

公路收费亭内外空气污染特征及其影响因素

陈克军¹, 陈克亮², 张兰军¹, 冷光义¹

(1. 重庆交通科研设计院, 重庆 400067; 2. 南京大学环境学院污染控制与资源化研究国家重点实验室, 南京 210093)

摘要: 2003-06 ~ 2003-07 对重庆市辖 4 个收费站中的收费亭内外一氧化碳(CO)、二氧化氮(NO₂)、总烃(THC)和可吸入颗粒物(PM₁₀)进行了采样监测, 同时还观测了气温、大气压、风速和车流量等影响因素, 通过二元相关和偏相关分析方法探讨了收费亭内外各空气污染指标与影响因素之间的关系。结果表明, 收费亭外 CO 和 PM₁₀ 小时平均浓度值比亭内高, 亭内 NO₂ 和 THC 的小时平均浓度值比亭外高。重庆站亭内外 NO₂ 和茶园站亭内外 CO 的小时平均浓度值超过环境空气二级标准, 其它各收费亭内外 NO₂ 和 CO 的小时平均浓度均值未超过相关标准限值, 其最高值均超过相关标准; 各收费亭内外 THC 小时平均浓度均值分别达 7.728 mg/m³ 和 7.216 mg/m³, 均超过标准限值 10 倍以上; 收费亭内外 PM₁₀ 变化幅度较大, 亭外均值 0.217 mg/m³, 高于环境空气质量二级标准, 亭内最高值达 0.631 mg/m³, 是室内空气标准日均值标准限值的 4.2 倍。在 4 个收费站的收费亭内外空气污染程度比较分析中, 以重庆收费站为最严重, 有 3 个指标的均值比其他收费站高。在污染指标与影响因素相关分析中, 收费亭内外污染物之间的存在着一定的相关关系, CO、PM₁₀ 和 NO₂ 呈极显著相关, 亭内外 THC 呈显著性相关, 车流量与 NO₂、THC、PM₁₀ 均呈极显著($p < 0.01$)或显著相关($0.01 < p < 0.05$), 而与 CO 的污染程度相关性不显著; 天气条件不同程度地影响各污染指标的浓度, 分别以大气压和气温影响为主, 风速影响不大。

关键词: 公路; 收费亭; 空气污染

中图分类号: X51 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2007)08-1847-07

Characteristics and Influencing Factors of Air Pollution in and out of the Highway Toll Gates

CHEN Ke-jun¹, CHEN Ke-liang², ZHANG Lan-jun¹, LENG Guang-yi¹

(1. Chongqing Communications Research and Design Institute, Chongqing 400067, China; 2. State Key Laboratory of Pollution Control and Resources Reuse, School of the Environment, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: During June and July 2003, CO, NO₂, THC and PM₁₀ were sampled at the four highway toll gates in Chongqing. Air temperature, air pressure, wind velocity and traffic flow were also monitored simultaneously. The relation between air pollution parameters and influencing factors was analyzed by applying the methods of bivariate correlation and partial correlation. As shown in the monitoring result, the outdoor average concentrations of CO and PM₁₀ exceed indoor ones, but NO₂ and THC are reverse. The average concentrations of CO and NO₂ at the toll gates don't exceed the indoor and outdoor air quality standards except for the toll gate in Chongqing and Chayuan. One-hour average concentrations of outdoor and indoor THC are 7.728 mg/m³ and 7.216 mg/m³ respectively, and exceed ten times of the indoor air quality standard. One-hour average concentrations of indoor and outdoor PM₁₀ change acutely respectively, and the their maximum concentrations are 0.631 mg/m³ and 0.217 mg/m³ which exceed indoor air quality standard and the second class of ambient air quality standard. Polluting state of Chongqing toll is the worst among the four sampled tolls, and three indexes are bigger than others. Indoor and outdoor air pollutants have correlativity. Correlations of CO, PM₁₀ and NO₂ are significant at the 0.01 level respectively, and correlations between indoor and outdoor THC are significant at the 0.05 level. In the influencing factors analysis, traffic flow is significantly correlative with NO₂, THC and PM₁₀ ($p < 0.01$ or $0.01 < p < 0.05$), and not significantly correlative with CO ($p > 0.01$). Air pressure and ambient temperature are predominating factors which influencing the concentration variation, and wind speed is a minor meteorological factor influencing the fluctuations of the data.

Key words: highway; toll booth; air pollution

收费亭是公路的主要辅助设施和公路沿线环境污染的敏感区域, 由于收费亭狭窄的工作空间, 且处于机动车怠速和加速时的污染环境中, 燃烧不完全的机动车尾气、道路扬尘等有毒有害物质随时影响着工作人员的身体健康和生态环境的安全^[1,2]。国内外对公路交通环境空气污染状况开展了一些研究, 主要集中在汽车尾气排放量以及扩散模式等方面^[3~8], 而对公路收费站空气质量特征与影响因素

方面进行的研究尚鲜见报道。

本研究通过对收费站的收费亭内外总烃(THC)、一氧化碳(CO)、二氧化氮(NO₂)和可吸入颗粒物(PM₁₀)的监测分析, 探索了公路收费亭内外空

收稿日期: 2006-10-16; 修订日期: 2007-01-15

基金项目: 西部交通科技项目(200139822381)

作者简介: 陈克军(1975 ~), 男, 硕士, 主要研究方向为公路环境保护, E-mail: kejunchen@sina.com

气污染特征及其影响因素, 以期为预防和控制公路收费站空气污染提供科学依据.

1 采样点概况

采样地点分别设于成渝高速公路的重庆收费站、渝黔公路的五童路收费站、渝黔公路的茶园收费站和二级公路篆塘收费站. 其中重庆收费站属于大

型收费站, 有收费亭 17 个, 日均车流量为 17 291 辆/d, 接近主城区, 周围空旷, 没有明显污染源, 收费亭所处位置地势高于两侧. 茶园收费站和五童路收费站为中型收费站, 有收费亭 7 个, 车流量在 7 000 辆/d 左右. 篆塘收费站为小型收费站, 有收费亭 1 个, 车流量为 2 300 辆/d, 距离城区较远. 各收费亭结构及设备状况见表 1.

表 1 收费亭结构及设备状况
Table 1 Structures and facilities of four toll booths

项目	重庆收费站	五童路收费站	茶园收费站	篆塘收费站
所属公路	成渝高速公路	渝黔公路	渝黔公路	二级公路
车道数	17 车道	7 车道	7 车道	单车道
收费亭面积/m ²	2.4×1.6	4.2×1.5	4.3×1.5	4.2×2.0
收费亭高度/m	2.2	2.5	2.5	2.8
门的大小/m ²	0.72×1.93	2.0×0.7	1.7×2	0.8×2
门的材料	铝合金嵌玻璃	不锈钢	铝合金嵌玻璃	铝合金嵌玻璃
窗面积/m ²	0.9×0.55	0.66×0.43	4×0.65	0.9×1.1
窗数量/扇	2	2	4	4
窗类型	非双层隔音窗	非双层隔音窗	非双层隔音窗	非双层隔音窗
墙体材料	铝合金	塑料和不锈钢	塑料	水泥砖, 外墙瓷砖
墙体厚度/cm	10	7	7	15
换气设备	无	换气扇	排风扇	无
空气净化器	无	无	无	无

2 材料与方法

2.1 分析指标和采样点位

2003-06~2003-07 分别对 4 个收费亭进行了监测, 主要分析指标有一氧化碳、总烃、二氧化氮和可吸入颗粒物, 同时还对环境中的温度、气压、风速、车流量等进行监测分析. 每个点监测 3d, 亭内和亭外同时进行监测. 分别在 4 个收费站各选 1 个正常工作的收费亭作为采样点位, 监测点分别设置在收费亭内部和亭前部 4~5 m 处(图 1).

2.2 监测频率

各个监测点每天监测 6 次. 一氧化碳和总烃每间隔 4 h 采样 1 次, 二氧化氮和可吸入颗粒物每

4 h 采样 210 min. 对于气温、气压、风速、风向的监测频率为次/4 h.

2.3 分析方法与分析仪器

分析方法和分析仪器见表 2.

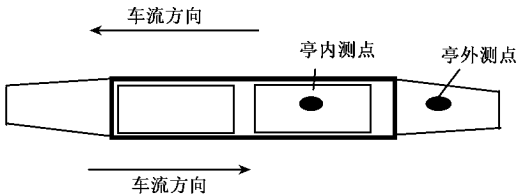


图 1 收费亭内外监测点位示意

Fig.1 Sampling places of toll booth

表 2 分析方法和分析仪器
Table 2 Analysis methods and instruments

参数	分析方法		仪器
二氧化氮 NO ₂	改进的 Saltzman 法	GB/T 15435-95	721 分光光度计
一氧化碳 CO	非分散红外法	GB 9801-88	CO 测定仪
可吸入颗粒物 PM ₁₀	撞击式称重法	GB/T 17905	TH-150 型中流量采样器(流量为 100L/min)、万分之一电子天平
总烃 THC	气相色谱法	GB/T 15263	1290 型气相色谱仪
温度	数显式温度计法	GB/T 18204.13	数显式温度计
风速、风向			风速、风向仪
大气压			气压表

3 结果与分析

3.1 收费亭内外各空气质量参数统计分析

由于受降雨天气的影响,五童路站、茶园站和篆塘站有效的连续采样时间为2 d,有12组样品;重庆站有效的连续采样时间为3 d,有18组样品.本研究着重对这些连续监测获得数据进行分析.

从表3中可知,在各收费亭内外4种污染物的小时平均浓度中,均有不同的超标现象,且以THC尤为严重,THC小时平均浓度均值中,亭内外均超过室内空气质量标准(以TVOC标准值0.6 mg/m³为参考^[10])限值10倍以上.收费亭内PM₁₀小时平均浓度亭内均值0.212 mg/m³,超过室内空气质量标准限值^[10],亭外均值为0.217 mg/m³,高于环境空气二级标准^[9];除重庆站亭内外NO₂的小时平均浓度值和茶园站亭外CO的小时平均浓度值超过环境空气二级标准外,其它各收费亭内外NO₂的小时平均浓度值和各监测点CO的小时平均浓度值均未超过相关标准限值.收费亭外CO和PM₁₀小时平均浓度值比

亭内高,而亭内NO₂和THC两者的小时平均浓度值却比亭外高.

在对4个收费亭进行比较时发现,各收费亭内外CO小时平均浓度均以茶园收费站为最大,篆塘收费站为最低;而对于另外3种污染物,则重庆收费站均值为最大,PM₁₀浓度篆塘收费站最低,NO₂浓度茶园收费站为最低,THC浓度以五童路收费站和篆塘收费站较低.主要影响因素可能是车流量、外界污染源、扩散条件及其它气象条件.重庆收费站周围没有工业污染源,且地势较高,四周相对空旷,有利于CO的扩散;而在茶园收费站西南方向1 km左右有工业区,存在一定程度上的工业污染,很有可能是工业煤气污染所致,附近村民的燃煤对此处CO浓度也有一定贡献,同时茶园收费站地势较低,两侧较高,相对不容易扩散,因此导致该处CO浓度明显偏高.对于其它3种污染物,可能受车流量影响较大,受其它因素的影响较小,重庆收费站车流量最大,NO₂、THC和PM₁₀的小时平均浓度值也最高,从表5和表6的相关分析中也说明这一点.

表3 各收费亭内外空气质量参数统计/mg·m⁻³
Table 3 Statistics on air quality parameters of different tool booth/mg·m⁻³

地点	参数	样数	平均值		标准差		标准误差		95%的置信区间	
			亭内	亭外	亭内	亭外	亭内	亭外	亭内	亭外
重庆站	CO	18	4.224	4.504	1.513	1.679	0.357	0.396	3.472~4.977	3.669~5.339
	PM ₁₀	18	0.329	0.325	0.152	0.149	0.036	0.035	0.253~0.405	0.251~0.399
	NO ₂	18	0.136	0.132	0.050	0.056	0.012	0.013	0.111~0.161	0.104~0.160
	THC	18	9.244	7.697	2.526	1.428	0.595	0.337	7.988~10.500	6.987~8.407
篆塘站	CO	12	3.101	3.695	0.852	1.359	0.246	0.392	2.560~3.642	2.831~4.558
	PM ₁₀	12	0.136	0.136	0.119	0.153	0.034	0.044	0.060~0.211	0.038~0.233
	NO ₂	12	0.095	0.097	0.025	0.037	0.007	0.011	0.079~0.111	0.073~0.120
	THC	12	7.205	6.589	0.740	1.015	0.214	0.293	6.735~7.675	5.944~7.234
茶园站	CO	12	8.841	10.865	2.740	3.305	0.791	0.954	7.099~10.582	8.766~12.965
	PM ₁₀	12	0.133	0.161	0.046	0.056	0.013	0.016	0.104~0.162	0.125~0.196
	NO ₂	12	0.052	0.047	0.020	0.013	0.006	0.004	0.039~0.065	0.039~0.056
	THC	12	7.116	7.368	1.471	1.670	0.425	0.482	6.181~8.051	6.307~8.430
五童路站	CO	12	4.837	7.622	2.195	7.878	0.634	2.274	3.443~6.232	2.616~12.627
	PM ₁₀	12	0.193	0.193	0.055	0.074	0.016	0.021	0.158~0.228	0.146~0.240
	NO ₂	12	0.112	0.113	0.029	0.086	0.008	0.025	0.094~0.131	0.059~0.168
	THC	12	6.589	6.968	0.534	1.150	0.154	0.332	6.250~6.928	6.238~7.699
总计	CO	54	5.137	6.430	2.791	4.916	0.380	0.669	4.375~5.898	5.089~7.772
	PM ₁₀	54	0.212	0.217	0.137	0.142	0.019	0.019	0.175~0.250	0.178~0.256
	NO ₂	54	0.103	0.101	0.047	0.062	0.006	0.009	0.090~0.116	0.084~0.118
	THC	54	7.728	7.216	1.972	1.382	0.268	0.188	7.190~8.266	6.839~7.593

3.2 收费亭内外空气污染特征

从图2可知,收费亭内CO小时平均浓度昼夜变化趋势相对平缓,而收费亭外CO的小时平均浓度变化起伏较大,最大值26.926 mg/m³,超过环境空气质量三级标准值^[9].从图3可知,收费亭内外PM₁₀

小时平均浓度变化幅度也比较大,亭内最高值达0.631 mg/m³,是室内空气质量标准限值的4.2倍^[10].亭外均值为0.217 mg/m³,也高于环境空气二级标准;图4是各收费亭内外THC小时平均浓度变化,收费亭内外变化情况不稳,总趋势基本一致,有

一定的差异.图 5 是收费亭外 NO_2 小时平均浓度昼夜变化情况,基本趋于平缓,维持在 $0.030 \sim 0.252 \text{ mg/m}^3$ 之间,收费亭内外小时浓度均值之间差异不大.各收费亭的 CO 和 THC 浓度在 12:00 时普遍较高,各站 PM_{10} 的最高值均出现在 12:00,这可能与此时的车流量高峰有关.

从图 2~5 可知,在车流量的高峰期内,收费亭

外部的空气质量污染明显比非高峰期内严重.图 7 说明各个收费站的车流量昼夜变化十分明显,车流量高峰期在 12:00~16:00 之间,这期间污染物也呈现出较高的浓度.

收费亭内外污染物之间存在着一定的相关关系(表 4),特别是 CO 、 PM_{10} 和 NO_2 等 3 种污染物亭内外均呈极显著相关,其中 PM_{10} 相关系数最大,图 2~5

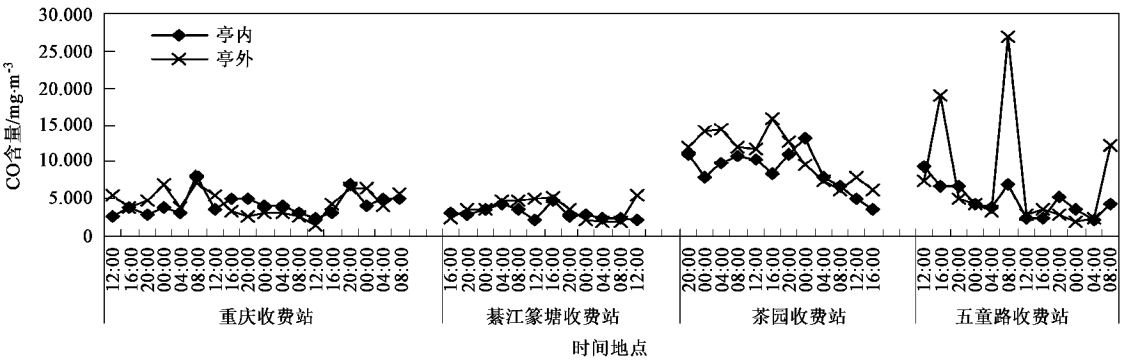


图 2 收费亭内外 CO 的变化
Fig.2 Indoor-outdoor CO of different toll booth

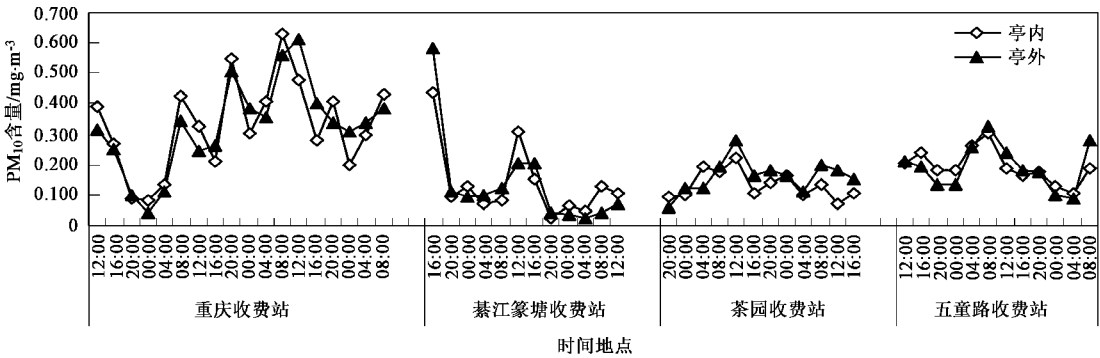


图 3 收费亭内外 PM_{10} 的变化
Fig.3 Indoor-outdoor PM_{10} of different toll booth

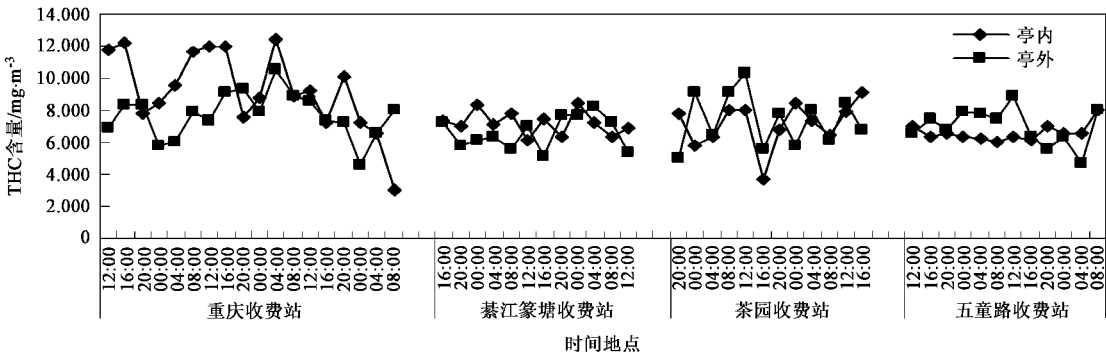


图 4 收费亭内外 THC 的变化
Fig.4 Indoor-outdoor THC of different toll booth

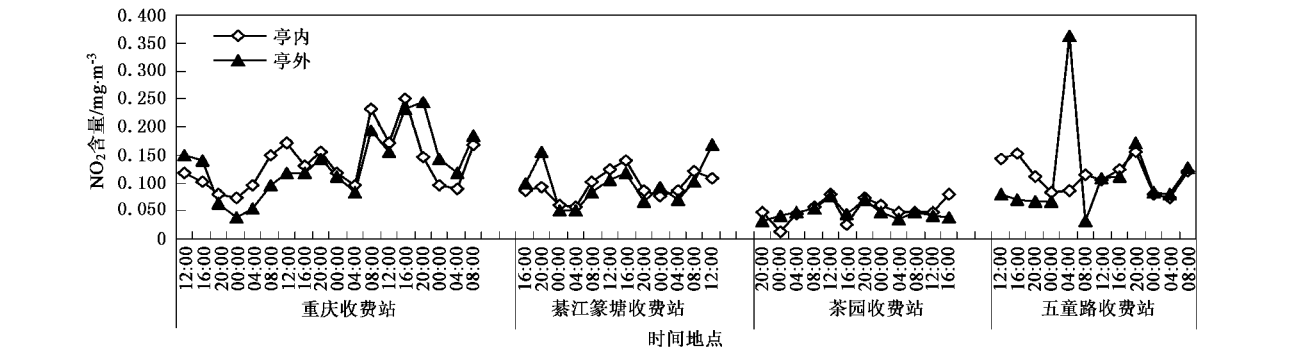


图 5 收费亭内外 NO₂ 的变化

Fig.5 Indoor-outdoor NO₂ of different toll booth

也说明 CO、PM₁₀ 和 NO₂ 变化趋势基本是一致的,但 4 种污染物在收费亭内与亭外的浓度差别不大,而且扩散条件较好的重庆站亭外浓度低于亭内浓度,扩散条件较差的茶园站和五童路站则相反.由此可以说明,机动车在交费过程中,由于减速和加速使燃料燃烧不完全,排放的尾气严重污染了收费亭附近的空气,通过空气流通使亭内和亭外污染物浓度达到相对平衡.在扩散条件较好的路段,亭外污染物容易扩散,在机动车离开后污染物浓度很快降低,亭内较封闭,扩散条件差,污染物浓度则会偏高.而在扩散条件较差的路段,亭内外污染物都不容易扩散,且亭外有污染源存在,因此亭外污染物浓度则会稍微偏高,但差别不明显.

表 4 亭内外各污染物之间的相关关系¹⁾

Table 4 Correlation between indoor-outdoor parameters			
污染物	亭内(y),亭外(x)	相关系数(R)	相关性检验
CO	$y = 0.364x + 2.795$	0.641	极显著
NO ₂	$y = 0.452x + 0.006$	0.602	极显著
PM ₁₀	$y = 0.878x + 0.002$	0.907	极显著
THC	$y = 0.394x + 4.882$	0.276	显著

1) $p = 0.01$ 时极显著, $p = 0.05$ 时显著

3.3 影响因素及其与污染物之间的相关性分析

本研究对大气压、气温和风速等气象条件进行了观测,并对车流量情况进行了测定(图 6 和图 7),为了解这些影响因素与污染物之间的关系,对 4 个收费站的大气压、气温、车流量 4 个影响因素与收费亭内外空气质量参数进行二元相关分析(表 5)和偏相关分析(表 6).

图 6 是各收费亭的气温和大气压变化情况.各收费站的气温变化起伏都比较大,重庆收费站和茶园收费站大气压变化情况相对平缓,篆塘收费站和五童路收费站气压状况在监测时段呈上升趋势.

从图 7 可知,除篆塘收费站风速变化基本平稳外,其他各站的风速昼夜起伏变化较大.重庆收费站和五童桥收费站的车流量较大,变化幅度也比较大,其他 2 个收费亭的车流量较小,变化幅度也不大,趋势较为平稳,各站的车流高峰基本出现在 12:00 ~ 16:00 之间,与各收费亭污染物的最高值出现时段一致.

表 5 分析结果显示,车流量的大小对收费亭内外空气质量影响较大,与 THC、PM₁₀ 和 NO₂ 呈极显著

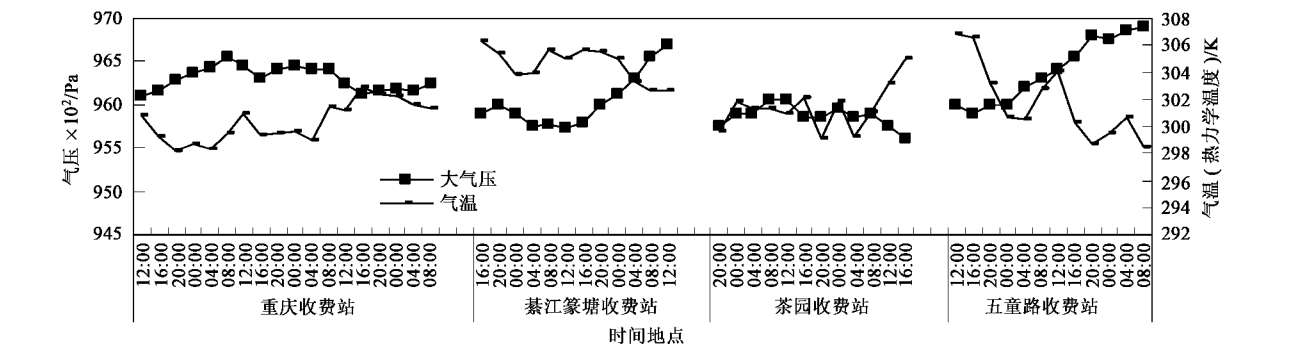


图 6 气温与气压的变化

Fig.6 Fluctuations of weather temperature and air pressure in different toll gate

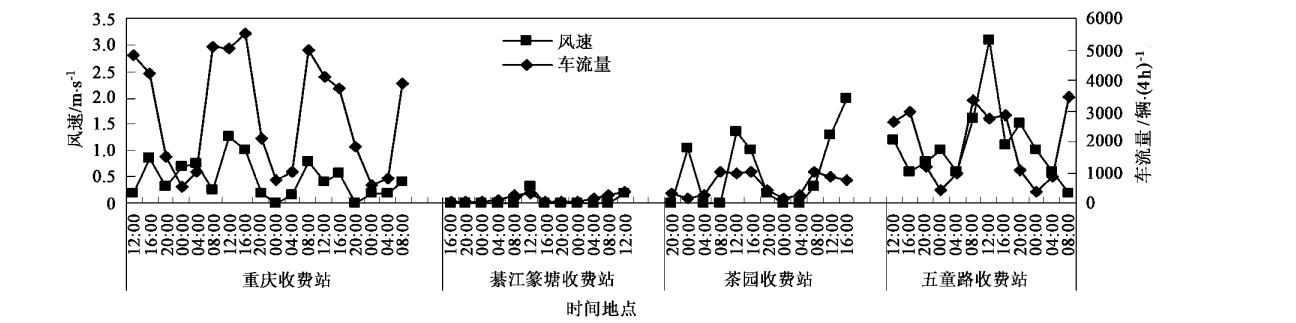


图 7 风速和车流量的变化

Fig.7 Fluctuation of wind velocity and traffic quantity in different toll gate

表 5 收费亭内外空气质量参数和相关影响因素相关分析¹⁾($n = 54$)

Table 5 Correlation analysis between indoor-outdoor air quality parameters and influence factors ($n = 54$)

地点	项目	CO	PM ₁₀	NO ₂	THC
亭内	大气压	-0.361**	0.209	0.369**	0.153
	气温	-0.131	-0.152	0.040	-0.294
	车流量	-0.102	0.612**	0.667**	0.435*
亭外	风速	0.127	0.033	-0.057	0.194
	大气压	-0.270	0.127	0.324*	0.057
	气温	0.334*	-0.023	-0.122	0.024
	车流量	-0.042	0.553**	0.346*	0.349**

1) ** 为 $p = 0.01$ 时极显著, * 为 $p = 0.05$ 时显著

相关,与 CO 的相关性不显著.气象条件对收费亭内外空气质量的有一定程度的影响:大气压与亭内 NO₂ 呈极显著相关,而与亭内 CO 则呈极显著负相关;大气压与亭外 NO₂、气温和亭外 CO 之间呈显著性相关,其他组间相关性均不显著.其他气象因素与各空气质量参数的相关性均不显著.

以上分析说明,收费亭内外的 NO₂ 主要来源是机动车尾气,其浓度随车流量增加而增加.气温和风速对收费亭内 NO₂ 浓度影响很小,但是在亭外,随着气温或风速的增加,大气扩散程度加强,NO₂ 浓度就会有所降低;但是气压增加时,污染物扩散条件变差,收费亭内外 NO₂ 浓度都会有所增加.CO 的浓度与车流量相关性不显著,说明 CO 主要受来自周围工业污染和居民燃煤以及其他复合气象因素的影响.在高压控制下,一般天气晴朗,风速较小,并伴有空气的下沉运动,往往在几百 m 或 1~2 km 的高度上形成下沉逆温,抑制湍流的向上发展.夜间有利于形成辐射逆温,阻止污染物的扩散,使大气污染物在近地层空气中堆积,不易扩散,但容易造成地面污

染.而亭内相对封闭,空气流通不畅,大气压变化时,亭内 CO 的浓度相对变化较小,因此,呈现大气压与亭内 CO 呈现负相关的现象.

影响大气扩散的主要因子是湍流,而湍流的结构是受大气温度层结制约的,大气温度层的层结又受制于大气稳定度、风切变、大气辐射及地温等.通常是大气越稳定,大气湍流越弱,稀释扩散能力越小,反之大气越不稳定,大气湍流就越强,稀释扩散能力越大^[11].短期内在空气污染物排放量变化不大的情况下,当近地层大气温度递减率较小或有贴地逆温层存在时,大气层结稳定,空气污染物的稀释扩散能力减弱,往往会造成近地面严重的空气污染^[12].因此,亭外气温的增加会引起大气温度层结的变化,出现气温与亭外 CO 的浓度呈正相关的现象.而其他污染物因与车流量呈显著相关性,受此影响不大.

将亭内外的大气影响因素作为控制因子对车流量和空气污染程度进行偏相关分析发现(表 6),亭外车流量与 4 项空气质量参数中的 THC、PM₁₀ 和 NO₂ 之间呈极显著性相关($p < 0.01$),其中与 NO₂ 相关系数最大 $R = 0.675$ ($p = 0$),与 CO 之间相关性不显著.亭内车流量只与 PM₁₀ 呈极显著相关,偏相关系数 $R = 0.566$ ($p < 0.01$),与 NO₂、THC 呈显著性相关($0.01 < p < 0.05$),与 CO 相关性不显著,与二元相关分析结果一致.因此,在车流量的高峰期内,收费亭内部和外部空气质量污染明显比非高峰期内严重.对于 THC、PM₁₀ 和 NO₂ 小时平均浓度来说,车流量较大的重庆收费站的污染程度明显比其他收费站严重.而 CO 是交通车尾气典型代表物,CO 与交通量无显著性相关的可能原因是不同类型交通车辆的 CO 排放因子存在极大差异,如柴油车 CO 的排放比汽车高,特别是农用车的不完全燃烧.

表 6 收费亭内外空气质量参数和车流量之间
偏相关分析结果¹⁾($n = 54$)

Table 6 Partial correlation analysis between indoor-outdoor air quality parameters and traffic quantity ($n = 54$)					
地点	车流量	CO	PM ₁₀	NO ₂	THC
亭内	1.000	-0.009	0.586	0.675	0.405
		$p = 0.951$	$p = 0.000$	$p = 0.000$	$p = 0.003$
亭外	1.000 0	0.109	0.566	0.311	0.319
		$p = 0.448$	$p = 0.000$	$p = 0.026$	$p = 0.023$

1)控制因子:风速、大气压、气温

4 结论

(1)收费亭外 CO 和 PM₁₀ 小时平均浓度值比亭内高,而亭内 NO₂ 和 THC 两者的小时平均浓度值却比亭外高,其中亭内外 THC 超过相关标准 10 倍以上,亭外 PM₁₀ 均值超标.因此,在控制收费站大气污染时,收费亭内可以 THC 为重点控制指标,收费亭外应以 THC 和 PM₁₀ 为重点控制指标.

(2)收费亭内与亭外污染物之间的存在着一定的相关关系,CO、PM₁₀ 和 NO₂ 呈极显著相关,亭内外 THC 呈显著性相关,4 种污染物在收费亭内与亭外的浓度差别不大,扩散条件较好的重庆站亭外浓度低于亭内浓度,扩散条件较差的茶园站和五童路站则相反.由于机动车在收费亭交费过程中,减速和加速使燃料燃烧不完全,在扩散条件较好的路段,亭外污染物容易扩散,在机动车离开后污染物浓度很快降低,亭内较封闭,扩散条件差,污染物浓度则会偏高;而在扩散条件较差的路段,亭内外污染物都不容易扩散,且亭外有污染源存在,亭外污染物浓度则会稍微偏高,但通过空气流通使亭内和亭外污染物浓度达到相对平衡后,差别并不明显.

(3)气象条件对收费亭内外空气污染程度有一定的影响,影响程度不大.大气压与亭内外 NO₂ 呈显著相关,气温与亭外 CO 之间呈显著性相关,大气压与亭内 CO 则呈极显著负相关.车流量与 THC、PM₁₀ 和 NO₂ 有显著或极显著的相关性;收费亭内外

CO 的小时平均浓度与车流量无显著性相关.因此,影响收费亭内外 THC、PM₁₀ 和 NO₂ 空气污染程度的主要因素是车流量,影响收费亭内外 CO 空气污染程度的主要因素是气温和大气压.

致谢:感谢重庆交通科研设计院赵德志、崔涛、张华君、冯基学、魏涛、徐宗永等在实验监测期间给予的帮助和支持.

参考文献:

[1] Mao B H, Chert H B. Sustainability analysis of Chinese transport policy [J]. The International Journal of Sustainable Development and World Ecology, 2001, 8(4): 323 ~ 336.

[2] Fakayode S O, Olu-Owolabi B I. Heavy metal contamination of roadside topsoil in Osogbo, Nigeria: its relationship to traffic density and proximity to highways [J]. Environmental Geology, 2003, 44: 150 ~ 157.

[3] Frey H C, Unal A, Rouphail N M, *et al.* On-road measurement of vehicle tailpipe emissions using a portable instrument [J]. Journal of the Air and Waste Management Association, 2003, 53: 992 ~ 1002.

[4] McCaughey G R, Desai N R, Allen D T, *et al.* Analysis of motor vehicle emissions in a Houston tunnel during the Texas Air Quality Study 2000 [J]. Atmospheric Environment, 2004, 38(20): 3363 ~ 3372.

[5] Seika M, Harrison R M, Metz N. Ambient Background Model (ABM): Development of an urban Gaussian dispersion model and its application to London [J]. Atmospheric Environment, 1998, 32(11): 1881 ~ 1891.

[6] 姚志良,贺克斌,王岐东,等. IVE 机动车排放模型应用研究 [J]. 环境科学, 2006, 27(10): 1928 ~ 1933.

[7] 贺克斌,霍红,王岐东,等. 城市轻型车实际道路瞬态排放的特征 [J]. 中国环境科学, 2006, 26(4): 390 ~ 394.

[8] 邓顺熙,董小林. 我国山岭公路汽车 CO、HCs 和 NO_x 排放系数 [J]. 环境科学, 2000, 21(1): 109 ~ 112.

[9] GB 3095-1996, 环境空气质量标准 [S].

[10] GB/T 18883-2002, 室内空气质量标准 [S].

[11] 董蕙青,黄海洪,何莉. 广西主要城市空气质量状况及其与气象条件关系分析 [J]. 广西气象, 2001, 22(4): 26 ~ 30.

[12] 姜大膀,王式功,郎咸梅,等. 兰州市区低空大气温度层结特征及其与空气污染的关系 [J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2001, 37(4): 133 ~ 138.