

CAD 丛书

计算机在建筑设计造型中的应用

王来生 刘国香 陈天滋 著

中国科学院计算技术研究所 CAD 开放研究实验室

中 国 铁 道 出 版 社

1 9 9 4 年 • 北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书系统地介绍了计算机辅助建筑设计的基本原理、基本方法和技巧,并深入浅出地加以阐述。

全书共分 13 章,主要内容有交互式计算机图形系统简介,图形的矩阵变换,曲线、曲面拟合,裁剪,图形数据结构及图形数据库,隐藏线和隐藏面的处理,真实感图形的描绘,建筑物的光照及彩色效果,区域规划图,建筑造型设计基础,现代建筑造型,中国古建筑及古典园林造型,建筑图案绘制及浮雕设计。

本书可作为高等院校有关专业的本科生及研究生的教材,亦可供从事计算机图形处理及建筑 CAD 工作的科技人员参考。

CAD 丛书

计算机在建筑设计造型中的应用

王来生 刘国香 陈天滋 著

*

中国铁道出版社出版发行

(北京市东单三条 14 号)

责任编辑 殷小燕 封面设计 陈东山

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本:850×1168 毫米 1/32 印张:10.75 插页:2 字数:279 千

1994 年 12 月 第 1 版 第 1 次印刷

1—3000 册(平)

印数:
1—1000 册(精)

(平)ISBN7-113-01816-5/TP·189 定价:17.50 元

(精)ISBN7-113-01829-7/TP·193 定价:19.80 元

前 言

计算机辅助设计(CAD)作为一种实用性极强、发展十分迅猛的科学技术,已成为传统产业改造、工程设计变革、劳动生产率提高和产品市场竞争力增强的有力手段,对一国经济发展具有重要的意义。

中国科学院计算技术研究所 CAD 开放实验室,于 1987 年 9 月经中国科学院批准成立,多年来它聚集了国内外 41 个单位的 240 余名优秀人才,在国家“七五”攻关计划、“863”高技术计划和国家自然科学基金项目等的经费支持下,开展了 CAD、计算机图形学、专家系统、工程数据库等的基础性研究和系统研究开发的大量工作,取得了一系列重大研究成果,并已成功地应用于电子、机械、建筑、地理、控制、工程管理及艺术等领域,为我国 CAD 科技的发展作出了重要的贡献。为对其中一些具有显著特色的研究成果及时进行总结、提炼和交流,CAD 开放实验室决定组织撰写这套 CAD 丛书,第一批包括:《专用集成电路行为功能级模拟技术》、《机械设计专家系统研究与实践》、《计算机在建筑设计造型中的应用》、《分形的计算机图象及其应用》、《计算机地理真实感图形》、《VHDL 语言及其应用》和《工程数据库》等共七部专著先行出版,其余专著也将根据研究进展,陆续撰写出版。

丛书从不同侧面比较系统地反映了 CAD 与计算机图形学国内外的最新动向和成就,将对这一领域技术在中国的传播、提高与推广产生积极的影响,也为我国广大设计工作者,大专院校教师和学生提供一种有价值的参考书。我相信广大读者必将能从这套丛书中得到助益。

中国计算机学会理事长
中国科学院院士 张效祥

一九九三年七月

CAD 丛书编委会

主编：魏道政

编委：石教英

许隆文

刘明业

刘慎权

周堤基

林宗楷

唐荣锡

唐璞山

序 言

1987年9月,中国科学院批准成立了中国科学院计算技术研究所CAD开放研究实验室,承担了国家“七·五”攻关、“863”高技术计划和国家自然科学基金项目,聚集了国内外41个单位的240余名优秀人才,在CAT、CAD、图形学、专家系统、工程数据库等的基础研究和高水平CAD系统研制方面,均取得了重大研究成果。这些成果在电子、机械、建筑、地理、控制、工程管理和艺术等领域得到成功的应用。

为了对这些研究成果进行总结、提炼与升华,我们室决定组织并撰写一套CAD丛书,并将陆续出版。

这套丛书的第一批包括7本著作,它由20余名中青年学者,历时3年撰写而成的:

《专用集成电路行为功能级模拟技术》介绍了行为功能级模拟器及硬件描述语言DDL,以RISC SPARC为例讨论了ASIC的DDL描述及模拟器的使用方法,研讨了全机性行为功能级模拟的策略与测试码的选择问题。

《机械设计专家系统研究与实践》阐述了机械设计专家系统的基本概念、基本理论、专家系统开发环境与工具,以作者所研制的多个机械设计专家系统为实例较为完整地介绍了如何建立一个设计型的专家系统,如何评价这些系统等问题,并对新一代机械设计专家系统进行了展望。

《计算机在建筑设计造型中的应用》以作者研制“中国古典园林三维模拟系统”、“中国皇家园林三维模拟系统”和“计算机辅助建筑造型系统”等为实例,从理论与实践的结合上介绍了在计算机屏幕上逼真地显示园林景观的真实感图象,通过改变视点和视线方向,可动态地模拟游人在园林环境中所得到的身临其境的艺术感受。

《分形的计算机图象及其应用》将分形作为研究和处理自然界和工程中不规则图形的有力的理论工具。这本书介绍了分形几何的有关理论、方法与计算机图象生成算法,不仅可充分显示混沌、分形之美,而且也展示出分形应用的若干重要领域。

《计算机地理真实感图形》从地理科学应用及其图形表现方法的特点出发,根据地图生产过程的本质,将地图信息、地图数据的提取、逻辑结构、存取

管理、图形描述等用具有真实感的三维立体图来表示。这项技术可用于编制各种专题地图、军事导航、国土管理开发决策、水利交通规划等领域。

《VHDL 语言及其应用》介绍了硬件描述语言 VHDL,它正成为世界范围计算机辅助设计的交流媒介。VHDL 现在是 IEEE1076 标准,并得到工业界的广泛支持。这本书介绍了 VHDL 的基础、数据类型、行为描述、结构描述、VHDL 的高级特点、VHDL 的建模技术和如何使用 VHDL 进行硬件设计。

《工程数据库》阐述了工程数据库的特点、它在集成化技术中的应用、数据模型、数据库语言、版本管理、工程数据库管理系统及数据库技术发展趋势等等。

应该说目前这几本书仅仅反映我们室一小部分的工作,但它们从不同侧面反映了 CAD 与计算机图形学领域国内外的先进技术与最新动向。可以欣慰地说,在取得一批优秀成果基础上撰写的这套丛书的出版雄辩地表明在所论及的领域,我国学者已经成功地缩小了与国际先进水平的差距。

我们十分高兴的是中国计算机学会理事长、中国科学院院士张效祥教授亲自为这套丛书写了十分精辟的前言。我们希望这套丛书能对有关的研究与开发人员和广大的设计人员有所裨益。

这套丛书所论及的研究工作得到了国家“七·五”、“八·五”科技攻关项目、国家自然科学基金、国家“863”高科技项目的支持。而这套丛书的出版则得到了铁道科技出版基金的资助。“八·五”铁道技术进步规划要点提出要以电子技术应用与机电一体化作为铁路工业产品的第二次更新换代的关键技术,并特别强调在工业产品、工程设计和房屋建筑等方面广泛采用 CAD 技术。这套丛书在中国铁道出版社出版表明了铁道部门的主管领导和专家委员会的远见卓识。

CAD 技术是一门飞速发展的技术,这套丛书不可能涉及到它的所有领域,甚至也不可能涉及到某一领域的所有方面。人们对 CAD 技术的研究、认识将不断深化。因此,我们希望有更多的专家、学者和有关人士能关心、支持和参与这套丛书工作,并给我们提出宝贵意见。

中国科学院计算技术研究所 CAD 开放

研究实验室主任 林宗楷

一九九三年五月

作者序言

电子计算机的出现促进了现代科学技术的迅速发展,当初仅能进行公式运算的计算机,现今已在国防、国民经济的各个部门占有着相当重要的位置,对于国家的经济建设起着举足轻重的作用。近年来,世界兴起了以计算机技术为标志的新技术革命,为了迎接这次挑战,更好地进行现代化建设,我国把用计算机改造传统产业,促进国民经济发展提到重要地位,计算机已经变成 20 世纪科学技术的一个重要组成部分。为了开拓计算机应用的新领域,满足广大建筑行业科技工作者的要求,我们特编写了这本书。

计算机辅助建筑设计(CAAD)是一门新兴的科学技术,是辅助建筑师来完成设计工作,是有待于建筑师掌握的一种现代化的建筑设计方法,开发 CAAD 技术的目的是把建筑师的才能和潜在智力从传统设计方法的束缚中解放出来,使设计人员把更多的精力用于作方案比较和建筑创作。发展 CAAD 可以缩短设计周期,提高设计水平和设计质量,降低成本,提高经济效益、社会效益和环境效益。

本书介绍了计算机辅助建筑设计所涉及到的基础知识,而且精选了近年来国内外有关方面的先进方法和技术,其中包括笔者的部分科研成果。选材时考虑了系统性,完整性和先进性。同时,在叙述上尽可能做到深入浅出,循序渐进,从而为有关工程技术人员的自学和参考提供了方便。

本书由江苏理工大学王来生教授及包头钢铁学院刘国香教授主编,其中第一,二,六,七,八,十三章由王来生执笔,第十二章由刘国香执笔,第四,九章由陈天滋执笔,第十,十一章由邹荣金执笔,第三,五章由詹永照执笔。

由于编者水平有限,书中难免会有不当之处,恳望读者批评指正。

编 者

一九九二年三月二十日

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 电子计算机辅助建筑设计(CAAD)的发展概况	1
1.2 计算机辅助建筑设计的任务	3
1.2.1 设计信息的存贮与检索	3
1.2.2 建筑设计的综合分析与方案比较	4
1.2.3 计算机辅助绘图	4
1.3 计算机辅助设计系统	5
1.3.1 电子数字计算机的简单框图	5
1.3.2 交互式计算机图形显示系统的组成	6
1.3.3 输出设备	8
1.3.4 软件的基本内容	11
1.3.5 计算机辅助建筑设计的常用技法	12
第二章 图形变换	16
2.1 窗口、视图及其坐标变换	16
2.1.1 用户域和窗口区	16
2.1.2 屏幕域和视图区	17
2.1.3 窗口区和视图区的坐标变换	17
2.2 齐次坐标和齐次变换阵	20
2.2.1 齐次坐标和齐次变换阵	20
2.2.2 齐次坐标和齐次变换阵的优点	22
2.3 二维图形变换	23
2.3.1 比例变换	24
2.3.2 错切变换	24
2.3.3 平移变换	25
2.3.4 旋转变换	26

2.3.5	级联变换	26
2.4	三维图形变换	27
2.4.1	比例变换	28
2.4.2	错切变换	29
2.4.3	平移变换	31
2.4.4	旋转变换	31
2.4.5	对称变换阵	34
2.4.6	三面正投影变换阵	35
2.4.7	轴测投影变换阵	35
2.4.8	透视变换阵	36
2.4.9	变换阵的分区	38
2.5	常见几何变换的基本性质	38
第三章	曲线和曲面的拟合	40
3.1	三次样条曲线和三次参数样条曲线	40
3.1.1	三次样条曲线	41
3.1.2	三次参数样条曲线	44
3.2	贝齐尔(Bézier)曲线	47
3.2.1	贝齐尔曲线的数学表达式及其性质	47
3.2.2	三次贝齐尔样条曲线	51
3.3	<i>B</i> 样条曲线	51
3.3.1	<i>B</i> 样条曲线的数学表达式	52
3.3.2	二次和三次 <i>B</i> 样条曲线	53
3.3.3	三次 <i>B</i> 样条曲线的边界条件和反算拟合	58
3.4	曲面拟合	59
3.4.1	直纹曲面	60
3.4.2	孔斯(Coons)曲面	61
3.4.3	贝齐尔(Bézier)曲面	65
3.4.4	<i>B</i> 样条曲面	70
3.4.5	旋转曲面	71
3.4.6	拉伸曲面	72

第四章 裁剪技术	76
4.1 “窗口”和“视区”	76
4.1.1 “窗 口”	76
4.1.2 视 区	77
4.1.3 视见变换	78
4.2 二维图形裁剪方法	79
4.2.1 Sutherland-Cohen 算法	79
4.2.2 中点分割算法	81
4.2.3 梁友栋—Barsky 算法	84
4.2.4 逐次多边形裁剪算法	87
4.2.5 凹多边形裁剪算法	90
4.3 三维图形裁剪方法	92
4.3.1 Sutherland-Cohen 算法的扩充	93
4.3.2 梁友栋—Barsky 算法	95
4.3.3 齐次线裁剪算法	97
4.3.4 多面体的裁剪算法	99
第五章 图形数据结构及图形数据库	103
5.1 图形数据结构	103
5.1.1 数据结构的基础知识	103
5.1.2 图形数据结构在物体描述中的应用	115
5.2 图形数据库	123
5.2.1 数据库系统的基础知识	123
5.2.2 图形数据库	129
第六章 消隐技术	135
6.1 消去隐线、隐面的两类方法	135
6.2 重叠测试	136
6.3 包含测试	137
6.4 深度测试	137
6.5 优先度测试	138
6.6 多边形面的表面法线方向的计算	139

6.7	多面体背面消隐法	141
6.8	隐藏线的消除	142
6.8.1	任意平面立体隐藏线的消除	142
6.8.2	曲面的消隐算法	144
6.9	深度缓冲器算法	146
6.10	扫描线相关算法.....	148
6.10.1	多边形扫描转换的相关性.....	148
6.10.2	扫描线相关算法.....	149
6.10.3	间隔相关算法.....	149
6.11	Warnock 算法	151
6.12	优先级算法.....	154
6.12.1	优 先 级.....	154
6.12.2	Newell,Newell,Sancha 算法	155
6.12.3	优先级的其它应用.....	157
6.13	算法的选择.....	159
第七章	真实感图形的绘制.....	160
7.1	真实感图形的基本概念	160
7.2	真实感图形的计算机生成	160
7.2.1	光照模型	160
7.2.2	画面绘制	163
7.2.3	纹理映射	164
7.2.4	影子生成	165
7.2.5	场景造型	166
7.3	真实感建筑图形的绘制	167
7.3.1	投影变换	167
7.3.2	消隐处理	168
7.3.3	绘制方法	169
7.3.4	构造方法	171
7.3.5	数据结构	172
7.3.6	系统结构及功能	173

7.3.7	程序框图	176
7.3.8	应用实例	176
第八章	建筑物的光照及彩色效果	177
8.1	色彩、照明与建筑图形	177
8.1.1	色彩和建筑物形式的关系	177
8.1.2	色彩与照明在现代建筑中的作用	178
8.1.3	色彩、照明与构图有关的其他问题	178
8.1.4	多色性的运用	179
8.1.5	人工照明的作用	180
8.2	日照及阴影	180
8.3	方案的光照环境性能分析	183
8.3.1	自然采光	183
8.3.2	人工照明	185
第九章	规 划 图	186
9.1	规划设计和规划图	186
9.2	地 形 图	187
9.2.1	地形图及其派生图形	188
9.2.2	等时线图	194
9.2.3	设计等高线图	195
9.3	规 划 图	197
9.3.1	规划图的特点	197
9.3.2	规划图的绘制	204
9.4	鸟 瞰 图	208
9.4.1	鸟瞰图的作用	208
9.4.2	鸟瞰图的绘制	209
9.5	景 观 图	212
9.5.1	景观图的模拟	212
9.5.2	城市建筑高度控制规划	215
9.6	规划设计中的动态模拟	218
第十章	建筑造型设计基础	221

10.1	建筑物基本体素造型与算法·····	221
10.1.1	体素模型的几何表示·····	221
10.1.2	图形输入·····	223
10.2	几何造型的常用方法·····	230
10.2.1	离散法造型·····	230
10.2.2	代数法造型·····	232
10.2.3	自由曲面造型·····	242
10.3	平面体素拼合的相贯计算·····	251
10.3.1	立体的数据结构·····	251
10.3.2	相交的判别方法·····	254
10.3.3	图形的输出方法·····	256
10.4	三维建筑造型中的多边形三角形剖分·····	259
10.4.1	非自交多边形(NIP) ·····	259
10.4.2	一般多边形转化为 NIP ·····	260
10.4.3	NIP 的三角形剖分 ·····	261
10.4.4	在三维建筑造型中的应用·····	263
第十一章	现代建筑造型设计的原理与方法·····	265
11.1	基础造型的意义·····	265
11.2	空间构成的要素·····	265
11.2.1	形态的分类·····	265
11.2.2	点·····	266
11.2.3	线·····	267
11.2.4	面·····	269
11.2.5	空 间·····	271
11.2.6	立 体·····	272
11.2.7	质 感·····	273
11.2.8	光 与 影·····	273
11.3	空间构成与色彩·····	274
11.3.1	建筑与色彩·····	274
11.3.2	色彩坐标系·····	274

11.3.3	色的知觉·····	276
11.3.4	色的表情·····	276
11.3.5	建筑物的色·····	277
11.4	建筑空间构成的原理·····	278
11.4.1	构成的形式·····	278
11.4.2	调 和·····	279
11.4.3	均 衡·····	279
11.4.4	韵 律·····	282
第十二章	中国古建筑及古典园林三维造型·····	284
12.1	前 言·····	284
12.2	中国古建园林设计造型概述·····	285
12.2.1	设计方案的表现·····	285
12.2.2	已毁废的古建筑及古典园林的三维复原模拟·····	286
12.3	古建筑的 CAD 三维造型方法 ·····	287
12.3.1	古建筑 CAD 三维造型软件系统的结构 ·····	287
12.3.2	单体古建筑造型函数的结构·····	287
12.3.3	曲面构件的生成·····	293
12.4	三维显示方式·····	294
12.4.1	三维表面模型的线框显示·····	294
12.4.2	真实感图象显示·····	294
12.5	本章结束语·····	294
第十三章	建筑物的图案绘制·····	301
13.1	建筑装饰图案·····	301
13.1.1	建筑装饰图案的种类·····	301
13.1.2	建筑装饰图案的特点·····	302
13.1.3	图案构成的原则·····	302
13.2	雕塑与纪念性绘画·····	304
13.2.1	雕 塑·····	304
13.2.2	纪念性绘画·····	304
13.3	现代图形的构成·····	305

13.3.1	图形的形式·····	305
13.3.2	图形的构成·····	307
13.4	物体仿真中的纹理表示·····	311
13.4.1	投影变换·····	311
13.4.2	纹理表示原理·····	313
13.4.3	立方多面体表面的纹理表示·····	314
13.4.4	旋转体表面的纹理表示·····	316
13.4.5	自由曲面表面的纹理表示·····	318
13.5	建筑物的图案绘制模块设计·····	322
	参考文献·····	328

第一章 绪 论

1.1 电子计算机辅助建筑设计 (CAAD)的发展概况

自从 1946 年世界上第一台程序控制的电子数字计算机 ENIAC 在美国的军事部门研制成功以来,短短 45 年的时间里,电子计算机已经历了四代演变,即电子管时代、晶体管时代,中小规模集成电路时代和大规模、超大规模集成电路时代。目前,以人工智能为标志的第五代计算机已经在世界上出现。

电子计算机的出现促进了现代科学技术的迅速发展,而科学技术的发展又反过来对计算机的性能提出了更高的要求。当初仅仅能够进行一些公式运算的计算机,现今已在国防、国民经济的各个部门占有着相当重要的位置,对于国家的经济建设发挥着举足轻重的作用。如果说 18 世纪蒸汽机的出现,及以此为动力而装备起来的机械代替了人类的一部分体力劳动,从而引起了一场工业革命的话,那么由于计算机的出现,由计算机控制的机械已能代替人类的一部分脑力劳动,借助于计算机,人们可以更快、更精确地进行计算,更有效地处理日常事务,可以准确无误地记忆比人脑多得多的信息,而且可以根据需要随时方便地进行检索。因此,从这个意义上看,计算机所引起的社会变革要比蒸汽机所引起的社会变革深刻得多,计算机科学并不是一个孤立的学科,能够与之结合的学科也不仅是理、工、农、医等自然科学,就是文学、历史、语言、音乐、美术等领域也能见到计算机的足迹。

近年来,世界兴起了以计算机技术为标志的新技术革命,为了迎接这次革命的挑战,更好地进行现代化建设,我国把用计算机改造传统产业,促进国民经济发展提到重要地位,当今时代,一个国