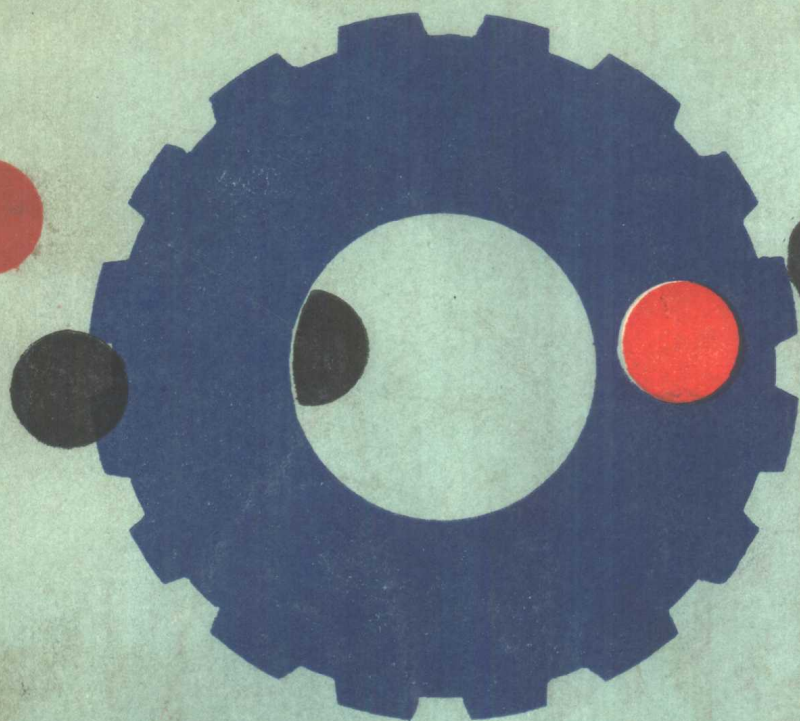




机械 CAD 基本教程

余 俊 陈定方 编 著
周 济 倪笃明
华中工学院出版社

机械CAD基本教程

余 俊 陈定方 编著
周 济 倪笃明

华中科技大学出版社

内 容 提 要

本书是一本计算机辅助机械设计的基本教程。全书由机械 CAD 基础、计算机辅助制图、现代设计方法、机械 CAD 实例四个部分共十五章所组成,系统地阐述了机械 CAD 的基本理论及其应用,内容充实、取材新颖。书中还列有用 BASIC 语言编写的大量程序,并且全部已在 APPLE-Ⅰ 及 IBM-PC 系列微型计算机上通过,实用而可靠。

本书可作为高等工科院校高年级学生和研究生学习机械 CAD 的教材,亦可作为广大工程技术人员更新知识的自修用书或参考文献。

机械 CAD 基本教程

余 俊 陈定方 编著
周 济 倪笃明

责任编辑 钟小珉

*

华中工学院出版社出版发行

(武昌喻家山)

新华书店湖北发行所经销

华中工学院出版社印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 22.5 字数: 469 000

1987年7月第1版 1987年7月第1次印刷

印数: 1—7 000

ISBN 7-5609-0050-X/TP·9

统一书号: 15255—097 定价: 3.74 元

序 言

研究与应用计算机辅助设计 (CAD) 和计算机辅助制造 (CAM) 的工作正在我国蓬勃开展。CAD 是工程技术人员在计算机硬件及软件系统的辅助下进行设计的一种技术。CAD 系统通常包括交互式图形系统、数据库及科学计算分析三个组成部分, 这三个部分有机地结合在一起而形成整体化系统。利用 CAD 技术, 可以提高设计效率 and 设计质量, 增强机械产品的竞争能力。更为深远的是, CAD 技术将使设计领域发生一场根本变革, 推动设计方法和设计技术进入一个新的发展时期。

本书——《机械 CAD 基本教程》正是配合我国 CAD 技术的普及和应用而编写的一本基本读物。它可以作为高等工科院校高年级学生和研究生的基础教材, 又可以作为广大工程技术人员自修用书。本书注意了先进性、系统性和实用性, 因此也可以作为机械 CAD 科技工作者的参考文献。通过本书的学习, 读者可以掌握机械 CAD 的基本知识, 还可以运用本书提供的 BASIC 语言程序进行初步的计算机辅助设计。

全书由四个部分组成。第一部分即第一、二、三章, 介绍了 CAD 的基础知识, 其中, 有关于 CAD 的概述、常用计算方法的程序设计、设计资料的数据处理; 第二部分即第四、五、六章, 讨论了计算机辅助制图, 其中, 介绍了计算机图形系统、几何构型与几何变换、绘图程序设计; 第三部分即第七、八、九、十章, 阐述了各种现代化设计方法, 其中, 对机械优化设计、有限元分析、计算机模拟、专家系统等先进技术进行了简明扼要的论述和说明; 第四部分即第十一、十二、十三、十四、十五章, 介绍了机械 CAD 的应用实例, 其中, 机械零件 CAD 的内容基本上对应于许镇宇、邱宣怀主编的《机械零件》中的设计计算方法及资料, 而减速器 CAD 则概括了小型机械的 CAD 过程, 其有效性和实用性很强。

本书的内容是经过华中工学院余俊、周济和武汉水运工程学院陈定方、倪笃明集体讨论后编写的。其中, 第一章和第十章由余俊编写, 陈定方和周济参加了部分工作; 第二章、第三章、第九章和第十五章由陈定方编写, 周济和倪笃明参加了部分工作; 第四章至第八章由周济编写, 陈定方参加了部分工作; 第十一至第十四章由倪笃明编写, 余俊和陈定方参加了部分工作。

由于作者水平有限, 书中错误和不妥之处在所难免, 恳请读者不吝批评指正。

作 者

一九八六年四月

目 录

第一章 计算机辅助机械设计概述	(1)
§1-1 CAD 的含义及特点	(1)
§1-2 CAD 的发展及应用	(3)
§1-3 CAD 系统的构成和类型	(7)
§1-4 CAD 系统的硬件和软件	(9)
§1-5 机械 CAD/CAM 的今天和明天	(11)
第二章 常用计算方法的程序设计	(14)
§2-1 矩阵运算程序	(14)
§2-2 方程求根	(21)
§2-3 线性方程组求解	(30)
§2-4 数值积分	(38)
§2-5 常微分方程的数值解法	(43)
第三章 设计资料的数据处理	(54)
§3-1 表格的程序化	(54)
§3-2 线图的程序化	(56)
§3-3 有关数据的处理	(58)
§3-4 数据结构与数据库	(61)
第四章 计算机图形系统	(65)
§4-1 计算机辅助制图概述	(65)
§4-2 图形的表示与生成	(66)
§4-3 计算机图形系统的硬件部分	(68)
§4-4 计算机图形系统的软件部分	(73)
§4-5 人机交互技术	(75)
第五章 几何构型和几何变换	(77)
§5-1 概述	(77)
§5-2 三维形体的几何模型	(78)
§5-3 二维坐标变换	(81)
§5-4 三维坐标变换	(85)
§5-5 透视投影变换	(88)
§5-6 轴测投影变换	(92)
§5-7 三视图和轴测图的程序编制	(95)
第六章 绘制图形的程序设计	(99)
§6-1 基本图形及其程序设计	(99)
§6-2 剖面线的绘制	(104)

§6-3 绘制零件图的程序设计.....	(106)
第七章 机械优化设计.....	(117)
§7-1 机械优化设计的基本概念.....	(117)
§7-2 一维搜索方法.....	(126)
§7-3 无约束极值问题的解法.....	(131)
§7-4 约束非线性规划的计算方法.....	(136)
§7-5 建立数学模型和编制优化设计程序.....	(146)
第八章 有限元素法的原理和应用.....	(157)
§8-1 有限元素法概述.....	(157)
§8-2 平面问题的类型及其分析步骤.....	(158)
§8-3 平面问题的离散化.....	(160)
§8-4 平面问题的单元分析.....	(161)
§8-5 平面问题的整体分析.....	(170)
§8-6 求解平面问题中的未知量.....	(175)
§8-7 有限元分析的应用实例.....	(177)
§8-8 平面有限元分析的程序 PFEA	(179)
§8-9 其他问题的有限元分析.....	(189)
第九章 计算机模拟.....	(199)
§9-1 四杆机构实现给定函数的模拟.....	(199)
§9-2 曲柄摇杆机构的运动模拟.....	(207)
§9-3 凸轮的 CAD 及其加工模拟.....	(212)
第十章 人工智能与专家系统.....	(215)
§10-1 人工智能的基本概念.....	(215)
§10-2 专家系统的原理及应用状况.....	(217)
§10-3 机械设计的专家系统.....	(218)
第十一章 带和链传动的设计程序.....	(222)
§11-1 编制机械零部件的设计程序概述.....	(222)
§11-2 带传动的设计程序.....	(223)
§11-3 链传动的设计程序.....	(236)
第十二章 齿轮、蜗杆传动的设计程序.....	(249)
§12-1 斜齿轮传动的设计程序.....	(249)
§12-2 蜗杆传动的设计程序.....	(262)
第十三章 轴与轴承的设计程序.....	(274)
§13-1 轴的强度计算程序.....	(274)
§13-2 滚动轴承的设计程序.....	(292)
§13-3 滑动轴承的设计程序.....	(306)
第十四章 键、螺栓、弹簧的设计程序.....	(317)
§14-1 键联接的设计程序.....	(317)
§14-2 螺栓联接的设计程序.....	(323)
§14-3 螺旋弹簧的设计程序.....	(328)

第十五章 减速器的计算机辅助设计	(335)
§15-1 齿轮传动系统的设计.....	(335)
§15-2 轴系部件的组合设计.....	(338)
§15-3 减速器的优化设计.....	(341)
§15-4 计算机绘图.....	(346)
	* * *
主要参考文献	(351)

第一章 计算机辅助机械设计概述

机械制造业正经历着一个从大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、市场等信息的交流必须及时和准确。传统的机械设计和制造的手段,已经不能完全适应当前技术革命迅速发展的形势了。将计算机应用于机械设计和制造,是工业革命以来,机械工程领域中发生的最重大的变化。计算机的应用,使人们能够对产品从构思到投放市场的整个过程进行分析和控制。这种对产品信息的生产、转换、存储、检查及应用的分析和控制,将使传统的机械设计和机械制造产生新的飞跃。计算机辅助设计(Computer Aided Design 简称CAD),是计算机辅助机械工程的重要组成部分。

§1-1 CAD 的含义及特点

一、CAD 的含义

关于CAD究竟是什么,有各种各样的理解。有的理解成将各种设计方法存入计算机,自动完成设计计算的“自动设计”(DA);有的理解成以计算机输出图形为目标的“计算机绘图”(CG);有的理解成利用数字板、光笔、键盘在图形显示装置上进行图形处理的人机对话形式等等。

一九七三年,当CAD还处于它的初期时,国际信息处理联合会给了CAD一个广义的、至今仍然耐人寻味的定义:CAD是将人和机器混编在解题专业中的一种技术,从而使人和机器的最好特性联系起来。不妨来分析一下人和机器的最好特性:人具有逻辑推理、图形识别、学习、联想、思维、表达,以及自我控制情绪和兴趣等能力;而计算机则以运算速度快、精确度高、不疲劳、存储量大、不易忘记、不易出差错,以及能迅速显示数据、曲线和图形所见长。所谓最好特性的“联系”,即通过“人机对话”,让人们和计算机之间进行信息交流,相互取长补短,使人和机的特性得到充分的发挥。

一个完备的CAD系统,由科学计算、图形系统、数据库三方面组成。

科学计算包括:通用数学库、统计数学库以及在机械设计中占有很大比例的常规设计,特别是优化设计、有限元分析、可靠性分析、动态分析等先进的设计和分析方法。

图形系统包括:几何构型(含体素构型和曲面造型);绘制机械零件图、部件图及装配图;绘制各种函数曲线;绘制各种数据表格;在图形显示装置上进行图形的变换(即对图形进行平移、旋转、对称、删除和修改);以及分析或模拟等。

数据库是一个通用性的、综合性的以及减少数据重复存储的数据集合。它按照信息的自然联系来构造数据,即把数据本身和实体间的描述都存入数据库,用各种方法来对数据进行各种组合,以满足各种使用,使设计所需要的数据便于提取,新的数据易于补充,以及利用已知的数据和系统形成知识库。这就是人工智能范畴的问题了。

二、CAD 的特点

CAD 有如下两个显著的特点:

1. 充分应用各种先进的现代设计方法

使用 CAD 系统, 可以运用有限元法对产品的静动特性、强度、振动、热变形等进行分析。只要计算机内形成了某一零部件的几何模型, 用户就可以在规定载荷下进行分析。用输出数据或图形的滞后来表示结果, 比如变形可叠在原来的模型上或者用彩色来表示应力的分布。还可以运用数学规划对产品的最佳性能、最高效率、最小消耗、最低成本进行优化选择。许多 CAD 系统还具有研究运动构件的运动学特征的功能。有些专用软件可以在设计初期模拟产品的性能, 这比传统的边试制、边试验, 直到设计后期才能弄清产品性能的做法要科学得多, 省时省力得多。

2. 充分利用图形系统和数据库的功能

图形和数据是 CAD 过程中信息存在的主要形式。图形系统和数据库使得整个 CAD 过程都使用统一的图形信息和数据信息, 这一点极为重要。

用 CAD 设计时, 图形显示装置可以根据设计者的想象, 产生有关的结构、机构, 同时伴随着产生各部分的几何形状、尺寸和属性; 人机对话以后, 标准化的数据在计算机内部组成设计模型。这些既可以储存在相应的数据库里, 亦可以随时调用。产生的设计模型可以通过图形显示器从不同的角度, 根据三视图、透视图、剖面图等各种图形, 让设计者确认。接着, 为了检验设计结果和比较设计优劣, 利用计算机对所设计对象的各种特性进行分析。比如: 各种图形的分析; 有无干涉的几何特性分析; 应力幅值及位置, 应变分布及变形情况的分析; 体积、重量、重心、惯性矩、截面二次矩、截面系数的数值分析; 流线压力分布、流速分布、流量等特性分析; 柔性加工系统 (FMS) 分析; 动作模拟分析; 等等。根据分析的结果, 可以进一步对原有的图形进行修改, 并改进设计, 直至得到满意的设计为止。

上述这一系列过程运用计算机去完成, 将显著地缩短设计及制造周期, 提高质量, 降低成本。据统计, CAD 可以使机械产品的设计周期缩短 $2/3 \sim 4/5$; 工艺周期缩短 $4/5 \sim 9/10$; 基建费用降低 $10 \sim 30\%$; 经济效益提高 $10 \sim 25\%$ 。目前, 有的国家在首次设计时就一举成功的可靠性达到了 95% 以上。日本某金属模制造厂商引用 CAD 以后, 取得了如表 1-1 所示的实际效果。

表 1-1

	引用 CAD 前(小时)	引用 CAD 后(小时)	为原来的百分数
资料调查	34	17	50%
设计	29	9.7	33.4%
绘图	127	5.3	4.2%
作数控纸带	42	3	7.1%
合计	232	35	15.1%

§1-2 CAD 的发展及应用

一、CAD 的发展

计算机作为一种科学的计算工具在 CAD 方面的应用,开始于五十年代末期.在美国,麻省理工学院 (MIT) 为完成研究所开发的数控机床采用了数字控制 (NC) 纸带的自动图象传输 (APT) 装置,当时正处于计算机从第一代的真空管向晶体管发展的时期。

APT 是从设计产生的图纸到 NC 纸带自动完成时面向过程的语言。这种用计算机表现图形形状的处理技术在今天的 CAD/CAM (CAM 即计算机辅助制造) 的发展中起着重要的作用。后来, APT 发展到 APT-IV, 这一技术从 MIT 转移到西德亚琛大学, 作为 EXAPT 继续发展。

真正在设计工作中使用的 CAD 系统, 是一九六三年 MIT 小组发表的计算机辅助设计项目的五篇论文。其中一篇系研究生 Ivan Sutherland 撰写的, 题为《SKETCHPAD-A——一种人机对话系统》。该系统作了以下设想: 设计者坐在阴极射线管显示装置 (CRT) 的控制台前, 用光笔操作, 从概念设计到生产设计以至于制造, 都可以实现人机对话; 设计者可以随心所欲地对计算机所显示的图形进行修改、追加和删除, 能在 10~15 分钟内完成通常要花费几周时间的手工作业。这是一种带有人工智能奇迹的划时代的设想, 被认为是图形库的最初的尝试, 是最早实现人机之间信息交换的系统。

还有一个有代表性的系统, 也在同一年代由美国通用汽车公司 (GM) 所开发, 这就是用于汽车玻璃型线设计的 DAC-I 系统。SKETCHPAD 作为包括拓扑信息在内的图形处理技术 (软件) 的开发, DAC 则作为用于具体对象的最早的一例, 其系统的工作都是开拓性的工作。

随后, 美国洛克希德公司的 CADAM 和马库塔列鲁图形公司的 CADD/GNC 等, 在飞机工业领域里进入了实用阶段。

六十年代初, 随着计算机进入了以集成电路 (IC) 为基本元件的第三代电子计算机时期, 以汽车、飞机工业为中心, CAD 迅速地发展起来。从发展的观点来看, 具有历史意义的是以微机为主机的高档台式 CAD 系统问世了, 其具有代表性的是 APPLE 公司的 AGS 系统和 Computervision 公司的 CADDs 系统。另外, 与以往的使用大型计算机的集中型不同, 出现了可置于设计人员身边, 能方便使用的分散型的“成套系统”(转钥匙系统)。这种

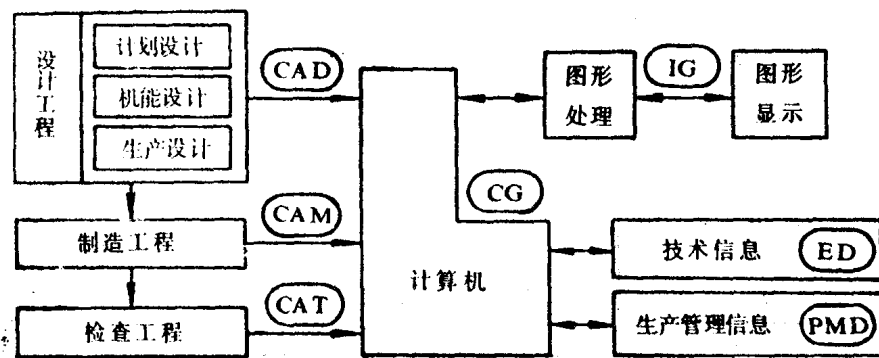


图 1-1 CAE 的概念

系统揭开了第二代 CAD 的序幕,从此, CAD 可以迅速地与设计人员接近起来。

近年来,除了 CAD/CAM 外,还出现了 CAT(Computer Aided Testing)和 CAE (Computer Aided Engineering)。CAD 就是设计人员在设计过程中,运用计算机,敏捷地进行最优设计。CAM 就是根据最优设计得到的设计信息,运用机床自动地加工工件。CAT 就是在检验过程中,在计算机管理下,检验机械动作,以实现检验的自动化。

CAE 的设想,可以说是包括了 CAD/CAM/CAT 系统的流水型技术信息数据库和生产管理数据库,以及利用计算机的综合设计生产系统。CAE 的概念如图 1-1 所示。

二、CAD 的三种水平

CAD/CAM 的实用范围,通常如图 1-2 所示。

将设计过程按照基本设计、详细设计、制定生产指令信息来分类,对 CAD 进行水平分析,如表 1-2 所示。

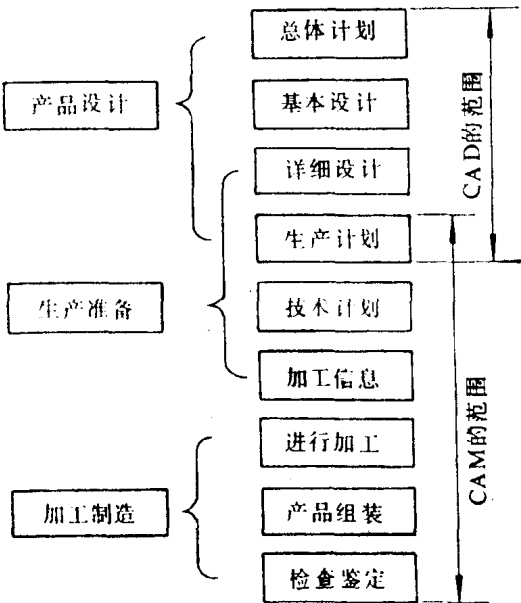


图 1-2 CAD/CAM 的实用范围

表 1-2 CAD 系统的三种水平

分 类	设 计 过 程	处 理 方 式	使用的图形显示器	系统建立技术的难易程度	保证实用化体制的难易程度	可获得的经济效益
水平(I)		非交互式 或 交互式	• 机械式绘图机 • 存储管式显示	容 易	容 易	较 小
水平(II)		交互式	• 清晰的随机扫描 • 高级的缓冲存储器	中 等	中 等	中 等
水平(III)		高级交互式	• 高级清晰的随机扫描 • NC 模型加工机床 • 高级帧缓冲存储器	困 难	困 难	较 大

1. 水平(I)的 CAD 系统

所谓水平(I)的CAD系统,是指使用计算机控制,加工作成设计最终阶段的生产指令信息的系统。在这个阶段中,形状设计的基本工作已经结束,包括誊清整理了为生产所必需的加工图和曲线图,作成数控机床的NC纸带。

在汽车车身设计的时候,可对给出最终状态的粘土模型测量其曲面上各点的坐标值,进行光顺,形成数学曲面,作成加工车身外板的NC纸带。

这种水平(I)的CAD,因为不需要与计算机进行频繁的会话处理,所以,可以有效地使用价格低廉的机械式绘图机及存储管式的CRT屏幕显示。

在汽车与造船行业中,为了高精度地表达实际形状和大小,多使用大型的自动绘图机。形状设计的部分是用传统的手工方式进行的,而最后结果是计算机化的,所以能比较容易地保证实用化。因此,CAD首先从水平(I)开始实施是合乎常理的。

这种水平(I)的CAD系统,须要将设计所得到的大量数据输入到计算机内,这是十分麻烦而又易于出错的工作。如果从建立CAD系统的观点来看,这种水平(I)的系统将形状数据看作是固定不变的,因而可以比较容易地建立。然而所得到的计算机化的经济效益却比较小。

为了提高CAD化的经济效益,要尽可能在设计的初期阶段,在计算机内建立数学模型,然后利用这个数学模型,由计算机控制各种与设计相关的工作。

2. 水平(II)的 CAD 系统

由于与形状有关的基本设计已经在水平(I)的CAD系统中完成了,所以水平(II)的CAD系统可以利用计算机控制,去做详细设计过程中的工作。这种水平(II)的CAD系统,以粗糙的形状模型或者设计简图为基础,输入比水平(I)为少的形状数据即开始工作。以水平(I)为对象的实体模型,因为是精密地完成的,故需要较多的制作时间,而这种水平(II)的实体模型,因为是达到完善以前的工作,制作比较简单。

因为造型工作的最终部分是由人与计算机协同所完成,所以期望图形输出装置是会话性能好的高级清晰的显示。为了使计算机内部表示的模型,能在二维的画面上获得立体感的感觉,将画面上的物体以动画(慢动作)回转,或是寻找与深度相应的对比度变化的模型。

目前,国外已有用硬件实现以上功能的硬件系统出售,画面缓存系统的价格也十分低廉。这种显示系统的价格只相当于以往的存储管价格,其图线亦可以表现出与实际的物体相近的彩色浓淡图形,对于产品对象,进一步用数学模型加工机床是十分理想的。

这种模型加工机床不是通常的加工机床,而是为了在设计过程中,将形状进行详细地证实和研究的设备。加工的材料以木头、聚胺脂、发泡聚乙烯等易切削材料为好。还有,可以在形状设计即将完成的阶段,对石膏以微量的进给进行精密加工,在某些情况下有必要进行涂漆,了解光反射的情况。

获取形状设计的系统,必须是人可以自由地控制形状,而且内部的形状的数字模型必须能够频繁地进行形状的变更、修改、柔性地处理。这种CAD系统建立的技术,与水平(I)的情况相比是更高级的。

3. 水平(III)的 CAD 系统

更为理想的CAD,是从设计的更早阶段就进行构思设计,在图形显示装置上进行工作的水平(III)的系统。即:假定在设计者的头脑中有着某个形状的构思,或者简单的构思图,在这以后的工作,就全都由人与计算机通过对话在显示器上进行。

以自由曲面形状的设计为例,为了实现这个系统,以非常少的输入信息为基础,能自动产生与设计者设想相近的形状模型,这是十分理想的。此外,因为形状模型的数据结构具有一般性,亦能够寻求与大的形状变更相应的柔性。

这种水平(Ⅲ)系统的开发,需要更高级的技术。如果得以实现,则从设计的最初阶段开始的一切工作,都可以利用计算机控制来进行,其经济效益是不可估计的。可以设想,在某些领域里,这种理想的 CAD 系统在不久的将来是可以达到实用化程度的。

三、CAD 的应用

在一些技术先进的国家,CAD 技术已经广泛地应用到飞机、汽车、船舶、模具、印刷电路板、集成电路、管道布置、容器曲面、钣金、建筑、机械零件等领域中。

日本百分之八十以上的公司已不同程度地引用了CAD,其中运输机械、普通机械、精密机械都有半数的工作由 CAD 完成。

美国通用汽车公司、通用电器公司、福特汽车公司等大型企业已有近二十年的 CAD/CAM 的应用历史。美国通用汽车公司车身制造厂的车身设计,是由工程技术人员用非接触扫描器对泥塑模型进行点线测量,然后将测得的数据输入数据库。这样,可以通过计算机绘图修改,制作三维形状的车身图,尔后以该图的数据为基础,为车身的座椅、凸缘等部位以及内部结构进行设计,最后制作数控纸带,控制机床加工,由于CAD/CAM 系统具有较好的结构分析程序,从而使制造出来的车身具有最轻的重量和最高的强度。

由于图形显示技术、数据库以及自动编程技术的发展,CAD/CAM系统已经从只是单一的绘图、制表、设计计算发展到以数据库为中心,以二、三维交互图形显示为目标的成套系统。这是一种以小型机、微型机、图形显示器、数字转换器等硬件和相应的软件构成的小型 CAD/CAM 系统,可以进行三维设计、绘图并制作 NC 纸带,控制加工。这种系统的特点是小巧灵活,全部装置可以置于一个小小的座面上。

在 CAD/CAM 系统的基础上,国外有些公司正在建立集成生产系统 IMS (Integrated Manufacturing System)。该系统使设计和制造过程成为一个完整的信息流通过程,信息数据化已经打破了二者之间的界限。如美国国际商业机器公司 (IBM) 的一个集成生产系统,从产品初步设想到设计、制造、装配和试验全过程都可以实现计算机控制,其发展趋势是完全取消图纸和实现无人化加工,其系统的框图如图 1-3 所示。

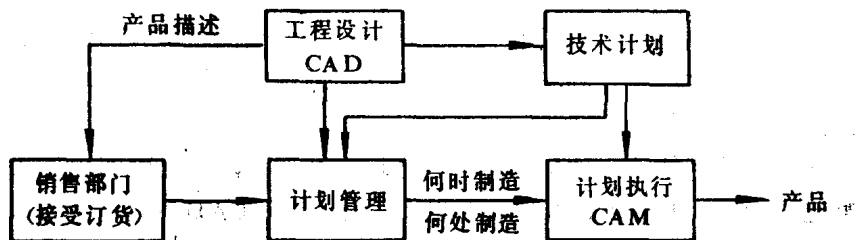


图 1-3 IMS 系统框图

我国在 CAD 技术应用方面也取得了一些可喜的成果。简述如下:

(1) 与CAD有关的算法的研制取得了较大的进展。比如,“常用优化方法程序库”的研制;曲线、曲面的拟合与逼近;图形的“裁剪”和消隐;三维形体的几何造型。

(2) 与解决某一类问题有关的计算机绘图软件的研制也取得了较大的进展。比如,造船中的船体放样,飞机或汽车外形的数学模型,机构及机械零件的 CAD,等等。从七十年代初起,国内的几家船厂和一些研究所、高等院校合作,开展了船体放样工作的研究,经过十余年的努力,已经完成了我国的船体 CAD 系统,包括数学放样、结构展开、外板展开、钢板排料、数控切割、管系布置等功能模块,在提高建造质量、缩短建船周期、减少工时、节省材料等方面取得了显著的经济效益。

§1-3 CAD 系统的构成和类型

一、CAD 系统的构成

CAD系统的构成,取决于应用的领域和使用者的环境条件,可分为以下三种形态:

1. 大型直接连接型

这种系统以大型计算机为主机,直接与CAD终端连接;或者用通讯回路的分时处理,与远程工作站连接。

由于使用大型计算机,可以灵活应用 CAD 软件以及工程数据库。然而,由于通讯回路的速度及图形显示的速度较慢,给计算机中央处理装置(CPU)带来较重的负担。

在进行复杂而且需要大量信息的设计,比如伴随着应用分析的科学计算和模拟时,就该运用这种型式的 CAD 系统。

2. 智能终端型

这种系统亦是以大型计算机为主机,不同的是终端用小型或微型计算机来实现轨迹方面的程序功能。它具有基本图形的图面控制(放大、缩小、画面划分等),以及图形的控制(回转、平移、显示、消隐、删除)等某种智能,不至于让通讯回路的速度过分减小,而且其应答性能强。近年来,还出现了将这些功能硬件化的高级终端。

以上两种形态虽属理想,然而需要引进大型机,费用较大。

3. 独立使用型

称作“转钥匙”的成套系统(Turnkey System),它以小型或高档微型机作为主机,将图形输入装置、图形显示装置以及绘图机全部连接起来,人机会话性能十分好,其软件是专门配备的。这种系统通常并不设置在计算机房,而是放在设计室里,让设计人员能够十分方便地使用。它可以配置多台图形显示终端,多名设计人员可以同时进行不同的设计工作。

这种分散处理型的系统不需要大型计算机,设备费用低,同时,为不同的行业准备有相应的应用软件包,用户的软件负担亦小。

二、CAD 的类型

设计系统以是否具有人、机对话功能而分成会话型和非会话型两大类。

会话型的工作过程要在人的直接干预下,以人机对话的交互作业方式来进行。这种系统多用于设计目标难以用目标函数来定量描述的设计问题,是以人为中心来进行的。

非会话型的工作过程中,设计人员不需要或只是很少的干预,由计算机根据用户编制的程序自动地完成设计步骤,直至获得最优解为止。这种以机器为中心的系统,亦称为“自动设计”系统。这种系统在设计目标能用明确的目标函数来定量描述问题时是十分有

效和迅速的。非会话型包括信息检索型和试行型。

1. 信息检索型

信息检索型系统主要适用于设计标准化和系列化的专用产品，例如电动机、汽轮机、变压器、泵、鼓风机及减速器等。

系统建立的步骤如下：

(1) 整理以往某种定型产品的图纸，结合可能的发展，汇集成几种标准的图形。

(2) 对于某一规格的产品，建立能提供选择最佳标准图形的检索系统。

(3) 把标准图形信息和附属信息（如决定尺寸、材料、作图规程以及决定加工条件和工程管理指令等信息）一起存入计算机外存贮器中，在需要的时候可随时检索输出。

系统建立以后，计算机就能按订货规格从中选择最佳的图形，包括图形尺寸和所用材料等信息，自动绘制图形并输出必要的加工条件和工程管理的指令。

由于系统的工作主要是选用事先存入机器的标准图形，因此在需要修改标准图形的设计以及新产品的设计时是不适应的。

2. 试行性

产品不断更改时，必须对原设计图进行修改。这就需要设计者参与这个设计过程，于是在信息检索型的基础上发展成试行型的设计系统。

可以把设计者对修改图纸的构思，通过软件修改，输入给计算机。计算机经过处理后，又将所修改的结果以图形的形式在CRT终端显示出来，由设计者判断。这样经过几个循环，直到获得满意的结果为止。

试行型有一定的修改功能，但因为其基础与信息检索型类似，图形处理语言较薄弱，所以对设计新产品还不能直接完成。

3. 会话型

会话型设计系统是 CAD 系统中较为完善的一种型式。如图 1-4 所示，设计人员将所要求的工作、性能、规格记在头脑里，然后通过输入装置发出坐标指令。其结果立刻以图形的形式在输出装置上显示出来，设计者不断发出指令，进行对话。通常是在计算机中建立起模型，然后从该模型中一边取出数据，一边转换成加工用的数据，来完成设计。如果设计不尽合理，就可以通过会话，对计算机中形成的模型进行修改，使之完善。

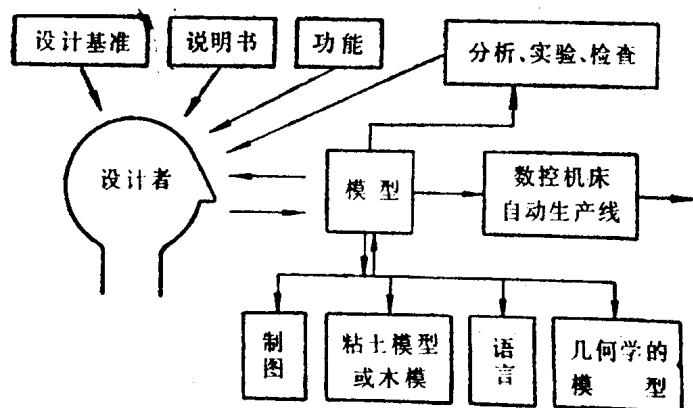


图 1-4 会话型设计系统

§1-4 CAD 系统的硬件和软件

一、CAD 硬件的组成

要建立一个带 CRT 图形显示器的会话型设计系统，基本上需要有如图 1-5 所示的几部分来组成。

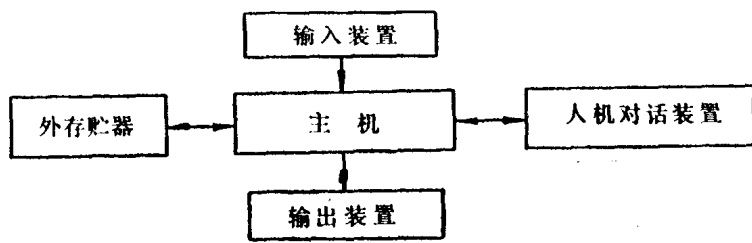


图 1-5 CAD 系统硬件的组成

1. 主机

主机是控制及指挥整个系统并执行实际运算、逻辑分析的装置，是系统的中心。主机包括中央处理机 CPU (Central Processing Unit) 和主存贮器（简称内存）。主机与其它部分的连接状态有独立型式的直接连接型、智能终端的遥控型和与大型机连接的分散处理型。

2. 输入装置及输出装置

大略地分，有图形数据输入装置、会话装置、图形输出装置。

(1) 图形数据输入装置

除了人们已经熟悉的读卡(带)机及字母、数字、功能键盘等以外，出现了坐标读取装置，即使用感触笔和频率指示器，自动输入坐标数值的装置。

(2) 会话装置

CAD 系统最重要的装置是作为设计者与计算机会话的媒介装置——图形显示器。

图形显示有存储管型、光栅扫描型、随机冲击型三种方式。

图形显示器是帮助主机显示数据和图形的。六十年代的显示器是非智能型的；七十年代以来，为了提高显示速度，将专用的显示程序置于主机和显示器之间，这种显示器是低智能型的；八十年代以来，出现了与主机相互独立的，带有能显示外存用的记忆装置，具有坐标变换和限幅等功能，能够编辑复杂图形的高智能图形显示器。

与图形显示器相应的直接输入装置，使用感触笔、轨迹球、操纵杆、光笔等。光笔与随机冲击型和光栅扫描型的图形显示器组装在一起。光笔检测出 CRT 发出的光，用以指定坐标位置或者修改图形。

最近，还出现了声音输入装置，是有代表性的“会话系统”，用对话输入指令便可输出信息。

(3) 图形输出装置

图形最终以图纸的方式输出。自动绘图机大致地分为笔式绘图 (Pen Plotter) 和静电式绘图 (Electrostatic Plotter)。笔式绘图有鼓型 (Drum Type) 和平板型 (Flatbed Type) 两种。

各种装置可以分别用联机方式或脱机方式来使用。

静电式绘图比笔式绘图速度快一个数量级。此外，还有用微缩胶卷机 (COM) 等方式保存图纸的硬拷贝装置。

3. 外存储器

它是用来存放大量暂时不用而等待调用的程序或数据。一般使用磁带和磁盘。新近出现了存储量高达四千兆，工作寿命长达十年，数据传输速度高达每秒三兆字节的光盘。

外存是作为增加内存容量、降低主机成本的一种辅助存贮装置。任何作业资料、工作指令等必须先读入内存后，才能再转入外存之中。输出资料或结果时，则必须先经内存再达到输出装置。

二、CAD 软件概要

大体上说来，系统软件包括以下三大类：

(1) 面向用户的，包括语言加工系统，即语言及其编译程序、解释程序或汇编程序，辅助系统，如调整程序、装配编译程序等；应用程序库和数据库。

(2) 面向管理人员的，包括诊断修复系统，如调节程序、诊断程序等；日常事物管理系统，如运行记录、用户会计记录等。

(3) 面向计算机本身的，包括诊断修复系统；输入、输出控制系统；管理程序和操作系统。

对于 CAD 工作来说，主要关心第一类，即面向用户的那一类软件。

设计工作包括产品开发、基本设计、详细设计、估价、订货、生产管理、故障等直接或间接的工作。其中，那些为决定性能及形状的各种要素的分析、资料收集、成本计算等工作都要以 CAD 数据库的形状数据及图形数据为基础来开展。因此，可以说，CAD 系统的出发点是数据库。

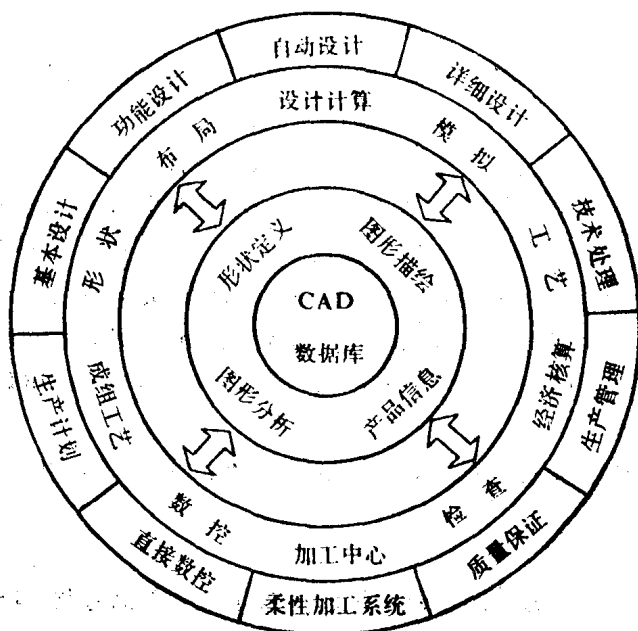


图 1-6 设计、生产和 CAD 系统