

· 煤层气。

文章编号: 1001-1986(2004)03-0021-03

煤中显微组分的成烃演化实验

朱炎铭¹, 秦 勇¹, 张有生², 夏筱红¹

(1. 中国矿业大学资源与地球科学学院, 江苏 徐州 221008;
2. 国家计划委员会能源研究所, 北京 102206)

摘要: 热解模拟实验揭示, 镜质组的生烃作用与其起始成熟度有关, 如果初次生烃中止, 成熟度(再次生烃起始成熟度)尚未超过生油高峰阶段($R=0.9\%$), 则再次生烃有可能显著提高煤的生烃潜力, 且以起始成熟度在生烃高峰处的升高幅度为最大。在有机显微组分中: 壳质组的生烃量最大, 生烃范围最集中; 镜质组次之; 惰质组最少。

关键词: 镜质组; 惰质组; 壳质组; 热解模拟实验

中图分类号: P618.11 文献标识码: A

1 引言

热解模拟实验揭示, 煤中不同的有机显微组分, 其生烃特征存在明显的差异, 同一有机质组分在不同的生烃阶段, 其生烃特征也存在明显不同。

已有学者进行少量煤的热解生烃模拟, 得出了一些规律性的认识, 还有些学者对煤中有机组分甚至超微组分的生烃特征进行过研究, 并建立了不同有机组分的生烃模式^[1~8]。但总体上这些研究的样品数量少, 且不够系统。本次研究采用自然系列成因煤样, 对煤的热解生烃性进行了深入的研究。

2 煤的热解模拟实验

在样品采集中主要考虑 3 个原则: a. 煤级分布; b. 选择华北晚古生界巨型聚煤盆地中带($NE35^{\circ}30'$

$\sim 38^{\circ}30'$ 之间)下二叠统山西组煤样, 以降低煤层沉积背景和形成环境的影响(在华北中带, 山西组古地理景观主要为滨海平原, 煤层主要聚集于森林沼泽环境); c. 手选较为纯净的亮煤条带。遵循上述原则, 挑选了成熟度不同的 10 个煤样, 进行加工, 镜检表明样品基本为镜质组, 模拟结果可认为是煤中单组分——镜质组的生烃特征。(表 1)

热解及热解模拟在法国 ROCK-EVAL II PLUS 型仪器上进行, 样品以 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温速率连续升温, 测得 $200\sim600^{\circ}\text{C}$ 范围内间隔 5°C 的瞬时生烃量, 分析检测执行石油行标(SY117-86 标准)。

3 镜质组热解生烃实验结果

3.1 热解生烃演化

实验结果显示, 煤中镜质组的起始成熟度处于

收稿日期: 2003-07-01

作者简介: 朱炎铭(1963—), 男, 江苏丹阳人, 中国矿业大学副教授, 博士。从事煤、油气地质和沉积学方面的研究。

Numerical simulation of overlying strata and ground movement value induced by strip mining below thin bedrocks

YANG Wei-feng, SUI Wang-hua

(College of Mineral Resource and Geoscience, CUMT, Xuzhou 221008, China)

Abstract: This paper, through establishing a numerical simulation model, studied the damage mechanism of the overlying strata and the movement and deformation value of the ground subsidence and horizontal deformation induced by strip mining below thin bedrocks. The movement and deformation laws of the stress and displacement fields of the overburdening strata and ground are demonstrated. The conclusions provide a basis for the further research on the engineering geological mechanism of the overlying strata and ground movement and deformation induced by strip mining below thin bedrocks.

Key words thin bedrocks strip mining numerical simulation

表1 热解生烃实验煤样基本特征

序号	产地	层位	样品类型	R/%	T _{max} / °C	显微组成/%				工业分析/%	
						镜质组	壳质组	惰质组	矿物	M _{ad}	A _d
1	云南寻甸	N	木质煤	0.35	377	98	—	1	1	9.26	0.78
2	内蒙准格尔	P _{1s}	亮煤	0.53	427	97	—	1	2	4.66	1.05
3	江苏徐州	P _{1s}	亮煤	0.72	440	96	—	1	3	2.08	2.22
4	山东枣庄	P _{1s}	亮煤	0.91	452	95	0	5	—	1.36	2.17
5	山西霍州	P _{1s}	亮煤	1.03	451	95	—	2	3	1.84	2.73
6	河北峰峰	P _{1s}	亮煤	1.14	460	96	0	2	2	1.19	3.22
7	山西高阳	P _{1s}	亮煤	1.21	462	92	0	6	2	1	4.95
8	河北峰峰	P _{1s}	亮煤	1.35	473	97	0	1	2	1.68	2.84
9	山西霍州	P _{1s}	亮煤	1.46	482	92	0	2	6	0.99	4.84
10	河北峰峰	P _{1s}	亮煤	1.78	503	95	—	1	4	2.05	3.24

注：“—”表示微量。

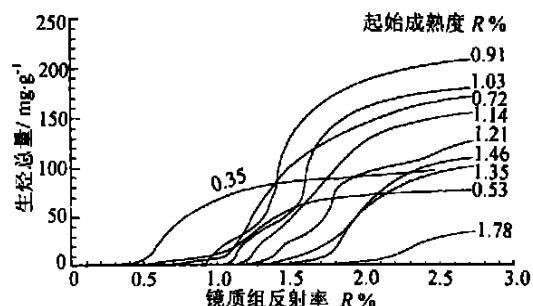


图1 不同起始成熟度煤的镜质组热解累计生烃量

(据秦勇, 2001)^[9]

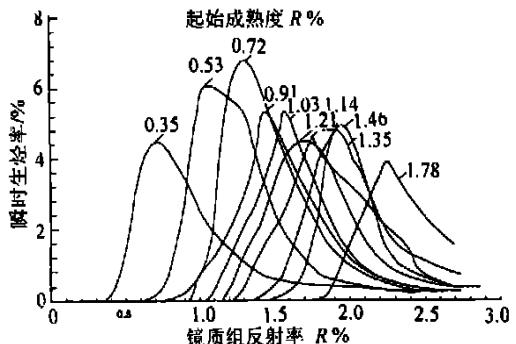


图2 不同起始成熟度煤的镜质组热解瞬时生烃率

(据秦勇, 2001)^[9]

未成熟($R = 0.35\%$)阶段的样品, 其热解模拟累积生烃量较低, 生烃高峰对应在镜质组反射率 $0.7\% \sim 0.8\%$ 之间, 而反射率超过 1.0% 以后, 累积生烃曲线变得十分平缓, 生烃作用衰减明显; 起始成熟度在 0.53% 阶段(刚成熟)的样品, 其热解模拟累积生烃量总体低, 在成熟度处于 $1.1\% \sim 1.5\%$ 之间时, 生烃量明显增加, 之后曲线趋于平缓, 生烃量增加微弱。

当起始成熟度处于成熟早期~中期($0.5\% \sim 0.9\%$), 热解累积生烃量明显增高, 且随着起始成熟度增高, 累积生烃量逐渐增大。当起始成熟度 R 为 0.91% 时, 累积生烃量最大, 而生烃高峰位于 $1.2\% \sim 1.4\%$ 之间。

而当起始成熟度处于成熟中期~晚期, 煤的热解累积生烃量又随起始成熟度增高而逐渐减少。(图1)

同时, 镜质组无论是初次生烃, 还是再次生烃, 其生烃作用均存在一个生烃高峰, 且随起始成熟度增高, 生烃峰值呈规律性后移。(图2)

上述研究揭示, 煤中单组分组的再次生烃量和与初次连续生烃总量之间的关系, 取决于再次生烃起始成熟度和终止成熟度两个主要因素。如果初次生烃中止成熟度(再次生烃起始成熟度)尚未超过生油高峰阶段($R = 0.5\% \sim 0.9\%$), 则再次生烃有可能显著提高煤的生烃潜量, 且以起始成熟度在生烃高峰期的升高幅度为最大。

3.2 镜质组热解油气比

镜质组热解模拟实验显示, 在煤的演化过程中, 镜质组不仅能产生气态烃类物质, 还能形成相当数量的液态烃。(图3)不论镜质组起始成熟度如何, 其热解均能形成液态和气态烃, 但其油气比变化很大, 随起始成熟度增加, 热解油气比由小变大, 再变小, 而当起始成熟度处于生烃高峰期时($R = 0.7\% \sim 1.3\%$), 其阶段热解油生成量比气高出几十倍, 这表明镜质组在初次生烃终止成熟度处于成熟阶段时, 则其再次生烃作用生成的液态烃比例明显增多。而当起始成熟度 R 超过 1.5% 时, 镜质组热解生油量开始低于热解生气量, 生烃作用以气态烃为主。

4 煤中各显微组分生烃变化

煤中有镜质组、壳质组和惰质组3种有机显微组分组, 热解实验揭示其生烃性存在明显的差异^[10]。

镜质组是煤中的主要显微组分组, 常常超过 50% , 其生烃潜力中等, 并以轻质液态烃为主, 从生烃轨迹来看, 镜质组的生烃范围相对较宽。其热解主生烃的温度范围间于 $340\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 550\text{ }^{\circ}\text{C}$, 对应的反射率范围为 $0.75\% \sim 2.2\%$ 。

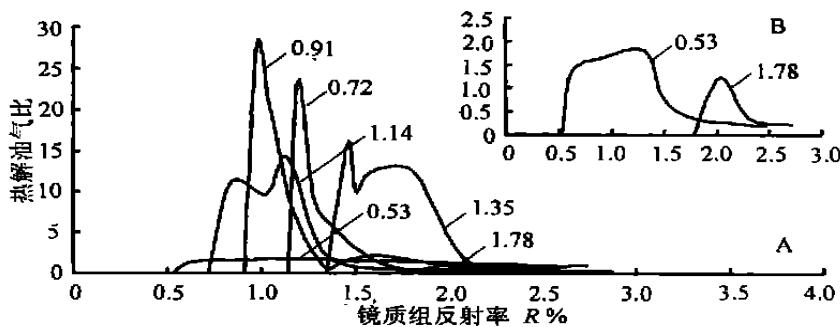


图3 镜质组不同起始成熟度阶段热解油气比变化

B——为起始成熟度为0.53%和1.78%的放大

壳质组具有很高的生烃潜力, 也以生轻质液态烃为主, 生烃温度范围相对较窄。其热解主生烃温度范围间于 $380^{\circ}\text{C} \sim 460^{\circ}\text{C}$, 对应的反射率范围约在 $0.90\% \sim 1.5\%$ 。壳质组热解成烃具有成烃时间短, 成烃区间小, 生烃量大的特点。

惰质组生烃潜力很弱, 其总体生烃量小, 仅及壳质组的 $1/12$, 主要为气态烃。从其生烃轨迹来看, 惰质组的生烃范围也较宽, 生烃发生较晚, 其热解生烃温度范围为 $350^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$, 对应的反射率范围为 $0.80\% \sim 2.4\%$ 。其热解成烃特点为成烃能力差, 成烃较长, 成烃范围宽, 特别是在高一过成熟阶段仍然有一定的生烃性。(图4)

5 讨论

煤在煤化作用过程中能够形成大量的碳氢化合物, 包括气态和液态烃。对系列煤样的热解模拟实验揭示, 镜质组的生烃作用与其起始成熟度有关, 如果初次生烃中止成熟度(再次生烃起始成熟度)尚未超过生油高峰阶段($R = 0.5\% \sim 0.9\%$), 则再次生烃有可能显著提高煤的生烃潜量, 且以起始成熟度在生烃高峰处的升高幅度为最大。而3种组分中, 又以壳质组的生烃量最大、生烃范围最集中, 镜质组次之, 惰质组最少。

参考文献

- [1] 秦勇, 侯士宁, 李大华等. 豫西北地区二1煤层的生烃历史[J]. 煤田地质与勘探, 1990, 18(2): 31~36.

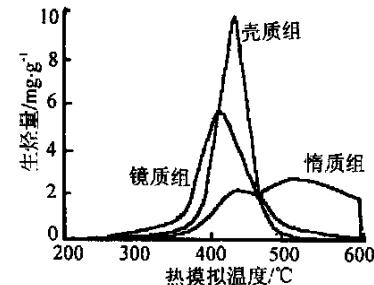


图4 煤中各主要显微组分的热解生烃轨迹

(据郝多虎, 1999, 修改)^[10]

- [2] 肖贤明, 金奎励. 显微组分的成烃模式[J]. 科学通报, 1991, 36(3): 208~211.
- [3] 肖贤明, 程顶胜. 腐泥煤的煤化作用研究[J]. 煤田地质与勘探, 1992, 20(2): 21~29.
- [4] 赵长毅, 金奎励. 吐哈盆地煤中基质镜质体生烃潜力和特征[J]. 科学通报, 1994, 39(21): 1979~1981.
- [5] 冉启贵. 华北地区上古生界煤岩成烃及二次生烃研究[J]. 天然气地球科学, 1995, (6): 13~17.
- [6] 黄第藩, 秦匡宗, 王铁冠等. 煤成油的形成和成烃机理[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995.
- [7] 邹艳荣. 华北晚古生代煤二次生烃研究[D]. 中国地质大学博士学位论文, 1998.
- [8] 唐修义. 有关煤成烃的基本认识[J]. 地学前缘, 1999, 6(增刊): 204~208.
- [9] 秦勇, 朱炎铭, 范炳恒等. 沉积有机质二次生烃理论及其应用[M]. 北京: 地质出版社, 2001.
- [10] 郝多虎. 显微组分生烃性及其单井成藏系统研究[D]. 中国地质大学博士学位论文, 1999.

The experiment on evolution of hydrocarbon-generation in organic macerals of coal

ZHU Yan-ming¹, QIN Yong¹, ZHANG You-sheng², XIA Xiao-hong¹
 (1. College of Mineral Resource and Geoscience, CUMT, Xuzhou 221008, China
 2. Energy Research Institute, State Planning Commission, Beijing 102206, China)

Abstract: Based on the pyrolytic simulation experiment, the vitrinite's hydrocarbon generation in coal related to its starting maturation. If the first hydrocarbon generation is end and the maturation (starting maturation of the rehydrocarbon generation) has not been exceed the oil-forming peak ($R = 0.9\%$), the rehydrocarbon generation can greatly increase the potential of hydrocarbon generation of coal, and when the starting maturation locate at oil-forming peak stage, the potential of hydrocarbon generation is the biggest. Contrasting the three types of organic macerals in coal, the exinite of hydrocarbon generation is the greater, the vitrinite is second and the inertinite is the least.

Key words: vitrinite; inertinite; exinite; pyrolytic simulation experiment