

孔南地区沙河街组多参数地震属性分析与砂体分布预测

王东林,王怀忠,郑振英,史炳健,曹国明,王雅杰,于 新
(中国石油大港油田公司勘探开发研究院,天津 300280)

摘要:孔南地区沙河街组油藏受构造和沉积储层双重因素控制。为了进一步挖掘沙河街组油气资源潜力,应用地震资料分频处理、波形聚类分析和多参数属性提取等方法开展了储层预测研究。认为孔南地区砂体平面分布呈现出以下 3 个特征:隆凹相间的区域背景控制砂岩沉积体系的宏观分布;断裂活动和断裂组合控制砂体的走向;构造带控制砂岩的分散体系。

关键词:孔南地区;沙河街组;地震属性分析;储层预测

中图分类号:TE132.1⁺4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-1926(2010)04-0678-05

1 研究区地质概况

孔南地区沙河街组是大港油田重要的勘探开发层系之一,具有沙一段、沙二段和沙三段等多层含油的特点,已在王官屯、枣园、舍女寺、乌马营等油田相继钻探发现了官 3、官 15-2、官 69、官 137、女 14、乌 26-5 等多个沙河街组油藏。

研究区在区域上呈现“三隆夹两凹”的构造格局,从西向东依次为舍女寺断鼻构造带、沧东凹陷、王官屯一小集构造带、南皮凹陷和乌马营构造带,呈现出隆凹相间排列。断裂十分发育,多呈北东向或东西向展布(图 1)。沙河街组油藏受构造和沉积储层双重因素控制,主要目的层为三角洲前缘相带沉积,储层物性条件好。随着钻探程度的日益提高,岩性油气藏已成为主要的勘探方向,为了进一步挖掘沙河街组油气资源潜力,采取井震结合方法开展有利储层预测与分析将具有重要现实意义。

2 地震属性分析技术

地震属性在碳氢检测、储层参数预测和层序地层解释中有广泛的应用。地震属性是指由叠前或叠后地震数据经过数学计算而导出的有关地震波的几何形态、运动学特征、动力学特征和统计学特征^[1]。地震属性分析主要是拾取隐藏在地震数据中的岩

性、储层、流体的相关信息,并与井孔揭示的相关信息联系起来,从而揭示出有关储层分布特点,增强地震数据在油田勘探开发中的应用^[2-3]。

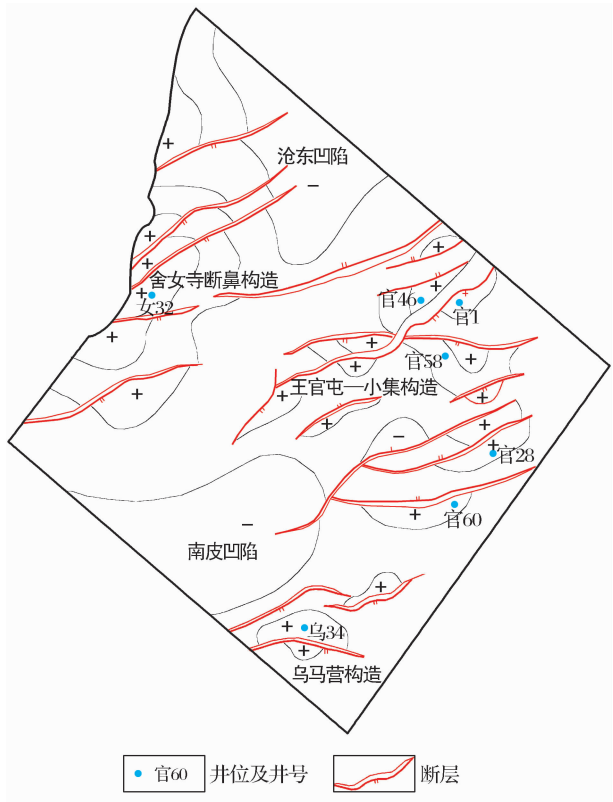


图 1 孔南地区构造示意

2.1 频谱成像技术

频谱成像技术在理论上主要是依据薄层反射的调谐原理^[4]。对于厚度小于 1/4 波长的薄层而言,在时间域,随着薄层厚度的增加,地震反射振幅逐渐增加,当薄层厚度增加至 1/4 波长的调谐厚度时,反射振幅达到最大值。然后,随着薄层厚度的增加(越来越大大于 1/4 波长),反射振幅逐渐减小。频谱分析技术把地震数据变换到频率域,振幅谱描绘地层时间厚度变化,而相位谱则显示了地质体的横向不连续性。时间域的最大反射振幅值,对应着频率域的最大振幅能量值。因此,通过分频处理技术得到各频率下的地震能量属性和相位属性,进而更精细地研究储层。

2.2 波形聚类分析技术

波形聚类是利用波形的相似性来获得相同地质信息的空间展布^[5]。地震波形特征是对特定沉积体的地震响应,地震的各种属性则包含了地下地质体的多种信息。不同类型的地层岩性、物性、含油气性等的变化都将引起反射特征的变化。因此,采用基

于波形的神经网络分类方法,对选取的目的层段的地震波形进行统计分类,通过多次迭代计算出模型道,然后将模型道与实际地震道进行对比,通过自适应试验和误差处理在模型道与实际地震道之间寻找最佳的相关性。

2.3 地震属性分析技术^[4-5]

(1)均方根振幅(RMS Amplitude)。均方根是对时窗内每一地震道振幅平方的平均值开方。由于均方根振幅是在平均之前先平方,所以它对振幅的变化是非常敏感的。均方根振幅对于油气流体的聚集、岩性、孔隙度、三角洲与河道砂的展布、不整合、调谐效应以及层序变迁等地质现象的识别而言都适用。研究区的砂岩、泥页岩环境,砂岩反应为高振幅,泥页岩反应为低振幅。

(2)总绝对振幅(Total Absolute Amplitude)。总绝对振幅是对每一地震道,在指定时窗内把所有振幅的绝对值相加,用于识别岩性或含气砂岩变化,区分连续沉积和杂乱反射,适用于刻画层序地层内的振幅变化。

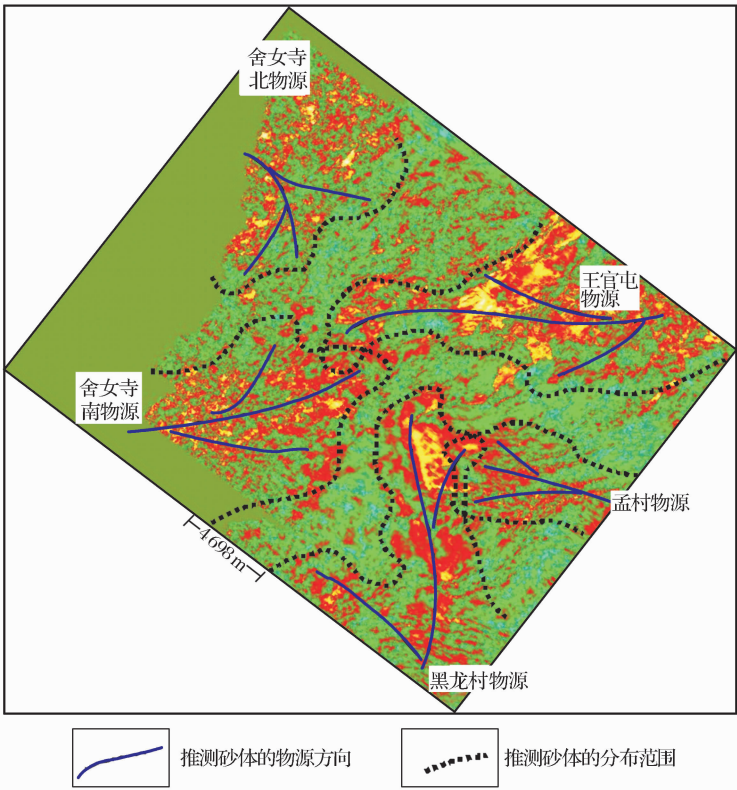


图 2 沙三段下部地震分频(32Hz)振幅属性分析

注:红色和黄色表示预测的砂体,颜色由红色向黄色的变化表示砂体厚度逐渐变厚

(3)平均能量(Average Energy)。平均能量是把时窗内每一地震道所有振幅的平方相加。然后用总和除以时窗内的样点数得到平均值。用于识别岩

性或含气砂岩的变化,区分整合沉积物、丘状沉积物及杂乱的沉积物等,预测含油气性的常用属性。

(4)平均波峰振幅(Average Peak Amplitude)。

平均波峰振幅就是把时窗内所有的峰值(正值)加起来,然后用总数除以窗口内的正样点数。用于识别岩性、含气砂岩和地层变化等沉积造成的地震异常,区分连续沉积和杂乱反射。

3 应用效果

3.1 沙河街组地震属性分析

沙河街组沙三段以深灰色泥岩为主,中下部为砂泥岩互层,油气主要分布于沙三段下部约 100 m 厚的储层中。沙二段为灰色泥岩与砂岩互层,地层厚度变化较大。沙一段岩性以灰色泥岩夹砂岩为主,底部为生物灰岩、鲕状灰岩夹油页岩。该段地层细分为上、中、下 3 部分。沙一段下部为生物灰岩、鲕状灰岩和油页岩段,厚度约 20~50 m,是研究区主要含油目的层之一。为了进一步落实沙河街组有利砂岩储层的分布情况,根据三维地震解释结果,分别对沙三段下部和沙一段下部应用分频处理、波形聚类分析和地震属性等预测方法开展分析。

从分频的振幅特征来看,随着频率的不断提高,识别的砂层逐渐增多,砂岩单层厚度越来越薄,在一定的地震时间厚度内砂岩的振幅特征趋于连片;随

着频率的降低,识别的砂层逐渐减少,砂岩单层厚度越来越厚。通过对三维地震数据体的精细分频处理和分析认为,在孔南地区 0~80Hz 的分频振幅特征可用于沙河街组砂岩储层的识别,同时考虑到沙三段下部和沙一段下部 2 套储层的厚度因素,分别开取相应的时窗宽度,对沙三段下部储层,以沙三段底界地震反射轴为基础向上开 80 ms 的时窗进行属性提取;对沙一段下部储层,以沙一段底界地震反射轴为基础向上开 40 ms 的时窗进行属性提取。在 30~40Hz 的分频振幅资料上可以清楚地识别出,有利储层表现出明显的强振幅特征,同时也可以确定有利储层的宏观展布特征。

沙三段沉积早期,研究区的沉积主要来自 5 个方向的物源(图 2),西部为舍女寺北物源、舍女寺南物源,北部为王官屯物源,东部和东南部为孟村物源和黑龙江物源。其中舍女寺南物源沉积较为发育,但其沉积砂体主要集中于斜坡带范围之内,未延伸到凹陷深部位,王官屯物源沉积发育程度也较高,其沉积前端砂体已延伸到凹陷深部位。另外,波形聚类分析以及其他地震属性分析结果均表现出与分频振幅属性相似的结论。

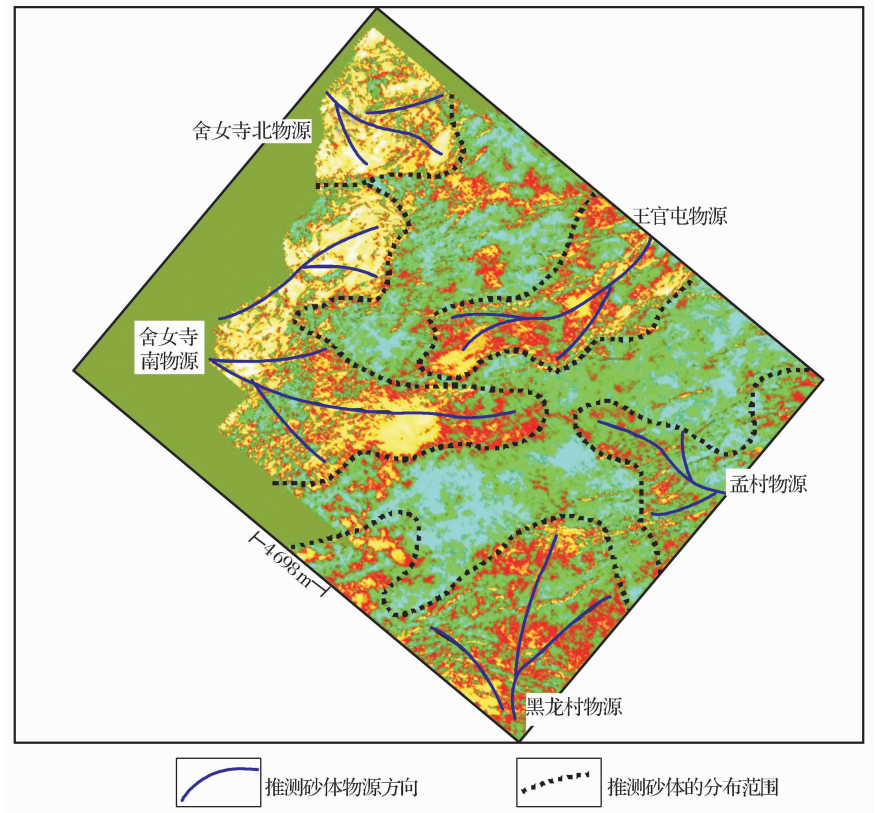


图 3 沙一段下部地震分频(32Hz)振幅属性分析

注:红色和黄色表示预测的砂体,颜色由红色向黄色的变化表示砂体厚度逐渐变厚

沙一段沉积早期,研究区的砂体分布与沙三段沉积时期具有较好的继承性,仍然主要受 5 个方向物源控制,西部的舍女寺南物源、北部的王官屯物源和东南部的黑龙村物源沉积较为发育。相比较沙三段沉积早期而言,王官屯和黑龙村 2 个物源的沉积砂体规模减小,而舍女寺南物源沉积砂体规模扩大,总体表现为在继承发育基础上的此消彼长(图 3)。

3.2 沙河街组砂体分布规律

通过地震属性预测研究,结合研究区的区域构造和断裂发育特征分析,该区沙河街组砂体分布主要有以下几个特点。

(1)隆凹相间的区域背景控制砂岩沉积体系的宏观分布。研究区隆凹相间的构造格局使得源自隆起区水系进入湖盆后,水流能力降低,携砂能力减弱,碎屑物质在斜坡区优先堆积,形成沉积物粒度向湖盆中心逐渐变细的沉积体系。从研究区的砂体分布来看,西部物源体系延伸较短,砂体发育受斜坡控制明显。同时,斜坡区受构造升降与水进退影响较大,砂体的岩性和岩相变化较大,有利于形成不同类型的岩性圈闭。

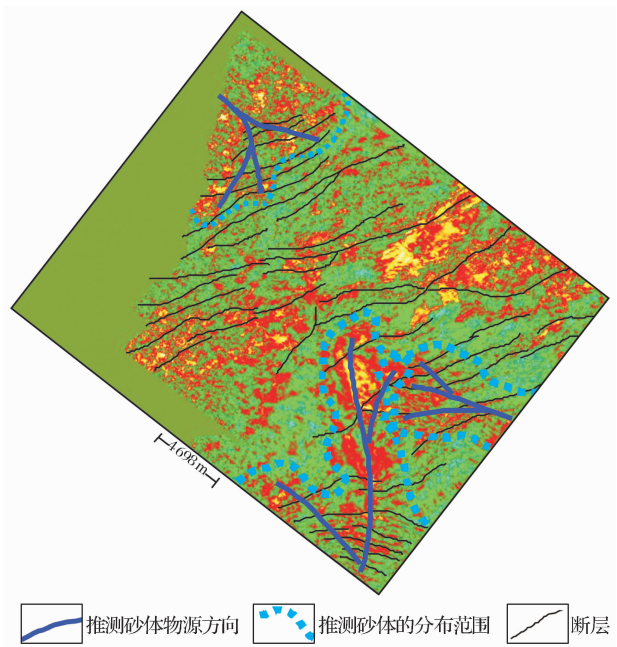


图 4 断裂、沉积与振幅属性分布关系分析

注:红色和黄色表示预测的砂体,颜色由红色向黄色的变化表示砂体厚度逐渐变厚

(2)断裂活动和断裂组合控制砂体走向。同沉积断层的活动是断陷盆地构造沉降与沉积空间演变的主要控制因素,进而控制了砂体类型变化和沉积相横向迁移。断裂活动和断裂格局决定了研究区沉积地形特点,对砂体的展布有重要影响。研究区主

要发育北东向断层和东西向断层,其中与凹陷边界平行的北东向断裂为主干断裂,控制了砂体平面延伸方向,砂体展布方向多与其平行。

(3)构造带控制砂岩的分散体系。沙河街组沉积时期同沉积断裂多,配合高低起伏的古地貌背景,形成的古构造高地、调节带和构造洼地有效地控制了砂岩分散体系。

通过分频处理,可以分析出沙河街组时期的沉积物源推进方向,东部和西部物源以同北东向断裂近垂直的方向延伸进入中部洼槽,沉积砂体总是在同沉积断裂的某一个突破口进入下一级沉积领域,并且沿着同沉积断裂下降盘横向展开,进行砂体重新分配。

从沙三段主干断裂与地震属性关系图可见:砂体分布明显受到同沉积断裂的控制,北东向和东西向 2 组断裂控制作用明显,砂体主要分布在断层的下降盘和地堑部位,结合钻井资料证实,砂岩厚度在同沉积断裂下降盘都具有明显加厚的趋势(图 4)。

4 结论

多参数地震属性分析表明,孔南地区沙河街组的沉积主要来自 5 个方向的物源,受隆凹相间的构造格局影响,砂体发育受斜坡控制明显。断裂与砂体的分布关系说明,断裂活动与断裂组合控制了砂体走向,且这种控制作用是由于断裂带具有引导砂体搬运或再分配的作用,在同沉积断层下降盘堆积的砂层往往为滚动背斜(或鼻状构造)的形成创造了条件,堆积的砂层越厚,形成的滚动背斜就越大,使构造与砂体有效地匹配在一起,是形成油气聚集的有利部位。

参考文献:

[1] Wang Yonggang, Yue Youxi, Zhang Junhua. The Technology of Seismic Attribute Analysis[M]. Dongying:China University of Petroleum Press, 2007. [王永刚,乐友喜,张军华. 地震属性分析技术[M]. 东营:中国石油大学出版社, 2007.]

[2] He Bizhu, Zhou Jie, Wang Gonghuai. Using multivariate seismic attributions to predict reservoir information[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2003, 38(3): 258-262. [何碧竹,周杰,汪功怀. 利用多元地震属性预测储层信息[J]. 石油地球物理勘探, 2003, 38(3): 258-262.]

[3] Huang Yunfeng, Yang Zhanlong, Guo Jingyi, et al. Seismic attribute analysis and application in subtle traps exploration[J]. Natural Gas Geoscience, 2006, 17(5): 739-742. [黄云峰,杨占龙,郭精义,等. 地震属性分析及其在岩性油气藏勘探中的应用[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(5): 739-742.]

[4] Mu Zhiquan,Zhou Lihong,Yi Jigui, *et al.* Application of reservoir technology in Zhangdong Dagang oilfield[J]. Natural Gas Geoscience,2008,19(6):849-856. [牟智全,周立宏,易继贵,等.地震储层预测技术在张东地区的应用[J].天然气地球科学,2008,19(6):849-856.]

[5] Ling Yun. Study on application of basic seismic attributes to interpretation of depositional environment[J]. Oil Geophysical Prospecting,2003,38(6):642-653. [凌云.基本地震属性在沉积环境解释中的应用研究[J].石油地球物理勘探,2003,38(6):642-653.]

Multi-parameter Seismic Attributes and Prediction of Sandstone Distribution in Shahejie Formation of Kongnan Area

WANG Dong-lin, WANG Huai-zhong, ZHENG Zhen-ying, SHI Bing-jian, CAO Guo-ming, WANG Ya-jie, YU Xin

(Petroleum Exploration and Development Research Institute of Dagang Oilfield, PetroChina, Tianjin 300280, China)

Abstract: Petroleum pools of Shahejie Formation in the Kongnan area of Dagang oilfield are controlled by structure and depositional reservoir. In order to promote the petroleum exploration of the Shahejie Formation, we use many ways (i. e. frequency division of seismic data, cluster analysis of wave pattern, and extraction of multi-parameter seismic attribute) to predict the reservoir body. The results suggest that three features of sandstone distribution in plane would exist as follows: the interphase structures between arched and valley areas controlling the macroscopic sedimentation volume, fault activity and fracture assemblage controlling the trend of sandstone body, and structural zone controlling the disperse system of sandstone body.

Key words: Kongnan area; Shahejie Formation; Seismic attributes analysis; Reservoir prediction.

(上接第 651 页)

究[J]. 大庆石油地质与开发,1998,17(1):17-19.]

[11] Jiao Yangquan, Li Zhen. In the river course reservoir granulated substance body separates keeps off the level the origin and the distributed rule[J]. Petroleum Exploration and Development, 1995, 22(4):78-81. [焦养泉,李祯.河道储层砂体中阻挡层的成因与分布规律[J].石油勘探与开发,1995,22(4):78-81.]

Distribution Control for Residual Oil in Fluvial Facies Layer

LU Feng-ming, NI Tian-lu , REN Bao-sheng, WANG Da-xing, JIANG Ling-ling, LIU An-yuan
(Research Institute of Exploration & Development, Dagang Oilfield Company, PetroChina, Tianjin 300280, China)

Abstract: In this paper, we discuss the controlling factors about formation and distribution of remaining oil in the Dj5 well in one block of Gangdong as a case, and summed up the distribution model of remaining oil for tapping the potential of remaining oil to provide the necessary technical support. The result indicated that a complex and uneven distribution of residual oil would be made by non-coupling action between reservoir geology and development engineering. Differences between layers display the higher permeability for multi-channel deposits but the lower permeability for overflow deposits. The production of petroleum from the channel sand body is higher than that from overflow shore sand body, with differential increase and recovery decrease. The residual oil is distributed in the sand reservoirs of thin and poor overflow shore, crevasse channel, abandoned channel sand body parts, etc. The formation of remaining oil during development process includes the well network, seepage separation, non-coupling action between injection-production well network and well point. It is difficult to limit the sweep area under no change of well network.

Key words: Residual oil; Heterogeneity; Channel phase; Overflow-shore phase; Development.