

北京交通限行对城市次干道空气质量的影响

陶双成^{1,2}, 邓顺熙¹, 刘宁¹, 高硕晗², 姚嘉林²

1. 长安大学环境科学与工程学院, 西安 710064
2. 交通运输部科学研究院, 北京 100029

摘要 为研究交通限行对城市次干道路域环境空气质量的影响,于2015年8月20日至9月30日对北京市典型次干道PM_{2.5}、NO₂、O₃、CH₄和非甲烷总烃等污染物进行连续监测,并同步观测车流量,研究阅兵期间交通限行措施对北京市次干道车流量和空气质量的影响。结果表明,交通限行措施对小客车、中型客车和重型货车的车流量控制明显,分别降低了35.36%、45.12%和94.23%,而出租车和公交车的车流量有增高现象;交通限行期间及限行结束后次干道污染物浓度变化显著,交通限行结束后NO₂、非甲烷总烃浓度分别增加了127%和33.3%,O₃浓度下降了27.7%;次干道车流量与CH₄小时浓度呈显著负相关,与PM_{2.5}小时浓度、日均浓度有相关性;机动车贡献的NO₂、O₃浓度净值与车流量显著相关,交通限行对机动车贡献的NO₂浓度净值的平均削减幅度为51.25%,O₃增加幅度为82.99%;受交通限行和区域减排影响,PM_{2.5}削减幅度达34.72%。

关键词 交通限行;城市次干道;空气质量;PM_{2.5};臭氧

近年来,随着经济的快速发展,各地城市化进程不断加快,城市规模不断扩大,机动车保有量不断攀升,汽车尾气污染日益加重,部分城市污染类型逐渐由煤烟型向光化学污染型过渡。机动车尾气污染使得人类生存环境负担日益严重,如北京到2014年底机动车保有量已达559.1万辆^[1],机动车排放已经成为北京市大气污染物的重要排放源之一^[2-4],导致霾天数不断增加^[5],也是导致臭氧等二次污染物形成的重要来源^[6]。汽车尾气会对人体的呼吸系统、心血管系统、神经系统、免疫功能和生殖功能等造成一定的危害^[7-10]。为改善空气质量,北京市采取了多种手段控制交通污染,如加严新车排放标准、改善燃油品质、限制重污染车辆行驶等^[11],也采取了一系列严格的交通管控措施,其中交通限行措施已经在奥运会、APEC会议等重大活动中多次采用,起到了较好的污染物控制效果^[12-14]。评估分析交通限行措施对城市环境空气质量的作用及影响可以为城市环境管理、政策制定等提供科学依据。相关研究人员采用OSPM模型模拟^[15]、自下而上排放清单法计算^[16]等多种模型计算方法以及资料统计分析方法^[17],研究了交通控制措施实施对城市区域内环境空气污染的总体贡献和总量影响,但大都停留在模型计算或者利用区域性环境监测数据对交通控制期间城市空气质量的整体改善进

行分析。目前针对交通限行措施实施对城市道路中不同类型车辆的限行效果、路侧居民呼吸层高度的污染物浓度变化特征、不同污染物对交通限行措施的减排反馈效应等,尚无系统研究,因此无法从微观操作层面指导城市交通管理部门进行交通限行等政策措施的制定和大气污染防治工作的协作。

城市次干道的宽度相对较窄,从功能定位上主要承担主干道与各分区间的交通集散作用,兼有通行和服务双重功能。城市次干道两侧居民区、写字楼林立,临路居民日常生活受交通环境空气污染影响明显,且受影响的人群数量巨大。本文基于北京2015年国际田联世界田径锦标赛和中国人民抗日战争暨世界反法西斯战争胜利70周年纪念大会期间交通限行减排措施实施,通过在线监测设备对北京市典型次干道机动车车流状况及污染物排放进行连续监测,并通过交通限行期间与限行结束后的监测数据对比,分析交通限行措施实施对城市次干道不同类型车辆的车流量控制效果和路域环境空气污染物的减排影响,研究城市次干道车流量变化与不同污染物浓度变化的相关关系,以为城市交通管理和大气污染防治政策制定提供科学依据。

收稿日期:2016-04-19;修回日期:2016-07-12

基金项目:国家自然科学基金项目(51478045);中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(20150602);陕西省科技统筹创新工程项目(2012KTZB03-01-04);

作者简介:陶双成,副研究员,研究方向为交通环境与安全技术,电子信箱:tsc504@126.com

引用格式:陶双成,邓顺熙,刘宁,等.北京交通限行对城市次干道空气质量的影响[J].科技导报,2016,34(18):130-136;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2016.18.017

1 材料与方 法

1.1 阅兵期间交通限行措施

2015年国际田联世界田径锦标赛于8月22日至8月30日在北京举办,中国人民抗日战争暨世界反法西斯战争胜利70周年纪念大会(以下简称阅兵)于9月3日在北京举行。北京市自2015年8月20日0:00至9月3日24:00,对本市机动车(含临时号牌车辆)采取临时交通管理措施^[18]。

1)本市各级党政机关和本市所属的社会团体、事业单位、国有企业的机动车全天停驶80%(APEC期间为70%)。

2)建筑垃圾和渣土运输车辆、混凝土罐车、砂石运输车辆、危险化学品(含剧毒化学品)运输车辆、持有黄色环保标志及悬挂试验车号牌的车辆,全天禁止在本市行政区域内道路行驶(APEC期间只规定了运输土方或渣土车辆)。确需进入禁限区域道路行驶的危险化学品(含剧毒化学品)运输车辆,办理相关证件后按规定行驶。

3)每天3时至24时,本市核发号牌机动车在本市行政区域内道路按车牌尾号实行单号单日、双号双日行驶(单号为1、3、5、7、9,双号为2、4、6、8、0)，“二〇〇二”式号牌机动车按

双号管理。同时,暂停实施尾号轮换限行措施。

1.2 监测点位置及监测时间

本研究的交通环境空气在线监测点布设在北京市三环、四环之间的惠新西街南与北土城东路交叉十字往北100 m,交通运输部科学研究院办公楼西侧。监测道路为南北走向,双向4车道,道路中间设隔离护栏,监测点距主路外沿20 m,采样头距离地面高度为4 m。监测点周边多为居民住宅区和办公楼,没有集中的污染物排放源。

同时,研究时段在交通运输部科学研究院5楼会议室安装道路运行状况视频摄像机,对观测期间的道路车流量进行24 h连续监测,并采用人工识别方式进行车流量和分车型数量的统计。监测期间的车型划分按照道路实际车型情况分为小客车、中型客车(中巴车)、大型客车(大巴车)、轻型货车、中型货车、重型货车、拖挂运输车、电动摩托车、出租车、公交车等10种。用北京市空气质量监测点中的定陵监测点作为污染物浓度背景对照点。交通环境空气在线监测点和背景对照点位置如图1所示。

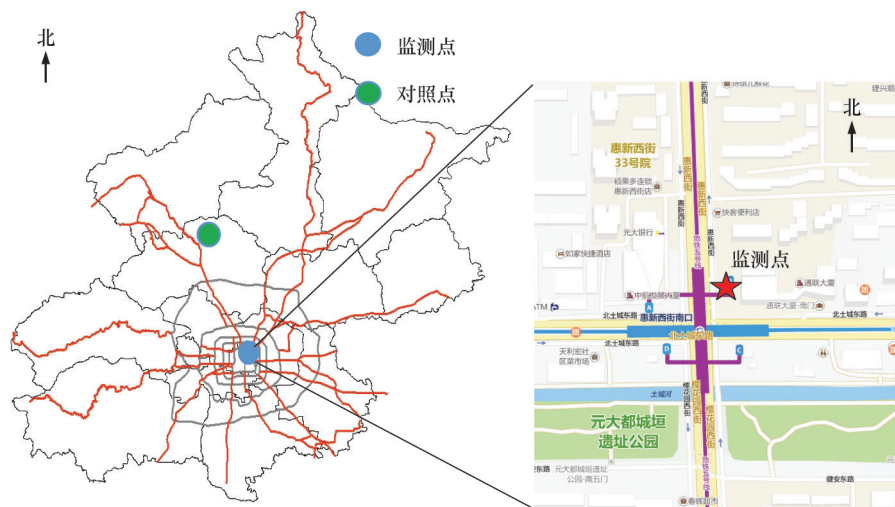


图1 监测点位置示意

Fig. 1 Measurements location

监测时间为2015年8月20日至9月30日,其中8月20日至9月3日为阅兵期间交通限行监测时段,9月4日至30日为交通限行结束后监测时段。每天进行24小时连续在线监测,同步监测道路交通量。

1.3 监测仪器

PM_{2.5}监测采用Metone BAM-1020监测仪,以恒定的流速(16.7 L/min)将环境空气中的PM_{2.5}颗粒通过采样切割器吸入仪器内部,用β射线衰减的原理测量PM_{2.5}的质量浓度。NO_x分析采用API Model 200E-T型化学发光NO-NO₂-NO_x分析仪,分析仪器最低检测线为0.4×10⁻⁹(体积分数)。O₃分析采用API Model 400E-T型紫外光度法臭氧分析仪,分析仪器最低检测限为0.6×10⁻⁹(体积分数),精度为1×10⁻⁹(体积分数)。

CH₄监测采用Synspec Alpha在线式气相色谱法,氢火焰离子法(FID)精度甲烷为0~10/100×10⁻⁶(体积分数),最低检测限为CH₄<0.05×10⁻⁶(体积分数)。各监测仪器均参照国家标准定期校准^[9],保证监测数据的准确性和有效性,监测前对监测仪器的性能及工作状态进行检查,做零/跨校准,每7天进行1次零/跨漂检查。PM_{2.5}监测仪每6个月进行1次流量校准。

2 结果与讨论

2.1 交通限行期间车流量变化特征

对重点观测的北京城市次干道在阅兵限行期间及限行结束后监测期间的车流量24 h日变化进行统计分析,结果如图2所示,无论是交通限行还是限行结束后的上下班早高峰

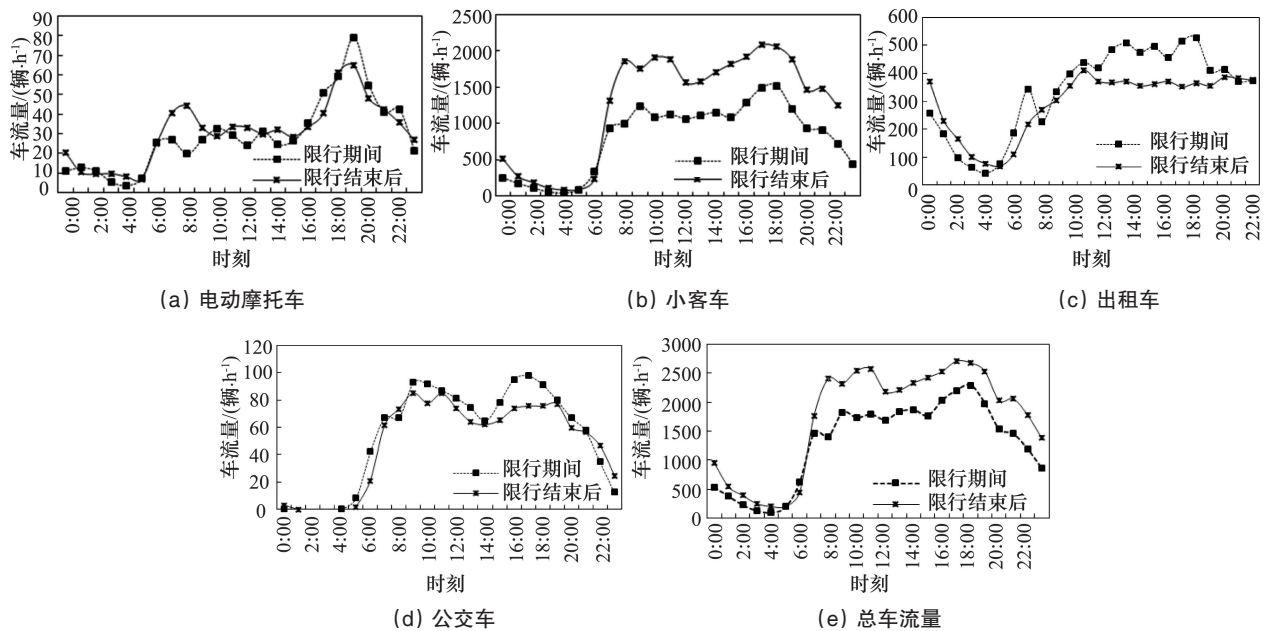


图2 北京交通限行期间及限行结束后次干道车流量的日变化规律

Fig. 2 Daily variations of the traffic flow in the hypo-artery road during and after the traffic restrictions of Beijing

和晚高峰时段车流量均出现骤增现象。交通限行期间,夜间总车流量的削减量很小,这与午夜及凌晨交通管制规定较松有关,白天总车流量下降明显,在早晚高峰时段降幅最大,平均降幅为25.25%。交通限行结束后从7:00~23:00总车流量明显增加,但不同类型车辆的车流量变化特征有差异。其中,交通限行期间电动摩托车、小客车、中型客车、重型货车的车流量较限行结束后分别下降6.3%、35.36%、45.12%和94.23%,表明制定的阅兵期间交通限行措施得到了有效执行和落实,初步达到了控制道路机动车数量的目的,但不同类型车辆受交通限行措施影响有差异。由于北京市在2014年就已制定了“全天禁止摩托车进入六环路(不含)以内道路行驶”的禁限措施,目前道路行驶摩托车主要为电动摩托车,因此交通限行措施对电动摩托车道路行驶数量影响很小,在晚高峰期间还出现电动摩托车数量略有增加的现象。交通限行措施对重型货车的限制效果最明显,这与交通限行措施中要求建筑垃圾及渣土运输车辆、混凝土罐车、砂石运输车辆、危险化学品(含剧毒化学品)运输车辆、持有黄色环保标志及悬挂试验车号牌的车辆全天禁止在市行政区域内道路行驶有关。交通限行措施要求限行期间每天3:00至24:00本市行政区域内道路按车牌尾号实行单号单日、双号双日行驶,但在实际道路交通监测中小客车的车流量降幅小于50%。交通限行期间出租车和公交车的车流量较限行结束后分别提高14.22%和11.01%,一方面通过限行措施的实施较大幅度地挤压了小客车、货车的道路出行,从而使得道路运行状况得到改善,更有利于公交车及出租车等公共交通工具通行效率的提高,另一方面公交运力提高2%,进一步提高了公交车发车频次,特别在早晚高峰阶段变化更为明显。

通过对监测路段的持续调查,统计分析了交通限行期间

及限行结束后的北京城市次干道车辆类型构成,结果如图3所示。交通限行期间及限行结束后次干道车流量结构中的小汽车(小客车及出租车)占比均很高,分别达88.3%和89.44%;交通限行期间监测点处小客车在车流量中的比例为62.23%,较限行结束后的72.3%下降10.07%,交通限行措施对车流量中小客车比例降幅影响最大,这主要是由于阅兵期间除保障用车外,机动车单双号行驶,本市各级党政机关及本市所属的社会团体、事业单位、国有企业的机动车全天停驶80%。交通限行期间大客车车流量较限行结束后略有下降,主要是城市旅游及省级客运车流量减少,但比例略有增高。交通限行期间出租车、公交车在车流量中的比例较限行结束后略有增加,分别为8.93%和1.35%,交通限行期间出租车及公交车通行效率提高,居民出行方式也随之进行了调整。

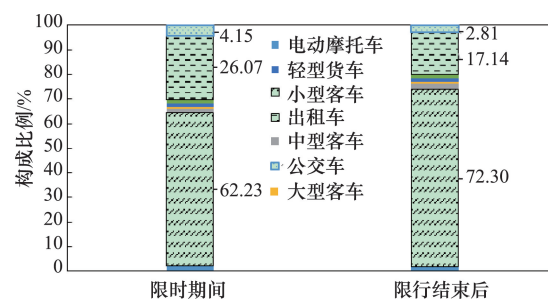


图3 北京交通限行期间及限行结束后次干道车辆类型变化
Fig. 3 Vehicle type change in the hypo-artery road during and after the traffic restrictions of Beijing

2.2 交通限行期间及限行结束后道路环境空气质量变化

通过对2015年8月20日至9月3日交通限行期间和9月

4日至9月30日限行结束后监测期北京市典型次干道主要污染物浓度连续监测数据进行分析,结果如图4所示。交通限行期间PM_{2.5}浓度平均值为23.49 μg/m³,限行结束后PM_{2.5}平均值为55.03 μg/m³,限行期间次干道PM_{2.5}浓度降低了57.31%。交通限行期间NO₂浓度平均值为31.05 μg/m³,限行结束后NO₂浓度平均值为70.63 μg/m³,限行措施结束后次干道NO₂浓度增加了127%,初步认为交通限行对次干道环境空气中NO₂减排效果明显。从交通限行期间及限行结束后NO₂浓度小时变化情况来看,8:00~9:00早高峰、20:00~21:00晚高峰期间NO₂浓度总体较高,这与机动车出行的高峰时段高度吻合,监测结果与相关研究一致^[20]。交通限行期间甲

烷及非甲烷总烃浓度平均值分别为1.53 mg/m³和0.03 mg/m³,限行结束后为1.47 mg/m³和0.04 mg/m³,限行措施结束后次干道甲烷浓度变化不大,非甲烷总烃浓度增加了33.3%,这可能与机动车排放控制和区域污染物协同减排等有较大关系。交通限行期间O₃浓度平均值为70.41 μg/m³,限行结束后为50.89 μg/m³,限行措施结束后次干道O₃浓度下降了27.7%,这主要受前体物(NO_x及NMHC)浓度变化影响,限行期间白天产生高浓度O₃的主要原因是NO_x浓度较非限行期间低造成的^[20],夜间O₃光化学生产过程减弱直至停止,相对高的NO浓度会消耗白天产生的O₃而进行夜间的化学反应^[21],这与相关模拟研究的结论一致^[15]。

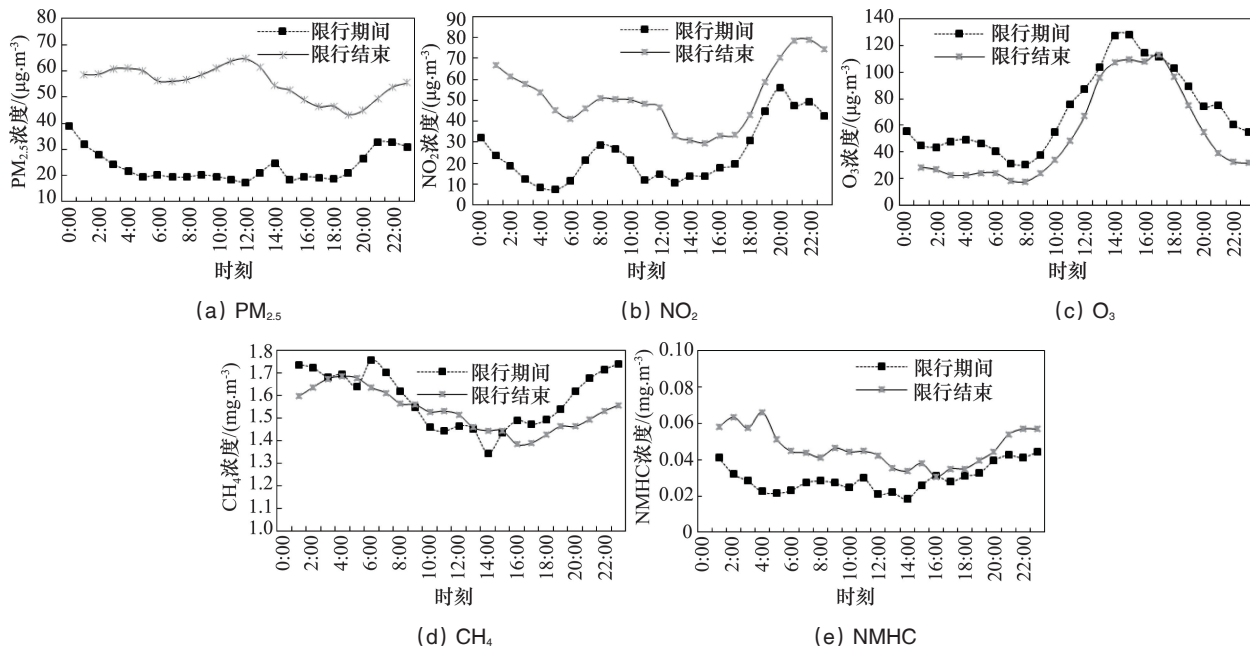


图4 北京交通限行期间及限行结束后次干道主要污染物浓度变化

Fig. 4 Concentration changes of main pollutants in hypo-artery road during and after the traffic restrictions of Beijing

2.3 城市次干道污染物浓度与车流量的关系

研究期间北京市典型次干道机动车车流量(不含电动摩托车)与主要空气污染物PM_{2.5}、NO₂、CH₄、NMHC、O₃浓度小时变化值的相关系数如表1为所示,限行期间及限行结束后各污染物的小时浓度由其对应观测期间在相同时刻的浓度平均得到。车流量与O₃小时浓度呈现显著的正相关,这与24 h中机动车出行时间与O₃光化学反应时间高度一致有关;与NO₂相关性不高,是由于机动车尾气排放的NO_x中以NO为主(占95%),其次为NO₂(占5%),路侧NO₂浓度小时变化不完全与车流量的变化相一致^[15]。进一步分析表明,车流量与NO₂在0:00~9:00呈现较强的正相关性,相关系数为0.6,这与夜晚NO₂停止光解反应且处于浓度累积状态有关;在9:00~23:00呈现负相关性($r=-0.539, p < 0.05$),也符合白天NO₂大部分时间处于光解生成O₃的化学反应过程中($\text{NO}_2 + h\nu \rightarrow \text{NO} + \text{O}$; $\text{O} + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{O}_3 + \text{M}$),NO₂浓度变化主要受光化学反应进程主导,浓度总体较低。统计分析表明,车流量与NO₂日浓度

表1 车流量与主要污染浓度的皮尔森相关系数

Table 1 Pearson correlation coefficient of traffic volume and vehicle exhaust emission concentration

	车流量	PM _{2.5}	NO ₂	CH ₄	NMHC	O ₃
车流量	1	0.119	0.125	-0.815**	-0.162	0.519**
PM _{2.5}		1	0.7**	-0.057	0.77**	-0.365*
NO ₂			1	0.017	0.879**	-0.43**
CH ₄				1	0.228	-0.66**
NMHC					1	-0.549**
O ₃						1

注:*相关性在0.05水平显著;**相关性在0.01水平显著。

呈现显著相关性($r=0.671, p < 0.01$),与PM_{2.5}的小时浓度和日均浓度相关性均不高,其主要受气象条件及区域环境空气质量综合影响;车流量与CH₄小时浓度呈现显著的相关性($r=-0.815, p < 0.01$),与NMHC小时浓度无显著相关性,这与现场

监测中限行及非限行条件下相关污染物浓度的变化情况不一致,可能与监测点道路较开阔且周边有较好城市绿化,以及监测期间NMHC浓度变化更多是受到北京及周边区域协同减排措施主导有关。北京市典型次干道主要污染物浓度之间的相关关系与有关模拟研究中各污染物发生的光化学反应进程一致^[6],PM_{2.5}与NO₂、NMHC呈现显著相关性。

2.4 机动车排放贡献污染物浓度削减幅度

本研究的在线监测点设在交通运输部科学研究院办公楼西侧,周边多为居民住宅区及办公楼,没有集中的污染物排放源,可以认为道路附近环境空气污染浓度的增加主要来自机动车排放^[21],机动车排放的第*i*类污染物浓度贡献值为路边监测点污染物浓度与北京市背景对照监测点浓度值之差。为了更好地剔除区域减排对城市次干道环境空气质量的影响,需要计算PM_{2.5}、NO₂、O₃等主要污染物浓度机动车排放贡献值、限行期间及限行结束后机动车影响下的污染浓度削减幅度。计算公式为

$$\Delta C_i = C_{\text{测}} - C_{\text{背景}} \quad (1)$$

式中,*i*分别代表PM_{2.5}、NO₂、O₃等主要污染物; ΔC_i 为机动车排放贡献的第*i*类污染物浓度,μg/m³;C_测为路边监测点测得的第*i*类污染物浓度,μg/m³;C_{背景}为北京市背景对照点监测点测得的第*i*类污染物浓度,μg/m³。

$$\delta_i = ((\Delta C_{\text{限行结束后}} - \Delta C_{\text{限行期间}}) / \Delta C_{\text{限行结束后}}) \times 100\% \quad (2)$$

式中, δ_i 为限行措施下第*i*类污染物浓度的削减幅度,%; $\Delta C_{\text{限行结束后}}$ 为限行结束后次干道机动车排放贡献的第*i*类污染物浓度,μg/m³; $\Delta C_{\text{限行期间}}$ 为限行期间次干道机动车排放贡献的第*i*类污染物浓度,μg/m³。

根据式(1)、式(2),对交通监测点及背景对照监测点在

2015年8月20日至9月3日(限行期间)和9月4日至9月30日(限行结束后监测期)主要污染物PM_{2.5}、NO₂、O₃监测数据进行统计分析的基础上,得出城市次干道机动车排放贡献的主要污染物浓度的削减幅度,如图5、表2及表3所示。

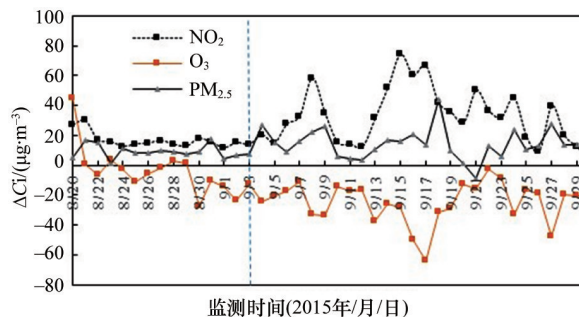


图5 城市次干道主要污染物机动车贡献浓度净值

Fig. 5 Net contribution concentration of traffic exhaust in hypo-artery road

表2 车流量与机动车贡献浓度净值的皮尔森相关系数

Table 2 Pearson correlation coefficient of traffic volume and net contribution concentration of traffic exhaust

	车流量	PM _{2.5}	NO ₂	O ₃
车流量	1	0.203	0.593**	-0.523*
PM _{2.5}		1	0.48*	-0.422
NO ₂			1	-0.809**
O ₃				1

注:*相关性在0.05水平显著;**相关性在0.01水平显著。

表3 主要污染浓度削减幅度分析

Table 3 Reduction rate of vehicle exhaust emission concentration

监测时段	监测点位	主要污染物浓度		
		PM _{2.5} /(μg·m ⁻³)	NO ₂ /(μg·m ⁻³)	O ₃ /(μg·m ⁻³)
限行期间 (8月20日—9月3日)	监测点	22.99±8.02	23.89±6.15	70.97±23.53
	对照点	13.91±8.68	7.55±1.77	75.21±14.09
	ΔC _i	9.08	16.34	-4.24*
限行结束后 (9月4日—9月30日)	监测点	55.25±37.80	52.19±21.86	53.04±19.02
	对照点	41.34±36.36	18.67±6.93	77.95±25.62
	ΔC _i	13.91	33.52	-24.91
第 <i>i</i> 类污染物浓度的削减幅度 δ/%		34.72	51.25	82.99

注:*负值表示城市次干道监测点浓度低于背景对照点浓度。

从图5、表2及表3可以看出,在8月20日至9月3日交通限行期间北京城市次干道监测点的PM_{2.5}、NO₂浓度与北京对照监测点的浓度的差值(ΔC_i)较9月4日至9月30日限行结束后的差值小。对车流量与机动车贡献污染物浓度净值进行相关分析,得到PM_{2.5}、NO₂、O₃的相关系数分别为0.203、0.593(*p* < 0.01)、-0.523(*p* < 0.05)。交通限行期间次干道机

动车排放贡献的PM_{2.5}浓度净值在1.35~17.14 μg/m³之间,限行结束后明显增加,最高达43.86 μg/m³,这主要受限行结束后机动车车流量增加以及区域减排措施取消导致直接排放颗粒物浓度增加的影响,另外限行结束后NO₂浓度的增加及其二次转化过程也会导致PM_{2.5}浓度增加^[23];交通限行措施及区域减排措施的实施对城市次干道PM_{2.5}浓度的平均削减幅

度为 34.72%。NO₂减排效果明显,限行期间机动车排放贡献的 NO₂浓度净值在 11.49~29.63 μg/m³之间,限行结束后该值最高达 74.19 μg/m³,交通限行措施的实施对城市次干道机动车贡献的 NO₂浓度净值的平均削减幅度达到 51.25%,这与道路机动车数量下降趋势一致。O₃浓度的变化刚好相反,其主要受 NO_x-O₃光化学烟雾转化过程控制^[24],在机动车排放的 NO 转化为 NO₂的过程中大量消耗 O₃(NO+O₃→NO₂+O₂),因此随着限行措施结束机动车排放的 NO 明显增加,导致北京城市次干道监测点 NO₂浓度迅速增加,在这个过程中城市次干道环境中 O₃浓度迅速降低,使得北京城市次干道监测点与北京对照监测点的 O₃浓度差也迅速增加,最大达到 -63.66 μg/m³;交通限行措施的实施使得城市次干道受机动车影响的 O₃浓度净值在限行期间较限行结束后高 82.99%。

3 结论

1) 城市交通限行措施能够有效控制道路机动车数量,北京限行措施对小客车、中型客车及重型货车的限制效果明显,不同车辆的限行效果为电动摩托车 < 小客车 < 中型客车 < 重型货车。限行措施的实施能够改善道路运行状况,有效提高出租车及公交车通行效率,其中早晚高峰期间表现更为明显。小客车实施单双号限行后,实际道路交通监测中小客车流量降幅为 35.36%。

2) 限行期间及限行结束后北京城市次干道主要污染物浓度变化明显,限行措施实施期间城市次干道 PM_{2.5}浓度降低了 57.31%;限行措施结束后 NO₂浓度增加了 127%,非甲烷总烃浓度增加了 33.3%,O₃浓度下降了 27.7%,而甲烷浓度变化不大。

3) 城市次干道的交通量与主要污染物浓度之间具有相关性,其中次干道的交通量与 CH₄小时浓度呈现显著负相关,相关系数为 -0.815 ($p < 0.01$);与 O₃小时浓度及 NO₂日均浓度呈现显著正相关,相关系数分别为 0.519 ($p < 0.01$) 和 0.671 ($p < 0.01$);与 PM_{2.5}的小时浓度及日均浓度相关性均不高,这主要是受到短时气象条件及区域环境空气质量等综合因素影响。

4) 与背景对照监测点监测数据的对比研究表明,交通限行措施的实施对北京城市次干道中机动车贡献的 NO₂浓度净值的平均削减幅度为 51.25%,O₃浓度净值的平均增加幅度为 82.99%,次干道环境空气光化学烟雾污染明显加重。受交通限行及区域综合减排措施的影响,PM_{2.5}浓度的平均削减幅度达到 34.72%。背景对照差值分析方法能够反映城市次干道机动车贡献的污染物浓度在限行措施下的减排效果。

参考文献 (References)

- [1] 北京交通发展研究中心. 2015 北京市交通发展年度报告[R]. 北京: 北京交通发展研究中心, 2015.
Beijing Transportation Research Center. Beijing transport annual report 2015[R]. Beijing: Beijing Transportation Research Center, 2015.
- [2] Cai H, Xie S D. Estimation of vehicular emission inventories in China

- from 1980 to 2005[J]. Atmospheric Environment, 2007, 41(39): 8963-8973.
- [3] Liu Z R, Hu B, Liu Q, et al. Source apportionment of urban fine particle number concentration during summertime in Beijing[J]. Atmospheric Environment, 2014, 96(7): 359-369.
- [4] Cheng S Y, Lang J L, Zhou Y, et al. A new monitoring-simulation-source apportionment approach for investigating the vehicular emission contribution to the PM_{2.5} pollution in Beijing, China[J]. Atmospheric Environment, 2013, 79(7): 308-316.
- [5] Chan C K, Yao X H. Air pollution in mega cities in China[J]. Atmospheric Environment, 2008, 42(1): 1-42.
- [6] 陶双成, 邓顺熙, 李彦鹏. 光化学烟雾形成的化学动力学模拟研究[J]. 安全与环境学报, 2011, 11(4): 27-31.
Tao Shuangcheng, Deng Shunxi, Li Yanpeng. Research on chemical kinetics simulation of photochemical smog formation [J]. Journal of Safety and Environment, 2011, 11(4): 27-31.
- [7] 邓芙蓉, 郭新彪. 我国机动车尾气污染及其健康影响研究进展[J]. 环境与健康杂志, 2008, 25(2): 174-176.
Deng Furong, Guo Xinbiao. Research progress on vehicle emission related health effects in China[J]. Journal of Environment and Health, 2008, 25(2): 174-176.
- [8] Brugge D, Durant J L, Rioux C. Near-highway pollutants in motor vehicle exhaust: a review of epidemiologic evidence of cardiac and pulmonary health risks[J]. Environment Health, 2007, 6(1): 23-28.
- [9] 王舜钦, 张金良, 王圣醇. 泉州市机动车尾气污染对儿童神经行为功能影响初探[J]. 环境与健康杂志, 2007, 24(1): 12-15.
Wang Shunqin, Zhang Jinliang, Wang Shengchun. Effects of traffic exhausts on children neurobehavioral function in Quanzhou [J]. Journal of Environment and Health, 2007, 24(1): 12-15.
- [10] 刘美娟, 董光辉, 潘国伟. 鞍山市大气污染对儿童呼吸系统健康的影响[J]. 环境与健康杂志, 2006, 23(3): 198-201.
Liu Meijuan, Dong Guanghui, Pan Guowei. Effects of air pollution on respiratory system of children in Anshan city[J]. Journal of Environment and Health, 2006, 23(3): 198-201.
- [11] Wu J S, Zhang Y J. Olympic Games promote the reduction in emissions of greenhouse in Beijing [J]. Energy Policy, 2008, 36(9): 3422-3426.
- [12] 孙志强, 吉东生, 宋涛, 等. 奥运时段北京及近周边区域空气污染观测与对比分析[J]. 环境科学, 2010, 31(12): 2852-2859.
Sun Zhiqiang, Ji Dongsheng, Song Tao, et al. Observations and comparison analysis of air pollution in Beijing and nearby surrounding areas during Beijing 2008 Olympic Games[J]. Environmental Science, 2010, 31(12): 2852-2859.
- [13] 程念亮, 李云婷, 张大伟, 等. 2014 年 APEC 期间北京市空气质量改善分析[J]. 环境科学, 2016, 37(1): 66-73.
Cheng Nianliang, Li Yunting, Zhang Dawei, et al. Improvement of air quality during APEC in Beijing in 2014[J]. Environmental Science, 2016, 37(1): 66-73.
- [14] 李文涛, 高庆先, 刘俊蓉, 等. APEC 期间北京空气质量改善对比分析[J]. 环境科学, 2015, 36(12): 4340-4347.
Li Wentao, Gao Qingxian, Liu Junrong, et al. Comparative analysis on the improvement of air quality in Beijing during APEC [J]. Environmental Science, 2015, 36(12): 4340-4347.
- [15] 汪婷, 谢绍东. 北京奥运交通限行前后街道机动车污染的模拟[J]. 环境科学, 2010, 31(3): 566-572.
Wang Ting, Xie Shaodong. Modeling the vehicle pollution in the urban streets before and during the Beijing Olympic Games traffic con-

- trol period[J]. *Environmental Science*, 2010, 31(3): 566-572.
- [16] 樊守彬, 田灵娣, 张东旭, 等. APEC会议期间北京机动车排放控制效果评估[J]. *环境科学*, 2016, 37(1): 74-81.
Fan Shoubin, Tian Lingdi, Zhang Dongxu, et al. Evaluation on the effectiveness of vehicle exhaust emission control measures during the APEC conference in Beijing[J]. *Environmental Science*, 2016, 37(1): 74-81.
- [17] 赵晓光, 许振成, 王轩, 等. 北京机动车限行对空气质量的影响分析[J]. *安全与环境学报*, 2010, 10(4): 82-87.
Zhao Xiaoguang, Xu Zhencheng, Wang Xuan, et al. Analysis of Beijing cars with license plates allowed on the streets on air quality impact[J]. *Journal of Safety and Environment*, 2010, 10(4): 82-87.
- [18] 北京市公安局公安交通管理局. 北京市人民政府关于2015年北京国际田联世界田径锦标赛和中国人民抗日战争胜利70周年纪念活动期间对本市机动车采取临时交通管理措施的通告[EB/OL]. 2015-08-04. [2016-07-07]. <http://www.bjjtgl.gov.cn/jgj/95332/394728/index.html>.
Beijing Traffic Management Bureau. The Beijing municipal people's government issued a notification regarding the vehicle temporary traffic control measures in the city during the period of 2015 IAAF World Athletics Championships and the Chinese people's 70 anniversary of the victory of the Anti-Japanese War [EB/OL]. 2015-08-04 [2016-07-07]. <http://www.bjjtgl.gov.cn/jgj/95332/394728/index.html>.
- [19] 国家环境保护总局. HJ/T 193-2005 环境空气质量自动监测技术规范[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006.
State Environmental Protection Administration. Automated methods ambient air quality monitoring HJ/T 193-2005[S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2006.
- [20] 石玉珍, 徐永福, 王庆庚, 等. 北京市夏季O₃、NO_x等污染物“周末效应”研究[J]. *环境科学*, 2009, 30(10): 2832-2838.
Shi Yuzhen, Xu Yongfu, Wang Gengchen, et al. Study of the “week-end effect” of O₃, NO_x and other pollutants in summer of Beijing[J]. *Environmental Science*, 2009, 30(10): 2832-2838.
- [21] Jenkin M E, Clemitshaw K C. Ozone and other secondary photochemical pollutants: Chemical processes governing their formation in the planetary boundary layer[J]. *Atmospheric Environment*, 2000, 34(16): 2499-2527.
- [22] 李润奎, 赵彤, 李志鹏, 等. 基于车流和大气污染物浓度同步增量的机动车平均排放因子估算方法[J]. *环境科学*, 2014, 35(4): 1245-1249.
Li Runkui, Zhao Tong, Li Zhipeng, et al. Estimation of average traffic emission factor based on synchronized incremental traffic flow and air pollutant concentration[J]. *Environmental Science*, 2014, 35(4): 1245-1249.
- [23] 王占山, 张大伟, 陈添, 等. 2013年北京市NO₂的时空分布[J]. *环境科学学报*, 2015, 35(5): 1529-1536.
Wang Zhanshan, Zhang Dawei, Chen Tian, et al. Spatiotemporal characteristics of NO₂ in Beijing in 2013[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2015, 35(5): 1529-1536.
- [24] 陶双成, 邓顺熙, 刘宁, 等. 机动车排放对城市光化学烟雾形成的影响[J]. *世界科技研究与发展*, 2015, 37(1): 21-25.
Tao Shuangcheng, Deng Shunxi, Liu Ning, et al. Influence of vehicle exhaust on production of cities photochemical smog[J]. *World Sci-tech R&D*, 2015, 37(1): 21-25.

Influence of Beijing vehicle restriction rule on air quality of hypo-artery road

TAO Shuangcheng^{1,2}, DENG Shunxi¹, LIU Ning¹, GAO Shuohan², YAO Jialin²

1. School of Environment Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China

2. China Academy of Transportation Sciences, Beijing 100029, China

Abstract In order to investigate the effect of traffic restriction on ambient air quality in urban hypo-artery road, concentrations of PM_{2.5}, NO₂, O₃, CH₄ and NMHC (non-methane hydrocarbons) were constantly monitored during Aug. to Sep. 2015. Meanwhile, traffic flow was calculated, and the impact from the 2015 Beijing Parade traffic restriction on vehicle operating conditions and air quality in urban roads were studied. The limiting effects were obviously shown on buses and heavy trucks; 35.36%, 45.12%, and 94.23% traffic reductions were found on minibuses, medium buses, and heavy trucks, respectively during that period; while taxis and public transport increased. Pollutant concentrations varied significantly during and after traffic restriction. There was less change in methane concentration while concentrations of nitrogen dioxide and non-methane hydrocarbon were increased by 127% and 33.3%, respectively. The ozone concentration was decreased by 27.7%. Pearson analysis reflected that the traffic flow had 1) a significant negative correlation with CH₄ hourly concentration; 2) no significant correlation with PM_{2.5} concentration. A comparative analysis between monitoring data from background control point suggests that the traffic flow has significant correlation with the net contributions of NO₂ and O₃ concentrations from motor vehicles. During the Parade traffic restriction period, the average cut range of NO₂ concentration on the monitored section was 51.25% while the average increase range of O₃ concentration was 82.99%. Under the restriction and regional comprehensive emission reduction measures, an average cut range of 34.72% on PM_{2.5} was met.

Keywords vehicles restriction rule; hypo-artery road; air quality; PM_{2.5}; ozone

(责任编辑 韩星明)