

不同沉积环境形成的原油中生物 标记化合物(环烷烃)的特征

范璞

金大卫(J.D.King) 克列普尔(G.E.Claypool)

(中国科学院兰州地质研究所)

(美国联邦地质调查所)

近年来,由于应用色谱-质谱联合计算机,因而可以准确的鉴定原油和生油岩中生物标记化合物的结构。这些化合物起源于原始有机质,在成岩作用和后生作用过程中,它们保持着基本的碳骨架。因此,可以利用生物标记化合物的这个性质,研究油气源及油气演化(W.K.Seifert等 1977,1978; A.S.Mackenzie等 1981)。

原油的成分取决于其形成的沉积环境及原始有机母质的类型。如陆源有机质形成的原油常含高蜡,而海相原油则含较多的环状化合物。同样形成于不同沉积环境下原油中的甾烷和萜烷,也应该具有不同的特征。

本文系统的讨论起源于不同沉积环境原油生物标记化合物的特征,对中国、美国、印度尼西亚等国的原油和生油岩进行了研究和鉴定。

实 验

样品制备:

岩样抽提物——沥青及原油用柱色层分离烷烃馏分(Fan Pu, Lubeck和Claypool, 1982)。

仪 器:

GC/MS是用Kratos MS-30质谱和Varian 940色谱。柱子为(15m×0.3mm)、SE-30石英毛细柱直接插入质谱离子源。数据的处理是用Kratos DS-50S数据系统和软件。

条 件:

多离子测定(MID):调节质谱加速电压,固定磁场,扫描在磁指数下每秒钟10个质量数单位。这两种情况下,质谱动态质量分辨率近于1200。

气体色谱条件:进样室温度340℃,氮气流25cm/每秒,炉温程序升温从100℃到340℃,升温速度4℃/每分。样品分析中,生物标记化合物的定量分析,由固体(纯)样品管引入,迅速加温从0℃—250℃,整个烷烃馏分的图谱,每个峰都打了质谱图。

结果和讨论

萜烷

五环三萜烷存在于原核生物(Prokaryotic organisms)和高等植物,例如苔藓、

蒎类植物等。因此, 这些化合物广泛分布于石油和煤中。石油和生油岩沥青的烷烃组分用MID技术 $m/e 191.1800$ 。图1中化合物的鉴定见表1。除去台湾及印度尼西亚原油样品中含很少的五环蒎烷外, 其它样品都明显存在这类化合物。其分布特征描述如下:

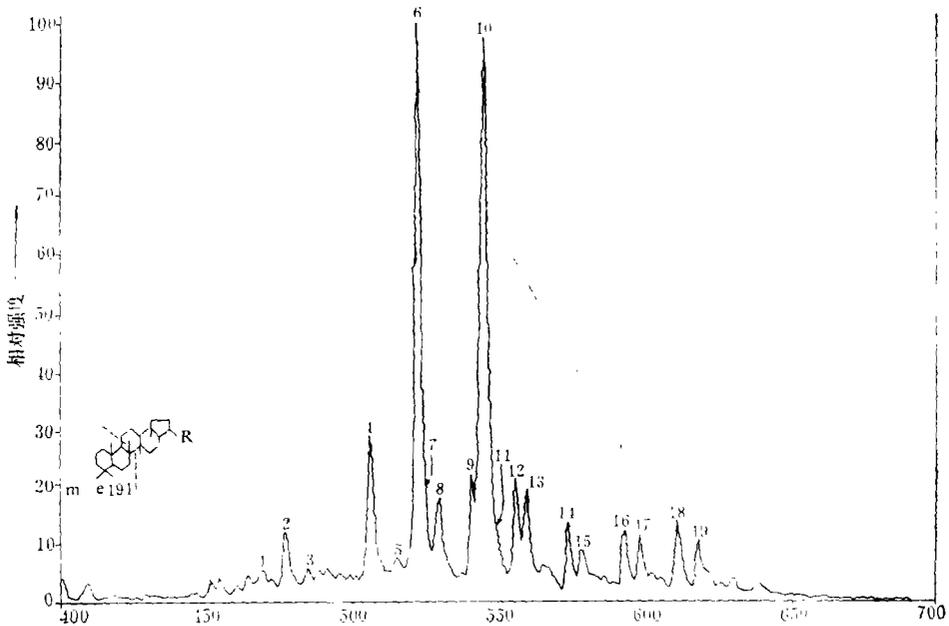


图1 $m/e 191$ 质量色谱图

Fig. 1 $M/e 191$ Mass fragmentograms

1. 烷烃馏分中环状异戊二烯烷烃含量的变化

环烷化合物占石油烷烃的百分含量的测定, 是应用定量生物标记化合物分析法(King, 1980)。不同沉积岩相的原油平均结果列表2和图2。原油的蒎烷和甾烷在淡水相中含量较高, 而海相中较低。变质程度较高的台湾海相原油甾烷加蒎烷低于1%。而咸水湖相石油则甾烷较高, 甾烷在咸水湖相沉积中, 成岩作用较快容易得到保存。蒎烷在淡水沉积中容易被保存下来。另外, 高等植物在淡水中富集, 提供了蒎烷的来源。

单环碳氢化合物的平均含量在淡水-半咸水原油中比较高(图2), 在起源于陆相高等植物的高蜡原油中, 单环碳氢化合物平均含量可达17.12%(N)。高蜡链烷烃的环化提供了单环的来源。双环和环二蒎烷含量在不同沉积相的原油中差别不明显, 但它们的含量受生物降解及变质程度的影响。从三个不同沉积盆地研究可知: 在浅层原油, 由于生物降解, 正构烷烃首先被破坏而损失, 则双环及环二蒎烷含量相对增高。随着原油埋深的增高(3500米左右)这两类化合物的含量又趋于增高, 双环及环二蒎烷的形成, 可能由于五环三蒎烷的热力分解, 它们的分子结构近似于三蒎环烷。J.G. Bendoraitis (1973)发现, 广泛分布于植物胶乳中的 β -香树精(Amyrin)在热解过程中, “C”环断裂形成了 C_{15} 环烷烃。原油中芳香甾烷的含量与芳香碳氢化合物的含量有关。在海相原油中, 芳香甾烷及芳香烃含量相对较高, 而在淡水-半咸水环境原油中较低。

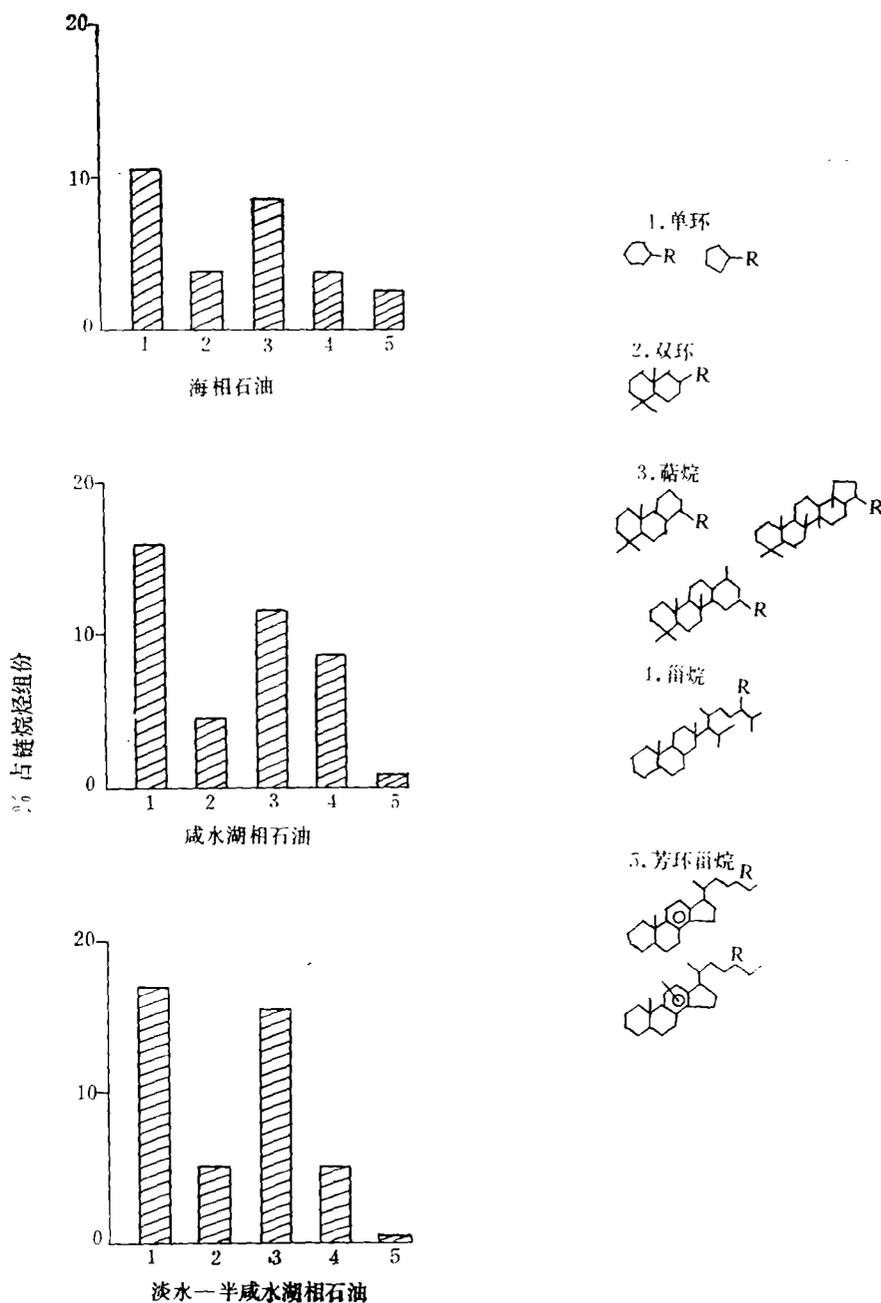


图2 不同生油岩相环烷烃百分含量

Fig. 2 Percentages of cyclic compound in different facies

2. 不同沉积类型生油岩C₂₉/C₃₀（降藿烷/藿烷）比值

图3表明，碳酸盐岩该比值较高，而页岩（泥岩）相对较低，即降藿烷在碳酸盐岩生油岩中含量高，而泥岩（页岩）生油岩中藿烷含量高。可能形成藿烷的过程需

表1 萜烷质量色谱图结构说明

Table 1 Structural assignments from terpane mass fragmentograms

编号	分子式	说	明	分子离子 质量数
1	C ₂₇ H ₄₆	18 α (H) -22,29,30-Trisnorhopane	(Ts)	370+
2	C ₂₇ H ₄₆	17 α (H) -22,29,30-Trisnorhopane	(Tm)	370+
3	C ₂₈ H ₄₈	17 α (H), 21 β (H) -Bisnorhopane		384+
4	C ₂₉ H ₅₀	17 α (H), 21 β (H) -Norhopane		398+
5	C ₂₉ H ₅₀	17 α (H), 21 β (H) -Normoretane		398+
6	C ₃₀ H ₅₂	17 α (H), 21 β (H) -Hopane		412+
7	C ₂₉ H ₅₀	17 α (H), 21 β (H) -Normoretane		398+
8	C ₃₀ H ₅₂	17 α (H), 21 β (H) -Moretane		412+
9	C ₃₁ H ₅₄	(22S) 17 α (H), 21 β (H) -Homohopane		426+
10	C ₃₀ H ₅₂	Gammacerane		412+
11	C ₃₁ H ₅₄	(22R) 17 α (H), 21 β (H) -Homohopane		426+
12	C ₃₂ H ₅₆	(22S) 17 α (H), 21 β (H) -Bishomohopane		440+
13	C ₃₂ H ₅₆	(22R) 17 α (H), 21 β (H) -Bishomohopane		440+
14	C ₃₃ H ₅₈	(22S) 17 α (H), 21 β (H) -Trishomohopane		454+
15	C ₃₃ H ₅₈	(22R) 17 α (H), 21 β (H) -Trishomohopane		454+
16	C ₃₄ H ₆₀	(22S) 17 α (H), 21 β (H) -Tetrakishomohopane		468+
17	C ₃₄ H ₆₀	(22R) 17 α (H), 21 β (H) -Tetrakishomohopane		468+
18	C ₃₅ H ₆₂	(22S) 17 α (H), 21 β (H) -Pentakishomohopane		482+
19	C ₃₅ H ₆₂	(22R) 17 α (H), 21 β (H) -Pentakishomohopane		482+

表2 原油定量生物标记化合物分析结果

Table 2 Quantitative biomarker assay results

成 分	海 相		咸 水		淡水—半咸水	
	平均%	样品数	平均%	样品数	平均%	样品数
单 环	10.2	6	15.7	6	17.0	12
双 环	3.9	6	4.2	6	5.0	12
萜 烷	8.5	6	11.2	6	15.6	12
甾 烷	3.7	6	8.6	6	5.0	12
芳香甾烷	2.3	6	0.6	6	0.2	12

要粘土催化及一缓慢的成岩作用。碳酸岩成岩作用较快故形成降藿烷多。

3. 变质程度对 T_m/T_s 比值的影响 三降藿烷的两个异构体, $17\alpha(11)-22, 29, 30$ -三降藿烷 (T_m) 和 $18\alpha(H)-22, 29, 30$ -三降藿烷 (T_s), 经过成岩作用仍然相对比较稳定。 T_s 比 T_m 更能抵抗进一步的分解 (W.K.Seifert, 1977), 因此, 随着变质程度的增加, T_m/T_s 减少。研究了不同沉积环境原油的三个剖面 (图 4) 表明, 随着原油埋藏深度增加 T_m/T_s 有降低的趋势, 但往往不同沉积盆地原油 T_m/T_s 的差别, 大于变质程度影响的差别。

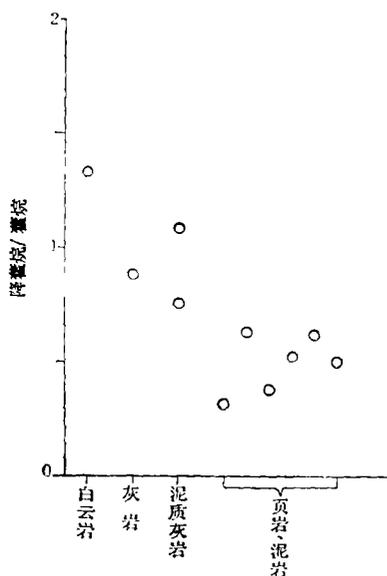


图 3 不同生油岩相降藿烷/藿烷比值变化

Fig. 3 Variation of C_{29}/C_{30} hopane ratio in different source rocks

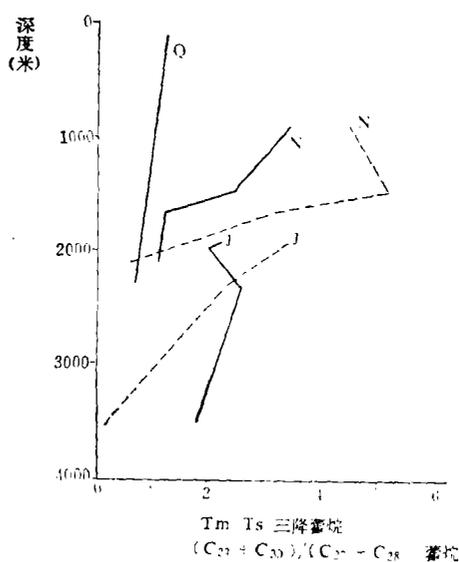


图 4 $C_{29} + C_{30} / C_{27} + C_{28}$ 藿烷随埋深的变化

Fig. 4 Ratio of $(C_{29} + C_{30}) / (C_{27} + C_{28})$ hopanes versus depth of burial

4. 变质程度对 $(C_{29} + C_{30}) / (C_{27} + C_{28})$ 藿烷的影响 $(C_{29} + C_{30})$ 藿烷是自然界原始的化合物, 而 $(C_{28} + C_{27})$ 藿烷是原始化合物经过碳键的断裂形成的 (W.K. Seifert, 1977)。图 4 表明, 随着原油的埋藏深度增加, $(C_{29} + C_{30}) / (C_{27} + C_{28})$ 藿烷比值降低, 即原始的藿烷随着变质程度增加而降低, 而次生的 $(C_{28} + C_{27})$ 藿烷增高。因此, 看来, 可以用这个指标来判别原油的成熟度。

5. 变质程度对于 $(>C_{30})$ 藿烷 22S/22R 立体异构比值的影响

A.S.Mackenzie 等 (1981) 模拟实验证明: (C_{31}) 高藿烷 22S/22R 比值随着热变质而增加。这个现象也被 W.K.Seifert (1980) 所观察到。高藿烷的 22S/22R 比值与镜煤反射率 (R_o) 之间呈对数关系 (King, 1982); 图 5 表明 22S/22R 比值可作为生油岩成熟度的指标。当达到形成石油的变质程度时, 这个比值迅速增高到 R_o 近于 0.6 而平衡。当伽玛烷干扰测量高藿烷立体异构比值时, 可以应用 $C_{32}-C_{35}$ 藿烷的比值。

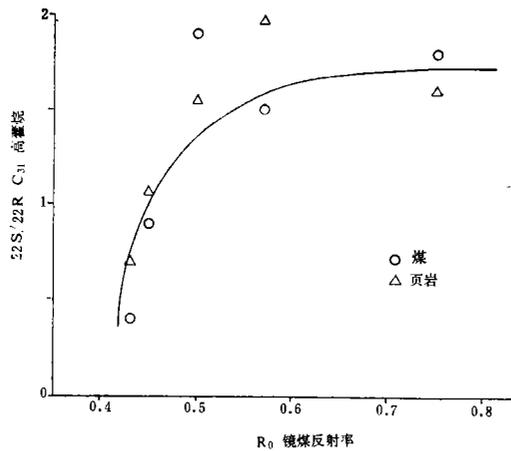


图5 22S/22R高藿烷比值与镜煤反射率之关系

Fig. 5 The ratio of 22S/22R homohopanes related to vitrinite reflectance

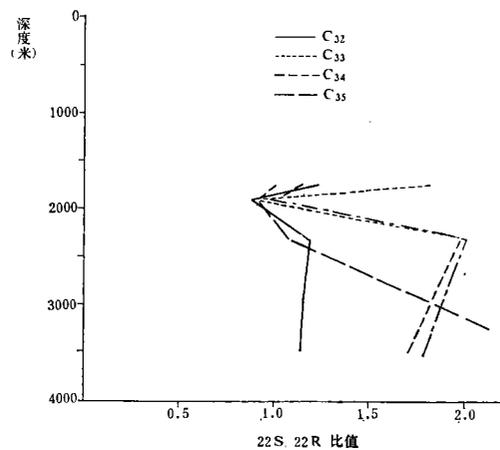


图6 高藿烷(C₃₂—C₃₅) 22S/22R比值与埋深关系

Fig. 6 The ratio of 22S/22R homohopanes related to depth of burial

图6表明22S/22R (C₃₂—C₃₅) 藿烷比值在低成熟的石油中近1.0, 而成熟的石油在1.5至2.0之间。实际上近于1.6, 由于烷烃组分经过5 Å分子筛处理后, 22R异构体被选择性地除去一部分, 则使这比值有些增大。

6. 原油中藿烷和伽玛烷相对浓度的变化 这两个化合物不仅可以从气相色谱保留时间(图1)来区别, 而且他们的质谱图也不同(图7)。伽玛烷不存在异丙基, 仅有简单的甲基取代。藿烷和伽玛烷(占总的m/e191百分数)表明在图8、图9。藿烷在淡水—半咸水湖相原油中比咸水湖沉积原油中高。在淡水沉积中有保存藿烷类的细菌, 如*Bacillus acidraldarius* 和 *Methylococcus capsulatus*, 经过热变质作用提供较多的藿烷产物。伽玛烷的含量在咸水沉积中比淡水—半咸水沉积中要高(图9)。在咸水湖沉积

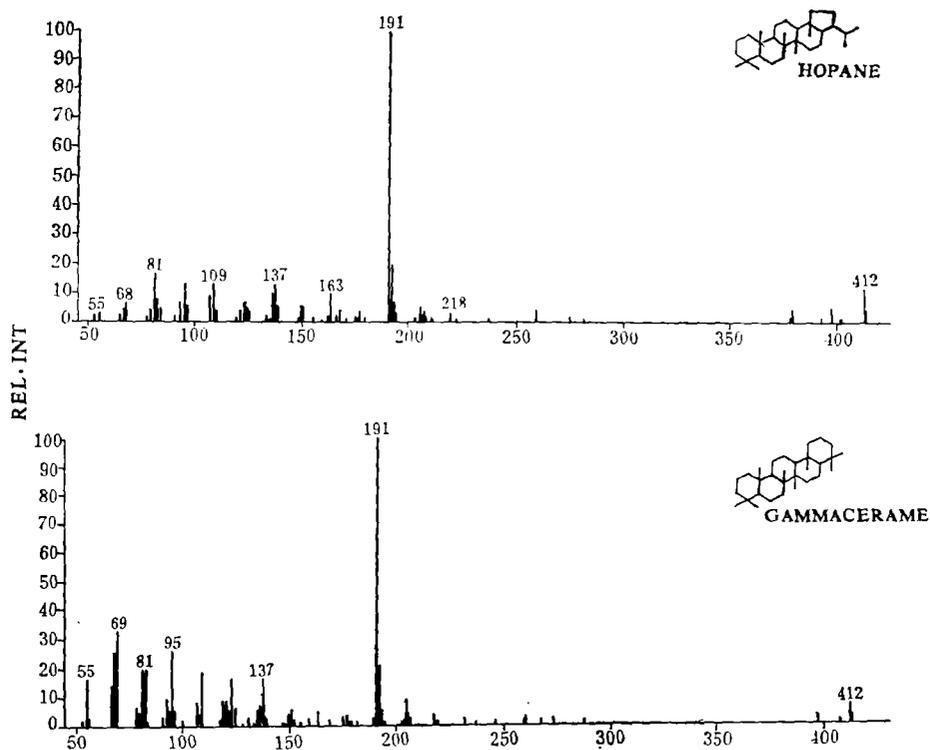


图7 藿烷和伽马烷质谱图

Fig. 7 The mass spectrum of hopane and gammacerane

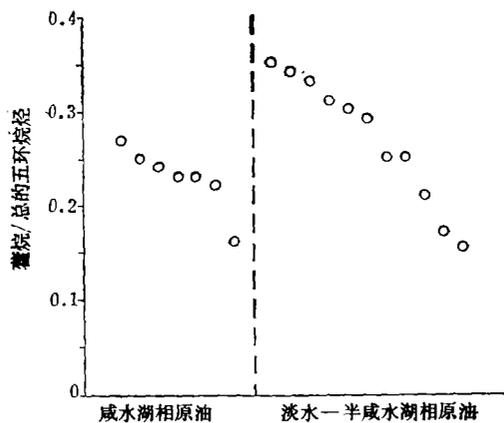


图8 不同环境形成的石油中藿烷含量变化

Fig. 8 Variation in relative concentration of hopane in oils formed under various depositional environments

中原生动物可以提供较多的伽马烷来源 (Caspi等1968; Zander等1979; Anding等1976; Barton等, 1969, 1971)。

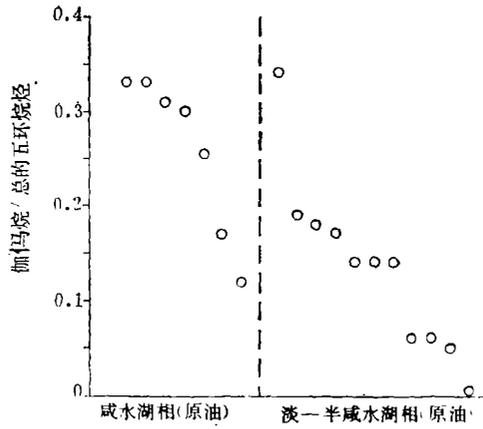


图9 不同环境形成的石油中伽玛烷含量变化

Fig. 9 Variation in relative concentration of gammacerane in oils
[formed under various depositional environments]

7. 关于 C_{31} — C_{35} 藿烷系列 淡水-半咸水沉积及咸水沉积中原油的藿烷系列之间的对比,从图10A、B可以明显的看出, C_{31} 和 C_{34} 藿烷在淡水沉积石油中缺乏或浓度很低,而

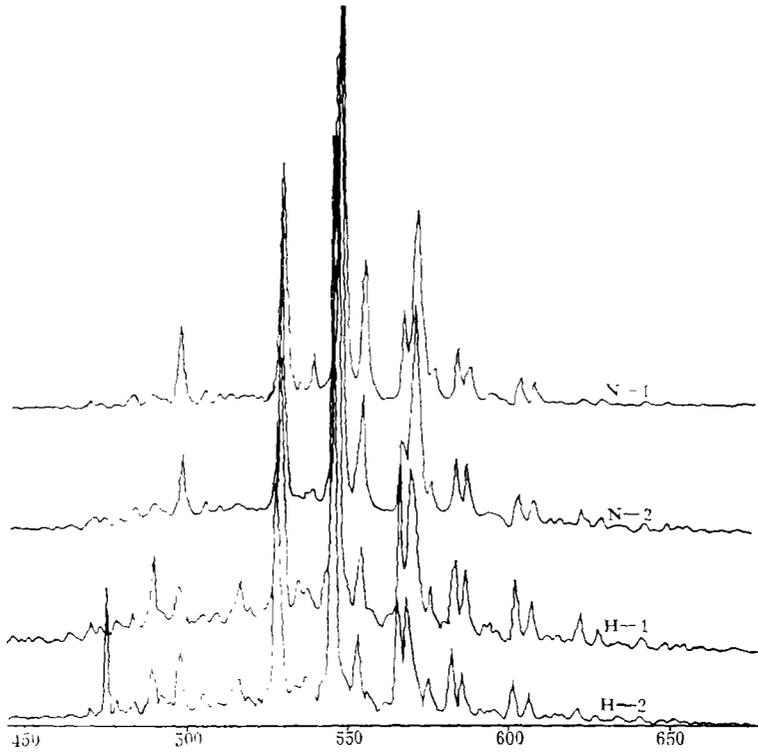


图10A 淡-半咸水湖石油m/e191质量色谱图

Fig.10A M/e191 mass fragmentograms in fresh-brackish facies oil

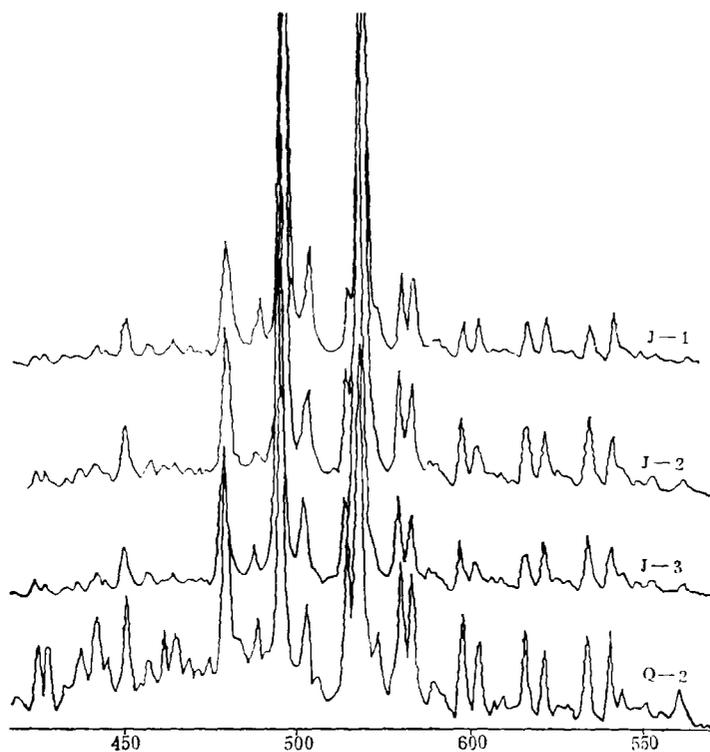


图10B 咸水湖相石油m/e191质量色谱图

Fig. 10B m/e191 mass fragmentograms in saline facies oil

在咸水沉积石油中几乎都存在。这可能由于在咸水沉积环境中保存着藿烷的细菌。这些细菌（图11）在成岩作用过程中脱去OH基或者双键的氢化形成C₃₅藿烷（Derosa 1971 1973, Bird1971）。

8. 生物降解对藿烷的影响 对马尔加什重的生物降解原油进行了鉴定，表明正烷烃和异戊二烯烷烃已遭降解而消失。甾烷含量很低，并且大多数变为重排甾烷（5-甲基

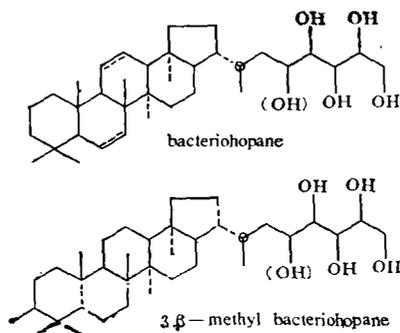


图11 Bacteriohopane和3β-甲基bacteriohopane结构

Fig. 11 The structure of bacteriohopane and 3β-methyl bacteriohopane

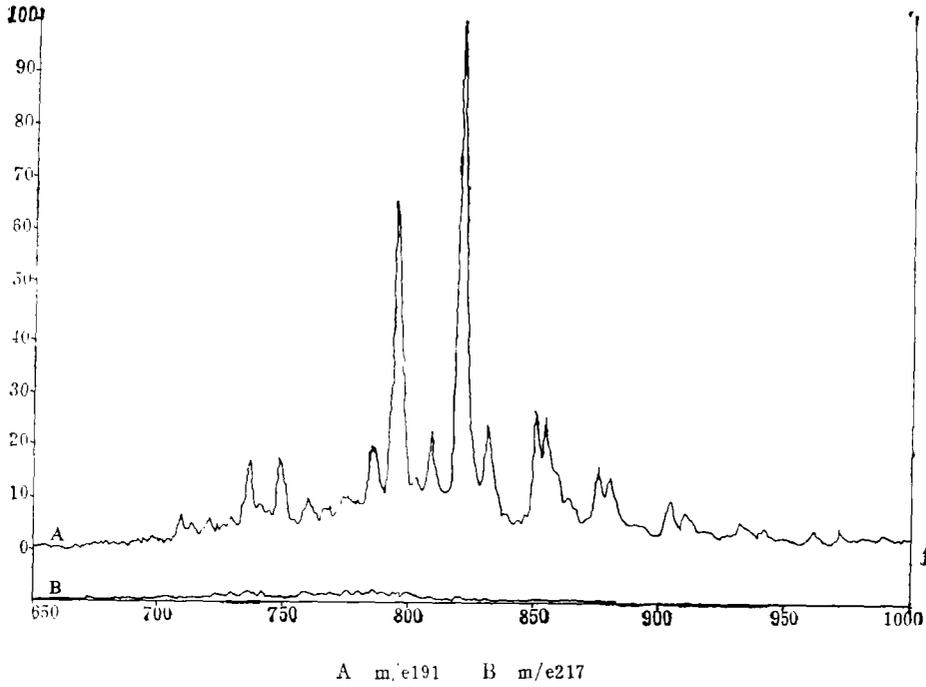


图12 m/e191、m/e217 质量色谱图

Fig.12 m/e191, M/e217 mass fragmentograms

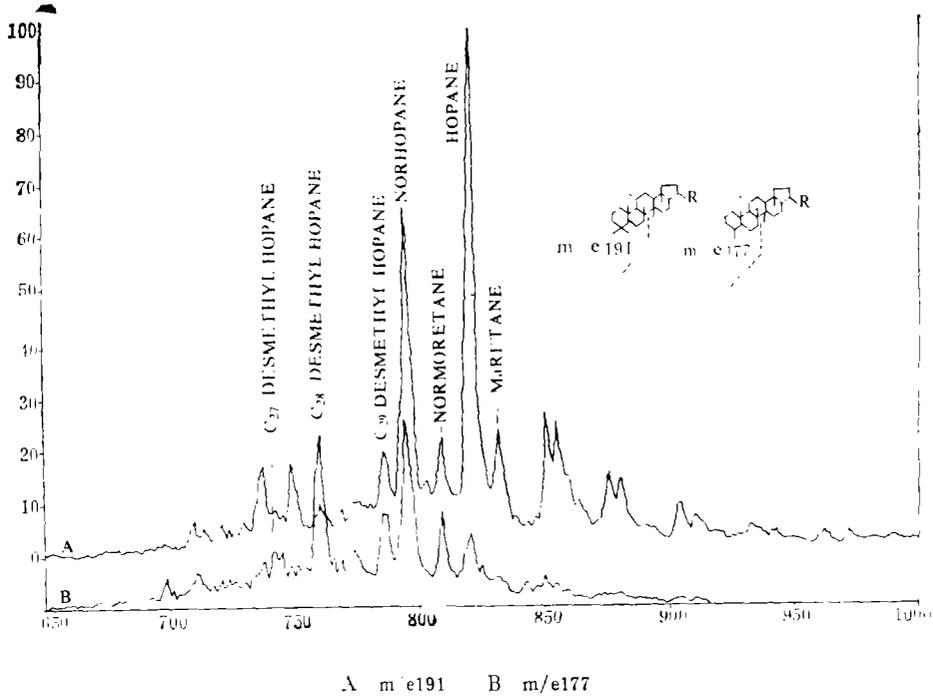


图13 m/e191、m/e177质量色谱图

Fig.13 m/e 191, m/e 217 mass fragmentograms

甾烷) (图12)。除去规则的藿烷外,存在 4-去甲基 ($C_{27}-C_{31}$) 藿烷系列从 $m/e191$ 色谱图和 $m/e177$ 色谱图对照可以鉴定 (图13)。图14系用扫描得到的 4-去甲基降藿烷的质谱图。规则的藿烷系列可以被细菌降解为去甲基藿烷系列(W.K.Seifert, 1978)。如果生物降解作用更为严重,可以破坏 ($C_{29}-C_{33}$) 藿烷系列而使之消失。

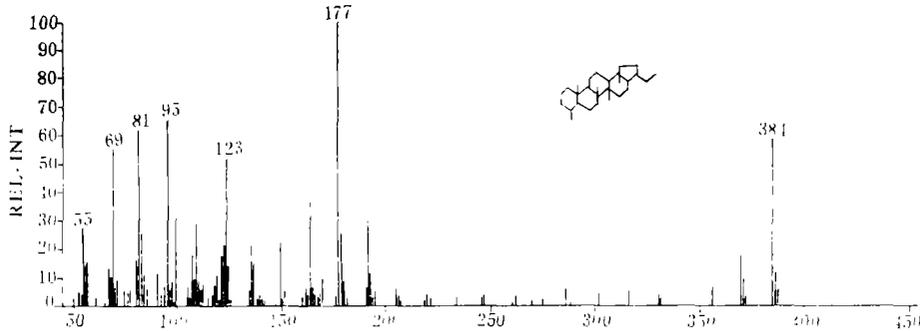


图14 4-去甲基降藿烷质谱图

Fig.14 Mass spectrum of 4-desmethyl norhopane

甾烷

甾烷的前身物为甾醇。自然界中普遍地发现 $C_{27}-C_{29}$ 甾醇,如在动物、植物和近代沉积物中。在还原环境下,成岩作用中甾醇的基本碳骨架保留而转化为甾烷。海洋生物如浮游植物和动物中富含 C_{27} 和 C_{28} 甾醇,维管植物及陆源有机质富含 C_{28} 和 C_{29} 甾醇

表3 甾烷质量色谱图结构说明

Table 3 Structural assignments from sterane mass fragmentograms

编号	分子式	说	明	分子离子 质量数
1	$C_{27} H_{48}$	$5\beta(H)$ -Cholestane		372+
2	$C_{27} H_{48}$	$5\alpha(II)$ -Cholestane		372+
3	$C_{27} H_{48}$	Cholesane Epimer		372+
4	$C_{28} H_{50}$	4-Methyl Ergostane		386+
5	$C_{28} H_{50}$	$5\beta(H)$ -Ergostane		386+
6	$C_{28} H_{50}$	4-Methyl Ergostane		386+
7	$C_{28} H_{50}$	$5\alpha(H)$ -Ergostane		386+
8	$C_{29} H_{52}$	Sitostane Epimer		400+
9	$C_{29} H_{52}$	$5\beta(H)$ -Sitostane		400+
10	$C_{29} H_{52}$	4-Methylsitostane		400+
11	$C_{29} H_{52}$	$5\alpha(H)$ -Sistostane		400+
12	$C_{30} H_{54}$	C_{30} -Sterane		414+
13	$C_{30} H_{54}$	C_{30} -Sterane		414+
14	$C_{30} H_{54}$	4-Methyl- C_{30} -Sterane		414+

表4 生物标记化合物综合参数

Table 4 Biomarker parameter summary

样 品	5 β +14 β /5 α		甾烷相对含量			
	C28	C29	5 α	C27	C28	C29
J-1'原油	0.22	0.24	0.29	0.40	0.16	0.21
J-2'原油	0.31	0.83	0.32	0.48	0.12	0.17
J-3'原油	0.40	0.42	0.30	0.47	0.11	0.21
J-4'原油	1.30	1.20	0.11	0.21	0.24	0.27
J-5'岩石	0.27	0.35	0.28	0.35	0.20	0.35
J-6'岩石	N.D.	0.39	0.18	0.25	0.05	0.39
Q-1'原油	0.57	0.99	0.15	0.19	0.24	0.23
Q-2'原油	0.27	0.58	0.20	0.33	0.18	0.26
N-1'原油	0.52	0.47	0.12	0.22	0.18	0.32
N-2'原油	1.44	0.57	0.12	0.22	0.11	0.25
N-3'原油	2.60	1.07	0.11	0.19	0.10	0.22
N-4'原油	2.74	1.10	0.11	0.20	0.11	0.21
N-5'岩石	0.28	0.25	0.12	0.16	0.31	0.28
N-6'岩石	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
P-1'原油	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
P-2'原油	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
P-3'原油	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
B-1'原油	3.59	1.73	0.08	0.17	0.11	0.28
B-1'岩石	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
B-2'岩石	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
B-3'岩石	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
H-1'原油	1.10	1.07	0.13	0.25	0.11	0.23
H-2'原油	1.94	0.70	0.13	0.28	0.05	0.22
H-3'岩石	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
H-4'岩石	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
H-5'岩石	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
H-6'岩石	0.28	0.46	0.18	0.32	0.15	0.30
H-7'岩石	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
H-8'岩石	0.18	0.62	0.12	0.18	0.14	0.40
ROZEL原油	0.31	0.61	0.20	0.32	0.20	0.25
ESH原油	1.47	0.72	0.08	0.22	0.16	0.23

(Huang和Meinschein, 1976, 1978, 1979)。因此,石油中 C_{27} 、 C_{28} 、 C_{29} 甾烷的相对含量,可能用来指示生物的类型和环境。

原油和岩石抽提物中的甾烷含量的测定用(GC/MS)气相色谱-质谱扫描,每个甾烷的定量用色谱峰 $m/e217$ 。1956, MID色谱图的积分来完成的(表3、表4图15),(图16)为 $5\alpha(H)+5\beta(H)C_{27}$ 、 C_{28} 、 C_{29} 甾烷百分含量三角分布图。咸水湖的原油甾烷分布相似于开阔海的原油,而淡水湖原油显示了高的 C_{29} 甾烷(一般大于40%),反映了原始有机母质富含陆源高等植物的特征。

甾烷立体构型的地质意义 甾醇广泛存在于生物体系中,容易转化为甾烷,仍然保留了 $14\alpha(H)$ 、 $17\alpha(H)20R$ 立体构型。进一步的成岩作用产生 $14\alpha(H)$ 、 $17\alpha(H)20S$ 和 $14\beta(H)$ 、 $17\beta(H)20R$ 甾烷(Seifert和Moldowan, 1981)。因此甾烷立体构型的变化主要取决于温度、压力和接触剂,与原始有机质类型无关。

1. 变质程度对于 $5\beta(H)+14\beta(H)/5\alpha(H)C_{28}$ 和 C_{29} 甾烷比值的影响 甾烯类化合物转化为甾烷,在5-双键引起5-位置氢原子可能为 5α 或者 5β 。图17为 $(5\beta+14\beta)/5\alpha C_{28}$ 和 C_{29} 甾烷随着埋藏深度变化的关系。这个比值随着埋藏深度增加而增加。可以指示变质的程度。

2. 不同沉积环境的原油甾烷构型的差异 不同环境下 $5\beta+14\beta/5\alpha$ 甾烷比值(图18)。在淡水环境形成的原油 $5\beta+14\beta/5\alpha$ 甾烷比值较高,而咸水环境的原油该比值低,反映了沉积迅速,成岩作用较快,原油成熟度较低。

同样图19为原油 $5\alpha C_{27}$ 胆甾烷/总的甾烷比值更清楚的显示在咸水环境原油中高。

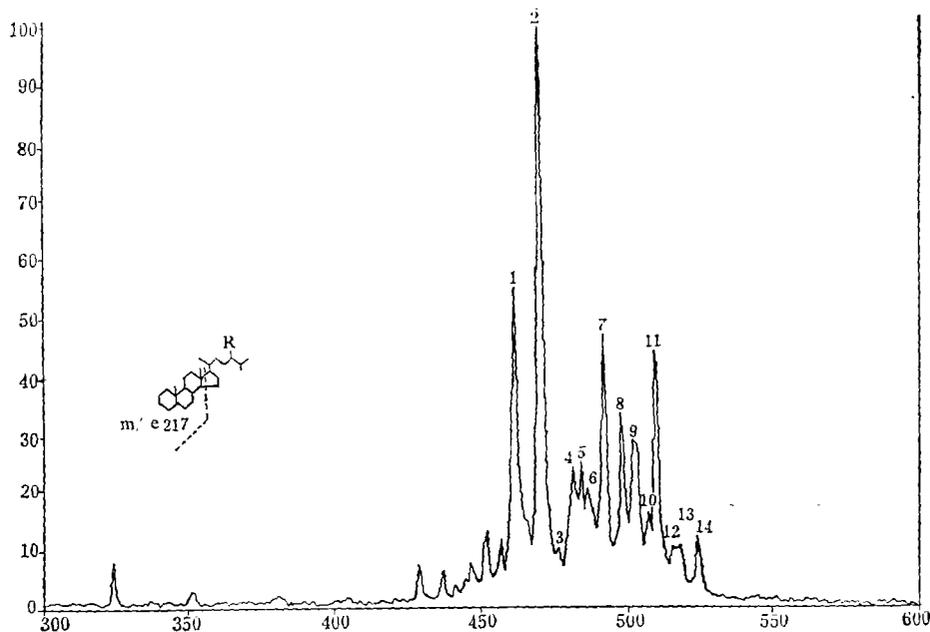


图15 $m/e217$ 质量色谱图

Fig.15 $M/e217$ mass fragmentograms

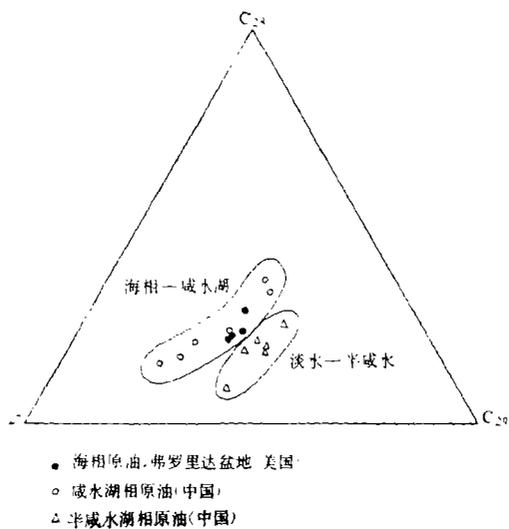


图16 5α(H) + 5β(H)、C27、C28、C29甾烷的分布关系

Fig.16 The relative distributions of 5α(H) + 5β(H)
C₂₇, C₂₈, C₂₉steranes

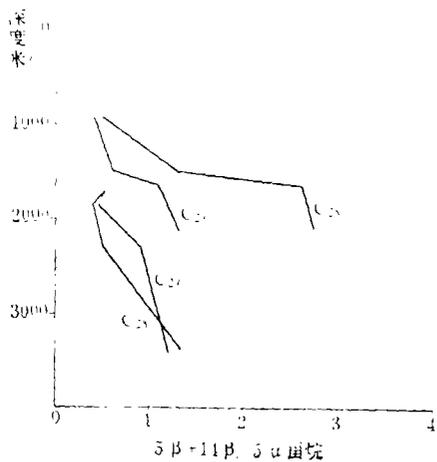


图17 甾烷 (5β + 14β) / 5α
比值随埋深的变化

Fig.17 Ratio of (5α + 14β) / 5αC₂₈ and
C₂₉ steranes versus depth of burial

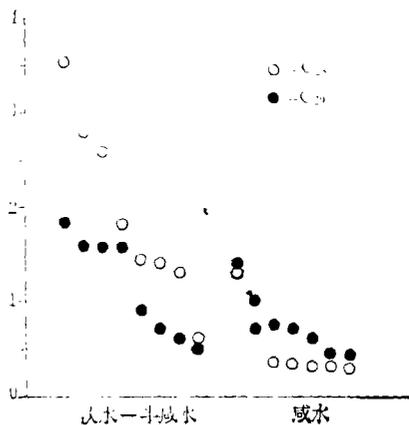


图18 不同沉积环境下甾烷 5β
+ 14β / 5α 比值

Fig.18 Ratio of (5β + 14β) / 5αC₂₈
and C₂₉ sterane of oils produced
from different facies

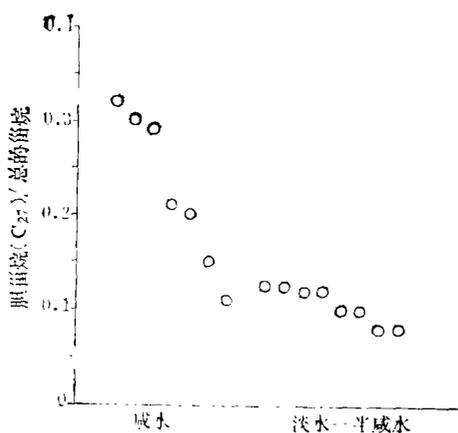


图19 不同沉积环境胆甾烷/总的甾烷比值

Fig.19 Cholestane/total sterane of oils produced from different facies

结 语

原油和生油岩中的生物标记化合物的特征与沉积环境如淡水、咸水、海相有着密切的联系。由于原始有机母质和沉积成岩作用等的差异而造成。海相原油在许多方面与咸水湖相原油有着相似的特征。变质程度影响着生物标记化合物构型的变化。因此，对生物标记化合物的研究，不仅可以判断变质的程度，而且可以再造沉积环境。

(收稿日期1984年1月4日)

参 考 文 献

- [1] Anding, C., M.Rohmer, G. Ourisson, 1976, Non-specific biosynthesis of hopane triterpenes in a cell free system from *Acetobacter rancens*. J. of Amer. Chem. Soc. 98: 1274
- [2] Barton, D. H. R., G. Mellows, D. A. Widdowson, 1971, Biosynthesis of terpenes and steroids part III. Squalene cyclization in the biosynthesis of triterpenoids; the biosynthesis of fern-9-ene in *Polypodium vulgare*. J. of Amer. Chem. Soc. (C) P. 110
- [3] Bendoraitis, J. G., 1973, Hydrocarbons of biogenic origin in petroleum-aromatic triterpenes and bicyclic sesquiterpenes. Advances in Organic Geochemistry 1973, pp. 209-224.
- [4] Bird, C.W., J.M.Lynch, F.J.pirt, W.W.Reid, C.J. Brooks, B.S.Middleditch, 1971, Steroids and squalene in *Methylococcus capsulatus* grown on methane. Nature 203, P. 473.

- [5] Caspi, E., Z. M. Zander, J. B. Greig, F. Mallory, R. Conner, J. Landrey, 1968. Evidence for a nonoxidative cyclization squalene in the biosynthesis of tetrahymanol. *Journal of American Chemical Society* 90, P. 3564.
- [6] de Rosa, M., A. Gambacorte, L. Minale, J. Bullock, 1971. Bacterial triterpenes. *Chem. comm.* P. 619.
- [7] Fan pu, Luo Binjie, Huang Ruchang, Shen Pihg, Hui Rongyao, Shao Hongshun, Wang Youxiao, Rong Guanghua, 1980. Formation and migration of continental oil and gas in China (I). *Scientia Sinica* 23 (10), PP. 1286—1295.
- [8] ……., 1980. Formation and migration of continental oil and gas in China (II). *Scientia Sinica* 23 (11), PP. 1417—1427.
- [9] Huang, W. Y. and W. G. Meinschein, 1976. Sterols as source indicators of organic materials in sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 40, 323—330.
- [10] ……., 1979. Sterols as ecological indicators. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 43, 739—745.
- [11] King, J. D., 1982. Geochemical data processing with the DS—50 data system. *American Society for Mass Spectrometry, Extended Abstracts*.
- [12] Mackenzie, C., A. Lewis and J. R. Maxwell, 1981. Molecular parameters of maturation in the Toarcian shales, Paris Basin, France—IV. Laboratory thermal alteration studies. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45, PP. 2369—2376.
- [13] Seifert, W. K. and J. M. Moldowan, 1978. The effect of biodegradation on steranes and terpanes in crude oils. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 43, PP. 111—126.
- [14] ……., 1980. The effect of thermal stress on source-rock quality as measured by hopane stereochemistry. *Physics and Chemistry of the Earth* 12, PP. 229—237.
- [15] ……., 1981. paleoreconstruction by biological markers. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45, P. 790.
- [16] Zander, J. M., J. B. Greig, E. Caspi, 1970. Tetrahymanol biosynthesis. *Journal of Biological Chemistry* 245: 1247.

CHARACTERISTICS OF BIOMARKER COMPOUNDS (CYCLOALKANES) IN OIL FORMED UNDER VARIOUS DEPOSITIONAL ENVIRONMENTS

Fan Pu

(Lanzhou Institute of Geology, Academia Sinica)

J. David King George E. Claypool

(U. S. Geological Survey, Denver, CO 80225)

Abstract

It has recently become possible to accurately determine the structures and relative amounts of organic compounds of biological significance through the use of computerized Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC/MS). These compounds derive from primal organisms and still retain the basic carbon skeleton throughout the process of diagenesis and subsequent formation of oil and gas. Because of the study the source and evolution of petroleum.

The compounds present in oils depend upon the depositional environment and the types of organisms contributing organic matter to the sediment. For example, oils formed from terrigenous organic matter tend to be high in phytowaxes and n-alkanes as opposed to oils from marine facies which tend to contain more cyclic compounds. Accordingly, steranes and terpanes in oils formed under various depositional environments should be expected to exhibit different characteristics.

Systematic discussion of the characteristics of biomarkers as influenced by the depositional environment and salinity of the associated aqueous medium has been lacking. Oils and source rocks from China and a few other locations have been examined to determine the influence of depositional environment on biomarker parameters. Thus, results of GC/MS analyses can be empirically related to biological input, aqueous salinity and depositional environment.

Examination of oils and source rocks formed under various depositional conditions shows that biomarker parameters can be related to marine, saline and fresh-water environments. Differences are due mainly to organic input from organisms present in the various aqueous media. Marine oils show similar characteristics to saline lacustrine oils but are significantly different from fresh water facies oils. Thermal maturity affects all the biomarkers predictably within any facies type.