

城市排放与输送对北京上甸子站温室气体本底观测的影响分析

周凌晞¹ 姚波¹ 方双喜¹ 刘立新¹ 王振发²

(1 中国气象科学研究院, 中国气象局, 北京 100081; 2 北京市密云县气象局, 北京 101500)

摘要: 以北京上甸子区域大气本底站二氧化碳(CO₂)和几种典型卤代温室气体(HFC-134a、PFC-218和HCFC-22)浓度在线观测为例, 统计分析并匹配计算了各风向浓度距平与浓度载荷, 探讨了各季节城市排放和输送对上甸子站温室气体本底观测的影响。研究期间, CO₂本底数据比例约21.2%, 受局地 and 城市排放与输送影响, 非本底浓度比本底浓度偏高 $(3.7 \pm 1.3) \times 10^{-6}$; HFC-134a和PFC-218浓度距平和浓度载荷的特征反映了两个物种源区特征的差别; HCFC-22浓度特征与空调制冷剂夏高冬低的季节排放规律相一致。

关键词: 北京上甸子站, 温室气体本底观测, 城市排放, 输送

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2014.03.008

Study on Impact of City Emission and Transportation on Greenhouse Gases Background Observation at Shangdianzi Regional Station, Beijing

Zhou Lingxi¹, Yao Bo¹, Fang Shuangxi¹, Liu Lixin¹, Wang Zhenfa²

(1 Chinese Academy of Meteorological Sciences, China Meteorological Administration, Beijing 100081
2 Miyun County Meteorological Bureau, Beijing 101500)

Abstract: In this study in-situ measurement of carbon dioxide (CO₂) and several halogenated greenhouse gases (HFC-134a, PFC-218 and HCFC-22) were chosen for the case study. We did statistical analysis and calculated concentration anomalies and loadings of each wind direction and discussed impact of city emission and transportation on greenhouse gases background observation at Shangdianzi Regional Station in different seasons. In the study period, the ratio of background concentration of CO₂ was about 21.2%. The difference of non-background concentration and background concentration was $(3.7 \pm 1.3) \times 10^{-6}$ by local and city emission and transportation. Anomalies and loadings of HFC-134a and PFC-218 reflected the difference of source characteristics of these two compounds. The seasonal trends of HCFC-22 were consistent with the emission pattern of refrigerant.

Keywords: Beijing Shangdianzi Regional Station, greenhouse gases background observation, city emission, transportation

1 引言

自1750年工业革命以来, 人类活动造成温室气体排放总量不断增加, 大气中温室气体浓度逐年上升并达到历史最高水平, 引发了全球变暖等一系列全球及区域性环境问题。迄今为止, 国际社会引用的全球温室气体浓度资料主要来自世界气象组织(WMO)全球大气观测网(GAW)。GAW由60多个国家的200多个本底站组成, 但这些站点的地理分布很不均匀, 发达

国家站点较多, 亚洲内陆地区站点尤为稀缺^[1]。国内相关部门从不同角度出發, 采用多种手段先后开展温室气体观测已取得了一系列重要成果, 各具优势和特点。中国气象局侧重于较大区域内温室气体浓度的监测, 在我国典型气候区建设7个本底站并逐步开展温室气体观测。大气温室气体浓度变化主要有在线观测和采样分析两种方式, 国际观测网的长期经验和研究结果表明, 在线观测的时间分辨率高, 可实时反映物种浓度的动态变化, 捕捉特定时期内(如1~3d)污染气团及其输送路径, 辅以多物种协同观测有助于判断物种来源一致性及相互比例关系^[1, 2]。掌握典型区域温室气体本底浓度水平、变化状况和输送影响, 才能更准确地测算温室气体排放源和吸收汇的动态变化, 服务于气候变化应对和碳减排等决策。

收稿日期: 2013年6月3日; 修回日期: 2013年7月17日
第一作者: 周凌晞(1965—), Email: zhoulx@cma.gov.cn
资助信息: 国家自然科学基金(41030107, 41175116); 国家重点基础研究发展计划(2010CB950601); 国际科技合作项目(2011DFA21090)

2 站址及观测方法简介

上甸子站位于北京市密云县高岭镇上甸子村(117°07'E, 40°39'N, 海拔293.9m), 下垫面主要为果树、松树、农田等植被, 位于北京市主城区东北方向, 距市中心直线距离约100km。该站2005年入选科技部“国家大气成分本底野外观测研究站”, 也是世界气象组织(WMO)全球大气观测网(GAW)的区域大气本底站之一。全年盛行风向为东北风和西南风^[3]。

大气CO₂和卤代温室气体均取自采样塔顶, 2011年10月前为位于观测场内10m采样塔, 2011年10月后为位于观测场北的80m梯度塔。CO₂在线观测系统的主机采用波长扫描光腔衰荡G1301型高精度CO₂分析仪^[4]。用KNF泵和外径10mm的Syflex1300专用进气管, 经初级和二级冷阱除去水汽, 用8口样品选择阀自动控制空气或标气周期性进样, 主机之前安装一个高精度质量流量控制器^[5, 6]。大气卤代温室气体浓度在线观测系统的主机采用自行设计组装的GC-MS系统(HFC-134a、PFC-218)和GC-ECDs系统(HCFC-22), 用GAST无油泵和KNF泵将空气抽进约100m远的实验室内, 系统原理、分析和定量方法参见本研究组已发表的论文^[7, 8]。采用美国国家海洋与大气管理局地球系统研究实验室(NOAA/ESRL)、

改进的全球大气实验网(AGAGE)、欧盟卤代温室气体观测网(SOGE)等国际通用的定量方法、数据处理方法和观测质量目标, 采用的各级标气可溯源至世界气象组织(WMO)或斯克里普斯海洋学研究所(SIO)国际标准。大气CO₂浓度处理为小时平均值, HFC-134a和PFC-218空气样品时间分辨率为2h, HCFC-22空气样品时间分辨率为80min。

3 城市排放与输送对温室气体本底观测的影响分析

3.1 大气CO₂浓度在线观测的影响分析

2009年1月—2011年12月在线观测资料统计分析结果显示, 该站大气CO₂浓度变化较大, 小时平均值的标准偏差在春夏秋冬四季分别为 9.5×10^{-6} 、 21.5×10^{-6} 、 15.9×10^{-6} 和 12.7×10^{-6} (摩尔比, 下同), 表明上甸子站观测的大气CO₂浓度较多地受到局地 and 城区排放输送影响^[9]。图1是2009年1月—2011年12月上甸子站不同季节16风向CO₂浓度载荷。

上甸子站4季CO₂浓度风玫瑰图差异较大, 表明局地源对观测浓度有复杂影响。该站年主导风向ENE和WSW, 风频分别大于10%和17%。WSW方向是北京城区, 除夏季外该扇区CO₂浓度高于季节平均, 尤其冬季燃煤供暖导致该风向CO₂浓度明显偏高(相比

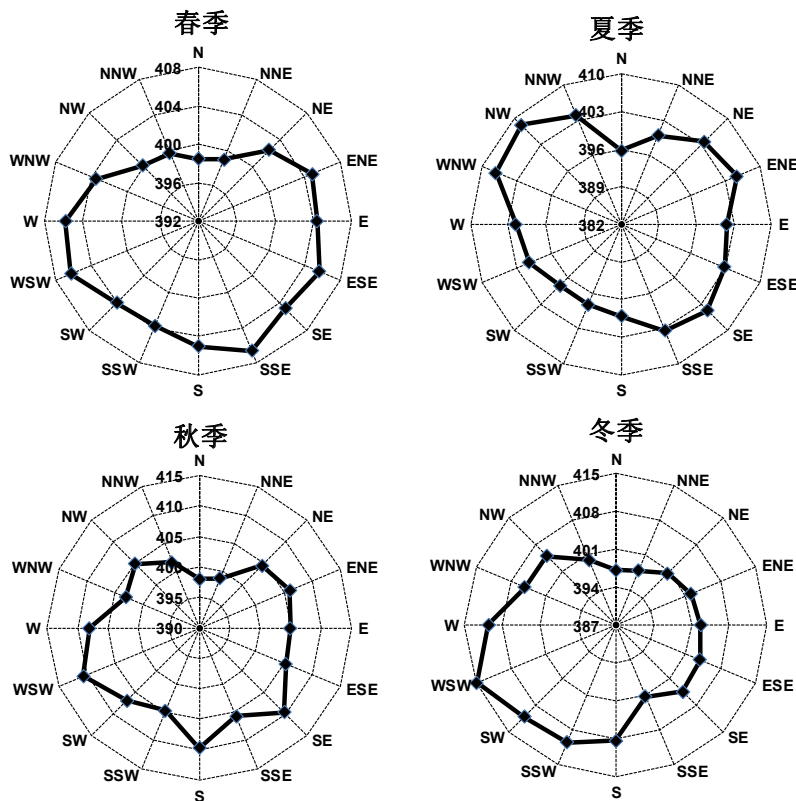


图1 上甸子站不同季节16风向CO₂浓度载荷(摩尔比(×10⁻⁶))

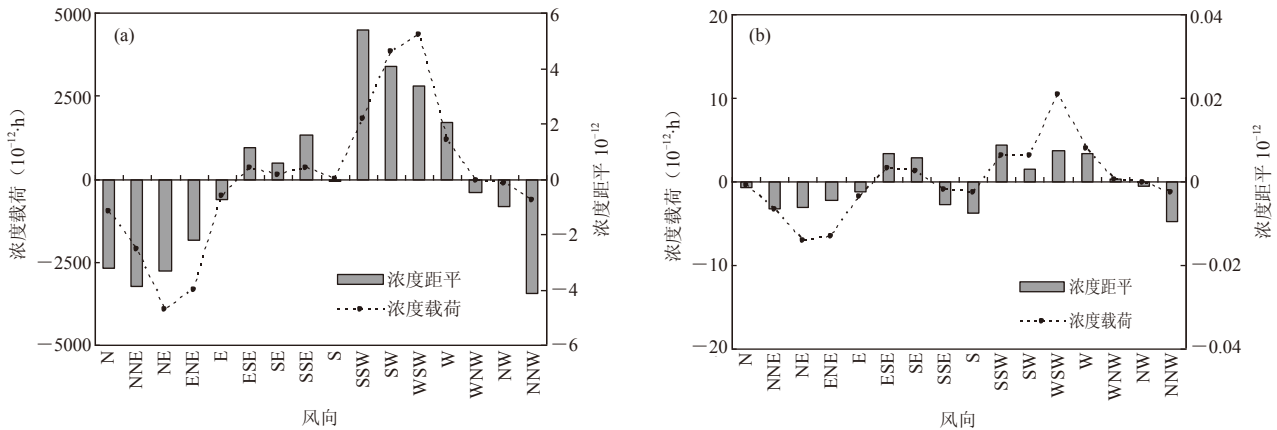


图2 2010年5月—2011年4月上旬子站HFC-134a (a) 和PFC-218 (b) 风向浓度距平和浓度载荷

季平均抬升约 $(11.7 \pm 1.7) \times 10^{-6}$ 。N方向为无人山丘，CO₂浓度明显偏低。CO₂浓度随风速增大明显降低，静风下CO₂平均浓度为 $(411.0 \pm 1.3) \times 10^{-6}$ ，5级风速CO₂浓度降低至 $(398.9 \pm 1.4) \times 10^{-6}$ ，可能是较大风速稀释了局地排放累积的CO₂^[10, 11]。选取每日混合层较高时段数据，剔除较高风向载荷及静风数据^[12]，获得上甸子站本底CO₂数据比例约21.2%，受局

地和城市排放与输送的影响，非本底浓度比本底浓度平均偏高 $(3.7 \pm 1.3) \times 10^{-6}$ 。

3.2 大气 HFC-134a 和 PFC-218 浓度在线观测的影响分析

HFC-134a主要用于车载空调，城市是其主要源区^[13]；PFC-218主要用于半导体和电子工业过程的清洗和蚀刻等，但北京城区并非其强排放源^[14]。图2是

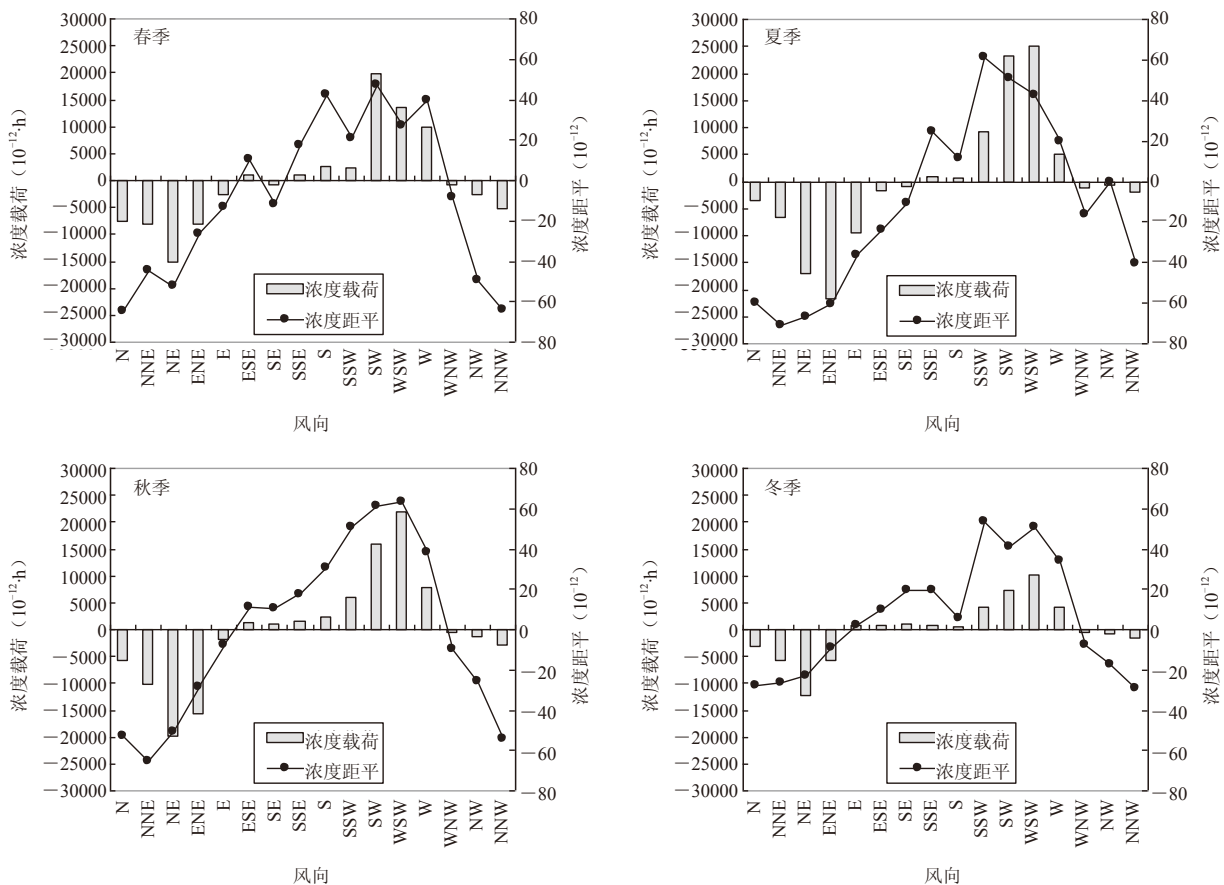


图3 2007年3月—2011年2月上旬子站HCFC-22不同季节风向浓度距平与浓度载荷

2010年5月—2011年4月上甸子站HFC-134a和PFC-218风向浓度距平和浓度载荷。HFC-134a空间变率大,部分风向浓度距平大于 5×10^{-12} 。HFC-134a高浓度水平主要由W—WSW—SW—SSW方向(北京城区方向)贡献引起,N—NNE—NE—ENE方向则造成整年HFC-134a浓度水平降低。NNW虽浓度距平较低,但风频较小,对浓度载荷的影响较小。其他扇区对HFC-134a总体浓度水平影响较小。PFC-218浓度距平没有明显规律,正距平分布在ESE、SE、SSW、SWS、WSW、W等扇区。尽管浓度载荷高低值分布与HFC-134a相似,但数值要低3个量级,即上甸子站各风向PFC-218浓度较一致,没有明显的源区。HFC-134a和PFC-218浓度距平和浓度载荷的特征反映了两个物种源区特征的差别。

3.3 大气 HCFC-22 浓度在线观测的影响分析

HCFC-22广泛用于商业制冷、商业和住宅空调及热泵中,其臭氧层损耗潜能(ODP)远小于第一代制冷剂CFC-11和CFC-12,但其ODP值仍大于0,已经有几种制冷剂如HFC-134a等作为其替代物^[13]。图3是2007年3月—2011年2月,上甸子站HCFC-22不同季节风向浓度距平与浓度载荷,HCFC-22在春夏秋冬四季的浓度变化规律基本一致,浓度距平及浓度载荷最大的前3位风向均属西南扇区(S至W,即北京城区方向),反映了来自北京城区方向的排放和输送对上甸子站HCFC-22浓度均为正的贡献。值得注意的是,冬季北京城区方向HCFC-22的浓度距平与浓度载荷均小于夏季和秋季,这与北京城区空调制冷剂HCFC-22夏高冬低季节排放规律相一致。

4 结语

不同季节风向距平及浓度载荷统计分析表明,北京上甸子站大气CO₂和几种典型卤代温室气体(HFC-134a、HCFC-22)浓度在线观测均在不同程度上受到城区排放及输送的影响。物种浓度和地面风实测数

据—时间序列匹配分析及本底浓度筛分结果表明,北京上甸子站不仅可以捕捉到城市排放及较高浓度空气团输送的信息,也能获得华北区域的物种本底浓度水平。合理筛分原始资料、分类使用是科学有效的手段。

致谢:感谢北京上甸子站技术人员日常检查及维护在线观测系统,并进行每周flask瓶采样。

参考文献

- [1] 周凌晔,刘立新,张晓春,等.中国温室气体本底浓度网络化观测的初步结果.应用气象学报,2008,19(6):641-645.
- [2] 周凌晔,周秀骥,张晓春,等.瓦里关温室气体本底研究的主要进展.气象学报,2007,65(3):458-468.
- [3] 姚波,周凌晔,张芳,等.上甸子区域大气本底站HCFC-22浓度连续观测研究.环境科学,2010,31(8):1749-1754.
- [4] Crosson E R. A cavity ring-down analyzer for measuring atmospheric levels of methane, carbon dioxide, and water vapor. Applied Physics B,2008,92(3):403-408.
- [5] 臧昆鹏,周凌晔,方双喜,等.新型CO₂和CH₄混合标气标校流程及方法.环境化学,2011,30(2):511-516.
- [6] 方双喜,周凌晔,臧昆鹏,等.光腔衰荡光谱(CRDS)法观测我国4个本底站大气CO₂.环境科学学报,2011,31(30):624-629.
- [7] 姚波,周凌晔,张芳,等.气相色谱-电子捕获检测法在线观测12种卤代温室气体.环境化学,2010,29(6):1158-1162.
- [8] Yao B, Vollmer M K, Zhou L X, et al. In-situ measurements of atmospheric hydrofluorocarbons (HFCs) and perfluorocarbons (PFCs) at the Shangdianzi regional background station,China. Atmos Chem Phys,2012,12:10181-10193.
- [9] Liu L X, Zhou L X, Zhang X C, et al. The characteristics of atmospheric CO₂ concentration variation of four national background stations in China. Sci China Ser D: Earth Sci, 2009, 52(11): 1857-1863, doi: 0.1007/s11430-009-0143-7.
- [10] Haszpra L, Barcza Z, Hidy D, et al. Trends and temporal variations of major greenhouse gases at a rural site in Central Europe. Atmospheric Environment, 2008, 42: 8707-8716.
- [11] Zhou L X, Tang J, Wen Y P, et al. The impact of local winds and long-range transport on the continuous carbon dioxide record at Mount Waliguan, China. Tellus, 2003, 55B: 145-158.
- [12] Fang S X, Zhou L X, Masarie K A, et al. Study of atmospheric CH₄ mole fractions at three WMO/GAW stations in China. J Geophys Res, 2013, 118 (D10): 4874-4886, doi: 10.1002/jgrd.50284.
- [13] 万丹.中国主要ODS和HFCs物质的排放清单及其验证研究.北京大学博士论文,2010.
- [14] Mühle J, Ganesan A L, Miller B R S, et al. Perfluorocarbons in the global atmosphere: Tetrafluoromethane, hexafluoroethane, and octafluoropropane. Atmos Chem Phys, 2010, 10: 5145-5164, doi:10.5194/acp-10-5145-2010.