

我国聚煤盆地煤系烃源岩 生烃评价与成烃模式^①

肖贤明 刘德汉 傅家谟

(中国科学院广州地球化学研究所有机地球化学国家重点实验室, 广州 510640)

提 要 本文应用有机岩石学方法与有机地球化学方法通过对我国煤成烃盆地典型煤系烃源岩的研究, 提出了煤系烃源岩评价指标与标准, 并以显微组分成烃规律为基础, 建立起了我国含煤岩系的四种主要成烃模式。本研究成果对我国煤成烃勘探具有重要指导意义。

关键词 煤系烃源岩 显微组成 成烃模式

第一作者简介 肖贤明 男 33岁 研究员 有机岩石学与有机地球化学

1 概 述

近年来, 具工业价值煤成油气田在世界许多聚煤盆地的相继发现与开发, 基本上结束了煤能否成油、以及煤成油能否排出煤层这一长达十年之久的争论。目前, 问题的焦点转向如何客观评价煤层及煤系地层的油气生成潜力, 煤层的成烃模式以及煤成烃规模等理论与生产实际问题。虽然在这些方面的研究有些文章报道^{②[3,12]}。但从研究方法与评价指标看, 基本上沿用了我国陆相生油岩的标准。然而, 煤系烃源岩, 尤其是煤层本身, 与一般烃源岩具有很多不同的地质-地球化学特征, 这将必然影响到其成烃作用。含煤盆地煤成烃勘探的实践与经验已经表明, 煤系烃源岩不仅其生成的烃类与一般烃源岩有所不同, 而且其成烃模式更具有独特性, 很值得作深入系统的研究。

煤层是煤系烃源岩的主体与核心, 是煤成烃的主要贡献者。本研究将以其为重点, 并从我国代表性煤成烃盆地具体地质特征出发, 通过对煤层(含高碳泥岩)生烃母质岩石学与有机地球化学的研究, 对大量分析资料进行了综合与总结, 提出了我国煤系烃源岩的评价标准。并在此基础上建立起了其成烃作用模式。

2 煤系烃源岩的特征与生烃评价

煤层及共生的碳质泥岩作为烃源岩, 其显著的地球化学特征是富含有机质, 不仅 TOC 值高, 而且沥青 A 与总烃含量绝对值也很高。表 1 综合了我国典型煤成烃盆地煤层及部分

① 本文系“八五”国家重点科技攻关项目 85-102-15-04 研究成果之一(名称: 海相煤系气源岩地球化学特征与生气规律)

② 王飞宇. 煤和陆源有机质生油岩特征和煤成液态烃生成. 博士学位论文, 中国科学院广州地化所, 1992.

收稿日期: 1996-01-05

表 1 我国代表性成烃盆地煤系烃源岩有机质丰度数据

Table 1 The organic matter abundance of coals and carboniferous mudstones from typical coal basins in China

地 区	层 位	岩 性	TOC (%)	沥青 A (%)	总 烃 ($\times 10^{-6}$)	沥青 A/TOC (%)	总烃/TOC (%)
鄂尔多斯	J ₁₋₂	煤	63.45	2.27	7180	3.57	1.13
		泥岩	3.04	0.07	281	2.30	0.92
	C-P	煤	74.50	0.129	443	0.17	0.059
		黑色泥岩	3.28	0.068	249	2.87	0.81
华北冀中	C-P	煤	63.75	1.3470	4946	2.11	0.77
		暗色泥岩	6.67	0.1622	596	2.43	0.89
四川盆地	T ₃	煤	58.45(3)	0.33(3)	1064(3)	0.56	0.18
		暗色泥岩	6.05(9)	0.08(9)	222(9)	1.32	0.36
吐哈盆地	J	煤	70.04(5)	0.4177(5)	2543(5)	0.60	0.36
准噶尔盆地东部	J	煤	73.22	0.5814(4)	2575(4)	0.79	0.35
新疆伊宁盆地	J	煤	/	0.5074(6)	1587	/	/
伊通盆地	E	煤	69.38	1.0558	3465	1.52	0.50
百色盆地	N	煤	75.14	0.460(1)	1309(1)	0.61	0.17
		暗色泥岩	13.10	0.160(1)	559(1)	1.72	0.43
塔里木库车	J ₁₋₂	煤	70.43(3)	1.950(3)	9044(3)	2.76	1.28

注:括号内为样品平均数

表 2 煤及生油岩中典型显微组分热解产物组成特征

Table 2 PY-GC compositions of macerals in coals and source rocks

样品 编号	产 地	样品类型	主要显微组分及含量 (%)	镜质组 R _o (%)	热解产物(正构烷烯)(%)			
					C ₉ ⁻	C ₉ ⁺	C ₁₅ ⁻	C ₁₅ ⁺
1	茂名	油页岩干酪根	菌解无定形体 B:95	0.40	40.12	59.88	53.18	46.82
2	依兰	煤系暗色泥岩干酪根	菌解无定形体 D:75	0.40	60.13	39.87	72.17	27.83
3	伊克昭盟	藻 煤	结构藻类体:85	<0.50	44.81	55.19	55.80	44.20
4	大庆	黑色泥岩干酪根	菌解无定形体 A:84	<0.60	39.78	60.22	45.72	54.28
5	桦甸	油页岩干酪根	藻类无定形体:90	<0.50	32.49	67.51	43.18	56.72
6	浑源	残质煤	小孢子体:85	0.64	48.24	51.76	60.15	39.85
7	乐平	残质煤	木栓质体:75	0.70	51.00	49.00	70.10	29.90
8	抚顺	残质煤	沥青质体:75	0.54	59.65	40.25	68.95	31.05
9	依兰	腐殖煤	均质镜质体:85	0.42	79.32	20.68	89.07	10.93
10	徐州	腐殖煤	基质镜质体:80	0.72	63.14	36.86	85.40	14.60

碳质泥岩的有机质丰度值。从中可见,沥青 A 与总烃含量分别在 2000×10^{-6} 与 1000×10^{-6} 以上,如按生油岩评价标准^[9],均已达到优质生油岩范畴。如采用沥青 A/TOC 与总烃/TOC,煤层则很低,一般不到 $20 \text{ mg/g} \cdot \text{TOC}$ 。作为生油岩,这两个指标的下限值分别是 2%—3% 与 1%—2%^[9],Powell 等还认为^[12],煤作为有效油源岩的基本条件是烃产率应达到 30—50 $\text{mg/g} \cdot \text{TOC}$ 。显然,我国煤成烃盆地大部分煤层这二项指标达不到此标准。然而,近年来,油气勘探成果已经表明这些煤层确实生成了一定数量的油气如吐哈盆地 J₁₋₂煤

层^[1,10],塔里木盆地库车坳陷 J_{1-2} 煤系,华北苏桥 C—P 煤系等^[3]。实际上,关于这一指标的可行性,国内外学者已有异议。如肖贤明^[5]认为,煤层在成油峰期,镜质组内生裂隙发育,实际上比泥质烃源岩更有利于油气运移出煤层,Snowdon(1991)认为,在上述标准中,没有考虑 C_{15} 烃类,而在煤层中这部分烃类是相当丰富的。

综上所述,本研究认为,应用有机质丰度参数,尤其是沥青 A/TOC 与总烃/TOC 这两项参数评价煤系烃源岩具有一定程度的局限性。煤层的生烃潜力主要依据其生烃母质特征来评价。

Thompson 等^[13]提出煤形成可供运移液态烃的基本条件是壳质组含量应大于 15% 这一观点以来,这一标准广泛为我国学者所引用。但近年来,世界各地相继报道了一些低含量壳质组煤层所形成的油气田(如澳大利亚库珀盆地,中国吐哈盆地),人们对煤系烃源岩油气评价开始注重镜质组以及壳质组的类型^[5,11,14,15]。大量研究业已证明富氢镜质组,基质镜质体,甚至正常镜质组均具有一定产出液态烃的能力,在绝大多数情况下,他们是形成煤成烃的主要母质^[6]。而对于壳质组而论,不同类型壳质组不仅生烃潜力差别大,而且生烃规律各不相同^[5]。如树脂体生烃强度大,且具有早期生烃的特点。其生烃门限在镜质组 Rr 为 0.35% 左右。因此,评价煤成烃的岩石学指标不仅限于壳质组而且应当包括富氢镜质体。

据此,煤中显微组分按成烃潜力可划分为三类:第一类是主要生油的壳质组,也包括煤系中广泛产出的菌解无定形体;第二类是煤中往往占主体的基质镜质体,也具有一定成油潜力;第三类是均质镜质体与惰性组,这两类组分虽成因有较大差别,但其成烃作用相似,均以产气为主。图 2 汇集了本研究 60 多个代表性煤系烃源岩显微组分组成,这些样品均取自我国煤成烃盆地。这些样品集中分布四个区间,它们构成了煤系烃源岩评价的理论与实际基础。

Rock-Eval 分析及元素分析是煤成烃评价常用的地化指标。我国煤成烃盆地绝大多数煤层元素分析 H/C 在 0.70—0.90, S_1+S_2 介于 100—150 mg/g, 对应氢指数 150—250 mg/g · TOC (表 3)。有些特种煤(如残质煤、烛煤、藻煤及树脂残质煤) $S_1+S_2 > 250$ mg/g, 氢指数可在 450 mg/g · TOC 以上, H/C > 1.20, 具有典型腐泥型干酪根的特点。此外,我国中生代有些煤田煤惰性组含量异常丰富,其 H/C 一般不到 0.60, $S_1+S_2 < 80$ mg/g。这类煤仍具有产出气态烃的潜力。

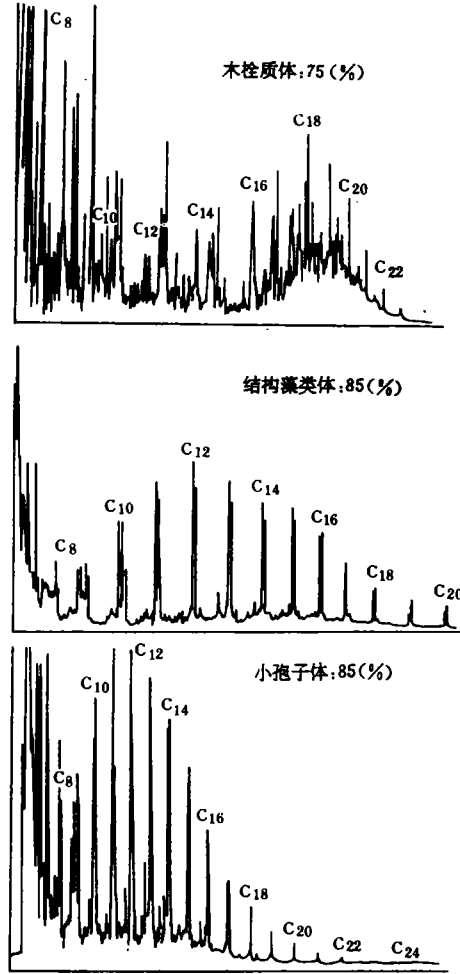


图 1 煤及生油岩中代表性组分 PY-GC 谱图
Fig. 1 Distribution of the PY-GC composition of typical macerals

综合上述研究成果,结合国内外煤成烃评价理论,提出了我国煤系生源岩的有机岩石学与有机地球化学指标与方案(表4),该分类将我国煤系生源岩划分为四类。为与泥质生源岩母质类型相区别,本文称之为I_c、II_c、III_c与N_c。这四类煤系生源岩基本上与图2中四个样品集中分布区相对应。I_c代表了分布于我国各时代煤系中的特种煤,虽其数量不多,但其生烃能力强,在有些盆地可作为主要油气源岩,它主要形成液态烃。I_c广泛见于我国C-P近海型含煤岩系,由于煤中富含壳质组与富氢镜质组,它不仅可成气,而且还可形成工业性煤成油。II_c生烃母质以镜质组为主,以生气为主,同时亦能形成一定数量的轻质油。它是我国中生代含煤岩系的主要类型。N_c主要见于我国C-P及中生代含煤盆地,它往往作为I_c与II_c夹层出现,这类煤层以生气为主。

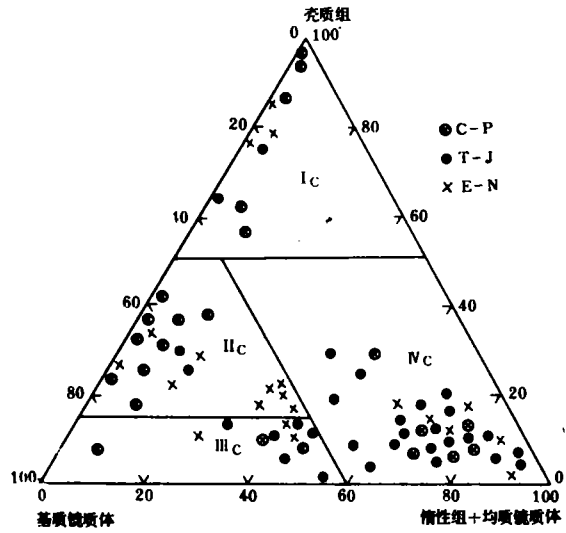


图2 我国代表性煤成烃盆地煤层生烃显微组分三角图

Fig. 2 Ternary diagram showing hydrocarbon-generating macerals of coals from typical coal-bearing basins in China

表3 我国煤成烃盆地代表性煤样有机地化分析结果

Table 3 Organic geochemical results of typical coal samples from coal-bearing basins in China

产地及时代	编号	井号	孔深 (m)	镜质组 R _o (%)	元素分析		Rock-Eval分析			
					H/C	O/C	T _{max} (°C)	TOC (%)	S ₁ +S ₂ (mg/g)	HI (mg/g·TOC)
百色腐殖煤 N	Bai-1	矿井样	/	0.40	0.90	0.23	440	64.3	178	270
	Bai-2	矿井样	/	0.38	0.91	0.30	439	59.4	162	267
云南陇川 N 腐殖煤	Lo-1	矿井样	/	0.32	0.92	0.34	432	68.3	164	235
抚顺腐殖煤 E	Fu-1	矿井样	/	0.54	0.89	0.17	444	71.3	160	205
	Fu-2	矿井样	/	0.53	1.02	2.13	442	69.4	190.3	257
抚顺腐泥煤 E	Fu-3	矿井样	/	0.52	1.26	0.10	441	67.8	293.4	419
吐哈腐殖煤 J ₁₋₂	Tu-3	莺1井	2742	0.61	0.74	0.09	436	79.48	168.87	197
	Tu-4	巴北2井	2966	0.60	0.83	0.24	436	79.48	126.4	187
准噶尔 J ₁₋₂	Zh-1	矿井样	/	0.60	0.82	0.28	438	62.63	75.91	119
腐殖煤 J ₁₋₂	Zh-2	矿井样	/	0.60	/	/	439	77.51	170.67	218
四川广元 T ₃	SC-1	矿井样	/	0.68	0.81	0.10	440	72.38	154.0	208
	SC-1	矿井样	/	1.04	0.70	0.05	470	70.10	128	178
鄂尔多斯 J ₁₋₂	Wo-1	矿井样	/	0.60	0.81	0.19	442	71.80	110	148
	Wo-2	矿井样	/	1.54	0.68	0.05	480	60.30	67.40	109
鄂尔多斯 J ₁₋₂	Wo-3	中参1井	3060.8	1.51	0.72	0.07	481	57.50	61.47	101
	Wo-4	鄂2井	3004.4	1.69	0.64	0.06	491	67.77	55.6	75
华北苏桥 C-P	SQ-14	苏18井	4601	0.60	/	/	445	/	180.30	/
	SQ-5	葛2井	3275	/	/	/	441	/	212.48	/

续表 3(Con.)

产地及时代	编号	井号	孔深 (m)	镜质组 R_o (%)	元素分析		Rock-Eval 分析			
					H/C	O/C	T_{max} (°C)	TOC (%)	S_1+S_2 (mg/g)	HI (mg/g·TOC)
浙江长广残质煤 P	Zh-1	矿井样	/	0.72	/	/	440	76.5	284.1	358.2
四川南桐 P	SC-1	矿井样	/	1.08	/	/	470	76.4	210.2	268
四川中梁山 P	SC-5	矿井样	/	1.64	0.72	0.09	481	78.4	88.10	102
山西平朔 C-P	Pi-1	矿井样	/	0.62	0.86	0.14	440	70.1	162.40	228
	Pi-2	矿井样	/	0.63	0.81	0.11	442	76.40	174.5	223
山西浑源 C-P	Hun-1	矿井样	腐殖煤	0.64	0.79	0.13	444	74.40	168.04	222
	Hun-1	矿井样	腐泥煤	0.64	1.41	0.10	440	76.8	59.50	767

表 4 我国煤系烃源岩岩石学及地球化学评价标准

Table 4 Evaluation of coal measure source rocks in China.

类型	岩石学指标		地化指标		评价
	壳质组含量(%)	基质镜质组含量(%)	H/C	I_H (mg/g·TOC)	
Ic	≥50	≥40	≥1.20	≥350	油为主,大量气
Ic	15—50	≥40	0.8—1.20	350—200	气为主,一定量油
IIc	5—15	≥40	0.6—0.80	250—100	气为主,少量油
Nc	<10—5	<40	<0.60	<100	气为主,油很少

备注: (1) 本标准适合于高成熟及以前煤系烃源岩评价; (2) 本标准主要对象是煤及碳质泥岩。

应当指出的是, 表 4 评价方案, 虽以煤层研究数据为基础, 但它同样适用于碳质泥岩及大多数煤系暗色泥岩的生烃评价。

3 煤系烃源岩的成烃模式

煤系烃源岩的成烃作用阶段划分基本上与一般泥岩生油岩相似。同样可划分未成熟、低成熟、高成熟、过成熟-湿气与干气几个阶段。由于煤层及共生碳质泥岩具有不同于一般湖相生油岩的有机显微组分组成。因此, 在成烃规律等方面也体现出一定差异。肖贤明^[4]应用热模式实验研究我国煤系烃源岩中几种典型显微组分成烃模式, 结合其它作者近年来的研究成果^[6,8,9], 可将显微组分按成烃规律划分为五类(表 5): 第一类是惰性组, 一些研究结果认为, 部分惰性组形成于早期煤化作用过程中, 并具有早期成烃的特点。但这类烃类不易于保存, 其在成熟过程中可进一步形成一定数量干气。第二类是均镜, 其成烃作用有二个特征, 其一是在成煤作用早期, 可形成大量生物气, 但由于埋藏浅, 这类烃类难以保存; 其二液态窗不明显, 在整个煤化阶段, 其可溶有机质含量基本保持不变。这种成烃方式也不利于烃类储集; 第三类是基质镜质体(包括富氢镜质体), 其成烃作用特点是除生成大量气外, 还有一定液态烃生成; 第四类是树脂体, 木栓质体等显微组分, 具有早期成烃的特点, 其生烃门限镜质组 R_r 在 0.35%—0.40% 左右。主生烃期在 R_o 0.60%—0.70%。本研究称这类壳质组为 E-A。第五类是角质体, 孢子体及藻类体等显微组分, 其生烃较晚, 生烃门限在 R_o 0.60%—0.70% 左右, 主成烃期在 0.90%—1.0%, 称为 E-B。显微组分成烃模式构成了煤层成烃模式的基础。

表 5 我国含煤岩系中主要生烃组分按成烃规律的分类

Table 5 Classification of macerals on the base of hydrocarbon-generating patterns in coal-bearing rocks of China

类型	显微组分	液态窗 R_o (%)	主生油期 R_o (%)	主生气期 R_o (%)	评价
I	各类惰性组	无	无	>1.0	一定量干气
II	均质镜质体,部分基镜质体	不明显	不明显	>1.0	大量气,微量轻质油
III	富氢镜质组,大部分基镜质体	0.5—1.20	0.7—0.9	>1.20	大量气,少量油
IV (E _A)	树脂体,木栓质体 I,菌解无定形体,沥青质体,荧光质体	0.35—0.90	0.50—0.60	>0.90	大量油,大量气
V (E _B)	孢子体,角质体,木栓质体 II,藻类体	0.65—1.25	0.80—1.0	>1.25	大量油,大量气

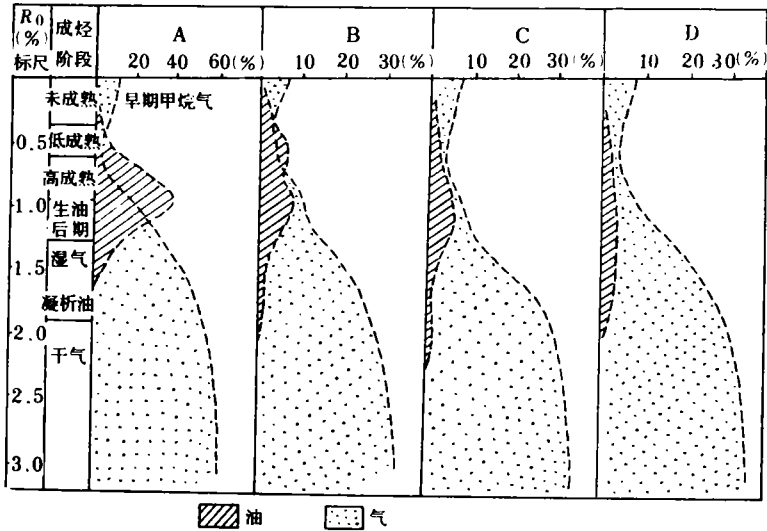


图 3 我国聚煤盆地煤成烃模式

Fig. 3 Hydrocarbon-generating model of coal-measure source rocks in China

关于煤成烃模式,国内外学者曾提出了一些与Ⅲ型干酪根基本类似的一般成烃模式^[2,10]。这些模式对于表达煤成烃的一般特征,仍具有参考价值。但难以反映不同类型煤系烃源岩的特点。本研究根据我国煤成烃盆地煤系烃源岩具体地质-地化特征,建立起了四种成烃模式,称之为A, B, C, D类(图3)。

四类成烃模式有其共性,在未成熟阶段有大量生物气产出,在成熟阶段后,有大量湿气形成,在过成熟阶段后,有大量干气产出。其差别主要体现在液态烃形成上。

第一类成烃演化模式与Ⅰ型干酪根甚至Ⅰ型干酪根相似,它代表了我国广泛分布的特种煤,其以生油为主,在高成熟阶段后,可产出大量天然气。如我国江西乐平、浙江长广二叠系煤田,山西蒲县红家沟二叠系藻煤矿,在开采中均发现有液态烃从煤层中渗出。虽目前我国尚未发现这类成因的煤成油气田,但这类烃源岩在我国聚煤盆地广泛分布。

第二类成烃模式液态窗呈双峰形。第一个生烃峰期在 R_o 0.50%左右,第二个生烃峰期

在1.0%左右。这种模式主要见于我国第三纪含煤盆地。我国第三纪煤层往往含有二种壳质组, E-A与E-B。在热演化过程中, 分别对应上述二个成烃峰。由于我国第三纪煤一般成熟度较低, 大多只进入第一个生烃期, 烃类主要源于树脂体, 即形成所谓的未成熟—低成熟油^[7]。这类油气资源在我国东南沿海不断发现。

第三类成烃模式与Ⅲ型干酪根成烃模式类似, 这类煤层以镜质组为主, 并含有相当丰富的E-B, 其液态窗范围介于镜质组R. 0.65%—1.30%。这类成烃模式在我国煤成烃盆地占有相当重要的地位, 我国C—P煤成烃盆地的煤层(如苏桥、东濮、沁水等盆地)以这种成烃模式为主, 如有匹配的圈闭构造, 可形成一定规律煤成油气田。

第四类成烃模式多见于我国中生代煤盆地。生烃母质以镜质组占绝对优势, 液态窗范围宽, 主生烃期不明显。这类煤层以煤成气为主, 并伴有一定数量轻质油。代表性盆地有四川须家河组, 鄂尔多斯瓦窑堡组。准噶尔、塔里木库车及吐哈侏罗系煤层实际上亦属这类成烃模式。

在应用本模式时, 应当注意的是这四种成烃模式与煤系烃源岩四种类型既有联系又有区别。一般而论, 类型Ic具有A种成烃模式, 类型IV往往体现D种成烃模式, 而类型Ⅱc与Ⅲc均可出现B与C任何一种成烃模式, 主要取决于煤系烃源岩具体生烃母质特征。

4 结 语

本研究获得了如下几点主要认识与结论:

1) 煤层不仅具有很大形成气态烃的潜能, 而且还可形成一定数量的液态烃。煤中能生油的显微组分不仅限于壳质组, 而且还包括基质镜质体, 甚至部分均质镜质体。

2) 显微组分组成是煤层生烃评价的主要依据, 结合煤Rock-Eval及元素分析成果, 将煤层生烃母质类型划分为四类, 称之为Ic、Ⅱc、Ⅲc及Ⅳc, 前两者具有显著生成液态烃的潜力, 后两者以生气为主。

3) 煤层的成烃模式在很大程度上取决于其生烃组分的类型与数量。以我国煤成烃盆地煤层具体特征为依据, 建立起了煤层的四种成烃模式。该模式对于煤成烃勘探具有重要指导意义。

参 考 文 献

- [1] 黄第藩等. 中国吐鲁番盆地侏罗系煤系中烃类生成. 第四届全国有机地球化学会议论文集, 中国地质大学出版社, 1990, 1—5.
- [2] 傅家谟, 刘德汉, 盛国英主编. 煤成烃地球化学. 科学出版社, 1990, 253—372.
- [3] 刘德汉等. 苏桥地区残殖煤的发现——兼论煤成气、煤成油的判识和我国煤成油的前景. 地球化学, 1985, (4): 314—322.
- [4] 肖贤明等. 显微组分成烃作用模式. 科学通报, 1991, (3): 208—211.
- [5] 肖贤明著. 有机岩石学及其在油气评价中的应用. 广东科技出版社, 1992, 105—112.
- [6] 王飞宇等. 我国东部晚古生代煤镜质组特征及成烃潜力研究. 地球化学(待刊), 1995.
- [7] 王铁冠等. 树脂体成烃的地球化学研究——兼论我国第三系树脂体成因的未成熟—低成熟油气资源. 江汉石油学院学报, 1990, 12(1): 1—2.
- [8] 赵师庆, 王飞宇, 刘德汉, 张惠之. 不同煤相煤和镜质组产烃性质的研究. 中国科学院地球化学研究所有机地球

化学开放室研究年报 (1988), 1990, 科学出版社, 128—137.

- [9] 程克明. 生油岩的定量评价. 中国陆相油气生成, 石油勘探开发研究院地质研究所主编, 石油工业出版社, 1982, 135—188.
- [10] 程克明主编. 吐哈盆地油气生成. 石油工业出版社, 1994, 36—85.
- [11] Bernard P. Geochemical and petrographic characteristics of humic coals considered as possible oil source rocks. *Org. Geochem*, 1984, 16: 481—488.
- [12] Powell T G, et al. Petroleum source rock assessment in nonmarine sequences: pyrolysis and petrographic analysis of Australia coals and Carbonaceous Shales. *Org. Geochem*, 1991, 17: 375—394.
- [13] Teichmuller M. Organic petrology of source rocks, history and state of the art. *Org. Geochem*, 1985, 10 (1—3): 581—589.
- [14] Thompson S, et al. Oil generating coals, In: Petroleum Geochemistry Exploration of the Norwegian sholt. Norwegian Petroleum Society, Gragam and Trotnans, 1985, 59—71.
- [15] Thomas B M. Land plant source rocks for oil and their significance in Australia Basins, *APEA Journal*, 22: 114—129

The Evaluation of Coal—Measure Source Rocks of Coal-bearing Basins in China and Their Hydrocarbon—Generating Models

Xiao Xianming Liu Dehan and Fu Jiamo

(Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640)

Abstract

Detailed research has been done on organic petrology and geochemistry of the coal-measure source rocks sampled from typical coal basins in China. The following acknowledgements have been obtained:

1) Coals can generate a large amount of gas as well as some liquid hydrocarbons during the thermal-maturation evolution. The source matter which can generate oil in coals includes not only exinite, but also desmocollinite and even a part of telocollinite.

2) Coal macerals are the main parameters to evaluate the hydrocarbon potential of coal-measure source rocks. According to the Rock-Eval and element analysis results, the coal-measure source rocks can be subdivided into four types: I c, II c, III c and IV c. I c and II c can generate a large amount of oils and may form coal-generated oil and gas fields under the suitable geological background. However, type III c and IV c can mainly generate gas.

3) The hydrocarbon-generating patterns of coals mainly depend on the types and amount of hydrocarbon-generating macerals. On the base of the hydrocarbon-generating patterns of coal macerals, the hydrocarbon-generating model for the four types of coal-measure source rocks has been suggested. This model will be very useful to the evaluation and exploration of coal-measure source rocks of coal-bearing basins in China.

Key words: coal-measure source rock maceral hydrocarbon-generating model