



“部分排序”在环境比较评价中的应用实例

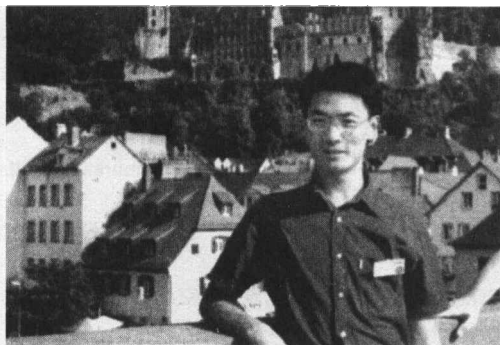
Concept of "Partial Order" in Environmentally Comparative Assessment and Its Application

吴斌 唐文伟 李义久 (同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

Wu Bin Tang Wenwei Li Yijiu (Department of Chemistry, State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092)

摘要 将运筹学中“部分排序”的概念引入对污染物的环境影响比较评价中,以环境中常见的10种残留农药为应用实例,用Hasse图表示出比较评价的结果。和普遍排序技术相比,部分排序的评价结果简明直观、合理、可靠。Hasse图技术充分考虑了所要评价的各方面因素,避免了在普遍排序过程中由于确定评价模型中的权值而带来的主观因素的影响。

关键词: 环境比较评价 运筹学 部分排序
Hasse图 农药污染



作者简介: 吴斌, 1975年生, 同济大学环境工程专业99级博士研究生。主要从事环境污染影响评价和环境水处理技术的研究。参加过国家自然科学基金项目“光电响应方法研究铜缓蚀剂的作用机理”、“激光辐射和脉冲辐射降解水中难降解有机污染物的研究”等课题的研究, 发表论文10余篇。

* * *

1 引言

对环境中的化学污染物进行比较评价,通常要根据它们对环境的影响程度进行排序^[1-2]。由于影响评价的标准一般由多个可量化的参数组成,所以,如何能对环境中的化学污染物进行准确、全面的比较评价,避免由于主观因素而隐藏有价值的信息或导出错误的结论,是排序技术要解决的重点问题。

2 比较评价和排序

一般对环境中的化学污染物影响环境的程度进行排序和比较评价包括2个主要步骤:

(1) 确定评价参数,即对应于某一评价标准的信息元。参数必须是可定向的,即不是用一个单纯数字的标量,而是用一个矢量来表征^[3-4]。例如,通常一种化学污染物的高累积效应比低累积效应更具危险性,因而参数“化学污染物在某一基体中的累积”是可定向的;而致死浓度值(LC)具有与它相反的方向:数值高表示化学污染物无毒性或毒性小,而低的LC值表明化学污染物的毒性较大;根据累积效应、毒性2个标准,高的累积效应值和毒性参数(= -1·LC)都代表着化学污染物可能对环境产生相当危险的影响。

(2) 多个参数组合成评价模型,进行排序。评价模型通常用一个参数($P_i, i=1, 2, \dots, n$)的集合函数来表示:

$$\Gamma = f(P_1, P_2, \dots, P_n) \quad (1)$$

Γ 为排序指数,根据 Γ 的大小就可以对环境中的化学污染物进行排序和比较评价。

函数 f 通常为一些相对简单的数学结构,如 f 可以是一加权求和^[5],或者使用一些简单的权函数组合^[6]:

$$\Gamma = (\sum g_i P_i) (\sum g_j P_j) \quad i=1, \dots, n; j=n+1, \dots, m \quad (2)$$

式中: P_i, P_j ——可评价的性质;

g_i, g_j ——权, > 0 。

值得注意的是,除了线性假设之外,权值的确定中有很大大一部分人为的主观因素,应用时,这些集合函数常常推出误导性的结果或者隐藏了许多有价值的信息^[7]。

本文作者还有:倪亚明,宋卫锋。

3 普遍排序

普遍排序过程表示如下:

A、B 为对象组 P 中的 2 种化学污染物, P(A) 是由 2 个数值元素组成的数组, 表征 A 的可评价的性质; P(B) 表征 B 的可评价的性质. $P_i(A)$ 表示 P(A) 的第 i 个组分, 即 A 的某一特定评价参数的值.

$$\text{当 } P(A) < P(B) \text{ 时, } A < B \quad (3)$$

而对于所选评价参数的所有 P_i , 当 $P_i(A) < P_i(B)$ 时, $P(A) < P(B)$ (4)

式(3)、(4)是普遍排序技术的主要框架. 以表 1 中的例子, 说明其概念和应用.

表 1 4 个假定的化学污染物及其评价参数(任意单位)
Table 1 Example of four fictitious chemicals and their assessment parameters

	产量	毒性
污染物 1	10	毒性很大
污染物 2	100	有毒性
污染物 3	200	毒性很大
污染物 4	5	无毒性

假定表 1 中: 毒性很大—2, 有毒性—1, 无毒性—0. 大的数值表示该污染物具有较高的对环境产生危害的倾向. 应用式(3)、(4)就可以得出以下结果:

污染物 3 > 污染物 1, 污染物 3 > 污染物 2, 污染物 3 > 污染物 4, 污染物 2 > 污染物 4, 污染物 1 > 污染物 4. 看起来, 污染物 2 和污染物 1 之间没有可比性, 因而也就没有任何关系. 其实, 这一不可比性非常重要, 因为它表明存在着不同的对环境产生危害的模式: 污染物 2 的主要危害是由于其高的产量, 污染物 1 的主要危害则是由于其很大的毒性. 这一情况用符号“||”来进行数学表达:

$$\text{污染物 2 } || \text{ 污染物 1} \quad (5)$$

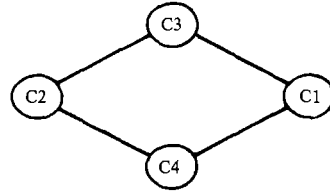
通常, 每种化学污染物的不可比性的数目是由集合函数(1)产生的全排序的可变性的一种量度. 这意味着, 有许多不可比性的污染物更取决于集合函数(1)的权重 g . 一般地, 如果 m 个对象之间相互比较, 就会有 $m(m-1)/2$ 个比较结果. 对表 1 中的化学污染物进行的全部比较中, 就得出 4 个对象之间的 5 个可比性和 1 个不可比性. 由此得出的一个结论是: 全部的排序是不可能的.

4 部分排序—Hasse 图

部分排序^[8]用图表示, 规则较统一^[9-11], 每一个对象以一小圆圈表示, 圆圈上标上用以标识的缩略词. 若对象 A 大于对象 B, 两圆圈之间以直线相连, 在几何平面上 A 要高于 B. 部分排序的线图也称 Hasse 图^[9,12]. 表 1

中讨论的例子, 其 Hasse 图示见图 1.

图 1 显示了对 4 个化学污染物评价的重要结果: 4 种化学污染物处在 3 个不同的水平上; 污染物 3 在 2 个评价性质方面均是最大, 即最危险的; 污染物 2 和污染



C1、C2、C3、C4 分别代表污染物 1、2、3、4

图 1 由表 1 得出的排序关系(Hasse)图
Figure 1 Diagram of order relation according to Table 1

物 1 之间无法相互比较; 污染物 4 对于 2 个评价性质, 是 4 个之中最好的.

以上结果和由普遍排序推出的相一致. 与普遍排序相比, 部分排序具有评价可以图示, 简明直观; 评价的数学工具简单, 稍加改进即可满足对稳定性、可靠性及灵敏性的要求; 评价结果更合理、可靠的优点.

Hasse 图技术本身并不是进行数据分析的工具, 但它可以使评价结果由评价性质组成的信息基础的图示来表示. 同交错条图表、星状图等纯图示的数据表示方法又不同的是, Hasse 图技术更注重所要评价的方面: 对象之间的可比性, 对评价参数定向的要求, 对象的内组织关系.

“部分排序”的方法除应用于环境中化学物的比较评价研究外, 还可用于诸如环境数据库的质量分析、废物排放点分析、生命周期评价(LCA)以及环境比较区域分析等方面.

5 环境中残留农药的比较评价

选取 10 种农药, 应用 Hasse 图技术对它们进行环境影响比较评价. 每一种农药都用 2 个字母的缩略词表示(见表 2).

T——在土壤中降解的半衰期(d);

W——在水中的溶解度(mg/L);

V——蒸气压(mPa);

U——使用量(t/a).

利用 4 个特征性质参数对上述的 10 种农药进行全评价, 得到了一个完整的部分排序 Hasse 图(见图 2).

由图 2 中可得到以下结论:

(1) 在最高等级(Level3)上有 3 种污染物(D3、M1、B1), 在对水体环境的保护中, 是考虑的重点.

(2) 有 3 种化学物(P2、T1、E1)相对较好, 因为没有与它们相连的更低的等级.

表 2 10 种化学物的名称、标识符和数据信息¹⁾
Table 2 Names, acronyms and data of 10 chemicals

化学污染物(农药)	标识符	T(d)	W(mg/L)	V(mPa)	U(t/a)
苯达松除草剂(Bentazone)	B1	20	2300000	-0.2	95
乐果杀虫剂(Dimethoate)	D1	7	39800	-3.33	446
敌螨普(Dinocap)	D2	5	4	-0.0053	432
杀草快(Diquat)	D3	1000	718000	0	52
扑草灭(EPTC)	E1	6	344	-4533	90
威百亩(Metham-Na)	M1	7	963000	-0.0000027	5075
甲基对硫磷(Methylparathion)	M2	5	60	-2	212
对硫磷(Parathion)	P1	14	24	-5	257
敌稗(Propanil)	P2	1	200	-5.3	694
硫代咪唑(Thiocarbazil)	T1	3	2.5	-93	97

1) 由于一般要求对参数定向,所以蒸气压要乘以-1(鉴于地下水 and 地表水是保护对象,高的蒸气压有利于该物质从水体中的去除,因而也就减少了其在水体中的含量)。

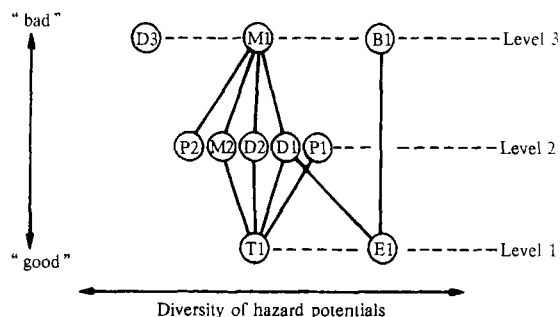


图 2 10 种农药的 Hasse 图
Figure 2 Hasse diagram of 10 pesticides

(3) D3 具有特定的性质,根据这些性质可以将其与别的化学物完全分开(D3 单独 1 组)。

(4) 有 4 个“3 成员链”,其成员的 4 个评价参数均同步上升,故有如 $T1 < M2 < M1$ 的结果。由式(3)、(4)知,只有当所有参数均同时增大时(其中一些参数也可能为常数),才有这种可能。对这些链中的残留农药可以很准确地进行排序。

(5) 样品的分散度相当高。这意味着有许多种参数的构型,根据这些构型,对象互相之间不可比。10 种农药以 4 种不同的方式对水环境产生影响。

(6) 每一不可比性,如 $M2 \parallel D2$,意味着要通过操作集合函数(1)对 $M2$ 和 $D2$ 任意排序($D2 < M2$ 或 $M2 < D2$),这取决于函数的形式,而不能完全由数据推出。

6 参考文献

- 1 陆雍森. 环境评价. 上海: 同济大学出版社, 1999.
- 2 Van Leeuwen C J, Hermens J L M. Risk Assessment of Chemicals: An Introduction. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands. 1995, 1~4.
- 3 Brueggemann R, Schwaiger J, Negele R D. Appling Hasse

diagram technique for the evaluation of toxicological fish tests. *Chemosphere*, 1995, 30: 1767~1780.

- 4 Halfon E, Reggiani M G. On ranking chemicals for environmental hazard. *Environ Sci Technol*, 1986, 20: 1173~1179.
- 5 Russom C L, Bradbury S P, Carlson A R. Use of Knowledge bases and QSARS to estimate the relative ecological risk of agrochemicals: a problem formulating exercise. *Environ Res*, 1995, 4: 83~95.
- 6 Swanson M B, Davis G A, Kincaid L E, Schultz T W, Bartmess J E, Jones S L, George E L. A screening method for ranking and scoring chemicals by potential human and environmental impacts. *Environ Toxicol Chem*, 1997, 16: 372~383.
- 7 Newman A. Ranking pesticides by environmental impact. *Environ Sci Technol*, 1995, 29: 324~326.
- 8 Brueggemann R, Oberemm A, Steinberg C. Ranking of aquatic effect tests using Hasse diagrams. *Toxicol Environ Chem*, 1997, 63: 125~139.
- 9 Klein J, Brueggemann R, Voigt K, Steinberg C. Advance in comparative analysis of adverse effects in aquatic ecosystems with emphasis on studies with hunic substances and on progress in mathematical analysis technique. *Water Research*, 1995, 29: 2261~2268.
- 10 Davey B A, Priestley H A. Introduction to lattices and order, Cambridge University Press, Cambridge. 1990, 1~24.
- 11 Brueggemann R, Halfon E. Comparative analysis of near-shore contaminated sites in Lake Ontario: ranking for environmental hazard. *J Environ Sci Health*, 1997, A32 (1): 277~292.
- 12 Brueggemann R, Halfon E. Theoretical base of the program “Hasse”. GSF-Bericht 20/95, Muechen-Neuherberg, 1995.

责任编辑 唐东雄 (收到修改稿日期: 2001-07-12)

Bleaching the dye Reactive Brilliant Red X-ZB by irradiation with light at $\lambda > 320\text{nm}$ in an aqueous solution of FeP_xS_x species has been studied under various conditions. It was observed that the dye could be catalytic degraded effectively when it was irradiated in the iron-tetrasulfophthalocyanine and H_2O_2 solution. But the dye could not be degraded completely when in H_2O_2 solution only.

Key words: Tetrasulfophthalocyanine Synthesis
Photo-catalytic degradation
Chemical structure

Study on Bubbleless Aeration in Membrane Bioreactor for Wastewater Treatment

Chai Xiaoli Zhao Youcai

(State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092)

Using hydrophobic microporous hollow fiber membrane made oxygen feeder to aerate oxygen into water or fermented solution, no bubble happened. This bubbleless aeration broke through the traditional bubble aeration mode, with high oxygen transferring efficiency, no foam produce and lower energy consumption. Experiment by using membrane bioreactor with bubbleless aeration to treat wastewater, the result showed that the removal rate of COD BOD₅ and $\text{NH}_3\text{-N}$ were up to 95%, 94% and 99% respectively, and with 100% efficiency to SS and E-coli.

Key words: Bubbleless aeration Wastewater treatment
Hollow fiber membrane

Concept of "Partial Order" in Environmentally Comparative Assessment and Its Application

Wu Bing Tang Wenwei Li Yijiu

(State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092)

The concept of "partial order" was introduced for application to environmentally comparative assessment procedure. The impacts of ten pesticide residues in the environment, as example, were comparatively assessed and a Hasse diagram showed the result of such comparative assessment was obtained. Compared to the concept of generalized order, the mathematical tool of "partial order" is very simple, and it is easier to meet the demand of stability, robustness and sensitivity. What's more, the "partial order" (Hasse diagram) technique focused all the evaluative aspects: through the determination of comparability and incomparability, and the orientation of evaluative parameters, the internal organization of the objects was clearly and perfectly exhibited. In the mean while, a big part of arbitrariness, which usually results from the determination of weights in the evaluative

model under the concept of generalized order, was avoided.

Key words: Comparative assessment Partial order
Hasse diagram Pesticide Pollution

Existing Water Quality Assessment and Pollution Prevention and Treatment Countermeasure of River Water in Jiading District, Shanghai

Jin Zhiming Gu Yongguo

(Jiading Environmental Monitoring Station, Shanghai 201800)

Through survey and assessment of existing river water quality at Jiading District proper to propose some countermeasures for prevention and treatment, such as drawing clean water to drain pollution and enhancing municipal measures etc.

Key words: River at city proper Existing assessment
Domestic pollution
Prevention and treatment countermeasure

Study on Hg^{2+} Adsorption Capability of Biosorbent from Marine Alga *Durvillaea Potatorum*

Ma Weidong Yu Qinming Gu Guowei

(State Key Lab. of Pollution Control and Resource Reuses, Tongji, University, Shanghai 200092)

The adsorption capability of Hg^{2+} by a low-cost biosorbent from marine alga *Durvillaea potatorum* has been studied. The biosorbent was a pre-treated biomass of *D. potatorum* with a particular process. It was found that the adsorption capacities were sensitive to the solution pH and the maximum adsorption capacity of the biosorbent for Hg^{2+} was up to 3.1 mmol/g (dry) at pH about 3. The adsorption capacities ranged from 0.49~3.1 mmol/g (dry) within pH range of 0.4~5.0 and were substantially reduced when Cl^- existed in the solution. Hg^{2+} removal proportion reached more than 99%. The results showed that the biosorbent could be used as an effective medium for removal and recovery of Hg^{2+} from industrial wastewater.

Key words: Marine alga
Biosorption of heavy metals Mercury ion
Mercury adsorption capability
Wastewater treatment

Treatment of Surfactant Wastewater by Foam Separation-Anaerobic-Aerobic Oxidation Process

Teng Meizhen Zhang Mingyu Pan Yu

(Shanghai Academy of Environmental Sciences, Shanghai 200233)

Study on treating technology of surfactant wastewater has been conducted by using foam separation-anaerobic-