

东海海礁凸起及邻近海区油气 表层地球化学勘查

李维显

(中国石化 上海海洋地质局, 上海 201208)

摘要: 海礁凸起和浙闽隆褶区油气化探异常为其深部前新生代沉积盆地油气藏物质向上渗透的结果。沉积物酸解烃湿度系数和 $\delta^{13}C_1$ 分析数据表明, 钱塘凹陷、舟山群岛及上海附近海域沉积物中散布的气体, 主要为热解成因的深层天然气。与西湖凹陷、海礁凸起的天然气类同, 主要来自深部的过成熟天然气。浙闽隆褶区热解成因的天然气烷烃丰度高于平湖五井烷烃丰度。

关键词: 地球化学勘探; 油气; 海礁凸起; 东海

中图分类号: TE122. 1

文献标识码: A

1 问题与思考

东海油气化探工作由于与区域工程地质调查相结合而进展顺利。1988 年西湖凹陷中南部化探区域网点(20×40km)与 1: 50 万工程地质调查柱状样网格同步(图 1)。另外, 在重点区(平湖)单独采集了 26 个站位化探样。1988 年发现靠近海礁凸起的保俶斜坡上平湖断裂带化探异常, 又发现海礁凸起内部 D604 站荧光、酸解烃、 ΔC 等多种化探指标异常。1989—1990 年化探网点(10×10km)是由 1: 20 万平湖玉泉工程地质调查柱状样网格所决定的, 同时又在 PY 线上采集 54 个站位化探柱状样。平面上油气化探异常区最佳地段也是靠近海礁凸起的平湖、来凤亭、宝云亭和中山亭, PY 线上油气化探异常最佳地段亦为中山亭的 D524 短剖面, 在海礁凸起 C51 站为代表的局部地区再现多种油气化探指标异常。1989 年我们用可溶铁地球化学场圈定东海陆架盆地油气化探远景区, 南从久米鱼山断裂起, 北到 30°N 的广大地区包括西湖凹陷中南部、钱塘凹陷、海礁凸起南部、鱼山凸起为油气远景区。其中海礁凸起格外引人注目, 因为用新生代油气盆地观点不能解释在晚白垩—早中新世地层缺失的海礁凸起而出现油气化探异常(酸解烃、荧光、可溶铁和 ΔC 等多指标异常), 此异常可能是由深部烃源岩

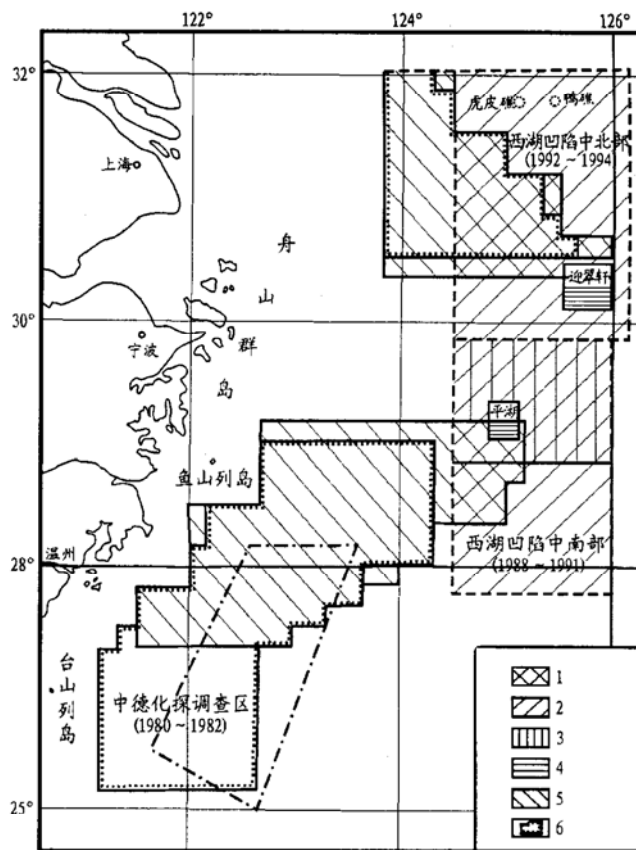


图 1 东海油气化探工作程度图

- 1. 1980—1982 年中德化探调查区; 2. 1: 50 万工程地质调查区及化探取样; 3. 1: 20 万工程地质调查区及化探取样;
- 4. 1992—1993 年中美化探详查区; 5. 1989 年辉固—麦克兰德公司化探调查区; 6. 中国海域第四轮招标区

Fig. 1 Survey areas of the oil/gas geochemical exploration in different times in the East China Sea

收稿日期: 2001- 09- 17; 修订日期: 2002- 12- 29.

基金项目: 上海海洋地质调查局局级科研项目(92018).

作者简介: 李维显(1935—), 男(汉族), 上海市人, 高级工程师, 主要从事地质地球化学调查方面的研究.

形成的。由此启示我们提出要寻找中生代直到古生代的深层油气藏^[1]。

深层油气藏到那儿去找? 在原来工作基础上首先注意海礁凸起下面; 其次注意环海礁凸起东面化探异常带特别是中山亭等平南地区; 第三注意环海礁凸起西南面钱塘凹陷及西部新生代盆地不发育的浙闽隆褶区。方法采用地球化学、地球物理与地质相结合。这是我们对海礁凸起化探异常所引发的技术思路。

2 路由调查和过去保存样的化探检查

1993 年上海石油天然气公司为开发平湖油气田, 进行了从上海南汇咀至平湖五井的路由调查, 海上调查由海洋石油总公司渤海公司和杭州第二海洋研究所承担, 4 月采样完毕。经我们努力 5 月初得到第一批 17 个站位样, 11 月由陈力去塘沽得到第二批 23 个站位样(每个样重 20~ 300g 不等), 样品位置见图 2。G1 为平湖五井表层样, 海礁凸起上面有 7 个样(G3—G9), 钱塘凹陷 4 个样(G11—G14), 余为浙闽隆褶区样。我们还收集了国家海洋局 20 世纪 70 年代取自海礁凸起一带表层沉积物的保存样, 作 ΔC 检查分析。下面就荧光和酸解烃、 ΔC 、 $\delta^{13}C_1$ 分别介绍情况。

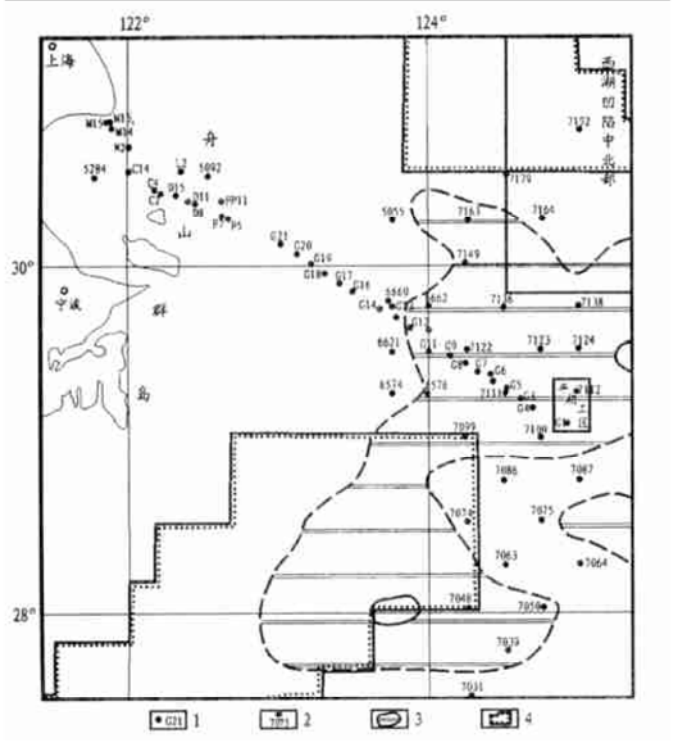


图 2 路由调查化探和过去保存样作化探位置图
1. 路由调查化探样及站号; 2. 过去海洋地质调查样作化探样站号; 3. 东海陆架盆地油气化探(可溶铁)异常区; 4. 东海对外招标区

Fig. 2 Sampling location of oil/gas geochemical exploration

2.1 荧光和酸解烃

从路由调查样化探分析(图 2、3 和表 1)的酸解烃、湿度系数(W_h)、平衡(B_h)、特征比(C_h)统计(表 2)及相态烃分析(表 3)可以看出, 平湖五井荧光最高, G1 原样 320nm 强度高达 802, 海礁凸起为 66~197, 浙闽隆褶区较低, 123°E 以西为 52~91。酸解烃在路由调查剖面线上变化情况从平湖五井向西由低变高, 酸解烃变化总趋势与荧光变化相反。平湖五井突出的荧光异常为油气藏的反映^[2], 表明油气芳香烃组分高, 而近岸沉积物烷烃成分高, 无荧光异常, 为天然气藏的反映。路由调查样烷烃的湿度系数(W_h)为过成熟的干气的反映, 重烃含量向西增高, 其中平湖五井为 2.60%, 海礁凸起为 2.78%~3.05%, 浙闽隆褶区为 1.83%~4.03%。过去获得的西湖凹陷中南部油气化探资料, 酸解烃的湿度系数 < 5%, 属干气类型。1993 年路由调查样品化探检查表明, 就湿度系数来说海礁凸起下面深层气和钱塘凹陷、舟山群岛一带的天然气主要都不是生物气(生物气的湿度系数 < 0.05%), 这次路由调查样酸解烃湿度系数(1.83%~4.03%)是属于干气类

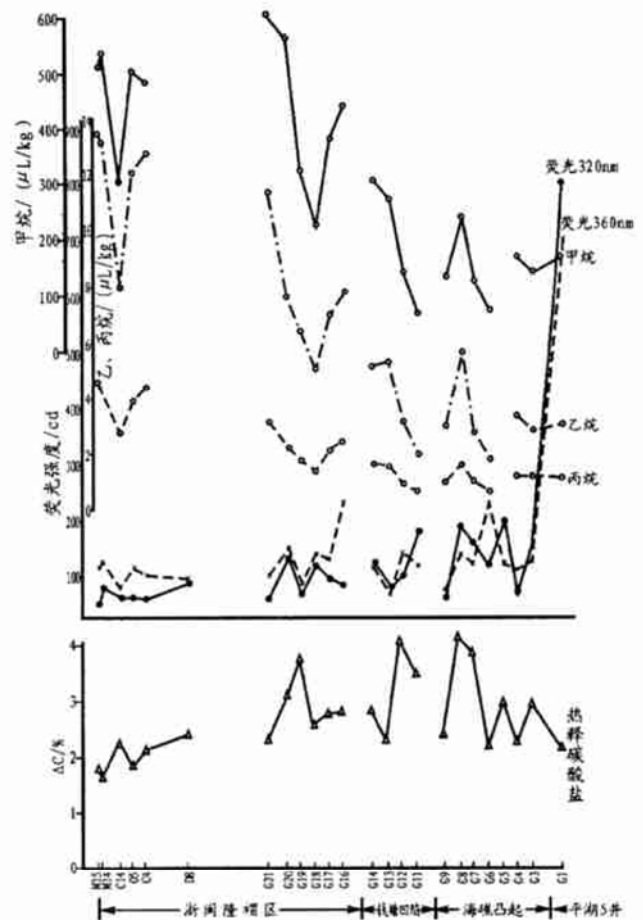


图 3 路由调查表层样酸解烃、 ΔC 、荧光含量曲线图

Fig. 3 Acid-extracted hydrocarbon, ΔC and fluorescence content curve of surface samples from oil/gas pipe laying investigation

表 1 路由调查样油气化探分析数据

Table 1 Analysis data of oil/ gas geochemical prospecting sample in oil/ gas pipe laying investigation

样品	酸解烃含量/($\mu\text{L}/\text{kg}$)									荧光强度/cd						$\Delta C/\%$
	甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷	异戊烷	正戊烷	乙烯	丙烯	320nm	360nm	405nm	340nm	355nm	375nm	
G1	172.51	2.98	1.04	0.30	0.28	0	0	0.25	0	802	701	206	5394	808	610	2.19
G3	144.60	2.67	1.07	0.18	0.23	0	0	0.20	0	158	131	46	894	178	163	2.92
G4	170.55	3.21	1.10	0.26	0.30	0	0	0.10	0	75	116	107	488	108	196	2.29
G6	79.04	1.74	0.59	0.11	0	0	0	0.11	0	123	232	166	766	233	358	2.17
G7	128.30	2.62	0.87	0.19	0.28	0	0	0.12	0	160	127	37	824	178	160	3.83
G8	242.85	5.49	1.49	0.28	0.39	0	0	0	0	189	143	40	1148	196	165	4.07
G9	138.61	2.89	0.93	0.21	0.19	0	0	0.11	0	66	70	25	423	87	90	2.34
G11	71.40	1.87	0.59	0.14	0	0	0	0.12	0	181	120	38	935	175	148	3.44
G12	142.45	3.03	0.83	0.21	0.19	0	0	0	0	104	147	92	714	158	206	4.00
G13	278.11	5.19	1.46	0.36	0.45	0	0	0.45	0	80	76	25	502	95	85	2.29
G14- 2	305.51	5.04	1.55	0.29	0.39	0	0	0.13	0	125	116	38	758	144	128	2.81
G16	442.05	7.72	2.38	0.50	0.68	0	0	0.11	0	90	236	261	516	188	430	2.79
G17	384.56	6.97	2.02	0.49	0.58	0	0	0.44	0	97	131	48	540	155	141	2.70
G18	226.74	4.98	1.29	0.37	0.33	0	0	0.48	0	120	144	51	807	170	153	2.50
G19	321.76	6.39	1.72	0.38	0.42	0	0	0	0	71	89	36	400	109	100	3.72
G20	566.29	7.56	2.10	0.44	0.48	0	0	0.07	0	132	151	53	672	191	159	3.04
G21	604.54	11.22	3.10	0.75	0.83	0	0	0	0	62	103	41	388	117	110	2.22
C4	487.54	12.69	4.39	0.99	1.22	0.50	0	0.07	0	62	102	42	325	112	105	2.09
C14	306.50	7.98	2.75	0.71	0.77	0	0	0.12	0	64	81	26	395	101	101	2.19
O5	503.86	12.05	3.89	0.93	1.12	0.52	0	0	0	64	116	45	415	129	126	1.83
M14	537.64	13.27	4.22	1.11	1.13	0	0	0	0	84	127	44	487	153	132	1.61
M15	514.57	13.56	4.59	1.10	1.22	0.76	0.36	0	0	52	118	37	262	144	134	1.73
D8										91	96	32	501	135	124	2.32
D5										197	123	34	1067	181	165	2.96

型。从宏观上说,西湖凹陷的气、海礁凸起的气和钱塘凹陷、舟山群岛的气有共同点,就是主要都是过成熟的天然气,并且近岸地区天然气重烃含量增高。李生郁提供的相态烃资料(表 3),表明近岸天然气烷烃丰度也高于平湖五井烷烃的丰度,从相态烃含义来说已经排除了生物气组分^[3]。路由调查样荧光和酸解烃资料引人注目的是钱塘凹陷与浙闽隆褶区含深层天然气,而含油情况不好,其天然气丰度很高。路由调查线上 123°E 附近天然气丰度远高于平湖五井。这样,对供应上海的天然气海上管道如何布局最合理,提出了质疑。

2.2 热释碳酸盐 ΔC

本项目鉴于覆盖海礁凸起的东海海洋地质综合调查的表层样在国家海洋局二所尚有余样,通过黄佩德的热心帮助,我们获得了控制海礁凸起为主的 33 个表层样,对其作了 ΔC 分析,与路由调查 24 个 ΔC 分析一起作了平面分布图(图 4)。平面图上 ΔC 量值分为 1%~2%, 2%~3%, 3%~4%, >4% 等 4 级。图 4 高值区都在海礁凸起与鱼山凸起一带,南汇咀附近为低值区,30°N, 124°E 以西为 2%~3% 的含量区。 ΔC 平面分布图引起我们注意的有 3 点。a) 保存样 ΔC 变化趋势与我们 1988 年调查 ΔC 变化趋势相符,尽管保存样 ΔC 绝对值偏高,但保存

表 2 路由调查样酸解烃的湿度系数(W_h)、平衡比(B_h)、特征比(C_h)等比值统计

Table 2 Statistics of wetness coefficient(W_h), balance ratio(B_h) and character ratio (C_h) of acid-extracted hydrocarbon samples in oil/ gas pipe laying investigation

样品	湿度系数(W_h)/%	平衡比(B_h)	特征比(C_h)
	C_2^+ / C_1^+	$\frac{C_1 + C_2}{C_3}$	$\frac{C_4}{C_3}$
G1	2.60	108.33	0.558
G3	2.79	99.51	0.383
G4	2.78	104.67	0.509
G6	2.99	115.40	0.186
G7	2.99	97.70	0.540
G8	3.05	114.97	0.450
G9	2.95	106.39	0.430
G11	3.51	100.37	0.237
G12	2.90	118.28	0.482
G13	2.61	124.80	0.555
G14- 2	2.32	139.26	0.439
G16	2.49	126.34	0.496
G17	2.55	126.71	0.777
G18	2.98	116.44	0.543
G19	2.69	130.22	0.465
G20	1.83	190.02	0.438
G21	2.56	131.57	0.510
C4	3.90	70.45	0.617
C14	3.83	74.35	0.538
O5	3.54	79.86	0.661
M14	3.54	85.28	0.531
M15	4.03	65.77	0.749

表 3 路由调查样相态分析
Table 3 Analysis of phase state of hydrocarbon samples in oil/ gas pipe laying investigation

样品	甲烷/(μL/kg)		乙烷/(μL/kg)		丙烷/(μL/kg)	
	相态烃	酸解烃	相态烃	酸解烃	相态烃	酸解烃
G1	14	172.51	0.6	2.98		1.04
G7	23	128.30	4.0	2.62	1.4	0.87
G14-2	30	305.51	6.3	5.04	2.7	1.55
G17	39	384.56	5.8	6.97	2.4	2.02
F5	91		9.1		3.4	
F7	56		2.0		1.0	
D8	55		3.6		1.0	
D11	71		4.8		0.7	
D15	88		7.0		2.3	
C2	56		3.9		0.7	
FP11	65		6.0		1.9	
P1	73		6.4		1.8	
L2	66		8.0		3.0	
O5	106	503.86	10	12.05	3.8	3.89
N2	60		6.4		2.2	
M15A	74		4.0		1.1	
M15		514.57		13.56		4.59
分析者	李生郁	合肥化探中心	李生郁	合肥化探中心	李生郁	合肥化探中心

样 ΔC 还是可以为油气勘探服务。海上样品 ΔC 分析费仅仅是取样费的 1%, 可见保存样的重要性; b) ΔC 平面图表明, 东海表层 ΔC 高值区分布在 30°N 以南, 其轮廓与笔者圈划的东海陆架盆地油气化探远景区的西北部分相符, 在东南部有所扩大, 28°~30°N 区段范围内 ΔC 高值区分布在 123°E 一带。另外从技术与经济角度衡量, 在投资相当条件下, 面积化探比路线化探信息多, 效果好; c) ΔC 平面图上油气远景区最佳部位为环状晕圈的中心, 出现在海礁凸起与鱼山凸起之间地段。显然, 作为进一步化探调查的首选地区是平南地区, 其次为钱塘凹陷。

2.3 酸解烃甲烷碳同位素

稳定碳同位素为油气化探中的成因分析方法。本项目做了沉积物酸解烃甲烷 δ¹³C₁ 的样站有 G1 (- 29.841 ‰)、G21 (- 29.947 ‰)、G8 (- 30.673 ‰)、M15A (- 32.768 ‰)、O5 (- 37.068 ‰)、A100 (- 35.498 ‰) 和海礁凸起 D134 (- 29.824 ‰)。这些同位素资料与 89 年 PY 线沉积物 δ¹³C₁ 资料作了以构造单元为横座标(浙闽隆褶区、海礁凸起、保俶斜坡、三潭深凹、浙东长垣), δ¹³C₁ 值为纵座标的沉积物 δ¹³C₁ 分布图(图 5)。考虑到天然气 δ¹³C₁ 与沉积物酸解烃 δ¹³C₁ 有所差异, 图中都是东海地区表层沉积物酸解烃 δ¹³C₁ 分析资料, 这样可比性强。

一般说 δ¹³C₁ 含量值 - 104 ‰~ - 55 ‰为生物

成因, - 55 ‰~ - 35 ‰为热解成因。我们路由调查采集的沉积物样品, 酸解烃 δ¹³C₁ 在 - 29.841 ‰~ - 37.068 ‰之间, 与 PY 线上同位素比较, 并与平湖地区 A100 站样的同位素比较, 结论主要是热解成因的。从图 5 可见, 无论是近岸舟山群岛的天然气, 还是海礁凸起及其以东到浙东长垣沉积物酸解烃, 从宏观上都是主要为热解成因的天然气, 这一点对判别舟山群岛表层丰产的天然气性质为热成因提供了科学依据。在我们工作样品中没有见到以生物气为主分析数据。

PY 线化探资料, 我们研究其中交叉的小剖面 D524 测线表层油气化探指标 δ¹³C₁ 的变化(表 4), 从表 4 可见这条被认为油气富集区剖面上, δ¹³C₁

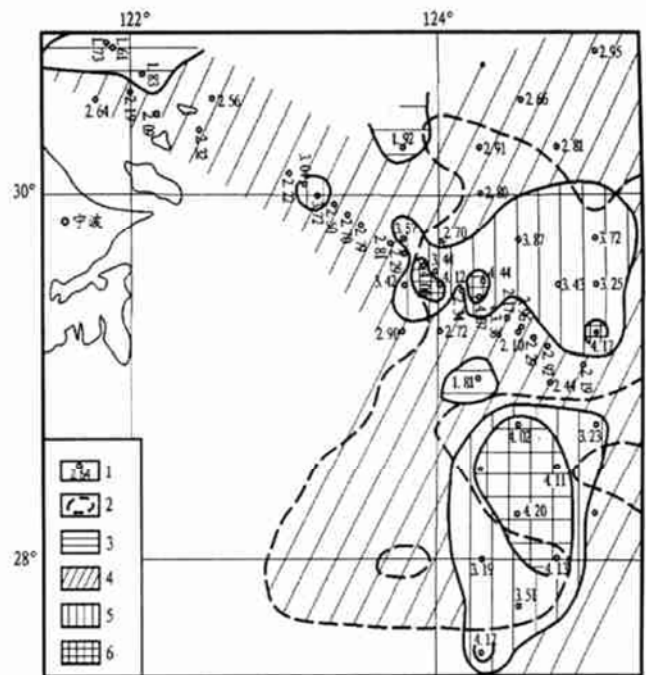


图 4 路由调查表层样和保存样 ΔC 含量平面图

- 1. 站位及含量(%); 2. 据可溶铁圈划的油气远景区;
- 3. 1.1%~2%; 4. 2%~3%; 5. 3%~4%; 6. >4%

Fig. 4 ΔC content plan map of surface samples and retention samples of oil/ gas pipe laying investigation

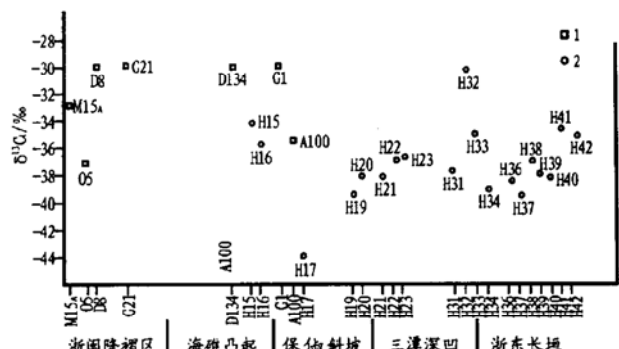


图 5 东海沉积物酸解烃 δ¹³C₁ 含量图

- 1. 本次工作样; 2. 过去工作样

Fig. 5 δ¹³C₁ content of acid-extracted hydrocarbon of sediments in East China Sea

表4 东海 D524 测线海礁凸起附近表层油气化探数据变化

样品	荧光 320nm/ cd (间隙水)	$\Delta C/\%$	酸解烃/($\mu\text{L}/\text{kg}$)			$\delta^{13}\text{C}_1/\%$
			C_1	C_2	C_3	
H15	762	1.81	299.11	8.29	2.22	-34.264
H1	467	1.31	320.88	9.82	2.56	-32.769
H2	299	1.61	270.66	7.02	1.92	-35.630
H3	388	1.14	421.62	22.31	8.82	-33.668
H4	897	4.99	215.30	11.10	3.80	-38.171
H5	1434	2.01	371.94	7.98	1.44	-44.928

向海礁凸起方向变重(H1 站 $\delta^{13}\text{C}_1$ 为 -32.769‰), 向保俶斜坡方向 $\delta^{13}\text{C}_1$ 变轻(H5 站 $\delta^{13}\text{C}_1$ 为 -44.928‰), 这是否可作为深层天然气气源岩产在海礁凸起深部的一种现象, 有待进一步调查。 $\delta^{13}\text{C}_1$ 向保俶斜坡方向变轻而该处(H5 站) 间隙水荧光强度大, 可能是当地保俶斜坡新生代盆地中凝析油和原油的反映。

东海石油钻井天然气 $\delta^{13}\text{C}_1$ 资料。在平湖玉泉地区, 平湖一井井深 2 864.7~4 169m, $\delta^{13}\text{C}_1$ 变化范围 -37.32‰~-44.80‰, 平均 -41.40‰; 玉泉一井井深 1 875~3 436m, $\delta^{13}\text{C}_1$ 变化范围 -31.79‰~-43.90‰, 平均 -35.92‰。PY 线表层沉积物 $\delta^{13}\text{C}_1$ 平均值为 -37.88‰。表层沉积物酸解烃 $\delta^{13}\text{C}_1$ 与井下天然气的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值比较接近。在温东地区, 石门潭一井含 CH_4 的 CO_2 气流, 测到 $\delta^{13}\text{C}_1$ 为 -31.9‰, 附近表层沉积物酸解烃 $\delta^{13}\text{C}_1$ 为 -33‰, 两种不同对象测定 $\delta^{13}\text{C}_1$ 结果也较接近。

3 化探与物探相结合的地质解释

东海陆架盆地油气化探远景区主要分布在 30°N 以南, 久米—鱼山断裂以北区域。在大面积油气化探远景区内的局部异常区有 a) 海礁凸起内部 D604、C51 一带, 即 $124^\circ35'\text{E}$ — $124^\circ50'\text{E}$, $29^\circ31'\text{N}$ — $29^\circ43'\text{N}$ 地区; b) 环绕海礁凸起东部, 分布在平湖断裂带附近的平湖、来风亭、宝云亭和中山亭; c) 海礁凸起与鱼山凸起之间的平南地区至钱塘凹陷地区。油气化探可称作烃类的直接定位技术^[4,5], 油气化探异常区只是平面上的位置, 是地表指示地下有烃类存在的信号。至于地下烃类体的产状有待与物探结合作出地质解释。为此, 特地观察海礁凸起地震剖面 T_g 以下地震波反射图象, 结果普遍见有中生代沉积层和古生代沉积层, 燕山运动的火成岩和火山岩活动非常发育, 在此之前, 地震剖面中在中生代盆

地之下出现两个明显的角度不整合面。上部的角度不整合面为海西—印支运动产物, 下部古生代地层中的角度不整合面为加里东运动产物。我们编制了西湖凹陷西部晚古生代沉积层顶板深度图, 并圈划了与火成岩伴生的天然气富集区, 其中有深源浅出, 古气新储的天然气气柱、气囊, 为海礁凸起油气化探异常和平湖断裂带油气田是与古生代含油气盆地有关的论点提供依据。

海礁凸起 D604 站为 1988 年调查的油气化探异常点, 沉积物岩性为砂, 酸解烃含量高 (C_1 为 688.39 $\mu\text{L}/\text{kg}$ 、 C_2 为 12.83 $\mu\text{L}/\text{kg}$ 、 C_3 为 3.56 $\mu\text{L}/\text{kg}$), 荧光 320nm 强度为 290, ΔC 为 1.85%, 丰度高于区域平均值。1993 年路由调查的路线穿过海礁凸起中南部, 位于 D604、C51 一带油气化探异常区之南。路由调查路线上的海礁凸起段表层酸解烃含量与平湖五井表层 G1 站接近, ΔC 较高, 而沉积物荧光明显降低。G3—G9 站(海礁凸起段) 沉积物荧光 320nm 强度平均 138.29, 路由调查的海礁凸起段化探指标也低于海礁凸起的 D604、C51 一带的异常区。从路由调查化探曲线图(图 3) 看出, 浙闽隆褶区酸解烃含量较高, 荧光强度很弱, 说明天然气在舟山群岛一带为干气; 平湖五井沉积物荧光强度很强, 酸解烃不高, 说明平湖五井烃类为干气和凝析油气的混合物。检查结果表明浙闽隆起区热解成因天然气烷烃丰度明显高于平湖五井烷烃丰度。不言而喻, 浙闽隆褶区舟山群岛至鱼山列岛一带海区深源浅出的天然气普查工作急待进行。此外, 应当指出, 副样 ΔC 分析结果表明平南和钱塘凹陷是环状异常的中心(图 4)。

根据表层油气化探异常, 结合地震、重、磁资料综合分析, 平南地震剖面上某些前人解释为火成岩体或泥底辟的地质现象, 我们解释为与火成岩体伴生的古气(中生代至古生代深层气) 新储(运移到新生代盆地并与新生代油气复合)、深源浅出的天然气气柱、气囊, 这在东海地震资料解释中尚属首次。

天然气气柱、气囊在地震剖面上的地球物理特性有 3 点。第一、地震波反射异常有强相位或极性反转现象, 特点是层速度较低; 第二、顶部重、磁参数不高, 无重、磁力高异常; 第三、气柱、气囊产出部位有地震反射层理, 并且与围岩地震反射层理相位相连。上述第一、二点可以与该处火成岩(层速度高, 重、磁参数高) 相区别; 第三点地震反射层理相位连续性反映了地质体所在部位岩性、结构与围岩岩性、结构的同一性, 这正是流体物质(油、水、气) 渗入、渗透地层的产状特点。侵入体内部的火成岩组分不可

能出现与围岩层理相连的层理。由此,笔者对平南地区地震剖面上具有上述 3 点地球物理特性的地质体确认为气柱和气囊。

石油地质学家、大地构造学家朱夏用多旋回地球动力学理论提出了两个世代、两种体制的盆地。朱夏、陈焕疆等指出“许多中新生代的大型盆地是在变格以前的复杂基底上通过多旋回的发展而形成的,所以盆地的各个部分可有不同的演化机制”。“通过对盆地的多机制组合和多旋回叠加的研究,中国油气资源的领域必将不断地扩大”^[6]。在朱夏学术思想指引下,东海找油气正在原来新生代时空的基础上向多旋回的古生代、中生代、新生代时空开展^[7]。

东海陆架盆地大面积连续分布的油气化探远景区内的高产油气井,与深部古生代地层分布在空间上有一定的依存关系。这里潜伏着一个信息,深部古生代地层可能是东海大油气藏和油气田主要的气源岩。海礁凸起因缺失晚白垩—早中新世地层,局限于新生代时空领域分析就可能看成为油气非远景区;而越过新生代时空,从古生代到新生代时空来观察,海礁凸起则为多旋回含油气的叠合盆地。东海陆架基础层厚度图^[8]表明东海陆架中生代盆地和古生代盆地的沉积中心是在海礁凸起西部。海礁凸起厚 8km 的基础层是经加里东运动、海西—印支运动的古生代沉积盆地及其上面有火山碎屑岩的中生代沉积盆地的总和,为弱磁性的沉积层系组合,其中赋存有远景的气源岩的层位。钱塘凹陷和浙闽隆褶区天然气的气源岩也是这一层,即海礁凸起基础层向西(6km 厚)通过浙闽隆褶区海陆相连^[9,10]。

从地球物理资料判读油气化探异常点,在平南

的地震剖面上发现古生代盆地天然气二次运移在新生代盆地形成的气柱、气囊,也是多旋回复合型油气藏的依据。喜山期火成岩的侵入为深层天然气二次运移形成气柱、气囊创造条件。平南多旋回复合型油气藏的古气新储地质现象在 D499 地震剖面(图 6)清晰可见。平南,这个古生代沉积层隆起区(顶部深度 4 425~ 5 500m)所控制的多旋回盆地,我们预测为古生代油气与新生代油气复合生成油气藏最富集地区。

为什么环绕海礁凸起东部的来凤亭、宝云亭、平湖、中山亭、平南等地区出现表层油气化探异常,并且高产油气井也有环海礁凸起分布的现象,地质解释这是多旋回复合型油气藏,由古生代盆地干气二次运移与新生代盆地油气复合组成(这里尚未涉及二次生油气)。海礁凸起下面气源(深度在 5 000m 及其下面,烃类物质过熟成干气)丰富,充足供应周围保俶斜坡上油气高产井的干气。而浙东长垣上花港、玉泉的石油井为低产油气流或仅有油气显示,那是单旋回新生代油气藏的原因。日本、韩国在东海陆架单旋回新生代油气藏中打了很多钻,但未遇一口高产油气井也是此因。

西湖凹陷是建立在前新生代沉积盆地之上的新生代沉积盆地。平湖油气田是多旋回复合型油气田,是前新生代沉积盆地深层天然气(干气)二次运移,通过海西—印支运动风化剥蚀面、平湖大断裂聚集到新生代盆地与当地油气(凝析油、气,荧光强度高)复合生成的结果。

上述初步认识尚待进一步物探、化探和钻探的检验,先在此讨论,以抛砖引玉。通过化探、物探和地质多学科综合研究,探索了东海古气(主要是古生

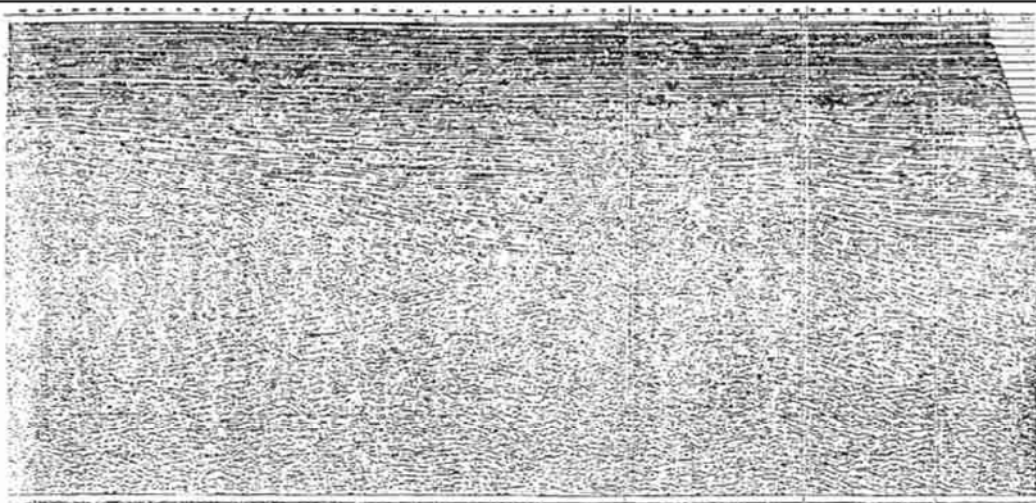


图 6 东海 D499 地震剖面

Fig. 6 Seismic profile of line D499 in the East China Sea

代)新储(新生代)、深源浅出复合型油气藏的空间和时间,这是东海寻找油气的新领域。我们学习朱夏的多旋回地球动力学理论,建立起东海盆地的整体观念,研究不同构造层系油气形成、运移、储存及其叠置、复合条件,研究东海油气勘探的战略部署,以实现东海油气勘探新的突破。

致谢:工作中得到徐启明、姚志温、李生郁等同志的指导与帮助。在收集路由调查和海礁凸起表层样副样时得到刘鸿麟、黄佩德、陈力等同志大力协助。参加本项目工作的还有缪卓群、黄永生同志。在此并感谢!

参考文献:

- [1] 李维显,刘峻,黄招莲.东海表层沉积物间隙水、可溶铁和 ΔC 油气化探指标的初步研究[J].上海地质,1993,(2):1-8.
- [2] Brooks James M, Kennicutll Mahlon C, Carey B D Jr. Offshore surface geochemical exploration [J]. Oil & Gas Journal, 1986, (10): 66- 72.
- [3] 李生郁. 勘查油气化探新方法——土壤相态烩测量法[J]. 物探和化探, 1993, 17(6).
- [4] Tompkins W R. Direct location technologies: a unified theory[J]. Oil & Gas Journal, 1996, (9): 129- 134.
- [5] Tompkins W R. Redox identification technology —a direct location technique[J]. Oil & Gas Journal, 1993, (7): 78- 80.
- [6] 朱夏. 朱夏论中国含油气盆地构造[M]. 北京:石油工业出版社, 1986.
- [7] 李维显. 东海陆架多旋回复合盆地的油气远景[J]. 石油实验地质, 2001, 23(2): 141.
- [8] 吴键生,王家林. 利用区域磁异常研究东海陆架区基底构造[J]. 同济大学学报, 1992, 20(4): 451- 458.
- [9] 胡朝元. 我国海上沉积盆地油气田分布区域控制因素的探讨[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1986, 16(4): 23- 29.
- [10] 李培廉. 南黄海的白垩系——一个值得重视的找油领域[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1986, 16(4): 49- 53.

OIL AND GAS SURFACE GEOCHEMICAL EXPLORATION IN THE HAIJIAO UPLIFT AND ITS NEIGHBOURING OF THE EAST CHINA SEA

LI Weixian

(No. 1 Marine Geological Investigation Party, Shanghai Bureau
of Marine Geology, SINOPEC, Shanghai 201208, China)

Abstract: The hydrocarbon geochemical anomalies in the Haijiao Uplift and the Zhejiang-Fujian Upfold are the result of upwards seepage of hydrocarbon in the deep pre-Cenozoic sedimentary basin. The analytical data of wetness coefficient of acid-extracted hydrocarbon of sediment and its $\delta^{13}C_1$ shows that the gas in Qiantang Sag, the Zhoushan Islands and the offshore area around Shanghai are mainly from the thermal cracking of natural gas in deep. They are similar with the gas in Xihu Sag and the Haijiao Uplift which is the over-matured gas of deep part. The alkane hydrocarbon abundance index of the gas from Zhejiang-Fujian Upfold is higher than that from Pinghu-5 well.

Key words: geochemical exploration; oil and gas; the Haijiao Uplift; the East China Sea