

文章编号: 0253-2697(2009)05-0685-07

# 苏里格气田上古生界 储层流体包裹体特征及成藏期次划分

张文忠<sup>1</sup> 郭彦如<sup>2</sup> 汤达祯<sup>3</sup> 张君峰<sup>2</sup> 李明<sup>2</sup> 许浩<sup>3</sup> 林文姬<sup>3</sup> 陶树<sup>3</sup>

(1. 中联煤层气有限责任公司 北京 100011; 2. 中国石油勘探开发研究院 北京 100083; 3. 中国地质大学 北京 100083)

**摘要:** 苏里格气田是目前中国天然气探明地质储量最多的大型整装气田,也是未来中国最重要的天然气主产区之一。为确定苏里格气田上古生界天然气藏的天然气充注时间和成藏期次,利用LINKAM THMS600型冷热台和LABHR-VIS LABRAM HR800型显微激光拉曼光谱仪,采用较先进的包裹体测试技术及分析方法,对该气田上古生界储层流体包裹体样品进行了测试分析。结果表明,苏里格气田上古生界储层流体包裹体主要包括富CO<sub>2</sub>包裹体、富CH<sub>4</sub>包裹体和富含饱和烃包裹体3种类型。流体包裹体均一温度具有明显的双峰特征,两个峰值分别为90~120℃和140~150℃。这表明研究区上古生界天然气充注与成藏期次主要有2期。利用包裹体测试资料,结合埋藏史综合分析表明:早侏罗世晚期—晚侏罗世晚期(距今190~154Ma)和早白垩世(距今137~96Ma)是苏里格气田上古生界天然气藏的主要成藏期。

**关键词:** 苏里格气田; 上古生界; 流体包裹体; 均一温度; 天然气充注; 成藏期

中图分类号: TE112

文献标识码: A

## Characteristics of fluid inclusions and determination of gas accumulation period in the Upper Paleozoic reservoirs of Sulige Gas Field

ZHANG Wenzhong<sup>1</sup> GUO Yanru<sup>2</sup> TANG Dazhen<sup>3</sup> ZHANG Junfeng<sup>2</sup> LI Ming<sup>2</sup>  
XU Hao<sup>3</sup> LIN Wenji<sup>3</sup> TAO Shu<sup>3</sup>

(1. China United Coalbed Methane Co., Ltd., Beijing 100011, China; 2. PetroChina Exploration and Development Research Institute, Beijing 100083, China; 3. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Being the largest gas field ever discovered in China, Sulige Gas Field will become one of the most important main production areas. For the purpose of ascertaining the time of gas charging and the formation period of gas reservoirs in the Upper Paleozoic of Sulige Gas Field, the samples of fluid inclusions from this field were tested and analyzed using the more advanced testing apparatus and techniques. The results show that the fluid inclusions of this area mainly include hydrocarbon-bearing CO<sub>2</sub> inclusion, CH<sub>4</sub>-rich gaseous hydrocarbon inclusion and highly saturated hydrocarbon-rich liquid hydrocarbon inclusion. The homogenization temperature of the fluid inclusion has two special peaks at 90~120℃ and 140~150℃, which shows that there are two main orders and times of gas charging and gas accumulation in the Upper Paleozoic of Sulige Gas Field. The test data of fluid inclusions and the burial history show that two periods from the late stage of Early Jurassic to the late stage of Late Jurassic(190~154Ma bp) and Early Cretaceous (137~96Ma bp) are the main gas accumulation period in the Upper Paleozoic of Sulige Gas Field.

**Key words:** Sulige Gas Field; Upper Paleozoic; fluid inclusion; homogenization temperature; gas charging; gas accumulation period

流体包裹体是成岩成矿流体(气液的流体或硅酸盐熔融体)在矿物结晶生长过程中,被包裹在矿物晶格缺陷或穴窝中的、至今尚在主矿物中封存并与主矿物有着相的界限的那一部分物质<sup>[1]</sup>。流体包裹体作为地下岩石中古代流体信息的载体和一个相对封闭的地球化学体系,保留了地下流体的许多重要信息,如温度、压力、成分、介质环境等,是鉴别烃源岩热演化阶段和油气生成,划分油气充注期次,恢复流体古压力和剖析

油气聚集成藏过程的密码,在盆地分析和油气成藏研究中正发挥着越来越重要的作用<sup>[2]</sup>。

近年来,很多专家学者利用包裹体、生烃史模拟、古地温史和地层埋藏史等方法对鄂尔多斯盆地上古生界天然气充注和成藏进行了综合研究,但研究结果却不尽相同。主要有3种认识,即鄂尔多斯盆地上古生界发生过两期天然气充注<sup>[3-8]</sup>,6期天然气充注<sup>[9-10]</sup>或3期天然气充注<sup>[11-12]</sup>。由于鄂尔多斯盆地上古生界各

**基金项目:** 国家重点基础研究发展规划(973)项目(2003CB214603)、国家自然科学基金(No. 40802027)和中国石油天然气股份有限公司风险创新基金项目(0706d01040102)联合资助。

**作者简介:** 张文忠,男,1979年3月生,2009年获中国地质大学(北京)工学博士学位,现在中联煤层气有限责任公司主要从事煤层气地质勘探及开发利用研究。E-mail: zwz98413@163.com

气田在天然气充注上存在较大差异<sup>[9]</sup>,而前人专门针对苏里格气田山1段和盒8段的研究又较少,因此,采用较先进的包裹体测试设备、测试技术及分析方法,分析了苏里格气田上古生界储层流体包裹体特征、均一温度和激光拉曼光谱组分,结合古地温演化和生排烃史,划分了苏里格气田上古生界油气充注期次,以期进一步揭示苏里格气田上古生界天然气的成藏规律。

## 1 地质概况及样品采集

苏里格气田位于内蒙古自治区鄂尔多斯市的苏里格庙地区,勘探面积  $2 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,区域构造属于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡西北部。苏里格气田地质条件复杂,储层非均质性严重,呈现出典型的“低孔、低渗、低压、低丰度、低产和难动用”的特征,主力勘探层位为上古生界下石盒子组的盒8段和山西组的山1段,烃源岩为太原组和山西组的煤系地层<sup>[13]</sup>。

本次研究在10口井的山西组山1段和下石盒子组盒8段砂岩储层中采集了25块流体包裹体样品,这10口井分散在苏里格气田的各个位置(图1),既有苏里格气田刚发现时的老井,也有近两年的新钻井,具有较好的代表性。研究过程中挑选了8口井的9块样品进行了测试(表1),这9块样品包含了所采集样品的所有包裹体类型和产状。依据EJ/T 1105-1999矿物流体

包裹体温度的测定标准,利用LINKAM THMS 600型冷热台,在温度20℃、湿度30%的条件下对包裹体进行了显微测温、测盐等的系统分析;利用LABHR-VIS LABRAM HR800型显微激光拉曼光谱仪在温度25℃、湿度30%的条件下对包裹体进行了激光拉曼光谱分析。

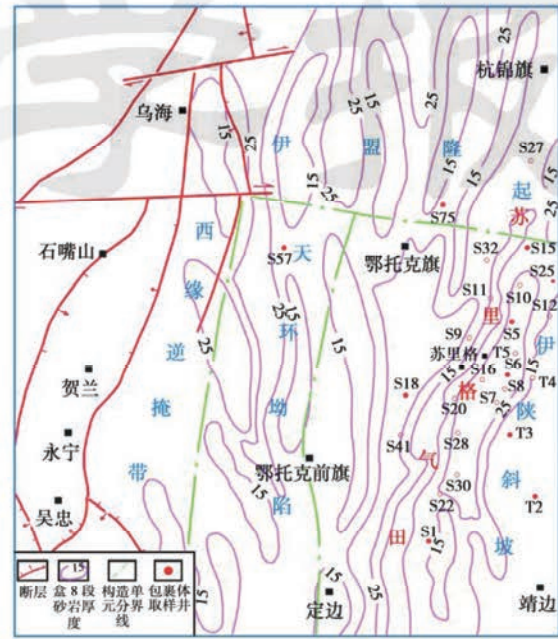


图1 研究区流体包裹体取样井位置

Fig.1 Location of sampling wells of Sulige Gas Field

表1 苏里格气田上古生界储层流体包裹体取样情况

Table 1 Fluid inclusion samples in Upper Paleozoic reservoirs in Sulige Gas Field

井号	取样深度/m	层位	岩性	宿主矿物及产状	包裹体类型
S1	3 546 12	P <sub>1x</sub>	灰白色石英中砂岩	石英颗粒微裂隙、石英次生加大边、石英胶结物、方解石胶结物	气态烃包裹体、液态烃包裹体、气液烃包裹体、含烃盐水溶液包裹体
S5	3 293 50	P <sub>1s</sub>	灰白色含砾中砂岩	石英颗粒微裂隙、石英次生加大边	气态烃包裹体、盐水溶液包裹体、含烃盐水溶液包裹体
S18	3 572 50	P <sub>1x</sub>	灰色中砂岩	石英颗粒微裂隙、石英次生加大边	气态烃包裹体、液态烃包裹体、含烃盐水溶液包裹体
T3	3 384 63	P <sub>1s</sub>	灰色粉砂岩	石英颗粒微裂隙、石英次生加大边、方解石胶结物	气态烃包裹体、液态烃包裹体、盐水溶液包裹体、含烃盐水溶液包裹体
T2	3 254 82	P <sub>1s</sub>	浅灰色细砂岩	石英颗粒微裂隙、石英次生加大边、石英胶结物、方解石胶结物	气态烃包裹体、液态烃包裹体、气液烃包裹体、含烃盐水溶液包裹体
S15	3 219 98	P <sub>1x</sub>	灰色细砂岩	石英颗粒微裂隙、方解石胶结物	气体(CO <sub>2</sub> )包裹体、气态烃包裹体、液态烃包裹体、气液烃包裹体、盐水溶液包裹体
S57	3 521 58	P <sub>1x</sub>	灰色石英中砂岩	石英颗粒微裂隙、石英次生加大边、方解石胶结物	气态烃包裹体、液态烃包裹体、盐水溶液包裹体
S57	3 508 50	P <sub>1x</sub>	灰白色含砾粗砂岩	石英颗粒微裂隙、石英次生加大边、方解石胶结物	气态烃包裹体、盐水溶液包裹体
S75	3 532 40	P <sub>1x</sub>	灰色中砂岩	石英颗粒微裂隙、石英次生加大边	盐水溶液包裹体、气态烃包裹体、液态烃包裹体、含烃盐水溶液包裹体

## 2 流体包裹体特征

### 2.1 包裹体类型、产状及分布形态

苏里格气田上古生界山西组、下石盒子组的砂岩

储层中发育丰富的成岩流体包裹体,赋存矿物的产状主要有砂岩的石英颗粒微裂隙、石英次生加大边、石英胶结物和方解石胶结物(表1)。根据流体成分可划分为盐水溶液包裹体、含烃盐水溶液包裹体、CO<sub>2</sub>包裹

体、含烃  $\text{CO}_2$  包裹体、气态烃包裹体、液态烃包裹体和气液烃包裹体 7 类(图 2)。其形态有圆形、椭圆形、次

棱角形、长条形、半圆形、负晶形及不规则形。包裹体的分布形态主要有带状分布、线状分布、孤立分布、零

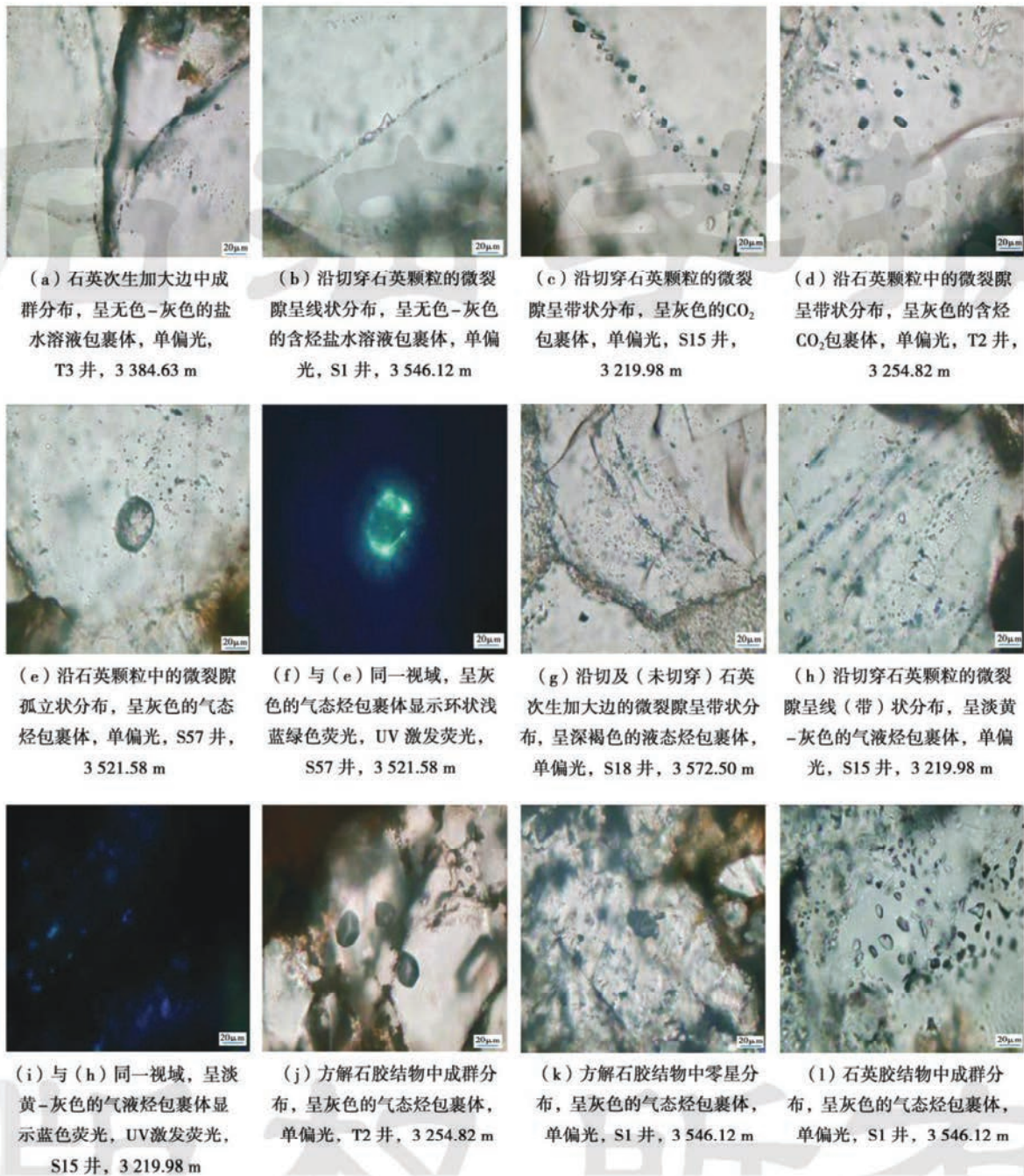


图 2 苏里格气田上古生界储层流体包裹体特征

Fig. 2 Characteristics of fluid inclusions in Upper Paleozoic reservoirs in Sulige Gas Field

星分布和成群分布。

## 2.2 包裹体均一温度和盐度

### 2.2.1 均一温度

包裹体是油气运移聚集过程中留下的证据。利用与烃类包裹体同期的盐水包裹体的均一温度, 可以确定烃类包裹体的形成温度<sup>[14]</sup>。

选用了与烃类包裹体同期的盐水包裹体进行均一温度测量。由于沉积盆地中与油气有关的流体包裹体形成温度相对较低, 一般对均一温度测量结果可以不进行压力校正<sup>[15]</sup>, 因此同期盐水包裹体的均一温度即可代表储层中烃类包裹体的形成温度。

苏里格气田上古生界储层流体包裹体均一温度显示从 75 °C 至 165 °C 均有烃类流体活动(图 3), 说明其

天然气成藏是一连续的过程。储层流体包裹体均一温度具有明显的双峰特征,第一峰值为 90~120℃,第二峰值为 140~150℃,表明该地区上古生界天然气充注主要有两期。在不同的宿主矿物中,由于形成时期不同,其包裹体均一温度也存在一定的差异:早期石英微裂隙中的包裹体均一温度为 90~120℃;晚期石英微裂隙中的包裹体均一温度为 130~165℃;胶结物中的包裹体均一温度较高,一般高于 135℃;石英次生加大边中的包裹体均一温度分布范围较宽,为 90~150℃(这是由于石英次生加大边是多期形成的,在其加大过程中能捕获多期流体形成多温度段的流体包裹体)。

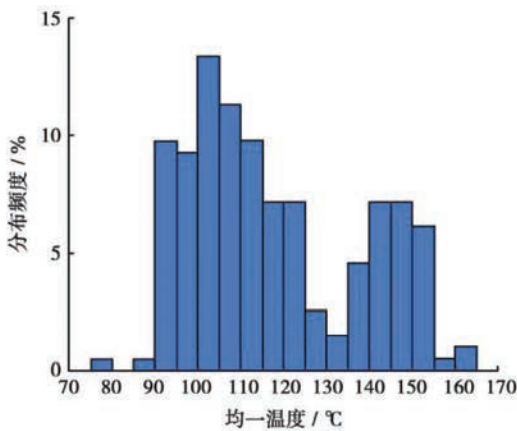


图3 苏里格气田上古生界储层流体包裹体均一温度分布

Fig.3 Distribution of the homogenization temperature of fluid inclusions in Upper Paleozoic reservoirs in Sulige Gas Field

### 2.2.2 盐度

盐度的大小是根据所测的盐水溶液的冰点来确定的。对于 NaCl 含量小于 23.3% 的低盐度水溶液,根据测得的冰点计算盐度的方法有多种。常用的有:①相图投影法;②Bodnar 冷冻温度—盐度换算表法;③公式法<sup>[16]</sup>。本次研究采用公式法对苏里格地区上古生界的流体包裹体盐度进行了计算。结果表明,苏里格气田上古生界储层包裹体盐度分布范围为 0.88%~18.63%,有两个峰值:第一个峰值为 2%~6%,70% 以上的测点属于这个范围;第二个峰值为 10%~12%,与第一个峰值相比较不是很明显(图4)。

### 2.3 包裹体激光拉曼光谱分析

根据苏里格气田上古生界储层中包裹体激光拉曼组分分析结果,将该地区的流体包裹体分为了富 CO<sub>2</sub> 包裹体、富 CH<sub>4</sub> 包裹体和富高饱和烃包裹体 3 种类型(图5)。

### 2.3.1 富 CO<sub>2</sub> 包裹体

该类包裹体以 CO<sub>2</sub> 为主(CO<sub>2</sub> 质量分数大于 60%),次为 N<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 和 H<sub>2</sub>O,主要赋存于早期石英次生加大边及早期石英微裂隙中,呈灰色。

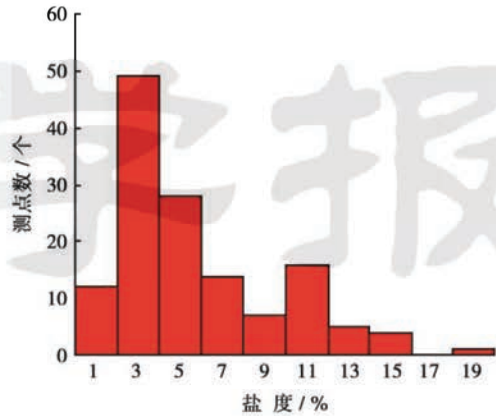


图4 苏里格气田上古生界储层流体包裹体盐度分布

Fig.4 Distribution of the salinity of fluid inclusions in Upper Paleozoic reservoirs in Sulige Gas Field

### 2.3.2 富 CH<sub>4</sub> 包裹体

该类包裹体以 CH<sub>4</sub> 为主(CH<sub>4</sub> 质量分数大于 70%),次为 N<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>—C<sub>6</sub> 烃和 H<sub>2</sub>O,主要发育于石英次生加大期后,沿石英颗粒中的微裂隙呈线状或带状分布,或成群分布于方解石胶结物中,灰色、深灰色。

### 2.3.3 富高饱和烃包裹体

该类包裹体以高饱和烃为主(高饱和烃质量分数大于 80%),次为 N<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 和 H<sub>2</sub>O,主要发育于石英次生加大早期,沿石英次生加大边内侧呈带状分布,深褐色。

### 2.4 包裹体共生组合关系

目前常见的包裹体共生组合有 5 种:①气态烃包裹体与盐水溶液包裹体共生组合;②液态烃包裹体与盐水溶液包裹体共生组合;③气液烃包裹体与盐水溶液包裹体共生组合;④气液烃、气态烃包裹体与盐水溶液包裹体共生组合;⑤富 CO<sub>2</sub> 包裹体与盐水溶液包裹体共生组合。苏里格地区上古生界储层包裹体共生组合类型以气态烃包裹体与盐水溶液包裹体共生组合和液态烃包裹体与盐水溶液包裹体共生组合为主,偶见气液烃包裹体与盐水溶液包裹体共生组合。

## 3 油气充注与天然气成藏

将与各期油、气包裹体相伴生的同期盐水溶液包裹体的均一温度作为其捕获时的最小古温度,再结合

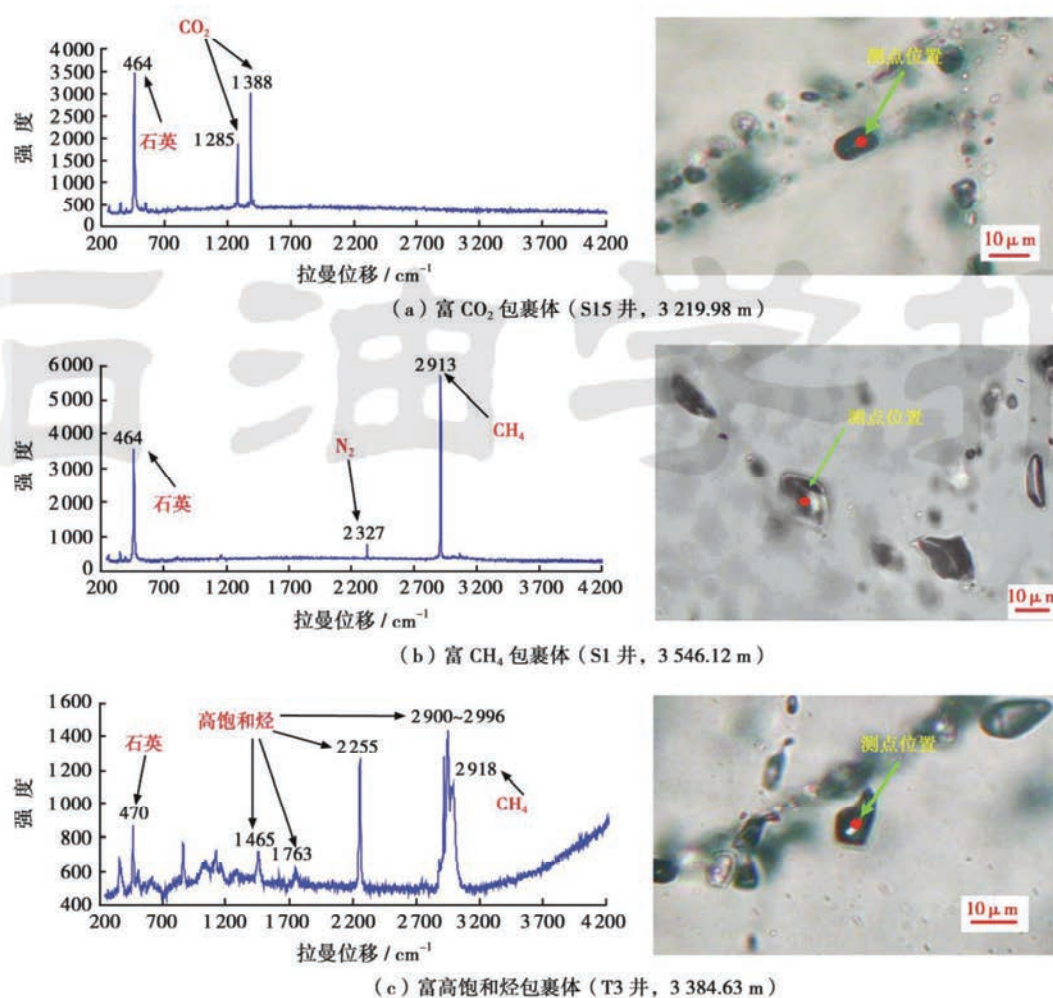


图 5 苏里格气田上古生界储层流体包裹体成分分类

Fig 5 Compositional classification of fluid inclusions in Upper Paleozoic reservoirs in Sulige Gas Field

古地温演化的埋藏史(图 6), 就可以运用流体包裹体方法间接确定各期油气的成藏时期<sup>[17-18]</sup>。

鄂尔多斯盆地上古生界储层包裹体捕获流体过程与烃源岩生烃过程紧密相连。从烃源岩在各成熟阶段生烃的组成变化可见,  $R_o$  值小于 0.8% 时, 生成产物中  $CO_2$  质量分数可达 60% 以上, 随后  $CO_2$  的含量迅速降低;  $R_o$  值为 0.8% ~ 1.4% 时, 生成的烃类中  $C_{2+}$  组分约占总烃质量的 80% 以上, 为生油高峰期;  $R_o$  值为 1.4% ~ 2.0% 时,  $CH_4$  的生成量迅速增加, 可占总烃质量的 50% 以上, 生成产物以湿气和油为主;  $R_o$  值大于 2.0% 时,  $CH_4$  的质量分数可达 95% 以上, 产物主要为干气, 为生气高峰期<sup>[19]</sup>。这说明烃源岩生烃史与流体包裹体形成时期有对应关系, 即早期形成液态富含  $CO_2$  的包裹体, 中期形成富含高饱和烃的包裹体, 晚期形成富含  $CH_4$  的包裹体。根据干酪根镜质体反射率可以确定包裹体形成的时期大致分别为晚三叠世末、侏罗纪和早白垩世。

包裹体均一温度显示 75~165℃ 均有烃类流体活动, 说明天然气成藏是连续过程。相对来说主要有两

个温度段(图 3): 第一个温度段是 75~130℃, 主峰为 90~120℃, 包裹体主要沿石英次生加大边内侧呈带状分布或沿切及(未切穿)石英次生加大边的微裂隙呈带状分布, 均为呈深褐色的液态烃包裹体。这期流体活动的时间较早, 为距今 190~154 Ma, 对应于早侏罗世晚期—晚侏罗世晚期; 第二个温度段为 130~165℃, 主峰为 140~150℃, 包裹体主要沿切穿石英颗粒的微裂隙(面)呈线状或带状分布, 或成群分布于石英胶结物中, 或零星分布于方解石胶结物中, 均为无色—灰色的气态烃包裹体, 形成时间为距今 137~96 Ma, 对应于早白垩世<sup>[20]</sup>。

根据烃源岩的埋藏史及对各时期的温度分析表明: 晚三叠世末烃源岩开始生、排烃; 侏罗纪末基本达到生油高峰; 早白垩世的快速沉降使温度迅速增高, 继续大量生、排气, 同时早期生成的油在高温高压条件下溶解在天然气中形成凝析气(这从现今苏里格气田的气井中凝析油含量较高可以得到有利的佐证); 早白垩世末之后盆地整体抬升, 气藏整体处于散失期, 压力也逐渐降低, 形成现今气藏的格局。

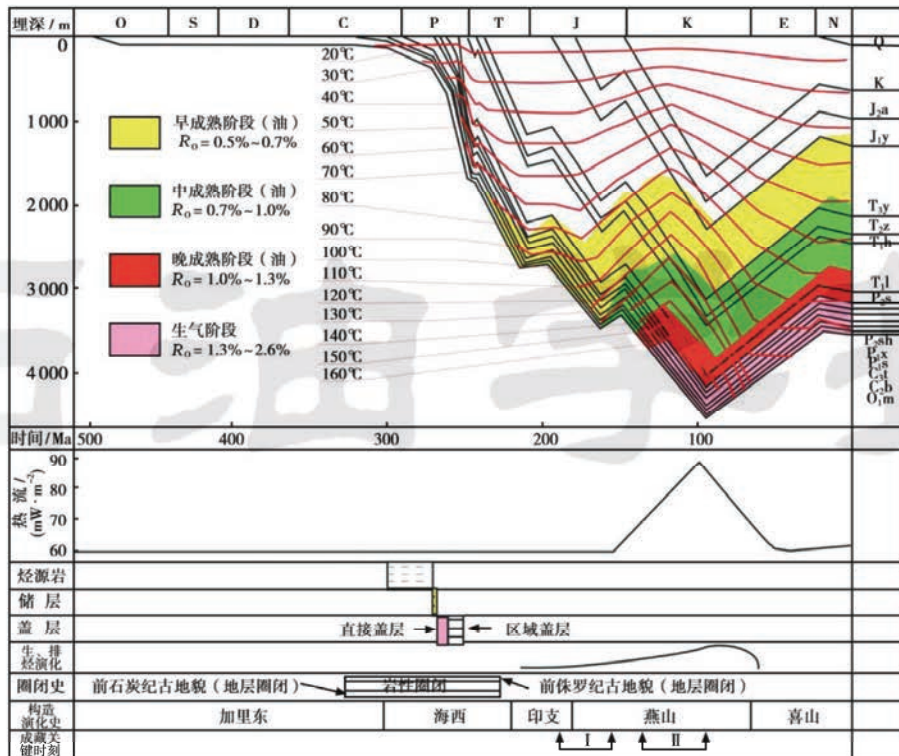


图6 苏里格气田成藏事件

Fig. 6 Gas reservoir formation event of Sulige Gas Field

## 4 结论

(1) 鄂尔多斯盆地苏里格气田上古生界山西组和下石盒子组砂岩储层共捕获了7种流体包裹体, 赋存矿物的产状主要有4种。激光拉曼测试表明, 富CO<sub>2</sub>包裹体、富CH<sub>4</sub>包裹体和富高饱和烃包裹体是该地区流体包裹体的主要类型。

(2) 包裹体均一温度显示从75℃至165℃均有烃类流体活动, 表明天然气成藏是一连续的过程。储层包裹体均一温度具有明显的双峰特征, 第一峰值为90~120℃, 第二峰值为140~150℃, 说明主要有两期烃类充注。

(3) 不同宿主矿物中, 包裹体均一温度存在一定的差异。早期石英微裂隙中包裹体均一温度为90~120℃; 晚期石英微裂隙中包裹体均一温度为130~165℃; 胶结物中包裹体均一温度较高, 一般高于135℃; 石英次生加大边中包裹体均一温度分布范围较宽, 为90~150℃。

(4) 利用包裹体测试资料, 结合埋藏史确定苏里格气田上古生界天然气的主成藏期有两期: ①距今190~154Ma(早侏罗世晚期—晚侏罗世晚期), 烃类以湿气和凝析油为主; ②距今137~96Ma(早白垩世), 干气大量生成, 同时早期生成的油在高温高压条件下溶解在天然气中形成凝析气。

## 参考文献

- [1] 刘德汉, 卢焕章, 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: 9-10.  
Liu Dehan, Lu Huanzhang, Xiao Xianming. Fluid inclusion and its application in hydrocarbon exploration and development[M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2007: 9-10.
- [2] 冯乔, 马硕鹏, 樊爱萍. 鄂尔多斯盆地上古生界储层流体包裹体特征及其地质意义[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(1): 27-32.  
Feng Qiao, Ma Shupeng, Fan Aiping. Characteristics of fluid inclusions in Upper Paleozoic reservoirs in Ordos Basin and their geological significance[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(1): 27-32.
- [3] 樊爱萍, 杨仁超, 冯乔, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界流体包裹体特征及研究[J]. 山东科技大学学报: 自然科学版, 2006, 25(2): 20-22.  
Fan Aiping, Yang Renchao, Feng Qiao, et al. Research on characteristics of fluid inclusions in the Upper Paleozoic in Ordos Basin and its application[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology: Natural Science, 2006, 25(2): 20-22.
- [4] 万丛礼, 付金华, 杨华, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界天然气成因新探索[J]. 天然气工业, 2004, 24(8): 1-3.  
Wan Congli, Fu Jinhua, Yang Hua, et al. Probing the gas genesis of Upper Paleozoic in Ordos Basin[J]. Natural Gas Industry, 2004, 24(8): 1-3.
- [5] 刘新社, 席胜利, 付金华, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界天然气生成[J]. 天然气工业, 2000, 20(6): 19-23.

- Liu Xinshe, Xi Shengli, Fu Jinhua, et al. Natural gas generation in the Upper Paleozoic in E' erduosi Basin[J]. *Natural Gas Industry*, 2000, 20(6): 19-23.
- [6] 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.
- M in 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.
- [7] 李荣西, 席胜利, 邸领军. 鄂尔多斯盆地中部断裂带方解石脉天然气包裹体研究[J]. *石油实验地质*, 2006, 28(5): 463-466.
- Li Rongxi, Xi Shengli, Di Lingjun. Research to the natural gas inclusions contained in calcite vein filled in a big fault belt across the middle of Ordos Basin[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2006, 28(5): 463-466.
- [8] 安作相, 马纪. 华北克拉通分割与鄂尔多斯上古生界含气问题[J]. *新疆石油地质*, 2002, 23(4): 279-282.
- An Zuoxiang, Ma Ji. On separation of North China Craton and gas bearing of Upper Paleozoic of Ordos Basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2002, 23(4): 279-282.
- [9] 刘建章, 陈红汉, 李剑, 等. 运用流体包裹体确定鄂尔多斯盆地上古生界油气成藏期次和时期[J]. *地质科技情报*, 2005, 24(4): 60-66.
- Liu Jianzhang, Chen Honghan, Li Jian, et al. Using fluid inclusion of reservoir to determine hydrocarbon charging orders and times in the Upper Paleozoic of Ordos Basin[J]. *Geological Science and Technology Information*, 2005, 24(4): 60-66.
- [10] 刘建章, 陈红汉, 李剑, 等. 鄂尔多斯盆地伊陕斜坡山西组2段包裹体古流体压力分布及演化[J]. *石油学报*, 2008, 29(2): 226-230.
- Liu Jianzhang, Chen Honghan, Li Jian, et al. Paleofluid pressure distribution and evolution of inclusions in the second member of Shanxi Formation in Y+Shan Slope of Ordos Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2008, 29(2): 226-230.
- [11] 付金华. 鄂尔多斯盆地上古生界天然气成藏条件及富集规律[D]. 西安: 西北大学, 2004.
- Fu Jinhua. The gas reservoir-forming conditions and accumulation rules of Upper Paleozoic in Ordos Basin[D]. Xi'an: Northwest University, 2004.
- [12] 刘新社, 周立发, 侯云东. 运用流体包裹体研究鄂尔多斯盆地上古生界天然气成藏[J]. *石油学报*, 2007, 28(6): 37-42.
- Liu Xinshe, Zhou Lifa, Hou Yundong. Study of gas charging in the Upper Paleozoic of Ordos Basin using fluid inclusion[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2007, 28(6): 37-42.
- [13] 戴金星, 钟宁宁, 刘德汉, 等. 中国煤成大中型气田地质基础和主控因素[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000: 205-209.
- Dai Jinxing, Zhong Ningning, Liu Dehan, et al. Geological Foundation and main controlling factors of coal-formed large and medium gas fields in China[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000: 205-209.
- [14] 万晓龙, 邱楠生, 张善文. 东营凹陷岩性油气藏动态成藏过程[J]. *石油与天然气地质*, 2004, 25(4): 448-451.
- Wan Xiaolong, Qiu Nansheng, Zhang Shanwen. A study on dynamic reservoring process of hydrocarbon in lithologic reservoirs in Dongying depression[J]. *Oil & Gas Geology*, 2004, 25(4): 448-451.
- [15] 赵文智, 胡素云, 汪泽成, 等. 鄂尔多斯盆地基底断裂在上三叠统延长组石油聚集的控制作用[J]. *石油勘探与开发*, 2003, 30(5): 1-5.
- Zhao Wenzhi, Hu Suyun, Wang Zecheng, et al. Key role of basement fault control on oil accumulation of Yanchang Formation, Upper Triassic, Ordos Basin[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2003, 30(5): 1-5.
- [16] 刘斌, 沈昆. 流体包裹体热力学[M]. 北京: 地质出版社, 1999: 44-48.
- Liu Bin, Shen Kun. Fluid inclusions thermodynamics[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999: 44-48.
- [17] 高先志, 陈发景. 应用流体包裹体研究油气成藏期次——以柴达木盆地南八仙油田第三系储层为例[J]. *地学前缘*, 2000, 7(4): 548-554.
- Gao Xianzhi, Chen Fajing. Application of fluid inclusions to determination of the times and stages of hydrocarbon reservoir filling: A case study of Nanbaxian Oilfield in the Qaidam Basin[J]. *Earth Science Frontiers*, 2000, 7(4): 548-554.
- [18] Middleton D, Parnell J, Carey P, et al. Reconstruction of fluid migration history in Northwest Ireland using fluid inclusion studies[J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 2000, 69-70: 673-677.
- [19] 李剑, 罗霞, 单秀琴, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界天然气成藏特征[J]. *石油勘探与开发*, 2005, 32(4): 54-59.
- Li Jian, Luo Xia, Shan Xiuqin, et al. Natural gas accumulation in the Upper Paleozoic of Ordos Basin, China[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2005, 32(4): 54-59.
- [20] 哈兰德 W B. 地质年代表[M]. 袁相国, 译. 北京: 地质出版社, 1986: 1-3.
- Harjand W B. Geological time scale[M]. Translated by Yuan Xiangguo. Beijing: Geological Publishing House, 1986: 1-3.

(收稿日期 2008-10-27 改回日期 2008-12-13 编辑 王 秀)