

# 计算机绘图 辅助设计 辅助制造

胡树根 卓守鹏 等编著

CG  
CAD  
CAM

电子科技大学出版社

905429

# 计算机绘图 辅助设计 辅助制造

胡树根 卓守鹏 等编著

本书为浙江大学 CAD & CG 国家重点实验室资助

电子科技大学出版社

• 1993 •

(川)新登字 016 号

计算机绘图 辅助设计 辅助制造

胡树根 卓守鹏 等编著

\*

电子科技大学出版社出版

(中国成都建设北路二段四号)

电子科技大学出版社激光照排中心照排

四川省石油局印刷厂印刷

四川省新华书店经销

\*

开本 787×1092 1/16 印张 17.75 字数 443 千字

版次 1993 年 3 月第一版 印次 1993 年 3 月第一次印刷

印数 1—3000 册

中国标准书号 ISBN 7-81016-469-4/TP·35

定价(压膜) 8.80 元

# 序

自 1962 年美国麻省理工学院 MIT 的 I. E. Sutherland 首次提出计算机图形学 CG 与计算机辅助设计 CAD 以来, CG 与 CAD 逐步形成了一门新兴学科, 得到了迅速的发展, 特别是进入 80 年代后, 在西方工业先进国家信息技术 IT (Information Technology) 以燎原之势席卷了工业生产、交通运输、通讯科学研究及文化教育各个领域, 一场真正的信息革命已经到来, 已经形成的信息产业产生了巨大的经济效益, 促进综合国力的提高。CG/CAD/CAM 是信息技术应用于制造业的重要环节, 对产品的更新换代, 提高产品的技术含量及占领市场起着重要的作用。

《计算机绘图 辅助设计 辅助制造》的作者在长期从事本领域的科研和教学的过程中积累了丰富的经验, 在总结科研、教学成果的基础上编写了本著作。

CG、CAD 及 CAM 技术, 经过 30 年的发展已趋于成熟, 它向着实用化、集成化和智能化的纵深方向发展。作者紧抓住这一趋势, 把 CG、CAD 及 CAM 的理论和经验加以分析验证, 按逻辑思维的规律, 合理地选材及有机地安排各个章节, 分层次地展开其内容, 前后呼应、一气呵成。本著作的特点如下。

## 1. 实用化

CAD/CAM 技术发展的首要趋势是实用化, 作者在力求理论严密和先进的前提下, 十分强调理论与实践相结合。本著作是建立在浙江大学机械系及 CAD & CG 国家重点实验室科研项目的基础上, 其研究成果《机械 CAD/CAM 支撑系统》是通过国家科委评测的全国 17 项自主知识产权的优秀 CAD/CAM 软件之一, 并且已被多家工厂采用, 取得了较好的经济效益。

实用化也体现在整个系统的可靠性、标准化及用户友好。图形数据结构、基于 DBASE Ⅲ 的工程数据库及管理, GKS、PHIGS 等图形标准以及下拉式、弹出式等菜单技术的应用, 增强了系统的实用性, 为 CAD/CAM 技术转化为生产力开创了良好的前景。

## 2. 集成化

CAD/CAM 技术发展的另一趋势是集成化, 经过长期实践, 早期开发的 CAD、CAM 技术往往是各自封闭孤立的, 各系统之间不能实现数据传递与通讯, 严重地妨碍了在工业生产中的应用和推广。

为此, 作者十分重视 CAD/CAM 系统化和集成化的问题, 以信息流、数据流的概念进行系统设计, 采用统一的数据结构, 建立工程数据库, 通过数据交换规范 IGES STEP 保证各模块之间的通讯。必须指出 CAD/CAM 系统集成化进一步提高了系统的实用性。集成化的继续发展可包含市场分析、生产管理、仓库管理、物料调度、机器人等子系统, 最终形成 CIMS 计算机集成制造系统。

## 3. 智能化

当前 CAD/CAM 技术已向学术的纵深发展, 即 CAD 与人工智能技术相结合。设计是具有高度智能的创造性活动, 设计师的思维模型包含形象思维、抽象思维等, 如何用计算机信息技术来描述设计思维模型, 使 CAD 系统具有一定的智能化是一个重要的研究课题, 作者在此也作了初步的尝试, 如二维图形的轮廓识别及零件信息模型的建模, 它包括形状信息、工艺信息、特征信息、尺寸公差信息及管理信息等, 取得了较好的效果。

综观全书，取材新颖，内容丰富，论据严密，有所创新，实践验证，系统运行可靠，使用方便，是本学科领域的一本很有价值的专著。它既适合于各行各业从事 CAD/CAM 工作的工程技术人员，也适合于高等院校的本科生和研究生以及科研机构的工程师和研究人员使用，其出版必将为促进 CG/CAD/CAM 技术的推广应用，加速科学技术转化为生产力的进程，迅速发展高科技信息产业，发展经济，提高综合国力作出贡献。

浙江大学 CAD & CG 国家重点实验室主任

应道宁

1992.7.16

# 前 言

近年来,制造业正经历着一个从大批量生产到批量生产的转变过程。亦即将连续生产同一产品改变为生产批量不同、种类繁多的大量产品,以适应国内外市场迅速变化的要求。这个转变,要求设计、制造、市场等各方面信息的交流必须及时准确。传统的设计与制造手段已经不能完全适应当前技术革命迅速发展的形势,而近几年 CG/CAD/CAM 技术的迅速发展,正在使传统的机械设计和制造方式发生根本性的变化。CG/CAD/CAM 技术是利用计算机辅助设计者设计出产品及从事绘图工作,并通过数控机床加工出所需的合格产品,把计算机运算的快速性、准确性和设计人员的思维、综合分析能力结合起来,从而缩短设计与制造周期,提高设计与加工质量,加速产品的更新换代,提高产品的竞争能力,因而具有显著的经济效益与广阔的发展前景。CAD/CAM 技术已是衡量一个国家工业水平的重要标志之一,也是衡量一个企业技术水平的重要标志之一。CAD/CAM 技术被誉为自电力发明以来最具有生产潜力的工具。

当前工业发达国家已从 CG/CAD/CAM 发展到柔性制造系统 (FMS),进而发展到计算机集成制造系统 (CIMS)。然而 CG/CAD/CAM 技术仍是 CIMS 的基础与核心,是实现自动化集成制造系统不可跨越的技术发展阶段。到了80年代,CG/CAD/CAM 技术已进入了实际应用阶段,在电子、造船、航空、汽车、机械等各领域得到了普遍应用。在“八五”期间,我国重点工科院校中50%的学生将接受 CG/CAD/CAM 技术的基础教育,以加速掌握高新技术的人才的培养,适应 CG/CAD/CAM 技术的发展。

本书旨在为读者提供有关 CG/CAD/CAM 技术专题的系统论述,其中涉及参数式和交互式计算机绘图、数据交换和数据库、优化设计、数控 (NC) 和自由曲面的加工、成组技术 (GT)、计算机辅助工艺规程设计 (CAPP)、计算机集成制造系统 (CIMS) 等。本书的特色之一在于集所有上述专题内容于一卷。本书的第二个特色是书中很多内容与实例都取材于作者多年的科研战果与教学经验,特别是取材于作者不久前在浙江大学 CAD & CG 国家重点实验室和浙江大学机械系完成的具有自主知识产权的“机械 CAD/CAM 支撑系统”,该系统于1992年4月通过国家科委组织的专家评测,成为全国17项具有自主知识产权的优秀 CAD/CAM 支撑软件系统之一。

本书可作为高等工科院校高年级学生和研究生的教材,也可作为工程技术人员更新知识的自修用书或参考文献,还可作为厂长、经理和业务主管部门的领导了解 CG/CAD/CAM 技术的指导书。

本书的撰写得到了浙江大学 CAD & CG 国家重点实验室、浙江大学机械系的大力支持,得到了西安交通大学卢振荣教授、清华大学童秉枢教授、浙江大学周广仁教授和陈芟煦老师的大力支持,谨此表示感谢。在此,特别要感谢浙江大学应道宁教授在百忙中审阅了全稿,提出了具体的意见和有益的建议,并为本书作了序。

参加本书编著的有:胡树根(第一章、第二章、第十一章、第十二章、第十七章、第十八章、第十九章、附录 I),卓守鹏(第三章、第四章、第五章、第六章、第九章、第十

章), 张树有 (第七章、第八章), 严家麟 (第十三章), 徐慧萍 (第十四章、第十五章、第十六章、附录 I)。参加本书编著工作的还有方海宁、楼福芝、金逸峰、李世倜。由胡树根、卓守鹏任主编。方海宁负责部分图例的绘制及全书图稿的描绘。

CG/CAD/CAM 技术还在不断发展, 希望广大读者将使用本书后的意见和信息反馈给我们, 以便总结提高, 改进工作。限于作者水平, 加之时间仓促, 难免出现疏漏和错误, 恳请读者批评指正。

作 者

1992年7月于浙江大学

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
§ 1-1 CG/CAD/CAM 技术概述.....	1
§ 1-2 CG/CAD/CAM 系统的硬件和软件.....	2
§ 1-3 CAD/CAM 系统的集成及其关键技术 .....	6
§ 1-4 CAD/CAM 技术的发展趋势 .....	9
<b>第二章 数据结构与数据库</b> .....	10
§ 2-1 概 述.....	10
§ 2-2 数据结构.....	10
§ 2-3 工程数据管理技术.....	19
<b>第三章 基本图形元素的绘图软件</b> .....	26
§ 3-1 概 述.....	26
§ 3-2 图形软件的基本要求和规定.....	26
§ 3-3 基本图形元素子程序.....	29
§ 3-4 计算机图形标准(Graphics Kernel System) .....	37
<b>第四章 二维图形设计方法</b> .....	40
§ 4-1 概 述.....	40
§ 4-2 基本图形程序设计.....	42
§ 4-3 零件视图的程序设计.....	48
§ 4-4 装配图视图的程序设计.....	52
<b>第五章 图形算法基础</b> .....	55
§ 5-1 交点计算.....	55
§ 5-2 线段的裁剪.....	57
§ 5-3 包含与重叠.....	60
§ 5-4 剖面线与填色.....	63
§ 5-5 二维图形的轮廓识别.....	65
<b>第六章 汉字及符号处理技术</b> .....	68
§ 6-1 概 述.....	68
§ 6-2 汉字及符号信息输入方法.....	70
§ 6-3 矢量汉字及符号生成与编辑.....	71
§ 6-4 汉字调用模块和应用实例.....	80
<b>第七章 标注程序设计</b> .....	83
§ 7-1 概 述.....	83
§ 7-2 尺寸标注统一模型.....	85
§ 7-3 模型化后的尺寸信息.....	86
§ 7-4 尺寸标注.....	87
§ 7-5 字符标注.....	90



§ 7-6	标注文本与图线干涉的自动处理	92
§ 7-7	尺寸的修改	94
§ 7-8	尺寸识别与标注	95
<b>第八章</b>	<b>曲线曲面</b>	<b>98</b>
§ 8-1	Bezier 曲线曲面	98
§ 8-2	B 样条曲线曲面	103
§ 8-3	Coons 曲面	107
§ 8-4	Bezier、B-spline 和 Coons 曲面表达式之间的关系	108
<b>第九章</b>	<b>隐藏线处理与三维立体造型</b>	<b>111</b>
§ 9-1	概 述	111
§ 9-2	凸多面体隐藏线处理	112
§ 9-3	利用棱线的图示规律处理凹多面体的隐藏线	117
§ 9-4	三维立体造型	120
<b>第十章</b>	<b>交互式计算机绘图</b>	<b>126</b>
§ 10-1	基本输入方法	126
§ 10-2	实时输入处理	129
§ 10-3	菜单技术	130
§ 10-4	交互手段与环境	134
§ 10-5	图形修改	136
<b>第十一章</b>	<b>设计资料的程序处理</b>	<b>140</b>
§ 11-1	数表的处理	140
§ 11-2	线图的处理	143
§ 11-3	函数插值	145
§ 11-4	有关数据的处理	149
<b>第十二章</b>	<b>数据交换技术</b>	<b>152</b>
§ 12-1	概 述	152
§ 12-2	常用的计算机图形软件标准	152
§ 12-3	IGES	154
§ 12-4	STEP	159
<b>第十三章</b>	<b>优化设计技术</b>	<b>162</b>
§ 13-1	概 述	162
§ 13-2	常用最优化方法	165
§ 13-3	建立数学模型的技巧	171
§ 13-4	照相机闪光联动机构的优化设计	173
§ 13-5	微型向心球轴承的优化设计	180
<b>第十四章</b>	<b>数控基础知识</b>	<b>187</b>
§ 14-1	概 述	187
§ 14-2	数控原理	188
§ 14-3	数控机床	191

§ 14-4	计算机在数控中的应用	196
<b>第十五章</b>	<b>数控编程</b>	<b>198</b>
§ 15-1	手工编程	198
§ 15-2	自动编程	203
§ 15-3	APT 语言	205
§ 15-4	计算机辅助图形数控自动编程	219
<b>第十六章</b>	<b>自由曲面的加工</b>	<b>220</b>
§ 16-1	概 述	220
§ 16-2	自由曲面的生成	222
§ 16-3	自由曲面的刀具运动轨迹计算	225
§ 16-4	后置处理	231
§ 16-5	举 例	232
<b>第十七章</b>	<b>成组技术</b>	<b>235</b>
§ 17-1	概 述	235
§ 17-2	成组技术加工系统的基本形式	237
§ 17-3	零件的分类和编码	239
§ 17-4	零件分类和编码的典型系统	242
<b>第十八章</b>	<b>计算机辅助工艺过程设计</b>	<b>244</b>
§ 18-1	概 述	244
§ 18-2	派生式 CAPP 系统的原理与设计方法	245
§ 18-3	生成式 CAPP 系统的原理与设计方法	247
§ 18-4	ZD-CAPP1 系统	249
§ 18-5	CAPP 系统的评价及其发展	250
<b>第十九章</b>	<b>计算机集成制造系统</b>	<b>254</b>
§ 19-1	概 述	254
§ 19-2	CIMS 的组成及主要特征	255
§ 19-3	制造系统的类型	256
§ 19-4	CIMS 中的机床	259
§ 19-5	工业机器人	260
§ 19-6	计算机控制系统	262
§ 19-7	CIMS 的效益	265
<b>附录 I</b>	<b>dBASE III 的常用命令</b>	<b>267</b>
<b>附录 II</b>	<b>APT 词汇分类</b>	<b>272</b>
<b>参考文献</b>		<b>275</b>

# 第一章 绪 论

## § 1-1 CG/CAD/CAM 技术概述

近 30 年来,随着计算机技术广泛并迅速发展,计算机绘图(Computer Graphics,简称 CG)、计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称 CAD)与计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing,简称 CAM)新技术发展十分迅速。到 80 年代 CAD/CAM 已进入实际应用阶段,在电子、造船、航空、汽车、机械等各领域均得到了普遍使用。被誉为自电力发明以来最具有生产潜力的工具。

计算机绘图是应用计算机及其图形输入、输出设备,实现图形显示及绘图输出。它建立在图学、应用数学及计算机科学三者结合的基础上,是 CAD/CAM 的基础之一。

计算机辅助设计就是建立起某种模式和算法、支撑及应用软件,使计算机按设计工程师的意图,去进行科学分析和计算,作出判断和选择,最后输出满意的设计结果和生产图纸。它是由设计者向系统输入根据设计要求建立起来的数学模型和设计参数,然后让计算机去检索有关的资料,并根据相应的公式和标准规范进行计算、优化并显示出设计结果;还可以在屏幕上对设计结果进行放大、缩小、旋转、平移等变换,如果用户不满意,还可以对设计图形作出修改、剪裁、拼接等处理,直到获得满意的结果,最后由绘图机输出图样。它把人类的聪明才智和创造能力与计算机的高速运算功能结合起来。

计算机辅助制造是通过直接或间接地把计算机与工厂生产设备联系起来,实现用计算机系统生产的生产的计划、管理、控制及操作的过程。它是应用计算机进行制造信息处理的总称。CAM 主要是针对机械行业或采用机械加工的产品,例如各种机械零件加工,集成电路的光刻和印刷电路板的钻孔等。对于某些行业要实现 CAM 目前还不能做到,如建筑行业尚不能用计算机控制机器自动建造楼房。

计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)是指从设计到制造的整个过程应用计算机进行信息处理的技术。如果将 CAD 看成是产品的规划、结构设计和分析阶段,那么 CAM 将是这种规划方案的具体实施。

根据已有的统计资料表明,应用计算机辅助设计与制造技术,可以提高效率几倍甚至几十倍;它不仅缩短了设计周期,而且提高了设计质量,节约了原材料和提高了产品的一次合格率,加快了产品更新换代的速度。如美国 GM 公司在汽车设计中应用了 CAD/CAM 技术,使汽车设计制造周期由 5 年缩短为 3~4 年;美国波音公司研制波音 727,比英国三叉戟晚两年,由于波音公司采用了 CAD/CAM 技术,结果两种客机同时交付使用;江南造船厂同有关单位合作建立了船舶 CAD/CAM 系统,提高船舶设计能力 30%,并迅速增强了出口船舶的竞争能力。

## § 1-2 CG/CAD/CAM 系统的硬件和软件

CG/CAD/CAM 系统由硬件和软件组成。硬件是 CG/CAD/CAM 系统的基础,软件是它的灵魂。硬件系统是由集中或分布式的处理器、输入设备、输出设备、存储设备和通讯设备组成的。软件系统包括由计算机厂商提供的核心软件(操作系统、编辑、编译、装配等系统)和由用户开发的管理软件、支撑软件和应用软件组成(见图 1-1)。

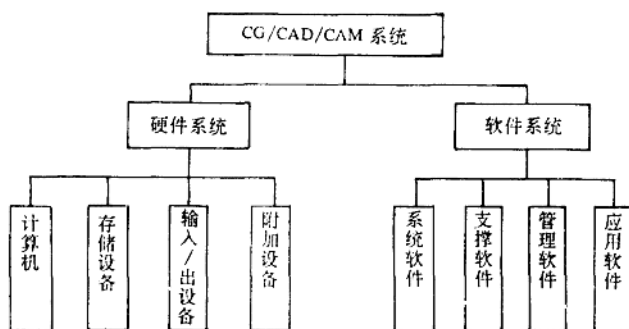


图 1-1 CG/CAD/CAM 系统组成

### 一、CG/CAD/CAM 系统的硬件

CG/CAD/CAM 系统的硬件由计算机、存储设备、输入输出设备和生产的附加设备组成(见图 1-2)。

#### 1. 主 机

主机为计算机简称,一般由中央处理机(CPU)、主存(存储器)及输入输出(I/O)设备组成。它是控制及指挥整个系统并执行实际运算、逻辑分析的装置,也是 CG/CAD/CAM 硬件系统的核心部分。

中央处理机由控制单元和算术逻辑单元(ALU)两部分组成,用于控制系统所有部件的工作并进行数据的算术和逻辑运算。控制单元借助于输入/输出设备来控制外界与计算机之间的信息交流,使其他所有元件相互协调工作,并同步传送计算机各部分之间的信息以及指挥其他部分去执行各自的功能。算术逻辑单元是执行数据的加、减、乘、除、比较之类的算术运算和根据一些程序指令进行数字比较的逻辑操作。控制单元和算术逻辑单元都利用一些能接受、存放和传送数据的寄存器来实现它们的各个功能。

计算机的存储器分为两类:主存储器(内存)和辅助存储器(外存)。主存储器或内存是计算机本身的一部分,并直接与中央处理机(CPU)相连接。存储于这个单元的数据排列成数码形式,易于被传送到算术逻辑单元或送到输入/输出设备以便接受处理。辅助存储器也称外存,程序和数据文件一般不放在内存中,而是放在大容量的辅助存储器中。需要时再将这些程序和数据文件送入内存。外存储器包括磁带存储器、磁盘存储器、硬盘、激光存储器等。

#### 2. 输入/输出设备及附加设备

输入/输出设备在 CG/CAD/CAM 中与主机交换信息,为计算机与外界之间的通讯联系

提供了方便。输入设备将程序和数据读入计算机,通过输入接口将信号翻译成主机能够识别与接受的信号形式,并将信号暂存,直至被送往主存储器或中央处理机为止;输出设备把计算机主机通过程序运算和数据处理送来的结果信息,经输出接口翻译并输出用户所需的结果(如图形),还能把计算机发送的 NC 指令由数控机床、机器人等进行加工、检验、搬运等,制造出设计所需的零件。下面介绍几种常用的输入/输出设备及附加设备。

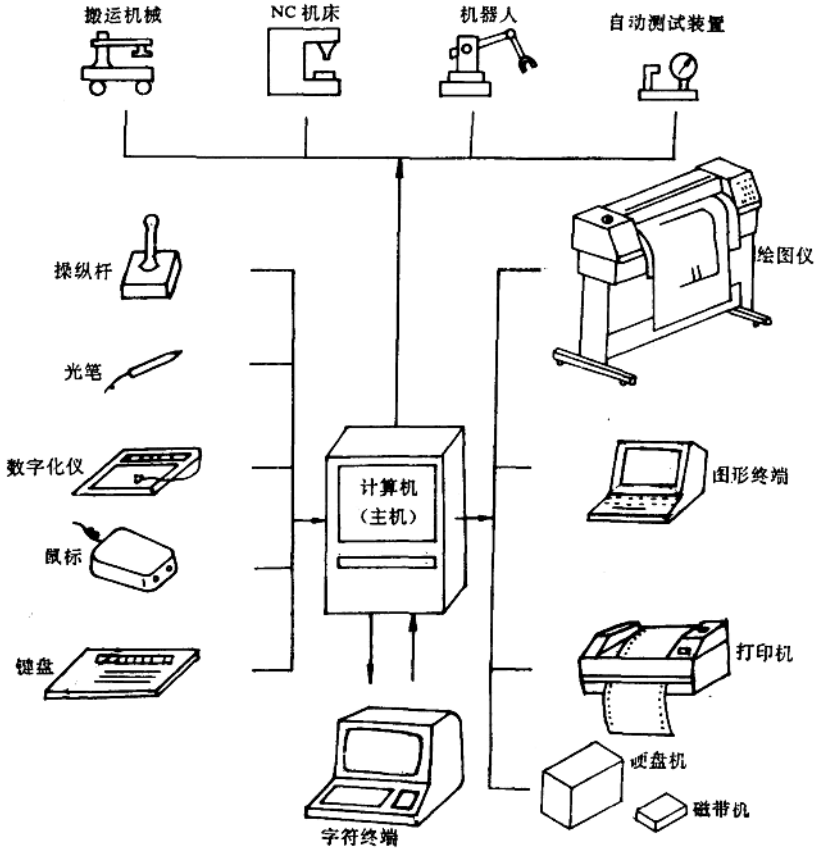


图 1-2 CG/CAD/CAM 系统硬件的构成

(1)字符终端:字符终端是用计算机调试程序的最主要设备。

(2)键盘:键盘可直接与 CPU 通讯,其主要功能是输入程序、参数、相应的命令,也可以用来执行一个程序。

(3)打印机:打印机通过硬拷贝的功能实现人一机联系。它的主要功能是把计算机内的信息(字符、汉字、图形)输出在打印纸上。

(4)图形终端:具有优越的图形显示功能,有黑白与彩色两种。一般由显示器和键盘组成,是 CG/CAD/CAM 中必不可少的核心装置。大多数显示器采用标准的阴极射线管(CRT: Cathode Ray Tube)结构,CRT 的技术指标主要有两条,即分辨率和显示速度。

一个 CRT 在水平和垂直方向能识别出的最大光点数称为分辨率,也可理解为所能识别

的光点的距离,光点也称象素。对于相同尺寸的屏幕,点数越多,距离越小,分辨率越高,显示的图形越精确。高分辨率图形显示器的分辨率可达  $4096 \times 4096$ 。

CRT 显示速度的指标一般用每秒显示矢量线段的条数来表示。显示速度取决于:偏转系统的速度;CRT 矢量发生器的速度;计算机发送显示命令的速度。CRT 采用静电偏转速度快,满屏偏转只需 3 微秒;采用磁偏转速度慢,满屏偏转需 30 微秒。CRT 所用荧光物质的刷新频率为 20~30 帧/秒。

(5)绘图仪:绘图仪有笔式绘图仪、喷墨绘图仪、静电和激光绘图仪。最常用的是笔式绘图仪,常见的有滚筒式和平板式两种。它的功能是把屏幕上产生的各种图形画在绘图纸上,产生工程图纸。

决定绘图仪质量的主要因素是绘图精度和速度。

精度是每一个电脉冲通过驱动电机与传动机构使绘图笔移动的距离,亦称步距或脉冲当量。绘图仪的步距一般为  $0.1 \sim 0.001\text{mm}$ ,  $0.1\text{mm}$  的步距可满足一般绘图要求; $0.005\text{mm}$  的步距可以使人的肉眼觉察不出阶梯状的波动。

绘图速度是以  $\text{m}/\text{min}$  或  $\text{cm}/\text{s}$  来衡量的,一般来说,低档绘图仪的绘图速度为  $3 \sim 10\text{cm}/\text{s}$ ,约  $1.8 \sim 6\text{m}/\text{min}$ ;中档绘图仪为  $6 \sim 36\text{m}/\text{min}$ ;高档绘图仪为  $36 \sim 210\text{m}/\text{min}$ 。

(6)鼠标(Mouse):鼠标器是一种小盒子式装置,将其在控制台上移动即可控制显示器画面的光标位置,实现定位或选择。

(7)操纵杆:操纵杆是一端可以运动(向各个方向摇动)的杆。操纵这种装置,可以将显示器上画面的光标移动到任一需要的位置,实现定位或选择。

(8)数字化仪:它由一块大的光滑的板和一个能够在板的全部表面移动,跟踪现有线条的电子跟踪器组成。当专门的跟踪器(如触笔或游标)在平板上移动时,它能向计算机发送笔尖或游标中心的坐标数据。数字化仪可用于把线条图数字化。用户可以从一个粗略的草图或大的设计图中输入数据,并将图形进行编辑,修改到所需要的精度和详细的结构。数字化仪也可以用于徒手作一个新的设计,随后进行编辑,以得到最后的图形。因为它只限于二维工作,所以对于三维设计,使用数字化仪是不合适的。

(9)NC 机床:NC 机床是由数控系统按照输入的 NC 指令进行控制加工的机床,由工作台、主轴、一些电机和其他必须的控制装置组成。分为输入部分、运算控制部分、伺服控制部分和伺服驱动部分。把输入部分输入的信息经过运算,产生出表示机械的移动距离或速度的脉冲序列。然后,伺服控制部分根据来自运算控制部分脉冲序列确定机械的位置和移动速度,控制以伺服电机为主的伺服驱动部分(伺服控制部分和伺服驱动部分统称为伺服机构)。输入 NC 机床的信息可以是穿孔纸带或软磁盘形式输入,还可以用电缆或光纤直接从计算机送入 NC 控制装置中去。

(10)机器人:机器人是一种计算机控制的可编程操作器或机械手,用来模拟人的动作完成不同的工作。在 CAM 系统中主要进行零件的传送、装配和产品的检查等工作。

### 3. 微机绘图系统

微机绘图系统被我国大多数中小企业所采用,它的基本配置(如图 1-3)由主机(286、386、486 系列微机)、键盘、显示终端、打印机、绘图仪、鼠标或数字化仪所组成。本书的 CG 部分是基于微机绘图系统上的。

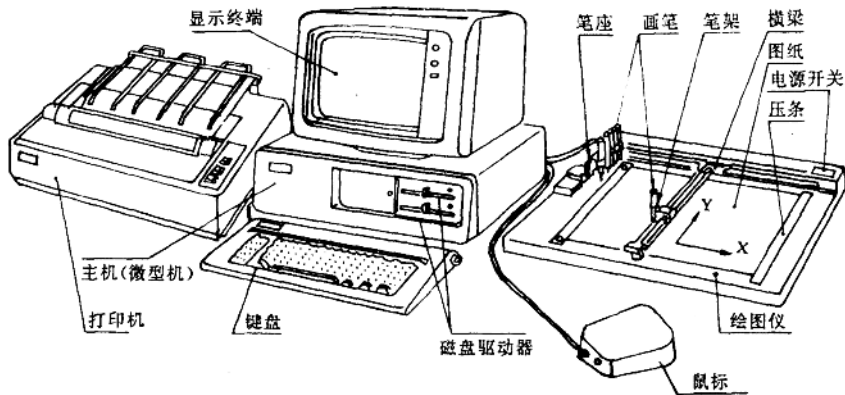


图 1-3 微机绘图系统

## 二、CAD/CAM 系统的软件

CAD/CAM 系统的软件是 CAD/CAM 技术的关键,软件的水平决定了系统效率的高低以及使用的方便程度,所以应该十分重视软件的开发与利用。软件的开发应该有计算机软件人员和专业设计人员的密切配合与合作。只有这样,才能使开发的 CAD/CAM 软件满足设计与制造的需要。

CAD/CAM 软件由系统软件、管理软件、支撑软件、产品应用软件组成(见图 1-1),图 1-4 表示它的产品层次结构。

### 1. 系统软件

系统软件由厂商提供,它应与硬件相配合。计算机如果没有系统软件就不能发挥作用,如 IBM 公司的 DOS 和 MVS, DEC 公司的 VMS, PRIME 公司的 PRMOS,而使用最多的是 UNIX 和 DOS。

### 2. 管理软件

管理软件负责 CAD/CAM 系统中生成各类数据的组织和管理,通常采用数据库管理系统进行管理,它是 CAD/CAM 软件系统的核心。

### 3. 支撑软件

支撑软件是 CAD/CAM 的基础软件,它包括工程绘图、三维实体造型、曲面造型、有限元分析、数控编程、系统运动学与动力学模拟分析等方面的软件。它是以系统软件为基础,用于开发 CAD/CAM 应用软件所必须的通用软件,目前市场上出售的大部分是支撑软件。

### 4. 产品应用软件

产品应用软件是为各个领域开发各类产品 CAD/CAM 工作所必须的。这种软件是各个

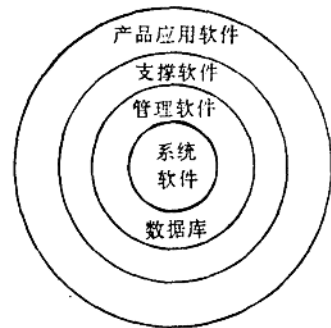


图 1-4 CAD/CAM 系统的层次结构

领域专用的,一般由用户或用户与研究机关在系统软件与支撑软件的基础上联合开发。

### § 1-3 CAD/CAM 系统的集成及其关键技术

#### 一、CAD/CAM 系统的集成

CAD/CAM 各自都有自己的发展过程,最初 CAD 与 CAM 是各自独立发展的,后来才发展为一体化系统,即 CAD/CAM 集成。因为 CAD 系统只能产生工程图纸及有关的技术说明,只有把 CAD 与 CAM 结合成一体,才能进一步提高生产力和加工精度。实现了 CAD 与 CAM 的集成,才能实现设计生产的自动化。图 1-5 为 CAD/CAM 一体化系统实现的模型。

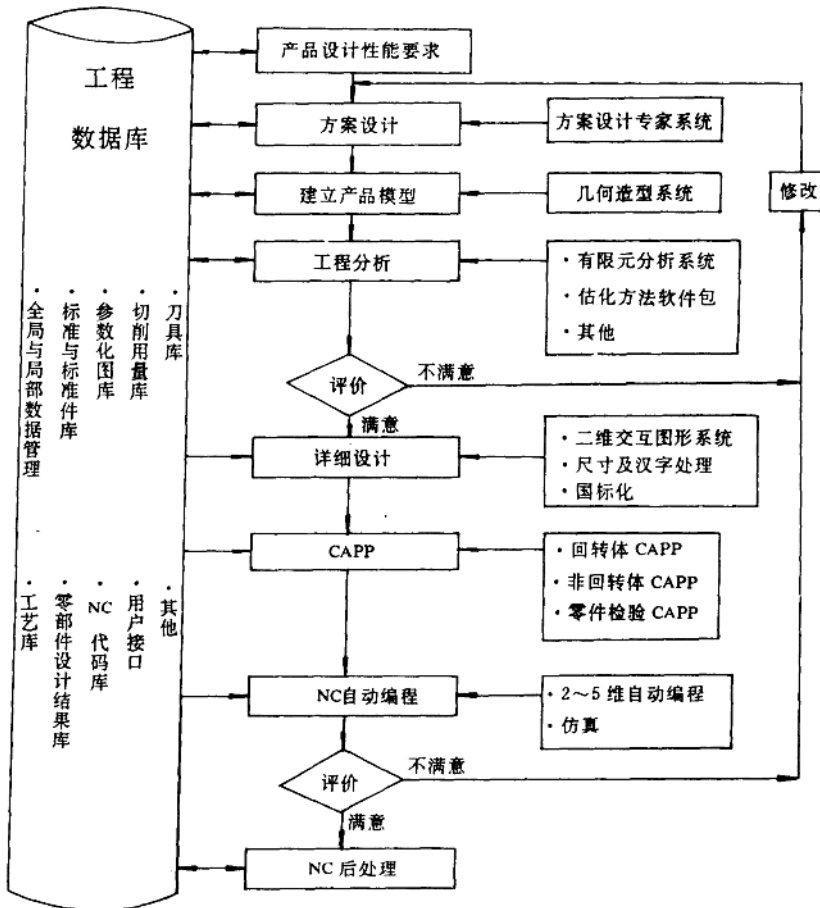


图 1-5 CAD/CAM 一体化系统实现模型

CAD/CAM 集成涉及很多领域:如计算机图形处理、三维产品造型、数据交换、工程数据管理技术、数控(NC)技术、计算机辅助工艺规程设计(CAPP)等。



## 二、CAD/CAM 的关键技术

### 1. 计算机图形处理

在 CAD/CAM 的过程中,人与计算机之间的信息交流是至关重要的,而交流的主要手段之一是计算机图形系统。这是因为图是产品设计与制造中表达信息的主要方式。因而计算机图形处理是 CAD/CAM 的基础与主要组成部分之一。

计算机图形处理技术是借助于计算机,通过程序和算法在图形显示和绘图设备上生成图形,并按给定的指令来改变其内容的数据处理方式。计算机图形处理所涉及的内容有:用户界面管理,二维、三维图形生成,真实感图形显示,图形数据库及其管理,图形软件标准化,图样上汉字与符号的处理,图形变换、消隐、裁剪、拖动以及智能化图形处理技术等。当前计算机生成图样有两种方法,其一是交互式的图形处理方法;其二是参数化方法。在 CAD/CAM 系统中应根据不同的对象选用不同的图形处理方法。

### 2. 三维产品造型

机械产品和工程设计项目都是三维空间的形体。工程师在设计构思时,脑子中勾画的也是三维形体。CAD/CAM 技术中的三维立体造型就是在计算机内建立完整的三维几何模型,准确地记录一个三维形体是由哪些封闭表面所包围,面与面之间又是如何连接的。

三维造型是产品造型的基础,它涉及的问题比较广泛。如形体的定义、布尔运算、欧拉检验公式、建模的各种模型、隐藏面的消除、明暗的阴影效果、数据结构与数据库处理等一系列问题。通常的造型与建模方式有:线框建模、曲面造型、实体造型及最新发展的特征造型。用线架图表示三维几何形状的传统方法已不能满足 CAD/CAM 的要求,因为表示的不唯一性,有可能对所表示的形状产生歧义,并有可能产生不现实形体,此外这种表示不具有实体涵义。只有实体模型才能满足 CAD/CAM 的要求。表示实体模型的方法有:构造实体几何法(CSG)、边界表示法(B-rep)等。三维产品造型系统正是三维造型理论在 CAD/CAM 技术中的应用,采用三维产品造型技术,可以自动计算物体的体积、重量、重心、转动惯量等几何参数;对模型按照一定的规律剖分,可以自动产生有限元的单元结点数据;对于装配、安装工作,可以自动检查相邻部件间有无干涉;数据加工中可以根据零件的表面形状特征自动生成加工走刀轨迹;生产过程中可以用智能机器人识别零件方位,完成装夹、检验、装配等工序;生产管理中可以按零件的设计特点和加工工艺进行典型分类,推行成组技术。因此,它是实现设计自动化、生产智能化、建立 CAD/CAM 集成系统的有力工具。

### 3. 数据交换技术

为了克服已往各种 CAD/CAM 系统之间,甚至各功能模块之间在开发过程中的孤岛现象,统一它们在机内的数据表示格式,使不同系统间、不同模块间的数据交换顺利进行,充分发挥用户应用软件的效益,提高 CAD/CAM 系统的生产率,必须建立各 CAD/CAM 系统软件都应遵守的数据交换规范。目前世界各国使用的规范标准有:IGES, VDA-FS, SET, PDES, STEP 等。它们对于统一数据传递格式,使各环节能顺畅地、自动地进行数据采集作出了应有的贡献。但是问题的复杂性以及 CAD/CAM 的不断发展,依然需要接口的通用性和兼容性。特别是要实现 CAD/CAM 的集成,必须要有可靠的数据交换技术作支持。数据交换是进行 CAD/CAM 集成必须完成的一个重要内容,系统接口的标准化是解决 CAD/CAM 系统间数据交换的根本办法。