

# 南羌塘鄂斯玛地区早白垩世沥青地球化学特征及意义

陈文彬<sup>1,2</sup>, 占王忠<sup>1,2</sup>, 付修根<sup>1,2</sup>, 曾胜强<sup>1,2</sup>, 贺永忠<sup>3</sup>

CHEN Wenbin<sup>1,2</sup>, ZHAN Wangzhong<sup>1,2</sup>, FU Xiugen<sup>1,2</sup>, ZENG Shengqiang<sup>1,2</sup>, HE Yongzhong<sup>3</sup>

1. 中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081;

2. 国土资源部沉积盆地与油气资源重点实验室, 四川 成都 610081;

3. 贵州省地质调查院, 贵州 贵阳 550005

1. *Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China;*

2. *Key Laboratory for Sedimentary Basin and Oil and Gas Resources, Ministry of Land Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China;*

3. *Guizhou Geological Survey, Guiyang 550005, Guizhou, China*

**摘要:**首次在南羌塘安多县鄂斯玛地区早白垩世地层中发现沥青。从沥青有机碳含量、族组分及生物标志化合物方面综合研究了其有机地球化学特征,并进行了油源对比。研究表明,样品的有机碳含量为3.42%~75.01%,显示其具有较高的沥青含量;族组成中重烃组分(非烃+沥青质)质量分数最高,其次为芳香烃,饱和烃质量分数最低。生物标志物研究表明,沥青的成熟度较高,沥青母岩的沉积环境为还原环境,其有机母质主要为混合来源,特别是藻类做出了重要贡献。运用生物标志化合物的相对含量指标进行油源对比研究表明,沥青可能来源于索瓦组泥岩。该研究成果对南羌塘的油气勘探具有一定意义。

**关键词:**生物标志物;油源对比;早白垩世;羌塘盆地

中图分类号:P534.53 文献标志码:A 文章编号:1671-2552(2017)04-0624-10

**Chen W B, Zhan W Z, Fu X G, Zeng S Q, He Y Z. Geochemical characteristics and significance of Early Cretaceous bitumens in Esima area, southern Qiangtang Basin of Tibet. *Geological Bulletin of China*, 2017, 36(4):624-633**

**Abstract:** Early Cretaceous bitumens were found for the first time in Esima area in southern Qiangtang Basin. The authors analyzed the organic geochemical characteristics from the bitumen content of organic carbon and group composition and biomarkers in this area and discussed the oil-source correlation. The result reveals that the total organic carbon content of the bitumens samples varies in the range of 3.42%~75.01%, indicating abundant bitumens. The bitumen samples have the highest fraction of heavy hydrocarbons (nonhydrocarbon and asphaltene), followed by aromatics hydrocarbon, and the lowest fraction is saturated hydrocarbon. The maturity of bitumens are not in high maturity and are mainly in the mature stage. The source rock was deposited under reductive conditions, and the original organic matter was algae and high-grade plants, with especially important contribution made by algae. Oil-source correlations were studied by using the biomarkers, and the results show that the bitumens were derived from the Suowa Formation mudstones. The results obtained by the authors are important for oil and gas exploration in southern Qiangtang Basin.

**Key words:** biomarkers; oil-source correlation; Early Cretaceous; Qiangtang Basin

油气显示对于新区的油气勘探具有重要意义。羌塘盆地是青藏高原最大的海相沉积盆地,地处西藏自治区北部,青海省南部,面积约18×

10<sup>4</sup>km<sup>2</sup>,构造上位于著名的产油构造带——特提斯构造带的东段中部<sup>[1-2]</sup>,具备广阔的潜在油气远景。羌塘盆地南、北分别以班公湖-怒江缝合带和拉竹

收稿日期:2016-10-18;修订日期:2017-03-16

资助项目:中国地质调查局项目《羌塘盆地金星湖-隆鄂尼油气资源战略调查》(编号:DD20160159)、《青南藏北冻土区天然气水合物资源勘查》(编号:GZH201400301)及国家自然科学基金项目《羌塘盆地海相油页岩沉积古环境、古气候及源区》(批准号:41172098)

作者简介:陈文彬(1979-),男,硕士,高级工程师,从事沉积与油气地球化学研究。E-mail:cdcwenbin@qq.com

龙-金沙江缝合带为界,东、西以中生界尖灭线为界,分为3个次级构造单元:北羌塘坳陷、中央隆起和南羌塘坳陷(图1)。迄今为止,在羌塘盆地发现了200多处油气显示,其性质多为固体沥青<sup>[3-5]</sup>,反映盆地发生过大规模的油气生成、运移和聚集成藏。本次新发现的沥青点位于南羌塘坳陷安多县扎曲乡鄂斯玛地区,该区域一直被认为是羌塘盆地较好的油气远景区<sup>[6-7]</sup>。本文对新发现的沥青进行有机地球化学特征研究,为该区今后的油气勘探及油气成藏研究提供依据。

### 1 沥青点产出基本情况

沥青赋存层位为索瓦组( $J_3K_1s^1$ ) (图1)。该地层岩性较简单,下部以灰色-深灰色泥岩、泥晶灰岩为

主,向上延伸逐渐过渡为砂岩和粘土岩,再向上为生物屑灰岩、砂屑灰岩和钙质砂岩,顶部为砂岩和泥质灰岩。生物屑主要为双壳及腕足类,泥岩和泥晶灰岩中可见波痕,灰岩中发育方解石脉。灰岩中可见植物碎片、介壳、腕足、海百合茎等生物屑。由于该地层中发现了早白垩世特征孢粉化石 *Dicheiropollis*, 同时整个孢粉中大量出现 *Classopollis* 的特征,而 *Dicheiropollis* 在地质历史时期出现的时间很短,国内外孢粉学者一般认为早白垩世早期(贝利亚斯-巴雷姆期)的典型化石,而 *Classopollis* 最早出现在晚三叠世,晚侏罗世和早白垩世是该类花粉最繁盛的时期,尤以晚侏罗世更盛,其含量可高达90%以上。因此,新发现沥青岩层的时代应为早白垩世<sup>[8]</sup>。

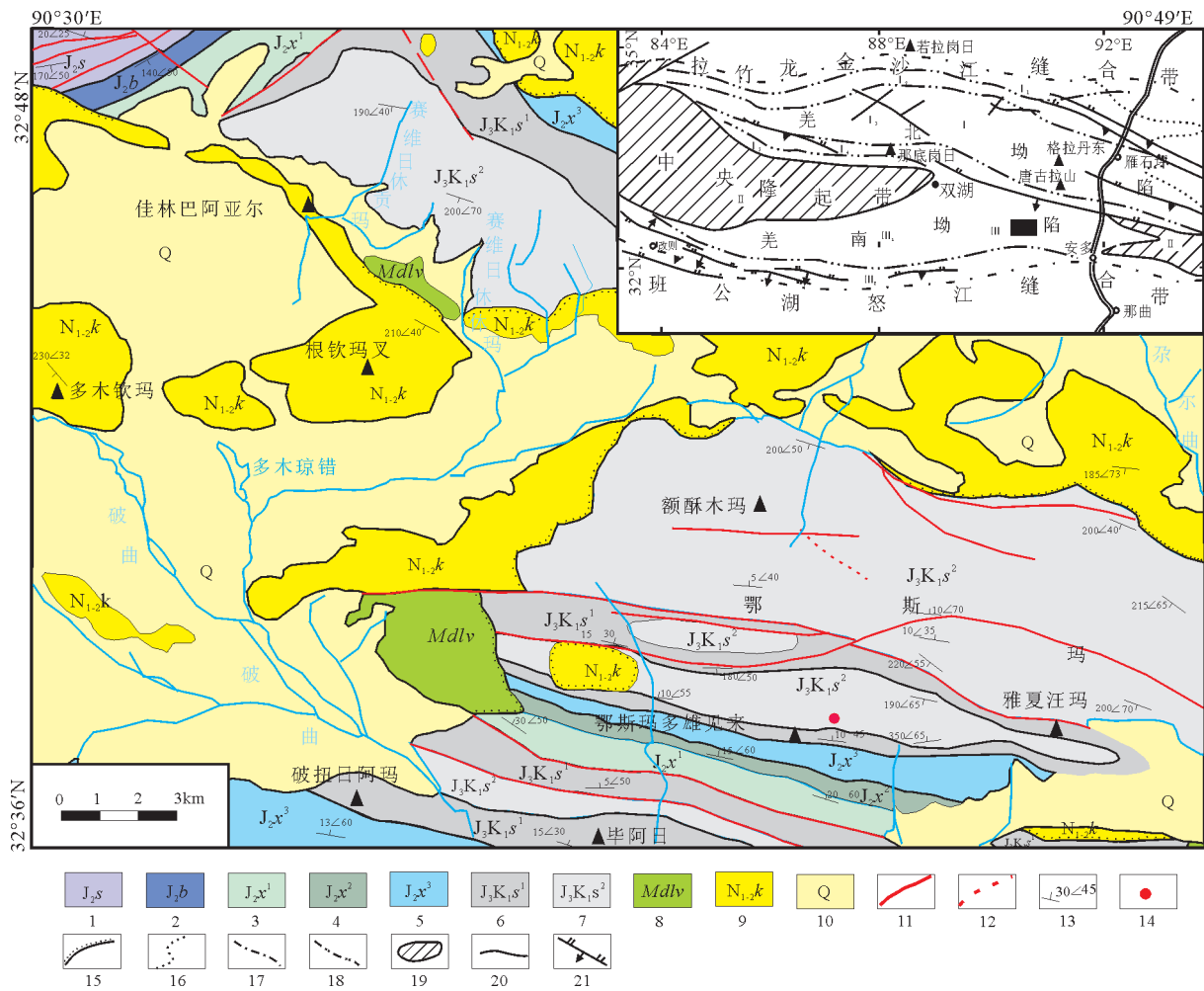


图1 研究区地质简图及采样位置

Fig. 1 Geological sketch map of the study area and sampling locations

- 1—色哇组;2—布曲组;3—夏里组一段;4—夏里组二段;5—夏里组三段;6—索瓦组一段;7—索瓦组二段;8—安山岩;
- 9—康托组;10—第四系;11—实测断层;12—推测断层;13—地层产状;14—沥青采样点;15—不整合;
- 16—盆地边界;17—盆地边沿断裂;18—构造单元界线;19—中央隆起;20—断层;21—逆冲断层



岩层中发现多处干沥青(图2-a、b),总体与岩层顺层产出,多呈细脉状分布于岩石中,局部可见其充填于灰岩晶洞中。沥青脉宽1~5mm,长2~30mm。砂质生屑灰岩镜下微裂缝中见褐色沥青充填(图2-c),生屑间充填方解石见发亮黄色荧光油浸染(图2-d),显示该地区发生过油气成藏。

## 2 样品采集与分析方法

笔者采集了6件含沥青及沥青样品进行有机地球化学分析,为便于对比分析,采集了2件可能生油岩样品进行分析,具体地球化学参数见表1。样品的有机岩石学与有机地球化学分析测试在中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司勘探开发研究院生油实验室完成。

岩样进行索氏抽提72h,用石油醚沉淀沥青质,

族组分离用硅胶、氧化铝色层柱、正己烷、苯、无水乙醇作冲洗剂,得到饱和烃、芳烃和非烃。GC分析采用美国HP-6890气相色谱仪,进样温度为290℃,检测器温度为300℃,采用HP-5型石英弹性毛细管柱(25m×0.32mm×0.17μm),氮气为载气。初温60℃,恒温5min,升温速率为4℃/min,终温290℃,恒温40min。GC-MS分析采用MAI95S色谱-质谱联用仪,离子源温度为180℃,电子能量为70eV,HP-5型石英弹性毛细管柱(50m×0.32mm×0.17μm),80℃恒温5min,升温速率为8℃/min,升温至120℃,再以2℃/min升温至300℃,恒温21min。

## 3 沥青地球化学特征

### 3.1 沥青有机碳含量及族组成特征

鄂斯玛地区沥青样品分析结果表明,含沥青灰

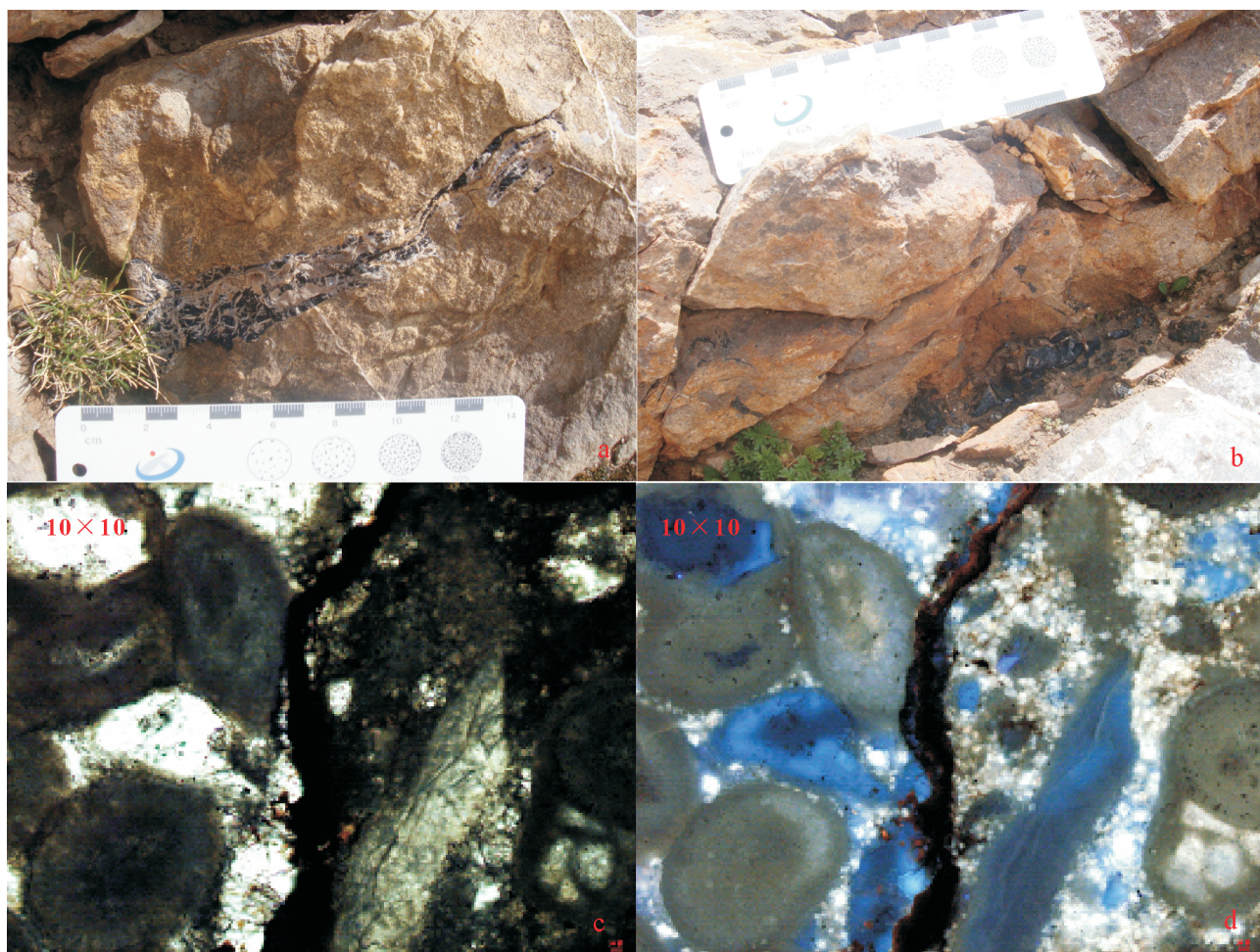


图2 鄂斯玛地区沥青野外露头及显微特征

Fig. 2 Characteristics of the bitumen in Esima area

a—沥青野外露头;b—沥青野外露头;c—含沥青储层显微照片(单偏光);d—含沥青储层显微照片(荧光)

表 1 鄂斯玛地区早白垩世沥青及可能烃源岩基本有机地球化学参数

Table 1 Geochemical parameters of the bitumens samples and their potential source rocks in Esima area

样品 编号	层位	岩性	TOC/%	S/%	氯仿沥青 “A”/%	氯仿沥青“A”族组成/%			
						饱和烃	芳烃	非烃	沥青质
B1	J <sub>3</sub> K <sub>1s</sub>	含沥青灰岩	3.54	0.24	0.0276	12.52	28.49	31.94	27.04
B2	J <sub>3</sub> K <sub>1s</sub>	含沥青灰岩	6.53	0.10	0.0195	16.67	31.54	31.03	20.77
B3	J <sub>3</sub> K <sub>1s</sub>	含沥青灰岩	7.30	0.49	0.0234	9.71	26.64	24.38	39.28
B4	J <sub>3</sub> K <sub>1s</sub>	纯沥青	75.01	1.59	0.4583	6.99	24.26	40.81	27.94
B5	J <sub>3</sub> K <sub>1s</sub>	含沥青灰岩	3.42	0.03	0.0244	13.43	23.88	37.31	25.37
B6	J <sub>3</sub> K <sub>1s</sub>	含沥青灰岩	5.38	0.03	0.0123	19.57	30.43	28.26	21.74
A1	J <sub>3</sub> K <sub>1s</sub>	泥岩	0.72	0.34	0.0332	24.28	29.86	20.21	25.64
A2	J <sub>3</sub> K <sub>1s</sub>	泥岩	0.75	0.44	0.0300	21.37	28.71	15.19	34.72

注:J<sub>3</sub>K<sub>1s</sub>为索瓦组

岩的有机碳含量为 3.42%~7.30%,纯沥青有机碳为 75.01%(表 1)。通过对沥青进行野外与镜下观察、沥青及有机碳定量分析,认为有机碳的含量与砂岩中沥青的含量有关,且随着沥青含量的减少,有机碳含量也逐渐减少。一般而言,索瓦组灰岩有机碳含量基本都小于 0.2%<sup>[9]</sup>。含沥青灰岩的氯仿沥青“A”含量普遍较低,为 0.0195%~0.0276%,但是纯沥青氯仿沥青含量较高,为 0.4583%。族组成分析结果表明,重组分(非烃+沥青质)质量分数最高,含量为 50%~68.75%;其次为芳香烃,含量为 24.26%~31.54%;饱和烃质量分数最低,为 6.99%~19.57%(表 1)。

### 3.2 沥青生物标志物特征

#### 3.2.1 沥青的生物降解程度

样品来自地表露头,其中的烃类在长期暴露过程中极易受到微生物的降解而使其结构发生改变。Peters 等<sup>[10]</sup>根据各类化合物遭受生物降解的难易程度,将生物降解划分了 10 个级别。总体说来,正构烷烃最易遭受生物降解,然后是类异戊二烯烃、藿烷、规则甾烷、重排甾烷和芳香甾烷,卟啉化合物则最难降解。鄂斯玛地区沥青的总离子图谱均存在一定程度的“鼓包”现象,且图谱中 C<sub>15</sub>以前的正构烷烃有部分损失(图 3),说明样品遭受了一定程度的生物降解;沥青样品 C<sub>15</sub>以后的正构烷烃损失较小,且均检测到丰富的姥鲛烷和植烷(图 3),说明沥青受到生物降解作用的程度轻微。

#### 3.2.2 正构烷烃和类异戊二烯烃

此次研究的 6 个沥青样品正构烷烃主要为单峰

型,碳数分布范围为 nC<sub>16</sub>~nC<sub>36</sub>,主峰碳为 nC<sub>19</sub>~nC<sub>21</sub>(表 2;图 3),奇偶优势值(OEP)为 0.97~1.07,碳优势指数(CPI)值为 1.02~1.17,(nC<sub>21</sub>+nC<sub>22</sub>)/(nC<sub>28</sub>+nC<sub>29</sub>)值在 1.73~3.44 之间,nC<sub>21</sub><sup>-</sup>/nC<sub>22</sub><sup>+</sup>值在 0.54~0.94 之间(表 2),均小于 1,显示重烃组分占优势,总体反映以水生生物为主的生源特征。一般认为,有机质以陆生植物为主的未熟烃源岩具有奇碳优势和高碳数(>nC<sub>23</sub>),尤其富含 nC<sub>27</sub>、nC<sub>29</sub>和 nC<sub>31</sub>,主要来源于表皮角质蜡,由高等植物直接合成;奇偶优势不明显的中等分子质量(nC<sub>15</sub>~nC<sub>21</sub>)的正构烷烃可能只是藻类等低等水生生物的来源<sup>[11-12]</sup>,而重烃组分占优势是由于轻烃遭受微生物降解而减少的影响,这也和羌塘盆地 D2 井布曲组原油类似<sup>[13]</sup>。

沥青中还检出了丰富的类异戊二烯烷烃-姥鲛烷(Pr)和植烷(Ph)(图 3;表 2)。Brooks 等<sup>[14]</sup>、Powell 等<sup>[15]</sup>、McKirdy 等<sup>[16]</sup>和 Didyk 等<sup>[17]</sup>先后认为,姥鲛烷和植烷比值(Pr/Ph)可以反映源岩母质沉积古环境。Peters 等总结前人观点,认为高的 Pr/Ph 值(大于 3.0)表明有氧条件下陆源有机物质的输入,而低值(小于 0.8)则代表缺氧,且通常是超盐或碳酸盐沉积环境,但是需要与其他指标相吻合,如硫含量、C<sub>35</sub>升藿烷等<sup>[18]</sup>。羌塘盆地鄂斯玛地区早白垩世沥青样品的 Pr/Ph 值为 0.57~0.92,均小于 1(表 2),且硫含量较高(纯沥青含量为 1.59%)(表 1),揭示生烃母质

物降解而减少的影响,这也和羌塘盆地 D2 井布曲组原油类似<sup>[13]</sup>。

表 2 鄂斯玛地区沥青及可能烃源岩正构烷烃和类异戊二烯烃分析结果

Table 2 Data of saturated hydrocarbon and isoprenoid hydrocarbon for the bitumens samples and their potential source rocks in Esima area

样品 编号	主峰碳	CPI	OEP	Pr/Ph	Pr/	Ph/	nC <sub>21</sub> <sup>-</sup> /	(nC <sub>21</sub> +nC <sub>22</sub> )/
					nC <sub>17</sub>	nC <sub>18</sub>		
B1	19	1.02	0.99	0.92	0.35	0.26	0.80	1.73
B2	19	1.05	1.03	0.84	0.44	0.34	0.73	1.79
B3	20	1.07	0.97	0.91	0.54	0.45	0.54	1.73
B4	19	1.16	1.07	0.69	0.72	0.37	0.94	3.44
B5	19	1.14	1.07	0.73	0.75	0.47	0.70	2.55
B6	21	1.17	1.02	0.57	0.81	0.42	0.69	2.68
A1	21	1.07	1.01	0.89	0.40	0.32	0.90	1.94
A2	20	0.98	1.02	0.98	0.56	0.28	0.78	1.66

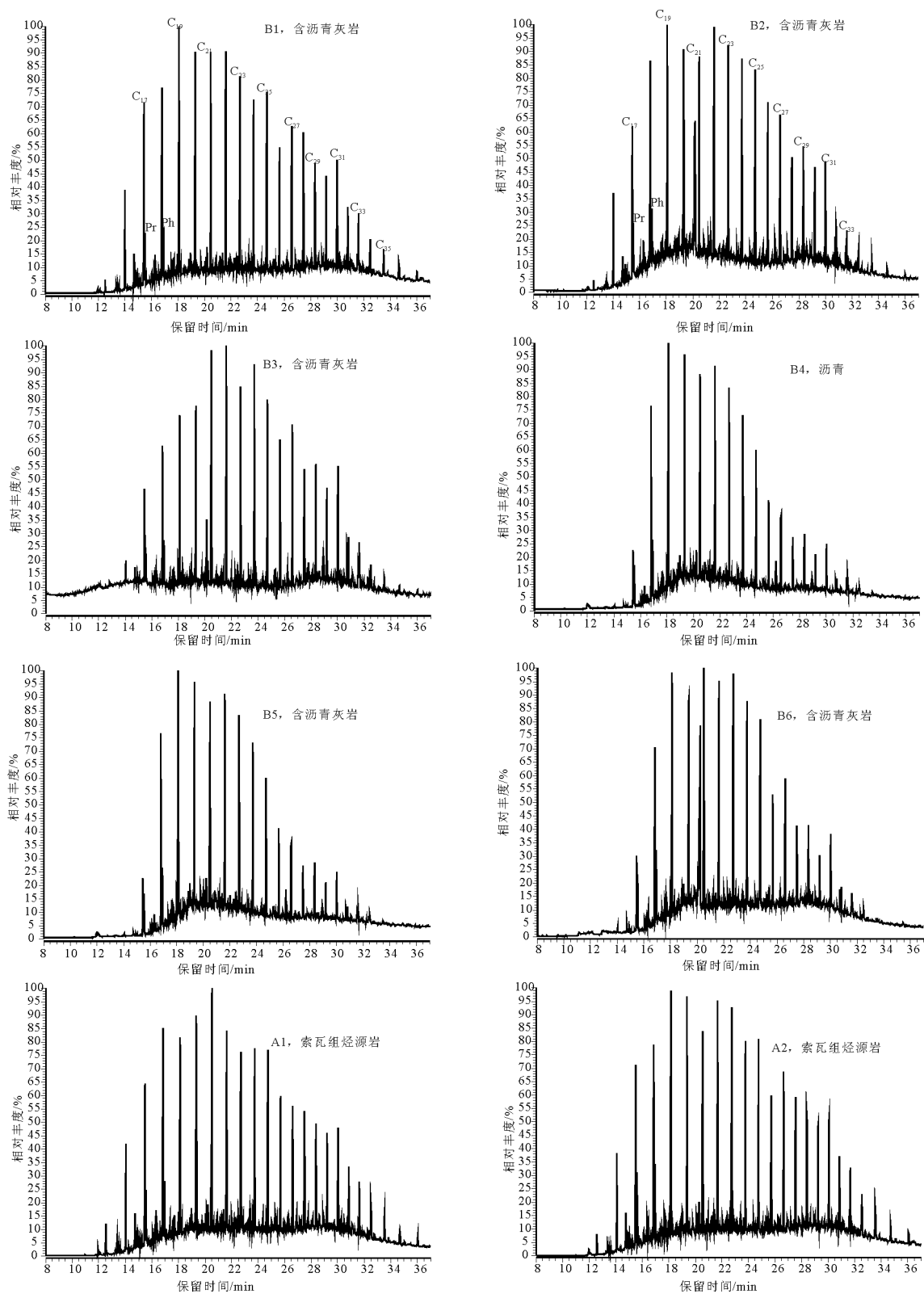


图3 鄂斯玛地区沥青和可能烃源岩饱和烃分布特征

Fig. 3 TIC distribution of saturated hydrocarbons extracted from the bitumen samples and their potential source rocks in Esima area



可能形成于还原环境。同时,根据 Shanmugan 等<sup>[19]</sup>提出的  $Ph/nC_{18}-Pr/nC_{17}$  相对关系图解(图 4),沥青样品落于 II 型(混合型)有机质区域内,表明其母质来源除海相低等水生生物输入外,还可能有少量陆源高等植物。

### 3.2.3 甾烷化合物特征

沥青样品抽提物鉴定出的甾烷主要包括  $C_{21}+C_{22}$  孕甾烷系列,  $C_{27}-C_{28}-C_{29}$  规则甾烷系列,还检测出很少量的重排甾烷(图 5)。

沥青样品中  $C_{27}$  甾烷含量为 28%~39%,平均值为 34.1%;  $C_{29}$  甾烷含量为较高,为 41%~48%,平均值为 44.5%,  $C_{28}$  甾烷含量 19%~25%,平均值为 21.3%。一般认为,  $C_{27}$  甾醇主要来源于浮游动物,  $C_{28}$  甾醇来源于浮游植物,  $C_{29}$  甾烷的生源既可以是藻类又可以是高等植物<sup>[20-21]</sup>。沥青样品中规则甾烷呈不对称的“V”字形分布,且表现为  $\Sigma(C_{27}+C_{28}) > \Sigma C_{29}$  的分布特征,  $C_{27}/C_{29}$  甾烷比值为 0.60~0.95,反映了沥青母质不仅有低等水生生物特征,也有高等植物输入的特点。常规甾烷三角图可以判断沉积物或石油中有机质来源及沉积环境<sup>[22]</sup>。从鄂斯玛沥青样品有机质的规则甾烷相对组成三角图(图 6)可以看出,所有沥青样品落入海湾河口的范围内,表明沥青样品有机质为混合来源。

$C_{29}\alpha\alpha\alpha 20S/\alpha\alpha\alpha(20S+20R)$  和  $C_{29}\alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha+\alpha\beta\beta)$  是常用的甾烷成熟度参数。一般认为,  $C_{29}\alpha, 14\alpha, 17\alpha(H)$ -甾烷在 C-20 上的异构化使  $20S/(20S+20R)$  值随着成熟度的增加从 0 升至约 0.5(平衡值为 0.52~0.55); 而  $20S$  和  $20R$   $C_{29}$  规则甾烷在 C-14 和 C-17 位上的异构化作用使  $\alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha+\alpha\beta\beta)$  值随着成熟度的增加从接近于 0 增加到约 0.7(平衡值为 0.67~0.71)<sup>[23-24]</sup>。甾烷成熟度参数  $C_{29}\alpha\alpha\alpha 20S/\alpha\alpha\alpha(20S+20R)$  值为 0.38~0.50, 平均值为 0.44;  $C_{29}\alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha+\alpha\beta\beta)$  值为 0.40~0.51, 平均值为 0.46, 均已达到或接近异构化的终点(图 7), 说明鄂斯玛地区沥青已成熟。

### 3.2.4 萜烷类化合物

鄂斯玛沥青样品中萜烷类化合物保存较完整,以五环萜烷为主(图 8; 表 3)。

鄂斯玛沥青样品中藿烷以  $C_{30}$  占优势,升藿烷从  $C_{31}$  到  $C_{35}$  均有检出,且相对丰度依次降低,表明有机质中菌藻类低等生物的贡献。  $C_{31}17\alpha(H)$ -升藿烷的  $22S/(22S+22R)$  值为 0.40~0.50, 平均值接近 0.50(表 2)。一般认为,其值在 0.50~0.54 范围时,表明进入生油阶段; 当比值为 0.57~0.62 时,表明已达到或

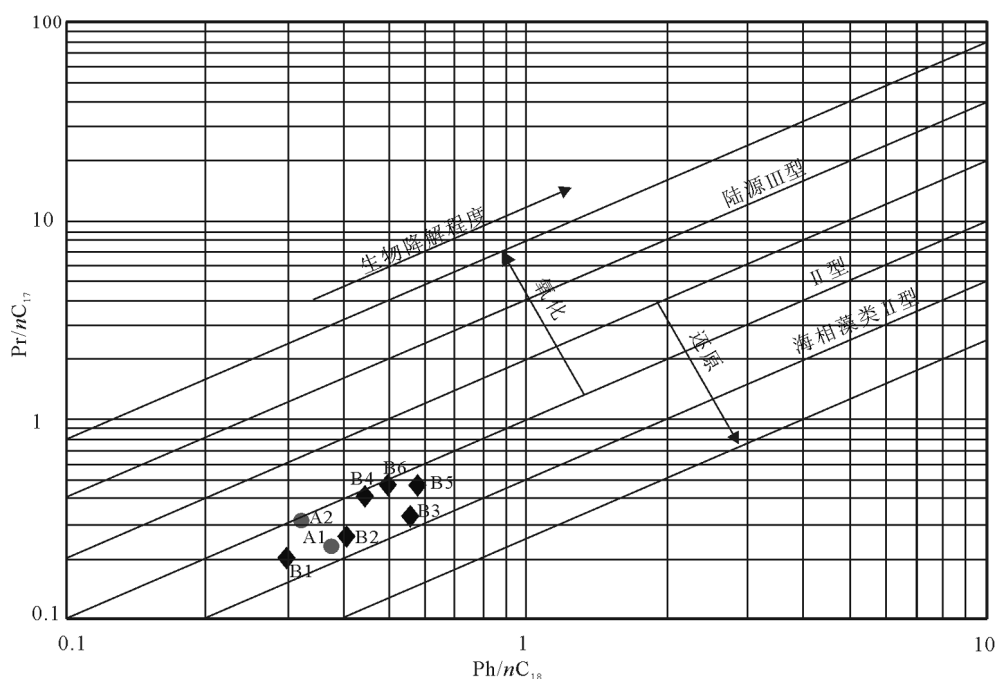


图 4 鄂斯玛地区沥青及可能烃源岩  $Ph/nC_{18}-Pr/nC_{17}$  图解

Fig. 4 Cross plot of  $Pr/nC_{17}$  versus  $Ph/nC_{18}$  for the bitumens samples and their potential source rocks in Esima area

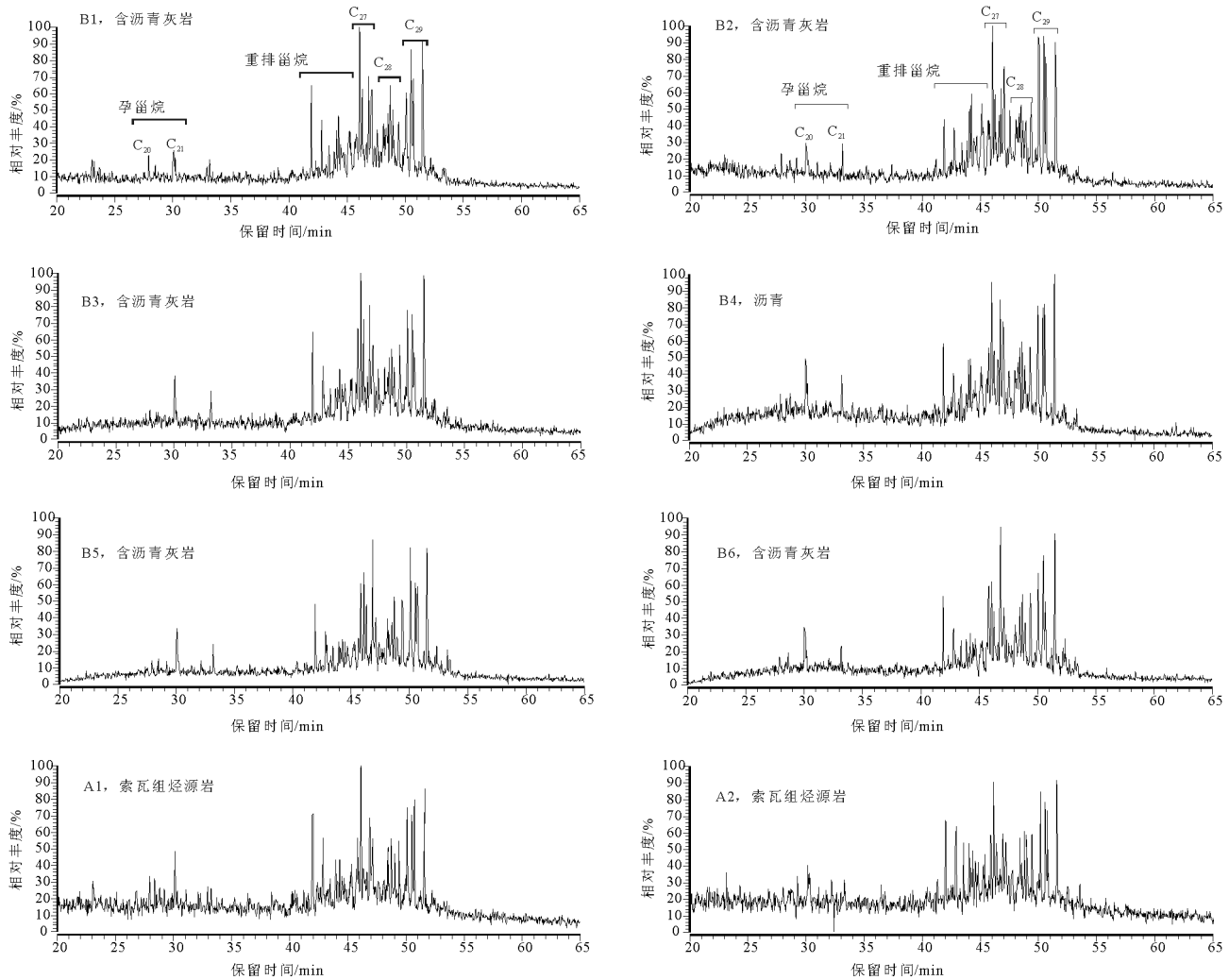


图5 鄂斯玛地区沥青及可能烃源岩甾烷(m/z217)分布特征

Fig. 5 Sterane distribution of saturated hydrocarbons extracted from the bitumen samples and their potential source rocks in Esima area

超过主要的生油阶段<sup>[25]</sup>。沥青样品大多接近平衡值,反映沥青成熟度较高。藿烷类化合物通常具有 $17\beta, 21\beta$ 的立体构型,进入地质体后,可转化为 $17\beta, 21\alpha$ 和 $17\alpha, 21\beta$ 构型,但是 $17\alpha, 21\beta$ 构型热稳定性比 $17\beta, 21\alpha$ 构型强。一般认为, $17\beta, 21\alpha$ (H)-莫烷与其相应的 $17\alpha, 21\beta$ (H)-藿烷比值随着成熟度的增加而降低,从未成熟沥青的约0.8到成熟烃源岩的小于0.15,原油则可能低至0.05<sup>[26]</sup>。鄂斯玛地区早白垩世沥青样品的 $17\beta, 21\alpha$ (H)-莫烷/ $17\alpha, 21\beta$ (H)-藿烷比值为0.10~0.17(表3),除样品B3略高于0.15外,其他样品均小于0.15,也表明沥青有机质处于成熟阶段。沥青样品中均检测出一定含量的伽玛蜡烷(图8),伽玛蜡

烷是来源于原生动物和光合作用细菌的四膜虫醇被还原的产物,可以表征海相和非海相沉积环境中的分层水体<sup>[27-28]</sup>,而分层水体常常是高盐度环境沉积所致<sup>[29]</sup>。样品中的伽玛蜡烷含量总体不高,伽玛蜡烷/ $(C_{31}(22S+22R)/2)$ 值为0.13~0.29,表明沥青的母源沉积水体盐度较低。

### 3.3 沥青来源及意义

鄂斯玛地区位于南羌塘坳陷,主要发育索瓦组泥质烃源岩。取自索瓦组的2件黑色泥岩样品的分析结果表明,其正构烷烃、甾烷及萜烷分布规律均与沥青相似,具有较好的亲缘关系:①泥岩色谱图与沥青色谱图相似(图3),为单峰型,其主峰碳数较低( $n_{C_{20}}-n_{C_{21}}$ ),OEP值为1.01~1.02,CPI值为0.98~

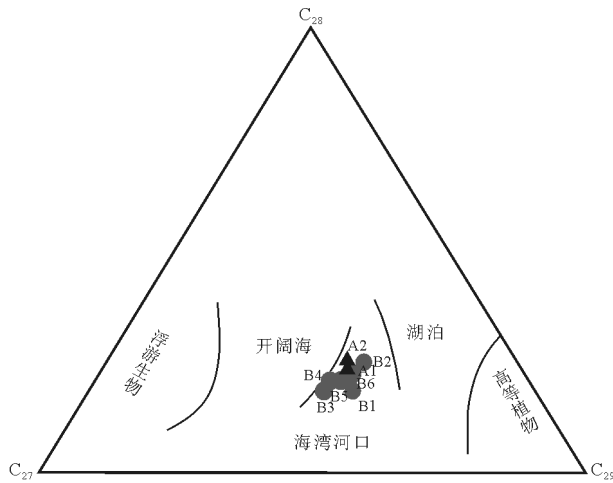


图6 鄂斯玛地区沥青及可能烃源岩甾烷三角图 (样品编号同表1)

Fig. 6 Ternary diagram showing  $C_{27}-C_{28}-C_{29}$  regular sterane compositions of the bitumens samples and their potential source rocks in Esima area

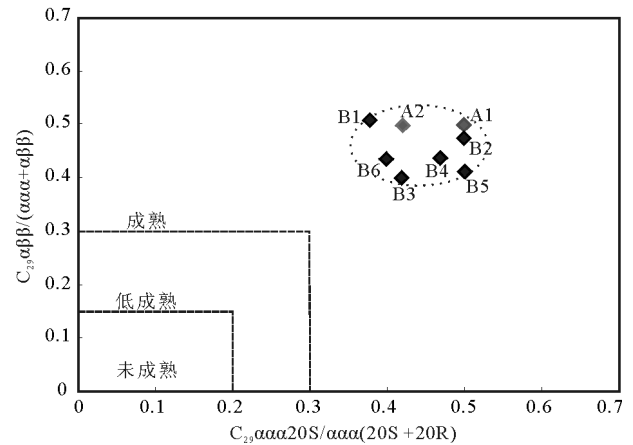


图7 鄂斯玛地区沥青与可能烃源岩  $C_{29} \alpha \alpha \alpha 20S / \alpha \alpha \alpha (20S+20R)$  与  $C_{29} \alpha \beta \beta / (\alpha \alpha \alpha + \alpha \beta \beta)$  关系 (样品编号同表1)

Fig. 7 Cross plot of  $C_{29} \alpha \alpha \alpha 20S / \alpha \alpha \alpha (20S+20R)$  steranes versus  $C_{29} \alpha \beta \beta / (\alpha \alpha \alpha + \alpha \beta \beta)$  steranes of the bitumens samples and their potential source rocks in Esima area

1.07,  $nC_{21-}/nC_{22+}$  值在 0.78~0.90 之间(表 2), 显示重烃组分占优势。Pr/Ph 值均为 0.89~0.98, 在 Pr/ $nC_{17}-Ph/nC_{18}$  相对关系图(图 4)中, 泥岩样品与沥青样品落在同一区域内, 表明其可能具有相同来源。②泥岩样品的甾烷及萜烷图谱与沥青样品也具有较强的相似性(图 5、图 8), 泥岩样品中  $C_{27}$  甾烷含量为 30%~31%,  $C_{29}$  甾烷含量较高, 为 45%~46%,  $C_{28}$  甾烷含量为 23%~25%, 在  $C_{27}-C_{28}-C_{29}$  规则甾烷三角图(图 5)中, 泥岩样品与沥青样品均落于海湾河口区域, 具有较好的亲缘性。③成熟度参数  $C_{29} \alpha \alpha \alpha 20S / \alpha \alpha \alpha (20S + 20R)$ 、 $C_{29} \alpha \beta \beta /$

$(\alpha \alpha \alpha + \alpha \beta \beta)$ 、 $C_{31} \alpha \beta 22S / (22S + 22R)$  和  $T_s / (T_s + T_m)$  差异较小(图 7; 表 3), 它们之间的相关性表明, 鄂斯玛地区沥青脉与烃源岩处于相同的成熟演化阶段。

根据王成善等<sup>[9]</sup>的研究, 南羌塘存在 2 次主要油气生成过程, 分别是 140Ma 和 20Ma, 并且以第一次生油为主。羌塘盆地中生代地层的褶皱构造形成于晚侏罗世末期—早白垩世早期, 构造圈闭的形成时期与主生烃期近于同步, 非常有利于索瓦组烃源岩生成的油气聚集成藏。后期的构造隆升, 使油气藏遭到破坏, 经过一系列的地质作用, 最后在地表

表 3 鄂斯玛地区沥青及可能烃源岩甾烷和萜烷标志物分析结果  
Table 3 The parameters of biomarkers from the bitumens samples and their potential source rocks in Esima area

样品 编号	规则甾烷/%			$C_{29} \alpha \alpha \alpha 20S \alpha \alpha \alpha /$ (20S+20R)	$C_{29} \alpha \beta \beta /$ ( $\alpha \alpha \alpha + \alpha \beta \beta$ )	$T_s / (T_m + T_s)$	$C_{29}$ 藿烷/	$C_{(29+30)}$ 莫烷/	$C_{31} \alpha \beta 22S /$ (22S+22R)	$\gamma$ 蜡烷/ $C_{31}$ (22S+22R)/2
	$C_{27}$	$C_{28}$	$C_{29}$				$C_{30}$ 藿烷	$C_{(29+30)}$ 藿烷		
B1	33	19	48	0.38	0.51	0.38	0.48	0.12	0.50	0.29
B2	28	25	47	0.50	0.48	0.39	0.54	0.11	0.43	0.18
B3	35	21	44	0.42	0.40	0.20	0.67	0.16	0.40	0.13
B4	34	22	44	0.47	0.44	0.22	0.59	0.15	0.43	0.18
B5	36	21	43	0.50	0.41	0.42	0.52	0.10	0.48	0.26
B6	39	20	41	0.40	0.44	0.37	0.58	0.17	0.40	0.16
A1	30	25	45	0.50	0.50	0.28	0.50	0.14	0.38	0.19
A2	31	23	46	0.42	0.50	0.38	0.57	0.17	0.36	0.09



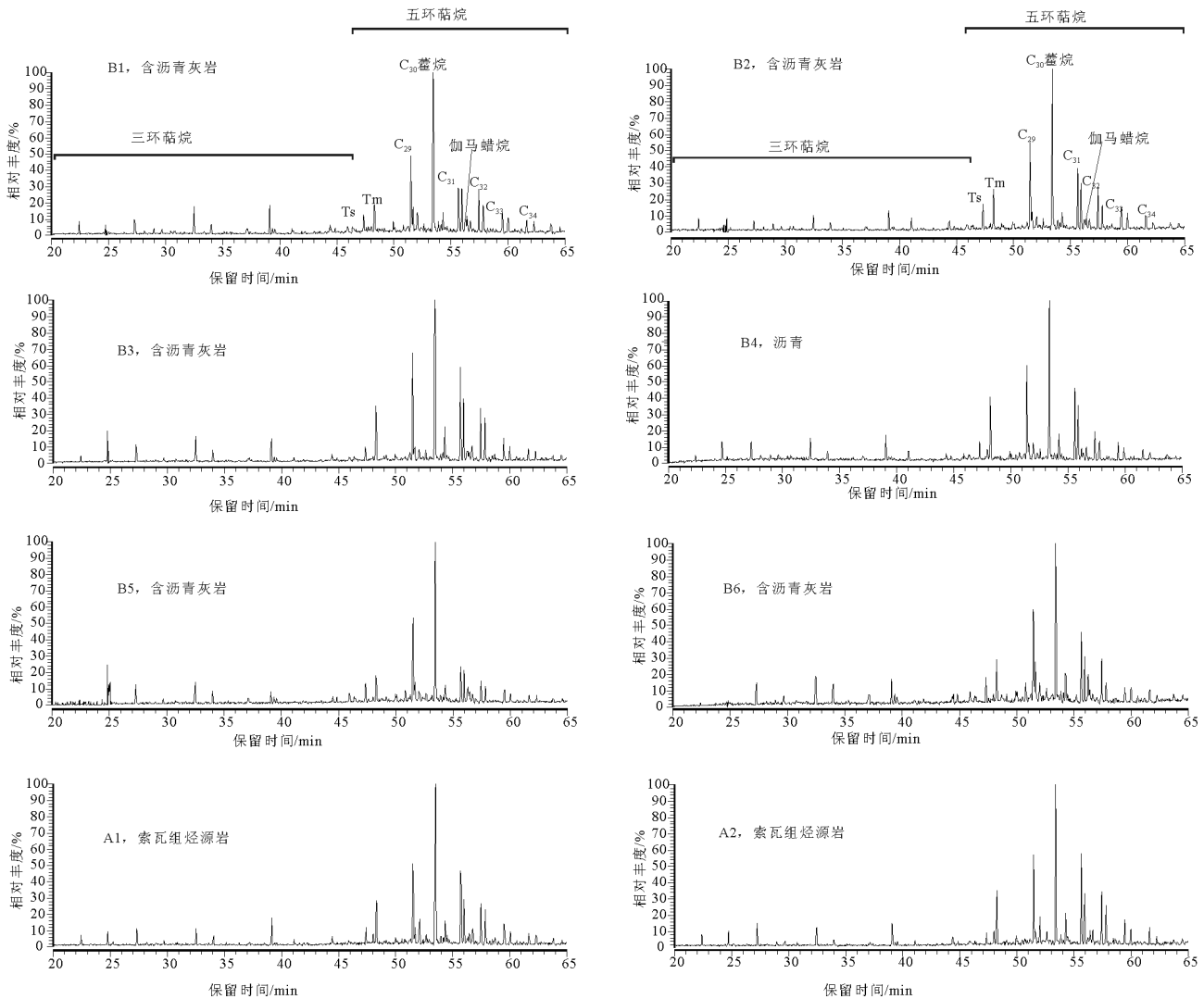


图8 鄂斯玛地区沥青及可能烃源岩萜烷(m/z191)分布特征

Fig. 8 Terpene distribution of saturated hydrocarbons extracted from the bitumen samples and their potential source rocks in Esima area

形成沥青。鄂斯玛地区早白垩世地层中沥青的发现,意味着区内有过大规模油气的生成、运移、聚集和破坏,在保存条件较好的邻近地区存在未被破坏的油气藏的可能性很大。

#### 4 结论

(1) 鄂斯玛地区含沥青灰岩有机碳含量为3.42%~7.30%,纯沥青有机碳为75.01%,显示其具有较高的沥青含量;族组成分析结果表明,重组分(非烃+沥青质)质量分数最高,其次为芳香烃,饱和烃质量分数最低。

(2) 鄂斯玛地区沥青的正构烷烃主要为单峰型,以低碳数烃占优势; $Pr/nC_{17}$ 与 $Ph/nC_{18}$ 关系、 $C_{27}$ 、 $C_{28}$ 和 $C_{29}$ 甙烷三角关系图等表明,沥青的母质为菌藻类和高等植物混合来源,特别是藻类为原油的形成作出了贡献; $Pr/Ph$ 值为0.57~0.92,且沥青中硫含量较高,伽马蜡烷/ $(C_{31}(22S+22R)/2)$ 值为0.13~0.29,表明了沉积时水体的还原环境及盐度较低的特点。

(3) 鄂斯玛地区沥青的OEP值接近于1, $C_{29}\alpha\alpha\alpha/20S/\alpha\alpha\alpha(20S+20R)$ 值为0.38~0.50, $C_{29}\alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha+\alpha\beta\beta)$ 值为0.40~0.51, $C_{31}$ 甙

烷 22S/(22S+22R) 值接近平衡值 0.50, 17 $\beta$ , 21 $\alpha$  (H)-莫烷与其相应的 17 $\alpha$ , 21 $\beta$  (H)-藿烷比值为 0.11~0.17, 表明沥青具有成熟有机质的特征。

(4) 鄂斯玛地区沥青的生物标志物特征和索瓦组泥岩具有较强的相似性, 反映沥青来源于索瓦组泥岩。

**致谢:** 参加本次野外工作的还有贵州省地质调查院的朱勋、易成兴、吴韬工程师等, 在此表示衷心的感谢。

## 参考文献

- [1] 鲁兵, 李永铁, 刘忠. 青藏高原的盆地形成与分类[J]. 石油学报, 2000, 21(2): 21-26.
- [2] 丘东洲, 谢渊, 李晓清, 等. 亚洲特提斯域相古地理与油气聚集地质特征[J]. 海相油气地质, 2009, 14(2): 41-51.
- [3] 王成善, 伊海生, 刘池洋, 等. 西藏羌塘盆地古油藏发现及其意义[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 139-143.
- [4] 解超明, 李才, 李林庆, 等. 藏北羌塘中部首次发现泥火山[J]. 地质通报, 2009, 28(9): 1319-1324.
- [5] 陈文彬, 廖忠礼, 刘建清, 等. 西藏羌塘盆地扎仁地区白云岩油苗地球化学特征[J]. 新疆石油地质, 2008, 29(2): 214-218.
- [6] 刘家铎, 周文, 李勇, 等. 青藏地区油气资源潜力分析与评价[M]. 北京: 地质出版社, 2007: 1-299.
- [7] 赵政璋, 李永铁, 叶和飞, 等. 青藏高原海相烃源层的油气生成[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 175-213.
- [8] 陈文彬, 贺永忠, 占王忠, 等. 藏北南羌塘安多县鄂斯玛地区早白垩世孢粉化石 Dicheiropollis 的发现及地质意义[J]. 地质通报, 2012, 31(10): 1602-1607.
- [9] 王剑, 谭富文, 李亚林, 等. 青藏高原重点沉积盆地油气资源潜力分析[M]. 北京: 地质出版社, 2004: 38-42.
- [10] 彼得斯 K E, 莫尔多万 J M. 生物标志化合物指南——古代沉积物和石油中分子化石的解释[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995: 178-187.
- [11] Tissot B P, Welte D H. Petroleum Formation and Occurrence[M]. New York: Springer-Verlag, 1984: 1-538.
- [12] 李守军. 正烷烃、姥鲛烷与植烷对沉积环境的指示意义——以山东济阳拗陷下第三系为例[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 1999, 23(5): 14-23.
- [13] 季长军, 伊海生, 陈志勇, 等. 西藏羌塘盆地羌 D2 井原油类型及其勘探意义[J]. 石油学报, 2013, 34(6): 1070-1076.
- [14] Brooks J D, Gould K, Smith J W. Isoprenoid hydrocarbons in coal and petroleum[J]. Nature, 1969, 222(5190): 257-259.
- [15] Powell T G, McKriddy D M. Relationship between ratio of pristane to phytane, crude oil composition and geological environment in Australia[J]. Nature, 1973, 243(124): 37-39.
- [16] Didyk B M, Simoneit B R T, Brassell S C, et al. Organic geochemical indicators of palaeoenvironmental conditions of sedimentation[J]. Nature, 1978, 272(5650): 216-222.
- [17] Ten Haven H L, Rullkötter J, Leeuw D, et al. Pristane/phytane ratio as environmental indicator[J]. Nature, 1988, 333(6174): 604.
- [18] Peters K E, Walters C C, Moldowan J M. The Biomarker Guide (vol 1): Biomarkers and Isotopes in the Environment and Human History. 2nd ed[M]. Cambridge: University of Cambridge, 2005: 1-471.
- [19] Shanmugan G. Significance of coniferous rain forests and related oil, Gipp Island Basin, Australia[J]. AAPG Bulletin, 1985, 69(8): 1241-1254.
- [20] Huang W Y, Meinschein W G. Sterols as ecological indicators[J]. Geochim Cosmochim Acta, 1979, 43(5): 739-745.
- [21] Summons R E. Dinosterane and other steroidal hydrocarbons of dinoflagellate origin in sediments and petroleum[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1987, 51: 3075-3082.
- [22] Riboulleau A, Schnyder J, Riquier L, et al. Environmental change during the Early Cretaceous in the Purbeck-type Durlston Bay section (Dorset, Southern England): A biomarker approach[J]. Org. Geochem., 2007, 38(11): 1804-1823.
- [23] Moldwan J M, Albrecht P, Philp R P, et al. Biomarkers in sediments and petroleum[M]. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1992: 268-280.
- [24] 陈建平, 黄第藩. 酒东盆地油气生成和运移[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995: 100-106.
- [25] Peters K E, Walters C C, Moldowan J M. The biomarker guide (second edition): Ö. Biomarkers and Isotopes in Petroleum Exploration and Earth History[M]. Cambridge University Press, 2005: 1-708.
- [26] Mackenzie A S, Hoffmann C F, Maxwell J R. Molecular parameters of maturation in the Toarcian shales, Paris Basin, France—III. Changes in aromatic steroid hydrocarbons[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1981, 45: 1345-1355.
- [27] 张立平, 黄第藩, 廖志勤. 伽马蜡烷——水体分层的地球化学标志[J]. 沉积学报, 1999, 17(1): 136-140.
- [28] Sinninghe Damste J S, Kenig F, Koopmans M P, et al. Evidence for gammacerane as an indicator of water column stratification [J]. Geochim Cosmochim Acta, 1995, 59(9): 1895-1900.
- [29] Schoell M, Hwang R J, Carlson R M K, et al. Carbon isotopic composition of individual biomarkers in gilsonites (Utah) [J]. Org. Geochem., 1994, 21(6/7): 673-683.