

文章编号: 0253-9993(2008)11-1268-04

基于 GTP 的煤矿地质体三维建模及剖切

李长春, 王宝山, 薛华柱

(河南理工大学 测绘与国土信息工程学院, 河南 焦作 454003)

摘 要: 为了表达和再现煤矿三维地质体, 显示地质体内部细节, 揭示地质体在煤矿井田内的空间分布规律, 需研究如何构建煤矿地质体三维模型以及怎样对其进行剖切. 在研究 GTP 三维数据模型的基础上, 设计了 GTP 三维数据结构, 构建了煤矿地质体的三维模型, 并且对 GTP 的各种剖切情况进行了研究, 设计了煤矿地质体的剖切算法、剖切求解和剖切流程, 最后实现了煤矿地质体的剖切.

关键词: GTP; 煤矿地质体; 三维建模; 剖切

中图分类号: TD163.1 **文献标识码:** A

Coal geological body three-dimensional modeling and cutting based on GTP

LI Chang-chun, WANG Bao-shan, XUE Hua-zhu

(School of Surveying and Land Information Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China)

Abstract: In order to describe and reappear three-dimensional coal geological body, and display the inner detail, reveal the spatial distributional rule of geological body in the coal mine, how to realize the three-dimensional modeling of geological body and how to cut it must be studied. The GTP three-dimensional data structure was designed after studying the GTP three-dimensional data model, the three-dimensional model of geological body was realized. All kinds of GTP cutting were studied, and designed the cutting method, cutting points calculation, cutting process, in the end, the coal geological body was cut.

Key words: GTP; coal geological body; three-dimensional modeling; cutting

借助计算机和科学可视化技术, 通过构建煤矿地质体三维模型, 可使专业人员对原始数据作出判断, 确定矿体形态和进行储量计算, 有利于改善勘探地质信息质量, 提高煤矿安全生产能力和科学管理水平. 通过对煤矿地质体进行剖切, 显示煤矿地质体模型内部的各个细节, 揭示煤矿地质体在煤矿井田内的空间分布规律, 为地质、采矿工作者更加准确地解译地质信息提供帮助.

关于地质体三维建模, 文学东等^[1]提出利用三棱柱 (TP) 进行地质体建模以及程朋根等^[2]提出利用似三棱柱 (QTP) 模型进行地质体建模. 实际上在进行地质勘探时, 钻孔在铅垂方向上会产生一定的偏斜, 导致所连接形成的三棱柱侧面不是平面. 另外, 由于煤矿地质体的不规则性, 使得连成三棱柱的上下两三角形面也不可能平行. 为此, 笔者借鉴利用三棱柱和似三棱柱进行地质体建模, 提出了不受钻孔偏斜限制的广义三棱柱模型 (GTP) 进行煤矿地质体三维建模. 另外, 有关地质体的剖切已有不少研究, 但大多只是在研究各种剖切种类的基础上实现了地质体剖切, 对剖切算法的研究较少. 本文主要利用剖切算法

收稿日期: 2007-12-02 责任编辑: 毕永华

基金项目: 河南省科技攻关项目 (0524220043); 河南理工大学青年科学基金资助项目 (2006-25)

作者简介: 李长春 (1976—), 男, 河南周口人, 讲师. E-mail: lichangchun610@126.com

对地质体剖切进行深入研究.

1 基于 GTP 的煤矿地质体三维建模

1.1 GTP 数据模型与数据结构

利用广义三棱柱模型 (GTP) 进行煤矿地质体三维建模的基本思路: 用上下地质界面上钻孔点组成的三角形面表达不同的地质层面, 用侧面四边形面描述层面间的空间关系^[3]. 为此, 定义了钻孔点 POINT、TIN 边、TIN 三角形、侧面四边形和 GTP 体元 5 组基本元素, 数据结构见表 1.

表 1 5 种数据结构
Table 1 Five data structures

数据结构	程 序	数据结构	程 序
tagHOLE-POINTDATA (钻孔点)	<pre> { int iID; //钻孔点标识码 double x, y, z; //钻孔点三维坐标 CString strName; //钻孔点属性描述 int iMatID; //钻孔点在该层物资标识号 int iLayerID; //钻孔点在该层序号 }; HOLEPOINTDATA </pre>	tagQUAD-RANGLE (侧面四边形)	<pre> { HOLEPOINTDATA quadEdgel^[2]; //第 1 条边 //2 个顶点 bool bCutquadEdgel; //第 1 条边是否被切割 } QUADRANGLE; </pre>
tagTRIANGLE (TIN 三角形)	<pre> { int iID; //三角形标识码 HOLEPOINTDATA triEdgel^[2]; //第 1 条边 //2 个顶点 HOLEbool bCuttriEdgel; //第 1 条边是否被切割 Int iTpID^[3]; //三角形邻接的 3 个拓扑三角 //形标识码 } TRIANGLE; </pre>	tagTRIPRISM (GTP 体元)	<pre> { int layerID; //三棱柱所在层 bool bCut; //该体元是否被切割 HOLEPOINTDATA m_point; //三棱柱 6 个顶点 TRIANGLE upTriangle; //三棱柱上三角形 TRIANGLE botomTriangle; //三棱柱下三角形 QUADRANGLE m_quad^[3]; //三棱柱 3 个侧面 int locFlag; //记录切割后体元的相对 //位置, 取 0 或 1 } TRIPRISM; </pre>
Sprism TinEdge (TIN 边)	<pre> { int iID; //TIN 边标识码 prism Vertex vb, ve; //TIN 边两端点 int itriID^[2]; //TIN 边邻接三角形标识 int IQuadID^[2]; //TIN 边上、下侧面四边形标识 }; TinEdge </pre>		

1.2 煤矿地质体三维建模的实现

利用某煤矿地质勘探获得的钻孔数据进行整理建库, 得到钻孔的 1 组四维坐标 (x, y, z 和地层厚度). 根据上述基于广义三棱柱构模方法进行煤矿地质体三维建模. 由于钻孔数量有限, 不能满足煤矿地质体的几何建模, 因此需要在现有钻孔数据的基础上进行插值. 图 1 为利用插值后的钻孔数据构建的该煤矿地质体的三维模型.

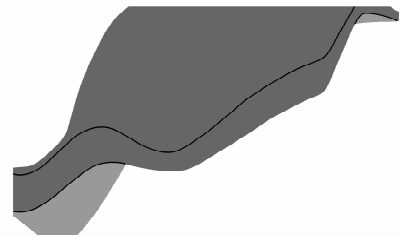


图 1 煤矿地质体的三维建模效果
Fig. 1 The result of coal geological body three-dimensional modeling

2 煤矿地质体剖切

2.1 GTP 剖切类型

由于煤矿地质体模型是以 GTP 为基本体元, GTP 体元经剖切后, 将产生 2 个新的几何体, 由于剖切的方式不同, 导致产生的新几何体可能不是 GTP 基本体元. 为了保证整个煤矿地质体建模过程中数据结构的一致性, 必须将非 GTP 的新几何体进一步分解为 GTP 体元. 根据论文所采用的 GTP 数据结构, 将剖

切分为 3 种形式, 即完全剖切、特殊剖切和伪剖切, 每种剖切形式又包含若干种剖切类型, 下面分别介绍这几种剖切类型及重组方法^[4-5].

2.1.1 完全剖切

完全剖切是剖切面与 GTP 的边相交且交点不是 GTP 边的顶点. 完全剖切共有 8 种剖切类型, 这 8 种剖切类型以及对剖切后产生的新几何体进行重组的方法如图 2 所示 (阴影表示剖切面).

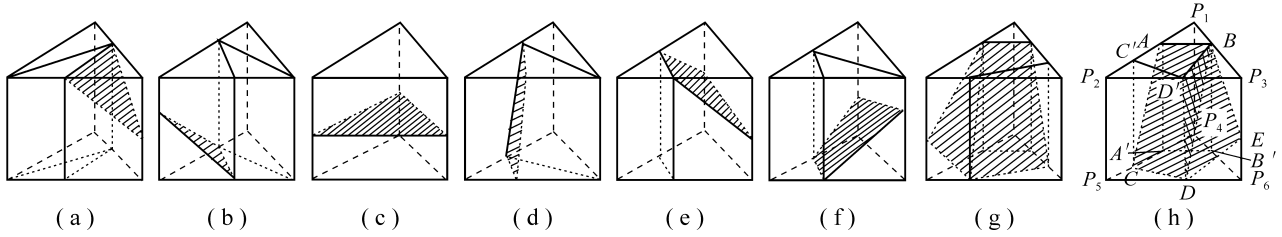


图 2 完全剖切方法

Fig. 2 The method of whole cutting

2.1.2 特殊剖切

剖切面与 GTP 的边相交且交点中至少有 1 点是 GTP 的顶点, 特殊剖切共有 7 种类型 (图 3).

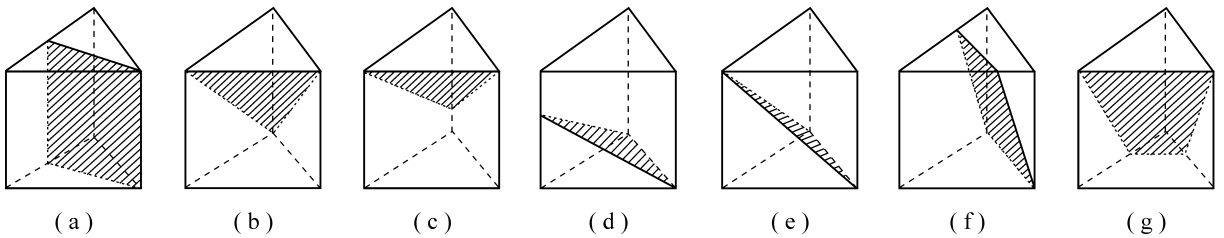


图 3 特殊剖切方法

Fig. 3 The method of special cutting

2.1.3 伪剖切

GTP 整体在剖切面的一侧, 并且 GTP 的某一个顶点、某一条边或者某一个面与剖切面重合 (图 4).

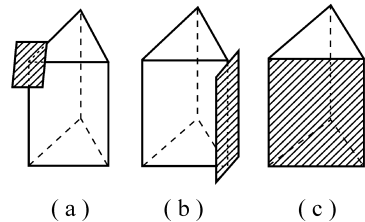


图 4 伪剖切方法

Fig. 4 The method of untrue cutting

2.2 剖切算法设计

剖切过程如图 5 所示.

(1) 首先判断该地质体模型在某处是否可以分层, 如果可分, 则搜索地质体在该处的 GTP 体元.

(2) 确定剖切面方程系数. 通过坐标转换, 确定剖切面, 并将其转换到所绘制的地质体坐标系中, 然后再求剖切面方程 $Ax + By + Cz + D = 0$, 确定其系数 A, B, C, D .

(3) 对地质体每个 GTP 体元的 6 个顶点分别计算其与剖切面的位置关系, 如果 GTP 的 6 个点都在剖切面的一侧, 则说明此 GTP 没有被切割, $bCut = 0$; 否则, GTP 被切割, $bCut = 1$ (布尔型变量 $bCut$ 来标志 GTP 是否被切割).

(4) 对标识码 $bCut = 1$ 的 GTP 体元必须进行

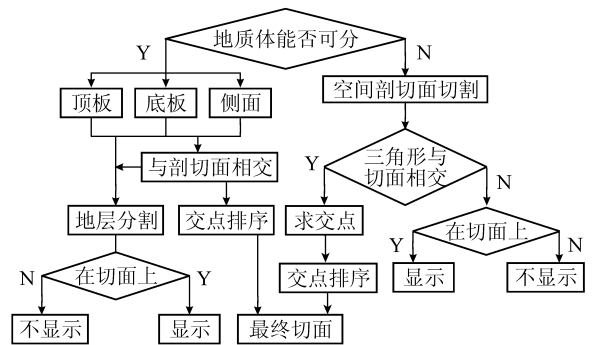


图 5 煤层地质体剖切流程

Fig. 5 The flow chart of coal geological body cutting

切割重组, 并且将 GTP 的新几何体根据上述方法进一步分解为 GTP 体元。

(5) 经过剖切判断和切割重组以后, 组成地质体的 GTP (包括产生的新 GTP 体元) 被分为 2 种类型, 即 locFlag 为 1 或 0 (locFlag 为 GTP 的位置标识)。

(6) 如果地质体在该处不可分层, 则在确定剖切面方程系数后, 对剖切面和该地质体界面的各三角形进行求交, 并将交点排序后进行剖切; 否则判断三角形是否在剖切面上, 若在剖切面上则显示该三角形, 否则进行消隐处理。

利用上述剖切算法, 对 1.2 生成的煤矿地质体进行剖切, 其剖切后的效果如图 6 所示。

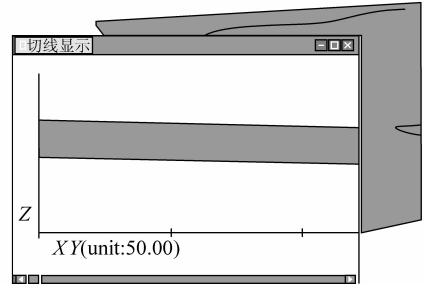


图 6 煤矿地质体剖切效果

Fig. 6 The result of coal geological body cutting

3 结 语

在充分研究广义三棱柱数据模型 (GTP) 的基础上, 设计用于煤矿地质体三维建模的 GTP 数据结构, 并利用 1 组钻孔数据, 实现了煤矿地质体的三维建模; 同时对复杂煤矿地质体剖切相关问题进行研究, 实现了地质体沿任意层面剖切。这对于虚拟再现井下煤层及上下围岩的地质构造情况、显示煤矿地质体模型内部的各个细节具有重要意义。

参考文献:

- [1] 文学东, 卢秀山, 李青元, 等. 基于三棱柱的三维地质体建模及可视化研究 [J]. 测绘科学, 2005, 30 (5): 82 - 84.
Wen Xuedong, Lu Xiushan, Li Qingyuan, et al. The study of 3D geological body modeling and visualization based on TP [J]. Science of Surveying and Mapping, 2005, 30 (5): 82 - 84.
- [2] 程朋根, 龚健雅, 史文中, 等. 基于似三棱柱体地质体三维建模与应用研究 [J]. 武汉大学学报, 2004, 29 (7): 602 - 607.
Cheng Penggen, Gong Jianya, Shi Wenzhong, et al. Geological object modeling based on quasi tri-prism volume and its application [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2004, 29 (7): 602 - 607.
- [3] 车德福, 吴立新, 陈学习, 等. 基于 GTP 修正的 R3DGM 建模与可视化方法 [J]. 煤炭学报, 2006, 31 (5): 576 - 580.
Che Defu, Wu Lixin, Chen Xuexi, et al. The method of R3DGM modeling and visualization based on amended GTP [J]. Journal of China Coal Society, 2006, 31 (5): 576 - 580.
- [4] 朱小弟. 三维地质模拟可视化技术的研究 [D]. 北京: 中国矿业大学 (北京), 1999.
Zhu Xiaodi. The study of 3D geological modeling and visual technology [D]. Beijing: China University of Mining and Technology (Beijing), 1999.
- [5] 张力岩. 数字矿山中三维地质模拟及体视化技术的研究 [D]. 北京: 中国科学院, 2004.
Zhang Liyan. The study of 3D geological body modeling and visual technology in digital earth construction [D]. Beijing: Chinese Academy of Science, 2004.