

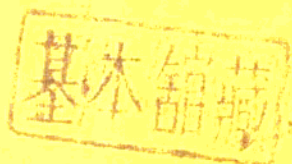
937334

高等学校教材

TP391.72
1283

计算机辅助设计 基础教程

张锡安 主编



CAD

兵器工业出版社

高等学校教材

计算机辅助设计基础教程

张锡安 主 编

张锡安 杨树人 郝永平 穆存远 编著

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书系统的介绍机械CAD的基本知识、方法和技能。内容充实、取材新颖,并通过实例分析使读者进一步掌握CAD的技巧。全书共分十章,包括:CAD系统、工程数据处理方法、数据结构与数据库基础、计算机绘图原理、图形变换原理、图形显示与交互式设计、图形的剪取与消隐、曲线与曲面、几何建模、CAD的应用等。有关章节配有BASIC语言编写的结构化程序。(本书全部程序汇集磁盘三张,用者请与沈阳工业学院机械零件教研室编者联系)

本书可作为高等工科院校机械类专业本科生及研究生学习CAD的教材,亦可作为从事机械CAD工程技术人员自学用书。

计算机辅助设计基础教程

主编 张锡安

*

兵器工业出版社出版 新华书店发行

辽宁沈阳工业学院印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 23.5 字数: 553千字

1991年9月第1版 1991年9月第1次印刷

印数: 1—3900 定价: 6.00元

ISBN 7-80038-320-2/TP·21

出版说明

遵照国务院关于高等学校教材工作的分工，原兵器工业部教材编审室自成立之日起就担负起兵工类专业教材建设这项十分艰巨而光荣的任务。由于各兵工院校、特别是参与编审工作的广大教师积极支持和努力，及国防工业出版社、兵器工业出版社和北京理工大学出版社的紧密配合，自1935年到1988年共编审出版了89种教材。

为了使兵工类专业教材更好地适应社会主义现代化建设培养人才的需要，反映兵工科学技术的先进水平，达到打好基础、精选内容、逐步更新、利于提高教学质量的要求，在总结第一轮教材编审出版工作的基础上，制订了兵工教材编审工作的五个文件。指导思想是：以提高教材质量为主线，完善编审制度，建立质量标准，明确岗位责任，充分发挥各专业教学指导委员会的学术和咨询作用，加强从教材列选、编写到审查整个教材编审过程的科学管理。

1985年根据教学需要，我们组组制订了“七五”教材编写规划，共列入教材176种。这批教材主要是从经过两遍教学使用、反映较好的讲义中遴选出来的，较好地反映了当前兵工教材的科学性和适合我国情况的先进性，并不同程度的更新了教材内容，是一批较好的新型教材。

本教材由叶梅龙主审，经机械电子工业部兵工教材编审室审定。

限于水平和经验，这批教材的编审出版难免有错误之处，希望广大读者批评指正。

机械电子工业部兵工教材编审室

1989年8月

73566/10

前 言

本书是根据高等工科院校机械设计及制造专业本科生教学要求并考虑机械类、近机类研究生所开设 CAD 课内容而组织编写的。

根据目前国内高校实际情况,在编写教材中选择了80年代最有竞争力之一的微机 CAD 为主机型,介绍CAD的基础知识和方法,围绕 IBM/PC 机介绍软、硬件技术。书中所配的程序均在 IBM/PC 机上通过。作为设计性课程,把能力的培养视为重点。因此,各章中除系统讲述基本理论外,对实用的接口技术,如高级语言与Auto CAD、高级语言与 dBASE 的联接等,均给予较详细的讲解并配有实例,占有一定的篇幅。在最后一章,综合前面的理论,由浅入深而又各有侧重给出三个设计实例,使之形成一个完整的 CAD 系统概念。

考虑各专业之间的差别,在编写中把内容分二个档次:前六章及第十章属基本内容,参考学时为40~60学时;七、八、九章是选学或研究生选修课内容。要求先修课为算法语言、线性代数等。

参加编写工作有:沈阳工业学院的张锡安(第一、三、五、十章),郝永平(第四、八、九章及附录);沈阳建筑工程学院的穆存远(第二、三、四章);沈阳工业大学杨树人(第六、七章)。全书由张锡安主编。

另外,沈阳工业学院的李长军、翟平、刘长顺;沈阳建筑工程学院的刘宝贵;山西煤炭干管部理院王潮生参加部分章节编写和程序的调试工作。全书由机械电子工业部兵工教材编审室邀请北京理工大学叶梅龙副教授任主审,对本书的编写提出了很多宝贵意见,对提高本书质量给予很大帮助。在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,难免有不少错误和不足之处,欢迎广大读者不吝批评指正。

一九九〇年二月 编者

目 录

前 言

第一章 计算辅助设计系统	(1)
§1.1 概 述	(1)
1.1.1 CAD概念的产生及其发展	(1)
1.1.2 CAD作业的一般过程	(2)
§1.2 CAD系统	(3)
1.2.1 CAD系统的类型	(3)
1.2.2 CAD系统的硬件	(5)
1.2.3 CAD系统的软件	(9)
1.2.4 CAD系统的选型	(12)
§1.3 CAD的现状与展望	(16)
1.3.1 CAD的现状	(16)
1.3.2 CAD的展望	(20)
第二章 工程数据处理方法	(23)
§2.1 概 述	(23)
2.1.1 按表格中数据有无函数关系分类	(23)
2.1.2 按数表的维数分类	(24)
§2.2 图表数据程序化	(24)
2.2.1 一维数表程序化	(24)
2.2.2 二维数表程序化	(25)
§2.3 函数插值	(27)
2.3.1 线性插值	(27)
2.3.2 拉格朗日插值	(30)
2.3.3 一元三点插值	(33)
2.3.4 二元三点插值	(35)
2.3.5 三次自然样条插值	(39)
2.3.6 牛顿插值	(47)
§2.4 最小二乘法数据拟合	(54)
2.4.1 问题的提出及最小二乘法原理	(54)
2.4.2 子程序使用说明	(56)
2.4.3 子程序	(57)

2.4.4 举 例	(59)
第三章 数据结构与数据库基础	(61)
§ 3.1 概 述	(61)
3.1.1 数据与数据结构	(61)
3.1.2 数据的逻辑结构和存贮结构	(61)
3.1.3 记录与数据项	(62)
§ 3.2 线性表	(62)
3.2.1 线性表的定义及其逻辑结构	(62)
3.2.2 线性表的存贮结构	(63)
3.2.3 线性表的插入和删除	(64)
3.2.4 线性链表(单链表)	(65)
3.2.5 线性链表的插入和删除	(66)
§ 3.3 树	(66)
3.3.1 树树的定义及其逻辑结构	(67)
3.3.2 树的存贮结构	(67)
3.3.3 插入与删除	(70)
3.3.4 二叉树	(71)
3.3.5 线索二叉树	(77)
§ 3.4 图	(79)
3.4.1 图的逻辑结构	(79)
3.4.2 图的存贮结构	(81)
§ 3.5 文 件	(82)
3.5.1 文件的逻辑结构	(82)
3.5.2 文件的存贮结构	(82)
§ 3.6 数据库系统的基本概念及其特点	(84)
3.6.1 数据库系统	(84)
3.6.2 数据库系统的特点	(85)
3.6.3 dBASE-Ⅲ文件	(85)
3.6.4 进入和退出dBASE	(87)
3.6.5 建立数据库文件	(87)
§ 3.7 dBASE-Ⅲ与高级语言的结合使用	(89)
3.7.1 dBASE-Ⅲ数据文件与BASIC数据文件的格式比较	(89)
3.7.2 BASIC程序读取dBASE-Ⅲ生成的数据文件实例	(94)
3.7.3 可供dBASE-Ⅲ使用的BASIC程序编写	(96)
§ 3.8 工程数据库系统简介	(97)
3.8.1 EDBMS中的数据种类及分层管理	(97)
3.8.2 事务管理数据库与CAD数据库的比较	(98)

第四章 计算机绘图原理	(100)
§ 4.1 计算机绘图的应用	(100)
§ 4.2 计算机绘图系统及其工作过程	(101)
4.2.1 几种自动绘图机简介	(101)
4.2.2 计算机绘图系统的工作过程	(106)
§ 4.3 自动绘图的插补原理	(107)
4.3.1 基本工作原理	(107)
4.3.2 逐点比较法	(108)
4.3.3 正负法	(117)
§ 4.4 计算机绘图程序设计方法	(121)
4.4.1 基本几何图形处理及程序设计	(121)
4.4.2 工程图形程序设计方法	(133)
第五章 图形变换原理	(150)
§ 5.1 二维图形变换	(150)
5.1.1 概 述	(150)
5.1.2 点的变换	(151)
5.1.3 平面图形变换	(155)
5.1.4 齐次坐标与平移变换	(157)
5.1.5 二维基本变换矩阵的级联	(159)
5.1.6 窗口视区变换	(161)
§ 5.2 三维图形变换	(163)
5.2.1 概 述	(163)
5.2.2 比例变换	(163)
5.2.3 错切变换	(165)
5.2.4 反射变换	(167)
5.2.5 平移变换	(168)
5.2.6 旋转变换	(169)
§ 5.3 三维图形变换的应用	(171)
5.3.1 三面投影变换	(171)
5.3.2 轴测投影变换	(172)
5.3.3 透视投影变换	(176)
§ 5.4 图形变换编程实例	(179)
第六章 图形显示与交互式设计	(185)
§ 6.1 图形显示器的分类	(185)
6.1.1 随机扫描显示器	(185)

6.1.2	存贮管显示器	(185)
6.1.3	光栅扫描显示器	(186)
§ 6.2	光笔图形显示器的组成	(186)
6.2.1	显示头	(186)
6.2.2	功能产生器	(187)
6.2.3	缓冲存贮器	(189)
6.2.4	显示控制器	(189)
6.2.5	光笔及其使用	(189)
§ 6.3	图形显示语句	(191)
6.3.1	图形显示模式及其选择	(191)
6.3.2	屏幕坐标系统	(193)
6.3.3	画点语句	(194)
6.3.4	画线语句	(195)
6.3.5	画圆、圆弧及曲线语句	(197)
6.3.6	图形的着色与境充	(198)
§ 6.4	图形软件包及其应用	(199)
6.4.1	图形软件包Auto CAD 概貌	(199)
6.4.2	Auto CAD的使用方法	(200)
6.4.3	高级语言与Auto CAD 的联接	(203)
6.4.4	Auto CAD 形文件的使用	(211)
第七章	图形的剪取与消隐	(214)
§ 7.1	图形的剪取	(214)
7.1.1	剪取的基本原理	(214)
7.1.2	二维图形的剪取	(215)
7.1.3	三维图形的剪取	(217)
§ 7.2	图形的消隐技术	(221)
7.2.1	消隐的基本原理	(221)
7.2.2	平面立体图消隐技术	(222)
第八章	曲线与曲面	(226)
§ 8.1	微分几何学基础知识	(226)
8.1.1	曲线和曲面参数表示	(226)
8.1.2	曲线和曲面的基础知识	(228)
§ 8.2	三次参数样条函数	(235)
§ 8.3	贝齐尔 (Bejier) 曲线与曲面	(237)
8.3.1	贝齐尔曲线及其性质	(237)
8.3.2	贝齐尔曲线几何作图法	(243)

8.3.3 贝齐尔曲线的分割与连接	(244)
8.3.4 贝齐尔曲线的反求问题	(249)
8.3.5 贝齐尔曲面	(250)
8.3.6 贝齐尔曲面的拼合	(252)
§ 8.4 B样条曲线与曲面	(255)
8.4.1 B样条曲线的定义及几何特性	(256)
8.4.2 B样条曲线的性质	(260)
8.4.3 B样条曲线的差分算法	(261)
8.4.4 B样条曲线的反求问题	(262)
8.4.5 B样条曲面	(264)
8.4.6 双三次B样条曲面的计算	(266)
8.4.7 双三次B样条曲面的拼合	(267)
第九章 几何建模	(269)
§ 9.1 概 述	(269)
§ 9.2 几何实体的数学描述	(271)
§ 9.3 几何实体描述信息及数据结构	(273)
9.3.1 几何信息与拓扑信息	(273)
9.3.2 数据结构	(277)
§ 9.4 几何建模模式及方法	(280)
9.4.1 几何建模模式	(280)
9.4.2 几何建模方法	(283)
第十章 计算机辅助设计的应用	(288)
§ 10.1 带传动的计算机辅助设计	(288)
10.1.1 设计任务分析	(288)
10.1.2 计算选择用数据表格的处理	(288)
10.1.3 常规设计方法和步骤	(292)
10.1.4 带传动设计程序	(294)
10.1.5 带轮图形子程序设计	(298)
10.1.6 带传动设计例题	(302)
§ 10.2 凸轮的计算机辅助设计	(304)
10.2.1 设计任务分析	(304)
10.2.2 通用程序的设计构思	(305)
10.2.3 程序设计	(306)
10.2.4 操作说明与注意事项	(320)
10.2.5 例 题	(321)
§ 10.3 平面铰接四杆机构的计算机辅助设计	(327)

10.3.1	查图谱实现预定轨迹的杆机构设计	(327)
10.3.2	实现给定位置的四杆机构设计	(336)
10.3.3	铰链四杆机构的运动分析	(344)
10.3.4	输出格式	(346)
§ 10.4	PC-MECADS	(346)
10.4.1	PC-MECADS的支持环境	(346)
10.4.2	PC-MECADS 的三个实用系统	(347)
10.4.3	PC-MECADS 系统开发工具	(349)
10.4.4	系统开发应注意的题	(350)
附 录	DXV-880 绘图指令简介	(354)
参考文献		(364)

第一章 计算机辅助设计系统

§ 1.1 概 述

CAD是“计算机辅助设计”英文名 Computer Aided Design 的缩写。它是指使用计算机系统进行设计的全过程：资料检索、方案构思、计算分析、工程绘图和编制文件等。在设计过程各个阶段，计算机都要充分发挥它的辅助作用：运算速度快、准确性高、记忆能力及思维能力强。从而成为人们进行创造性活动的得力助手。因此，这门新兴学科越来越引起工程界的注意和支持，使之迅速发展并日益完善。

1.1.1 CAD 概念的产生及其发展

自1946年世界上第一台电子计算机问世之后，人们就想把这一科技成果应用到设计领域。但是，这一想法并未能顺利地实现。首先遇到是计算机的自身能力、显示能力和价格等硬件问题；其次是图形信息处理等软件技术问题。到60年代初，美国麻省理工学院 MIT 开发了名为 Sketchpad 的计算机交互图形处理系统并描述了人机对话设计和制造的全过程。这就是 CAD/CAM 的雏型。形成了最初的 CAD 概念：科学计算和绘图。随着计算机软、硬件技术的发展，计算机逐步应用于设计全过程，形成了 CAD 系统，同时给 CAD 概念加入新的含义。从50年代至今 CAD 大致可分为三个时期：

从50年代到70年代中期，CAD 从封闭的专用系统走向商品化，以大型机配有存储管显示器的整机系统开始在市场上出售。虽然其功能价格比较低，但使更多的工程技术人员接触 CAD，CAD 进入应用阶段。有代表性的是：美国通用汽车公司的 DAC-1、洛克菲勒公司的 CADAM 及马库塔列普图形公司的 CADD/GNC 系统。

70年代后期，进入发展时期。大规模集成电路（IC）问世，使 CAD 系统价格下降。以数据库为中心，并配有光栅彩色图形显示器和缓冲存储器的全系统开始在市场上出售。系统具有解析和仿真功能，并有二维结构设计软件支撑系统，功能价格比明显提高。CAD 应用得到迅速发展。这个时期，出现代表性的机型是：Applicon 公司的 AGS 系统、Computer Vision 公司的 CADDS 系统。

80年代中期，以工程工作站（EWS）和局部网络（LAN）与主机构成为分散处理系统，在超大规模集成电路（VLSI）的支持下，使工程工作站具有强有力的 CPU 和良好的显示处理功能。用32位超微机为主机，有代表性的机型是阿波罗（Apollo）公司的 DN3000、DN4000、DN5×× 系列及 DOMAIN 环网，太阳（SUN）公司的 SUN3、SUN4 系列。

1987年以前，PC 机与工作站之间存在着较大差别。由于其价格便宜，有更多的市场需求，其功能迅速发展：IBM 推出 PS/280，Apple 推出 Macintosh-Ⅱ 已具有工作站水平；1000×1280 像素的插件板，2 M 和 3 M 的存储板已广泛应用；新的操作系统 OS/2 已能支持多任务功能。这样个人计算机的功能将扩充为个人工作站的功能。有代

表性的是IBM-PC/AT, SUPER 多用户 PC/AT。

CAD 概念在各个时期有所不同。1973年国际信息联合会给出“CAD 是将人和机器混编在解题作业中的一种技术,从而使人 and 机器的最好特性联系起来”的定义。到80年代初第二届国际 CAD 会议上认为 CAD 是一个系统的概念,这个系统应包括计算、图形、信息自动交换、分析和文件处理五方面内容。1984年召开的国际设计及综合讨论会上,认为 CAD 不仅是设计手段而且与设计方法有极密切的关系,是一种新的设计方法和思维。由此可见 CAD 概念是一个变化的、不断更新的、发展的概念。

1.1.2 CAD作业的一般过程

通过典型零件的 CAD 作业过程,说明 CAD 各个环节之间的关系,为学习和掌握 CAD 基础知识做好准备。图 1—1 是轴的设计流程图。

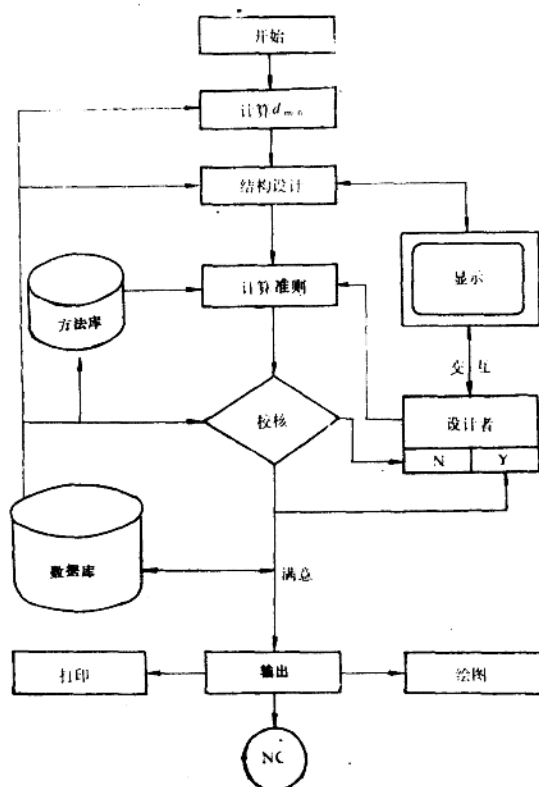


图 1—1 轴的设计流程图

图中表明,设计工作是一个多次重复地工作过程,而每次重复都要经过修正、解析、比较、优化最终达到满意。这一过程中通过人机对话地形式,把设计者的理论思维、经验、联想和判断能力与计算机运算速度快、精度高、不疲劳、记忆好有机地结合起来。

设计准则地确立是与产品设计要求、产品结构分析方法密切相关的。有限元法、优化方法、可靠性方法和通用的计算方法都存贮在方法库中,供随时调用。

输出方式是可控制的。可以是图形、文件,也可以是文字和 NC 带。不论那一种都是在数据库支持下进行的。数据库不但存有大量的分析数据,而且存有大量图形和物性数据,这些数据在数据库管理系统的统一管理下进行存取、查找、比较、组合和处理,支持各个作业过程。

任何 CAD 系统都要具有科学计算、图形处理和数据管理的功能,这是最基本的。因此, CAD 工作站要从硬、软件环境支持这三者。

§ 1.2 CAD 系统

CAD 作业是在一定环境下进行地,这个环境称为 CAD 系统,就是通常说的硬件、软件及其联接方式。众所周知 CAD 的支持环境是日新月异地向前发展,形成多种层次、功能各异地 CAD 系统。本节仅就目前比较流行地典型系统、硬件、软件、系统选择和评价作简要的介绍。

1.2.1 CAC系统的类型

CAD 的类型繁多,通常可按下列方法进行分类。

一 按系统配置和终端与主机间的构成方式进行分类

1 大型机直连型(集中型)系统

这种系统以大型计算机为主机,终端与 CAD 主机连接;或者通过远程分时终端与主机连接。这种系统一般配有大容量的外存贮器,主机通用性强,计算能力大,可以灵活应用 CAD 的软件及工程数据库。适宜进行复杂而且需要大量信息的设计,如分析计算、模拟和管理。其缺点是:多用户分享主机,给 CPU 带来较重负担,终端响应不稳、性能价格比不高等。

2 功能分散型(智能终端)系统

这种系统是集中型的改进,减轻 CPU 的负担,使负荷分散在几个 CPU 上,如图 1—2。这些微机分别处理图形(GPU)、分析计算(APU)、显示(VGU)等某

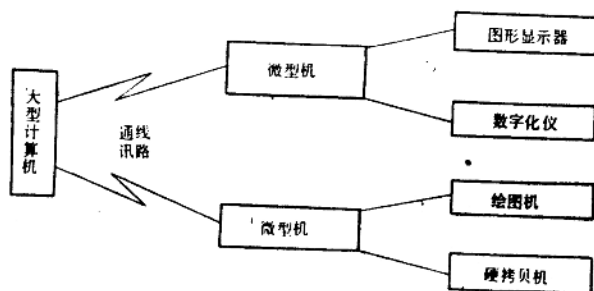


图 1—2 功能分散型系统

种智能。故这类终端又称智能终端。

3 独立使用型（转钥匙）系统

它是以小型或高档微机作为主机，直接与终端（或工作站）相连，如图1—3。系统配有专用软件、硬件，独立的承担设计工作。它的性能完全取决于专用软件的水平。一般都选择经过反复使用比较成熟的专用CAD软件。系统显示出高效率、低费用、高响应性。这类系统的缺点：应用性比较窄，往往带有某些专用性。

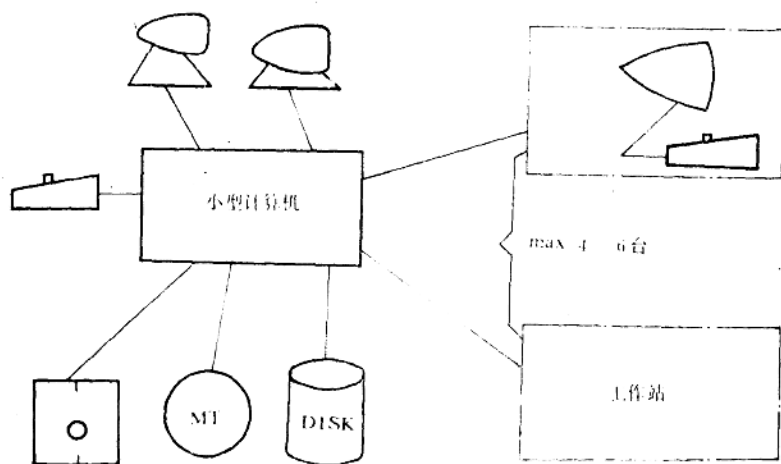


图1—3 独立型CAD系统

4 微机/PC机型系统

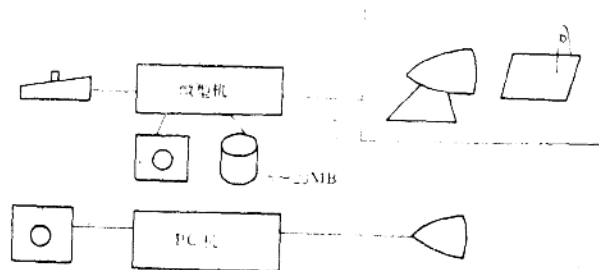


图1—4 微机/PC机系统

微机/PC机CAD系统，是一类单用户以微机为主机的基本系统，如图1—4所示。其配置简便，特别适用于中小企业应用CAD技术。目前我国在这类微机上开展CAD工作，不仅解决了设计中的一些实际问题，如常规设计的计算和绘图等，而且也有利于CAD技术的普及和人员的培训，对引进技术进行二次开发。其缺点是处理速度慢、功能不全、用于生产实际有一定困难。

二 按系统是否具有人机对话功能进行分类

1 信息检索型

它是将一些定型产品的图纸、资料、物性和工程管理指令等，变成信息存贮在计算机中。当设计者输入设计要求时，计算机在检索系统支持下，自动的把符合设计要求的检索出来，并以图形、文件形式输出。它不适宜新产品的开发，只适用于标准化、系列化的专用产品，如电动机、泵、减速器等。

2 试行型系统

它是在信息检索型的基础上发展起来的。针对其不能修改原信息的缺点，通过终端显示装置 CRT 把图形显示出来，让设计者作出判断、构思，然后修改软件，再输入、再显示、再修改直到满意为止，见图 1—5。

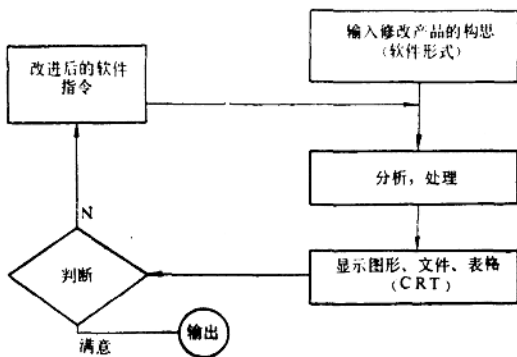


图 1—5 试行型系统流程图

这种系统的优点是设计者参予设计过程，如果软件丰富，可以输出多种方案供设计者选用。但因基础与信息检索型类似，图形语言薄弱，仍不能适应新产品的开发设计工作。

以上两种都是非会话型系统，设计人员很少能干预设计工作。这种系统适用于设计目标能用明确的目标函数来定量描述的问题。

3 会话型系统

会话型设计系统是 CAD 系统中较为完善的一种型式，如图 1—6。

系统特点是人与机器有交互能力，通过输入装置和人机对话装置向计算机发出各种指令，对设计模型进行“实时观察”，“实时修改”使之不断完善，直至满意为止。

1.2.2 CAD系统的硬件

一 硬件的组成

硬件 (Hardware) 就是组成计算机的物质设备，一个典型的 CAD 系统，基本上由主机、输入设备、人机对话装置、输出设备和外存储器等部分组成，如图 1—7。

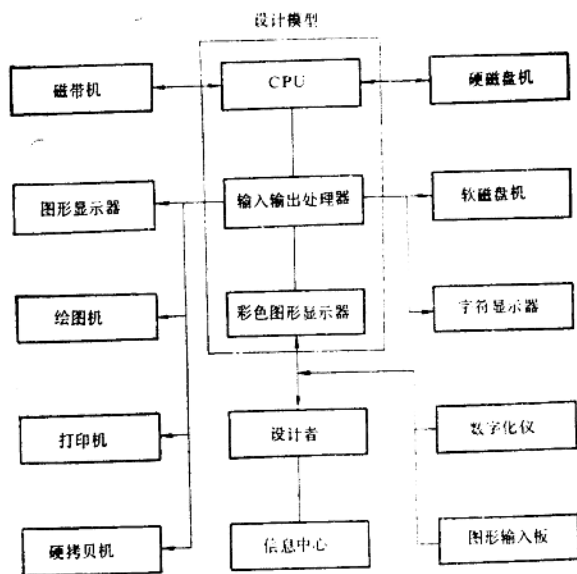


图 1—6 会话型设计系统

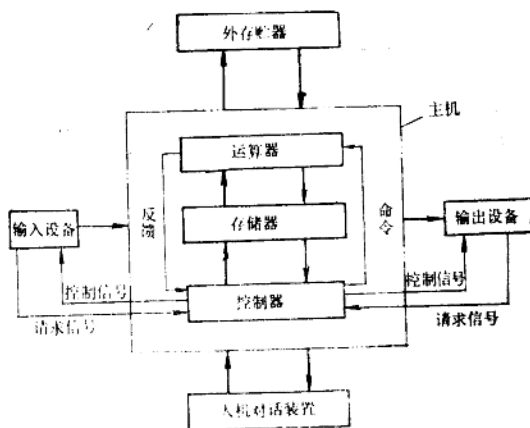


图 1—7 CAD系统的硬件

二 主 机

主机包括运算器、内存贮器和控制器三部分。运算器和控制器合称为中央处理机 CPU (Central Processing Unit)。它是系统的中心，控制和指挥整个系统进行协调工作，执行实际运算和逻辑分析。主机可采用大、中、小型机和微机及专用的分布式多处理机。