

# 三维地学信息系统功能设计及发展趋势<sup>①</sup>

朱大明

(昆明理工大学国土资源工程学院, 云南昆明 650093)

**摘要** 讨论三维地学信息系统(3DGSIS)功能的有关问题,并在此基础上对基于微机的 3DGSIS 功能设计进行分析,最后对 3DGSIS 未来的发展趋势作一探讨.

**关键词:** 3DGSIS; 功能设计; 发展趋势

**中图分类号:** P2; P5      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1007- 855X(2001)03- 070- 04

## 0 前言

目前的商业 GIS 大多是二维或二维半的,已经面世的商业 GIS 还没有真三维的. 三维 GIS 涉及到众多应用领域,对这些领域的科学与技术进步有巨大的牵引作用.

三维地学信息系统(Three- Dimensional Geoscience System, 3DGSIS)的研究与开发时间较短,许多功能尚很不完善,由于地质本身的复杂性及数据的来源不足,许多复杂实体的表示与模拟尚未解决,数据管理等功能很不健全. 因此,目前尚处于不成熟阶段,许多功能远不及二维 GIS,许多问题还处于研究阶段.

## 1 3DGSIS 功能

### 1.1 3DGSIS 的类型

在开发 3DGSIS 中,应开发通用型的还是某一领域的. 由于地学应用涉及十分广泛的领域范围,不同专业的数据来源、模拟要求和分析方法相差很大. 因此,要开发一个通用的、面向广大的应用领域的三维地学信息系统是不太现实的,而且系统将十分庞大.

从已有的系统来看,基本是面向某一领域的. 如 Dynamic Graphics 公司的 IVM 和 Stratamodel 公司的 SGM 都是面向石油勘探与开发的(即主要面向层状地质实体),而 Lynx 公司的三维地学软件则主要服务于其它的矿产开采与管理(包括非层状与层状实体). 除了面向各个专业领域的静态三维模拟与表示的 3DGSIS,在未来还将出现支持各类过程模拟的专门系统.

### 1.2 数据及其转换与编辑

3DGSIS 应能容纳来自多源的数据,包括过程模拟的数据. 由于地质数据来源很复杂,而且精度及可靠性不一,因此要求 3DGSIS 能接收来自不同来源的数据,从而从多方面多角度更准确地模拟和表示复杂的地质实体和特征. 相关的数据包括野外观测数据、各种测试数据、间接获取的数据(如地球物理数据和遥感数据)、钻孔数据等;同时还应包括各种动态数据.

由于数据来源复杂,因此,系统应提供有效的数据转换,支持更多的数据类型,并提供与其它系统或数据库管理系统的接口,或直接调用数据. 使更多的数据能够被利用.

尽管输入原始数据并建立一个模型是非常有用的,但用户常常需要编辑数据,如有时需要原始数据进行查询或编辑,而有时则需要对模拟结果进行查询和编辑. 编辑工具(通常包括交互的图形编辑)对于二维数据可较容易地实现和运用,但对于三维数据,这个问题却较为困难.

### 1.3 数据处理与表示

与二维 GIS 不同,由于数据来源较为缺乏(经济方面的考虑),许多数据都是点数据剖面或平面图,都

① 收稿日期: 2001- 03- 02;

基金项目: 云南省应用基础研究基金项目(2000D0005Q)资助;

第一作者简介: 朱大明(1970~ ),男,博士,主要研究 3S 集成,数字地球,矿业经济.

只是所研究或模拟的实体或特征的片段, 这些数据必须经过拟合或插值, 而不仅仅是输入和编辑即可. 因此, 有关的数据处理及插值就应是一项必须或常规的手段或方法, 但又是非常重要的, 因为这些方法的选择会直接影响模拟结果的精度和可靠性.

在获得了上述的片段数据后, 我们首先进行的应是空间插值, 以形成对所研究或模拟的对象的一个总体的认识或了解. 空间插值技术, 除了常规的二维插值方法, 对于三维模拟和表示, 应进行三维插值, 尤其是对于复杂的地质实体或特征. 这一领域的研究目前尚不多, 不如二维插值那样普遍. Mallet 提出了离散平滑插值( DSI) 来对复杂的地质体数据进行插值( Mallet, 1989)<sup>[1]</sup>; Fisher 和 Wales 则运用 NURBS 进行复杂地质体的插值和表示( Fisher and Wales, 1992)<sup>[2]</sup>.

另外, 由于三维模拟与表示涉及到大量的数据, 因此, 与之紧密相关的数据压缩问题就显得十分重要, 如何做到既节省空间、处理速度快, 又能保证信息不丢失, 是重要的检验标准.

断层等不连续界面的处理与表示, 尽管目前尚不成熟, 但这是非常常见的、用户需要的, 对于准确表示三维地学特征具有重要意义.

#### 1.4 图形功能

目前, 3DGSIS 主要侧重于三维图形表示与显示, 这与其所面临的对象的复杂性及三维图形表示的困难有很大关系. 在三维地学实体的表示中, 许多问题尚未解决, 如在三维空间中断层的表示与处理. 因此, 与此相关的一系列问题如查询等都无法解决.

Raper( 1992)<sup>[3]</sup> 提出 3DGSIS 应具有六类空间函数, 即应实现的功能. 其中包括对三维实体的基本的布尔操作, 通过平移、旋转、缩放和剪切实现的变换、相邻和远离. 除此以外, 还有对三维实体进行切割剖面、挖掘、组合等. 还包括体积、表面积和质心的计算.

#### 1.5 数据库及数据管理

目前, 3DGSIS 的数据库功能远不及二维 GIS, 而且没有一个 3DGSIS 系统提供完善的数据库功能和数据管理功能, 而这些功能则是 GIS 所必需的, 而且是十分重要的组成部分. 系统必须能提供多种分散数据类型的便利输入, 就象二维 GIS 那样, 必须提供一系列工具来进行数据编码、有效性检查、结构化及再结构化、数据转换. 同时还应提供建立和改变多种数据模型、以及数据跟踪和检查跟踪( audit trails) 的功能或函数来记录所有的数据改变和操作.

另外, 3DGSIS 数据库还应支持过程模拟, 提供对动态数据及结果( 包括中间结果和最终结果) 的存储与表示, 提供与过程模拟模型或程序的接口.

与数据库相关的查询, 在目前的三维系统中基本没有提供. 笔者认为, 可以将某些三维的查询转化为二维查询, 如由实体模型生成包含所要查询的实体的不同方向切面, 在切面上进行查询.

#### 1.6 二维信息的运用

现有的地学数据中, 大量的都是二维的, 因此, 如何合理有效地使用这些数据, 是一个十分重要的问题. 有效利用已有的二维数据, 一方面是对已有资源的合理利用, 同时这些二维数据或资料对于有关问题的解决, 也有着十分重要的意义, 如三维实体的某些切面, 如水平或垂直切面, 这些二维信息可准确地认识和表示某些特征或属性. 因此, 一个成功的模拟、可视化及分析系统应将二维和三维功能适当地结合( Belcher and Paradis, 1992)<sup>[4]</sup>.

在三维地学信息系统中, 二维信息的应用包括: (1) 剖面的运用: 由剖面生成三维实体, 或由实体生成不同方向剖面; (2) 等值线图或平面图的运用; (3) 运用二维信息, 可为三维模拟和分析提供辅助决策分析; (4) 简化某些查询过程.

由于三维模拟和有效可视化需要大量的数据, 其存储的数据量也很大, 尤其对于栅格数据结构, 因而进行空间查询所需的计算量和时间相当大, 算法也较为复杂, 所以在现有的 3DGSIS 软件中大多缺少空间查询功能. 相比之下, 基于二维空间的查询所需的计算和时间及复杂程度相对较小, 方法也较为成熟和完善; 同时, 有关的表示在二维面上也很准确. 因此, 笔者认为, 将三维的查询转化为二维的查询可能是解决三维空间查询的一个方法.

## 1.7 交互操作

根据专家的认识,在模型的生成过程中,加入专家的分析判断与解释,使模拟结果更准确、更符合实际;同时,还需修改、调整所生成的中间及最终结果。

交互操作不仅仅指对某些图形进行交互编辑、修改等,而是包括一系列交互操作工具。要求快速的交互建立模型的工具,来进行内插、外推和编辑面、体和数据,必须与模拟数据库相连接;应能交互地输入地学的约束或限制条件、知识和概念等。

## 1.8 表示方法

面表示和体表示是相互补充的,都有各自的优势和不足,因此,要运用哪一种必须根据用户希望做什么来选择。但在多数情况下,需要两种表示方法同时使用才能准确地表示地质实体。

## 1.9 分析功能

3DGSIS 不仅提供强大的图形显示、数据管理功能,而且应提供较强的分析功能,因为 3DGSIS 不仅仅是一个数据或结果的包装系统。这些分析功能是地质学家们所需要的。

常用的分析功能包括计算体积、表面积及质心等。体积的计算包括对整个实体或模型、不同的等值面间、某个特定的深度以上和以下、或上述情况的联合等。另外,还应包括“过滤”(Filtering)功能:即只显示某些感兴趣的或特定的内容。

## 1.10 模糊数据的处理及误差的评价

在三维地学信息系统中应加入评价和估计不确定性或误差的功能或方法。不确定性或误差不仅包括区域空间上的关联(如地质统计学中所表示的)、而且也包括解释过程中的不确定性。如钻孔间地层单元的关联。

误差与数据的不准确性和不精确性有关。所有的用户都希望获得最大的准确度。用户可以接受一些表明了不精确因素的方案或结果(如在等值线化或插值时,显示出原始的数据点)。

应当将二维的误差估计技术(如模糊方法和地质统计学)运用于三维,并通过估计每一项操作中的误差并在模拟过程中改善数据质量来避免误差的传播,应用专家系统来减小或控制误差;但所包含的专家系统决不应只是某个个人的经验和专业知识的替代品。

需要建立三维模型的误差估计方法。当构造格局本身不准确或不精确时,要保证将误差赋予不同的构造属性;同时,需要识别处理误差的流程。例如,可以建立一个准确模型的最大和最小情况,来形成最好的和最坏的情况,以及最可能的情况。可以通过使用具有检查跟踪(audit trails)功能的多种模型来判断和处理误差。

## 2 基于微机环境的 3DGSIS 功能设计

尽管目前大多数商用 3DGSIS 软件都运行于工作站环境,但很多用户仍然希望基于微机环境的 3DGSIS 软件(Slatter et al., 1996)<sup>[5]</sup>。尽管微机在运行速度、存储空间以及一些硬件图形功能等不及工作站,但其普及性以及易操作等则优于工作站,而且随着微机档次的提高,其许多性能也可接近工作站。因此开发基于微机的 3DGSIS 具有重要的意义和实用价值,尤其对我国这样一个微机占绝对优势的国家。

笔者在前入研究及开发的基础上,对于基于微机环境的 3DGSIS 进行了初步的功能设计。该系统主要基于栅格形式的体表示,但也支持面的表示。

主要的功能或模块包括:

(1) 输入:确定支持的数据格式,与一些通用格式间的转换及调用,支持鼠标、键盘、数字化仪、扫描仪等的输入及处理。

(2) 数据处理与空间统计功能:二维插值功能,提供多种插值方法:克里格法、距离权重法、三角网法(TIN)、插值多项式法、样条法……

三维插值功能:三维网格(3D GRID)、离散平滑插值(DSI)、非均一有理 B 样条、四面体插值……

统计分析及有关运算:算术、对数及三角运算,均值、方差等基本统计功能,频率、直方图分析,概率分

析, 相关分析, 半变异图(semi- variogram) 分析 ……

(3) 交互操作与编辑: 支持进行交互地质解释、数据编辑等。

(4) 图形功能与基本操作: 各种来源及格式图形的叠加与配准。图形与视角变换、切割、旋转、缩放、挖掘、某些布尔操作(如与、或、非、与或等)。

(5) 分析功能: 体积, 表面积, 质心, 及过滤功能(只显示某些部分)。

(6) 支持过程模拟: 支持简单公式及数学模型运行; 与沉积盆地模拟有关。

(7) 查询与管理: 简单的数据及图形查询, 进行一定转换, 将三维查询转换为二维查询, 使之更迅速、便捷; 可通过生成通过待查点的切面, 简化查询。例如, 对于已生成好了的三维模型, 如需对三维空间中的某一点进行空间查询, 可先作一通过该点的切面, 然后在此切面上对此点进行各种查询, 这样较为准确和简洁。

(8) 输出: 对各种图形、数据及中间结果进行输出, 并可进行格式转换。

### 3 发展趋势

三维地学信息系统在相关的地学模拟、分析与表示、支持过程模拟等方面显示出巨大的潜力和价值, 尽管它在许多方面是不成熟的。可以说, 3DGSIS 目前尚处于起步阶段, 许多问题还有待于进一步深入研究和开发。

目前, 大多数商用的三维地学信息系统的功能通常为以下三个方面之一(Turner, 1995)<sup>[6]</sup>:

- 1) 地下地质体的几何表示;
- 2) 运用各种模拟方法所估计的空间不均一性(heterogeneity)的可视化;
- 3) 数值模拟模型的前处理和后处理。

因此, 现有的三维系统还很很成熟, 尚在进展中。在许多应用中, 特别是较大型的工程应用, 需要使用多个系统来共同解决所研究的问题。如在南内华达州的育空山(Yucca Mountain)地区三维区域地下水模拟使用了 ARC/INFO(数据转换)、Integrat GIS(数据管理)、CPS- 3(表面网格化)和 Stratamodel 公司的 SGM(三维模拟)(Turner, 1995)<sup>[6]</sup>。

3DGSIS 许多功能的研究和开发都将是长期的、大量的, 而且也是必需的。Raper(1992, 1994)<sup>[7]</sup> Fisher(1993)<sup>[2]</sup>和 Turner(1995)<sup>[7]</sup>等都曾从不同角度提出了 3DGSIS 的发展方向和亟待解决的问题。Raper(1994)认为, 现在的 3DGSIS 侧重于栅格形式, 即基于体素的(voxel-based), 而在将来将侧重于矢量形式的。但也有学者并不同意这一观点, 因为这两种表示方法各有自己的优点。Raper(1994)认为, 将来的发展方向应是以下三个前沿方向: 现有 3DGSIS 的扩展, 新的系统的开发, 采用来自于虚拟现实(virtual reality)领域的进展。Fisher(1993)和 Turner(1995)都提出了不同的具体的研究方向。

3DGSIS 将在以下几个方面进行完善和发展, 提供更强的功能, 更方便的操作和使用:

- 1) 数据管理功能。3DGSIS 本身数据库的建立及相关数据库功能的实现, 与数据库的连接;
- 2) 不连续面的处理。如断层及不整合面的三维表示及与相关地层的交切;
- 3) 不确定性或误差的表示方法, 包括数据和模型不确定性的表示, 模型准确性的检验;
- 4) 流动矢量的显示。如水或石油等流体在三维空间的运移, 目前还没有一个系统能处理这类问题;
- 5) 属性分布。提供基于属性的插值以及实体突变边界的表示;
- 6) 同一个实体或特征的多个模型表示(可能为不同时间或不同特征的多种表示, 模拟实体的多种解释), 或同一模型不同比例大小的表示(缩放和分级), 涉及到不同的详细程度的表示;
- 7) 与时间有关数据的处理, 即动态现象的表示以及过程模拟的支持。

尽管 3DGSIS 的研究和开发还存在很多问题有待进一步研究, 但由于日益增长的需求将大大促进 3DGSIS 的研究以及新的系统的开发, 预计在不久的将来就会有较大的进展, 大大提高地学家认识和分析地下特征的能力。

(下转第 77 页)

## A Study on Behavior of Serpentine in the Flotation of low- grade Corpper- Nikel Suifide

TANG Mn, ZHANG Wen-bin

(The Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

**Abstract** Studies of the flotability of pure serpentine in Jinchuan and ore in the west- south of China have been made. Microscope photographs of the minerals in water (OLMPUS) were taken. The results show that hydrophobic flocculation must be important step of the flotation of the ultra- fine valuable minerals; when collectors are used and that slime of serpentine may easily fill up into these loose flocs and go into the concentrate with the valuable minerals.

**Key words:** serpentine; flotation of the ultra- fine mineral; hydrophobic flocculation; fill up into flocs

(上接第 73 页)

### 参考文献:

- [1] Mallet, J. L. . Geometric modeling and geostatistics[M]. In: Armstrong, M. , ed. , Geostatistics. Kluwer Academic Publishers: Boston. 1989, (2): 737~ 747.
- [2] Fisher, T. R. and Wales, R. Q. . 3- D solid modeling of geo- objects using NURBS[M]. In: Tumer, A. K. (ed. ), Three- Dimensional Modeling with Geoscientific Information Systems. NATO ASI354, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1992, 85~ 105.
- [3] Raper, J. F. . Report of discussions by the computer scientists[M]. In: Tumer, K. A. , ed. , Three- Dimensional Modeling with Geoscientific Information Systems. Kluwer Academic Publishers. Dordrechts, Netherlands, 1992, 367~ 373.
- [4] Belcher, R. C. and Paradis, A. . A mapping approach to three- dimensional modeling[M]. In: Turner, K. A. , ed. , Three- Dimensional Modeling with Geoscientific Information Systems. Kluwer Academic Publishers. Dordrechts, Netherlands, 1992. 107~ 121.
- [5] Slatt, R. M, Thomasson, M. R. , Roming, P. R. , Jr. Pasternack, E. S. , Boulnger, A. , Anderson, R. N. and Nelson, H. R. , Jr. . Visualization technology for the oil and gas industry[J]: Today and Tommorow. AAPG Bulletin. 1996, 80(4): 453~ 459.
- [6] Tumer, K. A. . Three- dimensional visualization of geoscience data: status, problems and potentials[J]. ITC Journal, 1995, (2): 151~ 152.
- [7] Raper, J. F. . Three- dimensional GIS for the 1990's[J]. ITC Journal, 1994, (1): 64~ 65.

## Function Designing and Development for Three- dimensional Geoscience System

ZHU Da-ming

(The Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

**Abstract** In this paper we first discuss the function of '3DGSIS'. We then design '3DGSIS' based on PC and analysis prospects associated with increasing and expanding the use of '3DGSIS'.

**Key words:** 3DGSIS; function design; prospects