

新疆塔北轮台-沙雅地区油气化探 指标有效性研究

贾蓉芬 周中毅 史继扬 李本超 谢觉新

(中国科学院地球化学研究所广州分部)

使用多元统计方法,从目前通用的30个油气化探指标中,筛选出适合于塔北地区的10项生产指标;提出了本区油气化探的三个主因子,并分别解释为:地表风化剥蚀、油气聚集、油气藏边界因子。

关键词 油气化探 聚类分析 因子分析 塔里木盆地

第一作者简介 贾蓉芬 女 50岁 副研究员 有机地球化学

为了加速塔北地区油气勘探,进行了遥感与化探相结合的直接找油新技术的试验性生产,本文研究的内容,只限于化探方面。工作区北接轮台-库车大公路,南邻塔里木河北岸,东靠轮台县,西靠新和、沙雅县,共布13条测线,测线上每个测点间距为1 km,除东部两条测线间距5 km,每条测线75点之外,其余各线间距10 km,每条测线样点60个,试验性生产共800个测点,平均每平方公里7个样点的密度。由于测区内植被少,风积物、洪积物、坡积物堆积速度快,取样深度为1.8—2.0 m,一般不浅于1.5 m。

目前我国用于油气化探的试验方法有10余种,但就其有效性而言,不同的方法在不同的地区有不同的效果。为此,在大面积生产前先作50个样品的试验点测试,从中筛选出几种在该地区有效性较好的化探指标。

一、试点样品的选择与分布

本研究共选取了124个试测点(其中有50个试测点分析项目较全)。试测点如何在测区内展布,我们考虑了以下四个因素:(1)不同地貌单元,本区自北向南有洪积、坡积砂砾层,风成砂丘、盐碱地、河流冲积物等地貌景观与其沉积物;(2)构造走向,本测区位于塔北隆起带,断裂方向主要为近东西向;(3)油区与非油区,轮南2井等已知油井在本测区内;(4)东部人烟稀少与西部库车、新和、沙雅人口较密集区。试点测试与定点采样同时进行;因工作区人烟稀少,地物不明,取样必须在定点测绘基础上逐线进行,不能越位取样,暂时无法考虑西部样品的试测选择。综合以上因素,这124个点以斜交构造线(NW30°)的东部I线及V线为基础,跨越不同的地貌单元,详见图1。

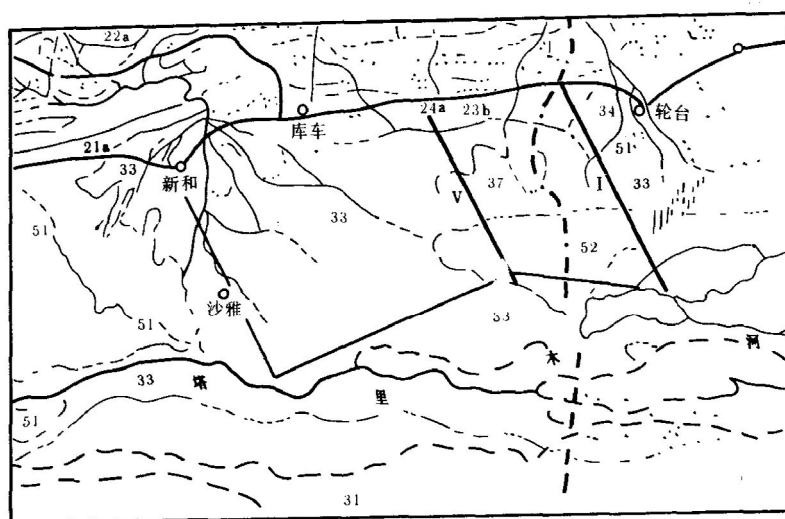


图1 样点、试样点与综合景观图

1—河流, 2—便道, 3—公路, 4—油井, 22a—古老洪积物

二、试验方法、指标的选择与研究

1. 试验方法与指标

地下油气藏中的油气一方面以微渗漏垂直运移方式到达地表, 形成烃类异常, 另一方面油气在运移过程中造成对周围介质的蚀变, 产生某些矿化作用, 形成一些新生矿物及某些与烃类共生的金属元素分布异常。

油气化探, 显然是以寻找烃类异常为主要目的。考虑到油气运移中有机分子大小与运移距离效应, 目前化探烃类测试主要以气态烃和低环芳烃为主。气态烃主要以色谱法检测土壤中吸附烃及酸解烃, 其指标有 C_1 、 C_2 、 C_3 、 iC_4 、 nC_4 、 C_1/C_{2+} 、 nC_4/iC_4 等; 芳烃的检测以低环芳烃为主*, 用紫外光谱法或同步荧光光谱法。

为了弄清油气异常存在的环境, 需要测定它们的介质环境 pH 及 Eh, 通常采用电位差计的方法测定。

油气在渗透区近地表潜水面时, 烃类氧化形成特殊的碳酸盐矿物, 通常以 ΔC 来反映, 氧气被认为与油气有关, 但也是深源物, Hg 蒸气与天然气有关。值得一提的是, 据前人资料 ΔC 、氧气扩散及 Hg 异常常呈环带状和线性排列, 可能指示地下油气藏边界或隐伏裂隙构造**。

本次试验研究的 12 项方法, 列于表 1。

2. 测试结果的质量检查

异常的圈定必须建立在可靠的测试数据基础上, 按规定各种方法需作 8% 的平行样, 以作

- * 崔秀荣, 吸附烃的油气地球化学意义, 油气化探, 1987; (5)。
- 刘崇喜, 油气化探的水化学方法与应用, 油气化探, 1987; (5)。
- ** 新疆地矿局物化探大队五分队, 新疆沙雅油气化探试验报告, 1989。
- 长庆石油勘探局, 鄂尔多斯盆地油气地表地球化学勘探一期工程, 1988。
- Willan Duchscherer Jr., 闻纪辉译, ΔC 油气地球化学勘探, 1989。

表1 12项测试方法简述

样品粒度 (目)	项 目	测 试 手 段	类 型
>80	酸解烃 C ₁ —C ₄	GC-3700, 取 C ₁ —C ₄ 的值计算	油气的直接渗透
<160	紫外芳烃 (UV)	UV-260, 取 200, 225, 255nm 波段计算峰值	
	同步荧光 Fluore	日本岛津 RF-540 型荧光分光光度计	
	Rock-Eval 热解吸附烃	Rock-Eval II, 按 Oil 和 TOC 数值计算	
	pH	饱和甘汞电极和玻璃电极电位差测定	环境
	Eh	铂电极和饱和甘汞电极电位差测定	
	ΔC	GC-2304A 型	油气渗透过程中蚀变
>200	Cu, Pd, Zn, Cr, Ni, Co, V, Mn, Sn, Mo, B, Ag	光谱近似定量分析	
	Ti, Sr, Ba, V, Nb, La, Be, Zr	光谱垂直分析	
实地测	放射性气体氡 Rn	FD-3017 测氡仪, 两台, 每天自检	与油气伴生
<160	I	催化光度法测定	
	Hg	XG-4Z 毫曼测汞仪	

为测试结果的质量检查。

由表2可以看出,除由 Rock-Eval 仪器测试的两项指标 TOC 及 Oil 超出规定的 30% 误差外,其他项目测试的数据均为有效值。

表2 测试数据的质量检查

项目	指标	变化范围	误差范围 (%)					误差允许 (%)	成功率 (%)
			0—10	10—20	20—30	30—50	≥200		
酸解烃	CH ₄	431.7—2571.9	5	5	1	1		30	92
	C ₂ H ₆	20.8—87.7	7	2	2	1			92
	C ₃ H ₈	7.9—35.2	5	3	1	1			92
	iC ₄	1.78—7.55	7	3	1	1			92
	nC ₄	2.13—7.39	6	1	5				100
紫外芳烃	225nm 处的吸收强度	0.092—0.008	81	19					100
荧光	324nm 处的吸收强度	15.4—2.4							100
pH		8.55—8.10							
Eh		654—600	100						100
ΔC		12.81—3.66	90	10					100
氡		212—4							
I		11.88—<0.10	100	1					100
Hg		12.5—0.3	66	8	26				100
TOC		0.16—0.00	50			50			50
Oil		0.12—0.00	16	17			67		33

三、测试结果的数据处理

用多种方法对 I、V 测线综合测试与研究之后,需从中筛选出最好的方法在全区开展试验生产,以达到既作好化探测试,又少花钱的目的。为此,首先对测试的各种数据作了统计标准化,作 R 型聚类(分类)分析,研究变量间的相关性,作出变量(项目)的谱系关系图,然后又作因子分析,从对因子载荷和因子得分的分析,尽力找出不同方法(各指标)间的内在联系与区别,结合已知的油气信息,作为筛选指标的重要依据。

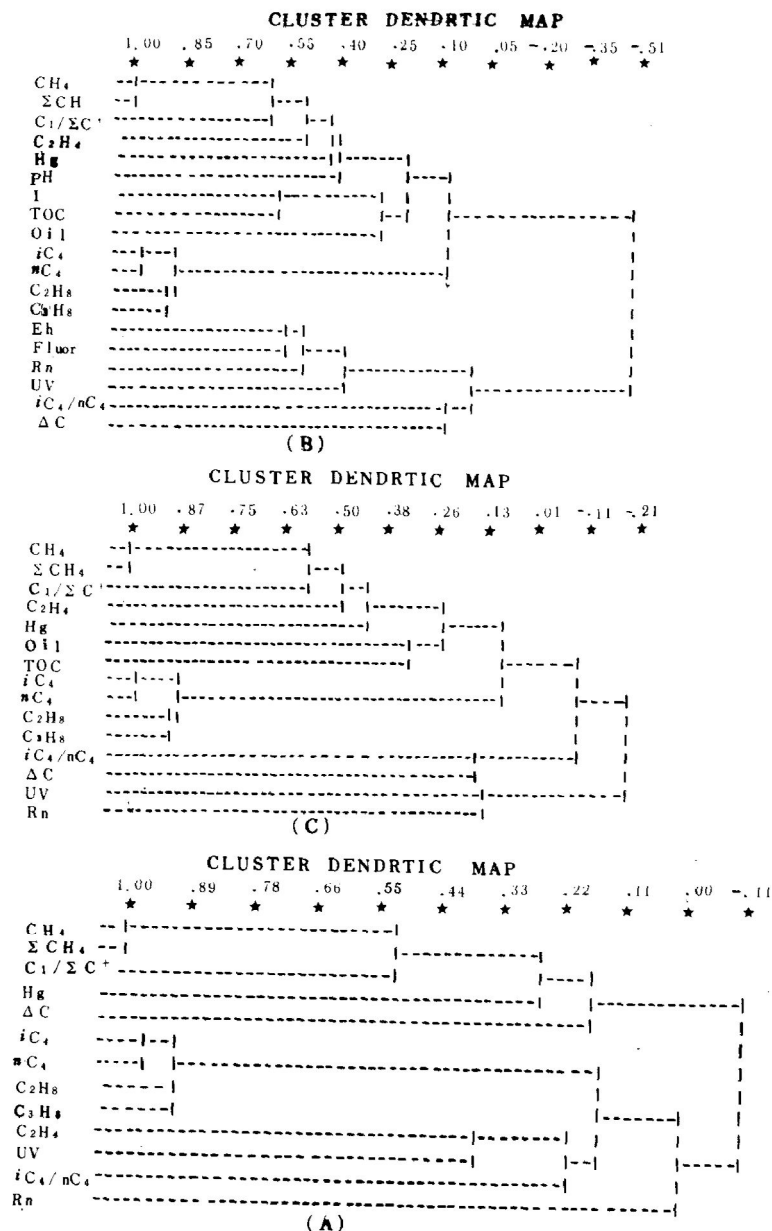


图2 I + V 测线 A、B、C 模型变量谱系图

1. R 型聚类分析

为了研究变量间,即分析项目间的相关性,我们分别试做了 I 剖面 30 个变量 30 块样品, 24 个变量 75 块样品, I + V 剖面 19 个变量 47 块样品, 15 个变量 53 块样品及 13 个变量 124 块样品的 R 型聚类分析,并得出相应的聚类谱系图(图 2, 3)。这些样品与变量组合分别以 B、C、A、D、E 标示(图 2, 3)。

各聚类谱系图虽然因其变量数和样品数的差异而略有不同,但上述 5 个谱系图反映的变量相关性与分类特征为:

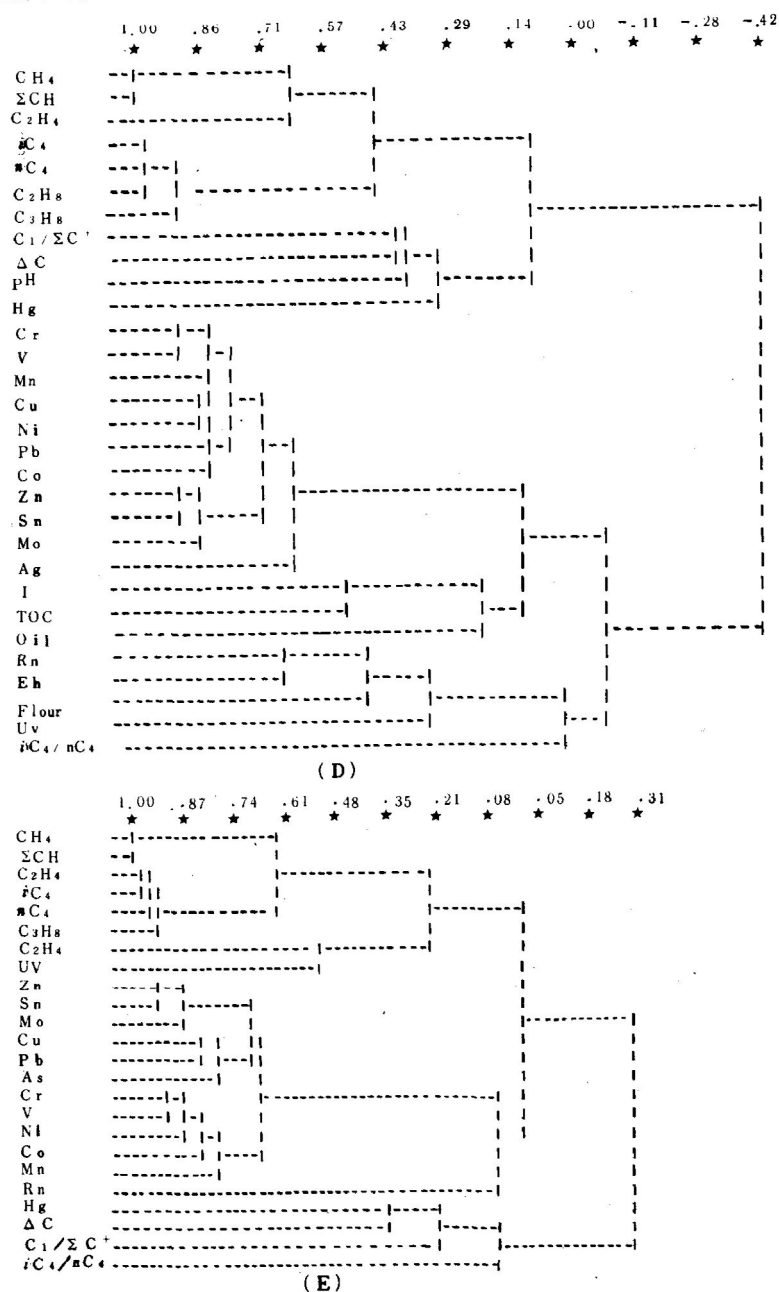


图3 I 线 D 和 E 模型变量谱系图

(1) I剖面30个样品30项全分析的谱系图,大致分析项目分为两大族,一族是相关性 >0.86 的 C_1-C_4 烃气,及其与它们呈弱相关的 ΔC 、Hg;另一族为相关性 >0.85 的金属元素及其弱相关的I、Rn、芳烃等。

值得注意的是,当减去TOC、Oil、I、pH、Eh和荧光的项目,I线75个样品24项分析所作的谱系图显示,除表示彼此相关性很好的烃类及金属两大族外,Rn与金属呈弱相关,Hg、 ΔC 、 $C_1/\Sigma C_{2+}$ 、 iC_4/nC_4 形成另一族,与主体呈弱负相关。

(2) 为了突出油气化探的目的,暂且减去金属离子项目,集中揭示烃类及其他项目的关系。I+V剖面的47个样品19项,53个样品15项及124个样品的13项分析结果谱系图显示了烃类分为两大族,一是相关良好(相关系数0.98)的甲烷和总烃,及与它们呈弱相关的Hg和干湿系数 $C_1/\Sigma C_{2+}$;另一族是相关性极好的(相关系数为0.9)的乙烷、丙烷、异丁烷和正丁烷,及与它们呈弱相关的芳烃、 iC_4/nC_4 (异正构烷之比)和Rn。值得注意的是Hg与Rn在三个谱系图中被分为不同的族,而 ΔC 、芳烃在不同的谱系图中有时与Hg为一族,有时又与Rn一族,表现不稳定。

2. 因子分析

地质学研究领域的一些多元变量相互之间经常不是孤立的,而是存在着某种相关性。主成分分析是一种数学方法,它可经过一些线性变换,把彼此间具有相关性的、数目较多的观测变量变换为少数几个主要的综合变量,即所谓主成分,或主因子,从而减少问题的维数,易于做地质解释*。

按因子分析的理论, p 维空间的 m 个正交因子轴受到 $p-m$ 个不需要的因子轴约束着,用最大方差法可去掉无关的正交轴,此外,还可将因子旋转成斜交轴,从而调整因子载荷,使每个因子的变量只有少数重要的是高载荷,进一步指示变量对样品性质的影响(表3,4)。

表3-1 A模型因子载荷矩阵AA

	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7
CH ₄	0.4738	0.8349	-0.0144	-0.1805	-0.1939	0.0437	-0.0184
C ₂ H ₆	0.2645	-0.1437	0.6578	-0.3936	0.0185	0.1812	-0.3575
C ₃ H ₈	0.9572	0.1316	-0.0545	0.0699	-0.0099	0.0267	0.0938
C ₄ H ₁₀	0.9393	-0.0613	-0.0568	0.1161	0.0014	0.0055	0.0820
iC ₄	0.9453	-0.2105	0.0788	0.0957	0.0335	-0.0034	0.0287
nC ₄	0.9326	-0.1514	-0.1160	0.0379	0.2084	-0.0251	-0.0997
iC ₄ /nC ₄	0.0097	-0.1788	0.6541	0.2124	-0.5370	0.1083	0.4377
C ₁ /ΣC ₂₊	-0.4523	0.8208	-0.0256	-0.2029	-0.1830	-0.0011	-0.0721
ΣC ₂₊	0.5229	0.8096	-0.0166	-0.1695	-0.1867	0.0348	-0.0133
Hg	-0.1444	0.4276	0.1498	-0.1551	0.6720	0.2799	0.4562
UV	0.1063	-0.3812	0.3238	-0.6934	0.1026	-0.1012	0.0232
ΔC	-0.1131	0.3005	0.4401	0.5832	0.2180	0.3254	-0.3171
Rn	-0.0002	-0.3881	-0.4836	-0.2227	-0.2477	0.7076	-0.0129

岳鸿礼, 新疆塔北沙雅地区油气化探特征, 油气化探, 1987(5): 127—133。

表 3-2 A 模型方差极大正交旋转矩阵

	$f1$	$f2$	$f3$	$f4$	$f5$	$f6$	$f7$
CH_4	0.2424	0.9632	0.0328	0.0149	0.0301	-0.0754	0.0754
C_2H_4	0.1588	0.0625	0.2053	-0.9539	-0.1248	-0.0033	-0.0574
C_2H_6	0.9325	0.3573	-0.0292	0.0106	-0.0407	0.0036	0.0084
C_3H_8	0.9812	0.1688	-0.0467	-0.0001	-0.0557	0.0213	-0.0551
iC_4	0.9794	0.0280	-0.0166	-0.1539	-0.0933	-0.0100	-0.0852
nC_4	0.9684	0.0442	-0.0265	-0.1139	0.2108	0.0068	-0.0461
iC_4/nC_4	0.0019	-0.0650	0.0723	-0.1165	-0.9845	-0.0474	-0.0745
$C_1\Sigma C_2^+$	-0.6573	0.7222	0.0718	0.1139	0.0899	-0.0992	0.1016
ΣC^+	0.2973	0.9485	0.0298	0.0125	0.0270	-0.0724	0.0708
Hg	-0.1179	0.1371	0.0979	-0.0117	0.0764	-0.0769	0.9725
UV	0.0460	-0.1947	-0.5079	-0.8302	-0.0240	-0.0202	0.1086
ΔC	-0.0741	0.0340	-0.9755	0.0059	-0.0801	-0.1476	0.1164
Rn	0.0234	-0.1336	-0.1364	0.0141	0.0479	0.9771	-0.0755

表 3-3 A 模型斜交因子模型矩阵

	$f1$	$f2$	$f3$	$f4$	$f5$	$f6$	$f7$
CH_4	0.2972	0.9180	0.0630	0.0309	0.0077	-0.0015	-0.0035
C_2H_4	0.0242	0.0994	0.8959	-0.4495	-0.1222	0.0578	-0.3431
C_2H_6	0.9759	0.1809	-0.0103	0.0587	0.0359	0.0122	0.0860
C_3H_8	1.0107	-0.0106	-0.0150	0.0531	-0.0239	0.0089	0.0549
iC_4	0.0808	-0.1431	0.1282	-0.0244	-0.0630	-0.0264	-0.0000
nC_4	0.9769	-0.1351	-0.1032	-0.0166	0.0779	-0.0194	-0.1683
iC_4/nC_4	-0.0135	-0.0413	0.7490	0.0053	-0.3888	-0.0066	0.5831
$C_1\Sigma C_2^+$	-0.6275	0.8342	-0.0127	0.0489	0.0133	-0.0269	-0.0424
ΣC^+	0.3456	0.8931	0.0613	0.0323	0.0085	-0.0009	-0.0002
Hg	0.0107	0.0429	-0.0947	-0.1204	1.2587	0.0240	0.7881
UV	-0.0719	-0.1179	0.4210	-0.9891	0.1431	-0.0604	0.0128
ΔC	-0.0375	-0.0484	0.4203	0.7515	0.1099	-0.0165	-0.1555
Rn	-0.0220	-0.0453	-0.1207	0.0559	0.0101	0.9858	-0.0058

不同变量组合模型中各主因子所代表的信息量（公因子方差）见表 5。

第一主因子($f1$)表现在模型 D 和 E 中，一族金属元素的因子载荷集中在 $f1$ 坐标右端点，而 Hg（热释汞）却位于原点，远离其他金属离子。这可能表示其来源不同，前者代表地表的剥蚀、风化和沉积作用，后者热释汞可能表示来自地下较深处。显然，在地表条件下，剥蚀、风化、沉积作用可能起主要作用。E 模型中 $f1$ 金属离子与甲烷 (CH_4) 和乙烯 (C_2H_4) 呈负相关，进一步揭示了在地表作用下，金属离子的富集与氧化环境剥蚀程度紧密相关，而 CH_4 和

表 4-1 E 模型因子载荷矩阵

	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8
CH_4	-0.0224	0.7233	0.5689	-0.0391	0.3377	-0.0257	-0.1114	0.1013
C_2H_4	-0.2220	0.3496	0.5525	-0.4351	-0.1997	0.2383	0.1477	-0.0320
C_2H_6	0.2523	0.9455	-0.0670	-0.0281	-0.0400	-0.1231	0.0341	0.0288
C_3H_8	0.2468	0.8991	-0.1004	-0.0362	-0.0884	-0.1585	0.0273	0.0130
$i\text{C}_4$	0.2377	0.9205	-0.0956	-0.0300	-0.0815	-0.1660	0.0985	-0.0247
$n\text{C}_4$	0.2951	0.8720	-0.0662	-0.1109	-0.1939	-0.1594	-0.1381	-0.1387
$i\text{C}_4/n\text{C}_4$	-0.1881	0.0924	-0.0715	0.3244	0.3212	0.0378	0.7473	0.3715
$\text{C}_1/\Sigma\text{C}_{2+}$	-0.3529	-0.3472	0.6667	0.0626	0.4434	0.1132	-0.1909	0.0934
ΣC^+	-0.0030	0.7581	0.5376	-0.0404	0.3168	-0.0343	-0.1043	0.0974
Cu	0.8489	-0.0902	0.1384	0.1427	-0.2826	-0.0815	0.1080	0.1767
Pb	0.7842	-0.1750	0.3335	0.1746	-0.1758	-0.0160	-0.0532	0.1013
Zn	0.6821	-0.4455	0.2332	-0.3672	0.0608	-0.2103	0.0755	-0.0671
Cr	0.8171	0.1707	-0.1061	0.2726	0.0432	0.3709	-0.0925	0.1225
Ni	0.9043	0.1180	-0.0648	0.2104	-0.0543	0.0707	-0.0126	0.1761
Co	0.9063	-0.0916	0.1068	0.0895	0.0329	0.1131	0.0922	-0.0932
V	0.8222	0.2086	-0.2576	0.1430	0.1764	0.3131	-0.0159	-0.1080
Mn	0.7412	0.1020	-0.1221	-0.0302	0.3842	0.3319	-0.0804	-0.2044
Sn	0.7464	-0.4029	0.1522	-0.3292	0.1870	-0.0288	0.0442	-0.1659
Mo	0.7929	-0.3594	0.0550	-0.2983	0.0289	-0.1408	0.0653	-0.0342
Ag	0.6020	-0.3728	0.4473	0.0625	-0.2779	-0.3268	0.0359	0.1953
Hg	-0.2584	-0.0000	0.4293	0.3480	-0.5509	0.2943	-0.1471	0.0397
UV	-0.1374	0.1597	0.1186	-0.4545	-0.2913	0.6796	0.2566	-0.0055
ΔC	-0.0632	0.0079	0.1271	0.8300	0.0248	0.0656	-0.1419	-0.1704
Rn	0.0829	-0.0687	-0.4307	-0.3748	0.0491	0.1401	-0.4622	0.5857

C_2H_4 则相反, 它们的富集与沉积作用和还原环境相关。

第二主因子 (f_2) 与 A 模型中的第一主因子 (f_1) 相似, 主要是一些重烃组合。甲烷和总烃之间也有一定的关系, 意味着甲烷主要和重烃同源。由于甲烷的含量在酸解烃中占有绝对优势, 故其在 A 和 E 模型中都和 C_1/C_{2+} , ΣC 等变量单独构成一因子, 分别为各自模型中的 f_1 , f_3 。在 A 模型中甲烷和重烃与 f_1 呈弱相关, 反映 CH_4 除了与重烃同源以外, 可能有其他来源的干扰, 如地表生物成因和地下煤成 CH_4 的混入。

目前认为, 重烃是地下深源油气于地表的直接显示, 这种显示的分布状态受地层裂隙系统的控制。A 模型 f_1 因子得分在第 I 剖面上的变化很好地代表了 C_2H_6 、 C_3H_8 、 $i\text{C}_4$ 、 $n\text{C}_4$ 等的变化, 在断裂带内的 63-75, 32-55 桩号上方的因子得分都较高, 相应的重烃含量也较高; 相反在已知油田上方的 5-30 之间, 可能由于致密盖层的遮挡作用, 使得烃气发生迂回渗漏,

表 4-2 E 模型方差极大正交旋转矩阵

	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8
CH ₄	-0.0620	0.4836	0.8634	0.0495	0.0128	0.0937	0.0440	0.0599
C ₂ H ₄	-0.0070	0.2110	0.4430	0.0568	-0.2936	0.8017	-0.0885	-0.1388
C ₂ H ₆	-0.0495	0.9640	0.1894	-0.0052	0.1601	0.0410	0.0684	0.0175
C ₃ H ₈	-0.0346	0.9815	0.1280	-0.0101	0.1278	0.0251	0.0405	0.0186
iC ₄	-0.0451	0.9792	0.1161	-0.0298	0.1194	0.0420	0.0797	-0.0492
nC ₄	0.0060	0.9593	0.0958	0.0046	0.1319	0.0534	-0.2210	-0.0127
iC ₄ /nC ₄	-0.1465	-0.0208	0.0421	-0.0222	-0.0184	-0.0288	0.9793	0.1247
C ₁ /ΣC ₂ ⁺	-0.0501	-0.6507	0.7278	0.1007	-0.1685	-0.0175	-0.0143	-0.0728
ΣC ⁺	-0.0621	0.5311	0.8352	0.0467	0.0226	0.0928	0.0449	-0.0563
Cu	0.8920	0.1758	-0.1627	0.0945	0.3609	-0.0451	0.0687	0.0321
Pb	0.8951	-0.0033	0.0553	0.1670	0.3955	-0.0666	-0.0800	-0.0237
Zn	0.7882	-0.2280	-0.0067	-0.5104	0.1628	0.0365	-0.1880	-0.0547
Cr	0.3897	0.2238	-0.0325	0.1695	0.8567	-0.0423	0.0642	0.1687
Ni	0.6385	0.3063	-0.0943	0.0596	0.6606	-0.1414	0.0856	0.1492
Co	0.7022	0.0669	-0.0480	-0.1115	0.6848	-0.0160	-0.0194	-0.1345
V	0.2517	0.2812	-0.1121	-0.1001	0.9115	-0.0593	0.0069	0.0264
Mn	0.1920	0.1008	0.0884	-0.2977	0.9186	-0.0106	-0.1108	-0.0175
Sn	0.6627	-0.2440	0.0045	-0.5268	0.4130	0.0549	-0.2083	-0.0816
Mo	0.7767	-0.1123	-0.1384	-0.4792	0.3337	0.0012	-0.1542	0.0283
Ag	0.9796	-0.1248	0.0273	0.0677	-0.0659	-0.1113	-0.0397	-0.0339
Hg	0.0711	-0.1153	0.0716	0.9027	-0.2091	0.2926	-0.1379	-0.1155
UV	-0.1659	0.0081	-0.0515	0.0668	0.0853	0.9769	0.0238	0.0562
ΔC	-0.1158	-0.1093	0.1023	0.7084	0.2390	-0.5002	0.0686	-0.3877
Rn	-0.0688	-0.0355	-0.0961	-0.1653	0.0997	-0.0024	-0.1255	0.9653

表现为较低的因子得分或较高的因子负得分。该因子在排除地表风化影响下，成为最高的油气化探信息载体（A 模型中 33.6%），因此对油气化探来说是带有目的性的主导因子，可称为油气因子。而 A 模型中 f2 和 E 模型中的 f3 主要与甲烷变化有关，可称为甲烷因子。甲烷含量的变化可能主要与地层的裂隙发育程度有关，如 I 剖面断裂带内的 65-75，断裂经过的 45-55，以及断裂较发育的 5-21 等桩号上方的 f2 因子得分都较高。

A 模型中的 f3, f4 与 E 模型中的 f4 因子均代表 ΔC。A 模型的初始因子载荷矩阵，ΔC 在 f4 上的载荷为 0.5832，经因子斜交旋转后变为 0.7515；E 模型的 f4 因子同时包含有少部分的 Hg 信息。

由于 ΔC 是地下油气微渗漏上升至地表与土壤中硅铝酸盐矿物作用而形成的产物，它同时与地下烃气的渗漏和地表环境有关，该因子和 UV 呈负相关，也表示了这种 ΔC 与 UV 的正

表 4-3 E 模型斜交因子模型矩阵

	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8
CH_4	-0.0122	0.6726	0.7466	0.0434	0.2518	-0.1378	0.0398	0.0462
C_2H_4	-0.1352	0.2705	0.5782	-0.5527	-0.3274	0.8271	-0.0130	-0.1567
C_2H_6	0.0830	1.0347	-0.0383	-0.0976	0.0596	-0.0586	0.0386	0.0019
C_3H_8	0.0543	1.0549	-0.1033	-0.1116	0.0274	-0.0914	0.0074	-0.0109
$i\text{C}_4$	0.0452	1.0519	-0.1139	-0.1042	0.0544	-0.0622	0.0607	-0.0949
$n\text{C}_4$	0.0283	1.0438	-0.1121	-0.0425	-0.1044	-0.0940	-0.2791	-0.0885
$i\text{C}_4/n\text{C}_4$	0.1046	-0.0849	0.0059	-0.1084	0.4100	0.1579	1.0916	-0.0185
$\text{C}_1/\Sigma\text{C}_2^+$	-0.1335	-0.5294	0.8602	0.2569	0.2172	-0.1538	0.0038	0.0775
ΣC^+	-0.0067	0.7166	0.7076	0.0338	0.2427	-0.1356	0.0387	0.0430
Cu	0.9466	0.1251	-0.0765	-0.0191	-0.3247	-0.0168	0.1193	0.0513
Pb	0.9575	-0.0221	0.1824	0.1984	-0.3319	-0.0729	-0.0443	0.0170
Zn	0.5766	-0.1662	0.1068	-0.4672	0.2944	-0.1189	-0.0755	-0.1122
Cr	1.0326	0.0413	-0.0308	0.3111	-0.1364	0.2697	0.0395	0.2282
Ni	1.0054	0.2058	-0.1077	0.1273	-0.1024	-0.0150	0.0892	0.1945
Co	1.0349	-0.0200	0.0143	0.1502	0.0311	0.1318	0.0432	-0.1734
V	0.9099	0.1120	-0.1750	0.2521	0.1644	0.2413	0.0012	-0.0053
Mn	0.8306	-0.0234	0.0425	0.1711	0.4300	0.2377	-0.0980	-0.0573
Sn	0.6952	-0.2436	0.1032	-0.3184	0.3855	0.0329	-0.1073	-0.1538
Mo	0.7182	-0.1124	-0.0573	-0.4289	0.2567	-0.0619	-0.0598	-0.0292
Ag	0.6170	-0.0354	0.1786	-0.0789	-0.3025	-0.3398	0.0292	0.0093
Hg	0.0363	-0.1818	0.2854	0.5779	-1.1551	0.4564	-0.1959	-0.0608
UV	0.1483	-0.1956	0.1546	-0.6444	-0.4618	1.4514	0.0929	0.0149
ΔC	0.1464	-0.1377	0.0778	1.4093	-0.3651	-0.4163	-0.0218	-0.3541
Rn	0.0351	-0.1214	-0.1269	-0.7406	0.0786	0.0215	-0.2215	1.1487

负消长关系,而且从它们与 Eh 变化对比可见,前者倾向于一种氧化环境,后者倾向于还原环境。A 模型 f_3 及 f_4 于 I 线的因子得分在油气区的两侧为高值,油气上方的得分值也较高,可见该因子可以指示油气藏边界,但更多的可能是与历史发展的地表总烃浓度有关。

A 模型中 f_5 , f_7 因子均代表 Hg, 目前认为,这是一种与天然气有关的指标, I 线上由北西到南东, f_5 , f_7 因子得分及 Hg 的含量也有增高的趋势。 f_6 因子代表变量 Rn, 据初步分析, Rn 含量沿构造走向出现线性异常分布,因此是一个边界因子, I 剖面的 f_6 因子得分和 Rn 含量变化图也表明有断层通过的 40-60 号点之间出现高值。

因子分析综合解释结果见表 6。

表5 不同变量组合模型相关矩阵R的特征值(公因子方差)比较

	A (I+V)		B (I+V)		C (I+V)		D (I)		E (I)	
	$p=13$ $m=124$		$p=19$ $m=47$		$p=15$ $m=53$		$p=30$ $m=30$		$p=24$ $m=75$	
	特征值	比例值	特征值	比例值	特征值	比例值	特征值	比例值	特征值	比例值
f_1	4.3793	0.3369	4.7073	0.2478	4.3175	0.2878	8.9144	0.2971	7.4554	0.3106
f_2	2.7362	0.2105	4.2078	0.2215	3.2537	0.2169	5.1782	0.1726	5.4627	0.2276
f_3	1.4425	0.1110	2.0016	0.1053	1.6991	0.1133	4.0665	0.1356	2.3148	0.0964
f_4	1.2261	0.0943	1.5291	0.0805	1.2215	0.0814	2.0093	0.0670	2.0088	0.0837
f_5	1.0103	0.0777	1.1380	0.0599	1.0247	0.0683	1.7019	0.0570	1.4110	0.0588
f_6	0.7435	0.0572	0.9818	0.0517	0.8900	0.0593	1.5491	0.0516	1.2807	0.0534
f_7	0.6608	0.0508	0.9474	0.0499	0.7857	0.0524	1.1407	0.0380	1.0435	0.0435
f_8			0.8148	0.0429	0.6077	0.0405	1.1202	0.0373	0.7830	0.0326
f_9			0.6602	0.0347			0.7848	0.0262		
f_{10}			0.6119	0.0322			0.6992	0.0233		
累计比例		0.9384		0.9253		0.9200		0.9055		0.9067

表6 不同变量组合模型中主因子载荷及其地质意义

模型	A ($p=13$, $m=124$)			B ($p=19$, $m=47$)			D ($p=30$, $m=30$)			E ($p=24$, $m=75$)		
因子	代表变量	正交主因子载荷	意义	代表变量	因子载荷	意义	代表变量	主因子载荷	意义	代表变量	斜交因子载荷	意义
f_1	C_2H_6 , iC_4 C_3H_8 , nC_4	0.98—0.935	油气因子	ΣC_{1-4} CH_4 Eh	0.9064 0.8946 -0.6656		Mo, Co, Ni Sn, Zn, V, Mn, Cr, Pb As, CH_4 , C_2H_4	0.8715 ↓ 0.6212 -0.6118 -0.6058	地表风化沉积	Co, Ni, Cu V, Mo, Pb Sn, Mn, Zn Ag	0.6710 ↓ 1.0345	地表风化沉积
f_2	CH_4 , $C_1/\Sigma C_2+$ ΣC_{1-4}	0.9632 0.7220 0.9485	甲烷因子	iC_4 , nC_4 C_3H_8 , C_2H_6 $C_1/\Sigma C_2+$	0.8717 0.6758 -0.8206		nC_4 , C_2H_6 iC_4 , C_3H_8	0.9389— 0.8645	与油气有关	C_2H_6 , iC_4 C_3H_8 , nC_4 CH_4 , ΣC_{1-4}	1.0347— 1.0549 0.6727, 0.7166	与油气有关
f_3	ΔC UV	0.9755 -0.5079	边界因子?	TOC, I ΔC	0.77 0.684 -0.578		Eh, pH, $C_1/\Sigma C_2+$ Flour, Rn	-0.805 0.6193— 0.6433		C_1/C_2+ CH_4 , ΣC_{1-4} C_2H_4	0.8602 0.7466 0.7076 0.5782	与甲烷有关
f_4	ΔC UV	0.75 -0.9891 (斜交因子模型中)		UV Flour	0.7840 0.5486		I TOC	0.7101 0.6779		ΔC Hg	1.4093 0.5780	与边界及地表环境有关
f_5	Hg	1.2587 (斜交因子模型中)								Mn, Sn iC_4/nC_4	0.43 0.41	
f_6	Rn	0.9721	边界因子?							UV C_2H_4	1.4514 0.8271	
f_7	Hg	0.9725	与煤型气有关?							iC_4/nC_4 Rn	1.0916 1.1487	

四、I, V 线化探试验指标的对比与筛选意见

I 测线与 V 测线对比, 甲烷、乙烷、总烃、干燥系数、热解的 TOC 及 OIL、I、Hg、Rn 在 I 测线的量均明显高于 V 线。也有另外一些指标是 V 线高于 I 线, 包括乙烯、紫外光谱、同步荧光。ΔC 的含量在两条测线大致相当。

I 线上在测点 13 至 34 之间为地下已知油气区, 在测线两端 (1—7, 60—75) 均有背斜或断层。在油气区的两侧分别出现紫外芳烃、同步荧光、ΔC 的异常高值带。乙烷、丙烷、丁烷的高值带主要在 32—57 测点的上方, 在测线的两端也有些异常的高值。Rn 的异常主要分布在测点 40—60 之间。Hg、乙烯、干燥系数、ΔC 在 I 线南端有增高的趋势, 甲烷在测线两端均较高。从以上指标异常值的分布来看, 紫外芳烃 (UV)、ΔC、Hg 与油气田边界有较好的相关关系。

在 I 测线南端, 甲烷、干燥系数、Hg、ΔC 等指标均较高, 这是否指示南端地下的油气中干气或煤成气加入的比例较大? 南端地表样的 pH 值较高, Eh 值较低, 对 ΔC 的形成或 Hg 的吸附能力提高有无一定的作用? 重烃应当是反映地下油气田的指标, 在 32—57 点上方重烃高值可能反映本区地下有比重较大的油藏或成熟度较低的生油层, 因盖层不大致密, 易于渗漏出重烃及氦气。为什么在两端 (7—12, 64—75) 为高值区, 值得今后研究。

总之, I 测线上的吸附烃含量普遍很高, 平均含量在 1000 μmL/L 左右。这里的地下是油气聚集带, 不同类型的油气藏 (古生界灰岩中的油气藏, 中生界多层砂岩体中的油气藏) 在平

表 7 项目保留与筛选建议及其原因

项 目	保 留	筛 除	备 注
CH ₄	保留统计总烃 (ΣCH)		
C ₂ H ₆	留作单独指标		
C ₃ H ₈	留作单独指标		
iC ₄ H ₁₀	留作单独指标		
nC ₄ H ₁₀	留作单独指标		
ΣCH _i	留作单独指标		
Cu-Mo-Ag		因子分析表明为地表风化来源	
Hg	留作单独指标		
UV	留作单独指标		
ΔC	留作单独指标		
Rn	留作单独指标		
I		与油气关系不明显	
Eh		应现场作	
pH		应现场作	
Rock-Eval Oil		误差大, 数据可信度低	稀释标样浓度, 提高仪器灵敏度
Rock-Eval TOC		误差大, 数据可信度低	
Flour		与 UV 意义相同	

面上,纵向上交错重叠,使地表烃类异常及其他地化指标出现十分复杂的情况。

根据 I 线和 V 线测试数据展布情况及聚类分析和因子分析的结果,以及与已知油气田的对应关系,经过有效性研究保留以下指标:

(1) 吸附烃,其中包括甲烷、乙烷、丙烷、正丁烷、异丁烷、总烃共六项选用指标,乙烯含量太低又不稳定, iC_4/nC_4 及 $C_1/\Sigma C_{2+}$ (干燥系数)在因子分析中表明无单独意义,故不选用。选用的六项有效指标中,乙烷与丙烷、正丁烷、异丁烷十分相似,可以用乙烷为代表。总烃的变化与甲烷变化十分相似,以总烃为代表。因此用乙烷和总烃作图可以反映上述六项指标的变化。(2) Hg, (3) 氦气, (4) 紫外芳烃, (5) ΔC 。后四项指标分别与油田边界或断裂有关,从因子分析中表明, ΔC 与 Hg 与干燥系数及甲烷有一定的相关性,而紫外芳烃、氦气与 iC_4/nC_4 以及 C_2H_4 带双键或异构的烃类有一定相关性,反映了另一类与油气有关的物质。这四项指标可以分别单独成图。经过有效性研究后,共保留 10 项指标(表 7)。

五、结 语

本区油气化探有三个主因子,一是地表剥蚀、风化与沉积作用,二是油气藏聚集因子,三是油气藏边界因子。目前第三个因子研究程度最低,是油气化探需要努力的方向。

在 30 个最初指标中,筛选出酸解烃、 ΔC 、紫外芳烃、Hg、Rn 等 5 个方法 10 项指标。

致谢:各种分析项目,由韩林林、柴平霞、张惠之、陈文华、彭金莲、邢爱华、于赤灵、熊光平、鲍惠兰等共同完成。本课题曾得到北京石油勘探开发科学研究院遥感地质所部分资助和地矿部石油化探培训中心程志纯等同志,地矿部化探研究所金仰芬、朱炳球等同志的关心与支持,在资料整理中杨蔚华、徐建国等同志给予有益的讨论,作者在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] W.K. 弗来彻,钱德孙、刘国均译,地球化学勘探中的分析方法,地质出版社,1987: 25—49。
- [2] 地质矿产部化探研究所,地球化学探矿实例,地质出版社,1987: 138—141。
- [3] 中国科学院航空遥感中心地理研究所编译,石油遥感,能源出版社,1989: 1—5。
- [4] 刘英俊、邱德同等,勘查地球化学,科学出版社,1987: 339—358。

**STUDY ON AVAILABILITY OF HYDROCARBON CHEMICAL
PROSPECTING INDICES FROM LUNTAI-SHAYA REGION,
NORTH TARIM, XINJIANG**

Jia Rongfang Zhou Zhongyi Shi Jiyang Li Bencao Xie Juexin

(Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou)

Abstract

Three principle factors of hydrocarbon chemical prospecting were selected from the data of 30 indices and 124 stations in North Tarim, Xinjiang, with the methods of multivariate statistics (R-cluster analysis and factor analysis). These principle factors are explained as weathering and denudation factor, oil-gas accumulation factor and oil-gas pool boundary factor. Besides, acidolysis hydrocarbon, ΔC , Hg, Rn and Ultraviolet etc. five methods and ten indices were sieved from commonly used chemical prospecting indices for production usage.