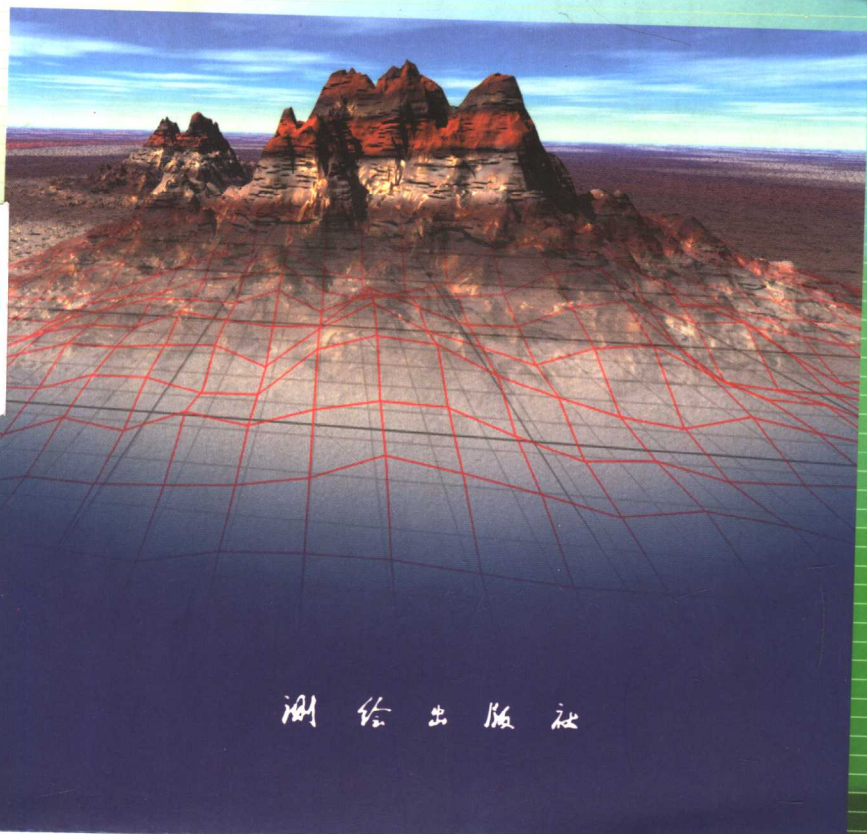




地形三维可视化技术

徐 青 著



测绘出版社

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

地形三维可视化技术

徐 青 著

测绘出版社

• 北京 •

内 容 提 要

本书系统地论述了地形三维可视化的理论、技术和算法。主要包括:地形三维可视化的基本理论;分形几何在地形表面植被纹理模拟方面的应用;基于纹理映射算法的高度真实感三维地形图绘制;基于三维地形图的空间查询与地形分析;基于 OpenGL 和遥感图像的地形三维动态显示技术。

全书反映了当代地形三维可视化的新发展和新水平,该书可供摄影测量与遥感、地理信息系统、计算机图形学以及相关专业的教师、科研人员、研究生和高年级学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

地形三维可视化技术/徐青著. —北京:测绘出版社,2000. 8
ISBN 7-5030-0868-7

I. 地… II. ①徐… III. 地形图 - 立体描绘 - 技术 IV. P284

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 61755 号

测绘出版社出版发行

(100054 北京市宣武区白纸坊西街 3 号 (010)63510007)

北京通州区次渠印刷厂印刷·新华书店总店北京发行所经销

2000 年 8 月第一版·2000 年 8 月第一次印刷

成品尺寸:148×210·印张:5.25·插页 4

字数:140 千字·印数:0001~1500 册

定价:16.00 元

前 言

地形三维可视化是地理信息系统(GIS)、数字摄影测量(DP)和遥感(RS)的重要研究内容。高度真实感三维图形的绘制一直是计算机图形学(CG)的重要内容。随着计算机科学、计算机图形学以及现代数学理论的不断发展和创新,以虚拟现实(VR)、科学计算可视化(SV, Scientific Visualization)为突出代表的一些崭新的研究方向正吸引着越来越多的研究学者。作为自然界最复杂的景物——地形而言,地形三维可视化的理论和算法是众多学科领域共同面临的难题,也只能通过多门学科理论和技术的融合,才能在解决地形三维可视化问题上找到突破口,从根本上解决地形的可视性、真实性和可量测性等问题。

本书在吸取了计算机图形学、测绘学、计算机科学、现代数学等众多领域的大量先进的理论成果的基础上,对作者在近年来所完成的一系列科研项目的研究和实践进行了较系统的总结,在原博士论文的基础上,对有关内容进行了充实和提炼,使之能较全面而系统地论述地形三维可视化方面国内外的研究现状,反映出国内该研究方向的成果和水平。

全书共分八章。第一章绪论,主要介绍地形三维可视化的研究背景、意义、国内外的研究现状以及本书的主要内容;第二章介绍了地形三维可视化所需的数据以及获取方法;第三章论述了实现地形三维可视化的基本理论和算法;第四章引入分形几何理论,运用于地形表面植被纹理模拟的算法;第五、第六章提出了运用纹理映射算法,实现高度真实感三维地形显示的一系列方法,重点是将遥感图像作为纹理图像时的有关算法;第七章提出了在三维地形图上实现可量测性和地形

分析的算法模型以及实现途径;第八章着重论述了基于 OpenGL,利用遥感图像实现地形三维动态显示的原理和方法。

本书以三维地形图制作的过程和发展为主线,由简单到复杂,由静态到动态,较全面地论述了该领域的主要研究成果。在大部分章节均有相应的实验结果。

在本书出版之际,我首先感谢导师钱曾波教授对我十多年来的指导、培养和帮助,本书的研究工作自始至终是在钱教授的具体而悉心的指导下完成的。导师严谨的学风、渊博的学识和执著的事业追求使我受益终生。

在本书的写作和有关科研项目研究过程中,还得到了总参测绘局机关、解放军测绘学院教务部、北京军区、二炮、西安测绘研究所等有关单位的大力支持。感谢西安测绘研究所王任享院士,解放军测绘学院副院长、少将李汉如教授,原院长、少将高俊教授,摄影测量与遥感系主任史友余高工,研究生办唐三林主任和陈四清、方斌参谋对本书的完成所给予的大力的支持和帮助。中科院地理研究所何建邦研究员、浙江大学 CAD/CG 国家重点实验室主任石教英教授对本书的研究工作提供了许多指导和帮助。解放军测绘学院马东洋讲师、博士研究生常歌同志、硕士研究生吴丛晖同志、李辉同志为本书的有关实验和图文输出付出了辛勤的劳动。在本书完成之际,作者对所有给予关心和帮助的单位和个人表示衷心的感谢。

由于时间较为仓促,加上笔者水平有限,书中错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

作 者

1999 年 9 月

目 录

第一章 绪论	(1)
§1.1 引言	(1)
§1.2 地形三维显示技术的发展概况	(3)
§1.3 自然景物造型方法综述	(4)
§1.4 数字摄影测量、地理信息系统与地形三维显示	(7)
§1.5 本书的主要内容	(9)
第二章 地形三维显示中的数据准备	(11)
§2.1 地形三维显示中的数据类型	(11)
§2.2 DEM 的数据获取	(12)
§2.3 一种适用于大区域地貌矢量数据的 DEM 快速生成 算法	(14)
§2.4 TIN 数据的获取方法	(18)
§2.5 DEM 数据的组织	(21)
第三章 地形三维显示的基本理论和算法	(25)
§3.1 地形三维显示的基本过程	(25)
§3.2 DEM 的递归细分	(27)
§3.3 投影变换的数学模型	(28)
§3.4 消隐与裁剪处理	(29)
§3.5 光照模型	(31)
§3.6 彩色合成技术	(33)
§3.7 地物符号叠加和注记	(35)
§3.8 本章小结	(37)

第四章	分形理论在地形三维显示和数据分析中的应用	 (39)
§4.1	几种常用的分形维数	 (40)
§4.2	分形维数的计算	 (43)
§4.3	基于 fBm 的分维特征	 (53)
§4.4	基于 fBm 的地形表面逼真三维显示算法	 (58)
§4.5	基于分形子维数的自适应中点移位法	 (61)
§4.6	分形特征在地形数据分析中的若干应用	 (66)
§4.7	分形特征在遥感图像分析与处理中的应用与展望	... (68)
第五章	基于纹理映射算法的地形三维显示技术	 (72)
§5.1	以扫描地形图为纹理图像的地形三维可视化算法	... (72)
§5.2	基于地形要素矢量数据的三维地形图的绘制	 (74)
§5.3	纹理库的建立	 (77)
§5.4	纹理映射法中的反混淆处理	 (79)
第六章	基于遥感图像的地形三维显视	 (82)
§6.1	遥感数字图像中的高精度点定位算法	 (82)
§6.2	利用航摄像片生成地形的三维实景图	 (85)
§6.3	利用 Landsat 卫星遥感图像制作三维影像图	 (96)
§6.4	基于 SPOT 图像的三维影像图制作	 (100)
§6.5	SAR 图像的三维可视化处理	 (102)
第七章	基于三维地形图的空间操作与地形分析	 (105)
§7.1	基于数据文件的三维地形图上的空间查询	 (105)
§7.2	基于投影变换原理的空间坐标计算	 (109)
§7.3	基于三维地形图的空间操作	 (113)
§7.4	有关的分析和应用	 (117)
§7.5	基于 DEM 的光线追踪算法	 (119)
§7.6	本章小结	 (123)

第八章	地形的三维动态显示技术	(125)
§8.1	概述	(125)
§8.2	地形实时动态显示的三维建模技术	(131)
§8.3	基于 OpenGL 三维地形实时交互的实现	(142)
参考文献		(151)

第一章 绪 论

§ 1.1 引言

地形是人类社会赖以生存并从事一切实践活动的根基。在人类文明发展的历史长卷中,人们对自身生存环境的认识和表示,可以从地形图上得到集中体现。地形图的发展史构成了人类文明史中不可缺少的篇章。

中国是世界上最早绘制并使用地形图的国家之一,我国地图史上第一个具有实际用途的地图,大约是公元前 1100 年西周初年,周、召二公修建路邑时绘制的路邑城址附近的地形图。而我国现存最早的实用军事地图,是 1973 年 12 月发掘长沙马王堆汉墓时发现的三幅“帛地图”,即《地形图》、《驻军图》、《城邑图》,它们制成于公元前 193 年。

这些早期的原始地图用半符号、半写景的绘法来表示地形,有的地物要素仅用极简单的线条勾画而成。就其数学基础和表现形式的实质而言,它们已实现了在各种二维介质平面上对实际三维地形表面的表示和描述。

随着测量学、现代数学、天文学、地理学、制图学等相关学科的发展,地图的表示形式也经历了自身的发展过程而日趋完美。现代地图已成为能按一定的数学法则,运用符号系统概括地将地面上各种自

然和社会现象表示在平面上的图形。它具备三个基本特性:数学法则性、制图综合性和内容符号性。现代地图的最大优点在于具有可量测性。

然而,从本质上讲,地图是对客观存在的特征和变化规则的一种科学的概括(综合)和抽象。对于地图中最典型、也是最重要的地形图而言,其客观世界是丰富多彩、千姿百态的三维空间实体。这种用二维介质平面图与所表示的三维现实世界的复杂地形之间,有着不可逾越的鸿沟。另一方面,从形式上看,地形图运用了一套专门的符号和文字来表示地形,其中在 19 世纪出现的以等高线表示地貌的技术一直沿用至今。而对地物则设计了一系列特定的图形符号,从信息传播的角度上讲,这是一种特殊的语言——地图语言。用这种抽象的地图语言来表示现实地形以及空间要素,对于大多数不具备专门的地图学知识的使用者来说,是难以直观理解和接受的。

因此,从地形图诞生之日开始,其本身就孕育了抽象性与直观性这一对矛盾。正因为如此,千百年来,地图学者一直致力于地形图的立体表示,试图寻求到一种能符合人们的视觉生理习惯,恢复地形真实世界的表示方法。曾先后出现过写景法(Scenography)、地貌晕翁法(Hachure)、地貌晕渲法(Shading)、分层设色法(Layer tinting)等,这些方法由于缺乏数学上的严密性、绘制的复杂性以及不具有可量测性等缺陷而没有得到广泛的运用。实际上,从公元 32 年东汉时期军事家马援用堆米法制作地形立体模型开始,人们也探索采用制作地形(沙盘)模型的办法,来补偿地形图中对地貌表示上缺乏直观性的不足。由于这种制作模型的方法存在着制作成本高、费时费力、只能一次性制作和使用、不具有可量测性、无法进行有效的空间定量分析等缺点,只能作为地形图的一种补充手段,在某些专门的应用背景下采用。

从古到今,寻求地形立体表示的最佳方法,做到直观性与量测性的有机统一,一直是地图工作者苦苦探索的难题。

自 1946 年世界上第一台电子计算机在美国诞生之后的几十年中,计算机科学得到了迅猛发展,计算机图形学和相关理论的建立和

广泛应用,终于给传统的在二维介质平面上表示三维地形的技术手段和地形图表示形式带来了革命性的变革,这意味着解决地形表示上的抽象性与直观性这一矛盾的时机已经到来。

从哲学的意义上讲,如果将依据一定的数学法则,用一系列专门的图形符号,以平面地形图的形式表示三维现实地形这一客观实体,看作是人们对地形表示和认识上的第一次飞跃的话,那么,利用现代计算机图形学、测绘学、现代数学等学科理论,利用地形平面图的数据和有关资料在通用计算机上完成三维地形世界真实再现,乃是人们在对地形的认识和表示上的第二次飞跃,它使人类在对地形表面的表示方式上达到了一个新的高度。

因此,根据测绘学等学科理论,借助先进的计算机技术,制作具有高度真实性的和可量测性的地形三维模型,实现三维地形表面的逼真还原,无疑是一项富有建设性和开创性的工作。

§ 1.2 地形三维显示技术的发展概况

地形作为自然界最复杂的景物之一,对它的三维逼真显示(仿真)技术,一直是计算机图形学的重要研究内容,伴随现代数学、计算机图形学、计算机科学等理论和技术的发展,总的来说,该领域已经历了线划三维地形图、实体型(模拟灰度型)三维地形图、高度真实感三维地形图这三个发展阶段。在计算机图形学技术发展初期,由于计算机处理速度、存贮空间、颜色数和显示器分辨力的限制,人们只能绘制以线划符号表示的三维地形图。这类三维地形图一般采用透视变换原理,按剖面方向消隐,地形表面线划没有经光照模型处理,得到的是一幅有较好地形起伏立体感的三维线划地形图,但其内容单调、信息贫乏、真实感差。

60年代末以来,人们通过引用光照模型,绘制具有表面明暗灰度连续变化的地形实体模型图,也就是以模拟灰度表示的地形表面图。这种立体图的立体效果更强、有一定的真实感,但信息量仍不足,实用性也不够强。

近年来,随着计算机图形显示设备性能的改进,以及许多性能极强的图形工作站(如 SGI 系列、Intergraph 系列、HP 系列等)的出现,高度真实感图形的生成算法的不断涌现和完善,使地形的三维显示技术也进入了高度真实感立体图绘制的发展时期。

§ 1.3 自然景物造型方法综述

一、概述

计算机图形学上的真实感图形绘制就是综合利用现代数学、计算机科学和其它科学知识在计算机图形设备上生成像彩色照片那样的真实感图形^[1]。而在地形三维显示技术上,这种真实感要体现在所绘地形立体图的颜色、灰度(明暗)和纹理上,有较好的逼真性。一幅高度真实感图形的生成,通常需要以下步骤:

- (1)场景描述(建模);
- (2)消除隐藏面;
- (3)投影变换;
- (4)浓淡处理;
- (5)颜色与纹理的生成和表示;
- (6)绘制和显示。

由于自然界景物的复杂性和随机性,传统的、用线性或光滑函数来表示地形表面的方法很难真实地描述地形表面的这种复杂性和随机性,势必在三维显示过程中“光滑”掉地形表面的大量细节。

近些年来,一些新兴学科(如计算几何、分形几何、模糊数学、生物工程等)与计算机图形学相融合,形成了自然景物模拟生成的多种新方法,下面介绍近十几年来出现的自然景物造型的主要方法。

二、分形造型方法

分形布朗运动(fBm, fractional Brownian motion)是用以描述地形表面分形特征最有效的数学模型之一。1982年, A. Fournier、D. Fussell和 L. Carpernter 利用细分技术构造了 fBm 的近似算法,用这一算法模型成功地生成了山脉地域和各种星球表面的地形模型

图^[100]。但由于该方法具有不稳定性,容易产生“折痕”现象,后来由 Barnsly, Miller 和 Voss 等人提出了各自的改进算法^{[101][102][103]}。1989 年,我国清华大学博士生郑卓嘉等也提出并实现类似的改进算法,较逼真地实现了对山、云的计算机模拟^[2]。

迭代函数系统(IFS)是另一种基于分形理论的模拟自然景物的方法,1980 年, Barnsly 提出的该理论, Demko 等人 1985 年首先将其用于计算机图形的产生。1986 年, Barnsly 又基于 IFS 提出了分形插值方法, 浙江大学博士生赵乃良于 1991 年对该算法进行了改进, 将其推广到样条分形插值。目前, 利用 IFS 可模拟生成云、山、烟、海、水及一些分枝结构的自然景物。

三、L-System 造型技术

1986 年, 植物学家 Aristid Lindenmayer, 认识到植物的自相似性是植物生长过程的结果, 从而首先提出 L-System 方法, 做为简单的复合生物、高级植物和植物器官生长的描述。Smith 等首先将 L-System 引入到计算机图形学中, 开创了用 L-System 在计算机上模拟植物的先例^{[104][105]}。

L-System 是一种特殊的算法模型, 从模型结构上看, 它是一种并行重写语法, 和一般的形式语言不同, 它将重写规则并行地作用到所有符号上来生成语句, 这种模型被证明对许多植物的生长是合适的。P. Prusinkiewica 等人曾使用 L-System 进行造型, 取得了很好的结果。在国内, 从 1990 年开始, 也有学者用 L-System 实现植物的计算机三维逼真图形的产生和显示^{[3][4][106]}。

四、粒子系统

粒子系统(Particle System)是一种影响较大的模拟不规则的模糊物体的方法, 它能模拟物体随着时间变化的动态性和随机性, 这是传统计算机图形学方法所不及的。Reeves 在 1983 年提出了用来描述火、爆炸、焰火的粒子系统模型^{[107][108]}。

粒子系统的基本思想将是许多简单的微小粒子作为基本元素来表示不规则物体, 这些粒子都赋予一定的“生命”, 在生命期中它们的“出生”、“运动和生长”及“死亡”通过随机过程进行控制。实验证明粒

子系统对表现大量微小且不规则物体组成的动态景物(如云、火、水波、森林、原野、宇宙中的星体等)是十分有效的。

五、纹理映射方法

纹理映射(TM, Texture Mapping)技术是真实感图形技术的一个重要方面。该方法包括两方面的技术,即纹理的生成和获取以及纹理的映射(变换)。物体表面的纹理一般分二类:一类是表面颜色(灰度)纹理,如大理石的花纹图案、墙面的拼花图案等;另一类是几何纹理,如桔子的褶皱表皮、湖面的水波、地形表面的凹凸细节等。颜色纹理取决于物体表面的光学属性,而几何纹理则和物体表面的微观几何形状有关。

同时,纹理又可按其描述或产生的数学基础分为规则纹理和随机纹理。对自然景物的模拟,更重要的是随机纹理的产生和模拟。纹理映射是由 Catmull 于 1974 年首先提出的^[109]。1984 年, Gardner 首先将纹理函数方法(用数学模型定义纹理函数的方法)用于模拟自然景物,并较成功地模拟了云、山、树等。1985 年, Perlin 和 Peachey 分别提出了一种三维纹理函数的纹理映射方法,称为体纹理映射^[110]。然而,对于地形表面的细节纹理模拟,应首推 Blinn 1978 年提出的法向扰动法。1984 年, Harugama 和 Barsky 提出了基于 fBm 的法向扰动法。它们都取得了较逼真地模拟地形表面细节的效果^[111]。由于实验条件和学科专业的差异,直到 90 年代,在计算机图形学领域才开始采用航空遥感影像生成地面的三维实景图(realistic image),较早开始此项研究工作的是美国空军飞行技术学院(AFIT),他们将这一技术用于飞机座舱的模拟驾驶^{[112][113]}。

六、物理造型方法

基于物理模拟的造型方法是目前计算机图形学一个重要的发展方向。该造型方法是将研究对象的外形和内部受物理机制的影响效果都集中表现在一个三维图形上。利用这种造型方法,可方便地模拟弹性或刚性物体的真实行为。进一步,若将这种模型的动态约束(Dynamic Constraints)方法结合起来,可生成真实的三维序列,得到一个包括时间轴在内的四维空间中的真实感图形。与地形有关的例

子是, 1988 年, Kelly, Malin, Nielson 根据地质学原理提出了一个经验的侵蚀模型, 用来模拟侵蚀效果的山, 取得了较好的效果。1989 年, Musgrave 提出了另一个物理侵蚀模型, 包括了水侵蚀模型和气流侵蚀模型, 是一个全面的侵蚀模型。Musgrave 在 SGI 4D/70 工作站上模拟这个侵蚀过程, 产生一系列较高真实感的山, 耗时 4 个多小时, 所模拟的山体很像自然侵蚀的结果^{[114][115]}。显然, 这种模拟技术在地质学、地球物理、环境保护等方面是极具应用前景的。

以上这些方法的产生和发展过程给我们的启迪是, 某些基础性、理论性学科与计算机图形学交叉、渗透、结合, 可得到意想不到的实验效果, 为解决本学科的一些难题提供新的思路和手段。

§ 1.4 数字摄影测量、地理信息系统与地形三维显示

在 90 年代计算机图形学领域取得了一系列令人瞩目的研究成果的同时, 摄影测量与遥感这一领域, 以数字摄影测量(DP, Digital Photogrammetry)和地理信息系统(GIS)为主流的研究工作也在全球范围内如火如荼地开展起来。

数字摄影测量是计算机技术、数字图像处理技术、遥感技术发展的产物, 它以数字影像为基础, 通过计算机分析和处理, 获取被摄物体的三维空间信息的一系列数字产品。它已成为国内外公认的摄影测量学的发展方向。80 年代末, 数字摄影测量的基本理论和算法已经确立。国际上已出现了许多数字摄影测量系统(DPS), 使数字摄影测量开始进入实用化的发展阶段。如, 美国军方使用的数字影像工作站 DIWS, 美国海拉瓦(Helava)公司的 HAI-500、HAI-750 和 DPW 系列, 美国 I²S(International Imaging System)公司 1990 年初推出的数字摄影测量系统 PRI²SM, 美国 Intergraph 公司的 Image Station, 以及瑞士的 Kern DSP-1, 法国的 T10, 德国蔡司的 PHODIS, 瑞士 ETH 的 DIPS II, 柏林大学的 ADSS, 日本 TOPOCCON 公司的 PI-1000 影像系统, 武汉测绘科技大学和澳大利亚合作的 Virtuo Zo 等

等。

数字摄影测量与遥感是 GIS 数据获取的重要来源,也是使 GIS 的信息库保持现势性的重要手段,数字摄影测量在精度、作业过程以及效益等方面都优于其它方法^{[5][6]}。

在任何一个完整的商业化数字摄影测量系统(DPS)中,地形的三维显示是其中必不可少的内容。一方面,地形的各类三维透视图可为使用部门提供一种直观、形象的可视化测绘产品,增加 DPS 的应用领域;另一方面,这种地形的三维显示功能本身又能用于检校 DPS 所获取的地形数据(如 DEM)的正确性。

在数字摄影测量的基本理论已经建立的情况下,数字摄影测量的处理过程以及产品的可视化已成为数字摄影测量的一个重要的发展方向。GIS 是一种用以采集、贮存、管理、分析和描述整个或部分地球表面(包括大气层)与空间和地理分布有关的数据的空间信息系统。自 1963 年加拿大测量学家 R. F. Tomlinson 首先提出了“地理信息系统”这一术语,并建立了世界上第一个 GIS——加拿大地理信息系统(CGIS)之后,30 多年来,GIS 经历了初期试验、巩固发展、全面应用这三个发展方向。GIS 作为计算机和空间数据分析方法作用于许多相关学科后发展起来的一门边缘学科,由于能及时地抓住当今世界计算机技术飞速发展,各国政府对地理、资源和环境信息日益重视这一时代特点,加上许多相关技术(如 GPS、DPS、RS 等)为它提供了强有力的地理空间信息获取手段,使得 GIS 已成为各国政府部门、商业公司、科研机构 and 高等院校极为关注的“热点”领域。特别是进入 90 年代以来,GIS 已在全球范围内形成产业规模,并将进一步深入到各行业乃至人们的日常生活之中。

GIS 的核心是空间数据库,三维地理空间定位和数字表达是地理信息系统的本质特征。地形数据(如 DEM 等)作为空间数据库的某个特定结构的数据集合,或所有这些数据集合的总体,被包含在地理信息系统中,成为它的核心部分的实体。显然,对地形空间数据的真三维显示和在三维空间的查询与分析,也是 GIS 的核心内容之一。

目前众多的以高性能工作站为支撑的 GIS 系统(如 ARC/INFO、ERDAS、Genamap 等),已具有一定的地形三维显示功能,但十分薄弱。表现之一是三维图类型局限于线划式或模拟灰度表示,而对计算机图形学中的高真实感三维图形的最新的生成技术并没有及时地取而用之;表现之二是所有的空间操作和分析都在二维图形上进行和显示,缺乏直观效果。

值得一提的是,从远古到现代,地形的三维显示技术(地形三维模型的制作)最直接、最重要的莫过于军事上的应用。从美军 50 年代的 SAGE 防空指挥系统,著名的 C³I 系统,到在海湾战争中起了重要作用的 Terra-Base 系统^[116],不难看出,以地形三维显示以及军事地形分析在指挥自动化上的应用,一直是各国军方倾心研究的重要内容,其军事上的应用价值是不言而喻的。

就我国国情而言,在以高性能微机和图形卡上实现地形的高逼真性三维显示以及相应的空间分析等功能,具有普遍的应用价值。

§ 1.5 本书的主要内容

本书将在系统而深入地研究和分析国内外计算机图形学、制图学、数字摄影测量以及 GIS 中有关地形三维显示技术的现状的基础上,融合多门相关学科的理论、技术和方法,着重论述以下几方面的内容:

- (1) 地形三维显示所需的数据以及获取途径;
- (2) 一套完整、实用的高度真实感三维地形显示的理论和算法;
- (3) 充分利用丰富的测绘资料,以解决三维地形图的真实性难题;
- (4) 地形的分形特征的计算方法以及在地形三维逼真显示中的应用;
- (5) 在地形三维显示中采用光线跟踪法的数学模型;
- (6) 实现在三维地形图上的可量测性和空间操作与地形分析的原理和方法;