

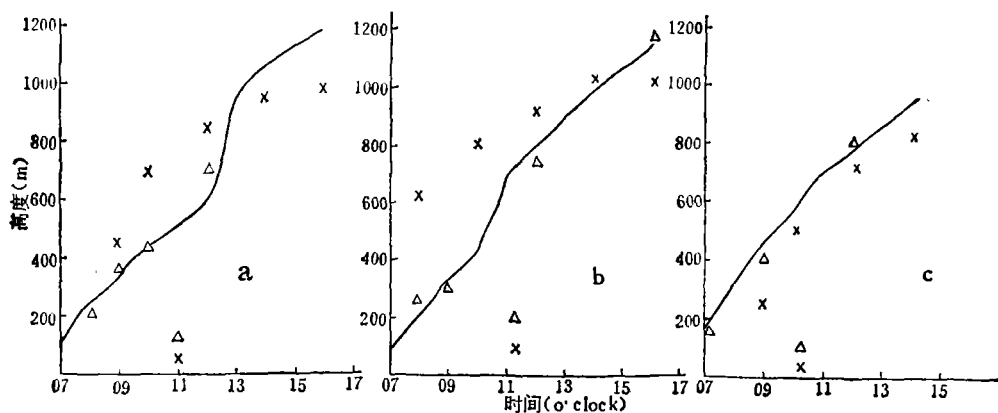


图 6 计算值与实测值比较

a——1981 年 7 月 11 日 b——1981 年 7 月 13 日 c——1981 年 7 月 16 日
实线为计算值 Δ 为实测值 $\times$ 为干绝热法

四、讨 论

城市地区热对流边界层的生成和发展规律,除可直接探测外,还可用理论计算的方法来确定热边界层高度。我们用简单的模式估算结果与实测结果吻合较好,此种方法值得进一步尝试。

用实测结果分析的稳定层的位温梯度 β_i 是 $0.0049^\circ\text{C}/\text{米}$,这与日本在东京测得结果是一致的。而下沉逆温的位温梯度 β_i 是 $0.01^\circ\text{C}/\text{米}$ 。

应用常通量层里的相似理论到 50 米高,计算的结果与试验探测结果是一致的,而且是应用方面可以接受的,与干绝热法比较,更

接近实测。但常通量层里湍流热通量的系统分类资料仍待进一步确定。

参 考 文 献

- [1] 中央气象局,应用气候和大气污染译文集,1975 年。
- [2] 北京大学地球物理系,污染气象学,1978 年。
- [3] Minoru Gamo et al., *J. Meteor. Sci. Jpn.*, **57**, 159(1979)。
- [4] 成都气象学校,气象观测,农业出版社,1962 年。
- [5] Tomio Asai et al., *J. Meteor. Sci. Jpn.*, **56**, 424 (1978)。
- [6] Deardoff, J. W., *Boundary-Layer Meteor.*, **7**, 81 (1974)。
- [7] 刘万军等,环境科学,1(4),1980 年。
- [8] Carlson, T. N. et al., *J. Appl. Meteor.*, **17**, 998(1978)。

大气污染物的时空分布规律及区域大气污染长期评价的探讨

王 路 光

(保定市环境保护局)

一、大气污染物的时空分布规律

区域大气污染长期评价的首要条件是确

定大气污染物的时空分布规律。

我们将 24 小时等间距划分为 M 个时段,

本文曾得到万国江先生的指教,谨此致谢。

以 ξ_{ik} 表示污染物 i 在第 k 个时段的检测值。显然, ξ_{ik} 是随机变量, ξ_{ik} 的观察值即实测值 C_{ik} 。

将某监测点某日污染物 i 在 M 个时段的检测值 $\xi_{i1}, \xi_{i2}, \dots, \xi_{iM}$ 的算术平均值称为点日值,记为 ζ_i ,即

$$\zeta_i = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M \xi_{ik} \quad (1-1)$$

假定点日值 ζ_i 服从中心极限定理,即当 $M \rightarrow \infty$ 时, ζ_i 渐近地服从正态分布 $N(a_i, \sigma_i^2)^{[1]}$ 。其中 a_i, σ_i^2 表示 ζ_i 的数学期望与方差。由统计学可知,联合等效浓度 η (η 的观察值为 u)将渐近地服从正态分布 $N(a, \sigma)$ 。其中 a, σ^2 表示 η 的数学期望与方差。 a, σ^2 由

$$a = b_0 + \sum_{i=1}^4 b_i a_i \quad (1-2)$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^4 b_i^2 \sigma_i^2 \quad (1-3)$$

确定, b_0, b_i 的意义见式(3)*。

总体分布的数字特征是未知的。在应用上,一般代以相应的无偏估计量。由评价区域在评价时期的污染物 i 检测值 ξ_{ik} 和式(1-1),可得子样 $\zeta_{i1}, \zeta_{i2}, \dots, \zeta_{iN}$,则 $a_i, \sigma_i^2, a, \sigma^2$ 的无偏估计量 $\hat{a}_i, \hat{\sigma}_i^2, \hat{a}, \hat{\sigma}^2$ 可由

$$\hat{a}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \zeta_{ij} \quad (1-4)$$

$$\hat{\sigma}_i^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (\zeta_{ij} - \hat{a}_i)^2 \quad (1-5)$$

$$\hat{a} = b_0 + \sum_{i=1}^4 b_i \hat{a}_i \quad (1-6)$$

$$\hat{\sigma}^2 = \sum_{i=1}^4 b_i^2 \hat{\sigma}_i^2 \quad (1-7)$$

确定。具体计算时,将 ζ_{ik}, ζ_{ij} 代以相应的观察值 C_{ik}, C_{ij} 即可。

二、区域大气污染长期评价

大气污染是污染物以低浓度、非均匀、

持续不断、联合作用于人体的过程。所谓非均匀,是指污染物的接触浓度时有所变。在污染物非均匀作用下,人体状态相应地在功能障碍与功能恢复之间摆动,即若环境致病因素继续或增强作用,则人体向功能障碍的方向发展;若环境致病因素停止或减弱作用,则人体向功能恢复的方向发展^[2]。

假定人体每日均恢复到正常状态。我们以监测点大气的日质量等级 COSPI 为评价的基本单位,以年为评价时期。若记 COSPI 为质量等级 X 的观察值,显然,评价区域在评价时期的大气质量等级是监测点大气日质量等级 X 的数学期望,即

$$E(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} \text{COSPI} \cdot f(u) du \quad (2-1)$$

其中 $f(u)$ 是联合等效浓度 η 的密度函数。将式(1)*代入式(2-1),整理得

$$E(X) = \sum_{g=1}^5 \int_{-\infty}^{+\infty} \mu_g(u) f(u) du \quad (2-2)$$

设 $\underline{A}$ 表示评价区域在评价时期的大气环境。我们称积分 $\int_{-\infty}^{+\infty} \mu_g(u) f(u) du$ 为 $\underline{A}$ 的隶属概率,记为 M_{qg} ,即

$$M_{qg} = \int_{-\infty}^{+\infty} \mu_g(u) f(u) du \quad (2-3)$$

实质上, M_{qg} 是 μ_g 的数学期望。它表示集 $\underline{A}$ 隶属于集 $\underline{C}_{ig}$ 的程度,或者说,集 $\underline{A}$ 具有子集属性 P_g 的程度。

将式(4)*代入式(2-3),则

$$M_{qg} = \int_{C_g}^{+\infty} f(u) du \quad (2-4)$$

其中 C_g 是 $\mu_g(u)$ 定义区间的分界点。显然,式(2-4)还可表示为

$$M_{qg} = P(X \geq g) \quad (2-5)$$

即 M_{qg} 的环境意义是监测点大气日质量等级 X 大于或等于 g 这一事件出现的概率。

综上所述,大气环境中 $\underline{A}$ 的质量等级 $E(X)$ 等于 $\underline{A}$ 的隶属概率 M_{qg} 之和,即

$$E(X) = \sum_{g=1}^5 M_{qg} \quad (2-6)$$

式(2-4)中的被积函数 $f(u)$ 是未知的, 在应用上, 一般代以正态密度函数, 我们将此积分记为 M_g , 即

$$M_g = \int_{c_g}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(u-a)^2/2\sigma^2} du \quad (2-7)$$

式中 a 、 σ 的意义如前所述。显然, $M_1 < 1$, 而实际上, $P(X \geq 1) = 1$, 所以考虑用 M_1 修正 M_g , 使得

$$\frac{M_g}{M_1} = P(X \geq 1) \quad (2-8)$$

将式(2-8)代入式(2-5), 则

$$M_{qg} = \frac{M_g}{M_1} \quad (2-9)$$

当 u 的离散程度较小时, $M_1 \doteq 1$, 则上式可近似为

$$M_{qg} \doteq M_g \quad (2-10)$$

大气环境 $\tilde{A}$ 的质量 AEQ_q 由

$$AEQ_q = \sum_{g=1}^5 M_{qg} P_g \quad (2-11)$$

和子集属性表*中 $t \rightarrow \infty$ 栏的文字给予判断。在表述 AEQ_q 时, 可以只列举出子集属性 P_h 和 P_{h+1} 。

三、区域大气污染长期动态评介

大气质量是个相对概念, 它与人体的代谢解毒能力有着密切的关系。同一物质构成的大气对于不同的人群或在不同的时期, 其质量等级不一定相同。

假定有三种大气状态, 其中状态 1、3 的物质构成相同, 状态 2 的污染物含量均高于状态 1、3。当大气由状态 1 经状态 2 到达状态 3 时, 因经状态 2 后人体的代谢解毒能力受到某种程度的损伤, 故状态 3 的质量等级与状态 1 不一定相同。这说明大气质量等级不是状态函数, 而是一个与过程有关的物理量。

对浓度等级 $g(g = 2, 3, 4, 5)$, 由代谢

解毒能力正常的人群做 F-C 实验, 得到反应率曲线 $G(G = 2, 3, 4, 5)$ 。然后, 由该人群再次对浓度等级 g 做 F-C 实验, 得到反应率曲线 $G'(G' = 2', 3', 4', 5')$ 。由于第二次实验时, 人体的代谢解毒能力已受损伤, 所以, 曲线 G' 与 G 不相重合, 且在 G 的左边(见图 1)。曲线 G' 与 G 之间的宽度由左至右依次增大, 表明污染物浓度越高, 人体的代谢解毒能力损伤越重。

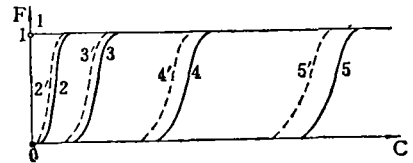


图 1

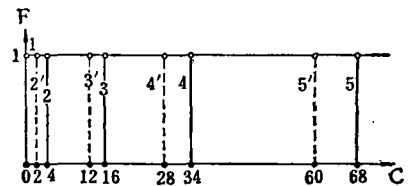


图 2

对实验数据按普通集处理, 我们得到 CO 的隶属函数 μ_g' , μ_g 和 F-C 图(见图 2)。其中 μ_g 即式(4)*。

$$\left. \begin{aligned} \mu_1' &= \begin{cases} 1 & (0, \infty) \\ 0 & 0 \end{cases} \\ \mu_2' &= \begin{cases} 1 & (2, \infty) \\ 0 & [0, 2] \end{cases} \\ \mu_3' &= \begin{cases} 1 & (12, \infty) \\ 0 & [0, 12] \end{cases} \\ \mu_4' &= \begin{cases} 1 & (28, \infty) \\ 0 & [0, 28] \end{cases} \\ \mu_5' &= \begin{cases} 1 & (60, \infty) \\ 0 & [0, 60] \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (3-1)$$

我们将式(1)*称为静态评价模式。以 $COSPI_q$ 表示静态评价的质量等级, 则

* 见王路光《用于评价大气质量的碳氧标准污染指数》一文。

$$\text{COSPI}_q = \sum_{g=1}^5 \mu_g(u) \quad (3-2)$$

静态评价假定人体的代谢解毒能力始终保持在正常水平,质量等级 COSPI_q 由大气环境的现状唯一确定。动态评价则认为人体的代谢解毒能力在正常水平上波动,质量等级 COSPI_m 取决于大气环境的历史和现状。 COSPI_m 表示动态评价的质量等级。动态评价模式为:

$$\text{COSPI}_m = \text{COSPI}_q + \delta \quad (3-3)$$

$$\delta = \begin{cases} 1 & \text{COSPI}_y - \text{COSPI}_q \geq 1, \\ & \text{且 } C_{g'} < u \leq C_g \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

其中 COSPI_y 表示监测点昨天的大气质量等级, $C_{g'}$, C_g 分别表示 $\mu_{g'}$, μ_g 定义区间的分界点。

设 COSPI_m 表示质量等级 Y 的观察值,按静态评价模式 (2-6) 的推导方法,可得动态评价模式

$$E(Y) = \sum_{g=1}^5 M_{mg} \quad (3-4)$$

其中数学期望 $E(Y)$ 表示大气环境 $\tilde{A}$ 的动态质量等级, M_{mg} 表示 $\tilde{A}$ 的动态隶属概率。

M_{mg} 的环境意义与 M_{qg} 相同,即

$$M_{mg} = P(Y \geq g) \quad (3-5)$$

相应地,可称 $E(X)$, M_{qg} 为 $\tilde{A}$ 的静态质量等级和静态隶属概率。

M_{mg} 由下列公式确定

$$M_{mg} = \frac{\bar{M}_g}{\bar{M}_1} \quad (3-6)$$

$$\bar{M}_g = M_g(1 + M_{g'} - M_g) \quad (3-7)$$

$$M_{g'} = \int_{C_{g'}}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(u-a)^2/2\sigma^2} du \quad (3-8)$$

在图 2 中,曲线 $1'$ 与 1 是重合的,即 $C_{1'} = C_1$, 所以, $M_{1'} = M_1$ 。将式 (3-7) 代入 (3-6) 并注意到 $\bar{M}_1 = M_1$, 则

$$M_{mg} = \frac{M_g}{M_1} (1 + M_{g'} - M_g) \quad (3-9)$$

代入式 (2-9), 则

$$M_{mg} = M_{qg} (1 + M_{g'} - M_g) \quad (3-10)$$

当 u 的离散程度较小时,式 (3-9) 可近似为

$$M_{mg} = M_g (1 + M_{g'} - M_g) \quad (3-11)$$

对于任意两相应分界点 $C_{g'}$ 和 C_g , 有 $C_{g'} < C_g$, 所以, $M_{g'} > M_g$ 。显然

$$\begin{aligned} M_{mg} &> M_{qg} \\ E(Y) &> E(X) \end{aligned}$$

即 $\tilde{A}$ 的动态隶属概率和质量等级大于静态隶属概率和质量等级。

大气环境 $\tilde{A}$ 的质量 AEQ_m 由

$$\text{AEQ}_m = \sum_{g=1}^5 M_{mg} P_g \quad (3-12)$$

和子集属性表中 $t \rightarrow \infty$ 栏的文字给予判断。表述方法同静态评价。

例 已知联合等效浓度 η 近似服从正态分布 $N(14, 6)$, 求 AEQ_q 、 AEQ_m 。

解

(1) 按式 (2-7)、(3-8) 计算 M_g 、 $M_{g'}$ 。

$M_1 = 0.9901$, $M_2 = 0.9525$, $M_3 = 0.3707$,

$M_4 = 0.0004$, $M_5 = 0$ 。

$M_{1'} = 0.9901$, $M_{2'} = 0.9772$,

$M_{3'} = 0.6293$, $M_{4'} = 0.0099$,

$M_{5'} = 0$

(2) 按式 (2-9)、(3-10) 计算 M_{qg} ,

M_{mg} 。

$M_{q1} = 1$, $M_{q2} = 0.96$, $M_{q3} = 0.37$,

$M_{q4} = 0$, $M_{q5} = 0$, $M_{m1} = 1$, $M_{m2} = 0.98$,

$M_{m3} = 0.47$, $M_{m4} = 0$, $M_{m5} = 0$

(3) 按式 (2-6)、(3-4) 计算 $E(X)$, $E(Y)$ 。

$E(X) = 2.33$, $h = 2$ 。

$E(Y) = 2.45$, $h = 2$

(4) 按式 (2-11)、(3-12) 及子集属性表得 AEQ_q , AEQ_m

$$AEQ_0 = P_1 + 0.96P_2 + 0.37P_3$$

AEQ_0 : 约 96% 的人判断能力下降; 37% 的人体质虚弱。

$$AEQ_m = P_1 + 0.98P_2 + 0.47P_3$$

AEQ_m : 约 98% 的人判断能力下降; 47% 的人体质虚弱。

四、结 论

区域大气污染长期评价, 关键在于确定污染物的时空分布规律。在第一节, 我们给出了计算式 (1-4)、(1-5), 并以日均浓度为输入数据。前已述及, 大气污染是污染物非均匀作用于人体的过程。在此, 我们强调了两点: 一是“非均匀”。污染物并非以恒值作用于人体, 它不仅有日变化, 而且有年变

化、输入数据代表的时间越小, 就越能反映实际污染。二是“过程”, 污染物对人体的危害需要一定的作用时间。即使一个体质虚弱的人, 也能在较短的时间内忍受较高浓度污染物的侵害^[1]。因此, 输入数据代表的时间过小, 无法确定污染物浓度与环境效应的关系。采用日均浓度为输入数据, 既能反映实际污染状况, 又便于确定污染物浓度与环境效应的关系。

参 考 文 献

- [1] 中山大学数学力学系, 概率论与数理统计, 人民教育出版社, 1981 年。
- [2] 中国环境科学学会环境教育委员会, 环境保护概论, 1980 年。
- [3] 上海第一医学院卫生系, 工业毒理学, 上海人民出版社, 1976 年。

采用流态化床电极处理镀铜废水

尤彩真 林秋其 薛建军

(南京航空学院化学教研室)

采用流态化床电极处理和回收金属表面处理废水中的铜^[1], 一般是将含铜为 20 ppm 左右的漂洗水, 加入少量的导电盐, 然后通入流态化床的电解槽进行电解处理。近来金属表面处理工艺趋于采用逆流漂洗, 镀件从镀槽中带出的 Cu^{2+} 绝大部份富集在第一道漂洗水中。如果采取电解处理第一道漂洗水, 既可回收其中的 Cu^{2+} , 漂洗水又可重复使用, 那么处理水量必定大为减少, 而 Cu^{2+} 浓度相应地增大, 显然是更为可取。本文是采用流态化床电极^[1,2,3]处理酸性镀铜第一道漂洗水的结果。

一、电 解 槽

电解槽为内径 55 毫米、高 1500 毫米的有机玻璃管状电解槽 (见图 1)。槽底为两层

尼龙筛网组成的多孔板夹层分布器。电解槽

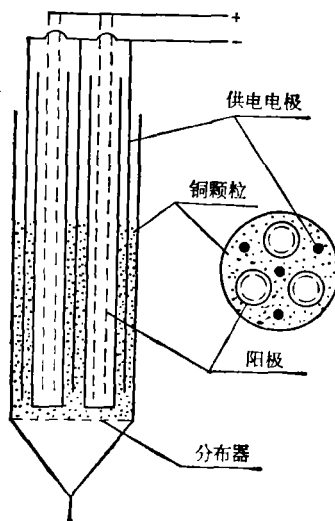


图 1 电解槽