

未成熟碳酸盐生油岩地球化学特征初探

徐伟民

(石油工业部江苏油田地质科学研究院)

江苏句容盆地继下青龙组(T_1x)碳酸盐岩产层中发现自生自储的低—中等成熟度原油之后^[1], 又在上覆上青龙组(T_1s)见到未成熟的碳酸盐生油岩。这种在地质时代相对较老的早三叠世中见到未成熟碳酸盐生油岩的情况, 国内尚属首次发现, 值得引起重视。本文主要应用烃类组成、岩石热解色谱、烷烃气相色谱、干酪根红外吸收光谱和镜质体反射率等分析成果, 对未成熟碳酸盐生油岩的地球化学特征及其地质成因进行探讨。

一、地质背景及样品选择

句容盆地位于江苏省南部, 隶属于扬子准地台的苏南隆起区, 是一个中生代燕山期断—拗含油气盆地。早三叠世时为陆棚较深水—较浅水海域, 末期伴随印支运动海水逐渐退出, 普遍上升为陆, 结束了中、古生代海侵的历程。由于长期处于浅水陆表海的沉积环境, 原始沉积厚度薄, 其后又经历了多期多幕的构造运动, 多次的隆起出露对上覆地层以至下三叠统本身的严重剥蚀。下三叠统碳酸盐生油层最大古埋藏深度在构造凸起部位大部比较浅, 实测地温梯度每百米也仅 2.7°C , 因而有机质及其生成的烃类热演化程度相对比较低。

本文中代表性样品采自该局部构造, 其中1—R样品, 岩性为灰色泥晶灰岩, 干酪根显微镜下观察以粒状、絮棉状结构为主, 属于腐泥型, 其余样品分别为腐泥型和混合I型。根据区域地质发展史及最大沉积厚度, 结合钻井揭示的厚度, 恢复生油层在地质历程中的埋藏演变史, 查康南的时间—温度关系曲线, 得到各层系大量生油的临界温度, 减去地面年平均温度 15°C , 除以地温梯度每百米 2.7°C , 获得各生油层系生油门槛深度。由于下三叠统生油层系生油期晚, 可将其现地温梯度视作近似古地温梯度, 由此得知下青龙组(T_1x)生油层迟至晚白垩世才大量生油, 当时最大埋藏深度约2200米左右, 地温约 74°C (见图1)。上覆上青龙组(T_1s)上部生油层基本上未到达生油门槛深度, 尚属于未成熟热演化阶段。

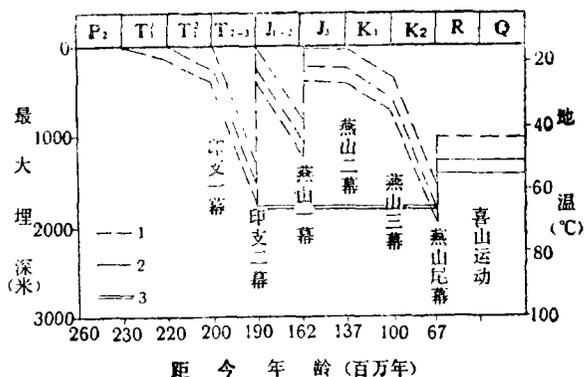


图1 句容盆地生油岩埋深演变史示意图

1.未成熟 2.成熟 3.生油门槛深度

二、结果讨论

1. 氯仿沥青“A”族组份特征

从本区不同成熟度碳酸盐生油岩的有机质组成可见(表1),由未成熟到成熟到成熟阶段,族组份中总烃含量由低到高到稍低,进入成熟阶段后,总烃含量均大于50%;非烃加沥青质含量相应地由高到低到稍高,其中非烃含量总的变化趋势为持续降低,在排除次生氧化条件下,未成熟阶段的非烃含量高达近46%。亨特和贾米森(1956)认为部分石油是在沉积物埋藏后,由非烃有机质的还原作用形成的。由此可见,未成熟碳酸盐生油岩的地球化学特征比较突出的表现是总烃含量较低,非烃含量较高。

表1 不同演化阶段碳酸盐生油岩有机质组成表

演化阶段	样品号	井号	井深(米)	层位	族组成(%)				总烃(%)	非+沥青(%)	转化率	
					饱	芳	非	沥			"A"/C	HC/C
未成熟	1-R	J _b -1	658—660	T ₁ ²	30.31	6.88	45.94	9.38	37.19	55.32	9.7	3.6
成熟	2-R		784—785	T ₁ ¹	55.79	12.45	20.17	5.58	68.24	25.75	20.3	13.8
	3-R	631—634	60.00		10.00	13.50	3.00	70.00	16.50	28.3	19.9	
高成熟	4-P	R-3	1602—1605	P ₁ ¹	30.56	22.57	18.75	19.44	53.13	38.19	2.1	1.7

2. 岩石热解色谱特征

最高热解峰温(T_{max})值相当于干酪据热解时,得到烃类最大值的温度,此温度的高低是有机质热演化程度的表征。一般认为生油门槛值 T_{max} 为430或435℃,435—455℃属成熟带,455—465℃为高成熟带。1-R样品 T_{max} 值仅416℃,位于同一个局部构造同一层位(T_1S)的J_c-2井546—749米的五块灰岩样品,热解色谱测定结果, T_{max} 平均值也仅421℃,均表明属于未成熟热演化阶段。进入成熟阶段的样品2-R、3-R其 T_{max} 值

分别为435℃和437℃。到高成熟阶段4-R样品， T_{max} 值高达486℃。

3. 烷烃气相色谱特征

有机质随着热演化程度的加深，正烷烃色谱由双峰形态或者具有显著数量的长链烷烃分布，逐渐变成比较平滑的单峰形态和以短链烷烃为主的分布；奇偶优势逐渐消失、OEP值最终接近1，以及类异戊二烯烷烃含量减低。

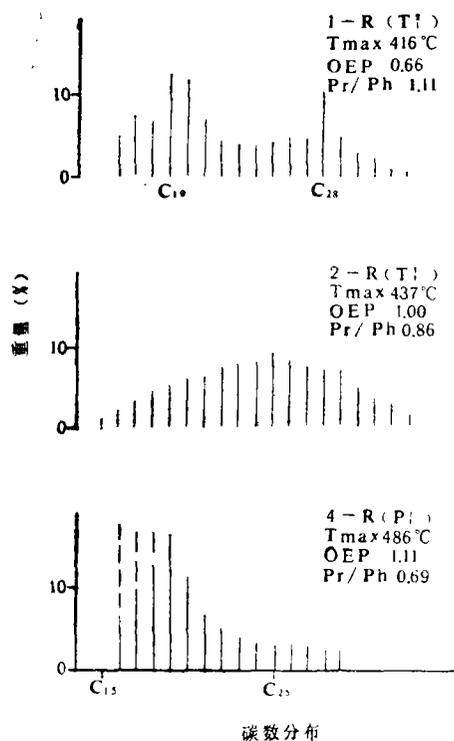


图2 正烷烃碳数分布示意图

图2是本区一个比较典型的碳酸盐生油岩热演化序列。1-R样品碳数分布呈双峰形态，在分子量的长链烷烃部分围绕 C_{28} 有一个较高含量的分布，在中等链长烷烃部分围绕 C_{10} 具有另一个高含量的分布。OEP值仅0.66，偶碳优势的极低，表明它未经历显著的热演化，有机质应属于比较不成熟类型。4-R样品由于长链烷烃不断裂解和新形成大量低分子量烷烃的稀释，使高含量的正烷烃分布集中在低分子量的一段，谱线呈凹型滑地向高分子量端迅速降低，反映具有比较高的成熟度。其余样品则介于上述两者之间，处于比较成熟阶段⁽³⁾。姥鲛烷和植烷比值 (pr/ph) 随着热演化程度的加深，由上青龙组 (T_{1s}) 的1.11降低至下青龙组 (T_{1x}) 的0.86直至栖霞组的0.69，这与其它地区中古生界碳酸盐生油岩分析结果相一致。

4. 干酪根的红外吸收光谱特征

图3表示本区类型相近、成熟度不同的灰岩干酪根样品的红外吸收光谱特征。其中令人感兴趣的是1-R样品，反映非烃含氧基团酮、醛、酯中 $C=O$ 基的 $1710cm^{-1}$ 吸收峰较强，并且大于芳核结构 $C=C$ 基的 $1600cm^{-1}$ 吸收峰，说明在热降解作用下，干酪根以消耗氧元素为主，产物主要是 CO_2 和 H_2O ，只有少量烃生成。这种地球化学特征除地面露头氧化样品外，通常仅见于腐泥型干酪根在进入生油门槛前的未成熟阶段，它与大庆研究院用四种不同类型干酪根的室内热模拟试验结果相一致⁽¹⁾。

5. 镜质体反射率 (R^0)

由于碳酸盐岩镜质体颗粒稀，少1-R样品测定的 R^0 值变化也较大(0.38—2.05%)。考虑受老地层的干酪根再沉积作用的影响，其中最小值0.38%似乎与其它热变参数相一致。

综上所述，未成熟碳酸盐生油岩具有族组份中饱和烃含量较低、非烃含量高达46%

1) 李永康等，陆相油气形成过程中的某些有机地球化学特征 (I)，陆相油气形成与演化论文集，大庆科学研究院，1982年。

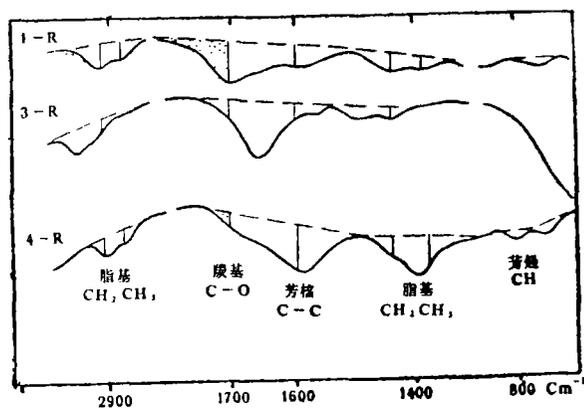


图3 干酪根随埋深演化示意图

最高热解峰温416—421℃，碳数分布呈双峰形态，OEP值仅0.66，反映非烃的 1710 cm^{-1} 吸收峰强，并且大于芳核结构的 1600 cm^{-1} 吸收峰，镜质体反射率 R^0 值小等地球化学特征。

四、结 语

生油岩中有机质热演化程度的深浅，主要受“温度”即生油层最大古埋藏深度所控制，“时间”属于次要因素。在一定的地质条件下，时代相对较老的生油

层，其有机质仍有可能处于未成熟—低成熟热演化阶段。我国震旦纪至三迭纪均有海相碳酸盐生油岩广泛分布，由于地质背景不同，既有部分过成熟区，也有成熟地区，甚至部分层系尚可能处于未成熟阶段。不同演化阶段，当具备油气保存条件时，是可能形成中、古生代原生气藏的。通过进一步的深入研究，解放思想，开阔视野，定能开创碳酸盐岩分布地区的油气勘探新局面。

(收稿日期：1985年10月15日)

参 考 文 献

- [1] 徐伟民，句容拗陷青龙群原油演化特征及找油方向探讨，石油实验地质，第四卷第一期，1982年。
- [2] B.P.蒂索等，郝石生等译，石油的形成和分布，石油工业出版社，1982年。
- [3] 徐伟民、李任伟等，江苏句容二叠、三叠系中有机质热演化研究及其意义，地质科学，第一期，1985年。

AN APPROACH TO THE GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF IMMATURE CARBONATE SOURCE ROCKS

Xu Weimin

(Geological Research Institute of Jiangsu Oil Field,
Ministry of Petroleum Industry)

Abstract

After the crude oil of low-middle maturity, which generated and accumulated in situ, was found in the carbonate source bed of the Lower Qinglong Formation (T_{1x}), Jurong Basin of Jiangsu, immature carbonate source rocks are also found in Upper Qinglong Formation (T_{1s}). Such a discovery of immature carbonate source rocks in Lower Triassic, which relatively is rather old in geological time, is the first time in China, and it merits geologists attention.

Analytical data of the composition of hydrocarbon compounds, pyrolysis GC of rocks, GC of alkanes, IR of kerogens, and R^o are used to reveal the geochemical characteristics of the immature carbonate source rocks and the geological origin.