

内蒙额吉诺尔盆地白音都兰凹陷浅层沉积物、 油砂的地化特征及石油化探意义

丁雅秋

(地质部石油地质综合大队101队)

白音都兰凹陷位于内蒙额吉诺尔盆地北部锡林郭勒盟境内，面积约1400平方公里。在遥感卫片上该凹陷的中部第四系覆盖区上曾判读出一个圆形影象，影象范围内于地下90米处(ZK5井)发现厚度为70米的油砂，同时还发现地表某些与油气有关的化合物在分布上与圆形影象的位置基本一致，为研究油气对地表物质的影响提供了有利条件。本文是在上述凹陷地表浅层的大量石油化探数据整理的基础上进行探讨的。

一、巴彦花群生油岩及油砂地化特征

额吉诺尔盆地内，白垩系下统巴彦花群*中段(K_1b^2)为灰—深灰—灰黑色泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩的半深—深湖相沉积。环境指标不同程度地反映出有机质比较丰富，沉积环境比较稳定，封闭条件尚好，属还原环境，是油气生成的较有利的层位。**

1. 巴彦花群中段生油岩地化特征

(1) 有机碳、氯仿沥青、烃类含量特征：巴彦花群生油与非生油层段有机质含量特征见表1。根据生油岩的基本指标界线的划分标准(陈丕济等1978)，巴彦花群中段(锡₁井)属中等程度的生油岩；上段(锡₁井或Zk₆井)虽有机碳丰度达到生油岩的最低标准，但氯仿沥青或烃类含量均很低。

(2) 正构烷烃特征：锡₁井生油岩从上到下OEP值递减，轻重比增加，主峰碳数前移，说明愈往下有机质的成熟度愈高。500米深处的含油砂层段，奇偶优势趋于消失，OEP值为1.10。

2. 油砂地化特征

在工区范围内见两种不同的油砂，其一是锡₁井生油层段泥岩所夹泥质粉砂岩条带和裂隙中原油；其二是Zk₆井浅层砂砾岩储集层中油砂。另外，在凹陷西南边缘的巴拉呼的露头油砂(可能属侏罗系上统巴拉呼组中段J₃bd生油层)。分析数据列于表2。

* 也有称巴彦花组

** 额吉诺尔盆地石油化探报告 1979

巴彦花群不同层段岩芯有机地化数据表

表 1

井号	井深 (米)	有机碳		族				份		转化率(%)		正构烷烃特征			岩性	资料来源			
		ppm	%	氯仿 沥青	饱和烃 ppm	芳烃 ppm	沥青质 ppm	非 ppm	烃 %	Hy/ClA/COEP	C ₂₁ ·C ₂₂ C ₂₈ ·C ₂₉ 范围	C数分布 主峰碳数	C ₂₇	C ₂₃					
锡1井	130.74—132.36	5740	0.574	85	42	49.02	7	8.27		33	39.36	0.85	1.5	2.81	0.49	C ₁₅ -C ₃₁	C ₂₇	砾石层	三普
	329—503.12	13000	1.3	757	252	34.28	99	12.9		407	52.8	2.7	5.8	1.48	1.72	C ₁₅ -C ₃₃	C ₂₃	泥岩夹粉砂岩 为K _{1b} 生油岩	
ZK ₁₅ 孔	85—145	5100	0.51	49	10.92	27.94	2.5	6.4	5.4	10.43	23.15	0.26	0.96	2.62		C ₁₇ -C ₃₁	C ₂₅ -C ₂₇	泥岩夹砂砾岩	101队 (7-5个样品 平均值)

不同层位油砂分析数据表

表 2

取样点	样号	井深 (m)	有机碳		氯仿沥青	族						份			正构烷烃特征			备注	资料来源
			ppm	%		饱和烃 ppm	芳烃 ppm	沥青质 ppm	非 ppm	烃 %	OE C ₂₁ ·C ₂₂ C ₂₈ ·C ₂₉	碳数范围	主峰碳	OE C ₂₁ ·C ₂₂ C ₂₈ ·C ₂₉	碳数范围	主峰碳			
锡1井	锡1-4	497.46— 497.54	18040	1.804	20820	8311	39.92	5011	24.07		7497	36.01	1.15	1.73	C ₁₅ -C ₃₂	C ₂₃	K _{1b} 油砂	101队	
	锡1-5	499.94— 500.07		32910	11463	34.83	6493	19.73		14954	45.44	1.11	1.65	C ₁₆ -C ₃₃	C ₂₃	"			
ZK5井		92—105					24.24		20.27		6.17	49.32					K _{1b} 油砂	石油地质 综合大队 101队	
"		129.6— 205					27.56		18.90		1.34	52.10					"		
ZK5-1付井		145.35— 164.78		52900			21.76		18.91		6.16	53.26					"		
露头油砂	1号			70500	2834	4.02	1882	2.67	43019	61.02	22532	31.95					露头油砂	河 南 指 挥 部	
	2号			40900	1358	3.32	1023	2.50	23272	56.90	15248	37.28					"		

三种不同类型的油砂, 氯仿沥青总量大体相差不大, 族组份含量差别悬殊, 表现为饱和烃、芳香烃的绝对含量和百分含量由深至浅显著减少, 饱和烃由30%以上减到3—4%, 芳香烃在露头油砂仅存2%, 相反, 沥青质显著增加, 由百分之几增加到50%以上。族组份含量的差别, 反映了它们所处的地球化学环境和经受次生变化程度上的差异。饱和烃次生演化的系列见图1。

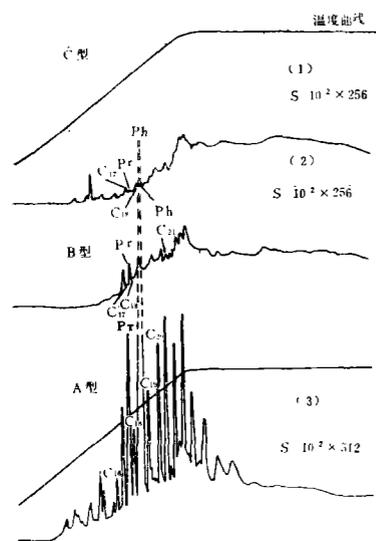


图1 不同演化阶段油砂饱和烃色谱图

- (1) 露头油砂(J₃bd?)
- (2) Zk5-付1孔油砂(K₁b)
- (3) 锡₁井油砂(K₁b)

烷、姥鲛烷的增加为特征; “B”型则正构烷烃近于消失, 植烷和姥鲛烷保留明显的峰值; “C”型除正构烷消失外, 甚至植烷和姥鲛烷也消失, 仅保留环烷烃。

比较以上三种油砂饱和烃的演化系列, 显然, 其主要特征与阿尔伯塔盆地三种类型基本相似。锡₁井油砂相当于“B”型; Zk5井油砂相当于“B”型; 露头油砂暴露于大气之中, 除水洗与生物降解外, 氧化作用强烈, 开链烷烃进一步消失, 族组分具较高沥青质, 显然可归属于水蚀变质的第三阶段“C”型。

以上三种油砂都属于次生变质的产物, 如果按演化系列的标尺0—100—500M外推, 显然凹陷的更深部位, 将是原始原油的一般有利地带。

锡₁井油砂具有较丰富的正构烷烃、异构烷烃, 其中植烷、姥鲛烷尤其丰富, 同时也存在环烷萜类化合物。正构烷轻馏份较高, 主峰碳数C₂₃, OEP值1.17。

Zk5井储集层中的油砂, 正构烷烃显著减少, 尚存一定量的异戊二烯烷烃、支链烷烃及环烷萜类化合物。

地面露头油砂, 在强烈的表生作用影响下, 正构烷烃保存甚少, 异戊二烯烷烃趋于消失。

上述几种油砂与加拿大阿尔伯塔盆地地下白垩系重质油的演化系列可以类比。G·德鲁和B·蒂索等(1975)认为^[1], 阿尔伯塔盆地南部较深的原油一般沿上倾方向变为重质环烷基原油, 其原因在于生物降解与水洗作用的增强。它们可划分为三个演化阶段, 其对应的演化产物分别为: “A”型、“B”型和“C”型重质原油。“A”型以正构烷烃的减少和植

二、浅钻孔岩芯和地表样品地化特征

1. 有机碳、氯仿沥青、族组份特征

钻孔包括D₂孔、Zk₁孔、Zk₁₅孔、Zk7-付1孔等, 最大深度200M, 地层为第四系(Qp)、上第三系(N₂)和下白垩系巴彦花群(K₁b)。这些浅层沉积物中有机质含量均很低, 由下至上有机碳减少、氯仿沥青增高、族组份中饱和烃含量增高, 这种现象Zk

15孔最明显。(表3)

表3 ZK₁₆孔不同时代样品分析数据表

层位	有机碳(%)	氯仿沥青 ppm	族 组 份										备 注
			饱和烃		芳香烃		沥青质		非 烃		非烃+沥青		
			ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%	
第四系Q _p	0.14	86.57	31.98	39.5	4.94	5.01	16.24	17.1	34.62	38.2	50.86	55.33	7个样品平均值
第三系N ₂	0.046	16	6.2	38.5	0.7	4.6	2.0	12.3	7.1	44.6	9.1	56.9	5—7个样品平均值
白垩系K _{1b}	0.51	49	10.92	27.9	2.5	6.4	5.4	10.4	23.15	55.2	28.55	65.6	

上述成份变化关系,是以岩性及沉积物类型的原始正常背景上叠加了外来运移物质的一种组成形态。上部第四系砂砾层有机碳贫乏,下部暗色泥岩有机碳增高,反映了岩性的控制,这是正常的分布规律。氯仿沥青、饱和烃与岩性的关系正好相反,它们在有机质贫乏的砂砾层中得到富集,这是油气扩散运移的反映。

第四系表层(1米深)10多条测线250个样品的分析(表4),有机质含量更低,与浅钻孔比较,氯仿沥青丰度更低,族组份中饱和烃显著减低,沥青质相对增高。这一现象是由于地表物质松散,富含氧氮,氧化作用强烈,同时细菌降解作用进行比较彻底,致使沥青质在组成上相对增高。

②

表4 地表砂土样品有机分析数据表

测线号	氯仿沥青 ppm	族 组 份										备 注
		饱和烃		芳 烃		沥青质		非 烃		非烃+沥青		
		ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%	
B ₃	40.1	5.53	12.2	2.13	5.7	13.5	34.1	18.9	47.9		82.0	各条测线数据 均为平均值
B ₆	41.0	4.35	10.4	3.12	7.7	12.9	28.3	20.0	51.5		79.9	
B ₁₂	23.0	3.26	13.3	1.86	8.6	3.8	16.5	14.1	61.6		78.1	

2. 正构烷烃特征

四个浅钻孔正构烷烃主要特征的对比如表5。

主峰碳数和OEP值表明,主要为松散砂砾层的第四系现代沉积物具有较多的轻烃馏份和较多出现OEP值接近于1的样品。下覆的巴彦花群(K_{1b})却与此相反,第三系(N₂)介于两者之间。正构烷烃图谱的区别见图2。

四个浅钻孔不同层位正构

表5 烷烃主要特征

层 系	主峰碳数	样品OEP值 近于1出现的 几率%	样 品 数
第四系Q _p	23	41(多)	22
上新统N ₂	27	33(一般)	3
巴彦花群K _{1b}	27	19(少)	26

第四系砂砾层中有较多的样品碳数奇偶优势接近于1、OEP最低为1.02, 与现代沉积物中的正构烷烃显然不同, 反映出烃类具有非原地生成的面貌, 应考虑外来补给的成因。

地面化探样品正构烷含量很低, 仅三萜烯化合物相对富集, 并在空间上可圈定出一定范围。

三、遥感圆形影象与特征化合物分布的关系

第四系表层化探样品的正构烷烃, 按其谱图特征可在平面上区分出A型区和B型区两个范围。

1. A型区(异常区型)

地域上的异常区是根据大量统计数据以三萜烯类化合物的特征分布进行圈定的, 与卫片圆形影象的范围基本一致。(图3)

异常区正构烷烃的变化, 可以概括成图4—A的演化系列(为了对比方便将伏于其下的浅层风化油砂的谱图附上)。这个演化系列可以解释为第四系现代沉积物中不成熟的正构烷烃与并存于其中的下伏油藏中运移而来的成熟度转好的烃类, 共同沿着表生作用(主要为水蚀变质)的方向演化的结果。演化初期, 第四系现代沉积物本身含有较高的奇偶优势明显的正构烷烃, 随着水蚀变质程度的逐渐加深, 正构烷烃逐步减少, 开链烷烃也开始减少, 稳定的三萜烯类化合物相对富集。到最终阶段正构烷烃只留下n—C₂₅的孤峰, 三萜烯类化合物的特殊峰更加突出, 并与下伏浅层风化油砂的谱图极为相似。整个演化过程中, 我们既看到链烷烃的不稳定性, 又看到了三萜烯类化合物的稳定性, 无论链烷烃如何变化, 总是能在地表找到与风化油砂中相同的标志化合物——三萜烯类化合物。

应该指出现代沉积物的原生分散烃中可能有三萜烯类化合物的存在, 如何从化学组

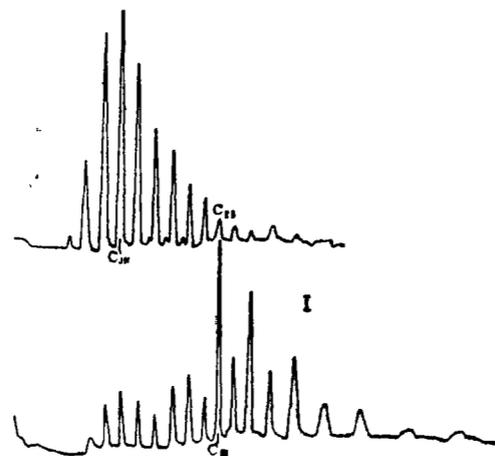


图2 ZK₁₅孔不同时代样品正构烷烃色谱对比图

I, ZK15—9 K1b灰绿色泥质粉砂岩
主峰 C₂₅ OEP 3.16
II, ZK15—7 Q₂松散细砂岩
主峰 C₁₉ OEP 接近于1

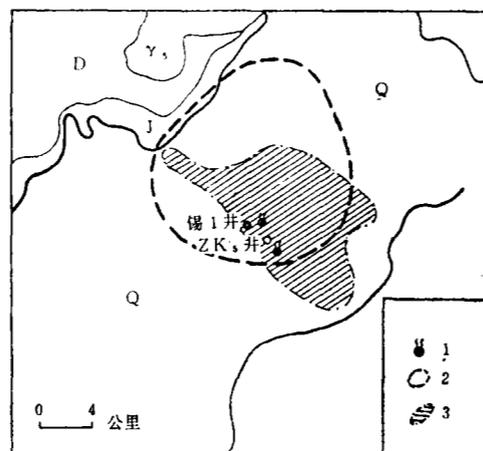


图3 白音都兰第四系表层环烷萜类化合物分布示意图

1.油苗 2.圆形遥感影象 3.萜烯类高值带

成和结构区分它是油源岩产物或是现代沉积的产物还有待进一步的研究。

B·蒂索(1978)研究滨海盆地钻孔岩样抽提物,其饱和烃谱图在 C_{25} 前后位置出现两组截然不同的峰形,前组类似于正构烷烃谱图,后组从基线隆起如小山丘峰,属甾烷和三萜烷之类的烷烃。这一发现对我们启发很大,本文所讨论的白音都兰浅层风化油砂和表层现代沉积物的谱图大多在 C_{25} - C_{26} 之间有一个特征峰,据其位置推断,应属甾烷类的五环三萜烯类化合物。D·H·韦尔特等(1978)曾将甾族和一萜烯类通称为“ C_{27} -一环烷”,分子式为 $C_{27}H_{48}$ 。

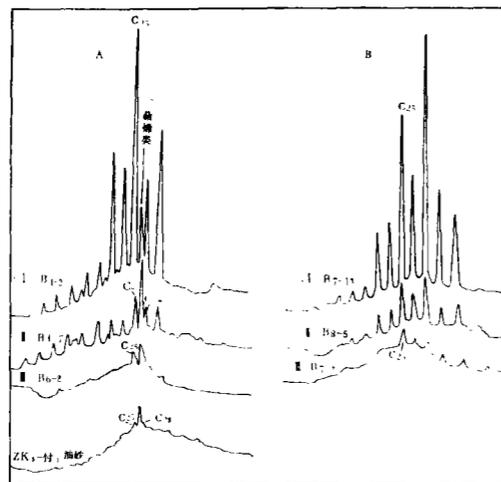


图4 地表样品正构烷烃演化系列图
A 异常区 B 背景区

〔3〕,由于它在地质历史上的稳定性,认为是目前较有效的油源对比的生物标志化合物。

2. B型区(背景区)

这是指异常区以外的地区。其正构烷特征完全是现代沉积物原有的特性(图4—B),奇偶优势明显,没有叠加的链烷烃和环烷烃。水蚀变质的演化系列是正构烷烃含量逐渐降低,最终只剩下以 C_{25} 为代表的几个小峰。比较A型区和B型区正构烷烃谱图可以看出,它们好象遵从一个简单的数学式子,即:

$$A区 = B区 + 油砂$$

这种现象正符合于化探的实际情况,就本地区化探参数而言,三萜烯类化合物具有一定实际意义,可认为是生物标志化合物;其他如藿仿沥青、族组份、正构烷等亦具有一定参考价值。

四、结 论

1.通过对浅层中一新生代沉积物的研究,发现在第四系松散结构的砂砾层中,可溶性有机质特别是饱和烃的含量增高,远远超过下部的巴彦花群的含量,同时正构烷烃的轻质馏份增多,奇偶优势减低,这一特点为石油化探提供了依据;

2.下白垩系巴彦花群(K_1b)沉积厚度达千余米,研究其中不同深度与产生状况的油砂表明,它们都经历了不同程度的水蚀变质作用。浅层油砂变质强烈演化成重质环烷基原油,深部变质轻微,与加拿大阿尔伯特盆地类比,按演化系列外推,在凹陷的更深部,可望发现原生石蜡基原油;

3.三萜化合物(C_{27} -一环烷)普遍存在于浅层风化油砂及第四系表层沉积物之中,平面分布上集中于发现油砂的井群一带,并与卫片园形影象的位置大致吻合,在石油化探上具有一定实际意义。

(收稿日期:1980.7.17)

参 考 文 献

- [1] G·Deroo, B·Tissot(1975) "Geochemistry of the heavy oils of Alberta" 《Oil sand Fuel of the Future》Mem.3, Canad.soc.petr.Geol.148-167, 1975
- [2] W·E·里德(1977) "风化原油的分子组成与生油母岩之对比" 《Geochim et Cosmochim Acta》Vol. 41, №2 1977
- [3] W·K·塞弗特, J·M·莫尔多万 "应用甾烷、萜烷和单芳环化合物鉴别石油的成熟、运移和来源" 《Geochim et Cosmochim Acta》Vol. 42, 1978

简 讯

美国得克萨斯州州立大学地质系福克教授,应同济大学海洋地质系的邀请,于80年12月21日至81年1月6日来沪讲课。参加听课的来自全国各地地质院校、油田、勘探队和研究所63个单位100多人。

福克教授在讲课中着重介绍了自己的工作成果和观点:认为自然界中的结晶碳酸钙受Mg/Ca和盐度的控制。他在同济大学共讲了十讲,并在讲后做了总答疑。这十讲的题目是。

1. 结晶碳酸钙的自然历史,镁含量和盐质效应;
2. 白云石结晶的两个控制因素: Mg/Ca和盐度;
3. 意大利伦巴第三迭系罗索灰岩古代近潮穴环境中文石、方解石和白云石的成岩组构;
4. 得克萨斯州马拉松盆地泥盆纪开普

罗斯组燧石质致密石英岩的近潮坪沉积的证据;

5. 意大利侏罗纪放射虫燧石的成因;
6. 细菌建造的碳酸盐岩,意大利罗马梯伏里的第四纪石灰华;
7. 西印度群岛大开曼岛上的希尔地方黑色植物岩溶;
8. 正延性玉髓——追索已消失的蒸发盐新踪迹;
9. 得克萨斯州花岗岩的风化作用;
10. 沉积地质学的进展。

在沪期间,福克教授还对上海地质学会作了学术报告。1月7日福克教授参观了江苏宜兴张渚三叠系碳酸盐岩沉积剖面。以后到广西桂林岩溶地质所做学术交流和参观。

曹京供稿

81.4.20