



计算机辅助 设计技术

李万庆 宋德玉 等编著

冶金工业出版社

计算机辅助设计技术

李万庆 宋德玉等 编著

北 京

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书共分 18 章, 主要突出基础性和实用性两个方面。在基础性方面, 考虑到本书的主要读者是机械、建筑、电子等专业的大、专院校在校学生和工程技术人员, 因而将 CAD 中的共性问题抽取出来作为本书的重点阐述对象, 这些基础技术涉及 CAD 系统组成、CAD 系统选型设计、工程手册的数据处理、常用数据结构、CAD 建模基础等。在实用性方面, 选择目前较为流行的开发环境, 即 AutoCAD 图形系统, 详细介绍 AutoCAD R14 的功能及命令使用方法, 该系统与外部软件的交换方法以及 CAD 应用实例。

本书可作为工科院校各专业学生的 CAD 技术基础课教材和工程技术人员学习 CAD 的读物。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计技术/李万庆、宋德玉等编著. — 北京: 冶金工业出版社, 1999.7

ISBN 7-5024-2348-6

I. 计… II. ①李…②宋… III. 计算机辅助设计 IV. TP391.72
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 10487 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 易文君 美术编辑 李心 责任校对 王贺兰

北京昌平百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

1999 年 7 月第 1 版, 1999 年 7 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 23 印张; 554 千字; 355 页; 1-3000 册

36.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010) 64044283 传真: (010) 64013877

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010) 65289081

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

随着计算机应用在我国工业生产中的普及,传统的设计手段正在被计算机辅助设计迅速替代。目前,我国机械、电子、建筑、造船、航空等领域中的大多数大、中型企业和设计部门都已使用了CAD技术。到下世纪初,我国的设计单位和企业都要普及CAD技术、实现工程设计的现代化。为实现这一宏大目标,我国需要培养大批从事CAD工作的技术人才。因此对于高等工科院校来说,对学生进行较扎实的CAD基础教育已刻不容缓。

本书是作者在多年CAD教学与科研的基础上编写而成的,可作为工科院校各专业学生的CAD技术基础课教材和工程技术人员学习CAD的读物。本书主要突出基础性和实用性两个方面。在基础性方面,考虑到本书的主要读者是机械、建筑、电子等专业的大、专院校在校学生和工程技术人员,因而将CAD中的共性问题抽取出来作为本书的重点阐述对象。这些基础技术涉及CAD系统组成、CAD系统选型设计、工程手册的数据处理、常用数据结构、CAD建模基础等。在实用性方面,选择目前较为流行的开发环境,即AutoCAD图形系统,详细介绍AutoCAD R14的功能及命令使用方法、该系统与外部软件的交换方法以及CAD应用实例。

本书共分18章。第1章计算机辅助设计概论;第2章计算机辅助设计系统组成及选型设计;第3章计算机辅助设计中数表与线图的程序化;第4章计算机辅助设计中常用的数据结构;第5章计算机辅助设计的建模基础;第6章到第16章AutoCAD R14方面的内容;第17章AutoCAD的二次开发;第18章CAD综合应用。全书内容在组织安排上,力求由浅入深,着重新颖性和通俗性。

参加本书编写的人员有:李万庆(第1、4章);宋德玉(第2、3、5、10章);张杰(第6、8章);宋琪英(第7、9章);王桂梅(第11、12章及第18章第2节);李京民(第13、14及16章部分内容);张文增(第15、16及14章部分内容和第18章第1节);曹利仁(第17章及附录)。全书由李万庆、宋德玉担任主编;李京民、张杰、王桂梅、张文增、曹利仁、宋琪英担任副主编。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编著者

1998年12月5日

目 录

1 计算机辅助设计概论	1	2.4.3 微型机CAD系统选型设计示例	28
1.1 CAD技术的发展简史	1	思考练习题	28
1.2 CAD的工作范围和内容	2	3 计算机辅助设计中数表与线图的程 序化	30
1.2.1 CAD技术过程	2	3.1 数表的程序化	30
1.2.2 CAD的工作范围	3	3.1.1 程序化处理	30
1.2.3 CAD的基本内容	3	3.1.2 一元函数的插值	32
1.3 CAD环境下的设计工作	5	3.1.3 二元函数的插值	35
1.3.1 CAD中的人机分工	5	3.2 线图的程序化	36
1.3.2 对CAD工作平台的要求	5	3.3 建立经验公式的方法	39
1.3.3 CAD环境下的设计工作流程	5	3.3.1 最小二乘法拟合的基本思想	39
1.4 CAD技术应用与发展趋势	7	3.3.2 最小二乘法的多项式拟合	39
1.4.1 CAD技术应用	7	3.3.3 列主元素高斯消去法 求解线性联立方程	41
1.4.2 CAD技术的发展趋势	7	思考练习题	46
思考练习题	8	4 计算机辅助设计中常用的 数据结构	47
2 计算机辅助设计系统组成及选型 设计	9	4.1 基本概念	47
2.1 CAD系统的构成与分类	9	4.1.1 数据和数据结构	47
2.1.1 系统的基本构成	9	4.1.2 数据结构的形式	48
2.1.2 系统的分类	9	4.1.3 数据的描述	48
2.1.3 网络结构	11	4.1.4 实体与数据的关系	48
2.2 CAD系统的硬件	12	4.2 数据的逻辑结构	49
2.2.1 主机及外围设备	12	4.2.1 线性结构	49
2.2.2 图形输入设备	14	4.2.2 树结构	50
2.2.3 绘图输出设备	16	4.2.3 图结构	50
2.2.4 图形显示设备	18	4.3 数据的存储结构	51
2.3 CAD系统的软件	22	4.3.1 向量存储结构	51
2.3.1 系统软件	22	4.3.2 链表存储结构	54
2.3.2 CAD支撑软件	24	4.3.3 多重链表结构	56
2.4 CAD系统的选型设计	25	4.4 组织文件方法	60
2.4.1 CAD系统选型设计应考虑 问题	25	4.4.1 顺序组织	60
2.4.2 CAD系统选型设计的原则	25		

4.4.2 随机组织	61	6.7 实例: 绘制磁盘图形	89
4.4.3 链组织	61	思考练习题	90
4.5 数据库系统	62	7 二维绘图	91
4.5.1 数据库系统的主要特征	62	7.1 绘图坐标及点的输入	91
4.5.2 数据库系统的组成与结构	64	7.1.1 绝对坐标与相对坐标	91
4.5.3 数据库管理系统简介	65	7.1.2 点的输入	92
思考练习题	66	7.1.3 AutoCAD 绘图的实现方法	92
5 计算机辅助设计的建模基础	68	7.2 点与直线的绘制	93
5.1 建模的基本概念	68	7.2.1 画点 POINT 命令	93
5.1.1 模型	68	7.2.2 直线的绘制及其相关命令	95
5.1.2 模型分类	68	7.3 圆与圆弧绘制	98
5.1.3 设计过程建模	69	7.3.1 绘图	98
5.2 几何造型技术	71	7.3.2 绘圆环或填充圆	100
5.2.1 几何造型中的基本概念	71	7.3.3 绘圆弧 ARC 命令	101
5.2.2 几何造型中常用的三种模型	73	7.4 椭圆与椭圆弧绘制	102
5.3 实体造型理论及表示方法	75	7.4.1 绘椭圆	102
5.3.1 正则集与有效几何型体	75	7.4.2 绘椭圆弧	103
5.3.2 正则集合运算	76	7.5 绘制矩形及等边多边形	104
5.3.3 实体造型的表示方法	77	7.5.1 绘矩形	104
思考练习题	80	7.5.2 绘等边多边形	105
6 AutoCAD 基础	81	7.6 二维多义线和等宽线	106
6.1 AutoCAD R14 图形系统简介	81	7.6.1 等宽线	106
6.2 AutoCAD R14 的安装与配置	81	7.6.2 二维多义线	106
6.2.1 软件要求	81	7.7 复合线	109
6.2.2 硬件要求	81	7.7.1 绘复合线	109
6.2.3 AutoCAD R14 的安装	82	7.7.2 定义复合线线型式样	110
6.2.4 AutoCAD R14 的启动	82	7.8 绘样条曲线	113
6.3 AutoCAD R14 的工作界面介绍	82	思考练习题	115
6.4 建立绘图工作区	84	8 图形编辑	116
6.4.1 Start From Scratch	84	8.1 概述	116
6.4.2 Use a Wizard	85	8.2 构造选择集	116
6.4.3 Use a Template	86	8.2.1 构造选择集	116
6.4.4 Open Drawing	86	8.2.2 实体选择参数的控制	
6.4.5 Instructions	86	命令 DDSELECT	119
6.5 AutoCAD R14 的图形文件管理	86	8.3 对象的删除与恢复	119
6.5.1 浏览图形文件	87	8.3.1 对象的删除	119
6.5.2 搜索文件	87	8.3.2 恢复删除的对象	120
6.6 AutoCAD R14 中的功能键	88	8.4 移动图形命令 MOVE	120

8.5 图形复制命令 COPY	121	10.1.2 利用对话框设置线型	155
8.6 镜像命令 MIRROR	121	10.1.3 定义线型	156
8.7 旋转命令 ROTATE	122	10.2 图层的基本概念及其特性	158
8.8 缩放图形命令 SCALE	123	10.2.1 图层的特性	158
8.9 阵列命令 ARRAY	124	10.2.2 图层的线型	159
8.10 断开命令 BREAK	126	10.2.3 图层的颜色	159
8.11 修正位置命令 ALIGN	126	10.3 对图层操作的不同方式	160
8.12 剪切图形命令 TRIM	127	10.3.1 利用命令对图层进行操作	160
8.13 延伸图形命令 EXTEND	128	10.3.2 利用对话框对图层进行操作	161
8.14 拉伸图形命令 STRETCH	129	10.3.3 利用工具条操作图层	163
8.15 改变长度命令 LENGTHEN	130	10.4 图层过滤及绘图颜色设置	164
8.16 等距线命令 OFFSET	131	10.4.1 设置图层过滤	164
8.17 倒圆角命令 FILLET	132	10.4.2 利用命令设置颜色	165
8.18 倒直角命令 CHAMFER	133	思考练习题	166
8.19 图形修改命令 CHANGE	135	11 尺寸标注	167
8.19.1 图形修改命令	135	11.1 尺寸的组成及标注的类型	167
8.19.2 利用对话框修改实体	137	11.1.1 尺寸的组成	167
8.20 分解命令 EXPLODE	138	11.1.2 尺寸标注的类型	168
8.21 等分命令 DIVIDE	138	11.2 标注长度型尺寸	169
8.22 测量命令 MEASURE	139	11.2.1 标注水平尺寸、垂直尺寸、 旋转尺寸	170
8.23 编辑多义线 PEDIT	139	11.2.2 标注校准型尺寸	172
8.24 编辑样条曲线 SPLINEDIT	141	11.2.3 基线标注	172
8.25 编辑复合线 MLEDIT	142	11.2.4 连续标注	173
思考练习题	143	11.3 标注角度	173
9 文本标注与编辑	144	11.4 标注半径和直径尺寸	175
9.1 输入文本	144	11.4.1 标注半径	175
9.1.1 标注单行文本	144	11.4.2 标注直径	175
9.1.2 动态标注文本	146	11.5 引线标注	176
9.2 定义字体式样	147	11.6 标注坐标尺寸	177
9.3 标注多行文本	148	11.7 中心标记	178
9.4 控制文本的显示方式	151	11.8 建立尺寸标注样式	178
9.5 编辑文本	152	11.8.1 尺寸变量	178
9.5.1 用 DDEDIT 命令编辑文本	152	11.8.2 利用对话框设置尺寸 标注式样	180
9.5.2 用 DDMODIFY 命令编辑文本	152	11.9 尺寸标注实用命令	188
思考练习题	153	11.9.1 尺寸式样操作	188
10 绘图环境设置	154	11.9.2 尺寸标注的编辑	189
10.1 线型设置	154		
10.1.1 利用命令设置线型	154		

11.9.3 修改尺寸文本的位置	190	13.5.1 图案的意义	226
11.9.4 覆盖尺寸变量	190	13.5.2 图案定义举例	226
11.10 编辑尺寸标注	191	13.5.3 建立图案文件	227
11.11 标注形位公差	191	思考练习题	227
思考练习题	194	14 观测技术及实用命令	228
12 块和外部引用	195	14.1 查询命令	228
12.1 块的基本概念与特点	195	14.1.1 测量距离	228
12.2 块的操作	196	14.1.2 测量面积	229
12.2.1 定义块	196	14.1.3 显示点的坐标	231
12.2.2 插入块	197	14.1.4 显示指定对象的数据	231
12.2.3 块的分解与删除	200	14.1.5 数据库列表	233
12.3 块与图形文件及图层的关系	201	14.1.6 显示三维对象特征	233
12.3.1 块与图形文件的关系	201	14.1.7 状态显示	235
12.3.2 块与图层的关系	202	14.1.8 时间显示	235
12.4 属性	203	14.2 显示控制命令	236
12.4.1 属性特点	203	14.2.1 设置坐标系图标显示方式	236
12.4.2 利用命令定义属性	204	14.2.2 模型空间与图纸空间的概念	237
12.4.3 利用对话框定义属性	205	14.2.3 多视区管理	239
12.4.4 修改属性定义	206	14.2.4 设置 UCS 平面视图	247
12.5 编辑属性	207	14.3 幻灯片显示法	247
12.6 外部引用	208	14.3.1 命令文件	247
12.6.1 利用命令实现外部引用	208	14.3.2 幻灯片显示法	249
12.6.2 利用对话框实现外部引用	212	思考练习题	250
12.6.3 部分引用	212	15 面域造型	252
思考练习题	213	15.1 建立面域	252
13 填充技术	214	15.2 面域运算	253
13.1 填充的基本概念	214	15.2.1 并(UNION)运算	253
13.1.1 边界定义	214	15.2.2 差(SUBTRACT)运算	253
13.1.2 图案填充的 3 种方式	214	15.2.3 交(INTERSECT)运算	254
13.1.3 岛的概念(Island)	215	思考练习题	255
13.1.4 剖面线与特殊对象的关系	215	16 三维绘图	256
13.2 填充操作	215	16.1 绘轴侧图	256
13.2.1 利用对话框进行图案填充	215	16.2 利用三维绘图命令绘三维图	257
13.2.2 利用命令进行图案填充	221	16.3 绘三维半图形	257
13.3 建立填充边界	224	16.3.1 设置高度和厚度	257
13.4 编辑已填充的图案和填充的对象	224	16.3.2 设置视点	258
13.5 图案文件	225	16.3.3 消隐	261
		16.4 渲染	262

16.4.1 使用快速着色	262	16.9.4 生成剖面	292
16.4.2 光线控制	263	思考练习题	293
16.4.3 指定材质	264	17 AutoCAD 的二次开发	294
16.4.4 背景	265	17.1 AUTOLISP 基本知识	294
16.4.5 添加风景与人物	266	17.1.1 AUTOLISP 的数据类型	294
16.4.6 显示透视图	268	17.1.2 AUTOLISP 的变量	296
16.5 绘三维多边形网格面	269	17.1.3 AUTOLISP 程序的编辑、装入和运行	297
16.5.1 三维面(3DFACE)	269	17.1.4 COMMAND 函数	298
16.5.2 三维网格面(3DMESH)	270	17.2 AUTOLISP 的算术运算函数与类型	299
16.5.3 柱面(TABSURF)	270	转换函数	299
16.5.4 直纹面(RULESURF)	271	17.2.1 AUTOLISP 的算术运算函数	299
16.5.5 四边定界曲线(EDGESURF)	271	17.2.2 类型转换函数	302
16.5.6 旋转曲面(REVSURF)	271	17.3 AUTOLISP 的几何函数与交互输入	302
16.6 利用工具条或对话框绘制基本形体表面	272	函数	302
16.6.1 长方体表面(BOX)	273	17.3.1 几何函数	302
16.6.2 楔形体表面(WEDGE)	273	17.3.2 交互式输入函数	304
16.6.3 棱锥形体表面(PYRANID)	274	17.4 AUTOLISP 的分支结构	308
16.6.4 圆锥形体表面(CONE)	275	17.4.1 关系运算函数	308
16.6.5 球形表面(SPHERE)	276	17.4.2 逻辑运算函数	309
16.6.6 穹形表面(DOME)	276	17.4.3 两分支结构	309
16.6.7 碟形表面(DISH)	276	17.4.4 多分支结构	311
16.6.8 圆环形体表面(TORUS)	277	17.5 AUTOLISP 的循环结构	314
16.6.9 过 4 个点绘网格表面	277	17.5.1 WHILE 函数	314
16.7 绘三维实体	278	17.5.2 多重循环	317
16.7.1 绘基本三维实体	278	17.5.3 REPEAT 函数	318
16.7.2 将二维图形拉伸成三维实体	280	17.6 AUTOLISP 的表	318
16.7.3 将二维图形旋转成三维实体	283	17.6.1 表的概念	318
16.8 对三维实体进行布尔运算	285	17.6.2 表的操作	319
16.8.1 求并	287	17.6.3 其他与表有关的函数	322
16.8.2 求差	288	17.7 字符串函数	324
16.8.3 求交	289	17.7.1 字符常数	324
16.9 三维编辑	290	17.7.2 字符串操作函数	325
16.9.1 倒直角	290	17.7.3 字符串的比较	326
16.9.2 倒圆角	291	17.7.4 字符型数据和其他类型数据的转换函数	326
16.9.3 将三维实体切开	291	17.8 AUTOLISP 的输入与输出	328
		17.8.1 常用的输出	328

17.8.2 文件的存取	330	函数	337
17.8.3 其他输入输出函数	332	17.10.7 给 AutoCAD 增添新命令	338
17.9 自定义函数	333	17.10.8 绘制画圆路径的完整程序	339
17.9.1 函数的定义	333	思考练习题	341
17.9.2 函数的调用	334	18 CAD 综合应用	342
17.10 实例	335	18.1 AutoCAD 在建筑设计中的应用	342
17.10.1 要解决的问题	335	18.1.1 概述	342
17.10.2 定义 1 个从度转换为弧度 的函数	335	18.1.2 用 AutoCAD 画建筑设计图的 步骤及应注意事项	342
17.10.3 定义 1 个要求输入变量数 值的函数	335	18.1.3 应用举例	343
17.10.4 定义 1 个画路径轮廓的 画图程序	336	18.2 CAD 在机械设计中的应用	345
17.10.5 定义画 1 行(沿宽度方向) 砖块的函数	336	18.2.1 机械产品 CAD 方法	345
17.10.6 定义画所有行的砖块的		18.2.2 齿轮传动的 CAD	345
		附录 I AutoCAD 常用命令一览表	349
		附录 II AutoCAD 常用变量一览表	352
		参考文献	355

1 计算机辅助设计概论

计算机辅助设计 (Computer Aided Design), 简称 CAD, 该项技术主要研究如何用计算机及其外围设备和图形输入输出设备帮助人们进行工程和产品设计。本书将围绕工程和产品设计中 CAD 的共性问题进行讨论。本章简要介绍 CAD 的发展过程与发展趋势, 并讨论 CAD 的工作范围和内容及 CAD 环境下的设计工作。

1.1 CAD 技术的发展简史

CAD 技术是随着计算机及其外围设备、图形设备及其相关软件的发展而发展的。从 CAD 的出现至今的整个发展过程, 可划分为 5 个阶段:

(1) 初始准备阶段 (20 世纪 50 年代)。整个 20 世纪 50 年代是 CAD 的准备和酝酿阶段。1950 年美国麻省理工学院 (MIT) 研制出“旋风 1 号” (Whirlwind I) 类似于示波器的图形设备, 用它可以显示简单图形。1958 年, 美国 Calcomp 公司研制出滚筒式自动绘图仪; Gerber 公司研制出平板式自动绘图仪。1959 年 12 月在 MIT 召开的一次计划会议上, 明确提出了 CAD 的概念, 对以后 CAD 的发展起了很大作用。在这一阶段主要特点是提出 CAD 设想, 为 CAD 研制试验提供了硬、软件的准备工作。

(2) 研制试验阶段 (20 世纪 60 年代)。在 20 世纪 60 年代初发生了两件对 CAD 发展有影响的重大事件。第一件是美国 MIT 林肯实验室的博士研究生 I. E. Sutherland 发表了“Sketchpad——人机交互的图形系统”的博士论文, 首次提出了计算机图形学、交互技术、分层存储的数据结构等新思想, 从而为 CAD 技术的发展和應用打下了理论基础。第二件是 1964 年美国通用汽车公司 (GM) 和 IBM 公司成功开发了用于汽车前窗玻璃线型设计的 DAC-I 系统, 这是 CAD 最早用于具体对象的系统。由于这两件事情的发生, 使得讲求实效的工程界对 CAD 的发展前景充满了信心。此后 CAD 在世界范围内得到迅速而全面的发展。

(3) 技术商品化阶段 (20 世纪 70 年代)。在此阶段 CAD 技术开始实用化, 从二维的电路设计发展到三维的飞机、造船、汽车等设计, 出现了许多开发 CAD 系统的公司。1970 年美国 Applicon 公司第一个推出完整的 CAD 系统。一些大公司开始在 CAD 技术应用中取得经济效益。20 世纪 70 年代末, 美国 CAD 工作站的安装数量超过 12000 台, CAD 技术进入了大多工程和产品的设计领域。

(4) 高速发展阶段 (20 世纪 80 年代)。在此期间, 由于科学技术的迅速发展, 超大规模集成电路的出现使计算机成本大幅度下降, 计算机硬件和软件的功能都达到了新的水平, 加之价格大大降低, 使 CAD 系统的硬件配置和软件开发适应于中、小型企业的承受能力, 打破了 CAD 技术被大型企业垄断的局面。据 1982 年一年的统计, 全世界范围内就有一百多家新成立的 CAD 公司。特别是 CAD 技术在个人计算机实现以来, CAD 技术市场得

以开辟和发展。1983年美国Tand公司、BG图形公司分别推出Versa CAD、Drawing Processor和CAD三个通用的微机CAD系统。Auto desk公司自1982年推出微机辅助设计与绘图软件系统AutoCAD以来,多次更新版本,改善功能,在世界范围内有较大影响。

(5)全面普及阶段(20世纪90年代)。进入20世纪90年代以来,随着CAD技术的急速发展和市场竞争日益加剧,使得商品化的CAD系统的性能提高,价格降低。与此同时,计算机硬件及输入输出设备也有很大发展,32位字长的工程工作站及微机达到了过去小型机,甚至中型机的性能,价格低廉的彩色光栅图形显示器占据了统治地位,计算机网络获得了广泛的应用。由此形成了微机环境、工作站和网络环境下的高性能的CAD系统,使得CAD技术在设计领域全面普及,成为工程界必不可少的设计工具。

我国在CAD技术的研究开发方面起步较晚,最早是在航空工业,此外造船工业也是发展CAD技术卓有成效的部门,它们的科研人员对计算机图形学和计算几何的有关算法和理论进行了深入的研究,在很多方面有所突破和创新,开发了一系列有相当水平的CAD应用软件。进入80年代中期,CAD技术在我国机械、电子、建筑、宇航、轻纺等领域得到了迅速发展。到目前为止已引进万余套大、中、小型和超级微机CAD系统,包括硬件系统和大型几何造型系统及有限元分析软件系统。但大部分硬件利用率低,软件应用及二次开发进展缓慢。与此同时,国内高等院校、科研院所也自行开发了一系列有一定水平的大型CAD软件系统,例如北京航空航天大学PANDA系统、清华大学的GEMS系统、南京航空学院的B—SURF—3D系统、浙江大学的MESSAGE系统等,其中有些系统已接近世界水平。

1.2 CAD的工作范围和内容

随着科学技术的进步,人们对CAD的工作范围和内容的认识在不断深化。就目前的情况看,CAD是以计算机学为基础,利用由计算机硬、软件所构成的系统来辅助人们完成工程或产品设计任务的一种综合性新兴技术,它的应用范围覆盖了工程和产品设计的全过程。

1.2.1 CAD技术过程

从技术角度看,20世纪60年代出现的CAD主要解决自动绘图问题,随着计算机硬、软件技术及其他相关技术的发展,现有的CAD技术已成为一门综合性应用新技术,它涉及到以下基础技术:

- (1)图形处理技术。如二维交互图形技术、三维几何造型及其他图形输入输出技术。
- (2)工程分析技术。如有限元分析、优化设计方法、物理特性计算(如面积、体积、惯性矩等)、模拟仿真及各行各业中的工程分析等。
- (3)数据管理与数据交换技术。如数据库管理、不同应用软件间数据交换和接口等。
- (4)文档处理技术。如文档制作、编辑及文字处理等。
- (5)软件设计技术。如窗口界面、软件工程规范及其工具系统使用。

必须指出,CAD不是完全的设计自动化,实践证明,完全的设计自动化是非常困难的,人们为此曾经走过弯路。CAD是将人们的主导性和创造性放在首要地位,同时充分发挥计算机的长处,使两者有机地结合起来,因此人机信息交流工作方式是CAD系统最显著的特

点。

计算机辅助设计过程如图 1.1 所示。首先向 CAD 系统输入设计要求, 根据工程或产品的设计要求构造设计模型, 一般可由计算机将图形转换为数据信息后先存储于数据库中。然后运用应用软件进行设计的计算、优化及分析, 同时确定设计的主要参数, 并将设计的初步结果以数据或图形的方式输出到显示器上。其次考察设计结果, 如果对上述的设计结果不满意时, 可以用人机交互的方式, 对此设计进行实时修改, 直至满意为止。最后对确认的设计结果利用计算机输出设备, 输出工程图样及有关技术资料。

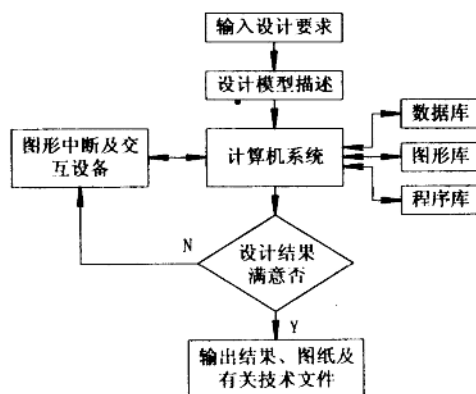


图 1.1 CAD 的技术过程

1.2.2 CAD 的工作范围

设计要求的不同, CAD 的工作范围和特点也不同。电路 CAD 侧重于图面布置, 主要是二维的配置和分析, 建筑 CAD 侧重于方案设计和结构设计与分析, 机械 CAD 则以形状为主, 除了需要各种的视图表达之外, 还要生成三维图形进行部件的物理分析等。典型的 CAD 工作范围见图 1.2。

1.2.3 CAD 的基本内容

由于 CAD 技术的应用范围十分广泛, 使得其可涉及的内容也在不断地增加, 但 CAD 的基本内容应包括建模、分析、仿真和绘图 4 个方面。一个实际运行的 CAD 系统并非都要包含以上内容。

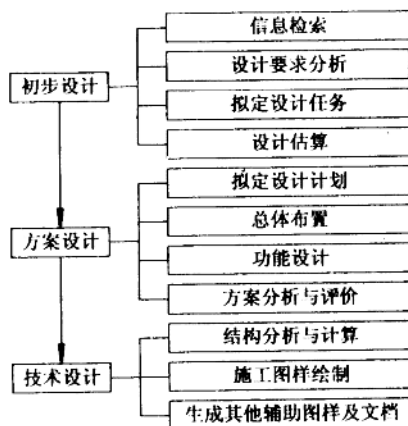


图 1.2 CAD 工作范围

1.2.3.1 建模

为了开展各项 CAD 工作, 首先必须建立设计对象的计算机内部表示, 就是设计模型。不同的设计任务要有不同性质的模型, 例如几何模型、数学模型和物理模型等。在这些模型中应用最广的是几何模型, 它需要通过几何造型来实现。

几何造型是指产生出所研究对象的几何形状的描述方法。这种几何描述根据应用场合的不同, 可有多种形式。例如在机械 CAD 中, 它是二维或三维的形状描述, 即以数据形式将零部件的形状和大小存储在计算机中。在几何造型中, 用户在计算机图形终端前输入

图形,并在图形显示器上显示所生成的图形。输入图形的形式主要有以下3种:

(1) 直接输入方式:输入设备有光笔装置、接触式或感应式输入板、球形跟踪器、轨迹球等。

(2) 语言指令方式:用语言指令编制程序、经输入设备,如键盘、穿孔卡、磁带和软盘等输入。

(3) 图形-数字转换器方式:例如数字化仪或图形输入板。图形板上以表格形式排列着用来构成图形的基本图元,其排列类似于一张菜单,供用户选择。

1.2.3.2 计算分析

在设计对象生成模型之后,可对该模型进行静态和动态下的强度、刚度、振动和热变形等方面的分析。

计算机分析方法可分为两种,即解析法和数值解法。数值解法中常用的有有限元法、边界元法、有限差分法和数值积分法等。例如一个机械CAD系统中,在建立了零件的几何模型之后,可利用有限元前处理程序形成有限元计算用的网格,求解后可利用后处理程序将计算所得的零件上的应力和位移情况以图形方式表达出来,以便对零件的结构方案作合理的判断。再如一个建筑CAD系统,对已产生的方案可以综合结构设计所需要的计算简图、平图等,进而对此进行结构计算,完成强度、刚度计算,给出结构的内力,为完成结构施工图作必要的设计计算工作。

1.2.3.3 仿真

仿真就是在计算机上构造与实际系统相一致的模型进行试验和研究,以检验设计的合理性。仿真分数学仿真和实物仿真两种。通过仿真可以发现设计中存在的问题和不足之处,以便修改实际参数和方案,提高设计的成功率。建筑CAD的仿真,可对已构造的建筑形体进行环境和全方位仿真。在暖通工程CAD中当系统方案确定后,可对其进行冷、热负荷,动态负荷及全年能耗仿真分析。在机械CAD中用的较多是运动模拟、干涉检查和模式试验。例如对于连杆实用机构的设计,当机构的参数确定后,可对其进行运动模拟和干涉检查,即对各杆件上代表点的位移、速度和加速度以及杆件中运动情况的检查。又如在设计某一机械产品时,可在设计初期模拟产品的性能。这比传统的先设计,再试制,后试验,直到工程的后期才能评价出产品性能优劣的方法要经济得多,且大大缩短了产品开发周期。目前在模具设计时已大量使用这种数值模拟方法,取得了非常好的效果。

1.2.3.4 绘图及技术文档生成

图样在CAD中非常重要,这是因为图样简明形象,内含信息量大,故被称为工程师的语言,在设计活动中具有无可争辩的地位,没有图形就难以表达清楚人们的设计思想和设计结果。由于CAD是从计算机绘图开始发展起来的,因而往往给人们一种错觉,以为CAD就是计算机绘图,事实上图形仅仅是CAD的支撑技术之一。

绘图及文档生成包括绘制各种工程图、特性图、设计说明书等各种技术文件。图形可由计算机辅助绘图系统绘出,在高水平的系统中,能绘制出设计者所需要的二维和三维的各种图样。

当需要输出工程图时,自动绘图仪可根据输入它的绘图数据自动绘制相应的图形,同时将这些绘图数据存入计算机存储器归档备查。一般CAD的图形系统(如AutoCAD系统)都具有较强的图形编辑功能,可完成图形的复制、放大、缩小、删改、旋转及平移等。

1.3 CAD 环境下的设计工作

从设计方法学角度看,在 CAD 中人与计算机密切合作,在决定设计策略、信念处理,修改设计及分析计算等方面充分发挥各自的特长。在 CAD 环境下,人们的设计活动将有别于传统的设计模式,设计人员将以 CAD 为工具完成从设计方案的提出到具体确定的物状等各种设计内容。

1.3.1 CAD 中的人机分工

随着 CAD 技术的发展,人机在 CAD 中的分工将不断调整,自动化程度逐步提高。CAD 中不同的自动化水平,其人和计算机的分工如表 1.1 所示。

表 1.1 CAD 中不同的自动化水平的人机分工

自动化水平	人	计算机	说明
(1)	提供若干参数	决定一切	决策规则能完全定义,设计工作由计算机自动进行
(2)	提供若干参数→生成设计方案→对结果进行检查,作必要修改		决策规则大体上是确定的,存在少数例外情况,故只能进行半自动设计
(3)	提出方案→以人工分析为主,进行评价计算→判断参数→必要时提出修改方案→计算		用计算机进行分析仿真
(4)	提出方案→用具体化可见形式来表示→对显示方案判断、修改		以三维方式表示设计对象或作运动仿真,帮助人们作出判断
(5)	由人来决定一切	绘图和制表	用计算机完成绘图、文档编辑等工作,但决策完全由人作出

1.3.2 对 CAD 工作平台的要求

对设计人员来说理想的 CAD 工作应满足以下要求:

- (1) 设计人员能方便地使用工作站或微机系统,且有很方便的用户界面;
- (2) 是一种与设计人员的知识相协调的并能扩展的系统,具有设计数据库;
- (3) 是一种能培养直观能力的能自学的系统,可用图或表来表示计算过程;
- (4) 是一种能支撑技术技能的系统,能吸收设计人员的知识和经验,具有很强的帮助功能;
- (5) 是一种适合设计人员工作方式的系统,可按照实际的设计步骤进行操作,以在实际中使用的线图表格方式工作。

1.3.3 CAD 环境下的设计工作流程

在 CAD 环境下的设计工作大致可分为开发研究型设计和日常业务型设计两大类。

1.3.3.1 开发研究型设计

开发研究型设计是研制开发没有相似工程(产品)的新型项目,或对现产品进行彻底

改造以获得高功能和高性能等的项目。开发这种系统(产品)需要进行较多的创造性设计。在采取这种设计之前,需要采用试验装置进行实验,并采用 CAD 软件进行数值计算,以了解其功能和性能,或者在设计之前进行总体或局部的试制,以确定其功能和性能,然后进行设计。

开发研究型设计按其动机分为自主开发设计和订货开发设计两类。自主开发设计是企业通过市场调查来了解需求,创建工程或产品的构想,按此构想进行开发研究,其流程见图 1.3 所示。

订货开发设计则要根据订单要求进行开发、研究和设计,其流程如图 1.4 所示。

1.3.3.2 日常业务型设计

日常业务型设计是过去已有类似工程(产品),经不同程度的改进后作为新工程(产品)推出。这种类型的设计工作,开发的份量较少,仿造的成分较多,当然并非完全仿造。若是完全仿造就称不上设计,故要求设计人员有某种程度上的创造。对于这种类型上的设计,由于已有一定的设计基础,已有资料对今后的设计有很大的参考价值,故有必要将它们存放到数据库中,作为设计部门的共同财富,供设计人员需用时调用。这种设计的流程与图 1.4 所示的订货型设计流程相似,其差别主要在于是否利用已有产品的相似性资源。

通过上面讨论,我们知道,在建立 CAD 系统时,除了考虑共性问题之外,还应充分注意到本企业的设计工作的特点。这样才能使所建立的 CAD 系统在实际设计工作中充分发挥作用,取得较好的经济和社会效益。

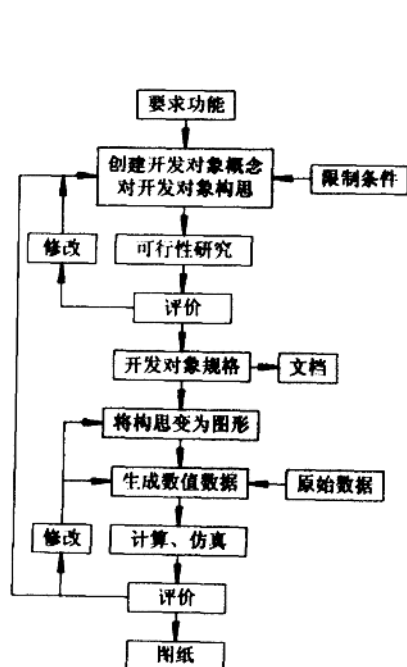


图 1.3 自主开发设计流程图

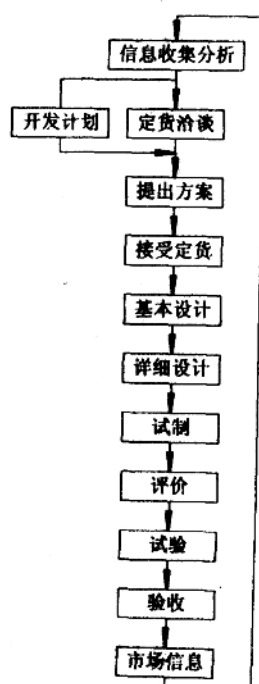


图 1.4 定货开发设计流程图

1.4 CAD 技术应用与发展趋势

1.4.1 CAD 技术应用

CAD 技术可广泛应用于国民经济的各个方面。例如电子/电器、机械设计与制造、建筑设计、测量自动化、人工智能、计算机艺术及自动化、地图地貌、一般的科学研究,除此之外,国内 CAD 技术在轻工行业也有广泛的应用,归纳起来 CAD 应用有以下几个方面:

(1) 工程和产品设计。采用 CAD 技术后,首先是工程或产品设计和施工图纸可不必再由人工绘制。目前,许多工程、产品的投标项目规定必须提交用 CAD 技术产生的图纸,手工绘图不再接收,有些工作不用 CAD 技术根本无法用人工完成,如集成电路掩模板图的生成,在建筑领域采用 CAD 技术后,可节省方案设计时间约 90%、投标时间 30%、重复绘图作业费 90%。

(2) 仿真模拟和动画制作。应用高性能 CAD 工作站可以真实地模拟产品的加工处理过程和设计对象的工作过程。如飞机起降、船舶进出港口、物体受力破坏等现象。在影视界,可用来产生动画片和电影片的特技镜头。

(3) 事物管理。在事物管理中采用 CAD 技术可绘制各种形式的统计管理图表,如直方图、扇形图、库存图等。用图表反应统计量将会更清晰,形象直观。

(4) 绘制测量图。用 CAD 技术绘制地图、地形图、矿藏勘探图、气象图、人口分布密度图以及有关的等值线、等位面图,早已在工程建设中产生了巨大的作用。

(5) 机器人。用 CAD 技术可以模拟各种形式的机器人、机械手及其运动环境。目前, CAD 技术已成为工程界普遍重视、广泛应用、不断发展和提高的热点,随之它所发挥的作用将会越来越大。

1.4.2 CAD 技术的发展趋势

随着 CAD 技术的广泛应用,促使了它的飞速发展,今后 CAD 技术的发展趋势为:

(1) 集成化。为适应工程设计或产品设计与制造的自动化, CAD 技术将向集成化方向发展, CAD 技术的集成主要体现在 4 个方面: 1) 系统构成由单一的功能变成综合功能,出现由 CAD (计算机辅助设计)、CAM (计算机辅助制造)、CAE (计算机辅助工程) 构成的 CIMS (计算机集成制造系统); 2) CAD 技术中的有关软件(含国际标准)和算法不断固定化,用集成电路及其功能块来实现有关软件和其算法的功能; 3) 多处理机、并行处理技术用于 CAD 中,使工作速度百倍地增加; 4) 网络技术被普遍采用,使近程和远程的资源都能及时共享。

(2) 智能化。现有的 CAD 技术在设计中只能处理数值型的工作、计算、分析与绘图,然而在设计中存在另一类符号推理型工作、方案的构思与拟定、最佳方案选择、结构设计评价决策以及获得参数选择等等。这些工作依赖于一定的知识,采用符号推理方法才能获得圆满解决。因此将人工智能技术,特别是专家系统的技术与现在的 CAD 技术结合起来,形成智能化 CAD 系统是 CAD 发展的必然趋势。

在智能 CAD 研究中更多的关注两个方面的问题: 1) 发展新的设计理论与方法,特别