

文章编号: 1000-7598-(2002) 05-0637-03

三维地层模型中地层划分的探讨

贺怀建¹, 白世伟¹, 赵新华², 陈 健¹

(1. 中国科学院武汉岩土力学研究所, 湖北 武汉 430071; 2. 仙桃市建设工程质量监督检测站, 湖北 仙桃 433000)

摘 要: 地层作为三维地层模型的一个重要概念, 在三维地层模型的建立中起着关键作用。如何以岩性来刻画这些层面就显得非常重要了。根据地质钻孔资料中岩层分界点的排列, 确定地层的排序。根据多层 DEM 建模的概念, 按岩性对多层 DEM 进行了交叉划分处理。形成空间中严格按照岩性为要素进行划分的三维地层模型的骨架结构。

关 键 词: 三维地层模型, 岩性, 数字高程模型

中图分类号: TU 17 **文献标识码:** A

Discussion on strata partition in three dimension strata model

HE Huai-jian¹, BAI Shi-wei¹, ZHAO Xi-hua², CHENG Jian¹

(1. Institute of Rock and Soil Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China; 2. Xiantao Municipal Supervision and Inspection Station for Construction Engineering Quality, Xiantao 433000, China)

Abstract: Stratum is an important idea of three dimension strata model. It plays a key action in instauration of three dimension strata model. How to describe strata based on lithology is very important. In this paper, according to the range of rock formation interface in geological drill hole sampling, the ordering of strata is ascertained. In the light of multi-DEM set-up model idea, pursuant to lithology, the intersection division for multi-DEM proceeded. Three dimension strata model was formed in terms of lithology.

Key word: three dimension strata model; lithology; DEM

1 引 言

在三维地层空间中一个最显著的特点就是“层”, 这也是与传统 GIS 研究对象的很大差异。因此, 如何刻画这些层面就显得非常重要了。可以说确定了地层界面就基本确定了地层模型的基本几何构造。

目前获取地层信息的方式有钻探、声波测试、电磁波探测等, 但最直接, 使用最多的仍是钻探法, 钻探法能直接获取岩层况, 取得的岩芯可以通过试验得到岩层的物理力学指标。另外, 水文探孔也是了解地下水文状况的主要途径。

三维地层模型是建立在以岩性为要素的单一划分基础之上的。采集到的数据样本主要是各岩层、土层的分界点, 这些采样点具有有限、离散、稀疏、不规则等特点, 借鉴已有二维空间数学建模长期发展所提供的理论和实践经验, 根据多层 DEM 建模的概念^[1], 即按 DEM 的方法与思路对每个岩

层、土层的分界点进行插值或拟合。然后根据岩层、土层的属性对多层 DEM 进行交叉划分处理, 形成空间中严格按照岩性为要素进行划分的三维地层模型的骨架结构。

2 地层划分

由于岩土介质空间分布的不连续性、不均匀性和不确定性, 地层之间相互交叉侵蚀, 地质实体之间的关系错综复杂。在三维地层信息系统中, 如何对地层进行划分是涉及到三维地层建模的一个关键问题。

地层划分应当建立在适当的地质解释方法理论之上。至今为止, 国内外在这方面尚未取得突破性的成果, 一般都是由有经验的地质工程师根据钻孔资料、测井资料和地震资料相结合, 通过人为地解释、推断来确定地层的空间分布, 而且大部分的工作都是在二维平面图上进行的。

本文将对这个问题进行一些探讨, 力求能够在

多层 DEM 的基础上, 形成一个完整的三维地层模型。

地层划分的步骤简单叙述如下:

(1) 大致确定地层的空间上下关系, 如图 1 所示, 可根据 ZK_2 的岩层分界点的排列, 确定地层的排序为 I、II、III、IV;

(2) 依照地层顺序, 逐层判断相邻两层面是否相交, 如求出地层 I、地层 II 在 A 点处相交。实际应用中两层曲面相交形成一条或多条交线, 这些交线将地层曲面划分为两个或多个区间。如图示意, A 点将地层 I 线和地层 II 线划分成两个区间, 即两段曲线;

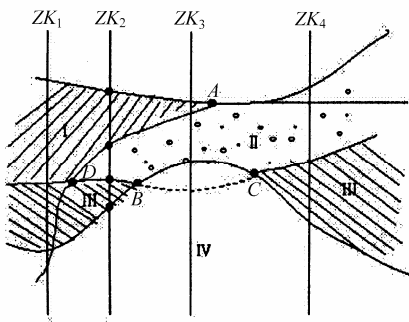


图 1 地层划分示意图
Fig.1 Strata division

(3) 对各个区间分别进行钻孔采样点检验, 如在 ZK_2 和 ZK_3 所在的区间内, 地层 I 和地层 II 两地层层面都能通过采样点的检验, 两者都保留下来; 而在 ZK_4 所处的区间内, ZK_4 上只有地层 II 和地层 III 的采样特征点, 因此, 可判断将地层 I 在该区间内的部分删除, 只留下地层 II 的部分;

(4) 如果在某个区间中未发现钻孔采样点, 则只能根据高程进行判断。即若第 n 层的高程在该区间内小于第 $n+1$ 层的高程, 就在区间内删除第 n 层曲面, 而保留第 $n+1$ 地层曲面;

(5) 按 2-3 顺序, 重复进行地层交叉判断和拼接划分, 直到最后一层地层。

形成多层 DEM 后, 在进行地层划分之前, 尚未形成体的概念。而且由于 DEM 是采用规则格网内插求出的, 因而形成的面只有 4 边形一种情形。这时建立起来的拓扑关系主要是结点一边, 边一结点一面和面一边之间的关系。

在确定地层之间的协调关系的时候, 需要对相交的格网进行剖分。一个 4 边形面中出现相交的情况有如下两种形式。

如图 2 所示, 首先求出两地层面在格网 ABCD

中的交点 E、F, 再由面一边之间的拓扑关系, 判断 E、F 所落的边的情形分别属于(a)、(b)中的哪一种。然后根据上述的地层划分方法来决定相交地层面的取舍, 划分后的地层面为 $\square ABCD$ 和 $\square B' C' FE$ 或 $\triangle B' FE$ 。

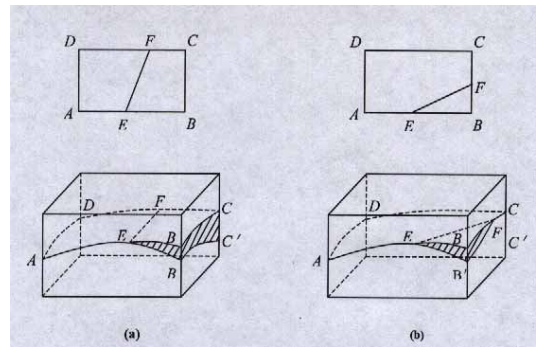


图 2 相交格网的 2 种剖分形式
Fig.2 Two dissection form of crossing grid

各个地层面的空间展布确定之后, 就可以根据多层 DEM 之间良好的上下对应关系来联接格网形成体元。如考虑到今后的分析功能, 构建的地层模型应当充分考虑到岩土工程力学分析的要求, 使模型具有一致性。我们知道, 有限元分析中要求网格保持连续和协调, 即在各单元间完全公共的边上, 要求其剖分结点数和剖分比例因子完全相等。本着这一原则, 确定地层之间的协调关系后, 在形成体元的过程中, 还需进行进一步的剖分处理, 以保证体元之间的连续和协调。

3 三维地层模型的建立

经过多层 DEM 建模, 完成了按照岩土介质为要素的有限—互斥—完整体划分, 形成了三维地层模型的基本构架。但是地下空间中还存在着多种多样的自然或人工构筑物, 如硐室、巷道、基坑等, 因此还需要将这些特殊的地质体引入到已基本划分的地层模型中。这一步骤的主要操作实际上是将已基本划分的地层模型中的体元与这些复杂体对象进行求交拼接, 而且注意求交拼接之后的模型应当保证体元之间的连续性和协调性。

对于(a)种剖分情形, 交线 EF 将 $\square ABCD$ 剖分成 $\square AEFB$ 和 $\square EFCB$, 满足我们对几何元素的约定, 因而暂且不用继续剖分了。而对于地层面之间形成的体 $B' C' CBEF$ 不是我们约定的 4 种体元形式之一, 必须进行剖分。通过连接 EC 和 EC' 后, 将 $B' C' CBEF$ 剖分成四棱锥 $B' C' CBE$ 和四面

体 $EC'CF$ 。同时, 为保证体元之间的协调性, 还需将上下层面相应的边进行联接。如图 3 所示, 将上一层面的 MI 联接, 这时六面体 $EBCFMHIN$ 被剖分为两个三棱柱 $EBCMHI$ 和 $ECFMIN$ 。这样, 在未处理之前的体 $B'C'CB EF$ 和六面体 $ABCDGHIJ$ 被剖分成 1 个六面体 $AEFDGMNJ$ 、2 个三棱柱 $EBCMHI$ 和 $ECFMIN$ 、1 个四面体 $EC'CF$ 和 1 个四棱锥 $B'C'CB E$, 同时, 也保证了体元之间的连续性和协调性。

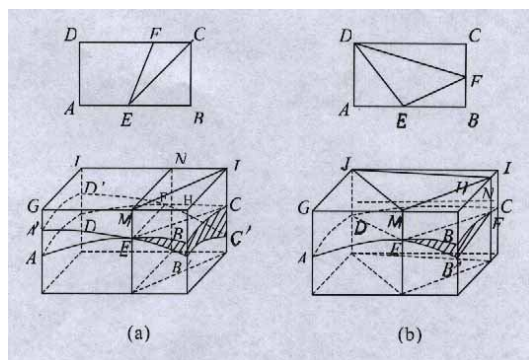


图 3 地层相交的体剖分示意
Fig.3 Body dissection of crossing strata

对于(b)种剖分情形, 则首先需要将 $\square ABCD$ 根据交线 EF 三角化, 形成 4 个三角形 $\triangle AED$, $\triangle DEF$, $\triangle EBF$ 和 $\triangle DFC$, 然后体元之间的边的剖分和联接上下对应, 形成满足要求的体元, 则最先的体六面体 $ABCDGHIJ$ 和四面体 $EB'BC$ 被划分成 4 个三棱柱 $AEDGMI$, $EFDMNJ$, $EBFMHN$ 和 $FCDNIJ$ 以及 1 个四面体 $EB'BC$ 。同样满足了连续性和协调性的划分原则。

多层 DEM 形成之后, 由于各层 DEM 都有完全一致的参照系, 且能准确匹配和一一对应, 因而在地层未发生相交之处可以形成六面体体元, 而对应于地层相交的地方按照上述的体元剖分方法, 生成体元, 最终形成一个完整的按照岩土介质要素进行单一体划分的三维地层模型。同时这个模型中的体元之间保证了连续性和协调性。

由于我们所提出的三维数据模型中的体元有 4 种基本形式, 因而体与体之间的求交会出现多种组合情形。在此, 本文仅就六面体之间的求交拼接进行简单的阐述。图 4, 图 5 是根据实际地质钻孔资料建立的三维地层模型和地层分层显示。

4 结 论

根据多层 DEM 的三维地层建模方法。通过获

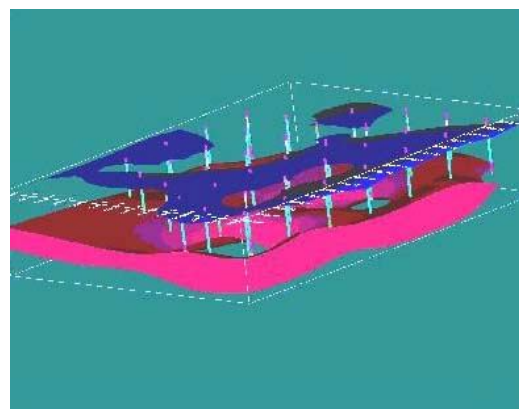


图 4 地层显示
Fig.4 Strata display

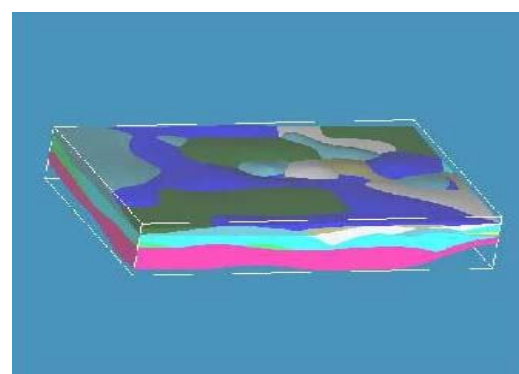


图 5 三维地层模型
Fig.5 Three-D strata model

取的钻孔资料, 大致确定地层的空间上下关系, 进行地层交叉判断和拼接划分。然后, 对各个地层面分别建立独立的数字高程模型 DEM , 所有这些 DEM 均有完全一致的参照系并且能够互相准确匹配, 层面之间存在着很好的对应关系, 这样就在空间中形成了多层 DEM 网格。然后, 进行地层划分, 构造几何元素间的拓扑关系, 构成三维地层模型的骨架结构。最后引入其他特殊的体对象, 形成完整意义上的三维地层模型。

参 考 文 献

- [1] 胡金星. 三维地学模拟体视化技术的应用研究[J]. 1999, 24 (4): 345—349.
- [2] 陈建. 三维地层信息系统的建模与分析研究 [博士学位论文 D]. 武汉: 中国科学院武汉岩土力学研究所, 2001.
- [3] 李咸亨. 台北市工程地质分区[J]. 地工技术 (台), 1996, (54): 24—34.