

一种特殊的陆相生油岩有机质 成烃演化模式

耿安松 傅家谟 盛国英 刘德汉

(中国科学院地球化学研究所广州分部)

陈义贤

(辽河石油勘探局)

提要 大民屯凹陷下第三系生油岩中Ⅲ型有机质的成烃演化不完全遵从经典的成油理论。其成熟度随埋深增加缓慢,热解油的族组成与实验温度之间无明显的关系,产油率曲线平缓,成油演化无明显的阶段性和明显的生油高峰,生油带宽,生油下限出现很晚。文中对其成烃演化的特殊性作了阐述。

关键词 生油 成烃演化 陆相有机质 热模拟实验

第一作者简介 耿安松 男 32岁 博士、助理研究员 有机地球化学

六十年代中期以来,关于有机质在一定深度才开始大量转化成油的研究取得了重要进展,并由此逐渐形成了干酪根热降解成油理论,Tissot和Welte(1978)对此进行了讨论和总结,该理论强调温度和时间是导致有机质成油的主要因素,并为大量的研究和生产实践所证实。最近,笔者在研究大民屯凹陷下第三系生油岩时,发现其中Ⅲ型有机质的成烃演化不完全遵从上述成油理论,本文对这种特殊的有机质成烃演化模式作了初步的探讨。

一、地质地球化学背景

大民屯凹陷是辽河断陷北部的一个次级构造单元,位于沈阳市以西15km左右。凹陷内沉积岩总厚度达6600m,区域性生油岩主要是下第三系沙河街组沙三段和沙四段。

沙三段有机碳含量分布范围为0.94—7%,平均3.04%,Ⅱ型和Ⅲ型有机质各占一半;沙四段有机碳含量分布范围为0.96—10.49%,平均2.15%,有机质类型主要是Ⅲ型。凹陷内这种Ⅲ型干酪根的显微组分大致为无定形体10—20%,镜质体30%左右,菌解镜质体50%左右,丝质体小于5%(耿安松等,1991)¹。

凹陷内有机质演化的一个显著特点是熟化速率较慢,在深度(D)为1400—3400m范围内镜质组反射率(R')值分布范围为0.37—0.86%,两者的回归关系为 $R' = 0.00019D + 0.095$ ($n = 50$, $r = 0.82$),该式表明尽管大民屯凹陷的地温梯度较高(约

¹中国科学院地球化学研究所有机地球化学国家重点实验室研究年报(待刊)

4℃ / 100m)，但有机质的熟化确实很慢，深度每增加 1000m， R_o 值仅增约 0.2%，这就使得凹陷内的生油岩具有很宽的生油带。这一特征明显不同于其它油气盆地中生油岩的有机质。

二、凹陷中Ⅲ型生油岩有机质成烃性能和演化模式

采用封闭体系和半封闭体系实验模拟了生油岩的成烃性能，前者是将样品装入安瓿瓶中抽真空后封闭，恒温加热 100 小时，后者则采用热压装置（傅家谟等，1990）恒温加热 50 小时，其实验温度-时间与镜质组反射率的关系见表 1。

表 1 实验温度-时间与镜质组反射率的对应关系

Table 1 The correlation of vitrinite reflectance with temperature-time of thermal simulation

样品	温度 (℃)		时间 (小时)						
	150	200	250	300	350	400	450	500	
R_o (%)	100	0.6	0.663	0.69	1.07	1.46	1.95	2.55	3.73
	50		0.68	1.03	1.37	1.9	2.49		

* 原始样品 R_o (%) = 0.55

各样品在不同热演化阶段的热解产气率分布范围为 84.35—1939.3m³ / t · TOC，高于相同热演化阶段原油和煤的热解产气率（耿安松等，1991）¹，总的来说烃类气体的比例都不大（表 2），但非烃气体与烃类气体之比随演化程度上升呈指数下降。各样品在不同热演化阶段的热解产油率分布范围为 6.22—56.56kg / t · TOC，与褐煤的热解产油率相近（耿安松等，1991）。产油率曲线总的来说形态比较平缓，低演化阶段和高演化阶段的热解产油率相近，即使在生油高峰期产油率的增加也不是很显著，这一点在半封闭体系实验结果上表现得更为清楚，其热解产油率曲线几乎为一水平线（图 1）。

通常石油中的非烃组分随演化程度的增高而减少。大民屯凹陷下第三系生油岩有机质热演化过程中所生成的可溶有机质的族组成也随实验温度的变化而变化，但没有明显的规律性，大部分产物的族组成都以富非烃和沥青质为特征，在三角图上沿非烃+沥青质含量变化方向分布，而在烷烃和芳烃端员上没有明显的变化趋势（图 2），表明这种Ⅲ型生油岩有机质热解产物的族组成与演化程度（成熟度）之间没有明显的关系，实际生油岩样品氯仿沥青 A 的族组成与此相似，也以富非烃和沥青质为特征（耿安松等，1991。）¹这是这种Ⅲ型生油岩生烃性能的又一个显著特点。

¹中国科学院地球化学研究所有机地球化学国家重点实验室研究年报(待刊)

表2 生油岩热解产气率($\text{m}^3/\text{t}\cdot\text{TOC}$)和产油率($\text{kg}/\text{t}\cdot\text{TOC}$)

Table 2 Potential of gas and oil generation of source rock by heating

样品	温度 产物	150	200	250	300	350	400	450	500
		全气	84.35	167.83	396.52	789.57	934.78	1206.0	1187.8
LD30	烃类气		0.1	1.25	10.48	87.12	195.16		
	油	46.81	26.2	48	56.11	25.17	23.66	13.22	47.36
	全气	117.91	201.99	314.93	776.62	1301	1515.4	1542.7	1939.3
LD42	烃类气		0.14	1.16	8.45	79.28	159.85	193.82	206.53
	油	16.03	13.47	28.41	56.56	23.65	17.16	22.86	19.89
	全气	118.6	229.65	303.49	811.05	1122.0	1265.7	1380.2	1659.8
LD73	烃类气		0.22	1.76	9.47	67.07	199.64	182.33	229.9
	油	13.79	6.22	21.88	47.31	20.29	15.63	15.33	11.58
	全气	106.95	199.82	338.31	792.41	1119.2	1329.0	1370.2	1778.5
平均	烃类气		0.15	1.39	9.47	77.82	184.88	188.13	226
	油	20.2	10.81	23.29	34.47	15.15	13.1	9.52	19.65
LD30*	油			28.26	28.7	31.74	31.08	34.57	

* 半封闭体系模拟实验结果

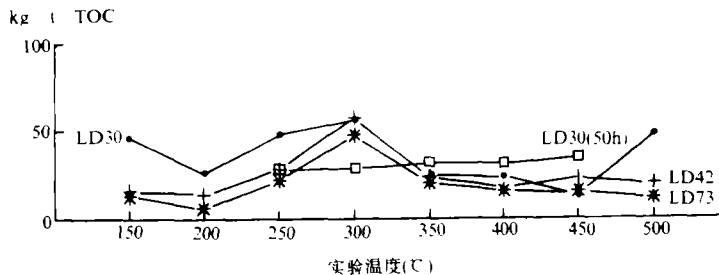


图1 生油岩热解产油率

Fig. 1 Potential of oil generation of source rock by heating

大民屯凹陷下第三系Ⅲ型生油岩有机质的成烃演化是一种较特殊的成烃演化模式(图3),与典型的Ⅲ型生油岩有机质的成烃模式(喀麦隆杜阿拉盆地白垩系, Albrecht等, 1976; 柴达木盆地旱2井, 黄第藩等 1984)相比,有几个明显不同之处:

1.是典型的Ⅲ型有机质成烃演化有很明显的阶段性和生油高峰,而且生油高峰时产油率数倍于非高峰期;

2.典型的Ⅲ型有机质有清楚的生油下限,生油高峰期一过其生烃能力迅速降低。而大民屯凹陷下第三系Ⅲ型有机质成烃演化既无明显的阶段性和明显的生油高峰,也没有明显的生

油下限，生油阶段持续较长，生油带宽，生油下限出现很晚。

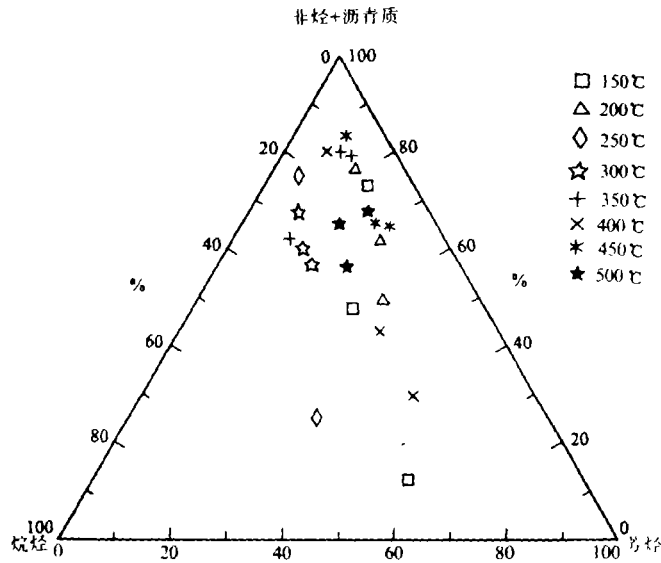


图 2 热解油的族组成(%)

Fig. 2 The group section of oil generated from source rock by heating

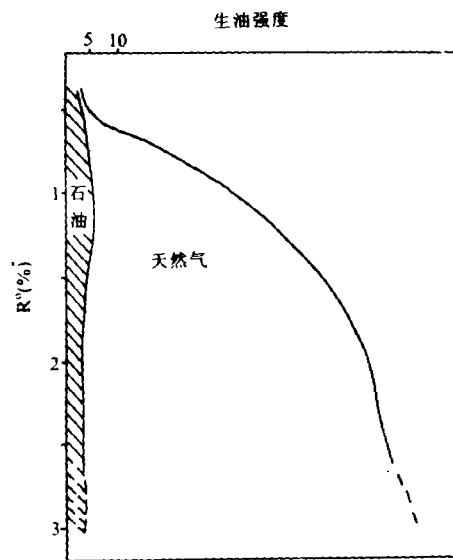


图 3 大民屯凹陷下第三系 III 型生油岩有机质成烃演化模式

Fig. 3 The pattern of hydrocarbon generation and evolution of type III organic matter in Damintun depression

3. 通常的石油演化阶段在 $R_o = 1.3\%$ 以后为凝析油和湿气阶段, 而在 $R_o = 2\%$ 以后即进入干气阶段, 已不再产油 (Tissot 和 Welte, 1978)。而大民屯凹陷下第三系 III 型有机质不仅热解产物的族组成与演化程度无明显关系。而且其烷烃组分也没有随热演化程度增高而主峰碳前移的特征, 说明高演化阶段的油并非是真前面演化阶段所产出的油的裂解残余, 而是直接从干酪根中降解出来的。另外, 在演化程度达 $R_o = 2\%$ 之后仍有一定的产油能力 (产油率约为生油主峰期的 30—40%)。

无明显生油阶段的现象在煤的成烃演化研究中已有报道 (傅家谟等, 1990), 但在生油岩中尚属初次见到, 其内在机制还需进一步详细研究, 但这种成烃演化模式应引起足够的重视, 以便对含这种 III 型有机质的沉积盆地的油气资源做合理的评价。

张惠之同志协助完成模拟实验, 谨此致谢。

参 考 文 献

- (1) 傅家谟, 刘德汉, 盛国英等, 1990. 煤成烃地球化学. 科学出版社, 37—51页, 252—286页。
- (2) 黄第藩, 李晋超, 周嘉虹, 顾信章, 张大江, 1984. 陆相有机质演化和成烃机理. 石油工业出版社, 184—186页。
- (3) Albrecht P. et al., 1976. *Geochem Cosmodem. Acta.* V40. P.791—799.
- (4) Tissot B.P. and Welte D.H., 1978. *Petroleum Formation and Occurrence.* Springer-Verlag, Berlin.

An Peculiar Pattern of Hydrocarbon Generation and Evolution of Terrestrial Organic Matter

Geng Ansong Fu Jiamo Sheng Guoying Liu Dehan

(Guangzhou Branch of Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences)

Chen Yixian

(Petroleum Exploration Bureau of Liaohe Oilfield)

Abstract

The potential of hydrocarbon generation of Eogene source rock in Damintun depression, Liaohe oilfield, were systematically studied. Among them the type III organic matter is of following several features. Firstly, the maturation rate of it is slow. An increment of 1000m in burial depth only corresponds to an increment of 0.2% in vitrinite reflectance according to the regressive equation. So the oil generation zone of the source rock is very wide. Secondly, no obvious relationship between the group section of the liquid products of thermal simulation and the evolution degree of the organic matter exists. The products is rich in resin and asphaltene. This is similar to that of bitumen A of the source rock. Finally, no remarkable difference of the potential of hydrocarbon generation appear at different evolution stages. No obvious stages and peak of hydrocarbon generation occur. The period of hydrocarbon generation last quite long. The deadline of oil generation is beyond $R_o = 2\%$. All of the features mentioned above show that type III source rock in Damintun depression is of a really peculiar pattern of hydrocarbon generation, which differs from the traditional ones.