

城市公交站台 乘客吸入汽车尾气模型研究

梁 歌¹ 鲍香台² 张 永²

1. 南京市公路管理处, 南京 210011

2. 东南大学, 交通学院, 南京 210096

摘 要: 针对公交站台乘客汽车尾气暴露风险, 引入吸入量概念, 分别对路段中直线、路段中港湾、交叉口直线和交叉口港湾四种公交站台布局类型建立乘客汽车尾气吸入量模型。以南京市鸡鸣寺公交站台为研究对象, 运用该吸入量模型, 对不同类型公交站台上乘客汽车尾气吸入量进行了研究, 研究表明: 在相同条件下路段中港湾式公交站台布局环境中乘客尾气吸入量最小; 增加公交车辆线路和发车间隔在相同条件下会增加乘客尾气吸入量。本文的研究为城市公交线和公交站台从乘客健康角度进行人性化布局规划提供了决策依据。

关键词: 公交站台; 乘客; 尾气吸入量; 汽车尾气; 尾气暴露

中图分类号: U491.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-4747(2012)03-0076-08

Study on the Models of Passenger Breathing in Automobile Exhaust Gases at City Bus Stops

LIANG Ge¹ BAO Xiang-tai² ZHANG Yong²

1. Nanjing Highway Transportation Bureau, Nanjing 210011, China

2. Transportation College, Southeast University, Nanjing 210096, China

Abstract: In order to analyze the risk of passenger exposing to the automobile exhausting gases, we introduced a concept of inhalation, and then outlined four inhalation models for four different layouts of the bus stops, accordingly named as line-stop in section, harbor style-stop in section, line-stop in cross sections and harbor style-stop in cross sections. Next, taking Jiming-temple bus stop as an example, the inhalation models were calculated and analyzed for different stop styles. The results showed that under the same condition,

收稿日期: 2011-09-27.

基金项目: 国家自然科学基金资助(70902029)。

作者简介: 梁 歌(1975-), 男, 山东荣城人, 南京市公路运输管理处。

the inhalation model for the harbor style-stop in road section resulted in the smallest amount of gases, and as the increasing of the interval of buses and the bus routes the inhaled gases raised. the study provided a new feasible method to making the decision for designing the city bus routes and the layouts of bus stops form the view point of passenger-health.

Key words: Bus stops, passengers, exhaust inhalation, automobile exhaust, exhaust exposure

0 引言

自 20 世纪 80 年代以来,我国机动车保有量迅速增长,截至 2010 年底,全国机动车保有量为 19.9 亿辆,而我国目前机动车污染控制水平仅相当于发达国家 20 世纪 70 年代中后期水平^[1]。大量机动车污染物在城市集中排放使城市空气质量恶化。调查表明,城市大气污染超标严重的区域往往集中于人口稠密、道路网密集、交通繁忙的地区,这反映了城市大气污染同机动车排放具有较高的相关性^[2]。

针对汽车尾气污染,不少学者进行了相关研究。席淑华等^[3]、Wongsurakiat^[4]分别验证了大气污染和汽车尾气污染与人体健康的关系;Rakesh 等^[5]、Denier van der Gon 等^[6]针对汽车尾气的排放进行了相关建模;Julian^[7]在基于实例分析的基础上对吸入量进行了计算;金陶胜等^[8]对吸入因子的计算进行了相关研究,而伏晴艳等^[9]通过人口加权大气污染暴露水平的概念对 2000 年上海市的 SO₂ 和 PM₁₀ 的吸入量进行了计算。

尽管关于防治汽车尾气污染对人体健康的危害,国内外学者从汽车尾气排放控制措施角度进行了较多研究,但是,关于公交站台微观环境下乘客汽车尾气暴露的影响研究还十分缺乏。因此,本文将应用尾气吸入量概念,建立不同公交站台布局下乘客汽车尾气暴露模型,并通过实例应用和仿真,比较分析公交站台布局类型的尾气暴露水平及不同因素对尾气暴露的影响。

2 公交站点乘客汽车尾气暴露模型

2.1 吸入量概念

吸入量的计算涉及到人口数 (Q_{λ})、暴露浓度

($C_i, \text{g}/\text{m}^3$) 和呼吸速率 ($B_i, \text{m}^3/\text{s}$) 等因素;从量纲上来说,总吸入量是这些因素的乘积,具体的计算中,会有一些不同的求和或积分形式,但基本可以概括为:

$$I = Q_{\lambda} BC \quad (1)$$

式中: I 为某区域中人体对污染物单位时间内的总吸入量, g/s ; Q_{λ} 为受污染物暴露的总人口数 (人); B 为人的平均呼吸速率, m^3/s ; C 为污染物的暴露浓度, g/m^3 。

关于暴露浓度的确定,Julian 等^[10]分析了微环境下暴露浓度与环境分布浓度的关系:

$$C = \frac{E}{\mu H \sqrt{A}} = \frac{FVQ_{\lambda}}{\mu H \sqrt{A}} \times \frac{1}{86400} \quad (2)$$

式中: C 为环境分布浓度中由交通引起的污染物暴露浓度 (g/m^3); E 为某区域内每天总排放量 (g/m^2); μ 为当时的风速 (m/s); H 为大气混合高度 (m); A 为区域陆地面积 (m^2); F 为平均车公里污染物排放量 (g/km); V 为每人每天行驶的车公里数 $\text{km}/(\text{人} \cdot \text{天})$; Q_{λ} 为区域人口总数 (人); 86 400 是将时间单位由天转化为秒。

2.2 假设条件

为了简化算法且便于研究,下文所建立的模型基于以下假设条件:

(1) 假设公交站台的各路公交线路的发车频率相同,设为 f (min/veh);

(2) 假设港湾式停靠站的港湾宽度恰好等于一个车道的宽度,设车道宽度为 a (m);

(3) 假设车辆排放的尾气对站台微环境的影响的有效距离设为 L (m),超出这个有效距离的影响忽略不计;

(4) 假设风速 μ 和大气混合高度 H 为一定值,不

考虑它们的影响；

(5) 假设公交车在停靠时的排放量为一定值 p (g/min)，所有车辆在行驶时的尾气排放为一定值 p' (g/min)；

(6) 不考虑公交车晚点，不考虑由于公交车人满造成的乘客二次排队。

2.3 模型的建立

暴露浓度 C 的计算表达式如 (2) 式所示，由假设条件，站台受污染的有效距离在半径为 L 的圆内。由于公交车辆都会在站台处停留接乘客上车，文中把这段时间的公交车排放量设为 E_1 ；所有通过站台的车辆在行驶过程中对站台造成的排放量设为 E_2 。另外，考虑到交叉口附近垂直方向上的车流会对停靠站造成影响，设垂直方向车流所造成的排放量为 E_3 。则暴露浓度 C 的计算表达式由 (2) 式进一步演化为：

$$C = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{\mu HL \sqrt{\pi}} \quad (3)$$

式中： L 为站台受污染的有效半径 (m)；其余参数含义同式 (2)；

模型的建立分为三个步骤，分别是计算排放量 E_1 ；计算排放量 E_2 和 E_3 ，得出暴露浓度 C ；计算吸入量 I 。在第二个步骤中将建立四种不同的模型以分析不同的站台情况。

a) 计算排放量 E_1

设：平均每辆公交车停靠时的排放量为 p (g/min)，公交车在站台的平均停留时间为 T' (min)，站台公交车线路数为 m ，公交车流量 (单向) $Q_{\text{车}}$ (min/veh)，则每辆公交车对站台所造成的排放量 P 为 $P = pT'$ ，公交车流量 $Q_{\text{车}} = m/f$ ，单位时间内总排放量为：

$$E_1 = Q_{\text{车}} P = mpT' / f \quad (4)$$

b) 计算排放量 E_2 和 E_3 ，得出暴露浓度 C

设：车辆行驶时平均排放量为 p' (g/min)，公交停靠站前的车流量为 $Q_{\text{总}}$ (veh/min)，公交停靠站前

的车道数为 n ，车道宽度为 a (m)，公交停靠站前的车流平均车速为 \bar{v} (m/min)，公交停靠站与附近交叉口的直线距离为 b (m)，公交停靠站距车流中心距离为 d (m)，车流在经过停靠站行驶的有效作用距离为 s (m)，车流在经过停靠站行驶的有效作用时间为 t (min)。在此步骤中将分不同情况考虑不同的站台模型。

(1) 情况一 $b \geq L$ ，即不用考虑交叉口旁垂直方向车流的影响。此时将建立两个不同的模型。

模型一 $b \geq L$ 且站台设置方式为直线式停靠站，如图 1 所示。

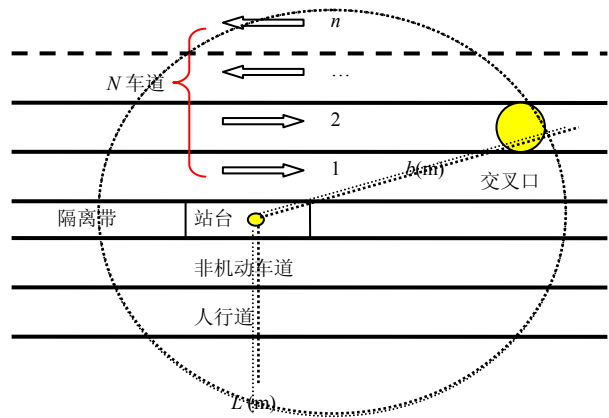


图 1 路段中直线式停靠站

Fig.1 Straight-line bus station in road section

可得出单位时间内总排放量为：

$$E_{21} = Q_{\text{总}} t p' = Q_{\text{总}} p' \sqrt{4L^2 - n^2 a^2} / \bar{v} \quad (5)$$

此时，暴露浓度

$$C = \frac{E_1 + E_{21}}{\mu HL \sqrt{\pi}} \quad (6)$$

模型二 $b \geq L$ 且站台设置方式为港湾式停靠站，如图 2 所示。

可得出单位时间内总排放量为：

$$E_{22} = Q_{\text{总}} t p' = Q_{\text{总}} p' \sqrt{4L^2 - a^2 (n+2)^2} / \bar{v} \quad (7)$$

此时，暴露浓度

$$C = \frac{E_1 + E_{22}}{\mu HL \sqrt{\pi}} \quad (8)$$

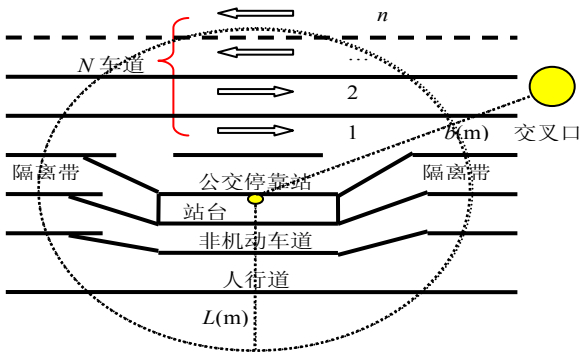


图2 路段中港湾式停靠站

Fig.2 Harbor-shaped bus station in road section

(2) 情况二 $b < L$ ，即需要考虑交叉口旁垂直方向车流的影响。此时将建立两个不同的模型。

设：垂直方向车流量为 $Q_{\text{总}}'$ (veh/min)，垂直方向车流平均车速为 \bar{v}' (m/min)，垂直方向车流对停靠站的有效作用距离为 s' (m)，垂直方向车流对停靠站的有效作用时间为 t' (min)。可得出：

$$E_3 = Q_{\text{总}}' t' p' = 2Q_{\text{总}}' p' \sqrt{L^2 - b^2} / \bar{v}' \quad (9)$$

模型三 $b < L$ 且站台设置方式为直线式停靠站，如图3所示。

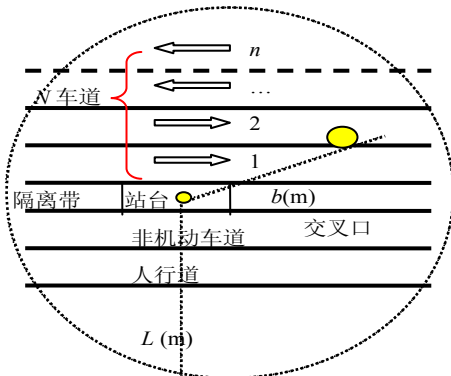


图3 交叉口旁直线式停靠站

Fig.3 Straight-line bus station next to intersection

此时，暴露浓度

$$C = \frac{E_1 + E_{21} + E_3}{\mu HL \sqrt{\pi}} \quad (10)$$

模型四 $b < L$ 且站台设置方式为港湾式停靠站，如图4所示。

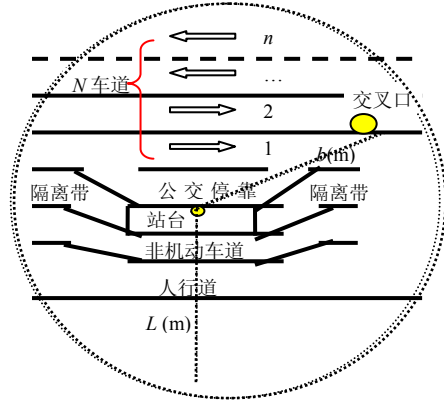


图4 交叉口旁港湾式停靠站

Fig.4 Harbor-shaped bus station next to intersection

此时，暴露浓度

$$C = \frac{E_1 + E_{22} + E_3}{\mu HL \sqrt{\pi}} \quad (11)$$

C) 计算吸入量 I

设：乘客平均呼吸速率为 B (m^3/min)，污染物暴露浓度为 C (g/m^3)，站台候车的乘客流量为 $Q_{\text{人}}$ (人/min)，站台乘客的平均候车时间为 \bar{T} (min)。

由于候车乘客的等候时间 t (min) 服从 $[0, f/2]$ 的均匀分布，单位时间内总吸入量为

$$I = \bar{T} Q_{\text{人}} B C = Q_{\text{人}} B C f / 2 \quad (12)$$

代入 C 和 E 得：

模型一的吸入量：

$$I_1 = \frac{Q_{\text{人}} B f (m p T' / f + Q_{\text{总}}' p' \sqrt{4L^2 - n^2 a^2} / \bar{v}')}{2 \mu H L \sqrt{\pi}} \quad (13)$$

模型二的吸入量：

$$I_2 = \frac{Q_{\text{人}} B f (m p T' / f + Q_{\text{总}}' p' \sqrt{4L^2 - a^2 (n+2)^2} / \bar{v}')}{2 \mu H L \sqrt{\pi}} \quad (14)$$

模型三的吸入量：

$$I_3 = \frac{Q_{\text{人}} B f (m p T' / f + Q_{\text{总}}' p' \sqrt{4L^2 - n^2 a^2} / \bar{v}')}{2 \mu H L \sqrt{\pi}} + \frac{Q_{\text{人}} B f (2 Q_{\text{总}}' p' \sqrt{L^2 - b^2} / \bar{v}')}{2 \mu H L \sqrt{\pi}} \quad (15)$$

模型四的吸入量：

$$I_4 = \frac{Q_{\lambda} Bf(m\mu T' / f + Q_{\text{总}} p' \sqrt{4L^2 - a^2(n+2)^2 / \bar{v}})}{2\mu HL\sqrt{\pi}} + \frac{Q_{\lambda} Bf(2Q_{\text{总}}' p' \sqrt{L^2 - b^2 / \bar{v}})}{2\mu HL\sqrt{\pi}} \quad (16)$$

3 实例及影响因素分析

3.1 实例分析

3.1.1 公交站台的选取

为了使得到的数据更合理并具有说服力,笔者选取了南京市北京东路与进香河路交叉口旁的“北极会堂站”作为仿真研究的案例。该站台周围的微环境如图5所示。

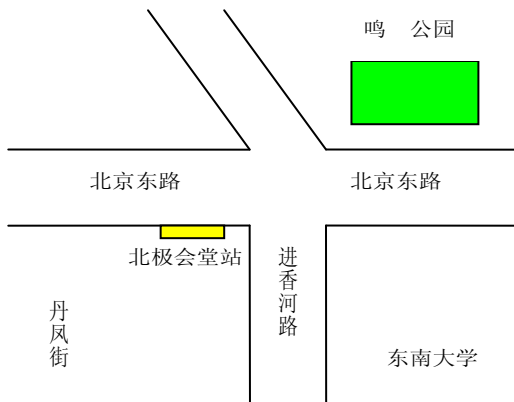


图5 北极会堂站周围环境

Fig.5 Surrounding environment of the Arctic Hall Station

从图5中可知,“北极会堂站”为交叉口旁的直线式停靠站(模型三)。

3.1.2 站台微环境的影响因素调查

(1) 一些经验数据

人体的平均呼吸速率^[11]为:

$$B = 20\text{m}^3 / d = \frac{20}{24 \times 60} \text{m}^3 / \text{min} \approx 1.39 \times 10^{-2} \text{m}^3 / \text{min}$$

夏季五月份南京市平均风速^[12]取 $\mu = 2.0 \text{ m/s}$; 城市大气混合高度^[13]取 $H = 160 \text{ m}$; 参照我国车辆尾气排放标准^[14]以及两方向的车速可以得出 CO 和 NO_x 的排放量。

CO 排放量为:

站台怠速等候乘车上下车的

$$P = 0.64 \text{ g/km} \times 0.6 \text{ km/min} = 0.384 \text{ g/min}$$

穿过站车辆的 p' 为:

北京东路:

$$p_1' = 1.47 \text{ g/km} \times 0.6 \text{ km/min} = 0.882 \text{ g/min}$$

进香河路:

$$p_2' = 1.47 \text{ g/km} \times 0.7 \text{ km/min} = 1.029 \text{ g/min}$$

NO 排放量为:

站台怠速等候乘车上下车的

$$P = 0.5 \text{ g/km} \times 0.6 \text{ km/min} = 0.3 \text{ g/min}$$

穿过站台车辆的 p' 为:

北京东路:

$$p_1' = 0.325 \text{ g/km} \times 0.6 \text{ km/min} = 0.195 \text{ g/min}$$

进香河路:

$$p_2' = 0.325 \text{ g/km} \times 0.7 \text{ km/min} = 0.228 \text{ g/min}$$

车辆尾气对站台微环境影响的有效距离^[13]取 $L = 80 \text{ m}$ 。

(2) 笔者调查所得的站台数据:

北极会堂站公交车线路数为 $m = 11$, 北极会堂站前的车道数为 $n = 5$ (正向3车道, 逆向2车道), 北极会堂站前的车道宽度为 $a \approx 2.8 \text{ m}$ (实测), 北极会堂站与附近交叉口的直线距离为 $b \approx 50 \text{ m}$ (实测)。

3.1.3 根据作者对相关路段的交通量调查结果

北极会堂站候车的乘客流量为 $Q_{\lambda} \approx 120 \text{ 人/min}$;

北极会堂站各路公交车的平均到达率为 $f \approx 5$ 辆公交车的平均站台停靠时间为 12 s , $2/3$ 的公车受交叉口红灯影响延误 68 s , 则有: 公交车在北极会堂站的平均停留时间为

$$T' = \frac{2}{3} \times 68 \text{ s} + 12 \text{ s} \approx 57 \text{ s} = 0.95 \text{ min}$$

北极会堂站前北京东路方向的车流量为

$$Q_{\text{总}} \approx 3000 \text{ veh/h} = 50 \text{ veh/min}$$

北极会堂站前北京东路方向的车流平均车速为

$$\bar{v} \approx 36 \text{ km/h} = 600 \text{ m/min}$$

北极会堂站旁进香河路方向的车流量为

$$Q_{总}' \approx 1200 \text{ veh/h} = 20 \text{ veh/min}$$

北极会堂站旁进兴河路方向的车流平均车速为

$$\bar{v}' \approx 42 \text{ km/h} = 700 \text{ m/min}$$

由公式(16)代入各个数据, 得出该站乘客的尾气吸入量:

$$I_{CO} = 14.87 \times 10^{-4} \text{ g/min}$$

$$I_{NO_x} = 3.70 \times 10^{-4} \text{ g/min}$$

3.1.4 站台微环境的仿真分析

(1) 如将北极会堂站改造成为“交叉口旁港湾式停靠站”, 则站台乘客的吸入量计算适用于模型四。

由公式(16)代入各个数据, 得出此时乘客的尾气吸入量: $I_{CO} = 14.83 \times 10^{-4} \text{ g/min}$, $I_{NO_x} = 3.69 \times 10^{-4} \text{ g/min}$ 。

(2) 如将北极会堂站向西移一段距离(使得 $b > L$)改造成为“路段中直线式停靠站”, 则站台乘客的吸入量计算适用于模型一。

由公式(14)代入各个数据, 得此时乘客的尾气吸入量: $I_{CO} = 11.50 \times 10^{-4} \text{ g/min}$, $I_{NO_x} = 2.96 \times 10^{-4} \text{ g/min}$ 。

(3) 如将北极会堂站向西移一段距离(使得 $b > L$)并且改造成为“路段中港湾式停靠站”, 则站台乘客的吸入量计算适用于模型二。

由公式(15)代入各个数据, 得此时乘客的尾气吸入量: $I_{CO} = 11.46 \times 10^{-4} \text{ g/min}$, $I_{NO_x} = 2.95 \times 10^{-4} \text{ g/min}$ 。

3.2 影响因素分析

(1) 根据计算结果, 得到站台因素对各污染物吸入量的影响关系图 6 如下:

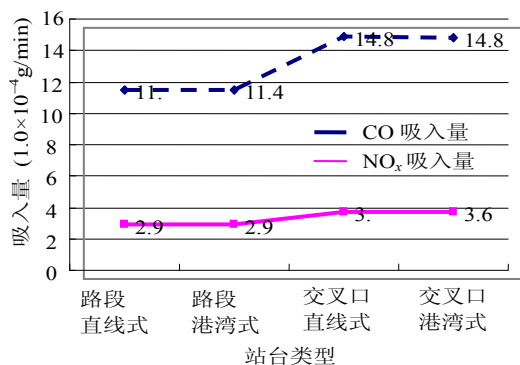


图 6 站台因素对各污染物吸入量的影响

Fig. 6 Impact of the platform factors on pollutant intaking

由图 6 可见, 将直线式停靠站改为港湾式停靠站对乘客尾气吸入量的影响不十分明显; 而将交叉口旁停靠站改为路段中停靠站则对乘客尾气吸入量的影响显著, 吸入量分别下降了 23%(CO)和 20%(NO_x)。

(2) 由于发车时间间隔的增大(减小)会导致公交车数量上的减少(增加)从而降低(提高)了公交车停靠站时的污染; 并且发车时间间隔的增大(减小)又会使得乘客候车时间增加(减少)从而增加(减少)了站台乘客的尾气吸入量。图 7 是发车频率由 5 min 增大到 15 min (不考虑站台变化)吸入量的变化量。由图 7 示可见, 随着发车间隔时间的增加, 虽然在一定程度上降低了公交车停靠站台时的污染, 但大大增加了乘客暴露的时间, 最终使得乘客的尾气吸入量增加。

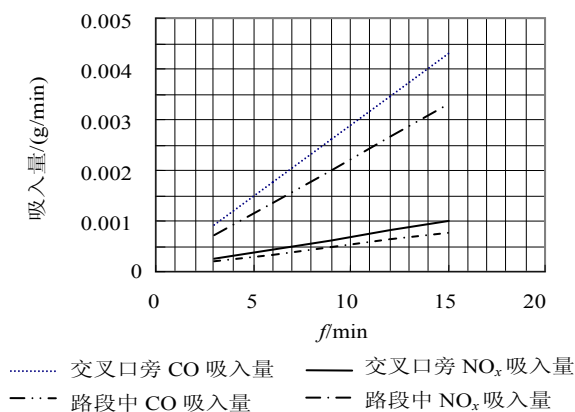


图 7 发车频率变化对吸入量的影响

Fig. 7 Impact of departure frequency change on the intaking

(3) 由于站台公交线路的增加会使得站台候车的乘客增多, 增大了总体吸入量; 并且, 线路的增加也会使公交车流量增大, 增大了公交车停靠时对站台的污染。由调查的站台数据: 北极会堂站公交线路数为 $m = 11$; 于北极会堂站候车的乘客流量为 $Q_{人} \approx 120 \text{ 人/min}$ 。为了方便研究, 我们不设: $Q_{人} = 11m$; 则站台公交线路对吸入量的影响呈现二次函数的关系: $I = am^2 + bm$; 得出两者的关系见图 8。

由图 8 可见, 公交线路的增加对 NO_x 吸入量的影响不十分显著 (0.000 15~0.000 5), 而对 CO 吸入量的影响则十分明显 (0.000 5~0.002 5)。

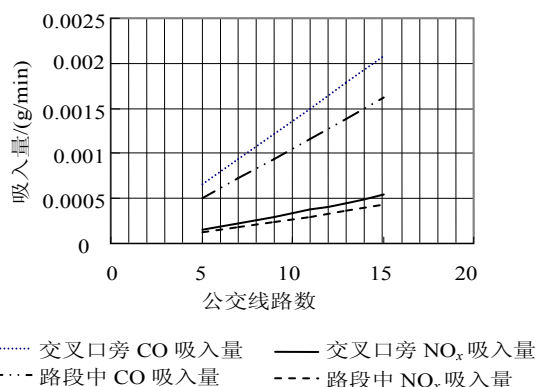


图8 站台公交线路数对吸入量的影响

Fig.8 Impact of bus lines' number on intaking

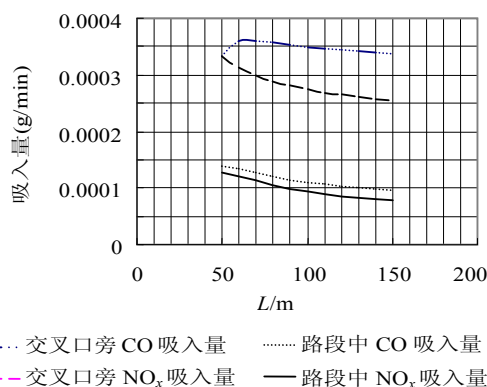


图9 尾气污染有效距离对吸入量的影响

Fig.9 The effective distance of the exhaust pollution's impact on intake

(4) 由于有效距离是一个模糊的约束条件, 它受整个站台微环境的各种因素的综合影响。因此, 给有效距离拟定一个具体的数值仅是为了研究其他影响因素的方便, 若认为有效距离固定不变, 那是不科学的。当有效距离在 50 m 至 150 m 范围内变化时, 得出的吸入量如图 9 所示。从图中我们发现, 除了交叉口旁乘客对 CO 的吸入量在 50 m 至 62 m 处随有效距离增大而增大, 这是因为在这一距离区间内, 由距离增大带来的尾气吸入量增加量 ΔI_2 大于由暴露浓度降低带来的吸入量减少量 ΔI_1 ; 其余情况均随着有效距离的增大而减小, 这是因为随着距离的增大, 汽车排放的尾气最终会分担到一个更大的环境里面, 大大降低了尾气的暴露浓度, $\Delta I_1 > \Delta I_2$ 从而最终降低了站台乘客的尾气吸量。

4 结 论

本文运用吸入量理论, 综合各种影响因素建立模

型, 模拟在不同的站台微环境下乘客受汽车尾气的暴露状况, 并对仿真建模的结果进行了定性和定量的分析, 由此得出如下结论: 影响站台候车乘客尾气吸入量的因素主要有以下三个: ①停靠站的位置和形式。从保护站台候车乘客的角度来设计一个公交停靠站, 最好的方式是采用“路段中港湾式停靠站”; 其次是“路段中直线式停靠站”; 再次是“交叉口旁港湾式停靠站”; 最差的方式是“交叉口旁直线式停靠站”。②发车时间间隔。发车时间间隔增大, 会增加站台乘客的尾气吸入量。③站台公交车线路增加, 对 NO_x 吸入量的影响不十分显著, 而对 CO 吸入量的影响则十分明显。

具体应用时应根据实际情况而定, 综合考虑各类因素设计。尽量避免因过于注重乘客健康的人性化设计而降低了公交站台的服务质量、影响到其他车辆通行、造成路段车辆堵塞及大大增加乘客候车时间等问题。

参考文献

- [1] 凤田主编. 汽车排放污染物控制实用技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 1999.
- [2] 魏伟. 关于城市交通规划中环境保护若干问题的研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2003.
- [3] 席淑华, 孙文娟, 叶丽杰. 大气污染对健康所致在危害研究[J]. 环境与健康杂志, 2000, 17(1): 6-28.
- [4] Wongsurakiat P., Maranetra K.N., Nana A., et al. Respiratory symptoms and pulmonary function of traffic policemen in Thonburi[J]. J Med Assoc Thai, 82,1999, 82(5): 1435-443.
- [5] Singh Rakesh B., Sloan James J. A high-resolution

- NO_x emission factor model for North American motor vehicles[J]. Atmospheric Environment, 2006, 40: 5214-5223.
- [6] 张晓娜, 刘志强. 城市街道机动车排放物扩散模型分析[J]. 拖拉机与 用运输车, 2006, 33(2): 44-46.
- [7] Marshall Julian D., McKone Thomas E., Deakin Elizabeth, Nazaroff William W. Inhalation of motor vehicle emissions: effects of urban population and land area[J]. Atmospheric Environment, 2005, 39: 283-295.
- [8] 金陶胜, 傅立新, . 吸入因子: 汽车尾气污染健康影响的一种评价方法[J]. 环境与健康, 2006, 23(2): 182-184.
- [9] 伏晴艳, 阐海东. 城市大气污染健康危险度评价的方法[J]. 环境与健康杂志, 2004, 21(6): 414-416.
- [10] Marshall Julian D., Teoh Soon-Kay, Nazaroff William W. Intake fraction of nonreactive vehicle emissions in US urban areas[J]. Atmospheric Environment, 2005, 39: 1363-1371.
- [11] 吴 震. 南京风速记录的变化及探讨[J]. 气象, 1996, 23(2): 56-57.
- [12] Marshall Julian David. Inhalation of Vehicle emissions in urban environments[D]. University of Berkeley California: 2005.
- [13] 型汽车污染物排放限值及测量方法(、 阶段), GB18352[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005.
- [14] 王 , 王格 , 黄 鸣, 高士 , 王连生. 南京市大气中 PM₁₀、PM_{2.5}日污染特征[J]. 重庆环境科学, 2003, 25(5): 54-56.

(中文编辑: 吴继屏)

上接第 70 页

辆为 $T_{k+1} = T_k + T_K + T_c$ 。

(3) 各进站车辆根据进站指令或进站时间指令自行调整各自的运行速度, 合理进站。

3 模型评价

本文所构筑的模型简单, 且充分考虑了各公交线

路运行车辆的运行特征, 以不超过公交站点的最大通行能力为约束来规划布设运营公交线路, 求解出合理的单位时间内到发车次数以及车辆到发公交站点的次序, 为解决城市中心区公交站点附近的交通拥堵提供建议和参考。但文章中假设的乘客上下车服从均匀分布和乘客无滞留等与现实情况存在差异, 在实际的应用中仍需加以改进和调整。

参考文献

- [1] 李 娜, 陈学武. 公交车中途停靠站停靠能力及设计站长计算初探[J]. 东南大学学报, 2003, 36(7): 72-77.
- [2] 宏伟, 王炜, 陈学武等. 城市公交停靠站规划设置方法综述[J]. 现代城市研究, 2004, (1): 53-57.
- [3] 严宝杰, 任 田. 道路通行能力分析(第一版)[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003: 25-54.
- [4] 马晓 . 城市常规公交站点设置方法与交通影响评价[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2010 年.
- [5] 陈 , 牛学勤, 陈学载, 等. 公交线路发车频率优化模型[J]. 公路交通科技, 2004, 21(2): 103-105.

(中文编辑: 刘娉婷)