

分子化石指标在中国东部盆地 古环境分析中的应用

李任伟 李哲 王志珍 林大兴

(中国科学院地质研究所)

内容提要 本文不仅总结、还提出了新的用于沉积盆地古环境分析的分子化石指标。低的OEP或CPI值(如小于1),低的Pr/Ph值(如小于1),可以较可靠地指示还原环境。正烷烃中 $n-C_{22}$ 优势, C_{25} 规则类异戊二烯链烷烃和伽偶腊烷的高含量,以及强烈的植烷优势,可以指示高盐沉积环境。还讨论了指示古细菌活动及其它有机质来源的标志。

主题词 古环境 高盐 有机质来源 古细菌 强烈植烷优势 伽偶腊烷

第一作者简介 李任伟 男 47岁 副研究员 地球化学

“分子化石”是指那些来自生物遗体、具有一定的沉积学或古生物学意义的有机分子。虽然可能经历过成岩作用的变化,但常常仍保留从其生物先体那里继承来的分子结构。本文主要研究正构烷烃、类异戊二烯烷烃和甾萜烷烃。

一、正烷烃环境指标

1. 指示沉积物有机质和石油的来源

“盆生型”有机质来源于海盆或湖盆中的水生生物,其正构烷烃的特征是具有中等分子量范围($C_{12}-C_{20}$),并在此范围具有奇数碳正烷烃优势,如 $n-C_{15}$ 和 $n-C_{17}$ 。相反,“陆源型”有机质则来源于陆地高等植物,其正构烷烃的特征是分布在高分子量范围($C_{25}-C_{33}$ 以上),并在此范围具有奇数碳正烷烃优势。“微生物型”有机质特征是富含长链正构烷烃,富含异构和反异构烷烃,其碳数可延伸到 C_{40} 或 C_{50} (Tissot and Welt, 1984)。还可能存在一种介于“盆生型”和“陆源型”之间的“过渡类型”。从生长于沿岸水域(海或咸水)水草的烃类组成中,可以发现 C_{21} , C_{23} 和 C_{25} 正烷烃具有明显的优势(Hunt, 1979)。

在指示有机质来源的指标中,正烷烃是最经典的,用得最普遍,值得注意的一个例外是葡萄藻属(*Botryococcus*)。这种生活于淡水到半咸水的藻类主要具有高分子量的正烷烃: C_{29} 56%; C_{27} 28%; C_{33} 2%和 C_{17} 2%; (Hunt, 1979)。葡萄藻属是许多藻煤的主要有机质来源。

上述正烷烃指标已被用于苏北盆地和东濮盆地的环境分析（李任伟等，1986，b，1987）。图 1 列出了东濮盆地卫 20 井沙三段和文 15-1 井沙二段部分具代表性岩石的正烷烃碳数分布曲线。沙二段岩石的正烷烃为典型的“陆源型”。这种来源与沉积学的研究结论完全吻合——主要为河流—三角洲相环境。相反，东濮盆地沙三段主要为湖侵时期的盐湖相环境，结果反映在沉积物有机质类型上主要为“盆生型”的特征。

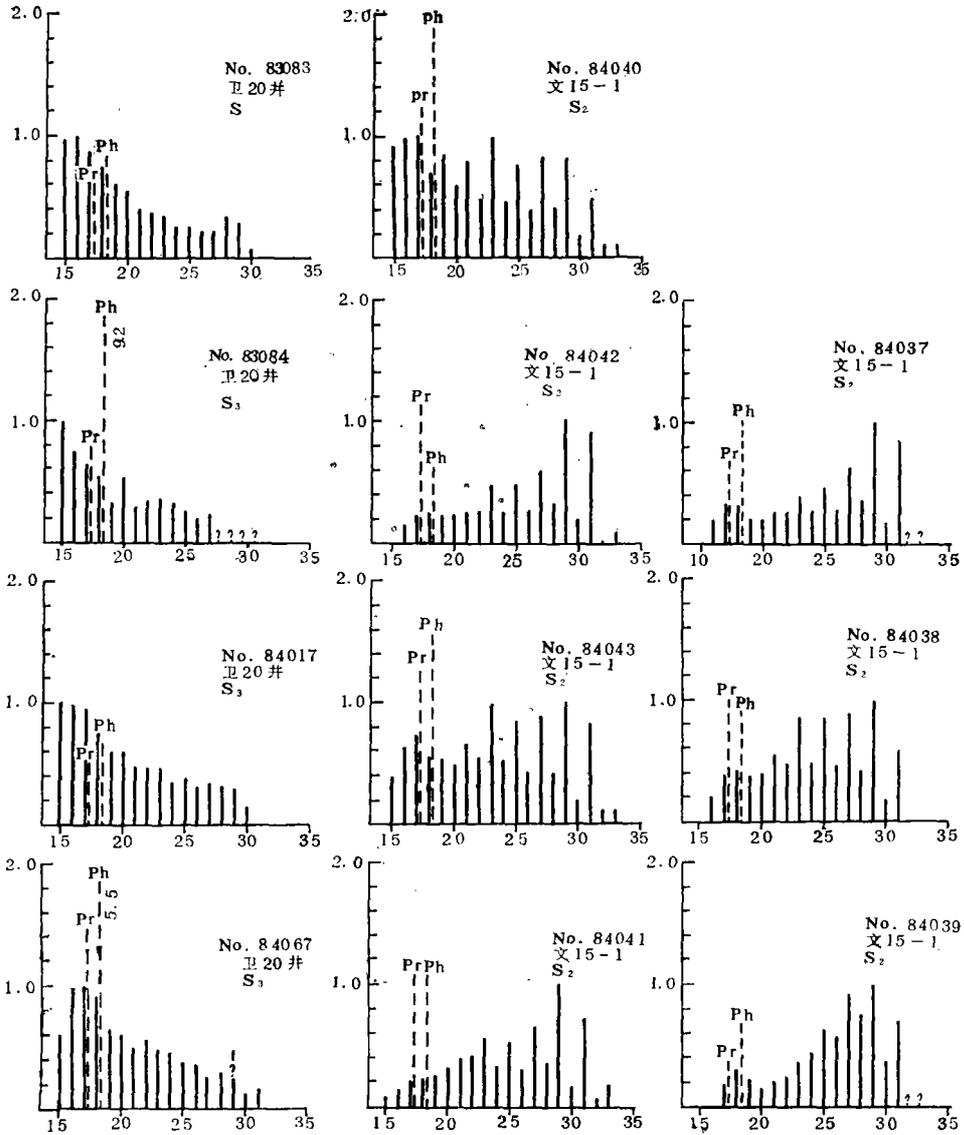


图 1 东濮盆地沙三段和沙二段者岩石正烷烃分布

Fig.1 N-alkane distributions in the rocks from the lower Tertiary Shahejie Group 3 and 2 (S3 and S2), Dongpu Basin.

“陆源型”有机质为主时常常指示河流、三角洲和盆地边缘相的环境；而“盆生型”有机质为主时则更多地指示盆地中心相和缺乏陆源物质的环境。

2. 偶数对奇数碳正烷烃优势 (OEP或CPI值小于1) 是还原—强还原环境的指标。国内外文献曾报道部分岩石和石油具有偶数碳正烷烃优势的特征。而且设想它们主要是在一个非常还原的环境下, 由脂肪酸和醇衍生而来。为了检验该项指标的适用性, 笔者把它和岩石中自生黄铁矿的含量进行对比, 结果总结于图2a。岩样取于东濮盆地卫20井等钻孔, 同时分析了正烷烃和含铁矿物相中黄铁矿铁的相对含量。黄铁矿铁的测定在穆斯堡尔光谱上进行, 以百分比表示。正烷烃的分析结果以CPI ($C_{16}-C_{26}$) 的形式表示。从图2可以发现二者间存在相当好的相关关系。特别是具有偶数碳正烷烃即 (CPI < 1) 的岩样全都有高的黄铁矿铁含量 (绝大多数样品的百分含量大于50%)。而且, 当岩样的CPI值越小, 黄铁矿铁含量越高时, 二者间的可比性愈好。上述研究表明, 偶数碳正烷烃优势可能是一个比较可靠指示氧化—还原环境的指标。例如, 在东濮盆地, 那些具有低CPI或OEP值 (如小于1) 的岩石和石油确实是在还原—强还原条件下形成的。

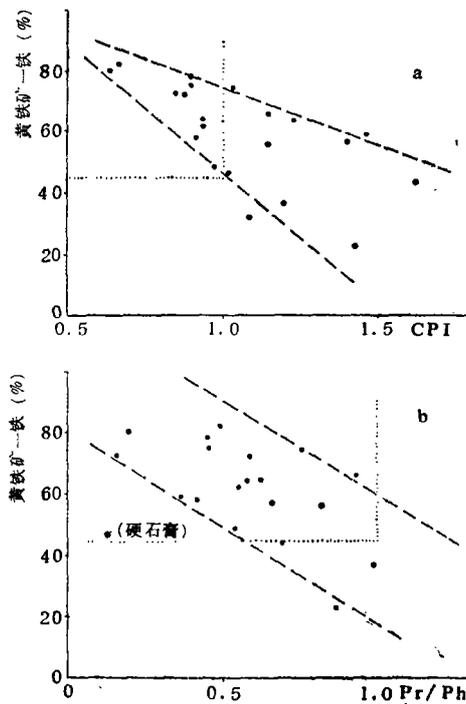


图2 沉积岩含铁矿物相中黄铁矿与CPI值 (a), 与pr/ph值 (b) 的相关关系

Fig.2 Correlativity of pyrite-Fe content in Fe-bearing minerals with CPI values(a), and with Pr/Ph ratios (b).

3. $n-C_{22}$ (正二十二烷) 优势的环境意义

不久前, Schenck (1986) 曾把 $n-C_{22}$ 优势列为高盐环境标志物。笔者发现中国东部沉积盆地部分岩样和原油中也具有 $n-C_{22}$ 烷优势 (图3)。并且, 在具有 $n-C_{22}$ 烷优势的样品中还发现了其它指示高盐环境的指标。如图3中文15—1井的岩样 (No. 84045—84047) 和濮60井的岩样 (No. 84054, 84055), 以及濮油-13等都具有强烈的植烷优势。(本文后面将要叙述, 强烈的植烷优势是一项比较可靠的指示高盐环境的

指标)。濮60井的样品(如No.84054—84055)含方沸石类矿物。而且No.84055富含石膏。笔者在苏北盆地阜二段中部的岩样中也发现 n - C_{22} 烷优势。已经证明苏北盆地阜二段中期为高盐的沉积环境(李任伟等, 1986, b)。

此外, 笔者还发现两个有意义的现象。一是蒸发岩不具有 n - C_{22} 优势, 如东濮盆地沙三段的No.84009, 84010和84016(图3)。另外, 东濮盆地濮60井沙一段的四个样品虽然都形成于高盐环境, 但从84052→84053→84054→84055, 它们的盐度可能是逐渐升高的。84052和84053富含方沸石类矿物, 具有强烈的植烷优势, 但不含石膏。

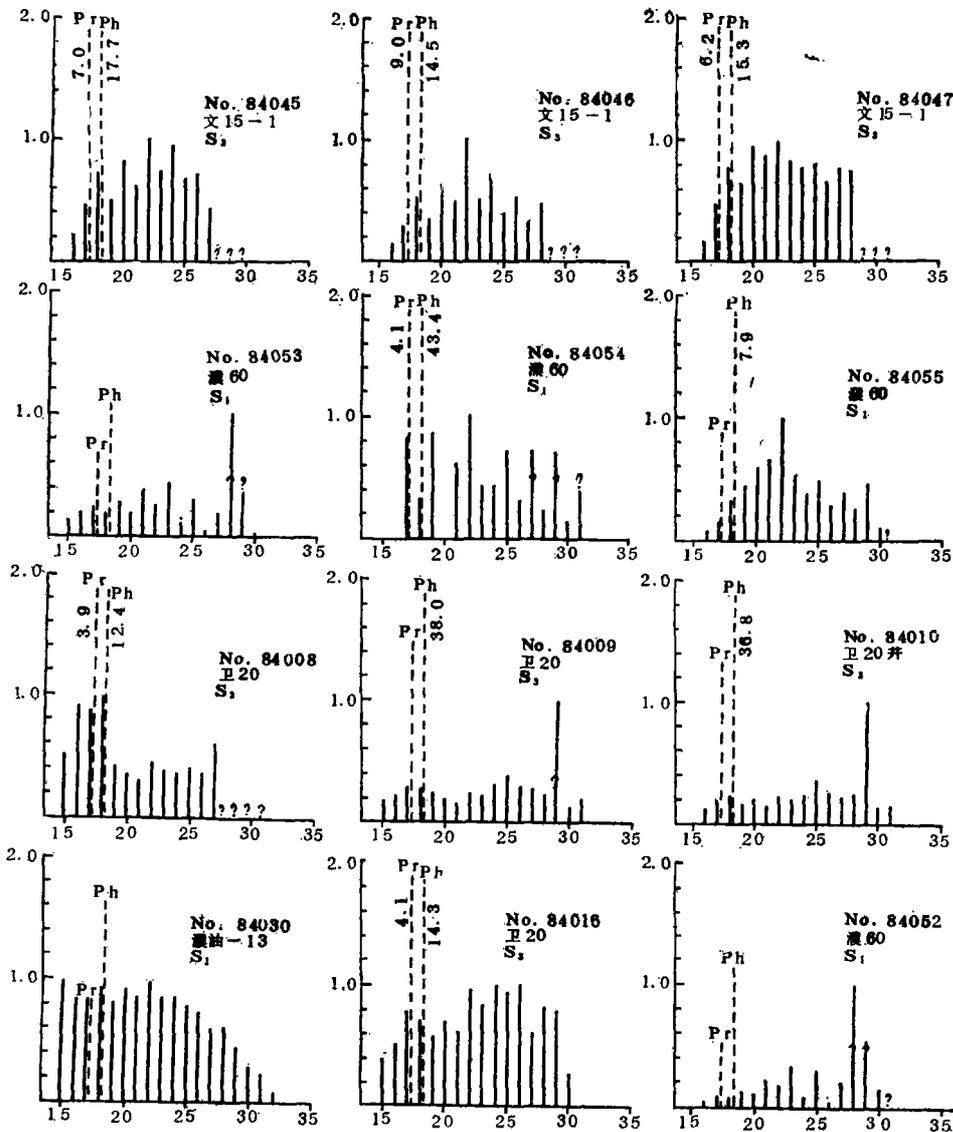


图3 东濮盆地岩石和原油正烷烃分布和 n - C_{22} 优势

Fig.3 N-alkane distributions and the n - C_{22} predominances in rocks and crude oils from Dongpu Basin,

而84054和84055不仅具有强烈的植烷优势(图3),而且84055富含石膏。在岩性剖面上也可以明显观察到从84052→84055,越来越接近沙一段下部的蒸发岩沉积。上述变化似乎已经反映到 $n-C_{22}$ 的分布特征上。盐度相对低的84052和84053不具有 $n-C_{22}$ 的优势,而盐度相对升高的84052和84055中则出现了明显的 $n-C_{22}$ 优势(图3)。这表明,似乎, $n-C_{22}$ 指示环境的意义局限于一定的高盐度范围。

4. 值得研究的一个正烷烃指标($n-C_{28}$ 优势)

在苏北盆地竹1井戴一段样品中, No.33和No.34正烷烃的主峰碳是 $n-C_{28}$ (李任伟等, 1986b)。在分析过的西藏的样品中,如晚白垩纪 T_5-107 ,侏罗—白垩的拉79-66都发现 $n-C_{28}$ 的优势(分析结果待发表)。No.33为泥灰岩, T_5-107 为有孔虫灰岩,拉79-66为硅质岩。国外文献中也有类似的现象。例如,一个在蒸发条件下沉积的灰岩具有 $n-C_{28}$ 优势(Waples, 1985)。对 $n-C_{28}$ 优势的意义及其来源研究得更少。Reed(1977)分析过Mono湖的硅藻(*Nitzschia* sp.),发现 $n-C_{28}$ 是正烷烃中的主要成分。Mono湖是一个山间湖泊,具有碳酸钠-重碳酸钠-氯化钠的化学组成,可能类似于沉积了绿河建造的那些始新世湖盆。

二、类异戊二烯烷烃环境指标

类异戊二烯烷烃特别是植烷和姥鲛烷是另一类在环境分析中容易广泛采用的类脂物。近年来对长链类异戊二烯烷烃的研究又获得重要进展,为环境研究提供了更加丰富的内容。

1. 古细菌分子化石

近年来,笔者对我国东部几个中、新生代陆相盆地岩石和原油中的类异戊二烯烷烃进行了系统地研究。除证实植烷优势在蒸发盆地沉积物和原油中具有普遍性,其主要来源为亲盐的古细菌,强烈的植烷具有明显的沉积学意义外(李任伟, 1986a),还发现在我国东部中、新生代盆地的岩石和石油中存在一个比较复杂的类异戊二烯烷烃系列,其来源也可能为古细菌。

迄今我国文献中有关类异戊二烯烷烃的报道和讨论似乎仅限于到 C_{20} (植烷)的范围。现在,笔者发现它们的碳数至少可能从 C_{15} — C_{30} 。其中, C_{30} 异戊二烯烷烃已经通过183特征碎片和用鱼鲨烷的共注射证实。对 C_{25} ,不仅获得了具有一定鉴定意义的质谱图,而且加上不同标准物的共注射,可以确定其结构为头对尾的类型。图4中包括两个样品。84009为东濮盆地沙三段的一个含泥硬石膏岩,84054为东濮盆地沙一段的一个泥白云岩。类异戊二烯烷烃在图中以黑色表示,并注以星号。除降姥鲛烷、姥鲛烷、植烷和头对尾结构的 C_{25} 烷外,其它的也可能具有头对尾的结构。84009样品中扫描数为238的峰可能为 C_{17} 。84054的类异戊二烯烷烃组成是很有意义的,具有头对尾结构的 C_{25} 含量很高,虽然低于植烷和姥鲛烷,但明显高于其它类异戊二烯烷烃,以及正构、异构烷烃和甾萜烷烃。东濮和苏北盆地岩石和原油中比较复杂的类异戊二烯烷烃系列反映了古细菌物质来源及其重要贡献。其实不仅在东濮和苏北盆地,而且在午阳盆地,甚至在松辽盆地的个别生油岩样品;在西藏中、新生代沉积的样品中,都发现可能存在比较复杂的

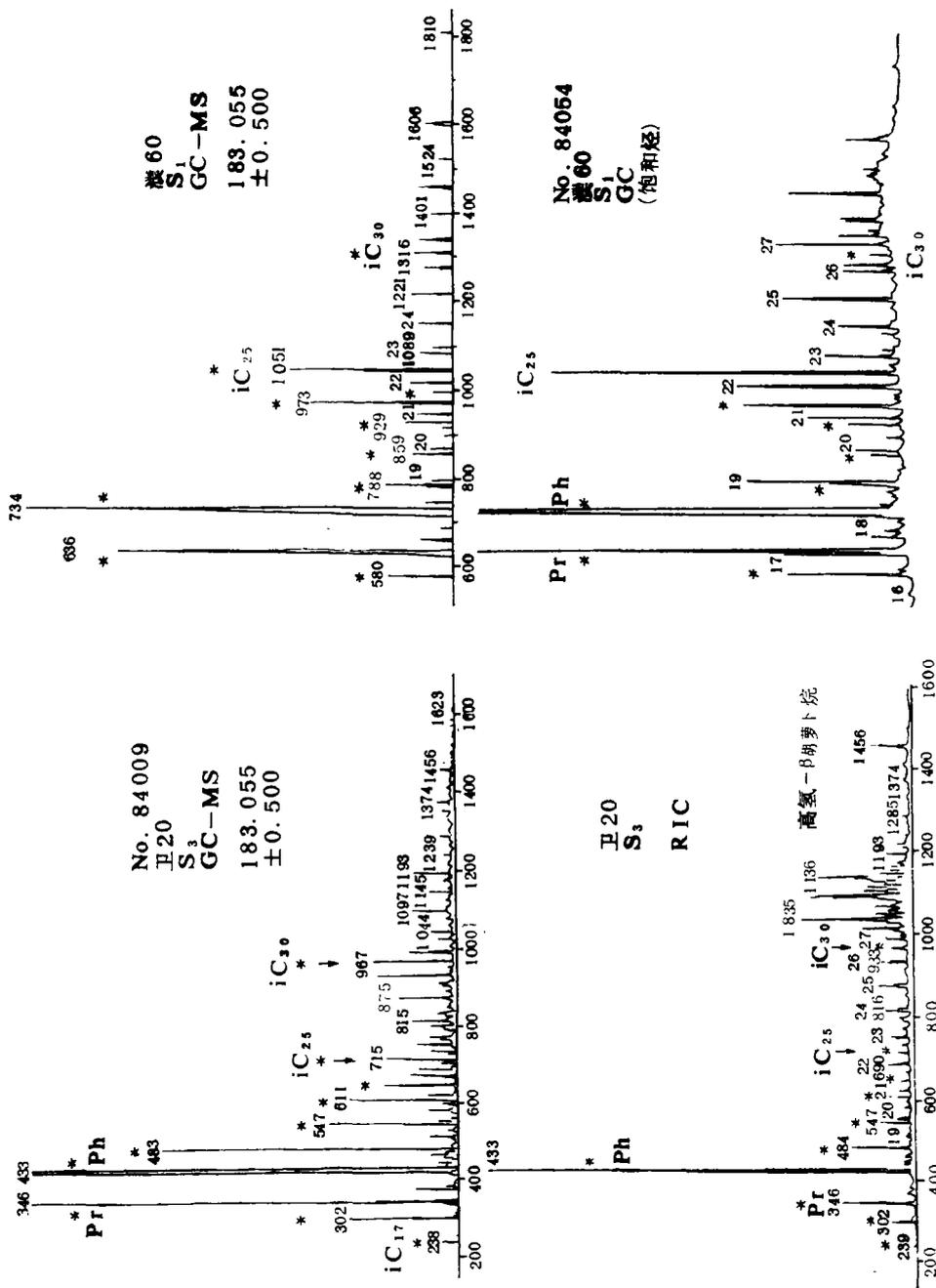


图 4 东濮盆地岩石中类异成二萜烷烃(以*号表示)
 Fig.4 Isoprenoid alkanes(*) in the rocks from Dongpu Basin.

类异戊二烯烷烃组成。

2. 氧化—还原指标 (Pr/Ph)

为了检验Pr/Ph比值在岩石中的适用性,笔者将它和岩石中自生黄铁矿的含量进行比较(图2b),结果发现二者间亦存在较好的相关性。随着Pr/Ph比值的增高,黄铁矿的百分含量降低。图中有两个现象值得讨论。一是Pr/Ph小于1的样品,其黄铁矿的含量几乎都大于50%。这个结果和偶数碳正烷烃中的观察完全吻合,即那些CPI<1的样品,其黄铁矿的含量也几乎都大于50%。三者间的吻合表明,Pr/Ph和CPI值为1,以及黄铁矿的含量约为50%的数值是一个有意义的界限:Pr/Ph和CPI值小于1,以及黄铁矿的含量大于约50%时,能比较可靠地指示一个还原的环境。另一个现象是发现个别样品显著偏离上述相关关系。其中最突出的是蒸发岩样品(图中用星号标出)。该样品的Pr/Ph值低至0.13,但黄铁矿含量仅为47%。从前面古细菌类脂物可以成为植烷重要来源的讨论,不难理解产生这种偏离的原因。为了正确运用Pr/Ph值,不但需要注意地质过程中的污染,而且还要注意古细菌(特别是亲盐的类型)这个可以产生植烷的因素。

在东濮盆地文15—1井沙二段岩心中,常可以观察到紫红和暗灰色之间的逐渐变化。从沉积学上解释,前者可能是在沉积或早期成岩作用时在氧化条件下发生,而后者则是在相对还原的条件下发生。为此,笔者选择了代表性样品进行对比研究,(图1)84043和48042)。84042为紫色泥岩,其Pr/Ph为1.74,而84043为暗色泥岩,其Pr/Ph为0.8。得到了和沉积学相同的结论。

3. 强烈植烷优势可以作为高盐度指标

植烷含量大大超过 nC_{18} 和Pr的含量,可以作为判断古高盐度环境的标准(李任伟,1986,a)。在东濮盆地硬石膏岩中,无例外都存在强烈的植烷优势。最近笔者对午阳盆地的研究,再次肯定了 this 特征(结果待发表)。此外,笔者还对东濮和苏北盆地具有强烈植烷优势的泥岩和碳酸盐岩进行了无机地球化学和矿物学的对比研究,发现这类岩石常常具有指示高盐沉积环境的元素组成和特征矿物。如含石膏、石盐以及盐湖环境中特征的方沸石等矿物。它们的可溶性钠含量也相对较高。相反,同样有意义的是不具上述沉积学特征的岩石,除少数例外,都未发现强烈的植烷优势。因而,强烈的植烷优势可以作为一个比较可靠的高盐度环境的指标。

很难完全用植醇在还原条件(甚至强还原条件)下产生植烷的机理来解释上述植烷分布的特征。而更合理的解释在于亲盐的古细菌。已经证明,亲盐菌细胞膜类脂物主要是二植烷甘油醇醚。而且,亲盐菌等是现代高盐环境,如大盐湖、死海等的主要生物类型。古细菌物质参加到沉积物有机质中,并在成岩作用过程中被降解,释放出大量植烷,结果形成了上述强烈的植烷优势。

4. C_{25} 规则类异戊二烯烷烃的环境意义

笔者曾指出 C_{25} 规则类异戊二烯烷烃(头对尾结构)普遍地产生于东濮等盆地。笔者还发现在高盐环境形成的岩石中,它有时还具有很高的丰度(图4,84054)。Waples(1974)在研究Oberrhein区Rhein地堑的第三纪沉积物时,也发现 C_{25} 规则类异戊二烯烷烃仅存在于高度咸化的沉积物中,设想可能代表一种为泻湖型咸化环境的生物标

记物。因此，对它的环境意义值得进一步系统的研究。

三、甾萜烷烃指标

1. 有机质和石油来源分析

Wolkman (1986) 在一篇评论中指出，高等植物中发现的甾醇不仅可以在海洋藻类中产生，而且有时还成为藻类的主要成分。他认为：古代沉积物和原油中高的 C_{29} 甾烷含量并不一定必然指示其有机质主要来源于维管植物。Grantham (1986) 在对阿曼原油的研究中发现，在 A 类原油中以 C_{29} 甾烷为主，不含或很少含重排甾烷，地质上的证据表明这类原油应从前寒武纪生油岩产生。但是前寒武纪时期并不存在陆地植物。因而他提出这类 C_{29} 甾烷的来源应当是藻类。这表明，虽然甾烷已经成为一类较好的指示有机质来源的指标，但在运用中仍需小心谨慎。

作为有机质来源指标的萜烷包括二萜类、五环三萜类如奥利烷、伽偶蜡烷和藿烷等。二萜类的存在可以指示陆源有机质的贡献。奥利烷作为陆源有机质的标志已在我国广泛使用。虽然在地衣、真菌、藻类和高等植物中有藿烷结构的五环三萜烷，但是在多数情况下该类化合物属细菌成因。现在，藿烷类化合物的主要来源属细菌的观点已被普遍采用。

2. 伽偶蜡烷的环境意义

笔者对东濮和苏北盆地岩石中伽偶蜡烷的分布特征和沉积环境的关系进行了比较系统的对比研究(图 5)。结果表明它在五环三萜烷中的高含量直接和从高盐环境下形成的岩石密切相关。12 和 24 为东濮盆地卫 20 井沙三段的含泥硬石膏岩，它们富含伽偶蜡烷。105 为该段的含膏泥岩，也富含它。17 和 40 是在高盐环境下形成的泥岩，42 是在高盐环境下形成的泥白云岩，它们所含的伽偶蜡烷在五环三萜烷中的比例都很高。25、27 和 112 也取自卫 20 井沙三段，但为相对淡化环境下形成的岩石。可以发现，在 27 中伽偶蜡烷的含量相对较低。而在 No. 25 和 112 中，它的含量更低。有意义的是：研究证明，25、27 和 112 还是在还原—强还原环境下形成的。25 的有机碳含量高达 7.94%，从含铁矿物分析，其黄铁矿铁含量达 74%，粘土 Fe^{2+} 为 26%。112 的铁也全部呈低价铁状态，黄铁矿铁为 64%，铁白云石铁为 23%，其余为 23%，其正烷烃的 ($C_{25}-C_{29}$) OEP ($C_{25}-C_{29}$) 为 0.81。27 具有卫 20 井沙三段最强烈的偶数碳正烷烃优势，其 OEP 低到 0.54，黄铁矿铁高达 82%。上述表明，氧化-还原条件对伽偶蜡烷的分布特征似乎没有重大的影响，而它相对高的含量可以更多地用作为高盐环境的指标。

伽偶蜡烷的来源迄今仍不完全清楚，曾设想它来自原生动物的四膜虫醇 (tetrahymanol)。现在，从它广泛分布于盐湖相环境，特别是在高盐环境形成的岩石中具有高含量的大量资料，还应当设想或者这类原生动物能在高盐环境下发育生长；但也可能存在另外一类适于高盐环境繁衍的生物，其类脂物的组成包含有类似伽偶蜡烷结构的组分。

将特征的甾萜烷分子指标用于古沉积环境分析仍处在迅速发展中。最近，Moldowan 等 (1985) 发展了一项新的指标，即用 C_{30} 甾烷可以区分海相和非海相环境沉积的生油岩所形成的原油。在对上述、以及其它分子指标的应用中，首先应强调多指标综合分析。而且，不仅需要尽可能使用分子化石指标本身，而且要注意和其它如元素地球化

学、同位素地球化学, 矿物岩石, 以及古生物的指标相对照。有机地球化学分析, 特别是甾萜类分析常常操作程序比较复杂, 费用较昂贵。但是对同一个样品常常能同时获得多种资料。因而多指标综合分析也恰好是有机地球化学方法的一个优点。当然, 在只能使用少数或单项指标的时候, 只要注意它们常常仅代表一种可能性, 其结果仍然具有参考价值。另外, 还需要注意成岩作用和其它后期地质作用改造的影响。有机分子对热作用是敏感的。在严重的风化淋滤, 以及生物降解过程中也可以发生显著变化。在环境分析研究中应尽量采用成熟度不高和其本身未遭受表生作用改造的样品。

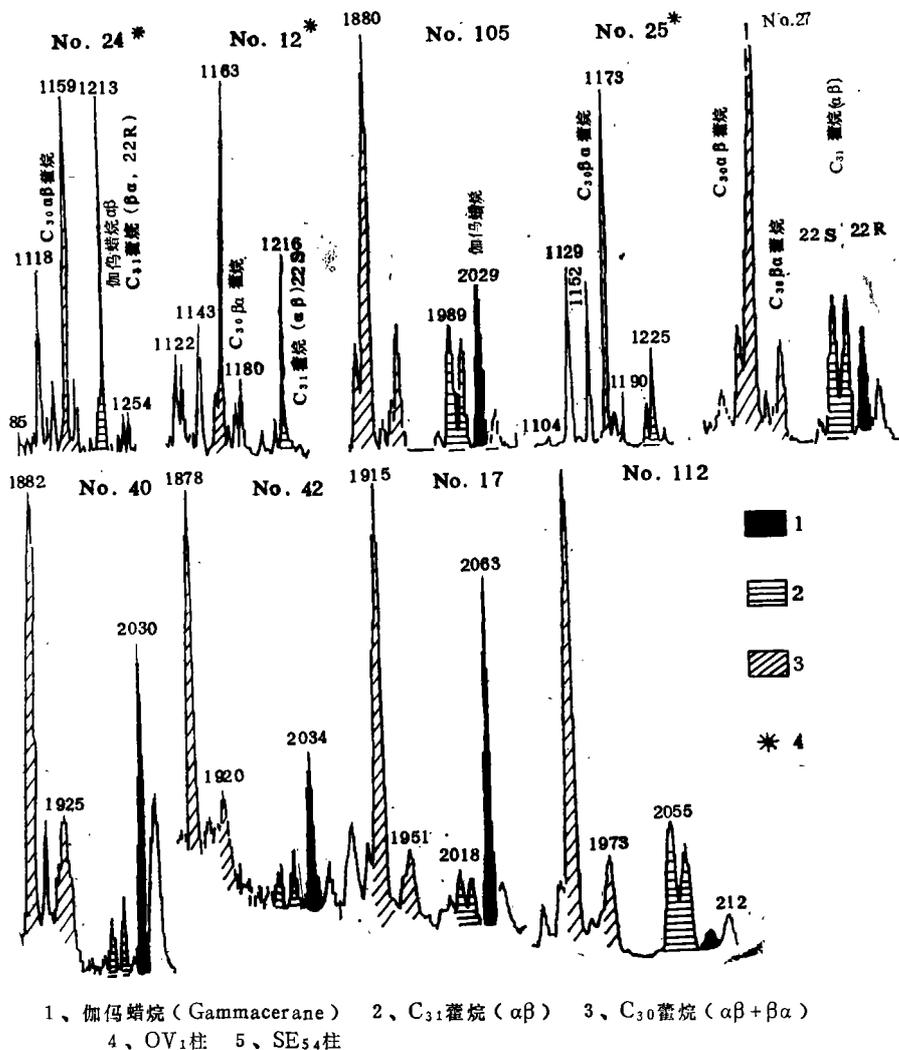


图5 东濮盆地第三纪岩石中伽玛蜡烷的分布

Fig.5 Gammacerane distribution in the Tertiary rocks from Dongpu Basin.

本文工作曾得到石油部, 中原油田以及中国科学院地学部的支持、J. Maxwell博士赠给 C_{25} 异戊二烯烷烃标准。在此表示感谢。

收稿日期 1987年4月25日

参 考 文 献

- 卢松年等, 1985, 石油与天然气地质, 1 期, 38—49 页。
- 史继杨等, 1986, 陆相沉积物和原油中的 β 胡萝卜烷和伽玛蜡烷, 有机地球化学论文集, 中科院地化所, 有机地化与沉积地化研究室主编, 科学出版社。
- 李任伟等, 1986a, 科学通报, 8 期, 604—607 页。
- 李任伟等, 1986b, 中国科学(B辑), 6 期, 648—655 页。
- 李任伟等, 1987, 地质科学, 2 期, 99—110 页。
- 傅家谟、盛国英, 1986, 中国主要含油气盆地沉积类型的有机地球化学特征, 有机地球化学论文集, 科学出版社。

USEING MOLECULAR FOSSIL INDICATORS FOR ANALYSIS OF PALEOENVIRONMENTS OF A SEDIMENTARY BASIN, IN EASTEN CHINA

Li Renwei Li Zhe Wang Zhizhen Lin Daxing

(Institute of Geology Academia Sinica, Beijing)

Abstract

In this paper, not only the already well known molecular fossil indicators have been summarized, but also some new ones are proposed for analysis of paleoenvironments of a sedimentary basin, and the adaptability of them for this is verified and reviewed.

Molecular fossils are biogenic molecules, coming from the remains of organism in sediments and being of a certain implication in sedimentology or/and paleontology. Although experienced changes in diagenesis, yet they keep the carbon skeleton inherited from their biological precursors. Only n-alkanes, isoprenoid hydrocarbons, steranes and terpanes are detailed in this paper.

1. Up to now, n-alkanes have been effective indicators of the source of organic matter in sedimentary rocks and crude oils. Generally, if the organic matter is made up mainly of the "terrigenous" type, it reflects a sedimentary environment of fluvial, or deltaic, or marginal facies in a basin. On the contrary, if the organic matter is made up mainly of the "autochthonous in basin" type, it reflects an environment of central basin facies or lacking terrigenous substances.

2. A preference of even over odd carbon number n-alkanes (i.e. OEP or CPI < 1) is an indicator of reducing-even strong reducing environments. It is shown, by a

systematic comparison of the contents of pyrite-Fe, a reductive authigenic mineral indicator, in Fe-containing minerals with the CPI of the rocks from the Lower Tertiary in Dongpu Basin, that there is a quite good correlation between them (Fig.2,a). For the samples with $CPI < 1$, their contents of pyrite-Fe in Fe-containing minerals all are over 50%. As the CPI values are getting smaller, the contents of pyrite-Fe higher; furthermore the correlation between them is much better. It is indicated by the comparison that the OEP or CPI indicator to reduction, even strong reduction would be adaptable to paleoenvironmental analysis, least in our cases.

3. A predominance of $n-C_{22}$ in n -alkanes may be an indicator of hypersaline environments. There are the predominances of $n-C_{22}$ in many rocks and crude oils formed in hypersaline environments from the lower Tertiary basins of Dongpu and Subei (Fig.3). However, the evaporites (Fig.3, No. 84009, 84010 and 84016) and, in a series of the rocks in an order of increasing salinity formed in hypersaline environments (Fig.3, from No. 84052 to 84055), No. 84052 and 84053 have no such a predominance, which shows that the $n-C_{22}$ predominance in n -alkanes may be an indicator of hypersalinity only within a certain range.

4. Isoprenoid alkanes such as C_{20} (phytane), C_{25} , C_{30} and C_{40} are the indicators of archaeobacteria activity. In the basins of Dongpu and Subei, as well as some of other Cenozoic and Mesozoic basins of China, strong predominances of phytane have been found, the content of Ph is several to tens times that both of Pr and $n-C_{18}$ in a rock. Such a strong predominance of phytane probably is a molecular indicator of extreme halophile archaeobacteria activity. The C_{18} - C_{30} , esp. the C_{25} , C_{17} etc. regular isoprenoid alkane have been found in the basins mentioned above (Fig.4). They may be a molecular indicator of the activities of thermoacidophiles or extreme halophiles.

5. Pr/Ph is an oxidation-reduction indicator. It is found, by a systematic comparison between the Pr/Ph and the contents of pyrite-Fe like section 2, that the Pr/Ph of the rocks from Dongpu Basin are < 1 if their contents of pyrite-Fe $> 50\%$ (Fig.2,b). Therefore, the Pr/Ph < 1 (like CPI < 1) reflects a reducing environment quite reliably. However, it should be careful in its application to the rocks formed in hypersaline environments.

6. A strong predominance of phytane may be an indicator of hypersaline environments. It has been found indeed that all the evaporites and most of the rocks formed in hypersaline environments as well, from basins of Dongpu, Subei etc. have the strong predominance of phytane ($Ph \gg n-C_{18}$ and $Ph \gg Pr$). On the contrary, generally, there is no such a predominance in the rocks formed under relatively freshening conditions.

7. A relatively high abundance of C_{25} regular isoprenoid alkane was already found in rocks formed in hypersaline environments. The similar cases have been seen in our samples (in Fig.4, e.g. No. 84054). Therefore it is worth to further study whether it can be used as an indicator of hypersaline environments.

8. The regular steranes, as indicators of sources of organic matter in rocks and crude oils, have been widely applied. However, one needs care to use because the C_{29} sterane can be originated not only from vascular plants, but also from algae substantially.

9. It has been found, by comparison of the distributions of gammacerane with the sedimentary environments (Fig.5), that its high abundances in pentacyclic triterpanes are intimately connected with the evaporites (e.g. No.12 and 24) and the rocks formed in hypersaline environments (e.g. No.17, 40, 42 and 105). The No. 25, 27 and 112 in Fig.5 were formed under reducing-strong reducing conditions. However their contents of gammacerane are relatively lower. The high contents of gamma-gammacerane in pentacyclic triterpanes may be an indicator of hypersaline environments.

Uses of specific steroid and terpenoid hydrocarbons as indicators for analysis of paleoenvironments are still in rapid progress. Recently, Moldowan et al. (1985) found that the presence of C_{30} steranes in oils is a definitive indicator of a contribution to the source from marine-derived organic matter.

There would be limitations when molecular fossil indicators are applied to the analysis of paleoenvironments. Therefore, combined utilization of various indicators, even including inorganic ones, should be emphasized. In addition, factors such as the maturity of organic matter, the hydrogeological actions, the contamination of samples etc. should be considered as well.

The molecular indicators described above have been used for the analysis of paleoenvironments of the basins of Dongpu and Subei. The results obtained are quite satisfactory.