

北京市三种典型区域大气污染研究^{*}

王 姣 张红星^{**} 王效科 欧阳志云 牟玉静

(中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京, 100085)

摘 要 2009年8月至2010年7月,对北京城区、城乡结合部和远郊区3种典型区域大气中的SO₂、CO、NO_x、O₃浓度和气象因素进行了监测,并分析了其污染特征.结果表明,城区、城乡结合部的SO₂、CO、NO_x浓度在全年四季都呈双峰型日变化,与人类活动和交通尾气排放特征基本一致,而远郊区没有明显的日变化. SO₂、CO、NO_x浓度存在季节变化,冬季明显高于夏季,表明北京冬季取暖以及低边界层等对大气中此类一次污染物的积累具有重要贡献. O₃浓度在四季均呈单峰型日变化,表明局地光化学O₃生成起主导作用. 城区和城乡结合部的O₃浓度夜间降至接近零,远郊区的O₃夜间浓度在春、夏季可维持在100 μg·m⁻³以上,在秋、冬季可维持在40 μg·m⁻³以上,主要因为城区和城乡结合部夜间存在大量NO排放源,NO对O₃的滴定作用导致O₃浓度的极大降低,而远郊区缺乏NO排放源. 春、夏季O₃的浓度为冬季3.0—4.8倍,体现出不同季节光化学反应活性对O₃的影响. 从整体趋势上看,城区和城乡结合部的SO₂、CO、NO_x浓度高于远郊区,而O₃浓度的分布正好相反.

关键词 北京, 大气污染, 典型区域, 气象因素.

随着城市快速扩张以及工业和交通设施的迅猛发展,一系列与大气污染有关的环境问题随之产生. 二氧化硫(SO₂)、一氧化碳(CO)、氮氧化物(NO_x)、挥发性有机物(VOCs)和臭氧(O₃)是大气中的主要污染物,可对人类健康和植被造成不利影响. SO₂和NO_x是酸雨形成的主要前驱物,其在大气中氧化可形成硫酸盐和硝酸盐气溶胶,是城市大气细粒子的重要组成部分^[1]. CO、NO_x和VOCs等污染物在大气中经过光化学过程可导致O₃等强氧化气体浓度急剧增加,诱导发生城市光化学烟雾. 城市大气中SO₂、CO、VOCs、NO_x主要来自化石燃料或生物质不完全燃烧^[2-3].

北京是一个快速发展的城市,城市快速发展造成能源需求剧增. 1983—2003年,北京地区能源消耗量由 $2407.7 \times 10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$ 标准煤增至 $4707.5 \times 10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$ 标准煤,机动车保有量增长了13.9倍. 2007年, Gurjar B R 等对全球18个大城市进行环境空气质量评估,发现北京是第二位急需进行大气污染控制的城市^[4]. 郭建斌等的研究发现各季节北京市不同功能区的空气污染指数变化趋势基本一致^[5],这表明,在一定程度上,北京市不同功能区仍存在相同的大气污染特征. Chen J H、安俊琳等的研究表明机动车尾气对城区大气中CO、NO_x有重要贡献^[6-7]. 张菊等进一步研究了城郊气体污染物的差异,结果表明北京市大气中SO₂、CO、NO_x表现为城区污染重于近郊区,O₃浓度表现为城区低于近郊区^[8]. Wang X K 等根据已有报道分析研究也发现,城区的O₃浓度不是最高的^[9]. 另外,还有大量关于北京大气污染状况的模型研究^[10]. 上海、广州等大城市的大气污染也是煤烟和机动车尾气混合型,污染物的时空分布规律与气象条件、污染源的分布和排放密切相关^[11-12]. 顾勇国等的研究表明,上海市区的NO₂、SO₂浓度与机动车尾气、工业燃煤等多种因素有关,NO₂、SO₂浓度在市区要高于郊区^[13]. 周艳明等对广州O₃浓度特征的研究表明,城区的O₃浓度低于郊区^[14]. 近年来,有大量关于城市大气质量的研究. 但是针对以上污染物,以往的研究多数集中在城区,关于远郊和城乡结合部的数据还很少,而在3种区域同步对比观测则鲜见报道.

本文选取了北京市城区、城乡结合部和远郊区这3种典型区域为研究对象,在不同季节进行了SO₂、CO、NO_x和O₃的同步对比观测研究,主要目的是认识北京市大气污染物的时空分布特征.

2011年2月28日收稿.

^{*} 国家自然科学基金重点基金(41030744);中国科学院知识创新重要方向项目(KZCX2-YW-422);城市与区域生态国家重点实验室科研专项资助.

^{**} 通讯联系人, Tel:13718282545; E-mail:zhx973@rcees.ac.cn

1 监测实验与数据处理

1.1 监测站点

选取了 3 个站点,其中北京教学植物园代表城区,北京城市生态系统研究站代表城乡结合部,十三陵天池地区代表远郊区(图 1). 城区和城乡结合部为长期定位监测站点,远郊区采用移动监测车进行监测. 植物园位于北京市东城区(39°52'N, 116°26'E),东南二环内,周边车流量很大,临近北京游乐园、龙潭湖公园. 附近小区主要为集中供暖小区,周围植被覆盖率近 80%. 生态站位于北京市海淀区中国科学院生态环境研究中心(40°00'N, 116°20'E)院内,北四环和北五环之间,周围车流量很大,西面紧靠双清路,东面邻近学院路和八达岭高速. 该站点附近平房较多,居民生活所用燃料仍为蜂窝煤等低效率高污染的燃料. 附近有多个集中供暖的居民区,周边绿化面积较小. 天池(40°16'N, 116°17'E)位于北京市昌平区,距离城区约 40 km,处于北京市盛行风向的上风向,周边是农村,车流量很小,植被覆盖率很大. 3 站点附近无明显的局地污染源.

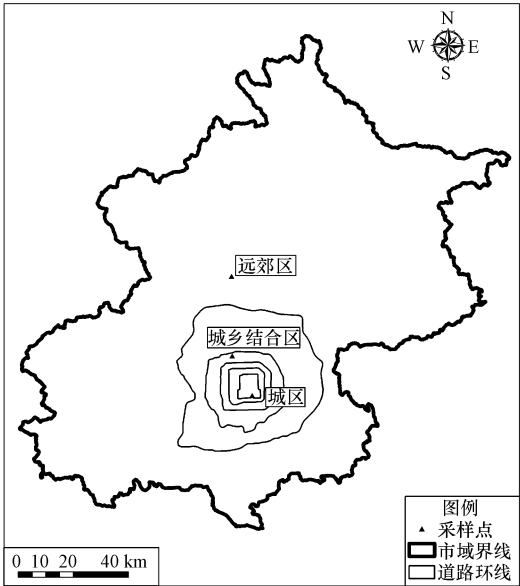


图 1 城区、城乡结合部、远郊区 3 个监测站点的位置图

Fig.1 Locations of the three monitoring sites in central urban, urban-fringe and exurban regions

1.2 仪器设备

城区和远郊区均采用美国热电环境设备公司(Thermo Fisher Scientific)生产的 43i 高精度脉冲荧光 SO₂ 分析仪、48i 气体过滤对比法 CO 分析仪、42i 气相化学发光探测法 NO-NO₂-NO_x 分析仪、49i 紫外光度法 O₃ 分析仪监测气体污染物. 城乡结合部采用澳大利亚 ECOTECH 公司生产的 ML@9850B SO₂ 分析仪、ML@9830B CO 分析仪、ML@9841B NO_x 分析仪、ML@9810B O₃ 分析仪监测气体污染物,各仪器分析原理与美国热电环境设备公司的仪器相同. 定期对所有仪器进行维护,包括清洗管路,更换干燥剂,更换过滤器、校准流量等. 城区和城乡结合部的所有仪器每周标定一次,远郊区每次监测前对所有仪器校正标定. 每次零点和标准值标定均采用同样的零气和标准气体,并进行多点校正,基本可以保证数据的可比性. 各站点均配有同步气象监测设施. 3 个站点同步进行 24 h 连续监测,记录气体浓度的小时平均值和气象参数的 10 min 平均值.

1.3 观测时间和数据处理

根据季节设计了 8 次监测. 夏季在 2009 年 8 月 5 日—8 月 12 日和 2010 年 7 月 1 日—7 月 7 日,秋季在 2009 年 8 月 28 日—9 月 3 日和 2009 年 10 月 17 日—10 月 23 日,冬季在 2009 年 11 月 25 日—12 月 2 日和 2010 年 3 月 18 日—3 月 24 日,春季在 2010 年 5 月 19 日—5 月 25 日和 2010 年 6 月 14 日—

6月20日. 根据零点和标准值校正结果,并结合日常仪器记录,对气体浓度的小时平均值进行订正,提高数据的准确性和有效性. 将订正后气体浓度数据存入 Excel 表格,分别计算城区、城乡结合部、远郊区的气体污染物浓度在不同季节的平均日变化情况;并计算气象条件(温度、相对湿度、风速、气压、太阳辐射、降雨量)和气体污染物浓度在四季的平均值.

2 结果与讨论

2.1 气象条件

表1给出了监测期四季的气象参数. 远郊区的温度最低,比城区、城乡结合部低0.3℃—6.2℃;远郊区气压为930 hPa—952 hPa,城区和城乡结合部为995 hPa—1020 hPa;城区、城乡结合部、远郊区的风速依次增大,尤其在冬季远郊区的风速达到城区和城乡结合部的4倍. 表1中所示气象数据符合北京市各季节的正常气候特征.

表1 2009年8月—2010年7月城区、城乡结合部、远郊区气象参数对比
Table 1 Comparison of meteorological parameters among central urban, urban-fringe and exurban regions from August 2009 to July 2010

时间	气象因素	监测站点			时间	气象因素	监测站点		
		城区	城乡结合部	远郊区			城区	城乡结合部	远郊区
夏季	温度/℃	28.3	30.3	24.1	冬季	温度/℃	5.0	3.9	3.6
	相对湿度/%	61.4	47.8	76.2		相对湿度/%	54.1	59.6	50.7
	风速/(m·s ⁻¹)	0.6	1.3	1.4		风速/(m·s ⁻¹)	1.08	1.13	4.4
	气压/hPa	998.7	995.5	949.7		气压/hPa	1016.0	1020.0	941.8
	太阳辐射/(W·m ⁻²)	198.6	247.7	—		太阳辐射/(W·m ⁻²)	86.9	74.6	—
	降雨量/mm	72.2	101.4	—		降雨量/mm	0.0	0.0	—
秋季	温度/℃	17.7	18.3	15.5	春季	温度/℃	25.0	25.4	22.9
	相对湿度/%	53.0	49.4	56.6		相对湿度/%	53.6	56.0	55.2
	风速/(m·s ⁻¹)	0.9	1.6	2.7		风速/(m·s ⁻¹)	0.9	1.4	2.9
	气压/hPa	1009.1	1000.8	951.6		气压/hPa	998.7	995.7	937.2
	太阳辐射/(W·m ⁻²)	142.6	152.4	—		太阳辐射/(W·m ⁻²)	217.7	235.1	—
	降雨量/mm	0.6	2.0	—		降雨量/mm	14.5	24.5	—

2.2 SO₂、CO、NO_x浓度的日变化及季节变化

2.2.1 SO₂、CO、NO_x浓度在不同季节的日变化

图2为城区、城乡结合部、远郊区大气中SO₂、CO、NO_x浓度的日变化情况,所用数据为各季节的平均值. 城区和城乡结合部的SO₂、CO、NO_x浓度在四季都呈双峰型日变化. 一般而言,从0:00起,SO₂、CO、NO_x浓度不断升高,至7:00—11:00达到峰值,之后浓度下降,直到16:00—18:00以后,污染物逐渐开始积累,浓度又回升,至21:00—22:00再次达到峰值. SO₂、CO、NO_x浓度的双峰与交通尾气排放特征一致,而晚高峰推迟与大气边界层有关. 同时,冬季锅炉排放的气体污染物也影响城区和城乡结合部SO₂、CO浓度的日变化,使SO₂、CO的日变化更为明显. 0:00—5:00锅炉排放量小,SO₂、CO浓度在4:00—5:00左右出现小低谷;之后锅炉排放量增大,导致SO₂、CO浓度升高. 午后温度升高,锅炉的SO₂排放较小,16:00之后气温降低,锅炉的SO₂排放量增大. 锅炉气体污染物排放量的日变化情况与冬季SO₂、CO浓度的日变化紧密相关. 远郊区SO₂、CO、NO_x浓度在四季均无明显的日变化. 城区、城乡结合部的SO₂、CO、NO₂的平均小时浓度均达到国家环境空气质量二级标准(GB3095—1996),远郊区的SO₂、CO、NO₂的平均小时浓度达到国家环境空气质量一级标准(GB3095—1996). 参照环境空气质量(GB3095—1996)日均浓度的二级标准,城区的NO₂、城乡结合部的SO₂和NO₂在冬季略有超标,城乡结合部SO₂在春季略有超标;远郊区大气污染物浓度一般达到环境空气质量(GB3095—1996)一级标准,仅SO₂在春季和冬季略有超标.

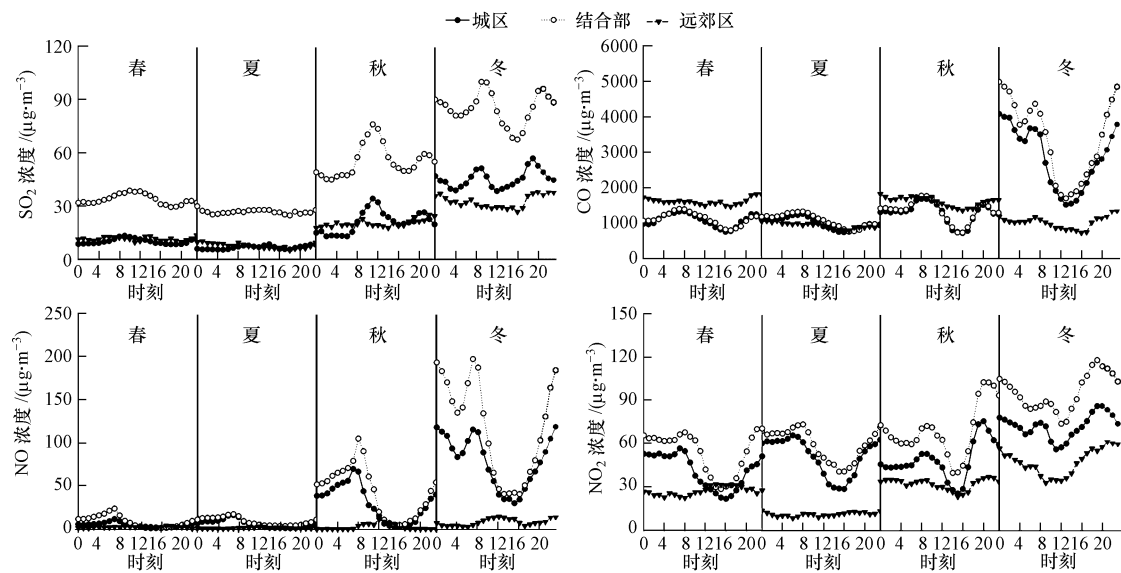


图 2 2009 年 8 月到 2010 年 7 月城区、城乡结合部、远郊区 SO₂、CO、NO_x 浓度在不同季节的日变化
Fig. 2 Diurnal variations of SO₂, CO, NO_x concentrations in central urban, urban-fringe and exurban regions during the four seasons from August 2009 to July 2010

2.2.2 SO₂、CO、NO_x 浓度的季节变化

图 3 给出了城区、城乡结合部、远郊区的 SO₂、CO、NO_x 的季节变化. 城区、城乡结合部、远郊区冬季与夏季的 SO₂ 浓度比值分别为 6.7、3.2、4.2, CO 浓度比值分别为 3.0、2.9、1.1, NO 浓度比值分别为 11.9、11.2、5.3, NO₂ 浓度比值分别为 1.3、1.6、4.1. 整体上看, SO₂、CO、NO_x 污染在冬季最严重, 夏季最轻. 冬季化石燃料燃烧排放大量污染物, 是导致 SO₂、CO、NO_x 污染严重的最主要原因. 也有研究表明, 机动车 NO_x 排放因子在冬季比夏季高^[15]. 同时, 冬季以稳定型天气居多, 夏季以不稳定型天气居多, 这种气体污染物扩散条件的差异进一步加剧了污染物的季节差异. 本文 SO₂ 浓度的冬季、夏季比值与《1996—2000 年北京市环境质量报告书》和 2006 年 SO₂ 浓度研究的结果基本吻合^[16-17]. 由于人类活动排放的 NO_x 主要是 NO, NO 经光化学反应过程产生 NO₂, NO 在冬季与夏季的比值明显高于 NO₂ 的比值, 也表明夏季光化学反应活性显著高于冬季.

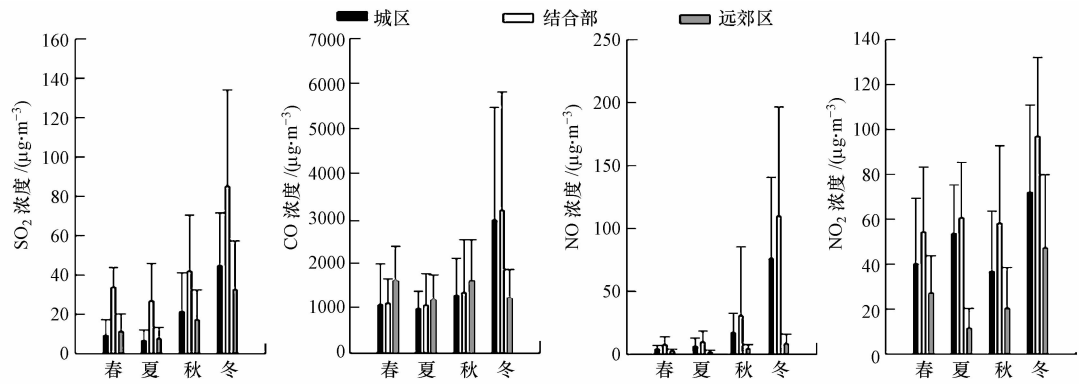


图 3 2009 年 8 月到 2010 年 7 月城区、城乡结合部、远郊区 SO₂、CO、NO_x 浓度的季节变化
Fig. 3 Seasonal variations of SO₂, CO, NO_x concentrations in central urban, urban-fringe and exurban regions from August 2009 to July 2010

从季节上看, 城乡结合部的 SO₂ 浓度一直最高, 是城区的 1.9—3.7 倍, 是远郊区的 2.4—3.5 倍, 这与城乡结合部周边居民燃煤排放大量 SO₂ 有关, 这也是我国城乡结合部一种独特特点. 远郊区的 CO 浓度在春季和秋季明显高于另两站点, 与当季远郊区居民燃烧生物质有关. 研究表明, 生物质燃烧的 CO 排放因子很大, 是 SO₂、NO_x 排放因子的数十倍甚至上百倍^[18]. 城区和城乡结合部 CO 污染状况相似, 与

两站点的交通状况、周边小区集中供暖状况相似有关. 3 个区域的 NO_x 浓度由大到小在四季都依次为: 城乡结合部、城区、远郊区, 这种浓度梯度与 3 地的汽车尾气状况紧密相关. 城区和城乡结合部的车流量均较大, 但城乡结合部道路更为狭窄, 且占道经营现象普遍, 拥堵情况更严重; 远郊区的车流量则很少. 总体上看, 3 个站点 SO_2 、 CO 、 NO_x 在四季的平均浓度从大到小依次为: 城乡结合部、城区、远郊区.

2.3 O_3 浓度的日变化及季节变化

2.3.1 O_3 浓度在不同季节的日变化

从图 4 可以看出, O_3 浓度在各季节的平均日变化均呈单峰型分布. 从 0:00 开始, 人类活动产生的 NO 不断消耗前夜剩余的 O_3 , 导致 O_3 浓度逐渐降低, 5:00—7:00 时 O_3 出现低峰. 城区和城乡结合部的 O_3 浓度夜间降至接近零, 而远郊区的 O_3 夜间浓度在春季和夏季可达到 $100\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 以上, 在秋季和冬季可达到 $40\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 以上, 主要原因是城区和城乡结合部夜间存在大量 NO 排放源, 夜间 NO 对 O_3 的滴定作用导致 O_3 浓度的极大降低, 而远郊区缺乏 NO 排放源, 从而夜间可维持较高浓度的 O_3 . 之后, 太阳辐射增强, 光化学反应不断生成 O_3 , O_3 浓度达到高峰. 四季的出峰时间不同, 春季、夏季为 16:00—17:00, 秋季为 15:00—16:00, 冬季为 13:00—14:00. 远郊区 O_3 浓度最高值在四季分别为 $208\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 、 $225\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 、 $95\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 、 $58\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 是城区的 1.3—1.6 倍, 城乡结合部的 1.4—1.7 倍. 远郊区 O_3 浓度在 12:00 之前一般好于国家环境空气质量一级标准 ($0.16\ \text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$), 15:00 之前好于国家环境空气质量二级标准 ($0.20\ \text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$), 而 15:00—18:00 的 O_3 浓度约为 8:00—15:00 的 1.7 倍. 相关研究也表明, 北京大气中 O_3 浓度在午后 15:00 出现峰值^[19]. 15:00—20:00 以后, 远郊区大气中的 O_3 浓度较高, 可能对人类健康造成潜在危害.

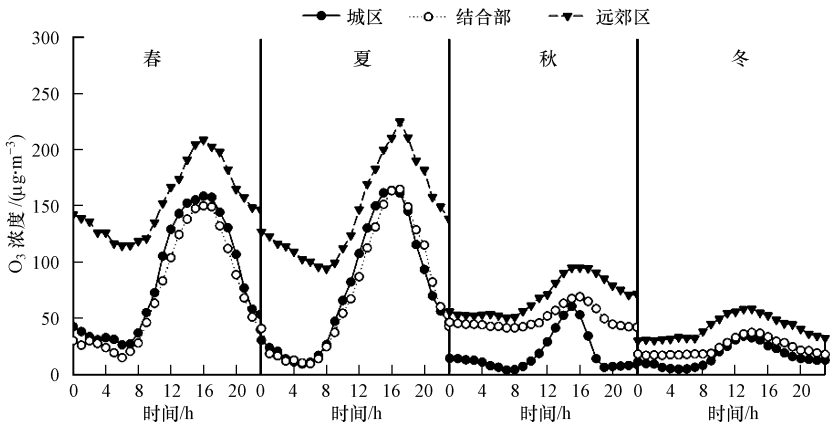


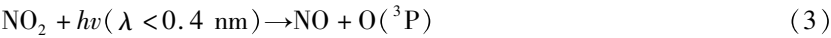
图 4 2009 年 8 月到 2010 年 7 月城区、城乡结合部、远郊区 O_3 浓度在不同季节的日变化
Fig. 4 Diurnal variation of O_3 concentration in central urban, urban-fringe and exurban regions during the four seasons from August 2009 to July 2010

2.3.2 O_3 浓度的季节变化

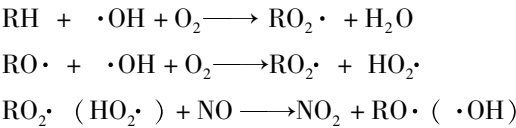
从图 5 还可看出, 城区、城乡结合部、远郊区的 O_3 浓度季节变化明显: 春夏季最高, 秋季其次, 冬季最低. 城区、城乡结合部、远郊区在春夏季的 O_3 浓度分别为冬季的 4.8 倍、3.0 倍、3.6 倍. 导致 O_3 浓度季节性差异的主要原因是, 夏季高温、强太阳辐射使光化学反应活性增强, 冬季光化学反应活性则较差. 总体上看, 站点间 O_3 浓度差异达到显著水平 ($P < 0.05$). 城区和城乡结合部的 O_3 平均浓度分别为 $53.0\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 、 $54.7\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 远郊区 O_3 的平均浓度约达到另两站点的 2.0 倍.

城区、城乡结合部、远郊区的 NO/NO_x 比值分别为 0.44、0.43、0.19, 表明远郊区的光化学活性明显高于城区和城乡结合部, 这与在远郊观测到 O_3 浓度远高于城区和城乡结合部是一致的. 此外, 该比值也表明城区和城乡结合部 NO 滴定消耗 O_3 比远郊更为严重. 在背景地区, NO 、 NO_2 、 O_3 通过以下快速循环反应很快处于一种平衡状态:





然而,在人类活动区域,由于 VOCs 和 NO_x 的大量排放,以下反应导致以上平衡反应过程被破坏:



在受人类活动影响较少且植被覆盖率高的远郊区,以上反应对光氧化活性的影响可能更为明显. 因为植被可排放大量反应活性极高的挥发性有机物,如异戊二烯和萜烯,这些有机物可快速与羟基自由基(·OH)反应产生大量过氧自由基(RO₂· 和 HO₂·),从而加速 NO 向 NO₂的转化,最终导致高浓度 O₃形成.

相关分析表明,CO、NO、NO₂同时与 O₃呈负相关.CO、NO_x 都是 O₃的前体物,CO、NO、NO₂与 O₃呈负相关也体现了前体物的特征. 但是,生成和消耗 O₃的光化学反应复杂,单纯减少 CO、NO_x 或者 VOCs 并不能得到良好的 O₃污染治理效果,这些污染物的比率更重要.

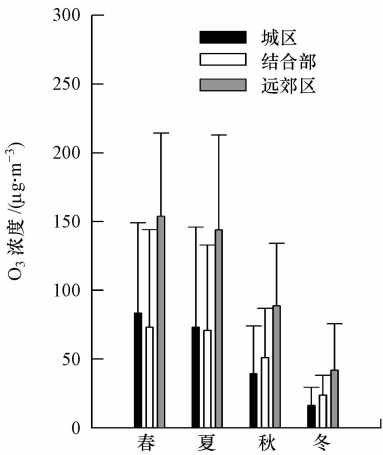


图 5 2009 年 8 月到 2010 年 7 月城区、城乡结合部、远郊区 O₃浓度的季节变化

Fig. 5 Seasonal variation of O₃ concentration in central urban, urban-fringe and exurban regions from August 2009 to July 2010

3 结论

- (1)城区、城乡结合部大气中的 SO₂、CO、NO_x 浓度全年四季都呈双峰型日变化,而远郊区没有明显的日变化,表明人类活动对城区、城乡结合部大气中此类污染物具有重要贡献,其中交通工具尾气排放及冬季锅炉为重要排放源. SO₂、CO、NO_x 浓度在冬季明显高于夏季,北京冬季取暖以及低边界层等对大气中这些一次污染物的积累具有重要贡献.
- (2)O₃浓度在四季都呈单峰型日变化,其最大值一般出现在中下午,表明局地光化学 O₃生成起主导作用. 城区和城乡结合部的 O₃ 浓度夜间降至接近零,远郊区的 O₃ 夜间浓度在春季和夏季可达 100 μg·m⁻³以上,在秋季和冬季可达 40 μg·m⁻³以上,主要因为城区和城乡结合部夜间存在大量 NO 排放源,NO 对 O₃的滴定作用导致 O₃浓度的极大降低,而远郊区缺乏 NO 排放源. 远郊大气中 O₃浓度在夏季下午明显超标,广大市民在远郊旅游时最好选择适宜时间段. O₃在春季、夏季的浓度为冬季 3.0—4.8 倍,体现了不同季节光化学反应活性对 O₃的影响.
- (3)整体上看,城乡结合部大气中的 SO₂、CO、NO_x 浓度明显高于城区和远郊区,应加大对城乡结合部面源污染排放的治理力度. 远郊区的 O₃ 浓度明显高于城区和城乡结合部,应加强对 NO_x 和 VOCs 的综合控制.

参 考 文 献

[1] 戴树桂,环境化学[M]. 北京:高等教育出版社,1996:88-89

[2] 凌宏,王迎红,胡波,等.2007 年夏季北京大气 CO 检测分析[J]. 环境化学,2009,28(4):567-570

[3] Marković D M, Marković D A, Jvanović A, et al. Determination of O₃, NO₂, SO₂, CO and PM₁₀ measured in Belgrade urban area[J]. Environ Monit Assess,2008,145:349-359

[4] Gurjar B R, Butlerb T M, Lawrenceb M G, et al. Evaluation of emissions and air quality in megacities[J]. Atmospheric Environment, 2008, 42:1593-1606

[5] 郭建斌,陈珏. 北京市空气污染季节变化规律研究及污染控制建议[J]. 生态环境学报,2009,18(3):952-956

[6] Chen J H, Wang W, Zhang J Y, et al. Characteristics of gaseous pollutants near a main traffic line in Beijing and its influencing factors [J]. Atmospheric Research, 2009,94:470-480

[7] 安俊琳,王跃思,李昕,等. 北京大气中 SO₂,CO,NO_x, O₃ 体积分数变化分析[J]. 生态环境,2007,16(6):1585-1589

[8] 张菊,苗鸿,欧阳志云,等. 近 20 年北京市城近郊区环境空气质量变化及其影响因素分析[J]. 环境科学学报,2006,26(11):1886-1892

[9] Wang X K, Manning W, Feng Z W, et al. Ground-level ozone in China: Distribution and effects on crop yields[J]. Environmental Pollution,2007,147:394-400

[10] 徐祥德,丁国安,卞林根. 北京城市大气环境污染机理与调控原理[J]. 应用气象学报,2006,17(6):815-828

[11] He K B, Huo H, Zhang Q. Urban air pollution in China: Current status, characteristics, and progress [J]. Annual Review of Energy and the Environment,2002,27:397-431

[12] 钱群,潘金芳,张大年. 上海市大气中 NMHC、NO_x、O₃ 和 SO₂ 变化规律[J]. 上海环境科学,1998,17(10):12-15

[13] 顾勇国,吕森林,顾建忠. 上海市市区、郊区 NO₂、SO₂ 和 PM₁₀ 的时空变化规律及相关性分析[J]. 上海环境科学,2006,25(5):201-205

[14] 周艳明,刘厚凤,吴保庆. 边界层臭氧浓度变化特征及相关因子分析[J]. 气象与环境学报,2008,24(1):63-66

[15] USEPA. US Environmental Protection Agency. User's Guide to MOBILE6.1 and MOBILE6.2: Mobile Source Emission Factor Model[S]. 2002

[16] 段欲晓,徐晓峰. 北京地区 SO₂ 污染特征及气象条件分析[J]. 气象科技,2001,29(4):11-14

[17] 吉东生,王跃思,孙扬,等. 北京大气中 SO₂ 浓度变化特征[J]. 气候与环境研究,2009,14(1):69-76

[18] 曹国良,张小曳,王丹,等. 中国大陆生物质燃烧排放的污染物清单[J]. 中国环境科学,2005,25(4):389-393

[19] 安俊琳,王跃思,李昕,等. 北京大气中 NO、NO₂ 和 O₃ 浓度变化的相关性分析[J]. 环境科学,2007,28(4):706-711

STUDY ON AIR POLLUTANTS IN THREE REPRESENTATIVE
REGIONS OF BEIJING

WANG Jiao ZHANG Hongxing WANG Xiaoke OUYANGzhiyun MOU Yujing

(State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Centre for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences,
Beijing, 100085, China)

ABSTRACT

The concentrations of air pollutants SO₂, CO, NO_x, O₃ and meteorological parameters in three representative regions of Beijing i. e. central urban, urban-fringe and exurban, were analyzed based on the data from August 2009 to July 2010. From the results, the diurnal change of SO₂, CO and NO_x concentration in central urban and urban-fringe regions showed a dual-peak pattern in the four seasons, which was consistent with the characteristics of anthropogenic activities and motor vehicle exhaust. However, no obvious diurnal variation of SO₂, CO and NO_x concentrations was found in the exurban region. The concentrations of SO₂, CO, NO_x were significantly higher in the winter than those in the summer, indicating that the accumulation of primary pollutants was mainly due to winter heating in Beijing and low atmospheric boundary layer. On the other hand, the diurnal change of O₃ concentration showed single peak pattern during the four seasons, suggesting a leading role of local photochemical formation. The O₃ concentration in central urban and urban-fringe regions dropped to nearly zero at night, whereas in exurban region it stayed above 100 μg·m⁻³ at night in the spring and summer, and more than 40 μg·m⁻³ in the autumn and winter. In the central urban and urban-fringe regions, a large number of NO emission sources at night might play an important role in the titration of O₃. Furthermore, the O₃ level in spring and summer was 3.0—4.8 times higher than that in the winter, suggesting that the effect of photochemical reaction on O₃ formation was different among the four seasons. Overall, the concentrations of SO₂, CO, NO_x in central urban and urban-fringe regions were higher than that in exurban region, whereas the O₃ concentration showed the opposite distribution.

Keywords: Beijing, air pollution, representative region, meteorological factors.