

m/e191藿烷和m/e217甾烷 在松辽盆地南部原油和生油岩中的应用

岳洪礼

(地质矿产部石油地质综合大队101队)

地质体中(沉积物和原油)存在着大量的甾烷和五环三萜烷(萜类)等生物标记化合物。由于这些化合物在成岩过程中具有相对的稳定性,因此根据其各成岩阶段所反映的演化特征,将为我们探讨生油岩的母质类型、成熟度、原油对比和油气运移途径等提供了可靠的信息。本文主要根据m/e217甾烷、m/e191藿烷所反映的特征¹⁾,对松辽盆地南部白垩系下统青山口组生油岩和高台子、扶余油层原油的类型、成熟度以及油气运移等进行研究,现简述如下。

一 参 数 选 取

图1为甾烷(m/e217)和藿烷(m/e191)质量色谱图(主峰编号与表1化合物名称对应)。

藿烷

Tm/Ts代表三降藿烷的两个生物标志。其中17 α H-22,29,30-三降藿烷(Tm)/18 α H-22,29,30-三降藿烷Ⅱ(Ts)比值反映成岩阶段的演化程度,由浅到深,比值由大到小,成熟度愈高,比值愈小。这一规律反映18 α H-22,29,30-三降藿烷Ⅱ形成于石油成岩作用早期,进一步论证了在温度、压力、时间作用下22-羟基萜草烷的演化(图2)²⁾,表现Tm降解阻力小于Ts,为确定油源提供可靠的标志参数。

17 α H,21 β H-30-升藿烷(22S)/17 α H,21 β H-30-升藿烷(22R)比值(以下参数表简写为22S/22S+22R),表示藿烷系列化合物的两个镜像对应体,随着演化程度的增加,22R向22S转化,其比值由小到大。用于反映生油岩和原油的成熟度,在萜类化合物中是比较理想的生物标志参数。

甾烷

地质体中由于温度、压力、时间的作用,14 α H/17 α H型容易转化为14 β H/17 β H型。天然甾烷主要是R型,经过演化有一部份转化为S型。因此,S型甾烷/R型甾烷比值,能反

1)地质矿产部石油地质综合大队提供。

2)引自江汉石油学院石油地质研究室,有机地球化学文集,1982年第1期。

化合物名称对照表

表1

编号	化 合 物 名 称	
1-6	重排甾烷	
7	5βH-胆甾烷	5β-C ₂₇
8	5αH-胆甾烷	5α-C ₂₇
9	5βH-24-甲基胆甾烷	5β+14β-C ₂₈
10	5αH-24-甲基胆甾烷	5α-C ₂₈
11	24-乙基胆甾烷立体异构体	5α-C ₂₉ (20S)
12	5βH-24-乙基胆甾烷	5β+14β-C ₂₉
13	5αH-24-乙基胆甾烷	5α-C ₂₉ (20R)
1(Ts)	18αH-22,29,30-三降藿烷Ⅱ	18αH-C ₂₇
2(Tm)	17αH-22,29,30-三降藿烷	17αH-C ₂₇
3	17αH,21βH-30-降藿烷	17αH-C ₂₉
4	17βH,21αH-30-降藿烷	17βH-C ₂₉
5	17αH,21βH-藿烷	17αH,21βH-C ₃₀
6	17βH,21αH-藿烷	17βH,21αH-C ₃₀
7	22S-17αH,21βH-30-升藿烷	17αH,21βH-C ₃₁ (22S)
8	22R-17αH,21βH-30-升藿烷	17αH,21βH-C ₃₁ (22R)
9		17βH-C ₃₁
10	22S-17αH,21βH-双升藿烷	17αH,21βH-C ₃₂ (22S)
11	22R-17αH,21βH-双升藿烷	17αH,21βH-C ₃₂ (22R)
12	22S-17αH,21βH-三升藿烷	17αH,21βH-C ₃₃ (22S)
13	22R-17αH,21βH-三升藿烷	17αH,21βH-C ₃₃ (22R)

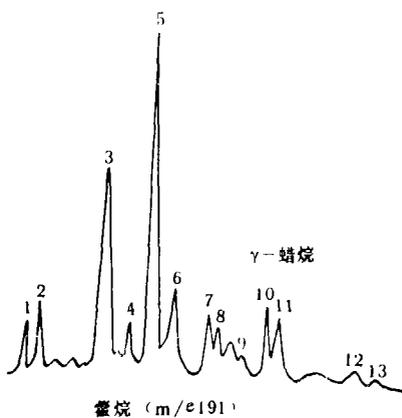
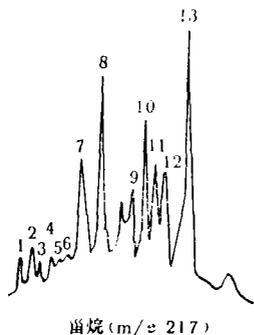


图1 m/e217和m/e191质量色
谱图
(峰号与表1编号对应)

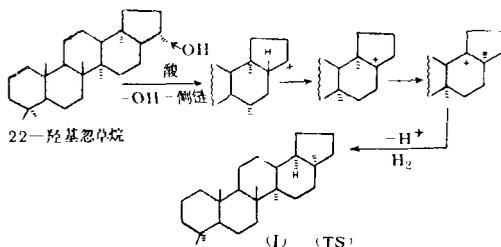


图2 18α(H)-22,29,30-三降忽草烷Ⅰ图

映有机质演化程。选取甾烷的内分布标志参数有6个:

- (1) 5 β H—胆甾烷/5 α H—胆甾烷, 简写5 β -C₂₇/5 α -C₂₇, 谱图编号为7/8(以下同);
- (2) 5 β H—24—甲基胆甾烷/5 α H—24—甲基胆甾烷, 5 β +14 β -C₂₉/5 α -C₂₉, 9/10;
- (3) 5 β H—24—乙基胆甾烷/5 α H—24—乙基胆甾烷, 5 β +14 β -C₂₉/5 α -C₂₉(20R), 12/13;
- (4) 5 α H—24—甲基胆甾烷/24—乙基胆甾烷立体异构体, 5 α -C₂₈/5 α -C₂₉(20S), 10/11;
- (5) 24—乙基胆甾烷立体异构体/5 α H—24—乙基胆甾烷, 5 α -C₂₈(20S)/5 α -C₂₉(20R), 11/13;
- (6) 5 α H—24—甲基胆甾烷+5 α H—24—乙基胆甾烷/24—乙基胆甾烷立体异构体+5 β H—24—乙基胆甾烷, 5 α -C₂₈+5 α -C₂₉(20R)/(5 α -C₂₉(20S)+5 β +14 β -C₂₉), 10+13/11+12。

由于干酪根在破坏时释放出重排甾烷, 随着成熟度增加, 释放出的重排甾烷增加, 故选用重排甾烷/5 α -C₂₇₊₂₈₊₂₉(谱图编号为1-6/8+10+11)。

在油源相同的地区, 选用5 β +14 β -C₂₈/5 α -C₂₈和5 β H—甾烷(包括5 β -C₂₇₊₂₈₊₂₉)/17 α H, 21 β H—藿烷作为油气运移参数, 随着运移途径增加其比值增加。

根据所选参数, 列松辽盆地南部青山口组生油岩甾烷、藿烷的内分布参数为表2和高台子、扶余油层藿烷、甾烷的内分布参数为表3。

二 母 质 类 型

甾烷、藿烷系列化合物前身都是生物体中的自然成份。松南现有m/e191和m/e217质量色谱图中9m/e191 r—蜡烷相对强度反映母质类型比较理想, r—蜡烷存于原生质微型动物中, 它在沉积物中占据多寡, 反映原生母质的优劣。本文对青山口组(k₁qn²⁺³6个样本, k₁qn¹8个样本)14块样本统计中, 以r—蜡烷相对强度占m/e191质量色谱总强度的百分数为分类依据, 大于5%为腐泥型(I), 4—5%为混合型(II), 小于4%为腐植型(III)。这种分类与松南青山口组干酪根分类(形态鉴定、元素组成、电镜扫描)和岩石生油势分类基本吻合, 详见表4。

三 成 熟 度 标 志

由表2、3参数1、2、4、6、7、8、9、10看出, 原油的成熟度>生油岩成熟度、扶余油层的成熟度>高台子油层的成熟度、K₁qn¹生油岩成熟度>K₁qn²⁺³成熟度, 各层段成熟度由浅到深演化程度逐渐增加。

图3反映了K₁qn²⁺³、K₁qn²生油岩的演化程度, m/e217质量谱图的分子级峰11、12的相对强度由浅到深增加, 对应分子峰10、13则递减。

松辽盆南部青山口组生油岩藿烷、甾烷的内分布参数表 表2

层位	井号	井深 (米)	m/e191		m/e217									
			T _m	T _s	5β-甾烷	5β-C ₂₇	5β+14β-C ₂₈	5α-C ₂₈	5α-C ₂₉	5α-C ₂₈ , α-C ₂₉	5α-C ₂₉	5α-C ₂₈ +C ₂₉	重排甾烷	
青山口组二段	前32	437.5			17αH-藿烷	5α-C ₂₇	5α-C ₂₈	5α-C ₂₉	5α-C ₂₉	5α-C ₂₈	5α-C ₂₉	5α-C ₂₈ +C ₂₉	5α-C ₂₇ +2β+2γ	
	松基4	972	2.0	0.556	3.4	0.318	0.33	0.28	0.42	0.46	0.53	1.76	0.32	
	海2	1732	1.5	0.563	4.8	0.667	0.64	0.67	0.85	0.72	1.16	0.31		
	乾深9	2126	0.6	0.6	8.0	0.667	1.0	0.89	0.86	0.78	1.0	0.52		
青山口组一段	松南3	2296	0.5	0.538	11.8	0.667	1.0	0.81	0.74	0.72	1.0	0.33		
	平均值		1.15	0.564	7	0.54	0.69	0.61	1.54	0.58	1.73	0.37		
	扶中165	365	1.8	0.375	2.9	0.292	0.26	0.24	4.5	0.12	4.28			
	木31	759.8	2.5	0.543	2.1	0.511	0.35	0.28	2.0	0.36	2.7	0.2		
青山口组一段	朝2	876	2.0	0.538	3.9	0.4	0.67	0.31	1.5	0.34	2.3			
	木18	1018	1.7	0.513	4.5	0.542	0.58	0.54	1.7	0.54	1.8	0.35		
	松南1	1298	2.3	0.556	9.9	1.034	1.0	0.63	0.6	0.66	1.08	0.39		
	弧6	1545.5	0.8	0.571	11.0	0.929	1.25	1.05	0.2	1.8	0.49	0.43		
平均值	红16	1549.2	1.3	0.571	12.0	0.677	1.07	0.77	0.6	0.71	0.98	0.41		
	平均值		1.77	0.52	6.6	0.626	0.74	0.55	1.59	0.65	1.95	0.72		
参	数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

表3 松辽盆地南部高台子、扶余油层藿烷、甾烷的内分布参数表

油层	井号	井深 (米)	m/e191		m/e217											
			T _m	5β-甾烷	5β-C ₂₇	5β+14-C ₂₈	5β+14β-C ₂₉	5α-C ₂₈	5α-C ₂₉	5α-C ₂₉ (20S)	5α-C ₂₈ +C ₂₉ (20R)	5α-C ₂₉ (20S)	5α-C ₂₉ (20R)	5α-C ₂₉ (20S)	5α-C ₂₉ (20R)	重排甾烷
			Ts	17αH-藿烷	5α-C ₂₇	α-C ₂₉	5α-C ₂₉ (20R)	5α-C ₂₉ (20S)	5α-C ₂₉ (20R)	5α-C ₂₉ (20S)	5α-C ₂₉ (20R)	5α-C ₂₉ (20S)	5α-C ₂₉ (20R)	5α-C ₂₉ (20S)	5α-C ₂₉ (20R)	5α-C ₂₇ +28 +29
G	新197	1027-1930	0.25	0.53	21	0.74	1.39	0.93	0.65	0.74	0.89	0.55				
	大4	1700-1930	0.57	0.53	13.8	0.57	1.14	0.89	0.82	0.65	1.0	0.49				
	乾深5	1742.6- 1765.6	1.0	0.55	8.4	0.71	2.0	0.9	0.44	0.8	0.79	0.62				
	乾102	1820.8	0.46	0.55	12.6	0.52	1.58	1.17	0.63	0.8	0.77	0.57				
	平均	值	0.57	0.54	13.95	0.52	1.53	0.97	0.64	0.75	0.86	0.56				
F	扶深50	366.4- 452.8	1.0	0.55	10	0.75	1.07	1.04	0.71	0.84	0.85	0.5				
	扶西15	377-434	0.75	0.57	13	0.81	1.46	1.14	0.57	0.79	0.75	0.63				
	扶中152	464.6	0.5	0.57	10.2	0.76	1.5	0.95	0.56	0.86	0.82	0.47				
	扶东82	439	0.67	0.58	14.5	0.64	1.31	1.0	0.57	0.92	0.79	0.38				
	长8	935-990	1.0	0.54	12.8	0.7	0.87	0.73	0.71	0.7	1.05	0.29				
	乾101	1696	0.8	0.57	17.5	0.65	1.75	1.07	0.52	0.85	0.75	0.5				
	新197	1227-1198	0.5	0.57	11.67	0.85	1.29	1.07	0.47	1.07	0.7	0.37				
	召1	1709.4	0.5	0.5	13.67	0.72	1.63	0.94	0.57	0.88	0.83	0.58				
	乾深8	1714	0.75	0.59	9.3	0.75	1.42	0.96	0.57	0.95	0.83	0.44				
	乾102	2322.77	0.83	0.58	14.2	0.61	1.11	0.94	0.76	0.78	0.93	0.34				
平均	值	0.73	0.56	12.7	0.72	1.34	0.99	0.6	0.86	0.83	0.45					
参	数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					

注: Δ为该层段油砂样

松南青山口组生油岩母质类型m/e191r—蜡烷分类表

表 4

井号	层位	井深 (米)	干 酪 根 分 类			岩石 生油势	综合分类	m/e191 r—蜡烷分类
			形态鉴定	元素组成	电镜扫描			
松基4	K ₁ qn ²⁺³	972	I	I			I	II
乾101	”	1492.47						II
海2	”	1732						I
乾深9	”	1869	II	II	II	III	II	
乾深9	”	2126						I
英3	”	2131.5	I				I	I
松南3	”	2296	I	I	I	II	II	II
扶中165	K ₁ qn ¹	365						I
扶中152	”	381.5	I	I		I	I	
木34	”	759.8	I	I	I		I	I
朝2	”	876	I	I			I	I
木18	”	1018 —1033	I	I		I	I	I
松南1	”	1229.1 —1298	II	II			II	II
孤6	”	1531 —1545.5	I	I	I		I	I
红16	”	1549 —1549.2	I	I	I	II	I	II
乾101	”	1580.9	I	I	I		I	I

备注： 1.干酪根、生油势综合分类引自地质矿产部石油地质综合大队、吉林石油会战指挥部，松辽盆地南部下白垩系下统下部含油组合油气远景储量预测，1982.10。
2. I—腐泥型 II—混合型 III—腐植型

根据图4曲线趋势基本上能确定K₁qn²⁺³生油门限深度大约在1300米左右，K₁qn¹生油门限深度大约在1100米左右。

图5反映三种煤牌号在m/e217质量色谱图中的曲线变化。与成岩作用、油气演化对比、褐煤属早期成岩作用、未成熟阶段的产物；气肥煤属成油高峰阶段；无烟煤属晚期成岩作用，油气演化为CH₄干气。当分析未成熟—低成熟—过成熟各参数时，以表5对照是比较理想的，尤其是参数8、9。如表2 K₁qn²⁺³海2井，介于褐煤和气煤肥之间，说明海2井埋现深1732米生油岩已进入油气演化成熟阶段。K₁qn¹松南1井1298米生油岩同样属于此阶段。

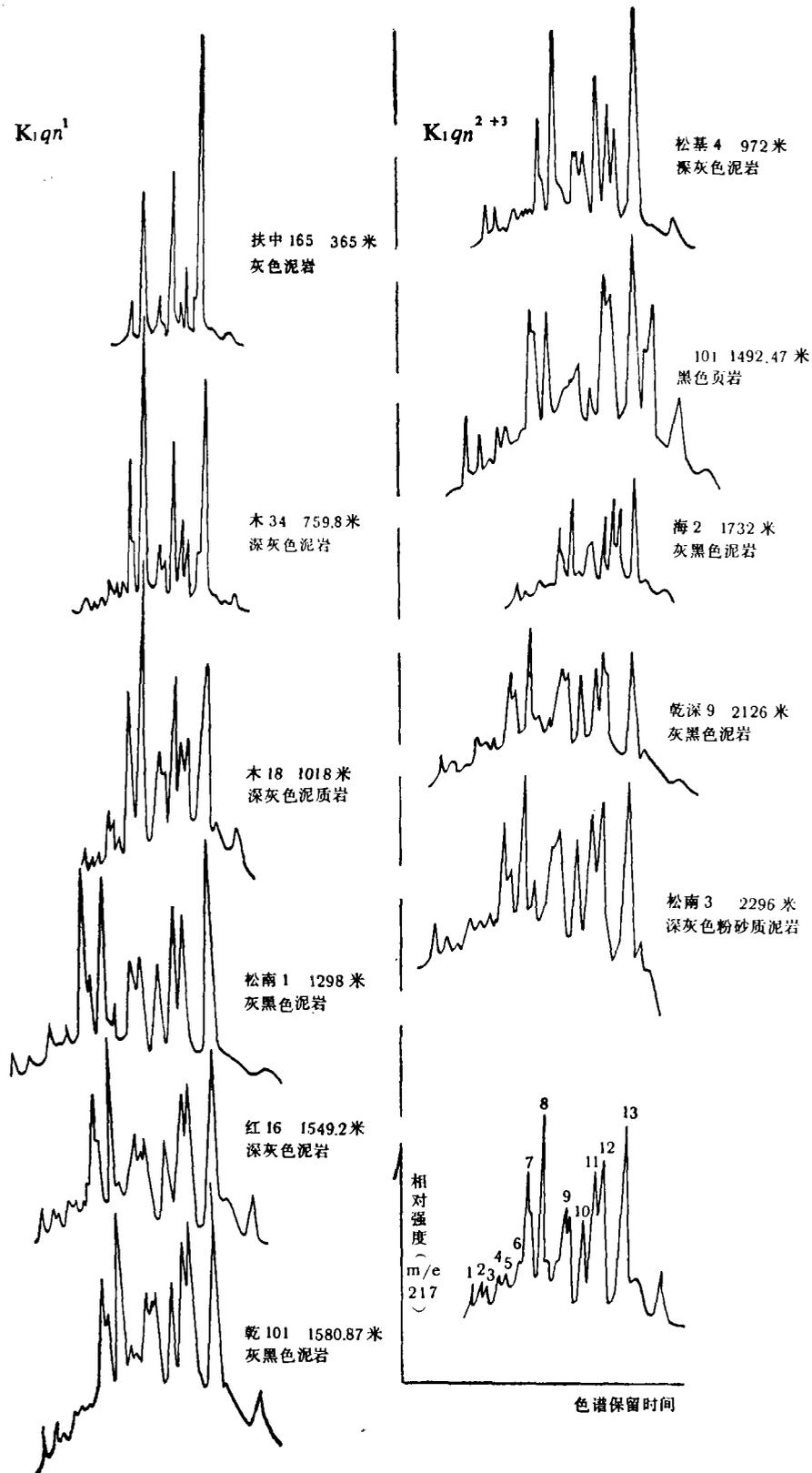


图 3 m/e217 质量色谱青青山口组生油岩演化图

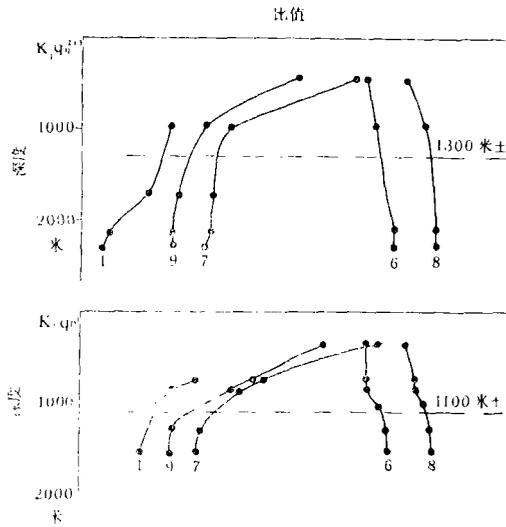


图4 参数1、9、7、6、8随深度演化图

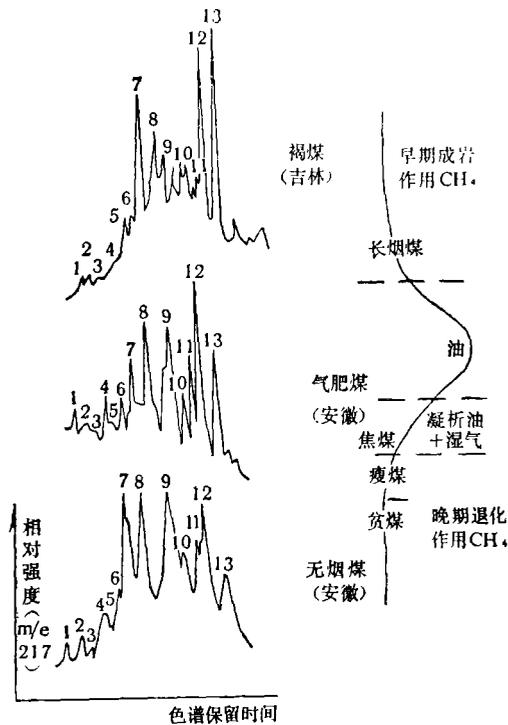


图5 m/e217质量色谱三种煤牌号演化图

注: m/e217质量色谱图系101队沥青组资料

三种牌号煤藿烷、甾烷的内分布参数表

表 5

样号	m/e191		5β-甾烷 17αH-藿烷	m/e217						重排甾烷 5α-C ₂₇₊ 28+29
	T _m	22S		5β-C ₂₇	5β+14β -C ₂₈	5β+14β -C ₂₉	5α-C ₂₈	5α-C ₂₉ (20S)	5α-C ₂₈ +C ₂₉ (20S)	
	T _s	225+22R		5α-C ₂₇	5α-C ₂₈	5α-C ₂₉ (20R)	5α-C ₂₉ (20S)	5α-C ₂₉ (20S)	5α-C ₂₉ (20S) 5β+14β-C ₂₉	
褐煤	3.4	0.48	4	1.38	1.0	0.83	1.33	0.16	1.22	0.63
气肥煤	2.4	0.53	4.2	0.65	2.0	1.65	0.53	0.95	0.58	0.67
无烟煤	1.3	0.45	3.9	1.09	2.25	2.1	0.72	1.22	0.57	0.82
参数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

四 油 源 对 比

本文从m/e191、m/e217质量色谱图选用的10个比值参数中,有些反映成熟度较理想,有些反映母质类型较好,有些二者互为利用。至于油源对比,我们认为表2、3中参数1、3、4、8比较理想。表6利用各层位平均参数比值作对比,油层比值都接近各自生油岩比值,G油层比值接近K₁qn²⁺³生油岩比值,F油层接近K₁qn¹生油岩比值。

生油岩与油层参数对比表 表 6

层 参 位 数	1	3	4	8
K ₁ qn ²⁺³	1.15	7	0.54	0.58
G	0.57	13.95	0.52	0.75
K ₁ qn ¹	1.77	6.6	0.63	0.65
F	0.73	12.7	0.72	0.86

图6利用m/e217质量色谱图进行油源对比,把谱图分子级相对强度分1—4、5—7、8—11三组峰。黑帝庙(H)原油谱形与嫩江组一段和嫩江组三段(K₁n¹、K₁n³)生油岩谱形相似性很好,突出表现第三组(8—11)相对强度小,这一组反映它们的共同点是演化成熟度低的特点。高台子(G)原油谱形与青山口组二、三段(K₁qn²⁺³)生油岩谱形相似,表现第一组(1—4)特别是4号峰相对强度低的特点。扶余(F)油层谱形与青山口组一段(K₁qn¹)生油岩谱形相似,各组相对强度大于前两层,反映第三组(8—11)演化成熟度大于前两层。

五 运 移 标 志

油气运移是在同源基础上进行对比的,但油气运移标志往往与成熟度标志相互抵消,所以在应用标志时必须综合考虑。表2、3中作探讨运移指标以参数3比较理想,生油岩比值小于油层比值,K₁qn²⁺³生油岩平均比值为7,G油层平均比值达13.95,K₁qn¹生

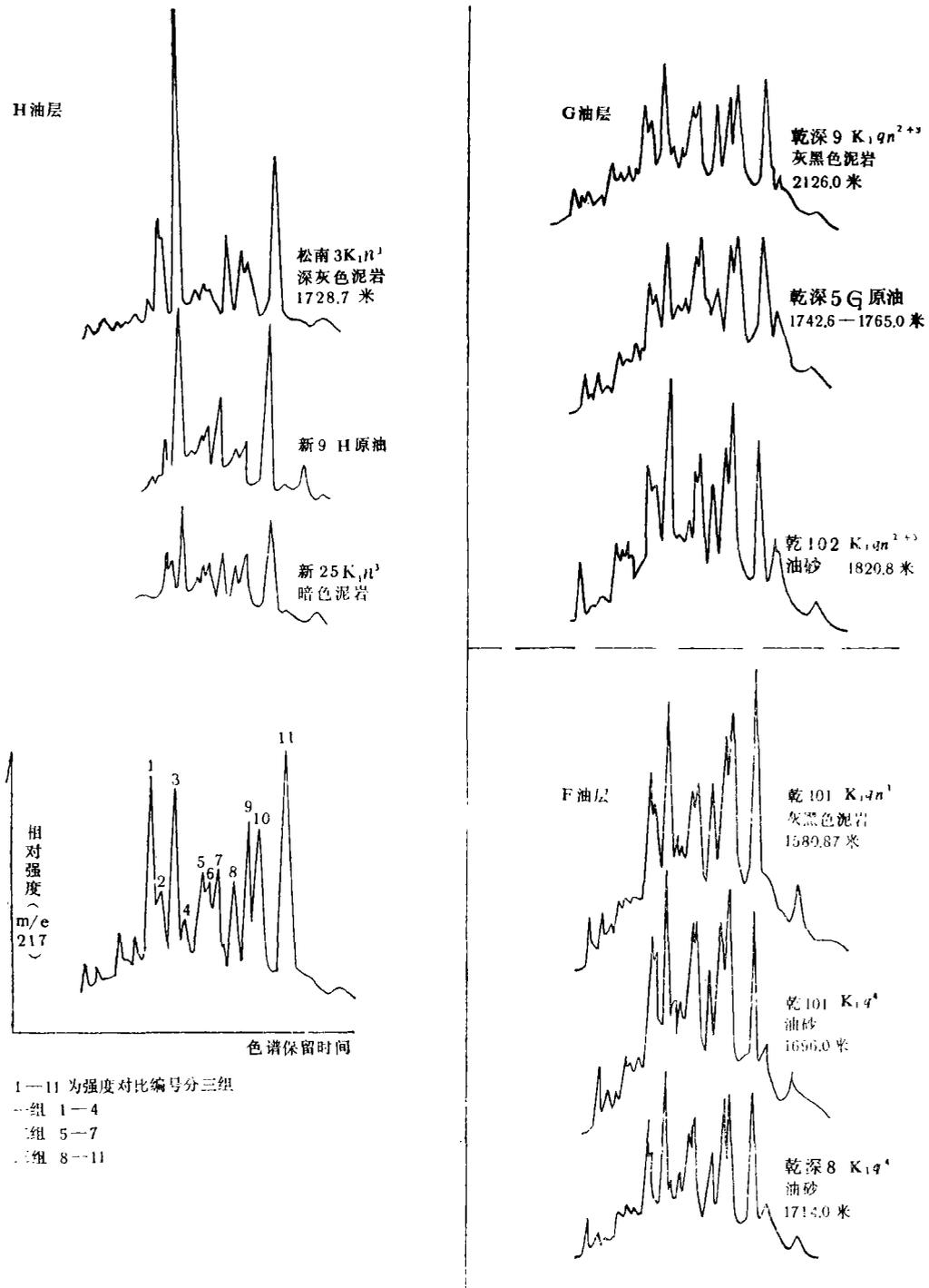


图6 m/e217质量色谱油源对比图

