

文章编号: 1001-6112(2006)05-0504-03

# 海拉尔盆地碳钠铝石特征及其地质意义

孙彦达<sup>1</sup> 张民志<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学 地球科学学院, 北京 100083; 2. 中国石油天然气股份有限公司  
大庆油田有限责任公司 勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712)

**摘要:**运用 X 衍射手段准确鉴定了石油储层中的碳钠铝石矿物, 详细解析了其衍射曲线特征, 这在我国尚属首次。研究表明, 海拉尔盆地的碳钠铝石存在于火山凝灰岩或沉积凝灰岩中, 常与柯绿泥石和钠板石共生, 形成凝灰质蚀变的特征标型矿物组合。海拉尔盆地碳钠铝石矿物由典型的碱交代作用形成, 因为火山凝灰物质易于在碱性条件下蚀变。碳钠铝石交代斜长石晶屑可形成对油气富集贡献很大的次生孔隙, 构成某些地区的主体含油层段。

**关键词:**碳钠铝石; X 衍射; 柯绿泥石; 钠板石; 碱交代; 次生孔隙; 海拉尔盆地

**中图分类号:** TE135

**文献标识码:** A

碳钠铝石由加拿大矿物学家 J W Dawson (1820—1899) 于 1874 年首次发现<sup>[1]</sup>, 故其英文名称为 dawsonite, 最初译为片钠铝石。国内地质界鲜有涉及该矿物研究, 基本只有徐衍彬等人研究过海拉尔盆地碳钠铝石分布与油气的关系<sup>[2]</sup>, 但没有进行基本矿物学特征研究。国外研究者较多, Coveney 和 Kelly 以及 Metzger 等分别对加利福尼亚含金石英脉流体包裹体中的子矿物碳钠铝石进行过 X 衍射和扫描电镜能谱分析研究<sup>[1]</sup>, Serna 等报道过碳钠铝石的激光拉曼和红外光谱特征模式<sup>[1]</sup>。

碳钠铝石成因经历了较长时间的争论。2000 年以前有 3 种说法, 第一种认为碳钠铝石是火成岩石的热液蚀变产物, 第二种认为碳钠铝石是火山物质受富 CO<sub>2</sub>、富碱热液作用而形成的沉积岩, 第三种观点由 Stankevich 和 Batalin, Corazza 等以及 Baker 等提出, 认为碳钠铝石可形成于与火成岩没有直接关系的宽广范围的沉积岩<sup>[1]</sup>。2003 年, 美国密歇根大学的 Mona-Liza C Sirbescu 和密苏里—哥伦比亚大学的 Peter I Nabelek 综合研究了加拿大、意大利、德国和美国等地碳钠铝石各类赋存岩石后认为, 碳钠铝石与不同类型的岩浆岩存在亲缘关系<sup>[1]</sup>, 应该说, 这种观点是比较切合实际的。

海拉尔盆地的碳钠铝石分布皆与火山物质有关, 尤其是火山凝灰岩和沉积凝灰岩, 由于研究难度巨大, 此类岩石早前曾被定为泥岩和砂岩。Corazza 等认为, 通过 X 衍射方法识别和鉴定碳钠铝石是困难的, 原因是碳钠铝石稀有、粒度小 (<20 μm) 和易碎<sup>[1]</sup>。然而海拉尔盆地的碳钠铝石并不稀有, 并且可以长成完好的针柱状晶体。经过长时间的试验分

析和综合研究发现, 碳钠铝石很容易通过 X 衍射识别定性, 辅助电子显微镜可精确鉴定。

## 1 X 衍射和扫描电镜特征

### 1.1 主要物理性质或光性

碳钠铝石 NaAl(CO<sub>3</sub>)(OH)<sub>2</sub>, 单斜晶系, 分子重 144.00 g/mol, 透明矿物, 无色或白色, 无多色性, 无磁性, 条痕白色, [110] 解理完全, 摩氏硬度 3, 玻璃—丝绢光泽, 易碎, 密度在 2.40~2.44 g/cm<sup>3</sup> 之间 (平均 2.42 g/cm<sup>3</sup>)。海拉尔盆地碳钠铝石常呈针状—似针状放射集合体交代斜长石晶屑或在孔隙中次生生。

### 1.2 X 衍射样品获得方式

海拉尔盆地碳钠铝石 X 衍射样品是在用斯托克沉降法提取粘土矿物的过程中意外得到的, 也就是说, 最初在粘土矿物的分析提取试验中本没有设计提取碳钠铝石。实际上, 在含有碳钠铝石的含油层段, 只要用斯托克沉降法提取粘土, 就可同时将碳钠铝石提取出来, 应该说碳钠铝石能与粘土矿物一同被提取出来, 正是取决于其易碎而且密度与粘土矿物相当的物理性质。

### 1.3 X 射线衍射曲线特征

按照  $d(I/I_0)$  表示方法 ( $d$  为晶面间距, nm;  $I/I_0$  为相对强度), 碳钠铝石的 X 射线衍射曲线有  $(5.65\sim 5.70)\times 10^{-1}$  nm (1),  $(3.385\sim 3.455)\times 10^{-1}$  nm (0.16),  $1.69\times 10^{-1}$  nm (0.14) 3 个主要特征峰。标准碳钠铝石主要特征峰  $d$  值趋近于  $5.66\times 10^{-1}$  nm, 其衍射峰角度 ( $2\theta$ ) 趋近于 15.65, 尤其重要的是, 相对强度 ( $I/I_0$ ) 为 1 的最主要特征

收稿日期: 2006-03-14; 修订日期: 2006-09-02。

作者简介: 孙彦达 (1967—), 男 (汉族), 黑龙江桦南人, 高级工程师、博士生, 专业方向为矿产普查与勘探。

峰在  $2\theta$  为 15.60~15.66 处,不与粘土矿物的衍射峰重叠。海拉尔盆地碳钠铝石和粘土矿物混合样品在 X 射线  $2\theta$  为  $0^\circ\sim 30^\circ$  的扫描区间内 15.60~15.64 处,可十分清晰地区分出  $d$  值为  $(5.65\sim 5.70)\times 10^{-1}$  nm (1) 的衍射峰, $d$  值为  $(3.385\sim 3.455)\times 10^{-1}$  nm (0.16) 的衍射峰也经常可以见到。

图 1 是海拉尔盆地巴 13 井碳钠铝石和粘土矿物混合样品 X 射线 EG 片衍射曲线,样品井深 1470~1472 m。在  $2\theta=15.64$  处  $d$  为  $5.6613\times 10^{-1}$  nm,  $I/I_0=1$ ; 在  $2\theta=25.78$  处  $d$  为  $3.4529\times 10^{-1}$  nm,  $I/I_0<0.16$ ,衍射峰强度较微弱但清晰可见,是标准的碳钠铝石系列衍射峰。在高角度处,可清晰分辨出与碳钠铝石共生的柯绿泥石和钠板石。在 EG 片衍射曲线上,柯绿泥石和钠板石分别呈整数基面衍射系列,柯绿泥石  $d(001)=31\times 10^{-1}$  nm,  $d(002)=15.5\times 10^{-1}$  nm,  $d(003)=9.2\times 10^{-1}$  nm (微弱); 钠板石  $d(001)=29.0\times 10^{-1}$  nm,  $d(002)=13.2\times 10^{-1}$  nm,  $d(003)=9.1\times 10^{-1}$  nm, 由于有部分无序伊/蒙间层混入,钠板石的  $d(002)$  衍射峰略小于  $14\times 10^{-1}$  nm。

#### 1.4 扫描电镜特征

图 2 是巴 13 井井深 1470~1472 m 处碳钠铝石

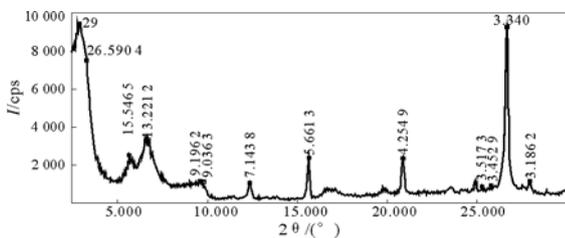


图 1 海拉尔盆地巴 13 井碳钠铝石与粘土矿物混合样品的 X 射线衍射曲线

Fig. 1 The X-ray diffraction curve of the mixed sample of clay mineral and dawsonite in Well Ba 13 in Hailaer Basin

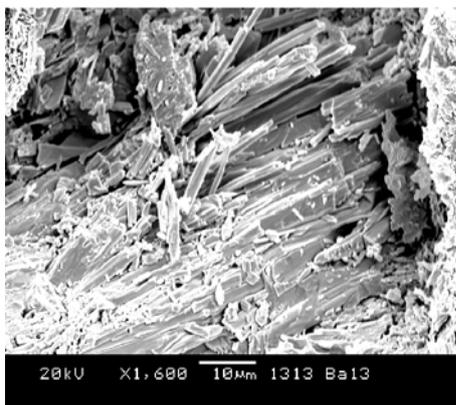


图 2 巴 13 井 1470~1472 m 处碳钠铝石形貌特征

Fig. 2 Characteristics of form and appearance of the dawsonite at 1470~1472 m in Well Ba 13

扫描电子显微镜形貌特征,能谱分析显示  $\text{Na}_2\text{O}$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  分别约为氧化物组成的 21.52 % 和 35.40 %。放大 1600 倍的图像非常清晰,可以看出,巴 13 井碳钠铝石单晶颗粒大小与 Corazza 等<sup>[1]</sup> 的研究结果有明显不同,交代斜长石的碳钠铝石单晶可以轻易长至 50  $\mu\text{m}$  以上,呈针柱状集合体。

## 2 地质意义

在碳钠铝石  $\text{NaAl}(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$  的氧化物成分比例中,  $\text{Na}_2\text{O}$  占 21.52 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  占 35.40 %,  $\text{CO}_2$  占 30.56 %,  $\text{H}_2\text{O}$  占 12.51 %。作为一种自生矿物,碳钠铝石形成于富碱金属钠和活性铝以及 pH 值呈碱性的环境中,有利地质背景下的火山凝灰岩或火山凝灰质沉积岩成岩蚀变是形成大量自生碳钠铝石的必要条件。

海拉尔盆地具有形成碳钠铝石的有利地质条件:中、晚侏罗—早白垩世时期由于地幔热隆张裂作用,使海拉尔盆地伸展拉张,形成断陷盆地;经历了多次构造运动,形成了极为复杂的断裂体系,基底大断裂发育,控制着本区浅部地层的构造演化和地层沉积格局;油藏受断块控制作用明显,布达特群油藏为断块控制的潜山块状油藏;断裂控制油气富集带,在拉张期作为油气运移通道,在挤压期又起到控制油藏边界的作用;凝灰质火山事件及其后续影响波及主要含油目的层布达特群(侏罗系)至南屯组(白垩系)的沉积地层。

在此背景下,受构造控制的海拉尔盆地深部流体在中晚期呈现碱性特征,并强烈作用于沉积地层。地层水分析表明,地层流体中  $\text{HCO}_3^-$  离子具有高矿化度特征,  $\text{HCO}_3^-$  离子含量往往占总矿化度(总矿化度一般在 1800~25000 mg/L 之间,均值为 8600 mg/L)的 45%~60%,地层水类型为碳酸氢钠型。通常  $\text{HCO}_3^-$  易于在碱性条件下形成并保留, pH 测量表明了这一点。海拉尔盆地现今地层水 pH 平均值为 8.5,最大值为 11.9,表明地层常常为碱性或偏碱性环境,有些是强碱性环境,而且这种碱性具有 pH 值碱性和碱金属高浓度碱性的双重特征。

在双重碱性条件下,火山凝灰岩或火山凝灰质砂岩及火山凝灰质泥岩发生强烈成岩蚀变。在构造发育的有利部位或随深度增加,碱交代溶蚀作用可能远远超过有机酸溶作用,在主要含油目的层(南屯组以下)形成特殊碱性混杂矿物共生组合,如碳钠铝石、方沸石、柯绿泥石、钠板石组合,伴随的强烈碳酸盐化导致菱铁矿或含铁方解石和白云石

等发育,黄铁矿化发育,这些矿物常常可以在同一层位共生出现,控制成岩物性分布格局。具有异常 CO<sub>2</sub> 超压的排气作用与碱金属和 pH 碱性条件导致形成大量的碳钠铝石矿物,在海拉尔盆地有些地区伴随形成了无机 CO<sub>2</sub> 气藏。

在 2005 年提交突破性石油储量的海拉尔盆地巴彥塔拉地区,碳钠铝石交代斜长石形成次生孔隙的发现具有重大意义。如巴 13 井 1 455 m 处铸体薄片特征(图 3)表明,碳钠铝石交代斜长石晶屑形成的次生孔隙中,铸膜孔可占 50% 以上。在整口井含油目的层的火山凝灰质取心段,皆发育碳钠铝石,且伴生碱性特殊粘土矿物柯绿泥石和钠板石,具有多期次的构造和碱性热液叠加作用<sup>[3]</sup>,该作用是次生孔隙形成的主控因素。

### 3 结论

海拉尔盆地石油地层中大量碳钠铝石的发现研究具有重要意义,证明碳钠铝石与碱性深部流体的 CO<sub>2</sub> 排气作用有关,而且碳钠铝石、方沸石、柯绿泥石、钠板石共生组合是火山凝灰质和典型沉积岩划界区分的标型矿物组合。在形成碳钠铝石的碱交代过程中,可形成对油气成藏具有重大意义的次生孔隙。双重碱性的交代作用是石油储层成岩作用研究的一个新发现,与超压条件下的深部流体作用<sup>[4]</sup>有关,其地球化学机理研究还在进一步深化中。

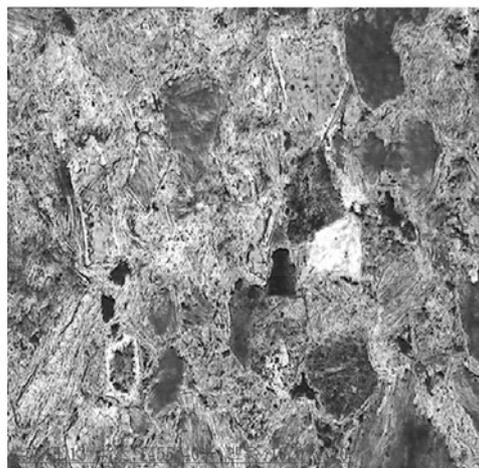


图 3 巴 13 井 1 455 m 处铸体薄片特征

Fig. 3 Cast slice characteristics at 1 455 m in Well Ba13

#### 参考文献:

- 1 Mona-Liza C Sirbescu, Peter I Nabelek. An inclusion mineral in quartz from Tin Mountain pegmatite, Black Hills, South Dakota [J]. *American Mineralogist*, 2003, 88(7): 1055~1060
- 2 徐衍彬, 陈平等. 海拉尔盆地碳钠铝石分布与油气的关系[J]. *石油与天然气地质*, 1994, 15(4): 322~327
- 3 周东升, 刘光祥, 叶军等. 深部砂岩异常孔隙的保存机制研究[J]. *石油实验地质*, 2004, 26(1): 40~46
- 4 于翠玲, 曾澍辉. 断层幕式活动期和间歇期流体运移与油气成藏特征[J]. *石油实验地质*, 2005, 27(2): 169~172

## CHARACTERISTICS OF DAWSONITE AND IT'S PETROLEUM GEOLOGIC SIGNIFICANCE IN THE HAILAER BASIN

Sun Yanda<sup>1</sup>, Zhang Minzhi<sup>2</sup>

(1. Geoscience college, China university of geosciences, Beijing 100083, China;

2. Exploration and Development Research Institute, Daqing Co. Ltd. Petro China, Daqing Heilongjiang 163712, China)

**Abstract:** The dawsonite in oil-bearing reservoir was identified accurately with X-ray diffraction method for the first time in China, and its diffraction characteristics was given in detail. Research shows that the dawsonite in Hailaer Basin exists in both the eroded volcano tuff and sedimentary volcano tuff, and is paragenous with corrensite and allevardite frequently. This paragenetic association is one of the typomorphic minerals of eroded volcano tuff and sedimentary volcano tuff. The dawsonite in the Hailaer Basin forms by typical alkaline metasomatism, because the volcano tuff is easily eroded under the alkaline conditions. The plagioclase alkaline metasomatism by dawsonite results in the formation of the secondary porosity contributing to the hydrocarbon accumulation, which constitutes dominating oil-bearing reservoir in some regions.

**Key words:** dawsonite; X-ray diffraction; corrensite; allevardite; alkaline metasomatism; secondary porosity; the Hailaer Basin