

地矿 3 维 GIS 模型的构建及可视化

徐云和¹, 程朋根¹, 陈红华²

(1. 东华理工学院测量系, 江西 抚州 344000; 2. 南京林业大学土木工程学院测量系, 江苏 南京 210047)

摘要: 传统的 2 维 GIS 无法满足地质研究中对复杂地质体的有效描述, 构建 3D 实体的模型是目前国内外研究的一个热点。本文在总结已有的构模方法的基础上, 针对矿体的不规则性, 提出采用线框构模法来构造三维 (3D) 形体。该方法应用非常广泛, 可用于范围小、特殊的矿体, 如形状像透镜、马铃薯等矿体。文中利用 OpenGL 图形库实现地矿 3D 模型的可视化技术, 从而方便地生成高真实感的三维图形。

关键词: 3 维地理信息系统 (GIS); 可视化

中图分类号: P208

文献标识码: B

Abstract: The traditional 2D GIS is incapable of describing the complicated geologic object in geology research. Constructing the 3D mine model is a solution. This paper adopts the method of line borders to construct 3D mine model. It can be applied in small region and special mine, for example, mine of the shape like lens and potato, etc. The visualization of 3D mine model is realized with use of OpenGL graphical library.

Key words: 3D GIS; visualization

1 前言

GIS 是一门以应用为目的的信息技术。3 维 GIS 是许多应用领域对 GIS 的基本要求, 目前商品化 GIS 软件大多以 2 维为主, 尤其是在地质矿山领域, 因其空间对象的不规则性, 很难用当前流行的 GIS 软件描述, 并且 3 维 GIS 在地矿中的应用尚处于起步阶段, 因此迫切需要对 3 维 GIS 理论和方法进行研究^[1]。

可视化技术是当前地理信息系统的研究热点。产生 3 维图像可视化对于理解和想象地理空间世界及其变化十分重要。近年来, 3 维地学可视化等问题已成为 GIS 的技术前沿和攻关热点。

2 三维地矿模型构建

2.1 构模方法评析

构模是对被处理的对象进行设计、分析、模拟和研究的基础。目前三维地学构模方法大致有以下 5 种^[5]:

2.1.1 块段 (block) 构模法

块段构模技术是一种传统的地学构模方法。这类技术把要建立模型的整个立方块空间分割成规则的 3 维立方网格, 称为块段; 每个块段在计算机中存储的地址与其在自然矿床中的位置相对应。这种技术的优点是可以采用隐含定位技术来节省存储空间和运算时间, 但在精确模拟矿体边界与分割粒度 (存储量) 上存在尖锐矛盾。

2.1.2 线框 (wire frame) 构模法

线框构模技术是一种表面构模技术, 即把面上的点用直线连接起来, 形成一系列多边形, 然后把这些多边形拼接起

来形成一个多边形网格, 以此来模拟地质边界或开采边界。其特点是它表示对象的能力取决于线所表示的复杂程度, 该法的缺陷是无法表达边界内部或地质体内部。

2.1.3 实体 (solid) 构模法

实体构模法是采用多边形网格来描述地质和开采过程所形成的形体边界, 并用传统的块段模型描述形体内部的品位或质量的分布。实体的构模法实质是线框构模法与扩展的块段构模法的耦合, 因此弥补了块段构模处理边界的不足。

2.1.4 断面 (section) 构模法

断面构模技术是再现传统的手绘建模方法的计算机化矿床构模技术, 即通过一系列平面图或剖面图来描述矿床, 并记录信息。其特点是将 3 维问题 2 维化, 便于地质描述; 但它在矿床的表达上是不完整的, 往往需要与其他构模方法配合使用。

2.1.5 表面 (surface) 构模法

表面模型有时也称为数字地面模型 (DTM)。其中最常用的模型是不规则三角网 (TIN)。

不规则的地理实体, 如矿体, 可采用以下两种方式来描述: 一是采用类似于地表的表面构模法, 这类方法多用于层状矿体构模, 如大规模的煤矿等; 二是线框构模法, 该方法应用广泛, 可用于范围小、特殊的矿体, 如形状像透镜、马铃薯等矿体。

收稿日期: 2002-08-26; 修订日期: 2002-12-20

基金项目: 测绘遥感信息工程国家重点实验室开放基金 (WKL (01) 0302); 国家 973 资助项目 (G2000077906)

作者简介: 徐云和 (1976-), 男 (汉族), 福建南平人, 助教。

2.2 地矿 3 维 GIS 模型的构建

本文利用地质学、计算机图形学、计算机辅助制图等学科的相关理论,通过对地矿结构的分析,模拟出一套地矿的数据,根据 GIS 的应用及相关数据组织理论,确定地矿三维可视化的内容,如图 1 所示。

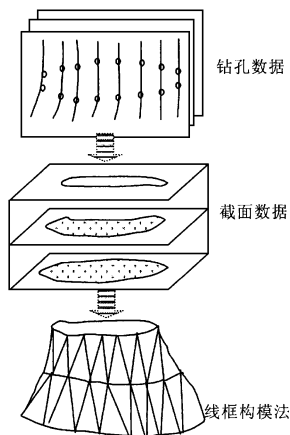


图 1 三维 GIS 系统的设计过程

2.2.1 模拟数据的生成

在地矿领域,地质钻孔的剖面图是生产活动的主要数据来源。本文通过模拟地质钻孔剖面图,从而得到一系列钻孔点的空间坐标。其过程如下:首先用椭球模拟矿体,然后沿着勘探线作钻孔曲线,将钻孔坐标存入自定义格式的文件中,这样就模拟出钻孔数据(图 2)。

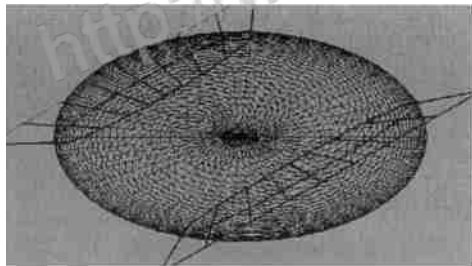


图 2 模拟钻孔数据的生成

2.2.2 三维曲面的构建

在三维数据场的可视化中,由一个序列的二维轮廓线重构成三维形体有着广泛的应用前景。如在地形数据可视化中,输入的数据往往是一系列的二维等高线,由二维等高线重构成具有光照效果的三维地形图像更是十分常见的应用。在地矿数据可视化中,数据主要来自钻孔,下面就如何利用钻孔数据构建三维矿体进行深入研究。

假设两相邻平面上各有一轮廓线(如图3所示)。上轮

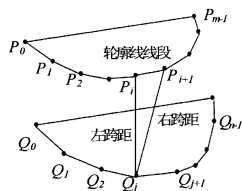


图 3 轮廓线重构示意图

廓线上的点列为 P_0, P_1, \dots, P_{m-1} ; 下轮廓线上的点列为 Q_0, Q_1, \dots, Q_{n-1} 。每一个直线段 $P_i P_{i+1}$ 或 $Q_j Q_{j+1}$ 称为轮廓线段。连接上轮廓线的点与下轮廓线的点的线段称为跨距。一条轮廓线段,以及将该线段两端点与相邻轮廓线上的一点相连的两段跨距构成一个三角面片,称为基本三角面。连接上、下两条轮廓线上各点所形成的众多基本三角面,应该构成相互连接的三维表面,而且相互之间不能在三角面片的内部相交。因此,只有满足下列两个条件的三角面片集合才是合理的:

- 1) 每一个轮廓线段必须在而且只能在一个基本三角面片中出现。因此,如上、下两条轮廓线各有 m 个和 n 个轮廓线段,那么,合理的三维表面模型将包含 $m+n$ 个基本三角面片;
- 2) 如果一个跨距在某一基本三角面片中为左跨距,则该跨距是而且仅是另一个基本三角面片的右跨距。

将符合上述条件的三角面片集合称为可接受的形体表面。显而易见,对于相邻两条轮廓线及其上的点列而言,符合上述条件的可接受的形体表面可以有多种不同的组合。

如何在众多可接受表面的组合中,确定一种所需要的组合是关键所在。目前主要有两种思路:

一种是基于全局最优的方法,目标是使所连接的轮廓线之间生成的表面面积最小,或所包围的体积最大,其目标函数都需要用全局搜索策略来求解,这样效率不高。

另一种是基于局部计算和决策的启发式算法。它也有其追求的目标,如路径最短或体积最大等,但它不要求实现全局最优,而是基于局部计算来决定当前的选择。因而可以在不超过 $m+n$ 步的计算中得出两轮廓线之间用一系列三角面片连接的近似最优解,而且计算量小,速度快。

三种启发式算法分别是: 1) 最大体积法。即选择当前的轮廓线线段,使得由新产生的三角面片所构成的四面体体积最大; 2) 相邻轮廓线同步前进法。在用三角面片连接相邻两条轮廓线上的点列时,使得连接操作在两条轮廓线上尽可能同步进行; 3) 最短对角线法。设上轮廓线为 P , 下轮廓线为 Q , 不失一般性,设线 Q 距 P_i 最近的点为 Q_j , 则以跨距 $P_i Q_j$ 为基础用最短对角线法来构造两轮廓线间的三角面片。如果对角线 $P_{i+1} Q_j$ 小于 $P_i Q_{j+1}$, 则连接 P_i, Q_{j+1} , 形成三角面片 $Q_j P_i Q_{j+1}$, 否则连接 P_{i+1}, Q_j (如图 4 所示)。这种方法简单、易于实现。实验证明,当所采集的点足够密时,构建的模型表面光滑,基本拟合实体表面。

2.2.3 三维曲面存储的数据结构

利用上述的最短对角线法来构造三维矿体模型,通过其原理不难看出,该方法是基于三角形的,而三角形是最小的图形基元,而且几何算法最简单、最可靠,构成的系统性能最优,因此采用小三角面来拟合矿体表面是非常有效的方法。最终构建出的模型类似于不规则三角网,因此其存储方式也可采用类似于 TIN 的混合结构。其数据结构如下:

typedef struct

```

{
    int IDPoint; //点号
    float x;
    float y;
    float z; //空间坐标
} Point3D;
typedef struct
{
    int IDEdge; //边号
    Point3D *BeginP, *EndP; //两个端点
    float length; //边的长度
    int times; //边扩展次数
} Edge;
typedef struct
{
    int IDTri; //三角形号
    int IEdge [3]; //三边边号
    Point3D *pTri [3]; //三个顶点
    float Norm [3]; //逼近矿体表面的三角形的法向量 (为可视化的光照模型提供依据)
} Ftriangle;

```

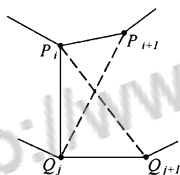


图4 最短对角线法构建三维轮廓线

3 地矿三维可视化的实现

作为一个真正的三维实体模型, 仅仅绘制出曲面是不够的, 还必须通过一定的光照模型给曲面上色, 实现三维地质体的消隐, 这样才能符合人体视觉的要求。在建立曲面模型之后, 采用目前最流行的图形库OpenGL作为后续工作的工

矿山 3D 数据
采集、预处理

数据模型	真实感图形 绘制技术	矿山 3D 可视化
------	---------------	--------------

3D 立体、曲
面造型

图5 矿山 3D 可视化的实现

具, 从而避免了从底层进行光照计算、三维坐标变换等的处理, 在很大程度上提高了图形处理的效率。总之, 利用先进的计算机可视化技术 OpenGL 对实验、实用数据进行可视化实现无疑将更加容易。

综上所述, 本文设计的地矿 3 维 GIS 可视化过程如图 5 所示。文中对上述功能实现原理作了较为详细的论述和方法设计, 并在 Windows98 环境下使用 VC + + 6.0 和 OpenGL 图形库, 实验结果如图 6 所示。

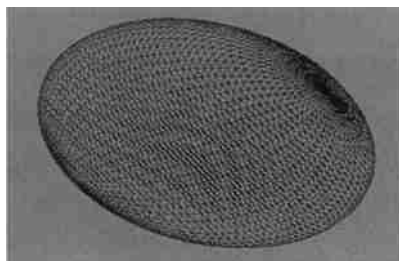


图6 矿体模型的构建及其可视化

4 结论

3D 实体的模型构建、可视化等方面是目前国内外研究的一个热点。科学可视化理论和技术将对地学信息可视表达、分析的研究与实践产生很大的影响^[6]。将可视化技术引入 3D 矿体模型, 可以实现矿体的生成和仿真, 有助于更好地理解矿体。文中将规则的椭球体作为矿体的模拟数据, 可表明采用线框构模法能较精确地定义矿体表面, 但是文章并未就真实复杂的矿体进行研究, 对可能产生的一些问题, 如: 矿体凹处的处理, 矿井、巷道等三维现象都需要再进一步的研究。

参 考 文 献

- [1] 程朋根, 龚健雅. 地勘工程 3 维空间数据模型及其数据结构设计. 测绘学报, 2001, 30 (1).
- [2] 边馥苓. 地理信息系统原理和方法. 武汉测绘科技大学教材, 2001.
- [3] 毛善君. 煤矿地理信息系统的理论与方法研究. 博士学位论文. 中国矿业大学, 1997.
- [4] CHENG Peng-gen, GONG Jian-ya. Three-dimensional Data Model and Its Application Issue in Geology and Mine. Mine surveying, 1999, (2).
- [5] 唐泽圣等. 三维数据场可视化. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [6] 江早. OpenGL VC/VB 图形编程. 北京: 科学出版社, 2001.



知网查重限时 **7折** 最高可优惠 **120元**

本科定稿，硕博定稿，查重结果与学校一致

立即检测

免费论文查重: <http://www.paperyy.com>

3亿免费文献下载: <http://www.ixueshu.com>

超值论文自动降重: http://www.paperyy.com/reduce_repetition

PPT免费模版下载: <http://ppt.ixueshu.com>
