

文章编号: 1000-0550(2007) 05-0808-07

北羌塘盆地布曲组烃源岩生物标志物特征及意义

陈文彬 廖忠礼 付修根 张予杰 彭智敏

(中国地质调查局成都地质矿产研究所 成都 610082)

摘要 北羌塘盆地发育的布曲组海相碳酸盐岩是重要的烃源岩之一,但是由于研究程度低,一些油气地球化学问题尚不清楚。应用生物标志物分析技术,结合其它地球化学资料,对北羌塘盆地侏罗系布曲组烃源岩进行了有机质生源构成、沉积环境、成熟度进行了讨论。研究表明,该烃源岩的发育环境为海相还原环境,有机质母质主要为低等水生生物,有高等植物的混入,处于高成熟阶段,具备油气生成的有力条件。

关键词 烃源岩 地球化学 生物标志物 北羌塘盆地

第一作者简介 陈文彬 男 1979 年出生 工程师 油气地球化学 E-mail: cdcwenb@gs.gov.cn

中图分类号 P593 **文献标识码** A

羌塘盆地位于青藏高原中北部,东经 $85^{\circ} \sim 95^{\circ}$, 北纬 $32^{\circ} \sim 35^{\circ}$, 南北宽 300 km, 东西长 640 km, 面积 $18.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。盆地夹于冈底斯—念青唐古拉板块与可可西里—巴颜喀拉板块之间,是在前古生界结晶基底和古生界褶皱基底之上发育起来的以中生界海相沉积为主的一个残留盆地^[1]。盆地内构造较为复杂,总体上具有两坳一隆的构造格局,即北羌塘坳陷、南羌塘坳陷和中央隆起带(图 1)。研究区即位于北羌塘坳陷以西 $88^{\circ}10'$ 附近(图 1)。区内出露的地

层主要为上三叠统若拉岗日群(T_3rl)板岩,巴颜喀拉群(T_3by)碎屑岩;中侏罗统雀莫错组(J_2q)碎屑岩,布曲组(J_2b)灰岩,夏里组(J_2x)碎屑岩夹灰岩以及上侏罗统索瓦组(J_3s)灰岩,雪山组(J_3x)泥岩、砾岩。其中,布曲组海相碳酸盐岩地层分布面积广,地层厚度大,是重要的烃源岩之一^[3-4]。作者对采自北羌塘盆地 3 条剖面的布曲组烃源岩进行了分析,揭示了其生物标志物特征,并初步探讨了其地球化学意义。

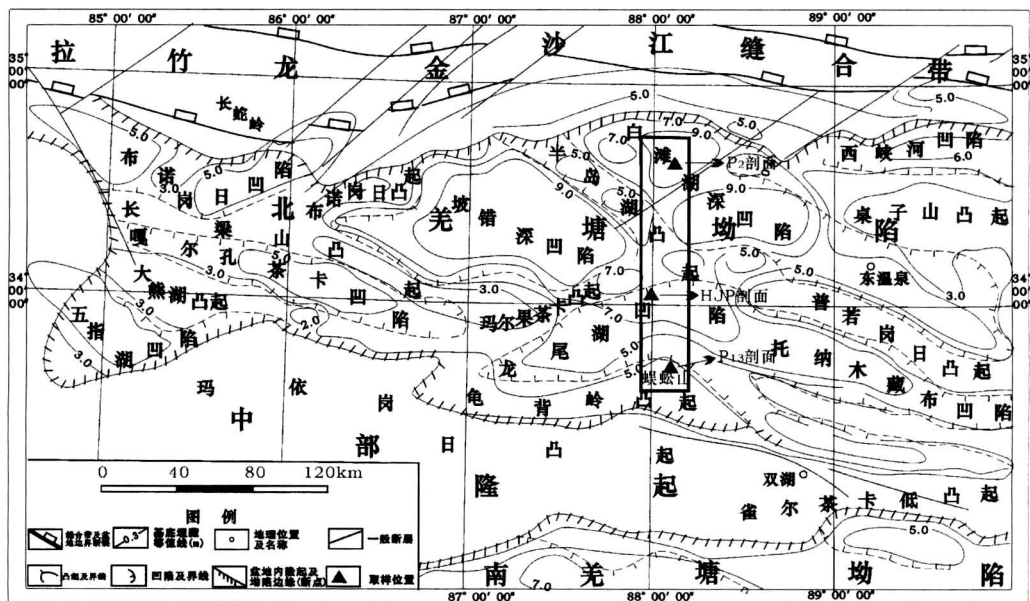


图 1 研究区构造及采样位置图(底图据文献 4)

Fig 1 Geographical location of the study area

1 样品及实验方法

样品采自北羌塘坳陷, 分布于测区的北部 (P_2 剖面)、中部 (HJP剖面) 和南部 (P_{13} 剖面) (图 1)。

为了降低地表现代有机物质的污染、减小因生物降解对沉积有机质的影响, 在采样时尽量采集新鲜的岩石样品, 并用小刀刮去灰岩表面相对松散的物质。为了获得可靠的烃源岩信息, 对剖面进行系统采样, 室内对样品进行初步测试, 按照碳酸盐岩有机碳下限 0.05% 的标准, 排除非烃源岩样品, 对选出的烃源岩样品进行详细的地球化学分析, 样品基本地球化学参数见表 1。

样品有机质抽提按常规有机地球化学方法进行。80目岩样进行索氏抽提 78小时, 用石油醚沉淀沥青质, 族组分分离用硅胶、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。用 GC-MS 对饱和烃作测试分析。实验条件: Platform 色谱—质谱仪, 离子源温度 180°C, 电子能量 70 eV, HP-5 石英弹性毛细管色谱柱 (50 m × 0.32 mm × 0.17 mm), 分别以 8°C/min 和 3°C/min 速度, 从 60°C 程序升温至 100°C 和从 120°C 程序升温至 300°C。采集方式全扫描 (SCAN)。

2 生物标志物分布特征及有机母质来源分析

2.1 正构烷烃

研究样品抽提物的饱和烃色谱图呈典型的单峰型分布 (图 2), 碳数分布在 $nC_{16} \sim nC_{36}$, 主峰碳一般为 nC_{24} 或 nC_{25} , $\sum C_{21-} / \sum C_{22+}$ 值较低, 在 0.14~0.58 之间, 可能是受降解影响, 重碳优势较为明显。孟仟祥^[5]认为, $\sum C_{21-} / \sum C_{22+}$ 比值, 表示低碳数正构烷烃相对丰度总和与高碳数正构烷烃相对丰度总和的比值。它既可反映母质来源的差异 (一般认为 $\sum C_{21-}$ 主要来自于水生生物, $\sum C_{22+}$ 主要来自陆生生物), 又可反映演化程度的不同 (在相近环境和母质来源的情况下, 演化程度越高, 高碳数正构烷烃向低碳数正构烷烃转化的程度越高)。窦启龙^[6]研究认为, 正构烷烃很容易被微生物降解, 且微生物对 C_{21} 以前的低碳数正构烷烃的降解程度要大一些, 从而会造成低碳数正构烷烃的相对丰度的减少, 饱和烃丰度降低。研究的样品均为地表样品, 有机质演化程度高 ($R_o > 1.3\%$), 族组分中饱和烃丰度相对较低 (非烃 > 饱和烃), 这是遭受降解的表现。因此本文中大于 $\sum C_{22+}$

的正构烷烃具含量较多, 可能是微生物降解造成的结果。 $(C_{21} + C_{22}) / (C_{28} + C_{29})$ 值较高, 在 0.94~2.18 之间, 以大于 1 为主。OEP 值分布在 0.91~1.14 无明显的奇偶碳数分布。以上特征总体反映了以低等水生生物相对高等植物输入占优势。

表 1 烃源岩的基础地球化学参数

Table 1 Geochemical data of source rocks from

North Qiangtang basin

样品编号	岩性	TOC %	氯仿沥青 A %	干酪根类型	R_o %
P_2-2SY_1	灰岩	0.59	0.0014	2	1.41
P_2-7SY_1	灰岩	0.33	0.0002	2	1.48
P_2-10SY_1	灰岩	1.54	0.0011	1	1.50
P_2-13SY_1	灰岩	0.43	0.0017	1	1.45
P_2-17SY_1	灰岩	0.24	0.0004	1	1.48
P_2-19SY_1	灰岩	0.32	0.0005	1	1.53
P_2-21SY_1	灰岩	0.32	0.0003	1	1.51
P_2-23SY_1	灰岩	0.28	0.0002	1	1.58
P_2-35SY_1	灰岩	0.96	0.0008	1	1.60
HJP4S ₁	灰岩	0.08	0.0011	1	1.38
HJP5S ₁	灰岩	0.06	0.0024	1	1.37
HJP7S ₁	灰岩	0.07	0.0002	1	1.44
HJP9S ₁	灰岩	0.09	0.0003	1	1.27
HJP11S ₁	灰岩	0.06	0.0004	1	1.34
$P_{13}-11SY_1$	灰岩	0.05	0.0017	1	1.80
$P_{13}-13SY_1$	灰岩	0.08	0.0001	1	1.78
$P_{13}-24SY_1$	灰岩	0.07	0.0009	2	1.71

2.2 类异戊二烯烷烃

所有样品均检出丰富的类异戊二烯烷烃, 其中最丰富且最重要的是姥鲛烷 (Pr) 和植烷 (Ph)。姥鲛烷、植烷以及姥植比 (Pr/Ph) 可作为沉积环境及介质酸碱度重要标志^[7-9]。经典的观点认为, 姥鲛烷形成于较氧化环境, 植烷形成于较还原环境^[9, 10]。Peters 等^[11]提出, 对生油窗内的样品, 高 Pr/Ph 比 (> 3.0) 指示氧化条件下的陆源有机质输入, 低比值 (< 0.6) 代表缺氧的并且通常是超盐环境。研究区样品 Pr/Ph 比值均小于 0.6 可能揭示有机质较强的还原环境和较高的盐度条件。

从图 3^[12, 13] 可看出, 研究样品具有相似的氧化还原条件, 在图上主要分布在 I 型—海相藻类型区域, 这表明母质以海相低等藻类为主, 并且还反映了烃源岩沉积时为一种比较强的还原环境。

2.3 甾烷类特征

研究的样品烃源岩抽提物鉴定出的甾烷主要包

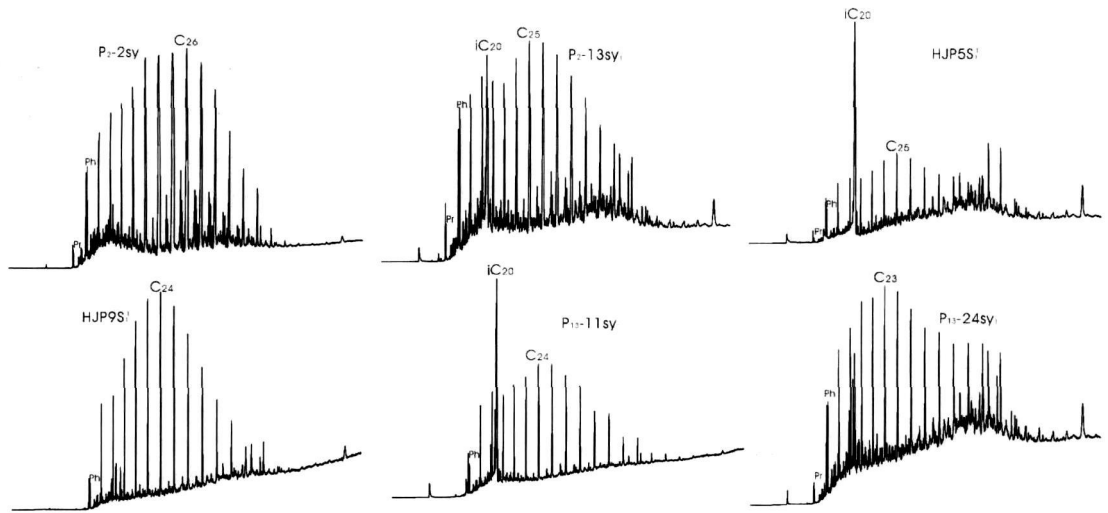


图 2 研究区饱和烃气相色谱图

Fig 2 The chromatogram of the saturated hydrocarbon in source rocks from the Buqu Formation in the North Qiangtang Basin

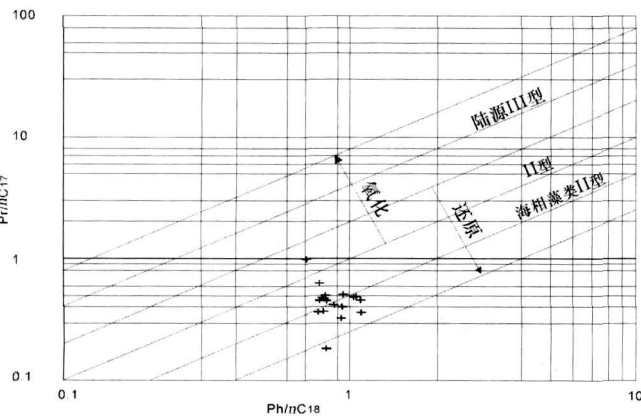


图 3 应用异戊二烯烷烃确定母质类型 (Shanmugan, 1985)

Fig 3 Determination of organic matter type by isoprenoids (Shanmugan, 1985)

括孕甾烷、规则甾烷以及少量的重排甾烷(图 4)。规则甾烷呈不规则“V”字型分布, $\Sigma(C_{27} + C_{28}) > \Sigma C_{29}$, $5\alpha-C_{27}R / 5\alpha-C_{29}R$ 为 0.44~0.81, C_{29} 略占优势。一般认为, C_{27} 和 C_{28} 甾烷主要来源于低等水生藻类, 而 C_{29} 甾烷既可来源于藻类, 也可来源于高等植物^[14]。一些含有丰富 C_{29} 甾烷的油及碳酸盐岩, 其有机质生物母源没有或很少有高等植物输入^[15, 16]。分析表明, 干酪根主要由来源于低等水生生物的显微组分组成, 因此认为本区烃源岩中规则甾烷主要来源于藻类。

2.4 萜烷类特征

研究的样品主要鉴定出了以 $m/z 191$ 为基峰的三环萜烷和五环三萜烷系列及少量四环萜烷。

2.4.1 三环萜烷

据研究, 长侧链三环萜烷来源于细菌类或藻类等低等水生生物, 海相中形成的源岩含有较高的三环萜烷, 三环萜烷/五环三萜烷比值可达 0.1~1.0 一般为 0.35~0.50 而陆相地层中该比值一般小于 0.25^[17]。研究样品中 P_2 、 P_{13} 剖面三环萜烷/五环三萜烷值在 0.19~0.86 之间, 大部分值大于 0.25(表 2), HJP 剖面的该值仅在 0.09~0.18 之间, 均值 0.13 反映源岩有机质来源于海相环境和低等微生物(如细菌)。

2.4.2 四环萜烷

研究的样品中检测到了少量四环萜烷, C_{24} 四环萜烷一般被认为是陆源输入标志物, 但在海相烃源层中也相继发现了 C_{24} 四环萜烷, 如华北蓟县震旦系和塔里木盆地寒武、奥陶系碳酸盐岩中^[18], 因此低等生物同样也可能是 C_{24} 四环萜烷的重要来源。

2.4.3 藿烷系列

本文研究样品中检测到了含量较高的升藿烷($C_{31} \sim C_{35}$)系列(图 4)。彼得斯 KE^[19]认为, 在成熟度相近的油源岩中, 与低碳数同系物相比较高丰度的升藿烷(碳数 ≥ 31)与沉积时期海相强还原(低 Eh)环境有关, 其分布会受到成熟度影响, 随着成熟度增加升藿烷指数减小。研究样品的较高升藿烷系列表明有机质形成时沉积环境的还原(低 Eh)性质。

$T_s / (T_m + T_s)$ 比值一般认为受成熟度的影响, 随着成熟度增加其值也增大。Mohlwan^[20]的研究表明, $T_s / (T_m + T_s)$ 比值的变化同样也受沉积相的控制, 沉积的 Eh 较低时, $T_s / (T_m + T_s)$ 比值高; 沉积的 Eh 较高时, $T_s / (T_m + T_s)$ 比值低。研究区样品值在 0.33

表 2 羌塘盆地布曲组烃源岩生物标志物组成特征

Table 2 Compositional characteristics of hydrocarbon source rocks from North Qiangtang Basin

样品号	正构烷烃		类异戊二烯烃				甾烷			萜烷				
	主峰碳	OEP	ΣC_{21-} ΣC_{22+}	$C_{21} + C_{22}$ $/C_{28} + C_{29}$	Pr/ nC_{17}	Ph $/nC_{18}$	Pr $/Ph$	$C_{27}R$ $/C_{29}R$	C_{27} 甾烷	C_{28} 甾烷	C_{29} 甾烷	三环 /五环	$T_s /$ $T_m + T_s$	γ 蜡烷 / C_{30} 藿烷
P ₂ -2SY ₁	26	1.07	0.14	0.94	0.46	1.09	0.27	0.68	0.30	0.26	0.44	0.34	0.59	0.18
P ₂ -7SY ₁	25	1.06	0.57	2.18	0.33	0.93	0.15	0.81	0.34	0.24	0.42	0.65	0.50	0.22
P ₂ -10SY ₁	25	1.06	0.14	1.08	0.49	1.05	0.27	0.52	0.25	0.27	0.48	0.28	0.41	0.22
P ₂ -13SY ₁	25	1.08	0.40	1.37	0.37	1.09	0.24	0.58	0.26	0.29	0.45	0.21	0.51	0.27
P ₂ -17SY ₁	25	1.06	0.19	1.20	0.51	0.95	0.29	0.66	0.29	0.27	0.44	0.44	0.55	0.18
P ₂ -19SY ₁	25	1.07	0.19	1.15	0.41	0.94	0.24	0.54	0.25	0.29	0.46	0.19	0.43	0.28
P ₂ -21SY ₁	25	1.08	0.20	1.41	0.47	0.82	0.42	0.61	0.28	0.26	0.46	0.25	0.58	0.18
P ₂ -23SY ₁	24	0.95	0.18	1.27	0.42	0.88	0.31	0.74	0.32	0.25	0.43	0.58	0.55	0.11
P ₂ -35SY ₁	25	1.06	0.24	1.57	0.50	0.83	0.28	0.57	0.26	0.29	0.46	0.19	0.51	0.28
HJP4S ₁ ¹	25	1.11	0.21	1.54	0.39	0.78	0.03	0.53	0.26	0.24	0.49	0.09	0.43	0.17
HJP5S ₁ ¹	25	1.06	0.29	1.36	0.19	0.80	0.07	0.54	0.25	0.28	0.47	0.18	0.42	0.28
HJP7S ₁ ¹	25	1.11	0.16	1.09	0.5	0.78	0.06	0.49	0.24	0.27	0.49	0.09	0.39	0.19
HJP9S ₁ ¹	24	1.07	0.20	1.73	0.38	0.75	0.05	0.50	0.24	0.27	0.49	0.13	0.33	0.21
HJP11S ₁ ¹	25	1.14	0.19	1.3	1.06	0.68	0.19	0.53	0.25	0.27	0.47	0.16	0.44	0.29
P ₁₅ -11SY ₁	24	1.05	0.58	1.92	0.63	0.78	0.39	0.51	0.31	0.26	0.44	0.26	0.55	0.20
P ₁₅ -13SY ₁	21	1.11	0.42	1.72	0.5	1.01	0.24	0.64	0.36	0.24	0.40	0.86	0.37	0.12
P ₁₅ -24SY ₁	24	0.98	0.51	1.83	0.46	0.82	0.34	0.44	0.25	0.30	0.45	0.19	0.41	0.31

~ 0.59, 基本在 0.5 左右, 且成熟度较高 ($R_o > 1.3\%$), 表明了烃源岩形成于较低 E_h 的环境背景。

2.5 伽玛蜡烷

样品中检测到了一定含量的伽玛蜡烷。伽玛蜡烷是一种 C_{30} 的三萜烷, 被认为是主要来源于原生动物和光合作用细菌的四膜虫醇, 通过还原作用形成的。高含量的伽玛蜡烷常被作为强还原超盐环境的指示, 而且与水体的分层有关^[21]。研究区烃源岩样品中伽玛蜡烷 / C_{30} 藿烷值在 0.11 ~ 0.31 之间 (表 2), 均值 0.22 比林金辉^[22] 研究的藏北中侏罗统海相油页岩的伽玛蜡烷 / C_{30} 藿烷值 (均在 0.2 以下, 归于水体盐度正常) 稍高, 可能反映当时的海水有一定盐度, 但盐度并不是很高。

3 有机质成熟度

有机质成熟度是油气地质研究的一个重要方面, 许多生物标志化合物参数可以用来确定研究烃源岩的成熟度。在成岩作用和有机质熟化过程中, 烃源岩中甾、萜烷类分子发生了“异构化反应”, 如甾烷的 $\alpha\alpha\alpha$ 型向 $\alpha\beta\beta$ 型、藿烷的 $\beta\beta$ 型向 $\beta\alpha$ 型和 $\alpha\beta$ 型转换, 侧链上 R 型向 R + S 型的差向异构化等。因此, 这些不同构型化合物的相对丰度就成为衡量有机质熟化程度的参数, 常用的有甾烷的 $C_{29} \alpha\alpha\alpha 20S / (20S + 20R)$ 和 $C_{29} \alpha\beta\beta / (\alpha\beta\beta + \alpha\alpha\alpha)$ 、萜烷的 $C_{31} \alpha\beta 22S / (22S + 22R)$ 、 $T_s / (T_m + T_s)$ 和 17α 、 21β - $C_{30} / 17\beta$ 、 21α - C_{30} 等。

$C_{29} \alpha\alpha\alpha 20S / (\alpha\alpha\alpha (20S + 20R))$ 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, 生油门限 (R_o 约为 0.6%) 两参数值约为 0.25 到生油高峰 (R_o 约为 0.8%) 达到平衡, 前一比值达到 0.52 ~ 0.55, 后一比值达到 0.7 左右^[20]。但在碳酸盐岩等缺乏粘土矿物的岩石中, 成熟度参数值一般偏低^[23]。研究的样品 $C_{29} \alpha\alpha\alpha 20S / (\alpha\alpha\alpha (20S + 20R))$ 比值为 0.40 ~ 0.48, $C_{29} \alpha\beta\beta / (\alpha\alpha\alpha + \alpha\beta\beta)$ 比值 0.31 ~ 0.39 (表 3), 比平衡值还低, 这与实际成熟度已达高成熟 ($R_o > 1.3\%$) 不符。廖永胜研究^[24] 表明, 甾烷异构化达到平衡并不表明异构化已经终止, 当 R_o 值大于 1.3% 之后, C_{29} 甾烷构型变化使比值倒转, 致使其比值逐渐变小。因此研究样品在高成熟条件下甾烷异构参数值偏小可能生油高峰后比值变化发生逆转, 逐渐变小, 这实际还是研究区有机质成熟度较高的反映。

升藿烷 $C_{31} 22S / (22S + 22R)$ 值一般在进入成油门限时达到其平衡值, 即 0.6 左右^[21]。本区样品的该参数 0.60 ~ 0.64 (表 3), 可能反映了研究区样品具有较高的成熟度。

$T_s / (T_m + T_s)$ 是最常用成熟度指标, 适用于过成熟阶段。随成熟度的增加 $T_s / (T_m + T_s)$ 值逐渐升高, 且这种变化可以一直会持续到较高成熟阶段, 约在生油阶段晚期该值达到 0.5^[25]。另据研究表明^[26], 该比值可能受有机相的影响, 岩性和沉积环境的氧化性可能对该值有一定影响。 $T_s / (T_m + T_s)$ 对粘土催化剂反应也很敏感, 在碳酸盐岩地层中具有较

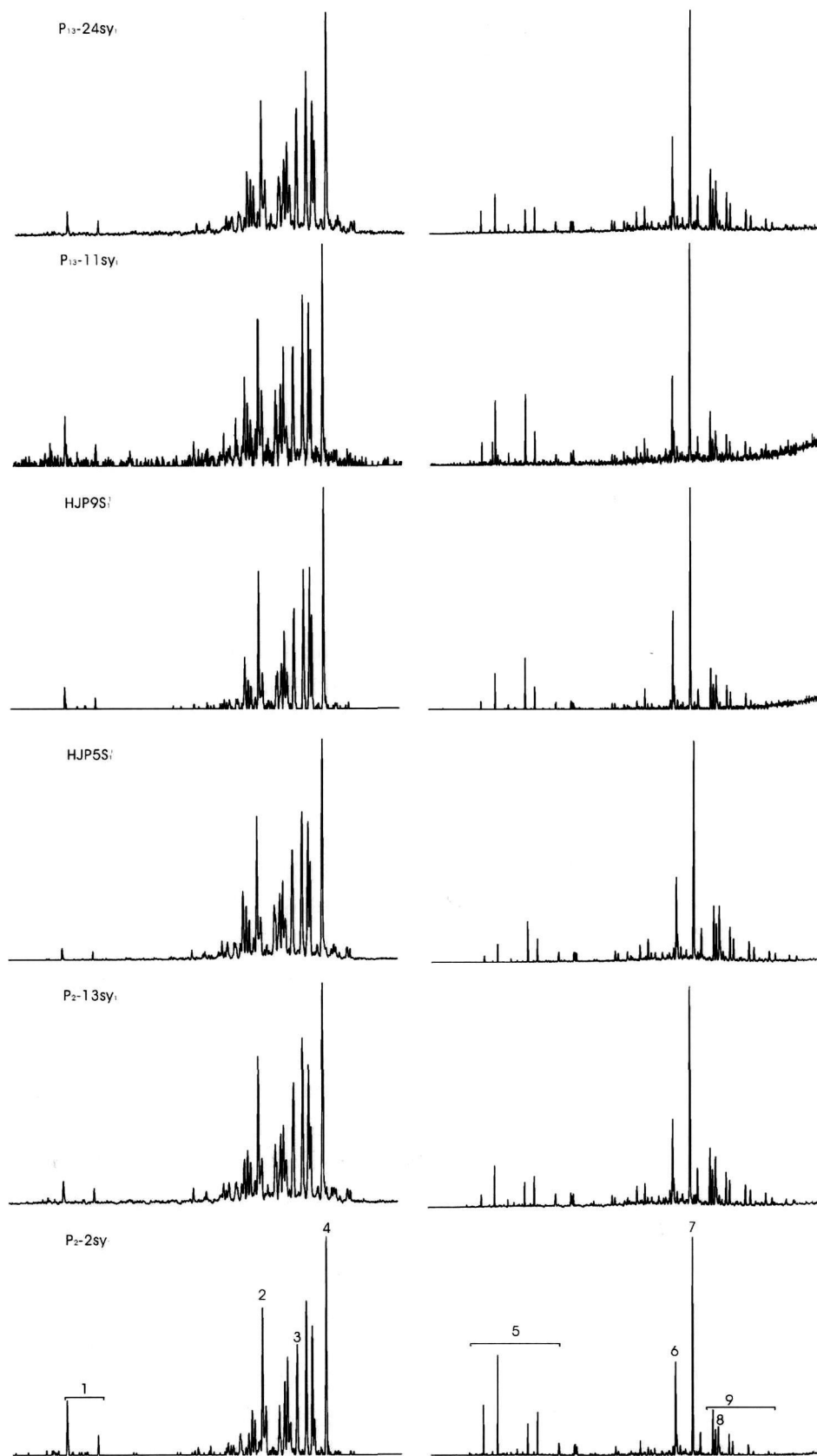


图 4 北美塘侏罗系布曲组甾烷 (m/z 217)、萜烷 (m/z 191) 质量色谱图

1. 孕甾烷; 2 $\alpha\alpha\alpha$ C₂₇20R; 3 $\alpha\alpha\alpha$ C₂₈20R; 4 $\alpha\alpha\alpha$ C₂₉20R; 5 三环萜烷; 6 $\alpha\beta$ -C₃₀降藿烷; 7. C₃₀藿烷; 8 γ -蜡烷; 9. 升藿烷

Fig. 4. Mass chromatograms of steranes and terpanes in the Jurassic Buqu Formation of the North Qiangtang Basin.

表 3 北美塘盆地布曲组烃源岩成熟度参数表

Table 3 Parameters of organic matter maturity of hydrocarbon source rocks from North Qiangtang Basin

样品编号	C_{29} 甾烷 20S/(20S+20R)	C_{29} 甾烷 $\beta\beta/(\alpha\alpha + \alpha\beta\beta)$	$17\alpha 21\beta-C_{30}/17\beta 21\alpha-C_{30}$	$C_{31} 22S/(22S+22R)$	$Ts/(Tm+Ts)$
P ₂ -2SY ₁	0.44	0.31	11.32	0.63	0.59
P ₂ -7SY ₁	0.40	0.35	7.69	0.64	0.50
P ₂ -10SY ₁	0.41	0.31	8.79	0.62	0.41
P ₂ -13SY ₁	0.42	0.32	5.20	0.60	0.51
P ₂ -17SY ₁	0.40	0.34	9.72	0.60	0.55
P ₂ -19SY ₁	0.42	0.35	6.94	0.59	0.43
P ₂ -21SY ₁	0.44	0.34	8.38	0.59	0.58
P ₂ -23SY ₁	0.46	0.36	9.34	0.59	0.55
P ₂ -35SY ₁	0.41	0.33	6.99	0.59	0.51
HJP4S ₁ ¹	0.35	0.41	15.21	0.60	0.43
HJP5S ₁ ¹	0.35	0.40	6.97	0.59	0.42
HJP7S ₁ ¹	0.34	0.40	13.45	0.59	0.39
HJP9S ₁ ¹	0.35	0.39	10.12	0.64	0.33
HJP11S ₁ ¹	0.33	0.38	7.08	0.61	0.44
P ₁₃ -11SY ₁	0.46	0.35	6.95	0.68	0.55
P ₁₃ -13SY ₁	0.47	0.37	7.70	0.62	0.37
P ₁₃ -24SY ₁	0.42	0.35	6.15	0.60	0.41

低的值^[22]。分析结果表明(表 3), 研究样品中 P₂剖面的该参数值在 0.41~0.59 间变化, 除 P₂-10SY₁、P₂-19SY₁ 两件样品小于 0.5 外, 其余 7 件样品该值都大于 0.5 反映成熟度较高; HJP 剖面样品该值均低于 0.5, P₁₃剖面则有 2 件样品低于 0.5, 1 件样品大于 0.5 反映有机质演化比实际偏低。由于 HJP 剖面 and P₁₃剖面更靠近中央隆起, 有机质其热演化程度应该更高, 推测呈现低值可能是受沉积相影响造成, 也可能是其它原因, 还有待进一步研究。

徐文凯 研究表明, $17\alpha 21\beta-C_{30}/17\beta 21\alpha-C_{30}$ 是一项确定有机质成熟度的良好指标, 在未成熟阶段其比值一般小于 1.0 进入成熟阶段为 4.0~7.0 一旦进入高成熟阶段其比值就大于 7.0。本次研究样品 $17\alpha 21\beta-C_{30}/17\beta 21\alpha-C_{30}$ 比值一般都大于 7.0(表 3), 介于 5.2~15.21 之间, 均值在 8.7, 反映出本区烃源岩已达高成熟阶段。

4 结论

综上所述, 北美塘盆地中侏罗统布曲组沉积时期, 为缺氧还原的微咸水海相环境, 有机质生物标志物参数结合其它地化参数研究表明, 本区有机质母质主要来源于细菌和藻类等低等水生物, 有一定高等植物输入。有机质的热演化程度较高, 已达高成熟阶段, 处在湿气生成阶段。由于研究分析样品取于地表附近, 并且靠近中央隆起的 P₁₃剖面的样品的成熟度较 HJP 及 P₂剖面要高, 这可能也与侏罗系沉积之后的强烈剥蚀和构造变动有关。

参考文献 (References)

- 1 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. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 139-143 [Wang Chengshan, Yi Haisheng, Liu Chiyan, et al. Discovery of paleo-oil reservoir in Qiangtang basin in Tibet and its geological significance. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 139-143]
- 2 黄继钧. 羌塘盆地基底构造特征. 地质学报, 2001, 75(3): 333-337 [Huang Jijun. Structural characteristics of the basement of the Qiangtang basin. Acta Geologica Sinica, 2001, 75(3): 333-337]
- 3 赵政璋, 李永铁, 叶和飞, 等. 青藏高原海相烃源层的油气生成. 北京: 科学出版社, 2000 [Zhao Zhengzhang, Li Yongtie, Ye Hefei, et al. Petroleum Generation of the Marine Source Rocks on the Qinghai-Xizang Plateau. Beijing: Science Press, 2000]
- 4 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. 北京: 地质出版社, 2004, 140-198 [Wang Jian, Tan Fuwen, Li Yalin, et al. The Potential of the Oil and Gas Resources in Major Sedimentary Basins on the Qinghai-Xizang Plateau. Beijing: Geological Publishing House, 2004, 140-198]
- 5 孟任祥, 房嫒, 徐永昌, 沈平. 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. 沉积学报, 2001, 22(4): 729-736 [Meng Renxiang, Fang Yuan, Xu Yongchang, et al. Biomarkers and geochemical significance of Carboniferous source rocks and coals from Qaidam. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 22(4): 729-736]
- 6 窦启龙, 陈践发, 薛燕芬. 实验室条件下微生物降解原油的地球化学特征研究. 沉积学报, 2005, 9(3): 542-547 [Dou Qilong, Chen Jianfa, Xue Yanfen, et al. A comparative study of the geochemical character of crude oil after microbe degradation in laboratory. Acta Sedimentologica Sinica, 2005, 9(3): 542-547]

徐文凯, 肖开华, 陆亚秋, 等. 西藏羌塘盆地双湖地区区域石油地质调查报告. 潜江: 江汉石油管理局勘探开发研究院, 1998

- 7 梅博文, 刘希江. 我国原油中异戊间二烯烃的分布及其与地质环境的关系. 石油与天然气地质, 1980, 1(2): 99-115 [Mei Bowen and Liu Xijiang. The distribution of isoprenoid alkanes in China a crude oil and its relation with the geologic environment. Oil & Gas Geology, 1980, 1(2): 99-115]
- 8 王铁冠, 等. 生物标志物地球化学研究. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990 [Wang Tieguan, et al. Approach to Biomarker Geochemistry. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1990]
- 9 Powell T, Mckirdy D M. Relationship between ratio of pristane to phytane crude oil composition and geological environments in Australia. Nature, 1973, 243: 37-39
- 10 Seifert W K, Moldovan J M. Paleoreconstruction by biological markers. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1981, 45: 783-794
- 11 彼得斯 K E, 莫尔多万 J M. 生物标记化合物指南——古代沉积物和石油中分子化石的解释. 姜乃煌, 张永昌, 林永汉, 等译. 北京: 石油工业出版社, 2001. 106 [Peters K E, Moldovan J M. The Biomarker Guide: Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments. Translated by Jiang Naihuang, Zhang Shuchang, Lin Yonghan, et al. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001. 106]
- 12 Sharmagan G. Significance of coniferous rain forests and related oil. Gippsland Basin, Australia. AAPG Bulletin, 1985, 69: 1241-1254
- 13 Barakat A O, Mostafa A, El-Gayar M S, et al. Source dependent biomarker properties of five crude oils from the Gulf of Suez, Egypt. Organic Geochemistry, 1997, 26: 441-450
- 14 Summons R E, et al. Dinosaurian and other steroidal hydrocarbons of dinoflagellate origin in sediments and petroleum. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1987, 51: 3075-3082
- 15 Volkman J K. A review of sterol markers for marine and terrigenous organic matter. Organic Geochemistry, 1986, 9: 83-99
- 16 Volkman J K. Biological marker compounds as indicators of the depositional environments of petroleum source rocks. In Fleet A J, Kelts K, Tabot M R, eds. Lacustrine Petroleum Source Rocks. Geological Society Special Publication, 1988, 40: 103-122
- 17 张水昌. 南方海相地层中生物标志物——细菌和藻类生物的贡献. 北京: 石油工业出版社, 1993. 155-174 [Zhang Shuchang. The Contribution of Bacteria and Algae-Biomarkers in Marine Formation in South China. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993. 155-174]
- 18 范璞. 塔里木油气地球化学. 北京: 科学出版社, 1990. 23-29 [Fan Pu. Oil and Gas Geochemistry in Tarim Basin. Beijing: Science Press, 1990. 23-29]
- 19 Peters K E, Moldovan J M. Guide for the Application of Biological Markers. Prentice-Hall, 1993. 79-187
- 20 Moldovan J M, Albrecht P, Philip R P, ed. Biomarkers in Sediments and Petroleum. Prentice-Hall Englewood Cliffs, New Jersey, 1991. 268-280
- 21 Mackenzie A S, Hoffmann C F, Maxwell J R. Molecular parameters of maturation in the Toarcian shales, Paris Basin, France. Changes in aromatic steroidal hydrocarbons. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1981, 45: 1345-1355
- 22 林金辉, 伊海生, 李勇, 等. 藏北高原双湖地区中侏罗统海相油页岩生物标志物分布特征及其意义. 沉积学报, 2001, 19(2): 287-292 [Lin Jinhui, Yi Haisheng, Li Yong, et al. Characteristics of biomarkers and its implication of Middle Jurassic oil shale sequence in Shuanghu Area, Northern Tibet Plateau. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(2): 287-292]
- 23 陈建平, 黄第藩. 酒泉盆地油气生成和运移. 北京: 石油工业出版社, 1995. 100-106 [Chen Jianping, Huang Difan. Petroleum Generation and Migration in the Eastern Jiuquan Basin. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995. 100-106]
- 24 廖永胜. 高一过成熟气源岩评价若干问题. 石油勘探与开发, 2005(8): 147-151 [Liao Yongsheng. Some issues about evaluation on high-overmatured gas source rocks. Petroleum Exploration and Development, 2005, 8: 147-151]
- 25 任拥军, 纪友亮, 李瑞雪. 南祁连盆地石炭系可能烃源岩的甾萜烷地球化学特征及意义. 石油实验地质, 2000, 12(2): 341-345 [Ren Yongjun, Ji Youliang, Li Ruixue. Geochemical characteristics and significance of steranes and terpanes in the carboniferous potential source rocks of the South Qiliang Basin. Experimental Petroleum Geology, 2000, 12(2): 341-345]
- 26 Moldovan J M, Fago F J. Structure and significance of a novel rearranged monoaromatic steroidal hydrocarbon in petroleum. Nature, 1984, 308: 439-441

Biomarker Characteristics and Significance of Hydrocarbon Source Rocks in Buqu Formation of the North Qiangtang Basin

CHEN Wen-bin LIAO Zhong-li FU Xi-gen

ZHANG Yu-jie PENG Zhim-in

(Chengde Institute of Geology and Mineral Resources, Chengde 610082)

Abstract It is the one of the most important source rocks for the Buqu marine carbonate rocks in North Qiangtang Basin, but some issues about oil and gas geochemistry are not clear because the lowly research. The biologic-source constitution, sedimentary environment and maturity of organic matter in the Jurassic carbonate rocks in North Qiangtang Basin is studied preliminarily by means of biomarker analysis technology combined with other geochemical data. The result reveals that the hydrocarbon source rock were developed in sedimentary environment, the organic source material is mainly low-grade hydrobiont mixed with high-grade plants. The source rocks have higher maturity, and possess favorable conditions to form gas and oil.

Key words source rocks, geochemistry, biomarkers, the North Qiangtang Basin