

· 解析评价 ·

doi: 10.3969/j.issn.1674-6732.2012.01.011

# 物元分析法在水质监测优化布点中的应用

曹毅

(宿迁市环境监测中心站, 江苏 宿迁 223800)

**摘要:** 物元分析法是处理不相容问题的一种有效方法。以竺山湾 2010 年 7 月水质监测数据为例, 利用物元分析法分析太湖竺山湾水质监测点位分布情况, 并将分析结果与系统聚类法的分析结果相比较, 发现物元分析法的分析结果是准确、可信的。综合使用物元分析法和系统聚类法, 最终确定水质监测点位可由 14 个优化至 11 个。

**关键词:** 水质监测; 物元分析法; 优化布点

中图分类号: X830.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-6732(2012)-01-0043-04

## Application of Matter-element Analysis in Optimized Points Selection of Water-quality Monitoring

CAO Yi

(Suqian Environmental Monitoring Central Station, Suqian, Jiangsu 223800, China)

**ABSTRACT:** Matter-element analysis is an effective method to manage incompatible problems. This article took the water-quality monitoring data of Zhushan Bay in July 2010 as example and analyzed the distribution of water quality monitoring point in Zhushan Bay with matter-element analysis and system cluster method. By comparing the results of two method, matter-element analysis method was more accurate and more credible. Combined the matter-element analysis with system cluster method, the distribution of water quality monitoring point was optimized, and the number of water quality monitoring point was reduced from 14 to 11.

**KEY WORDS:** water-quality monitoring; matter-element analysis; optimized points selection

环境监测布点通常涉及多项污染指标,且各单项指标优选出的点位往往是不相容的。物元分析法是处理不相容问题的一种有效方法<sup>[1,2]</sup>,可用于解决环境监测中多指标优化布点的问题<sup>[3-7]</sup>。合理设置的水环境监测点位不但能够节约大量的人力、物力、财力,而且能够使监测数据更为准确、有效。

### 1 材料与方法

#### 1.1 样品采集及处理

竺山湾位于太湖常州水域(120°00'E—120°05'E,31°20'E—31°28'N),面积约 88 km<sup>2</sup>,约占整个太湖总面积的 4%,平均水深约 2 m,多条入湖河道由此入湖,是太湖暴发蓝藻水华频率最大的湖湾之一<sup>[8]</sup>。竺山湾水环境质量状况直接影响整个太湖的水环境质量。

7 月是太湖蓝藻水华最严重的时期,选择 7 月水质监测数据来优化竺山湾水质监测点位,共设置监测点位 14 个,按照其相对位置,可分为 5 个区域(表 1)。每周一现场采样并带回实验室分析,现场

操作严格按照《水质采样技术指导》完成<sup>[9]</sup>。

#### 1.2 分析项目和方法

水样的高锰酸盐指数(COD<sub>Mn</sub>)采用酸性法测定,总磷(TP)采用钼酸铵分光光度法,总氮(TN)采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法,氨氮(NH<sub>3</sub>-N)采用纳氏试剂比色法,14 个点位共取得 4 批次 224 个水质监测数据,各点位监测数据月平均值如表 1 所示。

表 1 2010 年 7 月竺山湾水质监测平均值统计结果

湖区相对位置	监测点位	点位编号	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	$\rho(\text{TP})$	$\rho(\text{TN})$	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$
湖区北部	百洩港	1	1.72	0.171	3.34	5.6
	百洩港西	2	1.82	0.227	3.98	6.4
	百洩港南	3	1.59	0.182	3.35	5.9

收稿日期: 2010-11-20

作者简介: 曹毅(1985—),男,助理工程师,本科,从事蓝藻预警监测工作。

续表

湖区相对位置	监测点位	点位编号	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	$\rho(\text{TP})$	$\rho(\text{TN})$	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$
湖区西部	殷村港	4	1.87	0.196	4.31	6.1
	沙塘港	5	2.15	0.198	3.56	6.8
	田鸡山西	6	1.82	0.198	3.27	5.7
湖区中部	竺山湖中	7	1.87	0.175	2.86	6.2
湖区东部	雅浦港	8	1.50	0.200	3.81	6.1
	古竹	9	1.58	0.195	3.28	5.9
	田鸡山	10	1.38	0.175	2.83	5.9
湖区南部	椒山	11	1.17	0.137	2.85	5.0
	大桩头	12	1.35	0.148	2.74	5.3
	竺山湖南	13	1.30	0.135	3.08	5.9
	旧渎东	14	1.48	0.192	2.79	6.0
	平均值		1.61	0.181	3.29	5.9
	最大值		2.15	0.227	4.31	6.8
	最小值		1.17	0.135	2.74	5.0

1.3 数据统计

1.3.1 物元分析法

通过建立各点位物元分析模型和节域分析模型,计算各点位的线性关联函数值和综合关联函数值,根据计算结果绘制点聚图,根据图中点位分布和实际情况,确定优化的点位<sup>[2]</sup>。

1.3.1.1 建立各点位的物元分析模型

比较全部监测点位的污染指标,选出每项指标的最佳值A、最劣值B及期望值C,4项指标的最大值(最劣值)、最小值(最佳值)及平均值(期望值),用每项指标的最佳值A、最劣值B及期望值C构造2个标准物元矩阵:

$$R_{ac} = \begin{bmatrix} M_{ac} & Q_1 & (a_1, c_1) \\ \dots & \dots & \dots \\ Q_j & (a_j, c_j) \\ \dots & \dots & \dots \\ Q_m & (a_m, c_m) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$R_{cb} = \begin{bmatrix} M_{cb} & Q_1 & (c_1, b_1) \\ \dots & \dots & \dots \\ Q_j & (c_j, b_j) \\ \dots & \dots & \dots \\ Q_m & (c_m, b_m) \end{bmatrix} \quad (2)$$

由2个标准物元矩阵构成节域物元矩阵;每个

测点作为一个物元,由全部污染指标测值构成各点位物元矩阵:

$$R_{ab} = \begin{bmatrix} M_{ab} & Q_1 & (a_1, b_1) \\ \dots & \dots & \dots \\ Q_j & (a_j, b_j) \\ \dots & \dots & \dots \\ Q_m & (a_m, b_m) \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$R_i = \begin{bmatrix} M_i & Q_1 & X_{i1} \\ \dots & \dots & \dots \\ Q_j & X_{ij} \\ \dots & \dots & \dots \\ Q_m & X_{im} \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中: $a_1, a_2, \dots, a_m$ ——各指标的最佳值; $b_1, b_2, \dots, b_m$ ——各指标的最劣值; $c_1, c_2, \dots, c_m$ ——各指标的期望值; $Q_1, Q_2 \dots Q_m$ ——各项指标; $X_{i1}, X_{i2} \dots X_{im}$ —— $i$ 测点 $m$ 指标的监测值; $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ;  $j = 1, 2, 3, \dots, m$ 。

1.3.1.2 计算各点位综合关联函数

将表1中数据代入式(5)、(6),分别计算各点位污染指标的对标准物元A、B的线性关联函数:

$$K_a(X_{ij}) = \frac{X_{ij} - C_j}{C_j - A_j} \quad (5)$$

$$K_b(X_{ij}) = \frac{X_{ij} - C_j}{C_j - B_j} \quad (6)$$

式中: $X_{ij}$ ——第 $i$ 个测点第 $j$ 项指标测值; $C_j$ ——第 $j$ 项指标期望值; $A_j$ ——第 $j$ 项指标最小值(最佳值); $B_j$ ——第 $j$ 项指标最大值(最劣值)。

关联函数值的大小表示测点符合标准物元的程度,意义见表2。

表2 关联函数的意义

$K(X_{ij}) \geq 0$	$-1 \leq K(X_{ij}) < 0$	$K(X_{ij}) < -1$
表示比较对象符合对象要求,其值越大,符合程度越好	表示比较对象不符合对象要求,但具备转化为标准对象的条件,其值越大,越易转化的条件	表示比较对象不符合标准对象要求,且又不具备转化为标准对象的条件

由以上结果计算出全部污染指标对A、B的综合关联函数:

$$K_a(X_i) = \sum_{j=1}^m W_j \cdot K_a(X_{ij}) \quad (7)$$

$$K_b(X_i) = \sum_{j=1}^m W_j \cdot K_b(X_{ij}) \quad (8)$$

式中： $W_j$ —— $j$  污染指标的权值。

采用地表水环境质量的指数超标法计算<sup>[10]</sup>，得到各项污染指标归一化权值如表3所示。

表3 地表水污染指数分级标准及归一化权值

项目	I类	II类	III类	IV类	V类	$S_j$	$X_j$	$X_j/S_j$	$W_j$
氨氮 ( $\text{NH}_3\text{-N}$ )	$\leq 0.15$	0.5	1	1.5	2	1.03	1.61	1.567	0.199
总磷 (以P计)	$\leq 0.01$	0.025	0.05	0.1	0.2	0.077	0.181	2.344	0.298
总氮 (湖、库、 以N计)	$\leq 0.2$	0.5	1	1.5	2	1.04	3.29	3.162	0.402
高锰酸 盐指数	$\leq 2$	4	6	10	15	7.4	5.9	0.796	0.101

其中， $S_j$  为5级标准的均值， $X_j/S_j$  为指数超标法计算的权值， $X_j$  为第  $j$  种污染物所有测点的均值， $W_j$  为第  $j$  种污染物的归一化权值。

将  $W_j$  值代入(7)、(8)式，计算出各采样点的综合关联函数的值见表4。

表4 综合关联函数的值

点位 编号	$K_a(X_i)$	$K_b(X_i)$	点位 编号	$K_a(X_i)$	$K_b(X_i)$
1	-0.013	0.042	8	0.471	-0.305
2	0.944	-0.699	9	0.075	-0.080
3	0.047	-0.028	10	-0.477	0.305
4	0.979	-0.618	11	-0.901	0.726
5	0.645	-0.520	12	-0.802	0.601
6	0.166	-0.154	13	-0.593	0.499
7	-0.201	0.072	14	-0.338	0.159

1.3.1.3 绘制点聚图

根据表中的数据，结合关联函数的含义，以  $K_a(X_i)$  为横坐标， $K_b(X_i)$  为纵坐标，画出点聚图(图1)。

根据综合关联函数的含义，可以发现14个点位都分布在第二、第四两个象限内。在第二象限中的点  $K_a > 0$ ，符合最佳点条件，其中，以11号点符合程度最好；靠近坐标中心的点在一定条件下可以向第三、第四象限转化，当条件变化时，是最易发生变化的点；在第四象限中的点  $K_b > 0$ ，符合最劣点条件，以4号点和2号点最为符合，是点位中相对

条件最差的点。

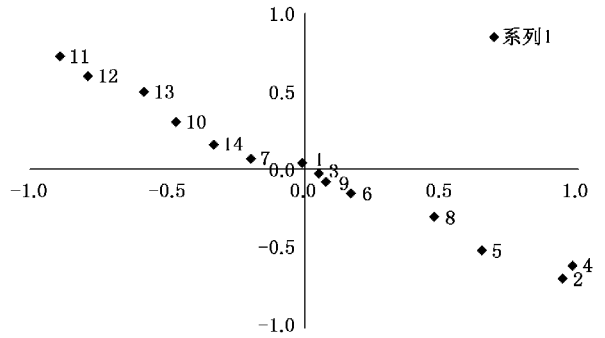


图1 14个点的  $K_a$  和  $K_b$

1.3.2 系统聚类法

利用 SPSS 17.0 系统聚类法对表1中数据进行聚类分析，利用组间连接的方法，以欧式距离为判断点位间关系的依据<sup>[11]</sup>，从距离上看，可将点位分为9类，见图2。

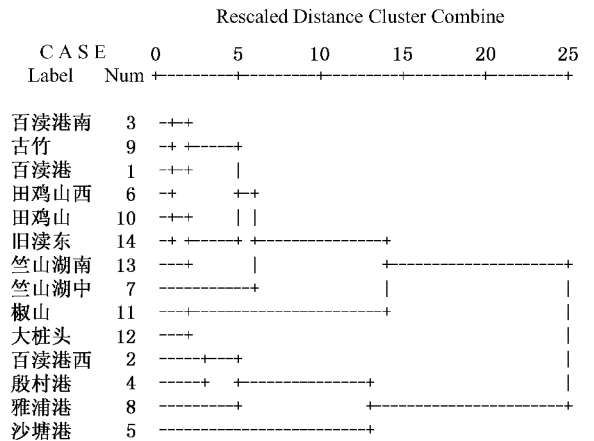


图2 聚类分析树状图

2 结果与讨论

物元分析法和聚类分析法结果比较见表5。

表5 物元分析法和聚类分析法结果比较

优选方法	优选出的点位分组												
物元分析法	1,3,9	2,4	5	6	7	8	10	11,12	13	14			
聚类分析法	1,6	2,4	3,9	5	7	8	10,14	11,12	13				

物元分析法将各点位进行优选至10个，与聚类分析法优选至9个点位进行比较，见表5。从物

(下转第52页)

知识,也可调动了公众参与环境监督的积极性。可以招聘部分监测监督员,通过培训传授环保法律法规、排污情况观测技术等规范,使其成为环境监测工作的得力“耳目”。

## 2.6 发挥监测在污染纠纷和信访处理中的作用,让公众享有索赔权

在处理污染纠纷时,要及时赶赴现场,开展环境应急监测,并及时提供监测结果,作为污染事故纠纷处理和赔偿的重要依据,以便妥善解决环境纠纷,化解社会矛盾。发挥技术优势,进一步摸清污染物的迁移、转化、代谢和富集规律,为鉴定损害事实、明确危害责任、维持环境诉讼、有效保护公众的合法权益提供监测数据。在解决环境纠纷过程中,除耐心细致地做好思想工作外,还应当解释有关的技术规范和监测方法,主动与公众沟通,取得群众的理解和支持,防止矛盾激化。同时,对环境信访、

投诉案件中提出的环境监测要求,要认真处理,认真核实,限期答复,妥善处置,维护公众的环境权益和参与环境监测监督的积极性<sup>[7]</sup>。

### [参考文献]

- [1] 潘岳. 环境保护与公众参与[J]. 理论前沿, 2004(13).
- [2] 赵素兰. NGO: 环境保护运动中一支不可或缺的积极力量[J]. 社科纵横, 2007(7).
- [3] 李艳芳, 论公众参与环境影响评价中的信息公开制度[J]. 江海学刊, 2004(1).
- [4] 邓庭辉. 论我国环境保护公众参与的法律制度[J]. 环境科学动态, 2004(2).
- [5] 姚慧娥, 吴琼. 论环境保护的公众参与[J]. 上海环境科学, 2003, 22(4).
- [6] 王春艳. 目前我国环境保护中的公众参与[J]. 黑龙江环境通报, 2004(28).
- [7] 陈叶兰. 论环境保护的公众参与[J]. 湖南农业大学学报: 社会科学版, 2006(3).

(上接第45页)

元分析法与聚类分析法优选出的结果可以看出:第7、8、13、14号点是一致的独立点,第2、4号点,第3、9号点,第11、12号点,是3组可以优化合并的点,这3组点分别在地理上也是邻近的点位,其他点位2种分类法有着不同的区分,如第10、14号点,第1、6号点,这2组点在地理上是隔开的,因为水质监测的结果相似而归化为一类,不能作为点位优化的依据。

综合考虑物元分析法和聚类分析法的优化结果,得到最优化的水质监测断面。将整个竺山湾点位优化为11个点位,即雅浦港、竺山湖中、田鸡山、大桩头、竺山湖南、旧渎东、田鸡山西、沙塘港、殷村港、百渎港、百渎港南,既可以反映湖区的水环境质量状况,又可以提高监测数据的有效性和代表性,并避免了重复设置带来的经济投入,减少了相应的工作量和经费。

## 3 结语

根据物元分析法和聚类分析法分析的结果可以看出,物元分析法使用简便,可直接编制程序上机运行,评价结果直观、准确、可靠,其结果与聚类分析法分析的结果近似,可用于水质监测优化布点。但两种方法都有一定的局限性,即两种方法都以计算结果为分类依据(物元分析法以综合关联

函数为依据,聚类分析法以欧式距离为依据),不能反映点位的空间关系与实际情况,在优化点位时还需要根据实际情况具体分析,综合考虑之后最终确定点位的优化方案。

### [参考文献]

- [1] 蔡文. 物元分析[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1987.
- [2] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994.
- [3] 孙中党, 毕雪玲, 康莉萍, 等. 物元分析法在郑州市大气监测优化布点中的应用[J]. 河南科学, 1999, 11(2): 194-199.
- [4] 弓晓峰, 陈春丽, 赵晋, 等. 鄱阳湖乐安河流域水质监测优化布点[J]. 湖泊科学, 2006, 18(5): 545-549.
- [5] 高明惠. 用物元分析进行水质环境监测优化布点的研究[J]. 环境科学进展, 1997, 5(3): 77-81.
- [6] 朱慧君, 于永斌. 物元分析法在大气监测优化布点中的应用[J]. 云南环境科学, 1998, 17(4): 51-53.
- [7] 高明惠. 物元分析在水质营养化评价中的应用[J]. 环境科学进展, 1995, 3(5): 43-49.
- [8] 翁建中, 李继影, 梁柱, 等. 太湖蓝藻水华时空分布与预警监测响应的分析[J]. 环境监控与预警, 2010, 2(3): 1-4.
- [9] 国家环境保护局. HJ 494—2009 水质采样技术指导[S].
- [10] 国家环境保护局. GB 3838—2002 地表水环境质量标准[S].
- [11] 米红, 张文璋. 实用现代统计分析方法及SPSS应用[M]. 北京: 当代中国出版社, 2004.

(本栏目编辑 陆敏)