

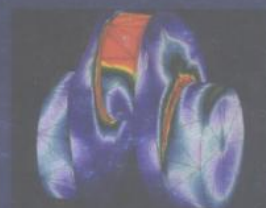
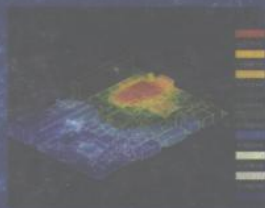
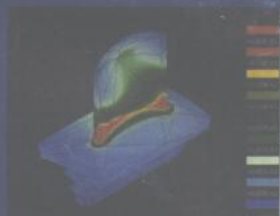
刘子建 黄红武 宗子安等 编著

计算机辅助设计

CAD

原理与应用技术

PRINCIPLE AND APPLICATION
TECHNOLOGY
OF COMPUTER AIDED DESIGN



湖南大学出版社

72

1

内 容 提 要

本书是介绍计算机辅助设计(CAD)及其应用技术的专门书籍,旨在全面地阐述CAD技术中各个环节的基本概念、原理和应用方法,侧重从理论知识和能力培养两个方面展开讨论,主要内容包括:CAD系统的模型构造理论及图形处理软件系统AutoCAD;AutoLISP语言及其应用;CAD中的工程数据库技术、接口界面技术及DCL编程;CAD应用软件系统的分析和设计;CAD工程决策分析方法中的模糊决策、有限元分析、优化设计和计算机仿真等技术。并介绍了当前CAD技术发展的前沿:ICAD,虚拟设计及CAD/CAM一体化涉及到的CAQC,CAPP等技术。各章附有习题,书后有编排新颖的附录。

本书可作为高等院校本科生和研究生CAD课程的教材,也可作为工程技术人员掌握CAD技术的参考书。

计算机辅助设计(CAD)原理与应用技术

Jisuanji Fuzhu Sheji (CAD) Yuanli Yu Yingyong Jishu

刘子建 黄红武 余子安等 编著

☐ 责任编辑 余 涛

☐ 出版发行 湖南大学出版社

社址 长沙岳麓山 邮编 410082

电话 0731-8821691 0731-8821315

☐ 经 销 湖南省新华书店

☐ 印 装 湖南大学印刷厂

☐ 开本 787×1092 16开 ☐ 印张 25 ☐ 字数 640千

☐ 版次 1997年9月第1版 ☐ 1997年9月第1次印刷

☐ 印数 1-3 000册

☐ 书号 ISBN 7-81053-103-4/TP·11

☐ 定价 30.00元

(湖南大学版图书凡属印装差错,请向承印厂调换)

JS399/14

700620

前 言

当前我国正大力推广使用的计算机辅助设计(CAD)技术是近20年来飞速发展起来的一种综合性高技术,它与计算机辅助制造(CAM)技术一道作为当代在设计和制造领域最富有发展潜力新兴生产力,正引发和促进一场传统设计和制造方法及生产组织模式的深刻变革。而CAD技术的快速发展推动了几乎一切领域的设计革命,其发展和应用的广度和深度已经成为衡量一个国家科技现代化和工业现代化水平的重要标志之一。对于一个企业来说,所谓建立一个产品或工装的CAD系统,首先应该理解为建立一种新的设计和生产技术管理体制以及一支知识结构合理、训练充分的设计队伍。而这支队伍的人员素质常常成为CAD技术能否深入应用的关键。编写本书的目的,就是为了适应高等院校普遍开设CAD课程及广大工程技术人员学习和掌握CAD技术的需要,从打好理论基础和培养动手能力两个方面为广大读者提供帮助和支持。

CAD是运用计算机系统来辅助一项工程设计的建模、修改、分析和优化的技术。一般来说,一个完备的CAD系统通常包括计算机几何造型及图形处理、科学计算和工程分析、工程数据库管理系统三个方面的功能。本书正是按CAD技术的这三大部分内容展开讨论的。由于CAD技术与CAM密切相关,有时甚至难以为其划明界限,所以本书在详尽地讨论了CAD技术的三个组成部分后,还介绍了CAPP、CAQC等与CAD/CAM一体化相关的内容。同时,对目前CAD技术发展的前沿,如智能化CAD、模糊决策、有限元分析与优化设计、计算机仿真与虚拟设计等技术都作了介绍。因此系统性强和内容新颖是本书的一个特点。

鉴于我国多数企业的CAD工作是以AutoCAD作为图形支撑环境的,因此将AutoCAD软件的操作使用和二次开发作为培养和训练CAD工作能力的起始点无疑是有益的。为了在本书有限的篇幅内较全面地阐述AutoCAD及其二次开发的主要内容,作者在编写方面创造性地采用L表述法讲述AutoCAD命令、用表格方式介绍AutoLISP函数,并附以“小辞典”式的附录等。正是这种在对内容深刻体会基础上的编写创新,使得本书内容紧凑、信息容量大、查阅方便、内容全面。从这种意义上说,本书是编著者多年科研、教学以及锐意创新的结晶。

便于教学和自学是本书的另一特点。本书的主要内容都曾在本科生、研究生等各层次教学中多次使用,效果良好。如对AutoCAD等软件的讲解以概念和关系为主线,从全局掌握的高度来叙述,而决不纠缠于一大堆具体命令。在讲解命令时,通过L表述法实现了完整、简洁的描述,并可为AutoLISP的学习打下基础,从而使读者在学习软件系统时既站得高又能落到实处。正是基于这种对软件系统教学与学习规律的认识,使本书有别于其他类似书籍,内容不仅覆盖面广,而且深入具体、举例精当,十分便于教学与自学。若能配合教学编写适当的上机实验指导,保证实验学时的效率,则会取得更佳的教学效果。

本书第1章、第3章由黄红武编写,第2章、第7章由宗子安编写,第4章、第5章、第9章由刘子建编写,第6章、第8章分别由李辉阳、许第洪编写,第10章由宗子安、刘子建编写,张建华编写了附录并完成了大量的文稿录入整理工作。

在本书编写过程中我们还参阅了有关文献,在此对这些文献的作者表示衷心的感谢。

编 著 者

1997年6月于岳麓山

目 次

前 言

1 CAD 技术概论

- 1.1 概 述 (1)
- 1.2 产品设计过程与 CAD (3)
- 1.3 CAD 系统简述 (5)
 - 1.3.1 软件系统的功能 (5)
 - 1.3.2 CAD 系统的软件分类 (7)

2 CAD 系统的构成与类型

- 2.1 CAD 系统的硬件 (10)
 - 2.1.1 主 机 (10)
 - 2.1.2 输入输出设备 (11)
 - 2.1.3 外存储器 (14)
- 2.2 CAD 系统的软件 (15)
 - 2.2.1 系统软件 (15)
 - 2.2.2 支撑软件 (17)
 - 2.2.3 面向用户的应用软件 (18)
- 2.3 CAD 系统的类型 (18)
 - 2.3.1 检索型 CAD 系统 (18)
 - 2.3.2 自动型 CAD 系统 (19)
 - 2.3.3 交互型 CAD 系统 (19)
- 2.4 CAD 系统的配置 (19)
 - 2.4.1 集中式配置 (19)
 - 2.4.2 多主机式配置 (19)
 - 2.4.3 分布式配置 (20)
 - 2.4.4 独立工作站配置 (20)
- 习 题 (20)

3 三维图形处理与几何造型

- 3.1 三维图形变换与投影变换 (21)
 - 3.1.1 三维图形变换 (22)
 - 3.1.2 三维投影变换 (26)
- 3.2 图形的显示与输出处理 (31)
 - 3.2.1 窗口——视图区变换 (31)
 - 3.2.2 图形的裁剪 (33)
- 3.3 真实感图形的生成原理 (38)
 - 3.3.1 消隐技术 (39)
 - 3.3.2 光照效应 (49)
- 3.4 三维几何造型技术 (52)
 - 3.4.1 形体的定义和性质 (52)
 - 3.4.2 表示形体的线框、表面、实体模型 (54)
 - 3.4.3 形体的边界及其连接关系 (56)

3.4.4	常用的形体表示方式	(58)
3.5	曲线曲面造型基础	(64)
3.5.1	曲线、曲面的参数描述	(64)
3.5.2	参数曲线	(67)
3.5.3	参数曲面	(74)
习 题		(76)
4	CAD 图形软件系统	
4.1	CAD 图形软件概述	(78)
4.1.1	几种主要工作站平台图形系统	(78)
4.1.2	微机 CAD 图形系统	(79)
4.2	AutoCAD 概述	(81)
4.2.1	AutoCAD 的基本功能	(82)
4.2.2	AutoCAD 的安装	(83)
4.2.3	AutoCAD 的运行性能	(84)
4.2.4	AutoCAD 系统配置简介	(86)
4.3	AutoCAD 的操作环境	(87)
4.3.1	坐标系统和有关术语、概念	(87)
4.3.2	用 AutoCAD 命令画一张简单的图	(91)
4.3.3	用 AutoLISP 形式表述命令——L 表述法	(92)
4.3.4	AutoCAD 高级用户界面(AUI)	(93)
4.3.5	实体的选择与空间定位	(95)
4.3.6	图层的功能与使用	(99)
4.3.7	系统服务和辅助绘图功能	(101)
4.4	实体生成命令	(103)
4.4.1	常用几何实体生成	(103)
4.4.2	三维面与曲面网格	(107)
4.4.3	标注文字与定义字型	(110)
4.4.4	块、属性及阴影线	(111)
4.5	显示控制	(116)
4.5.1	一些重要概念	(116)
4.5.2	视窗与空间转换	(118)
4.5.3	图形缩放与视图生成	(119)
4.5.4	UCS 与空间观察命令	(119)
4.6	图形编辑与系统查询	(121)
4.6.1	实体和命令的删除与恢复	(121)
4.6.2	几何变换命令	(122)
4.6.3	部分修改与生成命令	(124)
4.6.4	多义线、多义线网格和块的编辑	(125)
4.6.5	系统查询命令	(127)
4.6.6	夹点(Gripe)编辑功能	(128)
4.7	尺寸标注	(129)
4.7.1	概念和术语	(130)
4.7.2	尺寸标注命令	(130)
4.7.3	尺寸标注变量	(131)
4.8	剖面线绘制	(134)
4.8.1	HATCH 命令	(134)

4.8.2	BHATCH 命令	(135)
4.9	实体造型 AME	(136)
4.9.1	AME 集合运算实体	(136)
4.9.2	AME 加载与卸下	(136)
4.9.3	AME 对话框功能简述	(137)
4.9.4	AME 命令综述	(137)
4.9.5	面域造型示例	(140)
4.9.6	形体集合运算实例	(141)
	习 题	(142)
5	AutoLISP 与 ADS 开发环境	
5.1	概 述	(144)
5.1.1	AutoLISP —— AutoCAD 二次开发的有力工具	(144)
5.1.2	AutoLISP 的数据类型	(145)
5.1.3	AutoLISP 的程序结构和求值过程	(147)
5.1.4	编辑、装入和运行 AutoLISP 程序	(147)
5.2	AutoLISP 的基本函数	(148)
5.2.1	数值计算和标准函数	(148)
5.2.2	赋值与转换函数	(149)
5.2.3	求值函数和禁止求值函数	(150)
5.2.4	关系与逻辑函数	(150)
5.2.5	字符处理与表处理函数	(151)
5.3	AutoLISP 的输入输出函数	(152)
5.3.1	GET 族输入函数	(152)
5.3.2	文件管理与文件输入函数	(155)
5.3.3	文件输出和屏幕输出函数	(155)
5.4	AutoLISP 的绘图功能	(156)
5.4.1	COMMAND 函数	(156)
5.4.2	绘图求值函数	(157)
5.4.3	其他绘图相关函数	(158)
5.4.4	综合应用举例	(159)
5.5	AutoLISP 分支结构程序	(160)
5.5.1	IF 函数	(160)
5.5.2	COND 函数	(160)
5.5.3	顺序控制函数 PROGN	(162)
5.5.4	其他测试函数	(162)
5.6	AutoLISP 循环结构程序	(163)
5.6.1	WHILE 函数	(163)
5.6.2	REPEAT 函数	(164)
5.6.3	FOREACH, MAPCAR 和 APPLY 函数	(164)
5.7	自定义函数与 AutoCAD 新命令	(167)
5.7.1	DEFUN 函数	(167)
5.7.2	定义 AutoCAD 新命令的函数 DEFUN C:	(170)
5.7.3	函数的递归定义	(171)
5.8	图形数据库编辑函数及其应用	(173)
5.8.1	基本概念	(173)
5.8.2	选择集构造函数	(174)

5.8.3	选择集和实体名操作函数	(176)
5.9	AutoLISP 的接口功能和内存管理	(178)
5.9.1	AutoCAD 菜单文件对 AutoLISP 的调用	(178)
5.9.2	AutoLISP 与 SCR 文件和 DOS 命令的连接	(180)
5.9.3	AutoLISP 的内存管理函数	(182)
5.10	AutoLISP 综合应用举例	(183)
5.10.1	设计数据处理	(183)
5.10.2	图形处理方法	(187)
5.10.3	尺寸标注方法	(189)
5.11	ADS 开发环境	(191)
5.11.1	ADS 简介	(191)
5.11.2	ADS 程序的装入和运行	(192)
5.11.3	ADS 程序的结构	(193)
5.11.4	ADS 应用程序的两种开发模式	(197)
习 题		(204)
6 CAD 中的数据库与工程数据库技术		
6.1	概 述	(206)
6.2	数据库及数据库管理系统	(206)
6.2.1	数据库系统	(206)
6.2.2	数据库和数据库管理系统	(206)
6.3	工程数据库及其现状	(207)
6.4	数据库技术在 CAD 中的应用	(208)
6.4.1	简单二维表	(209)
6.4.2	多层二维表	(210)
6.4.3	条件二维表	(211)
6.4.4	复合二维表	(212)
6.5	在 AutoCAD 中访问关系型数据库——ASE	(214)
6.5.1	ASE 简介	(214)
6.5.2	系统配置和 ASE 文件	(215)
6.5.3	ASE 使用实例	(216)
习 题		(219)
7 CAD 系统接口技术与标准		
7.1	人机接口技术	(220)
7.1.1	概 述	(220)
7.1.2	人机接口技术的主要研究内容	(220)
7.1.3	人机接口的基本特性	(221)
7.1.4	人机交互的基本方式	(222)
7.2	菜单技术	(223)
7.2.1	概 述	(223)
7.2.2	菜单接口的结构	(223)
7.2.3	菜单的类型	(224)
7.2.4	菜单接口的设计准则	(226)
7.3	AutoCAD 用户菜单文件的设计	(226)
7.3.1	概 述	(226)
7.3.2	菜单文件的分区	(227)
7.3.3	菜单项的定义	(227)

7.3.4	子菜单	(230)
7.3.5	按钮和辅助菜单	(231)
7.3.6	屏幕菜单	(231)
7.3.7	下拉/光标菜单	(232)
7.3.8	图标菜单	(234)
7.3.9	AutoLISP 在菜单中的应用	(235)
7.3.10	DIESEL 字符串表达式语言简介	(235)
7.3.11	用户菜单设计实例	(236)
7.4	AutoCAD 用户对话框设计	(237)
7.4.1	概 述	(237)
7.4.2	用户对话框设计的一般原则	(238)
7.4.3	对话框的基本成分与操作	(238)
7.4.4	控件的属性	(240)
7.4.5	DCL 对话框文件的编制	(246)
7.4.6	AutoCAD PDB 可编程对话框工具	(248)
7.4.7	用户对话框设计实例	(253)
7.5	AutoCAD 图形数据交换文件及其应用	(256)
7.5.1	概 述	(256)
7.5.2	DXF 文件的结构	(256)
7.5.3	DXF 文件的产生与装入	(264)
7.5.4	DXF 文件的接口程序	(265)
7.5.5	IGES 文件简介	(269)
习 题		(270)
8	CAD 应用软件系统的分析与设计	
8.1	软件开发基础知识	(271)
8.1.1	程序与软件	(271)
8.1.2	软件危机和软件工程	(271)
8.1.3	软件加工模式	(272)
8.1.4	软件设计的基本原则	(274)
8.1.5	程序设计风格	(276)
8.2	CAD 应用软件	(277)
8.2.1	CAD 软件系统	(277)
8.2.2	图形软件 AutoCAD R12 的二次开发	(278)
8.3	CAD 应用软件开发示例	(280)
8.3.1	问题定义	(280)
8.3.2	可行性研究	(281)
8.3.3	需求分析	(283)
8.3.4	总体设计	(285)
8.3.5	详细设计	(286)
8.3.6	编 码	(289)
8.3.7	测 试	(289)
习 题		(291)
9	CAD 系统中的工程决策与分析方法	
9.1	概 述	(292)
9.1.1	设计目标的确定	(292)
9.1.2	约束条件的确定	(292)

9.1.3	设计的途径和步骤	(292)
9.2	设计方案的决策支持系统	(293)
9.2.1	决策支持系统的类型	(293)
9.2.2	模糊决策方法	(294)
9.3	最优化设计方法	(301)
9.3.1	最优化设计过程	(301)
9.3.2	无约束优化方法	(305)
9.3.3	约束优化方法	(309)
9.4	结构有限元分析方法	(310)
9.4.1	有限单元法概述	(311)
9.4.2	结构的离散化处理	(313)
9.4.3	单元分析过程	(314)
9.4.4	平面问题的整体分析	(323)
9.5	计算机仿真与虚拟现实技术	(328)
9.5.1	计算机仿真与可视化技术	(328)
9.5.2	几种新兴的计算机仿真技术	(335)
9.5.3	虚拟现实技术	(337)
习 题		(341)
10	CAD/CAM 集成与 ICAD 技术	
10.1	计算机辅助工艺过程设计(CAPP)	(343)
10.1.1	概 述	(343)
10.1.2	成组技术(GT)	(343)
10.1.3	计算机辅助工艺设计系统	(345)
10.2	数控技术	(347)
10.2.1	概 述	(347)
10.2.2	计算机辅助 NC 编程	(348)
10.2.3	几种常用的数控系统	(351)
10.3	计算机辅助质量控制(CAQC)	(355)
10.3.1	概 述	(355)
10.3.2	计算机辅助质量控制及其应用	(357)
10.3.3	计算机辅助检验(CAI)	(358)
10.3.4	计算机辅助试验(CAT)	(363)
10.4	智能化计算机辅助设计(ICAD)简介	(364)
10.4.1	ICAD 的研究目的与主要研究方法	(364)
10.4.2	CAD 专家系统基本结构	(366)
10.4.3	人工神经网络在 ICAD 中的应用	(368)
习 题		(372)
参考文献		(373)
附录 A	AutoCAD R12 命令	(374)
附录 B	AutoLISP 函数索引	(382)
附录 C	AutoLISP 标准出错信息	(385)

1 CAD 技术概论

1.1 概 述

计算机辅助设计(CAD——Computer Aided Design)是指以计算机系统作为主要技术手段来生成和运用各种数字信息与图形信息,帮助设计人员从事产品的开发、修改、分析和优化设计的一门技术。它是人类智慧与系统中的硬件和软件功能的巧妙结合。

CAD 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,如计算机科学与工程、计算数学、计算力学、几何造型、计算机图形学、数据结构和数据库、仿真技术、人工智能等。

当今,CAD 技术得到了迅速发展,越来越多的人认识到 CAD 技术所具有的优点:

①提高设计效率。具体表现在减少了绘图人员的工作量和劳动强度;缩短设计周期,减少直接设计的费用,降低成本,加快了产品的更新换代节拍。

②改善设计质量。在数据库、图形库支持下,应用人机交互方法可以减少出错,计算精确,并能在短时期内容易地寻求最优设计结果。同时,在产品结构、能耗、材料等方面取得最佳效果,这些无疑直接改善了产品的质量。

③便于产品标准化、系列化、通用化。如应用 CAD 技术,只要改变输入参数,就能方便地实现产品的系列设计;设计资料及各种信息由计算机存储和管理,便于设计人员之间相互交流。

④有利于计算机辅助工艺设计(CAPP)和辅助制造(CAM)的发展。通过 CAD/CAM 的集成,方能实现产品设计和制造的一体化。

CAD 技术的发展历史大约可以追溯到 50 年代。50 年代末,美国的 CALCOMP 公司制成滚筒式绘图机,GERBER 公司则制成平板式绘图机,这就为 CAD 技术提供了最基本的物质条件。因为不管是产品设计还是工程设计,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。因此图形的显示与输出设备的研制是 CAD 技术的起源。

1959 年美国麻省理工学院(MIT)成立了一个 CAD 课题小组,由此揭开了 CAD 研究的序幕。当时,MIT 是世界上有名的数控(NC)研究中心,他们早在 50 年代初就研制成功了世界上最先进的数控机床。不久,又完成了用于数控的 APT 语言。为了继续发展已取得的成就,并向设计自动化的方向迈进,MIT 开始了对 CAD 技术的研究。当时,他们提出了下列目标:

- ①实现人机的交互式对话;
- ②以图形为媒介实现人机对话;
- ③实现计算机辅助模拟。

这三个目标直到 1963 年 MIT 的 I. E. Sutherland 发表了著名的 SKETCHPAD 系统后,才获得初步的结果。SKETCHPAD 是一个二维的人-机通讯图形系统。设计者可以和计算机进行对话,并对在显示屏幕上所显示的各种图形进行修改、增加和删除等操作。这在当时给人们

展示了光明的前景,引起了工程技术界的巨大震动。

然而,在将 SKETCHPAD 系统实用化的过程中碰到了一系列的问题,而其中最主要的是当时计算机、图形显示器的功能有限,价格昂贵等硬件方面的原因,以及在处理图形信息时的困难程度等,这些就有待于硬件和软件在技术上取得新的突破。

现在 30 多年过去了,MIT 在当时所提出的目标中,前两项已经由于计算机技术的发展,各种外部设备的性能价格比的提高以及有关图形显示软件的高度发展而获得了基本解决。实现人-机交互式对话,在屏幕上对图形进行各种操作,这些都已经成为现实,且已达到相当实用化的程度。特别是当 Applicon 公司、Computer Vision 公司、Calma 公司等推出了被称为 Turn Key 的图形处理系统后,交互式作图已是十分容易的事了。在此时期出现了廉价的固体电路随机存储器,产生逼真图形的光栅扫描显示器、光笔、图形输入板等各种形式的图形输入设备。

但是,到了这一程度只能称得上是充分应用了计算机辅助绘图(Computer Aided Drawing),对于实现真正的 CAD 则仍是十分不够的。真正的 CAD 要求能由计算机辅助以往的产品或工程设计的整个过程。这就要求能达到 MIT 所提出的第三个目标,即实现计算机辅助模拟,模拟人在设计过程中的所有工作,使设计工作能更快、更精确、更容易、更优质地进行。这是一个相当高的要求,也是一个相当困难的要求,全世界的科学技术工作者为此已经进行了长期而又艰苦的努力。

表 1.1 列出了 CAD 技术发展的四个阶段。

表 1.1 CAD 的发展阶段

阶段	时代	CAD 技术发展水平
第一阶段 摇篮期	60 年代~70 年代后半期	SKETCHPAD 系统,几何构形的基础研究取得进展
第二阶段 实用初期	70 年代后半期~ 80 年代前半期	Turn Key 式系统问世,出现了面向中小企业的 CAD/CAM 商品化系统,计算机绘图技术实用化,图形数据库应用
第三阶段 实用期	80 年代	实现计算机过程的全部 CAD 化,CAD/CAM 技术从大中企业向小企业扩展,从发达国家向发展中国家扩展,从用于产品设计发展到用于工程设计。图形接口、图形功能日趋标准化,相继推出 CORE 图形标准、计算机图形接口 CGI(Computer Graphics Interface)、计算机图形文件标准 CGM(Computer Graphics Metafile)、计算机图形核心系统 GKS(Graphics Kernel System)、面向程序员的层次交互式图形标准 PHIGS(Programmer's Hierarchical Interactive Graphics Standard)以及基本图形转换规范 IGES(Initial Graphics Exchange Specification)
第四阶段 新发展期	90 年代	智能 CAD 得到发展,CAD 技术集成化

CAD 技术集成化主要体现在以下几个方面:

①系统构造由过去单一功能变成综合功能,出现由 CAD/CAM/CAE(计算机辅助工程)构成的 CIMS(计算机集成制造系统);

②CAD 技术中的有关软件(含国际标准)和算法不断固化,即用集成电路及其功能块来实现有关软件和算法的功能;

③多处理机、并行处理技术用于 CAD 中,使工作速度成百倍地提高;

④网络技术在 CAD 中被普遍采用,使近程和远程的资源都能即时共享;

⑤人工智能(AI——Artificial Intelligence)和专家系统技术在CAD中的应用大大提高了自动化设计的程度,出现了ICAD新学科,它集工程数据及其管理系统、知识库及其专家系统、用户接口管理系统于一体,而成为智能CAD系统。它不仅能帮助人们进行一般的设计工作,也能在一定程度上帮助人们进行构思、推理和决策。

1.2 产品设计过程与CAD

目前,几乎任何一个领域都在使用CAD这个名词。但是对CAD的基本含义的理解却是很不相同的,这是因为计算机辅助设计中的“辅助”是一个不十分明确的概念,究竟是在一种什么样的程度上的辅助?从各个不同程度上的理解,就形成了对CAD的不同认识。为此,在讨论CAD概念之前,应对产品设计过程有所了解。产品设计的一般过程可以概括如下:

(1)提出设计任务

通常,人们是根据市场或社会需求提出设计任务的。因为产品设计的目的是要将提供的资源(原材料、能源等)设法转化为具有某种功能的技术装置,以满足社会客观的需求。

(2)明确设计要求

根据设计任务,通过对现有资料的检索及调研,对所设计产品的功能、精度、生产率、可靠性、使用寿命、生产成本等方面,提出明确而详细的量化指标。

(3)方案设计

在满足设计要求的前提下,由设计人员构思若干可行的方案并经过筛选,优选出一个功能满足要求、工作原理可靠、结构设计可行、成本低廉的方案,并以总体布局的方案图或原理图表现出来。

(4)技术设计

在方案设计的基础上完成产品的总体设计、部件设计和零件设计。确定具体的受力、变形等情况,进行静态、动态的分析计算,确定部件或零件的几何形状以及各部分的细节结构、工艺结构、装配结构等,产生工程图样,并产生设计计算书。

(5)生产资料

按照具体加工条件、材料条件、经济性等因素,在工作图的基础上进行加工设计,包括加工工艺设计、工夹具设计等,产生能投入生产、指导加工的图纸。

(6)修改设计

在加工制造、样机试验或现场试用过程中发现的问题可反馈给设计人员,以便修改设计。

以上设计过程可用图1.1表示。在每个阶段,尤其是前两个阶段,常需要经过多次反复,当设计计算结果不能满足要求时,要重新修改设计模型,直到满意为止。这当中的许多工作是重复性的反复计算、检索各种数据、标准和规范,各阶段的所有图纸和说明书,工作量占总设计时间的70%以上。

而CAD将人的创造性和组织作用与计算机的特长结合起来。计算机的任务实质上是进行大量的信息加工、管理和交换。也就是在设计人员构思、判断、决策的基础上,由计算机对大量设计资料进行检索,根据设计要求进行计算及优化设计,将初步设计结果的图样显示出来,以人机交互加以修改,直至最终确认。其CAD流程见图1.1(b)中的虚线框。由此可见,CAD工作的主要内容为以下三个方面:

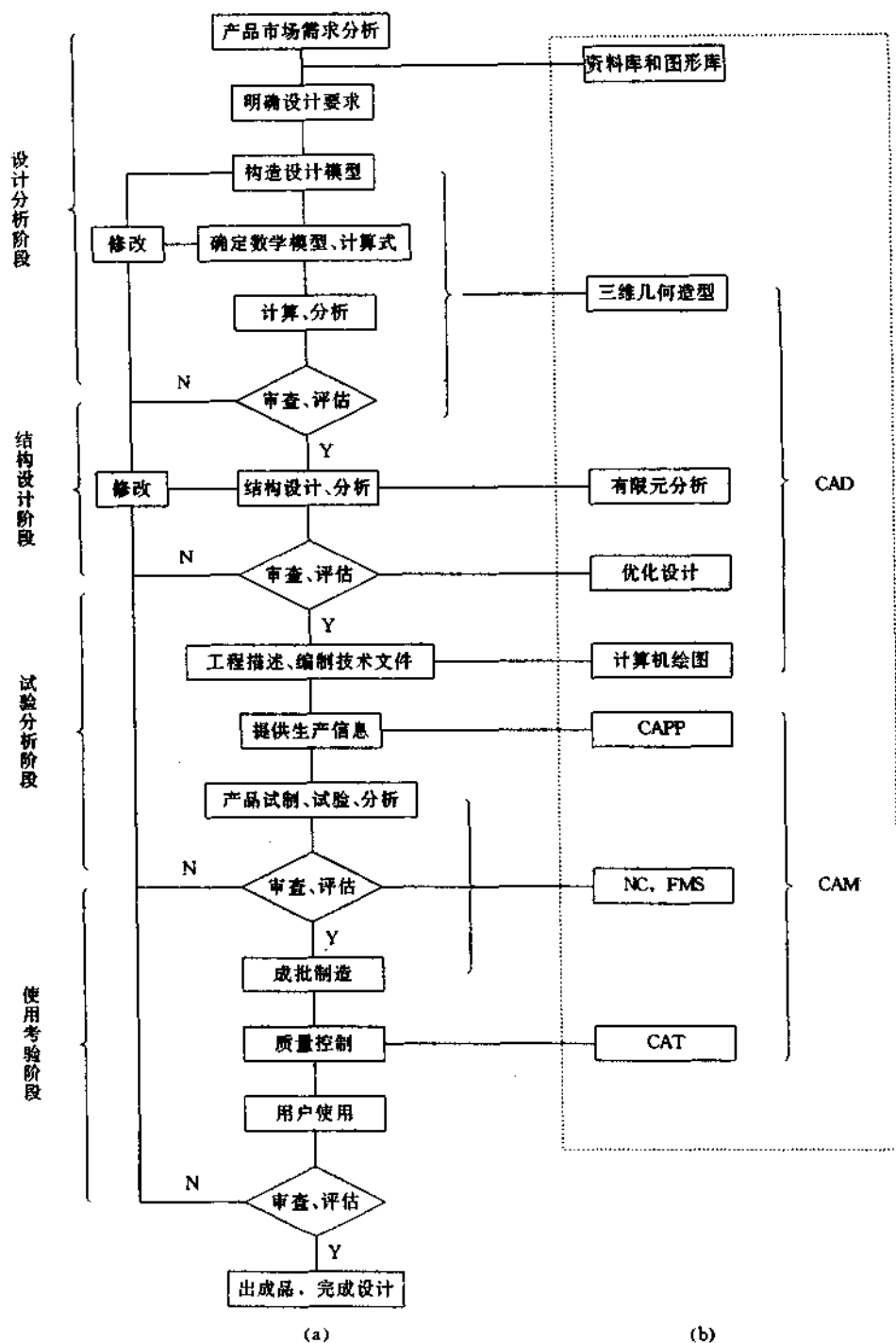


图1.1 传统的产品设计与制造

(1) 建立产品设计数据库

产品设计数据库用来存储设计某类产品时所需的各种信息,如有关标准、线图、表格、计算公式等。数据库可供 CAD 作业时检索和调用,也便于数据的管理及数据资源的共享。

(2)建立多功能交互式图形程序库

这个图形程序库可以进行二维、三维图形的信息处理,能在此基础上绘制工程设计图样、多种函数曲线、可进行图形变换和投影变换、可作三维几何造型和形体的真实感处理。

(3)建立应用程序库

也就是编制及汇集解决某一类工程(或产品)设计问题的通用及专用设计程序。如通用数学程序、常规机械设计程序、优化设计程序、有限元计算程序等。

在建立了上述数据库、图形库、程序库的基础上,就能进行以下步骤的 CAD 工作:

①向 CAD 系统输入有关设计的各种参数、技术要求、条件参数等,并在系统内部生成相关的各类数据结构;

②根据设计要求构造产品的几何模型,并将图形信息转换为数据信息,存于数据库中;

③利用应用程序库中的软件,进行设计计算及优化设计,确定设计方案及产品零部件的主要参数。将设计的初步结果以数据及图形方式输出到显示器上;

④采用交互式图形处理方法对初步设计内容作实时修改,由设计人员作出判断和进一步设计,如此循环,直至设计者满意为止;

⑤用硬拷贝输出设计结果,包括设计计算数据及图样,甚至可直接输出数控加工指令。

至此,计算机基本上辅助设计者完成了设计工作。这也就是 CAD 系统所要完成的工作。

1.3 CAD 系统简述

由 1.2 可知,要进行计算机辅助设计,必须有 CAD 系统的支持。通常 CAD 系统由硬件系统与软件系统两大部分组成,其基本结构见图 1.2。

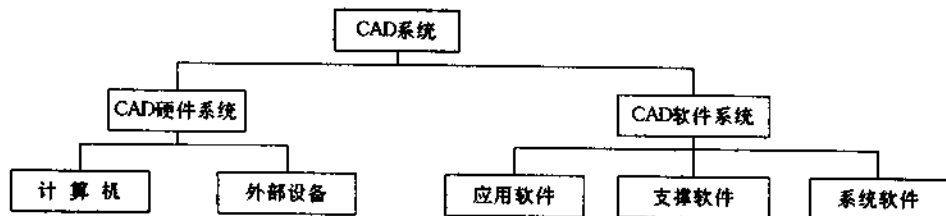


图1.2 CAD系统的基本结构

1.3.1 软件系统的功能

关于 CAD 的硬件系统,将在本书的第 2 章作专门的论述。本节主要介绍软件系统。不同的 CAD 系统,一般有不同的功能要求,但就通常用于机电产品设计的 CAD 系统而言,应具备以下几个方面的处理功能:

(1)交互图形输入和输出功能

此处从略。

(2)几何造型功能

几何造型系统是 CAD 系统图形处理的核心。因为 CAD 作业的后续处理都是在几何造型的基础上进行的,所以,几何造型功能的强弱,在较大程度上反映了 CAD 系统的功能。通常几何造型又分为曲线曲面造型、实体造型和真实感处理等。

①曲线曲面造型(Curve-Surface Modeling):这里讲的曲线和曲面是指根据一些给定(已

知)的离散点和相应的边界条件而构造(定义、生成、控制和处理过渡曲面与非矩形域的拼和能力)的曲线和曲面(又称自由曲线、雕塑曲面)。如贝齐尔(Bezier)曲线、曲面;B-样条(B-Spline)曲线、曲面等。用这些方法可以设计出非常复杂的曲线和曲面,同时,也可以用它描述解析曲线和曲面(有时是近似的)。这些曲线、曲面在航空、造船和汽车制造业中应用很广,在有限元网格划分中也非常有用。

②实体造型(Solid Modeling):一个实体造型系统,必须具有基本形体的定义输入功能,由简单体素(primitive)经过逐步的布尔运算而生成复杂物体的功能和形体输出的功能,以及一些局部修改操作的功能。为了各种操作的需要,在一个实体造型系统中必须具备几种功能较强的表示方法,如构造实体几何表示法 CSG(Construction Solid Geometry)、边界表示法 B-Rep(Boundary Representation)等,并且各种表示方法之间能互相转换。集合运算是实体造型的核心,它的运算能力和可靠性及效率对系统的性能影响较大。过去,对曲线、曲面造型是分开进行研究和设计的,现在可用非均匀有理 B 样条 NURBS(Nonuniform Rational B-Spline)统一表示由曲面和平面组成的实体。如果具有这种功能,系统的几何造型能力将会更强,使用也更方便。

③真实感显示功能:为了适时地观察、检查设计对象是否正确,并真实地表示出设计对象的形态,造型系统必须具有真实感显示功能,例如消除隐线(面)、色彩明暗处理(Shading)以及防止有关零部件发生相互干涉的空间布局和干涉检查功能。

(3)二维-三维图形的转换功能

在进行产品总体和结构设计时,为了便于观察和修改,一般都采用了三维图形表示,而设计结束后,为了加工制造和图纸管理,往往要求输出二维的工程图纸,这就要求系统具有从 3D(Dimension)转变为 2D 图形的功能。另外,设计中还要求通过已有的 2D 图形生成 3D 图形。同时,由于设计过程中要反复进行修改,为了保持修改的统一性,避免发生混乱,当对 3D 图形进行修改后,要求系统能自动修改 2D 图形的对应部分,反之也一样。这就是所谓的 2D-3D 联动。

(4)物体几何特性计算功能

系统应具有根据产品几何模型计算相应物体的体积、表面积、质量、密度、重心、导线长度以及对轴的转动惯量和回转半径等几何特性的能力,以便材料供应部门及时地准备各种材料。

(5)有限元分析功能

在产品设计中对整个产品及其中重要受力零部件必须进行静、动力(应力、应变和系统固有频率)的分析计算,对在高温下工作的产品除了进行上述分析计算之外,还要进行热变形(热应力、应变)分析计算;铸造、锻造、模具冲压及薄板成形等压力加工过程中还要进行液体流动及流动特性的分析计算等等。现在一般都采用有限元法对上述的各种要求进行分析计算,特别是对一些复杂物体,用此法分析计算不仅简单,而且精度较高。一个较好的、完善的有限元分析系统应包括前处理、分析计算和后处理三个部分。前处理就是对被分析的对象进行有限元网格自动划分;分析计算就是计算应力、应变、固有频率等数值;后处理就是对计算的结果用图形(等应力线、等温度线……)或用深浅不同的颜色来表示应力、应变、温度值等。这些功能在设计过程中十分重要。

(6)优化设计功能

优化设计是保证现代产品设计具有高速度、高质量、良好的市场销售的主要技术来源之一。因此 CAD 系统最低限度应具有用参数优化法进行方案选优的功能。

(7)处理数控加工信息的功能

系统应具有处理 2~5 坐标数控机床加工零件的能力,包括自动编程,并能在图形显示器上识别、校核刀具轨迹与干涉,以及对加工过程进行动态仿真的功能。

(8)统一的信息管理功能

一个 CAD 系统在设计过程中要处理的数据不仅数量大,而且类型多,其中包括数值型和非数值型数据,有些数据还是动态的。为了统一管理这些信息,应建立一个与系统规模相匹配的统一数据库。以实现各个环节的信息共享,并达到自动检索、快速存取和不同系统间的交换和传输的目的。

一个功能较齐全的 CAD 软件系统配置如图 1.3 所示。

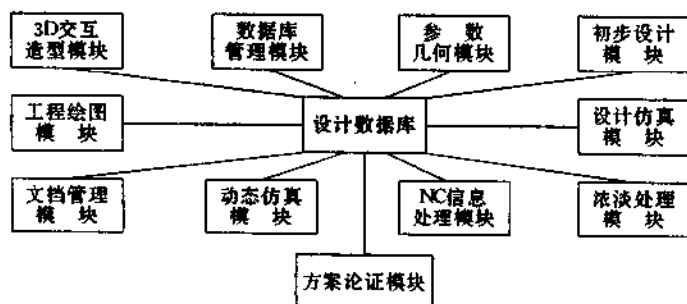


图 1.3 CAD 系统的软件配置

1.3.2 CAD 系统的软件分类

由于微电子和计算机技术的迅速发展,近年来 CAD 系统的硬件发展很快,大容量的存储器和高性能的图形输入、显示及输出设备问世并得到应用,更新速度极快,而且性能价格比不断提高,极大地增强和扩展了 CAD 系统的功能。但一个实用的 CAD 系统是一个面向应用的、要处理极其复杂对象的系统。在 CAD 作业过程中,如要在显示器上显示设计模型,就要求计算机连续地执行一系列的指令,如确定光点、光标、画图、修改和输出等,这些都由 CAD 系统中有关软件驱动和控制 CAD 系统各部分硬件来实现。由此可见,CAD 系统的功能强弱和性能

的好坏,不仅取决于硬件的配置,也依赖于软件的匹配。因此,在建立 CAD 系统时必须十分重视软件的选择和投资强度。从 CAD 系统的任务和计算机正常运行的角度出发,一般应由三类基本软件组成,即控制计算机系统正常运行的系统软件(Operating System Software)、支撑软件(Support Software)、应用软件(Design Software of the Products)。它们的关系可分成三个层次,如图 1.4 所示。

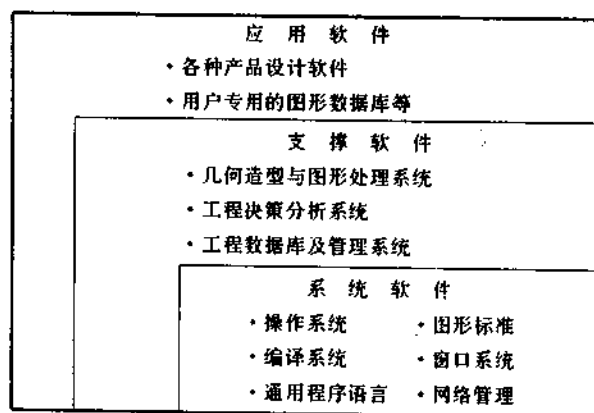


图 1.4 软件的相互关系

1.3.2.1 系统软件

它是由计算机的操作系统

(DOS)的内核和以内核为基础的一些公用程序(Utility Program)组成的。它是与计算机硬件直接联系而且供用户使用,起到扩充计算机功能和合理调度计算机硬件资源作用的软件。其特点为:

①公用性:不论是哪一个应用领域,不论是哪一个用户都要使用它。

②基础性:任何支撑软件、应用软件的编写、编译和运行都是在一定系统软件的支持下进行的。也就是说第二、第三层次的软件是以第一层次的系统软件为基础的。换句话说,系统软件是应用软件的开发和运行环境。

系统软件中的公用程序与操作系统密切相关,一般包括:用户接口、软件开发支撑网络、图形标准、数据库管理系统和文件制作等。微机上的操作系统 DOS 及工作站上的 Unix 均带有相当丰富的公用软件。如用户接口软件提供了命令解释和窗口系统;软件开发支持系统提供了各种程序设计语言(汇编,C, Fortran77, Pascal, Lisp 等)和编辑与编译程序以及源程序管理等。网络系统提供了文件传递和电子邮件程序等。总之, CAD 系统的系统软件提供了整个 CAD 系统内部的支持功能并控制存储操作、各种指令的执行及外部设备的运行。

1.3.2.2 支撑软件(基础软件)

支撑软件是 CAD 系统中的基础软件,它以系统软件为基础,用来完成 CAD 作业过程中某些特定的任务。用于机电产品的 CAD 系统,应具有下列几种支撑软件:

(1)交互式图形处理软件

为了实现交互式图形处理功能,交互式图形处理软件一般具有三个基本部分。

①图形处理软件:一般由输入子程序和输出子程序构成。输入子程序接受用户输入的指令和数据,并将它们传给支撑程序模块;输出子程序控制图形显示终端并将支撑模型转换为相应的二维和三维图形。具体讲它有三个作用:第一,作为用户和图形显示终端之间的支撑软件;第二,用户和系统之间交互作用的管理;第三,用户和支撑程序之间的接口等。图形支撑软件可以是标准图形软件,如 GKS 等,也可以是自行开发的某些支持图形处理的软件。

②支撑程序模块:它是交互式图形处理软件系统中的重要模块,它控制图形数据库中的数据存取,它由用户通过图形支撑软件驱动。用户通过支撑程序可以在图形终端上构造产品的几何模型,也可以进行图形显示与各种图形的处理等,它由一些各种功能的子程序组成。

③工程数据库:用于存储与支撑程序模块有关的信息。如有关产品的定义,各种零部件的数据(尺寸、材料、标准等)。使用时,可在屏幕上查阅,也可以由打印机等设备输出。交互式图形处理系统见图 1.5。

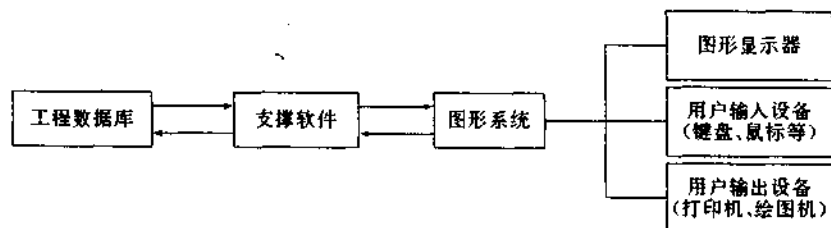


图1.5 交互式图形处理系统

(2)几何造型软件

这是 CAD 系统中关键性的软件。其任务是正确地描述形体的几何形状,并建立起相应的数学模型。由于在二维的图形显示器上描述产品的三维图形是较困难的,故三维几何造型软件极为复杂。目前,用三种模型描述三维物体:线框(Wireframe)模型、表面(Surface)模型及实体