$1.4亿

基于分布式CAD/CAM系统在8台IBM大型计算机ES/9000和IBM5080~5086图形终端，发现零件干涉2500处，减少工程更改50%以上

设计、工艺、制造、供应商、潜在用户的工作小组，7000人参加，采用并行工程的模式。

Internet将发动机供应商GE、HP和诺依斯罗斯联在一起。

63M长的波音777，装配准误差仅0.58mm.

4.4 消费观念的变化

消费者的行为更具选择性

顾客化产品：批量生产的产品逐步被个性化、多样化产品所代替

制造业“服务”：产品生产与产品服务的界限越来越模糊、不满足感增加：“新三年、旧三年、缝缝补补又三年”的观念逐步消失

对生产及产品的影响

产品订货批量下降，单件、小批

产品寿命周期减短：5-10年-3-5年甚至更短

产品生产周期缩短

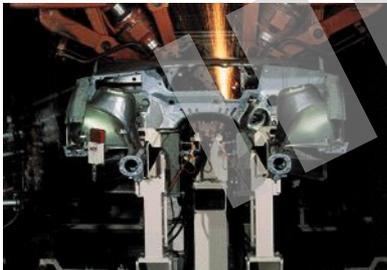
4.4 消费观念的变化

“中心”的变化

以顾客为中心

以市场为中心

以产品为中心



5、先进制造技术

5.1 先进制造技术的定义及特点

5.2 先进制造技术的分类

5.3 先进制造技术的发展趋势

5.1 先进制造技术的定义及特点

1、先进制造技术的定义：

先进制造技术（advanced manufacturing technology, AMT）在传统制造技术基础上不断吸收机械. 电子. 信息. 材料. 能源和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. 销售. 使用. 服务. 乃至回收的全过程, 以实现优质. 高效. 低耗. 清洁. 灵活的生产, 提高对动态多变的市场的适应能力和竞争能力的制造技术总称。也是取得理想技术经济效果的制造技术的总称。

5.1 先进制造技术的定义及特点

- **AMT**这一全新概念的提出，立即受到世界各国政府、企业界和学术界的高度重视，并将其称之为面向21世纪的技术。因为先进制造技术的主要特征是强调实用性，它以提高企业综合经济效益为目的，所以被认为是提高制造业竞争能力的主要手段，对促进整个国民经济的发展有着不可估量的影响。

5.1 先进制造技术的定义及特点

- 2、先进制造技术的特点
- (1) 先进制造技术不是一成不变的，而是个动态技术。它是一个相对的、动态的概念，是为了适应时代要求，提高竞争能力，对制造技术不断优化所形成的。它要不断吸收各种高新技术成果（机械、电子、计算机与通信、控制理论、人工智能等、能源及现代系统管理），将其渗透到产品的设计、制造、生产管理及市场营销的所有领域及其全部过程，并且实现优质、高效、低耗、清洁、灵活的生产。

5.1 先进制造技术的定义及特点

- (2) . 先进制造技术是面向新世纪的技术系统，它的目的很明确，即提高制造业的综合效益（包括经济效益、社会效益和环境生态效益），赢得激烈的国际市场竞争。
- (3) . 先进制造技术并不抛弃传统技术，而是不断用科技新手段去研究它，并运用科技新成果去改造它，充实它。特别是利用先进技术研究传统工艺的成形原理，建立数学模型，并利用优化设计技术进行传统工艺方法的优化。

5.1 先进制造技术的定义及特点

- (4) . 先进制造技术并不仅限于制造过程本身，它涉及到产品从市场调研、产品设计、工艺设计、加工制造、售后售前服务等产品寿命周期的所有内容，并将它们结合成一个有机的整体。
- (5) . 先进制造技术特别强调计算机技术、信息技术和现代系统管理技术，在产品设计、制造和生产组织管理等方面的应用。
- (6) . 先进制造技术特别强调人的主体作用，强调人、技术、管理三者的有机结合。

5.1 先进制造技术的定义及特点

- (7) . 先进制造技术不是一项具体技术，它是利用系统工程技术将各种相关技术集成的一个有机整体。
- (8) . 先进制造技术特别强调环境保护，既要求其产品是所谓的“绿色商品”，又要求产品的生产过程是环保型的。

5.1 先进制造技术的定义及特点

- 3. 先进制造技术特点的具体体现

- (1) . 高效率

- 在提高生产效率方面，提高自动化程度是各国致力发展的方向。近些年来，**计算机数控（CNC）、计算机辅助设计与制造（CAD / CAM）、柔性制造系统（FMS）和计算机集成制造系统（CIMS）**发展非常迅速。各种新理论层出不穷，如敏捷制造、快速原型制造、并行工程、及时生产、虚拟制造，集成相关信息和资源，其本质均是实现高效率、自动化生产的思想。就应用于实践的CNC、FNC、FMS来看，已有力地显示出其有柔性化、自动化、资源共享和高效率的强大生命力。

5.1 先进制造技术的定义及特点

• 2、高精度

- 在提高精度方面，从精密加工发展到超精密加工，这出是世界各主要工业发达国家致力发展的方向。例如，超大规模集成电路、导弹火控系统、惯导陀螺、精密仪器、精密雷达、精密机床等都需要采用超精密加工技术。众所周知，在飞机、潜艇等军事设施中使用的精密陀螺、复印机的磁鼓、大型天文望远镜以及大规模集成电路的硅片等高新技术产品都需要超精密加工技术的支持。精密加工是指加工精度在 $0.1-1\mu\text{m}$ 之间，表面粗糙度 R_a 在 $0.1\mu\text{m}$ 以下的加工方法；而加工精度控制在 $0.1\mu\text{m}$ 以下，表面粗糙度 R_a 在 $0.02\mu\text{m}$ 以下的加工方法则称为超精密加工。

5.1 先进制造技术的定义及特点

• 3、多样化

- 随着难加工材料（高强度、高韧性、高脆性、耐高温及磁性材料）及精密、细小、形状复杂的零件需求迅速增加，与此相适应的制造技术日新月异并多样化。许多产品要求具备很高的强度重量比；有些产品在精度、工作速度、功率及小型化方面要求很高；有些产品则要求在高温、高压和腐蚀环境中能可靠地进行工作。为了适应上述要求，新结构、新材料和复杂形状的精密零件不断出现，其结构形状愈来愈复杂，材料韧性愈来愈强，零件精度愈来愈高。这些需求使**激光加工、电子束和离子束加工**等新方法应运而生，并得到迅速发展。

5.1 先进制造技术的定义及特点

- 近年来，以本身形状尺寸微小或操作尺度极小为特征的**微机械**的研究和应用受到了广泛的重视交得到了快速的发展。微机械具有很多特点，如体积小、精度高、重量轻；性能稳定，可靠性高；能耗低，灵敏性和工作效率高；多功能和智能化；制造成本低廉，适于大批量生产等。正是由于微机械能够在狭小空间进行作业，又不扰乱工作环境和对象，因而在航空天、精密仪器和生物医学等领域具有广阔应用的潜力。

5.1 先进制造技术的定义及特点

• 4、综合化

- 当前，制造技术正沿着综合化方向发展。例如，在切削区引入声、光、电、磁等能量之后，可以形成超声振动切削、激光辅助切削、带电切削、磁化切削等**组合化特种切削工艺**。对最基本的切削工艺加以复合，可以组成诸如电化学与机械加工的复合、电火花与机械加工复合、电化学与超声波加工复合、电化学与电火花加工复合等。不同的特种工艺出可能相互复合。**复合工艺的特点在于发挥各自的优势，不仅提高了质量，而且提高了工效，并求得加工能力和经济效益的统一。**大力研究和应用特种工艺，尤其是复合工艺，对于航空、航天、精密仪器材料加工难度越来越大，零件形状越来越复杂，质量要求越来越高的待业有着十分重要的意义。

5.2 先进制造技术的分类

1、先进设计技术

● 设计方法现代化

- 产品可靠性
- 可维护性及安全设计
- 产品优化设计
- 快速响应设计
- 创新设计
- 智能设计
- 产品动态分析和设计
- 仿真与虚拟设计
- 价值工程设计
- 模块化设计

● 设计手段计算机化

- 有限元法
- 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
- 向全寿命周期设计发展
- 由单纯考虑技术因素转向综合考虑技术、经济和社会因素

5.2 先进制造技术的分类

2、先进制造工艺技术

• 精密、超精密加工技术

- 精密加工：精度为 $3\sim 0.3\ \mu\text{m}$ $Ra0.3\sim 0.03\ \mu\text{m}$
- 超精密加工：精度为 $0.3\sim 0.03\ \mu\text{m}$ $Ra0.3\sim 0.005\ \mu\text{m}$
- 纳米加工：精度高于 $0.03\ \mu\text{m}$ Ra 小于 $0.3\sim 0.005\ \mu\text{m}$

• 精密成型制造技术

- 从制造工件的毛坯、从接近零件形状向直接制成工件的方向发展
- 特种加工技术
 - 高能束流加工（电子束、离子束、激光束）
 - 电加工（电解和电火花）
 - 超声波加工
 - 高亚水加工
 - 多种能源的组合加工

5.2 先进制造技术的分类

3、制造自动化技术

- 数控技术
 - 数控装置
 - 进给系统
 - 主轴系统
 - NC程序编制
- 工业机器人
 - 机器人操作机
 - 控制系统
 - 传感器
 - 生产线总线控制
- 柔性制造系统
 - 加工系统
 - 物流系统
 - 调度与控制
 - 故障诊断
- 自动检测与信号识别技术
 - 信号识别
 - 数据获取
 - 数据处理
 - 特征提取与识别
- 过程设备工况监测与控制
 - 过程监视系统
 - 在线反馈质量控制

5.2 先进制造技术的分类

4、先进制造系统

- 先进制造生产模式
- 计算机集成制造系统
CIMS
- 敏捷制造系统AMS
- 智能制造系统IMS
- 精良生产LP
- 并行工程CE
- 集成管理技术
- 企业资源管理ERP
- 基于作业的成本管理ABC

- 现代质量保障体系
- 生产率工程
- 制造资源快速有效集成
- 生产组织方法
- 虚拟公司理论与组织
- 企业组织结构的变革
- 以人为本的团队建设
- 企业重组工程

5.3 先进制造技术的发展趋势

发展趋势：精密化 柔性化 网络化 虚拟化
智能化 清洁化 集成化 全球化

1、集合多学科成果形成一个完整的制造体系

传统制造技术、信息技术、计算机技术、自动化技术、先进的管理科学

2、先进制造技术的动态发展过程

不断地吸收各种高新技术逐渐形成，不同时期、不同区域有各自的重点和内容。

3、信息技术对先进制造技术的发展作用

越来越重要。CIMS、CE、AM、虚拟企业、虚拟制造；

4、向超精微细领域扩展

微型机械，纳米测量、微米/纳米加工制造；

5.3 先进制造技术的发展趋势

5、制造过程集成化

产品的设计、加工、检测、物流、装配过程一体化。

CAD/CAE/CAPP/CAM/PDM/ERP集成

精密成形工艺

6、制造科学与制造技术、生产管理的融合

制造科学是制造系统和制造过程知识的系统描述。

数字描述、仿真、优化、设计理论和方法、运动学、动力学、结构强度、摩擦学

制造技术包含在制造科学之中，制造科学体现在制造技术里，
技术和管理由生产模式结合在一起。

5.3 先进制造技术的发展趋势

7、绿色制造

绿色产品设计技术。

绿色制造技术

产品的回收和循环再制造

8、虚拟现实技术

虚拟制造技术；

虚拟企业。

9、制造全球化

制造企业在世界范围内的重组与集成

制造技术信息和知识的协调、合作和共享

全球制造的体系结构、制造产品及市场的分布及协调。

