

卢鹏<sup>1</sup> 张华<sup>2</sup> 刘端阳<sup>3</sup> 项瑛<sup>1</sup> 许遐祯<sup>1</sup>

# 江苏地区二氧化碳浓度时空分布特征分析

## 摘要

利用瓦里关和上甸子大气本底站观测的月平均 CO<sub>2</sub> 浓度数据对 GOSAT 卫星反演的 CO<sub>2</sub> 浓度数据进行验证,结果表明 GOSAT 产品与台站观测数据有较好的一致性.利用 2009 年 6 月—2011 年 5 月 GOSAT 反演的 CO<sub>2</sub> 浓度数据,分析了江苏地区 CO<sub>2</sub> 浓度的时空变化特征,结果表明:1)975 hPa 高度层 CO<sub>2</sub> 浓度高于 850 hPa 高度层,CO<sub>2</sub> 浓度的水平变化要小于垂直变化;2)在季节变化上,CO<sub>2</sub> 浓度冬季最高,夏季最低,这可能与植被光合作用的强弱变化有关;比较前后两年的 CO<sub>2</sub> 浓度数据,夏季和秋季的增速较快,冬季和春季的增速较慢;3)在日变化上,发现徐州和南京站 02 时 CO<sub>2</sub> 浓度最高,14 时 CO<sub>2</sub> 浓度最低,这可能也与植被光合作用的强弱有关.

## 关键词

GOSAT 数据;CO<sub>2</sub> 浓度;空间分布;季节变化;日变化

中图分类号 P402

文献标志码 A

收稿日期 2015-02-10

资助项目 国家自然科学基金(41305132);江苏省气象局环境气象科技创新团队项目;中国科学院战略性先导科技专项(XDA05040201)

## 作者简介

卢鹏,男,博士,工程师,主要从事温室气体、大气辐射、气候模式方面的研究.

climate@live.cn

1 江苏省气候中心,南京,210009

2 中国气象局气候研究开放实验室,北京,100081

3 江苏省无锡市气象局,无锡,214101

## 0 引言

CO<sub>2</sub> 作为重要的温室气体与全球气候变化密切相关.2013 年大气中全球平均 CO<sub>2</sub> 体积分数为  $396.0 \times 10^{-6}$ ,相当于工业化前(1750 年)水平的 1.42 倍.2012 至 2013 年,大气中 CO<sub>2</sub> 体积分数增加了  $2.9 \times 10^{-6}$ ,为 1984 年以来的年度最高增幅<sup>[1]</sup>.

辐射强迫是气候变化的驱动因子,正辐射强迫会导致地表变暖,负辐射强迫则会导致地表变冷.相对于 1750 年,2011 年 CO<sub>2</sub> 的辐射强迫为  $1.68 \text{ W/m}^2$ ,并具有非常高的信度水平<sup>[2]</sup>,因此研究区域 CO<sub>2</sub> 浓度的分布和变化特征,对于应对区域气候变化和制定合理的减排计划具有重要的参考意义.

为了在更大范围内监测 CO<sub>2</sub> 浓度,发达国家相继发射了具有 CO<sub>2</sub> 监测能力的卫星.欧洲空间局于 2002 年 3 月 1 日发射了 ENVISAT 卫星,该卫星搭载了大气层制图扫描成像吸收光谱仪(SCIAMACHY),利用其近红外波段可以反演对流层 CO<sub>2</sub> 柱浓度.美国航天局于 2002 年 4 月 22 日发射了 AQUA 卫星,搭载了 AIRS 仪器,通过对热红外光谱波段的探测反演对流层中层 CO<sub>2</sub> 浓度.日本于 2009 年 1 月 23 日发射了全球首颗温室气体探测卫星 GOSAT.美国航天局于 2014 年 7 月 2 日发射了轨道碳观测者 2 号(OCO-2)卫星.

国内利用卫星数据对 CO<sub>2</sub> 的反演算法和时空分布特征做了大量研究.刘毅等<sup>[3]</sup>针对我国正在研制的 CO<sub>2</sub> 监测卫星(TanSat)发展了一套适用于 TanSat 的全物理的反演方法.白文广等<sup>[4]</sup>利用 AIRS 观测数据分析研究了中国区域对流层 CO<sub>2</sub> 时空变化特征.麦博儒等<sup>[5]</sup>利用 SCIAMACHY 观测资料分析研究了广东地区对流层 CO<sub>2</sub> 时空变化特征.

江苏属于我国经济发达地区,也是 CO<sub>2</sub> 排放高值区<sup>[6]</sup>,研究江苏地区 CO<sub>2</sub> 浓度时空分布特征,对于应对气候变化和制定碳减排计划有重要的参考作用.

地基观测 CO<sub>2</sub> 浓度具有精度高、可靠性强等优点,目前我国也开展了大量的基于 CO<sub>2</sub> 地基观测数据的 CO<sub>2</sub> 时空演变特征分析<sup>[7-10]</sup>,但由于目前江苏地基观测温室气体工作刚刚启动,能够利用的地基数据十分有限,因此本文利用 GOSAT 卫星反演的 CO<sub>2</sub> 浓度数据,初步研究了江苏地区 CO<sub>2</sub> 浓度的时空分布规律.

## 1 资料及验证

### 1.1 资料

GOSAT 卫星是日本于 2009 年 1 月 23 日发射的全球首颗温室气体探测卫星,其观测传感器包括傅立叶变化光谱仪以及云和气溶胶成像仪,前者用于温室气体探测,后者用于收集云和气溶胶信息<sup>[11]</sup>.

GOSAT 卫星产品主要包括 L0、L1、L2、L3、L4 级产品.其中 L0 级产品为原始图像数据,L1 级产品为经过校正和定标的光谱数据,FTS-SWIR L2 级产品是根据 CO<sub>2</sub> 吸收光谱反演得到的平均柱浓度,FTS-TIR L2 级产品是利用 FTS 热红外波段反演的 CO<sub>2</sub> 垂直廓线资料,FTS L3 产品为根据 CO<sub>2</sub> 浓度数据,经过插值得到的全球 2.5°×2.5° 月平均浓度分布数据,L4A 级产品是利用 FTS-SWIR L2 数据结合地表观测数据,经大气输送模型反演得到 CO<sub>2</sub> 月平均通量产品,L4B 级产品是基于 L4A 产品得到水平分辨率 2.5°×2.5°,高度从 975 hPa 至 10 hPa 共 17 层 6 h 平均的三维 CO<sub>2</sub> 浓度产品<sup>[11]</sup>.

目前公众用户可以通过访问 <http://data.gosat.nies.go.jp> 获得 L4B 数据,本文采用 2009 年 6 月—2011 年 10 月共 29 个月的 L4B 数据.为了季节讨论的需要,选取 2009 年 6 月至 2011 年 5 月两整年的数据进行分析.

### 1.2 GOSAT 数据的验证

为了验证 GOSAT 反演数据的可靠性,本文首先选取瓦里关本底站(100.90°E,36.28°N,高度 3 810 m)和上甸子(117.12°E,40.65°N,高度 287 m) CO<sub>2</sub> 浓度月平均观测数据(<http://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdcgg>),并将 GOSAT 卫星 L4B 数据处理为相对应的月平均数据,利用双线性插值将 L4B 格点数据插值到站点,根据瓦里关和上甸子不同的海拔高度,瓦里关选取 600 hPa,上甸子选取 975 hPa 高层的 CO<sub>2</sub> 浓度进行比较.为了与所能获得的卫星时段相匹配,瓦里关选取 2009 年 6 月至 2011 年 5 月的数据进行比较.由于所能获取的上甸子数据从 2009 年 9 月开始,因此上甸子与 GOSAT 的比较时段为 2009 年 9 月至 2011 年 5 月.从图 1 可以看出瓦里关本底站观测数据与 GOSAT 卫星反演的 CO<sub>2</sub> 浓度(体积分数)数据变化趋势一致,相关系数达到 0.93,通过了 99% 的置信度检验;而与上甸子观测数据相比,GOSAT 卫星反演数据能够体现出季节变化的差异,但是变化幅度要小于上甸子站点观测数据,两者的相关系数为 0.72,也通过了 99% 的置信度检验.

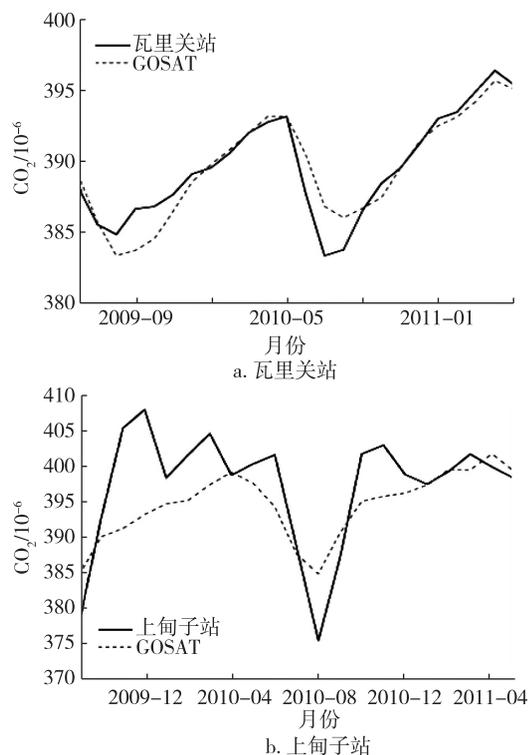


图 1 2009 年 6 月—2011 年 5 月月平均 CO<sub>2</sub> 体积分数与同时段 GOSAT 反演数据的比较

Fig. 1 Comparison of GOSAT CO<sub>2</sub> data and monthly CO<sub>2</sub> in Waliguan and Shangdianzi during June 2009 to May 2011

## 2 结果分析

### 2.1 CO<sub>2</sub> 浓度的空间分布

图 2 给出了利用 GOSAT 卫星数据反演的 2009 年 6 月—2011 年 5 月期间全球 975 hPa 高度层 CO<sub>2</sub> 浓度(体积分数)分布.从中可以看出亚洲东部、欧洲西部和北美东南部 CO<sub>2</sub> 浓度较高,其中江苏地区处于全球 CO<sub>2</sub> 浓度最高的区域之中.因此研究江苏地区 CO<sub>2</sub> 浓度的时空变化,有助于我们了解高 CO<sub>2</sub> 浓度地区 CO<sub>2</sub> 浓度的时空变化.

图 3 给出了 2009 年 6 月—2011 年 5 月期间江苏省 975 hPa 和 850 hPa 高度层 CO<sub>2</sub> 浓度(体积分数)分布.从图 3 中可以看出在 2009 年 6 月至 2011 年 5 月期间,975 hPa 高度层江苏大部分地区的 CO<sub>2</sub> 体积分数为 (399~400)×10<sup>-6</sup>,东部沿海地区和徐州西部的体积分数略小为 (398~399)×10<sup>-6</sup>,空间差异不到 2×10<sup>-6</sup>,这表明大气中 CO<sub>2</sub> 具有很好的均一性.850 hPa 高度层江苏地区 CO<sub>2</sub> 体积分数在 (393~394)×10<sup>-6</sup>,空间差异不到 1×10<sup>-6</sup>,这表明 CO<sub>2</sub> 浓度随着高度的增加而降低,且高空 CO<sub>2</sub> 的空间差异

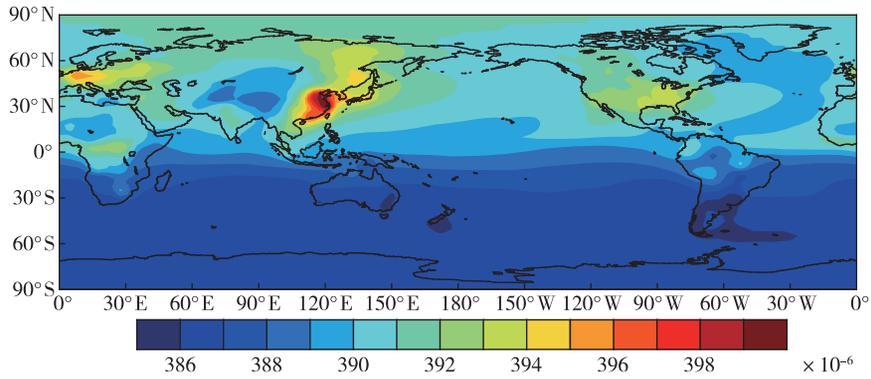


图2 2009年6月—2011年5月全球975 hPa高度层CO<sub>2</sub>体积分数分布  
Fig. 2 Distribution of global CO<sub>2</sub> concentration at 975 hPa during June 2009 to May 2011

更小.

GOSAT卫星反演数据的水平分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ ,在江苏地区的格点数据较少,同时GOSAT卫星反演数据的精度在 $(1.0 \sim 4.0) \times 10^{-6}$ ,因受限于GOSAT反演数据分辨率和精度,故不能给出江苏精细化CO<sub>2</sub>浓度分布图,所以在江苏开展地基CO<sub>2</sub>浓度监测也是必不可少的.

2.2 CO<sub>2</sub>浓度的季节变化

图4给出了2009年6月至2011年5月期间975 hPa高度层CO<sub>2</sub>浓度季节分布.夏、秋、冬、春季CO<sub>2</sub>体积分数空间变化范围分别为 $(391 \sim 393) \times 10^{-6}$ 、 $(395 \sim 399) \times 10^{-6}$ 、 $(402 \sim 405) \times 10^{-6}$ 和 $(402 \sim 404) \times 10^{-6}$ ,冬季CO<sub>2</sub>浓度最高,夏季最低.

夏季CO<sub>2</sub>浓度最低,这主要是由于夏季是我国植被光合作用最强的时段,此外夏季空气水平输送

和垂直交换剧烈也有利于CO<sub>2</sub>的稀释扩散.从图4a可以看出夏季江苏CO<sub>2</sub>分布为东南高,西北低,这可能是由于以下3方面原因造成的:首先江苏地区夏季总辐射量呈现北高南低<sup>[12]</sup>,有利于北部植被的光合作用;其次江苏地区夏季气温呈现北低南高,有利于南部土壤呼吸作用,释放CO<sub>2</sub>;最后也可能与江苏南部城市化进程较快,工业较发达等人为因素有关.

秋季植被进入成熟衰弱期,光合作用较弱,但仍然表现出较强的碳吸收能力,因此秋季CO<sub>2</sub>浓度相对较低.CO<sub>2</sub>浓度呈现东低西高,这可能与江苏秋季盛行东北风,江苏西南部处于下风处有关.

冬季CO<sub>2</sub>浓度最高,这主要是由于冬季是江苏省植被光合作用最低的时段,此外冬季取暖也增加CO<sub>2</sub>的排放.冬季江苏CO<sub>2</sub>浓度南高北低,这可能与江苏盛行北风,CO<sub>2</sub>向江苏南部扩散有关.

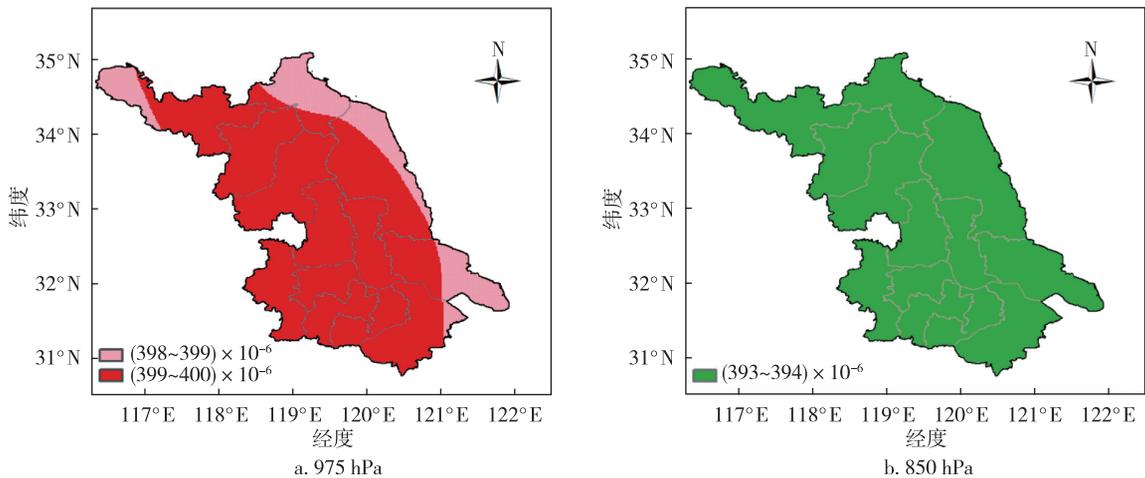


图3 2009年6月—2011年5月江苏975和850 hPa高度层CO<sub>2</sub>体积分数分布  
Fig. 3 Distribution of CO<sub>2</sub> at 975 hPa and 850 hPa in Jiangsu during June 2009 to May 2011

春季 CO<sub>2</sub> 浓度次高,主要是冬季 CO<sub>2</sub> 浓度最高,对春季 CO<sub>2</sub> 浓度有一定累积效果。

表 1 给出了 2009 年 6 月—2011 年 5 月江苏地区每个季节气温、降水、日照时数、风速的平均值,以及每个季节 CO<sub>2</sub> 与前一年同期的增量.由表 1 可以看出,与前一年相比,四季日照时数都有所增加,其中春季的日照时数增加最多(162.8 h),日照时数的增加有利于植物的光合作用.因此有可能是造成春季 CO<sub>2</sub> 浓度增幅较小的原因.研究表明东亚地区 CO<sub>2</sub> 浓度与气温呈负相关<sup>[13]</sup>,与前一年相比,春季的气温增幅最

大,也在一定程度上解释了春季 CO<sub>2</sub> 浓度增幅较小.冬季由于植被光合作用较弱,受气象条件的影响较小,主要受人为排放的影响,与 2009 冬季相比,2010 冬季气温较低,供暖需求较旺盛,有可能造成人为排放 CO<sub>2</sub> 增加,但 2010 年冬季 CO<sub>2</sub> 浓度的增幅却较小,有待于在今后的工作中做进一步研究.与 2009 年相比,2010 年夏秋季的气温、光照虽然有所增加,但增幅要小于春季,因此 CO<sub>2</sub> 浓度增幅要大于春季.四季的风速都有所下降,不利于 CO<sub>2</sub> 的水平扩散,在一定程度上有利于 CO<sub>2</sub> 浓度的增加。

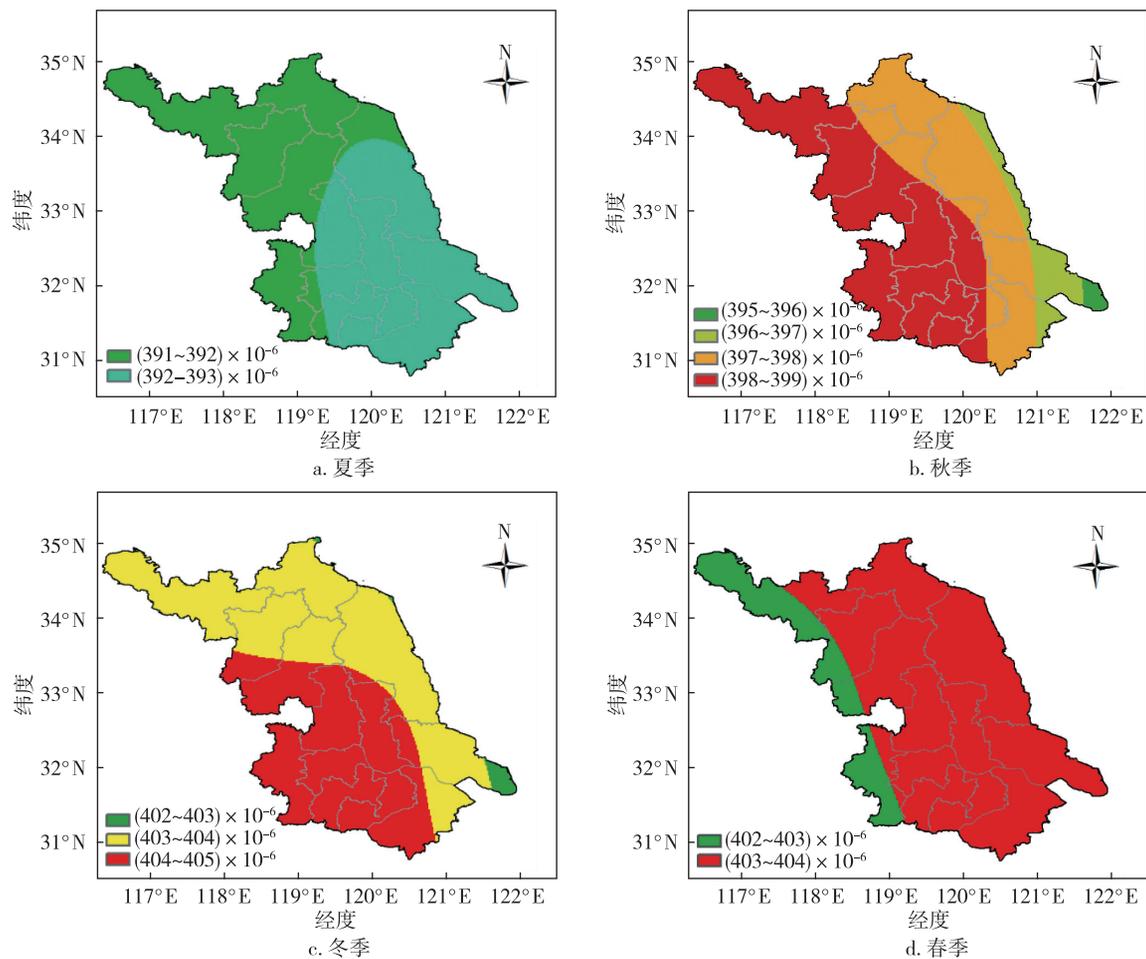


图 4 2009 年 6 月—2011 年 5 月江苏 975 hPa 高度层 CO<sub>2</sub> 体积分数的季节分布  
Fig. 4 Seasonal distribution of GOSAT CO<sub>2</sub> in Jiangsu during June 2009 to May 2011

表 1 2009 年 6 月—2011 年 5 月 CO<sub>2</sub> 增量以及气候因子季节平均值

Table 1 CO<sub>2</sub> concentration increases and climate factors in each season during June 2009 to May 2011

	2009 夏季	2010 夏季	2009 秋季	2010 秋季	2009 冬季	2010 冬季	2010 春季	2011 春季
降水/mm	588.4	429.2	184.7	205.2	152.1	58.6	266.6	108.1
气温/°C	26.6	27.0	17.0	17.4	3.8	2.8	13.3	14.9
日照/h	491.7	572.0	458.6	515.5	404.2	497.7	498.2	661.0
风速/(m/s)	2.3	2.2	2.1	2.0	2.4	2.3	2.9	2.5
CO <sub>2</sub> 体积分数增量/10 <sup>-6</sup>		3~5		3~5		2~4		2~4

### 2.3 CO<sub>2</sub> 浓度的日变化

图5给出了2009年6月—2011年5月南京站和徐州站975 hPa高度层CO<sub>2</sub>浓度日变化(包含02、08、14和20共4个时次),图中数值由格点数据插值得到.从图5中可以发现南京站4个时次的CO<sub>2</sub>体积分数都要高于徐州站,这与图2中江苏南部CO<sub>2</sub>体积分数高于北部相一致.同时还可以发现两者日变化曲线趋势基本一致,02时CO<sub>2</sub>体积分数最高,08时略有下降,14时与08时相比体积分数下降可达 $(3\sim 4)\times 10^{-6}$ ,20时CO<sub>2</sub>体积分数又有所回升.这同样与植被的光合作用有关,02时植被不进行光合作用因此CO<sub>2</sub>体积分数高,而14时植被光合作用最强,因此CO<sub>2</sub>体积分数低.

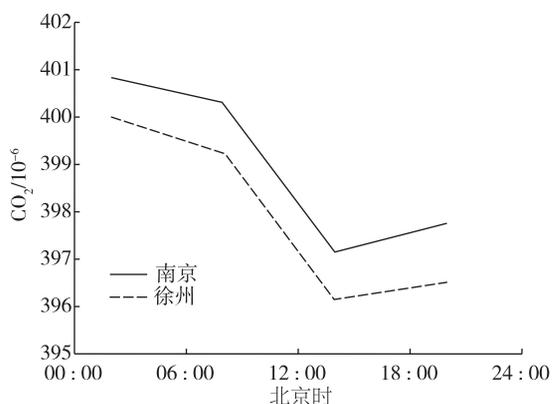


图5 2009年6月—2011年5月南京站和徐州站975 hPa高度层CO<sub>2</sub>体积分数日变化

Fig. 5 Diurnal variations of GOSAT CO<sub>2</sub> in Nanjing and Xuzhou station during June 2009 to May 2011

### 3 结论

本文利用GOSAT卫星反演的CO<sub>2</sub>浓度数据,研究了江苏地区CO<sub>2</sub>的空间分布、季节变化、季节增量变化以及日变化,得出以下结论:

1) 975 hPa高度层CO<sub>2</sub>体积分数为 $(398\sim 400)\times 10^{-6}$ ,850 hPa高度层CO<sub>2</sub>体积分数为 $(393\sim 394)\times 10^{-6}$ ,江苏地区CO<sub>2</sub>水平空间差异小于CO<sub>2</sub>垂直分布差异.

2) 在季节变化上,CO<sub>2</sub>体积分数冬季为 $(402\sim 405)\times 10^{-6}$ ,春季为 $(402\sim 404)\times 10^{-6}$ ,夏季为 $(391\sim 393)\times 10^{-6}$ ,秋季为 $(395\sim 399)\times 10^{-6}$ ,这主要与植被光合作用的强弱变化有关;比较前后2年的CO<sub>2</sub>浓度数据,夏季和秋季的增速为 $(3\sim 5)\times 10^{-6}$ ,冬季和春季的增速为 $(2\sim 4)\times 10^{-6}$ .春季增速较慢与光照、气

温增幅较大有关.

3) 在日变化上,将02、08、14、20共4个时次的GOSAT数据插值到徐州和南京站,发现徐州和南京站02时CO<sub>2</sub>体积分数最高,14时CO<sub>2</sub>体积分数最低,这也与光合作用的强弱有关.

**致谢:**感谢GOSAT项目组提供的CO<sub>2</sub>卫星遥感资料;感谢WMO Global Atmosphere Watch World Data Centre for Greenhouse Gases以及瓦里关本底站和上甸子观测站提供的CO<sub>2</sub>数据.

### 参考文献

#### References

- [1] World Meteorological Organization Global Atmosphere Watch Programme. WMO greenhouse gas bulletin: The state of greenhouse gases in the atmosphere based on global observations through 2013 [R]. 2014, 10: 1-8
- [2] Hartmann D L, Klein T, Rusticucci M, et al. Observations: Atmosphere and surface [R]. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom, and New York, USA: Cambridge University Press, 2014
- [3] Liu Y, Yang D X, Cai Z N. A retrieval algorithm for TanSat XCO<sub>2</sub> observation: Retrieval experiments using GOSAT data [J]. Chinese Science Bulletin, 2013, 58 (13): 1520-1523
- [4] Bai W G, Zhang X Y, Zhang P. Temporal and spatial distribution of tropospheric CO<sub>2</sub> over China based on satellite observations [J]. Chinese Science Bulletin, 2010, 55 (31): 3612-3618
- [5] 麦博儒, 邓雪娇, 安兴琴, 等. 基于卫星遥感的广东地区对流层二氧化碳时空变化特征 [J]. 中国环境科学, 2014, 34 (5): 1098-1106  
MAI Boru, DENG Xuejiao, AN Xingqin, et al. Spatial and temporal distribution of tropospheric CO<sub>2</sub> concentrations over Guangdong province based on satellite observations [J]. China Environmental Science, 2014, 34 (5): 1098-1106
- [6] 王金南, 蔡博峰, 曹东, 等. 中国10 km二氧化碳排放网格及空间特征分析 [J]. 中国环境科学, 2014, 34 (1): 1-6  
WANG Jinnan, CAI Bofeng, CAO Dong, et al. China 10 km carbon dioxide emissions grid dataset and spatial characteristic analysis [J]. China Environmental Science, 2014, 34 (1): 1-6
- [7] 刘立新, 周凌曦, 张晓春, 等. 我国4个国家本底站大气CO<sub>2</sub>浓度变化特征 [J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2009, 39 (2): 222-228  
LIU Lixin, ZHOU Lingxi, ZHANG Xiaochun, et al. The characteristics of atmospheric CO<sub>2</sub> concentration variation of four national background stations in China [J]. Science

- in China Series D: Earth Science, 2009, 39(2): 222-228
- [ 8 ] 蒲静娇, 徐宏辉, 顾俊强, 等. 长江三角洲背景地区 CO<sub>2</sub> 浓度变化特征研究 [ J ]. 中国环境科学, 2012, 32(6): 973-979  
PU Jingjiao, XU Honghui, GU Junqiang, et al. Study on the concentration variation of CO<sub>2</sub> in the background area of Yangtze River Delta [ J ]. China Environmental Science, 2012, 32(6): 973-979
- [ 9 ] 李邹, 方双喜, 和春荣, 等. 香格里拉本底站大气 CO<sub>2</sub> 浓度及变化特征初步研究 [ J ]. 环境化学, 2012, 31(12): 1996-2001  
LI Zou, FANG Shuangxi, HE Chunrong, et al. Preliminary study of the atmospheric CO<sub>2</sub> concentration and its variation at Xianggelila background station [ J ]. Environment Chemistry, 2012, 31(12): 1996-2001
- [ 10 ] 栾天, 周凌晞, 方双喜, 等. 龙凤山本底站大气 CO<sub>2</sub> 数据筛分及浓度特征研究 [ J ]. 环境科学, 2014, 35(8): 2864-2870  
LUAN Tian, ZHOU Lingxi, FANG Shuangxi, et al. Atmospheric CO<sub>2</sub> data filtering method and characteristics of the molar fractions at the Longfengshan WMO/GAW regional station [ J ]. China Environmental Science, 2014, 35(8): 2864-2870
- [ 11 ] 侯姗姗, 雷莉萍, 关贤华. 温室气体观测卫星 GOSAT 及产品 [ J ]. 遥感技术与应用, 2013, 28(2): 269-275  
HOU Shanshan, LEI Liping, GUAN Xianhua. A General Introduction to Greenhouse Gases Observing Satellite (GOSAT) and its products [ J ]. Remote Sensing Technology and Application, 2013, 28(2): 269-275
- [ 12 ] 买苗, 火焰, 曾燕, 等. 江苏省太阳总辐射的分布特征 [ J ]. 气象科学, 2012, 32(3): 269-274  
MAI Miao, HUO Yan, ZENG Yan, et al. The distribution characteristics of total solar radiation in Jiangsu province [ J ]. Journal of the Meteorological Sciences, 2012, 32(3): 269-274
- [ 13 ] 冯涛, 张录军, 柳竞先, 等. 北半球近地层典型区 CO<sub>2</sub> 体积分数时空分布及成因 [ J ]. 气象科学, 2014, 34(5): 491-498  
FENG Tao, ZHANG Lujun, LIU Jingxian, et al. Spatial-temporal distribution and cause of volume fraction of CO<sub>2</sub> in northern hemisphere [ J ]. Journal of the Meteorological Sciences, 2014, 34(5): 491-498

## Spatial-temporal distribution of CO<sub>2</sub> in Jiangsu

LU Peng<sup>1</sup> ZHANG Hua<sup>2</sup> LIU Duanyang<sup>3</sup> XIANG Ying<sup>1</sup> XU Xiazhen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jiangsu Climate Center, Nanjing 210009

<sup>2</sup> Laboratory for Climate Studies, Chinese Meteorological Administration, Beijing 100081

<sup>3</sup> Wuxi Meteorological Observatory of Jiangsu Province, Wuxi 214101

**Abstract** CO<sub>2</sub> concentrations retrieved by Greenhouse gases Observing SATellite (GOSAT) are used to study the spatial and temporal distribution of CO<sub>2</sub> in Jiangsu province. The good agreement between the GOSAT data and ground-based measurements in Waliguan and Shangdianzi stations, which is shown in comparative analysis, validates the GOSAT data for CO<sub>2</sub> concentrations retrieval. The spatial-temporal characteristics of CO<sub>2</sub> concentration by GOSAT data are listed and analyzed for Jiangsu province during June 2009 to May 2011. The volume fraction of CO<sub>2</sub> are at the range of  $398 \times 10^{-6}$  -  $400 \times 10^{-6}$  and  $393 \times 10^{-6}$  -  $394 \times 10^{-6}$  at 975 hPa and 850 hPa, respectively. The volume fraction of CO<sub>2</sub> changes less in horizontal than in vertical direction. As for seasonal distribution, the maximum and minimum CO<sub>2</sub> concentrations are found in winter and summer, respectively, which can be related to photosynthesis variation in different seasons. As shown by the two years' data, the volume fraction of CO<sub>2</sub> increases by  $3 \times 10^{-6}$  -  $5 \times 10^{-6}$  in summer and autumn, and  $2 \times 10^{-6}$  -  $4 \times 10^{-6}$  in winter and spring. The diurnal variation of CO<sub>2</sub> concentrations shows peak at 02:00 and trough at 14:00 in Nanjing and Xuzhou station, which may be attributed to vegetation's photosynthesis variation at diurnal level.

**Key words** GOSAT data; CO<sub>2</sub> concentration; spatial distribution; seasonal variation; diurnal variation