



高职高专园林工程技术专业系列规划教材

GAOZHI GAOZHUAN YUANLIN GONGCHENG JISHU ZHUANYE XILIE GUIHUA JIAOCAI

园林计算机辅助设计

陈玉勇 杨云霄 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



高职高专园林工程技术专业系列规划教材

GAOZHI GAOZHUAN YUANLIN GONGCHENG JISHU ZHUANYE XILIE GUIHUA JIAOCAI

园林计算机辅助设计

主 编 陈玉勇 杨云霄

副主编 朱红华 张晓红 孟 丽

江苏工业学院图书馆
藏书章



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书是高职高专园林工程技术专业系列规划教材之一。全书包括园林计算机辅助设计常用的 Auto-CAD、Photoshop 和 3ds Max 三个软件的基础知识、基本技能操作和案例训练,吸收了当前园林计算机辅助设计的最新成果,内容丰富、实例典型、图文并茂、步骤详细。本书以实用为原则,基础知识以够用为度,重点进行操作技能的训练。通过大量实际案例训练,循序渐进,使学者能够轻松入门,熟练掌握上述三个软件的操作方法,迅速提高岗位技能。

本书可作为高职高专院校、本科院校举办的职业技术学院园林工程专业及相关专业教材,也可以作为五年制高职、成人教育园林工程及相关专业教材,也可供从事园林工程设计工作的人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

园林计算机辅助设计/陈玉勇,杨云霄主编. —北京:中国电力出版社,2009

(高职高专园林工程技术专业系列规划教材)

ISBN 978-7-5083-8864-9

I. 园… II. ①陈…②杨… III. 园林设计:计算机辅助设计—高等学校:技术学校—教材 IV. TU986.2-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 120389 号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

责任编辑:周娟华 责任印制:陈焊彬 责任校对:黄蓓

北京铁成印刷厂印刷·各地新华书店经售

2009 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·23.5 印张·582 千字

定价:42.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话(010-88386685)



前言

随着我国经济社会的快速发展,尤其在国务院大力加强职业教育的推动下,高职高专教育以服务为宗旨,以就业为导向,走产学研结合道路,进入了快速、健康发展阶段。同时各级各类企业对高技能型人才的需求也在加大,并对高技能型人才提出了更具体的要求。在这样的背景下,高职高专教育教学改革工作更加注重课程建设,而教材建设是课程改革的重要内容,也是反映教学改革成果的窗口。根据教育部《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》的有关精神,在本教材的编写过程中,按照培养高技能型园林人才的具体要求,本着基础知识学习以“必需、够用”为度,岗位基本技能培养以“实际、实用”为目的的原则,重点进行操作技能和案例实战的训练,通过案例训练使学生掌握较多的实用知识和技能。力争以这样的教育理念和编写思路,体现高职高专的教学特点,反映最新的园林计算机辅助设计成果,并形成本教材的特色。

“园林计算机辅助设计”课程是园林工程技术专业的主干课程,是园林工程技术专业学生必备的核心能力之一。增加“园林计算机辅助设计”课程的授课时数,增强课程的岗位针对性,提高学生使用计算机进行园林规划设计与制图的技能,是园林工程技术专业课程体系改革的必然趋势,具备熟练的计算机制图与设计技能已成为园林规划设计人员从业的基本条件。

本教材由三条知识主线构成,形成了基础知识、基本操作技能和案例分析三个教学模块。第一条主线是基础知识,就各个软件对园林制图有针对性地进行介绍;第二条主线为基本操作技能训练,在介绍了与基本技能操作有关的基础知识的基础上,主要进行基本技能操作练习,如园林工程平面图、施工图等的简单设计与制作;第三条主线为案例训练,如描绘小游园、单位绿地平面设计、钟楼立面效果图绘制、城市广场平面图绘制的过程和技巧、建筑制作、雪景效果制作过程和技巧、自然式园林设计制作、别墅建筑模型制作、鸟瞰效果图道路系统制作过程和技巧等。通过基本技能操作和案例训练,使学生能够较好地将学过的的基础知识和基本操作技能应用到具体实践中。

本教材在编排上采用图文并茂的形式,使学生能够轻松入门,然后通过大量的案例训练,让学生边学边练,学练结合,以迅速提高园林计算机辅助设计能力。针对现在大多数学生在学习 3ds Max 这一篇时都有困难的问题,在这一篇的每章前均提出“知识目标”和“技能目标”,使学生有明确的学习目的;各章后还有“本章小结”和“思考与练习”,有利于学生自学和复习思考。

本教材的教学应用,要求在园林计算机辅助设计实训室进行,学生每人一机,在教师讲授的同时,学生进行操作练习。

本教材分 3 篇,共 17 章,由辽宁林业职业技术学院陈玉勇老师、黑龙江生物科技职业学院杨云霄老师主编,具体编写分工如下:黑龙江生物科技职业学院杨云霄老师编写第 3 篇的第 1~4 章;辽宁林业职业技术学院朱红华老师编写第 1 篇的第 5 章、第 6 章;甘肃林业

职业技术学院张晓红老师编写第2篇的第1章、第2章；山东城市建设职业学院孟丽老师编写第3篇的第5章、第6章、第7章；辽宁林业职业技术学院刘小丹老师编写第1篇的第1章；辽宁林业职业技术学院姜新老师编写第1篇的第2章；辽宁林业职业技术学院赵楠老师编写第3篇的第6章、第7章；辽宁林业职业技术学院陈玉勇老师编写第1篇的第3章、第4章，第2篇的第3章、第4章，并负责全书统稿工作。

沈阳工程学院栾好利教授承担了本书的审稿工作，并提出了许多宝贵意见。东北大学的郝玉玲老师，辽宁林业职业技术学院的覃斌老师等为本书的编写提供了部分资料并做了大量的前期工作。全书凝聚了许多高职高专校园林工程技术及相关专业教师的智慧与经验，同时也得到了辽宁林业职业技术学院很多部门广大老师的帮助与支持，在此一并表示感谢。

关于本书所提到的“随书光盘”中所含的文件，读者如有需要，可向责任编辑索取。给您阅读带来不便，敬请原谅。

由于编者水平有限，时间仓促，书中难免有不当和错误之处，敬请广大读者提供宝贵意见。

编 者



目 录

前言

第 1 篇 AutoCAD 2004

第 1 章 软件简介	1
1.1 CAD 软件的发展与应用	1
1.1.1 CAD 软件的历史与发展	1
1.1.2 CAD 软件的应用	5
1.1.3 计算机集成制造系统 (CIMS)	7
1.2 AutoCAD 2004 界面	8
1.2.1 界面	8
1.2.2 调用绘图命令的几种方法	9
1.2.3 打开、保存	9
1.2.4 视图的移动、缩放、旋转	9
1.2.5 草图设置	10
1.2.6 图层	10
1.2.7 系统选项设置	11
第 2 章 二维绘图	12
2.1 坐标系	12
2.2 绘制点及线性对象	13
2.2.1 绘制点	13
2.2.2 绘制直线	15
2.2.3 绘制矩形和正多边形	16
2.2.4 绘制多段线	17
2.2.5 绘制多线	19
2.3 绘制曲线对象	22
2.3.1 绘制圆、圆弧	22
2.3.2 绘制椭圆	24
2.3.3 绘制圆环	24
2.3.4 绘制样条曲线	25
2.4 文本	26
2.4.1 文字样式	26

2.4.2 单行文字·····	27
2.4.3 多行文字·····	28
2.5 习题·····	29
第3章 图形编辑 ·····	32
3.1 选择、编组、删除·····	32
3.2 移动、旋转、对齐·····	35
3.2.1 移动·····	35
3.2.2 旋转·····	35
3.2.3 对齐·····	36
3.3 复制、镜像、偏移、阵列·····	37
3.3.1 复制·····	37
3.3.2 镜像·····	37
3.3.3 偏移·····	38
3.3.4 阵列·····	39
3.4 修剪、缩放、拉伸、延伸·····	40
3.4.1 修剪·····	40
3.4.2 缩放·····	41
3.4.3 拉伸·····	41
3.4.4 延伸·····	42
3.5 打断、分解·····	42
3.5.1 打断·····	42
3.5.2 分解·····	43
3.6 圆角与倒角·····	43
3.6.1 圆角·····	43
3.6.2 倒角·····	44
3.7 夹点编辑·····	45
3.8 对象特性·····	45
3.9 例题·····	46
3.10 习题·····	49
第4章 尺寸标注 ·····	51
4.1 尺寸标注的规则与组成·····	51
4.2 长度型尺寸标注·····	52
4.2.1 线性标注·····	52
4.2.2 对齐标注·····	53
4.2.3 基线标注·····	53
4.2.4 连续标注·····	54
4.3 直径标注、半径标注·····	54

4.3.1	直径标注	54
4.3.2	半径标注	55
4.4	角度标注与其他标注	55
4.4.1	角度标注	55
4.4.2	快速标注	56
4.4.3	坐标标注	56
4.4.4	引线标注	57
4.5	形位公差标注	57
4.6	标注样式设置	58
4.6.1	设置直线	59
4.6.2	设置符号和箭头	59
4.6.3	设置文字	60
4.6.4	设置调整	61
4.6.5	设置主单位	62
4.6.6	设置换算单位	63
4.6.7	设置公差	63
4.7	标注的编辑	64
4.8	习题	65
第5章	图块、填充、设计中心	66
5.1	图块	66
5.1.1	创建图块	66
5.1.2	插入图块	67
5.1.3	图块属性	68
5.2	图案填充	70
5.3	设计中心	71
5.4	习题	73
第6章	实例介绍	75
6.1	亭廊平面图	75
6.2	花架顶梁布置图	79
6.3	习题	82

第2篇 Photoshop CS

第1章	初识二维建筑渲染图与 Photoshop CS	87
1.1	电脑二维建筑渲染图概述	87
1.1.1	什么是电脑二维建筑渲染图	87
1.1.2	电脑二维渲染图的种类	88

1.1.3 绘制电脑二维建筑渲染图所运用的软件	89
1.2 电脑二维建筑渲染图的制作流程	89
1.3 了解 Photoshop CS 的基本概念	90
1.3.1 点阵图与矢量图	90
1.3.2 Photoshop CS 中的颜色模式	92
1.3.3 图像分辨率	95
1.3.4 Photoshop CS 常用文件格式	96
第2章 如何使用 AutoCAD 进行图形输出	99
2.1 屏幕抓图法	99
2.2 输出位图法	102
2.3 输出 EPS 格式图法	105
2.4 打印成位图	106
第3章 室外综合模块的制作	118
3.1 树木的制作	118
3.2 灌木的制作	126
3.3 马路的制作	131
3.4 小区内人行铺地的制作	136
3.5 草地的制作	138
3.6 湖水的制作	143
3.7 圆形花坛的制作	148
3.8 广场铺地的制作	151
3.9 汽车模块的绘制方法	156
3.10 几种标准建筑的绘制方法	163
3.10.1 平屋顶	163
3.10.2 坡屋顶	171
第4章 综合实例	183
4.1 平面图的输出	184
4.2 在 Photoshop 中将图像处理成可供绘制的平面图	187
4.3 马路的制作	188
4.4 草地的制作	192
4.5 湖水的制作	197
4.6 建筑模块的制作与置入	199
4.7 建筑投影的制作	201
4.8 铺装及小品的制作	203
4.9 树木、灌木模块的制作及置入	203
4.10 汽车的置入	204
4.11 细部的调节	205

第3篇 3ds Max 9

第1章 3ds Max 基础知识	206
1.1 3ds Max 9 界面布局和各项功能介绍	206
1.2 基本工具使用的技能训练	209
1.3 习题	216
第2章 二维形体造型	218
2.1 二维形体的创建方法	218
2.2 二维形体的编辑修改	219
2.3 操作过程实例	221
2.4 编辑修改二维形体最终生成三维图形	223
2.5 习题	228
第3章 三维形体造型	229
3.1 创建形体及其主要参数含义	229
3.2 三维建模技能训练	230
3.2.1 基础建模	230
3.2.2 布尔运算建模——创建石凳造型	235
3.2.3 修改建模	236
3.2.4 放样建模	243
3.2.5 从二维形体到三维模型	246
3.3 习题	250
第4章 材质与贴图	251
4.1 材质编辑器	251
4.1.1 样本示例窗	251
4.1.2 工具栏	252
4.1.3 参数控制区	254
4.2 贴图通道的应用	257
4.2.1 漫反射贴图通道的应用及其参数设置	258
4.2.2 凹凸贴图通道的应用	260
4.2.3 不透明度贴图通道的应用	261
4.3 贴图类型	263
4.3.1 [棋盘格] 贴图类型的应用及参数设置	263
4.3.2 [平面镜像] 贴图类型的应用及参数设置	264
4.4 复合材质的应用	266
4.4.1 “双面”材质	266
4.4.2 “多维/子对象”材质	267

4.4.3 混合材质	270
4.5 编辑常用材质	270
4.5.1 乳胶漆材质 (单色材质)	270
4.5.2 渐变材质	271
4.5.3 不锈钢材质	271
4.5.4 金属和反射地面材质	272
4.5.5 砖墙材质	273
4.5.6 布艺材质	274
4.5.7 陶瓷材质	274
4.5.8 玻璃材质	275
4.5.9 水面材质	276
4.5.10 草坪材质	276
4.5.11 砖石铺装材质	277
4.5.12 保存材质	277
4.6 习题	280
第5章 灯光和摄影机	281
5.1 灯光	281
5.1.1 设置灯光	281
5.1.2 灯光的分类	282
5.1.3 常用灯光设置实例	283
5.2 摄影机	288
5.2.1 建立相机	288
5.2.2 摄影机的镜头	288
5.2.3 摄影机参数调节	288
5.2.4 目标摄像机的创建和设置实例	289
5.3 习题	291
第6章 园林设计元素和设施的制作	292
6.1 制作石桌凳	292
6.1.1 建模	292
6.1.2 编辑材质	293
6.2 制作窗花	294
6.2.1 建模	294
6.2.2 编辑材质	295
6.3 创建广告牌	296
6.3.1 建模	296
6.3.2 编辑材质	299
6.4 石拱桥的制作	301

6.4.1	建模	301
6.4.2	编辑材质	304
6.5	制作六角荷花亭	306
6.5.1	建模	306
6.5.2	编辑材质	313
6.6	制作篮球场	314
6.6.1	制作篮球场的场地	314
6.6.2	制作篮球架	315
6.6.3	编辑材质	318
6.7	习题	319
第7章	3ds Max 9	320
7.1	园林鸟瞰效果图的制作	320
7.1.1	道路基础模型制作	320
7.1.2	材质的制作	322
7.1.3	建筑构件的调用及整合	325
7.1.4	渲染输出	326
7.1.5	后期制作	329
7.2	城市街道设计	333
7.2.1	创建模型	333
7.2.2	制作材质	341
7.2.3	合并建筑组合和路灯	348
7.2.4	创建摄影机和设置灯光	348
7.2.5	渲染输出	352
7.2.6	后期处理	353
7.3	习题	356
参考答案		357
附录一	AutoCAD 2004 常用命令一览表	359
附录二	AutoCAD 2004 快捷键一览表	361
参考文献		362



第 1 篇 AutoCAD 2004

第 1 章 软 件 简 介

AutoCAD 是美国 Autodesk 公司开发的计算机辅助设计及绘图软件系统。经过 20 多年的发展,该软件不断改进和升级,功能不断完善,目前已成为市面上最流行的工程设计和绘图软件之一。AutoCAD 具有易于掌握、使用方便、体系结构开放等优点,能够绘制二维图形与三维图形、标注尺寸、渲染图形以及打印输出图纸等,被广泛应用于机械、建筑、电子、航天、造船、石油化工、土木工程、冶金、地质、气象、纺织、轻工、商业等领域。

通过本章的学习应该了解和掌握以下知识:

1. CAD 软件的发展与应用。
2. AutoCAD 2004 界面。

1.1 CAD 软件的发展与应用

1.1.1 CAD 软件的历史与发展

20 世纪 70 年代后期以来,一个以计算机辅助设计技术为代表的新的技术改革浪潮席卷了全世界,它不仅促进了计算机本身性能的提高和更新换代,而且几乎影响到全部技术领域,冲击着传统的工作模式。以计算机辅助设计这种高技术为代表的先进技术已经并将进一步给人类带来巨大的影响和利益。计算机辅助设计技术的水平成了衡量一个国家工业技术水平的重要标志。

计算机辅助设计(Computer-Aided Design,简称 CAD)是利用计算机强有力的计算功能和高效率的图形处理能力,辅助知识劳动者进行工程和产品的设计与分析的一种技术。它是综合了计算机科学与工程方法设计的最新发展而形成的一门新兴学科。计算机辅助设计技术的发展是与计算机软件、硬件技术的发展和完善,与工程设计方法的革新紧密相关的。采用计算机辅助设计已是现代工程设计的迫切需要。

1. CAD 技术发展的主要历程

(1) 准备和诞生时期(20 世纪 50~60 年代)。1950 年,美国麻省理工学院(MIT)研制出旋风 1 (whirlwind 1),计算机的一个配件——图形显示器。它只能显示简单的图形,类似于一台示波器。

1958 年,美国 Calcomp 公司研制出由数字记录仪发展成的滚筒式绘图机。

20 世纪 50 年代,计算机由电子管组成,用机器语言编程,主要用于科学计算,图形设

备仅仅具有输出功能, CAD 技术处于酝酿和准备阶段。

20 世纪 50 年代末, 美国麻省理工学院在 whirlwind 计算机上开发了 SAGE 战术防空系统, 第一次使用了具有指挥和控制功能的阴极射线管 CRT (Cathode Ray Tube), 操作者可以用光笔在屏幕上确定目标。它预示着交互式图形生成技术的诞生, 为 CAD 技术的发展作了必要的准备。

(2) 蓬勃发展和进入应用时期 (20 世纪 60 年代)。在 20 世纪 60 年代初, 美国麻省理工学院 (MIT) 的博士生伊万·萨瑟兰 (Ivan Sutherland) 研制出世界上第一台利用光笔的交互式图形系统 SKETCHPAD, 并且在一篇题为“计算机辅助设计纲要”的论文中提出了: “设计师坐在 CRT 显示屏的控制台前用光笔操作, 从概念设计到生产设计以至制造, 都可以实现人机对话, 设计人员可以随心所欲地对计算机显示的图形进行增、删、改……”。这里第一次提出了计算机辅助设计和制造的概念。但在 20 世纪 60 年代, 由于计算机及图形设备价格昂贵, 技术复杂, 只有一些实力雄厚的大公司, 如波音飞机、通用汽车公司等才能使用这一技术。

作为 CAD 技术的基础, 计算机图形学在这一时期得到了很快的发展。1964 年, 孔斯 (Stave Coons) 提出了用小块曲面组合表示自由型曲面时, 使曲面在边界上达到任意高次连续的理论方法。这一方法得到了工业界和学术界的极大推崇, 称之为孔斯曲面。孔斯和法国雷诺汽车公司的贝塞尔 (Pierre Bezier) 被并称为 CAD 技术的奠基人。

20 世纪 60 年代中期出现了商品化的 CAD 设备, 如美国 IBM 公司的计算机绘图设备; 美国通用汽车公司开发中心的多路分时图形控制台运用于汽车设计。CAD 技术开始进入了发展和应用阶段。

(3) 广泛应用时期 (20 世纪 70 年代)。20 世纪 70 年代是 CAD 技术充实提高和广泛应用的时期。由于电子电路设计采用了 CAD 技术, 使集成电路技术得到了很大发展。集成电路用于计算机, 使计算机平台的性能大为提高。20 世纪 70 年代推出了以小型计算机为平台的 CAD 系统。同时, 图形软件和 CAD 应用支撑软件也不断充实提高。图形设备, 如光栅扫描显示器、图形输入板、绘图仪等都相继推出和完善。于是, 20 世纪 70 年代出现了面向中小企业的 CAD 商品化系统。如 1970 年美国 Applicon Intergraph、Calma 等公司相继推出各自的 CAD 系统。因为这种系统包含了计算机、CAD 软件、图形输入设备、图形输出设备, 用户只要学会操作即可进行计算机辅助设计工作。同时, 社会上也出现了固体电路随机存储器、光栅扫描显示器、光笔、图形输入板等多种图形输入设备, 以及面向中、小型企业的 CAD/CAM 商品化系统。到了 20 世纪 70 年代末, 美国 CAD 工作站安装数已由 20 世纪 60 年代的 200 多台、供数百人使用, 发展到超过 12000 台, 使用人数超过 2.5 万人, 由此 CAD 技术进入了广泛使用时期。

(4) 突飞猛进的时期 (20 世纪 80 年代)。20 世纪 80 年代是 CAD 技术大发展的时期。由于集成电路技术的进一步发展, 出现了大规模和超大规模集成电路 (VLSI)。计算机硬件平台又向前推进了一大步, 微型计算机进入市场。1980 年美国阿波罗公司生产出第一台以超级微型计算机为平台的工作站 (Workstation)。接着 SUN 公司提出了开放性系统的概念, 推出了以 UNIX 系统支撑的工作站。这种系统推出的初衷即是为满足工程师、设计师们的需求, 提供给他们一个性能好、价格便宜、便于开发的图形处理系统。其后 DEC、HP、

SGI、IBM……供应商都相继进入工作站这一广阔的市场,展开了激烈的竞争。市场需求的驱动,促进了CAD技术的不断发展和完善。特别值得一提的是,20世纪80年代中后期RISC(精简指令集计算机)技术在CAD工作站系统上的应用使CAD系统的性能大大提高了一步。与此同时,图形软件更趋成熟,二维、三维图形处理技术,真实感图形技术以及有限元分析、优化、模拟仿真、动态景观、科学计算可视化等各方面都已进入实用阶段。包括CAD/CAE/CAM一体化的综合软件包使CAD技术又更上一个层次。

(5) 日趋成熟的时期(20世纪90年代)。20世纪90年代是CAD技术广泛普及、继续完善和向更高水平发展的时期。出现了成熟的高度标准化、集成化的CAD系统。由于PC平台的性能越来越好,基于PC平台的价廉物美的系统相继出现,使CAD技术的普及应用更具广阔诱人的前景。

这一时期的发展主要体现在以下几个方面。

- 1) 随着CAD技术应用越来越广泛,CAD标准化体系进一步完善。
- 2) 系统智能化是CAD技术发展的又一热点。
- 3) 集成化是当今CAD技术发展的一大趋势。
- 4) 科学计算可视化、虚拟设计、虚拟制造技术是20世纪90年代CAD技术发展的新趋向。

2. 机械行业中CAD软件技术的发展历程

机械行业中的CAD技术起步于20世纪50年代后期,随着计算机软硬件技术的发展,在计算机屏幕上绘图成为可能,CAD开始迅速发展。人们希望借此项技术来摆脱繁琐、费时、精度低的传统手工绘图。此时CAD技术的出发点是采用二维计算机绘图技术,用传统的三视图方式来表达零部件,以图纸为媒介进行技术交流。但同时又发现,采用二维计算机绘图方式不可能准确表达所设计的产品,并且不可能将产品信息传达到后续的分析、加工、制造等工序中去,因此,采用三维CAD技术的研究孕育而生。

(1) 第一次CAD技术创新——曲面制造技术。20世纪60年出现的三维CAD系统只是极为简单的线框系统。这种初期的线框造型系统基本的信息,不能有效地表达几何数据间的拓扑关系。由于缺乏形体的表面信息,CAE(Computer-Aided Engineering)及CAM均无法实现。

进入20世纪70年代,飞机制造和汽车工业蓬勃发展,飞机及汽车制造中遇到了大量的自由曲面问题,当时只能采取多截面视图、特征纬线的方式来近似地表达自由曲面。由于表达方式的不完整性,经常发生按设计制作的样品与设计者所想象的模型有很大差异,甚至完全不同的情况。设计者对自己设计的曲面形状能否满足要求也无法确定,所以经常按比例制作油泥模型,作为设计评审或方案比较的依据。既慢且繁的制作过程大大拖延了产品研发时间,要求更新设计手段的呼声越来越高。

贝塞尔的出现,使人们用计算机处理曲线问题变得可行,同时也使得法国达索飞机制造公司的开发者,能在二维绘图系统CAD/CAM的基础上,开发以表面模型为特点的自由曲面建模方法,推出了三维曲面造型系统CATIA。它的出现,标志着计算机辅助设计技术从单纯模仿工程图纸的三视图模式中解放出来,首次实现以计算机完整描述产品零件的主要信息,同时也使得CAM技术的开发有了实现的基础。曲面造型系统CATIA为人类带来了第

一次 CAD 技术创新,改变了以往只能借助油泥模型来近似表达曲面的落后的工作方式。曲面造型系统带来的技术革新,使汽车开发手段比旧的模式有了质的飞跃,新车型开发速度大幅度提高,许多车型开发周期由原来的六年缩短到约三年。20 世纪 80 年代初,几乎全世界所有的汽车工业和航空工业都购买过相当数量的 CATIA,其结果是 CATIA 跃居制造业 CAD 软件榜首,这一现象保持了许多年。至今它还是汽车及飞机制造业选用的主要的 CAD/CAM。

(2) 第二次 CAD 技术创新——实体造型技术。20 世纪 80 年代初, CAD 系统价格依然令一般企业望而却步,这使得 CAD 技术无法拥有更广阔的市场。为使自己的产品更具特色,在有限的市场中获得更大的市场份额,以 CV、SDRC、UG 为代表的 CAD 厂商开始朝各自的发展方向前进。20 世纪 70 年代末到 20 世纪 80 年代初,由于计算机技术的大跨步前进, CAE、CAM 技术也开始有了较大的发展。SDRC 公司在当时星球大战计划的背景下,由美国宇航局支持及合作,开发出了很多专用分析模块,用以降低巨大的太空实验费用,同时在 CAD 技术的基础上不断发展,以满足麦道飞机零件部件的加工需求。

有了表面模型, CAM 的问题可以基本解决。但由于表面模型技术只能表达形体的表面信息,难以准确表达零件的其他特性,如质量、重心、惯性矩等,对 CAE 十分不利,最大的问题在于分析前的处理特别困难。基于对 CAD/CAE 一体化技术发展的探索, SDRC 公司于 1979 年发布了世界上第一个完全基于实体造型技术的大型 CAD/CAE 软件——I-DEAS。由于实体造型技术能够精确表达零件部件的全部属性,在理论上有助于统一 CAD、CAE、CAM 的模型表达,给设计带了惊人的方便性。它代表着未来技术的发展方向,基于这样的共识,各软件纷纷效仿,一时间实体造型技术备受关注。可以说,实体造型技术的普及及应用标志着 CAD 发展史上的第二次技术创新。

但是,新技术的发展往往是曲折和不平衡的。实体造型技术既带来了算法的改进和未来发展的希望,也带来了数据计算量的极度膨胀。在当时的硬件条件下,实体造型的计算及显示速度很慢,在实际应用中进行设计显得比较勉强。另外,在算法和系统效率的矛盾面前,许多赞成实体造型技术的公司并没有下大力气去开发它,而是转去攻克相对容易实现的表面模型技术。在以后的 10 年里,随着硬件性能的提高,实体造型技术又逐渐为众多 CAD 系统所采用。

(3) 第三次 CAD 技术创新——参数化技术。进入 20 世纪 80 年代中期, CV 公司提出了一种比无约束造型更新颖、更好的算法——参数化实体造型方法。从算法来说,这是一种很好的设想。它主要有以下特点:基于特征的设计、全尺寸约束、全数据相关、尺寸驱动设计修改。当时的参数化技术方案还处于一种发展的初级阶段,很多技术难点有待攻克。由于参数化技术核心算法与以往的系统有本质的区别,如采用参数化技术,必须将全部软件重新改写,投资及开发工作量必然很大,何况当时的 CV 软件包市场上几乎呈供不应求之势,于是, CV 公司内部否决了参数化技术方案。研究参数化技术的人员在新思想无法实现时集体离开了 CV 公司,另成立一个参数化技术公司 (PTC),开始研制命名为 Pro/ENGINEER 的参数化软件。早期的 Pro/ENGINEER 软件性能低,只能完成简单的工作。20 世纪 80 年代末,计算机技术迅猛发展,硬件成本大幅度下降, CAD 技术的硬件平台成本从二十几万美元降到只需要几万美元,一个更广阔的 CAD 市场完全展开,很多中小型企业也开始有能

力使用 CAD 技术。由于设计的工作量并不大,零件形状也不复杂,因此很自然地目光投向了 Pro/ENGINEER 软件。PTC 在发展初期迎合了中小企业对 CAD 的需求。20 世纪 90 年代,参数化技术变得成熟起来,充分体现出其在许多零部件设计上存在的简便易行的优势。可以认为,参数化技术的应用主导了 CAD 发展史上的第三次技术创新。

(4) 第四次 CAD 技术创新——变量化技术。参数化技术的成功应用,使它在 20 世纪 90 年代前后几乎成为 CAD 工业界的标准,许多软件厂商纷纷起步追赶。但是,技术理论上的认可并不意味着实践上的可行性。CATIA、CV、UG 都在原来的非参数化模型基础上开发或集成了许多其他应用软件。重新开发一套完全参数化技术的造型系统困难很大,因为这意味着必须将软件全部更新改写,何况在参数化技术上并不能完全解决好所有问题。因此所采用的参数化基本上都是在原有模型技术的基础上进行局部、小块的修补。考虑到这种“参数化”的不完整性以及需要很长的过渡时期,CATIA、CV、UG 在推出自己的参数化技术以后,均宣传自己是采用复合建模技术,并强调复合建模技术的优越性。这种把线框模型、曲面模型及实体模型叠加在一起的复合建模技术,并非完全基于实体,只是主模型技术的雏形,难以全面应用参数化技术。1990 年以前 SDRC 公司已经摸索了几年参数化技术,积数年对参数化技术的研究经验以及对工程设计过程的深刻理解,SDRC 的开发人员发现了参数化技术尚有许多不足之处。首先,全尺寸约束这一硬性规定就干扰和制约着设计创造力及想象力的发挥。设计者在设计初期及全过程中,必须将形状和尺寸联合起来考虑,并且通过尺寸的改变来驱动形状的改变,一切以尺寸为出发点。再者,如在设计中关键形体的拓扑关系发生改变,失去了某些约束特征也会造成系统数据混乱。

“一定要全约束吗?”“一定要以尺寸为设计的先决条件吗?”“全约束能否将设计进行下去?”等,沿着这个思路,在对现有各种造型技术进行了充分地分析和比较以后,一个更新颖大胆的设想产生了。他们以参数化技术为蓝本,提出了一种比参数化技术更先进的实体造型技术——变量化技术,作为今后的开发方向。于是,从 1990 年到 1993 年,历经 3 年时间,投资一亿多美元,将软件全部重新改写,于 1993 年推出全新体系结构的软件。变量化技术既保持了参数化技术的优点,同时又克服了它的许多不足之处,变量化技术的成功应用,为 CAD 技术的发展提供了更大的空间和机遇。同时,SCRC 的 I-DEAS 成为美国福特汽车公司首选的 CAD/CAM 软件。SDRC 这几年业务的快速增长,证明了这条当时看起来充满风险的研究道路是正确的。无疑,变量化技术成就了 SDRC,也驱动了 CAD 发展的第四次技术创新。

1.1.2 CAD 软件的应用

CAD 技术目前已广泛应用于国民经济的各个方面,其主要的应用领域有以下几个方面。

1. 制造业中的应用

CAD 技术已在制造业中广泛应用,其中以机床、汽车、飞机、船舶、航天器等制造业应用最为广泛和深入。众所周知,一个产品的设计过程要经过概念设计、详细设计、结构分析和优化、仿真模拟等几个主要阶段。概念设计主要解决产品的造型外观,在满足功能的前提条件下,使产品外观与外界环境协调,在现代设计中还应考虑对环境的影响,当然还要考虑产品的整体结构、材料及实现主要功能的机构。详细设计是要确定产品的详细结构,各零