

计算机集成制造系统 导论

刘文剑等 编著
蔡鹤皋 主审

INTRODUCTION OF

COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING SYSTEM

哈尔滨工业大学出版社

计算机集成制造系统导论

刘文剑 等 编著
蔡鹤皋 主审

JS85/01

哈尔滨工业大学出版社

(黑)新登字第 4 号

内容提要

本书收集了国内外 80 年代以来有关计算机集成制造技术的最新资料,从集成系统的角度详细地阐述了 CIMS 的各种核心技术,如制造系统的计算机仿真、计算机辅助生产管理、计算机辅助设计、计算机辅助制造、数控加工系统、制造过程的识别与控制、计算机辅助质量控制和柔性制造系统等。

本书可作为机械电子工程专业、机电控制与自动化专业和机械制造专业研究生或本科生的教科书,也可供制造自动化领域的管理人员、科技人员和工程技术人员参考。

计算机集成制造系统导论

刘文剑 等 编著

蔡鹤皋 主审

*

哈尔滨工业大学出版社出版

新华书店首都发行所发行

哈尔滨工业大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 29.5 字数 680 千字

1994 年 7 月第 1 版 1994 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—3000

ISBN 7-5603-1049-4/TP·67 定价:28.00 元

前 言

计算机辅助设计/制造(CAD/CAM)技术的广泛应用与一体化的发展趋势是当前制造业的重要特征。在此基础上,以集成为核心的计算机集成制造系统(CIMS)应运而生。而且,由于 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发展 CIMS 定为本国制造业或企业的发展战略,制定了很多由政府或工业界支持的计划,借以推动计算机集成制造技术和系统的开发及应用。

作为一个发展中国家,我国也非常重视 CIMS 的发展,把 CIMS 定为我国高技术发展计划(863 计划)的主题之一,进行重点跟踪、研究。目前,CIMS 已日渐成为我国制造业的热点。我国已有越来越多的人希望了解 CIMS;已有越来越多的工厂希望采用计算机集成制造技术,建立计算机集成制造系统;已有越来越多的大专院校希望开设计算机集成制造技术和系统的课程。为了适应我国这一发展形势的需要,我们编写了《计算机集成制造系统导论》一书。

本书收集了国内外 80 年代以来有关计算机集成制造技术的最新资料,从集成系统的角度详细地阐述了 CIMS 的核心技术。如制造系统的计算机仿真、计算机辅助生产管理、计算机辅助设计、计算机辅助制造、数控加工系统、制造过程的识别与控制、计算机辅助质量控制以及柔性制造系统等。希望本书能为机械电子工程专业、机电控制与自动化专业和机械设计与制造专业的研究生和本科生提供一本适用的教材或教学参考书,也希望本书能对从事制造自动化领域的管理、科研、教育和工程技术人员了解、学习及开发应用 CIMS 有所裨益,为我国制造领域中高技术的发展略尽绵薄之力。

本书由哈尔滨工业大学刘文剑主编,李振明副主编。参加编著的还有:常伟、柏合民、刘卡林、苏宝华、许之伟、李立毅、金天国和季延军。

本书由国家 863 专家组成员、哈尔滨工业大学机器人研究所所长蔡鹤皋教授主审,参加审稿的还有马玉林教授和王树国教授。审稿人员的严谨和认真审阅,使本书避免了许多疏漏之处,在此,编者谨向他们表示诚挚的谢意。

本书在出版过程中得到了哈尔滨工业大学领导和各有关部门的大力支持,在此,编者一并向他们表示衷心感谢。

由于编者水平有限,加之 CIMS 发展相当迅猛,因而本书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

1993. 10

第一章 概 述

第一节 生产系统与机械制造系统

根据系统论的观点,任何一件事物都可以看成是一个系统。例如一个机械制造厂、一个车间、一个工段、一条自动生产线,甚至一台机床都可以看成是一个完整的系统,只不过是系统的规模、系统的复杂程度等有所不同而已。如果用系统的观点来分析机械与仪器制造企业的话,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。

一、生产系统

机械与仪器制造工厂的生产活动可以看作是由两部分组成的,一部分是以机床和机械加工方法等生产技术为中心的“物质流”,这是制造工程所研究的对象,称之为“硬工艺学”;另一部分是以生产管理和生产信息管理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,称之为“软工艺学”。所谓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。

图 1-1 是一个生产系统的基本框图,点划线内表示一个生产系统,线外表示生产系统的外部环境。整个系统的生产过程分为三个阶段。第一阶段是决策和控制阶段,在这个

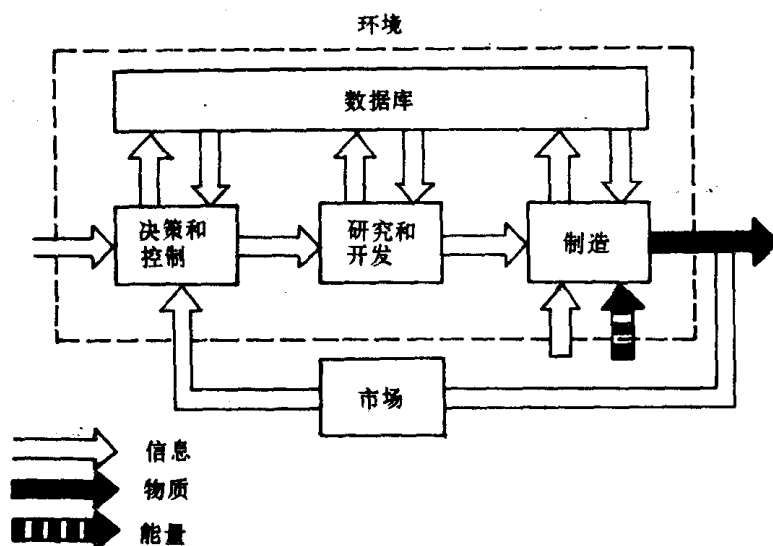


图 1-1 生产系统的基本框图

阶段中，工厂的最高决策机构根据国家下达的任务和市场信息，同时根据工厂人员的素质及生产技术条件（取自数据库），对生产的产品类型、产量、性能和成本等做出决策，同时对生产过程进行控制和管理。第二阶段是研究和发展阶段，它根据工厂的决策要求进行设计、试验研究和开发新产品。第三阶段是产品制造阶段。三个阶段都需要和数据库交换必要的信息，包括人员、设备、工艺装备、刀具、材料和库存等信息。此外，在第三阶段还需要输入能源和材料。经过上述三个阶段的生产活动，系统最后输出所生产的产品。产品输出后，还应及时地把产品在市场中的竞争能力，质量评价和改进要求等信息反馈到决策机构，以便及时地对生产作出新的决策。

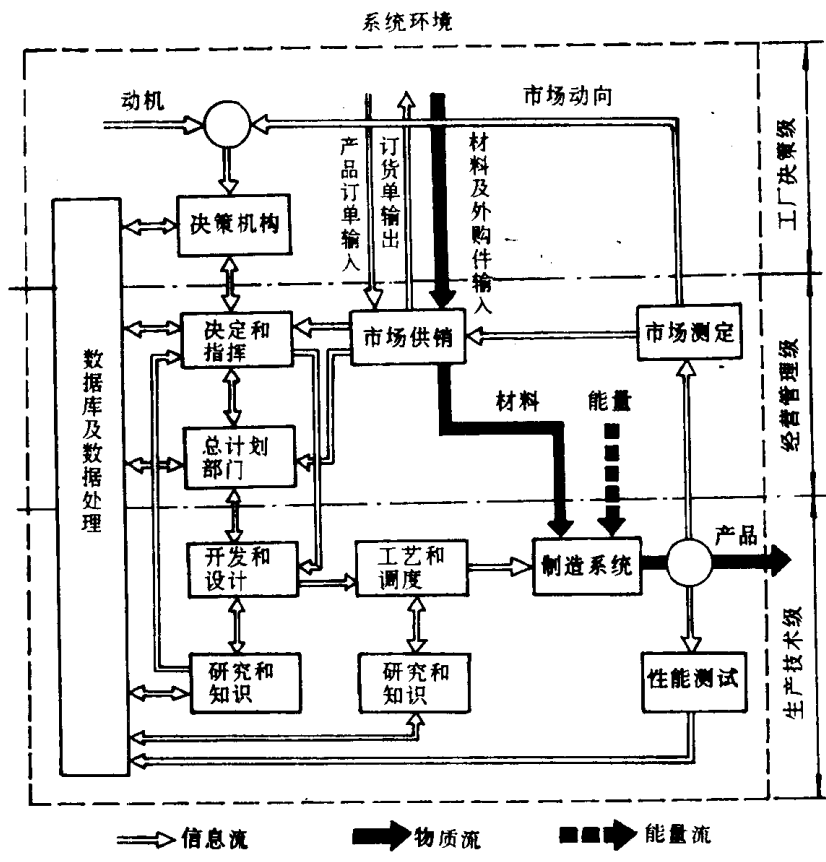


图 1-2 生产系统图

图 1-2 是一个典型的生产系统框图，整个系统分为三级：决策级、经营管理级、设计制造级。这三级的职能及其相互关系如下：

决策级：是系统的最高层次。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、材料资源等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。同时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。

经营管理级：是系统的指挥层。根据决策机构下达的指示、市场信息、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。

设计制造级：这级包括了三个子系统，即开发和设计子系统、生产工艺和调度子系统、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；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（如图纸、生产文件等）对向子系统输入的材料进行加工、装配、包装等，最后经验收形成产品输出。其中前两个子系统都有各自的反馈回路，分别将各自子系统的研究成果、资料等在子系统内部进行反馈，以便改进子系统的工作。同时把子系统的信息存入数据库，以供使用时调出。

在生产系统中，三级之间是相互联系、相互支持的，三级又都可以和数据库发生联系，进行信息的交换和数据的存取。显然，用系统的观点来看生产过程的各个环节，用系统工程的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。

二、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。机械制造系统的任务是：①把材料或毛坯转变成一定形状和尺寸的零件输出；②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；③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。

机械制造系统的基本组成部分包括机床、工具和制造过程。机械制造系统就是由这三部分所组成的闭路系统。一个只包括单台机床的机械制造系统如图 1-3 所示

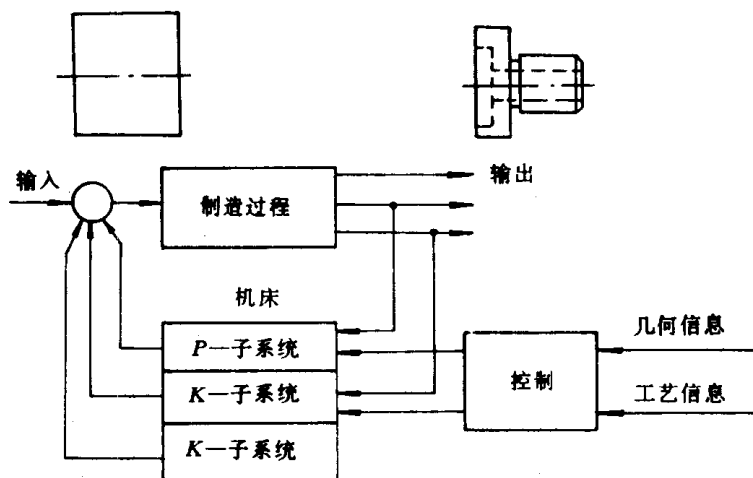


图 1-3 机械制造系统的组成

（一）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多余的部分，完成规定的工件形状、尺寸和精度。机床可以看成是由三个子系统组成的。

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

（二）工具：指切削刀具，如车刀、铣刀、砂轮、电加工用的工具电极和激光切割头，

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。

(三) 制造过程：指对输入材料或毛坯的加工、转换过程。

系统的输入是指向系统输入具有一定几何参数（形状、尺寸、精度、表面粗糙度）和物理参数（材料性质、表面层状态等）的材料、毛坯或半成品以及刀具等。

在综合点 Σ ，工件输入参数与机床调整参数（ v, f, a_p ）相符合，从而决定了制造过程中的加工条件和顺序。

系统的输出是指输出形状、尺寸、精度和表面质量符合要求的零件，以及刀具的磨损情况等。输出的零件信息经过运动子系统回到综合点，重新进入制造过程，以保证加工连续不断地进行。

为了进一步理解机械制造系统的组成，以及各组成部分在系统中的位置和作用，下面以车削制造系统为例加以说明（如图 1-4 所示）。

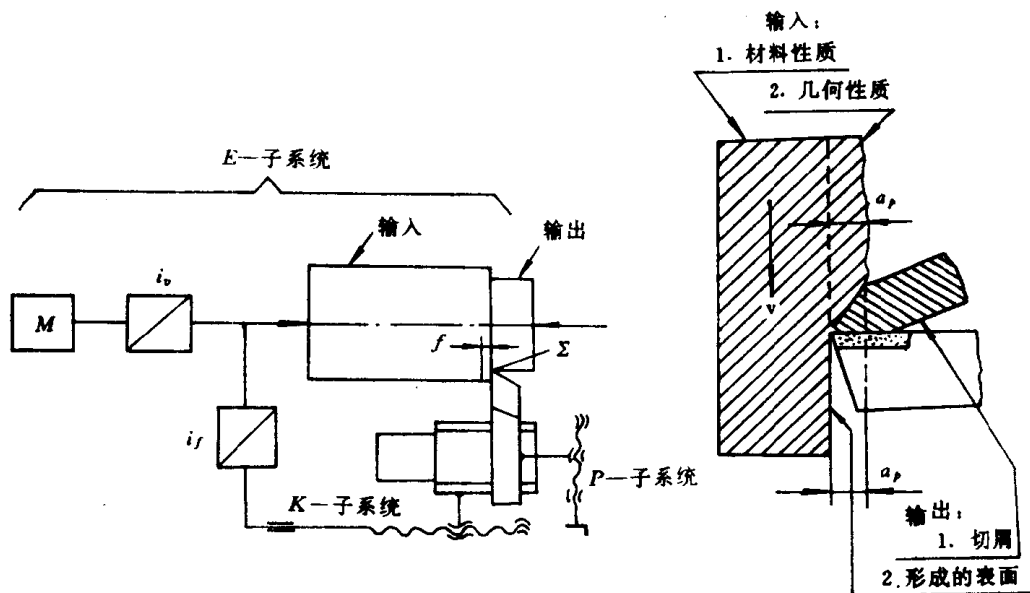


图 1-4 车削制造系统的组成

系统的输入是工件上待加工表面的几何信息、物理信息及与刀具有关的参数。系统的输出是工件已加工表面的几何信息、物理信息以及形成的切屑、刀具磨损和切削热等。综合点 Σ 是切削过程中刀尖与工件的接触点，也是输入信息经过切削过程转变成输出信息的变换点。它是由定位子系统（ P -子系统）调定的，它的位置决定了切削深度 a_p ，运动子系统（ K -子系统）向系统提供了切削速度 v ，通过走刀箱 i_f 提供了进给量 f ，同时把制造过程、机床、刀具和综合点连接起来，形成车削的闭回路。由于刀具以进给量 f 沿工件旋转轴线方向移动，于是便连续地向系统输入新的信息，而系统则不断的产生新的输出。能量子系统（ E -子系统）向系统提供切削加工过程所需的能量，它把电动机输出功率经变速装置 i_v 输入子系统。

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。图 1-5 (a) 是由 m 台机床串联组成的 m 级机械制造系统。

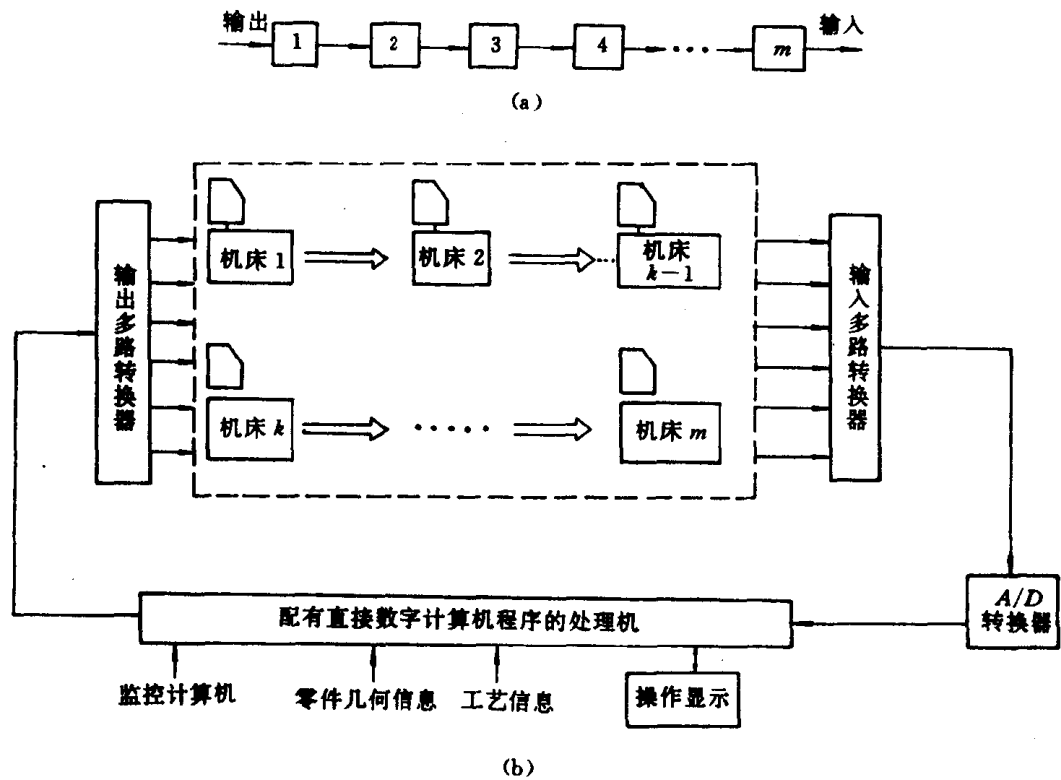


图 1-5 多级机械制造系统

图 1-5 (b) 是由 m 台机床组成的 m 级集成机械制造系统。在该系统中,零件的几何信息和工艺信息由输入处理机进行信息处理。然后经过多路转换器输出到各机床。各机床的输出信息则经多路转换器送回处理机进行处理,整个系统由一台计算机进行监控。

随着计算机技术的普及应用和发展,新型的制造子系统应该是由计算机控制的自动化系统。由计算机控制的最简单的制造系统是数控 (NC) 或计算机数控 (CNC) 制造系统。如果有 m 台 NC 机床或 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。如果把生产活动的全部环节,包括市场分析、产品设计、加工制造、经营管理等,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。

第二节 计算机集成制造系统 (CIMS)

计算机集成制造系统 (CIMS) 是制造工程中的一项高技术,它是由多学科技术集合而成,它综合了系统工程、管理工程、计算机科学和现代机械制造技术科学的成就,形成一个从市场分析、生产决策、设计开发、工艺规划、产品制造和销售经营的企业计算机控制网络,使整个企业具有统一的信息管理系统和控制系统。

80 年代,世界各国都十分重视发展 CIMS,美国国家标准局、美国国防部、欧洲共同

体等都先后制定了 CIMS 的发展战略。美国通用汽车公司 (GM)、通用电器公司 (GE)、波音商用飞机公司；日本的富士通公司、富士电机公司；德国的 MBB 公司、MTU 公司、马霍公司、维尔纳·科尔伯机床公司；瑞典的 AB 博福斯公司等先后建立了 CIMS 的生产和实验基地。

图 1-6 是美国国家标准局 (NBS) 在它生产工程中心的自动化制造研究实验基地 (简称 AMRF) 建立的一个 CIMS 实验系统的布局图。

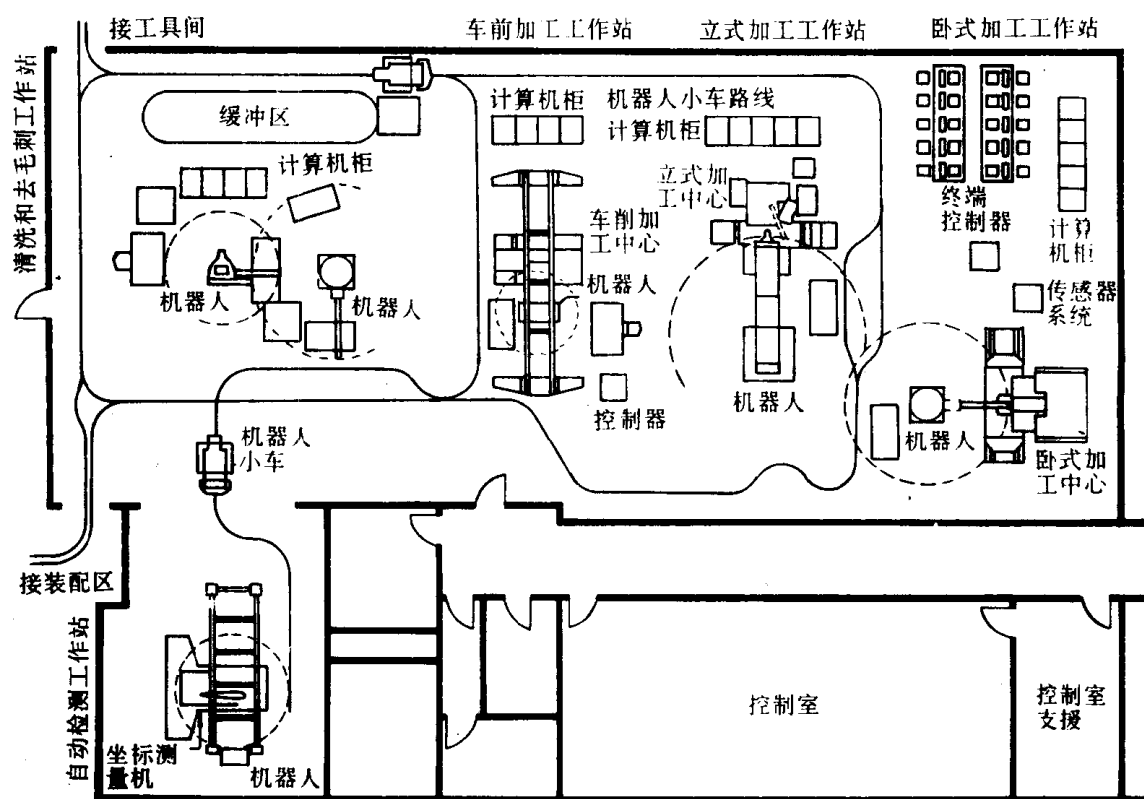


图 1-6 AMRF 的 CIMS 实验系统

该系统由制造系统、控制系统和信息管理系统组成。制造系统由七部分组成 (见图 1-6)，卧式加工工作站、立式加工工作站、车削加工工作站、清洗和去毛刺工作站、自动检测工作站、物料贮运系统和立体中间仓库 (图中缓冲区)。该系统的五个主要功能是：用户接口、制造管理分级控制结构、网络通信、公用数据库和车间系统。

日本在 CNC、DNC 和 FMS 等方面的发展也处于世界领先地位，并且早就着手开发以柔性制造系统为主体的无人工厂。西德、苏联等国家都把发展 CIMS 定为本国制造业或企业的发展战略，并在 CIMS 技术的研制工作中取得了较大的进展。

近年来我国也十分重视 CIMS 的发展，1986 年在制定国家高技术研究发展计划 (简称“863”计划) 时，就把 CIMS 确定为自动化领域的研究主题项目之一。于 1987 年先后成立了自动化领域专家委员会和 CIMS 主题专家组。明确地规定了 2000 年 863 中 CIMS 的战略目标，即跟踪国际上 CIMS 高技术的发展，掌握 CIMS 的关键技术，同时在制造工

业中建立能获得综合经济效益并能带动全局的 CIMS 示范点。863 中 CIMS 的组织机构如图 1-7 所示。

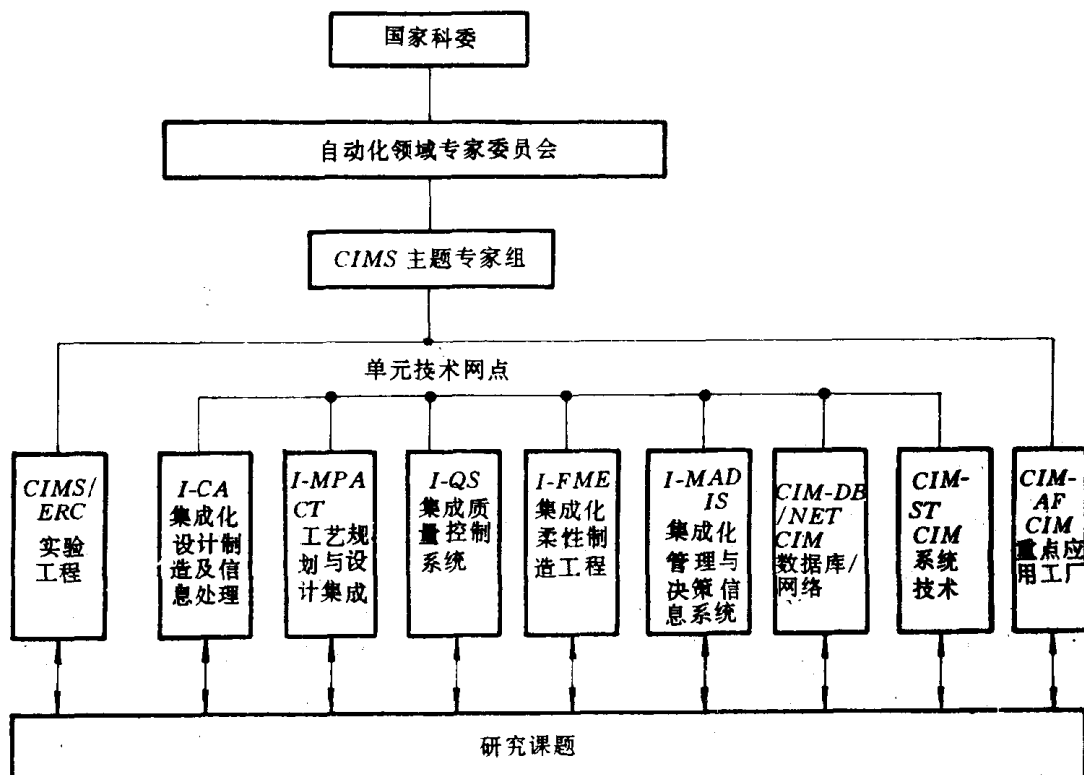


图 1-7 863 中 CIMS 组织机构

从图中看出：863 的 CIMS 计划由清华大学主持建立了 CIMS 实验研究中心，并设立了七个单元技术网点。

目前，CIMS 主题专家组正组织对下面十个专题开展了一系列的研究开发工作。

- (1) CIMS 发展战略研究。
- (2) CIMS 总体体系结构研究。
- (3) CIMS 通信网络技术研究。
- (4) CIMS 数据库、知识库管理系统研究。
- (5) 面向 CIMS 的辅助管理与决策支持系统研究。
- (6) 面向 CIMS 的人工智能技术研究。
- (7) CIMS 系统仿真技术研究。
- (8) CIMS 系统建模、系统优化技术研究。
- (9) 面向 CIMS 和 CAD/CAPP/CAM 研究。
- (10) 柔性制造系统与质量控制系统研究。

一、计算机集成制造系统的概念与组成

计算机集成制造系统，简单地说是工厂自动化的发展方向，是未来工厂的模式。美国的哈林顿博士于 1974 年首先提出了计算机集成制造（CIM）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。

稍加解释就可以得出大家公认的两个结论。

(一) 在功能上,CIMS 包含了一个工厂的全部生产经营活动,即从市场预测、产品设计、加工制造管理到售后服务的全部活动。CIMS 比传统的工厂自动化范围大得多,是一个复杂的大系统。

(二) CIMS 涉及的自动化不是工厂各个环节的自动化或计算机化(有人称之为自动化孤岛)的简单相加,而是有机地集成。这里的集成主要体现在以信息集成为特征的技术集成以及人的集成。

综上所述,我们可以把 CIMS 的概念总结如下:

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,是适合于多品种、中小批量生产的总体高效益、高柔性的制造系统。

计算机集成制造系统(CIMS)是由设计与工艺模块、制造模块、管理信息模块和存储运输模块构成的,如图 1-8 所示。

设计与工艺模块的主要功能有:计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程(CAE)、成组技术(GT)、计算机辅助工艺过程计划(CAPP)、计算机辅助数控编程技术。

制造模块的主要功能有:零件数控加工、生产调度、刀具管理、质量检测与控制、装配、物料及半成品和成品的输送与贮存、自动化仓库、FMS 技术。

管理信息模块的主要功能有:市场预测、生产规划、物料需求计划(MRP-I)、制造资源计划(MRP-II)、成本核算及销售等。

存储运输模块的主要功能有仓库管理、自动搬运等。

二、计算机辅助管理系统

计算机辅助管理系统是指以计算机为基础的信息处理系统。它对工厂的控制管理和运行提供决策支持。

近十年来,计算机辅助生产管理系统的发展十分迅速。其主要原因是计算机已成为对生产计划中的大量数据进行处理和对各种杂务作出决策的有力工具。另一个重要原因是“运筹学”在生产计划和控制领域里得到了有效的应用,因为在生产管理的信
息处理系统中,许多决策过程和软件程序都是以运筹学中的分解模型为基础的。

管理信息系统必须包括所有管理层次中的数据处理和决策活动。大多数的信息在一个较长期限内具有保存价值,因此必须具有足够大容量的存贮设备来存放这些数据信息。通常,管理信息系统在结构上应该是一个多层次的,最高层制定规划和决策,具有战略性质;中间层制定近期工作计划,具有战术性质;最低层处理日常业务,实施机器操作。

图 1-9 所示为计算机一体化生产管理系统中各功能之间关系框图。

三、CAD/CAM 系统

CAD/CAM 系统是计算机集成制造系统的重要组成部分。在制造系统中,设计与制

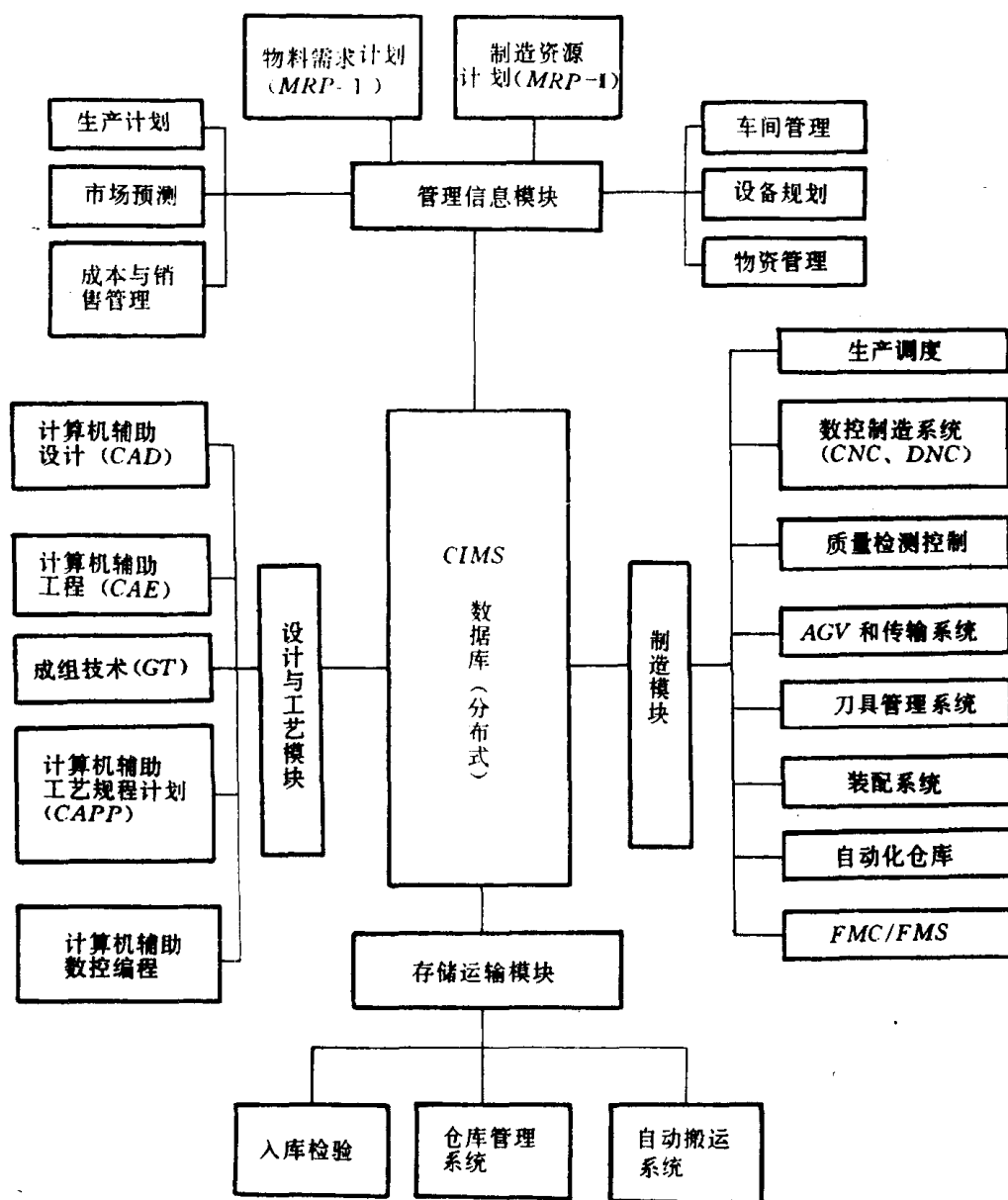


图 1-8 CIMS 的构成

造的一体化是最重要的集成。

计算机辅助设计（CAD）是指由设计人员构思，利用计算机系统对有关产品的大量资料进行检索，再根据性能要求及有关数据和公式进行计算、分析和优化设计，并将产品设计图形显示出来，设计人员通过交互式图形显示系统对设计方案或图形做必要的修改，直到满意的设计结果为止。

计算机辅助制造（CAM）是指利用计算机系统，通过计算机与工厂生产设备的直接或间接联系，去规划、管理和控制生产制造过程。

计算机辅助制造的应用分为两个主要的类型：

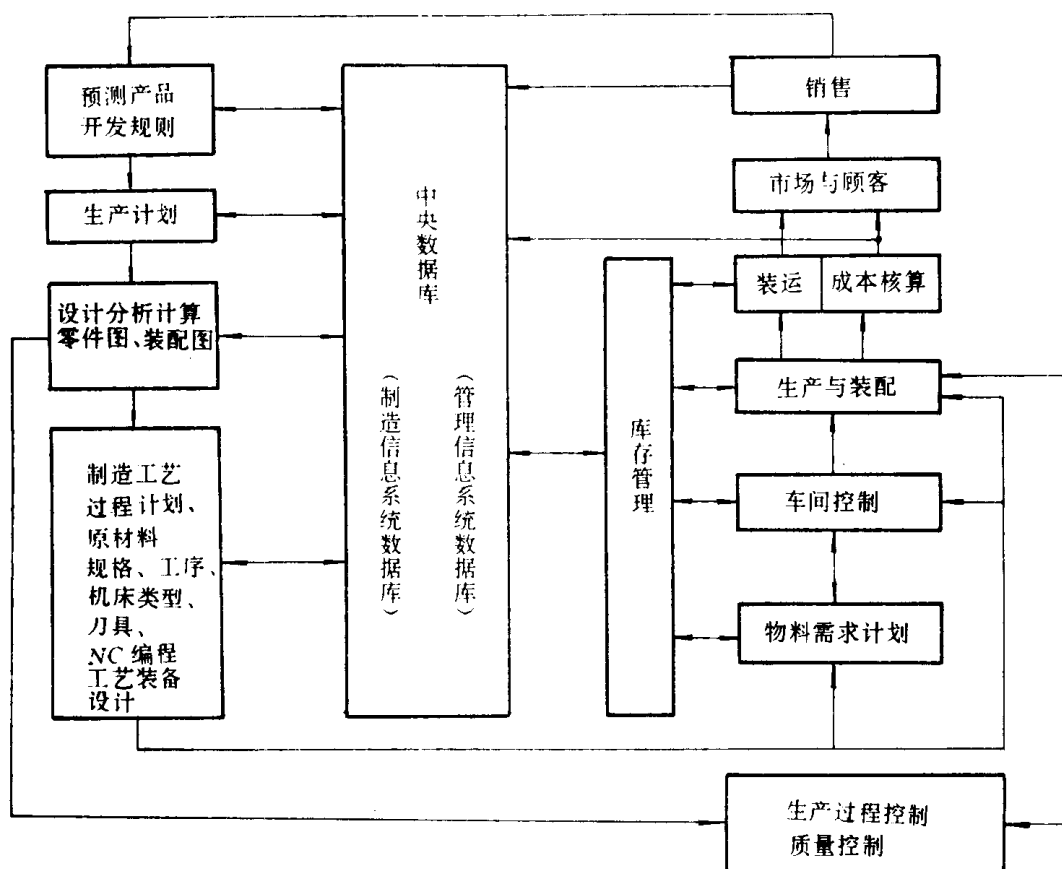


图 1-9 计算机一体化生产管理系统的信息流

一种是CAM的直接应用，即计算机过程监测系统与过程控制系统。计算机过程监测系统是指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置的工作情况，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。

计算机过程控制系统是指计算机通过一个与制造系统的直接接口不仅能对制造系统进行监视，而且还能对制造过程和工艺装备进行适时控制。

另一种是CAM的间接应用，即计算机与加工过程之间没有直接接口，只是用计算机对制造过程进行“离线”支持。具体内容包括计算机辅助NC编程、计算机辅助工艺过程设计、计算机辅助生成工时定额、计算机辅助安排材料需求计划、计算机辅助车间工段控制等。

CAD/CAM系统应具备下述性能：

- (1) 具有一个设计用的交互式图形系统和支持软件。
- (2) 具有一个用户化的制造软件包，一般包括NC编程程序、自动工艺编制程序、夹具设计程序和其他辅助生产用的程序。
- (3) 具有一个能为设计和制造服务的公共数据库。

实施CAD/CAM系统有三种途径：

- (1) 向 CAD/CAM 系统的卖主订购。
- (2) 用增加绘图设备和 CAD/CAM 支持软件来扩展原有的计算机系统。
- (3) 购买计算机和绘图硬件，开发支持软件来发展 CAD/CAM 系统。

在建立 CAD/CAM 系统时，最好采用第一种方法。因为如果采用自我开发的 CAD/CAM 系统，不仅需要熟悉设计和制造的专家，而且也需要熟悉计算机绘图和图形编程的技术人员，难度比较大。

四、计算机集成制造系统的加工设备

计算机集成制造系统最基本的加工设备是各类 NC 机床，其中最主要的是各种加工中心机床，如使用最多的立式或卧式镗铣加工中心、车削加工中心等。镗铣加工中心能进行铣削、镗孔、钻、铰、攻丝等多种加工。因此，加工中心不仅效率高、加工尺寸的一致性良好，还能灵活地适应产品的变化。同时，由于工序集中，减少了零件的安装和运输次数，使设备需要量和制品积压大大减少。与普通机床相比，加工中心的生产率可提高 10 倍以上。

为适应多工序加工性能的要求，镗铣加工中心具有自动换刀装置，换刀装置由刀库和换刀机械手两部分组成。

刀库 (Magazine) 是加工中心存贮备用刀具的装置，如图 1-10 所示。刀库可分为转塔式、链式、盘式和鼓式四种类型，其中链式和盘式应用最多，盘式刀库的容量一般为 20~30 把刀具，链式刀库的容量可达 40~80 把刀具。

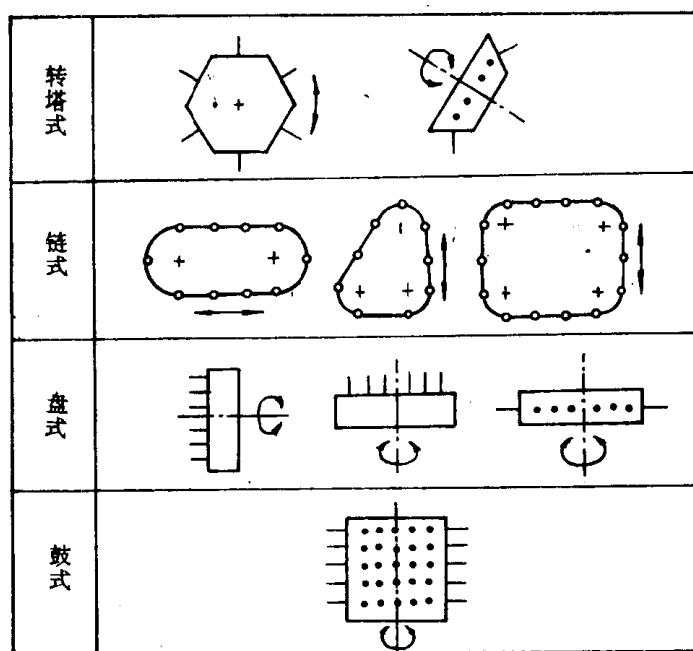


图 1-10 刀库的类型

换刀机械手也叫刀具交换器 (Tool changer)。换刀过程如下：当一个工步完成后，机床主轴停止运转并上升至换刀位置，接着垂直放置的机械手转动 90°，同时抓紧需要相互更换的两把刀具，拔出两具刀具后转动 180°，交换两把刀具的位置，然后扣紧旧刀具插

入主轴孔，把用过的刀具插入刀库的刀座中，待主轴孔内的机构拉紧刀具后，机械手返回起始的垂直位置，换刀动作结束。

五、计算机集成制造的控制系统

在CIMS中，计算机是与制造环境进行通信并对制造过程进行控制的功能部件，计算机必须能够感受各工序传来的过程变量信号并作出必要的响应，以便对整个制造过程进行有效地控制。

（一）制造过程的通信数据

在制造过程中与计算机进行通讯的数据可以分为三类：即连续模拟信号、离散二进制数据和脉冲数据。

连续模拟信号是指在制造过程中随时间变化而变化的一些模拟变量，如温度、压力、液体流速等。离散二进制数据是通过两种电位值（如0V和+5V）来表示制造过程的不同状态，如机床的运行和停机，工件在位与空位，开关、继电器、马达等的开与关，接通与断开等。脉冲数据由一串脉冲电信号组成的，这些信号是由脉冲发生器产生的，由于在某一时间周期内的脉冲数可以数，因此脉冲数可以做为控制制造过程的一种数据信息。

（二）制造过程数据的转译

为了监视制造过程，输入数据必须能送入计算机。为了控制制造过程，计算机生成的输出数据又必须能转换成制造过程能理解的信号。上述三种数据的计算机与制造过程的输入、输出接口有六种：即模-数转换器、接触输入接口、脉冲发生器、数-模转换器、接触输出接口、脉冲计数器。

图1-11为计算机与制造过程接口的一般形式。

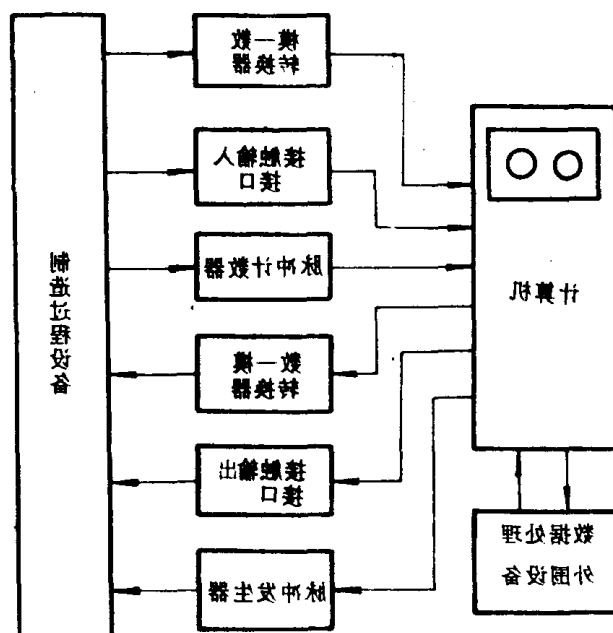


图 1-11 计算机——过程接口

模-数转换器的作用是把实时信号转换为代表信号值大小的数字信号。实现模-数转

换需涉及下述硬件：

1. 测量制造过程特征的传感器。
2. 滤掉模拟量信号中电噪声的信号滤波器。
3. 把若干个过程监测装置与模-数转换器连接起来的多路调制器。
4. 把输入信号按比例放大的信号放大器。
5. 把实时过程模拟量信号转换成数字量信号的模-数转换器。
6. 接受 A/D 转换器数字信号的计算机 I/O 插口。

接触输入接口的作用是用作为离散数据与计算机之间的中介，它能打开或闭合，以控制限位开关的状态、按键的位置以及其他二进制数据。

脉冲计数器的作用是产生大小一致的一系列脉冲，并将其转换成数字信号输入计算机。

数-模转换器的作用是把计算机生成的数字数据转换成模拟量信号。

接触输出接口是一组接触器，可以启动指示灯、报警器等。

脉冲发生器的作用是把计算机送来的数字信号转换成脉冲串送给驱动装置。

第三节 计算机集成制造系统的多级控制与集成

一个现代化的制造系统，必须有一个以多级计算机网络为基础的管理信息系统，并且要求在管理信息系统中设置数据库。

一、制造系统数据库的基本类型

常用的数据库有四种不同的结构形式，即分离式数据库、集中式数据库、关联式数据库和分布式数据库。

分离式数据库如图 1-12 所示，它的每一个功能都有一个独立的数据库。分离式数据库很少考虑数据库的公共接口，需要建立许多冗余的数据文件，而且难于在文件间交换数据，因此应用较少，也很难并入到一个制造系统中去。

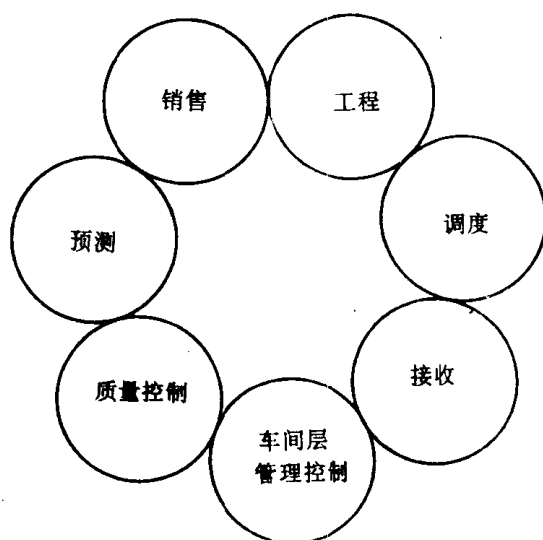


图 1-12 分离式数据库



图 1-13 集中式数据库