

文章编号: 1000-0550(2014)02-0391-08

羌塘盆地隆鄂尼地区油苗芳烃分布特征及意义^①

季长军¹ 伊海生^{1,2} 夏国清¹ 陈阳³ 吴驰华¹ 毛玲玲¹ 蔡占虎¹ 李启来¹

(1.成都理工大学 成都 610059; 2.油气藏地质及开发工程国家重点实验室 成都 610059;

3.中国海洋石油有限公司天津分公司 天津 300452)

摘要 芳烃作为原油和烃源岩中可溶烃的一个重要组分,能提供烃源岩沉积环境、有机质来源、热演化程度和油源对比等多方面信息,并且其比饱和烃具有更强的抗生物降解作用的能力,因此广泛用于生物降解油的相关研究。生物降解油广泛分布于中国青藏高原羌塘盆地,为了有效开展羌塘盆地油源对比研究工作,本文对隆鄂尼地区油苗开展了系统的芳烃有机地球化学特征研究。样品中检测出的15类化合物系列中菲系列含量极高,其次为三芴系列,萘系列含量较低,但同样检测出一定量的源于陆源高等植物母质的化合物,如卡达烯、萘烯和海松烯等,这表明羌塘盆地生油母质以海相低等水生生物为主,同时有一定量陆源高等植物输入。芳烃成熟度参数研究表明,甲基萘指数由于受到混源影响而不能单独用于成熟度评价,而甲基菲指数和甲基二苯并噻吩指数是羌塘盆地原油成熟度研究的有效指标。综合各类成熟度指标研究表明,羌塘盆地原油属于成熟油。

关键词 生物降解油 芳烃 甲基菲指数 甲基二苯并噻吩指数 油源对比 羌塘盆地

第一作者简介 季长军 男 1986年出生 博士研究生 沉积学 E-mail: jichangjun2007@sina.com

通讯作者 伊海生 男 教授 E-mail: yhs@cdut.edu.cn

中图分类号 P593 文献标识码 A

羌塘盆地油源目前认识不一,其中很大一个原因是由于目前盆地油气显示主要为隆鄂尼—昂达尔错古油藏带的液态油苗及局部发现的晶洞油苗和沥青,研究表明它们都遭受了一定程度的降解破坏作用,从而可能导致常用于油源对比的饱和烃生物标志化合物指标的分布受到影响。然而芳烃也是原油和烃源岩中的主要烃类组份,同样可以提供烃源岩沉积环境、有机质来源、热演化程度和油源对比等多方面信息,并且芳烃类成熟度参数比饱和烃甾萜烷异构化参数具有更宽化学动力学范围,在热演化程度确定上具有更宽指示范围的优势^[1,2],同时芳烃具有比饱和烃更强的抗生物降解能力。基于羌塘盆地地表油苗生物标志化合物显示都具有一定程度的生物降解作用,而目前对于该盆地的地球化学研究主要是集中在隆鄂尼—昂达尔错古油藏的北带油苗饱和烃生物标志化合物的研究。本文据此开展了对古油藏南带油苗芳烃生物标志化合物的研究,总结其地球化学特征及其相关的地质意义。根据芳烃有机地球化学指标显示古油藏地表油苗具有多源的特点,初步认为羌塘盆地具有多套不同类型烃源岩。

1 样品采集

羌塘盆地位于青藏高原北部,地跨西藏自治区北部和青海省西南部,该盆地发育在前泥盆纪结晶基底之上以中生界海相沉积为主的一个残留盆地。目前已经明确侏罗纪不但是羌塘盆地发育最全,分布最广泛的海相沉积层序,也是重要的勘探层位。目前在羌塘盆地发现的众多液态油苗主要见于昂达尔错—隆鄂尼古油藏带^[3],已有众多学者对该古油藏做过大量研究工作,特别是有机地球化学的研究,然而研究的对象多数是集中在古油藏的北带,南带油苗有机地球化学还没有系统研究,特别是芳烃生物标志化合物的研究。本文对古油藏南带各油苗点系统采样(图1),通过芳烃地球化学研究,以揭示油苗的成熟度及其生烃母质特征,为下一步油源对比做准备。

2 含油白云岩芳烃地球化学特征

2.1 芳烃总体分布特征

芳烃化合物在质量谱图上分布有3个峰群:萘和烷基萘(二环化合物)峰群、菲和烷基菲(三环化合

^①国家自然科学基金项目(批准号:40972084)与教育部博士点基金(编号:2010512211013)联合资助
收稿日期:2012-10-15;收修改稿日期:2013-04-09

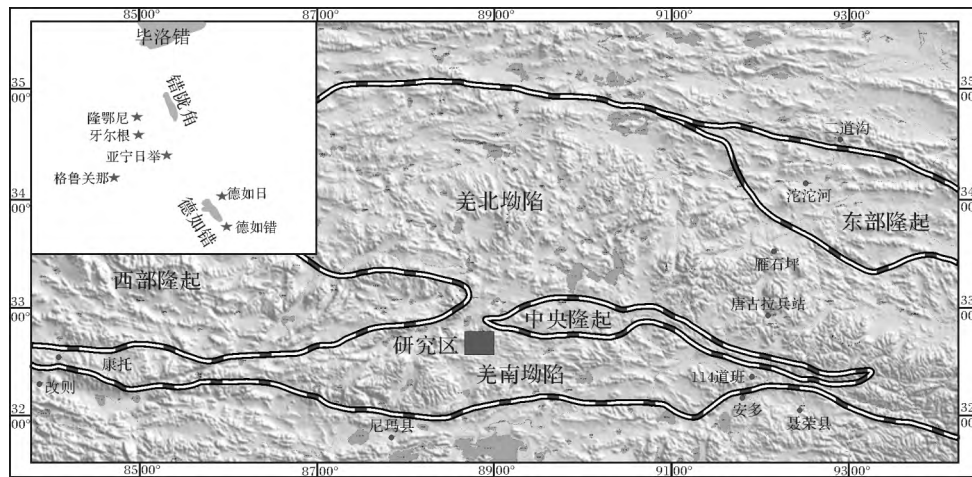


图 1 羌塘盆地三维构造格架及研究区采样位置分布

Fig.1 The structure units of the Qiangtang Basin and the profile showing sampling location

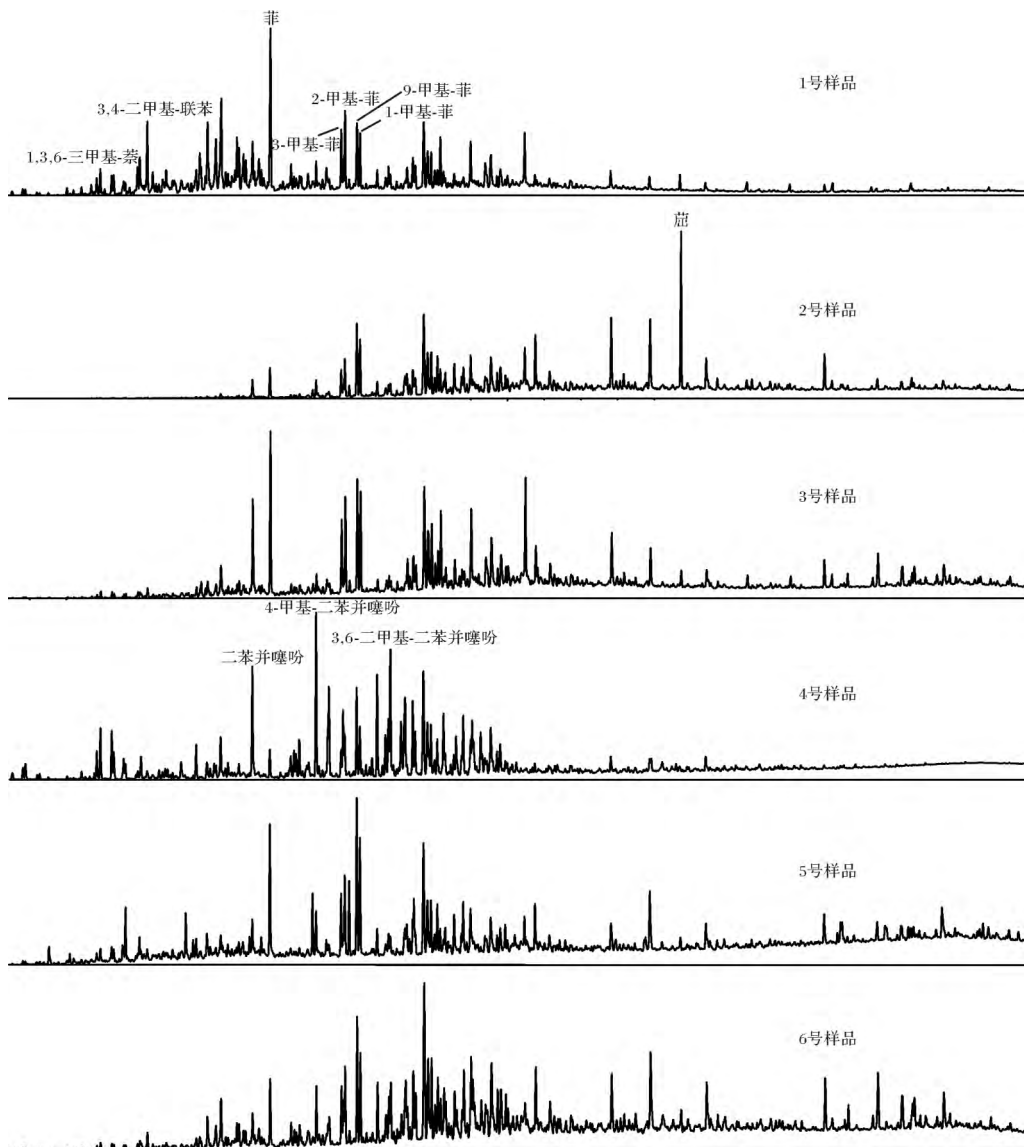


图 2 隆鄂尼地区地表油苗芳烃总离子流色谱图

Fig.2 Total ion current (TIC) of aromatic hydrocarbon from the surface oil in Long'eni area

物) 峰群、其他多环芳烃(四、五环化合物)和芳香甾萜烷类峰群。根据这三个峰群的分布特点可分为 3 种类型: 前锋型(以萘、菲系列为主)、后峰型(以芳香甾萜类为主)和双峰型。本次研究,在隆鄂尼古油藏带所有 6 件样品中检测出大约 170 种芳香烃化合物,主要分布在萘系列(m/z 128, m/z 142, m/z 156, m/z 170, m/z 184, m/z 198)、菲系列(m/z 178, m/z 192, m/z 206, m/z 220)、二苯并噻吩系列(m/z 184, m/z 198, m/z 212, m/z 226)、二苯并呋喃系列(m/z 168, m/z 182, m/z 196)、芴系列(m/z 166, m/z 180, m/z 194)、联苯系列(m/z 154, m/z 168, m/z 182)、三芳甾烷系列(m/z 231, m/z 245)、萘烯系列(m/z 234)、萤蒽系列(m/z 202)、蒽系列(m/z 178, m/z 228)、蒾系列(m/z 228, m/z 242, m/z 256)、芘系列(m/z 202, m/z 216, m/z 252)、芘系列(m/z 252)、及苯并藿烷系列(m/z 191)、脱羟基维生素 E(m/z 149)等 15 个化合物系列之中,这些系列构成三个峰群,且第一峰群和第二峰群化合物相对含量很高,而第三峰群系列化合物相对含量较低,呈典型的前锋型分布特征,指示着隆鄂尼地区油苗成熟度较高($R_o > 0.7\%$),同时第二个峰群明显高于第一峰群和第三峰群,它与成熟期海相原油特征可以对比^[4]。同时,芳烃化合物质量谱图有轻微的“隆起”,代表样品受到一定程度的生物降解作用^[5](图 2)。

2.2 萘系列化合物

样品中检测出的萘系列化合物包括萘、甲基萘、二甲基萘、三甲基萘、四甲基萘、五甲基萘和乙基萘和卡达烯,其中三甲基萘和四甲基萘相对含量占整个萘系列化合物的 72.77%~82.04%,萘、甲基萘、五甲基萘和乙基萘含量较少。该类化合物普遍存在于沉积母质和原油之中,其在芳烃化合物的含量与陆源高等植物有机质输入相对含量具有密切的关系,同时母质类型及其热演化程度影响着萘和烷基萘的分布^[6]。在本次研究中,所有样品中萘系列化合物含量比较低,其变化范围为 0.88%~12.75%,平均值仅 6.28%。同时也检测出一定量的被认为是法呢醇或杜松醇等天然产物先驱经成岩演化而成的卡达烯,1,2,5-三甲基萘和 1,2,5,6-四甲基萘也有一定含量,这两种化合物可以由高等植物生源的五环三萜香树素或树脂生源的双环二萜刺柏酸转变而来,可作为高等植物生源的标志物^[7]。萘系列化合物分布特征表明,羌塘盆地隆鄂尼古油藏带油苗源岩母质以海相输入为主,也可能还有一定的陆源高等植物输入。

利用烷基萘异构体相对的变化可以获得有关沉积物成熟度的信息,基于 β -位甲基取代的异构体较 α -位甲基取代的异构体更稳定,提出了一系列反映热成熟度的参数。但通过对 MNR、DNR 和 TNR 之间的相关性研究发现,他们之间的相关度并不是很高,特别是 MNR 与 TNR 之间不具有相关性(图 3),这反映出烷基萘的分布不仅受成熟度的影响,同时还可能受有机质来源、生物降解、多源混合或水洗作用等因素的综合影响。为了进一步说明该问题,对分析样品的 TMNr、TeMNR、PMNr 3 个参数进行三角形投影,所有点在不同程度偏离成熟中心,偏向于 TMNr,这表现出了多源混合的特征,即不同成熟度的原油混合,三甲基反映出高熟油的特征,而 PMNr 更多的反映低熟油的特征,只有 TMNr 能够同时反映两种不同成熟度原油的特征,因此该值会相对偏高,从而在三角投影图中,使得所有点偏向 TMNr^[8]。这也再次验证烷基萘的分布受到多种因素的综合影响,对于成熟度的判别需要多种参数综合考虑。

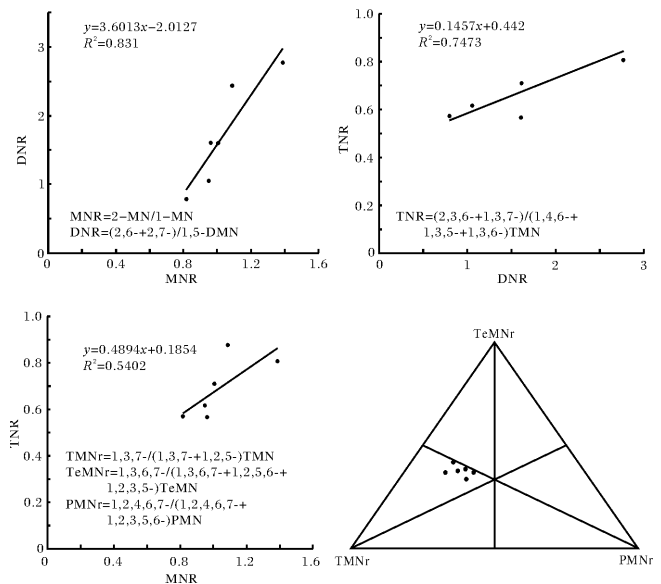


图 3 隆鄂尼地区地表油苗甲基萘指数相关性研究
Fig.3 Diagrams showing the relations of the surface oil methylanthracene maturity parameters in Long'en area

2.3 菲系列化合物

与萘系列化合物可能来源于陆源高等植物不同,菲系列化合物的形成与低等水生生物具有密切的关系^[9]。在分析样品中,菲系列化合物含量很高,在整个芳烃化合物中相对含量平均 41.32%,其主要包括菲、甲基菲、二甲基菲、三甲基菲和极少量的乙基菲,在甲基菲中 9-甲基菲为优势组份,3-甲基菲和 2-甲基

菲相对含量远低于 9-甲基菲和 1-甲基菲,高的 9-甲基菲是海相有机质的标志,且不受成熟度的影响,这与菲在海相环境中比较发育的结论一致^[10]。同时在菲系列中还检测出源于高等植物树脂的萜烯和海松烯,但其含量比较低,反映出陆源高等植物对油苗源岩母质还是有一定的贡献,但主要生油母质还是海相低等水生生物,它们沉积于比较开放的海相环境中,有利于陆源有机质的输入。

研究表明甲基菲指数是判别成熟度的良好标志,由于 α -位甲基取代的异构体不及 β -位甲基取代的异构体稳定,随着成熟度的增加,特定组分甲基异构体中的 β/α 浓度将会呈现有规律的变化^[11]。一系列采用菲和甲基菲相对含量来评价烃源岩和原油成熟度的甲基菲指数被提出^[12](表 1)。在本次研究中,成熟度参数 MPI1、MPI2、MPI3、DPR4 与 DPR2 具有很好的相关性,相关系数 (R^2) 分别为 0.927 3、0.931 5、0.949 4、0.991 0,这表明采用甲基菲指数在研究区进行成熟度评价是有效的^[13]。分析样品中甲基菲指数 MPI1 在 0.50~0.88 之间变化,对应的 R_c 变化范围为 0.71%~0.92%,与基于甲基萘指数 TNR 折算出的 R_{cd} 在 0.74%~0.93% 之间变化具有很好的一致性,反映出羌塘盆地隆鄂尼古油藏带油苗属于成熟油。

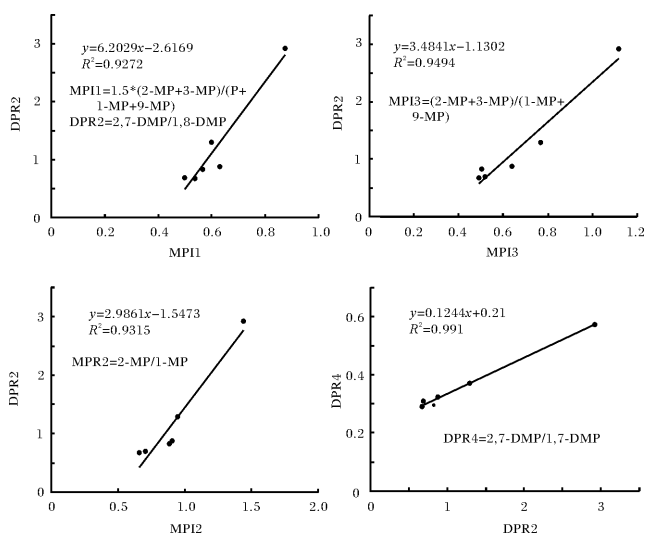


图 4 隆鄂尼地区地表油苗甲基菲指数相关性研究

Fig.4 Diagrams showing the relations of the surface oil methylphenanthrene maturity parameters in Long'en area

2.4 三芴化合物系列

三芴系列化合物在原油和烃源岩中记录着重要的沉积环境和成熟度信息,尤其在海相原油和碳酸盐岩地层常含有丰富的硫芴系列化合物。样品中三芴

化合物有一定含量,主要以硫芴为主,其在三芴化合物中的相对含量在 53.47%~88.60% 间变化,平均值高达 76.23%。研究表明氧芴和硫芴与氧化和还原两种截然不同的沉积环境有关,三芴系列的组成特征可作为判别成油环境的良好指标。海相及咸水湖相原油中硫芴含量较高,淡水、微咸水芴含量较高,而沼泽相原油和煤系原油中氧芴更丰富,三芴系列可能来自相同的先质,其基本骨架相似,都有一个五元环 9-碳位为 α -碳原子,比其他碳原子活跃,易发生取代反应。在弱氧化或弱还原环境中 α -碳原子被氧化,氧芴含量较高;在正常还原环境中 α -碳原子被氢饱和,芴含量可能较丰富;在咸水湖相或海相等强还原环境中则可被还原成含硫芳烃,以硫芴占优势^[14],并且林壬子等^[15]用三芴系列组成特点的三角图研究了我国的一些原油和生油岩的三芴含量组成特征与环境的关系,认为海相环境及海相烃源岩,主要集中在三角形中硫芴含量大于 50% 的区域。对于隆鄂尼地区油苗来说,硫芴含量远远大于该值,在三芴系列中处于绝对优势。因此可以判定其沉积于海相还原环境。

研究表明硫芴系列化合物是在成岩作用过程中,由强还原环境中形成的高支链类异戊二烯含硫化合物演化而成,并随着成熟度的增高甲基二苯并噻吩发生甲基重排和去甲基作用,甲基重排主要表现为由 1-MDBT 和 (2+3)-MDBT 向 4-MDBT 转化,去甲基作用则由 MDBT 转化为 DBT,同时烷基二苯并噻吩系列化合物丰度随热成熟度的增加发生规律性变化,并且与 R_o 间存在着良好的线性关系,因此甲基二苯并噻吩比值 MDR 、 MDR_4 、二甲基二苯并噻吩比值 $K_{2,4}$ 、 $K_{4,6}$ 和甲基二苯并噻吩分布指数 $MDBI$ 成为了良好的成熟度指标,并对这些指标与 R_o 进行线性回归拟合,其结果显示 MDR_4 和 $MDBI$ 与 R_o 的相关性更高,并且这两指标主要受热力学作用控制,其对热演化作用反映灵敏,而受有机质类型和沉积环境的影响不大,同时其热演化过程是不可逆的^[16,17],因此本文以此指标作为成熟度参数,换算出的 R_4 变化范围为 0.81%~0.95%。同时 MDR_4 与 $MDBI$ 也具有极高的相关性,其相关系数为 0.981 8。

2.5 芳香甾萜烷系列

较高丰度三芳甾烷系列的检出可能是盐湖环境和低成熟原油的反映^[18]。孟仟祥等^[19]认为对湖相原油来说,沉积环境水体越咸,三芳甾烷在芳烃馏分中的相对丰度越高。王培荣、孟江辉等^[20,21]对国内研究程度较高的典型沉积盆地原油系统研究发现,较

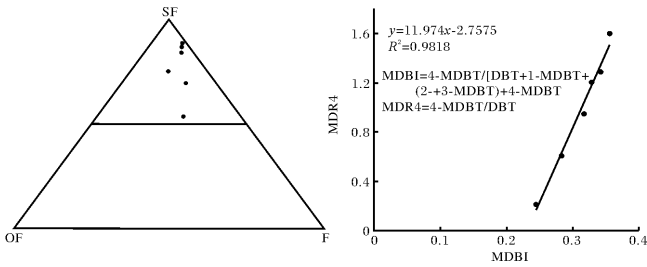


图 5 隆鄂尼地区地表油苗三芳化合物三角投影图及甲基二苯并噻吩指数相关性研究

Fig.5 Diagrams showing the relations of the surface oil terfluorene and methylthiophene maturity parameters of the the surface oil in Long'eni area

高丰度三芳甾烷系列的检出可能是盐湖环境和低成熟原油的反映, 沉积环境水体越咸, 三芳甾烷在芳烃馏分中的相对丰度越高, 同时 C_{26} 三芳甾烷 $20S/C_{28}$ 三芳甾烷 $20S$ 比值是生源输入或沉积环境的有效标志, 淡水环境形成的有机质中 C_{28} 三芳甾烷占有一定的优势, 而在咸水、半咸水环境中形成的有机质中 C_{26} 三芳甾烷的丰度较高。本次研究中, 所有样品的三芳甾烷占芳烃系列的质量分数和 $20SC_{26}/C_{28}$ 比值都不高, 其变化范围分别为 $0.06 \sim 7.56$ 和 $0.27 \sim 0.54$, 这有别于典型的咸水环境或淡水环境中三芳甾烷在芳烃化合物中的分布, 而反映出正常盐度海相原油特征^[20, 21]。

2.6 其他多环芳烃化合物系列

多环芳烃化合物在原油及岩石提取物中普遍存在, 他们可以作为生源、成熟度、沉积环境的标志研究; 原生多环芳烃在地质历史中比较难以保存, 但以苯并萤蒽和苯并芘系列为代表的由生物前身经地质作用形成的多环芳烃能够得以保存, 隆鄂尼地区油苗中都存在一定量的该类多环芳烃, 样品中多环芳烃的含量比较低。其中苯并萤蒽/苯并(e)芘比值可以作为成熟度参数, 由于这两种化合物都是 5 个环的稠合芳烃, 但苯并萤蒽有一个环是五元环, 显然不如 5 个环都是六元环的苯并(e)芘稳定, 因此随着成熟度增加, 苯并萤蒽/苯并(e)芘比值必然减少。隆鄂尼地区油苗中所有样品中均未检测出苯并萤蒽。一般认为联苯系列的生源源于高等植物的木质素。样品中检测到联苯系列化合物占芳烃总含量的平均值仅 1.81%。苯并萤蒽/苯并(e)芘和联苯/芳烃总量都表现出的低值, 说明陆源有机质对生油的贡献有限, 并且隆鄂尼地区油苗属于成熟原油。

3 讨论

羌塘盆地隆鄂尼—昂达尔错古油藏带中隆鄂尼地区的六个不同位置油苗由于长期暴露地表, 遭到了一定程度的生物降解和水洗作用, 这些影响在芳烃分

表 1 隆鄂尼地区地表油苗样品芳烃组分相对含量及相关参数

Table 1 Relative abundance of aromatic components and geochemical maturity parameters

		1 号样品	2 号样品	3 号样品	4 号样品	5 号样品	6 号样品
芳烃组分	萘 (%)	11.9	0.88	3.21	12.75	6.37	2.54
	菲 (%)	43.84	48.01	48.42	23.41	47.06	37.15
	二苯并噻吩 (%)	12.8	15.56	11.27	53.25	15.17	26.03
	二苯并咪唑 (%)	4.46	0.44	1.59	0.9	2.61	1.28
	芴 (%)	6.68	1.91	3.35	5.95	2.45	3.7
	蒽 (%)	1.9	1.93	3.01	0.11	0.97	0.6
	萤蒽 (%)	3.31	2.12	3.94	0.08	1.4	1.45
	芘 (%)	4.29	8.65	7.99	0.56	5.48	6.08
	蒾 (%)	2.07	12.24	4.33	2.34	7.32	8.17
	三芳甾 (%)	0.70	3.42	6.04	0.06	3.89	7.56
	联苯 (%)	7.23	0.15	0.75	0.58	1.19	0.95
	芳烃参数	$20S C_{26}/C_{28}$	0.47	0.38	0.45	0.54	0.27
TNR		0.88	0.81	0.62	0.57	0.57	0.71
Rcd		0.93	0.88	0.77	0.74	0.74	0.83
MPII		0.88	0.54	0.6	0.56	0.5	0.63
Re		0.92	0.74	0.77	0.75	0.71	0.79
MDBI		0.28	0.32	0.24	0.36	0.34	0.33
R4		0.86	0.9	0.81	0.95	0.94	0.92

注: $R_{cd} = 0.6 \times TNR + 0.4$; $R_c = 0.55 \times MPII + 0.44$; $R_4 = 1.33 \times MDBI + 0.48$ 。

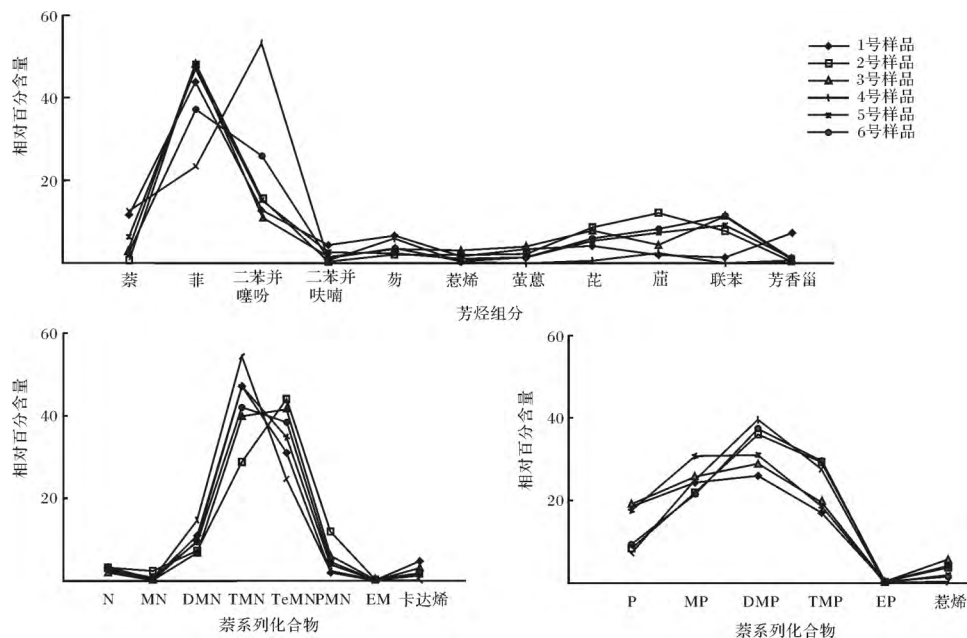


图 6 隆鄂尼地区地表油苗芳烃分布特征

Fig.6 The distribution characters of aromatic hydrocarbons from the surface oil in Long'en area

布特征上有一定的体现,其最显剧的表现就是在芳烃质量谱图上,芳烃化合物相对含量分布偏离基线,形成微弱的“隆起”,但综合各种参数分析发现,油苗的破坏程度并不高,这些参数还是能够反映出油苗的成熟阶段及其对应生烃母质所形成环境。总体上该地区油苗芳烃分布及相关成熟度和环境参数指示出油苗属于成熟原油,其生烃母质以海相低等水生生物为主,陆源高等植物对生烃也有一定的贡献,这些生烃母质沉积于还原环境下的开阔海,有利于陆源有机质的输入。

同时,芳烃分布特征也在一定程度上反映出一个问题,即古油藏可能存在多源混合的特点,无论是在芳烃组分中各系列化合物间的相对含量分布,还是各系列内化合物间的相对含量,都反映出样品间的差异性(图6)。特别是 TMN_r 、 $TeMN_r$ 、 PMN_r 三角投影图更是清晰的把多源混合这一特征凸显出来。正是由于多源混合的影响,一些成熟度参数在该地区并不实用,本文通过成熟度参数之间的相关性研究,发现甲基菲指数 MPI_1 、 MPI_2 、 MPI_3 、 DPR_4 与 DPR_2 具有极高的相关性,甲基二苯并噻吩指数 MDR_4 和 $MDBI$ 也同样具有极高的相关性,这些参数还是能够在该地区很好的反应出原油的成熟度特征,同时 TMN_r 、 $TeMN_r$ 、 PMN_r 三角投影图可以反映出芳烃分布的综合影响因素。

致谢 样品分析工作由长江大学唐友军老师完

成,在此表示感谢!

参考文献(References)

- 1 王传远,杜建国,段毅,等. 芳香烃地球化学特征及地质意义[J]. 新疆石油地质, 2007, 28(1): 29-32 [Wang Chuanyuan, Du Jianguo, Duan Yi, et al. Geochemical characteristics and significance of aromatic hydrocarbon in oil and gas[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2007, 28(1): 29-32]
- 2 王志勇,郑建京,杜宏宇,等. 东疆地区原油芳烃地球化学特征及其意义[J]. 沉积学报, 2011, 29(1): 184-190 [Wang Zhiyong, Zheng Jianjing, Du Hongyu, et al. The Geochemical characteristics and significance of aromatic hydrocarbon of eastern Xinjiang area crude oils[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2011, 29(1): 184-190]
- 3 伊海生,高春文,张小青,等. 羌塘盆地双湖地区古油藏白云岩储层的显微成岩组构特征及意义[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2004, 31(6): 611-615 [Yi Haisheng, Gao Chunwen, Zhang Xiaoqing, et al. Microscopic diagenetic fabrics of dolomite reservoir from Shuanghu paleo-oil pool of Qiangtang Basin and its petroleum exploration implications[J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition, 2004, 31(6): 611-615]
- 4 陈致林,李素娟,王忠. 低一中成熟演化阶段芳烃成熟度指标的研究[J]. 沉积学报, 1997, 15(2): 192-197 [Chen Zhilin, Li Sujuan, Wang Zhong. A study on maturity indicators of some aromatics in low-mid mature thermal evolution zones[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(2): 192-197]
- 5 余秋华,文志刚,唐友军,等. 塔河油田奥陶系原油芳烃特征及油气运移[J]. 石油天然气学报, 2010, 32(3): 161-165 [Yu Qiuhua, Wen Zhigang, Tang Youjun, et al. Aromatic geochemistry characteristics of Ordovician oils from Northwest of Tahe oilfield[J]. Journal of Oil and

- Gas Technology, 2010, 32(3): 161-165]
- 6 Van Aarssen B G K, Bastow T P, Alexander R. Distributions of methylated naphthalenes in crude oils: Indicators of maturity, biodegradation and mixing[J]. Organic Geochemistry, 1999, 30(10): 1213-1227
 - 7 Alexander R, Larcher A V, Kagi R I, Price P L. The use of plant-derived biomarker for correlation of oils with source rocks in the Cooper/Eromango basin systems, Australia[J]. APEA, 1988, 28: 310-323
 - 8 周佩瑜. 石油烃中烷基萘的形成机理及其地球化学意义[J]. 地质科技情报, 2008, 27(5): 92-96 [Zhou Peiyu. Formation mechanism of alkylated naphthalene in petroleum hydrocarbon and its geochemistry significance [J]. Geological Science and Technology Information, 2008, 27(5): 92-96]
 - 9 妥进才. 柴达木盆地第三系芳烃的地球化学——二环芳烃与多环芳烃的关系[J]. 石油实验地质, 1996, 18(4): 406-412 [Tuo Jincai. Geochemistry of the Tertiary aromatic hydrocarbons in the Qaidam Basin—relationship between dicyclic and polycyclic aromatic hydrocarbons [J]. Experimental Petroleum Geology, 1996, 18(4): 406-412]
 - 10 张立平, 黄第藩. 某些海相烃源岩中多环芳烃的组成特征[J]. 石油勘探与开发, 1997, 24(2): 10-14 [Zhang Liping, Huang Difan. Characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbon associations in some marine source rocks [J]. Petroleum Exploration and Development, 1997, 24(2): 10-14]
 - 11 Budzinski H, Garrigues P H, Connan J. Alkylated phenanthrene distributions as maturity and origin indicators in crude oils and rock extracts[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1995, 59(10): 2043-2056
 - 12 Radke M, Welte D H, Willsch H. Maturity parameters based on aromatic hydrocarbons: Influence of the organic matter type[J]. Organic Geochemistry, 1986, 10(1/2/3): 51-63
 - 13 Guo X W, He S. Aromatic hydrocarbons as indicators of origin and maturation for light oils from Panyu Lower Uplift in Pearl River Mouth Basin[J]. Journal of Earth Science, 2009, 20(5): 824-835
 - 14 孟江辉, 张敏, 姚明君, 等. 不同沉积环境原油的芳烃组成特征及其地质地球化学意义[J]. 石油天然气学报, 2008, 30(1): 228-231 [Meng Jianghui, Zhang Min, Yao Mingjun, et al. Features of aromatic composition in crude oil under different sedimentary environments and its geochemical significance [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2008, 30(1): 228-231]
 - 15 林壬子, 王培荣, 藏允键, 等. 矿物燃料中多环芳烃的石油地球化学意义[C]//有机地球化学论文集. 北京: 地质出版社, 1987: 129-140 [Lin Renzi, Wang Peirong, Cang Yunjian, et al. Petroleum geochemical significance of PAH in fossil fuel [C]//Collection on Organic Geochemistry. Beijing: Geological Publishing House, 1987: 129-140]
 - 16 魏志彬, 张大江, 张传禄, 等. 甲基二苯并噻吩分布指数(MDBI)作为烃源岩成熟度标尺的探讨[J]. 地球化学, 2001, 30(3): 242-247 [Wei Zhibin, Zhang Dajiang, Zhang Chuanlu, et al. Methyl-dibenzothiophenes distribution index as a tool for maturity assessment of source rocks [J]. Geochimica, 2001, 30(3): 242-247]
 - 17 罗健, 程克明, 付立新, 等. 烷基二苯并噻吩——烃源岩热演化新指标[J]. 石油学报, 2001, 22(3): 27-31 [Luo Jian, Cheng Keming, Fu Lixin, et al. Alkylated dibenzothiophene index—a new method to assess thermal maturity of source rocks [J]. Acta Petrolei Sinica, 2001, 22(3): 27-31]
 - 18 Hughes W B, Holba A G, Dzou L I P. The ratios of dibenzothiophene to phenanthrene and pristane to phytane as indicators of depositional environment and lithology of petroleum source rocks [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1995, 59(17): 3581-3598
 - 19 孟仟祥, 张松林, 崔明中, 等. 不同沉积环境湖相低熟原油的芳烃分布特征[J]. 沉积学报, 1998, 17(1): 112-119 [Meng Qianxiang, Zhang Songlin, Cui Mingzhong, et al. Distribution features of aromatics in lacustrine low-mature crude oils from different environments [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1998, 17(1): 112-119]
 - 20 王培荣. 生物标志物质量色谱图集[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993: 57-98 [Wang Peirong. Collection of Mass Chromatogram of Biomarkers [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993: 57-98]
 - 21 孟江辉, 刘洛夫, 张敏, 等. 原油芳烃的沉积环境指示作用[J]. 中国矿业大学学报, 2011, 40(1): 901-907 [Meng Jianghui, Liu Luofu, Zhang Min, et al. Indicative function of aromatic hydrocarbon in crude oil on depositional environment [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2011, 40(1): 901-907]

Geochemical Characteristics and Significance of Aromatic Hydrocarbon of Long'eni Area Crude Oil in Qiangtang Basin

JI Chang-jun¹ YI Hai-sheng^{1,2} XIA Guo-qing¹ CHEN Yang³
WU Chi-hua¹ MAO Ling-ling¹ CAI Zhan-hu¹ LI Qi-lai¹

(1. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059;

2. State Key Laboratory of Oil/Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu 611059;

3. China National Offshore Oil Corporation Limited, Tianjin 300452)

Abstract: As an importance component of crude oil and source rocks, aromatic biomarkers have been analysed for source, depositional environment and maturity. Particularly, it's more difficult biodegradation than the saturated hydrocarbon, so aromatic biomarkers perhaps will be widely used for the study of biodegradation oil. The biodegradation oil exists widely in the Qiangtang Basin, Tibet plateau. In order to effectively carry out the oil source correlation analysis, aromatic fractions of six oils from Longeni area of Qiangtang Basin were analyzed using GC-MS technique. Fifteen aromatic series of hydrocarbon detected such as naphthalene, phenanthrene, terfluorene (more than One hundred and seventy aromatic hydrocarbon compounds) were used to analyze the origin and maturity of the oil. Oils are characterized by a high abundance of phenanthrene and low of naphthalene, in the meantime, a certain amount of components regarded as the marker of terrestrial high plant were detected, such as cadalene, pimanthrene, retene and so on, which indicate the oil have derived from the source containing predominantly lower aquatic organisms combined with a small amount terrestrial higher plant deposited in a marine environment. The maturity study indicates methyl-naphthalene index due to mixed source influence and cannot be used alone for maturity evaluation, but methylphenanthrene index and methyl-dibenzothiophene index are effective parameter for the maturity research of crude oil in Qiangtang Basin. Applying maturity parameters of methyl-naphthalene, methylphenanthrene and methyl-dibenzothiophene from the aromatic hydrocarbon to the study of the maturity of oil from Longeni area indicates that the maturity has reached the mature stage in Qiangtang Basin.

Key words: biodegradation oil; aromatic hydrocarbon; methylphenanthrene index; methyl-dibenzothiophene index; oil source correlation; Qiangtang Basin