

文章编号: 1009-3850(2000)03-0014-06

广北地区沙四段滨浅湖微相的垂向演化 及其地震相解释

傅 强¹, 周航辉², 张金川³

(1. 同济大学教育部海洋地质重点实验室, 上海 200092; 2. 江汉石油管理局清河采油厂, 山东 寿光 262714; 3. 中国地质大学能源系, 北京 100083)

摘要: 笔者通过关键井的岩性、测井相和地震相的研究, 认为东营凹陷广北地区的下第三系沙四段为滨湖亚相的砂坝、砂泥混合滩、泥滩等微相以及浅湖亚相的远砂坝、席状砂、浅湖泥等微相构成的滨浅湖沉积体系; 由老到新的垂向上沉积演化为浅湖亚相(ES_4^6)-滨湖亚相(ES_3^3 , ES_4^4 , ES_4^5)-浅湖亚相(ES_4^1 , ES_4^2), 反映出水进-水退-水进的沉积旋回。通过地震剖面的对比和地震相的解释, 建立了各沉积微相与地震相的对应关系。探讨不同沉积微相砂体中油气的富集规律。

关键词: 东营凹陷; 沙四段; 滨浅湖沉积; 地震相

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

Vertical evolution and seismic interpretation of the microfacies from the littoral and shallow lake subfacies in the fourth member of the Shahejie Formation, northern Guangrao region, Shandong

FU Qiang¹, ZHOU Hang-hui², ZHANG Jin-chuan³

1. Marine Geological Laboratory, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Qinghe Oil Extraction Factory, Jiangnan Petroleum Administration Bureau, Shouguang 262714, Shandong, China; 3. Department of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

Abstract: The integration of the data on lithology, well-logs and seismic facies shows

收稿日期: 2000-06-11

作者简介: 傅强, 男(1964—), 博士, 同济大学副教授, 从事石油地质与储层地质的教学科研。

that the fourth member of the Paleogene Shahejie Formation in northern Guangrao region, Dongying depression, Shandong represents the littoral and shallow lake depositional systems including the microfacies such as sand bar, mixed sand-mud beach and mud beach in the littoral lake subfacies, and offshore bar, sheet sand and shallow-lake mud in the shallow-lake subfacies. There are vertical gradations, from the base upwards, from the shallow lake subfacies(ES_4^6) through the littoral lake subfacies (ES_4^3 , ES_4^4 , and ES_4^5) to the shallow lake subfacies (ES_4^1 and ES_4^2) again, indicating a transgression-regression-transgression cycle. The correlation has been made between the sedimentary microfacies outlined above and seismic facies on the basis of the correlation of seismic profiles and interpretation of seismic facies. The approaches are also made for the oil and gas accumulation in different microfacies.

Key words: Dongying depression; fourth member of the Shahejie Formation; littoral and shallow lake deposits; seismic facies

广北地区位于山东东营凹陷南斜坡的北部,是一个受基底控制向北东倾没的斜坡带,储集岩以下第三系沙河街组沙四段物性良好的粉细砂岩为主,其中沙四段可进一步分为六个组,每个小组的平均厚度为 10~60m,二、三、四和六组的砂岩为储油层。据前人研究,东营凹陷在下第三系沙四段时气候干旱,凹陷中的大范围内发育有薄层砂泥质和碳酸盐质的浅湖滩坝沉积体系;油气主要赋存于砂岩透镜体和砂岩上倾尖灭的岩性油气藏中。由于广北地区沙河街组沙四段砂体的岩相、岩性及砂层厚度横向变化大,加上多期构造活动形成的小断裂的叠加,砂体的展布不清。因此,研究该地区沙河街组四段砂层组的垂向沉积演化和各个微相的平面展布特征对于解决上述问题具有重要的意义。

1 关键井(角 5 井)沙四段单井相分析

单井相分析的核心是地质相与测井相曲线相结合,研究不同沉积微相的岩性和测井曲线的响应特征,从而建立沉积相模式^[1]。广北地区钻井数量多,但是绝大多数为没有取心资料的定向开发斜井,测井曲线的形态由于断层的影响和斜井的缘故会发生歧变。因此,笔者选择没有钻遇断层的垂直井角 5 井为关键井进行单井岩相和测井曲线特征分析(图 1),从而认为广北地区下第三系沙四段属湖泊沉积的滨湖亚相和浅湖亚相沉积,具体各微相分析如下。

1.1 浅湖泥微相和席状砂微相

该微相于 ES_4^1 , ES_4^5 和 ES_4^6 的上部发育,为厚层黄灰色泥岩、棕褐色粉砂岩与薄层泥岩、褐灰色钙质砂岩互层,粉砂岩厚度可达 3.0m。自然电位曲线呈微齿状起伏的泥岩基线,而在粉砂岩处有一尖指状的负向凸起,显示出厚层泥岩段所夹席状砂的特征;而 ES_4^1 , ES_4^6 中下部和 ES_4^2 下部为灰绿色中厚层泥岩与薄层灰黄色灰质页岩、浅灰色粉砂岩、具水平层理的灰质粉砂岩互层,自然电位曲线几乎呈微齿状的泥岩基线,显亦出浅湖泥的微相特征。

1.2 远砂坝沉积微相

该微相发育于 ES_4^2 上部,为一套浅灰色厚层粉砂岩及薄中层泥岩和砂质泥岩。粉砂岩

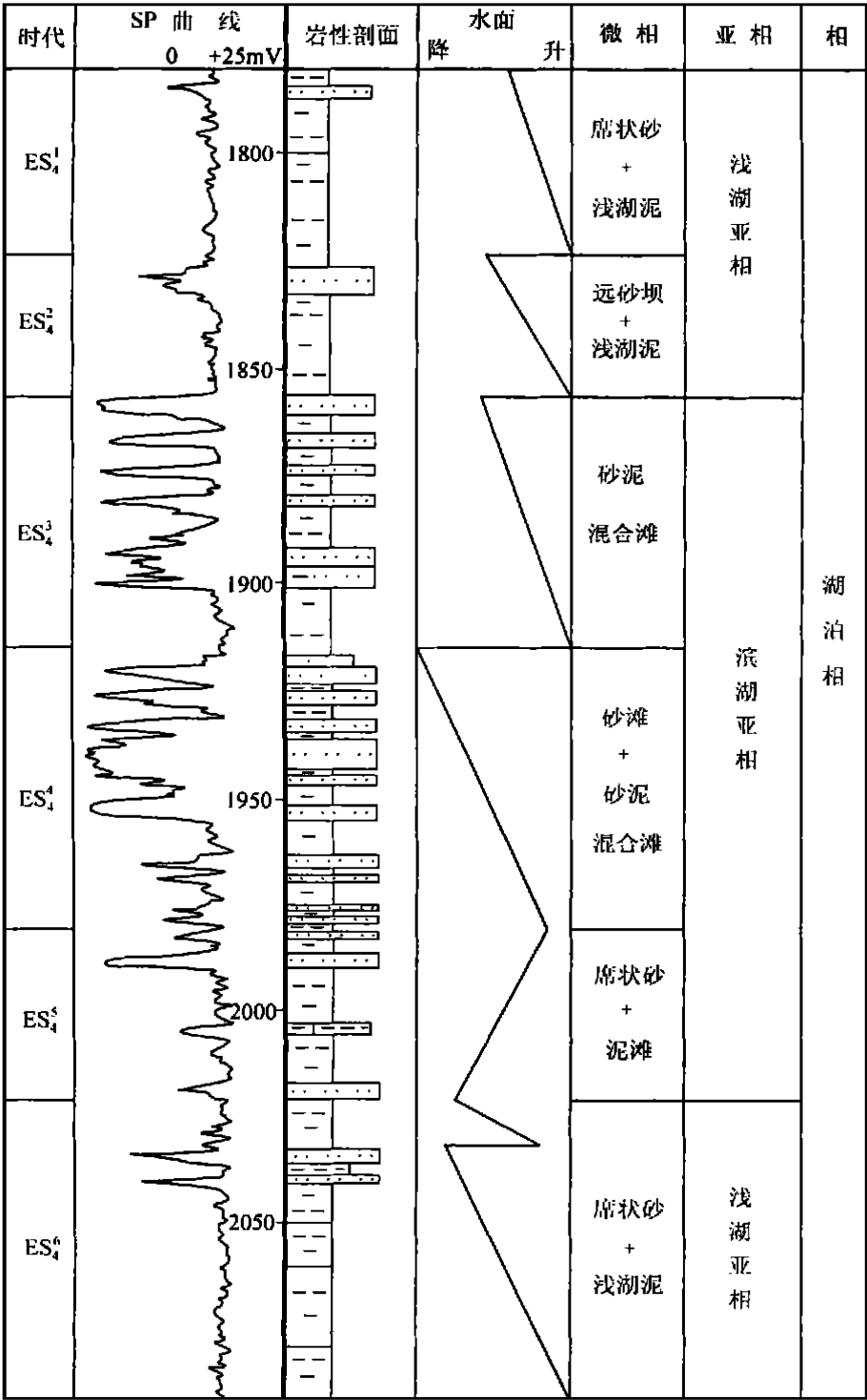


图 1 角 5 井沙河街组四段沉积相剖面图

Fig. 1 Vertical sedimentary facies column through the fourth member of the Shahejie Formation

最厚可达 6. 0m。自然电位曲线偏负呈一带齿状的钟型, 显示出在泥岩背景下沉积的一套由较厚粉砂岩或泥质粉砂岩构成的远砂坝沉积特征。

1. 3 砂泥混合滩微相

该微相分布于整个 ES₃⁴ 段和 ES₄⁴ 下部, 为厚层粉砂岩与中厚层泥岩夹薄层钙质粉砂岩及白云岩互层。单层粉砂岩与单层泥岩厚度均达到 4. 5m 左右。自然电位曲线呈起伏巨大的指状, 显示出砂、泥岩频繁互层和分布稳定的砂泥混合滩的沉积特征。该微相处于砂坝与泥滩之间的滨湖相沉积环境。

1. 4 砂坝微相

该微相分布于 ES₄⁴ 上部, 为厚层灰色含砾粉砂岩、含钙质条带粉砂岩与浅灰色薄层泥岩、泥质粉砂岩、钙质粉砂岩互层。其中单层含砾粉砂岩厚度为 7. 5m, 一般粉砂岩厚度在 2. 5~5. 0m 之间。自然电位曲线呈指状或指状箱形, 显示出碎屑物质受到充分的簸选和磨圆, 沉积物以细砂岩、粉砂岩或泥质粉砂岩为主的砂坝沉积特征。该微相分布于碎屑物质供应充足的开阔湖岸, 属滨湖亚相。

1. 5 泥滩微相

该微相于 ES₅⁴ 下部, 为薄至中层的褐灰色泥岩与薄层钙质泥岩、钙质砂岩、粉砂岩互层。自然电位曲线呈泥岩基线上的微指状尖峰, 显示坡度平缓, 分布面积大的泥滩沉积特征。

表 1 广北地区滨、浅湖亚相各微相特征综合表

相 类 型			岩 性 组 合	单砂层 厚度/m	沉 积 构 造		韵律	泥岩颜色	曲线形态 (SP)
相	亚 相	微 相			砂 岩	泥岩			
湖 泊 相	滨 湖	砂 坝	细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩	1. 8~15	斜层理、浪成沙纹层理	层状	正	14	钟型或薄箱型
		砂泥混合滩	以粉砂岩为主夹泥岩层	0. 5~5. 6	波状层理、沙纹层理	层状	复合	14	尖指或宽指状
		泥 滩	泥 岩	0. 3	波状层理、水平层理	块状	简单	4+ 14	微齿状
	浅 湖	席状砂	粉砂岩与泥岩突变接触	0. 6~4. 0	波状交错层理、水平斜层理	块状	正	14	尖指状
		远砂坝	粉砂岩、泥质粉砂岩	1. 8~10	水平层理、波状层理	块状	简单	9+ 14	指状箱型
		浅湖泥	泥岩、粉砂质泥岩	——	水平层理	块状	简单	14	微齿状

由角 5 井沙河街组四段各小组岩性、岩相描述并结合研究区其它各井的录井资料和各微相自然电位曲线特征(表 1), 可以看出沙河街组四段属于湖泊沉积体系中的湖泊滨岸环境, 即波基面以上为枯水面—洪水面之间的滨湖、浅湖地区^[2]。岩石以浅灰色、褐色为主, 岩性以粉砂岩和泥岩夹少量的灰黄色灰质页岩为特征; 反映其沉积环境为水体平静、沉积缓慢的滨浅湖泊沉积体系。具体可分为滨湖亚相的砂坝、砂泥混合滩、泥滩等微相和浅湖亚相的远砂坝、席状砂、浅湖泥等微相。纵向上由富含泥岩逐步过渡到富含砂的沉积韵律, 其中

ES₄² 上部, ES₄³, ES₄⁴, ES₄⁵ 富含砂岩; 由老到新的沉积环境变化为浅湖相 (ES₄⁶)-滨湖相 (ES₄³, ES₄⁴, ES₄⁵)-浅湖相 (ES₄¹, ES₄²), 反映出水进-水退-水进完整的沉积演化旋回。

2 广北地区下第三系沙河街组四段地震相分析

地震相分析是利用地震参数结合钻井和测井等资料解释沉积环境和沉积体系, 从而预测各小组的分布与岩相特征^[3]。笔者采用垂直井角 6 井的分层数据, 利用速度量板进行时-深转换, 标定出该井的沙河街组四段地层的 ES₄¹, ES₄², ES₄³, ES₄⁴, ES₄⁵ 和 ES₄⁶ 各组顶底所对应的界面波, 然后沿标定好的反射波同相轴横向追踪。广北地区下第三系沙河街组沙四段的 3、4、5 组在地震剖面上的反射特征及其代表的沉积特征进行了识别和划分(表 2)。

表 2 广北地区沙四段地震相类型及沉积相解释

Table 2 Seismic facies and sedimentary facies in the fourth member of the Shahejie Formation in northern Guangrao region

地 震 相	沉 积 相
滩状地震相	滨湖亚相砂岩体
席状长连续中振幅地震相	滨湖相砂坝
短连续变振幅地震相	滨湖亚相砂泥混合滩
席状长连续强振幅地震相	浅湖亚相浅湖泥

2.1 席状长连续中振幅地震相—滨湖砂坝发育区

该地震相在广北地区 ES₄³ 的北东部、ES₄⁴ 的南部、ES₄⁵ 的南东部均有分布。该相的特点是, 反射波之间相互平行, 连续性好, 中等振幅, 反映出沉积稳定的较高能环境。根据地震相区带中各井的测井曲线分析显示为齿状箱型, 角 5 井岩性反映出厚层的灰色粉砂岩, 为滨湖亚相中砂坝微相发育的特征。该相带靠近湖岸物源区。

2.2 短连续变振幅地震相—滨湖亚相砂泥混合滩发育区

该地震相在广北地区 ES₄³ 的南部和北部呈北西南东向的弧形分布; 在 ES₄⁴ 和 ES₄⁵ 均呈北东南西向展布。地震反射比较连续, 振幅有强弱变化, 反映出岩性变化频繁的特点。据该相带中各井测井曲线特征分析呈尖指状, 判断岩石有泥岩与粉砂岩互层或砂岩呈薄层尖灭状或夹层状产出, 因此该相带应为滨湖亚相的砂泥混合滩微相发育区。

2.3 席状长连续强振幅地震相—浅湖亚相浅湖泥发育区

该地震相分布于广北地区 ES₄³ 的西南部、ES₄⁴ 以及 ES₄⁵ 的北部。由于岩石中出现灰质泥岩或薄层灰质粉砂岩, 从而出现灰质泥岩的波阻抗值大于泥岩的波阻抗值, 因此, 夹有灰质泥岩的泥岩中出现连续强振幅反射。结合所在相带中各井的电测曲线为微齿状的泥岩基线, 反映出浅湖亚相浅湖泥发育的特征。在此沉积相中的泥岩背景中可以沉积有席状砂或远砂坝砂体。

2.4 滩状地震相—滨湖相砂体发育区

该地震相分布于广北地区 ES₄⁴ 的南部, 平面上呈半圆形, 剖面上应该为滩状。为弱—中振、低—中连续滩状地震相。该地震相的沉积解释为湖水波浪和坡度的共同影响下, 砂体前

缘楔入滨湖岩相砂坝之中。因此,应该确认为滨湖环境下的三角洲前缘水下砂体发育区。

3 沉积砂体的含油性

根据关键井角 5 井下第三系沙河街组沙四段单井相分析和地震剖面解释,笔者认为广北地区沙四段地层沉积环境为湖泊沉积体系中的滨湖亚相和浅湖亚相沉积。从 ES_4^6 到 ES_4^1 广北地区的湖水经历了由深(ES_4^6)至浅(ES_4^1)再到深(ES_4^1);湖水面范围由大(ES_4^6)到小(ES_4^1)再到大(ES_4^1)的旋回过程。沉积物主要来源为北东方向,仅仅在 ES_4^6 和 ES_4^5 沉积时有少量的南西向的物源加入。其中 ES_4^5 , ES_4^4 , ES_4^3 以滨湖亚相的砂泥混合滩砂体与砂坝砂体沉积为主; ES_4^6 和 ES_4^1 以浅湖亚相的席状砂砂体沉积为主; ES_4^2 主要沉积浅湖亚相的远砂坝砂体。上述砂体构成广北地区富集油气的主要储集层。

广北地区处于东营凹陷南斜坡向北西倾没的地区,正好处于凹陷深湖相烃源岩油气运移的路径上和指向区,与滨浅湖亚相砂体配合为岩性油气藏的形成奠定了物质基础。滨湖亚相的滩砂和浅湖亚相的席状砂体与远砂坝砂体及泥岩呈薄互层叠加,横向上与泥岩交错过渡,从而砂体与泥岩、同生正断层的匹配形成了油气聚集的圈闭。从目前勘探结果来看,广北地区主要发育了大量断块-岩性油气藏和部分岩性油气藏。经测试证实,绝大部分井单井产量都在 20t/d 以上,并且原油主要集中产于 ES_4^2 的浅湖亚相远砂坝砂体和 ES_4^3 的滨湖亚相砂泥混合滩砂体以及 ES_4^4 的滨湖亚相砂坝砂体中;在 ES_4^6 的浅湖亚相席状砂体中只有 G6-5 井和 G8-6 井经测试分别获得日产油 14.2t/d 和 57.3t/d,这说明在广北地区滨浅湖亚相背景下发育的沉积微相砂体中富集有丰富的油气资源。不同的沉积微相砂体控制着油气的富集程度。

4 结论

(1)广北地区第三系沙河街组四段地层为湖泊沉积体系的滨浅湖亚相沉积,其沉积广泛发育有滨湖亚相的砂坝砂体、砂泥混合滩体以及浅湖亚相的席状砂砂体和远砂坝砂体。这些砂体共同构成了油气的主要富集场所。

(2)沙河街组四段从 ES_4^6 到 ES_4^1 经历了湖水由深(ES_4^6)至浅(ES_4^1)再到深(ES_4^1)的水退与水进沉积演化旋回。浅湖亚相沉积在 ES_4^6 , ES_4^5 , ES_4^4 中最发育。沉积物主要来源于北东向。

(3)油气主要集聚于 ES_4^2 , ES_4^3 , ES_4^4 和 ES_4^6 的浅湖亚相远砂坝和席状砂,滨湖亚相的砂坝和砂泥混合滩砂体中。其沉积微相的地震相解释可以解决砂体的平面展布问题。

参考文献:

- [1] 信荃麟,刘泽容等. 油气藏描述原理与方法技术[M]. 北京:石油工业出版社,1993.
- [2] 林承焰,刘泽容等. 黄骅凹陷南部枣园油田下第三系孔店组一段沉积模型[J]. 地质论评,1993,39(增刊):41-46.
- [3] 傅强,张金川. 辽河盆地桃园气田下第三系东营组地震沉积相研究[J]. 成都理工学院学报,1995,22(2):84-88.