

基于 IDL 的三维地质矿产建模

王振胜, 王贤敏

(中国地质大学地球物理与空间信息学院, 武汉 430074)

【摘要】三维地质建模具有形象、直观、便捷、易操作等优点, 可以缩短地质研究的周期, 提高研究效率, 在地质、矿产、地下施工等方面有突出的贡献。本文运用 IDL 语言建立了三维地质矿产可视化模型, 通过建立可视化的界面对地质体实现移动、缩放、旋转操作, 以及做地质剖面、水平切面动画、矿产评估、采矿后沉降分析等功能, 清晰地展示了地质体内部的各个细节, 突出了三维地质矿产建模在地质解译、灾害模拟、矿产评估等方面的应用价值。

【关键词】地质建模; 矿产建模; IDL; 三维可视化

【中图分类号】P623.6; P228 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1009-6009(2013)01-0114-05

3D geology and mineral modeling based on IDL

Abstract: 3D geological modeling is intuitive, convenient and easy to operate. It can shorten the cycle of geological study, improve the efficiency of geological study and contribute much to the fields of geology, mineral and underground construction. IDL (Interactive Data Language) as an ideal software tool for multidimensional data visualization analysis and application, has many advantages for the 3D visualization of various geological information. In this paper it proposed a 3D visualization model of geology and mineral resources by IDL, and realized the functions of moving, zooming and rotating process of the geological model by way of establishing a visual interface. Moreover, some other functions were also realized, such as geological model slicing, horizontal section animation, mineral evaluation and settlement analysis after mining. Using all these functions above, the details of geological model were shown vividly and the value of geology and mineral modeling on the aspects of geological interpretation, disaster simulation and mineral evaluation were verified, which is important to mining of mineral resources and later geological disaster simulation.

Key words: geology modeling; mineral resources modeling; IDL; three-dimensional visualization

WANG Zhen-sheng, WANG Xian-min(Institute of Geophysics and Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

1 引言

三维可视化模型具有形象、直观、便捷、易操作等优点, 使得人们不再为抽象分析大量的数据而烦恼从而缩短研究周期, 提高研究效率。因此, 三维可视化已经成为人们分析大规模数据的得力助手, 是人们理解自然、社会现象, 认识客观事物本质和变化规律的重要工具^[1]。近年来, 三维可视化建模技术在地质、矿产、地下施工设计等领域也得到了广泛的应用。目前的三维建模方法有边界表示法(B-reps)、计算几何实体法(CSG)、空间分解法(如八叉树)等, 但归结起来, 主要分为表面建模法和实体建模法两大类^[2]。表面建模法是通过构建地质界面, 然后通过这些界面的轮廓来形成视觉上闭合的地质体, 而实际上这种地质体模型的内部是空的, 并不是真正意义上的三维体数据, 而是 2.5 维的, 表面建模的优点是数据量小, 计算机图形操作速度快; 主要缺点是在地质剖面分析方面工作量很大, 边界搜索编程难度大。而实体建模法则是用三维单元实体(如立方体、四面体等)来构造三维地质体, 这种方法的优点是能够实现地质体的真三维显示, 并且在剖面分析方面有着较大的优势; 缺

点是数据量大、计算工作量大、计算机图形操作速度慢,三维图形显示精细度一般较差^[3]。

本文采取实体建模法,以立方体为三维单元实体,建立三维地质矿产模型,并实现了地质体的剖面分析、矿产资源统计与真三维显示。其中剖面分析是指沿着地质体的任意方向做任意个剖面,这样就可以从多个剖面方向来观察地质体的地层属性、构造分布等信息,此外该工具还可以用于观察地质界面信息以及对地质体做剖切后的切块信息,清楚地显示地质模型内部的各个细节,从而为地质工作者更加准确地解译地质信息提供帮助^[4];矿产资源统计是指对矿层进行交互式浏览并对矿层真实体积进行计算;真三维显示是指对地质体以及采矿后的地质体进行交互式浏览。

三维地质矿产模型是采用适当的数据结构在计算机中建立的能反映地质体结构、形态、各要素之间的关系以及空间物理、化学属性分布、矿产资源分布等地质特征的数学模型。这种模型具有可视性、确定性、可修改性等特性^[5]。本文在确保所建地质矿产模型满足上述特性的同时,还做了进一步的探索,使其不仅能够展示模型的外观,还实现了对矿产资源的潜在储量统计,对矿层的三维交互浏览以及开采矿产后引起的地面最大沉降效果交互浏览等功能,建立起了一种信息交流与反馈的机制。尽可能灵活丰富的表现出地质体外以及其内部的各种属性特征。

1.1 建模系统设计与数据说明

1.1.1 系统层次结构与对象层次构架

IDL(Interactive Data Language)交互式数据语言是进行多维数据可视化分析及应用开发的理想软件工具,在地学信息三维可视化领域拥有诸多的优势。本文采用 IDL 编写用户界面,其设计思路如图 1 所示。其中 **base** 为顶级容器,用来存放主程序句柄。其下面的 11 个 **buttons** 用来触发不同的事件以此实现读取文件、储存文件、复位、旋转、移动、剖面、矿产资源储量分析、采矿后沉降效果分析等功能。另外的两个 **draw** 分别实现纹理图的显示和三维地质矿产模型的显示。**trackball** 用来实现对三维地质体旋转交互操作。**Text** 用于显示相应的分析数据。**window1**、**window2** 分别为与 **draw1**、**draw2** 关联的窗口对象,其各自下面的 **view1**、**view2** 为二维显示视区,用于将三维数据以二维图像的方式显示,并可以进行平移,缩放等交互操作,IDL 之所以可以如此方便地表达三位数据得益于这种三维数据到二维图像的显示的模式。**model1**、**model2** 为(体)模式对象。其中 **model1** 为固定的模式对象,不能发生旋转,用于显示遥感图像对象 **image1** 纹理图。而 **model2** 可以进行旋转等交互操作。**model2** 中用于安放纹理贴图后的地表、地质体和三个坐标轴,并对采矿后发生沉降的地质模型进行交互显示。

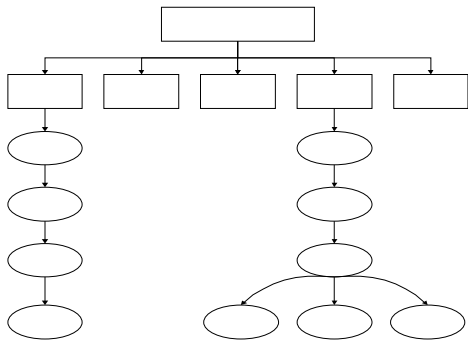


图 A 系统层次结构与对象层次构架

数据说明

本文用到的数据为武汉周边某区地表纹理图、DEM 图、背景图，体数据。其中体数据为模拟数据，是通过首先建立多层 DEM，然后利用多层 DEM 为界面对实体数据进行属性赋值的方法生成的^{[6][7]}。该模型内部包括断层、虚脱空间^[8]、地层、油层等信息。

模型的数据浏览功能

数据读入与显示

IDL 里面封装了很多的类、函数及过程。这为程序的编辑提供了很多的方便。如纹理图、DEM 图,背景图的读取可以直接用 `dialog_read_image` 函数,体数据读取可以用 `dialog_pickfile` 函数与 `openr` 过程及 `readf` 过程等结合的方式。显示方法用 `owindow->draw`, `oview` 的方法。数据读入后显示如图 2。

本模型采用了分层设色的方法对不同的地层赋予了不同的颜色,并且运用遥感图像对目标区进行了地表纹理贴图,这些措施大大增加了地质体的视觉效果。

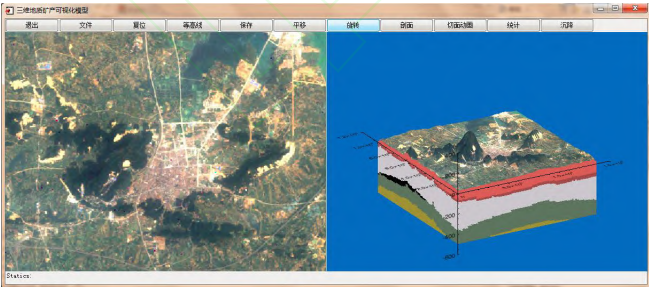
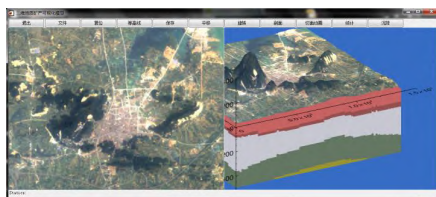


图 C 装入数据后界面

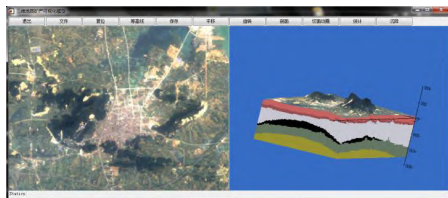
体数据简单交互式浏览

体数据简单交互式浏览包括缩放、平移、旋转等功能。其中缩放和平移功能可以通过鼠标事件修改 `view2` 的 `viewplane_reck` 的值来控制,缩放平移的效果如图 3a。旋转功能可以通过修改 `model2`、`model3` 的 `transform` 属性的值来控制,旋转后效果如图 3b。本模块的功能

可以实现从地质体的各个视角观察地质体的三维表面。



a 缩放和平移后效果



b 旋转后效果

图 4 地质体交互式浏览

4.2 体数据保存

体数据保存采用 `dialog_pickfile` 函数、`openr` 过程及 `printf` 过程，将体数据存入文本文件中。

4.3 复位

复位就是将经过旋转、平移、缩放的地质体恢复到最初的状态。实现本功能的方法在于程序初始化时，保存初始的 `view2` 的 `viewplane_rect` 和 `model2`、`model3` 的 `transform`，在应用此功能时，再进行重新赋初值，从而达到复位的目的。

4.4 模型的数据分析功能

4.4.1 等高线显示

IDL 中可以直接对表面数据生成等值线，其过程为 `contour`。图 4 显示的是地表的等高线。

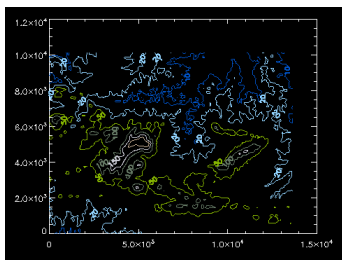


图 5 曲面等值线

5.6 地质剖面

地质剖面分析是指沿着地质体的任意方向做任意个剖面,这样就可以从多个剖面方向来观察地质体的地层属性、构造分布等信息,清晰地显示地质模型内部的各个细节,从而为地质工作者更加准确地解译地质信息提供帮助^[4]。

IDL 中的剖面过程 `slicer3` 可以实现任意方向的切面 (如图 5a), 还进行界面显示 (如图 5b)、剖切后切块显示 (如图 5c) 等。

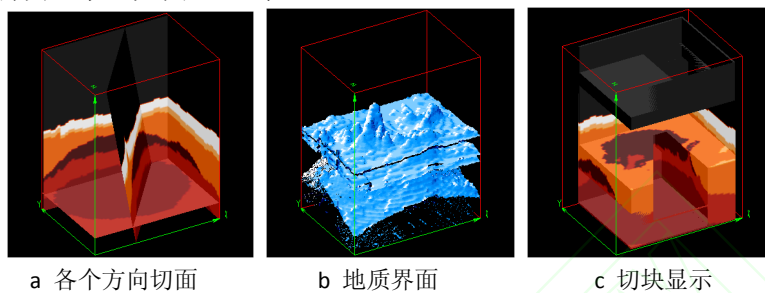


图 5 各个方向切面、地质界面、切块显示

5.7 切面动画

IDL 里面的 `XInterAnimate` 函数可以用来实现动画的显示。本模块的功能就是实现了地质体水平切面从地底部向地表的切面的动画播放。我们可以通过这个播放过程来观察我们最关注的矿产资源是否是受到断层的切割、岩体的侵入等。例如本模型的体数据的黑色区域为石油 (如图 6a), 其上覆地层中含有断层 (如图 6b), 因此这个断层若为张性且切割了油层, 就很可能导致石油沿着断层泄漏, 影响石油的储量。通过地质剖面模块和本模块综合应用发现断层倾角较大, 为压性断层且没有切割油层^[9]。

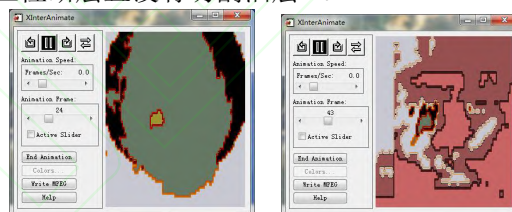


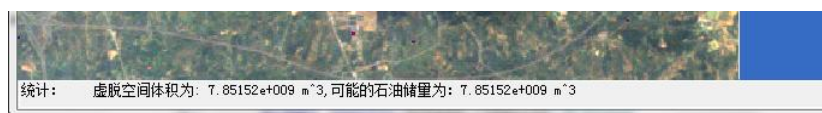
图 6 a 动画 (黑色为油层) b 动画 (长竖线为断层)

图 6 切面动画

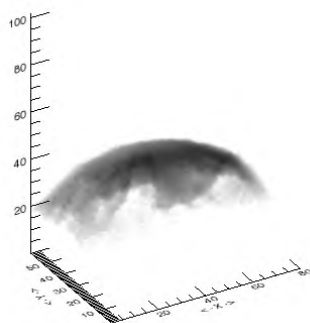
5.8 矿产储量分析

本模块功能是单独分析矿层, 并进行体积统计和显示。通过计算每个三维单元立方体所代表的实际体积 V_e , 然后统计矿层中包含的三维单元立方体个数 n , 求得总体积 $V=V_e \times n$ 。然后将统计的结果显示在主界面的 Text 中。单独将矿层显示的过程为 IDL 中封装的 `xvolume` 过程。

统计结果如图 7a 所示, 虚脱空间体积为: 785 152 万 m^3 , 可能的石油储量为: 785 152 万 m^3 。图 7b 显示了油层的空间分布状况, 这对于分析油层的连通性, 以及钻井的布设决策有重要意义。



a 统计值显示



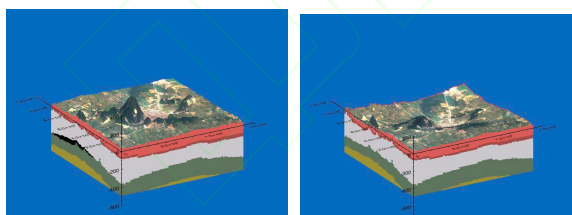
b 油层单独显示

图 1 矿产估计

3.2 最大沉降效果显示

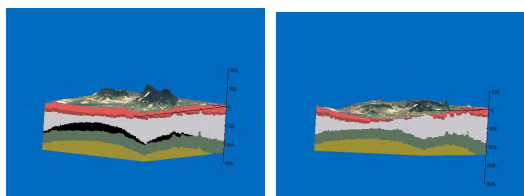
开采沉陷是一种严重影响生态环境的人为地质灾害,它不仅表现为短期的地面建筑物受到破坏、工农业生产受到影响、人的生命财产受威胁,还表现为由此引起的地质改造和地质作用过程中长期的环境问题^[10]。

本模块实现的功能为开采矿产资源,并显示引起的最大沉降效果。首先获取矿产层的上下界面,计算上下界面的相对高差矩阵(负值者赋为零),将矿产层以上的界面分别减去高差矩阵从而使得矿产层的上下界面合为同一界面。结果如图 8b、图 8d 所示,可见采油后如不采取较好的应对措施,将会导致地面严重下沉,甚至会导致处在矿区的城市下陷,这个过程中会伴随各种各样的地质灾害。最终地表下沉后,该区中央部分高程为负值,如在多雨区,极可能会变为一片湖泊,导致城市完全毁灭。



a 采油前(未沉降)

b 采油后(沉降后)



c 采油前(未沉降)

d 采油后(沉降后)

图 2 沉降分析

结束语

本文利用 IDL 实现了地质矿产模型的三维可视化及对模型的平移、缩放、旋转等交互式浏览功能,进一步实现了地质剖面、矿产评估、采矿后沉降分析等功能。IDL 作为一种三维可视化语言:从其丰富的算法库,简单的语法、面向对象的编程方式、对三维数据较强的处理能力等方面来看,是一门理想的三维建模开发语言,在地质矿产模型三维可视化领域有很好的应用前景。

参考文献

- [1]赵洁,奚砚涛,赵冉. 基于 IDL 的地层三维可视化[J]. 地理空间信息, 2010,8 (2):121-123.
- [2]曹代勇,李青元,朱小弟,等. 地质构造三维可视化模型探讨[J]. 地质与勘探,2001,37(4):60-62.
- [3]黄海峰,包世泰,黎华,连建波,夏斌. 初探 IDL 在地质三维建模中的应用[J]. 地质与勘探, 2004,40(6):53-56.
- [4]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):82-83.
- [5]朱良峰. 三维地质模型的可视化分析技术研究[C]//第十三届全国图象图形学学术会议.
- [6]堂丽玉,陈崇成,王钦敏,等. 基于 IDL 的地质体真三维重构与可视化研究——以福州市地热田热储结构为例[J]. 测绘科学,2005,30(5):79-80.
- [7]杨朝辉,陈映鹰. IDL 在三维地层可视化中的应用研究[J]. 工程勘察,2008,(6):50-53.
- [8]杨坤光,袁晏明. 地质学基础[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2009.
- [9]和生,叶加仁,徐思煌等. 石油与天然气地质学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2010.
- [10]孙灏. 利用 IDL 开发矿山开采沉陷预计系统的方法与应用[J]. 测绘标准化,2009,25(4):38-40.

作者简介:王振胜(1989-),男,山东滨州人,主要从事遥感地质、地质灾害监测和预警、地学信息三维可视化方面的研究。

E-mail: w.z.1110@163.com

收稿日期: 2011-7-4

基金项目:国家自然科学基金(40902099)“知识驱动下基于数据挖掘的滑坡预报研究”;中央高校基本科研业务费专项资金(CUG100702)“基于干涉成像光谱仪数据的月表钛含量估算研究”

通讯作者:王贤敏 E-mail: xianminwang@163.com