

地质与矿产

## Geological Conditions of Ore-forming and Prospecting Direction of Fluorite Deposit in Lufang Area in Feicheng City of Shandong Province

ZHANG Shuqi, YANG Shujie

(Shandong Geological Prospecting Institute of China Chemical Geology, Shandong Tai'an 271000, China)

**Abstract:** Lufang area in Feicheng city is an important fluorite distribution area. At present, 2 fluorite deposits have been evaluated. They are located in Jiushan and Zhaojiazhuang mine areas respectively, and occurred in adamellite, controlled by structures with the trend of NE and NNE. They are both magmatic hydrothermal filling type. Starting from geological characteristics of the two fluorite deposits, combining with domestic existing fluorite deposit datas, metallogenic geological conditions and origins of Fanghu area in Feicheng city have been analyzed, its mineralization law has been summarized, and the direction of ore-prospecting in this area in the future has been pointed out.

**Key words:** Fluorite deposit; metallogenic geological conditions; prospecting direction; Lufang area; Feicheng city in Shandong province

## 东营凹陷沙三下亚段页岩气前景分析

赵季初

(山东省鲁北地质工程勘察院, 山东 德州 253015)

**摘要:**页岩气作为我国最近列入的新型矿产,其勘探与开发引起了全国的高度重视。位于鲁西北平原区的东营凹陷是胜利油田的主产地,古近纪地层中油气资源丰富,必将成为我国下步页岩气勘查与开发的主战场之一。该文在东营凹陷牛<sub>38</sub>井的取芯分析结果基础上,对东营凹陷沙三下亚段的页岩孔隙度、总有机碳含量、热演化程度及脆性矿物含量进行系统分析,预测该段地层具备页岩气藏的形成条件。

**关键词:**页岩气;总有机碳含量;脆性矿物含量;热演化程度;东营

**中图分类号:** P618.13

**文献标识码:** A

**引文格式:**赵季初. 东营凹陷沙三下亚段页岩气前景分析[J]. 山东国土资源, 2015, 31(3): 25-28. ZHAO Jichu. Prospect Analysis of Shale Gas at the Bottom of the Third Section of Shahejie Formation in Dongying Sag[J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(3): 25-28.

东营凹陷是渤海湾裂谷系内大型宽缓的中、新生代张扭型半地堑伸展盆地<sup>[1]</sup>。凹陷北以陈南断层为界,与陈家庄凸起相邻,南以齐河-广饶断裂为界,与鲁西隆起及广饶凸起相邻,向西以平南断层和高青断层为界,向东与青坨子凸起相邻。根据基底构造形态,可划分为北部陡坡带、南部缓坡带、中央隆起带及洼陷带4个单元(图1),面积5 700 km<sup>2</sup><sup>[2,3]</sup>。凹陷中发育有巨厚的古近纪地层,主要由

湖相成因的砂岩和泥岩组成<sup>[4]</sup>。据前人研究成果,东营凹陷内富有机质的页岩层主要赋存于古近纪沙河街组沙四上亚段、沙三下亚段与沙一段<sup>[5]</sup>。该文重点对沙三下亚段页岩气的前景进行分析。

## 1 沙三下亚段岩性特征

沙三下亚段为深断陷期潮湿气候条件下的深湖—半深湖相沉积,岩性主要为灰色、灰褐色油页岩

收稿日期:2014-08-28;修订日期:2014-10-23;编辑:陶卫卫

作者简介:赵季初(1975—),男,湖南邵东人,高级工程师,主要从事矿产与土工环境地质勘查;E-mail:zhaojichu\_1@163.com



东营凹陷区内沙三下亚段烃源岩有机质丰度比较高,TOC 多数为 2% ~ 5%,其中油页岩的 TOC 为 5% ~ 19%。干酪根类型以 I 型和 II<sub>1</sub> 型为主,推测水生生物是烃源岩有机质的主要来源<sup>[10]</sup>。据东营凹陷中南部的牛<sub>38</sub>井连续取芯与测试分析结果,在埋深 3 170 ~ 3 260 m 区段,岩性以泥岩与砂质泥岩为主,夹粉细砂薄层,TOC 含量 1.2% ~ 4.3%,平均含量 2.2%;在埋深 3 260 ~ 3 330 m 区段,岩性为钙质泥岩与泥岩互层,TOC 含量 1.6% ~ 5.9%,平均含量 3.1%;在埋深 3 330 ~ 3 368 m 区段,岩性为粉细砂与油页岩互层,TOC 含量 0.5% ~ 13.4%,平均含量 4.5% (图 5)。由此可见,东营凹陷内沙三下亚段为总有机碳含量高的页岩,可以形成页岩气藏。

### 2.3 镜质体反射率 (R<sub>o</sub>)

页岩气藏按其天然成因可分为热成因型、生物成因型及混合成因型三大类<sup>[11]</sup>,东营凹陷沙三下亚段页岩气藏为热成因型。页岩中有机物的热成熟度是热成因型页岩气藏形成的关键因素之一,通常用镜质体反射率 R<sub>o</sub> 来衡量,有机质热变质作用愈深,镜质体反射率愈大。规范规定页岩气储量起算标准的镜质体反射率 R<sub>o</sub> 的下限标准 R<sub>o</sub> ≥ 0.7%。有机质的成熟度与其在地质历史时期所遭受的最高温度具有良好的相关关系,据陈墨香等选用的 2 眼标准井建立的相关关系<sup>[12]</sup>,辽河油田西部凹陷的马深 1 井关系式为:

$$R_o = 0.00000285T^{2.591}$$

华北油田饶阳凹陷的宁 3 井关系式为:

$$R_o = T/80.9494 - 0.745$$

通过对东营凹陷内 75 眼沙一至沙三段油井温度的统计资料,东营凹陷内页岩的现状温度与深度之间的关系式为:

$$T = 11.32 + 0.0367H$$

式中: T 为温度 (°C), H 为埋深 (m), R<sub>o</sub> 为镜质体反射率 (%)

采用上述关系式对牛<sub>38</sub>井沙三下亚段不同深度处页岩的镜质体反射率进行计算,结果表明该井页岩的镜质体反射率 R<sub>o</sub> 在 0.82% ~ 0.93% 之间 (表 1),据张美珍等研究成果,东营凹陷沙三下亚段有效烃源岩的真实成熟度一般应在 0.56% ~ 1.01% 范围内<sup>[12]</sup>,为热演化程度低的页岩,但大于页岩气储量起算标准下限 R<sub>o</sub> = 0.7%。此外,据万从礼等研究成果,东营凹陷沙三段地层中发育有面积超过 28 km<sup>2</sup> 的辉长岩侵入岩体,这些侵入岩体的热作用与催化作用能大大提高周边页岩中有机质的热成熟度<sup>[13]</sup>。综上所述,东营凹陷沙三下亚段具备形成页岩气藏的有机质热成熟度。

表 1 牛<sub>38</sub>井沙三下亚段不同深度处页岩的 R<sub>o</sub> 值

深度 (m)	3170	3260	3330	3368
温度 (°C)	127.6	131	133.5	134.9
R <sub>o</sub> <sup>1</sup> (%)	0.81	0.87	0.92	0.94
R <sub>o</sub> <sup>2</sup> (%)	0.83	0.87	0.90	0.92
R <sub>o</sub> 平均 (%)	0.82	0.87	0.91	0.93

注: R<sub>o</sub><sup>1</sup> 采用马深 1 井公式求取; R<sub>o</sub><sup>2</sup> 采用宁 3 井公式求取。

### 2.4 脆性矿物含量

根据规范,脆性矿物含量大小与页岩产层压裂改造的难易程度有关,要获得较好的压裂效果,页岩中脆性矿物含量要大于 30%。东营凹陷沙三下亚段泥岩中脆性矿物含量高,据李政等测试的 78 块泥岩样品中<sup>[14]</sup>,陆源矿物碎屑 (长石、石英) 及黄铁矿等脆性矿物平均含量达 35.9%,此外,脆性略差的碳酸盐矿物平均含量达 38.3% (表 2),为脆性矿物含量高一中的页岩。因此,东营凹陷沙三下亚段泥岩具备页岩气开发的脆性矿物含量。

表 2 东营凹陷沙三下亚段泥页岩矿物组成统计

分类	全岩矿物组成 (%)			
	粘土矿物	陆源矿物碎屑含量	碳酸盐含量	黄铁矿
变化范围	8 ~ 54	6 ~ 57	1 ~ 74	0 ~ 13
平均含量	25.9	33.4	38.3	2.5

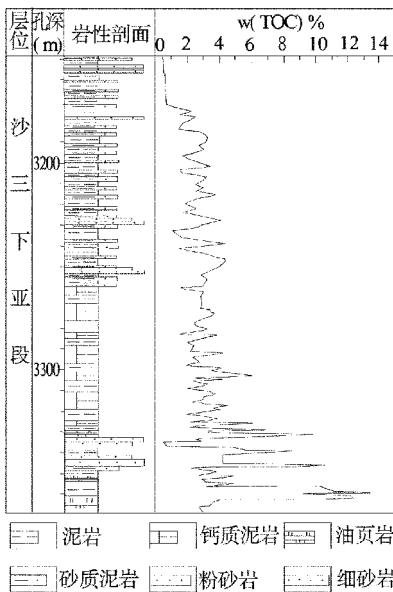


图 5 牛<sub>38</sub>井沙三下亚段岩性与 TOC 含量柱状图

### 3 结论

综上所述,东营凹陷内沙三下亚段具备页岩气藏形成的页岩孔隙度、总有机碳含量、热演化程度及脆性矿物含量,其中最有利层段为沙三下亚段中部的钙质泥岩与泥岩互层段(如牛<sub>38</sub>井的3 260~3 330 m区段)。

### 参考文献:

[1] 马丽娟,何新贞,孙明江,等. 东营凹陷北部砂砾岩储层描述方法[J]. 石油物探,2002,41(3):354-358.

[2] 游国庆,潘家华,刘淑琴,等. 东营凹陷古近系砂岩成岩作用与孔隙演化[J]. 岩石矿物学杂志,2006,25(3):237-242.

[3] 叶兴树,王伟锋,戴俊生,等. 东营凹陷沙三—东营期断裂活动特征[J]. 中国石油大学学报(自然科学版),2006,30(4):7-11.

[4] 李丕龙,姜在兴,马在平. 东营凹陷储集体与油气分布[M]. 北京:石油工业出版社,2000:11-38.

[5] 张林晔,李政,朱日房,等. 济阳拗陷古近系存在页岩气资源的可能性[J]. 天然气工业,2008,28(12):26-29.

[6] 张利萍,潘仁芳. 页岩气的主要成藏要素与气储改造[J]. 中国石油勘探,2009,(3):20-23.

[7] 中华人民共和国国土资源部. 页岩气资源/储量计算与评价技术规范[S]. 北京:中国标准出版社,2014.

[8] 袁静. 东营凹陷下第三系深层成岩作用及次生孔隙发育特征[J]. 煤田地质与勘探,2003,31(3):20-22.

[9] 陈更生,董大忠,王世谦. 页岩气藏形成机理与富集规律初探[J]. 天然气工业,2009,29(5):17-21.

[10] 朱光有,金强,张水昌,等. 东营凹陷湖相烃源岩 TOC 与 Sr 的正相关性及其原因[J]. 地学前缘(中国地质大学,北京),2005,12(4):551-559.

[11] 李登华,李建忠,王社教,等. 页岩气藏形成条件分析[J]. 天然气工业,2009,29(5):22-26.

[12] 张美珍,李志明,秦建中,等. 东营凹陷有效烃源岩成熟度评价[J]. 西安石油大学学报(自然科学版),2008,(3):12-16.

[13] 万从礼,金强. 东营凹陷纯西辉长岩对烃源岩异常生排烃作用研究[J]. 长安大学学报(地球科学版),2003,25(1):20-25.

[14] 李政. 东营凹陷页岩气勘探潜力初步评价[D]. 成都:成都理工大学,2011:68-69.

## Prospect Analysis of Shale Gas at the Bottom of the Third Section of Shahejie Formation in Dongying Sag

ZHAO Jichu

(Lubei Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Dezhou 253015, China)

**Abstract:** Shale gas has been listed as a new type of mineral resource recently in China. Its exploration and development has been paid great attention. Dongying sag is located in Luxibei plains. It is a main producing area of Shengli oilfield. Oil and gas resources are rich in Paleogene strata. It will become one of the key area of shale gas exploration and development in our country in the next step. Based on the core analysis results of No. 38 Niu well in Dongying sag, porosity, total organic carbon content, thermal evolution degree and the brittleness mineral content of mudstone at the bottom of the third section of Shahejie formation in Dongying sag have been analyzed comprehensively. It is predicated that there is bright future for shale gas prospecting in this area.

**Key words:** Shale gas; total organic carbon content; brittleness mineral content; thermal evolution degree; Dongying city