

文章编号: 1000-0550(2002)02-0345-04

焉耆盆地三工河组储层流体包裹体形成期次分析

柳广弟¹ 张仲培¹ 张枝焕¹ 陈文学² 陈文礼² 李永林²

1(石油大学石油天然气成藏机理国家重点实验室 北京昌平 102249)

2(河南油田分公司石油勘探开发研究院 河南南阳 473132)

摘要 焉耆盆地三工河组流体包裹体具有丰度低、个体小的特征,并以液态烃相包裹体为主,主要分布在石英颗粒的溶孔或溶缝当中。结合盆地成岩作用和有机质演化历史分析,认为它们形成于侏罗纪晚期的以压溶和溶蚀作用为特征的晚成岩作用阶段。包裹体均一温度呈双峰型分布,具有101~110℃和121~130℃两个区间,结合焉耆盆地的埋藏史和盆地的热史,这两个温度区间分别对应于晚侏罗世和侏罗纪末期。包裹体组份特征分析也证实该地区存在两期包裹体,并且包裹体组份主要是在烃源岩低成熟阶段形成的。可以认为,焉耆盆地三工河组储层的流体包裹体主要是在晚侏罗世烃源岩的低成熟阶段和侏罗纪末期烃源岩的成熟阶段形成。

关键词 焉耆盆地 流体包裹体 均一温度 油气成藏 油气运移

第一作者简介 柳广弟 男 1961年出生 教授 博士生导师 石油地质学

中图分类号 TE122.1 **文献标识码** A

1 前言

有机流体包裹体是烃类生成、运移、聚集与演化的直接标志。不论是在烃类生成后的初次运移阶段,还是油气在储集层中运移、聚集的二次运移阶段,都有可能形成有机流体包裹体。因此,它记录了大量油气从生成、运移到聚集成藏过程的信息。根据流体包裹体的形成期次可以确定油气藏的形成期次。因此,流体包裹体分析在油气运移和油气藏充注历史的研究中得到越来越多的应用^[1~4]。

通过对包裹体的分布特征、包裹体在成岩序列中的位置、包裹体的均一温度以及包裹体的成分特征,可以获得包裹体形成期次的信息,结合储层的埋藏史和温度史可以确定包裹体的形成时间,为油气成藏期次的确定提供重要的依据^[5,6]。

2 基本地质概况

焉耆盆地是中国西部小型含煤盆地之一,位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州境内,隶属博湖、焉耆、和静、和硕及库尔勒四县一市管辖。盆地横跨在库鲁克塔格褶皱带和南天山褶皱带之上,处于新疆塔里木、准噶尔、吐哈三大盆地之间,面积 $1.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。自1995年焉参1井首次获得工业油气流以来,已发现宝浪和本布图两个油田,包括宝中、宝北、本布图和本东四个含油区块。

焉耆盆地是在海西期褶皱基底上形成的中生代陆相沉积盆地。具两坳一隆的构造格局,自南向北可划分为博湖坳陷、焉耆隆起和和静坳陷三个一级构造单元。博湖坳陷又可分为三个次级构造单元,即北部凹陷、南部凹陷和种马场断裂构造带。焉耆盆地的主要沉积层序有三叠系、侏罗系、第三系和第四系,其中油气勘探的主要目的层侏罗系分布在博湖坳陷,和静坳陷只发育新生界。目前发现的两个油气田都位于博湖坳陷(图1)。石油地质研究表明,焉耆盆地的主要烃源岩为侏罗系八道湾组,已发现的绝大多数油气储集在侏罗系三工河组,少量储集在八道湾组和西山窑组。

3 有机包裹体特征

3.1 有机包裹体丰度低

有机包裹体丰度较低,一般 $< 5\%$ 。其中本布图地区(以图1、图301和焉2等钻孔为代表)有机包裹体丰度相对较高,以 $2\% \sim 5\%$ 为主;宝北和宝中地区有机包裹体的丰度基本相似,一般 $< 3\%$;博南地区有机包裹体丰度总体上与宝北和宝中地区相似,但以小石英颗粒中的丰度大于大石英颗粒中的丰度为特色。

3.2 以液态烃包裹体为主

三工河组以液态烃相包裹体为主。在有机包裹体中,液态烃相可达 $60\% \sim 80\%$,且大多为 80% 以上。气液二相烃类包体一般占 20% 左右。液态烃相包体

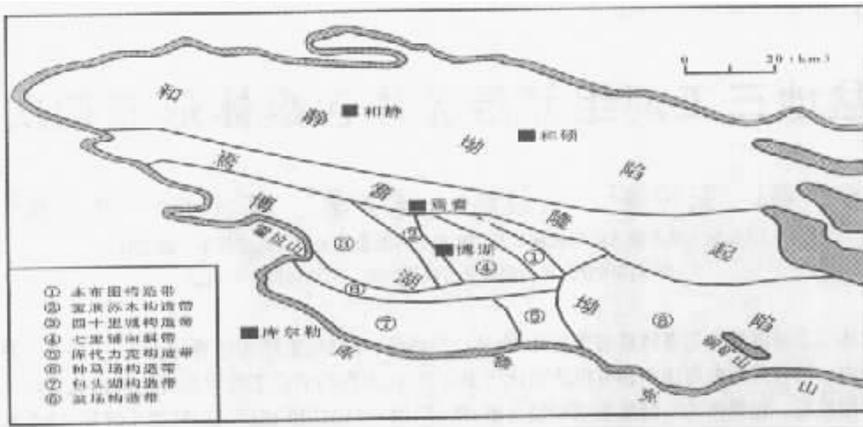


图1 焉耆盆地构造单元区划图

Fig. 1 The tectonic units in Yanqi Basin

在透射光下呈黑色—灰黑色, 荧光下具有浅黄色荧光。二相包裹体在透射光下呈浅褐色—浅灰色, 气态烃相呈圆形, 气液比为60%左右。盐水包裹体有纯盐水包裹体和盐水+气泡包裹体两种类型, 且以前者为主。

3.3 包裹体个体小

包裹体的个体较小, 一般 $< 5\mu\text{m}$, 而且大多数 $< 3\mu\text{m}$ 。个体的大小一是与丰度有关, 凡是丰度较高的样品, 其有机包裹体也较大; 二与有机包裹体类型有关, 一般来说, 气态烃+盐水溶液二相包裹体比气态烃相包裹体大, 形态上也比较规则。

3.4 主要分布在石英颗粒内的溶孔或溶缝中

焉耆盆地有机包裹体的分布有一定规律, 基本上都充填在石英颗粒内的溶蚀孔或溶蚀缝中, 有时见石英颗粒受后期构造作用而出现构造裂缝, 但其中没有包裹体充填。

根据有机包裹体的分布、赋存、相态组合及其大小等特征, 可以认为, 焉耆盆地三工河组的烃类包裹体主要形成于以压溶和溶蚀作用为主要特征的晚期成岩作用阶段。这时有机质已进入成熟阶段, 不仅有大量的油气形成和运移, 而且溶蚀作用形成的缝隙和孔隙也为油气的聚集提供了空间, 从而形成了大量的有机包裹体。焉耆盆地不同样品包裹体的相态和类型比较单一、大小比较均匀以及主要分布在石英颗粒溶蚀缝中等特征, 表明大多数包裹体都是这一深埋晚成岩阶段时期形成的。从盆地成岩作用和有机质的演化历史分析, 焉耆盆地侏罗纪晚期是这一类成岩作用的发育期。

4 流体包裹体的形成温度和时间

由于焉耆盆地同一区块各井埋藏历史基本相同, 故将同一区块的包裹体均一温度综合起来进行分析。

统计结果表明, 不同地区、不同井储层流体包裹体的均一温度主要集中分布在 $101\sim 130^\circ\text{C}$, 但不同地区样品均一温度的分布有所不同。博南1井具有以 $101\sim 110^\circ\text{C}$ 为峰值的单峰型分布, 宝中区块、宝北区块和本布图区块则是以 $101\sim 110^\circ\text{C}$ 和 $121\sim 130^\circ\text{C}$ 为峰值的双峰型分布, 宝南区块的宝3井样品的均一温度主要集中在 $111\sim 130^\circ\text{C}$ (图2)。宝南和博南地区储层流体包裹体均一温度的单峰型分布反映上述地区的一次连续的成藏作用, 而宝中、宝北和本布图地区的双峰型分布则反映了上述地区两次成藏过程。在上述地区的埋藏史和热史曲线上, 对应于 $121\sim 130^\circ\text{C}$ 的时间应该是上述井点历史上的最大埋藏期, 即侏罗纪末期, 此时侏罗系源岩处于成熟阶段, 而对应于 $101\sim 110^\circ\text{C}$ 的时间在埋藏史上有两个, 即最大埋藏期以前的晚侏罗世和第三纪晚期。从包裹体形成条件与成岩作用的演化分析, 属晚侏罗世的可能性更大。

对照流体包裹体温度和地层埋藏史还可以看出, 埋藏史的地层温度与包裹体均一温度并不完全一致, 一般是包裹体均一温度高于其所在地层温度, 这可能与油气的运移作用有关。

5 包裹体成分特征

包裹体成分分析采用群体包裹体分析方法。样品采用高压注水和快速冷冻相结合的方法进行破碎, 碎样后先用离心机分离得出粘土矿物和矿物颗粒。矿物颗粒干燥后, 进一步筛选含有包裹体晶体的颗粒(主要为石英和长石类矿物, $0.1\sim 0.3\text{mm}$ 200 g左右), 经氯仿抽提至荧光级别三级以下后, 以盐酸作为脱附剂对样品进行脱附, 除去颗粒表面紧密结合的油气组份。用盐酸处理后, 再经干燥抽提, 用重铬酸钾洗液处理

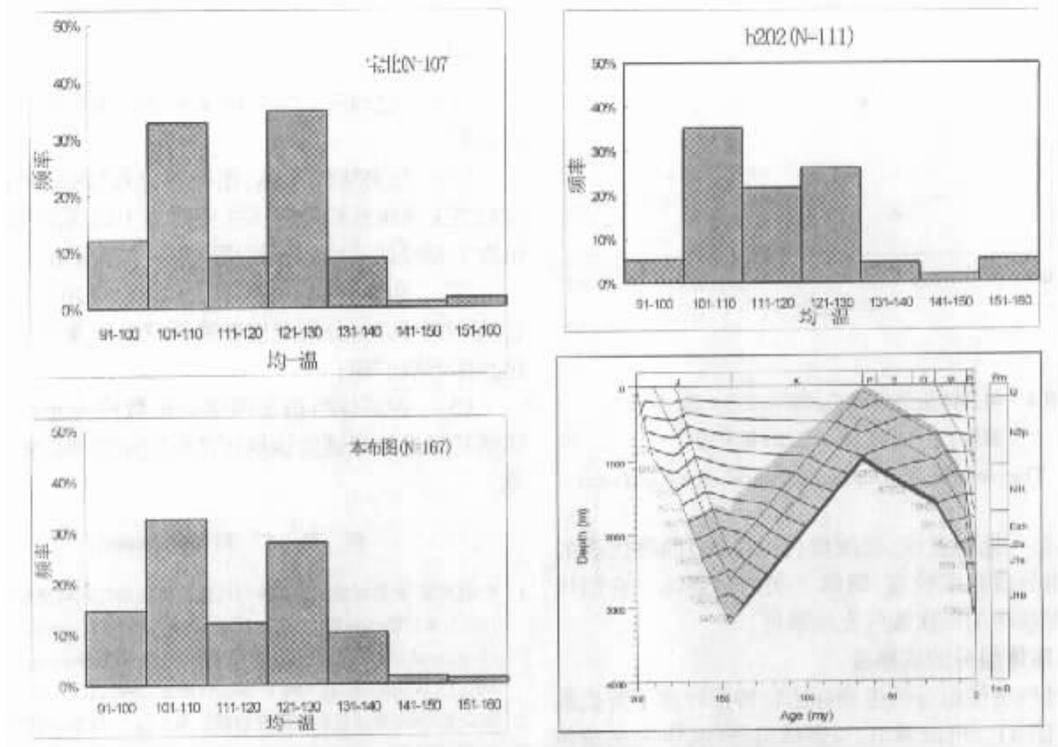


图 2 焉耆盆地流体包裹体均一温度分布与成藏期次

Fig. 2 The homogenization temperature and the formation periods of fluid inclusions

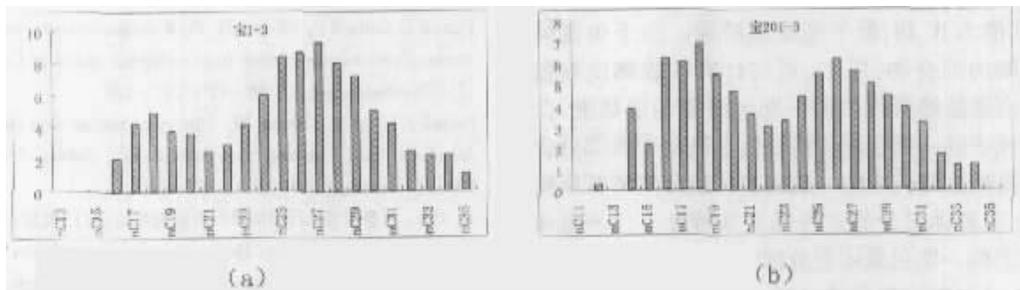


图 3 包裹体正构烷烃碳数分布图

Fig. 3 The *n*-alkanes distribution of inclusion component

12 小时, 清除颗粒表面可能残留的油气组分。样品处理后, 清洗干燥并尽可能磨细, 再用氯仿抽提得到包裹体组分。得到包裹体的组分进行仪器分析。因此, 这样得到的包裹体组分是样品中所有包裹体成分的整体面貌, 不代表单个包裹体的成分特征。

利用上述方法对焉耆盆地 5 口井的 7 个样品(包裹体成分分析样品采自宝浪构造, 其中宝南构造 2 个, 宝中构造 4 个, 宝北构造 1 个)进行了处理, 得到三种不同的油气组分, 其中组分 1 为储层样品开放孔隙中的油气, 与现今油气藏中的油气相当, 组分 2 为矿物颗粒表面吸附的油气组分, 组分 3 为流体包裹体中的油气组分。

5.1 正构烷烃组成特征

包裹体组分(组分 3)正构烷烃碳数分布特征呈双

峰态。前峰的主峰位置为 18 或 20, 后峰主峰位置为 26 或 27。根据不同样品前后两峰的相对大小可以分为两类: 第一类后峰大于前峰(图 3a), 第二类前峰大于后峰(图 3b)。包裹体样品正烷烃奇偶优势不明显, CPI 分别为 0.96~1.18, 平均值为 1.07; C_{25}^-/C_{25}^+ 为 0.41~1.68, 平均值为 0.86; $(C_{21} + C_{22})/(C_{28} + C_{29})$ 为 0.46~0.95, 平均值为 0.64。

包裹体正构烷烃双峰型分布可能有两种成因, 一是两种不同生源的油气组分, 二是不同期次的产物, 或者是二者兼而有之。从包裹体均一温度的测试结果, 已经显示了焉耆盆地具有两期包裹体的特征。因此, 将这种双峰型的分布解释为两期包裹体组分的混合可能更为合理。

高碳数(26 或 27)的峰代表的包裹体组分成熟度

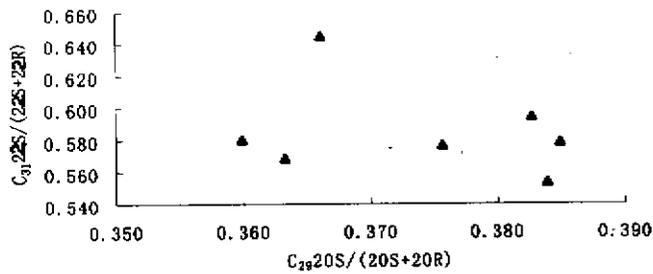


图4 包裹体组分甾烷 $C_{29}20S/(20S+20R)$ —
藿烷 $C_{31}22S/(22S+22R)$ 相关图

Fig.4 The maturity of hydrocarbon of inclusion component

较低,属第一期包裹体,低碳数(18或20)的峰代表的包裹体组分成熟度较高,属第二期的包裹体。它们代表了焉耆盆地的两次油气充注事件。

5.2 包裹体组分的成熟度

通过包裹体组分的生物标志物特征计算了其成熟度参数(图4)。可以看出,包裹体组分(组分3)的成熟度是比较低的,其 $aaaC_{29}S/(S+R)$ 分布范围为 0.36~0.38,平均值为 0.37; $C_{29}\beta\beta/\alpha\alpha + \beta\beta$ 为 0.43~0.53,平均值为 0.48,处于低成熟阶段。由于包裹体组分是两期的混合物,用 C_{29} 甾烷计算的成熟度参数主要反映高碳数峰所代表的一期包裹体的成熟度,低碳数峰所代表的一期包裹体组分由于高分子量部分含量低而被高碳数峰代表的一期包裹体组分的特征所掩盖。因此,包裹体组分的这种低成熟特征不代表低碳数峰所代表的一期包裹体组分的特征。

因此,从包裹体组分特征进一步证实了焉耆盆地存在两期包裹体,第一期形成于八道湾组源岩处于低成熟阶段的晚侏罗世,第二期形成于源岩处于成熟阶段的侏罗纪晚期。

6 结论

对焉耆盆地三工河组储层流体包裹体测试结果分析表明:

(1) 包裹体的形体、相态和分布特征反映,焉耆盆地三工河组流体包裹体主要形成于以压溶和溶蚀作用为主要特征的晚成岩作用阶段——侏罗纪末期;

(2) 包裹体均一温度具有 101~110℃ 和 121~130℃ 两个区间,分别对应着晚侏罗世和侏罗纪末两个包裹体形成时期;

(3) 包裹体组份正构烷烃碳数峰分布特征和成熟度特征进一步证实该地区在侏罗纪有两期包裹体形成。

参考文献 (References)

- 1 卢明国等. 储层裂缝充填矿物的流体包体在油气运移史研究中的应用[J]. 南方油气地质, 1995, 2(1): 49~56 [Lu Mingguo, et al. Application of fluid inclusions in oil and gas migration from reservoir fracture[J]. Petroleum Geology of South China, 1995, 2(1): 49~56]
- 2 张金亮. 利用流体包裹体研究油藏注入史[J]. 西安石油学院学报, 1998, 13(4): 1~4 [Zhang Jinliang. Use of fluid inclusions in the study of charging history of reservoir[J]. Journal of Xi'an Petroleum Institute, 1998, 13(4): 1~4]
- 3 Parnell J, Carey P F, Monson B. Fluid inclusion constraints on temperatures of petroleum migration from authigenic quartz in bitumen veins [J]. Chemical Geology, 1996, 129: 217~226
- 4 Parnell J, Carey P, Duncan W. History of hydrocarbon charge on the Atlantic margin: Evidence from fluid-inclusion studies, West of Shetland [J]. Geology, 1998, 26(9): 807~810
- 5 赵文智, 何登发等. 石油地质综合研究导论[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999 [Zhao Wenzhi, He Dengfa et al. Introduction to the comprehensive study of petroleum geology[M]. Beijing: Petroleum Industry Publishing House, 1999]
- 6 丘比特 J M, 英格兰 W A. 油藏地球化学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997 [Cubitt J M, England W A. The geochemistry of reservoirs [M]. Society of Geology of London, 1995]

Analysis on the Formation Time of Fluid Inclusion in Sangonghe Formation of Jurassic in Yanqi Basin, Northwest China

LIU Guang-di¹ ZHANG Zhong-pei¹ ZHANG Zhi-huan¹
CHEN Wen-xue² CHEN Wen-li² LI Yong-lin²

1 (Key Laboratory of Petroleum Entrapment Mechanisms of Ministry Education China, University of Petroleum Beijing 102249)

2 (Institute of Petroleum Exploration and Development of Henan Oil Field Company, China Petrochemical Corp. Ltd Nanyang Henan 473132)

Abstract The fluid inclusions in Sangonghe Formation of Jurassic in Yanqi basin Northwest China were investigated. The fluid inclusions in Sangonghe Formation, which mostly occurred in the dissolution or pressure solution

(Continued on page 353)

and Feixianguan Fm. oolitic beach gas reservoirs, the shoreside coal measures mudstone and the sea trough carbonate of Upper Permian Series have been defined as the main source rocks, which are high maturate and controlled by the different sedimentary facies, and the reservoir bitumen and natural gases of Changxing Fm. reef and Feixianguan Fm. oolitic beach gas reservoirs are originated from the source rock of Upper Permian Series, the natural gas is a dry gas being thermally degraded from oil, the solid bitumen is a residue of oil retained in reservoir rocks, and the migration of natural gases is mainly vertical.

The volume of H_2S is high in some exploratory wells of Feixianguan Fm. oolitic beach gas reservoirs, such as Gaofengchang, Longmen, Tieshanpo, Dukouhe, Luojiashai structure, etc. H_2S is associated with the distribution of anhydrite in Feixianguan Fm. oolitic beach reservoir and related with the thermochemical sulfate reduction (TSR). And all above are closely related with the sedimentary facies.

Key words Sichuan Basin, Upper Permian series, Changxing Formation, Feixianguan Formation, reef, oolitic beach, hydrogen sulfide, gas reservoir geochemistry

(Continued from page 348)

pores of quartz grains, were usually small in their size and low in their abundance. Up to 80% of organic inclusions existed in the state of liquid hydrocarbon phase, only some 20% of them in gaseous and gaseous-liquid hydrocarbon phases. In addition to organic inclusions, there were some saline-aqueous solution inclusions. Combined with the evolution history of the diagenesis and organic matter maturation, the fluid inclusions were mainly formed in the stage of late diagenesis in late Jurassic. The homogenization temperatures of inclusions fell in the temperature interval of 101~130°C, with ranges of 101~110°C and of 121~130°C as two peaks. According to the temperature history of Sangonghe Formation, the temperature of 101~110°C was consistent with the temperature of Sangonghe Formation in late Jurassic and the peak of 121~130°C with the temperature in the end of Jurassic when the formation reached its deepest burial in geohistory. The composition of hydrocarbon inclusion also showed two peaks in gas chromatogram with one peak in C_{18} or C_{20} and the other in C_{26} or C_{27} , which indicated the two formation periods of the inclusion. The maturity indices of inclusion component showed that the inclusions were formed in low mature stage of source rock. In summary, the fluid inclusion of Sangonghe formation of Jurassic in Yanqi basin were mainly formed in two periods, with one in late Jurassic when the source rock of the basin was in low mature stage, and the other in the end of Jurassic when the formation reached its deepest burial and the source rock in mature stage.

Key words Yanqi Basin, fluid inclusion, homogenization temperature, petroleum entrapment, oil and gas migration