

# 地层厚度校正地震属性值方法研究及应用

罗 兵

中国石油大庆油田有限责任公司第五采油厂, 黑龙江 大庆  
Email: luobing5c@petrochina.com.cn

收稿日期: 2021年7月1日; 录用日期: 2021年8月27日; 发布日期: 2021年9月6日

---

## 摘 要

针对地震属性预测河道砂体受地层厚度影响大、沉积砂体描述精度低的问题, 开展了地层厚度与河道砂体地震响应特征之间的关系研究, 研究了地层厚度校正地震属性值的属性校正方法, 降低了地层厚度对河道砂体预测的干扰, 提高了河道砂体的预测精度。利用该方法研究区井震结合储层预测精度由过去的73.7%提高到86.2%, 利用该技术指导研究区措施方案调整86井次, 累计增油1.8万吨, 取得较好的开发效果。该方法对指导储层预测精度具有较好的指导意义。

## 关键词

地震属性, 地层厚度, 河道, 储层预测, 地震属性值校正

---

# Research and Application of Method for Correcting Seismic Attribute Values of Formation Thickness

Bing Luo

Oilrecovery Plant No.5, Daqing Oilfield Corp. Ltd., Daqing Heilongjiang  
Email: luobing5c@petrochina.com.cn

Received: Jul. 1<sup>st</sup>, 2021; accepted: Aug. 27<sup>th</sup>, 2021; published: Sep. 6<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

In view of seismic properties, it is predicted that the river sand body is greatly affected by the formation thickness and the low precision of sedimentary sand body description. Aiming at this problem, the relationship between the thickness of the stratum and the seismic response characteristics of the channel sand body is studied. The attribute correction method for correcting seismic attribute values of formation thickness is studied. This method reduces the interference of formation thickness on river channel sand prediction. This method improves the prediction accuracy of the river sand body. Using this method to study the accuracy of reservoir-seismic combined reservoir prediction from the past 73.7% to 86.2%. The research results guide the adjustment of the measures in the study area to 86 wells. Applying this result, the cumulative oil increase is 18,000 tons. This method can improve the development of oil fields. This method has a good guiding significance for reservoir prediction accuracy.

## Keywords

Seismic Attribute, Formation Thickness, River, Reservoir Prediction, Seismic Attribute Value Correction

Copyright © 2021 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

目前国内外相关研究单位探索了属性分析[1] [2] [3]、反演[4] [5] [6]、波形模式[7] [8]等多种井震结合储层精细描述技术,初步形成了测井相和地震相综合分析技术[9] [10] [11]和地震、测井、地质与油田开发一体化等井震结合储层描述技术[6]-[12],尤其曾洪流[1]等创建的地震沉积学、姚威[8]的地震属性融合技术、吕栋[9]断陷盆地前积地震相识别技术等,在储层描述方面取得了广泛的认可。但是面对窄小河道,通过常规的预测方法,无法有效降低地层厚度、相邻砂体等对河道砂体描述精度影响,很难从复杂的地震属性切片中识别出窄小河道[13] [14]。高台子油田储层厚度薄、河道发育窄(一般<150 m)、砂体横向变化快、层间干扰大,很难用常规方法进行河道砂体有效识别。为此,提出了利用“地层厚度校正地震属

性值”的属性校正方法，能够较好地减少地层厚度砂体预测精度的影响，该方法适用性较广，影响因素少，对精细刻画窄小河道砂体连续性、走向以及边界等方面具有较好的指导作用。

## 2. 研究区概况

高台子构造位于大庆长垣的南部，是大庆长垣二级构造带南部的一个三级构造，构造形态为一个两翼基本对称的穹窿背斜构造，东、西两翼构造倾角平缓。高台子油田开发葡 I 组油层，共 3 个砂岩组，12 个小层，研究目的层位葡 I4、葡 I5 层，以三角洲内、外前缘相顺直型分流河道砂体沉积为主。2004 年针对扶杨油层采集了地震资料，测网精度为 20 m × 40 m，2007 年针对葡萄花油层进行了精细处理，2008 年进行了精细解释，CDP 面元为 10 m × 10 m。由于研究区井距大、地震数据老、且不是针对葡萄花油层采集的，因此，在利用地震属性对葡萄花油层储层预测时存在较大困难，针对地震属性预测河道砂体受地层厚度影响大、难以发挥地震属性对储层预测指导作用，急需技术改进。

## 3. 地层厚度校正地震属性值方法

研究区地层厚度最小值为 55 m (非断失)，最大值 72 m，平均 67 m。为了研究地层厚度与河道砂体地震响应特征之间的关系。设计了地层厚度变化正演模型，模型中葡 I 组地层厚度均设计为楔状(图 1)，由 0 逐渐增厚至 120 m，砂岩厚度分别设计为 2 m、3 m、4 m、5 m。正演模拟结果表明：当地层达到一定厚度时，地层中产生新波峰，而且在一定厚度范围内，砂体引起的振幅与地层厚度正相关。葡 I 组地层正好处在振幅与地层厚度正相关的厚度范围内(图 2)，说明地层厚度对研究区利用振幅类属性或与振幅类相关的属性预测河道砂体有干扰作用，当相同厚度砂岩分布在强同相轴  $1/4\lambda$  以外时，地层厚度越大，波峰振幅越强，达到临界值后波峰振幅保持稳定。

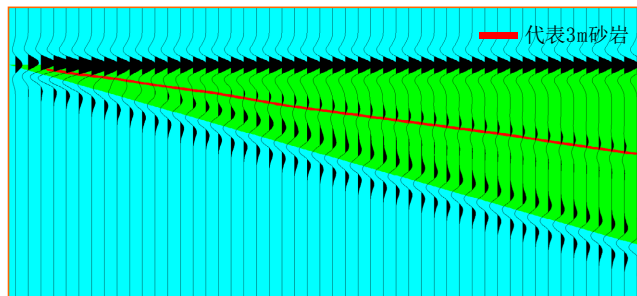


Figure 1. Forward model of wedge formation thickness in developing sand bodies in the middle of the stratum  
图 1. 地层中部发育砂体的楔形地层厚度正演模型

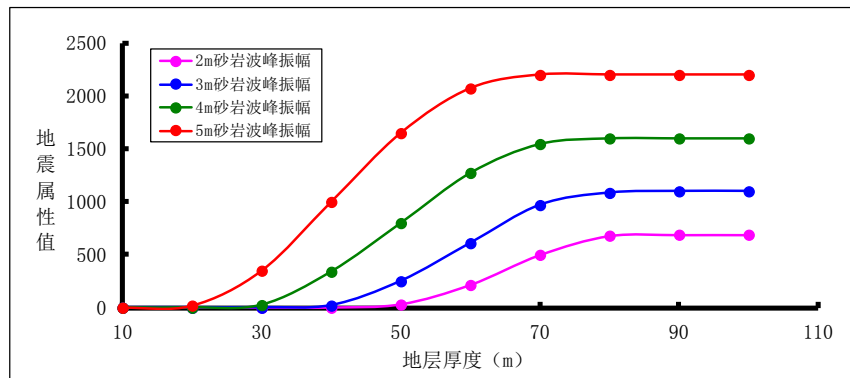


Figure 2. Relationship between sand body amplitude and formation thickness of different thicknesses  
图 2. 不同厚度砂体时振幅值与地层厚度关系

为降低地层厚度对河道砂体预测的干扰,提出了“以地层厚度校正地震属性值”的属性校正方法。地震属性校正时,若既考虑地层厚度又考虑砂岩厚度难度太大,而不同厚度砂体对应属性值之差值在不同地层厚度时变化并不大,可以忽略,所以只需考虑地层厚度变化,求取近似校正值进行校正,针对地震属性存在异常值的问题,通过对地震属性值进行归一化校正处理,将地震属性值归一到一个合理的区间内,尽量减少因异常值对预测结果的影响,提高了预测精度。校正公式如下:

$$A \approx A_h - \frac{(A_{2m}^{h_{\max}} - A_{2m}^{h_{\min}}) - (h - h_{2m}^{h_{\min}})}{h_{\max} - h_{\min}} \quad (1)$$

式中:  $A$  为校正后属性值;  $A_h$  为校正前属性值,  $A_{2m}^{h_{\min}}$  为 2m 砂体在最薄地层中的属性值,  $A_{2m}^{h_{\max}}$  为 2m 砂体在最厚地层中的属性值;  $h_{\min}$ 、 $h_{\max}$  分别为最薄地层厚度和最厚地层厚度,  $h$  为校正值对应的地层厚度值。

通过应用以上技术处理,河道砂体连续性明显变好,通过均匀抽稀 47 口后验井逐井逐层进行检查,符合率得到了较大提高,例如:葡 I5 振幅属性校正前后河道砂体符合率由 68.3% 提高到 81.1%, 提高了 12.8 个百分点(图 3)。

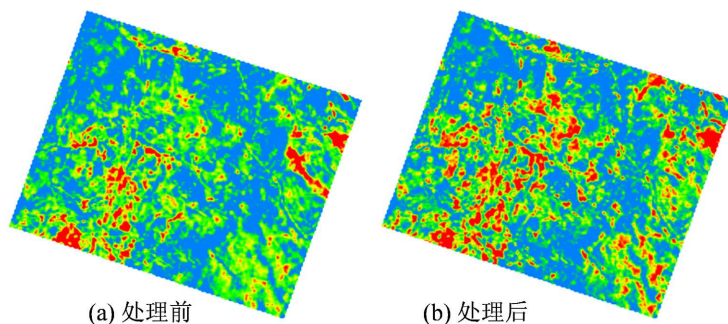


Figure 3. Comparison chart before and after PI5 amplitude attribute processing  
图 3. 葡 I5 振幅属性处理前后对比图

#### 4. 井震结合储层精细描述

利用上述方法,首先,对研究目的层利用地层厚度校正地震属性值的属性校正方法校正;其次,将井的沉积单元层段剖面投到地震属性图上,对井点微相与地震属性匹配,在沉积模式的约束下,根据地震属性反映的砂体延伸方向描述河道走向,根据地震属性的连续性描述河道的连续性,根据地震属性突变边界来描述河道边界。对井点微相与地震属性匹配较差的区域,不考虑地震属性,而采用井资料模式绘图法进行河道砂描述。最终,将基于井资料的河道预测图和井震结合河道预测图进行叠合,查找河道边界、走向和连通关系等变化。

##### 井震结合储层精细描述

该技术共指导了研究区葡 I2、葡 I3、葡 I4、葡 I5 四个层的沉积相带图绘制,校正前后河道砂体连续性更好,更符合地质规律。通过均匀抽稀 47 口后验井逐井逐层进行检查,河道描述精度由 73.7% 提高到 86.2%, 提高了 12.5 个百分点。

葡 I2 层河道北部连续性好,南部较差,河道砂钻遇率为 18.03%,为三角洲内前缘相外边缘,沉积时期湖能大于河流能量,河道的连续性受潮浪作用形成断续窄小水下分类河道砂体,呈近南-北向展布,宽度在 60 m~100 m (图 4)。葡 I3 小层河道砂钻遇率为 24.11%,为三角洲内前缘相,与葡 I2 相比,此时

河能逐渐增强，河道规模逐渐加大，呈近南—北向展布，分流河道最宽约 60~400 m (图 5)。葡 14 小层河道砂钻遇率为 21.12%，沉积水动力逐渐加强，在研究区南部河道规模逐渐加大，河道内部多处发育侵蚀残丘，连续性较差(图 6)。葡 15 小层河道砂钻遇率为 51.12%，沉积水动力达到葡 I 组最强时期，在研究区北部河道规模逐渐加大，河道内部多处发育侵蚀残丘，形成侵蚀残丘型分流河道(图 7)。

通过新老相待图对比，井震结合后河道走向、边界、连通关系描述更准确，河道砂体预测精度由 60.7% 提高到 76.4%，提高了 15.7。河道边界变化 43 处；河道走向变化 28 处，河道连通关系变化 46 处；新发现河道 18 段；注销河道 18 段，河道面积增加 0.36 km<sup>2</sup> (表 1)。

Table 1. New and old phase diagram change statistics

表 1. 新老相带图变化统计表

小层	新老相带图河道预测变化类型					新相带图 河道面积/ km <sup>2</sup>	老相带图 河道面积/ km <sup>2</sup>	河道 面积差/ km <sup>2</sup>
	边界/处	走向/条	连通关系/处	新发现/条	核销/条			
葡 I2	12	7	10	6	4	3.41	3.05	0.36
葡 I3	7	4	15	2	4	4.86	4.67	0.19
葡 I4	13	6	11	4	5	5.01	5.31	-0.3
葡 I5	11	11	10	6	5	8.15	8.05	0.11
合计	43	28	46	18	18	21.43	21.08	0.36

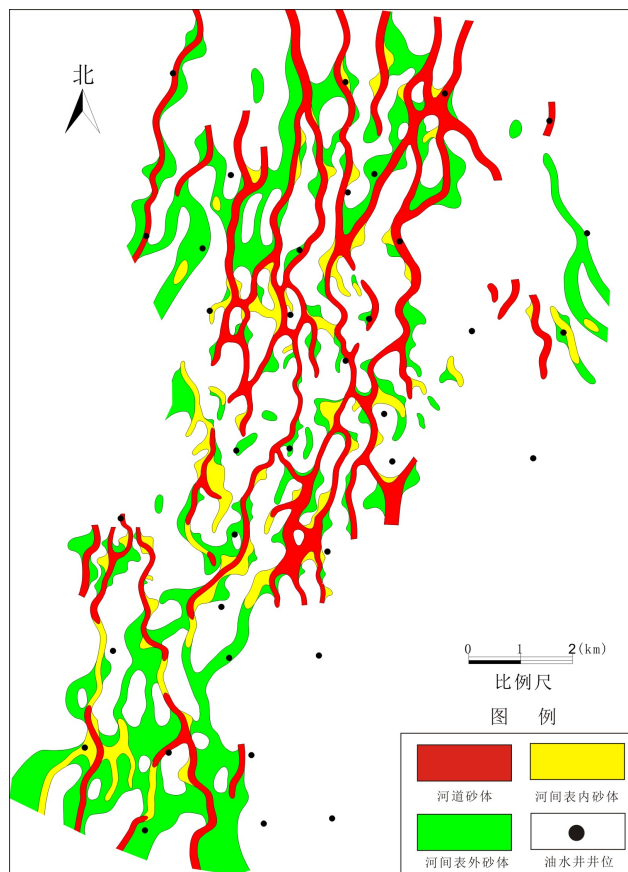


Figure 4. PI2 layer well seismic combined sedimentary microfacies description

图 4. 葡 I2 层井震结合沉积微相描述图

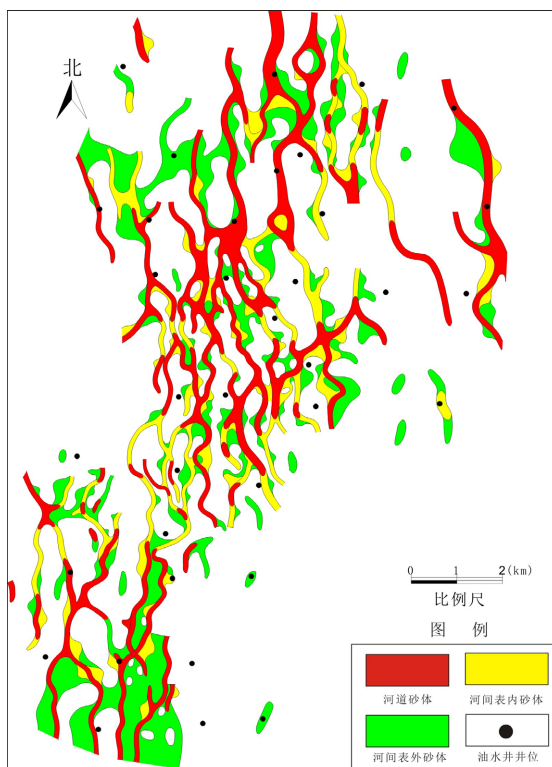


Figure 5. PI3 layer well seismic combined sedimentary microfacies description  
图 5. 葡 I3 层井震结合沉积微相描述图

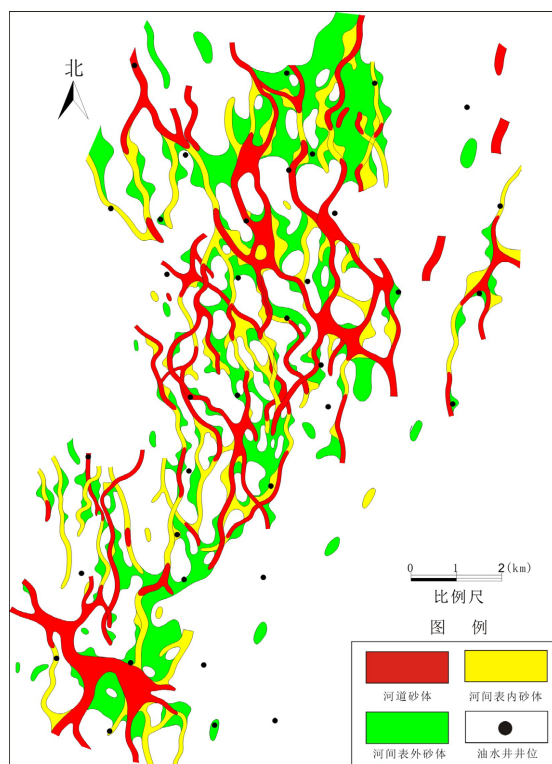


Figure 6. PI4 layer well seismic combined sedimentary microfacies description  
图 6. 葡 I4 层井震结合沉积微相描述图

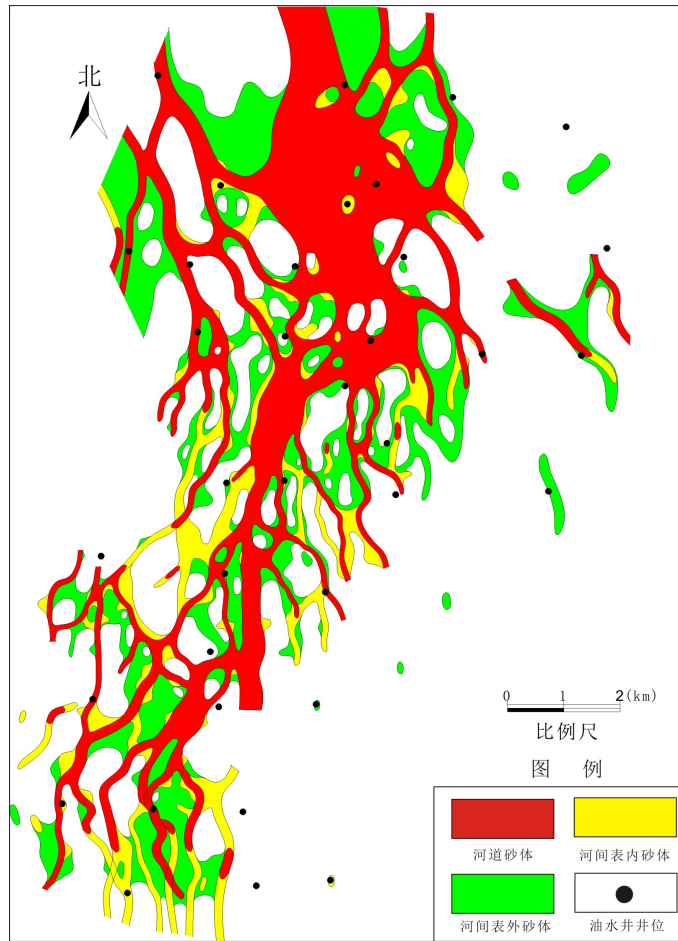


Figure 7. PI5 layer well seismic combined sedimentary microfacies description  
图 7. 葡 15 层井震结合沉积微相描述图

### 5. 应用效果

为了有效地挖掘剩余油，对井震结合前后河道预测变化进行了全面分析，对注采关系发生变化的 53 个井区进行潜力分析，制定了补充井、转注井方案。

#### 1) 注采系统调整

利用新成果针对井组注采不完善的实际情况，重点通过油井补孔、油井补充、油井压裂等治理，持续完善注采关系。其中补充井潜力 34 口，油井补孔 3 口，油井压裂 16 口，累计增油  $1.82 \times 10^4$  t，见到了较好开发调整效果(表 2)。

Table 2. Oil well injection and production system adjustment effect table  
表 2. 油井注采系统调整效果表

分类	井数/口	措施前日产量/t	措施后日产量/t	累计增油量/ $10^4$ t
补充油井	34			1.32
油井补孔	3	1.3	3.0	0.13
油井压裂	16	0.0	9.5	0.37
合计	53	1.3	12.5	1.82

## 2) 注采结构调整

针对薄差油层动用差的实际, 根据油水井注采状况、压力状况, 制定平面调整的方式和手段。重点对低含水层提水、高含水层降水制定方案, 共实施注水调整 26 井次, 累计增油  $0.38 \times 10^4$  t (表 3)。

**Table 3.** Adjustment of water well water injection scheme

**表 3.** 水井注水方案调整情况

分类	井数/口	原配注/m <sup>3</sup>	现配注/m <sup>3</sup>	原实注/m <sup>3</sup>	现实注/m <sup>3</sup>
油井低含水层对应水井提水	15	25	45	26	46
油井高含水层对应水井减水	11	40	30	41	29
合计	26	33	38	34	38

经过调整, 水驱控制程度由过去的 90.4% 提高到 91.2%, 提高了 0.8 个百分点; 其中多向连通比例由过去的 36.4% 提高到 38.7%, 提高了 2.3 个百分点。通过利用该技术落实了井间砂体变化、明确了剩余油类型, 为开发调整指明了方向。

## 6. 结论

1) 形成了“以地层厚度校正地震属性值”的属性校正方法, 降低了地层厚度对河道砂体预测干扰, 提高了地震属性预测河道砂体的精度。

2) 井震结合后河道走向、边界、连通关系描述更准确, 河道砂体预测精度由 60.7% 提高到 76.4%; 利用新研究成果落实了 34 口补充井、5 口转注井开发调整方案, 为改善油田开发效果提出了对策。

## 参考文献

- [1] 吕栋, 戴胜群, 李斐, 等. 断陷盆地前积地震相及其岩性地层油气藏发育规律——以彰武断陷九佛堂组为例[J]. 断块油气田, 2015, 22(1): 16-20.
- [2] 吴海波, 王江, 李军辉. 地震多属性融合技术在贝尔凹陷储层预测中的应用[J]. 岩性油气藏, 2014, 26(2): 96-101.
- [3] Zeng, H.L. and Kerans, C. (2003) Seismic Frequency Control on Carbonate Seismic Stratigraphy: A Case Study of the Kingdom Abo Sequence, West Texas. *AAPG Bulletin*, **87**, 273-293. <https://doi.org/10.1306/08270201023>
- [4] 张林清, 张会星, 姜效典, 等. 弹性参数反演与属性融合技术在“甜点”预测中的应用[J]. 天然气地球科学, 2017, 28(4): 582-588.
- [5] 潘光超, 周家雄, 韩光明, 等. 中深层“甜点”储层地震预测力法探讨——以珠江口盆地西部文昌 A 凹陷为例[J]. 岩性油气藏, 2016, 28(1): 94-100.
- [6] Traub, K.M., Paola, C., Kim, W., et al. (2014) Experimental Investigation of Sediment Dominated vs. Tectonics Dominated Sediment Transport Systems in Subsiding Basins. *Journal of Sedimentary Research*, **83**, 1162-1180. <https://doi.org/10.2110/jsr.2013.91>
- [7] 刘丽媛, 杨宏伟, 李九生, 等. 地层切片技术在油藏开发储层描述中的应用[J]. 断块油气田, 2016, 23(3): 320-323.
- [8] 曾洪流, 朱筱敏, 朱如凯, 等. 陆相拗陷型盆地地震沉积学研究规范[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(3): 275-284.
- [9] 卫平生, 潘建国, 张虎权, 等. 地震储层学的概念、研究方法和关键技术. 岩性油气藏, 2010, 22(2): 1-6.
- [10] 李超, 廖新武, 侯东梅, 等. 地震沉积学在 BZ19-4 油田中的应用[J]. 断块油气田, 2013, 20(1): 47-50.
- [11] 姚威, 吴冲龙, 史原鹏, 等. 利用地震属性融合技术研究洪浩尔舒特凹陷下白垩统沉积相特征[J]. 石油地球物理勘探, 2013, 48(4): 634-642.
- [12] 王志萍, 王保全, 刘艺萌, 等. 渤海油田 JZ31 构造东二段湖底扇地震沉积学研究[J]. 断块油气田, 2017, 24(4): 452-455.
- [13] 刘兴冬. 岩性油藏薄窄砂体地震精细处理解释技术[J]. 大庆石油地质与开发, 2018, 36(4): 137-141.
- [14] 李辉峰, 杨 蕾. 泌阳凹陷孙岗地区水下分流河道地震识别及预测[J]. 新疆石油地质, 2012, 33(6): 654-656.