

计算机辅助设计 和制造技术

● 孙文焕 主编



● 西北工业大学出版社

计算机辅助设计和制造技术

孙文焕 主编

孙文焕 高光焘 等编著
张铁昌 叶尚辉

西北工业大学出版社

1994年11月 西安

(陕)新登字 009 号

【内容简介】 为了适应我国 CAD/CAM 技术发展的需要,我们编著这本书。书中较全面地介绍了计算机辅助设计和辅助制造技术的基本理论和方法。全书分 3 篇,共 17 章。

第一篇由第一章至第六章组成,较系统地介绍了开发应用 CAD/CAM 技术的基础知识,包括 CAD/CAM 系统开发环境的总体设计与组建原则、CAD/CAM 软件开发基础、交互技术及工程数据库等。

第二篇由第七章至第十二章组成,系统地论述了几何造型的有关理论和方法,包括二维工程图的处理、曲线和曲面设计、实体造型、真实感图形生成、专家系统 CAD 技术及有限元在 CAD 中的应用等。

第三篇由第十三章至第十七章组成,系统地论述了计算机辅助制造方面的基础理论和方法,包括计算机辅助工艺过程设计、数控机床、数控加工与程序编制、CAD/CAPP/CAM 集成和数控测量等。

本书内容丰富,适应面广,不仅可作为高等学校工科大学生和研究生学习“CAD/CAM”技术课程的教材,还可以作为工程技术人员培训和自学的参考书。

计算机辅助设计和制造技术

孙文焕 主编

责任编辑 王夏林

责任校对 享 邑

*

©1994 西北工业大学出版社出版发行

(710072 西安市友谊西路 127 号 电话 4253407)

全国新华书店经销

西北工业大学出版社印刷厂印装

ISBN 7-5612-0676-3/TP·83

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 30.625 字数: 748 千字

1994 年 11 月第 1 版 1994 年 11 月第 1 次印刷

印数: 1—5 000 册 定价: 25.00 元

序

计算机辅助设计和计算机辅助制造(简称 CAD/CAM)技术是当今世界上发展最快的一项技术,特别是近 10 年来由于微电子、几何造型、图形显示和数据处理等技术的飞速发展,把 CAD/CAM 技术推向一个更高的水平。到 80 年代初,CAD/CAM 技术在工业发达的国家已形成了很大的技术和产业规模。该项技术的应用领域正在不断扩大,目前已从军事工业扩展到民用工业部门,从大型企业向中小企业延伸,以适应市场对产品质量和产品更新的要求。

我国的航空和航天及船舶制造工业部门大约从 70 年代就开始研究和应用这项技术。到 80 年代初期应用领域有所扩大,并取得明显的效果,有些部门(或单位)从国外引进成套的 CAD/CAM 设备。但从总体来看,应用领域还只局限于少数工业部门和一些大型企业。

随着改革开放的进一步发展和市场经济的建立,国内外市场的竞争越来越激烈,为适应市场经济和发展形势,80 年代后期,各工业部门普遍重视 CAD/CAM 技术的研究和应用,制订了具体发展规划,而且还向所属的企业提出具体要求,从而促进了广大工程技术人员学习 CAD/CAM 技术的积极性。

CAD/CAM 技术涉及许多学科领域,如计算机科学和工程、计算几何、图形显示与仿真等,体现了现代科学技术的相互渗透。为了使 CAD/CAM 技术在四个现代化建设和国际市场竞争中发挥作用,首先需要提高工程技术人员在 CAD/CAM 方面的素质,并由他们逐步积累应用 CAD/CAM 技术的经验,为普及 CAD/CAM 技术作好技术准备。在工业发达国家,为了满足 CAD/CAM 技术发展和市场竞争所需要的技术人才,除了在高等学校有关专业中开设 CAD/CAM 方面的课程外,还十分重视对从业人员进行 CAD/CAM 技术的培训,其目的就是使他们掌握 CAD/CAM 的基本概念、基础知识和基本方法。因为这部分技术人员都较好地掌握了他们所从事专业的理论并具有一定的设计能力,一旦再掌握了 CAD/CAM 技术,就能在较短的时间内研制出高性能、高质量的产品。为了适应广大工程技术人员学习 CAD/CAM 技术的需要,本书的作者们在总结多年的教学和科研工作的基础上,参考了国外技术发展的状况写成了这本书——《计算机辅助设计和制造技术》。

该书的第一篇是 CAD/CAM 技术的理论基础,如系统结构、CAD/CAM 应用软件设计方法、交互技术和数据结构等。第二篇是讨论 CAD 技术,如几何造型(曲线、曲面设计和实体造型)、真实感图形生成原理、二维工程图的设计、CAD 专家系统和有限元分析等。第三篇是讨论 CAM 技术,如计算机辅助工艺过程设计(CAPP)、数控自动编程系统设计、计算机辅助质量保证和集成制造系统等。

这本书的特点,首先是较全面地介绍了研究和应用 CAD/CAM 技术所需要的基本理论。这些基本理论对从事 CAD/CAM 工作的科技人员是十分重要的。其次,本书实用性强、适用面广,是一本学习、研究和推广应用 CAD/CAM 技术很有价值的参考书。最后,本书的四位作者都是在 CAD/CAM 技术方面长期从事本科生和研究生教学工作和科研工作的教授,治学严谨、观点清楚、学问深厚,其中二位还是博士生导师。

杨 彭 基

1994 年 8 月 12 日

前 言

计算机辅助设计和计算机辅助制造(简称 CAD/CAM)技术是 20 世纪 60 年代兴起的一门新技术,其发展十分迅速,到 80 年代初,在工业发达的国家已形成一个新兴的产业部门。CAD/CAM 技术不断地发展和广泛应用,不仅在于它具有提高设计质量、缩短产品的生产周期等极具吸引力的优点,更为重要的还在于它对社会劳动生产方式有根本性的影响,对传统产业的改造,对新兴技术和产业的兴起与发展,对增强国际竞争能力等方面都会产生巨大的推动作用。所以,CAD/CAM 技术的发展与应用水平已成为衡量一个国家科学技术和工业现代化水平的重要标志之一。

在工业发达国家,为增强市场的竞争能力,CAD/CAM 技术的应用领域已迅速地由军事工业向民用工业延伸,由大型企业向中、小型企业扩展,从根本上改变了传统的生产模式。另外,CAD/CAM 技术还是未来集成化制造系统(CIMS)的技术基础。制造业的能力通常标志着一个国家国防力量的强弱,所以,各国的军事工业部门都十分重视对该技术的研究和应用,这是具有重要的战略意义的。

进入 90 年代,国际市场竞争更加激烈,对 CAD/CAM 技术的需求更为迫切。为此,工业发达的国家和有关工业部门都十分重视对该项技术的开发和应用,并制订了相应的发展计划和要达到的目标,以适应市场竞争的需要。

在我国,随着改革开放和市场经济体系的建立,有关企业为了增强其应变和生存能力,为参与市场的竞争和国际间的合作,发展外向型企业 and 生产,迫切需要使用 CAD/CAM 技术改造现有企业,所以 CAD/CAM 技术的应用前景极为广阔。

我们党和国家领导同志十分重视 CAD/CAM 技术的发展和推广应用。江泽民同志早在 1991 年 4 月对推广应用 CAD 技术的意义作了十分精辟的论述:“计算机辅助设计推动了几乎一切领域的设计革命……”同年秋,国家科委领导同志又指出:要求各行各业不失时机地开展 CAD 应用工程,大力推广普及 CAD 技术,推动设计革命,促进科技进步,提高经济效益,加速实现“八五”计划和十年规划。所以,近年来不少单位和企业根据实际需要拟订推广应用 CAD/CAM 技术的计划,并订购相应的设备,以尽快地使 CAD/CAM 技术在本单位开花结果。

CAD/CAM 技术是属于高科技的范畴,技术复杂,涉及许多学科领域的知识,如计算机科学与工程、计算数学、工程设计方法学、人-机工程、计算机图形显示等技术,以及具体应用工程领域的专业知识。另外,CAD/CAM 技术随着科学技术的发展还不断地向前发展,有许多新的理论和技术需要不断地去探索、研究。根据国内外 CAD/CAM 技术发展过程和经历,为了尽快地发展我国的 CAD/CAM 技术,使它产生更大的社会 and 经济效益,必须尽快地培养一批掌握 CAD/CAM 技术理论和方法的工程技术人员。国外解决这个问题的基本途径是:首先在高等工科院校普遍开设与 CAD/CAM 技术有关的课程,使在读的大学生获得较系统的 CAD/CAM 技术的基本理论和技能,特别是对非计算机专业的工科学生增设计算机和 CAD/CAM 方面的课程;其次是对从业的有关工程技术人员进行 CAD/CAM 技术培训,更新他们的知识,

DJSJ¹⁰/04

增强他们的 CAD/CAM 意识。为此,我们编写了这本书,以适应广大工程技术人员学习该技术的需求,以便于使读者较系统地掌握 CAD/CAM 技术的基本概念、基础知识和方法,了解该技术的特点和发展状况,开阔技术思路,拓宽知识面和改善知识结构,从而为进行 CAD/CAM 技术的研究和应用打下良好的基础。

为了实现上述的目的,在编写前广泛地征求了有关工厂和研究所同志们的意见,确定该书的内容及深广度,在此基础上拟订了编写大纲。为了便于学习,把全书的内容分成 3 篇,共 17 章。

第一篇论述 CAD/CAM 技术理论基础,共 6 章,主要讨论 CAD/CAM 技术的共性问题,包括系统的总体设计、应用软件设计基础、交互技术、数据结构和数据库、图形变换等。

第二篇讨论 CAD 技术,共 6 章,包括几何造型(如曲线、曲面设计和实体造型)、工程图纸的生成、真实感图形生成的原理、计算机辅助设计专家系统和有限元素方法在 CAD 技术中的应用等。

第三篇讨论 CAM 技术,共 5 章,包括计算机辅助工艺过程设计、数控机床、数控加工及程序编制、计算机辅助质量保证和集成化制造系统等。

本书由孙文焕主编,其中第一、三、四、七、九章由孙文焕编写;第五、六、八章由高光焘编写;第十章由叶尚辉编写;第十二章由王茉莉编写;第十三、十四、十五、十六和十七章由张铁昌编写;第二章由孙文焕和范彦斌共同编写;第十一章由叶尚辉和赵克共同编写。

本书由西北工业大学 CAD/CAM 中心蔡青教授主审,在编写和审阅过程中提出了许多宝贵意见。

在编写过程中得到了西北工业大学 CAD/CAM 中心杨彭基教授的悉心指导,他为本书撰写了序言。

在出版印刷过程中得到西北工业大学出版社的大力支持。另外,还有一些同志在本书编写过程中提供了有关材料,在此向他们表示衷心的感谢。由于作者水平所限,书中谬误之处在所难免,如蒙指正,将不胜感谢之至。

编 著 者

1994 年 3 月

目 录

第一篇 计算机辅助设计和辅助制造系统理论基础

第一章 计算机辅助设计和辅助制造系统	3
§ 1-1 概述	3
§ 1-2 CAD/CAM 技术发展简史	4
§ 1-3 CAD/CAM 系统的组成及基本类型	5
§ 1-4 CAD/CAM 作业过程及系统应具备的基本功能	8
§ 1-5 CAD/CAM 系统的硬件	11
§ 1-6 CAD/CAM 系统的软件	28
§ 1-7 工作站	42
第二章 CAD/CAM 应用软件设计基础	52
§ 2-1 概述	52
§ 2-2 CAD/CAM 应用软件设计和程序设计语言	52
§ 2-3 程序设计风格	60
§ 2-4 软件工程基础	63
§ 2-5 计算机辅助软件工程技术	77
§ 2-6 不同 CAD/CAM 系统之间的数据交换与 STEP 标准	84
第三章 CAD/CAM 系统中的交互技术	92
§ 3-1 概述	92
§ 3-2 交互输入设备	92
§ 3-3 交互技术和交互任务	97
§ 3-4 人-机对话的形式和内容	101
§ 3-5 用户界面类型	103
§ 3-6 交互对话设计原则	107
§ 3-7 窗口系统	112
§ 3-8 用户界面管理系统	117
第四章 数据结构	125
§ 4-1 概述	125

§ 4-2 线性表结构·····	127
§ 4-3 数组·····	132
§ 4-4 栈和队列·····	133
§ 4-5 树结构·····	136
§ 4-6 查找与排序·····	142
§ 4-7 几种常用数据结构的程序设计·····	147
第五章 图形变换·····	169
§ 5-1 图形变换的基础知识·····	169
§ 5-2 二维图形变换·····	170
§ 5-3 图形的窗口/视区变换·····	177
§ 5-4 三维图形变换·····	178
§ 5-5 图形的剪取·····	185
§ 5-6 投影和透视变换·····	187
第六章 工程数据库·····	195
§ 6-1 概述·····	195
§ 6-2 基本概念·····	195
§ 6-3 工程数据库的特点·····	201
§ 6-4 开发工程数据库管理系统的途径·····	205
§ 6-5 工程数据库管理系统简介·····	206

第二篇 CAD 技术

第七章 二维机械工程图的设计·····	211
§ 7-1 概述·····	211
§ 7-2 二维基本几何元素的描述及其相互关系·····	212
§ 7-3 二维图形的生成·····	221
§ 7-4 图形尺寸和符号标注·····	231
§ 7-5 二维装配图的设计·····	239
第八章 曲面造型的数学方法·····	242
§ 8-1 概述·····	242
§ 8-2 曲线的微分几何基础·····	242
§ 8-3 曲线外形设计和拟合·····	248
§ 8-4 参数曲面的基本概念·····	266
§ 8-5 曲面外形设计和拟合·····	268

第九章 实体造型	278
§ 9-1 概述.....	278
§ 9-2 实体表示的基本要求.....	278
§ 9-3 实体表示方法.....	279
§ 9-4 正则集合运算.....	299
第十章 真实感图形生成的基本原理与方法	309
§ 10-1 概述	309
§ 10-2 基本光照模型	311
§ 10-3 明暗的匀化处理	317
§ 10-4 透明	320
§ 10-5 阴影	321
§ 10-6 整体光照模型——光线跟踪算法	323
§ 10-7 辐射度方法	329
§ 10-8 纹理	331
§ 10-9 自然景物的模拟	334
§ 10-10 图形反混淆技术简介.....	336
第十一章 计算机辅助设计专家系统	339
§ 11-1 专家系统简介	339
§ 11-2 知识表示	343
§ 11-3 推理方法和控制策略	350
§ 11-4 机械设计专家系统	352
第十二章 有限元素法及其在 CAD/CAM 过程中的应用	360
§ 12-1 有限元技术在 CAD/CAM 集成系统中的作用.....	360
§ 12-2 有限元素法简介	361
§ 12-3 用三角形单元求解平面问题	364
§ 12-4 曲边单元	377
§ 12-5 有限元分析的前置和后置处理	386

第三篇 CAM 技术

第十三章 计算机辅助工艺过程设计	395
§ 13-1 概述	395
§ 13-2 修订式 CAPP 系统	396
§ 13-3 创成式 CAPP 系统	399

第十四章 数控机床	407
§ 14-1 概述	407
§ 14-2 数控系统	410
§ 14-3 数控技术的发展	413
第十五章 数控加工及程序编制	417
§ 15-1 概述	417
§ 15-2 数控加工工艺	418
§ 15-3 数控加工程序内容、指令和程序段格式.....	423
§ 15-4 手工编程	425
§ 15-5 语言编程	430
§ 15-6 图像数控编程	434
§ 15-7 数控加工后置处理	450
第十六章 计算机辅助质量保证系统	453
§ 16-1 概述	453
§ 16-2 质量保证系统的多级计算机系统	455
§ 16-3 数据获取系统	456
§ 16-4 质量保证系统用的测量方法	456
第十七章 CAD/CAPP/CAM 的集成化	466
§ 17-1 概述	466
§ 17-2 CAD/CAPP/CAM 系统的集成环境	467
§ 17-3 集成系统的执行控制	470
§ 17-4 CAD/CAPP/CAM 集成系统中产品零件的定义和造型	472
§ 17-5 加工特征与制造模型	476
§ 17-6 CAD/CAPP/CAM 集成系统逻辑结构	477
参考文献	479

第一篇

计算机辅助设计和辅助制造 系统理论基础

第一章 计算机辅助设计和辅助制造系统

§ 1-1 概 述

计算机辅助设计(CAD——Computer Aided Design)和计算机辅助制造(CAM——Computer Aided Manufacturing),常用CAD/CAM表示。其基本意思是指产品设计和制造技术人员在计算机系统的支持下,根据产品设计和制造流程进行设计与制造的一项技术,也是人类智慧与系统中的硬件和软件功能巧妙的结合。然而,如果用途不同,则CAD/CAM系统中的硬件和软件的配置与组织也是不一样的,这才能有效地用于某类工程或产品的设计与制造的全过程,即包括方案设计、总体设计和零部件设计以及加工和装配。由于CAD/CAM技术还在不断发展,而且,不同领域对CAD/CAM技术的应用程度也有所不同,所以,目前对CAD/CAM技术的含义的理解也略有差异。可以预料,随着计算机技术的发展,CAD/CAM技术帮助技术人员完成产品设计和制造的范围将不断扩大和完善,对其含义的理解将会逐渐接近一致。

CAD/CAM技术本身是一项综合性的、技术复杂的系统工程,涉及许多学科领域,如计算机科学和工程、计算数学、几何造型、计算机图形显示、数据结构和数据库,仿真、数控、机器人和人工智能学科和技术以及与产品设计和制造有关的专业知识等。CAD/CAM技术具有自己的特点和发展规律,而且,随着电子科学技术的发展将不断地向前发展,需要人们不断地去探索和研究,使其更加完善。

当今,CAD/CAM技术的优点已为越来越多的人所共识。1985年,一位美国制造业专家W. H. Slatterback曾经预言,从1985年到2000年中,美国的制造业面临的变化将比本世纪前75年的变化要大得多,其根本原因是CAD/CAM技术的应用。目前,在工业发达的国家中,不仅将CAD/CAM技术广泛用于宇航、电子和机械制造等工程和产品生产领域,而且逐渐发展到服装、装饰、家具和制鞋等领域。另外,该技术是计算机集成化制造系统——CIMS的技术基础之一,所以,当今世界上许多国家与有关工业部门都十分重视对该技术的投资。

总之,CAD/CAM技术的普及应用不仅对传统产业的改造、新兴产业的发展、劳动生产率的提高、材料消耗的降低、国际竞争能力的增强均有巨大的带动作用,而且CAD/CAM技术及其应用水平正成为衡量一个国家科学技术现代化和工业现代化水平的重要标志之一。

我国大力推广应用CAD/CAM技术,是科研单位提高自主研发能力、企业提高应变能力和提高劳动生产率的重要条件,是促使传统技术发生革命性变化的重要手段,是缩短与发达国家的差距,把国民经济搞上去,实现社会主义现代化建设目标的重要措施,是一项刻不容缓的战略任务。为此,进入90年代后,我国的科学技术和工业部门都先后订出了发展和推广应用CAD/CAM技术的计划,并对所属部门提出了具体要求。所以,推广应用CAD/CAM技术的范围将不断扩大。对于一个具体的单位,要推广应用CAD/CAM技术,除了要有必要的技术人员外,就是如何根据本单位的特点和条件建立起实用的CAD/CAM系统,而且随着技术的发展,该系统应具有升档的能力。所以,本章着重介绍CAD/CAM系统的组成原理和基本要求

以及如何根据具体条件组建一个实用的 CAD/CAM 系统。

§ 1-2 CAD/CAM 技术发展简史

不管是产品还是工程设计,最后都要生成符合要求的工程图纸,或数控加工等信息,而且在设计过程中的各个阶段要以图形显示出各阶段的设计结果。所以,计算机图形学和图形显示技术是 CAD/CAM 技术的重要基础之一。也就是说,CAD/CAM 技术的发展是与它们的发展密切相关。为了输出工程图纸,绘图机是输出设备之一。

40 年代计算机问世,直至 50 年代中期计算机的使用尚不普遍,而且主要是用于科学计算。当时,尽管在计算机系统中已经开始配制了图形显示器,但由于计算机图形学的理论还没有形成,而且当时显示器的性能较差,所以,尚未具备人-机交互功能。如美国麻省理工学院的旋风号计算机(Whirlwind)就是这样的系统。但到了 50 年代末期,美国麻省理工学院林肯实验室研制的空中防御系统(SAGE)就能将雷达的信号转换为显示器上的图形,操作者可以用光笔(Light Pen)指向显示屏上的目标(图形)来拾取所需要的信息,这种功能的出现预示着交互图形生成技术的诞生。

1963 年,美国麻省理工学院的 I. E. 萨瑟兰德(I. E. Sutherland)在他发表的博士论文中提出了 SKETCHPAD 系统。在该系统中用的计算机是 TX2,可以用光笔在图形显示器上实现选择、定位等交互功能。而且,计算机可根据光笔指定的点画出直线,或者当用光笔指定圆心或半径后画出圆等。另外该系统对符号和图案的存贮采用分层的数据结构。即一幅完整的较复杂的图形可以通过分层调用各有关子图来合成。尽管该系统还是较原始的,但这些基本理论和技术至今仍是 CAD/CAM 技术的基础,十分有用。所以,I. E. 萨瑟兰德的 SKETCHPAD 系统被公认为对交互式图形生成和显示技术的发展奠定了基础。

交互式图形生成技术的出现,促使了 CAD/CAM 技术的迅速发展。60 年代中期后,美国的一些大公司都十分重视这一技术,并投入相当资金对 CAD/CAM 技术进行研究和开发,研制了一些 CAD 系统。如 IBM 公司的 SMS、SLT/MST 设计自动化系统和洛克希德公司研制的主要用于二维绘图的 CADAM 系统。美国通用汽车公司为设计汽车车身和外形而开发的 CAD-1 系统,该系统是在大型计算机上运行的,成为该公司设计小轿车和卡车的必不可少的工具。在此期间,美国的 CDC 公司也开发了作为商品销售的 Digigraphic CAD 系统。这一时期的 CAD/CAM 系统的特点是:规模庞大,价格昂贵。所以,只有经济实力雄厚和技术力量较强的大型企业和研究单位才能研究和应用 CAD/CAM 技术。

从 60 年代末期至 70 年代中期,CAD/CAM 技术的发展较快,已有商品化的硬件和软件。由于在这一时期计算机硬件的性能价格比不断改善,主要特点是图形输入板,大容量的磁盘存储器 and 廉价的存贮管显示器等相继出现,以及数据库管理系统等软件的开发等。以小型和超级小型计算机为主机的 CAD/CAM 系统进入市场并形成主流。接着出现了一批专门经营 CAD/CAM 系统硬件和软件的公司,如:Computer Vision, Intergraph, Calma, Applicon 等。这些 CAD/CAM 系统的特点是硬件和软件配套齐全,因此人们称它为“交钥匙”系统(Turnkey System),或称“一揽子”系统。与大型计算机 CAD/CAM 系统相比,其价格相对便宜,使用和维护也相对简单一些,这也是 CAD/CAM 技术得到进一步发展和扩大应用范围的原因之一。在这一时期内,CAD/CAM 系统的应用领域主要集中于航空、电子和机械工业部门,同时对三维

几何造型技术也开始进行研究。

70年代末以后,32位工作站和微型计算机的出现对CAD/CAM技术的发展起了极大的推动作用。32位工作站是属单用户的计算机系统,具有较高的响应速度,它特别适用于CAD/CAM系统。而且,32位工作站之间可用联网,以达共享系统内的资源和发挥各台计算机的特点。因此,可以根据工作需要和经济条件以及CAD/CAM技术的发展等逐步投资,逐步发展和扩大CAD/CAM系统的功能与规模。

80年代中期后,这种以工作站为基础的CAD/CAM系统发展很快,其功能达到甚至超过小型机CAD/CAM系统。可以预见,这种系统将成为CAD/CAM系统的主流。这种系统的制造厂商只提供硬件和系统软件,而应用软件则由其它专门开发软件的公司研制和销售。近年来在我国市场上销售这类产品的公司有IBM公司、HP公司、SUN公司、DEC公司、SGI公司等,产品的种类很多,各有特点。

由于微型计算机的性能和价格比的提高,目前以PC386、486为主机的CAD/CAM系统不断增加。该系统的特点是容量小、处理速度慢,但价格十分便宜,应用软件丰富,便于学习和维护。另外还可以进入网络系统共享资源,并可代替工作站完成一部分CAD/CAM作业,很适合中、小企业和刚开始应用CAD/CAM技术的单位。

我国在CAD/CAM技术方面的研究始于70年代中期,当时主要是研究开发二维绘图软件,并利用绘图机输出二维图形,主要研究单位是高等学校。航空和造船工业是应用CAD/CAM技术较早的部门。80年代初,有些大型企业和设计院成套地引进CAD/CAM系统(主要是Turnkey System)。在此基础上进行开发和应用,取得一定的成果。随着改革开放和发展商品经济的需要,在80年代中后期,我国的CAD/CAM技术有了较大的发展,而且CAD/CAM技术的优点被越来越多的人所注意。进入90年代后,各工业部门普遍提出了开发应用CAD/CAM技术的计划,主要表现在以下几个主要方面:部分单位已较好地应用CAD/CAM技术,提高设计质量,取得了经济效益;CAD/CAM技术已成为进行设计制造工作中不可缺少的条件;一批高等院校和研究所对CAD/CAM技术的理论和软件开发进行了大量的研究,并取得了成果(如清华大学、浙江大学、西北工业大学,北京航空航天大学,中科院计算所等)。进入90年代后,国家科委、各工业部门都十分重视CAD/CAM技术的发展,并有计划、有步骤地在全国各地建立CAD/CAM培训基地,对有关人员进行CAD/CAM技术方面的培训,以提高有关人员的CAD/CAM素质。与此同时,有些工业部门还对所属单位提出应用CAD/CAM技术的具体要求。预计在90年代,我国的CAD/CAM技术将有一个较大的发展和提高,有可能形成一个新兴的产业——CAD/CAM系统硬件和软件的研究及生产。

§ 1-3 CAD/CAM系统的组成及基本类型

一般讲,一个CAD/CAM系统是由一系列必要的硬件和软件组成的,如图1-1所示。根据系统的要求,硬、软件的配置可能有所不同。而最低的硬、软件配置,以满足系统的基本功能为目标。系统软件和硬件组成,基本如图1-2和图1-3所示,但对某一具体系统可能有些差异。

由于使用要求不同,CAD/CAM系统的基本配置也有所不同。CAD/CAM系统的类型可按系统的功能分,也可按系统的硬件配置分。按系统的功能一般可分为通用型CAD/CAM系

统和专用的 CAD/CAM 系统。通用型 CAD/CAM 系统功能适应范围很广,其硬件和软件配置也比较丰富。而专用 CAD/CAM 系统是为了实现某种特殊功能的系统,其硬、软件配置相对简单,但要符合特殊功能的要求。

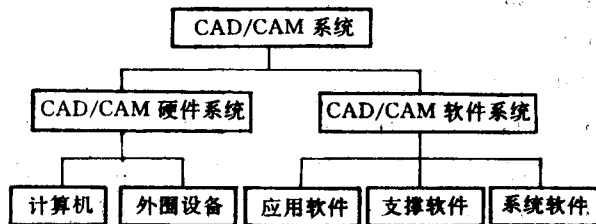


图 1-1 CAD/CAM 系统的基本结构

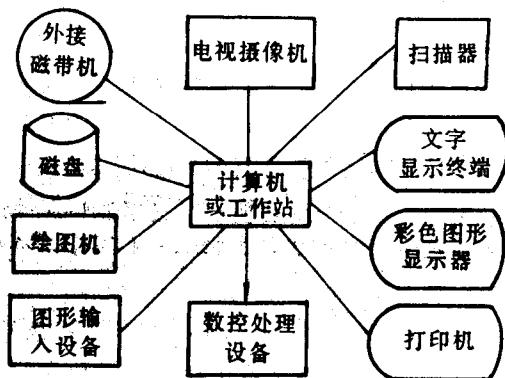


图 1-2 CAD/CAM 系统硬件配置

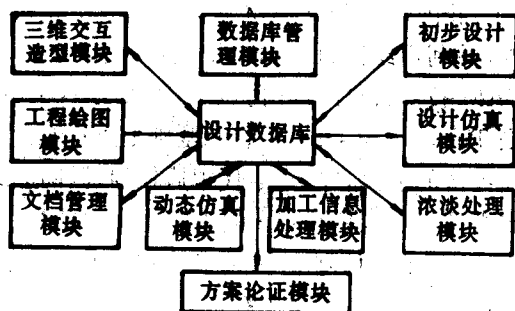


图 1-3 CAD/CAM 系统软件配置

按组成 CAD/CAM 系统所用的计算机类型不同一般可分成四类。

一、大型机 CAD/CAM 系统

顾名思义,该系统一般是采用具有大容量的存贮器(IBM3090E 系列的内存达 256MB)和极强计算功能的大型通用计算机为主机,一台计算机可以连接几十至几百个图形终端和字符终端及其他图形输入和输出设备。主要优点:① 系统具有一个大型的数据库,可以对整个系统的数据实行综合管理和维护;② 计算速度极快。主要缺点:① 如果 CPU 失效,则整个用户都不能工作;② 由于计算机数据库处于中央位置,计算机数据容易被破坏;③ 终端距离不能太远;④ 随着计算机的总负荷增加,系统的响应速度将降低。这种现象在三维造型和复杂有限元分析时尤为突出。

该系统一般都用在大型的飞机制造和船舶制造等公司。系统的成本很高,一般中小企业不可能承受。有代表性的主机如 DEC 公司的 VAX8800 和 VAX9000 系列; IBM 公司的 IBM 43××、30×× 和 3090E 系列等大型机等,系统的应用软件主要有美国洛克希德公司的 CADAM 和麦道公司的 UG I 及法国达索公司的 CATIA 等。

二、小型机 CAD/CAM 系统

生产、制造这类系统的厂商很多,如美国的 CV, Intergraph, Calma, Applicon, Autotrol, Unigraphics 等公司。在它们中间生产的产品大致可分为两种类型。CV 公司生产的是属于全封闭的系统。该公司曾投入了大量的人力和物力进行硬件和软件的开发。CADDS 4 系统就是一个典型代表。当时,这类产品在世界上的销售量相当大。另外一些厂商,如 Intergraph, Applicon, Unigraphics, Calma 等公司,它们采用了与 CV 公司完全不同的策略,即选择通用的计算机,如 VAX 和 Micro-VAX 等计算机作为系统的硬件环境,有时它们也自己研制和生产一些专用的图形处理设备和高性能的图形显示器。这类系统的优点是软件的移植性较好,用户有较大的主动权,而且软件的研制者不必在硬件生产上分散精力。后来 CV 公司也逐步改变了自己的策略,逐渐向具有兼容性的硬件环境方向发展。

通过使用,人们逐渐发现了这类小型机系统有一定的局限性。如系统的计算能力差,它的扩充能力也受限制等。而且不同系统之间的数据存贮格式不相同,影响不同系统之间的数据交换。80 年代中期,由于分布式工作站的问世和异种机之间联网技术的发展,促进了这种独立(孤立)系统向开放式系统发展,而系统使用的软件也逐步向工业标准方向靠拢。从目前来看,这种类型的 CAD/CAM 系统将越来越少。

当前,在我国使用 DEC 公司生产的 VAX 系列计算机较多,且国内已能生产某种 VAX 系列的兼容机,并对其操作系统 MVS 等方面做了一些汉化的工作。

三、工作站组成的 CAD/CAM 系统

80 年代初期以后,32 位的工作站问世。以工作站为基础的 CAD/CAM 系统与分时系统的小型机 CAD/CAM 系统不同,一台工作站只能一人使用,并且具有联网功能。其处理速度很快,一般都赶上或超过了过去的小型 and 中型计算机的速度,如 Sun Sparc 系列工作站的 CPU 处理速度已达到 28.5 MIPS^①,它比 IBM 4381 和 VAX780 小型机的处理速度高几倍到几十倍。当前某些高档工作站的处理速度更高,它已达到甚至超过小巨机的水平。这类工作站一般都采用 RISC^② 技术和开放系统的设计原则,用 UNIX 作为它们的操作系统。

目前,生产工作站产品的厂商和主要产品参看 § 1-8。

四、PC 微机组成的 CAD/CAM 系统

随着微机性能的不断提高,价格的不断下降,以 PC 机组成的 CAD/CAM 系统近年来不断增多。由于 Intel 公司以 80286, 80386 芯片取代了原来的芯片后,使得微机的运行速度大大提高,而且内存容量也不断扩大,图形显示器分辨率已达到 1024×768 ,彩色位面数也增加。以 386(配上浮点运算器)或 486 微机为基础,配上相应的软件与图形输入输出设备,就可组成一套微机 CAD/CAM 系统,如图 1-4 所示。由于微机的价格不断下降,现在有 6-8 万元人民币就可组成一套微机(386 或 486)CAD/CAM 系统。

目前以 PC 微机为主处理机的 CAD/CAM 系统除用于进行二维拼图、绘图以外,还能做三维几何造型和有限元分析计算等工作。而目前在微机上运行的软件主要是 Auto CAD 和

① MIPS——Million of Instructions per Second,它是指计算机 CPU 处理速度为百万指令数每秒。

② RISC——Reduced Instruction Set Computer,称为精简指令集计算机(请参阅参考文献[10])。