

支星,敖翔宇. 上海郊区二氧化碳通量特征分析[J]. 气象研究与应用, 2021, 42(1): 41–47.

Zhi Xing, Ao Xiangyu. Analysis of carbon dioxide flux characteristics in Shanghai suburb[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2021, 42(1): 41–47.

上海郊区二氧化碳通量特征分析

支 星^{1,3}, 敖翔宇^{2,3,4}

(1.上海市气象局科技处, 上海 200030; 2.中国气象局上海台风研究所, 上海 200030;

3.中国气象局上海城市气候变化应对重点开放实验室, 上海 200030;

4.上海市气象与健康重点实验室, 上海 200030)

摘要: 利用上海郊区奉贤的涡动相关通量观测资料, 对 2015 年 9 月至 2016 年 8 月二氧化碳(CO₂)通量的时空分布特征、年总排放量进行了分析。结果表明, 上海奉贤春、夏、秋季的 9—14 时 CO₂ 通量几乎全为负值, 冬季 CO₂ 通量则全天均为正值。奉贤 CO₂ 通量没有明显的周末效应。植物光合作用是影响奉贤 CO₂ 通量时间变化特征的主要因素。各方向 CO₂ 通量大小与其周边下垫面情况密切相关, 受植被覆盖影响, 绝大部分方向的夏季白天 CO₂ 通量明显低于其他季节。奉贤 CO₂ 年总排放量为 3.83 kg·m⁻², 明显小于植被覆盖率较低的东京、墨尔本和北京的郊区, 也明显小于上海的中心城区。

关键词: 二氧化碳通量; 郊区; 涡动相关法; 光合作用

中图分类号: P49

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2021.1.07

OSID:



引言

随着城市城区面积扩大、人口增加、工商业发展、交通流量增加, 城市的 CO₂ 排放量也相应增加。针对城市地气间 CO₂ 交换开展研究, 可以深刻理解城市生态系统在全球碳循环中的地位与作用^[1-4]。

城市 CO₂ 通量的研究一般采用涡动相关法(Eddy Covariance), 该方法通过计算温度、相对湿度和气体浓度等要素的脉动与风速脉动的协方差, 能直接获得 CO₂ 通量、感热和潜热通量等。该方法可稳定捕捉 10Hz 左右的脉动, 最初主要应用于下垫面平坦均匀的自然地表^[5], 近年来逐渐扩展应用于城市中心城区和城郊地区。

欧美的一些发达国家较早就开始在城郊地区进行 CO₂ 通量的观测分析, Coutts 等^[6]发现澳大利亚墨尔本郊区夏季湍流混合发生得更早, 使得 CO₂ 的早高峰效应不那么明显。Crawford 等^[7]发现美国马里

兰郊区巴尔的摩的生长季节, 白天植物光合作用、夜间土壤温度与 CO₂ 通量变化息息相关。Ward 等^[8]发现伦敦近郊城市史云顿夏季白天 CO₂ 通量与植物光合作用相关性大, 晨间由于垂直混合作用增强, CO₂ 通量增加。Velasco 等^[9]比较分析了世界不同地区 CO₂ 通量特征, 发现其早晚高峰与交通、人类活动、供暖(制冷)有关。

CO₂ 通量的观测分析在国内目前主要集中在北京、沈阳、上海等大型城市的中心城区。例如, 贾庆宇等^[10]发现在供暖前, 沈阳中心城区 CO₂ 通量的变化趋势与温度的变化曲线存在着一定对应关系。Ao 等^[11]发现上海中心城区徐家汇的 CO₂ 通量变化主要受交通流量影响, 呈现明显的早晚高峰效应。支星等^[12]发现上海中心城区徐家汇冬季的 CO₂ 通量普遍小于其他季节, 尤其在早高峰时段更为明显, 节假日 CO₂ 通量的早高峰效应并不明显。

上述研究表明, CO₂ 通量受气象要素、人类活

收稿日期: 2020-10-18

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(42005077)、上海市青年科技英才扬帆计划项目(19YF1443900)、上海市气象局面上项目(MS201803)

作者简介: 支星, 男, 工程师, 主要从事城市气象与气候变化研究工作。E-mail: zxlbb1987@163.com

动、经济社会发展和生态学过程等影响,在不同城市或相同城市不同区域不尽相同。上海作为中国的经济中心,郊区和中心城区在人口密度、土地覆盖类型、能源消耗和排放方式等方面有较大区别,而城郊结合部又是城市扩张较为敏感的地区,因此,针对上海郊区下垫面特点开展 CO₂ 通量观测分析显得十分必要^[13-15]。

本文利用 2015 年 9 月 1 日至 2016 年 8 月 31 日 CO₂ 通量观测资料,分析上海郊区奉贤的 CO₂ 通量的时空分布特征,期望研究结果能为城市温室气体减排和城市规划制定等提供科学依据。

1 资料和方法

1.1 研究地点概况

高为 28m 通量观测塔(FX,30.89°N,121.5°E)位于上海市奉贤区气象局观测场内,图 1 给出了研究时段平均的通量贡献源区范围。由图可知,观测塔周边 1500m 范围约涵盖了 80%的通量贡献源区,源区总体上呈东南—西北走向,这与观测塔周边全年的主导风向(东南风)一致。东侧的源区较大,主要是该侧除 250m 处有一条南北走向的金海公路外,其

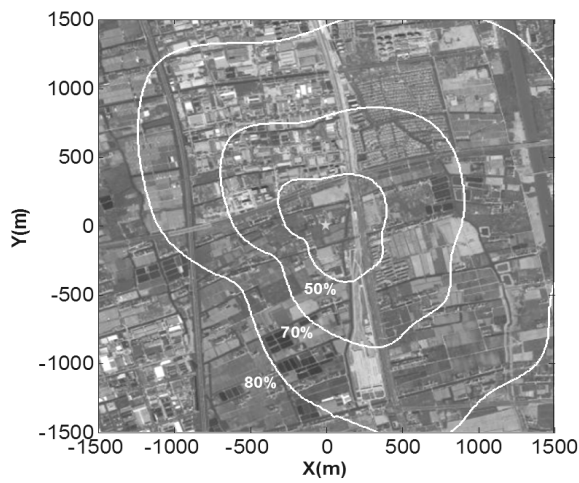


图 1 奉贤观测塔周边 1500m 范围下垫面覆盖及足迹分布等值线表示源区贡献率(从里到外:50%、70%和 80%)

他均以农田为主。观测塔周边 1500m 范围内以绿地和居民区为主,建筑物比例约为 14%(主要分布在北侧和东南侧),不透水路面比例为 20%。根据 Liu 等^[16]研究,2016 年 5—10 月奉贤通量观测塔周围 1km 范围内树木、草地等植被覆盖率高达 63%,远高于中心城区徐家汇站的 17%^[11]。因此,奉贤站与中心城区徐家汇站下垫面多为建筑物有显著的区别,属于典型的郊区站。

奉贤区整体位于上海东南边,与浦东新区、金山区、松江区、闵行区等接壤,南临杭州湾^[17]。奉贤区气象局地处上海市奉贤区金海公路旁,地理位置明显属于郊区。

1.2 仪器介绍

奉贤通量观测塔上的观测仪器(表 1)包括三维风速风向仪、开路气体分析仪、四分量辐射通量观测仪、温湿度传感器、红外温度传感器。其中,开路气体分析仪(EC150)和三维风速风向仪(CSAT3A)用来获取 CO₂ 通量、感热通量和潜热通量数据,仪器安装方位为东南向约 115°,与盛行的东南风基本一致;四分量辐射通量观测仪(CNR4)用来获取向上和向下的长短波辐射通量数据,仪器安装方向为正南方向;温湿度传感器(HMP155A)和红外温度传感器(SI-111)用来获取温度和相对湿度数据。上述数据采样频率均为 10Hz。

1.3 数据处理

首先,对原始数据进行野点剔除,并消除非均匀地表对垂直风速的影响,利用超声虚温订正以及密度订正,修正湿度对超声速仪的影响以及空气密度变化引起的误差,得到 30min 的通量数据集。其次,将湍流混合不够充分的数据(摩擦速度小于 0.1m·s⁻¹的数据)予以剔除^[18]。再次,将夜间 CO₂ 通量为负值(红外气体分析仪光谱效应所带来的系统误差)的数值剔除。最后,对缺失和删除的 CO₂ 通量数据进行插补,插补时,依据连续缺失数据的长度选择不同的插补方法^[19]。2015 年 9 月 10—14 日、2016 年 6 月

表 1 涡动相关系统仪器说明

仪器名称	仪器型号	观测参数	安装高度 (m)	备注
三维风速风向仪	CSAT3A	三维风速及声速	28	Campbell
开路气体分析仪	EC150	CO ₂ 、H ₂ O 浓度	28	Campbell
四分量辐射通量观测仪	CNR4	向上、向下短波和长波辐射通量	28	Kippzonen
温湿度传感器	HMP155A	空气温度、相对湿度	28	Campbell
红外温度传感器	SI-111	表面温度	28	Campbell

22—30 日两个时段数据缺失(设备故障)。通过上述质量控制,约有 84%的数据用于本文的研究与分析。

本文选取的研究时段为 2015 年 9 月 1 日至 2016 年 8 月 31 日,并分为秋季(9—11 月)、冬季(12—2 月)、春季(3—5 月)和夏季(6—8 月)。

2 观测期间的气象条件

奉贤临江濒海,为亚热带季风气候,主导风向为东南风,四季分明、日照充足、雨水充沛^[17]。2015 年 9 月 1 日—2016 年 8 月 31 日的月平均气温和月累计降水量的分布情况见图 2。观测期间年平均气温为 17.0℃,与同时期中心城区徐家汇的平均气温(17.9℃)相比偏低近 1℃。最高月平均气温出现在 2016 年 7 月的 29.3℃,最低月平均气温出现在 2016 年 1 月的 4.6℃。观测时间段内的年降水量为 1 316.7mm,较同期中心城区徐家汇站的降水量(1 366.2mm)略有偏低,主要降水月份集中在受梅雨天气影响的 2016 年 6 月(292.5mm)。观测时间段全年风速以东南风为主(图略),春、夏季尤为明显,且夏季相比于其他季节风速较大,秋季以东北风为主,冬季则盛行西北风和东北风。

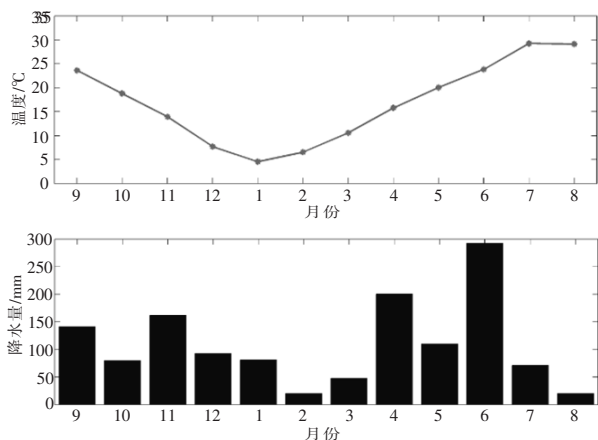


图 2 观测期间(2015.9—2016.8)奉贤月平均气温和月累计降水量的分布情况

3 CO₂ 通量的时间变化特征及影响因素

图 3 为不同季节和不同月份 CO₂ 通量的日变化图。由图可知,春、夏、秋季的 CO₂ 通量的日变化总体呈现“V”字形态,三个季节的 9—15 时,CO₂ 通量几乎全为负值,为典型的碳汇。其中夏季 CO₂ 通量碳汇的情况持续时间最长,从 8—17 时几乎全为碳

汇,正午 12 时 CO₂ 通量最低,为 $-9\mu\text{mol}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{s})^{-1}$ 左右。冬季 CO₂ 通量的日变化则呈现连续的“W”字形态,全天 CO₂ 通量均为正值,为 CO₂ 通量的源区,冬季 CO₂ 通量在 8—17 时明显高于其他季节,冬季其他时段的 CO₂ 通量与春、夏、秋季差不多,没有体现出与中国北方北京、沈阳等城市明显高于其他季节的规律^[10,19],主要是因为上海冬季没有北方城市那样集中供暖,没有因供暖产生额外化石燃料燃烧带来的 CO₂ 通量增加。

为具体分析奉贤 CO₂ 通量时间变化的影响因

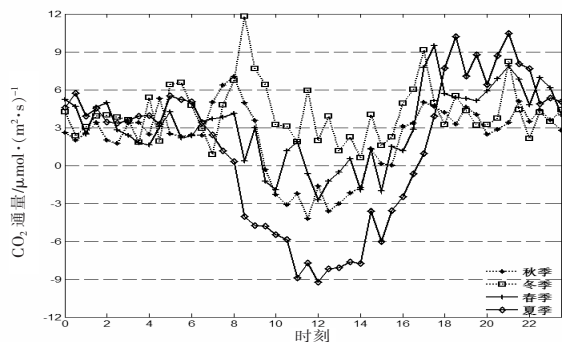
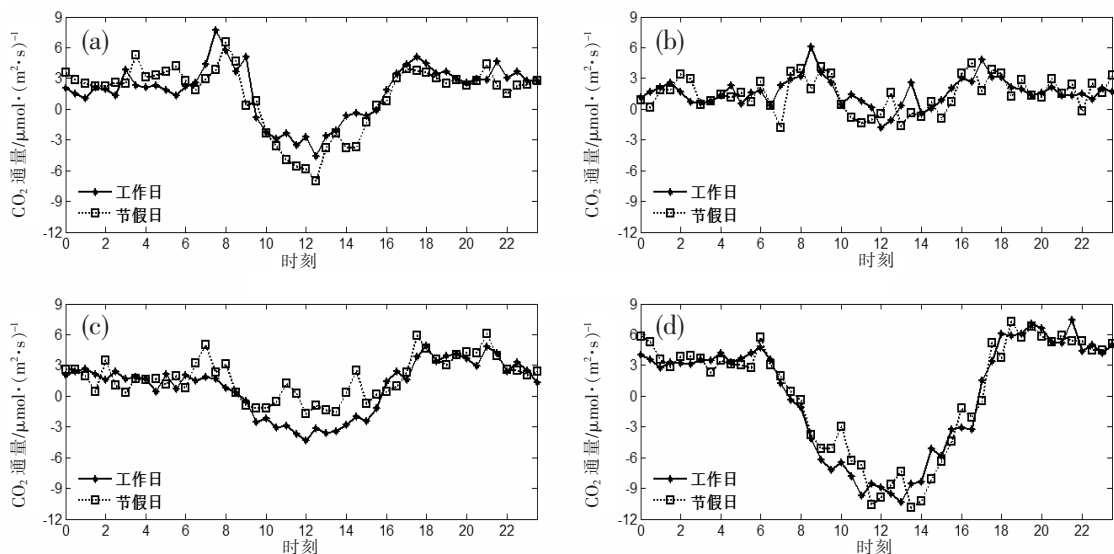


图 3 观测期间不同季节 CO₂ 通量的日变化

素,主要从交通、居民日常生活燃气消耗、植物光合作用、植物呼吸作用等角度进行分析。

交通方面,从不同季节工作日、节假日 CO₂ 通量的日变化图(图 4)来看,奉贤各个季节节假日 CO₂ 通量的日变化曲线与工作日类似,没有明显的周末效应,这与很多城市站^[10-12]不同。在城市站,由于节假日交通流量相对较少,往往节假日的 CO₂ 通量在白天明显低于工作日。此外,除了秋、冬季工作日的早高峰时段外,春夏季 CO₂ 通量的早高峰和各个季节 CO₂ 通量的晚高峰现象均不明显,这与伦敦、墨尔本、马里兰^[6-8]等城市郊区 CO₂ 通量观测结果有所差异。上述研究结论体现出,奉贤 CO₂ 通量的时间变化受交通因素影响较小,这主要和奉贤人口密度较小,居民上下班距离较近有关,居民上下班出行对汽车的依赖较中心城区小,这与窦军霞等人对北京郊区顺义的研究结论类似^[19]。

由图 1 可知,本文周边除了绿地外,以居民区为主。因此,有必要考虑居民日常生活燃气消耗对 CO₂ 通量时间变化的影响。本文利用上海市奉贤区的城市燃气的逐日数据,参考窦军霞等的研究^[19],发现奉贤区人均每月天然气使用量占全年用气量的比值在 7%~9.7%之间,呈现夏季相对较少,冬季相对较多的

图4 观测期间不同季节工作日、节假日 CO₂ 通量的日变化

(a)秋季;(b)冬季;(c)春季;(d)夏季

特征(图5),各季节间差异不大。同时,利用天然气燃烧生成的 CO₂ 公式:

$$\text{CO}_{2\text{NG}} = 2.7433 \cdot \text{NG}_c \cdot \left(\frac{f_{\text{ngm}}}{d_m} \right) \cdot f_{\text{ng}} \cdot \rho_{\text{ng}} \cdot \rho_p \quad (1)$$

式(1)中 CO_{2NG} 是天然气燃烧生成的 CO₂ 量 (kgkm⁻¹h⁻¹), NG_c 为奉贤区 2016 年人均用气量 (161.7m³), f_{ngm} 和 f_{ng} 代表每个居民天然气月用量在全年所占的比值及天然气小时用量在全天所占的比值, d_m 是每个月的天数(以 31 算), ρ_{ng} 是天然气的密度 (0.72kgm⁻³), ρ_p 是观测站周围的人口密度 (2057 人·km⁻²)。

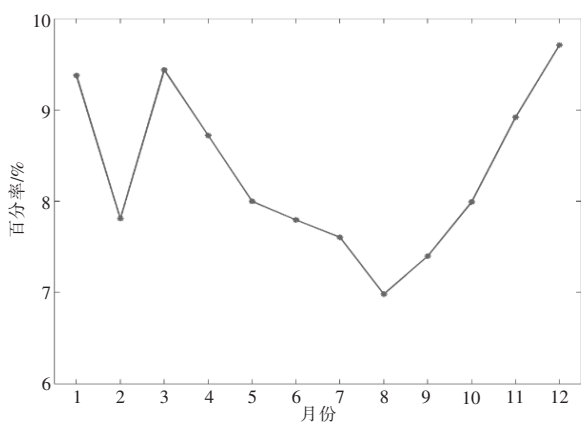


图5 上海奉贤人均月用气量比值的月变化

由式(1)可知,即使在全年用气量最大的 12 月和 1 月,按早高峰峰值时刻(8—9 时)来算,由天然气燃烧生成的 CO₂ 通量为 2.6μmol·(m²·s)⁻¹,仅占 1 月份早高峰峰值 23μmol·(m²·s)⁻¹ 的 11% 左右。因

此,可认为居民日常生活排放的 CO₂ 量相比于同期的总量有限。值得一提的是,本文研究地点的居民区中,不可避免地混杂有旅馆、饭店、五金电器厂等,它们在生产 and 经营时也会排放出少量的 CO₂, 但这部分数据并不掌握,暂无法确定这部分 CO₂ 通量的大小和季节差异。

植物光合作用是造成 CO₂ 通量时间变化的主要原因。从图 3 中可知,四季的白天 CO₂ 通量差异较大,夏季作为植物生长最为旺盛的季节,植物的光合作用最为显著,夏季白天的 CO₂ 通量明显低于其他季节,伴随着太阳的早早升起,甚至在 8—9 时即已开始出现 CO₂ 通量的负值,最低可达 -9μmol·(m²·s)⁻¹,植物光合作用完全抵消了交通和人为活动的影响。相反,在冬季的白天,CO₂ 通量则全为正值,说明冬季阳光不足,植物光合作用吸收的 CO₂ 不能抵消交通和人为活动的影响。

夜间 CO₂ 主要来自土壤呼吸和人为排放^[7,20]。夜间 CO₂ 通量的大小可以用 5cm 地温来很好的指示(图略),伴随着地温的增加,植物呼吸作用增强,CO₂ 通量也相应增加,这也与 Crawford 等^[7]对于美国城郊巴尔的摩(植被覆盖 67.4%)的研究结果类似。但是即使土壤温度相差 40℃(图略),CO₂ 通量也仅相差不到 1.5μmol·(m²·s)⁻¹,这也一定程度上与图 3 中夏季夜间的 CO₂ 通量略高于其他季节相吻合。

综上,植物光合作用是影响上海郊区奉贤的 CO₂ 通量的时间变化特征的主要因素。

4 各方向 CO₂ 通量的分布特征

白天、夜间 CO₂ 通量在不同方位的分布情况如图 6 所示。从不同时段(白天和夜间)来看,夜间 CO₂ 通量基本为弱的正值,大多在 0~5 $\mu\text{mol}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{s})^{-1}$,各个方位上差异不大,这是因为夜间几乎没有光照,交通流量也相对较少,CO₂ 的释放主要为人为活动和植物的呼吸,因此各方位上差异不大。在 150~270°的方向上,白天 CO₂ 通量的均值基本为负,呈现出碳汇的现象,而这是因为这一方向区域多为植被覆盖,白天光合作用强烈,CO₂ 吸收较多。除了 150~270°的方向外(0~150°、270~360°方位),白天 CO₂ 通量的均值和夜间差不多,这是因为这些方位上,虽然也有一定程度的植被覆盖,但北面平庄西路和东面金海公路上交通流量产生的 CO₂ 部分抵消了植物的光合作用。

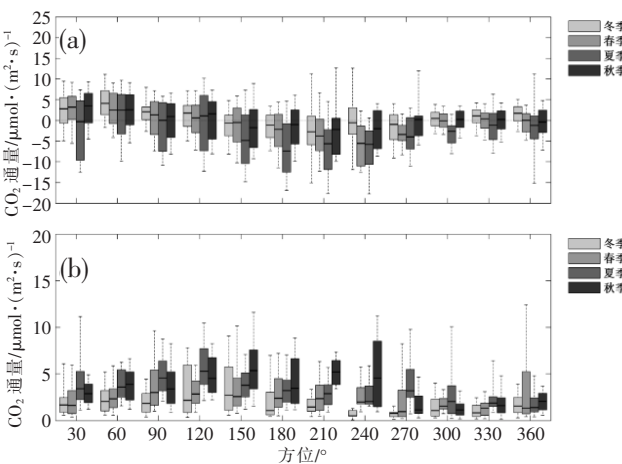


图 6 观测期间白天(a)、夜间(b)CO₂ 通量在不同方位的分布情况

从不同季节来看,白天绝大部分方位上,夏季的 CO₂ 通量明显低于其他季节,这与夏季植物光合作用强烈有关,而在 90~120°方位上,夏季和其他季节

的 CO₂ 通量差不多,这是由于夏季温度较高,该方位上交通流量较大的金海公路上各类交通工具内的空调开启,化石燃料消耗加剧,造成 CO₂ 通量的排放明显增加,抵消了部分光合作用吸收的 CO₂ 通量。

5 CO₂ 通量的年总排放量

从奉贤 CO₂ 通量和气温的月平均值的变化情况来看(图略),从 2015 年 9 月到 2016 年 1 月,CO₂ 通量基本呈现随气温的降低而升高的态势,这是因为从秋季入冬,伴随着气温的逐渐降低,日照时次逐渐减少,植物的光合作用逐渐减弱,而交通工具内制暖空调开启带来的燃料燃烧释放的 CO₂ 逐渐增多。2016 年 4—8 月,CO₂ 通量基本呈现随气温的升高而降低的态势,并在 8 月达到了 CO₂ 通量的最低值,约为 0.37 $\mu\text{mol}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{s})^{-1}$ 左右。这是因为在春末和夏季,伴随着气温的回升,植物光合作用逐渐增强,吸收的 CO₂ 也越来越多。

由观测期间 CO₂ 通量数据集,计算得出上海郊区奉贤 CO₂ 年总排放量为 3.83 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。对比国内外不同城市郊区 CO₂ 通量的年总排放量(表 2),可知,奉贤的 CO₂ 年总排放量明显小于植被覆盖率较低的日本东京、澳大利亚墨尔本和中国北京等城市的郊区。对比支星等^[12]对上海中心城区徐家汇的研究也发现,奉贤的 CO₂ 年总排放量也远远小于中心城区的 44.5 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$,充分体现出郊区站和城市站的明显差异。

6 结论与讨论

利用 2015 年 9 月 1 日—2016 年 8 月 31 日的 CO₂ 通量观测资料,分析了上海郊区奉贤的 CO₂ 通量的时空变化特征以及年总排放特征,得到以下主要结论:

(1)上海奉贤春、夏、秋季的 CO₂ 通量的日变化

表 2 国内外不同城市郊区 CO₂ 通量观测的基本情况

城市	日本东京	澳大利亚墨尔本	加拿大蒙特利尔	北京	上海
观测点属性	郊区	郊区	郊区	城郊(顺义)	郊区(奉贤)
植被覆盖率/%	20.6	38	50	25.3	63
观测时段	2001.5—2002.4	2004.2—2005.6	2007.11—2009.10	2008.11—2009.10	2015.9—2016.8
观测高度/m	29	93	25	36	28
CO ₂ 年总排放量/($\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$)	11.7	8.5	5.2	13.6	3.8
数据来源	文献[21]	文献[6]	文献[20]	文献[19]	本研究

大体呈现“V”字形态,这几个季节的 9—15 时 CO_2 通量几乎全为负值。冬季 CO_2 通量的日变化则呈现连续“W”字形态,全天 CO_2 通量均为正值。奉贤 CO_2 通量没有明显的周末效应。植物光合作用是影响奉贤 CO_2 通量时间变化特征的主要因素,居民日常生活燃气消耗则对奉贤 CO_2 通量的时间变化影响有限。

(2)各方向 CO_2 通量大小与其周边下垫面情况密切相关。夜间 CO_2 通量各个方位上都为弱的正值。白天夏季除交通流量较大的金海公路方向外, CO_2 通量均明显低于其他季节。

(3)奉贤 CO_2 通量的年总排放量为 $3.83\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$,明显小于植被覆盖率较低的东京、墨尔本和北京的郊区,也明显小于上海中心城区。

本文主要以奉贤站代表上海郊区进行了 CO_2 通量的分析,下一步需要与上海中心城区的 CO_2 通量特征进行比较,突出快速城市化和城市热岛背景下 CO_2 通量的城乡差异。此外,本文主要基于观测事实进行诊断分析,发现 CO_2 通量的时间变化和光合作用最为相关,下一步需结合光合有效辐射等数据分析 CO_2 通量和光合作用的具体联系。

参考文献:

- [1] Potere D, Schneiger A. A critical look at representations of urban areas in global maps [J]. *Geo Journal*, 2007 (69): 55–80.
- [2] 叶骏菲,文秀,林奕桐,等. 基于遥感的南宁城市热岛效应时空演变分析[J]. *气象研究与应用*, 2018, 39(1): 55–58.
- [3] Kordowski K, Kuttler W. Carbon dioxide fluxes over an urban park area [J]. *Atmospheric Environment*, 2010, 44 (23): 2722–2730.
- [4] 杨健博,刘红年,费松,等. 太湖湖陆风背景下的苏州城市化对城市热岛特征的影响[J]. *气象科学*, 2013, 33(5): 473–484.
- [5] 于贵瑞,孙晓敏. 陆地生态系统通量观测的原理与方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 391–428.
- [6] Coutts A M, Beringer J, Tapper N J. Characteristics influencing the variability of urban CO_2 fluxes in Melbourne, Australia[J]. *Atmospheric Environment*, 2007, 41(1): 51–62.
- [7] Crawford B, Grimmond C S B, Christen A. Five years of carbon dioxide fluxes measurements in a highly vegetated suburban area[J]. *Atmospheric Environment*, 2011, 45(4): 896–905.
- [8] Ward H C, Hove B V, Evans J G, et al. Multi-season eddy covariance observations of energy, water and carbon fluxes over a suburban area in Swindon, UK [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2013(13): 4645–4666.
- [9] Velasco E and Roth M. Cities as Net Sources of CO_2 Review of Atmospheric CO_2 Exchange in Urban Environments Measured by Eddy Covariance Technique[J]. *Geography Compass*, 2010, 4(9): 1238–1259.
- [10] 贾庆宇,周广胜,王宇,等. 城市复杂下垫面供暖前后 CO_2 通量特征分析[J]. *环境科学*, 2010, 31(4): 843–849.
- [11] Ao X Y, Grimmond C S B, Chang Y Y, et al. Heat, water and carbon exchanges in the tall megacity of Shanghai: Challenges and results[J]. *International journal of climatology*, 2016(36): 4608–4624.
- [12] 支星, 敖翔宇. 上海中心城区二氧化碳通量特征分析[J]. *气象与环境学报*, 2020, 36(3): 72–79.
- [13] 龚元,赵敏,姚鑫,等. 城市生态系统复合下垫面碳通量特征——以上海市奉贤大学城为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2017, 26(1): 91–99.
- [14] 朱飞鸽. 上海市城市化过程中城市热岛的时空动态变化研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2011.
- [15] 朱希扬,潘晨,刘敏,等. 上海春季近地面大气 CO_2 浓度空间分布特征及其影响因素分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2015, 24(9): 1443–1450.
- [16] Liu, D W, Grimmond C S B, Tan J G, et al. A new model to downscale urban and rural surface and air temperatures evaluated in Shanghai, China [J]. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 2018, 57(10): 2267–2283.
- [17] 上海市奉贤区人民政府. 走进奉贤 [EB/OL]. <http://www.fengxian.gov.cn/shfx/subzjfx>, 2018.
- [18] Grimmond C S B, Salmond J A, Oke T R, et al. Flux and turbulence measurements at a densely built-up site in Marseille: heat, mass (water and carbon dioxide), and momentum[J]. *Journal of Geophysical Research*, 2004, 109 (D24): 24101–24120.
- [19] 窦军霞,刘伟东,苗世光,等. 北京城郊地区二氧化碳通量特征[J]. *生态学报*, 2015, 35(15): 5228–5238.
- [20] Bergeron O, Strachan I B. CO_2 sources and sinks in urban and suburban areas of a northern mid-latitude city [J]. *Atmospheric Environment*, 2011, 45(8): 1564–1573.
- [21] Moriwaki R, Kanda M. Seasonal and diurnal fluxes of radiation, heat, water vapor, and carbon dioxide over a suburban area [J]. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 2004, 43(11): 1700–1710.

Analysis of carbon dioxide flux characteristics in Shanghai suburb

Zhi Xing^{1,3}, Ao Xiangyu^{2,3,4}

(1. Department of Science and Technology, Shanghai Meteorological Administration, Shanghai 200030;

2. Shanghai Typhoon Research Institute, China Meteorological Administration, Shanghai 200030;

3. Shanghai Key Laboratory of Urban Climate Change Response, China Meteorological Administration, Shanghai 200030; 4. Shanghai Key Laboratory of Meteorology and Health, Shanghai 200030)

Abstract: Using the eddy-related flux observation data in Fengxian, a suburb of Shanghai, the temporal and spatial distribution characteristics of carbon dioxide(CO₂) flux and the total annual emissions from September 2015 to August 2016 were analyzed. The results showed that the CO₂ fluxes in Fengxian of Shanghai were almost all negative from 9 am to 2 pm in spring, summer and autumn, while which was positive in all day in winter. There was no obvious weekend effect in Fengxian CO₂ flux. Plant photosynthesis was the main factor affecting the temporal variation of CO₂ flux in Fengxian. The CO₂ flux in each direction was closely related to the surrounding underlying surface. Affected by vegetation coverage, the CO₂ flux in summer in most directions during the day was significantly lower than in other seasons. Fengxian's total annual CO₂ emission was 3.83 kg/(m²·a), which was significantly lower than the suburbs of Tokyo, Melbourne and Beijing where vegetation coverage was low, and it was also significantly lower than the central urban area of Shanghai.

Key words: CO₂ flux; suburbs; eddy covariance method; photosynthesis