

# 安阳市区域大气环境监测优化布点的研究\*

傅金升 刘安生 陈雅芬

(安阳市环境保护监测中心站,河南安阳 455000)

**摘要** 从该区域环境实际出发,提出了大气污染监测优化布点的模型。以网格布点监测,对历年环境数据进行分析及大气预测,运用抽样理论的变异系数法确定优化布点数,并采用相关分析法确定优化点位。其结果反映了该平原地区中等城市区域环境的特征。

**关键词** 大气污染监测,优化布点模型,优化点数,优化点位,网格布点监测。

大气环境污染例行监测,是大气环境质量管理的基础工作,从各种因素考虑,如何将最少的监测点布设在最适合的位置,使其尽可能多的获得环境总体特征的信息,这就是优化布点要解决的问题。本研究根据安阳市区大气污染源的分布状况,以人口分布为主,结合自然环境、气象条件和主要污染物的扩散规律,选择在易形成大气污染的第一季度,以网格布点实测为基础,结合历史监测资料和将来几年市区能源结构改变后的污染水平等因素,进行全面分析,综合考虑主要污染物的多维情况在各监测点的总体效应,提出了选取大气监测点的优化数学模型。再根据区域环境信息、污染特征、社会经济特征、自然环境背景和监测点位均匀分布的原则,并兼顾城市功能区进行优化选点,优化出市区域大气环境例行监测所需最佳点数和最佳点位。以此得出符合实际的正确结论,能反映出区域的整体污染水平,污染分布状况和污染趋势。

## 一、网格布点监测和预测

### 1. 网格布点监测

根据市区建成区面积和将来市区的发展,采用网格布点法,共布设 20 个有较好代表性的采样点,控制面积东西长约 10km,南北宽 6km 约 60km<sup>2</sup>,监测项目为 TSP、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>。

从 1988 年 2 月 28 日至 3 月 19 日,连续 21 天监测,获得数据 2520 个,加密监测数据 360 个,气象数据 270 个,共计 3150 个。使用计算机对监测数据进行统计处理。

各监测点某污染物的季平均浓度计算公式:

$$\bar{c}_i = \sum_{t=1}^T c_{it} / T$$

市区域各次监测的某污染物的瞬时平均浓度计算公式:

$$\bar{c}_{i\pi} = \sum_{s=1}^s c_{is} / s$$

市区域某污染物的季平均浓度计算公式:

$$\bar{c}_{\pi} = \sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^s c_{it} / T \cdot s$$

式中,  $t$  为监测次数,  $s$  为监测点位。

### 2. 1990 年一季度大气环境质量预测

市区域大气环境监测优化布点研究要立足于现状,还要参考历史情况,并要考虑到将来能源结构的改变,新污染源增加,原来污染源减少和转移的情况,分别对各网格监测点大气各主要污染物季平均浓度进行估算。

(1) 估算方法 估算季平均污染物浓度。假设 1990 年和 1988 年一季度气象资料基本一样,则可根据市区 1988 年一季度的气象资料,进行 1990 年一季度大气污染的估

\* 获 1989 年省科技进步三等奖。

收稿日期: 1991 年 5 月 21 日

算。

网格内测点一季度各污染物平均浓度计算式为,

$$\bar{c}(x, \theta) = \sum_s \sum_N \left\{ \frac{2Qf(\theta, S, N)}{\sqrt{2\pi}\sigma_{zs}u_N \left( \frac{2\pi x}{16} \right)} \right. \\ \left. \times \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{H_u}{\sigma_{zs}} \right)^2 \right] \right\}$$

其中,  $c$ ——污染源下风距离  $x$  的地面平均浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

$Q$ ——污染物源强 ( $\text{mg}/\text{s}$ )

$f(\theta, S, N)$ ——在档内风向为  $\theta$ , 稳定度为  $S$  和风速为  $N$  条件的频率。

$\sigma_{zs}$ ——在距离为  $x$  上对稳定度条件  $S$  求出垂直扩散参数 ( $\text{m}$ ), 用布格里斯城市上空扩散参数。

$u_N$ —— $N$  档的代表性的风速 ( $\text{m}/\text{s}$ ).

$H_u$ ——风速  $u_N$  的有效排放高度 ( $\text{m}$ ).

$H_u = H_e + \Delta n$  烟羽抬升高度 ( $\text{m}$ ),  $\Delta n$  用 Holland 方程求。

来自多个污染源的一个接收点的浓度估算采用上式计算结果进行叠加而得。

预测 1990 年一季度网格内各监测点各污染浓度的方法是, 以 1988 年一季度实测浓度为基数, 根据将来污染源减少和增加量, 运用上述污染物平均浓度计算公式, 求得其对各点平均浓度减少量和增加量, 而粗略估算出将来各点平均浓度值。

(2) 关于颗粒物(TSP)地面浓度的估算

市区域内将要新增的几个大气污染源,

须采用麻石水膜除尘器除尘, 为搞预测首先进行类比调查, 对经麻石水膜除尘器处理后的烟尘进行尘粒分散度测定, 其分析结果见表 1。

表 1 麻石水膜除尘器后的尘粒分散度

| 粒径( $\mu\text{m}$ ) | <2 | 2—5 | 5—10 | 10—26 |
|---------------------|----|-----|------|-------|
| 百分比(%)              | 28 | 29  | 30   | 13    |

由表 1 可知, 最大颗粒物粒径为  $26 \mu\text{m}$ , 且所占比例较小,  $10 \mu\text{m}$  以下的占 87%, 故在此估算时忽略其沉降作用, 颗粒物的地面浓度仍用上述公式估算。这和选用倾斜烟羽模式估算的结果相比, 会使得源周围的浓度略低而使远离源区域的浓度略高。

### 3. 预测结果

由于该预测方法以实测数据为基础, 假设流动污染源不变, 仅考虑将来固定污染源变化情况, 故该数据有一定局限性, 估算出的各网格地面污染物季平均浓度值仅供优化选点参考。

### 4. 现状调查与预测结果比较

市区大气污染物现状(1988 年一季度)和预测(1990 年一季度)结果比较见表 2。

由表 2 可知, 面源排污量减少而高架源排污量增加, 对局地污染也会减轻, 大气中 TSP 浓度高与流动源、城建和地面二次扬尘有密切关系。从多年大气监测和预测情况看, 市区域大气主要污染物是 TSP 及  $\text{SO}_2$ 、

表 2 市区域大气污染物 1988 年现状和 1990 年预测结果比较

| 项目<br>时间<br>类别                | TSP     |         | $\text{SO}_2$ |         | $\text{NO}_x$ |         |
|-------------------------------|---------|---------|---------------|---------|---------------|---------|
|                               | 1988 年  | 1990 年  | 1988 年        | 1990 年  | 1988 年        | 1990 年  |
| 浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) | 0.5799  | 0.5842  | 0.064         | 0.066   | 0.041         | 0.046   |
| 面源 (t/a)                      | 6429.5  | 5019.6  | 1720.5        | 1103.7  | 1428.7        | 1211.9  |
| 高架源 (t/a)                     | 69376.9 | 71026.9 | 20475.9       | 22079.6 | 17389.9       | 18709.8 |
| 总排放量 (t/a)                    | 75806.4 | 76046.5 | 22196.4       | 23183.3 | 18818.6       | 19921.7 |

NO<sub>x</sub>.

## 二、优化选点

确定区域大气例行监测网,首先要确定监测点数,再确定点位和对照点位。

为使该市区大气例行监测点的优选具有代表性,合理性和可行性,以本次网格布点实测数据分析为依据,结合历史监测和预测数据进行全面分析,采用多项污染指标综合判断法优选出市区域 TSP、SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 监测点。

### 1. 最佳监测点数的确定

根据地理分布变异系数法,采用抽样理论,求出各污染物最少监测点数,其计算公式为:

$$n = \left( \frac{t \cdot S}{\Delta} \right)^2 / \left[ 1 + \frac{1}{N} \left( \frac{t \cdot S}{\Delta} \right)^2 \right] \cdot D$$

式中,  $n$  为最少监测点数;

$t$  为置信水平相应的偏离值,当置信水平  $\alpha$  取 90% 的时候,  $t = 1.64$ ;

$\Delta$  为所要求平均污染水平的最小偏差,取  $\Delta = 10\% \bar{x}$ 。

$N$  为网格布点监测的总样品数,  $N = 2 \times 21 \times 20 = 840$ ;

$D$  为网格内单一监测点的监测样品数,  $D = 2 \times 21 = 42$ ;

$S$  为由网格布点监测给出的总体季平均浓度的标准偏差,采用贝塞尔公式表示:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (x_j - \bar{x})^2}$$

其中,  $\bar{x}$  为总体平均值;  $x$  为  $j$  次测定值;  $N$  为监测值数目。

根据网格布点监测得出的各污染物数据和确定的各参数,代入求  $n$  公式,求出各污染物所需最少监测点数(见表 3)。

鉴于上述情况, TSP、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 的监测点数均定为 5 个点,其中都含有一个对照点。

### 2. 最佳监测点位的确定

以本次实测数据为依据,结合历史监测

表 3 最佳监测点数

| 项目 \ 结果 | TSP   | SO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> |
|---------|-------|-----------------|-----------------|
| $S$     | 0.433 | 0.052           | 0.032           |
| $n$     | 3.0   | 3.5             | 3.3             |
| $n$ 为整数 | 3     | 4               | 4               |

和预测数据情况,根据给出的最佳监测点数,通过相关分析将监测点分成几组,在此基础上选取几种不同的点位方案综合考虑主要污染物的多维情况在各监测点上的总体效应,确定最佳监测点位。

(1) 相关分析 各监测点之间的两两相关分析,各监测点和区域平均的相关分析的相关系数计算公式为:

$$r = \frac{L_{xy}}{\sqrt{L_{xx} L_{yy}}}$$

$$\text{式中, } L_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

$$L_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2; L_{yy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

各点均有 21 个相对应的日平均浓度,故  $n = 21$ 。

(2) 筛选监测点位 根据相关系数的显著性检验,当  $N = 21$ , 即  $N - 2 = 19$ , 其相关系数  $r \geq 0.549$  时,说明在  $\alpha = 0.01$  的水平上,其正相关性好。

将相关系数  $r \geq 0.549$  的点划分为一组。由于优选出监测点数为 4, 故在此各污染物监测点划分为 4 组。

将各组中点与区域平均的相关系数  $r \geq 0.549$  的数,按相关系数  $r$  大小顺序排列。 $r$  愈大表示该点位在反映区域污染水平时有较好的代表性,选点时要优先考虑。

各组相关系数  $r$  大小排列情况见表 4。

### 3. 优选监测点位

从各组中挑选点位组成几种选点方案,进行反复比较和调整,使最后优化出的监测点位要达到以下目标:

表 4 各点与区域  $r$  大小排列

| 项 目 \ 组 别       | 1        | 2         | 3           | 4              |
|-----------------|----------|-----------|-------------|----------------|
| TSP             | 8,10,3,2 | 9,4,16,6  | 12,13,11,20 | 15,16,18,14,19 |
| SO <sub>2</sub> | 4,1,6    | 12,11,3,8 | 13,16,9,5   | 14,18,19,10    |
| NO <sub>x</sub> | 13,10,17 | 4,7,1     | 11,8,9,15   | 16,19          |

(1) 所选点位的季平均浓度与区域季平均浓度尽量接近。

(2) 所选点得出的浓度频率分布和区域浓度频率分布尽量接近。

(3) 各污染物监测点位的地理分布要合理,大体均匀,兼顾城市功能区,并要考虑其一致性。根据区域大气污染情况,选点时要首先考虑主要污染物 TSP,其后是 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub>。

根据以上目标,最后优选出的区域大气环境 TSP、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 的例行监测点位是: 4# 监测站(工业居住区), 8# 西营(居民区), 13# 殷墟(文物保护区), 19# 铁佛寺(工业区)。

优选出的各监测点位与区域均值的相关系数见表 5。

表 5 监测点与区域均值的相关系数

| 项 目 \ 序号        | 4#    | 8#    | 13#   | 19#   |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| TSP             | 0.870 | 0.953 | 0.692 | 0.702 |
| SO <sub>2</sub> | 0.670 | 0.701 | 0.877 | 0.665 |
| NO <sub>x</sub> | 0.692 | 0.701 | 0.799 | 0.562 |

由表 5 可知, 优选出的监测点位与区域均值相关系数都较大, 说明这些监测点位在反映区域污染水平时代表性强。

对照点位的确定, 则根据以往环境调查, 现状实测和采用污染源对其影响模式估算, 确定在污染源对其影响较小的农干校一带。

#### 4. 检验

对 TSP、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 污染物进行检验, 以便了解区域内优化出的大气例行监测点与区

域之间是否存在差异。

(1) 污染物浓度 污染物浓度检验选用下述公式:

$$\bar{c}_{\text{市}} \approx \sum_{i=1}^n c_{ii} / n$$

式中,  $n$  为优化出监测点位数,  $s$  为所选方案中的点位。经计算各污染物优化出的监测点位的季平均浓度和区域总平均浓度的对比情况见表 6。

表 6 优化点位与区域一季度平均值对比

| 项目 \ 结果         | 时 间      | 市区总平均值 | 优化点总平均值 | 相对偏差 (%) |
|-----------------|----------|--------|---------|----------|
| TSP             | 1986年    | 0.4897 | 0.5011  | 2.3      |
|                 | 1988年    | 0.5799 | 0.5390  | -7.1     |
|                 | 1990年 预测 | 0.5824 | 0.5480  | -9.4     |
|                 | 验证       |        | 0.5820  |          |
| SO <sub>2</sub> | 1986年    | 0.074  | 0.078   | 5.4      |
|                 | 1988年    | 0.064  | 0.061   | -4.7     |
|                 | 1990年 预测 | 0.066  | 0.067   | 1.5      |
|                 | 验证       |        | 0.064   |          |
| NO <sub>x</sub> | 1986年    | 0.057  | 0.063   | 11.0     |
|                 | 1988年    | 0.041  | 0.038   | -7.2     |
|                 | 1990年 预测 | 0.046  | 0.048   | 4.7      |
|                 | 验证       |        | 0.045   |          |

所选点的平均浓度与区域总平均浓度比较接近, 其相对偏差一般  $< \pm 10\%$ 。在 1990 年一季度, 对 1988 年预测的 1990 年一季度市区大气中 TSP、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 浓度进行了验证, 预测数据和验证结果的相对偏差是: TSP -5.8%, SO<sub>2</sub> -4.5%, NO<sub>x</sub> -2.1%, 均无明显差异。说明用该法对安阳市区域大气污染物 TSP、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 浓度进行预测可行。

(2) 污染物浓度频率分布 各污染物优化出的监测点位与区域一季度瞬时监测浓度分布频率见图 1—3。

由图 1—3 可知, 所选监测点位的污染物浓度分布和区域污染物浓度分布频率基本相同。

#### 5. 优化点位

见图 4

图 4 表明, 监测点位分布大体均匀。

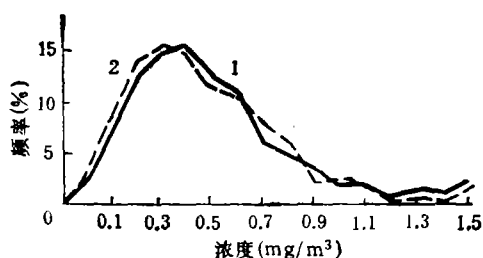


图 1 一季度 TSP 浓度的频率分布

1. 区域分布 2. 优化分布

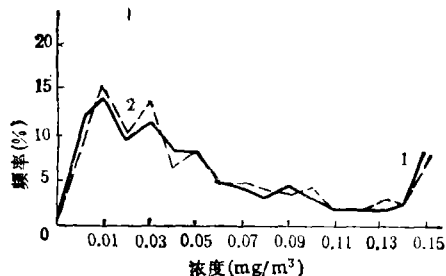


图 2 一季度 SO₂ 浓度的频率分布

1. 区域分布 2. 优化分布

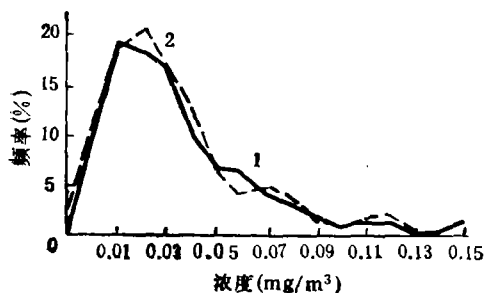


图 3 一季度 NOₓ 浓度的频率分布

1. 区域分布 2. 优化分布

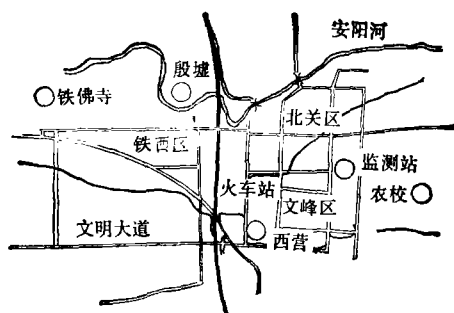


图 4 大气监测优化点位

### 三、结 语

优化布点主要考虑在大气污染严重, 且污染物浓度变化大的一季度进行实测, 在某种情况下, 最佳监测密度在冬季和夏季可能不同。夏季在一个较大的区域内有一个监测站便能很好地预测大气质量。因此, 在一季度优化出的区域大气监测点位, 可满足其它三个季度监测的需要。

### 参 考 文 献

- [1] 吴忠勇, 环境监测学概论, 第 152—155 页, 湖南大学出版社, 1987 年。
- [2] Munn, R. E., *The Design of Air Quality Monitoring Networks*, pp. 38—39, 58—70, Macmillan, London, 1981.
- [3] 王明霞等, 中国环境监测, 2(4), 5(1986)。
- [4] 王瑞斌等, 中国环境监测, 2(3), 1(1987)。
- [5] 唐永奎等, 大气环境学, 第 310—318 页, 中山大学出版社, 广州, 1988 年。
- [6] D. B. 特纳尔, 大气扩散估算手册, 第 34—36 页, 科学技术文献出版社, 北京, 1978 年。

## 微波加热快速测定环境水样中的 $\text{COD}_{\text{Mn}}$

高 向 阳

(河南农业大学, 郑州 450002)

管 棣 胡运良\* 郑君领\*

(西南交通大学, 成都 610000)

**摘要** 利用微波加热技术, 在密闭容器内压力消解, 用高锰酸钾法快速测定了西流湖水、黄河水等环境水样和标准水样 (CW82, 中国环境监测总站) 中的  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ , 并与经典方法进行了对照测定, 结果令人满意。本法十几分钟内可消解十几个样品,  $\text{Cl}^-$  离子含量高达  $1000 \text{ mg/L}$  时亦不产生干扰,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  的检测下限为  $0.26 \text{ mg/L}$ , 上限为  $15.0 \text{ mg/L}$ , 室内测定的  $\text{RSD} < 4\%$ , 多次加标回收率在  $97.0 \sim 105.6\%$  之间, 标准水样测定结果的相对误差为  $0.3\%$ 。适用于轻度污染水体  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  的批量分析。

**关键词** 高锰酸钾法,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ , 微波加热技术。

\* 河南农业大学环境保护专业 1990 届毕业生, 郑君领现在商丘市环保局工作。

收稿日期: 1991 年 2 月 7 日

# Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

**Key words:** SO<sub>2</sub> pollution, air pollution, sulphur content in plants, assessment of air pollution, plant indicator.

**Study on Optimal Station Setting for Monitoring of Atmospheric Environment in Anyang Urban Area.** Fu Jinsheng, Liu Ansheng, Chen Yafen. (Anyang Environment Protection Monitoring Station, Anyang): Chin. J. Environ. Sci., 13(1), 1992, PP.

A model of optimal station setting for the monitoring of atmospheric pollution was developed based on the trait of local environment, the weblike check monitoring and the analysis of historical environmental data. The number of optimal stations was decided by variable factor method of sampling theory. The locations of the optimal stations were decided by correlation analysis method. The outputs of the model can depict the environmental trait of middle cities in plain areas.

**Key words:** atmospheric pollution monitoring, optimization of monitoring, model of optimal setting stations, number of optimal stations, situations of optimal stations.

**Rapid Determination of COD<sub>Mn</sub> in Environmental Water Samples Using Microwave-Heating Digestion Method.** Gao Xiangyang (Henan Agricultural University, Zhengzhou), Guan Di (Southwest Jiaotong University, Chengdu): Chin. J. Environ. Sci. 13(1), 1992, PP.

A new microwave-heating digestion method was developed for the rapid determination of COD of water samples taken from Xiliu lake, Yellow river as well as a standard water sample (CW82: Environmental Monitoring Station of China). Water samples were dispelled in a closed-vessel with potassium permanganate under the action of microwave and as many as 14 samples could be treated each time. High Cl<sup>-</sup> content (up to 1000 mg/L) did not interfere with the determination. The detection range of COD was found between 0.26 mg/L and 15.0 mg/L, relative standard deviation less than 4.0% (n=5 or 6), recovery ranging from 97.0% to 105.6%, and relative error 0.3% for the determination of CW82 standard water sample. Compared to the classical method, this method proved to be simple, rapid, accurate and suitable for the determination of COD<sub>Mn</sub> of lightly polluted water.

**Key words:** microwave-heating digestion, COD<sub>Mn</sub> determination.

**Sediment-Water Exchange Capacity of To-**

**tal Phosphorus in Taihu Lake Calculated by Mass Budget Model.** Huang Shaoji (Department of Environmental Protection, Suzhou Institute of Urban Construction & Environmental Protection, Suzhou), Zhao Haizhou, Fang Manping (Jiaozuo Municipal Pollution Management Station, Henan Province): Chin. J. Environ. Sci. 13(1), 1992, PP.

Sediment is a source or sink of micropollutants. Mass budget model is used to calculate the total phosphorus mobilization monthly in 1980 from the sediment in Taihu Lake. The mobilization is found to obviously affect the total concentration change in water body.

**Key words:** mass budget model, taihu lake, sediment, phosphorus.

**Introduction to Risk Assessment and Risk Management.** Zhao Zhenhua (Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection): Chin. J. Environ. Sci., 13(1), 1992, PP.

In this paper, a brief introduction is given to the concept, main content, procedure and interface of risk assessment and risk management. Risk assessment is gaining increasing importance to the regulatory decision—making bodies in the process of formulation policies intending to minimize health risks resulting from exposure to hazardous substances. Recent trends of risk assessment of environmental hazards are also reviewed.

**Key words:** risk assessment, risk management, hazardous chemical.

**Statistics of Directional Data in Environmental Meteorology.** Zhuang Shijian (Xiamen Municipal Research Institute of Environmental Protection): Chin. J. Environ. Sci., 13(1), 1992, PP.

There are many problems in environmental meteorology in which only angles are concerned. Directional data have specific features resulting in the apparent differences between statistics of directional data and general mathematical statistics. In this paper, statistics of directional data is applied to the environmental science. By means of direct-viewing wind rose, wind direction data is naturally expressed. The concept and calculation of average wind direction is introduced, and the reasonable calculation of wind direction standard deviation is also illuminated. As an example, the wind directions in xiamen was studied.

**Key words:** wind direction data, statistics of directional data.