

3D Surfer在地质体属性建模及可视化中的应用*

王俊虎 杨锋杰
(山东科技大学)

摘 要 地质体属性三维模型的建立是三维地质建模的关键技术之一,在对 3D Surfer三维可视化软件主要功能和特点的研究基础上,以地质对象的几种属性数据为例介绍了 3D Surfer在三维地质体属性建模及可视化中的应用,论证了 3D Surfer软件在地质体属性建模中的技术优势和应用前景。

关键词 地质体 3D Surfer 属性建模

Application of 3D Surfer in Modeling and Visualization of Geological Body's Attributes

Wang Junhu Yang Fengjie

(Shandong University of Science and Technology)

Abstract The establishment of 3D model of geological body attributes is one of the key techniques in 3D geological modeling. Based on the study of the main functions and features of 3D Surfer visualization software, the paper describes the application of 3D Surfer in modeling and visualization of geological body's attributes with the data of several attributes of the geological object as example, and demonstrates the technical superiority and application prospect of 3D Surfer in modeling geological body's attributes.

Keywords Geological body, 3D Surfer, Attribute modeling

三维地质建模是在真三维空间中对地质实体的几何形态和地质实体内部属性参数的建模。因此,三维地质建模主要包括建立地质体结构模型和建立地质体内部物理、化学属性参数模型(即“三维地质属性模型”)^[1]。三维地质结构建模起步较早,目前市场上比较成熟的软件有 C-Tech、Gocad、OpenVision、GeoQuest、EarthVision、Micromine、LYNX、Mincom、MineMap、Vulcan、Supac等,这些软件涉及地震勘探三维建模及可视化、矿床模拟、开采评估等领域,基本上代表了当今三维地质模拟软件的最高水平^[1-4]。但从总体上来看,上述三维地质模拟软件实现的功能主要偏重于利用物探数据(钻孔、剖面数据等)对地质体结构进行建模,而对于利用物化探属性数据建立地质体属性模型及可视化上还有一定的欠缺,还有许多问题有待于解决。由于地质体内部含有多种反映地层岩性、油气资源分布等特性的参数,如孔隙度、渗透率、含油饱和度、地震波反射速度、温度等,对这些参数建立地质属性模型,从而对物化属性参数进行计算和综合分析,可以估算出各种矿产资源的储量及经济价值。

3D Surfer就是一款用于实现地质体属性建模

基本功能的科学可视化软件,用 C++语言编写,它有 2 种三维立体成像方式:体成像和等值面成像。利用 3D Surfer可以生成精美的三维图形,并且具有图形旋转、图形放缩、三维虚拟漫游、分层显示、图形切割、制作切片、数据处理等功能^[5]。由于 Surfer软件具备数据绘图的强大功能,备受物化探人员的青睐,在物化探图件绘制方面得到广泛应用,因此许多物化探的属性数据都是 Surfer格式的^[6]。为了弥补 Surfer软件在三维成像上的不足,提升 Surfer数据的应用价值,3D Surfer采用类似 Surfer的操作方式,兼容 Surfer定义的数据格式,支持规则数据和散乱数据的三维插值,针对物化探属性数据增加了数据处理功能,还可以将三维图形转换为虚拟现实数据文件 VRML 数据格式、JPG、BMP 等图形格式。

1 原始数据的读入

3D Surfer支持 Surfer定义的数据文件格式,可以载入 txt、dat 等格式的数据文件。数据文件格式

* 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目子课题(编号:2003CB214608)。

王俊虎(1982—),男,山东科技大学地球信息科学与工程学院,硕士研究生,266510 山东省青岛市。

要求数据按行排列,每一列表示三维空间坐标 $P(x, y, z)$ 或者是坐标点处的值 $f(x, y, z)$, 分隔符号可以是空格、TAB 键、逗号等字符。在数据文件中还可以采用“//”进行注释,第 1 行可以定义列的标题。3D Surfer 格式文件的格式和文件大小自动将三维点数据读入内存,读数据时间将视数据大小不同,一般为 0.1~60 s。

2 三维数据插值

原始数据读入完成后,出现数据组织窗体,如图 1 所示。



图 1 数据组织窗体

2.1 成像列选择

如图 1 所示,左上是数据选择列,可以选择相应列的数据对应于 3D Surfer 的坐标系。3D Surfer 默认坐标系统为 x, y 是平面方向, z 为纵向,坐标系遵守右手法则。

2.2 三维插值

2.2.1 插值数据设置

如图 1 所示,在数据插值选项中显示了原始数据的统计信息:最小值 (minimum)、最大值 (maximum)、插值间距 (spacing)、插值点数 (lineNo)。缺省的插值点数是原始数据中的节点数 (如果原始数据中有重复点,前面的点将被后面的点取代)。在 LineNo 中填入要插值 (网格化) 的点数,该参数将影响图形的精度,网格点数越多,成像精度越高,但内存分配就越大。

2.2.2 插值方法的选择

3D Surfer 提供的三维网格化插值方法主要有近点线性插值、近点 Cube 插值、局部距离加权插值、全局距离加权插值和径向基函数插值。用户可以根据不同的数据体选择不同的方法,如果数据是规则网格数据,选择计算速度快的近点线性插值,插值效果较好;如果数据是散乱数据,而且原始数据的点数在 10 000 以下时,选择径向基函数插值则效果最

好,因为此方法是一种全局插值方法,能够比较好地适应散乱数据,但计算速度比较慢,内存开销也较大,所以当数据量很大时用其它的 3 种方法为好。

2.3 数据的三维网格化

设置好插值点数选定插值方法后,点输出“GRD 文件”将进行插值计算,生成相应的 GRD 网格化数据文件。网格化数据文件格式基本同 3D Surfer 定义的格式,在 Surfer 格式的基础上增加了一列。

3 数据的三维成像

3.1 三维数据体成像

三维体成像的原理是三维数据点在三维空间中表达成一个小长方体,长宽高的大小与数据体的一个方向的大小和比例有关。三维图形被表达成一系列的小长方体,小方体的颜色就是该点的值^[5]。

3D Surfer 有 2 种情况可以生成体成像:一是原始数据体成像,二是 GRD 文件体成像。利用原始数据体成像速度最快,但生成的三维图形只有预览作用,不具备其它功能。利用 GRD 文件体成像具有图形切割、分层显示、切片制作、粘帖点位、输出为 VRML 实体图等功能 (如图 2 所示)。

3.2 三维数据等值面成像

三维等值面是三维空间中的一个曲面,该面上的点具有相同的值,表示为相同的颜色。三维数据体是由三维空间中一系列的实体点组成,三维等值面是由这些点组成的三维边界^[5]。

三维等值面采用 Marching Cubes 方法,对整个三维网格进行搜索并构造等值面。该方法成像曲面较体成像平滑、分层明显、不构造实体内部点、显示速度较快,但是生成等值面时间较长。

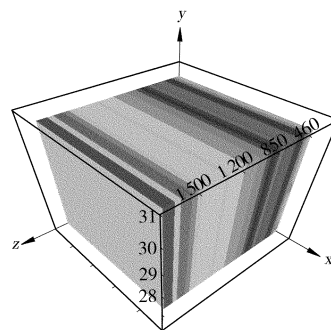


图 2 地下水温度模型体成像

图 2 是根据地下水不同深度温度场的不同赋予不同的颜色 (本刊为黑白图—编者),以三维立体的形式表示出来。从图中能清晰的看出随着深度的增

加水温的变化趋势。

4 三维图形切割

3D Surfer采用长方体切割,切割体由一个 x, y, z 方向一定大小的长方体定义。图形切割后将重新计算,显示切割后的图形。

切割体设置是通过调整软件面版右上方切割体设置中的 $x_1, x_2, y_1, y_2, z_1, z_2$ (分别代表切割体一个方向的值)的相应选项,然后拖动下方的滚动条,将切割值设置到合适的位置。

点击“显示切割模型”后将在绘图区以轮廓图的形式动态显示出切割体的位置(如图 3 浅色部分所示)。

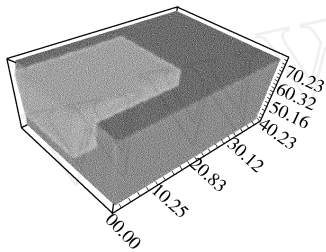


图 3 切割模型

5 制作三维图形切片

在图 2 中只能从立方体面上观察属性数据的变化,而对于立方体内部层面数据的变化情况却无法得知。因此制作三维切片在地质体属性建模及可视化中占有十分重要的地位。

在 3D Surfer 中,立体图从 3 个方向(分别垂直于 x, y, z 轴),进行切割。用户分别点击相应的标签页,用鼠标拖动滚动条到指定位置(可以从 0 到最大的切片数)按“添加”按钮,便可以增加一个切片到列表中,同时在屏幕绘图区中绘制出切片(如图 4 所示)。重复以上步骤,可以设置多个切片,同时还可以对绘出的切片进行旋转和动态播放。

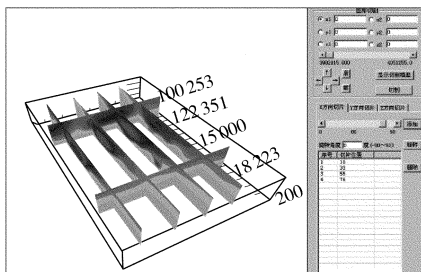


图 4 三维立体切片

图 4 是利用金矿化探数据做出的三维立体切片图,从图中可以看出在不同的深度层次上金属元素异常值的区域范围。

6 数据处理

6.1 异常处理

在化探数据的处理中经常要对异常值进行检测,3D Surfer 提供了 2 种异常提取方法:求导法和 Sobel 算子法。求导法包括对 x 方向、 y 方向、 xy 方向进行一阶和二阶求导;Sobel 算子法通过调节阈值(0~1)的不同确定异常提取的范围。用户可以根据自己的需要选择异常提取的方法,确定异常提取范围,对三维数据体进行异常检测,显示异常检测后的图形。

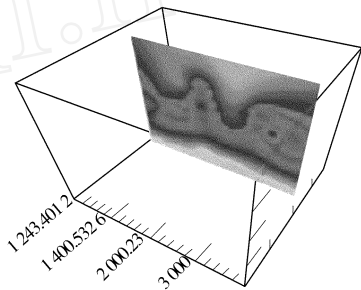


图 5 原始切片

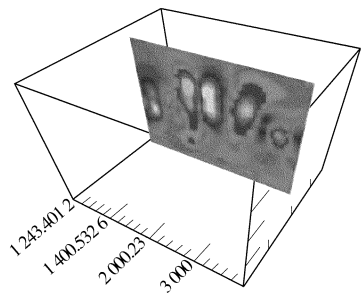


图 6 异常检测切片

6.2 滤波处理

在地质部门所获取的地质体属性数据中经常会含有一些噪声信息,这些噪声大大地降低了数据的精确性和可用性。为此,3D Surfer 提供了滤波处理功能。用户可以通过设置滤波参数:二维滤波(高通、带通、低通),三维滤波(高通、带通、低通)来对三维数据体进行噪声剔除(如图 7 所示)。

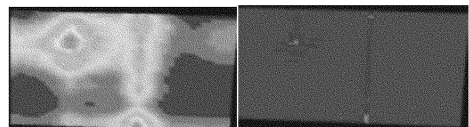


图 7 二维切片滤波前后对比

7 图形输出

3D Surfer 支持 *.g3d, *.jpg, *.bmp, *.wrl 等格式的图形输出。

(下转第 124 页)

重论述了建立三维地质模型的各种方法,并借助这些方法建立了某矿山三矿区的地形表面模型、矿体实体模型和工程模型(拟合效果如图 11 所示)。

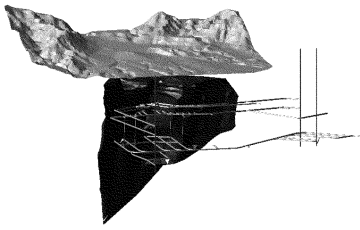


图 11 矿区整体模型

模型的建立逼真地虚拟了矿体的赋存方式和工程的布置,以及两者之间的关系,给人以身临其境的感觉。同时对三维模型进行任意角度的旋转,能够满足各个不同角度的察看效果,模型任意大小的缩放还能满足对系统整体或局部的细看。矿山生产系统可视化的实现,对了解生产作业地点,组织开采顺序,强化管理决策,以及在井下发生意外的情况下,迅速有效地组织救援等,都具有重大的现实意义。

3 结 论

矿床三维可视化模型的研究和应用是一个复杂的系统工程,是地质学、计算机技术、信息技术、采矿技术等多学科相互交叉融合的产物,是实现数字矿山的基础,也是其核心内容。矿体可视化模型的建立,不仅可以辅助矿山进行资源评估,采矿设计以及计划编制等工作,还为安排生产计划、实时调度监控

提供很好的平台。随着矿山企业数字化进程的发展,三维可视化建模在矿业中必将会得到越来越广泛的应用。

参 考 文 献

- [1] 宁书年,李育芳. 三维地质体可视化软件理论探讨[J]. 矿床与地质, 2002, 16(91): 254-257.
- [2] 胡永祥. 医学图像三维可视化技术研究:[D]. 广州:华南师范大学,1999.
- [3] 翟凤杰. CT血管造影的三维可视化及测量方法的探讨[D]. 北京:首都医科大学,2005.
- [4] 王李管,何昌盛,贾明涛. 三维地质体实体建模技术及其在工程中的应用[J]. 金属矿山, 2006, 2: 58-62.
- [5] 修群业,王 军,高 兰. 云南金顶矿床三维地质模型的建立及其研究意义[J]. 矿床地质, 2005, 24(5): 501-505.
- [6] 黎应书,秦德先,党玉涛,等. 广西大厂锡矿田某矿体三维矿床数学模型[J]. 矿业研究与开发, 2005, 25(6): 56-63.
- [7] 何昌盛. 自然崩落法矿岩可崩性评价及分级分区研究[D]. 长沙:中南大学,2006.
- [8] 贾明涛. 基于过程模拟的回采方案优化及其应用[D]. 长沙:中南大学,2007.
- [9] 马俊生,池秀文,田金华. 滑坡可视化技术研究[J]. 岩土力学, 2003(24): 332-334.
- [10] 吴立新,张瑞新,戚宜欣,等. 三维地质模拟与虚拟矿山系统[J]. 测绘学报, 2002, 2(1): 28-33.

(收稿日期 2008-03-11)

(上接第 119 页)

(1) *. g3d 格式输出。g3d 是 3D Surfer 保存的图形格式,GRD 文件成像可以输出为 g3d 格式。该格式文件保留了图形信息和色标信息。可以直接被 3D Surfer 打开并显示。

(2) JPG BMP 图形。3D Surfer 可以直接将当前图形输出为图片格式。

(3) VRML 图形。VRML 是虚拟现实语言,已定义的图形和虚拟场景可以用 Internet Explorer 浏览器打开并浏览显示。3D Surfer 可以把体成像图和等值面图输出为 VRML 格式图形,方便其他图形软件的调用,做深层次的处理。

8 结 论

地质体属性三维模型的建立是三维地质建模的重要组成部分,3D Surfer 软件作为一套小型的三维可视化软件,能够实现地质体属性数据的三维成像、旋转、放缩、三维虚拟漫游、分层显示、图形切割、制

作切片、数据异常检测及滤波处理等功能,易于学习和使用,有助于实现地质行业属性数据的数字化、信息化管理,从而对地质生产部门做出更加科学的决策,指导实际生产具有十分重要的意义。

参 考 文 献

- [1] 朱良峰,潘 信,吴信才. 三维地质建模及可视化系统的设计与开发[J]. 岩土力学, 2006, 27(5): 828-832.
- [2] 殷浩,戴光明. 直接体绘制技术在地质体三维可视化中的应用研究[J]. 计算机研究, 2006(6): 162-164.
- [3] 丁威,陈广平. 利用 Supac 软件打造数字化金属矿山[J]. 矿业快报, 2006(3): 11-13.
- [4] 陈爱兵,秦德先. 基于 MICROMINE 矿床三维立体模型的应用[J]. 地质与勘探, 2004, 40(5): 77-80.
- [5] 3D Surfer 使用手册 (Version 1. 6) [M]. 2005.
- [6] 刘同庆,朱毅韧. 巧用 SURFER 绘制二维、三维物化探实用图件[J]. 安徽地质, 1999(3): 212-215.
- [7] 颜辉武,祝国瑞. 基于 Kriging 水文地质层的三维建模与体视化[J]. 武汉大学学报, 2004, 29(7): 611-614.

(收稿日期 2008-03-11)