

计算机辅助 机械制造

吴锡英 编

东南大学出版社

[illegible]

吴锡英 编

南京四牌楼2号

开本787×1092毫米 1/16 印张15.75 字数396.8千字

印数1—3,000册

ISBN 7-81023-271-1

TP • 17

定价：3.10元

内容简介

本书全面介绍了计算机在机械制造领域中的各种运用，简明地指出了制造系统中各类技术的发展现状及其研究方向。

全书共分十章，主要内容包括：绪论、CAM数据库、CNC系统和DNC系统、计算机辅助NC程序编制、自适应控制、计算机辅助成组技术、工业机器人、计算机辅助质量控制、计算机集成生产管理系统、以及计算机集成制造系统等。

本书可作为各类高等工科院校机械类本科教材或研究生的参考教材，也可供有关专业的工程技术人员学习参考。

前 言

近十年来,随着计算机技术的飞速发展和推广应用,机械工业发生了一场深刻的技术革命,整个机械制造业的面目将彻底改观。这场革命从根本上改变了生产技术和管理工作,传统的生产设备和单一产品的自动化制造系统已逐渐被计算机控制机床、柔性制造单元和系统所取代。可以说,这是机械工业史上由机械代替人力驱动、分离驱动代替集中驱动之后的第三次重大变革,机械加工设备已由单纯地作为人手的延伸的概念转换为能代替部分人类思维的智能化设备。

未来工厂中的每一项工作或工序,从产品设计到制造、装配和检验,都将由计算机执行监视和控制,并使用工业机器人和人工智能系统来完成这些工作。但是,这种计算机化制造系统的发展趋势,必然需要培养大量设计和维护这些系统的人才,这就是我国高等和中等职业的学校面临的一项重要而艰巨的任务。

基于上述原因本书旨在向大学机械制造专业的学生介绍有关计算机辅助机械制造的基本理论和概念,使学生对使用和设计这些计算机化的制造系统有个基本的认识。

本书以机械制造工艺及设备专业学生为对象,它可以作为该专业本科生和研究生的必修或选修教材。在这之前,学生必须学完计算机算法语言、控制工程基础、机床数字控制、成组技术等课程或有关内容。本书亦可作为从事机械制造、数控技术和计算机应用方面的工程技术人员的参考书。

限于编者水平,本书肯定会有不少欠妥和错误之处,盼读者们不吝指正,以便今后进行修改和完善。

在本书的编写过程中,承霍少成教授审阅和帮助,特此鸣谢。

编 者

1987年11月

目 录

第一章 绪论

§ 1-1 生产系统与制造系统 (1)

一、生产系统

二、制造系统

§ 1-2 计算机辅助制造 (4)

一、CAM的直接应用

二、CAM的间接应用

§ 1-3 机械制造领域中基本概念的发展与变化 (5)

第二章 CAM数据库

§ 2-1 基本概念 (8)

一、数据和信息

二、数据库

三、数据库结构

§ 2-2 数据库管理系统 (12)

一、数据描述语言

二、数据操作语言

§ 2-3 工艺数据库 (14)

一、材料文件

二、刀具文件

三、夹具文件

四、机床文件

第三章 CNC系统和DNC系统

§ 3-1 概述 (24)

一、传统NC装置存在的问题

二、CNC系统的功能

三、CNC系统的基本组成

§ 3-2 CNC系统的硬件控制回路 (27)

§ 3-3 CNC系统设计 (32)

一、参考一脉冲技术

二、抽样一数据技术

三、圆弧运动优文

§ 3-4 CNC软件插补器 (40)

一、DDA插补器

二、参考一字CNC插补器

§ 3-5 DNC系统 (52)

一、DNC系统的类型

二、DNC系统的功能

§ 3-6 DNC/CNC系统的组合 (56)

§ 3-7 DNC系统的举例 (56)

第四章 计算机辅助NC程序编制

§ 4-1 概述 (59)

§ 4-2 计算机辅助编程的基本概念 (60)

一、编程及穿孔带制备过程

二、NC编程语言

§ 4-3 后置处理 (66)

§ 4-4 APT编程语言 (67)

一、几何语句

二、运动语句

三、后置处理语句

四、辅助语句

§ 4-5 宏语句 (74)

§ 4-6 NC编程的其它方式 (77)

一、图形交互式NC编程

二、语音NC编程

三、手数据输入

第五章 自适应控制

§ 5-1 概述 (82)

§ 5-2 优化自适应控制 (84)

§ 5-3 约束自适应控制 (85)

一、基本概念

二、车削ACC系统

§ 5-4 具有可变增益的AC系统 (89)

一、稳定性问题

二、估算器算法

三、可变增益算法

§ 5-5 机械加工费用分析 (94)

第六章 计算机辅助成组技术

§ 6-1 概述 (96)

§ 6-2 机械零件的分类和编码系统	(97)
--------------------------	--------

- 一、米特洛凡诺夫系统
- 二、奥匹兹系统
- 三、苏尔泽系统
- 四、米格拉斯系统
- 五、JLBM-1系统

§ 6-3 计算机辅助零件编码和分类	(113)
--------------------------	---------

- 一、编码分类法
- 二、生产流程分析法

§ 6-4 计算机辅助工艺过程设计	(131)
-------------------------	---------

- 一、成组工艺过程设计方法
- 二、计算机辅助工艺过程设计
- 三、专家系统

§ 6-5 切削参数和工时定额的确定	(139)
--------------------------	---------

- 一、确定切削参数
- 二、确定工时定额

第七章 工业机器人

§ 7-1 基本概念	(142)
------------------	---------

- 一、定义
- 二、工业机器人的组成
- 三、机器人的分类

§ 7-2 机器人的执行机构	(145)
----------------------	---------

- 一、机器人的运动轴系
- 二、机器人的自由度
- 三、机器人的腕部
- 四、机器人的手部

§ 7-3 机器人的控制与驱动	(149)
-----------------------	---------

- 一、控制回路
- 二、机器人的驱动
- 三、动力学性能

§ 7-4 机器人的传感器	(153)
---------------------	---------

- 一、视觉传感器
- 二、触觉和接近传感器
- 三、声音传感器

§ 7-5 机器人的编程	(154)
--------------------	---------

- 一、手控示教编程
- 二、领教编程

三、离线编程和编程语言

§ 7-6 智能机器人	(158)
-------------------	---------

§ 7-7 机器人应用举例	(158)
---------------------	---------

- 一、机器人用于加工
- 二、焊接用机器人
- 三、喷漆用机器人
- 四、装配用机器人
- 五、搬运机器人及其在制造系统中的应用

第八章 计算机辅助质量控制

§ 8-1 概述	(163)
----------------	---------

- 一、质量控制中的术语
- 二、计算机在质量控制中的应用

§ 8-2 接触检验法	(166)
-------------------	---------

- 一、坐标测量机
- 二、坐标测量机的型式
- 三、CMM在柔性制造系统中的应用
- 四、电子机械触发探头

§ 8-3 非接触检验法	(170)
--------------------	---------

- 一、光学检验
- 二、非光学检验

§ 8-4 计算机辅助试验	(175)
---------------------	---------

§ 8-5 CAQC系统与CAD/CAM系统的集成	(175)
---------------------------------	---------

第九章 计算机集成生产管理系统

§ 9-1 概述	(177)
----------------	---------

- 一、传统的生产计划与控制
- 二、传统生产计划和控制中的问题

§ 9-2 计算机集成生产管理系统	(180)
-------------------------	---------

§ 9-3 库存管理	(182)
------------------	---------

- 一、库存管理的种类
- 二、库存控制方法
- 三、库存管理模块

§ 9-4 物料需求计划	(183)
--------------------	---------

- 一、MRP的输入
- 二、MRP的工作过程
- 三、MRP的输出报告
- 四、采用MRP的效益

§ 9-5 制造资源计算	(189)
--------------------	---------

- 一、MRP的四个阶段

二、MRP II	
§ 9-6 车间生产控制.....	(190)
一、车间控制功能	
二、车间控制系统	
三、作业计划编制	
§ 9-7 工厂数据采集系统.....	(197)
一、集中式车间终端	
二、加工点终端	
§ 9-8 制造过程的计算机监视	
.....	(198)
第十章 计算机集成制造系统	
§ 10-1 概述.....	(201)
§ 10-2 制造系统的加工设备.....	(204)
§ 10-3 制造单元和柔性制造单元.....	
.....	(207)
§ 10-4 柔性制造系统.....	(208)
一、加工系统	
二、物流系统	

三、信息系统	
§ 10-5 CAD/CAM系统.....	(213)
§ 10-6 CIMS的控制系统.....	(214)
一、制造过程中的信息	
二、过程数据的系统转译	
§ 10-7 计算机分级控制和网络... (216)	
一、分级结构的计算机层次	
二、计算机网络结构	
三、计算机网络协议	
四、分布式数据库管理系统	
§ 10-8 FMS实例及未来工厂	
.....	(223)
附录1. APT词的定义.....	(225)
附录2. 机械零件分类编码 (JLB M-1) 系统	
.....	(233)
参考文献.....	(237)
缩略语索引.....	(241)

第一章 绪 论

§ 1-1 生产系统与制造系统

长期以来,人们对于机械制造领域所涉及的各类问题,往往都是孤立地加以研究和解决的。特别在多品种、小批量生产的企业中,生产管理工作常常显得杂乱无章,甚至经常采用各种应急性措施一个接一个地解决各种紧急问题。这种应急式的管理办法,当然很难得到最佳的经济效益,这也是中、小批量生产企业面貌长期得不到根本性改变的原因之一。

随着系统工程理论和计算机技术的发展和在生产中的扩大应用,人们越来越认识到,只有把机械制造的各个组成部分和整了企业的生产过程都看成一个整体,并用系统的观点来进行分析和研究,才有可能对机械制造过程实行最有效的管理和控制,才能大幅度地提高产品的质量和生产率。

根据系统论的观点,任何一件事物都可以看成是一个系统。例如一个机械制造企业、一个车间、一个工段、一条自动生产线、一台机床,都可以看成是一个完整的系统,只是其规模大小、复杂程度和技术水平上有差别而已。工程技术人员的任务就是求取整个系统的最佳技术经济效果,在完成任何一项技术工作时,都必须从系统的整体效益来考虑。通常,机械制造企业中较大范围的系统可分成生产系统和制造系统。

一、生产系统

机械制造工厂的生产活动,可以概括为由如下两部分组成:一是以机床和机械加工方法等生产技术为中心的“物质流”,这是机械制造工程学所研究的对象,或称为“硬工艺学”;另一是以生产管理和生产信息处理等管理技术为主体的“信息流”这是经营和管理工程学所研究的对象,或称“软工艺学”。一个生产系统,就是包含物质流和信息流的系统。

在社会主义国家里,工厂除了接受国家按计划经济的需要下达的生产任务外,还必须根据市场信息和供销情况来决定工厂的生产计划,包括生产决策、产品设计、生产计划制定、产品制造、测试和装配,最后输出产品。由此可见,工厂就是一个有输入和输出、信息流和物质流的生产系统。

图1-1所示是一个生产系统的基本框图^[1]。点划线内所表示的是一个生产系统,框外表示生产系统的外界环境。整个生产系统分成三个阶段。第一阶段是决策和控制阶段,在这个阶段中,工厂的最高领导机构根据国家下达的任务和市场信息,同时根据工厂的人员素质和物质条件(取自数据库),对生产的产品类型、产量、性能和成本等作出决策,并对生产过程进行控制和管理。第二阶段是研究和开发阶段,它根据工厂的决策要求进行设计、试验研究和开发新产品。第三阶段是产品的制造阶段。三个阶段都

必须和数据库交换信息，其中主要有人员、设备、工艺装备、刀具、材料和库存等信

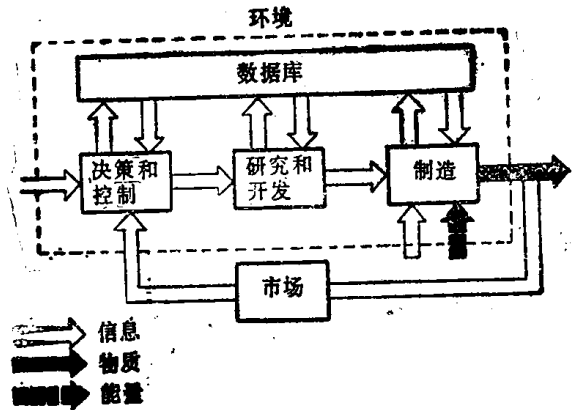


图1-1 生产系统的基本框图

息。此外，对第三阶段还需要输入能源和材料。系统最后输出产品。产品输出后，应及时将产品在市场上的竞争能力、用户评价、改进要求等信息反馈至领导机构，以便领导机构及时对生产作出新的决策。

图1-2是一个典型的生产系统框图^[2]。整个系统共分三级：决策级、经营管理级和生产技术级。其中决策级为系统的最高层次，工厂领导根据国家的经济政策、资源及能源、环境保护、市场动态和数据库中有相关信息资料，制定工厂总的生产纲领，即产品

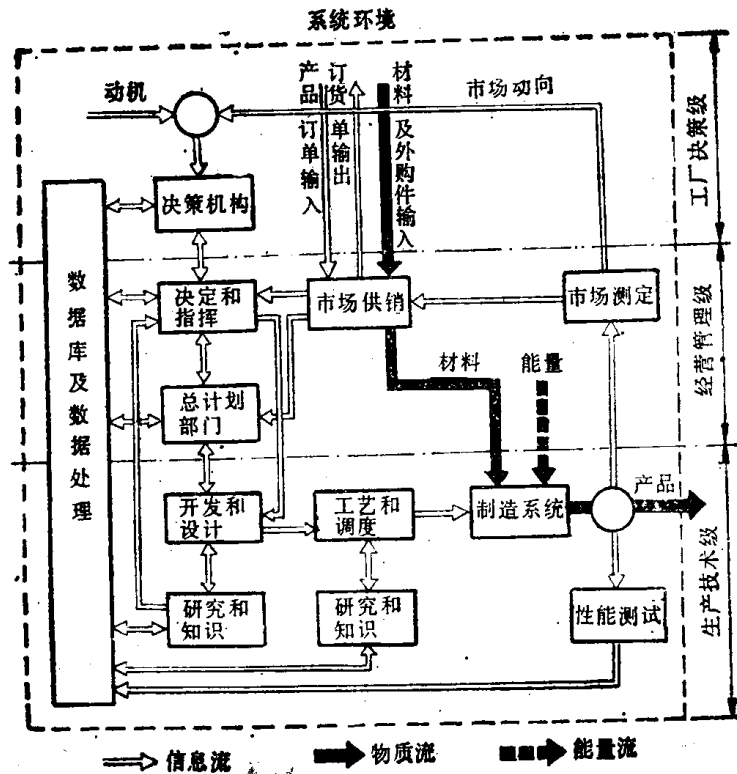


图1-2 生产系统图

类型及其规模，同时制定总的经济政策，并将上述决策意见提供经营管理级以决定工厂具体的生产和经济计划。在经营管理级中，负责经营管理的部门根据上级来的指示、市场信息、总计划部门提供的资料、以及有关研究成果和技术信息，确定生产的具体产品品种和生产计划，并向生产计划部门及产品设计和开发部门发出指示。总计划部门根据

市场的供销情况和生产情报，随时向经营管理级提供资料，以便作出正确的生产决定和指挥生产。

在生产技术级中包括三个子系统：开发和设计子系统负责发展和改进产品，并进行产品设计和提供产品图纸；工艺和调度子系统负责制定生产用工艺文件和作业计划；制造子系统根据工艺和调度子系统输出的信息（如生产用图纸和文件），对输入的原材料进行加工、装配、油漆、包装。最后经成品验收后输出产品，供应用户。各子系统在生产和研究中的成果和产品性能的测试结果，都不断地存入数据库，以便今后调用参考，使生产系统在更为科学的基础上进行工作。

二、制造系统

制造系统是生产系统中的一个组成部分，是直接将输入的原材料和毛坯通过各种加工、检测、装配、搬运等工作，最后输出成品的系统。

制造系统既可以是一台单独的加工设备，如各种机床、焊接机、数控线切割机，也可以是包括多台加工设备、工具和辅助系统（如搬运设备、工业机器人、自动检测机等）组成的工段或制造单元。一个传统的制造系统通常可以概括地分成三个组成部分：

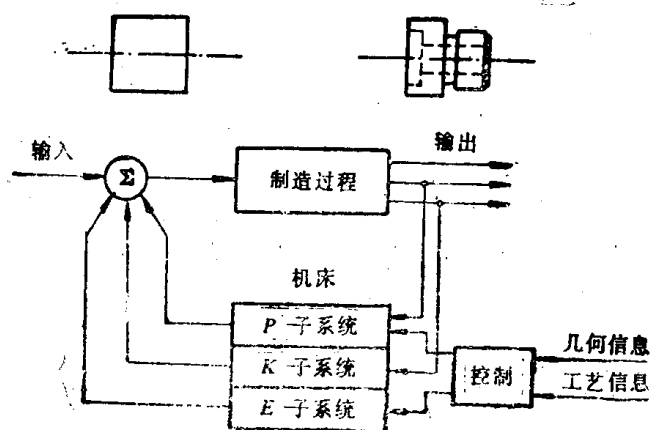
1. 机床

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的多余部分以达到规定的工件形状、尺寸和精度要求。至于机床本身，也可以看成是由三个子系统组成的最简单的制造系统（参见图1-3），其中：

定位子系统（ P -子系统）——用以建立工具与工件相对位置；

运动子系统（ K -子系统）——为切削加工提供切削速度 v 和进给量 f ；

能量子系统（ E -子系统）——为加工过程提供能量。



1-3 机械制造系统的组成

2. 工具

根据加工方法的不同，可以是切削或磨削工具，如车刀、铣刀、砂轮等，也可以是电加工用的工具电极和激光切割头，以及其它必须的夹具、模具和辅助工具。对于复杂的制造系统，还应包括工件和工具的输送、搬运和储存系统。

3. 制造过程

这是由原材料或毛坯输入至成品输出的整个加工和转换过程。

新型的制造系统是一个先进的自动化系统，它们都是由计算机控制的。因此，计算机已成为新型自动化制造系统中不可缺少的组成部分。由计算机控制的最简单的制造系统是数控（NC）机床，例如NC车床、NC铣床、加工中心等。较复杂的制造系统有直接数控（DNC）或群控系统、柔性制造单元（FMC）和柔性制造系统（FMS）等。

由传统的制造系统发展至新型的自动化制造系统大致通过下列各个阶段^[6]：

（1）1770年工业革命初期以简单的生产机器实现了简单的机械化劳动。

（2）本世纪开始出现了刚性的自动化机构和大量生产自动线，这种自动化制造系统的工序周期比较简单并固定不变，可用以生产一种固定的产品。

（3）接着出现的是能完成各种加工顺序的插销板式程序控制机床，以及用一个触头沿着主控制模运动并同时将指令信号输送给伺服驱动装置的仿形机床。

（4）1952年出现的数控机床开辟了一个新的自动化领域。这种机床的NC系统是根据数字计算机的原理发展起来的。

（5）计算机数控（CNC）机床是NC技术合乎逻辑的发展。这种机床是由一台小型或微型计算机作为机床的控制器的。

（6）在发展CNC系统的同时发展了工业机器人。第一个工业机器人是于1961年制成的。但是这些机器人在1970年以前还不能在制造单元中担任主要的工作。

（7）随着计算机技术的普及应用和发展，合乎逻辑地出现了计算机辅助设计和计算机辅助制造（CAD/CAM）系统、柔性制造系统和柔性制造单元。在这些新型的自动化制造系统中，往往包含一台或若干台CNC机床、自动化的物料输送系统和工业机器人，以及将它们连接起来进行控制的计算机。这样的制造系统完全改变了传统的、只能大批量地制造固定产品的自动化系统的生产方式，而是能够用于多品种和小批量生产的自动化制造系统。

§ 1-2 计算机辅助制造

广义上讲，计算机辅助制造（CAM）就是利用计算机来代替人去完成制造系统中的、以及与制造系统有关的工作。通常认为，CAM可定义为能通过直接或间接地与工厂生产资源接口的计算机来完成制造系统的计划、操作工序控制和管理工作的计算机系统。因此，CAM的应用可以概括为两大类^[5]：

一、CAM的直接应用

计算机直接与制造过程连接以对它进行监视和控制。在这一类应用中可区分为两种系统：

1. 计算机过程监视系统

在这个系统中，计算机通过一个与制造系统的直接接口来观察系统的制造过程及其辅助装备的工作情况，采集过程中的数据。但计算机并不直接对制造系统中各工序实行控制，这些控制工作，将由系统的操作者根据计算机给出的信息去手工完成。

2. 计算机过程控制系统

该系统不仅对制造系统进行监视，而且还对制造系统的制造过程及其辅助装备实行控制。

计算机监视系统和计算机控制系统的区别见图1-4所示。前者在计算机与制造过程之间的数据只能从过程单向流至计算机，而后者的计算机接口允许数据在计算机与制造过程间双向流动。

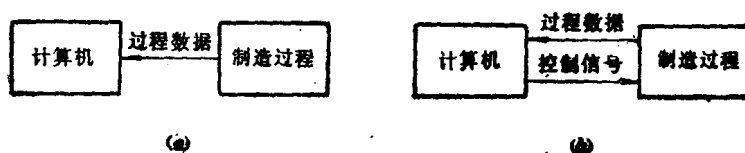


图1-4 计算机监视与计算机控制的区别
(a) 计算机监视 (b) 计算机控制

二、CAM的间接应用

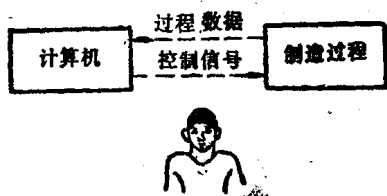


图1-5 CAM的间接应用

计算机并不直接与制造过程连续，只是用计算机对制造过程进行支持。此时，计算机是“离线”的，它只是用来提供生产计划、作业调度计划、发出指令及有关信息，以便使生产资源的管理更有效。CAM的间接应用可用图1-5作简单表示，图中的虚线表示计算机与制造过程间的通信是离线连续，它

们之间的联系要由人来完成。下面是CAM间接应用的一些例子：

计算机辅助NC编程——为NC机床准备加工零件用的控制程序。

计算机辅助工艺过程设计——由计算机准备特定产品或零件的工艺过程的加工顺序单。

计算机辅助生成工时定额——由计算机确定各特定生产的时间定额。

计算机辅助编制物料需求计划——计算机用于确定原材料和外购件的采购和订货时间，以及确定完成生产计划所需要订购的数量。

计算机辅助车间控制——计算机用于收集和整理工厂收据，并确定各不同车间的进度命令。

在上述例子中，人只是用于给计算机输入数据和程序，或是按计算机的输出去完成必要的动作。

§ 1-3 机械制造领域中基本概念的发展与变化

由制造系统的发展可知，随着数控技术、计算机技术、成组技术（GT）等的发展及其在机械制造业中的广泛应用，机械制造业中传统的生产方式正在发生巨大的变革。过去必须由人才能完成的工作，现在完全可以由计算机来代替人去做了；过去认为费时和不经济的生产准备和技术准备工作，现在有的可以省略，有的已不那么费工和费时了。因此，机械制造领域中的生产组织原则和基本概念，也随之发生变化。

本世纪的前50年间，即在数控技术和计算机技术的开发和广泛应用前，机械制造业

基本上是在“批量法则”的传统概念下组织生产的。所谓批量法则，即生产的组织形式、加工方法和加工设备、工艺装备等，均按产品批量的大小来决定它们的先进性和高效性。对于生产批量足够大的产品，就组织专业化生产，采用高效率 and 自动化的加工设备和工艺装备，建立流水生产线或自动生产线。对于小批量的产品，就只能采用生产效率低的常规工艺方法和通用设备（参见图1-6）。显然，这就使多品种、小批量生产企业长期处于低效率、低质量和高成本的落后状态下。

进入本世纪80年代以来，由于工业技术的高度发展，国民生活发生了巨大的变化，人民普遍追求富裕生活，对工业产品需要是多样化的，并且要求产品具有高性能、高质量和价格便宜。因此，多品种、小批量的生产企业在机械制造业中的比重将愈来愈大，将来，75%的零件的制造批量都将少于50件。为了满足人民的需要和适应市场的激烈竞争，那种按批量法则来组织生产的概念是完全不适用了。显然，小批量生产也必须采用高效率 and 自动化的生产方式和生产手段，这也是制造系统所以按前述过程发展的缘由所在。图1-7所示为在新概念下的生产组织方式，其中除自动线外，所有方式下的加工设备都能用于多品种的自动化加工。在这种制造概念的指导下，当前的机械制造业，必然要大力发展柔性制造技术。

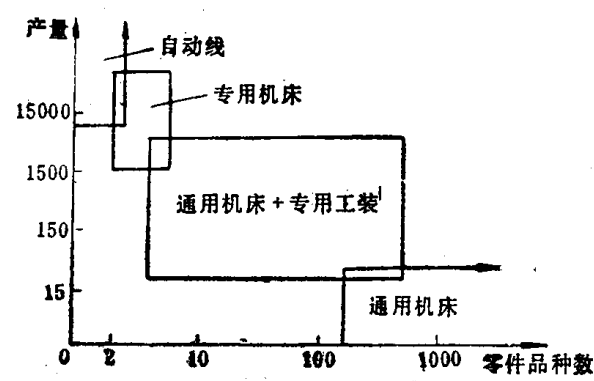


图1-6 传统概念下的制造方式

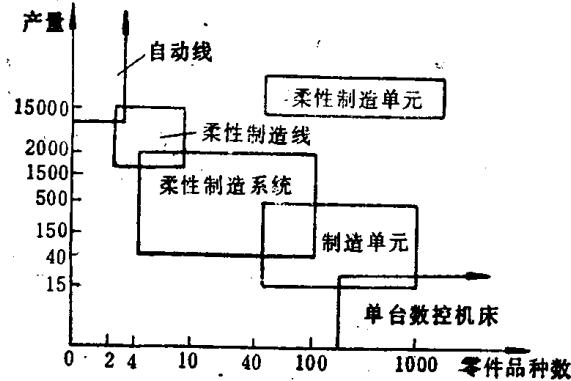


图1-7 新概念下的制造方式

实际上，自本世纪50年代初期成组技术和数控技术问世以来，就预示了柔性制造技术的开始。但真正的发展还是在成组技术、数控技术和计算机技术结合起来之后，其发展过程可以用图1-8表示¹²。

成组技术在生产中应用的典型形式是组织制造单元（MC），后来随着发展又称为单元制造系统（CMS）。在制造单元中，用一组机床加工一个或几个结构和工艺相似的零件族（Part Family）。

并数控技术则经历了CNC、DNC，然后GT结与合起来完善了FMS、FMC和柔性制造线（FML或FTL）。此时，CNC机床和加工中心的功能不断扩大和完善，一改过去为了建立自动线而平衡生产节拍的需要将工

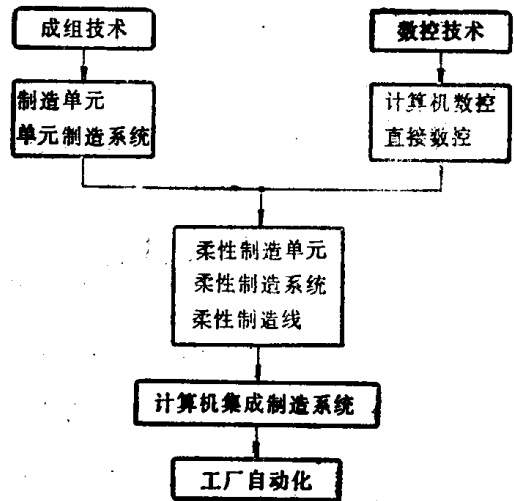


图1-8 柔性制造技术的发展过程

序分散的传统做法，采用了工序尽可能集中的加工原则，从而减少了定位、装夹和搬运工件的辅助工时，提高了加工精度。

与CNC技术发展的同时，计算机在生产中的应用已日益广泛，计算机辅助工程（CAE）已深入到各个技术领域。然而，单项的计算机辅助系统虽然都取得了相当好的技术经济效益，但就工业企业的整体而言，并不一定都能取得最好的效益，从而促进了计算机集成制造系统（CIMS）的研究和发展，这也是进一步发展未来的工厂自动化（FA）的高级模式。

第二章 CAM数据库

不论是生产系统还是制造系统，都必须从内部或外部环境取得各种可靠的数据和信息，才能使系统运行得好，获得最理想的技术经济效益。因此，必须建立一个能统一存取数据和信息，并能对数据进行分析处理的系统，以保证采用计算机辅助技术的各部门都能从系统中取得统一和可靠的数据和信息，即必须建立一个管理信息系统(MIS)，其中的核心问题就是建立一个可靠的可随时存取数据 and 信息的数据库。图2-1所示为企业各部门与公用数据库的通信关系图^[4]。在这一章里着重讨论CAM数据库问题。

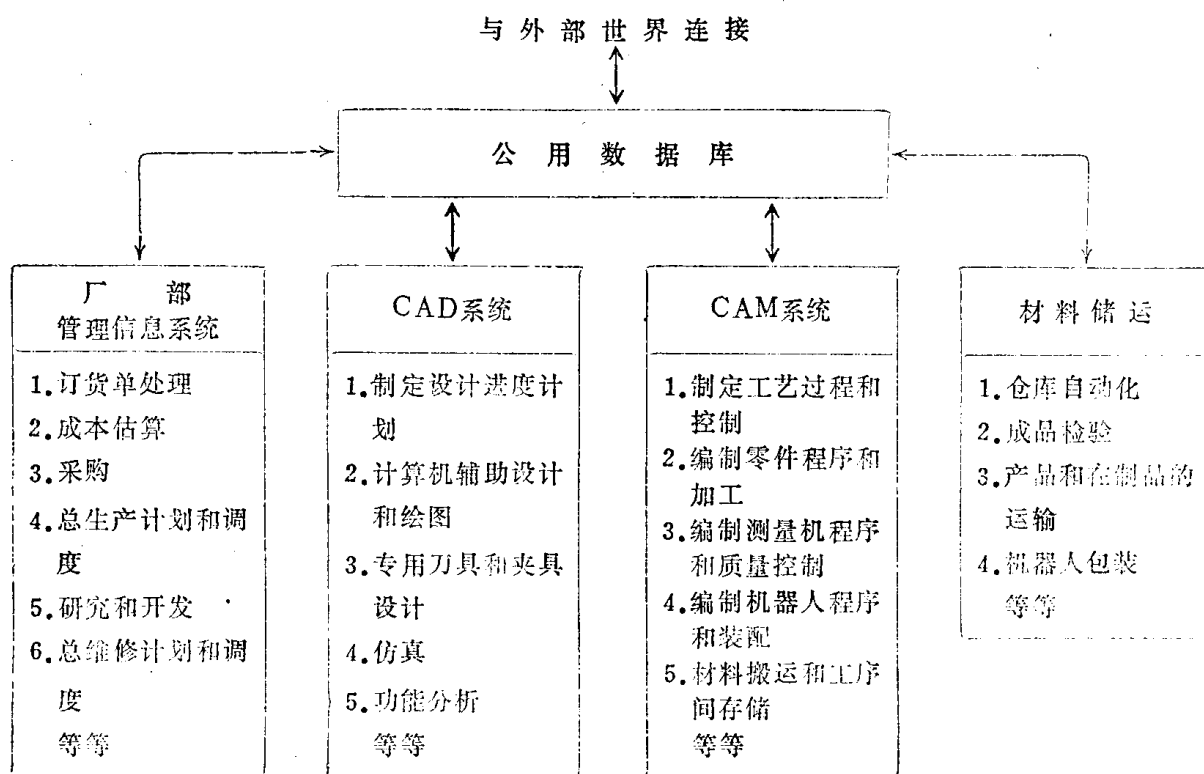


图 2-1

§ 2-1 基本概念

一、数据和信息

数据：数据是记录下来的可鉴别的符号，它可以是数字、字母和符号，或是数字和字母的组合。

信息：信息是由数据构成的。被搜集来的数据经加工处理后，成为可供使用的数据就称为信息。

一个制造系统正是通过有关信息和代表这些信息的数据来管理该系统的人、财、物和加工设备等资源，使系统运行在最佳状态的。

二、数据库

数据库 (Data Base) 是一个数据集合体, 或者说就是存放大量数据的仓库。在分门别类地收集数据, 并把它们编成一定格式 (文件) 后, 就把它们存放在计算机的外存储器中, 从而构成了一个数据库。这样的数据库可供应用计算机辅助技术的部门共享。

对数据库有如下一些要求:

1. 能大量地贮存可供共享的数据, 能为多用户服务, 存取方便。
2. 数据无冗余。即数据与数据间的关系明确, 消除必要的重复数据。
3. 能妥善处理非数字数据。
4. 数据与程序间具有相对独立性, 数据的存贮方式改变时, 不必改动应用程序。
5. 各有数据库管理系统 (DBMS) 以实现对数据的描述、增删、修改和检索等功能。

三、数据库结构

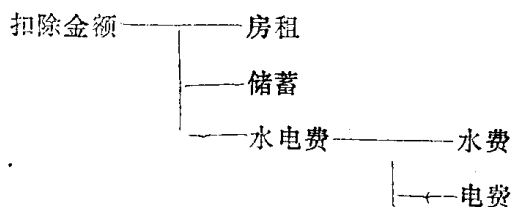
数据库结构是指数据库中数据的整体逻辑结构。不同类型的逻辑结构决定了不同类型的数据库系统。数据库管理系统的功能大小由它能处理何种逻辑结构来决定的。

1. 数据名称

在数据处理中, 各级数据的名称因系统而不同。现将专门用于数据处理过程中的有关数据名称介绍如下:

(1) 项目: 又称基本项。它是数据库中最小的数据单元。每一个项目都必须予以命名, 称为项目名。例如姓名、机床型号等。这些项目的数据可以是字母、数字或它们的组合。项目的取值称为项目值。例如姓名这个项目说明某人名字叫“张勇”, 则张勇就是项目姓名的项目值。同例, “C620” 就是机床型号这个项目的值。

(2) 组项: 是可以再分割的数据单元, 它是项目和组项的集合。只由项目组成的组项称为“单纯组项”。例如“水电费”这个组项是由“水费”和“电费”两个项目组成的单纯组项。而工资表中的“扣除金额”这个组项可分割如下:



它是由项目“房租”、“储蓄”和组项“水电费”组合而成的。因此, 扣除金额被称为“复合组项”。

在数据库里, 某些基本固定形式的组项称为“段”。如:

客户订单段:

订单号	客户名	交货日期	银行帐号
-----	-----	------	------

订货明细段:

产品号	需要量	提供量
-----	-----	-----

产品目录段:

产品号	库存量	可销售量	成本	销售价格
-----	-----	------	----	------

这里，每一个段均由项目组成。

(3) 记录：是由段按其关系组合而成的一个组项，它自成一个完整的实体，用以说明某一个体。例如一个学生的考试成绩单，一个具体的订货单，都称为一个记录。

(4) 文件：具有相同性质的记录集合在一起称为文件。例如各种型号车床的转速汇总表，全部考生成绩汇总表等。

记录之间只有先后顺序的文件称为非连接文件；在记录之间存在更多关系的文件称为连接文件。

由此可知，数据库实际上是文件的集合。数据库内的文件相互之间也可以建立关系，这是通过对不同文件中的记录给定关系来实现的。

2. 数据库的逻辑结构

数据库的逻辑结构是指若干文件之间或一个文件的若干个记录之间的支配、从属关系。一般具有下列三种形式：

(1) 线性结构：一般的顺序存取文件就是属于线性结构的情况。

(2) 树型结构：该结构中记录与记录（或段与段）的正关系是“一对多”，逆关系是“一对一”（看图2-2）。这是一种分层结构，记录为各层次的结点，其中最高层次的结点为树根，或称根结点。上一层次的结点为下层结点的父结点，下层结点称为子结点。每个父结点可以有多个子结点，而一个子结点只能有一个父结点。各结点间的连线称为树枝。最下层的子结点称为树叶，或称叶结点。

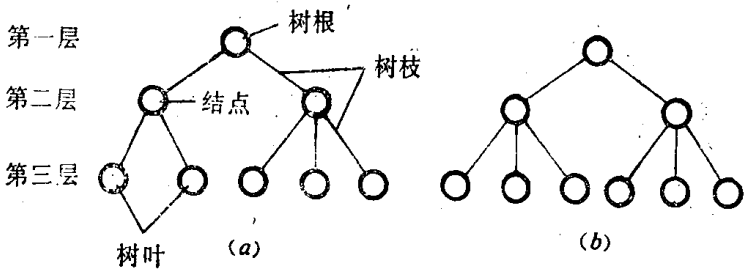
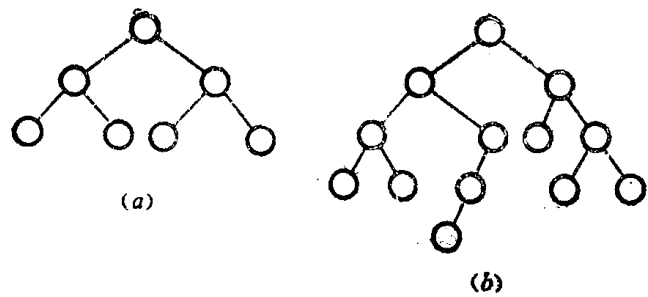


图2-2 数据的树型结构

在树型结构中还可以分成平衡树（图2-3，(a)）和不平衡树（图2-3，(b)），它们之间的区别在于树的每一结点所具有的树枝前者是相等的，而后者是不相等的。



2-3 数据的二叉树结构

对于每一个结点的树枝最多不超过两枝的结构树称为“二叉树”，不管每个结点的树枝是否相等（参见图2-3）。二叉树是最简单的树型数据结构，也是使用最广的结构模型。