

纹理属性分析方法在准噶尔盆地玛湖一区风城组沉积相划分中的应用

刘泉泉¹, 周路¹, 陆鹏²

¹西南石油大学地球科学与技术学院, 四川 成都

²西南石油大学电气信息学院, 四川 成都

收稿日期: 2023年12月28日; 录用日期: 2024年2月19日; 发布日期: 2024年2月28日

摘要

利用多种地震属性综合分析地震相已成为油气勘探中常用的方法, 不同属性在不同区块的应用效果也存在一定的差异, 因此需要针对不同研究区的具体情况进行属性优选。本次研究针对准噶尔盆地玛湖一区风城组, 综合测井资料和地震资料, 采用单属性和纹理属性分析方法, 建立玛湖一区沉积相与地震相的对应关系, 并探讨玛湖一区风城组地震相划分的最优属性。结果表明, 纹理差异性属性和纹理熵属性对于玛湖一区沉积相划分具有较好的指导意义。

关键词

准噶尔盆地, 玛湖一区, 风城组, 地震相, 纹理属性

Application of Texture Attribute Analysis Method in Sedimentary Division of Fengcheng Formation in Mararea 1 of the Junggar Basin

Xiaoxiao Liu¹, Lu Zhou¹, Peng Lu²

¹School of Geoscience and Technology, Southwest Petroleum University, Chengdu Sichuan

²School of Electrical and Information, Southwest Petroleum University, Chengdu Sichuan

Received: Dec. 28th, 2023; accepted: Feb. 19th, 2024; published: Feb. 28th, 2024

文章引用: 刘泉泉, 周路, 陆鹏. 纹理属性分析方法在准噶尔盆地玛湖一区风城组沉积相划分中的应用[J]. 地球科学前沿, 2024, 14(2): 169-176. DOI: 10.12677/ag.2024.142016

Abstract

The comprehensive analysis of seismic facies using multiple seismic attributes has become a commonly used method in oil and gas exploration. The application effects of different attributes in different blocks also vary, so it is necessary to optimize attributes based on the specific situation of different research areas. This study aims at Fengcheng Formation in Mararea 1 District of the Junggar Basin, and uses single attribute and texture attribute analysis methods to establish the corresponding relationship between sedimentary facies and seismic facies in Mararea 1 District by integrating logging data and seismic data, and discusses the optimal attributes of seismic facies division in Fengcheng Formation in Mararea 1 District. The results indicate that the texture difference attribute and texture entropy attribute have good guiding significance for the classification of sedimentary facies in the Mararea area.

Keywords

Junggar Basin, Mararea 1, Fengcheng Formation, Seismic Phase, Texture Attribute

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

地震资料中同向轴的变化与地层岩性的变化有着密切关系, 岩性的变化与沉积相的分布相关联, 因此根据地震资料提取地震属性划分地震相对沉积相的分布具有一定的指导意义[1] [2] [3]。过去地震相的划分主要通过“相面法”对地震反射特征进行归类总结, 但单一的地震属性只能反应某种特定的沉积相的对应特征, 以此为依据划分沉积相往往具有多解性和不确定性, 将多种属性融合分析可以更为立体地综合反应沉积相的地震反射特征, 从而更加精确地建立地震相与沉积相之间的对应关系[4]。

准噶尔盆地玛湖一区有多口井钻至二叠系风城组, 区域内主要有扇三角洲平原、扇三角洲内前缘、扇三角洲外前缘三个主要亚相, 钻遇不同沉积相的井油气显示差别较大, 分布于前缘相带的井往往具有良好的开发价值或油气显示。但目前对于研究区及周边地区二叠系风城组的相带边界划分及地震相与沉积相的对应关系研究较少, 本文借助钻井较多的玛湖一区, 利用 Geoeast 软件的属性分析模块, 分析不同方法划分地震相的效果, 建立研究区周边区域地震相和沉积相对应模板, 为该区域的沉积相划分工作提供思路。

2. 区域地质概况

研究区位于准噶尔盆地西部中拐凸起的东北坡, 整块工区基本在玛湖凹陷里(图 1)。研究区经历多期构造旋回影响, 发生了多次抬升剥蚀作用, 最终在白垩纪基本定型, 形成了如今北西高, 向南东逐渐变为缓坡的斜坡构造模式。

该区域地层保存较为完整, 自石炭系至新近系均有发育, 其中石炭系不整合及白垩系不整合为区域内较为明显的标志层, 研究区二叠系自下而上发育风城组(P_{1f})、夏子街组(P_{2x}), 其中风城组分为风一段(P_{1f1})、风二段(P_{1f2})、风三段(P_{1f3})三个亚段, 风一段地层厚度向斜坡上倾方向逐渐减薄, 风城组地层呈现出明显的“下削上超”的特征。研究区内坡度整体呈现西高东低的形态, 发育大型缓坡浅水三角洲相沉积体系, 接受中拐扇的物源供给, 同时砂体的分布受到古地貌的控制古地貌低点为砂体卸载和前缘相发

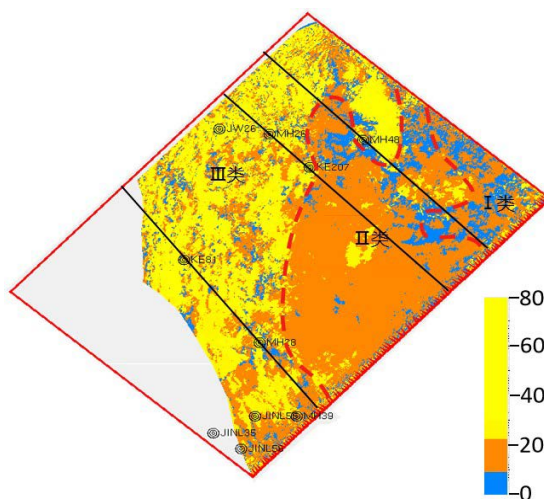


Figure 3. 40 ms instantaneous frequency section on the Fengcheng formation

图 3. 风城组上 40 ms 瞬时频率切片

I-I 类地震相是玛湖 1 区块东边附近的振幅较强、频率低、连续性较好地震相, 对应滨浅湖的地震反射特征, 通过 MAH48 井剖面可以发现, 在分界处的地震反射特征差别较大, 玛湖 48 井右侧三角洲前缘表现为振幅多为中低值、频率较低、连续反射的地震反射特征, MAH48 井三角洲平原 - 内前缘相表现为振幅值较高、频率高、断续反射的地震反射特征(图 4)。

II-II 类地震相表现为振幅中值、频率低、较连续反射地震相, 三角洲外前缘反射表现为地层向南东逐渐增厚并出现上超现象, 通过 MAH48 井上可以发现在分界处的地震反射特征差别较大。KE207 井附近可见部分断续波谷反射, 向左地震反射频率逐渐减小、振幅增强, 且振幅强弱横向变化, 体现出三角洲前缘的沉积特征(图 5)。

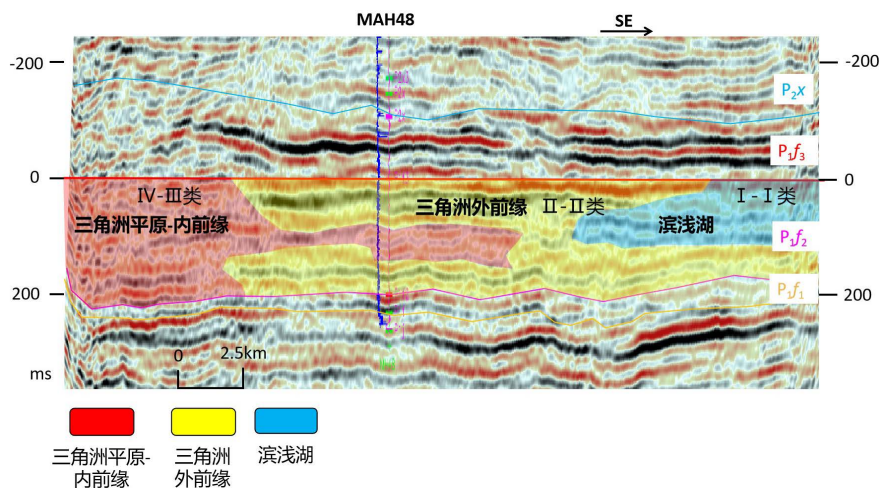


Figure 4. Deontary entary section of well MH48 (Section positions are shown in [Figure 3](#))

图 4. 过 MH48 井沉积相解释剖面(剖面位置见图 3)

II-III 类地震相表现为频率较低、振幅中值的断续的地震反射特征，部分地区表现为中频杂乱反射，对应三角洲平原 - 内前缘反射。

III-II 类地震相表现为频率较低、振幅较强的连续地震反射特征, 对应三角洲外前缘反射。

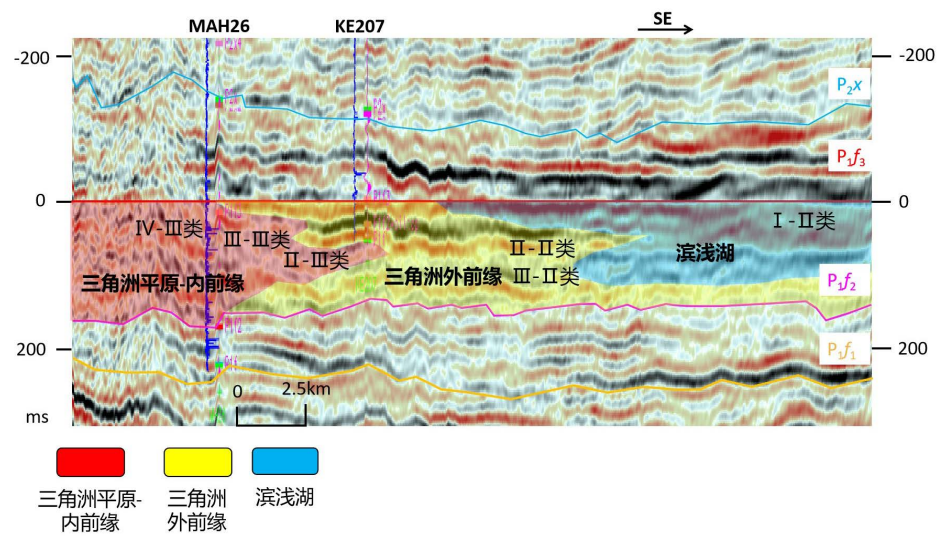


Figure 5. Interpretation section of well MAH 26-KE 207 (Section positions are shown in Figure 3)
图 5. 过 MAH26-KE207 井沉积相解释剖面(剖面位置见图 3)

III-II 类地震相表现为杂乱反射，与三角洲平原 - 内前缘强水动力及砾岩沉积相对应，MAH26 井中上部呈现出明显的砾岩沉积的杂乱空白反射，向 KE207 井延伸过程中随着搬运距离增加，岩石粒度降低，分选变好，在三角洲外前缘沉积砂砾岩，地震反射特征与连井测井沉积相解释结果较为符合(图 5)。

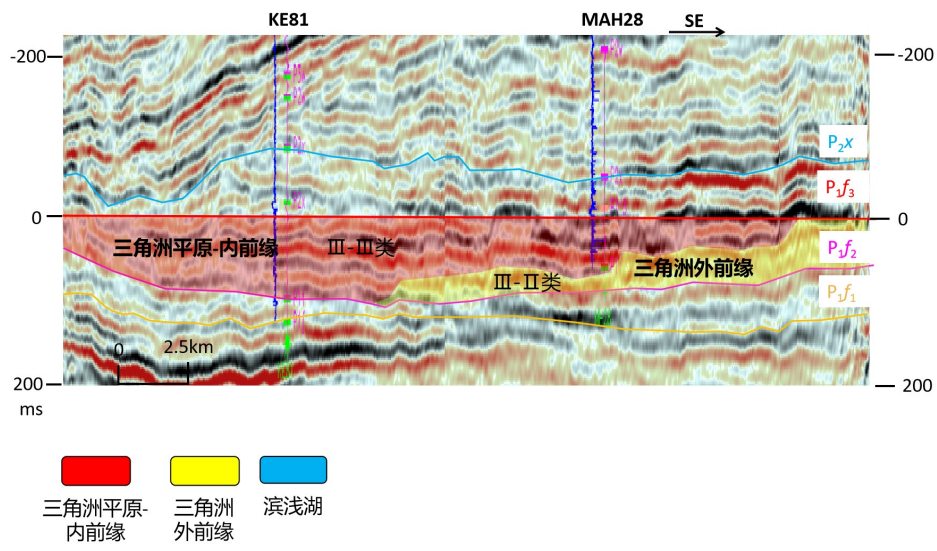


Figure 6. Interpretation section of well KE81-MAH28 (Section positions are shown in Figure 3)
图 6. 过 KE81-MAH28 井沉积相解释剖面(剖面位置见图 3)

IV-III 类地震相表现为频率高值、振幅较强的杂乱的反射特征，对应三角洲平原 - 内前缘反射(图 6)。

通过井震对比分析，并结合振幅及频率属性切片可建立研究区六类地震相与沉积相的对应关系，认为 I-I 类地震相代表了滨浅湖反射特征，II-II、II-III 类地震相为三角洲外前缘反射特征，III-II、III-III、IV-III 类地震相为三角洲平原 - 内前缘反射特征，表明该区块风城组二段振幅及频率属性与沉积相分布具有一定的对应关系，利用振幅及频率属性特征可以在一定程度上预测沉积相的分布[7]。

4. 纹理属性分析

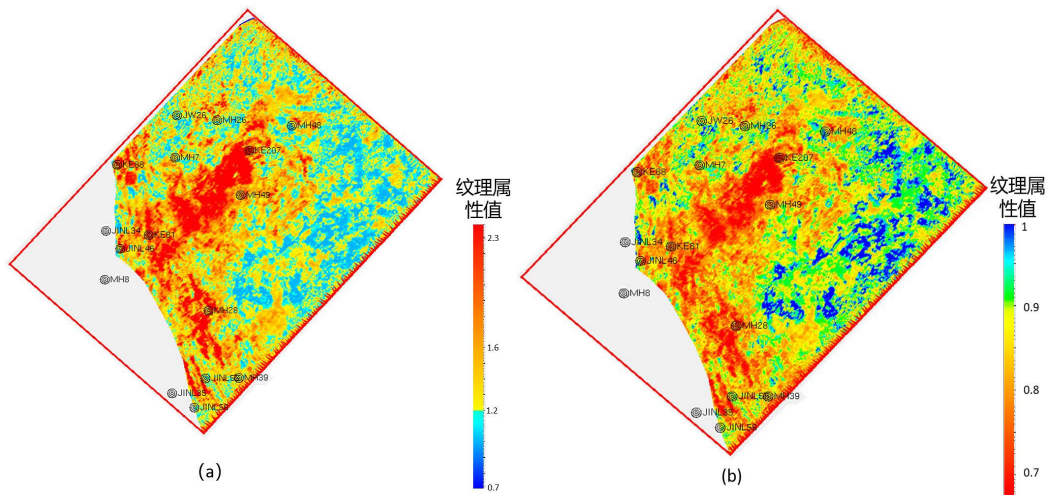
Table 1. Principle and meaning table of each texture attribute
表 1. 各纹理属性的原理及含义表

属性名称	主要原理	与地质现象关系
熵(Entropy)	用于衡量图像纹理的复杂程度，纹理越随机，熵的数值越大	熵的值越小，地层越连续
能量(Energy)	衡量纹理的一致性或均匀性，当矩阵中各元素数值相等时能量最低	能量的值越高，地层越连续
均匀度(Homogeneity)	反应矩阵中聚集于主对角线附近的程度，图像对比度越小，均匀度越高	均匀度越高，地层越连续
对比度(Contrast)	衡量图像中像素差异的强烈程度，当元素主要集中在对角线附近时，对比度较小，灰度差异较小	对比度越小，地层越连续
相关性(Correlation)	衡量矩阵元素间特定线性关系出现的频率，如果底层变化较为连续，其相邻地震像素之间的相关系数就会比较大	相关度越高，线性程度关系程度越深
标准方差(Variance)	反映数据分布围绕平均值的分散程度，数据分布离平均值越近，标准方差越小	标准方差越小，地层越连续

纹理是表现图像或物体表面的起伏程度和粗糙程度的一种属性，提取地震纹理属性的方法有统计分析法、模型分析法、结构分析法、信号处理法等，本次主要研究统计方法中的基于灰度共生矩阵的纹理分析方法[8]。

利用灰度共生矩阵进行纹理分析的方法最早由 Haralick 提出，之后 Love 等利用纹理属性分析构造引起的较大尺度的纹理特征，Gao 和 West 等将灰度共生矩阵提取纹理属性的方法引入三维地震数据，从多角度分析地质体并识别沉积环境[9] [10]。现如今提取出的纹理属性已可用于裂缝检测、构造解释、河道预测、地震相及沉积相分析、储层预测等多个方面，因其受地震资料品质的影响较小而获得了较好的应用效果。

单纯的灰度共生矩阵不能直接用于纹理描述，而是需要将其进行属性计算，转化为具有地质含义的属性体进行解释。在 Geoeast 中可以利用灰度共生矩阵提取 14 种纹理属性，其中熵，均匀度，能量，对比度，相关性和方差是其中常用的六种纹理属性[11] [12]。以下介绍各种纹理属性的含义(表 1)。



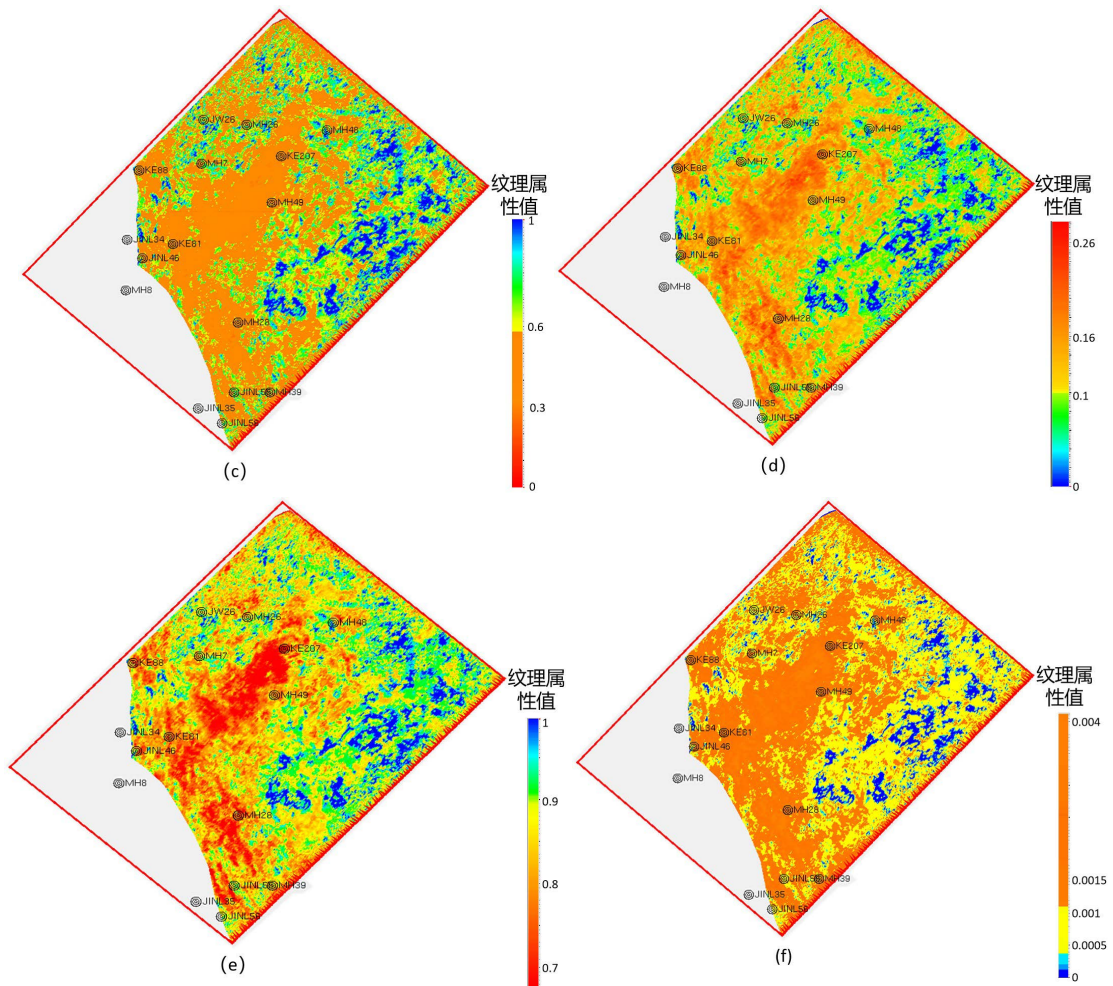


Figure 7. Texture attributes are sliced 40 ms up along the bottom of the Fengcheng formation (a: texture variance, b: texture uniformity, c: texture energy, d: texture entropy, e: texture correlation, f: texture contrast)
图 7. 纹理属性沿风城组二段底向上 40 ms 切片(a: 纹理方差, b: 纹理均匀度, c: 纹理能量, d: 纹理熵, e: 纹理相关度, f: 纹理对比度)

从结果看，其中纹理方差属性对于三角洲平原 - 内前缘与三角洲外前缘的相带边界刻画较为模糊，平原 - 内前缘相内属性值相对复杂，干扰信息较多，MH28 周围内前缘相与外前缘相边界较为清晰(图 7(a))。纹理均匀度属性平原 - 内前缘相内干扰信息较多，平原 - 内前缘与外前缘相带边界混杂，MH26 扇体左侧平原 - 内前缘与外前缘难以区分，内前缘与外前缘相边界较为模糊(图 7(b))。纹理能量属性内前缘与外前缘边界较为清晰，内部干扰信息较少(图 7(c))。纹理熵和相关度属性图像较为模糊，各项带边界干扰信息较多，MH7 附近扇体与 JW26 附近扇体边界模糊(图 7(d)~(e))。纹理对比度属性冲积扇与平原相边界清晰，且平原相内部干扰信息少，可以清晰识别内前缘相和外前缘相边界(图 7(f))。

综合以上纹理属性，认为纹理方差属性、纹理对比度属性、纹理能量属性比较适合该三维区块风城组地震相边界识别工作。

5. 结论

1) 研究区扇三角洲平原 - 内前缘主要为中弱振幅中低频较断续地震相和中振幅低频弱连续地震相，扇三角洲外前缘主要为中低频中强振幅较连续地震相和中强振幅连续地震相，滨浅湖主要为中强振幅低

频较连续地震相，各沉积相对应的地震相具有不同的特征，可建立较为准确的对应关系模板。

2) 在多种纹理属性对比分析的方法下能够清晰识别各地震相的边界，纹理差异性属性和纹理熵属性对于玛湖一区沉积相划分具有较好的指导意义。

参考文献

- [1] 李伟, 岳大力, 胡光义, 等. 分频段地震属性优选及砂体预测方法——秦皇岛 32-6 油田北区实例[J]. 石油地球物理勘探, 2017, 52(1): 121-130.
- [2] 井涌泉, 栾东肖, 张雨晴, 等. 基于地震属性特征的河流相叠置砂岩储层预测方法[J]. 石油地球物理勘探, 2018, 53(5): 1049-1058.
- [3] 黄真萍, 王晓华, 王云专. 地震信息的属性参数提取和砂体预测方法[J]. 石油地球物理勘探, 1997, 32(5): 669-682.
- [4] 程耀清, 蔡冬梅. 地震相技术应用实例[J]. 石油地球物理勘探, 2007, 42(增刊 1): 79-82.
- [5] 雷德文, 阿布力米提, 唐勇, 等. 准噶尔盆地玛湖凹陷风城组油气高产区控制因素与分布预测[J]. 新疆石油地质, 2014, 35(5): 495-499.
- [6] 朱剑兵, 赵培坤. 国外地震相划分技术研究新进展[J]. 勘探地球物理进展, 2009, 32(3): 167-171.
- [7] 阿迪力江阿不都萨拉木, 周路. 基于连续小波分频纹理属性精确刻画沉积相——以准噶尔盆地五八区块百口泉组为例[J]. 科学技术创新, 2023(3): 58-62.
- [8] 胡英, 陈辉, 贺振华, 等. 基于地震纹理属性和模糊聚类划分地震相[J]. 石油地球物理勘探, 2013, 48(1): 114-120.
- [9] Love, P.L. and Simaan, M. (1984) Segmentation of Stacked Seismic Data by the Classification of Image Texture. *SEG Technical Program Expanded Abstracts*, 3, 480-482. <https://doi.org/10.1190/1.1894051>
- [10] Gao, D. (1999) 3DVCM Seismic Textures: A New Technology to Quantify Seismic Interpretation. *SEG Technical Program Expanded Abstracts*, 18, 1037-1039. <https://doi.org/10.1190/1.1820674>
- [11] 王治国, 尹成, 雷小兰, 等. 河道纹理属性分析中的灰度共生矩阵参数研究[J]. 石油地球物理勘探, 2012, 47(1): 100-106.
- [12] 徐红霞, 沈春光, 李斌, 等. 多属性分析技术在碳酸盐岩断溶体预测中的应用[J]. 石油地球物理勘探, 2017, 52(增刊 2): 158-163+8.