

海拉尔盆地碳钠铝石分布与油气的关系

徐衍彬 陈 平 徐永成

(大庆石油管理局勘探开发研究院)

海拉尔盆地碳钠铝石的形成与 CO_2 的分压有关, 含有碳钠铝石的井都分布于 CO_2 分压的高值区; 但却并非凡是 CO_2 气藏都含有碳钠铝石, 因为 CO_2 只是形成碳钠铝石的条件之一。 CO_2 为无机成因, 受控于燕山期的岩浆活动; 而岩浆活动又促进有机质的成熟向烃类转化。三者分布的依存关系表明, 根据碳钠铝石的分布, 可以预测油气和 CO_2 的有利勘探区。

关键词 海拉尔盆地 碳钠铝石 CO_2 气

作者简介 徐衍彬 男 32岁 工程师 石油地质

碳钠铝石最早见于加拿大蒙特利尔。后来, 陆续在澳大利亚、美国、坦桑尼亚及意大利等国发现。1966年, 杜韞华首次在胜利油田第三系砂岩中发现了这种矿物^[1]。自1986年以来, 海拉尔盆地亦相继在多口井内发现, 均分布在盆地的乌尔逊断陷内, 正与获得工业油流的4口井及获 CO_2 气流的4口井的分布相吻合。如何解释这种现象, 这种吻合意味着什么, 正是作者撰文的目的。

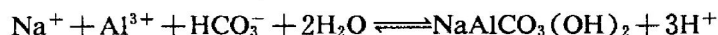
一、碳钠铝石与 CO_2 的关系

(一) 碳钠铝石的形成受控于 CO_2 气

碳钠铝石为含水的钠铝碳酸盐, 其理论分子式为 $\text{NaAlCO}_3(\text{OH})_2$ 。探区内主要发现两种晶形的碳钠铝石, 一种为放射的纤维状集合体, 另一种为杆状集合体。前者多见于岩屑砂岩的孔隙中, 或交代砂岩中的岩屑; 后者多见于长石砂岩作为长石的交代矿物。

当溶液中 $\text{pH}=7-10$ 时, 碳酸盐在水中的存在形式主要是 HCO_3^- , 若 CO_2 分压增大, HCO_3^- 含量亦相应增大。因此, 可以通过水中 HCO_3^- 的含量换算出地层压力状态下的 CO_2 分压。根据海拉尔乌尔逊断陷内井的水分析资料(包括地层水和地面水)计算 CO_2 分压的结果(图1), 含有碳钠铝石的新乌1井、乌1井、铜1井等的 CO_2 分压值大多落入高压区; 而不含碳钠铝石的井, CO_2 分压值均处于低压区。表明碳钠铝石的形成受控于 CO_2 分压的大小, 分压愈大对其形成愈有利。

碳钠铝石的形成受控于 CO_2 分压, 而高的分压又必须有高的 CO_2 含量。海拉尔盆地已有4口井获高含量 CO_2 气流(表1), 因此, 这种 CO_2 气完全可以在地层水中产生高的 CO_2 分压, 造成高含量的 HCO_3^- , 进而交代钠铝硅酸盐矿物形成碳钠铝石:



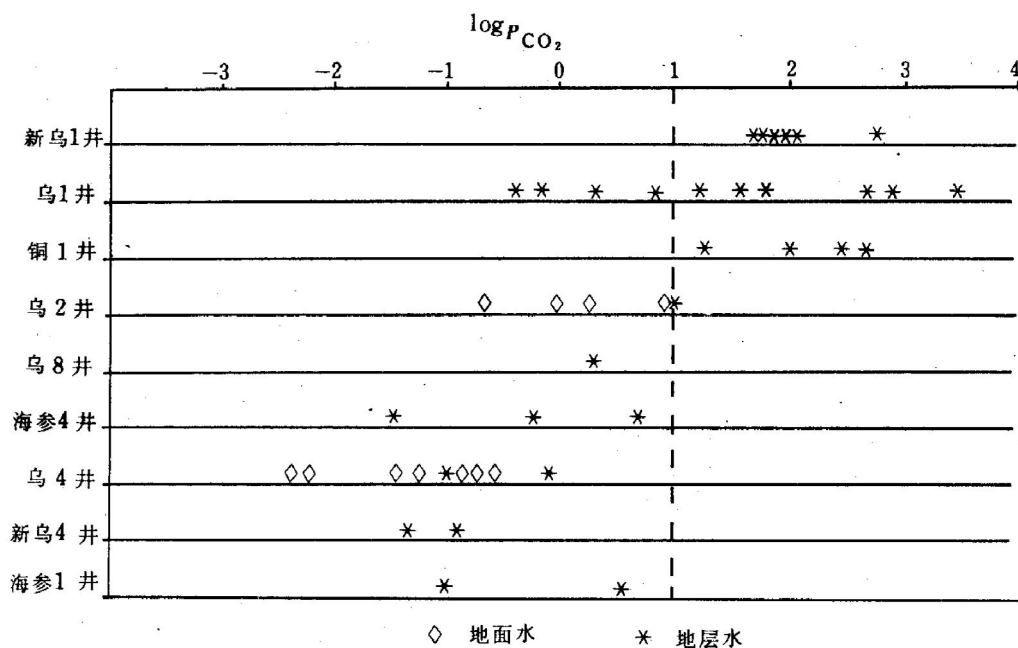


图1 乌尔逊断陷各井二氧化碳分压分布图 (据杨宝星*)

表1 海拉尔盆地天然气组分和 CO₂ 碳同位素数据表

井号	层 位	井 段 (m)	产量 (m ³ /d)	气 体 组 分 (体 积 %)										δ ¹³ C _{CO₂} (‰)	
				CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	C ₆ H ₁₄	CO ₂	N ₂	O ₂	He		H ₂
乌10	铜钵 庙组 (J _t)	1778.0—1810.0	105	4.043	0.191		0.065	0.049		93.602	2.207				
乌13	基岩 (P _z)	1732.5—1747.0	2233	20.219	1.419	0.946	0.33	0.078	0.089	65.262	11.553		0.04		—8.78
苏2	南屯组 (J _n)	1464.0—1490.75	2321	0.471						96.200	2.895	0.424	0.01	0.001	—8.2
新乌	南屯组 (J _n)	1557.2—1579.0	2300	5.95	0.59		5.98			84.51	2.47				

(二)碳钠铝石与 CO₂ 气藏分布的一致性

海拉尔盆地自生高岭石与自生碳钠铝石共生。高岭石通常在 pH 值为 6 的偏酸性水溶液中晶出,而碳钠铝石则形成于碱性介质中,这就表明水溶液中 pH 值是交替变化的。杜韞华^[2]推测其成因是:富钠铝的长石类矿物首先被交代形成碳钠铝石,因此消耗了大量的 CO₂,并使溶液中的 Al³⁺ 和 Na⁺ 相对较多,这时交代对象就转向云母和石英等。当 CO₂ 再次得到大量补充时,又可交代其它富钠铝矿物,如高岭石等,从而形成碳钠铝石。尚未耗尽的 CO₂ 则储集在含碳钠铝石的储层中。海拉尔盆地含碳钠铝石的 7 口井中(表 2),已测试 5 口井,其中 3 口井获得 CO₂ 气流(新乌 1、苏 2、乌 10)。但当圈闭受到破坏,如断裂活动、水动力活跃等,则导致 CO₂ 气由原地向压力低的方向运移。其结果一是储集到新的圈闭中,二是运移至地表而散失。具有较高含量碳钠铝石的铜 1 井、乌 2 井,产水而不产 CO₂ 就是水动力活跃和控制构造圈闭的断层不

* 杨宝星. 内蒙古自治区海拉尔盆地原大磨拐河组的成岩作用和孔隙演化特征. 大庆石油管理局勘探部, 1990.

具封闭性的结果。

表 2 海拉尔盆地含碳钠铝石探井试油状况统计表

井 号	深度或井段 (m)	层 位	产流体性质
乌 101	1727.20—1821.25	南屯组(J _n)	未 试
铜 1	1017.80—1283.76	南屯组(J _n)	水
新乌 1	1544.50—1667.08	南屯组(J _n)	CO ₂ 油 水
乌 2		南屯组(J _n)	水 层
铜 3	1452.0—1521.0	南屯组(J _n)	未 试
苏 2	1368.0—1450.0	南屯组(J _n)	CO ₂
乌 10	1811.0—1821.0	铜钵庙组(J _t)	CO ₂

但碳钠铝石的形成需具备三个必要的条件：一是有大量的 CO₂ 气；二是富含钠铝硅酸盐矿物；三是储层有一定的孔隙空间，为碳钠铝石这种成岩矿物的形成提供场所。由于碳钠铝石的形成受上述条件的限制，在已产 CO₂ 气的乌 13 井中就没有发现碳钠铝石。因此，碳钠铝石与 CO₂ 的分布有其一致性，但并非有一必有二，它们的共存有一定的因果关系，但又是条件的。

二、燕山期花岗岩与 CO₂ 有机质转化的关系

(一) CO₂ 气源于燕山期岩浆活动

判定 CO₂ 气的成因类型主要依据有两点，一是 CO₂ 的碳同位素值，二是 CO₂ 在气体组分中的含量，海拉尔盆地 $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ 为 -8.2‰—-8.78‰，CO₂ 在气体组分中占 65% 以上（表 1）。因此，该区 CO₂ 气属无机成因类型。

表 3 不同类型火成岩中气体含量

岩 石	气体总体积 (平均值)	气体组成平均值 (%)			
		CO ₂	H ₂ O	CO	CH ₄
喷出岩	2.0	66.0	19.4	12.3	2.3
玄武岩	3.6	64.6	19.9	13.8	2.5
安山岩	1.9	74.6	13.6	10.6	2.2
流纹岩	0.5	57.1	30.6	12.3	
侵入岩	3.8	25.5	67.6	4.5	2.5
辉长岩	2.3	16.6	77.4	3.7	2.3
闪长岩	3.0	12.0	80.6	3.2	4.3
花岗岩	5.2	33.4	59.5	5.2	2.3
辉绿岩	6.4	44.7	50.7	3.2	1.9
全部岩石	3.2	47.5	42.0	8.0	2.5

（据李志鹤，1989）

无机成因的 CO_2 气也有两种类型:一是岩浆作用成因。即岩浆从地壳深处或地幔往地表活动时,温度、压力随之降低,挥发分的溶解度明显减小,可析出大量 CO_2 气体。李志鹄^[3]对不同的火成岩样加热,放出的气体组分主要有 CO_2 和水蒸气(表3)。这种成因的 CO_2 气可以形成具工业价值的 CO_2 气藏,其 $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ 值一般为 0—10‰。二是碳酸盐岩热解成因,即岩浆烘烤碳酸盐岩使其分解成 CO_2 气;但火成岩凝固时的温度,不足以形成具有工业价值的 CO_2 气其 $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ 值一般大于 0‰^[3]。

从海拉尔盆地 $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ 值和 CO_2 在气体组分中的含量,以及该区深井中未发现碳酸盐岩地层三方面分析, CO_2 气属岩浆作用成因,即受控于燕山期岩浆活动。

(二)花岗岩的侵入促进有机质向烃类转化

海拉尔盆地是在古生界褶皱基底上发育起来的中生代裂谷盆地。侏罗纪、白垩纪时期,乌尔逊地区由于其西部大断裂的强烈拉张(图2)形成了西断东超的箕状陆源碎屑沉积体系。而后燕山期花岗岩体(γ_5)沿该断裂侵入到这套沉积岩系。

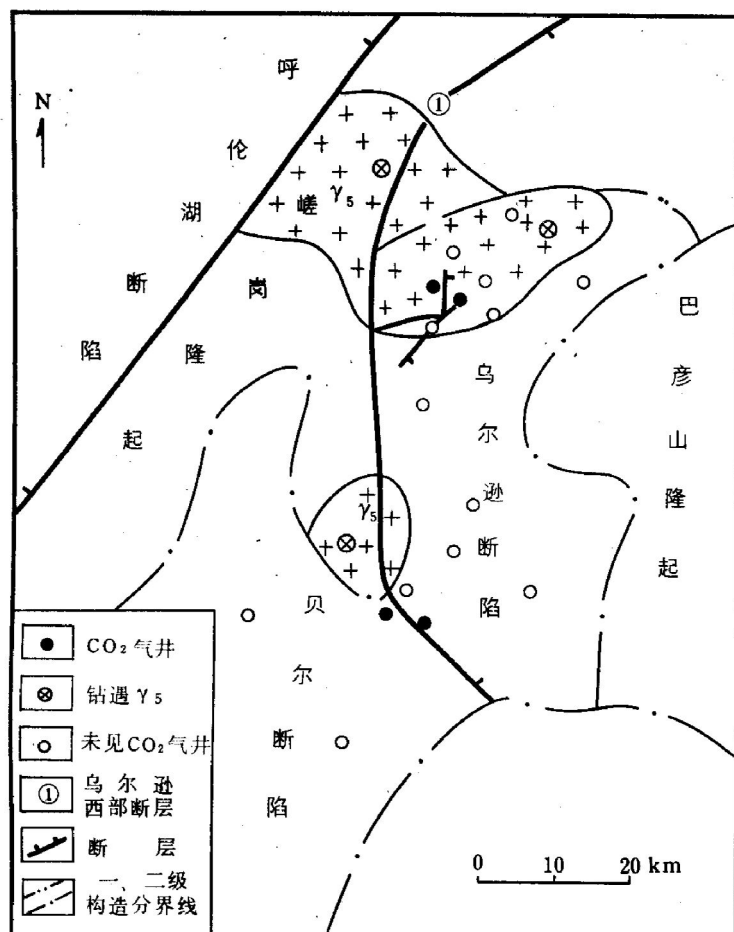


图2 乌尔逊断陷断裂及侵入体(γ_5)分布图

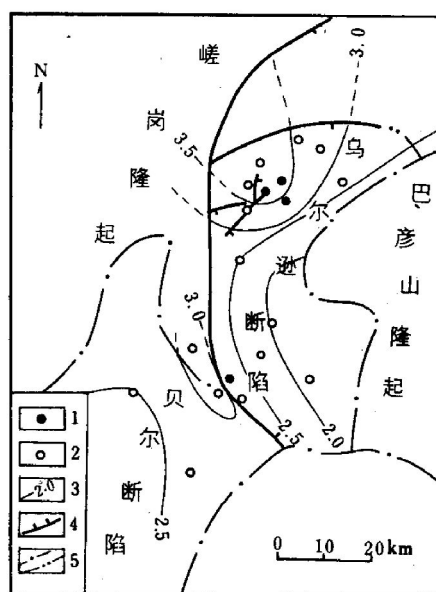


图3 乌尔逊断陷地温梯度等值线图

据重磁解释,乌尔逊西部断裂是一条深断裂。主体走向南北,倾向东,延伸长度超过 100 km。该断裂南北有两块燕山期花岗岩体(γ_5),北部分布面积约 550 km^2 (铜1井、M48孔钻遇),南部分布面积约 120 km^2 (M42孔钻遇)。所有 CO_2 气井及含碳钠铝石的井,均分布在花岗岩区及近花岗岩区(图2)。

海拉尔盆地,所有工业油流井与 CO_2 气流井均分布在乌尔逊断陷内。其中 3 口工业油流井(海参4、苏1、新乌1井),位于乌尔逊北部的 γ_5 分布区,一口井(乌4井)临近南部的 γ_5 分布区(图3);而远离 γ_5 分布区的探井均未获工业油气流,原因在于乌尔逊断陷暗色泥岩体积、有机质丰度、类型,虽然优于其它断陷,但平均地温梯度只有 2.38 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$,有机质

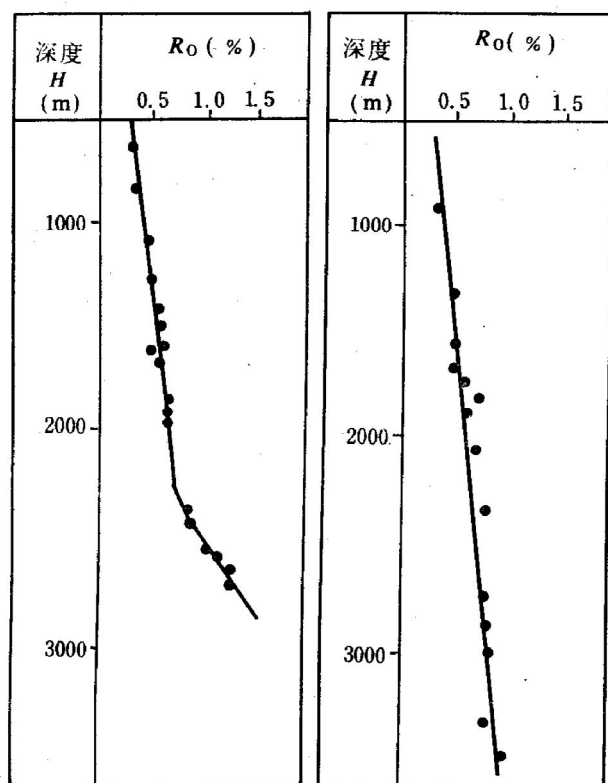


图4 海参4井 R_o - H 关系图 图5 海参1井 R_o - H 关系图

处于低成熟阶段,只有北部及南部 γ_5 侵入区形成局部地温梯度高值区,方能促进有机质向烃类(主要指石油)的转化。依据是:

(1) 乌尔逊地区现今地温梯度高值区与 γ_5 侵入体分布一致(图3)。产生这种高异常地温的原因,可能是 γ_5 中放射性元素的衰变释放出较周围岩石高热量的缘故。

(2) 乌尔逊地区 γ_5 分布区的探井镜质体反射率,具有突然迅速增大的特点(图4);而远离 γ_5 分布区的探井,镜质体反射率则随地层埋深逐渐增大(图5)。

碳钠铝石、 CO_2 、燕山期花岗岩三者的关系表明,根据碳钠铝石的分布可以预测油气和 CO_2 气藏的有利区。

四、结 论

(1) 海拉尔盆地碳钠铝石形成与 CO_2 气有关,碳钠铝石分布区是寻找 CO_2 气的有利地区。

(2) 海拉尔盆地高含量的 CO_2 气是深源气,属无机的岩浆作用类型,其分布受燕山期 γ_5 花岗岩体控制。

(3) 海拉尔盆地燕山期 γ_5 花岗岩体侵入沉积地层,促进了周围有机质向油转化。

(4) 碳钠铝石分布区是油气的富集区,亦是寻找 CO_2 气及天然气储层的标志矿物。

参 考 文 献

- 1 杜韞华. 一种次生的片钠铝石. 地质科学, 1992, (4): 434—436
- 2 杜韞华. 具二氧化碳气顶储层的成岩研究. 石油与天然气地质, 1985, (1): 91—94
- 3 李志鹤. 火山喷气热液的化学组成和铁在热液中的性状. 地质地球化学, 1980, (1)

NaAlCO₃(OH)₂ DISTRIBUTION AND ITS RELATIONSHIP WITH OIL AND GAS IN HAILAR BASIN

Xu Yanbin Chen Ping Xu Yongcheng

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Daqing Petroleum Administration)

Abstract

The formation of NaAlCO₃(OH)₂ in the Hailar Basin was related to CO₂ pressure, and all NaAlCO₃(OH)₂-bearing wells are distributed in high value areas of CO₂ pressure. But it is a fact that not all CO₂ reservoirs contain NaAlCO₃(OH)₂ since CO₂ is just one of the factors to form this minerals. The CO₂ in the basin is of inorganic genesis and was dominated by Yenshan magmatic activity while magmatic activity impelled organic matter to mature and evolve. According to the coexisting relationship between CO₂, NaAlCO₃(OH)₂ and hydrocarbon, and the distribution of NaAlCO₃(OH)₂, target areas of oil and gas as well as CO₂ exploration could be predicted.