

doi: 10.11720/wtyht.2017.4.15

张平平,秦德海.含烃亮点属性在渤海黄河口凹陷明化镇组油气识别中的应用[J].物探与化探,2017,41(4):684-688.http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.4.15

Zhang P P, Qing D H. Application of bright spot containing hydrocarbon in oil and gas identification of Ming Huazhen Formation in Bohai Huang Hekou depression[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2017, 41(4): 684-688. http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.4.15

含烃亮点属性在渤海黄河口凹陷明化镇组 油气识别中的应用

张平平,秦德海

(中海石油(中国)有限公司 天津分公司,天津 300452)

摘 要:明化镇组是渤海黄河口凹陷周边油田的主要含油层系。在地震资料上,明化镇组的含油气层与部分水层均表现为强振幅的“亮点”特征,从叠后和叠前属性难以区分。文中以 A 油田为例,通过对油气层和水层的地震响应特征分析,采用频率域分频滤波与时间域振幅幂指数加权相结合的方法,对地震资料进行处理。即运用目标处理方法,得到含烃亮点属性剖面,剖面中的亮点直接指示油气,进而达到烃类检测的目的。对已钻井砂体进行统计分析,并将含烃亮点属性剖面与叠前属性对比,将 A 油田明化镇组的含油气砂体预测吻合率从 69% 提高到 86%,尤其对该油田含水砂体的预测吻合率从 63% 提高到 96%。不仅提高了时效,也基本解决了 A 油田油气层的识别及含油气、水层的区分问题。

关键词:明化镇组;黄河口凹陷;幂指数;加权;烃类检测;亮点

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2017)04-0684-05

0 引言

黄河口凹陷位于渤海海域南部,石油地质条件优越,勘探程度较高,已陆续发现了若干个大中型油气田,证明其为一富生烃凹陷。在近些年的勘探时间中,陆续在 500~1 600 m 的浅层地层中发现了相当规模的油气藏,涉及到的含油气层位主要为新近系的明化镇组地层。勘探实践表明,该层系的油气层与水层均为强振幅特征,在该油田做过多轮的叠后、叠前属性烃类检测工作,均难以将水层与含油气层进行有效区分。

地震属性技术是从地震数据中获得含烃地层特征参数的方法之一^[1-3]。目前较为流行的分类方法是从运动学角度将地震属性分为振幅、频率、相位、能量、波形和比率等几大类^[4-13]。在频率类属性中,众多的地球物理学家注意到低频地震异常与油气藏有着密切的联系,李庆忠^[14]用一系列理论模型分析

了砂层含油气后的频率和振幅特征。认为亮点条件下,地震波的瞬时频率会变低,并且在其频谱 10 Hz 附近的低频成分能量增加。Chapman^[15-16]等指出在低频范围内,油气储层显示出高异常。Goloshubin^[17-20]利用实际地震数据证实富含油储层使得低频范围内的反射系数显著的增加,拓展了有效地震带宽到更低频端,并表明利用地震波的低频信息预测流体的潜力。

在以上研究基础上,笔者结合黄河口凹陷周边油田实际地震资料分析,以 A 油田为例,利用含油气亮点的特有频率及振幅特征,采用目标处理方法,对该区振幅上同样表现为亮点特征的水层进行压制,达到含油气层识别的目的。

1 研究区概况

A 油田位于黄河口凹陷的西北洼,油田面积约为 100 km²。早期主要受渤南凸起边界断裂的影

收稿日期: 2016-08-01;修回日期: 2017-04-21

基金项目: 国家科技重大专项(2011ZX05023001-004)

作者简介: 张平平(1976-),女,高级工程师,2005 年获中国科学院地质与地球物理研究所博士学位,主要从事地震资料目标处理及储层预测工作。Email: zhangpp@cnooc.com.cn

响,形成断裂背斜的构造背景,晚期受次级断层的影响,使浅层构造复杂化,形成了一系列的断块构造。新近系明化镇组是 A 油田的主要含油层系,属于河流相—极浅水三角洲沉积,砂体分布广泛。宏观上表现为纵向叠置、横向连片,且含油气性差异较大。油气分布主要受构造和岩性双重因素控制,以构造—岩性油气藏为主。

油田区的沉积岩性通常为砂泥互层。根据已钻井分析,砂岩与泥岩相比,具有低速度、低密度的特点;同时,由于油气藏原油密度与水相近,导致含油气层和含水层的地震响应差异性较小。基于以上两种原因,油、气及大部分水层在 A 油田的地震资料中均表现为明显的“亮点”特征而难以区分。

A 油田范围内有 8 口评价井,22 口开发井,累计钻遇砂体共 79 套。将砂体的类型按照含油气性分为含水砂体、含油砂体及含气砂体。对所有钻遇砂体在井点处的振幅值进行统计(图 1)。从图中可以看到,含气层振幅整体偏高,小部分与水层重叠。含

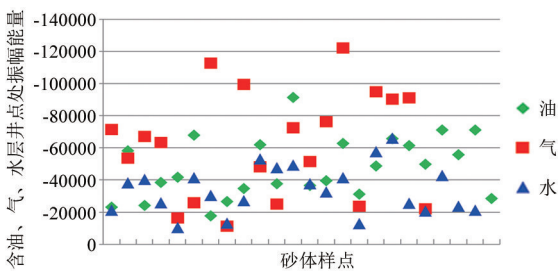
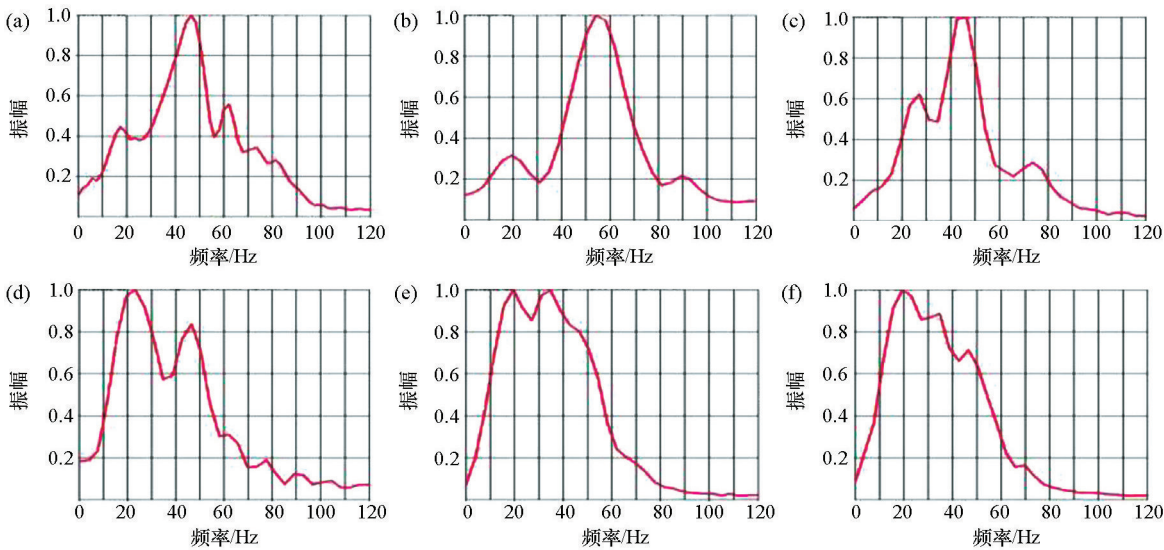


图 1 A 油田明化镇组含油、气、水砂体井点处振幅统计
油层与大部分含水层振幅能量相当。因此从振幅属性上,很难对含油气层与水层进行区分。

对地震剖面中典型含油气层与水层的频谱进行分析和对比,如图 2 所示。图中可以看到,含油气层与含水层的频宽基本一致;含水层在高频成分中(约 30~80 Hz)能量相对较强,而含油气层则在低频成分中(约 10~30 Hz)能量相对增加。

以上对地震资料的分析表明,可以在地震资料的低频端(约 10~30 Hz),通过振幅能量的差异,区分油气层和含水层。



a—A11 井水层频谱;b—A12 井水层频谱;c—A2 井水层频谱;d—A1 井油层频谱;e—A11 井油层频谱;f—A13 井油层频谱

图 2 A 油田明化镇组已钻井不同含油气层与不同含水层频谱特征对比

2 含烃亮点剖面处理

根据含油气层、水层频谱、振幅的分析结果,将地震资料的频率域与时间域处理相结合,对含油气层进行信息提取。

首先对实际地震资料进行频率域滤波,得到滤波后 10~30 Hz 的地震剖面,在该频率段中,大部分含油气层的振幅略高于含水层振幅,从而使二者在振幅上具有可区分性。

万方数据

对滤波后的剖面继续采用幂指数加权方法:

$$y = x^n \quad (n = 1, 2, \dots), \tag{1}$$

其中 n 为幂指数, x 代表地震剖面振幅。

假设频率域滤波后,含油气层振幅为 a ,含水层振幅为 b ,对剖面进行幂指数 n 次加权后,含油气层振幅为 a^n ,含水层振幅为 b^n ,二者加权后的差异值随着幂指数 n 的增大而迅速增大:

$$|a - b| \ll |a^n - b^n|, \quad (n = 1, 2, \dots). \tag{2}$$

通过该方法,可使含油气层与含水层在低频端的细微差异得以放大,更易于识别含油气层,同时通过振幅的较大差异,对水层也进行了有效压制。

根据工区内已钻探井的含油气显示特征,通过

井震对比,对处理过程中的幂指数值进行测试。测试结果表明,当 $n=4$ 时,幂指数加权剖面对油气、水的区分能达到较好的效果。

实际剖面处理应用效果如图 3 所示。在原始地震剖面中,油层与水层均表现为亮点特征,且图中标示的油层与水层的振幅比值为 0.93(图 4),即油层在井点处的振幅值略低于水层;在频率域滤波后的地震剖面中,油层与水层井点处振幅的比值为 1.15。即在地震资料低频成分区,油层的振幅值略

高于水层;经过 4 次幂指数加权后,得到时间域幂指数加权剖面,剖面中油层与水层的振幅比增大到 12.8。通过处理后,井点处油层的振幅明显高于水层。图 3 中幂指数加权剖面与井对比结果表明,通过对油气、水振幅差异的寻找和放大,使含油气层原有的亮点特征得到保持的同时,压制了 Well2 井上同样表现为亮点特征的水层,从而达到有效区分含油气层与水层的目的。

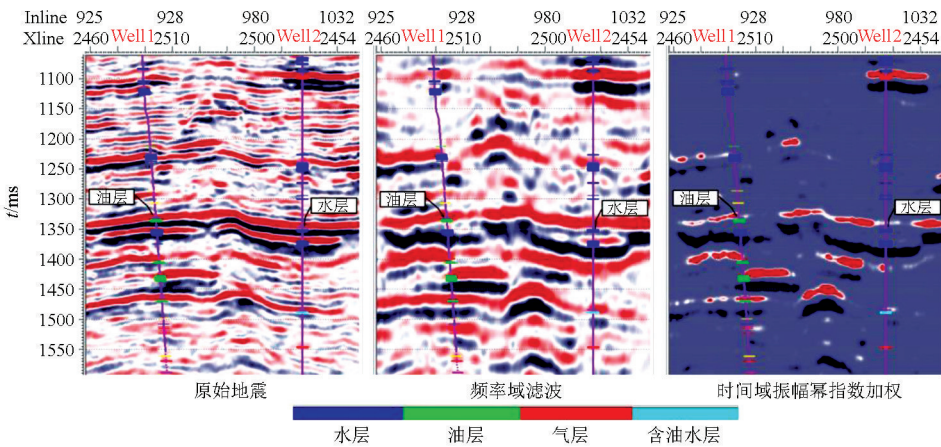


图 3 A 油田过井地震剖面时频域处理效果对比(井上为岩性数据)

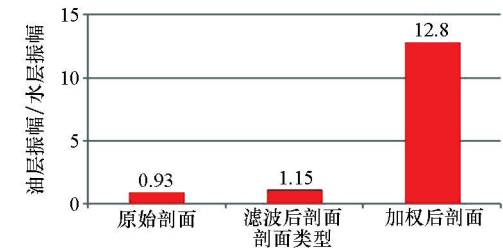


图 4 A 油田典型油层与水层井点处振幅比值在处理过程中的变化

3 “含烃”亮点剖面应用分析

经过频率域滤波、时间域幂指数加权处理的地震剖面中,井上钻遇的含油气层与表现为波谷的同相轴对应关系较好。对工区内各井的时深关系进行调整,使含油气层与波谷相对应,以黄色表示剖面中的含油气层,得到含烃亮点属性剖面。

图 5 为工区内过 A11、A12、A13、A14 井的含烃亮点属性与叠前同时反演 v_p/v_s 属性剖面对比。其中 Nm2、Nm3、Nm4 为 A 油田主要目的层系内的不同油组。对于井上钻遇的含油气层(对应图中所投岩性曲线绿色和红色),含烃亮点属性剖面与井具有相对更高的吻合率。如 A11 井的目的层 Nm4 为顶气底油,由于在原始地震剖面中振幅较弱,所以在

v_p/v_s 属性反演中,该层没有含油气响应;而在含烃亮点属性剖面中,通过频率和振幅结合,表现为含油气层的亮点特征。

对于井上钻遇的水层(井曲线蓝色),叠前 v_p/v_s 属性反演结果对 A11、A13、A14 在 Nm3 水层的响应均表现为含油气特征,与含油气层难以区分;含烃亮点属性剖面中则对这些水层进行了较好的压制,无亮点响应。

对于含油水层(A14 井 Nm4,测井岩性曲线浅蓝),在含烃亮点剖面中无含油气亮点显示,而在 v_p/v_s 反演结果中显示为含油气层。

从以上剖面的分析对比来看,含烃亮点属性剖面能够更准确预测出含油气层的同时,对含水层的压制表现出了非常突出的效果。

分别在目的层 Nm2、Nm3、Nm4 拾取含烃亮点剖面及叠前 v_p/v_s 属性的最小振幅平面属性进行对比,如图 6 所示,含烃亮点剖面的平面属性对含油气型砂体的分布及边界的刻画更为清晰。结合工区内其他已钻的 22 口开发井累计钻遇的 79 套砂体,对含烃亮点属性及叠前 v_p/v_s 属性所预测的含油气砂体分布准确性进行统计对比和评估。对于所有砂体,含烃亮点属性与井的吻合率为 86%,叠前同时反演结果与井的吻合率为 69%。

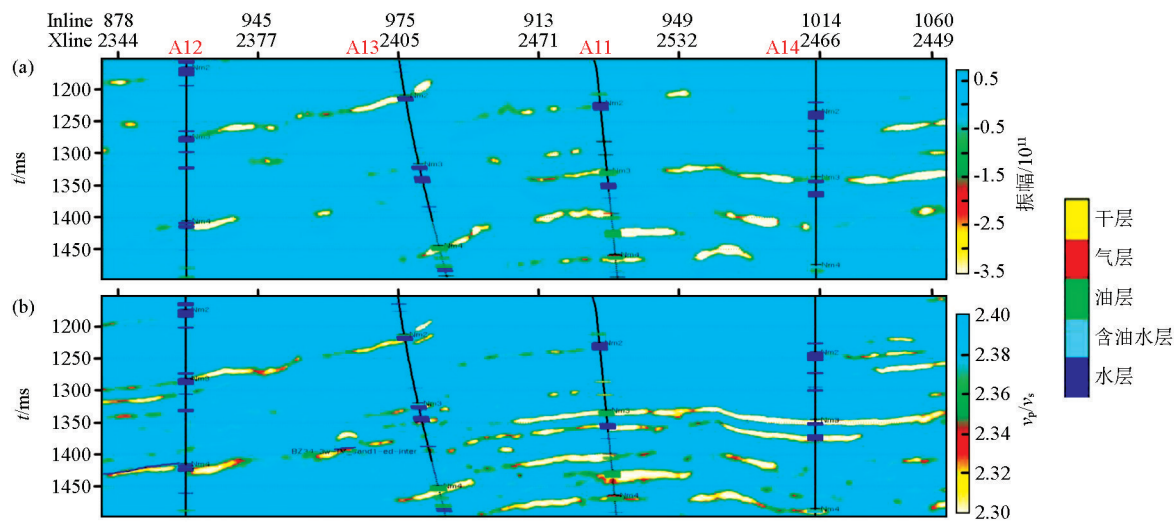
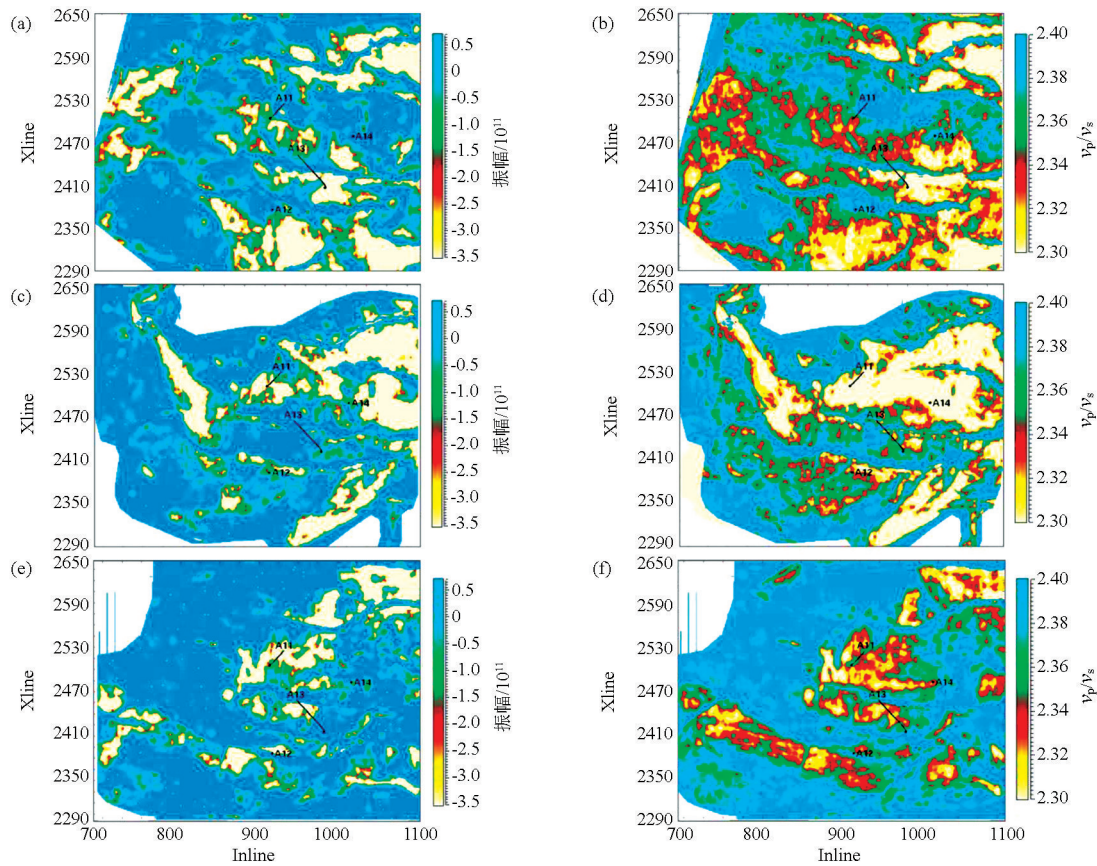


图 5 A 油田明化镇组“含烃”亮点属性(a)与叠前反演结果(b)对比(井上为岩性数据)



a—Nm2“含烃”亮点剖面最小振幅属性;b—Nm2 叠前反演 v_p/v_s 最小振幅属性;c—Nm3“含烃”亮点剖面最小振幅属性;d—Nm3 叠前反演 v_p/v_s 最小振幅属性;e—Nm4“含烃”亮点剖面最小振幅属性;f—Nm4 叠前反演 v_p/v_s 最小振幅属性

图 6 A 油田 Nm2、Nm3、Nm4 油组含烃亮点剖面与叠前 v_p/v_s 反演最小振幅平面属性对比

将 79 个砂体分为含油气砂和含水砂两大类。与已钻井对比表明,含烃亮点属性对水砂的预测吻合率达到 96%,对含油气砂体预测吻合率为 79%;叠前 v_p/v_s 属性对水砂的预测吻合率为 63%,对含油气砂体预测吻合率为 71%。统计结果说明,含烃亮点属性不仅提高了对含油气层的识别率,同时对含水层进行了有效的压制。

从烃类预测方法上看,叠前同时反演是在道集上进行,需要的数据量远远大于叠后目标处理;含烃亮点属性直接来自地震资料目标处理,仅与地震资料相关,叠前同时反演方法则受测井数据质量和数量的制约。从计算时间上看,同样工区面积大小,叠前同时反演所需时间约是叠后目标处理的 10 倍,远远高于含烃亮点剖面的目标处理方法。

4 结论

1) 地震资料中均表现为“亮点”特征的含油气层和水层,频率分布特征存在差异。含油气层的低频成分能量相对水层有所增强。

2) 针对工区含油气层、水层的典型特征,采用频率域滤波与时间域加权的处理方法,得到含烃亮点属性剖面。在去除伪亮点的同时,提高了真亮点的识别准确率。

3) 含烃亮点属性提高含油气砂体预测准确率的同时,降低了计算成本,提高了计算效率。

参考文献:

- [1] 张延玲,杨长春,贾曙光,等.地震属性技术的研究和应用[J].地球物理学进展,2005,20(4):1129-1133.
- [2] 郭华军,刘庆成.地震属性技术的历史、现状及发展趋势[J].物探与化探,2008,32(1):19-22.
- [3] 王开燕,徐清彦,张桂芳,等.地震属性分析技术综述[J].地球物理学进展,2013,28(2):815-823.
- [4] 郭华军,黄革萍,徐洋.油气检测技术在莫索湾地区的应用[J].物探与化探,2013,37(2):264-268.
- [5] 孙翠娟,张文,张旗,等.利用纵横波反射系数差检测含油气性方法及其应用效果[J].中国海上油气,2007,19(1):13-17.
- [6] 陈殿远,陈志宏,刘仕友,等.地震频率域信息在湘西南地区勘探中的应用[J].物探与化探,2013,37(3):467-472.
- [7] 刁瑞,李振春,韩文功,等.基于广义S变换的吸收衰减分析技术在油气识别中的应用[J].石油物探,2011,50(3):260-265.
- [8] 苑闻京.叠前反演和地震吸收技术在复杂天然气藏地震预测中

的应用[J].地球物理学进展,2012,27(3):1107-1115.

- [9] 谢清惠,邓宏文,郑文波,等.扩展弹性阻抗反演在深海扇含气储层识别中的应用[J].天然气地球科学,2013,24(1):162-168.
- [10] 巴晶,晏信飞,陈志勇,等.非均质天然气藏的岩石物理模型及含气饱和度反演[J].地球物理学报,2013,56(5):1696-1706.
- [11] 李红梅.泊松比参数直接反演方法在储层油气检测中的应用[J].地球物理学进展,2013,28(6):3049-3055.
- [12] 李红梅.弹性参数直接反演技术在储层流体识别中的应用[J].物探与化探,2014,38(5):970-975.
- [13] 张固澜,贺振华,王熙明,等.地震波频散效应与反Q滤波相位补偿[J].地球物理学报,2014,57(5):1655-1663.
- [14] 李庆忠.含油气砂层的频率特征及振幅特征[J].石油地球物理勘探,1987,22(1):1-23.
- [15] Chanpman M, Liu E, Li X. The influence of abnormally high reservoir attenuation on the AVO signature [J]. The Leading Edge, 2005, 24(11):1120-1125.
- [16] Chapman M, Liu E. The effect of abnormally high reservoir attenuation on AVO analysis [C]//Expanded Abstracts of 75th SEG Meeting, 2005:2668.
- [17] Goloshubin G M, Korneev V A. Seismic low-frequency effects from fluid-saturated reservoir [C]//Expanded Abstracts of 70th SEG Meeting, 2000:1671-1674.
- [18] Goloshubin G M, Daley T M, Korneev V A. Seismic low-frequency effects in gas reservoir monitoring VSP data [C]//Expanded Abstracts of 71st SEG Meeting, 2001:1693-1696.
- [19] Goloshubin G M, Korneev V A, Vingalov V M. Seismic low-frequency effects from oil-saturated reservoir zones [C]//Expanded Abstracts of 72nd SEG Meeting, 2002:1813-1816.
- [20] Goloshubin G M, Connie V A, Korneev V A, et al. Reservoir imaging using low frequency of seismic reflection [J]. The Leading Edge, 2006, 25(5):527-531.

Application of bright spot containing hydrocarbon in oil and gas identification of Ming Huazhen Formation in Bohai Huang Hekou depression

ZHANG Ping-Ping, QIN De-Hai

(Tianjin Branch of CNOOC Ltd, Tianjin 300452, China)

Abstract: Ming Huazhen Formation is the main oil-bearing series in Oilfield in Bohai Huang Hekou sag. The oil and water sands of Bohai Huanghekou sag showed strong amplitude highlight characteristics, and difficult to distinguish from poststack and prestack attributes. This paper takes the A oilfield as an example and according to the seismic response characteristics of oil and gas in this area, the low frequency area of seismic data is taken as the maximum difference frequency of oil and gas, and the frequency domain is extracted. In the time domain, amplitude exponential weighted is applied to extracted seismic data, so the oil layer is characterized by bright spot characteristic. The bright spot directly indicates oil and gas, and then reaches the purpose of hydrocarbon detection. All the sand bodies within the target area were statistically analysed. The prediction accuracy of hydrocarbon bearing sand bodies in the shallow layer of A oilfield is increased from 69% to 86% with the bright spot attribute of hydrocarbon. In particular, the prediction accuracy of the water bearing sand bodies in the oilfield is increased from 63% to 96%, and solved the problem of oil water distinction and oil gas reservoir identification in A oilfield. This method not only improves the computational efficiency, but also solves the problem of the identification of oil and gas reservoirs in A oil field.

Key words: Ming Huazhen Formation; Huang Hekou depression; power index; weight; hydrocarbon detection; bright spot