

似源组构异常在油气化探中的应用*

刘运黎

(中国石化石油勘探开发研究院石油化探研究所, 安徽合肥 230022)

摘要: 似源组构异常是表示能与地下油气藏(烃源)轻烃组分的组构相似的综合表征, 要求异常参数必须要有明确地质和地球化学意义, 能较好地反映烃类结构上的变化, 就有可能更确切地指示油气藏的存在及其位置。利用熵估值分析、马氏距离分析、聚类分析来计算研究区内各化探指标的变化性大小或各指标组合特征, 确定其有利数值范围, 提取异常参数, 圈定远景区。似源组构异常显著优于总烃浓度异常, 展示了组构指标参数优于浓度指标, 具有良好的应用前景。

关键词: 似源组构异常; 浓度异常; 组构指标参数; 熵值异常; 马氏距离异常

作者简介: 刘运黎, 男, 41岁, 高级工程师, 石油地质

中图分类号: TE122.3 文献标识码: A

大量的研究成果表明^[1~5]: 油气藏上部近地表沉积物中所含微量的轻烃组分的组构与其下部油气藏的轻烃组分极为相似, 并可以与油气藏外部背景区域的样本相区别, 这一特征称之为似源组构异常。形成这种地球化学特征的主要机理是油气二次运移的输导层与油气藏具有相同的垂向微渗逸条件, 但是, 两者在组构上有很大差异。输导层所渗逸的烃呈混合相态, 结构松散, 而油气藏已达到某种相对平衡状态, 其渗逸的轻烃类较为稳定, 在结构和组分上趋于简单化, 所以经过复杂的垂向微运移到达近地表后, 仍然保持与油气藏相同的组构特征。

这种似源组构异常是表示能与地下油气藏(烃源)轻烃组分的组构相似的综合表征, 与传统的浓度或含量异常概念相区别, 并分别代表了油气垂向运移到达地表后在性质和含量的细微变化特征。因此, 似源组构异常特征能更好地显示油气的性质和存在位置。为了获得样本油气组构信息, 依据与样本中各组分的变化或共生程度, 选取物理和化学意义明确, 尤其是地球化学意义明确的有效结构参数, 如熵估值分析、马氏距离分析、聚类分析、三端图解及对应分析等方法来获取较为有效的似源组构异常信息^[2]。本文重点介绍前3种方法。

1 熵估值^[3]

熵估值是采用信息论中计算“相对熵”(或相对不稳定性)的定量指标来揭示油气化探组合特征。其基本公式为

$$100H_r = [-100 \sum_{i=1}^N P_i \ln(P_i)] / H_m$$

式中 P_i 表示 N 元素系列中第 i 个成分所占的百分比 ($i = 1, 2, \dots, N$); H_m 表示最大的可能熵, 又称最大的不确定性: $H_m = -\sum_{i=1}^N \frac{1}{N} \ln(\frac{1}{N})$, N 表示研究对象的 N 元系统; H_r 表示相对熵, 引用为系列参数熵估值。某样本点 H_r 值大表示各化探指标在该样点变化性或不确定性大即变化复杂, 就意味着烃类在该处的后期叠加矿化作用强烈或影响较大, 系统的随机性也较大, 可能指示地下深部油气垂向运移活跃区和油气藏的存在。反之, H_r 值小表明矿化作用弱。

在近地表地球化学勘探体系中, 运用油气化探指标浓度(或强度)计算系统的熵值, 其熵值越大, 系统的稳定性越差, 则异常强度越大。从另一方面来说, 熵值越高, 化探指标的组织混乱度越高, 也表明系统受油气微渗漏的影响越大。熵值异常的研究与应用的目的是提取局部异常区化探指标的组构特征。据此原理, 利用熵值来计算研究区内各化探指标的变化性大小或各指标组合特征, 确定其有利数值范围, 提取异常参数, 圈定远景区。

松辽盆地东部的后五家户气田在纵向上分上、下两个含气组合。上部含气组合主要分布于东辽河以北地区, 包括泉头组二段至四段含气层, 主要受构造和岩性控制; 下部含气组合主要位于东辽河以南地区, 包括泉头组一段和登娄库组含气层, 主要受构造控制。

经油气化探普查研究^[4], 该区地球化学背景场属高度不稳定场, 各指标变异系数一般达3~4, 明显高于塔北(小于1)、鄂尔多斯(小于1.4)和川西(2.0左右)。图1是该测区的油气化探综

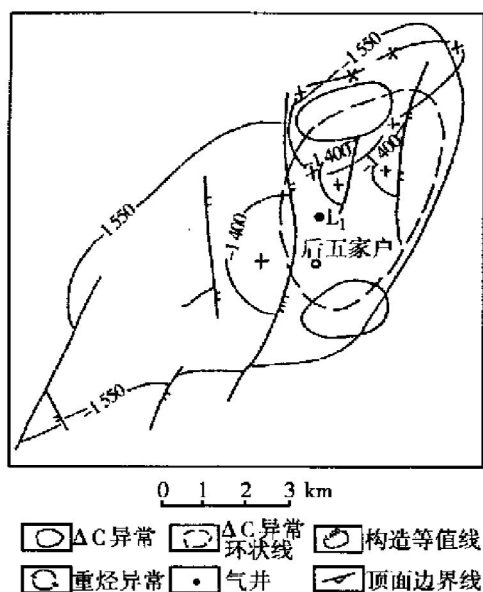


图1 后五家户含气构造化探异常图

Fig. 1 Geochemical exploration anomaly of gas-bearing structures in Houwujiahu gasfield

合异常图。 ΔC 指标异常分布于构造边缘, 呈环晕异常模式。 C_2^+ 异常分布于构造边缘, 异常格局是以 ΔC 异常为主, 辅以 C_2^+ 异常所构成环状异常模式。但异常连续度较差, 未能反映出较好的油气化探环状异常模式, 即异常分布规律性和指矿性不高, 多种指标叠合效果也不好。为了探索在高变异地球化学场中寻找异常综合评价的有效组构指标, 采用了似源组构异常参数研究分析, 通过引用熵估值作为其异常评价的综合指标。以 ΔC , C_2^+ , Hg, C_1 等多指标熵估值计算获取指示指标变化性或不确定性大小的熵估值, 依熵估值 66.00 为异常下限, 其异常连片性好且主要环绕已知油气区(井)边缘呈环状分布(图2)。环状异常主要夹于两条近南北向的断裂之间, 组成的环状异常连

续度高, 自然形态好, 与已知油气田范围相吻合, 背景区成片异常很少, 优于 ΔC 和 C_2^+ 指标异常。展示了似源组构异常参数——熵估值良好的应用效果, 同时也说明了气藏边缘变化性大即后期烃渗漏叠加效应强烈引起。

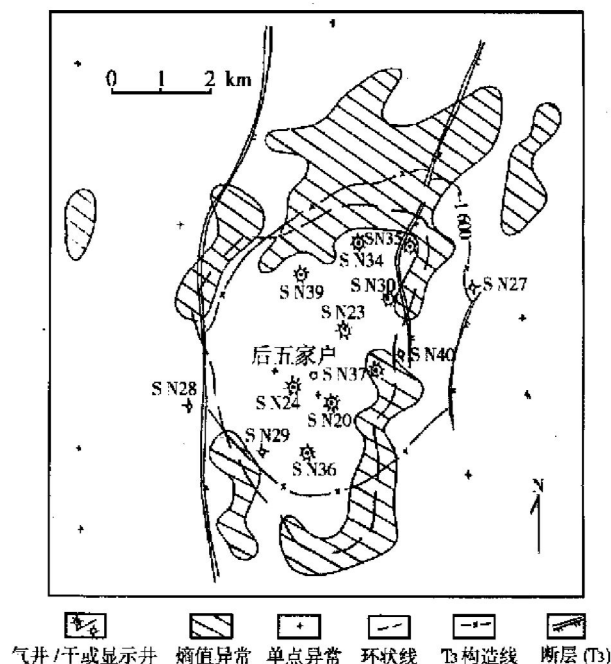


图2 后五家户气田化探熵值异常图

Fig. 2 Entropy-value anomaly of geochemical exploration data in Houwujiahu gasfield

2 马氏距离法

任何一个指标参数的集合都受到多种相互关联的因素控制, 具有明显的多元性。以多元正态分布理论为基础, 不严格要求实际样本满足正态分布, 而是寻求一个近似的背景子样从而达到区分背景与异常的目的的分析法——马氏距离法。后五家户气田用该方法计算的综合异常亦主要分布在气藏的边缘呈环状异常模式(图3)。主要采用了 ΔC , C_2^+ , C_1 , Hg, F_{405} 等指标, 荧光 405 和 Hg 权值最小(小于 0.13), ΔC , C_2^+ , C_1 权值较大(大于 0.27)。由图3可见, 可分为两个环状异常, 可能是南、北部的上、下两个含气组合。在工区的北部有一个较好的半环状异常, 它正好与次级隆起部位相对应, 是一个值得注意的远景区。

3 欧氏空间聚类分析

在鄂尔多斯盆地摆宴井油藏测区采用欧氏空

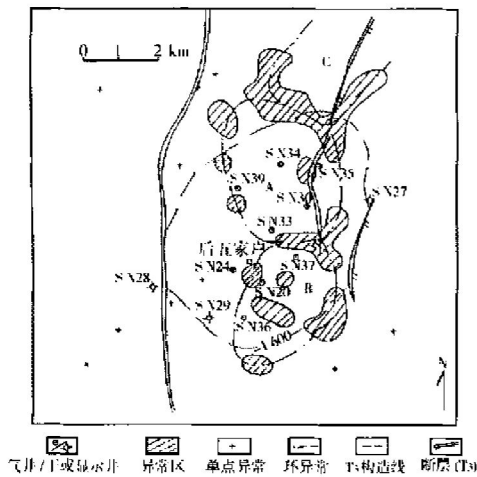


图 3 后五家户气田马氏距离异常图
Fig. 3 Marsh distance anomaly of geochemical exploration data in Houwujiahu gasfield

间聚类分析也显示了似源组构异常的明显优点和极大的应用前景。摆宴井油藏位于黄土覆盖区,已开发中生界油田约 16 km²,呈 NW 向分布。化探测网为 70 m × 70 m,控制面积 70 km²。将 158 个样本的轻烃 C₅~ C₁₅数十种轻烃化合物分为 5 类,即正烷烃(N)、异构烷(I)、芳烃(Ar)、环烷烃(C)和烯烃(AL)。通过欧氏空间聚类分析,并对油田上方、边缘及背景区分别抽样,结果如表 1 所示。由表可看出,异构烷烃(I)在油田上方及边缘较油田外及全区高一倍。从异构烃及总烃的异常图上可看出,异构烃的异常与油田分布有一定关系,但并不能圈定含油区范围,而总烃异常则大部分分布在油田以西。

进一步分析油气藏上方、边缘及背景样点的 5 项数据结构,分别对 3 组进行 R 因子分析,其结果见表 1。油田外背景域样本除芳烃(Ar)、环烷烃(C)外,分属 4 个因子,相互独立、结构离散。各组分含量除异构烃(I)外其他种组分油田外背景域均高于油田上方及边缘,以边缘最低。变异性大小依次为油田外>油田上方>油田边缘。即:油田外背景域总烃含量最高,但其变异量大,结构离散,与油气样相似度低,显著区别于油田上方或边缘,为似源组构异常的建立提供了依据。

经组构异常研究,用多种统计方法试验后,选择上述聚类分析(插入油样为标准),得到与气样 0.91 在相似水平聚为一类的 36 个组构相近的异常(即在欧氏空间上聚为一类的样点)全部落在油

表 1 摆宴井油藏上方、边缘、背景区化探数据结构对比表
Table 1 Correlation of geochemical exploration data framework on top, flanks and background area of Baiyanjing reservoir

部位	烃类	主因子载荷					均值 X	变异系数 S/X
		F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅		
油田上方 (n=14)	N	0.99	0.08	0.05	0.01	0.00	7.32	0.85
	I	0.99	0.04	0.11	0.01	-0.04	1.63	0.84
	C	0.99	0.05	0.07	-0.05	-0.05	0.28	0.85
	Ar	0.99	0.08	0.11	0.01	-0.05	4.51	0.84
	AL	0.99	0.04	0.06	0.02	-0.08	0.32	0.81
边缘区 (n=26)	N	0.99	0.04	0.12	0.06	-0.06	5.57	1.07
	I	0.98	0.03	0.13	-0.03	-0.03	1.23	1.09
	C	0.98	0.05	0.15	0.02	0.04	0.21	1.03
	Ar	0.70	0.20	-0.08	-0.58	0.08	1.44	1.18
	AL	0.99	0.04	0.01	0.05	-0.05	0.24	1.04
外围 (n=24)	N	0.13	0.94	-0.09	-0.07	0.10	10.76	1.81
	I	0.96	0.03	0.18	-0.03	0.12	0.62	1.01
	C	0.03	-0.22	0.78	0.21	0.22	0.53	1.05
	Ar	0.05	-0.09	0.88	-0.33	0.09	5.72	1.19
	AL	0.02	-0.06	0.04	0.89	0.29	1.73	1.18

田上方(中部油区)及边缘(南北油区),中部油区断裂发育显示顶上块状异常,而南北二油田呈边缘环状异常。组构异常可能更准确地圈定油气藏存在的位置,是一种不同于含量异常的新的化探异常类型,它表明油气藏上方各指标和异常间存在一种依赖于油气源信息的组构关系地球化学场,在油气藏上方其轻烃类组构与油气藏烃类组分结构十分相似的特性是一种找油标志。同时也证明了摆宴井地表 C₅~ C₁₅烃类是深部油气运移到地表的。

4 小结

组构异常一般较含量异常更贴近于油气藏范围,应用效果与传统的含量异常相比,具有以下特征:(1)异常分布于油气藏边缘或上方;(2)异常样本间各组分具有较稳定的线性关系,在欧氏空间聚为一类;(3)与地下油气层组构具有相似性^[5]。

似源组构异常显著优于总烃浓度异常,展示了组构指标参数优于浓度指标,具有良好的应用前景。这种油气藏上方近地表烃类组成结构与油气储层相似的特性具有重大理论和实际意义,对其进行深入研究有可能大大提高异常评价的水平和预测成功率,并有助于油气化探基本理论的发展和进步。

(下转第 190 页)

might have been an inland brine lake, and the Sr isotope in the lake water might have mainly been controlled by the silicor aluminium rock with high $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.720 ± 0.005) value. Variation of Sr isotope curve may reflect the climate change, and the Eocene paleo-climate in Dongpu depression has also been analyzed with this feature. It is preliminarily suggested that the climate might have been semiarid and semihumid from E_{s4}^{up} to E_{s3}^{up} , and it became more arid from E_{s3}^{up} to E_{s1} .

Key words: Sr isotope; salt lake; sedimentary environment; Dongpu depression

(上接第186页)

参 考 文 献

- 1 杨育斌, 张金来. 油气地球化学勘查[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1995. 1~ 15
- 2 汤玉平, 龚维琪, 邓树立, 等. 油气化探异常类型及机理研究[C]. 见: 程同锦, 戴联善主编. 第四届全国油气化探学术会议论文集. 武汉: 中国地质大学出版社, 1998. 19~ 25
- 3 汤玉平, 陈英伟. 熵估值在油气化探异常评价中的应用[J]. 物探与化探. 1998, (4): 320
- 4 汤玉平, 刘运黎. 马氏距离法在油气化探异常评价中的应用[J]. 物探与化探, 1998, (3): 231~ 237
- 5 江洪训. 非常规油气物化探在油气勘查中的重要意义存在问题与应用前景. 见: 程同锦, 戴联善主编. 第四届全国油气化探学术会议论文集[C]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1998. 14~ 19

APPLICATION OF SOURCE-SIMILAR FABRIC ANOMALY ANALYSIS IN PETROLEUM GEOCHEMICAL EXPLORATION

Liu Yunli

(Hefei Institute of Geochemical Exploration, Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Hefei, Anhui)

Abstract: Source-similar fabric anomaly is used to express the comprehensive characteristics that can reflect the fabric being similar to those of light hydrocarbon component in subsurface reservoirs, which is usually necessary to have exact meanings in geology and geochemistry and reflects the change of hydrocarbon fabrics, so as to indicate more definitely the existence and location of oil/gas reservoirs. By using entropy-value analysis, Marsh distance analysis and clustering analysis, various indexes or their composite characteristics in the study area can be calculated, and the range of favorable numerical values will be determined, anomaly parameters can be chosen, and prospective areas can then be delineated. The method of source-similar fabric anomaly has been proved to have obviously more advantages than the anomaly analysis of total hydrocarbon concentration, which will have good prospects in the future.

Key words: source-similar fabric anomaly; concentration anomaly; fabric parameters; entropy-value anomaly; Marsh distance anomaly