

# 研究报告

## 北京市汽车污染 (CO) 模式研究

徐锦航 吴 波 李中和

(北京工业大学)

我国近几年各大城市的汽车保有量猛增,北京市 1975—1983 年平均年增 11.1%, 1984 年增长 20.4%, 1985 年一季度净增 18446 辆,年增率可达 41.7%。按国标 GB3842-83 的要求抽查,1984 年北京市在用国产车的不合格率,CO 达 34.0%、HC 达 32.3%;进口车的 CO 超标率 46.0%、HC 超标率 51.0%。1986 年 3 月北京市抽查上牌照的新车,不合格率 36.3%。1984 年 2 月检查北京市 67 条街道的空气质量,有 22% 的人行道和 73% 的路中心空气中 CO 浓度超过我国环境质量三级标准;55% 人行道和 94% 路中心空气超过二级标准。因此,控制汽车污染已成为城市大气污染控制的一个重要方面。

国外在汽车污染模式方面做过不少工作<sup>[1-6]</sup>,主要有两大类:一类是由简单的箱状模式表示扩散,以美国 SRI (Stanford Research Institute) 的工作<sup>[1]</sup>为代表,是用经验的扩散法则求得浓度分布,方法较简单,所得数据颇有价值,但理论根据不足,作为模式尚不够全面。另一类是日本机械学会的 APPS (Air Pollution Prediction System)<sup>[2]</sup>,是用差分法计算扩散方程,所以不仅能计算高楼谷间的 CO 浓度,而且对于广域的污染,包括光化学反应也能处理,但不能考虑建筑物的形状,该工作的环境污染测定数据也不够充分。上述两种方法所得的计算值和实测数据对比,也难以决定这两类方法的优劣。

我国的城市建筑、街道布置、气候条件、

汽车保有量、汽车构成、运行工况、排污情况及交通管理制度等都不同于工业发达国家,需建立一个符合国情的汽车污染模式,供汽车污染的评价和预测之用。

### 一、有关数据的监测和收集

#### 1. 道路情况

北京市区面积 346km<sup>2</sup>。道路系统似棋盘,放射状和条状相结合。道路间距一般在

表 1 北京市道路分类

| 街道类别     | I 类——<br>主干线 | II 类——<br>次干线 | III 类——<br>旧街道和支线 |
|----------|--------------|---------------|-------------------|
| 红线距离 (m) | 70—100       | 40—60         | 20—30             |
| 机动车道数    | 6—8          | 4             | 2                 |
| 两侧建筑物    | 10 层以上       | 4—6 层         | 1—2 层但密集          |
| 路间绿化带    | 有            | 有             | 无                 |

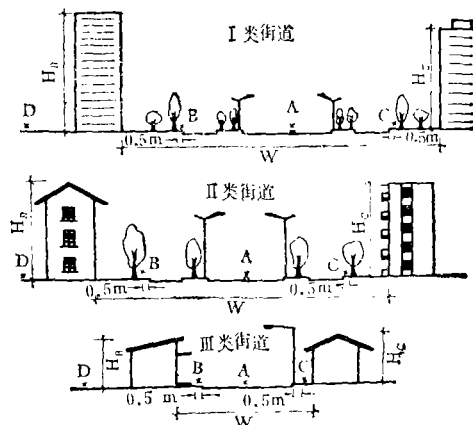


图 1 北京市街道分类情况及采样点分布  
A、B、C、D、E、F、H 为采样点

600m 左右,三环路内路长 340km,道路面积率 6.85%,道路可分为三类(见表 1),其断面图及采样点分布见图 1。

## 2. 流动污染源情况

北京市 1975—1983 年汽车保有量的年平均增长率 11.1%, 1984 年增长率 20.4%, 1985 年增长率 41.7%。我们把街道上行驶的机动车分成四大类:大货车、大客车、小型车和摩托车,其相对比例分别为 40%、6%、35% 和 19%。

## 3. 污染物浓度监测

1982 年 5 月,1983 年 2 月、5 月、8 月,选北京市 19 个典型街道,在同一断面上各位置(图 1)布点,进行同步监测,共得 4802 个 CO 浓度数据。经分析发现,街道空气中 CO 浓度有如下规律:(1)与汽车流强度有正相关线性关系,路中心最明显;(2)沿水平方向,随扩散距离增加而迅速下降;(3)沿垂直方向变化极小;(4)明显地随风速加大而减少;(5)在楼房高度不大,红线距离较宽时,风向和楼高的影响不明显。

## 4. 气象数据

由于汽车排放的污染物只在近地面局部地区扩散,所以只收集了近地面风的风速和风向资料。而在监测 CO 浓度的同时,用 DEM6 型风向风速计在楼顶、人行道和背景点 D 测定风速及风向、并逐时和北京观象台的数据对照。从 527 组数据对照中发现:(1)街道上和街道附近测得的风向很乱,无规律可言;(2)街道上和街道附近或街侧楼顶的风速  $u$  则和北京观象台测得的风速  $u_B$  存在线性相关关系,可用式  $u = A + Bu_B$  表示。经  $\alpha$  检验,相关系数高度显著。当然,由于地面粗糙度的不同,  $u_B > u_{\text{楼顶}} > u_{\text{背景点}}$ 。

## 二、汽车污染模式化

用数学公式来抽象描述实体系统某一方面的属性,即数学模式。对模型的要求,首先是现实性,在此基础上达到简洁性,最后尽可

能满足适应性。根据这些原则,我们把影响汽车污染程度的主要影响因素作为模式的变量,根据它们之间的关系,设计一个初始模式的结构,然后通过模式结构的识别和参数估计来标定模式,最后用独立的监测数据进行验证,确认计算值和实测值的相关系数高度显著,模式才正式成立。建立汽车污染模式的步骤见图 2。

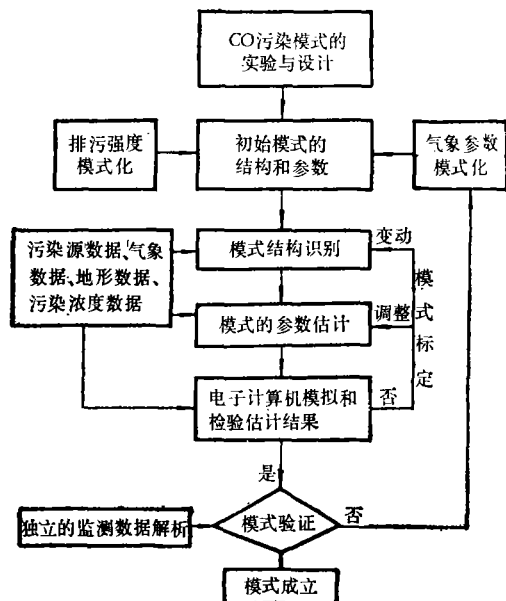


图 2 建立模型的步骤框图

### 1. 模式结构

根据以往实测结果,为简化起见,假定街道空气中 CO 浓度  $[c]$  是由局地固定污染源排放的背景浓度  $[c_D]$  和汽车排放的浓度  $[\Delta c]$  累加之和,即

$$[c] = [c_D] + [\Delta c] (\text{mg}/\text{m}^3) \quad (1)$$

由大气湍流扩散的一般原理和实验结果分析得出:  $[\Delta c]$  主要受车流排污强度  $Q(\text{mg}/\text{m} \cdot \text{s})$ 、街道附近平均风速  $u_s(\text{m}/\text{s})$  和混合体厚度  $z(\text{m})$  的影响。因此,根据我国实际情况,参阅国外文献,设计了我国汽车污染的初始模式,即:

$$[\Delta c] = \frac{Q}{u_s \cdot z} (\text{mg}/\text{m}^3) \quad (2)$$

考虑我国的汽车是复合污染源,所以用下式表示:

$$Q = \sum_{i=1}^n N_i E_i / 3600 (\text{mg/m} \cdot \text{s}) \quad (3)$$

其中,  $N_i$  是某类车的车流强度(辆/h);  
 $E_i$  是某类车单台CO排放量(g/km·辆);  
 $n$  是汽车分类数.

考虑汽车行驶时引起的空气流动,  $u_s$  取值为:

$$u_s = u_D + K_1 (\text{m/s}) \quad (4)$$

但背景点的平均风速  $U_D$  需要实测,利用已说到的线性关系,让当地观象台的风速数据  $U_B$  直接进入模式,即:

$$U_s = (A + BU_B) + K_1 (\text{m/s}) \quad (5)$$

在短距离时,  $z$  与污染物传播距离成正比,并考虑到汽车的运动把CO混合到一个可以与车辆大小相比较的初始尺度  $K_2$ ,则可认为:

$$z = K_3(L + K_2) = K_3(\sqrt{x^2 + y^2} + K_2) \quad (6)$$

其中,  $x$ 、 $y$  分别为污染源中心到监测点的水平距离和垂直距离(m).

综上所述,汽车污染的初始模式为:

$$[\Delta c] = \frac{K \sum_{i=1}^n (N_i E_i / 3600)}{[(A + BU_B) + K_1][\sqrt{x^2 + y^2} + K_2]} \times (\text{mg/m}^3) \quad (7)$$

## 2. 参数估计

街道空气采样点设在呼吸带高度,  $y$  是采样点高度与汽车排污管离地高度之差. 为简化起见,取  $y = 1.5(\text{m})$ . 再根据北京市汽车情况,取  $K_2 = 4$ . 然后把527组气象数据和500组CO浓度数据及相应的  $N_i$  和  $E_i$  依次输入微处理机. 用最小二乘估计法求得北京市街道汽车污染模式参数估计量. 最后进行相关系数检验. 检验合格,模式标定完毕. 图3为参数估计程序框图. 参数估计结果见表2,取  $K_2 = 4$ .

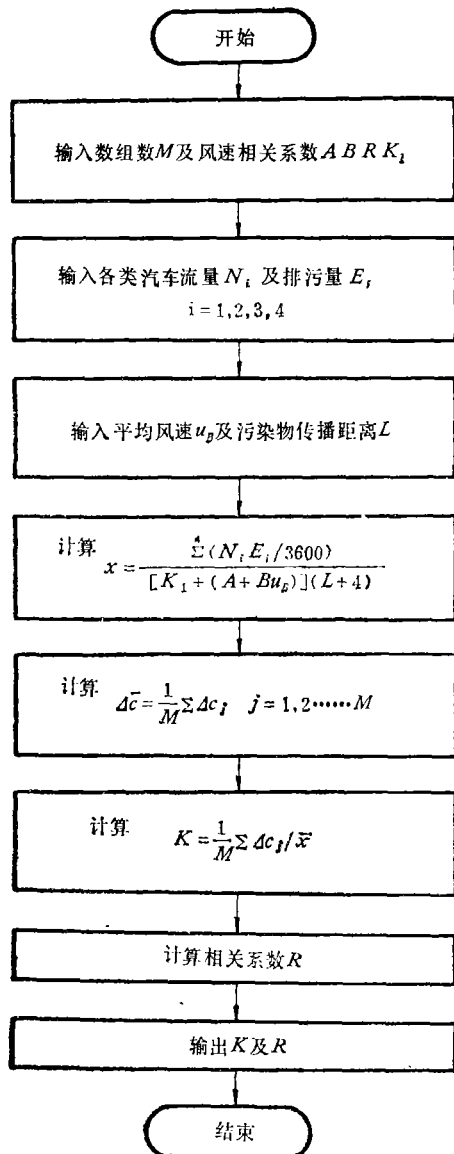


图3 K值的参数估算程序框图

## 3. 模式验证

用未参加模式建立过程的、独立的63组日平均实测数据,分别代入已标定过的模式,并把计算值与实测值进行对比. 发现各类型街道对比,或全部街道总对比,其监测值和计算值的相关系数都是高度显著的(图4). 对人行道:

$$[\Delta c_{\text{实测}}] = 0.2646 + 0.8565[\Delta c_{\text{计算}}],$$

$$R = 0.7629, \text{ 大于 } R_{63-2}^{0.01} = 0.325;$$

表 2 北京街道汽车污染模式参数估计量

| 街道类型<br>参数及<br>估计量 |            | I 类  |      |      |                | II 类 |      |      |                | III 类 |      |      |                |
|--------------------|------------|------|------|------|----------------|------|------|------|----------------|-------|------|------|----------------|
|                    |            | A    | B    | K    | K <sub>1</sub> | A    | B    | K    | K <sub>1</sub> | A     | B    | K    | K <sub>1</sub> |
| 采暖期(二月)            | 人行道<br>路中心 | 0.29 | 0.26 | 3.21 | 0.8            | 0.44 | 0.22 | 2.14 | 0.5            | 0.62  | 0.12 | 1.94 | 0.3            |
|                    |            | 0.29 | 0.26 | 9.58 | 0.8            | 0.44 | 0.22 | 3.82 | 0.7            | 0.62  | 0.12 | 6.17 | 0.5            |
| 非采暖期(五月)           | 人行道        | 0.45 | 0.32 | 1.51 | 0.8            | 0.35 | 0.18 | 1.68 | 0.5            | 0.14  | 0.17 | 1.75 | 0.3            |

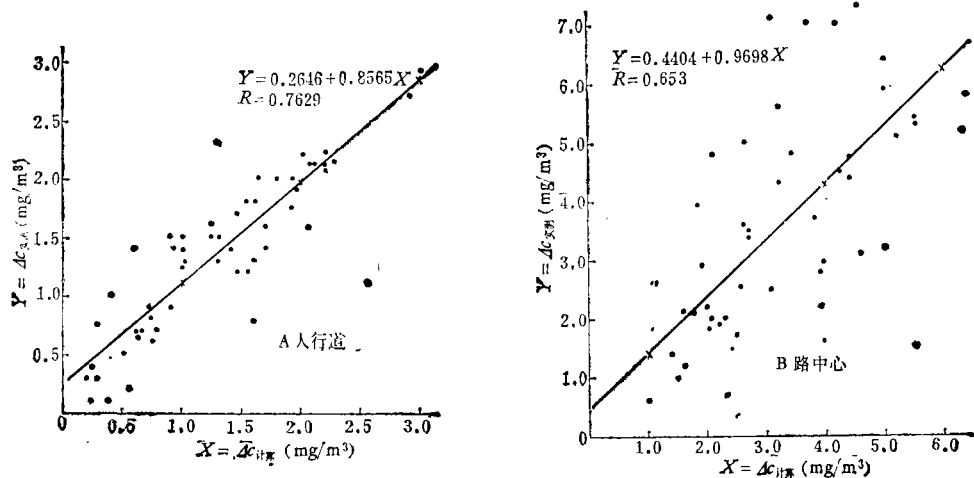


图 4 模式计算结果与实测结果相关分析

对路中心:

$$[\Delta c_{\text{实测}}] = 0.4404 + 0.9698[\Delta c_{\text{计算}}],$$

其  $R = 0.653$ , 大于  $R_{42-2}^{0.01} = 0.393$ .

说明上述模式成立,可以应用.

概念明确,可以利用它进行街道空气一氧化碳污染的评价和预测.为此,在 1984 年又组织第三次大规模的测试、调查工作,目的是取得模拟计算所必要的数据,以便汽车污染模式在较大的城市范围内进行应用.

### 三、汽车污染模式的应用

1. 1984 年北京市主要街道有关数据分

析  
上述汽车污染模式,结构比较简单,物理

表 3 近两年车流强度和平均车速对照

| 街 道 类 型         |        | I 类 |     |     |     |      | II 类 |     |     |     |     | III 类 |     |     |     |     |
|-----------------|--------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|
| 车 型 分 类*        |        | A   | B   | C   | D   | Σ    | A    | B   | C   | D   | Σ   | A     | B   | C   | D   | Σ   |
| 平均车流强度<br>(辆/h) | 1982.5 | 262 | 264 | 490 | 282 | 1298 | 256  | 141 | 223 | 100 | 720 | 124   | 152 | 233 | 107 | 616 |
|                 | 1983.2 | 294 | 206 | 570 | 296 | 1367 | 291  | 121 | 315 | 113 | 840 | 134   | 158 | 312 | 109 | 713 |
|                 | 1984.4 | 367 | 135 | 523 | 105 | 1130 | 224  | 95  | 363 | 89  | 771 | 174   | 104 | 242 | 82  | 602 |
| 平均车速<br>(km/h)  | 1982.5 | 36  | 30  | 48  | 37  |      | 34   | 32  | 44  | 36  |     | 36    | 36  | 41  | 31  |     |
|                 | 1983.2 | 33  | 33  | 46  | 38  |      | 34   | 32  | 43  | 35  |     | 31    | 27  | 33  | 30  |     |
|                 | 1984.4 | 36  | 32  | 44  | 37  |      | 35   | 31  | 48  | 36  |     | 33    | 25  | 35  | 31  |     |

\* A 卡车, B 大客车, C 小汽车, D 摩托车.

在北京市三环路内(包括三环路)选择了 67 条街道,测试了各类汽车的车流强度、平均行驶车速,街道宽度(断面情况)及两侧楼房高度等。同时记录了北京观象台测试的风速、风向数据。测试结果表明:北京街道上的车流强度和平均行驶车速,在 1982 年 5 月至 1984 年 4 月这二年没有大的变化(表 3)。

由于采暖季节污染较重<sup>[3]</sup>,故取 2 月份作为研究对象。根据北京气象台资料,1984 年 2 月份 7:00—18:00,以西北风为主导风向,月平均风速为 2.8(m/s),风速频率示于表 4。

2. 1984 年 2 月北京街道汽车污染模拟计算。

用 1984 年 2 月份相应的各参数及测试

表 4 1984 年 2 月份 7:00—18:00 风速频率

| 风速 (m/s) | 0—0.5 | 0.6—1.7 | 1.8—3.3 | 3.4—5.2 | 5.3—7.4 | 7.5—9.8 |
|----------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 频率(%)    | 8.3   | 24.4    | 31.3    | 17.2    | 14.8    | 4.0     |

所得变量代入式 7,即可计算出这 67 条街道空气中,因汽车排污所带来的 CO 浓度  $[\Delta c]$ ,人行道和  $[\Delta c]$ 路中心。

根据以往监测数据得到的北京街道上汽车污染占总污染的百分率,假定近二年  $[\Delta c]/[c]$  的比值(表 5)未变,则可继续计算出北

表 5 北京街道上汽车污染占总污染的比例\*(%)

| 地 点              | 人 行 道 |      |      | 路 中 心 |      |      |
|------------------|-------|------|------|-------|------|------|
|                  | I     | II   | III  | I     | II   | III  |
| 街道类型             |       |      |      |       |      |      |
| $[\Delta c]/[c]$ |       |      |      |       |      |      |
| 非采暖期             | 17.1  | 25.7 | 43.6 | 59.2  | 53.6 | 64.5 |
| 采 暖 期            | 32.4  | 20.1 | 30.0 | 59.2  | 47.4 | 53.6 |

\* 1982 年 2 月—1984 年 2 月数据平均值

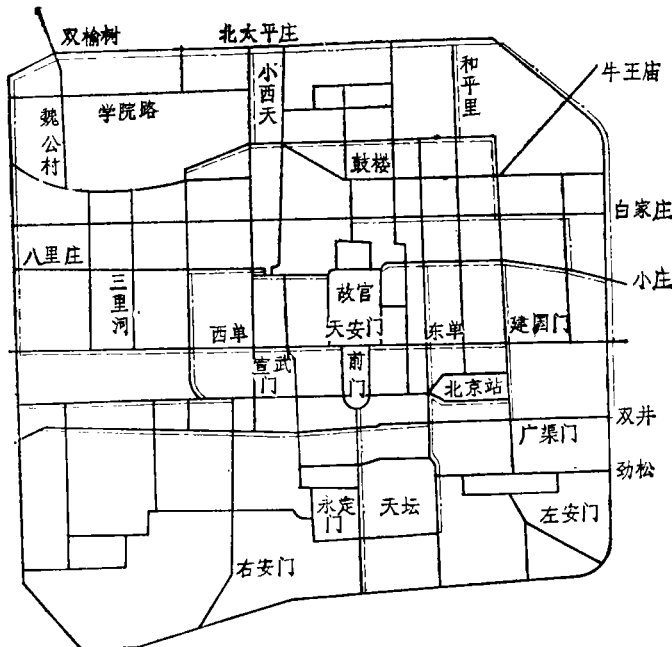


图 5 北京市街道人行道空气 CO 浓度  $[c]$  超标图 (1984 年 2 月)

---  $[c] > 6(\text{mg}/\text{m}^3)$   
 .....  $4 < [c] \leq 6(\text{mg}/\text{m}^3)$   
 ———  $[c] \leq 4(\text{mg}/\text{m}^3)$

京市各街道空气中总的 CO 浓度。将计算结果同我国大气环境质量标准(GB3095-82)进行对照,画出 CO 污染浓度分布图(图 5、图6)

### 3. 模拟计算结果分析

从图 5 可以看出:不同地区的街道,由于车流强度和车种类比例的不同,街道空气受污染的程度有明显的差异。古皇城以内,以 III 类旧街道为主,虽然商业集中,街道狭小,车速较慢,但由于白天限制卡车进入,车流强度较小,其空气受污染相对较轻。二环路及其周围道路,虽然街道较宽,但路旁建筑物较高,不利于污染物扩散,所以空气中 CO 浓度超过三级标准者已达 41.7%。三环路及周围道路,路面宽阔,高层建筑尚稀疏,周围还有不少农田,污染物易于扩散,所以虽然车流强度较大,但空气污染程度比二环路污染轻。

路中心空气受污染的规律(图略),与人行道相似,由于更直接地受到汽车的影响,所

表 6 北京市 1984 年 2 月一氧化碳浓度  
[CO] 超标的街道

| 街 道 类 别       |              | I   | II | III | 总和 |
|---------------|--------------|-----|----|-----|----|
| 人行道<br>超标率(%) | [CO] 超过三级标准者 | 28  | 43 | 7   | 22 |
|               | [CO] 超过二级标准者 | 60  | 71 | 43  | 55 |
| 路中心<br>超标率(%) | [CO] 超过三级标准者 | 100 | 36 | 68  | 73 |
|               | [CO] 超过二级标准者 | 100 | 79 | 96  | 94 |

以规律更为明显,污染也更重。

北京市街道空气一氧化碳浓度超标率示于表 6。模拟计算结果表明,北京市街道空气已明显受到污染,应及早从城市规划、道路建设、汽车排污法规、交通管理等方面采取综合措施,加以控制和设法改善。

### 四、小结和讨论

1. 经验证,北京市汽车污染模式成立,可以应用。

2. 如国内别的城市需要使用此模式,应根据当地情况,重新估计参数,并进行验证。国内城市道路特点和汽车运行情况有一定相似性,估计模式结构不会发生大变化,待其他城市应用后证实。

3. 上述模式只反映汽车行驶时的污染情况,对交叉路口的污染模式,需另行研究。

### 参 考 文 献

- [1] Johnson, W.B. et al., *Journal of Air Pollution Control Association*, **23**(6), 490—498(1973).
- [2] 近藤次郎, 大气污染——现象の解析とモデル化, 200—292, コロナ社出版, 东京(1975).
- [3] Rodden, J. B. et al., *Journal of the Air Pollution Control Association*, **132**(12), 1226—1228(1982).
- [4] Witz, S. et al., *June*, **23**(6), 643—644(1982).
- [5] Nelson, P. F. et al., *Atmospheric Environment*, **17**(3), 439—449(1983).
- [6] 太田正雄, 空气清净, **19**(13), 1—30(1981).

## 某些植物 HF 伤害阈值的研究

唐述虞 陈树元 汪嘉熙

(江苏省植物研究所)

研究大气 HF 对绿化植物、农作物的伤害阈值,对于正确选择绿化树种,合理进行防污绿化,制定大气环境质量基准以及对农作物采取正确的保护措施等,具有极其重要的意义。

伤害阈值又称伤害临界剂量,即使植物叶片出现最初伤害症状(一般以 5% 叶片受害面积为标准)的污染物浓度和接触时间。

国外自六十年代以来即进行了较多的试验以确定植物的伤害阈值,而我国这方面工