

文章编号:1000-0550(2004)04-0729-08

柴达木盆地石炭系烃源岩和煤岩生物标志物特征及其地球化学意义

孟仟祥 房 徐永昌 沈 平

(中国科学院兰州地质研究所 兰州 730000)

摘 要 采自柴达木盆地东北部石炭系烃源岩和煤岩的生物标志化合物研究表明,研究样品的有机质演化已达高成熟阶段,其母质来源以水生生物为主,同时有较丰富的陆源物质输入。除煤岩的沉积古环境较氧化且经历过较强的降解过程外,其余样品的沉积古环境均属于较还原环境,沉积介质为咸水环境,有机质总体丰度高。因此该区石炭系海陆交互相含煤沉积是一套较一般侏罗系为好的烃源岩系,有较好的生烃潜力。

关键词 柴达木盆地 烃源岩 煤 生物标志化合物

第一作者简介 孟仟祥 男 1947 年出生 研究员 有机地球化学

中图分类号 P593 **文献标识码** A

1 样品处理及仪器条件

样品采自柴达木盆地东北部的乌兰县怀头他拉乡、石炭沟石炭系地表剖面,部分煤样采自煤窑坑下(表 1)。样品经表面污染处理后,粉碎至 120 目,经索氏(氯仿)72 小时抽提、可溶有机质部分经硅胶:氧化铝(4:1)柱色层分离,得饱和烃、芳烃和非烃三个馏份,前两个馏份分别做 GC/MS 分析。

表 1 样品分布

Table 1 The sample locations

地 区	样号	时 代	岩 性	深度
柴达木盆地 东北部乌兰 县怀头他拉 乡、石灰沟	SH-38	C ₃ 克鲁克组	煤 岩	地表
	SH-40	C ₃ 克鲁克组	煤 岩	矿坑
	SH-55	C ₃ 克鲁克组	深灰色灰岩	地表
	SH-68	C ₃ 克鲁克组	粉砂质泥岩	地表
	SH-71	C ₃ 扎布萨秀组	黑色页岩	地表
	SH-76	C ₃ 扎布萨秀组	灰色泥岩	地表
	SH-79	C ₃ 扎布萨秀组	煤 岩	矿坑
	SH-80	C ₃ 扎布萨秀组	煤 岩	地表

气相色谱:美国 Varian 3400;石英毛细柱:美国 DB-1;气化室温度:300 ;程序升温:70 4 / min 290 恒温 40 分钟;质谱仪:FINNIGAN SSQ710,四级矩质谱仪;离子源:EI 源;离子源温度:250 ;离子

源电离能:70eV;数据库:美国 mist 库。

2 结果及讨论

2.1 族组成

本次研究的烃源岩样品族组成饱/芳比,除 SH-55 深灰色灰岩为 0.800 外,其余样在 1.056~3.400 之间,平均值为 1.606,显然饱和烃馏份相对含量占优势。烃源岩样品中均未分离出沥青质组份,是成熟有机质的特征。煤岩样品的饱/芳比:SH-38 和 SH-80 (地表)为 0.677 和 0.605,表现为芳烃组份相对含量大于饱和烃,同时均未分离出沥青质。SH-40 和 SH-79 两块煤岩样(坑)的饱/芳比分别为 1.476 和 4.543,显示出饱和烃馏份占优势的特征,这两块煤岩中均分离出了较丰富的沥青质。研究样品的非/芳比分布在 1.611~4.886 之间,显然均有较丰富的非烃馏分(表 2)。

2.2 正构烷烃

图 1 给出了八个样品饱和烃 GC/MS 总离子流图的柱状图,表 3 给出了有关参数。从图和表中看出,本次研究的样品中仅 SH-79 煤岩曾遭受到较强烈的热降解作用,其正构烷烃分布呈单驼峰型,且以 nC₂₀ 以前低碳数正构烷烃相对丰度较高为特征。其余各样品的正构烷烃均呈双驼峰型分布,前峰群以 nC_{17}—nC₂₀ 为主峰碳,后峰群以 nC₂₃ 为主峰碳(SH-68}

收稿日期:2003-11-01;收修改稿日期:2004-05-13

泥岩以 nC_{25} 为主峰碳), 碳数分布相似为 $nC_{11} \sim nC_{33}$ (SH-68 泥岩为 $nC_{14} \sim nC_{31}$)。 C_{21}/C_{22}^+ 值除 SH-68 泥岩样特殊低为 0.38 和 SH-79 煤岩特殊高为 6.02 (受降解因素影响) 外, 其余样品的该值较接近, 在 1.11 ~ 1.86 之间。上述分布特征表明, 本次研究的石炭系烃源岩和煤岩有机质的母质来源相近, 既有丰富的水生生物输入, 又有一定数量的陆生生物来源。表征有机质成熟度的正构烷烃 OEP 值分布在 1.02 ~ 1.17 之间, 显示了成熟有机质特征。

2.3 类异戊二烯烷烃

本次研究的样品中除 SH-79 煤岩的 Pr/Ph 值较高为 3.60 外, 其余样品的 Pr/Ph 值分布在 0.61 ~ 1.12 之间, 属于无姥鲛烷优势或略显植烷优势类型 (表 3), 表明这些样品中有机质形成的环境属于较强还原性环境。准噶尔盆地侏罗系以陆源物质为主要母质输入类型的烃源岩、煤岩及原油的 Pr/Ph 值分布在 2.86 ~ 11.22 之间, 与本次研究样品形成明显的对照。克拉玛依克 76 井原油 (P_2W) 是较典型的以水生生物为主要母质输入类型的样品, 其 Pr/Ph 值为 0.89

表 2 族组分分析数据表

Table 2 The data of the group composition

样品号	样品重量 /g	抽提物 重量/g	族组分/g				饱/芳	非/芳	备注
			沥青质	饱和烃	芳烃	非烃			
SH-38	42.5	0.0127		0.0021	0.0031	0.0066	0.677	2.129	煤 C_2
SH-40	81.5	0.2392	0.2081	0.0062	0.0042	0.0179	1.476	4.262	煤 C_2 (坑)
SH-55	73.0	0.0106		0.0016	0.0020	0.0064	0.800	3.200	深灰色灰岩 C_2
SH-68	180.5	0.0068		0.0021	0.0018	0.0025	1.167	1.389	粉砂质泥岩 C_2
SH-71	147	0.0131		0.0068	0.0020	0.0038	3.400	1.900	黑色页岩 C_3
SH-76	133.5	0.0081		0.0019	0.0018	0.0029	1.056	1.611	灰色泥岩 C_3
SH-79	30.0	0.218	0.502	0.0159	0.0035	0.0171	4.543	4.886	煤 C_3 (坑)
SH-80	30.0	0.0164		0.0026	0.0043	0.0078	0.605	1.814	煤 C_3

表 3 正构烷烃与类异戊二烯烷烃数据一览表

Table 3 The data of saturated hydrocarbon and isoprenoid hydrocarbon

样号	岩性	正构烷烃				类异戊二烯烷烃					OEP
		碳数分布	峰型	主峰碳	$\frac{C_{21}}{C_{22}^+}$	$\frac{Pr}{Ph}$	$\frac{iC_{18}}{Pr}$	$\frac{iC_{18}}{Ph}$	$\frac{Pr}{nC_{17}}$	$\frac{Ph}{nC_{18}}$	
SH-38	煤	$nC_{11} \sim nC_{33}$	双驼峰	nC_{18} nC_{23}	1.46	1.00 (47.6)	0.55 (26.2)	0.55 (26.2)	0.47	0.46	1.05
SH-40	煤 (井下)	$nC_{11} \sim nC_{32}$	双驼峰	nC_{17} nC_{24}	1.86	1.12 (42.7)	0.71 (27.1)	0.79 (30.2)	0.39	0.45	1.03
SH-55	泥岩	$nC_{11} \sim nC_{33}$	双驼峰	nC_{19} nC_{23}	1.67	0.89 (38.0)	0.77 (32.9)	0.68 (29.1)	0.42	0.44	1.03
SH-68	泥岩	$nC_{14} \sim nC_{31}$	双驼峰	nC_{19} nC_{25}	0.38	0.77 (46.7)	0.50 (30.3)	0.38 (23.0)	0.45	0.56	1.17
SH-71	页岩	$nC_{11} \sim nC_{33}$	双驼峰	nC_{19} nC_{23}	1.11	1.03 (50.2)	0.50 (24.4)	0.52 (25.4)	0.35	0.35	1.02
SH-76	泥岩	$nC_{11} \sim nC_{33}$	双驼峰	nC_{20} nC_{23}	1.06	0.61 (45.5)	0.45 (33.6)	0.28 (20.9)	0.42	0.53	1.06
SH-79	煤 (井下)	$nC_{12} \sim nC_{33}$	单驼峰	nC_{16}	6.02	3.60 (57.3)	0.58 (9.2)	2.10 (33.5)	1.32	0.47	1.04
SH-80	煤	$nC_{11} \sim nC_{33}$	双驼峰	nC_{19} nC_{23}	1.24	0.89 (53.3)	0.41 (24.6)	0.37 (22.1)	0.41	0.42	1.12

注: OEP = $(C_{23} + 6 \cdot C_{25} + C_{27}) / 4(C_{24} + C_{26})$; () 内为相对百分数; Pr = Pristane, Ph = Phytane, iC_{18} = nor - pristane

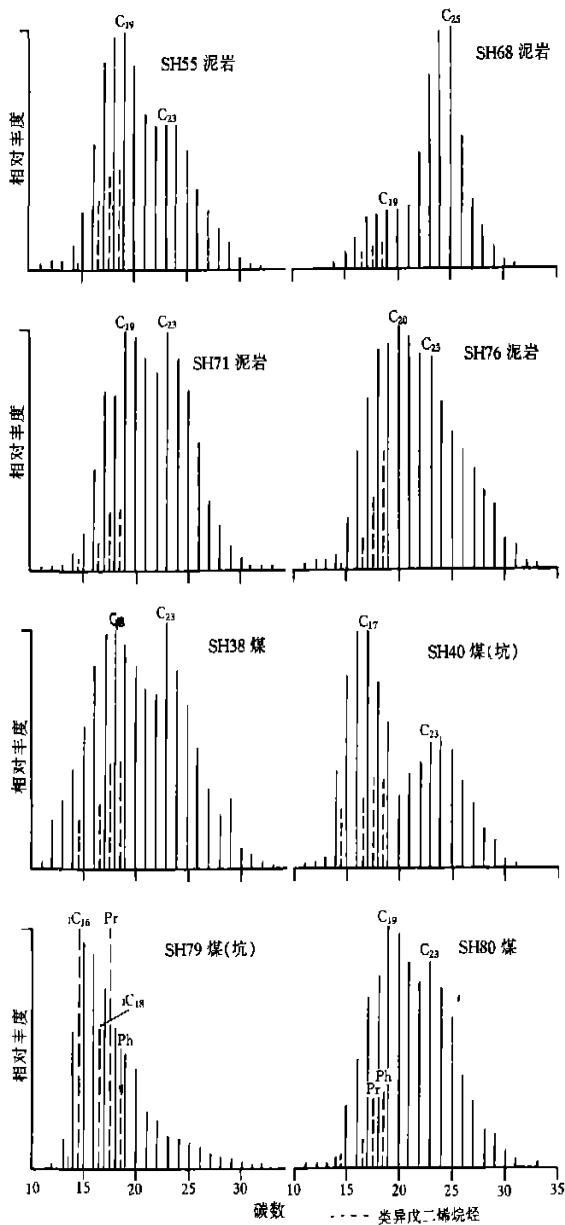


图1 怀他拉石炭系烃源岩饱和烃柱状图

Fig. 1 The columnar section of saturated hydrocarbon of source rocks from Huaitala Carboniferous Series

(表4)与本次研究样品的该值接近。Pr/Ph值的较大差异也反映了样品有机质中母质来源的差异,即柴达木石炭系样品中有丰富的水生生物贡献。SH79煤岩的Pr/Ph值与研究的其它样品有异,呈明显姥鲛烷优势,表明该煤岩中有机质形成的古环境属弱氧化—弱还原环境(水体较浅),同时也反映了该样品中有较丰富的陆源生物输入。

姥鲛烷与相邻正构烷烃之比 Pr/nC_{17} 及植烷与其

邻正构烷烃之比 Ph/nC_{18} ,能较好地反映样品中有机质的降解程度。一般降解较严重的样品其姥鲛烷或植烷的相对丰度会大于其相邻的正构烷烃。本次研究的样品 Pr/nC_{17} 和 Pr/nC_{18} 分布在 0.35 ~ 0.45 之间,显示了未受较强烈降解的特征,但 SH79 煤岩的 Pr/nC_{17} 值为 1.32,反映了该样曾遭受过较强烈的降解过程,使正构烷烃的相对丰度显著降低。

图2给出的是类异戊二烯烷烃 Pr/Ph , iC_{18}/Pr 和 iC_{18}/Ph 关系三角图。图中样品除本次研究的八块柴达木石炭系烃源岩和煤岩外,还选用准噶尔盆地侏罗系烃源岩、煤岩及原油(八个样)和克拉玛依克76井原油样(P_{2w})做对照(表4)。图中将所研究样品的点子明显地分在了三个区域。区为柴达木石炭系样品区。该区样品特点是 Pr/Ph 值显示无姥鲛烷优势,部分样略呈植烷优势, iC_{18}/Pr 和 iC_{18}/Ph 值较集中为 0.35 ~ 0.79 之间。这些样品的有机质在较强还原性环境形成(水体较深),且水生生物贡献丰富。克拉玛依原油(P_{2w})样的点子也分布在区。区分布的是准噶尔盆地烃源岩、煤岩和原油样品的点子,该区样品呈较明显的姥鲛烷优势,其 Pr/Ph 值分布在 2.86 ~ 4.14 之间, iC_{18}/Pr 值较低为 0.10 ~ 0.61,而 iC_{18}/Ph 值明显变高为 0.97 ~ 1.78。这些样品有机质形成环境为弱还原—弱氧化环境(水体较浅),母质类型以陆生生物为主,同时有一定数量的水生生物输入。SH79煤岩(C)的 Pr/Ph 、 iC_{18}/Pr 和 iC_{18}/Ph 值均与区样品接近,因此,这块石炭系煤岩样也被分布在区。区分布的是准噶尔盆地侏罗系三块煤岩样的点子,它们的特征是有异常高的 Pr/Ph 值(11.22、11.50和9.60),异常低的 iC_{18}/Pr 值(0.10、0.17和0.12)和较高 iC_{18}/Ph 值(1.11、2.00和0.97)。表明这些煤岩的古环境属于弱氧化—弱还原环境,陆生生物(尤其是高等植物)输入十分丰富,是我国较典型的侏罗统以陆源植物为主要来源的成煤环境样品。

2.4 两环倍半萜烷

本次研究的煤岩与烃源岩中均检测出了明显的 C_{15} 和 C_{16} 两环倍半萜烷系列化合物,在 C_{15} 的峰群中检测了七个同分异构体,该峰群中一般以 8(H)-锥满烷相对丰度最高为特征,同时检测出明显的 4(H)-桉叶油烷。在 C_{16} 峰群中,检测出三个同分异构体。以 8(H)-高锥满烷的相对丰度远远大于其余两个峰为特征。所研究的样品中均以 8(H)-高锥满烷相对丰度 > 8(H)-锥满烷为特征。

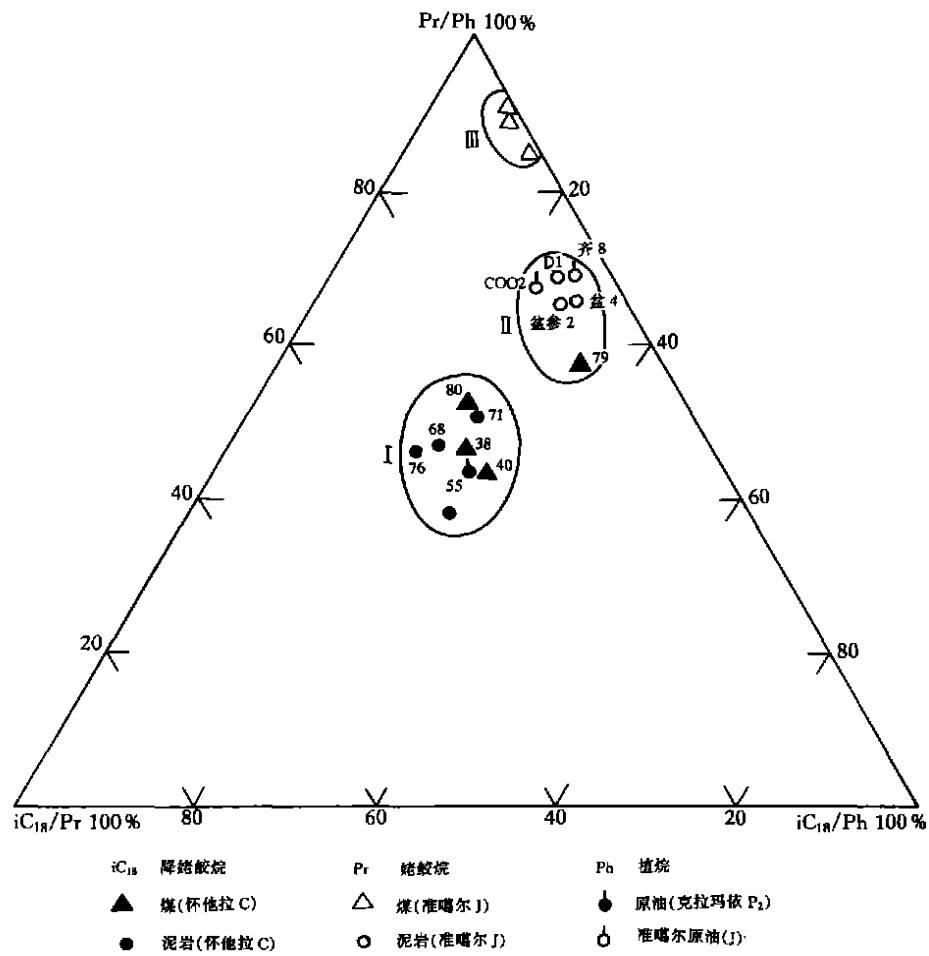


图 2 类异戊二烯烷烃关系三角图

Fig. 2 The elation triangle of isoprenoids

表 4 类异戊二烯烷烃数据一览表

Table 4 The data of isoprenoids

井号	地区	样品性质	时代	比值及相对百分含量/ %		
				Pr/ Ph	iC ₁₈ / Pr	iC ₁₈ / Ph
陆南 2 井	准噶尔	煤	J _{2x}	11.22(90.27)	0.10(0.80)	1.11(8.93)
三工河	准噶尔	煤	J _{1b}	9.60(89.80)	0.12(1.12)	0.97(9.08)
滴西 1 井	准噶尔	黑色泥岩	J _{1b}	3.33(68.66)	0.35(7.22)	1.17(24.12)
盆 4 井	准噶尔	黑色泥岩	J _{2x}	4.12(64.98)	0.44(6.94)	1.78(28.08)
盆参 2 井	准噶尔	粉砂质泥岩	J _{1b}	4.06(65.48)	0.42(6.77)	1.72(27.75)
彩 002	准噶尔	原油	J _{1s}	3.33(67.96)	0.48(9.80)	1.09(22.24)
齐 8 井	准噶尔	原油	J _{1b}	4.14(69.00)	0.28(4.67)	1.58(26.33)
克 76 井	克拉玛依	原油	P _{2w}	0.89(42.58)	0.64(30.62)	56(26.80)
盆 4 井	准噶尔	深灰泥岩	J _{1b}	2.86(54.79)	0.61(11.69)	1.75(33.52)
碱沟	准噶尔	煤岩	J _{2x}	11.5.5(84.13)	0.17(1.24)	2.00(14.63)

注:括号内为相对 %

罗斌杰、孟任祥等人^[1]在研究了我国、新西兰和澳大利亚的12个沉积盆地不同时代的原油、煤岩、烃源岩和近代沉积物37个样品中两环倍半萜烷的分布后,认为不同沉积环境的油源岩所形成的原油中,二环烷烃分布有较大差异,其相对丰度及分布特征可作为指相的标志,据此可划分沼泽、淡水—微咸水湖相和咸水湖相形成的原油。在环境演变中其分布特征呈有规律的变化。在m/z123质量色谱图中二环烷烃以湖泊、沼泽环境中丰度最高,从沼泽—湖泊向淡水—微咸水湖泊及咸水湖泊环境演化时,二环倍半萜烷的相对丰度降低,甾烷和藿烷的相对丰度增高,但咸水环境形成的原油二环萜烷中C₁₂~C₁₄相对丰度较大^[2]。

本次研究的样品中两环倍半萜烷的相对丰度均小于三环萜、甾烷和藿烷,且C₁₄以前低碳数的两环萜烷均较难检测出,反映了研究样品的古沉积环境为微咸水—淡水环境。4(H)-桉叶油烷是较典型的高等植物来源的生物标志化合物,被认为来源于植物组分-桉叶油醇。Philp认为8(H)锥满烷是由锥满醇合成的,很可能属于细菌成因,而不是来源于高等植物。本次研究样品的两环倍半萜烷中检测出丰富的8(H)高锥满烷和8(H)锥满烷化合物,反映研究样品的古沉积环境细菌发育。而所有样品中均检测出丰度明显的4(H)-桉叶油烷化合物,又反映出古沉积环境生长着富集桉叶油烷为前身物桉叶油醇的植物类^[4]。这种植物与细菌富集的现象,恰好符合海陆交互的环境特征。

罗斌杰等^[5]在研究了不同煤阶($R_o = 0.60\% \sim 1.76\%$)煤样抽提物的两环倍半萜中8(H)-锥满烷与8(H)-高锥满烷的比值(DHR)和 R_o 的关系后认为, R_o 值在1.25%之前随 R_o 值的增高,DHR值也逐渐增大, $R_o = 1.25\%$ 时,DHR值达到最高值,之后 R_o 值再增加时,DHR值反而逐渐下降(图3)。因此,二环倍半萜烷的分布特征可反映有机质的演化趋势,DHR值可以作为判别有机质演化程度的指标。本次研究的煤岩与烃源岩DHR值分布在0.34~0.99之间。分别为SH38(煤)0.57,SH40(煤)0.90,SH55(泥岩)0.77,SH68(泥岩)0.46,SH71(泥岩)0.44,SH76(泥岩)0.40,SH79(煤)0.41和SH80(煤)0.324。在图3中将原图DHR最大值演变为1.00后得模拟曲线(图3)。将所研究的8个样品DHR值落在模拟曲线上,本次研究样品的 R_o 值大约在1.25%~2.00%之间,属于高成熟有机质的范围。

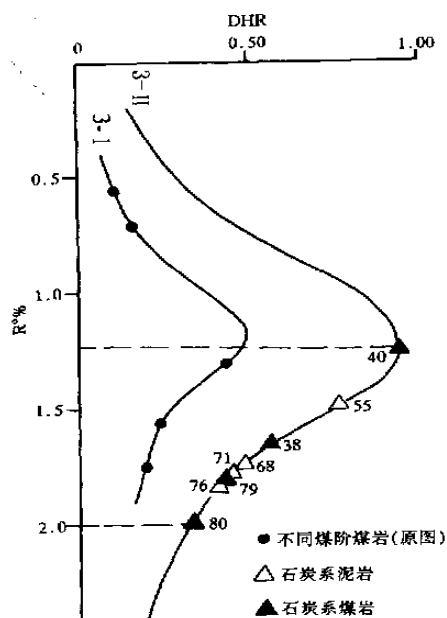


图3 DHR与 R_o 关系图

Fig. 3 Relationship between DHR and R_o

2.5 三环二萜烷与藿烷系列化合物

2.5.1 三环二萜烷

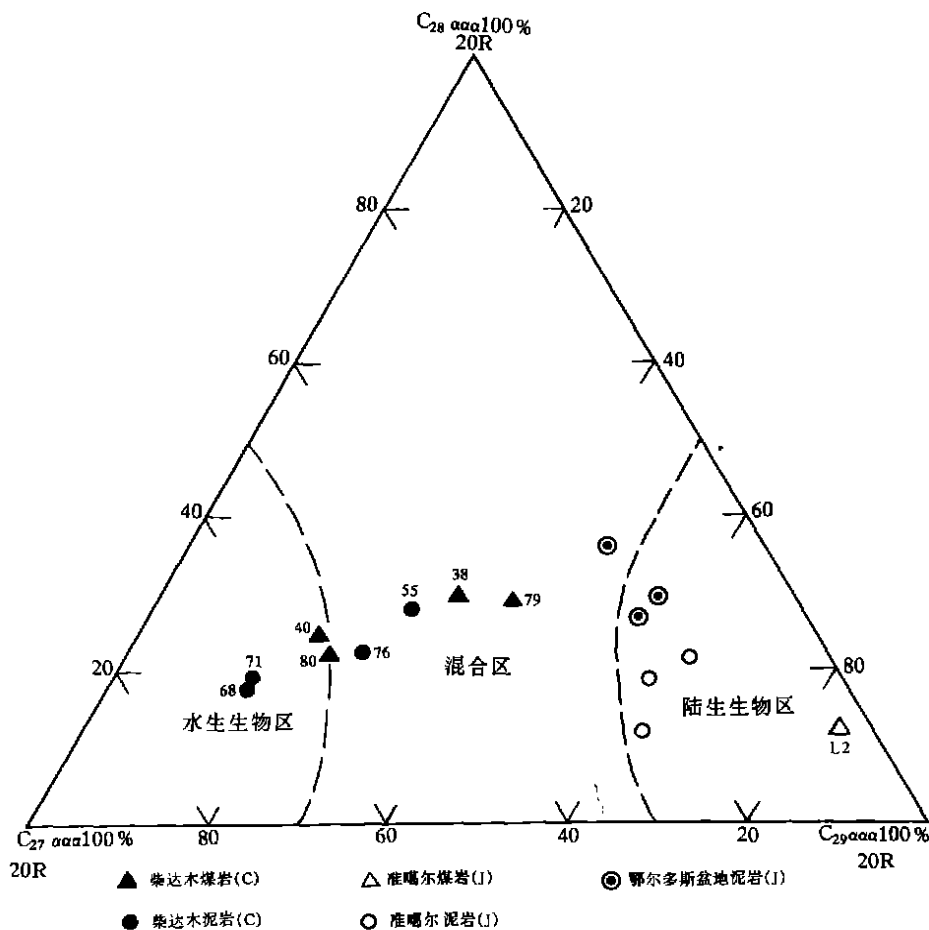
在m/z191质量色谱图中,三环二萜烷与藿烷系列化合物的相对丰度大小及其分布特征受沉积环境和母质类型的控制。较咸化的沉积环境形成的有机质中三环二萜烷系列的相对丰度较高,如江汉盆地的烃源岩和原油中三环二萜烷相对丰度大于藿烷系列。而且三环二萜烷的碳数分布较宽(C₁₈~C₃₁),以C₂₁和C₂₃为主峰碳,C₂₅以后各峰因其分子的第22位为手性碳,因而以对映异构体成对出现;以高等植物为主要母质类型的我国侏罗系煤岩的三环二萜烷相对丰度较低,且碳数分布窄(C₁₈~C₂₄),C₂₅以后以对映异构体成对出现的三环二萜烷较难检测出,在C₂₆以后的位置一般可检测出C₂₄和C₂₆四环萜烷;在淡—微咸水环境形成的样品中,一般三环二萜烷相对丰度低于藿烷,碳数分布一般是C₁₈~C₂₉,但C₂₅以后各对峰的相对丰度明显降低。同时热演化程度的高低对三环二萜烷与藿烷相对丰度的大小也会产生影响,同一个样品在原始样品中若三环二萜烷的相对丰度大大的低于藿烷,该样品经过较高温度的热模拟实验(如350、450)其m/z191质量色谱图中三环二

表 5 三环、藿烷系列数据一览表

Table 5 The data of tricloterpanes and hopanoids

样号	岩性	三环二萜烷烃		藿烷系列					三环萜藿烷	
		碳数分布	主峰	碳数分布	$\frac{C_{27}+C_{29}}{C_{31}^+}$	$\frac{I_s}{I_m}$	C_{30}	$\frac{1}{2}C_{31}$		$C_{31} \frac{22S}{22S+R}$
SH38	煤岩	C ₁₉ ~C ₂₉	C ₂₃	C ₂₇ ~C ₃₃	2.06	0.88	6.70	0.81	0.59	1.51
SH40	煤岩	C ₁₉ ~C ₂₉	C ₂₃	C ₂₇ ~C ₃₃	3.18	1.50	5.57	0.92	0.58	6.82
SH55	泥岩	C ₂₀ ~C ₂₉	C ₂₃	C ₂₇ ~C ₃₃	3.19	0.40	2.78	1.38	0.48	1.21
SH68	泥岩	C ₁₉ ~C ₂₉	C ₂₃	C ₂₇ ~C ₃₃	2.95	0.88	4.06	1.18	0.59	14.5
SH71	页岩	C ₁₉ ~C ₂₉	C ₂₃	C ₂₇ ~C ₃₂	3.25	1.06	3.82	0.95	0.55	11.19
SH76	泥岩	C ₁₉ ~C ₂₉	C ₂₃	C ₂₇ ~C ₃₃	3.12	1.30	8.18	0.67	0.53	2.07
H79	煤岩	C ₁₉ ~C ₂₅	C ₂₀	C ₂₇ ~C ₃₂	3.45	1.77	3.89	0.86	0.62	0.94
SH80	煤岩	C ₁₉ ~C ₂₉	C ₂₃	C ₂₇ ~C ₃₂	4.16	1.19	6.31	0.51	0.66	6.35

注: - : - 蜡烷; C₃₁⁺: (C₃₁ + C₃₂ + C₃₃)

图 4 甾族 C₂₇、C₂₈和 C₂₉-20R 关系三角图Fig. 4 Relationship about C₂₇、C₂₈、C₂₉-20R of sterane

萜烷的相对丰度明显升高。

本次研究样品的三环二萜烷分布及数据见表 5。除 SH79 煤样的碳数分布窄为 C₁₉~C₂₅、主峰碳为 C₂₀外,其余样品的该系列化合物碳数分布较宽都为 C₁₉

~C₂₉,主峰碳都一样为 C₂₃。C₂₅以后,以对映异构体成对出现的三环二萜烷均可明显的检测出。而且除 SH79 以外三环萜/藿烷比值均大于 1.21,两个烃源岩 (SH68 和 SH71)的该值更高达 14.50 和 11.19。这种

分布特征, 与我国较咸化古环境的地质样品相似。SH79 煤岩样品中可能更富集陆生生物。

2.5.2 藿烷

本次研究样品的藿烷系列化合物(表 5) 碳数分布在 $C_{27} \sim C_{32}$ (C_{33}), 除 SH79 煤岩外其余样均以 $C_{30} \sim C_{32}$ 藿烷为主峰碳。表征母质输入类型的参数 $C_{27} + C_{29} / C_{31} + C_{33}$ 值分布在 2.06 ~ 4.16 之间, 平均值为 3.17, C_{32} (C_{33}) 以后较高碳数的藿烷难检测出, 显然这些样品有机质中除有丰富的水生生物母质外还有较丰富的陆源母质的输入。反映有机质成熟度的参数 T_s / T_m 值除 SH55 泥岩较低为 0.40 外, 其余样品的该值较高分布在 0.88 ~ 1.77 之间, 是成熟有机质的待证。其中两块坑下煤岩样的该值最高为 1.50 和 1.77。藿烷系列中常用的 $C_{31} - 22S / 22(S + R)$ 成熟度参数除 SH55 泥岩样稍低为 0.48 外, 其余样品的该值分布在 0.53 ~ 0.66 之间, 均显示了成熟有机质的特征。本次研究样品的 $C_{31} - 蜡烷 / \frac{1}{2} C_{31}$ 值分布在 0.51 ~ 1.38 范围, 显然与我国咸水湖相沉积有机质的高 $C_{31} - 蜡烷 / C_{31}$ 值有别, 但与我国南沙海区近代沉积物及海相样品的该值接近^[6,7]。

2.6 甾烷

研究样品中均检测出了较丰富的 $C_{27} \sim C_{30}$ 常规

甾烷系列和 $C_{27} \sim C_{29}$ 重排甾烷系列化合物(表 6)。 $C_{29} - 20S / 20(S + R)$ 值是较理想的有机质演化程度参数, 除 SH55 泥岩的该值较低为 0.21 外, 其余样品的该值分布在 0.45 ~ 0.57 之间, 平均值为 0.47, 显示了成熟有机质的特征。 $C_{29} - 20R / (C_{27} + C_{28} + C_{29})$ 值是甾烷的异构化参数。它也是较理想的演化程度参数(成岩早期微生物作用会对该参数做出贡献), 其中四块煤岩样甾烷异构化程度较高, 该参数分布在 0.45 ~ 0.69 之间, SH55 该值最低为 0.32, 其余三块岩样的该值分别为 0.40, 0.47 和 0.35, 总之, 研究样品显然经历过较强的异构化过程。

研究者常用甾烷 $C_{27} - 20R$ 构型的 C_{27} 、 C_{28} 和 C_{29} 相对丰度组成三角图, 作母质类型的研究。本次研究的八个样品和准噶尔盆地侏罗系泥岩与煤样以及鄂尔多斯盆地侏罗系三个泥岩样的 $C_{27} - 20R$ 、 C_{27} 、 C_{28} 和 C_{29} 相对含量(%) 数据见表 6。本次研究的只有一个样品 SH-79 煤岩表现为 $C_{29} - 20R$ 相对丰度稍大于 C_{27} 和 $C_{28} - 20R$, 其余样品均表现为 $C_{27} - 20R$ 相对丰度最高的特征, 表明 SH79 煤岩样品有机质中陆生生物的母质输入较丰富, 其余研究样品显然是以水生生物输入更丰富为特征。用 $C_{27} - 20R$ 、 C_{27} 、 C_{28} 和 C_{29} 相对百分含量数据作三角图(图 4), 将表中所给样品的点子分在了三个区间。左下方靠近 $C_{27} - 20R$

表 6 甾族系列参数一览表

Table 6 The parameters of steroids

样(井)号	地区	样品性质	时代	C_{29} 20S / (20S + R)	$C_{29} - 20R$ / (C ₂₇ + C ₂₈ + C ₂₉)	20R 相对含量 / %			
						C_{27}	C_{28}	C_{29}	
SH38	柴达木盆地东乌兰	煤岩	C_2	0.55	0.69	37.7	29.9	32.4	
SH40		煤岩(坑)	C_2	0.45	0.47	55.4	25.0	19.6	
SH55		泥岩	C_2	0.21	0.32	42.9	28.3	28.8	
SH68		泥岩	C_2	0.51	0.40	67.8	17.4	14.8	
SH71		县怀头他	页岩	C_3	0.48	0.46	66.4	19.2	14.4
SH76		拉石灰沟	泥岩	C_3	0.46	0.35	50.8	22.0	27.2
SH79		煤岩(坑)	C_3	0.57	0.52	31.5	29.6	38.9	
SH80		煤岩	C_3	0.51	0.45	55.7	22.4	21.8	
盆 2 井	准噶尔盆地	泥岩	J_{2x}	0.44	0.42	20.8	19.2	60.0	
盆 4 井		泥岩	J_{2x}	0.41	0.39	15.8	22.5	61.7	
滴西 1 井		泥岩	J_{1b}	0.48	0.37	26.8	12.1	61.1	
陆南 2 井		煤岩	J_{1x}	0.19	0.24	3.2	13.8	83.0	
Z-59 井	鄂尔多斯盆地	泥岩	J	0.46	0.37	17.9	35.9	46.2	
Z-19 井		泥岩	J	0.39	0.37	15.2	29.2	55.6	
Z-13 井		泥岩	J	0.40	0.37	19.0	27.0	54.0	

区间为水生生物区间,该区间的点子主要是 SH-68 与 SH-71 两块烃源岩样,它们的有机质中显然是以水生生物为主要母质输入类型、SH-40 和 SH-80 两个煤岩已处于水生生物区间的边缘,它们的有机质中除有丰富的水生生物输入外,也有一定数量的陆源生物的输入。SH-76 和 SH-55 泥岩及 SH-38 和 SH-79 煤岩被划分在混合区,表明这些样品中既有丰富的水生生物输入,又有丰富的陆源生物的母质来源。准噶尔盆地和鄂尔多斯盆地的侏罗系泥岩样被分在了陆生生物区间,表明它们的有机质中主要是陆源生物的母质输入。

3 结论

(1) 饱和烃各类成熟度参数表明研究样品属成熟有机质。与不同煤阶(已知其 R_o) 煤岩对照,本次研究样品 R_o 值大约在 1.25% ~ 2.00% 之间,已达有机质演化的高成熟阶段。

(2) 研究样品有丰富的水生生物母质输入,这是本剖面样品的重要特色之一,同时也有较丰富的陆生生物的母质来源。其中 SH-79 和 SH-38 两块煤岩及 SH-55 泥岩样的有机质中陆源生物的输入更丰富一些,尤其是 SH-79 煤岩中有较丰富的高等植物的输入。总体而言,有机母质较一般煤系有机质类型好。

(3) 研究样品除 SH-79 属于明显较氧化环境(该样曾经历过较强烈的热降解影响)外,其余样品的氧化还原程度相近,均属于较还原环境。古环境水体较深属咸水环境,较有利于有机质的保存、转化。

(4) 石灰沟石炭系海陆交互相含煤沉积是该区

重要烃源岩系,但与侏罗煤系沉积相比较,其水生生物来源更丰富,沉积环境主体属较还原环境,沉积介质为咸水特征,石炭系有机质总体丰度高,因而该剖面地球化学分析证明该区石炭系海陆交互相含煤沉积是一套较一般侏罗系为好的烃源岩系,有较好的成烃潜力。由于该区有机质演化已达高成熟阶段,故成烃产物以凝析油气为主。

参考文献(References)

- 1 罗斌杰,王有孝,孟任祥.原油、煤和沉积物中二环烷烃的地球化学意义.中国科学(B辑),1990,4(4):419~430[Luo Binjie, Wang Youxiao, Meng Qianxiang, *et al.* Geochemistry of biocyclic alkanes in sediments, coal and crude oil. Science in China(B), 1990, 4(4):419~430]
- 2 Fan Pu, Philip R P, Meng Qianxiang, *et al.* Biomarkers indicating sedimentary paleoenvironments. Science in China(B), 1989, 32(2):242~256
- 3 Phil R P. Fossil fuel biomarkers. New York: Elsevier Science Publishing Company Inc. NY 10017, 1985. 123, 229
- 4 惠荣耀,丁安娜,孟任祥.准噶尔盆地马庄气藏——地球化学特征.中国科学(B辑),1991,12:1304~1312[Hui Rongyao, Ding Anna and Meng Qianxiang. Geochemical characteristics of Mazhuang Gas Pool in Junggar basin. Science in China(B), 1991, 12:1304~1312]
- 5 Luo Binjie, Wang Youxiao, Meng Qianxiang, *et al.* Geochemistry of biocyclic alkanes in sediments, coal and crude oil. Science in China(B), 1991, 34(3):363~376
- 6 罗斌杰,孟任祥,杨醒华,等.南沙群岛及其邻近海区综合调查报告(第二十章).北京:科学出版社,1994[Luo Binjie, Meng Qianxiang, Yang Xinghua, *et al.* Investigate research of Nansha isle and hear sea area. Beijing: Science Press, 1994]
- 7 Fan Pu, Meng Qianxiang, Yu Xinke, *et al.* Biomarkers of Upper Sinian Cyanobacterial dolostones in southwest China. Journal of Southeast Asian Earth Sciences, 1991, (1):129~154

Biomarkers and Geochemical Significance of Carboniferous Source Rocks and Coals from Qaidam Basin

MENG Qian-xiang FANG Xuan XU Yong-chang SHEN Ping
(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Science, Lanzhou 730000)

Abstract On the basis of biomarkers in Carboniferous source rocks and coals from the northeastern portion of Qaidam basin, it can be seen that these samples have reached high maturation stage during their thermal evolution, and the organic sources are mainly from aquatic organisms combined with abundant terrigenous input. Apart from SH-79 coal sample formed in more oxidizing environment, most of samples in this study deposited in reducing environment with saline water with medium and high content of total organic matter. Thus, the Carboniferous paralic coal-bearing stratum is a set of excellent source rock measures with much better hydrocarbon generation potential than Jurassic source rocks.

Key words Qaidam basin, source rock, coal, biomarkers