

18
Computer
Aided Design

计算机辅助设计

基本原理与系统结构

J. 恩卡纳考
(联邦德国)

E. G. 施莱奇坦达尔 原著

科学普及出版社

计算机辅助设计

——基本原理与系统结构

J. 恩卡纳考
(联邦德国) E.G. 施莱奇坦达尔 原著

胡骧代 赵一义 徐秀珍 张帆
张洪康 尹耀祥 陈刚 刘长毅 译
吴志革 黄干保 付宝玉 校

科学普及出版社

内 容 提 要

本书是联邦德国著名计算机辅助设计(CAD)专家J.恩卡纳考和E.G.施莱奇坦达尔的一本重要著作。本书主要内容介绍CAD的基本知识,包括系统结构、计算机接口、CAD应用的数据库、主机、用于制图的计算机图形学、图和数据显示、CAD和数学方法之间的相互关系、模拟和优化。经济、人机工程和社会应用等方面也有详细介绍。

本书可供工程技术人员、大专院校师生等方面人员阅读。

计算机辅助设计——基本原理与系统结构

[联邦德国] J.恩卡纳考 原著
E.G.施莱奇坦达尔

胡贻代 赵一义 徐秀珍 张帆 译
张洪康 尹耀祥 陈刚 刘长毅

吴志革 黄干保 付宝玉 校

责任编辑 刘长毅 朱桂兰

封面设计 张帆

科学普及出版社出版(北京海淀区魏公村白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京顺义振华印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米1/16 印张: 16 $\frac{1}{4}$ 插页: 字数: 374千字

1988年11月第1版 1988年11月第1次印刷

印数: 1—3000册 定价: 6.00元

ISBN7-110-00812-9/TP.17

目 录

| | |
|--------------------------|--------|
| 第一章 导言 | (1) |
| 1.1 本书宗旨 | (2) |
| 1.2 CAD的范畴 | (2) |
| 1.3 本书的内容 | (2) |
| 1.4 小结 | (3) |
| 1.5 鸣谢 | (3) |
| 第二章 CAD的历史与基本组成部分 | (4) |
| 2.1 历史 | (4) |
| 2.2 模块、功能与组成部分 | (6) |
| 2.3 交互制图接口 | (8) |
| 2.3.1 图形核心系统 | (8) |
| 2.3.2 制图对话系统 | (11) |
| 2.4 用于CAD的数据库 | (13) |
| 2.5 CAD的经济问题 | (17) |
| 2.6 CAD的跨学科问题 | (21) |
| 2.7 小结 | (22) |
| 2.8 参考文献 | (22) |
| 第三章 CAD过程 | (26) |
| 3.1 设计过程建模 | (27) |
| 3.1.1 设计过程的概略模型 | (27) |
| 3.1.2 设计过程较精确的模型 | (28) |
| 3.1.3 设计过程和设计环境 | (31) |
| 3.1.4 普通设计与CAD的差别 | (32) |
| 3.1.5 设计过程网络模型 | (33) |
| 3.2 CAD过程 | (35) |
| 3.2.1 设计过程和CAD过程 | (35) |
| 3.2.2 设计过程的特性及其对CAD过程的影响 | (36) |
| 3.2.3 CAD环境 | (38) |
| 3.2.3.1 结构 | (38) |
| 3.2.3.2 人员条件 | (38) |
| 3.2.3.3 计算机资源 | (39) |
| 3.2.3.4 CAD过程的交互阶段 | (40) |
| 3.2.4 CAD过程的状态 | (41) |
| 3.2.4.1 过程的生命周期 | (41) |
| 3.2.4.2 过程状态的表示法 | (42) |
| 3.2.4.3 工作状态 | (43) |
| 3.2.5 资源问题 | (45) |
| 3.2.5.1 资源的利用率和资源需求矛盾 | (45) |
| 3.2.5.2 资源的效率问题 | (46) |

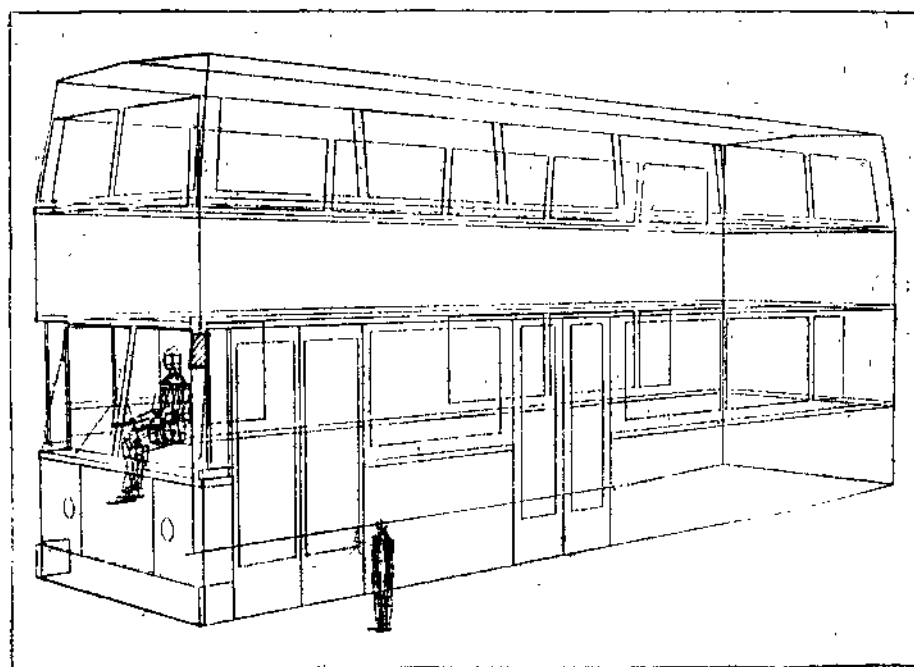
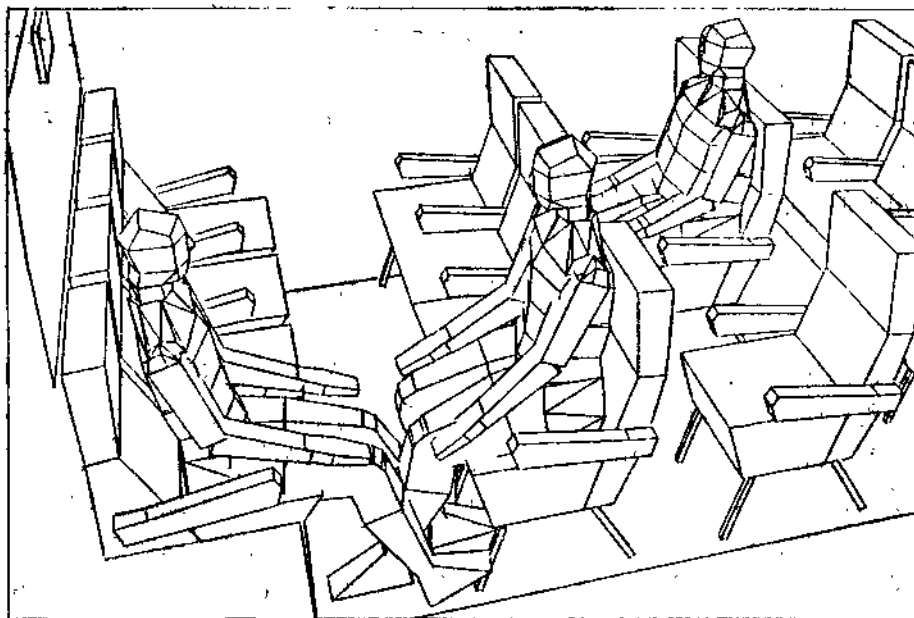
| | |
|-------------------------------|--------|
| 3.2.5.3 CAD设备和CAD工具..... | (46) |
| 3.3 CAD建模..... | (46) |
| 3.3.1 模式开发..... | (46) |
| 3.3.1.1 要考虑的基本问题..... | (46) |
| 3.3.1.2 实例问题..... | (48) |
| 3.3.1.3 物体及其属性的命名..... | (48) |
| 3.3.1.4 第一个模式的各个方案..... | (49) |
| 3.3.2 操作对模式设计的影响..... | (51) |
| 3.3.3 子模式变换..... | (52) |
| 3.3.3.1 作为模式一部分的子模式变换..... | (52) |
| 3.3.3.2 子模式变换数 n 的平方问题..... | (54) |
| 3.3.4 灵活性(适应能力的量度)与效率..... | (55) |
| 3.3.5 模式设计与设计过程设计..... | (56) |
| 3.3.5.1 子过程设计和数据有效性..... | (56) |
| 3.3.5.2 信息包..... | (58) |
| 3.3.6 最后确定的对数据库管理系统的要求..... | (60) |
| 3.4 小结..... | (61) |
| 3.5 参考文献..... | (62) |
| 第四章 CAD系统的体系结构..... | (64) |
| 4.1 总的体系结构..... | (64) |
| 4.1.1 组成部分..... | (64) |
| 4.1.2 接口..... | (67) |
| 4.1.2.1 CAD系统的开发与安装..... | (67) |
| 4.1.2.2 CAD系统的启用..... | (67) |
| 4.1.2.3 CAD系统中的功能接口..... | (67) |
| 4.1.2.4 人机通信通道..... | (69) |
| 4.1.3 CAD工具和CAD设备..... | (69) |
| 4.1.3.1 在CAD系统应用中使用的工具..... | (70) |
| 4.1.3.2 在CAD系统开发中使用的工具..... | (70) |
| 4.2 数据模型..... | (71) |
| 4.2.1 变换..... | (71) |
| 4.2.1.1 理想情况..... | (71) |
| 4.2.1.2 非理想变换的原因..... | (72) |
| 4.2.1.3 语言变换..... | (73) |
| 4.2.1.4 几个方面之间的变换..... | (74) |
| 4.2.2 联编..... | (77) |
| 4.2.3 程序块结构问题..... | (80) |
| 4.2.4 算法模拟..... | (83) |
| 4.3 资源问题..... | (84) |
| 4.3.1 软设备的设计..... | (84) |
| 4.3.2 防止资源冲突的办法..... | (85) |
| 4.3.2.1 抽象机..... | (85) |
| 4.3.2.2 过程状态的表示方法..... | (87) |

| | |
|---------------------------------------|----------------|
| 4.3.2.3 具体设备..... | (88) |
| 4.3.2.4 资源管理策略..... | (89) |
| 4.3.2.5 软设备的组成部分..... | (89) |
| 4.3.3 一种简单的软设备——栈机器..... | (90) |
| 4.3.3.1 任务和一种简单的解决办法..... | (90) |
| 4.3.3.2 栈机器的规划..... | (93) |
| 4.3.3.3 栈机器的实现..... | (96) |
| 4.3.4 分布式系统..... | (100) |
| 4.3.5 作为软设备的图形核心系统 (GKS)..... | (105) |
| 4.3.5.1 图形核心系统的过程问题..... | (105) |
| 4.3.5.2 图形核心系统的资源问题..... | (108) |
| 4.4 小结..... | (108) |
| 4.5 参考文献..... | (109) |
| 第五章 实现方法学 | (113) |
| 5.1 开发 CAD 系统所需要的技术和设备..... | (114) |
| 5.2 计算机制图学..... | (121) |
| 5.2.1 前言..... | (121) |
| 5.2.2 交互式制图系统..... | (122) |
| 5.2.3 图形的输入与输出设备..... | (123) |
| 5.2.3.1 输入设备..... | (123) |
| 5.2.3.2 输出设备..... | (124) |
| 5.2.3.3 CAD 工作站..... | (129) |
| 5.2.4 图形核心系统 (GKS)..... | (131) |
| 5.2.4.1 对系统介绍..... | (131) |
| 5.2.4.2 图形核心系统的几个例子..... | (139) |
| 5.3 交互式制图功能在 CAD 系统中的应用..... | (145) |
| 5.3.1 命令解释程序 (KI) 系统..... | (146) |
| 5.3.2 图形设计辅助系统 (GRADAS)..... | (149) |
| 5.4 有效的 CAD 数据库的设计..... | (152) |
| 5.4.1 前言..... | (152) |
| 5.4.2 相关存储核心系统 (GORAS)..... | (153) |
| 5.4.3 在 CAD 应用中相关存储核心系的扩展..... | (155) |
| 5.4.4 概念模式定义语言——数据库概念模式设计语言的一个例子..... | (156) |
| 5.5 集成系统和方法库..... | (158) |
| 5.5.1 集成系统的概念..... | (158) |
| 5.5.2 作为 CAD 系统核心一个例子的 REGENT 系统..... | (161) |
| 5.5.2.1 动态程序管理..... | (165) |
| 5.5.2.2 数据结构管理..... | (166) |
| 5.5.2.3 文件管理..... | (167) |
| 5.5.3 方法库..... | (167) |
| 5.6 小结..... | (167) |
| 5.7 参考文献..... | (168) |
| 第六章 CAD 的工程方法 | (172) |

| | |
|--------------------------|---------|
| 6.1 几何图形处理 | (173) |
| 6.1.1 前言——三维空间中的点 | (173) |
| 6.1.2 隐线和隐面问题 | (178) |
| 6.1.2.1 概论 | (178) |
| 6.1.2.2 优先处理程序 | (180) |
| 6.1.2.3 叠加处理程序 | (182) |
| 6.1.2.4 可见度问题的推广 | (184) |
| 6.1.3 三维建模 | (185) |
| 6.1.3.1 前言 | (185) |
| 6.1.3.2 线框模型 | (186) |
| 6.1.3.3 空间曲面 | (187) |
| 6.1.3.4 三维实体建模 | (188) |
| 6.2 数值法 | (193) |
| 6.2.1 前言 | (193) |
| 6.2.2 有限元法 | (194) |
| 6.2.3 有限差分法和其它方法 | (197) |
| 6.2.4 模拟 | (199) |
| 6.2.4.1 前言 | (199) |
| 6.2.4.2 模拟语言 | (200) |
| 6.2.5 优化 | (203) |
| 6.2.5.1 对问题的表述 | (203) |
| 6.2.5.2 优化问题的特点 | (204) |
| 6.2.5.3 应用 | (210) |
| 6.3 数据表示的计算机图形学 | (212) |
| 6.3.1 前言 | (212) |
| 6.3.2 单变量函数 | (213) |
| 6.3.2.1 图形 | (213) |
| 6.3.2.2 用一个图表示几个函数 | (214) |
| 6.3.3 双变量函数 | (215) |
| 6.3.3.1 标志云 | (215) |
| 6.3.3.2 剖面线、阴影化和着色 | (216) |
| 6.3.3.3 轮廓图 | (217) |
| 6.3.3.4 伪透视图 | (219) |
| 6.3.3.5 向量图 | (219) |
| 6.3.3.6 曲面上的二维函数 | (220) |
| 6.3.4 多于两个变量的函数 | (220) |
| 6.3.5 图形编辑 | (220) |
| 6.4 小结 | (221) |
| 6.5 参考文献 | (222) |
| 第七章 CAD的应用实例 | (229) |
| 7.1 CAD应用的典型类别 | (229) |
| 7.1.1 数值分析和表示方法 | (229) |
| 7.1.2 三维空间的应用 | (231) |

| | |
|----------------------------|----------------|
| 7.1.3 功能和几何布置 | (236) |
| 7.2 参考文献 | (239) |
| 第八章 发展趋势 | (240) |
| 8.1 计算机运算能力的发展 | (241) |
| 8.1.1 结构 | (241) |
| 8.1.2 硬件 | (241) |
| 8.1.3 图形终端 | (242) |
| 8.2 系统的体系结构及软件 | (242) |
| 8.2.1 专用系统 | (242) |
| 8.2.2 通用系统 | (243) |
| 8.2.3 处理能力的分配 | (243) |
| 8.2.4 语言 | (244) |
| 8.2.5 研究与发展中的 CAD 系统 | (245) |
| 8.2.6 CAD 解决问题的方法 | (246) |
| 8.3 社会问题 | (246) |
| 8.3.1 培训 | (246) |
| 8.3.2 人机工程问题 | (247) |
| 8.3.3 接受 | (247) |
| 8.4 标准化 | (248) |
| 8.5 小结 | (248) |
| 8.6 参考文献 | (248) |

第一章 导言



汽车设计

(承蒙英国伦敦康佩达有限公司提供)

1.1 本书宗旨

本书意在阐述在设计工作中应用计算机的某些共同原理、方法和手段，而不牵扯任何具体的产品。至于如何为设计一种特定产品，从市场上选购某种计算机辅助设计（以下简称CAD）系统，或者如何为设计一种特定产品而开发一种新的CAD系统，书中概不做具体规定。当人们把CAD看成是介于工程与计算机科学之间的一门学科时，普遍的趋势必然是使我们强调计算机科学方面的问题。但本书主要是为那些准备研究或者已经在研究CAD的工程师编写的，只要对他们给出一个大致的范围，他们就会意识到自己已经取得的经验。同时，还会找出一些能够结合他们自己的工作而付诸实践的有益概念。此外，本书也适用于那些希望更多地了解CAD基本原理的高等学校的学生。

1.2 CAD的范畴

在过去的20多年中，或者说自有CAD以来，“CAD”的含义已经发生了多次变化。在相当一段时期内，CAD几乎是有限元结构分析的同义语，后来，重点转移到计算机辅助制图方面，市场上供应的CAD系统，实际上多数都属于制图系统。造船和汽车工业所要求的平滑表面处理，也曾经是一个关键问题。再进一步，CAD就同三维实体的设计发生了联系，这是许多机械工程领域中存在的普遍任务。在本书内，我们把CAD定义为这样一门学科，它可以在规划、设计、实现、引进和使用CAD系统方面，为我们提供有关计算机硬件与软件、系统分析和工程方法学方面的必要知识。

人们常常把CAD同计算机辅助制造（CAM）相提并论。但是在本书中我们不想探讨计算机辅助制造问题，因为计算机辅助制造是用设计过程中产生的数据（最好是机器可读数据）进行的，它本身并不属于设计过程。这种理由同样也适用于计算机辅助检测（CAT）、计算机辅助计划（CAP）和计算机辅助维修。对现有的制造、检测与维修能力的了解，肯定会影响设计。但本书不拟讨论在这些计算机辅助工作中所采用的方法。

最近，人们开始用计算机辅助工程（CAE）这一术语来概括所有计算机辅助设计工作，而CAD则仅指计算机辅助制图。不过在本书中，我们仍然还是把CAD这个术语同前面所讲的广义定义联系在一起。

所谓设计，并不仅仅是指设计师靠某种直观感觉来提出新信息，而且还应该包括分析、评价、模拟与优化等工作。这些工作都是迭代过程的基本组成部分。通过这一过程，就可以形成一个人们所希望的可行的优化设计。

1.3 本书的内容

本书第二章将简要地介绍CAD的发展历史，指出CAD系统的主要组成部分，描述这些组成部分的主要功能，阐述一些经济问题和跨学科问题。

第三章用“设计过程系统分析”做开头，从而把过程概念引入本书，以这个概念为基本工具，描述诸如总体设计、CAD、程序运行以及终端对话等各项活动。本章还论述了

要想成功地执行任一过程所必须具备的“环境”与“资源”。分析了按抽象模式对设计实体建模的问题，同时还分析了模式与具体设计计划之间的相互关系。

第四章集中讨论CAD系统各组成部分（包括操作人员）之间的接口问题。详细地阐述了某一抽象模式同各种编程、命令或数据描述语言之间的映射问题。重点是资源问题及其对CAD系统设计的影响。此外还引入了CAD“软设备”概念并讨论了这类设备的设计规则。

在第五章内，我们将介绍一些最重要的计算机科学技术，并论述适合于CAD采用的软件系统类型。对规范编写技术、数据结构与数据库系统、人机通信与对话技术、图形核心与系统核心等，都做了比较详细的论述。

第六章将有选择地介绍一些同CAD有关的工程方法。对各种数值分析方法（如有限元法、模拟和优化）仅做一定程度的介绍，目的在于使读者在阅读同这些学科有关的大量文献时，能够确定该从何处入手。本书不阐述这些方法本身，而是阐述如何把这些方法用于本书所说的CAD。对显示数值结果的图形技术则做了比较详细的介绍。

第七章介绍一些从工业实践中选择出来的CAD应用实例。

第八章概括当前的CAD发展趋势，其范围既包括计算机的硬件与软件，又包括CAD同人类与社会的关系。

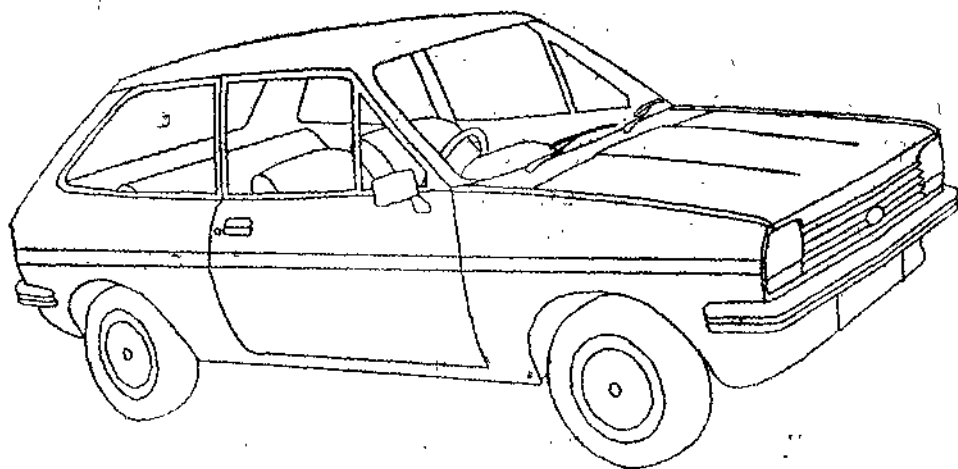
1.4 小 结

本章的目的是告诉读者，他们能从本书获得哪些知识。我们还想坦率地告诉读者，有些重要领域，本书根本没有涉及到；有些领域只是做了一些简单介绍（比如计算机辅助制造、有限元技术）。读者如果只想研究某个专题，可以直接阅读有关章节。

1.5 鸣 谢

作者衷心感谢各自所在单位（联邦德国达姆施塔特技术大学和卡尔斯鲁厄核子研究中心）的大力支持，它们为编写本书提供了必要设备。施图茨先生花费了大量心血，靠手工与计算机辅助手段认真地为本书绘制了大量插图。感谢G·贝克尔先生为我们校订了全部手稿。最后，对工作在第一线的许多德国或其它国家的专家们的热诚相助表示由衷的谢意。同他们所进行的通讯联系，对收集CAD方面的各种各样的设想，提供了有益的帮助。此外，我们还应该感谢我们的妻子儿女，在本书编写期间，她（他）们曾渡过了许多个没有丈夫和父亲陪伴的周末。

第二章 CAD的历史与基本组成部分



汽车设计

(承蒙美国圣克拉韦尔萨特克公司提供)

2.1 历史

我们先简要地回顾一下CAD的历史背景。这方面的知识将有助于我们更好地理解这项技术的当前水平，对那些准备在该领域工作的人员来说，还可能提高他们的创造能力〔1〕。

对1978年之前的历史所做的回顾，主要是依据参考文献〔2〕。参考文献〔3〕对CAD历史中的计算机图形学部分做了更新的总结。50年代初期，麻省理工学院的伺服机构实验室试制出第一台采用旋风型计算机的自动控制铣床〔4〕，从而导致了自动程序控制机床（APT）的发展〔5〕。应该指出，计算机辅助制造并不是由CAD演变而来的，它有自身的独立起源。孔斯总结了从自动程序控制机床到含有计算机制图功能的设计程序所经历的发展过程〔6〕。最早研究CAD的先驱者之一萨瑟兰曾经设想让设计师坐在控制台前，采用在麻省理工学院研制的交互式制图设备进行工作。1963年，他研制出一种画设计草图的

软件 (SKETCHPAD) [7]。在这个时期出现的软件原理还有橡胶夹层布线, 映射、放样、旋转以及网格化等原理。1964年, 通用汽车公司推出DAC-1型计算机加强设计系统 [8]。按照通用汽车公司研究实验室提供的技术规格, 国际商用机器公司 (IBM) 制造出了硬件。同交互制图技术相比, DAC-1系统更偏重于用来产生图纸的硬拷贝。1965年, 贝尔电话实验室推出GRAPHIC-1型远程显示系统 [9]。GRAPHIC-1型系统采用了经过改进的DEC340型显示器与一部PDP5型控制处理机, 整个系统同一部IBM7094计算机连接在一起。该系统的使用范围有: 印刷电路元件与导线的几何布置; 电路或框图的概略设计; 文本的合成与编辑; 布置相互干扰的导线。这是很早就实现了具备分布式CAD处理能力这一重要概念的一种系统, 其处理能力分布在几个交互式本地工作站与一部中央主机之间。

1966年, IBM公司元件部介绍了一种混合集成电路组件辅助设计系统, 设计了IBM360计算机系统中采用的集成电路组件 [10]。弗里曼在1967年提出一种解决隐线问题的算法 [11]。1972年, 美国无线电公司研制出一种叫做GOLD的系统, 用来设计集成电路掩模 [12]。GOLD是在一台定制的刷新式显示器上运行的, 用一部只有一个磁盘驱动器的小型计算机 (Spectra70/25) 驱动并能同一部大型分时计算机对话。70年代前半期是早期的CAD科学家和系统研制人员积极性很高的时期 [13]。大量的理论研究工作都是在这个时期完成的, 这些理论研究为我们今天所说的CAD奠定了基础。在综合土木工程系统 (ICES) 出现之后 [14], 接着又出现了许多系统, 应用了许多同CAD方法库有关的基本概念 [15]。有限元理论及有关程序开始进入迅速发展时期 [16]。与此同时, 在隐线与表面处理领域也做了相当重要的研究工作 [17]。

1972年, 罗彻斯特大学开始执行“生产自动化计划”。结果, 研制出PADL-1与PADL-2两种几何仿形系统 [18]。

1973年, 洛克希德公司所做的一项调查表明, 计算机制图学在设计过程中不仅是实际应用, 而且还具有良好的经济效益 [19]。1975年, 洛克希德飞机公司的查森发表了关于CAD系统中的计算机制图技术的经济效益分析报告 [20]。伊斯门介绍了一个CAD数据库。计算机辅助制图开始作为一项专业, 出现在CAD领域。并且很快就对CAD领域发生了巨大影响, 以至于最近, CAD这个术语似乎仅表示设计中的制图工作, 计算机辅助工程则用来包括设计中的分析与优化工作。但是在本书中, 我们仍把CAD看成是支持整个设计过程的一门学科, 其中包含综合、分析和评价。1978年, 休利特与帕卡德宣布研制出一种以微处理机为基础的光栅扫描显示终端 [21]。同年, 通用汽车公司与波音公司发表了几篇报告 [22, 23], 肯定了CAD技术与计算机辅助制造技术的实用性, 并论述了如何填补计算机辅助制造与CAD之间的空白。可以说, 70年代后期是CAD从科学研究阶段向实用阶段取得突破性进展的时期, 终于使这项技术成了许多工业领域不可缺少的一种手段。政府也注意到这种情况, 开始提供经费, 制订计划, 设法推动CAD技术的综合应用, 特别是在中、小型企业中的应用。

一进入80年代, CAD技术就在市场上全面开花。当前, CAD技术同各种设计部门修改工作程序的工作正在协调发展, 使这项技术成为所有设计部门的标准手段, 仅仅是时间问题而已。目前, 不仅是工业化国家, 而且还有发展中国家都开始认识到, 不久之后, CAD将是一项所有工业企业都能采用的重要技术 [24]。

2.2 模块、功能与组成部分

“CAD”是指用计算机的硬件和软件设计社会上要求的产品[25]。从最广义的角度讲，产品是指构成某些较大系统的组成部分。所谓较大系统，可以是一种运输系统，一个医疗中心、一个州的规划等。CAD就是把计算机科学方法同工程科学结合在一起，组成一种利用计算机的系统。这种系统由一个数据库、一个程序库（有时也叫程序链或方法库）和一个通信子系统组成（图2.1）。程序库包含两种模块，一种是用来执行基本系统功能（数据库、对话、数据输入与输出、图形技术等）的模块，另一种是特定领域采用的算法模块，数据输入与输出包括这样一些功能：输入数据；进行检测，以保证数据库中的数据完整性与一致性；查询数据库中的数据。在这些应用模块当中，有一些可能是非常大的程序，例如有有限元模块。通信子系统通常包括对话（CAD系统寻址命令和反馈给设计人员的信息）模块、数据输入与输出模块，以及图形信息处理模块。

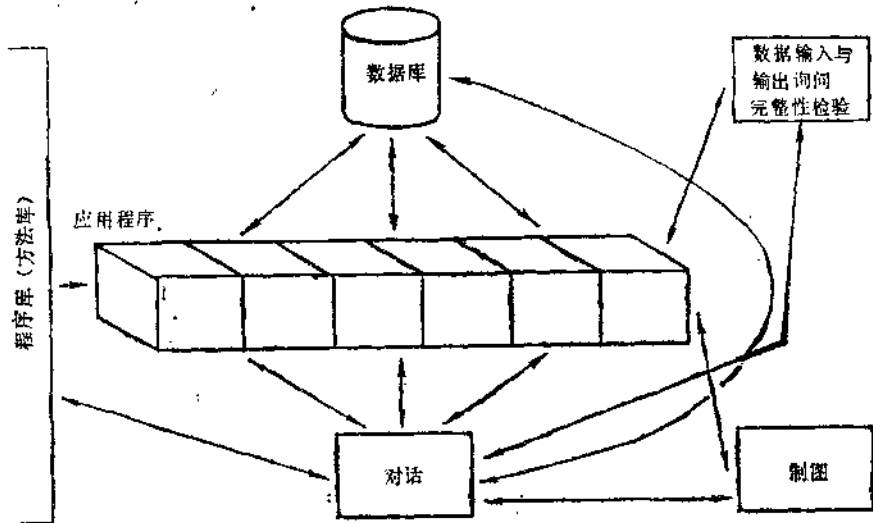


图 2.1 CAD系统基本组成部分

对话模块包括建立适当运行环境所要求的操作系统中的命令语言。CAD系统本身能支持一种同用户对话所使用的专门命令语言。数据采集、完整性检验以及查询等语言，都在数据输入与输出模块中。图形输入与输出以及交互制图对话均由图形信息处理模块处理。当前已经普遍采用这种做法来区别建模功能与视见功能。在建模过程中，用户实际上只是同定义问题及其拓朴结构、几何形状和其它特性所用的那部分应用程序链打交道。而在视见期间，用户要用的功能是一组与具体设计无关的图形数据显示与处理功能。因此，视见功能可以集中在一个单独的程序包——“核心程序”中[26]。

图2.2是一种CAD系统的功能结构示意图，着重强调了数据库的核心作用。从系统的观点上看，我们可以把CAD系统划分为下述几类：

——分时系统

在同一台计算机上运行几种应用程序。这些程序彼此之间互不相干。用户仅仅是共同

使用一部中央处理器而已。

——共用系统

几个用户通过同一台计算机、同一个数据库以及其它共同资源，采用一种通用程序进行工作。所有用户共同享用CAD系统的资源。

从硬件角度讲，CAD系统的结构主要是两种（图2.3，〔27〕）：

- 一次运行一种程序，与其它系统无关的“孤立”系统；
- 与一部主机及其数据库连接的几个终端组成的终端系统。

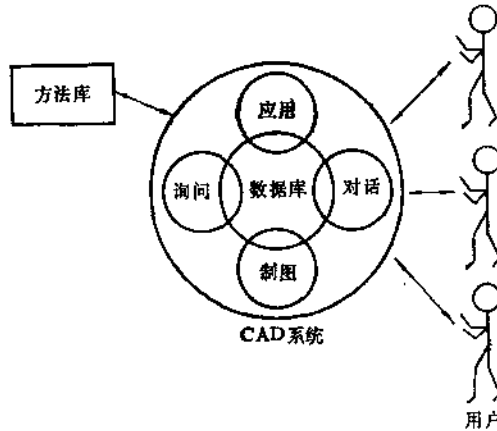


图 2.2 CAD系统的功能结构

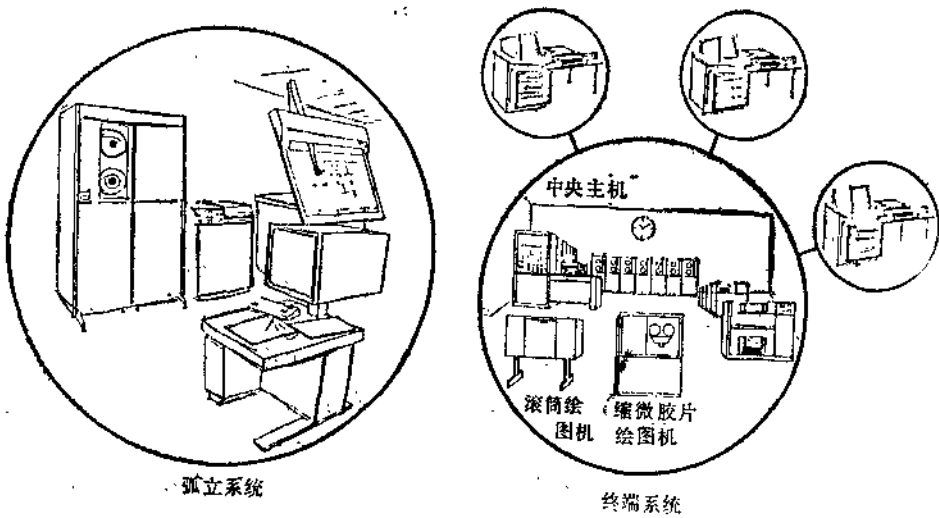


图 2.3 孤立系统与终端系统

此外，还有一些利用微型计算机的专门系统。从软件角度讲，它们可以分为〔28〕：

——具有一组预定功能的黑盒子〔“交钥匙”（turn-key，有的书译为总控钥匙——译者著）〕系统，通常只能靠专门硬件运行，通过数据格式约定同其它系统实现接口连接的能力很有限；

——可以自由编程的系统，通常均可向具有大量终端的许多种计算机传递数据。

在CAD系统中，我们常常会碰到两种语言：一种是命令语言，一种是程序设计语言。用户用第一种语言控制系统，用第二种语言编写应用程序模块。在多数情况下，常规程序设计语言均采用 FORTRAN 语言。有的 CAD 系统（如 ICES、IST、GENESYS、REGENT、DINAS，可参阅本书 5.5.2 节）有较多的常规程序设计语言〔29〕。这些系统都有一段核心程序，用来控制应用程序的处理、命令的解释、数据处理和动态模块的装入等。在这些核心程序的上一层，系统可以支持一些专供 CAD 系统研制人员用来定义新命令和新应用程序模块的软件。

2.3 交互制图接口

2.3.1 图形核心系统

交互制图是所有 CAD 系统共有的一个重要特征，所以有必要在这里对此做比较详细的讨论。前面已经讲过，我们通常应该把建模和视在区别开。

1. 建模

“建模”的含义非常广泛，但到目前为止，尚无确切定义。这个术语包罗了各种问题的范畴和方法学。定义三维实体、设计有限元网格、通过模拟和优化建立比较抽象的模型，均可以用这个术语。但不论是哪一种情况，都是强调

- 定义物体、物体间的关系及它们的属性；
- 在用户选择的某种适当坐标系统中确定方位；
- 特定应用领域；
- 同应用程序键相对应的模块。

2. 视在

术语“视在”有用得比较多的含义。这个术语涉及

- 已建模物体的显示；
- 把它们映射到统一的标准坐标系统中，继而映射到显示接口；
- 利用某种图形核心系统的标准功能。

在第六章，我们将比较详细地讨论不同应用领域中的建模功能。现在，将讨论已经涉及到的（如图形核心系统所有的）视在功能。图形核心系统（GKS）是按联邦德国工业标准《DIN-NI UA5.9》和国际标准化组织标准《ISO TC97/SC5/WG2制图学》拟定的制图学标准命名的〔30〕。下面对图形核心系统概念所做的简要介绍，基本上取材于《ISO TC97/SC5/WG2 N117》。这份标准是从早期的版本发展来的，它是对图形核心系统所做的第一次正式的国际性功能说明〔31〕。

图形核心系统可以在某种应用程序和某种图形输入与输出设备配置之间提供一种功能接口。这种功能接口具有采用各种制图设备进行交互式与非交互式制图所要求的全部基本功能。

该接口设在一个能使硬件性能不受应用程序影响的抽象层次上。结果就得到一种简化接口，能产生统一的输出图元（POLY LIME、POLY、MAKER、TEXT、FILL

AREA、PIXEL ARRAY、GENERALIZED DRAWING PRIMITIVE) 和统一的输入类程 (LOCATOR、VALUATOR、CHOICE、PICK、STRING)。

在参考文献[33、34、35]中，大体上讲了基本输出、基本输入和如何编排输入与输出顺序等概念。不管是要设计图形核心系统，还是要实现设备的独立性，关键问题都是所谓的工作站概念问题[36]。就采用了图形核心系统的应用程序而言，工作站是所有图形输出的接收处，也是所有交互输入的发出处。就当今图形输入与输出装置中实际采用的各种硬设备而言，工作站是一种参数模式。通过图块合理性、图块动态属性和图块变换，介绍图形处理与修改设备。

采用多工作站方式，可以实现同时向各种显示系统输出，同时从各种显示系统输入。用一些专门的工作站提供内存与外存设备。储存在这些工作站的图形信息，可以拷贝或插入到别的工作站产生的图形中。

并非每次运行图形核心系统都一定得支持所有的功能，为了满足不同制图系统的要求，图形核心系统定义了9个层次。这9个层次是按三个垂直向上兼容的层次定义的，不论对输入还是对输出，都是这样定义的。任何时候，只要运行图形核心系统，总是提供一个特定层次上的功能。

图形核心系统只定义同语言无关的制图系统的核心程序。如果想统一成一种语言，就必须把图形核心系统嵌套在同一种语言有关的某一层中，这一层能提供必要的语言约定（如数据类型为表示、函数名称、调用顺序等）。

图 2.4 所示的分层模型，可以说明图形核心系统在制图系统中的作用。每一层均可调

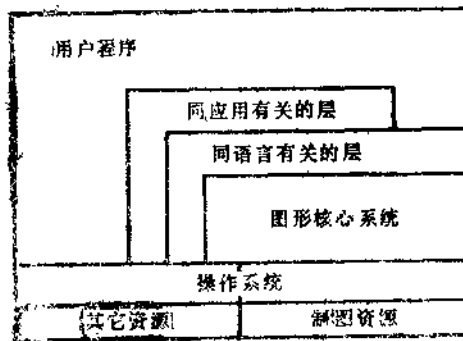


图 2.4 图形核心系统的分层模型

用邻接的较低层次的功能。一般来说，应用程序可以利用同应用有关的层、同语言有关的层、同应用有关的其它一些层次以及操作系统的功能。所有能用图形核心系统功能编址的工作站的功能，只有通过图形核心系统才能利用。

图形核心系统产生的图形输出由两组基本的信息单元组成，一组叫输出图元，一组叫图元属性。输出图元是对一种装置所能执行的基本动作的抽象表示，如画线与显示字符串。图元属性规定输出图元在某种装置上的直观显示特性，如线型、颜色或字符的大小。为了最大限度地发挥每个工作站的硬件功能，象颜色和线型（不包括字符大小）这类非几何属性，都可以单独进行控制。

图形核心系统可以把某个操作员从一个工作站发来的输入图形信息变换成5类抽象输入类程（数据类型）。一种这样的输入类程叫做一种逻辑输入装置。对每一种逻辑输入装