

快速储层描述方法

董 伟¹ 王达明²

(1.“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室·成都理工大学 2.四川石油管理局地质勘探开发研究院)

董伟等.快速储层描述方法.天然气工业,2007,27(9):21-23.

摘 要 专用的油气藏描述软件往往包容甚广,涉及到多种专业知识和复杂的技术操作,在需要快速进行一些小型的储层参数描述时,就显得过于臃肿、使用不便。而 Surfer 是目前石油工程师常用的一款工具软件,具有数据处理、网格化、绘图和许多特殊计算功能,常用于对储层参数的展布和描述研究,具有灵活多变、易操作等优点。为此,介绍了一种利用 Surfer 软件进行储层参数平面各向异性研究、井间储层参数预测和绘图,以及快速进行储量计算的方法。

主题词 储集层描述 地层参数 储集层研究 非均质 三维绘图 储量计算 软件

尽管 Surfer 不是专用油气藏描述软件,但它可以达到部分油气藏描述软件的主要功能^[1-7]。为此,介绍了利用 Surfer 软件进行储层参数各向异性研究、三维绘图和储量快速计算的方法,以期达到快速进行储层描述的目的。

一、储层参数平面分布各向异性分析

研究储层参数的平面分布,首先要搞清其空间分布结构特征,特别是各向异性。

Surfer 软件在网格菜单下具有变差函数分析 (Variogram) 功能,采用合适的理论变差函数模型,最佳套合拟合实验变差函数,不仅可用于 Kriging 法展布储层参数,而且可以作出如图 1 所示的分布结构特征描述图,全面表征储层参数平面分布的各向

异性特征。

图 1 中具有 40°、85°(最小变程方向)、130°、175°(最大变程方向)的 4 个方向变差函数拟合曲线,无块金效应,球形模型拟合,拱高 24,基台 24;最大变差 1.1 km,最小变差 0.5 km,各向异性比(最大最小变程比)2.2;拱高 24 对应变差值约为 6.93 m。因此 4 个方向上砂岩厚度平均变化速率为 10.8 m/km (40°)、13.9 m/km (85°)、10.8 m/km (130°)和 6.3 m/km (175°)。所以,该砂层组湖底扇走向平均为 175°(最大变程方向、最小变化速率方向),与沉积微相研究的物源方向一致,扇体侧翼为 85°(最小变程方向、最大变化速率方向),大致平行于湖岸方向。又由于该砂层组绝大多数计算点对为砂体尖灭点对,因此其各向异性比 2.2(最大最小变程比)又反映了扇体的发育形态大致是长宽比 2.2 : 1。总之,利用 Surfer 软件绘制的组合图件(图 1),不仅能综合地反映储层参数的平面分布结构特征,而且可以表述部分地质特征,该砂层组以此结构分析展布的砂岩厚度分布如图 1 左下角所示,与沉积微相分布格局极其相似。

若以最大变程方向为极坐标的方向角,分别以最大变程和各向异性比为极坐标的半径,在半圆极坐标图中则可以绘制最大变程、方向、各向异性比关系图,如图 2 所示。该图反映了一个湖进—湖退变化地区沉积的三角洲前缘亚相砂体各小层渗透率平

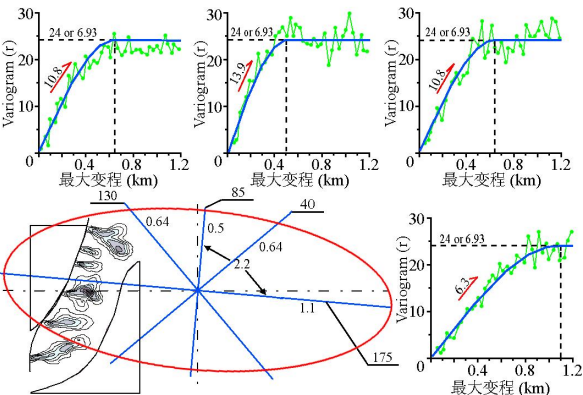


图 1 某油藏 S₄¹⁺² 砂层组砂岩厚度分布结构特征描述图

作者简介:董伟,1962 年生,副教授;1983 年毕业于原西南石油学院采油工程专业,现成都理工大学能源学院石油工程系副主任;长期从事油气藏描述教学和研究工作,曾获国家科技进步三等奖和部、省级科技进步二等奖等 4 项。地址:(610059)四川省成都市二仙桥东三路 1 号。电话:(028)84078650,13980556059。E-mail:dwoi@sina.com

面分布结构特征,综合反映了该区河流走向和渗透率平面各向异性非均质特征。

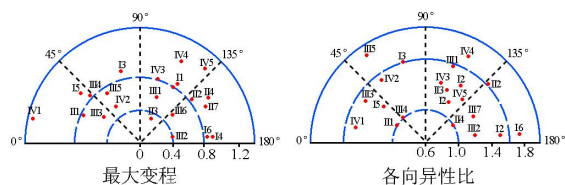


图2 某油藏 I~IV 油组 22 个小层渗透率最大变程、方向、各向异性比关系图

二、储层参数平面分布特征描述

储层参数平面展布和绘图是油气藏描述的主要工作,而复杂油气藏的储层参数描述,仅仅依靠平面等值线图是难于清晰表征其分布形态的,往往需要借助于一些表面仿真类型的图件和一些特殊线,如图3所示。Surfer 软件具有等值线图、基面图、张贴图、影像图、渐变地形图、矢量图、线框图、表面图等绘图功能。图3左图是利用渐变地形图绘制的如图1所示砂层组的含油有效厚度分布,由于展布时考虑了断层和沉积相,在黑白灰度渐变下,配合断层线、砂层尖灭线、湖岸线、井位等,清晰地展示出该复杂断块油藏 S4¹⁺² 砂层组的含油分布形态,同时表征了各含油区的边界组合,有利于分析断块油水分布特征和形成机理。

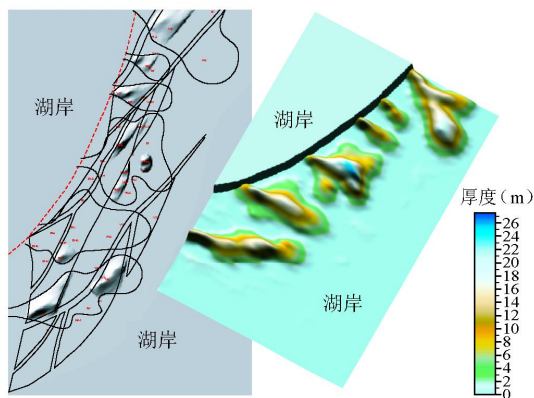


图3 某油藏 S4¹⁺² 砂层组含油有效厚度与砂岩厚度分布图

图3右图是利用表面图绘制的同一砂层组的砂岩厚度分布。由于采用了相控技术,又进行了如图1所示的严格的空问结构分析,在形象的彩色灰度渐变下,配合湖岸和深湖的地形映射,清晰地展示出该砂层组的分布特征,不仅形象地表征了各扇体沉积形态和规模大小,而且表征了各扇体的沉积分向和相互关系,有利于分析沉积特征和砂体分布规律。

三、储量计算

储量计算是油气藏描述必须做的一项重要工作。利用储量参数的数值分布,采用数值积分法,计算石油或天然气的容积法储量,即利用下式计算每个网格节点所控制范围内的储量并累加,虽然计算简单,但是计算量大。

油藏(10^4 t):

$$N = \sum [0.01 \gamma A h_o \varphi (100 - S_w) / B_{oi}]$$

气藏(10^8 m³):

$$G = \sum [10^{-6} A h_g \varphi (100 - S_w) / B_{gi}]$$

式中: A 表示节点含油面积, km²; h_o 、 h_g 分别表示节点含油、含气有效厚度, m; φ 表示节点有效孔隙度, %; S_w 表示节点含水饱和度, %; γ 表示地面脱气原油重度, 小数; B_{oi} 、 B_{gi} 分别表示原始地层压力下油、气体积系数, 小数。

Surfer 软件在网格菜单下具有“数学计算”和“体积计算”功能,灵活利用这两个功能就可以快速地计算出所分析层的容积法地质储量。以油藏为例,在“数学计算”界面中,设置输入网格文件 A、B 为含油有效厚度和有效孔隙度,设置输出网格文件 C 为 $h_o \times \text{por}$, 即容积系数,设置计算函数为 $C = A \times B$, 则可获得容积系数的网格数据,然后再次“数学计算”,设置 A 为容积系数, B 为 S_w , C 为 GOR (储量丰度, 10^4 t/km² · m, 如图4所示), 设置计算函数为 $C = 0.01 \times \gamma \times A \times (100 - B) / B_{oi}$, 则可获得储量丰度 GOR 的网格数据。

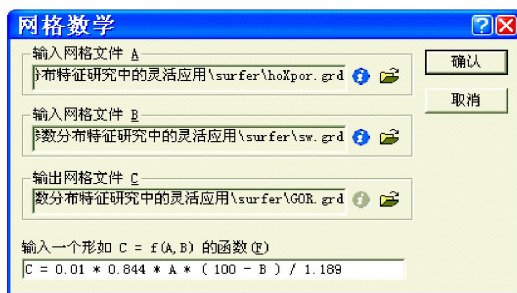


图4 储量丰度计算界面示意图

利用储量丰度计算网格体积,则可以计算储量。在“体积计算”界面中设置上表面为储量丰度 GOR 网格文件,下表面设置常数(储量丰度下限), Z 比例系数通常设为 1,若储量丰度和网格尺寸的长度单位不一致时,则须设为单位换算系数,如图5所示。例如原油储量丰度单位为 10^4 t/km², 而网格尺寸单位为 m, 则 Z 比例系数为 10^{-6} 。

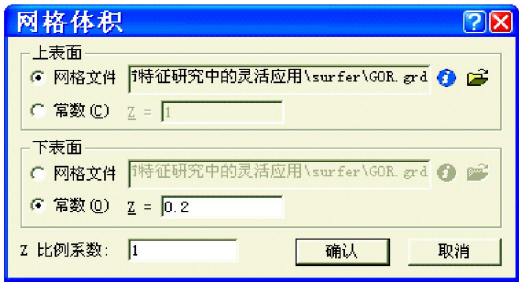


图 5 储量计算界面示意图

图 5 表示以 GOR.grd 网格数据为储量丰度表面的山峰被高为 0.2 储量丰度的水平面切削。体积计算报告中的“切削正体积 (Positive Volume [Cut])”为 0.2 水平面以上的体积,如果乘以 Z 比例系数后,储量丰度单位中的面积单位与网格尺寸的面积单位一致,则“切削正体积”即储量丰度下限 (0.2 水平面) 以上的储量,单位为储量丰度单位中的储量单位。

由于大于储量丰度下限的面积内同时也被切削了“0.2”,所以实际储量还应加上“切削正平面面积 (Positive Planar Area [Cut])”与储量丰度下限 (0.2) 的乘积,注意 0.2 这个储层丰度下限单位中的面积单位要与“切削正平面面积”单位一致,否则需要换算单位,如图 6 所示。

四、结 论

按照上述 3 个步骤可以清楚地描述一个单砂层的某个储层参数,只要将此过程运用于油藏的所有

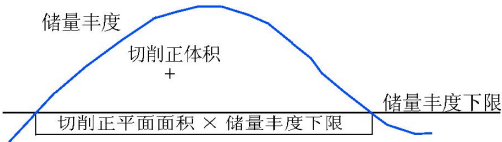


图 6 储量计算示意图

单层和储层参数 (8.0 以上版本可适用于不连续性参数), Surfer 软件就可以完成油藏描述中的储层参数建模和储量计算工作。虽然过程较繁琐一些,但数据要求简单,方法简洁,结构分析逐步深入,便于储层特征研究,特别适用于对小规模储层进行快速描述。

参 考 文 献

[1] 董伟,冯方.预测井间储集层参数的相控模型法[J].石油勘探与开发,2003,30(1):68-70.

[2] 董伟,何鹏.揭片法在中坝须二气藏三维描述中的应用[J].天然气工业,1994,14(5):31-33.

[3] 陈欢欢,李星,丁文秀.Surfer8.0等值线绘制中的十二种插值方法[J].工程地球物理学报,2007,4(1):52-57.

[4] 尹太举,张昌民.利用 Surfer 建立储层地质模型[J].石油天然气学报(江汉石油学院学报),2005,27(6):719-723.

[5] 薛培华.河流点坝相储层模式概论[M].北京:石油工业出版社,1991.

[6] 陈斌,廖细明,杨宏伟,等.周清庄油田精细储层预测[J].西南石油学院学报,2005,27(3):11-13.

[7] 易敏,黄瑞瑶,孙良田.测量储层多孔介质孔隙度及其分布的新方法[J].西南石油学院学报,2004,26(1):43-46.

(修改回稿日期 2007-07-19 编辑 居维清)