

高等学校试用教材

计算机辅助制造

上海交通大学 李德庆 主编
东南大学 吴锡英

机械工业出版社

高等学^校试用教材

计算机辅助制造

上海交通大学 李德庆
东南大学 吴锡英 主编



机械工业出版社

(京)新登字054号

本书是根据高等学校机械制造专业教学指导委员会确定的教材编写计划和审定的编写大纲编写的。全书内容包括：绪论、计算机辅助制造中的数据库、计算机辅助工艺过程设计、计算机辅助数控程序编制、计算机辅助工装设计、计算机辅助作业计划编制与调度、计算机辅助质量控制以及CAD/CAM集成技术。书中附有实例，简明实用。

本书为机械制造工艺及设备专业教材，也可供其它机械类专业学生、有关专业的研究生和工厂工程技术人员学习参考。

计算机辅助制造

上海交通大学 李德庆 主编
东南大学 吴锡英

责任编辑：王世刚 责任校对：刘志文
封面设计：郭景云 版式设计：霍永明
责任印制：王国光

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张 11 · 字数 268 千字
1992年10月北京第1版·1992年10月北京第1次印刷
印数 0 001—2 300 · 定价：3.30元

ISBN 7-111-03247-0/TP·158(课)

前 言

本书是根据高等学校机械制造专业教学指导委员会确定的教材编写计划和审定的编写大纲编写的。

随着计算机技术、控制技术、信息技术、系统工程学等的飞速发展和广泛应用,机械工业正面临一场新的变革,这场变革将从根本上改变传统的生产和管理技术。

为了适应机械制造业的发展,需要培养熟悉计算机辅助技术的机械类专业人才,故编写本书,使他们在学并经过一定时间的工作实践后,具有开发计算机辅助制造应用软件的初步能力。本书着重讨论计算机辅助生产和技术准备方面的内容,尽量避免与《成组技术》、《机械加工系统自动化》、《计算机辅助设计》等选修课程内容重复,尽可能做到各课程间的内容匹配。

全书分绪论、计算机辅助制造中的数据库、计算机辅助工艺过程设计、计算机辅助数控程序编制、计算机辅助工装设计、计算机辅助作业计划编制与调度、计算机辅助质量控制、CAD/CAM集成技术共八章,选材力求先进实用。

参加本书编写的有:上海交通大学李德庆(第一、四章)、东南大学吴锡英(第二、六、七章)、同济大学高汶栋(第三章)、南京航空学院范炳炎(第五章)、华东工学院邓子琼(第八章)。全书由李德庆和吴锡英主编,同济大学张曙和清华大学王先逵主审。

由于本书涉及面广,内容较新,限于编写者的水平,在内容上肯定会存在不足之处,竭诚希望使用本书的同行和读者们不吝指教。

编 者

1991年6月

目 录

第一章 绪论	1	§5-3 自动化加工中的刀具准备	103
§1-1 计算机辅助制造的由来	1	第六章 计算机辅助作业计划编制	
§1-2 计算机辅助制造的含义与应用	3	与调度	107
§1-3 计算机辅助制造的发展概况	5	§6-1 概述	107
第二章 计算机辅助制造中的数据库	7	§6-2 物料需求计划	110
§2-1 数据库的基本概念及术语	7	§6-3 制造资源计划	115
§2-2 数据库管理系统	11	§6-4 准时生产制	117
§2-3 计算机辅助制造数据库	13	§6-5 作业计划编制	119
第三章 计算机辅助工艺过程设计	20	§6-6 计算机辅助生产调度及其仿真	134
§3-1 CAPP基本概念	20	第七章 计算机辅助质量控制	138
§3-2 CAPP零件信息的描述和输入	23	§7-1 概述	138
§3-3 派生式CAPP系统	29	§7-2 质量数据的采集与处理	139
§3-4 创成式CAPP系统	36	§7-3 质量控制的预测与预报	143
§3-5 CAPP专家系统	41	§7-4 计算机辅助质量检测	152
第四章 计算机辅助数控程序编制	49	§7-5 计算机辅助产品试验	156
§4-1 数控加工程序编制的基本概念	49	第八章 CAD/CAM集成技术	157
§4-2 计算机零件程序编制的一般原理		§8-1 CAD/CAM的基本概念	157
与系统类型	62	§8-2 连接类CAD/CAM系统	158
§4-3 语言编程系统	63	§8-3 特征造型类CAD/CAM系统	
§4-4 其它编程方式简介	81	集成的概念	167
第五章 计算机辅助工装设计	86	附录 IGES文件举例及其说明	169
§5-1 概述	86	参考文献	172
§5-2 机床夹具的计算机辅助设计	87		

第一章 绪 论

§1-1 计算机辅助制造的由来

一、机械制造企业的任务

机械制造业是为国民经济各部门提供技术装备、仪器和工具的。为实现现代化建设的宏伟目标，机械制造业就必须用先进的技术装备武装国民经济各部门，以促进经济振兴和社会进步。

当前，我国机械制造业的主要任务是围绕国民经济各个部门的重点领域，成套和系统地发展所需的各类先进、高效、节能的新型机电设备，努力提高质量，保证交货期，积极降低成本，把整个加工工业的素质提高到新的水平。

对于一个机械制造企业，就必须围绕上述基本任务，依靠科技进步，积极采用新技术、新工艺，不断发展适销产品，确保产品质量，提高劳动生产率，尽可能缩短生产周期，降低物资消耗，力求以最少的投入及时生产出符合市场需求的产品，从而不断提高企业的经济效益和社会效益。这些任务和要求应是一个机械制造企业进行全部生产活动的基本依据。

二、机械制造企业的生产活动与生产结构

任何一种机械产品都是由多个离散的、相互联系的零、部件组成。具有生产这种由离散元件组成的产品或部件功能的系统称为“离散制造系统”。

1. 离散制造过程的主要功能

离散制造过程包括从用户订货到产品发运的全过程。一般认为，主要有以下功能以及每一功能所包含的活动：

- (1) 经营管理——企业方向，战略规划，投资可行性研究，风险控制。
- (2) 财务——财务计划，企业预算，财务会计。
- (3) 市场和销售——市场研究，销售预测，销售计划，价格估算，销售，售后服务。
- (4) 研究与开发——开发计划，基础研究，应用研究，产品开发，制造开发。
- (5) 产品设计、工艺设计——前者包括确定产品性能和规格，方案设计，图样设计，设计分析，试验和评价，修改定型；后者包括工艺过程设计，工序作业设计，工装设计，工时定额，材料明细表，质量保证计划，生产设备配置。这些活动统称工程设计。
- (6) 生产管理——生产计划，作业计划，库存管理，生产监督与控制，质量控制，费用控制和成本管理。
- (7) 采购——采购，验收，存储。
- (8) 资源管理——设备管理，工具管理，能源管理，设备维护，环境管理。
- (9) 维护管理——预防性维修，矫正性维修。
- (10) 装运——产品贮存，发货。
- (11) 废料处理与存放。

(12) 车间制造——物料贮存, 物料输送, 物料变换 (加工、装配), 进料检查, 过程中测量和检查, 产品检验等。

上述功能是不可分割的。它们既相互联系又相互制约, 从而形成一个有机的整体。从系统概念而言, 它是一个复杂的系统——企业系统 (或称生产系统)。机械制造企业系统本身是由与上述功能相应的各子系统组成, 并从属于一个更大的系统, 如图1-1所示。

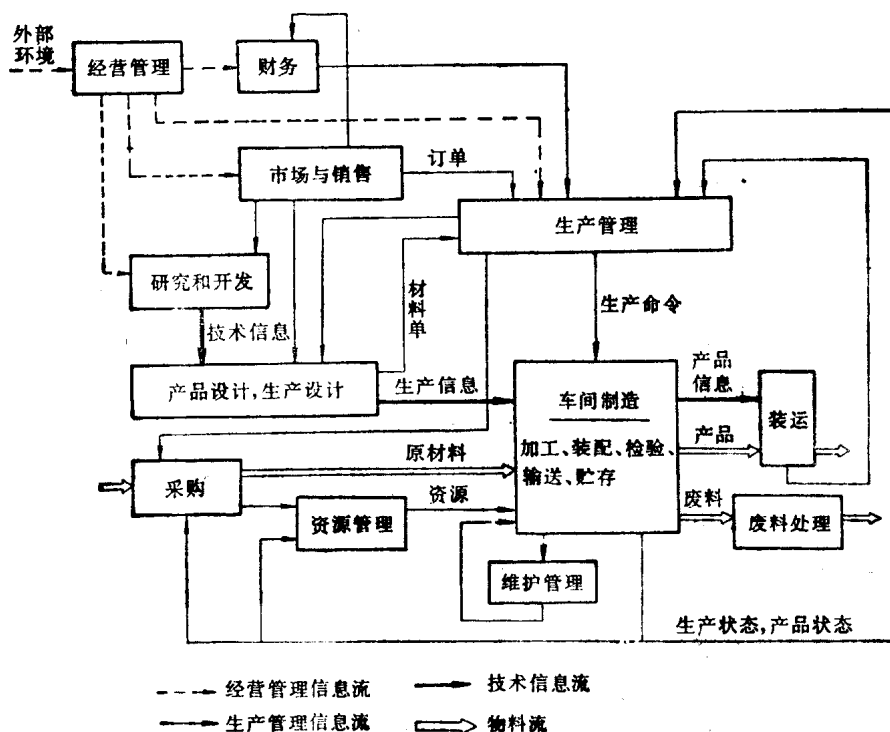


图1-1 机械制造企业系统及其功能

2. 机械制造企业系统的功能结构

机械制造企业系统内部是一个三层的功能结构, 即企业层、工厂层和车间制造层。企业层又称战略层或决策层, 包括上述(1)~(4)项各功能, 负责处理企业外部和工厂内部环境的相互关系与战略规划; 工厂层又称战术层或信息层, 包括上述(5)~(11)项各功能, 负责全厂的生产技术和生产管理; 车间制造层又称作业层或物质层, 涉及产品制造方面的各项活动。

3. 物料流与信息流

机械制造企业系统中各项功能及其活动按参与生产流程的职能与流向, 可概括为物料流和信息流两类流动。物料流 (简称物流) 用以改变物料的形态与地点, 如图1-1中双线所示。信息流可分为技术信息流和管理信息流, 前者为生产技术准备方面的信息, 如图1-1中粗实线所示; 后者又可分为经营管理信息流及生产管理信息流, 分别如图1-1中虚线及细实线所示。信息流用以规划、指挥、协调及控制物料的流动, 使企业按预定目标进行有效的生产。

物流与信息流的流动方式与流动手段决定于产品的生产批量与生产方式等因素。

三、多品种、小批量生产与电子计算机的应用

传统的机械制造企业基本上是按“批量法则”的原则组织生产的。所谓批量法则, 就是

对单一品种（或少品种）的大批大量生产采用刚性自动化的单机或自动生产线的专业生产方式，可有效地解决这类生产的质量和效率问题，并至今仍不失其为这类产品生产的较优方式。但对于多品种、小批量生产只能沿用常规的单件生产方式，因而只能处于低效率、低质量、高成本的落后状态。

进入50年代以后，特别是70年代以来，随着科学技术的迅猛发展与社会需求日趋多样化，市场变化频繁，竞争激烈。表现在机械产品方面，产品更新换代的周期越来越短，产品的性能、质量、价格以及交货期的竞争越来越激烈。一个明显的特点是多种、小批量生产占主导地位。据统计，多品种、中小批量生产的零件在数量上占75%以上，而产值占70%以上。

多品种、小批量生产由于产品品种及其工艺过程的多样性、环境条件（如用户订货、外购、外协、交货期等）的不确定性以及生产计划与生产调度的动态性等因素，致使物料过程复杂多变，信息流的数据和信息量庞大，信息的处理、贮存与传输频繁。因此，按常规的单件生产或按刚性自动化的方式都无法适应，必须解决物流既具高效自动化，又具生产“柔性”即柔性自动化问题；同时也必须相应地解决信息流（包括产品设计、工艺设计以及生产管理）的自动化问题。所谓柔性（flexibility）即生产对象改变时，具有灵活的适应性。

电子计算机是现代科学技术发展的一个重要标志。电子计算机具有大容量和可靠的记忆能力、复杂的数值分析计算能力、快速的数据处理能力和检索能力、准确的检错能力、以及能承受繁冗工作的耐力等一系列特点，这些能力正好与人的特长互补；另一面，人只要以程序化的方式赋予计算机一定的智能，计算机即可替代人的思维进行逻辑判断与推理，起着“专家”的作用；此外，计算机是可编程的，具有极大的柔性。因此，电子计算机的应用不仅是当今各行各业科技进步的有力手段，也是传统机械制造工业改造的必由之路，是解决多品种、小批量生产柔性自动化的最佳途径。

当今，电子计算机的应用已渗透到机械制造领域中的产品设计、产品制造以及生产管理等各个方面，传统的机械制造工业正面临一场新的变革。

计算机在产品设计中的应用，即计算机辅助设计（Computer Aided Design——CAD），是产品设计强有力的工具。它不仅能辅助设计人员进行产品的设计与计算，绘制装配图与零件图，还能进行工程分析（如有限元分析）优化产品性能，从而大大缩短设计周期，提高设计质量。

计算机在生产管理中的应用，即计算机辅助生产管理（CAPM），已由早期的工资管理、报表统计等发展到生产计划（CAP）、库存优化、物料需求计划（MRP）等各个方面，形成了管理信息系统（MIS），大大提高了企业的决策能力和管理水平。

计算机在产品制造方面的应用，即计算机辅助制造（Computer Aided Manufacturing——CAM），已达到较高水平，也是改造现有企业的关键。

本书旨在阐述CAM及与之有关的内容。

§1-2 计算机辅助制造的含义与应用

一、CAM的含义

何谓CAM？目前尚无统一的定义。一般而言，CAM是指计算机在产品制造方面有关应

用的统称。有广义CAM和狭义CAM之分。

广义CAM一般是指利用计算机辅助完成从毛坯到产品制造过程中的直接和间接的活动，包括工艺准备、生产作业计划、物流过程的运行控制、生产控制、质量控制等主要方面，如图1-2所示。其中：工艺准备包括计算机辅助工艺过程设计，计算机辅助工装设计与制造，计算机辅助NC程序、工时定额和材料定额的编制等内容；物流过程的运行控制包括加工、装配、检验、输送、贮存等物流的过程控制。

还有一种更广义的CAM，除上述外还包括物料需求计划（MRP）、成本控制、库存控制等管理软件以及NC机床、机器人等数控硬件。

所谓狭义的CAM，常指工艺准备或其中某些、某个活动应用计算机。在CAD/CAM系统中的CAM常指数控程序编制。

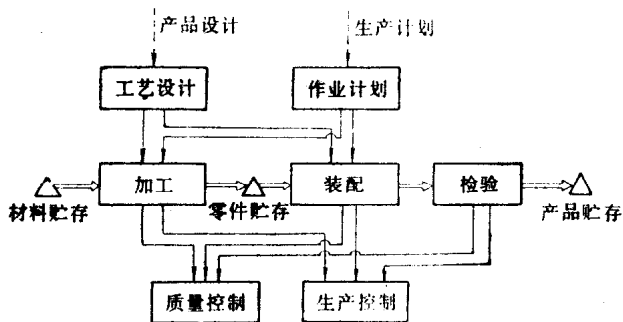


图1-2 广义CAM

需说明的是，国外也有将工艺设计归在广义CAD的范畴中。

二、CAM的应用

CAM的应用按计算机与物流系统是否有硬件“接口”联系，可分为直接应用与间接应用。

1. CAM的直接应用

计算机通过接口直接与物流系统连接，用以控制、监视、协调物流过程。

- (1) 物流运行控制 根据生产作业计划的生产进度信息控制物料的流动。
- (2) 生产控制 随时收集和记录物流过程的数据，当发现工况（如完工的数量、时间等）偏离作业计划时，即予以协调与控制。
- (3) 质量控制 通过现场检测随时记录质量数据，当发现偏离或即将偏离预定质量指标时，向工序作业级发出命令，予以校正。

2. CAM的间接应用

计算机相对于物流系统是“离线”工作的，用以支持车间的制造活动并提供物流过程和工序作业所需的数据与信息。主要包括工艺设计及与制造过程有关的信息，例如：

(1) 计算机辅助工艺过程设计（Computer Aided Process Planning——CAPP） CAPP本质上是用计算机模拟人工编制工艺规程的方法编制工艺过程单。采用CAPP可大大缩短生产准备周期，极大地提高工艺人员的工作效率，还可给出合理的工艺过程文件、工时定额和材料消耗定额。

(2) 计算机辅助数控程序编制 根据CAPP所制订的工序路线和所选用的数控机床即可用计算机编制数控机床的加工程序，常称自动编程。自动编程与早先的手工编程相比，具有编程速度快、不易出错、效率高等特点，可充分发挥数控机床的使用效能。

(3) 计算机辅助工装设计 专用夹具、刀具的设计与制造是工艺准备工作中的重要内容。采用计算机辅助工装设计（又称工装CAD）与产品CAD一样，可大大节省工艺人员的设计、计算、绘图的时间和缩短设计周期。

(4) 计算机辅助作业计划 当生产计划(或计算机辅助生产计划)确定出在规定期(如月、周)应生产的零件品种、数量和时间之后,即可利用计算机根据数据库中人员、设备、资源的情况以及生产计划与工艺设计的数据,编制详细的作业计划(日程进度计划),确定哪台设备、由谁何时进行何种作业以及完工时间,作为车间的生产命令。

其它的间接应用叙述从略。

应注意的是:在上述CAM的各种应用中以及计算机辅助产品设计和计算机辅助生产管理中,都有大量的数据和信息。为使数据无冗余和数据共享,建立一个统一的、可靠的、可随时存取的数据库是不可缺少的。数据库中存在设计的、工艺的、制造的、管理的有关数据供各有关部门调用或存储,十分方便。

§1-3 计算机辅助制造的发展概况

美国自1946年出现了世界上第一台电子计算机以后,就不断地将计算机技术引入机械制造领域。1952年首次研制成功数控(Numerical Control——NC)机床,不同零件的加工只改变NC程序即可,有效地解决了工序自动化的柔性问题。1955年在通用计算机上研制成功自动编程系统(APT),实现了NC程序编制的自动化。为了进一步提高NC机床的生产效率和加工质量,于1958年研制成功自动换刀镗铣加工中心(Machining Center——MC),能在一次装夹中完成多工序的集中加工。随即于1962年,在机床数控技术的基础上研制成功第一台工业机器人,实现了物流搬运的柔性自动化。1966年出现了用一台较大型的通用计算机集中控制多台数控机床的直接数控(Direct NC——DNC),从而降低了机床数控装置的制造成本和提高了工作的可靠性。

数控机床与计算机辅助数控程序编制的出现,标志着柔性制造时代的开始,成为CAM硬、软件的开端。它将高效率与高柔性融合于一体,实现了单机的柔性自动化,为现代制造技术——柔性制造技术奠定了基础。但数控机床及用于上下料的工业机器人只实现了零件加工单个工序的自动化,只有将一个零件全部加工过程的物流以及与之有关信息流都进行计算机化并追求整体优化,才能大幅度地提高生产效率和获得最佳加工效果。

1967年,英国莫林公司首先建造了一条由计算机集中控制的自动化制造系统,称之为“莫林—24”(意即24h连续加工)。它包括6台加工中心和1条由计算机控制的自动输送线,并用计算机编制NC程序和作业计划以及统计报表。紧接着美国辛辛那提公司研制了一条与莫林—24类似的系统,于70年代初定名为柔性制造系统(Flexible Manufacturing System——FMS)。FMS的特点是:可同时完成不同零件、不同工序的制造任务;各制造设备之间是通过物料的自动输送、自动存储系统柔性联系的,可进行不同工艺顺序和无固定节拍的自动加工,大大缩短了占95%的非切削时间;整个物流过程是由计算机集中控制和集中监视,能在不停机调整的情况下以最短时间向另一种零件转换。这些特点表明FMS具有更大的柔性,进一步提高了设备的利用率和缩短了生产周期,降低了制造成本。

FMS的出现,改变了传统生产的时空概念:一方面是人与机器在时间上和空间上分离,即制造设备可24h自动运转(时间分离),人不再是物流的组成部分(空间分离);另一方面,原有生产设备在时间上和空间上是兼容的,即加工对象不断改变时,只改变生产信息,而原设备不变(时间柔性),而同一制造系统可同时制造不同的加工对象(空间柔性)。这些正

是多品种、小批量生产所要求的生产方式。

70年代初期以前,由于计算机处于第三代电路技术,工作性能特别是可靠性还较差,致使柔性制造技术未获广泛应用。直至70年代中期微处理机(大规模集成电路)问世以后,由于计算机的性能成倍提高,体积及成本数倍降低,柔性制造技术才获得迅猛发展。这时,各种微型机数控(CNC)获得了广泛应用,FMS发展迅速,但更多的是发展中、小企业用的小型FMS,称为柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell——FMC)。每条FMC一般包括1~3台CNC机床、搬运机器人,以及较完善的监测与控制系统。与此同时,还进一步发展了用于装配的FMS、冲压FMS以及由多条FMS构成的自动车间。

在发展数控设备及FMS的同时,还相应发展了一系列用于支撑制造活动的计算机辅助技术。主要有计算机辅助工艺过程设计、计算机辅助工装设计、计算机辅助数控程序编制、计算机辅助作业计划、计算机辅助质量控制、计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)以及成组技术等。这些计算机辅助技术基本上都是在60~70年代发展起来的,且都已获得广泛的应用。

计算机辅助制造正向智能化、最佳化、集成化等方面发展和延伸。例如工艺设计方面的专家系统、智能的质量控制系统、优化的作业排序与动态调度正处于发展之中。

在单项技术集成方面更引起人们的注目。CAD与CAM的集成虽已部分进入实用阶段,但从整个企业系统而言,CAD/CAM系统以及前述各种计算机辅助技术毕竟都是一些“自动化孤岛”,只能带来局部的效益。进入80年代,人们在CAD、CAM、MIS的基础上致力于计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System——CIMS)的研究与开发。这是一种具有总体高效益、高柔性的智能化制造系统,是多品种、中小批量最新一代的生产方式。CIMS目前尚未完全实现,但已取得重大发展。可以预见在21世纪,CIMS必将成为机械制造工业中占主导地位的生产方式。

第二章 计算机辅助制造中的数据库

§2-1 数据库的基本概念及术语

在一个现代化的制造系统中，有大量的信息和数据需要存取和处理。这些信息和数据不仅来自企业外部环境，也来自企业内部活动。因此，在现代化的制造企业中，为了保证企业正常的生产和经营活动，取得高效益，就必须建立一个管理和制造信息系统，设计一个可靠的数据库系统。本章将就制造系统的数据库问题进行讨论。

一、数据库的定义

数据库这个术语到底应怎样精确定义，有人往往把计算机能够存取的任何有组织的数据集合称为数据库，这并不确切。因为这可能将几盘磁带或几盒穿孔卡看成数据库。当前有多种数据库的定义：

- (1) 共享数据的公用存储器；
- (2) 对一个企业运转具有全局意义的计划和控制数据的基本存储器；
- (3) 由一个特定模式控制的定义域和记录值；
- (4) 按特定方式彼此关联的数据块的集合；
- (5) 公司或机关所拥有的数据的一种综合的、公用的、集中的集合，它满足存取它的所有应用数据的要求，且能被组织去模拟一个企业中存在的数据联系。

每一种定义都从一种不同的观点去看数据库，但每一个定义都涉及特定的数据集，而不是计算机可读介质中的任意数据。

可以说：数据库是一个数据集合体，是存放大量数据的仓库。这些数据并非能存取的任意数据，而是在广泛地收集大量数据的基础上，将它们进行分门别类、加工处理后的数据，并将它们编制成一定的格式文件存放于计算机的外存储器中。事实上，数据库是一个包含上述数据集合，并能对之实施有效管理的软件系统。

二、数据库的术语

1. 数据

数据是记录下来的可鉴别的符号，是能在数据库中存储的值，它可以是数字、文字、字母和符号，也可以是数字和字母的组合。

2. 信息

信息是由数据构成的，它反映事物的物理状态。当数据涉及到某种定义、目的及同其他值的联系时就成为信息。例如，一个国家的钢产量是5000万 t，这5000万 t是一个数据，但它与一个国家的钢产量联系在一起，就成为说明这个国家钢生产能力的信息。或者说：信息是经过加工处理后可供利用的数据。

3. 项或项目

这是一个数据名称，是数据库最小的数据单元。项又可叫做元素或基本项。每个项都必

须给予命名,称为项名。例如姓名(NAME)、机床型号(JCXH)等。这些项数据可以是字母、文字、数字或它们的组合。项的取值称为项值。例如姓名这个项说明某人名叫“李光”,则李光就是这个项的项值。

4. 段

在数据库里,具有某些基本固定形式的项称为“段”,如:

客户订单段:

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

产品目录段:

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

这里,每一个段均由项组成。

5. 记录

记录是由段按其关系组合而成的,自成一个完整的实体,用以说明一个个体。例如,一张干部登记表,一次借书登记、一张订货单等。

6. 文件

具有相同性质的记录集合在一起称为文件,用于描述一个实体集。例如,全部考生成绩汇总表、干部情况汇总表、所有订货单的货单文件等。

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”。

三、制造系统中的数据

在制造系统中的数据基本上可分成两类。

1. 相对稳定的数据

- (1) 与产品结构信息有关材料清单(Bill of Materials——BOM)中的数据;
- (2) 工艺文件中有关加工能力和制造工序的数据;
- (3) 机械设备及其数据。

所有这些数据都说明制造系统中相对稳定的信息,只有在生产计划中增加或删除一个产品或一台生产设备时才会改变。

2. 生产控制数据

- (1) 计划和处理订货单的数据;
- (2) 选择机械设备和加工顺序的数据;
- (3) 车间任务和作业计划数据;
- (4) 材料调度计划数据;
- (5) 工资单及其他计算数据。

这类数据随着时间和任务的变化而改变或修正。

四、数据库结构

1. 数据库的物理结构

数据库可以根据其在制造系统中的组织方式分成集中式和分布式两大类。

- (1) 集中式数据库 计算机在机械制造业中的推广应用是逐步扩展的,随着单个计算

机辅助自动化系统的相继建立，相应出现了一些独立的数据库。由于每个数据库都是根据该系统使用部门自身的使用要求而设计的，很少考虑其他部门的公共使用要求，也没有考虑各部门数据库之间需要通信，各数据库的文件和数据格式等都互不相同。因此，每个部门要向别的数据库请求数据信息是困难的和费时的，不得不将有关数据文件复制后留在自身数据库中，造成整个数据库系统中有大量的冗余数据文件。这样的文件冗余会带来许多问题，如数据修改不及时而造成系统间的数据不一致；数据管理困难；不易维护等。倘若要为这种独立的数据库建立一个相互通信系统，则更困难。

因此，许多企业尝试将全部信息和数据进行集中存储和处理（见图2-1）。这种集中式数据库的优点是能给所有需要在系统中请求专门信息的用户提供存取服务，但同时也存在着下列问题：

- 1) 当大量数据需要存取和处理时，系统的管理不太灵活；
- 2) 查找专门信息数据的检索时间可能很长；
- 3) 这种复杂系统的编程和系统的维护较为困难；
- 4) 大量的数据和信息实际上只对有限的用户有用，没有必要把它建立在很大的数据文件中。

因此，对于数据类型众多而复杂的制造系统，采用集中式数据库是不适宜的。这种类型的数据库比较适用于预测、工资和财务管理领域。

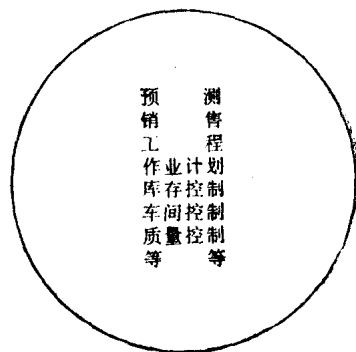


图2-1 集中式数据库

(2) 分布式数据库 为了克服集中式数据库的缺点，在制造系统中开始研究和采用分布式数据库及其管理系统。在分布式数据库系统中，公共数据对于各个用户都是必要的，因而将它们作为主文件存储在中央或公共数据库中。而只为个别使用部门服务的专用数据，可分别保持在使用这些数据的地区数据库中。也就是说，分布式数据库是由公共数据库和地区数据库组成的数据库系统（见图2-2）。

各地区需使用公共数据库中主文件的数据时，通常有两种方式：直接存取或将它们复制并下移至地区库中。在采用第二种方式时，必须采取措施保证文件未经批准不被修改。

2. 数据库的逻辑结构

数据库还能按它的逻辑结构分类。数据库中数据的整体逻辑结构，决定了数据库的类型。所谓数据库的逻辑结构，是指若干文件间或一个文件内若干个记录间的支配和从属关系，一般具有下列三种结构形式：

(1) 线性结构 这是简单的数据结构，所有的数据单元都是独立的，在逻辑上处于同一层次。一般的顺序存取文件就属于线性结构，有时亦可以是无序的。如果线性结构中的数据文件采用的是二维列表方式，这样的数据库称为“关系数据库”。如存放人名、地址及电话号码信息时，就用这种二维列表方式（见表2-1）。

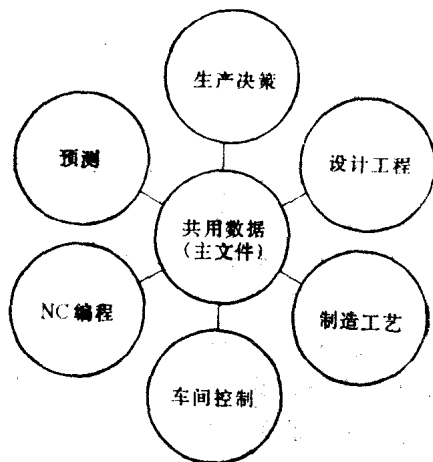


图2-2 分布式数据库

表2-1 列表文件举例

姓 名	住 址	城 市	省	电话号码
赵立国	湖南路12号	南京	江苏	643759
王伟	中山北路51号	武汉	湖北	438516

(2) 树型结构 这是一种分层结构,在这种结构中,记录和记录(或段与段)之间的正关系是“一对多”,逆关系是“一对一”(见图2-3)。在树型结构中,上一层的结点为下一层结点的父结点,下一层结点称为上一层结点的子结点。一个父结点可以有多个子结点,但每个子结点只能有一个父结点。最高层的父结点称为“树根”(或称根结点),最下层的子结点称为“树叶”(或称叶结点),各结点间的连线称为“树枝”。

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

这样的数据结构在机械设计中是常见的。例如一个部件由若干零件装配而成,且每个零件又只属于这个部件,就是一个典型的树型结构数据文件。

对于每一个结点的树枝最多不超过两枝的结构树,不管每个结点的树枝数是否相等,都称为“二叉树”(见图2-4)。二叉树是最简单的树型数据结构,也是使用最为广泛的结构模型。

由树型数据结构建成的数据库称为“层次数据库”。

(3) 网型结构 这种结构中的记录与记录(或段与段)的正关系是“一对多”,逆关系也是“一对多”,或者说是“多对多”的关系模型。

图2-5所示为五个工业机器人与四个抓手之间的数据结构型式,其中抓手A能装在机器人1、2和4上,抓手B与机器人1和3兼容。抓手C用

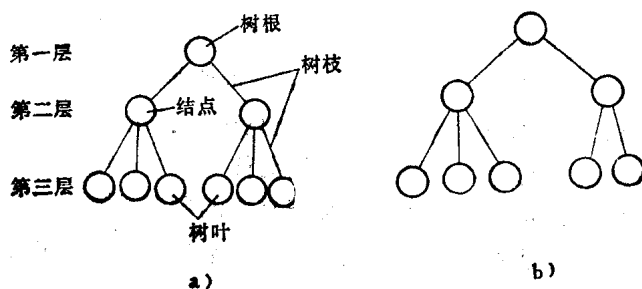


图2-3 数据的树型结构

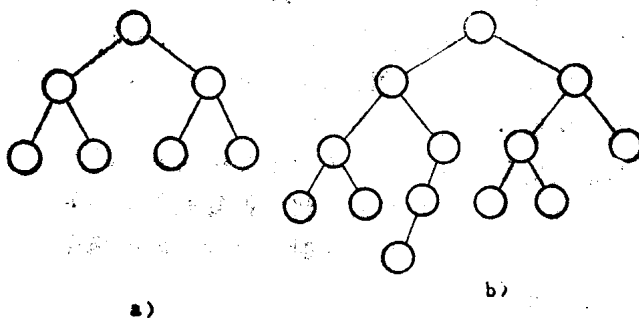


图2-4 数据的二叉树结构

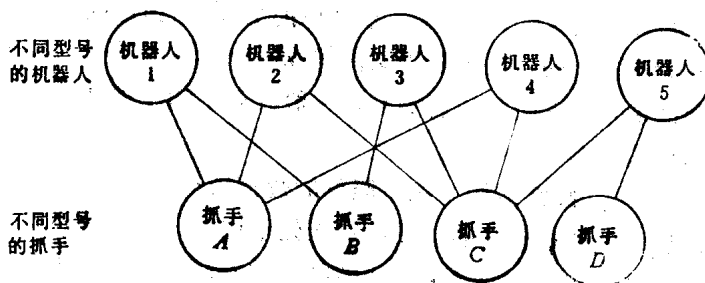


图2-5 网型结构举例

途最多,而抓手D用途最少。抓手A、B、C和D,机器人1、2、3、4和5均为记录,每一个记录均有几个数据事件。以网型结构数据构成的数据库称为“网状数据库”。

数据库的功能与数据的逻辑结构有着密切的关系,直接影响数据库操作时的搜索路径和存取速度。因此,在设计数据的结构模型时,必须仔细考虑搜索路径问题,因为路径一经选定就不能改变了。

五、工程数据库

现有的数据库及其管理系统,大都是面向事务处理的,远不能满足制造系统工程应用的需要。因为在机械制造工程环境下的数据库,除了须满足经营管理中事务处理的需要外,更重要的是必须满足工程设计和制造过程的需要。因此,工程数据库具有下列特点:

1. 数据类型复杂

在工程数据库中,不仅包含标准数据,而且具有几何图形、图象、知识,以及多维向量、矩阵、集合、时间序列、过程模型等复杂数据类型。

2. 面向复杂的工程对象

一个工程实体往往由许多部件和零件组成。而每个部件和零件都有描述它们的属性。因此,工程事件或对象都要用工程数据库中的许多有关的属性来表示。

3. 动态变化的数据类型

在制造过程中,许多信息是随过程变化的动态数据,存放动态数据的数据库称为动态数据库。例如,一个工件按加工顺序通过多个工作站进行加工时,为了对不同阶段的工件进行检测,就要求存储工件随时间变化的动态位置数据。再如,在柔性制造系统中的随行托盘,为了保证获得较高的工件加工精度,必须在数据库中存储各托盘在不同机床上的定位数据。

4. 数据管理的实时性

在工程应用环境下,大量数据的存取和处理要求实时操作,这是工程数据库管理系统必须完成的特殊任务。由于在工程环境下,许多数据随生产环境变化的动态性很大,也将给数据的更新、维护等带来很大的困难。

综上所述,设计一个实用的工程数据库及其管理系统,是一项既重要又复杂的任务。

§2-2 数据库管理系统

现代数据库非常庞大和复杂。为了有效地管理和维护数据库,常需要由数据库管理员负责对数据库进行增删、修改、维护,同时对用户使用数据库进行监督和控制。为此,需要建立一个数据库管理系统(Data Base Management System——DBMS)。

一、数据库管理系统的功能

DBMS是一个复杂的系统,它很象一个操作命令的语言解释器,它要作的工作通常可归纳为如下几方面:

1. 数据库描述

这是数据库定义的功能,或称“数据字典”。它将数据描述语言(Data Description Language——DDL)所描述的各项内容从源形式转换成目标形式存放在数据库中供系统查阅。

2. 数据库管理

它包括控制整个数据库系统的运行, 控制用户的开发性访问, 执行数据的安全、保密、完整检查, 实施对数据检索、插入、删除和修改等操作, 所以也称对数据库的控制功能。

3. 数据库维护

其功能包括: 初始时装入数据库; 运行时记录工作日记、监视数据库性能; 在性能变坏时重新组织数据库; 在用户要求或系统设备变化时修改和更新数据库; 在系统软、硬件发生故障时恢复数据库。

4. 数据通信

负责处理数据流动。这些数据可能来自应用程序、计算机终端或其他系统, 或者在系统运行过程中产生。这些数据可能被调到缓冲区、终端或正在执行的某个进程中去。数据通信工作需与操作系统协同完成。

DBMS实际上是完成上述各项工作的许多系统程序组合成的一个软件包。这个数据库软件包主要是由描述数据结构的DDL, 以及从用户程序中存取和读写数据的数据操作语言(Data Manipulation Language——DML)组成(见图2-6)。

二、数据描述语言

这类语言给出数据的定义, 一个完整的DDL通常由下列三部分组成:

1. 整体逻辑数据描述

又称模式描述 (Schema

Description)。这类描述给

出数据库的逻辑特征, 即各种记录和数据类型, 并说明它们之间的关系。这个描述用户并不知道, 它是由数据库管理员掌握的, 以保证数据库数据的安全和保密。

2. 用户逻辑数据描述

又称子模式描述 (Subschema Description)。它给出一个或多个应用程序需要的数据描述, 是一个用户的文件组织, 往往是用户使用的程序语言(如COBOL、PL/1、FORTRAN等)的扩充。

3. 物理数据描述

由DDL给出数据的物理存储方式, 所以又称存储结构描述语言。它可以给出外存设备的状况、寻址方式和物理块大小等有关信息。

因此, DDL使数据库能够做到:

(1) 数据共享 由数据库管理员先给出数据库的全部定义, 包括数据库中所有的数据元素和关系, 使它成为可供应用共享的公用数据库。

(2) 数据保密 由数据库管理员给出应用程序能访问的数据库范围, 只允许用户访问与其有关的那些数据, 即定义出用户所能使用的子数据库。

(3) 数据与程序的独立 由于应用程序不参与数据的定义, 因此, 在数据库的结构发生变化时, 无需改变应用程序。

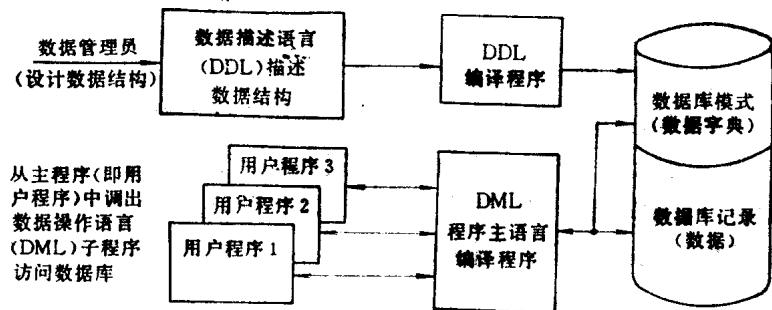


图2-6 DBMS概念示意图