



★关于水质评价方法的讨论★

编者按：本刊于 1980 年第 4 期发表熊广政、裘小松二位同志的《数学期望和方差在环境质量评价中的应用》一文后，引起一些读者的关注。1981 年 11 月，重庆市环境保护局徐淑碧同志投书本刊，就该文内容与水质评价中应用统计模式的问题与作者商榷。裘小松同志虚心地对不同意见，并直接与徐淑碧同志书信联系，诚恳地与其展开学术讨论。徐淑碧同志亦严谨认真、一丝不苟。双方互相尊重、互相学习，经过数月的通信交流，对有关问题的探讨逐步深化。

裘、徐二位远隔千里，素昧生平，但为了增长学识，在讨论中取长补短，相得益彰。这种学风是很值得提倡的。

以下刊登裘小松、徐淑碧二位同志三篇一组文章，供同志们参考。

水质评价方法的探讨

徐 淑 碧

(重庆市环境保护局)

引 言

熊广政和裘小松在分析现有环境质量评价数学模式基础上，提出了一种用于环境质量综合评价的统计模式，即用数学期望（一阶统计）和方差（二阶统计）来评价环境质量。其数学模式如下：

$$Q_i = \sum_{j=1}^K W_j P_j \text{ 且 } \sum_{j=1}^K W_j = 1 \quad (1)$$

$$\sigma_i^2 = \sum_{j=1}^K W_j P_j^2 - Q_i^2 \quad (2)$$

式中， Q_i ——随机变量 P_i 的数学期望； σ_i^2 ——随机变量 P_i 的方差； P_i ——各污染因子的分指数； W_j ——各污染因子的权重系数，即随机变量 P_i 的概率。

根据(1)式， Q_i 可以反映各污染因子的平均污染状况，而(2)式则反映污染因子分指数的离散程度。因此，我们既可以根据 Q_i 值的大小判断各污染因子指数大小的一般情况，又可根据 σ_i^2 反映污染因子分指数任何一个增大，其它分指数均较小的特殊情况。这里将单项有极高污染值的情况对环境的突出影响较完善地反映出来了。所以，较之现有的数学模式更能反映环境质量的实际状况。

从上述数学模式可以看出，如果将污染因子从环境要素换成污染物，则 P_i 就从污染要素的分指数换成污染物的分指数。这样，就可以将用于环境质量综合评价的统计数学模式应用到水质评价中来。目前，国内外运用较广的水质评价方法尽管有水质评分、水质分级及相对污染程度法，但就数学模式而言，

一般都是采用算术均数或均方根值,而未见用两个综合污染指数来表征水质质量状况的,本文就嘉陵江重庆下段 1980 年枯水期和 1979 年嘉陵江重庆下段大溪沟断面水质监测数据来探讨二阶统计数学模式在水质评价中的应用问题。

嘉陵江水质监测结果与计算

嘉陵江水质监测工作分两次进行,其中

嘉陵江重庆下段工作共设七个断面,30 个采样点,共采集样品 4480 个,取得监测数据 12,838 个;在大溪沟断面共采集样品 182 次,获得数据 3154 个。各污染参数实测浓度值按断面平均、月平均取值;权重系数按均权处理;评价标准取地面水标准,标准值参照《国标 GBJ3—73》所订标准。监测数据按统计模式做处理,得出表 1 到表 4 的结果。

表 1 嘉陵江重庆下段大溪沟断面水质监测结果

月 份	氟		汞		六 价 铬		酚	
	数 据	平 均 值	数 据	平 均 值	数 据	平 均 值	数 据	平 均 值
7	92	0.0010	92	0.0007	92	0.0020	92	0.004
8	150	0.0030	150	0.0005	150	0.0009	150	0.002
9	126	0.0010	126	0.0003	126	0.0014	126	0.002
10	96	0.0004	96	0.0005	96	0.0020	96	0.003
11	75	0.0002	75	0.0002	75	0.0011	75	0.004
总平均值	539	0.0011	539	0.00044	53.9	0.0015	539	0.003

表 2 嘉陵江重庆下段大溪沟断面各月水质指数计算结果

P_i / 项目 月 份	氟	汞	六 价 铬	酚	$Q_{\text{水}}$	$\sigma^2_{\text{水}}$
7	0.020	0.70	0.040	0.4	0.290	0.08
8	0.060	0.50	0.018	0.2	0.195	0.04
9	0.020	0.30	0.028	0.2	0.137	0.01
10	0.008	0.50	0.040	0.3	0.212	0.04
11	0.004	0.20	0.022	0.4	0.157	0.03
总平均值	0.022	0.44	0.030	0.3	0.198	0.03

讨 论

一、统计数学是处理大量偶然现象(即随机事件)中规律性的科学,而河水中污染参数浓度值出现的大小这一事件是随机事件。在变动的环境因素影响下,污染物在环境中进行的物理化学和生物化学过程都是随机过

程,而表征水质污染的浓度值大小受着废水排放中含有污染物质的数量及河水流量的影响,废水中污染物质的数量受许多不稳定因素的影响,更多的情况是随机变化的,河水流量已是公认的随机变量。可见,表征水质的浓度值 C_i 是随机变量,严格说起来是二维随机变量。再者,水质各污染参数分指数(P_i)

表 3 嘉陵江重庆下段枯水期连续监测结果

断 面	BOD ₅		酚		氰		六 价 铬		汞		砷	
	数 据	平 均 值	数 据	平 均 值	数 据	平 均 值	数 据	平 均 值	数 据	平 均 值	数 据	平 均 值
1	15	2.34	66	0.001	30	0.005	45	0	62	0.00048	60	0.01
2	8	2.42	66	0.001	30	0.006	48	0.004	66	0.00040	60	0.01
3	10	2.28	69	0.001	30	0.009	48	0.003	68	0.00039	62	0.01
4	11	2.23	69	0	30	0.008	48	0.002	67	0.00036	63	0.01
5	12	2.47	67	0.002	30	0.009	48	0.002	66	0.00032	63	0.01
6	10	2.79	69	0.002	28	0.011	48	0.002	66	0.00039	63	0.01
7	11	2.65	69	0.002	26	0.010	48	0.004	63	0.00036	63	0.01
8	11	2.85	69	0.002	25	0.010	48	0.001	62	0.00035	63	0.01
总平均值	88	2.5	544	0.001	229	0.008	381	0.002	520	0.00046	497	0.01

表 4 嘉陵江重庆下段各断面水质指数计算结果

P_i / 项目	BOD ₅	酚	氰	六价铬	汞	砷	$Q_{水}$	$\sigma^2_{水}$
断 面								
1	0.78	0.10	0.10	0	0.48	0.25	0.29	0.07
2	0.81	0.10	0.12	0.08	0.40	0.25	0.29	0.07
3	0.76	0.10	0.18	0.06	0.39	0.25	0.29	0.06
4	0.74	0	0.16	0.04	0.36	0.25	0.26	0.06
5	0.82	0.20	0.18	0.04	0.32	0.25	0.30	0.06
6	0.93	0.20	0.22	0.04	0.39	0.25	0.34	0.08
7	0.88	0.20	0.20	0.08	0.36	0.25	0.33	0.07
8	0.95	0.20	0.20	0.02	0.35	0.25	0.33	0.09
总平均值	0.83	0.10	0.16	0.04	0.46	0.25	0.31	0.07

是随机变量 (C_i) 的函数。因此, 将 (P_i) 看成是随机变量也是十分恰当的。而数学期望和方差是最重要的统计量。因此, 用现代统计数学模式来表征 (P_i) 的分布状况, 进行水质评价是完全可行的。

二、实际计算结果也正说明这一问题。熊广政和裘小松利用车贝晓夫不等式, 认为方差最大允许值应为 0.05, 并规定 Q_i 和 σ_i^2 的警戒值分别为 0.8 和 0.04。而且, Q_i 和 σ_i^2 任何一个综合指数增大都意味着环境质量变坏。这样, 我们就可以根据实际计算结果来评价环境质量, 从表 2 计算结果看出, 1979 年嘉陵江重庆下段大溪沟断面 7—11 月的 Q_i 值均低于 0.8, 如果单从这个综合指数看, 可以认为各月水质质量是较好的。但是, 当我

们将 σ_i^2 综合起来看时, 尽管七、八、十月的水质质量 Q_i 值较小, 但 σ_i^2 均达到 0.04 以上, 说明 P_i 的离散程度较大, 必存在一项污染参数分指数偏高的可能性; 同时说明这种污染参数浓度值较高, 并由于它的浓度升高而对环境造成不良影响。所以, 认为水质质量仍然不好。再看表 4 计算的嘉陵江重庆下段 1980 年监测数据综合指数值。同样, 单看 Q_i 值, 各断面及总平均浓度值计算的 Q_i 都小于 0.8, 但结合 σ_i^2 分析, 则各断面的 σ_i^2 都在 0.06 以上, 大于 σ_i^2 的最大允许值。说明各月均存在某项污染参数增大的情况, 并由于其中有一项污染物浓度值偏高, 影响了水质质量, 这样评价的结果, 就比用单项污染参数分指数平均值评价环境质量, 更符合环境质量的实际

情况。

三、根据表 2、4 计算结果,也使我们看到,利用统计数学模式评价水质质量还存在问题,并需进一步研究。从表 2 看出, σ_i^2 的数值一般在有一项污染参数分指数达到 0.5 时,已经达到 0.04 以上了;从表 4 计算结果看出,当有一项污染参数分指数 $0.7 < P_i < 1$ 时, σ_i^2 已经在 0.06—0.09 之间了。这与熊广政和裘小松提出的理论值差距较大。而一般情况应该是当各项污染参数分指数中有一项达到 1 时,即浓度值达到地面水标准的情况, σ_i^2 也应在最大允许值 5% 左右才符合实际情况。显然表 2、4 计算出的 σ_i^2 值是不符合水质质量实际状况的。分析其原因,可能是对各种

污染参数给予均权处理所造成的。

但是,要对各污染参数进行合理的加权是一个十分复杂的问题,由于缺乏对各种污染物和多种污染物联合作用的毒理学试验,对污染物间的颉颃,加成和协同作用不清,至今没有一个统一的,有科学依据的加权原则。因此,在国内外的环境质量评价中,不少是采用均权的,有的则根据专家判断或征询方法,有的采用主观判断与调查统计相结合的方法,有的根据水质的不同用途所占比重加权,有的专家则分基本参数和补充参数分别给予不同的权重。总之,这是一个值得探讨的问题。本文仅对此提出问题,有待进一步研究。

权 系 数 的 讨 论

——兼 答 徐 淑 碧

裘 小 松

(山东大学电子系)

1980 年,作者等提出了环境质量综合评价的统计模式。近来,重庆市环境保护局的徐淑碧同志把这种统计模式应用于水质评价,并以嘉陵江的水质污染为例,采用实际监测数据来进行分析与讨论。从而不但开拓了统计模式的应用新范畴;而且使理论与实践得以紧密地相结合。统计模式也因此受到实践的检验。

检验的结果认为,统计模式基本上能用于水质污染的评价,它比其它模式能更合理地反映水质污染的客观实际状况。但同时徐淑碧发现 σ_i^2 的计算结果普遍地比较大。从她的文章中的表 4 可以看出, σ_i^2 常在 0.06—0.09 之间,亦即都超出作为最大允许值的 0.05。究其原因,徐淑碧认为“可能是对各种污染参数给予均权处理所造成的”。

统计模式是由非均权处理的模式演变过来的。因此,确认非均权处理是应用统计模式的前提。当然均等权系数的情形可以作为特殊情况来考虑,但是由于统计模式赋予权系数以概率的意义,所以如下面附图 1 所示,均等加权的情况相当于把污染分指数 P_i 看作随机变量时的一种均匀分布。这非但不符合实际情况,而且失却了方差 σ_i^2 作为评价指

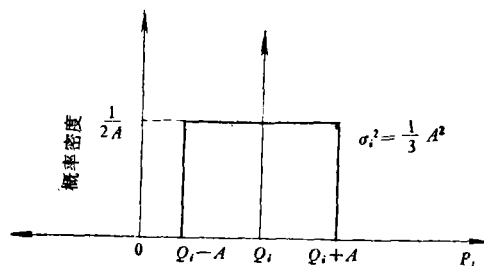


图 1 均匀分布