



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



计算机辅助矿井地质制图

Computer Assisted Cartography in Mine Geology

王正荣 编著

煤炭工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

计算机辅助矿井地质制图

Computer Assisted Cartography in Mine Geology

王正荣 编著

煤炭工业出版社

• 北 京 •

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助矿井地质制图/王正荣编著. —北京:煤炭工业出版社, 2007.8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5020-3108-4

I. 计… II. 王… III. 矿井-地质图-计算机制图-高等学校-教材 IV. TD163-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第084040号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居35号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm×1092mm^{1/16} 印张 21 1/2 插页 1
字数 503 千字 印数 1—3,000
2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷
社内编号 5909 定价 45.00 元
(附实训指导书及光盘)

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

内 容 提 要

本书根据煤矿生产实际,针对高职高专特点,注重应用,具有较强的可操作性,突出了应用型人才培养特色。本书系统地介绍了计算机辅助制图、计算机图形学、矿井地质制图技术与原图数字化方法等基础知识和基本技能;其中重点讲述了使用 Auto CAD 2002 和 CitoDM(数字矿山成图系统)绘制各种矿井地质图件的基本方法与技巧,同时介绍了地理信息系统(GIS)、数字矿山(DM)的基本原理与应用等较新理论和方法及 RGIS(龙软地测空间管理信息系统)、DMP2006(蓝光地测地理信息系统)等煤炭行业 GIS 软件的操作与使用,力求反映煤炭行业科研与生产最新的发展趋势。

为方便教学,本书提供了随书配套光盘,主要内容为实训练习相关资料、各系统软件功能模块操作演示、有关软件的学习版及说明文档。

前 言

矿井地质图是反映矿井特征的综合性地质图件，它表现了井田范围内煤层的赋存状态、构造特征、开采技术条件及其变化规律，以及它们与井巷工程之间的相互关系等，它是煤矿建设、设计和生产必备的重要基础技术资料。从建井开始到开拓、掘进、回采各生产阶段、各工作环节都离不开矿井地质图，编制符合生产需要的矿井地质图件是矿井地质工作一项经常性的重要任务。

矿井地质图是矿井地质工作者为矿山生产提供的一项十分重要的常规性地质成果，或者说是地质分析成果的一种图形表示，图形类型众多。如此众多的专业性很强的图件，长期以来都是手工绘制，手工编制矿井地质图是地质技术人员颇感头疼和很费时间的工作。事实上，所有地质图件都可以用计算机来绘制，我们完全可以用 AutoCAD 等流行的通用工程制图软件绘制出构造十分复杂的矿井地质图。

使用 AutoCAD 进行矿井地质制图，一般还仅限于它自身的各种绘图功能，即利用 AutoCAD 提供的绘图环境和图形绘制及编辑工具，使用鼠标在屏幕上绘制各种图件；即便如此，AutoCAD 也给矿井地质制图带来了巨大的方便，我们可以借助 AutoCAD 强大的图形绘制、编辑、修改等功能，绘制出精度、工艺质量符合要求的矿井地质图。当然，AutoCAD 地质制图也存在着一定的缺点，主要表现为不能自动生成有关图形，在自动处理地测图形方面自动化程度太低，即便进行 AutoCAD 二次开发，仍然是功能有限，不能很好地处理属性信息和图形间的拓扑关系，为矿山日常信息的查询和处理带来了很大的不便。

近几年来，随着信息化建设步伐的日趋加快，为克服 AutoCAD 地质制图的弊端，有关科研和生产单位在充分分析国内外矿山计算机应用现状的基础上，吸取最新的地理信息系统(GIS)、计算几何、矿山各领域专题研究的理论和方法，在 Windows 环境下，利用面向对象的编程技术(Visual C++)，研制开发了一些较为成熟的地测制图软件，如地测管理信息系统等，实现由原始的基础数据(如钻孔数据、导线点数据等)自动生成并动态修改矿山各类地测图件(如地质勘探线剖面图、采掘工程平面图、底板等高线及储量计算图、工作面地质说明书、任意剖面的切割等)。

高等职业教育矿山地质专业是以培养学生从事矿山地质工作所必需的专业知识和操作技能,以能快速顶岗作业,独立从事专业技术工作,指导生产实践为目的。基础理论以应用为目的,以必需、够用为度,以掌握概念、强化应用为重点,专业知识强调针对性和实用性。

因此,高职高专矿山地质专业学生学习计算机地质制图的目的不是去开发软件,而是熟练地操作使用软件,能快速顶岗作业。故本书根据目前各煤矿机助地质制图现状,除主要介绍利用 Auto CAD 绘制各种地质图件的基本方法与技巧外,还介绍了数字矿山成图系统(Cito DM)、地测空间管理信息系统(RGIS)、地测地理信息系统(DMP2006)等行业 GIS 软件的操作与使用。当然,各地各煤矿使用的软件各异,各学校也不可能配备全部软件,教学中可根据各地实际情况,有针对性地进行选择使用;也可以和软件开发厂商进行合作,采取共建机助制图实验室等方式获取软件。此外,本书对机助地质制图、计算机图形学、矿井地质制图技术及数字化方法等基础知识和基本理论,数字矿山(DM)、地理信息系统(GIS)基本原理与应用等较新理论和方法也进行了介绍,力求反映本行业科研与生产之最新发展趋势。

全书共八章,主要内容包括计算机辅助制图概论、Auto CAD 基础知识、原图数字化、Auto CAD 矿井地质制图、Cito DM 数字矿山成图系统、地理信息系统与数字矿山概论、龙软地测空间管理信息系统、蓝光地测地理信息系统等。

本书可供煤炭类高职高专矿山地质专业使用,也可供煤矿地测制图技术培训及其他相关专业选用。为方便教学,配合各章内容,还编制了与本书配套的计算机辅助矿井地质制图实训(上机)指导书,并随书提供了计算机地质制图相关资源光盘。

本书由云南能源职业技术学院资源与环境工程系王正荣编著。在编著过程中除参考了部分本、专科教材和相关研究成果及网上资料外,还引用了部分原书内容。在此,本书编者对被参考、引用的有关书籍的广大作者表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促,加之编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2007 年 3 月

目 录

1	计算机辅助制图概论	1
1.1	机助地质制图概述	1
1.2	计算机图形学基础	5
1.3	机助制图系统的组成	16
2	Auto CAD 基础	22
2.1	Auto CAD 基础知识	22
2.2	Auto CAD 高级编辑与技巧	31
2.3	块操作	35
2.4	图层与线型	40
3	原图数字化	47
3.1	概述	47
3.2	手扶跟踪数字化	48
3.3	扫描屏幕数字化	55
4	Auto CAD 矿井地质制图	68
4.1	概述	68
4.2	Auto CAD 矿井地质制图基本技巧	68
4.3	Auto CAD 矿井地质制图方法	83
5	Cito DM 数字矿山成图系统	110
5.1	概述	110
5.2	Cito DM 系统安装及配置	110
5.3	Cito DM 地质数据库系统	112
5.4	Cito DM 的绘图环境	113
5.5	矿山地测绘图	116
6	地理信息系统与数字矿山概论	140
6.1	地理信息系统	140
6.2	MAPGIS7.0 地理信息系统简介	155
6.3	数字矿山	161

7 蓝光地测地理信息系统	163
7.1 概述	163
7.2 基本设置	165
7.3 专业设置	169
7.4 基本图形的绘制与编辑	169
7.5 数据库	173
7.6 钻孔数据处理	177
7.7 剖面图及井巷地质素描图的绘制	180
7.8 等高线图绘制	184
7.9 柱状图绘制	187
7.10 断层信息处理	190
7.11 图形处理	194
7.12 三维建模	197
8 龙软地测空间管理信息系统	203
8.1 LRGIS 3.0 基本绘图与编辑	203
8.2 原图矢量化	206
8.3 地质数据库操作	209
8.4 巷道平面图(测量图形)绘制	213
8.5 地质剖面图绘制	214
8.6 底板等高线图绘制	217
8.7 柱状图绘制	221
8.8 素描图绘制	225
8.9 图例库操作	228
参考文献	232

1 计算机辅助制图概论

1.1 机助地质制图概述

近年来,随着微型计算机的迅速普及,计算机制图已从实验阶段进入实际应用阶段。数量众多的由微型计算机支持的制图系统相继建立,大量优秀的绘图软件得以广泛普及并成功应用,由于在地质学领域中应用了计算机,地质学已经逐渐发展到定量阶段,利用计算机的制图功能,可以将地质成果自动、迅速、准确地用图形显示出来。用图形来表示地质研究成果是地质工作的传统和主要手段,利用计算机辅助地质制图能减轻地质工作者的负担,让他(她)们把更多的精力集中于地质分析和研究工作中。

计算机辅助地质制图涉及到许多方面的知识,如图形学基础、数学基础、程序设计方法及计算机科学等。

1.1.1 机助地质制图的概念及特点

1) 机助地质制图的概念

机助制图是计算机辅助制图(Computer-Assisted Cartography)的简称。计算机地质制图是以传统的地质制图原理为基础,利用电子计算机及其连接的输入、输出设备作为主要工具,采用数据库技术和图形数字处理方法,实现地质图信息的获取、变换、传输、识别、存贮、处理、显示和绘图输出。

机助地质制图首先是由机助地图制图开始的,地质图实际上是地图中的一种专题图,因此机助地质制图和机助地图制图并未严格区分开来,而是统称为机助地图制图。机助地图制图又称地图制图自动化或计算机地图制图,它是一门正在迅速发展的应用技术学科。

计算机对数字形式的图形信息进行处理,然后将加工处理后的数据信息通过绘图仪以图形形式输出,这就是计算机辅助制图的基本原理。在机助制图过程中,由于计算机具有高速运算、巨大存储、智能模拟等功能,因此能代替大量手工劳动,大大加快了成图速度。

机助制图是在以电子计算机为主的软、硬件设备的支承下运行的一套有机系统,机助制图系统主要包括硬件和软件两部分。

(1) 硬件系统 包括电子计算机、数字化仪、扫描仪、图形显示及编辑系统和以绘图仪为主的图形输出设备。

(2) 软件系统 软件系统是用计算机程序和语言编写的各种制图程序的总称,包括计算机系统本身应具有的系统软件和各种制图应用软件。

2) 机助地质制图的特点

机助地质制图首先是由机助地图制图开始的,从20世纪50年代开始,电子计算机技术引入地图学领域,经过理论探讨、应用试验、设备研制和软件发展,已形成地图学中一门新的制作地图的应用技术分支学科,即计算机地图制图学。

计算机地图制图是根据地图原理,以电子计算机的软、硬件为工具,应用数学逻辑方法,研究地图空间信息的获取、变换、存贮、处理、识别、分析和图形输出的理论方法和

技术工艺,模拟传统的制图方法,进行地图的设计和编绘。

利用计算机制作地质图是几十年来地质学家追求的目标。在 20 世纪 80 年代初,国际地图制图协会 ICA 举办了多次机助制图培训班,机助制图技术开始在我国起步,并很快取得了一些成果。经过近 30 年的发展,我国有了一些比较成熟的计算机辅助制图软件,如中国地质大学研制的 MapCAD,在地矿部门得到了广泛应用。

最初的计算机制图系统的输出方式是用矢量绘图机进行笔绘或刻绘,有的系统还采用了光刻技术,以后又逐渐采用了针式打印机、静电绘图机、喷墨绘图仪等设备。

从目前来看,国内外实现计算机制图的途径主要有以下 3 种:

(1)专用的制图系统 具代表性的有国内的 MapCAD。

(2)计算机辅助设计(CAD)系统 主要有 Autodesk 公司的 Auto CAD,它们主要的功能是计算机辅助设计,由于这类软件对自由图形的描述功能和对色彩的支持较差,不适于制作小比例尺图,输出方式一般采用矢量绘图仪笔绘、刻绘或喷墨绘图仪打印输出。

(3)GIS 软件 一些功能强大的 GIS 软件带有绘图软件模块,如 ARC/INFO 的 ARCPLOT,具有较强的制图功能。

虽然机助制图仅仅是 GIS 系统的一个部分,但行业 GIS 的开发利用是地质制图的发展方向,因为 GIS 系统是以地学机理与规律剖析为基础的,在硬件、软件系统的支持下,分析空间图形的拓朴与属性,进行信息复合分析、建模、处理与制图,这种运用计算机进行地学分析的创新之路,对全局与动态问题分析,具有明显的优越性。

计算机地质制图是一门与计算机科学密切相关的现代技术科学,当今信息时代对地质图管理和应用的要求促使计算机地质制图迅速发展。

计算机地质制图与传统地质制图相比,有着无可比拟的优势,具体体现在:

(1)数字地质图可以方便地应用于计算机读取、分析、管理和输入地形信息的各个领域(如 GIS)中的信息获取和输出。

(2)数字地质图易于校正、编辑、更新和复制,并可方便地根据用户要求进行改编,计算机可仅取出和制作用户所需要的内容和比例尺,增强了地质图的适应性、实用性和用户的广泛性。

(3)数字地质图存储方便,并保证了储存的不变形性,提高了地质图的使用精度。

(4)数字地质图的容量大,它只受计算机存储器的限制,因此可以包含比一般模拟地质图多得多的信息。

(5)增加了地质图的品种,拓宽了服务的范围,比如用电子计算机处理地质图信息,可制作用常规方法难以实现的三维立体图、视觉立体图、切面图等。

(6)传统地质制图主要是以手工完成,手工制图的质量高低,很大程度上取决于作业者的技术水平。用计算机绘图不仅减轻了作业人员的劳动强度,而且也减少了制图过程中人的主观随意性所引起的偏差。

(7)加快了成图速度,缩短了成图周期,改进了制图工艺。

(8)便于远程传输。数字地质图信息,能作远距离的传输和处理。

计算机地质制图的目标是集地质图生产与管理于一体,往地理信息系统方向发展,为管理、规划、决策等部门提供更准确、更全面的信息。计算机地质制图是资源地理信息系统发展的起点,而地理信息系统又是以应用为目的的信息产业。目前,GIS 的应用已遍及城市规

划、资源清查、灾害监测、地籍管理、宏观决策、经济咨询、投资评价、军事等众多领域。

1.1.2 机助地质制图的基本过程

计算机地质制图的过程与使用的硬件和软件、数据源以及图形输出的目的、要求有关;但不论制作什么类型的地质图,只要是使用计算机进行地质制图,就必然包括数据准备、数据处理和图形输出三个基本阶段。

1) 数据准备阶段

这一阶段与常规的手工地质制图有相似之处。如根据编图要求搜集和分析整理野外、井下资料,规定投影方式和比例尺,确定图形内容和表示方法等。此外,由于机助制图本身的特点而有一系列特殊要求,如确定原图资料的数字化方法,进行数字化前的准备工作,包括将原图资料复制在变形小的材料上制成数字化底图,标绘数字化的内容,确定数字化的控制点,设计图形内容的数字编码系统,研究数据处理和图形绘制的程序设计和自动绘图工艺等。

图形数字化是实现从图形或图像到数字的转化过程,图形数字化的目的是提供便于计算机存储、识别和处理的数据文件,其数据的表示方式有用跟踪数字化方法所采集的矢量方式和用扫描数字化方法采集的栅格方式两种。

在对图形内容各要素进行数字化的同时,为便于计算机识别、检索、处理,必须对不同要素的符号加以编码。因此在数字化前,必须首先根据原图内容建立不同制图目标的特征编码表。通常地物特征码同地物的平面直角坐标一起存储。

由于计算机自动制图系统的功能和编图资料的差异,编辑准备工作也不尽一致。

2) 数据处理阶段

此阶段是指从获取图形数据之后到图形输出之前的阶段,即将数字文件变成绘图文件的整个加工过程。

机助制图数据的处理内容和处理方法,因制图种类、要求和数据的组织形式、设备特性及使用软件等不同而不同。

数据处理的主要内容包括对数据的预处理(即对数字化后的数据进行检查、纠正,统一坐标原点,进行比例尺转换、不同资料的归类合并等,使其规格化,并重新生成“净化”文件)和为了实现图形输出而进行的计算机处理(包括图形数学基础的建立、不同投影转换、数据的选取和概括、各种符号的绘制、注记等)两个方面。

3) 图形输出与保存阶段

此阶段是指将计算机处理后的数据转换成图形形式的过程。图形的输出方式,可以根据数据的不同来源、格式,不同的图形特点和使用要求,分别采用矢量绘图机绘图、栅格绘图机绘图、高分辨率的大屏幕显示或照相复制、计算机输出缩微胶片等形式,最后将图形以文件方式存盘。

1.1.3 机助地质制图的发展趋势

目前计算机地质制图的发展趋势主要表现在以下几个方面:

(1)多种数据采集手段一体化 目前,我国的计算机地质制图系统大多以野外、井下实测数据作为信息源,一般都很少包含属性数据。今后应着力发展其他数据采集手段,如室内数字化、航片采集、遥感影像、一般照片的数据获取等方面。采集获取的信息应包括矢量、栅格的图形、图像数据和非空间属性数据。

(2)数据标准化 以往在研发计算机地质制图系统时比较注重实用性,而对标准化问题

研究得比较少,这样就造成了数据共享与交流的困难,影响了计算机地质制图的进一步发展。数据标准化的研究包括数据采集编码的标准化、数据格式转换的标准化、数据分类的标准化等。实现数据的标准化是系统普及应用的必要条件。

(3) 向集成化的地理信息系统发展 在当前的计算机地质制图系统中引入数据库管理系统,建立空间数据和属性数据之间的联系,并实现其共同管理与相互查询。

1.1.4 机助地质制图的基本原理

计算机技术之所以能够应用于地质制图,是因为地质图本身是按照一定的数学法则,经过概括且应用特有的符号系统将地质现象及地质构造显示在平面图纸上的一种“图形-数学模型”;同时地质现象与地质构造是遵循一定的地质规律的。地质图上所有的要素在由空间转绘到平面上之后,仍然保持着精确的地理位置和平面位置;而且图面上的所有呈点、线、面分布状态的要素,都可以理解为是点的集合。既然地质图组成要素的基本单位是点,因此可以把地质图上所有要素都转换成点的坐标(x, y, z),这样就实现了地质图内容的数字化。计算机对数字形式的地质图图形信息进行处理,然后将加工处理后的数据信息通过绘图仪以地质图图形形式输出,就是计算机制图的全过程。在这过程中,由于计算机具有高速运算、巨大存储、智能模拟等功能,因此能代替大量手工劳动,大大加快了成图速度,使地质制图自动化。

目前的机助地质制图尚有许多不完善之处,主要受地质现象和地质构造的复杂性、用户的地质知识及专业经验、制图软件的先进性和处理能力的影响,所以暂时还不能完全代替手工制图。

1.1.5 机助地质制图的技术基础

1) 地质学及地质制图学

地质学是研究地球的物质组成情况、内部构造、外部特征、各层圈之间的相互作用和演变历史的学科。地质制图学是研究地质制图的基本理论、方法和技术的学科。地质学及地质制图学的基本理论与方法是计算机辅助地质制图的主要技术基础。

2) 计算机图形学

计算机图形学是研究如何应用计算机生成、处理和显示图形的一门学科。其主要研究任务是:

- (1) 图形的数学处理方法。
- (2) 图形输入的数据结构和方法。
- (3) 研究编制图形的显示与绘制程序的方法。
- (4) 研究交互式绘图的有关问题。
- (5) 解决在实际应用中出现的一些图形处理问题。

3) 数据库技术

数据库中的数据,不仅包括反映事物数量的数值,还包括各种非数值的信息,如文字材料、图形图像、声音等。

在许多应用场合,所使用的数据均有数据量大、需要长期保存、反复使用、要被多个不同的用户共用等特点。为了适应这些特点,数据必须集中起来以一定的组织方式存放在计算机的外存储器中,从而能以最佳方式、最少的重复,为多种应用服务。按以上方式组织起来的数据就是数据库。数据库和数据管理系统合起来,称为数据库系统。

4) 数字图像处理

数字图像是以栅格阵列的像元数值来记录图像的。数字图像处理技术包括对图像进行抽象、表示、变换等基础方法,图像处理的有效方法还有图像增强与恢复、图像分割、图像匹配与识别、图像信息的压缩与编码、图像的二维与三维重建等。

5) 多媒体技术

多媒体技术是 20 世纪 90 年代以来随着信息技术的发展而形成的一个领域。狭义的多媒体指的是文本、图像、图形动画、声音等多种可供传递的形式载体。多媒体的出现拓宽了计算机处理信息的范围,提高了计算机处理信息的深度。

1.2 计算机图形学基础

1.2.1 计算机图形学的概念

计算机图形学(Computer Graphics)是研究怎样用数字计算机生成、处理和显示图形的一门学科,由几何数据和几何模型利用计算机进行显示、存储,并可以进行修改和完善。

图形的具体应用范围很广,但是从基本的处理技术看只有两类,一类是线条,如工程图、地图、地质图、曲线图表等;另一类是明暗图,与照片相似。为了生成图形,首先要有原始数据或数学模型,如工程人员构思的草图、地形航测的判读数据、飞机的总体方案模型、企业经营的月统计资料等。这些数据的输入经过计算机处理后变成图形输出。

计算机图形学中的图象处理、模式识别、计算几何等几个基本概念是我们应该了解的。

(1) 图象处理 将客观世界中原来存在的物体影象处理成新的数字化图象的相关技术;如地质图矢量化、CT 扫描等。

(2) 模式识别 对所输入的图象进行分析和识别,找出其中蕴涵的内在联系或抽象模型;如邮政分检设备、地形地貌识别等。

(3) 计算几何 研究几何模型和数据处理的学科,讨论几何形体的计算机表示、分析和综合,研究如何方便灵活、有效地建立几何形体的数学模型以及在计算机中更好地存储和管理这些模型数据。

1.2.2 计算机图形学的发展

计算机图形学的研究起源于麻省理工学院。从 20 世纪 50 年代初到 60 年代中,麻省理工学院积极从事现代计算机辅助设计、制造技术的开拓性研究。1952 年在它的实验室里诞生了世界上第一台数控铣床的原型,1957 年美国空军将第一批三坐标数控铣床装备了飞机工厂,大型精密数控绘图机也同时诞生。接着麻省理工学院发展了 APT 数控加工自动编程语言,这是目前国际上最通用的加工编程工具。1964 年孔斯(Steve Coons)提出了用小块曲面片组合表示自由型曲面,使曲面片边界上达到任意高次连续阶的理论方法,此方法得到工业界和学术界的极大推崇,称之为孔斯曲面。孔斯和法国雷诺汽车公司的贝齐埃(Pierre Bezier)并列被称为现代计算机辅助几何设计技术的奠基人。

1962 年第一台光笔交互式图形显示器在麻省理工学院林肯实验室研制成功,这是 Lvan Sutherland 以博士论文形式完成的研究课题。在美国工业界,研制交互图形显示器的工作也在平行开展,其中最重要的是 IBM 公司,于 1964 年秋推出了自己的设计方案。以后经过改进,成为 IBM2250 显示器,这是 IBM 正式提供给工业界使用的第一代刷新式随机扫描图形终端。它使用光笔作为交互输入手段,并且配有 32 个功能键以便调用程序中的相应功

能模块。洛克希德飞机公司利用 IBM2250 开发的 CADAM 绘图加工系统,成为目前 IBM 主机上应用最广的 CAD/CAM 软件。

IBM 2250 在 1978 年前后改型为 IBM3250,但在原理上并无明显变化。1984 年又改型为 IBM 5080,采用光栅扫描技术,带彩色,有局部处理能力,并可以用旋钮直接放大、平移、旋转画面。光笔也改为电笔,与输入板配合使用,并操纵屏幕上的光标。

20 世纪 60 年代末、70 年代初,美国 Tektronix 公司发展了存储管技术,显示器型号先后有 4006, 4010, 4012 等。Tektronix 4014 曾经是 70 年代末 CAD 和工程分析中应用最广的图形终端。它的屏面尺寸是 19 英寸,画面线条清晰,分辨率可以达到 4096×3072 ,价格不到刷新式同类显示器的一半。一次输入显示命令后画面可以保留一小时,复杂的画面不会象刷新式显示器那样出现闪烁;但它的缺点是不能局部动态修改显示画面。

光栅扫描型显示器采用与电视机类似的工作原理,最初主要用作图象处理。屏面象素的分辨率不很高,大多用 512×512 ,但是色彩层次十分丰富,可以达 24 个二进制位,即红绿蓝三原色各占 8 位,各有 256 种层次,最终组合成 224 种色彩或灰度等级。当分辨率低时,这类显示器显示线条的效果不很好,有明显的锯齿形,而且要作向量到点阵的相互转换,交互响应速度受到一定影响。图形显示缓冲器占用的存储量大。到了 80 年代初,个人计算机如 Apple、IBM-PC 以及 Apollo、SUN 等工程工作站问世,并迅速得到广大用户的欢迎,销售量激增。在这些设计中,主机和图形显示器融为一体,都用光栅扫描型显示,并可以同时生成高质量的线型图和逼真的彩色明暗图。由于大规模集成电路技术的发展和专用图形处理芯片的出现,使得光栅扫描型显示器的质量越来越好,价格越来越低,现已成为图形显示器的常规形式。在工程设计中,联网的分布式工作站的应用也正在逐渐取代分时形式的大型主机连接几十个图形终端的结构。

在图形显示技术发展的里程碑中,需要提及两家公司的产品,这就是 Evans & Sutherland 公司的 PS300 型和 Silicon Graphics 的 IRIS 型。它们采用了新的体系结构来提高图形的处理速度,在某种程度上达到了实时的要求。

1.2.3 计算机图形学的应用

随着计算机图形学不断发展,它的应用范围也日趋广泛。目前计算机图形学应用领域主要有:

(1) 用户接口 图形比文字、报表更直观、逼真。所谓“一目了然”、“耳闻不如目睹”,都是说明形象观察的优越性和必要性。Macintosh 微机首先在商品化产品上用形象的图形表示操作命令,使得学龄前儿童也会用计算机画图 and 算数,打破了操作计算机的神秘感。图、文两种形式相结合大大改善了计算机交互操作用户界面,开辟了计算机应用的新领域。

(2) 计算机辅助设计与制造(CAD/CAM) 这是计算机图形学在工业界应用的最重要领域。目前,交互图形工作站在机械、电子、建筑、地质测量、采矿等行业中正在迅速取代绘图板加丁字尺的传统设计方法,担负起繁重的日常出图任务以及总体方案的优化和细节设计工作。

(3) 地形地貌和自然资源图 我国正在筹建国土基础信息系统,此系统是国家经济信息系统的一个组成部分。将过去分散的表册、照片、图纸等资料整理成统一的数据库,记录全国的大地和重力测量数据、高山和平原地形、河流和湖泊水系、道路桥梁、城镇乡村、农田林地植被、国界和地区界以及地名等。利用这些存储的信息不仅可以绘制平面地图,

而且可以生成三维的地形地貌图,为高层次的国土整治预测和决策,综合治理和资源开发研究提供科学依据。

(4) 模拟系统 实时模拟是由计算机产生表现真实图像和模拟对象随时间变化的行为和动作,实时模拟图像正在被广泛地用于航天、航空飞行、汽车的驾驶和试验等工作。计算机图形学在作战指挥自动化中占有重要的地位。美国早期的 SAGE 战术防空计划直接推动了现代的光笔图形显示器的研制。现代战争是多单位、多兵种的协同作战,战役指挥员和统帅部都必须及时了解各单位的态势情况。过去单靠电话和地图指挥作战的方式正在发展为利用计算机网络和图形显示设备直接传输态势变化和下达作战部署。此外,计算机图形系统在陆军和海军的战役和战术对抗训练中也正在发挥巨大的作用。这类作战模拟系统使用联机的三台图形工作站,分别供红军、蓝军和导演使用。每个工作站配置显示作战态势的图形终端,显示战斗损耗的字符终端以及交互输入手段。计算机内存储作战区域的地图、各种军标符号和模拟战斗效果的各种算法。整个演习由导演台指挥,分别向红军和蓝军布置作战任务和组织讲评。空军飞行员的空战模拟器对于图形显示器的硬件结构和软件算法提出了最苛刻的要求。

(5) 计算机动画艺术 计算机动画已经成为计算机图形学的一个分支,并进入了实用阶段。用计算机构造人体模型,有着非常广阔的应用前景。人机工程中需要考察人和机器以及周围环境的关系;工业设计中要使用的造型适应人的生理、心理特征;服装设计中要将人体作为效果分析的对象;舞蹈工作者希望能有方便的编写舞谱和形象表达舞蹈动作细节的工具……。针对应用场合的不同,人体模型的构造方法不同,一般应用最多的是多面体模型,最复杂的是曲面模型,模型的活动关节数也取决于应用需要。例如为了设计战斗机驾驶舱,需要计算飞行员的视景角度,用人体模型检查身体各部分的允许活动范围,考察各种手柄、开关能否操纵自如。这时使用的人体模型应该详细到包含手掌和手指。

(6) 分析计算中的应用 既有二维的曲线图表和三维模型,还可以利用彩色生成高维的几何表示。随着计算机硬件的不断更新以及各种图形软件的不推出,计算机图形学的应用前景将会更加引人入胜。

(7) 计算机辅助教育 计算机辅助教育(CAI),就是利用计算机图形学产生各种图像、图表、实验器具和实验内容等,使教学过程更形象、更直观、更生动,能提高学生的兴趣和教学效果。

1.2.4 计算机图形标准

由于计算机图形软件技术的发展,对图形系统之间的数据交换和接口提出了越来越高的要求,图形软件系统功能的标准化问题被提了出来。1974年,美国国家标准化局(ANSI)在ACM SIGGRAPH的一个与“与机器无关的图形技术”的工作会议上,提出了制定有关标准的基本规则,此后ACM专门成立了一个图形标准化委员会,开始制定有关标准。

该委员会于1977、1979年先后制定和修改了“核心图形系统”CGS(Core Graphics System)。ISO随后又发布了计算机图形接口CGI(Computer Graphics Interface)、计算机图形元文件标准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图形标准PHIGS(Programmer's Hierarchical Interactive Graphics Standard)等。1983年,美国国家标准局发布了初始图形交换规范IGES(Initial Graphics Exchange Specification)。1992年,美国SGI(Silicon Graphics, Inc.)推

出了 OpenGL,这是目前在工作站和 PC 上都被广泛应用的一个图形应用编程接口(API)。这些标准的制定,使图形应用系统与计算机硬件无关,提高了程序的可移植性,为计算机图形学的推广、应用、资源信息共享,起到了极其重要的作用。

(1)GKS GKS(Graphics Kernel System)提供了在应用程序和图形输入输出设备之间的功能接口,定义了一个独立于语言的图形核心系统,在具体应用中,必须符合所使用语言的约定方式,把 GKS 嵌入到相应的语言之中。对于应用程序员来说,通常使用面向应用层、依赖语言的接口层以及操作系统等资源。为了使图形应用程序获得更高的可移植性,GKS 的体系结构具有可更换设备驱动程序的元文件等特点。其中图形资源都必须由 GKS 控制,应用程序不得旁路 GKS 而直接使用图形资源。

GKS 在应用程序和图形输入输出设备之间提供了功能接口,它包括一系列交互和非交互式图形设备的全部图形处理功能,大致分为以下 10 类。

- ①控制功能。执行打开、关闭 GKS 及使工作站进入或退出活动状态和删除工作站等。
- ②输出功能。确定输出图形类型。
- ③输出属性。图素的各种属性以及各种图素在工作站上的表现方式。
- ④变换功能。实现规格化变换和工作站变换。
- ⑤图段功能。对图形进行生成、删除、复制以及实现图段属性控制。
- ⑥输入功能。对各种输入设备初始化,设备工作方式、确定请求、采样和事件输入。
- ⑦询问功能。查询 GKS 描述表、状态表、出错表、工作站描述表、图素表等,查询 GKS 状态值、级别、工作站类型、状态以及描述表、图段状态等内容。
- ⑧实用程序 实现 GKS 的几何变换等。
- ⑨元文件处理。
- ⑩出错处理。

GKS 作为一个二维图形的功能描述,它独立于图形设备和各种高级语言,定义了用高级语言编写应用程序与图形程序包的接口。在任何配有 GKS 的图形软件中,只要有一个上述功能子程序作为应用程序的接口,用户就可以根据自己的需要,在应用程序中调用 GKS 的各种功能,这样编制出来的应用程序可方便地在具有 GKS 的不同图形系统之间移植。

(2)PHIGS PHIGS(Programmer's Hierarchical Interactive Graphics Standard)是 ISO 1986 年公布的计算机图形系统标准,标准号是 ISO IS 9592。

从其名称上看,包含以下三个含义:

- ①向应用程序员提供控制图形设备的图形系统接口。
- ②图形数据按层次结构组织,使多层次的应用模型能方便地应用 PHIGS 进行描述。
- ③提供了动态修改和绘制显示图形数据的手段。

PHIGS 是为具有高度动态性、交互性的三维图形应用而设计的图形软件工具库,其最主要的特点是能够在系统中高效率地描述应用模型,迅速修改图表模型的数据,并能绘制显示修改后的图形模型,它也在程序与图形设备之间提供了一种功能接口。在图形数据组织上,它建立了独立于工作站的中心结构存储区与图形档案管理文件;在图形操作上,它建立了适应网状的图形结构模式的各种操作。

PHIGS 由 328 个用户功能子程序构成,按其内容可分为控制、输出图元、设置属性、结构、变换、结构管理与显示、档案管理、输入、图形元文件、查询、错误控制及特殊接

口功能模块等。各模块相对独立,一个模块仅通过系统的公共数据结构与其他模块间相连。各模块调用的公共子程序集中在一个公共子程序模块中,从而整个系统的逻辑结构清晰,且没有重复的程序功能,从而逐个模块地进行程序开发,并可利用已经测试通过的程序模块对正在开发的程序模块进行验证,也为整个 PHIGS 的开发提供了方便。

(3)GL GL(Graphics Library)是近年来在工作站上广泛应用的一个工业标准图形程序库,按其功能可划分为如下几类:

①基本图素。包括点、直线、多边形、三角形、三角形风格、矩形、圆和圆弧、字符、曲线和曲面以及读写象素等。

②坐标变换。支持旋转、平移、比例变换以及窗口视图变换、投影变换和裁剪。

③设置属性和显示方式。可定义选择线型、填充图案、字体和光标,可设置 RGB 和颜色表两种选色方式以及明暗效果、双缓冲、各种位图等多种绘图方式。

④输入/输出。用于启动输入输出设备,并对相应的事件队列进行处理。

⑤真实图形显示。这里有消除隐藏线、面、光照处理和深度排队。

GL 在 UNIX 操作系统下运行,具有 C、Fortran、Pascal 三种语言联编形式。

(4)CGRM CGRM(Computer Graphics Reference Model)是 ISO 讨论的计算机图形国际标准,其标准号是 ISO/IEC DIS 11072。为了总结计算机图形标准化的现有成果,为下一标准化工作提供指导性框架,从而提出了制定 CGRM 标准的要求。

CGRM 定义了一个框架结构,它可用来比较现有的和未来的计算机图形标准,描述它们之间的关系,从而为计算机图形用户和计算机图形软件开发者提供有关方面的重要信息。CGRM 用五个层次来定义计算机图形,分别称为构造、虚拟、观察、逻辑和物理环境。其中构造层最高、物理层最低,低层为高层提供服务,应用软件则建立在构造环境之上。CGRM 还定义了对每层数据元的操作。

CGRM 采用输出原语来定义计算机图形的输入,通过一个存储器可以把输入信息集成为应用程序所需的形式。从概念上看,在已收到的输入和已产生的输出之间的联接由应用程序来处理,应用程序也可以把此事委托某个环境来处理。为了允许构造复杂的图形,CGRM 定义了一个集合存储器,由此可得到输入信息的项,从低层环境中的输入信息组合出高一层环境中的新的输入信息。具体来说,CGRM 标准可用于以下几方面。

①提炼和确认计算机图形的要求。

②确认计算机图形标准和外部接口的要求。

③根据计算机图形的需求来发展模型。

④确定新的计算机图形标准体系。

⑤对计算机图形标准进行比较。

1.2.5 计算机图形学中的几种坐标系及其关系

在数学中有多种坐标系,为使各种运算方便,可以使用笛卡尔坐标系、极坐标系、球坐标系等来描述任一直线或曲线。在计算机绘图中为了适应各种设备的要求,又开发了规格化坐标系和设备坐标系。

在计算机绘图中,对图形对象的描述及图形的输入、输出都是在一定的坐标系统中进行的,一般常用的坐标系有用户坐标系、设备坐标系及规格化坐标系等,不同的坐标系有不同的坐标原点、坐标刻度及取值范围。