

原油的红外谱线特征及其地质解译

林 等 忠

(地质部石油地质综合大队)

作为鉴定有机化合物官能团和研究分子结构强有力手段的红外吸收光谱,已广泛地应用于有机化学各领域中。我国自六十年代以来,已较为普遍地用于研讨生油岩、油源、原油对比、油气运移和原油的后生变化等方面的石油地质问题,积累了丰富的实际资料。笔者初步分析了我国大部分地区原油的红外谱线,发现不同地区、不同层位的原油红外谱线有共性亦有差异。其差异主要受控于原油形成的地质条件与保存环境,故据原油红外谱线特征可阐明某些石油地质问题。

一 确定原油性质的各种地质因素

目前我国发现的原油均属烷基原油,但不同地区、不同层位的原油却各有特色,其化学组成和物理性质均有差别。确定原油性质的地质因素主要有以下三个方面:

1. 成油原始母质类型决定原油的基本性质

由低等生物组成的腐泥型成油母质,所形成的原油多为以烷烃为主的烷基原油。而以高等植物为主组成的腐植型成油母质,所形成的原油则含有较多的高分子石蜡烃、芳香烃和多环环烷烃,同时形成一定量的天然气。混合的腐泥—腐植型成油母质,所形成的原油性质则两者兼有之。

2. 沉积和成油环境对原油性质亦有影响

成油母质在沉积和成岩过程中,所处的地球化学环境不同,母质保存好坏和向石油转化的程度随之而异,所形成的原油其性质自然亦有差别。

3. 后生变化是原油性质变异的重要原因

原油形成后,在漫长的地质历程中经受了一系列的后生变化,原油性质产生变异。这种变化主要有以下几个方面:

演化作用——在温度、催化剂、压力和时间等因素作用下原油的自然演变。其实质是原油产生热裂解反应和热催化反应,最终演变结果是原油两极分化——甲烷气化和碳沥青化。演化作用亦有人谓之原油的热变质作用。

氧化作用——在漫长的地质经历中,原油遭受地下水或大气的氧化作用,往往使之变稠,甚至变为氧化重油或氧化沥青。

生物化学作用——某些微生物对原油的降解和迭合作用。常与地下水的氧化作用伴生。

物理化学作用——包括原油在运移过程中岩层的层析作用,油藏中原油的重力分异作用,油气藏中原油的脱沥青作用和地表的挥发作用等。

原油主要由直链烷烃、环烷烃和芳香烃组成,并含有少量的氧、硫、氮等杂环化合物。据前人对煤、原油及其衍生物的研究表明,此类有机组份在自然演变过程中,其变化趋势大致是:不稳定的烃类→稳定的烃类,高分子的烃类→低分子的烃类,高取代基烃类→低取代基烃类,杂环化合物多→杂环化合物少。

二 原油红外谱线的特征吸收峰及其可能反映的地质意义

原油在红外吸收光谱图中出现众多的吸收峰,主要可归纳为以下三组:

1. 饱和烃(包括直链烷烃和环烷烃)吸收峰

700—720 cm^{-1} 为 $-(\text{CH}_2)_n-$ 中的C—C骨架振动吸收峰。 $n > 4$ 出现此峰, $n < 30$ 时为单峰, $n \geq 30$ 时则为双峰。即低分子烷烃表现为单峰,而高分子石蜡烃为双峰。我国中新世陆相含油盆地所产的原油,由于时代新,后生变化不大或成油母质的影响,一般均富含高分子的石蜡烃,故多呈双峰出现。而海相盆地所产的原油,由于时代老,后生变化大,高分子石蜡烃一般较贫乏,多以轻质原油出现,故以单峰出现者居多。但在中新世陆相盆地的局部地区,由于某些地质因素影响,亦有轻质原油出现。例如华北板桥地区 and 新疆塔里木柯克亚第三系的轻质原油,呈单峰出现。海相含油盆地某些地区由于演化程度较低,仍保留有部分的高分子石蜡烃,亦有双峰出现。此外还与原油的运移有关,经长距离或多次运移的原油也多呈单峰出现。

1380 cm^{-1} 、1460 cm^{-1} 为甲基(CH_3)、次甲基(CH_2)的弯曲振动吸收峰。甲基、次甲基为原油最主要的组成基团,各地原油都有较强的1380 cm^{-1} 、1460 cm^{-1} 吸收峰。原油中一般次甲基比甲基多,故通常1460 cm^{-1} 吸收峰比1380 cm^{-1} 吸收峰强。相比之下,演化程度较高的轻质原油,烷烃丰度增高,1380 cm^{-1} 、1460 cm^{-1} 吸收峰增强。而演化程度较低的原油或煤系地层所产的原油,此两峰相对减弱。

2850 cm^{-1} 和2950 cm^{-1} 为甲基、次甲基的伸展振动吸收峰,其出现的地质意义与1380 cm^{-1} 和1460 cm^{-1} 吸收峰类同,但其吸收峰远比1380 cm^{-1} 和1460 cm^{-1} 吸收峰强,而且此两峰分离较差,常易迭加在一起。

2. 芳香烃的特征吸收峰

730 cm^{-1} —900 cm^{-1} 为芳香烃、缩合芳香烃次亚甲基(CH)的面外振动吸收峰,一般出现三个比较明显的吸收峰:

740—760 cm^{-1} 为芳烃或缩合芳烃有4—5个相邻氢原子的吸收峰;

800—810 cm^{-1} 为芳烃或缩合芳烃有2—3个相邻氢原子的吸收峰;

860—880 cm^{-1} 为芳烃或缩合芳烃有1—2个相邻氢原子的吸收峰。

芳烃或缩合芳烃上相邻氢原子的演变,反映其取代基的演变状况。在漫长的地质演变过程中,取代基多的芳烃是不稳定的,有向取代基少的芳烃转变之趋势。故以上三个芳烃结构特征吸收峰的相互关系,大体可反映原油在自然地质体中的演化程度:演化程

度高的原油, 相邻氢原子多的 740 cm^{-1} 吸收峰比较强; 演化程度低的原油, 相邻氢原子少的 860 cm^{-1} 吸收峰较强; 而相邻氢原子数居中的 800 cm^{-1} 吸收峰则变化不明显。我国中新生代陆相盆地的原油, 反映芳烃结构特征三个吸收峰一般都比较显著, 而海相盆地的原油则比较微弱, 这可能与陆相原油含芳烃较多有关。

1450 cm^{-1} 和 1600 cm^{-1} 为芳烃中 —C=C— 基团的伸展振动吸收峰。原油一般都含有数量不等的芳烃, 故均有此两个吸收峰出现。我国中新生代陆相盆地的原油, 由于其成油母质或多或少包含有一些高等植物, 故含芳烃较多, 此两吸收峰较显著。目前我国所发现的海相盆地原油, 芳烃一般较少, 此两吸收峰比较微弱。在演化程度较高的原油中, 由于产生芳构化反应, 使芳烃含量有所增加, 此两吸收峰亦较显著。在芳烃较少的原油中, 1450 cm^{-1} 吸收峰常易被次甲基的 1460 cm^{-1} 吸收峰所掩盖混成一个峰出现, 故常以 1600 cm^{-1} 代表芳烃的吸收峰。

3050 cm^{-1} 为芳烃中次亚甲基(CH)的伸展振动吸收峰。各地原油一般少见此峰, 个别演化程度高的原油出现此峰, 但在煤中普遍出现此峰, 且随煤变质程度增高而增强, 由此推断此吸收峰的出现可能与以下两个因素有关: 一是与高等植物有关, 另一则与演化程度较高有关。研讨时, 应结合具体地质条件来考虑。

此外芳烃的 CH 基团, 其面内弯曲振动在 $1000\text{—}1300\text{ cm}^{-1}$ 处亦有吸收峰出现, 但通常多与原油中含氧、硫、氮等基团的吸收峰偶合或迭加在一起, 较难确切地分辨出来。

3. 含氧、硫、氮、杂环化合物的吸收峰

$1000\text{—}1300\text{ cm}^{-1}$ 为各种含氧、硫、氮的基团吸收峰, 包含着许多 C—C 、 C—O 基团伸展振动和其它 C—N 、 S—O 、 C—H 、 OH 基团的变形振动参与的偶合振动吸收, 出现众多的迭加吸收峰, 难以准确地辨认出单独的基团, 给地质解译增加困难。原油红外谱线中含氧、硫、氮基团的出现, 可能有两种地质含义: 其一, 成油原始母质中含有丰富的氧、硫、氮的化合物, 在向油转化的过程中, 随着脱水、脱羧基、脱氨基作用的增强, 使原油中含氧、硫、氮化合物逐渐减少。但在后生变化不大、演化程度低的原油中, 仍然保留有一定数量的含氧、硫、氮化合物。随着演化作用的增强、原油的含氧、硫、氮化合物逐渐减少乃至消失。其二, 由于后期构造运动使油藏遭破坏, 原油被地下水或空气氧化, 以及生物化学作用, 致使原油中含氧、硫、氮化合物增加。对演化程度较高的原油而言, 含氧、硫、氮化合物的大量出现, 则为原油遭受氧化或生物化学作用的直接证据。

$1700\text{—}1720\text{ cm}^{-1}$ 为酯、酮、醇、醛、羧基基团中 C=O 基团的伸展振动吸收峰。演化程度低的原油一般有此峰显示, 受氧化的原油此吸收峰亦较强。

1900 cm^{-1} 为酞类化合物中 C=O 基团的伸展振动吸收峰, 一般原油无此峰出现, 但在演化程度高而又遭受氧化的原油, 有可能出现此峰。煤普遍出现此峰则可能与腐植型母质有关。

$3200\text{—}3600\text{ cm}^{-1}$ 为缔合的 OH 基团和 NH_2 基团的伸展振动吸收峰。演化程度低的原油, 大多有此峰出现。如若演化程度高的原油有此峰出现, 则为原油遭受氧化的证据。

三 各地区原油红外谱线的地质解译

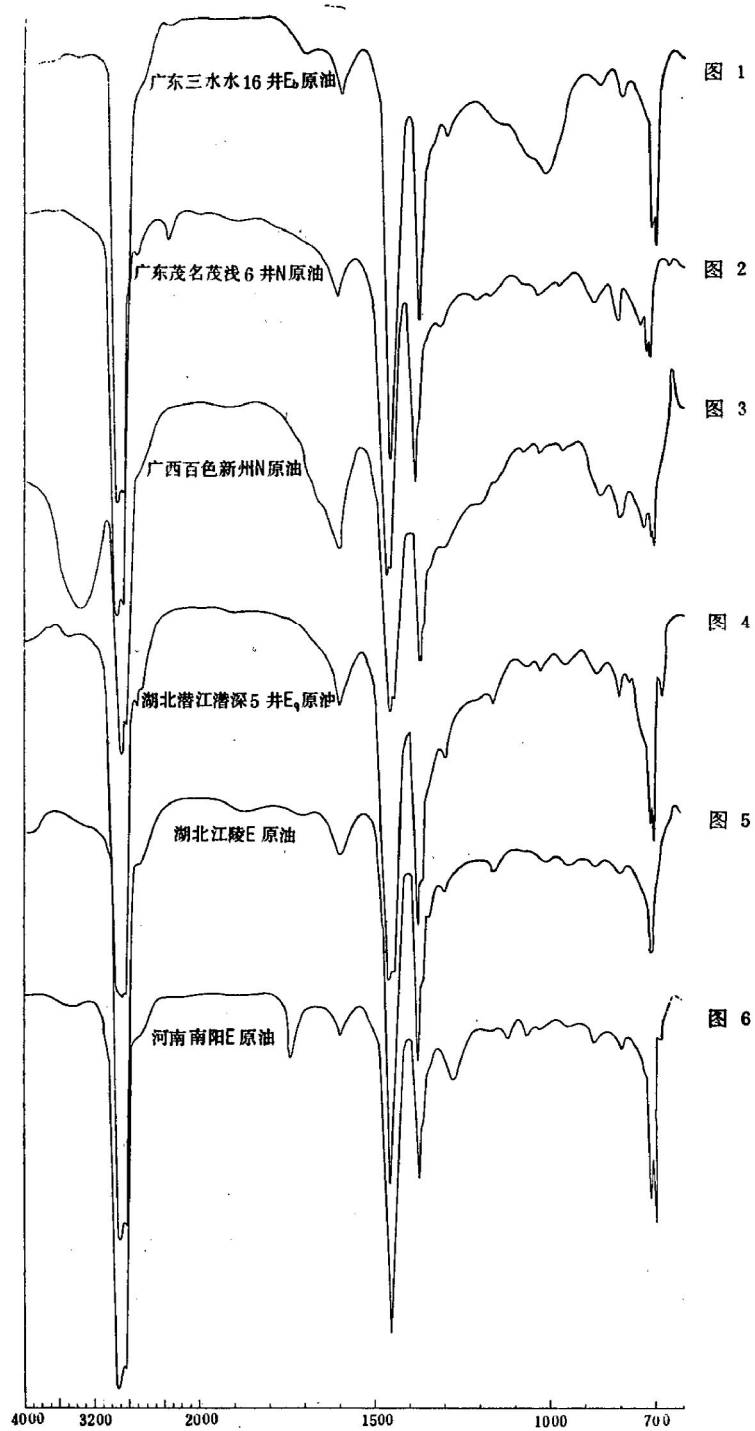
目前我国发现的油田,绝大部分集中在中生代陆相沉积盆地内。由于埋藏较浅、时代较新,演化程度较低,加之成油母质的影响,其原油一般都是色深、比重大、粘度大、富含石蜡烃和芳香烃的重质原油。其红外谱线特征为: $700\text{—}720\text{ cm}^{-1}$ 双峰出现,芳香烃特征峰 $740\text{—}860\text{ cm}^{-1}$ 、 1600 cm^{-1} 比较明显,含氧、硫、氮基团吸收峰多且显著。然而由于各中生代陆相盆地地质条件的差异,各盆地原油性质有差异,红外谱线亦不尽相同。

海相沉积盆地中,目前发现的油田为数甚少,就现有资料所知,其原油性质与陆相原油有较大差别,一般为色浅、比重小、粘度小、富含低分子饱和烃的轻质原油。可能与其成油母质为腐泥型有机质有关,而且时代老、埋藏深、后生变化大,也促使原油性质产生变化,其原油红外谱线特征为: $700\text{—}720\text{ cm}^{-1}$ 呈单峰出现,甲基、次甲基吸收峰特别强,芳烃和含氧、硫、氮基团的吸收峰不显著。

1. 陆相原油红外谱线特征及其地质解译

(1) 广东茂名、三水盆地和广西百色盆地,虽然个别地区有海相夹层,但总体上仍属第三纪断陷小盆地的陆相沉积。其原油红外谱线的共同特征为: $700\text{—}720\text{ cm}^{-1}$ 呈双峰出现;芳香烃特征峰 $740\text{—}860\text{ cm}^{-1}$ 较强;含氧、硫、氮基团吸收峰 $1000\text{—}1300\text{ cm}^{-1}$ 、 1700 cm^{-1} 、 $3200\text{—}3600\text{ cm}^{-1}$ 多且显著。反映出原油富含高分子石蜡烃和芳香烃、杂环化合物(图1~3)。这些地区原油出现此种面貌可能与以下因素有关:一是沉积时有较丰富的陆源高等植物参与,其成油母质以腐植型有机质为主;二为油藏埋深较浅,所经历的古地温不高,原油的演化程度较低,因而保留较多的石蜡烃和含氧、硫、氮基团的杂环化合物。

(2) 江汉盆地第三纪陆相沉积盆地,油田分布在潜江凹陷和江陵凹陷中。两地区原油的红外谱线有差异;潜江凹陷原油红外谱线 $700\text{—}720\text{ cm}^{-1}$ 呈现双峰, $1000\text{—}1300\text{ cm}^{-1}$ 吸收峰较明显;江陵凹陷原油红外谱线 $700\text{—}720\text{ cm}^{-1}$ 呈现单峰,且 $1000\text{—}1300\text{ cm}^{-1}$ 吸收峰明显减弱。而两凹陷原油的 1380 cm^{-1} 、 1460 cm^{-1} 、 1600 cm^{-1} 、 $2850\text{—}2950\text{ cm}^{-1}$ 吸收峰则类同(图4~5)。据目前所获地质资料分析,以上差异可能有两方面原因:其一,虽然江汉盆地第三系为膏盐盆地沉积,其沉积环境和成油母质类同,但盆地内各凹陷的生油岩发育有差别:江陵凹陷生油岩为老第三系下部的新沟嘴组(Ex),而潜江凹陷主要生油岩则为老第三系上部潜江组(Eq),原油来自不同的生油层段,其原油性质自然有别。其二,江陵凹陷第三纪有多期玄武岩喷发活动,其结果形成了较高的古地温环境,促使原油产生一些热裂解反应,高分子石蜡烃部分裂解为分子量较小的烷烃,故该区原油的比重、粘度较小,油质较轻,含天然气较多。但值得注意的是潜江凹陷深部新沟嘴组亦产少量的轻质原油和天然气,这可能是油藏埋深增加,原油演化程度相应增高的结果。



红外谱线图

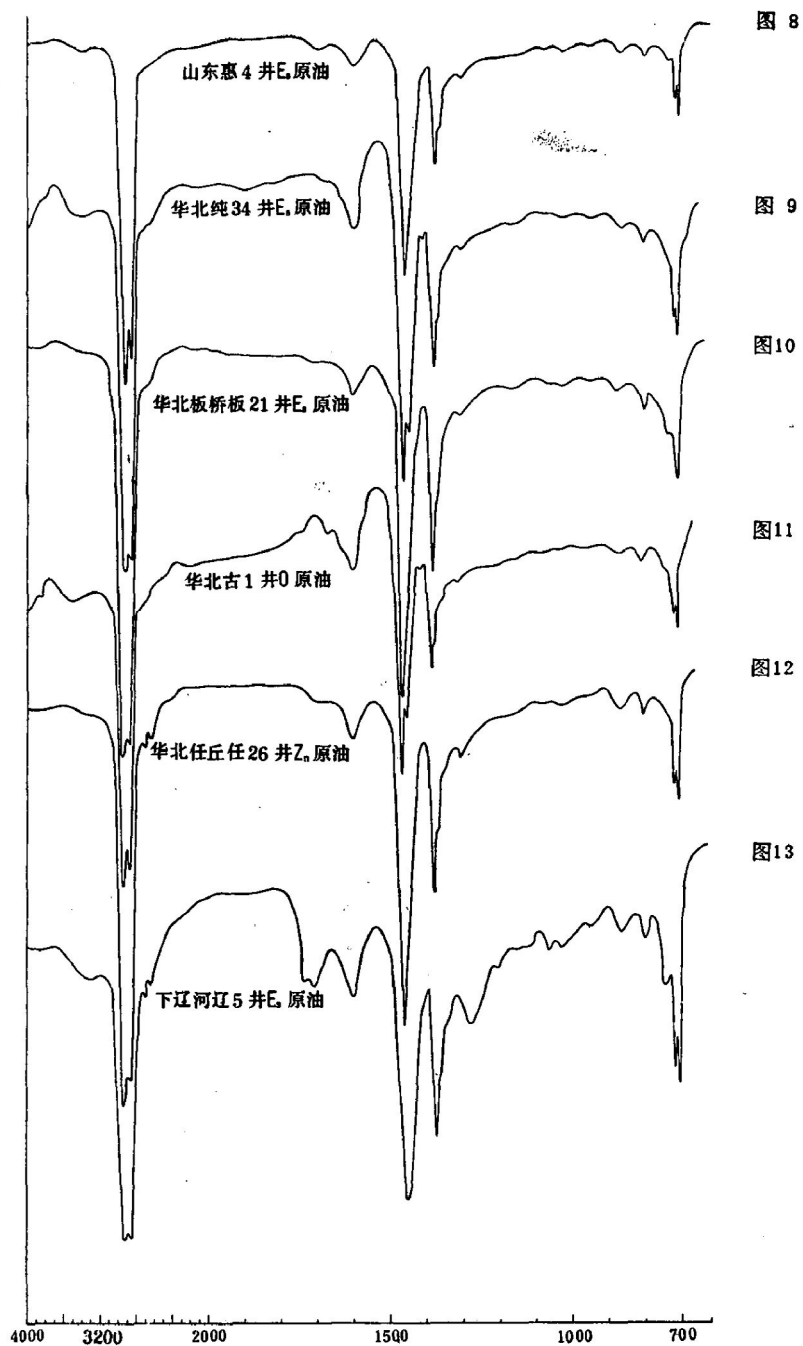
(3) 河南南阳地区为第三纪陆相沉积盆地, 其原油红外谱线有两个鲜明的特点: $700—720\text{ cm}^{-1}$ 呈双峰; 1740 cm^{-1} 吸收峰比 1600 cm^{-1} 吸收峰强(图6)。这两个特点的地质背景可能是: 其一, 南阳盆地第三系沉积时, 其成油母质似以低等生物组成的腐泥型有机质为主, 高等植物较少, 致使芳香烃较少, 而富含脂肪酸类物质。诚然, 原油遭受氧化也可能出现 1740 cm^{-1} 吸收峰, 但南阳地区油藏保存尚好, 油藏遭破坏和氧化的可能性较小。其二, 南阳地区第三系原油有较多的高分子石蜡烷和含氧、硫、氮基团的杂环化合物, 表明其演化程度较低。

(4) 苏北地区第三系原油的红外谱线特征主要反映了饱和烃的特征, $700—720\text{ cm}^{-1}$ 呈双峰, 甲基、次甲基的吸收峰 1380 cm^{-1} 、 1460 cm^{-1} 、 $2850—2950\text{ cm}^{-1}$ 较强, 而芳香烃和杂环化合物的吸收峰较弱(图7)。苏北地区第三系沉积时, 陆相沉积物中有较多海相夹层, 其成油母质可能以腐泥型有机质为主, 腐植型有机质较少, 致使原油中饱和烃较富, 而芳香烃较贫乏。 $700—720\text{ cm}^{-1}$ 呈双峰表明原油富含高分子石蜡烃, 演化程度较低。但苏北某些地区第三纪时曾有过频繁的基性岩浆活动, 会造成较高的古地温环境, 使原油演化程度增高, 也会出现轻质原油和较多的热裂解天然气。

(5) 华北地区分布着众多的油田, 产油层位多, 但主要集中在老第三系沙河街组(Es)内。其原油性质多样化, 但基本上为色深、比重大、富含石蜡烃的陆相原油。其红外谱线特征为: $700—720\text{ cm}^{-1}$ 呈双峰; 甲基、次甲基的 1380 cm^{-1} 、 1460 cm^{-1} 吸收峰强; 芳香烃特征峰 1600 cm^{-1} 显著; 含氧、硫、氮的基团吸收峰普遍有显示(图8~12)。沙河街组(Es)为陆相沉积, 但夹有较多的海相层, 为本区主要生油层。成油母质似为腐泥—腐植混合型原始有机质, 同时其演化程度在大多数地区是不高的, 致使原油具有陆相年轻原油的面貌(表1)。但由于地质条件的差异, 华北地区第三系原油性质并非完全相同。在板桥凹陷内沙河街组的原油却是轻质原油, 红外谱线 $700—720\text{ cm}^{-1}$ 呈单峰出现(图10), 表明高分子石蜡烃已裂解为低分子烷烃, 并伴随有大量热裂解气, 含有较多不饱和烃类气体(乙烯、丙烯等), 为较典型的原油热裂解的产物。此特征的出现可能与新生代的岩浆活动或断裂活动有关。可见板桥凹陷第三系原油, 虽然年代较新, 但已经受较高古地温的影响, 其演化程度仍较高。正构烷烃分析成果也佐证了上述分析: 华北地区原油正构烷烃碳数分布范围一般为 $\text{C}_{11}—\text{C}_{40}$, 主峰多在 $\text{C}_{18}—\text{C}_{23}$; 而板桥凹陷原油正构烷烃碳数分布多在 $\text{C}_9—\text{C}_{30}$, 主峰则出现在 $\text{C}_{14}—\text{C}_{15}$ 。

华北地区展布着一种独特的古潜山油藏, 原油产自震旦亚界及古生界。其油源来自何处? 目前有二种不同的见解: 一认为来自沙河街组, 另一认为来自震旦亚界及古生界本身。任丘和孤岛地区古潜山油藏原油红外谱线特征与邻近地区沙河街组原油红外谱线特征一致: $700—720\text{ cm}^{-1}$ 呈现双峰, 芳香烃吸收峰比较明显, 含氧、硫、氮基团吸收峰亦较显著, 显示出年轻陆相原油的特点。据此笔者认为古潜山油藏的原油来自第三系生油岩。但值得注意的是, 局部地区震旦亚界及古生界曾发现原生晶洞油苗, 能否形成油藏有待今后披露。

(6) 下辽河地区第三系原油的红外谱线特征与华北地区的原油类同, 但其中芳香烃



红外谱线图

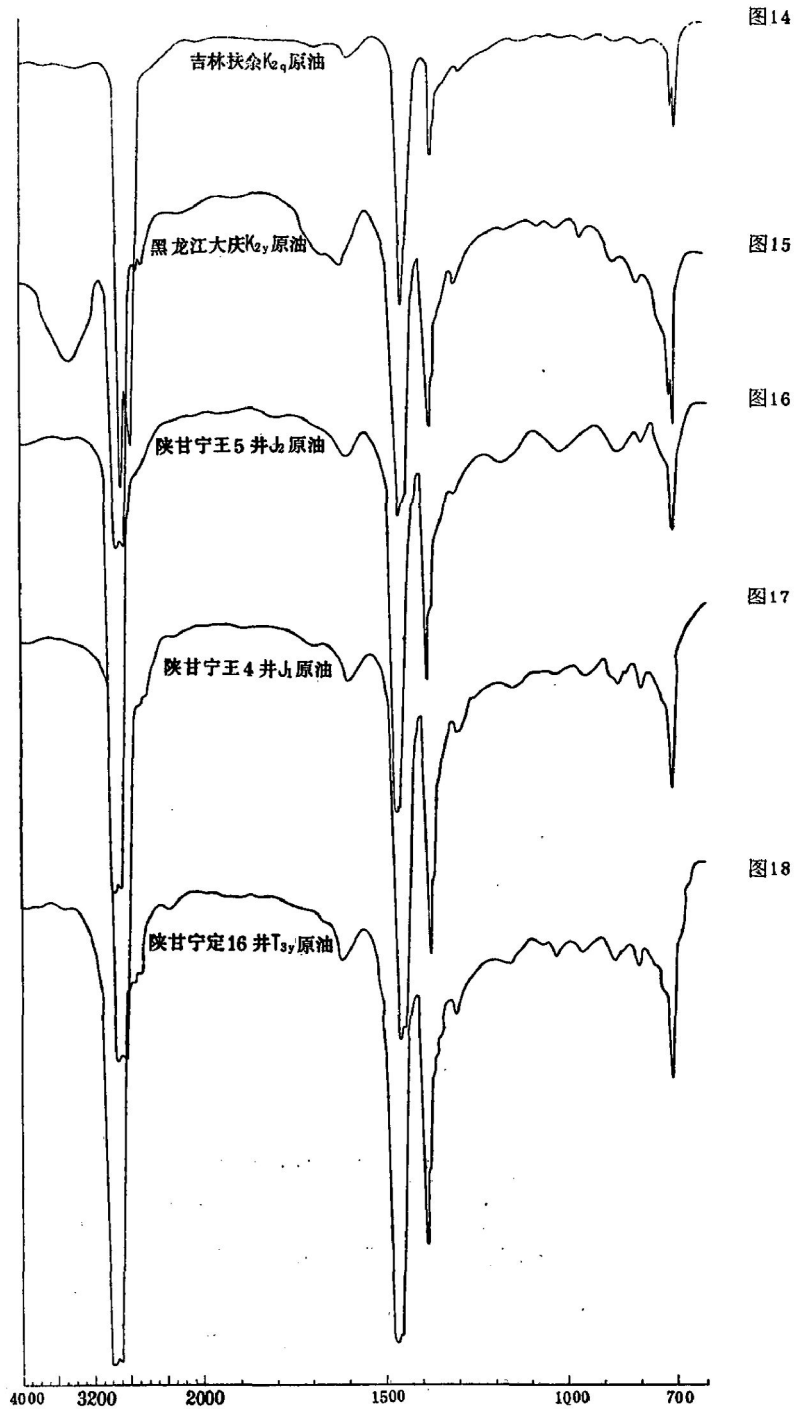
表1 华北地区原油分析成果

地 区	层 位	比 重 d_4^{20}	含 蜡 量 %	粘 度 厘 泊	族 组 份			
					烷 烃 %	芳 烃 %	非 烃 %	沥 青 质 %
胜利油田	Es ₁ —Es ₃	0.84—0.89	11.23—22.4	6—45	43.91—75.35	6.78—19.57	13.62—33.01	1.61—12.60
	Es ₄	0.86—0.88	17—24	10—22	50.49—67.64	16.24—19.21	13.45—26.96	2.59—3.82
黄骅凹陷	Es ₁ 中上部	0.86	14.29	13.22				
	Es ₁ 下部	0.85	13.35	8.88				
	Es ₂ —Es ₄	0.86	11.67	7.66				
南大港	Es ₁ 下部	0.85	14.16					
	Es ₂ —Es ₃	0.86	11.43					
北大港	Es ₁ 上部	0.85	15.53					
	Es ₁ 下部	0.85	13.13					
	Es ₂ —Es ₃	0.85	10.93					
	C—P	0.86	19.59					
	O	0.85	12.19					

和含氧、硫、氮基团的吸收峰比华北强一些(图13)。而且天然气含量比华北多。此种差别可能反映下辽河地区第三系成油母质以腐植型有机质为主,因而原油含有较多的高分子石蜡烃、芳香烃和天然气。下辽河原油富含高分子石蜡烃,表明演化程度较低,所伴生的天然气不象后生的裂解气,而可能是成油初期阶段,腐植型成油母质在微生物作用下直接生成的天然气。

(7) 松辽盆地中,大庆油田和扶余油田白垩系原油均为富蜡(一般20%左右)、贫硫(一般<0.5%)的重质原油($d_4^{20}=0.85—0.90$)。其红外谱线特征为:700—720 cm^{-1} 呈双峰,甲基、次甲基吸收峰较强,芳香烃和含氧、硫、氮基团吸收峰也较明显(图14~15)。这与其成油母质类型的演化程度较低有关。相比之下扶余油田泉头组(K_2qt)原油含氧基团比大庆油田姚家组(K_2y)原油要少一些,特别是大庆油田原油缩合OH基团的吸收峰最为突出,原因何在?大多数人认为大庆姚家组与扶余泉头组的原油均系来自青山口组(K_2qs)的生油岩,其原油性质应类同。但大庆的油层埋藏较深,其原油的演化程度应较高,而且大庆油田的保存与封闭条件比扶余油田好,原油被氧化的可能性不大。大庆原油含氧基团增多的原因,笔者认为可能系在开发过程中,长期大规模注水,致使原油部分遭水洗,产生局部水解和氧化的结果。

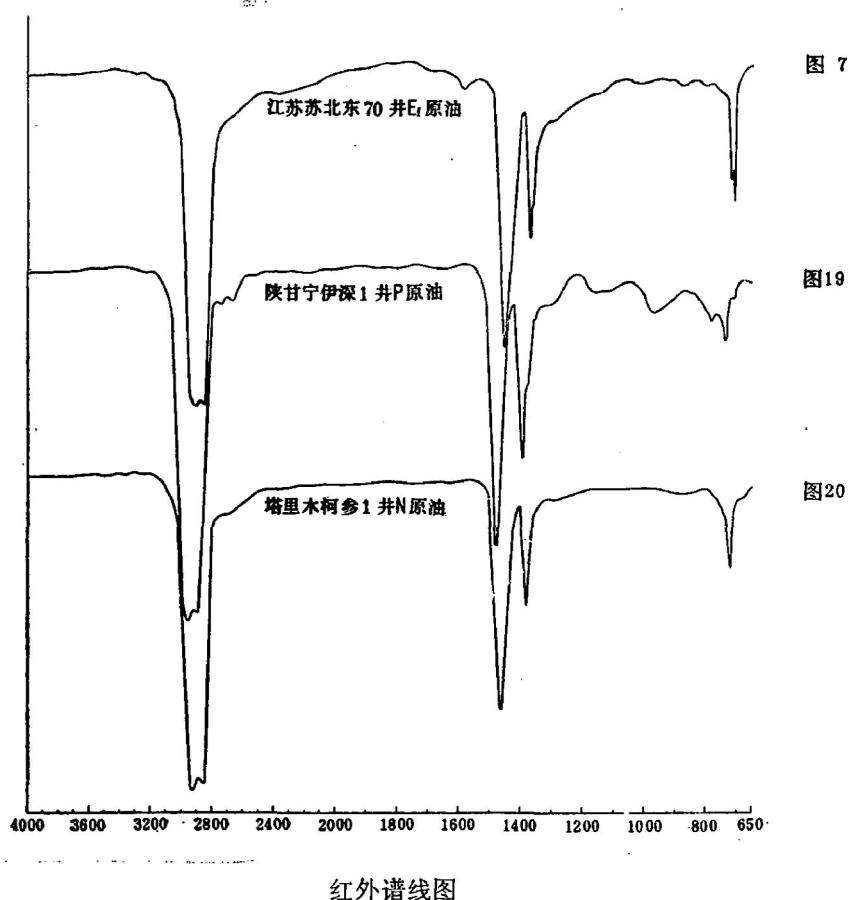
(8) 陕甘宁地区三叠系、侏罗系原油的红外谱线特征基本类同。芳香烃吸收峰比较明显,甲基、次甲基吸收峰强,700—720 cm^{-1} 吸收峰亦较强,但均呈单峰出现,而含氧、硫、氮基团的吸收峰不明显(图16~18)。本区三叠系,侏罗系为陆相煤系地层,成油母质以腐植型有机质为主,其原油理应富含高分子石蜡烃和芳香烃。但在700—720 cm^{-1} 却无双峰出现。可能是因原油埋藏深、时代较老,已经受一定程度的演化作用,高分子石蜡烃已被裂解为低分子烷烃的缘故。与此同时含氧、硫、氮基团亦相应减少,



红外谱线图

而芳香烃较稳定，易保存，故仍较丰富。

近来在陕甘宁地区北部，于深部的二叠系中获油气流，其原油红外谱线与上覆的三叠系、侏罗系原油相比，含氧、硫、氮基团和芳香烃的吸收峰极不明显，而主要为低分子的烷烃，甲基、次甲基吸收峰很强， $700\text{—}720\text{cm}^{-1}$ 为低单峰（图19）。反映轻质原油的特点。表明陕甘宁地区深部古生界原油，已经受较强的演化作用和分异作用，变为轻质原油，并伴有大量裂解天然气，故在该区深部古生界寻找天然气藏和轻质油藏的前景是存在的。



(9) 塔里木盆地柯克亚地区，第三系原油的红外谱线只有烷烃的吸收峰，甲基、次甲基吸收峰很强， $700\text{—}720\text{cm}^{-1}$ 为不显的单峰，而芳香烃和含氧、硫、氮基团的吸收峰均无显示（图20）。此油藏埋深大，油质轻（ $d_4^{20}=0.794$ ）、粘度低（4.24厘泊）、含蜡低（9.43%），并含有大量以甲烷为主（81—85%）的天然气。表明原油演化程度高，与一般中新生界陆相年轻原油有较大差别，类似陕甘宁地区二叠系和四川盆地三叠系的轻质原油。因此笔者认为油来自下伏古生界生油层的可能性较大。

(10) 四川盆地内，在川中、川北地区侏罗系获工业性油气流，其原油红外谱线特征，主要反映饱和烃吸收峰， $700\text{—}720\text{cm}^{-1}$ 为弱的单峰，甲基、次甲基吸收峰很强，芳香烃和含氧、硫、氮基团吸收峰不明显，但次亚甲基的 3050cm^{-1} 吸收峰极醒目（图

21)。显示出演化程度较高的轻质原油面貌。可能是油藏埋深大的结果。 3050cm^{-1} 吸收峰可能系稳定芳香烃的反映。在四川盆地中,侏罗系埋藏较深的地区,寻找陆相侏罗系的轻质油藏和气藏的前景是良好的。

川西北地区上三叠统须家河组(T_{3x})为一套海陆交互相或三角洲相的沉积,近年亦获得油气流,其原油的红外谱线特征为: $700-720\text{cm}^{-1}$ 呈单峰;甲基、次甲基吸收峰较强;芳香烃和含氧、硫、氮基团吸收峰较显著(图22)。与下伏三叠系雷口坡组(T_{2r})和嘉陵江组(T_{1j})原油相比,须家河组芳香烃较多,可能与其成油母质为腐植型有机质有关。有人认为须家河组原油来自下部的三叠系生油岩,笔者认为它来自本组生油岩的可能性较大。

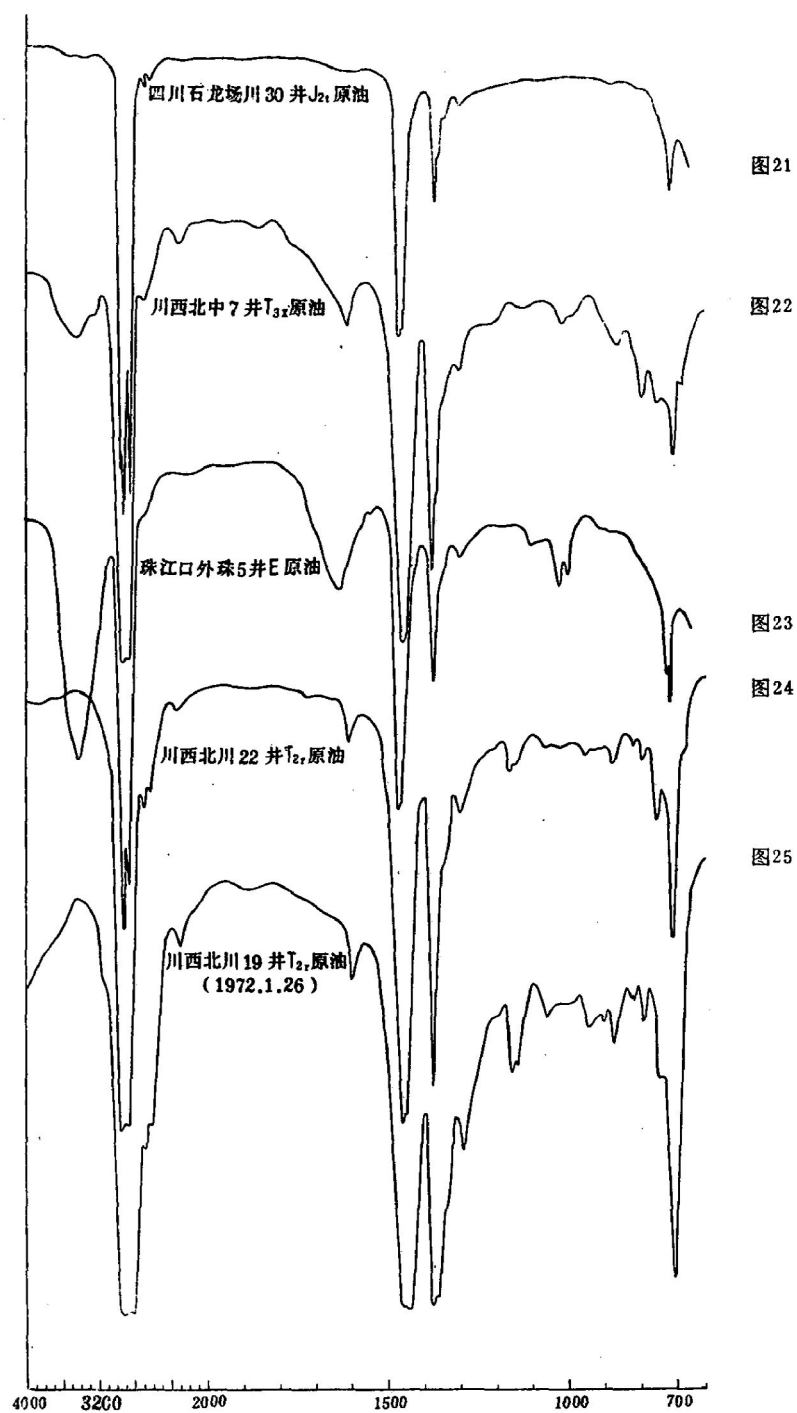
(11) 广东珠江口盆地第三系原油红外谱线特征为: $700-720\text{cm}^{-1}$ 呈双峰;甲基、次甲基吸收峰较强;芳香烃和含氧、硫、氮基团吸收峰亦较强,尤以OH或 NH_2 基团的 $3200-3600\text{cm}^{-1}$ 吸收峰为特征(图23)。呈现年轻陆相原油的面貌。原油比重大、粘度大、含蜡量高、色深且粘稠。目前认为该区第三系为陆相沉积,可能有三角洲相或海相夹层。原油芳香烃较多可能是陆相沉积的反映,比重大、富含石蜡烃则为演化程度低的体现,OH、 NH_2 基团多则系年轻原油的特点。

2. 海相原油红外谱线特征及其地质解译

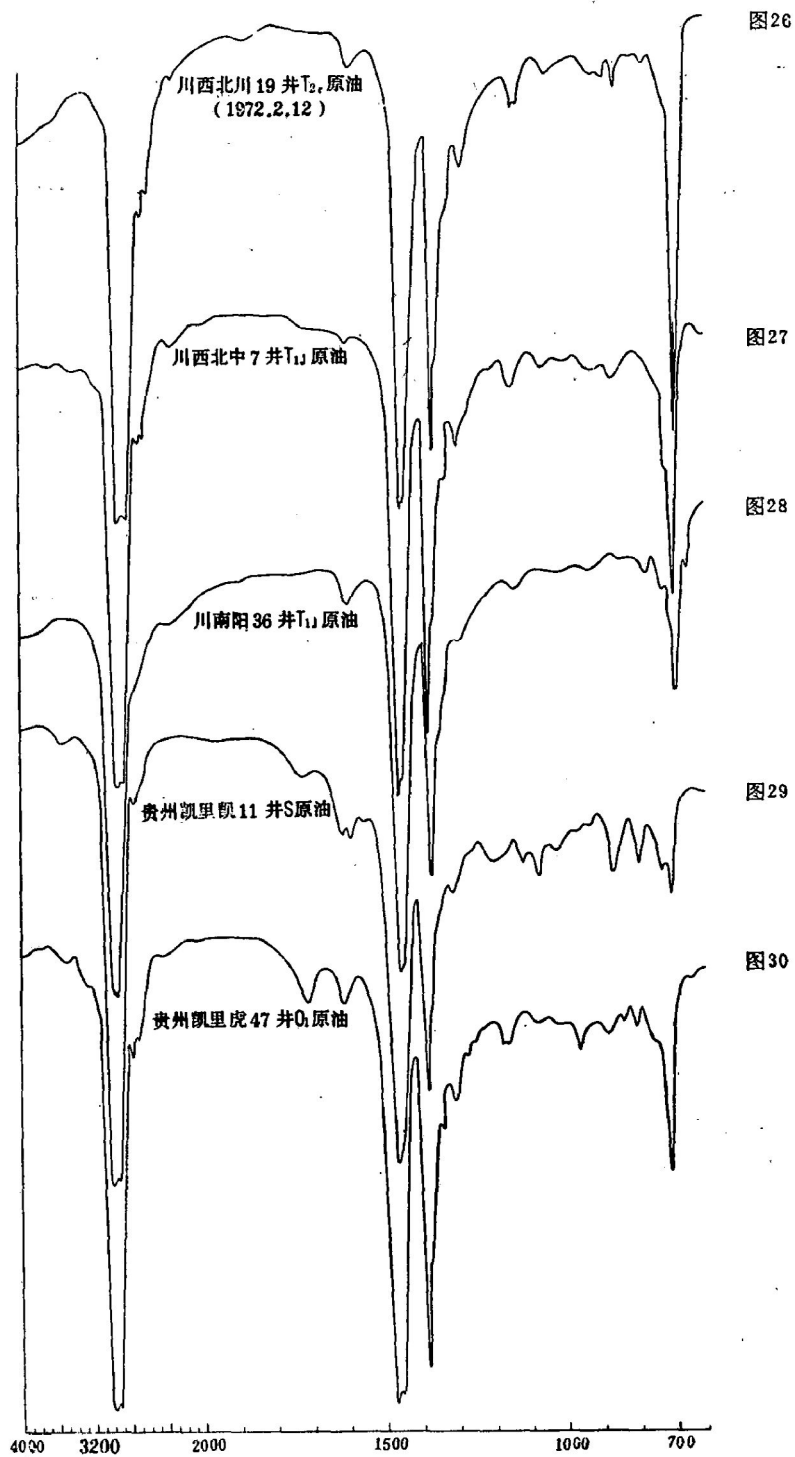
含蜡量比川东南稍高一些。局部地区原油还见 $700-720\text{cm}^{-1}$ 出现双峰。

川西北川19井雷口坡组原油,曾先后两次取样,先取者油质较轻,后取者原油色变深,含蜡量有所增加。两次取样分析其红外谱线有差异:先取者 $700-720\text{cm}^{-1}$ 为单峰;后取者 $700-720\text{cm}^{-1}$ 呈双峰,这可能是油藏中原油重力分异现象。

(2) 贵州凯里地区奥陶系和志留系原油的红外谱线特征为: $700-720\text{cm}^{-1}$ 呈单峰,甲基、次甲基吸收峰很强,芳香烃有弱显示,而含氧、硫、氮基团的 $1000-1300\text{cm}^{-1}$ 、 $1700-1720\text{cm}^{-1}$ 、 $3200-3600\text{cm}^{-1}$ 吸收峰比较突出(图29、30)。年代较老的海相原油,一般以轻质原油居多。而本区的原油却为较粘稠的重质原油。由表2可知该区原油已经受了一定程度的演化作用,高分子石蜡烃已不复存。为何变成重油?笔者认为主要是本区经历多期构造变动,储油构造遭破坏,使原油遭氧化而变粘稠。其红外谱线不同于陆相的年轻原油,又有别于演化程度较高的轻质原油。



红外谱线图



红外谱线图

表2 凯里地区原油分析成果

井 号	层 位	饱和烃%	芳香烃%	沥青质%	非 烃 %	碳 数 分 布 范 围	出 现 主 峰 碳 数	CPI	备 注
凯11井	S ₂₋₃	48.21	12.49	9.87	29.43	C ₁₅ —C ₃₀	C ₁₈ .C ₂₄	1.05	
凯12井	S ₂₋₃	55.39	15.52	4.74	24.35	C ₁₀ —C ₃₀	C ₁₈ .C ₂₄	0.97	
虎47井	O ₁	67.42	6.90	0.10	25.58	C ₁₅ —C ₂₉	C ₁₈	1.03	

结 论

1. 红外吸收光谱分析系鉴定有机化合物官能团、研究分子结构的强有力手段,用以研究原油的组成与结构是可行的。但分析方法有待统一和改进,尚需积累更多的实际资料方能获得较满意的解译。

2. 我国各地区原油的红外谱线有共性亦有各自的特色,其差别主要反映原油形成与保存条件的差异。依据谱线特征,结合地质环境,可以阐明某些石油地质问题。

3. 我国陆相沉积盆地原油的红外谱线特征,呈现出色深、比重大、富含高分子石蜡烃和芳香烃的年轻原油面貌。但个别地区亦有演化程度较高、富含天然气的轻质原油,其红外谱线另有特色。

4. 我国海相沉积中原油的红外谱线特征,主要反映以饱和烃为主的轻质原油面貌。局部地区由于保存和封闭条件欠佳而变为氧化重油,其红外谱线特征迥然不同。

本文所用的红外谱线资料全系我队实验室多年来积累的成果;不少同志参与了分析研究工作,特别是杨学权同志生前对此做了大量工作,为本文提供了基础资料;金彦君同志协助绘图,在此一并致谢。

(收稿日期 1979年6月3日)

参 考 文 献

- [1] 付家谟、史继扬, 1977, 石油演化理论与实践(Ⅰ)——石油演化的实践模型和石油演化的实践意义。地球化学, 第二期。
- [2] C·H·波波夫, 1955, 石油化学。石油工业出版社。
- [3] J·E·杰马茵, 1976, 烃类的催化转化。石油化学工业出版社。

CHARACTERISTICS OF INFRARED SPECTRUM OF CRUDE OIL AND ITS GEOLOGICAL INTERPRETATION

Lin Dengzong

(*Comprehensive Brigade of Petroleum Geology, Ministry of Geology*)

Abstract

The infrared absorption spectrometer is a powerful tool for detecting functional groups of organic compounds and analysing their molecular structures. Since sixties, this tool has been adopted into areas of petroleum geology and a great quantity of data were achieved. A lot of facts demonstrate that the infrared spectrum of crude oil from various districts or different horizons exhibits both common and peculiar features, and it indicates some difference in geological settings. The main factors that lead to the above difference in properties of crude oil in China proper are as follows:

- (1) Source bed which may be of sapropelic or humic type;
- (2) Sedimentary and oil-generating environment which may have affected on conservation, transformation and maturity of organic substances;
- (3) Epigenetic changes of crude oil which may account for subsequent evolution, oxidation, biological and physical processes.

Majority of oil fields in China discovered now are concentrated in Mesozoic and Cenozoic continental basins, thus the source beds mostly are of mixed sapropel-humic type. The crude oil generated contains generally more high-molecular paraffin, aromatic and polycyclic naphthenic hydrocarbons and, moreover, was not deeply buried, but well concealed and underwent only a little of epigenetic alteration. All these account for the displaying high absorption peaks of its infrared spectrum for high molecular paraffin and aromatic hydrocarbons. However, in places where it was deeply buried or the ancient geotherms were higher, it underwent to a certain degree modification and therefore shows an infrared spectrum of light crude oil. Depending on geological setting of petroleum productive basins, the crude oil of individual basins may possess different infrared spectrum.

In the continent of our country, there are relatively small amounts of oil and gas fields in marine sediments. The source beds generally

are of sapropelic type and the crude oil derived therefrom is represented chiefly by alkanes and naphthenes which have lower molecular weight, but the aromatic hydrocarbon and high-molecular paraffin are rarely contained. Furthermore, because of its aging, being deeply buried and extensive modification, it usually has infrared spectrum with a nature of light crude oil which accounts for more intensive absorption peaks for methyl, methylene and lower molecular alkanes and indistinct absorption peaks for aromatic hydrocarbon and heterocyclic compounds. Local crude oil maintains solid paraffin or has become oxidized heavy oil with entirely different infrared spectrum.

就二十六届国际地质大会谈石油地质勘探的新动向*

26届国际地质大会于7月7日至17日在巴黎举行,来自一百多个国家的5300多名代表出席,中国派出以黄汲清教授为首的由40人组成的地质代表团和10人组成的古生物学小组参加。会议收到有关石油地质的论文47篇,其中,论述石油地质一般问题的29篇,探讨非常规油气资源的7篇,介绍石油地球化学研究成果的5篇,关于物探、测井技术及油气资源和供需预测的各3篇。

1. 向深层、老地层找油是会议讨论重点之一

苏联在西西伯利亚托木斯克西北一带发现深层油气,该区深部广泛分布古生代地层,盖层厚2—6千米,地化指标显示生油条件优良,已有11口井获得油流。如小依琴斯基油田的侏罗系覆盖的泥盆系潜山油藏,埋深2500—2750米;在3800米的志留系礁块灰岩内,也发现了油藏。

向老地层找油的理论研究也在大力进行,国际地质协调计划(IGCP)的157项,即主要研究早期生物进化与能源矿物原料的关系。前泥盆纪石油的有机地化研究,对查清生命起源、早期海洋生物的性质、生物标志化合物及古气候古沉积均有重大作用。当时陆上植物尚未出现,古老的油气均来自海洋生物如藻类、细菌、无脊椎动物等。在中国四川、苏联伊尔库茨克等地均发现了油气田,引起了重视。

2. 既注意勘探新地区,也不放松老油气区的精探

人们认为,今后还可找到与已有石油储量大致相等的新储量,其中40%在新区,60%来自老的油气区。储量将按下列特点发生变化:①气储量增加更快;②大油气田发现数渐少,中小油气田占的储量比例逐步增加;③海上油气储量比重增加。

老油气区的精探仍是今后重要的勘探方向,以找隐蔽、深层、分散、中低产的中小型油气田为主,勘探技术水平要求高,工作量大,但经济仍合算,资源潜力也大。美国近年加强老油区的勘探,1978年共打深井12125口,平均每井(包括生产井)可获储量8830吨,每千米进尺增加储量6260吨。落基山区逆掩断裂带经反复勘探,在深部已发现大量气田;加拿大在此带也有重要突破。

新区勘探除了环太平洋西部活动带、加勒比海、南亚、地中海和中国西北部外,大陆斜坡下部和深海区以及北冰洋周围都是很有希望的新区。正在开展的深海钻探及大量物探及地化分析资料表明,深海的某些部分沉积厚,是可能含油的。挪威、加拿大和苏联都在北极区内完成了大量工作,加、苏两国都已发现了重要气田。

3. 非常规油气资源的试验研究工作,已列入重要议事日程

对油页岩、重油砂、页岩气、煤层气等资源的探讨,在会上占有颇为重要的位置。

* 据胡朝元同志的汇报材料整理,本刊作了删节。