

准噶尔盆地征沙村地区三叠系储层沥青赋存特征及成因探讨

张关龙¹⁾, 郭瑞超¹⁾, 范婕¹⁾, 官亚军¹⁾, 刘建章^{2,3)}, 胡强^{2,3)}

1) 中国石化胜利油田分公司勘探开发研究院, 山东东营, 257015;

2) 中国地质大学(武汉)构造与油气资源教育部重点实验室, 武汉, 430074;

3) 中国地质大学(武汉)资源学院, 武汉, 430074

关键词: 气洗作用; 激光拉曼光谱; 储层沥青; 准噶尔盆地

准噶尔盆地是我国西部典型的叠合盆地, 油气资源丰富。近年来在腹部二叠—三叠系多口探井获得了工业油气流, 展现了盆地深层—超深层巨大的油气勘探潜力(刘惠民等, 2023)。中国石化在准噶尔盆地腹部征沙村地区钻探的征10井, 在井深超过6500 m的三叠系、二叠系储层分获工业油气流。岩芯观察及薄片分析表明, 三叠系克拉玛依组、百口泉组储层中含有较丰富的固体沥青, 但其成因尚未开展研究。

储层固体沥青蕴藏了油气运移、聚集成藏、调整改造及破坏过程的重要信息(王兆云等, 2020); 通过对储层沥青赋存特征及其演化过程、成因机制的分析, 可为油气成藏过程的解析提供依据。笔者等综合利用储层岩石学、沥青激光拉曼光谱、储层流体包裹体及岩心抽提物、原油色谱—质谱分析, 探讨征沙村三叠系克拉玛依组、百口泉组储层固体沥青的产状及成因, 为准噶尔盆地腹部超深层油气成藏过程精细解剖和油气勘探部署提供依据。

1 储层固体沥青赋存特征

岩石铸体薄片观察表明, 克拉玛依组及百口泉上部孔隙类型以原生粒间孔为主, 边缘多见绿泥石薄膜及石英加大边, 见少量方解石、凝灰质杂基和石英充填, 物性较好。储层固体沥青主要充填于克拉玛依组及百口泉上部原生粒间孔隙及其边缘, 其相对丰度差异大, 大部分沥青丰度较低, 少量可达2.0%。主要呈两种赋存产状: ①孔隙衬边状; 固体

沥青呈薄膜状吸附于原生粒间孔隙边缘, 多位于纤维状绿泥石颗粒包壳和石英颗粒次生加大边后, 是该区储层固体沥青赋存的主要形式。透射光下多呈黑色、棕黑色, 紫外光下大多不发光, 无明显非均质性特征。②孔隙半充填或全充填状; 沥青全充填或部分充填于储层原生粒间孔隙中, 部分完全堵塞吼道, 少见残余空间。透射光下多呈黑色、棕黑色, 紫外光下大多不发光, 部分沥青与颗粒接触部位见发浅黄色、淡白色荧光。

相对而言, 半充填或全充填状沥青大多分布于较小孔隙、吼道中或不连通孔隙中, 含量稍高但分布局限; 孔隙衬边状沥青大多分布于较大、连通性较好的原生孔隙边缘, 分布范围较广但含量低。

2 储层沥青地球化学特征

2.1 储层沥青激光拉曼光谱特征

应用固体沥青激光拉曼光谱图中D峰和G峰位置、峰形等参数表征沥青的成熟度已取得了良好的效果。研究区不同产状的储层沥青激光拉曼光谱测试结果表明, 固体沥青均具有典型的D峰和G峰, 大多数样品D峰峰高小于G峰, 且不同样品的拉曼光谱位移基本一致。采用Wilkins(2014)等提出的方法对激光拉曼光谱图进行处理得到D峰和G峰位移、峰间距、半高宽及鞍部位置、鞍形指数等参数, 计算得到沥青等效镜质体反射率。结果表明, 全充填和半充填状固体沥青的等效镜质体反射率值分布范围较宽, 位于0.5%~1.96%, 但主要为1.30%~1.79%。孔隙衬边状沥青的等效镜质体反射率值较为集中, 主要位于1.60%~2.00%, 平均值

注: 本文为国家自然科学基金资助项目(编号: 42072179; 42372158)、中国石化胜利油田分公司项目(YKK2303)的成果。

收稿日期: 2024-1-25; 改回日期: 2024-02-05; 责任编辑: 费红彩。DOI: 10.16509/j.georeview.2024.s1.044

作者简介: 张关龙, 男, 1980年生, 博士, 研究员, 主要从事油气勘探部署和综合研究; Email: zhanggl732.slyt@sinopec.com。通讯作者: 刘建章, 男, 1976年生, 博士, 副教授, 主要从事油气地质综合研究及相关教学工作; Email: liujzh@126.com。

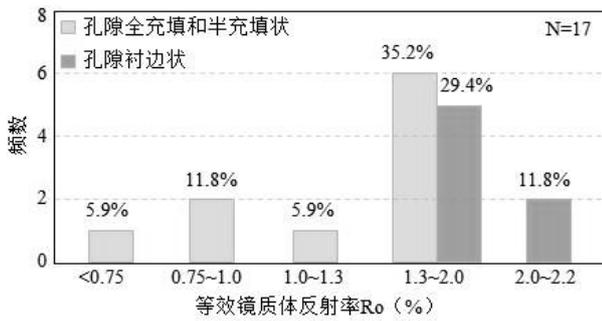


图1 不同产状沥青等效镜质体反射率值分布直方图

为1.74% (图1)。两种赋存产状沥青激光拉曼光谱参数获得的等效镜质体反射率值均主要位于1.30%~2.00%间,表明为高成熟演化阶段形成。

2.2 储层沥青抽提物特征

克拉玛依组油藏含沥青砂岩抽提物、原油饱和烃色谱图(TIC)和三萜类分布图(m/z 191)均表明,饱和烃色谱图基线平直,没有明显UCM“鼓包”,正构烷烃系列分布完整,姥鲛烷(Pr)和植烷(Ph)等非环状类异戊二烯烃无明显的损失,也未检测出25-降藜烷系列。饱和烃色谱具有前峰形特征,主峰碳在nC₁₇~nC₁₉,奇偶优势不明显;Pr/Ph比值在1.03~1.04,显示源岩形成于偏还原环境。

3 储层沥青成因探讨

储层固体沥青存在多种成因类型,总体可分为热成因和冷变质成因两大类。研究区储层沥青抽提物及原油地化特征明显不属于生物降解成因沥青。

3.1 热裂解成因

热裂解是指原油等烃类在高温下(>160°C)热裂解形成固体沥青以及天然气等小分子烃类。构造—埋藏史分析表明,征沙村地区三叠系现今地层温度为经历的最高温度,百口泉组实测地层温度约为150°C,可能存在一定程度的热裂解作用,但出现区域性裂解沥青的可能性不大,部分成熟度较低的孔隙充填型或半充填型沥青可能为热裂解成因。

3.2 气侵成因

气侵成因是指大量轻烃或天然气进入储层,极性较强的沥青质脱溶沉淀而形成固体沥青(李勇等,2020)。征10井克拉玛依组、上乌尔禾组分别为轻质油藏和凝析气藏,油气主要来源于下乌尔禾组泥质烃源岩,有机质类型为II₁—II₂型,实测镜质体反射率(R_o)为1.40%~1.49%,处于生凝析油和湿气阶段(刘惠民等,2023)。烃源岩热裂解和晚期生气作用形成的天然气很可能对上乌尔禾组、百口

泉组和克拉玛依组中已充注的正常原油形成气侵,同时形成少量的沥青沉淀。上乌尔禾组距烃源岩近,遭受了更多天然气的侵入形成凝析气藏。

克拉玛依储层中与沥青共生的胶结物、矿物裂纹及溶蚀孔隙中见大量发蓝白色荧光单一液相凝析油包裹体、不发荧光纯气相天然气包裹体,表明主要为晚期高成熟度凝析油和天然气充注形成。晚期高成熟油气进入储层后占据相对高孔渗储集空间,而将早期进入的成熟度较低、密度较大的原油驱替至孔隙较低的储层空间;随着大量轻质油、天然气持续充注及储层温度、压力的增大,原油中沥青质溶解度降低形成固体沥青沉淀,因此较大孔隙边缘、衬边状充填的沥青成熟度较高,而较小孔隙、吼道中呈全充填和半充填状沥青成熟度相对较低。油气藏油气性质也逐渐发生改变,形成油气相态差异的轻质油藏、凝析气藏或挥发性油藏。

4 结论

(1) 征沙村地区三叠系储层固体沥青主要存在两种赋存产状,孔隙衬边状、孔隙全充填或半充填状。总体表现为高成熟度特征。

(2) 储层沥青主要为晚期气侵脱沥青作用形成,可能遭受了一定的热裂解作用。晚期高成熟凝析油和天然气充注是三叠系油气藏的主要成藏期。

参 考 文 献 / References

- 李勇,陈世加,尹相东,何清波,苏恺明,肖正录,邱雯,何鑫. 2020. 储层中固体沥青研究现状、地质意义及其发展趋势. 吉林大学学报(地球科学版), 50(3): 732~746.
- 刘惠民,张关龙,范婕,曾治平,郭瑞超,宫亚军. 2023. 准噶尔盆地腹部征沙村地区征10井的勘探发现与启示. 石油与天然气地质, 44(5): 1118~1128.
- 王兆云,马超,龚德瑜,姜华. 2020. 沥青成因及反映的油气成藏过程. 地质学报, 94(11): 3436~3448.
- Wilkins R W T, Boudou R, Sherwood N, Xiao Xianming. 2014. Thermal maturity evaluation from inertinites by Raman spectroscopy: The 'RaMM' technique. International Journal of Coal Geology, 128~129: 143~152.

ZHANG Guanlong, GUO Ruichao, FAN Jie, GONG Yajun, LIU Jianzhang, HU Qiang: Occurrence characteristic and genesis of bitumen in Triassic reservoir in Zhengshacun area, Junggar Basin

Keywords: gas washing; reservoir bitumen; Laser Raman spectroscopy; Junggar Basin.