

新疆塔里木盆地艾协克—桑塔木南地区油气 地球化学指标的多重分形性分析

谢淑云¹⁾, 鲍征宇¹⁾, 苏江玉²⁾, 贾先巧¹⁾

1) 中国地质大学地球科学学院, 武汉, 430074

2) 中国新星石油有限责任公司西北石油局第一物探大队, 乌鲁木齐, 830011

内容提要:用分形与多重分形的方法研究地球化学场中地球化学指标的分布规律具有重要的意义。本文运用多重分形矩方法研究了新疆塔里木盆地艾协克—桑塔木南地区2000km²内采集的2085个土壤样中20项油气化探指标的多重分形谱函数形态特征。结果表明,主要成油气指示指标的多重分形谱基本上呈单一“钩状”,显示较弱的多重分形或单一分形;而其他指标多显示较强的多重分形特征。这些性质在研究区广泛存在,将对区域含油性研究有重要的指示意义。

关键词:多重分形;矩分析法;油气地球化学;塔里木盆地

分形(fractal)几何是描述自然界中复杂的不规则形状和事物规律性的有效工具,在地质科学领域已得到广泛的应用。分数维是反映分形结构复杂程度的一个重要特征参数,随分形结构的形态不同而变化,可以定量地描述事物内部结构的复杂性。对于严格数学意义上的单一分形,它们具有自相似性和跨越不同尺度的对称性,即具有标度不变性,从而具有唯一的分维,其维数在所有标度下是不变的,因此一个分维就可以揭示其特征。而自然界中许多分形所对应的分维在不同尺度下观察往往不尽相同,单个的分维不足以刻画其特征,往往需要用多个分维进行描述,这种描述在本质上即为多重分形(multifractal)方法(Evertsz et al., 1992)。事实上,多重分形即是许多个维数不同的单一分形(unifractal)在空间上的相互缠结(intertwined)、镶嵌,是单一分形的推广(Halsey et al., 1986; Feder, 1988; Lovejoy et al., 1990; Evertsz et al., 1992; Stanley et al., 1998),主要运用于定义在几何体(包括分形几何体,但对于大多数实际问题,如我们讨论的地球化学场,该几何体为二维或三维的区域,而非分形几何体)上具有自相似或统计自相似性的某种度量(measure)或者场。

近年来,地球化学工作者对多重分形进行了深

入的研究,取得了显著的成效。多重分形分布模型在实际研究中用于描述与矿化有关的微量元素在岩石、次生晕、水系沉积物、土壤以及腐殖质土中的空间分布和富集规律,表明与矿化有关的微量元素的富集规律和空间分布具有多重分形特征(Cheng, 1995, 1997a, 1997b, 1999a, 1999b, 1999c, 1999d; Sim et al., 1999; 成秋明, 2000; Agterberg, 2001)。理论与计算机模拟等结果显示微量元素的背景值往往服从正态或对数正态分布,然而高低异常值满足分形分布等(De Wijs, 1951, 1953; 成秋明, 2000)。

尽管越来越多的证据表明元素含量的分布具有某种分形与多重分形特征,但由于多数研究仅依据少量数据,且涉及矿石品位的居多,又多局限于少量金属元素,较少涉及油气地球化学领域。鉴于此,本文运用典型的多重分形矩分析法对新疆塔里木盆地艾协克—桑塔木南地区2000km²内采集的2085个土壤样中20项油气化探指标的多重分形谱函数形态特征进行了研究。

1 样品与分析

塔里木盆地是中国重要的含油气盆地,近年来地表油气地球化学勘查已成为油气勘探的手段之一。艾协克—桑塔木工区位于库车—轮台县南的塔

注:本文为国家自然科学基金资助重点项目(编号 40373003, 49633120)和国土资源部自由探索科技项目(编号 2000401)的成果。

收稿日期:2003-06-10;改回日期:2004-10-08;责任编辑:周健。

作者简介:谢淑云,女,1976年生,博士,讲师,主要从事地球化学动力学与计算地球化学研究。通讯地址:430074,武汉,中国地质大学地球化学研究所;Email: shuyunxie@yahoo.com.cn。

里木河南岸,面积2000km²,70%以上面积为盐碱沙土、浮软沙土和半流动沙丘,工区南部为沙漠,共采集2085个土壤样品。

本区地表主要为第四系冲积、洪积土壤,工区南部边界附近为风成沙漠区,样品采集采用洛阳铲打孔,在测点距地表1.8~2.0m之间取样,采样介质主要为砂、粘土壤,样品用玻璃纸外衬牛皮纸包装,随后在野外驻地将样品移入专门的预处理房内自然阴干,自然阴干后统一过筛,按不同项目分类包装,分装时全部用玻璃纸内包装、外套牛皮纸信封,上面写明点号、样类等,送实验室测试。

根据实际分析需要,按不同分析项目分别将样品送往无锡石油地质中心实验室和中国地质大学地球化学分析实验室进行分析。文中将使用的指标及其具体指示意义列入表1中,其中:Bh=(C₁+C₂)/(C₃+C₄+C₅)为平衡比,Ch=(C₄+C₅)/C₃为特征比,iM₅=iC₅/nC₅为微运移指数,C₂⁺=C₂+C₃+C₄+C₅为重烃,C₁/C₂⁺=C₁/(C₂+C₃+C₄+C₅)为轻烃与重烃比,Wh为湿度系数。

表1 部分油气化探指标及其含义

Table 1 Definition of symbols used in the paper

指标	含义	指标	含义
C ₁	甲烷	F	荧光光谱的不同波段
C ₂	乙烷	Hg	土壤吸附汞测量
C ₃	丙烷	Wh	湿度系数
nC ₄	正丁烷	Uv	紫外光谱的不同波段
iC ₄	异丁烷	Bh	平衡比
nC ₅	正戊烷	Ch	特征比
iC ₅	异戊烷	iM ₅	微运移系数
Kc	磁化率	C ₁ /C ₂ ⁺	甲烷与重烃比

2 多重分形与矩分析方法

近几年来,人们意识到,要想准确地反映千姿百态的分形及其丰富多彩的特征,仅仅用单一的取决于整体特征的标度指数即分维是远远不够的,于是就有了多重分形的概念。多重分形,也称分形测度(或多分形、复分形及多标度分形),它们在物理、化学中的产生是单一分形的推广,在空间上可以看作是单一分形的相互缠接,能再现复杂分形在生长过程中不同层次的特征。多重分形通常所描述的是定义在某一面积(二维)或体积(三维)中的一种度量。如果这种度量具有空间自相似性或统计自相似性,那么这种量将称为具有多重分形分布或直接叫作多重分形。通过这种度量值或数值的奇异性可将所定义的区域分解成这样一系列空间上镶嵌的子区域,

每一个子区域均构成单个分形。这样形成的分形除具有分形维数外,还具有各自度量的奇异性。一系列的分形维数和奇异性将构成维数谱函数 $f(a)$ 。该函数一般为“钟”形或倒“U”字形。

对于地球化学场的研究,多重分形分布模型可以简要的概括如下(成秋明,2000):假设从某矿区内得到一组地球化学样品,通过对这些点样品微量元素含量的插值可形成覆盖该区的某种地球化学网格数据。记每个网格内微量元素含量的平均值为 $\rho(\epsilon)$,这里 ϵ 表示网格的大小(如正方形网格的边长),则第 i 个网格内的面金属量为:

$$u_i(\epsilon) = \epsilon^2 \rho_i(\epsilon) \quad (1)$$

如果元素在研究区内具有多重分形特征,那么面金属量 $u_i(\epsilon)$ 与网格大小 ϵ 之间将服从幂率关系(Power-law relationship):

$$u_i(\epsilon) \propto \epsilon^{\alpha_i} \quad (2)$$

这里 $\propto$ 表示当 ϵ 较小时 u_i 与 ϵ 成正比, α_i 是某一有限指数(Local Holder Exponent)。由于每个网格中可求得 α 值,且不同的 α 值将对应一组网格,如果用 $N_a(\epsilon)$ 表示在网格大小为 ϵ 时具有Holder指数 α (即金属量为 ϵ^α)的单元数,则:

$$N_a(\epsilon) \propto \epsilon^{-f(\alpha)} \quad (3)$$

显然, $f(\alpha)$ 相当于具度量 ϵ^α 的区域的分形维数,即多重分形维数谱函数。

给定区域上分布的度量后,对于某一尺度 ϵ ,由公式(2)计算各网格的奇异指数 α ,作 α 值的频率分布直方图,获得该尺度 ϵ 下各 α 值(事实上为 α 的一个值区间)的单元数 $N_a(\epsilon)$,然后改变尺度 ϵ 重新统计频率,最终得到不同尺度 ϵ 下各 α 值的单元数 $N_a(\epsilon)$;对每一个 α 值,在双对数坐标下作 $\epsilon-N_a(\epsilon)$ 图,若其为一一直线,则该 α 值的区域属分形分布,直线的斜率为其分维数。对不同 α 值作一系列这样的图,若均为直线,则度量具多重分形特征,各直线斜率即为多重分形谱函数值。这种方法称为直方图法(Evertsz et al., 1992),类似的方法还有小波方法(wavelet method)、乘数法(multiplier method),以及二次矩矩方法(double trace moment method)、矩分析法(the method of moments)。这些方法的具体计算又被扩展了多种形式:格子方法(box-counting method)和活动格子方法(gliding box-counting method)以及反格子方法(inverse box-counting method)、格子弯曲法(box-flex method)、格子旋转法(box-rotate method)等(Cheng, 1999b)。这些计算方法中,矩方法是最常用的方法之一(Halsey et al.,

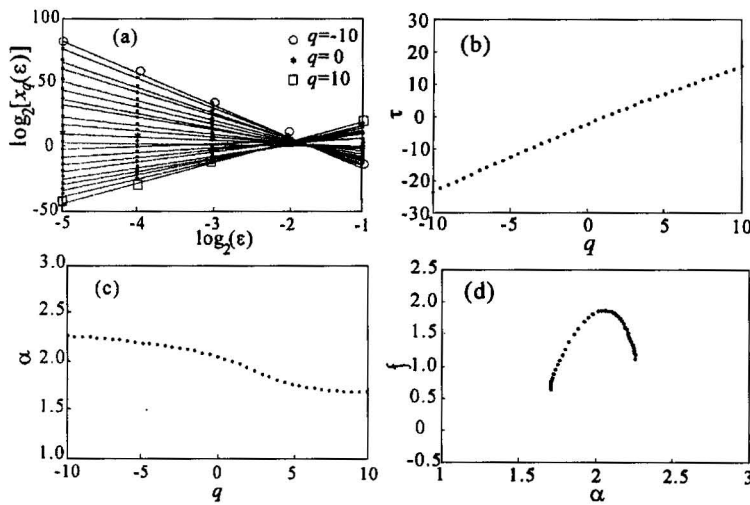


图 1 矩分析法计算新疆艾协克—桑塔木南地区 F324 指标多重分形谱函数的步骤

Fig. 1 The steps of the method of moments to analyze the multifractal spectrum of F324 in Sangtamu region

(a)—分配函数 $\chi_q(\epsilon)$ 与度量尺度 ϵ 在双对数坐标图上的关系; (b)—质量指数 $\tau(q)$ 与矩级次 q 之间关系图; (c)—奇异指数 $\alpha(q)$ 与矩级次 q 之间关系图; (d)—多重分形谱函数 $f[\alpha(q)]$ 与奇异指数 $\alpha(q)$ 之间关系图

(a)—Log-log plot of mass-partition function versus length of cell side; (b)—the relationship between $\tau(q)$ vs. q ; (c)—the relationship between $\alpha(q)$ vs. q ; (d)—the relationship between $f[\alpha(q)]$ vs. $\alpha(q)$

1986)。用矩方法计算 $f(\alpha)$ 可包括以下 4 步:

(1) 构建分配函数 (Partition function), 在双对数坐标图上绘出 q 的质量分配函数 $\chi_q(\epsilon)$ 和网格大小 ϵ 的映射图 (如图 1a)。

$$\chi_q(\epsilon) = \sum_{n(\epsilon)} u_i^q \quad (4)$$

这里 q 为任意数, 表示 $u(\epsilon)$ 的统计矩阶数, $u_i = x_i \epsilon^2$ 代表序号为 i 、长度为 ϵ 的单元的金属总量; x_i 是第 i 个单元的品位值。为方便起见, 对数的底取为 2。这里以研究区指标 F324 的分析结果为例。本文选取 21 个系列, 即使 q 值从 -10 以 1 的步长增加到 10, 连接每个系列的前五个点, 从图 1a 可以看出分配函数与步长之间呈良好的线形关系, 且各直线的斜率随着 q 值的不同发生渐变。这里由于线条众多, 在图例中只列出了 q 为 -10、0 和 10 的线条, 实际图中各线条依次代表 $q = -10, -9, \dots, 0, 1, \dots, 9, 10$ 。

(2) 计算质量指数 $\tau(q)$: 如果 $u(\epsilon)$ 具有多重分形特征, 则对于任意给定的 q

值, $\chi_q(\epsilon)$ 与 ϵ 之间具有如下的指数关系:

$$\chi_q(\epsilon) \propto \epsilon^{\tau(q)} \quad (5)$$

其中, $\tau(q)$ 称为质量指数 (Mass exponent), 可以用图 1a 中的点构成直线的斜率来估计。 $\tau(q)$ 与 q 之间的关系如图 1b 所示。

(3) 计算 Holder 奇异指数 $\alpha(q)$: 从图 1b 可以看出, $\tau(q)$ 是 q 的光滑函数, 那么 α 可以由下式求出:

$$\alpha(q) = \partial \tau(q) / \partial q \quad (6)$$

方程 (6) 中一阶导数由相邻数据对 $q \pm 0.001$ 的估计值 $\tau(q)$ 决定, 把这些数据中任意两个的差值除以 0.002 即可求出 $\alpha(q)$ (如图 1c)。

(4) 计算分形维数 $f(\alpha)$: 对图 1b 中的 $\tau(q)$ 进行 Legendre 变换:

$$f(\alpha) = \alpha(q)q - \tau(q) \quad (7)$$

得到图 1d 所示的分形维数谱函数 $f(\alpha)$ 。

根据图 1 可以较有效地判断研究对象是分形还是多重分形。若矩级次 q 与质量指数 $\tau(q)$ 之间线性相关, 所研究对象就是单一分形; 但若二者之间为一条曲线, 则为多重分形; 当二者之间曲率较小时, 可以通过计算不同的 $[\tau(q) - \tau(1)] / (q - 1)$

值进行判断。当然, 如果 $\tau(q)$ 与 q 线性相关, 很显然奇异指数 $\alpha(q)$ 应基本保持不变, 在图 1c 上应表现为一条水平直线, 在图 1d 上其多重分形频谱应为倒尖

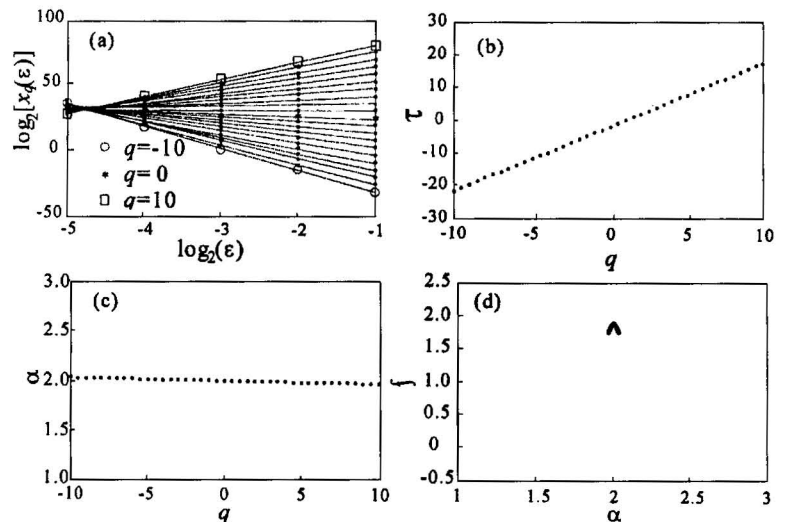


图 2 桑塔木地区 C_1 指标的多重分形谱函数形态特征

Fig. 2 Multifractal analysis of C_1 in Sangtamu region

钩状(single spike)。但若为多重分形, 奇异指数 $\alpha(q)$ 与矩级次 q 之间应为一曲线, 即奇异指数 $\alpha(q)$ 的波动范围相对较大。

3 结果与讨论

采用矩方法、以步长为1取 q 从-10变化到10共21个值计算各指标的多重分形谱函数 $f(\alpha)$, 图2、图3和图1分别给出了新疆塔里木盆地艾协克—桑塔木南地区3种油气地球化学指标 C_1 (酸解甲烷)、 C_2 (乙烷)和 F324(荧光指标)的矩分析方法分析的结果。油气地球化学指标名称已标在图上。从图2可以看出, 对桑塔木地区的 C_1 来说, 在双对数坐标图上, 其分配函数与度量尺度长度之间呈良好的线性关系; 质量指数 $\tau(q)$ 与矩级次 q 之间也具有较好的线性关系, 以致奇异指数 α 基本上保持不变, 与矩级次 q 之间呈一条水平直线, 在图2d 上其多重分形谱函数表现为—短而尖的小钩状(short spike)。从这个意义上来说, C_1 在本工区具有明显的单一分形特征。

相对 C_1 来说, 在图3c 上, C_2 的奇异指数 α 与 q 之间出现了一较长的拖尾, 但其左侧依然为一水平直线。在图3d 上, 其多重分形谱函数与图2d 的中央部分很相似, 但其左端部分却较长, 总体特征为狭长钩状(long narrow spike)。

从图1可以看出, 尽管 F324 的质量指数 $\tau(q)$ 与矩级次 q 之间的曲率较小, 近似一条直线, 但在图1c 上, 奇异指数 α 与矩级次 q 之间为一曲线, 其多重分形谱函数宽而连续, 从这个意义上说, 荧光指标

F324 在该工区的空间分布显示连续多重分形特征。

通过对该区共20项指标的研究发现, 根据多重分形谱函数的形态特征(因篇幅所限, 其余指标图件未给出)、以及相应的部分多重分形计算参数(表2), 可以将该区油气地球化学指标分为3类:

表2 桑塔木地区油气化探指标多重分形分析参数一览表

Table 2 Some parameters of indices from soil samples in Sangtamu region

指标	$\Delta\alpha$	$\Delta f(\alpha)$	$[\tau(q)-\tau(1)]/(q-1)$			
			$q=-10$	$q=-5$	$q=5$	$q=10$
Bh	0.0486	0.1685	2.0074	2.0026	1.9928	1.9857
C_1	0.0511	0.1353	2.0091	2.0027	1.9907	1.9844
C_2	0.2753	1.5673	2.0179	2.0084	1.9804	1.9130
C_1/C_2^+	0.0454	0.1622	2.0067	2.0023	1.9938	1.9872
C_2^+	0.2696	1.5617	2.0171	2.0084	1.9816	1.9149
C_3	0.3228	1.8146	2.0169	2.0088	1.9756	1.8809
Ch	0.0448	0.1683	2.0088	2.0046	1.9958	1.9892
F324	0.5562	1.2202	2.1634	2.1129	1.8825	1.7928
F350	0.6026	1.4906	2.1559	2.1086	1.8650	1.7584
F368	0.7430	1.4338	2.2174	2.1405	1.8309	1.7267
Hg	1.1415	1.8898	2.3709	2.2379	1.7305	1.5652
iC_4	0.3987	1.9401	2.0262	2.0150	1.9568	1.8268
iC_5	0.2405	0.7315	2.0587	2.0261	1.9803	1.9538
iM_5	0.2846	0.9243	2.0642	2.0285	1.9829	1.9491
Kc	0.6110	1.7765	2.0772	2.0468	1.8168	1.6687
nC_4	0.3087	1.6917	2.0216	2.0108	1.9776	1.8958
nC_5	0.4574	1.2672	2.1072	2.0433	1.9530	1.8920
Uv222	0.7864	2.1502	2.0696	2.0457	1.6925	1.4972
Uv230	0.9320	2.1478	2.0798	2.0560	1.5234	1.3420
Wh	0.0645	0.2865	2.0111	2.0060	1.9973	1.9876

注: $\Delta\alpha = \alpha(-10) - \alpha(10)$, $\Delta f(\alpha) = f[\alpha(-10)] - f[\alpha(10)]$ 。

(1) Bh、 C_1 、 C_1/C_2^+ 、Ch 与 Wh 为第一类, 从表2可以看出, 这一组指标 $\Delta\alpha$ (小于0.1)、 $\Delta f(\alpha)$ 值均较小, 同时 $[\tau(q) - \tau(1)]/(q-1)$ 的值波动范围小, 基本接近2.00, 对应地其多重分形谱函数为一短而尖的钩状(如图2所示), 显示单一分形特征。

(2) 第二类主要包括 C_2 、 C_3 、 iC_4 、 iC_5 、 iM_5 、Kc、 nC_4 、 nC_5 。与 C_2 相似, 这8项指标的多重分形谱函数为狭长钩状(如图3所示), $\Delta\alpha$ 值介于0.2~0.5之间, $\Delta f(\alpha)$ 值小于1.5, 显示较弱的多重分形。

(3) F324、F350、F368、Hg、Uv222和 Uv230组成第三类, 其多重分形谱函数宽而连续(图1), $\Delta\alpha$ 值大于0.5, $\Delta f(\alpha)$ 值均大于1, $[\tau(q) -$

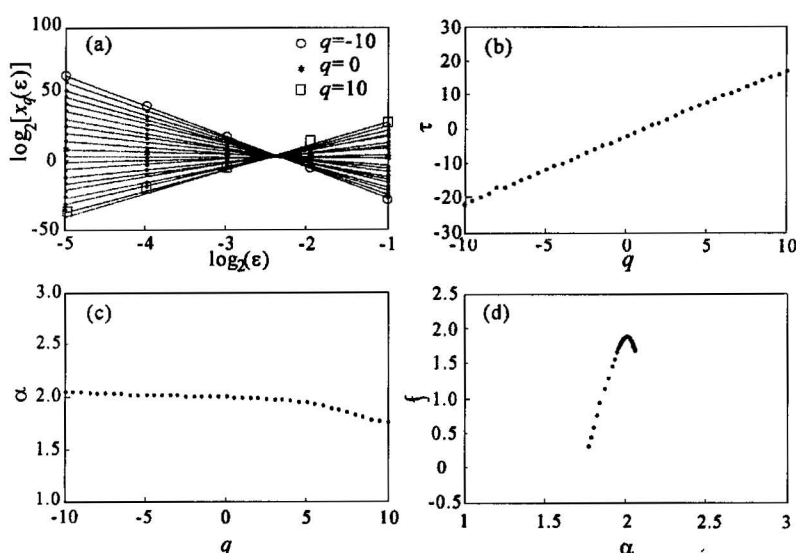


图3 桑塔木地区 C_2 指标的多重分形谱函数形态特征
Fig. 3 Multifractal analysis of C_2 in Sangtamu region

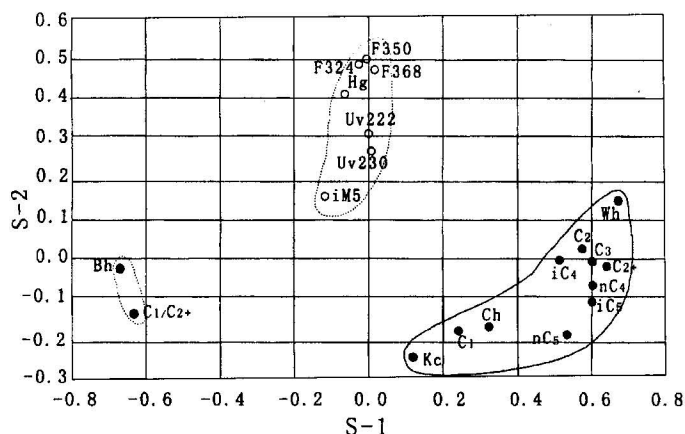


图4 艾协克—桑塔木南地区化探指标斜交公因子点聚图
Fig. 4 Clustering figure of oblique common factors for indexes in Aixieke—Sangtamu region

$\alpha(1)]/(q-1)$ 的值变化大,显示较强的多重分形特征。

新星石油公司在探讨化探指标之间的相关性时,根据斜交公因子载荷得到各指标在两个斜交公因子轴上的投影点聚图(图4,其中S-1与S-2分别表示第一和第二斜交因子)^①。该图反映了化探指标在该区的相关关系,可以看出,统计分析结果亦可将上述指标分为3组,分别包括 Bh、C₁/C₂⁺; Kc、C₁、Ch、nC₅、iC₅、nC₄、iC₄、C₂⁺、C₂、C₃、Wh 和多重分形分析得到的第三组显示较强多重分形特征的6项指标,很显然,统计分析所得第一、二组指标基本上服从弱的多重分形,或接近单一分形。由此看来,该区通过多重分形和统计学分析对20项油气地球化学指标的分组结果基本接近。

鲍征宇等^②通过对雅克拉、阿克库勒、雅克拉—轮台等地区地球化学场空间结构分析表明,在塔北地区,重烃,特别是C₂和C₃,是重要的异常特征组合,是圈定油气远景区的主要指标;C₁则为圈定油气远景区的重要补充;在桑塔木地区,其他化探指标的指示意义较差。由此可以推断,在油气地球化学场中,主要成油气指示指标服从弱的多重分形性质,甚至单一分形,而其他指标则可能具有较强的多重分形性质。这一点与金属地球化学场研究结果具有较大的差别(Xie et al., 2004),这可能是因为金属元素多服从多重分形分布(Cheng, 1999c; 成秋明, 2000; Agterberg, 2001)。

4 结论

(1)分形与多重分形性质可能在油气地球化学

场中广泛存在。矩分析法是一种研究地球化学指标分形与多重分形特征的有效方法。

(2)主要成油气指示指标在空间上的分布具有较弱的多重分形或单一分形性质,其多重分形谱基本上呈单一“钩状”;而其他指标多显示较强的连续多重分形特征,其多重分形谱函数为连续曲线。不同形态的多重分形频谱可望用于含油气远景评价中。

注 释

- ① 中国新星石油有限责任公司西北石油局第一物探大队. 1997. 新疆塔里木盆地艾协克—桑塔木南地区油气地球化学勘探报告.
- ② 鲍征宇, 苏江玉, 等. 1997. 新疆塔里木盆地北部雅克拉—轮台地区油气化探数据处理与解释报告.

参 考 文 献

成秋明. 2000. 多重分形理论与地球化学元素分布规律. 地球科学, 25(3): 311~318.

References

- Agterberg F P. 2001. Multifractal simulation of geochemical map patterns. Proceedings of the International Symposium on Diversity of Mineralization and Its Prediction and Assessment, 6~14.
- Cheng Qiuming. 2000. Multifractal theory and geochemical element distribution pattern. Earth Science, 25(3): 311~318 (in Chinese with English abstract).
- Cheng Q. 1999a. Multifractality and spatial statistics. Computer & Geosciences, 25(9): 949~962.
- Cheng Q. 1999b. Gliding box method and multifractal modelling. Computer & Geosciences, 25(9): 1073~1079.
- Cheng Q. 1999c. Spatial and scaling modeling for geochemical anomaly separation. J. Geochem. Explor., 65:175~194.
- Cheng Q. 1999d. Markov processes and discrete multifractals. Math. Geol., 31(4):455~469.
- Cheng Q. 1997a. Discrete multifractals. Math. Geol., 29(2):245~266.
- Cheng Q. 1997b. Multifractal modelling and lacunarity analysis. Math. Geol., 29:919~932.
- Cheng Q, Agterberg F P. 1995. Multifractal modeling and spatial point processes. Math. Geol., 27:831~845.
- De Wijs H J. 1951. Statistics of ore distribution; (1) frequency distribution of assay values. Geol. Mijnbouw, 13: 365~375.
- De Wijs H J. 1953. Statistics of ore distribution; (2) theory of binomial distribution applied to sampling and engineering problems. Geol. Mijnbouw, 15:12~24.
- Evertsz C J G, Mandelbrot B B. 1992. Multifractal measures (Appendix B). In: Peitgen H-O, Jurgens H, Saupe D, eds. Chaos and fractals. New York: Springer Verlag, 922~953.
- Feder J. 1988. Fractals. New York: Plenum, 283p.

- Halsey T C, Jensen M H, Kadanoff L P, et al. 1986. Fractal measures and their singularities, the characterization of strange sets. *Phys. Rev.*, 33:1141~1151.
- Lovejoy S, Schertzer D. 1990. Multifractals, universality classes, and satellite and radar measurements of cloud and rain fields. *Jour. Geophys. Res.*, 95(D3):2021~2034.
- Sim B L, Agterberg F P, Beaudry C. 1999. Determining the cutoff between background and relative base metal smelter contamination levels using multifractal. *Comput. Geosci.*, 25(9):1023~1041.
- Stanley H E, Meakin P. 1998. Multifractal phenomena in physics and chemistry. *Nature*, 335(6189):405~409.
- Xie Shuyun, Bao Zhengyu. 2004. Fractal and multifractal Properties of Geochemical Fields. *Mathematical Geology*, 36(7):847~864.

Multifractal Properties of Oil and Gas Indexes in the Southern Aixieke—Sangtamu Region of Xinjiang, China

XIE Shuyun¹⁾, BAO Zhengyu¹⁾, SU Jiangyu²⁾, JIA Xianqiao¹⁾

1) *Faculty of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan, 430074*

2) *The First Geophysical Exploration Team, Xinxing Petroleum Limited Company, Northwest Petroleum Bureau, Urumqi, Xinjiang, 830011*

Abstract

It is of great significance to study the distribution of geochemical indexes in geochemical fields by means of non-linear approaches. In this paper, a typical multifractal model called the method of moments is applied to study the distribution patterns according to the multifractal spectrum forms obtained based on 20 oil and gas indexes from 2085 soil samples over 2000 km² in the southern Aixieke—Sangtamu Region in Xinjiang, China. The results indicate that the major oil and gas indexes helpful for petroleum prospecting have relatively weak multifractality or these indexes are nearly single-fractal ones, whereas the other indexes are strongly multifractal. This property is universal throughout the study region and it is believed to provide insight into the evaluation of petroleum resources.

Key words: multifractal; the method of moments; oil and gas geochemistry; Tarim Basin