

文章编号:1673-5005(2007)06-0006-04

辽河西部凹陷兴隆台高潜山内幕油气藏 形成条件和成藏特征

高先志^{1,2}, 陈振岩³, 邹志文², 单俊峰³, 刘 峰², 刘宝鸿³

(1. 中国石油大学 教育部油气成藏机理重点实验室, 北京 102249; 2. 中国石油大学 资源与信息学院, 北京 102249;
3. 辽河油田公司 勘探开发研究院, 辽宁 盘锦 124010)

摘要: 利用地震、钻井地质和测试资料, 结合储层显微镜观察和原油地球化学分析, 对辽河西部凹陷兴隆台高潜山的内部结构、储层特点和油气性质进行了研究。结果表明, 新发现的兴古 7 井潜山油气藏不同于以往发现的风化壳型潜山油气藏, 它是一种潜山内幕构造裂缝型的混合变质花岗岩基岩油气藏。兴隆台潜山油气藏体系存在分布于潜山顶部附近的不整合遮挡和分布于潜山内幕的构造裂缝型油气藏两种类型。两者油气来源相同, 运聚成藏时期相近, 但输导体系不同。潜山浅表层油气藏的油气主要通过不整合面输导运移; 深层内幕油气藏的油气主要通过裂缝和断层构成的复杂输导体系运移, 断层起“大动脉”作用, 裂缝起“微循环”作用, 油藏间连通较好。兴隆台潜山内幕油气藏的发现揭示了渤海湾盆地潜山内幕是一个具有勘探潜力的新领域。

关键词: 辽河西部凹陷; 潜山内幕油气藏; 裂缝油气藏; 成藏模式; 输导体系

中图分类号: TE 122.24

文献标识码: A

Forming conditions and accumulation features of oil pools within the inner of highly buried-hills of Xinglongtai in west sag of Liaohe depression

GAO Xian-zhi^{1,2}, CHEN Zhen-yan³, ZOU Zhi-wen², SHAN Jun-feng³, LIU Feng², LIU Bao-hong³

(1. Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation Mechanism, Ministry of Education,
China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

2. School of Resource and Information Technology in China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

3. Institute of Exploration and Development, PetroChina Liaohe Oil Company, Panjin 124010, Liaoning Province, China)

Abstract: The structure, reservoir features and petroleum characterization for highly buried-hills of Xinglongtai in west sag of Liaohe depression were studied by the data of the seismic, geological well measuring, DST, microscope measuring of reservoir and analysis of petroleum geochemistry. The results show that the newly found oil pools within the highly buried-hills of Xinglongtai in the west sag of Liaohe depression is different from the conventional oil pools near the top of the buried hills, and the reservoir within the highly buried-hills of Xinglongtai is a kind of fissure reservoir of Archaeozoic hybrid of metagranite, which is developed deeply within the inner of the buried-hills. The reservoir system of the highly buried-hills of Xinglongtai can be divided into two fluid dynamic systems, which are similar in the source and in the maturation of petroleum and different in system of migration passage. Petroleum in the shallow reservoir system near the top of the buried-hills migrates through the unconformity surface, while the petroleum in the reservoir of the inner of the buried-hills migrates through the fault-fissure carrying system. The faults play a very important role in the transporting of the petroleum from the Tertiary source rocks in the sag, and the fissures play a role in petroleum storing and a role in connecting the different reservoirs in microscale. The finding of reservoirs in the inner of the buried-hills foreshows a new potential area to explore in the deep horizons of the Bohai bay Basin.

Key words: west sag of Liaohe depression; reservoirs in buried-hills; fissure reservoir; accumulation model of petroleum; system of migration passage

收稿日期: 2007-04-04

基金项目: 中国石油股份公司重大科研项目(07-01c-01-04)

作者简介: 高先志(1963-), 男(汉族), 山东荣成人, 教授, 博士, 主要从事油气藏形成与分布规律研究。

20世纪70年代,任丘潜山油田的发现,曾带动了全国范围的潜山油气藏勘探热潮,并形成了重要的潜山油气藏形成理论^[1-6]。一般认为,古潜山油气藏是在潜山表层风化壳中形成的一种不整合遮挡油气藏^[1]。早期辽河西部凹陷兴隆台潜山顶部所发现的诸多油气藏,例如兴68井、兴213井,都属此类潜山浅表层风化壳型的油气藏。兴隆台潜山深化勘探中钻探的兴古7井,不仅在2596.5~2748.38 m的潜山顶部获得工业油气流,更惊喜的是在距潜山顶面超过1500 m以下的3978~4014.5 m深度段的潜山内幕中也获得了高产工业油气流。这表明潜山油藏并不一定仅限于顶部风化壳,而在距山顶一定深度下的潜山内幕中仍具备形成油气藏的条件。该潜山内幕油气藏不同于济阳坳陷报道的潜山内幕油气藏^[7-8],而是一种基岩裂缝性油气藏。为此,笔者试图通过对兴隆台潜山内幕油气藏的形成条件和油气藏特征的分析,来全面理解潜山油气藏的类型和成藏条件,推动东部深层潜山内幕新领域的油气勘探。

1 兴隆台潜山油气藏形成条件

1.1 油源条件

潜山油气藏多数属“源外”或“源下”油气藏,即所谓的新生古储型油气藏^[1],油气来自潜山以外的烃源岩。兴隆台潜山油气藏也不例外。兴隆台潜山是典型的洼中隆,具备优越的烃源条件,其周边为陈家、清水和盘山3个生油洼陷所包围(图1)。

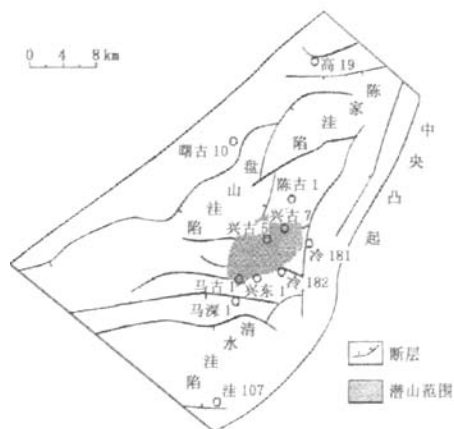


图1 兴隆台潜山在辽河西部凹陷中的位置

许多研究者已经证明,陈家、清水和盘山3个洼陷的沙三段具备很好的烃源岩分布,其烃源岩厚度大,生烃能力强^[9],这为兴隆台潜山油气藏的形成

奠定了重要的物质基础。

1.2 输导条件

向潜山内幕输送油气的输导条件是决定潜山内幕油气藏形成的重要因素。台安-大洼断层为兴隆台潜山内断层型输导层的形成创造了条件。受邻庐断裂活动的影响,台安-大洼断层的活动不仅表现出多期性,而且具有走滑和扭张特点^[9],所以导致潜山内幕不仅断层多,而且断层陡直(图2)。这些断层为沙三段烃源岩所生成的油气向潜山内幕运移提供了有利的输导条件。由断层作用而派生的裂缝受岩性差异性及断层产状差异性的影响,其分布复杂、大小不一。断层与裂缝构成复杂的输导体系,断层起“大动脉”作用,裂缝起“微循环”作用。

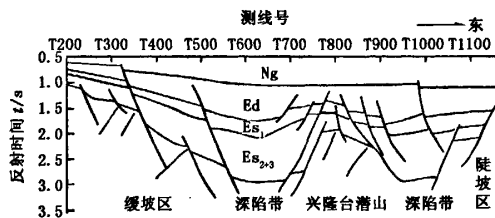


图2 兴隆台潜山断层分布剖面

1.3 储集条件

受断层多期活动的影响,兴隆台潜山内幕发育丰富的构造裂缝,多处形成破碎岩。图3为兴古7井太古界混合花岗岩潜山内幕发育的构造裂缝显微镜照片,从中可见构造裂缝发育。在钻井取心中,也可见到裂缝十分发育。对岩心资料统计发现,太古界混合岩裂缝型储层最大孔隙度为13.2%,一般为3%~8%,平均为6.6%^[10]。潜山内幕裂缝的发育程度受岩性影响,储层非均质性明显。FMI图像测井表明,混合花岗岩、角闪岩等暗色矿物少的岩类,因其脆性强,构造裂缝发育。构造裂缝具有明显的多期性(图3(b)),并有新裂缝切割旧裂缝的现象。裂缝发育的程度决定了裂缝在油气输导和储集过程中的作用,裂缝发育密集段往往成为储油气层段,裂缝发育稀疏段则多起输导和“桥梁”作用。

另一方面,兴隆台潜山潜表层还发育许多溶蚀孔隙,溶蚀孔隙主要发育在潜山顶部及中生界与太古界不整合面的附近,与风化剥蚀作用和淋滤溶蚀作用有关。因此,兴隆台潜山的表层和深层储集空间的类型不同。浅表层不整合面在油气的运移和聚集起主要作用。

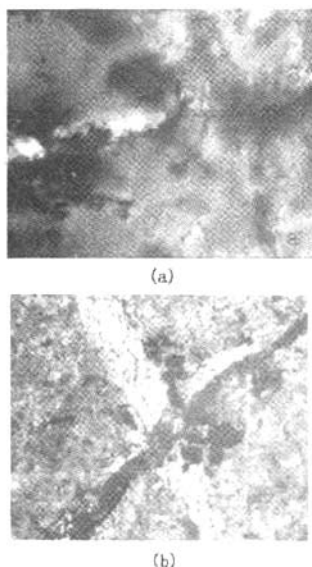


图 3 兴古 7 井太古界花岗岩显微镜照片

2 兴隆台潜山油气藏的特点

兴隆台潜山由中生界和太古界地层组成双层结构。受古近纪沉积前的长期风化影响,中生界地层很薄,在兴古 7 井仅存在 5 m 厚的中生界蚀变玄武岩。因此,兴隆台高潜山的主要组成部分为太古界潜山。

兴隆台潜山幅度超过 3 000 m,是名符其实的高潜山。兴古 7 井从井深 2 590 m 开始进山,钻进潜山

厚度达 1 642 m(未钻穿)。在这 1 642 m 的潜山地层中,电测解释出 17 层共 136 m 厚的油层和 45 层共 414.5 m 厚的差油层,可见含油丰富。

兴古 7 井测试结果表明,潜山顶部油层为异常高压,而潜山中下部则接近正常压力(表 1)。这说明潜山内部的油藏并不是一个统一的压力系统。潜山浅层油藏的高压可能与顶面风化壳封盖条件比较好有关,而潜山中深层油藏压力接近正常则说明内幕储层连通性较好。

表 1 兴古 7 井潜山油藏压力特点

油层中深 H_e /m	地层压力 p /MPa	压力系数
2 672.48	33.20	1.24
3 622.75	41.24	1.14
3 996.25	42.21	1.06

从原油的化学组成看,潜山深、浅层特征基本相同(表 2),生物标志物参数所反映的生源特征和成熟度都很接近。这说明深、浅层的油气来源相同,油气聚集的时期相近(两者成熟度很接近)。事实上,它们都属于来自沙三段烃源岩形成的正常成熟油气,油气聚集的时期主要发生在沙一段—东营组沉积时期^[11]。

根据潜山浅表层和中深层油藏组成相同而压力系数不同的事实,可以认为潜山深、浅层为两个不同的成藏系统。两者的不同在于油气输导运移的途径不同,浅表层油气是通过不整合面运移,中深层油气是通过断层和裂缝运移,两个成藏系统相对独立。

表 2 兴古 7 井潜山油藏不同深度原油生物标志物参数比较

深度 H /m	$w(\text{Pr})/$ $w(\text{Ph})$	$w(\text{Tm})/$ $w(\text{Ts})$	$w(\text{C}_{31}20\text{S})/$ $w(\text{S} + \text{R})$	$w(\text{C}_{29}\text{Ts})/$ $w(\text{C}_{29}\text{NH})$	$w(\text{C}_{30}\text{DH})/$ $w(\text{C}_{30}\text{H})$	$w(\text{C}_{29}20\text{S})/$ $w(20\text{S} + 20\text{R})$	$w(\text{C}_{29}\text{abb})/$ $w(\text{aaa} + \text{abb})$	$w(\text{C}_{27}20\text{R})/$ $w(\text{C}_{29}20\text{R})$
2 596.58 ~ 2 748.38	1.01	0.38	0.56	0.61	2.94	0.41	0.51	0.98
3 978 ~ 4 014.5	1.01	0.30	0.53	0.68	2.58	0.42	0.51	0.93

3 兴隆台潜山油气藏形成模式

根据兴隆台潜山油气藏形成条件和油气特点,可以总结出兴隆台潜山油气藏形成的基本模式。

兴隆台潜山存在 2 个油气成藏系统,即潜山浅表层风化壳型成藏系统和中深层潜山内幕裂缝型成藏系统。在兴古 7 井处,两个成藏系统分界大致在 2 720 m 深度,该界限随潜山顶面形态横向变化而改变。浅层风化壳型油气藏为高压成藏系统,中深层内幕潜山成藏系统为常压成藏系统,两个成藏系统封盖层的密封性和油气输导条件不尽相同。表层风化壳型油气成藏系统的油气主要是通过风化壳发生

运移;中深层内幕油气成藏系统的油气主要是通过断裂和构造裂缝发生运移。

作为潜山油气藏主体的内幕裂缝油气藏,断裂和裂缝构成网油气输导体系,油气遍布内幕主要裂缝发育带。裂缝发育带的分布受潜山岩性及断层产状的控制,在裂缝发育密集段形成油藏,在裂缝稀疏段油层分布似断非断,潜山整体构成一种似块状的构造裂缝型油气藏(如图 4)。

与渤海湾盆地已报道的潜山内幕油气藏特征不同,文献报道的潜山油气藏多属于不整合覆盖的潜山油气藏,即使内幕有构造也多表现为规则构造,多为碳酸盐岩储层,储层多按地层倾向呈层状分

布^[2,4]。

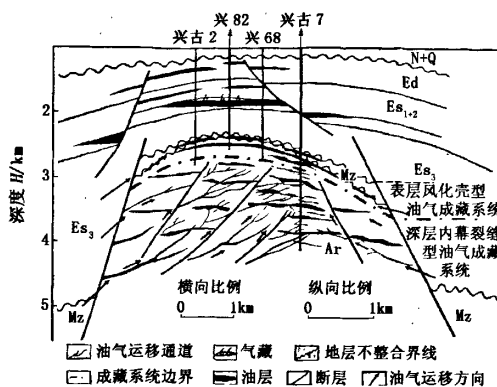


图4 兴隆台潜山油气藏形成模式

4 结论

(1)兴隆台潜山油气藏为多层次的基岩油气藏体系,包括浅表层风化壳型成藏系统和深层次裂缝型成藏体系。断裂及其派生的裂缝体系是潜山内幕油气藏形成的关键。

(2)兴隆台潜山深层次内幕油气藏的发现,说明不仅在潜山顶面附近可形成风化壳型的潜山油气藏,而且在潜山深层次内幕同样可以形成构造裂缝型油气藏。

(3)只要具备良好的油源和输导条件,无论潜山有多高,其内幕都可形成油气藏。因此,在东部盆地油气深化勘探过程中,深层潜山内幕是一个值得重视的勘探新领域。

参考文献:

- [1] 张厚福,方朝亮,高先志,等.石油地质学[M].北京:石油工业出版社,1999:250-254.
- [2] 华北石油勘探开发设计研究院.潜山油气藏[M].北京:石油工业出版社,1982.
- [3] 杜金虎,邹伟宏,费宝生,等.冀中坳陷古潜山复式油气聚集区[M].北京:科学出版社,2002:490-517.
- [4] 胡见义,徐树宝,童晓光.渤海湾盆地复式油气聚集区(带)的形成和分布[J].石油勘探与开发,1986,13(1):1-8.

HU Jian-yi, XU Shu-bao, TONG Xiao-guang. Formation and distribution of complex petroleum accumulation zones in Bohaiwan Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 1986,13(1):1-8.

- [5] 陈景达.渤海湾盆地的复式油气聚集带[J].石油大学学报:自然科学版,1988,12(3):41-50.

CHEN Jing-da. Multiple oil-gas accumulation zones in Bohai bay Basin[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 1988,12(3):41-50.

- [6] 张文昭.中国陆相盆地油气藏类型及复式油气聚集区油气藏序列[J].大庆石油地质与开发,1989,8(4):1-14.

ZHANG Wen-zhao. All types of hydrocarbon accumulations and their composite accumulated areas in the continental basins of China[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 1989,8(4):1-14.

- [7] 宋传春.济阳坳陷低位古潜山成藏条件分析[J].特种油气藏,2004,11(3):12-15.

SONG Chuan-chun. Reservoir forming conditions in low buried hill of Jiyang depression[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2004,11(3):12-15.

- [8] 林红梅,王亚琳,张家震,等.车西北部古潜山油气藏特征[J].特种油气藏,2003,10(2):27-30.

LIN Hong-mei, WANG Ya-lin, ZHANG Jia-zhen, et al. Characteristics of buried hill reservoir in north Chexi[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2003,10(2):27-30.

- [9] 张占文,陈振岩,郭克圆.辽河盆地天然气地质[M].北京:地质出版社,2002:20-110.

- [10] 刘敬.兴隆台-马圈子古潜山油气藏勘探研究[J].特种油气藏,2006,13(1):46-49.

LIU Jing. Xinglongtai-Majuanzi buried hill reservoir exploration study[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2006,13(1):46-49.

- [11] 罗静兰,梁志刚,王卓卓,等.辽河盆地兴隆台潜山变质岩-火山岩油藏烃类注入史及其成藏模式[J].石油实验地质,2004,26(3):249-253.

LUO Jing-lan, LIANG Zhi-gang, WANG Zhuo-zhuo, et al. Hydrocarbon charging history and pool-forming model of the archeozoic-mesozoic metamorphic volcanic reservoirs, Xinglongtai buried hill, Liaohe Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2004,26(3):249-253.

(编辑 刘艳荣)