

文章编号: 1009-3850(2014)03-0078-04

# 滨里海盆地东缘构造演化及油气成藏模式分析

胡 杨<sup>1,2</sup>, 夏 斌<sup>3</sup>, 王燕琨<sup>4</sup>, 万志峰<sup>3</sup>, 蔡周荣<sup>3</sup>

(1. 南华大学 矿业工程博士后工作站, 湖南 衡阳 421001; 2. 南华大学 核资源与核燃料工程学院, 湖南 衡阳 421001; 3. 中山大学 海洋学院, 广东 广州 510275; 4. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:** 滨里海盆地是中亚地区油气资源最为丰富的沉积盆地之一。本文以油气地质理论为指导, 对盆地东缘的构造演化以及其油气成藏组合进行分析, 认为乌拉尔造山运动对盆地东缘的构造演化造成了深刻影响。盆地东缘盐上层系的生烃条件较差, 主要油气来源应为盐下层系。石炭系碳酸盐岩 KT-I 层和 KT-II 层是盆地东缘发育的良好储层。下二叠统盐层为区域性盖层, 特别是对盐下油气藏起到了良好的区域封盖效果, 盐相关构造圈闭类型发育。不整合面、断层和孔、洞、缝等组成复合的油气输导体系。盆地东缘的油气成藏模式主要为盐下层系的“自生自储型”和“下生上储型”以及盐上层系的“下生上储型”。

**关键词:** 滨里海盆地东缘; 构造演化; 油源条件; 储盖条件; 圈闭条件; 油气成藏模式

中图分类号: TE122.3<sup>+1</sup>

文献标识码: A

## 引言

哈萨克斯坦境内的滨里海盆地是中亚地区油气资源量最为巨大的沉积盆地之一。盆地长1000km, 最宽处达65km, 呈东西方向延伸, 轮廓近似椭圆形, 面积约为 $50 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 沉积物最大厚度达22km<sup>[1-2]</sup>。滨里海盆地与我国西北地区临近, 已成为我国海外重要的油气战略发展区域之一。其东缘紧邻乌拉尔褶皱造山带, 目前已经发现了肯基亚克、让纳若尔、西涅利尼、科扎赛依和卡拉丘别等一系列大中型油气田<sup>[3-4]</sup>, 已充分说明盆地东部地区具有丰富的油气资源。

本文以地震资料和钻井资料为基础, 以构造地质学和石油地质学理论为指导, 深入分析滨里海盆地东缘构造演化及其对油气成藏因素的影响, 这对加快滨里海盆地东部地区的油气勘探进程, 保障国



图1 滨里海盆地东缘区域地质图(据周生友, 2010)  
Fig. 1 Regional geological map of eastern Precaspian Basin (after Zhou Shengyou, 2010)

收稿日期: 2014-02-18; 改回日期: 2014-02-26

作者简介: 胡杨(1983-), 男, 讲师, 主要从事含油气盆地分析和铀矿地质。E-mail: 120583745@qq.com

资助项目: 湖南省自然科学基金项目(14JJ6023)、湖南省教育厅一般项目(13C807)、南华大学博士科研启动基金(2012XQD03)联合资助

家能源安全和经济稳健可持续发展具有重要意义。

## 1 构造演化特征

晚泥盆世至早石炭世,滨里海盆地属于东欧克拉通的被动大陆边缘<sup>[5]</sup>,滨里海盆地东缘此时为前陆古坳陷沉降区。到中石炭世,随着海退的发生,盆地东缘开始变为浅海台地相环境,沉积有厚层的碳酸盐岩,局部发育有链状、障壁型、环状生物礁沉积<sup>[6]</sup>,但碳酸盐岩的厚度横向变化不大,说明东缘此时的地层抬升规模、沉积环境基本一致。

石炭纪末期到早二叠纪,周边板块开始发生碰撞,盆地周围开始造山,盆地内部封闭成湖并快速沉降,形成厚度巨大的膏盐层<sup>[7]</sup>。由于受到哈萨克斯坦板块与东欧板块发生碰撞的影响,盆地东缘处于东西向挤压应力场作用下,乌拉尔褶皱造山带逆冲到东缘之上,并导致东缘抬升,使一些低幅度背斜开始出现。其上的盐岩层在重力的作用下向盆地方向流动。

晚二叠世,乌拉尔地区风化剥蚀严重,大量来自乌拉尔褶皱带的陆源碎屑物质陆续向盆地东缘不均匀沉积,早二叠世形成的盐岩地层在区域构造应力和上覆地层的差异负荷压力作用下开始形成一系列的盐相关构造且向盆地方向有规律分布。此时盆地东缘地层发生反转,基本确定现今东高西低的构造形态特征<sup>[8]</sup>。

三叠世到早侏罗世,盆地整体抬升剥蚀,且盐岩层持续上拱,使盐丘构造上覆三叠系被剥蚀殆尽,甚至部分二叠系也遭受剥蚀。直至中侏罗世,盆地整体持续缓慢下降,构造活动逐渐稳定,在剥蚀面上连续沉积侏罗系、白垩纪和新生代地层,对盐相关构造进行进一步的改造。

## 2 油气成藏要素

### 2.1 油源条件

滨里海盆地东缘的油源条件比较复杂,主要是由二叠纪巨厚盐层的存在所导致的,盐层的冷却效应使得盆地地温梯度明显偏低,不同岩层的热传导率又不同,更加剧了油源条件研究的复杂性。

#### 2.1.1 盐下层系油源条件

盆地东缘位于阿斯塔拉-阿克纠宾古隆起区向东倾没的古斜坡区,在中晚泥盆世-石炭纪处于浅水-较深水的还原-强还原沉积环境<sup>[9]</sup>,有机质丰度较高,有机碳含量0.57%~3.86%,氯仿沥青“A”含量420~8440 $\mu\text{g/g}$ (平均5120 $\mu\text{g/g}$ ),总烃含量150

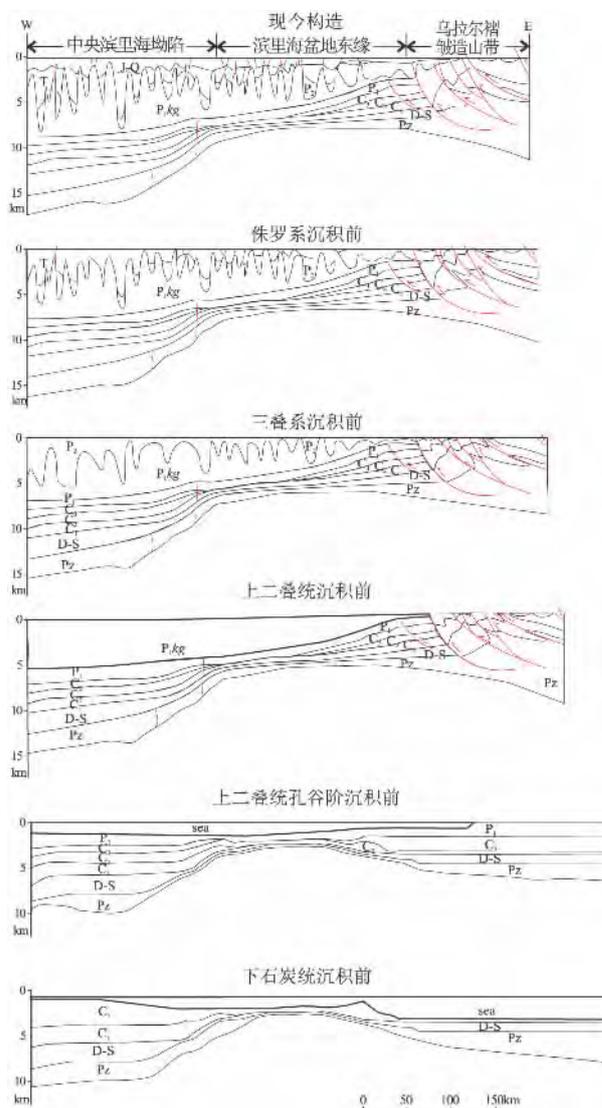


图2 滨里海盆地东缘东西向构造演化示意图(据 Volkova, 1995 略有修改)

Fig. 2 Sketches to show the tectonic evolution of eastern Precaspian Basin (modified from Volkova, 1995)

~5038 $\mu\text{g/g}$ (平均2943 $\mu\text{g/g}$ )。有机质主要为腐泥型和偏腐泥的混合型,应属于中等-好的生油岩。

#### 2.1.2 盐上层系油源条件

对于盐上油气来源问题,由于受到盐层冷却效应的影响,主要有两种观点<sup>[10]</sup>:一种认为盐上油气是盐上自身的烃源岩所生,来源于盐间盆地中心埋藏较深的三叠系泥页岩和侏罗系的泥岩;另一种观点认为,盐上与盐下油藏中的烃类均来源于盐下。不过目前根据东缘部分油田的原油与生油岩的地球化学指标和油-油地化指标的对比<sup>[11-12]</sup>,推测东缘盐上和盐下油藏中原油还是应该来自于中、下石炭统烃源岩和下二叠统深灰色泥岩。

### 2.2 储盖条件

### 2.2.1 储层条件

#### (1) 盐下层系储集层条件

盆地东缘的盐下储集层主要为下石炭系 KT-I 和 KT-II 层。下石炭统 KT-II 层,属于孔隙型储层,以粒间孔和体腔孔为主,岩芯分析储层段平均孔隙度 6.7%,平均基质渗透率为 14.95mD。KT-I 储层属于裂缝-孔隙型储层,部分地层孔隙度为 6~26%,渗透率为 0.1~500 mD<sup>[13-14]</sup>。

下石炭系储层总体表现为纵横向变化大、非均质性强,次生改造作用非常重要,诸如溶蚀、白云石化、重结晶、方解石化等,均以不同的形式反映在地层的储集性能上。

#### (2) 盐上层系储集层条件

盐上层系的含油气储层主要为上二叠统-三叠系和侏罗系-下白垩统,以浅海陆棚、潮坪相沉积的石英砂岩、粉砂质石英砂岩为主,也有少量长石砂岩和岩屑砂岩<sup>[15]</sup>。其中,中侏罗统和下白垩统的孔隙度一般为 17%~39%,渗透率变化较大,为 1~3000mD,总体上表现为“高孔、中高渗”型,局部为“中孔、低渗”型。

### 2.2.2 盖层条件

滨里海盆地有两套区域盖层:下二叠统盐岩层和下石炭统泥岩,其中下二叠统盐层对盐下油气藏起到了良好的区域封盖效果,但是由于盐层厚度分布不一,加上局部地区由于受较强烈的构造应力影响,有可能就不能成为某个油气藏的直接盖层。早三叠世-上新世各时期发育的厚层泥页岩也具有较好的封堵能力。

### 2.3 圈闭条件

滨里海盆地东缘侏罗系底面表现为一个明显的区域不整合面,该不整合面之上地层除上拱严重的盐丘顶部之外,其余部分均受盐构造活动影响较小,变形比较微弱。不整合面之下的三叠系和上二叠统受整体盐构造活动影响明显,表现出同生构造变形地层特征<sup>[4,16]</sup>。此外,孔谷阶含盐层系以下地层的变形特征与盐层及其上覆层也有明显不同(图 3)。

## 3 成藏模式分析

### 3.1 盐下层系油气成藏模式分析

滨里海盆地东缘盐下油气成藏模式主要有两类:一类为“自生自储型”,主要生油岩为石炭系 KT-I 和 KT-II 生油岩,而石炭系 KT-I 和 KT-II 自身又为良好的储集层,盖层分别为中石炭统 MKT 层和下二叠统的深灰色砂泥岩互层。另一类为“下生上储

型”,由于盐丘的翼部对于下伏地层的负荷高于盐丘顶部,长期在上覆地层的差异压实下,有利于盐下构造圈闭形成,油气主要来源于石炭系烃源岩,通过输导系统向圈闭运移(图 4)。

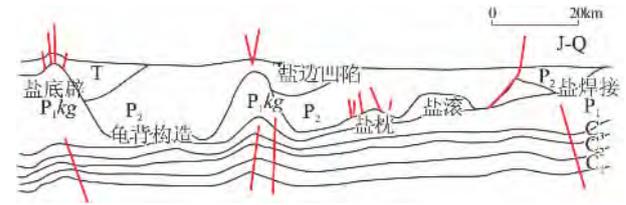


图 3 滨里海盆地东缘盐相关构造圈闭类型(据杨孝群, 2011 略有修改)

Fig. 3 Salt-associated structural traps in eastern Precaspian Basin (modified from Yang Xiaoqun, 2011)

### 3.2 盐上层系油气成藏模式分析

盐体活动造成盐上层系发生多次运移聚集、多次成藏,其成藏模式主要为“下生上储型”。盐上层系中生界的浅海陆棚、三角洲和海相砂岩均较发育,岩性多为石英砂岩,物性好,具有良好的储集条件。圈闭条件良好,背斜型、断块型、盐岩遮挡型、地层尖灭型、不整合面遮挡型、砂岩透镜体型等圈闭均有分布。侏罗系-白垩系及古近系广泛发育的厚层泥页岩可提供良好的盖层(图 4)。

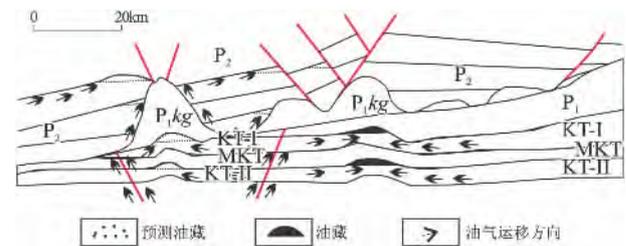


图 4 滨里海盆地东缘油气运移示意图

Fig. 4 Sketch showing the hydrocarbon migration in eastern Precaspian Basin

## 4 结论与认识

(1) 滨里海盆地东缘紧邻乌拉尔褶皱带,乌拉尔造山运动对盆地东缘构造演化起到了至关重要的作用。早二叠世到晚二叠世期间,乌拉尔造山运动使盆地东缘抬升,并不断向东缘挤压,造成该区地层倾向反转,形成斜坡,其上的盐层主要在重力作用下发生变形。晚二叠世到三叠纪,来自乌拉尔褶皱带的碎屑物,陆续向盆地方向不均匀沉积,差异负载作用使盐枕继续发育,形成刺穿底辟。

(2) 滨里海盆地东缘盐上层系的生烃条件较

差, 油气主要来源盐下层系。石炭系 KT-I 和 KT-II 层为良好的储层。下二叠统孔谷阶盐岩层和下石炭统泥岩两套区域盖层起到了良好的封盖效果, 盐构造相关圈闭发育。存在不整合面、断层和孔、洞、缝等油气运聚通道。

(3) 盐下层系的油气成藏模式主要为“自生自储型”和“下生上储型”; 盐上层系的油气成藏模式主要为“下生上储型”。

#### 参考文献:

- [1] 郑俊章, 周海燕, 黄先雄. 哈萨克斯坦地区石油地质基本特征及勘探潜力分析[J]. 中国石油勘探, 2009, 14(2): 80-86.
- [2] 周生友, 杨秀梅, 马艳, 等. 滨里海盆地北部盐下油气成藏条件与模式研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2010, 40(2): 304-308.
- [3] 张家青. 哈萨克斯坦滨里海盆地东南部油气地质特征及勘探方向[J]. 海洋地质前沿, 2011, 27(7): 50-56.
- [4] 杨孝群, 汤良杰, 朱勇. 滨里海盆地东缘盐构造特征及其与乌拉尔造山运动关系[J]. 高校地质学报, 2011, 17(2): 318-326.
- [5] 钱桂华. 哈萨克斯坦滨里海盆地油气地质特征及勘探方向[J]. 中国石油勘探, 2005, 10(5): 60-66.
- [6] 梁爽, 王燕琨, 金树堂, 等. 滨里海盆地构造演化对油气的控制作用[J]. 石油实验地质, 2013, 35(2): 174-194.
- [7] 余一欣, 郑俊章, 汤良杰, 等. 滨里海盆地东缘中段盐构造变形特征[J]. 世界地质, 2011, 30(3): 368-374.
- [8] 刘东周, 龔立荣, 郝银全, 等. 滨里海盆地东部盐下成藏主控因素及勘探思路[J]. 海相油气地质, 2004, 9(1/2): 53-58.
- [9] VOLCHEGURSKY L F, VLADIMIROVA T V, KAPUSTIN I N, NATAPOV L M. Evolution of the Precaspian depression in Middle to Late Paleozoic [J]. Otecestv. Geol., 1995, 3: 44-49 (in Russian).
- [10] 刘洛夫, 朱毅秀, 张占峰, 等. 滨里海盆地盐上层的油气地质特征[J]. 新疆石油地质, 2002, 23(5): 442-447.
- [11] 王连岱, 沈仁福, 吕风军, 等. 滨里海盆地石油地质特征及勘探方向分析[J]. 大庆石油地质与开发, 2004, 23(2): 17-18.
- [12] 史丹妮, 杨双. 滨里海盆地盐岩运动及相关圈闭类型[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(3): 73-79.
- [13] 赵中平, 牟小清, 陈丽. 滨里海盆地东缘石炭系碳酸盐岩储层主要成岩作用及控制因素分析[J]. 现代地质, 2009, 23(5): 828-834.
- [14] 方甲中, 吴林刚, 高岗, 等. 滨里海盆地碳酸盐岩储集层沉积相与类型一以让纳若尔油田石炭系 KT-II 油层系为例[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(4): 498-508.
- [15] 刘洛夫, 朱毅秀, 胡爱梅, 等. 滨里海盆地盐下层系的油气地质特征[J]. 西南石油学院学报(自然科学版), 2002, 24(3): 11-15.
- [16] 杨勤林, 李国斌, 许先华, 等. 滨里海盆地东缘中区块盐下构造识别方法[J]. 地球物理学进展, 2012, 27(3): 1094-1100.

## Tectonic evolution and hydrocarbon accumulation model in eastern Precaspian Basin

HU Yang<sup>1,2</sup>, XIA Bin<sup>3</sup>, WANG Yan-kun<sup>4</sup>, WAN Zhi-feng<sup>3</sup>, CAI Zhou-rong<sup>3</sup>

(1. Post-doctoral Research Station of Mining Engineering, University of South China, Hengyang 421001, Hunan, China; 2. School of Nuclear Resources and Nuclear Fuel Engineering, University of South China, Hengyang 421001, Hunan, China; 3. School of Marine Sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, Guangdong, China; 4. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The Precaspian Basin has proved to be one of prolific sedimentary basins in Central Asia. A preliminary study is made in the present paper for the tectonic evolution, source-reservoir-seal associations and migration of hydrocarbons on the eastern margin of the Precaspian Basin. Uralian orogeny is believed to have exerted an important effect on the eastern margin of the Basin. Generally speaking, the suprasalt strata are poor in hydrocarbon accumulation. Instead, the hydrocarbons mainly originated from the subsalt strata. The Carboniferous carbonate rocks KT-I and KT-II beds are interpreted to be the excellent reservoir rocks in the study area. The Lower Permian salt beds appear as the regional cap rocks, and contribute a lot to the local sealing of subsalt hydrocarbons. The salt-associated structural traps are well developed, and the unconformities, faults, pore spaces and fissures constitute a compound oil-gas carrier system. The models for the hydrocarbon accumulation include the “self-generation and self-accumulation” type for the subsalt strata, and “lower-generation and upper-accumulation” type for the suprasalt strata.

**Key words:** eastern Precaspian Basin; tectonic evolution; source rock; reservoir rock; trap; model for hydrocarbon accumulation