

黄河兰州段污染物允许排放量的简明求法

史 复 有

(甘肃省环境保护研究所)

黄河从西至东横穿兰州市区,黄河兰州段长约 42 km. 为了计算该段水污染物允许排放量我们选取了适合黄河兰州段特点的数学模式进行计算,然后加以验证和必要的修正.

一、数学模式的选择及运用

我们选用文献 [1] 推荐的稀释模式计算该段的水污染物允许排放量. 稀释模式如下:

$$c = \frac{Qc_0 + qc_i}{Q + q}$$

式中: c 为污染断面污染物浓度, c_0 为污染物本底浓度, c_i 为旁侧流入污水中的污染物浓度, Q 为 90% 保证率最枯月平均河水流量, q 为旁侧流入的污水流量将上式变换,即得允许排放量计算公式:

$$w = qc_i = 0.0864 \times [c(Q + q) - c_0Q]$$

式中: w 为污染物允许排放量, c 为污染断面环境目标值.

上述稀释模式是假设污水能够被全部稀释. 实际上污水排入河流后,并不是立即能被全部稀释,而是自排出口往下,沿河岸逐渐向河心扩散,至一定距离后才能与河水完全混合,然而这种所谓的“完全混合”也是假设的. 河水愈深,流量愈大,这种完全混合也愈难达到. 因为能够发挥稀释作用的往往只是一定深度的水层,为此引入河水稀释利用系数 a . a 表示参与稀释的河水流量与全部河水流量之比. 稀释利用系数 a 可用下式求得 [2]:

$$a = \frac{1 - e^{-\alpha \cdot \sqrt{x}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\alpha \cdot \sqrt{x}}}$$

式中: x 为排污口至污染断面距离, α 为水力条件对混合过程影响系数, $\alpha = \varepsilon \cdot \varphi \cdot \sqrt{\frac{E}{q}}$, 式中 ε 为与污水排放方式有关的系数,岸边排放时 $\varepsilon = 1$; φ 为河床弯曲系数,等于污水排出口至下游污染断面之间河床长度与直线长度之比; E 为紊动扩散系数.

整个市区段一般有多多个排污口(黄河兰州市区段有 42 个较大排污口),每一个排污口到污染断面不一样,原则上要对每一排污口计算一次河水稀释利用系数,进而计算该排污口的允许排放量,然后把多个排污口的允许排放量排列起来,就得整个市区段的允许排放量. 这种计算方法需要多个排污口处河流断面水质资料,在大河上我们无法得到. 为此,我们可将整个市区段各排污口等效为一个排污口,求出这等效排污口处河水稀释利用系数,然后再利用市区段背景断面水质资料,来计算市区段的允许排放量.

对河流某市区段来说,一般可假定该河段诸水力学参数大体不变,各排污口引起的污染断面污染物浓度增值主要决定于该排污口的污水量以及它到污染断面距离. 等效排污口水量显然等于各排污口水量之和. 河水稀释利用系数 a 与 $\sqrt{x}$ 有关,因此可粗略用加权法(q_i 对 $\sqrt{x_i}$ 加权)估算等效排污口到污染断面的距离.

$$\begin{aligned} q_{\text{等}} \cdot \sqrt{x_{\text{等}}} &= \sum (q_i \cdot \sqrt{x_i}) \\ q_{\text{等}} &= \sum q_i \\ \sqrt{x_{\text{等}}} &= \frac{\sum (q_i \cdot \sqrt{x_i})}{q_{\text{等}}} \\ &= \frac{\sum (q_i \cdot \sqrt{x_i})}{\sum q_i} \end{aligned}$$

式中: q_i 为第 i 个排污口污水流量, x_i 为第 i 个排污口到污染断面距离, $q_{\text{等}}$ 为等效排污口污水流量, $x_{\text{等}}$ 为等效排污口到污染断面距离.

引用甘肃省环保所水室编写的“黄河兰州段水污染物排放标准研究”课题附件七《黄河兰州段水环境容量分析计算》(以下简称“容量分析计算”)一文中有关资料,求得黄河兰州市区段等效排污口河水稀释利用系数为 0.994.

引入河水稀释利用系数 a 后,稀释模式改写如下:

$$c = \frac{aQc_0 + q_{\text{等}} \cdot c_i}{aQ + q_{\text{等}}}$$

允许排放量计算公式为:

$$w = q_{\text{容}} c_0 = 0.0864 [c(aQ + q_{\text{容}}) - aQc_0]$$

引用“容量分析计算”一文资料,求得的黄河兰州市市区段允许排放量列于表 1。

表 1 黄河兰州段水污染物允许排放量 (t/d)

	BOD ₅	油	挥发酚	COD
环境目标为二级地表水	38.73	4.44	0.142	80.76
环境目标为三级地表水	103.23	10.89	0.304	145.26

二、允许排放量的验证

1. 验证方法

本文采用“两个无量纲系数比较验证法”,这种验证方法不仅能理顺污染物实际排放量、污染断面水质监测数据、环境目标值以及计算出的允许排放量等四个量之间关系,还可对计算出的允许排放量的保险程度作出半定量判断。具体作法是先求两个无量纲系数 $I_{\text{排}}$ 、 $I_{\text{浓}}$ 。

令

$$I_{\text{排}} = \frac{\text{实际排放量}}{\text{允许排放量}}$$

$$I_{\text{浓}} = \frac{\text{污染断面的浓度}}{\text{环境目标值}}$$

然后讨论这两个系数之间关系。

若 $I_{\text{排}} > I_{\text{浓}}$,说明选用的模式不能大体上反映污染物在河流中稀释、扩散、沉淀等诸变化过程。但对环境管理来说意味着当实际排放量等于允许排放量时,污染断面浓度不会超过目标值,计算出的允许排放量是保险的。 $I_{\text{排}}$ 比 $I_{\text{浓}}$ 大的越多,计算出的允许排放量越保险,但反过来也说明计算出的允许排放量偏低。在环境管理时,只要实际排放量不大于允许排放量,污染断面浓度不会超过目标值。

若 $I_{\text{排}} = I_{\text{浓}}$,说明选用的模式能大体上反映污染物在河流中稀释、扩散等变化过程,对环境管理来说当实际排放量等于允许排放量时,污染断面浓度等于目标值,计算出的允许排放量基本保险。在环境管理时,一定要确保实际排放量小于允许排放量,才能保证污染断面浓度不超过目标值。

若 $I_{\text{排}} < I_{\text{浓}}$,也说明选用的模式不能大体反映污染物在河流中稀释、扩散等变化过程,计算出的允许排放量偏大。对环境管理来说当实际排放量等于允许排放量时,污染断面浓度将超过目标值,计算出的允许排放量是不保险的,要重新计算。如模式计算

有困难,就得选择一个适当的实际排放量作为允许排放量进行环境管理。

2. 验证时所用的资料见表 2

表 2 验证有关数据一览表*

序号	内 容	BOD ₅	油	挥发酚	COD
1	入黄水污染物实际排放量 (t/d)	34.72	9.12	0.098	86.02
2	枯水期包兰桥水质数据 (ppm)	1.86	0.42	0.005	2.31
3	二级地表水标准 (ppm)	3	0.3	0.005	4
4	三级地表水标准 (ppm)	5	0.5	0.1	6

* 本表资料摘自“容量分析计算”一文,表中包兰桥断面系黄河兰州市市区段污染断面。

3. 验证结果

因为每一项污染物都计算出二个目标值的允许排放量,我们将根据包兰桥断面水质监测数据,对每一项污染物选择一个对环境管理意义大的进行验证。

(1) BOD₅ 因为包兰桥 BOD₅ 浓度小于二级地表水标准值,所以选择目标值为二级地表水的允许排放量进行验证。

$I_{\text{排}} = 90\%$, $I_{\text{浓}} = 62\%$, $I_{\text{排}} > I_{\text{浓}}$,计算出的允许排放量保险。

(2) 油 包兰桥油浓度小于三级地表水标准,大于二级地表水标准,所以选择目标为三级地表水的允许排放量进行验证。

$I_{\text{排}} = 84\%$, $I_{\text{浓}} = 84\%$, $I_{\text{排}} = I_{\text{浓}}$,计算出的允许排放量基本保险。环境管理时,一定要将油的排放量控制在允许排放量之内,才能保证枯水期包兰桥油浓度不超过三级地表水标准。

(3) 挥发酚 包兰桥挥发酚浓度接近二级地表水标准,所以选择目标为二级地表水的允许排放量进行验证。

$I_{\text{排}} = 69\%$, $I_{\text{浓}} = 100\%$, $I_{\text{排}} < I_{\text{浓}}$,说明计算出的允许排放量不保险,数值偏大,要进行修正。简单方法以实际排放量 0.098 t/d 作为允许排放量,新的允许排放量的 $I_{\text{排}} = 100\%$, $I_{\text{排}} = I_{\text{浓}}$,这就是说以 0.098 t/d 作为允许排放量基本保险。

(4) COD 包兰桥枯水期 COD 浓度小于二级地表水标准,所以选择目标为二级地表水的允许排放量进行验证。

$I_{\text{排}} = 106\%$, $I_{\text{浓}} = 58\%$, $I_{\text{排}} \gg I_{\text{浓}}$,说明计算出的允许排放量相当保险。

三、结 论

1. 河水稀释利用系数模式适用于黄河兰州市区段的水污染物允许排放量计算。

2. 本文采用的“两个无量纲系数比较验证法”可

表 3 黄河兰州市区段水污染物允许
排放量 (t/a)

	BOD ₅	油	挥发酚	COD
目标为二级地表水	14136	1620.6	35.77	29477
目标为三级地表水		3974.9		

对计算出的允许排放量保险程度作半定量判断,必要时还能对计算出的允许排放量作修正。

3. 本文提供的黄河兰州市区段水污染物允许排放量见表 3。

参 考 资 料

- [1] 国标 GB3839-83 《制订地方水污染物排放标准的技术原则与方法》。
- [2] 徐幼云等,环境卫生工作手册,21 页,人民卫生出版社,1983 年。

(收稿日期: 1987 年 7 月 2 日)

城市年废水量的灰色系统预测模型

高 长 云

(武汉市环境监测中心站)

邓 明

(武汉市环境保护研究所)

一、概 述

灰色系统(简称灰系, Grey Systems)理论自邓聚龙提出后,已经比较广泛地应用于各个领域。灰色系统在建模、控制、预测、决策、优化等方面的思路和方法都有其明显的优点。本文仅根据常用的灰系预测方法,试求探讨其在环境预测中的应用。

灰系预测主要是用灰色建模 GM(1, 1) 模型进行。预测方法包括: (1) 数列预测, (2) 灾变预测, (3) 季节灾变预测, (4) 拓扑预测, (5) 系统预测。常用的是数列预测。本文采用的是时间数据序列预测方法。

某一城市的年废水排放总量是一个综合性的环境统计指标。它既包括工业废水,也包括生活污水,并与当地的经济水平、技术水平、管理措施、人口数量和居民生活水平与习惯等诸多因素有关。要准确定量地描述这些因素与城市废水总量的相关模型是极其困难的。因此,城市废水排放系统是本质性灰色系统,废水排放总量是系统的灰色量。这样,对城市废水排放总量进行长期的动态预测,便是灰色系统预测的内容。我们根据某市 1981 年至 1985 年的年废水排放总量的时间数据序列,建立城市年废水量的灰系预测模型,并探讨其应用效果。全部计算用 BASIC 语言在 IBM PC-XT 微机运行。

二、灰系预测方法

灰色系统预测中的数列预测,是从给定的一组时间数据序列,通过灰系建模、关联度分析以及残差辨识等方法,对一组时序灰色量(原始数据)进行生成处理,使生成后的数据序列减少随机性,呈现出规律,从而对系统行为进行预测。数据生成方式包括“直接累加”、“移动平均”、“加权累加”和“自适应性累加”等。例如,对一组城市废水量时序数据,以 $x^{(0)}(i)$ 代表, $i = 1, 2, \dots, k$ (年)。这一组数据序列给出的是灰色信息,随机性强。通过对原始数据作 n 次累加生成运算后,总可以用线性动态模型来模拟,即:

n 次累加生成:

$$x^{(n)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(n-1)}(i), i = 1, 2, \dots, k. \quad (1)$$

通过生成处理,可以为建模提供中间信息,并弱化原始数据序列的随机性。然后采用灰色建模方法 GM(n, k),建立长期预测模型。为了简便,我们只采用一阶单变量线性动态模型 GM(1, 1),对原始数据一次累加生成处理,进行微分拟合建模。GM(1, 1)的一般形式为

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u \quad (2)$$