

鄂尔多斯盆地杭锦旗地区油气地球化学特征研究

孙长青^{1,2}, 荣发准², 赵克斌²

(1. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074;

2. 中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要:杭锦旗地区位于鄂尔多斯盆地北部,从早古生代至晚古生代早期一直为隆起区,地层受古地貌的控制,横向变化大,后期受燕山期构造活动的改造,油气藏类型及成因复杂,勘探难度大。从化探烃类指标浓度及其区域变化、轻烃组成、水文地球化学特征等方面进行研究,将杭锦旗地区划分为 3 个烃类异常带,并结合区域石油地质条件对异常的形成进行了分析,认为该区:气源充足,具备形成大中型天然气藏的物质基础;砂岩储层普遍发育,横向分布广泛,具有良好的天然气储集条件;后期保存条件较好,南部优于北部,有益于油气藏的保存。在综合分析的基础上,进一步提出了十里加汗—伊 13 井、什股豪和浩绕召—赵家村—蒋家渠等为研究区下步勘探的 3 个有利区。

关键词:天然气化探;烃类;地球化学特征;杭锦旗地区;鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE122

文献标识码: A

文章编号: 1672-1926(2010)05-0715-06

0 引言

鄂尔多斯盆地北部杭锦旗地区包括中国石化华北分公司的杭锦旗和杭锦旗南登记区块,面积为 9 790.36 km²,区域构造单元位置上主要位于鄂尔多斯盆地伊盟北部隆起,并涉及伊陕斜坡和天环向斜北端地域;行政区划上分别隶属于内蒙古自治区伊克昭盟杭锦旗、鄂托克旗、伊金霍洛旗、鄂尔多斯市和达拉特旗(图 1)。

研究区自 20 世纪 70 年代开始的天然气勘探工作积累了丰富的地质、构造、物探、化探等基础资料,并在部分钻井中获得商业气流,总体认为研究区基本具备了形成大中型天然气藏的基本地质条件。为了更有效地把握研究区油气富集规律和预测有利勘探靶区,本文在大量实测油气化探资料的基础上,总结地球化学变化规律,并结合研究区的构造特征和石油地质条件对化探异常的形成进行分析。

1 基本地质条件

自早古生代至晚古生代早期,杭锦旗地区一直处于相对隆起的状态,局部地区有太古界及下元古

界变质结晶基底出露,是一个继承性的隆起带和剥蚀区。石炭纪有局部沉积,二叠纪以后存在广泛沉积。研究区主要含气层段为石炭系的太原组、二叠系的山西组和下石盒子组,它们是发育在古生界或前上古生界基底之上的海陆交互相及扇三角洲前缘相的砂泥岩互层沉积,其内发育的砂体单层厚度大,物性好,是研究区主要的储集层,已有钻井在二叠系的下石盒子组获得商业天然气流^[1]。

杭锦旗地区现今构造继承了燕山期的构造格局,总体表现为东高西低、北高南低的构造特征,地层倾角一般小于 1°,且变化缓慢。受区域构造应力场的控制,研究区发育 2 条走向近东西的次级断裂,分别是泊尔江海子断裂和乌兰吉林庙断裂,控制了上古生界的沉积和局部构造的形成^[2]。研究区有条件发育构造、地层及岩性等多种类型的圈闭。奥陶系海相碳酸盐岩和太原组、山西组煤系地层是研究区 2 套烃源岩。研究区位于鄂尔多斯盆地上、上古生界生气中心北部的区域构造较高部位,是油气运移的主要指向区,有较充足的气源条件(图 2)。整体上具备了形成大中型天然气藏的基本地质条件,具有良好的天然气勘探前景^[3-7]。

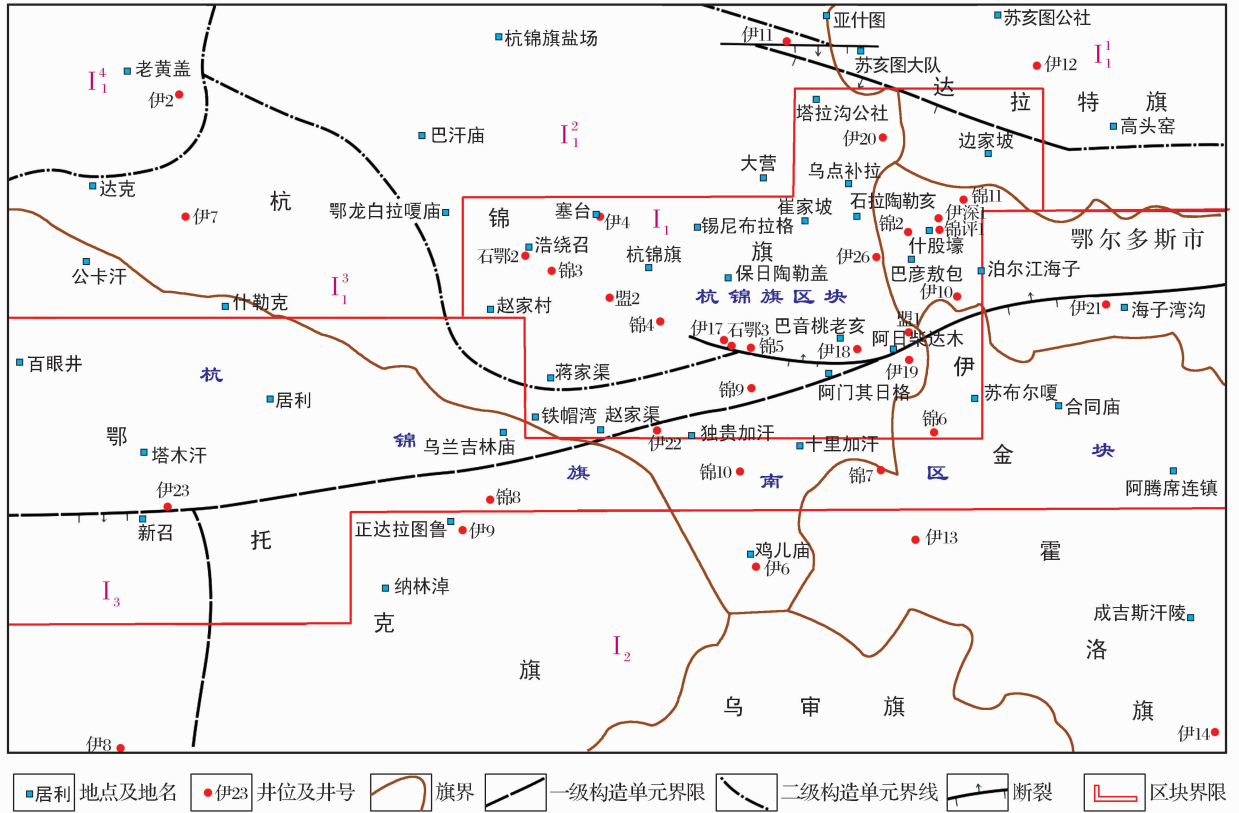


图1 研究区位置

I_1 为伊盟北部隆起; I_1^1 为乌兰格爾凸起; I_1^2 为杭锦旗断阶; I_1^3 为公卡汗凸起; I_1^4 为乌加庙凹陷; I_2 为伊陕斜坡; I_3 为天环向斜

2 水文地球化学特征

2.1 气藏水的性质、水化学类型及酸碱度

采集锦7井水样2个,伊17井水样3个,伊深1井水样4个。据B A 苏林分类:特征系数(rNa^+/rCl^-) <1 、(rCl^-/rNa^+)/ rMg^{2+} >1 者为CaCl₂型水。经分析,气藏水性质均为CaCl₂型水。气藏水样的pH值分别为:锦7井6.0(弱酸性)、伊17井4.9~5.95(弱酸性)、伊深1井7.3(弱碱性)。

2.2 气藏水的咸淡类型

锦7井矿化度为34.3~35.3 g/L、伊17井矿化度为73.6~75.9 g/L、伊深1井矿化度为15.6~43.2 g/L,经与大庆油田水的咸、淡类型划分表对比可知都属于盐水。

2.3 油气聚集、封存环境的水化学指标

北京石油学院早期的一项研究表明,变质系数($rCl-rNa$)/ rMg >1 ,属CaCl₂型水,水中CaCl₂含量愈高,表明水的变质程度愈深,该值也愈大,也有人以此值作为评价地层封闭程度的指标。锦7井盒1段变质系数为1113,山西组变质系数为2000,变质程度深;伊17井盒2段变质系数为13.7~22.6,

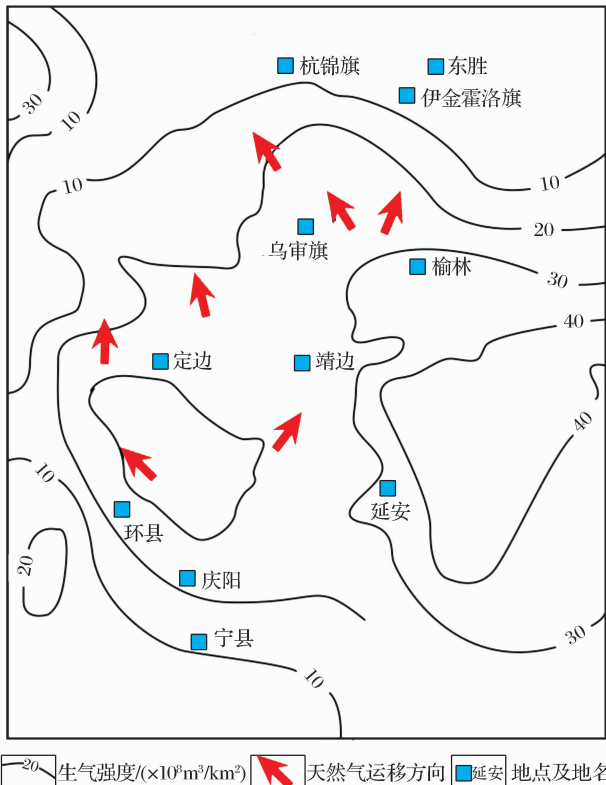


图2 鄂尔多斯盆地上古生界生气强度与油气运移方向(据闵琪^[3]等,2000)

变质程度较深;伊深1井盒1段变质系数为20.7,盒2段变质系数为3.9~7.0,变质程度较深。表明研究区圈闭的封闭性较好,且由北向南圈闭的封闭性有变好的趋势,有利于天然气的保存^[8]。

3 地表地球化学特征

3.1 主要指标浓度特征

杭锦旗地区位于鄂尔多斯盆地北部沙漠区,化探概查主要指标浓度分别为: C_1 (甲烷)值为 $49.63\mu\text{L}/\text{kg}$, C_2+ (重烃)值为 $5.61\mu\text{L}/\text{kg}$,低于盆地南部中生界油区(C_1 值为 $402.46\mu\text{L}/\text{kg}$, C_2+ 值为

$32.08\mu\text{L}/\text{kg}$)和盆地中部下古生界气区(C_1 值为 $248.97\mu\text{L}/\text{kg}$, C_2+ 值为 $28.12\mu\text{L}/\text{kg}$)。热释汞值为 3.34×10^{-9} , ΔC (蚀变碳酸盐)值为1.48%,亦略低于盆地中南部。总体上属于较低的地球化学背景区,烃类组成以轻组分为主,相当数量的样品 C_3-C_6 组分未检出,显示了“气”的特征。

3.2 主要指标浓度的区域变化

对概查化探数据进行窗口滤波处理并编绘平面示意图(图3,图4,图5)。杭锦旗地区存在3个烃类异常带,即:①北部的乌兰格尔凸起及公卡汉凸起异常带。该带主要包括伊7井—鄂龙白拉嘎庙、伊

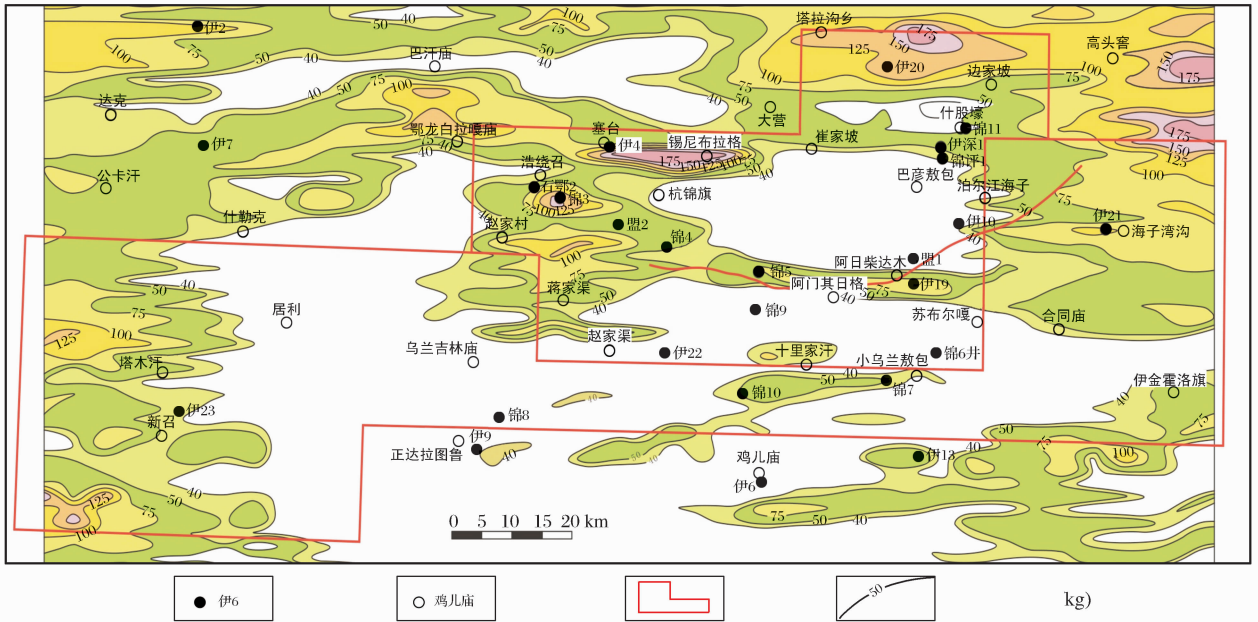


图3 杭锦旗地区化探概查甲烷(C_1)等值线

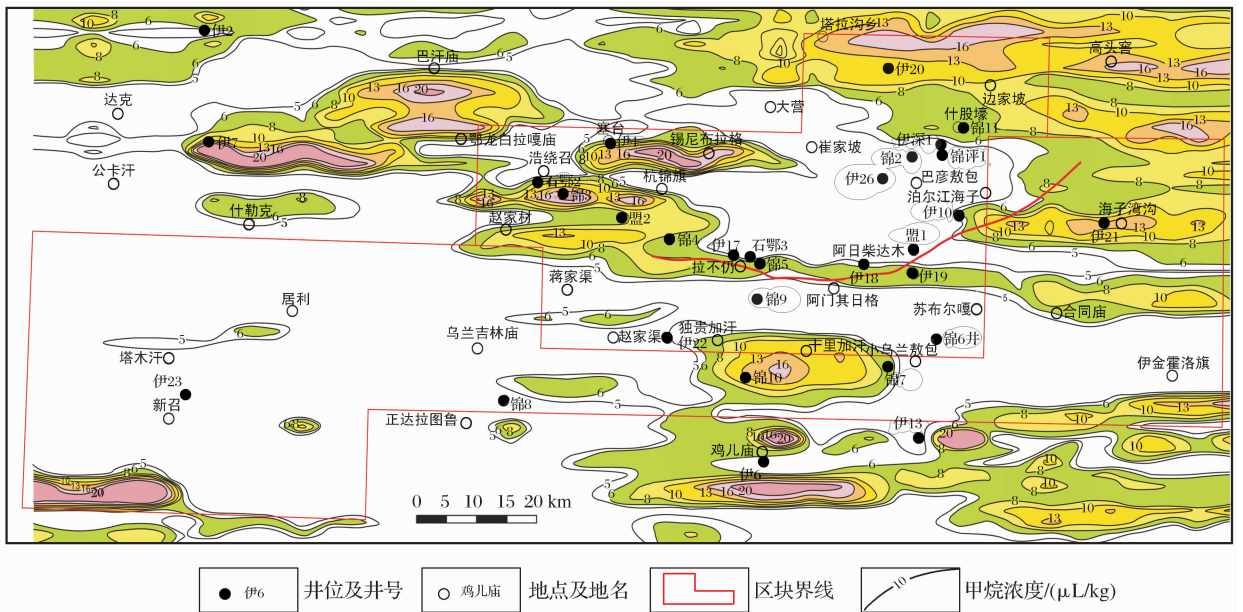


图4 杭锦旗地区化探概查重烃(C_2+)等值线

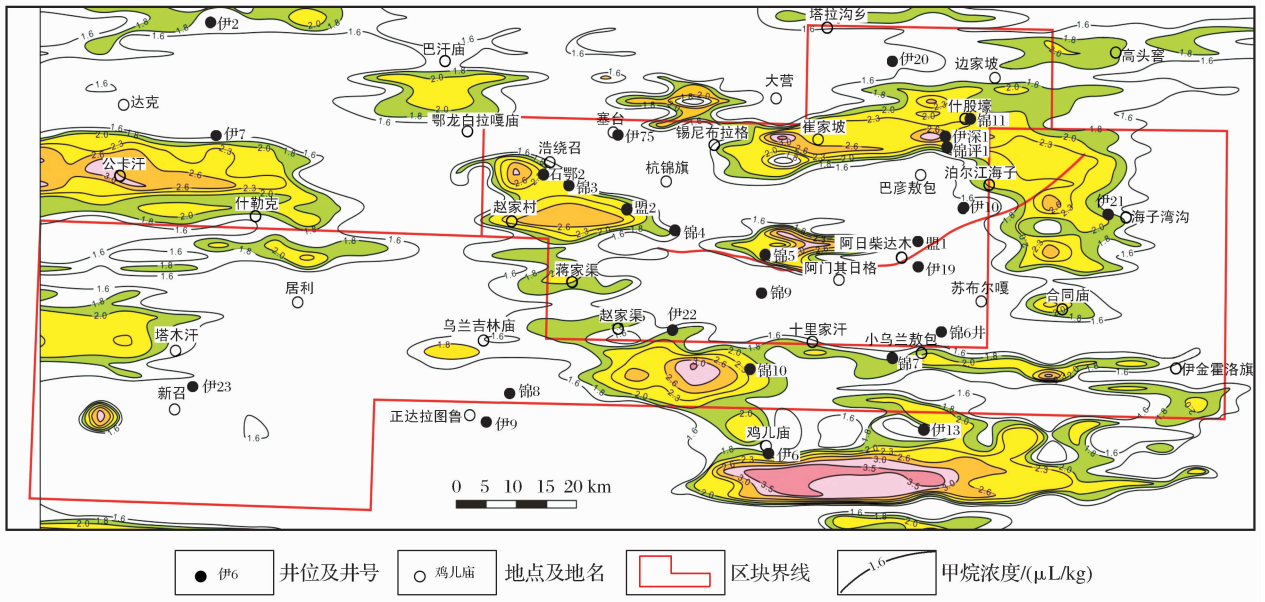
图5 杭锦旗地区化探概查蚀变碳酸盐(ΔC)等值线

表1 杭锦旗地区化探样品顶空气轻烃组成数据

样品位置	样号	甲烷/%	乙烷/%	丙烷/%	异丁烷/%	正丁烷/%	异戊烷/%	正戊烷/%	异己烷/%	正己烷/%	环烷烃芳烃/%
伊盟北部隆起	N1	61.21	14.09	18.26	0.71	2.49	1.23	0.92	0.62	0.27	0.21
	N2	66.80	13.92	14.17	0.58	1.24	0.49	0.91	1.89		
	N3	57.80	15.48	23.99	0.65	1.78	0.06	0.25			
	N4	47.23	13.65	24.74	0.58	2.25	1.65	2.77	2.99	1.07	3.07
	N5	54.95	14.77	19.58	0.74	3.33	1.88	1.90	1.77	0.60	0.49
	N6	59.72	16.01	18.70	0.46	1.74	0.89	1.25	0.80	0.15	0.27
	N7	58.28	20.64	20.31	0.44	0.33					
	N8	55.07	15.88	22.22	0.68	2.52	1.46	1.73	0.45		
	N9	54.57	17.43	23.82	0.50	1.63	0.72	1.02	0.32		
	N10	54.52	17.21	23.18	0.60	2.08	1.07	1.09	0.25		
伊陕斜坡	S1	84.89	3.18	6.16	0.398	5.17		0.20			
	S2	77.41	3.26	8.29	0.71	10.06		0.28			
	S3	96.11	2.22	1.67							
	S4	81.14	3.92	7.47	0.47	6.76		0.24			
	S5	69.70	2.20	7.54	0.79	14.76		5.02			
	S6	94.89	2.56	1.60		0.96					
伊深1井盒1气层		94.33	3.74	0.91	0.13	0.21	0.62	0.06			
锦7井盒1气层		85.89	7.85	3.34	0.69	1.18	0.56	0.48			

20井—高头窖这2个高值区。 C_1 值普遍高于 $100\mu\text{L}/\text{kg}$, C_2+ 值普遍高于 $10\mu\text{L}/\text{kg}$, ΔC 值仅个别点高于2%,烃类与 ΔC 高值点不匹配。②中部的泊尔江海子异常带。该带沿泊尔江海子带断裂由西向东分布,主要包括浩绕召、拉不仍—阿日柴达木及什股豪3个次高值区,整体位于伊盟北部隆起和伊陕斜坡2个盆地构造单元的分界处。 C_1 值普遍高于 $50\mu\text{L}/\text{kg}$, C_2+ 值普遍高于 $6\mu\text{L}/\text{kg}$, ΔC 值普遍高于2%,烃类与 ΔC 高值点极匹配。③南部的十里加

汗—伊13井异常带。该带沿独贵加汗、十里加汗、小乌兰敖包、伊金霍洛旗、伊13井、伊6井呈大型环带状分布。 C_1 值普遍高于 $40\mu\text{L}/\text{kg}$, C_2+ 值普遍高于 $5\mu\text{L}/\text{kg}$, ΔC 值普遍高于1.6%,烃类与 ΔC 高值点较匹配。另外,在研究区西部的伊23井西侧存在 C_1 值和 ΔC 值较匹配的局部次高值区。

3.3 高值带的轻烃组成

采用顶空气采样法对烃类高值带进行异常查证,结果见表1。

伊盟北部隆起区烃类高值点的轻类组成表现为重组分齐全,戊烷、己烷甚至环烷烃和芳烃具有可检测到的浓度,应属深部热成因气体,但因其重组分比例偏高,与一般油气田上方的微渗漏烃存在明显差别,推测其主要以宏渗漏的方式经较短的垂向运移距离和较发育的裂隙运移至近地表,并受地表环境的长期影响,甲烷、乙烷等轻组分逸散速率较快,形成丙烷以上组分相对富集。北部的乌兰格尔凸起曾发现长达 100 km 的白垩系油苗带^[9]。可以认为,除局部构造圈闭(如泊尔江海子异常带的什股豪、拉不仍—阿日柴达木、浩绕召)外,伊盟北部隆起区油气保存条件较差,存在较大规模的油气散失,应属天然气泄漏区。

伊陕斜坡区烃类高值带大部分样品甲烷占 80% 以上,丁烷和戊烷出现不全,轻烃组成与一般的油气田上方的微渗漏烃基本一致,油气保存条件优于伊盟北部隆起,有利于天然气在构造、地层及岩性等多种类型圈闭中的聚集成藏。

4 天然气化探异常的形成机制

天然气是一种比石油活性更大的流体,在气源岩中形成的天然气在各种地质营力作用下进入储集层内,并在储集层中继续运移,在遇到适当圈闭时,就聚集起来,形成规模不一的天然气藏。天然气藏形成后,由于构造变动等地质条件的改变,可以使其中的天然气重新发生运移,它或者在新的圈闭中聚集起来形成新的气藏,或者造成气藏的破坏和散失。所以天然气的运移聚集与散失是一个连续不断的运动过程,在这个过程中天然气可以呈水溶状态或气态的形式,以渗流和扩散的方式向地表运移,形成近地表天然气化探异常。因此,地下天然气的生、储、盖组合的方式和范围,直接控制着油气的微运移,进而影响了近地表的地球化学效应^[10-13]。

杭锦旗地区上古生界烃源岩主要为太原组、山西组煤系地层的暗色泥岩、炭质泥岩、煤等,烃源岩有机质丰度高,煤层有机质丰度大于 50%,有机质类型为腐殖型(Ⅲ型),以生气为特征,热演化史研究表明早白垩世是研究区烃源岩的生气运移高峰期。加之鄂尔多斯盆地北部乌审旗一带为上古生界生气中心,生气强度为 $(30 \sim 50) \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,且覆盖厚度大,是盆地北部上古生界天然气成藏的物质基础,研究区处于盆地的高部位,为盆地乌审旗生气中心的天然气运移指向区,具备较为充足的气源条件。储层横向预测研究也表明,太原组、山西组、下石盒

子组砂岩层普遍发育,各层组都发育单层厚度大于 5m 的砂岩体,且横向上分布广泛,构成了研究区天然气良好的储集层,是天然气有利富集区,为地表地球化学异常的形成提供了坚实的物质基础。

杭锦旗地区存在 3 个烃类异常带、且具有烃类浓度从南向北逐渐升高的特点,不仅表明研究区气源较充足,而且证实了天然气经侧向运移通过研究区并到达伊盟隆起北部的乌兰格尔凸起和公卡汉凸起。在地质演化历史中,来自乌审旗生气中心的天然气,沿不整合面以及叠合交错的储集砂体侧向北移,在有利圈闭部位聚集成藏。构造活动期,深部天然气溢出圈闭,沿构造断裂带上升,在上部地层断层附近的有利砂体和圈闭中重新聚集。构造再次活动时,油气圈闭可能又被破坏,气体继续向上逸散。盆地北部的断裂随构造应力场的变化而交替开合,导致油气的多期活动,在研究区形成大范围的、分布有序的地球化学异常带。

5 结语

杭锦旗地区气源较充足,南部油气保存条件较好、具备形成大中型岩性气藏和岩性—构造复合气藏的条件,北部油气保存条件较差,应以勘探局部构造圈闭为主。近地表存在 3 个烃类异常带,其中北部的乌兰格尔凸起及公卡汉凸起异常带是油气的直接泄漏区;中部的泊尔江海子异常带发育小型构造气藏群,勘探应优先考虑什股豪构造($C_2+ > 5 \mu\text{L}/\text{kg}$ 与 $\Delta C > 1.8\%$ 的叠合区)、兼顾浩绕召—赵家村—蒋家渠区域;南部的十里加汗—伊 13 井异常带,具备烃源岩气源充裕、天然气近源运移、圈闭就近先期捕获等先天优势,已在锦 10 井钻遇奥陶系风化壳并获得天然气流突破,无疑应重点勘探。

参考文献:

- [1] Zhang Houfu. Petroleum Geology[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999. [张厚福. 石油地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999.]
- [2] Li Keqin, Zhang Dongsheng, Zhang Shifu, et al. Petroleum Geology of China—Changqing Oilfield; Volume 12[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992: 127-156. [李克勤, 张东生, 张世富, 等. 中国石油地质志——长庆油田; 卷 12[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992: 127-156.]
- [3] Min Qi, Fu Jinhua, Xi Shengli, et al. Characteristics of natural gas migration and accumulation in the upper Paleozoic of Ordos basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27(4): 26-29. [闵琪, 付金华, 席胜利, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界天然气运移聚集特征[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(4): 26-29.]

- [4] Li Liang, Yuan Zhixiang, Hui Kuanyang, *et al.* Accumulation regularity of upper Paleozoic gas in north Ordos basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2000, 21(3): 268-271, 282. [李良, 袁志祥, 惠宽洋, 等. 鄂尔多斯盆地北部上古生界天然气聚集规律[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(3): 268-271, 282.]
- [5] Dai Jinxing, Zou Caineng, Tao Shizhen, *et al.* Formation conditions and main controlling factors of large gas fields in China [J]. *Natural Gas Geosciences*, 2007, 18(4): 473-483. [戴金星, 邹才能, 陶士振, 等. 中国大气田形成条件和主控因素[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(4): 473-483.]
- [6] Zheng Song, Tao Wei, Yuan Yusong, *et al.* Evaluation of gas resource kitchen for the upper Paleozoic coal measure, Ordos basin [J]. *Natural Gas Geosciences*, 2007, 18(3): 440-446. [郑松, 陶伟, 袁玉松, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界气源灶评价[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(3): 440-446.]
- [7] Zheng Xiqiang, Yan Gang. Types of hydrocarbon traps in Hangjinqi area of northern Ordos basin [J]. *Progress in Exploration Geophysics*, 2006, 29(4): 279-284. [郑喜强, 严岗. 鄂尔多斯盆地北部杭锦旗地区油气圈闭类型研究[J]. 勘探地球物理进展, 2006, 29(4): 279-284.]
- [8] Chen Shuhui. Gas and water distributing law study in upper Paleozoic at Hangjin banner region in north [J]. *West-China Exploration Engineering*, 2004, (9): 95-98. [陈淑惠. 杭锦旗区块上古生界气水分布规律研究[J]. 西部探矿工程, 2004, (9): 95-98.]
- [9] Wang Xifu, Chen Anfu. *Non-Seismic Oil and Gas Exploration of Ordos Basin* [M]. Beijing: Geology Press, 1992. [王锡福, 陈安福. 鄂尔多斯盆地非地震油气勘探[M]. 北京: 地质出版社, 1992.]
- [10] Ruan Tianjian. *Geochemical Exploration for Oil and Gas* [M]. Wuhan: Press of China University of Geosciences, 1992. [阮天健. 石油天然气地球化学勘探[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992.]
- [11] Sun Changqing, Zhao Kebin, Chen Xinhua. Geochemical characteristics of oil/gas accumulation zones in the middle of Ordos basin [J]. *Geology and Prospecting*, 2003, 39(6): 46-48. [孙长青, 赵克斌, 陈昕华. 鄂尔多斯盆地中部油气聚集区带地球化学特征研究[J]. 地质与勘探, 2003, 39(6): 46-48.]
- [12] Chang Jinhuan, Zhao Limin. A study of relationship between faults and petroleum migration & accumulation in Liaohe basin [J]. *Natural Gas Geosciences*, 2000, 11(3): 13-17. [常津焕, 赵立民. 辽河盆地断裂与油气运移和聚集[J]. 天然气地球科学, 2000, 11(3): 13-17.]
- [13] Zhao Kebin, Sun Changqing. Application of hydrocarbon geochemical exploration technique in natural gas exploration [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2004, 26(6): 574-579. [赵克斌, 孙长青. 油气化探在天然气勘探中的应用[J]. 石油实验地质, 2004, 26(6): 574-579.]

Geochemical Characteristics of Oil and Gas in Hangjinqi Area, Ordos Basin

SUN Chang-qing^{1,2}, RONG Fa-zhun², ZHAO Ke-bin²

(1. *China University of Geosciences, Wuhan 430074, China*; 2. *Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Wuxi 214151, China*)

Abstract: Hangjinqi area in the northern Ordos basin had been uplifted from the early Paleozoic to the late Paleozoic. The strata were controlled by the paleo-geomorphology, with significant lateral changes, and had been further reformed during Yanshan period by the structural activities. Thus the formation and the types of hydrocarbon reservoirs in this area are more complicated, and these increase difficulties in oil and gas exploration. Three hydrocarbon anomalous zones had been delineated in Hangjinqi area based on the geochemistry features (the concentration values of the hydrocarbon indicators and their regional variations, the light hydrocarbon components and the hydro-geochemical characteristics) of the study area; and the anomaly formation had been analyzed by the geochemical analysis and the petroleum geological condition analysis. The results show that the gas source is abundant in this area, providing the material basis for the formation of the big and medium gas pools; the sand reservoirs develop widely in the lateral direction, providing good conditions for the natural gas accumulation; and the preservation condition in the area is also good, better in the south part than the north, benefiting for the oil and gas pool preservation. As a result, 3 favorable exploration areas had been proposed for further exploration, including Shilijiahan-Well Yi 13 area, Shiguhao area, and Haoraozhao-Zhaojiagou-Jiangjiaqu area.

Key words: Natural gas geochemical exploration; Hydrocarbon; Geochemical characteristics; Hangjinqi area; Ordos basin.