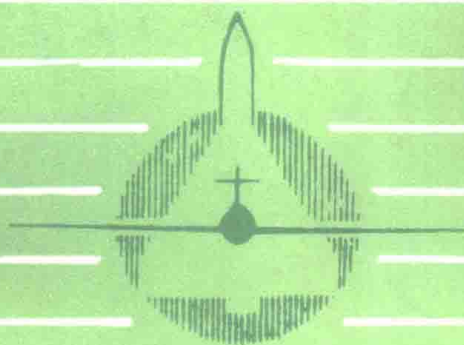


计算机辅助机床设计

李元奇 主编



国防工业出版社

计算机辅助机床设计

沈阳航空工业学院 李元奇 主编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书是高等工科院校机械类专业适用的教材。它的主要内容介绍计算机辅助设计及制造所需的各种基础知识：程序编制和数据库基础；图形显示与绘制技术；交互式图形软件开发；曲线和曲面的设计和制造技术；优化设计；有限元法，还有机床零部件和切削刀具的机辅设计方法。本书特点是理论紧密联系实际。

本书可作为大专院校机械工程类的学生（包括研究生）及工厂工程技术人员学习 CAD 技术的教科书或参考书。

计算机辅助机床设计

李元奇 主编

*

国防工业出版社出版

（北京市车公庄西路老虎庙七号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 $1/16$ 印张21 $1/2$ 501千字

1988年7月第一版 1988年7月第一次印刷 印数：0,001—4,500册

ISBN 7-118-00078-7/TP9 定价：2.40元

前 言

本教材是航空工业部所属的几所院校——沈阳航空工业学院、南京航空学院和北京航空学院——机械工程系所属教研室的同志们，在 1985 年联合编写“计算机辅助机床设计”教材的基础上，经过教学实践和科研实践、修改、充实和扩展而成的。

近年来由于 CAD 技术在机械设计和制造领域中逐渐得到了广泛的应用，为了力求反映 80 年代 CAD 技术的全面情况，本教材充实了很多章节和内容，如曲线和曲面的设计和拟合，曲面的设计和制造，交互式图形软件包的开发和利用，刀具和机床的机辅设计等。

本教材共分十章。第一章绪论；第二章程序编制和数据库基础；第三章图形显示技术；第四章计算机绘图；第五章交互式计算机绘图系统设计的基本概念；第六章计算机辅助优化设计；第七章有限元法；第八章曲线和曲面的设计和拟合；第九章机床典型零部件的设计；第十章刀具的机辅设计。

本教材的特点是理论紧密联系实际。书中各章节的内容是作者们根据近年来在科研中的深刻体会编写的，书中所选的实例都是最新科研成果的结晶。从而使得这些内容体现了新兴学科“计算机辅助设计”正在机械设计和制造广阔领域中生根、开花、结果。

本教材适用于高等工科院校机械类本科生、研究生。计划学时为 40~80 学时。

考虑到我国各高等院校当前所配备计算机的实际情况，机械类专业大都是以微型计算机为主。中小型工厂所具有的计算机条件也是如此。为了使理论和实践紧密结合起来，推动 CAD 技术的发展，本教材中的实例基本上以 IBMPC/XT 及 Apple I 一类微机的应用为主，适当兼顾稍高一档的微机。

本教材第一章，第二章，第三章，第四章的前三节，和第九章是由沈阳航空工业学院机床教研室李元奇编写。第四章的后三节，和第五章由沈阳航空工业学院制图教研室沈卫烈编写。第六章由北京航空学院机床教研室王克昌编写。第七章由南京航空学院机床教研室陈绍廉编写。并且由陈绍廉修改了第六章内容。第八章由沈阳航空工业学院工艺教研室韩建民编写。第十章由沈阳航空工业学院工艺教研室孙静民编写。

全书由沈阳航空工业学院李元奇主编。

由于作者的水平有限，书中一定存在一些错误、缺点和遗漏之处，希望广大读者批评指正。

感谢为本书的出版而提供各种技术资料及程序实例的同志们。

编 者 1987 年 5 月

目 录

第一章 绪论	1	四、CP/M 操作系统	26
第一节 概述	1	五、程序的编译、连接、建库	27
一、CAD 概念的演变	1	第三节 程序和程序库	29
二、CAD 系统发展概况	1	一、程序库	29
三、CAD 的特点	2	二、程序设计的要点	30
第二节 CAD 的作业过程	3	第四节 数表程序化	33
第三节 数学模型及分析方法	4	一、数表程序化方法	33
一、数学模型的概念	4	二、线性插值	33
二、建立数学模型的方法	4	第五节 数表公式化和线图程序化	36
第四节 CAD 硬件	5	一、数表公式化	36
一、主机	5	二、线图程序化	37
二、磁盘机和磁带机	6	三、附录(数表公式化程序)	38
三、字符终端	7	第六节 数据的组织和管理	42
四、图形终端	8	一、基本概念	42
五、打印机	9	二、数据的顺序组织及其查找法	43
六、绘图机	10	三、数据的排序	44
七、数字化板	11	四、指针	45
八、光笔	12	第七节 数据文件	46
九、硬拷贝	12	一、概述	46
十、激光绘图机	12	二、CP/M-80 系统数据文件	47
第五节 系统软件及语言配置	13	三、DOS 系统数据文件	51
一、系统软件	13	四、MS-DOS 系统数据文件	55
二、语言配置	13	五、RSX-11M 系统(用于 PDP11	
第六节 CAD 软件	14	机) 数据文件	57
一、基础软件	14	第八节 数据库系统概述	58
二、应用软件	15	一、数据文件的建立与使用	59
第七节 CAD 的基本类型	15	二、数据文件的操作	60
一、检索型设计系统	15	三、报表生成	60
二、交互式设计系统	16	四、应用程序	60
第二章 程序编制和数据库基础	18	第九节 动态数据文件	61
第一节 操作系统概述	18	第三章 图形显示技术	63
第二节 各种操作命令	19	第一节 图形显示器的组成部分	63
一、MS-DOS 系统	19	第二节 图形显示基础软件	66
二、PC-BASIC 源程序的准备与文件		一、在 Apple II 机上作图	66
管理	22	二、IBM PC 图形软件	73
三、DOS 操作系统	24	三、GINO-F 图形软件	76

第三节 二维图形的变换	79	第四节 ADS-Ⅰ交互绘图系统	138
一、图形的比例	79	一、硬件条件	138
二、窗口和修剪	80	二、软件的组成	138
三、四种基本变换	82	第五节 剖面线处理	
四、用矩阵表示四种基本的变换	84	(ADS-Ⅰ)	140
五、对任一点 (X_0, Y_0) 的图形变换	85	一、剖面域的构成	140
六、复杂图形变换示例	86	二、绘图笔绘制剖面线时的动作	
七、视见变换	87	规律	141
第四节 三维图形的变换	89	三、边界线的种类	141
一、以原点为中心的缩放	89	四、连接点的处理	141
二、对于原点的平移	89	五、求解交点的控制	142
三、对于某轴的旋转	89	第六节 长仿宋体汉字生成系统设计	
四、反射	91	中的几点考虑(ADS-Ⅰ)	144
五、透视变换	91	一、数据结构	144
六、三面投影图的展开	95	二、修改数字化板的软件	147
第五节 图形显示的若干基本问题	97	三、两个框图	147
一、保护图形程序	97	第五章 交互式计算机绘图系统设计	
二、保存图形及再显图形	98	的基本概念	148
三、图形的打印	99	第一节 交互式工作方式的要求	148
四、软开关控制两页图形区	100	第二节 交互式工作方式的实现	149
五、字形表的构成	101	一、实现交互技术的物理设备	149
第六节 数字化板的应用	105	二、交互工作方式的实现形式——	
一、概述	105	用户接口的设计	150
二、基本软件介绍	105	第三节 图形显示的输入技术	153
第七节 图形显示基础软件的开发	107	一、定位技术	154
一、概述	107	二、橡皮带技术	155
二、键盘作图命令	108	三、拖动技术	156
三、建立子图形程序库	110	四、拾取技术	156
四、建立二级子图形程序	118	第六章 计算机辅助优化设计	158
第四章 计算机绘图	123	第一节 概述	158
第一节 概述	123	第二节 优化设计的理论基础	163
第二节 绘图基本软件	124	一、函数的极值	163
一、MP1000型绘图机软件	125	二、目标函数的等高线	164
二、SR6602型绘图机软件	129	三、一般的 n 元函数	164
三、PLOT10软件	131	四、函数的凸性	168
第三节 交互式绘图系统	134	第三节 无约束优化方法	170
一、AUTOCAD硬件配置	134	一、基本形式与分类	170
二、AUTOCAD软件特点	135	二、一维搜索的优化方法	171
三、AUTOCAD和高级语言及数据库		三、变量轮换法	173
的交换	136	第四节 有约束优化方法	174
		一、惩罚函数法	174

二、双下降法	177	第四节 曲线和曲面的光顺	280
三、双下降法优化程序	178	一、光顺的概念	280
四、实例	181	二、局部回弹法	281
第七章 有限元法	190	三、曲面的光顺	283
第一节 概述	190	第九章 机床典型零部件设计	286
第二节 一维有限元素的分析	191	第一节 三角胶带及带轮的设计	286
第三节 杆元素的刚度矩阵	194	一、数学模型的建立	286
第四节 梁元素的刚度矩阵	196	二、数据文件的建立	287
第五节 坐标变换	197	三、程序中变量名对照表	288
第六节 直接刚度法	200	四、程序框图	288
一、基本概念	200	五、三角胶带程序内容	289
二、结构的刚度方程	200	第二节 直齿圆柱齿轮的设计	293
三、结构分析的一般步骤	206	一、数学模型的建立	293
第七节 机床主轴系统的计算	207	二、数据文件的建立	294
第八节 机床支承件的应用	209	三、程序中变量名说明	295
第九节 SAP-5 程序的应用	211	四、齿轮模数计算程序框图	296
第八章 曲线和曲面的设计与拟合	214	五、圆柱齿轮设计程序	297
第一节 曲线设计中的基本数学方法	214	第三节 车床主传动系统图设计	302
一、三次样条曲线	214	一、子图形的建立	302
二、空间样条曲线	220	二、图形组合方法	303
三、贝齐尔曲线	224	第四节 组合机床多孔钻主轴箱设计	307
四、B 样条曲线	227	一、CAD 工作地组织及其设备	307
第二节 渐开线齿廓的圆弧样条拟合	231	二、主轴箱程序设计概述	308
一、圆弧拟合渐开线齿廓的实用价值	231	三、主轴箱动态数据文件的构成及其说明	311
二、渐开线齿廓圆弧拟合的基本运算	232	四、轴单元设计中值得提出的内容	313
三、齿根过渡曲线的几何分析	240	五、齿轮传动系统图程序	315
四、圆弧样条函数拟合渐开线齿廓	245	六、箱体、箱盖补充加工图程序	315
五、渐开线齿轮模具的自动编程系统	251	第十章 刀具的机辅设计	319
第三节 曲面的设计与制造	258	第一节 概述	319
一、网格法	259	第二节 成形车刀设计	319
二、孔斯曲面	262	一、成形车刀传统设计方法和存在的问题	319
三、曲面处理实例	267	二、机辅设计成形车刀的截形	321
四、FAPT (DIE-Ⅱ) 三维模具曲面加工的自动编程简介	275	三、计算机自动绘图	326
		第三节 插齿刀设计	327
		一、插齿刀计算程序设计	327
		二、计算机自动绘图	330
		附录 字符的 ASCII 码对照表 (摘录)	388

第一章 绪 论

第一节 概 述

一、CAD 概念的演变

计算机辅助设计 (Computer aided design) 简称机辅设计 (CAD), 是人们利用电子计算机及其外部设备 (如图形设备等) 进行工程设计的表述。因为到目前为止, 尽管计算机已经可以完成很多工程设计的内容, 如计算、绘图、制表、仿真等, 然而它仍不能够代替人的创造性劳动, 人在工程设计中仍占主导地位, 因此只能称之为计算机辅助设计。60 年代, 在美国的航空、汽车等工业部门中, 首先开展了机辅设计。除了复杂的计算外, 计算机图形技术有了较大的发展。这时就开始出现了交互式设计方法 (Interactive design)。1963 年美国计算机年会上, 麻省理工学院的研究人员发表了论文, 阐述了人机交互设计新方法, 即从人机对话设计一直到产品的数控加工。具体讲, 就是包括了机辅设计和机辅制造。这以后的一个时期内, 人们对 CAD 的概念已经从单纯的计算扩展到了计算机绘图。计算机图形学得到了较快的发展是在 70 年代里, 人们致力于三维图形的研究, 致力于开发各种应用软件。对于复杂的工程计算方法也进行了深入地研究。CAD 的硬件和软件的水平进一步提高, 出现了许多 CAD 系统。CAD 的概念在不断地变化。

80 年代初, 在英国召开的第二届国际 CAD 会议上, 人们对 CAD 的概念作了讨论, 大家认为现时代所说的 CAD 是一个系统的概念, 在这个系统中应当包括五项基本内容:

- (1) 计算 能进行各种复杂的工程计算。
- (2) 图形 能进行二维和三维图形的设计及图形显示; 能进行绘图。
- (3) 信息自动交换 要有完善的数据库支持整个设计过程。
- (4) 分析 能对所设计的产品作各种性能分析。
- (5) 文件 能制订各种文件包括明细表等。

CAD 概念还在演变, 至今并没有统一的认识。有的人还认为 CAD 不能和 CG 混淆, CG 是计算机图形学的简称 (Computer Graphics)。概念的变化反映了人们在工程实践中应用计算机技术的巨大进展。当前国际上在 CAD 方面的研究重点已经从研究计算方法、计算机图形学转向信息系统。当前利用计算机技术作产品性能的分析研究也十分流行。

二、CAD 系统发展概况

在工业发达的国家中, 在各个工业设计部门早已经广泛地利用计算机进行辅助设计。美国在 1980 年, 用于机械工业方面的投资达到四亿美元, 当时就拥有三千多个 CAD 系统。美国有十几家开发 CAD 系统的公司, 为各个部门提供性能好和功能强的软件。

比较著名于世的系统有:

(1) APPLICON 公司	AGS 系统
(2) LOCKHEED 公司	CADAM 系统
(3) CALMA 公司	DDM 系统
(4) AUTO-TROL 公司	GS 2000 系统
(5) CALCOMP 公司	IGS 500 系统
(6) COMPUTER VISION 公司	CADDS 系统
(7) MC AUTC 公司	CADD 系统
(8) M&S 公司	IGDS 系统
(9) IDI 公司	IDRAM 系统
(10) GERBER 公司	IDS 80 系统
(11) E & S 公司	PICTURE II 系统
(12) MCS 公司	AD 2000 系统

另外西德的 CONDOR 系统也比较著名。我国引进了 CADAM 等系统。

这些系统都具有交互设计的能力, 有较强的图形功能; 有作复杂工程计算 (如作有限元计算) 的能力; 有制表功能; 还有数控编程及加工的能力; 有曲线拟合的功能等。

美国通用汽车公司的 CAD-1 系统可以作汽车外形和车身结构的设计, 还能作模具设计。

一个好的 CAD 系统往往可以作各种各样的设计, 不仅能作机械设计, 还能作建筑设计, 电子线路设计等。因此这些软件通用性较强, 属于商品性的软件。

在 CAD 的基础理论研究方面, 除了美国外, 西德柏林技术大学在研究计算机图形学方面著名于世。在研究 CAD 的应用软件方面更是百花齐放, 百花争艳。日本东京大学研究用有限元法对机床的结构进行动态分析, 实现优化设计。西德阿亨大学从事机床设计的研究闻名于世, 早在 70 年代末就已建立了大型切削数据库, 研制了设计机床 (床身及主轴系统) 的软件, 并且已有商品软件问世。西德斯图加特大学研究机床液压系统及其电路设计。西德布伦瑞克技术大学研究组合机床多孔钻主轴箱设计。西德著名机床厂 VDF 及 HUELLER 等在机床设计方面早已采用了 CAD 方法。英国剑桥大学 CAD 中心建立了工业通用数据库, 和曼彻斯特市的 CAD 中心建立了直接通讯, 实现了信息交换。苏联在 70 年代中期在仪表工业部门建立了模具设计与制造的系统, 采用了计算机技术, 取得了较大的成功。

我国的航空与航天部门应用 CAD 较早, 自 80 年代以来, 汽车, 机床, 石油, 煤炭, 钢铁, 船舶等部门相继从国外引进 CAD/CAM 系统, 许多高等院校和研究单位努力研究 CAD 技术, 取得了一定的进展。

三、CAD 的特点

(1) 设计效率一般都提高数十倍以上, 这对于产品更新, 缩短产品研制的周期, 增强产品在市场上的竞争能力十分有利。

(2) 能处理复杂的工程设计, 如优化设计, 有限元设计等, 因而提高了设计质量。

(3) 能实现设计和制造两个过程的联合, 即实现一体化生产, 大大地提高了生产

效率。

(4) 可以在机械产品制造出来之前, 用计算机模拟机械的工作条件进行试验, 预测产品之性能。人们称这种过程为仿真 (Simulation)。

(5) 大大节约人力, 降低了成本。

正因为有这些优点, 故近年来 CAD 技术发展非常迅速。未来发展的前景将是设计过程逐步由计算机来替代, 实现设计自动化。随着智能式计算机的出现, 计算机辅助设计的水平将会得到更大的提高。到了那个时候, 人们将摆脱繁重的设计劳动, 从事更有创造性的设计工作。

第二节 CAD 的作业过程

为了使读者对 CAD 的作业过程有一个初步的了解, 便于掌握本书各章节内容之间的联系, 做到循序渐进、步步深入, 首先让我们来分析一个机械设计的实际过程。

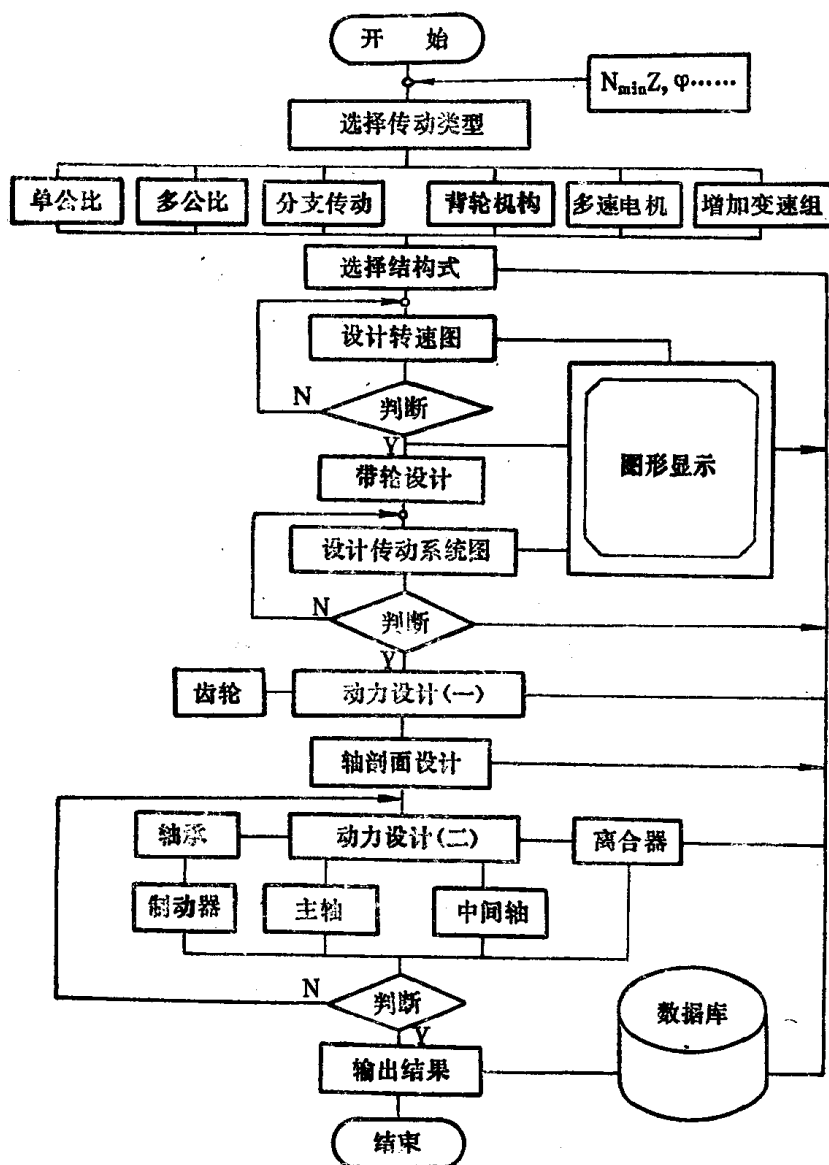


图1-1 主传动系统设计流程

学习过机床设计课的人都知道, 机床主传动系统设计的过程有五个方面:

1. 研究设计任务

制订出原始设计参数, 如传动类型、传递功率、转速范围、转速级数等。

2. 进行主传动系统的运动设计

它包括转速图设计, 传动系统草图设计。首先要画转速图; 然后计算出传动比; 再计算出齿轮齿数; 最后计算出各级转速和选择计算转速。一般来说为了使设计方案完善, 应当多设计几个方案, 择优而定。

3. 进行主轴箱内主要零件的强度计算

即所谓的动力设计。如主轴、中间传动轴、齿轮、轴承、键、离合器等计算。设计过程要利用各种设计手册, 查计算公式, 查数表。而且这部分的设计工作应分两个阶段进行, 有一些零件的精确计算要在画好主轴箱展开草图后才能进行。

4. 进行结构设计

结构设计要画主轴箱展开图和剖视图。画图过程也包含着创造性的劳动, 例如对于各种操纵机构的设计。

5. 制订各种明细表和技术规范。

机床主轴箱的设计过程能否由计算机来完成呢? 我们说按照当前 CAD 技术发展水平, 是可以完成的。完整的机床主轴箱的设计软件正在开发之中。机床设计中人们通过多年的实践所总结出来的各种设计数据可以储存在数据库中。数据库为人们提供了最现代化查询手段, 使得人们能够迅速地获得各种数据。我们可以把各种典型机床结构变成图形文件, 查找时通过图形显示设备把它显示出来, 帮助人们在较短时间内考虑好设计方案。采取现代化工程计算技术使机床的零件设计、转速图设计和传动系统图的设计实现优化设计。

我们可以粗略地用程序框图来描述机床主传动系统的设计过程, 如图 1-1 所示。

第三节 数学模型及分析方法

一、数学模型的概念

在机械设计过程中, 对于某一项工程的结构分析描述, 或者对于某一种表面几何形状的描述, 都是习惯用数学公式来表达。在计算机技术中, 就称为数学模型。例如齿轮齿廓是渐开线。人们用基圆半径, 齿形上任一点的半径和压力角和渐开线函数等参数来建立描述齿形曲线的数学模型。机床主传动系统优化设计的数学模型牵涉到很多的因素, 除了几何参数外, 还有传动元件的碰撞干涉因素, 振动噪音因素等。为了实现优化设计, 应当合理选择升速比和降速比, 应当适当限制每一个变速组的传动副数。即所谓的结构优化和动力设计优化。人们也常常把变速箱的体积小和重量轻一类条件作为优化设计的目标函数。这种数学模型显然是较复杂的。要解多个方程式才能求解。

二、建立数学模型的方法

一般说来, 凡是能够用物理公式描述的内容就能直接建立数学模型。凡是依靠实验数据或经验数据的内容也可以通过曲线拟合方法(如最小二乘法)来建立数学模型。对

于象机床的立柱和床身一类大零件的应力计算或刚度计算,过去是用经验类比法或概略计算法得出,现在利用计算机时就用数值解法求解,如依靠弹性力学有限元法建立数学模型,化为大型线性方程组用计算机求解,其结果比较精确。对于象磨床或发动机一类对振动问题有严格要求的机械设备,要分析其动态特性,就需用有限差分法求解。

今天人们所遇到的工程问题,常常是比较复杂的数学模型,我们把常用的分析求解方法归纳如图 1-2 所示:

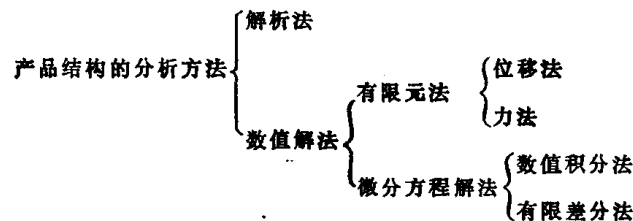


图1-2 数学模型求解方法

在机械设计中采用了计算机辅助设计方法,因而作优化设计比较方便。优化设计是确定合理参数的方法,我们称最终要决定的各个独立参数为设计变量,则这些设计变量一经确定,产品优化设计的目标就实现了。在本书的第六章及第七章将专门介绍优化设计方法及有限元计算方法。

第四节 CAD 硬 件

硬件 (Hard Ware) 是指计算机和各种设备。作为CAD系统,它的硬件应当包括计算机,磁盘机,打印机,字符终端,图形终端,绘图机,数字化板等。下面分别介绍。

一、主 机

主机就是计算机的缩称,它的核心部分是中央处理器 (Center processing unit) 和存储器 (Memory), 这两部分合称系统板。主机的主要指标有三项: 内存容量、字长及时钟频率。内存容量的最小单位叫字节(Byte), 一个字节由八个字位 (Bit) 组成。内存容量越大, 计算机能够容纳和处理的信息量就越大。字长 (Word Length) 是一个字由多少个字位组成, 分字长48位, 32位, 16位, 8 位。字长越长计算能力越强, 计算精度也越高。时钟频率是衡量计算速度主要指标之一, 时钟频率越高则计算机在单位时间内数据吞吐能力也越强。

过去人们把内存容量在1MB左右的计算机叫大型机, 把内存容量在512KB左右的叫中型机, 把内存容量在128KB左右的叫小型机。但自从大规模及超大规模集成电路问世以来, 微型计算机及超级小型机的出现已经打破了陈旧的划分概念。现在的微型计算机的性能已超过以往的小型机的性能。下面举一些国内常见的计算机型号:

(1) IBM 4341 (4381), 内存容量4MB以上, 32位字长, 多用户, 是作CAD的高档机。

(2) VAX 750 (780), 内存4MB, 可扩充到8MB, 32位字长, 多用户。属于超级小型机, 也是高档的CAD机。

(3) Macro VAX II, 内存可到 5MB, 32 位字长, 多用户。价格适中。

(4) MC 68000微机, 内存为 1MB, 16位字长, 多用户。

(5) Intel 380 微机, 内存为 768KB, 16 位字长, 多用户。

(6) IBM PC/XT单用户微机, 内存256KB, 16位字长。可以扩充内存到640KB。配有交互式CAD软件。价格低廉。

(7) Vector 9000单用户微机, 内存256KB, 16位字长。可扩充内存到 896KB。

(8) Apple II 单用户微机, 内存64KB, 8 位字长。是最低档的CAD设备。

上述的前四类计算机, 都需要另外配置绘图机、图形显示设备等外部设备才能搞CAD。图形软件的配置也十分重要。在此基础上才能开发各种应用软件。

单用户的微机如IBM PC/XT、Vector 9000等, 可配置AUTOCAD软件。能够用于CAD 应用软件的开发。这些微机的字符终端都有显示图形的功能, 只要配上图形卡就行。图形的分辨率以Vector 9000的显示器的为最高, 可达到 300×400 点, 显示机械图很清晰。IBM PC/XT机的只有 640×200 点, 显示图形稍差。这两种微机都是廉价的, 已能满足一般需要。IBM 5550机更好一点, 屏幕尺寸大, 分辨率高。

我们应当根据设计的需要合理地选择计算机。

二、磁盘机和磁带机

CAD需要大量的数据和信息, 在内存容量即使足够大的情况下也应当配置硬磁盘及其驱动器 (Disk driver)。典型的硬磁盘机叫温式盘机, 它是由多层金属盘片组成的密封机构, 存储密度很大, 容量从10MB~1000MB左右。它有读写磁头及驱动机构, 旋

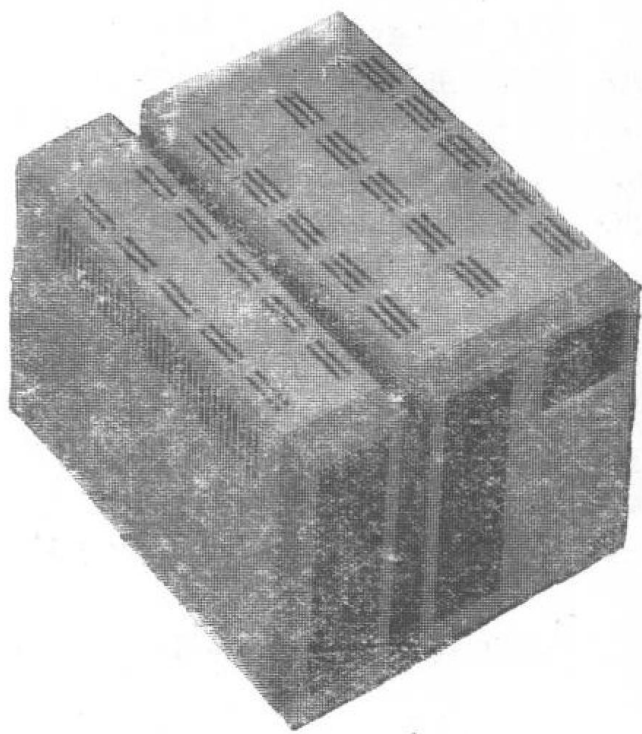


图1-3 硬磁盘机及软磁盘机

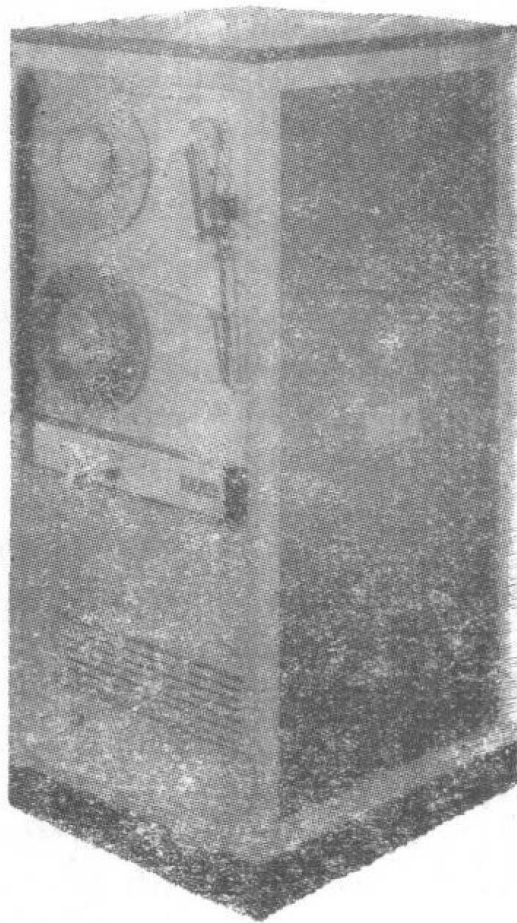


图1-4 磁带机

转速度很高。微型单用户微机上配置的温式盘容量在10MB~40MB左右。软磁盘机也是必备的,它由软磁盘和驱动机组成。软磁盘(Diskette)分 $5\frac{1}{4}$ 英寸和8英寸盘两种。

$5\frac{1}{4}$ 英寸软磁盘单面的存储容量在140KB~160KB,而8英寸的软磁盘单面的存储为500KB。目前市上所见软磁盘分单面单密度(Single side, single density),单面双密度(double density)和双面双密度三种。若磁盘机只有一个读写头,就选用单面软磁盘。实际上软盘可以两面使用,只要增加一个矩形切口。当磁盘机上有两个磁头时,应选用双面软磁盘。

图 1-3 所示为硬磁盘机及软磁盘机外形图。

在高中档的计算机系统上,还配置磁带机,它的容量达几十兆字节。如图 1-4 所示。

三、字符终端

字符终端由显示器及键盘组成。如图 1-5 所示。

显示器是输出设备(Output device),键盘(Key board)是输入设备(Input device)。显示器分单色的和彩色的两种。在多用户计算机系统中,字符终端只用作字符显示,一般为25行×80列。没有图形显示功能。单色显示器较便宜。PC机上的字符终端有图形功能。下面介绍几种常见的终端,都是字符兼图形显示的终端,并且说明它们的分辨率情况。

(1) Vector 9000 所配置的终端为单色显示,分辨率为 800×400 点。显示图形很清晰。

(2) IBM PC/XT 所配置的终端分单色和彩色两种显示器,分辨率为 640×200 点。若要显示图形应当专门加一块图形控制卡,而且它也分单色图形卡和彩色图形卡,不可混用。

(3) 中国科学院科理高技术公司开发的微机 DS-PC(Ⅰ)增加了一块 DS-GCB(Ⅰ)彩色图象卡,提高了图象分辨率,达到 640×400 点。

(4) Apple Ⅱ 所用显示器也分单色的和彩色的。它不需要专门的图形控制卡。分辨率为 280×192 点。字符显示只有24行×40列,字符尺寸较大。

(5) IBM 5550 所用终端的显示器屏幕尺寸较大,约42cm左右,单色,分辨率为 1024×768 点,在微机上是当前国内所见较好的一种。

多用户的微机系列计算机,因为显示器价格问题,而且台数多,一般都配置单色字符终端,如VAX-11/750机上配置VT220终端多台,INTEL 8086/386机配置TTX终端。



图1-5 字符终端

在PDP 11系列计算机上配置VT 100终端。

四、图形终端 (Graphics terminal)

图 1-6 所示为著名的IMLAC PDS-4型图形终端。

图形终端是CAD系统的关键核心设备之一。可以认为，缺少了图形终端的计算机

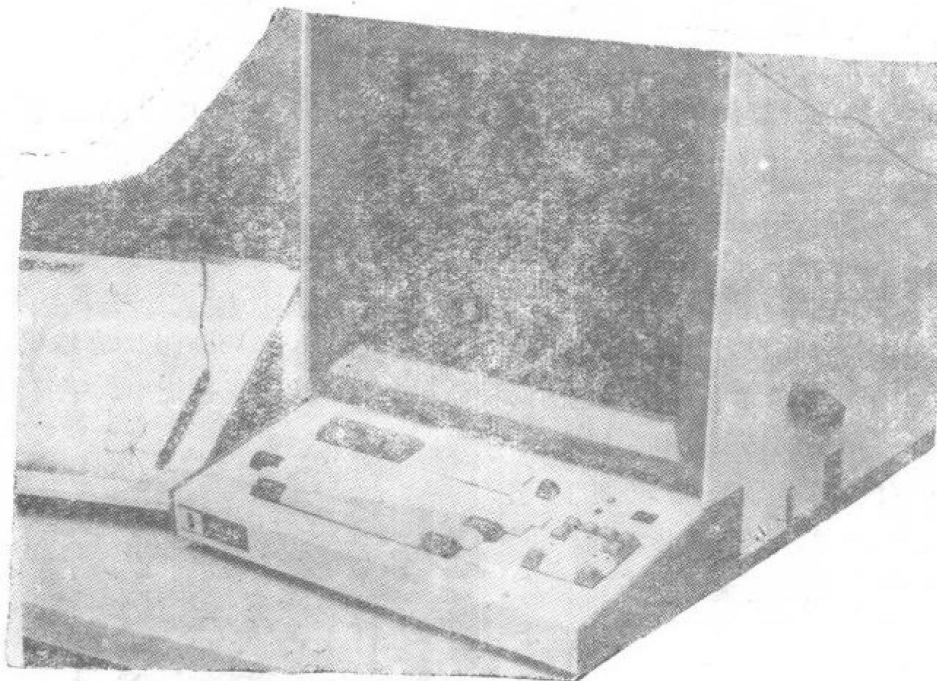


图1-6 PDS-4型图形终端

系统就不能称之为 CAD 系统。图形终端不只是显示图形，它也有键盘，也有单独的存储器和处理器。图1-6中的图形终端的屏幕尺寸大，相当于51cm电视的屏幕尺寸。分辨率可达 2048×2048 点，差一点的是 1024×1024 点。所显示的图形中的线条十分清晰和光滑，可用来显示复杂的机械图形。它有独立的处理器 INTEL 8086，有独立的存储器 64KB。带光笔 (Light pen)。

日本产的图形终端VDU-140CG型是我国湖南计算机厂引进的产品，彩色，屏幕尺寸为 35cm，分辨率为 600×400 点，有四个 128KB存储器，可以存入四幅图形，图形清晰。有自检功能，还有汉字功能，只要加上一块汉字图形卡就能实现显示汉字。

中国科学院科理高技术公司研制了大屏幕彩色高分辨率图形终端CM 2001型，屏幕尺寸为51cm，分辨率最高可达 1024×1024 点。有专门的图形控制卡 DS-GSB IV，可用于 IBM PC及其兼容机上，作为专门的图形设备。在80年代初，国外就出现了双终端，即CAD工作站中，每一个用户都面对二个终端，一个是字符终端，一个是专门的图形终端。而且进一步发展了合并的双终端，如图 1-7 所示。

采用双终端是为了进行交互式设计。

图形终端和主机的接口采用标准的串行接口。



图1-7 双终端

五、打印机 (Printer)

打印机是输出设备。打印机的型号及类型很多。分激光打印机，点阵式打印机，字轮式打印机。日本日立公司产电子计算机系统配置的高速汉字打印机H-8172型 (P10) 就是激光打印机，印字速度为2730行字/min。配置的宽行打印机 HT-5341 型汉字打印机，印字方式是线点式，印字速度为35行字/s。宽行打印机 H-8143 型，印字速度为605~1200行字/min。美国DEC公司的VAX-11/750计算机系统配置的打印机 LP11-25 型为行式打印机，速度为285行/分。配汉字打印机LA84型。主控台打印机LA100型，是智能式打印机，不但管输出，还有键盘可以管输入。

IBM4341- I 型计算机系统配置行式打印机3203-5型，速度为1200行字/min。

老型号LP-36型行式打印机也是智能式打印机，打印速度慢一点，有键盘，作为主控制台打印机用。LP-120型行式打印机也带键盘，打印速度较快180行字/s。

微机上用的打印机是台式打印机，类型主要是点阵式单向行打印或双向行打印。常见的台式打印机如FX-100型，FX-80型，MX-80型，TC-80 型等，这些打印机有打印字符及打印图形的功能。M1570高速彩色 24 针汉字打印机可以打印 36 字/s 到打印 200 字/s，打印字符的颜色有七种。M2024 是 24 针打印机，但是不能打印图形。打印机的牌号有很多种，在 CAD 工作中往往需要打印图形，因此应当选择能打印图形的打印机。

图 1-8 所示为台式打印机。

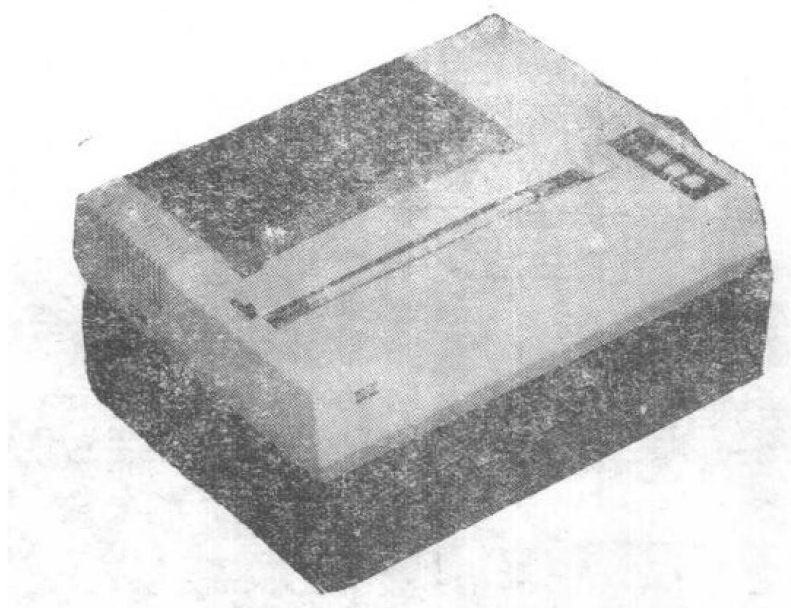


图1-8 台式打印机

六、绘图机 (Plotter)

绘图机分三种：平台式大型绘图机，卷筒式中型绘图机和台式小型绘图机。图 1-9 所示为平台式绘图机。

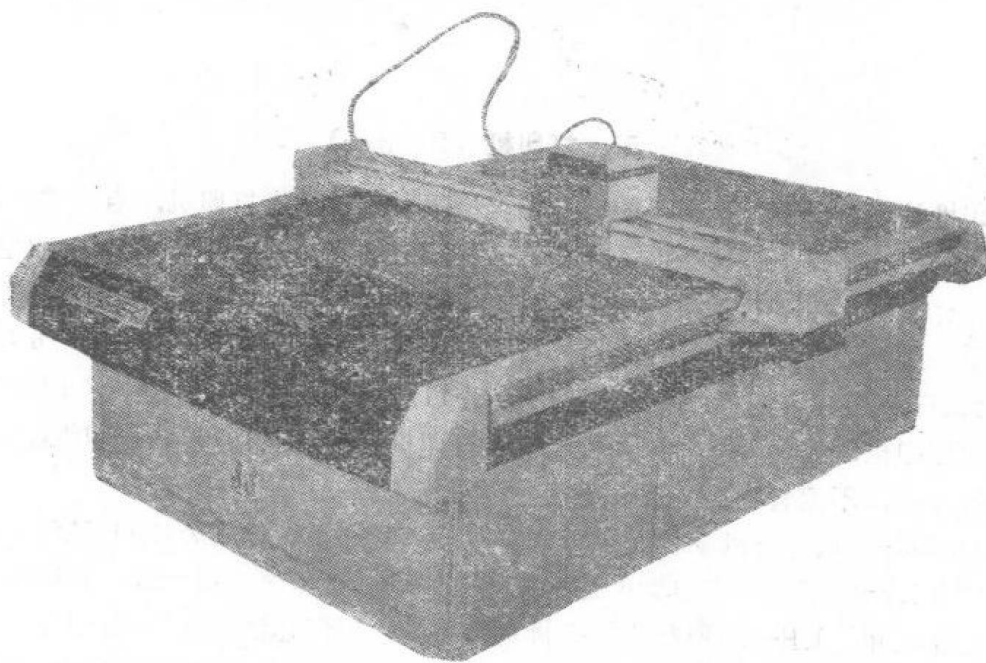


图1-9 平台式绘图机

它可以画 A_0 图纸。

卷筒式绘图机可以画 A_1 图纸。台式绘图机只能画 A_3 图纸。如图 1-10 所示为这两种绘图机。在绘图机上有单笔和多支笔之分。

老式绘图机往往没有圆插补器，不能直接画圆及圆弧。新式绘图机一般都有圆插补器，可直接画圆及圆弧，还能直接画二次曲线。绘图机和计算机的连接方法有两种，即