

准噶尔盆地盆1井西凹陷流体包裹体特征

王小聪^{1,2} 李艳霞^{1,2} 李志强^{1,2}

1 西安石油大学地球科学与工程学院

2 西安石油大学 全国石油和化工行业致密油气地质重点实验室, 陕西省油气成藏地质学重点实验室

DOI:10.12238/gmsm.v7i6.1878

[摘要] 为了研究准噶尔盆地盆1井西凹陷上乌尔禾组流体包裹体特征和油气成藏期次,对研究区流体包裹体采用透色光和荧光镜下观察、均一温度测温结合埋藏史、构造演化史进行了研究,结果表明:盆1井西包裹体类型主要为盐水包裹体和含烃盐水包裹体,激光拉曼光谱主要为低饱和烃型拉曼光谱图、沥青型拉曼光谱图、甲烷型拉曼光谱图3种类型。包裹体为两个形成期,第1期充注时间在208~180Ma,为早侏罗世;第2期排油高峰期,充注时间在112~98Ma为早白垩世。

[关键词] 激光拉曼光谱; 包裹体成分; 成藏期次

中图分类号: E933.43 文献标识码: A

Characteristics of fluid inclusions in Well 1 West Depression, Junggar Basin

Xiacong Wang^{1,2} Yanxia Li^{1,2} Zhiqiang Li^{1,2}

1 School of Geosciences and Engineering, Xi'an Shiyou University

2 National Key Laboratory of Tight Oil and Gas Geology for Petroleum and Chemical Industry, Shaanxi Provincial Key Laboratory of Oil and Gas Accumulation Geology, Xi'an Shiyou University

[Abstract] In order to study the fluids of Upper Wuerhe Formation in the west Depression of Well 1 in Junggar Basin. The characteristics of inclusions and hydrocarbon accumulation periods in the study area were studied by using transparent mirror and fluorescence microscopy, homogenization temperature measurement combined with burial history and structural evolution history. The results show that: The types of inclusions in the west of Well Pen1 are mainly brine inclusions and hydrocarbon-containing brine inclusions. The laser Raman spectra are mainly three types: low-saturated hydrocarbon Raman spectra, asphalt Raman spectra and methane Raman spectra. There are two formative stages of the inclusions. The first stage is the Early Jurassic with the filling time of 208-180 Ma. The oil discharge peak of the second stage, the charging time of 112-98 Ma, belongs to the Early Cretaceous.

[Key words] Laser Raman spectroscopy; Inclusion composition; Accumulation period

引言

近年来,我国油气勘探程度不断提高并取得了一系列重大成果,为了保障国家能源安全,加大对深层、超深层油气开发已经成为油气勘探的主阵地^[1]。作为我国重要的油气产出区之一,准噶尔盆地的油气成藏条件优越,其中二叠系是已探明的储集层和主要产区,然而目前学术界对上乌尔禾组烃源岩生烃潜力和规模等方面的研究仍十分薄弱,这既制约了油气藏资源评估,也阻碍了盆地腹部地区超深层油气勘探取得新的进展。本文利用流体包裹体技术及均一温度参数结合埋藏史、构造演化史划分上乌尔禾组油气的成藏期次和时间^[2],为进一步研究盆1井西上乌尔禾组油气的成藏规律提供依据。

1 区域地质概况

准噶尔盆地位于阿尔泰山和天山之间,其盆地形态为不规则三角状,发育在由800Ma以前的前寒武系结晶基底和古生界微变质基底组成的准噶尔地体上,为晚古生代一中新生代的叠合盆地(图1)。盆地面积约为 $13 \times 10^4 \text{ km}^2$,可划分为8个一级构造单元^[3]。盆1井西凹陷位于准噶尔盆地中最大的一级构造单元中央凹陷内,是盆地含油气量最大的构造单元。目的层上乌尔禾组厚度约为200~1000m,且从断裂带至盆地方向厚度为增加趋势。盆1井西具有较好的生烃条件,纵向上在多个层系均有油气发现,拥有多期油气成藏的特点。

2 流体包裹体特征

通过透视镜和荧光薄片可以观察到样品中流体包裹体发育较为丰富,主要赋存在石英碎屑微裂缝及次生加大边中,包裹体

形状大多是圆形的,也有一些长条形,串珠状,不规则形。根据其组分可以划分为盐水包裹体、含烃类盐水包裹体、气液两相包裹体。

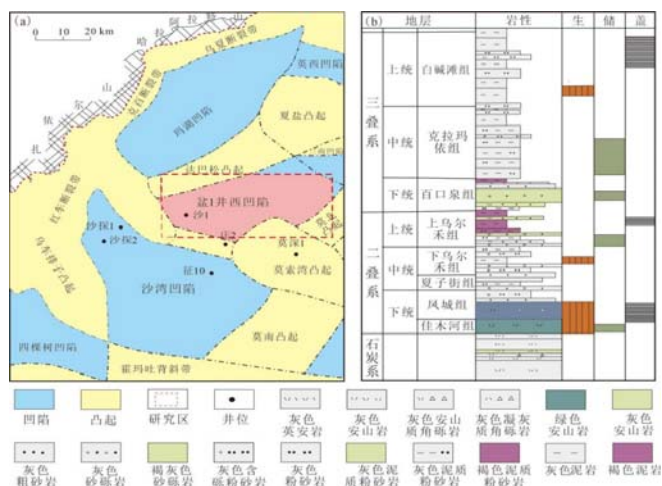


图1 准噶尔盆地盆1井西凹陷构造位置(a)和二叠系岩性地层综合柱状图(b)

盐水包裹体主要分布在石英微裂缝及次生加大边中,包裹体大小不一,大多为小于 $2 \times 3 \mu\text{m}$,气液比为6%(表1);形状多为不规则的圆形、椭圆形和方形,透光镜下包裹体显示为透明色,无荧光显示(图2)。

表1 准噶尔盆地盆1井西地区上乌尔禾组流体包裹体特征表

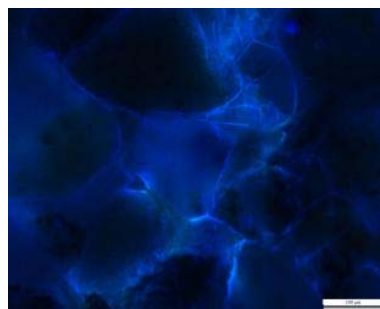
井号	类型	取样深度(m)	岩性	大小(μm)	宿主矿物	气液比(%)
沙15井S15-1	含烃盐水	6146.05m	灰色粉细砂岩	3×2	石英颗粒裂缝	6
沙15井S15-2	含烃盐水	6148.95m	灰色细砾岩	3×3	方解石胶结	5
沙15井S15-3	含烃	6148.5m	灰色细砂岩	2×3	石英加大边	8
沙15井S15-4	含烃	6145.65m	深灰色泥质细砂岩	3×4	石英裂缝	15

含烃盐水包裹体主要分布于石英微裂缝及次生加大边中,通常与盐水包裹体伴生^[4],常成群成片产出,大多数为 $6 \sim 12 \mu\text{m}$;外形为不规则椭圆形、长条形。透光下呈现黑色、褐色、褐黄色,在荧光显微镜下显示为蓝色或蓝白色的荧光。研究结果显示,该套烃源岩的二期含烃类包裹体捕获时间晚于第一期,具有高成熟度、重组分少、轻组分多等特征。

气-液两相的包裹体通常呈串珠状或条带状的样式,与液烃包裹体伴生沿石英颗粒裂缝及石英加大边中分布,大小为 $6 \sim 10 \mu\text{m}$,形态为圆形、椭圆形的不规则状,气液比为8%,在透射光下气相呈现无色-浅褐色,荧光下显示弱蓝白色光环,气相无荧光,并且随着加热温度的升高,气泡会消失变为纯液相。



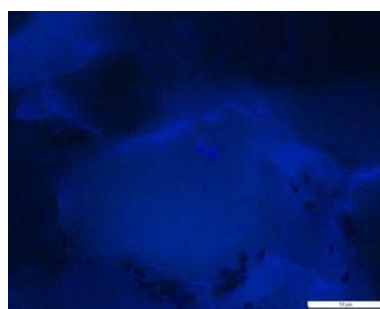
a沙15井,6148.5m,盐水及含烃类包裹体



b沙15井,6148.5m,成熟度高黑色荧光



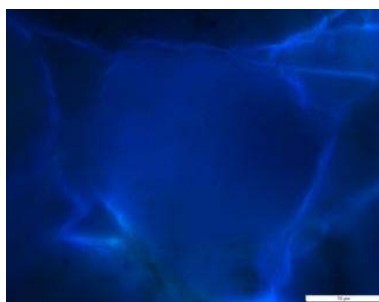
c沙15井,6148.5m,含烃类盐水包裹体



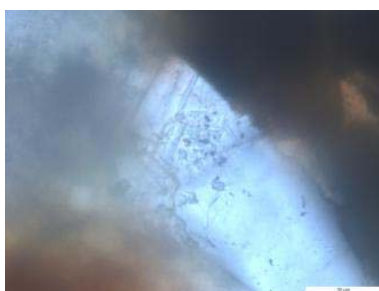
d沙15井,6148.5m,淡蓝色荧光



e沙15井,6145.65m,气态烃包裹体



f沙15井, 6145.65m, 无荧光



g沙15井, 6145.65m, 含烃类盐水包裹体



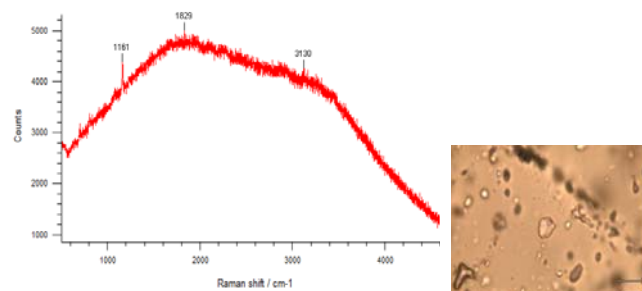
h沙15井, 6145.65m, 微弱蓝色荧光

图2 准噶尔盆地盆1井西凹陷上乌尔禾组流体包裹体显微特征及荧光颜色图

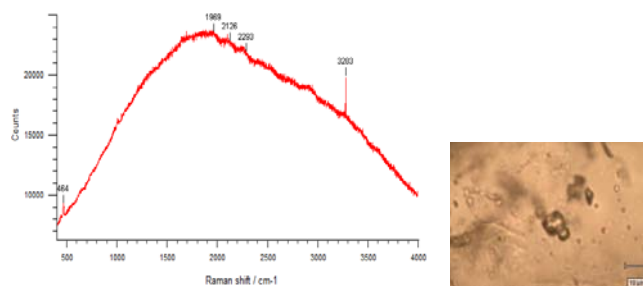
3 流体包裹体激光拉曼光谱特征

通过透视镜和荧光薄片可以观察到样品中流体包裹体发育较为丰富,包裹体测量时通常将气相包裹体和盐水包裹体当作一个整体,对于含 CH_4 及 CO_2 的气态烃包裹体可以根据其拉曼峰值较快地鉴别出来,因此通常用激光拉曼光谱区分含烃包裹体。研究区上乌尔禾组的流体包裹体主要分为低饱和烃型、甲烷型、沥青型三种。

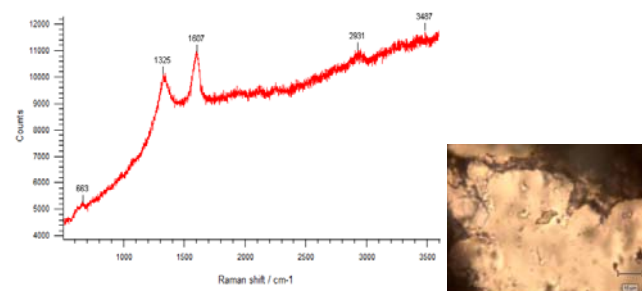
饱和烃包裹体烃类成分复杂,由饱和烃、芳烃、非烃及沥青质组成,由于烃类组分的复杂性和共同基团特征,拉曼光谱图不能精确测定某种烃类成分。饱和烃拉曼图谱显示在 $2700\text{--}2970\text{cm}^{-1}$ 范围内有拉曼峰凸起,其中直链正构烷烃以甲基对称拉曼效应($2872\text{cm}^{-1}\pm$)最强,支链异构烷烃以亚甲基拉曼效应($2911\text{cm}^{-1}\pm$)最强。研究区低饱和烃包裹体以峰位 1153cm^{-1} 为特征峰,是 SO_2 的特征峰,以 2967cm^{-1} 为特征峰,表明该成分为 C_2H_6 。



(a) 低饱和烃型包裹体, S15-3井6148.5m



(b) 甲烷型包裹体, S15-1井, 6145.65m



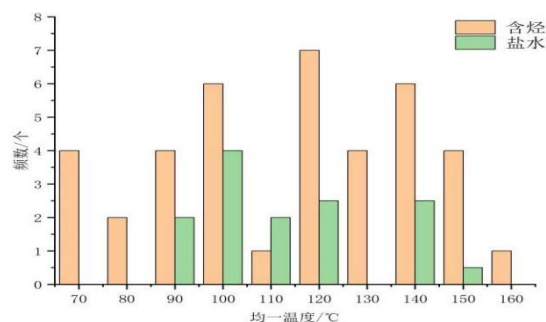
(c) 沥青型包裹体, s15-2井, 6148.95m

图3 上乌尔禾组流体包裹体激光拉曼光谱图

甲烷型包裹体在 $2913\text{cm}^{-1}\pm$ 有凸起的拉曼峰特征,是一种气相以甲烷为主的包裹体。

研究区S15-2井测出沥青型包裹体,最常见的拉曼光谱图特征是在拉曼位移 1325cm^{-1} 和 1607cm^{-1} 有双峰值出现,主要是由含烃包裹体经过高温高压作用,轻质组分与重质沥青发生分解而后沥青发生碳化形成的^[5]。此外在 $2930\text{cm}^{-1}\pm$ 区域也有较明显的拉曼峰隆,为沥青中 CH_2 、 CH_3 链基伸缩振动拉曼特征(图3)。

4 流体包裹体均一温度特征



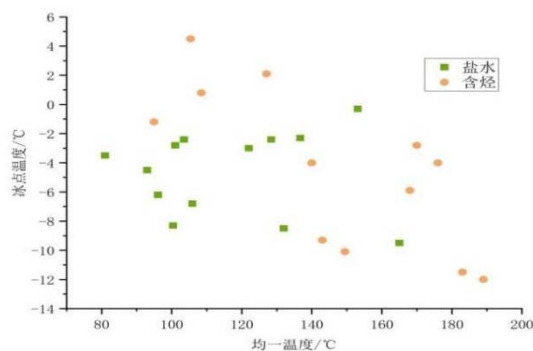


图4 盆1井西凹陷上乌尔禾组流体包裹体温度特征图

该实验方法为加入液氮,使气-液两相流体通过加热或冷却变成单一相时记录其发生温度。通过对发蓝白色荧光的烃包裹体所伴生的盐水包裹体进行均一温度测量,来限定研究区的成藏期次。

相同或相似产状的流体包裹体均一温度为连续分布时为一个成藏期,表明该时间段油气是连续充注的,将包裹体的均一温度按 15°C 左右间隔分期,可得出上乌尔禾组沙15井各个层位的温度略有不同,但是可见2次油气运移,盐水包裹体的均一温度在 $70^{\circ}\text{C}\sim 160^{\circ}\text{C}$ 连续分布,其中第一期流体包裹体的均一温度分布在 $70^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ 之间,峰值在 $90^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$;第二期包裹体均一温度主要分布在 $105^{\circ}\text{C}\sim 155^{\circ}\text{C}$,峰值在 $130^{\circ}\text{C}\sim 140^{\circ}\text{C}$ (图4)。

根据流体包裹体的冰点温度和初融温度可以计算包裹体盐度,盐度值是反映流体特征及来源的重要参数。实验得出包裹体的初融温度均在 -15°C 以上,利用NaCl-H₂O体系盐度-冰点计算公式计算得出盆1井西凹陷上乌尔禾组流体包裹体盐度总体较低(2.57%~15.96%),其中3个测点冰点温度大于 0°C ,猜测是含烃包裹体溶解,随着温度冷却压力增加形成甲烷水混合物,在升温过程中又吸收热量导致冰点温度大于 0°C 。

5 油气成藏期次

根据研究区包裹体均一温度特征,结合油源、生烃史和成藏时间可以确定上乌尔禾组至少存在两个油气成藏期,第1期充注时间大约为 $208^{\circ}\text{Ma}\sim 108^{\circ}\text{Ma}$ 为早侏罗世,上乌尔禾组烃源岩成熟,第2期为 $112^{\circ}\text{Ma}\sim 98^{\circ}\text{Ma}$ 为早白垩世,上乌尔禾组原油排出,形成众多油气藏达到排烃高峰(图5)。

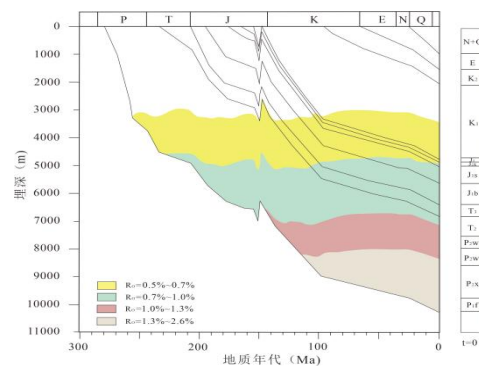


图5 沙15井S15-1埋藏热史图

6 结论

(1) 准噶尔盆地腹部盆1井西凹陷包裹体主要为盐水包裹体和含烃盐水包裹体,主要分布在石英裂缝中和石英次生加大边中,形状各异,通常个头不大,大部分为盐水和含烃包裹体。(2) 激光拉曼光谱测得光谱分为低饱和烃型,甲烷型和沥青型。均一温度在 $70^{\circ}\text{C}\sim 160^{\circ}\text{C}$ 范围均有烃类流体活动,说明其油气成藏是连续过程,第1期峰值为 $90^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$,第2期峰值为 $130^{\circ}\text{C}\sim 140^{\circ}\text{C}$,对应盐度较低,在2.57%~15.96%。(3) 盆1井西上乌尔禾组成藏期次有2期: $208^{\circ}\text{Ma}\sim 108^{\circ}\text{Ma}$ 的早侏罗世; $112^{\circ}\text{Ma}\sim 98^{\circ}\text{Ma}$ 早白垩世。

【参考文献】

- [1] 赵雄.准噶尔盆地庄东北地区侏罗系三工河组流体包裹体特征及成藏期次[J].山东石油化工学院学报,2023,37(4):23-28.
- [2] 张鑫.泌阳凹陷油气成藏过程及勘探潜力分析[D].中国地质大学,2020.
- [3] 唐勇,王智强.准噶尔盆地西部坳陷二叠系下乌尔禾组烃源岩生烃潜力评价[J].岩性油气藏,2023,35(04):16-28.
- [4] 焦渊博,李艳霞,常悦.延安探区山西组页岩气包裹体激光拉曼光谱组分及成藏期次[J].兰州大学学报(自然科学版),2023,59(02):151-156+165.
- [5] 张磊,田作基,毛光剑,等.沥青包裹体的拉曼光谱特征[J].地球化学,2009,38(02):174-178.

作者简介:

王小聪(1999--),女,汉族,中国河南南阳人,西安石油大学研究生在读,研究油气成藏地质学方向。