

计算机辅助设计 技术基础

唐泽圣、周嘉玉 编著

大学后教育书系

工程师必读丛书

中国科学技术出版社

工程师必读丛书

计算机辅助设计技术基础

 大学后教育书系 

唐泽圣 周嘉玉
编著

中国科学技术出版社

内 容 提 要

计算机辅助设计 (CAD) 技术现已广泛应用于机械、电子、土建、水利、轻纺、飞机、汽车、造船、化工等各个领域。这一技术具有从根本上提高生产率的潜力。

本书介绍计算机辅助设计技术的基础知识。全书共 9 章, 其内容主要包括: 计算机辅助设计软硬件系统介绍, 图形的生成及变换技术, 交互技术, 几何造型技术及工程数据库概述等。本书可作为一般工程技术人员掌握计算机辅助设计技术的基础课本, 也可作为大专院校有关专业的“计算机辅助设计技术基础”课程的教材。

工程师必读丛书 计算机辅助设计技术基础 大学后教育书系

唐泽圣 周嘉玉
编 著

责任编辑: 王正藩
封面设计: 王小飞
技术设计: 王震宇

中国科学技术出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
安徽阜阳印刷总厂制版 化学工业出版社印刷厂印刷
开本: 850×1168毫米 1/32 1988年8月第1版
印张: 11.75 字数: 282千字 1989年7月第2次印刷
ISBN 7-5046-0043-1/TP·1 印数: 3001-8558册

定价: 4.50元

主 编 的 话

科学技术正在经历着一个新的发展时期。许多传统学科呈现出新的面貌，从知识结构到方法体系，都已经出现了重大的更新。各种新兴学科显示出强大的生命力，对现代的工程技术和生产工艺，日益产生着广泛和深刻的影响。各个学科间的相互渗透和集成应用，正成为一种普遍性的趋势，它对提高生产的柔性和增强产品的竞争将会展现出巨大的优越性。这一切是对工程技术界和工程教育界的一个崭新的挑战。

面对这种快速的发展和严峻的挑战，一项十分紧迫的工作是要为工作在各种技术和管理领域的广大工程师们提供机会和条件，使他们在不脱离现职工作的环境中，能够比较现实地和比较有效地扩充知识领域、完善知识结构、提高适应能力和增长开拓才能。广泛的社会性继续教育无疑是实现这个目标的一条重要的和可行的途径。

近年来，世界上许多国家，包括发达国家和发展中国家，都把继续教育作为大学教育的一种不可缺少的延伸和补充，给予充分的重视。在美国、联邦德国等一些国家，这些年来都相继出版了各种层次的以工程师为对象的大学后教育丛书，受到广泛欢迎。在我国，尽管各种形式的继续教育已有所开展，

DJS-31/07

但至今还没有一套系统的、高质量的适合各种层次工程师的大学后教育丛书。编辑和出版这样的一套丛书已经成为工程技术界和工程教育界广泛关注的一项刻不容缓的工作。

正是基于这种认识和考虑，不管是中国科学技术出版社还是编委同人，都早有愿望来组织编写和编辑出版一套适用于众多工程专业领域的、完整的、具有时代感的和便于自学提高的工程师必读丛书。在统一认识的基础上，通过协商成立了丛书编委会，拟订了短期选题计划并提出了长远的设想。现在，经过一年多的筹备，通过作者、编委和出版社同志的共同努力，本丛书的第一批读物将正式出版，我们这个愿望终于得以实现。

《工程师必读丛书》是中国科学技术出版社组织编辑和出版的《大学后教育书系》的一个组成部分。读者对象是工作在生产和管理第一线的各类工程师。针对各类专业工程师的共性问题，丛书从意识、方法、知识、技术工具等各种角度，按照不同层次的工程师的需要，进行选题和组织编写。丛书强调时代性、实用性和可读性，以期通过不太长的篇幅，按照特定读者的认识规律，有重点、有深度和有的放矢地介绍科学技术的新理论、新方法和新手段，并在介绍知识的同时给读者以解决实际问题的思路和方法。丛书是开放性的，将按照轻重缓急、需要与可能，分期分批地组织出版。衷心希望这套丛书的出版会得到广大工程师朋友们的喜欢。

在筹备和组织本丛书的过程中，国家教委、中国科协、清华大学等有关单位的领导同志和专业领域的许多专家给予了很大支持和鼓励，参加本丛书工作的工作者、编委和编辑同志作了大量的工作并付出了辛勤的劳动，对此一并表示谢忱。限于水平和时间，丛书中一定会有不少未能尽如人意的地方，诚恳希望广大读者批评指正，以便不断提高丛书的质量。

常 迥

1988年5月于清华大学

前 言

计算机辅助设计技术作为计算机应用的一个重要方面，当前在国内外已引起了人们的广泛兴趣。它可以将现代计算机高速而精确的计算能力、庞大的数据存储能力与人的逻辑判断和综合分析能力结合起来，实现计算机辅助绘图、设计、计算及分析，从而极大地缩短了设计周期，提高了设计质量，并可取得巨大的经济效益。

计算机辅助设计技术广泛地应用于机械、电子、土建、水利、轻纺、飞机、汽车、造船、化工等各个领域。不同领域的计算机辅助设计技术都有各自的特点，差别是相当大的。但是，也有其共同的基础，如计算机辅助绘图技术，交互技术，几何造型技术，结构分析技术以及工程数据库技术等，涉及相当广泛的领域。

当前，国内各工业部门都相当重视计算机辅助设计技术的应用。但是，总的说来，还仅仅是开始，应用面尚不广，应用水平也不高。我国广大工程技术人员现在迫切需要了解计算机辅助设计技术的基本知识。在这样的形势下，我们以近年来的教学经验为基础，参考了国内外的有关资料，编写了本书。

全书共分九章。第一章是绪论。第二章

介绍计算机辅助设计硬、软件系统。第三章讲述基本图素的生成。第四章讨论曲线及曲面。第五章及第六章分别讨论图形的几何变换, 投影变换、消隐技术以及光照模型等内容。第七章介绍交互技术。第八章介绍几何造型技术。第九章概述了工程数据库的特点。关于结构分析, 虽然是计算机辅助设计的重要内容之一, 但这是一门相对独立的学科, 已有许多论著, 在本书中就不涉及了。在基本图素生成一章里, 还给出了算法的FORTRAN程序。

计算机辅助设计技术涉及的学科领域较广, 实践性也很强, 且不同领域的计算机辅助设计技术也有很大的差异。一本书的内容要满足不同领域工程技术人员的需求是很困难的。我们希望这本书能够帮助多数领域的工程技术人员了解计算机辅助设计技术的基本知识及开发技术, 有利于他们在各自不同的领域内应用这一技术, 或者开发有关的计算机辅助设计应用软件。这也就是我们编写本书的目的。

由于我们实践经验不足, 所写内容难免有错误或不当之处, 敬请读者批评指正。

唐泽圣 周嘉玉

1988年3月

编委会

顾问:

朱良漪

陈力为

隋经义

张维

周恕

雷天觉

主编:

常迥

副主编:

吕森

岳家俊

编委:

傅家骥

许绍高

郑大钟

王鼎兴

张笛梅

目 录

第一章 绪论	1
一、CAD技术发展简史	1
二、CAD技术的应用	3
三、我国CAD技术的现状	5
第二章 CAD系统	8
第一节 CAD系统的组成	8
一、CAD系统的基本功能	8
二、CAD系统的分类	9
第二节 CAD硬件系统	12
一、显示设备	13
二、硬拷贝设备	23
三、输入设备	26
四、显示处理机	30
第三节 CAD软件系统	38
一、CAD系统的软件组成	38
二、图形软件标准	41
第三章 图素及其属性	49
第一节 直线	50
一、生成直线的基本驱动程序	50
二、生成直线的常用算法	56
三、直线属性	65
第二节 二次曲线	69
一、圆弧和椭圆弧的拟合法	69
二、二次曲线的参数拟合法	83
第三节 字符	92

一、标准代码法产生字符	92
二、字符属性	94
第四节 区域填充和多边形的扫描变换	96
一、简单的递归算法	98
二、多边形的扫描变换	100
三、区域填充属性	106
第四章 自由曲线及曲面	110
第一节 自由曲线	111
一、参数方程	111
二、赫米特 (Hermite) 曲线	112
三、调和函数	116
四、自由曲线的连接	117
五、三次参数样条曲线	118
六、贝塞尔 (Bezier) 曲线	127
七、B样条曲线	136
八、三种三次参数曲线段的等价表示式	153
第二节 曲面	155
一、Coons曲面	157
二、Bezier曲面	164
三、B样条曲面	169
四、曲面片的连接	171
第五章 图形变换	173
第一节 窗口视图变换	173
一、窗口区和视图区	173
二、窗口区和视图区的坐标变换	174
第二节 二维图形的裁剪	176

一、二维线段的裁剪	177
二、字符的裁剪	183
三、多边形的裁剪	185
第三节 二维图形变换	188
一、二维图形的几何变换	188
二、二维变换的齐次坐标表示	191
第四节 三维图形变换	205
一、一般的几何变换	206
二、投影变换	214
第六章 三维图形显示技术	228
第一节 空间定义及转换	229
一、任意裁剪空间	229
二、裁剪空间的规格化	235
三、图象空间的规格化	245
第二节 三维裁剪	251
一、三维线段的裁剪	251
二、三维多边形裁剪	255
第三节 消隐技术	256
一、常用的基本几何方法	257
二、常用的消隐算法	263
第四节 光照效应	272
一、光反射模型	273
二、多边形网格的明暗处理	276
三、光透射模型	280
四、阴影生成技术	282
第七章 交互技术及用户接口	285
第一节 交互设备及设备模拟	286
一、定位设备的模拟	286
二、拾取设备的模拟	288

三、定值器的模拟	291
四、键盘设备的模拟	291
五、按键设备的模拟	291
第二节 交互技术	293
一、构造技术	293
二、命令技术	297
三、拾取技术	298
第三节 用户接口的设计	299
一、设计的原则	300
二、设计过程	303
第四节 窗口系统	304
一、基本窗口管理	305
二、现代窗口软件结构	306
第八章 实体造型技术	311
第一节 实体的定义	313
一、实体的定义及正则几何形体	313
二、正则集合运算	315
三、欧拉公式及欧拉运算	316
第二节 实体的表示方法	322
一、原型取例法	322
二、细胞分解法	323
三、占有空间计数法	324
四、扫描表示法	327
五、构造的实体几何法	329
六、边界表示法	331
第三节 实体造型中的数据结构及系统简介	335
一、实体造型中的数据结构	337

二、实体造型系统简介	340
第九章 工程数据库概述	345
第一节 数据库及数据库管理系统	
统	345
一、什么是数据库	345
二、数据库的逻辑结构	347
三、数据库管理系统	348
第二节 工程数据库管理系统的特点	351
第三节 工程数据库管理系统简介	353
一、TORNADO系统	353
二、PHIDAS系统	354
三、ARDBID系统	355
四、MLDB系统	357
参考文献	359

绪 论

工程技术人员对一个产品、一项工程的设计过程一般都是熟悉的，工程设计要求设计者根据给定的客观条件及设计规则，参考已有的经验，经过构思、计算、分析、反复修改等过程，设计出满足要求的方案，并绘制出能反映设计结果的图纸。在这一过程中，有创造性的思维劳动（如构思设计方案）；有综合性的分析及判断（如评价一个方案的优劣）；也有复杂的计算及精密的绘图等等。其工作量往往是很大的。计算机辅助设计（CAD）技术就是将计算机高速而精确的计算能力、大容量存储和处理数据的能力与设计者的综合分析及逻辑判断能力以及创造性思维结合起来，从而大大加快设计进程、缩短设计周期，提高设计质量。20余年来，CAD技术已经有了飞速的发展并且已经得到广泛的应用。

一、CAD 技术发展简史

计算机图形生成技术，亦即计算机图形学，是CAD技术的重要基础之一。因此，CAD技术的发展是和计算机图形学的发展密切相关的。

50年代末至60年代初期，是计算机图形学的准备和酝酿时期。这一时期的计算机主要应用于科学计算，使用尚不普

遍，但已经开始配置了图形显示器。例如，美国麻省理工学院旋风(Whirlwind)计算机就配置了由计算机驱动的阴极射线管式的图形显示器，但不具备人-机交互功能。50年代末期，美国麻省理工学院林肯实验室研制的SAGE空中防御系统，就已具有指挥和控制功能。这个系统能将雷达信号转换为显示器上的图形，操作者可以借用光笔指向屏幕上的目标图形来获得所需要的信息，这后一功能的出现预示着交互式图形生成技术的诞生。

1963年，美国麻省理工学院的I. E. 萨瑟兰德(I. E. Sutherland)在他的博士论文中提出了SKETCHPAD系统。这一系统用的是TX 2型计算机及阴极射线管式图形显示器，它可用光笔在图形显示器上实现选择、定位等交互功能。计算机还可以跟踪光笔，从原来所在的点到所指定的点画出直线，或者在给定圆心和半径后画出圆等。这一系统还引入了分层存储符号和图素的数据结构，因而一幅完整的图可以通过分层调用若干子图来产生。这些基本概念和技术直至今天还是有用的。因此，I. E. 萨瑟兰德的SKETCHPAD系统被公认为对交互式图形生成技术的发展奠定了基础。

由于交互式图形生成技术的出现，自60年代中期以后，计算机辅助设计技术的发展十分迅速。在这一领域最早开展工作的是美国通用汽车公司、洛克希德飞机制造公司等大型企业。例如，通用汽车公司研制的DAC/1系统，在大型计算机上开发了计算机辅助汽车设计的应用软件，成为该公司设计小轿车和卡车的必不可少的工具。美国CDC公司也开发了作为商品出售的Digigraphic CAD系统。这一时期的CAD系统，规模庞大、价格昂贵，只有具有足够人力物力的少数大型企业或重要研究机构研究和应用这一技术。

进入70年代以后，计算机硬件性能不断提高，价格逐步降低，特别是，图形输入板、大容量磁盘等的出现以及数据

库管理系统等软件的开发，以小型计算机及超级小型机为基础的CAD系统开始进入市场并形成主流。随后出现了一批专门经营CAD系统的公司，例如，美国的Computervision, Intergraph, Calma, Applicon等。这类CAD系统不仅硬件配套齐全，而且配有较完备的CAD软件供用户使用，因此称为“交钥匙”系统（Turnkey System）。这种系统比起以大型机为基础的CAD系统来，价格相对便宜，维护使用也比较简单，这也是70年代以来CAD技术在机械、电子等行业得到广泛应用的重要原因之一。

80年代以来，32位超级微机工作站及微型计算机的出现给CAD技术的发展带来了重大影响。超级小型机是在分时操作系统的管理下工作的，而32位超级微机工作站是一个用户使用一台计算机，在交互作用时具有响应时间短的突出优点，因而特别适合于作计算机辅助设计之用。不仅如此，工作站联网后还可以共享资源，而且便于逐步投资、逐步发展。因此，以这种工作站为基础的CAD系统发展十分迅速，可以预计，它将取代70年代的“交钥匙”系统而成为CAD系统的主流。在这种系统中，制造厂只提供硬件及系统软件，应用软件是由其它的软件开发者提供的，由用户选购。

近年来，以微型机为基础的CAD系统大量出现。这种系统虽然存储容量较小，运算速度不够快，但从事比较简单的设计工作还是可以的。由于这种系统价格特别便宜，并易于学习和使用，因而对于CAD技术的推广应用起了极大的作用。

二、CAD 技术的应用

CAD技术的应用基本上分为两大领域，一是产品设计，包括飞机、汽车、船舶、兵器、电子产品、大规模集成电路及各类轻工产品等。二是工程设计，包括电站、冶金、石油、