



对几种大气环境预测方法的评估

程 水 源

(河北轻化工学院环境工程系)

摘要 本文根据石家庄市的常规气象资料和混合层高度,用不同的计算模式和计算方法对本市特征污染因子 SO_2 的长期平均浓度进行计算,把计算结果与实测浓度比较并进行误差分析,对每种计算方法进行评价,最后讨论了各种计算方法的特点及在城市大气环境预测中的实用性。

关键词 高斯模式;箱式模式;大气稳定度;混合层高度;积分均值法; t 检验法。

城市大气环境预测方法有许多种,每种都有各自的特点和适应条件,本文用三种方法分别对石家庄市特征污染物 SO_2 在环境中的浓度进行计算,结合实测值对各种方法的特点进行分析和评价。

一、大气污染浓度的几种计算方法

(一) 箱式模式计算法

箱式模式常用于城市下垫面和封闭地形条件下的大气污染物浓度的预测,它主要考虑了热力因子和动力因子的影响。假定整个城市在混合层以下的气层中污染物混合均匀,污染源定常,且沿城市市场区长度方向的平均风速不随时间变化,也不计扩散物质的化学变化,其表达式为:

$$\bar{c}_i = \frac{Q_{\text{面}} \cdot s}{D \bar{u}} \quad (1)$$

式中, $\bar{c}_i$ 为大气污染物平均浓度 (mg/m^3), $Q_{\text{面}}$ 为市区面源平均源强 ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$), D 为平均混合层高度 (m)^[2], s 为城市市场区长度 (m), $\bar{u}$ 为混合层高度内平均风速 (m/s)。

(二) 根据风速、大气稳定度联合频率及混合层高度用箱式模式计算

1. 风速、大气稳定度联合频率及混合层高度

为计算长期平均浓度及全面了解石家庄市气象概况,本文收集了 1983 至 1989 年春、夏、秋、冬四个代表月常规气象资料及大郭村飞机场 1984 至 1988 五年四个代表月的探空资料。按照 GB3840-83 中修订的帕斯奎尔稳定度分类法,以不同的风速段确定每次气象资料的稳定度,并统计各类稳定度条件下的时间频率。春、夏、秋、冬及全年的联合频率见表 1。

本文采用 07 时探空资料及每天最高、最低气温在绝热图上作图的方法确定诸天的“日最大混合层高度”和“日最低混合层高度”^[2]。然后对每天的混合层高度按对应的大气稳定度进行统计,个别稳定度条件下没有出现的混合层高度按内插或外推法求得。表 2 给出统计的各类稳定度所对应的最大、最低混合层高度平均值。

2. 计算模式的应用

为使计算结果更好地代表长期平均浓度并能符合实际,本方法用箱式模式在风速、大气稳定度联合频率及各类大气稳定度所对应混合层高度的基础上进行计算,其计算形式如下:

$$\bar{c}_i = \sum \sum \frac{Q_{\text{面}} \cdot s}{D_i \cdot u_i} \cdot f(i \cdot j) \quad (2)$$

式中, $\bar{c}_i$ 为长期平均浓度, D_i 为平均混合层高度(随大气稳定度变化), u_i 为混合层高度内平均风速, i, j 分别为风速和大气稳定度的分级, $f(i \cdot j)$ 为各风速段不同大气稳定度条件下的时间频率,其中,当 $D \leq 150\text{m}$ 时, $u_i = u_{10} \cdot \frac{1}{D} \int_0^{150} \left(\frac{h}{10}\right) dh$; 当 $D > 150\text{m}$ 时, $u_i = u_{10} \cdot 15^p$, u_{10} 为距地面 10m 处风速, p 为风速高度指数(取 0.25)。 $Q_{\text{面}} = Q_{\text{点}}/(s \cdot \omega)$, $Q_{\text{点}}$ 为 1985 至 1989 年石家庄市 SO_2 排放所统计的平均源强 (mg/s), ω 为城市市场区宽度 (m), (其它符号同前)。

(三) 用积分均值法修正的高斯模式和箱式模式计算法

考虑到城市大气污染源不仅有源强较大、排放口较高的点源,也有一些低矮、源强较弱的面源,根据这一特点,在大气污染预测时就要对点源和面源

表 1 风速、大气稳定度联合频率

风 速 (m/s)	季节 频率 (%) 稳定度	春	夏	秋	冬	年
<1.0	A—B	0.24	2.61	2.60	0	1.36
	B	1.84	8.15	7.08	4.10	5.29
	B—C	0	0	0	0	0
	C	0	0	0	0	0
	C—D	0	0	0	0	0
	D	4.26	16.43	9.37	8.66	9.68
	E	11.62	8.03	15.07	15.16	12.47
1.0—2.0	F	9.73	8.90	16.28	19.13	13.51
	A—B	0.12	0.90	2.81	0	0.96
	B	0.86	5.13	5.69	5.42	4.28
	B—C	0	0	0	0	0
	C	0.81	3.54	1.79	2.15	2.07
	C—D	0	0	0	0	0
	D	11.17	10.56	7.11	3.46	8.08
2.1—3.0	E	8.73	7.30	7.95	8.97	8.24
	F	7.10	5.01	10.72	12.60	8.86
	A—B	0	0	0	0	0
	B	0	0.60	1.16	0	0.44
	B—C	0.24	0.90	2.66	0	0.95
	C	2.28	2.39	1.26	5.19	2.78
	C—D	0	0	0.09	0	0.02
3.1—4.0	D	8.88	4.29	0.47	2.86	4.13
	E	4.67	2.00	1.65	3.00	2.83
	F	2.71	1.00	0.76	2.36	1.71
	A—B	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0
	B—C	0.60	1.50	1.45	0	0.89
	C	2.31	1.31	0.27	1.03	1.23
>4.0	C—D	0	0	0	0.11	0.03
	D	5.12	2.21	1.06	1.03	2.36
	E	2.81	0.50	0.08	0.92	1.08
	F	0	0	1.47	0.21	0.42
	A—B	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0
	B—C	0	0.20	0.49	0	0.17
>4.0	C	1.00	2.11	0.07	0.63	0.95
	C—D	0.60	0.20	0.69	0	0.37
	D	10.93	4.03	0.77	3.37	4.78
	E	0.71	0.20	0	0.21	0.28
	F	0	0	0	0.11	0.03

表 2 混合层高度 (m)

稳定度	A—B	B	B—C	C	C—D	D	E	F
混合层高度								
平均混合层高度	805	755	720	675	645	600	495	405

分别考虑。本方法讨论了用积分均值法修正的高斯模式和箱式模式分别对点源和面源的计算。

1. 高架点源和面源

据污染源统计资料,石家庄市 SO_2 主要是燃煤排出的,其中排放口高度低于 35 m 面源的排放量占 45.8%,大于 35 m 的点源排放量占 54.2%。据 GB 3840-83 对烟云抬升估算的结果表明,大于 35 m 小于 50 m 烟囱的烟云抬升高度在 1.2 至 27.7 m 之间,大于 50 m 烟囱的烟云抬升变化较大,石家庄热电厂的几个烟囱的烟云抬升高度在 117.6 至 183.8 m 之间,其他一些烟囱的烟云抬升在 4.4 至 29.6 m 之间。按有效源高可把高架点源分成三个级别(60、85、220 m)。

2. 高斯模式、箱式模式的应用

高架点源 16 方位长期平均浓度计算公式为:

$$c_{\text{点}} = \sum_{N=1}^i \sum_{j=1}^5 \sum_{l=1}^8 \left(\frac{2}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}} \frac{Q_N}{\pi u x \sigma_z} \exp\left[-\frac{H_N^2}{2\sigma_z^2}\right] \times [f(i \cdot j)/16] \quad (3)$$

式中, $c_{\text{点}}$ 为 16 方位的平均浓度, u 为烟云出口处的平均风速, x 为距点源的距离, H_N 为有效源高, Q_N 为不同有效源高所排放的源强, σ_z 为铅垂方向扩散参数 (m) [随大气稳定度和距离变化,见 GB3840-83]。

由于计算的是市区任意一点长期平均浓度,对 (3) 式应进行修正,必须对市区杂乱无章、无规律分布的点源做以下处理,本文假设在市中心存在一个虚拟点源,并假设市区所有的点源污染物排放均由此虚拟点源排出,并用 (3) 式计算浓度分布,然后用积分均值法求出浓度的平均值,即:

$$\bar{c}_{\text{点}} = \frac{1}{L} \int_0^L \sum_{N=1}^i \sum_{j=1}^5 \sum_{l=1}^8 \left(\frac{2}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}} \frac{Q_N}{\pi u x \sigma_z} \times \exp\left[-\frac{H_N^2}{2\sigma_z^2}\right] [f(i \cdot j)/16] dx \quad (4)$$

式中, $\bar{c}_{\text{点}}$ 为市区任意一点长期平均浓度, L 为高架点源距市中心的平均距离 (取 6000 m), 对 (4) 式用图解(或近似解)法可求得市区任意一点的平均浓度。

对低于 35 m 污染源排出的源强可用 (2) 式计算出面源在市区任意一点的平均浓度分布。把由面源和点源所计算的浓度相加,便得到由本方法所计算的结果,即:

$$\bar{c}_s = \bar{c}_{\text{点}} + \bar{c}_{\text{面}}$$

$\bar{c}_s$ 为方法三计算出的市区任意一点的平均浓度, $\bar{c}_{\text{面}}$ 为方法二对低于 35 m 烟囱的排放源强计算出的平均浓度。

二、误差分析

表 3 给出监测浓度与计算浓度的差。本文用绝对误差、相对误差及 t 检验法来判断各种计算方法所产生的误差。

$$\text{绝对误差: } \bar{q} = \sum_{i=1}^5 |x_i - y_i|/5$$

$\bar{q}$ 为平均绝对误差, x_i 为季监测平均浓度, y_i 为季计算平均浓度。

$$\text{相对误差: } \varphi = \frac{\bar{q}}{\bar{x}} \times 100\%$$

φ 为平均相对误差(%),

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^5 (x_i/5)$$

t 检验(双因素对比试验结果的 t 检验法):

$$t = \frac{\bar{d}}{s/\sqrt{n}}$$

$$\text{其中, } \bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n-1}}$$

n 为所取数据组数(取 5), d_i 为某季的实测值与计算值之差。

表 4 给出误差分析结果。据 $t_{0.05}$ 检验表,当 $f = 5 - 1 = 4$ 查 t 分布表得临界值: $t_{0.05,4} = 2.78$, 和所计算的 t_i 比较 $t_{0.05,4} > t_i$, 则说明每种方法的计算值和监测值没有产生系统误差。把以上三种计算方法相比较,产生的误差是,方法三小于方法二,方法二小于方法一。

三、讨 论

本文用三种大气环境预测方法对石家庄市 SO_2 的长期平均浓度进行估算,据 t 检验结果可知,每种方法的计算值和实测值均不存在系统误差,因而,验

证了每种方法在城市及经济开发区对大气环境预测的实用性。根据以上计算,就每种计算方法的特点作一下说明。

方法一用单箱模式直接计算,方法简单、计算方便,物理意义直观。但此法没有考虑各种气象条件的联合频率及静风的影响,计算结果偏低,也没有考虑高架点源的影响。

表 3 ($c_{测} - \bar{c}_{计}$) 结果 (mg/m^3)

项目 \ 季节	春	夏	秋	冬	年
$c_{测} - \bar{c}_1$	0.064	-0.040	0.020	0.185	0.058
$c_{测} - \bar{c}_2$	0.030	-0.059	-0.010	0.123	0.022
$c_{测} - \bar{c}_3$	0.016	-0.071	-0.020	0.107	0.009

表 4 误差分析结果

项目 \ 方法	方法一	方法二	方法三
s	1.56	0.71	0.37
$\bar{d}$	0.073	0.049	0.045
φ	30.8	20.7	19.0

方法二在计算时考虑到了各种气象条件的污染

物浓度分布及静风的影响,能较好地反映出长期平均浓度这一概念。但此法和方法一一样仍没满足模式要求的污染源定常这一条件。

方法三既考虑到了点源和面源的影响,也考虑了各种气象条件下的联合频率分布。用本方法计算,原理严格,物理意义直观,从计算结果来看,产生的误差较小,是较理想的计算方法。但此法比较复杂,须详细调查污染源特征、高度及排放规律,所需的工作量较大。

本文所讨论的三种计算方法均没有考虑到植物净化、贴地逆温、降雨清洗等因素的影响,这些因素均会给计算结果带来偏差。由于客观环境是一个非常复杂的系统,在目前,任何计算模式和计算方法都不能把所有的影响因素都反映出来,对一些问题还需要进一步的认识。

参 考 文 献

- [1] 李宗恺等,空气污染气象学原理及应用,第171, 569—571页,气象出版社,北京,1985年。
- [2] 程水源等,环境科学丛刊,11(1,2),54,44(1990)。
- [3] 邓勃,数理统计方法在分析测试中的应用,第78—80,289页,化学工业出版社,北京,1984年。

(收稿日期:1990年7月2日)

水田植物营养素的流失与控制措施

吴 炳 方

(中国科学院地理研究所)
(国家计委)

摘要 从水田流走的植物营养素在农业面源污染负荷中占主要部分,关于它们流失方式的分析是寻求适当的控制措施减少污染负荷的前提。水田植物营养素的流失途径是降雨径流和灌溉回归水,其浓度与土壤类型、作物状态和施肥等因素有关,控制它的最佳途径是改进耕作制度。

关键词 水田;植物营养素;控制措施。

农业面源污染是最主要的面污染源,由它排放的各种污染物中,植物营养素(悬浮物、氮、磷)在一定的环境条件下将引起水体的富营养化现象;另一方面也降低土壤(农田)的生产潜力,其流失负荷与当地利用类型等因素有很密切的关系。在我国,水田面积占耕地面积的26.18%,而在南方占到70.19%。由水田排放的污染物(包括植物营养素)在农业面源污染负荷中占有非常重要的地位,因此了解它们的排放方式对掌握其控制措施有重要的意

义。本文以鄱阳湖区的水田为采样点,分析南方双季稻水田的植物营养素的流失方式并提出相应的控制措施。

一、水田植物营养素的流失方式

水田植物营养素的流失途径有两种:降雨引起的径流和灌溉回归水。水田常年贮水,土壤含水量处于饱和状态,田间持水量不仅包括土壤田间持水量,还包括水田允许水深(取决于水田排水堰高度),

Key Words: anaerobic biological treatment, wastewater containing sulfate, sulfate-reducing bacteria.

Activity Level and Distribution of ^{137}Cs in Ground Surface of Anhui Province. Zhang Qin-wen, Lin Chao, Chen Ying-qiang, Tan Fu-wen (Changsha Uranium Geological Research Institute, Changsha): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(2), 1991, pp. 72—74

The sampling points were distributed evenly all over Anhui Province where 222 samples of surface soil were collected and their activities of ^{137}Cs determined. The results showed that an average activity of ^{137}Cs is 5.56 Bq/kg in the province. The activity levels in southern mountainous areas are higher than those in northern plain. Its high value belt runs basically from northwest to southeast. It tends to be higher along both sides of the mountains.

Key Words: cesium-137, activity level, ground surface.

Quantitation of Pollutant Transfer by Farmland Runoff in Fuling Area. Chen Xi-ping, Huang Shi-da (Sichuan Provincial Research & Monitoring Institute of Environmental Protection, Chengdu): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(3), 1991, pp. 75—79

By taking rainfall-runoff-pollutants as a system, the overall situation of pollutant loss of surface runoff in the Fuling mountainous area has been studied. Based on modelling and quantifying pollutants run off in the sub-areas, the predictive equations of five pollutants washed away in Fuling area are established by extrapolation. The results of quantitative calculation show that the moduli of annual pollutant loss in the area are as follows. BOD_5 1666kg/km², SS 188810 kg/km², COD 3216kg/km², total nitrogen 1145kg/km² and total phosphorus 117kg/km².

Key Words: quantitation of pollutant transfer, runoff, farmland, predictive equation.

Application of Sedimentological Principle to Appraisal of Heavy Metal Pollution and Potential Ecological Risk in the Affluents of the Taizihe River, Northeast China. Jia Zhengbang et al. (Department of Geography, Peking University, Beijing); Huan Ya-yu et al. (Anshan Municipal Research Institute of Environmental Protection): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(2), 1991, pp. 79—84.

Based on the principle of sedimentology and the

environmental behavior characteristics of heavy metals, this paper reports heavy metal pollution in the main affluents of the main affluents of the Taizihe River, namely, the Nanshahe River, Yunlianghe River and Yangliuhe River in Liaoning Province. In the research, the potential ecological risk index presented by Lars Hakanson of Upsala Water Quality Laboratory, Swedish National Environmental Protection Board, was first applied to assess potential ecological impact of heavy metals in China. This research reveals that industrial sulphuric acid contains fairly high content of mercury, which may be an important source of water pollution. So this source must be taken into account for further study on water pollution.

Key Words: water pollution, sedimentology, heavy metals, ecological risk index.

Appraisal on Several Forecasting Methods of Atmospheric Environment. Cheng Shui-yuan (Department of Environmental Engineering, Hebei Institute of Light Industry and Chemical Engineering, Shijiazhuang): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(3), 1991, pp. 85—87

In this paper, the average concentrations of SO_2 which is typical pollutant in the atmosphere for a longtime, have been calculated with different diffusion models and methods acting to routine meteorologic data in Shijiazhuang City and the height of mixing layer over the city. By comparing calculated values of the concentrations with monitored air concentrations, their errors were analyzed and every kinds of calculating methods were appraised. Finally the characteristics and feasibility of these calculating methods in forecasting atmospheric environment have also been discussed.

Key Words: Gaussian diffusion models, box diffusion models, integral average quantity method T check method.

Botanical Nutrients Running off from Paddy Fields and the Suitable Control Measures. Wu Bing-fang (Institute of Geography, Academia Sinica, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(3), 1991, pp. 88—91

The botanical nutrients running off from paddy fields occupy a dominant part in the agricultural non-point pollution loading. The analysis of running ways is the key to suitable control measures for reducing botanical nutrient loss from paddy fields. The ways of nutrient loss are rainfall run-off and irrigating return-flow, and the nutrient concentrations are dependent on soil types, crop growing and fertilizing etc. The best way for controlling the loss is to improve the methods of cultivation.

Key Words: botanical nutrient, paddy field, control method.