

文章编号: 1001- 6112(2006)02- 0182- 05

# 典型气藏上方地表化探特征分析

## ——以四川盆地孝泉—新场气田为例

任 春, 夏响华

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151)

**摘要:** 四川盆地孝泉—新场气田上方地表油气化探指标与气藏关系的分析非常明确地显示出, 地下气藏在地表留下的各种地化痕迹与气藏的类型和规模有着密切的关系, 利用地球化学检测手段, 可以捕捉这些微量痕迹, 从而为勘探地下气藏提供可靠依据。地表油气化探指标酸解烃、 $\Delta C$ 、热释烃、微磁的异常形态主要为环状(或环斑状); 顶空气对天然气藏有很好的指示作用, 在气藏上方的主要特征是浓度变化大, 在气藏外浓度变化小; 微生物指标与气藏有较好的对应关系, 甲烷氧化菌具有明显的环状(环斑结合)特征, 硫酸盐还原菌具有典型的顶端异常特征。多指标综合, 结合地质进行分析, 是减少天然气藏预测风险, 提高勘探成功率的有效途径。

**关键词:** 气藏; 油气化探; 统计特征; 空间特征; 孝泉—新场气田; 四川盆地

中图分类号: TE132. 4

文献标识码: A

## 1 研究区概况

研究区为位于川西坳陷中段德阳市境内的孝泉—新场气田(图 1), 2001 年在该气田布置地表化探测线 3 条, A 剖面穿过孝泉气区及鸭子河构造, B 剖面穿过新场气区, C 剖面为穿越整个孝泉—新场气田的北东东向剖面(图 1)。

孝泉—新场气田是由多个侏罗系次生气藏组成的复合型气田<sup>[1,2]</sup>, 气藏埋藏浅。孝泉—新场构造是一个北东东向、西高东低的鼻状背斜, 西端与

鸭子河构造相连, 向东经白马关与新盛场、丰谷镇等背斜构成一个北东东向的古隆起带, 是凹陷中天然气运移的指向带, 加之该区构造—岩性复合圈闭条件好, 具备了形成大气田的基本地质条件。从区域构造上看气田的分布和范围主要受控于古隆起构造带<sup>[3,4]</sup>。孝泉—新场气田的主要产层为  $J_{3p}$  中上部、 $J_{2s}^2$  (中侏罗统沙溪庙组二段) 中下部和  $J_{1q}$  (下侏罗统千佛崖组) 底部。储集岩 85% 以上为砂岩, 具有一定层状特征, 但非均质性明显, 表现出天然气的储集主要受岩相和成岩作用控制<sup>[5,6]</sup>。

在川西地区孝泉—新场气田上方, 开展过多次油气化探工作, 并且针对气田特征开展过多次化探研究<sup>[7-9]</sup>, 2001 年又在孝泉气区上方开展了多方法的地表化探研究, 积累了丰富的资料, 使之成为解剖气田上方地表化探特征的理想研究区。

## 2 气藏上方地球化学场特征

### 2.1 统计特征

#### 2.1.1 重复性对比

将 1986 与 2001 年前后 2 次采样中的 27 个同点位(点位差距小于 50 m) 样本的分析结果进行对比(表 1), 结果显示:

1) 气区的绝大部分指标(顶空气重烃除外) 含量均明显高于非气区, 表明气区范围的化探指标背景均明显高于非气区。不同时期的 2 次测量显示

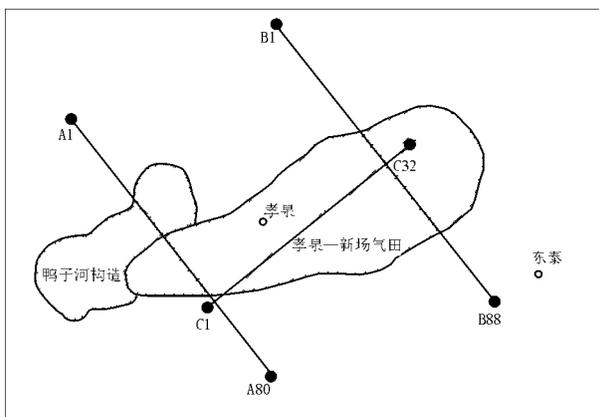


图 1 四川盆地孝泉—新场气田位置  
图中直线为化探测线

Fig. 1 Location of Xiaquan-Xinchang gas field in the Sichuan Basin

收稿日期: 2005- 11- 26; 修订日期: 2006- 02- 13。

作者简介: 任春(1956—), 男(汉族), 安徽舒城人, 高级工程师, 主要从事油气地球化学理论研究和勘探工作。

基金项目: 中国石化股份公司科研项目(P00012)。

表 1 四川盆地新场气田两次测量同点样本指标特征对比

Table 1 The contrast of indicator features within and out of gas accumulation in Xinchang gas field of the Sichuan Basin

指 标	1986 年测量			2001 年测量			两次测量差值, %		
	气区	非气区	差值, %	气区	非气区	差值, %	气区	非气区	
酸解烃/( $\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	甲烷	1678.39	448.94	115.59	785.71	317.39	84.91	-72.46	-34.33
	重烃	120.57	47.82	86.41	54.60	27.84	64.92	-75.32	-52.81
顶空气, $10^{-6}$	甲烷	237.86	203.74	15.45	79.65	78.11	1.95	-99.66	-89.15
	重烃	10.55	52.08	-132.64	22.19	21.13	4.88	71.13	-84.54
$\Delta\text{C}, \%$		1.45	0.59	83.60	0.64	0.31	69.61	-77.32	-62.94

出同样的特征, 再次证明了这些化探指标对于本地区油气指示的有效性和稳定性。而顶空气指标的例外情况(背景区高于气区), 则体现了本地区天然气的成分特征。

2) 后期测量的指标含量均较前期低, 这可能是由于分析测试的系统误差所致。但值得注意的是, 气区的指标含量下降幅度均明显高于非气区, 表明气区具有比非气区更为活跃的地球化学变化。这一现象有可能反映了孝泉-新场气田气藏产能的降低。

2.1.2 不同油气单元统计特征

表 2 是按剖面对穿越气田不同部位化探指标的分类统计, 由统计结果可以得到如下的结论:

1) 酸解烃、 $\Delta\text{C}$  指标具有相同的特征, 其浓度在气区内大于气区外, 气区边界(含边界高值区)浓度很强。从统计结果看, 此二指标具有明显的环状特征; 气田 2 个气区上方浓度差别较大, 反映出 2 个气区具有不同的地质特征。

2) 顶空气浓度在气田 2 个气区内外差别不大, 不具显著性; 但在 2 个气区上方的浓度差别非常大, 新场气区上方的顶空气浓度大于孝泉气区上方浓度, 且表现出不同的统计特征; 在孝泉气区具有弱的环状特征, 而在新场气区具有较强的顶端特征。

3) 热释烃指标的统计特征与酸解烃类似, 但没有酸解烃的显著, 尤其是在新场气区仅具有弱的环状统计特征。

4) 微磁在气田 2 个气区上方差别较大, 也反映出 2 个区域存在地质差异, 但在气田上方均具有一个共同的环状特征。

5) 微生物的 2 个指标表现出不同的特征。甲烷氧化菌具有明显的环状特征, 气区范围内菌落数低, 边界菌落数较高, 且在 2 个气区上方具有相同的统计特征; 而硫酸盐还原菌在 2 个气区上方反映出相同的顶端异常特征, 在新场气区上方浓度较低, 与微磁有共同的统计特征。

2.2 空间分布特征

2.2.1 不同指标的异常形态

图 2, 3 为孝泉和新场 2 个气区的地球化学剖面浓度曲线, 从图中的曲线形态可以得出这样的分布规律: 酸解烃、 $\Delta\text{C}$ 、热释烃、微磁在气田上方具有环状、弱环状分布; 酸解烃与热释烃在形态上具有相互补偿特征, 当酸解烃具有明显的环状特征(图 3)时, 热释烃的环状弱, 而热释烃具明显环状的情况下(图 2), 酸解烃仅为弱环形态; 顶空气在气区外围边界区域变化平缓, 在气区内部, 浓度变化大。

表 2 四川盆地孝泉-新场气田不同油气单元指标特征对比

Table 2 The contrast of indicator features in different oil and gas units in Xiaoquan-Xinchang gas field of the Sichuan Basin

剖面 <sup>1)</sup>	位置	酸解烃甲烷/ ( $\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	顶空气 甲烷, $10^{-6}$	热释烃甲烷/ ( $\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	$\Delta\text{C}, \%$	磁化率/ $10^{-6}\text{SI}$	甲烷氧化菌/ ( $10^4 \text{个} \cdot \text{g}^{-1}$ )	硫酸盐还原菌/ ( $10^4 \text{个} \cdot \text{g}^{-1}$ )
A	气区	401.86	36.92	397.71	0.37	35.40	84.10	58.10
	非气区	27.72	42.55	187.72	0.26	22.00	6.84	5.20
	边界	863.95	45.48	665.29	0.49	41.30	170.10	2.30
B	气区	1 012.90	195.16	1 327.30	0.54	6.08	83.50	10.10
	非气区	467.45	154.22	1 265.79	0.39	20.33	109.70	4.20
	边界	4 247.40	125.36	1 484.10	1.06	9.13	144.40	4.66
C	气区	1 262.30	58.08	645.03	0.43		139.40	31.30

1) 剖面位置见图 1。

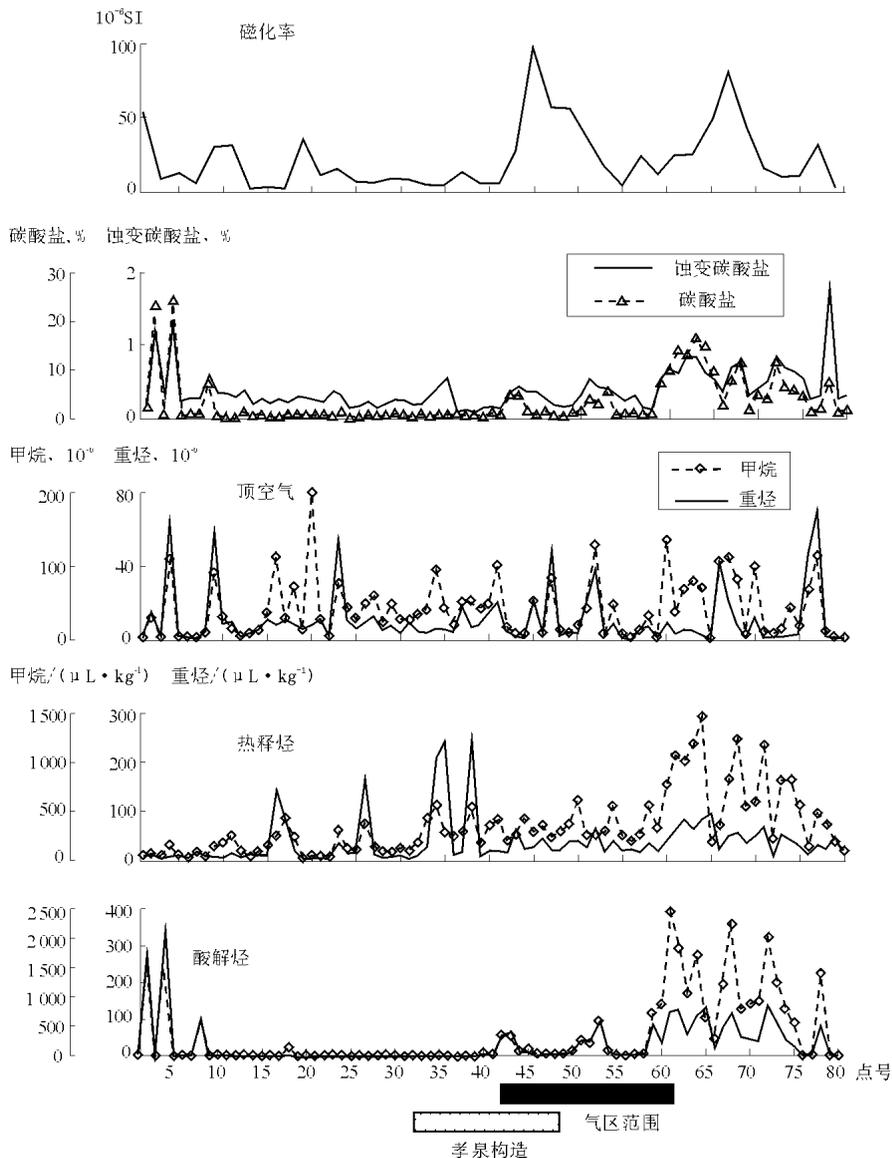


图 2 四川盆地孝泉气区上方(A 剖面)地球化学指标特征

Fig. 2 Profiles of geochemical indicators over Xiaoquan gas area in the Sichuan Basin

图 4, 5 为孝泉和新场 2 个气区的微生物地球化学剖面浓度曲线, 从中可以看出, 甲烷氧化菌具有明显的环状(环斑结合)特征, 硫酸盐还原菌具有典型的顶端异常特征。如果考虑到纤维素分解菌对甲烷氧化菌的矫正作用, 即将纤维素分解菌高值对应的甲烷氧化菌降为低值, 就不难得出, 在气区上方甲烷氧化菌浓度比气区外围区域高。

### 2.2.2 指标组合特征

以上是对每一剖面进行单独形态分析所得出的规律, 如果放在同一平面上考虑, 事情就不是如此简单。从统计特征知, 孝泉、新场上方各种烃类指标浓度差异较大, 剖面上得出的环状特征, 在平面上就很难把握用什么样的准则去确定环的具体位置。可以肯定的是, 不能简单地用单一异常下限

确定指标的异常区域, 需要其他的信息提取方案, 如用趋势剩余、滤波分析、层次分析<sup>[10]</sup>等提取弱异常, 还需从多指标配置的角度考虑异常的范围和走向, 从而正确地确定出异常的位置和范围。

顶空气指标在气区上方变化大, 在气区外变化弱的特征提供了识别气区范围的有效途径, 可以采用多指标变异指数、梯度等方法来提取此特征; 酸解烃、 $\Delta C$ 、热释烃、微磁可以根据多指标变异指数提取的顶空气异常范围来确定环状(环斑状)的范围和走向, 从而较为准确地确定气田范围。

微生物指标对气藏有较好的指示作用, 与其他快速地表化探指标结合, 将提高对气藏范围预测的精度, 更深入的研究有可能对气藏的产能预测作出贡献。

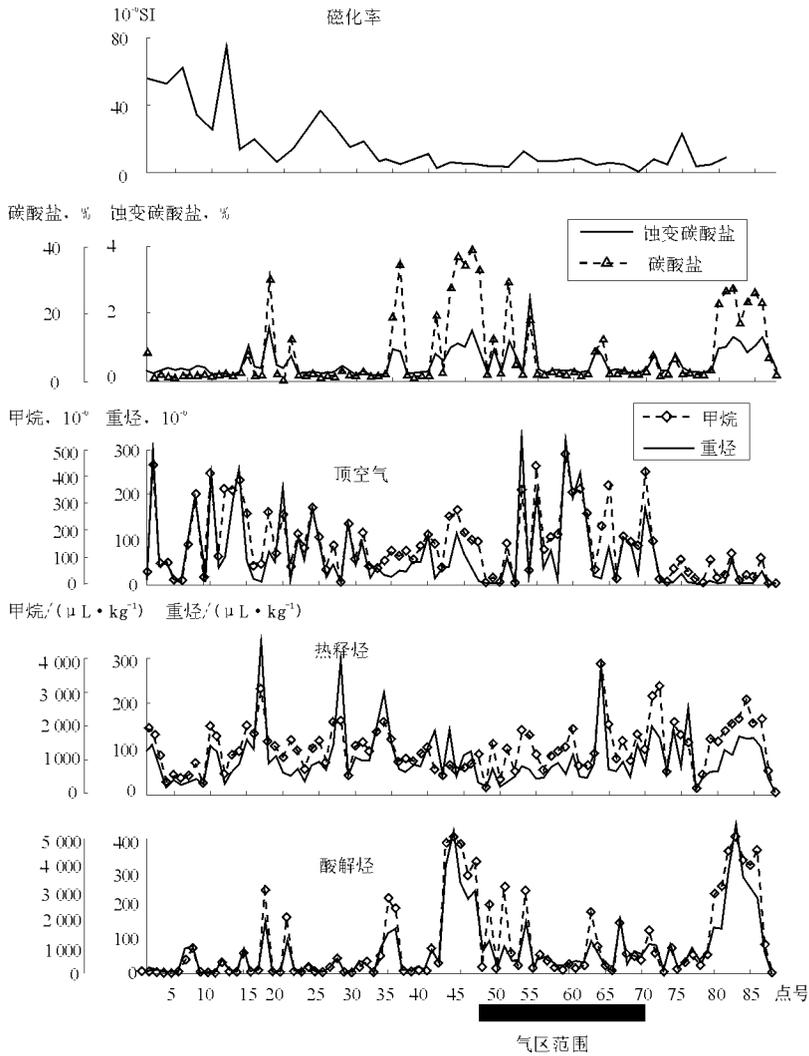


图 3 四川盆地新场气区上方(B剖面)地球化学指标特征

Fig.3 Profiles of geochemical indicators over Xinchang gas area of the Sichuan Basin

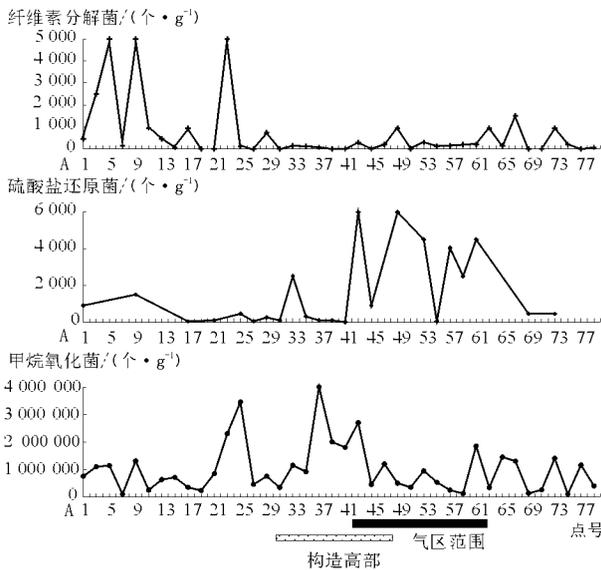


图 4 四川盆地孝泉气区上方(A剖面)微生物浓度

Fig.4 Curves of microbiological concentration over Xiaquan gas area of the Sichuan Basin

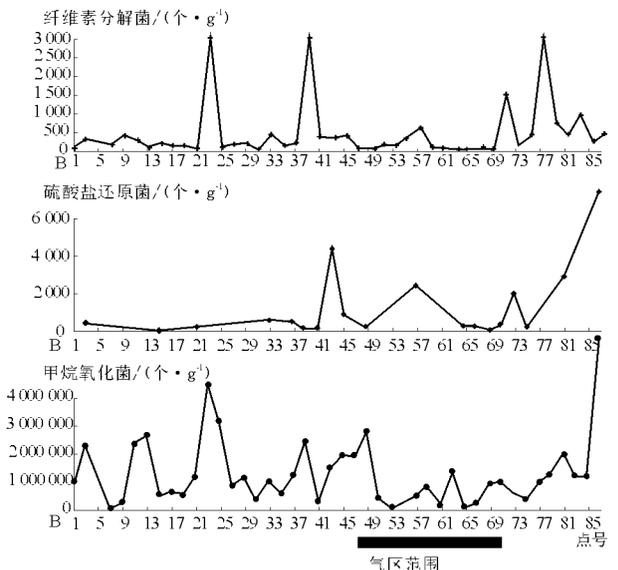


图 5 四川盆地新场气区上方(B剖面)微生物浓度

Fig.5 Curves of microbiological concentration over Xinchang gas area of the Sichuan Basin

### 3 综合分析预测

根据以上所述地化指标在气区范围内外的统计和空间分布特征,结合孝泉—新场气田的油气地质情况,可以明确地得出,地表所检测的烃类浓度强弱与下伏气藏有密切的关系。新场气区气源强,产能高,地表检测到的烃类强度亦高,孝泉气区的储层相对致密,产能低,地表检测到的烃类强度亦低,这些与地下储层特征一致。如果用顶空气的局域极差指标来描述气田上方的特征,新场上方大约是 300,而孝泉上方最大为 132。在区块选择上,显然新场优于孝泉。

微生物异常与气田有很好的对应关系,在 2 个气区表现出相同的统计和空间分布特征。

根据以上分析的地化指标在气田范围内外所显示出的统计和空间分布特征,可以预测,气田北面与孝泉—新场气田平行的狭长区域,是勘探天然气的较有利区域,具体位置是图 2 的 7—18 号点,到图 3 的 6—17 号点,酸解烃、顶空气、微磁指标在此区域有较好的异常配合,微生物指标仅在新场北面有反映,结合“七五”研究成果,新场北面(图 3 的

6—17 号点)区域应作为天然气勘探的优选区。

#### 参考文献:

- 1 罗啸泉,郭东晓. 川西孝泉—新场气田侏罗系次生气藏成藏条件初探[J]. 天然气工业, 1997, 17(3): 86~87
- 2 朱彤,叶军. 川西坳陷致密碎屑岩气藏类型划分及特征[J]. 石油实验地质, 2004, 26(6): 537~541
- 3 朱彤,叶军,王胜. 川西坳陷新场气田成藏环境的划分及识别标志[J]. 石油实验地质, 2001, 23(2): 174~177
- 4 唐立章,曹烈,安凤山. 川西坳陷油气圈闭类型分析[J]. 石油实验地质, 2004, 26(4): 328~332
- 5 吕正祥,卿淳,曾小英. 川西新场气田上沙溪庙组气藏预测评价研究[J]. 石油实验地质, 2001, 23(4): 400~402, 407
- 6 叶军,朱彤,赵泽江. 川西新场气田上沙溪庙组(J<sub>2s</sub>)气藏储集体特征及形成机理研究[J]. 石油实验地质, 1998, 20(4): 332~339
- 7 刘运黎,汤玉平. 川西油气田区地球化学场特征分析[J]. 地质通报, 2003, 22(4): 290~294
- 8 王国建,程同锦,王多义. 微量元素方法在地表油气化探中的试验研究——以川西新场气田为例[J]. 石油实验地质, 2005, 27(5): 544~549
- 9 汤玉平,刘运黎,赵跃伟等. 四川盆地烃类垂向微运移及其地球化学效应[J]. 石油实验地质, 2005, 27(5): 508~511
- 10 任春,裴涛,夏响华. 波谱分析法在油气地球化学勘探中的应用研究[J]. 物探与化探, 2003, 27(6): 54~56

## ANALYSIS OF SURFACE GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OVER TYPICAL GAS POOL —TAKE XIAOQUAN-XINCHANG GAS FIELD IN THE SICHUAN BASIN AS AN EXAMPLE

Ren Chun, Xia Xianghua

(Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

**Abstract:** By analyzing relations between surface geochemical indicators and deep gas pool in Xiaoquan-Xinchang gas field of the Sichuan Basin, one can obviously obtain that large numbers of surface geochemical tracks from deep gas accumulations is closely response to the types and scales of deep gas accumulations. Using geochemical detecting methods, one can catch these micro-traces, thus providing deep gas accumulations exploration with reliable basis. The anomaly shape of acid hydrocarbon,  $\Delta C$ , heat-released hydrocarbon and micro magnetism is mainly annular or spotted. Head-space gas is a good indicator to deep gas accumulations. It is characterized by concentration changing greatly over gas accumulation and changing little out of gas accumulation. Microbiological indicator is corresponding to deep gas accumulation. Methane oxidation bacteria have annular or spotted anomaly features. Sulfate-reducing bacteria show a character of top anomaly. For reducing risk of prediction and increasing rate of success in gas exploration, it is needed to combine surface geochemical indicators with geologic setting.

**Key words:** gas pool; oil and gas geochemical exploration; statistic feature; spacial character; Xiaoquan-Xinchang gas field; the Sichuan Basin