

南阳凹陷魏岗地区井震一体化构造重构与滚动勘探实践

朱煜华¹, 张晓亮¹, 刘盛阳², 王树芳¹, 贾艳霞¹, 庞 萌¹

(1. 中国石化河南油田分公司勘探开发研究院, 河南 郑州 450048; 2. 中国石化河南油田分公司油气开发管理部, 河南 南阳 473132)

摘要: 南阳凹陷中部魏岗地区油气富集, 具有断-储联合控藏、构造高点控富、多层系含油、多油藏类型叠合的特征。经过40余年的勘探开发, 滚动勘探目标日益零散、碎小、隐蔽, 构造识别难度较大。通过井震数据互补的研究落实了构造, 取得不同于过去单一钻井对比恢复主力油层断块形成的宽断面构造认识, 重构后主力油层构造认识变化较大; 同时利用已钻井及沿层地震属性精细描述魏岗东翼有效厚度小于5 m的储层岩性变化边界与主控断层配置, 明确了断层-岩性目标潜力区。

关键词: 井震一体; 复杂断块; 滚动勘探; 增储潜力; 魏岗东翼; 南阳凹陷

中图分类号: TE122 **文献标志码:** A

Well-seismic integrated structure reconstruction and rolling exploration practice in Weigang area, Nanyang Sag

ZHU Yuhua¹, ZHANG Xiaoliang¹, LIU Shengyang², WANG Shufang¹, JIA Yanxia¹, PANG Meng¹

(1. Exploration & Development Research Institute of Henan Oilfield Company, SINOPEC, Zhengzhou 450048, China;

2. Oil and Gas Development Management Department of Henan Oilfield Company, SINOPEC, Nanyang 473132, China)

Abstract: The Weigang area in the central part of the Nanyang Sag is rich in oil and gas, which has the characteristics of combined fault-reservoir control, structural high point control enrichment, multi-layered oil-bearing, and multi-reservoir type superimposition. After more than 40 years of exploration and development, the rolling exploration targets have become increasingly scattered, fragmented, and concealed, making it difficult to identify structures. Through complementary seismic data, it is re-understood to obtain a wide-section structural understanding and reconstruction that is different from the main oil layer faults recovered from the previous single drilling comparison results, with a lot of change. At the same time, the drilled well and seismic properties along the stratum are used to describe the reservoir lithology change boundary with an effective thickness of less than 5 m in the east flank of Weigang, and the fault potential-lithology target potential area is clarified with the configuration of the main control fault.

Key words: well-to-seismic integration; complex fault block; rolling exploration; potential for increasing reserve; east flank of Weigang; Nanyang Sag

1 概况

南襄盆地所属的南阳凹陷历经多期次构造活动, 造成断层发育、构造复杂的地质格局, 根据已钻井资料, 魏岗地区钻遇2条以上断层的井占78%, 主体区7条走向为北东—南西向的同沉积主控断层, 将魏岗鼻状构造切割成7个主要含油断块, 而各断块内广泛发育垂向断距小于20 m、横向延伸小于1 km的低序级断层, 相互交切形成众多小于0.1 km²面积的低尺度复杂断块, 导致构造破碎、油水关系

复杂、滚动勘探难度较大^[1]。由于低序级断层横向延伸短, 平面上已钻井难以有效控制对比, 垂向断距小导致常规地震资料难以识别^[2]。例如, 仅利用单一钻井对比所恢复的主力油层, 构造图上由于

收稿日期: 2020-08-31; 改回日期: 2020-12-08。

第一作者简介: 朱煜华(1988—), 学士, 工程师, 从事地震资料解释及综合研究工作。E-mail: 542765454@qq.com。

基金项目: 中国石化科技部项目“南阳凹陷新领域油气成藏条件研究(P15099)资助”。

井控程度不够导致魏岗 I 号断层为宽断面构造特征(图 1),平面上存在范围较广的油层断缺情况,宽断面内部是否存在残余油层。目前钻井结果恢复的构造图无法满足滚动勘探需要。随着滚动勘探的不断深入,利用多种物探技术、已钻井信息互补等手段弥补以单一钻井资料或地震解释结果为主导的构造细节认识不足问题,重新构建地下地质体系^[3-4],从而发现储量空白区有利构造目标。

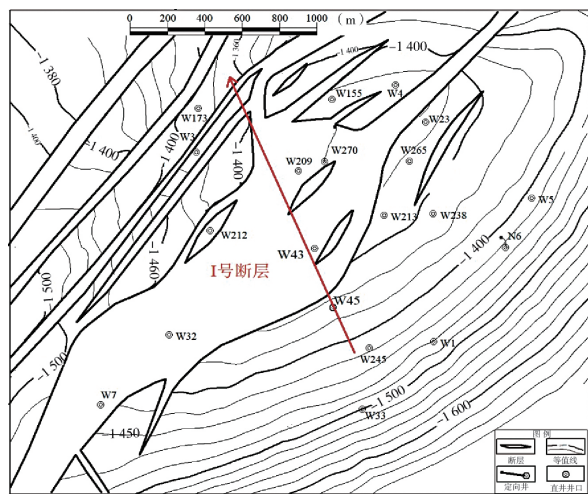


图1 根据钻井结果恢复的魏岗地区I-III断块
H₂II14小层局部构造

2 井震一体化构造重构研究

2.1 无井控制区基于地震资料构造精细解释

针对魏岗 I 号断层(图 2 地震剖面上 F1 绿色铲式大断层),图中黄色虚线框内为目的层段,与图 1 中 I 号断层断缺目的层形成的宽断面认识相矛盾,局部无井控制且已钻井断缺地层较多,造成恢复的主力油层构造图上存在较大范围的宽断面断缺情况。为满足精细滚动勘探开发的需要,利用原始地震资料开展 25 m×25 m 构造解释重新认识井控程度低区真实构造^[5]。地震剖面上的魏岗 I 号断层上盘存在一组反向平行排列的次级断层形成的复杂半地堑构造^[6],地堑内部目的层段被低序级断层分割形成多个反向翘倾断块,根据已钻井目的层标定位置明确断块内部目的层未断缺。证实单一钻井恢复的构造图上宽断面与地震认识存在矛盾,魏岗 I 号断层上盘复杂断块具备形成构造圈闭条件,通过地震资料精细解释,在以往认为的油层断缺区宽断面内部落实一批有利构造目标。

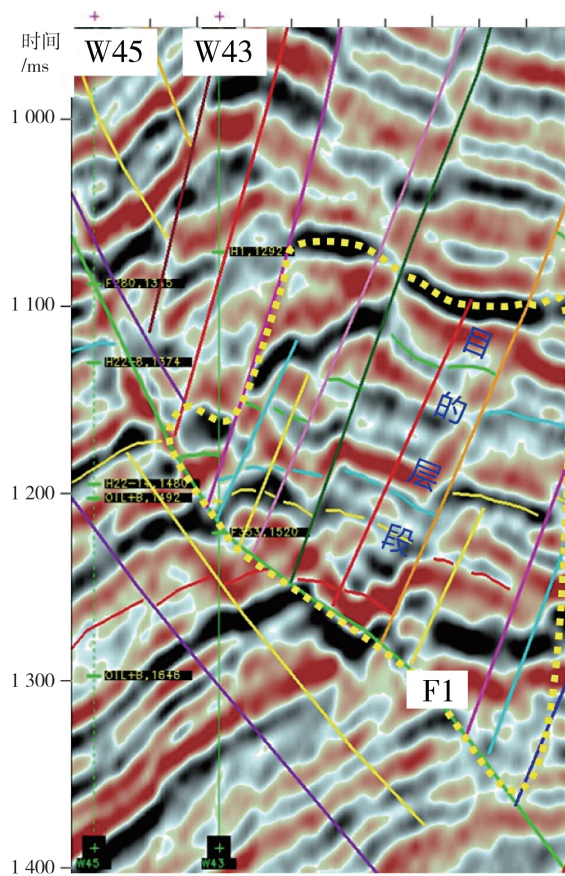


图2 垂直魏岗地区I号断层过井地震剖面解释成果

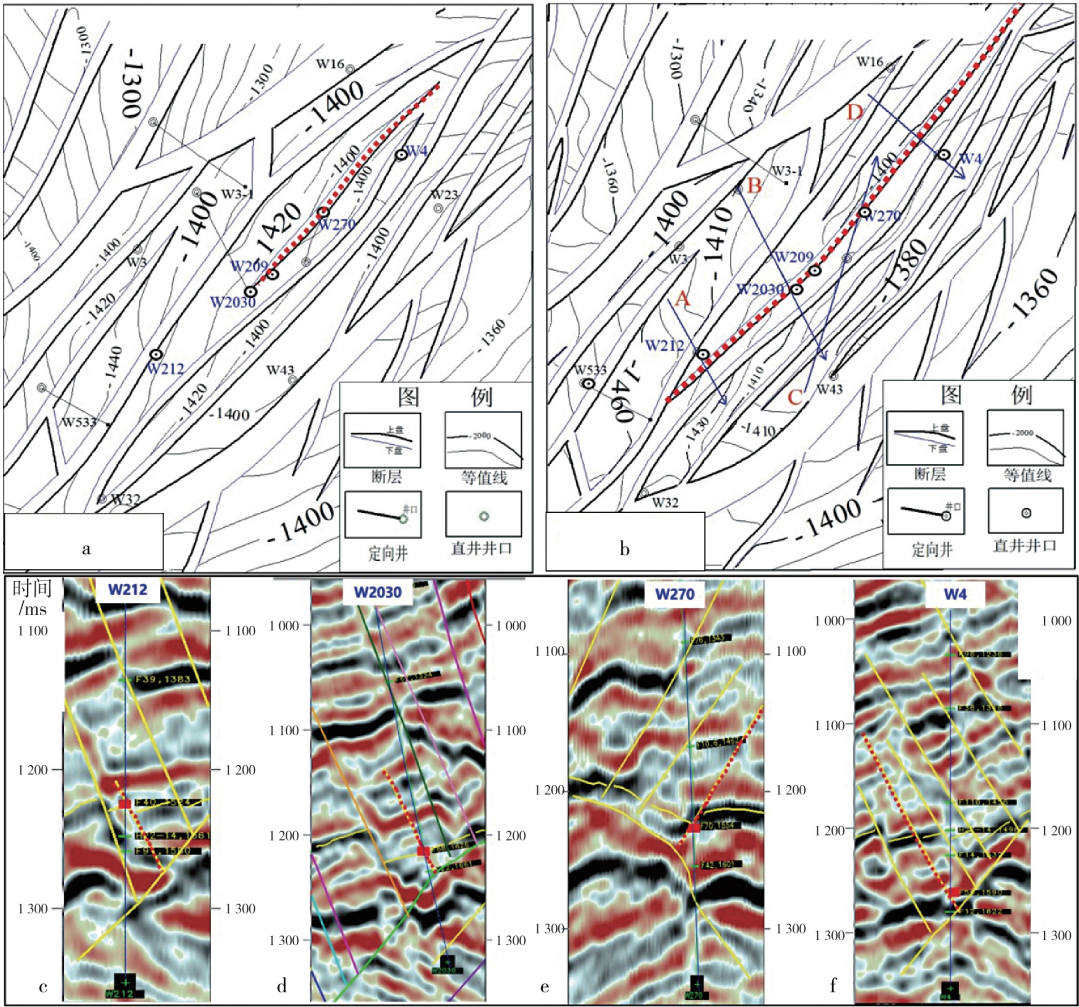
2.2 地震资料多解性区域已钻井控制下构造解释

魏岗 I 号断层上盘断层切割关系复杂,单个含油断块面积小于 0.3 km² 的占 69%,小于 0.1 km² 的占 31%,构造破碎,地震反射杂乱,导致地震资料解释时断层真实位置难以确定,构造多解性强。为此通过已知井在地震剖面上准确描述复杂断裂系统,提高井震断点吻合率及井间低序级断层识别能力,达到落实有利的复杂构造目标、挖掘复杂断块内部局部构造高点剩余油目的^[7]。

地震资料反射杂乱、多解性强、区域单一地震解释难度较大,除采用多方向测线控制解释外,利用已钻井断点信息在地震剖面上标定作为约束将断点解释到正确位置,确保断点精确归位;同时地震剖面上断层反射特征不明显而实钻断层通过准确标定后在地震资料上对标定位置进行断层解释,达到井震结果吻合,提高了构造解释精度^[8](图 3a、3b)。例如, W2030 井目的层段地震剖面上断层反射特征不明显(图 3d 剖面红色虚线位置),但实钻结果 H₂ II 14-15 油层断缺,利用合成记录时深转换将

W2030井区钻遇断点信息准确标定在地震剖面上,通过W212、W2030、W270、W4井多井多方向地震剖面(图3c、3d、3e、3f)开展精细构造解释落实断点真实位置,最终识别一条垂向断距40 m左右、倾角 $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 、延伸长度2.3 km的断层,确定断缺

W2030新井油层断层的真实位置和组合结果(图3b红色虚线位置,红色虚线标记为识别出的低序级断层),井间构造细节逐步完善,对后期断块内部优化开发井网部署具有重要意义,也为复杂断块油气田开发积累技术^[9]。



a.地震资料初期解释结果 b.井震一体完善后构造 c.W212井 d.W2030井 e.W270井 f.W4井

图3 魏岗地区H₂II14小层顶面井震一体前后构造图与过井地震剖面

2.3 构造导向滤波技术

构造导向滤波是对原始地震资料的倾角、方位角估算,采用“各向异性扩散”平滑算法,针对地震同相轴进一步平滑处理,使原始数据中地震同相轴的断续杂乱反射变得稳定,突出断层引起的不连续反射效果,提高同相轴终止处(断层)的侧向分辨率,保存或改善断点信息。同时在构造导向滤波处理后的地震数据体上进行地震体构造属性计算(如滤波优化相干计算),可突显小断层,提高构造解释精度(图4),提高构造解释的准确性及可靠性^[10-11]。

2.4 沿层断层属性刻画技术

针对复杂断裂系统,利用原始地震资料提取构

造属性提高对小断层的识别能力,为复杂构造圈闭落实奠定基础。最大似然属性(Likelihood)是Hale在2012年研究断面提取和断距估算时提出的一种属性,主要用于增强断裂的地震成像效果^[12]。Likelihood属性值的计算公式为:

$$Likelihood=1-Semblance^8 \quad (1)$$

最大似然属性值为Semblance(相似性)属性值的指数幂与1的差值,数值范围限定为0~1,相较于Semblance(相似性)属性,Likelihood属性对相邻样点间相似性的对比关系有放大效应,更有助于凸显断裂的成像^[13]。图5利用沿层最大似然体属性有

效识别复杂断裂引起的构造变化信息,沿目的层平面上 W502 西近东西向控圈断层展布形态及交

切关系刻画清楚,达到检测断层落实构造目标的目的。

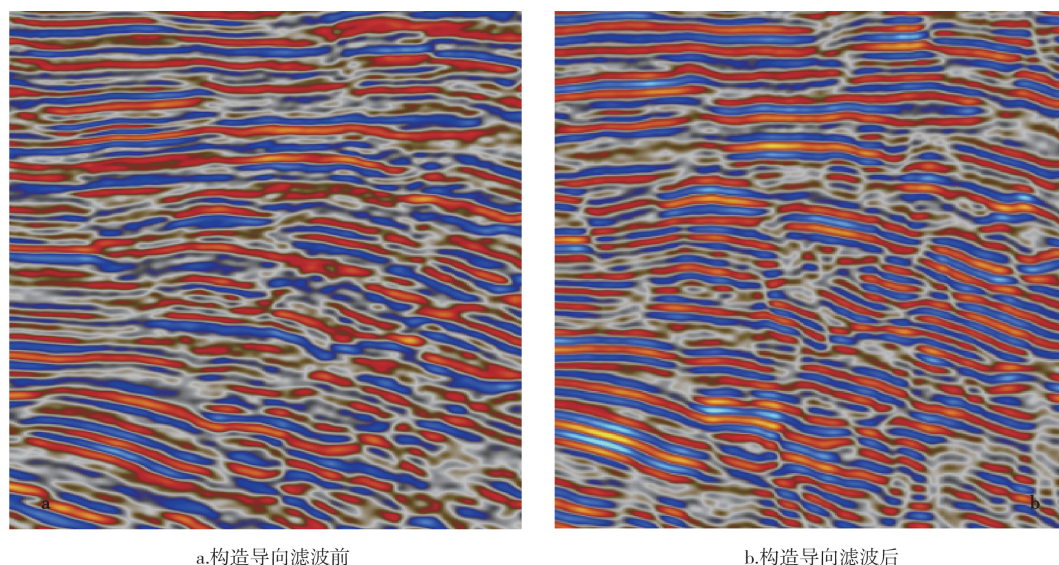


图4 同一测线在构造导向滤波前后地震剖面对比

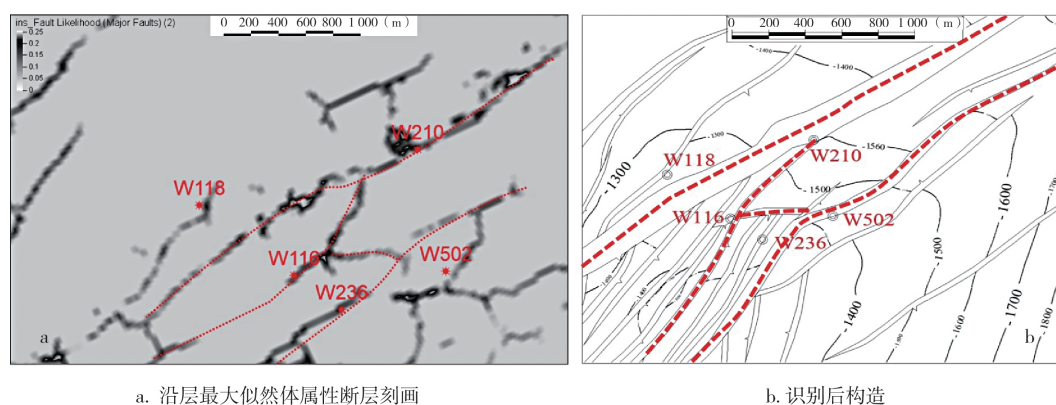


图5 魏岗地区沿层最大似然体属性断层刻画技术应用效果

3 基于钻井认识下的薄储层岩性边界精细刻画

3.1 潜力区优选

储层的储集能力是由储集层的岩石物理性质决定的,通常包括孔隙性、渗透性,优质储层既为储集空间,也是油气运移的优势通道。魏岗地区储层主要受控于东北方向张店—金华三角洲前缘砂体,由于三角洲前缘砂体向构造高部位推进过程中末端储层有效厚度逐渐减薄至尖灭,储层孔、渗性也逐渐变差,对油气形成局部隔挡,与构造配置对油气形成封堵成藏,是寻找断层-岩性油藏的潜力区^[15]。魏岗东翼 W9、W24、W202 等井均已钻遇良好油气显示并获得工业油流,筛选 H₂ III 20³、H₂ III 21、H₂ III 22 出油小层开展研究,利用已钻井纵向对

比剖面及小层砂体厚度叠合图,逐层精细刻画储层展布形态(图6),结合已钻井小层砂体厚度叠合图重点刻画 W202、W9 高部位储层尖灭位置。

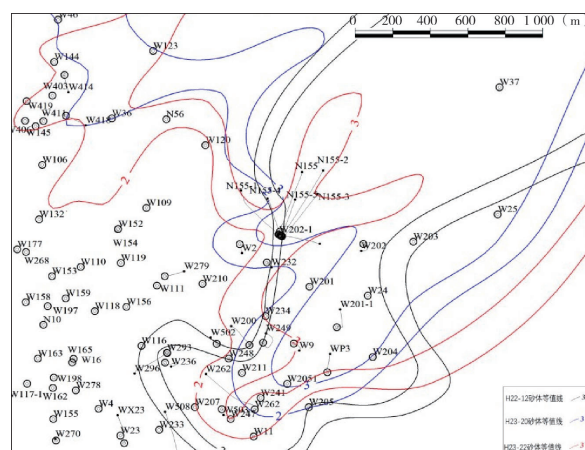


图6 魏岗东翼核二段 H₂ III 20³ (蓝色)、H₂ III 21 (黑色)、H₂ III 22 (红色) 小层砂体厚度叠合

3.2 井震结合精细刻画断层-岩性目标

由于潜力层有效厚度小于4 m,现有地震资料垂向无法分辨,已钻井电测曲线虽然垂向能够分辨单砂体,但井间砂体横向变化无法精确刻画。通过已钻井对比结果精细标定确定潜力小层在地震剖面上位置,提取沿层振幅属性与已钻井井点岩性统计数据对比确定潜力层的砂体展布规律^[16]。根据魏岗东翼H₂III₂₀³小层已钻井在地震剖面上标定结果,精细追踪后沿层上下20 ms时窗提取均方根振幅属性,清晰刻画出一支由北东向南西方向展布的强振幅能量变化区域,与已知井潜力层展布范围及岩性边界基本吻合。地震属性预测结果从横向上进一步证实魏岗东翼潜力砂体展布范围(图7),在构造高部位岩性变化干带与断层配置是寻找断层-岩性油藏的潜力区。

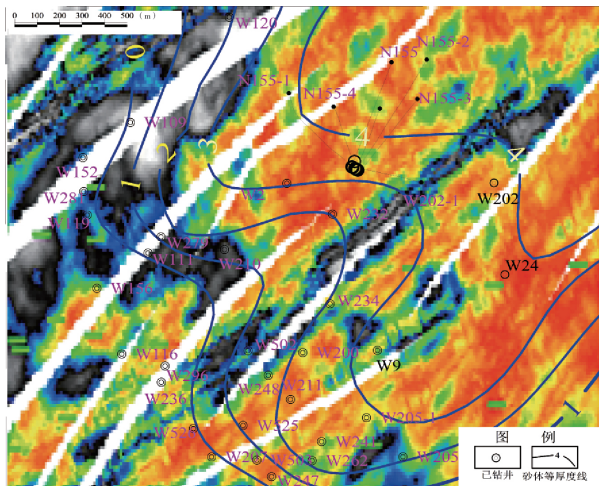


图7 魏岗地区H₂III₂₀³小层均方根属性与砂体等值线叠合
(暖色强能量区代表砂体发育区)

4 结论

(1)构造复杂区依靠单一钻井资料或地震资料难以有效落实构造细节,充分发挥井震一体化优势实施构造重构研究,确保井震信息吻合率提高,构造认识逐步完善,井间油水关系合理,对富油老区内部复杂断块油藏挖潜具有重要意义。

(2)针对研究区有效储层薄、井间物性变化快、潜力层空间展布难以有效落实问题,通过已知井测井资料横向对比确定潜力层储层厚度、深度、物性数据,利用井震一体在地震资料上精确标定潜力层时间位置,在准确的时窗控制下,对追踪后的潜力层沿层提取振幅属性能有效刻画目的层的空间展布范围,落实断层-岩性目标潜力区。

参考文献:

- [1] 罗群,黄捍东,王保华,等.低序级断层的成因类型特征与地质意义[J].油气地质与采收率,2007,14(3):19-21,25.
- [2] 朱煜华,马荣,贾艳霞,等.微小断层识别技术在南阳凹陷马店地区的应用[J].石油地质与工程,2016,30(3):25-27,31.
- [3] 王元基,尚尔杰,李正文.富油气区带整体再评价工作方法与实践[M].北京:石油工业出版社,2015:3-6.
- [4] 曾祥平,杨海中,王宏,等.低序级断层识别技术在复杂断块油藏注采调整中的运用[J].石油勘探与开发,2006,33(5):614-617,621.
- [5] BACON M, SIMM R, REDSHAW T. 三维地震解释[M].程远峰,王延光,译.北京:石油工业出版社,2013:5-10.
- [6] 漆家福,夏义平,杨桥.油区构造解析[M].北京:石油工业出版社,2006:26-48.
- [7] 吴元燕,陈碧钰.油矿地质学[M].北京:石油工业出版社,1996:193-200.
- [8] 汪功怀,刘忠亮,李勤英.文明寨油田构造精细解释与储层预测——以明一块沙二下油藏为例[J].石油物探,2011,50(2):165-172.
- [9] 周海燕,刘书强,王为民.歧口17-2油田滚动开发实践[J].海洋石油,2007,27(4):25-28.
- [10] 丁娜.断块油藏开发后期断层识别方法[J].复杂油气藏,2018,11(4):42-45,64.
- [11] 周赏,王永莉,韩天宝,等.小断层综合解释技术及其应用[J].石油地球物理勘探,2012,47(S1):50-54,165-166,162.
- [12] HALE D. Methods to compute fault images, extrat fault surfaces, and estimate fault throws from 3D seismic images[J]. Geophysics, 2013, 78(2): O33-O43.
- [13] 张璐,何峰,陈晓智,等.基于倾角导向滤波控制的似然属性方法在断裂识别中的定量表征[J].岩性油气藏,2020,32(2):108-114.
- [14] 韩涛,彭仕宓,黄述旺,等.南阳凹陷东部地区核二段储层“四性”关系研究[J].石油天然气学报,2007,29(1):69-73.
- [15] 张善文,王永诗,石砥石,等.网毯式油气成藏体系——以济阳坳陷新近系为例[J].石油勘探与开发,2003,30(1):1-10.
- [16] 陈泓竹,王彦春,高阳.C51井区葡萄花储层薄砂体展布地震精细刻画[J].石油地球物理勘探,2019,54(3):600-607,633.

(编辑 杨芝文)