

泌阳凹陷三种原油的油源及其运移特征

姜乃煌 贾凤英

(石油工业部石油勘探开发科学研究院)

泌阳凹陷浅层原油和中等深度原油均来自中等深度的生油岩,前者以向上运移为主,后者以短距离侧向运移为主。埋藏较深的原油来自深部生油岩,以较长距离侧向运移为主。

泌阳凹陷是南襄盆地一个富含石油的凹陷,含油层系主要分布在下第三系核桃园组二段及三段,受沉积相及局部构造控制^[2,4]。

本文根据萘烷、甾烷资料,讨论了该凹陷的油源及石油运移问题。共采集生油岩样品17块,原油样品6个(表1,图1)。生物标记物的测定工作,由我院实验中心色谱质谱组完成。

表1 岩样和油样的基本情况

样号	类型	层位	深度(m)	井号	样号	类型	层位	深度(m)及油层组	井号
1	生油岩	核2	987.88—996.88	下4-114	13	生油岩	核3	2897—2905	泌72
2	生油岩	核2	1074.31—1083.0	下4-114	14	生油岩	核3	2997—3010	泌72
3	生油岩	核2	1133.29	下4-114	15	生油岩	核3	3198—3207	泌72
4	生油岩	核2	1654.92—1655.35	泌80	16	生油岩	核3	3296—3305	泌72
5	生油岩	核3	2064.35—2066.44	泌80	17	生油岩	核3	3589—3600	泌72
6	生油岩	核3	2081.98—2088.88	泌80	18	原油	核2	1318—1469 (上层系及中层系)	下5-9
7	生油岩	核3	2119.33—2120.21	泌80	19	原油	核2 核3	900—1730 (核2, 上, 中层系, 核3, I—II油组)	双-447
8	生油岩	核3	2120.37—2121.49	泌80	20	原油	核2	977.8—1273.8 (上层系及中层系)	下3-11
9	生油岩	核3	2162.15—2163.66	泌80	21	原油	核3	2192—2199 (N油组)	泌79
10	生油岩	核3	2601.00	泌80	22	原油	核3	2242—2244 (N油组)	双8-24
11	生油岩	核3	2696—2706	泌72	23	原油	核3	1459—1479 (I—II油组)	双-463
12	生油岩	核3	2798—2808	泌72					

一、油—油对比

6个原油样品中,在成熟门限深度(2100米)以上的18、19、20、23号样品的萘

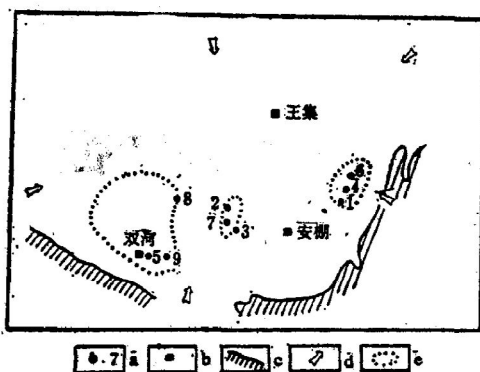


图1 采样井位示意图

a—井位, b—居民点, c—盆地边界,

d—沉积物来源, e—油田

1—下4-114井, 2—泌80井, 3—泌72井,

4—下5-9井, 5—双-447井, 6—下3-11井,

7—泌79井, 8—双8-24井, 9—双-463井

一倍。20号样的 C_{29} , $14\beta(H)$, $17\beta(H)$ 异甾烷 $20(R+S) + C_{29}$, 5β 粪甾烷混合峰 (33+34+35号峰) 小于 C_{29} , $14\alpha(H)$, $17\alpha(H)$ 甾烷 $20R$ 峰 (36号峰), 而22号的33+34+35号峰比36号峰高得多。

烷、甾烷成分十分相似, 可选用20号样品为代表。

将20、21、22号原油样品的 m/e 191 质量色谱图 (萜烷) 和 m/e 217 质量色谱图 (甾烷) 作一比较可知 (图2), 20号与21号的萜烷、甾烷成分十分相似, 但它们与22号则有较大的区别。在萜烷成分上, 22号的三环二萜烷 (1-8号峰) 的丰度比前二者高一些, 伽马烷 (35号峰) 则比前二者高得多。甾烷成分的差别更大一些, 前二者的 C_{28} , $14\beta(H)$, $17\beta(H)$ 异甾烷 $20R + C_{28}$, 5β 粪甾烷 (26+27号峰) 小于 C_{28} , $14\alpha(H)$, $17\alpha(H)$ 甾烷 $20R$ (30号峰), 而22号样26+27号峰几乎比30号峰高一倍。20号样的 C_{29} , $14\beta(H)$, $17\beta(H)$ 异甾烷 $20(R+S) + C_{29}$, 5β 粪甾烷混合峰 (33+34+35号峰) 小于 C_{29} , $14\alpha(H)$, $17\alpha(H)$ 甾烷 $20R$ 峰 (36号峰), 而22号的33+34+35号峰比36号峰高得多。

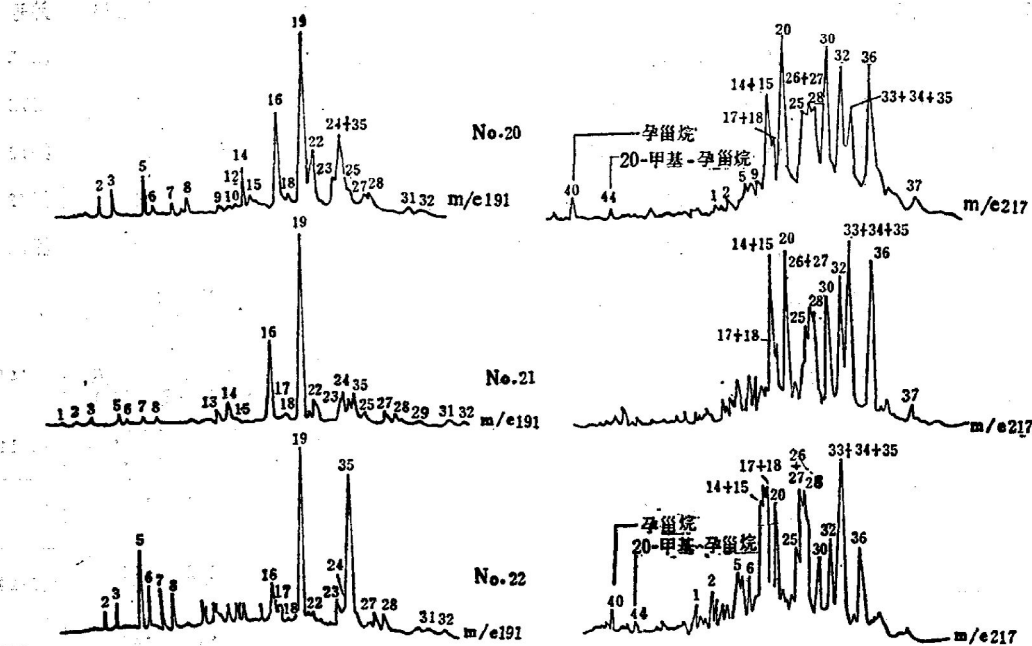


图2 原油样品质量色谱图

由此看来, 以20号为代表的4个样品及21号样品, 虽然埋深有较大的差别, 却属于同一油源的原油。22号样品与上述5个样品并不同源。

我们将这6个原油样品分为3种: 以20号为代表的浅层原油, 以21号为代表的中深度原油, 以22号为代表的埋藏较深的原油。按照河南油田研究院的油层组划分意见, 浅层原油相当于成熟门限深度以浅的核二段的浅层系和上层系及核三段的I—II油层组的原

油, 中深度原油相当于成熟门限以深的Ⅳ—Ⅵ油层组的原油, 而较深的原油相当于Ⅶ—Ⅸ油层组的原油。

二、油源对比

(一) 浅层原油的油源

对浅层原油与核二、核三段 17 个生油岩样品进行的萜烷、甾烷对比的结果表明, 原油成分往往与其邻近的生油岩相差显著, 而与在成熟门限深度以深的生油岩有很好的对比关系。

例如, 20号原油(埋深 977.8—1273.8 米, 核二段)与平面上相距 4 公里左右的、埋藏深度相近(987.88—996.88 米)的 1 号生油岩样品相比, 无论在萜烷成分上或者在甾烷成分上都相差悬殊(图 2, 3)。在 $m/e191$ 质量色谱图上, 20 号样含有三环萜烷(2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 号峰)和较高的 C_{29} 降藿烷(16 号峰), 1 号样却没有这些成分, 或强度极弱; 另一方面, 后者含有多种非藿类五环三萜烷及 β, β 藿烷, 前者却没有这些成分。 $m/e217$ 质量色谱图表明, 两者甾烷成分差别也很大。例如, 前者的 $C_{29}, 14\alpha(H), 17\alpha(H)$ 豆甾烷 20S(32 号峰)的相对强度要比后者大得多, 前者含有重排甾烷(1, 2, 5, 9 号峰)、孕甾烷(40 号峰)及 20-甲基-孕甾烷(44 号峰), 后者却没有。

但 20 号原油样品与平面上相距 10 公里左右的泌 80 井成熟门限以深的 2120.37—2121.49 米 8 号生油岩样品的相关性却很好(图 3)。两者都含有三环萜烷(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 号峰)、 C_{29} 降藿烷(16 号峰)、 C_{30} 藿烷(19 号峰)、重排甾烷(1, 2, 5, 9 号峰)、孕甾烷(40 号峰)和 20-甲基-孕甾烷(44 号峰)等, 相对强度也大致相近。

还应该补充的是, 20 号原油的 OEP 值小于 1.20, 降藿烷/降藿烷比值小于 0.15, 表明它是成熟的原油。而相邻的生油岩含有 $17\beta(H), 21\beta(H)$ 藿烷, 是不成熟的生油岩, 不能作为邻近油层的油源。因此, 上述对比关系是可信的, 浅层原油来自成熟门限深度以下的成熟的生油岩。

(二) 中等深度原油的油源

这种原油与其邻近的成熟生油岩对比, 相关性好; 而与比其更浅或更深的生油岩对比, 相关性差。

埋深为 2192—2199.4 米的核三段 21 号原油样品, 与平面上只相距 2 公里左右的泌 80 井 2162.15—2163.66 米核三段生油岩(9 号)对比, 相关性好(图 4), 两者都含有丰度较低的三环萜烷, 其余各峰的强度比也大致相近。

但 21 号原油与图 3 的 987.88—996.88 米核二段 1 号生油岩对比, 相关性很差。例如, 后者含有 β, β 型藿烷及多种非藿类萜烷, 而前者却不含有这些化合物。后者的 $C_{28}, C_{29}, 14\alpha(H), 17\alpha(H)$ 甾烷 20S($m/e217$ 质量色谱图上 25、32 号峰)相对强度很低, 而前者的相对强度却高得多。

21 号原油样与图 5 中 12 号生油岩样(2798—2808 米, 核三段)对比, 相关性也不好。例如后者的三环萜烷丰度要比前者高, 而前者的甾烷成分中含有后者没有的孕甾烷和 20-甲基-孕甾烷。

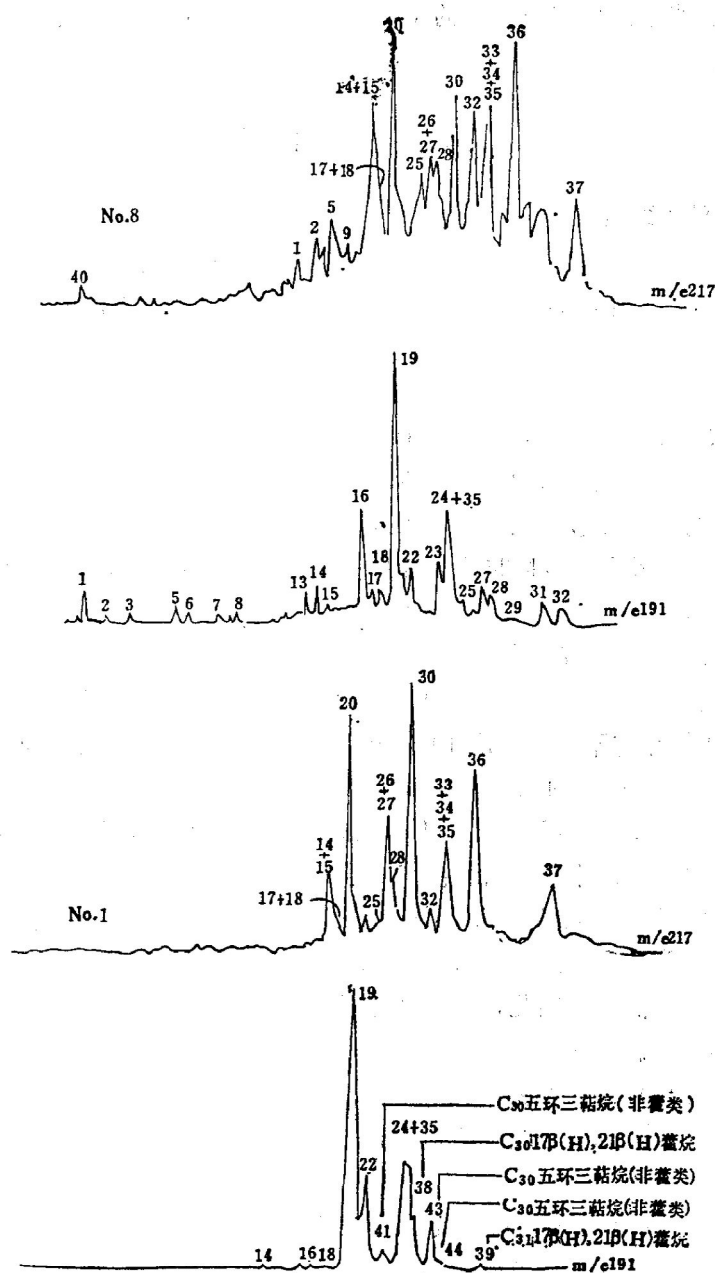


图3 1号与8号生油岩样质量色谱图

看来,中等深度原油主要来自邻近的成熟生油岩。

(三) 埋藏较深原油的油源

这种原油在成分上与比其埋藏更深的生油岩相似(图5)。例如,22号原油(埋藏深度为2242-2244米)与位于沉积中心的泌72井2798-2808米的生油岩(12号样),二者三环萜烷的含量都比较高,都含有伽马烷、孕甾烷和20-甲基-孕甾烷,其余一些峰的相对强度比也较相近。这说明,22号原油是从凹陷沉积中心的埋藏较深的生油岩中来的。

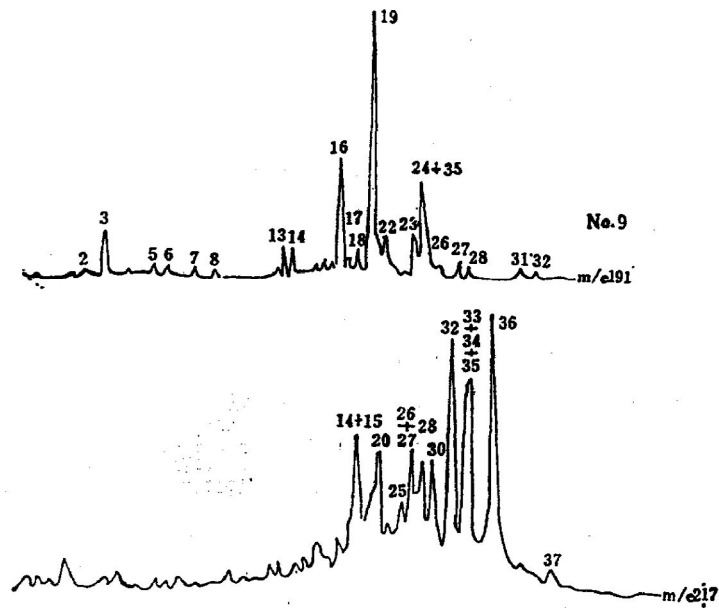


图4 9号生油岩样质量色谱图

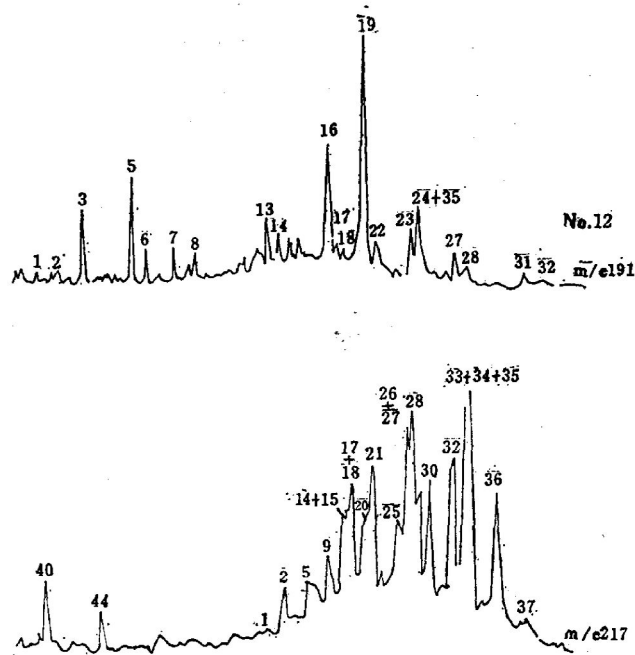


图5 12号生油岩样质量色谱图

三、石油的运移特征

(一) 研究石油运移的依据

1. 油源对比结果

众所周知, 油源对比可以确定工业油藏原油的来源, 即确定石油运移的“出发处”和“结束处”。源岩是石油运移的“出发处”, 而工业油藏是石油运移的“结束处”(暂

时和相对的“结束处”)。

2. 生物标记化合物运移指数 (BMII)

石油运移过程中, 岩石会对石油产生吸附作用, 从而使得石油成分发生变化, 犹如色层分析中色层柱起的作用一样, 称为地质色层作用。

在岩性较均一的场合下, 运移的距离越长, 原油成分受地质色层作用的影响就越大。此外, 原油成分在运移过程中的变化还与岩石的特点和运移通道的大小有关。一般说来, 在相同的运移距离下, 细粒的岩石 (如泥质粉砂岩, 粉砂岩, 细砂岩) 比粗粒的岩石 (中砂岩, 粗砂岩, 砾岩) 引起的地质色层作用要大得多。断层裂隙、不整合面缝隙所提供的运移孔道大, 其地质色层作用很小。

值得注意的是, 由于地质色层作用所引起的石油成分的变化, 往往与成熟度增加引起的成分变化相同。Seifert (1981) 曾经提出一个用甾烷成分研究原油的相对运移程度的方法, 较好地克服了成熟度对于地质色层作用的影响^[1]。他认为, 原油和生油岩抽提物的甾烷参数 $C_{29}, 5\alpha, 14\alpha, 17\alpha, 20S/C_{29}, 5\alpha, 14\alpha, 17\alpha, 20R$ 不受地质色层作用影响, 而只与成熟度有关。另一个甾烷参数, 即 $C_{29}, 5\alpha, 14\beta, 17\beta, 20(R+S)/C_{29}, 5\alpha, 14\alpha, 17\alpha, 20R$, 既是成熟度参数, 又是运移参数; 无论是成熟度增高, 或运移程度增加, 都能使这一比值提高。如果用前一参数作竖轴, 后一参数作横轴, 组成直角坐标系, 则得到一个可以巧妙地反映出生油岩抽提物和原油的成熟-运移特征的图件, 称为成熟-运移图 (图6)。从图上可见, 未经运移的生油岩抽提物的点子沿着斜线稍靠上方的部位分布, 而原油作为经过运移的烃类, 分布在斜线的右下方。通过样品点作一平行于横轴的直线与斜线相交, 此交点与坐标原点的距离, 可表示此样品的成熟程度。此距离用竖轴坐标作尺度衡量的数值叫生物标记化合物成熟指数 BMAI (Biomarker Maturation Index)^[1]。对于原油样品, 从样品点作横轴的平行线与斜线相交, 相交点至样品点的距离, 以横轴坐标作尺度衡量的数值, 表示此样品的运移程度, 称为生物标记化合物的运移指数 BMII (Biomarker Migration Index)^[1]。显然, 成熟指数越大, 其成熟度越高,

运移指数越大, 相对运移的程度也越高。

3. 有关地质资料

地质资料显然是研究石油运移的重要依据, 诸如盆地的地质结构, 生油岩的性质及其分布, 储集岩层的性质及其分布, 生油岩与储集岩的空间关系, 局部构造特点, 断层分布及断层性质, 不整合面的特点和分布, 盆地内沉积相带的分布及特点等^[2,3,4]。

(二) 泌阳凹陷石油运移的特征

根据上述三方面资料的研究, 我们认为泌阳凹陷中3种原油的运移特征并不相同。

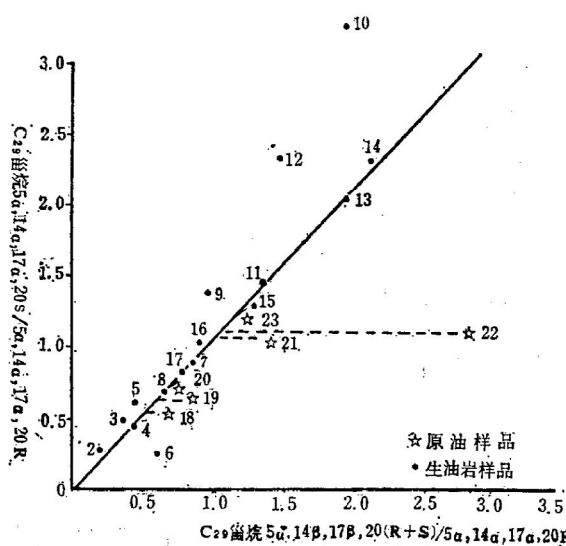


图6 泌阳凹陷原油及生油岩的成熟-运移图

1. 浅层原油以向上运移为主

上文已经论证浅层原油来自下伏的、成熟门限深度以下的生油岩。从成熟-运移图(图6)上可看出,这些原油所经受的地质色层作用不强, BMII 值为 0—0.2。这些原油从大于 2100 米深处向上运移几百米,甚至千多米,其 BMII 还这么小,其主要原因是在运移过程中并非穿过较厚的细粒岩石(泥质粉砂岩,粉砂岩,细砂岩等),而主要是通过较大孔道(如砂岩、砾岩的孔隙,断层缝隙等)。

从沉积相上看,这些储集岩体位于水下冲积扇的扇根与中扇之间,其岩性主要是砂岩、砂砾岩、砾岩等,颗粒粗,层与层之间密集,连通性好,故可提供较大的运移孔道。

从局部构造上看,这些储集层大都被一条或多条正断层通过,断层裂隙也可以成为石油运移的通道。

当然,我们并不能说这些浅层原油完全排除其他方式的运移,如短距离的侧向运移,或较长距离的侧向运移等。从运移所经过的介质来说,同样不能排除通过细粒岩石的运移,只是它们对于这种原油的运移并不起主导作用。

2. 中深度原油以短距离侧向运移为主

中深度原油在萘、甾烷成分上与其相邻的成熟生油岩具有良好的对比关系,而与埋藏较浅的不成熟生油岩及埋藏更深的成熟生油岩对比很差,这说明这些原油是从相邻的生油岩中运移过来的。

这些原油的 BMII 值为 0.4—0.7,比浅层原油大,比深层原油小得多。推测它们在生油岩中形成以后,在细粒岩石中(粉砂岩,细砂岩等)只经过较短距离的运移,就聚集成油藏。

从沉积岩相上看,这些原油的储集岩位于水下冲积扇的中扇与扇端之间的部分,颗粒变细,孔隙直径变小,渗透性中等或稍差,成层性变好,但砂层的延续距离不长,使得侧向运移的距离较短。

3. 埋藏较深的石油以较长距离的侧向运移为主

前面已谈到,这种石油是来自比其储集层更深的生油岩。这种原油具有很大的 BMII 值(1.75),表明它曾在较细的储集层中作过较长距离的侧向运移。

深部油层主要位于水下冲积扇的扇端和扇端外缘部分(指凹陷西部,双河油田部分),它的岩性变得更细,成层性更好,砂岩层的延伸距离加长,因而具备了较长距离侧向运移的地质条件,使在凹陷中心生油岩生成的石油,沿着储集层上倾的方向运移,而聚集成油藏。

小 结

1. 根据油-油对比及油源对比确定,成熟门限以上的浅层石油和成熟门限以下的中等深度石油,具有大致相同的油源,它们来自成熟门限以下的生油岩。而埋藏较深的石油来自埋深比其储集层更大的生油岩。

2. 浅层石油以向上运移为主,中等深度石油以侧向短距离运移为主,埋藏较深的石油以较长距离的侧向运移为主。

3. 油源对比、地质色层作用及地质构造条件都是研究石油运移的重要依据,它们所起的作用有所区别,又互相联系。

参 考 文 献

- [1] Seifert, W. K., Moldovan J. M., 1981, Paleoreconstruction by biological markers. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, V. 45, P. 783-794.
- [2] 王德发等, 1983, 华北地区若干断陷湖盆沉积特征和油气分布. 石油学报, 第4卷, 第3期.
- [3] 张文昭, 1983, 中国陆相盆地油田形成规律. 石油学报, 第4卷, 第3期.
- [4] 朱水安、李纯菊等, 1983, 泌阳凹陷双河水下冲积扇的沉积特征. 石油学报, 第4卷, 第1期.

SOURCE AND MIGRATION OF CRUDE OILS OF BIYANG DEPRESSOIN

Jiang Naihuang Jia Fengying

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

Abstract

Based on the data of steranes and terpanes of 17 source rock samples and 6 crude oil samples collected from Biyang depression, Nanxiang Basin, the authors considered that crude oil produced from middle-depth reservoirs or reservoirs buried shallower than threshold-depth (2,100 m) were migrated from middle depth source rocks. But the former is mainly in a state of lateral migration within a short distance; while the later is upwards primarily. Crude oil buried in a greater depth was generated from much more deeper source rocks, and bound to migrate for a long distance.

中国南方白垩系及其含油气远景学术讨论会简况

由中国古生物学会和中国石油学会联合召开的这次会议, 于1985年10月10日至24日在浙江金华、丽水、天台举行。会前收到论文或摘要72篇, 其中地层划分、对比35篇(含火山地层5篇), 古生物26篇, 油气5篇, 古地理及构造各2篇, 岩石地球化学及古地磁各1篇。中国科学院、石油工业部、地质矿产部、煤炭工业部、化学工业部、地质院校及大学地质系等派出的120余位代表出席了会议, 著名学者有中国科学院学部委员卢衍豪、顾知微、关士聪教授, 石油工业部勘探开发研究院副院长田在艺高级工程师等, 另日本千叶大学地质生物学名誉教授前田四郎、美国得克萨斯州欧勃林大学地质系主任马蒂尔博士也应邀参加了会议。

开幕式后, 实地考察了浙江寿昌盆地的建德群、金衢盆地的衢江群、永康盆地的永康群、天台盆地的天台群等剖面, 以及丽水老竹盆地馆头组与寿昌组的接触关系等。最后在天台宣读论文及对有关问题进行讨论, 顾知微教授作了“论浙江侏罗、白垩系的分界及闽浙运动”, 前田四郎教授作了“日本侏罗、白垩纪地层及双壳类化石”, 马蒂尔博士作了“美国西部侏罗-白垩系界线”的发言; 陈丕基、徐克定等同志介绍了“中国东部环太平洋地区白垩纪陆相地层”及“浙江的白垩系及中国东南部白垩纪沉积盆地含油气远景探讨”等。在分组会上除宣讲有关论文之外, 分别讨论了(1)南方白垩系对比及其含油气远景, (2)建德群的时代和侏罗与白垩系界线, (3)浙江侏罗-白垩纪地层层序等。

通过讨论, 对我国南方白垩系的底界、白垩系的划分与对比仍有分歧, 主要是建德群的时代归属, 即把它归属晚侏罗世还是归属早白垩世的问题。但在层序及对比上, 意见比较接近, 以浙江为例, 认为可把建德群置下、永康群居中、衢江群放上, 至于衢江群底部与永康群顶部是相当, 还是上下层位, 仍有争议。关于南方白垩系的含油气性方面, 认为在中国东南部有寿昌期(有人认为属晚侏罗世)、馆头期及兰溪期三个成盆期; 有单一的盆地, 也有叠置的盆地(上、下构造不相符合)。在找油(气)中, 对寿昌期内陆或滨海湖盆、兰溪期膏盐湖盆及古生中储(古生界生油中生界储油)或新生中储应予充分重视; 认为华南地区找油气中, 应继续对江汉-洞庭、苏北-南黄海等盆地的白垩系予以注意。

这次会议推进了我国的陆相白垩系及其含油气性的研究, 并为即将召开的北方白垩系会议提供了范例。会后还将出版论文集, 不久可与读者见面。

(江圣邦)