

文章编号:0253-9985(2011)04-0577-07

大型高原内陆咸化湖盆油气特殊成藏 条件分析及勘探意义 ——以柴达木盆地柴西地区为例

石亚军^{1,2}, 曹正林², 张小军², 王艳清³, 王鑫², 黄思静¹

(1. 成都理工大学, 四川 成都 610059; 2. 中国石油勘探开发研究院 西北分院, 甘肃 兰州 730020;

3. 中国石油杭州地质研究院, 浙江 杭州 310023)

摘要:提出了诸如柴西地区这种大型的高原内陆咸化湖盆4大特殊成藏条件:1)相似于现代青海湖,其具有多物源、小体系、窄相带、多类型的特殊沉积条件;2)受其独特的地质背景及水介质的影响,具有统一生烃坳陷,多个主力生烃中心共存的格局;3)区别于其他大型内陆湖盆单一的油气运移势(诸如鄂尔多斯盆地),其具有多方向发散式的优势油气运移势;4)高海拔活动区油气藏具有“自我封闭”成藏的特征。基于以上特殊成藏条件,提出了柴西地区岩性油气藏勘探除了局限于传统的三角洲前缘相带之外,滩坝砂、藻灰岩及地震引起的滑塌、油积体成为岩性油气勘探的3大主要接替领域。这种多个主力生烃中心共存的格局和多方向发散式油气运移势的特点,决定了柴西地区的油田将呈现出近源成藏、分散聚集、油气田小而多的特点。因而勘探部署应在老区精细勘探的基础上积极实施低勘探区的石油预探,尤其要加强紧邻主力生烃中心且处于优势油气运移势指向区的阿尔金山前带、甘森及红沟子一带的石油预探。同时,这种“自我封闭”成藏的认识,明确了盆缘稳定抬升区将成为盆地下一步实施储量增长高峰期的主要领域。

关键词:特殊油气成藏条件;高原内陆咸化湖盆;勘探意义;柴西地区

中图分类号:TE122.2

文献标识码:A

Special reservoir formation conditions and their exploration significance of the large saline lacustrine basin of inland plateau-taking the western Qadam Basin for example

Shi Yajun^{1,2}, Cao Zhenglin², Zhang Xiaojun², Wang Yanqing³, Wang Xin² and Huang Sijing¹

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China; 2. Northwest Branch of PetroChina

Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Lanzhou, Gansu 730020, China;

3. Petrochina Hangzhou Institute of Petroleum Geology, Hangzhou, Zhejiang 310023, China)

Abstract: The author proposed four major special conditions for hydrocarbon accumulation in large saline lacustrine basins of inland plateau (such as the western Qaidam area). First, their sedimentary environment is similar to that of modern Qinghai Lake, featuring in unique deposition conditions such as multi-source, small systems, narrow facies belt and multiple types. Secondly, controlled by unique geological background and water medium, they share the pattern of one hydrocarbon-generation depression with a number of kitchens. Thirdly, different from other large inland lake (such as the Ordos Basin) with a single hydrocarbon migration potential, they have the advantage of multi-directional migration potential of oil and gas. Finally, reservoirs in active re-

收稿日期:2010-10-19;修订日期:2011-06-10。

第一作者简介:石亚军(1977—),男,博士研究生,古生物地层、含油气盆地分析、油气地质。

基金项目:中国石油天然气股份有限公司重大科技项目(07-01Z-01-02);中国石油天然气股份有限公司探区重大预探领域与目标选择研究项目(2008D-0707-03)。

gions at higher altitude show a “self-closed” pooling pattern. Based on the above four specific reservoiring conditions, the author proposed that oil and gas exploration in western Qadam Basin shall not only focus on delta front deposits, but also on the following three targets: beach bar sand, algal limestone as well as slump and turbidite sandbody caused by earthquakes. In addition, the above-mentioned features determine that the oil fields in western Qaidam have the characteristics of near-source accumulation, wide distribution, small but numerous oil/gas fields. Thus the exploration should be mainly brought before areas close to the main kitchens, such as Altun, Gansen and along Honggouzi. Meanwhile, the understanding of so-called “self-closed” reservoiring pointed out that the uplifted basin margin be the main areas for future reserve growth.

Key words: special hydrocarbon accumulation condition, saline lacustrine basin of inland plateau, exploration significance, western Qaidam Basin

近年来,石油地质界的油气勘探在不断向深层和高海拔进军,青藏高原尤其是柴达木油气勘探开发实践已经证明,高海拔具有相当丰富资源量。而这种高原内陆咸化湖盆特殊的油气成藏条件的明确化和清晰化,将为高原内陆咸化湖盆的油气勘探提供重要的理论依据。柴达木盆地第三纪大型咸化湖盆油气地质条件独具特色,国内外少见,主要表现为古气候干燥、偏冷,古地形相对高差很大,古湖水盐度大,古水深变化频繁,构造活动方式多样,构造样式复杂。尽管近些年来,石油地质学家对柴西地区基本成藏条件进行了相关的研究和报道,但如何在这种多改造构造环境、多变迁、多迁移的沉积环境中明确其独特的成藏条件迄今为止报道甚少。本文重点通过对这些特殊成藏条件的类比分析,进而探讨其对整个柴西地区下一步油气勘探的意义及作用,同时填补国内、外针对咸化湖盆油气勘探认识的一些空白。

1 区域地质概况

柴西地区是指青藏高原北部柴达木盆地的西部地区,被阿尔金山、昆仑山所夹持,为一中、新生代大型内陆咸化山间湖盆,主要划分了昆北断阶带、尕斯断陷带、茫崖凹陷、大风山凸起带和一里坪凹陷带等构造单元。地理面积 $3.4 \times 10^4 \text{ km}^2$, 区内新生界地层出露齐全,分布广、厚度大,以陆源碎屑物沉积为主,油气资源丰富,是盆地的三大含油气系统之一,也是盆地内最富油气的新生代沉积凹陷。柴西地区油气资源丰富,勘探潜力巨大。二次资评表明,该地区石油总资源量 $15.35 \times 10^8 \text{ t}$,天然气总资源量 $9\,629.81 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。其中,石油资源量占整个柴达木盆地石油资源量的

71%,是盆地石油勘探主战场。总之,柴西地区地表环境恶劣,地质条件复杂,资源丰富。虽然经历了半个多世纪的勘探,但整体勘探程度不均衡,部分地区勘探程度较低,认识程度也比较薄弱。资源发现率和探明率低,剩余资源量丰富,勘探前景广阔,还存在一些新区、新层系、新领域需要进一步探索,仍需不断加强其特殊成藏条件的分析,以期进一步指导油气的勘探和发现。

2 特殊成藏条件分析

2.1 具有多物源、小体系、窄相带、多类型的沉积背景

柴达木盆地西部地区第三纪沉积期为干旱性气候,属于较闭塞、盐湖盆地,沉积特征具有多变的中—小型物源、沉积体系规模小、沉积相带变化快、较强的沉积迁移性、沉积物类型多样等特点。通过地震和高分辨率层序地层学的应用^[1],在层序格架下进行沉积特征综合分析,结果证实柴西地区的沉积格局(图1)明显区别于畅流湖盆^[2](其湖盆中心发育大型牵引流砂体、源储广泛式接触),相似于青海湖现代沉积。其特殊性主要表现为:1)具有多个物源。主要包括六大物源体系,即阿尔金东段辫状三角洲体系、阿尔金西段扇三角洲(近岸水下扇)体系、阿拉尔辫状三角洲体系、铁木里克辫状三角洲体系、祁漫塔格—东柴山辫状三角洲体系、弯西—甘森辫状三角洲体系。2)发育多类沉积体系。主要有3种沉积体系,即近源陡坡型沉积体系、远源缓坡型沉积体系、内源型碳酸盐岩—膏盐岩沉积体系。3)差异于畅流湖盆中心可发育大型牵引流砂体,其边缘相带窄,分布范围有

大于0.8%的频率占20%;氯仿沥青“A”范围从0.005 4%~0.952 2%,大于0.05%的频率占77%,大于0.1%的频率占56%。表现出高盐度、强还原环境、高演化程度、深水等特征。切克-扎哈泉生烃中心暗色泥岩厚度区间为607~894 m, TOC 范围从0.07%~1.03%,大于0.4%的频率占21%,大于0.8%的频率占7%;氯仿沥青“A”范围从0.013 1%~0.115 8%,大于0.05%的频率占37.5%,大于0.1%的频率占12.5%。表现出较高盐度、较强还原环境等特征。茫西主力生烃中心暗色泥岩厚度区间为1 000~1 400 m, TOC 范围从0.25%~1.87%,大于0.4%的频率占75%,大于0.8%的频率占15%;氯仿沥青“A”范围从0.011 5%~1.046 1%,大于0.05%的频率占82%,大于0.1%的频率占61%。表现出盐度高、强还原环境、演化程度高、水体深等特征。小梁山-南翼山主力生烃中心暗色泥岩厚度区间为600~1 000 m, TOC 范围从0.24%~1.45%,大于0.4%的频率占56%,大于0.8%的频率占6%;氯仿沥青“A”范围从0.014 7%~0.345 2%,大于0.05%的频率占77%,大于0.1%的频率占31%。表现出水体还原性相对较弱,盐度相对较小、水体较浅、演化程度较高的特征。茫东主力生烃中心暗色泥岩厚度为850~1 200 m, TOC 范围从0.14%~0.70%,大于0.4%的频率占29%;氯仿沥青“A”范围从0.009 8%~0.406 9%,大于0.05%的频率占37.5%,大于0.1%的频率占25%。

2.3 具有多方向发散式优势油气运移势

油气在平面上,由于受构造和岩性的影响,存在优势运移路径^[8]。初步研究表明,约70%的油气藏位于优势通道方向上,因此,在实际勘探中如何追溯或确定优势运移通道成为当前石油地质研究中的重点和热点问题之一^[9-10]。近几年来,研究者也先后发现,诸如地层压力等流体动力是油气运移、聚集的主要控制因素^[11-12],并且发现无论平面还是剖面,油气运移的方向总是从高剩余压力区段指向低剩余压力区段,并且油气围绕生烃中心呈环带状分布^[13]。另外压实系数与地层中某一深度段孔隙成负相关,可以用来反映地层的减孔率,因为减孔率大的地方不利于油气的运移,从而可指示油气的运移阻力。笔者在研究中,通过

泥岩压实特征,分析地层流体的异常压力分布特征。主要将压实系数平面展布与剩余压力平面展布结合研究,考虑认为运移阻力低值脊与剩余压力高值脊两者耦合较好的地方则为柴西地区的主要油气运移通道。综合研究结果证实,柴西地区的优势油气运移通道具有多方向、发散式的分布趋势,并且目前已发现的油气田基本都处在优势油气运移通道上(图2),而这种发散式的多油气运移通道明显区别其他内陆湖盆。例如在鄂尔多斯盆地,剩余压力大都具有单向分布的特征^[14-15],其长7—长9油层组过剩压力的分布在平面上沿古峰庄—王洼子地区表现最为明显^[15]。

2.4 具有“自我封闭”成藏的特征

诸如柴达木盆地这种大型的高原内陆湖盆,新构造运动对石油地质层系和古油藏的改造和影响很大,并且高海拔油气藏的保存条件也非常严苛。胡见义院士等提出了高海拔区的自我封闭系统^[16],为高海拔地区石油地质领域及理论探讨提供了重要的借鉴作用。在此基础上,笔者通过柴西地区的古今地层压力系数差值(ΔK)平面分布特征、油气藏分布、地面油砂点的出露情况、关键成藏期古今构造的对比分析、生储盖组合进行了综合分析。

$$\Delta K = K_{\text{古}} - K_{\text{今}} \quad (1)$$

式中: $K_{\text{古}}$ 为古地层压力系数; $K_{\text{今}}$ 为今地层压力系数($K_{\text{今}}$ 数据引自青海油田的部分实测数据)。

$$K_{\text{古}} = p / (\Delta p + p) \quad (2)$$

式中: p 为作用于地层孔隙的流体压力,MPa; Δp 为剩余压力,MPa。

$$\Delta p = p - \rho_w g Z \quad (Z \leq H) \quad (3)$$

$$p = \rho_w g Z_e + \rho_b g (Z - Z_e) \quad (Z > H) \quad (4)$$

$$p = \rho_w g Z_e + \rho_b g (H - Z_e) + \rho_w g (Z - H) \quad (5)$$

式中: H 代表岩石颗粒骨架对应深度,m; Z 代表目标深度,m; Z_e 代表等效深度点深度,m; ρ_w 代表地层水密度,g/cm³; ρ_b 代表岩石骨架密度,g/cm³。

笔者取得了如下认识:1)尽管地壳发生很大幅度的陡升,但原始流体压力系统变化不大的地区(仍具有很好或一定的封闭)利于油气藏的保存(图3)。其中柴西南区的七个泉-尕斯一带,古今

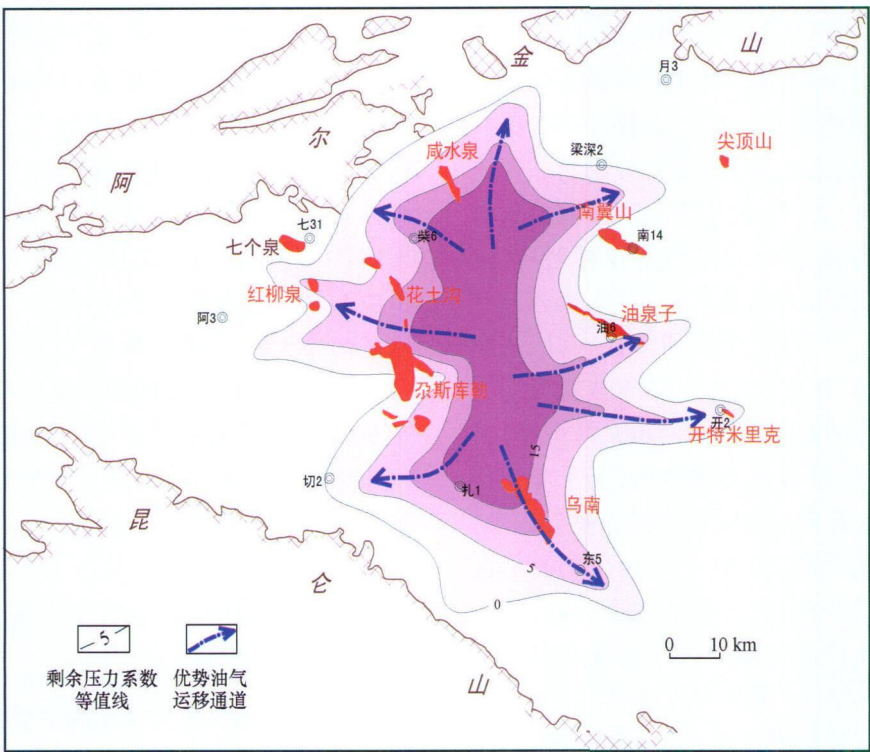


图 2 柴达木盆地柴西地区油气优势运移方向示意图(以下干柴沟组上段为例)

Fig. 2 A diagram of dominant migration pathway for hydrocarbons in western Qaidam Basin
(Taking the lower Ganchaigou Formation as an example)

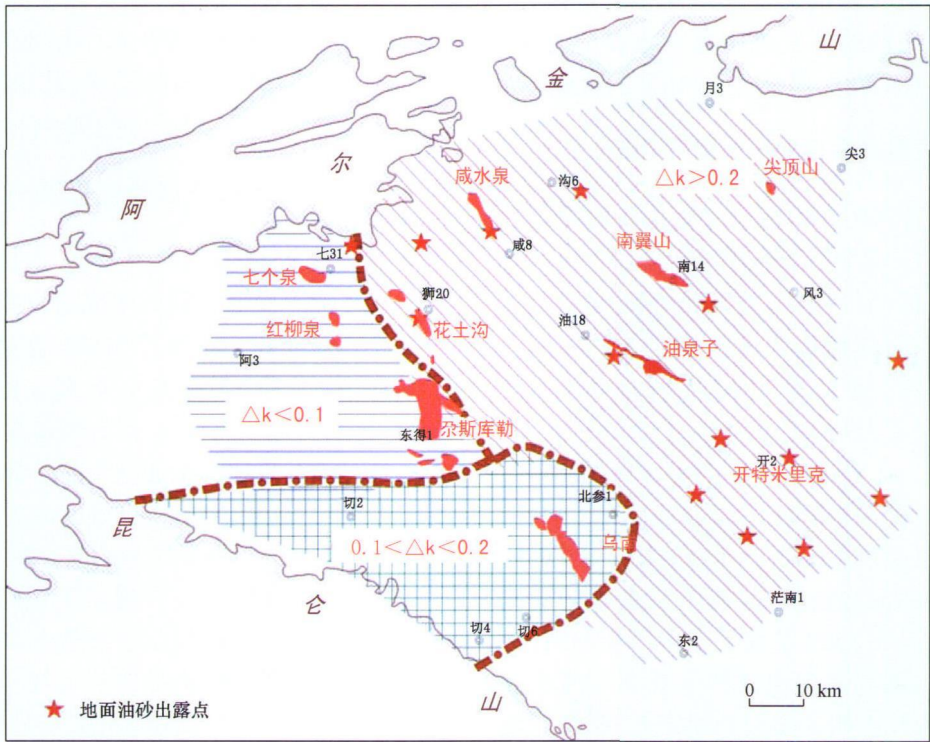


图 3 柴达木盆地柴西地区古今地层压力差异分布示意图(以下干柴沟组下段为例)

Fig. 3 A diagram showing differential pressure distribution in western Qaidam Basin
(Taking the upper segment of Ganchaigou formation as an example)

压力系数的差值小于0.1,利于油气的保存,柴西南区的跃进-昆北一带,古今压力系数的差值介于0.1~0.2之间,也有利于油气的保存,因而,柴西南区成为油气田的主要发育区,而柴西北一带古今压力系数相差较大,普遍大于0.2,因而露头普遍出漏油砂,现今发现的油气田规模相对较小。2)在古今构造变化不大的相对稳定区,成为油气聚集的主要场所。3)储盖组合研究证实,咸化水介质中广泛发育的泥岩、钙质泥岩和盐岩与薄互储层(长源物源控制的前缘分流河道及滩坝砂)易组成封闭良好的生储盖组合发育区,利于油气藏的保存。研究中,笔者在相同源储模式基础之上,通过有效盖层计算分析发现,有效盖层的高值区正好为目前发现的大型油气田的主要分布区,可见,盖层的封闭条件成为高原内陆咸化湖盆油气保存的关键因素之一。根据以上的认识,研究最终提出,高原内陆咸化湖盆具有“自我封闭”成藏的独特特征。

3 油气勘探意义

根据以上油气成藏的特殊条件分析,对于柴达木盆地柴西地区的油气勘探具有重要的意义,研究中结合现有的勘探成果,形成如下的认识。

3.1 岩性油气藏勘探存在三大潜在领域

柴西地区特殊的沉积格局决定了其前缘相带勘探范围有限,并且目前探明程度比较高,而如何进一步开拓该区油气勘探,尤其是伴随着勘探程度进一步的提高,如何加快该区的岩性勘探成为迫在眉睫的任务。而其发育特有的滩坝砂及藻灰岩,二者物性较好,纵向上分布不连续,利于岩性油气藏的形成,成为油气勘探的重要潜在领域。其中滩坝砂在平面上呈现出成群成带的分布特征,剖面上表现为独立的单个砂岩透镜体,外围一般被滨浅湖相的泥岩包围,具有十分良好的源储配置关系。在国外,已经发现了许多滩坝油藏,在我国的大庆、大港等油田也相继找到了滩坝油藏,逐渐已成为我国油气勘探的新宠儿,在柴西地区的乌南地区,也已经发现这种类型的岩性油气藏,通过近两年的钻探部署,已经形成 $3\,000 \times 10^8\text{ t}$ 的滩坝砂规模岩性储集区。藻灰岩储集体由于受柴西这种多变迁的沉积环境的影响,随着湖盆中

心的迁移,在时空上也呈现出明显的迁移特征,因而具有多层系分布、平面上相对独立、厚度相对较薄的特征,易形成岩性尖灭油气藏和透镜体油气藏等。另外,其具有良好的储集空间,其不同于咸化湖盆的砂岩储集体,不受咸化湖盆中胶结物的影响,物性好,具有中高孔、中高渗的特征,利于高丰度的岩性油气藏的形成,例如柴西地区的跃西地区的藻灰岩,形成了断隆型的岩性油气藏,成为柴达木盆地丰度最高的油气藏。柴西地区这种强构造改造区,构造运动容易引发地震,其中前期我们在柴西南地区发现普遍发育的震积岩^[17],这种地震的触发机制,容易引起陡坡带沉积发生再搬运、再沉积,甚至形成一些浊积扇,而这些也容易与周围的泥岩形成良好的储盖组合,利于岩性油气藏的形成和发育。

3.2 甩开预探将成为盆地的主要勘探部署思路

柴西地区多主力生烃中心共存和多方向发散式的优势油气运移势,决定了该油田将呈现出近源成藏、分散聚集、油气田小而多的特点,因而勘探不应局限于老油田的扩边挖潜,而应积极以甩开预探为主,勘探方向要突破以往传统认识,围绕各个主力生烃中心外围及其优势油气运移势分布区,积极开展预探及风险勘探,其中阿尔金山前、甘森及红沟子一带将成为甩开勘探的重点领域。

3.3 源外稳定抬升区为规模油气储量发现的重点领域

柴西地区这种自我封闭成藏的特征,盘活了盆缘区的勘探价值。盆缘区如果存在稳定抬升的构造背景、有效的盖层普遍发育、稳定的流体压力系统、广泛发育优质的储层、适宜的埋深,反而利于优质规模油藏的形成。例如昆北断阶带,良好的古构造背景、良好的封闭条件、良好的储集条件、类型多样的圈闭,使其成为多层系的复合油气藏,通过近两年的勘探实践,已经展现出了亿吨级的勘探场面。这一认识不仅仅局限于柴达木盆地本身,对于诸如羌塘盆地的一些高原内陆湖盆,仍然具有寻找自我封闭成藏的油气田的潜力,学者们研究证实,羌塘盆地二级夷平面相对完整,具有稳定隆升的构造背景,发育典型的内流(陆)水系,具有承压性的水动力条件,重力场反映为平缓基底,具有稳定的整体性的特点^[18],因而具有很大的勘探潜力。

4 结论

1) 相似于现代青海湖,柴西地区具有多物源、小体系、窄相带、多类型的特殊沉积条件。

2) 受独特的地质背景及水介质的影响,柴西地区具有统一生烃拗陷,多个主力生烃中心共存的格局。

3) 区别于其他大型内陆湖盆单一的油气运移势(诸如鄂尔多斯盆地),柴西地区具有多方向发散式的优势油气运移势。

4) 柴西地区油气藏具有“自我封闭”成藏的特征。

5) 柴西地区的岩性油气藏勘探应关注滩坝砂、藻灰岩和滑塌(浊积)等三大潜在领域,勘探部署应以甩开勘探为主,盆缘稳定抬升区将成为盆地下一步实施储量增长高峰期的主要领域。

参 考 文 献

- [1] 杨平,邓奎,刘学会,等. 层序生物地层学在柴达木盆地中的应用与展望[J]. 石油与天然气地质,2010,31(5):561-567.
Yang Ping, Deng Kui, Liu Xuehui, et al. Application of sequence biostratigraphy in the Qaidam Basin and its prospects [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(5): 561-567.
- [2] 赵文智,汪泽成,王红军,等. 中国中、低丰度大油气田基本特征及形成条件[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(6): 64-650.
Zhao Wenzhi, Wang Zecheng, Wang Hongjun, et al. Principal characteristics and forming conditions for medium-low abundance large scale oil/gas fields in China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2008, 35(6): 64-650.
- [3] Taylor R, Fletcher R L, Raven J A. Preliminary studies on the growth of selected green Tide' algae in laboratory culture: effects of irradiance, temperature, salinity and nutrients on growth rate [J]. Botanica Marina, 2001, 44: 327-36.
- [4] Barron S, Weber C, Marino R, et al. Effects of varying salinity on phytoplankton growth in a low-salinity coastal pond under two nutrient conditions [J]. Biol Bulletin, 2002, 203: 260-261.
- [5] 徐宁,吕颂辉,陈菊芳,等. 温度和盐度对锥状斯氏藻生长的影响[J]. 海洋环境科学, 2004, 23(3): 36-38.
Xu Ning, Lü Songhui, Chen Jufang, et al. The influence of water temperature and salinity on the growth of *Scrippsiella trochoidea* [J]. Marine Environmental Science, 2004, 23(3): 36-38.
- [6] 石亚军,曹正林,张小军,等. 柴西南地区岩性油气藏富集特征[J]. 天然气工业, 2009, 29(2): 37-41.
Shi Yajun, Cao Zhenglin, Zhang Xiaojun, et al. Characteristics of hydrocarbon enrichment in lithologic reservoirs in the southwestern Qaidam Basin [J]. Natural Gas Industry, 2009, 29(2): 37-41.
- [7] 包建平,朱翠山,汪立群. 柴达木盆地西部原油地球化学特征对比[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(3): 353-359.
Bao Jianping, Zhu Cuishan, Wang Liqun. Geochemical characteristics comparison of crude oil samples from the western Qaidam Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(3): 353-359.
- [8] 侯平,欧阳华,王震,等. 石油二次运移优势路径影响因素及形成动力学条件[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(1): 57-62.
Hou Ping, Ouyang Hua, Wang Zhen, et al. Effects factors and dynamic conditions in the formation of preferable paths in oil secondary migration [J]. Petroleum Exploration and Development, 2010, 37(1): 57-62.
- [9] 李明诚. 油气运移基础理论与油气勘探[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2004, 29(4): 379-383.
Li Mingcheng. Basic principles of migration and hydrocarbon exploration. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2004, 29(4): 379-383.
- [10] Pratsch J C. 根据油气运移路径确定勘探策略[J]. 宋明雁,译. 国外油气勘探, 1997, 9(1): 63-68.
- [11] 曾治平,郝芳,宋国奇,等. 车镇凹陷套尔河洼陷古地层压力演化与油气幕式成藏[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(2): 193-197.
Zeng Zhiping, Hao Fang, Song Guoqi, et al. Palaeo-formation pressure evolution and episodic hydrocarbon accumulation in Tao' erhe depression, Chen zhen Sag [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(2): 193-197.
- [12] 英亚歌,王震亮,范昌育. 鄂尔多斯盆地陇东地区延长组流体动力作用下的石油运移与聚集特征[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(1): 118-122.
Ying Yage, Wang Zhenliang, Fan Yuchang. Oil migration and accumulation under the influence of fluid dynamics in the Yangchang formation, eastern Gansu Province, the Ordos Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(1): 118-122.
- [13] 李丕龙,张善文,宋国奇,等. 断陷盆地隐蔽油气藏形成机制——以渤海湾盆地济阳拗陷为例[J]. 石油实验地质, 2004, 26(1): 3-10.
Li Pilong, Zhang Shanwen, Song Guoqi, et al. Forming mechanism of subtle oil pools in fault basins—Taking the Jiyang depression of the Bohaiwan Basin as an example [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2004, 26(1): 3-10.
- [14] 吴保祥,段毅,郑朝阳,等. 鄂尔多斯盆地古峰庄—王洼子地区长9油层组流体过剩压力与油气运移研究[J]. 地质学报, 2008, 82(6): 844-849.
Wu Baoxiang, Duan Yi, Zheng Zaoyang, et al. Fluid over pressure and migration of oil and gas from Chang 9 member in Gufengzhuang-Wangwazi area, Ordos Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(6): 844-849.

(下转第592页)

- Depression, ShanDong Province [J]. Geoscience, 2003, 17 (2): 203 - 209.
- [10] 黄建军, 纪友亮, 王改卫, 等. 东濮凹陷古近系含盐地层层序特征及成因分析[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(4): 479 - 484.
- Huang Jianjun, Ji Youliang, Wang Gaiwei, et al. Sequence characteristics and genesis of the Eocene salt-bearing formation in Dongpu depression[J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(4): 479 - 484.
- [11] 刘华, 任景伦, 蒋有录. 渤海湾盆地东营凹陷现河庄油田河31断块区输导体系特征与成藏规律[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(1): 41 - 46.
- Liu Hua, Ren Jinglun, Jiang Youlu. Control effects of carrier systems on hydrocarbon pooling in the He-31 block of Xianhezhuang oilfield, the Dongying Sag of the Bohai Bay Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(1): 41 - 46.
- [12] 刘晖, 操应长, 姜在兴, 等. 渤海湾盆地东营凹陷沙河街组四段膏盐层及地层压力分布特征[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(3): 287 - 293.
- Liu Hui, Cao Yingchang, Jiang Zaixing, et al. Distribution characteristics of evaporates and formation pressure of the fourth member of the Shahejie Formation in the Dongying Sag, the Bohai Bay Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(3): 287 - 293.
- [13] 李延钧, 宋国奇, 李文涛, 等. 济阳坳陷东营凹陷北带丰深1井区深层沙四下古油藏与天然气成因[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(2): 173 - 179.
- Li Yanjun, Song Guoqi, Li Wentao, et al. A fossil oil-reservoir and the gas origin in the Lower Sha-4 Member of the Well Fengshen-1 area, the North Dongying zone of the Jiyang Depression [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(2): 173 - 179.
- [14] 刘小平, 周心怀, 吕修祥, 等. 渤海海域油气分布特征及主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(4): 497 - 502.
- Liu Xiaoping, Zhou Xinhui, Lü Xiuxiang, et al. Hydrocarbon distribution features and main controlling factors in the Bohai Sea waters [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(4): 497 - 502.
- [15] 夏庆龙, 庞雄奇, 姜福杰, 等. 渤海海域渤中凹陷源控油气作用及有利勘探区域预测[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(4): 398 - 404.
- Xia Qinglong, Pang Xiongqi, Jiang Fujie, et al. Control of source rock on hydrocarbon accumulation and prediction of favorable plays in the Bozhong Depression of the Bohai Sea waters [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(4): 398 - 404.

(编辑 高岩)

(上接第583页)

- [15] 刘小琦, 邓宏文, 李青斌, 等. 鄂尔多斯盆地延长组剩余压力分布及油气运聚条件[J]. 新疆石油地质, 2007, 82(2): 143 - 145.
- Liu Xiaoqi, Deng Hongwen, Li Qingbin, et al. Distribution of residual pressure and oil-gas migration and accumulation conditions of Yanchang formation in Ordos Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2007, 82(2): 143 - 145.
- [16] 胡见义, 吴因业, 张静. 高海拔与超深地层石油地质若干问题[J]. 石油学报, 2009, 30(2): 159 - 167.
- Hu Jianyi, Wu Yinye, Zhang Jin. Discussion on petroleum geology theory for high-elevation and ultra-deep formations [J]. Acta Petrolei Sinica, 2009, 30(2): 159 - 167.
- [17] 石亚军, 陈武杰, 曹正林, 等. 柴达木盆地西南区震积岩的发现及其引发的勘探启迪[J]. 地质学报, 2009, 83(8): 1178 - 1187.
- Shi Yajun, Chen Wujie, Cao Zhenglin, et al. Discovery of seismites in the Southwestern Qaidam Basin and its significance for exploration [J]. Acta Geological Sinica, 2009, 83(8): 844 - 849.
- [18] 郭祖军, 李永铁, 南征兵, 等. 羌塘盆地变形构造与油气聚集保存关系[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(5): 563 - 568.
- Guo Zujun, Li Yongtie, Nan Zhengbing, et al. Relationship between deformation structure and petroleum accumulation and preservation, Qiangtang Basin, Tibet [J]. Petroleum Exploration And Development, 2008, 35(5): 563 - 568.

(编辑 高岩)