

# 北京限行期间大气污染物的差分 光学吸收光谱监测与分析\*

朱燕舞, 刘文清, 谢品华, 窦科, 司福祺, 李素文, 张英华, 秦敏

(a. 中国科学院环境光学与技术重点实验室; b. 中国科学院合肥物质科学研究院, 合肥 230031)

**摘要:**利用差分光学吸收光谱技术于 2007 年 8 月对北京市朝阳区大气污染物进行了实时监测, 对大气中重要常规污染物  $\text{NO}_2$ 、 $\text{SO}_2$  和  $\text{O}_3$  的日变化特征、与天气条件之间的关系和各污染源进行了分析和探讨. 通过分析污染物在“好运北京”奥运限车期间(8 月 17~20 日)与限车前后(8 月 16、21 日)的浓度变化, 对机动车限行效果进行了讨论. 结果表明, 监测点  $\text{NO}_2$  主要来源于汽车尾气, 以凌晨和上午时段污染最重, 并对  $\text{O}_3$  的来源有着一定的贡献;  $\text{SO}_2$  主要来源于西南方向的污染源, 较强风速时北风有利于其浓度的降低; 结果还显示机动车限行可有效降低  $\text{NO}_2$ 、 $\text{SO}_2$  浓度, 分别达到 28.34% 和 25.87%; 但是因导致  $\text{O}_3$  被消耗量降低, 致使  $\text{O}_3$  浓度上升.

**关键词:**机动车限行; 差分光学吸收光谱; 污染物监测

中图分类号: O433.1

文献标识码: A

文章编号: 1004-4213(2009)08-2040-6

## 0 引言

为了改善、提高环境质量, 北京市近 10 年来采取了一系列控制大气污染措施, 具体涉及治理燃煤、机动车、扬尘和工业污染等方面, 这些措施均取得了明显的成效. 但是大气环境问题仍是我国目前最关注的问题之一, 其中机动车尾气排放是北京市主要污染源之一<sup>[1-3]</sup>. 为迎接 2008 年北京绿色奥运, 进一步确保 2008 年“好运北京”奥运赛事期间空气质量达标, 北京市在 2007 年 8 月 17~20 日(每天 6 时至 24 时)实施了为期四天的“好运北京”奥运期间机动车单双牌照限行的环境测试保障方案, 届时每天将停驶机动车 130 万辆左右. 为此中科院组织了“北京地区大气环境监测行动计划”, 以测试这期间的空气质量, 收集消减机动车行使对改善空气质量的测试数据, 为奥运会期间的空气质量保障提供经验. 差分吸收光谱(Differential Optical Absorption Spectroscopy, DOAS)系统参加了此次行动计划. 本文介绍了利用 DOAS 技术于 8 月 12~23 日期间对大气污染物二氧化硫( $\text{SO}_2$ )、二氧化氮( $\text{NO}_2$ )以及光化学烟雾的重要产物臭氧( $\text{O}_3$ )进行了连续监测, 阐述了污染物日变化特征, 分析和探讨了各污染源; 并就机动车限行前后污染物浓度的变化进行了相应的分析和讨论.

## 1 实验仪器和测量地点

实验采用的 DOAS 系统主要包括高压氙灯光源, Casegrain 型发射接收一体望远镜, 角反射器, 光谱仪(光栅  $600 \text{ g} \cdot \text{mm}^{-1}$ ; 闪耀波长 300 nm; 分辨率 0.21 nm)以及探测器(工作温度  $-20^\circ\text{C}$ ). DOAS 技术利用光线在大气中传输时, 各种气体分子在紫外和可见波段的特征吸收光谱来反演其在大气中浓度的一种方法<sup>[4-7]</sup>. 于 2007 年 8 月 13~24 日对北京大气污染物  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{O}_3$ 、HONO 和 HCHO 进行了连续监测. 测量地点位于北京市朝阳区德胜门外祁家豁子附近, 在昌平路健德桥路段, 处于北京市正北的三环路与四环路之间(见图 1). DOAS 系统安装在中国科学院地质和地球物理研究所的 9 楼, 角反射器放置于距离 470 m(总光程为 940 m)的中科院大气所气象塔上, 距离地面 16 m. 另外在测量地点附近还安装了气象参量仪, 对风向、风速等参量进行了测量. DOAS 系统测量光程覆盖了交通繁忙的南北走向的八达岭高速公路、昌平路和东北走向的北土



图 1 测量地点

Fig. 1 Site of experiment

\* 国家自然科学基金(406750721)、国家高技术研究发展计划(2006AA06A301、2007AA12Z109)和中国科学院知识创新工程重大项目(kzcx1-yw-06-01)资助

Tel: 0551-5593348

Email: zhuyw@aiofm.ac.cn

收稿日期: 2008-06-02

修回日期: 2008-07-10

城西路,距 DOAS 系统东边约 400 m 是北辰西路,其他方向主要是居民区.测量区域无大型工业污染源,主要污染来源于交通及附近居民和建筑工地.

## 2 结果和讨论

### 2.1 污染物浓度变化特征

图 2 显示了基于 DOAS 系统监测得到的 2007 年 8 月 12~23 日  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{O}_3$ 、HCHO 和 HONO 浓度变化时间系列.从图中可以看出, $\text{SO}_2$  没有明显的日变化趋势,其主要来源于燃煤的工业或居民排放,测量期间的平均浓度为  $26.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,8 月 16 日出现最高日均值  $47.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,8 月 21 日 22:30 出现最高浓度  $92.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,瞬间高值的出现表明测量点附近有排放源. $\text{O}_3$  呈现出典型城市区域日变化特征,白天浓度高,夜间浓度低,这是由于  $\text{O}_3$  主要来源于光化学反应,峰值通常出现在午后,凌晨浓度降至最低值, $\text{O}_3$  最大浓度出现在 8 月 15 日 13:52,约为  $277.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .测量地点的  $\text{NO}_2$  主要来源于机动车排放,表现出明显的每日变化,白天由于光解,浓度较低;夜间浓度经积累,出现峰值,平均浓度为  $50.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .同时对 HCHO 和 HONO 也进行了监测,HONO 和  $\text{NO}_2$  有着相似的变化趋势,测量期间 HCHO 和 HONO 的平均浓度分别为  $13.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  和  $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (后续将对 HONO 浓度变化进行详细分析).

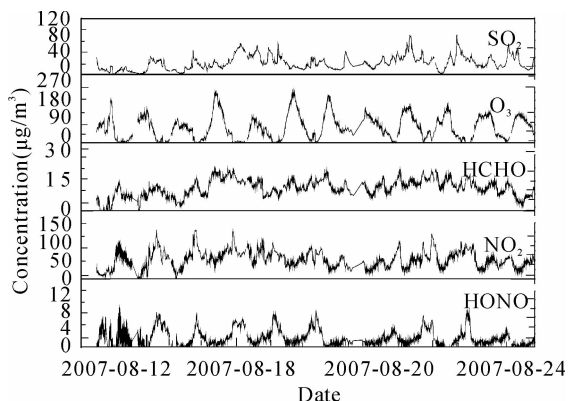


图 2 DOAS 系统监测痕量气体浓度时间系列

Fig. 2 Time series of the trace gas measured by DOAS system

图 3 给出了监测期间的风速、风向、相对湿度、温度以及气压等气象状况.8 月 12 日天气晴朗,能见度高,空气对流强,污染物易于扩散;加上 12 日夜间下雨,污染物进一步经湿沉降去除,因此 12 日~13 日污染物浓度出现低值;8 月 16 日~21 日呈现静稳天气,多为早上雾霭,中午转晴能见度提高,午后风速增加,东南风向,扩散条件不利;23 日风力加强,污染物浓度显著下降.监测期间利于污染物扩散和不利于扩散的天气交替出现,从而导致污染物浓度呈锯齿周期变化.结合污染物整体浓度和天气状况发现,天气条件对空气质量的影响非常显著.

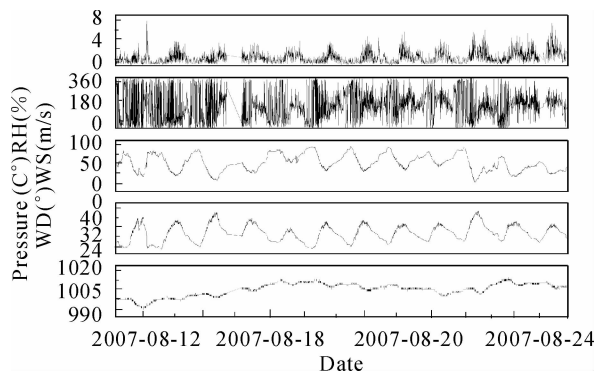


图 3 实验期间气象条件测量结果

Fig. 3 Time series of the meteorological parameters

### 2.2 污染物分析

2007 年 8 月 17~20 日北京市实施了奥运期间机动车控制预演方案,6:00~24:00 之间实行机动车单双号行驶.由于监测期间 8 月 16 日~21 日呈现静稳天气,多为早上雾霭,中午转晴,午后有风,东南风向,扩散条件不利,整体气象条件较为一致.因此,采用限行日 17~20 日(以下简称“限行期间”)的污染物浓度均值与限行前后两天 16 日、21 日(以下简称“限行前后”)的污染物浓度均值进行比较,从而直观评价消减机动车行使对污染物浓度的影响,并对限行效果进行评估.同时对重要大气污染物  $\text{NO}_2$ 、 $\text{SO}_2$  和  $\text{O}_3$  的日变化特征和污染源进行了分析和探讨.

#### 2.2.1 $\text{NO}_2$ 浓度趋势分析

图 4 显示出 8 月 16~21 日  $\text{NO}_2$  日均值变化趋势,测量期间  $\text{NO}_2$  浓度一直低于国家二级标准所规定的  $\text{NO}_2$  日平均  $0.12 \text{ mg}/\text{m}^3$  (58 ppb).图中明显可见限行期间  $\text{NO}_2$  浓度的下降.与限行前后比较下降达到 28.34%.图 5 显示了  $\text{NO}_2$  限行前后与限行期间日变化时间序列对照图, $\text{NO}_2$  白天光解,浓度较低.由图可见限行前后在 12:30 左右达到最低值;夜间  $\text{NO}_2$  的光解作用消失,经过夜间的累积,每日凌晨 00:30 左右达到最大值;由于早晨交通高峰,在 6:00~9:00 左右  $\text{NO}_2$  再次出现峰值<sup>[8]</sup>;在 18:00 前后因傍晚的交通量增加  $\text{NO}_2$  会出现次峰值.因气象原因扩散条件不利 16 日  $\text{NO}_2$  浓度明显较高,

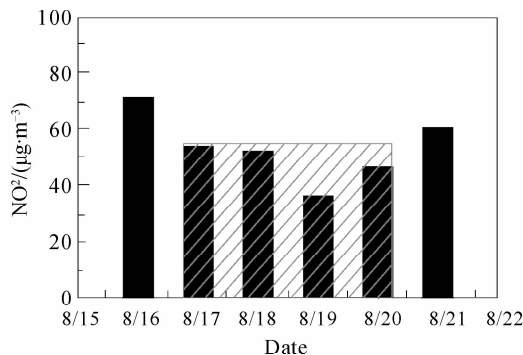


图 4  $\text{NO}_2$  日均值变化趋势

Fig. 4 Daily means value of  $\text{NO}_2$

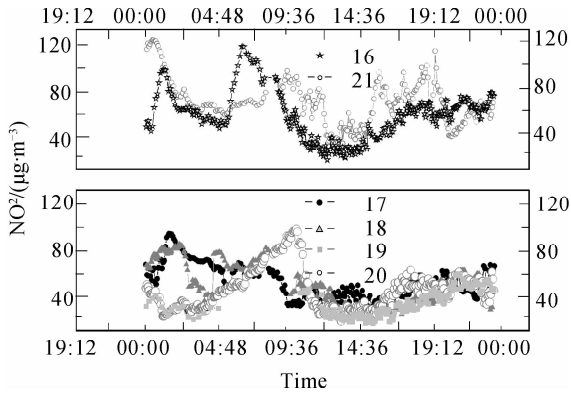


图5 NO<sub>2</sub>日变化曲线对照

Fig. 5 Daily time series of certain day NO<sub>2</sub> concentration

16日6:00到24:00均值达到68.6 µg/m<sup>3</sup> (36.1 ppb). 在限车的第一天17日, NO<sub>2</sub>的浓度时间序列中没有出现早晨6:00左右的交通峰值, 致使17日6:00到24:00均值下降为51.3 µg/m<sup>3</sup> (27.2 ppb), 相当于限车第一天, NO<sub>2</sub>浓度下降了25%. 限车期间在6:00到24:00对机动车实行单双号限行, 凌晨的峰值相比限车前后在00:30左右出现延时到2:00左右, 并且峰值浓度明显降低(如17、18日)或者消失(如19、20日); 最大峰值基本出现在早晨8:00左右; 均在午后14:00左右因光解达到一日中最低值. 其中20日在10:22出现峰值是由于20日是周一上班交通量增加而且天气阴有雾, NO<sub>2</sub>的浓度一直累积在10:22出现峰值, 但是其整体浓度较16、21日还是明显下降的. 与限车前后相比, 18:00左右NO<sub>2</sub>的峰值浓度同样也出现了显著的降低. 比较限车期间的其余时间NO<sub>2</sub>浓度均呈现出明显的降低趋势. 由此可见, 机动车限行对NO<sub>2</sub>的浓度降低有着直接的影响.

图6进一步显示了限车期间和限车前后交通量和NO<sub>2</sub>浓度的日均值变化趋势对照. 图6(a)显示了交通量变化趋势对照图(数据由健翔桥站点提供, 处于监测点正北位置, 与监测点同在八达岭高速光路沿线, 距离约为1 km左右, 测量的交通量主要来自

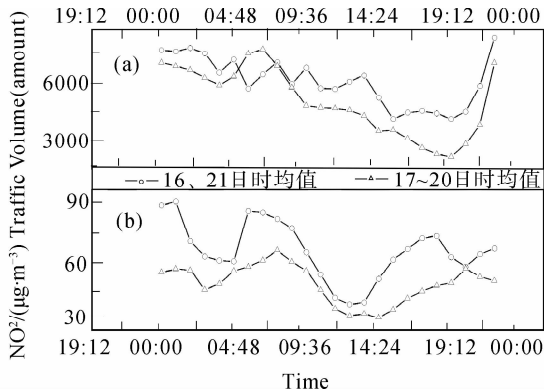


图6 限车期间和限车前后NO<sub>2</sub>和车流量平均日均值变化比较  
Fig. 6 Average diurnal patterns NO<sub>2</sub> and Traffic volume between traffic ban and no traffic ban

八达岭高速和昌平路交通), 由图可见限车前后日均值变化趋势中存在多个交通峰值, 限车期间在7:00出现交通峰值, 由于6时至24时实施了机动车限行, 所以交通量一直下降, 在20:00交通开始增加, 23:00达到另一个交通峰值, 图中明显可见限车期间交通量的降低. 图6(b)显示了限车期间和限车前后NO<sub>2</sub>浓度日均值变化趋势, 与限车前后相比, 限车期间NO<sub>2</sub>浓度峰值存在延时现象, 限车期间与非限车期间均在01:00出现最大浓度峰值, 但是对于限车前后清晨6:00出现峰值87.6 µg/m<sup>3</sup>, 晚间19:00出现另一个交通高峰73.3 µg/m<sup>3</sup>, 而限车期间清晨8:00出现峰值65.4 µg/m<sup>3</sup>; 晚间21:00才出现另一个交通高峰55.3 µg/m<sup>3</sup>, 延时现象的出现主要原因是限车导致交通量峰值时间的延时. 结合图6(a)、(b)中17~20日日均值可见限车期间7:00达到早晨交通峰值, 含有NO<sub>2</sub>的气团到达DOAS测量点之前需要一段时间的传输和扩散, 其峰值出现的时间与交通量高峰相比要迟, 在8:00出现了NO<sub>2</sub>的浓度峰值; 白天排放的NO<sub>2</sub>因光解浓度一直降低; 晚间20:00交通增加, 排放的NO<sub>2</sub>因光解作用消失不断积累在21:00出现次峰值; 接着交通在23:00达到交通高峰, 而NO<sub>2</sub>浓度在01:00点达到一日中的另一个峰值, 这与传输时间的消耗较为吻合.

根据以上分析并结合监测点环境表明监测点NO<sub>2</sub>的主要排放源来自八达岭高速公路和附近交通的汽车尾气. 监测结果显示出限车对于大气NO<sub>2</sub>浓度的降低有着直接贡献.

### 2.2.2 SO<sub>2</sub>浓度趋势分析

大气中的SO<sub>2</sub>主要是人类活动产生的, 大部分来自煤和石油的燃烧以及石油炼制等<sup>[9]</sup>. 监测期间为北京非采暖期, SO<sub>2</sub>整体浓度较低. SO<sub>2</sub>日均值变化趋势如图7, 图中显示出限车期间17~19日SO<sub>2</sub>浓度显著下降, 但是20日浓度突然增加. 限车期间与限车前后比较下降达到25.87%. 测量期间SO<sub>2</sub>浓度低于国家二级标准中SO<sub>2</sub>日平均0.15 mg/m<sup>3</sup> (53 ppb).

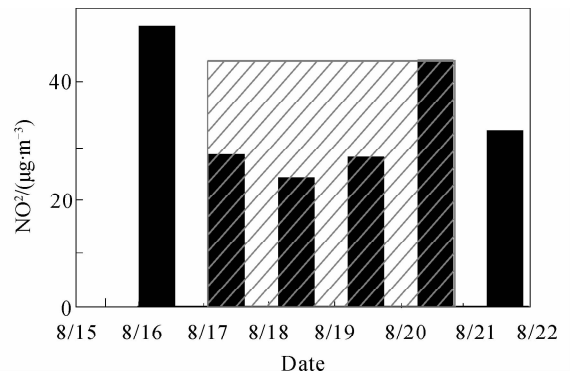


图7 SO<sub>2</sub>日均值变化

Fig. 7 Daily means value of SO<sub>2</sub>

为了分析某些时刻  $\text{SO}_2$  浓度的骤增,而且考虑原数据点较多,因此对  $\text{SO}_2$  和风速的小时均值变化趋势进行了综合分析(如图 8). 图中显示每日夜间

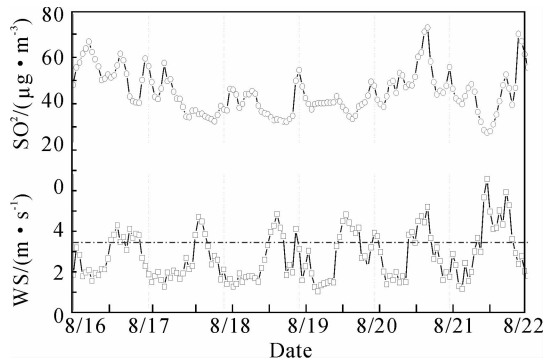


图 8  $\text{SO}_2$  浓度和风速小时均值序列

Fig. 8 Hourly means value of  $\text{SO}_2$  and wind speed

和清晨平均风速为  $1 \text{ m/s}$  左右;午后风速迅速增加,最大平均风速可达  $4 \text{ m/s}$  (瞬时风速达到  $7 \text{ m/s}$  以上).  $\text{SO}_2$  在  $5:00$ 、 $17:00$  和  $23:00$  前后各有一个浓度峰值,对应风速一般在  $1 \text{ m/s}$  左右;基本是白天浓度低,夜间浓度高,这与大气混合层变化特点相符;其次峰值浓度与交通高峰也较吻合表明  $\text{SO}_2$  部分来自于交通排放;通常风速低时  $\text{SO}_2$  浓度较高,风速高时  $\text{SO}_2$  浓度较低,表 1 列举了部分情况下  $\text{SO}_2$

表 1  $\text{SO}_2$  浓度、风速和风向分析

$\text{SO}_2/$ ( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )	时间/ (Year Day)	风速/ ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	风向
69.64	8/16 05:00	1.19	东北风
57.32	8/16 23:00	1.31	东南风
40.92	8/18 23:00	2.4	南风
37.19	8/20 00:00	2.29	南风
79.88	8/20 17:00	3.05	西南风
2.74	8/21 12:00	3.86	东北风
45.5	8/21 18:00	3.48	东南风
75.27	8/21 22:00	1.37	东南风

浓度与风速和风向之间的关系,可见含有  $\text{SO}_2$  的气团到达监测点时在大气中混合度通常较高. 监测期间出现了风速较强(大于  $3 \text{ m/s}$ )时  $\text{SO}_2$  浓度反而很高的情况,结合风向发现风速较高  $\text{SO}_2$  浓度也较高时风向为西南风和东南风,东北风且风速较强时  $\text{SO}_2$  浓度较低(见表 1 阴影部分,显示了风速较高时,风向对  $\text{SO}_2$  浓度的直接影响). 这是由于北京地形影响所致,北京仅南面为平原,其余三面环山,而且在北京西部、南部等拥有较多工业排放的  $\text{SO}_2$  污染源,因此在风速较高时北风利于污染物的输送,其余风向不利于污染物的扩散和输送,从而表明在污染源变化不大的情况下,风速和风向对  $\text{SO}_2$  在大气中的扩散和传输等起着主导作用,结果与文献<sup>[10]</sup>报道一致. 研究结果表明监测点  $\text{SO}_2$  主要来源于西南方向的污染源,结合限行期间  $\text{SO}_2$  浓度的降低以及

峰值与交通峰值的一致表明交通对其来源有着的一定的贡献.

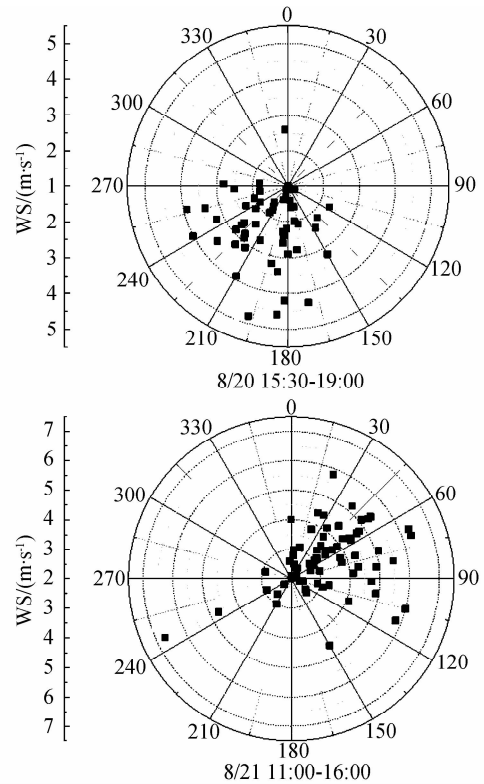


图 9 风向和风速分布玫瑰

Fig. 9 Rose plots of wind direction with wind speed

### 2.2.3 $\text{O}_3$ 浓度分析

$\text{O}_3$  主要形成于光化学反应,15 日光强较大且能见度好, $\text{O}_3$  浓度突增(由图 2 可见);16 日早晨一场小雨之后光强较弱,对各种  $\text{O}_3$  前体物起到湿沉降作用使得 16 日  $\text{O}_3$  浓度骤减. 17~18 日机动车限行,主要交通污染物  $\text{NO}$  的释放量降低,对  $\text{O}_3$  的消耗量减少<sup>[11-12]</sup>,导致 17~18 日  $\text{O}_3$  浓度较 16 日大幅增加;随着限车的进一步实施, $\text{O}_3$  重要前体物  $\text{NO}_2$ 、 $\text{CO}$  等也接着进一步降低,致使  $\text{O}_3$  浓度在 19~20 日较前两日有所下降(如图 10(a),阴影部分为限行期间),可见若较早的对机动车进行限行,可望显著降低大气中  $\text{O}_3$  浓度. 图 10(b)显示了  $\text{O}_3$  限行期间与限行前后小时均值趋势对比示意图,与限行前后小时均值相比  $\text{O}_3$  峰形由“平缓形”变为“锐利形”且常常夜间仍有较高浓度的  $\text{O}_3$  存在(如图 10(b)圈中所示),这是由于限行期间的交通高峰时段变得相对短暂,从而也降低了生成  $\text{O}_3$  的时段使得  $\text{O}_3$  峰值出现的时间变短,峰形表现的更加尖锐;同时由于限行降低了夜间  $\text{NO}$  浓度,导致夜间  $\text{O}_3$  被消耗量降低,所以夜间  $\text{O}_3$  浓度增加. 总体上, $\text{O}_3$  浓度在限行期间(17~20 日)呈现降低趋势且峰值有所延缓,其中 8 月 17 日和 18 日分别超过国家二级标准( $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )3h 和 4h;与非限行期间相比  $\text{O}_3$  浓度增加了

46.15%。结果表明气象条件对 O<sub>3</sub> 浓度的影响较大。

NO<sub>2</sub> 光解最终可导致 O<sub>3</sub> 的生成,对测量期间二者之间的相关性进行了分析,图 11 显示出二者之

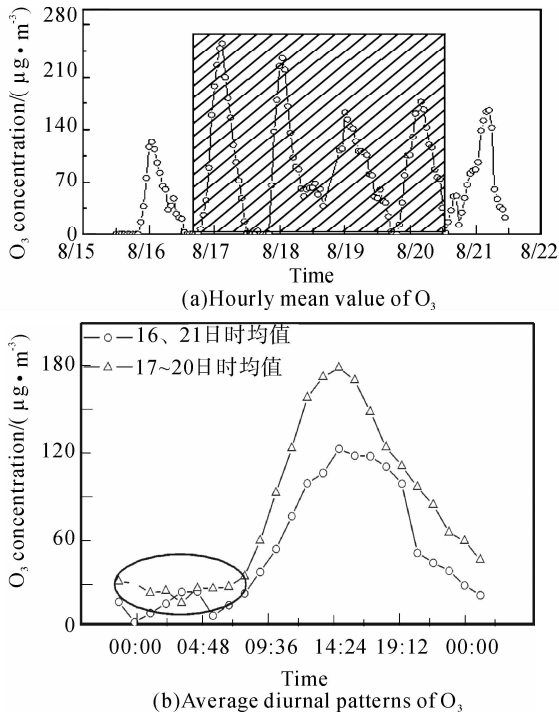


图 10 O<sub>3</sub> 小时均值变化和限车期间和限车前后 O<sub>3</sub> 日均值变化趋势

Fig. 10 Hourly mean value of O<sub>3</sub> and average diurnal patterns of O<sub>3</sub>

间的相关系数为-0.57,显示 NO<sub>2</sub> 对大气中 O<sub>3</sub> 含量的贡献,同时也说明测量点还存在其它 O<sub>3</sub> 前体物,如 CO、NO 等,这方面的研究探讨还有待进一步深入。

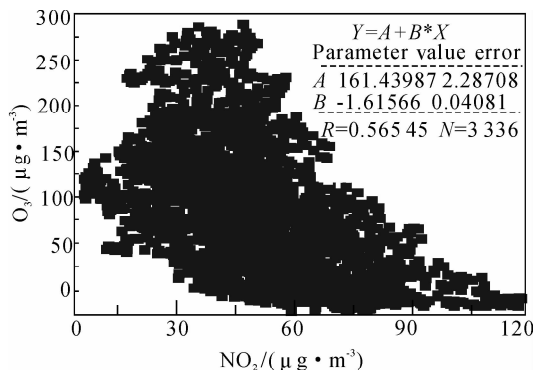


图 11 NO<sub>2</sub> 浓度和 O<sub>3</sub> 浓度相关性

Fig. 11 Correlation analysis between NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub>

### 3 结论

通过近 12 天的连续监测及对监测结果的分析,可以得出以下结论:

1)由天气状况周期变化表现出的污染物浓度的降低与上升,体现天气条件对于污染物的扩散、沉降具有重要作用,对空气质量有着极大的影响。通过分

析 NO<sub>2</sub> 在限车期间和限车前后浓度时间序列中表现出的峰值差异以及与交通流量的关系,表明监测区域内 NO<sub>2</sub> 主要来自汽车尾气的排放,以凌晨和上午时段污染最重。另外通过相关性分析可知,其对大气中 O<sub>3</sub> 的含量有着一定的贡献,同时说明大气中还存在其它重要的 O<sub>3</sub> 前体物。

2)监测期间为北京非采暖期,SO<sub>2</sub> 整体浓度较低,受北京地形影响并结合风速、风向,表明监测点 SO<sub>2</sub> 主要来源于西南方向的污染排放源,风速较强时北风最有利于其扩散和输送。

3)监测期间 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 浓度均达到国家二级标准。限车期间(17~20 日)与限车前后(16、21 日)污染物日均值浓度比较结果如表 2(以 0:00 ~ 24:00 计算日均值),其中 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 浓度下降明显,表明限车对于污染物的抑制和改善空气质量有一定的作用。限车期间 O<sub>3</sub> 浓度峰值上升,但峰值持续时间变短;夜间 O<sub>3</sub> 浓度上升,容易形成连续 O<sub>3</sub> 超标日。限车使得 NO 浓度降低,进而导致 O<sub>3</sub> 局地被消耗量减少,可能也是造成大气 O<sub>3</sub> 上升的诱因。

表 2 污染气体限车前后(16、21 日平均)与限车期间(17~20 日)浓度比较

监测种类/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	限车前后 均值	限车期间 均值	下降百分比/%
NO <sub>2</sub> /	65.24	46.75	28.34
SO <sub>2</sub>	38.77	28.74	25.87
O <sub>3</sub>	139.2	203.44	-46.15

注:O<sub>3</sub> 为最大小时均值

4)对机动车行使进行控制不仅有效的降低了大气中的 NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub> 浓度;虽然短期内可能造成 O<sub>3</sub> 浓度的上升,但是通过其它交通污染物浓度的逐步下降,对地面大气 O<sub>3</sub> 最大浓度也有抑制作用(表现在限车的后期)。因此对交通排放的污染物进行长期监测和控制,可进一步改善并提高北京空气质量。

#### 参考文献

- [1] LIN Yi-hui, XIE Pin-hua, QIN Min, *et al.* Monitoring and analysis of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> in winter of Beijing [J]. *Journal of Atmospheric and Environmental Optics*, 2007, **2**(1): 55-59.  
林艺辉,谢品华,秦敏,等.北京冬季大气 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 与 O<sub>3</sub> 的监测与分析[J].大气与环境光学,2007, **2**(1): 55-59.
- [2] MA Yi-lin, ZHANG Yuan-hang. The study on pollution of atmospheric photochemical oxidants in Beijing [J]. *Research of Environmental Sciences*, 2000, **13**(1):14-17.  
马一琳,张远航.北京市大气光化学氧化剂污染研究[J].环境科学研究,2000, **13**(1):14-17.
- [3] LIANG Yan. Urban motor vehicles pollution and solution [J]. *Urban Public Transport*, 2007, **11**:33-35.  
梁燕.城市机动车污染及对策[J].城市公共交通,2007, **11**: 33-35.

- [4] PLATT U, PERNER D. Simultaneous measurements of atmospheric  $\text{CH}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_3$  and  $\text{NO}_2$  by differential optical absorption [J]. *Geophys Res*, 1979, **84**(10): 6329-6335.
- [5] PLATT U, PERNER D. Direct measurements of atmospheric  $\text{CH}_2\text{O}$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{O}_3$  and  $\text{SO}_2$  by differential absorption in the near UV [J]. *Geophys Res*, 1980, **85**(12): 7453-7458.
- [6] XIE Pin-hua, LIU Wen-qing, ZHENG zhao-hui, et al. Differential optical absorption spectroscopy (DOAS) technique applied to monitor sulfur dioxide in flue gas[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2000, **29**(3):271-276.  
谢品华,刘文清,郑朝晖,等. 差分光学吸收光谱(DOAS)技术在烟气  $\text{SO}_2$  监测中的应用[J]. 光子学报, 2000, **29**(3): 271-276.
- [7] QI Feng, LIU Wen-qing, ZHANG Yu-jun, et al. Error analysis and improvement method of concentration measurement of trace gas in the atmosphere by differential optical absorption spectroscopy[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2003, **32**(10):1234-1238.  
齐锋,刘文清,张玉钧,等. 差分吸收光谱法测量大气痕量气体浓度误差分析及改善方法[J]. 光子学报, 2003, **32**(10):1234-1238.
- [8] QIN Min, XIE Pin-hua, LIU Wen-qing, et al. Observation of atmospheric nitrous acid with DOAS in Beijing, China [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2006, **18**(1):69-75.
- [9] DUAN Yu-xiao, XU Xiao-feng. Analysis for  $\text{SO}_2$  pollution-characteristic and weather condition in Beijing area[J]. *Science and Technology for Weather*, 2001 (**4**):11-22  
段欲晓,徐晓峰. 北京地区  $\text{SO}_2$  污染特征及气象条件分析[J]. 气象科技, 2001, (**4**):11-22.
- [10] SUN Yang, WANG Yue-si, LIU Guang-ren, et al. Analysis for vertical profile of atmospheric  $\text{SO}_2$  during air seriously polluted days in Beijing [J]. *Environmental Science*, 2006, **27**: 408-414  
孙扬,王跃思,刘广仁,等. 北京地区一次大气环境持续严重污染过程中  $\text{SO}_2$  的垂直分布分析 [J]. 环境科学, 2006, **27**: 408-414.
- [11] WANG Ming-xing. Air chemistry [M]. Beijing: China Meteorological Press, 1999: 52-62.  
王明星,大气化学[M]. 北京:气象出版社,1999: 52-62
- [12] DAI Shu-gui. Environmental chemistry[M]. Beijing: Higher Education Press, 2002: 27-29.  
戴树桂. 环境化学[M]. 北京:高等教育出版社,2002: 27-29.

## Monitoring and Analysis of Atmospheric Pollutants in Traffic Ban Period of Beijing with DOAS

ZHU Yan-wu, LIU Wen-qing, XIE Pin-hua, DOU-ke, SI Fu-qi,

LI Su-wen, ZHANG Yin-hua, QIN Min

(a. Key Lab of Environmental Optics and Technology of Chinese Academy of Sciences;

b. Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

**Abstract:** Based on the differential optical absorption spectroscopy (DOAS) technology, measurements of atmospheric pollutants were carried out continuously in August, 2007 at Chaoyang District, Beijing. Diurnal variation characteristics of pollutants and sources are analyzed. And relations between pollutants and meteorological conditions are discussed. Moreover, the concentrations of  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  and  $\text{O}_3$  in the period of "Good Luck Beijing" Olympic test games (traffic ban August 17-20 and no traffic ban August 16, 21) are given emphasis to analyze. Results indicate that automobile exhaust is the main source of  $\text{NO}_2$ , and the concentration of  $\text{NO}_2$  is high in the a. m. and wee hours. It can also be found that  $\text{NO}_2$  contributes part to the  $\text{O}_3$  formation.  $\text{SO}_2$  came mainly comes from the southwest and the concentration of  $\text{SO}_2$  decreased with the north wind. Traffic ban reduces the levels of  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  of 28.34% and 25.87%, respectively, but the levels of  $\text{O}_3$  increase.

**Key words:** Traffic ban; Differential optical absorption spectroscopy(DOAS); Monitoring of pollutants



ZHU Yan-wu is a doctor, and her research interests focus on optical methods for atmospheric pollution monitoring.