

文章编号: 1009-3850(2006)03-0099-04

基于分形插值的塔巴庙太原组砂体展布

龚 灏, 周仲礼, 胡绿慧

(成都理工大学, 四川 成都 610059)

摘要: 本文采用分形插值方法对砂体的展布规律进行研究。根据对塔巴庙地区太原组砂体的物性特点的分析, 利用地质、岩芯和测井资料, 使用三维分形插值方法, 建立了砂体展布规律预测模型, 对砂体展布规律进行了预测, 进一步结合该地区的沉积环境和沉积相, 对塔巴庙太原组储层有利区块进行了分析, 结果与工程实际较为吻合。

关键词: 塔巴庙; 太原组; 砂体展布; 分形插值

中图分类号: P628

文献标识码: A

1 概 况

塔巴庙区块主体横跨陕西省榆林市与内蒙古自治区伊金霍洛旗地区, 构造位置处于鄂尔多斯盆地北部伊陕斜坡北部东段, 面积2000余平方公里。太原组主要分布于三眼井-泊尔江海子断裂以南地区, 是塔巴庙区块的主要产气层之一, 是上古生界重要的煤系地层和区域标志之一。太原组主要由浅灰色和灰色中厚层状含砾石英砂岩、岩屑石英砂岩与黑色、深灰色泥岩、碳质泥岩、铝土质泥岩及煤层的不等厚互层夹少量深灰色泥岩、微晶灰岩、生物碎屑灰岩和煤线。全组显示下粗上细的正韵律特征, 可进一步分为两段。塔巴庙区块在太原组时期, 受天山-内蒙裂谷系的第一次拉张-挤压旋回的影响, 形成北升南降的格局, 海相沉积不断向南超覆, 而来自北缘隆起带的陆缘物质自北向南源源不断地涌入盆地中。在这样的区域海退的背景下, 剖面上出现陆相碎屑岩、煤层和浅海相灰岩相互共存的特征, 在区域内形成滨浅海相和湖泊-三角洲相沉积体系。北方石炭系一二叠系形成于海陆过渡相沉积区, 在这个沉积区内发育有湖泊-三角洲相、滨浅海相、滨海沼泽相, 均是重要的生油、气相带^[1]。因此, 有关太原

组储层的沉积特点, 尤其是砂体的展布规律的研究, 是石油和天然气勘探与开发中的热点和重点。而当前对砂体的研究工作主要集中在对砂体的微观非均质性和宏观非均质性的研究上。对砂体的展布规律, 目前主要采用地震相和沉积相研究相结合的方法, 这些研究方法在实际应用中取得了较好的效果, 但是仍存在许多不足之处。本文采用数学和地质相结合, 依据储层原始形成过程颗粒的随机堆积模型对储层非均质性的控制原理, 采用分形插值方法, 更为精确地模拟储层非均质性, 再现原始数据分布的方差结构^[2,3]。

2 分形插值原理、算法实现与程序流程

分形插值函数 (FIF) 是美国数学家 M. F. Barnsley 在 1986 年首先提出的, 它是用叠代函数系统来实现的。叠代函数系统 IFS 的基本思想是: 选定若干仿射变换, 将研究对象的整体形态变换到局部, 依次迭代进行下去, 直到满意的造型^[4]。

通常 IFS 表征为若干迭代函数组成的集合 $\{w_i\}$, 每一个叠代函数对应一个仿射变换运算。通过仿射变换可以将一个 N 维向量(图形)进行拉伸,

压缩, 错切等。二维空间中, 设 IFS $\{w_i\}$ ($i=1, 2, \dots, n$) 的 $w_i= ax+ by+ c$, $a, b, c \in R$, 则仿射变换运算可以用 $w_i(x, y) \rightarrow (x, y)$ 表示。而三维空间中, 设 IFS $\{w_i\}$ ($i=1, 2, \dots, n$) 的 $w_i= ax+ by+ cz+ d$, $a, b, c, d \in R$; 则仿射变换运算可以用 $w_i(x, y, z) \rightarrow (x, y, z)$ 来表示。IFS 方法就是通过一系列的压缩仿射变换来表现分形的精细结构。为此笔者建立起分形插值曲面的数学模型, 然后编制程序运行^[7,8], 具体步骤如下:

- (1) 分别求出 X, Y 方向的映射系数 a_n, b_n, c_m, d_m ;
- (2) 计算分形插值模型中的各项系数: $e_{n,m}, f_{n,m}, g_{n,m}, k_{n,m}$;
- (3) 确定垂直定比因子 $a_{n,m}$; 一般设在 $0.1 \sim 0.4$ 之间;
- (4) 由模型分别求出 X, Y 方向上的压缩映射值: $\phi_n(X), \Psi_m(Y)$;
- (5) 根据算法求出分形曲面上的值: $F_{n,m}(x, y, z)$;
- (6) 运用 $\phi_n(X), \Psi_m(Y), F_{n,m}(x, y, z)$ 绘制分形曲面。

由于 MATLAB 语言是一种“演算纸式”的用于科学计算的高级语言, 它与其它语言相比, 具有功能强、编程效率高、语言简单和绘图方便等特点; 在此使用了 MATLAB 语言编写了分形插值曲面的计算机程序(图 1)。

4 塔巴庙太原组砂体展布规律

利用研究区内共 35 口钻井原始测井曲线、成果曲线数据, 特别是孔隙度、渗透率、饱和度等原始资料提取井点坐标、井上的地质分层、各层的沉积相(岩相)划分、孔、渗、饱解释数据及建模约束数据。

在分形插值模型中的 X, Y , 由实际的测井的井位坐标经过网格化处理后的 X, Y 代替; Z 取所有井位处的同一地层段的参数, 由此得出相应参数的描述曲面(图 2—图 8)。

5 分析及结论

依据已有的油气勘探成果, 结合太原组沉积环境和沉积相特点、各层段砂体的分布特征、砂体的展布规律以及储层物性分布特征, 综合分析表明, 太一段的有利区为区块东部的潮下砂坪沉积, 太二段的有利区为区块中部 NE-SW 向的障壁砂坝沉积。

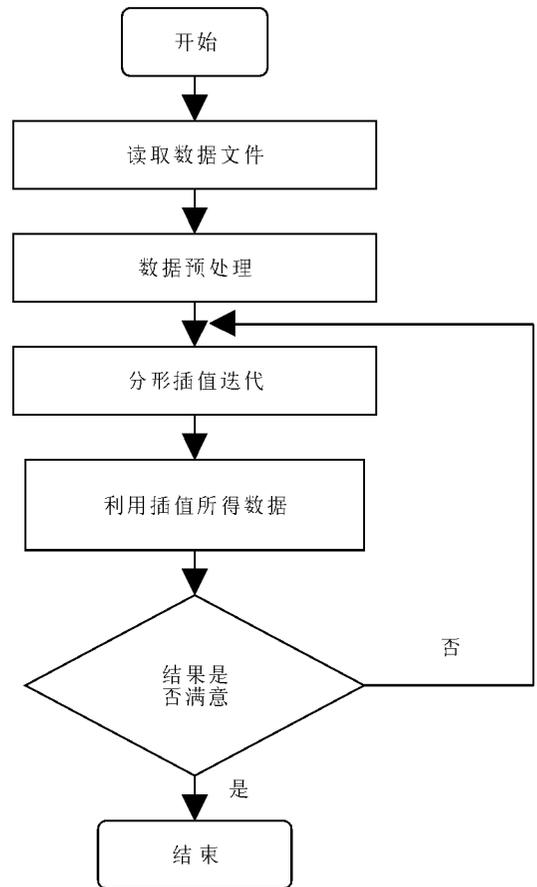


图 1 程序流程图

Fig. 1 Flow chart of programs

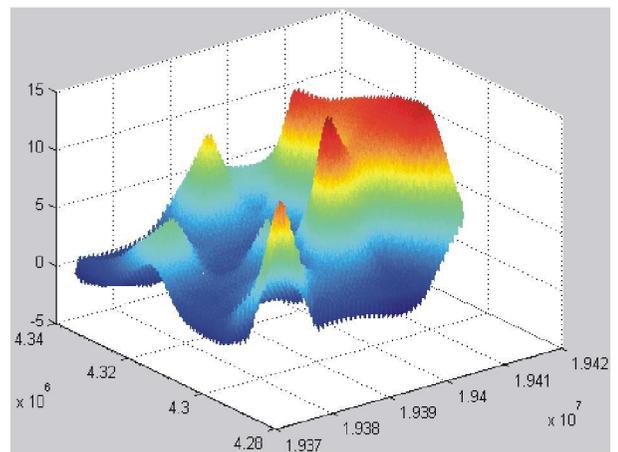


图 2 太原组一段砂体厚度展布图

Fig. 2 Sandstone thickness extension in the first member of the Taiyuan Formation

太一段早期, 为无障碍海岸沉积体系, 主要以碳酸盐沉积为主, 但这一时期范围较小, 相对经历时间也较短; 后期为潮坪沉积体系, 在区块东部大 21 井、大 22 井、大 35 井均处于潮下带砂坪沉积环境中, 沉积

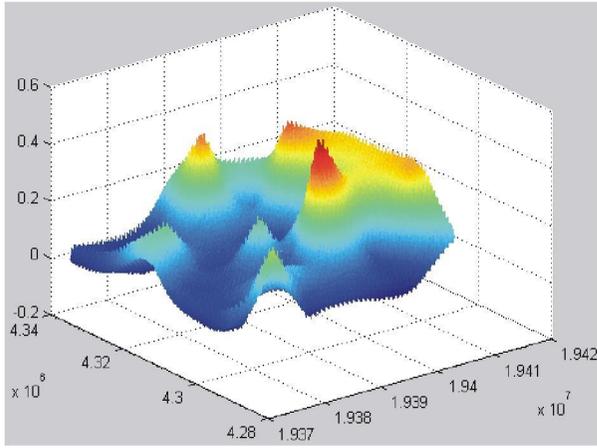


图3 太原组一段砂地比

Fig.3 Sandstone vs. formation ratios for the first member of the Taiyuan Formation

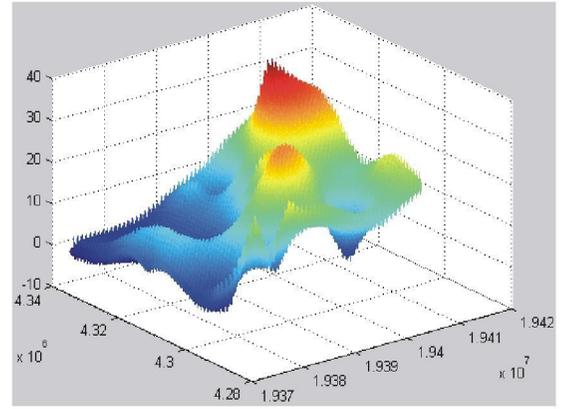


图6 太原组砂体厚度展布图

Fig.6 Sandstone thickness extension in the Taiyuan Formation

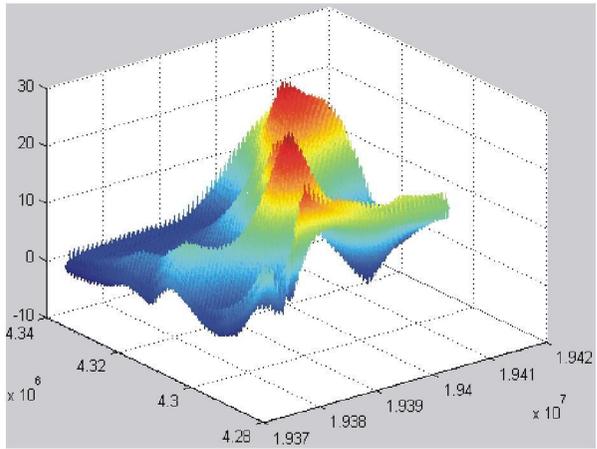


图4 太原组二段砂体厚度展布图

Fig.4 Sandstone thickness extension in the second member of the Taiyuan Formation

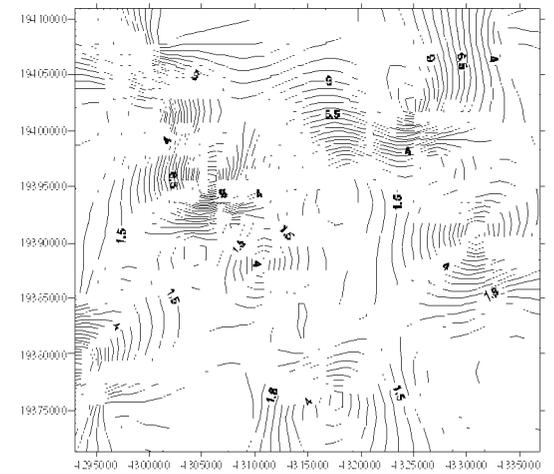


图7 太原组一段砂体厚度分布等值线图

Fig.7 Isopach map of the sandstone in the first member of the Taiyuan Formation

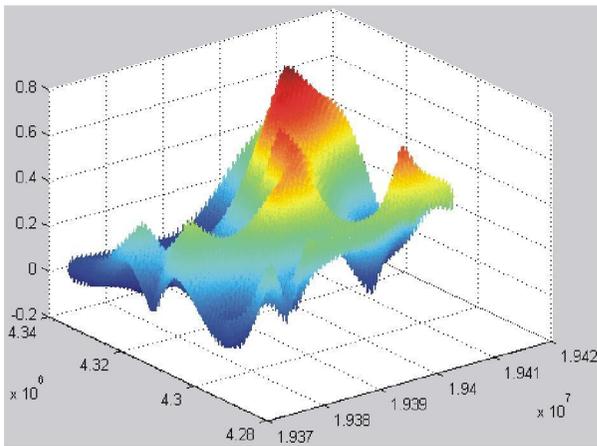


图5 太原组二段砂地比

Fig.5 Sandstone vs. formation ratios for the second member of the Taiyuan Formation

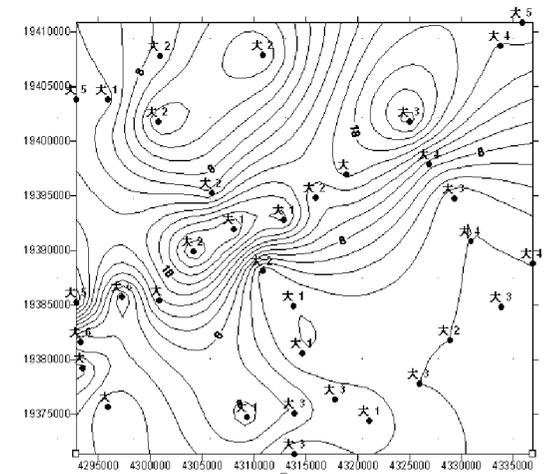


图8 太原组二段砂体厚度分布等值线图

Fig.8 Isopach map of the sandstone in the second member of the Taiyuan Formation

有厚层砂岩,在砂体的展布模型中均为有利区。太二段为有障壁海岸沉积体系,障壁砂坝以灰色厚层状中粗砂岩为主,分选好,是形成优质储层的基本条件。另外区块东南角为砂坪沉积,也是较有利的储集相带;从塔巴庙太原组砂体展布模型也可以得出,沿大47井—大35井—大9井—大10井—大23井—大5井—一线区域和东南角的大26井、大17井区为厚度的高值区,是有利的油气储集空间,说明该区域为有利的勘探开发区。

参考文献:

[1] 李雪原,王少鹏.鄂尔多斯盆地塔巴庙区块太原组沉积微相研

究[J].成都理工大学学报(自然科学版),2006,33(2):214—217.

- [2] 刘承祚.分形理论及其在地学研究中的应用[J].地质科技管理,1994,(5):13—18.
- [3] 王域辉,廖顾华.分形与石油[M].北京:石油工业出版社,1994.
- [4] 谢和平,孙洪泉,等.分形插值曲面及其应用[J].应用数学和力学,1998,(4):297—306.
- [5] 张树林.分形几何与油气勘探[J].天然气地球科学,1994,(5):24—27.
- [6] 施泽进,罗蛰潭,彭大钧,等.四川地区油气田空间分布的分形特征[J].地球科学,1995,20(1):68—72.
- [7] 王沫然.Matlab与科学计算[M].北京:电子工业出版社,2003.
- [8] 楼顺天,陈生潭,等.MATLAB程序设计语言[M].西安:西安电子科技大学出版社,2000.

Distribution of the Taiyuan Formation sandstone in Tabamiao based on fractal interpolation functions

GONG Hao, ZHOU Zhong-li, HU Luhui

(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: The distribution of the Taiyuan Formation sandstone in Tabamiao is delineated with the aid of the techniques of fractal interpolation functions and sedimentary environments and facies. A model is constructed by using three-dimensional fractal interpolation functions for the prediction of the sandstone extension. The results of research in this study are in good agreement with the favourable areas of the Taiyuan Formation reservoirs in Tabamiao.

Key words: Tabamiao; Taiyuan Formation; sandstone extension; fractal interpolation function