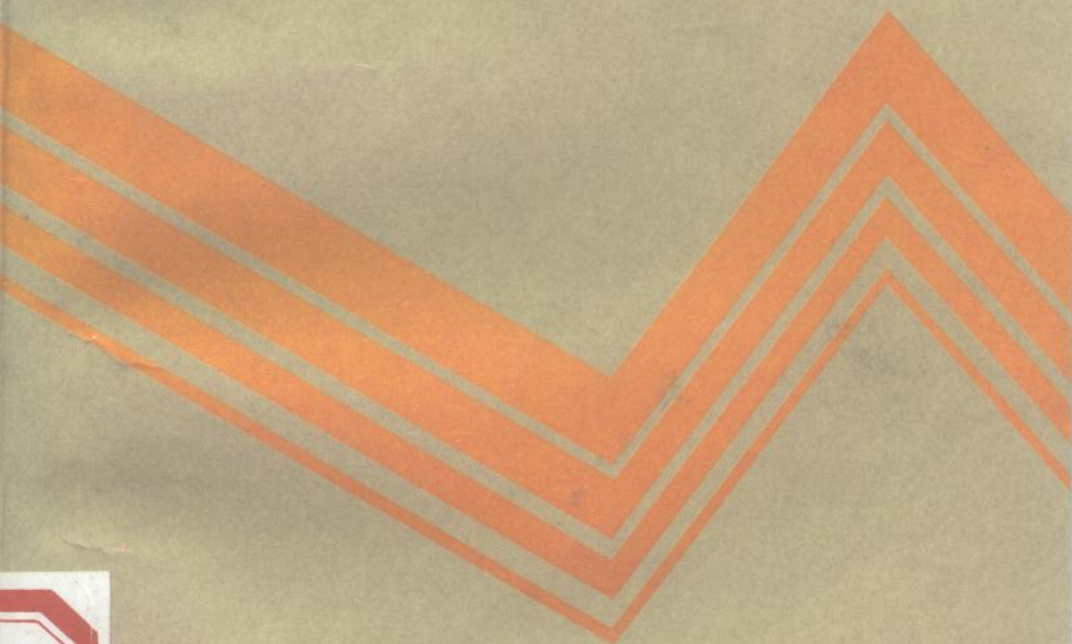


先进制造技术

焦振学 主编



北京理工大学出版社

先进制造技术

焦振学 王志博 蔡颖 编著
薛庆 徐弘山 张之敬

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书论述了现代制造技术即先进制造技术的各项核心技术,并从集成系统的角度加以阐述,主要有:成组技术,数控技术,计算机辅助工艺规程设计,计算机辅助设计,计算机辅助制造,柔性制造技术和计算机集成制造等。

本书既可作为机械电子工程、机电控制与自动化专业和机械制造专业本科生的教材,也可作为制造自动化领域管理人员、工程技术人员的培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

先进制造技术/焦振学等编著. —北京:北京理工大学出版社, 1997.7

ISBN 7-81045-279-7

I. 先… I. 焦… III. 集成制造系统-工业技术 IV. TP278

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 07672 号

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路 7 号)

邮政编码 100081 电话 (010) 68422683

各地新华书店经售

北京地质印刷厂印刷

*

850×1168 毫米 32 开本 12.125 印张 309 千字

1997 年 7 月第一版 1997 年 7 月第一次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 17.00 元

※图书印装有误,可随时与我社退换※

前 言

世界上各个国家在经济上的竞争,可以说主要是制造技术的竞争。在各个国家企业的生产力的构成中,制造技术的作用往往占 60% 左右。制造技术中机械制造技术尤为重要。在多种、中小批量生产方式中,通过现代制造技术即先进的制造技术,可以很快将世界各国的发明形成产品,首先占领市场,在竞争中不断发展壮大。传统制造业的传统设计思想和制造方式已无法适应这一转变,无法适应现代社会多样化、快节奏的新要求。

为适应这一转变,各种新思想、新方法、新技术应运而生,如数控技术、成组技术、计算机辅助设计/制造、柔性制造系统、计算机集成制造系统等已在生产中发挥了很好的经济效益。

计算机集成制造系统(CIMS)是在新的生产组织原理和概念指导下,形成的一种新型生产模式,它将成为 21 世纪占主导地位的新型生产方式,因而世界上许多国家和企业都把 CIMS 定为本国制造业或企业的发展战略,推动现代制造技术的开发和应用。

为适应现代制造技术发展形势的需要,为在我国推广、普及先进制造技术,我们收集了国内外大量有关先进制造技术的最新资料,并结合科学研究成果和教学实践,编著出这本教材。

本书从集成系统角度出发,阐述了先进制造技术中的核心技术,如成组技术、数控技术、计算机辅助工艺规程设计、计算机辅助设计、计算机辅助制造、柔性制造技术和计算机集成制造系统等。

本书可作为从事制造自动化领域的管理人员、工程技术人员等的培训教材,也可作为高校相关专业的本科生教材。

本书由焦振学任主编并编写了第一、三章,第二章由王志博

编写，第四章由蔡颖编写，第五章由薛庆编写，第六、八、九章由徐弘山编写，第七章由张之敬编写。扉页上的作者排序是按编写章节的顺序。本书在编写过程中得到北京理工大学王信义教授、严圣武教授的大力支持和帮助，在此，编者一并向他们表示诚挚的谢意。

本书由王信义教授主审，并提出了许多宝贵的修改意见，使本书避免了许多疏漏之处，谨致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之现代先进制造技术发展迅速，编著时间仓促，书中错误与不足之处在所难免，恳切希望广大读者不吝批评指正。

编著者

1996. 12

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 生产系统与机械制造系统.....	(2)
第二节 先进制造技术的概念与组成.....	(5)
第三节 先进制造技术的主要单项技术.....	(11)
思考题.....	(23)
第二章 成组技术 (GT)	(24)
第一节 成组技术概论.....	(24)
第二节 分类代码系统.....	(33)
第三节 分类成组方法.....	(47)
第四节 成组技术在产品设计中的应用——成组设计.....	(57)
第五节 成组工艺与成组布置设计.....	(66)
第六节 成组技术在其它领域中的应用——成组生产管理 简介.....	(75)
思考题.....	(83)
第三章 数控技术	(85)
第一节 数控技术与数控机床.....	(85)
第二节 CNC 机床的组成和分类	(91)
第三节 插补原理及其程序设计.....	(101)
第四节 数控加工程序的编制.....	(112)
第五节 数控技术与 PLC	(127)
思考题.....	(135)
第四章 计算机辅助设计 (CAD)	(137)
第一节 概述.....	(137)
第二节 计算机辅助设计系统的硬件和软件.....	(145)
第三节 计算机辅助设计软件开发基础.....	(160)
第四节 计算机绘图.....	(180)

第五节 三维几何建模	(193)
思考题	(200)
第五章 计算机辅助工艺规程设计 (CAPP)	(202)
第一节 概述	(202)
第二节 派生法 CAPP 系统的工作原理	(206)
第三节 创成法 CAPP 系统	(211)
第四节 人工智能技术在 CAPP 中的应用	(226)
第五节 CAPP 中的关键技术及发展趋势	(232)
思考题	(234)
第六章 计算机辅助制造 (CAM)	(236)
第一节 计算机辅助制造的含义和发展概况	(236)
第二节 计算机辅助 NC 程序编制	(239)
第三节 NC 程序的动态模拟系统	(266)
思考题	(272)
第七章 柔性制造技术	(274)
第一节 概述	(274)
第二节 柔性制造系统的设计方法	(280)
第三节 柔性制造系统的仿真技术	(295)
第四节 柔性制造系统的监控和检测技术	(304)
第五节 刀具监控和管理技术	(316)
思考题	(322)
第八章 计算机集成制造 (CIM)	(323)
第一节 CIM 的提出和发展	(323)
第二节 CIMS 的体系结构及组成	(325)
第三节 实现 CIMS 的关键技术	(334)
第四节 中国 CIMS 技术的进展与发展前景	(343)
思考题	(346)
第九章 CIMS 的发展与新一代 CIMS	(348)
第一节 CIMS 的发展	(348)
第二节 精良生产	(356)
第三节 敏捷制造	(360)
第四节 未来的制造业和新一代的 CIMS	(369)

思考题.....	(374)
参考文献.....	(375)

第一章 概述

近 40 年来,科技飞速发展、市场竞争加剧、社会需求多样化的大趋势,加速了产品的更新换代,激化了传统多品种生产的固有矛盾,使得如何改变传统多品种、小批量生产的落后面貌,成为各国制造技术进步中的重要课题。因为制造业是工业的基础,也是直接创造社会财富的基础,是人类生存所不可缺少的行业。世界上各个国家在经济上的竞争,可以说主要是制造技术的竞争。在多品种、中小批量生产方式中,先进制造技术可以很快将发明成果制造成产品,首先占领市场。先进制造技术可提高原有产品的质量、降低成本等,可获得明显的经济效益。总之,先进制造技术是提高产品市场竞争力的基本保证。

制造业领域很宽广,但机械制造业是制造业的根本,而机械加工又是机械制造业的根本,本书主要是介绍机械加工中的先进制造技术。

在机械加工中的先进制造技术的典型代表是计算机集成制造系统(CIMS),局部自动化走向全局自动化,即由原来局限于产品制造过程的自动化发展到产品设计过程、生产过程和经营管理过程的自动化。强调物质流的集成和突出计算机的作用进行信息流的集成,强调整体效益。除此之外,在机械加工中还有超精密加工、特种加工等现代先进制造技术,因篇幅所限,本书主要介绍 CIMS 及其单项先进制造技术。

CIMS 在飞速发展,本书也简介精良生产、敏捷制造和新一代的 CIMS。

第一节 生产系统与机械制造系统

一、生产系统与机械制造系统的关系

根据系统论的观点,任何一件事物都可以看成是一个系统。事物有大有小、有繁有简,那么从系统来说就有规模、系统的复杂程度等不同。如果用系统的观点来分析机械与仪器制造企业,可以把整个企业的生产活动看作是一个生产系统,而生产系统的重要组成部分之一就是机械制造系统。

二、生产系统

图 1-1 是一个典型的生产系统框图。从图中看出,一个机械与仪器制造企业的生产活动主要由两部分组成。一部分以机床和机械加工等生产技术为中心的“物质流”,这是制造工程所研究的对象;另一部分是以生产管理和生产信息等管理技术为主体的“信息流”,这是经营和管理工程所研究的对象。

生产系统就是指包含物质流和信息流的系统。任何一个工厂都可以看成是一个有输入和输出、信息流和物质流的生产系统。

从图 1-1 中还可看出,一个典型的生产系统分为三级:决策级、经营管理级、设计制造级。

1. 决策级

它是生产系统的最高层次。在这个层次中,工厂领导根据国家的经济政策、下达的计划、市场需求信息、经费投资、材料资源,还要考虑工厂人员的素质及生产技术条件(取自数据库),制订出工厂生产的总纲领,即产品的种类、生产的规模、总的经济政策等。把决策意见下达给经营管理级,以便制订出工厂的具体生产和经营计划。在整个生产过程中,决策级进行控制和管理。

2. 经营管理级

它是生产系统的指挥层。根据决策机构下达的指示、市场信

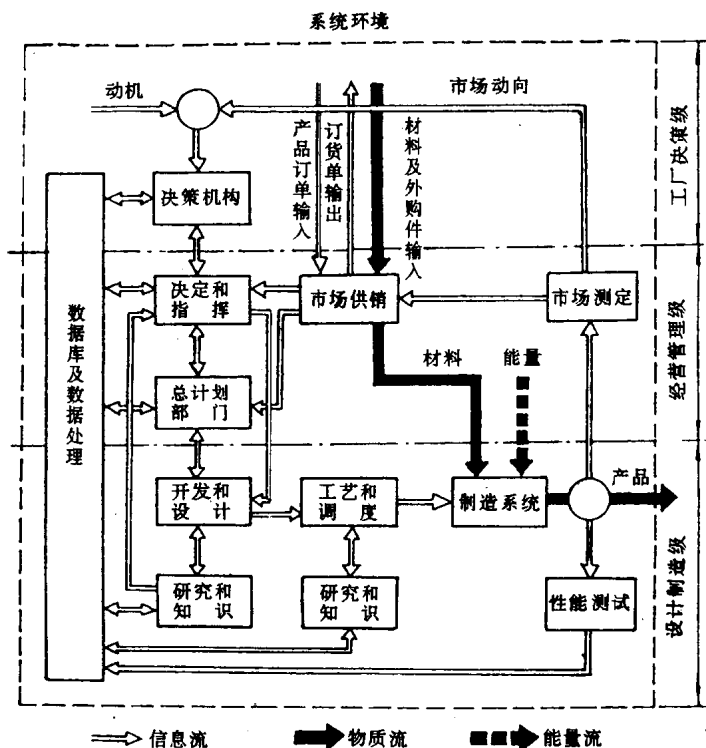


图 1-1 生产系统框图

息、总计划部门提供的资料，以及有关的研究结果和技术资料进行分析研究，确定出生产的具体品种、产量和生产计划，并向开发和设计部门下达指标，指挥生产。

3. 设计制造级

设计制造级包括三个子系统：开发和设计、生产工艺和调度、制造子系统。

开发和设计子系统负责产品开发、产品设计和提供产品的图纸。

生产工艺和调度子系统负责定生产用工艺文件和作业计划。

制造子系统根据生产工艺和调度子系统给出的图纸、生产文件等信息,要向经营管理部门提供材料和能源,然后进行加工、装配、检验、包装等,最后经过验收,产品输出。

前两个子系统都有各自的反馈回路,以便改进子系统的工作。三个子系统均把子系统的信息存入数据库,以供使用时调出。

4. 级间关系

在生产系统中,决策级、经营管理级、设计制造级间是相互联系、相互支持的。在讲述各级职能时,可以看清如何制造出产品。产品输出后,经营管理级还应及时地把产品在市场上的竞争能力、质量评价和改进要求等信息反馈到决策级,以便及时地对生产作出新的决策。

三级都和数据库发生联系,进行信息的交换和数据的存取,包括人员、设备、工艺装备、刀具、材料和库存等信息。用系统工程的观点、原理和方法来组织生产、指挥生产,就可以使工厂的生产和管理科学化。

三、机械制造系统

机械制造系统是生产系统中的一个重要组成部分。

1. 机械制造系统的任务

机械制造系统的任务概括起来说是高速度地制造出高质量的产品,并且是高效率 and 低成本。具体来说:把材料或毛坯转变成一定形状和尺寸的零件;提高工件的质量,使之达到所要求的形状精度、尺寸精度和表面质量;尽可能使制造过程在最佳条件下进行,以达到高的加工效率和低的生产成本。

2. 机械制造系统的组成

机械制造系统的基本组成部分是机床、工具和制造过程,并且是由这三部分所组成的闭环系统。

(1) 机床。机床是用来向制造过程提供工具与工件之间的相

对位置和相对运动。切除原材料或毛坯上多余的部分，完成规定的零件形状、尺寸和精度的要求。单台机床的机械制造系统可以看成是由三个子系统组成：

- ① 定位子系统：用以建立工具与工件的相对位置；
- ② 运动子系统：为加工提供切削速度和进给量；
- ③ 能量子系统：为加工过程提供能量。

(2) 工具。工具是指切削刀具以及加工过程中所必须的夹具、模具和辅助工具等。复杂的制造系统还包括工件和工具的输出、搬运和存储装置。

(3) 制造过程。制造过程是指对输入材料或毛坯的加工、转换过程。

3. 多级机械制造系统

由于零件加工过程往往要经过多道工序、多台机床才能完成。因此，如果把零件的整个制造过程看成是一个系统的话，这种制造系统称为多级机械制造系统。若是由 m 台机床组成机械制造系统，就称 m 级机械制造系统。

随着计算机技术的普及应用和发展，新型的机械制造系统应该是计算机控制的自动化系统。最基本的机械制造系统是计算机数控 (CNC) 制造系统，用的是 CNC 机床。如果有 m 台 CNC 机床由一台通用计算机进行集中监控，就形成了直接数控 (DNC) 制造系统。如果把一个工厂的生产系统的三个级，通过集成技术实现计算机控制的一体化管理，就形成了高效益、高智能的计算机集成制造系统 (CIMS)。

第二节 先进制造技术的概念与组成

一、制造技术是经济发展的支撑

世界上各个国家在经济上的竞争，可以说主要是制造技术的竞争。在各个国家的企业生产力的构成中，制造技术的作用往往

占 60%左右。日本的发展,亚洲四小龙的发展,在很大程度上都是依靠他们重视制造技术。这些国家十分重视将世界各国的发明,通过制造技术形成产品,首先占领世界市场。这正是他们所以能崛起、腾飞的奥秘。

制造工业必须依靠信息科学、材料科学来改造自己,而信息科学、材料科学也须依靠制造技术而取得新的发展。

世界上许多有识之士已将制造科学、信息科学、材料科学、生物科学一起列为当今时代的四大支柱科学。

二、先进制造技术是现代制造业的要求

如何以最快的速度、最低的成本为用户提供适用的高质量的产品,是制造业追求的目标。传统的制造业以少品种、大批量为生产方式来进行设计、生产和管理,它具有以下特点:

(1) 设计的独立性强。对一种产品的设计一般需从头开始,不注重信息的共享,因而设计周期长。

(2) 生产的稳定性、连续性好。传统制造业导致产品更新换代慢,是因为生产结构刚性强。一台机床、一条流水线一旦投入生产,就往往十几年,甚至几十年都不改变,即便想改,也难作大的变动,也就是说柔性差。

(3) 以产品为对象来组织生产管理。

(4) 装配周期长,且受人为因素影响很大。由于市场经济的发展,市场竞争日益激烈,许多企业产品更新速度越来越快,被迫走上了多品种、中小批量的生产方式。因此,传统制造业的传统设计思想和制造方式已无法适应这一转变,无法适应现代社会多样化、快节奏的新要求。为适应这一转变,各种新思想、新方法、新技术应运而生,如数控制造系统(CNC、DNC),成组技术(GT),计算机辅助技术,柔性制造单元(FMC)和柔性制造系统(FMS),计算机集成制造技术等现代先进制造技术。

现代制造技术既先进的制造技术,尤其是机械制造技术,它

已不是传统意义上机械制造技术了，它是集机械、电子、光学、信息科学、材料科学、生物科学、管理学最新成就于一身的一个新兴技术。

三、现代先进制造技术的组成

现代先进制造技术的典型代表是计算机集成制造 (CIM)，是一项面向企业生产全过程的高技术。

1. CIM 技术的含义

美国的乔塞夫·哈林顿 (Joseph Harrington) 博士于 1973 年提出了计算机集成制造的概念。他认为：

(1) 企业生产的各个环节，即从市场分析、产品设计、加工制造、经营管理到售后服务的全部生产活动，是一个不可分割的整体，应统一考虑。

(2) 整个生产过程的实质是一个数据采集、传递和加工处理的过程，最终形成的产品可以看作是数据的物质表现。

从生产系统来看，有的观点强调企业的全盘自动化，突出物质流的集成。有的观点强调信息流集成，突出计算机技术的作用。一种共同的认识是 CIM 是一种改进整个生产过程、提高企业竞争力的战略技术手段，是一种实现新型模式的哲理。

CIM (计算机集成制造) 的真正含义，可初步概括如下：“CIM 是运用系统工程的整体优化的观点，将现代信息技术和生产技术结合起来综合应用，从信息技术和组织上将生产全过程的各个工作系统和信息系统连接起来，以便有效地提高企业对市场需求的响应能力和生产率，从而保持企业的生存和发展”。

由 CIM 的含义看出，CIM 涉及的思维方式和工作模式，不仅对少数经济效益很高的大中型骨干企业有直接实践意义，而且对制造业的大批中小型企业改进生产经营过程、提高企业素质方面也有重要指导作用。

CIM 的主要目标是提高企业对市场需求的响应能力，强调了

对企业生产系统的整体考虑。

CIM 指出了基本技术要素及其特点,即信息技术和生产技术的有机结合。从 CIM 的这些基本技术要素可以得出进一步的认识:人作为信息技术和生产技术的组织者、决策者和控制执行者具有首要的核心的作用。

为了使信息技术与生产技术合理有效地结合,以取得最佳的效果,必须在充分重视信息技术的同时,认真研究生产组织和管理整调以及生产流程的合理化、简化,认真研究信息技术与生产系统的合理衔接。

产品、技术、组织和人材是 CIM 成败的四个制约因素。产品是企业对市场需求响应的体现,是目标。而技术、组织和人材则是实现 CIM 的三种不可缺少的决定因素。

2. CIM 与 CIMS

通常, CIM 更多地被理解为是一种技术,它包括各项单元技术和集成技术。单元技术如:计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助工艺规程设计 (CAPP)、计算机辅助制造 (CAM)、数控程序编制 (NCP)、计算机辅助质量保证 (CAQ)、柔性制造单元 (FMC)、柔性制造系统 (FMS) 等。集成技术如:网络分系统 (NET)、数据管理分系统 (DAS) 等。

CIMS 通常是指 CIM 对一个企业的具体应用,将 CIM 的各项技术综合起来,组成一个实现企业目标的具体系统。

CIMS 是在自动化技术、信息技术及制造技术的基础上,通过计算机及其软件,把制造工厂全部生产活动所需的各种分散的自动化系统有机地集成起来,使其适合于多品种、中小批量生产的总体高效益、高柔性的制造系统。

CIMS 不同于各种常规自动化技术,它是一种战略性的技术手段。它的采用不仅是为了降低生产成本,而更重要的是加强企业的市场竞争力。

3. 先进制造技术的组成

先进制造技术的典型代表 CIMS 的组成如图 1-2 所示。它是由四大部分组成，即设计与工艺模块、制造模块、管理信息模块和存贮运输模块。

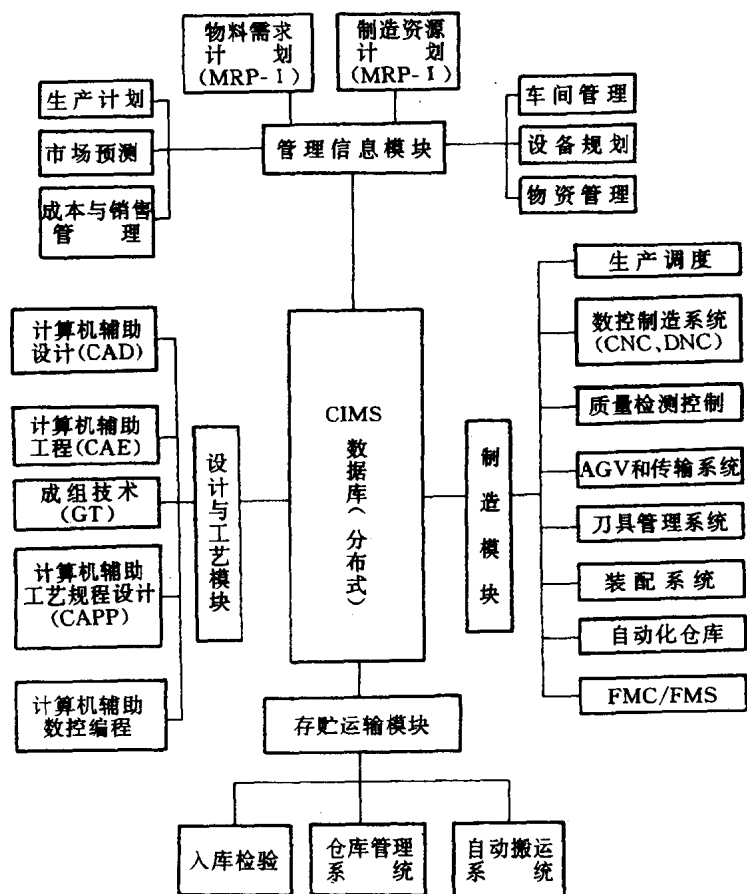


图 1-2 CIMS 的组成

(1) 设计与工艺模块。它主要包括：计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助工程 (CAE)、成组技术 (GT)、计算机辅助工艺规程设计 (CAPP)、计算机辅助数控编程技术。