

Fuzzy 相似优先比鉴别海面溢油

徐恒振 尚龙生 李宗品 周传光

(国家海洋局海洋环境保护研究所, 大连 116023)

摘要 建立了海面溢油鉴别的 Fuzzy 相似优先比模式, 提出了油种鉴别的 Fuzzy 相似优先比置信水平 λ 的模糊区概念。海面溢油鉴别主要受油种、实验误差和风化的影响。任丘原油风化 1 个月同其它 13 种油可鉴别的 Fuzzy 相似优先比置信水平的范围为 $0.005819 \leq \lambda \leq 0.04641$, 大庆原油在海面上风化 28 d 同其它 5 种油可鉴别的范围为 $0.1101 \leq \lambda \leq 0.2510$ 。海面溢油鉴别结果表明, 本法较指纹谱图辨识法准确度高。

关键词 Fuzzy, 相似优先比, 鉴别, 溢油。

海面溢油鉴别由于受油种、风化和实验误差的影响^[1], 使得其鉴别过程除具有随机性^[2]和灰色性^[3]外, 尚具有模糊性^[4]。尽管溢油鉴别的指纹谱图辨识法简单明了, 但当遇到溢油与可疑油间的指纹谱图相似时, 应用该法鉴别溢油可靠性差。因而, 海面溢油鉴别的数学模式法发展得较快, 在模糊数学模式法中, 有模糊聚类分析法^[1,4], 模糊贴近度法^[5]等。有关 Fuzzy 相似优先比鉴别海面溢油的研究, 迄今未见报道。而 Fuzzy 相似优先比法已成功地用于天气预报^[6]和环境质量评价^[7]中。由于 Fuzzy 集理论对海面溢油的鉴别, 从隶属度的观点出发, 不再是绝对的“属于”或“不属于”, 比较适宜于对相似事物的描述。另外, 隶属度的建立容易与人的经验相结合, 所以, 应用 Fuzzy 集理论去鉴别溢油的相似选择问题, 可以从主观经验出发, 达到客观鉴别溢油的目的。对此, 基于海面溢油鉴别所具有的模糊性, 对 Fuzzy 相似优先比鉴别海面溢油的研究作一探讨。

1 材料和方法

1.1 风化实验及其样品制备

在盛有洁净海水的玻璃烧杯中放入任丘原油, 使其在水面上形成约 3 mm 厚的油膜, 置于室外通风向阳处风化 1 个月, 分别在风化 1 d、5 d、10 d、15 d、21 d 和 30 d 定期取样, 风化期间多为晴天, 平均气温、水温分别为 28℃ 和 33℃。

海上风化实验见文献[8], 大连小平岛河口海湾, 由长 3 m 内径 0.34 m 聚乙烯塑料膜围成的圆桶、下无底。用浮球浮于海面, 圆桶内分别置约 5 mm 厚的大庆原油, 于 1987-06—1987-07 风化 28 d, 期间海水水温 12.4—17.6℃, 气温 17—24℃, 风速 0—4.3 m/s。

称 0.50 g 油样(风化或未风化, 油样来源见文献[1]), 用 5 ml 正己烷(A. R.)溶解, 加 1 g 无水 Na_2SO_4 (A. R.)脱水, 离心分离后, 取上部溶液待色谱分析。

1.2 气相色谱条件

气相色谱仪(日本岛津 GC-7A, CR-1B 处理机, 氢气发生器 OPGU-500S 和无油空气压缩机); 0.2 mm×45 m 甲基乙烯基硅酮玻璃毛细管柱; 氢焰检测器与进样器温度 300℃; 初温 75℃ (4 min)、终温 280℃ (16 min)、升温速率 10℃/min; 分流比 1:25; 载气(高纯 N_2)50 ml/min; 补偿气 60 ml/min; 氢气和空气压力分别为 63.7 kPa 和 127.5 kPa

1.3 模糊相似优先比鉴别海面溢油的方法

所谓海面溢油鉴别的 Fuzzy 相似优先比, 就是以成对样品(任意 2 个可疑油)与某一固定样品(溢油)作比较时, 各个样品与固定样品相似程度的比, 它表征着在一对备选样品中, 挑选与某一指定样品的相似对象, 哪一个被优先选上。在挑选中规定: ① 在二者择一中是有优

先程度的,不是选上一个就必定拒绝另一个;
② 优先被选上的对象只是相对于另一个对象与指定样品较为相似;③ 可以在备选对中作出选择,任选一个,但绝不能对2个备选择样品都予以拒绝。

设可疑油的特征量 $X^{(k)} = \{x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_n^{(k)}\}$, 在其中任取 $x_i^{(k)}, x_j^{(k)} (i, j=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, m)$ 。其中 n 为可疑油的样本数, m 为表征油种的因子数, 与另一个样品 $x_0^{(k)}$ (溢油) 作比较。对于 $x_0^{(k)}$, 备选对 $x_i^{(k)}$ 和 $x_j^{(k)}$ 的 Fuzzy 相似优先比 $r_{ij}^{(k)}$ 应满足如下要求:

(1) $r_{ij}^{(k)} \in [0, 1]$;

(2) 当 $0.5 < r_{ij}^{(k)} < 1$ 时, 表示在 $x_i^{(k)}$ 和 $x_j^{(k)}$ 中挑选 $x_0^{(k)}$ 的相似对象, $x_i^{(k)}$ 优于 $x_j^{(k)}$;

(3) 当 $0 < r_{ij}^{(k)} < 0.5$ 时, 表示在 $x_i^{(k)}$ 和 $x_j^{(k)}$ 中挑选 $x_0^{(k)}$ 的相似对象, $x_j^{(k)}$ 优于 $x_i^{(k)}$;

(4) 当 $r_{ij}^{(k)} = 1$ 时, 则表示对于 $x_0^{(k)}$, $x_i^{(k)}$ 显然比 $x_j^{(k)}$ 相似; 反之, 若 $r_{ij}^{(k)} = 0$, 则表示 $x_i^{(k)}$ 显然不如 $x_j^{(k)}$;

(5) 若 $r_{ij}^{(k)} = 0.5$, 则表示挑选 $x_i^{(k)}$ 或 $x_j^{(k)}$ 是等价的, 2 者无优无胜。

将 $X^{(k)}$ 中的各个 $x^{(k)}$ 依次两两组成备选对, 其优先比 $r_{ij}^{(k)} (i, j=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, m)$ 便构成 m 个 $n \times n$ 阶的 Fuzzy 相似优先比矩阵 $R_0^{(k)}$ 。

令 $R_0^{(k)}$ 的各元素 $r_{ij}^{(k)}$ 具备以下性质:

(1) $r_{ii}^{(k)} = 1, i=1, 2, \dots, n$;

(2) $r_{ij}^{(k)} + r_{ji}^{(k)} = 1, i, j=1, 2, \dots, n, i \neq j$ 。

其中(1)表示只在一个样品中作选择, 应当永远被选中 $x_i^{(k)}$; (2) 表示宁可选 $x_i^{(k)}$ 而不选 $x_j^{(k)}$ 的比重是 1 减去宁可选 $x_j^{(k)}$ 而不选 $x_i^{(k)}$ 的比重。

这里, 把 $R_0^{(k)}$ 叫做 Fuzzy 相似优先比矩阵, 其中的 $r_{ij}^{(k)}$ 定义为:

$$r_{ij}^{(k)} = \frac{|x_j^{(k)} - x_0^{(k)}|}{|x_i^{(k)} - x_0^{(k)}| + |x_j^{(k)} - x_0^{(k)}|} \quad (i \neq j)$$

对于 $R_0^{(k)}$, 按照 $r_{ij}^{(k)}$ 值从大到小地选取 $\lambda^{(k)}$ 水平截集, 定义:

$$\begin{cases} r_{ij}^{(k)'} = 1, & \text{当 } r_{ij}^{(k)} \geq \lambda^{(k)} \text{ 时} \\ r_{ij}^{(k)'} = 0, & \text{当 } r_{ij}^{(k)} < \lambda^{(k)} \text{ 时} \end{cases}$$

由此所得到的矩阵 $R_\lambda^{(k)}$ 是普通矩阵(其元素

非 0 即 1), 这些矩阵表示在给定的 $\lambda^{(k)}$ 水平上优先选择。如果在某一行(行的序号表示油种序号)上都是 1, 则说明在 $\lambda^{(k)}$ 置信水平上该可疑油与溢油最相似。由大到小地选取 $\lambda^{(k)}$ 值, 作出相应的矩阵 $R_\lambda^{(k)}$, 按全行都是 1 出现的先后, 排出相似程度大小的顺序, 早出现的行(可疑油的序号), 表示该可疑油同溢油相似程度大, 并按自然数列的顺序依次定义可疑油的序次。由于油种表征量(因子数 k) 有 m 个, 不同的表征量, 对于可疑油则有不同的序次, 对同一种可疑油的 m 个序次求和或求积, 作为该可疑油的 m 个因子的综合序次, 其值越小, 表示该可疑油与溢油越接近, 按照择近原则, 即可鉴别海面溢油。

2 结果与讨论

由 14 种常见油的气相色谱图^[3]可知, 油品中各正构烷烃呈等保留时间的间距分布, 其中 nC_{17} 与 P_r (姥鲛烷)、 nC_{18} 与 P_h (植烷) 亦有较好的分离, 原油烃类的主峰范围为 $nC_7 - nC_{23}$, 燃料油主峰范围为 $nC_{16} - nC_{22}$ 。任丘原油风化 1 个月, nC_{15} 以前的烃类基本上被风化掉; 大庆原油海上风化 28 d, nC_{12} 以前的烃类被风化掉^[9]; 2 种油在 2 种不同的风化环境中, nC_{15} 以后的烃类受风化影响较小, 与文献^[3,9]报道的相吻合。由于 P_r 与 P_h 具有显著的生物地球化学特征, 且不同来源的油品中其含量存在着显著的差异^[10], 因此, 油种表征量应该是在油种的烃类分布范围内选择那些受风化影响小且赋有油种固有特性的物质作为信息处理点, 对此, 将 P_r/nC_{17} 、 P_h/nC_{18} 、 P_r/P_h (生物标志物比值的习惯表示法^[10,11])、 $(nC_{21} + nC_{22}) / (nC_{19} + nC_{20})$ 4 个比值 ($m=4$) 作为表征油种的基本参数。

表 1 是国内常见的 14 种油、6 个风化样(风化 30 d 内的任丘原油)、4 个重复样(任丘原油)的 4 种相对含量比值。表 1 表明, 同种油的风化样或重复样 4 种含量比值较异种油间 4 种含量比值的差别为小。为了模拟 Fuzzy 相似优先比鉴别海面溢油受风化和实验误差影响的规律, 将表 1 中任丘原油(序号 24) 4 种比值分别作为 $x_0^{(k)} (k=1, 2, 3, 4)$, 其余油种皆比作 $x_i^{(k)}$ 或

表 1 油种烃类的 4 种相对含量比值

序 号	油 种	P_i/nC_{17}	P_h/nC_{18}	P_i/P_h	$\frac{nC_{21}+nC_{22}}{nC_{19}+nC_{20}}$
1	渤海 7# 平台原油	0.4171	0.3303	1.3612	0.8435
2	大庆原油	0.1843	0.1611	1.2021	0.8763
3	渤海原油	0.4790	0.4233	1.3251	0.8332
4	辽河原油	0.6299	0.9666	0.7746	0.8576
5	胜利原油	0.7167	1.5558	0.5094	0.8287
6	南海单样原油	0.3930	0.2133	2.1790	0.8589
7	南海双样原油	0.4687	0.2467	2.2162	0.7898
8	大港原油	0.6759	0.5768	1.2119	0.8910
9	海军燃料油	0.1998	0.1488	2.4850	0.0000
10	30# 重柴油	0.2012	0.1914	0.8447	1.1082
11	1000 s 燃料油	0.1282	0.1515	1.1660	0.3164
12	20# 重柴油	0.1441	0.1373	1.2256	0.5099
13	0# 轻柴油	0.1724	0.1624	1.4060	0.3278
14	任丘原油风化 1 d	0.5618	1.4809	0.3967	0.9534
15	任丘原油风化 5 d	0.5946	1.5053	0.4146	0.9442
16	任丘原油风化 10 d	0.5669	1.5242	0.3843	0.9686
17	任丘原油风化 15 d	0.5816	1.5411	0.3810	0.9969
18	任丘原油风化 21 d	0.5862	1.4657	0.3752	0.9964
19	任丘原油风化 30 d	0.5727	1.5519	0.3422	0.9371
20	任丘原油重复样 I	0.5554	1.4733	0.4091	0.9877
21	任丘原油重复样 II	0.5479	1.4141	0.4117	1.0630
22	任丘原油重复样 III	0.5531	1.4600	0.4425	1.0718
23	任丘原油重复样 IV	0.5262	1.4080	0.4347	1.0562
24	任丘原油	0.5688	1.4840	0.4190	0.9686

$x_j^{(k)} (i, j=1, 2, \dots, 23)$ 。这是将已知油品(任丘

原油)作为溢油源, 已知风化样或重复样作为溢油源不同风化时间的溢油, 其余已知油品作为可疑油的情形, 只要风化样或重复样的 Fuzzy 相似优先比较其余油种的 Fuzzy 相似优先比为大, 则可说明已知溢油源的真正溢油是其风化样或重复样, 其余油种则是假的。而真实的海面溢油鉴别过程则是将溢油作为 $x_0^{(k)}$, 其余可疑油皆比作 $x_i^{(k)}$ 或 $x_j^{(k)}$, 在 n 种油中, 何者的 Fuzzy 相似优先比最大, 何者即为溢油 $x_0^{(k)}$ 的真正溢油源, 余者则非。实际上, 这 2 种方法皆遵守了择近原则, 反映了溢油与可疑油间最亲近关系是溢油与该溢油源的关系。

分别由表 1 的 1, 2, 3, 4 列的数值求得 23 种油样与任丘原油关于因子 P_i/nC_{17} 、 P_h/nC_{18} 、 P_i/P_h 、 $\frac{nC_{21}+nC_{22}}{nC_{19}+nC_{20}}$ 的 4 个 Fuzzy 相似优先比矩阵 $R_0^{(1)}$ 、 $R_0^{(2)}$ 、 $R_0^{(3)}$ 、 $R_0^{(4)}$ (略), 再分别由这 4 个矩阵可得到不同置信水平 $\lambda^{(k)}$ 的各个矩阵 $R_i^{(k)}$ (略), 由此可得到油种的 $\lambda^{(k)}$ 值及其 $\lambda^{(k)}$ 的均值 $\bar{\lambda}$ (表 2)。因表 1 中 16 号油样 $\frac{nC_{21}+nC_{22}}{nC_{19}+nC_{20}}$ 的值同于固定样品相应的因子值(0.9686), 在求其置信水

表 2 油种 4 个因子的置信水平 $\lambda^{(k)}$ 及其均值 $\bar{\lambda}$

序号	油 种	P_i/nC_{17}	P_h/nC_{18}	P_i/P_h	$\frac{nC_{21}+nC_{22}}{nC_{19}+nC_{20}}$	$\bar{\lambda}$
1	渤海 7# 平台原油	1.237×10^{-2}	2.680×10^{-3}	8.411×10^{-4}	0.1083	0.03104
2	大庆原油	4.917×10^{-3}	2.338×10^{-3}	1.010×10^{-3}	0.1414	0.03742
3	渤海原油	2.072×10^{-2}	2.914×10^{-3}	8.743×10^{-4}	0.1009	0.03135
4	辽河原油	3.016×10^{-2}	5.956×10^{-3}	2.915×10^{-3}	0.1204	0.03986
5	胜利原油	1.268×10^{-2}	4.139×10^{-2}	8.056×10^{-3}	9.800×10^{-2}	0.04003
6	南海单样原油	1.069×10^{-2}	2.434×10^{-3}	4.523×10^{-4}	0.1217	0.03382
7	南海双样原油	1.863×10^{-2}	2.499×10^{-3}	4.429×10^{-4}	7.835×10^{-2}	0.02498
8	大港原油	1.743×10^{-2}	3.405×10^{-3}	9.978×10^{-4}	0.1638	0.04641
9	海军燃料油	5.123×10^{-3}	2.316×10^{-3}	3.856×10^{-4}	1.545×10^{-2}	0.005819
10	30# 重柴油	5.142×10^{-3}	2.393×10^{-3}	1.841×10^{-3}	9.819×10^{-2}	0.02689
11	1000 s 燃料油	4.294×10^{-3}	2.321×10^{-3}	1.058×10^{-3}	2.278×10^{-2}	0.007613
12	20# 重柴油	4.454×10^{-3}	2.297×10^{-3}	9.810×10^{-4}	3.207×10^{-2}	0.009951
13	0# 轻柴油	4.770×10^{-3}	2.340×10^{-3}	8.033×10^{-4}	2.317×10^{-2}	0.007771
14	任丘原油风化 1 d	0.2135	0.7754	5.333×10^{-2}	0.5569	0.3998
15	任丘原油风化 5 d	6.859×10^{-2}	0.1270	0.1778	0.3838	0.1893
16	任丘原油风化 10 d	0.6724	7.159×10^{-2}	2.920×10^{-2}	1.0000	0.4433
17	任丘原油风化 15 d	0.1293	5.150×10^{-2}	2.606×10^{-2}	0.3494	0.1391
18	任丘原油风化 21 d	9.845×10^{-2}	0.1449	2.192×10^{-2}	0.3535	0.1547
19	任丘原油风化 30 d	0.3276	4.366×10^{-2}	1.151×10^{-2}	0.3255	0.1771
20	任丘原油重复样 I	0.1242	0.2246	0.3077	0.4431	0.2749
21	任丘原油重复样 II	8.333×10^{-2}	4.247×10^{-2}	0.6923	0.1387	0.2392
22	任丘原油重复样 III	0.1080	0.1144	2.469×10^{-2}	0.1284	0.09387
23	任丘原油重复样 IV	4.270×10^{-2}	3.919×10^{-2}	3.252×10^{-2}	0.1479	0.06558

表 3 油种 4 个因子置信水平的序次、序次和 Σ 、序次积 M 和置信水平均值的序次 N

序号	油 种	P_r/nC_{17}	P_h/nC_{18}	P_r/P_h	$\frac{nC_{21}+nC_{22}}{nC_{19}+nC_{20}}$	Σ	M	N
1	渤海 7 ^号 平台原油	16	15	19	15	65	6.84×10^4	17
2	大庆原油	20	20	15	10	65	6×10^4	14
3	渤海原油	12	14	18	16	60	4.8384×10^4	16
4	辽河原油	11	12	12	14	49	2.2176×10^4	13
5	胜利原油	15	10	11	18	54	2.97×10^4	12
6	南海单样原油	17	17	21	13	68	7.8897×10^4	15
7	南海双样原油	13	16	22	19	70	8.6944×10^4	19
8	大港原油	14	13	16	8	51	2.3296×10^4	11
9	海军燃料油	19	22	23	23	87	2.21122×10^5	23
10	30 ^号 重柴油	18	18	13	17	66	7.1604×10^4	18
11	1000 s 燃料油	23	21	14	22	80	1.48764×10^5	22
12	20 ^号 重柴油	22	23	17	20	82	1.7204×10^5	20
13	0 ^号 轻柴油	21	19	20	21	81	1.6758×10^5	21
14	任丘原油风化 1 d	3	1	4	2	10	24	2
15	任丘原油风化 5 d	9	4	3	4	20	432	5
16	任丘原油风化 10 d	1	6	6	1	14	36	1
17	任丘原油风化 15 d	4	7	7	6	24	1176	8
18	任丘原油风化 21 d	7	3	9	5	24	945	7
19	任丘原油风化 30 d	2	8	10	7	27	1120	6
20	任丘原油重复样 I	5	2	2	3	12	60	3
21	任丘原油重复样 II	8	9	1	11	29	792	4
22	任丘原油重复样 III	6	5	8	12	31	2880	9
23	任丘原油重复样 N	10	11	35	9	35	4950	10

平 $\lambda^{(k)}$ 时,可产生 Fuzzy 相似优先比矩阵的置信水平 $\lambda^{(4)}$ 皆为零无法比较的简并情形。根据定义可将该种油 $\lambda^{(4)}$ 的取值定为 1,即该因子值不参加 $\lambda^{(4)}$ 的求值运算。根据表 2 中各 $\lambda^{(4)}$ 值的大小,将 4 个因子 $\lambda^{(k)}$ 进行排序(表 3),由表 3 可知,对于 4 个因子来说,任丘原油的重复样或风化样同任丘原油基本上相似,而其余的 13 种油相差较大,其中,若用因子 P_r/nC_{17} 和 P_r/P_h 鉴别任丘原油和其余 13 种油,不受风化和实验误差的影响,这是因为其风化样和重复样的这 2 个因子的排序皆在其余 13 种油之前。对于因子 P_h/nC_{18} ,任丘原油的重复样(序号 23)排在胜利原油(序号 5)之后,即若以因子 P_h/nC_{18} 进行上述油种鉴别,由于重复实验的误差难以鉴别任丘原油和胜利原油,但可以任丘原油同其它 12 种油间的鉴别。对于因子 $\frac{nC_{21}+nC_{22}}{nC_{19}+nC_{20}}$,任丘原油的重复样(序号 21 和 22)排在大港原油(序号 8)和大庆原油(序号 2)之后,由于实验误差的影响亦难以鉴别任丘原油、大港原油和大庆原油。若将表 3 中各种油 4 个因子的序次求

和或求积(亦列于表 3),由这 4 个因子综合鉴别所得结果(和 Σ ,积 M),任丘原油重复样或风化样皆排在其余 13 种油之前,其中求和有简并现象(序号 1 和 2 的序次和皆为 65,序号 17 和 18 的序次和皆为 24),求积无简并情形,较好地增加了油种鉴别的分辨率。若将表 2 中 4 个因子置信水平的均值 $\bar{\lambda}$ 由大到小排序(亦列于表 3),其序次 N 是任丘原油的重复样或风化样皆排在其余 13 种油之前,这种由 $\bar{\lambda}$ 直接排序的方法亦不受风化和实验误差的影响,所不同的是油种间的亲疏顺序稍有差异,但不影响鉴别油种。若将上述各因子的序次,序次积(或和)、 $\bar{\lambda}$ (或其序次)分别取一定值,任丘原油同其风化样或重复样即可归各自为类,余者 13 种油仍各自为类,这说明,如果将任丘原油作为溢油源,它的真正溢油就是其风化样或重复样,余者皆为假溢油(或源)。由表 2 可知,任丘原油同其余 13 种油可鉴别的 $\bar{\lambda}$ 的范围为 $0.005819 \leq \bar{\lambda} \leq 0.04641$,这是油种间的固有差别所致,而由于风化和实验误差等因素所造成的任丘原油同其

它油种难以鉴别的范围为 $0.06558 \leq \lambda \leq 0.4433$ 。这里,把前者叫做任丘原油同其余 13 种油的 λ 可鉴别区,把后者称之为 λ 不可鉴别的模糊区。

表 4 列出了大庆原油海上风化 28 d 的样品与其余 5 种油的鉴别结果,其中是以大庆原油(未风化)作为溢油源的参比。可以看出,大庆原油同其风化样(28 d)最亲近,即大庆原油的

表 4 大庆原油(风化 28 d)和 5 种油的置信水平、 λ 、序次积 M

油 名	P_r/nC_{17}	P_h/nC_{18}	P_r/P_h	$\frac{nC_{21}+nC_{22}}{nC_{19}+nC_{20}}$	λ	M
大庆原油(风化 28 d)	0.5455	0.6948	0.2547	0.0332	0.3821	8
渤海原油	0.0860	0.0506	0.7453	0.1222	0.2510	32
辽河原油	0.0627	0.0134	0.0290	0.7857	0.2227	120
大港原油	0.0433	0.0304	0.2547	0.1119	0.1101	180
30# 重柴油	0.4546	0.3052	0.0410	0.0101	0.2027	60
海军燃料油	0.3968	0.2540	0.0133	0.0029	0.1668	270

真正溢油是风化 28 d 的样品,其余 5 种油则为假溢油(源)。由表 4 尚可看出,大庆原油风化 28 d(海上)同其余 5 种油可鉴别的 λ 的范围为 $0.1101 \leq \lambda \leq 0.2510$,不可鉴别的 λ 模糊区为 $0.3821 \leq \lambda < 1$ 。综上所述,这种 λ 的可鉴别区和模糊区域值随油种和风化环境的不同而异,是一个动态区域值。这种用已知油种来源模拟溢油鉴别,正是为了说明海面溢油鉴别受风化、实验误差、油种等因素的影响。由此亦可看出,在进行海面溢油鉴别时,只要知道溢油的 λ 模糊区域值和同其余油种(可疑油)间的可鉴别区域值,即可鉴别溢油的来源。

为考察本法的可靠性和实用性,对大连港发生的 3 次重大溢油案例进行分析^[1,4,5,10,12],其结果列于表 5。由 3 个案例的各个可疑油与溢油

源溢油源为 A 船(1*),案例 2 的真正溢油源为“海皇星”(3*),案例 3 的真正溢油源为“马鲁古海”(1*)。此结论与当时参加工作的红外光谱、气相色谱^[1,4,10,12]和荧光光谱^[13]的指纹解析法和数据处理的鉴别结果一致,符合实际情况。

3 结 语

(1) 应用油种的 P_r/nC_{17} 、 P_h/nC_{18} 、 P_r/P_h 、 $\frac{nC_{21}+nC_{22}}{nC_{19}+nC_{20}}$ 4 个因子的 Fuzzy 相似优先比可鉴别模拟风化了 30 d 的任丘原油和 13 种常见油,尚可鉴别海上风化了 28 d 的大庆原油和 5 种常见油。

(2) Fuzzy 相似优先比可用于实际的海面溢油鉴别,不受实验误差和风化 1 个月的影响。

表 5 海面溢油与可疑油的置信水平均值 λ , 因子置信水平的序次积 M

案例号	可疑油号	可疑油	λ	M
1	1*	A 船机舱油	0.5597	2
	2*	B 船机舱油	0.3654	6
	3*	C 船机舱油	0.1355	18
2	1*	“径油”轮机舱油	0.0748	27
	2*	“印基客”轮机舱油	0.4043	4
	3*	“海皇星”轮机舱油	0.5957	2
3	1*	“马鲁古海”轮机舱油	0.9847	1
	2*	“向阳”轮机舱油	0.0153	16

间的置信水平均值或序次积可知,案例 1 的真

参考文献

1 徐恒振等. 环境科学. 1992, 13(4): 67
2 東国 茂等. 分析化学(日). 1982, 31: 483
3 徐恒振等. 海洋学报. 1991, 13(1): 51
4 徐恒振等. 海洋环境科学. 1987, 6(4): 67
5 徐恒振等. 海洋通报. 1990, 9(5): 33
6 陈国范. 模糊数学. 1983, 1: 105
7 李作泳等. 环境科学. 1983, 4(3): 34
8 徐学仁. 海洋学报. 1990, 12(6): 733
9 徐学仁. 海洋与湖沼. 1992, 23(5): 505
10 马永安等. 海洋环境科学. 1988, 7(3): 82
11 吴 征. 南海地质译文集. 1985, 3: 81
12 马永安等. 海洋环境科学. 1990, 9(2): 76
13 尚龙生等. 海洋环境科学. 1988, 7(1): 76

lished along with a discriminatory analysis and a multiple non-linear regression analysis. Rates of qualitative discriminatory analysis were not less than 83.33%. The correlation indices of quantitative regression models (R^2) were over 0.81. Residuals showed the normal distribution. Predicted values LD_{50} by the regression equations were within a 95% confidence interval of observed values.

Key words: information theoretic indices, valence molecular connectivity indices, structure-toxicity relationship, organophosphorus pesticides, prediction of toxicity.

Design and Implementation of the Jiangsu Province's Environmental Information System.

Cheng Shengtong et al. (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua Univ., Beijing 100084): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 15–18

The objects of Jiangsu Province's Environmental Information System (JSEIS) project and the implementation of the first phase of the project were discussed, the development procedure, hardware, software and network environment were also presented. The process of JSEIS development includes the data normalization, the design of unified data collection report system, the establishment of a basic database for data sharing and a applied database for each of 13 environmental management subsystems developed, the data exchange system among different database products and the data communication at both provincial and municipal levels. The JSEIS allows the data to have integrity, consistency and good practicality.

Key words: environmental management, environmental information system, database management systems.

Remote Sensing Investigation on the Ground Thermal Field and Its Influence on Air Pollution in an Industrial and Mining City. Sheng Yehua et al. (Dept. of Mining, China Univ. of Mining and Technology, Xuzhou 221008): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 19–22

In Jincheng City, Shanxi Province, the two temporal thermal infrared images were taken by means of airborne thermal infrared scanner in early morning (from 5 : 30 to 6 : 30) and midday (from 13 : 30 to 14 : 30) in winter. With reference to simultaneous ground radiation temperature data, some of digital image processing me-

thods, such as image quantization, geometric correction, and thermal field classification, were used for discovering the ground thermal field intensity in the city. Based on these, it was concluded that there is a very obvious ground thermal island effect in early morning and a vague one in midday, and the ground radiation temperature differences for both of the two temporal phases are about 10°C. In addition, the linear relationship between the low altitude air temperature and the ground radiation temperature were computed, and a bad influence of the ground thermal field on air pollution was found.

Key words: thermal infrared remote sensing, ground thermal field, air pollution.

Identification of Oils Spilt at Sea Surface Based on a Fuzzy Similarity Preference Ratio. Xu Hengzhen et al. (Institute of Marine Environ. Protection, State Oceans Administration, Dalian 116023): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 23–27

A model based on a fuzzy similarity preference ratio has been established to identify different kinds of oils spilt at sea surface, by introducing a concept of the fuzzy area of confidence level λ of a fuzzy similarity preference ratio. The identification of oils spilt at sea surface was found being largely influenced by kinds of oils, experimental errors, and weathering of oils. A Renqiu crude oil after a 30 days weathering was found to have an identifiable confidence level of fuzzy similarity preference ratio in the range of 0.005819 to 0.04641 making it different from other 13 kinds of oils. A Daqing crude oil after a 28 days weathering at sea surface was found to have such an identifiable confidence level in the range of 0.1101 to 0.2510 inclusive making it different from other 5 kinds of oils. The results from the actual identification of oils spilt at sea surface show that the present method was more precise than a fingerprint spectrograms-based identification method.

Key words: fuzzy, similarity preference ratio, identification, oil spill.

Production of Sintered Ceramsite from Coal Gangue, Fly Ash and Waste Gypsum. Sheng Zhaoqi et al. (Dept. of Environ. Eng., East China Univ. of Technology, Shanghai 200237): *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 28–31

A lightweight construction aggregate was suc-