

我国温室气体本底浓度网络化观测的初步结果^{* 1}

周凌晔 刘立新 张晓春 张芳 姚波
温民 许林 方双喜

(中国气象科学研究院 中国气象局大气成分观测与服务中心
中国气象局大气化学重点开放实验室, 北京 100081)

摘 要

CO₂ 和 CH₄ 是《京都议定书》限排的主要温室气体。自 1990 年以来的长期观测表明,我国青海瓦里关全球本底站大气 CO₂ 和 CH₄ 浓度与北半球中纬度地区其他一些本底站的同期观测结果具有可比性,观测数据已成为 WMO 全球温室气体公报及国内外有关评估报告的重要参考依据;我国 4 个区域本底站过去一年来的采样分析结果显示:北京上甸子、浙江临安、黑龙江龙凤山、湖北金沙大气 CO₂ 和 CH₄ 浓度明显高于同期瓦里关站的观测值,表明 4 个区域站大气 CO₂ 和 CH₄ 受自然及人为活动的影响较大。迄今为止,国内相关部门通过多种方式开展了温室气体浓度长期观测或短期科研,各具优势和特点,但力量相对分散、观测站稀少、侧重点和目标各异。为了全面掌握我国温室气体本底浓度时空变化,了解不同区域大气受自然和人为活动影响的程度,亟需相关部门分工协作、优势互补、资源共享,尽快推进我国温室气体及相关微量成分的网络化观测分析和源汇反演模式系统建设,进而测算、验证不同区域温室气体排放源和吸收汇的动态变化,分析、评估各区域之间的输送和影响,为我国应对气候变化的内政、外交提供决策支持。

关键词: 温室气体;大气本底浓度;网络化观测;时空变化;地区间差异

引 言

温室气体浓度水平是历次政府间气候变化专门委员会(IPCC)评估报告的重要内容,温室气体减排也是《联合国气候变化框架公约》、《京都议定书》的核心问题^[1]。2007 年 6 月 4 日,我国政府颁布了《中国应对气候变化国家方案》。2007 年 12 月,印尼巴厘岛“联合国气候变化大会”尤为关注 2012 年《京都议定书》第一承诺期之后各国温室气体减排任务,我国面临着严峻的形势。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(其中包括 24 个全球本底站),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^[2]。目前,国际上主要有两种估算温室气体排放量方法,一是

分部门、分行业调查经济活动,采用排放源清单方法“自下而上”估算;二是用地面、飞机、高塔、航船、卫星等平台的观测资料,结合大气输送反演模式“自上而下”进行推算^[3-4]。两种方法互为补充、验证,可准确测算不同区域温室气体浓度变化规律及排放、吸收状况,分析评估各区域之间的输送和相互影响。CO₂ 和 CH₄ 是最主要的温室气体,依据现有条件,我国惟有青海瓦里关全球本底站具有大气 CO₂ 和 CH₄ 长期监测能力^[5-6],其他各关键区域的长期、定点、联网观测尚未系统开展,目前主要采用“自下而上”方法估算排放量。而美、加、日、欧盟等发达国家已开始采用“自上而下”和“自下而上”相结合的方法。尤其到 2008 年,美国和日本拟分别发射温室气体观测卫星,配合地基校正,就能实时估算各国温室气体排放源和吸收汇的动态变化。因此,加快建设我国温室气体网络化观测分析及其源汇反演模式系统,全面掌握我国温室气体浓度水平及地区间的差

* 科技部国际合作项目“区域气候变化的监测、模拟和影响研究”(2005DFA20940)、科技部项目(2007DFA20650, 2006CB403701, 2005DKA10602)、国家自然科学基金面上项目(40775078)、中国气象局气候变化专项(CCSF2007-1)和风云卫星遥感开发与应用项目(FiDAF-1-07)共同资助。

2008-02-18 收到, 2008-03-06 收到再改稿。

异和相互影响,客观、准确地测算排放源和吸收汇的动态变化,为我国应对气候变化的内政、外交提供决策支持极为迫切。

1 国内相关部门的优势和特点

我国温室气体本底浓度的观测起步较晚。20世纪80年代在甘肃民勤沙漠对大气 CO_2 和 CH_4 浓度进行了短期测量^[7];90年代以来一些背景点监测结果初步反映出不同区域人类活动对温室气体本底浓度的影响^[8-11]。国内相关部门从不同角度出发,采用多种手段先后开展的工作已取得了一系列重要成果,各具优势和特点。如中国气象局侧重于较大区域内温室气体浓度的监测,主要优势在于拥有区域代表性良好的观测台站、稳定的人员队伍及后勤保障条件,初步建立了与国际接轨的实验室高精度分析和标校系统,拥有长期观测基础和GAW认可的观测资料,还有大规模网络化观测与气象模式相结合的优势。在我国典型气候区建设7个本底站,其中4个站(青海瓦里关、北京上甸子、浙江临安和黑龙江龙凤山)已列入GAW全球和区域本底站系列,并入选为科技部“大气成分本底国家野外站”^[6]。国家环境保护部拥有国家级和地方级环境监测网,在区域环境质量变化规律及其评价方法研究、环境质量趋势预报等方面有良好的基础,侧重点在于对温室气体排放源和局地排放的监测;中国科学院拥有生态系统研究网络,在森林、草原、农田生态系统温室气体排放和吸收等方面的研究处于国内领先水平,个别站点开展了部分温室气体浓度采样监测;还有国内部分高校开展了少数温室气体浓度观测研究,其优势在于前沿性较强,由于受项目资助周期和观测目标等限制,大多数观测时间较短,设备、方法和标准等并不统一。这些站点与GAW大气本底站的选址要求、仪器设备、技术方法和标准、数据处理、质量控制和应用等方面有较大差异。

2 我国温室气体本底浓度资料的应用成果

为确保温室气体网络化观测的科学性、代表性和持续性,WMO作为联合国系统内负责温室气体监测及气候变化的政府间国际组织,制定了温室气体等大气成分本底观测的特定环境条件。据2007年最新统计资料,已有59个国家的256个站点向温

室气体世界资料中心(WDCGG)报送数据,定期报送大气 CO_2 和 CH_4 浓度数据的站点分别达到158个和141个^[2]。中国气象局自1995年起参加温室气体全球巡回比对测量,并代表我国积极参与WD-CGG、质量保证-科学活动中心(QA/SAC)、世界标定中心(WCC)等的一系列活动,定期提交温室气体本底观测中国国家报告^[6]。青海瓦里关全球本底站大气 CO_2 和 CH_4 观测资料已进入WDCGG和全球同化数据库^[12-13],应用于WMO全球温室气体公报,成为国际上有关评估报告以及我国政府决策、国际谈判与合作的重要参考依据。这些工作为推进我国温室气体网络化监测分析和源汇反演模式系统建设奠定了基础。国内其他部门由于尚未采用GAW统一的选址要求和标准、观测指标和方法、质量保证和质量控制措施等,观测数据目前大多用于特定的科学研究。

3 我国瓦里关全球本底站大气 CO_2 与 CH_4 本底浓度同国外一些本底站同期观测值的比较

大气 CO_2 的人为源主要是煤、石油、天然气等矿物燃料燃烧;自然源主要是动植物呼吸释放。主要汇是植物光合作用和海洋吸收。同时,森林砍伐、土地利用等导致了陆地植被对 CO_2 吸收能力的降低。大气 CH_4 的主要源是水稻种植、湿地和垃圾填埋场等释放及反刍动物呼吸,动物排泄物分解等;主要的汇是在大气中通过光化学反应被氧化去除。由于北半球人类活动排放和自然源较多,因此大气 CO_2 和 CH_4 浓度都比南半球高。2006年我国青海瓦里关全球本底站(WLG)大气 CO_2 和 CH_4 本底浓度与周边国家及欧洲、北美洲、大洋洲、南北极本底站同期观测结果的比较见表1(站点按纬度排列)。

可以看出,我国瓦里关站大气 CO_2 平均浓度与北半球中纬度一些本底站(如日本MNM、哈萨克斯坦KZM、爱尔兰MHD、美国MLO、KUM和NWR)同期观测结果基本一致,而低于日本RYO、韩国TAP、蒙古UUM、哈萨克斯坦KZD等低海拔或更靠近源区的本底站;瓦里关站大气 CO_2 的平均季节变化值与北半球中纬度几个本底站基本一致(如日本MNM、美国MLO、KUM和NWR),而低于周边国家几个区域站(如韩国TAP、日本RYO、蒙古UUM、哈萨克斯坦KZD和KZM)。瓦里关站大气 CH_4 平均

表 1 2006 年瓦里关大气 CO₂ 和 CH₄ 本底浓度与国外一些本底站同期观测结果的比较Table 1 Atmospheric CO₂ and CH₄ concentration at Mt Waliguan and other background sites in 2006

地理位置	站名	纬度	经度	海拔/m	站点特征	CO ₂ /10 ⁻⁶		CH ₄ /10 ⁻⁹	
						平均浓度	季节变化	平均浓度	季节变化
北极圈	BRW	71°32'N	156°06'W	11	高纬度苔原	384.1	15.4	1864.3	42.7
爱尔兰	MHD	53°33'N	9°09'W	25	中高纬度/沿海	382.5	13.4	1844.1	33.1
蒙古	UUM	44°45'N	111°08'E	914	欧亚内陆	383.6	16.7	1855.7	62.3
哈萨克斯坦	KZD	44°45'N	75°57'E	412	欧亚内陆	385.3	15.3	1881.9	93.8
哈萨克斯坦	KZM	43°25'N	77°87'E	2519	欧亚内陆/高海拔	381.1	13.1	1841.1	24.6
美国	NWR	40°03'N	105°57'W	3526	中纬度/高海拔	382.6	7.8	1823.7	37.2
日本	RYO	39°03'N	141°82'E	260	沿海	385.3	12.6	1858.5	72.0
韩国	TAP	36°72'N	126°12'E	20	沿海	386.7	14.9	1888.9	53.3
中国	WLG	36°28'N	100°09'E	3810	欧亚内陆/高海拔	382.1	9.4	1832.7	34.0
日本	MNM	24°28'N	153°98'E	8	低纬度/海岛	382.9	7.3	1801.5	67.0
美国	MLO	19°53'N	155°58'W	3397	低纬度/高海拔/海岛	381.9	6.7	1786.1	37.5
美国	KUM	19°52'N	154°08'W	3	北半球/低纬度/海岛	382.4	9.0	1805.2	46.7
印尼	BKT	0°02'S	100°32'E	865	赤道/海岛	377.4	5.9	1806.1	59.1
澳大利亚	CGO	40°68'S	144°68'E	94	南半球/中纬度/海岛	378.6	1.8	1727.5	30.4
南极	SLO	89°98'S	24°08'W	2810	南极	378.6	2.0	1725.6	30.3

浓度与北半球中纬度大部分本底站(如爱尔兰 MHD、蒙古 UUM、美国 NWR、日本 MUM)基本一致,略低于几个低海拔或更靠近源区的本底站(日本 RYO、哈萨克斯坦 KZD、韩国 TAP),但高于美国 NWR 站;瓦里关站大气 CH₄ 平均季节变化值与哈萨克斯坦 KZM 基本一致,但低于北半球中纬度其他本底站(如美国 MLO 和 NWR、日本 MNM 和 RYO、韩国 TAP、蒙古 UUM、哈萨克斯坦 KZD)。这些结果表明我国及国外区域本底站大气 CO₂ 和 CH₄ 受自然及人为活动影响较大。

4 我国几个区域本底站大气 CO₂ 和 CH₄ 本底浓度与瓦里关全球本底站同期观测值的比较

中国气象局自 1990 年起,与美国合作在青海瓦里关全球本底站开展 Flask 瓶采样分析,并于 1994 年起与美国和加拿大合作在该站开展温室气体在线观测(非色散红外吸收法 CO₂、气相色谱法 CO₂ 和 CH₄ 并行观测)。2006 年 7 月起,在北京上甸子、浙江临安、黑龙江龙凤山和湖北金沙 4 个区域本底站开展了温室气体 Flask 瓶采样分析。上述 5 个本底站均采用了 GAW 推荐的硬质玻璃瓶采样方法,每周一次定期采集空气样品送到实验室集中分析。工作标气均用可溯源至 WMO 国际 CO₂ 标准的实验室一级标气定期标定,全程按 GAW 要求进行严格

的质量控制及本底数据筛分,以确保所获取的本底浓度资料具有国际可比性和地域代表性。2006 年 7 月—2007 年 6 月,我国 4 个区域本底站大气 CO₂ 和 CH₄ 平均浓度与青海瓦里关全球本底站同期观测结果的比较见表 2(站点按纬度排列)。

在青海瓦里关站温室气体长期观测资料分析的基础上^[14-15],对过去一年我国 5 个本底站大气 CO₂ 和 CH₄ 同期采样资料结合空气团后向轨迹初步分析得知,4 个区域站大气 CO₂ 浓度均高于瓦里关全球站,尤以临安站和上甸子站最高,可能由于临安站受到本区域(长江三角洲工业区)空气团输送影响较大,约占 61%;上甸子站受本区域(京津唐工业区)空气团输送影响也较大,约占 42%。4 个区域站大气 CH₄ 浓度均高于瓦里关全球站,其中龙凤山、上甸子、瓦里关站的浓度梯度符合北半球大气 CH₄ 本底浓度随纬度降低而降低的规律,但临安站和金沙站大气 CH₄ 浓度明显偏高,可能由于长江中下游地区和江汉平原是我国水稻主产区,加之有大面积湿地,这些都是大气 CH₄ 的主要来源;金沙站尤其受到长江中下游空气团输送影响较大,约占 58%,还受到华南空气团输送的影响。由于我国区域本底站稀少,观测时间较短,在线观测系统正在建设,因此,目前的分析只能局限于表观,尚无法完整描述我国温室气体浓度变化状况及地区间的差异,也难以测算不同地区温室气体排放源和吸收汇的动态变化。

表2 2006年7月—2007年6月我国5个本底站大气CO₂和CH₄平均浓度的比较Table 2 Atmospheric CO₂ and CH₄ concentration at Mt Waliguan and other background sites in China from July 2006 to June 2007

站名	纬度	经度	海拔/m	所属气候区	CO ₂ /10 ⁻⁶	CH ₄ /10 ⁻⁹
黑龙江龙凤山	44°44'N	127°36'E	331	东北平原	386.1	1887.4
北京上甸子	40°39'N	117°07'E	293	京津冀经济圈	386.6	1876.4
青海瓦里关	36°17'N	100°55'E	3810	青藏高原	382.8	1824.7
浙江临安	30°18'N	119°44'E	139	长三角经济圈	387.9	1871.4
湖北金沙	29°38'N	114°12'E	750	长江中游、两湖平原	385.8	1908.4

5 小结

本文分析了我国青海瓦里关全球本底站和4个区域本底站(北京上甸子、浙江临安、黑龙江龙凤山、湖北金沙)大气CO₂和CH₄网络化观测的初步结果,并与国外一些本底站的同期观测资料进行了比较。可以看出,我国瓦里关站大气CO₂和CH₄本底浓度与北半球中纬度地区一些本底站同期观测值具有可比性,我国4个区域站大气CO₂和CH₄本底浓度与国外一些区域本底站同期观测值反映的情况类似,受自然及人为活动影响较大。目前,我国CO₂排放总量位居世界第二,CH₄排放总量也已位居世界前列,《京都议定书》的实施无疑将对我国的政治、经济和外交产生重大影响。回顾过去几十年间,世界各国的相关机构采用多种方式和平台开展了温室气体长期观测或短期科研,各具优势和特点。我国在该领域的力量相对分散,且观测站点稀少、侧重点和目标各异。研究、建立我国温室气体网络化观测分析和源汇反演模式系统,深入开展温室气体的气候效应分析、研究与评估服务迫在眉睫。

致谢:感谢青海瓦里关、北京上甸子、浙江临安、黑龙江龙凤山、湖北金沙等大气本底站业务人员在野外现场的辛勤工作。感谢中国气象局及国内相关机构的长期支持。感谢美国NOAA/ESRL提供经严格质量分析的北半球部分站点大气CO₂、CH₄观测数据。感谢WMO/GAW等国际组织的大力协助。

参考文献

- [1] IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [2] WDCGG. World Data Center for Greenhouse Gases, Data Summary. WMO WDCGG, Japan: Tokyo, 2007, 31:1-96.
- [3] Masarie K A, Tans P P. Extension and integration of atmospheric carbon dioxide data into a globally consistent measurement record. *J Geophys Res*, 1995, 100(D6):11593-11610.
- [4] Gloor M, Fan S M, Pacala S, et al. Optimal sampling of the atmosphere for purpose of inverse modeling: A model study. *Global Biogeochem Cycles*, 2000, 14(1):407-428.
- [5] 周秀骥. 中国大气本底基准观象台进展总结报告(1994—2004). 北京:气象出版社, 2005.
- [6] 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. *气象学报*, 2007, 65(3): 458-468.
- [7] 王明星, Rasmussen R A, 刘卫卫, 等. 我国西北部沙漠地区大气甲烷浓度的季节变化的长期变化趋势. *科学通报*, 1989, 34(9): 684-686.
- [8] Wen Y, Shao Z, Xu X, et al. Observation and investigation of variabilities of baseline CO₂ concentration over Waliguan Mountain in Qinghai Province of China. *Acta Meteorologica Sinica*, 1994, 8(3): 255-262.
- [9] 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. *应用气象学报*, 1997, 8(2):129-136.
- [10] 王庚辰, 温玉璞, 孔琴心, 等. 中国大陆上空CO₂本底浓度及其变化. *科学通报*, 2002, 47(10): 780-783.
- [11] 程红兵, 王木林, 温玉璞, 等. 我国瓦里关山、兴隆温室气体CO₂、CH₄和N₂O的背景浓度. *应用气象学报*, 2003, 14(4):402-409.
- [12] Globalview-CO₂. Cooperative Atmospheric Data Integration Project. NOAA ESRL, Boulder, Colorado, USA, 2007.
- [13] Globalview-CH₄. Cooperative Atmospheric Data Integration Project. NOAA ESRL, Boulder, Colorado, USA, 2005.
- [14] 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(2):145-158.
- [15] Zhou L X, Worthy D E J, Lang P M, et al. Ten years of atmospheric methane observations at a high elevation site in Western China. *Atmospheric Environment*, 2004, 38:7041-7054.

Preliminary Results on Network Observation of Greenhouse Gases at China GAW Stations

Zhou Lingxi Liu Lixin Zhang Xiaochun Zhang Fang Yao Bo
Wen Min Xu Lin Fang Shuangxi

(*Key Laboratory for Atmospheric Chemistry, Center for Atmosphere Watch and Services,
Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081*)

Abstract

CO₂ and CH₄ are key greenhouse gases regulated by the Kyoto Protocol. Comparable atmospheric CO₂ and CH₄ concentrations at Waliguan GAW global station (36.17°N, 100.55°E, 3816 m) in western China are validated by long-term observations since 1990 to that of other background stations in the world. The observational data from the GAW stations are widely referenced by the WMO Greenhouse Gases Bulletin and relevant scientific reports. In the period of July 2006 to June 2007, preliminary data from grab air sampling at the 4 GAW regional stations in China show higher atmospheric CO₂ and CH₄ concentrations at Shangdianzi (40°39'N, 117°07'E, 293.9 m), Lin'an (30°18'N, 119°44'E, 138 m), Longfengshan (44°44'N, 127°36'E, 310 m) and Jinsha (29°38'N, 114°12'E, 750 m) comparing to observed values at Waliguan. Spatial and temporal variations of greenhouse gas concentrations are resulted from nature and human activities in different regions. It is inferred that nature and human activities have relatively distinct influence on the regional background atmosphere. In the past decades, there are kinds of long-term or short period observations and research in China and they are globally conducted by different agencies. However, spatial and temporal distributions of greenhouse gases could not be effectively documented and essential constraints to the understanding of the global carbon cycle and climate change can not be provided by any of these measurements. Thus, in the near future it is essential to establish a long-term observational network at multiple sites especially in China and to carefully calibrate the internationally agreed greenhouse gases and related tracers reference scales, and it has to be quality controlled under the GAW framework. These long-term measurements are of the highest quality and accuracy possible to identify trends, seasonal variability, spatial and temporal distribution, source and sink strengths of greenhouse gases to allow climate and carbon cycle researchers to improve the understanding of the carbon cycle and predict how the atmosphere and climate evolve in the future as a result of human's activities.

Key words: greenhouse gases; background concentration; network observation; spatial and temporal distribution; regional differences