

文章编号: 1001-1986(2006)04-0013-03

三维体元拓扑数据模型的改进与实验

侯恩科, 赵 洲

(西安科技大学地质与环境工程系, 陕西 西安 710054)

摘要: 在简要介绍三维体元拓扑数据模型建模原理的基础上, 分析了三维体元拓扑数据模型的不足, 并从处理含夹层地质体和由非平行剖面构建地质体两个方面, 改进了三维体元拓扑数据模型的建模条件和数据结构。实验表明, 改进后的数据模型更加适合基于剖面的三维地质建模。

关键词: 三维地质建模; 三维体元拓扑数据模型; 改进; 建模实验

中图分类号: TP399; P208; TD17 **文献标识码:** A

Optimization and experimentation for 3D Topological Data Model based on component

HOU En-ke, ZHAO Zhou

(Dept. of Geology and Environment Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: After simply introducing the theory about the Component-based Topological Data Model for 3D Geology Modeling (3DGM), the paper analyzed the model's deficiency in modeling conditions and dealing with the relationship between two geologic objects. And then, expands the conditions and optimizes the data structure of the model when appears two unparallel sections or some partings. The experiment result validates the optimized model is practicable.

Key words: 3DGM; 3D Topological Data Model; optimization; modeling experiment

1 引言

三维地质建模(3DGM)是当前 3DGMS 和 3D GIS 研究的热点和难点, 而真 3D 数据模型的研究成为亟待解决的课题^[1-2]。近年来, 在三维地质建模方面, 不少学者进行了大量研究, 提出了四面体格网模型, 类三棱柱模型^[3], 基于八叉树和四面体格网的混合数据模型^[4], 矢量与栅格集成的面向对象的三维空间数据模型^[5], 面向地质建模的三维体元拓扑数据模型^[6-7]等三维地质建模的数据模型。这些数据模型各有优缺点和适用范围。面向地质建模的三维体元拓扑数据模型基于剖面, 由体元构建地质体, 且充分考虑了地质对象及其几何要素之间的拓扑关系, 比较符合三维地质建模的实际需要, 但也存在一些不足之处。本文针对其不足之处, 从由非平行剖面构建地质体和处理含夹层、洞穴地质体两个方面对其进行了改进, 并进行了建模实验。

2 三维体元拓扑数据模型简介

2.1 三维体元拓扑数据模型的构模原理

三维体元拓扑数据模型用面向对象的方法将地

质对象抽象为点、线、面和体 4 类, 体类又进一步划分为复合体、复杂体、简单体和体元 4 类。其中复合体是指组成三维地质模型的所有地质体的总和, 它由多个复杂体和简单体组成; 复杂体是指离散分布的同一种地质体, 即复杂体由多个相同性质的简单体组成, 如金属矿体、煤层等在建模范围内由于断层切割或原始沉积影响被分隔成数个不连续的独立块体; 简单体是指在建模范围内连续分布的单个地质体; 体元是为了建模方便对简单体的进一步划分, 一个简单体由多个体元组成。从面向对象的观点出发, 简单体是同一类体元的联合, 复杂体是同一类简单体的联合, 复合体则是不同类型简单体和复杂体的聚集。该模型针对所有对象类设计了共 12 种拓扑关系和相应的数据结构。主要通过定义体元和确定而进行构模, 规定体元主要由前、中、后 3 条剖面轮廓线连接构成, 体元中轮廓线可由空间剖面上地质体的剖面轮廓线来确定, 前、后轮廓线由地质人员通过解释后给定, 如图 1 所示(详见参考文献[6])。

2.2 三维体元拓扑数据模型的不足

a. 仅基于空间平行剖面建模

体元拓扑数据模型要求体元的前、中、后 3 个剖

收稿日期: 2006-02-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40572165)、陕西省教育厅专向科研计划项目(03JK100)

作者简介: 侯恩科(1963-), 男, 陕西扶风人, 西安科技大学教授, 博士生导师, 主要从事三维地质建模研究与教学。

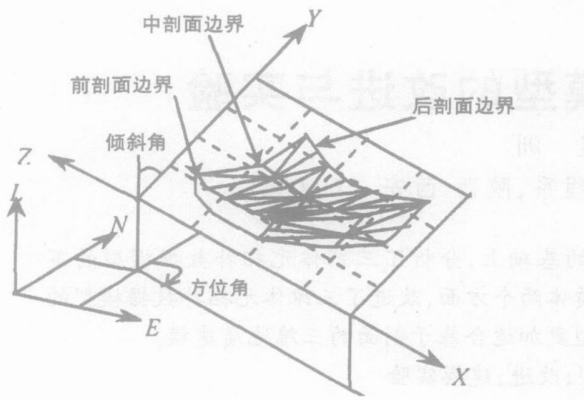


图 1 体元的定义示意图 (侯恩科, 2002)

Fig.1 The definition of components

面边界所在的空间剖面相互平行, 未考虑非平行剖面情况, 而实际上空间任意地质剖面之间往往是不平行的。所以这种条件限制了模型的应用范围。

b. 缺乏空间体对象之间包含关系的表达

体元拓扑数据模型的数据结构中, 对体对象之间的包含关系缺乏描述和表达。如: 若研究区地层 A 中含有一夹层对象 B 时, 模型中没有描述这种体和体之间的空间包含关系。所以当出现这种情况时, 模型对洞穴、夹层不能够自动处理, 不能进行相关空间分析和体积的计算等。在同一剖面上进行三角形网格剖分时会出现相互交错的情况(图 2), 从而影响模型的质量, 而合理的三角形网格应该是如图 3 所示的情况。

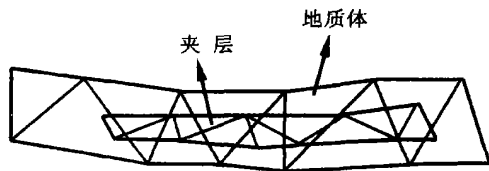


图 2 含夹层时剖面上错误的三角剖分

Fig.2 The incorrect TIN with the partings

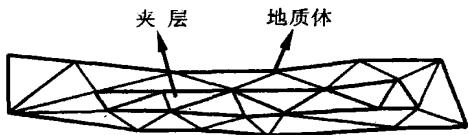


图 3 含夹层时剖面上正确的三角剖分

Fig.3 The correct TIN with the partings

3 对三维体元拓扑数据模型的改进

体元拓扑数据模型存在上述两个不足限制了该模型在三维地质建模当中的深入应用。因此, 作者对模型的建模条件及其相关数据结构作了一些修改, 使模型更趋完善。主要的改进如下:

a. 建模条件的扩展

将基于空间平行剖面的建模条件扩展为在空间任意剖面之间(相互垂直的情况除外)的建模。另外, 体元拓扑数据模型要求一个体元必须由前、中、后 3 条剖面边界构成, 而有时候只需要两条剖面边界即可满足建模的需要, 尤其在表达两个相邻体元 A、B 之间的体元对象 C 时, 只需说明 C 由 A 的前(或后)剖面边界和 B 的后(或前)剖面边界构成, 这时体元 C 没有中剖面边界。因此, 在实际应用时认为体元的 3 条剖面边界可以为空。

如图 4 所示, 在空间两个非相互平行的剖面上分别生成体元 1 和体元 2, 则体元 1 和体元 2 之间的部分也作为一个新的体元处理, 记为体元 3。新产生的体元由体元 1 的后轮廓边界和体元 2 的前轮廓边界构成。

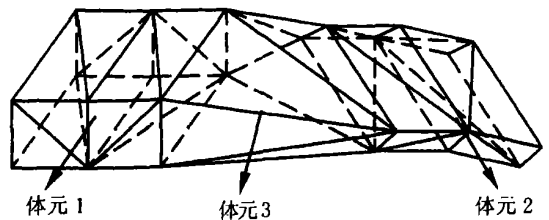


图 4 建模条件扩展后体元的构建

Fig.4 The component's creation under new conditions

b. 数据结构的修改

在体元拓扑数据模型中, 简单体由其对应的体元构成, 而体元由 3 条轮廓边界组成。为了使模型能够描述体与体之间的包含关系, 需要对模型中剖面多边形、体元、简单体对象的数据结构进行修改。因此, 在多边形数据结构、体元数据结构、简单体数据结构中分别新增了一个同类对象的对象数组, 这样可以表达地质对象之间的包含关系。在原数据结构的基础上所作的改动如表 1、2、3 所示。

表 1 修改后的剖面多边形数据结构

Table 1 The modified polygon data structure

属性	多边形	边界弧段	包含的多边	多边形	所在剖面空
变量	标识	标识数组	形标识数组	面积	间位置参数
类型	int	int[n]	int[n]	float	float

4 建模实验

作者在单机环境下, 采用面向对象的可视化开发工具 VC++6.0 为开发语言, 基于 Open GL 对改进后的数据模型进行了原型系统开发和验证。

4.1 基于非平行剖面生成体元(相互垂直情况除外)

如图 5 所示, 为基于空间非平行剖面之间的体元生成情况, 其中剖面 1 和剖面 2 不相互平行, 体元

表 2 修改后的体元数据结构

Table 2 The modified irregular components data structure

属性变量	体元标识	用户标识	所属简单体标识	包含的体元面标识	剖面多边形标识	体元的体积	前面与中面距离	后面与中面距离	前邻接体元标识	后邻接体元标识	包含体元标识	属性描述
类型	int	CString	int	int [n]	int [n]	float	float	float	int	int	int [n]	CString

表 3 修改后的简单体数据结构

Table 3 The modified simple solid structure

属性变量	简单体标识	用户标识	所属复杂体标识	所属复合体标识	包含的体元标识	包含的简单体标识	简单体的体积	相邻简单体标识	属性描述	上面标识	下面标识
类型	int	CString	int	int	int [n]	int [n]	float	int	CString	int	int

1 的中轮廓边界在剖面 1 上, 体元 2 的中轮廓边界在剖面 2 上, 体元 3 为体元 1 的后轮廓边界和体元 2 的前轮廓边界构成的新体元。

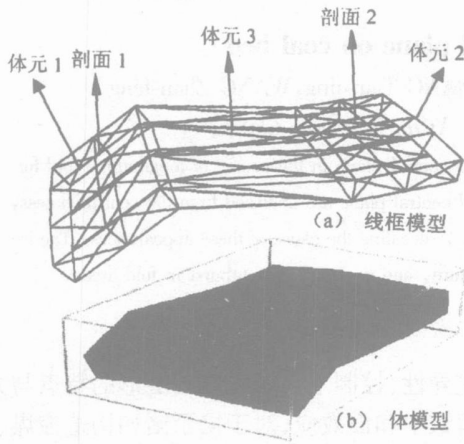


图 5 基于空间非平行剖面的体元生成

Fig. 5 The component's creation based on the unparallel sections

模型在生成时参考了前人提出的相邻轮廓线同步前进法^[8-10], 作者在引用该算法时作了如下几点定义:

a. 轮廓线线段 假设两相邻剖面上各有一条轮廓线, 轮廓线上的点按逆时针排列, 则同一条轮廓线上相邻两点的连线称为轮廓线线段, 如图 6 中的轮廓线线段 $P_i P_{i+1}$ 。

b. 跨距 两相邻轮廓线上两点的连线称为跨距, 如图 6 中的 $P_i Q_j$ 。

c. 基本三角面片 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了一个三角面片, 称为基本三角面片。而这两段跨距则分别称之为左跨距和右跨距。

d. 三角面片权值 该三角面片的轮廓线线段长度与该轮廓线线段所在轮廓线周长的比值, 记为 Φ 。三维地质体的表面模型就是由这些基本三角面片连接起来的。

在连接两条轮廓线时应该具备下列两个条件:

a. 每一轮廓线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。

b. 如果一个跨距在某一基本三角面中为左跨距, 则该跨距是而且仅是另一个基本三角面片的右跨距。

算法主要思想是: 使连接相邻两条轮廓线的三角面片操作在两条轮廓线上尽可能同步进行, 即任一时刻, 使上下两条轮廓弧段的累计权值的差为最小。即若满足 $\text{fabs}(\Phi_h + \Phi_i - \Phi_v) < \text{fabs}(\Phi_v + \Phi_j - \Phi_h)$, 则连接 $Q_j P_{i+1}$, 否则连接 $P_i Q_{j+1}$ (图 6)。

4.2 含夹层的地质体建模

根据表 1~3 中对面向对象的体元拓扑数据结构的修改, 当空间剖面所揭露的地质体中含有夹层等地质对象时, 只需指定该剖面上不同地质对象的剖面轮廓线之间的包含关系, 由剖面轮廓线产生的体元之间的包含关系以及由体元产生的地质体之间的包含关系, 均根据剖面轮廓线之间的包含关系自

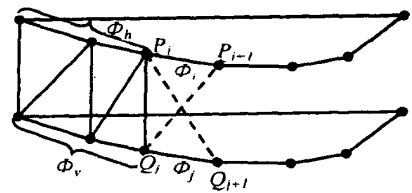


图 6 相邻轮廓线同步前进法示意图

Fig. 6 The triangulation method for the neighbor contours

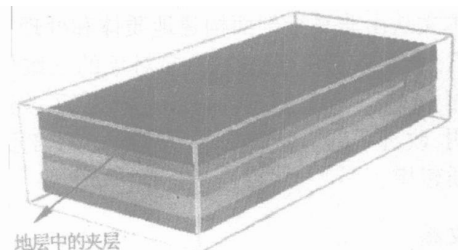


图 7 含夹层的三维地层模型

Fig. 7 The 3D model with the caves and partings

文章编号: 1001-1986(2006)04-0016-03

褶皱中和面对煤层的控制性研究

王生全, 王贵荣, 常青, 张添景, 王战峰

(西安科技大学地质与环境工程系, 陕西 西安 710054)

摘要: 利用纵弯褶皱变形中中和面上下岩层的不同应力与应变特点, 分析了处于褶皱中和面上下各煤层在背斜与向斜部位煤层厚度、煤层构造、煤体结构及煤层瓦斯的赋存规律与差异性, 揭示了这些现象产生的原因。该研究对于开展煤层厚度、煤层构造及煤与瓦斯突出的预测研究提供了理论依据。

关键词: 褶皱; 中和面; 煤层; 地质构造

中图分类号: P618.1102 P542+.2 **文献标识码:** A

Controlling effect of the fold neutral plane on coal bed

WANG Sheng-quan, WANG Gui-rong, CHANG Qing, ZHANG Tian-jing, WANG Zhan-feng

(Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: By means of stress-strain feature of upper and lower strata of fold neutral plane in the course of longitudinal fold formation, the differences between the upper coal bed and lower coal bed of fold neutral plane are analyzed from the coal thickness, coal structure, coal body structure, coalbed gas occurrence and diversities etc., revealing the cause of these appearances. The investigation provides theory basis for forecasting coal thickness, coal bed structure, and coal and gas outburst in fold area.

Key word: fold; fold neutral plane; coal bed; geologic structure

1 引言

众所周知, 褶皱构造是自然界发育最为广泛的构造类型之一, 褶皱中和面是层状岩体遭受水平挤压发生弯曲变形时所表现的一种构造现象。由于褶皱变形过程中, 褶皱中和面上下岩层应力与应变特

点的差异性, 控制了煤系中煤层变形的特点与方式。研究褶皱中和面效应, 对于揭示诸如构造控煤、构造控气、构造控突及构造控水等问题均有重要意义。

2 褶皱变形中的中和面及其应力应变特点

对于单一岩层或彼此粘结很牢的一套岩层来

收稿日期: 2005-10-31

基金项目: 陕西省自然科学基金资助项目(2005D01); 陕西省教育厅专项基金资助项目(04JK170)

作者简介: 王生全(1961-), 男, 陕西岐山人, 西安科技大学教授, 从事煤矿瓦斯地质研究。

动生成。

图7是基于改进后的体元拓扑数据结构建立的含有夹层的三维地质体模型, 与实际情况较为一致。

5 结论

本文从由非平行剖面构建地质体和处理含夹层或洞穴地质体两个方面, 对面向对象的三维体元拓扑数据模型的建模条件和数据结构进行了改进。实验表明, 改进后的数据模型更加适合基于剖面的三维地质建模。

参考文献

[1] 吴立新. 真三维地学构模的若干问题[J]. 地理信息世界, 2004, 2(3): 13-18.
[2] 吴立新, 史文中. 地理信息系统原理与算法[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

[3] 齐安文, 吴立新, 李冰, 等. 一种新的三维地学空间构模方法—类三棱柱法[J]. 煤炭学报, 2002, 27(2): 158-163.
[4] 李德仁, 李清泉. 一种三维GIS混合数据结构的研究[J]. 测绘学报, 1997, 26(2): 128-133.
[5] 龚健雅, 夏宗国. 矢量与栅格集成的三维数据模型[J]. 武汉测绘科技大学学报, 1997, 22(1): 7-15.
[6] 侯恩科, 吴立新. 面向地质建模的三维体元拓扑数据模型研究[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2002, 27(5): 467-472.
[7] 侯恩科. 三维地学模拟的若干关键问题研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2002.
[8] Ganapathy S, Dennehy T G. A new general triangulation method for planar contours[J]. Computer Graphics, 1982, 16(3): 69-75.
[9] 唐泽圣. 三维数据场可视化[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
[10] Fuchs H, Kedem Z M, Ueslton S P. Optimal surface reconstruction from planar contours[J]. Communication of the ACM, 1977, 20(10): 693-702.