

陆相盆地中新世代原油和 生油岩中的萜烷和甾烷

尚慧芸 姜乃煌 童育英*

(石油工业部石油勘探开发科学研究院)

一、引言

由于有机化学分析技术的进展,有机地球化学研究进入了分子水平。生物标志化物的研究及应用,为这一领域的重要研究方向之一。国内外有关学者目前都在探索甾烷和萜烷的成分、结构、分布和分子参数,以便进一步探讨它们在石油勘探中的应用和石油成因的理论问题^[1-6]。

根据我国中新世代沉积盆地的勘探实践以及我们对有关地球化学资料的研究,我们选择了有代表性的原油及生油岩样品用色-质仪测定了萜烷及甾烷。样品的基本数据见表1。试验方法与作者已发表的文章相同^[4]。

表1 样品基本数据表

序号	样品编号	样品类型	盆地名称	井号	井深(米)	层位	备注
1	1—O	原油	济阳凹陷	营 23		下第三系沙三段	
2	2—O	原油	松辽盆地	中1—32		下白垩统姚家组	
3	3—O	原油	鄂尔多斯盆地	岭 407	1114—1122	中、下侏罗统直罗组	
4	4—O	原油	鄂尔多斯盆地	华 50	1407—1408	上三叠统延长统	
5	1—R	生油岩	济阳凹陷	营 10	2734.66—2743.10	下第三系沙三段	岩 心
6	2—R	生油岩	松辽盆地	太7—10	1703.2	下白垩统青山口组一段	岩 心
7	3—R	生油岩	鄂尔多斯盆地	岭 11	1291.9—1298.7	下侏罗统延安组	岩 心
8	4—R	生油岩	鄂尔多斯盆地	华 49	1438—1445	上三叠统延长统	岩 心

二、萜烷、甾烷分子的确认

根据色-质仪测定由微处理机输出的资料,可以对萜烷、甾烷分子进行确认。国内外学者普遍利用 m/e 191 质量色谱图显示萜烷的成分, m/e 217 质量色谱图显示甾烷的成分。本文也采用这种方法来研究上述样品^[4,7,8](图1)。

依据 m/e 191 质量色谱图、质谱图、特征离子峰等,确认出 20 个萜烷化合物及其结

* 参加实验工作的还有贾凤英、王丽霞、赵坚。

构。还有两个组分, 只能根据分子离子和特征离子确认属于五环三萜烷类化合物, 其立体化学结构不详。已确认的萜烷分子的立体化学结构, 见图2。

甾烷可分正常甾烷和重排甾烷, 两者的差别是前者在C-10、C-13上各有一甲基, 而后者是在C-5和C-14上各有一甲基。它们的色谱保留时间和质谱特征也不同, 重排甾烷有 m/e 259和 m/e 189的裂片, 其强度一般为 m/e 217的40%左右。正常甾烷中的粪甾烷在质谱图上以 m/e 151 $\geq m/e$ 149为特征。 m/e 218 $>m/e$ 217的强度又是正常甾烷中异胆甾烷的质谱特征。本文确认出20个甾烷化合物及结构, 见表3。图3为其立体化学结构图。

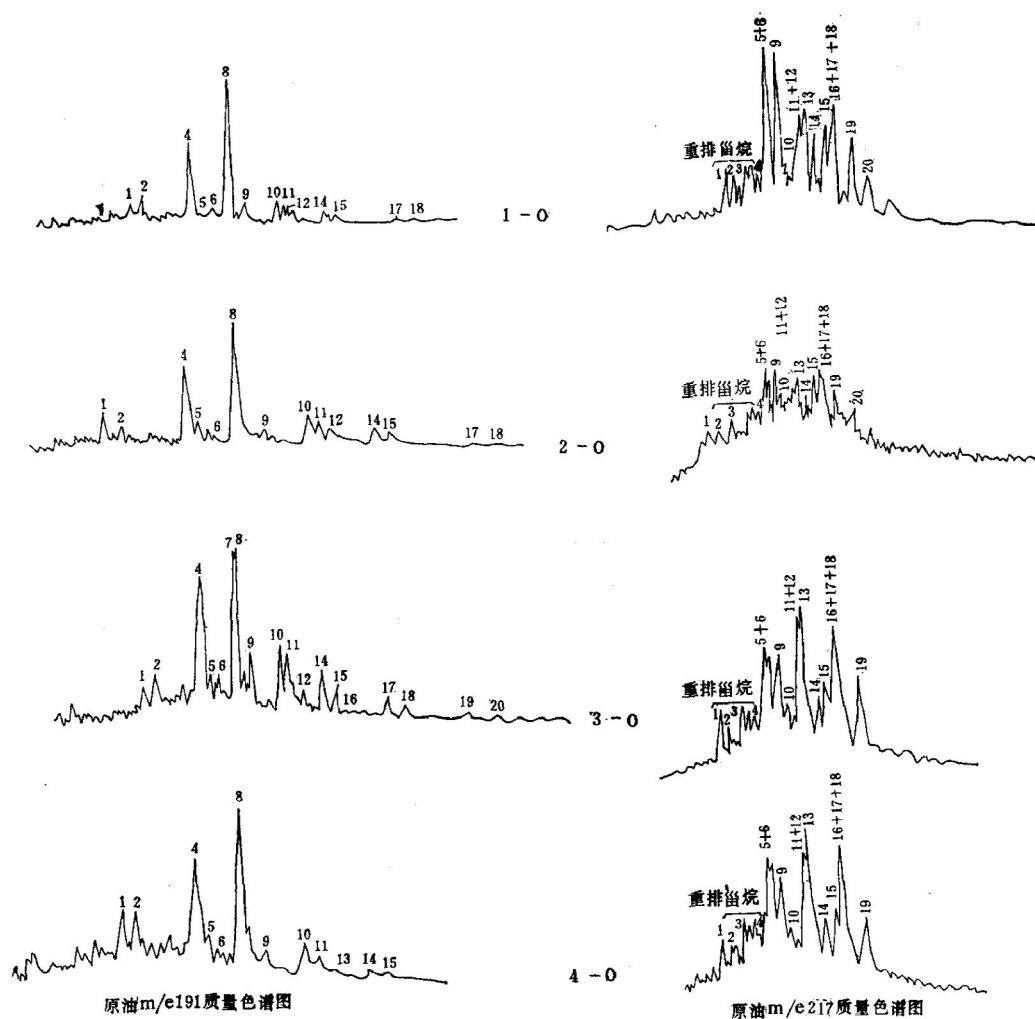
三、萜烷及甾烷分子分布特征

在中、新生代代表性原油及生油岩中, 五环三萜烷的碳数范围在 C_{27} - C_{35} 之间, 以 C_{30} 藿烷的含量最高。但在许多含煤地层或沼泽相沉积中, 也有 C_{29} 藿烷超过 C_{30} 藿烷者(见图1, 4-R、3-R)。在深湖相及以水生生物为主要生源的沉积物中, C_{30} 藿烷是绝对占优势的(见图1、2-R)。对一般的样品而言, 萜烷含量占第二位的是 C_{29} 藿烷。据研究, C_{29} 藿烷的碳骨架可在自然界中找到, 存在于蕨类植物之中, 所以笔者曾经认为 C_{29} 藿烷含量高是显示出陆源沉积物的特征。但 C_{29} 藿烷并不意味着完全来自陆源物, 还可能是热成熟作用下 C_{30} 藿烷降解的产物, 否则就难以解释为什么在以水生生物为主的生油岩抽提物中 C_{29} 藿烷不仅存在, 而且强度还十分大了。 C_{28} 二降藿烷, 在美国加

表2 中、新生代代表性原油及生油岩样品中的萜烷

峰号	分子量	分子式	成分确认	立体结构*
1	370	$C_{27}H_{46}$	18 α -22, 29, 30 三降藿烷	I
2	370	$C_{27}H_{46}$	17 α -22, 29, 30 三降藿烷	II
3	370	$C_{27}H_{46}$	17 β -22, 29, 30 三降藿烷	III
4	398	$C_{29}H_{50}$	17 α , 21 β -30 降藿烷	IV R= C_2H_5
5	412	$C_{30}H_{52}$	γ -羽扇烷	X
6	398	$C_{29}H_{50}$	17 β , 21 α -30 降莫烷	VI R= C_2H_5
7	412	$C_{30}H_{52}$	18 α -奥利烷	XI
8	412	$C_{30}H_{52}$	17 α , 21 β -藿烷	IV R= C_3H_7
9	412	$C_{30}H_{52}$	17 β , 21 α -莫烷	VI R= C_3H_7
10	426	$C_{31}H_{54}$	22S-17 α , 21 β -30 高藿烷	VIII R= CH_3
11	426	$C_{31}H_{54}$	22R-17 α , 21 β -30 高藿烷	VII R= CH_3
12	412	$C_{30}H_{52}$	伽马烷	XI
13	426	$C_{31}H_{54}$	17 β , 21 α -30 高莫烷	K R= CH_3
14	440	$C_{32}H_{56}$	22S-17 α , 21 β -30, 31 二高藿烷	VIII R= C_2H_5
15	440	$C_{32}H_{56}$	22R-17 α , 21 β -30, 31 二高藿烷	VII R= C_2H_5
16	440	$C_{32}H_{56}$	17 β , 21 α -30, 31 二高莫烷	K R= C_2H_5
17	454	$C_{33}H_{58}$	22S-17 α , 21 β -30, 31, 32 三高藿烷	VIII R= C_3H_7
18	454	$C_{33}H_{58}$	22R-17 α , 21 β -30, 31, 32 三高藿烷	VII R= C_3H_7
19	468	$C_{34}H_{60}$	22S-17 α , 21 β -30, 31, 32, 33 四高藿烷	VIII R= C_4H_9
20	468	$C_{34}H_{60}$	22R-17 α , 21 β -30, 31, 32, 33 四高藿烷	VII R= C_4H_9

* 参见图2



利福尼亚州新生代的生油岩中发现过,但在我国的中、新生代原油和生油岩中,含量极其微弱。 C_{27} 三降藿烷在上述样品中普遍存在,常见的有三个异构体,其中Tm即 $17\alpha H-22, 29, 30$ 三降藿烷在陆源沉积物中含量较高,笔者认为它与陆生植物有关,建议用它作为研究沉积相的指标之一。但Tm与陆生植物之间的关系还不清楚。

C_{35} 藿烷的衍生物曾在细菌中找到,所以有人认为 C_{35} 藿烷是细菌产生的,而 $C_{34}-C_{31}$ 藿烷是 C_{35} 藿烷热降解的产物。也有相反的意见,认为 $C_{31}-C_{35}$ 藿烷是 C_{30} 藿烷烷基化的结果。 $C_{27}-C_{35}$ 藿烷系列在我国中、新生代原油和生油岩中普遍存在。

萜烷类除藿烷外,还在原油和生油岩中见到伽马烷和奥利烷,它们由5个六元环组成,来自陆源植物,但也有人认为伽马烷来自原生动植物^[9]。两者在中、新生代原油和生油岩中均常见到,但前者分布更为普遍,后者主要见于以陆源为主的沉积物中,如河流沼泽相,三角洲相等。

羽扇烷和伽马羽扇烷也曾在我国中新生代原油和生油岩见到过,一般含量都较低。芒柄花根烷是由四个环组成的萜类,可分I、II、III型,也在我国陆相中、新生代生油

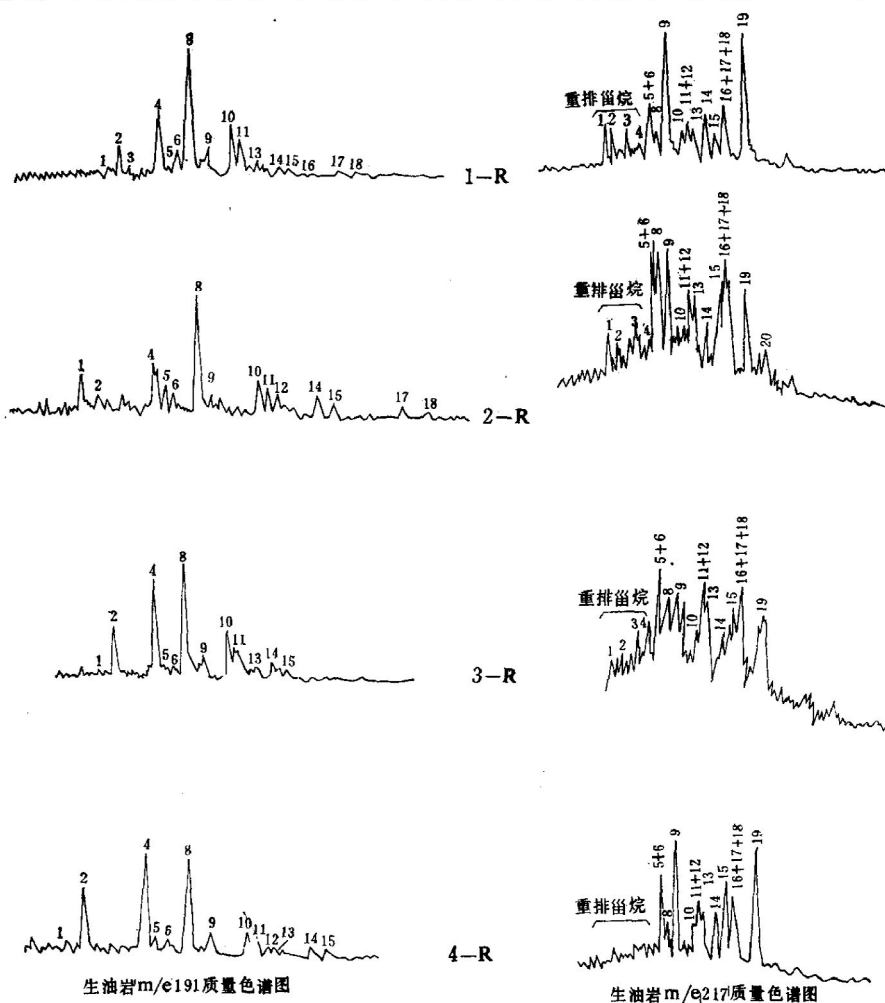


图1 不同时代代表性原油及生油岩的质量色谱图

$m/e 191$ 质量色谱图上的数字所代表的化合物名称和结构见表2, $m/e 217$ 质量色谱图上的数字所代表的化合物名称和结构见表3。

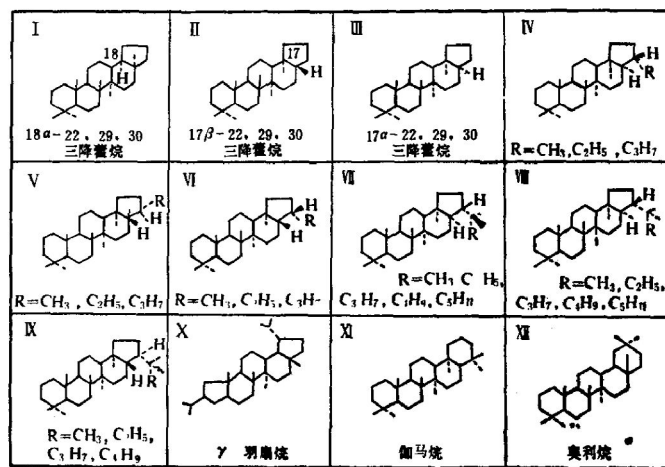


图2 五环三萜烷的立体化学结构

表3 中、新生代代表性原油及生油岩中的甾烷

峰号	分子量	分子式	成分确认	立体结构*
1	372	$C_{27}H_{48}$	13 β , 17 α -20S-重排甾烷	Ⅵ R=H
2	372	$C_{27}H_{48}$	13 β , 17 α -20R-重排甾烷	Ⅴ R=H
3	386	$C_{28}H_{50}$	24-甲基-13 β , 17 α -20S-重排甾烷	Ⅵ R=CH ₃
4	386	$C_{28}H_{50}$	24-甲基-13 β , 17 α -20R-重排甾烷	Ⅴ R=CH ₃
5	372	$C_{27}H_{48}$	5 β , 14 α , 17 α -20R-粪甾烷	Ⅲ R=H
6	372	$C_{27}H_{48}$	5 α , 14 α , 17 α -20S-胆甾烷	Ⅰ R=H
7	372	$C_{27}H_{48}$	5 α , 14 β , 17 β -20R-异胆甾烷	Ⅳ R=H
8	372	$C_{27}H_{48}$	5 α , 14 β , 17 β -20S-异胆甾烷	Ⅴ R=H
9	372	$C_{27}H_{48}$	5 α , 14 α , 17 α -20R-胆甾烷	Ⅰ R=H
10	386	$C_{28}H_{50}$	24-甲基-5 α , 14 α , 17 α -20S-胆甾烷	Ⅰ R=H
11	386	$C_{28}H_{50}$	24-甲基-5 β , 14 α , 17 α -20R-粪甾烷	Ⅲ R=CH ₃
12	386	$C_{28}H_{50}$	24-甲基-5 α , 14 β , 17 β -20S-异胆甾烷	Ⅴ R=CH ₃
13	386	$C_{28}H_{50}$	24-甲基-5 α , 14 β , 17 β -20R-异胆甾烷	Ⅳ R=CH ₃
14	386	$C_{28}H_{50}$	24-甲基-5 α , 14 α , 17 α -20R-胆甾烷	Ⅰ R=CH ₃
15	400	$C_{29}H_{52}$	24-乙基-5 α , 14 α , 17 α -20S-胆甾烷	Ⅰ R=C ₂ H ₅
16	400	$C_{29}H_{52}$	24-乙基-5 α , 14 β , 17 β -20R-异胆甾烷	Ⅳ R=C ₂ H ₅
17	400	$C_{29}H_{52}$	24-乙基-5 β , 14 α , 17 α -粪甾烷	Ⅲ R=C ₂ H ₅
18	400	$C_{29}H_{52}$	24-乙基-5 α , 14 β , 17 β -20S-异胆甾烷	Ⅴ R=C ₂ H ₅
19	400	$C_{29}H_{52}$	24-乙基-5 α , 14 α , 17 α -20R-胆甾烷	Ⅰ R=C ₂ H ₅
20	414	$C_{30}H_{54}$	4-甲基-24-乙基胆甾烷	

* 参见图3

岩中见到, 一般含量也低。

有人认为重排甾烷是从正常甾烷变过来的^[10], 因为一般来说, 随着埋藏深度的增加, 重排甾烷含量有所增加, 而干酪根的裂解产物中很少见到重排甾烷。但笔者认为并非完全如此, 在黄第藩等同志发表的有关柴达木早2井上第三系研究报告中, 不同埋深重排甾烷相对含量的变化, 并没有上述的规律性。在埋深1716—1920米处, 重排甾烷相对含量较低, 随埋深的增加, 其相对含量逐渐增加, 当达3952—4100米时, 重排甾烷相对含量明显增高, 但当埋深增至4243—5600米时, 重排甾烷相对含量又减少, 达5601—5806米时, 重排甾烷相对含量又有增加。泌阳凹陷第三系剖面中也有类似的情况。笔者推测可能重排甾烷与物源有关。这物源不仅是指生物源, 还指沉积物中的矿物颗粒(能起反应催化剂作用物质), 此外也指介质条件, 如pH值等。重排甾烷在我国陆相中、新生代原油和生油岩中经常见到, 特别是原油中。原油被生物降解时, 由于重排甾烷不易被降解而被保留下来, 使得它在原油中的含量增加。

正常甾烷的碳数分布范围是

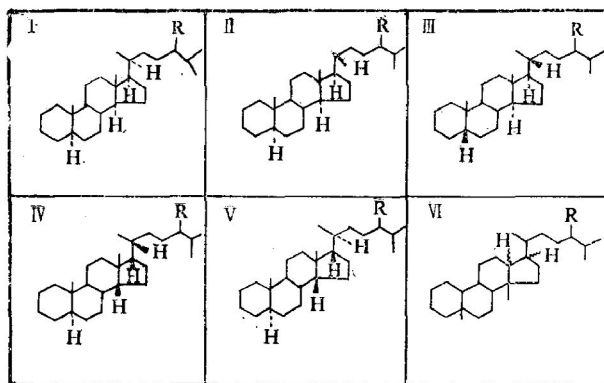


图3 甾烷的立体化学结构图

C_{27} — C_{29} 。这些甾烷来自动、植物中的甾醇。据调查,在浮游植物中甾类化合物以 C_{27} 和 C_{28} 胆甾醇为主要成分, C_{29} 胆甾醇为次要成分,而高等植物中的甾类化合物中,则以 C_{29} 甾醇为主,也伴有 C_{28} 甾醇^[11]。所以 C_{27} 和 C_{29} 甾烷含量的比值可作为研究生油岩的生源的指标。我国陆相中新生代原油和生油岩中的甾烷分布也以生源不同而不同。有意思的是,在许多样品中 C_{28} 甾烷较弱,原因不详。

4-甲基甾烷含量较高也是我国陆相中新生代原油和生油岩的特点之一。一些学者认为,4-甲基甾烷可能由四环萜类在 C-4 上去掉一个甲基变来。如果四环萜类主要来自陆源植物,那么就比较容易解释陆相生油岩和原油中这类化合物含量丰富的原因,但目前国内外对它们研究得很少,许多问题还未搞清楚。

孕甾烷类的化合物也常在原油和生油岩中见到,但含量较低。

甾类化合物的分布不仅与生源有关,也与热演化程度有关。 $20R$ 构型的甾类化合物,在成熟度增加时能转变为 $20S$ 构型, 17α , $20R$ 构型的甾类化合物,在成熟度增加时可转变成为 14β , 17β , $20(R+S)$ 构型。有的还会在热力作用下发生降解,由胆甾烷变成分子量较小的孕甾烷。

四、萜烷、甾烷各项分子参数比较

通过对样品的萜烷及甾烷分子参数分析,可以得出不同时代萜烷及甾烷的特征,从而指导我们进一步认识陆相沉积岩中石油的分布规律,正确地提出勘探措施。由于中、新生代地层的复杂性,也由于对萜烷、甾烷的研究尚不够深入,我们仅提出下面几项分子参数进行初步的讨论。

1. 中、新生代代表性原油及生油岩的萜烷各项参数的比较(图 4)

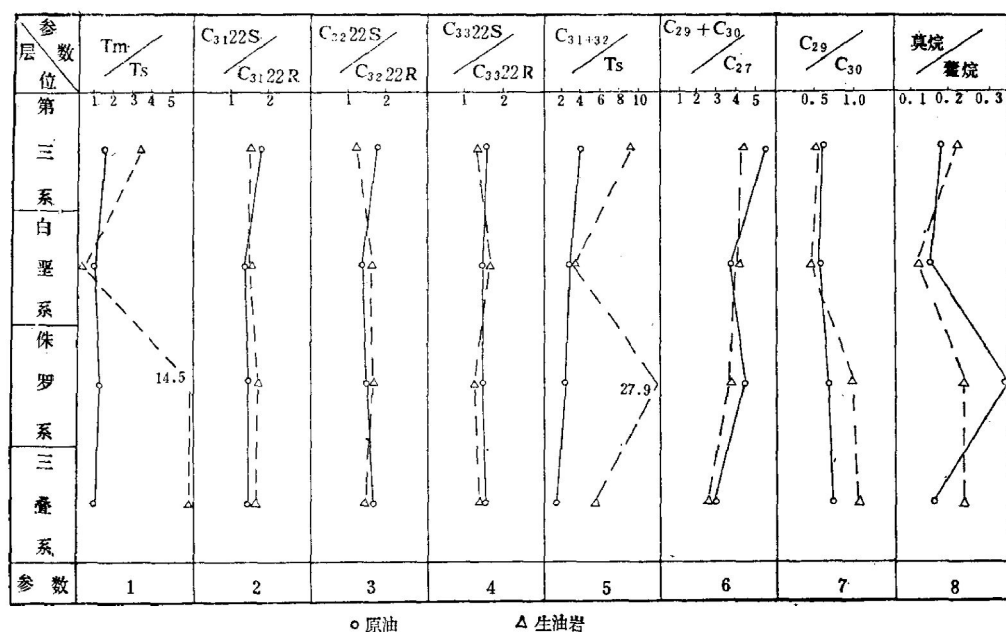


图 4 中、新生代代表性原油及生油岩萜烷的各项分子参数比较图

参数1为 T_m/T_s 比值,是成熟度参数。从第三系到三叠系的原油,随时代由新变老,此比值有减小的趋势。但生油岩 T_m/T_s 比值变化的规律性不强。从第三系到白垩系,该比值降低;从白垩系到侏罗系,此比值却有增加的趋势,下侏罗统延安组最高,达14.5;到三叠系,该比值又降为5。这种异常情况与鄂尔多斯盆地中、下侏罗统及上三叠统腐殖型、腐泥-腐殖型的母质类型有关。

参数2、3、4为 $C_{31}-C_{33}$ 藿烷 $22R/22S$ 比值,为成熟度参数。各时代原油与生油岩数值相接近,变化在1.2至1.67之间。

参数5为 $(C_{31}+C_{32})$ 藿烷/ T_s 比值,也为成熟度参数。由图5可见,不同时代的原油随时代变老,该比值由3.58降到1.11,而不同时代生油岩,该比值的变化与 T_m/T_s 相似,可能是受母质类型影响的缘故。

参数6为 $(C_{29}+C_{30})/C_{27}$ 比值,也为成熟度参数。从图5可见,从第三系到三叠系,不论原油或生油岩,均随时代变老,该比值具有明显的降低的趋势,表明原生藿烷随成熟度的增高而降低。

参数7为藿烷 C_{29}/C_{30} 比值,即降藿烷与藿烷的比值,是有机质类型参数。以藻类为主的腐泥型生油岩 C_{30} 藿烷含量相对较高。从图上可见,不论原油或生油岩,该比值变化趋势是一致的。腐泥型的生油岩及其原油,该比值较低,如松辽盆地白垩系样品;腐殖型的样品,该比值较高,如鄂尔多斯盆地侏罗系样品。而东营凹陷第三系样品属腐殖-腐泥型,鄂尔多斯盆地三叠系延长统属腐泥-腐殖型,分别与腐泥型和腐殖型接近。

参数8为莫烷/藿烷比值,是成熟度参数。

随时代变老,该比值应有减小的趋势。但第三系至白垩系和侏罗系到三叠系,该比值有减小趋势,而白垩系至侏罗系,则与一般规律不符合,也可能与母质类型有关。

2. 中、新生代代表性原油及生油岩甾烷各项参数的变化(图5)

参数1, $\frac{5\alpha-20S-C_{29}}{5\alpha-20R-C_{29}}$, 为成熟度指标。

5α , 14α , $17\alpha-20R$ 甾烷在热力作用下,会向 5α , 14α , $17\alpha-20S$ 甾烷转化。第三系-白垩系,该比值为0.93—1.10,而至侏罗系、三叠系,降低为0.72及0.70。原油及生油岩样品均有相似的变化规律。

参数2, $\frac{\text{重排甾烷}}{5\alpha(C_{27}+C_{28}+C_{29})}$, 为成熟度指标。重排甾烷是由非重排甾烷经成熟作用转化而来的^[10], 因而其含量相对高低,可以衡量有机质的成熟程度。由图5可见,从第三系至三叠系,原油的这一比值由0.60增至1.03,但生油岩没有明显的变化规律。根据上文关于重排甾烷成因的讨论,这个参数的应用是有局限性的。

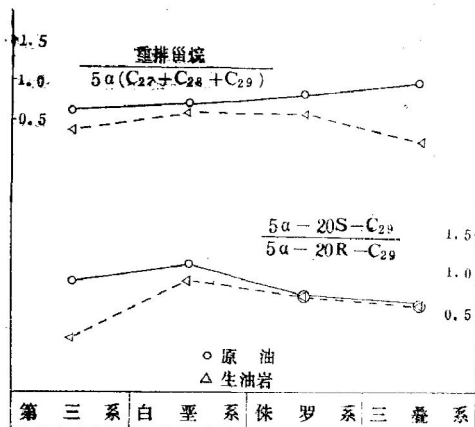


图5 中、新生代代表性原油及生油岩甾烷参数的变化

五、总 结

通过对中、新生代代表性原油及生油岩萜烷和甾烷的成分、成分分布特征及分子参数的变化特点的研究, 可以归纳出下列三个控制它们变化的因素:

1. 热成熟因素 在地下相同或相近的温度条件下(如相同的深度, 相同的地温梯度), 一般说来, 地层的时代越老, 有机质成熟门限越浅, 时代越新, 有机质成熟门限越深。鄂尔多斯盆地的侏罗系、三叠系和松辽盆地白垩系的生油岩, 一般在深度1500米左右即可成熟, 而渤海湾盆地的第三系生油岩, 2200米左右才能成熟。因此, 即使生油岩物源相似, 埋藏深度也相近, 但萜烷、甾烷的成分和成分分布却不同。例如, 在渤海湾盆地第三系埋深1860米生油岩中可见到丰度较高的 $17\beta\text{H}$, $21\beta\text{H}$ 及 $17\beta\text{H}$, $21\alpha\text{H}$ 藿烷^[5], 但在同一深度的松辽盆地白垩系生油岩中, $17\beta\text{H}$, $21\beta\text{H}$ 藿烷已经消失, $17\beta\text{H}$, $21\alpha\text{H}$ 莫烷的含量也很低。

2. 沉积环境及生源因素 鄂尔多斯盆地中下侏罗统是由河流相、沼泽相和湖相沉积物相间组成, 含大量的苏铁类、银杏类等高等植物化石, 陆源信息比较丰富, 陆生植物成因的有机质含量较高。因此, 在它们的生油岩中, C_{20} 降藿烷和奥利烷的含量较高。而松辽盆地青二、三段地层由大段的灰黑色、灰绿色泥岩组成, 是长期发育的湖相沉积物。虽然当时湖盆周围的陆生植物也很茂盛, 但带入湖盆的陆生有机质已被细菌等低等生物强烈改造, 加上湖盆内水生生物很发育, 故形成了腐泥型的有机质, 萜烷成分中以 C_{30} 藿烷为主, 甾烷中 C_{27} 胆甾烷含量比 C_{28} 豆甾烷高。

3. 生物降解因素 对于一些埋藏较浅的原油和油水接触界面附近的原油, 细菌作用常常使得正构烷烃大量减少甚至缺失, 而杂环分子、胶质和沥青质增加。被细菌降解的原油中, 萜烷、甾烷的成分也会发生变化, 如甾烷、萜烷的相对含量有所增加, 甾烷中的重排甾烷及萜烷中的去甲基藿烷含量也增加。这种情况, 在渤海湾盆地的原油中常常见到。

大庆油田、胜利油田、长庆油田提供了分析样品。顾信章同志对本文提出宝贵意见, 谨致谢意。

(收稿日期 1983年3月21日)

参 考 文 献

- [1] Seifert, W.K., Moldowan, J.M., 1978, Application of steranes, terpanes and monoaromatics to maturation, migration and source of crude oils. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, Vol.42, No.1.
- [2] Mackenzie, A.S., Patience, R.L., Maxwell, J.R., Vandenbroucke, M. and Durand, B., 1980, Molecular parameters of maturation in the Toarcian Shales, Paris Basin, France —1. Changes in the configurations of acyclic isoprenoid alkanes, steranes and triterpanes. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, Vol.44, No.11.
- [3] 汪燮卿等, 1980, 中国某些盆地的生油岩和原油中的生物标记化合物. 石油学报. 第1卷, 第1期.
- [4] 尚慧芸等, 1982, 鄂尔多斯盆地甾烷、萜烷的地球化学特征. 石油勘探与开发. 第2期.
- [5] 史继扬等, 1982, 胜利油田原油和生油岩中生物标志化合物及其应用. 地球化学. 第1期.
- [6] 张振才等, 1981, 京津地区原油、生油岩中的甾烷和萜烷. 石油学报. 第2卷, 第4期.
- [7] Ensminger, A., Jaly, G. and Albrecht, P., 1979, Rearranged steranes in sediments and crude oils, *Tetrahedron Lett.* P. 1575—1578.

- [8] Seifert, W. K. and Moldowan, J. M., 1979, The effect of biodegradation on steranes and terpanes in crude oils. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, Vol.43, No.1.
- [9] Tissot, B. P. and Welte, D. H., 1978, *Petroleum formation and occurrence*. Springer-Verlag, Berlin. Heidelberg. New York.
- [10] Seifert, W. K. and Moldowan, J. M., 1980, The effect of thermal stress on source rock quality as measured by hopane stereochemistry. *Advances in organic geochemistry 1979*, Pergamon Press.
- [11] Huang Wen-yen and Meinschein W. G., 1979, Sterols as ecological indicators, *Geochim. et Cosmochim. Acta*, Vol.43, No.5.

CHARACTERISTICS OF STERANES AND TERPANES FROM CRUDE OILS AND SOURCE ROCKS IN MESO- CENOZOIC CONTINENTAL FORMATIONS

Shang Huiyun Jiang Naihuang Tong Yuying

(Scientific Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing)

Abstract

The analysis and identification of terpanes and steranes from source rocks and crude oils in the Meso-Cenozoic formations of China are made, and then various kinds of their molecular parameters have been compared. It is considered that terpanes and steranes of different ages are different in components and structures. Their configurations vary with ages and maturation, so do the above mentioned parameters. It is, however, worth noting that these changes depend further on types of organic matters and degradation of crude oils by bacteria, and on the formation ages as well.

西德地质代表团访问成都地质学院

应我国地质矿产部的邀请,西德下萨克森州地质代表团一行7人于1983年10月17日至31日访问了我国,与成都、武汉两地质学院及有关科研机构进行学术交流,并就科研合作问题进行了洽谈。

10月21日及22日代表团访问了成都地质学院。施奈德教授在石油系作了《从储存碳氢化合物方面论碳酸盐岩的矿物组分及成岩作用》的学术报告,介绍了德国泥盆系碳酸盐岩的成岩作用及安曼、死海附近寒武系、三叠系和白垩系内砂岩的成岩作用。克尔奇博士介绍了西德下萨克森州一个油田的地质特征及运用注蒸气法进行三次采油的试验情况。施奈德教授报告中提到的三个问题引起了与会者的兴趣并展开了热烈的讨论:(1)用差热分析方法测定碳酸盐岩内的自生石英形成时的温度以及早、晚两期自生石英在形态上的差异(晶体的长宽比)。(2)由于压实、气候、风化和层内溶蚀等作用的差异,致使安曼、死海地区物源区相同的中寒武统碳酸盐岩中的砂岩夹层和上寒武统砂岩的矿物成分极不相同,前者为长石砂岩,后者为石英砂岩。三叠系砂岩和白垩系砂岩也有类似情况。(3)死海地区三叠系砂岩内所含的棱角状石英碎屑可作为古土壤化的证据之一(主要证据是具有钙结岩)。

另外,波拉达教授、沃特克教授、亨宁森教授分别在地质系、矿产系和水文工程地质系作了《元古代大陆型裂谷》、《Ninas gerais 富铁矿矿山地质勘探》、《开采砂土砾石中的地质问题》等学术报告。

德方代表团全体成员还参观了成都地质学院测试中心、沉积岩研究室、三系和石油系的仪器设备和油、气储集岩方面的研究成果。

22日下午德方全体成员与地矿部和成都地质学院有关人员,就双方合作的内容、方式交换了意见。双方介绍了各自院校(公司)的专业设置、业务特点及可供选择的合作研究项目。在双方充分阐明各自的意见后,结束了第一轮洽谈。具体合作内容与方式将由地矿部有关方面与德方进一步谈判确定,并订于1984年派代表团去西德正式签订合作协议。

(黄仰洲)