

# 复杂断块正演建模方法及应用

王恩惠

中石化胜利油田物探院

DOI: 10.12238/ems.v4i10.5733

**[摘要]** 正演建模是地震正演模拟的重要组成部分。利用正演建模可以建立起能准确反映复杂地下地质构造的模型，验证地震解释的合理性，并指导复杂地区的地震地质解释。本文以国内东部某复杂断块为研究对象，选择Seismodel建模软件，通过对块体子曲面片的编辑，实现断层之间复杂的切割关系，建立符合工区实际情况的三维地质模型。

**[关键词]** 地质建模；复杂断块；构造模型

中图分类号：P631.3 文献标识码：A

## Forward modeling method of complex fault block and its application

Wang Enhui

Sinopec Shengli Oilfield Geophysical Prospecting Institute

**[Abstract]** Forward modeling is an important part of seismic forward modeling. Using forward modeling can establish a model that can accurately reflect the complex underground geological structure, verify the rationality of seismic interpretation, and guide the seismic geological interpretation in complex areas. This paper takes a complex fault block in the east of China as the research object, selects Seismodel modeling software, and realizes the complex cutting relationship between faults by editing the block sub-surface slices, and establishes a three-dimensional geological model that conforms to the actual situation of the work area.

**[Key words]** geological modeling; Complex fault block; Construction model

### 1、前言

建模不仅可为地震数据解释服务，也应用于地震数据采集和处理。通过建模和正演模拟，来指导数据采集的观测系统设计，已得到广泛应用；在地震数据处理中，通常要通过建立地表和表层结构模型，来估算静校正量和波场延拓基准面校正等。构造建模技术是所有建模技术的基础，此技术涉及三维图形学和计算几何的诸多方面，主要包括：空间曲面拟合插值技术、空间曲面网格剖分技术、空间曲面拓扑关系描述方法、空间曲面拓扑关系计算方法，以及三维地层网格剖分技术等。

Seismodel是一套交互式三维地质建模系统，支持剖面和曲面两类建模方法，能够生成三维块状地质模型，提供多种块体属性填充方法，并可导出为 Segy 格式的离散网格模型和拓扑一致性非规则化四面体网格模型。系统在建模方法上既支持剖面构造曲面模型的方法，也支持散点插值或直接三维编辑构造曲面的方法，具有完备的三维地质建模功能和完善的三维可视化效果。除此之外系统还提供了 GIS 支持，能够导入 GeoTiff 格式的地表高程，增加了坐标投影转换功能，能够建立真实地表的三维地质模型。该系统包含：地层曲面定义、地质块体定义、二维剖面建模、三维地质建模、四面体建模和模型可视化，

6个主要功能模块。

### 2、基于Seismodel的复杂断块建模方法

将解释得到的断层与层位散点数据全部加载到软件中，研究工区内的断裂系统和地层形态，厘清哪些是以早期形成的、延伸长度长、大断距、控制构造格局和油气分布为特征的大断层，哪些是以晚期形成的、切割局部地层、延伸长度短、小断距为主要特征的次生断层。在建模时，先建立大断层的断面，对散点数据进行删除异常点、插值、平滑编辑，大断层数量较少，由于大断层一般切割整个工区，断层间的切割配置关系相对简单，结合断面、顶底界面和模型的外边界即可创建块体，大断层相对低级序断层而言数量较少，因此能快速搭建工区的基本构造框架。对于断距很小的断层，一般人为调整，使断层落差更直观明了。接下来就要建立小断层的断面了，需要在在大断层的约束下进行，小断层一般不切割整个工区，如果人为为之扩展至整个工区并不合适，为了创建上下盘块体，需要在沿断层走向的两端分别创建曲面片。建好断层模型后，开始建立层面模型，层面模型的建立主要是在断层模型以及构造面的约束下生成的。如果需要裁剪曲面，那么在要切的位置创建曲面，曲面之间相交产生交线，交线会将曲面分割成几个部分，即可

对这些子曲面进行删除、移动等操作, 编辑好的曲面就代表层面。也可通过绘制几个剖面来批量创建曲面, 对于闭合曲面, 如溶洞、小砂体等尤为适合, 这些不规则体的平面大小用纵剖面和横剖面联合控制, 厚度和形态在剖面中描绘, 为了不影响主体模型建立, 可以单独创建一个工区用来绘制不规则体, 建好后再导入主体模型。

Seismodel三维建模流程是: 首先新建工区, 定义工区范围和地层、块体信息, 得到模型基本信息后, 开始创建初始曲面模型, 有三种方式: 1、创建并编辑剖面, 剖面插值生成曲面; 2、建立参数平面; 3、导入散点创建曲面, 之后进行三维曲面交互编辑、曲面裁剪与优化, 完成了拓扑一致性曲面模型, 再进行地质块体追踪得出一致性块状地质模型, 一致性剖分后得出四面体网格模型。

### 3、工区应用

#### 3.1 基于解释成果数据完成工区数据加载

首先根据提供的数据建立工区范围如图1所示, 对要建立的地层和断层名称、段号、颜色进行定义如图2所示, 然后开始加载解释成果数据如图3。



图1 工区定义



图2 地质层位定义



图3 解释成果数据加载

#### 3.2 实现层位数据和断层数据插值

对散点数据进行插值、平滑编辑, 此时尖凸异常点消失, 可根据具体要求调整平滑半径, 即使还没有加载断层, 从图4的曲面起伏形态也可看出断层的存在。将解释人员提供的四个层位T4、T6、T7、Ek散点数据和五个断层散点数据进行加载、插值的结果如图5所示。

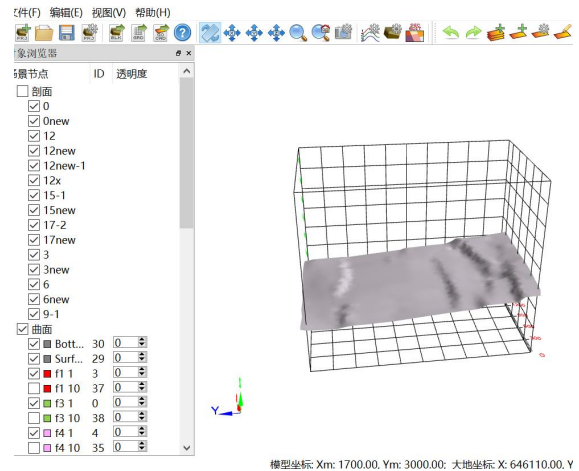


图4 工区某一层位数据插值结果

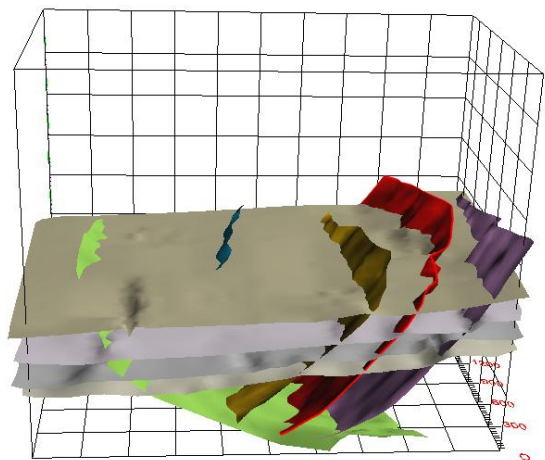


图5 工区全部层位断层插值结果

#### 3.3 基于插值结果实现工区地质曲面重建

建立初始曲面模型后, 曲面间可能存在交越和不封闭现象, 而且两条曲面在相交处也不具有一致的三角网拓扑结构, 无法进行三维块体追踪, 需要利用系统提供的曲面编辑功能对曲面进行修剪, 构造拓扑一致的曲面模型。结合解释方的需求, 本文对断面的处理是: 调整平滑半径, 使曲面平滑, 只保留大体形态; 将五个断面在x方向上全部扩展至工区边界, 包括蓝色小断层; 将多余的断面切掉, 只保留穿插在地层中的部分; 利用软件中的曲面编辑功能调整红色断层的产状弧度。构建完断层模型, 开始在断层模型的约束下构建层面模型, 本文对地层的处理是: 很多地层被断层切割, 层面却很连续, 断距不明显, 人为新建几个平面片代替此类地层, 适当增加断距。工区全部

地质曲面重建结果如图6所示。

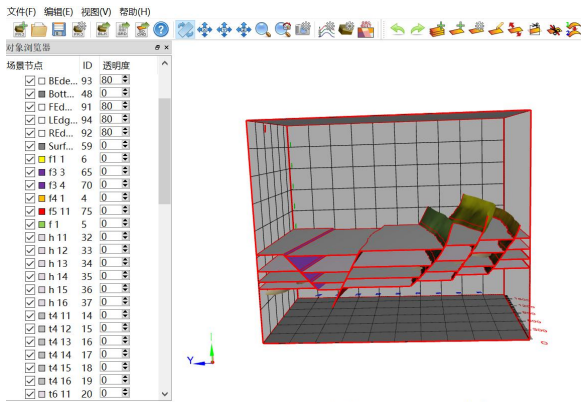


图6 工区全部地质曲面重建结果

### 3.4 基于地质曲面实现工区的块体追踪

裁剪好的模型在交线处具有一致的拓扑结构, 并且该曲面模型是完整封闭的, 可以利用它构造三维封闭块体模型。系统首先检查交线拓扑一致性, 自动构造四周的边界面, 排除无效的曲面三角形, 最后自动追踪各个三维块体。由于五个断层切割整个工区, 结合断面、地层顶底界面和模型边界面这六个面即可创建块体, 单个块体追踪后的效果如图7所示, 图8为工区全部块体追踪结果。若地层中镶嵌一些不规则体, 如溶洞, 处理方法: 单独创建一个工区用来绘制不规则体, 用纵剖面 and 横剖面联合控制不规则体的平面大小, 厚度和形态在剖面中描绘, 建好后再导入主体模型, 可极大提高建模效率。

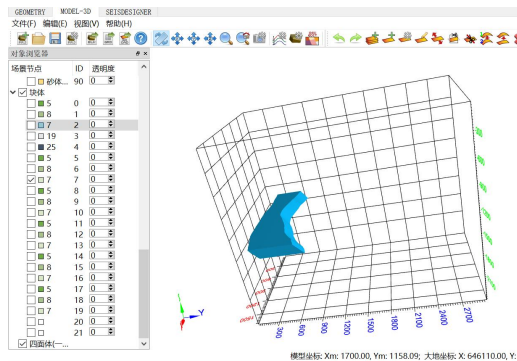


图7 工区某一块体追踪结果

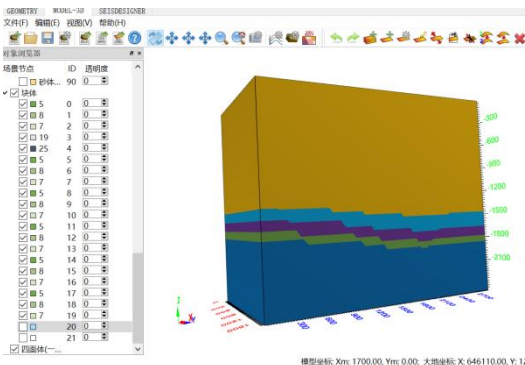


图8 工区全部块体追踪结果

利用系统的三维建模功能建立三维块体模型后, 即可进行离散模型导出。本文根据解释方提供的地层速度定义块体属性填充离散模型, 将速度模型保存为SEG-Y格式输出, 也可输出某个剖面。

### 4、结论

原始数据质量的高低决定模型的精度。针对复杂断块的建模难点在于曲面的编辑。本建模系统构建块体时, 该块体的所有子曲面片缺一不可, 对于很多没有扩展到模型边界的小断层, 需要人为创建子曲面以生成封闭块体。以后的建模过程中, 还需结合断点数据及井点分层等联合约束并定位断层与层面空间位置, 减少人为加构造的误差, 确保模型精确、合理。

### 【参考文献】

- [1] 潘懋, 方裕. 地理与地理信息科学, 屈. J. 三维地质建模若干基本问题探讨. 23, 1-5 (2007).
- [2] 李青元 et al. 三维地质建模的用途、现状、问题、趋势与建议. 52, 759-767 (2016).
- [3] 黑龙江科技信息, 张. J. 三维地质建模与可视化. 100-100 (2016).
- [4] 王李管, 何昌盛 & 金属矿山, 贾. J. 三维地质体实体建模技术及其在工程中的应用. 61-65 (2006).
- [5] 李兆亮 et al. 三维构造建模技术. 41, 2136-2146 (2016)
- [6] 王长海 & 深圳大学学报, 陈. J. 基于离散光滑插值的三维地质体构造网格模型. 31, 600-607 (2014)
- [7] 周良辰, 林冰仙, 王丹 & 地球信息科学学报, 阎. J. 平面地质图的三维地质体建模方法研究. 15, 46-54 (2013).
- [8] 邓浩. 面向隐伏矿体预测的三维地质建模与空间分析若干技术研究, 中南大学, (2008).
- [9] 潘欣, 李继红, 周立发, 等. 复杂断块群油气藏构造建模及其应用[J]. 断块油气田, 2008, 15(6): 53-55.
- [10] 崔廷主, 马学萍. 三维构造建模在复杂断块油藏中的应用[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(2): 198-205.
- [11] 崔廷主, 马学萍. 三维构造建模在复杂断块油藏中的应用——以东濮凹陷马寨油田卫95断块油藏为例[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(2): 198-205.