

DOI: 10.13671/j.hjkxxb.2014.0175

郭宇宏,王自发,康宏,等.2014.机动车尾气排放对城市空气质量的影响研究——以乌鲁木齐市春节前后对比分析[J].环境科学学报,34(5): 1109-1117

Guo Y H, Wang Z F, Kang H, *et al.* 2014. Impact of automobile vehicles exhaust emissions on metropolitan air quality: Analysis study on the air pollution change before and after the Spring Festival in Urumqi City, China[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 34(5): 1109-1117

## 机动车尾气排放对城市空气质量的影响研究 ——以乌鲁木齐市春节前后对比分析

郭宇宏<sup>1,2,3</sup>, 王自发<sup>1</sup>, 康宏<sup>3</sup>, 谷超<sup>3</sup>, 王刚<sup>3</sup>, 张小啸<sup>1,4,\*</sup>, 纪元<sup>3</sup>, 李沫<sup>5</sup>

1. 中国科学院大气物理研究所, 大气边界层物理和大气化学国家重点实验室, 北京 100029
2. 中国科学院大学, 北京 100049
3. 新疆环境监测总站, 乌鲁木齐 830011
4. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 荒漠与绿洲生态国家重点实验室, 乌鲁木齐 830011
5. 乌鲁木齐市环境监测中心站, 乌鲁木齐 830000

收稿日期: 2013-07-24      修回日期: 2013-09-10      录用日期: 2013-09-10

**摘要:**随着我国经济的高速发展, 机动车尾气逐渐成为城市大气污染物的主要来源之一。在 2013 年 2 月 5—18 日春节前后, 乌鲁木齐市节日前 3 d 大量机动车外流, 节日期间 2 月 10—12 日滞留市内的机动车停运, 通过对比春节前后乌鲁木齐市汽车流出量和油耗减少量, 分析该时段 5 项大气污染物逐小时浓度变化, 研究机动车尾气对乌鲁木齐市大气污染的潜在贡献和影响程度。结果表明: 春节机动车停运期间, 市区机动车流量下降明显, 成品油消耗量减少约 60%, 尽管天气条件以不利于大气污染物扩散为主, 但 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 和 CO 等 5 项大气污染物浓度均降至当月最低值(且均在达标范围内), 分别比节日前下降 44.2%、49.3%、54.5%、28.2% 和 3.7%。因此, “煤改气”工程实施后, 乌鲁木齐市的煤烟污染得到极大改善, 乌鲁木齐市大气污染类型已由煤烟型向机动车尾气混合型转化。提高成品油品质将促进减少城市机动车尾气污染, 在当前的油品标准下, 重大节假日期间机动车停驶有助于显著改善城市空气质量。

**关键词:** 机动车; 春节; 空气质量; 尾气排放; 污染

文章编号: 0253-2468(2014)05-1109-09      中图分类号: X701      文献标识码: A

## Impact of automobile vehicles exhaust emissions on metropolitan air quality: Analysis study on the air pollution change before and after the Spring Festival in Urumqi City, China

GUO Yuhong<sup>1,2,3</sup>, WANG Zifa<sup>1</sup>, KANG Hong<sup>3</sup>, GU Chao<sup>3</sup>, WANG Gang<sup>3</sup>, ZHANG Xiaoxiao<sup>1,4,\*</sup>, JI Yuan<sup>3</sup>, LI Mo<sup>5</sup>

1. State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer and Atmospheric Chemistry, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029
2. University of Chinese Academy of Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049
3. Xinjiang Environmental Monitor Centre, Ministry of Environment Protection, Urumqi 830011
4. State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011
5. Urumqi Environmental Monitor Centre Station, Ministry of Environment Protection, Urumqi 830000

Received 24 July 2013;      received in revised form 10 September 2013;      accepted 10 September 2013

**Abstract:** With the rapid economic development in recent years, automobile vehicles exhaust emission has become one of main air pollution sources in

**基金项目:** 新疆高技术研究发展项目(No. 201216148); 中国科学院西部之光项目(No. XBBS201104); 国家重点实验室开放课题(No. LAPC-KF-2013-17)

**Supported by** the Xinjiang Program for High Technology and Development (No. 201216148), West Light Foundation of the Chinese Academy of Sciences (No. XBBS201104) and the Open Funds of the State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer and Atmospheric Chemistry, China (No. LAPC-KF-2013-17)

**作者简介:** 郭宇宏(1967—), 女, 博士研究生, 高级工程师, E-mail: jczgyh@tom.com; \* 通讯作者(责任作者), E-mail: zhangxx@xjb.ac.cn

**Biography:** GUO Yuhong (1967—), female, Ph.D. candidate, senior engineer, E-mail: jczgyh@tom.com; \* **Corresponding author**, E-mail: zhangxx@xjb.ac.cn

major Chinese cities. During the time before and after the Spring Festival period in February 5~18, 2013, large amount of automobile vehicles moved outside of Urumqi city 3 days before the Festival, and commercial automobile vehicles were prohibited in business from February 10 to 12. Therefore, we conducted a comparative investigation on the flow rate of automobile vehicles and fuel consumptions in Urumqi city, analyzed the change of hourly concentration on five air pollutions, and studied the potential contribution and impact of air pollution by vehicles exhaust emissions. Results showed that during the period of prohibiting commercial automobile vehicles, the automobile vehicle flow rate apparently decreased, with fuel consumption reduced approximately about 60%. Although the meteorological condition was unfavorable for pollutant dispersion during the Spring Festival, concentrations of  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  and CO dropped to the monthly lowest levels and decreased by 44.2%, 49.3%, 54.5%, 28.2% and 3.67%, respectively, compared with those before the Festival. Consequently, the air pollution in Urumqi was improved after the implementation of 'replacement of coal by natural gas' project, and atmospheric pollution began to change from coal burning into mixed automobile vehicle exhaust emission. Elevating the quality of oil production will reduce the air pollutions from automobile vehicle exhaust emissions. Under the current national standards of oil production, prohibition of commercial automobiles will significantly improve the air quality of Urumqi city during the big Festival.

**Keywords:** automobile vehicle; Spring Festival; air quality; exhaust emission; pollution

## 1 引言 (Introduction)

近 10 年来我国机动车保有量以年均 15% 的速度迅猛增长,目前,汽车尾气排放在大中型城市已成为当地主要的大气污染源.机动车排放污染物已经成为城市空气污染的主要来源之一,相关研究已成为国内外科学家关注的热点. Chan 等(2006)研究指出:机动车排放污染逐渐成为发达城市空气污染的主要源.据报道,2013 年全国汽车保有量 2 亿辆(中国新闻网,2011),我国汽车每百公里的耗油量在 4 到 20 升之间,平均每辆车耗油  $10 L \cdot 100 km^{-1}$ .汽车尾气中的主要污染物有 CO、HC、 $NO_2$ 、 $SO_2$ 、烟尘微粒(某些重金属化合物、Pb 化合物和黑烟及油雾)、苯并芘和臭气(甲醛)等(Mensink *et al.*, 2000;黄志辉和汤大钢,2008);据统计:每千辆汽车每天排出 CO 约 3000 kg,HC 约 200~400 kg,  $NO_2$  约 50~150 kg(Kassomenos *et al.*, 2009).

目前,全国大多数城市道路建设滞后于城市扩张速度,造成交通拥堵,机动车辆怠速时间增加,使车辆每百公里耗油量升高,单位里程排出的污染物增多,低空排放的  $NO_2$ 、CO、 $PM_{10}$  和  $H_m C_n$  浓度持续上升(赵凤琴等,2005;宋翔宇和谢绍东,2006).有资料表明:上海市的汽车总量只相当于日本东京的 1/12,但空气中主要由汽车排放的 CO、HC 和  $NO_2$  的总量却基本相同,其中汽油机的主要排气有害物是 CO、HC 和  $NO_2$ ;柴油机的 CO 和 HC 排放量要比汽油机少,而碳烟的成分高,同时  $SO_2$  与  $NO_2$  的排放量也较多.

由于车辆性能水平、燃油质量和道路条件等因素的影响,机动车尾气污染已成为城市近地面重要的空气污染源之一,对环境的影响越来越严重且分布集中.据监测分析:汽车尾气排放量已占大气污染源 85% 左右.如北京市中心区  $SO_2$  浓度日超标率达

10%~15%,CO 和  $NO_2$  浓度日超标率达 60%~70%,最严重时大气污染超过国家二级标准 1~3 倍.北京城市空气中机动车排放的 CO 和  $NO_2$  分别占全市各污染源排放总量的 83% 和 43%,由于机动车尾气管高度低,污染物排放属于超低空排放,因此其环境浓度分担率更高,分别为 84% 和 73%.上海市机动车排放的碳氢化合物占总排放量 56% 以上,氮氟化合物占 20% 以上;四川机动车每年排放 CO 约 142 万 t,其他有害物超过 60 万 t,80% 的 CO 和 90% 的氮氢化合物等,均来自机动车排放(傅立新等,2000;翟殿清等,2007;贺琴等,2008;苗娟等,2009;姚志良等,2012).

乌鲁木齐市作为新疆维吾尔自治区首府,是全区政治、经济和文化中心.随人口增长和经济快速发展,城市机动车保有量以年均 20% 的速度快速增长.据乌鲁木齐市环境监测中心对机动车排气污染分担率调查显示:目前机动车氮氧化物造成的污染占城市空气中氮氧化物污染的比例已上升到 40.1%,CO 的污染比重达到 94.1%,机动车尾气使得乌鲁木齐市大气环境质量趋向恶化(李平富,2013).乌鲁木齐市大气污染问题让政府和各界人士高度关注,2012 年 4 月至 10 月新疆维吾尔自治区政府投资 230 亿元进行规模空前的“煤改气”工程,共对 189 个单位的燃煤锅炉实施了改造,完成燃气管网建设 246 km,新建燃气锅炉房 264 座,安装燃气锅炉设备 710 台,近  $1.2 \text{ 万 t} \cdot \text{h}^{-1}$  (蒸汽).在短短 6 个月内把全市燃煤供热锅炉全部改装成天然气锅炉,从 2012 年冬季采暖期开始全面使用天然气供热,实现天然气替代燃煤供热面积 1.2 亿  $\text{m}^3$ ,乌鲁木齐高污染燃料禁燃区内热电联产和清洁能源供热比例达到 100%,改写了乌鲁木齐长期靠燃煤供暖的历史.2012 年采暖期城区减少燃煤 500 万 t,减排烟尘 12 万 t,减排  $CO_2$  约 8 万 t,至少有 20 万 t 左右的污染物不再危

害城市的天空。“煤改气”工程使乌鲁木齐市冬季空气质量明显好转,煤烟污染明显减轻,但汽车尾气造成的污染却持续加重。2013 年春节期间乌鲁木齐市大量机动车外流或停运,机动车尾气排放量大幅度减少,本文通过分析和评估春节期间机动车停运导致的空气质量改善程度,识别汽车尾气对乌鲁木齐市环境空气质量的贡献率,这将有助于我们深入理解乌鲁木齐的大气环境状况和空气质量现状,从而为政策制定者提供理论依据(付宗钰和季崇萍,2008;刘永红,2010;赵晓光等,2010)。

## 2 观测试验方案(Experiment program of observation)

### 2.1 研究区概况

乌鲁木齐市位于东经  $86^{\circ}38' \sim 88^{\circ}58'$ , 北纬  $42^{\circ}45' \sim 44^{\circ}08'$ , 地处天山山系的北天山西段与东段的结合部, 市区地形起伏较大, 东、南、西三面环山, 北面为平缓的冲积平原, 地形较开阔。市区平均海拔 800 m, 地势东南高, 西北低, 自然坡度  $12\% \sim 15\%$ ,

海拔 680~920 m。收费站位于乌鲁木齐市南部老城区(天山区 E 区), 监测站位于乌鲁木齐市中部(沙依巴克区 D 区), 铁路局位于乌鲁木齐市西北(新市区 B 区), 现有的空气质量自动监测点位分布情况如表 1 所示。

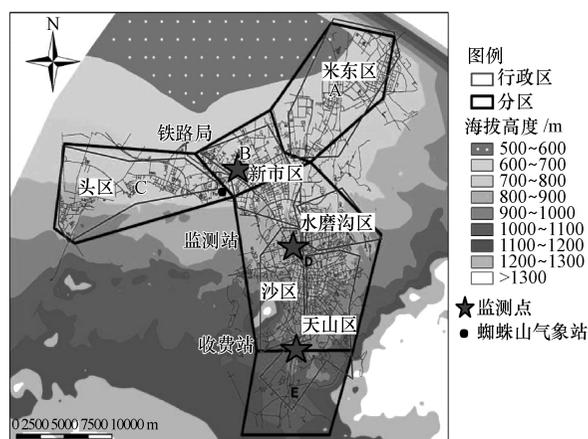


图 1 乌鲁木齐市监测点位和气象站分布图

Fig.1 Distribution of environmental monitoring stations and meteorological station in downtown Urumqi

表 1 乌鲁木齐市环境空气质量监测点位布设情况

Table 1 Distribution of environmental monitoring stations in Urumqi

监测点位	区域	建成区面积/km <sup>2</sup>	海拔高度/m	现状功能	方位
收费站	天山区	98	1083	行政、金融、商业、教育、工业、居住	南部
监测站	沙依巴克区	103	980	商业、教育、工业、交通、邮政、居住	中部
铁路局	新市区	112	890	科教、工业、商业、居住	西北

根据乌鲁木齐市公安局交警支队车辆管理所的统计: 乌鲁木齐市的机动车保有量自 2010 年以大于 20% 的增长速度递增, 2011 年增幅高达 30% (见表 2), 2013 年 7 月乌鲁木齐市的机动车总保有量已经突破了 60 万辆。乌鲁木齐市常住人口约 335 万人, 按照车辆人口比例约 5 人中就有 1 辆机动车, 和

北京市相当。但由于市区道路有限, 乌鲁木齐道路车辆密度约为  $313 \text{ 辆} \cdot \text{km}^{-1}$ , 已超出国际上  $270 \text{ 辆} \cdot \text{km}^{-1}$  的警戒值。其次, 乌鲁木齐市大量使用柴油车辆, 柴油车占机动车总数 24.01%, 相对比例过高, 香港柴油车占机动车总数 30%, 新加坡柴油车占机动车总数 17%, 美国柴油车仅占机动车总数 4%。

表 2 乌鲁木齐市机动车保有量多年变化情况

Table 2 Change of automobile vehicles amount in Urumqi city

车辆类型	机动车保有量/辆								
	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2012 年
公路运输工具	164631	167302	182132	211563	233503	251446	279587	327225	440627
民用汽车	141232	142418	153471	179830	210292	225980	264298	321347	420522
载客汽车	78316	78740	96027	110953	129237	151730	185878	238969	330036
摩托车	11577	11547	12001	15920	6978	7301	8027	7627	10826

### 2.2 数据获取

新疆环境监测总站 2013 年 2 月组织春节期间乌鲁木齐市汽车停运对环境空气质量影响的观测实验, 研究乌鲁木齐市汽车尾气对空气污染的贡

献。为了获取机动车行驶削减前后大气成分的对比资料, 结合气象要素分析汽车尾气污染源排放量减少对空气质量的影响, 利用乌鲁木齐市城区从南到北 3 个环境空气监测站(收费站、监测站和铁路局)

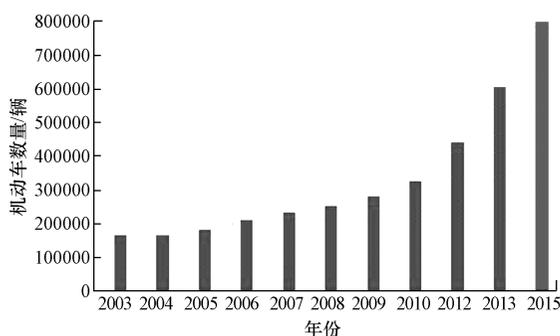


图2 乌鲁木齐市汽车保有量变化趋势

Fig.2 Trend of automobile vehicles amount in Urumqi city

和乌鲁木齐市蜘蛛山气象观测台资料(见图1),在调取乌鲁木齐市周边3个收费站进出城车流量数据和部分加油(气)站日均燃料消耗情况的同时,获取机动车停运前后乌鲁木齐市3站点 $PM_{10}$ 、 $SO_2$ 、 $NO_2$ 、 $O_3$ 、 $CO$ 、 $PM_{2.5}$ 等6项主要大气污染物以及气象要素的演变情况,分析汽车停运和正常运行两种情况下对环境空气质量的影响,也为进一步识别汽车尾气对乌鲁木齐市环境空气质量的贡献率提供科学依据。

从2013年2月3日(春节前)开始,大量车流开始驶出乌鲁木齐市,春节期间2月10日—13日乌市内车辆停运,2月14日—18日车辆回流后交通量陆续回复至正常水平。故本文分析数据时段为2013年2月6日0时—2月16日23时。同时采用收费所、监测站和铁路局3个站点2013年1月—2月逐日监测数据进行春节期间空气质量对比分析;由于3个监测点位中铁路局站点与蜘蛛山气象站较近,故采用铁路局监测站点和蜘蛛山气象站的逐小时观测数据进行春节前后典型日大气污染物浓度对比分析。

### 3 结果与讨论(Results and discussion)

#### 3.1 乌鲁木齐市2013年春节期间车流量变化情况

##### (1) 春节前后车流量变化

2013年春节期间乌鲁木齐市机动车调查结果显示:自2月6—9日起乌鲁木齐市周边3个收费站

的车流量开始迅猛增长,车流方向以驶出乌鲁木齐方向为主,2月10—11日(正月初一和初二)车流量明显回落,日均车流量较前两天下降13%。据高支队指挥中心统计,2月8—12日,乌鲁木齐市近55万辆机动车中,驶离乌鲁木齐的车辆总数约10万辆,以回家探亲的私家车为主,约占18%,2月15日后乌鲁木齐市机动车辆开始回流,除了返回上班的私家车外,还有近5万辆外地牌照的车辆,其中货车车流量恢复到节前正常水平。

##### (2) 加油量变化

据调查:截止至2013年3月,新疆乌鲁木齐市汽车保有量55万辆,其中公车182244辆,私家车367756辆,私家车约占全市机动车保有量的66%,除了这55万辆本地牌照的车辆外,乌鲁木齐市每天还有5~8万辆外地牌照的车辆在此行驶。市区分布有中石化7座加油站、中石油97座加油站、民营加油站70多座和88座加气站。根据2月9—15日春节前和春节期间乌市加油(气)站抽样调查,部分加油站日均燃料消耗情况发生了明显变化,春节期间燃料消耗大幅下降,汽、柴油的消耗量下降约60%,天然气的消耗量下降约30%(见表3)。

表3 2013年春节前后部分加油(气)站燃料消耗调查统计表

Table 3 Statistics of gas and oil fuels consumption during the Spring Festival, 2013

	93号汽油/ ( $t \cdot d^{-1}$ )	柴油/ ( $t \cdot d^{-1}$ )	天然气/ ( $万 m^3 \cdot d^{-1}$ )
加油(气)站 春节前日均消耗	9.00	1.17	2.15
加油(气)站 春节期间日均消耗	3.67	0.43	1.45
下降比例	59.22%	63.25%	32.56%

##### (3) 汽车尾气污染物排放量变化

根据加油站3项燃料销售量的调查结果,估算春节前后乌鲁木齐市180个加油站日均3项燃料(汽油、柴油和天然气)消耗总量变化,并依据国家环保部机动车污染管理中心的机动车尾气排放系数计算出乌鲁木齐市春节期间各种汽车尾气污染物的减排量(周泽兴等,2000;陈长虹等,2005;Wang *et al.*,2008)(见表4)。

表4 春节前后乌鲁木齐市3项燃料(汽油、柴油和天然气)排放大气污染物变化

Table 4 Change of air pollutions amount emitted by petrol, diesel and gas before and after the Spring Festival

时段	排放量					
	Pb/( $kg \cdot d^{-1}$ )	$NO_2$ /( $kg \cdot d^{-1}$ )	$SO_2$ /( $kg \cdot d^{-1}$ )	$PM_{10}$ /( $kg \cdot d^{-1}$ )	$CO_2$ /( $t \cdot d^{-1}$ )	CO/( $t \cdot d^{-1}$ )
春节前	154.8	126000.0	11570.4	615.6	5738.4	3150.0
春节期间	63.0	54000.0	6757.2	234.0	2313.0	1350.0
2月9—12日春节汽车停用期间	91.8	90000.0	4811.4	381.6	3425.4	2250.0

### 3.2 乌鲁木齐市春节前后汽车停运对空气质量的影响分析

#### (1) 春节期间环境空气中大气污染物日均浓度变化

从 2013 年 1 月 1 日至 2 月 18 日乌鲁木齐市 6 项大气污染物日均浓度值变化图清楚显示: 在春节

期间(2 月 5—15 日)6 项大气污染物日均浓度形成了一个完整的波谷, 说明春节期间乌鲁木齐市空气质量较好, 6 项大气污染物浓度都在谷底降到了冬季 1—2 月的最低点(见图 3), 春节前后乌鲁木齐市 6 项大气污染物浓度变幅见表 5。

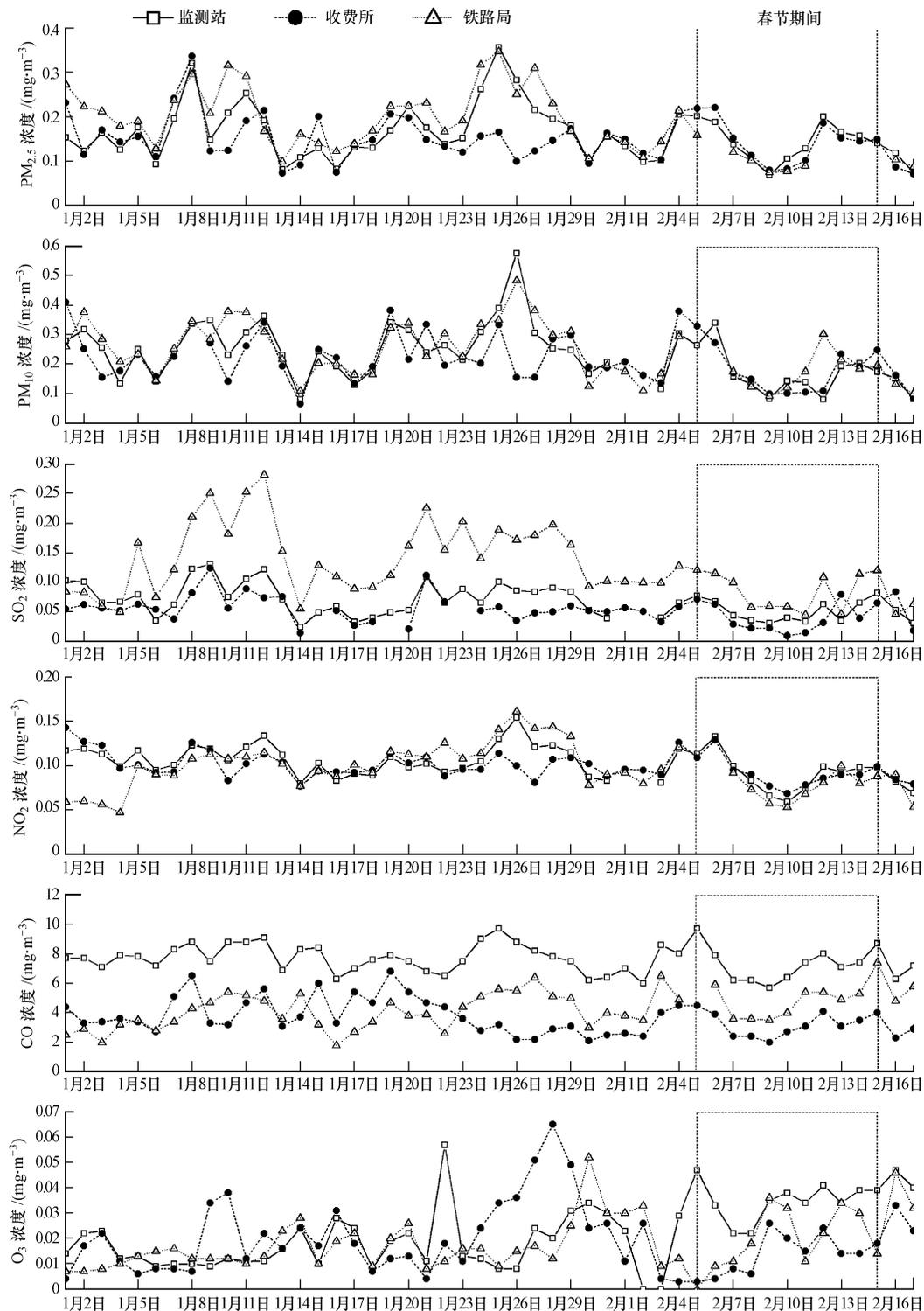


图3 春节前后(2月5—15日)6项大气污染物日均浓度对比

Fig.3 Comparison of daily average concentration on 6 air pollutants before and after the Spring Festival

春节期间乌鲁木齐市6项大气污染物浓度均呈明显下降态势,其中SO<sub>2</sub>浓度均值为0.053 mg·m<sup>-3</sup>,较春节前下降54.5%;PM<sub>10</sub>浓度均值为0.159 mg·m<sup>-3</sup>,较春节前下降49.3%;PM<sub>2.5</sub>浓度均值为

0.116 mg·m<sup>-3</sup>,较春节前下降44.2%;NO<sub>2</sub>浓度均值为0.081mg·m<sup>-3</sup>,较春节前下降28.2%;CO浓度均值为5.054 mg·m<sup>-3</sup>,较春节前下降3.67%.

表5 2013年春节前后主要污染物浓度变化

Table 5 Change of main air pollutions concentration before and after the Spring Festival, 2013								
站点	PM <sub>10</sub> /(mg·m <sup>-3</sup> )				PM <sub>2.5</sub> /(mg·m <sup>-3</sup> )			
	1月	2月春节前	春节期间	降幅	1月	2月春节前	春节期间	降幅
监测站	0.262	0.201	0.144	60.3%	0.175	0.152	0.134	22.1%
收费所	0.228	0.237	0.155	49.9%	0.155	0.168	0.126	27.8%
铁路局	0.272	0.190	0.177	30.8%	0.209	0.149	0.121	48.0%
均值	0.25	0.21	0.16	46.0%	0.180	0.160	0.130	32.2%

站点	SO <sub>2</sub>				NO <sub>2</sub>			
	1月	2月春节前	春节期间	降幅	1月	2月春节前	春节期间	降幅
监测站	0.075	0.056	0.048	35.1%	0.108	0.101	0.084	25.1%
收费所	0.057	0.052	0.035	53.5%	0.103	0.106	0.085	22.9%
铁路局	0.147	0.108	0.076	66.8%	0.103	0.096	0.075	32.8%
均值	0.093	0.072	0.053	54.3%	0.10	0.10	0.08	26.7%

站点	CO				O <sub>3</sub>			
	1月	2月春节前	春节期间	降幅	1月	2月春节前	春节期间	降幅
监测站	7.774	7.629	7.113	8.3%	0.017	0.030	0.033	-29.6%
收费所	3.913	3.471	3.113	18.6%	0.018	0.030	0.034	-30.3%
铁路局	3.994	4.657	4.938	-12.4%	0.018	0.028	0.037	-36.6%
均值	5.23	5.25	5.05	3.7%	0.017	0.029	0.034	-32.3%

(2) 春节前后典型日大气污染物24h均浓度变化

为更客观详实地对比春节前后汽车停运对空气质量的影响,采用铁路局站点2月6日(春节前)和2月9日(春节期间)作为典型日进行6项大气污

染物小时浓度对比,由图4可知春节期间乌市PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>和CO等多项大气污染物浓度比节前相应下降50%左右,大年三十的烟花爆竹对当日环境空气质量的影响不大.

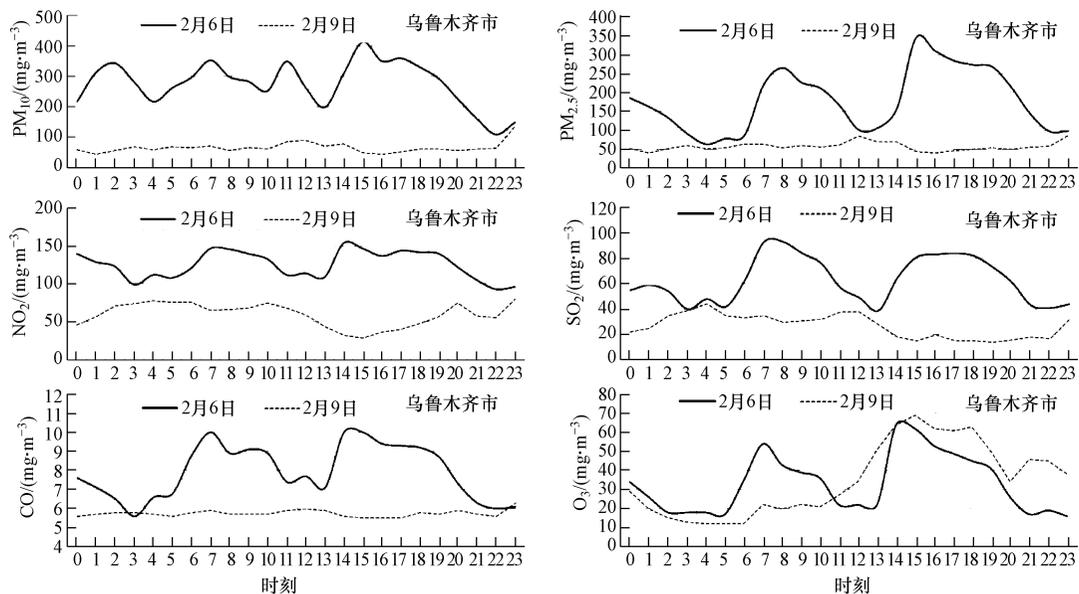


图4 铁路局站点春节前2月6日与春节期间2月9日6项大气污染物浓度逐时对比

Fig.4 Comparison of hourly concentration on 6 air pollutants before and after the Spring Festival, 2013

### 3.3 乌鲁木齐市大气污染物变化原因分析

#### (1) 气象条件影响分析

空气质量状况:2月4—6日春节前乌鲁木齐市空气质量处于重度污染状况,而大年三十至初六(2月8—15日)春节期间,乌鲁木齐市空气质量状况明显好转,3个空气站点的环境空气质量均由节前的劣三级重度污染变为二级良好天气(API),乌鲁木齐市春节前后空气质量级别和相应的天气状况见表6。

表6 春节期间乌鲁木齐市空气质量级别和天气条件

Table 6 Ambient air quality grade and meteorological condition during the Spring Festival

站点	空气质量			天气条件	备注
	监测站	收费所	铁路局		
2月4日	劣三级	劣三级	劣三级	晴/多云	春节前
2月5日	劣三级	劣三级	劣三级	多云/多云	
2月6日	劣三级	劣三级	劣三级	中雪/小雪	
2月7日	三级	三级	三级	晴/多云	春节期间
2月8日	二级	二级	二级	多云/小雪	
2月9日	二级	二级	二级	小雪/多云	
2月10日	二级	二级	二级	多云/多云	
2月11日	二级	二级	三级	多云/多云	
2月12日	二级	二级	劣三级	多云/晴	春节后期
2月13日	三级	三级	三级	晴/多云	
2月14日	三级	三级	三级	晴/多云	
2月15日	三级	三级	三级	多云/小雪	

气象状况:风速资料显示2月7—16日春节期间乌鲁木齐市白天夜间风向都以南风为主,(见图5),相对全月平均风速( $1.05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ )而言,该时段风速多小于 $0.85 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,处于较不利污染扩散的状况,而2月8—12日6项大气污染物逐时浓度均处于全月最低状态,说明该时段大气污染浓度的降低可以排除气象因素的干扰,主要来自汽车停运的影响(见图6)。

(2)2013年春节期间,约10万辆机动车驶离乌鲁木齐市,此外还有近30万辆车被封停,使得首府春节期间交通拥堵情况大大改善,尤其是2月10—12日,路上车辆寥寥,机动车尾气污染几乎降至最低,环境空气中 $\text{SO}_2$ 浓度较春节前下降54.5%。 $\text{PM}_{10}$ 浓度较春节前下降49.3%。 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度较春节前下降44.2%。 $\text{NO}_2$ 浓度较春节前下降28.2%。 $\text{CO}$ 浓度较春节前下降3.67%。乌鲁木齐市春节前后的大气污染物浓度对比显示:机动车尾气排放是乌鲁木齐市空

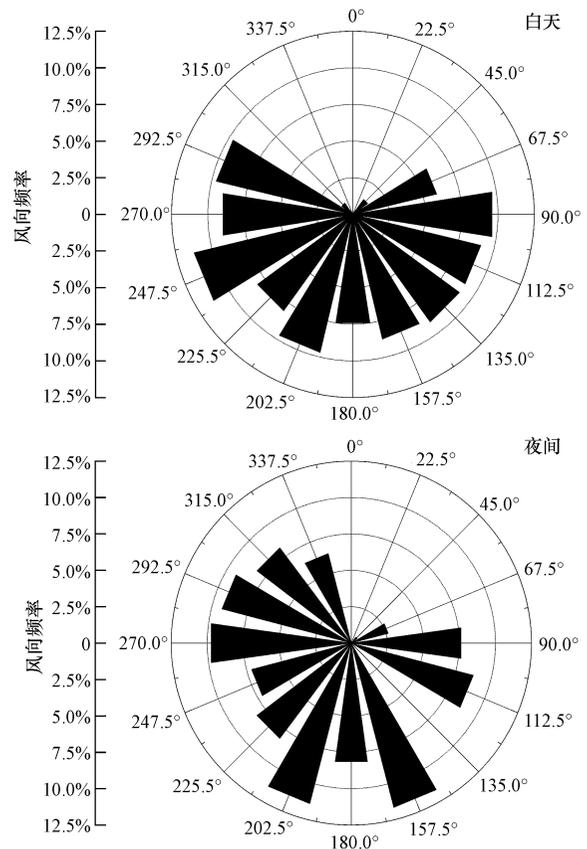


图5 2013年2月乌鲁木齐市昼夜风向玫瑰图

Fig.5 Wind-rose diagram by day (on) and night (down) in Urumqi on February, 2013

气污染重要来源之一,冬季城市阴霾天气与机动车排放的 $\text{CO}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{HC}$ 和 $\text{PM}_{2.5}$ 等污染物直接相关(贺睿哲等,2013)。

(3)2013年乌市机动车已经突破55万辆,其中柴油车达5.5万辆,BRT专用车362辆,其中275辆为柴油车;运营客货运汽车7.5257万辆,其中货车7.2048万辆,汽油车17981辆,柴油车51902辆,其他燃料车2255辆。客车3209辆,汽油车759辆,柴油车2387辆,其它燃料车63辆,而新疆销售机动车燃油是“国Ⅲ标准”,其中汽油含硫量为 $350\times 10^{-6}$ ,是欧洲标准( $<10\times 10^{-6}$ )35倍之多,柴油车燃油含硫量为 $2000\times 10^{-6}$ ,以上说明:车用燃料低硫化进程仍滞后于机动车排放标准的升级步伐,是汽车尾气污染严重的原因之一(见图7)。此外乌鲁木齐市区内还有4.4万辆黄标车,每辆黄标车相当于20辆绿标车的排放量,故近地面汽车尾气是造成乌鲁木齐市 $\text{NO}_2$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}$ 和 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度升高的主要原因之一。

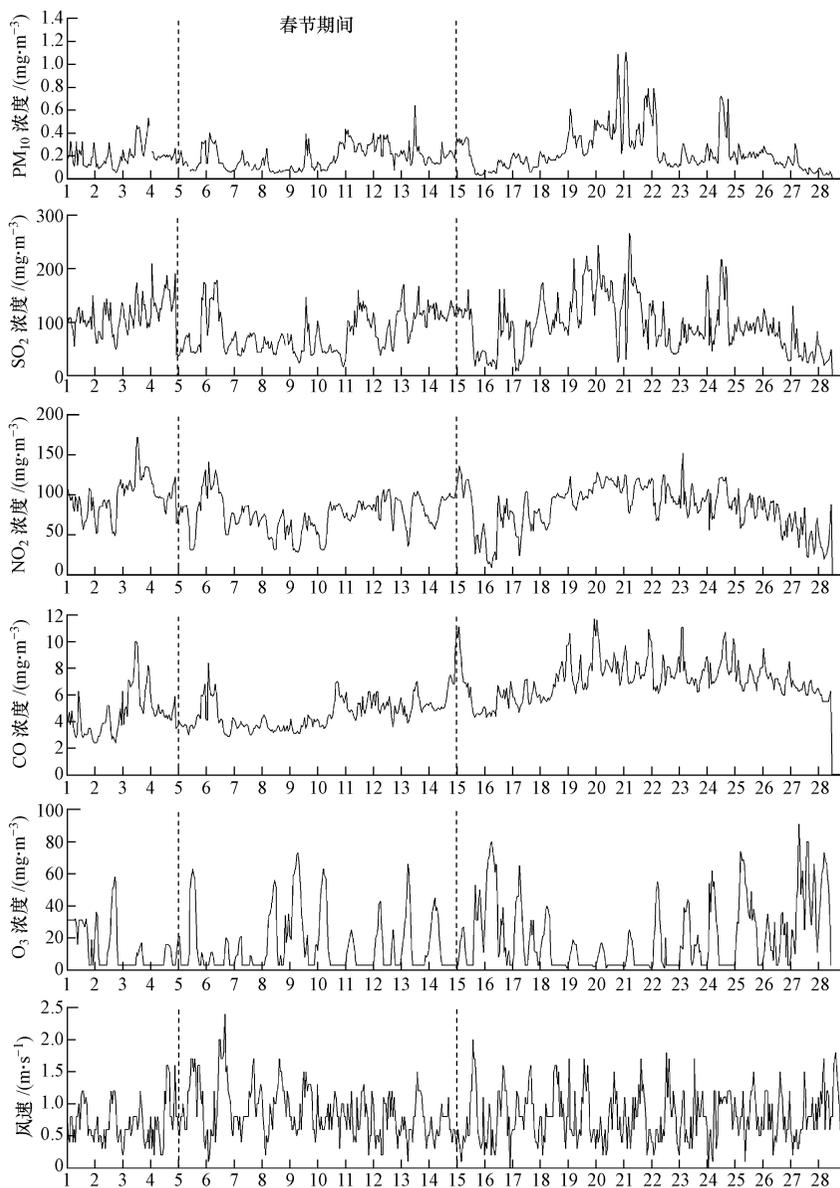


图 6 2013 年 2 月 6—16 日风速和 6 项大气污染物浓度逐小时变化

Fig.6 Change of wind speed and hourly concentration on 6 air pollutants during February 6—16, 2013

表 7 我国机动车排放标准与车用油品硫含量实施时间对比

Table 7 Automobile vehicles emission standard and implementation schedule of sulfur concentration in product oil

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2013	2015	2017	2020	
轻型汽油车 排放标准	国 I						国 II			国 III		国 IV		国 V		
汽油 硫含量/(mg·kg <sup>-1</sup> )	800			800			500			350		150		50		10
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2014	2015	2017	2020	
重型柴油车 排放标准	国 I				国 II			国 III				国 IV		国 V		
柴油 硫含量/(mg·kg <sup>-1</sup> )	2000		2000			2000			350		350		50		10	

#### 4 结论与对策(Conclusions and measurements)

##### (1) 加大油品质量管理, 加强柴油车治理

春节停运期间监测结果显示:乌市  $PM_{10}$ 、 $SO_2$  和  $NO_2$  等大气污染物浓度比春节前明显下降,其中  $SO_2$  降幅高达 55%,  $PM_{2.5}$  降幅 44.2%,  $NO_2$  降幅降 28.2%,说明汽车燃油排放的  $SO_2$  对空气质量有较大影响,而新疆地区油品品质不高,油品中含硫成分是空气中  $SO_2$  污染的主要来源之一.尽快改善乌鲁木齐市汽油和柴油的品质是机动车污染控制的重要手段,车用汽油需要向无硫化、降蒸汽压方向努力,车用柴油需要向无硫化、提高十六烷值和降多环芳烃努力.其次加强对城市汽车尾气进行治理,推广应用先进的技术,采用电喷和三效催化净化装置是降低汽车污染物排放的有效方法,废气再循环(EGR)技术是国外广泛使用的有效措施,大幅降低  $NO_2$  的浓度.

##### (2) 对城市汽车进行分流和限行

城市中的机动车平均车速太低,而低速行驶时的排放是最严重的.乌鲁木齐市交通拥堵,平均车速还不到  $25 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ,这就要求加速城市道路建设如拓宽道路,实现机动车和非机动车分道行驶,提高平均车速以降低排放.总之,“煤改气”工程实施后,乌鲁木齐市的煤烟污染得到极大改善,乌市大气污染类型已由煤烟型向机动车尾气混合型转化.因此,对机动车尾气污染的控制与治理,将成为改善城区大气环境质量的重要任务.

**责任作者简介:** 张小啸(1980—),男,博士,助理研究员,主要研究方向为干旱区大气环境.E-mail: zhangxx@ms.xjb.ac.cn.

#### 参考文献(References):

Chan L Y, Chu K W, Zou S C, *et al.* 2006. Characteristics of nonmethane hydrocarbons (NMHCs) in industrial, industrial-urban, and industrial-suburban atmospheres of the Pearl River

- Delta (PRD) region of south China [J]. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 111 (D11), D11304, doi: 10.1029/2005JD006481
- 陈长虹, 景启国, 王海鲲, 等. 2005. 重型机动车实际排放特性与影响因素的实测研究[J]. *环境科学学报*, 25(7): 870-878
- 付宗钰, 季崇萍. 2008. 气象条件对奥运测试赛机动车限行期间空气质量的影响[J]. *气象*, 34(S1): 274-278
- 傅立新, 郝吉明, 何东全, 等. 2000. 北京市机动车污染物排放特征[J]. *环境科学*, 21(3): 68-70
- 贺琴, 许芬, 樊莉蕊, 等. 2008. 武汉市机动车保有量及相关因素对空气质量的影响[J]. *环境与职业医学*, 25(2): 152-155
- 贺睿哲, 何洁鑫, 张晟剑. 2013. 向  $PM_{2.5}$  说不[J]. *环境*, (4): 32-34
- 黄志辉, 汤大钢. 2008. 中国机动车有毒有害空气污染物排放估算[J]. *环境科学研究*, 21(6): 166-170
- Kassomenos P, Karakitsios S, Pilidis G. 2009. Daily variation of traffic emissions in Athens, Greece [J]. *International Journal of Environment and Pollution*, 36(1/3): 324-335
- 刘永红, 毕索阳, 周兵, 等. 2010. 佛山市中心城区机动车限行对污染物削减效果的分析[J]. *中国环境科学*, 30(11): 1563-1567
- 苗娟, 魏学锋, 蔡青青, 等. 2009. 城市道路交通机动车尾气污染研究进展[J]. *环境科学导刊*, 28(3): 76-78
- Mensink C, De Vlieger I, Nys J. 2000. An urban transport emission model for the Antwerp area [J]. *Atmospheric Environment*, 34(27): 4595-4602
- 宋翔宇, 谢绍东. 2006. 中国机动车排放清单的建立[J]. *环境科学*, 27(6): 1041-1045
- Wang H K, Chen C H, Huang C, *et al.* 2008. On-road vehicle emission inventory and its uncertainty analysis for Shanghai, China [J]. *Science of the Total Environment*, 398(1/3): 60-67
- 姚志良, 张明辉, 王新彤, 等. 2012. 中国典型城市机动车排放演变趋势[J]. *中国环境科学*, 32(9): 1565-1573
- 翟殿清, 蒋再洁, 许铁磊. 2007. 不同类型机动车排放污染物对空气污染情况分析[J]. *天津科技*, 34(1): 44-46
- 赵凤琴, 汤洁, 李昭阳, 等. 2005. 长春市大气中  $NO_x$  污染现状和机动车排放污染分担率研究[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 35(2): 243-247
- 赵晓光, 许振成, 王轩, 等. 2010. 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*, 10(4): 82-87
- 中国新闻网. 2011. 中国机动车保有量达 2.23 亿辆, 汽车超 1 亿辆. 2011-12-03. <http://news.sohu.com/20111202/n327669850.shtml>
- 周泽兴, 袁盈, 刘希玲, 等. 2000. 北京市汽车行驶工况和污染物排放系数调查研究[J]. *环境科学学报*, 20(1): 48-53