

文章编号: 0253-2697(2014)06-1087-08 DOI:10.7623/syxb201406006

鄂尔多斯盆地定边地区中生界油藏包裹体特征及地质意义

时保宏¹ 张艳^{2,3} 陈杰^{2,3} 张雷^{2,3}

(1. 西安石油大学地球科学与工程学院 陕西西安 710065; 2. 中国石油长庆油田公司低渗透油气田勘探开发国家工程实验室 陕西西安 710018; 3. 中国石油长庆油田公司勘探开发研究院 陕西西安 710021)

摘要:通过红外光谱、荧光光谱及均一温度等包裹体测试结果,对鄂尔多斯盆地定边地区中生界储层的流体包裹体特征做了系统分析,进而确定该区目的层的成藏期次。研究表明,中生界储层含烃包裹体主要发育液态烃、含气液态烃 2 类。根据岩相学特征将烃类包裹体分为 2 期,均一温度峰值区间延安组为 60~70℃和 90~100℃、延长组为 80~90℃和 100~120℃,表明研究区主要发生过 2 期原油运移、充注过程。石油包裹体荧光光谱及红外光谱测试分析结果也表明储层经历了 2 期不同成熟度烃类充注,早期充注成熟度较低的原油,荧光光谱主峰波长段 λ_{\max} 为 495 nm,荧光颜色为黄绿色、绿色;晚期充注的原油成熟度较高, λ_{\max} 为 470 nm,烃类包裹体主要发蓝绿色、蓝白色荧光。结合埋藏热演化史确定 2 期原油充注时间分别对应于侏罗纪晚期—早白垩世早期及早白垩世中晚期。

关键词:流体包裹体;均一温度;红外光谱;荧光光谱;充注期次;定边地区;鄂尔多斯盆地

中图分类号:TE112.3 **文献标识码:**A

Characteristics and geological significance of fluid inclusions in Mesozoic reservoirs in Dingbian area, Ordos Basin

Shi Baohong¹ Zhang Yan^{2,3} Chen Jie^{2,3} Zhang Lei^{2,3}

(1. School of Earth Sciences and Engineering, Xi'an Shiyou University, Shaanxi Xi'an 710065, China; 2. National Engineering Laboratory for Exploration and Development of Low-Permeability Oil & Gas Fields, PetroChina Changqing Oilfield Company, Shaanxi Xi'an 710018, China; 3. Research Institute of Exploration and Development, PetroChina Changqing Oilfield Company, Shaanxi Xi'an 710021, China)

Abstract: The Mesozoic Yan'an and Yanchang formations provide new fields for oil exploration in Dingbian area, Ordos Basin. This paper systematically analyzed the characteristics of inclusions in Mesozoic reservoirs in Dingbian area using the measurements of Fourier transform infrared spectroscopy, fluorescence spectroscopy, and homogenization temperature, further to determine the phases and periods of hydrocarbon migration and accumulation in the target reservoirs. Results show that mainly liquid hydrocarbon and gas-bearing liquid hydrocarbon are accumulated in hydrocarbon-bearing inclusions in the Mesozoic reservoirs. According to their lithological features, the hydrocarbon inclusions can be divided into two phases, respectively corresponding to the peak intervals of homogenization temperature at 60-70°C and 90-100°C in the Yan'an Formation, and 80-90°C and 100-120°C in the Yanchang Formation. These characteristics are indicative of two major phases of oil migration and accumulation in the study area. Consistently, fluorescence spectroscopy and Fourier transform infrared spectroscopy data indicate that the Mesozoic reservoirs have undergone two phases of hydrocarbon filling with different maturity. Crude oil accumulated in the early phase features a lower maturity with yellow-green and green fluorescence, corresponding to the fluorescence spectrum of 495 nm, while the oil charged in the late phase has a higher maturity with blue-green and blue-white fluorescence, corresponding to the fluorescence spectrum of 470 nm. Combined with the analysis of burial and thermo-evolutionary history of Yan'an and Yanchang formations, the two periods of crude oil filling in Mesozoic reservoirs in Dingbian area were determined, i. e., the Late Jurassic - early stage of Early Cretaceous and the mid-late stage of Early Cretaceous, respectively.

Key words: fluid inclusion; homogenization temperature; infrared spectroscopy; fluorescence spectroscopy; charge phase; Dingbian area; Ordos Basin

鄂尔多斯盆地定边地区中生界具有多层系含油的特征,主要含油层位有侏罗系延安组延 9、延 10 及三叠系延长组长 6、长 8 和长 9 油层组。目前,该区研究工作大多集中于物源、沉积相及储层等方面,涉及成藏的研究较为薄弱^[1-3]。油气储层流体包裹体是矿物在生长过程中捕获的最能反映油气生成、运移

等因素的成矿介质^[4,5]。通过对研究区主要含油层系储层流体包裹体产状、类型、均一温度、荧光光谱及红外光谱等测试资料开展系统研究,结合储层热演化埋藏史分析确定研究区中生界石油成藏期次,以期为认识和完善定边地区中生界石油成藏规律提供一定支持。

基金项目:陕西省教育厅项目(11JK0735)资助。

第一作者及通信作者:时保宏,男,1970 年 12 月生,1996 年获西安地质学院学士学位,2008 年获西北大学博士学位,现为西安石油大学地球科学与工程学院副教授,主要从事油气成藏地质学及天然气地球化学方面的研究工作。Email:bb_sh@163.com

1 区域地质背景及样品选取

鄂尔多斯盆地位于华北地块西部,是一个稳定沉降、拗陷迁移的多旋回克拉通盆地,蕴含着丰富的油、气、煤及其他矿产资源。研究区主体位于伊陕斜坡西部,西接天环拗陷东缘。区内延长组下组合主力产层长9、长8属于三角洲沉积,有利沉积相带主要为三角洲前缘水下分流河道砂体^[6,7](图1),具有较高的成分成熟度和结构成熟度。受上三叠统顶面古地貌控制,

延安组主力产层延10接受了以河流相为主的充填沉积,有利沉积相带为河流相的边滩、心滩沉积。延9沉积期普遍接受了河湖三角洲沉积,有利储集体为三角洲平原亚相的分流河道沉积^[8,9](图1)。

在岩心观察及常规偏光显微镜观察的基础上,选取了定边地区15口钻井的岩心样品磨制成厚度为0.1~0.5 mm 双面抛光的薄片进行包裹体测温、期次、荧光及红外光谱等测试分析,由于受岩心取样限制,涉及延安组的样品只有4口井。此次流体包裹体测试分析分别由北京核工业地质分析测试研究中心和中国地质大学(武汉)实验室完成,实验用冷热台为英国 Linkman 科学仪器公司生产的 LINKMAN THMS600 型冷热台,测温范围为-196~600℃。具体测试方法前人^[10-12]做了不少详细说明,此处不再赘述。

2 烃类包裹体期次及特征

2.1 延安组包裹体特征及期次

在单偏光和紫外荧光显微镜下观察,侏罗系延安组延9、延10砂岩孔隙中石英次生加大现象较少见,部分粒间孔隙内含轻质油,显示蓝绿色荧光;砂岩粒间孔隙中充填的黏土及杂基吸附中轻质油,普遍显示褐黄色、黄绿色荧光[图2(a)和图2(b)]。所观察样品均发育丰富的烃类包裹体,主要有2种分布产状:①分布在石英颗粒微裂隙中的烃类包裹体;②分布在切穿石英颗粒及加大边微裂隙中的烃类包裹体,胶结物中较少见。根据显微镜下观察的烃类包裹体的分布特征、物理相态及丰度等,研究区延安组延9、延10储层砂岩中可以识别出特征明显的2期各具特点的烃类包裹体:

第一期烃类包裹体沿早期未切穿石英颗粒的微裂隙呈串珠状分布,包裹体形态较规则,多为椭圆、圆形,包裹体相对较小,直径一般在6~10 μm。在透射光下多呈深褐色、灰褐色,在蓝光激发下多显示为黄绿色、绿色荧光。其物理相态主要为液相,依据液相荧光镜下颜色,又可分为石油包裹体和含烃盐水包裹体。荧光下呈黄绿色、绿色、半透明的液相为石油包裹体[图2(c)和图2(d)];含烃盐水包裹体中盐水部分为无色透明,分布在包裹体边部,烃类部分显示为黄绿色、绿色荧光[图2(e)]。

第二期烃类包裹体在偏光显微镜下多呈褐色、黄色及淡黄色,在蓝光激发下发黄绿色、蓝绿色、蓝白色荧光[图2(f)~图2(h)],与油层孔隙中吸附的油气荧光特征一致。其大多呈椭圆形,呈线状分布在切穿石英颗粒及加大边的微裂隙中,分布不受加大边限制,形成晚于石英次生加大边。烃类包裹体个体

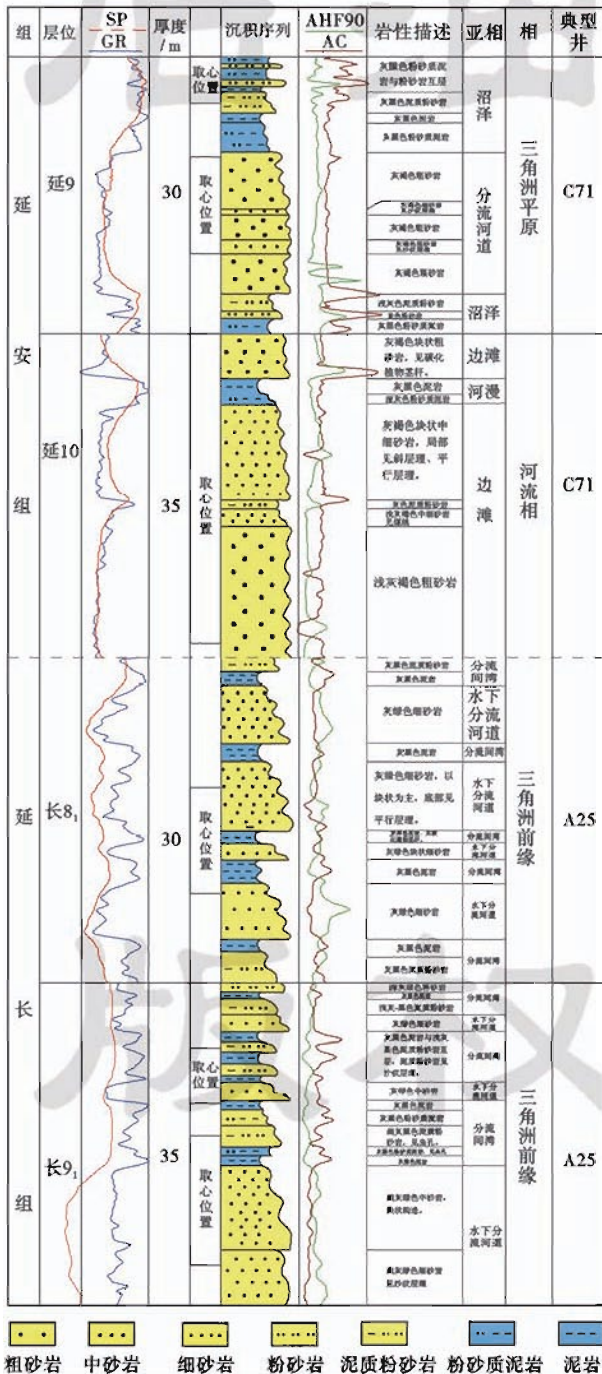
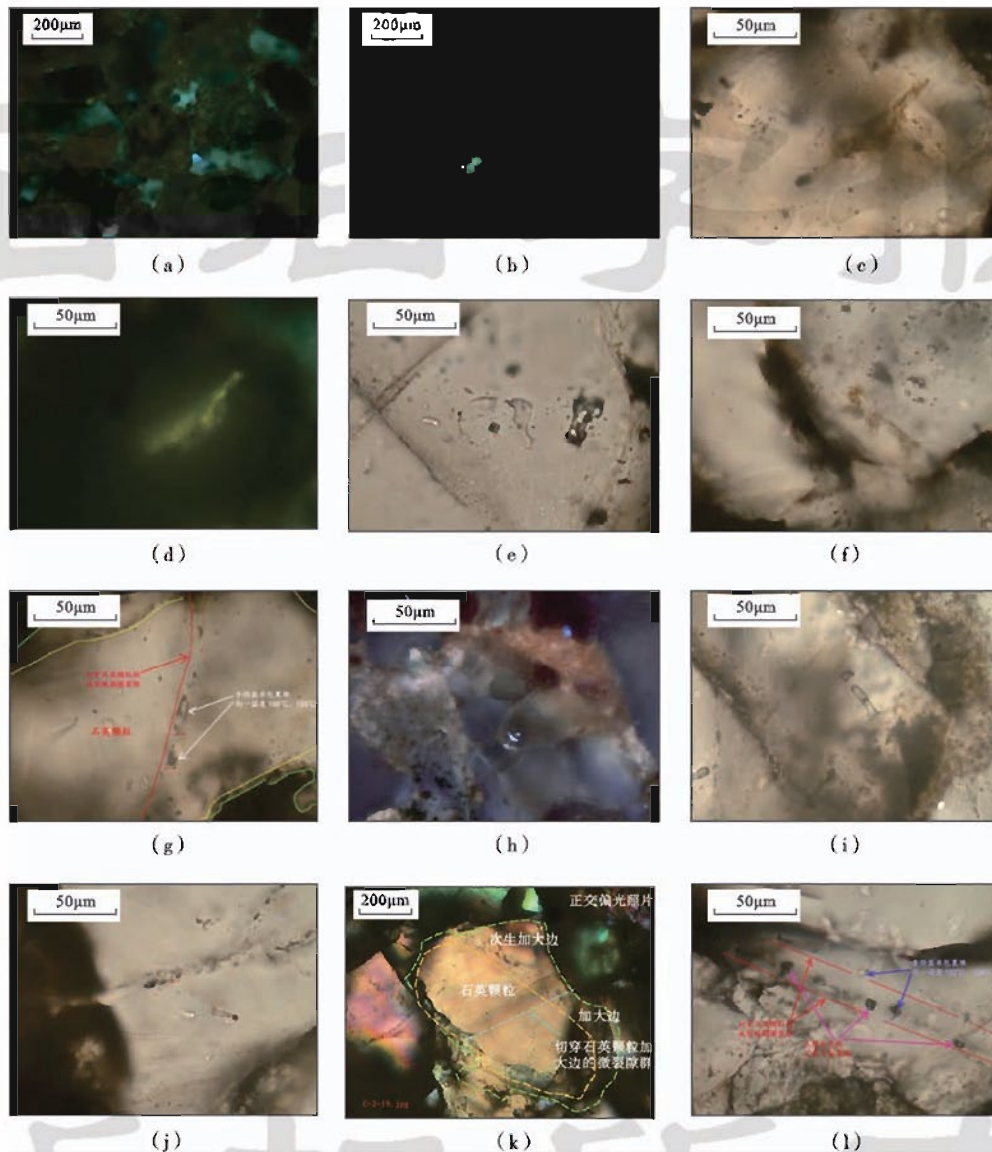


图1 鄂尔多斯盆地定边地区延安组、延长组沉积相综合柱状图
Fig. 1 Sedimentary facies of the Yan'an and Yanchang formations in Dingbian area, Ordos Basin

较大,一般直径在 $10\sim 20\ \mu\text{m}$,其物理相态以含气烃的液烃和液态烃为主。液态烃包裹体中见石油包裹体和含烃盐水包裹体;含气烃的液态烃包裹体数量较多,约占镜下观察到的烃类包裹体的60%,气/液比小于5%,偏光镜下气烃部分显示为灰色,液烃部

分多呈褐黄色、黄色及淡黄色,在UV激发光下气烃无荧光,液烃显示绿色、蓝绿色荧光。此次镜下观察未在砂岩储层中发现沥青包裹体以及未在石英加大边底部发现烃类包裹体,说明在成岩期,研究区储层未发生过油气运聚过程。



(a)砂岩部分粒间孔隙内含轻质油,显示蓝绿色荧光;砂岩粒间孔隙中充填的黏土及杂基吸附中轻质油,显示褐黄色、黄绿色荧光,C71井1712.6m,延9 UV激发荧光;(b)砂岩部分粒间孔隙内含轻质油,显示蓝绿色荧光;砂岩粒间孔隙中充填的黏土及杂基吸附中轻质油,显示褐黄色、黄绿色荧光,A19井1712.6m,延9 UV激发荧光;(c)细砂岩中沿石英颗粒的次生微裂隙分布的呈褐色油包裹体,C71井1712.6m,延9,单偏光;(d)视域同图2(c),显示黄绿色荧光,UV激发荧光;(e)沿石英颗粒的微裂隙分布的浅褐色含烃盐水包裹体,A19井1712.6m,延9,单偏光;(f)砂岩中沿石英颗粒的次生加大边微裂隙分布的呈淡黄色油包裹体,A19井1712.6m,延9,单偏光;(g)沿切穿石英颗粒的微裂隙成带分布的呈透明无色的含烃盐水包裹体,C71井1712.6m,延9;(h)石英颗粒内见发蓝白色荧光的气-液两相油包裹体,C71井1761.4m,延10;(i)沿石英颗粒微裂隙分布的浅灰色含烃盐水包裹体,F7井2485.9m,长 9_1 ;(j)沿切穿石英颗粒的微裂隙成带分布、呈透明无色、显示绿色荧光轻质油包裹体与呈淡褐色的含烃盐水包裹体,F7井2447.9m,长 8_2 ;(k)沿切穿石英颗粒及其加大边微裂隙群成线状分布、呈透明无色或淡褐色的含烃盐水包裹体,C77井2457.65m,长 9_1 ,正交偏光;(l)沿切穿石英颗粒的微裂隙成带状分布、呈深灰色的天然气包裹体与呈浅灰色的含烃盐水包裹体,F7井2485.9m,长 9_1 。

图2 中生界储层典型烃类包裹体偏光-荧光照片

Fig. 2 Polarized light and fluorescent microscope of typical hydrocarbon inclusions in Dingbian area, Ordos Basin

2.2 延长组包裹体特征及期次

根据高倍偏光-荧光镜下观察结果,分析样品中烃类包裹体主要赋存在切及石英颗粒或切穿石英颗粒及加大边的微裂隙中。主要发育液烃包裹体、含气烃的液态烃包裹体及少量气烃包裹体。单偏光镜下,包裹体中液烃呈现深褐色、淡黄色及黄色;包裹体内气烃则呈灰色,荧光镜下液烃显示浅黄绿色、浅绿色、绿色荧光,气烃无荧光。

依据上述延安组包裹体期次划分依据,研究区延长组长8、长9目的层砂岩也发育2期烃类包裹体:

第一期包裹体主要发育于成岩石英颗粒次生加大中晚期及成岩期后形成的早期裂隙中,为早期裂隙形成之后油气流体充填注入到裂隙中被捕获而形成的油气包裹体,早期裂隙因晚期成岩作用而愈合,没有切穿石英颗粒边界。包裹体发育丰度低($GOI \leq 1\%$),液烃包裹体中石油包裹体较少见,多为含烃盐水包裹体,其个体大小一般在 $6 \sim 20 \mu\text{m}$,形状规则,透射光下烃类呈褐色、深褐色,显示浅黄绿色、绿色荧光,盐水为无色透明[图2(i)和图2(j)]。

第二期油气包裹体多呈线、带状分布在晚成岩阶段形成的切穿了石英颗粒及加大边边界的晚期裂隙中。包裹体多为椭圆形、圆形,液烃包裹体较少,多为含气烃的液态烃包裹体[图2(k)和图2(l)],占到烃类包裹体的70%,在蓝光激发下发绿色、蓝绿色荧光。

油气包裹体的成分随着热演化程度的变化发生变化,因此通过分析烃类包裹体的成分结构特征,可以获得油气的演化过程及成藏信息。由于分析资料缘故,此次用研究区延长组长9油层组烃类包裹体的激光拉曼探针分析结果来佐证上述包裹体充注期次。分析结果显示(表1),研究区长9油层组油气包裹体化学成分

表1 鄂尔多斯盆地定边地区延长组长9油层组包裹体气相成分激光拉曼分析结果

Table 1 Laser Raman analysis of inclusions composition of the gas phase in Chang 9 Member reservoir of Dingbian area, Ordos Basin

井号	深度/m	层位	气相组分含量/%					期次
			CO ₂	H ₂ S	CH ₄	N ₂	H ₂	
A27	2157.00	长9 ₁	77.7		21.7	0.5	0.1	第一期
C61	2617.10	长9 ₂	90.3	4.0			5.7	
C61	2577.70	长9 ₁	93.2		2.4	3.1	1.2	
C61	2616.20	长9 ₂	67.1		32.9			
C70	2423.60	长9 ₁	68.4		31.6			
C82	2442.90	长9 ₁	69.8		22.2		8.0	
A27	2150.36	长9 ₁			88.5		11.5	第二期
A92	2493.60	长9 ₂			71.3	19.6	9.1	
B38	2806.50	长9 ₁			85.9	14.1		
C21	2696.60	长9 ₁			60.6		39.4	

存在明显的差异,这种差异主要表现在气相的CO₂和CH₄含量方面:第一期包裹体气相成分中以CO₂为主,含少量CH₄;而第二期包裹体气相成分中则不含CO₂,以CH₄为主。说明研究区延长组长8、长9储层存在2期烃类充注,第一期油气流体以富CO₂贫CH₄为特征,相反,第二期流体则以贫CO₂富CH₄为特征。

2.3 包裹体均一温度、盐度特征

均一温度是包裹体研究中最基础的一个参数,也是了解流体古地温、推测盆地古地温及热演化史的主要依据。由于油气包裹体属于不混溶流体包裹体,而只有均一相流体包裹体的均一温度才能够反映其形成温度,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和冰点温度测量。

由于样品数量问题,延安组储层均一温度及盐度测点较少。所测数据显示,未切穿石英颗粒的微裂隙中的第一期烃类包裹体均一温度峰值区间为 $60 \sim 70^\circ\text{C}$,盐度较高,主要分布在 $11\% \sim 17\%$;而分布在切穿石英颗粒及加大边微裂隙中的第二期烃类包裹体其均一温度峰值区间在 $90 \sim 100^\circ\text{C}$,盐度分布范围 $0.35\% \sim 17\%$,峰值区间在 $2\% \sim 8\%$ [图3(a)],表明第一期烃类包裹体流体中有热液高盐度流体参与的迹象。据图3(b)可知,延长组砂岩第一期烃类包裹体均一温度分布较为集中,峰值区间为 $80 \sim 90^\circ\text{C}$;而分布在切穿石英颗粒及加大边微裂隙中的第二期烃类包裹体均一温度范围较广, $70 \sim 130^\circ\text{C}$ 都有分布,其峰值区间在 $100 \sim 120^\circ\text{C}$ 。两期包裹体的盐度变化较为相似,多分布在 $1\% \sim 15\%$,盐度变化大,说明地层流体交换作用比较普遍,反映出多期流体充注的结果。从盐度变化特点看,盐度分布范围虽较广,但总体向低盐度偏离,表明包裹体盐度总体较低。

3 包裹体荧光及红外光谱分析

3.1 包裹体荧光光谱分析

石油包裹体荧光及光谱分析测试以荧光镜下所观察的包裹体的荧光颜色为依据,对荧光光谱特征及强度进行更为精确的测量。根据包裹体成熟度的不同,荧光光谱色是不同成熟度油气的直接显示,表征了不同幕次存在“蓝移”或“红移”现象,随着石油包裹体成熟度增加,光谱主峰值减少,热裂解导致石油中芳烃成分减少,低分子量成分增加,造成荧光光谱向蓝色荧光移动。反之,随着光谱主峰值增加,成熟度减少,荧光光谱则表现为向红色荧光移动^[13,14]。

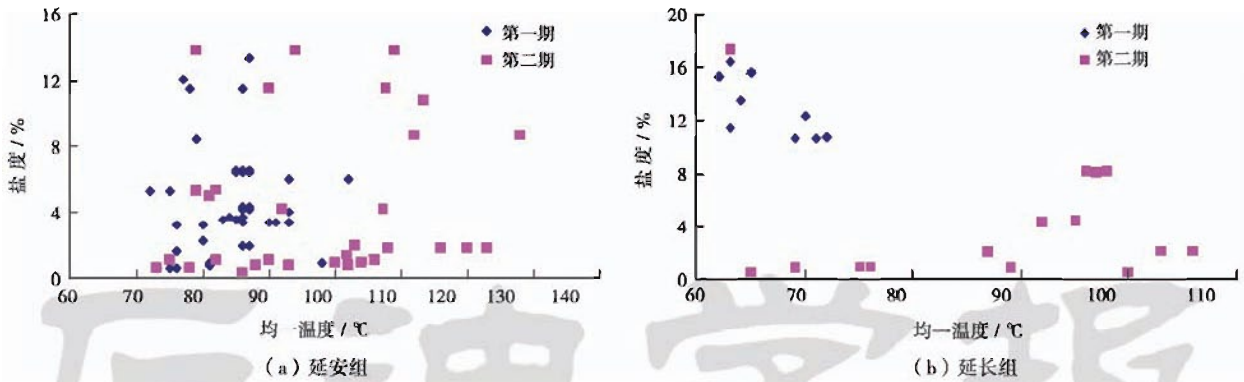


图3 储层包裹体均一温度及盐度分布

Fig. 3 Homogenization temperature and salinity distribution of fluid inclusions from the Yan'an, Yanchang reservoirs of Dingbian area, Ordos Basin

延安组、延长组均发育石油包裹体,紫外光下主要发黄绿色、绿色及蓝白色荧光,利用微束荧光光谱分析仪,通过激发光(365 nm)对单个典型石油包裹体进行光谱测定分析,从而获得荧光光谱图。

具有相同成熟度的包裹体的荧光光谱形态及结构相似,主峰波长(λ_{max})近似。研究区目的层的石油包裹体具有两个主峰波长,波长分别为 470 nm 和 495 nm,对应荧光颜色分别为蓝白色、蓝绿色和黄绿色、绿色荧光,说明研究区目的层发育 2 期成熟度的石油包裹体(图 4)。

荧光光谱的红绿商($Q = I_{650} / I_{500}$)为荧光颜色中红色所占部分与绿色所占部分的比值,能够反映石油成分及含量的变化,用来定量描述光谱谱型。比值中 I_{650} 为烃类包裹体中原油大分子组分,其越小,表示成熟度越高,越大,成熟度越低; I_{500} 则与前者相反,其越大,成熟度越高,因此,红绿商($Q = I_{650} / I_{500}$)值越小,烃类包裹体中原油成熟度则越高,反之原油成熟度越低^[15,16]。

统计结果表明(表 2),蓝白色和亮黄色 2 种荧光光谱对应的红绿商($Q = I_{650} / I_{500}$)同样表现为两个区间段,其中蓝白色荧光光谱红绿商值在 0.14~0.23,而蓝绿色、绿色荧光光谱的红绿商值则 ≥ 0.3 。结合石油包裹体荧光光谱图特征综合分析,可以判定研究区目的层经历了 2 期次油气充注。

3.2 包裹体显微红外光谱测定

红外光谱分析应用原理为不同吸收峰强度表示不同化学结构的相对丰度,而这些丰度比则反映有机质的结构组成特征。红外光谱结构归属见文献[10]和文献[17],常用 $\sum CH_2 / \sum CH_3$ 、 X_{inc} 、 X_{std} 这 3 个参数来表征石油包裹体成熟度,其值越小,表明有机质的成熟度越高。根据 A19 井、C71 井、F7 井、C141 井、C77 井 Y148 井 6 口井石油包裹体红外光谱图(图 5)及参数计

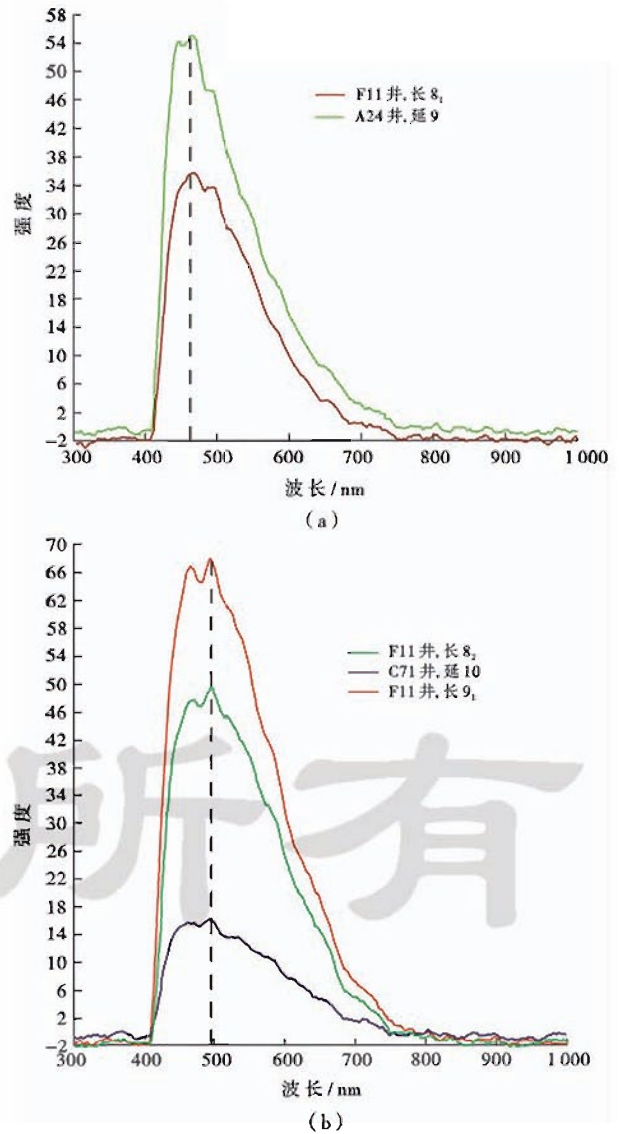


图4 延安组、延长组储层典型石油包裹体荧光光谱

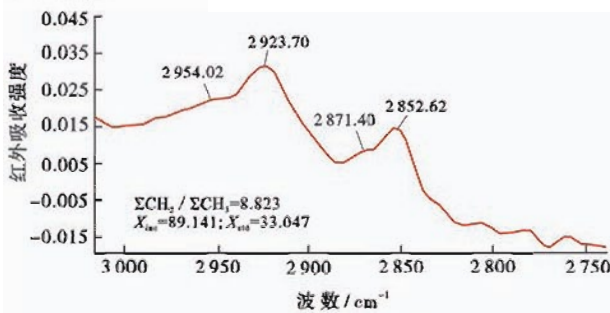
Fig. 4 Typical fluorescence spectrum of inclusions in the Yan'an, Yanchang reservoirs of Dingbian area, Ordos Basin

算结果(表3)可以看出,研究区目的层砂岩石油包裹体具有2种不同的红外光谱特征。第一种石油包裹体 $\Sigma\text{CH}_2/\Sigma\text{CH}_3$ 值在8~16, X_{inc} 介于90~180、 X_{std} 值分布范围为33~62,表明石油包裹体成分中长链烷烃含量相对较高,成熟度较低,与发黄绿色、绿色荧光的第一期烃类包裹体相对应;第二种石油包裹体 $\Sigma\text{CH}_2/\Sigma\text{CH}_3$ 值在1~4, X_{inc} 介于10~30、 X_{std} 值为7~14,与第二期发蓝绿色、蓝白色的烃类包裹体相对应,该类石油包裹体成分中长链烷烃含量相对较低,甲基富集,成熟度比第一期烃类包裹体高。综合分析认为,研究区目的层经历了2期次流体充注,第一期充注发黄绿色、绿色荧光的烃类成熟度较第二期充注发蓝绿色、蓝白色荧光者低。

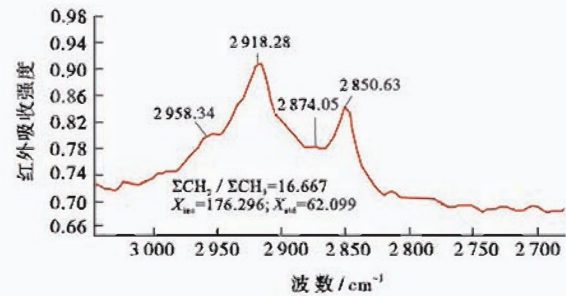
表2 鄂尔多斯盆地定边地区中生界典型石油包裹体荧光光谱红绿商统计

Table 2 Fluorescence spectrum Q quotient of petroleum inclusions of Yan'an, Yanchang formations in Dingbian area, Ordos Basin

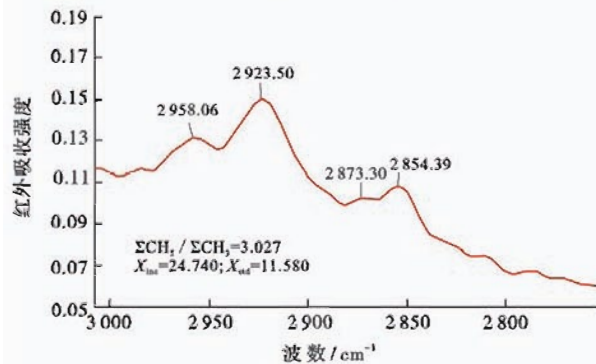
荧光颜色	层位	宿主矿物	I_{650} 荧光强度	I_{500} 荧光强度	Q
浅蓝绿色	长8 ₁	穿石英颗粒的裂隙	4.25	31.00	0.14
蓝白色	延9	石英颗粒内的裂隙	8.20	35.50	0.23
蓝绿色	延9	石英颗粒内的裂隙	8.70	43.40	0.20
蓝白色	长8 ₁	穿石英颗粒的裂隙	6.00	28.00	0.21
蓝绿色	长8 ₂	石英颗粒内的裂隙	14.30	48.00	0.30
绿色	延10	石英颗粒内的裂隙	5.25	15.75	0.33
浅绿色	长9 ₁	石英颗粒内的裂隙	5.50	17.63	0.31
黄绿色	延10	石英颗粒内的裂隙	7.25	20.50	0.35
绿色	长9 ₁	石英颗粒内的裂隙	19.50	66.00	0.30



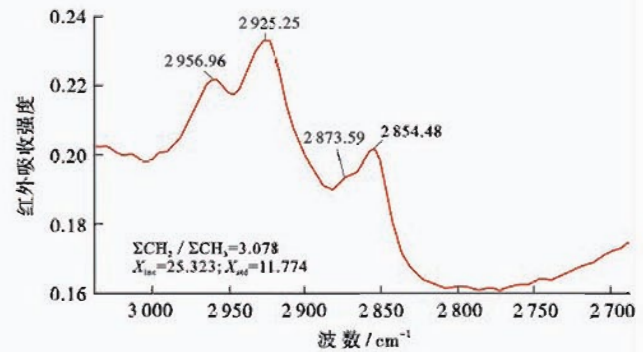
(a) A19井, 延9



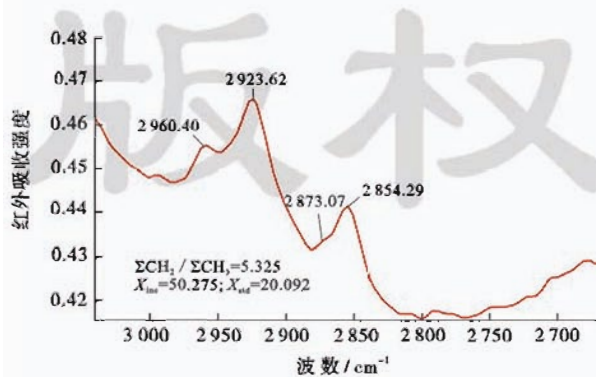
(b) C71井, 延9



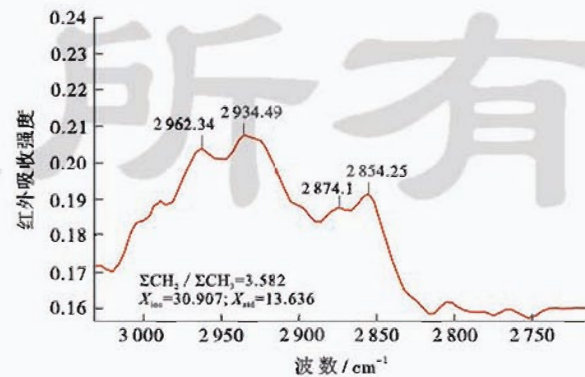
(c) F7井, 长8₂



(d) C77井, 长9₁



(e) C141井, 长9₁



(f) Y148井, 长9₁

注: $\Sigma\text{CH}_2/\Sigma\text{CH}_3$ 为亚甲基峰面积与甲基峰面积比值; $X_{\text{inc}} = (\Sigma\text{CH}_2/\Sigma\text{CH}_3 - 0.8)/0.09$, 为包裹体有机质烷基碳原子数; $X_{\text{std}} = (\Sigma\text{CH}_2/\Sigma\text{CH}_3 + 0.1)/0.27$, 为标准有机质烷基碳原子数。

图5 鄂尔多斯盆地定边地区延安组及延长组储层典型石油包裹体显微红外光谱

Fig. 5 Micro-FTIR of the hydrocarbon inclusions in the Yan'an and Yanchang reservoir of Dingbian area, Ordos Basin

表 3 鄂尔多斯盆地定边地区延安组及延长组储层烃类包裹体显微红外光谱定量计算结果

Table 3 Calculated results of Micro-FTIR analysis for fluid inclusions in Yan'an, Yanchang reservoirs in Dingbian area, Ordos Basin

井号	深度/m	层位	油气包裹体特征			吸收光度值				$\sum CH_2 / \sum CH_3$	X_{me}	X_{sd}
			产状	单偏光颜色	荧光颜色	2960 (CH_{2a})	2930 (CH_{2b})	2873 (CH_{1c})	2856 (CH_{2r})			
A19	1330.6	延9	沿切穿石英微裂隙分布	淡黄色—灰色	黄绿色	0.0119	0.1349	0.0084	0.0412	8.823	89.141	33.047
C71	1712.6	延9	沿石英微裂隙分布	黄色	绿色	0.1180	1.6610	0.0200	0.6390	16.667	176.296	62.099
F7	2447.9	长8 ₂	长石颗粒中溶蚀成因	淡黄色—灰色	强蓝绿色	0.1660	0.4770	0.0220	0.0920	3.027	24.740	11.580
C77	2457.7	长9 ₁	沿切穿石英微裂隙分布	淡黄色—灰色	蓝白色	0.1480	0.3501	0.0037	0.1170	3.079	25.323	11.774
C141	2471.5	长9 ₁	长石颗粒中溶蚀成因	淡黄色—灰色	蓝色	0.0710	0.2890	0.0070	0.1620	5.325	20.275	20.092
Y148	2834.8	长9 ₁	方解石中孤立状分布	淡黄色—灰色	蓝白色	0.0529	0.1963	0.0224	0.0734	3.582	30.907	13.636

4 中生界油藏充注期次

含烃盐水包裹体均一温度代表油气运移充注时储层的古地温,采用将其投点到模拟恢复的储层热埋藏史图的方法来确定油藏成藏时间。此次利用 Petro-mod 软件对研究区中生界储层热埋藏史图进行了模拟恢复。模拟恢复所需的地层剥蚀量、古地温梯度、现今地表温度及各地层沉积及剥蚀发生的时间等数据引自文献[18,19]。将研究区延安组及延长组主要目的层包裹体均一温度分值段投影到埋藏-热演化史图上(图6),从中可以看出,延安组烃类包裹体的均一温度峰值 60~70℃ 和 90~100℃ 对应年代分别为侏罗纪晚期—早白垩世早期(约 140 Ma)和早白垩世中晚期(约 125 Ma)。延长组目的层烃类包裹体均一温度峰值 80℃~90℃ 和 100℃~120℃ 对应年代分别为侏罗纪晚期—早白垩世早期(约 140 Ma)和早白垩世中期(约 125 Ma),说明研究区中生界延安组油藏和延长组

油藏成藏时间一致。

前人^[20,21]通过油源对比分析认为,研究区延安组、延长组的原油都来自延长组长7烃源岩。中侏罗世晚期—晚侏罗世,长7烃源岩开始生烃,其大规模的成熟、运移则始于早白垩世中晚期。由此看出,不论是延安组油藏还是延长组油藏,其成藏时间都与长7烃源岩的2次生、排烃时间有关。

5 结论

(1) 定边地区中生界延安组及延长组主要储集体捕获了液态烃、含气烃液态烃及气烃3类烃类包裹体。根据包裹体相态特征、荧光颜色及宿主矿物成岩序列关系及均一温度分布特征等综合判识,研究区目的层均发育2期次包裹体,分别沿石英颗粒内裂隙、切穿石英颗粒及加大边的裂隙分布。

(2) 包裹体荧光光谱分析结果表明,研究区目的层荧光光谱图具有2类主峰波长:一类主峰波长 λ_{max} 为 495 nm,对应黄绿色、绿色荧光;一类主峰波长 λ_{min} 为 470 nm,对应蓝绿色、蓝白色荧光;红绿商参数计算结果反映出研究区目的层经历了2期次的油气充注。

(3) 包裹体红外光谱特征及参数计算结果明显分为2个数值段,第一个数值段中, $\sum CH_2 / \sum CH_3$ 值在 8~16, X_{me} 介于 90~180, X_{sd} 值分布范围为 33~62;第二个数值段中各值明显较第一个段的小, $\sum CH_2 / \sum CH_3$ 值在 1~4, X_{me} 介于 10~30, X_{sd} 值分布范围为 7~14。表明目的层充注了2期不同成熟度的烃类,第一段中石油包裹体的成熟度较低,对应于黄绿色、绿色荧光的第一期烃类包裹体;第二段中石油包裹体成熟度较高,与蓝绿色、蓝白色荧光的第二期烃类包裹体相对应。

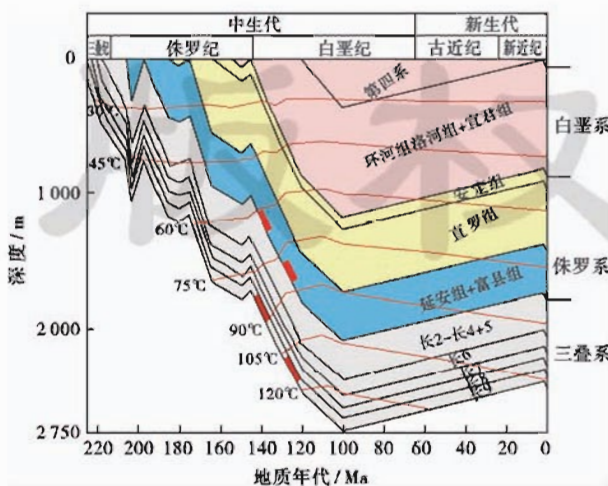


图 6 鄂尔多斯盆地定边地区埋藏热演化史及油气充注期次
Fig. 6 Burial-thermal history and oil accumulation stages of Dingbian area, Ordos Basin

参 考 文 献

[1] 王香增,任来义,张丽霞,等.鄂尔多斯盆地吴起—定边地区延长组下组合油源对比研究[J].石油实验地质,2013,35(4):426-431.

- Wang Xiangzeng, Ren Laiyi, Zhang Lixin, et al. Oil and source rock correlation of lower assemblage of Yanchang Formation in Wuqi and Dingbian areas, Ordos Basin[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2013, 35(4): 426-431.
- [2] 时志强, 韩永林, 赵俊兴, 等. 鄂尔多斯盆地中南部中侏罗世延安期沉积体系及岩相古地理演化[J]. *地球学报*, 2003, 24(1): 49-54.
Shi Zhiqiang, Han Yonglin, Zhao Junxing, et al. Depositional system and paleogeographic evolution of the middle Jurassic Yan'anian Stage in the Central and Southern Ordos Basin [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2003, 24(1): 49-54.
- [3] 于波, 吴起, 定边地区上三叠统延长组长7—长9储层特征研究[J]. *岩性油气藏*, 2011, 23(5): 16-20.
Yu Bo. Characteristics of Chang 7-Chang 9 reservoir group of Triassic in Wuqi and Dingbian area [J]. *Lithologic Reservoirs*, 2011, 23(5): 16-20.
- [4] 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): 1-10.
Ou Guangxi, Li Linqiang, Sun Yumei. Theory and application of the fluid inclusion research on the sedimentary basins [J]. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 2006, 25(1): 1-10.
- [5] 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.
Chen Honghan. Advances in geochronology of hydrocarbon accumulation [J]. *Oil and Gas Geology*, 2007, 28(2): 143-150.
- [6] 时保宏, 姚泾利, 张艳, 等. 鄂尔多斯盆地延长组长9油层组成藏地质条件[J]. *石油与天然气地质*, 2013, 34(3): 294-300.
Shi Baohong, Yao Jingli, Zhang Yan, et al. Geologic conditions for hydrocarbon accumulation in Chang 9 oil reservoir of the Yanchang Formation, Ordos Basin [J]. *Oil and Gas Geology*, 2013, 34(3): 294-300.
- [7] 段毅, 于文修, 刘显阳, 等. 鄂尔多斯盆地长9油层组石油运聚规律研究[J]. *地质学报*, 2009, 83(6): 855-860.
Duan Yi, Yu Wenxiu, Liu Xianyang, et al. Oil migration and accumulation rules of Chang-9 oil-bearing formation in the Ordos Basin [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2009, 83(6): 855-860.
- [8] 宋凯, 吕剑文, 凌升阶, 等. 鄂尔多斯盆地定边-吴旗地区前侏罗纪古地貌与油藏[J]. *古地学报*, 2003, 5(4): 497-507.
Song Kai, Lü Jianwen, Ling Shengjie, et al. Palaeogeomorphic features of the pre-Jurassic and oil reservoir of Dingbian-Wuqi area in Ordos Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2003, 5(4): 497-507.
- [9] 赵俊兴, 陈洪德. 鄂尔多斯盆地侏罗纪早中期甘陕古河的演化变迁[J]. *石油与天然气地质*, 2006, 27(2): 152-158.
Zhao Junxing, Chen Hongde. Evolution of Gan-Shaan paleochannel during Early and Middle Jurassic in Ordos basin [J]. *Oil and Gas Geology*, 2006, 27(2): 152-158.
- [10] 邹育良, 俞萱, 李松花, 等. 利用显微红外光谱法研究油气成藏期次[J]. *大庆石油地质与开发*, 2005, 24(3): 33-34.
Zou Yuliang, Yu Xuan, Li Songhua, et al. Study on hydrocarbon reservoir formation period using microscope-infrared spectroscopy method [J]. *Petroleum Geology and Oil Field Development in Daqing*, 2005, 24(3): 33-34.
- [11] 李荣西, 金奎励, 廖永胜. 有机包裹体显微傅里叶红外光谱和荧光光谱测定及其意义[J]. *地球化学*, 1998, 27(3): 244-251.
Li Rongxi, Jin Kuli, Liao Yongsheng. Analysis of organic inclusions using Micro-FT, IR and fluorescence microscopy and its significance [J]. *Geochimica*, 1998, 27(3): 244-251.
- [12] 肖晖, 赵靖舟, 杨海军, 等. 塔北英买力低凸起奥陶系油藏充注历史的流体包裹体证据[J]. *石油学报*, 2012, 33(3): 372-378.
Xiao Hui, Zhao Jingzhou, Yang Haijun, et al. Evidence of fluid inclusions for the hydrocarbon charging history of Ordovician reservoirs in Yingmaili low-uplift, northern Tarim Basin [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2012, 33(3): 372-378.
- [13] Dumke I, Teschner M. Application of fluorescence spectroscopy to geochemical correlation problems [J]. *Organic Geochemical*, 1988, 13(4/6): 1067-1072.
- [14] Kihle J. Adaptation of fluorescence excitation-emission micro-spectroscopy for characterization of single hydrocarbon fluid inclusions [J]. *Organic Geochemistry*, 1995, 23(11/12): 1029-1042.
- [15] Mumz J A. Petroleum inclusions in sedimentary basins; systematics, analytical methods and applications [J]. *Lithos*, 2001, 55(1/4): 195-212.
- [16] 方欣欣, 甘华军, 姜华, 等. 利用石油包裹体微束荧光光谱判别塔北碳酸盐岩油气藏油气充注期次[J]. *地球科学——中国地质大学学报*, 2012, 37(3): 580-586.
Fang Xinxin, Gan Huajun, Jiang Hua, et al. Analyzing hydrocarbon charging periods of carbonate reservoir in North Tarim by Micro fluorescence spectrum of petroleum inclusions [J]. *Earth Science, Journal of China University of Geosciences*, 2012, 37(3): 580-586.
- [17] 刘德汉, 卢燊章, 肖贤明. 油气包裹体及其在石油勘探和开发中的应用[M]. 广州: 广东科技出版社, 2007: 147-149.
Liu Dehan, Lu Huanzhang, Xiao Xianming. Hydrocarbon inclusions and its application on the petroleum exploration and development [M]. Guangzhou: Guangdong Technology Press, 2007: 147-149.
- [18] 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.
Chen Ruiyin, Luo Xiaorong, Zhao Wenzhi, et al. Thermal anomaly and thermal evolution of source rocks in Mesozoic, Ordos Basin [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2007, 34(6): 658-663.
- [19] 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): 56-65.
Ren Zhanli, Zhao Chongyuan, Zhang Jun, et al. Research on Palaeotemperature in the Ordos Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1994, 12(1): 56-65.
- [20] 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.
Zhao Mengwei. Timing of hydrocarbon generation and migration and determination of migration direction as well as exploration direction in the Ordos Basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 1996, 18(4): 341-347.
- [21] 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.
Ren Zhanli. Research on the relations between geo-thermal history and oil-gas accumulation in the Ordos Basin [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 1996, 17(1): 17-24.