

油气和含油气包裹体及其在油气地质地球化学研究中的意义^①

潘长春 周中毅 解启来

(中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640)

提 要 本文在综合前人研究的基础上, 结合笔者的工作经验, 提出了一个实用的油气和含油气包裹体分类方案, 详细论述了各类油气和含油气包裹体的相态、组成和均一温度特征。在同一油气藏, 均一温度越高, 油相包裹体中的气态烃和挥发份的含量也越高。依据油相包裹体的均一温度的变化及其与同生水溶液包裹体的均一温度的关系可以研究油气藏在充填过程中油气组成, 特别是气态烃和挥发份含量的演变。进而可以研究油气藏的油源——生油岩的类型和热演化程度。本文评述了依据油相包裹体和同生水溶液包裹体 P-V-T 相图推断其捕获温度和压力范围的有效性和局限性。最后讨论了各类油气和含油气包裹体的成因机制及其在油气地质和地球化学研究中的意义。

关键词 含油气盆地 油气和含油气包裹体 均一温度 油气藏组成演变

第一作者简介 潘长春 男 32岁 副研究员 有机地球化学

前 言

油气包裹体在沉积岩中 (特别是在含油气盆地) 分布十分普遍, 作为油气活动 (生成、运移和聚集) 的直接标志, 前人已做了大量工作^[1, 7, 8]。近年来, 欧洲 (主要是英国和挪威) 对北海油田中侏罗统砂岩储集层油气包裹体的研究更是达到高潮, 发表了大量文章^[11, 15, 17]。主要讨论的问题: 1) 油气聚集过程发生的时间及当时储集层的温度和深度; 2) 油气聚集与储集层成岩作用的关系; 3) 通过研究油气包裹体的组成揭示油气藏油气的来源及油气聚集过程。本文在综述近年来发表的文献基础上, 结合笔者的工作经验, 综合油气及含油气包裹体的相态特征、化学组成、均一温度 (Th) 和融化温度 (Tm), 研究各类油气及含油气包裹体的成因机理、油气藏充填过程中油气组分的演变和储集层中油气-水和矿物相之间的相互作用及其地质地球化学意义。

1 油气及含油气包裹体的分类及各类包裹体特征

根据包裹体相态特征、组成及其与均一温度的关系, 本文将油气及含油气包裹体划分

① 国家自然科学基金青年基金资助项目 (名称: 碎屑岩储层热历史——成岩模式研究 编号: 49302032)

为四个端元类型和三个过渡类型。

端元类型: 油相包裹体 I ; 气相包裹体 II ; 含气态烃纯水溶液包裹体 III ; 含气态烃水溶液包裹体 IV。

过渡类型: 油-气相过渡型包裹体 V ; 油-水相过渡型包裹体 VI ; 气-水相过渡型包裹体 VII。

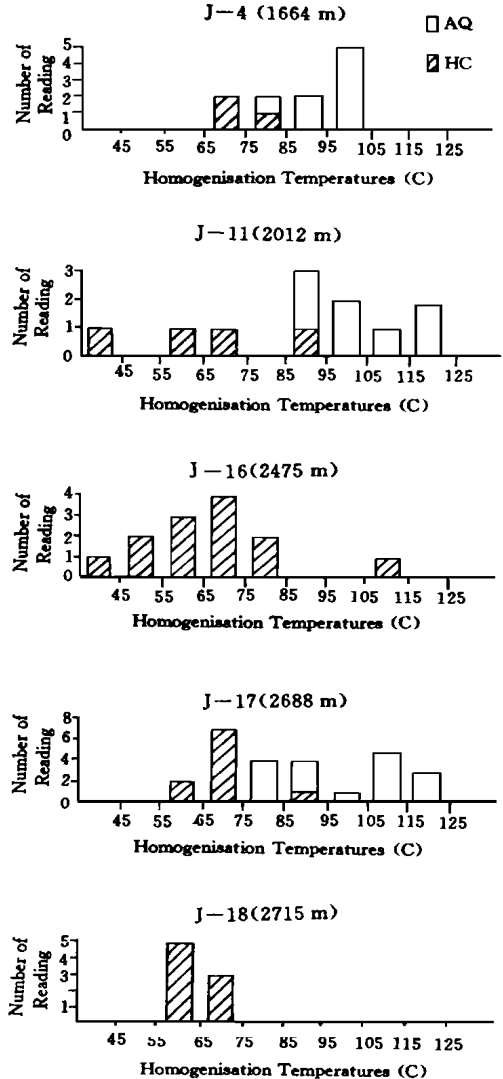
1.1 油相包裹体 (I)

室温下为油-气两相, 但包裹体捕获时为单一油相。在冷-热台加热过程中气泡逐渐消失。气泡消失时的温度即为均一温度。

油相包裹体的均一温度一方面取决于捕获温度, 另一方面取决于包裹体的组成, 特别是气态烃和挥发份的含量。油相包裹体气态烃和挥发份含量越高, 则均一温度越高。当均一的油相包裹体被捕获时, 如果气体含量没有达到饱和, 则均一温度低于捕获温度, 也低于同时捕获的水溶液包裹体均一温度; 如果油相中溶解气体含量达到饱和, 则均一温度和捕获温度是相同的, 也与同时捕获的水溶液包裹体均一温度一致。

对于具体的油气藏, 在油层中的气体含量达到饱和之前, 气体含量主要取决于油气藏的油源-生油岩的类型和成熟度。偏 I 型的生油岩以生油为主, 产气较少。特别是在生油早期阶段, 生成和排出的油溶解气体含量常常不饱和。随着热演化程度的增高, 溶解气体含量也相应增高, 直至达到饱和。而偏 III 型的生油岩以产气为主, 生成和排出的油溶解气体含量较高, 容易达到饱和。

当油层中的气体含量达到饱和之后, 即油气藏有气顶存在时, 油层中溶解气体含量受油层的温度和压力条件所控制。当油层埋藏深度增大时, 温度和压力增大, 油层气态烃的溶解度增高, 气态烃从气顶溶入油层, 气顶缩小。当油气藏的温度压力降低时, 油层中气体溶解度降低, 气态烃从油层中逸出, 气顶增大。油气藏一旦有气顶存在, 储集岩捕获的油相包裹体气体含量也达到饱和, 其均一温度与捕获温度相同, 反映当时储集层的温度。这些均一温度数据可以用来推断成藏温度。而对于无气顶存在的油气藏, 油层中溶解气态烃的含量一般未达到饱和。储集岩捕获的油相包裹体气态烃含量也未饱和, 其均一温度低于捕获温度, 也低于同时捕获的水溶液包裹



HC: 油相包裹体 AQ: 水溶液包裹体
图 1 准噶尔盆地齐 8 井储集岩成岩自生流体包裹体均一温度直方图

Fig. 1 Homogenization temperatures of authigenic fluid inclusions in reservoir rocks from Qi-8 Well, Junggar Basin

体的均一温度。

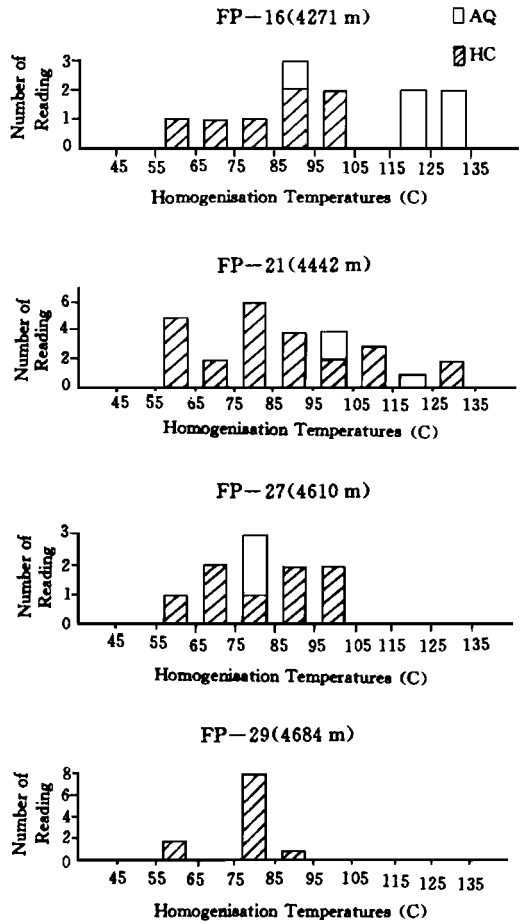
图 1和图 2为准噶尔盆地齐 8井和盆参 2井一些样品的油相包裹体和水溶液包裹体均一温度直方图。齐 8井样品油相包裹体的均一温度除个别数据外, 都低于水溶液包裹体的均一温度。表明这些油相包裹体被捕获时, 油相中气体含量未达到饱和。盆参 2井样品油相包裹体均一温度虽然也相对低于水溶液包裹体的均一温度, 但油相包裹体均一温度变化范围较宽。如图 2样品 FP-21, 油相包裹体的均一温度为 65—135°C。除了油相包裹体的捕获温度可能有变化外, 更重要的原因则是油气藏在成藏过程中油相中溶解气体含量逐渐增高, 直至饱和。盆参 2井和齐 8井样品中均一温度较高的油相包裹体则是在溶解气体含量达到饱和后捕获的。

齐 8井和盆参 2井油气藏都是多源的, 早期的油源来自二叠系生油层, 晚期油源来自侏罗系生油层。二叠系生油岩类型好, 以产油为主。而侏罗系生油岩则是偏Ⅲ型的, 以产气为主。在油气藏形成早期, 油层中溶解气体含量可能是不饱和的。随着高成熟的二叠系油源和以产气为主的侏罗系油源的输入, 油层中溶解气体含量逐渐增高, 达到饱和。

近 10年来, 油相包裹体和同生水溶液包裹体的 PV-T相图被广泛用于恢复包裹体捕获时的温度和压力条件^[3,4,13,14]。该方法的典型作法见图 3 图中油相包裹体与水溶液包裹体等容线的交点 ABCD 组成的区域则为这些油相包裹体和同生水溶液包裹体的捕获温度和压力范围。该方法建立在以下假设的前提下:

1) 各油相包裹体个体的组成是均一的, 并和现在的油气藏组成一致; 2) 同生水溶液包裹体不含甲烷等气体。

一般而言, 在含油气盆地这两个前提都不成立。首先, 油相包裹体均一温度的变化就反映了成分(气态烃和挥发份的相对含量)的变化。不同成分的油相包裹体个体具有不同的气泡点曲线和等容线。其次, 与油相包裹体同生的水溶液包裹体无疑都含有甲烷。含甲烷的水溶液包裹体的气泡点曲线和等容线截然不同于不含甲烷的 NaCl-H₂O体系^[10], 在



HC. 油相包裹体 AQ. 水溶液包裹体

图 2 准噶尔盆地盆参 2井储集岩成岩自生流体包裹体均一温度直方图

Fig. 2 Homogenization temperatures of authigenic fluid inclusions in reservoir rocks from Pencan-2 Well, Junggar Basin

本文的后部分还将详细论述。

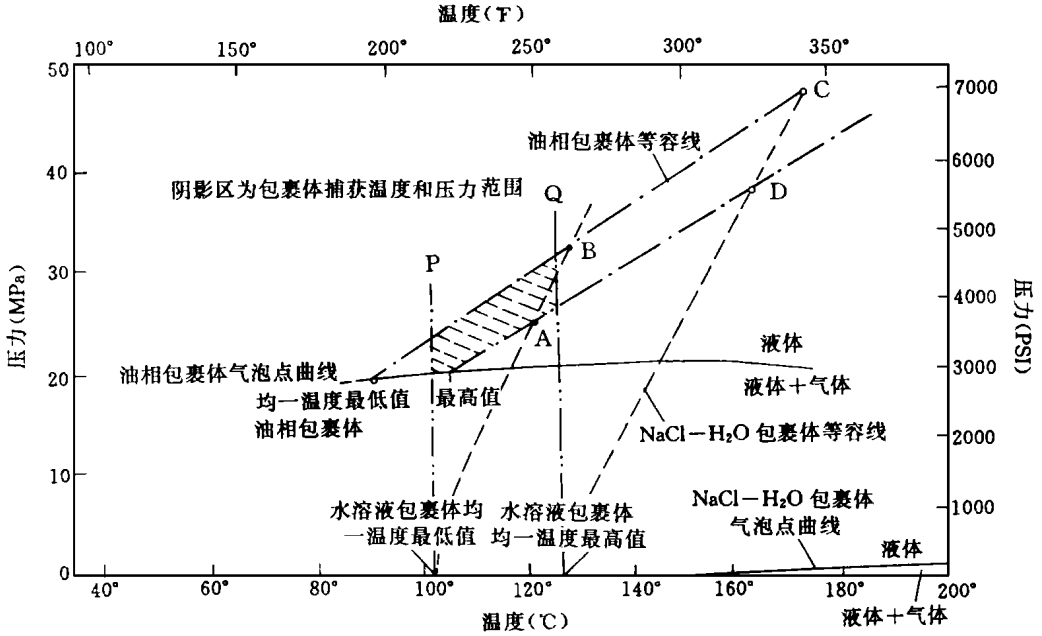


图 3 水溶液包裹体和油相包裹体的 PVT相图 (据 Narr和 Burruss, 1984修改)

Fig. 3 Pressure-volume-temperature (PVT) diagram of aqueous and oil inclusions (Modified from Narr and Burruss, 1984)

现在普遍认为与油气运移和聚集有关的水溶液包裹体甲烷含量均达到或接近饱和，这些水溶液包裹体的均一温度与捕获温度是等同的或接近一致^[9]。假如油相包裹体的组成比较均一，即均一温度变化范围比较小，而又相对低于同生水溶液包裹体的均一温度。这样，第一个前提条件近似地成立。可取的作法是以水溶液包裹体的均一温度最低值和最高值作两条垂直于温度轴的直线 P和 Q 这两条线并不是水溶液包裹体的等容线，由于捕获温度与均一温度等同，水溶液包裹体的捕获点必位于这两条线上。P和 Q线与油相包裹体等容线和气泡点曲线的交点区域（图 2中的阴影区）则是油相包裹体和同生水溶液包裹体的捕获温度和压力范围。但确定具体某一油气藏的油相包裹体的气泡点曲线和等容线是一项难度很大的工作。

1.2 气相包裹体 (II)

室温下主要为气态烃相 (面积 > 40%) 单一的气态烃相包裹体也许是不存在的，一般为气-水两相 为气-水两相非均一捕获的产物。这类包裹体有时在气泡与水相之间可见凝析油环。在热演化程度很高的盆地，可见气相-固体沥青或气相-轻质油-固体沥青共存的包裹体，是由油相包裹体热裂解而形成的^[1]。

1.3 含气态烃纯水溶液相包裹体 (III)

室温下无气泡，降低其温度直至冷冻，也不见气泡出现，为均一的纯水相。最为重要的，这类包裹体的熔化温度 (T_m) 常常高于 0°C。笔者在准噶尔盆地西部侏罗及三叠系的砂岩中见到大量这类包裹体，熔化温度 T_m为 -2°C—+3°C。T_m> 0°C是由于包裹体的甲

烷在冷冻时形成甲烷水合物 (Gas Hydrate), 其熔化温度高于 0°C ^[9, 10]。

1.4 含气态烃水溶液包裹体 (IV)

就是一般的水溶液包裹体, 室温下为水-气两相, 捕获时为单一水溶液相, 含有较高的溶解气态烃组分 (甲烷含量可达 3000×10^{-6} 以上) 如果捕获时水溶液溶解气态烃含量达到饱和, 则包裹体的均一温度与捕获温度相同。

1.5 油相-气相过渡型包裹体 (V)

室温下为油相和气相, 但气泡较大, 加热时气泡在过高的温度下消失, 均一温度高于捕获温度。其成因主要为非均一捕获。油层中含有过饱和的气体, 可能以微气泡的形式包裹在油相中, 矿物结晶时同时捕获油相和气泡。此外, 均一捕获的油相包裹体 (I) 受热后部分裂解也可形成这类包裹体。

1.6 油相-水溶液相过渡型包裹体 (VI)

室温下一般含有油相、水相和气相三相, 有时不含气相。主要特征是油、水相共存。一般少见, 属油-水两相非均一捕获的产物。

1.7 水溶液相-气相过渡型包裹体 (VII)

室温下为水相和气相。以水溶液相为主, 但含有较多的气态烃相, 加热时气泡在过高的温度下才能消失。均一温度高于捕获温度。属于水溶液相和气态烃相非均一捕获的产物。在含油气盆地中, 这类包裹体比较常见, 而往往测出过高的均一温度数据。

2 油气及含油气包裹体的成因机制及其地质、地球化学背景

水溶液包裹体的形成过程已描述得很清楚^[16], 但油气包裹体的捕获过程似乎还是一个谜^[15]。由于认为矿物表面优先亲水, 因而优先与水结合。此外, 储集层在油气充填之后, 仍有水溶液包裹体和油气包裹体形成。这似乎都表明矿物表面与油相之间存在中间层—水膜^[15]。由于油相包裹体广泛存在, 有时异常富集, 绝大多数油相包裹体都不含水, 矿物在结晶过程中是如何捕获油相包裹体而且完全排除水溶液确实令人费解。

2.1 气相包裹体成因

在讨论油相包裹体捕获机制之前, 先分析一个气相包裹体的形成过程。由于气态烃极性比油相还小, 当水-气-矿物共存时, 矿物表面无疑更倾向于和水结合, 很难设想在水饱和的储集层中运移的烃类气体能够粘附到矿物表面上去。在含油气盆地中气体包裹体广泛存在, 又普遍含水。气泡的比例可大可小, 事实上, 气相包裹体 (II) — 水溶液相、气态烃相过渡型包裹体 (VII) — 含气态烃水溶液包裹体 (IV) 是一个完整的过渡系列。II型和VII型两类气体及含气体包裹体往往成群分布。这样大大小小的烃气泡是如何粘到矿物表面上去, 作为矿物捕获这两类包裹体的先决条件? 当地层埋深大于 3000 m 时, 地层水中溶解的甲烷等气态烃含量相当高, 可达 3000×10^{-6} 以上。当储集层的水从深部向浅部流动, 由于温度、压力降低, 水中烃类气体的溶解度也降低。或甲烷气体从深部向浅部扩散, 使上部储集层孔隙水中的甲烷含量达到过饱和, 大量的气体从水体中析出, 而气体往往不会从水体中自然而然地冒出气泡, 而往往从矿物表面开始形成气泡。气泡在矿物表面生长到足够大再脱离, 这与蒸化学试剂加防爆沸剂和盛装碳酸型饮料的杯子壁布满气泡的道理是一样的。地层水的流动一方面产生烃气泡, 另一方面可以触发和加快胶结作用 (矿物生长)。这

样析出的烃气泡在脱离矿物表面之前可以被捕获。由于矿物结晶生长总是在水溶液介质中进行, 这样同时捕获水和烃气泡则是很自然的。

2.2 油相包裹体的成因

油相-水-矿物之间的相互关系明显不同于气相-水-矿物之间的关系, 油相的主要组分 C_6 在水中的溶解度很低, 油相包裹体的捕获过程不能用溶解-析离这一过程来解释。另外气相包裹体都含水, 而绝大多数油相包裹体不含水也反映了油相和气相之间巨大的物性差异。Nedkvitne等(1993)讨论了油相包裹体的成因, 但仅论述油相是如何进入矿物颗粒的孔穴和裂隙中, 提出了油相进入矿物颗粒孔穴和裂隙的可能方式: 1) 油层(柱)达到一定的厚度(高度)后凭着浮力挤进去。孔穴越小, 需要的油柱高度越大。进入 μ 直径的孔隙需要20 m高的油柱。2) 由于地震, 使油-水形成胶体, 在水相中以胶粒状存在的油珠再以扩散的方式凝聚到矿物表面。

油相包裹体的形成是油-水-矿物相之间相互作用的结果。在这个过程中, 笔者认为油相组分中的极性化合物起着十分重要的作用。笔者设想的油相包裹体形成过程见图4

主要点为:

1) 在油相与水相或矿物相之间的接触界面富集了极性组分(含N、S、O有机化合物)。由于油相中的极性组分与水和矿物的亲合能力远高于非极性组分(烷烃、芳烃), 自然地, 接触界面及附近的油相组成不同于不受界面影响的中心部位油相的组成, 主要是前者极性组分含量高而后者含量低。

2) 在油气运移和聚集过程中, 由于两相(油-水), 油-矿物)之间流速不同, 或由于地质上的突发事件: 如断层活动、地震等使油相与水相在接触界面相互错动形成油珠, 进入水相。由于油珠多形成于油相和水相的接触带, 极性组分含量较高, 而又富集于油珠的表面, 与水和矿物有较强的亲合能力。可稳定地存在于水相中并自行粘附到矿物表面, 不需很强的外来力量。

3) 当油珠粘附到矿物表面后, 油珠表面的极性组分对溶解在水中的矿物质有较强的吸附力, 在油珠界面附近的水体形成一种势能场。即越靠近油珠的水体, 溶解的矿物质含量越高。这使得矿物生长可优先并紧贴油珠界面进行。因而绝大多数油相包裹体不含水。已有分析数据表明, 油相包裹体的极性组分含量是储集层原油含量的4-6倍^[11]。与之相反, 由于气相包裹体不含极性组分或含量很低, 气体包裹体几乎都含水。

4) 油相包裹体不含水, 这个现象本身就表明油相与矿物表面可充分结合, 油相极性组分中的极性基团对矿物有很强的亲合力, 油相与矿物相之间可能不存在设想中的中间层-水膜。油层中含有水, 是以包裹水的形式存在于油层中, 而不是以水膜形式均匀分布于油相与矿物颗粒之间。

5) 在人工合成的矿物中, 可见较多的油相包裹体含水相^[12]。这与人工合成的矿物是在高度过饱和的水介质中以过快的速度生长有关。

6) 油相包裹的矿物颗粒被流动的水冲刷, 由于油相的极性组分与矿物表面有很强的亲合力, 在矿物表面仍有很多残留的油珠, 当矿物颗粒再生长时(如次生加大), 自生加大边与原颗粒的接触带可富含油相包裹体^[15]。

7) 油气储集层中油相包裹体的丰度可能取决于油气聚集时的水动力状态, 以及断层活动和地震等突发地质事件。也可能与原油组成有关, 极性组分含量较高的原油容易形成油

相包裹体

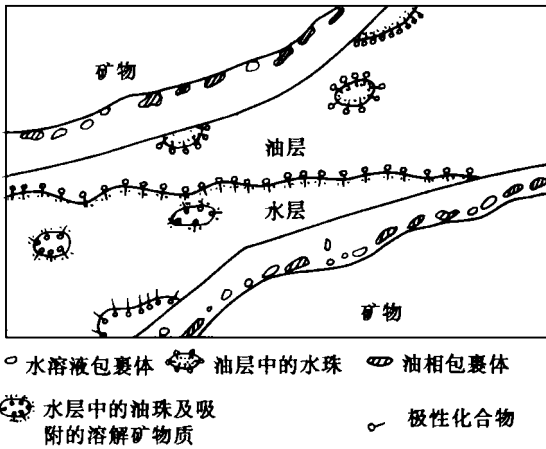


图 4 油气储层在成岩作用过程中油相包裹体捕获机制示意图

Fig. 4 Cartoon showing the entrapment of oil inclusions during the diagenesis of oil reservoir rocks

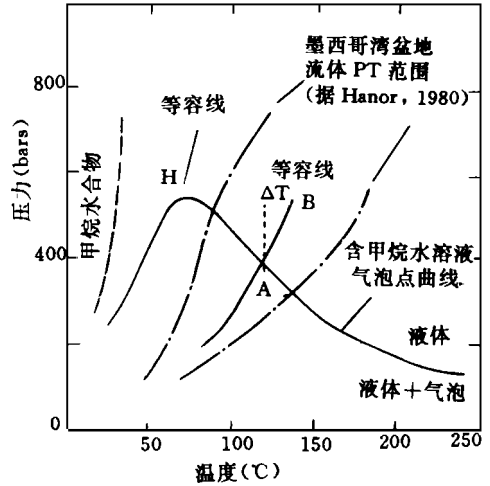


图 5 含甲烷水溶液包裹体和含甲烷纯水相(无气泡)包裹体 PVT 图 (气泡点曲线据 Hanor 1980)

Fig. 5 PVT diagram of aqueous and bubble free aqueous inclusions containing dissolved methane (bubble point curve, after Hanor 1980)

2.3 含气态烃纯水溶液相包裹体和含气态烃水溶液包裹体的成因

这两类包裹体捕获时为均一的水溶液包裹体, 包裹体有无气泡取决于它们的 PVT 图的气泡点曲线。不含气态烃的 $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ 体系包裹体气泡点曲线比较简单 (图 2)。由于在含油气盆地, 成岩作用过程中形成的水溶液包裹体普遍含有甲烷, 这使得气泡点曲线变得十分复杂, 一方面取决于盐度, 但主要取决于溶解甲烷气的含量^[10]。假如包裹体在捕获时, 溶解气体的含量已达到饱和, 包裹体的捕获点将位于气泡点曲线的某一点 A (图 5)。在这种情况下, 包裹体的均一温度 (T_h) 不必经过压力校正, 和捕获温度 (T_{tr}) 是等同的。假如包裹体捕获时, 水溶液中的溶解甲烷气含量还未饱和, 则捕获点位于等容线上某一点 B, 压力校正温度为 ΔT 。室温下, 一般含甲烷水溶液包裹体为气泡-水溶液两相, 但在准噶尔盆地西部侏罗系三叠系的砂岩中见有大量的无气泡纯水溶液包裹体。这类包裹体即使冷冻也不见气泡出现, 并且熔化温度 (T_m) 常常大于零度, 一般为 $-2^\circ\text{C}-+3^\circ\text{C}$, 熔化温度 (T_m) 常常大于零度, 是由于包裹体中的甲烷在冷冻时形成甲烷水合物, 这种化合物的熔化温度在 0°C 以上^[9,10]。在准噶尔盆地, 无气泡纯水溶液包裹体常和气体包裹体共生。由于在沉积埋藏过程中, 温度一直是升高的, 均一捕获的包裹体在形成之后不会有气泡出现, 也就不会有卡脖子现象。这说明包裹体在捕获时, 水溶液中溶解气体含量已达到饱和, 气体包裹体为非均一捕获的结果。准噶尔盆地水溶液包裹体的均一温度 (T_h) 数据绝大多数大于 85°C , 因此可推测纯水溶液包裹体的捕获温度可能低于 85°C 。由于准噶尔盆地西部地温梯度很低, 低于 $2^\circ\text{C}/100\text{m}$, 这些含纯水溶液包裹体的样品埋深 3500—4500 m 之间, 现地温为 $70^\circ\text{C}-90^\circ\text{C}$ 。假如捕获温度低于 80°C , 压力为 400—500 bars, 即位于图 5 中气泡点曲线的最高点 H。随着温度—压力降低, 在室温范围内等容线与气泡点曲线非常接近, 使

这类包裹体在室温下直至冷冻均为单一的水溶液相包裹体。这仅仅是为含甲烷纯水溶液包裹体的成因提供一个可能的解释。也许在这类包裹体的形成过程中还有很多未知的因素。

结 论

油气储集层的孔隙充填有水、油、气等多相流体，在成岩过程中形成各种类型的油气和含油气包裹体。每类包裹体都有各自的相态、组成特征和捕获机制，反映特定的地质地球化学过程。

1) 油相包裹体捕获时为均一的油相，室温下为油、气两相，不含水。油相包裹体的组成，特别是气态烃和挥发份的相对含量与均一温度有着密切的关系。均一温度越高，气态烃和挥发份含量也相对越高。如果捕获时油相中的气态烃达到饱和，其均一温度与捕获温度及同时形成的水溶液包裹体的均一温度相同。如果捕获时油相中的气体未饱和则均一温度低于捕获温度及同时形成的水溶液包裹体的均一温度。在油相包裹体的形成过程中，油相中的极性组分起着重要作用。

2) 准噶尔盆地齐 8 井和盆参 2 井储集层油相包裹体均一温度变化范围较宽，相对低于水溶液包裹体均一温度，表明油气藏在形成初期油层中溶解气体含量很可能是不饱和的。油源来自以生油为主的二叠系生油岩。随着高成熟的二叠系油源和以产气为主的侏罗系油源的输入，油层中溶解气体含量逐渐增高，达到饱和。

3) 气体包裹体形成于气体含量饱和及过饱和的水体中。这类包裹体一般都含有水，属于非均一捕获的产物。在同一气藏中，气体包裹体的组成也会有差异。

4) 在含油气盆地成岩作用过程中形成的水溶液包裹体普遍含有甲烷气体。如果捕获时，水溶液中的气体含量达到饱和，则均一温度与捕获温度相同，如果气体含量未达到饱和，则均一温度略低于捕获温度。当水溶液的盐度较低时（低于 3% WtNaCl），在冷冻过程中，这类包裹体可形成甲烷水合物，常见融化温度高于 0°C 的现象。

5) 在准噶尔盆地西部三叠系和侏罗系砂岩中见有大量与气体包裹体共生的含甲烷纯水相包裹体。在室温下及冷冻过程中仅见水相，不含气泡。这类包裹体可能形成于低地温梯度（ $< 2^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}$ ）的含油气盆地。包裹体捕获时，储集层埋深于 3500–4000 m，温度 80°C 左右。

6) 储集层的孔隙中由于多种流体共存，成岩过程中形成多种过渡型包裹体，属非均一捕获后受热演化的产物。一般这些包裹体的均一温度高于捕获温度。须慎重使用过高的均一温度数据。

致谢 新疆石油局研究院提供了样品，笔者特向该院表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] 施继锡等. 矿物包裹体在碳酸盐区油气评价中的意义. 沉积学报, 1987, 1.
- [2] 施继锡等. 矿物中纯流体包裹体和人工合成纯流体包裹体的研究. 矿物学报, 1985, 15–22.
- [3] 麦碧娴, 汪本善. 泌阳凹陷下第三系流体包裹体特征及其应用——I. 流体包裹体研究. 地球化学, 1991, (4): 332–341.
- [4] 麦碧娴等. 泌阳凹陷下第三系流体包裹体特征及其应用——II. 泌阳凹陷石油运移初探. 地球化学, 1992, (4): 337–346.
- [5] 周中毅, 潘长春主编. 沉积盆地古地温测定方法及其应用. 广州: 广东科技出版社, 1992.

- [6] 潘长春, 周中毅. 流体包裹体在准噶尔盆地油气资源评价中的应用. 石油实验地质, 1990, 12 (4): 412- 420.
- [7] Burruss R C. Hydrocarbon fluid inclusions in studies of sedimentary diagenesis in Short Course in Fluid Inclusions Applications to Petrology (ed. Hollister L S and Crawford M L) Min. Ass. Canada Short Course Handbook, 1981, 6: 138- 156.
- [8] Burruss R C and Cercone K R. Fluid inclusion petrography and tectonic- burial history of the Al Ali No. 2 well: evidence for the timing of diagenesis and migration. Northern Oman Fordeep, Geology, 1983, 11: 567- 570.
- [9] Emery D and Robinson A. Inorganic Geochemistry: Applications to Petroleum Geology. Blackwell Scientific Publications, 1993.
- [10] Hanor J S. Dissolved methane in Sedimentary Basins: potential effect on the PTV properties of fluid inclusions. Economic Geology, 1980, 75: 603- 617.
- [11] Karlsen D A, Nedkvitne T, Larter S R and Bjurlykke K. Hydrocarbon composition of authigenic inclusions: Application to elucidation of petroleum reservoir filling history. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1993, 57: 3641- 3659.
- [12] Kihle J and Johansen H. Low- temperature isothermal trapping of hydrocarbon fluid inclusions in synthetic crystals of K_2HPO_4 . Geochimica et Cosmochimica Acta, 1984, 58: 1193- 1202.
- [13] McLimans R K. The application of fluid inclusions to migration of oil and diagenesis in petroleum reservoirs. Applied Geochemistry, 1987, 2: 585- 603.
- [14] Narr W and Burruss R C. Origin of reservoir fracture in Little Knife field. North Dakota, AAPG Bulletin, 1984, 68: 1087- 1100.
- [15] Nedkvitne T, Karlsen D A, Bjurlykke K and Larter S R. Relationship Between Reservoir Diagenetic evolution and petroleum emplacement in Ula Field. North Sea, Marine and Petroleum Geology, 1993, 255- 270.
- [16] Roedder E. Fluid inclusions, Reviews in Mineralogy. 12, 1984.
- [17] Walderhaug O. Temperatures of quartz cementation in Jurassic sandstones from the Norwegian continental shelf - evidence from fluid inclusions. Journal of Sedimentary Research, 1994, 64: 311- 323.

Hydrocarbon Inclusions Implications to Petroleum Geology and Geochemistry

Pan Changchun Zhou Zhongyi and Xie Qilai

(Gangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510640)

Abstract

In this paper, a practical approach is presented to classify the hydrocarbon and hydrocarbon-bearing inclusions based on recent studies published by others as well as the authors' own research experience in this field. The properties of fluid phases, compositions and homogenization temperatures of various types of hydrocarbon and hydrocarbon-bearing inclusions have been described and studied in details. In a reservoir, the higher the homogenization temperatures of the oil inclusions, the higher the contents of gas and volatile short-chain compounds. Based on the variation of homogenization temperatures and the relationship of homogenization temperatures between oil inclusions and associated aqueous inclusions, the variation of contents of gas and volatile short-chain compounds in a reservoir could be elucidated. Furthermore, the efficiency and limitation of the method to determine the entrapment temperatures and pressures of fluid inclusions based on PVT diagrams of oil inclusions and associated aqueous inclusions are evaluated. Finally, some possible models have been presented to interpret the entrapments of various types of hydrocarbon and hydrocarbon-bearing inclusions and their implications to petroleum geology and geochemistry are discussed as well.

Key words hydrocarbon-bearing basin hydrocarbon and hydrocarbon-bearing inclusion homogenization temperature Compositional evolution of oil-gas reservoir