

框架滤波技术在油气化探中的应用

陈力

(地质矿产部石油化探中心, 合肥 230022)

框架滤波法在油气化探中的应用, 突破了用一个背景值来代表数千乃至上万平方千米区域内的地球化学背景的传统, 从而将非均匀的背景场刻划为一个起伏的地球化学变化面。为在低背景区发现较弱的局部异常, 提供了一个新的技术思路和有效的方法。

关键词 框架滤波 油气化探

作者简介 陈力 男 34岁 工程师 石油地质

随着油气化探作为一种油气勘探的方法被列入油气普查勘探序列, 其研究领域亦从已知训练区的一隅迅速扩展到被勘探盆地中广大的未知区域, 工作面积亦从几十平方千米迅速扩展到数千乃至上万平方千米。由于研究领域的变化和勘探面积的迅速扩大, 致使在一个测区内往往包含了许多个不同的地球化学背景区。在这种非均匀的地球化学背景场上进行油气化探勘探, 首先要解决的问题是采用何种方法来合理地确定测区内真正的地球化学背景和异常。本文介绍了一种行之有效的数据处理方法, 即框架滤波(frame filtering)法, 它为在低背景区发现较弱的局部异常, 消除原始的确定异常的方法所引起的种种干扰, 起了决定性作用。

1 框架滤波

1.1 框架滤波的技术思路

框架滤波可分为FF滤波法, 陷波滤波法以及栅栏滤波法, 它是高通滤波的一种(徐士宏, 1989)。其技术思路是把框架中的单元视为正常场(背景场), 这样在计算中, 使正常场在区域上形成一个起伏面(地球化学背景面), 通过框架中的观测值与中心单元(或中心单元群)的观测值作相对比较而过滤出高频成分。其含义是通过滤波求出正常场条件下的局部异常。

1.2 框架滤波的方法

(1)FF滤波法

该方法其实用效果与滤波器的选择密切相关。滤波器的规格有多种形式(图1), 不同的框架有各自不同的有效半径, 有效半径的大小用内部半径: 外部半径表示。图1中的A、B、C三个滤波器的有效半径分别为0:1, 0:2, 1:2。

各种滤波器的滤波效果往往受原始数据的结果控制。在同一测区内若采用不同的滤波器, 将会得到不同的滤波效果。从图2可见, FF(0:1)滤波器中外框架(正常场)含量的平均

值要明显高于 $FF(0:2)$ 滤波器中外框架(正常场)含量的平均值。而 $FF(0:1)$ 滤波器过滤出来的高频成分(X_0)亦与 $FF(0:2)$ 滤波器过滤出来的高频成分(X_0)明显不同。所以在—个测区为了获取准确的油气化探异常,应结合测区的地质、地球物理特征、地球化学场的变化规律,在训练区上对不同的框架滤波器进行训练。通过训练对采用何种规格的滤波器作出合理的选择。

图3显示了某测区—已知含油气构造上方采用 $FF(0:1)$ 和 $FF(0:2)$ 的框架滤波器对 ΔC 指标滤波后获得的结果。

从图3可见,采用不同的滤波器所获得油气化探异常效应是截然不同的。所以对滤波器进行合理的选择是数据滤波中必不可少的步骤之一。

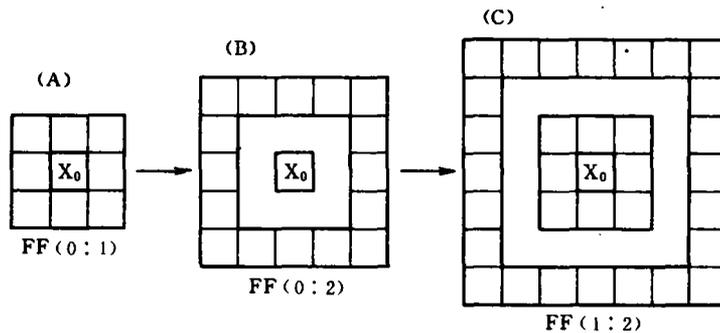


图1 FF滤波器示意图

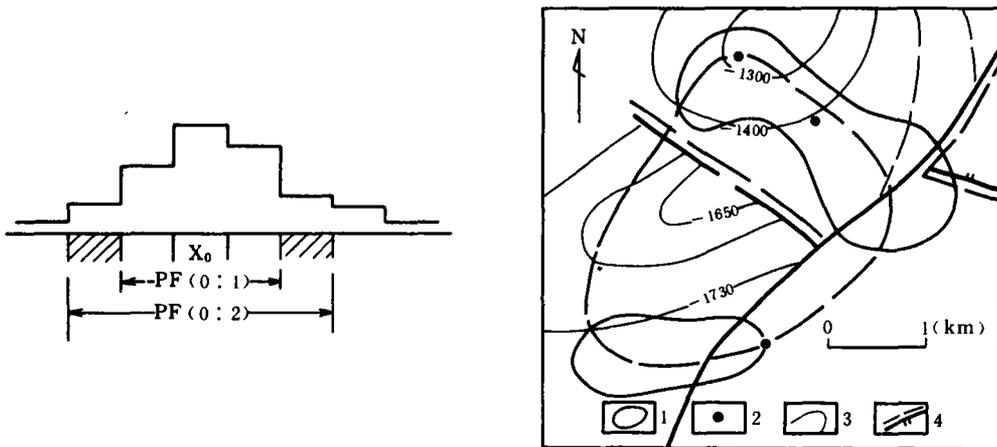


图2 不同FF滤波器所获得的结果对比图

图3 训练区上方不同框架滤波结果

- 1 $FF(0:2)$ ΔC 异常; 2 $FF(0:1)$ ΔC 异常;
- 3 构造等深线; 4 断层

FF 滤波结果是一个相对值,该值是由滤波器中外框架(正常场)与中心单元(或单元群)相比较而获得。若外框架的观测值 $X_i (i=1,2,\dots)$ 的平均值和标准偏差分别为 X_s 和 δ_s , 则 FF 滤波的相对值可按如下原则定义:

若 $X_0 \leq X_c$	则 $FFX = 0$
$X_c < X_0 \leq X_c + 1/2\delta_c$	$FFX = 1$
$X_c + 1/2\delta_c < X_0 \leq X_c + \delta_c$	$FFX = 2$
$X_c + \delta_c < X_0 \leq X_c + 3/2\delta_c$	$FFX = 3$
$X_c + 3/2\delta_c < X_0 \leq X_c + 2\delta_c$	$FFX = 4$
$X_c + 2\delta_c < X_0 \leq X_c + 5/2\delta_c$	$FFX = 5$
$X_c + 5/2\delta_c < X_0 \leq X_c + 3\delta_c$	$FFX = 6$
$X_0 > X_c + 3\delta_c$	$FFX = 7$

式中 X_0 为中心单元(或单元群中某个单元)的观测值, X 为 FF 滤波器结果。

为了获得真正的地球化学背景场, 消除个别高值异常点在框架单元中的影响, 根据数理统计原则, 在滤波过程中可以预先将大于总体样本的平均值加三倍标准偏差值的异常点剔除。

(2) 陷波滤波法

C. Y. Chork 等(1989)提出了类似于 EDA 中用于多元分类比较的方法, 即陷波滤波法。该滤波方法也是基于环状框架与中心单元群进行比较而分离出高频异常成分的一种滤波方法。其滤波器的规格、形式以及对滤波器的合理选择等, 均与前述的 FF 滤波相同。但其判断异常的依据不同。以下简略地介绍该方法的实现过程。

$m \times m$ 个单元的陷波滤波器的中心单元群的数值值域区间与环形框架内的数值值域区间相比较, 如果中心单元群的数值值域区间中的低值超过环形框架的数值值域区间中的高值, 则该中心单元赋予相应的置信度水平(图 4)。

对一个含多个数值的数组, 其 95.0% 的置信度由下式给定:

$$\text{中位值} \pm 1.58 \times (F\text{-散度})/n$$

式中: F -散度为数组中上四分位点与下四分位点之差; n 为样本数; 因子 1.58 综合了三种不同来源的贡献, 即 F -散度与标准偏差之间的关系, 样本中位值的可变性, 以及为高斯分布均值设置可信度上下限所用到的常规因子。99.0% 和 99.9% 置信度区间的因子, 其值分别为 2.04 和 2.61。

对于有值的中心单元(或单元群) X_c , 按下列判据赋值:

置信度	条件	结论	滤波值
99.9%	$N_d > N_{an}$	$X_c = 99.9\%$	4
99.0%	$N_d > N_{an}$	$X_c = 99.0\%$	3
95.0%	$N_d > N_{an}$	$X_c = 95.0\%$	2
	$N_d \leq N_{an}$	$X_c < 95.0\%$	1

(3) 栅栏滤波法

该滤波法也是基于环形框架与中心单元群进行比较而分离出高频异常成分的一种滤波方法, 其滤波器尺寸的表述术语与前述的滤波方法相同, 但其判断异常的依据不同, 现简述

于下:

在实施栅栏滤波中, 一个 $m \times m$ 个单元组成的中心单元群的中位值 M_{dc} 与环形框架中位值的上四分位点 F_a 和 F -散度 dF_a 呈鲜明对照(图5)。中心单元值 X_c , 根据超出环形框架中的上四分位点的环带 F -散度数选为 0.0, 0.5, 1.0。对于有值的中心单元 X_c , 利用下列判断赋值:

若:	$M_{dc} > F_a + 1.0dF_a$	则 $X_c = 1.0$
	$M_{dc} > F_a + 0.5dF_a$	$X_c = 0.5$
	$M_{dc} > F_a + 0.0dF_a$	$X_c = 0.0$

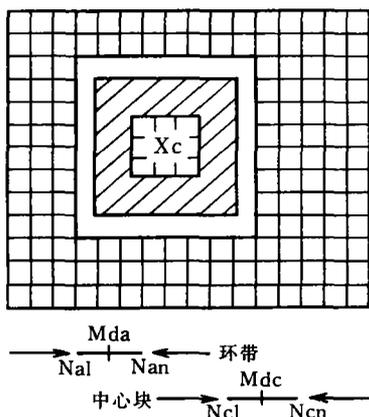


图4 陷波滤波器

具有 3×3 单元的中心块和环带半径为 4 个单元的陷波滤波器

M_{dc} : 中心单元的中位值
 M_{da} : 环带单元的中位值
 N_{an} : 环带单元高凹口值
 N_{dl} : 中心单元低凹口值

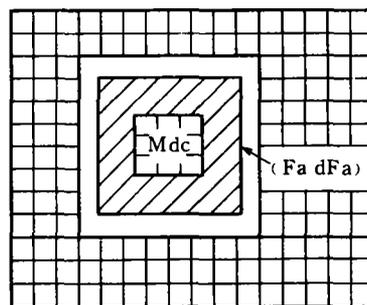


图5 栅栏滤波器

具有 3×3 单元的中心块和环带半径为 4 个单元的栅栏滤波器阴影部分的单元除外

M_{dc} : 等于中心组元的中位值
 F_a : 为环带组元的上四分位点
 dF_a : 为环带组元的 F -散度

2 实例分析

2.1 实例 1

被勘探区位于东北平原, 为一中生代含油气断陷盆地。盆地呈 NNE 向展布。该断陷盆地发育于中上元古界和太古界的基底之上, 基底岩性为中上元古界的石英岩、白云岩以及太古界的混合花岗岩。

勘探区内经多处钻探, 发现中生界侏罗系具有良好的生油条件, 且配合有良好的生、储、盖组合。多口钻井均见油气显示, 其中一口钻井已获工业油流。

从勘探区内所获得的 ΔC 和 C_2 地球化学数据来看, 测区内明显地存在着不同的地球化学背景区(表 1)。用原始的均值加标准偏差的方法确定异常, 则将使处于低背景区的已知油气藏上方的化探异常被掩盖, 而使高背景区的“异常”大量出现。显然, 这种在高背景区大量出现的“异常”中包括了众多的随机异常。

为了克服由于地球化学背景不同所带来的“噪声”，采用了FF滤波的方法进行了处理，获得了满意的效果(图6)。

表1 测区内各背景区油气化探指标特征值

	指标	样本数	最大值	最小值	均值	标偏	离散度
全区	$\Delta C(\%)$	1251	5.46	0.01	0.41	0.71	1.73
	$C_2(\mu\text{l}/\text{kg})$	1251	36.05	0.01	1.36	2.22	1.65
高背景	$\Delta C(\%)$	803	5.46	0.01	0.58	0.81	1.40
	$C_2(\mu\text{l}/\text{kg})$	803	36.05	0.01	1.86	2.56	1.38
低背景	$\Delta C(\%)$	448	2.40	0.01	0.12	0.28	2.33
	$C_2(\mu\text{l}/\text{kg})$	448	6.08	0.01	0.46	0.85	1.85

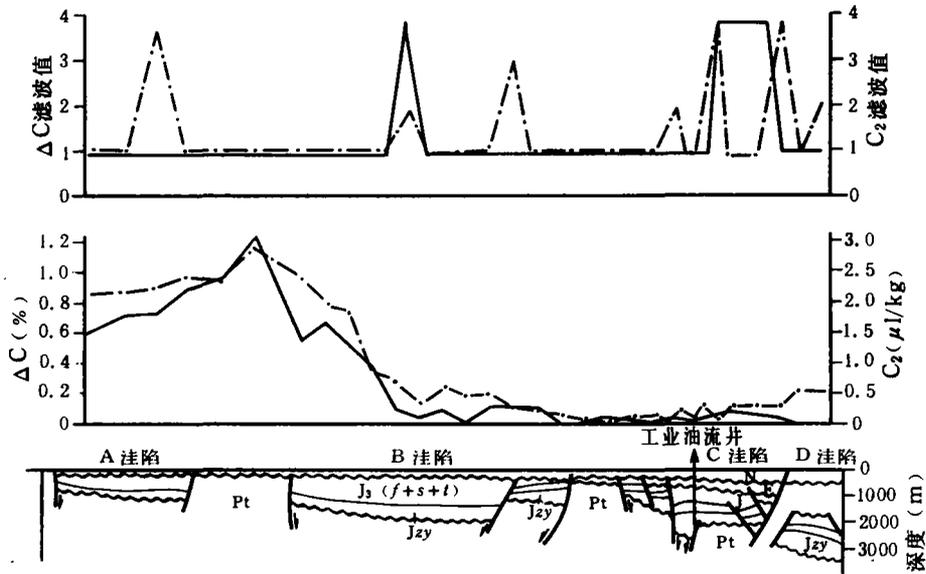


图6 常规方法与FF滤波法结果对比图

图6是从测区多参数综合异常图上切出的一条NW向剖面。从图中可见， ΔC 、 C_2 数据在进行FF滤波处理之前，其背景在A、B、C、D四个洼陷中表现出显著的差异，且在已知油气上方无异常出现。通过FF滤波处理，克服了背景场不同所带来的“噪声”。并且在低背景下，不仅突出了已知油气藏上方的油气化探异常，而且还发现了数个FF滤波异常，这些滤波异常均处于有利的地质背景区。从而为该区油气普查与勘探提供了新的信息。

2.2 实例2

勘探区为一中生代含油气盆地，盆地呈NNE向展布。测区内地貌变化很大，给油气化探的准确性带来了一定的干扰。

从表2可见, 位于测区南部的沙漠、沙地等地貌单元内, ΔC 、 C_2 指标的含量要明显低于测区北部平原、沼泽等地貌单元内的 ΔC 、 C_2 指标的含量。此时若仍采用常规的均值加标准偏差的方法确定异常, 则测区南部沙漠、沙地等地貌单元内的异常将被掩盖, 而异常则主要分布于测区北部的平原与沼泽等地貌单元内。

表2 地形地貌与油气化探指标含量关系表

地形地貌	垄岗	洼地	平原	沼泽	河谷	沙丘	沙地	山坡	山顶	盐碱地	滩地	
样品数(个)	27	55	282	38	6	205	535	10	2	10	9	
$C_2(\mu\text{l}/\text{kg})$	均值	1.43	2.76	7.33	16.12	0.92	0.76	1.24	0.84	0.72	8.97	6.24
	标偏	1.57	15.36	17.62	39.92	0.64	1.91	3.78	1.69	0.37	10.84	8.95
$\Delta C(\%)$	均值	0.40	0.25	1.10	1.89	0.13	0.16	0.27	0.10	0.12	1.69	0.95
	标偏	0.67	0.61	1.55	2.53	0.07	0.42	0.74	0.11	0.16	0.81	1.42

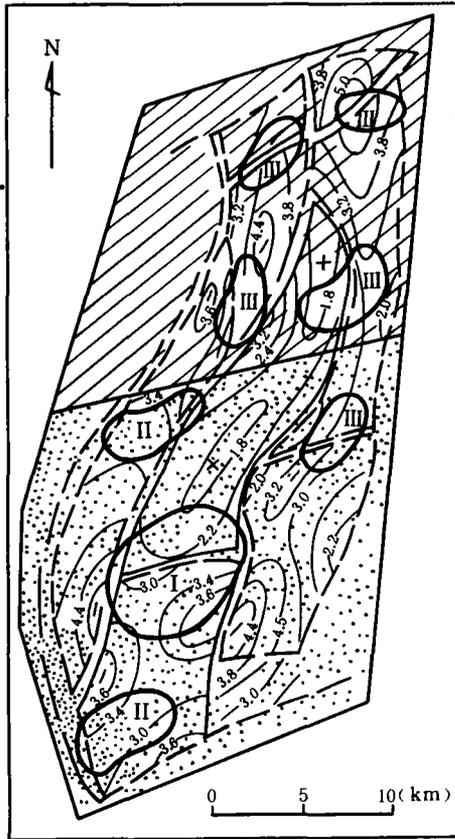


图7 不同地貌单元条件下FF滤波效应图

- 1. 测区范围; 2. 准平原; 3. 沙漠;
- 4. 断裂; 5. 构造等深线; 6. 综合异常

为了消除地貌单元的不同给油气化探所带来的“噪声”, 对测区内的 ΔC 、 C_2 数据进行了FF滤波处理, 其结果见图7。

从图7可见, 通过对 ΔC 、 C_2 数据的FF滤波处理, 不仅使测区北部的随机异常受到了压制, 而且在测区南部的沙漠、沙地等地貌单元内发现了数个FF滤波异常, 且均位于较有利的地质背景上。从而为该测区的油气勘探指出了方向。

2.3 实例3

勘探区位于某中生代盆地的东南隆起区, 为一走向NE的背斜构造。经钻证实, 该背斜构造为一天然气勘探的有利地区。

在该背斜构造上方实施油气化探的过程中, 发现由于构造东翼地下浅部较大范围的油页岩的存在, 致使该背斜构造上方按常规的均值加标准偏差方法确定的 ΔC 、 C_2 等指标的异常发生了畸变, 不能清晰拟合已知的气藏(图8a)。为了消除油页岩异常对真正的化探异常的干扰, 对 ΔC 、 C_2 指标的数据进行了陷波滤波处理, 获得了理想的异常效应(图8b)。

从图8可见,对 ΔC_2 指标数据进行陷波滤波不仅抑制了表层油页岩的高强异常,而且在已知气藏上清晰地拟合了圈闭的范围。

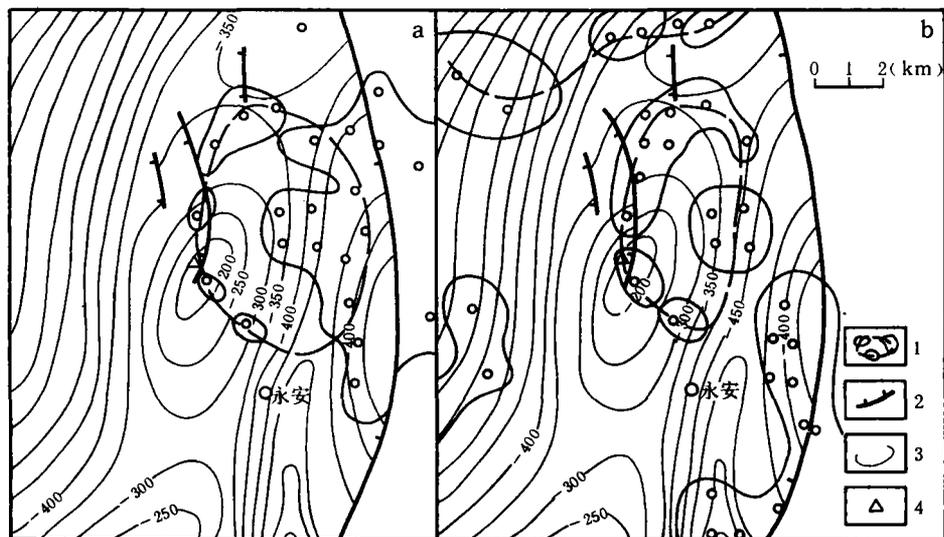


图8 某构造上方 ΔC 异常图

a. 均值加标偏法 b. 框架滤波法

1. ΔC 环状异常; 2. T_2 断裂; 3. T_2 构造等深线; 4. 工业油气井

3 结束语

(1) 框架滤波有其独特的意义,它突破了用一个背景值来代表数千乃至上万平方千米内的地球化学背景的传统束缚。而将一个测区内的地球化学背景刻划为一个起伏的地球化学波状面。这个波状面将随着地质条件的变化而产生变化。

(2) 在FF滤波中,采用剔除外框架中异点的方法,可以比较客观的确定背景场。从而使个别异点的存在不至于影响所确定的背景场。

(3) 在框架滤波中,通过环形框架的不断移动,在不断变化的地球化学背景上,为较为客观地确定局部异常,特别是在低背景条件下发现较弱的局部异常,提出了一个新的技术思路 and 有效的方法。

(4) 采用框架滤波技术,在非均匀场的条件下,有助于抑制和消除高背景区由传统确定异常方法所带来的大量随机异常。

(5) 通过多个地区大面积的实际工作,认为框架滤波结果有利于显示和分析矿致异常。同时该方法简单易行,易于推广。

(收稿日期:1992年4月25日)

参 考 文 献

- 1 徐士宏. 地球化学数据处理中的框架滤波. 物探化探计算技术, 1989, 11(3)
- 2 Chork CY et al. *Journal of Geochemical Exploration*, 1989, 34

APPLICATION OF FRAME FILTERING TECHNIQUE IN PETROLEUM GEOCHEMICAL EXPLORATION

Chen Li

(*Research Centre of Petroleum Geochemical Survey, MGMR*)

Abstract

Traditionally one background value represents the geochemical background of a region covering thousands upon thousands square kilometres, however, it has been replaced by the technique of frame filtering. In this way a heterogeneous background field is described as a rising-falling geochemical relief surface. The technique provides a new way of technology and effective method for the identification of local weak abnormalities in a low background region.