

文章编号:1001-6112(2012)06-0599-05

鄂尔多斯盆地延长组长7 致密储层流体包裹体特征与成藏期次

时保宏¹, 张艳², 张雷², 杨亚娟², 李慧³

(1. 西安石油大学 地球科学与工程学院, 西安 710065; 2. 中国石油天然气股份有限公司 长庆油田分公司 勘探开发研究院, 西安 710021; 3. 中国石油天然气股份有限公司 长庆油田分公司 第七采油厂, 西安 710018)

摘要:鄂尔多斯盆地延长组长7储层流体包裹体类型丰富,包括盐水包裹体、含烃盐水包裹体、液烃包裹体、气液烃包裹体和气烃包裹体。根据油气包裹体宿主矿物成岩的形成时间序列和均一温度分析认为,长7储层主要有2期包裹体。第一期主要赋存于石英颗粒次生加大内侧及未切及加大边的裂隙中,与其共生的盐水包裹体均一温度峰值为120~140℃;第二期包裹体均沿切穿石英(或长石颗粒)的晚期微裂隙成线/带状分布,与其共生的盐水包裹体均一温度峰值为90~110℃。结合盆地埋藏史和热史分析认为,长7致密油藏主要经历了2次流体充注,主成藏期为早白垩世晚期,即在早白垩世末盆地开始大范围抬升以前油藏就已形成。

关键词:流体包裹体;均一温度;成藏期次;长7储层;鄂尔多斯盆地

中图分类号:TE122.3⁺1

文献标识码:A

Hydrocarbon accumulation dating by fluid inclusion characteristics in Chang7 tight sandstone reservoirs of Yanchang Formation in Ordos Basin

Shi Baohong¹, Zhang Yan², Zhang Lei², Yang Yajuan², Li Hui³

(1. School of Earth Science and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi 710065, China;

2. Institute of Exploration and Development, Changqing Oil and Gas Branch Company, PetroChina, Xi'an, Shaanxi 710021, China;

3. The 7th Oil Plant, Changqing Oil and Gas Branch Company, PetroChina, Xi'an, Shaanxi 710018, China)

Abstract: There are various fluid inclusions in the Chang7 reservoir of the Yanchang Formation in the Ordos Basin. According to the diagenetic stages and homogenization temperatures of host minerals for fluid inclusions, two different phases of hydrocarbon inclusions have been identified. The hydrocarbon inclusions of the first phase locate in the interiors and fissures of quartz overgrowth area and the homogenization temperature of brine inclusions is from 120 °C to 140 °C. The hydrocarbon inclusions of the second phase locate in the late fissures which cut across quartz and (or) feldspars and the homogenization temperature of brine inclusions is mainly from 90 °C to 110 °C. Combined with the thermal and burial histories of the Chang7 Formation, the tight reservoirs has experienced two stages of fluid filling. The main accumulation took place during the late period of Early Cretaceous.

Key words: fluid inclusion; homogenization temperature; hydrocarbon accumulation dating; Chang 7 reservoir; Ordos Basin

晚三叠世时期受印支运动影响,大华北盆地解体,逐渐形成了鄂尔多斯盆地。该期盆地经历了湖盆的形成、发展、全盛、衰退乃至消亡的演化过程。长7油层组沉积时湖泊范围最为广阔,不但沉积了盆地中生界主要烃源岩,而且在湖盆中部还发育三角洲前缘水下分流河道砂体和深湖一半深湖相浊积砂,与烃源岩直接接触,形成自生自储油藏。储层为典型致密砂岩储层,孔隙度平均值为8.45%,

渗透率平均值为 $0.12 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。本文从长7砂岩储集层基本特征入手,在盆地沉积埋藏史及热史模拟的基础上,通过分析储层砂岩中流体包裹体特征,探讨了长7储层包裹体特征及油气充注的时间与期次。

1 样品采集与处理

流体包裹体自20世纪90年代开始广泛应用

收稿日期:2012-02-29;修订日期:2012-09-05。

作者简介:时保宏(1971—),男,博士,副教授,从事油气成藏地质学及天然气地球化学方面的研究工作。E-mail:bh.sh@163.com。

基金项目:陕西省教育厅项目(11JK0735)资助。

于油气成藏年代学研究中^[1-6]。通过测量与烃类包裹体共生的盐水包裹体均一温度来记录油气运移充注时储层的古地温,再结合储集层的热史分析及埋藏史的恢复来确定油气充注期次及充注时间。

由于长7储集层为致密储层,粒度很细,主要为极细—细粒砂岩,这对镜下寻找包裹体非常不利。为了能更好地在镜下观察烃类包裹体,本次研究先通过显微镜下岩石薄片观察,筛选出成岩作用发育的薄片进行包裹体分析。最后选取了覆盖面较全的12口井16块砂岩样品磨制包裹体薄片,进行长7包裹体均一温度及冰点温度的测试分析。本次流体包裹体测试是在北京核工业实验室完成的,实验用的冷热台为英国 Linkman 科学仪器公司生产的 LINKMAN THMS600 型冷热台,测温范围为-196~600℃,通过镜下观察,发现了167个包裹体。

2 流体包裹体特征

2.1 流体包裹体期次及特征

根据镜下观察与统计结果,所选样品中油气包裹体主要赋存在石英碎屑次生加大前的微裂隙及次生加大后的微裂隙、石英次生加大边以及碳酸盐胶结物中,其中以石英裂隙中发现的包裹体为最多。包裹体颜色主要显示为浅褐黄色、黄色、浅黄绿色及浅蓝白色荧光。根据显微镜下观察出的包

裹体宿主矿物的成岩序列,结合油气包裹体的相态特征及显微荧光颜色特征等,长7储层砂岩中可以识别出特征明显的2期油气包裹体。

第一期发育于储层成岩石英颗粒次生加大早期,发育丰度中等—较高(GOI为2%±~5%±),包裹体主要沿石英颗粒次生加大边内侧分布,或沿未切及石英颗粒次生加大边的微裂隙面分布。多为含烃盐水包裹体和液烃包裹体,少量气液两相包裹体,包裹体呈深褐色、褐色,显示浅黄色、浅褐黄色及暗褐色荧光(图1a,b,c)。

第二期发育于储层成岩石英颗粒次生加大后期(即成岩期后),发育丰度高(GOI为5%±),包裹体均沿切穿石英或长石颗粒的晚期微裂隙成线/带状分布,包裹体物理相态以液态烃为主,部分气态烃+液态烃。液烃呈褐黄色、黄色、浅黄色及淡黄色,显示浅褐黄色、黄色及浅蓝白色荧光;气烃呈灰色(图1d,e,f)。液烃包裹体占35%±,气液烃包裹体占65%±。

2.2 流体包裹体均一温度特征

相对而言,与包裹体共生的各类型流体中,盐水包裹体均一温度的稳定性较高。因此,一般选取与烃类包裹体共生的盐水包裹体进行均一温度测定。此次共测得温度点165个,测试结果表明,长7储层砂岩均一温度分布范围较宽,为70~150℃(图2),

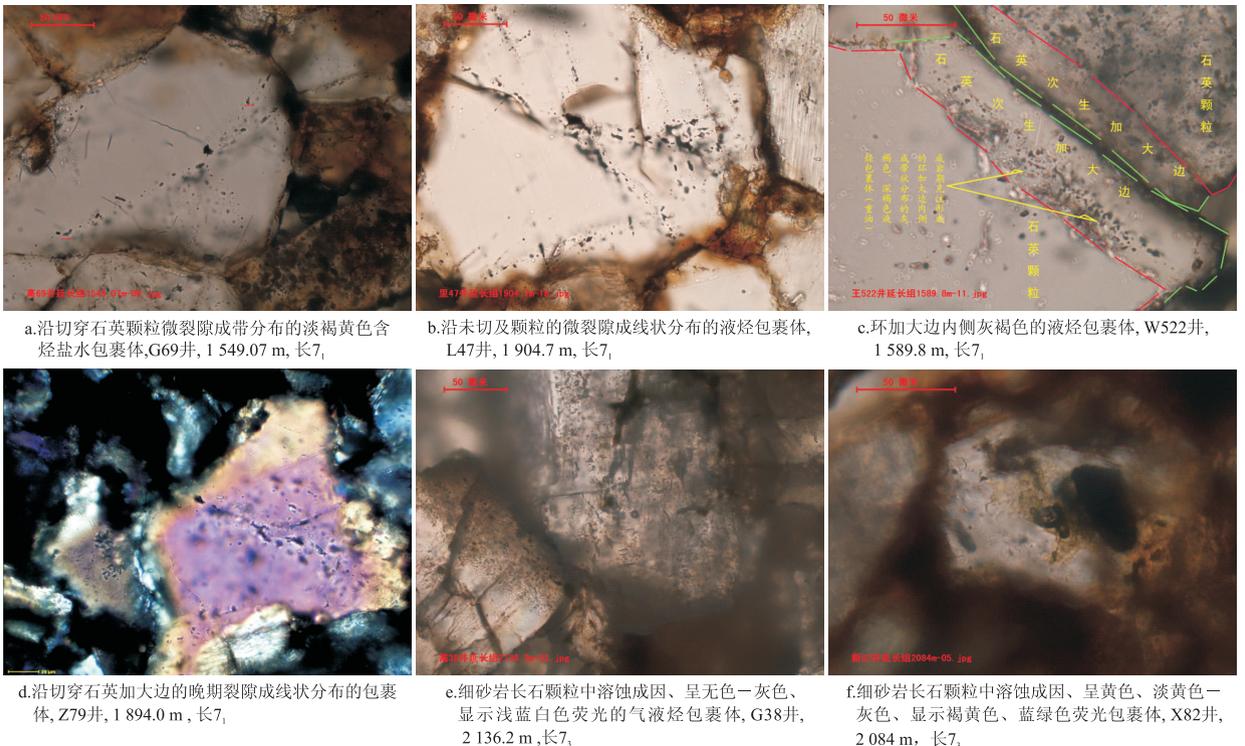


图1 鄂尔多斯盆地延长组长7储集层流体包裹体特征

Fig. 1 Characteristics of fluid inclusions in Chang7 reservoirs, Yanchang Formation, Ordos Basin

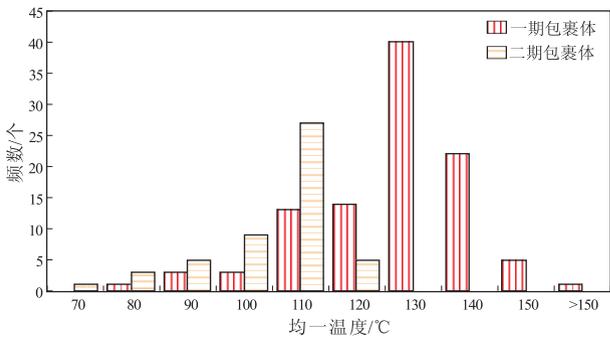


图2 鄂尔多斯盆地长7储集层流体包裹体均一温度分布

Fig. 2 Histogram of homogenization temperatures of fluid inclusions in Chang7 reservoirs, Yanchang Formation, Ordos Basin

温度分布连续, 存在2个峰值区间。第一个峰值为90~110℃, 主要为第二期包裹体; 第二个峰值为120~140℃, 主要为第一期包裹体。反映盆地长7烃类的运移和充注是一个连续的过程^[7-8], 在连续过程中存在2次大规模的流体活动。

值得注意的是, 第一期包裹体的均一温度为高温区间, 主峰为120~140℃, 而第二期包裹体的均一温度反而是低温区间, 主峰为90~110℃。分析认为造成这一结果的原因主要与鄂尔多斯盆地早白垩世发生的异常热事件有关。前人对此也做过多项研究^[9-13], 认为由于燕山运动造成的区域性构造挤压和抬升事件, 加之鄂尔多斯盆地发生了区域性的快速热异常事件(以紫金山岩体为代表的岩浆活动), 两者共同作用使中生代晚期盆地发生热异常, 根据磷灰石裂变径迹等资料, 判定构造热事件主要发生在中生代晚期早白垩世(约140~100 Ma)。由于热事件的加热效应, 不但加速了长7烃源岩进入生烃阶段的过程, 而且还致使第一期油气充注的包裹体测温较高, 与模拟高异常地热梯度下所得的结果相吻合^[14]。

2.3 包裹体内烃类成熟度

镜质组反射率是成熟度测量中应用较广且可

靠性较高的方法之一。Barker^[15]根据大量流体包裹体温度测量数据, 建立了镜质组反射率(R_o)的对数与包裹体均一温度(Th)之间的线性关系: $\ln R_o = 0.00811 Th - 1.26$ (相关系数 $r = 0.93$)。

据此关系式可得盆地长7储层烃类包裹体2个温度峰值段内油气成熟度(R_o)分别为0.6%~0.7%、0.8%~0.9%。排除早期热事件影响因素外, 均一温度90~110℃之间包裹体出现的频率最多, 判定长7烃类在成熟度(R_o)为0.6%~0.7%范围间开始大量成熟, 这与前人得出的结论相吻合。前人^[16]根据烃源岩镜质体反射率(R_o)与热解参数(T_{max})关系图解, 认为二者具有一定的正相关关系, 但 $R_o = 0.6\%$ 时, 有机质热演化有一个突变, 标志着烃源岩开始大量生油。

2.4 包裹体盐度特征

流体包裹体盐度是反映油气成藏流体物理化学性质的一个重要的地球化学参数, 可以近似反映成岩期孔隙度溶液的盐度。沉积盆地内正常沉积地层流体盐度高于地表渗流条件下流体盐度, 封闭条件下地层内流体的盐度高于开放体系下流体盐度, 因此, 包裹体的盐度也反映了流体的沉积环境条件。

盐度的大小是根据所测流体包裹体的水溶液冰点温度来计算的。通过冰点温度测量结果计算的流体包裹体盐度表明, 长7储集层包裹体盐度总体较低(图3), 一般在0.5%~13%之间, 有2个特征明显的盐度峰值区间, 分别为2%~4%和7%~8%, 也进一步证明了鄂尔多斯盆地延长组长7储层存在2个期次流体包裹体的事实。从盐度变化特点看, 盐度呈不对称偏态分布, 总体向低盐度偏离。流体包裹体盐度变化范围广, 说明地层流体交换作用比较普遍。

从分期次统计的盐度直方图(图3)来看, 晚期裂隙及胶结物中的包裹体盐度相对于早期裂隙及加大边内侧的包裹体盐度较低, 晚期盐度主要分布在1%~2%之间, 而早期包裹体盐度主要分布在

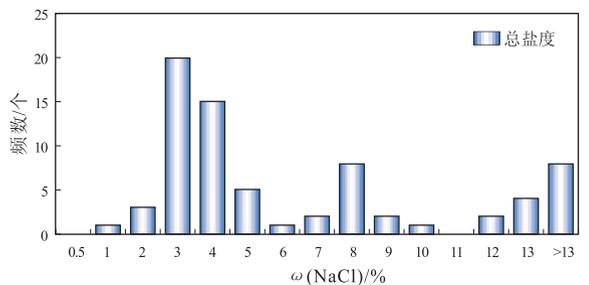
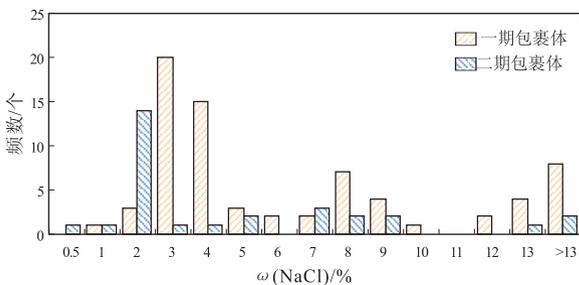


图3 鄂尔多斯盆地延长组长7包裹体盐度分布

Fig. 3 Histogram of salinities of fluid inclusions in Chang7 reservoirs, Yanchang Formation, Ordos Basin

2% ~4%之间,进而证明了早期包裹体中有热液高盐度流体参与。

2.5 包裹体密度特征

盐水溶液的密度、温度和盐度之间存在着一定的关系,当浓度不变时,溶液的密度与温度成反比。前人通过大量数据统计计算出了三者之间的关系,或可以从盐度与均一温度关系图上确定流体密度^[15]。从本次确定的延长组长7储层砂岩流体包裹体密度关系来看,虽然早期包裹体和晚期包裹体的均一温度差异明显,但由于其盐度分布范围较为一致,致使流体密度差异不十分明显(图4)。

综上所述可知,盆地延长组长7储层砂岩早期包裹体具有高温、中盐度、中高密度特征,晚期包裹体则具有低温、中高盐度和中高密度特征,来源于有机质热演化形成的油气流体,代表主成藏期油气流体。

3 油气成藏期次

国内许多学者对鄂尔多斯盆地中生代的构造演化史、盆地埋藏史和热史做了大量的研究工作^[17-19]。综合分析认为,从白垩纪开始到第四纪,

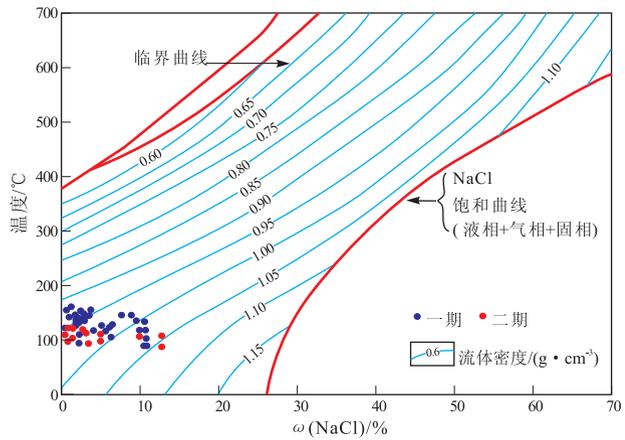


图4 鄂尔多斯盆地延长组长7包裹体流体密度分布
Fig. 4 Distribution of densities of fluid inclusions in Chang7 reservoirs, Yanchang Formation, Ordos Basin

受晚燕山运动和喜马拉雅山运动的影响,鄂尔多斯盆地阶段性抬升剥蚀,到第四纪才接受黄土沉积。中侏罗世晚期—晚侏罗世,长7烃源岩埋藏深度达1 500 ~ 2 000 m,古地温达到60 ~ 80 °C,开始生烃;早白垩世中晚期,长7烃源岩埋藏深度达2 000 ~ 2 500 m,古地温达到80 ~ 130 °C,开始大量生烃(图5)。

本文利用单井(L47井)包裹体均一温度测试结

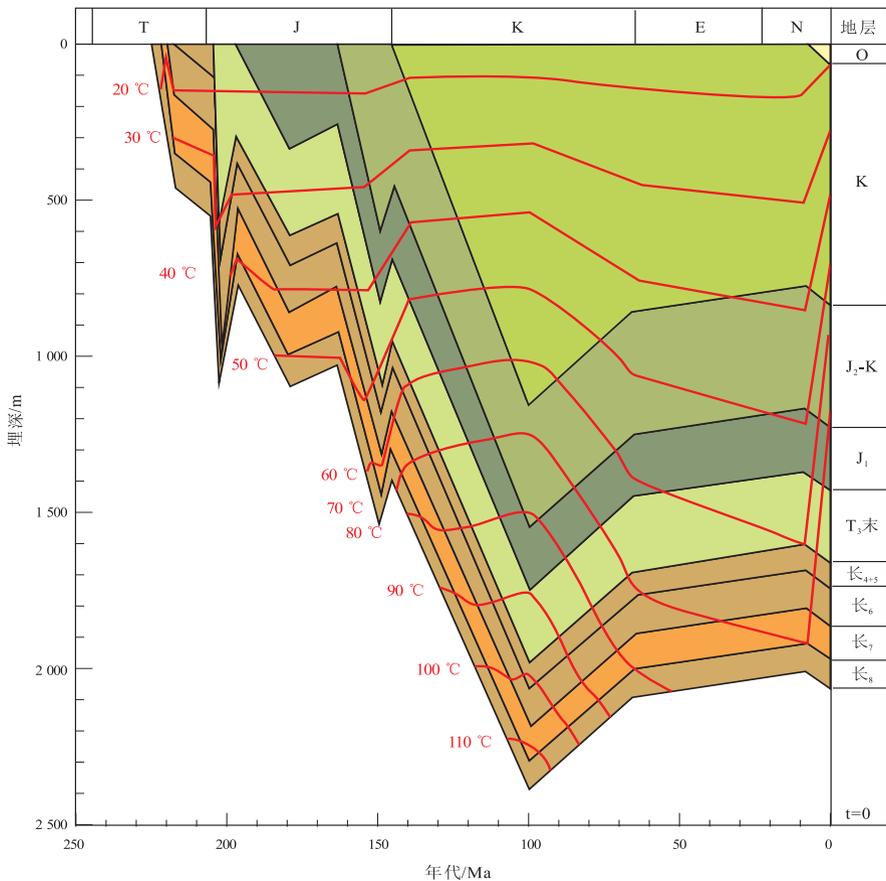


图5 鄂尔多斯盆地L47井埋藏史与热演化史
Fig. 5 Burial and thermal histories of well L47 in Ordos Basin

果,结合该井的埋藏史及热史分析(图5),长7埋藏期的早期包裹体不能与长7构造埋藏曲线交叉,因长7最大埋藏深度没有达到早期包裹体记录的120~140℃的热演化程度,这进一步确定早期包裹体记录的是热异常事件;晚期包裹体对应的时间为早白垩世晚期,代表了油气主成藏期,即在早白垩世晚期盆地大范围抬升的时候油藏就已形成,这与前人研究结果较一致。

4 结论

鄂尔多斯盆地延长组长7储层中发育大量的流体包裹体,包裹体类型主要包括含烃盐水包裹体、液烃包裹体和气液烃包裹体及气态包裹体。流体包裹体特征产状及均一温度分析表明,长7储层中包裹体为2期,第一期包裹体沿石英颗粒次生加大边内侧分布,或沿未切及石英颗粒次生加大边的微裂隙面分布,包裹体均一温度峰值为120~140℃;第二期包裹体沿切穿石英或长石颗粒的晚期微裂隙成线/带状分布,包裹体均一温度峰值为90~110℃。

根据埋藏史及热史模拟结果,结合流体包裹体测试资料综合分析认为,第二期包裹体为主成藏期捕获的包裹体,其对应的主成藏期为早白垩世晚期。

参考文献:

[1] 卢焕章,李秉伦,沈昆,等. 包裹体地球化学[M]. 北京:地质出版社,1990:2-42.
 [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):1-8.
 [3] 邢卫新,费永涛,杨永毅,等. 含油气盆地成藏期分析方法及研究[J]. 石油地质与工程,2006,20(6):12-15.
 [4] 陈红汉. 油气成藏年代学研究进展[J]. 石油与天然气地质,

2007,28(2):143-150.

[5] 柳少波,顾家裕. 包裹体在石油地质研究中的应用与问题讨论[J]. 石油与天然气地质,1997,18(4):326-331.
 [6] 李荣西,席胜利,邸领军. 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):194-199.
 [7] 李明诚,单秀琴,马成华,等. 油气成藏期次探讨[J]. 新疆石油地质,2005,26(5):587-591.
 [8] 李明诚. 石油与天然气运移[M]. 北京:石油工业出版社,2004.
 [9] 邹和平,张珂,李刚,等. 鄂尔多斯地块早白垩世构造—热事件:杭锦旗玄武岩的 Ar-Ar 年代学证据[J]. 大地构造与成矿学,2008,32(3):360-364.
 [10] 肖媛媛,任战利,秦江锋,等. 山西临县紫金山碱性杂岩 LA-ICP MS 锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及其地质意义[J]. 地质论评,2007,53(5):656-663.
 [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,2007,37(增刊1):23-32.
 [12] 周江羽,吴冲龙,韩志军. 鄂尔多斯盆地的地热场特征与有机质成熟史[J]. 石油实验地质,1998,20(1):20-24.
 [13] 孙少华,李小明,龚革联,等. 鄂尔多斯盆地构造热事件研究[J]. 科学通报,1997,42(3):306-309.
 [14] 陈瑞银,罗晓容,赵文智,等. 鄂尔多斯盆地中生代热异常及烃源岩热演化特征[J]. 石油勘探与开发,2007,34(6):658-663.
 [15] Barker C E. Fluid-inclusion technique for determining maximum temperature in calcite and its composition to the vitrinite reflectance [J]. Geology,1990,18:1003-1006.
 [16] 席胜利,李文厚,李荣西. 烃源岩生烃期次与油气成藏:以鄂尔多斯盆地西缘马家滩地区长7烃源岩为例[J]. 石油勘探与开发,2008,35(6):657-663.
 [17] 任战利,赵重远,张军,等. 鄂尔多斯盆地古地温研究[J]. 沉积学报,1994,12(1):56-64.
 [18] 赵孟为. 鄂尔多斯盆地油气形成与运移时间和运移方向的确定与勘探方向[J]. 石油实验地质,1996,18(4):341-347.
 [19] 任战利. 鄂尔多斯盆地热演化史与油气关系的研究[J]. 石油学报,1996,17(1):17-24.

(编辑 韩 或)

(上接第 598 页)

[13] 李嵘,张娣,朱丽霞. 四川盆地川西坳陷须家河组砂岩致密化研究[J]. 石油实验地质,2011,33(3):274-280.
 [14] 刘建清,赖兴运,于炳松,等. 成岩作用的研究现状及展望[J]. 石油实验地质,2006,28(1):65-72.
 [15] 郭伟,史丹妮,何顺利. 鄂尔多斯盆地白豹地区长6砂岩成岩作用及其对储层物性的影响[J]. 石油实验地质,2010,32(3):227-232.
 [16] 张惠,孟祥振,郭艳琴,等. 鄂尔多斯盆地富县地区延长组长6储层特征[J]. 石油实验地质,2010,32(3):242-246.
 [17] 李凤杰,王多云,徐旭辉. 鄂尔多斯盆地陇东地区三叠系延

长组储层特征及影响因素分析[J]. 石油实验地质,2005,27(4):366-370.

[18] Surdam R C,Boese S W,Crossey L J. Role of organic and inorganic reactions in development of secondary porosity in sandstone[J]. AAPG Bulletin,1982,66(6):635-642.
 [19] 王瑞飞,陈明强. 储层沉积成岩过程中孔隙度参数演化的定量分析[J]. 地质学报,2007,81(10):432-443.
 [20] Beard D C,Weyl P K. Influence of texture on porosity and permeability of unconsolidated sand [J]. AAPG Bulletin,1973,57(2):349-369.

(编辑 徐文明)