

东营凹陷通王构造带孔店组地层型油藏的发现及成藏特征

陈 杰

(中国石化 胜利油田分公司物探研究院, 山东 东营 257000)

摘 要:王 156 油藏孔一下三砂组超覆型油层的钻遇标志着东营凹陷南坡东部孔店组地层油藏的突破。在钻井、地震和地化研究基础上,分析了王 156 油藏原油、储层、油源、输导体系等特征,通过对不整合类型、超覆坡折带角度、沉积特征和侧向封堵性等控藏因素分析,认为王 156 为超覆型油藏,有利储集相带为滩坝和漫湖三角洲前缘砂体,有利坡折带角度为 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$,有利遮挡层为泥岩、砂质泥岩和凝灰岩。

关键词:孔店组;地层油藏;成藏规律;通王构造带;东营凹陷

中图分类号:TE112

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2014)01-0027-06

Discovery of Stratigraphic Reservoir and Oil Accumulation Feature in Kongdian Formation of Tongwang Fault Belt in Dongying Sag

Chen Jie

(Shengli Geophysical Research Institute of SINOPEC, Dongying, Shandong 257000, China)

Abstract: The drilling of overlap oil layers in the third sand group in $E_1 k_3^1$ in well Wang156 signals the discovery of stratigraphic oil reservoir in $E_1 k$ in the east of south slope in Dongying Sag. Based on the data of the drilling, seismic and geochemistry, the character of the oil, reservoir, oil source and migration were introduced in detail, and some influential factors such as the types of unconformity, the angles and the lateral sealing of the slope under $E_1 k$ and the sedimentary character were studied. The findings include: the type of reservoir in Wang 156 is overlap reservoir; the facies of reservoir are beach bars and delta front sandbodies; the better angles of slope-break zone are $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$; the fine barrier are mudstone, silty mudstone and tuff.

Key words: Kongdian Formation; stratigraphic oil reservoir; oil accumulation feature; Tong-Wang fault belt; Dongying Sag

通王构造带位于东营凹陷南部缓坡带东部,包括陈官庄和王家岗构造带两部分,孔店组为其重要的含油层系之一^[1-4]。虽然研究区孔店组先后在王家岗构造带北部和南部发现超过 5×10^7 t 储量,储量规模较大,但其油藏类型单一,均为构造型油藏。近十年来,对研究区孔店组其他类型油藏的勘探也在不断加强,2012年王 156 井的钻探成功,标志着孔店组实现地层型油藏的突破。因此,开展通王构造带孔店组油藏特征研究,对于指导研究区乃至东营凹陷类似地区的地层型油藏勘探工作具有重要的理论和实践意义。

1 油藏基本特征

1.1 原油特征

通王构造带孔店组原油密度较大,属中-重质油^[1];粘度数值变化范围较大,达数千倍;含硫量较低,属低

收稿日期:2012-09-28

基金项目:胜利油田分公司课题项目(YKK1210)

作者简介:陈 杰(1983—),男,山东无棣人,工程师,博士,主要从事油气勘探方面的综合研究. E-mail: cj0543@163.com

硫原油;受孔二段烃源岩特征影响,原油含蜡量普遍较高,凝固点在 40 °C 以上,属于高凝油。

1.2 储层特征

王 156 井孔店组地层岩性为砂泥岩间互组合,钻遇多套层位有油气显示,包括荧光 11.03 m/4 层,油斑 27.22 m/9 层,油迹 1.1 m/1 层和油浸 18.47 m/5 层;通过测井曲线特征解释出含水层 19.8 m/7 层、油水同层 22.9 m/6 层和油层 3 m/3 层。其中,主力油层岩性为粉砂岩,粒度普遍较细,最大为细砂岩,油层单层最厚达 5.4 m。孔店组储层孔隙度为 20%~23%,渗透率 $48.3 \times 10^{-3} \sim 92 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,物性较好。

1.3 油源条件

通王构造带存在两大生油中心:一是利津洼陷的沙三下亚段和沙四上亚段;二是牛庄洼陷的沙三下亚段、沙四上亚段及孔二段。以上烃源岩中,两生油洼陷的沙三段、沙四段的生油能力已得到论证^[2-5],而牛庄洼陷的孔二段烃源岩因样品较少、埋藏较深,其生烃能力一直存在争议^[6-8]。

1.3.1 沙三段和沙四段油源分析

牛庄、利津两个洼陷的沙三段和沙四段烃源岩生烃能力较好,因此,对于研究区来讲,只要存在油气输导体系,沙三段和沙四段源岩就可以通过断裂、不整合和连通砂体向孔店组提供油源。

1.3.2 孔二段油源分析

1)厚度、埋深及 R_o 值:牛庄洼陷孔二段烃源岩主要为一套深水暗色泥岩,钻遇井位较少。通过地震资料分析,得到孔二段厚度为 0~1 400 m,埋深 4 000~7 000 m。根据王 46 井孔二段烃源岩的 R_o 分析结果(研究区孔二段唯一样品),其 R_o 值为 1.11~1.25(表 1)。因此,孔二段烃源岩已达到生烃门限,处于热催化生油气阶段晚期到热裂解生凝析气阶段早期,具有一定的生油能力。

2)饱和烃气相色谱对比:根据孔店组原油化验结果,对孔一段王斜 131 井、王 100 井、王 130 井三块原油样品与孔二段王 46 井两块烃源岩样品的气相色谱特征进行对比(图 1),发现孔一段原油与孔二段源岩气相色谱特征相似性较高,认为孔二段是孔店组源岩之一。

表 1 王 46 井孔二段烃源岩 R_o 值

Tab. 1 R_o of Ek₂ source rocks in well Wang46

深度/m	岩石名称	R_o /%	测点数	离差
4 112.5	灰色泥岩	1.11	3	0.06
4 204.4	灰色泥岩	1.21	9	0.06
4 203.0	灰色泥岩	1.21	11	0.06
3 788.0	深灰色泥岩	0.96	4	0.04
4 205.1	深灰色泥岩	1.25	13	0.05

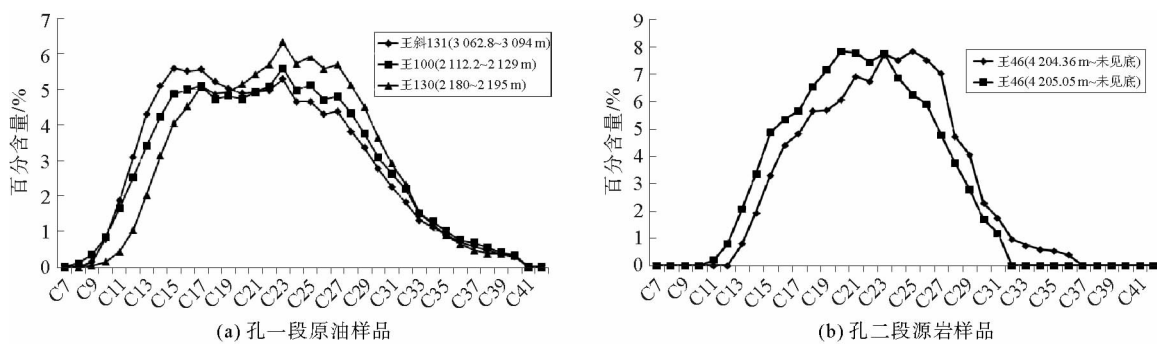


图 1 孔一段原油与孔二段源岩气相色谱对比图

Fig. 1 Contrast of gas chromatography between oil in Ek₁ and source rock in Ek₂

3)类异戊二烯型烷烃对比:孔一段原油与孔二段源岩的类异戊二烯型烷烃数据对比显示(表 2),孔一段原油与孔二段泥岩抽提物具有较高的可比性,说明孔二段为孔一段提供油源。

通过以上分析认为,孔二段具备一定的生油能力,是王 130 井区油藏、王 100 井区油藏和新发现的王 156 井区油藏的油源之一。研究区孔店组油源包括利津洼陷的沙三下亚段、沙四上亚段以及牛庄洼陷的沙三下亚段、沙四上亚段和孔二段。

表 2 孔一段原油与孔二段源岩类异戊二烯型烷烃对比表

Tab. 2 Contrast of isoprenoid alkane between oil in Ek₁ and source rock in Ek₂

样品类别	井名	层位	深度/m	$n(\text{Pr})/n(\text{C17})$	$n(\text{Ph})/n(\text{C18})$	$n(\text{Pr})/n(\text{Ph})$
原油	王斜 131	孔一上	2 467.3~2 495.8	0.20	0.33	0.62
	王 100	孔一中	2 112.2~2 129.0	0.33	0.57	0.61
	王 130	孔一下	2 180.0~2 195.0	0.35	0.64	0.57
泥岩抽提饱和烃	王 46	孔二段	4 203.0~未见底	0.50	0.79	0.55
			4 204.3~未见底	0.41	0.72	0.43
			4 205.1~未见底	0.64	1.28	0.46

1.3.3 输导体系

利津洼陷与牛庄洼陷沙三下亚段与沙四上亚段油源的输导体系相似,本文以牛庄洼陷油源为例,对研究区孔店组地层油藏输导体系进行分析。从孔店组成藏模式图中可以看出(图 2),研究区存在一系列油源断裂、不整合面及连通砂体沟通了牛庄洼陷沙三段、沙四段、孔二段油源与成藏区。孔二段烃源岩由于埋深较大,油气运移通道较为明显;而沙三段、沙四段源岩则因为埋深相对较浅,油气远距离运移至孔一段储层内成藏难度相对较大。

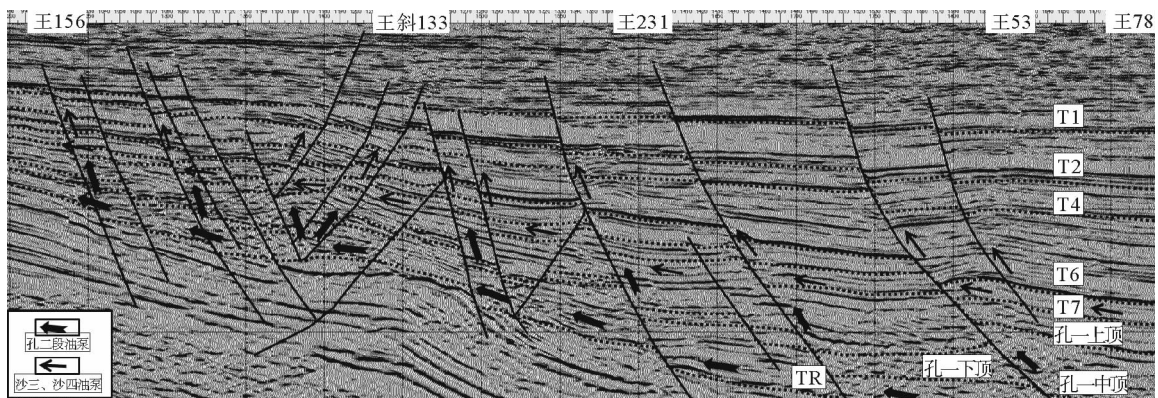


图 2 孔店组成藏模式图

Fig. 2 Accumulation model of Ek

1.3.4 油藏类型

综合上述对通王断裂带王 156 井区孔店组油藏原油特征、储层特征、烃源岩特征以及输导体系等分析结果,认为研究区王 156 井区油藏为低含硫、高含蜡、以孔一下亚段三砂组砂岩和粉砂岩为储层、以泥岩隔层为盖层、以孔店组底部超覆坡折带形成的不整合面为底板和侧向遮挡层的超覆型地层油藏(图 3)。

2 分布规律

2.1 不整合类型及分布特征

通王断裂带孔店组地层与上下地层的接触关系包括平行不整合、超覆不整合和削截不整合三种类型。草桥潜山区域(草 13 井北),孔一段上、中、下亚段均发育超覆不整合;广饶凸起北部,孔一段上亚段发育削截不整合,孔一段中亚段发育削截和超覆不整合,孔一段下亚段发育超覆不整合;鲁西隆起东北部,孔一段上、中、下亚段均发育削截不整合;王家岗构造带东翼(研究区东边界),孔一段上亚段发育平行不整合,孔一段中、下亚段发育超覆不整合。

如图 4 所示,东营凹陷南坡东部孔店组地层油藏有超覆型和剥蚀性两种类型,分别发育于超覆区和剥蚀区。其中,剥蚀区主要分布于鲁西隆起和广饶凸起的高部位,面积 72 km²,超覆区则主要分布在通王构造带,面积 625 km²,孔店组超覆型油藏比剥蚀性油藏具有更大的勘探空间。

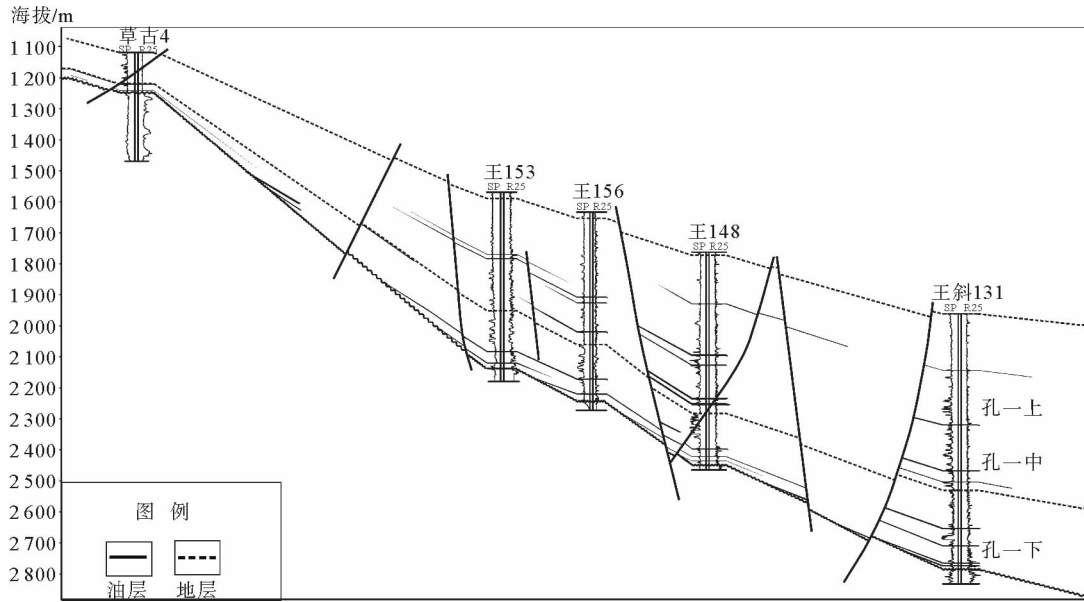


图3 王156井油藏剖面图

Fig. 3 Reservoir profile for well Wang156

2.2 不整合边界

传统依据地震反射同相轴的尖灭确定超覆线的方法,往往由于地震分辨率的原因,同相轴识别超覆边界范围通常小于实际沉积超覆范围。本文研究过程中,以孔店组地层相关实际资料为基础,利用波动方程技术进行正演模拟实验。根据正演实验结果可以发现,坡折带越缓,地震波频率越小,其超覆点的识别误差越大(图5)。因此,在总结孔店组超覆坡折带角度与超覆点识别误差之间关系基础上,利用夹角外推技术^[9]精确落实了孔店组各套层位的超覆边界范围(图4)。

2.3 坡折带

2.3.1 坡折带类型及成因

地震资料分析结果显示(图2~5),研究区孔店组底部超覆坡折带存在两种成因的坡折:区域构造(断陷和拗陷)形成的区域性缓坡和局部断层活动形成的陡坡,超覆型油藏下伏坡折带的角度是影响成藏的重要因素,且角度较大的坡折带是超覆油藏发育的有利部位^[7]。

2.3.2 量化地层倾角

以地震资料为基础,应用地层倾角技术对研究区孔店组底部超覆坡折带的角度范围进行了详细研究(图6)。配合反三角函数方法,可以精确计算出研究区孔店组底部超覆坡折带的地层倾角数值变化范围。从孔店组底部超覆坡折带倾角分布图可以看出,孔店组底部坡折带角度变化较大,

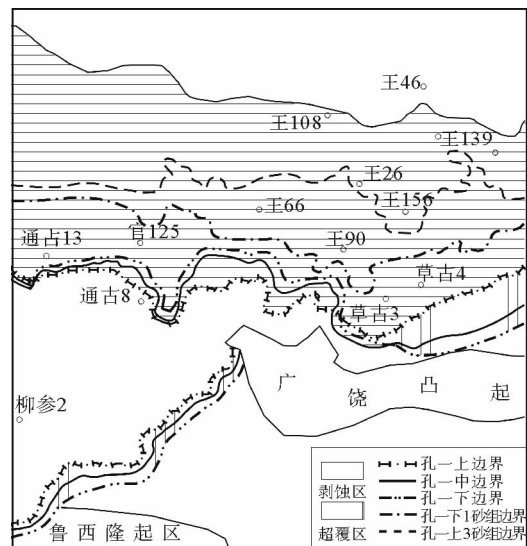


图4 孔一段超剥带分布图

Fig. 4 Distribution of overlap-erosion area of Ek₁

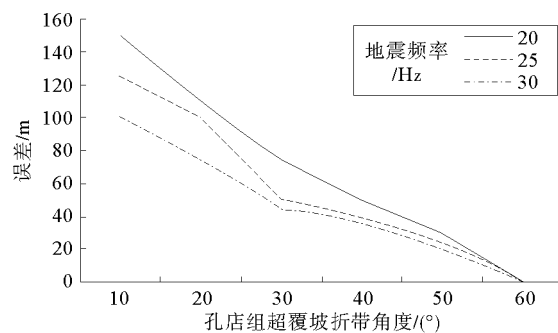


图5 孔一段超覆点识别正演模拟结果

Fig. 5 Result of forward simulation for overlap point of Ek₁

质砂岩、泥岩、砂岩和碳酸盐岩六种岩石类型。其中,砂质泥岩主要分布在王 26-王 108 一带;凝灰岩分布面积较大,主要分布在王 66 井以西以及王斜 155 井西北两个区域;凝灰质砂岩分布范围最少,主要分布在王 109 井区;泥岩分布范围较广,呈条带状,主要集中在官 125-王 90-王 133 一线;砂岩则主要分布在草古 4 东南方向一带;碳酸盐岩分布范围较少,主要分布在通古 12-通古 8 井区。其中,泥岩、砂质泥岩和凝灰岩为有利遮挡层,且分布广泛,面积为 490 km²,占超覆区面积的 80%,有利于孔一下超覆型油藏的形成。

对上述关于孔店组超覆区分布面积、有利坡折带分布面积、有利砂体展布面积以及有利遮挡层分布面积(图 4~8)进行叠合分析并综合评价,得到孔店组超覆油藏有利区综合分布图(图 9),其有利超覆油藏面积达 221 km²,预测资源量过亿吨。

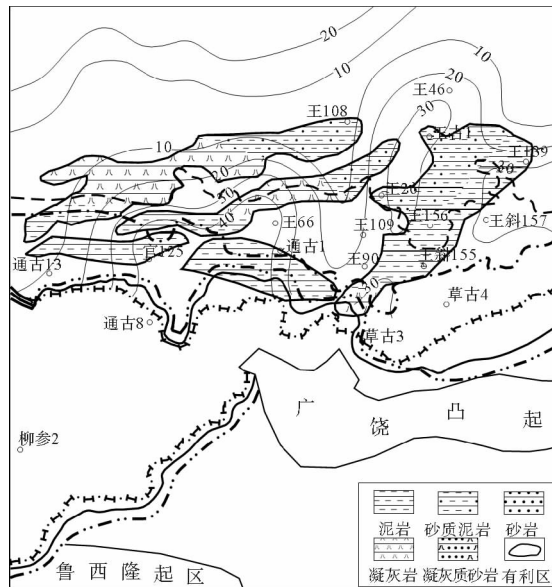


图 9 孔店组超覆油藏分布综合评价图

Fig. 9 Evaluation for overlap reservoir in Ek

3 结论

1)王 156 油藏孔一段下亚段三砂层组油层储层岩性主要为砂岩、粉砂岩,泥岩隔层为盖层,孔店组底部不整合面为底板和侧向遮挡层,油藏类型为高含蜡的超覆型油藏。

2)孔店组油藏以断层、连通砂体、不整合面为运移通道,油源来自利津洼陷沙三段下亚段、沙四段上亚段以及牛庄洼陷的沙三段下亚段、沙四段上亚段和孔二段。

3)通王构造带王 156 井区孔店组地层油藏类型主要为超覆型,受不整合面类型、不整合边界、下伏坡折带、侧向封堵性以及储层展布规律等多种因素影响,其有利储集相带为滩坝亚相和漫湖三角洲前缘亚相,有利坡折带角度为 15°~30°,有利遮挡层为泥岩、砂质泥岩和凝灰岩。

参考文献:

- [1] 蒋有录,查明. 石油天然气地质与勘探[M]. 北京:石油工业出版社,2010:12-30.
- [2] 隋凤贵,赵乐强,林会喜,等. 济阳拗陷第三系地层油藏形成机制与组合模式[J]. 油气地质与采收率,2005,12(6):1-5.
Sui Fenggui, Zhao Leqiang, Lin Huixi, et al. The forming mechanism and its combination mode of stratigraphic reservoir in Tertiary in Jiyang Depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2005, 12(6): 1-5.
- [3] 蒋有录,刘华,张乐,等. 东营凹陷油气成藏期分析[J]. 石油与天然气地质,2003,24(3):215-218.
Jiang Youlu, Liu Hua, Zhang Le, et al. Analysis of petroleum accumulation phase in Dongying Sag[J]. Oil and Gas Geology, 2003, 24(3): 215-218.
- [4] 隋凤贵,王学军,卓勤功,等. 陆相断陷盆地地层油藏勘探现状与研究方向:以济阳拗陷为例[J]. 油气地质与采收率,2007,14(1):1-6.
Sui Fenggui, Wang Xuejun, Zhuo Qingong, et al. Current exploration situation and research trend of stratigraphic reservoirs in continental fault basin: Taking Jiyang Depression as an example[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2007, 14(1): 1-6.
- [5] 任拥军,周瑶琪,查明,等. 东营凹陷古近系烃源岩成熟度特征[J]. 中国石油大学学报:自然科学版,2006,30(2):6-10.
Ren Yongjun, Zhou Yaoqi, Zha Ming, et al. Maturity of lower tertiary source rocks in Dongying Depression[J]. Journal of China University of Petroleum: Edition of Natural Science, 2006, 30(2): 6-10.