

# 利用三维地震勘探资料在GMS平台下实现 地层实体建模的方法研究

于 军<sup>1,2</sup>, 王晓梅<sup>2</sup>, 吴加和<sup>3</sup>, 何黄生<sup>3</sup>, 金永念<sup>2</sup>

(1. 吉林大学环境与资源学院, 长春 130026; 2. 江苏省地质调查研究院, 南京 210018;

3. 江苏煤炭地质物测队, 南京 210046)

**摘要:** 三维地震勘探成果数据体包含丰富的地质信息, 任意物性反射层均可作为钻孔地层划分的依据。物性反射层等深线数据文件与GMS中钻孔数据文件通过点的空间坐标相互关联, 可高效地构建GMS中地层实体建模所需的虚拟钻孔。实践表明, 该方法具有很高的地层建模精度, 能成倍提高工作效率, 同时也为三维地震勘探成果中其它物性特征的获取利用提供了一个可借鉴方式。

**关键词:** 三维地震勘探; 物性反射层; 地层实体建模; GMS平台; 虚拟钻孔

中图分类号: P628<sup>+</sup>.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2006)01-0008-04

## 1 引言

为更有效、更直观地了解含水层的空间分布情况, 分析各类地质要素的空间组合关系, 水文地质、环境地质工作者常要借助计算机技术建立研究区的三维地层结构模型, 以求更好地认识地层条件, 合理地进行各种模型概化。

由美国 Brigham Young 大学研制、广泛应用于地下水流数值模拟的 GMS (Groundwater Modeling System) 软件具有强大的地层三维实体建模功能, 其以钻孔为基本单元建立地层模型<sup>[1]</sup>。然而在区域应用中, 常缺乏足够的真实钻孔资料, 往往需要通过人工分析建立研究区假想钻孔来进行模型精度调整。近年来, 随着三维地震勘探技术的应用, 成倍增加的地质信息, 被连续地保存在三维地震勘探成果数据体中, 如何将其应用于GMS中的地层实体建模上, 实现地层结构模型的高效建立, 是一项亟待解决的问题。

## 2 三维地震勘探数据体特征

三维地震勘探是体积勘探, 不同于普通二维勘探,

所获信息量巨大。通过对三维地震原始数据资料的层位标定、目的层连续追踪、反射层及异常波的立体解译, 可获得丰富的三维地震勘探成果。图1是三维地震勘探立体成果数据体立体图, 可完整连续地表达出任意地震时间剖面上物性层次变化和其形态特征。但是只有物探专业人员掌握了GMS软件处理技术才能充分地利用这些勘探成果数据。对于从事水文地质工作的技术人员来说, 要想拥有这套昂贵设备并掌握其软件处理技术是不现实的。因此, 需要在这两者之间搭建一座沟通的桥梁。

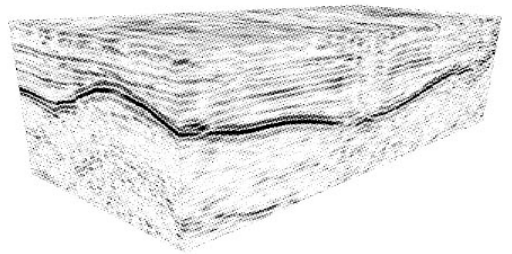


图1 三维地震勘探成果数据体

Fig.1 Data package of 3D seismic exploration

如图1所示, 空间上任意一个数据点都连续, 且具有很多物性特征, 如某点的空间三维坐标<sup>[2]</sup>。根据这些特性, 物探技术人员可以提供任意物性层上任意密度点的空间坐标, 并得到对应各物性反射层(地层分界面)等深线的空间坐标, 其结果以独立文本文件格式存放, 为三维地震数据的利用提供了切入点。

收稿日期: 2005-03-02; 修订日期: 2005-03-28

**基金项目:** 江苏省生态环境地质调查与监测(200312300009)之子专题“苏锡常地区地面沉降地质结构三维可视化模型研究”资助

**作者简介:** 于军(1968-), 男, 南京人, 在读博士生, 高工, 主要从事水文地质、环境地质研究。

E-mail: njhzmyj@163.com

### 3 Solid 模块钻孔数据特征

GMS 中提供了 Solid 模块进行地层实体建模,该模块根据钻孔数据构建 TIN 表面,以实现实体建模过程。只有掌握了 GMS 软件中钻孔数据文件格式的具体表述内容,才能充分利用三维地震勘探成果数据。

表 1 列出了 Solid 模块钻孔数据的文本文件格式<sup>[1]</sup>,只列出了必选项。该文本文件的扩展名为 BOR。且 Solid 模块钻孔数据文件格式与物性反射层等深线文件格式具有相关性。

表 1 Solid 模块所使用的钻孔数据文件格式

Table 1 The borehole file format used in the Solid module

行号	内容	说明
1	BHOLE	钻孔数据文件类型标识符
2	BEGH	钻孔数据开始标识符
3	BNAM "name"	定义钻孔名称, name 为钻孔号
4	ID id	定义钻孔唯一标识码(id)
5	CONT nc	定义钻孔中划分的地层层数(nc)
6	x1 y1 z1 matid	第 1 层 x、y、z 坐标及岩性编码(matid)
7	x2 y2 z2 matid	第 2 层 x、y、z 坐标及岩性编码(matid)
8	xnc ync znc matid	第 nc 层 x、y、z 坐标及岩性编码(matid)
9	ENDH	钻孔数据结束标识符
10	.....	重复 2~10 的内容

### 4 建立虚拟钻孔

物性反射层等深线文件中的点实际是虚拟钻孔的位置,对应 Solid 模块中该钻孔的层位坐标(图 2)。  $B_{i,j}^n$  为第  $n$  物性反射层第  $i$  行第  $j$  列的虚拟钻孔点,  $L_n$  代表对应  $B_{i,j}^n$  的地层分界面,其余符号类推。因此,将所有物性反射层的点按钻孔文件格式依次连接起来,构成整个研究区内的虚拟钻孔,即可用 GMS 软件处理数据了。

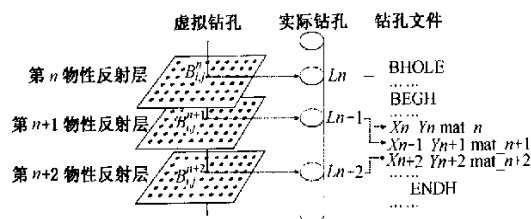


图 2 物性反射层与钻孔中层位的关系示意图

Fig.2 Sketch of relationship between physical reflected surface and strata in borehole

### 5 程序实现方法及软件运行要求

利用 VC++ 6.0 编写数据转换程序,其流程图见图 3。首先获取物性反射层数  $NL$ ,即钻孔中共划分了几组地层;其次程序读取点分辨率并计算总点数  $NM$ ,即整个建模区内虚拟钻孔数;再次程序进入虚拟钻孔数( $NM$ )的大循环,在每个钻孔循环中又嵌套了地层层数( $NL$ )小循环,实质是物性反射层的循环,且总是由 BEGH 开始,以 ENDH 结束。

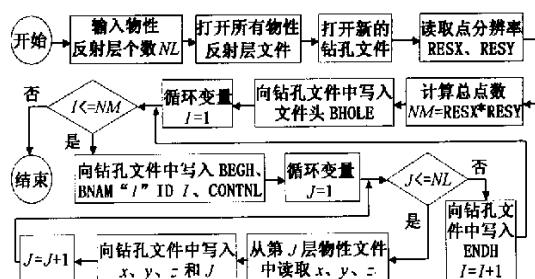


图 3 程序流程图

Fig.3 Flow chart of computer program

该数据转换程序的用户界面如图 4 所示。该软件可用于 Windows95、2000、NT 或 XP 等操作系统,对硬件无特定要求,用户只要安装了 GMS(V3.1 或更高版本)软件就可以转换数据并进行地层实体建模。

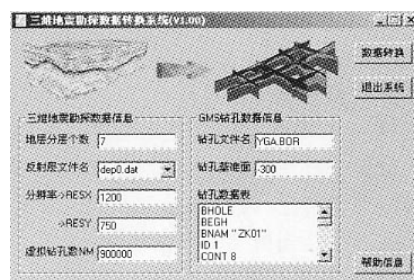


图 4 三维地震数据转换系统用户界面

Fig.4 System user interface of converting 3D seismic exploration data

### 6 应用实例

无锡石塘湾因果岸村位于无锡市西北 12km 处,处于苏锡常地区地下水降落漏斗中心地带,长期的不均匀地面沉降诱发了非常严重的地裂缝地质灾害<sup>[3]</sup>。为了查明地裂缝分布特征,弄清其形成机理,在该地区

进行了近  $1\text{km}^2$  的高精度三维地震勘探。本次研究利用三维地震勘探成果数据进行了地层实体建模,取得了满意效果。

因果岸村三维地震勘探成果数据提供了 7 个物性反射层 dep0 ~ dep6, 分别对应地表面、I 承压含水层顶面、I 承压含水层底面、II 承压含水层顶面、II 承压含水层底面、残坡积层顶面和新鲜基岩面,  $x$ 、 $y$  方向上提

供了每米间隔的数据分辨率:  $1200 \times 750$ 。

利用数据转换程序生成钻孔数据文件,并调入 Solid 模块中,运用 Select Contacts 和 Auto-extrapolate only 工具分别建立 7 个层的 TIN, 然后使用 Solid 工具并结合 Set Operations 选项工具建立起包含 I、II 承压含水层和基底在内的地层实体模型(图 5), 图 5 中清晰地反映出含水层的空间分布状况及基底的起伏形态。

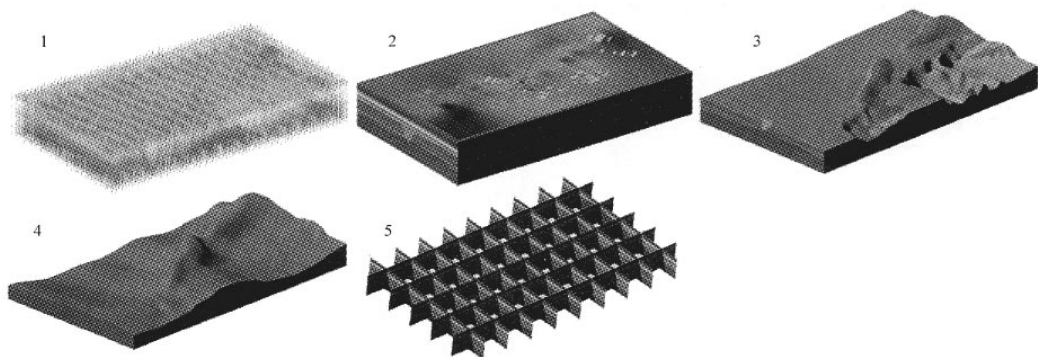


图 5 地层实体模型实例

Fig.5 Samples of the stratigraphy modeling

1—90 万个虚拟钻孔;2—地层实体模型;3—II 承压砂层空间分布;4—基底起伏形态;5—任意切割地层剖面

## 7 结论

(1) 三维地震勘探成果中含有丰富的地质数据信息,其中任意点的空间坐标是 GMS 软件进行地层实体建模重要的数据转换切入点;

(2) 三维地震数据空间上是完全连续的,能提供任意需要的数据分辨率,物性反射层真实地反映了地层界面的实际变化情况,建模时无需再进行插值,建立虚拟控制钻孔即可达到极高的数据精度;

(3) 三维地震勘探数据转换程序实现了 Solid 模块中钻孔数据文件的自动生成,大大提高了工作效率,同

时也是三维地震勘探成果中其它物性特征(如断裂构造面、地裂缝面等)获取利用的一个可借鉴的方式。

## 参考文献:

- [1] GMS 3.1 Tutorials [1]. Brigham Young University, Environmental Modeling Research Laboratory (EMRL), 2000.
- [2] 张剑秋,张福炎.地震层位信息三维可视化[J].石油物理勘探,1998,33(1):119-124.
- [3] 伍州云,余勤,张云.苏锡常地区地裂缝形成过程[J].水文地质工程地质,2003,31():67-72.

(下转第 15 页)

- [9] 周钟,王肖钧,刘文韬.岩石的损伤软化对应力波传播的影响[J].中国科学技术大学学报.2003,33(3):

337-343.

## Study of effect of rock softness-hardness on evolution of 1-D stress waves

WANG Wei<sup>1</sup>, WANG Zhi-liang<sup>2</sup>, LI Zhen-qiang<sup>3</sup>

- (1. *Guizhou Electric Power Design Institute, Guiyang 550002, China*; 2. *Department of Mechanics, University of Science and Technology of China, Hefei 230027, China*;  
3. *Nanjing Qiang-hua Construction Engineering Co. Ltd, Nanjing 210024, China*)

**Abstract:** Violent seismic waves will be produced when an underground spherically packed explosive is blasted, and their propagated model is affected by many factors. Based on finite difference methods coupled with the famous elastic-plastic cap model of rock, we did numerical simulation and analysis for the propagation and evolution mechanism of 1-D detonation. The emphasis was put on the waves propagated from hard rock into soft rock, or from soft rock into hard rock. At the same time, the influences of weak intercalated bed between rock mass on 1-D stress-waves are also discussed. All those can be reference for the studies on the function gradient materials of wave impedance and the intelligent defense in civil air-defense engineering.

**Key words:** rock medium; 1-D stress-waves; cap model; propagation and evolution

编辑:李智彦 王宏

(上接第 10 页)

## Studies on realization method for stratigraphy modeling by using 3D seismic exploration data on the platform of GMS

YU Jun<sup>1,2</sup>, WANG Xiao-mei<sup>2</sup>, WU Jia-he<sup>3</sup>, HE Huang-sheng<sup>3</sup>, JIN Yong-nian<sup>2</sup>

- (1. *College of Environment and Resource, Jilin University, Changchun 130026, China*;  
2. *Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing 210018, China*; 3. *Institute of Coalfield Geophysics Exploration of Jiangsu Province, Nanjing 210046, China*)

**Abstract:** 3D seismic exploration data contain abundant geo-information, any physical reflected surface is one of the most important data, which can provide the evidence to divide strata in borehole. Data files of physical reflected surface depth contour and data files of borehole in GMS are interrelated by the point positions. The high performance method of constructing virtual boreholes for models of stratigraphy under the platform of GMS was developed by this means. It was found that the precision of stratigraphy modeling can be increased, and the work efficiency can be improved, at the same time the practicable way for using other physical data in 3D seismic exploration data was put forward by this method.

**Key words:** 3D seismic exploration; the physical reflected surface; stratigraphy modeling; the platform of GMS; virtual borehole

编辑:李智彦 王宏