

文章编号: 1000-0550(2008) 03-0518-07

塔里木盆地寒武系烃源岩的研究新进展

郭建军¹ 陈践发¹ 王铁冠¹ 叶治续² 周学慧³ 师生宝¹

(1. 中国石油大学 石油天然气成藏机理教育部重点实验室 北京 102249;

2. 冀东油田分公司勘探开发研究院 河北唐山 063004 3. 塔里木油田分公司勘探开发研究院 新疆库尔勒 841000)

摘要 塔里木盆地的勘探程度较低, 下古生界不同烃源岩的特征及其展布仍是困扰地质家的重大问题。通过详细分析已钻揭的寒武系烃源岩, 深入探讨了寒武系烃源岩的地球化学特征。结果表明由于不同地区寒武系烃源岩的沉积环境存在差别, 因此不同地区有机质的丰度、甾萜烷的分布特征以及“三芴”组成均存在一定的差异, 因此进行寒武系的油源对比时应考虑到这种差别, 以提高油源对比的精度。总体来讲, 寒武系烃源岩的标志性特征主要包括甾烷中的 C_{28} 含量较高 ($> 25\%$)、伽马蜡烷的含量较高 (峰高与 $C_{31}H$ 接近, $G/C_{31}H > 0.89$)、碳同位素比值偏重 ($\delta^{13}C_{org}$ 重于 -30% , $\delta^{13}C_{org}$ 接近或重于 -28%), 三芳甾烷的分布特征也明显区别于中—上奥陶统烃源岩。

关键词 塔里木盆地 寒武系 烃源岩 生物标志物 碳同位素比值

第一作者简介 郭建军 男 1974 年出生 工程师 博士研究生 油气成藏地球化学 E-mail: jianjun_guo@126.com

中图分类号 P593 文献标识码 A

0 引言

塔里木盆地是我国西部典型的多旋回叠合盆地, 油气资源极为丰富, 具有多油源层、多期生排烃、多期成藏、多层系含油气和多种类型油气藏共存的特点, 同时很多油气藏都经历了多期的调整与破坏^[1, 2]。经过多年的科技攻关和油气综合勘探, 先后在寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系等十余个层系中发现了许多油气田和工业性油气流, 特别是近几年在塔中 1 号构造坡折带的油气勘探取得了重大突破^[3]。

经过国家“九五”科技攻关, 塔里木盆地烃源岩的展布及其地球化学特征、烃源岩的评价标准以及油气来源判识等研究均取得了很大进展, 提出了大多数研究者可以接受的油气源对比方法^[4-9]。但是, 由于塔里木盆地的勘探程度仍较低, 探井相对仍然较少, 台盆区的油气来源判识和不同烃源层的展布等问题仍困扰着地质勘探家。

从很多研究似乎可以看出, 塔里木盆地寒武系的烃源岩均具有相同或相似的地球化学特征, 且与中—上奥陶统烃源岩相区别。由于台盆区寒武系的地层分为三种不同的沉积相带, 即西部的蒸发泻湖相、中部的蒸发台地相和东部的欠补偿盆地相^[10], 研究表明, 到目前为止所钻遇的寒武系烃源岩确实也存在若

干差异, 只有将不同地区寒武系烃源岩的地球化学特征进行深入研究, 才能提高油气源对比的精度与可信度。

1 寒武系烃源岩的有机质丰度

目前钻揭寒武系地层的探井仍比较少, 从表 1 和图 1 可以看出, 有机碳含量最高的寒武系烃源岩主要分布于塔东地区的塔东 1 井、塔东 2 井、库南 1 井以及尉犁 1 井, 西部有机碳含量较高的井主要包括方 1 井与和 4 井, 而西部的同 1 井与和田 1 井以及中部的塔中 1 井、塔参 1 井有机碳含量均较低。

2 正构烷烃的分布特征

正构烷烃的分布特征、奇偶优势以及主峰碳等参数可用来判别有机质的来源、沉积环境和成熟度, 但是随着有机质成熟度的增高, 奇偶优势逐渐消失, 主峰碳前移。塔里木盆地的下古生界烃源岩均处于过成熟热演化阶段, 在下古生界发现的油气也都是有机质在成熟—高成熟度阶段的产物, 因此很少有人用正构烷烃的特征来区分塔里木盆地寒武系和中—上奥陶统的有机质。罗宪婴等^[11]研究认为, 塔中地区上奥陶统烃源岩的正构烷烃具明显的奇碳优势, 且 $Pr/Ph > 1.0$ 而寒武系—下奥陶统烃源岩的正构烷烃呈

①国家重点基础研究发展规划项目 (编号: 2006CB202307) 资助。

收稿日期: 2007-07-10 收修修改稿日期: 2007-08-29

表 1 寒武系烃源岩的有机质丰度

Table 1 Organic matter abundance of Cambrian source rock

地区	井号或剖面	层位	深度 /m	岩性	有机碳 /%	沥青“A” /%	总烃 /10 ⁻⁶ S ₁ + S ₂ / (mg/g)		
柯坪地区	柯坪地区*	Є _{t2}	地表	泥岩	3.32	0.0196	102		
				碳酸盐岩	0.34(14)	0.0098(8)	74(5)		
肖尔布拉克*	肖尔布拉克*	Є _{t2}	地表	黑色炭质泥岩	0.53	0.0035	26		
				深灰色灰岩、白云岩	0.07	0.0038(9)	28(9)		
				泥岩	0.25(13)	0.015	0.0035(5)		
巴楚	方 1*	Є _{t2}	3849~ 4606.8	黑灰色灰岩、白云岩	0.80(4)	0.0055(4)	9(3)		
				泥岩	0.25(13)	0.015	0.33(24)		
	和 4*	Є _{t2}	5002~ 5903	暗色泥岩	0.72(6)	0.0016	0.12(5)		
				黑灰色灰岩、白云岩	1.04(18)	1.04(18)	11(2)		
和田 1 井	和田 1 井	Є ₂	6163.1	灰色泥质白云岩	0.46	0.0023	0.20		
				同 1 井	Є ₃	3172.8	灰色粉晶白云岩	0.83	0.59
				塔中	塔参 1	Є ₁	7116~ 7169	灰色白云岩	0.62
塔中	塔中 1	Є	4990~ 6067	灰色白云岩	0.17	0.0071			
				塔东	库南 1 井	Є _{t2}	5188.5	黑色钙质泥岩	1.38
塔东	塔东 2 井	Є ₁	4919.2	灰黑色泥岩	4.28	0.0028			
				尉犁 1 井	Є ₁	4378.1	黑色泥岩	2.98	0.0028

括号内为样品数, 未标样品数者样品数为 1 参数值为平均值, 带* 的数据据塔里木油田分公司(2000)。

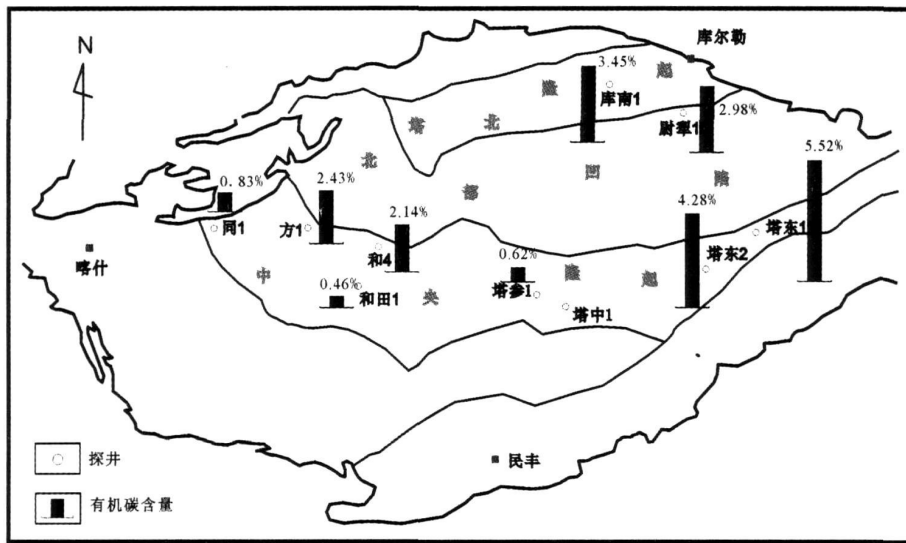


图 1 台盆区钻揭的寒武系烃源岩有机碳含量

Fig 1 TOC content of Cambrian source rock in Tarim Basin

现偶碳优势, 且 $Pr/Ph < 1.0$ 因此认为正构烷烃可用来有效区分塔里木盆地下古生界的有机质来源。

笔者对台盆区近 50 个烃源岩抽提物的饱和烃色谱分析结果进行了研究, 结果表明, 不管是主峰碳, 还是碳优势指数或是 Pr/Ph 均不能有效地区分寒武一下奥陶统和中一上奥陶统来源的有机质, 这可能主要是由于塔里木下古生界的烃源岩早已演化至高熟—过成熟阶段^[12], 碳优势指数、主峰碳、 Ph/Pr 等参数代表的意义可能已十分有限, 只能用于识别生物降解等次生变化。

3 甾、萜生物标志物的特征

塔里木盆地下古生界油源对比结果的不统一性, 一方面是由于下古生界的两套烃源岩均为海相沉积, 目前已演化至高—过成熟阶段, 在地质历史上这两套烃源岩均发生了多期的生排烃过程, 因此混源现象十分普遍, 只是孰主孰次的问题; 另一方面由于不同学者采用不同的生标进行油源对比, 而不同生标所代表的生源意义并不明确, 从而导致油源贡献认识的相互矛盾。下面对塔里木盆地钻遇的寒武系烃源岩中甾、

萜分子特征进行了总结,以期对塔里木盆地地下古生界油源的认识有所裨益。

3.1 甾烷

梁狄刚等^[8]认为甾烷具有确切的生源意义,能够有效区分塔里木盆地寒武系与中—上奥陶统的有机质,并认为绝大多数海相原油的规则甾烷分布特征为 $C_{27} > C_{28} < C_{29}$,与中—上奥陶统的烃源岩可以对比,与寒武系的烃源岩则不同,寒武系烃源岩的规则甾烷具有 $C_{27} \leq C_{28} < C_{29}$ 的特征。

从钻遇的寒武系烃源岩的甾烷分布(图 2)来看,所有样品中孕甾烷和升孕甾烷的含量均较高,且具有孕甾烷 > 升孕甾烷的特征。从 $C_{27} - C_{28} - C_{29}$ 的分布特征来看,不同地区有所不同,塔里木东部的塔东 2

库南 1 以及尉犁 1 井的有机质具有 $C_{27} > C_{28} < C_{29}$ 的特征, C_{27} 与 C_{29} 相当或前者稍低;塔中地区塔参 1 井的有机质中甾烷 $C_{27} - C_{28} - C_{29}$ 的含量十分接近,基本具有 $C_{27} \approx C_{28} < C_{29}$ 的特征;西部的和田 1 井及柯坪地区寒武系有机质的甾烷具有 $C_{27} > C_{28} < C_{29}$ 的特征,且 $C_{27} > C_{29}$ 。这表明塔里木盆地寒武系的有机相在盆地东部、中部和西部存在差别,因此在进行油源对比研究中应注意到这些差别,而不应只用塔东 2 井发现的寒武系稠油作为唯一的对比依据。

甾烷 $C_{27} - C_{28} - C_{29}$ 组成中, C_{28} 的相对含量是大多数研究者用来区分寒武系—下奥陶统和中—上奥陶统烃源岩的重要指标,从定量结果(表 2)来看,除尉犁 1 井(4378.1m)寒武系源岩有机质中甾烷的

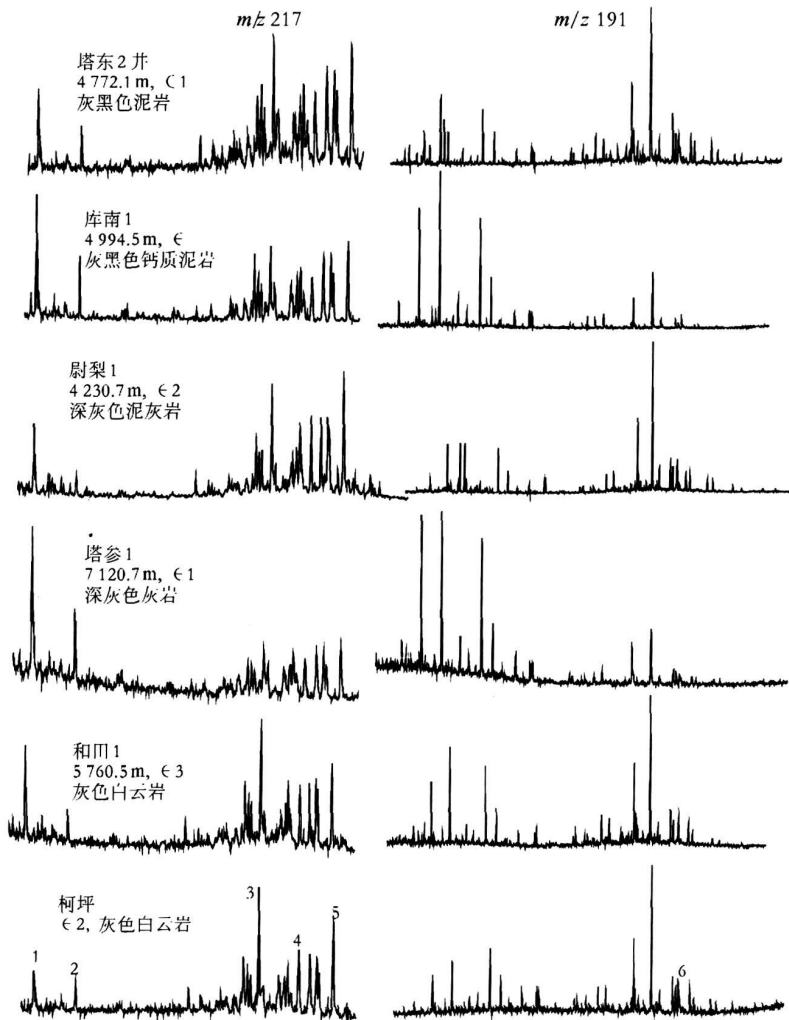


图 2 寒武系有机质中甾、萜的分布特征

1. 孕甾烷; 2 升孕甾烷; 3 $\alpha\alpha\alpha C_{27} 20R$; 4 $\alpha\alpha\alpha C_{28} 20R$; 5. $\alpha\alpha\alpha C_{29} 20R$; 6. 伽马蜡烷;

Fig 2 Sterane and terpane distribution of Cambrian organic matter

表 2 寒武系烃源岩的甾萜生物标志物参数

Table 2 Biomarker parameters of Cambrian source rock

井号	岩性	层位	井深, m	三环萜 主峰	甾萜								C ₂₉ 甾萜		ααα20R 甾萜, %		
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉
塔参 1	深灰色灰岩	Є ₁	7120.7	C21	0.35	0.10	0.06	7.71	0.66	0.20	0.72	1.25	0.51	0.39	31	28	41
和田 1	灰色白云岩	Є ₃	5760.5	C21	0.54	0.21	0.13	6.291	0.58	0.22	0.92	1.20	0.36	0.42	43	25	32
塔东 2	灰黑色泥岩	Є ₁	4772.1	C23	0.50	0.18	0.11	8.76	0.59	0.18	0.59	0.89	0.50	0.41	31	30	39
塔东 2	灰黑色泥岩	Є ₁	4919.2	C21	0.47	0.16	0.08	7.49	0.58	0.21	0.69	1.00	0.45	0.40	33	27	40
库南 1	灰黑色钙质泥岩	Є	4994.5	C21	0.30	0.08	0.04	7.23	0.57	0.20	1.47	2.61	0.51	0.41	35	28	36
库南 1	黑色钙质泥岩	Є	5188.5	C20	0.28	0.02	0.01	6.69	0.74	0.18	0.98	1.19	0.49	0.43	26	29	45
尉犁 1	深灰色泥灰岩	Є ₂	4230.7	C20	0.49	0.13	0.06	6.20	0.54	0.35	1.41	1.59	0.37	0.56	32	28	40
尉犁 1	黑色泥岩	Є ₁	4378.1	C20	0.34	0.13	0.07	3.11	0.46	0.25	1.02	0.80	0.36	0.55	36	23	41
和 3 井	灰色泥灰岩	Є ₃	4598~4599	C20	0.57	0.17	0.04	6.99	0.59	0.18	0.60	0.91	0.44	0.37	21	34	46
柯坪	灰色泥岩	Є ₁	地面	C21	0.28	0.15	0.06	7.72	0.54	0.15	0.68	0.92	0.33	0.34	31	32	37
柯坪	灰色泥岩	Є ₂	地面	C21	0.44	0.15	0.07	7.88	0.62	0.27	1.06	1.67	0.42	0.38	36	28	36

注: 1 Ts/(Ts+Tm); 2 C₂₉Ts/C₃₀H; 3 C₃₀DH/C₃₀H; 4 C₃₀H/M; 5 C₃₂S/(S+R); 6 G/C₃₀H; 7 G/C₃₁H₂₂S; 8 G/C₃₁H₂₂R; 9 S/(S+R); 10 ββ/(αα+ββ)

C₂₈相对含量为 23% 外, 其余寒武系源岩有机质中甾萜的 C₂₈相对含量均大于 25%, 而中—上奥陶统源岩有机质中甾萜的 C₂₈相对含量大多数小于 25%, 这表明用 C₂₈的相对含量基本可以区分寒武系与中—上奥陶统的有机质。

3.2 萜烷

伽马蜡烷的相对含量、三环萜烷的分布特征以及主峰碳等参数被一些研究者用来区分塔里木盆地两套下古生界的有机质。从图 2 来看, 寒武系烃源岩中伽马蜡烷的含量均较高, 其峰高均与 C₃₁H 相近; 三环萜的相对含量变化较大, 塔参 1、库南 1 井具有很高的三环萜含量, 而塔东 2、尉犁 1 井具有较低三环萜含量; 三环萜中的主峰碳也不一致, 主要为 C₂₀和 C₂₁, 也存在以 C₂₃为主峰的(有人认为 C₂₃为主峰是中—上奥陶统来源的标志)。

从定量结果(表 2)来看, 寒武系烃源岩的参数 G/C₃₀H 介于 0.15~0.35, G/C₃₁H₂₂S 介于 0.59~1.47, G/C₃₁H₂₂R 介于 0.89~2.61, 明显高于中—上奥陶统的烃源岩, 说明伽马蜡烷是区分寒武系与中—上奥陶统有机质的有效指标。

4 芳烃类生物标志物特征

4.1 三芳甾烷

大量样品的 GC-MS 分析结果表明, 寒武系与中—上奥陶统源岩有机质中三芳甾烷(m/z231)的分布特征存在显著差异。如图 3 所示, 寒武系有机质的

三芳甾烷谱图(m/z231)中的 2 号峰(C₂₆20R, C₂₇20S)与 3 号峰(C₂₈20S)主要呈现下降趋势, 而中—上奥陶统的刚好相反, 主要呈上升趋势。寒武系烃源岩中 2、3 号峰面积的比值绝大多数大于 1.0 只有库南 1 井的一个样品为 0.9(表 3)。

4.2 “三芬”组成特征

芳烃中的“三芬”系列化合物能够指示有机质的沉积环境, 正常沉积环境的有机质中, “三芬”系列组成以芬(F)和硫芬(SF)为主; 强还原沉积环境的有机质中, “三芬”系列组成以硫芬为主; 弱氧化—弱还原沉积环境的有机质中, “三芬”系列组成以氧芬(OF)为主。王铁冠等对塔河油田 100 多个原油样品的分析结果表明, 所有原油均来自中—上奥陶统烃源岩, 并以硫芬含量很高为主要特征, 表明原始有机质形成于海相碳酸盐咸水强还原沉积环境。

本次对塔里木盆地寒武系的烃源岩研究表明, 西部的和田 1 井、和 3 井的源岩有机质中具有很高的硫芬含量(表 3、图 4), 表明其形成于强还原的蒸发泻湖沉积环境; 尉犁 1、塔参 1 井以及柯坪地区的源岩有机质中具有较低的硫芬含量, 而东部的塔东 2 和库南 1 井的源岩有机质具有最低的硫芬含量, 且库南 1 井具较高的氧芬含量, 表明形成于弱氧化的欠补偿沉积环境。由此可以看出, 不同地区寒武系有机质的“三芬”组成差异较大, 在油源对比研究中应充分考虑到这些差别, 才能得出可靠的结论。

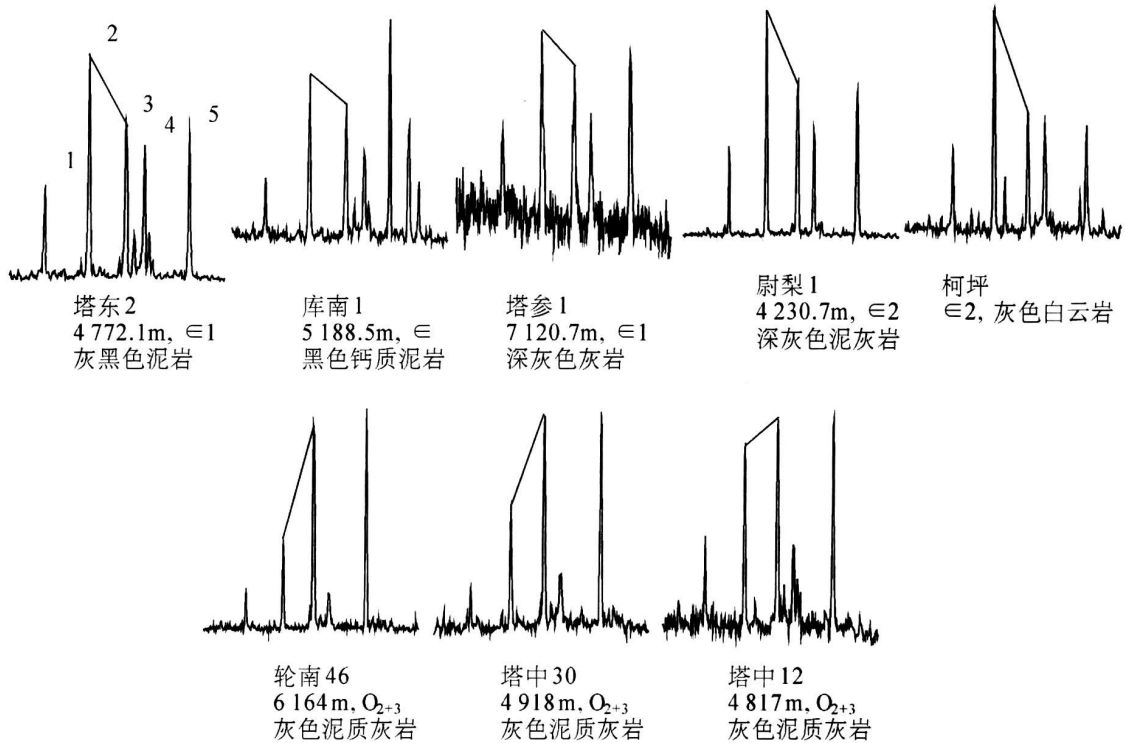


图 3 两套烃源岩中三芳甾烷的分布特征

1 $C_{26}20S$ 2 $C_{26}20R$ $C_{27}20S$ 3 $C_{28}20S$ 4 $C_{27}20R$ 5 $C_{28}20R$

Fig. 3 Triaromatic sterane distribution of the two sets of source rocks

表 3 寒武系有机质中的芳烃参数

Table 3 Aromatic hydrocarbon parameters of Cambrian organic matter

井号	井深 /m	层位	岩性	芳 %	硫芳 %	氧芳 %	$(C_{26}20R + C_{2720S}) / C_{28}20S - \text{三芳甾}$		MP+1	R_o %
塔参 1	7120.7	\in_1	深灰色灰岩	22	54	24	1.1	0.71	1.9	
塔东 2	4772.1	\in_1	灰黑色泥岩	48	16	36	1.3	0.20	2.2	
塔东 2	4919.2	\in_1	灰黑色泥岩	50	15	34	1.2	0.20	2.2	
库南 1	4994.5	\in	灰黑色钙质泥岩	21	16	64	0.9	0.53	2.0	
库南 1	5188.5	\in	黑色钙质泥岩	18	15	68	1.0	0.56	2.0	
尉犁 1	4230.70	\in_2	深灰色泥灰岩	44	42	15	1.2	0.60	1.9	
尉犁 1	4378.10	\in_1	黑色泥岩	19	73	8	1.0	0.45	2.0	
和田 1	5760.5	\in_3	灰色白云岩	9	90	1		0.91	1.8	
和 3	4598 ~ 4599	\in_3	灰色泥灰岩	6	88	6		0.62	1.9	
柯坪	地面	\in_1	灰色泥岩	27	24	50	1.1	0.09	2.2	
柯坪	地面	\in_2	灰色泥岩	34	49	17	1.7	0.30	2.1	

4.3 烃源岩的热演化特征

寒武系的烃源岩已演化至高—过成熟阶段,但不同地区有机质的成熟度还存在一定的差异。塔中隆起单井的镜质体反射率剖面研究表明,塔中东部和西部的下古生界有机质热演化明显不同步,东部的成熟度定型于石炭纪之前,而西部的成熟度定型于三叠纪以后。这种有机质热演化的明显不同步性,对油气勘探具有一定的启示意义。

从甲基菲指数求得的有机质成熟度参数 R_o 来看,东部的塔东 2 井寒武系有机质具有最高的成熟度, R_o 达 2.2%, 中部塔参 1 井与西部的和 3 井、和田 1 井具有相对较低的成熟度, R_o 为 1.8% ~ 1.9% (表 3)。

5 碳同位素特征

油气的碳同位素比值主要取决于原始的有机生

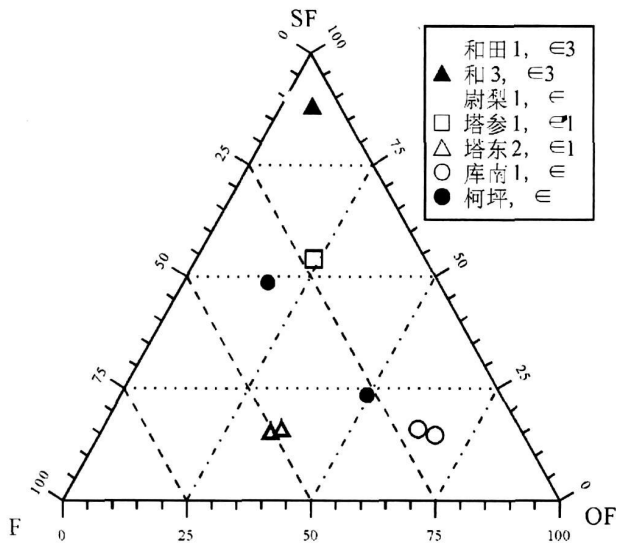


图 4 寒武系有机质中硫芴 (SF) — 芴 (F) — 氧芴 (OF) 的组成特征

Fig 4 Relative component of dibenzothiophene, dibenzofuran, fluorine in Cambrian organic matter

源贡献, 同时也受热演化程度、油气运移以及生物降解等因素的影响。一般认为具有相似成熟度和相同来源的有机质其碳同位素比值的差别小于 1‰, 热演化程度对碳同位素比值的影响可达 2‰ ~ 3‰, 最高可达 3.6‰^[13]。

从塔里木盆地地下古生界的有机质类型来看, 寒武系的有机质类型主要为腐泥母质, 而中—上奥陶统具有“双重母质”的特点。但是研究发现, 寒武系的源岩抽提物和原油的碳同位素比值明显重于台盆区已发现的大多数原油。族组分碳同位素分析表明, 寒武系有机质中饱和烃的碳同位素比值均重于 -30‰, 芳烃的碳同位素比值接近或重于 -28‰ (图 5)。同时, 塔中地区石炭、泥盆和志留系的原油碳同位素比值介于 -32.8‰ ~ -31.2‰, 奥陶系的原油碳同位素比值介于 -33.7‰ ~ -32.2‰, 这些原油与寒武系来源的塔东 2 井稠油存在很大差异。这可能主要是由于寒武系的有机质处于过成熟热演化阶段, 有机质的碳同位素比值明显变重, 从而区别于中—上奥陶统中等成熟的有机质。

6 结论

(1) 塔里木盆地不同地区钻遇的寒武系烃源岩的有机质丰度、甾萜烷的分布特征以及“三芴”组成特征均存在差异, 因此寒武系的油源对比研究应考虑到这种差别, 而不应只用塔东 2 井的寒武系稠油作为

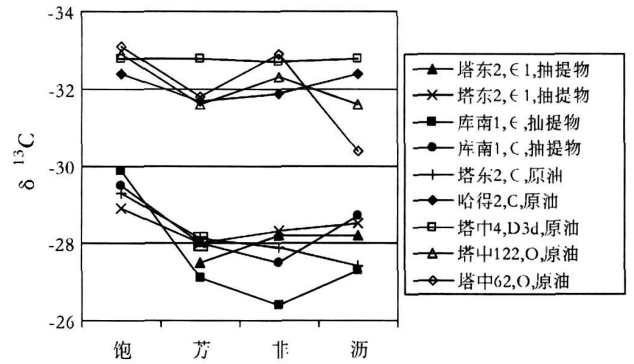


图 5 寒武系有机抽提物和原油组分碳同位素特征

Fig 5 Fraction carbon isotope ratios of Cambrian EOM and oil

典型。

(2) 寒武系烃源岩的甾萜烷 C_{27} — C_{28} — C_{29} 组成中, C_{28} 的含量均较高 ($\geq 25\%$), 但不同地区甾萜烷的分布稍有差异。东部的塔东 2 库南 1 以及尉犁 1 井甾萜烷具有 $C_{27} > C_{28} < C_{29}$ 的特征, 塔参 1 井具有 $C_{27} \approx C_{28} < C_{29}$ 的特征, 西部的和田 1 井及柯坪地区具 $C_{27} > C_{28} < C_{29}$ 的特征, 且 $C_{27} > C_{29}$ 。

(3) 寒武系烃源岩中伽马蜡烷的含量均较高, 其峰高均与 $C_{31}H$ 相近, $G/C_{31}H22S$ 介于 0.59 ~ 1.47, $G/C_{31}H22R$ 介于 0.89 ~ 2.61; 三环萜的相对含量变化较大, 且主要以 C_{20} 和 C_{21} 为主峰。

(4) 芳烃中, 三芳甾萜烷能够有效区分寒武系和中—上奥陶统的烃源岩, 三芳甾萜烷 $C_{26}20R$ 、 $C_{27}20S$ 的合峰与三芳甾萜烷 $C_{28}20S$ 呈下降趋势, 与中—上奥陶统烃源岩相反; 寒武系烃源岩的“三芴”组成变化大, 指示有机质的沉积环境既有强还原环境, 也有弱氧化环境。

(5) 寒武系有机质中饱和烃的 $\delta^{13}C$ 重于 -30‰, 芳烃的 $\delta^{13}C$ 接近或重于 -28‰, 明显重于中—上奥陶统有机质。

参考文献 (References)

- 1 贾承造. 塔里木盆地构造特征与油气聚集规律 [J]. 新疆石油地质, 1999, 20(3): 177-183 [Jia Chengzao. Structural characteristics and oil/gas accumulative regularity in Tarim Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1999, 20(3): 177-183]
- 2 赵靖舟. 塔里木盆地石油地质基本特征 [J]. 西安石油学院学报, 1997, 12(2): 8-20 [Zhao Jingzhou. Petroleum geologic features of Tarim Basin [J]. Xi'an Petroleum Institute, 1997, 12(2): 8-20]
- 3 周新源, 王招明, 杨海军, 等. 塔中奥陶系大型凝析气田的勘探和发现 [J]. 海相油气地质, 2006, 11(1): 45-51 [Zhou Xinyuan, Wang Zhaoming, Yang Haijun, et al. Tazhong Ordovician condensate field in Tarim Basin [J]. Marine Origin Petroleum, 2006, 11(1): 45-51]

- 4 Hanson A D, Zhang S C, Moldovan JM, *et al*. Molecular Organic Geochemistry of the Tarim Basin, Northwest China [J]. *AAIG Bulletin*, 2000, 84(8): 1109-1128
- 5 梁狄刚, 张水昌, 张宝民, 等. 从塔里木盆地看中国海相生油问题 [J]. *地学前缘*, 2000, 7(4): 534-547 [Liang Dìgāng, Zhang Shuichang, Zhang Baomin, *et al*. Understanding on marine oil generation in China Based on Tarim basin [J]. *Earth Science Frontiers*, 2000, 7(4): 534-547]
- 6 Xiao Xianing, Song Zhiguang, Liu Dehan, *et al*. The Tazhong hybrid petroleum system, Tarim Basin, China [J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2000, 17(1): 1-12
- 7 张水昌, 梁狄刚, 黎茂稳, 等. 分子化石与塔里木盆地油源对比 [J]. *科学通报*, 2002, 47(增刊): 16-23 [Zhang Shuichang, Liang Dìgāng, Li Maowen, *et al*. Molecular fossil and oil-source correlation of Tarim Basin [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2002, 47(Suppl): 16-23]
- 8 张水昌, 梁狄刚, 张宝民, 等. 塔里木盆地海相油气的生成 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2004 [Zhang Shuichang, Liang Dìgāng, Zhang Baomin, *et al*. The Generation of the Marine Oils in the Tarim Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004]
- 9 Zhang Shuichang, Huang Haiping. Geochemistry of Paleozoic marine petroleum from the Tarim Basin, NW China. Part I. Oil family classification [J]. *Organic Geochemistry*, 2005, 36(8): 1204-1214
- 10 张水昌, 张保民, 王飞宇, 等. 塔里木盆地两套海相有效烃源层——I 有机质性质、发育环境及控制因素 [J]. *自然科学进展*, 2001, 11(3): 261-268 [Zhang Shuichang, Zhang Baomin, Wang Feiyu, *et al*. Two sets of effective marine source rock in the Tarim Basin. I. The organic matter's type, developing environment and controlling factors [J]. *Progress in Natural Science*, 2001, 11(3): 261-268]
- 11 罗宪婴, 赵宗举, 孟元林. 正构烷烃奇偶优势在油源对比中的应用——以塔里木盆地地下古生界为例 [J]. *石油实验地质*, 2007, 29(1): 74-77 [Luo Xianying, Zhao Zongju, Meng Yuanlin. The application of n-alkanes odd-even carbon number predominance in oil-source rock correlation: an example of the lower Paleozoic in Tarim Basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2007, 29(1): 74-77]
- 12 王飞宇, 张水昌, 张宝民, 等. 塔里木盆地寒武系海相烃源岩有机成熟度及演化史 [J]. *地球化学*, 2003, 32(5): 461-468 [Wang Feiyu, Zhang Shuichang, Zhang Baomin, *et al*. Maturity and its history of Cambrian marine source rocks in the Tarim Basin [J]. *Geochimica*, 2003, 32(5): 461-468]
- 13 Peters K E, Walters C C, Moldovan JM. *The Biomarker Guide: Biomarkers and Isotopes in the Environment and Human History* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

New Progress in Studying Cambrian Source Rock of Tarim Basin

GUO Jian-jun¹ CHEN Jian-fa¹ WANG Tie-guan¹
YE Zhixu² ZHOU Xue-hu³ SHI Sheng-bao¹

(1) Education Ministry Key Laboratory of Petroleum Accumulation Mechanism, China University of Petroleum, Beijing 102249

2 Institute of Exploration and Development, Jidong Oilfield Branch Company, Tangshan Hebei 063004

3 Institute of Exploration and Development, Tarim Oilfield Branch Company, Korla Xinjiang 841000

Abstract The petroleum exploration degree of Tarim Basin is low, and the distinguished character and distribution of Lower Paleozoic source rock is still an important problem puzzling the geologist. By systematic analyses of drilled Cambrian source rock, geochemical character of Cambrian source rock was deeply studied. The result shows that owing to the difference of Cambrian depositional environment, the abundance of organic matter, the distribution of sterane and terpane and relative composition of dibenzothiophene, dibenzofuran, fluorine were varied apparently, and these parameters should be taken into account in oil-source correlation. As a whole, distinguished character of Cambrian source rock mainly include higher content of C₂₈ in sterane, higher content of Gammacerane, and heavier carbon isotope ratios. The distribution of triaromatic hydrocarbon in Cambrian source rock is also different to Upper Ordovician source rock apparently.

Key words Tarim Basin, Cambrian source rock, biomarker, carbon isotopic ratio