



机械CAD 教程

傅雅宁 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

国家级精品课程教材

机械 CAD 教程

傅雅宁 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 提 要

本书系统地介绍了 SolidWorks 2007 的主要功能与使用, 主要内容包括: SolidWorks 2007 的基础知识、草图绘制、实体特征造型、曲面造型、零件装配以及工程图的绘制和输出。本书内容全面, 为了便于读者学习, 每一部分内容都结合了大量实例, 并在各章最后附以贯穿该章所讲内容的综合实例, 便于读者巩固所学内容。

全书通俗易懂, 切合实际, 适合高等院校和各类职业院校的师生作为教学用书, 也可以用做广大工程技术人员自学用书和参考书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

机械 CAD 教程/傅雅宁主编. —北京: 电子工业出版社, 2009. 1

ISBN 978 - 7 - 121 - 07341 - 0

I. 机… II. 傅… III. 机械设计: 计算机辅助设计 - 教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 136479 号

责任编辑: 徐 静 特约编辑: 钟永刚

印 刷: 北京市顺义兴华印刷厂

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787 × 980 1/16 印张: 18.75 字数: 408 千字

印 次: 2008 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 33.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 是随着计算机及其外围设备和软件的发展而形成的一门新技术, 是用计算机软、硬件系统辅助人们对产品更新换代或工程进行设计、修改及显示输出的一种设计方法, 目前已经成为企业提高创新能力和增强适应市场需求竞争能力的一项关键技术。机械 CAD 是在自动化和计算机应用方面迅速发展起来的一门新学科, 是对过去传统的机械设计、机械制造工艺过程控制方法的一个挑战。

机械设计 CAD 是将人的主导性和创造性放在首位, 充分发挥计算机的优势, 主要应用于二维绘图、图形及符号库、参数化设计、三维造型、工程分析和设计文档或生成报表等。掌握机械设计 CAD 技术可以大大减少手工绘图时间和提高分析计算速度, 促进设计工作的规范化、系列化和标准化。

SolidWorks 是运行在微机平台上的通用机械设计 CAD 系统, 具有操作方便、简便易学、易于掌握的特点, 因此广泛应用于机械、汽车、航空等领域。该书是在 SolidWorks 2005 的基础上, 针对目前市场上新版本进行的升级, 并将新版本中的新功能增加了进去。

全书由天津中德职业技术学院的傅雅宁主编, 天津大学谢庆森教授主审。其中, 第 1 章由天津中德职业技术学院的徐敏编写, 第 2 章至第 7 章由傅雅宁编写。在本书的编写过程中得到了天津中德职业技术学院宋宪一副教授的大力支持, 在此由衷表示感谢。

由于时间仓促, 书中的疏漏和错误在所难免, 恳请各位读者和专家批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 机械 CAD 概述	1
1.1 CAD 的发展历程	1
1.2 机械 CAD 系统的结构与分类	3
1.2.1 CAD 系统的分类	3
1.2.2 CAD 系统的硬件	7
1.2.3 CAD 系统的软件组成	9
1.3 机械 CAD 系统的选型原则	13
1.3.1 系统设计的总体原则	13
1.3.2 硬件选用原则	14
1.3.3 软件选用原则	14
1.4 建立机械 CAD 系统的过程	15
1.5 国内、外 CAD 市场状况及 CAD/CAM 主流软件产品	17
1.5.1 概述	17
1.5.2 引进的国外主要软件	17
1.5.3 国内开发的主要软件	22
1.6 机械 CAD 技术的发展趋势	23
1.6.1 使用微机作为开发和应用平台	24
1.6.2 PDM 技术的实施	24
1.6.3 现代集成制造系统(CIMS)的应用	25
1.6.4 图形交互功能的改进	26
1.6.5 应用功能改进	27
1.6.6 系统功能改进	28
1.7 CAD 软件与其他相关技术软件	29
第 2 章 SolidWorks 2007 基础知识	33
2.1 SolidWorks 2007 的新功能	33
2.1.1 SolidWorks 2007 的特点	33
2.1.2 SolidWorks 2007 的功能	35
2.2 基本概念和术语	42
2.2.1 基本概念	42
2.2.2 三维设计流程	42

72	2.2.3	以零件为基础设计	42
82	2.2.4	术语	42
88	2.3	设计意图和设计方法	42
97	2.3.1	设计意图	43
107	2.3.2	设计方法	43
117	2.4	文件窗口和草图	43
127	2.4.1	文件窗口	43
137	2.4.2	草图	43
147	2.5	特征和属性管理器窗口	44
158	2.5.1	特征	44
168	2.5.2	属性管理器窗口	45
178	2.6	特征管理器设计树	45
188	2.6.1	【特征管理器】设计树概述	45
198	2.6.2	分割面板显示	46
208	2.6.3	弹出式【特征管理器】设计树	46
218	2.6.4	在【特征管理器】树中选择与查找	46
228	2.6.5	添加文件夹	46
238	2.6.6	装配体中的【特征管理器】设计树	47
249	2.7	零件、装配体和工程图	48
259	2.7.1	零件	48
269	2.7.2	装配体	49
279	2.7.3	工程图	49
289	2.8	编辑模型	50
299	2.9	自定义 SolidWorks	51
309	2.9.1	文件模板	51
319	2.9.2	自定义工具栏	52
329	2.9.3	自定义命令	53
339	2.9.4	自定义菜单	53
349	2.9.5	自定义键盘	54
359	2.9.6	自定义页眉页脚	54
369	2.9.7	错误提示	54
379	第3章	草图绘制	55
389	3.1	草图绘制的简单流程	55
399	3.2	创建草图平面	56
409	3.3	草图的创建与约束	57

3.3.1	草图绘制的操作	57
3.3.2	草图绘制实体	59
3.3.3	几何关系	69
3.4	草图绘制工具	73
3.4.1	延伸实体工具	74
3.4.2	裁剪实体工具	75
3.4.3	圆角工具	76
3.4.4	转换实体引用与等距实体	77
3.4.5	圆周草图排列和复制	79
3.4.6	线性草图排列和复制	80
3.4.7	镜像实体	81
3.4.8	制作路径	82
3.5	参考几何体	83
3.5.1	基准面	83
3.5.2	基准轴	85
3.5.3	参考点	86
3.5.4	坐标系	87
3.6	综合实例	87
第4章	曲线和曲面	93
4.1	曲线	93
4.1.1	投影曲线	93
4.1.2	组合曲线	95
4.1.3	螺旋线与涡状线	96
4.1.4	分割线	98
4.1.5	通过参考点的曲线	101
4.1.6	通过XYZ点的曲线	102
4.1.7	文件中的曲线	103
4.1.8	交叉曲线	103
4.1.9	面部曲线	104
4.1.10	3D草图	105
4.1.11	样条曲线	107
4.2	曲面特征	111
4.2.1	平面区域	112
4.2.2	拉伸曲面	114
4.2.3	旋转曲面	115

281	4.2.4	扫描曲面	116
188	4.2.5	放样曲面	118
181	4.2.6	等距曲面	120
181	4.2.7	延展曲面	121
300	4.3	曲面控制	122
303	4.3.1	延伸曲面	122
303	4.3.2	圆角曲面	124
304	4.3.3	缝合曲面	127
303	4.3.4	填充曲面	128
300	4.3.5	中面	130
300	4.3.6	剪裁曲面	132
313	4.3.7	解除剪裁曲面	134
313	4.3.8	替换面	136
316	4.4	综合实例	137
316	第5章	实体特征造型	145
313	5.1	基于草图的特征	145
313	5.1.1	拉伸	145
330	5.1.2	旋转	149
330	5.1.3	扫描	151
331	5.1.4	放样	153
333	5.2	设计特征	159
334	5.2.1	倒角	159
333	5.2.2	圆角	161
333	5.2.3	抽壳	165
338	5.2.4	拔模	165
333	5.2.5	孔特征	168
333	5.2.6	圆顶	168
330	5.2.7	筋特征	169
330	5.2.8	变形特征	170
341	5.2.9	弯曲	179
333	5.2.10	压凹	181
333	5.3	复制特征	182
333	5.3.1	线性阵列	182
340	5.3.2	圆周阵列	183
341	5.3.3	镜向	184

811	5.3.4	由表格驱动的阵列	185
811	5.3.5	由草图驱动的阵列	186
150	5.3.6	由曲线驱动的阵列	187
151	5.4	综合实例	187
55	第6章	工程图	203
153	6.1	建立工程图	203
151	6.1.1	生成工程图	203
151	6.1.2	工程图窗口	204
851	6.2	工程图选项	205
130	6.2.1	系统工程图选项	205
551	6.2.2	文件属性一出详图选项	209
134	6.3	图纸格式设定	213
130	6.3.1	自定义图纸格式	213
137	6.3.2	设定图纸属性	216
241	6.3.3	设定多张工程图纸	216
143	6.4	建立标准工程视图	217
143	6.4.1	标准三视图	217
149	6.4.2	相对视图	220
121	6.5	派生工程视图	220
129	6.5.1	投影视图	221
129	6.5.2	辅助视图	222
129	6.5.3	局部视图	224
161	6.5.4	剪裁视图	225
102	6.5.5	断裂视图	225
102	6.5.6	剖面视图	226
108	6.5.7	旋转剖视图	228
102	6.5.8	交替位置视图	229
169	6.6	线型和图层	230
171	6.6.1	线型工具栏	230
179	6.6.2	图层	231
181	6.7	尺寸标注	232
181	6.7.1	设定尺寸选项	232
181	6.7.2	添加尺寸	237
181	6.8	尺寸公差	245
181	6.8.1	标注上下偏差	245

6.8.2	标注对称公差	245
6.9	打印工程图	247
6.9.1	为单独的工程图纸指定设定	247
6.9.2	打印整个工程图图纸	247
6.9.3	打印工程图的所选区域	248
6.10	综合实例	248
第7章	装配体绘制	252
7.1	装配体的设计方法	252
7.1.1	自下而上设计方法	252
7.1.2	自上而下设计方法	252
7.2	装配体文件的建立	253
7.2.1	新建装配体文件	253
7.2.2	在装配体中添加零部件	253
7.2.3	删除零部件	255
7.2.4	替换零部件	255
7.2.5	零部件属性	256
7.3	装配体的配合	256
7.3.1	配合类型	257
7.3.2	装配体配合	258
7.3.3	查看配合关系	263
7.3.4	删除配合关系	264
7.3.5	压缩配合关系	264
7.3.6	配合诊断	265
7.4	装配体中的零件操作	266
7.4.1	添加零部件阵列特征	267
7.4.2	镜向零部件	267
7.4.3	在装配体中重新排序和退回	268
7.4.4	装配体布局草图	269
7.4.5	装配体特征	269
7.5	子装配体操作	269
7.5.1	生成子装配体	269
7.5.2	修改子装配体	270
7.6	装配体的干涉检查	270
7.6.1	干涉检查	270
7.6.2	碰撞检查	272

7.7	装配体的爆炸视图	273
7.7.1	添加爆炸步骤	273
7.7.2	解除爆炸视图	277
7.7.3	编辑爆炸步骤	277
7.7.4	爆炸直线草图	278
7.7.5	动画文件的录制、保存与播放	279
7.8	装配体轴测剖视图	279
7.9	复杂装配体中零部件的压缩状态	280
7.9.1	装配体零部件三种压缩状态	280
7.9.2	改变零部件的压缩状态	281
7.10	装配体统计	281
7.11	综合实例	282
	参考文献	290

第1章 机械 CAD 概述

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, 简称 CAD), 是用计算机系统协助产生、修改、分析和优化设计的技术。随着 Internet/Intranet 网络和并行、高性能计算及事务处理的普及, 异地、协同、虚拟设计及实时仿真也得到了广泛应用。

本章主要介绍 CAD 的硬件及软件的发展历程、CAD 技术应用、CAD 系统的构成及分类、硬件及软件组成、发展趋势等。通过对本章的学习, 使读者了解 CAD 的技术特点, CAD 软件发展趋势, 掌握 CAD 及相关知识, 并能与目前最新虚拟技术相结合的软件的应用方向。

1.1 CAD 的发展历程

如果从美国麻省理工学院 (MIT) “旋风 I 号” 所配的图形系统算起, CAD 的发展迄今已有 50 余年; 若以 MIT 林肯实验室的 I. E. Sutherland 发表的人机通信的图形系统博士论文为开始, 也有 45 年的历史了。CAD 技术经过近半个世纪的发展, 在理论、技术、系统和应用等方面都有了长足的进步。CAD 技术的发展是随着计算机硬件及软件技术的发展而发展的, CAD 技术产生至今大致经历了 5 个发展时期。

1. 准备和酝酿时期 (20 世纪 50 年代)

这一发展时期的主要标志是:

- (1) 1950 年, 麻省理工学院 (MIT) 研制出“旋风 I 号” (Whirlwind I) 图形显示设备;
- (2) 1952 年, MIT 的伺服实验室研制成功世界上第一台三坐标数控铣床;
- (3) 1958 年, 美国 Calcomp 公司研制出滚筒式绘图仪, Gerber 公司研制出平板绘图仪。

2. 学科建立和进入应用时期 (20 世纪 60 年代)

这一发展时期的主要标志是:

- (1) 1962 年, 计算机分时系统 (Time-Shared System, TSS) 研制成功;
- (2) 1962 年, 世界上第一篇 CAD 论文的发表;
- (3) 1963 年, 阴极射线管 (Cathode Ray Tube, CRT) 显示和光笔技术的应用。

3. 广泛使用时期 (20 世纪 70 年代)

这一发展时期的主要特点是:

- (1) 计算机硬件功能的提高、价格的下降, 新型图形显示器陆续投放市场;
- (2) 软件技术的飞速发展, 软件开始成为商品;
- (3) CAD 技术逐渐由科学研究转向经济利用。

4. 飞速发展时期 (20 世纪 80 年代)

这一时期是 CAD/CAM 技术最重要的发展时期, 其主要标志有:

- (1) 集成电路和大规模集成块的产生, 微型计算机应用得到普及;
- (2) 实体造型理论及系统的发展与应用;
- (3) 软件逐渐走向工程化、商品化和标准系列化, 软件市场日益丰富;
- (4) 软件功能的集成, 专家系统开始应用于 CAD 系统。

5. 标准化、集成化、智能化、网络化发展时期 (20 世纪 90 年代)

这一发展时期的主要特点是:

(1) 标准化

图形接口、图形功能日趋标准化, 出现了计算机图形接口 (CGI)、计算机图形文件标准 (CGM)、计算机图形核心系统 (GKS)、面向程序员的层次交互式图形标准 (PHIGS) 等图形标准。

(2) 集成化

CAD 技术的集成化主要体现在以下 4 个方面:

① 系统构造由过去的单一功能变成组合功能, 出现了 CAD、CAM、CAE、CAPP 和 PDM 等集成的 CIMS;

② CAD 技术中的有关软件 (包括国际标准) 和算法不断固化;

③ 多处理机、并行处理技术用于 CAD;

④ 网络技术在 CAD 中被普遍采用。

(3) 智能化

智能 CAD (Intelligent CAD, ICAD) 是指由多个专家系统与多种 CAD 模块有机集成的支持产品设计的复杂系统。它的发展经历了设计型专家系统、集成化智能设计系统 (Integrated Intelligent CAD, IICAD) 两个发展阶段, 具体比较见表 1-1。

表 1-1 ICAD 与 IICAD 的比较

特 性	设计型专家系统 (ICAD)	集成化智能设计系统 (IICAD)
系统物理分布	集中在一台计算机上	分布在网络结点上
包含知识领域	单一领域的知识	多领域综合性知识
内嵌智能体数量	一个专家系统	多个专家系统

续表

特 性	设计型专家系统 (ICAD)	集成化智能设计系统 (IICAD)
使用阶段		覆盖各设计阶段
工作环境	单机	网络
设计过程管理	无	规划、控制、解决设计过程中的冲突
产品设计管理	无	集成子系统中
通信能力	无	可以基于 Web 进行网络通信和传输
人的作用	强调人的创造性、主动性,主张人一机协同	

(4) 网络化

基于网络的 CAD 技术,能够提供基于网络的完善的协同设计环境,形成信息高速公路互联的协同 CAD,实现计算机支持协同工作,达到远程设计的目的。CAD 系统的集成化、智能化和网络化仍是当今 CAD 技术发展的重要方向。

1.2 机械 CAD 系统的结构与分类

一个 CAD 系统由硬件和软件两部分组成,如图 1-1 所示,要想充分发挥 CAD 的作用,必须要有高性能的硬件和功能强大的软件。硬件系统包括计算机、外围设备(输入输出设备、图形显示设备、存储设备等);软件系统包括系统软件、支撑软件及应用软件。

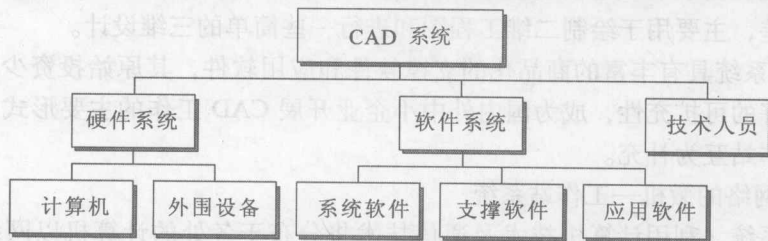


图 1-1 CAD 系统

1.2.1 CAD 系统的分类

CAD 系统通常按系统的硬件组成、工作方式和功能的不同进行分类。

1. 按硬件组成分类

CAD 技术是随着计算机技术的发展而迅速发展的。CAD 系统按其硬件组成并结合计算机技术的发展历程一般可分为 5 类。

(1) 主机系统

主机系统以一台大(中)型计算机为中心,采用分时操作系统集中支持几十个,甚至上百个CAD终端运行,具有强大的应用处理功能,主要用于支持复杂的工程设计和科学计算。但其原始投资较大,一旦主机出现故障将影响所有用户,而且随着同时使用终端的用户增加或计算工作量的加大,多用户争夺资源的问题突出。

(2) 小型机系统

这类系统出现于20世纪70年代后期,以32位超级小型机为主机,通常带有几个到几十个终端。小型机配有专用的硬件和软件,是由从事CAD技术开发的公司专门为用户配置的计算机配套系统。由于系统的针对性过强,用户难以进一步开发,应用范围受到限制,因此目前此类系统大多已淘汰。

(3) 工作站系统

工作站包括工程工作站和图形工作站,是为满足用户在工程和图形图像处理上的专业需求而研制的专用计算机。它克服了原有大型计算机、小型计算机由于系统庞大,不能适应工程和图形处理中灵活多变的缺点。向上越来越多地覆盖中、小型机乃至大型机、巨型机的应用领域,向下则可与个人计算机争夺巨大的低端市场。

(4) 微机系统

微机CAD系统以32位或64位超级微机为主机,并配有高分辨率图形显示系统、大幅面绘图仪、大容量硬盘等CAD必备硬件,从而保证CAD作业的顺利进行。该系统在用户的工作效率方面有了大幅度的提高,并具有分布式计算功能,同时能够支持复杂的CAD作业及多任务进程。由于PC机的配置相对于前三种系统的主机要低一些,因此在处理速度和能力上相对较差,主要用于绘制二维工程图和进行一些简单的三维设计。

微机CAD系统具有丰富的商品化的支撑软件和应用软件,其原始投资少、见效快、成本低、具有良好的可扩充性,成为国内外中小企业开展CAD工作的主要形式,并在相当长的时期内与工作站互为补充。

(5) 基于网络的微机—工作站系统

也称网络系统,利用计算机技术及通信技术将分布于各处的计算机以网络形式连接起来。网络上各个结点可以是普通微机,也可以是SUN、HP、SGI工作站等。网络上结点分布形式可以是星形分布、树形分布,也可以是环形分布、总线型分布。基于网络的微机—工作站系统可以使分散于同一单位不同部门、不同地点的微机及工作站共享软、硬件资源,充分和准确地交流设计信息,协调各种作业,完成并行工程。该系统可使用户获得具有相当于大中型计算机的数据处理能力,投资小,收益大。

采用局域网(LAN)可以将一座大楼、一个工厂、一所学校范围的计算机联网;通过万维网(WWW)则可将多个局域网联结起来,并可以访问分布在世界各地的本部门或本公司的各个设计小组与设计人员,以沟通设计信息。

2. 按工作方式和功能分类

CAD 系统按其工作方式及功能可分为 4 大类。

(1) 检索型 CAD 系统

主要用于已经实现标准化、系列化、模块化的工程或产品结构，如图 1-2 所示。这些产品或工程的图纸、有关程序都存储在计算机内部。在设计过程中，用户只需按照要求给出不同的参数与设计数据，自动运行程序即可生成符合要求的电子图纸；或者在原有相似图形的基础上，按用户的技术要求及规范检索出所需要的零件图，再完成产品或工程的修改。

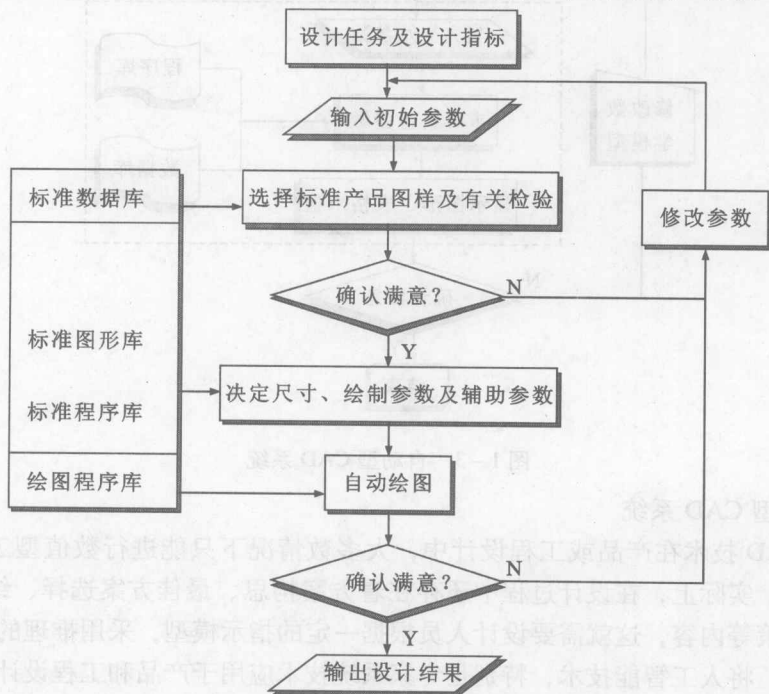


图 1-2 检索型 CAD 系统

(2) 自动型 CAD 系统

对于自动型 CAD 系统，用户根据产品或工程的性能、规格、要求输入基本参数后，不需要人工干预，系统即可按照既定的程序自动完成设计工作，并输出产品或工程设计的全部图纸与技术文件。这类系统可用于设计理论成熟、计算公式确定、设计步骤和判断标准清楚、设计资料完备的产品或工程设计情况，如图 1-3 所示。

(3) 交互型 CAD 系统

交互型系统是利用输入、输出设备，通过人机对话的方式工作的。由于产品的设计是一个设计、分析、计算、显示、修改，不断反复的过程，计算机不能代替人的全部思维活动。

交互型 CAD 系统可以最大限度地发挥计算机系统的高速运算能力、严格的逻辑推理能力以及大容量的信息存储能力，将设计人员在长期设计过程中积累的经验、智慧同计算机 CAD 系统的优势结合起来，实现在交互方便、界面友好的环境下完成产品或工程的设计工作，使人机得到最佳合理配置。交互型 CAD 系统也是软件开发中最容易实现的系统，如图 1-4 所示。

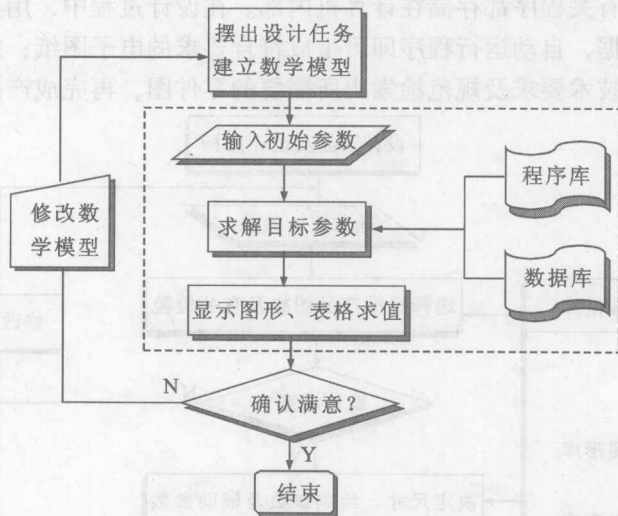


图 1-3 自动型 CAD 系统

(4) 智能型 CAD 系统

现有的 CAD 技术在产品或工程设计中，大多数情况下只能进行数值型工作，如计算、分析、绘图等。实际上，在设计过程中还存在着方案构思、最佳方案选择、结构设计优化、设计评价、决策等内容，这就需要设计人员根据一定的指示模型，采用推理的方法才能获得较圆满的答案。将人工智能技术，特别是专家系统技术应用于产品和工程设计中，即形成专业领域的设计型专家系统，这就是智能 CAD 系统，由知识库、推理机、实时系统、知识获取系统和人机接口等组成。使用这样的系统时，用户只需输入涉及对象的概念、用途、性能等信息，利用系统提供的推理、决策、计算和电子数据处理等各种机制，即可完成产品或工程的详细设计。

在 CAD 系统中引入人工智能技术，首先是搜集领域内专家的知识 and 经验，建立知识库；其次是设置推理机构，在求解问题时，模仿人类专家进行思维与决策；系统运行时，输入原始参数及设计要求，系统检索知识库，搜索与待解决问题总是相匹配的规则，通过推理机的推理、判断或模拟人的智慧，给出智能性的提示，建议解决问题的途径和推荐解决方案。智能型 CAD 系统工作原理如图 1-5 所示。