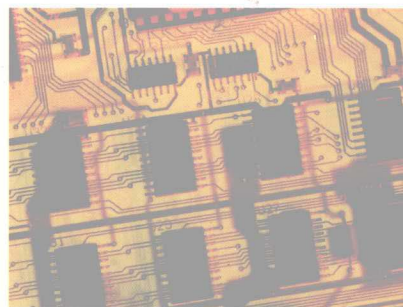
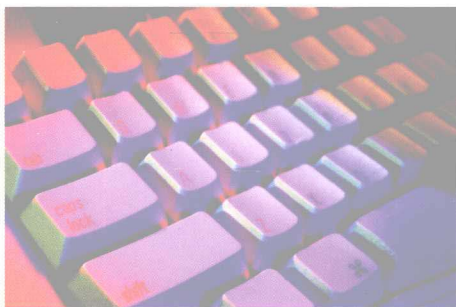


计算机辅助设计

开目 CAD

软件自学教程



严晓光 冯劲松 刘静 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

开目软件自学教程丛书

开目 CAD 软件自学教程

严晓光 冯劲松 刘静 段洋明 白跃伟 编著

丁宇明 张顺心 主审



机械工业出版社

本书以开目 CAD2003 软件为例,系统全面地介绍了开目 CAD200X 软件的主要功能、基本设置和操作、基本绘图操作、智能绘图操作、常用图形绘制、尺寸和文字标注、参数化设计、块组操作和计算、图库的调用和建立、装配图绘制方法、OLE 嵌入与文件转换、图形文件的输出等,其中还穿插了综合绘图实例和练习题。

书中附有开目 CAD 软件普及版光盘,其基本功能与企业版相同,仅在规模上有所限制。

本书可作为开目软件的初学者、工程技术人员、大专院校机械专业师生及所有开目软件用户的操作指导书,也可供相关研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

开目 CAD 软件自学教程/严晓光等编著. —北京:机械工业出版社, 2004.11

(开目软件自学教程丛书)

ISBN 7-111-15236-0

I.开... II.严... III.机械设计:计算机辅助设计—应用软件, 开目 CAD—教材 IV.TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 092567 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:吕德齐 武 江

封面设计:王伟光 责任印制:施 红

煤炭工业出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·11 印张·265 千字

0 001—4000 册

定价:26.00 元(含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

开目软件自学教程丛书编委会

主任委员：杨叔子 中国科学院院士

委 员：李培根 中国工程院院士

童秉枢 中国工程图学学会副理事长（教授）

祁国宁 国家 863 计划 CIMS 专家组成员（教授）

彭文生 全国机械设计教学研究会会长（教授）

李 奇 机械工业出版社副社长（教授级高工）

丁宇明 武汉大学教授

董国耀 北京理工大学教授

王大康 北京工业大学教授

钱祥生 华中科技大学教授

张顺心 河北工业大学教授

付宇明 燕山大学博士、副教授

陈廉清 宁波工程学院副教授

武 江 机械工业出版社副编审

陈卓宁 武汉开目公司董事长（教授）

李万玲 北京京仪控股公司教授级高工

曹少方 武汉开目公司高级顾问（教授）

三 委 员 会 序 言

这是一个催人奋进的时代，也是一个变幻莫测的世纪。科技飞速发展，知识日新月异。希望、机遇、困惑、挑战，随时随地都有可能出现在我们身边。

当然，这更是一个信息异常发达的时代。我赞成这一观点：如将硬件作为躯体，那么，软件就是灵魂。如今，软件范围之广，版本更新之快，功能选项之多，体系膨胀之大，往往令人目不暇接。

抓住机遇，寻求发展，迎接挑战，战胜险阻，适应变化的制胜法宝就是学习——依靠自己学习、终生学习。

当我提起笔为“开目软件自学教程丛书”写所谓的序言时，我的感情里，远远不只是这套丛书，而是开目公司，而是一种敢与天公试比高的创意，而是一种“万难不屈，偏向悬崖攀绝峰”的崇高精神，而是一种“中华儿女多奇志”的自强不息，永不衰竭的生命力与创造力。

是的，从开目 CAD 开始，其别具匠心地引入了以画法几何原理为基础的 CAD 软件，到深化应用后推出的从工具化思想出发的开目 CAPP 软件，以及有鲜明自主集成功能的开目 PDM 软件等。这些都是一种伟大精神的体现，是“踏平坎坷成大道”的结晶。开目公司的创建人，我校机械学院陈卓宁教授，在为开目 CAD 软件的开发进行奠基性工作时，激情迸发，如醉如痴，竟忘除夕之夜已降，而惊讶户外为何鞭炮声声震于天。现在陈卓宁教授的开目公司中，有一批优秀的硕士和博士，他们中的许多人，在海外优厚条件的吸引下，“岿然不动”，甘为“傻瓜”，矢志献身于我国高等教育事业，献身于他们心爱的开目软件，献身于面向新经济的高校的产学研相结合的高科技产业——开目公司。是的，如同我国不少企业一样，开目公司拥有一大批优秀的中华儿女，他们爱国有骨气，会创造，敢超越。

早在 1997 年 9 月，党的十五大召开前夕，我赠给了开目公司诗词各一首：

词一首

——调寄《如梦令》

眼界心怀辽阔，上下辛勤求索，敢于拟思维，试看英雄开拓。开拓！开拓！人人献身拼搏！

诗一首

——五律

望远欣开目，求新奋献身。
群雄争逐鹿，一杰永辉春。
飘逸神州格，赤忱中国心。
今朝问世界，来日属何人？

如今，开目公司业绩辉煌。“问渠哪得清如许？为有源头活水来！”，源头，就是开目公司的年轻集体，开目公司的开拓精神；活水，就是开目公司的创新技术与产品。

源源不断的活水标志着永不枯竭的源头；持续发展的技术与产品显示着开目公司具有永不衰败的坚强集体与创业精神。

感谢这些编著者们为“开目软件自学教程丛书”的辛勤付出，也感谢多年来默默支持开目软件的朋友们，因为有了你们的关注和支持，开目软件才能为我们民族工业的发展助以一臂之力，才能成为中国自主知识产权软件的骄傲之一！

在此，我也应感谢开目软件的应用者与爱好者，没有他们的实践，就没有开目软件的发展源泉，就没有开目软件的今日成就与明日辉煌。

事物没有十全十美，实践没有止境，创新也没有止境。愿开目软件为中华民族的伟大复兴不断发展而作出更大的贡献！

愿我们国家的民族软件产业，因为我们大家的共同努力而日益繁荣、昌盛！

2000年12月21日冬至这天，我曾为《开目CAD三日通》写过序；今天，2004年6月21日夏至这天，我仍沿用那篇“序”的感情与语言，来为这套“丛书”写序。可说，聊达心情于万一。

中国科学院院士

华中科技大学学术委员会主任

“开目软件自学教程丛书”编委会主任

杨叔子

2004年6月21日

前 言

在现代科技飞速发展、民族工业繁荣昌盛的今天，我们共同肩负着中华民族伟大复兴的重任。中国已经成为世界的制造工厂，从某种意义上来说，制造业信息化水平的提升将影响到中国国际地位的提升。

开目公司作为国内实力最强、产品线最全、用户最多的自主知识产权软件公司之一，长期扎根于制造业，以推进中国制造业信息化解决方案为己任。为主宰中国工业命脉的机械专业的工程技术人员提供一套好的开目软件自学教程，帮助用户在最短的时间里熟练掌握开目软件是我们义不容辞的责任。

“开目软件自学教程丛书”就是基于这种思想而诞生的。它以简练的语言、丰富的实例和图文并茂的形式介绍了开目软件的操作方法和应用技巧，内容翔实，概念清晰。它循序渐进、由浅入深地讲述了开目软件的应用步骤，不仅易学，而且易懂，为开目软件的初学者、工程技术人员、大中专院校机械专业师生及所有开目软件的用户学习、掌握开目软件提供了一套好的参考教材。特别是丛书都附有相应开目软件的普及版光盘，光盘在基本功能上与企业版相同，仅在规模上有所限制，可存储、输出、打印，这就更方便读者掌握该软件基本功能的使用。

这套凝聚着多位编者大量心血的自学教程，将帮助广大业界朋友在中国制造业信息化的大道上越走越远，越走越深入。

我们感谢“开目软件自学教程丛书”编委会的委员们对出版丛书的关心和支持，对《开目 CAD 软件自学教程》审查的是武汉大学丁宇明教授和河北工业大学张顺心教授，他们在百忙中抽时间对本书作了认真的审查，在此表示深深的谢意!并对所有关心丛书出版的朋友们致谢!

愿我们共同努力，促进中国的制造业日益繁荣、昌盛!

武汉开目信息化技术有限责任公司 总经理

耿 标

2004 年 10 月

目 录

序言

前言

第1章 导论 1

1.1 CAD 及企业信息化技术的

基本概念 1

1.2 CAD 系统的基本构成 2

1.3 CAD 应用软件系统的层次和功能 ... 3

1.3.1 以计算机辅助绘图为主要功能 的系统 3

1.3.2 以计算机辅助造型设计为主要 功能的系统 4

1.3.3 计算机辅助设计新技术简介 5

1.4 推进企业信息化从 CAD 开始 5

1.4.1 CAD 是企业信息化的基础 5

1.4.2 二维 CAD 是三维 CAD 的基础 ... 6

1.5 设计技术工作者的使命 7

第2章 开目 CAD200X 软件 9

2.1 开目 CAD200X 软件概述 9

2.1.1 开目 CAD 的来源 9

2.1.2 开目 CAD 的基本特色 9

2.2 开目 CAD200X 的学习方法建议 10

2.3 开目 CAD200X 的主要功能 和特点 10

2.3.1 基本设置和文件操作功能 11

2.3.2 基本绘图功能 11

2.3.3 智能绘图功能 12

2.3.4 尺寸和文字标注功能 12

2.3.5 参数化设计 13

2.3.6 块、组操作和计算功能 13

2.3.7 图库功能 14

2.3.8 零件图绘图实例 14

2.3.9 装配图绘图实例 14

2.3.10 OLE 对象嵌入和文件转换 14

2.3.11 打印输出 15

2.4 开目 CAD200X 在开目信息化 产品族中的地位 15

2.4.1 企业信息化集成解决方案简介 ... 15

2.4.2 开目 CAD200X 在开目信息化 产品族中的地位 16

2.5 开目 CAD200X 运行环境要求及 软件启动方法 16

2.6 开目 CAD200X 的操作及本教程 的约定 17

2.7 开目 CAD200X 普及版与企业版 的区别 17

第3章 开目 CAD200X 的基本操作 19

3.1 概述 19

3.2 开目 CAD200X 界面简介 19

3.2.1 标题栏 19

3.2.2 主菜单 20

3.2.3 绘图区 20

3.2.4 信息栏 21

3.2.5 工具栏 21

3.2.6 光标类型 23

3.2.7 帮助信息 23

3.3 系统设置 24

3.3.1 绘图设置 24

3.3.2 转换设置 27

3.3.3 打印设置 28

3.3.4 图库设置 29

3.3.5 导入、导出设置 29

3.3.6 默认设置 30

3.4 基本操作 30

3.4.1 图形文件操作 30

3.4.2 图幅管理 32

3.4.3 图信息查询 32

3.4.4 线型设置和修改	32	5.9.5 填充图案编辑	59
3.4.5 移动光标	33	5.9.6 计算内岛	59
3.4.6 转动光标	35	5.9.7 复杂区域填充	60
3.4.7 缩放与移动	36	第6章 常用图形绘制	62
3.4.8 特殊点定位工具	37	6.1 椭圆	62
3.4.9 实体拖动	38	6.2 椭圆弧	62
3.4.10 表达式计算	40	6.3 正多边形	63
3.4.11 位图复制	40	6.3.1 画正多边形操作方法	63
3.5 图层操作	40	6.3.2 正多边形属性设置	63
3.6 视图操作	42	6.4 矩形	64
第4章 基本绘图操作	44	6.5 圆角矩形	65
4.1 画直线	44	6.6 样条曲线	65
4.2 画圆和圆弧	46	6.6.1 画样条曲线的方法	66
4.2.1 半径设置	46	6.6.2 样条曲线的修改	66
4.2.2 画圆	46	6.7 波浪线	67
4.2.3 画圆弧	47	6.8 相贯线	68
4.3 擦除图线	48	6.9 轴端断面	68
4.3.1 使用功能键擦除图线	48	6.10 齿廓	68
4.3.2 使用“  ”按钮及右键菜单 擦除图线	49	6.11 断面	69
4.3.3 其他擦除图线方式简介	50	6.12 偏移（等距）	70
4.4 撤销和恢复	50	6.13 弹簧	70
4.5 上线	50	6.13.1 绘制弹簧	70
第5章 智能绘制线素操作	51	6.13.2 设置弹簧参数	71
5.1 圆角过渡	51	6.13.3 编辑弹簧参数	72
5.2 倒角	51	6.14 修剪	72
5.3 三线切圆（键槽）	52	6.15 延伸	73
5.4 凸台圆角	53	6.16 打断	74
5.5 切线	53	6.17 取样	75
5.6 切圆弧	54	第7章 标注	76
5.7 作特征点在已知图线上的图线	54	7.1 概述	76
5.8 用【Ctrl】+【Enter】作过已知点到 特征点的直线	55	7.2 直线尺寸标注方法	76
5.9 区域填充	56	7.2.1 一般直线尺寸的标注方法	76
5.9.1 常用断面符号填充	56	7.2.2 连续尺寸的标注方法	80
5.9.2 图案填充	57	7.2.3 单边尺寸的标注方法	80
5.9.3 边界处理	57	7.3 圆（圆弧）尺寸标注方法	80
5.9.4 取样填充	58	7.3.1 第一类直径尺寸的标注方法	80
		7.3.2 第二类直径尺寸的标注方法	81
		7.3.3 圆弧尺寸的标注方法	82

7.4 角度尺寸标注方法	82	9.2.6 三点旋转	105
7.5 倒角标注方法	83	9.2.7 拾取	106
7.6 粗糙度与形位公差标注	84	9.2.8 复制到图形文件	106
7.6.1 粗糙度标注	84	9.3 块及块操作	106
7.6.2 形位公差标注	85	9.3.1 图形对象属性的设定值与 实际值	107
7.7 剖切符号的标注	86	9.3.2 块的建立	108
7.8 尺寸修改	87	9.3.3 块的插入	108
7.9 文字输入	87	9.3.4 块的打散	109
7.9.1 单行文字	87	9.3.5 块的编辑	109
7.9.2 多行文字	87	9.3.6 块的属性	110
7.9.3 圆弧文字	88	9.3.7 清理块定义	111
7.9.4 表格文字	89	9.3.8 外部参照块	111
7.10 其他标注	89	9.3.9 浏览块的嵌套关系	112
7.11 练习题及注意要点	90	9.3.10 绘制属性(与块关联 的文字)	113
7.11.1 题目	90	9.4 分析计算	114
7.11.2 尺寸标注的注意事项	90	9.4.1 计算长度	115
第8章 参数化设计	91	9.4.2 计算面积	115
8.1 参数化设计的基本概念	91	9.4.3 计算形心	115
8.2 尺寸约束目标及约束规则	91	9.4.4 计算质量	115
8.3 尺寸分析	92	9.4.5 计算惯性矩	116
8.4 尺寸驱动	94	9.5 更改属性	116
8.4.1 尺寸驱动后图形形状的保持性	95	第10章 图库的调用及建立	117
8.4.2 需进行尺寸驱动的图形的 绘图与标注	95	10.1 图库的调用	117
8.4.3 与尺寸驱动有关的尺寸	96	10.1.1 零件结构图库	117
8.4.4 尺寸驱动的几个注意点	96	10.1.2 滚动轴承图库	119
8.4.5 尺寸驱动的示例及练习	96	10.1.3 紧固件图库	120
第9章 块、组操作和计算	98	10.1.4 系列件图库	124
9.1 组选工具及组的构造	98	10.1.5 表格库	125
9.1.1 组选工具	98	10.1.6 符号库	126
9.1.2 构造组	98	10.1.7 子图库	126
9.1.3 增加或减少组中图素	102	10.1.8 标题栏库	126
9.2 图组编辑	102	10.2 图库的建立	126
9.2.1 阵列	102	10.2.1 用户库的创建	126
9.2.2 等距线	104	10.2.2 图形入库	127
9.2.3 镜面	104	10.3 练习题	129
9.2.4 复制和搬迁	104	第11章 综合绘图实例	130
9.2.5 旋转和缩放	105		

11.1 用画矩形工具画套筒	130	13.2.1 转换界面	145
11.2 用画矩形工具画轴	130	13.2.2 操作过程	146
11.3 画法兰盘	132	第 14 章 输出	148
11.4 画壳体	133	14.1 打印设置	148
11.5 练习题	135	14.2 打印预览	149
第 12 章 装配图绘制方法	136	14.2.1 调整预览显示比例	150
12.1 基本方法和步骤	136	14.2.2 调整输出选项	150
12.2 零件序号的其他标注形式	140	14.3 打印	151
12.3 插入、删除零件序号及修改 明细表	140	14.4 指定区域打印	152
12.4 练习题	142	14.5 打印机属性设置	152
第 13 章 OLE 嵌入与文件转换	143	14.6 打印中心	153
13.1 OLE 嵌入	143	14.6.1 打印中心界面简介	153
13.1.1 嵌入对象	143	14.6.2 打印中心设置方法	155
13.1.2 编辑对象	144	14.6.3 操作过程	158
13.2 文件转换	144	14.6.4 打印预览及打印	159
		附录	161

第 1 章 导 论

1.1 CAD 及企业信息化技术的基本概念

到了 21 世纪,广大科技工作者对“CAD”这一术语早已耳熟能详。但要给“CAD”作出明确的、众所公认的定义,仍然很不容易。对此现象,一种在工程上实际可行的方法就是不拘泥于“CAD”等术语的明确定义,而是通过 CAD 及企业信息化技术的发展历程和主要内容掌握其基本概念。

1. 产品工程设计的一般活动

工程设计过程所包含的子过程和活动十分广泛,对于不同的设计对象有着不同的具体内容。但是,广义的工程设计过程大致相同或相似。前期工作为确定产品要求、提出设计任务,以作为工程设计的输入。设计过程包括根据原始的设计任务确定具体的设计目标、收集设计的依据和参考资料、建立设计方案和模型、概念设计、详细设计、设计结果输出等技术性子过程,以及设计管理计划的制订和跟踪设计计划,包括各阶段输出工件的审核和检查、综合评价和确认等管理和控制活动。这些子过程和活动不一定是顺序执行一次就能完成设计任务,往往需要反复改进、逐步完善才能达到设计目标。

工程设计中的工作可以分为两类。一类是创造性工作,如方案构思、工作原理拟定、零部件参数选择等;另一类是非创造性工作,当给定输入时其输出基本上是确定的,如已知零件参数绘制零件图、已知机构参数验算机构强度等。非创造性工作往往是一些单调乏味的繁琐重复工作,特别是当因设计方案修改而导致反复绘图、计算时更是如此;非创造性的工作很适合借助计算机来完成。创造性工作需要发挥设计人员的创造性思维能力,基于设计任务和可用资源去构思、决策,计算机可以为完成创造性工作提供帮助,但最核心的设计工作一般仍然需要由人来完成。

2. CAD 的一般内容

广义地讲,将计算机辅助技术应用于产品设计的任何环节,如绘图、计算、结构设计以及分析、仿真、优化设计等等,都可以称作 CAD 技术。早期 CAD 系统的主要功能是计算机辅助绘图(CAD: Computer Aided Drafting)。随着计算机硬件、软件技术的不断发展,CAD 含义发展为现在的计算机辅助设计(CAD: Computer Aided Design),主要指用计算机辅助完成整个产品设计的过程,包括从确定产品要求、定义产品功能开始,到完成产品的材料信息、结构形状和技术要求等设计,并最终通过数据、文件、图形等方式输出设计方案等过程。分析、仿真等环节已成为计算机辅助系统中独立于 CAD 系统的分支,即计算机辅助工程分析(CAE: Computer Aided Engineering),如早期的有限元分析和机构的运动学及动力学分析,近年来从对所设计产品性能的简单校核,到对产品性能的准确预测,再到产品成形、工作过程的精确模拟等功能。

本书中“CAD”主要指产品工程设计范畴的活动,同时不排除涉及一些分析、仿真功

能,如所标注尺寸是否过约束或欠约束的尺寸分析,所设计机构在运动中是否会发生碰撞的干涉验证等。

3. CAD 和企业信息化工作的主要内容和发展趋势

企业信息化技术包括 CAD、CAE、计算机辅助制造(CAM: Computer Aided Manufacture)、计算机辅助工艺规程设计(CAPP: Computer Aided Process Planning)、产品数据管理(PDM: Product Data Management)、企业资源计划(ERP: Enterprise Resource Planning)等分支。这些分支一方面各自本身在发展,另一方面相互之间在集成。

CAD 技术正在从二维绘图发展到三维设计;企业信息化技术从 CAD 发展到 CAM,从设计/制造发展到产品数据管理、企业资源计划。三维 CAD 设计的立体产品模型极大地推动了 CAE 技术的发展。CAPP、PDM 及 ERP 等分支也都在 CAD 技术推动下迅速发展,同时又反过来对 CAD 技术提出了更高的要求。

CAPP 是 CAD 和 CAM 之间的桥梁,并为工艺资源管理、零配件投料顺序等提供了生产管理信息。PDM 与产品生命周期的每一个阶段相联系,是面向设计制造的信息流与面向生产管理的信息流之间的桥梁,是实现产品设计、制造与管理并行工程的基础,从根本上解决了各个环节数据交换和共享的问题。ERP 是关系到企业综合资源信息计划和管理的重要手段,并对企业的经营决策起着重要作用。当前,企业信息化技术的深化应用,概括起来就是 CAD/CAE/CAM/CAPP/PDM/ERP 的集成,就是实现企业生产全生命周期的数字化、用于管理所有与产品相关的信息和过程的网络化和集成化。

1.2 CAD 系统的基本构成

一个计算机辅助应用系统由硬件和软件两部分组成。一般情况下,高性能的系统要求高资金投入,还要求高水平的人才资源。

1. CAD 系统的硬件

CAD 系统基本的硬件组成包括由计算机及其外围设备,单套计算机设备的硬件包括执行算术运算和逻辑运算的中央处理器,鼠标、键盘、扫描仪、图形输入板、光笔等输入设备,图形显示终端、打印机、绘图仪等输出设备,以及磁盘、光盘碟、磁带机、纸带机等存储设备,基本结构参见图 1-1。现代的集成化 CAD 系统都以网络的形式出现,特别是在并行工程环境中,为了进行产品的并行设计,网络更是必不可少的,多台计算机之间通过网络连接。网络设施包括中继器(增加网线长度)、网桥(同种网相连)、路由器(选择加工路线)、网关(不同协议相连)、调制解调器(数/模转换)以及网线等。



图 1-1 单套 CAD 系统的硬件基本组成

计算机硬件系统的配置可以分为主机系统(Mainframe)、小型机系统(Turnkey system)、工作站系统(Workstation)和微机系统(Microcomputer)四大类。大型的三维造型及分析系统目前应用较多的是 CAD 工作站,二维绘图可采用微机。20 世纪 90 年代以来,计算机技术迅猛发展,CAD 技术的硬件平台的性能价格比显著提高,中、小型的三维造型和分析系统可以在微机上运行。

2. CAD 系统的软件

软件可以分为三大类:系统软件、支撑软件和应用软件。系统软件主要包括面向计算机硬件控制和资源管理的操作系统、面向计算机维护的工具系统、程序设计语言(Fortran、Basic、C、C++、Java 等)及其编辑系统、数据库管理系统(对数据的输入、输出、分类、存储、检索进行管理)等。支撑软件指以系统软件为基础,进行 CAD 应用开发所需的软件平台,如 Parasolid、Asis 等三维造型核心等。应用软件是根据具体领域的工程应用特点,利用支撑软件系统开发的解决特定问题的软件系统,包括:设计计算方法库(常用数学方法库、统计数学方法库、常规设计计算方法库、优化设计方法库、可靠性设计软件、动态设计软件等)和各种专业程序库(常用机械零件设计计算方法库、常用产品设计软件包等)。有些软件,如 CAD 软件,可能既是应用软件,能应用于设计、绘图;又是支撑软件,可以在其基础上再进行二次开发。

CAD 系统的软件构成参见图 1-2。



图1-2 CAD 系统的软件构成

1.3 CAD 应用软件系统的层次和功能

CAD 技术经历了二维平面图形设计、交互式图形设计、三维线框模型设计、三维实体造型设计、自由曲面造型设计、参数化设计、特征造型设计等发展过程,存在着从二维到三维、从造型到设计、从低端到高端、从专用到通用的众多 CAD 应用系统。各种 CAD 系统的层次和功能存在差异,但按性能价格比来衡量,并不能简单地判断某个 CAD 系统的优劣。企业在 CAD 软件选型的过程中,需要根据本企业的实际情况进行选择,适合企业的就是最好的。

1.3.1 以计算机辅助绘图为主要功能的系统

计算机辅助绘制二维图形常用的方法有四种。

1. 利用人机交互方式绘图

直接利用 CAD 系统提供的各种功能,将图形一笔一笔地画出来。比较初级的 CAD 系

统主要采用这种方式绘图,主要缺点是速度慢,绘图操作工作量大。但一笔一笔地画图至少在可以预见的将来,仍然是各种绘图系统的必要基础、必备功能。

2. 利用尺寸驱动方式绘图

利用 CAD 系统提供的尺寸驱动方式绘图(又称参数化绘图)。尺寸驱动一般基于变量几何原理。设计者可以比较随意地勾画出零件的拓扑结构,然后再给拓扑结构添加尺寸约束,系统自动将拓扑结构按照给定的约束转换成零件的几何形状和几何大小。

3. 利用二次开发工具绘图

利用 CAD 系统提供的二次开发工具,将一些常用的图素参数化,并将这些图素存在图库中。绘图时,根据需要从图库中按菜单调用有关图素,并将之拼装成有关的零件图形。这种利用参数化图素拼装成零件的绘图方法可以极大地提高绘图效率。

4. 利用三维立体模型绘图

利用三维 CAD 造型系统完成的三维立体模型,通过投影、剖切等方式由三维模型生成二维图形,最后再对二维图形进行必要的修改和补充并标注尺寸、公差和其他技术要求。目前比较先进的三维 CAD 系统都具有这种功能,但有些中端三维 CAD 软件提供的二维绘图功能并不能满足工程师日常绘图的要求,不能实现二维绘图与三维模型的无缝集成。

1.3.2 以计算机辅助造型设计为主要功能的系统

三维 CAD 系统的核心是产品的三维模型,即将产品的实际形状表示成为三维的模型,模型中包括了与产品几何体结构有关的点、线、面、体的各种信息。三维模型具有可视化好、形象直观、设计效率高以及能为企业数字化的各类应用环节提供完整的设计、工艺和制造信息等优点。

三维 CAD 造型系统常用三种建模方式:线框建模、表面建模和实体建模。

1. 线框模型

线框模型是最简单的三维模型,物体通过棱边(直线、圆弧、圆)来描述,不能有效表达几何数据间的拓扑关系。在某些情况下信息不完整,存在多义性。由于缺乏形体的表面信息,无法提取 CAM 及 CAE 所需信息。

2. 表面模型

表面模型通过表面描述来定义物体,常用于不能用简单的数学模型进行描述的物体,如汽车、飞机、船舶的一些外表面。表面造型系统的重点在于由给出的离散数据构造曲面,使该曲面通过或逼近这些点,一般都采用插值、逼近和拟合算法实现。

利用表面模型基本可以满足 CAM 的要求,进行多坐标数控编程、计算刀具的运动轨迹等。还可以满足关于表面的 CAE 要求,如通过有限元网格划分来分析表面的受力、受热变形。但表面模型难以提供各个表面之间相互关系的信息和完整的体积、质量等,不能满足关于体的 CAE 要求。

3. 实体模型

三维实体模型在运动学分析、物理特性计算、装配及运行干涉检验、有限元分析方面都已成为不可缺少的基础。常用实体建模的方法有体素法、轮廓扫描法和实体扫描法。体素法以立方体、球、圆柱、圆锥等基本形体为基本体素,通过布尔运算构成形体;轮廓扫描法通过二维平面封闭轮廓在空间平移或旋转形成实体;实体扫描法则通过刚体在空间运

动以产生新的物体。

实体模型能够精确表达物体的全部属性,在理论上有助于统一 CAD、CAE、CAM 的综合要求,给设计带来了惊人的方便性。它代表着未来 CAD 技术的发展方向。基于这样的共识,各软件纷纷仿效。一时间,实体造型技术呼声满天下。可以说,实体造型技术的普及应用标志着 CAD 发展史上的第二次技术革命。

1.3.3 计算机辅助设计新技术简介

近年来出现了许多先进的 CAD 技术,如参数化和变量化技术、虚拟产品建模技术等。互联网的普及促使 CAD 技术向集成化(Integration)、智能化(Intelligent)、协同化(Collaborative)方向发展。

1. 参数化技术

参数化造型由编程者预先设置一些几何图形约束,然后供设计者在造型时使用。与一个几何约束相关联的所有尺寸参数可以用来产生其他几何约束;其主要技术特点是:基于特征、全尺寸约束、尺寸驱动设计修改、全数据相关。

参数化技术改变了自由造型的无约束状态,几何形体均以特征参数的形式定义、描述。修改零件形体时设计者可以只编辑特征参数,然后通过造型系统自动实现形体改变。在通用化、系列化的零部件设计中,以及在设计方案反复修改时,参数化造型与自由造型相比显示出很大的优势。参数化技术仍然有一些待改进之处,例如,全尺寸约束,即造型必须以完整的尺寸参数为出发点(全约束)这一特点就影响了设计者发挥创造力和想象力。

2. 变量化技术

变量化技术将参数化技术中所需定义的特征尺寸“参数”进一步区分为形状约束参数和尺寸约束参数,而不是像参数化技术那样只用尺寸参数来约束全部几何结构。

变量化造型保留了参数化造型基于特征、全数据相关、尺寸驱动设计修改的优点,但在约束定义方面做了根本性改变,可以实现在任意约束情况下的产品设计。

3. 智能 CAD 技术

产品设计是含有高度智能的人类创造性活动,CAD 系统将更多地在此方面帮助设计者。智能 CAD 是 CAD 发展的必然方向。

目前在智能 CAD 方面主要开展了建立知识库和智能库、现有设备仪器的智能控制和新一代加工智能机的设计和制造、逐步实现加工单元的智能控制、智能设计/制造系统乃至工业智能化研究等方面的工作。

智能 CAD 技术不仅仅是简单地将现有的智能技术与 CAD 技术相结合,还要深入研究人类设计的思维模型,并用信息技术来表达和模拟、延伸、扩展设计人员的智能,增强设计工作的自动化程度。

1.4 推进企业信息化从 CAD 开始

1.4.1 CAD 是企业信息化的基础

实施信息化不可能一步到位,一般途径总是从绘图、设计开始,逐步向 CAPP、CAM、CAE 及 PDM、ERP 发展。

1. CAD 提供信息和平台支持

在企业信息化技术软件大系统的各分支中, CAD 起着至关重要的基础作用, 其他分支都需要以 CAD 提供的几何模型作为输入、作为工作基础。在一些计算机辅助系统中, CAM、CAE 等往往表现为基于 CAD 核心功能的可选模块, 需要 CAD 的图形功能支持, 不能脱离 CAD 核心单独存在。

2. CAD 是企业管理活动的基础

从企业生产活动的性质来看, CAD 也是其他分支的基础。生产活动可以划分为技术活动和管理活动等类型, 技术活动是管理活动的基础, 业务流程决定管理体系。CAD、CAE、CAM 等的基本性质都属于技术活动, CAPP 兼具技术性和管理性, PDM、ERP 等则主要属于管理性活动。如果作为基础的 CAD 没有建设好, 作为上层的 PDM、ERP 也不可能做好。

3. 通过实施 CAD 培养人才、积累经验和资金

企业要从信息化技术中获得良好的效益, 需要适用的信息化软件系统, 更需要有合格的信息化技术人才。CAD 对人才的要求相对单纯, 即使是计算机基础一般乃至较差的设计者, 要达到“甩图板”的水平并非很困难的问题, 比较容易收到实效。PDM、ERP 等则对人才要求较高, 不了解 CAD 的员工也难以用好 PDM、ERP。

在信息化系统各分支中, CAD 对资源投入的要求相对较低, 中小企业也可以承受。PDM、ERP 则要求较高的资源投入。

在实施 CAD 的过程中, 可以为企业培养人才、积累经验和资金, 并提高企业对信息化建设的认识, 建立良好的信息化环境。

4. 从实施 CAD 起步有助于规避风险

从技术活动性质的 CAD 开始, 对企业的生产经营活动冲击较小。企业实施 CAD 或多或少总会有收益, 比较差的情形也只是收效不够理想, 一般不会有干扰企业正常运行的风险。实施 PDM、ERP 则往往要求对企业的工作流程、乃至管理体系进行改进乃至重组, 涉及到更高的层次、更广的范围; 实施 ERP 没有收到实效甚至影响原有体系的消息并不少见。在中国制造业信息化门户网站(www.e-works.net.cn)于 2003 年 6 月 9 日至 8 月 9 日在网上推出的为期两个月的“ERP 是否过时?”的大讨论中, 认同“不上 ERP 等死, 上 ERP 找死”观点的人为 39%, 这可以说明实施 ERP 存在明显的风险。通过实施 CAD 打好信息化建设的基础是规避实施 ERP 风险的重要措施之一。

1.4.2 二维 CAD 是三维 CAD 的基础

无庸讳言, 三维 CAD 模型中包括了与产品几何体结构有关的点、线、面、体的各种信息, 能为企业信息化的各类应用环节提供完整的信息, 必然会在 CAD 市场上扩大其占有量, 但在可以预见的将来仍然难以全面取代二维 CAD 系统。

企业从财力、利于普及、满足工程师的习惯等方面综合考虑, 在 CAD 应用方面一般还是采用金字塔式的实施方案, 即高端三维 CAD/CAM/CAE 软件、中端三维 CAD 软件、二维普及型 CAD 软件的比例约为 1:10:100。

如果 CAD 模型仍然先用屏幕显示, 再用图纸输出, 而不是用三维实体模型输出, 那么为了满足设计人员日常绘图的要求, 三维 CAD 系统就不可能脱离二维绘图功能。

我国大多数产品是用通用机床加工, 而不是多轴联动的数控机床加工, 这样仍然需要