

城区交通尾气污染物浓度预测方法

——以三亚市交通排放 NO₂ 预测为例

成文连¹ 刘玉虹² 谷清³ 李文丹¹ 关彩虹¹

(1. 防化学院,北京 102205; 2. 中国科学院烟台海岸带研究所,山东 烟台 264003; 3. 中国环境科学研究院,北京 100012)

摘要:由于城区道路较多,路况复杂,城区交通尾气污染预测比较复杂。为了准确预测城区汽车尾气污染,首先将城区道路按照道路等级进行分类,然后对每条道路进行分段直线模拟,根据每段道路的车流量及路况,分段对污染物浓度进行预测。在此基础上,将不同道路污染物的预测浓度进行叠加,从而得出整个城区交通尾气污染物浓度分布状况。用此种方法对三亚城区交通尾气污染进行预测,结果表明:按照目前三亚市机动车发展速度,如果不采取适当的控制措施,到2015年会出现局部地区 NO₂ 小时浓度超过国家二级标准的情况。

关键词:交通尾气;浓度预测;三亚市;NO₂

THE FORECASTING METHODS OF POLLUTANT CONCENTRATION CAUSED BY TRAFFIC EXHAUST GASES IN URBAN AREA— A CASE HISTORY OF FORECAST OF NO₂ CONCENTRATION PRODUCED BY TRAFFIC IN THE MAJOR REGIONS OF SANYA CITY

Cheng Wenlian¹ Liu Yuhong² Gu Qing³ Li Wendan¹ Guan Caihong¹

(1. Institute of NBC Defence, Beijing 102205, China;

2. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China;

3. Chinese Research Academy of Environment Science, Beijing 100012, China)

Abstract: For more roads and complex traffic conditions, it is more complex to forecast traffic exhaust gases pollution in urban area. In order to predict the pollution from the automobile exhaust more accurately, the urban roads will be classified by road grades, each of them would be simulated by the piecewise linear simulation method and then pollutant concentration would be forecasted segmentedly by traffic flow and road conditions. On this basis, the predicted pollutant concentration of different roads will be overlapped, and thus the entire urban traffic exhaust pollutant concentration distribution would be obtained. The results by using this method show that at this present increasing rate of motor vehicle, the NO₂ concentration per hour would be over beyond secondary national standards in some regions in 2015 if any appropriate measures are not taken to control.

Keywords: traffic exhaust gases; concentration forecast; Sanya City; NO₂

0 引言

据统计,我国大城市空气污染物中,70%以上的一氧化碳(CO)、40%以上的氮氧化物(NO_x)和80%以上的碳氢化合物(HC)来自汽车尾气,汽车尾气已经成为危害城市居民身体健康的主要污染源之一。因此,有效控制和降低汽车尾气排放是改善城市空气环境质量的重要手段^[1]。空气环境质量的控制策略必须建立在对污染物排放量和浓度准确把握的基础上。目前,我国对于机动车尾气排放的研究主要是基于对机动车个体或某一条道路进行的,对某个城区整体的机动车

尾气污染物浓度预测大多比较粗放,无法提出更有针对性的控制措施。本文以三亚城区交通排放 NO₂ 预测为例,探索城区汽车尾气污染物预测的方法。

1 城区汽车尾气污染预测方法

城区公路密集,不同的道路车流量不尽相同。为此,可把道路分为3类,第一类为主干道,第二类是次干道,第三类是支路。计算时采用分段直线模拟的方法,为了保证计算精确,原则上是每一个路口要分段,公路转弯时要细分,使得每段路程接近于直线,路线太长也要分段,每段长大约500 m。二、三类路也根据情

况分段处理。然后根据交通流量及路况,分别给出每段道路的排放因子,进而分别计算出每段公路的排放源强,再采用EPA的模式,用gcpapm软件进行模拟预测^[2]。

源强计算公式如下:

$$Q_{ji} = F_{wji} \times q_{ji} \times L_{ji} \times K_{ji} \times B$$

式中: Q_{ji} 为第*j*条道路上第*i*段上机动车排放源强, g/h ; F_{wji} 为第*j*条道路上第*i*段上机动车加权排放因子 $g/(h \cdot \text{辆})$; q_{ji} 为第*j*条道路上第*i*段上机动车流量,辆/h; L_{ji} 为第*j*条道路上第*i*段上路段长,m; K_{ji} 为第*j*条道路上第*i*段上时间变化系数; B 为单位换算系数。

2 案例分析

2.1 三亚市简介

三亚市位于海南岛最南端,背靠五指山,面临南海,东接陵水县,西邻乐东县,依山傍海,呈狭长型带状分布,东西长91.6 km,南北宽51.7 km,海岸线长209 km。

根据三亚市多年风速、风向频率统计,得知三亚最大风向是NE,频率是15.2%,风速3.7 m/s,第二大风向是ENE,频率是12.4%,风速3.2 m/s,第三大风向是E,频率是11.4%,风速3.1 m/s。即三亚市盛行东北风。

三亚市主城区是在原来三亚河的沿岸发展起来的,为一狭长型,如图1所表示。东西方向大约5 km,南北方向大约7 km,三亚河在中间流过,把主城区分为3块。区内纵向有凤凰路、河东路、临春河路、解放路和三亚湾路,受河流和地形影响,都是从西北向东南走向。横向的有4条,北部是金鸡岭路和迎宾路,都是西南—东北走向,南边是新风街和榆亚路,新风街是东西走向,榆亚路向东南倾斜。其中解放路一带是市里最繁华、人口密度最高、交通最繁忙的区域。

两个自动大气监测点,一个是河东点,在河东区市环境监测站内;另一个是河西点,在月川桥北,见图1。

2.2 汽车交通排放源

参考三亚有关环境报告得知,三亚市主城区没大工业排放源,主要大气环境问题是区域内汽车尾气造成的。由于区域区内 NO_x 排放量无论是小时、日平均或者年排放量都远远大于 SO_2 和 PM_{10} 排放量,所以大气环境预测时只计算 NO_2 的影响,在模式计算时把 NO_x 源强转换为 NO_2 。

把三亚城区道路分为3类:第一类为主干道,包括凤凰路、解放路、三亚湾路、河东路、金鸡岭路、迎宾路、新风街、建港路—榆亚路;第二类是次干道,包括河西路、临春河路、南边海路、鹿岭路、榕根路—商品街—港

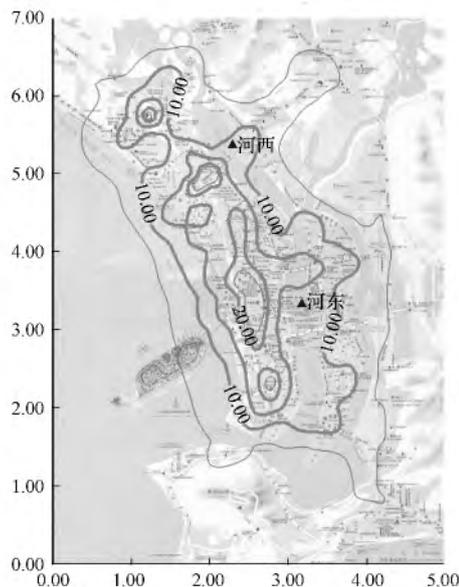


图1 NO_2 年平均浓度

门上村街;第三类是支路,包括机场路、友谊路等。计算时候采用分段直线模拟公路线,根据区域内实际情况,把凤凰路分为13段,解放路分为14段,三亚湾路—胜利路分为14段,河东路分为11段,金鸡岭路分为7段,迎宾路分为7段,新风街分为5段,建港路—榆亚路分为8段。二、三类路也根据情况分段处理。参考三亚市过去对交通做过的调查,确定每段路的车流量,得出每条主要干线的车流量。由于二、三类线源不全部具备调查数据,没有数据的二类线源采用距离最近的一类源车流量的40%~70%,三类线源采用距离最近的一类源车流量的20%~50%。然后用排放因子和路段长度计算出来每段公路的排放源强。

凤凰路接近于高速路, NO_x 排放因子全部采用轻型汽油车使用空调数据,为 $3.63 g/(km \cdot \text{辆})$ 。区域内的车流 NO_x 排放因子也采用轻型汽油车使用空调数据,为 $2.61 g/(km \cdot \text{辆})$ ^[2]。由此计算出区域内各条路每一路段的污染物排放量,以此作为计算基础。然后采用EPA的模式,用gcpapm软件模拟计算^[3]。

近期2010年和中期2015年的车流量分别为:2010年按现有流量的1.51倍取值,2015年按现有流量的2.16倍取值。

2.3 现状 NO_2 浓度分析

采用近年数据计算的 NO_2 年平均值见图1。从图1可见,最外面细线为 $5 \mu g/m^3$,向内依次为10,15,20 $\mu g/m^3$,最内部的细线为 $22 \mu g/m^3$ 。图中的河东站自动监测点近5年 NO_2 年平均值为 $9 \sim 18 \mu g/m^3$ 。河西月川桥站平均值为 $7 \sim 15 \mu g/m^3$ 。

从图1中NO₂等值线可知,两个站点NO₂预测值在监测平均值范围内。其中河东站计算浓度值更接近15 μg/m³,河西月川桥站计算浓度值处于10~15 μg/m³之间,略小于河东站,都是合理的。整个污染物浓度分布趋势为从东北向西南方向递减,这也符合三亚市常年盛行东北风的气候特点。从北到南有4个大于20 μg/m³高浓度区,最北边是金鸡岭路和解放路交接处;第二个是迎宾路与解放路交接处;第三个在解放路和新风路交接处,也就是解放路中段,由于东北风的影响,浓度向西南方向递减;第四个在解放路与跃进街道和新建街一带,最大值为22 μg/m³在解放路中段。

图2是早晚高峰车流量的计算结果,选择不利的气象条件,中性稳定度,静风时NO₂计算结果。在这样条件下,最外面浓度是10 μg/m³,向内依次是25, 50, 75, 100 μg/m³,最内部有一个120 μg/m³的高浓度区域。从图2上看最高浓度区域为长椭圆型,在三亚最繁华的解放路和新风路交接处。这说明车流量高峰时段和D类稳定度、静风3个条件同时发生情况下,在目前三亚市最繁华的路口NO₂小时浓度可能已经超过一级标准。E类情况与此相同。

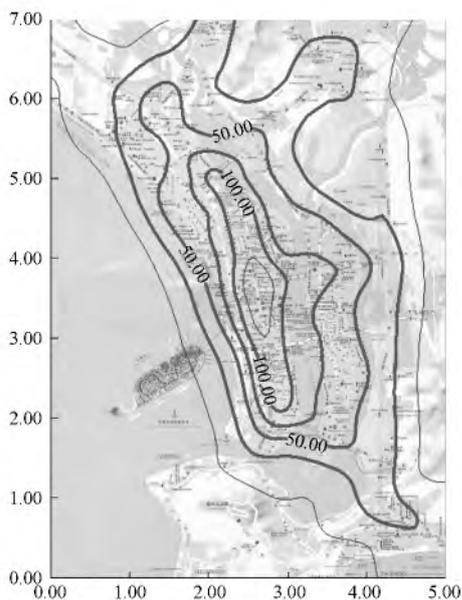


图2 D类稳定度静风条件,高峰时刻NO₂浓度分布

2.4 NO₂浓度预测结果

采用EPA的模式,用gcapm软件模拟分别对2010年、2015年NO₂年平均浓度和高峰小时D类稳定度、静风条件下NO₂浓度进行了预测。结果见图3—图6。2010年和2015年NO₂年平均浓度分布图见图3、图4。2010年和2015年高峰小时D类稳定度、静风条件下NO₂浓度分布图见图5、图6。

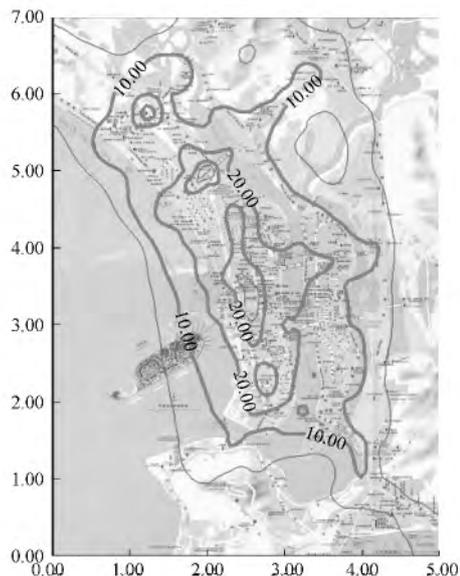


图3 2010年NO₂年平均浓度

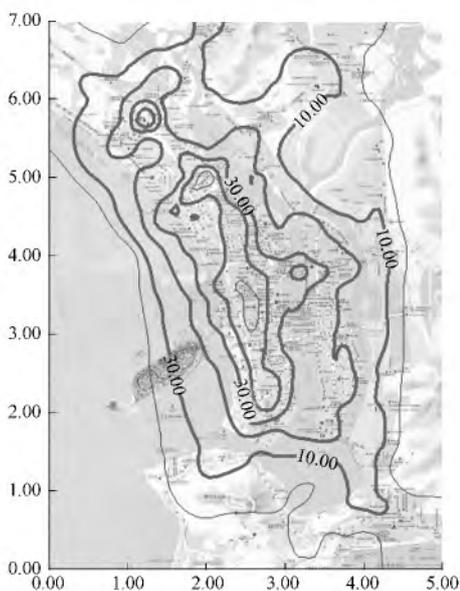
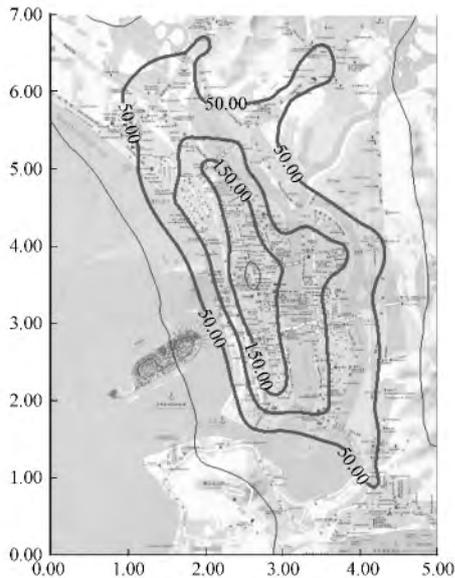
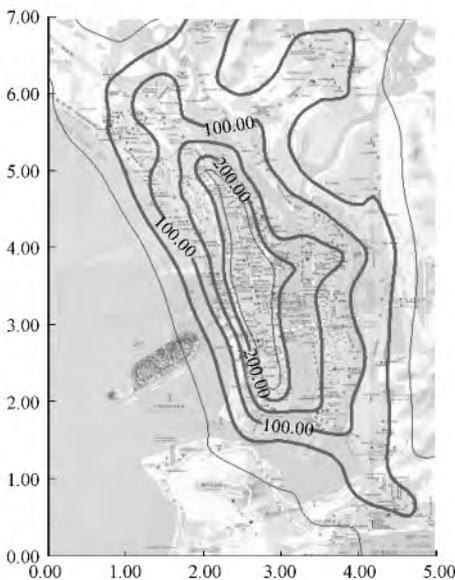


图4 2015年NO₂年平均浓度

从图3可知:2010年NO₂年平均浓度最外侧是5 μg/m³,向内依次为10, 20, 30, 35 μg/m³。2010年最大NO₂年平均浓度为35 μg/m³,在三亚最繁华的解放路和新风路交接处。

从图4可知:2015年NO₂年平均浓度最外面是10 μg/m³,向内依次是20, 30, 40, 50 μg/m³。最大NO₂年平均浓度为50 μg/m³,位于三亚最繁华的解放路和新风路交接处。

从图5可知:2010年在D类稳定度静风条件,高峰时刻NO₂浓度分布,最外面是10 μg/m³,向内依次为50, 100, 150, 200 μg/m³。最大NO₂浓度为

图5 2010年D类稳定度静风条件,高峰时刻NO₂浓度分布图6 2015年D类稳定度静风条件,高峰时刻NO₂浓度分布

200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,位于三亚最繁华的解放路和新风路交接处。

从图6可知:2015年NO₂年平均浓度最外面是20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,向内依次是50,100,150,200,240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。在该类气候条件下,如果汽车拥有量持续增加,到2015年部分区域将超二级标准240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

由于气象条件综合影响,NO₂浓度变化趋势均是由东北向西南方向递减的。

2.5 预测结果分析

如果按照三亚市机动车的增长速度,上面预测的大气污染情况可能会出现,影响三亚的大气环境

质量。造成这个结果的原因除了汽车数量的快速增长外,还与三亚市的路网结构有直接关系。由于海岸、河流和山地的限制,三亚市主城区横向(东西方向)实际上不到3 km,在这距离内,纵向分布着凤凰路、河东路、解放路和三亚湾路4条交通干线,还有临春河路和河西路等辅助路。而主城区纵向(南北方向)有5~6 km左右,在这距离内,从北到南横向分布着金鸡岭路、迎宾路、新风路和榆亚路4条交通干线,连接着东西方向的交通。横向交通道路较少,使得大量车辆绕行,增加了交通压力。另外三亚市丁字路口多,断头路多,摩托车多,也是出现这种情况的原因。

2.6 控制措施

三亚市目前空气质量良好,但是按照现在机动车发展速度,如果不采取适当的控制措施,未来几年在城市中心地段,早晚交通高峰时间有可能出现NO₂浓度超标的情况。为了确保三亚的空气质量,有必要采取如下控制措施:

- 1) 增加横向交通干线,把三亚河步行桥和临春河步行桥改为车行桥,使得和平街、港华街经过白鹭公园到山水国际,形成一条新的线;
- 2) 把吉祥街向东扩展,在榕根桥北修建一座新桥,横跨三亚河,经过榕根桥、丰兴隆大桥、春光路与凤凰路连接,减少横向交通压力;
- 3) 在有可能出现短时间NO₂浓度超标的路段,早晚交通高峰时间,限制摩托车驶入;
- 4) 控制城区人口过快增加,增加支线道路;
- 5) 发展新区^[4-5]。

3 结论

由于城区道路及路况的复杂性,准确预测城区交通尾气污染物浓度比较困难。通过将城区道路分类,然后针对每条道路采用分段直线模拟预测的方法,可大大减少不同道路及不同路况产生的误差,进而得出比较准确的预测结果。但由于城区交通尾气污染物浓度受车型、车速、车流量、路网密度、时段、气象等多重因素影响,污染物浓度预测比较复杂,道路分段直线模拟预测的方法只能在一定程度上减少预测误差,更准确与科学的预测方法还需要进行深入地研究。

参考文献

- [1] 孙志超,邵春福.尾气排放科学研究-预测不用水晶球[J].《交通建设与管理》2013,49(7):85-86.

(下转第下转403页)

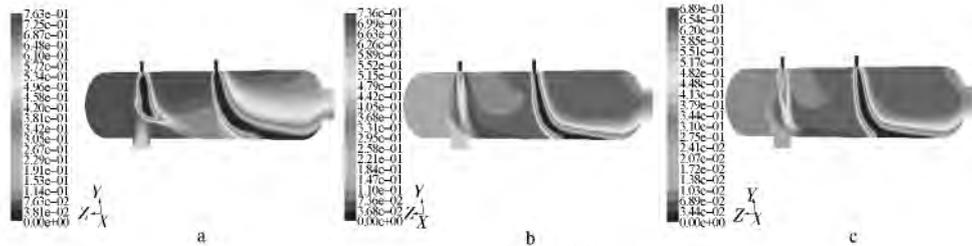


图9 不同温度下 H₂ 摩尔分数的分布云图

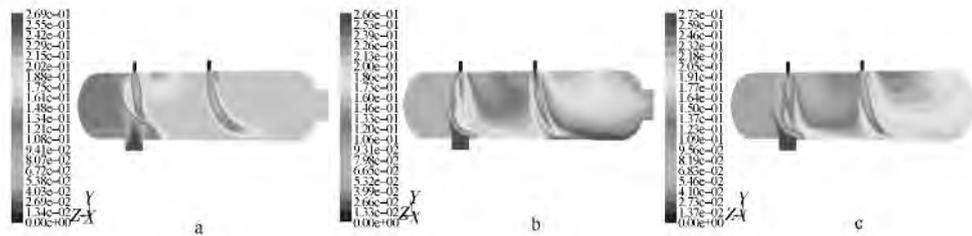


图10 不同温度下 CO 摩尔分数的分布云图

行 致使 CO 降低。另外,从图中可以看出 a 情况下的出口处 CO 气体的摩尔分数相较于 b、c 更为均匀。

综合以上分析可得 焦炉煤气入口温度 400 °C 时,氧气流量为 195 m³ 时 最有利于焦炉煤气的自重整以及其自重整气体的质量和成分的稳定。

5 结论

本文通过 CFD 软件 - FLUENT 对焦炉煤气自重整设备进行了模型构建,并对其工作状况进行了数值模拟 模拟结果经验证真是可靠。整个模拟过程得到结论如下:

1) CFD 软件可用于冶金过程的模拟,其结果真实可靠。

2) 模拟结果显示,当氧气流量为重整焦炉煤气量的 13% 时最有利于焦炉煤气的自重整,自重整后的气体中 CO 和 H₂ 摩尔分数可分别达 26% 和 69%。

3) 模拟结果显示,当入炉焦炉煤气温度为 400 °C 时最有利于自重整反应的进行,此时的温度场更为均与,平衡体系中 CO 和 H₂ 摩尔分数总和超过 95%。

参考文献

[1] 门长贵. 制取甲醇合成原料气的煤气化工艺技术选择[J]. 煤化工 2004(4):5-7.

[2] 谢克昌,李忠. 甲醇及其衍生物[M]. 北京:化学工业出版社 2002.

[3] 李忠 杨利,谢克昌. 煤基甲醇燃料的开发应用前景[J]. 煤炭转化 2003 26(3):6-11.

[4] 杜金业 郑军 赵守国. 鲁奇炉生产城市煤气联产甲醇的总结[J]. 煤气与热力 2001 26(3):6-11.

[5] 王育红. 利用焦炉煤气生产甲醇的探讨[J]. 煤气与热力 2005 25(10):54-55.

[6] 郭占成 宋学平 赵月红. 煤-氧-水蒸气-焦炉气联合气化制备直接还原气[J]. 钢铁 2003 38(12):14-17.

[7] Szekly J, Evans J W, Soho H Y. Gas-Solid Reaction [M]. Academic Press Inc, 1976.

[8] Ruihven D M, Farood S, Knabel K S. Pressure swing adsorption [M]. New York: VCH Publishers, 1994:235-237.

[9] Jasra R V, Choudary N V, Bhai S G. Separation of gases by pressure swing adsorption [J]. Separation Science and Technalagy, 1991, 26(7):885-930.

[10] 周媛,任军,李忠. 焦炉煤气合成燃料甲醇发展前景分析[J]. 山西化工, 2007, 27(2):90-97.

[11] 胡俊鸽,吴美庆,毛艳丽. 直接还原炼铁技术的最新发展[J]. 钢铁研究, 2006(2):53.

[12] 陈宏. HYL-III 海绵铁生产技术[J]. 钢铁, 1999, 34(11):64.

[13] HYL Co. Partial Combustion in the HYL-j Direct Reductiron [J]. HYL Report, 1996(1):9.

作者通信处 师学峰 100081 北京市海淀区钢铁研究总院光进钢铁流程及材料国家重点实验室

2014-03-26 收稿

(上接第 386 页)

[2] 谷清,李云生. 大气环境模式计算方法[M]. 北京:气象出版社 2002.

[3] 城市区域大气环境容量总量控制技术指南[M]. 北京:中国环境科学出版社 2005.

[4] 李卓. 基于 ADMS-Urban 的大气污染浓度贡献率分析[J]. 环境工程 2010 29(3):183-1186.

[5] 洪伟,古国榜,杨立君. 大气扩散高斯模式的灵敏度系统分析[J]. 环境工程 2003 21(4):62-64.

作者通信处 成文连 102202 北京昌平区阳坊镇防化学院

E-mail chengwenlian@126.com

2014-03-28 收稿