



清松电脑系列丛书

参数化计算机绘图 与设计

童秉枢 主编 尚凤武 等编著

清华大学出版社



参数化计算机绘图与设计

童秉枢 主编

李学志 窦忠强 洪 钧
尚凤武 董兴辉 于建国 付建军 编著

窦忠强 主审

清华大学出版社

(京) 新登字 158 号

参数化计算机绘图与设计

童秉枢 主编 尚凤武 等 编著

本书是一本实用性很强的计算机绘图教程,其特点是采用了先进的图形参数化技术来解决图形绘制与设计问题。书中以一个智能关系型 CAD 系统——SIGRAPH-DESIGN 为背景叙述了参数化绘图的图形生成、图形编辑、图形参数化的基本方法以及在实际应用中的图形设计问题。同时还深入浅出地讲述了计算机绘图的基本理论与方法。全书共分 11 章,主要内容有:图形处理的基本原理、图形生成、图形编辑、二维图形参数化、图形设计方法、接口及二次开发等。

本书可作为大专院校、电视教育、培训等教材,也可作为工程技术人员的参考书。

版权所有,翻印必究。本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

出版者: 清华大学出版社(北京 清华大学校内, 邮政编码: 100084)
责任编辑: 刘小峰
印刷者: 清华大学印刷厂
发行者: 新华书店总店北京科技发行所
开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 20.25 字数: 474 千字
版 次: 1997 年 6 月第 1 版 1997 年 6 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 7-302-02582-7/TP·1319
印 数: 0001 — 5000
定 价: 26.00 元

前 言

当前 CAD 技术在我国已进入全面推广与应用的时期,这是因为人们普遍认识到,企业要在竞争中赢得市场,必须不断推出自己的新产品,做到上市快、质量高、成本低、服务好,这在很大程度上必须首先采用 CAD 技术做好产品的设计工作。近年来随着先进制造技术的发展,对 CAD 技术提出了许多要求,例如为适应无图纸生产所需的电子化产品定义;为快速响应市场需求所需的参数化设计、变量化设计及特征设计等。作为 CAD 基础的计算机绘图技术也在发生许多新变化。考虑到上述情况,本书作为计算机绘图类型的书籍,力求反映参数化绘图技术的发展,在应用上也不局限于传统的绘图,而考虑某些设计功能的实现,因此本书定名为《参数化计算机绘图与设计》。

与同类书籍相比,本书最突出的特点是:引入了先进的图形参数化技术来解决图形的绘制与设计问题。我们认为,计算机绘图中生成的图形信息模型不应该是一个固定不变的图形,而应充分记录反映用户图形设计意图的各种设计关系与约束,并在计算机内建立反映这些设计关系与约束的信息模型,从而实现参数化绘图。为此,围绕着信息模型的建立,书中阐述了图形生成、编辑等基本手段;接着叙述了实现参数化绘图的各种方法,例如尺寸驱动、变量驱动、表驱动及用户元素驱动等;然后结合应用讨论了各种复杂的图形设计问题,例如原理图设计、特征设计、多视图联动设计、保持功能关系的零部件联动设计等。为配合书中内容,采用了一个具有智能关系型的 CAD 系统—SIGRAPH-DESIGN 作为背景,以保证本书所述内容的实用性。此外书中保留了必要的理论部分,以便让读者掌握计算机绘图的基本理论与方法,起到举一反三的作用。

全书共分 11 章,第 1 章论述了计算机绘图和 CAD 及计算机图形学的关系,介绍了绘图系统的硬、软件,并对 SIGRAPH-DESIGN 作了简介;第 2 章为全书的理论部分,讨论了图形的矩阵变换、裁剪及消隐等算法;第 3 章及第 4 章讲述了各种图素的生成及图形编辑方法;第 5 章讲述如何控制图形显示,还介绍了图层的知识;第 6 章讲述工程图的尺寸、表面粗糙度、形位公差等的标注方法;第 7 章介绍了四种图形参数化的驱动方法;第 8 章结合应用,详细叙述常用的四种图形设计方法,并有举例;第 9 章讨论了系统设置和输入、输出;第 10 章对 DXF 及 IGES 图形交换文件及 AQL 语言编程作了概括性介绍;第 11 章是对目前广为流行的图形软件 AutoCAD 的简介;最后附有 SIGRAPH-DESIGN 常用命令,以备查阅。

本书可作为大专院校、电视教育及培训用书。读者对象以大专院校(包括电视大学)学生及工程技术人员为主。读者学习本书时,必须结合每章习题上机实践,方能收到较好效果。

本书由童秉枢任主编。各章分工编写如下:童秉枢—第 1、8 章;尚凤武—第 2、4 章;洪钧—第 3 章;付建军—第 5 章;李学志—第 6 章及 10.1、10.2 节;董兴辉—第 7 章;于建国—第 9 章及 10.3 节;窦忠强—第 11 章。

陈剑南教授参与讨论并审阅了许多章节,提出了很多宝贵意见;孙冰参与讨论并审阅

了部分章节，还主持了全书录入及排版工作；中国工程图学学会及中央电视大学的领导及有关专家对编写工作给予了支持和帮助，在此一并表示衷心感谢。

限于我们的学识水平，书中难免有不足与错误之处，恳请读者批评指正。

编 著 者
1997 年 1 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.1.1 计算机绘图与计算机图形学	1
1.1.2 计算机绘图与计算机辅助设计	2
1.1.3 计算机绘图的方式	3
1.1.4 图形系统的运行方式	4
1.2 微型计算机图形系统的构成与分类	5
1.2.1 系统的基本构成	5
1.2.2 系统的分类	6
1.3 微型计算机图形系统的硬件	7
1.3.1 微型计算机及外围设备	7
1.3.2 图形输入设备	9
1.3.3 绘图输出设备	12
1.3.4 图形显示设备	15
1.4 微型计算机图形系统的软件	18
1.4.1 系统软件	18
1.4.2 通用图形软件	19
1.5 智能型参数化绘图与设计系统 SIGRAPH-DESIGN 简介	20
1.5.1 系统特色	20
1.5.2 屏幕布局	22
1.5.3 菜单的组织	23
1.5.4 系统的主要功能	24
习题	25
第 2 章 图形处理的基本原理	27
2.1 图形处理的基本方法	27
2.2 二维图形的矩阵变换	28
2.2.1 基本变换	28
2.2.2 齐次坐标	33
2.2.3 组合变换	36
2.2.4 程序设计举例	39
2.3 三维图形的变换	41
2.3.1 基本变换及其简单组合	42
2.3.2 投影变换	47

2.3.3 轴测投影变换	50
2.3.4 透视投影变换	55
2.3.5 程序设计举例	59
2.4 坐标系与坐标变换	62
2.4.1 用户坐标系与设备坐标系	62
2.4.2 视区与窗口的变换	62
2.5 图形的二维裁剪	64
2.5.1 点的裁剪算法	64
2.5.2 直线的裁剪算法	65
2.5.3 多边形的裁剪算法	67
2.6 隐藏线处理	69
2.6.1 概述	69
2.6.2 消隐算法中的基本测试方法	70
2.6.3 扫描线算法	71
习题	73

第3章 图素的生成	74
3.1 预备知识	74
3.1.1 图素类型及第1列图标	74
3.1.2 定义类型及第2列图标	75
3.1.3 参数类型、参数赋值及第3列图标	75
3.2 基本几何图素的生成	76
3.2.1 点的生成	76
3.2.2 直线的生成	78
3.2.3 圆和圆弧的生成	80
3.3 拷贝矢量的生成	82
3.4 图素的隐式构造与隐式图素	83
3.4.1 图素的隐式构造	83
3.4.2 隐式图素	83
3.5 选择集的构造	85
3.6 利用图形选择集拷贝、镜像、复制和分离图形	86
3.6.1 选择集拷贝	86
3.6.2 选择集镜像	87
3.6.3 选择集复制	88
3.6.4 选择集的分离	89
3.7 轮廓	90
3.7.1 用户指定的轮廓生成	90
3.7.2 自动轮廓生成	92

3.8 剖面域.....	94
3.9 多边形生成.....	96
3.9.1 绘制矩形.....	96
3.9.2 绘制长圆形.....	96
3.9.3 绘制轴端图形.....	97
3.10 文本.....	97
习题.....	99
第4章 图形编辑.....	100
4.1 概述.....	100
4.2 图形的删除.....	100
4.2.1 单个图素的删除.....	100
4.2.2 多个图素的删除.....	101
4.2.3 利用选择集删除图素.....	102
4.2.4 被删除图素的重新显示.....	104
4.3 图形编辑状态的定义.....	105
4.4 简单图形的编辑.....	105
4.4.1 图素定义类型的编辑.....	105
4.4.2 图素参数的修改.....	107
4.4.3 简单图形的修改.....	108
4.5 图形数据结构.....	111
4.5.1 数据结构的基本概念.....	111
4.5.2 SIGRAPH-DESIGN 的数据结构.....	114
4.5.3 关系型数据结构的查询方法.....	117
4.6 复杂图形编辑.....	117
4.6.1 装入已有图形文件.....	117
4.6.2 复杂图形中参数的编辑.....	119
4.6.3 复杂图形中定义类型的编辑.....	124
4.7 快速编辑.....	127
4.7.1 对一个已存在图素的快速编辑.....	128
4.7.2 最后建立的图素或被删除图素的快速编辑.....	129
4.7.3 两种编辑模式的比较.....	130
习题.....	130
第5章 显示控制与图层.....	132
5.1 显示控制.....	132
5.1.1 窗口命令.....	132
5.1.2 重画命令.....	136

5.2 图层概念及用途.....	137
5.2.1 图层菜单及图层状态.....	137
5.2.2 图层的建立与删除.....	139
5.2.3 图层状态及其颜色的设定.....	141
5.2.4 子层转移与图素的转移.....	142
习题.....	144
第 6 章 工程图的标注.....	145
6.1 标注的内容及要求.....	145
6.2 尺寸标注.....	147
6.2.1 标注尺寸的可选操作.....	147
6.2.2 长度型尺寸标注.....	150
6.2.3 半径型尺寸标注.....	153
6.2.4 直径型尺寸标注.....	154
6.2.5 角度型尺寸标注.....	154
6.2.6 在 EDIT 状态下编辑尺寸.....	156
6.2.7 在 COMMAND 状态下编辑尺寸.....	157
6.3 形位公差的标注.....	157
6.3.1 标注形位公差代号.....	157
6.3.2 编辑形位公差代号.....	158
6.3.3 标注形位公差基准.....	159
6.3.4 编辑形位公差基准.....	160
6.4 表面特征的标注.....	160
6.4.1 标注表面特征.....	160
6.4.2 编辑表面特征.....	162
6.5 零件序号的标注.....	164
6.5.1 生成零件序号.....	164
6.5.2 复制零件序号.....	165
6.5.3 编辑零件序号.....	166
6.5.4 生成零件材料表.....	166
习题.....	168
第 7 章 二维图形参数化.....	170
7.1 参数化设计.....	170
7.1.1 什么叫参数化设计.....	170
7.1.2 二维图形参数化实现方法.....	171
7.2 变量驱动图形.....	171
7.2.1 创建变量.....	172

7.2.2 应用变量绘制图形	173
7.2.3 应用变量计算	174
7.2.4 编辑变量	175
7.3 表驱动图形	176
7.3.1 表的设计	177
7.3.2 表的建立	178
7.3.3 表的索引	181
7.3.4 表的访问	183
7.3.5 表的编辑	185
7.4 尺寸驱动图形	185
7.4.1 绘制草图	186
7.4.2 尺寸驱动图形	186
7.4.3 反向设计	187
7.5 用户元素	189
7.5.1 用户元素的建立	189
7.5.2 用户元素的存储	193
7.5.3 用户元素的调用	195
7.5.4 用户元素的编辑	196
7.5.5 列表	197
习题	197
第 8 章 图形设计方法	198
8.1 交互式图形设计	198
8.1.1 多视图联动设计	198
8.1.2 原理图设计	201
8.1.3 复杂零件建模设计	203
8.2 参数法图形设计	211
8.2.1 参数法图形设计的特点及步骤	211
8.2.2 事物特性表	212
8.2.3 参数法绘图的编程实现	214
8.2.4 参数法绘图的不编程实现	219
8.3 形状特征拼合法的图形设计	222
8.3.1 形状特征的概念	222
8.3.2 形状特征的分类	223
8.3.3 形状特征拼合法的编程实现	226
8.3.4 形状特征拼合法的不编程实现	231
8.4 装配图设计	232
8.4.1 装配图设计方法概述	232

8.4.2 装配图中的隐藏线处理	234
8.4.3 保持功能关系的零部件联动设计	237
习题	240
第9章 绘图环境	242
9.1 缺省设置	242
9.1.1 确定语言	242
9.1.2 设置颜色	243
9.1.3 设置尺寸线端点式样	243
9.1.4 设置图素的可见性	243
9.1.5 栅格控制	243
9.1.6 确定图形单位	244
9.1.7 图形范围是否忽略点和坐标系	244
9.2 全局缺省	244
9.2.1 确定线型	244
9.2.2 确定直线是否无限长	245
9.2.3 确定圆是否显示中心线	245
9.2.4 确定延长线相交是否产生交点	245
9.2.5 确定字体	245
9.2.6 确定尺寸式样	245
9.2.7 确定基线型尺寸标注时两尺寸线距离	246
9.2.8 确定点的 Z 坐标缺省值	246
9.2.9 确定尺寸文本的高度	246
9.2.10 确定材料表序号块的显示	246
9.3 输出功能	247
9.3.1 保存模型	247
9.3.2 保存模型的选取部分	247
9.3.3 提取部分的可变绘图输出	248
9.3.4 固定提取部分的绘图输出	249
9.3.5 DXF 格式输出	249
9.3.6 APT 格式输出 NC 数据	250
9.3.7 IGES 格式输出	250
9.4 输入功能	251
9.4.1 删除模型	251
9.4.2 模型读取	251
9.4.3 分解用户元素	252
9.4.4 DXF 格式的图形输入	252
9.4.5 IGES 格式的图形输入	252

第 10 章 接口及二次开发	253
10.1 DXF 文件	253
10.1.1 DXF 文件的作用	253
10.1.2 DXF 文件的结构	253
10.1.3 DXF 文件实例	255
10.1.4 利用 DXF 编写 C 语言和图形系统的接口程序	257
10.2 基本图形转换规范 (IGES)	259
10.2.1 概述	259
10.2.2 IGES 的结构	260
10.3 AQL 语言与应用简介	262
10.3.1 AQL 语言简介	262
10.3.2 AQL 程序的执行	263
10.3.3 AQL 程序应用	265
第 11 章 AUTOCAD 绘图软件	271
11.1 AutoCAD 的特点与基本操作	271
11.1.1 AutoCAD 的基本功能	271
11.1.2 AutoCAD 的绘图界面	272
11.1.3 命令的输入	274
11.1.4 数据的输入	274
11.2 实体绘图命令	275
11.2.1 LINE(画直线)命令	275
11.2.2 CIRCLE(画圆)命令	276
11.2.3 ARC(画圆弧)命令	276
11.2.4 PLINE (画多义线) 命令	276
11.2.5 POLYGON(画正多边形) 命令	277
11.2.6 DTEXT (写文字) 命令	277
11.2.7 HATCH (画剖面线) 命令	277
11.2.8 XLINE (画双方向无限延伸的辅助线) 命令	278
11.2.9 RAY (画单方向无限延伸的辅助线) 命令	278
11.2.10 BOUNDARY (构造封闭轮廓线) 命令	278
11.3 图形编辑命令	279
11.3.1 实体选择方式	279
11.3.2 ERASE(删除)命令	279
11.3.3 MOVE(平移)命令	280
11.3.4 COPY(复制)命令	280
11.3.5 MIRROR(镜像)命令	280
11.3.6 ROTATE(旋转)命令	280

11.3.7	SCALE (变比)命令	281
11.3.8	FILLET (倒圆角)命令	281
11.3.9	CHAMFER (倒斜角) 命令	281
11.3.10	TRIM (修剪) 命令	281
11.4	显示控制命令	282
11.4.1	ZOOM (缩放) 命令	282
11.4.2	PAN (扫视) 命令	282
11.4.3	REDRAW (重画)	283
11.5	图层、线型、颜色	283
11.5.1	图层的性质	283
11.5.2	LAYER (图层) 命令	283
11.5.3	DDLMODES (控制层的对话模式) 命令	284
11.5.4	LINETYPE (线型) 命令	284
11.5.5	COLOR (实体颜色) 命令	285
11.6	图块	285
11.6.1	图块的性质	285
11.6.2	BLOCK (图块) 命令	285
11.6.3	WBLOCK (存储图块) 命令	285
11.6.4	INSERT (图块插入) 命令	286
11.6.5	EXPLODE (图块分解) 命令	286
11.7	辅助绘图命令	286
11.7.1	SNAP (栅格捕捉) 命令	286
11.7.2	GRID (栅格显示) 命令	287
11.7.3	OSNAP (目标捕捉) 命令	287
11.8	尺寸标注	288
11.8.1	DIM (尺寸标注) 命令	288
11.8.2	HORIZONTAL (水平标注) 命令	288
11.8.3	ANGULAR (角度标注)	288
11.8.4	BASELINE (基线标注) 命令	289
11.8.5	CONTINUE (连续标注) 命令	289
11.8.6	DIAMETER (直径标注) 命令	289
11.8.7	RADIUS (半径标注) 命令	290
11.9	三维实体造型	290
11.9.1	三维实体造型及布尔运算	290
11.9.2	基本实心体的绘制命令	291
11.9.3	复杂实心体的绘制命令	291
11.10	AutoLISP——AutoCAD 二次开发工具	293
11.10.1	AutoLISP 的基本构成	293
11.10.2	程序的输入及运行	294

11.10.3 AutoLISP 的函数	294
11.11 ADS- AutoCAD 开发系统	296
11.11.1 ADS	296
11.11.2 编写 ADS 程序的环境	296
11.11.3 ADS 程序建立和使用过程	297
习题	297
 附录 1 矩阵变换的预备知识	 299
附录 2 SIGRAPH-DESIGN 中图素及定义类型索引	302
附录 3 SIGRAPH-DESIGN 中常用命令索引	307
参考文献	309
后记	310

第 1 章 绪 论

1.1 概述

1.1.1 计算机绘图与计算机图形学

图形是人类传递信息的重要方式。在生产活动中,图样往往是表达和交流技术思想的工具。但是长期以来,无论是二维的平面图,还是三维立体图,都用手工绘制,效率低,精度差。随着计算机技术的发展,出现了计算机辅助绘图,即通常所说的计算机绘图。计算机绘图是使用图形软件和硬件进行绘图及有关标注的一种方法和技术。计算机绘图使人们逐渐摆脱了繁重的手工绘图,进入了绘图自动化的新时代。

随着计算机硬、软件技术的不断发展,计算机绘图的有关理论与技术也得到深入发展,于是逐渐形成了一门新的学科,称为计算机图形学(Computer Graphics,简称CG)。这是一门涉及计算机科学、数学及工程图学等领域的交叉性学科。按照国际标准化组织 ISO 在数据处理词典中对它下的定义是:“计算机图形学是研究通过计算机将数据转换为图形,并在专用设备上显示的原理、方法和技术的科学”。一般来说其研究内容有以下 4 个方面:

(1) 硬件方面。主要研究图形输入设备、图形处理设备、图形显示设备及图形绘制设备。

(2) 图形软件设计。如二维绘图系统、三维造型系统、动画制作系统、真实感图形生成系统等。

(3) 图形处理的理论与算法。如几何元素和图形的生成方法、实体表示的理论及其拼合算法、图形变换、图形裁剪算法、物体隐藏线及隐藏面消去的算法、真实感图形生成算法等等。近年来,计算机图形学向更深的方向发展,出现了分布式图形处理、声像一体化、分数维几何、虚拟现实、多媒体技术,以及科学计算可视化等高新理论及技术。

(4) 实际应用中的图形处理问题。

由以上叙述可看出,计算机绘图在学科上无疑属于计算机图形学的范畴,但在深度广度上有所差别。从历史上看,先出现计算机绘图,然后逐渐发展形成计算机图形学。从目前情况看,不应该将计算机绘图等同于计算机图形学。在本书中我们将计算机绘图看作是计算机图形学中涉及工程图形绘制的那一部分方法与技术,而且偏重于将它看成一门工程技术。这就是说,计算机绘图目前已作为一种成熟的技术,用软件方式提供给千千万万的普通用户,不要求这些用户通晓理论与算法,只需掌握软件功能及所要求的操作技能就能实现计算机绘图的目的。

根据以上观点,本书所述的计算机绘图偏重于对成熟软件的功能及技能的阐述及实际应用上,不过多地论述基础理论及算法。在对象上主要针对土木、建筑、机械、汽车、造船、航空、电气、电子等领域的设计制图。

作为计算机图形学,则有更广阔的应用领域,例如:

- (1) 统计管理图。如直方图、线条图、饼图、工作进度表及生产中的各种图表等。
- (2) 测量图。如地理图、地形图、地质图、矿藏勘探图、海洋地理图、航海图、气象图、人口图、资源图等。
- (3) 生物、医学、药学方面的图。如分子结构图、心电图、人体系统图、结晶解析图、药效分析图等。
- (4) 模拟及动画。如随时间、温度、速度、位置等因素变化的模拟图形;人体运动、动画、广告、游戏等。
- (5) 美术设计。如花纹图案、自然景物、真实图形等。
- (6) 复杂科学计算的可视化。如各种声、光、热、电、力学、流体场的三维及多维空间中的各种各样的图形显示问题。
- (7) 办公自动化。生成带图形的各种报表、文档。

1.1.2 计算机绘图与计算机辅助设计

计算机辅助设计(Computer Aided Design, 以下简称 CAD)是一种用计算机硬、软件系统辅助人们对产品或工程进行设计的方法与技术,包括设计、绘图、工程分析与文档制作等设计活动,它是一种新的设计方法,也是一门多学科综合应用的新技术。

CAD 涉及以下一些基础技术:

- (1) 图形处理技术。如二维交互图形技术、三维几何造型技术及其它图形输入、输出技术。
- (2) 工程分析技术。如有限元分析、优化设计以及面向各种专业的工程分析等。
- (3) 数据管理与数据交换技术。如数据库管理、产品数据管理、产品数据交换规范及接口等。
- (4) 文档处理技术。如文档制作、编辑及文字处理等。
- (5) 软件设计技术。如窗口界面设计、软件工具、软件工程规范等。

从以上叙述可以看出, CAD 不等于计算机绘图, CAD 有它本身丰富的内涵,但计算机绘图是 CAD 的一个重要的基础。可以这么说,如果没有计算机绘图,没有计算机图形学的发展,就不会有 CAD,因为无论哪种设计,最终的设计结果都离不开图。纵观 CAD 的发展,共经历了 4 个发展阶段,现在让我们从这些发展历程中看看计算机绘图所起的作用。

第 1 阶段。CAD 软件基本上是一个二维交互式绘图系统,以绘制二维工程图为主要目标,因此这类 CAD 软件本质上是一个计算机绘图系统。难怪早期的一些 CAD 著作常把计算机绘图说成 CAD,以致时至今日还有人将 CAD 与计算机绘图等同起来,当然这是不对的。正确的理解应该是:计算机绘图是 CAD 的基础之一,而 CAD 则是计算机绘图的一个最重要的应用领域。

第2阶段。CAD软件是以三维线框、曲面与实体造型为基础的CAD/CAM系统。其中的二维工程绘图、三维造型等体现了计算机绘图作为基础的重要作用。

第3阶段。CAD软件发展为以参数化特征造型、变量化设计、装配设计、统一的数据模型为特点的CAD/CAM集成系统，且目前仍在发展中。本书所叙述的一个参数化绘图与设计系统——SIGRAPH-DESIGN正好从一个侧面反映了计算机绘图技术的进步对CAD技术发展所作的贡献。

第4阶段。CAD软件将以产品数据管理(PDM: Product Data Management)及统一的产品信息模型及其数据交换规范STEP(Standard for the Exchange of Product Model Data)为核心的工作集成环境。这是期望中的新一代CAD软件，它将支持产品的并行设计、参数化和变量化设计、概念设计和装配设计等。可以预见，其中必有属于基础技术的计算机绘图技术的新发展。

商品市场的激烈竞争促使每个企业在发展新产品时要牢记：“上市快、质量高、成本低、服务好”。由此对产品开发的每个环节，特别是设计阶段提出了新的要求，要求提供更好的CAD软件及工具。作为计算机绘图技术，也不能老停留在一般的二维工程绘图上，要发展为实现现代设计所必须的各种绘图技术，如为实现无纸生产所必须的产品数字化定义、参数化与变量化绘图、虚拟工厂环境下产品协同设计中的信息交换等。我们相信，未来的计算机绘图技术将与CAD技术相互促进，共同发展。

1.1.3 计算机绘图的方式

计算机绘图方式目前可分为两类。

1. 交互式绘图

购买或自行开发一个二、三维交互图形系统，设计人员用键盘、鼠标器、图形输入板等输入手段，采用菜单驱动方式，输入各种命令与数据，生成所需图形，并利用编辑功能对图形进行交互修改。在作图及修改过程中，图形始终实时地显示在屏幕上，当获得满意结果后，存入计算机或在绘图机上输出，以获得图形的硬拷贝。

2. 被动式绘图

目前还有少量图形系统不具备交互功能，只提供各种图形命令或图形程序库，通过编程获得所需图形。图形也可在屏幕上显示或经绘图机输出。但因图形完全由编程决定，没有人机交互作图或修改的可能性，故图形的输出完全是被动地执行程序的结果。应该指出，现在大多数交互图形系统也有供高级语言调用的图形程序库或特定的图形编程语言，用这些功能也能实现被动式绘图。

交互式绘图与被动式绘图各有特点，在实际应用中都有用处，使用时可根据具体情况来决定采用何种绘图方式。