

文章编号: 1001-6112(1999)02-0175-0005

D 型菌解无定形体和 B 型微粒体的热模拟实验研究

安娜 夏燕青 妥进才 惠荣耀

(中国科学院兰州地质研究所, 甘肃兰州 730000)

摘要: 本文采用快速热模拟实验方法, 对菌解无定形体 D 和微粒体 B 含量达到 76.50% ~ 93.88% 的干酪根样品进行热模拟实验, 并着重讨论其热演化生烃规律及对成烃的贡献。实验结果表明, 菌解无定形体 D 的液体烃产率较高, 微粒体 B 的气体烃产率最大。所有实验样品的产烃峰期均发生在 R_o 值相当于 0.70% ~ 1.00% 时, 产气峰期略滞后, R_o 值约为 0.8% ~ 1.00%。烃类组分为 $C_1 - C_{17}$, 因此菌解无定形体和微粒体 B 是形成天然气和凝析油的重要显微组分之一。

关键词: D 型菌解无定形体; B 型微粒体; 热模拟实验

中图分类号: P599 文献标识码: A

1 采样与实验

泥岩采自准噶尔盆地东部下侏罗统三工河组和上二叠统平地泉组; 煤岩采自该盆地南缘北山煤矿下侏罗统八道湾组, 其基本面貌特征见表 1。泥岩经干酪根处理后过重液; 煤岩镜质组和壳质组用重力浮选法富集得来。

有机岩石学鉴定使用原西德产 Leica MPV

型显微光度计, 反射率测定为 50 倍油浸物镜, 测点数超过 25 ~ 30 点, 随反射率分布稳定程度而定, 并经人工校正。显微组分定量采用反射荧光与反射白光相结合的方法, 统计点数为 2500 点。

热模拟实验在澳大利亚 SGE 热解仪与 HP-5890 型气相色谱仪组合成的热模拟分析仪上完成, 样品管为石英玻璃管, $C_1 - C_5$ 分析色谱柱为 DC200 填充柱, 柱长 10 英尺, 色谱条件: 2 /min, 300 ~ 600 , 温度点间隔 100 , C_6^+ 分析色谱柱

表 1 供试验样品的基本面貌特征

Table 1 Basic characteristics of samples for the experiment

序号	井号	岩性	层位	深度 (m)	母质类型	R_o (%)	干酪根有机显微组分含量 (%)				
							菌解无定形体或微粒体含量	镜质组	壳质组	惰性组	藻类组
1	H262	黑色泥岩	P _{2p}	1573.20		0.75	84.90(BA)	1.20	6.60	4.80	2.50
2	F4	深灰色泥岩	J _{1s}	3758		0.56	76.50(BD)	2.50	17.80	3.20	/
3	C006	深灰色泥岩	J _{1s}	2333	B	0.62	93.88(BD)	2.04	1.02	3.06	/
4	C006	深灰色泥岩	J _{1s}	2339	B	0.74	83.95(MB)	6.17	4.94	4.94	/
5	北山	煤岩	J _{1b}	50		0.39	/	96.00	2.60	1.40	/
6	北山	煤岩	J _{1b}	50		0.39	/	12.80	86.00	1.20	/

注: BA: 菌解无定形体 A; BD: 菌解无定形体 D; MB: 微粒体 B

收稿日期: 1998-04-25

作者简介: 丁安娜(1946-), 女(汉族), 北京人, 副研究员, 主要从事有机地球化学研究

为弹性石英毛细柱, 50m × 0.2mm, 4 /min, 350 和 600 两个温度点, 每个温度点恒温 30min。

2 结果与讨论

2.1 气体烃产物及产率

以 D 型菌解无定形体和 B 型微粒体为主的干酪根, 产气始于 300 (根据模拟实验温度及钻孔地温梯度确定的 R_o 0.50% ~ 0.80%), 500 (R_o 0.70% ~ 1.00%) 达到峰值, 至 600 (R_o 0.80% ~ 1.10%) 产率降低, 大于 600 ($R_o > 1.10%$) 产气趋于结束。就气体烃产率而言, 微粒体 B > 菌解无定形体 A > 壳质组 > 镜质组 > D 型菌解无定形体, 与其它组分相比, 在产气高峰期, 微粒体 B 的产率最大, 可达 61.764ml/g · Corg., D 型菌解无定形体最低, 为 21.607ml/g · Corg. 和 26.129ml/g · Corg., 壳质组为 40.104ml/g · Corg., 镜质组为 36.340ml/g · Corg. (图 1)。

气体组分为 $C_1 - C_5$, 以 C_1 为主。温度升至 500 时, C_2^+ 组分分布范围拓宽, 随着甲烷产率的增加, $C_2 - C_5$ 重烃气产率亦增加。300 ~ 500 , 产出气体干燥系数变化范围, 菌解无定形体和微粒体 B 在 0.5 ~ 1.2 之间, 镜质组和壳质组在 0.7 ~ 2.4 之间。至 600 , 干燥系数迅速增大, 为镜质组 (32.173) > 微粒体 B (20.949) > 菌解无定形体 A (17.162) > 菌解无定形体 D (13.421) > 壳质组 (12.355) (图 2)。

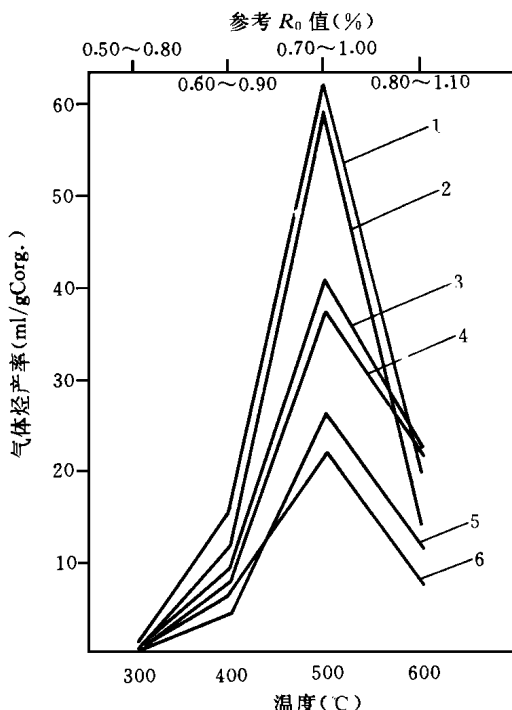


图 1 $C_1 - C_5$ 气体烃总产率分布图

- 1. C006 井微粒体 B; 2. H262 井菌解无定形体 A;
- 3. 北山煤岩镜质组; 4. 北山煤岩壳质组;
- 5. F4 井菌解无定形体 D; 6. C006 井菌解无定形体 D

Fig. 1 Total producibility distribution of $C_1 - C_5$ gas hydrocarbon

1 - B-micrite of well C006, 2 - A-bacteriodecomposed amorphous solid of well H262, 3- vitrinite of Beishan macerals, 4- exinite of Beishan macerals, 5- D-bacteriodecomposed amorphous solid of well F4, 6- D-bacteriodecomposed amorphous solid of well C006

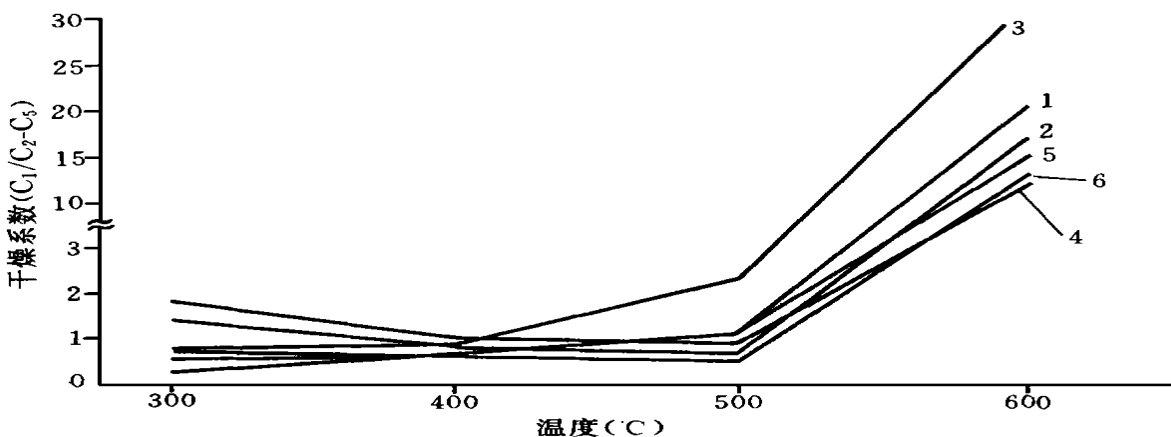


图 2 模拟温度与 $C_1 / C_2 - C_5$ 关系图

- 1. C006 井微粒体 B; 2. H262 井菌解无定形体 A; 3. 北山煤岩镜质组; 4. 北山煤岩壳质组; 5. F4 井菌解无定形体 D; 6. C006 井菌解无定形体 D

Fig. 2 Relationship of simulating temperature to $C_1 / C_2 - C_5$

1- B-micrite of well C006, 2- A-bacteriodecomposed amorphous solid of well H262, 3- vitrinite of Beishan macerals, 4- exinite of Beishan macerals, 5- D-bacteriodecomposed amorphous solid of well F4, 6- D-bacteriodecomposed amorphous solid of well C006

2.2 液体烃产物及产率

液体烃组分分布在汽油烃范围内, 碳数为 C_6-C_{17} 。产油始于 350 前, 此时 C006 井的 D 型菌解无定形体累计产率较高, 至 600 , F4 井的菌解无定形体 D 累计产率最大, 可达 24.998mg/g Corg. (图 3)。

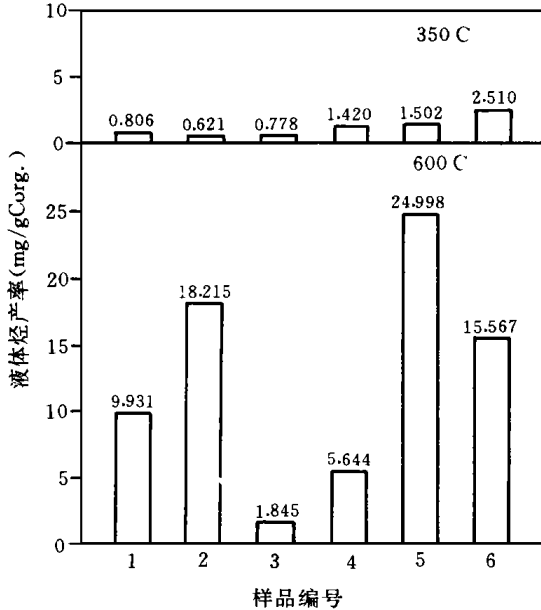


图 3 模拟实验 350 ~ 600 累计液体烃产率图

1. C006 井微粒体 B; 2. H262 井菌解无定形体 A;
3. 北山煤岩镜质组; 4. 北山煤岩壳质组;
5. F4 井菌解无定形体 D; 6. C006 井菌解无定形体 D

Fig. 3 Cumulative liquid-hydrocarbon producibility for 350 - 600 simulation experiment
1- B-micrintite of well C006, 2- A-bacteriodecomposed amorphous solid of well H262, 3- vitrinite of Beishan macerals, 4- exinite of Beishan macerals, 5 - D-bacteriodecomposed amorphous solid of well F4, 6- D-bacteriodecomposed amorphous solid of well C006

在实验过程中, 环烷烃的变化规律不甚明显, 芳烃和链烷烃的变化较大。在 350 的累计液体烃产物中, 低碳数正构烷烃和芳烃含量相对较高, 苯为主峰(图 4a)。在 600 时, 液体烃色谱图背景峰复杂, 尤其是 C_9 以前轻烃部分, 异构烷烃相对含量增加; 在菌解无定形体 D 和微粒体 B 中苯的相对含量降低, 甲苯含量在轻质芳烃中居一定优势(图 4b), 苯 + 甲苯 + 二甲苯 / 总烃比值除 C006 井样品外, 其余样品均有降低趋势(表 2); 此时液体烃产物分布的另一重要特征为正构烯烃和正构烷烃成对出现(图

4b), 正烯烷烃/总烃含量、镜质组和壳质组呈下降趋势, 而菌解无定形体 D 和 A 以及微粒体 B 则呈现出较大幅度的上升(表 2)。形成这种特征分布的主要原因, 可能与干酪根显微组分碳骨架上所联结的芳香基团较多, 而且随着温度的升高, 芳环上的烷基侧链大量脱落以及芳环高温下开环断裂有关。在自然演化过程中正构烯烃在主要载体粘土矿物的催化下, 即可加氢转化为大量正构烷烃。

从 350 至 600 过程中, 微粒体 B 正构烷烃主峰碳有明显前移现象, 说明可能存在随热演化程度的加深, 较长碳链正构烷烃裂解向短链正构烷烃演化的趋势。

3 结语

(1) 微粒体 B 和菌解无定形体 D 是天然气和凝析油形成的重要显微组分之一。微粒体 B 产气率较高, 菌解无定形体 D 的轻质液体烃产率较高。电子显微镜研究后发现, 荧光镜下的微粒体 B 已无荧光, 显示它已经不含芳烃化合物, 而芳烃则出现在 C_6 及其以上碳数的化合物中, 这些不发荧光的微粒体可能就是生成天然气的基本物质。

(2) 从液体烃色谱可以看出, 菌解无定形体和微粒体 B 在热降解过程中, 一般是低分子量的短链芳烃形成在前, 正构烯烷烃大量形成在后。

(3) 轻质芳烃主要由苯、烷基苯、烷基萘和噻吩等一系列有毒的化合物组成, 细菌无法利用并进行改造, 因此被结合到干酪根中去, 受热演化的影响, 这些化合物又被释放出来。

(4) 来自同一自然演化剖面的供试样品, R_o 0.62% 时, 菌解无定形体 D 含量高达 93.88%, R_o 0.74% 时微粒体 B 相对含量为 83.95%, 根据“微粒体热裂解成因说”的观点^[1,3,4], 该剖面的菌解无定形体 D 已经生烃, 所以该样品比来自另一剖面、演化程度相对较低、 R_o 0.56% 的菌解无定形体 D, 其气、液体烃产率均低。

(5) 通过对样品天然演化热史和模拟加热温度等因素综合分析, 提出以菌解无定形体 D 和微粒体 B 为主的干酪根在 R_o 0.50% ~ 0.80% 左右时开始热降解生烃, R_o 0.70% ~ 1.00% 达到高峰, 之后产烃率下降, 在 $R_o > 1.10\%$ 时, 生烃基本结束, 具有早生烃的特征。将上述两种类型干酪根与其全岩生

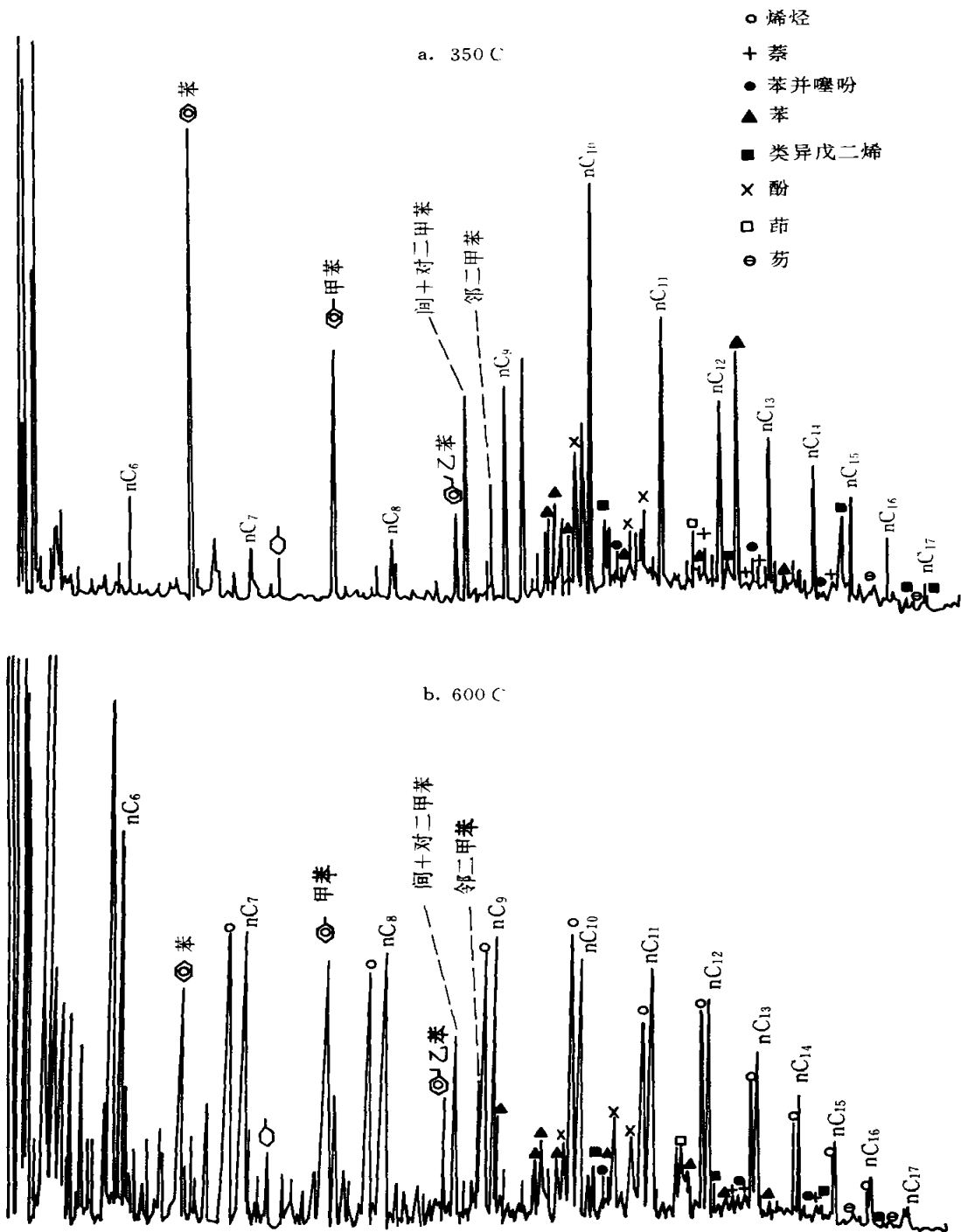


图 4 D 型菌解无定形干酪根累计液体烃产物气相色谱图

Fig. 4 Gas chromatogram of cumulative liquid-hydrocarbon products for D-bacteriodecomposed amorphous kerogen

烃模式^[5]进行比较,不难看出它们之间存在很大差异,后者的生烃期更早,产烃率更大。全岩氟里昂冷抽提产物与这两种类型干酪根的热降解产物在烃类组成上也有明显不同。这说明在准噶尔盆地某些油

气藏中,细菌降解有机质生烃冲淡了细菌作用成因干酪根的热降解生烃,而成为这些油气藏中油气生成的主要机制。

(6) 从模拟实验产物分析看,以 D 型菌解无定

表 2 累计液体烃产物中某些化合物的相对含量

Table 2 Relative contents of some compounds in cumulative liquid-hydrocarbon products

序号	井号	正构烷烃	主峰碳	某些化合物含量 (%)									
				正烯烷烃/总烃		苯/总烃		甲苯/总烃		二甲苯/总烃		苯+甲苯+二甲苯/总烃	
				350	600	350	600	350	600	350	600	350	600
1	H262BA	nC ₁₀	nC ₁₀	31.69	42.41	0.0984	0.0125	0.0414	0.0327	0.0595	0.0350	0.1993	0.0802
2	F4BD	nC ₁₀	nC ₁₀	28.85	46.73	0.0563	0.0183	0.0316	0.0392	0.0456	0.0334	0.1335	0.0909
3	C006BD	nC ₈	nC ₁₀	33.78	47.70	0.0310	0.0141	0.0149	0.0329	0.0223	0.0296	0.0682	0.0766
4	C006MB	nC ₁₇	nC ₇	33.32	40.89	0.0405	0.0130	0.0114	0.0428	0.0217	0.0387	0.0736	0.0945
5	北山 V t	nC ₉	nC ₆	35.08	20.92	0.0110	0.0112	0.0468	0.0326	0.1127	0.0323	0.1705	0.0761
6	北山 E t	nC ₁₀	nC ₆	31.97	29.62	0.0114	0.0141	0.0788	0.0297	0.2039	0.0305	0.2941	0.0743

序号	井号	正构烷烃	主峰碳	某些化合物含量 (%)							
				环己烷/总烃		甲基环己烷/总烃		二甲基环己烷/总烃		环己烷+甲基环己烷+二甲基环己烷/总烃	
				350	600	350	600	350	600	350	600
1	H262BA	nC ₁₀	nC ₁₀	0.0118	0.0142	0.0119	0.0078	0.0053	0.0084	0.0290	0.0304
2	F4BD	nC ₁₀	nC ₁₀	0.0036	0.0028	0.0043	0.0070	0.0013	0.0060	0.0092	0.0118
3	C006BD	nC ₈	nC ₁₀	0.0040	0.0118	0.0054	0.0069	0.0164	0.0062	0.0258	0.0249
4	C006MB	nC ₁₇	nC ₇	0.0055	0.0022	0.0045	0.0045	0.0058	0.0073	0.0158	0.0140
5	北山 V t	nC ₉	nC ₆	0.0042	0.0115	0.0097	0.0634	0.0070	0.0045	0.0209	0.0194
6	北山 E t	nC ₁₀	nC ₆	0.0042	0.0081	0.0098	0.0063	0.0041	0.0067	0.0181	0.0211

注: BA: 菌解无定形体 A; BD: 菌解无定形体 D; MB: 微粒体 B; V t: 镜质组; E t: 壳质组

形体和微粒体 B 为主的干酪根具有混合型干酪根热解生烃的特征, 液体烃产物以芳烃基-链烷烃型凝析油为主。

本文在研究过程中, 曾得到肖贤明教授、蒋助生教授及准东石油天然气公司的通力协作, 在此一并致以谢意。

参 考 文 献

- 肖贤明著. 有机岩石学及其在油气评价中的应用. 广州: 广东科学技术出版社, 1992
- 傅家谟, 秦匡宗编著. 干酪根地球化学. 广州: 广东科学技术出版社, 1995

- Mukhopadhyay P K et al. Characterization of kerogens as seen under the aspect of maturation and hydrocarbon generation. *Erdol u Kohlen*, 1985, 38: 7~18
- Teichmuller M. Generation of petroleum-like substances in coal seams as seen under the microscopy. *In: Advances in organic geochemistry 1973* (Edited by Tissot, B. and Bienner, F.), Technique Press, Paris, 1974, 379~391
- 丁安娜, 惠荣耀, 夏燕青. D 型菌解无定形体的形成及其生烃模式. 地质科学, 1997, 32(2): 221~228

(下转 183 页)

STUDY ON THE THERMAL EVOLUTION OF OIL SOURCE ROCKS IN THE JINHU DEPRESSION OF NORTH JIANGSU PROVINCE

LU Dongsheng XUE Jianhua

(*Research Institute of East China Petroleum Bureau, CNSPC, Yangzhou, Jiangsu 225002, China*)

Abstract

The Stratigraphic Compaction Correlation Method is used in this paper to restore the burial history of strata and oil source rocks for different blocks of the Jinhua Depression. According to the relationship of vitrinite reflectance to paleo-geotemperature, the paleo-geotemperature and paleo-geothermal gradient of the Depression are restored, and the TTI value of oil source rocks during each period of geohistory is calculated. On the basis of above method research, the geotemperature-geological model for the thermal evolution of oil source rocks is established, and the evolutionary and hydrocarbon-generating stages and oil-generating thresholds for Fu-2 and Fu-4 two sets of oil source rocks in the Jinhua Depression during the period of geohistory is classified.

Key words: oil source rocks; burial history; paleo-geotemperature; thermal evolution; the Jinhua Depression

(上接 179 页)

STUDY ON THE THERMAL SIMULATION EXPERIMENT OF D-BACTERIODECOMPOSED AMORPHOUS SOLID AND B-MICRINITE

DING Anna XIA Yanqing TUO Jincui HUI Rongyao

(*Lanzhou Institute of Geology, China Academia Sinica, Lanzhou, Gansu 730000 China*)

Abstract

By the method of the Rapid Thermal Simulation Experiment, kerogen samples with the D-bacteriodecomposed amorphous solid and B-micrinite contents of 76.50%–93.88% are conducted the experiment. And their hydrocarbon-generating mechanism of thermal evolution and their contribution to hydrocarbon formation are discussed in particular. Experimental results reveal that D-bacteriodecomposed amorphous solid has higher liquid-hydrocarbon producibility and B-micrinite has maximum gas-hydrocarbon producibility. The peak period of hydrocarbon generation for all the experimental samples occurs at the R_0 value of 0.70%–1.00%, and the peak period of gas-hydrocarbon generation slightly lags with the R_0 value of 0.80%–1.00%. As the hydrocarbon components include C_1 – C_{17} , bacteriodecomposed amorphous solid and B-micrinite are some major macerals to form natural gas and condensate.

Key words: D-bacteriodecomposed amorphous solid; B-micrinite; the Thermal Simulation Experiment