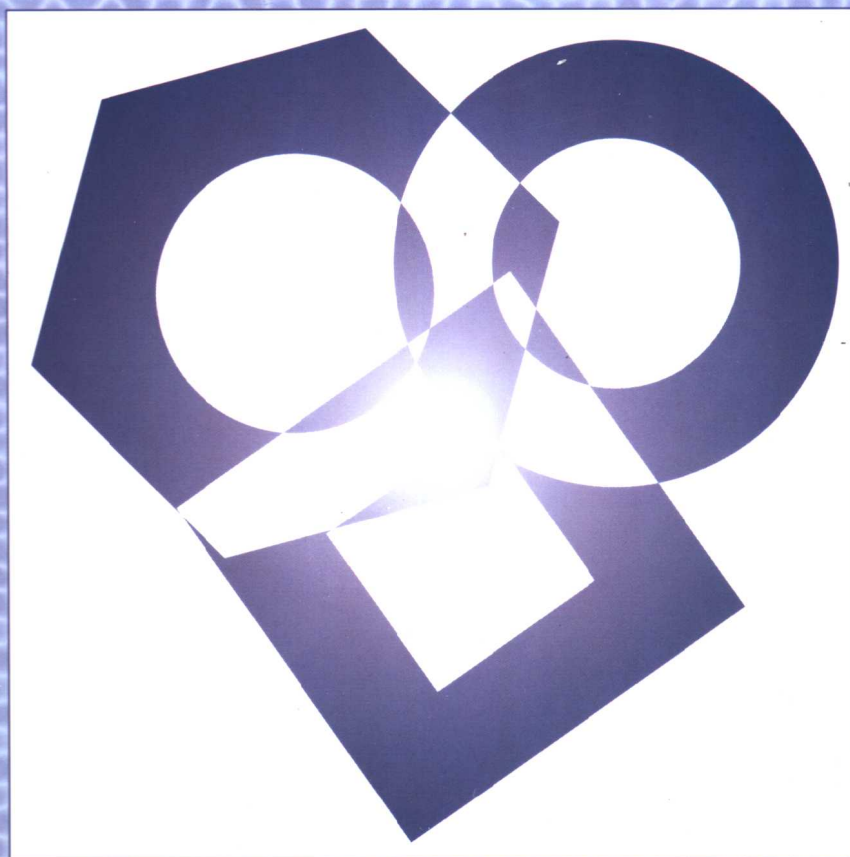


21世纪高等院校教材

工程 计算机图形学

陆国栋 张树有 谭建荣 黄长林 编著



科学出版社
www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材

工程计算机图形学

陆国栋 张树有 谭建荣 黄长林 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要包括:基本图形元素直线和圆的生成算法,以 Turbo C 为载体的图形处理基础,面向多边形处理的基本算法,以 Visual C 为工具的简单交互绘图系统编程实现,富有特色的各种裁剪新算法,区域填充算法,图形变换技术,三维几何造型基础以及基于 OpenGL 的三维建模初步实现等。本书主要特点是系统性、启发性和实用性,最大特色在于教学与科研的有机结合,突出的表现是在基本图形元素生成算法、裁剪算法、多边形相关算法以及填充算法等方面发表了一系列高水平论文。

本书可作为机械、电子、计算机等专业的研究生和本科生教材,也可作为相关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程计算机图形学/陆国栋等编著. —北京:科学出版社, 2004

(21 世纪高等院校教材)

ISBN 7-03-013842-2

I. 工… II. 陆… III. 计算机图形学-高等学校-教材 IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 067505 号

责任编辑:赵卫江/责任校对:柏连海

责任印制:吕春珉/封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

世界知识印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2004 年 8 月第一次印刷 印张:18 3/4

印数:1—4 000 字数:449 000

定价:28.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换<世知>)

本书出版得到如下资助:

教育部博士学科点专项科研基金(20020335093)资助

浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室开放基金资助

国家工科基础课程浙江大学工程图学教学基地资助

前 言

自从 20 世纪 80 年代初开始,国际上著名大学纷纷为本科大学生及研究生开设“计算机图形学”课程,我国各大学从 80 年代中期开始开设这一课程。20 多年来,国内外先后出版了多本教材,不同程度地推动了计算机图形学学科的发展。

作者从 1994 年开始为研究生连续开设学位课“工程计算机图形学”,从 1997 年开始为工程教育高级班本科生连续开设“计算机图形学”课程,本书正是在此基础上编写的。作者在授课过程中将教学与研究紧密结合,引导学生开展计算机图形学基础算法的研究,同时与学生一起撰写论文,作者与学生均觉得获益匪浅。至今已在《Computers & Graphics》、《计算机学报》、《软件学报》、《计算机辅助设计与图形学学报》、《中国图象图形学报》等杂志和 CAD & Graphics' 2001 国际会议上发表或录用论文 23 篇,其中多篇被 SCI、EI、ISTP 等国际知名检索系统收录,这些研究进展以及其他相关进展均反映在本书中。

本书具有以下特点:

- 系统性。系统介绍了计算机图形学的经典算法和近年提出的新算法,有助于读者了解图形学的发展历程。

- 启发性。结合作者进行的研究工作,介绍了经典算法拓展的思路、方法和技术,可以启迪读者的思维。

- 实用性。算法给出了 C 语言程序或伪语言描述,特别是给出了两个原型系统的实现过程,读者可以就此快速入门。

计算机图形学的学习应该通过实践加以实现。本书给出了三个不同的入口:第 3 章的 Turbo C,第 5 章的 Visual C,第 10 章的 OpenGL。读者可以通过简单的实验进行已有算法实践,在学习算法语言的同时逐步深入到图形学领域中,也可以通过新算法实验,经过总结提炼逐步写出研究论文。

本书要求学习者具有线性代数和 C 语言基础。学习者可根据自身情况,利用 C 语言进行上机练习,在掌握和应用图形学各种算法的基础上,开发一些具有实用性的小型图形模块,同时借助 OpenGL 进行三维造型的编程练习,特别是可以对计算机图形学基础算法开展深入研究,从而不断推动计算机图形学学科的发展。

本书由陆国栋、张树有、谭建荣、黄长林编著。博士研究生程锦参与了第 2 章的编写,博士研究生李基拓参与了第 4 章的编写,博士研究生王进参与了第 5 章和第 10 章的编写,博士研究生马辉参与了第 7 章的编写。

特别感谢彭群生教授给予的宝贵指导。非常感谢 1997 级工程教育高级班本科生吴烜晖,博士研究生程锦、李基拓、马辉、王进、邓卫燕,2000 级硕士研究生邢世海、邢军伟、彭艳

莹、商明清、夏舒杰，2001 级硕士研究生吴春福、温星、何陈棋，2002 级硕士生徐丹丹、张宁宁，2003 级硕士研究生彭欢、孙毅等学生，他们主动学习、积极学习、创新学习的精神令人钦佩。

由于作者水平有限，书中难免存在疏漏和不足，恳请广大读者批评指正。

编著者

2004 年 5 月于求是园

目 录

第1章 绪论	1
1.1 概述	1
1.1.1 计算机图形学的研究内容	1
1.1.2 计算机图形学与计算机绘图、计算机辅助设计的关系	1
1.1.3 图形处理、图像处理与模式识别的关系	2
1.1.4 计算机图形学和计算机辅助设计在计算机集成制造系统中的地位	3
1.2 计算机图形学的发展历程	3
1.2.1 计算机图形处理与CAD的几个发展阶段	3
1.2.2 计算机图形处理与CAD的三代软件	6
1.2.3 计算机图形处理与CAD在我国的发展	7
1.3 计算机图形学的两大分支	8
1.4 计算机图形处理的三种模式	11
1.4.1 工程图样处理的三个基本模式	11
1.4.2 非被动模式:工程图样的计算机表达	12
1.4.3 主动模式:工程图样的扫描输入及处理	13
1.4.4 自主模式:工程图样的计算机理解	14
1.5 计算机图形处理的硬件环境	15
1.5.1 硬件发展及分类概述	15
1.5.2 微机CAD系统硬件组成	16
1.5.3 微型计算机主机	17
1.5.4 图形输入设备	18
1.5.5 图形输出设备	19
1.6 计算机图形处理的软件环境	22
1.6.1 系统软件	23
1.6.2 应用软件	24
1.6.3 软件载体	24
本章参考文献	26
第2章 基本图形元素生成算法	27
2.1 直线生成算法	27
2.1.1 最原始的直线生成算法	27
2.1.2 生成直线的DDA方法	28
2.1.3 生成直线的Bresenham算法	28
2.2 直线生成新算法	31

2.2.1 对称的快速直线生成算法	31
2.2.2 基于直线链码理论的快速直线生成算法	33
2.2.3 基于直线特性的直线生成集成算法	36
2.2.4 自适应多步位移码直线绘制算法	38
2.3 圆弧生成算法	42
2.3.1 基于光栅点的圆弧生成算法	42
2.3.2 圆弧的多边形逼近算法	44
2.4 圆弧生成新算法	44
2.4.1 概述	44
2.4.2 水平位移与对角位移	45
2.4.3 快速圆弧绘制算法	47
2.4.4 实验结果分析与比较	49
本章参考文献	50
第3章 计算机图形处理基础	51
3.1 一个虚拟的绘图底层接口	51
3.1.1 初始化及坐标系	51
3.1.2 光栅点及其高层功能构筑	52
3.1.3 异或模式与交互光标	52
3.1.4 颜色与填色	54
3.1.5 字符	54
3.2 Turbo C 的绘图底层函数	54
3.2.1 初始化及显示屏有关函数	54
3.2.2 光栅点及其系列函数	55
3.2.3 模式函数	57
3.2.4 颜色与填色函数	57
3.2.5 字符函数	58
3.2.6 其他函数	58
3.3 图形的数据结构	61
3.3.1 数据的基本组织技术	62
3.3.2 基本图形元素的数据结构	63
3.3.3 基本图形元素的存储结构	66
3.4 图形元素的定义	67
3.5 几何交切	69
3.5.1 方向性几何交切	69
3.5.2 正负法几何交切	70
3.5.3 几何交切求解与代数求解	71
3.5.4 镜像和复制	73
本章参考文献	73

第4章 图形处理基本算法	74
4.1 多边形的方向及顶点的凹凸性判断	74
4.1.1 基本概念	74
4.1.2 经典算法介绍	75
4.1.3 近年来提出的新算法	76
4.1.4 算法思路拓展	77
4.2 点在多边形内外判断	80
4.2.1 经典算法	80
4.2.2 近年来提出的新算法	82
4.2.3 算法思路拓展	84
4.2.4 对凸多边形算法思路的拓展	87
4.3 二维图形的集合运算	93
4.3.1 图形的数据结构	94
4.3.2 二维图形间的集合运算	95
4.3.3 二维图形集合运算的具体应用	99
本章参考文献	100
第5章 交互绘图简单原型系统实现	102
5.1 Visual C++ 6.0 开发工具和开发环境	102
5.1.1 概述	102
5.1.2 操作界面	102
5.1.3 Microsoft 基本类库简介	103
5.2 消息处理与交互式绘图	105
5.2.1 消息与 Windows 编程模型	105
5.2.2 消息处理	106
5.2.3 消息映射	107
5.3 MFC 图形编程基础	108
5.3.1 Windows 图形设备接口 GDI 与设备环境 DC	108
5.3.2 MFC 设备环境类	108
5.3.3 设备描述表属性的设置与 GDI 对象的使用	109
5.3.4 坐标变换与映射模式	110
5.3.5 绘图模式与背景设置函数	112
5.3.6 常用绘图函数和区域填充函数	114
5.4 交互式绘图程序设计思路	115
5.4.1 图形类的设计	115
5.4.2 数据结构和数学模型	117
5.4.3 数据存储与文件管理	118
5.4.4 系统交互界面环境设计	121
5.5 一个简单的交互式绘图系统实例	122
5.5.1 简单图形的绘制	122

5.5.2 简单图形的基本编辑操作	129
本章参考文献	139
第6章 裁剪	140
6.1 矩形窗口线裁剪	140
6.1.1 经典算法	140
6.1.2 近年提出的若干新算法	146
6.1.3 算法的拓展	148
6.2 多边形的线裁剪	153
6.2.1 经典算法	153
6.2.2 近年提出的新算法	154
6.2.3 算法思路的拓展	156
6.3 矩形窗口的多边形裁剪	159
6.3.1 经典算法	159
6.3.2 近年来提出的新算法	162
6.3.3 算法思路拓展	164
6.4 圆形窗口的直线与多边形裁剪	164
6.4.1 圆形窗口的线裁剪	164
6.4.2 圆形窗口的多边形裁剪	171
6.5 三维立方体的线裁剪	176
6.5.1 思路总结与拓展	176
6.5.2 基于包围盒编码的三维线段裁剪新算法介绍	176
6.5.3 算法失效提示	179
本章参考文献	179
第7章 区域填充	181
7.1 扫描线填充	181
7.1.1 填充区域的基本特性	181
7.1.2 扫描线算法的数据结构与实现方法步骤	183
7.1.3 扫描线填充算法拓展	189
7.1.4 扫描线填充算法的进一步拓展	192
7.2 种子填充算法	196
7.2.1 区域的表示和类型	197
7.2.2 递归算法	198
7.2.3 扫描线种子填充算法	199
7.2.4 扫描线种子填充算法的改进	201
7.3 圆和椭圆的填充	205
7.4 图案填充	206
本章参考文献	208
第8章 图形变换	209
8.1 窗口—视区变换	209

8.1.1 坐标系、窗口与视区	209
8.1.2 窗口—视区变换	210
8.1.3 规格化变换与设备坐标变换	211
8.2 图形的几何变换	212
8.2.1 二维图形几何变换	212
8.2.2 三维图形几何变换	216
8.3 参数图形几何变换	220
8.3.1 圆锥曲线的几何变换	220
8.3.2 参数曲线、曲面的几何变换	221
8.4 投影变换	224
8.4.1 投影分类	224
8.4.2 平行投影变换	225
8.4.3 斜平行投影变换	228
8.4.4 透视投影变换	229
本章参考文献	231
第9章 计算机辅助几何造型基础	232
9.1 概述	232
9.2 造型基础	233
9.2.1 形体的基本概念	233
9.2.2 形体的性质	233
9.2.3 形体表面的性质	234
9.3 实体模型表示	234
9.3.1 CSG 模型	234
9.3.2 B-Rep 模型	235
9.4 实体造型操作	238
9.4.1 集合运算	238
9.4.2 形体的欧拉运算	240
9.5 模型显示	241
9.5.1 线框显示	241
9.5.2 真实感显示	246
9.6 其他几何造型方法	253
9.6.1 曲线曲面造型	253
9.6.2 特征造型	256
9.6.3 模糊体(不规则体)的几何造型(分形造型)	260
本章参考文献	263
第10章 OpenGL 三维建模初步实现	264
10.1 OpenGL 基础知识及编程概念	264
10.1.1 概述	264
10.1.2 OpenGL 工作流程	265

10.1.3 OpenGL 基本语法与程序结构	265
10.1.4 OpenGL 编程基本概念	267
10.2 OpenGL 三维建模示例——两圆柱体相交	271
10.2.1 两圆柱体相交演示程序的建立	271
10.2.2 程序分析	277
10.3 MFC 中 OpenGL 三维建模示例——构建一个六角螺钉	281
10.3.1 六角螺钉演示程序的建立	281
10.3.2 程序分析	283
本章参考文献	285
附录 计算机图形学有关论文	286

第1章 绪 论

1.1 概 述

1.1.1 计算机图形学的研究内容^[1~4]

计算机图形学 (Computer Graphics) 是一门新兴学科, 国际标准化组织 (ISO) 将其定义为: 计算机图形学是研究借助计算机将数据转换为图形, 并在专门显示设备上显示的原理、方法和技术的学科。图形的具体应用范围很广, 但从基本的处理技术看只有两类: 一类是线条, 如工程图、地图、曲线图表等; 另一类是点阵, 犹如照片。计算机图形学是建立在传统的图学理论、应用数学及计算机科学基础上的一门边缘学科。

计算机图形学的研究内容涉及到用计算机对图形数据进行处理硬件和软件两方面的技术, 主要是围绕着生成、表示物体的图形图像的准确性、真实性和实时性的基础算法。计算机图形学的研究内容大致可以分为以下几类:

① 基于图形设备的基本图形元素的生成算法, 如用光栅图形显示器生成直线、圆弧、二次曲线、封闭边界内的图案填充等。

② 图形元素的几何变换, 即对图形实施平移、放大、旋转、镜像等操作。

③ 二维、三维物体的实时显示, 包括窗口裁剪、投影变换等。

④ 自由曲线和曲面的插值、拟合、拼接、分解、过渡、光顺、整体与局部修改等。

⑤ 三维几何造型技术, 包括基本体素的定义与输入, 规则曲面与自由曲面的造型技术, 基本体素之间、基本体素与曲面之间、曲面之间布尔运算方法等。

⑥ 真实感图形的生成算法, 包括三维图形的消隐算法、光照模型的建立、阴影层次即彩色浓淡图的生成算法。

⑦ 基于分数的山、水、花、草、云、烟等模糊景物模拟生成算法, 虚拟现实环境的生成及其控制算法等。

⑧ 科学计算可视化和三维或高维数据场可视化, 包括将科学计算中大量难以理解的数据通过计算机图形显示出来, 从而加深人们对科学过程的理解, 例如有限元分析的结果、应力场磁场的分布、各种复杂的运动学和动力学问题的图形仿真等。

限于篇幅和研究经历, 本书主要讨论①、②、③、⑤等方面内容, 并力求在这些方面有所深化和拓展。

1.1.2 计算机图形学与计算机绘图、计算机辅助设计的关系

计算机图形学是一门学科, 它具有学科的内涵与体系, 并且处于不断发展之中; 计算机绘图是一项工具, 它更多地取代手工绘图, 物化和取代人们的繁琐劳动; 计算机辅助设计是一门

含义广泛的新技术。

计算机辅助绘图 (Computer Aided Drafting) 的基本过程是: 应用输入设备进行图形输入, 计算机主机进行图形处理, 输出设备进行图形显示和绘图输出。它有如下优点:

- 图形在硬盘或软盘上, 管理容易, 不会污损, 携带运输方便;
- 修改图形容易、方便、快速;
- 绘图速度快, 精度高;
- 设计过程直观。

计算机绘图不仅能完成手工绘图所能做到的一切, 而且能完成手工绘图无法做到的事情, 如图形的拷贝、镜像、阵列以生成多个相同图形, 图形的局部显示放大以方便画图, 图形可随时放大、缩小和旋转, 尺寸快速标注和半自动标注等。也可以将图形一步到位地绘制在描图纸上, 直接晒成生产中使用的蓝图。特别是利用计算机强大的计算能力通过实体造型生成三维形体, 并可进行自动消隐、润色、赋材质生成真实感图像。进一步可以将绘图和设计结果传输到数控线切割机、数控车床、数控铣床等, 自动加工得到产品零件。

计算机辅助设计的基本步骤与产品设计的一般过程有直接联系, 产品设计过程可以划分为: 明确设计任务、方案设计、技术设计、施工设计、试制及修改设计等。CAD 往往从施工设计的零件图、装配图绘制作为切入点, 但显然 CAD 包含了更丰富的内容, 由绘图走向设计、由详细设计走向初步设计, 进一步地由设计走向制造, 即 CAD、CAPP、CAM 一体化的计算机集成制造系统 CIMS (Computer Integrated Manufacture System) 模式是 CAD 技术的主要发展方向。

因此, 计算机绘图是 CAD 的重要基础和组成部分, 计算机绘图的特定含义是工程图样的计算机绘制技术, 可以认为, 计算机绘图是计算机图形学应用于计算机辅助设计的中间桥梁。

1.1.3 图形处理、图像处理与模式识别的关系

图形处理、图像处理与模式识别这三者有本质上的区别, 可以从“图形”与“数据”两者的关系区分三门学科:

① 计算机图形处理涉及的是从一些数据到产生一幅图形这样一个处理过程, 即图形是人们通过计算机设计和构造出来的, 不是通过摄像机或扫描仪等设备输入的图像。所设计和构造的图形可以是现实世界中已经存在的物体的图形, 也可以显示完全虚构的物体。因此, 计算机图形学是真实物体或虚构物体的综合技术。

② 图像处理涉及的是从图形到图形这样一个过程, 对图像进行某些改造和改进, 即将客观世界中原来存在的物体的影像处理成新的数字化图像的相关技术, 如人体的 CT 扫描、工业中的 X 射线探伤等。图像处理中所关心的是如何滤去噪声, 压缩图像数据以便于传输和存储, 用复原技术使模糊的图像变得清晰。

③ 模式识别涉及的过程与图形图像处理的过程正好相反, 即对图形图像进行分析和识别, 找出其中蕴含的内在联系或抽象模型, 并研究如何从图形图像中提取二维或三维物体模型, 如邮政分拣、地形地貌识别等。

三者的共同之处是计算机所处理的都是一些与图形有关的信息, 并且学科之间的界线也正在变得模糊起来。例如, 工程图的扫描仪自动输入首先要用图像处理技术提取图面特征信息,

然后用模式识别技术进一步生成向量形式的各种几何元素，同时必然涉及图形处理技术和工程图的一些内在特征；将计算机生成的图形与扫描输入的图像结合在一起，构造计算机动画；计算机视觉也是这几门学科的综合应用。

1.1.4 计算机图形学和计算机辅助设计在计算机集成制造系统中的地位

计算机集成制造系统 CIMS 简单地说是工厂自动化的发展方向，是未来工厂的模式。

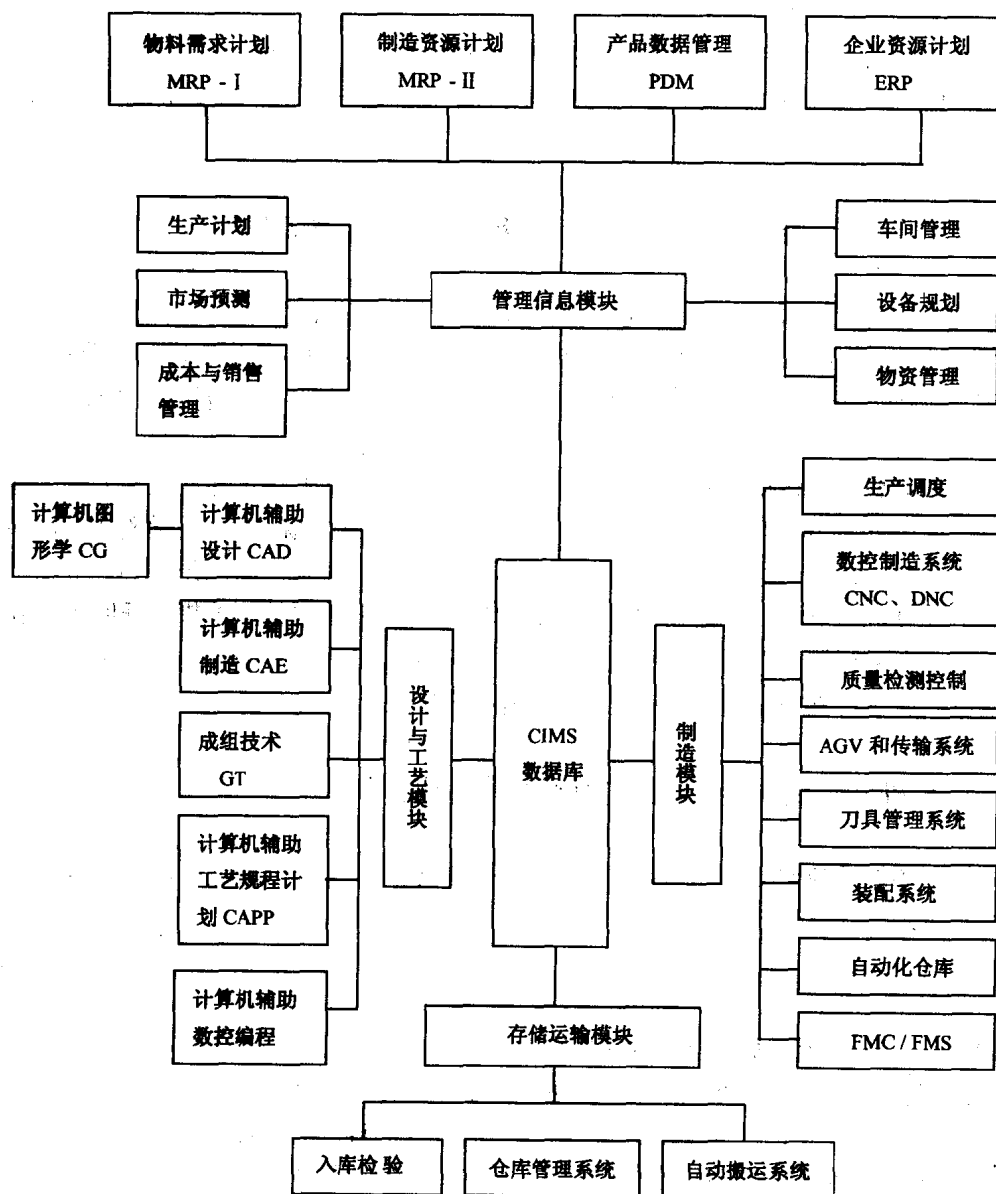


图 1-1 CG 在 CIMS 中的位置

CIMS是在自动化技术、信息技术及制造技术的基础上,通过计算机及其软件,把制造工厂全部生产活动所需的各种分散的自动化系统有机地集成起来,是适合于多品种、中小批量生产的总体高效益、高柔性的制造系统。

CIMS的概念从1974年提出以来,其本身已经有了很大的改变,其中最重要的是从“以计算机为中心”的无人化工厂、无照明车间到现在特别强调“以人中心”,提出了HIMS(Human Integrated Manufacture System)、CIM3(Computer Integrated Man-Machine Manufacture)、分布式CIMS、以用户为中心的CIMS等新概念。

一般认为CIMS由设计与工艺模块、制造模块CAM、管理信息模块和存储运输模块构成,其中每一模块的主要功能如图1-1所示。

可以看到,图形处理和CAD是实现CIMS的必要基础,其重要性是毋庸置疑的,而CAM等模块更能直接产生效益,因此,图形处理和CAD又必须与后续步骤集成起来,才能发挥更大的作用。

1.2 计算机图形学的发展历程

计算机技术是新技术革命中产生的一项人类历史上最伟大的发明之一。出生于匈牙利的美国科学家冯·诺伊曼(1903~1957)于1945年主持设计出“离散变量自动电子计算机”方案,并于1952年制成,简称EDVAC机,通称冯·诺伊曼机。冯·诺伊曼开创了现代计算机的先河,被称为计算机之父。

计算机技术是代替和拓展人脑功能的技术,它在一定程度上物化并放大了人脑的智力。顾名思义,计算机技术的早期应用主要在于数值计算。美国麻省理工学院林肯实验室的I.E.Sutherland在1962年发表了题为“Sketchpad:一个人机通讯的图形系统”的博士论文,首次提出了计算机图形学、交互技术、分层存储符号的数据结构等新思想,证明了交互式计算机图形学是一个可行的、有用的研究领域,从而确定了计算机图形学作为一个崭新的科学分支的独立地位,I.E.Sutherland被称为计算机图形学之父。

1.2.1 计算机图形处理与CAD的几个发展阶段^[2]

计算机图形处理与CAD是随着计算机及其外围设备、图形设备以及软件技术的发展而发展的,大致可划分为下述五个阶段。

1. 准备阶段(20世纪50~60年代)

1950年,第一台图形显示器作为美国麻省理工学院旋风I号(Whirlwind I)计算机的附件诞生了,该显示器用一个类似于示波器的CRT来显示一些简单的图形。1958年美国Calcomp公司把联机的数字记录仪发展成滚筒式绘图仪,Gerber公司把数控机床发展成为平板式绘图仪。在整个50年代,只有电子管计算机,用机器语言编程,主要应用于科学计算,为这些计算机配置的图形设备仅具有输出功能。计算机绘图处于被动式的图形处理阶段。

2. 发展阶段 (20 世纪 60 年代)

以 1962 年 I. E. Sutherland 的博士论文为标志, 开创了计算机图形学的新学科, 为计算机图形处理与 CAD 技术的发展和應用打下了理论基础。60 年代中期出现了许多商品化的 CAD 设备, 如 1964 年美国 IBM 公司推出了商品化的计算机绘图设备, 美国通用汽车公司的多路分时图形控制台可实现各阶段的汽车设计。由于这一时期使用的计算机图形硬件 (大型计算机和图形显示器) 相当昂贵, 因而成为影响交互式图形生成技术进一步普及的主要原因。60 年代末, 美国安装的 CAD 工作站达 200 多台, 可供几百人使用。此时, 计算机主机也从早期的电子管发展到晶体管, 再从晶体管发展到集成电路。

3. 推广应用阶段 (20 世纪 70 年代)

1970 年美国 Applicon 公司第一个推出完整的 CAD 系统。在这一时期出现了廉价的固体电路随机存储器, 如产生逼真图形的光栅扫描显示器, 光笔、图形输入板等多种形式的图形输入设备。此时, 计算机主机发展到第四代, 其主要标志是使用大规模集成电路作为计算机的逻辑元件和存储器, 其突出特点是向微型化和巨型化两个方向发展, 出现了面向中小企业的 CAD/CAM 商品化系统。70 年代末, 美国安装的 CAD 工作站数量超过 12000 台, 使用人数超过 2.5 万。

4. 系统实用化阶段 (20 世纪 80 年代)

1980 年全世界的微机已超过一亿台, 带有光栅图形显示器的微机和工作站的出现, 极大地推动了计算机图形学的发展与应用, 图形系统和 CAD/CAM 工作站的销量与日俱增。1981 年美国实际安装 CAD 系统 5000 套, 1983 年超过 12000 套, 1988 年发展到 63000 套。尤其是微型计算机上的图形软件和支持图形应用的操作系统及其应用程序的全面普及, 使计算机图形学的应用深度和广度达到了空前的水平。CAD/CAM 技术从大中企业向小企业扩展, 从发达国家向发展中国家扩展, 从用于产品设计发展到用于工程设计。

5. 成熟发展阶段 (20 世纪 80 年代中期以后)

成熟发展阶段以标准化、集成化和智能化为主要特征。

(1) 图形接口、图形功能日趋标准化

从 1977 年由美国 SIGGRAPH 特别兴趣小组 GSPC 推出 CORE 图形标准以来, 这十多年中又相继出现了计算机图形接口 CGI (Computer Graphics Interface)、计算机图形文件标准 CGM (Computer Graphics Metafile)、计算机图形核心系统 GKS (Graphics Kernel System)、面向程序员的层次交互式图形标准 PHIGS (Programmer's Hierarchical Interactive Graphics Standard)、基本图形转换规范 IGES (Initial Graphics Exchange Specification)、产品模型数据转换标准 STEP (STandard for the Exchange of Product model data) 以及计算机图形参考标准 CGRM (Computer Graphics Reference Model)。这里的标准有些是面向图形设备的驱动程序包, 有些是面向用户的图形程序包, 有些是面向不同 CAD 系统的文档规范。这些标准的制定和采用为 CAD 技术的推广和移植、为资源信息共享起到了重要作用。