

基于类三棱柱的三维地质模拟与拓扑研究

齐安文^{1,2}, 吴立新²

(1. 首都信息发展股份有限公司, 北京 100083; 2. 中国矿业大学(北京校区) 3S 与沉陷工程研究所, 北京 100083)

摘要:文中介绍了基于偏斜钻孔的三维地质空间构模方法——类三棱柱(ATP)法的基本原理。对 ATP 方法用实测数据进行了地质体三维重构可视化及切割。并确定了基于 ATP 5 类基本拓扑关系及相关的查询与维护方法。

关键词:类三棱柱; 三维地质模拟; 偏斜钻孔; 三维拓扑

中图分类号: P628⁺.3

文献标识码: B

文章编号: 1001-358X(2003)03-0065-02

目前, 解决矿山地质体可视化的关键问题之一是建立三维 GIS 及进行真三维地质模拟(Three-dimensional Geological Modeling)^[1]。本文在已有研究成果的基础上提出了一种新的三维地质体构模方法——类三棱柱法^[2]。

1 类三棱柱法及三维地质体重构

1.1 类三棱柱构模原理

在充分研究目前的3D空间构模方法的基础上, 作者针对地质与矿业应用, 建立了一种新的3D地质构模方法——类三棱柱(Analogical Tri-Prism, ATP)法。文献[3]里提到三棱柱模型, 文献[4]里论述了三棱柱模型并实现了它在数字地层模型中的相关应用。该模型主要是用于建立工程地质模型, 数据来源是较浅的垂直钻孔数据, 基本不存在钻孔偏斜问题, 所以采用三棱柱模型是可行的。而我们考虑的是地质、采矿中的建模问题, 数据来源是100 m以上(甚至1000 m以上)的深钻。而这种深钻通常存在偏斜, 即钻孔轨迹既不垂直也不是直线, 而是一条空间曲线, 所以不能用三棱柱模型来建模。鉴此, 本文提出利用类三棱柱来建模, 它可以用类三棱柱的上下底面的三角形集合所组成的TIN面来表达不同的岩(煤)层面, 然后利用类三棱柱侧面的空间四边形面来描述层面间的空间关系, 用类三棱柱柱体来表达层与层之间内部实体。图1表明类三棱柱构模的基本原理。图中黑粗的柱体代表钻孔, 蓝色代表TIN面。地层被分为两层。由于由上、下不平行的两个TIN三角形面和三个侧面空间四边形面所组成的空间单元, 与三棱柱近似, 但又不是三棱柱(三棱柱侧面是平面), 故称为类三棱柱。关于类三棱柱六大基本元素的数据结构已经在作者先期发表的文章里做了详细的阐述^[5]。

1.2 地质体三维重构可视化

对于随机分布的钻孔数据, 每个钻孔一个记录, 每个记录包括钻孔坐标和每个地层的深度和厚度。为便于处理将随机分布的钻孔数据按地层进行三角剖分, 形成TIN数据, 根据TIN数据产生地层曲面。最后根据地层的岩性对各地层曲面之间的空间进行填充, 形成3D实体即地层模

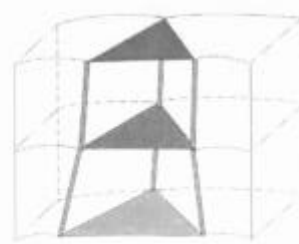


图1 类三棱柱的基本原理

型。图2为用ATP方法构建的真三维地质体。

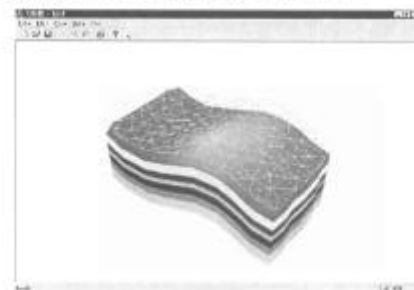


图2 多层三维地质体重构可视化

1.3 地质体切割

在3D空间中进行任意方向的剖切, 对空间结构可以进行任意角度的观察, 是3D可视化的一个重要功能。该算法的关键是如何形成剖面多边形。剖切算法步骤如下:

(1) 预处理: 先确定每个体元中边的构成, 然后对每个体元中的各条边的两个顶点进行判断, 确定一个标记符, 标记该顶点与剖切平面的相对位置。如该顶点到剖切平面的距离大于零, 则记为1, 否则, 记为0。

(2) 交点计算: 对于每一个体元, 逐个判断其中的每一条边。如果边的两个顶点标记不同, 则该边与剖切平面相交, 计算交点的3D坐标与数据值。

(3) 剖面多边形的形成: 如果一个体元不存在交点, 则该体元不对剖面多边形做任何贡献, 否则存在交点。提取任意一个交点作为剖面多边形的第一个顶点, 依据边-面和面-边之间的拓扑关系, 找到与该交点所在边共面的且在

该体元中另一个具有交点的边,将第二个交点作为剖面多边形的下一个顶点。以此类推直至搜寻回到第一个顶点。

这样就形成了体元中的剖面多边形。图3显示地质体经多面组合切割成篱笆图的结果。

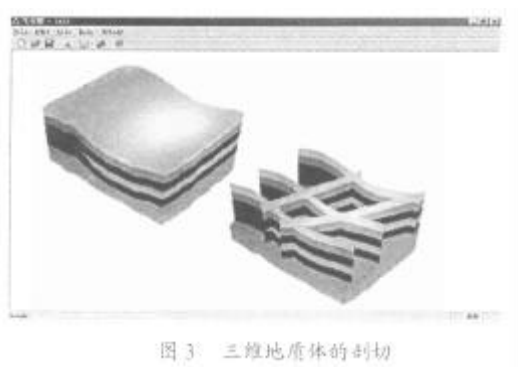


图3 三维地质体的剖切

2 类三棱柱三维拓扑关系

在GIS中,所谓拓扑关系就是实体与实体之间的联接关系,即这些空间实体是否连接、相邻、在里面、在外面等。基于ATP的基本元素两两之间都存在拓扑关系。类三棱柱数据结构的特点之一就是充分考虑了组成类三棱柱体的各空间元素之间的拓扑关系,便于三维空间拓扑分析的实现。

2.1 拓扑表达

通过权衡比较,确定基于ATP的基本拓扑关系如下五大类:(1)点边面关系(点为边节点,面由点通过算法生成,面由边构成):点-TIN边-棱边、TIN边-侧面空间四边形面-TIN三角形面关系、棱边-TIN边-侧面空间四边形面关系;(2)面边体关系(边构成面,面构成体,面为体的公用面):TIN三角形面-TIN边-类三棱柱关系、侧面空间四边形面-边-类三棱柱关系;(3)体面点关系(体由面构成,面由节点联接而成):类三棱柱-空间面-点关系;(4)TIN面与相邻体关系(一个TIN面可能有上下两个类三棱柱体):TIN面-上类三棱柱-下类三棱柱关系;(5)点体关系(点联接而成体):点-类三棱柱关系。隐含的关系有:边边关系(共用节点);体体关系(通过共用面相邻)。这些关系基本能全面反映类三棱柱数据结构的拓扑关系。实际上,由于类三棱柱数据结构的特点,若去掉类三棱柱的三条棱边,则剩下的结构即为空间TIN结构。因此,点与点、点与线、线与线、线与面、点与面、面与面的关系即可按TIN结构的拓扑关系建立方式来建立。所以,类三棱柱数据结构很容易与TIN二维GIS数据结构相兼容。图4为基于ATP的三维拓扑空间模型。

2.2 拓扑查询

可以用下述办法进行拓扑关联的查询和检查:首先指定任一个有标识号的类三棱柱作为初始体,然后通过与之相邻的点、线或面找到与之相邻的类三棱柱。凡是通过侧

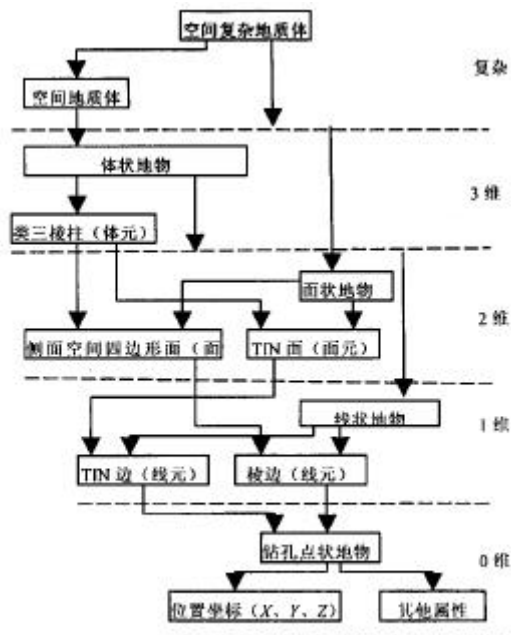


图4 基于类三棱柱构模方法的三维地质模拟拓扑空间模型

面或棱边相邻的标记为1;通过顶点、TIN面或TIN边相邻的标记为2;都不相邻的标记为0。这样标记为1的表示为同一层,标记为2的和原始类三棱柱为相邻层,为0的表示出现不相连现象。按照同样的方法重复以上操作,搜索检查全部标记为2的类三棱柱,直到所有的类三棱柱都检查完。这样就能将矿体的分层情况以及出现的断层、褶皱等特殊地质现象通过拓扑检查表达出来。由于只需要检查0, 1, 2三个数字,所以这种拓扑检查及维护的效率比较高。

拓扑查询:基于最基本的拓扑关系:包含于、相接、相交、相离,查询类三棱柱各图元两两之间的拓扑关系。

双击左边树形列表里具体的图元,将它作为被查询图元,然后从下拉式文本框里选六个基本图元中的一种,作为目标图元。接着选择一种类型的拓扑关系,便可以查找出被查询图元与目标图元之间的关系。如果没有这种关系,系统会给出相应的提示。

2.3 拓扑的局部动态维护

由于ATP模型的数据结构中包含了各元素之间的拓扑关系,所以在前面讨论的空间图形动态更新的同时,ATP的拓扑关系也在局部进行重新构建以及局部拓扑的修改。当有新的钻孔点加入时,根据该点唯一的标识号将其加入点库中去,由TIN的生成程序按照Delaunay法则在局部重构TIN。然后通过TIN的数据结构,找到组成TIN边的该点。依次类推,直到由新点参与构成新的ATP。当有新的空间点加入时,新的三角形将原来的ATP切分成两个ATP,这样在两个新的ATP之间就通过新的三角形建立邻

(下转第64页)

建(构)筑物、水体、铁路压煤量统计表

地区、省、市、县、矿务局				单位：万吨 2001年1月1日																						
矿 名	全矿总压煤量			建 筑 物 下											合 计											
	生产水平以上	地质储量 可采量	合同储量 比例 (%)	城镇 压煤	矿井工业 压煤	矿井公路 压煤	矿井铁路 压煤	并建 工厂 压煤	村 庄																	
									共 计		必须搬迁的															
									个数	户数	压煤量	个数	户数	压煤量												
唐山矿	282.95	384.82	6.9	0	2.86	0	97.3	0	4	742	179.17	0	0	0	279.35											
		178.15																								
	282.95	384.82																								
范各庄矿	9.6	7.11	62.4	0	0	2.49	0	0	2	5	2.37	2	5	2.37	4.8											
		2.49																								
	9.6	7.11																								
范各庄矿	46.92	46.92	60.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
		0																								
	46.92	46.92																								
合 计	339.47	158.65	0	0	2.86	2.49	97.3	0	4	745	181.54	2	5	2.37	284.15											
		158.65																								
	339.47	158.65																								

2.4 “三下”压煤的储量数据输出

“三下”压煤的储量数据输出分上报数据和报表打印,包括储量报盘、原始数据打印、统计报表打印和分区域、分水平、分煤层“三下”煤量统计报表打印。统计报表打印输出有二种格式报表:建(构)筑物、水体、铁路压煤量统计表,以及建(构)筑物、水体、铁路压煤采出量统计表。图4所示的为建(构)筑物、水体、铁路压煤量统计报表格式(前半部分)。

3 结 语

在矿山GIS基础上,实现矿山的数字化,也是数字中国的重要组成部分,“三下”压煤动态管理系统是数字矿山

在煤矿储量管理方面的一个应用。随着我国煤炭行业的多年开采,各种保护煤柱内的煤炭储量已相当巨大。如何将这煤炭资源开采出来并加以利用,已成为众多专家关注的焦点,“三下”压煤动态管理系统是解决这一问题的基础。

参考文献:

- [1] 吴立新,殷作如,邓智毅等.论21世纪的矿山——数字矿山[J].煤炭学报,2000,25(4):337-342.
- [2] 吴立新,齐安文,杨可明等.矿山GIS(TT-MGIS²⁰⁰⁰)简介及其关键技术[J].矿山测量,2001(1):5-8.
- [3] 杨可明,吴立新.数字矿山与TT-MGIS家庭[C].第六届全国矿山测量学术会议论文集,2002:92-95.

- [4] 建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程[M].北京:煤炭工业出版社,2000.

作者简介:杨可明(1969-),男,讲师,1994年毕业于山东矿业学院测量工程专业,2001年在中国矿业大学(北京校区)获硕士学位,从事地理信息系统、摄影测量与遥感等方面的教学与研究工作,发表论文5篇。

(收稿日期:2003-06-20)

(上接第66页)

接关系,成为公用TIN面。而两个新的ATP与原来的ATP之间也可以通过原来的上、下TIN面建立邻接关系,上、下TIN面成为公用面。而新的ATP通过侧面与周围和它相邻的ATP建立邻接关系。与当有新的地层加入时,原来的地层在局部形成了新的地层界面,新地层将原来地层重新进行了分割。切割后形成新的ATP,在局部对原来的ATP进行了局部拓扑重构。

以上操作都是在局部重新生成并修改了拓扑关系的表达,而不需重新生成并修改整体的拓扑关系,这样使得ATP局部拓扑维护与动态更新效率高。

3 结 语

基于类三棱柱ATP的三维地质空间构模方法是一种切实可行的方法。它的三维拓扑可用8组关系来表达,组成ATP的元素之间可以进行有效的拓扑查询,拓扑的动态维护是在局部进行而不需改变整体的拓扑表达。

参考文献:

- [1] 齐安文,吴立新,侯恩科等.三维地质模拟述评及其矿山应用关键问题[J].中国矿业,2001,10(5):61-64.
- [2] 程朋根,龚健雅.地质矿山中三维GIS数据模型的应用问题[J].矿山测量,1999,5(2):14-19.
- [3] Simon W. Houlding.3D geoscience modeling--computer techniques for geological characterization. [M].Springer-Verlag: [s. n.], 1994.
- [4] 张煜,白世伟.一种基于三棱柱体体元的三维地质建模方法一应用[J].中国图象图形学报,2001,6(3):285-290.
- [5] 齐安文,吴立新,李冰,李建民,杨中东.一种新的三维地质空间构模方法——类三棱柱法[J].煤炭学报,2002,27(2):158-163.

作者简介:齐安文,男,2002年7月毕业于中国矿业大学(北京校区),获博士学位。现在首都信息发展股份有限公司从事GIS应用项目的开发和管理。

(收稿日期:2002-07-25)