

# 先进制造技术概论

现代制造业是国民经济的主体,是国家科技水平和综合实力的重要标志。先进制造技术是现代制造业的技术基础,要实现我国从制造大国走向制造强国的目标,必须真正掌握先进制造技术这个“国之利器”。先进制造技术是最终完成由“中国制造”到“中国创造”转变的技术基础,也是我国发展转型的重要技术支撑。先进制造技术(AMT)是制造业不断吸取信息技术和现代管理技术的成果,并将其综合应用于产品设计、加工、检验、管理、销售、使用、服务乃至回收的制造全过程,以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产,提高对动态多变的市场的适应能力的制造技术的总称。

本章主要介绍制造、制造系统和制造业的概念,先进制造技术的内涵、体系结构以及我国先进制造技术的发展趋势。

## 1.1 制造技术的发展概况

### 1.1.1 制造、制造系统和制造业

#### 1. 制造

制造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。所谓制造即为人类按照市场需求,运用主观掌握的知识和技能,借助于手工或可以利用的客观物质工具,采用有效的工艺方法和必要的能源,将原材料转化为最终物质产品并投放市场的全过程。制造的概念有广义和狭义之分:狭义的制造,系指生产车间内与物流有关的加工和装配过程;而广义的制造,则包含市场分析、产品设计、工艺设计、生产准备、加工装配、质量保证、生产过程管理、市场营销、售前售后服务,以及报废后的回收处理等整个产品生命周期内的一系列相互联系的生产活动。

#### 2. 制造系统

制造系统是指由制造过程及其所涉及的硬件、软件和人员组成的一个具有特定功能的有机整体。这里的制造过程,即为产品的经营规划、开发研制、加工制造和控制管理的过程;所谓硬件包括生产设备、工具和材料、能源以及各种辅助装置;软件包括制造理论、制造工艺和方法及各种制造信息等。另外,根据所研究问题的侧重点的不同,借鉴日本京都大学人见胜人教授的观点,制造系统还可以有以下三种特定的定义。



(1) 制造系统的结构定义。制造系统是制造过程所涉及的硬件(包括组织人员、设备、物料流等)及其相关软件所组成的一个统一整体。

(2) 制造系统的功能定义。制造系统是一个将制造资源(原材料、能源等)转变为产品或半成品的输入、输出系统。

(3) 制造系统的过程定义。制造系统可看成产品的生命周期全过程,包括市场分析、产品设计、工艺规划、制造实施、检验出厂、产品销售、回收处理等各个环节的制造全过程。

由上述制造系统的定义可知,制造系统实际上就是一个工厂企业所包含的生产资源和组织机构。而通常意义所指的制造系统仅是一种加工系统,仅是上述定义系统的一个组成部分,例如:柔性制造系统,只应称之为柔性加工系统。

可以从不同的角度对制造系统进行分类。如图 1-1 所示,从人在系统中的作用、零件品质和批量、零件及其工艺类型、系统的柔性、系统的自动化程度及系统的智能程度等方面对制造系统进行分类。各类型的不同组合,可以得到不同类型的制造系统。

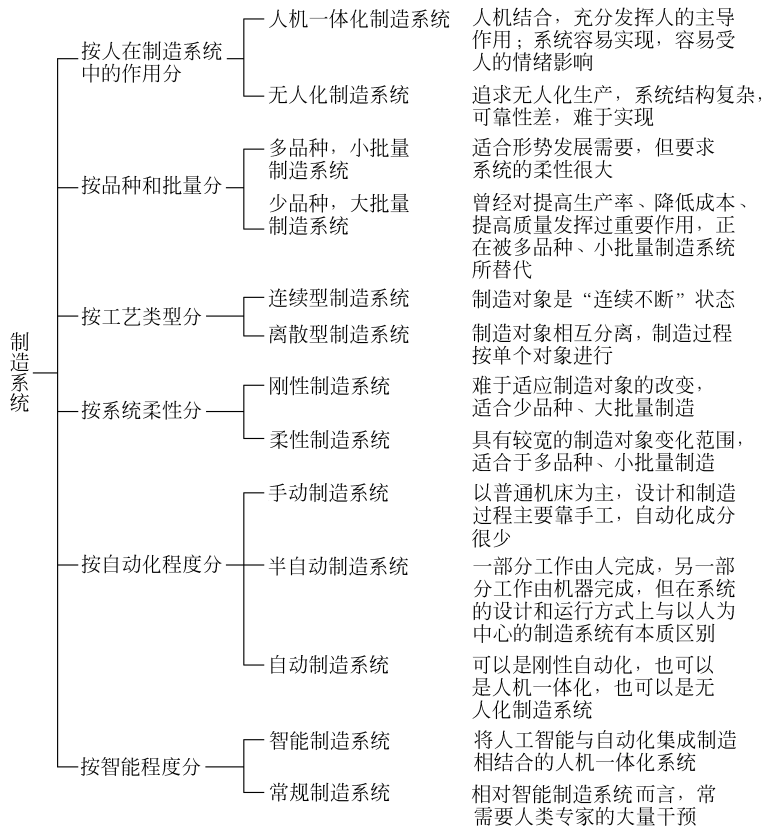


图 1-1 制造系统的分类

### 3. 制造业

制造业是指将制造资源,包括物料、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和消费的产品行业的行业。制造业是所有与制造有关的企业群体的总称。制造业涉及国民经济的许多部门,包括一般机械、食品工业、化工、建材、冶金、纺织、电



子电器、运输机械等。

制造业是国民经济的支柱产业,在整个国民经济中一直处于十分重要的地位,是国民经济收入的重要来源。它一方面创造价值,生产物质财富和新的知识,另一方面为国民经济各个部门以及国防和科学技术的进步与发展提供先进的手段和装备。在工业化国家中,约有1/4的人口从事各种形式的制造活动,在非制造业部门中,约有半数人的工作性质与制造业密切相关。纵观世界各国,如果一个国家的制造业发达,它的经济必然强大。大多数国家和地区的经济腾飞,制造业功不可没。

### 1.1.2 制造业在国民经济中的地位

人类文明的发展与制造业的进步密切相关。在石器时代,人类利用石料制造劳动工具,以采集、利用自然资源作为主要生活手段。到青铜器、铁器时代,人们开始采矿、冶炼、织布,使用铸锻工具,满足以农业为主的自然经济的需要,采取了作坊式手工业的生产方式。生产使用的原动力主要是人力,局部也利用水力和风力。世界工业化发展进程如图 1-2 所示。

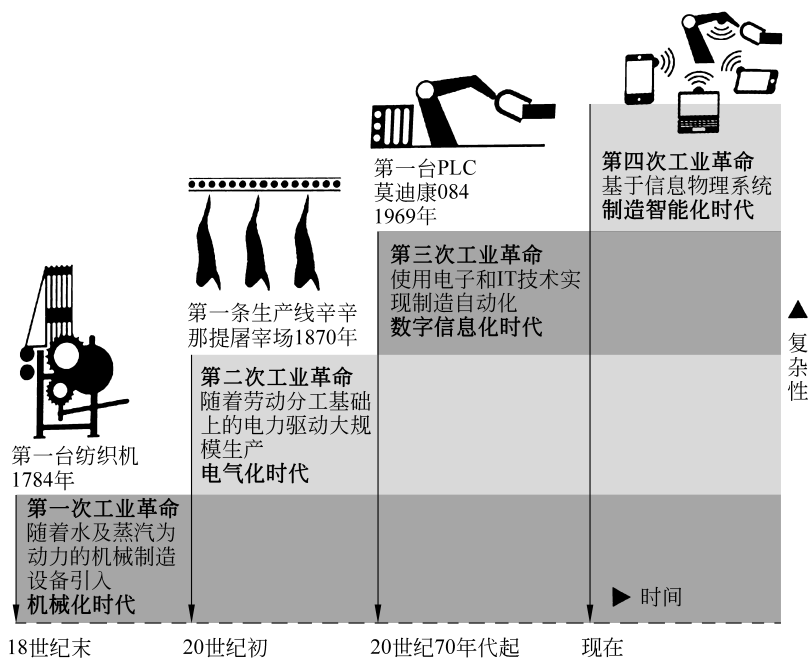


图 1-2 世界工业化发展的四个阶段

18 世纪 60 年代,瓦特改良蒸汽机,纺织业、机器制造业取得了革命性的变化,引发了第一次工业革命,近代工业化大生产开始出现。从 19 世纪初到 20 世纪 20 年代,主要是用机器代替人力进行生产。工厂的组织结构分散,管理层次简单,业主直接与所有的顾客、雇员和协作者联系,采用的是作坊式单件化生产方式。在这种生产方式下,从业者在产品设计、机械加工和装配方面都有高超的技艺,所以又称“技艺”性生产方式。这种生产方式的最大缺点是产品价格高、生产周期长。

第一次世界大战后,美国人福特(Henry Ford)和通用汽车公司的斯隆(Alfred Pritchard Solon),将欧洲人创造的技艺性生产方式改为流水线、大量生产方式,使制造业发生了革命性变化。但从本质上看,大量生产方式的诞生是一种历史的必然。1776 年英国古



典经济学家亚当·斯密出版了《国民财富的性质和原因的研究》一书，系统地阐述了专业化及劳动分工理论，奠定了大量生产方式的理论基础。泰勒创立的科学管理理论以及互换性原理的推行，对制造技术和管理科学的发展也起到了极大的推动作用。19世纪末20世纪初，人类对产品的需求不仅数量大，而且复杂性增加，这就要求制造业采用更复杂的生产技术并增加产品产量。大型设备的使用和多台机器的联用，不仅是技术复杂性的要求，也是批量制造所必需的。使用机器的制造过程自然牵涉到众多劳动者，在这种情况下，企业作为协调劳动者之间相互关系的一种制度安排，显然优越于市场方式。企业生产规模越大，内部分工越细，专业化程度就越高，简单熟练操作提高了劳动生产率，使生产成本随生产规模而递减，有力地刺激了大量生产方式的应用。

大量生产方式为社会提供众多的廉价产品，满足消费者的基本生活需求。它是如此的实用、高效与经济，以至人们将其视为制造生产的固有模式。然而20世纪70年代以后，市场环境发生了巨大的变化。从全球范围看，一个更加激烈的竞争环境正在形成，消费者的价值观正在发生结构性的变化，呈现出日趋主体化、个性化和多样化的发展。与此同时，随着更广泛、持续变化的新产品流的出现，市场演变和变革更加迅速。消费者不仅要求购置高质量、低成本和高性能的产品，而且希望产品具有恰好满足其感受的特性。新的质量概念正是意味着满意——消费者拥有并使用某个产品时感到愉悦的本能反应。在未来消费者导向的时代，如何对市场环境的急剧变化做出迅速的反应，及时地掌握用户的需求，有效地生产和提供令用户满意的产品服务，是当今企业不容忽视的使命。无疑，这使以产品为中心、以规模经济为竞争优势的大量生产方式遇到了新的挑战。

大量生产方式受到的另一挑战来自于企业内部。大量生产方式得以建立的基础是平稳的市场环境、低素质的雇员、决策者及管理者的有限理性与体能不足。如今这些状况都改变了，特别是企业员工追求人格全面发展的动机，同以监督和控制为基调的科层组织体系形成了尖锐的冲突，原先行之有效的管理方法和管理手段，如今却容易造成摩擦与内耗。这些从根本上动摇了大量生产方式组织与管理的合理性。

### 1.1.3 现代制造技术的发展

随着计算机、电子信息、现代管理技术的高速发展，现代机械制造技术综合了机械、计算机、电子信息、材料、自动化、智能化、设计与工艺一体化等技术，现代机械加工设备逐渐向着高精、高速、多能、复合、控制智能化、安全环保等方向发展。现代制造技术是计算机技术、信息技术、管理等科学与制造科学的交叉融合，朝着精密化、柔性化、集成化、绿色化、全球化等方向发展。现代制造技术的形成和发展有以下特点：

(1) 现代制造技术的内涵更加广泛，包括产品设计、加工制造到产品销售、使用、维修和回收的整个生命周期。

(2) 现代制造技术综合性更强，是机械、计算机、信息、材料、自动化等学科有机结合而发展起来的跨学科的综合科学。

(3) 现代制造技术更加环保。它讲究的是优质、高效、低耗、无污染或少污染的加工工艺，在此基础上形成先进加工工艺。

(4) 现代制造技术的目标更加广泛。它强调优化制造系统的产品上市时间、质量、成本、服务、环保等要素，以满足日益激烈的市场竞争的要求。



(5) 现代制造技术要求设计与工艺一体化。传统的制造工程设计和工艺是分步实施的,产品受加工精度、表面粗糙度、尺寸等限制。而设计与工艺一体化是以工艺为突破口,把设计与工艺密切结合在一起。

(6) 现代制造技术强调精密性。精密和超精密加工技术是衡量先进制造水平的重要指标之一,当前,纳米加工代表了制造技术的最高水平。

(7) 现代制造技术体现了人、组织、技术三结合。现代制造技术强调人的创造性和作用的永恒性,提出了由技术支撑转变为人、组织、技术的集成;强调了经营管理、战略决策的作用。在制造工业战略决策中,提出了市场驱动、需求牵引的概念,强调用户是核心,用户的需求是企业成功的关键,并且强调快速响应需求的重要性。

## 1.2 先进制造技术的内涵及体系结构

### 1.2.1 先进制造技术提出的背景

随着各种制造技术的不断革新,先进制造技术的概念于20世纪80年代在美国首次被提出。由于美国和苏联的竞争日益白热化,国防、军工等多项大型制造业面临严峻的挑战和拓展的压力,美国根据自身制造业存在的问题进行了调查反馈,制定了“先进制造技术(AMT)计划”和“制造技术中心(manufacturing technology center, MTC)计划”。20世纪90年代初,克林顿政府发起了振兴美国经济计划,突出了现代装备制造业的支撑作用,提出了增强产品市场竞争力的关键是发展“先进制造技术”的新观念。由此,先进制造技术作为一个新的概念在政府层面上被接受,同时作为一项高层次水平上的制造技术受到众多发达国家及部分新兴工业国家的重视。在美国制造业引起了革新的风暴,给美国制造业领域带来了新的思潮,显著地推动了美国制造业的发展。随后发达国家争相效仿。以日本为主导,多国制订并参与“智能制造技术(intelligent manufacturing technology, IMT)计划”,该计划于1992年秋开始执行,预算投资10亿美元,形成了一个大型国际共同研究项目,旨在组合工业发达国家的先进制造技术,探索将研究成果转变为生产技术的途径及开发下一代的标准技术。其目标重点是实现制造技术的体系化、标准化,开发出能使人 and 智能设备不受生产操作和国界限制、彼此合作的高技术生产系统,以适应当今制造全球化的发展趋势。在欧共体各国,政府和企业界共同掀起了一场旨在通过“欧共体统一市场法案”的运动,制订了一系列发展计划,如尤里卡(EVREKA)计划、欧洲工业技术基础研究计划、欧洲信息技术研究发展战略计划(ESPRIT)。德国也在20世纪末提出了“德国生产2000”的计划,进而提出了“工业4.0”计划。这些计划都有效地促使各国的制造业技术得到长足的发展。

我国制造业发展起步较晚,大型制造业技术较为落后,但是改革开放后,国家开始大力支持先进制造业。20世纪90年代,我国启动了先进制造技术基础重大自然科学基金项目研究。1995年9月《中共中央关于制定国民经济和社会发展“九五”计划和2010年远景目标的建议》中明确提出要大力采用先进制造技术。《全国科技发展“九五”计划和到2010年长期规划纲要》中将先进制造技术专项列入高技术研究与发展专题。先进制造技术的提出,给我国制造业指明了新的方向与目标,引领了一个有制造业技术现代化的革新浪潮。



## 1.2.2 先进制造技术的内涵和特点

目前对先进制造技术尚没有一个明确的、一致公认的定义,经过近年来对发展先进制造技术方面开展的工作,通过对其特征的分析研究,可以认为:先进制造技术是制造业不断吸收信息技术和现代管理技术的成果,并将其综合应用于产品设计、加工、检测、管理、销售、使用、服务乃至回收的制造全过程,以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产,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的总称。

先进制造技术的核心是优质、高效、低耗、清洁等基础制造技术,它是从传统的制造工艺发展起来的,并与新技术实现了局部或系统集成,其重要的特征是实现优质、高效、低耗、清洁、灵活的生产。这意味着先进制造技术除了通常追求的优质、高效外,还要针对 21 世纪人类面临的有限资源与日益增长的环保压力的挑战,实现可持续发展,要求实现低耗、清洁。此外,先进制造技术也必须面临人类在 21 世纪消费观念变革的挑战,满足对日益“挑剔”的市场的需求,实现灵活生产。

先进制造技术最终的目标是要提高对动态多变的产品市场的适应能力和竞争能力,为确保生产和经济效益持续稳步的提高,能对市场变化做出更敏捷的反应,以及对最佳技术效益的追求,提高企业的竞争能力。先进制造技术比传统的制造技术更加重视技术与管理的结合,更加重视制造过程组织和管理体制的简化以及合理化,从而产生了一系列先进的制造模式。随着世界自由贸易体制的进一步完善,以及全球交通运输体系和通信网络的建立,制造业将形成全球化与一体化的格局,新的先进制造技术也必将是全球化的模式。

与传统制造技术比较,先进制造技术具有以下特点:

(1) 先进制造技术的系统性。传统制造技术一般只能驾驭生产过程中的物质流和能量流。随着微电子、信息技术的引入,先进制造技术还能驾驭信息生成、采集、传递、反馈、调整的信息流动过程。先进制造技术是可以驾驭生产过程的物质流、能量流和信息流的系统工程。一项先进制造技术的产生往往要系统地考虑到制造的全过程,如并行工程就是集成地、并行地设计产品及其零部件和相关各种过程的一种系统方法。这种方法要求产品开发人员与其他人员一起共同工作,在设计开始就考虑产品整个生命周期中从概念形成到产品报废处理等所有因素,包括质量、成本、进度计划和用户要求等。一种先进的制造模式除了考虑产品的设计、制造全过程外,还需要更好地考虑到整个制造组织。

(2) 先进制造技术的实用性。先进制造技术最重要的特点在于,它首先是一项面向工业应用,具有很强实用性的新技术。从先进制造技术的发展过程,从其应用于制造全过程的范围,特别是达到的目标与效果,无不反映这是一项应用于制造业,对制造业、对国民经济的发展可以起重大作用的实用技术。先进制造技术的发展往往是针对某一具体的制造业(如汽车制造、电子工业)的需求而发展起来的先进、适用的制造技术,有明确的需求导向的特征;先进制造技术不是以追求技术的高新为目的,而是注重产生最好的实践效果,以提高效益为中心,以提高企业的竞争力和促进国家经济增长和综合实力为目标。

(3) 先进制造技术应用的广泛性。先进制造技术相对传统制造技术在应用范围上的一个很大不同点在于,传统制造技术通常只是指各种将原材料变成成品的加工工艺,而先进制造技术虽然仍大量应用于加工和装配过程,但由于其组成中包括了设计技术、自动化技术、系统管理技术,因而将其综合应用于制造的全过程,覆盖了产品设计、生产准备、加工与装



配、销售使用、维修服务甚至回收再生的整个过程。

(4) 先进制造技术的动态特征。由于先进制造技术本身是在针对一定的应用目标,不断地吸收各种高新技术逐渐形成、不断发展的新技术,因而其内涵不是绝对的和一成不变的。反映在不同的时期,先进制造技术有其自身的特点;也反映在不同的国家和地区,先进制造技术有其本身重点发展的目标和内容,通过重点内容的发展以实现这个国家和地区制造技术的跨越式发展。

(5) 先进制造技术的集成性。传统制造技术的学科、专业单一独立,相互间的界限分明;先进制造技术由于专业和学科间的不断渗透、交叉、融合,界线逐渐淡化甚至消失,技术趋于系统化、集成化,已发展成为集机械、电子、信息、材料和管理技术为一体的新型交叉学科,因此可以称其为“制造工程”。

### 1.2.3 先进制造技术的体系结构及关键技术

#### 1. 先进制造技术的体系结构

对先进制造技术的体系结构认识很不统一,在此提供两种先进制造体系结构以供参考。

##### 1) AMST 多层次先进制造技术体系

美国机械科学研究院(AMST)提出的先进制造技术由多层次技术群构成的体系图(见图 1-3),强调了先进制造技术从基础制造技术、新型制造单元技术到先进制造集成技术的发展过程,也表明了在新产业及市场需求的带动之下,在各种高新技术(如能源技术、材料技术、微电子技术和计算机技术以及系统工程和管理科学)的推动下先进制造技术的发展过程。

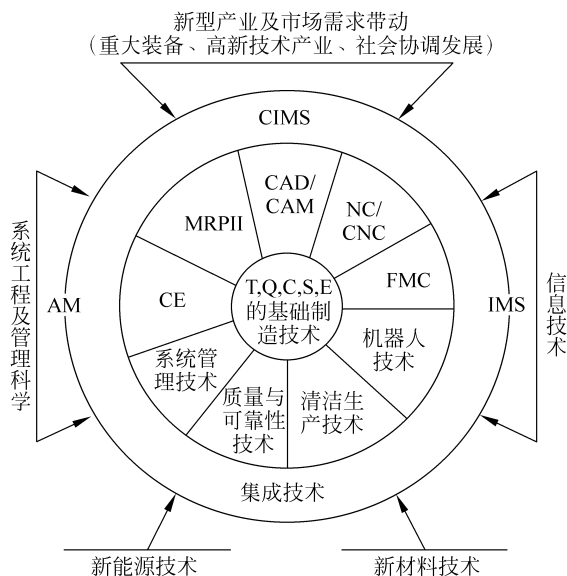


图 1-3 AMST 提出的先进制造技术体系图

先进制造技术是制造业为了提高竞争力以适应时代要求,对制造技术不断优化及推陈出新而形成的高新技术群。在不同的国家、不同的发展阶段,先进制造技术有不同的内容及



组成。我国目前属于先进制造技术范畴的技术是一个多层次的技术群。

第一个层次是现代设计、制造工艺基础技术,包括 CAD、CAPP、NCP、精密下料、精密塑性成形、精密铸造、精密加工、精密测量、毛坯强韧化、精密热处理、优质高效连接技术、功能性防护涂层等;

第二个层次是制造单元技术,包括制造自动化单元技术、极限加工技术、质量与可靠性技术、系统管理技术、CAD/CAE/CAPP/CAM、清洁生产技术、新材料成形加工技术、激光与高密度能源加工技术、工艺模拟及工艺设计优化技术等;

第三个层次是系统集成技术,包括网络与数据库、系统管理技术、FMS、CIMS、IMS 以及虚拟制造技术等。

以上三个层次都是先进制造技术的组成部分,但其中每一个层次都不等于先进制造技术的全部。

### 2) FCCSET 三位一体的体系结构

美国联邦科学、工程和技术协调委员会(FCCSET)下属的工业和技术委员会先进制造技术工作组提出了先进制造技术由主体技术群、支撑技术群、制造基础设施组成的三位一体的体系结构。这种体系不是从技术学科内涵的角度来描绘先进制造技术,而是着重从比较宏观组成的角度来描绘先进制造技术的组成以及各个部分在制造技术发展过程中的作用,如图 1-4 所示。

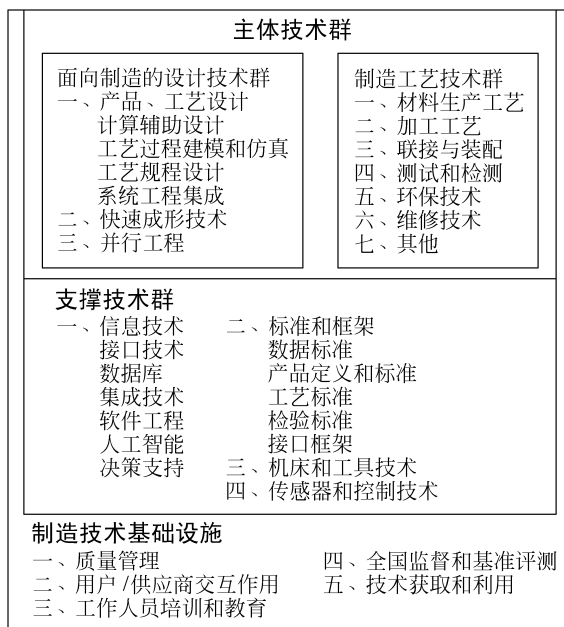


图 1-4 FCCSET 提出的先进制造技术体系结构图

(1) 主体技术群。设计技术对新产品的开发和生产费用、产品质量以及新产品上市时间都有很大的影响。为提高产品和工艺设计的效率及质量,必须采用一系列先进的工具(如 CAD 系统、CAE 软件等)。

制造工艺技术群又称加工和装配技术群,指用于物质产品生产的过程和设备。



(2) 支撑技术群。支撑技术群指支持设计和制造工艺两方面取得进步的基础性核心技术,是保证和改善主体技术协调运行所需的技术、工具、手段和系统集成的基础技术。支撑技术群包括:①信息技术;②标准和框架;③机床和工具技术;④传感器和控制技术。

(3) 制造技术基础设施。制造技术基础设施是使先进制造技术适用于具体企业应用环境,充分发挥其功能,取得最佳效益的一系列基础设施,是使先进制造技术与企业组织管理体制和使用技术的人员协调工作的系统过程,是先进制造技术生长和壮大的机制和土壤。

## 2. 先进制造的关键技术

(1) 成组技术(group technology, GT),揭示和利用事物间的相似性,按照一定的准则分类成组,同组事物采用同一方法进行处理,以便提高效益的技术。在机械制造工程中,成组技术是计算机辅助制造的基础,将成组哲理用于设计、制造和管理等整个生产系统,改变多品种小批量生产方式,获得最大的经济效益。

成组技术的核心是成组工艺,它是将结构、材料、工艺相近似的零件组成一个零件族(组),按零件族制定工艺进行加工,扩大批量、减少品种,便于采用高效方法、提高劳动生产率。零件的相似性是广义的,在几何形状、尺寸、功能要素、精度、材料等方面的相似性为基本相似性,以基本相似性为基础,在制造、装配等生产、经营、管理等方面所导出的相似性,称为二次相似性或派生相似性。

(2) 敏捷制造(agile manufacturing, AM)是指企业实现敏捷生产经营的一种制造哲理和生产模式。敏捷制造包括产品制造机械系统的柔性、员工授权、制造商和供应商关系、总体品质管理及企业重构。敏捷制造是借助于计算机网络和信息集成基础结构,构造有多个企业参加的“VM”环境,以竞争合作的原则,在虚拟制造环境下动态选择合作伙伴,组成面向任务的虚拟公司,进行快速和最佳生产。

(3) 并行工程(concurrent engineering, CE)是对产品及其相关过程(包括制造过程和支持过程)进行并行、一体化设计的一种系统化的工作模式。在传统的串行开发过程中,设计中的问题或不足,要分别在加工、装配或售后服务中才能被发现,然后再修改设计,改进加工、装配或售后服务(包括维修服务)。而并行工程就是将设计、工艺和制造结合在一起,利用计算机互联网并行作业,大大缩短生产周期。

(4) 快速成形技术(rapid prototyping manufacturing, RPM)是集 CAD/CAM 技术、激光加工技术、数控技术和新材料等技术领域的最新成果于一体的零件原型制造技术。它不同于传统的用材料去除方式制造零件的方法,而是用材料一层一层积累的方式构造零件模型。它利用所要制造零件的三维 CAD 模型数据直接生成产品原型,并且可以方便地修改 CAD 模型后重新制造产品原型。由于该技术不像传统的零件制造方法需要制作木模、塑料模和陶瓷模等,可以把零件原型的制造时间减少为几天、几小时,大大缩短了产品开发周期,减少了开发成本。随着计算机技术的快速发展和三维 CAD 软件应用的不断推广,越来越多的产品基于三维 CAD 设计开发,使得快速成形技术的广泛应用成为可能。快速成形技术已广泛应用于宇航、航空、汽车、通信、医疗、电子、家电、玩具、军事装备、工业造型(雕刻)、建筑模型、机械行业等领域。

(5) 虚拟制造技术(virtual manufacturing technology, VMT),以计算机支持的建模、仿真技术为前提,对设计、加工制造、装配等全过程进行统一建模,在产品的设计阶段,实时并行



模拟出产品未来制造全过程及其对产品的影响,预测出产品的性能、产品的制造技术、产品的可制造性与可装配性,从而更有效、更经济地灵活组织生产,使工厂和车间的设计布局更合理、有效,以达到产品开发周期和成本最小化、产品设计质量的最优化、生产效率的最高化。虚拟制造技术填补了 CAD/CAM 技术与生产全过程、企业管理之间的技术缺口,把产品的工艺设计、作业计划、生产调度、制造过程、库存管理、成本核算、零部件采购等企业生产经营活动在产品投入之前就在计算机上加以显示和评价,使设计人员和工程技术人员在产品真实制造之前,通过计算机虚拟产品来预见可能发生的问题和后果。虚拟制造系统的关键是建模,即将现实环境下的物理系统映射为计算机环境下的虚拟系统。虚拟制造系统生产的产品是虚拟产品,但具有真实产品所具有的一切特征。

(6) 智能制造(intelligent manufacturing, IM)是制造技术、自动化技术、系统工程与人工智能等学科互相渗透、互相交织而形成的一门综合技术。其具体表现为:智能设计、智能加工、机器人操作、智能控制、智能工艺规划、智能调度与管理、智能装配、智能测量与诊断等。它强调通过“智能设备”和“自治控制”来构造新一代的智能制造系统模式。

智能制造系统具有自律能力、自组织能力、自学习与自我优化能力、自修复能力,因而适应性极强,而且由于采用 VR 技术,人机界面更加友好。因此,智能制造技术的研究开发对于提高生产效率与产品品质,降低成本,提高制造业市场应变能力、国家经济实力和国民生活水平水准,具有重要意义。

## 1.3 先进制造技术的发展

### 1.3.1 先进制造技术的发展趋势

当前,全球范围内新一轮科技革命与产业变革正在孕育兴起,推动制造业生产方式、发展模式深刻变革,制造业重新成为全球经济竞争制高点。国际金融危机发生后,各国在应对危机的同时,也都在谋划新一轮的发展。实体经济是经济发展的基础已经成为各国共识,多数国家都把制造业发展作为经济发展的重点,总体来看,制造业呈现出一些新的趋势和特点。

#### 1. 从生产方式看,智能制造将成为制造业变革的重要方向

新一代信息通信技术与制造业融合发展,是新一轮科技革命和产业变革的主线。德国的“工业 4.0”、美国的“工业互联网”、法国的“新工业法国”等发达国家制造业发展战略都将智能制造作为发展和变革的重要方向。智能制造包括智能化的产品、装备、生产、管理和服务,主要载体是智能工厂和智能车间。信息物理系统(cyber-physical systems, CPS)是实现智能制造的重要手段,这一系统通过集成数据、通信与控制于一体,实现大型物理系统与信息交互系统的实时感知和动态控制,使得人、机、物融合在一起,通过全面交互和实时反馈实现对生产过程精准化管理,极大地提高了生产效率。利用这一系统可以实现传统制造业无法实现的目标,典型的是通过批量化定制生产最大限度满足个性化需求,主要做法是在每一个制造环节嵌入多个生产模块,通过数字化管理实现从产品下单开始,每一道工序都通过生产模块的无缝切换同每一件产品生产要求进行匹配,在生产过程不间断的情况下实现批量