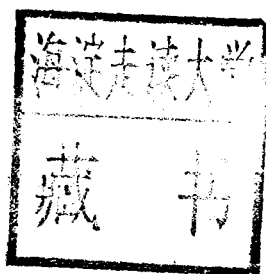


计算机绘图 及图形显示



RZF/1
任正凡 朱志仁
欧义同 徐树基
王光忠编写

计算机绘图 及图形显示



00012
湖南科学技术出版社

计算机绘图及图形显示

任正凡 朱志仁 王光忠 编
欧义同 徐树基
责任编辑：夏可军

*

湖南科学技术出版社出版
(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1983年7月第1版 1984年4月第2次印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：12.5 字数：286,000
印数：5,801—15,800

统一书号：15204·107 定价：1.60元

内 容 提 要

本书是在广泛收集国内外计算机图形学的有关文献和资料，并在教学实践的基础上编写的。全书分十章，系统地介绍了计算机绘图、图形显示及图形数字化系统、计算绘图与图形显示的工作原理、目前国内外有代表性的绘图、图形显示以及图形数字化的软件。扼要地介绍了图形的矩阵变换及一些基本几何图形的处理。本书侧重于机械制图，以BASIC语言为主详细地介绍了各种图形程序设计的方法，并适当介绍了FORTRAN语言绘图程序、上机操作、计算机辅助设计等内容。

本书可作为高等院校理工科各专业开设“计算机图形学”课程的参考教材，也可作为有关的科研和工程技术人员的参考书。

JS284/01

目 录

前言	(1)
第一章 概述	(3)
1—1 计算机图学的产生与发展概况	(3)
1—2 计算机图学研究的对象和任务	(6)
1—3 计算机图学在科研、生产中的应用	(7)
第二章 自动绘图系统	(10)
2—1 数控绘图机	(10)
2—2 数控绘图机的构造与使用	(16)
2—3 数控绘图机的功能与主要技术指标	(24)
2—4 数控绘图机的工作原理	(27)
第三章 绘图软件	(56)
3—1 程序设计语言的分类	(56)
3—2 程序设计的概念	(60)
3—3 绘图软件概述	(60)
3—4 DAP-I绘图软件	(62)
3—5 P01绘图处理程序	(73)
3—6 BASIC语言的绘图语句PLOT	(77)
3—7 BASIC语言简介	(78)
第四章 图形处理的矩阵理论方法	(95)
4—1 基本变换	(95)
4—2 二维齐次坐标变换	(110)
4—3 三维变换及其应用	(115)
第五章 图形程序设计	(139)
5—1 手工编程	(140)

• 1 •

5—2	自动编程.....	(146)
5—3	图形程序设计的方法和步骤.....	(149)
5—4	子程序设计.....	(153)
5—5	绘制平面图形的程序设计.....	(172)
5—6	绘制视图的程序设计.....	(180)
5—7	绘制轴测图的程序设计.....	(195)
5—8	绘制透视图的程序设计.....	(200)
5—9	绘制曲面相贯线与展开图的程序设计.....	(202)
5—10	绘制机械图的程序设计	(214)
第六章	图形显示原理	(234)
6—1	概述.....	(234)
6—2	光笔图形显示器系统结构.....	(237)
6—3	图形显示器的基本原理.....	(239)
第七章	图形显示软件	(291)
7—1	概述.....	(291)
7—2	图形显示基本程序.....	(298)
7—3	图形显示指令.....	(307)
7—4	图形显示档案设计.....	(312)
7—5	子图形显示档案设计.....	(320)
7—6	汉字显示档案设计.....	(325)
7—7	光钮显示档案设计.....	(332)
7—8	图形显示档案的修改.....	(336)
7—9	图形显示档案设计举例.....	(340)
第八章	图形数字化仪	(361)
8—1	概述.....	(361)
8—2	图形数字化仪的特征部件及其操作.....	(364)
8—3	图形数字化仪的软件系统.....	(370)
8—4	用图形数字化输入板功能表进行交互式绘图.....	(379)
8—5	图形数字化仪的应用.....	(389)

附录一 P01程序常用指令	(391)
附录二 绘图操作参数	(392)
附录三 BASIC错误信息表	(392)

前 言

六十年代初,计算机应用于绘图及图形显示,便逐渐形成了一门新兴的学科——计算机图形学。这一学科是研究如何利用现代科学工具——电子计算机及其外部设备,以及绘图设备自动绘制各种图形和进行辅助设计。由于它具有高速度、高效率、高精度等优越性,已在机械、航空、造船、汽车、石油、地质、电子、气象、建筑、测绘及轻工等各个部门得到了广泛的应用。目前,我国一些理工科院校也正在逐步开设这一课程。普及与推广这一新兴学科,促进我国科学技术的迅速发展,已势在必行。为此,我们编写了《计算机绘图及图形显示》一书。

本书分八章,系统地介绍了计算机图形学的发展概况,计算机绘图和图形显示的基本原理,扼要地介绍了图形处理的矩阵方法和国内外有代表性的绘图及显示软件,详细地介绍了各种图形程序设计的方法和步骤。书中所选用的子程序和各种绘图程序实例,都是近几年来自行设计并在DJS—131机上验证过的。本书主要采用 BASIC 语言编程,但为了具有普适性,也适当地编入了用 FORTRAN 语言编写的部分绘图程序。最后还介绍了图形数字化仪。

本书是在1980年湖南省工程图学学会举办的“计算机绘图专修班”所用的教材和教学实践的基础上编写的。其中第一、二章由朱志仁编写,第三、五章由任正凡编写,第四章由王光忠编写,第六、七章由欧义同编写,第八章由徐树基编写。全书

由任正凡汇编。

本书的编写曾得到湖南省科协、湖南省工程图学会、中国人民解放军国防科学技术大学、中南矿冶学院、湖南大学有关同志的大力支持和帮助，特此表示感谢。

本书可作为高等院校理工科各专业的教学参考书，也可供工程技术人员、科研人员使用。

由于我们水平有限，书中难免有错误和不妥之处，欢迎读者批评指正。

作 者

一九八二年四月

第一章 概 述

1—1 计算机图学的产生与发展概况

“图”是科学技术领域里一种共同语言。在工程上用来构思、设计、指导生产、交换意见、介绍经验，在科学研究中用来处理实验数据、图示和图解各种平面及空间几何元之间的关系问题、选择最佳方案等。可以这样说，国防、工、农业生产的各行各业都离不开图。

工程图是由图画演变而产生的。人类使用图样已有悠久的历史。从现有资料来看，远在公元前四世纪，我国就有了工程图，如1977年冬在河北省平山县三汲公社西灵山下发掘出的战国时期中山王墓里，发现一块在铜板上镶有金银线条制成的附有尺寸和文字说明的古代建筑平面图。此图不仅采用了接近于现代人们所用的正投影水平剖视方法，而且还注有尺寸，选用1:500的缩小比例。这种世界罕见的古代早期图样，表明我国在两千多年以前就能绘制相当完善的工程图，而且绘图技术已达到了很高的水平。我国宋代（公元1100年）李诫（明仲）所著的《营造法式》一书，三十六卷中就有六卷是图样（包括平面图、轴测图、透视图等）。这部关于建筑标准和工程图样的辉煌巨著，是世界上第一部最早的完善的建筑工程书籍。但是，在漫长的岁月里，人们却一直使用简单的工具（如直尺、三角板、圆规等），用手工操作绘制图样。这样不仅工序繁杂、精度低、费用

大，而且绘制周期长。近代虽然在绘图工具上进行了一些改革（如专用绘图工具、各种专用模板、倍速绘图机等），对绘图起到了某些促进作用，但都没能从根本上解决存在的问题，没有脱离传统的手工操作。这种落后状态，长期地阻碍着生产和科学技术的发展。

二十世纪四十年代，世界上发明了第一台电子计算机。计算机以惊人的速度发展更新，普及应用到人类科研、生产和生活的各个领域，引起了第三次世界工业的革命。

五十年代初期，人们根据数控机床的原理，用绘图笔代替刀具而发明了第一台平板式数控绘图机，随后又发明了滚筒式数控绘图机。数控绘图机的发明不但使古老的绘图科学得到了突破性发展，而且使应用计算机进行自动绘图成为可能。

六十年代，国际上发明了阴极射线管(CRT)，这是一种用图形显示的形式将数据输入和输出的装置。这种图形显示设备的发明，使计算机自动绘图发展到一个新的阶段。

计算机辅助设计制图就是给出一些初始的数据，如零件的几何尺寸、材料型号、受力状态等，利用计算机进行自动计算、设计，通过显示器显示结果。倘若没有达到设计要求，可用光笔在显示器上对设计进行修改、论证方案，直到满足设计要求，并由绘图机将设计图绘出为止。在输入原始资料时，可能遇到数字资料（各种测量或设计数据），图形资料（各种原始图样）和图像资料（航测照片、卫星照片）。对于数字资料，可以直接输入计算机；而图形资料、图像资料则不能直接输入，必须先将其转变为数字形式，才能为计算机所接受。为此，一种将图转变为数字形式的装置（称为图数转换器或数字化器）也应运而生。

一个完整的绘图系统，应该具备由“数”变“图”和由“图”

变“数”两种功能。由于计算机、数控绘图机、光笔图形显示器、图数转换器等设备的产生和发展，图形数学处理方法的深入研究，促进了图学的发展，经历了设备研制、理论探讨、系统建立、应用研究等阶段，就逐渐形成了一门新兴的学科——计算机图学。

在计算机绘图理论研究方面，公认的第一篇论文是美国的 I. E. Sutherland 于 1963 年发表的《SKETCHPAD——一种人机对话系统》。这是一篇关于由计算机产生图形的人机对话系统的文章。接着在美国、西欧也陆续开展这方面的研究工作，但整个六十年代多处于实验室研究阶段，投入使用的系统不多，这是由于计算机硬件价格昂贵，软件的研制尚在萌芽阶段，因而限制了它的普及应用。六十年代后期 Coons 的总结性论文的披露，促进了这个学科的发展，他的理论在英国得到了迅速的反响，不久即投入了应用。进入七十年代后，随着硬件质量的提高和成本的下降，小型计算机及新型显示装置的陆续问世，促使数控绘图发展到设计制图自动化的高度，这一新的进展在许多国家活跃地开展着，从理论上到实践中都取得了不少成就。

我国研制数控绘图装置和显示设备是从六十年代末期开始的，第一台数控绘图机(LZ—5型)是1968年研制成功的。1977年又研制出第一台用小型电子计算机直接控制的平面电机型绘图机，1981年出现了PDH—120自动绘图系统，其绘图幅面为1400×1200毫米，最高绘图速度60米/分，最大加速度为1G，精度为0.01毫米，分辨率达到0.01毫米，并首次采用磁带机输出绘图信息，该机的各项技术指标达到了国外同类型的水平。目前我国已批量生产各种类型的绘图机。

我国的黑白光笔图形显示器(75—1型)在1970年研制成功，1976年又研制成彩色光笔图形显示器(75—2型)，目前已投入

生产。

电磁诱导式图形数字化装置也已研制成功并投入生产。

与此同时，绘图软件的研究也获得了巨大进展，如正负法绘图原理、双圆弧逼近绘图法的研究等等。

这些都标志着我国计算机绘图硬件生产及软件研究开发已达到了一定的水平。

我国教育部高等学校工科制图教材编审委员会于1980年制订的教学大纲中，已将计算机绘图列入必修内容。可以预料，不久的将来计算机绘图及图形显示这门新兴的学科在我国将有一个更大的发展。

1—2 计算机图学研究的对象和任务

计算机图学是应用计算机处理图形信息的一门学科，它包括图形信息的输入、输出、显示，图形的变换、增强、识别，图形与图形间的运算，以及人机交互式绘图等方面。

计算机图学主要是研究如何利用电子计算机及其外部设备（数控绘图机、光笔图形显示器、图数转换器、坐标读取装置等）高速度、高精度地自动绘制各种图样和进行辅助设计。自动绘图系统是采用数字处理和数字控制的手段来实现图形绘制的，是数控技术和计算技术的综合应用。从自动绘图系统来讲，可分为硬件与软件两大部分。数控绘图机、光笔图形显示器、图数转换器等有关电子装置称为硬件，而产生图形的数学处理方法、程序系统称为软件。一个完整的自动绘图系统，必须软硬兼顾，既要有性能良好的硬设备，又要有能充分发挥硬件功能的软设备。

数控绘制平面图形的原理是根据笛卡尔的理论，用数学方

法处理后，建立某种能产生图形的数学模型，编制绘图程序，输入计算机，通过运算再输出信息，控制数控绘图机绘出图形。由此可见，绘制图形的问题，归根结底是一个数学问题，而且是偏重于绘图方面的应用数学。研究如何将具有三个向度的物体图示到具有两个向度的平面上和如何在平面上解决空间几何问题；运用代数方法来研究几何问题，建立形与数的对应关系，把形与数统一起来，这些就称为图形处理的数学方法（或绘图数学）。图形处理时所用的解析几何以及矩阵、计算几何、图论等数学都是研究计算机绘图软件的基础，因此学习计算机图学的任务之一是要学习绘图数学。绘图数学的任务是：

(1) 研究产生各种基本曲线的数学方法。

(2) 研究用若干较易产生的基本曲线去光滑地连接各种离散点的方法。

(3) 研究用若干较易产生的基本曲线去逼近任意平面曲线的方法。

(4) 研究立体图形的平面表示方法。

(5) 研究高次离散点产生等高线、等值线的方法。

图形经过数学处理之后，可编成绘图程序，要使这种程序为计算机所接受，就必须按计算机所配置的语言来编制。学习计算机图学的任务之二是要掌握这种语言，且能用这种语言编制各种绘图程序。

1—3 计算机图学在科研、生产中的应用

计算机制图 (Computer Graphics 简称CG) 是利用计算机确定、贮存、操纵、询问并产生图形信息，由数控绘图机绘出图形。目前已广泛地用它来绘制出精度很高的理论模线、结构

模型；在机械设计中，绘制零件图和轴测图；在建筑设计中，绘制施工图、结构图和透视图；在地形测量、化学、物理、力学等方面绘制地形图，等强度线图；在电子学方面绘制集成电路图；在气象、海洋方面绘制天气图、潮流、潮汐图；在经济、统计方面绘制各种统计图表等。

人机对话式绘图 (*Interactive Graphics* 简称IG)，主要是将图形显示装置（阴极射线管，简称CRT）与电子计算机连接，使所绘的图形于绘制之前在荧光屏上先显示出来，设计人员利用光笔、键盘和计算机的有关功能去修改设计方案，直到设计者感到满意为止，最后可由绘图机绘出设计图样。这种人机对话的方法又称为交互式计算机制图。

计算机辅助设计 (*Computer Aided Design* 简称CAD)，就是采用数据库、应用程序的系统化和联合使用。采用面向问题的语言，利用实时输入输出——光笔图形显示器、多功能精密绘图机等完成整个设计工作，设计完毕可立即生产出需要的图纸及一系列有关的资料。目前，在机械设计中，已应用于设计和绘制齿轮、花键、螺栓和阶梯轴等；在建筑设计中，已应用于设计平面图和梁、柱、桁架等结构；在轻工业设计中已应用于花布、服装设计等。

计算机辅助制造 (*Computer Aided Manufacturing* 简称CAM)，是在计算机辅助设计之后，再通过计算机程序系统在数控机床直接进行加工。例如在造船、汽车、飞机等工业上可以先利用计算机辅助设计绘出曲面的展开图，再控制数控线切割机进行切割。

这里所举出的，不过是计算机图学在科研和生产中最早和最基本的几项应用。计算机图学是一门新兴的尚需不断完善发展的学科。随着人类科学技术的不断发展，可以预料，计算机

图学将臻于完善并被广泛地运用到科学研究、工程设计、生产实践的各个领域之中，成为人类征服自然、探索未来，解放自己的有力工具。

第二章 自动绘图系统

2—1 数 控 绘 图 机

数控绘图机是一种机电设备，它是由电子计算机控制自动完成各种绘图动作的工具。根据描绘幅面大小、结构形式和控制方式的不同，可以分为以下几种类型：

一、按绘图机描绘幅面大小分类

大型绘图机

例如上海自动化仪表二厂生产的HA72GJ大型数控绘图机；它的描绘幅面为1800mm×5400mm，配有小型通用计算机和专用插补机，具有直线、圆弧、抛物线插补功能，附有坐标读取装置，既可绘制各种精密图形，又可对图形进行数字化处理，是较完善的自动绘图系统。

中型绘图机

例如上海自动化仪表二厂生产的中型绘图机，描绘幅面为1600mm×1200mm，是由小型计算机直接控制驱动的数字式绘图机。

小型绘图机

例如上海电工仪器研究所生产的LZ—10和LZ—12两种型号，它们的描绘幅面分别为340mm×500mm和550mm×800mm。