

长三角区域背景地区 SO₂ 和 NO_x 本底特征*

牛彧文^{1*} 顾骏强¹ 浦静姣¹ 俞向明² 马千里²

(1 浙江省气象科学研究所, 杭州, 310017; 2 临安区域大气本底站, 临安, 311307)

摘 要 本研究对代表长三角区域背景地区的临安大气本底站 2006—2007 年的 SO₂ 和 NO_x 数据进行分析。结果表明, 实验期间, SO₂ 和 NO_x 年均浓度均无明显差异; SO₂, NO_x 季节变化特点和一些城市地区的研究结果一致, 都是在冬季浓度较高, 夏季浓度较低, 不同的是, 在邻近临安本底站的上海市, SO₂ 与 NO₂ 最高月浓度与最低月浓度的比值小于临安区域本底站 SO₂ 与 NO_x 最高月浓度与最低月浓度的比值, 说明背景地区污染物浓度更容易受到气象条件变化的影响; SO₂ 和 NO_x 小时浓度日变化和城市地区的双峰双谷型分布形态不同, 呈现出单谷型分布形态, 午后的 14 点左右, SO₂ 和 NO_x 小时浓度达到 24 h 中的最低值, SO₂ 和 NO_x 分别在凌晨 0 点左右和晚上 20 点左右达到 24 h 中的最大值。

关键词 SO₂, NO_x, 季节变化, 日变化, 大气本底。

中国气象科学研究院、北京城市气象研究所以及中国科学院大气物理研究所等分别对青海瓦里关大气本底站、黑龙江龙凤山本底站、浙江临安本底站、北京上甸子本底站以及北京兴隆大气本底站等地的 SO₂ 和 NO_x 做过相关研究工作外^[1-5], 国内在广大区域背景地区相关的研究工作还比较少。

本研究通过对代表长三角区域大气背景的临安大气本底站 2006—2007 年期间的 SO₂ 和 NO_x 的浓度水平及季节变化、日变化特征进行研究, 通过与城市地区进行比较, 揭示长三角区域背景地区 SO₂ 和 NO_x 的本底特征。

1 观测试验

数据采集地点为临安区域大气本底站, 该站位于浙江省临安市横畈镇大罗村, 东经 119°44', 北纬 30°18', 海拔 138.6 m, 观测区所在山丘相对高度约 70 m, 四周地貌为丘陵、林地和农田, 林地以低矮松林和竹林为主, 植被覆盖良好, 周围 3 km 范围内无大型村落, 四季分明, 盛行风向以东北风和西南风为主, 特殊天气现象和形成逆温层的出现频率很低, 具有典型的亚热带季风区气候和大气环流特征。临安大气本底站在 2005 年被科技部遴选为代表长三角区域大气本底的野外观测研究站, 从 2005 年 7 月开始开展 SO₂ 和 NO_x 的观测工作, 本研究采用 2006-01-01—2007-12-31 仪器稳定运行期间采集的观测数据。

SO₂ 观测仪器为美国 Thermo Electron 公司生产的脉冲荧光分析仪 (Model 43CTL), NO_x 观测仪器为美国 Thermo Electron 公司生产的化学发光分析仪 (Model 42CTL), 均为连续在线采集仪器, 每天 24 h 不间断工作。上述仪器均采用美国 Thermo Electron 公司生产动态校准仪 (Model 146) 及相应的标准气体进行日常零点检查、跨度检查和多点校准。

2 长三角区域背景地区 SO₂ 与 NO_x 体积浓度水平及季节变化特征

2.1 SO₂ 与 NO_x 体积浓度水平

临安区域本底站两年的 SO₂, NO_x 观测数据表明, SO₂ 和 NO_x 的月最大日浓度、月最小日浓度之间存在很大的变化幅度, 可能与天气系统与气象条件的短期变化具有直接关系。SO₂ 和 NO_x 月平均体积浓度分别在 6.01 μl·m⁻³—25.42 μl·m⁻³ 和 7.06 μl·m⁻³—30.62 μl·m⁻³ 之间, 月最大日浓度在 11.93 μl·m⁻³—57.48 μl·m⁻³ 和 13.8 μl·m⁻³—67.11 μl·m⁻³ 之间, 月最小日浓度在 1.4 μl·m⁻³

2008 年 7 月 29 日收稿。

* 浙江省气象科学研究所开放专项基金项目 (kf2007004); 浙江省气象局技术开发与推广应用项目 (2008TG06); 国家重点基础研究发展规划 (973) 子课题 (2006CB403703)。** 通讯联系人: niuywen@yahoo.com.cn

— $8.83 \mu\text{l} \cdot \text{m}^{-3}$ 和 $2.4 \mu\text{l} \cdot \text{m}^{-3}$ — $12.53 \mu\text{l} \cdot \text{m}^{-3}$ 之间. NO_x最大值和最小值之间的变化幅度比 SO₂的变化幅度大, 这主要与 SO₂和 NO_x主要排放源的差异以及化学转化有一定关系, SO₂主要来自燃煤排放, 短期内排放源相对稳定, 其浓度变化在背景地区主要受扩散条件的变化影响, 而 NO_x主要来自机动车排放, 其浓度变化除了受扩散条件的影响外, 机动车数量的变化以及影响 NO_x参与光化学反应的太阳辐射都会对 NO_x的浓度变化造成一定的影响, 从而导致 NO_x的浓度变化幅度比 SO₂更为显著. 但从总体上来看, SO₂月均浓度略高于同期 NO_x的浓度, 说明在长三角区域, 燃煤排放仍然是主要的大气污染因素, 但机动车污染已经不容忽视, 形成了 SO₂和 NO_x复合型污染的局面.

SO₂和 NO_x年均体积浓度均在 $14 \mu\text{l} \cdot \text{m}^{-3}$ 左右, 无明显年度差异, 说明长三角区域背景地区的大气环境状况在近两年比较稳定. 将 2006年和 2007年临安本底站浓度和徐晓斌、颜鹏、王会祥等^[6-8]的研究结果进行对比表明, 临安本底站 SO₂浓度在过去几年来并无显著增长, 而且相比 1994至 1995年的平均浓度水平 ($16.2 \mu\text{l} \cdot \text{m}^{-3}$)有所下降, 说明近年来长三角区域的燃煤对大气污染的贡献相对稳定, 可能与该区域燃煤脱硫效果较好有关. 而 NO_x浓度呈现逐年上升的趋势, 2007年比 1999年至 2000年 7月的平均浓度 ($11.3 \mu\text{l} \cdot \text{m}^{-3}$)增长约 19%, 比 2005年至 2006年 7月的平均浓度 ($13.5 \mu\text{l} \cdot \text{m}^{-3}$)增长约 4%, 说明机动车尾气对长三角区域大气污染的贡献在逐年增强, 这与过去几年长三角地区机动车数量快速增长有关, 而到 2006年和 2007年, NO_x浓度保持了相对稳定的水平, 说明近年对于机动车污染控制的效果开始逐渐显现出来.

2.2 SO₂与 NO_x浓度季节变化及月变化

临安大气本底站 2006年和 2007年 SO₂和 NO_x的月平均浓度、月最大日浓度、月最小日浓度的变化曲线如图 1所示. 由图 1可以看出, SO₂和 NO_x的月平均浓度、月最大日浓度、月最小日浓度变化趋势具有很好的一致性, 在月均浓度大的月份, 月最高日浓度和最小日浓度也相对较大, 在月均浓度小的月份, 相应的月最大日浓度和月最小日浓度也比较小. 在一年当中, SO₂和 NO_x的月平均浓度、月最大日浓度、月最小日浓度呈现出很好的单谷型分布形态, 都是从 1月开始 SO₂和 NO_x的浓度总体上呈逐渐下降的趋势, 到的 7月浓度达到一年中的最低值, 之后逐渐增加, 到冬季的 12月达到一年中的最高值. SO₂和 NO_x浓度的季节变化趋势和大气扩散条件的季节变化具有很好的一致性, 说明大气扩散条件的季节变化对长三角区域背景地区 SO₂和 NO_x的浓度变化具有直接的影响, 从全年来看, 临安区域大气本底站 SO₂和 NO_x的浓度在冬季最高、夏季最低, 春秋季节浓度介于二者之间.

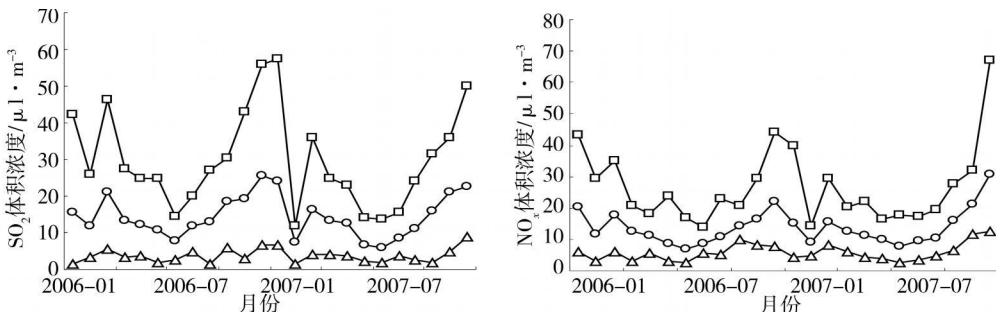


图 1 2006年、2007年临安区域大气本底站 SO₂及 NO_x月均浓度、月最大日浓度、月最小日浓度的变化

○—月均值 □—月最大日浓度 △—月最小日浓度

Fig 1 The variation of the monthly mean value, the maximum and the minimum of daily mean value in one month of SO₂ and NO_x volume concentration in Lin'an regional air background station during 2006 and 2007 period

3 SO₂与 NO_x浓度日变化特征

通过对一年中每天同一时刻的 SO₂和 NO_x小时浓度进行平均, 得到如图 2所示的 SO₂和 NO_x小时浓度日变化曲线. 临安本底站 SO₂和 NO_x小时浓度日变化总体规律为, 从凌晨 0点开始, SO₂和 NO_x小时浓度呈逐渐降低的趋势, 到午后的 14点左右, SO₂和 NO_x小时浓度达到 24h中的最低值, 这与午后地面温度较高, 大气扩散条件为一天中最有利于污染物稀释扩散具有直接关系, 之后 SO₂和 NO_x小时

浓度又呈逐渐升高的趋势, SO_2 在凌晨 0 点左右达到 24 h 中的最大值, 这与该时段大气扩散条件变差, 污染物容易发生累积有重要关系, NO_x 在 20 点左右达到 24 h 中的最大值, NO_x 主要来自机动车尾气排放, 在晚上 18—19 点, 是城市交通的高峰期, 城市地区在该时段, 通常会出现 NO_x 的峰值, 可能有来自长三角城市地区 NO_x 的传输, 导致在 20 点左右背景地区 NO_x 小时浓度出现峰值. 可以看出, 观测期间, 临安本底站 SO_2 和 NO_x 浓度存在一定的日变化规律, 总体上, SO_2 和 NO_x 小时浓度日变化呈现出单谷型分布形态, 这种单谷型分布形态与国内其他背景地区及清洁对照点的相关研究结果基本一致^[9-10], 但峰值出现的时间存在一定差异. 北京上甸子本底站 SO_2 峰值在冬季出现在 22 点左右, 夏季出现在 14 点左右, 秋、冬季出现在 18 点左右^[9], NO_x 小时平均浓度峰值出现在 22 点左右. 这可能与 2 个本底站分别处于我国南北方, 2 个站的地理条件、气象条件存在差异以及受周围城市的影响不同有关.

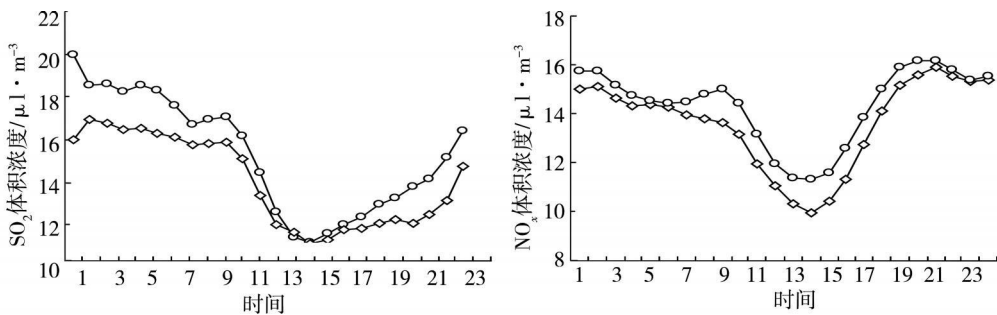


图 2 2006年、2007年临安区域大气本底站 SO_2 及 NO_x 小时体积浓度日变化

—○—2006年 —□—2007年

Fig 2 The variation of the hourly volume concentration of SO_2 and NO_x in

Linan regional Air background station during 2006 and 2007 period

4 长三角区域背景地区与城市地区 SO_2 和 NO_x 浓度的比较

对比长三角背景地区和城市地区 SO_2 与 NO_x 浓度季节变化发现, 其季节变化趋势基本一致. 但不同的是, SO_2 与 NO_x 最高月浓度与最低月浓度的比值, 在邻近临安本底站的上海市小于临安区域本底站, 2004、2005年上海地区冬季 12 月 SO_2 与 NO_2 的月均浓度与夏季 7 月 SO_2 与 NO_2 月均浓度的比值在 2:1 左右^[11, 12], 而 2006 年和 2007 年临安区域本底站 SO_2 与 NO_x 最高月浓度与最低月浓度的比值分别在 4:1 和 3:1 左右, 说明背景地区污染物浓度更容易受到气象条件变化的影响.

比较发现, 长三角背景地区 SO_2 和 NO_x 小时浓度的单谷型日变化趋势与城市地区存在明显差异, 在城市地区 SO_2 和 NO_x 小时浓度日变化通常呈双峰双谷型分布形态^[9, 10, 12]. 城市地区 SO_2 和 NO_x 小时浓度日变化与人们一天中的生产、上下班高峰等生活出行规律具有密切关系, 因此通常会在早晚高峰和下午 17—18 点下班高峰期间和之后短时间内出现 SO_2 和 NO_x 的浓度峰值. 而在背景地区, 受人为影响比较小, SO_2 和 NO_x 浓度日变化主要与大气扩散条件的日变化密切相关.

综上所述, 长三角区域背景地区 SO_2 与 NO_x 的本底特征主要表现为:

(1) 长三角区域背景地区和城市地区的 SO_2 , NO_x 季节变化趋势一致, 都是在冬季浓度较高, 在夏季浓度较低, 不同的是, SO_2 与 NO_x 在邻近临安本底站的上海市小于临安区域本底站, 说明背景地区污染物浓度更容易受到气象条件变化的影响.

(2) 长三角区域背景地区 SO_2 和 NO_x 小时浓度日变化和城市地区的双峰双谷型分布形态不同, 呈现出单谷型分布形态, 午后的 14 点左右, SO_2 和 NO_x 小时浓度达到 24 h 中最低值, SO_2 在凌晨 0 点左右达到 24 h 中的最大值, NO_x 在 20 点左右达到 24 h 中的最大值.

(3) 临安大气本底站 SO_2 和 NO_x 年均浓度均无明显差异, 说明近几年长三角区域背景地区大气环境状况比较稳定, SO_2 和 NO_x 浓度的季节变化和日变化主要受大气扩散条件的季节变化与日变化影响, 而受局地人为影响比较小.

参 考 文 献

- [1] 丁国安, 徐晓斌, 罗超等, 中国大气本底条件下不同地区地面臭氧特征 [J]. 气象学报, 2001, **59** (1) : 88—96
- [2] 孟昭阳, 丁国安, 汤洁等, 北京上甸子本底站 2003年秋冬季痕量气体浓度变化特征 [J]. 气象科技, 2007, **35** (4) : 550—557
- [3] 徐晓斌, 丁国安, 李兴生等, 龙凤山大气近地层 O₃浓度变化及与其它因素的关系 [J]. 气象学报, 1998, **56** (5) : 560—571
- [4] 刘洁, 张小玲, 谢璞等, 上甸子区域本底站大气痕量活性气体的变化规律 [J]. 环境化学, 2007, **26** (5) : 693—698
- [5] 白建辉, 王庚辰, 孟昭阳等, 华北洁净地区微量气体变化特征的初步研究 [J]. 环境科学研究, 2006, **19** (6) : 15—19
- [6] 徐晓斌, 林伟立, 颜鹏等, 1994—2006年长江三角洲和东北平原酸性气体浓度变化 [J]. 气候变化研究进展, 2008, **4** (4) : 195—201
- [7] 王会祥, 唐孝炎, 王木林等, 长江三角洲痕量气态污染物的时空分布特征 [J]. 中国科学 (D 辑), 2003, **33** (2) : 114—118
- [8] 颜鹏, 李兴生, 罗超等, 我国地面 O₃, NO_x, SO₂背景值的观测研究 [J]. 应用气象学报, 1997, **18** (1) : 53—61
- [9] 刘洁, 张小玲, 徐晓斌等, 北京地区 SO₂, NO_x, O₃和 PM_{2.5}变化特征的城郊对比分析 [J]. 环境科学, 2008, **29** (4) : 1059—1065
- [10] 韦意双, 蔡旭晖, 范绍佳等, 北京地区冬季 SO₂浓度的时空分布和年际变化特征研究 [J]. 环境保护科学, 2007, **33** (6) : 1—4
- [11] 杨书申, 邵龙义, 杨园园, 北京、上海两地 2004 和 2005 年大气污染特征对比分析 [J]. 长江流域资源与环境, 2008, **17** (2) : 323—327
- [12] 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, **26** (5) : 203—205

THE POLLUTANT CHARACTERISTICS OF SO₂ AND NO_x IN YANGTZE RIVER DELTA BACKGROUND REGION

NIU Yu-wen¹ GU Jun-qiang¹ PU Jing-jiao¹ YU Xiang-ming² MA Qian-li²

(1 The Zhejiang Institute for Meteorological Science, Hangzhou, 310017, China)

2 Linan Regional Air Background Station, Linan, 311307, China)

ABSTRACT

In order to investigate the impact of SO₂ and NO_x on air quality in the Linan regional air background station which represents Yangtze River delta regional background atmospheric environment, the data of SO₂ and NO_x during 2006 and 2007 period was discussed. The result showed that (1) SO₂ and NO_x annual average concentration in 2006 was not significantly different from that in 2007; (2) that concentration of SO₂ and NO_x was higher in winter and was lower in summer, which was identical with seasonal variation of the concentration of SO₂ and NO_x in urban areas, but the various range of seasonal concentration of SO₂ and NO_x in background areas was larger than that in urban areas, indicating that weather condition had more obvious effect on pollutant concentration in background areas than in urban areas; (3) that the single valley distribution of hourly variation of SO₂ and NO_x concentration in 24 hours in Linan regional background areas, where the minimum of SO₂ and NO_x appeared at 14:00 and the maximum of SO₂ concentration was at 0:00 and maximum of NO_x concentration was at 20:00, was different from double peak and double valley distribution of hourly concentration of SO₂ and NO_x in 24 hours in urban areas.

Keywords SO₂, NO_x, seasonal variation, hourly variation, air background