

文章编号: 0253-9985(2011)02-0182-10

鄂尔多斯盆地子长地区延长组流体包裹体特征与油气成藏期次

梁宇¹, 任战利¹, 王彦龙², 史政¹

(1. 西北大学 大陆动力学国家重点实验室, 陕西 西安 710069;

2. 延长油田股份有限公司 子长采油厂, 陕西 延安 716000)

摘要: 鄂尔多斯盆地子长地区延长组砂岩储层主要成岩作用有压实作用、胶结作用、溶蚀作用和裂隙作用等, 成岩自生矿物以绿泥石、自生石英、方解石为主。根据油气包裹体寄主成岩矿物的形成时间序列, 识别出两期油气包裹体。第一期油气包裹体主要分布在石英和长石等矿物溶蚀孔隙、早期裂隙中, 被石英和长石后期次生加大边包裹起来。第二期油气包裹体分布在石英晚期裂隙和亮晶方解石胶结物中, 晚期裂隙切割了早期裂隙或石英加大边, 并切穿了颗粒边界。通过对与烃类共生的盐水包裹体进行均一化温度测试, 得到两期流体包裹体的均一温度: 早期主要在 90 ~ 105℃, 晚期主要在 105 ~ 120℃。两期均一温度分布连续, 主要集中在 90 ~ 120℃ 范围内。结合流体包裹体含盐量、密度分析, 认为研究区延长组油气主要为连续一期成藏。对比研究区埋藏史、地热史分析及延长组储层伊利石 K-Ar 同位素定年结果得出, 研究区主要的油气成藏期发生在距今 100 ~ 120 Ma, 即早白垩世晚期。

关键词: 流体包裹体; 成岩作用; 油气成藏; 延长组; 子长地区; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

Characteristics of fluid inclusions and reservoiring phases in the Yanchang Formation of Zichang area, the Ordos Basin

Liang Yu¹, Ren Zhanli¹, Wang Yanlong² and Shi Zheng¹

(1. Key Laboratory for Continental Dynamics of Education Ministry/Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China; 2. Zichang Oil Plant of Yanchang Oilfield Company, Yan'an, Shaanxi 716000, China)

Abstract: The main diagenetic types of sandstone reservoirs in the Yanchang Formation of Zichang area, the Ordos Basin, include compaction, cementation, dissolution and fracturing. The diagenetic authigenic minerals are dominated by chlorite, authigenetic quartz and calcite. Two different phases of hydrocarbon inclusions have been identified according to the formation time series of the host diagenetic minerals. The hydrocarbon inclusions formed in the first phase mainly occur in the dissolution pores of quartz and feldspar or along early-healed fractures, and are coated by quartz or feldspar overgrowth. The hydrocarbon inclusions formed in the second phase are distributed along the late-formed fractures or in sparry calcite cement. The late fractures cut the early fractures or the quartz overgrowth, and go beyond the grain contact. The homogenization temperature of the paragenetic brine inclusions of hydrocarbons has two peaks at 90 - 105℃ and 105 - 120℃ respectively. Analysis of salinity and density of the two generations of fluid inclusions reveal that the oil/gas reservoirs in the Yanchang Formation were formed continuously in one stage. The test data of fluid inclusions and illitic K-Ar isotope dating

收稿日期: 2010-04-14; 修订日期: 2011-03-15。

第一作者简介: 梁宇(1984—), 女, 硕士研究生, 油气成藏和油气地质。

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划(2007BAB1701); 国家科技重大专项(2008ZX05005)。

and the thermal history show that late Early Cretaceous (100–120Ma) is the main hydrocarbon accumulation period in Zichang area, the Ordos Basin.

Key words: fluid inclusion, diagenesis, hydrocarbon accumulation, Yanchang Formation, Zichang area, Ordos Basin

流体包裹体分析在油气运移、成藏期次、油气成藏年代学和油气成藏史等研究中发挥了重要作用,具有广泛的应用价值,已成为油气地球化学领域的研究热点之一^[1-2]。不同学者对鄂尔多斯盆地三叠系油气成藏期次进行了研究,但对延长组的油气成藏时间、期次、成岩期次与成藏期次的顺序关系等仍有不同的看法^[3-5]。而且以往对鄂尔多斯盆地三叠系油气成藏期次研究多集中在盆地西部地区^[6-8]。对东部地区研究尚薄弱,因此对鄂尔多斯盆地东部地区三叠系油气成藏期次进行深入研究,对认识和完善全盆地三叠系油气成藏规律有重要的意义。

1 地质概况和研究方法

子长地区位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡带的东北部,研究层位为三叠系延长组长6、长2层段,延长组以河流三角洲沉积体系为主,岩性主要为长石砂岩和岩屑长石砂岩,以细粒结构为主,储层非均质性较强。

本次研究选择了子长地区8口钻井的岩心样品进行研究。首先,通过岩石薄片观察,结合扫描电镜和粘土矿物X-射线衍射分析,识别主要成岩矿物、成岩现象及成岩作用类型,进而确定成岩期次,并划分成岩矿物形成时间序列与油气充注的时间关系;其次,在高倍偏光显微镜下和荧光显微镜下观察包裹体薄片,研究油气包裹体的分布、相态、类型、丰度、荧光等特征,结合包裹体所赋存的寄主矿物的形成时间序列和期次,确定油气包裹体期次;对不同期次油气包裹体进行显微测温,获得均一温度和冰点温度,用Bodnar方程计算包裹体的盐度^[9],再通过包裹体均一温度-盐度-密度关系图得到相应的密度值^[10];最后,结合研究区精细埋藏史恢复、热史分析和储层伊利石K-Ar同位素定年的研究,确定油气成藏期次及其绝对时间。

2 成岩作用

成岩作用指沉积物固结为坚硬岩石之前所发生一系列变化,成岩作用研究是油气包裹体研究的基础。在前人对鄂尔多斯三叠系古地温研究的基础上^[11-13],结合本文成岩矿物特征和包裹体测温资料,推断子长地区长6、长2段砂岩储层已普遍进入晚成岩A期阶段。其主要成岩作用如下。

2.1 压实作用

机械压实作用贯穿于埋藏成岩阶段的整个过程,主要表现在沉积密度加大,孔隙度缩小,颗粒由点接触变为线接触到凸凹接触,同时伴生的有微裂隙、压溶及胶结作用。

2.2 胶结作用

①粘土矿物(绿泥石、伊利石、高岭石)胶结:早期粘土矿物沿碎屑颗粒边缘形成衬边,说明绿泥石薄膜形成于压实作用的同时或稍后。②钙质胶结:早期泥晶方解石充填粒间空隙或晚期亮晶方解石呈连晶式胶结。在晚期亮晶方解石解理缝中有沥青侵染现象(图1a),并伴有细小油气包裹体,大多小于1 μm,较小且数量较少;局部可见亮晶方解石充填在长石和石英的溶蚀孔隙中(图1a),表明亮晶方解石的形成晚于长石和石英的溶蚀。③硅质胶结:I-II级石英次生加大或以微晶形式充填残余粒间孔隙,自生石英覆盖并包裹绿泥石薄膜和自生伊利石,被晚期亮晶方解石所包围,说明其形成早于方解石,但晚于绿泥石和伊利石薄膜(图1b,c)。在石英加大边底部分布有较多的沥青或有机包裹体,形成一个明显的沥青环带,证明油气充注同时于或略早于石英次生加大作用(图1d)。④浊沸石胶结:分布不普遍,仅见于部分井的部分层段(图1e),表现为浊沸石沿斜长石的双晶纹或解理缝分布,甚至完全变成浊沸石而呈斜长石的假象。

2.3 溶蚀作用

研究区内储层砂岩具有两期溶蚀作用。第一

期以长石、岩屑粒内溶解和颗粒边缘溶蚀为特点，后为绿泥石薄膜包绕(图1f)，应为成岩早期浅埋藏条件下地表大气淡水淋滤的结果。第二期溶蚀

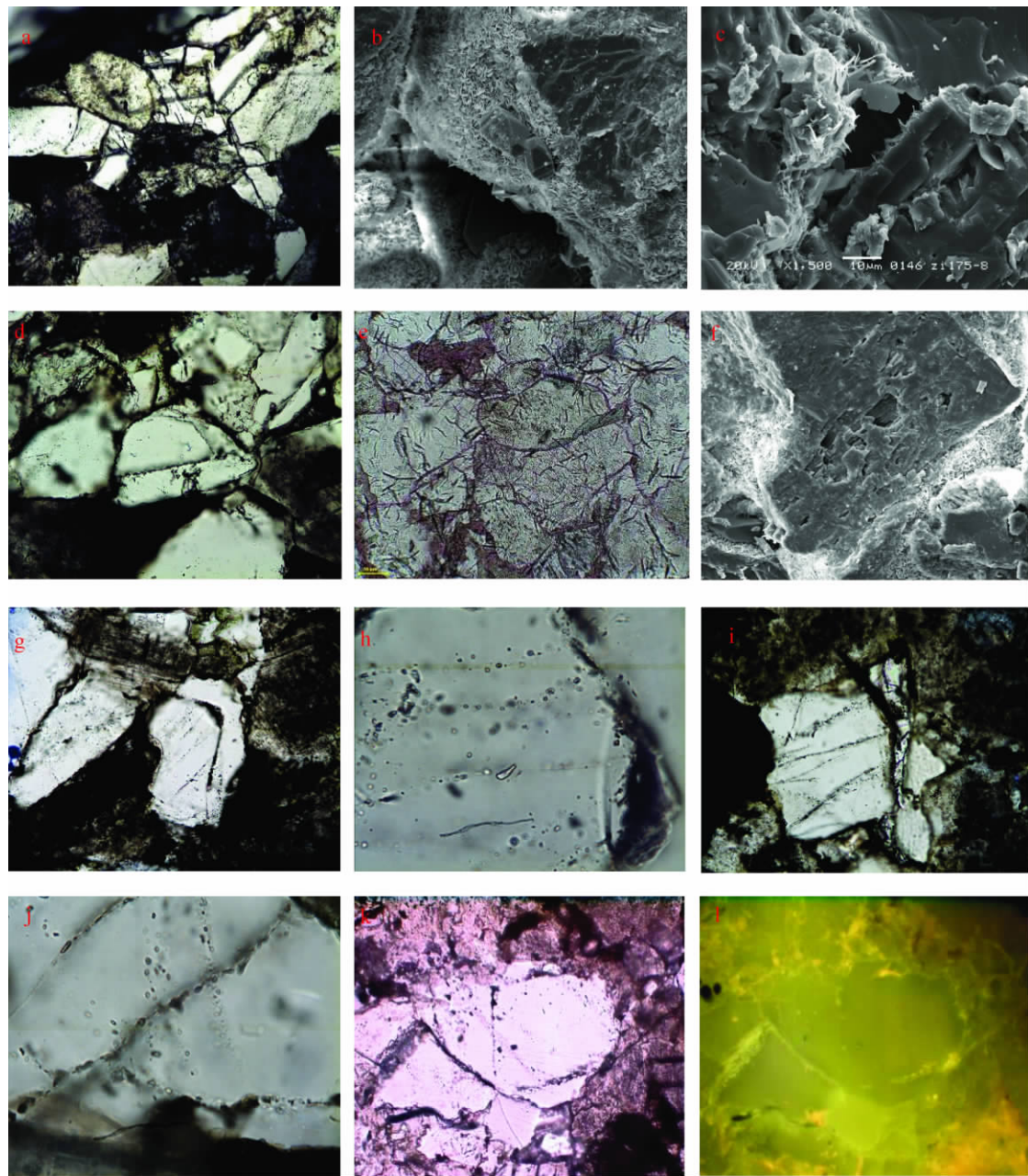


图1 鄂尔多斯盆地子长地区延长组主要成岩矿物及包裹体形态与分布特征

Fig. 1 Characteristics of the main diagenetic minerals and fluid inclusions in Yanchang Formation of Zichang area, the Ordos Basin

a. 晚期方解石胶结物, 8436 井, 366 ~ 380 m, 单偏光; b. 绿泥石薄膜和孔隙中的自形石英, 扫描电镜, 子 144 井, 399 ~ 402 m; c. 晶间孔中毛发状伊利石, 扫描电镜, 子 175 井, 978 ~ 982 m; d. 石英颗粒自生加大边, 加大边底部有油气包裹体和沥青包裹体, 3243 井, 1 077 ~ 1 081 m, 单偏光; e. 长石溶蚀及沸石胶结, 子 157 井, 450 ~ 458 m, 单偏光; f. 长石粒内溶蚀, 子 144 井, 414 ~ 416 m, 扫描电镜; g. 石英碎屑早期裂隙中充填的油气和沥青包裹体, 子 157 井, 450 ~ 458 m, 单偏光; h. 早期裂隙中分布的串珠状气-液两相油气包裹体, 子 157 井, 450 ~ 458 m, 单偏光; i. 晚期裂隙, 子 213 井, 769 ~ 770 m, 单偏光; j. 晚期裂隙切割石英加大边, 理 851 井, 955 ~ 962 m, 单偏光; k, l. 荧光显示及对比, 6202 井, 537 ~ 546 m

作用发生于碳酸盐、浊沸石等胶结作用之后,突出表现为长石、岩屑、浊沸石等硅铝酸盐矿物沿其解理、微裂缝及颗粒边缘被溶蚀(图 1e),溶孔直径从数微米至数十微米,溶蚀作用较为强烈,而碳酸盐矿物的溶蚀较微弱,这种溶蚀特点与有机质成熟过程中大量形成的有机酸密切相关,属于埋藏溶蚀作用。埋藏溶蚀作用与生油期匹配,形成的溶蚀孔中充填有当时生成的油气,部分可见沥青充填,在石英加大边底部发育沥青环带(图 1d),证明溶蚀作用发生在石英自生加大之前^[7]。

2.4 微裂隙作用

发育两期微裂隙,早期裂隙未穿过石英碎屑颗粒,被石英加大边所包裹(图 1g),说明早期裂

隙形成于石英次生加大之前;早期裂隙中分布着线状沥青或者串珠状油气包裹体(图 1h)。晚期裂隙切穿了整个碎屑颗粒,并切割石英加大边或者早期裂隙,其中分布有晚期油气包裹体和沥青侵染物(图 1i,j)。

通过以上储层和包裹体的岩相学分析,建立了本区延长组油层成岩矿物序列与油气充注的关系(图 2),具体表现为机械压实—早期粘土膜形成—早期方解石沉淀—石英次生加大开始—有机流体注入—长石、石英颗粒溶蚀—微裂隙—沸石形成—石油侵位—石英次生加大显著—石油大规模充注—长石、方解石、沸石溶蚀—微裂隙—晚期方解石充填—晚期白云石充填或交代碎屑颗粒。由于自生矿物的形成需要一定时间,因此上述各成岩作用必然会出现重叠。

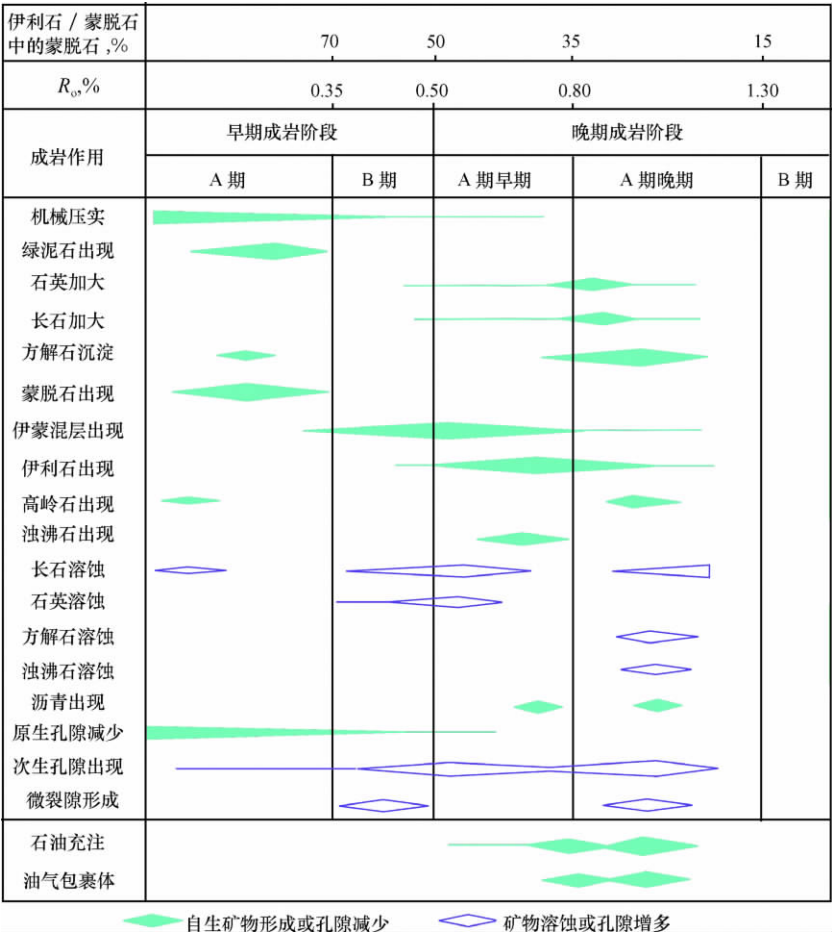


图 2 鄂尔多斯盆地子长地区延长组油藏成岩矿物序列与油气充注关系

Fig. 2 Diagenetic sequences and hydrocarbon charging events in the Yanchang reservoirs of Zichang area, the Ordos Basin

3 油气包裹体期次及特征

3.1 油气包裹体期次

由成岩作用与油气包裹体分布特征可以识别出两期油气包裹体。第一期油气包裹体主要分布在石英和长石等矿物溶蚀孔隙、早期裂隙中,被石英和长石等后期次生加大边包裹起来,或分布在次生加大边底部形成沥青环带状结构(图 1g),油气包裹体连串分布,包裹体形态不规则,一般较小(多为 $2 \sim 8 \mu\text{m}$),气液比普遍小于 10%,为多相烃类包裹体。第二期油气包裹体在石英晚期裂隙和亮晶方解石胶结物中,石英晚期裂隙中呈串珠状定向分布(图 4i,j),晚期裂隙切割了早期裂隙并切穿了颗粒边界;油气包裹体较大(多为 $4 \sim 10 \mu\text{m}$);包裹体油、气、水相态边界较清楚,气液比一般大于 8%,最高可达 20%;一般含盐水及气态、液态烃类,也可见到沥青,

为多相有机包裹体;亮晶方解石胶结物中包裹体相态复杂,很小不易测量。对样品进行了荧光观测,发现流体包裹绝大部分为不发荧光的盐水包裹体和气体包裹体;油包裹体相对数量较少。经统计,第一期油气包裹体呈褐色,显示浅黄色、褐黄色及褐色荧光;第二期油气包裹体显示黄褐色、黄色或黄绿荧光,有少量油气包裹体显示蓝白色荧光,并在大部分井中见大量发褐色、褐黄色荧光的油浸染物和少量不发荧光的沥青(图 1k,l)。

3.2 流体包裹体均一温度特征

流体包裹体均一温度在长安大学流体包裹体实验室的英国 Linkam 科学仪器公司生产的 THMS600 型冷热台进行测试,测定误差为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ (表 1)。在包裹体共生的各类型流体中,相对而言,盐水包裹体均一温度的稳定性较高。因此,尽量选取与有机包裹体共生的盐水包裹体进行均一温度测定^[4]。

表 1 鄂尔多斯盆地子长地区延长组储层流体包裹体测试数据

Table 1 Test data of fluid inclusions in the Yanchang reservoirs of Zichang area, the Ordos Basin

井号	深度/m (层位)	成因	期次	宿主矿物	大小/ ($\mu\text{m} \cdot \mu\text{m}$)	气/液	均一温度/ $^{\circ}\text{C}$	冰点温度/ $^{\circ}\text{C}$	含盐量, %	密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
理 844	938 ~ 945 (长 6)	次生	早期	石英溶蚀	6×12	8	97.3	-5.3	8.28	1.03
		次生	早期	石英溶蚀	8×12	8	94.8	-2.4	4.03	0.99
		次生	早期	石英溶蚀	6×10	5	95.1	-5.8	8.95	1.03
		次生	晚期	石英裂隙	2×6	10	118.7	-2.7	4.49	0.98
		次生	晚期	石英裂隙	2×4	10	110.2	-2.5	4.18	0.97
		次生	晚期	石英裂隙	2×4	20	112.2	-5.1	8.00	1.00
		次生	晚期	石英裂隙	4×8	8	106.4	-5.1	8.00	1.02
		次生	早期	石英裂隙	4×6	10	87.6	-4.7	7.45	0.98
		次生	早期	石英裂隙	2×8	15	102.8	-1.6	2.74	0.98
理 848	864 ~ 870 (长 6)	原生		石英裂隙	4×8	25	167.1	-1.9	3.23	0.95
		次生	晚期	石英裂隙	2×8	10	106.9	-2.2	3.71	0.98
		次生	晚期	石英裂隙	6×6	8	108.1	-2.0	3.39	0.98
		次生	早期	石英裂隙	4×6	8	101.5	-5.7	8.81	1.03
		次生	早期	石英裂隙	4×8	5	104.4	-3.9	6.30	1.01
		次生	晚期	石英裂隙	2×8	8	114.4	-2.0	3.39	0.95
		次生	晚期	石英裂隙	4×8	8	106.1	-0.7	1.23	0.96
		次生	晚期	石英溶蚀	8×8	8	118.8	-2.0	3.39	0.96
		次生	早期	石英溶蚀	8×12	8	103.6	-5.3	8.28	1.02
理 851	955 ~ 962 (长 6)	次生	早期	石英溶蚀	4×8	5	109.4	-4.5	7.17	1.02
		次生	早期	石英溶蚀	4×8	5	108.3	-2.3	3.87	0.98
		原生		石英溶蚀	4×10	8	162.1	-1.9	3.23	0.94
		次生	早期	石英裂隙	4×6	5	102.4	-2.3	3.87	0.98
		次生	早期	石英裂隙	4×12	5	106.7	-1.6	2.74	0.97
		原生		石英裂隙	2×4	8	155.5	-3.1	5.11	0.97
		次生	晚期	石英	4×6	5	112.0	-2.2	3.71	0.97
		次生	晚期	石英	6×6	8	105.1	-1.8	3.06	0.98
		次生	晚期	石英	4×8	8	100.4	-3.0	4.96	0.99
		次生	早期	石英溶蚀	8×12	8	103.6	-5.3	8.28	1.02
		次生	早期	石英溶蚀	4×8	5	109.4	-4.5	7.17	1.02

续表 1 鄂尔多斯盆地子长地区延长组储层流体包裹体测试数据

Table 1(continued) Test data of fluid inclusions in the Yanchang reservoirs of Zichang area, the Ordos Basin

井号	深度/m (层位)	成因	期次	宿主矿物	大小/ ($\mu\text{m} \cdot \mu\text{m}$)	气/液	均一温度/ $^{\circ}\text{C}$	冰点温度/ $^{\circ}\text{C}$	含盐量, %	密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
理 849	1 008 ~ 1 014 (长 6)	次生	早期	石英裂隙	6 × 6	10	105. 7	- 3. 2	5. 26	0. 99
		次生	早期	石英裂隙	4 × 8	8	101. 6	- 2. 5	4. 18	0. 99
		次生	早期	石英裂隙	4 × 10	15	121. 6	- 1. 2	2. 07	0. 96
		次生	晚期	石英裂隙	4 × 10	10	109. 7	- 2. 7	4. 49	0. 98
		次生	晚期	石英裂隙	6 × 8	15	125. 6	- 4. 6	7. 31	0. 99
		次生	晚期	石英裂隙	4 × 8	15	133. 6	- 4. 9	7. 73	0. 99
		次生	晚期	石英裂隙	8 × 8	10	129. 0	- 2. 9	4. 80	0. 97
8436	366 ~ 380 (长 2)	原生		石英	6 × 12	15	146. 0	- 10. 0	13. 94	1. 03
		次生	早期	石英裂隙	2 × 4	10	100. 1	- 7. 2	10. 73	1. 04
		次生	晚期	石英裂隙	5 × 8	15	105. 9	- 8. 7	12. 51	1. 05
		次生	晚期	石英裂隙	5 × 10	20	110. 6	- 8. 9	12. 73	1. 05
		次生	晚期	石英裂隙	4 × 12	10	117. 3	- 11. 4	15. 37	1. 06
		次生	晚期	石英裂隙	4 × 8	15	105. 1	- 6. 9	10. 36	1. 03
		次生	早期	石英裂隙	4 × 10	8	93. 6	- 3. 7	6. 01	1. 02
		次生	早期	石英	6 × 12	10	98. 7	- 5. 2	8. 14	1. 03
		次生	早期	石英	4 × 12	10	95. 8	- 6. 2	9. 47	1. 03
		次生	早期	石英	8 × 10	10	95. 0	- 7. 6	11. 22	1. 05
		次生	晚期	石英	6 × 8	5	121. 1	- 1. 6	2. 74	0. 97
		次生	晚期	石英	8 × 8	5	115. 3	- 4. 9	7. 73	1. 02
3243	765 ~ 768 (长 2)	次生	早期	石英裂隙	2 × 4	5	117. 3	- 6. 9	10. 36	1. 02
		次生	早期	石英裂隙	4 × 8	5	93. 8	- 2. 8	4. 65	1. 00
		次生	早期	石英裂隙	2 × 4	5	122. 9	- 3. 5	5. 71	0. 99
		次生	早期	石英裂隙	4 × 4	5	92. 6	- 7. 0	10. 49	1. 04
		次生	早期	石英裂隙	2 × 6	5	99. 4	- 7. 2	10. 73	1. 04
		次生	晚期	石英裂隙	4 × 6	10	99. 2	- 2. 7	4. 49	0. 99
		次生	晚期	石英裂隙	6 × 6	15	113. 8	- 3. 1	5. 11	0. 98
		次生	晚期	石英裂隙	4 × 6	10	114. 2	- 2. 0	3. 39	0. 97
		次生	晚期	石英裂隙	6 × 8	5	119. 6	- 2. 7	4. 49	0. 97
		次生	早期	石英溶蚀	6 × 10	5	124. 4	- 4. 6	7. 31	0. 99
		次生	早期	石英溶蚀	4 × 10	15	93. 9	- 3. 1	5. 11	1. 01
子 157	450 ~ 458 (长 6)	次生	早期	石英	6 × 8	20	103. 1	- 2. 5	4. 18	0. 98
		次生	早期	石英	8 × 10	15	97. 2	- 3. 9	6. 30	1. 02
		次生	早期	石英裂隙	4 × 6	5	96. 9	- 0. 6	1. 05	0. 96
		次生	早期	石英裂隙	2 × 8	5	88. 3	- 1. 3	2. 24	0. 98
		次生	早期	石英裂隙	8 × 8	10	116. 6	- 2. 7	4. 49	0. 97
		次生	早期	石英裂隙	4 × 8	15	97. 4	- 3. 5	5. 71	1. 01
		次生	早期	石英裂隙	4 × 10	10	93. 9	- 1. 9	3. 23	0. 98
		次生	晚期	石英裂隙	8 × 8	8	110. 5	- 2. 2	3. 71	0. 97
		次生	晚期	石英裂隙	6 × 6	10	129. 5	- 2. 6	4. 34	0. 97
		次生	晚期	石英裂隙	6 × 8	10	108. 5	- 3. 4	5. 56	0. 99
子 213	769 ~ 770 (长 6)	次生	晚期	石英裂隙	4 × 6	20	114. 1	- 6. 7	10. 11	1. 01
		次生	晚期	石英裂隙	8 × 12	10	121. 6	- 4. 6	7. 31	1. 00
		次生	晚期	石英裂隙	4 × 6	20	113. 7	- 6. 9	10. 36	1. 02
		次生	晚期	石英裂隙	4 × 6	20	108. 7	- 1. 7	2. 90	0. 97
		次生	早期	石英裂隙	6 × 8	10	94. 2	- 1. 8	3. 06	0. 98
		次生	早期	石英裂隙	2 × 10	10	89. 3	- 7. 2	10. 73	1. 00
		次生	早期	石英裂隙	2 × 6	8	92. 1	- 6. 0	9. 21	1. 04
		次生	晚期	石英裂隙	6 × 10	5	97. 6	- 2. 1	3. 55	0. 97
		次生	晚期	石英裂隙	6 × 10	5	113. 5	- 3. 3	5. 41	0. 96
		次生	早期	石英裂隙	8 × 8	5	98. 4	- 3. 1	5. 11	1. 00
		次生	早期	石英裂隙	6 × 6	10	92. 8	- 5. 2	8. 14	1. 03

用盐水包裹体均一温度数据制作了直方图(图3),从包裹体均一温度统计分析可以看出,均一温度分布范围较宽85~130℃,但分布较连续,主要分布在90~120℃之间,有两个明显的温度峰区:第一期均一温度主要分布在90~105℃之间,峰值温度95℃;第二期均一温度主要分布在105~120℃之间,峰值温度110℃。两个峰值,表示研究区烃类的运移和充注是一个由强到弱,再由弱到强的幕式充注的过程;两期均一温度分布连续,表明整个充注过程未发生大的构造事件,油气为连续充注。综合表明,研究区延长组应为连续一期两幕成藏。

3.3 流体包裹体含盐量、密度特征

流体包裹体冰点温度在长安大学流体包裹体

实验室测定。初熔温度为 $-42.6 \sim -68.8^{\circ}\text{C}$,平均为 -56.5°C ;冰点为 $-0.6 \sim -11.4^{\circ}\text{C}$,平均为 -3.9°C ;流体类型为 $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ 型。通过冰点温度测量结果计算得到流体包裹体含盐量为1.05%~15.37%,主要为2.5%~11.5%;其中,早期流体包裹体含盐量1.05%~11.22%,主要为2.5%~10.8%;晚期流体包裹体含盐量1.25%~15.37%,主要为3.4%~11.0%(图4)。

流体包裹体密度变化不大,主要分布在 $0.96 \sim 1.05\text{g}/\text{cm}^3$ 。总的趋势是随着温度升高密度有降低趋势;但温度升高,含盐量又有增大趋势,导致密度增加。所以综合两方面因素,密度亦没有太大变化(图5)。

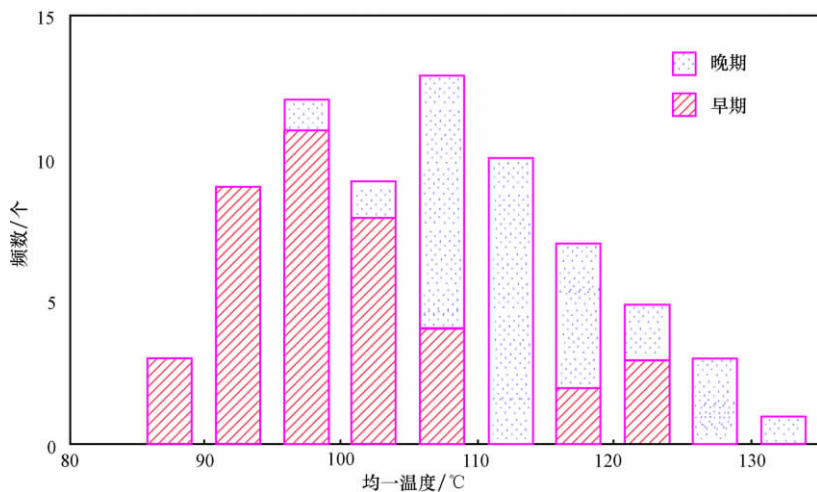


图3 鄂尔多斯盆地子长地区延长组储层流体包裹体均一温度直方图

Fig.3 Histogram of homogenization temperature of fluid inclusions in the Yanchang reservoirs of Zichang area, the Ordos Basin

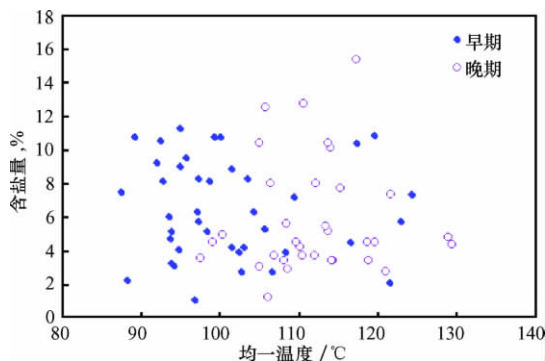


图4 鄂尔多斯盆地子长地区流体包裹体均一温度-含盐量关系

Fig.4 Homogenization temperature vs. salinity for fluid inclusions in Zichang area, the Ordos Basin

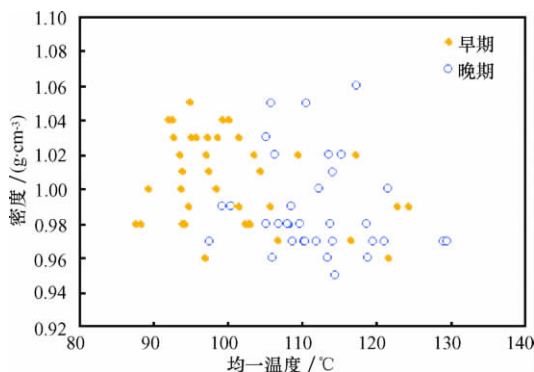


图5 鄂尔多斯盆地子长地区流体包裹体均一温度-密度关系

Fig.5 Homogenization temperature vs. density for fluid inclusions in Zichang area, the Ordos Basin

早、晚两期自生矿物流体包裹体含盐量和密度比较稳定,变化不大。这也说明研究区延长组主要存在一期流体活动,应为连续一期成藏。

4 油气成藏时期的确定

4.1 盆地热史研究提供的油气成藏时期

鄂尔多斯盆地早白垩世之后发生强烈的抬升剥蚀作用,盆地东部抬升剥蚀量可达 2 000 m 以上^[13],在子长地区早白垩世之后的剥蚀可达 1 400 ~ 1 500 m^[14]。本文在埋藏史恢复的基础上,恢复了该区盆地热演化史(图 6)。根据恢复的热演化史可以看出早白垩世地层达到最大古地温,早白垩世是三叠系延长统的生油高峰期^[11,15]。

地层埋藏史及其地层温度的演化过程史是包裹体定年的依据,将包裹体均一温度数据与盆地热史中温度的演化史进行对比,可以判定油气运移成藏的时间^[17-20]。子长地区延长组包裹体均一温度主要分布在 90 ~ 120℃,与研究区热史中的温度对比,得出延长组油气主要成藏期为 100 ~ 120 Ma

(早白垩世晚期),这与前人确定的延长矿区油气成藏时期相吻合^[21]。

需要指出的是,延长组流体包裹体温度分布在 85 ~ 130℃,略高于地层温度。原因在于研究区长 7 主力烃源岩较薄,部分油气来自西南生烃凹陷,并以“爬楼梯”的方式运移到研究区并聚集成藏。所以油气热演化程度略高,所测包体温度略高于研究区地层温度是正常的。

4.2 伊利石测年法确定的油气成藏时期

储层中自生伊利石仅在流动的富钾水介质环境中形成,油气进入储层后,伊利石形成过程便会停止。因此,储层自生伊利石年龄反映了油气充满储层的最早时间,即油气藏形成期的最大地质年龄^[13,22]。

采用伊利石测年法对子长地区延长组长 6 含油储层进行了伊利石 K-Ar 测年,测得的结果为 101.8 Ma ± 3.3 Ma,为早白垩世。该时期与盆地热史及包裹体测温结果一致,表明油气成藏时期为地层达最大埋深及最高热演化的早白垩世^[11-12,15]。

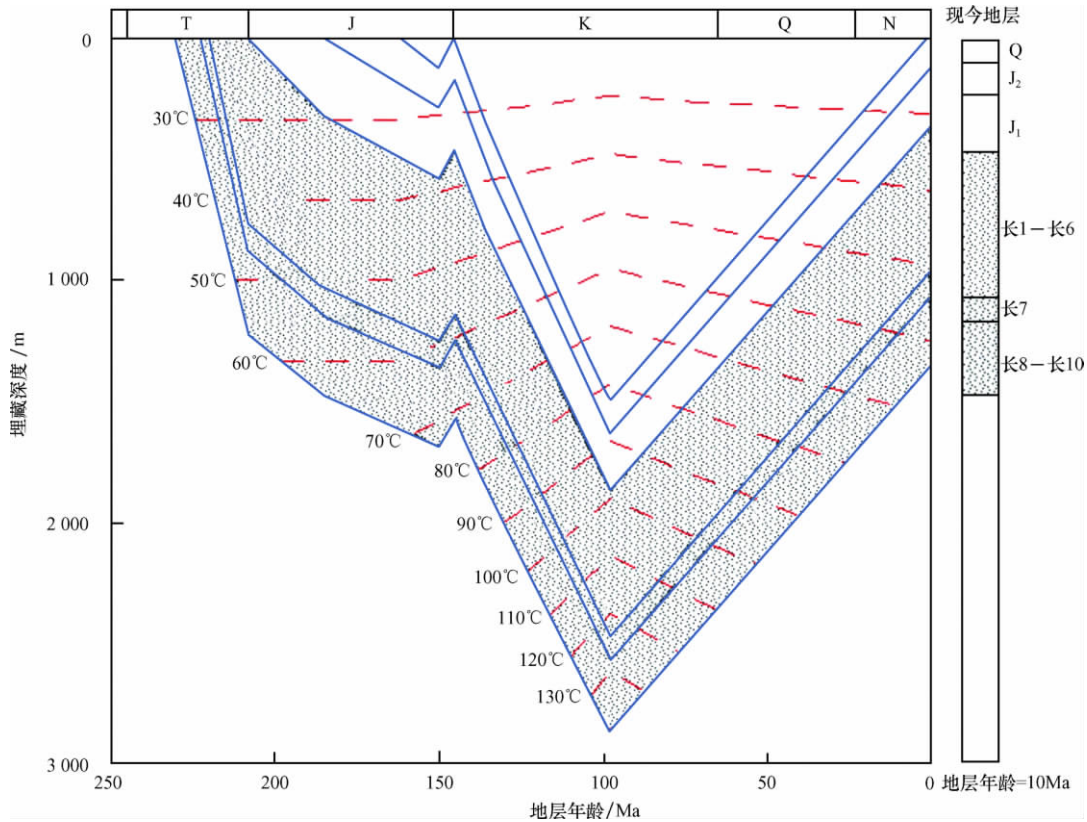


图 6 鄂尔多斯盆地子长地区三叠系延长组热演化史

Fig. 6 Thermal evolutionary history of the Triassic Yanchang Formation in Zichang area, the Ordos Basin

通过以上包裹体测温、盆地热史、伊利石测年等多种方法确定的油气成藏时期具有很好的一致性,均为早白垩世^[11-12,15]。

5 结 论

1) 通过鄂尔多斯盆地子长地区延长组成岩作用与油气充注关系的研究,表明延长组油气先期充注发生在压实作用之后,石英次生加大之前;后期大规模充注、成藏与石英次生加大略同期或稍晚;相应识别出两期油气包裹体:第一期油气包裹体主要分布在石英和长石等矿物溶蚀孔隙、早期裂隙中,被石英和长石等后期次生加大边包裹起来,或者分布在次生加大底部形成沥青环带状结构,包裹体形态不规则,一般较小(多为 $2 \sim 8 \mu\text{m}$),为多相烃类包裹体;第二期油气包裹体在石英晚期裂隙和亮晶方解石胶结物中,晚期裂隙切割了早期裂隙或石英加大边,并切穿了颗粒边界,油气包裹体较大(多为 $4 \sim 10 \mu\text{m}$),一般含盐水及气态和液态烃类,也可见到沥青,为多相有机包裹体。

2) 早期包裹体均一温度为 $90 \sim 105^\circ\text{C}$,含盐量为 $2.5\% \sim 10.8\%$,密度 $0.97 \sim 1.04 \text{ g/cm}^3$;晚期包裹体均一温度为 $105 \sim 120^\circ\text{C}$,含盐量为 $3.4\% \sim 11.0\%$,密度 $0.96 \sim 1.05 \text{ g/cm}^3$ 。两期包裹体均一温度分布连续,含盐量和密度相近,表明油气为连续充注,为一期两幕成藏。

3) 通过研究区延长组埋藏史、热史的恢复,结合包裹体测温,确定主要油气成藏时间为 $100 \sim 120 \text{ Ma}$,即早白垩世晚期;储层自生伊利石 K/Ar 同位素确定的时间大约为 101.8 Ma 左右,与包裹体均一温度确定的油气成藏期基本吻合。

致谢:在流体包裹体岩相学研究和测温中,得到长安大学李荣西教授及其研究生的大力支持和帮助,在此对他们表示衷心的感谢!

参 考 文 献

- [1] 卢焕章,范宏瑞,倪培,等. 流体包裹体 [M]. 北京: 科学出版社,2004.
Lu Huanzhang, Fan Hongrui, Ni Pei, et al. Fluid inclusion [M]. Beijing: Science Press, (in Chinese) 2004.
- [2] 欧光习 李林强,孙玉梅. 沉积盆地流体包裹体研究的理论与实践 [J]. 矿物岩石地球化学通报,2006,25(1):1-11.
Ou Guangxi, Li Linqiang, Sun Yumei. Theory and application of the fluid inclusion research on the sedimentary basins [J]. Bul-

- letin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry 2006, 25(1): 1-11.
- [3] 赵孟为, 汉斯·阿伦特, 克劳斯·魏玛. 鄂尔多斯盆地伊利石 $\text{K}-\text{Ar}$ 等时线图解与年龄 [J]. 沉积学报, 1997, 15(4): 148-151.
Zhao Mengwei, Ahrendt H, Wemmer K. The $\text{K}-\text{Ar}$ isochron diagram and ages of illites from the Ordos Basin [J]. Acta Sedimento-logica Sinica, 1997, 15(4): 148-151.
- [4] 王庭斌. 中国气藏主要形成、定型于新近纪以来的构造运动 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 126-132.
Wang Tingbin. Gas pools in China have mainly been formed and finalized during tectonic movements since Neogene [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 126-132.
- [5] 贾承造, 何登发, 陆浩民. 中国喜马拉雅运动的期次及其动力学背景 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 121-125.
Jia Chengzao, He Dengfa, Lu Haomin. Episodes and geodynamic setting of Himalayan movement in China [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 121-125.
- [6] 陈丹敏, 袁振涛. 鄂尔多斯白豹地区三叠系流体包裹体的特征及其在确定油气成藏期中的应用 [J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2009, 24(2): 31-38.
Chen Danmin, Yuan Zhentao. Characteristics of the fluid inclusion of the Triassic in Baibao area, Ordos Basin and their application in the study on the hydrocarbon accumulation stages [J]. Journal of Xi'an shiyou University (Natural & Science Edition), 2009, 24(2): 31-38.
- [7] 李荣西, 席胜利, 邱领军. 用储层油气包裹体岩相学确定油气成藏期次——以鄂尔多斯盆地陇东油田为例 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(2): 194-217.
Li Rongxi, Xi Shengli, Di Lingjun. Oil /gas reservoir ing phases determined through petrographicanalysis of hydrocarbon inclusions in reservoirs: taking Longdong oilfield, Ordos Basin, as an example [J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(2): 194-217.
- [8] 黄志龙, 江青春, 席胜利, 等. 鄂尔多斯盆地陕北斜坡带三叠系延长组和侏罗系油气成藏期研究 [J]. 西安石油大学学报, 2009, 24(1): 21-25.
Huang Zhilong, Jiang Qingchun, Xi Shengli. Study on oil and gas accumulation period of Yanchang Formation of Triassic and Jurassic in North Shaanxi slope zone, Ordos Basin [J]. Journal of Xi'an shiyou University (Natural & Science Edition), 2009, 24(1): 21-25.
- [9] Bodnar R J. Revised equation and stable for determining the freezing point depression of $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ solution [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1993, 57: 683-684.
- [10] 张文淮, 陈紫英. 流体包裹体地质学 [M]. 湖北 武汉: 中国地质大学出版社, 1993.
Zhang Wenhui, Chen Ziyang. Fluid inclusion Geology [M]. Hubei Wuhan: China Geology University Press, 1993.
- [11] 任战利, 张盛, 高胜利, 等. 鄂尔多斯盆地构造热演化史及其成藏成矿意义 [J]. 中国科学(D 辑), 2007, 37(增刊1): 23-32.

- Ren Zhanli, Zhang Sheng, Gao Shengli, et al. Tectonic thermal history and its significance on the formation of oil and gas accumulation and mineral deposit in Ordos Basin [J]. Science in China (Series D), 2007, 37 (Supp I): 23-32.
- [2] 任战利, 赵重远. 鄂尔多斯盆地古地温研究 [J]. 沉积学报, 1994, 12 (1): 56-65.
- Ren Zhanli, Zhao Zhongyuan. Research on paleotemperature in the Ordos Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1994, 12 (1): 56-65.
- [3] 柳益群, 李文厚, 冯乔. 鄂尔多斯盆地东部上三叠统含油砂岩的古地温及成岩阶段 [J]. 地质学报, 1997, 71 (1): 65-74.
- Liu Yiqun, Li Wenhui, Feng Qiao. Palaeotemperatures and diagenetic stage of the Upper Triassic oil sandstones in the eastern Ordos Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 1997, 71 (1): 65-74.
- [4] Goldstein R H. Fluid inclusions in sedimentary diagenetic systems [J]. Lithos, 2001, 55: 159-193.
- [5] 任战利, 刘丽, 崔军平, 等. 盆地构造热演化史在油气成藏期次研究中的应用 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29 (4): 503-506.
- Ren Zhanli, Liu Li, Cui Junping, et al. Application of tectonic-thermal evolution history to hydrocarbon accumulation timing in sedimentary basins [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29 (4): 503-506.
- [6] 陈瑞银, 罗晓容, 陈占坤, 等. 鄂尔多斯盆地埋藏演化史恢复 [J]. 石油学报, 2006, 27 (2): 18-21.
- Chen Ruiyin, Luo Xiaorong, Chen Zhankun, et al. Restoration of burial history of four periods in Ordos Basin [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 27 (2): 18-21.
- [7] 刘小洪, 冯明友, 罗静兰, 等. 鄂尔多斯盆地乌审召地区盒8、山1段储层流体包裹体特征及其意义 [J]. 石油与天然气地质, 2010, 31 (3): 360-366, 374.
- Liu Xiaohong, Feng Mingyou, Luo Jinglan, et al. Characteristics of fluid inclusions in reservoirs in the eighth member of the Shihezi Formation and the first member of the Shanxi Formation in Uxin Ju area, the Ordos Basin and their significance [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31 (3): 360-366, 374.
- [8] 邓津辉, 黄晓波, 李慧勇, 等. 辽东湾海域 JZ25 地区流体包裹体与油气运移 [J]. 石油与天然气地质, 2009, 30 (4): 420-427.
- Deng Jinhui, Huang Xiaobo, Li Huiyang, et al. An analysis on fluid inclusions and hydrocarbon migration in JZ25 area of Liaodong Bay waters [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30 (4): 420-427.
- [9] 宋芳. 油气充注历史研究方法综述 [J]. 石油地质与工程, 2008, 22 (1): 18-21.
- Song Fang. Study on oil charging history [J]. Petroleum geology and engineering, 2008, 22 (1): 18-21.
- [10] 蔡李梅, 陈红汉, 李纯泉, 等. 济阳坳陷东营凹陷沙三中亚段流体包裹体古流体势场恢复 [J]. 石油与天然气地质, 2009, 30 (1): 17-21.
- Cai Limei, Chen Honghan, Li Chunquan, et al. Reconstruction of the paleo-fluid potential field of Es-3 in the Dongying Sag of the Jiyang Depression with systematic fluid inclusion analysis [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30 (1): 17-21.
- [11] 刘超, 王震亮, 刘池洋, 等. 鄂尔多斯盆地延长矿区延长组流体包裹体特征 [J]. 地球学报, 2009, 30 (2): 215-220.
- Liu Chao, Wang Zhenliang, Liu Chiyang, et al. Characteristics of Fluid Inclusions in Yanchang Formation of the Yanchang Oil-field, Ordos Basin [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2009, 30 (2): 215-220.
- [12] 李艳霞, 刘洪军, 袁东山, 等. 石油充注对储层成岩矿物演化的影响 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24 (3): 274-280.
- Li Yanxia, Liu Hongjun, Yuan Dongshan, et al. Effect of oil charging on reservoir's diagenetic mineral evolution [J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24 (3): 274-280.

(编辑 高岩)

(上接第174页)

- [6] 谭明友, 张云银, 宋传春, 等. 准噶尔盆地油气幕式成藏规律探讨 [J]. 石油勘探与开发, 2004, 31 (1): 28-31.
- Tan Mingyou, Zhang Yunyin, Song Chuanchun, et al. Episodic reservoir-formation rules in the Junggar Basin, Northwest China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2004, 31 (1): 28-31.
- [7] 董云鹏, 查显峰, 付明庆, 等. 秦岭南缘大巴山褶皱-冲断推覆构造的特征 [J]. 地质通报, 2008, 27 (9): 1493-1508.
- Dong Yunpeng, Zha Xianfeng, Fu Mingqing, et al. Characteristics of the Dabashan fold-thrust nappe structure at the southern margin of the Qinling, China [J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27 (9): 1493-1508.
- [8] 姜林, 宋岩, 查明, 等. 准噶尔盆地莫索湾地区地层水研究 [J]. 石油与天然气地质, 2009, 29 (1): 72-77.
- Jiang Lin, Song Yan, Zha Ming, et al. Study on formation water in Mosuowan area of the Junggar Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 29 (1): 72-77.
- [9] 杨智, 何生, 何治亮, 等. 准噶尔盆地腹部超压层分布与油气成藏 [J]. 石油学报, 2008, 29 (2): 199-212.
- Yang Zhi, He Sheng, He Zhiliang, et al. Distribution of overpressure hydrocarbon accumulation in stratum and its relationship with the central part of Junggar Basin [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 29 (2): 199-212.

(编辑 张亚雄)