

文章编号: 1000-0550(2007) 04-0646-07

北部湾盆地不同凹陷原油生物标志物 分布与组成特征

包建平¹ 朱翠山¹ 倪春华²

(1. 长江大学油气资源与勘探技术重点实验室 地球化学系 湖北荆州 434023;

2. 中国石化无锡石油地质研究所 江苏无锡 214151)

摘要 通过对取自北部湾盆地不同凹陷典型原油样品中各类生物标志物的分布与组成特征的系统分析,发现盆地北部的涠西南凹陷和乌石凹陷所产原油具有姥植比低和奥利烷与各类重排构型生物标志物含量低,而 C_{26+} 长链三环萜烷系列和 C_{30} 4 甲基甾烷含量高的特点,且其三环萜烷系列呈现以 C_{23} 为主峰的正态分布,指示了该类原油的烃源岩沉积时水体较深,还原性相对较强,且原始生烃母质以藻类为主;而南部福山凹陷和迈陈凹陷所产的原油则具有姥植比高和奥利烷与各类重排构型生物标志物含量高的特征,而 C_{26+} 长链三环萜烷系列和 C_{30} 4 甲基甾烷含量低,且其三环萜烷系列呈现 C_{19} — C_{26} 阶梯状依次降低,表明这类原油的烃源岩沉积时水体较浅,还原性相对较弱,且原始生烃母质中被子植物来源的陆源有机质贡献较大。由此表明北部湾盆地南北不同凹陷第三纪的沉积特征和有机质生源构成存在显著差异。

关键词 北部湾盆地 原油 生物标志物 4 甲基甾烷 奥利烷 重排藿烷 重排甾烷

第一作者简介 包建平 男 1962 出生 博士 教授 石油地质与石油地球化学 E-mail bjp405@163.com

中图分类号 P593 **文献标识码** A

我国南海油气资源十分丰富,目前已在珠江口盆地、莺歌海盆地、琼东南盆地和北部湾盆地均发现有大量的油气聚集,油气资源十分丰富^[1~3]。北部湾盆地是一个中生代板内块断盆地,已知面积 3.5 万 km^2 ,其中海上和陆上面积分别 1.9 和 1.6 万 km^2 ^[4,5]。就其沉积特征而言,古近系属湖相沉积,而新近系则属海相沉积,新生界累计最大厚度可达 7 000 m,目前在古近系和新近系砂岩储层中均发现有油气^[5]。不同凹陷烃源岩发育层位存在一些差异,如涠西南凹陷主要发育有渐新统的流沙港组和涠州组两套烃源岩,而福山凹陷和迈陈凹陷只发育渐新统流沙港组一套烃源岩。

北部湾盆地已知由十二个二级构造单元组成(图 1),其中涠西南凹陷、乌石凹陷、福山凹陷和迈陈凹陷均有油气产出,但所产油气性质变化较大,其中北部的涠西南凹陷和乌石凹陷以产油为主,而南部的福山凹陷则以产轻质油、凝析油和天然气为主,介于两者之间的迈陈凹陷在徐闻 X1 井也有少量原油产出^[6]。

有关北部湾盆地原油地球化学特征的文献并不

多见,潘贤庄^[7]曾对北部湾盆地原油中的生物标志物及其地质—地球化学意义作过论述,并注意到涠西南凹陷原油富含 4 甲基甾烷。大多数文献主要涉及了该地区不同凹陷内油气成藏的地质条件及其控制因素^[8~10]。本文旨在分析北部湾盆地不同凹陷所产原油中生物标志物分布与组成特征,明确各自的特点,以便进行成因类型的研究。

1 链烷烃组成特征

在北部湾盆地不同凹陷所产原油中的链烷烃主要包括正构烷烃系列和植烷系列。分析结果表明不同凹陷所产原油的正构烷烃系列均不具奇偶优势,其 CPI 值接近 1.0(表 1),显示出成熟原油的特征。

植烷系列的组成特征与烃源岩的沉积环境密切相关。一般而言,还原环境形成的烃源岩具有一定的植烷优势,其姥植比常小于 1.0 如一些咸水—半咸水的沉积环境就具有这一特征;而形成于弱氧化环境中的烃源岩则具有明显的姥植比优势,其姥植比常大于 1.0 如沼泽环境下形成的烃源岩则属此类。由于原油是由烃源岩中的有机质生成的,因此烃源岩所具

有的一些特征必然会在所生成的原油上打上烙印, 这也是进行油源对比的基础。

就北部湾盆地不同凹陷原油而言, 它们均具有较明显的姥鲛烷优势, 其姥植比介于 2~ 5 之间, 反映出这些烃源岩沉积于弱还原—弱氧化的沉积环境。但不同凹陷的原油之间其姥植比存在一定差异。如表 1 所示, 位于盆地南部的福山凹陷和迈陈凹陷所产原油姥鲛烷优势显著, 其姥植比介于 3.5~ 5.0 之间, 显示出弱氧化环境的沉积特征; 而位于盆地北部的涠西南凹陷和乌石凹陷的原油, 其姥鲛烷优势相对较弱, 姥植比明显偏低, 介于 2.0~ 3.0 之间, 展示出弱还原环境的沉积特征。不同凹陷原油在姥植比上的不同暗示着烃源岩沉积时期沉积环境的氧化还原性存在一些差异, 且呈现出自北向南, 不同凹陷沉积环境的还原性具有减弱的趋势。

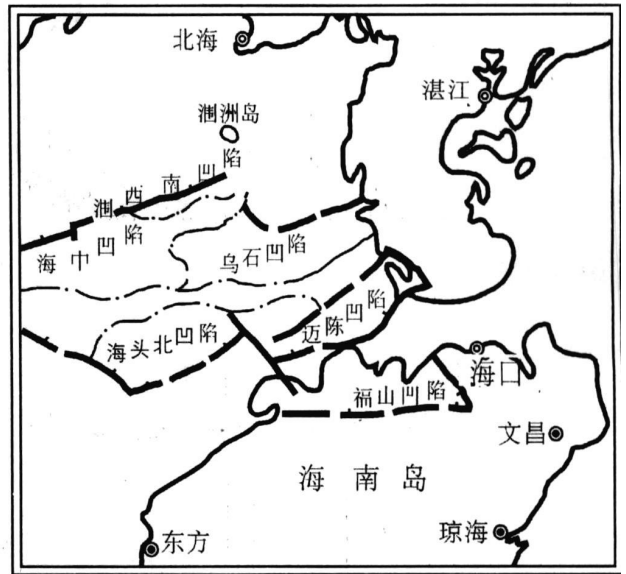


图 1 北部湾盆地二级构造单元 (修改引自胡平忠等, 1981)

Fig 1 The structural units of Beibuwan Basin

(from Hu Pingzhong *et al.*, 1981)

表 1 不同凹陷原油链烷烃参数

Table 1 The chain alkane parameters in the crude oils from Beibuwan Basin

凹陷	井号	深度 /m	Pr/nC17	Ph/nC18	Pr/Ph	CPI
迈陈凹陷	徐闻 X1	3692.8~3698.2	0.377	0.091	4.765	1.134
福山凹陷	花 1-1	3465.6~3528.5	0.290	0.087	3.411	1.091
	花 2-2	/	0.421	0.126	3.521	1.108
	花 3-3	/	0.352	0.106	3.747	1.108
	花东 1	/	0.416	0.123	3.577	1.118
	涠西南凹陷	涠 10-3-3	2112~2127	0.462	0.250	2.039
	涠 10-3-4	2144~2147.5	0.447	0.248	1.977	1.062
	涠 10-3-1	1908~1923.5	0.735	0.384	2.390	1.112
	涠 6-1	/	0.309	0.181	1.863	1.076
	湾 1	/	0.923	0.359	2.961	1.160
	湾 2	/	0.339	0.192	1.954	1.048
乌石凹陷	乌 16-1-2	3019~3048.5	0.473	0.182	2.756	1.100

2 甾萜烷生物标志物的分布与组成特征

2.1 补身烷系列和三环萜烷系列的分布与组成

北部湾盆地不同凹陷原油具有明显不同的补身烷系列和三环萜烷系列分布特征。如图 2 所示, 位于盆地北部的涠西南凹陷的原油在补身烷系列分布特征上呈现出重排补身烷 (4,4,8,8,9 和 4,4,8,8,9-五甲基全氢化萘烷) 与补身烷 (8^β(H)-) 丰度相当的特征, 两者比值 (diaC₁₅/C₁₅) 一般小于 3.0 (表 2); 而位于盆地南部的福山凹陷和迈陈凹陷的原油, 其补身烷系列呈现出重排补身烷占绝对优势的特点, 两比值常大于 3.5。区域上呈现出自北向南, 不同凹陷原油中重排补身烷系列丰度增加, 而补身烷丰度逐渐下降的

趋势。

补身烷系列是一类指示原核生物细菌来源的生物标志物, 而重排补身烷相对丰度的变化则与沉积成岩环境的氧化还原性密切相关。北部湾盆地不同凹陷所产原油具有明显不同的补身烷系列分布与组成特征暗示着不同凹陷烃源岩沉积成岩环境存在一定差异, 其中北部凹陷沉积水体可能较深, 环境还原性相对较强, 而南部凹陷可能与之相反。

在三环萜烷系列分布特征上, 南部凹陷与北部凹陷中的原油呈现出完全不同的分布特征。如图 2 所示, 北部的涠西南凹陷和乌石凹陷的原油其三环萜烷系列呈现出以 C₂₃ 为主峰的正态分布, 且 C₂₆₊ 长链三环萜烷系列丰度较高, 而 C₂₄ 四环萜烷丰度较低的特

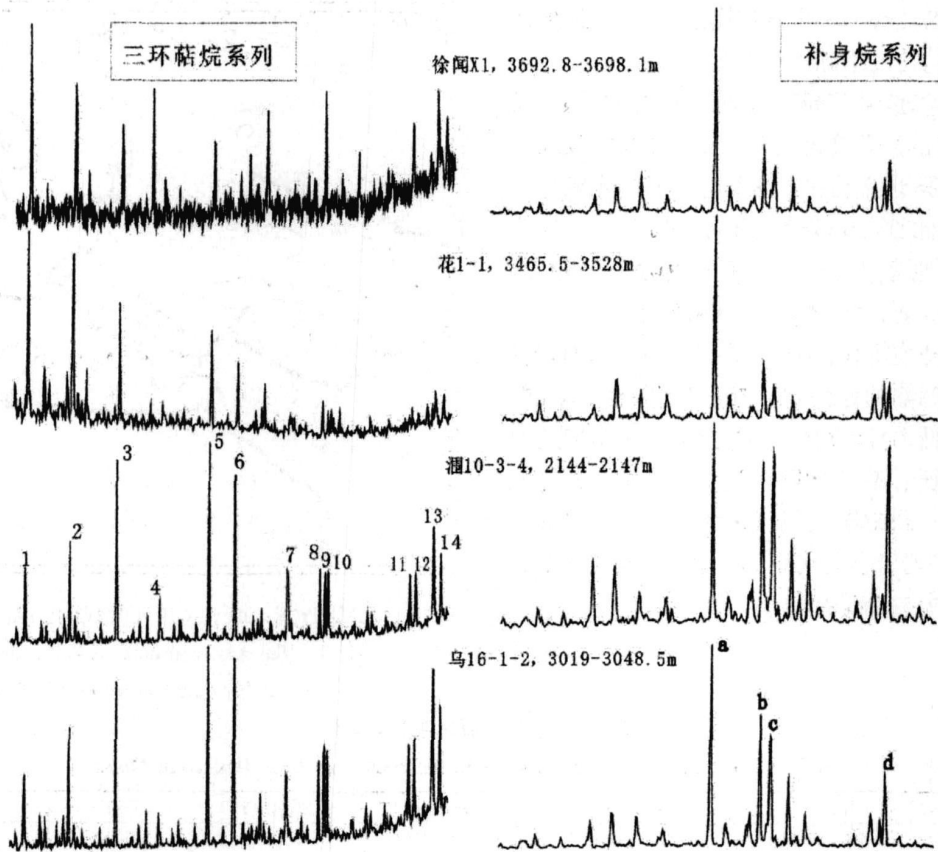


图 2 北部湾盆地不同凹陷原油补身烷系列和三环萜烷系列分布特征。图中峰 a b c 和 d 分别代表补身烷系列中的 4,4,8,8,9 和 4,4,8,8,9-五甲基重排补身烷 (diaC₁₅)、8^β(H)-补身烷 (C₁₅) 和 8^β(H)-升补身烷 (C₁₆)；图中峰 8 为 C₂₄ 四环萜烷 (C₂₄Te)，1~13 分别对应 C₁₉—C₂₉ 三环萜烷系列中的各化合物 (C₁₉TT—C₂₉TT)。

Fig 2 The distribution of drimanes and tricyclic terpane series in the crude oils from the different sags of Beibuwan Basin. The Peak a b c and d refers to 4,4,8,8,9-, 4,4,8,8,9-pentamethyl drimanes (diaC₁₅), 8^β(H)-drimane (C₁₅) and 8^β(H)-homodrimane (C₁₆). Peak 8 is C₂₄ tetracyclic terpane (C₂₄Te), and peak 1-13 is C₁₉-C₂₉ tricyclic terpane series (C₁₉TT-C₂₉TT).

表 2 不同凹陷原油中补身烷系列和三环萜烷系列组成特征

Table 2 The compositions features of drimanes and tricyclic terpane series in the crude oils from different sags of Beibuwan Basin

凹陷	井号	深度 /m	C ₁₉ TT/C ₂₃ TT	C ₂₄ Te/C ₂₆ TT	diaC ₁₅ /C ₁₅	diaC ₁₅ /C ₁₆
迈陈凹陷	徐闻 X1	3692.8~3698.2	1.899	3.964	4.542	4.605
福山凹陷	花 1-1	3465.6~3528.5	1.842	0.814	5.283	7.243
	花 2-2	/	1.593	1.280	4.530	5.695
	花 3-3	/	1.890	1.364	3.338	5.228
	花东 1	/	1.375	0.673	6.735	11.083
	涠西南凹陷	涠 10-3-3	2112~2127	0.331	0.536	1.569
	涠 10-3-4	2144~2147.5	0.310	0.536	1.736	2.052
	涠 10-3-1	1908~1923.5	0.455	0.540	1.357	1.228
	涠 6-1	/	0.353	0.363	3.235	4.154
	湾 1	/	0.502	1.097	1.074	0.846
	湾 2	/	0.414	0.386	2.106	2.576
乌石凹陷	乌 16-1-2	3019~3048.5	0.364	0.427	2.162	4.738

注: TT—三环萜烷; Te—四环萜烷; diaC₁₅—C₁₅重排补身烷

征, C₂₄四环萜烷与 C₂₆三环萜烷的比值 (C₂₄Te/C₂₆TT) 大多小于 0.5, 但对于南部的福山凹陷和迈陈凹

陷的原油而言, 其三环萜烷系列呈现出 $C_{19} \sim C_{26}$ 阶梯状依次降低, 且 C_{26+} 长链三环萜烷系列丰度很低, 而 C_{24} 四环萜烷丰度较高的特征, C_{24} 四环萜烷与 C_{26} 三环萜烷的比值 ($C_{24}Te/C_{26}TT$) 介于 0.60~4.0 之间。

三环萜烷系列尤其是其中的 C_{26+} 长链三环萜烷成员一般指示了低等生物藻类的贡献。大量的研究表明, 不同成因的原油其三环萜烷系列的分布特征常存在显著差异, 一般而言, 湖相和海相原油中的三环萜烷系列呈现正态分布, 而煤成油中三环萜烷系列则呈现出 $C_{19} \sim C_{26}$ 阶梯状依次降低^[11]。对于北部湾盆地不同凹陷原油明显不同的三环萜烷系列分布特征说明北部湾西南凹陷和乌石凹陷中的烃源岩形成于水体较深, 还原相对较强, 且藻类贡献供应丰富的沉积相带, 而南部的福山凹陷和迈陈凹陷中的烃源岩则形成于水体较浅, 还原性相对较弱, 且藻类相对贫乏

而陆源有机质贡献较高沉积相带。

2.2 三环萜烷系列和甾烷系列的分布与组成

在原油中三环萜烷系列主要由指示细菌贡献, 且具有不同构型的藿烷系列组成, 此外还包括一些特殊的生物标志物如来源于原生动物的伽马蜡烷和来源于陆源被子植物的奥利烷等^[12,13]。在北部湾盆地不同凹陷的原油中其三萜烷系列的分布特征也存在十分显著的差异, 主要体现在北部凹陷原油中以低重排藿烷系列和低奥利烷为特征, 而南部凹陷的原油则以富含重排藿烷系列和奥利烷为特征(图 3)。计算结果表明(表 3), 北部凹陷原油中重排藿烷与藿烷的比值 ($diaC_{30}H/C_{30}H$) 都小于 0.25, 奥利烷与藿烷的比值 ($Olea/C_{30}H$) 大多小于 0.50 而南部凹陷原油中这两个比值分别介于 0.40~1.30 之间, 可见其差异是十分显著的。

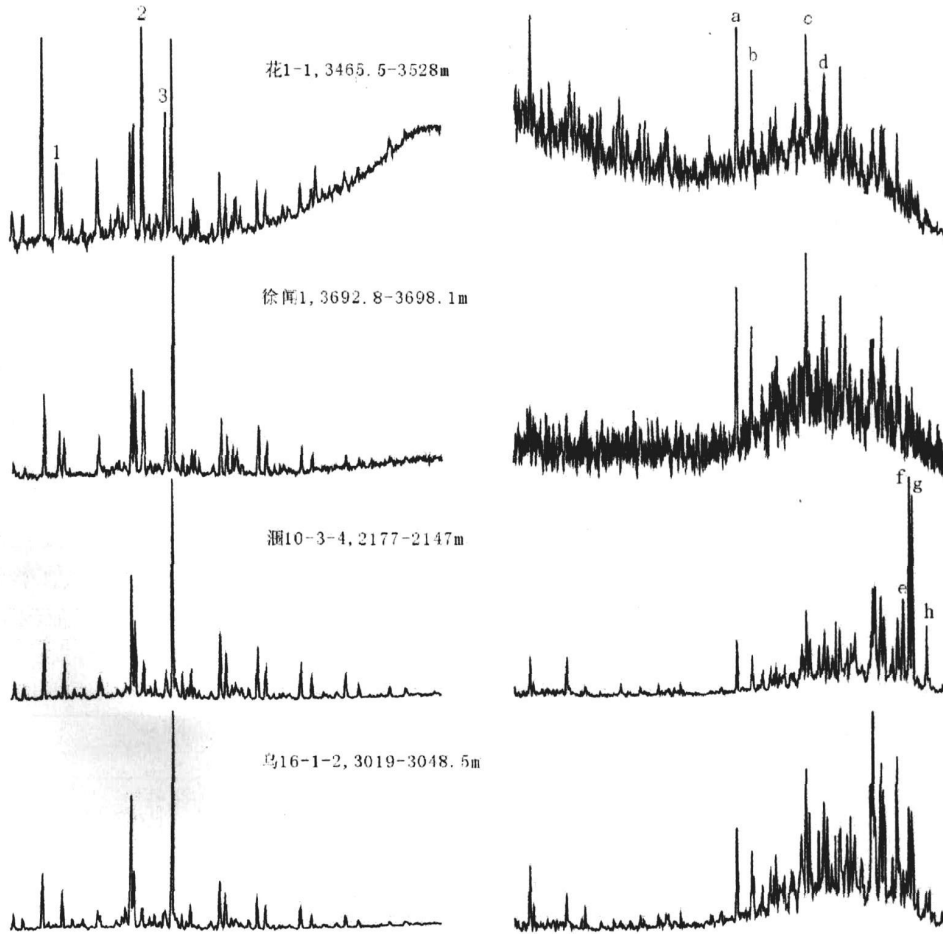


图 3 北部湾盆地不同凹陷原油中三环萜烷系列和甾烷系列的分布特征。图中峰 1 和 2 分别为 C_{30} 未知构型藿烷 ($unC_{30}H$) 和 C_{30} 重排藿烷 ($diaC_{30}H$), 峰 3 为奥利烷 ($Olea$); 峰 a 和 b 为 C_{27} 重排甾烷 ($diaC_{27}$), 峰 c 和 d 为 C_{29} 重排甾烷 ($diaC_{29}$), 峰 e-h 为 C_{30} 4 甲基甾烷

Fig. 3 The distribution of triterpane and sterane series in the crude oils from different sags of Beibuwan Basin. Peak 1 and 2 refers to unknown-configuration hopane ($unC_{30}H$) and C_{30} dihopanes ($diaC_{30}H$), respectively. Peak 3 is oleanane ($Olea$); Peak a and b are C_{27}

diasteranes ($diaC_{27}$), peak c and d refers to C_{29} diasteranes ($diaC_{29}$); peak e-h are C_{30} 4-methylsteranes

表 3 不同凹陷原油中三萜烷系列组成特征

Table 3 The compositions of triterpanes in the crude oils from different sags of Beibuwan Basin

凹陷	井号	深度 /m	T _s /lin	unC ₃₀ H /	diC ₃₀ H /	C ₂₉ Ts /	C ₂₉ H /	Gar /	O lea /
				C ₃₀ H	C ₃₀ H	C ₂₉ H	C ₃₀ H	C ₃₁ SR	C ₃₀ H
迈陈凹陷	徐闻 X1	3692 8~ 3698. 2	2 351	0. 210	0 405	0 818	0 434	0. 245	0 403
福山凹陷	花 1-1	3465 6~ 3528. 5	4 390	0. 492	1 024	1 030	0 536	0. 217	0 690
	花 2-2	/	3 573	0. 162	0 440	0 970	0 435	0. 178	0 491
	花 3-3	/	3 863	0. 142	0 406	1 127	0 384	0. 134	0 483
	花东 1	/	1 821	0. 790	1 298	1 271	0 432	0. 212	1 246
涠西南凹陷	涠 10-3-3	2112~ 2127	1 583	0. 010	0 164	0 559	0 547	0. 148	0 277
	涠 10-3-4	2144~ 2147. 5	1 583	0. 010	0 164	0 559	0 547	0. 148	0 244
	涠 10-3-1	1908~ 1923. 5	1 081	0. 010	0 097	0 430	0 647	0. 110	0 238
	涠 6-1	/	1 582	0. 010	0 123	0 467	0 632	0. 000	0 212
	湾 1	/	0 712	0. 010	0 097	0 389	0 573	0. 170	0 312
	湾 2	/	0 414	3. 116	2 106	0 340	0 397	0. 720	0 529
乌石凹陷	乌 16-1-2	3019~ 3048. 5	0 364	1. 693	2 162	0 109	0 175	1. 164	0 436

注: unC₃₀H—C₃₀未知构型藿烷; diC₃₀H—C₃₀重排藿烷; O lea—奥利烷; Gar—伽马蜡烷

沉积记录中重排藿烷含量的高低一般与沉积环境的氧化还原性有关,高含量重排藿烷一般指示着弱氧化条件下粘土矿物的催化作用^[14]。不同凹陷原油中重排藿烷系列相对丰度上的差异无疑反映出南部凹陷沉积环境偏氧化而北部凹陷沉积环境偏还原的沉积特征。

在甾烷系列分布特征上,不同凹陷原油间的差异也十分明显。如图 3 所示,南部福山凹陷和迈陈凹陷中的原油以富含重排甾烷为特征,而规则甾烷的丰度明显低于重排甾烷,C₂₇重排甾烷与规则甾烷的比值大于 1.0(表 4);但对于北部的涠西南凹陷和乌石凹陷的原油而言,规则甾烷的丰度明显高于重排甾烷,其 C₂₇重排甾烷与规则甾烷的比值介于 0.50~0.80 之间,明显低于南部凹陷中的原油。由于重排甾烷与重排藿烷在形成机理及所需的地质地球化学条件上十分相似,所以在原油中两者呈现同步的变化,即南

部凹陷重排藿烷系列丰富的原油其重排甾烷的丰度也较高,而北部凹陷的原油恰与之相反。由此可见,在分析研究原油的地球化学特征时应该注意各类生物标志物组合特征和相互之间的变化规律,因为在一个特定的沉积环境中形成的烃源岩应该具有一系列与之相对应的地球化学特征。

此外,北部凹陷与南部凹陷原油在甾烷组成上的另一重要差异体现在 C₃₀4 甲基甾烷的相对丰度上。如图 3 所示,位于盆地北部的涠西南凹陷原油中特别富含 C₃₀4 甲基甾烷,其丰度远高于常规 C₂₇₋₂₉甾烷(在 m/z 217 质量色谱图上),C₃₀4 甲基甾烷与 C₂₉规则甾烷的比值介于 1.3~2.3 之间;而位于南部福山凹陷和迈陈凹陷原油中 C₃₀4 甲基甾烷的丰度是很低的,在 m/z 217 质量色谱图上基本是检测不出来的,C₃₀4 甲基甾烷与 C₂₉规则甾烷的比值小于 0.40,乌石凹陷的原油则介于两者之间,该比值约为 0.71。

表 4 不同凹陷原油中甾烷系列组成特征

Table 4 The compositions of steranes in the crude oils from different sags of Beibuwan Basin

凹陷	井号	深度 /m	甾烷碳数组成, %			diC ₂₇ /	diC ₂₉ /	C ₂₇ R /	C ₂₈ R /
			C ₂₇ R	C ₂₈ R	C ₂₉ R	reC ₂₇	reC ₂₉	C ₂₉ R	C ₂₉ R
迈陈凹陷	徐闻 X1	3692 8~ 3698. 2	30 837	26. 858	42 305	1 164	0 613	0. 729	0 635
福山凹陷	花 1-1	3465 6~ 3528. 5	36 428	21. 251	42 321	1 747	1 135	0. 861	0 502
	花 2-2		31 482	16. 616	51 902	1 091	0 788	0. 607	0 320
	花 3-3		37 315	11. 736	50 949	1 038	0 637	0. 732	0 230
	花东 1		31 287	13. 314	55 399	1 746	1 275	0. 565	0 240
涠西南凹陷	涠 10-3-3	2112~ 2127	26 838	20. 220	52 941	0 564	0 393	0. 507	0 382
	涠 10-3-4	2144~ 2147. 5	28 311	20. 832	50 857	0 564	0 393	0. 557	0 410
	涠 10-3-1	1908~ 1923. 5	33 430	19. 898	46 672	0 804	0 564	0. 716	0 426
	涠 6-1		27 449	22. 561	49 990	0 709	0 552	0. 549	0 451
	湾 1		20 536	27. 687	51 777	0 486	0 365	0. 397	0 535
	湾 2		29 323	15. 267	55 410	0 720	0 316	0. 529	0 276
乌石凹陷	乌 16-1-2	3019~ 3048. 5	22 440	26. 098	51 462	0 685	0 451	0. 436	0 507

因为 C_{30} 4 甲基甾烷一般来源于沟鞭藻生物体中的 4 α -甲基甾醇, 因此原油中高丰度 C_{30} 4 甲基甾烷的存在表明藻类是一种重要的原始生烃母质。联系到涠西南凹陷原油中不但存在丰度较高的 C_{26+} 长链三环萜烷系列, 同时还存在异常丰富的 C_{30} 4 甲基甾烷, 这样就从萜烷和甾烷两个方面证实了藻类在该凹陷原油生成过程中起了重要作用。

3 结论

通过对北部湾盆地不同凹陷典型原油样品中各类生物标志物的分布与组成特征的系统分析, 发现盆地北部的涠西南凹陷和乌石凹陷所产原油在生物标志物组成特征上具有姥植比低、奥利烷、重排补身烷、重排藿烷系列和重排甾烷含量低, 而 C_{26+} 长链三环萜烷系列和 C_{30} 4 甲基甾烷含量高的特点, 且其三环萜烷系列呈现以 C_{23} 为主峰的正态分布; 而对于盆地南部福山凹陷和迈陈凹陷所产的原油, 它们具有姥植比高、奥利烷、重排补身烷、重排藿烷系列和重排甾烷含量高, 而 C_{26+} 长链三环萜烷系列和 C_{30} 4 甲基甾烷含量低的特点, 且其三环萜烷系列呈现 C_{19} — C_{26} 阶梯状依次降低。北部湾盆地不同凹陷原油具有不同的生物标志物分布与组成特征表明不同凹陷的烃源岩具有不同的地球化学特征, 其形成的沉积环境的氧化还原性存在显著差异。

参考文献 (References)

- 1 黄保家, 肖贤明. 莺歌海盆地海相生物气特征及生化成气模式. 沉积学报, 2002, 20(3): 462-468 [Huang Baojia and Xiao Xianming. Characteristics and generation-evolution model of marine biogas in the Yinggehai Basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2002, 20(3): 462-468]
- 2 张水昌, 龚再升, 梁狄刚, 等. 珠江口盆地东部油气系统地球化学—油组划分、油源分析及混元油确定. 沉积学报, 2004(增): 15-26 [Zhang Shuichang, Gong Zaishen, Liang Digang, et al. Geochemistry of petroleum system in the Eastern Pearl River Mouth Basin—I: oil family classification, oil-correlation and mixed oil analysis. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2004, 22(Suppl): 15-26]
- 3 赵必强, 肖贤明, 胡忠良和黄保家. 莺歌海盆地东方 1-1 气田天然气来源与运聚模式. 沉积学报, 2005, 23(1): 156-161 [Zhao Biqiang, Xiao Xianming, Hu Zhongliang and Huang Baojia. Origin and accumulation model of natural gases in the Dongfang 1-1 gas field of the Yinggehai Basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2005, 23(1): 156-161]
- 4 南海北部大陆架第三系. 广州: 广东科技出版社, 1981. 35-144 [The

- Tertiary of the North Shelf of South China Sea. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press, 1981. 35-144]
- 5 金庆焕主编. 南海地质与油气资源. 北京: 地质出版社, 1989. 344-354 [Jin Qinghuan. The Geology of South China Sea and Oil & Gas Resources. Beijing: Geological Publishing House, 1989. 344-354]
 - 6 包建平, 刘玉瑞, 朱翠山, 等. 北部湾盆地迈陈凹陷徐闻 X1 井油气地球化学特征. 天然气地球科学, 2006, 17(3): 300-304 [Bao Jianping, Liu Yurui, Zhu Cuishan, et al. The geochemical properties of natural gas and crude oil from Xuwen X1 well, Maichen Sag, Beibuwan Basin. *Natural Gas Geoscience*, 2006, 17(3): 300-304]
 - 7 潘贤庄. 北部湾盆地原油中的生物标志物及其地质—地球化学意义. 沉积学报, 1997, 15(2): 202-206 [Pan Xianzhuang. Biomarker and its geological & geochemical significance in crude oils from Beibu Gulf Basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1997, 15(2): 202-206]
 - 8 于俊吉, 罗群, 张多军, 等. 北部湾盆地海南福山凹陷断裂特征及其对油气成藏的控制作用. 石油实验地质, 2004, 26(3): 241-247 [Yu Junji, Luo Qun, Zhang Duojun, et al. Characteristics of faults in the Fushan Depression of Hainan, the Beibuwan Basin and their controlling roles to hydrocarbon pool formation. *Petroleum Geology & Experiment*, 2004, 26(3): 241-247]
 - 9 丁卫星, 王文军, 马英俊. 北部湾盆地福山凹陷流沙港组含油气系统特征. 海洋石油, 2003, 23(2): 1-6 [Ding Weixing, Wang Wenjun and Ma Yingjun. Characteristics of Lushagang Formation petroleum system in Fushan Depression of Beibuwan Basin. *Marine Petroleum*, 2003, 23(2): 1-6]
 - 10 赵军, 洪庆玉和董伟良. 北部湾盆地涠西南凹陷物源方向及古地理景观分析. 石油勘探开发, 2001, 28(5): 25-28 [Zhao Jun, Hong Qingyu and Dong Zuoliang. Analysis on provenance direction and paleogeomorphology of Wei southwest sag in Beibuwan Basin. *Petroleum Exploration & Development*, 2001, 28(5): 25-28]
 - 11 包建平, 马安来, 黄光辉, 等. 三塘湖盆地原油地球化学特征及其成因类型. 石油勘探与开发, 1999, 26(4): 25-29 [Bao Jianping, Ma Anlai, Huang Guanghui, et al. The origin and geochemical characteristics of crude oils from Sangtanhu Basin. *Petroleum Exploration and Development*, 1999, 26(4): 25-29]
 - 12 Ekweozor C M and Udo O T. Oleananes: Origin, mutation and limits of occurrence in Southern Nigeria sedimentary basins. In: Matavelli L and Novelli L eds. *Advances in Organic Geochemistry*. Pergamon Press, 1988. 131-140
 - 13 Nybøft H P, Bojesen-Koefoed J A, Christiansen F G, et al. Oleanane or lupane? Reappraisal of the presence of oleanane in Cretaceous-Tertiary oils and sediments. *Organic Geochemistry*, 2002, 33(11): 1225-1240
 - 14 Peters K E, Moldovan J M. The biomarker guide: Interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N J., 1993. 160-164

Distribution and Composition of Biomarkers in Crude Oils from Different Sags of Beibuwan Basin

BAO Jian-ping¹ ZHU Cui-shan¹ NI Chun-hua²

(1 Key Laboratory of Oil & Gas Resource and Exploration Technology

Geochemistry Department, Yangtze University, Jingzhou Hubei 434023;

2 Wuxi Petroleum Geology Research Institute, SINOPEC, Wuxi Jiangsu 214151)

Abstract Various biomarkers in some typical oils from different sags, Beibuwan Basin, have been analyzed in this paper. The results show that the crude oils from Weixinan Sag and Wushi Sag in the northern basin have relatively lower Pr/Ph ratio, low abundance of oleanane and various rearranged configuration biomarkers, but higher abundance of C₂₆₊ long chain tricyclic terpanes with normal pattern in C₂₃ highest peak and C₃₀ 4-methylsteranes, indicating that their source rocks were deposited under relatively deep and reduced environment with significant algae input. But for the crude oils from Fushan Sag and Maichen Sag in the southern basin, it is characteristic of relatively higher Pr/Ph ratio, higher abundance of oleanane and various rearranged configuration biomarkers, but lower abundance of C₂₆₊ long chain tricyclic terpanes with step-like decreasing pattern of C₁₉—C₂₆ and C₃₀ 4-methylsteranes, showing that their source rocks were deposited under relatively shallow and oxidized environment with significant organic matter input from angiosperms. It implies that for northern sags and southern sags in Beibuwan Basin, there are some obvious differences in the depositional environment and organic matter input.

Key words Beibuwan Basin, crude oil, biomarkers, 4-methylsteranes, oleanane, dihopanes, diasteranes