

# 城市汽车排放 CO 污染模式的概略分析

周洪昌

(同济大学道路与交通工程系, 上海 200092)

**摘要** 从城市街道汽车排放物扩散运动的基本物理过程出发,以城市街道 CO 浓度的监测数据为代表,分析了微尺度近场扩散过程的特殊性与主要参量,这些参量决定了污染模式的初始条件、边界条件、模式所涉及的范围和模式所能解决的问题。为建立城市街道汽车排放污染模式提供了一个物理基础。

**关键词** 城市交通大气环境质量,扩散模型,污染模式。

城市汽车排放污染物包括 CO、HC、NO<sub>x</sub> 以及光化学反应产生的二次污染物。汽车排放污染模式必须反映这些污染物在大气中全部的物理及化学变化规律。但是,由于汽车排放污染物进入大气后,首先危害道路两测的行人及居民;特别是国内居民出行时间集中,人、机混合交通,受害者直接长时间暴露于高浓度的汽车排放有害气体中,人受的危害极其严重。基于这一点,污染模式应着重反应城市街道内部的扩散运动规律。这类微小尺度的近场污染问题可以不考虑光化学反应。即各种污染物的扩散运动遵守相同的物

理规律。本文从城市街道汽车排放物扩散运动的基本物理过程出发,以城市街道 CO 浓度的监测数据为代表,分析了微尺度近场污染模式特殊性与主要参量;为建立城市街道汽车排放污染模式提供了一个物理基础。

## 1 城市街道汽车排放污染物扩散基本过程

道路及周围的建筑物形成了城市大气边界层下垫面内的狭长低谷,称为街道峡谷。街道峡谷内部的扩散运动是分析城市汽车排放污染规律的基础。图 1 表明了城市汽车排放污染物扩散

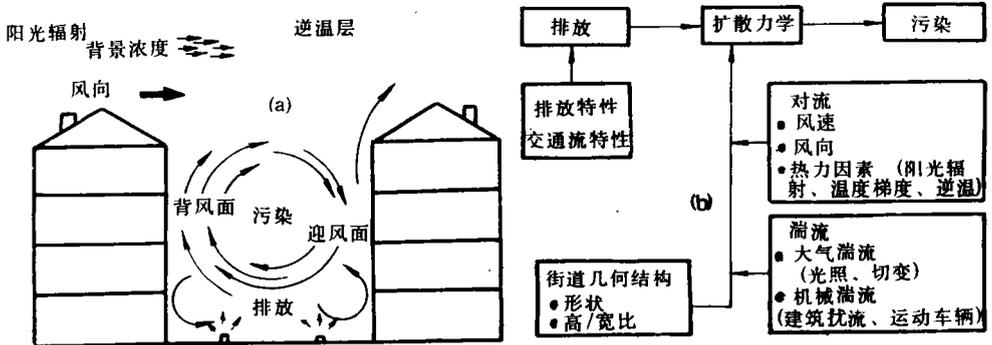


图 1 街道峡谷汽车尾气扩散过程与微尺度扩散模型  
(a)街道峡谷汽车尾气扩散过程 (b)街道峡谷微尺度扩散模型

的基本过程及微尺度扩散模型的有关参量。

图 1(a)中,屋顶来风在街道峡谷内部及其近空的流场发生改变,产生绕流、下洗及渠道效应等现象<sup>[1]</sup>,形成漩涡形气流。汽车排放物在这

种特殊结构的流场中发生随平均气流的输送、湍流弥散及对流扩散,在峡谷内部产生不同的污染浓度。这一过程有以下 2 个显著特点,①流场的

改变只波及狭谷内部及其近空(其高度与建筑物高度有关,一般在 30—60m<sup>[2]</sup>);②在狭谷顶部若存在逆温层,则污染物不会穿过逆温层而向上扩散;若大气处于中性或不稳定状态,则在狭谷顶部不远处污染物浓度与背景值相当。因此,汽车排放扩散过程主要在狭谷内部完成,是一个微尺度近场扩散过程。其扩散尺度与街道建筑物尺度相当。

微尺度扩散模型的组成如图 1(b)所示,其中街道几何结构、湍流及对流构成了扩散运动的基本内容,决定了汽车废气排入大气到产生污染的全部过程。街道的几何结构主要指道路两侧建筑物形状,建筑物的高/宽比等;湍流来自大气流动的切变及阳光辐射产生的热浮力;此外在街道狭谷中,建筑物扰流及车流运动引起的机械湍流也是湍流的主要来源;对流扩散包括随平均气流的平流输送及热浮力产生的对流扩散。在微风(微风)和强烈阳光辐射的狭谷式街道中,自然对流是唯一引起对流扩散的主要因素。

微尺度扩散模型主要参量决定了污染模式的初始条件、边界条件,模式所涉及的范围和模式所能解决的问题。包括汽车排放特性;汽车污染浓度与交通流密度的关系;城市汽车排放污染物的空间分布不均匀性以及气象因素对汽车排放的污染程度的影响作用等。

## 2 汽车排放特性

汽车污染物排放特性是城市汽车排放污染模型的一个基本参数,对于建立汽车排放污染模式极其重要。同时,汽车排放特性也是我们根据环境质量控制城市道路交通的主要前提。

汽车排放特性是指汽车在各种工况下汽车尾气及供给系(含曲轴箱)燃料蒸发中污染物浓度的变化规律。

实际应用中,往往是按区间各种运行工况的统计平均,用区间平均车速及相应的污染物排放率代表区间上各种运行工况和平均排放率,使建模工作大大简化,具有实际应用价值。图 2 是美国 70 年代末,未装催化反应器的汽车主要污染物排放量与平均区间车速变化的典型关系<sup>[3]</sup>。区

间车速较低,说明该区间内汽车经常处于加速、减速及怠速等工况运行,从而 HC、CO 急剧升高,区间车速升高说明该区间内,汽车行驶工况稳定,如等速行驶,HC、CO 降低而 NO<sub>x</sub> 则升高。

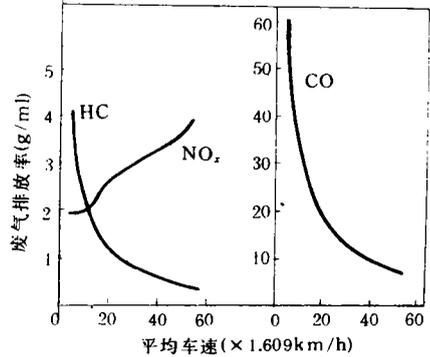


图 2 区间平均车速下的污染物排放率

## 3 排放 CO 浓度与交通流密度线性相关

道路近旁 CO 浓度与道路交通流量密度呈线性相关,如图 3 所示<sup>[4]</sup>。图中的数据得于不同城市的不同测点及测量时间,散点图反映了交通流状态(如车流密度)、气象条件、周围环境建筑及测量点与道路的相对位置等因素共同作用的结果。尽管测试数据散布较大,CO 浓度与交通流量密度呈线性相关关系仍是显而易见的,车流密度增加,CO 浓度升高。

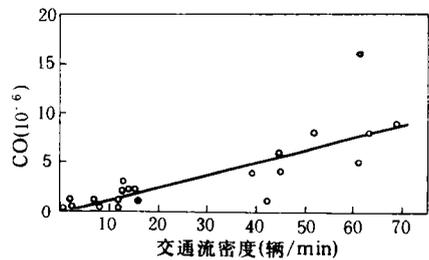


图 3 道路近旁 CO 浓度与交通流密度的关系

图 4 是北京前门大街 CO 小时平均浓度随小时交通流量(车流密度)变化的情况<sup>[5]</sup>。车流密度时间呈双峰型变化,在路中心 CO 浓度亦随时间呈双峰型变化,但在远离路中心的自行车道及人行道上,这种双峰型变化趋势显著减弱。表明只有在排放源附近,CO 浓度与车流密度呈线性相关。因此,CO 浓度除受车流密度影响外,还受其它因素的影响,而且离道路越远,这些因素的

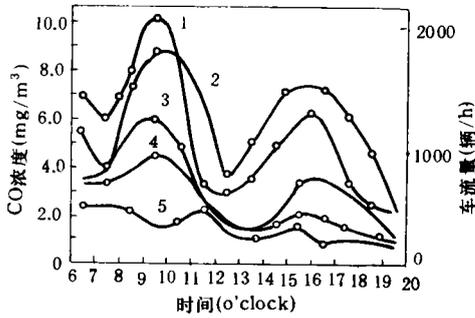


图4 北京前门大街CO小时平均浓度与车流密度的日变化  
 1. 路中心浓度 2. 车流密度 3. 自行车道浓度  
 4. 人行道浓度 5. 背景浓度

作用越明显。CO浓度与交通流量密度的这种相关性,使得道路近旁CO浓度分布满足源强叠加原理,从而大大简化了计算过程。

#### 4 排放CO浓度受气象条件影响

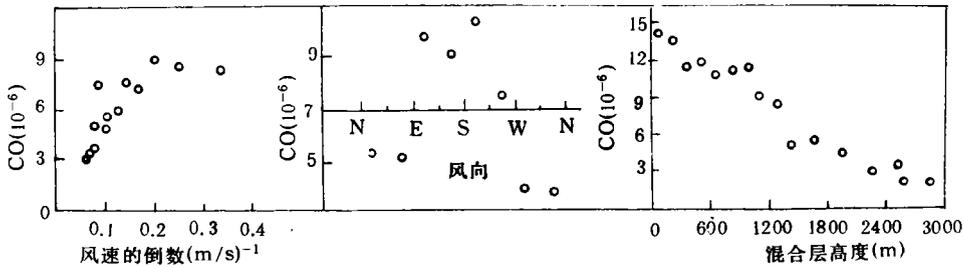


图5 风向、风速及混合层高度对CO浓度的影响

同样由图4也可以看出气象因素对CO浓度的影响,在早晨6:00—8:00,主要测点(如路中心、自行车道及人行道上)的CO浓度相对高于其它时间CO浓度。其原因在于早晨大气处于较稳定状态,风速小,CO不易扩散,使得CO浓度升高。由于这种气象因素影响,上午CO浓度高峰比交通流高峰有所提前。

气象因素甚至会掩盖CO浓度与交通流量密度之间的关系,这种情况下CO浓度的变化趋势与交通流密度的变化趋势不再吻合。在文献[7]中有过类似报道。

图6是美国某城市按季度统计情况<sup>[8]</sup>,表明季节性气候变化对CO浓度有较大的影响。由于

影响城市街道汽车排放污染物CO浓度的气象条件包括风向、风速、混合层高度及大气稳定度。

通常在排放源下风,浓度比上风高;风速增加时,由于一定体积的空气在排放源处停留时间较短,则进入该体积内的污染物减少,浓度降低;混合层高度反映冲淡排放污染物的空间区域的高度,混合层高度变小将减少稀释CO的有效体积,导致CO浓度升高;大气稳定度增加相当于降低大气流动的湍流度,从而减小排放污染在大气中的混合及冲淡速率。因此,稳定大气中排放污染物的浓度比不稳定大气中的浓度要高得多。

图5表示风向、风速及混合层高度对CO浓度的影响作用<sup>[6]</sup>。通常风向、风速及混合层高度经常一起变化,如混合层高度增加,经常导致风速增加,因此该图只表明3者的共同作用结果。

冬季大气稳定度升高,风速降低,使CO扩散能力降低,浓度明显升高。国内这种现象也很突出。例如沈阳市市府大街1985年调查表明,CO日平均浓度在采暖期(冬季)是非采暖期(夏季)的2倍\*。除去冬季采暖燃煤使CO排放总量增加外,冬季大气稳定度升高,使CO扩散能力降低也是一个主要原因。

由以上各因素的共同作用,CO浓度随气象因素的变化较大,这种变化往往表现为CO浓度分布随不同季节以及各个季节的每天不同时间

\* 徐锦航等,沈阳市汽车尾气污染大气分担率的研究,北京工业大学,沈阳市环保局,1986年9月

的变化。从而给道路周围汽车排放污染物的浓度高峰期, 交叉口周围浓度增加更多。

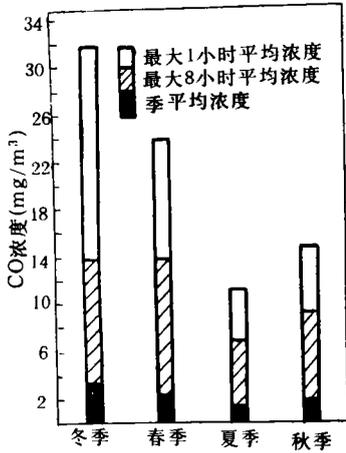


图 6 CO 浓度的季节性变化

度的监测与评价带来了很大的困难。因此, 道路周围汽车排放污染的监测应设立固定的监测站, 持续观测时间应较长, 一般跨度为一年。

### 5 排放 CO 空间分布及其与建筑结构的关系

道路周围 CO 的分布是极不均匀的。图 7 是北京市某街道横穿道路直线上不同测点的 CO

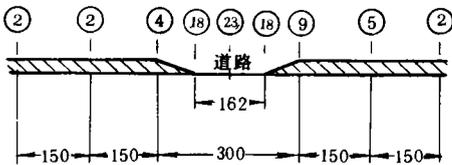


图 7 横穿道路测点上的 CO 浓度的变化

浓度。在 120m 的距离上, CO 浓度变化了 10 倍\*。在较复杂的街区内, 街道地面的 CO 浓度分布也是不均匀的, 如图 8 所示<sup>[8]</sup>。由图 8 可见, 在各点 CO 浓度测量值差别较大, 所以必须有足够的测点数才能确定市区道路的汽车排放污染的分布特征, 少数几个测点难以反映污染的全貌。

CO 排放率随车流的密度而变化, 车流密度较大路段 CO 排放率升高。在信号交叉口, 由于汽车怠速和频繁起动车、停车, 排放率升高。如图 9 所示<sup>[8]</sup>。交叉口处 CO 排放密度是距交叉早晚车

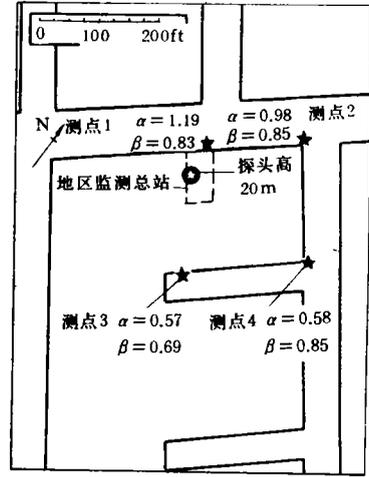


图 8 复杂街区 CO 浓度分布的不均匀性  
图中,  $\alpha$  代表测点浓度与地区总站浓度的比值  
 $\beta$  代表两者的相关系数

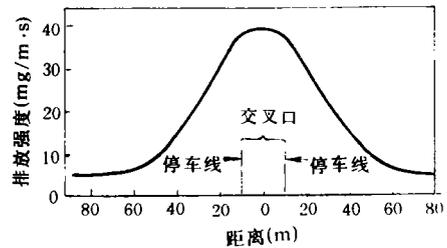


图 9 交叉口附近 CO 排放源强度

### 6 结论

(1) 由于以上各种因素的影响, CO 的空间分布是极不均匀的。这种不均匀性首先影响到如何确定污染模式的尺度与空间分辨率。空间分布不均匀性的实质是在排放源附近浓度较高, 远离排放源浓度较低。因此, 汽车排放污染模式应限制在排放源附近微尺度范围内。道路两侧建筑物是加剧这种分布不均匀的主要因素, 所以微尺度扩散模型必须包括排放源近旁的建筑物结构因素。此外, 微尺度扩散模型还需要有足够的分辨率, 否则不能反映浓度空间分布的不均匀程度。

• 交通部, 汽车排放对大气污染分担率的研究, 总报告, 1990 年 6 月

(2)街道内 CO 浓度不均匀使得街道内真正的污染水平难以评价,即使是相距较近的两点,测量数据有时相差较大。所以,难以确定街道真正的污染水平。国外采用如下办法:以街道内行人呼吸带(距地面 1.55m)内的最高 CO 浓度做为评价指标。一般情况下,最高浓度出现在背风面。

(3)CO 空间分布的不均匀影响汽车排放污染状况的监测精度。固定设备测量的 CO 浓度只代表监测站及其周围 CO 浓度,并不能代表其它点的浓度。因此,评价城市汽车排放 CO 污染需要密集的固定移动监测网。目前,国内城市汽车排放 CO 污染监测网不能满足这一要求,所以直至今日,国内汽车排放污染水平仍不十分清楚。

(4)CO 空间分布的高度不均匀性关系到汽车排放 CO 污染控制措施的有效范围。通常,CO 浓度升高是由其附近车辆及固定排放源排放造成的。所以控制 CO 污染只需控制小范围内的排

放即可。因此,当街道内 CO 浓度升高后,可以通过调整路段上的车流密度及汽车运行工况降低本地街道 CO 排放量,从而降低 CO 污染。因此,通过城市建筑规划、交通规划与交通管理措施,可有效控制城市汽车排放污染,改善道路大气环境质量。

参 考 文 献

- 1 Builtjes P J H. TNO progres report, 83-09553. TNO the Netherlands. 1983;1
- 2 Sobottka H. Abgasimmissionsbelastungen durch dem Kraftfahrzeugverkehr. TUeV Rheinland, 1978;125
- 3 US Environ. Protec. Agen., NTIS Publications No. PB295672;1
- 4 Brief R et al. J. of APCA, 1960,10(5):384
- 5 徐锦航,吴波等.北京工业大学学报.1985,11(4):113
- 6 Ledoter J et al. Tech. Rep. No. 529. Univ. of Wisconsin, Madison WI. 1978;1
- 7 Colucci J M et al. Environ. Sci. & Tech. 1969, 3(1):41
- 8 Johnson W B et al. NTIS Publications No. PB203 469;1

(上接第 72 页)

加入 1.00ml 浓盐酸后,用去离子水稀释至刻度上机测定。样品测定结果见表 1(每个试样平行测定 5 次)。

采用加标方式测定回收率。取同上述相等体积的样品液,加入含砷  $1.00 \times 10^{-6}$  g/ml 标液 2.00ml(砷量值为 2.00 $\mu$ g)与样品液混合,加入 1.00ml 浓盐酸,用去离子水定容至 100ml 刻度

表 1 水质样品中砷测定结果(95%置信度)

样品来源	样品中砷测定值 ( $\times 10^{-8}$ g/ml)	加标砷量值 ( $\mu$ g)	加砷测得值 ( $\mu$ g)	砷加收率 (%)
某厂净化车间	18.1 $\pm$ 0.4	2.00	2.06	103.0
某厂污水排放口	2.98 $\pm$ 0.14	2.00	1.90	95.0
东明桥水样	0.85 $\pm$ 0.05	2.00	2.06	103.0
焦化厂水样	0.66 $\pm$ 0.05	2.00	1.98	99.0
自来水样品	0.18 $\pm$ 0.08	2.00	1.70	85.1

后上机测定。通过计算得各种测定的回收率,结果列于表 1 中。

该方法不适用于含高铈,铋的样品,如遇此类试样,可以将二甲基甲酰胺(50%),乙醇胺(20%)和三乙醇胺(30%)的混合液分散于脱脂棉内,可以清除约 20 倍于砷的铈和铋的干扰。

参 考 文 献

- 1 单孝全.分析实验室.1990,9(4):160
- 2 邓平建,梁春穗.分析化学.1989,17(8):727
- 3 王延岭,贾利.分析化学.1989,17(12):1095
- 4 中华人民共和国国家标准.GB6276.7-86
- 5 汪炳武,张卫华.分析化学.1988,16(5):419
- 6 刘国权,王春旭等.分析化学.1992,20(7):810

**Key words:** beryllium, morin, fluorescence.

environmental quality classification.

**Study on the Determination of Arsenic in Wastewater by Using Single Valve FIA combined with Hydride Generation Spectrophotometry.** Liu Guoquan and Wang Chunxu (Dept. of Environ. Eng., Hebei Institute of Chemical Technology and Light Industry, Shijiazhuang 050018), He Yuaping (Shijiazhuang Chemical Fertilizer Factory, Shijiazhuang 050018); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(5), 1994, pp. 71—72

A Single Valve FIA (Flow Injection Analysis) system with hydride generation spectrophotometric detection was designed for the determination of the trace arsenic in wastewater. This FIA system had no need for any carrying gas. The new hydride generator and the absorbing device made by the authors were used in the FIA system. The  $\text{KBH}_4$  solution and the mixed silver nitrate-polyvinyl alcohol-ethanol solution were used for the generation and absorption, respectively, of arsenic hydride. The experimental results show that this method was very good for the determination of trace arsenic in wastewater. The FIA system had main advantages, including simple equipment, easy operation, high sensitivity, rapid determination (30 samples/h), good reproducibility (R. S. D = 3.04%) and low detection limit ( $1.82 \times 10^{-9}$  g/ml).

**Key words:** flow injection analysis, hydride generation, spectrophotometry, arsenic, wastewater.

**Reversed-phase High Performance Liquid Chromatographic Determination of Methomyl in Soils.** Chen Yanjun et al. (Jining Medical College, Jining 272113); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(5), 1994, pp. 73—74

A reversed-phase HPLC method was described for determination of methomyl in soils. The detection limit of methomyl in soils was 0.1  $\mu\text{g}$ , and the linear range was 1.0—20  $\mu\text{g}/\text{ml}$ . The average recovery of methomyl as standard added to soils was in the range of 96.1%—100.2%. The relative standard deviations were below 5%. This method was simple with a higher sensitivity and a better accuracy.

**Key words:** methomyl, reversed-phase, HPLC, soil.

**Study on Environmental Quality Classification Based on B-P Neural Network.** Li Zuoyong (Chengdu Institute of Meteorology, Chengdu 610041); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(5), 1994, pp. 75—77

Based on the back-propagation (B-P) algorithm of neural network, the classification models of water quality with 3 and 4 parameters were developed by taking the data on water quality indexes of 25 lakes as training samples. The verification of models for water quality classification of 6 lakes indicated that B-P neural network possessed not only good practicability, but also superiority over other classification methods of environmental quality because of its self-learning and self-adaptability.

**Key words:** neural network, B-P algorithm,

**Qualitative Analysis on the Urban Vehicular Emission Pollution Model.** Zhou Hongchang and Yang Peikun et al. (Dept. of Road & Traffic Eng., Tongji University, Shanghai 200092); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(5), 1994, pp. 78—82

Based on the physical process of the vehicular emission dispersion in the urban street canyon, the monitored data of CO concentration near the urban traffic roads were analysed. The microscale near field dispersion model was particularly discussed, including the initial conditions, boundary conditions and the scope of the model as well as the problems that the model might deal with.

**Key words:** urban transportation, air pollution model, dispersion.

**Current Status of Hazardous Waste Pollution and the Strategy for Its Control in China.** Chen Liqui (Dept. of Science and Technology, National Environmental Protection Agency, Beijing 100035); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(5), 1994, pp. 83—87

Hazardous waste pollution in soils, waters, air and organisms are very serious in China, have caused negative effects and threats to human health in some parts of China, and have become a major environmental problem which urgently need to be solved at present. This paper deals with the current status of hazardous waste pollution in China, a comprehensive analysis and comparison on the pollution control technologies and management competencies for hazardous wastes in home and abroad, and the response strategies and recommendations on pollution control of hazardous wastes which are proposed according to the local conditions in China.

**Key words:** hazardous waste, pollution control, response strategy.

**Development of Catalytic Oxidation Technology for the Treatment of Highly Concentrated and Refractory Organic Wastewater.** Wen Donghui, Zhu Wanpeng (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua Univ., Beijing 100084); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(5), 1994, pp. 88—91

Four branches of the catalytic oxidation process have been formed, i. e., wet catalytic oxidation; photocatalytic oxidation; homogeneous catalytic oxidation and heterogeneous catalytic oxidation. Substantially, they all catalyze the decomposition of oxidant so as to speed up the chemical reactions between organic matters and oxidant in wastewater. Some powerful oxidants can produce much stronger radicals by catalysis to oxidate and decompose some highly concentrated and refractory organic matters. Therefore, catalytic oxidation becomes important as a new technology for the treatment of highly concentrated and refractory organic wastewater.

**Key words:** catalytic oxidation, organic wastewater, oxidants.