

水质模型数值解在环境管理中的应用

吴震

(安徽省铜陵市环境监测站)

对水污染实行浓度控制或污染物总量控制时, 都需建立污染源和水质目标之间的输入响应关系, 即水质模型。水质模型有两类, 第一类为含有粗定量物理参数的简单函数式; 第二类为含有精度较高物理参数的矩阵方程式。前者称为水质模型解析解。它的最大优点是函数式简单, 便于环境管理部门应用。但其精度低, 相对误差大, 难以适应复杂的水质模型。后者称为水质模型数值解。它精度高, 可解决复杂的多维水质模型。然而, 数值解模型计算繁琐, 公式复杂, 应用不便。为此, 本文以长江安徽铜陵段重金属砷、铜二维水质模型研究为实例, 通过对模型数值解的后加工, 应用于环境管理。所建立的纯统计相关模型, 既保证了模型的精度, 又做到计算简便。

一、重金属二维水质模型数值解法

根据长江铜陵段水文特征、排污口的污染物排放特征及水质目标要求, 确立该江段水质模型的微分方程为,

$$\frac{\partial C}{\partial x} = E_r \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial q_c^2} - k_r \cdot C \quad (1)$$

式中, E_r ——横向扩散系数;

k_r ——物化反应系数;

q_c ——累积单宽流量, m^3/s

该模型的微分方程式变换成差分方程式为,

$$\frac{\partial C}{\partial x} = \frac{C_{i,j} - C_{i-1,j}}{\Delta x_{i,j}} \quad (2)$$

$$\frac{\partial C}{\partial q} = \frac{C_{i,j} - C_{i-1,j}}{\Delta q_c} \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial q_c} (E_r \cdot \frac{\partial C}{\partial q_c}) = \left[\frac{(C_{i,j+1} - C_{i,j}) \cdot (E_{r,i,j+1} \cdot E_{r,i,j})^{\frac{1}{2}} - (C_{i,j} - C_{i,j-1}) \cdot (E_{r,i,j} \cdot E_{r,i,j-1})^{\frac{1}{2}}}{\Delta q_c^2} \right] \quad (4)$$

$$k_r \cdot C = k_{r,i,j} \cdot C_{i,j} \quad (5)$$

$$\text{令} \quad a = \frac{R_{i,j+1}}{\Delta q_c};$$

$$b = -\frac{1}{\Delta x_{i,j}} - \frac{R_{i,j+1} + R_{i,j}}{\Delta q_c} - k_{r,i,j};$$

$$c = \frac{R_{i,j}}{\Delta q_c};$$

$$d = \frac{C_{i-1,j}}{\Delta x_{i,j}}; \quad R_{i,j+1} = \frac{(E_{r,i,j+1} \cdot E_{r,i,j})^{\frac{1}{2}}}{\Delta q_c};$$

$$R_{i,j} = \frac{(E_{r,i,j} \cdot E_{r,i,j-1})^{\frac{1}{2}}}{\Delta q_c};$$

则差分方程式为,

$$aC_{i,j+1} + bC_{i,j} + cC_{i,j-1} + d = 0 \quad (6)$$

(6)式在计入边界条件后, 可写成特殊矩阵,

即,

$$\begin{bmatrix} b_1 c_1 \\ a_2 b_2 c_2 \\ a_3 b_3 c_3 \\ \vdots \\ a_{n-1} b_{n-1} c_{n-1} \\ a_n b_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ \vdots \\ c_{n-1} \\ c_n \end{bmatrix}^{j+1} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ \vdots \\ d_{n-1} \\ d_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

写成矢量形式为,

$$A \cdot C = d \quad (8)$$

按矩阵变换法则, (8)式可改写为,

$$C = A^{-1} \cdot d \quad (9)$$

该模型很容易用Gauss-Seidal方法在计算机上求解, 计算出某重金属污染物在二维方向上的浓度分布。

按长江铜陵段模型计算中的具体精度要求, 绘制50个网格的水流平面图, 输入各网格内水文参数及某污染物不同排放速率参数, 最后由计算机输出各个网格内该污染物的平均浓度、及平均垂线流速的响应矩阵。这个源和目标之间某污染物浓度及水体流速的响应矩阵, 远比解析解中源和目标的单点响应结果精度高。原因是数值解能根据计算误差大小, 调整水流平面图中网格的大小, 而解析解只是将源和目标之间无规律变化的水文参数强行平均化。因此, 数值解不失为精度要求较高的水环境规划、水污染防治工作中的首选计算方法, 是科学化环境管理中的重要手段。

二、数值解在环境管理中的应用

数值解方法计算的优点是结果准确度高。然而, 在实际应用中亦有两点不足, 第一, 输入一个源强值、一组水文参数, 才能得到一组响应矩阵; 第二, 用某污染物在某一水体段面上的目标值, 来逆运算源强允许排放速率, 是很困难的。而环境管理部门关心的正是这两点。

为提高模型的计算精度, 同时便于环境管理人员应用, 本文对水质模型数值解方法作了合理的后加工。具体步骤如下。

(一) 排污口某污染物浓度、流量概率统计。长江铜陵段重金属主要排放口是狼尾湖排污口。因此, 首先对该排污口重金属的排放特征进行回顾分析。结果表明, 重金属砷、铜的排放浓度值变化较大, 而废水流量较恒定。所以, 将废水流量作为恒定值参数, 砷、铜浓度作为随机变量。其变化规律运用概率统计曲线表示, 结

果如图1所示。

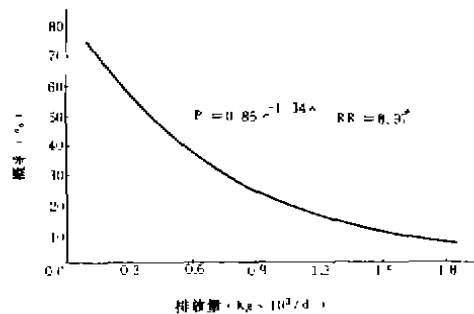


图1 不同概率下狼尾湖排污口的砷排放量

其概率P计算公式为,

$$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100\% \quad (10)$$

式中, P——大于或等于某浓度值的概率;

n——某污染物监测分析样本数;

m——大于或等于某浓度值的样本数。

(二) 根据重金属砷浓度的概率分布特征, 选择10%至90%概率浓度区间的数值, 作为模型计算中的源强参数; 不同保证率下的水体流量等, 作为水文参数。这些参数输入计算机后, 便可输出多组污染物浓度分布矩阵式。

由于矩阵式在环境管理中的应用较繁琐, 因此, 设法将其转换为两两相关或多因素相关回归方程式, 使数值解方法又具有解析解方便、适用的优点。例如, 选择狼尾湖排污口砷的排放量, 和其下游长江水体形成砷污染物浓度为0.05mg/l的污染带最大长度, 作为两两相关回归分析的变量, 运用19种曲线回归方程进行数据的拟合运算, 最终建立有意义的相关回归方程为,

1、若狼尾湖排污口由新洲洲尾排污, 则,

$$y = \frac{x}{-2.88x^2 + 5.34x + 0.603}, RR = 0.99 \quad (11)$$

式中, x——砷浓度为0.05mg/l污染带的最大长度, km;

y——狼尾湖排污口砷排放量, $kg \cdot 10^3/d$ 。

2、若狼尾湖排污口由新洲洲头排污, 则,

$$y = -2.84x^2 + 7.73x + 6 \cdot 10^{-3}, RR=0.95 \quad (12)$$

由(11)、(12)两式,可得出砷排放量与污染带长度的关系(图2)。

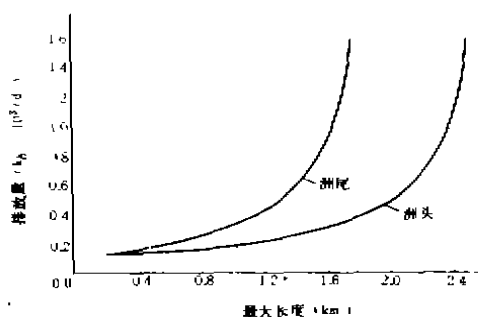


图2 砷排放量与污染带最大长度的关系

从图2可看出,污染带最大长度,和砷排放量呈正相关关系,而且递增速率变化很大,若环境管理部门设想在狼尾湖排污口下游一定距离处,划定为二类水质功能区界线,则可从图2中查出对应于这一距离的砷的允许排放量。所以,只要控制狼尾湖排污口砷的排放量小于允许

排放量,就能保证划定的二类水质功能区功能

三、结 语

在执行GB3838-88国家地面水质标准时,要求首先确定某水体的功能类别,再对该水域上游的废水排污口施行污染物的总量控制。若用解析解方程式来反推污染物允许排放量,精度过低,且不够严谨。以数值解后加工方法处理时,直观性强,相对误差小。

在环境管理部门具体应用过程中,还可以根据需要,建立其它因素间的相关回归方程式,如允许排污量和受体水体污染带面积或宽度间的回归方程式,允许排污量和受体水体流量间的回归方程式等。

参 考 文 献

- 1) 张书农,环境水力学,河海大学出版社,1988年
- 2) 冯子云等,水资源保护工作手册,河海大学出版社,1988年

(收稿日期:1990年2月13日)

沪上可望再闻鸟语啁啾

——“上海东部沿海地区鸟类资源及生态环境调查”课题通过评审

“上海东部沿海地区鸟类资源及生态环境调查”课题评审会于5月28日在上海自然博物馆举行。该科研项目是市环境保护局于1987年下达,由上海市野生动物保护协会承担的。复旦大学环资系、上海师范大学地理系及生物系、上海自然博物馆等单位的教师 and 科技人员,联合组成课题组,经过30个月的调查,如期完成了计划规定的各项任务,并取得了一些突破性的成果。第一,进一步完善了上海地区鸟类资源的调查。调查结果显示,上海地区的鸟类总计有429种及亚种,其中,黄腹山雀等7种系首次记录。在崇明岛东部滩涂发现了3000~3500只越冬小天鹅,是国内最大的小天鹅越冬种群。第二,掌握了崇明东部滩涂演替速率与越冬鸟类的分布规律,揭示了小天鹅、白鹳等珍禽与其觅食栖息等生境关系的内在联系。并由

此分析出发,作出预测:不论若干年后滩涂如何变化,小天鹅等珍禽总在海三棱藨草外带开阔发育的滩涂栖息越冬。第三,提出了“对崇明滩涂开发与保护越冬鸟类可以做到两不误”的新观点。根据泥沙沉积量、滩涂向外延伸的速度,以及滩涂潮间带及海三棱藨草向外延伸生长的速度,决定了开发利用的原则是:芦滩围垦速率不能超过泥沙淤积的淤替速率;鸟类开发利用的数量不超过每种鸟类种群的年增殖量。这样,既可有计划地开发滩涂,又不影响越冬鸟类的栖息。

鉴于崇明东部优越的自然条件和丰富的鸟类资源,与会专家呼吁:应尽快在此建立起鸟类自然保护区。这样,才能与全国乃至世界联成一个珍禽保护网,使上海进入国际保护鸟类的文明城市。

(樱 海)