

东亚地区二氧化碳体积分数变化特征

党小晨^{1,2} 张美根² 朱彬¹

摘要

利用2004年以来东亚地区10个本底观测站大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 观测资料,分析了各站大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 的变化特征及其各站之间的差异,讨论了下垫面特征、源汇作用等对 $\varphi(\text{CO}_2)$ 变化的影响。结果表明:10个本底站大气月均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 有明显的季节变化,高值多出现在冬春等寒冷季节,而低值则多出现在6—9月,属于北半球的夏季;大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 日变化趋势较为一致,15时(当地时间)前后达到全天最低,随后 $\varphi(\text{CO}_2)$ 升高,并在日落后继续积累,至清晨7时(当地时间)前后达到全天最高,之后 $\varphi(\text{CO}_2)$ 随着太阳辐射的增强而逐渐降低,且平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 水平与下垫面植被量成反比, $\varphi(\text{CO}_2)$ 日变化的幅度与下垫面植被量成反比。作为全球基准站之一的瓦里关山站,2004—2008年 $\varphi(\text{CO}_2)$ 年均值逐年增加,年增长率为 $2.28 \times 10^{-6}/\text{a}$ 。

关键词

大气 CO_2 ; 温室气体; 气候变化

中图分类号 P401

文献标志码 A

收稿日期 2011-06-30

资助项目 中国科学院战略性先导科技专项(XDA05040404); 国家自然科学基金(40875078)

作者简介

党小晨,女,硕士生, dxch-2005@163.com

张美根(通信作者),男,博士,研究员,主要从事大气环境方面的研究工作。

mgzhang@mail.iap.ac.cn

1 南京信息工程大学 大气物理学院,南京,210044

2 中国科学院大气物理研究所 大气边界层物理和大气化学国家重点实验室,北京,100029

0 引言

CO_2 是地球大气中最重要的温室气体,自19世纪以来其体积分数 $\varphi(\text{CO}_2)$ 有一个较为连续的增长,年增长率约为 $0.5 \times 10^{-6} \sim 1.5 \times 10^{-6}$,平均上升幅度约为 $0.7 \times 10^{-6}/\text{a}$,1999—2001年,平均上升幅度更是达到 $1.35 \times 10^{-6}/\text{a}$ 。2000年背景大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 为 368×10^{-6} ^[1],2005年 $\varphi(\text{CO}_2)$ 已达到 379×10^{-6} 。据估计现今所有长寿命温室气体的总等效 $\varphi(\text{CO}_2)$ 约为 455×10^{-6} ^[2]。 $\varphi(\text{CO}_2)$ 的增加有可能引起全球气温增高,随之会导致海平面上升、降水分布变异、植被分布和生产力改变等一系列环境和社会问题,同样对我国温度、降水及干湿变化都会产生影响^[3]。2009年召开的哥本哈根会议,有超过85位国家元首或政府首脑以及192个国家的环境部长出席,其规模及各方面对会议的关注足以体现出国际社会对应对气候变化问题的高度重视。世界气象组织和美国国家海洋和大气管理局等在世界各地已经建立了很多大气 CO_2 观测站^[4],同时许多国家开展了区域大气 CO_2 监测^[5],有的还对城市大气 CO_2 进行了观测^[6-7]。

众所周知,地面与大气存在着密切的联系,如动量交换、热量交换、水汽交换、物质交换,地气交换过程对大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 变化有着重要的影响,而下垫面的特征将直接影响大气中 $\varphi(\text{CO}_2)$ 变化:大气 CO_2 主要来自于动植物呼吸、腐败作用以及生物质、矿物质燃料的燃烧,这些主要的 CO_2 源与下垫面的类型有着紧密的关系;大气 CO_2 主要的汇是植物的光合作用消耗,而由于地表植被种类、植被覆盖率及生物量和植被光合作用的不同,吸收和释放的 $\varphi(\text{CO}_2)$ 也不同,导致 CO_2 汇的强度有所不同。因此,不同下垫面上方的 $\varphi(\text{CO}_2)$ 变化特征也会存在差异。

Flanagan等^[8]和Xu等^[9]对草地下垫面的 CO_2 交换特征进行分析研究,并讨论了环境因子及生理因子对碳循环的影响。Lafleur等^[10]对加拿大渥太华附近的雨养泥炭沼泽下垫面的 CO_2 数据进行分析,研究泥炭地与大气之间 CO_2 交换的年际变化,并用泥炭地碳模式(PCARS)进行模拟,与观测塔数据对比后表明该模式可较好地模拟净生态系统 CO_2 通量。

国内在大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 监测和研究方面也开展了一些工作,但多集中在西北边远地区及较大的城市。李婧等^[11]对不同生态系统(沙丘、

轻度放牧草原、中度放牧草原、重度放牧草原、无放牧草原、玉米田和大豆田)下垫面之上的 CO₂ 通量进行研究,讨论了 CO₂ 通量与环境 and 人为干扰因子的关系. 徐玲玲等^[12]对青藏高原高寒草甸生态系统净二氧化碳交换量数据进行分析,讨论了净二氧化碳交换量日变化规律,及其与光合作用有效辐射、降水、温度等环境因子之间的关系. 温玉璞等^[13]及周凌晞等^[14-15]对瓦里关山本底站的以 CO₂ 为主的温室气体观测数据进行了分析,并与全球温室气体变化特征相比较,研究表明瓦里关山站的主要温室气体观测资料既能体现亚洲内陆地域特点又具有全球代表性. 中国科学院大气物理研究所 1993 年开始对北京城区大气 φ(CO₂) 进行长期观测,从 1999 年起又开始了每天 24 h 不间断采样. 王长科等^[16]对这些观测资料进行处理,分析研究北京城市下垫面之上 φ(CO₂) 变化特征及其影响因素.

本文对东亚地区 10 个本底观测站 2004 年以来的大气 φ(CO₂) 观测数据进行了处理分析,从下垫面特征、源汇特征等角度分析各观测站大气 φ(CO₂) 的变化规律及其各站之间存在的差异及其原因.

1 资料来源

本文所用的大气 φ(CO₂) 数据来自世界温室气体数据中心(World Data Centre for Greenhouse Gases, WDCGG, 见 <http://gaw.kishou.go.jp/wdceg/>), 其成立于 1990 年 10 月,主要从事收集和发布大气和海洋中温室气体及相关气体(CO₂, CH₄, CFCs(氟氯烃), N₂O, O₃, CO, NO_x, SO₂, VOC(挥发性有机物)等)的浓度数据. WDCGG 从全球大气监测(Global

Atmosphere Watch, GAW) 网、科研组织及其他合作机构收集数据,截止到 2003 年 2 月 WDCGG 已经有 59 个国家的 258 个观测站为其常年提供温室气体观测数据. 本文所用 φ(CO₂) 数据包括东亚地区的 10 个本底观测站的数据,采用当地时间计时. 文中所用观测站名称均用简称代码表示,各站概况见表 1.

2 大气 φ(CO₂) 变化特征

2.1 大气 φ(CO₂) 季节变化

图 1 为东亚地图本底站 2004 年后大气 φ(CO₂) 月平均,黑色实线为各站大气 φ(CO₂) 月平均,且用误差线表示各月大气 φ(CO₂) 的标准差,从而反映观测站 φ(CO₂) 的变化范围. 由图 1 可以看到,大气月平均 φ(CO₂) 存在明显的季节变化. 因月平均 φ(CO₂) 高值出现在冬春等寒冷季节,人类燃烧矿物燃料等进行采暖,CO₂ 的人为源增强,此外地面绝大多数植被已经落叶,未落叶的常绿植物光合作用固定 CO₂ 的能力也很低,相反植被的呼吸作用较强,土壤中的有机碳氧化也会排放出 CO₂,此种条件下大气 CO₂ 源的强度全年最大而汇最弱,导致大气 φ(CO₂) 全年最高. φ(CO₂) 月平均低值多出现在 6—9 月,多属于北半球的夏季,气温较高,植物枝叶茂密,光照时间较长,降水较为充沛,因此植物的光合作用强烈,可快速固定大气中的 CO₂,加之夏季对流很活跃,近地面的 CO₂ 可迅速输送到高空,大气 CO₂ 源强度较弱而汇在全年最强,因而 φ(CO₂) 出现全年中的低值. 另外,图 1 中 φ(CO₂) 各月的变化特征存在一定的差异,说明各观测站受输送和源汇的影响程度不同.

表 1 东亚地区 10 个本底站概况

Table 1 The survey of 10 background stations in East Asia

站点全称	简称	经度/(°E)	纬度/(°N)	海拔/m
中国·瓦里关山(Mt. Waliguan)	WLG	100.9	36.3	3 810
韩国·安眠岛(Anmyeon-do)	AMY	126.3	36.5	47
韩国·天安半岛(Taeahn Peninsula)	TAP	126.1	36.7	20
韩国·孤山(Gosan)	GSN	126.2	33.3	72
日本·大船渡(Ryori)	RYO	141.8	39.0	260
日本·高山(Takayama)	TKY	137.4	36.2	1 420
日本·堂平山(Mt. Dodaira)	DDR	139.2	36.0	840
日本·骑西(Kisai)	KIS	139.6	36.1	13
日本·美川一宫(Mikawa-Ichinomiya)	MKW	137.4	34.9	50
日本·与那国岛(Yonagunijima)	YON	123.0	24.5	30

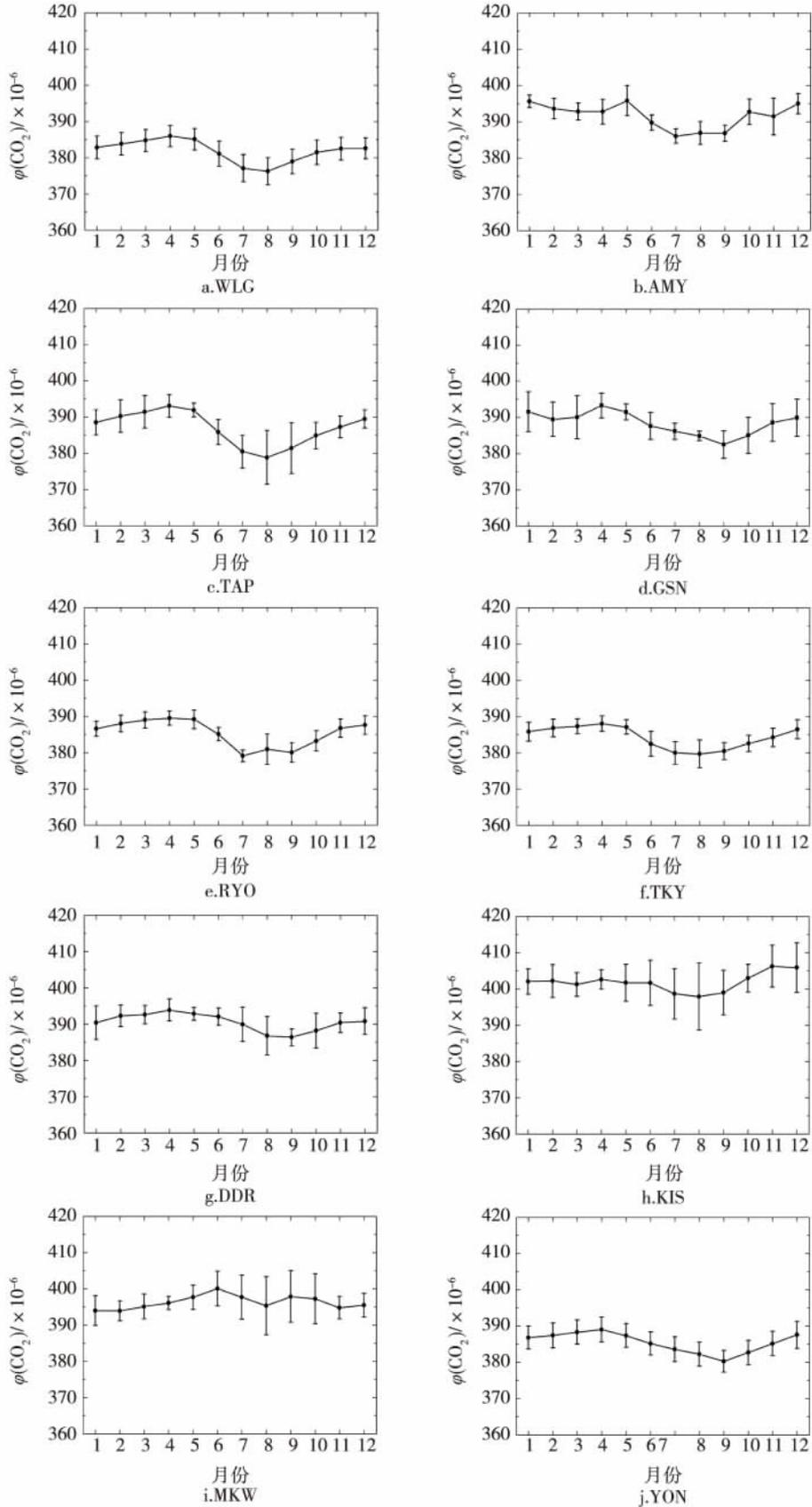


图1 东亚 10 本底站大气 φ(CO₂) 月变化

Fig. 1 Monthly variations in atmospheric CO₂ concentrations at 10 background stations in East Asia

由图 1 可以发现,瓦里关山站(WLG)的大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 月平均高值出现在 4 月,最低值出现在 8 月,且 $\varphi(\text{CO}_2)$ 水平较低(2004—2008 年平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 为 381.84×10^{-6}),且各月的 $\varphi(\text{CO}_2)$ 标准差变化较小.这是由于该站地处中国内陆且海拔较高,周边地区人为排放较小, $\varphi(\text{CO}_2)$ 主要受当地自然源及长距离输送 $\varphi(\text{CO}_2)$ 的影响.

在韩国的 3 个观测站(AMY、TAP 及 GSN)中 AMY 站 $\varphi(\text{CO}_2)$ 较其他 2 站明显要高,其原因是:AMY 站在海上,临近的海岛交通较发达,有较密集的人类活动区且植被覆盖较少,具有城市下垫面特征,交通运输、餐饮、采暖等人类活动中矿物燃料燃烧过程产生较强的 CO_2 源,其传输与扩散对 AMY 站产生很大的影响;而 GSN 站地处山地,周边的人类活动区稀少而植被较多, CO_2 源较弱;TAP 站虽然同样在海上,但临近的陆地上的道路较少,密集的人类活动区较少,但植被较多, CO_2 输送扩散对 TAP 站的影响较小.这样使得 AMY 站 $\varphi(\text{CO}_2)$ 即使在夏季 $\varphi(\text{CO}_2)$ 月平均降低时也比其他 2 站的 $\varphi(\text{CO}_2)$ 要高.另外,由各月 $\varphi(\text{CO}_2)$ 标准差可以反映出各站受输送和源汇的影响程度的差异,TAP 站 $\varphi(\text{CO}_2)$ 在夏季变化较为剧烈,此时受输送和源汇的影响大,而 AMY 站与 GSN 站则是在春季及秋季受输送和源汇的影响大.

日本各观测站(RYO、TKY、DDR、KIS、MKW 及 YON)同样在夏季前后出现 $\varphi(\text{CO}_2)$ 月平均的低值,同时期月平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 的标准差也较大.在月平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 的高值出现的时间上,KIS 站是出现在秋末冬初,同时期的 $\varphi(\text{CO}_2)$ 标准差也比其他站的要大.KIS 站地处典型的城市,海拔仅为 13 m,比其他日本站均要低,受到人类活动的影响强,存在较强的 CO_2 人为源.其他本底站月平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 高值多出现在春季前后.另外,YON 站月平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 及全年月平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 的标准差均较小,是因为该站纬度较其他站的低,更靠近赤道,且在海上的一小岛上,附近没有陆地,基本上不受人类活动的影响.

东亚地区的 10 个本底站中,瓦里关山站是全球大气监测网(GAW)的 22 个全球基准站之一,也是世界上第 1 个内陆高原型的大气本底基准监测站,位于我国青海省南藏族自治州的瓦里关山顶.周凌晞等^[15]根据瓦里关山站数年的预观测实验得出结论,该站站址环境在全年大多数情况下满足全球大气本底条件,符合 WMO/GAW 开展全球大气本底测

量的要求,并指出瓦里关山大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 变化中海洋的作用较弱,主要反映的是北半球中高纬度大陆自然生态系统源汇的周期性季节特征;大气本底 $\varphi(\text{CO}_2)$ 范围与所处纬度带平均状况基本吻合,年平均值以及年际间涨落与全球水平具有一致性,可以反映出化石燃料燃烧等人为排放对大气圈的全球影响;瓦里关山站提供的主要温室气体本底观测资料,既能体现亚洲内陆地域特点又具有全球代表性.温玉璞等^[13]的研究中,瓦里关山本底站 1991—1995 年平均大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 为 360.47×10^{-6} ,1993 年瓦里关山大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 的年增长率约为 $0.8 \times 10^{-6}/\text{a}$,1994 年约为 $1.5 \times 10^{-6}/\text{a}$.这与 20 世纪 90 年代 CO_2 年增长率略有下降,而 1993 年后又有所回升的全球趋势相符.

图 2 为瓦里关山站 2004—2008 年大气月平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 及年平均 $\varphi(\text{CO}_2)$,并对 5 a 的年平均值做趋势拟合,拟合信息见图 2 左上角.瓦里关山站 2004—2008 年平均大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 为 381.84×10^{-6} , $\varphi(\text{CO}_2)$ 年平均值逐年增加,年增长率(即拟合线斜率)约为 $2.28 \times 10^{-6}/\text{a}$,一定程度上反映了全球 $\varphi(\text{CO}_2)$ 存在上升趋势,也反映出化石燃料燃烧等人为排放的 CO_2 对全球大气存在明显的影响.

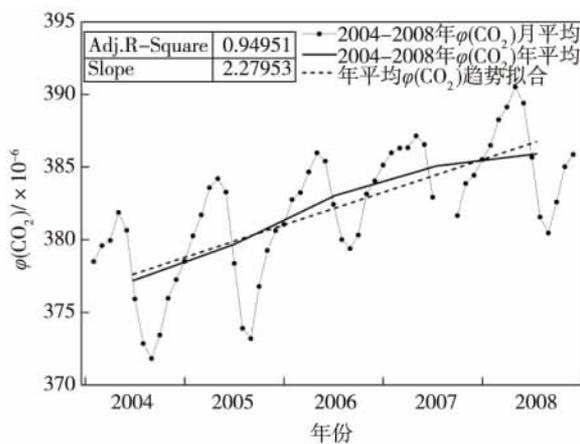


图 2 中国瓦里关山站大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 变化
Fig. 2 Atmospheric CO_2 concentration variation at Mt. Waliguan station in China

2.2 大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 日变化

图 3 为东亚地区各本底站 2004 年后大气小时平均 $\varphi(\text{CO}_2)$,文中均用当地时间计时.可以看到,各本底站大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 日变化趋势较为一致.在夜间,植物光合作用和对流输送等 CO_2 汇的强度逐渐减

弱,而土壤和生物呼吸以及工业生产等产生的 CO₂ 便在近地层大气中积累, $\varphi(\text{CO}_2)$ 逐渐上升; 另外, 清晨由于人为活动的增加, 汽车尾气的排放增多, 使得 CO₂ 进一步积累, 并在 7 时前后出现全天体积分数最高值. 日出后, 植物的光合作用逐渐增强, $\varphi(\text{CO}_2)$ 逐渐降低, 并在日落前出现最低值. 由于 18 时前后出现的交通、餐饮、取暖等人类活动晚高峰, 使得 $\varphi(\text{CO}_2)$ 有所增加, 并在夜间继续上升至清晨 7 时前后出现最高值. 在自然条件下, 气温高时植物的光合作用效率也高, 而 $\varphi(\text{CO}_2)$ 日变化最低值滞后于太阳辐射最高值的时间, 这是由于太阳辐射加热下垫面, 使温度升高需要一个过程. 另外, 虽然太阳辐射在中午最强, 但植物气孔关闭, 使得光合作用减弱, 因而此时的 $\varphi(\text{CO}_2)$ 并不是最低的. $\varphi(\text{CO}_2)$ 最低值除 AMY 站出现在 17 时前后, GSN 站 $\varphi(\text{CO}_2)$ 起伏变化不明显外, 其他站 $\varphi(\text{CO}_2)$ 低值出现的时间在 15 时前后. 原因是: AMY 站在海岛上, 太阳辐射加热下垫面时, 由于海水的热容大于陆地, 洋面附近升温较慢, 植被及海洋浮游生物的光合作用高效率时段晚于陆上站点.

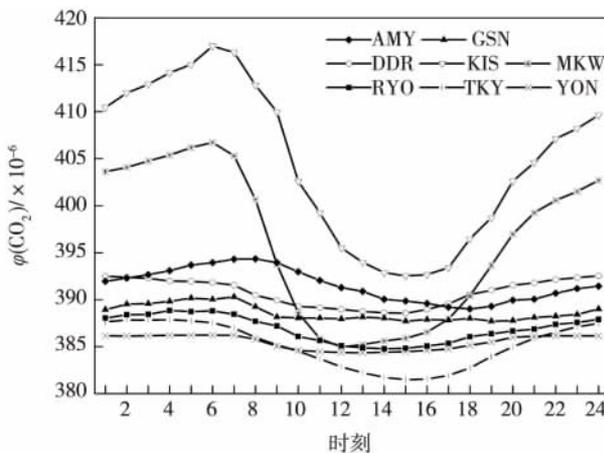


图3 东亚各本底站大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 日变化

Fig. 3 Diurnal variations in atmospheric CO₂ concentrations at background stations in East Asia

从图 3 中可以看出, 地处城市等受人类活动影响大的观测站, 如 KIS、MKW、AMY 各站大气日平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 比其他观测站日平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 明显要高. 其中 KIS 站的近年平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 达 401.80×10^{-6} , 同样 KIS 站的各月平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 比其他观测站明显要高, 因为其地形是三面有山, 东南方向有海且城市化程度很高, 有很强的 CO₂ 长期源. 而受人类活动影响较少的, 如 WLG 站近年平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 为 $381.84 \times$

10^{-6} , 地处山地, 少人类活动的 TKY 站近年平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 也仅为 384.212×10^{-6} . 由此可以看出 $\varphi(\text{CO}_2)$ 受人类活动的影响十分明显.

无论大气日平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 是多少, 图 3 中可以明显看到各站大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 日变化的幅度存在较大差异. 一般情况下, 多植被的地区人类活动较少, 而少植被的地区人类活动密集甚至是典型的城市环境, 这种情况下前者的大气日平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 要高于后者. 有研究表明^[17-20], 对一般的植物, 其他条件相同时较高的大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 有利于其光合作用. 因此, 在少植被观测站附近, 夜间植物光合作用停止后, $\varphi(\text{CO}_2)$ 因大量人为源及植物呼吸作用产生的 CO₂ 而迅速大量积累. 天气晴朗条件下, 日出后由于大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 较高, 光合作用效率较高, 使得 $\varphi(\text{CO}_2)$ 迅速降低, 这样该观测站大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 日变化幅度比多植被、少人类活动地区的观测站 $\varphi(\text{CO}_2)$ 变化幅度明显要大. 由此表明下垫面植被情况对 $\varphi(\text{CO}_2)$ 日变化产生较大的影响: 下垫面植被较密较多且受人类活动干扰小时, $\varphi(\text{CO}_2)$ 日变化较缓和, 如 RYO 站及 TKY 站, 其地处山地, 多植被; 而下垫面植被较稀疏较少且受人类活动干扰大时, $\varphi(\text{CO}_2)$ 日变化较剧烈, 如 KIS 站及 MKW 站, 其地处典型城市下垫面, 多道路、少植被. 王长科等^[16] 对北京城市大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 变化特征进行分析时也得到类似的结论: 大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 变化幅度平均值、最大值和最小值与该地受人类活动干扰程度和植被的季节变化幅度成正相关, 也就是说距离人类活动密集区域越近, 人类活动的影响强度越大, 植被的季节变化越明显, 大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 季节变化幅度越大. 说明人为活动强度和植被季节变化幅度是决定大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 季节变化幅度的主要因素.

3 结论

1) 东亚地区 10 个本底站大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 存在明显的季节变化, 月平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 高值出现的时间在冬春等寒冷季节, 月平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 低值多出现在 6—9 月, 多属于北半球的夏季.

2) 东亚地区 10 个本底站大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 存在明显的日变化且各本底站 $\varphi(\text{CO}_2)$ 日变化趋势较为一致. 日出后 $\varphi(\text{CO}_2)$ 逐渐降低, 多在 15 时前后达到全天低值 (AMY 站在 17 时前后达到最低值); 随后 $\varphi(\text{CO}_2)$ 升高, 并在日落后继续积累, 至清晨 7 时前后达到全天最高.

3) 作为全球基准站之一的瓦里关山站 (WLG)

月均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 最高值出现在 4 月,最低值出现在 8 月. 2004—2008 年平均大气 $\varphi(\text{CO}_2)$ 为 381.84×10^{-6} $\varphi(\text{CO}_2)$ 年平均值逐年增加,其趋势拟合的年增长率约为 $2.28 \times 10^{-6}/\text{a}$. 一定程度上反映了全球 $\varphi(\text{CO}_2)$ 存在上升趋势,也反映出化石燃料燃烧等人为排放的 CO_2 对全球大气存在明显的影响.

4) 植被量与受人类活动的影响程度成反比,大气平均 $\varphi(\text{CO}_2)$ 水平与植被量成反比, $\varphi(\text{CO}_2)$ 日变化的幅度与植被量成反比.

致谢: 感谢世界温室气体数据中心(WDCGG)及其观测数据.

参考文献

References

- [1] IPCC. Climate change 2001 [R]. Synthesis Report 2001: 4-5
- [2] IPCC. Climate change 2007 [R]. Synthesis Report 2007: 97
- [3] 张家诚. 二氧化碳的气候效应与华北干旱问题[J]. 气象, 1989, 15(3): 3-9
ZHANG Jiacheng. The CO_2 problem in climate and dryness in North China [J]. Meteorological Monthly, 1989, 15(3): 3-9
- [4] Inoue H Y, Matsueda H. Measurements of atmospheric CO_2 from a meteorological tower in Tsukuba Japan [J]. Tellus B 2001, 53(3): 205-219
- [5] Gerbig C, Lin J C, Wofsy S C, et al. Toward constraining regional-scale fluxes of CO_2 with atmospheric observations over a continent: 1. Observed spatial variability from airborne platforms [J]. Journal of Geophysical Research, 2003, 108(D24): 4756. doi: 10.1029/2002JD003018
- [6] Levin I, Graul R, Trivett N B A. Long-term observations of atmospheric CO_2 and carbon isotopes at continental sites in Germany [J]. Tellus B, 1995, 47B: 23-34
- [7] 何文, 刘辉志, 冯健武. 城市近地层湍流通量及 CO_2 通量变化特征[J]. 气候与环境研究, 2010, 15(1): 21-33
HE Wen, LIU Huizhi, FENG Jianwu. Characteristics of turbulent fluxes and carbon dioxide flux over urban surface layer [J]. Climatic and Environmental Research, 2010, 15(1): 21-33
- [8] Flanagan L B, Wever L A, Carlson P J. Seasonal and interannual variation in carbon dioxide exchange and carbon balance in a northern temperate grassland [J]. Global Change Biology 2002, 8(7): 599-615
- [9] Xu L K, Baldocchi D D. Seasonal variation in carbon dioxide exchange over a Mediterranean annual grassland in California [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2004, 123(1/2): 79-96
- [10] Laffleur P M, Roulet N T, Bubier J L, et al. Interannual variability in the peatland-atmosphere carbon dioxide exchange at an ombrotrophic bog [J]. Global Biogeochemical Cycles 2003, 17(2): 1036-1049
- [11] 李婧, 刘树华, 茅宇豪, 等. 不同生态系统 CO_2 通量和浓度特征分析研究 [J]. 地球物理学报, 2006, 49(5): 1298-1307
LI Jing, LIU Shuhua, MAO Yuhao, et al. Characteristics of CO_2 flux and concentration in different ecosystems [J]. Chinese Journal of Geophysics, 2006, 49(5): 1298-1307
- [12] 徐玲玲, 张宪洲, 石培礼, 等. 青藏高原高寒草甸生态系统净二氧化碳交换量特征 [J]. 生态学报, 2005, 25(8): 1948-1952
XU Lingling, ZHANG Xianzhou, SHI Peili, et al. Net ecosystem carbon dioxide exchange of alpine meadow in the Tibetan Plateau from August to October [J]. Acta Ecologica Sinica 2005, 25(8): 1948-1952
- [13] 温玉璞, 汤洁, 邵志清, 等. 瓦里关山大气二氧化碳浓度变化及地表排放影响的研究 [J]. 应用气象学报, 1997, 8(2): 129-136
WEN Yupu, TANG Jie, SHAO Zhiqing, et al. A study of atmospheric CO_2 concentration variations and emission from the soil surface at Mt Waliguan [J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology, 1997, 8(2): 129-136
- [14] 周凌晞, 周秀骥, 张晓春, 等. 瓦里关温室气体本底研究的主要进展 [J]. 气象学报, 2007, 65(3): 458-468
ZHOU Lingxi, ZHOU Xiujie, ZHANG Xiaochun, et al. Progress in the study of background greenhouse gases at Waliguan observatory [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2007, 65(3): 458-468
- [15] 周凌晞, 李金龙, 温玉璞, 等. 瓦里关山大气 CO_2 及其 $\delta^{13}\text{C}$ 本底变化 [J]. 环境科学学报, 2003, 23(3): 295-300
ZHOU Lingxi, LI Jinlong, WEN Yupu, et al. Background variations of atmospheric carbon dioxide and its stable carbon isotopes at Mt Waliguan [J]. Acta Scientiae Circumstantiae 2003, 23(3): 295-300
- [16] 王长科, 王跃思, 刘广仁. 北京城市大气 CO_2 浓度变化特征及影响因素 [J]. 环境科学, 2003, 24(4): 13-17
WANG Changke, WANG Yuesi, LIU Guangren. Characteristics of atmospheric CO_2 variations and some affecting factors in urban area of Beijing [J]. Chinese Journal of Environmental Science 2003, 24(4): 13-17
- [17] 高素华, 刘玲. 低温、干旱胁迫对抽雄期玉米叶片光化效率和光合作用速率的影响 [J]. 气象, 2007, 33(4): 88-91
GAO Suhua, LIU Ling. Impact of low temperature and drought on corn photochemical conversion effect and photosynthesis process in heading stage [J]. Meteorological Monthly 2007, 33(4): 88-91
- [18] 蒋跃林, 张庆国, 杨书运, 等. 28 种园林植物对大气 CO_2 浓度增加的生理生态反应 [J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(2): 1-6
JIANG Yuelin, ZHANG Qingguo, YANG Shuyun, et al. Ecophysiological responses of 28 species of garden plants to atmospheric CO_2 enrichment [J]. Journal of Plant Resources and Environment 2006, 15(2): 1-6
- [19] 李季春. 内蒙古羊草草原主要建群草种的光合参数 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(1): 227-230
LI Jichun. Photosynthetic parameters of major grass species in Inner Mongol China plain [J]. Chinese Agricultural

al Science Bulletin 2010 26(1) : 227-230
[20] 林伟宏. 植物光合作用对大气 CO₂ 浓度升高的反应
[J]. 生态学报, 1998, 18(5) : 530-538

LIN Weihong. Response of photosynthesis to elevated at-
mospheric CO₂ [J]. Acta Ecologica Sinica, 1998, 18(5) :
530-538

Preliminary analysis of atmospheric CO₂ variations in East Asia

DANG Xiaochen^{1, 2} ZHANG Meigen² ZHU Bin¹

1 School of Atmospheric Physics, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry,
Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029

Abstract Based on observed atmospheric CO₂ concentrations at 10 background stations in East Asia, temporal and spatial variations in atmospheric CO₂ are analyzed, and impacts of the underlying surface, source and sink upon atmospheric CO₂ levels are also discussed. Analysis results reveal that the monthly averaged CO₂ concentrations at the observation stations exhibit strong seasonal variations. The higher values appear in cold seasons such as winter and spring, while the lower values present from July to September, i. e., summer in northern hemisphere. Diurnal variations in CO₂ concentrations are approximately same at these stations. The concentration reaches its lowest at about 15:00 LST (Local Standard Time), and then goes up constantly during night and reaches its highest at 7:00 LST, and after that it decreases subsequently with the radiation strengthens. There are inverse relationships between the mean CO₂ concentration and the vegetable amount of underlying surface, and between the range of the daily concentration variation and the vegetable amount, respectively. The annually averaged CO₂ concentration rose constantly from 2004 to 2008 at Mt. Waliguan, one of global background stations, with an increase rate of 2.28×10^{-6} /a.

Key words atmospheric carbon dioxide; greenhouse gases; climate change