显微组分的成烃作用模式

肖 贤 明

(中国科学院地球化学研究所广州分部，广州 510640)

金 奎 励

(中国矿业大学北京研究生部，北京 100083)

关键词 干酪根、显微组分、成烃模式

烃源岩的成烃作用模式是国内外学者探讨的热门课题，亦是油气研究的最终归属．目前国内外所提出的干酪根成烃模式不下十种，然而没有一种是以显微组分成烃作用为基础．自然界不同类型干酪根由数种不同成因、不同性质的显微组分以不同比例混合而成，要深入了解干酪根的成烃规律，有必要剖析组成干酪根的各个显微组分．本文应用热模拟实验研究了我国陆相烃源岩中十种主要显微组分的油气生成规律，在综合分析的基础上建立起了其成烃作用模式．

一、分析样品及实验方法

分析样品地质背景及有机岩石学特点详见表 1．

表 1 热模拟实验样品地质特征

编号	产地	地质时代	镜质组Rr(%)	主要显微组分及其丰度(%)
1	茂名	晚第三纪	0.32	菌解无定形体 B:100
3	依兰	早第三纪	0.42	菌解无定形体 C:90
4	伊克昭盟	早第三纪	(褐煤)	结构藻类体：80，沥青质体：15
6	浑源	晚石炭世	0.61	层状藻类体：95
7	乐平	晚二叠世	0.57	木栓质体：90
8	渡口	晚泥盆世	(长焰煤)	角质体：90
9	抚顺	早第三纪	0.54	沥青质体：75
11	依兰	早第三纪	0.42	镜质组：95
15	抚顺	早第三纪	0.54	琥珀树脂体：100
19	霍县	晚二叠世	0.73	丝质体：95

热模拟实验在真空无压的高压釜中进行，采取阶梯状升温方法，每个样品控制 6 个温度点，分别为 250、290、320、360、400 及 450℃，对应加热时间分别为 3、5、7、9、11、13h．这种加热方法的特点是较高温点重复了较低温的热模拟过程，便于评价产烃量与热模拟条件的关系．对加热后的有机质用三氯甲烷在索氏抽提器中抽提 98h，计量气态产物及可溶有机质产率．对抽提后的固体残渣作了荧光强度及反射率测定．此外，对每个样品作了灰分测定，所得结果均换

本文 1990 年 3 月31日收到．

算为纯有机质产烃量。

二、实验结果

从表 2 的实验结果中，可得到如下几点认识：

1. 镜质组、丝质体及具荧光的显微组分的成烃特征差别甚大。丝质体仅能形成很少气态

表 2　显微组分热模拟实验结果

样号	显微组分及其纯度(%)	温度(℃) / 项目	未加热	250	290	320	360	400	450
1	菌解无定形体 B 100	气态产物 (%)	0.0	10.7	12.6	25.0	40.0	45.7	52.8
		氯仿沥青 A(%)	—	9.7	16.5	54.6	21.4	6.7	0.27
		Rr (%)	0.08	0.03	0.10	0.49	1.04	1.58	2.39
		I°546	2.39	0.66	0.36	0.0	0.0	0.0	0.0
3	菌解无定形体 C 90	气态产物 (%)	0.0	9.10	14.37	26.45	39.10	39.22	43.22
		氯仿沥青 A(%)	—	—	—	—	4.20	—	—
		Rr (%)	0.08	0.10	0.34	0.68	0.98	1.58	2.30
		I°546	2.13	0.49	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0
4	结构藻类体 A 80	气态产物 (%)	0.0	0.50	5.76	15.57	35.88	43.26	46.95
		氯仿沥青 A(%)	0.91	—	—	46.18	25.76	—	—
		Rr (%)	0.02	0.11	0.15	0.18	1.25	1.61	2.07
		I°546 (%)	74.13	51.25	39.20	6.34	0.0	0.0	0.0
6	层状藻类体 A 90	气态产物 (%)	0.0	4.09	8.22	18.26	40.10	48.60	53.60
		氯仿沥青 A(%)	2.09	3.96	14.27	47.26	25.94	9.95	0.095
		Rr (%)	0.12	0.20	0.21	0.35	1.10	1.51	2.04
		I°546 (%)	4.07	2.03	0.71	0.36	0.0	0.0	0.0
7	木栓质体 90	气态产物 (%)	0.0	2.23	4.80	13.29	38.51	44.23	48.47
		氯仿沥青 A(%)	3.22	3.38	10.22	45.51	11.62	2.0	0.07
		Rr (%)	0.22	0.32	0.32	0.41	1.61	2.29	3.33
		I°546	4.60	2.56	1.25	0.09	0.0	0.0	0.0
8	角质体 90	气态产物 (%)	0.0	12.18	9.38	15.86	37.11	42.26	48.15
		氯仿沥青 A(%)	3.46	7.12	—	—	42.25	20.05	—
		Rr (%)	0.10	0.10	0.11	0.34	0.95	1.66	2.40
		I°546	15.90	9.62	10.2	4.65	0.0	0.0	0.0
9	沥青质体 75	气态产物 (%)	0.0	2.74	5.66	13.86	29.82	35.21	40.49
		氯仿沥青 A(%)	2.48	—	—	30.50	13.57	—	—
		Rr (%)	0.14	0.13	0.12	0.54	1.19	1.70	2.12
		I°546	2.03	1.40	1.10	0.20	0.0	0.0	0.0
15	琥珀树脂体 100	气态产物 (%)	0.0	2.05	4.09	12.82	30.67	64.04	75.33
		氯仿沥青 A(%)	—	29.49	76.49	83.35	68.80	27.27	0.63
		Rr (%)	0.05	0.05	0.08	0.68	0.69	1.20	2.81
		I°546	240.0	127.3	84.98	5.01	0.0	0.0	0.0
11	镜质组 95	气态产物 (%)	0.0	8.62	7.62	14.89	17.85	19.69	22.53
		Rr (%)	0.44	0.50	0.63	0.89	1.15	1.36	2.05
19	丝质体 95	气态产物 (%)	0.0	1.05	2.0	2.78	3.05	6.08	13.40
		Rr (%)	2.38	2.37	2.40	2.49	2.43	2.53	2.70

烃，镜质组难以形成可供运移的液态烃，但它是一种良好生气母质．具荧光的显微组分均能产出一定数量的液态烃．它们的成烃轨迹相似，在热演化过程中其光性体现了两次明显的跃变，第一次出现在镜质组 Rr 0.72% 后，表现为荧光强度大幅度衰减，导致了液态烃的大量生成；第二次光性跃变出现在镜质组 Rr 0.95% 后，表现为壳质组可见荧光消失，其反射率开始迅速增加，导致气态烃大量产出．

2. 不同壳质组具有不同的产烃潜力．琥珀树脂体最强，其次是菌解无定形体 B、藻类体、角质体、木栓质体，而沥青质体与菌解无定形体 C 产烃潜力较弱．

3. 在热模拟温度范围内，镜质组与丝质体基本上保持了其原有形态与结构．但具荧光的显微组分生成大量油气后，本身的光性与结构发生根本改观，到过成熟阶段其反射率均超过了共生镜质组．无定形体及藻类体总是转变为微粒体，而其它壳质组则形成各向异性体．

三、显微组分成烃模式的建立

任何成烃模式应当反映如下三方面内容： 1. 用成熟度指标所标度的成烃阶段；2. “液态窗”范围及特征；3. 生烃量．这三者，尤其是模式中核心问题“液态窗”是目前干酪根成烃模式有明显争议的问题，如对干酪根的生油门限至少存在两种完全对立的观点；I 型先生油（黄第藩[1]、李永康，Legthaeuser[2]）与 III 型先生油（Tissot,1975）．特别是近年来，具工业价值的未成熟油、低成熟油及凝析油的相继发现，准确圈定“液态窗”显示出重要的经济意义，综合各国学者对不同油气盆地对“液态窗”的研究结果，发现其界限不是一条线而是一个带，生油门限在镜质组 Rr 0.35—0.60%，死亡线在 Rr 1.2—1.4%，而生油峰期在 Rr 0.90% 左右[2]．

不同类型显微组分具有不同特征的“液态窗”，所谓干酪根的“液态窗”实际上是由组成其显微组分的“液态窗”迭合而成．何谓生油门限与生油死限？目前并没有一个确切的地球化学参数来衡量．从理论上讲，某种显微组分进入生油门限，表明其本身开始热解形成液态烃并从其中排出，直接的地球化学标志是可溶有机质含量迅速增加． 所谓生油死限是指该组分再没有形成液态烃的潜力． 大量分析结果表明，只有具可见荧光的显微组分才具有产出液态烃的潜力．在成熟过程中，成油组分的光学特征与“液态窗”范围具有良好的吻合性．显微组分开始生油，其最可靠的光学特征是荧光光谱由单峰转变为双峰，荧光颜色由绿、黄绿色转变为黄色或黄褐色，在生油峰期显微组分荧光强度迅速衰减，相应荧光颜色改变为暗褐色，其反射率开始增加．显微组分可见荧光的消失标志该显微组分生油结束，进入产气为主的阶段．

本热模拟实验提供了显微组分产烃量及生烃规律的基本数据，综合参考光学分析结果，本文以氯仿沥青 A 含量占有机质重量 5% 作为生油门限，建立起了我国烃源岩中七种有代表性的显微组分的成烃模式（图 1），从中可见，不同显微组分不仅生烃潜力不同，而且具有不同特征的“液态窗”． 树脂体及菌解无定形体具有早期生油的特点，其生油门限可能在镜质组 Rr 0.50% 以下．木栓质体与层状藻类体的“液态窗”形态相似，生油较晚，前者“液态窗”范围在镜质组 Rr0.10—1.0%，后者在 0.70—1.20%，显微组分生油峰期的顺序是：树脂体（0.72%Rr），菌解无定形体 B(0.80%Rr)，木栓质体(0.85%Rr)，藻类体(0.95%Rr)．

本模式可以解释干酪根成烃模式中一些有争议的问题．如何种干酪根先生油的问题，从本模式图中可清楚看到，无论何种类型干酪根只要其中含有相当数量的菌解无定形体或树脂体，就有可能早期生油，亦就是说干酪根生油门限的深浅，取决于其显微组分组成，而与其类型无直接关系．

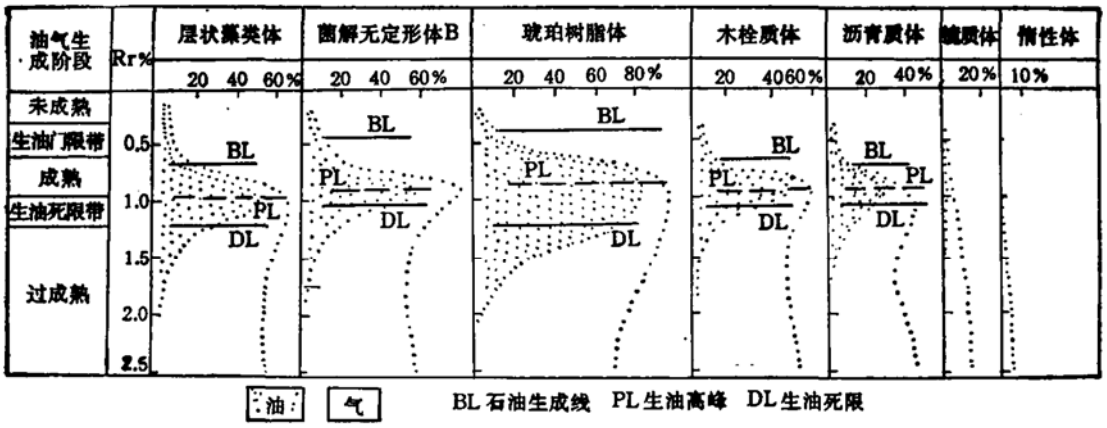


图 1 中国陆相烃源岩主要显微组分的成烃模式

四、结 语

在不同沉积盆地，由地球化学分析所确定的同类型干酪根可能具有十分不同的显微组分组成，因而可能具有不同成烃特征，所以成烃模式具有一定局限性，而在不同地质时代、不同地区出现的同种显微组分会具有相同的成因，相近的性质及相似的生烃规律，以此为基础的成烃模式具有普遍应用价值，在生油岩评价中，加强干酪根显微组分的研究无疑有助于加深对许多地质问题的认识.

参 考 文 献

[1] 黄第藩等，陆相有机质演化与成烃机理，石油工业出版社，1984，151—189.
[2] Stach,E.et al., *Stach's Textbook of Coal Petrology*, Berlin., 1982, 408—409