

扬子地块北缘楠木树铅锌矿 伴生沥青的类型和成因

王佳宁, 沈传波, 姬红果

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

楠木树铅锌矿位于扬子地块北缘米仓山碑坝穹窿构造上, 并伴生有大量的天然沥青(张少妮, 2013)。金属矿床与油气藏空间上具有密切的共生/伴生关系, 成矿、成藏过程和机理相似(顾雪祥, 2010; 陈广坡, 2008)。本文基于沥青宏观露头与镜下的详细分析, 加以多种地球化学分析测试的研究, 对沥青的类型、成因及其形成演化过程进行厘定。预期为深入研究该区油气成藏与金属成矿的耦合关系提供了进一步的理论依据, 也为该地区及其四川盆地深层震旦系碳酸盐岩的油气勘探提供了重要的参考价值。

1 矿区天然沥青特征

采样点位于楠木树海拔 1070m 的铅锌矿矿洞中, 出露地层为灯 3 段的灰色、灰白色中厚层角砾白云岩、云质灰岩。沥青常与闪锌矿、白云石、石英和方解石等矿物呈多期充注的特征产于白云岩溶蚀孔洞(图 1)。

早期沥青颜色较浅, 多与白云石混染, 不与其他矿物伴生; 在溶蚀孔洞发育区域, 早期沥青呈黑色薄层状紧贴溶孔内壁, 显微镜下沥青呈颗粒状, 充填细晶白云石晶间孔、晶间溶孔, 平行于孔洞边缘线状分布, 表明其是来自最早进入溶蚀孔洞中的流体; 少量早期沥青充填在微裂缝中, 其被石英脉或方解石脉切割的特点也表明该沥青形成时期早。

晚期沥青颜色较深, 出露范围广, 多以纯沥青团块的形式与方解石、闪锌矿共生于溶蚀孔洞中, 也常见于构造缝中。显微镜下, 沥青充满了孔洞中残余空间, 呈无定形状包围着闪锌矿, 闪锌矿在单偏光下呈黄色粒状, 颗粒圆润, 两者接触界线清晰。据前人对沥青与铅锌矿耦合关系的研究, 判断两者同为孔洞中最后一期充填的矿物。

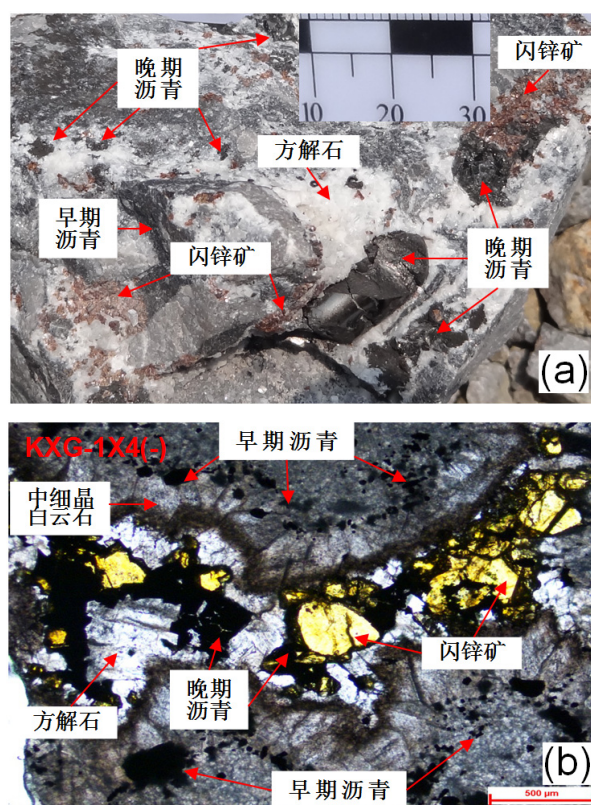


图 2 楠木树沥青野外露头及镜下照片

(a) 溶蚀孔洞中沥青与闪锌矿、方解石共生; (b) 溶蚀孔洞中早期沥青、晚期沥青与各种矿物的共生关系。

镜下固体沥青的形态, 一般沉淀沥青质和降解沥青常呈分散粒状, 形态不规则, 而焦沥青则常呈边缘较清晰的多角状(Hwang et al., 1998; Huc et al., 2000); 因此推测早期沥青可能为脱沥青成因的沥青质沥青或生物降解成因的氧化沥青, 晚期沥青具有焦沥青的镜下特征, 可能为深埋裂解成因。

2 沥青的有机地球化学分析

2.1 可溶有机质及族组成

氯仿沥青“A”含量均很低,为3.51~11.58($\times 10^{-6}$),表明该沥青具有高热演化特征;沥青样品反射率(Rb)为3.25%~4.21%,换算的镜质体反射率($R_o=0.336+0.6569R_b$)为2.47%~3.10%,表明储层沥青处于高-过成熟的热演化阶段,因此这部分沥青应为热成因的,这为沥青为焦沥青提供了有力的证据。

2.2 沥青的荧光特征

沥青的发光颜色与其组分有很大的关系,不同的石油沥青其荧光颜色特征不同(陈丽华,1994;尚慧芸,1990;Deniel,1990)。片中可见沥青主要分布于粒内、粒间、晶间、晶内、裂隙内。沥青发三种颜色荧光,分别为:棕橙色、黄绿色、不发光。

充填细晶白云石晶间孔的沥青为早期沥青,发棕橙色荧光,表明含O,N,S烃类,以芳烃为主,是石油中较固定的组分,缺少饱和烃、环烷烃,表明原油可能受过生物降解;石英中的有机成分发黄绿色荧光,表明富含饱和烃、环烷烃、芳烃;充填孔隙剩余空间的沥青为晚期沥青,不发荧光,表明沥青组分重,沥青质含量多,烃类含量很少,具有高热演化的特点,可能为热裂解成因的焦沥青。

2.3 饱和烃气相色谱分析

根据饱和烃气相色谱特征,正构烷烃分布特征大多以前峰型为主,主峰碳为C₁₈、C₂₀。色谱图上基线出现较明显的鼓包,从它们低碳数化合物较多的情况看,储层沥青应该受到过明显的生物降解作用,使正烷烃损失。

2.4 生物标志化合物特征

各样品均检测出丰富的三环萜烷,且沥青样品和烃源岩三环萜烷分布特征相似。样品中未检测出碳数大于C₃₀的更长侧链三环萜烷,这主要与碳数大于C₃₀长侧链三环萜烷在高演化阶段容易发生断裂而形成短侧链三环萜烷有关,说明有机质成熟度高,具高热演化的特点。

随着成熟度增高,Ts/Tm比值增大(齐跃春,2010)。储层沥青样品Ts/Tm范围0.43~0.96,平均值为0.8,表现低成熟度的特征;三环萜/五环三萜范围0.11~0.31,比值较低,也支持这一结论。但这与三环萜特征不符合,也与所测Ro表示的结果不一致,进一步证明了早期沥青与晚期沥青为不同的成因类型,早期沥青有机质成熟度低,晚期沥青具有高热演化的特点。

样品中均检测出25-降藿烷,由此可知早期沥

青遭受很强的生物降解,后期正常原油的充注使得饱和烃气相色谱中正构烷烃序列分布完整。

2.5 沥青的碳同位素特征

各组分的碳同位素组成整体偏重,除饱和烃组分碳同位素值较低外,其他组分的 $\delta^{13}C$ 值一般大于-28‰,则指示该储层沥青成熟度高。各样品整体表现出 $\delta^{13}C_{\text{饱和烃}} < \delta^{13}C_{\text{非烃}} < \delta^{13}C_{\text{芳烃}}$,研究中 $\delta^{13}C_{\text{饱和烃}} < \delta^{13}C_{\text{非烃}} < \delta^{13}C_{\text{芳烃}}$ 出现了“逆转”现象。推测为早期成藏原油成熟度较低,具有相对较低的碳同位素值,在经历了生物降解后残留以非烃,特别是沥青质为主的族组分,与后期充注来的原油相混合,呈现复杂的稳定碳同位素值分布特征。

5 结论

综合地表露头观察、镜下分析和地球化学实验数据分析,该区油气成藏至少有2期油气充注,其中早期原油受生物降解,后期有正常原油的补充。

发育两种类型的沥青,具有完全不同的成因,早期的沥青为生物降解成因沥青,未经历高温演化过程,成薄膜状包裹在后期充填矿物的表面、或呈浸染状充填在粉晶白云岩晶间孔、晶间溶孔内,总量较少,它们是加里东期构造隆升,古油藏遭到破坏后的残留;晚期的沥青是原油热裂解成因的焦沥青,成熟度高,但同时有多期原油充注混合形成的沥青质,且不同期充注原油有不同的成熟度,该类沥青的形成过程是海西期-燕山期埋藏深度加深、温度和压力均升高,古油藏向古气藏转换,燕山期末的构造隆升及喜山期的逆冲推覆使油气藏暴露于地表,圈闭被破坏,油气逸散,储层中的沥青形成现今的古油藏。

参 考 文 献 /References

- 张少妮,四川盆地北缘灯影组铅锌矿天然沥青特征及其源岩分析. 长安大学,矿产普查与勘探(专业)硕士论文,2013.
- 顾雪祥,章永梅,李葆华,等. 沉积盆地中金属成矿与油气成藏的耦合关系[J]. 地学前缘,2010,17(2): 83-105.
- 陈广坡,徐国盛,王天奇,等. 论油气成藏与金属成矿的关系及综合勘探[J]. 地学前缘,2008,15(2): 200-206.
- Hwang, R.J., Teerman, S.C., and Carlson, R.M.. Geochemical comparison of reservoir solid bitumens with diverse origins [J]. Organic Geochemistry, 1998, 29 (1-3): 505-517.
- Huc A Y, Nederlof P, Deharre R, Carpentier B, Boussfir M. Pyrobitumen occurrences and formation in a CambroOrdovician Sandstone reservoir, Fahud Salt Basin, North Oman. ChemiCal Geology, 168: 99-112.
- 陈丽华,郭舜玲,王衍琦,等. 中国油气储层研究图集(卷五) 自生矿物、显微荧光、阴极发光[M]. 北京:石油工业出版社,1994.
- 尚慧芸,李晋超,郭舜玲. 有机地球化学和荧光显微技术[M]. 北京:石油工业出版社,1990.
- Deniel J S. Applications of fluorescent microscopy to study of pores in tight rocks [J]. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1990, 74(1): 30-40.
- 齐跃春,高红梅,鲍志东,等. 漠河盆地依列克组火山活动间歇期烃源岩有机地球化学特征研究[J]. 沉积学报,2010,29(1): 164-171