

南黄海古生界油气多期成藏的包体证据

陈建文¹,张银国^{1,2},欧光习³,梁杰^{1,4},袁勇¹,吴淑玉¹

(1 中国地质调查局青岛海洋地质研究所,青岛 266071;2 中国石油大学(华东),青岛 266580;
3 核工业北京地质研究院,北京 100029;4 中国海洋大学,青岛 266100)

1 地质背景

南黄海盆地北起千里岩断裂,南至江绍断裂,西接下扬子苏北盆地,东临京畿地块。震旦纪至早三叠世,下扬子主要经历了晋宁运动、蓟县运动、广西运动(加里东运动)、东吴运动和印支运动,期间发生了多期海进、海退,沉积了多套碎屑岩和碳酸盐岩地层。同处于下扬子地块,南黄海盆地与陆域苏北盆地在古生代具有相同的沉积充填史和构造演化史。根据下扬子陆区露头、钻井和南黄海钻井资料及地震资料解释成果,南黄海古生代地层较完整,发育寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系,其中有下列寒武统幕府山组、下志留统高家边组 and 上二叠统 3 套区域性烃源岩,以及多套储层(包括中上寒武统、奥陶系和石炭系碳酸盐岩储层,中上志留统和上二叠统龙潭组砂岩储层)。

在古生代地层发育齐全的南黄海崂山隆起,单井(模拟井)油气生烃演化史模拟表明:下寒武统幕府山组烃源岩在晚奥陶世达到生油高峰,在晚泥盆世达到生气高峰;下志留统高家边组烃源岩在早二叠世晚期达到生油高峰,在中三叠世达到生气高峰;二叠系烃源岩中白垩世达到生油高峰。地质演化分析认为,崂山隆起是一个加里东期的古隆起,区内的烃源岩的生烃高峰与圈闭形成时间和油气成藏关键时刻具有较好的匹配关系(图 1)。据此建立了南黄海古生界多源多期成藏的地质模型,该模型得到了包裹体分析测试的证

实,即使是同一烃源岩层提供的油气也存在多期充注现象。

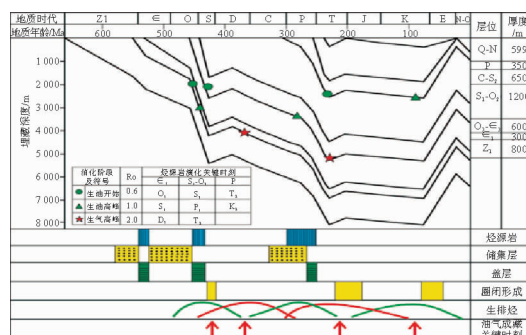


图 1 南黄海崂山隆起生烃演化史及油气成藏匹配关系图

2 多期成藏的包体分析依据

2015—2016 年,在南黄海崂山隆起实施的全取心科探井(CSDP-2 井)在中上志留统砂岩、石炭系灰岩、上二叠统龙潭组砂岩和下三叠统灰岩中见到了多层油气显示,包裹体分析表明,古生界志留系至二叠系不同层位不同岩性(包括砂岩和灰岩)都具有油气充注过程,存在多期成藏特点,下面以 CSDP-2 井中上志留统砂岩包裹体特征为例进行分析。

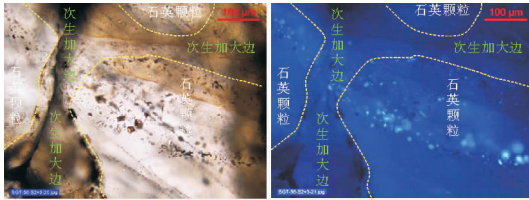
2.1 显微荧光的多期充注特征

中上志留统砂岩储层中主要发育 2 期的油气包裹体。第 1 期油气包裹体形成于砂岩成岩晚期,发育丰度高(GOI 为 45%~50%),包裹体主要沿成岩晚期粒间孔或微裂隙带状、线状分布,呈浅褐黄色、浅灰黄色及褐黄色,含沥青的轻质油包裹体为浅蓝色荧光显示,气态烃包裹体无荧光显

基金项目:南黄海油气资源调查(DD20160512)

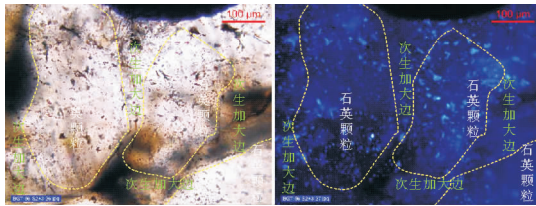
作者简介:陈建文(1965—),男,博士,研究员,主要从事海域油气资源调查评价与研究工作。E-mail:jwchen2012@126.com

示(图2)。第2期包裹体发育于砂岩成岩期后,发育丰度极高(GOI为70%~85%),包裹体沿切穿石英颗粒及其次生加大边的成岩期后次生微裂隙分布。液态烃包裹体主要呈透明无色或淡黄色,浅蓝色荧光显示(图3),气态烃包裹体主要呈灰色,无荧光显示。



注:包裹体沿成岩晚期微裂隙呈带状分布,为褐黄色。包裹体中的含沥青轻质油呈浅蓝色荧光显示(因含沥青而呈现出颜色深浅不一),气态烃呈灰色、无荧光显示。该期包裹体为含沥青的中轻质油包裹体。

图2 CSDP-2井中上志留统砂岩成岩晚期的包裹体显微特征(左图为单偏光,右图为UV激发荧光)



注:包裹体沿切穿石英颗粒及其次生加大边的次生微裂隙面呈成面状分布(石英颗粒及其加大边的油气包裹体均密集发育),灰色或褐色。包裹体中液态烃透明无色(不含沥青),呈浅蓝色荧光显示,气态烃呈灰色、无荧光显示。该期次包裹体为轻质油或凝析油气包裹体。

图3 CSDP-2井中上志留统砂岩成岩期后沿裂缝面切片的包裹体显微特征(左图为单偏光,右图为UV激发荧光)

2.2 包体测温的多期充注特征

中上志留统砂岩含烃盐水包裹体均一化温度直方图(图4)中有两个温度峰值,分别集中在95~105℃(主峰温度102℃)和110~120℃(主峰温度118℃),代表了中上志留统砂岩储层早、晚两期油气充注的温度。

2.3 包体测年依据

在进行流体包裹体 Rb-Sr 同位素等时线研究时,首先对样品进行了微量元素扫描,选取其中 Rb-Sr 含量最高的数据进行流体包裹体 Rb-Sr 同位素等时线测试。测试结果显示,中上志留统

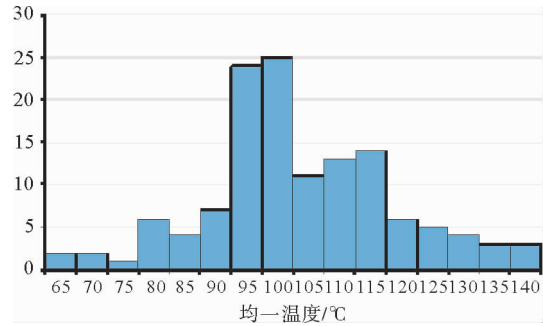


图4 CSDP-2井志留系储层中含烃盐水包裹体均一温度统计直方图

Rb-Sr 同位素等时线年龄值有两组,其一为 293 ± 16 Ma,其二为 202 ± 10 Ma,反映中上志留统砂岩油气藏存在两期油气充注时间,这两期充注分别发生在早二叠世和晚三叠世末期。这与单井模拟结果一致,即中上志留统储层中第1次油气充注期(早二叠世)是下志留统高加边组烃源岩生油高峰期,晚三叠世末的第2次油气充注事件是印支期构造运动过程的结果。值得指出的是,生物标志物分析表明,中上志留统砂岩中的油气来源于下志留统高家边组烃源岩。

3 讨论

理论模拟表明,南黄海崂山隆起古生界的油气来源于3套区域性烃源岩,这3套烃源岩在不同的时期进入生油高峰和生气高峰,存在多源多期的成藏特点。进一步的地质演化分析认为,崂山隆起古生代地层及其油气成藏过程经历了加里东、海西、印支、燕山和喜山多期构造运动的复杂过程,即使是来源于同一套源岩的烃类物质也会有多期充注的成藏过程。大陆架科探井(CSDP-2井)储层包裹体的分析结果从显微荧光、测温和测年3个方面证实:无论是封存于中上志留统砂岩、上二叠统砂岩中的流体包裹体,还是封存于石炭系灰岩中的流体包裹体均存在多期油气充注现象。这为区内地质演化过程的分析、油气成藏过程的研究、多源多期油气成藏地质模型的完善以及古生界油气田的寻找提供了主要的依据。

(说明:本文样品由海岸带和大陆架地质演化调查与评价二级项目提供,包裹体分析由核工业北京地质研究院完成)