

福建石炭-二叠系界线层的分子化石 及其地层意义*

李玉林

(福州大学地质采矿工程系)

一、前言

分子化石又称化学化石或生物标志化合物,它是表示地质体中检测到的、与天然生物体中某些已知化合物的结构有着广泛成因联系的一类有机化合物。如果说传统的古生物化石是反映古生物体骨骼结构及其形态特征的话,那么分子化石则是表示这些生物体内部某些标志物质的化学结构类型,并在一定程度上代表了古生物群演化的最特征的“指纹”,可以从总体上反映古生物群的性质及其有机体内部的化学组成和结构特征,蕴含着丰富的地层学信息。因此,分子化石同样具有重要的地层学意义和广阔的地层应用前景。

分子化石的地层学意义及其在地层学上的应用研究始于1978年,虽然此后国内外学者对分子化石的地层学意义做了许多有意义的探讨和研究,但在应用方面,目前仍局限在地层剖面间的简单对比,而没有涉及到地层界线划分这类问题。为了探讨分子化石在这方面的应用及意义,本文应用有机地球化学方法和分子地层学的基本原理,对福建龙岩中甲经洋石炭-二叠系界线层附近地层中的分子化石进行了较系统的分析对比,并在此基础上讨论了福建石炭-二叠系界线的划分。

二、实验

1. 抽提和分离

将全岩岩样粉碎至120目以下,在YS-全自动搅拌抽提仪中用氯仿在70℃恒温条件下连续萃取8小时。然后,用TLC Mesh柱层析方法(李玉林,1987)对氯仿沥青“A”中正己烷可溶部分的抽提物作族组分分离,并收集饱和烃馏分和芳烃馏分,供分子化石的分析鉴定。

2. 实验条件

本文各项实验的操作程序及分析实验条件均按照部颁的有机地球化学分析实验规范进行。气相色谱分析是在Hewlett-Packard 5834A型气相色谱仪上完成,柱长9.7m,固定液OV101,石英毛细管柱。色-质分析是在无锡石油地质中心实验室Finnigan Mat 4021C型GC-MS-DC系统上完成的。仪器实验条件列于表I。

3. 分子化石的鉴定

分子化石的结构分析是采用单离子检测和多离子检测相结合的方法进行的。其中,饱和烃类(烷烃和类异戊二烯烃等)的结构根据色谱保留值与部分标样对比确认。藿烷型五环三萜

* 国家自然科学基金资助项目成果之一。

表 I 色-质分析实验条件
Experimental conditions for the analysis of GC-MS

实 验 条 件	色 谱	载 气 初 温 分流比	He 90℃ 1:30	流 量 升温速率 分离器温	1.02ml/min 4℃/min 280℃	进样器温 终 温 进样杆温	350℃ 290℃ 280℃	固定液 进样量	甲基硅酮型 μl
	质 谱	分辨率 加速电压 扫描速度	500 3KV M/s	离子源温 倍增电压 进样方式	250℃ 2.5KV GC/MS	发射电流 电离方式 进样温度	0.5mA EI ℃	电子能量 滤波器 反应气	70eV 1000HZ
	计 算 机	文件名 量程开关 每峰采样点	6C86130C OFF 8	校正表名 质谱量程 滤波器开关	JAN21F2 80 ON	质量范围 阈 值 采集谱数	51—500 5	扫描间隔 扫描速度	0.7sec 1.9sec/dec

烷系列分子化石的结构分析采用 m/e191 为特征离子;补身烷和其他三环二萜烷采用 m/e123 为特征离子;甾烷类分子化石采用 m/e217 为特征离子。它们的结构均根据色谱保留值、质谱棒图和可靠的参考资料对比确认。其中,三环二萜类分子化石的详细结构有待进一步研究确定。

三、分子化石的分布

福建石炭-二叠系界线层附近出露的地层自下而上有中甲阶、马平阶和高地阶。本文从中鉴定出分子化石的结构近 60 种。它们分别隶属于烷烃类、类异戊二烯烃类、甾烷类和萜烷类等四大类分子化石。现将各类分子化石的组成及分布特征介绍如下:

1. 烷烃类

烷烃类是研究和应用最为广泛的一类分子化石,它们广泛分布于各类生物体中。因此,在古代地层和近代沉积物中都有广泛的分布,并具有天然的连续碳数分布性质。本文检测到的烷烃类分子化石的组成和分布特征如插图 1 所示,其连续碳数分布范围大约是 C₁₄—C₃₇。但是,不同碳数烷烃的相对丰度在地层剖面的不同层段差别较大。由图中可见,中甲阶具有明显的低碳数组合特征,高含量的烷烃分子主要分布于 C₁₅—C₁₈ 之间,而高碳数烷烃含量较低,正烷烃轻组分和重组分之比值(即 $\sum C_{20}^+ / \sum C_{20}^-$) 大于 2.7;而马平阶中 C₂₀ 以上的相对高碳数正烷烃的相对丰度较 C₂₀ 前的轻组分有明显增加,正烷烃轻组分和重组分之比值为 0.64,并且其色谱图有双峰型显示;高地阶正烷烃的高碳数组合特点更为明显,高含量的烷烃分子分布在 C₂₅—C₃₄ 之间,正烷烃轻重组分之比值仅为 0.36,并且与马平阶一样,主峰碳数均位于 C₂₉。根据 Brassell 等(1978)研究和总结的结果,烷烃类分子化石的组成和分布特征表明中甲阶的生物体主要是远洋的水生生物,特别是藻类;而马平阶含有较多的陆源高等植物成分;到了高地阶,这种陆源高等植物成分已占绝对优势。因此,烷烃类分子化石的分布所反映的地层剖面演化过程是一个明显的海退序列,而海退发生的时间可能是中甲期晚期至马平期。这一结论与岩性地层剖面基本上是一致的。

2. 类异戊二烯烃类

这是一类具有规则甲基支链的饱和烃,在它们的分子结构中,每隔三个碳链就有一个甲基侧链,构成不同碳数的一系列化合物。按照它们头尾连接方式,可以有三种类型,即头-尾连接型、头-头连接型和尾-尾连接型。但本文检测到的类异戊二烯烃类分子化石主要是具有头对尾连接形式的规则类异戊二烯烃,即植烷和姥鲛烷(插图 1),其他类异戊二烯烃类分子化石很少

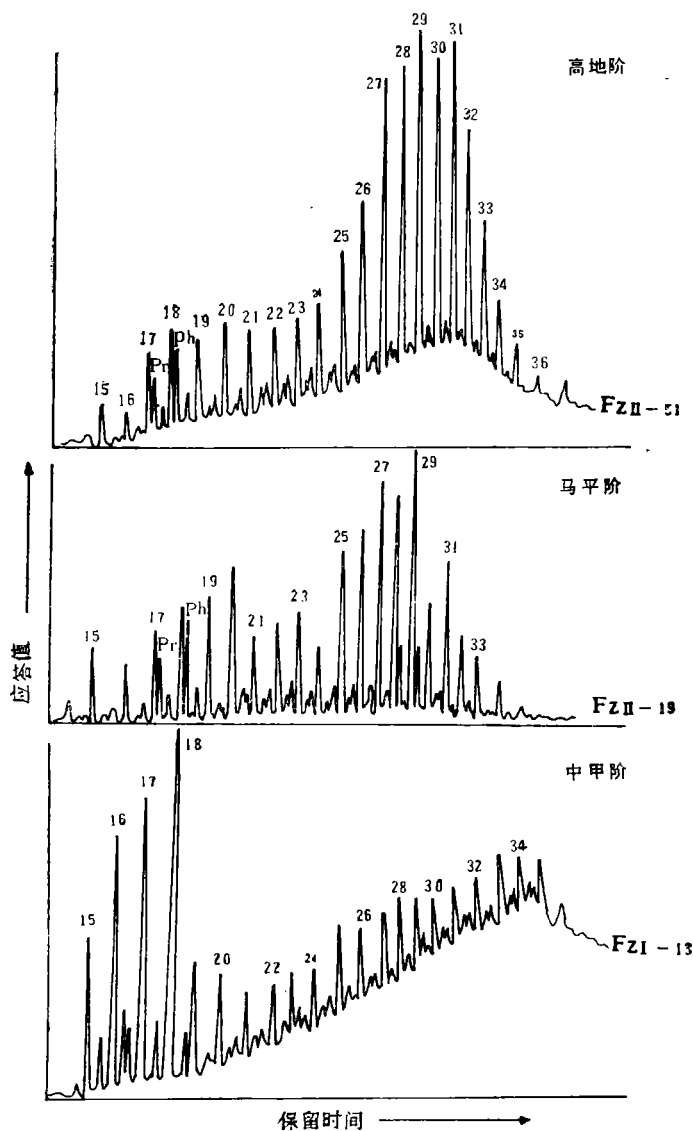


插图 1 饱和烃馏分气相色谱图

Gas chromatograms of saturated hydrocarbon fraction

1. 编号的峰是相对应的正烷烃; 2. Pr 和 Ph 分别表示姥鲛烷和植烷。

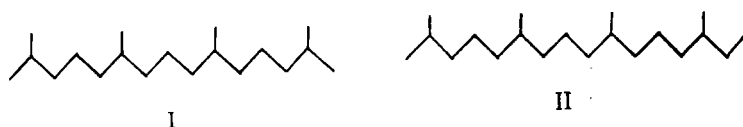


插图 2 姥鲛烷(I)和植烷(II)的结构

Structures of pristane (I) and phytane (II)

发现,故未予鉴定和讨论。如插图 1 所示,植烷和姥鲛烷在所测地层剖面中首次出现于马平阶并一直延续到高地阶,而在下部中甲阶没有任何显示。一般认为,姥鲛烷(I)和植烷(II)的前身物主要是由叶绿素上植基降解来的(插图 2)。因此,这两个化合物一直被作为绿色植物的特

征化石而应用于分子地层学的研究。由此可见,本区大量的绿色植物的出现可能是从马平阶开始并一直延续到高地阶。而在中甲阶,这些绿色植物并没有得到显示。同时要特别指出,马平阶和高地阶中的姥植比值(即 Pr/Ph 值)十分相似,均为 0.4 左右。而一般都认为如果一个样品的 $Pr/Ph < 1$, 则很可能是形成于较为还原的环境。反之, $Pr/Ph > 1$ 则形成于氧化环境。由此可见,马平阶和高地阶的沉积环境十分相似,均为还原环境。

3. 甾烷类

据报道 (Mackenzie *et al.*, 1982; Philp,1984), 活的生物体中没有发现甾烷,甾烷是进入到沉积物中的原始生物甾醇经过还原作用而形成的。在甾醇转变成甾烷这一转化过程的早期阶段,在各种微生物和化学反应作用下,甾醇将首先转变成地球化学性质不稳定的中间产物——甾烯。随后,经异构化反应或在适当条件下,由于催化重排作用而形成重排甾烯。最后,这些不饱和化合物由于还原作用而生成甾烷(III)和重排甾烷(IV)(插图 3)。由于重排甾烷在所测地层剖面中的相对含量很低,且地层学意义尚不明确,故在本文不予详细讨论。

在所测地层剖面上,甾烷类分子化石的分布特征示于插图 4, 图中主要峰号的甾烷分子结构鉴定结果列于表 II。由图中可见,中甲阶的甾烷分布图与马平阶和高地阶的有很大的差别,而马平阶和高地阶之间在甾烷组成和分布特征上则有很大的相似性。 妊甾烷(V)系列分子

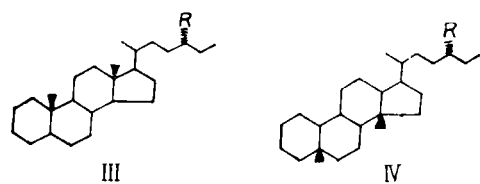


插图 3 甾烷(III)和重排甾烷(IV)的结构
Structures of sterane (III) and diasterane (IV)

表 II m/e217 质量碎片色谱图结构鉴定
Structural identification for m/e217 mass fragmentogram

峰 号	分 子 式	化 合 物 名 称
1	C ₂₁ H ₃₆	5β(H), 14a(H) 妊甾烷
2	C ₂₁ H ₃₆	5a(H), 14β(H) 妊甾烷
3	C ₂₂ H ₃₈	4-甲基妊甾烷
4	C ₂₂ H ₃₈	4-甲基妊甾烷
5	C ₂₇ H ₄₈	5a(H), 14a(H), 17a(H)-20S-胆甾烷
6	C ₂₇ H ₄₈	5a(H), 14β(H), 17β(H)-20R-胆甾烷
7	C ₂₇ H ₄₈	5a(H), 14β(H), 17β(H)-20S-胆甾烷
8	C ₂₇ H ₄₈	5a(H), 14a(H), 17a(H)-20R-胆甾烷
9	C ₂₈ H ₅₀	5a(H), 14a(H), 17a(H)-20S-24-甲基-胆甾烷
10	C ₂₈ H ₅₀	5a(H), 14β(H), 17β(H)-20R-24-甲基-胆甾烷
11	C ₂₈ H ₅₀	5a(H), 14β(H), 17β(H)-20S-24-甲基-胆甾烷
12	C ₂₈ H ₅₀	5a(H), 14a(H), 17a(H)-20R-24-甲基-胆甾烷
13	C ₂₉ H ₅₂	5a(H), 14a(H), 17a(H)-20S-24-乙基-胆甾烷
14	C ₂₉ H ₅₂	5a(H), 14β(H), 17β(H)-20R-24-乙基-胆甾烷
15	C ₂₉ H ₅₂	5d(H), 14β(H), 17β(H)-20S-24-乙基-胆甾烷
16	C ₂₉ H ₅₂	5a(H), 14a(H), 17a(H)-20R-24-乙基-胆甾烷

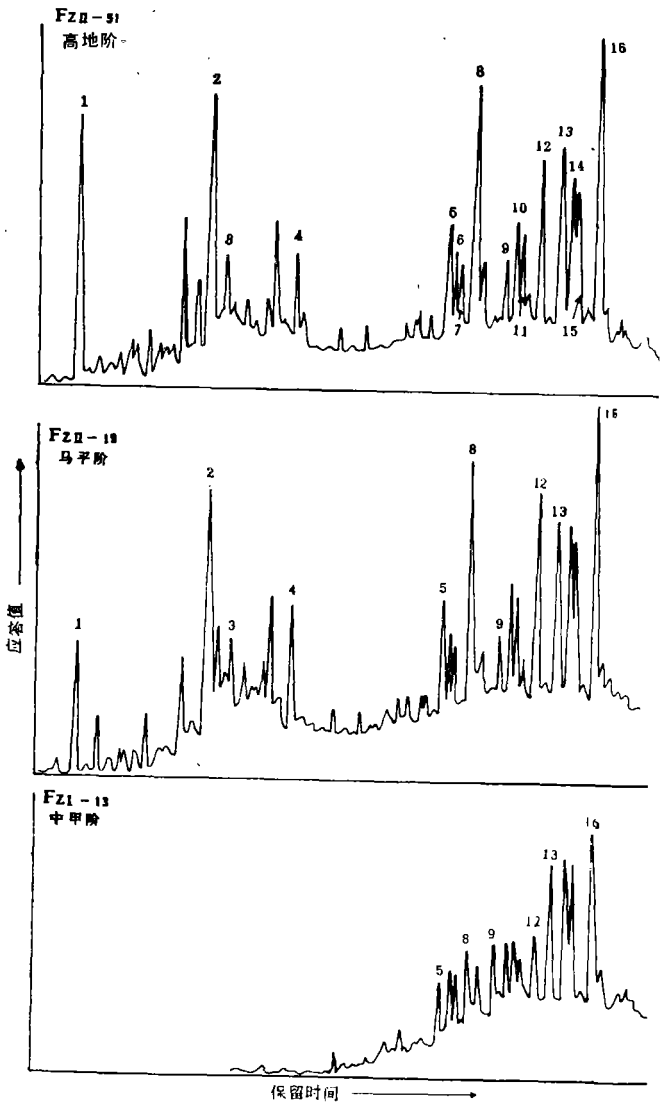


插图 4 $m/e217$ 质量色谱图
 $m/e217$ mass fragmentograms

化石(峰 1—4) 仅在马平阶和高地阶普遍存在,而在中甲阶没有发现此类分子化石。虽然甾烷的生物成因和先体来源尚待证明,但可以认为它们在马平阶和高地阶的出现与藻类,特别是葛万藻和裸海松藻的繁盛有关。据镜下观察和郭智勇等(1986)报道*,葛万藻和裸海松藻在马平阶和高地阶各层段都有发现,并且在局部层段可富集形成藻滩,而在中甲阶则很少发现有此类藻体存在。胆甾烷(VI) 虽然在所测地层剖面上的各个层段。都有发现,但其相对丰度的变化很明显。马平阶和高地阶均有相对高含量的 C_{27} 胆甾烷(峰 5—8, VI R = H), C_{27} 胆甾烷和 C_{29} 胆甾烷(峰 13—16, VI R = C_2H_5) 的比值大于 0.9; 而中甲阶 C_{27} 胆甾烷相对含量较低, C_{27} 胆甾烷和 C_{29} 胆甾烷的比值约 0.42。一般认为 C_{27} 胆甾烷主要是藻类来源,而 C_{29} 胆甾烷则

* 郭智勇, 1986: 福建龙岩中甲统洋晚石炭世-早二叠世藻类及其地层学意义。硕士论文(未刊)。

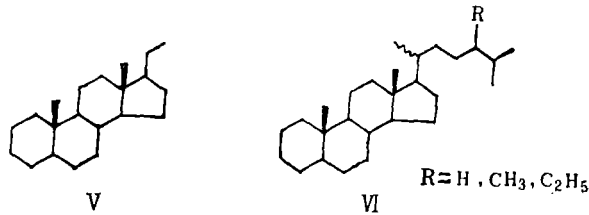


插图5 甾甾烷(V)和胆甾烷(VI)的结构
Structures of pregnane (V) and cholestane (VI)

主要是高等植物来源。因此,可以认为中甲阶与马平阶和高地阶之间在甾烷类的分布特征上的明显差别主要与藻类在马平阶和高地阶发育并繁盛有关。此外,对比 C_{29} 胆甾烷的分子结构指纹参数特征还可以发现,马平阶和高地阶都有较明显的 $\alpha\alpha\alpha$ 构型较 $\alpha\beta\beta$ 构型优势;而中甲阶这种优势较弱。 $20R$ 构型相对于 $20S$ 构型的优势也有类似的变化。目前研究表明,随着成熟度的增加,甾烷分子结构中的各种异构体将发生相互转化,使 $20R$ 向 $20S$ 或 $14\alpha(H)$ 、 $17\alpha(H)$ 向 $14\beta(H)$ 、 $17\beta(H)$ 转化,直到平衡。由此可见,中甲阶和马平阶或高地阶之间在有机质成岩热演化史方面也有明显差别,中甲阶的有机质成熟度比马平阶或高地阶都要高一些。

4. 萜烷类

这类分子化石就其结构而言是一类环状类异戊二烯烃。地质体中这类分子化石,特别是其中的藿烷型五环三萜烷系列分子化石的发现和结构鉴定曾引起分子古生物学家的广泛重视,目前关于这类分子化石的成因和生物先体来源的报道很多(Ourisson *et al.*, 1979; Aquino Neto, 1983),不再引述。本文检测到的萜类分子化石主要有补身烷(倍半萜类)、二萜烷(VII)、三环萜烷(VIII)、四环萜烷(IX)和藿烷型五环三萜烷(X)。但因缺少适当的标样和可靠的对比参考资料,二萜烷和三环萜烷尚难清楚区分开来。所以,将这两类分子化石暂且统称为三环二萜烷。各类分子化石在所测的地层剖面上的分布特征示于插图7,图中主要峰号的萜烷分子结构的鉴定结果列于表III。由图中可见,补身烷只在中甲阶出现;马平阶和高地阶缺少这种分子化石,但代之出现了 C_{20} — C_{26} 的三环二萜烷和四环萜烷系列分子化石。而后者在中甲阶只出现 C_{19} 和 C_{20} , 并有局部脱氢芳构化现象。虽然补身烷的前身物尚待证明,但中甲阶只有补身烷和 C_{19} 、 C_{20} 脱氢三环萜烷分子化石,而缺失了三环二萜烷和四环萜烷系列分子化石的现象似乎同样表明中甲阶的生物群主要是远洋的水生生物,缺少陆源植物成分。相反,马平阶和高地阶缺失补身烷和脱氢三环萜烷,但却含有较丰富的三环二萜烷和四环萜烷的现象则说明在马平阶和高地阶的生物群组成成分或有机质来源中,陆源高等植物成分已大大增加并占明显优势。因为目前普遍认为二萜类和四环萜烷主要是陆源高等植物来源;而三环萜烷则主要来源于微生物或藻类体(Philp, 1984)。

藿烷型五环三萜烷几乎存在于所有地质环境和各种地质体中。在所测剖面的各个层段也都有发现。由于这类分子化石的来源和分布的广泛性,所以,其地层学意义主要在于其分子结构指纹参数特征而不在于其本身含量的变化。由插图7可见,中甲阶 $18\alpha(H)$ -三降藿烷(T_s , 峰15)的相对浓度明显低于 $17\alpha(H)$ -三降藿烷(T_m , 峰16), T_m/T_s 值大于1;而马平阶和高地阶则相反,它们的 T_m/T_s 值都小于1,分别为0.86和0.83。一般认为 T_s 是来源指标,其浓度不受成熟度影响,而 T_m 是次生萜烷,其相对浓度随着成熟度的增加而增大。由此可见,中甲阶的有机质成熟度明显高于马平阶和高地阶,而马平阶和高地阶的有机质成熟度差别不甚

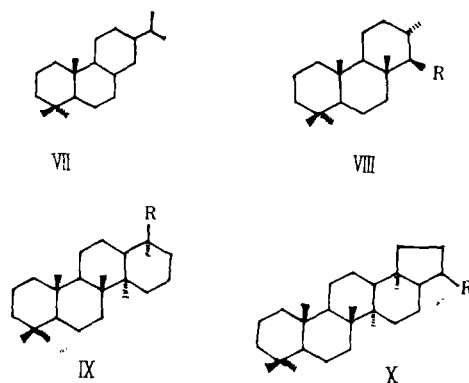


插图 6 二萜烷(VII)、三萜烷(VIII)、四环萜烷(IX)和藿烷型五环三萜烷(X)结构
Structures of diterpenoid (VII), tricyclic terpane (VIII), tetracyclic terpane (IX) and hopane-type triterpane (X)

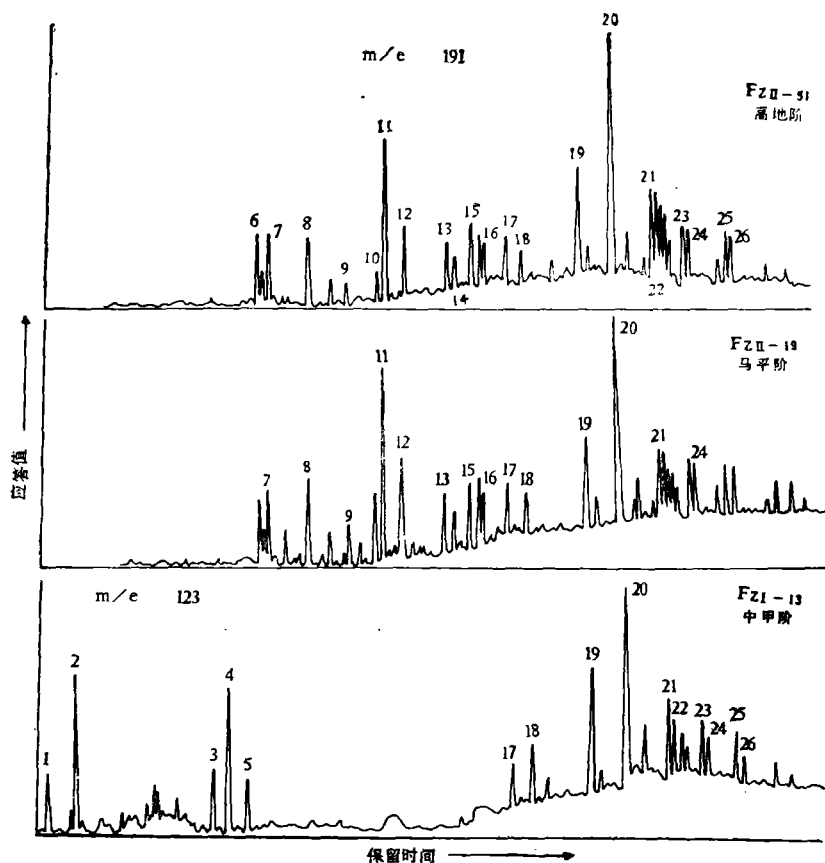


插图 7 m/e 123 和 m/e 191 质量色谱图
 m/e 123 and m/e 191 mass fragmentograms

明显。此外, C_{31} -藿烷结构中 22S 和 22R 两个差向异构体相对浓度的变化同样也都证明了这一点。中甲阶中 C_{31} -藿烷 22S 构型和 22R 构型的比值为 1.43, 接近它们的平衡值 1.5, 而马平阶和高地阶中的相应比值分别为 1.2 和 1.15。而一般认为天然产出的藿烷类前体物 C-22 位上具有 R 构型, 随着样品成熟度增加, C-22 位上的立体化学特征将向生成热力学更稳定的藿

表 III 图 3 主要峰号萜烷结构鉴定
Structural identification of major terpanes in Fig.3

峰 号	分 子 式	化 合 物 名 称
1	C ₁₅ H ₂₈	补身烷
2	C ₁₆ H ₃₀	升补身烷
3	C ₁₉ H ₃₈	脱氢三环萜烷
4	C ₁₉ H ₃₈	脱氢三环萜烷
5	C ₂₀ H ₄₀	脱氢三环萜烷
6	C ₂₀ H ₃₈	三环二萜烷
7	C ₂₀ H ₃₈	三环二萜烷
8	C ₂₁ H ₄₀	三环二萜烷
9	C ₂₂ H ₄₂	三环二萜烷
10	C ₂₂ H ₄₀	四环萜烷
11	C ₂₃ H ₄₄	三环二萜烷
12	C ₂₄ H ₄₆	三环二萜烷
13	C ₂₃ H ₄₆	四环萜烷
14	C ₂₃ H ₄₆	三环二萜烷
15	C ₂₄ H ₄₈	四环萜烷
16	C ₂₆ H ₄₈	三环二萜烷
17	C ₂₇ H ₄₆	18a(H)-22, 29, 30-三降藿烷 (Ts)
18	C ₂₇ H ₄₆	17a(H)-22, 29, 30-三降藿烷 (Tm)
19	C ₂₉ H ₅₀	17a(H), 21β(H)-21-乙基-30-降藿烷
20	C ₃₀ H ₅₂	17a(H), 21β(H)-21-异丙基藿烷
21	C ₃₁ H ₅₄	17a(H), 21β(H)-22S-21-异丁基升藿烷
22	C ₃₁ H ₅₄	17a(H), 21β(H)-22R-21-异丁基升藿烷
23	C ₃₂ H ₅₆	17a(H), 21β(H)-22S-21-异戊基藿烷
24	C ₃₂ H ₅₆	17a(H), 21β(H)-22R-21-异戊基藿烷

烷转化,即原始的 22R 构型将向热力学更稳定的 22S 构型转化。因此,中甲阶与马平阶和高地阶之间在有机质成岩热演化史方面的差异是明显的,这一点也为 C₂₉-胆甾烷分子结构指纹特征所证实。

四、石炭-二叠系界线划分

我国石炭-二叠系界线划分与欧美、日本和苏联等都不一致,地层古生物学家提出了许多划分方案,以䗴类化石为例,目前已提出的界线划分方案已有 6 种。

本文根据分子化石的研究结果,就福建石炭-二叠系界线划分问题讨论如下。

由前面关于分子化石分布特征的讨论,可以看到中甲阶的常见分子,如 C₁₅-和 C₁₆-补身烷系列分子化石以及 C₁₉-和 C₂₀-脱氢三环萜烷在马平阶和高地阶均已完全消失,代之出现了更高碳数 (C₂₀—C₂₆) 的三环二萜烷和四环萜烷,以及 C₂₁-和 C₂₂-妊甾烷、植烷和姥鲛烷等一些新的分子化石。此外,在烷烃类分子化石组成方面,中甲阶具有明显的低碳数组特征 (ΣC₂₀/ΣC₂₀₊ 值大于 2),但进入马平阶和高地阶,则演变为明显的高碳数组组合 (ΣC₂₀/ΣC₂₀₊ 值均小于 0.5)。C₂₇-胆甾烷和 C₂₉-胆甾烷的相对浓度比值在中甲阶和马平阶之间也有明显的差别,而马平阶和高地阶之间的差异很不明显(插图 8)。所有这些都清楚地表明中甲阶与马平阶、高地阶之间在生物群面貌或有机质来源方面有重大差异。中甲阶中主要以远洋的水生生物来

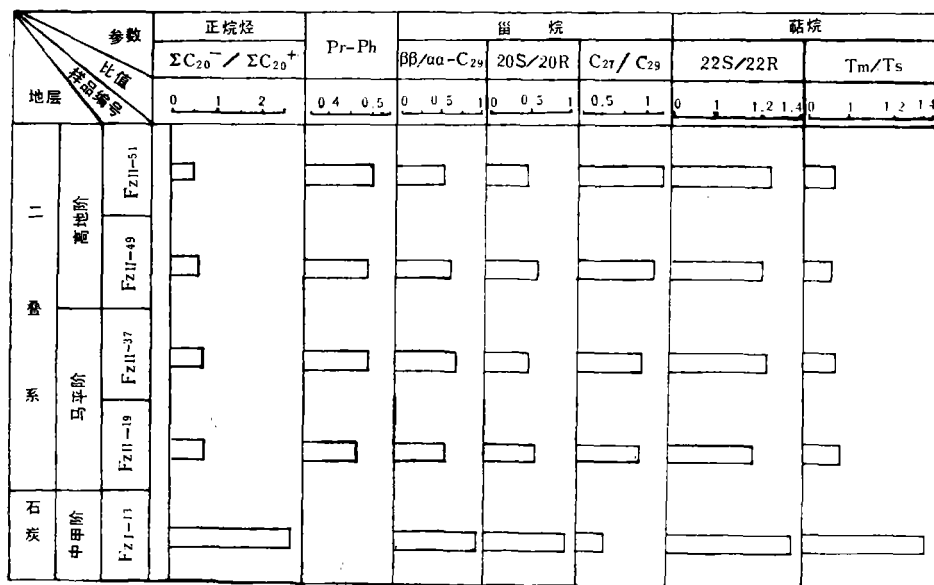


插图 8 分子参数在福建石炭-二叠系界线层中的分布
Distribution of molecular Parameters in the boundary beds

源为主,基本上不含陆源高等植物成分;而马平阶和高地阶则含有相当丰富的陆源高等植物成分。在有机质成岩热演化方面,中甲阶与马平阶之间也有显著差异。由插图 8 可见,中甲阶的 20S/20R、Tm/Ts 以及 22S/22R 值都明显高于马平阶,并有明显跃变现象,但马平阶和高地阶这些分子结构指纹参数特征基本相同,没有明显差别。这表明从中甲阶到马平阶沉积有机质的成岩热演化作用有一个跃变过程,而马平阶和高地阶的有机质成岩热演化史基本上是相似的。

总之,中甲阶与马平阶之间在分子化石组成和结构指纹参数特征等方面都存在明显的差异;而马平阶和高地阶在这些方面,乃至由 Pr/Ph 值所显示的沉积环境氧化还原条件方面都有很大的相似性。据此,本文认为福建石炭-二叠系界线应当位于中甲阶(相当于麦鎗带)和马平阶(相当于广义的假希瓦格鎗带)之间,即把马平阶(或 *Pseudoschwagerina* 带)划归下二叠统。这一结论与骆金铨等提出的福建石炭-二叠系界线位于珊瑚 *Nephelophyllum-Pseudotri-* *mania* 序列和 *Kepingophyllum* 序列之间的意见基本上是一致的。

参 考 文 献

- 李玉林,1987: 高效快速层析法——TLC Mesh 柱层析。石油实验地质, 10(1): 67—70。
 菲尔谱 R. P. 著(傅家谟,盛国英译),1987: 化石燃料生物标志物——应用与谱图。科学出版社。
 傅家谟,盛国英、陈德玉,1985: 茂名油页岩中生物输入的标志化合物。地球化学, (2): 99—114。
 Brassell, S. C., Eglinton, G., Maxwell, J. R. and Philp, R. P., 1978: Natural background of alkanes in the aquatic environment. Aquatic Pollutants, Pergamon Press, Oxford, pp. 69—86。
 Mackenzie, A. S., Brassell, S. C., Eglinton, G. and Maxwell, J. R., 1982: Chemical fossils. The geological fate of steroids. Science, 217: 491—504。
 Philp, R. P., 1984: Biological markers in fossil fuel production. Mass Spec. Revs., 4: 1—54。
 Michaelis, W. and Albrecht, P., 1979: Molecular fossils of archaebacteria in kerogen. Naturwissenschaften, 66: 420—421。
 Chappe, B., 1980: Molecular fossils of archaebacteria as selective degradation products of kerogen. In Douglas, A.

- G. and Maxwell, J. R. (eds.): *Advances in Organic Geochemistry* 1979, pp. 265—274. Pergamon Press, London.
- Ourisson, G., Albrecht, P. and Rohmer, M., 1979: The hopanoids-palaeochemistry and biochemistry of group of natural products. *Pure and Appl. Chemistry*, **51**: 709—729.
- Aquino Neto, F. R. *et al.*, 1982: Novel tricyclic terpanes (C_{19} — C_{20}) in sediments and petroleum. *Tet. Letts.*, **23**: 2027—2030.
- *et al.*, 1983: Occurrence and formation of tricyclic and tetracyclic terpanes in sediments and petroleum. In M. Bjoroy *et al.* (eds.): *Advances in Organic Geochemistry* 1981, pp. 659—667. Wiley and Sons, London.

[1990年1月8日收到]

MOLECULAR FOSSILS FROM CARBONIFEROUS-PERMIAN BOUNDARY STRATA IN FUJIAN AND THEIR STRATIGRAPHIC SIGNIFICANCE

Li Yu-lin

(Department of Geology and Mining Engineering, Fuzhou University,

Summary

This paper makes an investigation into the constitution and distribution of molecular fossils from the beds near the Carboniferous-Permian boundary in Fujian, using the method of organic geochemistry, with discussion on the significance of these molecular fossils according to the basic principle of molecular stratigraphy. Four kinds of molecular fossils have been found in these beds, namely normal hydrocarbons, isoprenoid hydrocarbons, steranes and terpanes. In constitution and distribution, these molecular fossils in Zhongjian differ greatly from those in Mapingian or in Gaodian. In Zhongjian, for example, the constituent of n-hydrocarbons comprises mainly the n-hydrocarbons with a smaller carbon-number (C_{15} — C_{18}), but in Mapingian or in Gaodian, with a greater carbon-number (C_{23} — C_{33}). In Zhongjian, the main peak of n-hydrocarbons lies at n-heptadecane (n - C_{17}) but in Mapingian or in Gaodian, it lies at n-nonacosane (n - C_{29}). Furthermore, in Mapingian and Gaodian, the common molecular fossils in Zhongjian have disappeared, such as C_{18} - and C_{19} -tonicane, C_{19} - and C_{20} -dehydrogenational tricyclic terpanes, with the rise of some novel molecular fossils, such as pristane, phytane, C_{21} - and C_{22} -pregnane, C_{20} -tricyclic diterpane and C_{21} — C_{28} -extended tricyclic diterpanes, indicating that the mutation in the evolution and appearance of the biological kingdom in this area have taken place in the strata from Zhongjian to Mapingian. Hence the writer suggests that the Carboniferous-Permian boundary in Fujian should be placed at the base of Mapingian; such an opinion is also supported by coral study (Luo Jin-ding, 1989, in press)