

城市十字交叉口汽车尾气污染扩散模式^{*}

金陶胜^{1,2}, 余志²

(1. 中国科学技术大学热科学与能源工程系, 安徽 合肥 230026;

2. 中山大学智能交通研究中心, 广东 广州 510275)

摘 要: 从交通流特性和街道交叉角度等方面概括了十字交叉口处影响汽车尾气污染排放扩散的一些特征, 然后建立了一个十字交叉口汽车尾气污染扩散模式。该模式在普通的道路线源污染扩散模式基础上加入了考虑汽车排队等待以及拐弯变速的计算因子, 是对前人模式的一种改进。

关键词: 尾气污染; 扩散; 十字交叉口

中图分类号: X743.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579(2003)06-0130-02

城市中汽车尾气排放所造成的大气环境污染已越来越引起人们重视, 对城市中不同类型道路(开阔型、峡谷型等)汽车尾气污染扩散状况的研究在国内外都有很多, 但对于道路交叉口处的污染扩散分布状况, 所见到的文献报道并不多^[1,2]。国内的李铁柱等^[3]对十字交叉口的污染物扩散情况则是着重从风向与街道夹角的不同进行研究, 对交通特性考虑较少。十字交叉口在城市交通中一个明显的影响是造成了交通流的停顿或减缓了交通流运行速度, 相应地也影响了汽车尾气污染的排放状况。具体情况描述如下:

(1) 十字交叉口的车流通行具有车队特征^[4], 即当一路 A 上的车流直行或拐弯时, 另一路 B 上到达车辆所形成的车流需排队等候(全部或部分); 这样在不同道路上的车辆行驶速度就会形成一个周期性的变化。设 A、B 两车流分别通过一个车队所需时间为 T_A 、 T_B , 忽略一些次要因素, 则有

$$T = T_A + T_B \quad (1)$$

式中, T 为一个交通信号周期。可以认为: 在 T_A 时间内, A 车流以正常速度行驶, 而 B 车流则怠速等待; 在 T_B 时间内, 情况则反之。

(2) 由于停顿、拐弯等因素, 交叉口处车辆的运行速度一般没有路段车速高, 而且车辆在减速、加速、拐弯等状态下的尾气排放也与正常行驶时有不同; 因此我们引进一个正常度 K 的概念: 车辆以路段车速正常行驶时 $K=1$, 而当车辆在交叉口处处于减速、加速、拐弯等状态时, K 值在 1 左右变化。需要注意的是, K 值不仅与车辆行驶状态

有关, 还与尾气排放的种类有关。

(3) 十字交叉口处的汽车尾气污染扩散分布状况也与风向有关, 一般主要是由上风向的两段街道决定; 当风向处于两段街道之间时, 对每段街道适用线源与风向成任意夹角时的计算公式, 而交叉口处的污染浓度 c_s 则为 A、B 两条道路线源在交叉口处所产生的污染物浓度 c_A 、 c_B 的某种迭加。

对于十字交叉口处的污染物浓度计算, 考虑环境背景值时的计算公式如下:

$$c_{s0} = c_s + c_0 \quad (2)$$

式中, c_{s0} 为十字交叉口处污染物总浓度, c_s 是由于汽车尾气排放扩散所造成的污染浓度, c_0 为环境背景值。

在给出 c_s 的基本计算公式之前, 先来看看 c_A 、 c_B 的计算。取十字交叉口处为坐标原点, 风向为 x 轴反向, 如图 1 所示。

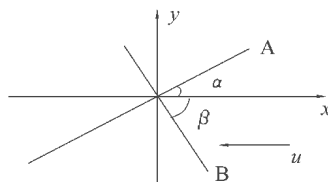


图 1 十字交叉口污染浓度计算示意图

Fig. 1 The schematics for the calculation of concentration of pollutant in the crossroad

一般情况下, 有限线源与风向成任意夹角时的计算公式如下^[5]:

^{*} 收稿日期: 2003-07-23

基金项目: 广东省科技厅重点实验室资助项目(2002B60112)

作者简介: 金陶胜(1973年生), 男, 博士生; 通讯联系人: 余志; E-mail: stsz@zsu.edu.cn

$$c_l = \frac{Q_l}{\pi uab} \int_{-L_1}^{L_2} \frac{1}{(x - l \cos \theta)^{m+n}} \cdot \exp \left[-\frac{(y - l \sin \theta)^2}{2a^2(x - l \cos \theta)^{2m}} \right] dl \quad (3)$$

注意到被测点（交叉口处）为坐标原点且 A、B 两条道路相互垂直，则有：

$$c_A = \frac{Q_A}{\pi uab} \cdot \int \frac{1}{(l \cos \alpha)^{m+n}} \exp \left[-\frac{(l \sin \alpha)^2}{2a^2(l \cos \alpha)^{2m}} \right] dl_A \quad (4)$$

$$c_B = \frac{Q_B}{\pi uab} \cdot \int \frac{1}{(l \cos \beta)^{m+n}} \exp \left[-\frac{(l \sin \beta)^2}{2a^2(l \cos \beta)^{2m}} \right] dl_B \quad (5)$$

式中， a 、 b 、 m 、 n 为系数， u 为风速， α 、 β 分别为 A、B 两条道路与风向的夹角，显然两者互余； Q_A 、 Q_B 则是 A、B 两条道路上的交通污染源强，它们由下式表达：

$$Q = \sum L_i e_i \sqrt{3600} \quad (6)$$

式中， L_i 为道路上某种车型的车流量（辆/h）， e_i 为该车型在道路总体速度下单台车的尾气排放中污染物的含量，称为排放因子（mg/（辆·m））。排放因子的影响因素有很多，其中车速也是一个重要因素，亦即正常速度行驶和怠速时的排放因子是不同的。

根据特征（1）和（3），我们给出 c_s 的计算公式：

$$c_s = \frac{T_A (c_{A1} + c_{B2}) + T_B (c_{B1} + c_{A2})}{T_A + T_B} \quad (7)$$

式中， c_{A1} 、 c_{B1} 为车流在交叉口处行驶时所造成的

污染浓度，而 c_{A2} 、 c_{B2} 则为车流在交叉口处怠速时所造成的污染浓度；它们的差别主要在于相对应平均排放因子 e_{A1} 、 e_{A2} 、（或 e_{B1} 、 e_{B2} ）的不同。

关于特征（2），我们注意到它只对 c_{A1} 、 c_{B1} 有影响，而对 c_{A2} 、 c_{B2} 没有影响，因此有：

$$\begin{cases} c_{A1} = K_A L_A e_{A1} \phi_A \\ c_{B1} = K_B L_B e_{B1} \phi_B \end{cases} \quad (8)$$

式中 K_A 、 K_B 分别为 A、B 两条道路在交叉口处的正常度； ϕ 则为将（6）式代入（4）、（5）式后除 L 、 e 之外其余量的综合表达。而 c_{A2} 、 c_{B2} 的表达如下：

$$\begin{cases} c_{A2} = L_A e_{A2} \phi_A \\ c_{B2} = L_B e_{B2} \phi_B \end{cases} \quad (9)$$

参考文献:

[1] KUHLWEIN J, FRIEDRICH R. Uncertainties of modelling emissions from road transport[J]. Atmospheric Environment, 2000, 34(27): 4603—4610.

[2] ZHOU H C, SPERLING D. Traffic emission pollution sampling and analysis on urban streets with high-rising buildings[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2001, 6(4): 269—281.

[3] 李铁柱, 王伟, 崔广渊. 城市道路交叉口机动车排放污染物扩散模式[J]. 华中科技大学学报(城市科学版), 2002, 19(2): 32—34.

[4] 王伟, 高海龙, 李文权, 等. 公路交叉口通行能力分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 65—71.

[5] 金陶胜. 城市道路汽车尾气污染扩散模式研究及其 GIS 实现[D]. 广州: 广州能源研究所, 2000: 27—29.

A Model of Vehicle Emission Dispersion in Urban Crossroad

JIN Tao sheng^{1,2}, YU Zhi²

(1. Departement of Thermal Science and Energy Engineering,
University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China;
2. The Center of Intelligent Transportation System, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: A model of vehicle emission dispersion in urban crossroad is built on some characters of vehicle emission dispersion in urban crossroad. Improvement of the previous models can be achieved through considering queue, acceleration and deceleration around the crossroad.

Key words: vehicle emission; dispersion; crossroad