

# 油气化探异常评价的研究

汤玉平 魏巍 李尚刚 丁相玉 刘运黎

(中国石油化工集团 石油勘探开发研究院 石油化探研究所 安徽 合肥 230022)

**摘 要:**根据油气化探异常评价的研究方法及其有关问题 指出了选择参数既要具有明确的地质、地化意义,又要符合某种数学原理及最优化准则。据此对异常与背景属性及其确定方法进行了讨论。概述了油气异常判别准则。强调了组构异常及变量之间的相关性或关联信息提取的重要性。

**关键词:**油气化探 异常评价 参数 优化准则 组构异常

中图分类号: P632 ,TE132

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2002)02-0131-04

异常评价是分离背景、提取异常的重要手段。组构异常使异常研究从浓度异常转向性质异常,开拓了油气化探新思路。异常评价及其参数研究,其实质就是提供异常解释评价选用的有效指标或有特殊地化意义的数值及其数值范围。异常评价及其参数的选择应遵循如下主要原则。

1. 要紧紧依托油气化探基本原理和烃类运移的物质基础—油气储层及其实际效果。

2. 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意义。组构异常的深入研究大大提高了异常评价的水平和预测成功率。对此进行一些探索性实验研究,有助于油气化探及其基本理论的发展。

3. 解释评价的前提是参数要具有明确的地质、地球化学意义。

4. 各种数学变换要依据最优化原则并符合某种数学准则。

5. 注意多源信息有机关联后的关联信息的提取,如一般较注意单变量的  $\bar{X}$ 、 $\delta$  参数信息,变量之间的协方差可能有更深层次上的意义。

油气化探异常评价参数研究是与数据处理密切相关的,以油气化探基本原理为依据,在数据结构分析解剖的基础上,提取地化意义明确、数学原理最优的指标参数,供异常评价选用。

## 1 异常与背景研究

### 1.1 背景与异常属性

背景与异常并不是某一数值范围,而是某一特

定的分布。如正态分布、二项分布、泊松分布、负二项分布等。但是油气化探中一般只使用正态分布理论来研究背景与异常。即背景与异常是不同方差和均值的背景分布和异常分布样本集合。

背景与异常是相对的概念,异常与背景随评价目标的不同而相互转换。对于同一套观察数据,由于背景值取得不同而出现不同的异常的现象时常存在,当调查对象范围较大时,其背景区域也相应较大,而当调查对象中的局部范围作为调查对象时,则原来作为异常的范围就可能变成了背景。

### 1.2 背景与异常的确定

背景与异常确定的方法很多,现就油气化探中常用或可用的方法简述如下。

1. 混合总体筛分法:用多个母体(含多个异常总体时)混合总体筛分以确定背景与异常母体并计算各自均值、标偏,从而确定背景与异常下限。一般采用背景母体右拐点即  $\bar{X} + 1.96\delta$  为异常下限。

2. 均值加  $K$  倍标偏法:实际工作中常通过作直方图的方法来确定异常母体与背景母体并依据均值加  $K$  倍标偏作异常下限, $K$  值一般取 0.5~2.0,有时直接从直方图上读取,当背景母体与异常母体分离很好时尤其适用。

3. 等值线图法:由于以上  $K$  值的选取带有经验性,常利用等值线图中异常形态规则及与已知区吻合程度,动态确定异常下限并反推  $K$  值,从而较好地确定异常下限。

4. 迭代法:采用迭代切尾在求取背景母体的基础上大致确定异常,但当背景母体不服从正态分布

时,有时样本点迭代去了一半仍不服从正态分布(用偏度、峰度检验),则应改用它法为宜。

5. 异常几率法:有人利用工区内异常机率 10%~20% 为准则并参照异常形态大致确定异常。但是在完全背景区(即无油气区)作油气化探时,强制性确定异常(10%~20%)将导致异常解释和评价的误解和困惑。在含油气藏地区大比例尺测量时,异常样本所占百分比可能高于 20%。

6. 分区作图拼接法:迭代切尾、均值加  $K$  倍标准偏差把背景当作一个水平面,然而许多工区因地质背景单元不同,具不同背景总体,常用分区作图拼接法确定异常。分区边界异常拼结有许多处理方法。

7. 趋势面或泛克里格法:当研究区背景为一变化的规则曲面时,常用趋势面或泛克里格法来确定背景与异常。实际应用中,考虑到已知区和已有经验成果,采用 2~4 阶次为宜。也有采用剩余值总和与经验系数比值作为异常下限,可取得较好效果。

8. 滤波法:有些地区采用以上方法均不理想,其化探数据离散度很大(变异系数大于 3),数据结构极不稳定,为了突出低背景中异常和分离高浓度区背景,常用窗口滑动平均或框架滤波法提取异常。

9. 梯度法:由于油气化探异常多数为环状异常模式,用数据空间上的变化梯度来圈定异常的梯度分析法被广泛采用。

10. 分形、变差函数法:依据分形理论、变差函数图(基台值)作为划分异常的准则具有重要意义。

异常和背景的确定是一个关键性环节,直接影响油气化探的成效。采用的方法要与具体地质背景、空间形态特征尤其数据结构的分析相结合。不同地区或不同指标采用与数据结构等相适应的处理方法,不宜盲目套用。

### 1.3 环状异常的确定原则

大量成果表明,已知油气藏上置异常主要为环状。在同一研究区同一异常图上环状异常圈定方法因人而异,有很大的不确定性或多解性。为了尽可能减少多解性,认为如下环状异常较好。

1. 自然弯曲度好。异常有一种自然内弯曲的趋向并趋于闭合形态。

2. 连续度高。即环状异常中通过高值带(异常的环形长度总和与环形总长之比较高。其比值以大于 0.6 为宜,越大越优。

3. 高值带宽度适中。高值带宽度不宜太窄,单点异常只能作为圈定环状异常的参考。

4. 与已知区、地质、构造背景结合较好,应充分

考虑构造尤其是断层等的影响。

## 2 油气异常判识准则

判别异常为油气异常或非油气异常,提取油气异常是异常评价和解释的重要内容,其实质是异常属性判别。现将油气异常判识的常用方法概述如下。

1. 碳同位素法:甲烷碳同位素  $\delta^{13}C_1$  在  $-80\text{‰}$ ~ $-55\text{‰}$ (PDB 标准)为生物成因, $-52\text{‰}$ ~ $-31\text{‰}$ 为热解成因伴生气,过成熟的干气为  $-36\text{‰}$ ~ $-20\text{‰}$ 。 $\Delta C$  同位素  $\delta^{13}C_{\Delta C}$  一般认为  $-5\text{‰}$ ~ $5\text{‰}$ 为无机成因, $-5\text{‰}$ ~ $-20\text{‰}$ 为有机成因。如松南油气  $\delta^{13}C_{\Delta C}$  为  $-5.657\text{‰}$ ~ $-19.65\text{‰}$ 。依据以上标准对异常样本作碳同位素分析,若落入热解或有机成因范围则为热解成因油气异常,若落于生物成因区段内则为生物成因异常,从而达到区分异常属性的目的。

2. 三维荧光图谱判别法:该方法是近几年才开始广泛应用于油气化探中并为大家所接受。油气层上方近地表沉积物中三维荧光特征与地下油气极为相似。据异常区三维荧光图谱与地下油气图谱对比,相似者为油气异常,差别很大者为非油气异常。

3. 轻烃指纹技术(又称吸附丝法)判别法:龚维琪等通过大量的资料研究,发现吸附丝烃类组分的结构与地下储层相似,可与油气藏外的背景区别开。依据异常区吸附丝图谱与地下储层的相似程度,相似者为油气异常,不相似者为非油气异常。

4. 指标组合判别法:不同地区不同油气藏指标组合不同。若异常区指标组合齐全,主要指标异常形态好,强度高,次要指标匹配优越,判别为油气异常,反之为非油气异常。如塔北有很好的酸解烃异常,又有荧光和氦异常匹配,可判为油气异常,但当只有氦异常,而无酸解烃、荧光异常配合时,可能该异常为非油气异常。

5. 判别分析法:在有已知油气区和非已知油气区样本的条件下,建立费歇尔准则的两类或贝叶斯准则的多类判别函数,对异常样本进行判别得分,当判归油气区类得分很高,非油气区类得分低时可以认为是油气异常,反之为非油气异常。

6. 聚类判别法:也是在有已知油气区与非油气区样本下进行的。通过插入已知区样本进行有监督的 Q 型聚类分析,与油气区样本聚为一类或相关显著的一类时可以判为油气异常,而非油气区样本聚为一类者可能。

7. 轻烃组成结构分析法:正常情况下油气异常样本的轻烃组分较齐全,有  $v(C_1) > v(C_2) > v(C_3)$

>  $\alpha(C_4)$  正常顺序, 有一定浓度的重烃。依据轻烃组成结构而建立的 D 函数和吉布斯自由能函数可用于异常判别。

8. 地质背景分析法: 有些异常可能为断层引起, 如 He、Hg 等异常呈线状分布, 通常并非与油气有关。有些大片异常可能是由地质背景引起, 如江陵地区的酸解烃和  $\Delta C$  含量, 江北(Ⅰ)的显著低于江南(Ⅱ)。江北  $C_1$ 、 $C_{2+}$ 、 $\Delta C$  的含量(均值)分别为  $2.82 \mu\text{L/kg}$ 、 $0.11 \mu\text{L/kg}$ 、 $0.09 \times 10^{-2}$ , 而江南的分别为  $823.56 \mu\text{L/kg}$ 、 $31.88 \mu\text{L/kg}$ 、 $2.19 \times 10^{-2}$ (据赵克斌, 1995), 江南含量是江北的几百倍。

以上是异常属性判别的几种基本准则或方法。实际工作中应用多种方法配套使用, 综合评价和判别并参考地质、物探等油气信息有机关联, 减少片面性和抑制干扰, 正确区分油气异常与非油气异常。

### 3 组构异常参数研究

为了更好地提取各指标间的关联信息, 充分利用均值、方差及协方差构置异常评价参数, 进行组构异常研究具有重要意义。组构异常是表示能与地下油气藏(源)轻烃组分的组成结构相似部分的综合表征(组构)。这种表征可通过某种数学变换值如相似度、空间欧氏距离及关联度等参数表示, 能较好反映烃类结构上的变化, 并与惯用的浓度或含量异常概念相区别。组构异常与浓度异常分别代表了油气垂向运移到地表后在含量和性质方面的变化特征。因此, 组构异常能更好地显示油气的性质和存在位置。

组构异常所基于的化探原理是: 油气藏上方近地表沉积物中微量轻烃组分的组构与地下储层相似, 可与油藏外背景区样本相区别, 应用这种组构异常可以预测地下油气田的分布范围。形成这种地球化学特征是由于具二次运移的输导层与油气藏具有同样的垂向微渗逸条件, 但二者迁移烃结构差异很大。前者呈混相, 结构松散。后者因油气处于封闭状态, 组成结构达到一定的平衡, 稳定而单一, 即使经历了复杂的垂向迁移到地表后, 仍然保持与地下油气组成结构的相似特征。

组构异常具有以下特征: ①异常场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相似性。

油气藏外背景区样本不具有上述特征。

为了有效地提取样本似源信息, 采用以油气储层样本为标准(取样和分析方法最好与测区相同)进

行有监督的模式判别或分类。为了获得样本油气组构信息, 依据与总体样本中各组分变化关系或共生程度, 选取数学变换上优化、物理意义明确、尤其地球化学意义明确且有效的结构参数, 如三端元图解、对应分析、聚类分析、马氏距离分析及熵估值分析等是获得这些参数较为有效的方法。

值得强调的是: 组构异常参数必须是既要符合某种数学准则, 符合最优化原理, 又要有明确的地质、地球化学意义。这点非常重要, 是组构异常参数构置的基本准则, 但又常被忽视。

### 4 油气属性判别参数研究

油气属性判别从广义上讲, 是依据化探成果预测地下是否存在油气聚集以及聚集的是油还是气, 一般指化探异常是油异常还是气异常的判别。

#### 4.1 K-V 指纹(吸附丝法)判别法

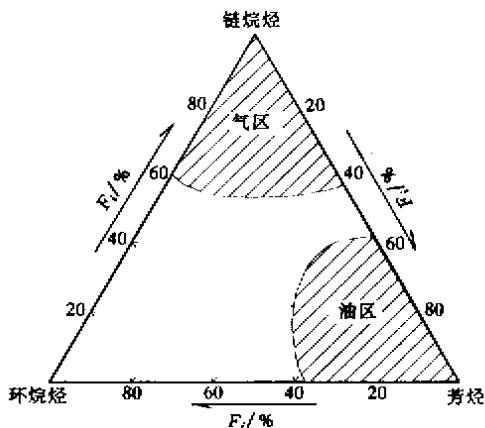


图1 油藏和气藏吸附丝判别

K-V 技术在油气属性判别预测中效果显著。以链烷烃、环烷烃和芳烃三端元组分的得分建立三角图判别模式, 可对油气区进行判别。作图的依据是油藏上方与气藏上方吸附丝各组分的得分具有显著差异。图1为油气藏区吸附丝判别图, 由图可见油区与气区分离得很好。组分得分计算公式为

$$F_i = [1 - (|R_{x, i} - R_{s, i}|) / R_{s, i}] \times 100\% ,$$

$$0 \leq R_{x, i} \leq 2R_{s, i} .$$

式中:  $F_i$  为样本某组分得分;  $R_{x, i}$  为样本某组分值;  $R_{s, i}$  为当地油气相应组分值。

#### 4.2 派克斯勒图解法

派克斯勒根据典型油气藏泥浆气录井资料提出了轻烃系列比值曲线经验模式图版, 并对井中油气层进行了有效的判别。应用于井中岩屑物上气和近地表土壤酸解烃也有较好效果(图2)。稠油层、凝析油、气层中岩屑物上气和油气藏上方土壤酸解烃

均落于正确的区段,归属正确。

### 4.3 琼斯结构参数概率图解

琼斯(Jones, 1983)依据烃类组成结构的变化,总结出不同演化阶段盆地上方土壤烃气组分结构参数概率图解。应用于我国油气藏上方近地表土壤酸解

烃气异常的判识(图3),效果较好。不同地区不同性质已知油气藏均判识正确,其中加入了泌阳某井油储层(标准凝析油)样本,也判识正确,这反映该图可用于我国近地表酸解烃异常的油气属性判别。

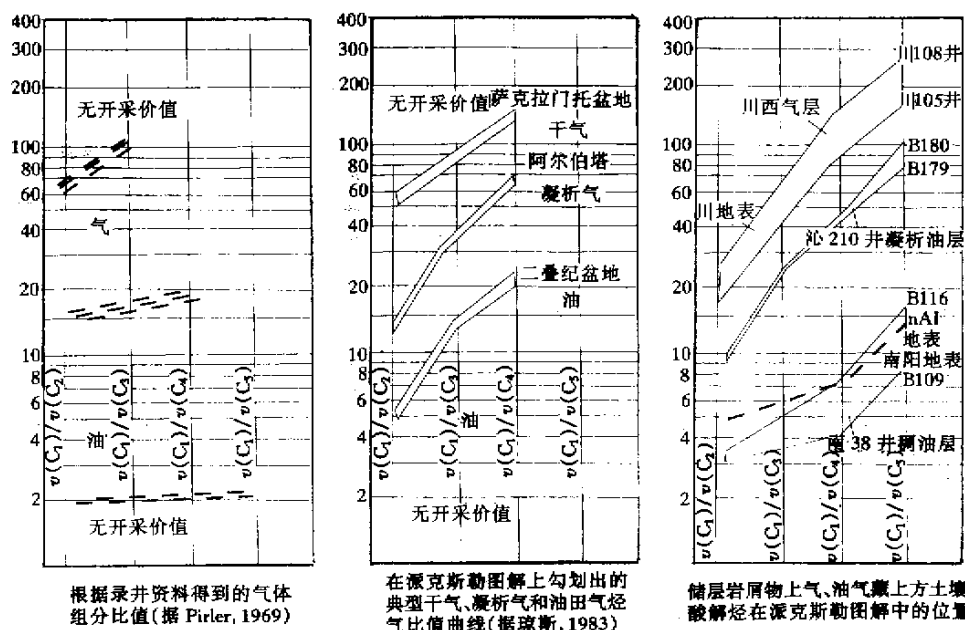


图2 我国部分地区烃气派克斯勒图解

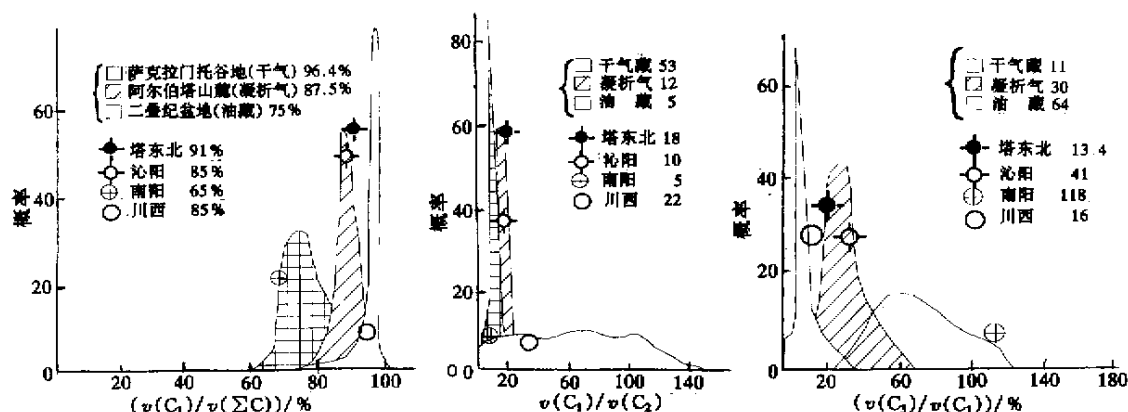


图3 我国部分含油气地区烃气在琼斯结构参数概率图上的位置

### 4.4 三维荧光图谱识别法

背景样本与油气区样本,不同源(如重质油、轻质油、煤)样本间三维荧光图谱和特征参数有显著差异。依据这些差异可以对近地表化探异常油气属性进行判识。通过大量实践,判识成功率较高,可以作为异常评价和解释参考。

用于井中储层油气属性的判别方法,如:①轻烃组成三角形图解法,②轻烷烃比率法,③紫外导数图谱判别法,④荧光比值法,⑤干燥系数法,可参考使

用于近地表异常油气属性的判别。

建立已知区不同属性油气样本数据库,作为标准用于插入待判异常样本中,进行有监督的判别分析或聚类分析,达到油气属性判别的目的。不同地区、不同油气藏其烃类组成不同,有必要进行地表异常样本烃类组成与油气组成的相关性研究,从而有效地判识不同地区异常的油气属性。尤其对于无已知油气藏区或油气混杂地区进行该项工作具有重要

(下转 139 页)

**Abstract :** Due to the difference of the physical and chemical properties between the normal paraffin and the isoalkane which have the same molecular weight ,they are affected by the physical and chemical property of soil substrate and other external environmental factors and are hence likely to have some differentiation effects during migration ,rendering their distribution in space characterized by some signature and regularity .Isomerization rate indicators  $\varphi_{iC_4}/\varphi_{nC_4}$  and  $\varphi_{iC_5}/\varphi_{nC_5}$  can expose to some extent the characteristics and regularity .With the isomerization rate indicators  $\varphi_{iC_4}/\varphi_{nC_4}$  and  $\varphi_{iC_5}/\varphi_{nC_5}$  ,we can determine organic maturity ,path and direction of light hydrocarbon migration and light hydrocarbon generating environment ,and study biochemical degradation of light hydrocarbon .

**Key words :** light hydrocarbon ;isomerization rate ;divergence effect ;petroleum geological significance

作者简介 :李广之( 1970 - )男 ,工程师 ,1994 年毕业于安徽大学化学系 ,现从事地质实验分析工作 ,发表论文数篇。

(上接 134 页)

意义 ,值得进行试验研究和专题讨论。

5 结论

- 1. 组构异常是表示能与地下油气源(藏)烃烃组份的组成结构相似部分的综合表征(组构)。组构异常与浓度异常分别代表了油气垂向运移到地表后在含量和性质两方面的变化特征。因此 ,组构异常将能更好地显示油气的性质和存在位置。
- 2. 异常评价参数要紧紧依托油气化探基本原理 ,参数要有明确地质、地化意义 ,符合最优化准则。
- 3. 总结了 10 种背景与异常的分离方法和 8 种油气异常判识方法及 9 种油气属性判别技术 ,在实际工作中应用多种方法配套使用 ,并参考地质、物探

等油气信息 ,减少片面性和抑制干扰 ,有效地进行异常和背景的属性分析 ,正确区分油气与非油气异常。

参考文献 :

[ 1 ] 杨育斌 ,张金来 ,吴学明 ,等 . 油气地球化学勘查 [ M ] . 武汉 :中国地质大学出版社 ,1995 .

[ 2 ] 汤玉平 ,丁相玉 ,龚维琪 . 油气藏上置化探异常形态类型及其成因讨论 [ J ] . 石油实验地质 ,1998 ,20 ( 1 ) .

[ 3 ] 汤玉平 ,龚维琪 ,邓树立 ,等 . 油气化探异常类型及机理研究 [ A ] . 程同锦 ,戴联善 . 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 .

[ 4 ] 汤玉平 . 嫡值估计在油气化探异常评价中的应用 [ J ] . 物探与化探 ,1998 ( 4 ) .

[ 5 ] 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 ) .

A STUDY OF THE APPRAISAL OF OIL AND GAS GEOCHEMICAL ANOMALIES

TANG Yu-ping , WEI wei , Li Shang-gang , DING Xiang-yu , LU Yun-li

( Institute of Petroleum Geochemical Exploration , Academy of Petroleum Exploration and Development , China Petrochemical Industry Corporation , Hefei 230022 , China )

**Abstract :** Based on the method for evaluating oil and gas geochemical anomaly and the principle for formulating its parameters ,this paper points out that the formulated parameters should not only have definite geological and geochemical implications but also accord with a certain mathematical principle as well as the optimization criterion .On such a basis ,the paper deals with the attributes of anomaly and background as well as methods for their determination ,describes roughly the criteria for judging oil and gas anomalies ,emphasizes the importance of the correlation between composite anomalies and variables as well as the extraction of associated information .

**Key words :** oil and gas geochemical exploration ; appraisal of anomaly ; parameter ; optimization criterion ; composite anomaly

作者简介 :汤玉平( 1961 - )男 ,高级工程师 ,安徽省宿松县人。1991 年毕业于长春地质学院 ,获硕士学位。主要从事油气化探异常类型、成因机理和中国油气化探数据库研究 ,发表论文多篇。