

新世纪土木工程专业系列教材

土木工程 悦粤阅

冯摇健摇摇摇摇摇主编

冯摇健摇秦卫红
吴摇京摇张摇晋 摇编著

蒋永生摇摇摇摇摇主审

东南大学出版社

内 容 提 要

本书根据宽口径的土木工程专业培养要求编写,主要内容包括:土木工程概论,工程制图,施工图绘制,常用数学软件——AutoCAD,常用结构设计软件——PKPM系列、阅读与理解常用有限元分析软件——ANSYS。

本书可以作为高等院校土木工程专业本科生的教材、研究生有关课程的参考书,也可供从事土木工程设计、施工等相关工作的工程师继续教育之用。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程概论/刘建主编. —南京:东南大学出版社,2012.12

(新世纪土木工程专业系列教材)

刘建 苑缘 苑缘 苑缘

I. ①援土... II. ①援... III. 土木工程—建筑制图—计算机辅助设计—应用软件, 高等学校—教材
IV. ①援... ②援...

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第 123456 号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼 210018 邮编 210018)

出版人 宋增民

江苏省新华书店经销 南京新印刷厂印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 12.5 字数: 300千字

2012年 12月第 1版 2012年 12月第 1次印刷

印数: 1~5000 定价: 28.00元

(凡因印装质量问题,请同读者服务部联系。电话: 025-83792333)

前 摇 言

当前,计算机辅助设计不仅仅指计算机辅助绘图而是指用计算机进行计算(分析)、设计、绘图、技术信息管理以及其他相关内容的广义 CAD 系统。本教材主要包括六部分内容:土木工程 CAD 概述,主要介绍 CAD 的基本概念、计算机图形学的基本概念以及土木工程中的 CAD 技术; AutoCAD,详细介绍功能强大的计算机绘图软件 AutoCAD 的使用方法;施工图绘制,主要介绍土木工程专业施工图绘制的基本规定、表达方法;常用数学软件——MATLAB,介绍其基本使用方法;常用结构设计软件——PKPM 系列、YJK 等,介绍这些目前我国使用最广的结构设计类软件的使用方法;常用有限元分析软件——ANSYS,介绍该大型通用有限元分析软件的使用方法。

本教材编写注重教学规律,强调训练,尽量为学生开拓视野。注意本教材与其他课程的衔接和综合应用,因为本教材不可能涵盖计算机辅助设计牵涉到的大量力学、结构、编程等方面的知识。

全书共分 12 章,其中第 1 章由冯健编写,第 2 章由秦卫红编写,第 3 章由张晋编写,第 4 章由吴京编写。冯健主编,蒋永生主审。

在本书编写过程中,参考并引用了大量的公开出版和发表的文献,在此谨向原编著者表示衷心的感谢。

本书可以作为高等院校土木工程专业本科生的教材、研究生有关课程的参考书,也可供从事土木工程设计、施工等工作的工程师继续教育之用。教材使用时可根据学时安排、学生具体情况等选择讲授内容。

由于作者水平所限,书中难免有疏漏和错误之处,敬请读者批评指正。

作 者
2012 年 9 月

目 录

员概述	(员)
员员员计算机辅助设计简述	(员)
员员员员员计算机辅助设计的基本概念	(员)
员员员员员计算机辅助设计的发展历史	(员)
员员员员员系统的组成	(员)
员员员员员硬件系统	(猿)
员员员员员软件系统	(猿)
员员员计算机图形学简述	(缘)
员员员员员计算机图形学的有关概念	(缘)
员员员员员计算机图形系统的组成	(愿)
员员员员员土木工程中的 员员员及相关技术	(员)
员员员员员工程设计资质对 员员员的要求	(员)
员员员员员工程设计 员员员技术应用	(员)
员员员员员信息技术在土木工程中的应用.....	(员)
员员员绘图软件 员员员员员员员	(员)
员引言	(员)
员员员员员员员系统的安装	(员)
员员员员员安装 员员员员员系统的系统要求	(员)
员员员员员安装 员员员员员系统的步骤	(员)
员员员员员员员操作界面和基础知识	(员)
员员员员员员员员员系统的启动与屏幕界面	(员)
员员员员员员员员员系统的命令输入与透明命令的使用	(员)
员员员员员员员坐标系和点的坐标表示法	(员)
员员员员员员员点和数据的输入	(员)
员员员员员员员鼠标和键盘的应用	(员)
员员员员员员员员员系统的文件管理	(员)
员员员员员员员员员系统的绘图环境与辅助命令	(员)
员员员员员员员员员系统的绘图环境的定制	(员)
员员员员员员员绘图辅助(员员员员员)	(猿)
员员员员员员员目标捕捉(员员员)	(猿)
员员员员员员员图层管理和线型、颜色的控制与实体特征	(猿)
员员员员员员员查询命令	(员)
员员员员员员员系统变量	(员)
员员员员员员员使用帮助菜单	(员)

摇摇圆摇摇使用命令别名(简化命令)	(源)
摇摇圆摇摇的基本绘图方法	(源)
摇摇圆摇摇绘制直线(圆)和构造线(圆)	(源)
摇摇圆摇摇绘制单线圆(圆)、圆弧(圆)及椭圆和椭圆弧(圆)	(源)
摇摇圆摇摇点的绘制(圆)	(缘)
摇摇圆摇摇绘制圆环(圆)	(缘)
摇摇圆摇摇绘制多义线(圆)	(缘)
摇摇圆摇摇绘制矩形(圆)和等边多边形(圆)	(缘)
摇摇圆摇摇绘制多线(圆)和光滑曲线(圆)	(缘)
摇摇圆摇摇徒手画线(圆)	(圆)
摇摇圆摇摇绘制填充图形	(圆)
摇摇圆摇摇用圆命令绘制云状形体	(圆)
摇摇圆摇摇图形的编辑	(圆)
摇摇圆摇摇目标选择	(圆)
摇摇圆摇摇图形的删除(圆)、移动(圆)和复制(圆)	(圆)
摇摇圆摇摇图形的镜像(圆)、阵列(圆)和偏移(圆)	(圆)
摇摇圆摇摇图形的旋转(圆)和缩放(圆)	(圆)
摇摇圆摇摇图形的折断(圆)和修剪(圆)	(圆)
摇摇圆摇摇图形的延伸(圆)、拉伸(圆)和改变长度(圆)	(圆)
摇摇圆摇摇对图形进行倒角(圆)和倒圆(圆)	(圆)
摇摇圆摇摇线性编辑	(圆)
摇摇圆摇摇分解图形(圆)	(圆)
摇摇圆摇摇夹持点的使用(圆)	(圆)
摇摇圆摇摇图形显示控制	(圆)
摇摇圆摇摇利用圆命令缩放图形	(圆)
摇摇圆摇摇利用圆命令平移显示图形	(圆)
摇摇圆摇摇使用鸟瞰视图进行窗口漫游(圆)	(圆)
摇摇圆摇摇图形的快速缩放(圆)	(圆)
摇摇圆摇摇图形的重新生成(圆)	(圆)
摇摇圆摇摇图块及其应用	(圆)
摇摇圆摇摇图块的特点	(圆)
摇摇圆摇摇图块的定义	(圆)
摇摇圆摇摇图块的插入	(圆)
摇摇圆摇摇图块的编辑	(圆)
摇摇圆摇摇图块中属性的应用	(圆)
摇摇圆摇摇给图形标注文本	(圆)
摇摇圆摇摇用圆或圆命令标注单行文本	(圆)
摇摇圆摇摇用圆命令标注多行文本	(圆)

摇摇源源陆陆	本章目的	(页源)
摇摇源源陆陆	配配陆陆的基础知识	(页源)
摇摇源源陆陆	安装	(页源)
摇摇源源陆陆	操作桌面	(页源)
摇摇源源陆陆	指令窗(悦悦毛森苗幸蛋世赠)	(页缘)
摇摇源源陆陆	历史指令窗(悦悦毛森苗幸蛋世赠)、实录指令(蛋蛋赠)	(页愿)
摇摇源源陆陆	当前目录窗(悦悦毛森苗幸蛋世赠)	(页愿)
摇摇源源陆陆	工作空间浏览器(宰奥奥毒毒毒月赠赠)	(页田)
摇摇源源陆陆	帮助系统	(页田)
摇摇源源陆陆	其他窗口	(页田)
摇摇源源陆陆	配配陆陆的数值计算	(页田)
摇摇源源陆陆	一维数组	(页猿)
摇摇源源陆陆	二维数组的创建	(页猿)
摇摇源源陆陆	二维数组元素的标识	(页源)
摇摇源源陆陆	二维数组的子数组寻访和赋值	(页源)
摇摇源源陆陆	复杂数组的构建	(页源)
摇摇源源陆陆	数组运算和矩阵运算	(页缘)
摇摇源源陆陆	关系操作和逻辑操作	(页韵)
摇摇源源陆陆	数值计算举例	(页韵)
摇摇源源	字符串、细胞和构架数组	(页韵)
摇摇源源	字符串数组简介	(页愿)
摇摇源源	细胞数组简介	(页愿)
摇摇源源	构架数组简介	(页愿)
摇摇源源	数据的可视化及图形用户界面制作	(页远)
摇摇源源	高级图形命令简介	(页远)
摇摇源源	低级图形(句柄图形)命令简介	(页贡)
摇摇源源	图形用户界面 员赠赠制作简介	(页园)
摇摇源源	酝文件	(页猿)
摇摇源源	简介	(页猿)
摇摇源源	酝文件入门举例	(页猿)
摇摇源源	配配陆陆控制流	(页源)
摇摇源源	其他	(页缘)
摇摇源源	符号计算	(页缘)
摇摇源源	符号计算特点	(页缘)
摇摇源源	配配陆陆符号计算入门	(页远)
摇摇源源	其他符号计算简介	(页远)
摇摇源源	寻寻赠赠录	(页韵)
摇摇源源	安装	(页韵)

启动	(页码)
输入细胞(群)的创建和运行	(页码)
计算区的创建和运行	(页码)
其他	(页码)
编译器(页码)	(页码)
编译器的功能	(页码)
由 文件创建 文件举例	(页码)
由 文件创建外部应用程序基本步骤	(页码)
应用程序接口	(页码)
用于有限元分析的简例	(页码)
用于振动台试验数据分析的简例	(页码)
用 求模型的传递函数	(页码)
用 求积分位移	(页码)
小结	(页码)
通用结构设计软件	(页码)
概述	(页码)
的特点	(页码)
的特点	(页码)
本章目的	(页码)
术语	(页码)
软件应用范围	(页码)
主菜单	(页码)
工作环境	(页码)
主菜单 员【云交互式数据输入】	(页码)
主菜单 圆【输入次梁楼板】	(页码)
主菜单 猿【输入荷载信息】	(页码)
荷载	(页码)
主菜单 接 云生成 数据】	(页码)
主菜单 【数据检查和图形检查】	(页码)
主菜单 猿【结构内力 配筋计算】	(页码)
主菜单 源【云次梁计算】	(页码)
主菜单 缘【分析结果图形和文本显示】	(页码)
主菜单 远【梁归并(全楼归并)】	(页码)
主菜单 苑【选择梁的数据】	(页码)
主菜单 愿【绘制梁施工图】	(页码)
主菜单 怨【绘制梁表施工图】	(页码)
主菜单 粤【梁平面图画法】	(页码)
主菜单 月【框架梁柱整楸画图】	(页码)

摇摇摇摇主菜单 悦【柱归并(全楼归并)】、主菜单 阅【选择柱的数据】、 主菜单 耘【接 孕绘制柱施工图】	(园愿)
摇摇摇摇摇摇功能简介	(园愿)
摇摇摇摇摇摇核心计算功能	(园愿)
摇摇摇摇摇摇前后处理及联机帮助	(园愿)
摇摇摇摇摇摇系统的安装	(园愿)
摇摇摇摇摇摇系统的基本操作、基本约定	(园愿)
摇摇摇摇摇摇基本操作	(园愿)
摇摇摇摇摇摇基本约定	(园愿)
摇摇摇摇摇摇直线桥梁设计与施工计算	(园愿)
摇摇摇摇摇摇基本步骤	(园愿)
摇摇摇摇摇摇项目的管理简介	(园愿)
摇摇摇摇摇摇直线桥梁设计与施工计算过程举例	(园愿)
摇摇摇摇摇摇直线桥梁设计与施工计算的输出说明	(园愿)
摇摇摇摇摇摇输出数据的基本约定	(园愿)
摇摇摇摇摇摇原始数据输出	(园愿)
摇摇摇摇摇摇总体信息输出	(园愿)
摇摇摇摇摇摇单元信息输出	(园愿)
摇摇摇摇摇摇钢束信息输出	(园愿)
摇摇摇摇摇摇施工阶段信息输出	(园愿)
摇摇摇摇摇摇使用阶段信息输出	(园愿)
摇摇摇摇摇摇优化阶段信息输出	(园愿)
摇摇摇摇摇摇输出文本数据结果	(园愿)
摇摇摇摇摇摇输出图形数据结果	(园愿)
摇摇摇摇摇摇系统其他功能的简介	(园愿)
摇摇摇摇摇摇斜、弯和异型桥梁	(园愿)
摇摇摇摇摇摇基础计算	(园愿)
摇摇摇摇摇摇截面计算	(园愿)
摇摇摇摇摇摇横向分布系数计算	(园愿)
摇摇通用有限元分析软件	(园愿)
摇摇摇摇概述	(园愿)
摇摇摇摇摇摇有限元分析软件出现的背景	(园愿)
摇摇摇摇摇摇粤粤粤软件的特点	(园愿)
摇摇摇摇摇摇本章目的	(园愿)
摇摇摇摇摇摇粤粤粤的用户界面	(园愿)
摇摇摇摇摇摇粤粤粤程序的单元库和荷载	(园愿)
摇摇摇摇摇摇有限元分析模型的建立	(园愿)
摇摇摇摇摇摇单元模式、实常数、材料的定义	(园愿)

1 概述

1.1 计算机辅助设计简述

1.1.1 计算机辅助设计的基本概念

CAD(Computer Aided Design)的含义是计算机辅助设计。早期的 CAD 是英文 Computer Aided Drafting (计算机辅助绘图)的缩写,随着计算机软、硬件技术的发展,人们逐步认识到单纯使用计算机绘图还不能称之为计算机辅助设计。当前的计算机辅助设计是指用计算机进行计算(分析)、设计、绘图、技术信息管理以及其他相关内容的广义 CAD 系统。一个完善的 CAD 系统,应包括交互式图形程序库、工程数据库和应用数据库。对于产品或工程的设计,借助 CAD 技术,可以大大缩短设计的周期,提高设计效率。

真正的设计是整个产品的设计,它包括产品的构思、功能设计、结构分析、加工制造等。二维工程图设计只是产品设计中的一小部分,CAD 也不再仅仅是辅助绘图,而是整个产品的辅助设计。

目前,与计算机辅助设计 CAD 相类似的简称较多,主要的有:

CAE(Computer Aided Engineering)——计算机辅助工程,该术语主要应用于使用户能够对计算机完成的设计进行工程测试和分析。在某些情况下,通常属于 CAE 应用的逻辑测试等功能也是 CAD 程序的一部分。因此,CAD 和 CAE 之间的区别并不是很严格。CAE 方面使用最广泛的是有限元分析系统,有限元分析的解不是精确解(杆系有限元除外),而是近似解,由于大多数实际问题难以得到精确解,而有限元不仅计算精度高,而且能适应各种复杂形状,因而成为行之有效的工程分析手段。

CAM(Computer Aided Manufacture)——计算机辅助制造,是指应用计算机来进行产品制造的统称。有广义 CAM 和狭义 CAM 之分。广义 CAM 是指利用计算机辅助完成从原材料到产品的全部制造过程,其中包括直接制造过程和间接制造过程。狭义 CAM 是指制造过程中某个环节应用计算机,在计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)中,通常是指计算机辅助机械加工(Computer Aided Machining),更明确地说,是指数控加工,它的输入信息是零件的工艺路线和工序内容,输出信息是刀具加工时的运动轨迹(刀位文件)和数控程序。

CAPP(Computer Aided Process Planning)——计算机辅助工艺过程设计,也叫计算机辅助工艺过程规划,是通过向计算机输入被加工零件的几何信息(图形)和加工工艺信息(材料、热处理、批量等),由计算机自动生成输出零件的工艺路线和工序内容等工艺文件的过程。简言之,CAPP 就是利用计算机来制定零件的加工工艺过程的系统。

PDM(Product Data Management)——产品数据管理,PDM 是一门用来管理所有与产品相关信息(包括零件信息、配置、文档、CAD 文件、结构、权限信息等)和所有与产品相关过程(包括过程定义和管理)的技术。

CAD 是 CAE、CAM、CAPP、PDM 的基础。在 CAE 中无论是单个零件,还是整机的有限元分析及机构的运动分析,都需要 CAD 为其造型、装配;在 CAM 中,则需要 CAD 进行曲面设计、复杂零件造型和模具设计;而 PDM 则更需要 CAD 表示产品装配后的关系及所有零件的明细(材料、件数、重量等)。在 CAD 中对零件及部件所做的任何改变,都会在 CAE、CAM、CAPP、PDM 中有所反映。所以,如果 CAD 开展得不好,CAE、CAM、CAPP、PDM 就很难做好。

1.1.2 计算机辅助设计的发展历史

CAD 技术起步于 20 世纪 50 年代后期,最初是二维计算机绘图技术。现在二维绘图在土木工程 CAD 中仍占相当大的比重。进入 20 世纪 70 年代,为适应飞机、汽车工业的飞速发展,出现了以表面模型为特点、自由曲面建模方法为基础的三维曲面造型系统 CATIA,首次实现以计算机完整描述产品零件的主要信息,被称为第一次 CAD 技术革命。

20 世纪 70 年代末、80 年代初,实体造型技术得到普及,这标志着 CAD 发展史上的第二次技术革命。实体造型技术不但能表达形体的表面信息,还能准确地表达零件的其他特性,如质量、重心、惯性矩等等,在理论上有助于统一 CAD、CAE、CAM 的模型表达,给设计带来了很大的方便,它代表着未来 CAD 技术的发展方向。实体造型技术带来了算法的改进和未来发展的希望,但也带来了数据计算量的极度膨胀,普及面不广。

前面提到的造型技术属于无约束自由造型,进入 20 世纪 80 年代中期,一种更好的算法——参数化实体造型方法的提出标志着第三次 CAD 技术革命。其主要特点是基于特征、全尺寸约束、全数据相关、尺寸驱动设计修改。

随着研究的不断深入,参数化技术的许多不足被发现,首先“全尺寸约束”这一硬性规定就干扰和制约着设计者创造力及想象力的发挥。全尺寸约束要求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,并且通过尺寸约束来控制形状,通过尺寸的改变来驱动形状的改变,一切以尺寸(参数)为出发点。一旦所设计的对象形状过于复杂时,面对满屏幕的尺寸,如何改变这些尺寸以达到所需要的形状就很不直观;而且如果在设计中关键形体的拓扑关系发生改变,失去了某些约束的几何特征也会造成系统数据混乱。

基于上述原因,研究者以参数化技术为蓝本,提出了一种比参数化技术更为先进的实体造型技术——变量化技术。已知全参数的方程组,去顺序求解比较容易,但在欠约束的情况下,方程联立求解的数学处理和软件实现上的难度很大,变量化的思路是按下列步骤实现:用主模型技术统一数据表达,变量化勾画草图,变量化截面整形,变量化方程,变量化曲面,变量化三维特征,变量化装配。变量化技术既保持了参数化技术的优点,又克服了它的许多不足,标志着第四次 CAD 技术革命。

CAD 技术基础理论的每一次重大进展都带动了 CAD/CAM/CAE 整体技术的不断提高,而且 CAD 技术将一直处于不断的发展和探索之中。

1.2 CAD 系统的组成

CAD 系统由硬件系统和软件(程序)系统组成。软件是 CAD 系统的核心,相应的硬件设备为软件的正常运行提供基础保障和运行环境。硬件系统由计算机、常用外围设备以及各种

图形输入输出设备组成,软件系统包括完成设计任务所需的全体计算机软件资源。

1.2.1 CAD 硬件系统

硬件系统由计算机、存储设备、显示设备、人机交互设备和输出设备等组成,是实现系统各项功能的物质基础。

1) 按工作方法及功能分类

CAD 系统按照工作方法及功能可分为四类:检索型、交互型、自动型和智能型。

检索型系统主要用于已经实现标准化、系列化、模块化的工程和产品结构。这些产品或工程的图样、有关程序均已存储在计算机内。在设计过程中,用户只需按照要求给出不同的参数和设计数据,自动运行程序即可生成符合要求的电子图样;或在原有相似图形的基础上,按用户的技术要求及规范检索出需要的零部件图,再在 CAD 软件系统中完成产品或工程图的修改,并对产品的性能进行校核,在满足设计人员要求的前提下,输出所需要的各种技术文件和图样。

交互型系统是指具有人机对话功能的系统,它的作业过程要求人的直接参与,以人机对话的方式来进行工作,所以这种作业仍是以人为中心,适于设计目标难以用目标函数来定量描述的设计问题。

自动型系统是指不具有人机对话或很少有人机对话功能的系统。在作业过程中无需人的参与或只要很少的人参与,计算机会根据用户编制的程序自动完成各设计步骤,直至获得最优解为止。所以这种以计算机为中心的系统,适合于设计目标能用明确的目标函数来定量描述的问题。

智能型系统主要由知识库、推理机、实时系统、知识获取系统和人机接口等组成,还包括各种先进技术的综合运用。当使用这样的系统时,用户只需输入设计对象的概念、用途、性能等信息,利用系统提供的推理、决策、计算和电子数据处理等各种机制,即可完成产品或工程的详细设计。

2) 按硬件组成分类

按照 CAD 系统中采用的计算机类型、外围设备以及它们之间的联系方式可分为独立式和分布式。

独立式 CAD 系统按照所用计算机的不同可分为四类:主机系统、工作站系统、微机系统和基于网络的单台微机系统。主机系统也称集中式,以一台大中型计算机为主机,支持多个终端运行。工作站包括工程工作站和图形工作站,是为满足用户在工程和图形处理上的专业需求和克服原有大中型计算机由于其系统庞大,不能适应工程和图形处理中灵活多变的特点而研制的专用计算机。

分布式 CAD 系统也称网络系统,它利用计算机技术及通讯技术将分布于各处的计算机以网络形式连接起来。网络上各个结点可以是普通微机,也可以是工作站等。网络上结点分布形式可以是星型分布、树型分布,也可以是环型分布、总线型分布。

1.2.2 CAD 软件系统

根据系统中执行的任务及服务对象的不同,可将软件系统分为三个层次:系统软件、支撑软件、应用软件。

1) 系统软件

系统软件是指使用、管理、控制计算机运行的操作系统及语言处理程序等的集合,是用户与计算机硬件的连接纽带。其功能是为用户使用计算机提供一个清晰、简捷、易于使用的友好界面,尽可能使计算系统中的各种资源得到充分而合理的应用。

系统软件的特点是通用性、基础性。通用性:不同领域的用户都可以并且需要使用它,即多机通用和多用户通用;基础性:系统软件是支撑软件和应用软件的基础。

系统软件由操作系统、编译系统、图形接口及接口标准组成。其中,操作系统是系统软件的核心,主要功能是处理机管理、存储管理、设备管理、文件管理和作业管理。编译系统的作用是将用高级语言编写的程序翻译成计算机能够直接执行的机器命令。有了编译系统,用户就可以用接近人类自然语言和数学语言的方式编写程序了,而翻译成机器指令的工作则由编译系统完成。

2) 支撑软件

支撑软件是在系统软件基础上开发出来的、满足 CAD 用户一些需要的通用软件或工具软件,是 CAD 系统的核心。

CAD 支撑软件主要包括以下内容:

几何建模软件:提供一个完整、准确地描述和显示三维几何造型的方法和工具。具有消隐、着色、浓淡处理、实体参数计算、质量特性计算等功能。

计算机辅助工程软件:集几何建模、三维绘图、有限元分析、产品装配、公差分析、机构运动学、NC 自动编程等功能分析系统为一体的集成软件系统。由数据库进行统一的数据管理,使各分系统全关联,支持并行工程并提供产品数据管理功能,信息描述完整,协助用户完成大部分工作。

绘图软件:具有基本图形元素(点、线、圆等)绘制、图形变换(缩放、平移、旋转等)、编辑(增、删、改等)、存储、显示控制以及人机交互、输入/输出设计驱动等功能,例如 AutoCAD 软件。

数据库系统软件:能够支持各子系统中的数据传递与共享,其中工程数据库是 CAD/CAM 系统和 CIMS 系统中的重要组成部分。例如 INGRES、PB、ORACLE、SYBASE、FOXPRO 等关系型数据库管理系统。

有限元分析软件:可以进行静态、动态、热特性分析,通常包括前置处理、计算分析及后置处理三部分。例如 ANSYS、SAP、NASTRAN 等有限元分析软件。

优化方法软件:将优化技术用于工程设计,综合多种优化计算方法,为选择最优方案、取得最优解、求解数学模型提供强有力的数学工具软件。

系统运动学/动力学模拟仿真软件:在产品的设计时,实时、并行地模拟产品生产或各部分进行的全过程,以预测产品的性能、产品的制造过程和产品的可制造性。

3) 应用软件

应用软件是用户为实际问题而自行开发或委托开发的程序系统。它是在系统软件的基础上,用高级语言编程或基于某种支撑软件,针对特定的问题设计研制,既可为一个用户使用,也可为多个用户使用的软件。

1.3 计算机图形学简述

计算机图形学的研究内容是如何用计算机生成、处理和显示图形。严格地说,计算机图形学是研究几何对象及其图像的生成、存储、处理和操纵的一门学科。此处所讲的几何对象是计算机内所表示的客观世界物体的模型,图像是经过模型化的对象在计算机显示设备或其他输出设备上的效果,生成、存储和操纵是利用计算机实现客观世界、对象模型和输出图像这三者之间映射的一系列操作和处理过程。

1.3.1 计算机图形学的有关概念

1) 图形定义

现实世界中能够在人的视觉系统中形成视觉印象的客观对象均称为图形。图形包括人眼所观察到的自然界物体和景物;用照相机、摄像机等装置获得的图片;用绘图工具绘制的工程图纸、各种人工美术绘画和用数学方法描述的图形等等。抽象地说,图形是科学研究中对客观对象的一种抽象表示,它带有形状和颜色信息。由此定义可得到图形的两个信息构成要素:形状是刻画图形形状构成的点、线、面和体等的几何要素信息;颜色是反映物体表面属性或材质的灰度、色泽等性质的非几何要素。

计算机图形学中的图形是采用数学的表示方法、能在计算机内表示和存储、并在图形输出设备上显示的对象。它与数学学科中的图形的区别是:数学学科中的图形是采用几何和代数方程或分析表达式等抽象方法所确定的图形;而计算机图形学中的图形除了数学方法所描述的形状等几何信息外,还包括颜色、材质等非几何信息,它比数学学科中的图形更具体,更接近它所表示的客观对象。

2) 图形形式

在计算机图形学中,图形和图像的主要区别是:图形主要是用矢量表示的,图像则是由点阵表示的,它们分别存储成两种文件——矢量文件和点阵文件。矢量文件是一种存储生成图形所需坐标、形状、颜色等几何和非几何数据的集合,这些数据反映图的内在联系;点阵文件只是存储图的各个像素点的颜色值,它从外表上反映图。点阵和矢量又可以相互转化,矢量文件经过扫描转换可在光栅显示器上产生点阵图像;图像经过识别和处理可以转化为矢量表示的图形形式。

过去,人们认为图形是几何上使用的、可以用数学方程描述的平面图,而图像是指实际拍摄、卫星遥感获得的或印刷出来的画面,图形处理则是利用计算机将这些数据转换为图形(数字化)而显示出来。实际上,目前利用计算机完全能够在光栅显示器上产生高度逼真的彩色图形,与实际拍摄的图片几乎没有差别,因此,图形的含义也应包括图像、画面和景物等,可以说,凡是通过计算机处理、生成、显示和输出的,我们都称之为“图形”。

图形和图像之间的界限有时是模糊不清的,例如:图形扫描仪和图像扫描仪实际上指的是同一种设备;图形文件格式和图像文件格式讨论的内容也无实质区别,而且可在同一环境中同时处理图形和图像;动画画面中究竟是图形还是图像是无关紧要的。

3) 点阵图形

点阵图通过枚举出图形构成中的点(像素点)排列成矩形形式(点阵图)来表示图形(电视

图像形态,提供一种近似“真实”的表示)。它强调图形由哪些点构成,这些点有什么样的颜色。通常用整数元素(图像元素或像素)的位置矩阵来表示(大多数应用中矩阵非常大),颜色用彩色表(矩阵)来表示,每个元素的不同值对应于不同的颜色。

真实感强的点阵图如同照片一样,因为这种图形直观地、有效地表示了其中的内容。它可以用数字相机或图形扫描仪获得,也可以用图形软件生成。由于许多硬拷贝设备(如激光打印机、喷墨绘图仪等)多是以许多小圆点打印图像,所以点阵图特别适合这些设备的输出。

但点阵图需要大量的存储空间,虽然一幅简单的黑白点阵图仅需几十字节或更少一些,但是一幅复杂的彩色扫描图则需要消耗几兆、几十兆字节的计算机存储空间。另外,对点阵图进行编辑、修改相对要更困难一些;点阵图中各物体的描述是混在一起的,对不同物体的操作存在麻烦,不可能将某一个物体的所有像素都置为零,这样会同时消除重叠的其他物体。这个问题的解决方法就是引入存储器分块,并且在每个分开的块上显示各自独立的物体。此外,点阵图的放大操作会使图形失真。

常用的点阵图形文件格式有:

- ◆ 基于 PC 绘图程序的 PCX 格式。
- ◆ 用于在台式排版类应用以及其他应用之间进行数据交换的 TIFF 格式。
- ◆ 用于在网上进行图形在线传输的 GIF 格式。
- ◆ 用于 WWW 网络上传输图像数据的 PNG 格式。
- ◆ 用于显示或保存 Windows 系统下图像的 DIB/BMP 格式。
- ◆ 用于保存或显示照片类图像的 JPEG 格式。
- ◆ 用于保存视频/音频序列的 AVI 文件,等等。

4) 矢量图形

矢量图不是用大量的单个点来建立图形,而是用数学方程、数学形式对图形进行描述。通常是用图形的形状参数和属性参数来表示图形。形状参数指的是描述图形的方程或分析表达式的系数、线段或多边形的端点坐标等,属性参数则包括颜色、线型等。矢量图的关键是如何用算法及数学公式进行描述,并且如何将之在图形显示设备上显示出来。

与点阵图相比,矢量图有三个主要优点:一是矢量图图形文件所占的空间比点阵图少得多;二是矢量图中的各物体是独立的(以点、线、面和体为基本构成元素,所以也称这种图形表示为面向对象图形表示),所以编辑修改也比较方便;三是矢量图形的输出与实际显示的分辨率无关,因而图形的放大不会失真(丢失细节)。

矢量图的缺点是看起来比较抽象,图形构造比较麻烦,有些特殊效果处理比较困难,同时矢量的输出必须采用矢量式输出设备,不能直接使用打印机打印。要想以光栅图形显示时则需要进行某种变换(称为“扫描转换”),将矢量表示转换成点阵表示。

常用的矢量图形文件格式有:

- ◆ 用于交换 CAD 绘图数据的 DXF 文件。
- ◆ 用于打印机输出及对象存储和交换的 PostScript EPS 格式。
- ◆ 用于控制笔式绘图仪以及激光打印机的 HPGL 格式。
- ◆ 用于在 Windows 系统下保存和交换图像的 WMF 格式。
- ◆ 用于保存 WordPerfect 软件中图像图形的 WPG 格式,用于 UNIX 图像绘制程序的通用格式 UnixPlot。

- ◆ 用于保存运动图像系列的 MPEG 格式。

- ◆ 用于 WWW 网络上传输多媒体数据的 RIFF、SGML 文件和 ODA 文件等多媒体文件格式。

- ◆ NASA 的 CDF 格式和 NCSA 的 HDF 格式等可视化文件格式。

5) 图形输入技术

图形输入技术主要研究如何让用户自然流畅地将表示对象的图形输入到计算机中,并实现用户对物体及其图像的内容、结构及其呈现形式的控制。该技术的核心是人机接口,尤其是图形用户界面技术,以 WIMP(Window、Icon、Menu 和 Point)为特征及压力反馈(如触摸屏)式的图形用户界面是目前最普遍的用户图形输入方式,手绘草图/笔迹输入、多通道用户界面和基于图像的绘制正成为图形输入的新方式。

6) 图形建模技术

图形建模技术主要研究在计算内如何表示和存储图形,即对象建模技术。线架、曲面、实体和特征等造型是目前计算机图形系统中最常用的技术,但这些技术主要用于可以用欧氏几何方法来描述的形状的建模,对于诸如山、水、草、树、云、烟等不规则对象,其造型需要非流形造型、分形造型、纹理映射、粒子系统和基于物理造型等技术。

7) 图形处理和输出技术

图形处理和输出技术主要研究在显示设备上如何“逼真”地显示图形。包括图元扫描和填充等生成处理,图形变换、投影和裁剪等操作处理及线面消隐、光照等效果处理,尤其是真实感图形显示技术。同时,在计算机图形中也存在着图像处理的要求,其目的是改善图形显示质量,反走样便是最典型的计算机处理技术;对于采用手绘草图等输入方式,还需要草图的识别和理解技术。

8) 图形应用技术

图形应用技术十分广泛,既包括计算机图形软件包的设计开发技术及图形标准的建立等,还包括计算机动画、计算机辅助设计与制造、计算机辅助工程、可视化和体现化技术、虚拟现实技术等大量用于多个领域的应用技术。

9) 图形的类型及其转换

图形包括以下类型:

- ◆ 全灰度图像和彩色图像(点阵图):是常见电视图像的格式,它提供一种近乎“真实”的表示。常用整数元素表示。

- ◆ 二值或“少色”图像(点阵图):这些图像包含着颜色均匀、轮廓分明的区域。它能用每个元素 1bit 的矩阵表示,也能用映射图表示。

- ◆ 连续曲线和直线(矢量图):该图形的数据是点的序列,且点之间的距离足够小。可用 X-Y 坐标、坐标增量和差分链码表示。

- ◆ 离散点或多边形(矢量图):这类图形由离散的点集所构成,这些点相对分得较开,其表示必须根据点间距离的统计分析来选择(散乱点数据的拟合)。

上述四类图形间可以相互转换,主要的转换包括以下几类:

- ◆ 第一类变至第二类:这个过程称为分割,它确定一些颜色或亮度近似均匀的区域。要利用比较复杂的特性(如纹理)去寻找均匀性。

- ◆ 第二类变至第三类:一种可能的变换是轮廓跟踪,另一种是细化。轮廓跟踪中,区域映