

文章编号: 1000-0747(2002)01-0069-03

焉耆盆地油气成藏期次研究

柳广弟¹, 张仲培¹, 陈文学², 陈文礼², 林社卿²

(1. 石油大学(北京)教育部石油天然气成藏机理重点实验室; 2. 中国石化河南油田勘探开发研究院)

摘要: 通过对焉耆盆地烃源岩的生烃史、油气成熟度、流体包裹体均一温度和储集层自生伊利石同位素年代学的研究, 综合分析盆地的成藏期次。焉耆盆地八道湾组烃源岩的两次主要生、排烃作用发生在侏罗纪末期和早第三纪, 白垩纪为生烃停止期; 三工河组砂岩溶蚀孔隙中的流体包裹体形成温度主要为 101~130℃, 与侏罗纪晚期三工河组储集层温度相当, 表明这些包裹体主要是侏罗纪晚期以压溶和溶蚀作用为主的晚成岩作用阶段形成的。储集层自生伊利石的 K/Ar 同位素年龄分布主要为 170~140Ma 和 120~100Ma, 第一期反映侏罗纪晚期的成藏作用, 第二期与白垩纪油气藏的破坏作用有关。三工河组原油、八道湾组原油的 $\alpha\alpha\alpha\text{C}_{29}$ 甾烷 20S/(20S+20R) 比值平均为 0.49 和 0.45, C_{29} 甾烷 $\beta/(\alpha\alpha+\beta)$ 比值平均为 0.46 和 0.40, 表明原油生成和成藏时烃源岩的 R_o 值约为 0.7%~1.0%, 与生烃凹陷八道湾组烃源岩在侏罗纪末的成熟度相当; 天然气甲烷碳同位素值为 -51.80‰~-41.53‰, 成熟度比原油更低, 形成时间更早。综合分析认为, 焉耆盆地曾发生两期成藏作用, 第一期是侏罗系埋深最大的侏罗纪晚期, 为主要成藏期; 第二期是侏罗系二次埋藏的第三纪。图 4 参 6(柳广弟摘)

关键词: 焉耆盆地; 八道湾组; 烃源岩; 生烃史; 成藏期次

中图分类号: TE122.1 文献标识码: A

0 引言

焉耆盆地是在海西期褶皱基底上发育的中、新生代陆相含煤盆地, 横跨新疆库鲁克塔格褶皱带和南天山褶皱带, 处于塔里木、准噶尔、吐哈三大盆地之间, 面积 $1.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。焉耆盆地自南向北划分为 3 个一级构造单元, 其中的博湖拗陷又可分为 3 个次级构造单元(见图 1), 主要沉积层序有三叠系、侏罗系、第三系和第四系, 和静拗陷只发育新生界。侏罗系和已发现的宝浪油田和本布图油田都分布在博湖拗陷。焉耆盆地主要烃源岩为八道湾组, 已发现的油气绝大多数储集在三工河组, 少量储集在八道湾组和西山窑组, 1995 年焉参 1 井首次获得商业性油气流, 以侏罗系为主要勘探目的层。



图 1 焉耆盆地构造单元图

对于焉耆盆地的油气成藏问题, 一直存在早期成藏和晚期成藏两种认识。早期成藏的观点认为, 油气

藏主要形成于侏罗纪末期盆地大规模抬升之前; 晚期成藏的观点认为, 油气藏主要形成于第三纪盆地二次埋藏过程中。对油气成藏期次的认识不同, 导致了对于盆地油气藏形成条件、分布规律、资源前景和勘探方向的不同认识。因此, 深入研究已知油气田的成藏期次, 对焉耆盆地的进一步勘探具有重要的现实意义。

1 油气成藏期次分析

在人们深入研究储集层成岩矿物之前, 确定油气藏形成的时间主要采用传统方法, 如根据主要生、排烃期、圈闭形成时间以及根据油气藏的饱和压力等推算。随着流体历史分析方法的发展, 人们开始根据流体包裹体形成期次和均一温度以及自生矿物测年技术等, 比较精确地确定油气藏的形成时间^[1~6]。本文将传统方法与新技术相结合, 来分析焉耆盆地的油气成藏期次。

1.1 烃源岩的生烃史

烃源岩的主要生、排烃期是油气藏形成期的重要标志。本文利用盆地模拟方法, 根据镜质组反射率和磷灰石裂变径迹, 联合反演了焉耆盆地的热史和八道湾组烃源岩的生烃历史。由图 2 可见, 八道湾组烃源岩有两个主要的生烃期, 第一期为距今约 150Ma 的侏罗纪末期, 与烃源岩最大埋深期相对应; 第二期为距今 40~50Ma 的早第三纪, 与再次深埋期相对应; 两个生烃期之间的白垩纪为生烃停止期。第一生烃期的生烃速率约为第二生烃期生烃速率的 3~4 倍, 是焉耆盆地的主要生烃期, 第二生烃期属次要生烃期。因此, 焉耆

盆地应该存在两期油气运移和聚集,而烃源岩的生烃史模拟结果揭示了两次运聚过程对现今油气藏的相对贡献大小。

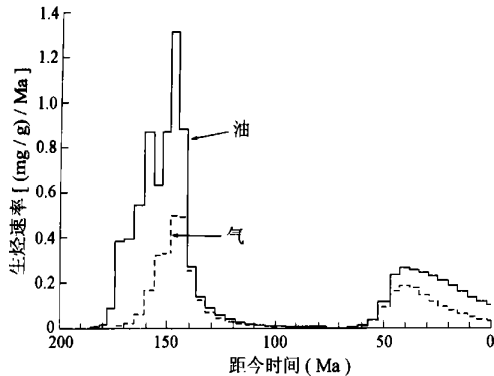


图2 焉耆盆地八道湾组烃源岩生烃史图

1.2 油、气成熟度

根据焉耆盆地宝浪油田和本布图油田 20 个原油样品分析的结果, $\alpha\alpha\text{C}_{29}$ 甾烷 S/(S+R) 比值三工河组原油为 0.47~0.53 (平均 0.49), 八道湾组原油为 0.43~0.47 (平均 0.45); C_{29} 甾烷 $\beta/(\alpha+\beta)$ 比值三工河组原油为 0.43~0.50 (平均 0.46), 八道湾组原油为 0.39~0.42 (平均 0.40); 以外, 原油具有较明显的奇偶优势。这些指标表明, 焉耆盆地原油的成熟度普遍不高, 其生成和成藏时烃源岩的 R_o 值约为 0.7%~1.0%, 与生烃凹陷八道湾组烃源岩在侏罗纪末的成熟度相当。

焉耆盆地天然气的碳同位素测定, $\delta^3\text{C}_1$ 值为 -51.80‰~-41.53‰, $\delta^3\text{C}_2$ 值为 -36.18‰~-28.68‰, 属典型油型气, 而八道湾组煤的腐泥组与壳质组含量之和可高达 30%, 表明这些具有 I 型和 II₁ 型性质的显微组分是天然气的真正先质, 这类天然气则可称为“煤成油型气”。根据油型气 $\delta^3\text{C}_1$ 值与烃源岩成熟度的关系推测, 天然气应是低成熟阶段的产物, 不是第三纪二次生烃的结果, 其成藏期比原油更早, 天然气藏是早期成藏的产物。

1.3 流体包裹体均一温度及其形成时间

不论是初次运移阶段, 还是二次运移阶段, 都有可能形成有机流体包裹体。在一般情况下, 包裹体的均一温度代表它被捕获时地层的温度, 测定与有机包裹体共生的盐水包裹体的均一温度, 可以了解油气大规模运移时储集层的温度, 结合埋藏史和温度史就可以确定包裹体的形成时间, 间接确定油气进入储集层的时间, 即油气大规模运移和聚集的时间。

根据对焉耆盆地 3 个主要含油区块的储集层流体包裹体(样品主要来自三工河组)均一温度的测定(见图 3), 博南 1 井为以 101~110℃为峰值的单峰型分

布, 宝中区块、宝北区块和本布图区块则为以 101~110℃和 121~130℃为峰值的双峰型分布。

博南地区单峰型均一温度分布反映连续的一次成藏作用, 而宝中、宝北和本布图地区的双峰型分布则反映两次成藏过程。在后者的埋藏史和热史曲线上, 对应于 121~130℃的时间只有侏罗纪末期, 应该是其历史上的最大埋藏期, 此时侏罗系烃源岩处于成熟阶段; 而对应于 101~110℃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(见图 4), 从包裹体形成条件与成岩作用的演化分析, 是晚侏罗世的可能性更大。

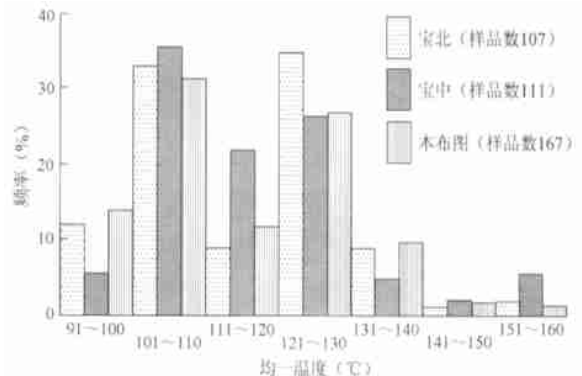


图3 焉耆盆地包裹体均一温度分布直方图

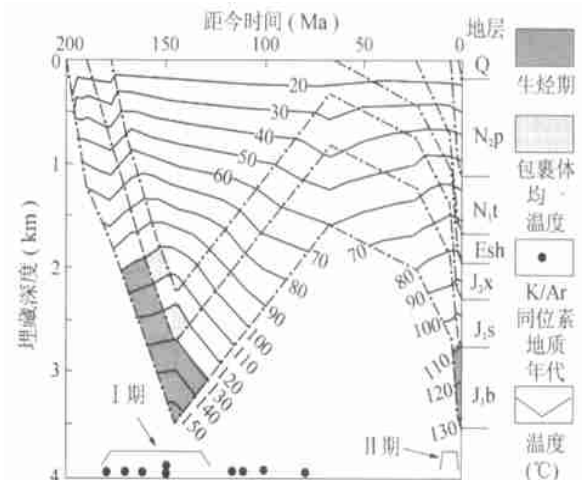


图4 焉耆盆地油气成藏期次综合分析图

1.4 储集层自生伊利石年代学分析

储集层自生伊利石是在流动的富钾水介质环境下形成的, 当储集层孔隙空间被油气充填后, 改变了其流体环境, 伊利石的生长过程便会停止。因此, 最小粒级的自生伊利石的形成时间代表油气最早进入储集层的时间, 即油气充填储集层的时间应略晚于自生伊利石的同位素年龄。

用 K/Ar 同位素地质年代学方法分析焉耆盆地三工河组储集层自生伊利石形成时间的结果, 其 K/Ar 同

位素年龄的分布范围为距今 78.17~170.00Ma, 集中于两期(见图4)。第一期(距今 140~170Ma)正是侏罗纪末期地层最大埋藏期的前后, 是油气大量生成、运移和聚集的时期; 第二期(距今 100~120Ma)为早白垩世盆地大规模隆起抬升期, 是第一期已聚集的油气发生调整、破坏和再运移的时期。

1.5 油气成藏期次综合分析

以上证据显示, 侏罗纪中晚期焉耆盆地有两期成藏事件, 第一期以晚侏罗世八道湾组低成熟油气的生成、运移和聚集为主, 第二期以侏罗纪末期成熟油气的生成、运移和聚集为主。从焉耆盆地油气的生成历史来看, 除侏罗纪晚期的一次生烃高峰外, 主要烃源岩八道湾组在第三纪晚期还有一次生烃事件, 也应伴随一期成藏事件。但第三纪晚期成藏事件在流体包裹体和储集层自生伊利石同位素年龄方面均没有表现。这既与该成藏事件比侏罗纪末的成藏事件强度要弱有关, 更与流体包裹体和自生伊利石的形成机理以及焉耆盆地的成岩演化历史有关。储集层自生伊利石形成于流动的富钾水介质环境, 但侏罗纪末油气已进入储集层, 地层水被油气驱替, 破坏了自生伊利石的生长环境, 所以伊利石年龄只能反映油气最早进入储集层的时间, 而不能反映第三纪的油气再次充注。流体包裹体主要形成于储集层的溶蚀、孔隙介质流动、沉淀和胶结作用的活跃期。侏罗纪晚期是焉耆盆地三工河组上述成岩作用的活跃期, 但随着侏罗纪末的大规模抬升, 上述成岩作用即宣告结束, 因此第三纪再次沉降埋藏期形成的包裹体数量有限。

综合以上分析可以认为, 焉耆盆地有 3 期主要的成藏事件, 第一期是发生在中、晚侏罗世的低熟油成藏事件, 第二期是发生在侏罗纪末期的成熟油成藏事件,

第三期是发生在第三纪晚期的成熟或高成熟油成藏事件。由于第一期和第二期成藏事件的时间相距不远, 也可以认为是连续的一期。

2 结论

通过对焉耆盆地烃源岩的生烃史、油气成熟度、流体包裹体均一温度和储集层自生伊利石同位素年代学的综合分析, 认为该盆地主要存在两期成藏作用, 第一期发生在盆地最大埋深期的侏罗纪晚期, 第二期发生在盆地二次埋藏的第三纪晚期。第一期是盆地的主要成藏期, 至侏罗纪末期, 盆地抬升对早期形成的油气藏起到了破坏、调整和油气再分配的作用。第三纪晚期的成藏对残存的油气藏起到了二次充注作用。

参考文献:

- [1] Eadington P J Hamilton, Bai G P. Fluid history analysis—a new concept for prospect evaluation[J]. APEA Journal, 1991, 282-294.
- [2] 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.
- [3] 白国平. 伊利石 K-Ar 测年在确定油气成藏期中的应用[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2000, 24(4): 100-103.
- [4] Lee M G, Aronson J L, Savin S M. K/Ar dating of time of gas entrapment in Rotliegendes sandstone[J]. Netherlands America Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1985, 69(9): 1381-1385.
- [5] 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.
- [6] 肖克尧, 张水昌, 等. 简析塔中北斜坡 A 井志留系油气藏成藏期[J]. 沉积学报, 1997, 15(2): 150-153.

第一作者简介: 柳广弟(1961-), 男, 天津蓟县人, 博士, 石油大学(北京)教授, 博士生导师, 现从事石油地质的科研与教学工作。地址: 北京市昌平区, 石油大学(北京)资源与信息学院, 邮政编码: 102249。

收稿日期: 2001-07-23

(编辑、绘图 王孝陵)

Study on the period and time of oil and gas accumulation in Yanqi basin, Northwest China

LIU Guang-di¹, ZHANG Zhong-pei¹, CHEN Wen-xue², CHEN Wen-li², LIN She-qing²

(1. University of Petroleum, Beijing 102249, P. R. China; 2. Henan Oil Field, Sinopec Henan 473132, P. R. China)

Abstract: The time of petroleum accumulation in Yanqi basin, Northwest China is determined according to the studies of hydrocarbon generation history of source rock, oil and gas maturity, homogenization temperature of fluid inclusion and K/Ar dating of illite in reservoir. The source rock of Badaowan Formation of Lower Jurassic has two main generation periods in geologic time, with one in the late Jurassic and the other in late Tertiary. The fluid inclusions mainly occurred in the dissolution or pressure solution pores of sandstone reservoir, the homogenization temperature of which is 101—130°C, suggesting that the fluid inclusions were mostly formed in late diagenesis stage in late Jurassic. K/Ar dating shows that the ages of the very fine-grained illite fall in two time intervals, 170—140Ma and 120—100Ma, indicating the time of petroleum entrapment in late Jurassic and the time of destruction of petroleum accumulation in the tectonic event in Cretaceous respectively. The maturity indices of biomarkers from oil also show that the maturity of source rock when the oil was generated is equivalent to the vitrinite reflectance value of 0.70%—1.0%, the maturity of Badaowan source rock in the end of Jurassic. In summary, there are two periods of oil and gas entrapment in Yanqi basin, with the main period in late Jurassic and the other in late Tertiary.

Key words: Yanqi basin; Badaowan Formation; source rock; hydrocarbon generation history; period and times of oil and gas accumulation