

机械制造中的 CAD/CAM技术

宁汝新 徐弘山 编著



● 北京理工大学出版社

机械制造中的CAD/CAM技术

宁汝新 徐弘山 编著

北京理工大学出版社

(京)新登字149号

内 容 提 要

本书重点介绍CAD/CAM系统发展中的一些关键技术,如产品的计算机内部表示、数据库管理、尺寸公差分析、设计方法、计算机辅助工艺规程制定(CAPP)及专家系统的应用等,从而使读者从发展的观点、从集成化和智能化的角度来学习和研究CAD/CAM技术。为适应不同读者的需要及保证内容的连续性、系统性和完整性,书中还介绍了有关CAD/CAM系统的工作原理、工作方式、软硬件组成、计算机辅助图形处理、计算机辅助工程分析及数控编程等基础知识。

本书可作为高等院校机械设计和机械制造专业本科生及研究生的教材,还可作为从事计算机应用研究的工程技术人员培训教材和参考资料。

机械制造中的CAD/CAM技术

宁汝新 徐弘山 编著

*

北京理工大学出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京地质印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 16.25 印张 399 千字

1991年12月第一版 1991年12月第一次印刷

ISBN 7-81013-454-X/TH·45

印数: 1-5000册 定价: 4.60元

前 言

目前CAD/CAM技术在机械工业中的应用日益广泛。由于CAD/CAM的应用可以大为缩短设计周期,提高设计质量,降低生产成本,因此引进CAD/CAM技术,改造现有企业,已成为对机械工业的一场重要挑战,同时也必将引起机械工业的一场巨大变革。与此同时,随着计算机应用的逐步深入,企业和市场对CAD/CAM系统的要求,尤其是在集成化和智能化方面的要求也越来越高。因此如何引进、使用、开发和研究CAD/CAM系统,使其更好地为我国四个现代化服务,这是摆在我们面前的一个重要任务。为此我们编写了《机械制造中的CAD/CAM技术》这本教材。此教材有如下特点:其一是抓住建模这个关键技术,重点介绍计算机内部表示、建模过程、建模方法,以及几何模型与其它模型的连接,以便实现系统的集成化;其二是力争从发展的观点来讲述CAD/CAM技术,以便发现现有CAD/CAM系统中的问题和不足之处,并不断加以改进和提高;其三是在介绍各种算法、方法时,突出思路和方法的多样性,以便使读者开阔思路,提高分析问题和解决问题的能力;其四是根据多年科研工作中的经验和体会,提出一些看法与同行们共同磋商。

本书第一章至第八章由宁汝新编写,第九章至第十二章由徐弘山编写。主审者为北京航空航天大学朱心雄教授,在此表示感谢。

由于水平所限,时间仓促,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

1990年4月

目 录

第一章 CAD/CAM概述

第一节 CAD/CAM 的基本概念及发展史	(1)
第二节 CAD/CAM 的相关学科及其发展	(2)
第三节 CAD/CAM 系统的应用及其影响	(3)
第四节 CAD/CAM 系统的发展趋势	(7)

第二章 CAD/CAM系统组成及硬件选择

第一节 CAD/CAM 系统组成及工作方式	(9)
第二节 CAD/CAM 系统中硬件的选择及布局形式	(10)
第三节 应用的计算机	(12)
第四节 图形显示器	(13)
第五节 交互装置	(15)
第六节 绘图仪	(17)

第三章 CAD/CAM软件和数据库

第一节 程序语言及程序设计	(20)
第二节 系统软件和应用软件	(21)
第三节 数据库	(24)
第四节 应用软件的工程化和规范化	(33)

第四章 设计过程分析及应用 CAD 技术的可能性

第一节 设计方法学的研究	(35)
第二节 设计过程分析	(36)
第三节 设计类型及 CAD技术的应用	(38)

第五章 几何建模和计算机内部表示

第一节 几何建模	(40)
第二节 几何建模系统的分类	(42)
第三节 三维实体模型中的计算机内部表示方法	(51)
第四节 几何建模中常用的数据结构	(59)
第五节 典型三维实体建模系统简介	(67)
第六节 模型之间的数据交换接口	(73)

第六章 计算机辅助图形处理技术

第一节 图形处理的基本概念	(78)
第二节 图形软件	(79)
第三节 图形生成及变换	(86)
第四节 图形处理中的常用算法	(90)
第五节 产生真实感图形的各种技术	(102)

第七章 计算机辅助工程分析与计算	
第一节 计算机辅助工程分析的重要性	(110)
第二节 常用的工程参数计算	(110)
第三节 几何模型与设计计算及性能分析模型的连接	(114)
第四节 有限元结构分析及网格自动生成	(123)
第五节 最优化设计方法	(129)
第八章 计算机辅助尺寸标注和公差制定	
第一节 CAD系统中的尺寸标注和公差制定	(135)
第二节 实现尺寸自动标注和公差自动设计算法的研究	(139)
第三节 尺寸标注和公差分析模型与几何模型的连接	(146)
第九章 数控自动编程和加工过程的模拟	
第一节 数控自动编程的研究和发展	(150)
第二节 自动编程语言和数控程序系统	(153)
第三节 数控程序的动态模拟系统	(163)
第四节 数控编程与 CAD的连接	(165)
第十章 计算机辅助工艺规程设计	
第一节 工艺设计自动化的重要意义	(169)
第二节 CAPP的发展概况及系统的工作原理	(171)
第三节 派生法 CAPP 系统	(176)
第四节 创成法 CAPP 系统	(186)
第十一章 人工智能技术在CAD/CAM中的应用	
第一节 人工智能和专家系统的基本概念	(205)
第二节 专家系统中的知识表示	(208)
第三节 专家系统在CAD中的应用	(215)
第四节 专家系统在 CAPP 中的应用	(221)
第十二章 计算机集成制造(CIM)系统	
第一节 CIM的提出和发展	(239)
第二节 CIMS 的 体系结构及组成	(240)
第三节 实现 CIM的关键技术	(244)
参考书目	(250)

第一章 CAD/CAM概述

第一节 CAD/CAM的基本概念及发展史

计算机辅助设计和计算机辅助制造简称为CAD和CAM。它们分别是英文 Computer Aided Design和Computer Aided Manufacturing的缩写。这一概念是在50年代末至60年代初由美国麻省理工学院的D. T. Ross发展的APT程序系统的基础上逐步形成的。APT (Automatically Programmed Tools) 语言是通过对刀具轨迹的描述来实现计算机辅助自动数控编程的系统。在发展这一程序系统的同时,人们就提出了一种设想:能否不描述刀具轨迹,而是直接描述被加工工件的尺寸和形状。由此产生了人机协同设计、加工的设想,并开始了计算机图形学的研究。1963年,年仅24岁的麻省理工学院的研究生I. E. Sutherland在美国的计算机联合大会上(SJCC)宣读了他的题为“人机对话图形通讯系统”的博士论文。由他推出的二维SKETCHPAD系统,允许设计者坐在图形显示器前操作光笔和键盘,在荧光屏上显示图形。这一研究成果具有划时代的意义,促进了计算机辅助设计和辅助制造的发展。同年第一个被工业界发展的系统DAC-1 (Design Augmented by Computers)也在通用汽车公司问世,并且IBM公司发展了2250系列的显示装置。这些研究在今天看来是很粗糙和不完善的。尽管如此,它却大大推动了人们对CAD、CAM的关注和兴趣。首先做出响应的是美国的汽车工业,然后英国、日本、意大利等国的汽车公司也开始了实际应用,并逐步扩展到其它部门。

从60年代中期到70年代中期,针对某个特定问题的CAD系统蓬勃发展,出现了主要以自动绘图为目的的配套CAD系统(Turnkey System)。所谓配套CAD系统一般是由16位小型计算机、数字化仪、显示装置、绘图机等硬件组成的,并与软件配套出售的自动绘图系统。使用时操作者就象拧开关那样简单,因此很容易掌握。与此同时,为适应设计和加工任务的要求,三维几何处理软件也相继发展。例如英国的BUILD系统、日本的TIPS-1和GEOMAP系统、美国的CADD系统等相继出现。

自70年代中期以来,计算机的应用日益广泛,几乎深入到生产过程的所有领域,并形成了很多计算机辅助的“岛方案”(Island Schema)。如果不考虑企业行政管理方面的因素,仅集中在生产过程中的这些“岛方案”是:①计算机辅助生产计划与控制(PPS),②计算机辅助产品设计及研究开发(CAD),③计算机辅助工艺规程制定(CAPP),④计算机辅助加工制造及监控(CAM),⑤计算机辅助质量管理(CAQ)。

随着计算机日益广泛、深入的应用,人们很快发现,只有当CAD系统一次性输入的信息能在后续环节(如CAPP、CAM中)一再被应用时才是最经济的。所以人们首先致力于把已经存在的CAD、CAPP、CAM系统通过局部网络连接起来,生成所谓集成的CAD/CAM系统。随着信息技术的不断发展,又有人提出要把企业内部所有分散的“岛方案”集成。这一设想不仅包括生产信息,也包括生产管理所需全部信息,从而构成了一个计算机集成的制造系统(CIMS——Computer Integrated Manufacturing System),其中各方面的概

念划分及关系如图1-1所示。对这些概念的划分不必过分追究，因为受当今技术水平的限制，它们的划分不可能是一成不变的，即其还在动态发展之中。至于CAD系统的生产厂家，他们为了推销产品也免不了了一味鼓吹其产品，因此常把什么都说成为CAD/CAM一体化或CIM系统。此外，前一段时期强调计算机辅助设计、制造方面的应用较多，而对计算机辅助生产管理方面则注意得不够。事实上，这两者应有机地结合在一起，只有这样，才能达到真正提高生产效率的目的。

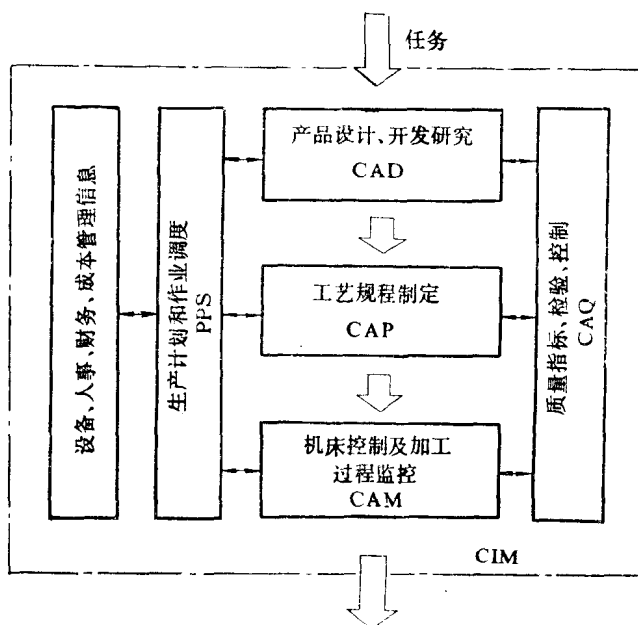


图1-1 CIM系统中的概念划分及关系

第二节 CAD/CAM的相关学科及其发展

一、计算机图学

计算机图学（CG, Computer Graphics）是利用计算机进行图形处理而独立发展起来的并与CAD密切相关的学科。前述的SKETCHPAD系统，与其说是CAD系统，还不如说成CG系统更为合适。

计算机图学除图形处理外，还包括图象技术及动画制作等广泛内容。其中与CAD密切相关的部分主要有三方面：①交互式图形处理技术；②图形数据库；③三维图形处理技术。

二、设计方法学

计算机辅助设计的一个前提条件是设计过程的算法化、格式化。设计过程是一个复杂的过程，包括从方案制定到加工图纸绘制等一系列任务。应该说，仅仅利用计算机辅助绘图和计算，还不能称作为CAD技术。为了使计算机代替人类完成更多的设计活动，必须研究设计过程的规律及设计过程中人脑的思维活动。这个问题解决不了，也就无法实现设计过程的自动化。目前关于设计方法学的研究有很多学派，例如从拓扑学的观点或集论的观点进行研

究：等等。

三、有限元法

有限元法 (FEM, Finite Element Method) 开始时还只应用于航空工程中, 目前随着计算机的发展, 它已广泛应用于汽车、建筑及机械制造等各类行业中, 用来进行应力及变形分析, 传热及温度场分析, 以及压力分布和流量分析等等。由于有限元法本身需要进行大量计算和网格划分, 因此要求大容量计算机和较长的计算时间。最近, 一方面 CAD 系统的容量在不断扩大, 另一方面出现了网格自动生成器, 因此使有限元问题的处理大为简化。

四、自由曲面处理

在 CAM 中最难解决的问题就是自由曲面的数控加工问题。所谓自由曲面是指无法用传统的数学公式描述、处理的曲面。因此必须研究如何根据型值点构造自由曲面, 并进行各种相关的运算。近20年来, 相继研究成功的Coons方法、Bezier方法和B样条方法已成功地解决这方面的问题。

五、计算机网络

计算机网络属于多机系统范畴, 是计算机和通信这两大现代技术相结合的产物。它代表着当前计算机体系结构发展的一个重要方向。在网络发展史上最早出现的是分布在很大地理范围内的远程网络 (Wide Area Network, 简称WAN)。70年代中期, 由于微型计算机的发展及对计算机间进行短距离、高速通信的要求, 局部地区网络 (Local Area Network, 简称LAN) 应运而生。局部网络与远程网络不同, 通常被限制在有限的地理范围内, 例如限于一幢大楼或建筑群内, 通讯的距离只有几公里。除此之外, 它具有较高的数据传输速率, 有的高达每秒50兆位 (50Mb/s)。

随着网络技术和通讯技术的发展, 计算机网络将能实现多台用户计算机连接, 从而更好地实现数据通讯、资源共享和分布数据处理等。

第三节 CAD/CAM 系统的应用及其影响

CAD/CAM 系统的应用日益广泛, 从汽车制造到地质图的绘制, 几乎遍及所有的工业部门。它已成为人类改造社会、改造自然的强有力工具。可以设想, 没有CAD/CAM技术, 宇航工业不会发展到今天这样高的水平。根据论证, 认为 CAD/CAM 的应用主要有四方面的影响: ①CAD/CAM的应用导致了知识的阐述以及主观、个人经验的客观化; ②CAD是设计人员的新工具, 也是设计领域内的流水线; ③CAD/CAM代替了人类的经验活动, 从而可使设计人员、工艺人员从事更多的创造性劳动; ④CAD/CAM提高了企业的适应性和柔性。

CAD/CAM 在机械制造中的应用最广泛, 约占整个系统的 49%。概括起来, 它可完成的任务有: ①拟定方案, ②计算分析, ③绘图, ④编写文件, ⑤模拟和试验, ⑥生产资料准备, ⑦自动加工、装配及控制, ⑧企业数据总结和管理。目前计算机在机械制造业中应用最广泛的有四个方面。

一、计算

计算机是一种计算工具,很自然,首先在计算方面得到应用。在设计工作中常有很多复杂计算,如光学镜头的设计,用传统方法计算焦距需要5个人计算一年的工作量,而用计算机只需1分钟即可完成。可见计算机在设计计算方面的重大作用。

计算程序分为两大类。一类是设计计算,另一类是校验性计算。设计计算应在结构设计之前进行,由它帮助设计人员确定基本几何参数。而验算是在结构设计之后,即有了具体尺寸之后进行。因此一个CAD系统可能有两个计算接口:其一是把经过计算选择的参数输入CAD系统,以便产生几何图形,并通过人机对话进行局部修改、处理;其二是把已经确定的完善的图形输出,并传递给验算程序进行验算。如果验算结果不符合要求,则重新进行设计。由于计算程序与CAD程序可相互交换它们的数据,并不断改进设计,由此提供了优化设计的可能性。

由于对产品性能的要求日益提高,机械制造中计算的比重也在日益增加。目前,关于减速器、液压传动系统、机床零部件以及标准零部件如螺纹、离合器、弹簧、轴承等都有较完善的计算程序。这些工作是计算机在工程设计应用初级阶段中的典型任务,而大部分都是采用批处理方式进行。另外,很多CAD系统都包含了物理特性计算模块,例如体积、重量、重心、表面积及转动惯量的计算等,这为系统进行结构分析提供了方便。

在计算方面最有效的应用是有限元方法与CAD系统的连接。有限元方法是用于复杂零件应力、变形分析的一种精密计算方法。网格划分得越细,计算精度也越高。但网格划分很占时间,约占整个工作量的60~70%。所以根据几何数据自动生成网格具有重大意义。现在很多三维CAD系统都有有限元计算模块,并具有网格自动生成功能。

二、绘图

初次接触CAD的人,往往对计算机辅助绘图的效率及应用的方便性提出疑问,这是由于习惯性的原因。长期以来,人们已习惯于在 1×1.5 m的大图板上工作,所以想到的第一个问题就是:屏幕这么小,怎样进行绘图?实际上计算机内部几乎是一个无界线的大绘图平

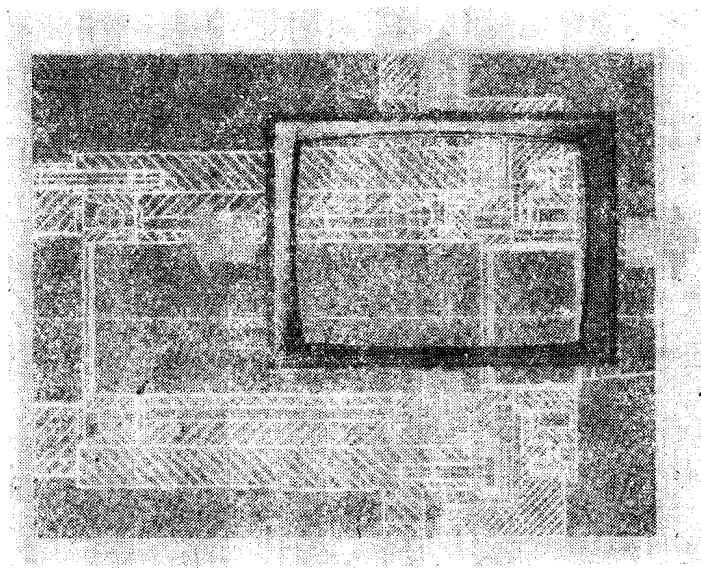


图1-2 窗口功能

面，同时为了加快和便利绘图工作，CAD系统提供了很多功能。

(1) 窗口功能 计算机的显示屏幕本身就是设计人员的窗口。如图1-2所示，绘图员靠移动窗口可完成整个图纸的绘制。

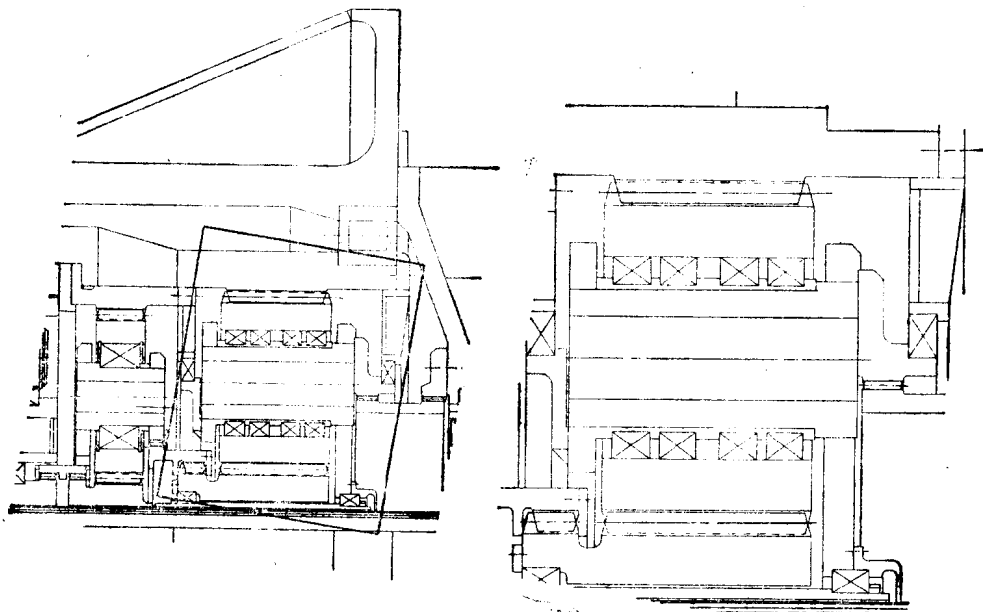


图1-3 变焦功能

(2) 变焦功能 为画出零件图，往往需要将总装配图映入眼帘；为了画出局部细节，也常需要将局部进行放大。为此CAD系统提供了变焦功能。所谓变焦功能，顾名思义，就是通过改变焦距，亦即改变比例来获得装配图或局部放大图的方法，见图1-3所示。

(3) 多层功能 使用者拥有一定数量的处理层（或称处理平面），例如100个或更多。通过多层功能，使用者可将设计过程或绘图过程划分为任意阶段或分组。例如一个图形文件可将总体设计放在第一层，部件设计放在第二层，零件设计放在第三层。这样不仅工作层次分明，而且便于独立存贮和修改，见图1-4所示。

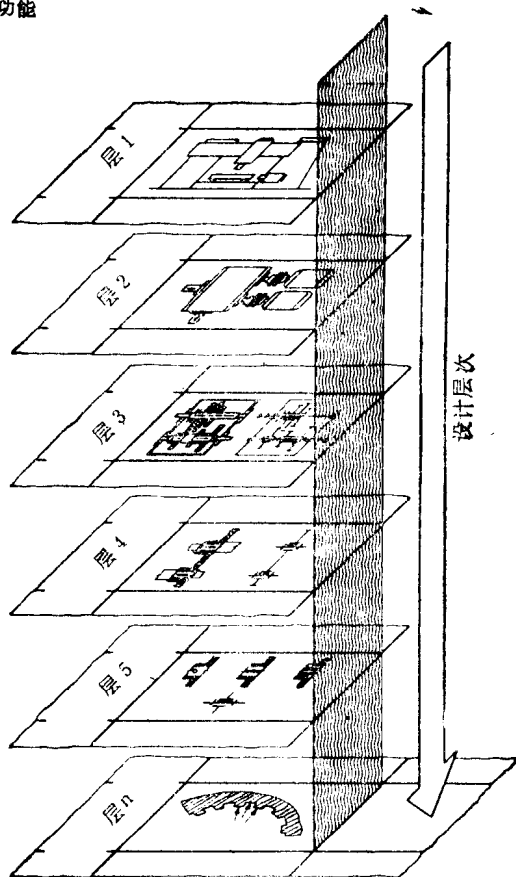


图1-4 多层功能

(4) 引辅助线功能 需要时计算机可自动引设计辅助线或形成具有任意刻度的网格，从而帮助绘图员定位找点。设计完毕后，则可自动消除。

(5) 宏指令 设计中经常出现的几何元素或图形可总结成宏指令的方式存贮。使用时只需通过简单指令或利用光笔在菜单上点一

下,就可调出相应的图形。

(6) 各种图形变换功能 形成的图形可进行局部处理,例如倒角、倒圆等;还可进行一系列变换,例如旋转、平移、比例及映射等。通过这些变换功能,可大为加快绘图速度。

(7) 尺寸标注及文字说明 尺寸标注目前主要通过人机对话方式进行。设计人员只要给出尺寸标注的类型、基准、从什么地方到什么地方,系统就可自动标出尺寸线及书写数字、文字等。

(8) 制定零件明细表 某些系统提供了自动查找、编写零件明细表的功能,并可避免重编、漏编等现象。

(9) 画阴影线及涂色功能 这一功能使三维图形的真实感更强。

目前,计算机在辅助绘图方面的应用已比较成熟。据统计,通过计算机的应用可使绘图的生产率提高3~4倍,个别情况下可高达10~20倍或更多。当然生产率的提高程度与设计零件的复杂程度、重复程度、对称程度以及操作人员的熟练程度等多种因素有关。

三、工艺规程制定和数控编程

工艺规程制定、数控编程以及机器人的脱机编程等都与几何处理密切相关。无论是毛坯的生成,还是刀具、机器人运动的干涉检验都是建立在零件几何信息描述的基础上的。

工艺规程制定的任务是保证在加工中较好的质量和较少的成本。据统计一个产品成本的15%是由工艺规程决定的。目前,工艺规程制定在很大程度上还是依赖于工艺人员的经验,这满足不了现代化生产的需要。因此计算机的高速度、大容量就提供了寻找不同工艺路线,并进行优化的可能性。

数控编程在计算机辅助加工方面应用最多。目前世界上大约有150个数控编程系统在工业中应用,其中大部分是针对车削加工的。因为车削加工最常见,同时对回转体零件的描述也最简单。近几年来,适用于多坐标数控铣床的数控编程系统的应用也日益增多。除数控编

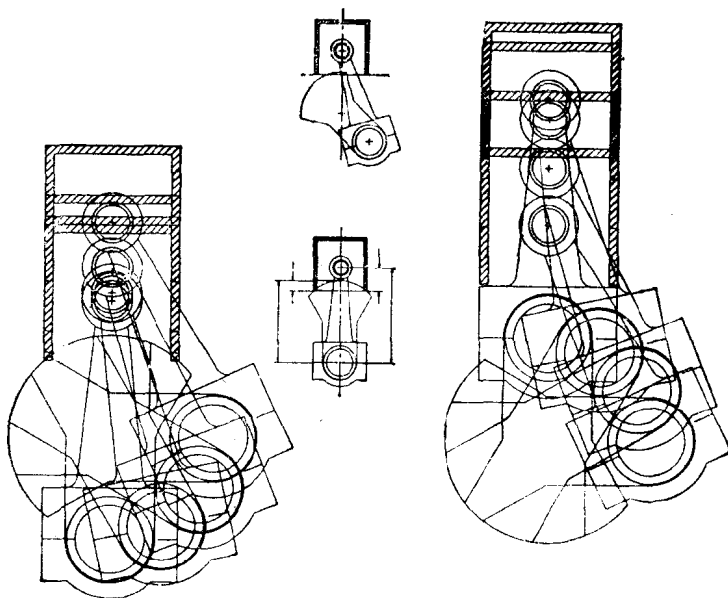


图1-5 运动模拟

程外,利用CNC(Computer Numerical Control)控制,在屏幕上进行动、静态模拟,跟踪刀具运动轨迹,以及检验是否发生干涉现象等也有较多的应用。

四、试验和模拟

产品定型的过程为:构思→设计计算→绘图→生产→出样品→试验→改型→试验……,重复多次,最后定型生产。这一过程一般要持续几个月、几年,甚至几十年。计算机的出现为机械产品的设计革命开创了有利条件,即可实现在荧光屏上边设计、边模拟、边试验及边修改等。

目前计算机在试验模拟方面应用最多的是运动过程的模拟,例如机器人空间运动轨迹的模拟,柔性生产线的配置,以及换刀、运送工件过程的分析等。为了产生一种连续运动的真实感,显示速度应大于25次/s。这样的计算机已在市场上供应。例如IMI500的图形生成速度比VAX780快10倍。图1-5所示为当发动机曲轴角度不断改变时,活塞运动过程的显示。

第四节 CAD/CAM 系统的发展趋势

CAD/CAM 系统继续发展的方向仍是提高使用方便性、柔性、集成性,以及降低成本等。具体地说,有几方面值得注意的发展趋势。

一、产品模型和方法库的研究

几何模型虽然在不断的改进,它不仅包括几何、拓扑信息,也包括了有关表面质量和热处理要求的信息,但这些仍满足不了集成生产系统的要求。为此要求设立一个产品模型(Product Model),产品模型不仅包括与生产过程有关的所有信息,而且在结构上还能清楚表达这些信息之间的关联。因此,产品模型可视为与产品有关的所有数据组成的逻辑单元。

类似产品模型的发展,在程序结构的集成化和柔性化方面的另一个发展方向就是方法库的研究。所谓方法,即计算机运行的程序。它可以是一个子程序,也可以是一个大系统。然而每一种方法都对应着一种功能和应用的边界条件,通过接口以及按分层结构的方法将其互相连接。使用方法库的优点是可选择方法、检索方法,并可减少不同方法之间的数据转换。

二、基于知识的专家系统

产品生成过程是需要建立在大量的知识和经验基础之上的。所谓专家系统就是一个具有大量知识与经验的程序系统。它应用人工智能技术,使计算机代替专家进行推理、判断、模拟人类专家设计的思维过程,从而解决那些以前必须由人类专家决定的复杂问题。因此专家系统的出现,将计算机在设计、制造中的应用推向了一个新的发展阶段。

专家系统存贮的知识来源于很多人类专家长期积累的经验。因此一个成功的专家系统解决问题的能力可以达到甚至于超过人类专家的水平。此外,专家系统具有对选择的方案进行解释的功能。一些应用实例表明,借助于基于知识的专家系统,设计人员可以从中学到本身不具备的知识。

三、CIMS系统

CIMS系统是以企业为对象,借助于计算机和信息技术,使机械制造生产的各部分(从

经营决策、产品开发、生产准备、生产实施到生产经营管理)有机地结合为一个整体,从而达到更高效率、质量、柔性及降低成本的目的。这是未来工厂的奋斗目标,也是信息技术对生产技术的挑战。

CIMS系统的实现不是简单地由现有分散系统的组合,它需要解决一系列理论上、技术上、组织上的问题。这是一场生产技术及生产组织结构的大变革,原有部门之间的界线将要被打破。这里是以制造为基干,形成所谓“物流”和“信息流”的综合。

总之,CIMS是社会、经济、技术发展的必然趋势。90年代面临的是全球性的剧烈竞争,如何在激烈的竞争中求得生存,对所有企业来说要解决的问题是共同的,即:如何加速新产品的研制周期;如何缩短交货时间;如何降低成本;如何提高产品质量;如何压缩在制品;如何增加企业的“柔性”,提高企业对市场变化的适应性,增加企业的活力,等等。为达到这些共同的战略目标,CIMS的研究十分重要,当然这也是一项十分艰巨的任务。未来近10年内的研究目标及生产率和质量相对提高率可如图1-6所示。

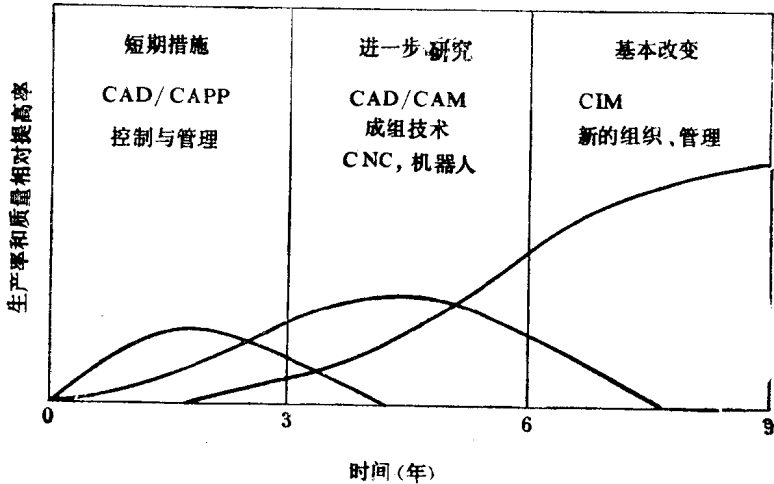


图1-6 生产率和质量相对提高率的时间进程

第二章 CAD/CAM系统组成及硬件选择

第一节 CAD/CAM系统组成及工作方式

所谓系统，这里是指为着一个共同目标组织在一起的相互联系部分的组合。一个完善的CAD/CAM系统应具有下述基本功能：①快速计算和生成图形的能力；②存贮大量程序、信息及快速检索的能力；③人机交互通讯的操作功能；④输入、输出图形及信息的能力。

为了实现这些功能，CAD/CAM系统应由工作人员、硬件和软件三大部分组成。其中电子计算机及其外围设备称为CAD/CAM的硬件系统；操作系统和应用软件称作CAD/CAM的软件系统（图2-1）。

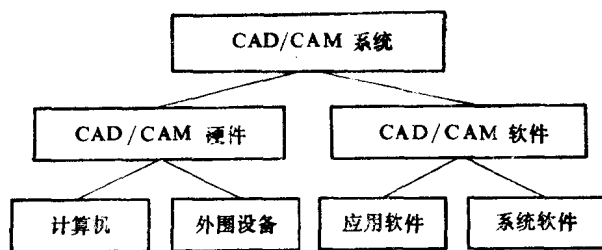


图2-1 CAD/CAM系统组成

工作人员在CAD/CAM系统中起着主导作用。他们通过人机对话的方式或批处理的方式控制和操纵CAD/CAM过程，从而完成诸如计算、绘图、模拟、NC编程等一系列任务。有人将CAD/CAM系统的运行过程与开车过程相比拟，认为汽车是硬件，开车技术是软件，汽车司机就相当于CAD/CAM

系统中的工作人员。要想开好车，司机必须具备有关汽车结构、性能方面的知识和熟练的开车技术。同理，只有把软件、硬件及工作人员融为一体，才能更有效地发挥CAD/CAM系统的功能。

为了将人的创造性和计算机的长处有机地结合起来，人机对话式的CAD/CAM系统广为应用。人机对话型系统也称为人机交互型系统。在这样的系统中，运算的结果以图形或数据的形式快速显示在荧光屏上，供设计者观察和判断，并通过光笔或键盘向计算机发出反馈信息或修改指令。因而这种系统与批处理形式相比具有很大的灵活性，很容易实现设计过程中的局部修改。目前市场上大量出售的CAD/CAM工作站就采用这种工作方式。所谓工作站可定义为工程师与CAD/CAM系统通讯的工具。工作站是由一些设备组成，这些设备的设置和布局随CAD/CAM系统的不同而不同，但工作站最基本的组成部分是图形显示器。

根据软、硬件间的依赖关系，CAD/CAM系统还可分为配套系统和软、硬件柔性系统。在配套系统中，软件和硬件是作为一个整体来出售的，用户不需要再配置或移植软件，形象地说，打开系统的开关即可使用。而软、硬件柔性系统中，软件、硬件是任选的；或者其中一个是固定的，另一个是任选的。这种系统的最大优点是：用户可根据需要自由扩展系统的功能。其中硬件柔性系统也称为混合硬件系统，可采用下述方式配置：①不同制造厂家的不同外围设备；②不同计算机采用相同操作系统；③研究特定的硬件结构，但整体结构中的元件可互换。

第二节 CAD/CAM系统中硬件的选择及布局形式

一、硬件选择原则

CAD/CAM系统中的硬件是指应用的计算机及其所属的外围设备。一个CAD/CAM硬件系统的典型结构如图2-2所示。它由①计算机，②图形终端、字符终端，③绘图机，④打

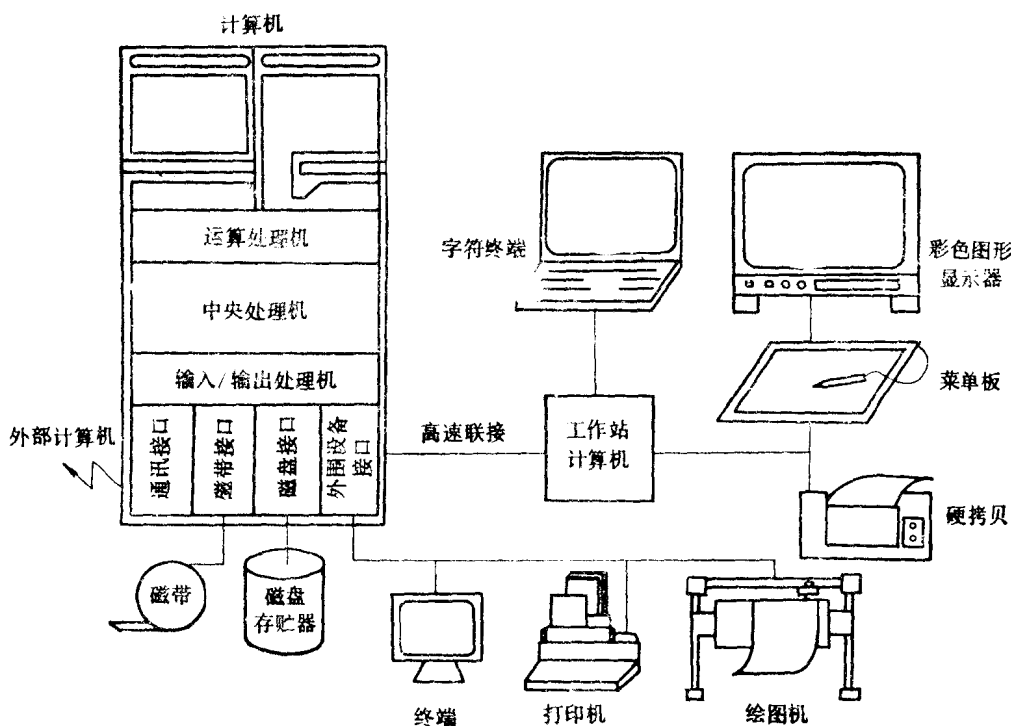


图2-2 CAD/CAM硬件结构

印机，⑤交互装置；等组成。从硬件的观点来说，一个CAD/CAM系统的功能范围取决于它所采用的计算机容量、类型、通讯方式、外围设备的数目、类型及相互关系等。

CAD/CAM硬件系统的选择不仅要适应CAD/CAM技术发展水平，而且要满足它所服务的对象。从应用的观点出发，在选择硬件系统时应特别考虑下述几点：①工作能力，②经济性，③使用方便性，④工作可靠性，⑤维修方便性，⑥标准化程度及可扩充性，⑦工作环境要求，⑧响应时间及处理速度，⑨采用的语言，⑩磁盘容量，等等。

在系统选择过程中，首先碰到的问题是系统规模的确定。系统规模是由要求的工作能力，即图形编辑功能、计算分析功能以及图库和数据库的容量来决定的。一般说，对于规模较大的系统应具有三维几何建模和图形编辑能力；需要一台或几台分析计算能力很强的中央处理机，以满足诸如大型有限元分析、运动模拟分析或其它要求内存容量大、运算速度快的课题需要；其磁盘及外存设备的容量达几十亿字节。对于中等规模的系统要求的图形处理功能是二维或二维半居多；需要一台分析计算较快的中央处理机，以便完成诸如中小型有限元分析或一些计算虽复杂但占内存不大的课题；其磁盘或外存设备容量可控制在十亿字节之

内。较小规模系统的图形处理功能不很高；中央处理机具有一定的分析计算能力；外存容量一般在几千万字节左右；它的主要要求是具有较强的交互操作功能。

根据当前计算机市场的情况，CAD/CAM硬件系统的配置大致有四种类型：①主机系统 (Main Frame System)，②成套系统 (Turnkey System)，③超级微型机 CAD工作站 (Stand Alone CAD W/S)，④个人计算机CAD工作站 (PC CAD)。这四种CAD/CAM硬件系统配置中，除了规模大小的差别之外，其中主机系统主要用于分析计算、数据处理，而超微型机CAD工作站和PC CAD则具有较好的交互功能，且价格低廉。

众所周知，CAD/CAM 硬件系统的投资是很大的，因此在系统选择时应充分考虑分段逐步扩充系统的可能性，例如CPU功能和内存容量扩大的可能性以及中央处理机通道接口扩充的可能性等。通过系统扩充和升级技术的分析，可大大压缩投资规模。尤其对于一些较大规模的系统而言，没有必要一次购买全套的硬件设置。因为计算机技术发展日新月异，设备的闲置将导致设备的贬值和技术上的落后，同时也会降低CAD/CAM系统引进带来的经济效益。

对于硬件柔性系统来说，在选择其组成部分时主要针对经济性和使用方便性，但这两者往往是矛盾的。例如从经济性的观点，人们总是选择容量尽可能小的计算机和简单便宜的外围设备，然而从使用方便性出发，就要求快速计算机和全套现代化的外围设备。

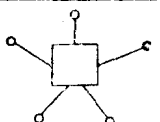
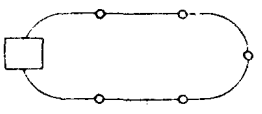
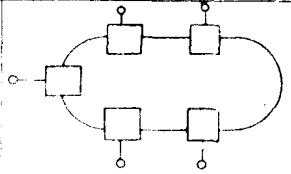
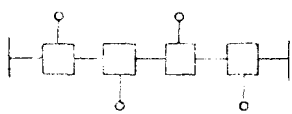
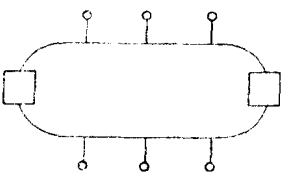
布局形式	结 构	终端数
星 形		10~15
环 形		2~16
循 环		10~100
总线布局		10~100
		10~256

图2-3 布局连接形式