

基于 EVS Pro 的 3D 地质建模

雷 贇¹, 孔金玲¹, 张 峰¹, 杨齐青², 赵长荣²

(1 长安大学 地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054; 2 天津地质矿产研究所, 天津 300170)

摘要: 为了了解污染物在地层中的分布情况以及地下水开采后产生的结果, 在环渤海地区地质构造研究的基础上, 利用 EVS Pro3 三维地质建模软件, 以天津市(含环渤海地区)74 个实测钻孔数据、38 个化学污染物的实测钻孔数据为依据, 实现了对该地区含水层及地下水漏斗的 3 维模拟, 为解决环渤海地区污染物的控制以及合理有效开采地下水提供了模型支持。

关键词: EVS Pro; 3 维地质建模; 可视化; 地下水漏斗; 地面沉降

中图分类号: P208 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2008)01-0107-04

3D Geologic Modelling and Practice Based on EVS Pro

LEI Yun¹, KONG Jin-ling¹, ZHANG Feng¹, YANG Qi-qing², ZHAO Chang-rong²

(1 School of Earth Sciences and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2 Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170, China)

Abstract To clearly realize the distribution of chemical pollutant in strata and the exploitation of underground water, this paper makes use of the geology of the three dimensional modeling based on EVS Pro, with 74 drilling datum obtained in Tianjin City (including Bohai Sea region), realizes the 3D simulation of water layer and groundwater hoppers of the region. This work can give a model support for the pollutant control and the exploitation of underground water around Bohai sea region.

Key words: EVS Pro; 3D Geological modeling; visualization; groundwater hopper; land subsidence

0 引言

3 维地质建模(3D Geoscience Model-ling), 就是运用计算机技术, 在 3 维环境下, 将空间信息管理、地质解译、空间分析和预测、地学统计、实体内容分析以及图形可视化等工具结合起来, 并用于地质分析的技术。这方面的研究国外开展得较早, 已经形成了相当的规模, 像 EVS Pro (Environmental Visualization System) 是由美国 C-Tech 公司开发的地质类 3 维可视化软件。它适用于地球科学领域的高级可视化分析工具, 能满足地质、地球化学、水资源与环境、探矿工程、海洋以及考古等多专业的需求。C-Tech 提供真 3 维体数据建模、分析以

及可视化工具, 用以挖掘更深层次的数据内涵^[1]。笔者将以 EVS Pro 软件为研究工具, 以天津地区为对象, 开展有关区域的地层及含水层的 3 维数据模拟的尝试。

1 EVS 的主要功能

在对天津地区的地层模拟中主要应用 EVS 的地层和化学物分布模拟功能。

1.1 地层模拟

- (1) 根据实测钻孔数据建立 3 维立体地层模型。
- (2) 从不同角度建立 3 维立体地层剖面图。
- (3) 在 3 维模型上叠加遥感影像。
- (4) 通过立体模型分析模拟未知区域的地层结构。

1.2 化学物(氟化物)分布模拟

- (1)根据实测钻孔数据模拟 2.5 维和 3 维化学物模型。
- (2)通过颜色、等值线等表现化学物的分布规律。
- (3)从不同角度建立 3 维立体剖面图。
- (4)通过立体模型分析预测化学物分布情况。

2 EVS Pro 的建模理论

2.1 地质统计学

要进行地质 3 维表达,就必须将 x,y,z 3 维信息全部传递给人们。地质空间的每个位置不可能全部都有实际的采样值,必须利用各种方法给研究区空间任意位置进行插值计算^[2]。空间插值的本质就是通过空间建模来拟合生成充分逼近要素空间分布特征的函数方程。在这里地质统计学起着基础性作用,主要目的就是建立属性网络,即对数据进行插值或外推数据于网格的节点上或网格内。这个过程可以合并或叠加数据区域内的地质信息、地表特征物(道路、河流、建筑物等)、航空照片等。从数学上讲,精确性的定义是使整个网格中估计数值和实际数值之间的方差和最小。地质统计学可以建立比其他方法更精确的网格,是最好的定量综合不同类型软数据和硬数据的方法,可以定量地混合不同类型的数据^[3],如在 EVS 中常见的地层和化学污染物分布数据的综合。

2.2 地层层序

地层层序的概念是 EVS 中进行多数地质建模的前提,其区别于通常地质意义上的概念。在 EVS 中,地层层序要求所有地层贯穿于研究地区,并自上而下的排序,一个有序完整的层序使用于每一个钻孔中,但一个统一的地层层序似乎不太可能出现于每个钻孔中,地层常常尖灭或是局部呈透镜体存在,而且某一层可能呈现不连续状态。不过,所有这些现象通常都能使用层序表达方法建模(图 1)。图 1 中共有粘土、土层、沙砾 3 个地层,在其左边和右边钻孔就不会探测到地层中部的透镜体地层,而在中间钻孔就会出现 3 层或 4 层地层。EVS 地质建模方法通过将每一层均作为完整的沉积岩层来解决透镜体结构的地层,通过调节尖灭地层厚度为上层土的方法产生地层结构。从 EVS 地层层序的观点将上述地层结构看成是 4 层而不是 3 层(图 2),分别是上层土,粘土,下层土和沙砾。但是最后的建模结果会与实际地

层结构一致与图 1 一样。

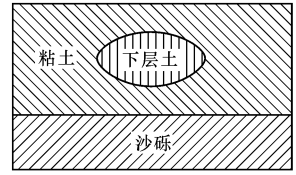


图 1 实际的地层层序
Fig. 1 Real Geologic Hierarchy

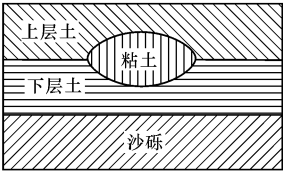


图 2 EVS 的地层层序
Fig. 2 EVS Geologic Hierarchy

3 EVS Pro 的数据处理

3.1 EVS 支持的地质建模文件格式

EVS 地质文件输入格式共有 3 种不同的 ASCII 码格式文件。最常用文件是 Borehole (.geo) Geology 格式。这个文件代表经过解释的来自垂直钻孔的地层数据,这里就使用该文件格式。当地质数据有多重来源比如地面调查、有限钻孔、地震数据时就使用 Geology Multi-File(.gmf) 格式。所有在使用 .geo 文件的场合均可使用 .gmf 格式数据。最后一种格式是代表地质信息的 Pre-Geology 格式,这种格式表示原始的 3D 钻孔编录^[4]。

3.2 数据处理

3.2.1 数据来源

天津市地处华北平原东北部,西接北京市和河北省,北依燕山,东临渤海,是整个环渤海地区的经济中心。因此天津地区具有地质环境优势的一面,但同时由于它地处中国水资源短缺的海滦河流域,使得天津市又存在严重缺水的问题。

由于人类活动的不断影响,天津地区原有的天然植被已被破坏殆尽,随着经济发展,城乡环境污染严重,盲目捕捞和污染导致内陆水面和海域水产资源衰退。同时由于地下水过度开采造成了地下水位持续下降、地面沉降、开采含水层水质恶化以及地下水污染等问题。为了更直观地了解天津地区地下水分布以及污染情况,就需要建立相应的 3 维地质模型。

地层建模数据来自天津地区的 74 个实测钻孔数据,钻孔的覆盖范围为 15 124.857 9 km²,将钻孔数据按坐标、高程、钻孔 ID、化学物含量、底层标高等数据项输入 Access 表格中。化学物的建模数据来自天津地区的 38 个实测钻孔数据。这里的化学物主要是氟化物的分布,按钻孔 ID、坐标、埋深以及氟化物的含量进行记录数据。

3.2.2 建立网络

当开始处理各类数据的可视化时, 首先是评估数据形式、内容与数据源。数据通常以多种方式表达, 评估数据内容很简单, 即数据的基本统计信息, 如样品数、最大值、最小值、平均值以及其空间范围。数据源数据形式通常由其管理与存储应用程序管理, 典型的应用程序包括数据库软件、地理信息系统、电子表格与 ASC II 编辑器。其次是对数据进行格式处理, 使其符合系统要求。再次是利用系统模块, 建立网络, 处理数据, 完成可视化。

使用 EVS 提供的 3 维地质结构建模简单易懂, 有较强地评价复杂地质模型的功能, 利用 EVS 所提供的系统模块构建网络, 读取数据完成可视化。与地质建模相关的模块有:

- (1)Krig_3D Geology 模块。使用克里格在钻孔之间插值并创建连接的地质面。
- (2)Spline_Geology 模块。使用薄板样条技术在钻孔之间插值并创建连接的地质面。
- (3)3D_Geology_Map 模块。使用 Krig_3D Geology 模块从地质表面创建 3D 地质模型。
- (4)Geologic_Surfaces 模块。用来可视化 Krig_3D Geology 创建的表面。
- (5)Explode_and_Scale 模块。用来对形成的 3 维地层进行分离操作。
- (6)Viewer, Output_Images 模块。用来显示所创建的 3 维图形。

另外, Krig_3D Geology 和 Spline_Geology 模块也提供化学克里格模块的输入接口, 允许将化学富集图叠加于地质结构中。许多其他 EVS 模块提供了有用而重要的与地质建模相关的功能, 但其功能也并不仅限于地质结构。

图 3 是构建天津地区带有遥感影像的含水层 3 维图的网络图。

4 建模实例

图 4 是利用 EVS 表达整个天津地区(包括部分渤海区域)的 4 层含水层分离后 3 维效果图。在操作过程中, 可以通过选择显示不同层面来观看每一层的概况。

图 5 不但表达了 3 维的含水层, 还将天津地区的氟化物分布区域与含水层相结合, 可以使用户更加清楚地了解含水层化学物的分布状况。图 5 中氟化物量的大小可以通过设置不同浓度范围来显示。

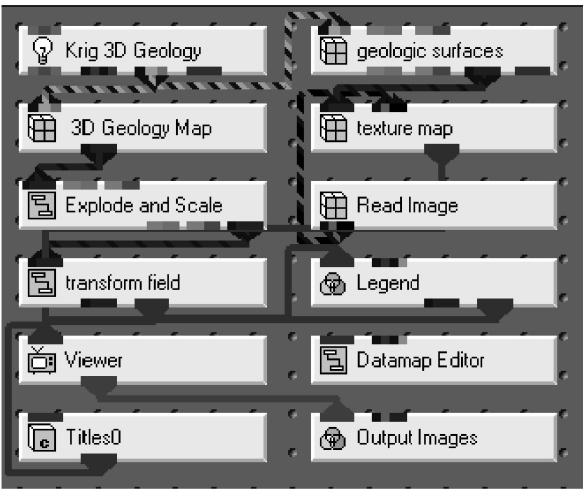


图 3 天津地区带有遥感影像含水层 3 维图的网络图
Fig. 3 Network Display of Water Layers with Geologic Surface in Tinajin

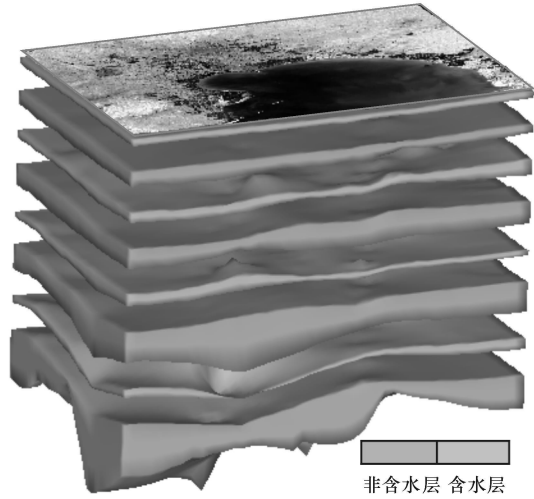


图 4 天津地区带有遥感影像的含水层 3 维图
Fig. 4 3D Appearance of Water Layers with Geologic Surface in Tianjin

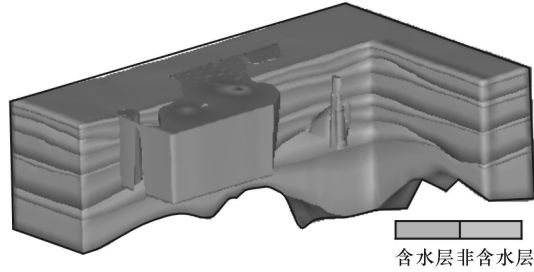


图 5 与氟化物相结合的天津地区含水层 3 维图
Fig. 5 3D Appearance of Water Layers with Chemical Plume in Tianjin

图 6 为天津地区地面沉降的 2.5 维图像, 利用颜色的渐变来表示地面沉降的幅度。

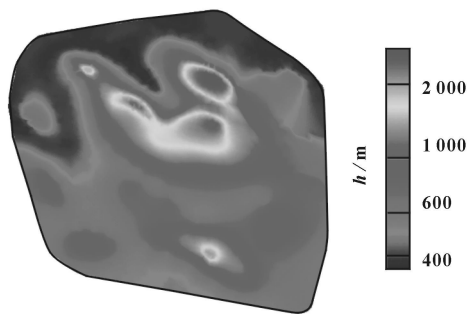


图 6 天津地区地面沉降的 2.5 维图像

Fig. 6 2.5D Appearance of the Ground Decline in Tianjin

图 7、8 表示不同深度地下水由于开采所形成的地下水漏斗的 3 维可视化。用等值线标注了地下水的变化情况,可以使用户更直观地了解地下水漏斗的形态和变化趋势,以便制定切实有效地防止地下水漏斗扩大的对策。

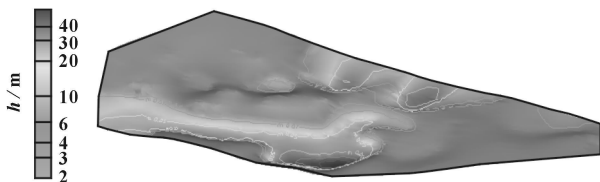


图 7 浅层地下水漏斗的 2.5 维显示

Fig. 7 2.5D Appearance of the Funnel of Lower Under Water

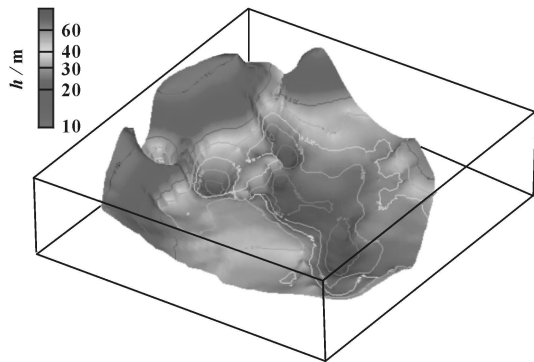


图 8 深层地下水漏斗的 2.5 维显示

Fig. 8 2.5D Appearance of the Funnel of Deeper Under Water

对所有 3 维模型都可通过鼠标等操作实现对其各类变换,如在 view 显示窗口可以用鼠标点击或拖动对象使其旋转; shift 加鼠标左键可以实现对象的放大和缩小;同时还可以拖动对象进行平移等。另外,对于 3 维对象还可以进行任意位置的切片操作、截面操作、对层与层之间进行爆炸分离操作等。这些操作都可以方便用户更好地了解地质构造并对地质现象进行分析。

5 结语

以前地质构造只能通过平面地形图或剖面图来表达,即使存在假 3 维表达也只是停留在依靠地形线的符号模拟或网格的疏密表达地层层面起伏的水平。而 EVS Pro 则可以结合遥感影像逼真地表达地层层序以及构造特点。

利用 EVS Pro 软件完成了对天津地区(环渤海)地质构造的 3 维模拟,同时还用实测钻孔数据对地下水漏斗进行了模拟。为地质勘探提供了强有力的技术支持。EVS Pro 同时还具有强大的地学分析功能,有待今后进一步挖掘。与此同时,由于 EVS Pro 停留在静态模拟的阶段,还不能对同一地质现象在不同时间阶段进行动态的 3 维展示,有待进一步研究。

参考文献:

[1] 商志文,王 宏,李效广.渤海湾西岸南大港、北大港中晚全新世湖底板的虚拟重建[J].地质通报,2005,24(7):672-675.

[2] 成秋明.多重分形与地质统计学方法用于勘察地球化学异常空间结构和奇异性分析[J].地球科学——中国地质大学学报,2001,26(2):161-165.

[3] 朱会义,刘述林,贾绍凤.自然地理要素空间插值的几个问题[J].地理研究,2004,23(4):425-432.

[4] 李德仁,李清泉.一种三维 GIS 混合数据结构的研究[J].测绘学报,1997,26(2):128-133.