

计算机美术

潘云鹤 编著



科学普及出版社

计 算 机 美 术

潘 云 鹤 编 著

科学普及出版社

内 容 提 要

本书以图文并茂的形式介绍了计算机在美术上的应用及计算机美术的基本原理,向读者展示了计算机应用的又一个领域。作者述及应用计算机搞美术设计的巧妙之处,会对计算机美术爱好者很有启迪。

本书适合美术工作者、美术爱好者、计算机程序设计者等广大读者阅读。

计 算 机 美 术

潘云鹤 编著

责任编辑:茹勇夫

封面设计:王序德

*

科学普及出版社出版(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

中国科学院印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/32 印张: 4.25 插页: 47 字数: 100 千字

1987年12月第1版 1987年12月第1次印刷

印数: 1—1,950 册 定价: 1.60元

统一书号: 15051·1220 本社书号: 1416

前 言

1968年,在英国举办了一个令人惊讶的画展。展出的作品全是图案:稀奇古怪,却又别具韵味。它们的作者是谁?一打听,却是一些数学家和计算机专家,作画的工具就是计算机。这个名为“控制论珍宝”的展览会引起了人们的惊喜、赞美、呵斥等复杂感情。一门新的学科——计算机美术就这样向社会正式宣告它的诞生。

从那时候起,已经十几年过去了。计算机美术已经在实践中站稳了脚跟。它已拥有一支由艺术家和科学家混合构成的队伍;出版有专门的杂志;在大学中开设了计算机美术的课程;时时出现在计算机美术展览会里和计算机美术的画册中;并已经在轻工、纺织、建筑和动画片制作等有关设计领域投入应用。尤其是在80年代初,和人工智能技术相结合,计算机美术插上智能的翅膀,在质量和速度上出现了一个飞跃,显示了人力所不能及的强大威力和广阔的发展前景。

要介绍这样一个科学与艺术交融的领域,是十分有趣的,却又颇为困难的。极大多数美术工作者不会用计算机,极大多数计算机工作者同样不会画画,而他们两者都可能是本书的读者。为此,作者尽可能地少用计算机和美术方面的术语,小心翼翼地避开过多的数学公式和程序语言,并力求较为全面地介绍这个领域的工作方法,希望具有中学数学水平的读者都能顺利走完本书的全程。

本书共分七章。

第一章借用85年在日本筑波举办的国际科学技术博览会

作为窗口，浏览世界计算机美术的典型实例和当前水平。

第二章介绍计算机美术的基础——它所使用的设备和概念。其中最主要的设备计算机被省略介绍了——因为介绍它的书籍俯拾即是，读者不难自选一本——代之以介绍的是计算机内的图形信息流。

第三章介绍人机交互的计算机美术技术。第四章介绍智能模拟的计算机美术技术。对于不懂计算机的读者，这两个重要章节读起来要倍加耐心。

第五章介绍和分析了我国一个典型的计算机美术系统《智能模拟彩色平面图案创作系统》所创作的图案。读者如将它们和第四章所介绍的原理联系起来，便可领略一个智能模拟系统的工作方式。

第六章介绍了计算机美术在不同领域中的工作方法。这一章所述的技术，有的已经实现，有的还只是一种展望，而这种展望对了解计算机美术的意义及其发展之路颇为重要。

最后一章介绍和分析了国外计算机美术的作品选。

本书在编写过程中，得到我国著名人工智能专家、浙江大学教授何志均老师的指导；上海印染技术研究所的画家白荷馨同志为本书第五章提供了15幅图案作品；此外还得到许多朋友的热情帮助。作者对此致以衷心感谢！

本书涉及领域甚多，遗漏欠妥之处在所难免，期望读者不吝赐正。

潘云鹤

一九八六年三月廿八日

目 录

前言

第一章 国际科技博览会中的计算机美术	1
东芝馆——招贴画家	1
松下馆——计算机写生	5
美国馆——抽象画家	9
中国馆——图案设计师	11
第二章 计算机美术的基础和工具	15
图形即数字	15
计算机中的色彩	18
图形显示三部曲	22
“调色板”	25
图形输入	27
图形输出	30
第三章 用计算机来画画	35
选购合适的计算机	35
用指令画画	36
图形的变换	40
“餐单”	46
透视和阴影	50
照片的美术处理	55
第四章 智能系统	61
计算机不仅仅是工具	61
图案构成知识的表达	64
自动创作图案	70
计算机怎样学习美术知识	74

色彩设计自动化	77
第五章 作品图例	82
多种描绘技法例	82
描绘技法的继续分析例	83
纹理例	84
构成例	85
几何构图例	86
自由构图例	87
赋色例	88
第六章 前进在美术的原野上	90
服装设计大师	90
制作动画片的革命	93
设计更美的建筑	97
描画青山绿水	101
塑造风流人物	104
计算机画家的蓝图	109
第七章 国外计算机美术作品例析	113

第一章 国际科技博览会中的 计算机美术

我一下汽车,就看到老季已在大门口等待了。哦,这就是闻名于世的 1985 年日本筑波的科技博览会。那大门框很厚,装饰着一层层彩绸,其色彩按色谱逐渐变化,由暖至冷仿佛将你引入一个神秘的世界。过了大门,豁然开朗,只见蓝天下耸立着幢幢建筑,奇形怪状,此起彼伏。各种运输工具在转动着,摆动着,爬行着,将观众送上高空,带人深渊,去欣赏那些见所未见的奇妙世界。广场上高高低低的机械纪念碑在微风中不停地运动;数百支喷泉在音乐声里飞舞;机械蛙,机械蝌蚪在水池中戏游着;一群儿童正握着操纵杆,对着一个近百平方米的巨大彩色显示屏指挥一场星球大战以游戏。火车在凌空的轨道上奔驰,瀑布从屋顶上喷泻而下。你还可以走上一片平台去感受地震的恐怖,又可以跨上一个没有轮子的自行车,驱动着机械腿前进。这里真是一个科学技术的“花花世界。”

老季不愧是计算机专家,他指着那群建筑对我说:“这里共有 80 多个展览馆,参观一圈大约要一个星期。我们共有六个半小时,就挑最感兴趣的看吧!你最想看哪些内容?”

我说我是搞美术的,当然最想看与美术有关的内容。

“那我们去参观计算机美术吧!”老季立即作出了决策,“先从最近的‘东芝馆’看起”。

东芝馆——招贴画家

东芝馆由日本东芝公司主办,馆体建筑由日本著名建筑

师黑川纪章设计,其平面由一个方形、一个半圆形和一个三角形组成,据说是采用了中国古书里的“天园地方”之说构思而成,表现了环境、居住和科学的主题。在馆的正面外墙上嵌着一个大绘图板。板的上方用英文写道:“正在作画的计算机”,下面挤满了观众,我们赶紧上前细看。

这画足有6米余长,1.8米宽,平铺在嵌入墙面的画板上。一根横梁举着12根彩色墨水笔沿着画框迅速来回移动,时而下红笔,时而下蓝笔,运用10种不同色彩点点划划,十分自如:画的乃是一幅21世纪的生活幻想图:人们穿着宇宙服,架着汽艇在太空与天空翱翔;驱动潜艇,在深海里漫游。运用勾线平涂的画法,简洁而饶有风趣。画边尚有一小行英文说明:

“此画系山下一德所创作,名为‘乌托邦’,由计算机将它放大为 $6\text{m} \times 1.8\text{m}$ 。每5小时画完一张。”

我不禁问道:“计算机是用于科研计算的,怎么能提笔作画?”

老季一笑,将我拉到画的跟前,指指点点,说出一番道理来:

计算机的内部有一个存储器,放着指挥它工作的一连串命令,它们称为程序。计算机的外部跟很多设备相连,它们称为信号的输入和输出设备。这台绘图机就是一台输出设备,指挥它工作的计算机在幕后,我们看不到。

要复制一幅画,首先要编一个程序。你细看这幅画,其实都是由点和线组成的,线排列起来就形成了面。编程序的第一步就是要将这幅画分解为点和线。

第二步,将点和线转变为数字,因为计算机里只能存放数字。这个方法在中学的解析几何中已经提供了。即在画面上设一个直角坐标系 XOY ,那么,画面上每一个点的位置都

可以用 2 个数字 (x, y) 来表示, 每一条直线则可以用其两个端点的座标 $(x_0, y_0), (x_1, y_1)$ 来表示, 因为知道了直线的两个端点, 我们就可以求得这条直线的方程:

$$\frac{x - x_0}{y - y_0} = \frac{x_1 - x_0}{y_1 - y_0}$$

于是直线上的每一点都可以知道了。图 1-1 上点 A 可以用它的坐标 $x = 1, y = 2.5$ 来表示; 直线 BC 可以用它的坐标 $x_0 = 2, y_0 = 1, x_1 = 5, y_1 = 2$ 来表示, 并且可推出直线 AB 的方程为:

$$\frac{x - 2}{y - 1} = 3 \quad \text{或} \quad x - 3y + 1 = 0$$

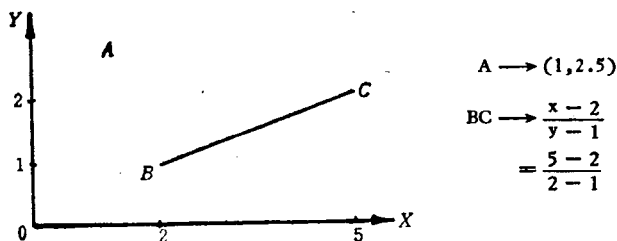


图 1-1

曲线可以用 2 种方法转化为数字:

第一种是用直线逼近。例如一个圆可以用一个正 32 边形或 64 边形去逼近。这样就将一条曲线转化成了一串直线, 然后从直线再转化为数字就容易了。

第二种是直接将曲线的数字特征找出来。例如一个圆, 可以由圆心坐标, 半径长度等 2 种数字特征来确定。例如一个圆心在 $x = 5, y = 10$, 半径 $R = 3$ 的圆就可以转化为 3 个数字: $(5, 10, 3)$, 有了这三个数字, 我们就可以推出圆

的方程为:

$$(x-5)^2 + (y-10)^2 = 3^2$$

从而圆上每一点的座标也可以求出来了。

这两种方法各有优劣。一般地说,曲线的直线逼近方法表达时较繁,但运行时较快;曲线方程方法表达时简洁,但运行时较慢,所以应视不同情况而选择。

由此可见,将图形转化为数字的工作量很大,例如这幅“乌托邦”,若要人工将画上各点的座标值找出来,那真叫愚公移山了。所以近来发明了很多自动和半自动的图形——数字转换方法,最常用的有“数字图形输入板”,光笔、摄象机等。拿数字图形输入板来说,只需将画稿放在一块输入板上,然后用一支特定的笔依轮廓描绘一遍,这张画就转化为数字了。这就大大节省了时间。但即使用这种方法,要编好一个程序,将这幅画送入计算机中存起来,大约也需要几天时间。

例如,要用 CROMEMCO 机器画一个红色的方框,其程序段就由这样 5 条指令组成:

```
100 COLOR (10)          使用第 10 号颜色(红色)
110 LINE (0, 0, 10, 0)   画线,从点  $x = 0, y = 0$ 
                           到点  $x = 10, y = 0$ 
120 LINE (10, 0, 10, 10) 画线, (10,0)到(10,10)
130 LINE (10, 10, 0, 10) 画线, (10,10)到(0,10)
140 LINE (0, 10, 0, 0)   画线, (0,10)到(0,0)
```

绘图机就根据程序中的一条条指令,一步步地画出了一个红色的正方形方框,计算机可以对所存储的程序反复运行,反复作画。这个机器每天画两幅“乌托邦”巨画,从博览会开幕至今已作了 100 多幅“乌托邦”了。这是迄今为止世界上用计算机所作的最大的画面。要造出这样一个巨大的平板式绘图仪实在不容易呢!

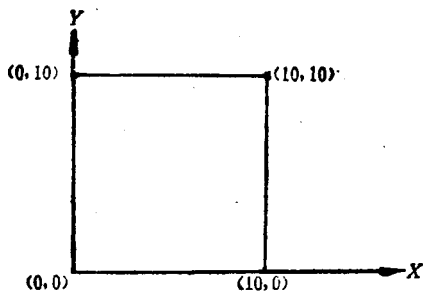


图 1-2

说到此,老季对这架巨型绘图机器频频点头赞赏起来。见他这种欣赏态度,我说:

“作为画家,不但要会临摹放大,更要会写生和创作!这个计算机只会临摹,算不得画家!”

老季听了笑了,回过头来连连说:

“是的,是的,我也同意。不过你想看计算机写生吗?好,我们到松下馆去。”

松下馆——计算机写生

松下馆由日本著名的松下电器公司主办,其建筑由一个剖面为梯形的六面体及一个圆锥体组成,远远望去,犹如一顶草原牧人的帽子,甚为别致。我们进得馆去,走过明明暗暗的通道,穿过光怪陆离的模型和仪器,在一个光照强烈的小舞台上找到了正在“写生”的计算机。

舞台正中站着一位日本小姐,正向观众讲解这计算机的性能并请愿意当模特儿的观众走上台。立即有一位中年男子上台;随后一位姑娘也愿一试。他们分别进入小姐身后的两

个无门小室坐下，灯光打在他们的脸上。在他们的对面，即舞台前方两角，分别站着两个手持毛笔的机器人，更确切地说，是两只安装在圆台上的机械手，面对画板和画纸，屏息而待。只见灯光闪过，悬在舞台前方的荧光屏上出现了2个志愿模特儿的头象。紧接着，机器手就开始挥毫。它们笔法娴熟，毫不思索，划划点点，大约三分钟就完成一幅肖象速写。机器手随即从画板上取下画幅，呈给日本小姐。那小姐取画后展示于台下观众。这是两幅勾线素描、略施明暗，其线条说不上生动，却变化丰富；肖象说不上传神，但轮廓准确，颇为相似。日本小姐当即将画象分赠给模特儿本人。姑娘和男子看着自己的肖象点头直乐。这时，台下的观众都一齐鼓掌起来了。

我看得饶有兴趣。心想，这画的水平虽然未必比得上人类艺术大师，但就其写生的速度之快，轮廓之准而言，已颇具功力，可见这个计算机水平颇高。我不禁向老季啧啧称赞起来。不料老季听后却抚掌大笑，说：

“这个项目虽然好看，但从计算机软件技术角度而言，水平却属一般。其方法早已写在《计算机数字图象处理》的教科书上。在我国内，凡学过这门课的学生，谁都能做这个程序。”

在我的要求下，老季介绍起这计算机写生的原理如下。

这种计算机写生过程，其实分为两个部分：一是拍照；二是对照片提取轮廓。那两个模特儿的正前方，各有一台摄像机，先将两人的肖象摄下，将光信号变成电信号，送入计算机存储器中。你看电视屏上所显示的两个模特儿肖象，就是计算机中存储的内容。每幅肖象一般由 512×512 个光点组成。每个光点如只有明暗变化，则显示的是一幅单色图象，如除明暗外尚有色彩变化，则显示的是彩色图象。对于单色图象，每个光点在计算机存储器中用一个数字表示，这个数字

的值越大,表示这个光点越亮。例如 0 表示黑色, 255 表示白色, 125 表示正灰色等等。至于彩色图象,则每个光点要用 3 个数字表示。它们分别表示红、绿、蓝三个基本色彩的亮度。由此可见,在计算机中表示一幅单色图象要用 512×512 个数字;表示一幅彩色图象则要用 $512 \times 512 \times 3$ 个数字。这种用数字表示的图象就叫做数字图象。

在摄象机摄取一幅图象,并用数字存放在计算机的存储器中之后,计算机就可以对数字图象进行各种处理。轮廓抽取,就是其中之一,轮廓抽取的方法一般是用梯度阈值法。具体做法是:将数字图象中的每一个数字与周围邻近的数字相比较,当它们的值差超过一个预先指定值——阈值时,即在值小的点上标上一个记号。当所有的光点比较完毕后,将有记号的点变为黑色(即数值为 0),无记号的点变为白色,这样,一个黑色的轮廓就勾出来了。

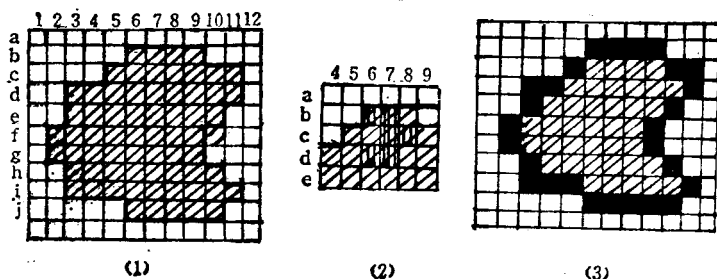


图 1-3

如图 1-3, 在 (1) 中是一个数字图象, (3) 是经过比较后作出的轮廓记号。我们取 (2) 所示的一小块来看, 设点: $(b, 6) = (b, 7) = (c, 7) = (c, 8) = (d, 6) = (d, 7) = 0$, 点: $(b, 4) = (b, 5) = (c, 4) = (b, 9) = 255$, 其余点为 50。如

果我们指定阈值为 100, 则其中有比较如下:

$(b,5) - (b,6) = 255, \quad 255 > 100, \therefore (b,6)$ 记号,

$(b,5) - (c,5) = 205, \quad 205 > 100, \therefore (c,5)$ 记号,

$(c,6) - (c,7) = 50, \quad 50 < 100, \therefore (c,6), (c,7)$

⋮

皆不记号。

计算机大体上就是按照这样的办法, 一点点地做出轮廓线上的记号。

计算机根据这轮廓去驱动机械手上下左右移动, 起笔和落笔, 从而画出一幅速写肖象来。松下馆的这个驱动程序是编得很好的, 因此机械手的起笔和落笔真有一点速写风味呢!

老季的讲解使我茅塞顿开。我说: “想不到计算机外观如此聪明, 内部的工作步骤却如此笨拙, 画一幅速写竟是一点一点地比较出来的!”

老季道: “真是! 你抓到了计算机的关键。计算机是一个机械, 实际上只能做最简单的操作。但是它依仗着速度快, 在一秒钟内能做几百万次这种简单的操作, 从而合成了在外观看来极其复杂的工作。编计算机软件, 就是要将一个复杂的工作分解为一连串简单的动作。”

走出松下馆, 已日近中午。我们便进一个小铺吃面。正吃着忽然发现铺门口摆着一个服装小摊, 那店主用摄影机对顾客一照, 然后计算机指挥着打字机将顾客的肖象打在一件汗衫上出售。我说: “老季, 我看这原理和松下馆的计算机画肖象差不多, 只不过这次计算机作画是用打字机, 而不是机械手的绘图机。”

老季鼓掌笑道: “高! 你理解得一点不差! 想不到日本用计算机作肖象已如此普及了。我们吃完饭赶紧到美国馆去, 那里还有计算机创作呢!”

美国馆——抽象画家

那美国馆的造型有如美国人的风格——随随便便，远远望去，宛如一个帐篷。那作画的计算机摆在一个拐角的显著位置上。在一个身着红色工作服的讲解员身边，立着一个VAX/750计算机，它用几根输出线，正控制着面前的一个水平放着绘图机作画。

这画是单线描的，约1米长、80厘米宽。那讲解员介绍说：“这画的是抽象画，前面的是人，后面的是树。这是美国加州大学两位教授设计的一个计算机抽象画家，它画出的每一张作品都是不相同的。”讲解员指着身后的一刀纸说：“从开馆以来，它大约一小时画成一张，已经完成了这么多画了。”

我细看画上那些人，面孔似猫似狗，身体好象是木块和石块做的。后面的树象是几根木叉。还有很多古怪的形状，也不知代表什么东西。我看不懂画的意义，也看不出画面美在何处，心想也许是西方人的美学观和中国人有很大差异。但环顾四周，发现围观的日本人和欧洲游客也都默默注视着这徐徐作画的机器，没有表现出心领神会的兴奋来。

老季走上前去，用英语要了几张已完成的作品出来看看。只见也是一些似狗似猪的“人物”和木桩般的树木，以及一些石块和木块，不过数量、形状、位置都各不相同。因早就听说这次博览会上美国馆是寸纸不给，老季就请那讲解员持着画，我取出相机来拍了照，附在本书之中，以使读者能够领略美国计算机抽象画家作品的风采。

走出人圈来，我问老季：

“计算机不是每次都只能按程序做一样的动作吗？怎么这机器能不停地画出不同的画来？”

老季说：

“我给你打个比方：这里有一个最简单的函数 $y = x + 2$ ，当用不同的数如 1、2、3 去代替 x 时， y 就获得相应不同的值为 3、4、5。这里 x 就称为函数 y 的参数。估计美国馆的这个计算机美术程序是由很多函数组成的。每一个“函数”主持去画某一个物体。例如有画面孔的函数、画身体的函数、画树木的函数等等。当然这些函数的结构比 $x + 2$ 来要复杂得多，而且参数也不止一个。每一个函数的各个参数用不同的值代进去就可以画出同一种类但不同形状的物体来。例如画面孔的函数有表示面孔的宽度、长度、五官的大小、位置等等多个参数，当这些参数取不同值时，就画出了不同的面孔。参数的取值和组合可以看作无穷多，因此可以画出无穷多个不同的面孔了。当然这只是原理简述，参数的构造和调度都要编复杂的程序。”

我问：“是讲解员给出这些不同的参数值？我怎么没有看见他从键盘打进参数去。”

老季说：“不是人，是计算机自己生出各种各样的数来。在计算机语言中，有一种特殊的函数叫做随机函数，它好像一个装着无穷无尽数字的口袋，你随手就可以抓出一个没有规律的数——称为随机数。将这些随机数值按一定比例缩小或放大之后，就可以用作各种函数的参数值。由于随机数是没有规律的，每次都不一样，因此用它作参数，所获得函数的输出也每次都不一样。结果在绘图机上就画出了一张张不会重复的画来。”

我叹道：“计算机实在厉害，不但作画神速，而且变化多端，只可惜出来的画不美，至少中国人是不会欣赏这种作品的，要不然，真是一个一以当百的画家呢！”

老季说：“其实，要计算机自动地画出不同的画来并不