

焉耆盆地侏罗系油气成藏期次分析

林社卿, 邱荣华, 李永林, 赵德力

(河南油田勘探开发研究院, 河南南阳 473132)

摘要: 着重用油藏地球化学分析方法探讨了焉耆盆地侏罗系油气藏的成藏时间和期次。油源对比表明八道湾组是主力烃源岩层, 三叠系烃源岩对八道湾组原油有一定贡献; 油气经短距离的侧向运移后, 沿断层通道向上进入三工河组和西山窑组。盆地经历了 2 次生烃, 侏罗纪末期为主要生烃期, 第三纪晚期为次要生烃期。储层流体包裹体分布特征、均一温度和组分特征、储层自生伊利石测年和油气成熟度分析都显示了焉耆盆地在侏罗纪中晚期的 2 次成藏作用, 即晚侏罗世以八道湾组低成熟油气的生成、运移和聚集为主的第 1 期成藏事件和侏罗纪末期以成熟油气的生成、运移和聚集为主的第 2 期成藏事件。受储层流体包裹体和自生伊利石形成机理的控制, 第三纪晚期生烃、成藏事件在流体包裹体和储层自生伊利石同位素年代学上均没有记录。侏罗纪末期是主要成藏期, 第三纪晚期是调整成藏和定型期。

关键词: 焉耆盆地; 侏罗系; 油气成藏期次; 流体包裹体; 均一温度; 自生伊利石测年。

中图分类号: P618.13 文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2003)01-0071-07

作者简介: 林社卿(1963-), 男, 高级工程师, 1988 年毕业于中国地质大学石油系, 获硕士学位, 一直从事石油勘探综合研究工作。

焉耆盆地位于新疆巴洲境内, 盆地横跨库鲁克山褶皱带和南天山褶皱带, 是在海西期褶皱基底上发生发展的中生代陆相沉积盆地。它具有两坳一隆的构造格局, 自南而北划分为博湖坳陷、焉耆隆起及和静坳陷。侏罗系为主要勘探目的层系, 在博湖坳陷连片分布, 分布面积约 3 600 km², 最大厚度 4 700 m, 主要为中下侏罗统八道湾组(J_{1b})、三工河组(J_{1s})和西山窑组(J_{2x}), 是一套冲积扇—辫状河(扇)三角洲—湖泊相含煤碎屑岩系^①。

目前已经在焉耆盆地博湖坳陷的北部凹陷发现宝浪油田和本布图油田, 在南部凹陷博南地区发现低产岩性油气藏。含油层位集中分布在三工河组及八道湾组上部^①, 储层类型属(扇)三角洲砂体, 储集物性差, 具低孔低渗特征。宝北、本布图区块是背斜层状边水油藏, 宝中、本东区块以断背斜层状边水油气藏为主, 宝中深层八道湾组发育低产的断鼻油藏。从发现油气藏的相态看, 宝北、本布图、本东及博南都是富含溶解气的轻质油藏, 宝中发育(具气顶的)轻质油藏和

(带油环的)凝析气藏^②。

1 油源和油气运移分析

本区侏罗系原油具有饱和烃含量高, 芳香烃、非烃含量中等, 沥青质含量很低的特点, 三工河组和八道湾组原油族组成没有明显的差别。原油中正构烷烃主峰碳一般为 C₁₅~C₂₅, 具有较明显的奇偶优势, CPI 为 1.03~1.79。原油中姥鲛烷含量比较高, 与植烷相比具明显的优势, w(Pr)/w(Ph) 比值为 1.01~9.03, 平均值为 4.13。三工河组原油各项地球化学参数比较接近, 其中甾烷系列化合物以规则甾烷为主, 重排甾烷含量很低。Ts 含量相对较低, w(Ts)/w(Tm) 比值较小, 伽玛蜡烷含量相对较低; 规则甾烷分布具有明显的 C₂₉ 优势, 呈“反 L 型”, w(C₂₇):w(C₂₈):w(C₂₉) 规则甾烷的平均比值为 25:19:56, 具有典型的腐殖型干酪根成烃特点^[2]。八道湾组原油中规则甾烷虽具有 C₂₉ 优势, 分布为“反 L 型”, 但 w(C₂₇), w(C₂₈) 甾烷含量相对增大, w(C₂₇):w(C₂₈):w(C₂₉) 规则甾烷的平均比值为 20:30:50。与三工河组原油相比, 八道湾组原油中 Ts 含量和伽玛蜡烷含量明显增高, 具有湖相泥岩生烃的某些特点。

收稿日期: 2002-09-19

① 邱荣华. 焉耆盆地中生界层序地层学研究, 1997.

② 林社卿. 焉耆盆地本布图油田本东区块早期油藏描述, 1999.

烃源岩抽提物中甾烷系列化合物规则甾烷组成对比中,八道湾组、三工河组及西山窑组相近,具有明显 C_{29} 优势,分布呈“反 L 型”,为典型的腐殖型干酪根生烃的特点,区别在于八道湾组烃源岩有机质成熟度相对较高, $w(\alpha\alpha C_{29}20S)/w(20S+20R)$ 平均值为 0.44, $w(C_{29}\beta\beta)/w(\alpha+\beta)$ 平均值为 0.42; 三工河组及西山窑组烃源岩有机质成熟度均不高, $w(\alpha\alpha C_{29}20S)/w(20S+20R)$ 平均值为 0.37 和 0.30, $w(C_{29}\beta\beta)/w(\alpha+\beta)$ 平均值为 0.34 和 0.26。

三叠系与侏罗系烃源岩抽提物中生物标志物组成特征存在较大的差别,规则甾烷内组成具有 C_{29} 优势,但优势并不十分明显, $w(\text{伽玛蜡烷})/w(C_{31}\text{藿烷})$ 分布范围为 0.14~0.29, 平均值为 0.22, $w(T_s)/w(T_s+T_m)$ 为 0.13~0.29, 平均值为 0.21, 具有湖相泥岩生烃的特点。烃源岩有机质成熟度相对较高, $w(\alpha\alpha C_{29}20S)/w(20S+20R)$ 平均值分别为 0.44, $w(C_{29}\beta\beta)/w(\alpha+\beta)$ 平均值分别为 0.48。

根据生物标志化合物多项参数综合对比,三工河组原油与八道湾组烃源岩生物标志物组成特征比较接近,推测原油主要来源于八道湾组烃源岩。八道湾组原油除了具有腐殖型干酪根成因的特点外,还具有湖相泥岩生烃的特点,比如伽玛蜡烷、 T_s 含量均较高,与三叠系烃源岩具有一定的可比性,因此推测八道湾组原油可能部分来源于三叠系烃源岩(八道湾组仍是主要供源)。

吡咯类含氮化合物具有较强的极性,易发生被储层吸附的滞留作用。吡咯类化合物显著的运移分馏效应表现为:随着油气运移距离的增加,原油中含氮化合物的绝对丰度降低;烷基吡唑相对于烷基苯并吡唑富集;氮官能团遮蔽型异构体相对于暴露型异构体富集。

原油样品中含氮化合物含量分析表明,原油经过一定距离的侧向运移,不同构造带上原油运移距离不同,宝中构造油气运移距离小,本布图构造油气运移距离最大。宝浪油田油气充注的方向是从宝中向宝北。垂向上油气经断层通道从八道湾组向三工河组和西山窑组运移。

2 油气成藏期次分析

2.1 烃源岩生烃史反映的成藏期次

2.1.1 盆地热史的恢复 应用盆地模拟软件,采用镜质体反射率法和磷灰石裂变径迹法恢复了盆地的

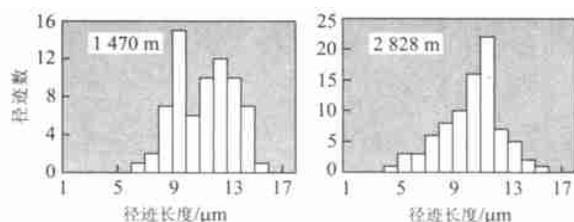


图 1 博南 1 井裂变径迹长度分布

Fig. 1 Distributions of fission track length in the Bonan well 1

热史,镜质体反射率模型采用 EASY%R₀ 模型,磷灰石裂变径迹采用扇形模型。热史恢复方法是通过调整古热流模型,使模型计算的古温标值与相应古温标的实测值达到最佳吻合^[3],并在此基础上研究了重点探井烃源岩的热演化史。

磷灰石裂变径迹长度分布中,博南 1 井 J_{2s} 1470 m(图 1)、 J_{2x} 1950 m 样品呈双峰型分布,代表地质历史上的较强热事件后经历过显著降温过程,降温的程度已达到退火带以上;博南 1 井 J_{1s} 2828 m(图 1)、焉参 1 井 2725, 2979 m 样品呈单峰型分布,表示持续升温的地质过程,或者曾经发生过降温过程,但晚期温度补偿作用较为明显。

恢复的热流史反映侏罗纪焉参 1 井与博南 1 井的大地热流值大致相当,第三纪以后焉参 1 井的热流值则明显高于博南 1 井,后者第三纪以后表现为较低的热流特征。焉参 1 井在侏罗纪末期至白垩纪早期曾有过 1 次较强的热事件,而后随盆地抬升,地温下降,到晚近时期,随第三纪盆地的快速下沉,地温又随之升高,几乎达到了历史上的最高地温。

2.1.2 烃源岩的生烃史 根据热史反演结果,模拟了焉参盆地烃源岩热演化史和油气生成史^[4]。盆地发育 2 期生烃过程(图 2)。第 1 期主要发生在 150 Ma 左右的侏罗纪晚期,是主要生烃期;第 2 期发生在第三纪。由于油气成藏过程与生排烃作用往往具有连续性,侏罗纪末应为盆地的主要成藏期,第三纪为次要成藏期。

2.2 流体包裹体中的成藏信息

流体包裹体是矿物结晶生长过程中,被包裹在矿物晶格的缺陷和窝穴中的那部分成矿流体。其成分和性质可以反映包裹体形成时的物理化学条件。有机流体包裹体是烃类生成、运移、聚集与演化的直接标志,它记录了大量油气生成、运移、聚集的成藏信息。

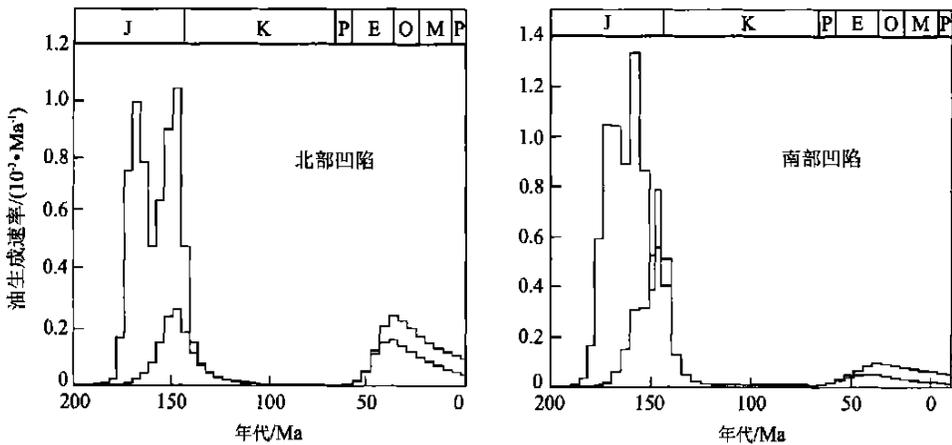


图 2 焉耆盆地侏罗系烃源岩生烃史

Fig. 2 Hydrocarbon-producing history of Jurassic hydrocarbon source rocks in Yanqi basin

2.2.1 有机包裹体特征及分布 本次研究的砂岩类样品中主要的有机包裹体类型有液态烃相包裹体、气态烃+液态烃相包裹体、气态烃相包裹体、含气态烃包裹体 4 种. 总体上有机包裹体丰度较低, 小于 5%. 其中本布图地区相对较高, 丰度以 2%~5% 为主; 宝北和宝中地区的丰度基本相似, 一般小于 3%; 博南地区丰度总体上和宝北、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.

有机包裹体以气态烃+盐水二相和气态烃相包裹体为主, 气态烃+液态烃二相和气态烃+液态烃+盐水三相类型很少. 宝北、本布图和博南地区以气态烃相为主, 其次是气态烃+盐水二相; 宝中以气态烃+盐水二相为主, 其次是气态烃相. 有机包裹体的个体一般小于 5 μm , 而且大多小于 3 μm . 个体的大小与有机包裹体丰度和类型有关, 凡是丰度较高的样品, 其有机包裹体也较大; 一般地气态烃+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. 有机包裹体基本上都充填在石英颗粒内的溶蚀孔或溶蚀缝中, 而受后期构造作用而形成的裂缝中没有包裹体充填.

根据有机包裹体的分布、赋存、相态组合及其大小等特点, 分析认为焉耆盆地三工河组和八道湾组的烃类包裹体主要形成于以压溶和溶蚀作用为主的晚期成岩作用阶段, 相应地有机质已进入成熟阶段, 不仅有大量的油气生成和运移, 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, 为有机包裹体的形成提供了物质条件. 从盆地成岩作用和有机质的演化历史分析, 深埋晚成岩阶段主要发育于侏罗纪末期.

2.2.2 流体包裹体的形成温度和时间 在一般条件下, 包裹体的均一温度代表包裹体的捕获温度. 测定样品有机包裹体均一温度统计表明, 博南 1 井为以 101~110 $^{\circ}\text{C}$ 为峰值的单峰型分布, 宝南区块为以 111~130 $^{\circ}\text{C}$ 为峰值的单峰型分布, 反映出 1 次连续的成藏作用; 宝中、宝北和本布图区块则为以 101~110 $^{\circ}\text{C}$ 和 121~130 $^{\circ}\text{C}$ 为峰值的双峰型分布(图 3), 反映出 2 次成藏过程. 在宝中、宝北和本布图地区的埋藏史和热史曲线上, 对应于 121~130 $^{\circ}\text{C}$ 的时间应该是其历史上的最大埋藏期——侏罗纪末期, 此时侏罗纪源岩处于成熟阶段; 而对应于 101~110 $^{\circ}\text{C}$ 的时间在埋藏史上有 2 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.

2.2.3 包裹体有机组成和成熟度 对宝浪油田 5 口井 7 个样品进行了包裹体有机成分分析. 包裹体有机组分中正构烷烃碳数分布特征呈双峰态(图 4). 前峰主峰位置为 C_{18} 或 C_{20} , 后峰主峰位置为 C_{26} 或 C_{27} . 根据不同样品前后两峰的相对大小可以分为 2 类: 第 1 类后峰大于前峰, 第 2 类前峰大于后峰. 包裹体样品正构烷烃奇偶优势不明显, CPI 分别为 0.96~1.18, 平均值为 1.07; $w(\text{C}_{25}^-)/w(\text{C}_{25}^+)$ 为 0.41~1.68, 平均值为 0.86; $w(\text{C}_{21}+\text{C}_{22})/w(\text{C}_{28}+\text{C}_{29})$ 为 0.46~0.95, 平均值为 0.64.

与包裹体有机组分的双峰分布不同, 原油组分(组分 1)的正构烷烃则呈单峰型分布. 主峰碳数的分布有 2 种类型, 3 个样品主峰碳数为 $\text{C}_{15} \sim \text{C}_{17}$, 4 个样品的主峰碳数为 $\text{C}_{19} \sim \text{C}_{21}$. 各样品的奇偶优势

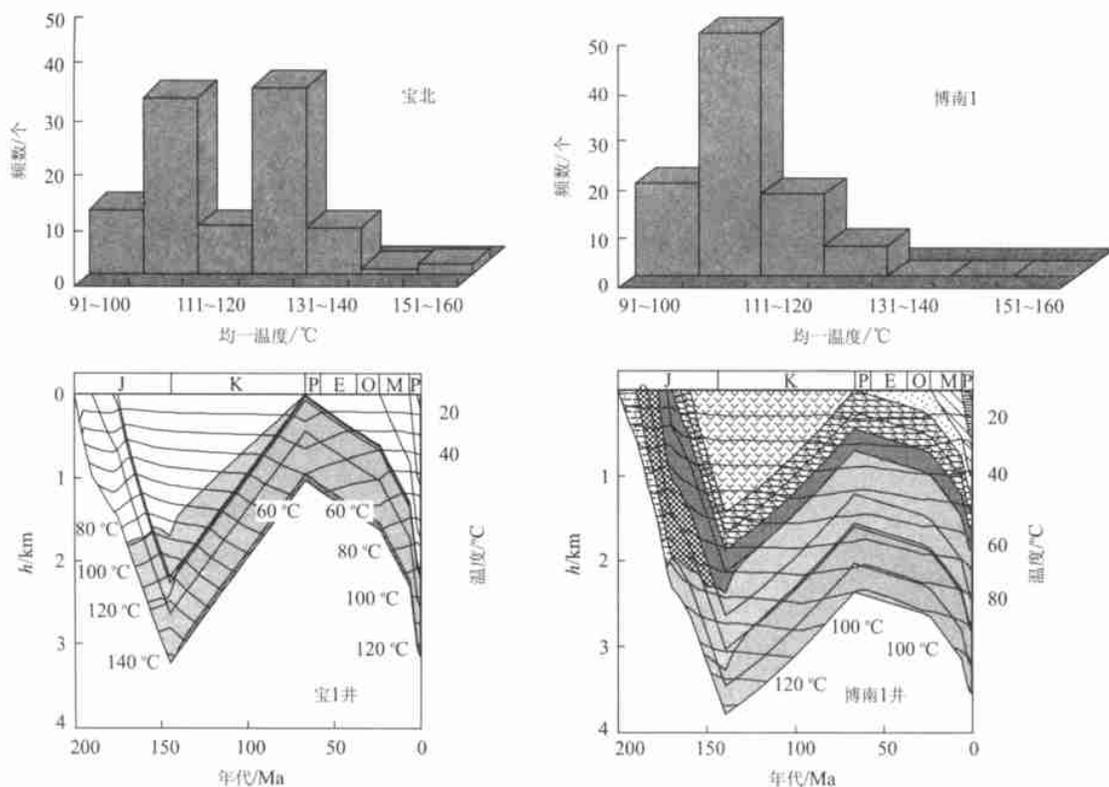


图 3 焉耆盆地流体包裹体均一温度分布与成藏期

Fig. 3 Pool forming periods and distributions of homogenization temperature of fluid inclusions in Yanqi basin

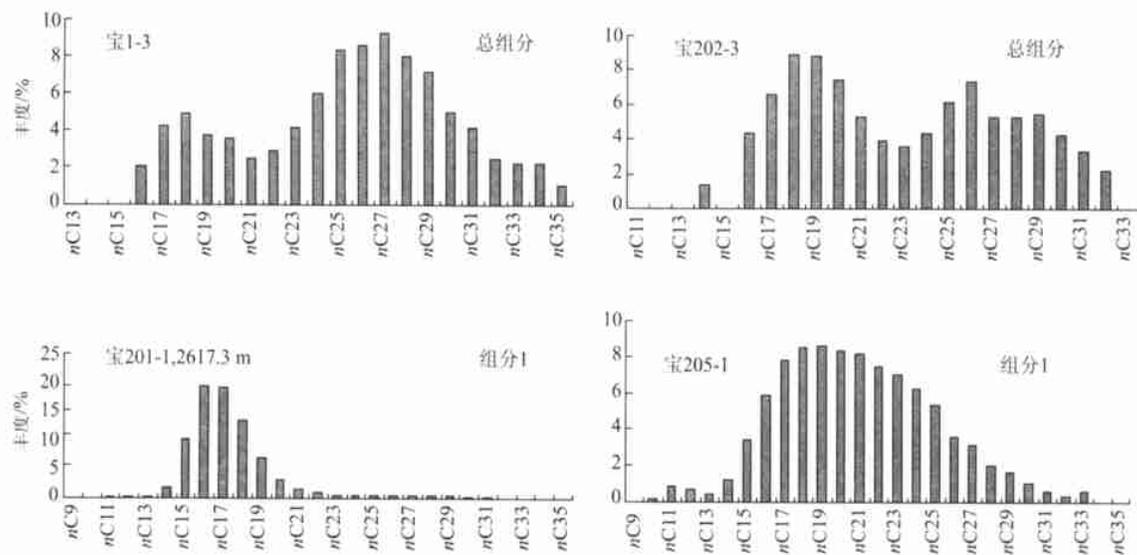


图 4 有机流体包裹体正构烷烃碳数分布

Fig. 4 Distributions of carbon number of *n*-alkane in organic fluid inclusions

均不明显, CPI 分别为 1.13 ~ 1.24, 平均值为 1.18。
 $w(C_{25}^-)/w(C_{25}^+)$ 为 0.70 ~ 15.90, 平均值为 6.95;
 $w(C_{21}+C_{22})/w(C_{28}+C_{29})$ 为 1.76 ~ 21.66, 平均值

为 6.58。与油藏原油的对比表明, 主峰碳为 $C_{15} \sim C_{17}$
 的样品相当于现今油藏中的凝析油, 主峰碳为 $C_{19} \sim$
 C_{21} 的样品相当于现今油藏中的轻质油。

结合包裹体均一温度测试结果, 包裹体正构烷烃双峰型分布显示了两期形成的特征. 高碳数 (C_{26} 或 C_{27}) 峰代表的包裹体组分成熟度较低, 属第 1 期; 低碳数 (C_{18} 或 C_{20}) 峰代表的包裹体组分成熟度较高, 属第 2 期. 它们代表了盆地的 2 次油气充注事件. 而原油 (组分 1) 正构烷烃的单峰型分布特征是两期充注的混合加上在油藏中的后期热成熟作用和分异作用的结果.

研究区包裹体有机组分的成熟度较低, 其 $w(\alpha\alpha C_{29}S)/w(S+R)$ 分布范围为 0.36~0.38, 平均值为 0.37; $w(C_{29}\beta\beta)/w(\alpha\alpha+\beta\beta)$ 为 0.43~0.53, 平均值为 0.48, 处于低成熟阶段. 由于包裹体有机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, 低碳数峰代表的另一期包裹体有机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有机组分特征所掩盖. 包裹体中原油 (组分 1) 具有比较高的成熟度, 除 1 个样品外, 其 $w(\alpha\alpha C_{29}S)/w(S+R)$ 值基本大于 0.4, 主要反映了成熟油的特征. 包裹体有机组分特征证实焉耆盆地存在两期包裹体, 第 1 期形成于八道湾组源岩处于低成熟阶段的中晚侏罗世, 第 2 期形成于八道湾组源岩处于成熟阶段的侏罗纪末期.

2.3 储层自生伊利石年代学分析

储层自生伊利石是在流动的富钾水介质环境下形成的, 当油气充填进入储层孔隙后, 改变了孔隙流体的环境, 伊利石的生长过程便会停止. 因此, 最小粒级自生伊利石的形成时间代表油气最早进入储层的时间, 即油气充填储层的时间应略晚于自生伊利石的同位素年龄.

储层自生伊利石的年龄采用 K-Ar 法测定. 测定样品的同位素年龄介于 78.17~180.15 Ma, 主要分布在 2 个时间区间, 即 180.15~142.26 Ma 和 116.69~78.17 Ma (图 5). 第 1 个时间段为八道湾组烃源岩进入生烃门限至大量生烃的时期, 与包裹体分析显示的第 1, 2 期成藏时间一致, 代表盆地油气成藏的主要阶段; 第 2 个时间段是盆地的抬升期, 此时油气的生成作用停止, 已聚集的油气发生再运移, 反映油气藏的破坏和油气再分配过程. 盆地第三纪成藏事件在自生伊利石同位素年龄上没有反映, 这是因为其同位素年龄只能反映早期油气进入的时间.

2.4 油气成熟度反映的成藏期次

宝浪、本布图油田及博南 1 井原油地化指标分析表明, 三工河组原油 $\alpha\alpha C_{29}$ 甾烷 $w(S)/w(S+R)$ 比

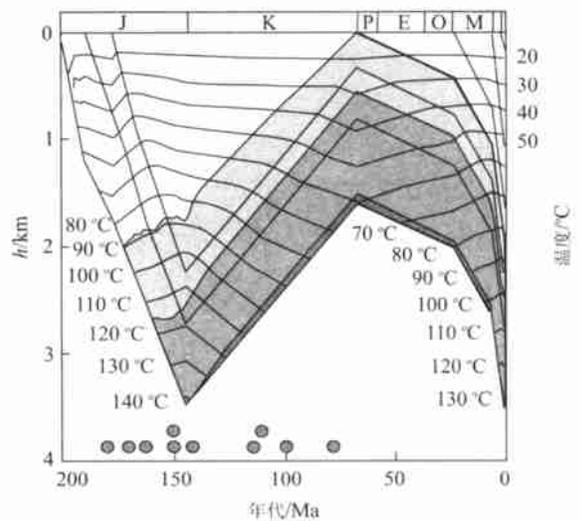


图 5 自生伊利石年龄分布

Fig. 5 Distributions of the age of authigenic illite

值为 0.47~0.53, 平均为 0.49; 八道湾组原油 $\alpha\alpha C_{29}$ 甾烷 $w(S)/w(S+R)$ 比值为 0.43~0.47, 平均为 0.45. 三工河组原油 C_{29} 甾烷 $w(\beta\beta)/w(\alpha\alpha+\beta\beta)$ 比值为 0.43~0.50, 平均为 0.46; 八道湾组原油 C_{29} 甾烷 $w(\beta\beta)/w(\alpha\alpha+\beta\beta)$ 比值为 0.39~0.42, 平均 0.40. 除此以外, 原油还具有较明显的奇偶优势. 这些指标表明, 原油的成熟度普遍不高³, 除有少量低熟油 (成熟度相当于 R_o 值 0.6%~0.7%) 外, 大部分为中等成熟阶段生成的油, 相当于其生成和成藏时源岩的成熟度最高不超过 R_o 值 0.7%~1.0%, 这与八道湾组烃源岩在侏罗纪晚期的成熟度相当.

天然气的成熟度也反映出相似的特征. 焉耆盆地天然气甲烷碳同位素值为 $-51.80 \times 10^{-3} \sim -41.53 \times 10^{-3}$, 乙烷碳同位素值为 $-36.18 \times 10^{-3} \sim -28.68 \times 10^{-3}$, 属典型的油型气范围. 这一看法似乎与焉耆盆地油气来源于侏罗系煤系烃源岩的认识不符, 但仔细分析盆地煤系烃源岩的显微组分特征可以发现, 尽管侏罗系煤系烃源岩总体上为 II 型烃源岩, 但其中的八道湾组泥质岩和煤的腐泥组与壳质组含量之和可高达 30%~50%, 这些具有 I 和 II₁ 型性质的显微组分才是天然气的真正源岩. 因此, 这类天然气可以称为“煤成油型气”.

根据油型气甲烷碳同位素值与烃源岩成熟度的关系推测, 天然气的成熟度比相伴生的原油更低, 应是低成熟阶段的产物, 可能相当刘文汇等⁹ 主张的生物热催化过渡带气, 是早期成藏的产物.

2.5 根据油藏饱和压力推算的成藏期

成藏期后保存条件较好的情况下,油气藏饱和压力反映成藏期的埋深状况,进一步可以反映成藏时间.宝中区块油层埋深 2 290~2 660 m,油气藏饱和压力 17.6~25.8 MPa;宝北区块油层埋深 2 180~2 370 m,油藏饱和压力 15.2~19.8 MPa;本布图区块油层埋深 2 480~2 560 m,油藏饱和压力 18.85~19.72 MPa;本东区块图 301 井 8,9 小层顶深 2 692 m,实测油层饱和压力 19.44 MPa.恢复各区块油层顶面侏罗纪末最大古埋深分别为宝中焉参 1 井 2 100 m,宝北宝 1 井 1 390 m,本布图焉 2 井 1 380 m,本东图 301 井 8,9 小层顶面 1 487 m.据此分析宝中区块侏罗纪末期已开始成藏,宝北、本布图、本东 3 区块侏罗纪末期达不到成藏所需的埋藏条件,其油气藏形成于晚第三纪葡萄沟组沉积时期.

综上所述,焉耆盆地主要发育 3 期成藏事件,第 1 期是发生在中晚侏罗世的低熟油成藏事件,第 2 期是发生在侏罗纪末期的成熟油成藏事件,第 3 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 1 期和第 2 期成藏事件时间相距较近,也可以认为是连续的早期成藏.

3 构造演化与油气成藏

南部凹陷是侏罗系的沉降中心,沉积厚度大,沉积后地层向北抬起的幅度逐渐增加,形成南部物源体系的砂岩上倾尖灭,与烃源岩的早期成熟、油气的早期成藏匹配良好.巨厚的中上侏罗统发育使下侏罗统遭受强烈的压实成岩作用,博南 1 井古油气藏的储集条件逐渐变差.燕山中、晚期和喜山期多期次的构造运动表现为凹陷北部种马场一带的不断抬升剥蚀,即博南 1 井区向北抬升幅度不断增大.博南 1 井油气藏具有早期成藏,后期进一步压实改造的特征.

宝浪、本布图构造带发育早且有继承性.本布图地区三叠纪为隆起区,缺失三叠系.侏罗系厚度较薄,而且三工河组具有顶薄翼厚现象,焉 2 井区构造西翼厚 230~235.5 m,构造顶部为 189 m,东翼厚 212 m.宝中构造三工河组上段西翼宝 10 井厚 215 m,东翼宝 2 井厚 260 m,构造顶部焉参 1 井仅 178 m.因此推测两构造带为基底古隆起,侏罗系披覆之上,形成披覆背斜.

侏罗纪末期到白垩纪末期,中、晚燕山运动造成盆地持续抬升并遭受剥蚀.燕山运动总体以左旋扭动为特征,并且北部凹陷呈北强南弱的整体抬升运动.

形成宝浪苏木、本布图等一系列北西向构造带,隆起幅度一般为 300~500 m.宝浪苏木、本布图两构造带的最大剥蚀量分别达 1 800 m 和 1 100 m,遭剥蚀的层系为中上侏罗统和西山窑组(部分).逆冲断裂的发育和褶曲规模的加剧,破坏了侏罗系的同沉积披覆背斜圈闭,形成燕山期断鼻、断背斜圈闭.因抬升速度的差异,同期形成的断背斜逐渐变为向北翘起的鼻状构造,与断层配合形成断背斜、断鼻圈闭.第三系沉积前,宝中为低幅度的背斜,宝北为南倾的鼻状构造,本布图、本东都呈断鼻构造形态.新生代沉积、沉降中心位于和静坳陷,博湖坳陷成为北倾的平缓斜坡,减缓了宝浪苏木、本布图构造带的掀斜幅度.喜山期构造运动区内仍表现为左旋扭动,断裂和褶皱都表现为对燕山期构造的同向叠合加强.

宝浪、本布图油田油气藏的形成演化经历了 3 个阶段:侏罗纪末期油气聚集于八道湾组古披覆背斜成藏,此时三工河组与八道湾组烃源岩之间缺乏通道.燕山中、晚期断裂和褶皱作用破坏了八道湾组古披覆背斜油气藏,早期阶段油气沿断层再运移至同期形成的三工河组冲断背斜圈闭,晚期阶段不均衡的抬升剥蚀作用使冲断背斜发生掀斜向北抬起,宝北区块油气大量散失,本布图、本东区块部分得到保存,仅宝中区块油气藏得到较好的保存.喜山期宝浪、本布图油田各局部构造圈闭加剧并定型,现今的背斜、断背斜圈闭形成;断层的再次活动使本部图油田的含油气层位由深向浅调整.同时第三纪发生的再埋藏使八道湾组烃源岩在葡萄沟组沉积时期发生二次生排烃事件,宝浪、本布图油田接受二次油气充注,宝北、本布图、本东区块油藏定型.

参考文献:

- [1] 张厚福,张万选.石油地质学[M].北京:石油工业出版社,1989.
ZHANG H F, ZHANG W X. Petroleum geology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1989.
- [2] 石广仁.油气盆地数值模拟方法[M].北京:石油工业出版社,1994.
SHI G R. Numeric modeling method of oil/gas basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994.
- [3] 吕延防.油气藏封盖研究[M].北京:石油工业出版社,1996.
LU Y F. Researches on sealing characteristics of reservoir [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996.
- [4] 王屿涛,惠荣跃.准噶尔盆地西北缘油气运移的地球化学

- 研究[J]. 石油实验地质, 1995, 17(3): 265—271.
WANG Y T, HUI R Y. Geochemical study of oil/gas migration on the northwest edge of Junggar basin [J]. *Experimental Petroleum Geology*, 1995, 17(3): 265—271.
- [5] 王屿涛, 蒋少斌. 石西油田烃类聚集及成藏史探讨[J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(2): 13—16.
WANG Y T, JIANG S B. Hydrocarbon accumulation and pool formation history in Shixi oilfield, Junggar basin [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 1995, 22(2): 13—16.
- [6] 刘文汇, 徐永昌. 生物—热催化过渡带油气关系[J]. 沉积学报, 1995, 13(2): 4—13.
LIU W H, XU Y C. Relationship between oil and gas of bio-, thermo-catalytic transitional zone [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1995, 13(2): 4—13.

Analysis of Pool Forming Periods in Jurassic Yanqi Basin

LIN She-qing, QIU Rong-hua, LI Yong-lin, ZHAO De-li

(*Exploration and Exploitation Institution of Henan Oilfield, Nanyang 473132, China*)

Abstract: This paper focuses on the study of the pool forming periods of the hydrocarbon by means of organic geochemistry. The correlation of petroleum sources shows that Jurassic Badaowan Formation is taken as main hydrocarbon source bed, Triassic is as the second source. Firstly, the hydrocarbon migrated laterally at short distance, then into Sangonghe and Xishanyao formations along the path of faults. This basin had undergone two periods of producing hydrocarbon, the main period of producing hydrocarbon is the end of Jurassic, secondly is the late of Tertiary. The distribution, homogenization temperature and components of fluid inclusions, dating of anthigenic illite, and maturity of hydrocarbon in the reservoir reveal two periods of pool forming in the Late-Middle Jurassic of the Yanqi basin, the first event for the generation, migration and accumulation of low maturity hydrocarbon happened during the late Jurassic Badaowan Formation, and the second event for maturity hydrocarbon happened during the end of Jurassic. The fluid inclusions and the isotope chronology of anthigenic illite in the reservoir haven't recorded the producing hydrocarbon and pool forming during the late of Tertiary. Main pool formations took place in the late of Jurassic, and has been adjusted with finality during the late of Tertiary.

Key words: Yanqi basin; Jurassic; pool forming period; fluid inclusion; homogenization temperature; dating of anthigenic illite.