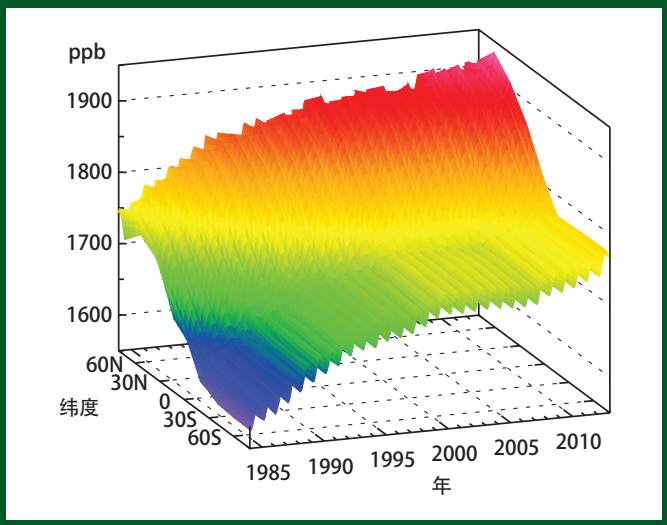
世界气象组织
天气·气候·水
GLOBAL ATMOSPHERE WATCH

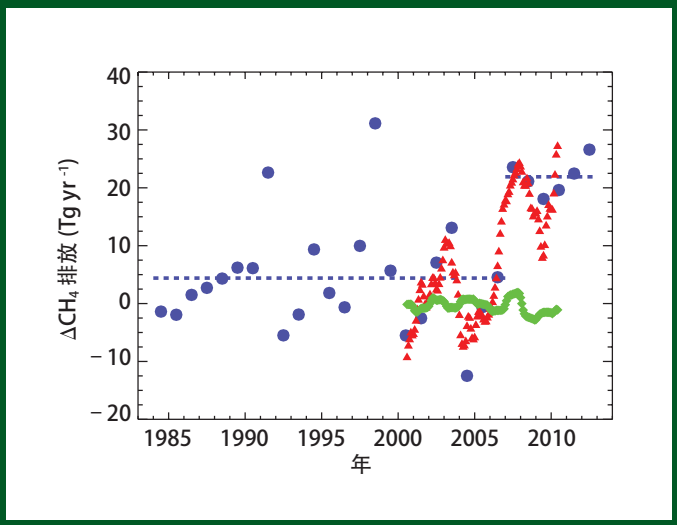
世界气象组织温室气体公报

基于2012年全球观测的大气温室气体状况

第9期 | 2013年11月6日

ISSN 2227-3638





左图为根据WMO全球大气监视网台站测量值内插得出的大气甲烷(CH_4)的纬向分布。1999-2006年大气CH_4几乎保持不变，而后在1997年再度增加。根据观测到的大气CH_4含量和增长率，并结合甲烷的大气生命期估值(约9年)，可以计算出全球总排放量。右图蓝色圆点表示这些排放量(ΔCH_4)与2003-2005年平均排放量之间的差值；蓝色虚线表示1984-2006年及2007-2012年的平均差值。1984-2006年的排放量变化极大，但始终低于2007-2012年的水平(1991年和1998年除外)。图中还标示出化学传输模式研究计算出的全球(红色)和北极的月度排放差值(绿色)(单位：Tg CH_4 yr-1)(Bergamaschi等，2013)。资料分析表明，自2007年以来，北半球热带和中纬度地区的排放量推高了大气CH_4，而北极的CH_4排放量并没有显著增加。

执行摘要

对WMO全球大气监视网(GAW)计划观测数据进行的最新分析表明，二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)和氧化亚氮(N_2O)的全球平均摩尔分数在2012年达到新高，其中CO_2为393.1±0.1 ppm[2]、CH_4为1819±1 ppb[3]和N_2O为325.1±0.1 ppb。这些数值分别为工业化前(1750年之前)水平的141%、260%和120%。2011-2012年大气CO_2的增幅高于过去10年的平均增长率。2011-2012年N_2O的增幅低于2010-2011年观测到的增幅，但高于过去10年的平均增长率。大气CH_4 持续增加，增长率接近于过去4年观测到的数值。美国国家海洋和大气管理局(NOAA)的年度温室气体指数显示，从1990年到2012年，长生命期温室气体的辐射强迫增加了32%，其中CO_2占这一增量的80%。

综述

第九期WMO/GAW年度温室气体公报公布了最重要的长生命期温室气体(LLGHG)(二氧化碳、甲烷、氧化亚氮)的大气含量和变化速率，并提供了其它气体的贡献概况。这三

种气体以及CFC-12和CFC-11共约占长生命期温室气体所造成辐射强迫的96%[4]（图1）。

WMO全球大气监视网计划（www.wmo.int/gaw）负责协调对温室气体及其它微量气体的系统观测和分析。图2为过去十年监测温室气体的台站分布图。在2012年，观测站的数量出现减少。参与国负责提供测量数据，位于日本气象厅的世界温室气体数据中心（WDCGG）负责数据的储存和分发。

表1为2012年三种主要长生命期温室气体全球平均大气含量，以及自2011年和1750年以来它们的含量变化。这些结论来自对数据集的分析（WMO，2009），数据集可追溯到WMO世界参照标准。除了NOAA在太平洋取样外（图2中的蓝色三角），移动站的资料不用于这种全球分析。

表1中的三种温室气体与人类活动密切相关，与生物圈和海洋有强烈的相互影响。要预测大气温室气体含量的变化，就需要了解其诸多的源、汇以及在大气中的化学变化。

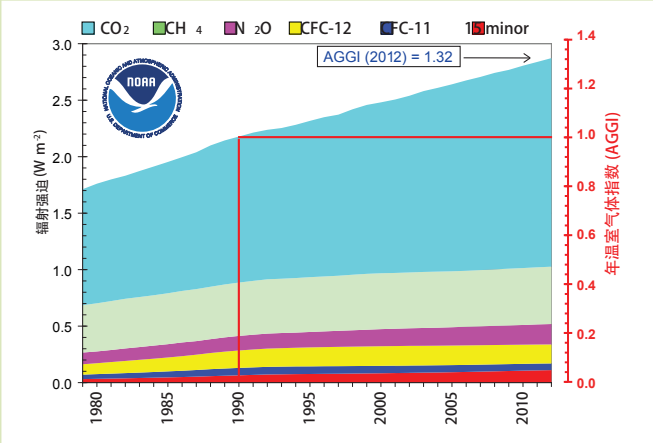


图1. 相对于1750年，长生命期温室气体的大气辐射强迫和2012年更新的NOAA年度温室气体指数（AGGI）。

表1. WMO/GAW全球温室气体监测网提供的关键温室气体全球年平均含量（2012）和趋势。单位为干空气摩尔分数，不确定性为68%置信区间。

	CO_2	CH_4	N_2O
2012年全球含量	393.1±0.1[5] ppm	1819±1[5] ppb	325.1±0.1[5] ppb
2012年与1750年相比的含量*	141%	260%	120%
2011-12 年绝对增量	2.2 ppm	6 ppb	0.9 ppb
2011-12年相对增量	0.56%	0.33%	0.28%
过去10年的年均绝对增量	2.02 ppm/yr	3.7 ppb/yr	0.80 ppb/yr

* 假设工业化前CO_2摩尔分数为278 ppm，CH_4为700 ppb，N_2O为270 ppb。

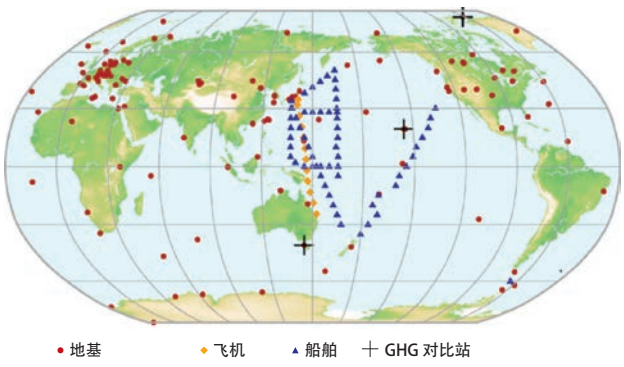


图2. 过去10年GAW全球二氧化碳监测网。甲烷监测网与此类似。

2012年，NOAA年度温室气体指数（AGGI）为 1.32，表示自1990年以来，所有长生命期温室气体的总辐射强迫（相对于1750年）增加了32%，2011-2012年增加了1.2%（图1）。2012年所有长生命期温室气体总辐射强迫相当于CO2 当量摩尔分数475.6 ppm（http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi）。

二氧化碳（CO_2）

二氧化碳是大气中最重要的人为温室气体，它对长生命期温室气体辐射强迫的贡献率为~64%[4]。它对过去十年辐射强迫增加的贡献为~84%，在过去五年为~82%。工业化前为~278ppm，这一水平代表了大气、海洋和生物圈之间通量的平衡状态。2012年，大气CO_2达到工业化前水平的141%，这主要是因为燃烧矿物燃料的排放（根据http://www.globalcarbonproject.org，2011年矿物燃料排放的CO_2为9.5±0.5 PgC[1]）、毁林及其它土地利用变化造成的排放（2011年为0.9±0.5PgC[1]）。工业化前时期的大气CO_2平均增量相当于燃烧矿物燃料排放CO_2的~55%，海洋和陆地生物圈则清除了其余的~45%。燃烧矿物燃料后遗留在大气中的CO_2（空气中的部分）每年都有变化，这是由于CO_2碳汇具有很高的自然变率（Levin，2012），但没有确定的全球趋势。2012年全球平均CO_2摩尔分数为393.1±0.1ppm（图3）。2011-2012年的年平均增量为2.2 ppm，高于2010-2011年的增量、20世纪90年代的平均增长率（~1.5ppm/年）和过去十年的平均增长率（~2.0 ppm/年）。

甲烷（CH_4）

甲烷对长生命期温室气体辐射强迫的贡献为~18%[4]。排入大气的甲烷约40%是源于自然源(例如，湿地和白蚁)，而人为源则约占60%(例如，反刍动物、水稻、矿物燃料开采、垃圾填埋和生物质燃烧)。由于人为源排放增加，大气CH_4达到工业化前水平(~700 ppb)的260%。2012年全球

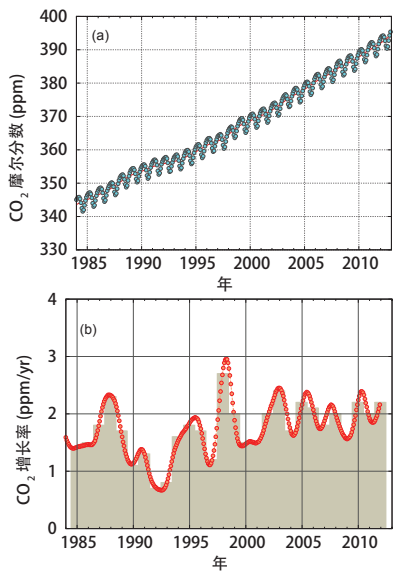


图3. 1984-2012年全球平均CO_2摩尔分数(a)及其增长率(b)。(b)中的条形柱为年均增长率。

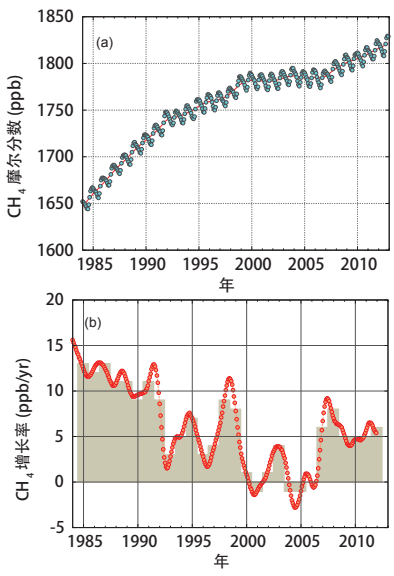


图4. 1984-2012年全球平均CH_4摩尔分数(a)及其增长率(b)。(b)中的条形柱为年平均增长率。

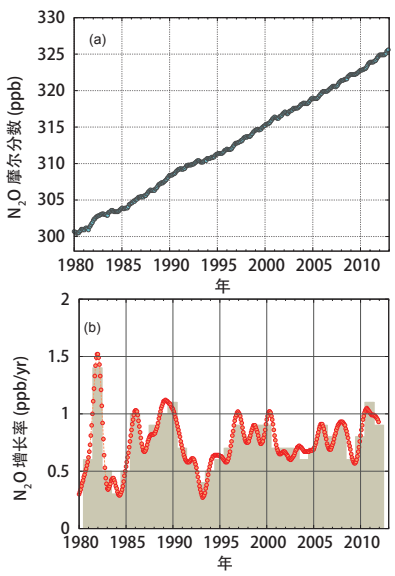


图5. 1980-2012年全球平均N_2O摩尔分数(a)及其增长率(b)。(b)中的条形柱为年平均增长率。

平均CH_4 创下新高，达1819±1 ppb，与前一年相比增加了6 ppb(图4)。CH_4的增长率从20世纪80年代初的~13 ppb/年降至1999-2006年的接近零。自2007年以来，由于北半球热带和中纬度地区的排放量增加，大气CH_4再度增加。由于目前的网络无法充分说明区域和源过程的排放特征，因此，很难将这一增加归因于人为源和自然源。.

氧化亚氮(N_2O)

氧化亚氮对长生命期温室气体辐射强迫的贡献率为~6%[4]。它是这一总辐射强迫的第三大贡献因子。N_2O是通过自然源(约60%)和人为源(约40%)排入大气，包括海洋、土壤、生物质燃烧、化肥的使用和各种工业过程。2012年全球平均N_2O摩尔分数为325.1 ±0.1 ppb，相比前一年增加0.9 ppb (图5)，是工业化前水平(270ppb)的120%。2011-2012年的年增量大于过去十年的平均增长率(0.80 ppb/年)。

其它温室气体

六氟化硫(SF6)是一种很强的长生命期温室气体，属于化工产品，主要在输电设备中用作电绝缘体。它目前的摩尔分数大约是20世纪90年代中期观测到的2倍(图6)。损耗平流层臭氧的氯氟碳化物(CFC)加上少量的卤化气体对长生命期温室气体辐射强迫的贡献率为~12%[4]。虽然CFC和大部分哈龙在逐渐减少，但同样属于强温室气体的氢氯氟碳化物(HCFC)和氢氟碳化物(HFC)正相对快速地增长，但它们的含量仍然较低(在ppt[6]级，图7)。

本公报主要针对长生命期温室气体。生命期相对较短的对流层臭氧的辐射强迫与卤化碳相当。许多其它污染物，如一氧化碳、氮氧化物和挥发性有机化合物虽然未被列为温室气体，但它们对辐射强迫具有不大的直接或间接影响。气溶胶(悬浮颗粒物)也是会改变辐射收支的短生命期物质。在

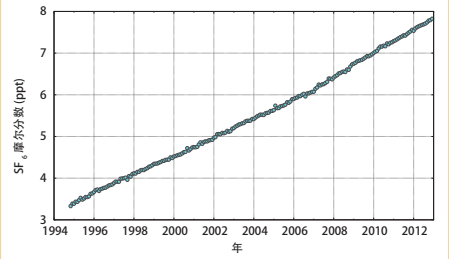


图6. 1995-2012年六氟化硫(SF6)的月平均摩尔分数(基于20个台站的测量)。

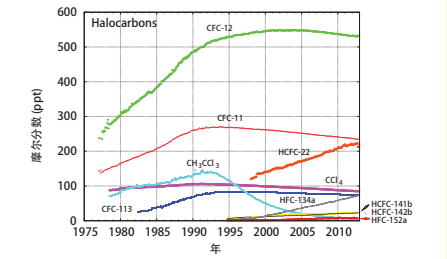


图7. 1977-2012年最重要的卤化碳月平均摩尔分数(基于7-19个台站的测量)。

WMO会员国及辅助网络的支持下，GAW计划负责监测本公报提及的所有温室气体和气溶胶。

公报的分发

WMO秘书处与设在日本气象厅的世界温室气体数据中心以及GAW温室气体科学咨询组合作，在NOAA地球系统研究实验室(ESRL)的协助下，编写并分发公报。公报查询可通过GAW计划或登录WDCGG主页。

鸣谢和链接

50个WMO会员国向GAW WDCGG提供CO_2资料。在提交给WDCGG的测量记录中，约47%来自NOAA ESRL合作空气采样网的台站。其它网络和台站参见GAW报告第206号(可登录http://www.wmo.int/gaw)。先进的全球大气气体试验(AGAGE)也为本公报提供观测资料。此外，图2是为本公报提供资料的GAW监测台站分布图，WDCGG网页(http://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdcgg/)将这些台站列入资料提供方名单。瑞士气象局支持的GAW台站信息系统GAWSIS(http://gaw.empa.ch/gawsis)也收录了这些台站。

参考文献

Bergamaschi, P., Houweling,S., Segers, A., et al.: Atmospheric CH_4 in the first decade of the 21st century: Inverse modeling analysis using SCIAMACHY satellite retrievals and NOAA surface measurements, J. Geophys. Res., 118, 7350–7369, 2013, doi:10.1002/jgrd.50480

Conway, T. J., Tans, P. P. , Waterman, L. S., Thoning, K. W., Kitzis, D. R., Masarie, K. A. and Zhang, N. Evidence for interannual variability of the carbon cycle from the National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory global air sampling network, J. Geophys. Res., 99, 22831-22855, 1994.

Levin, I., Earth science: The balance of the carbon budget, Nature, 488, 35–36, 2012, doi:10.1038/488035a

WMO, 2009: Technical Report of Global Analysis Method for Major Greenhouse Gases by the World Data Centre for Greenhouse Gases (Y. Tsutsumi, K. Mori, T. Hirahara, M. Ikegami and T.J. Conway). GAW Report No. 184 (WMO/TD No. 1473), Geneva, 29 pp.

联系方式

世界气象组织
科研司，大气环境研究处，日内瓦
电子邮件：AREP-MAIL@wmo.int
网址：http://www.wmo.int/gaw
世界温室气体数据中心
日本气象厅，东京
电子邮件：wdcgg@met.kishou.go.jp
网址：http://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdcgg/

[1] 1 PgC = 10亿(109)吨碳。

[2] ppm = 干空气中每百万分子所含的该气体的分子数。

[3] ppb = 干空气中每10亿(109)分子所含的该气体的分子数。

[4] 该气体对所有长生命期温室气体在1750年以来造成的总辐射强迫增加的相对贡献的百分比。

[5] 显示的误差范围采用Conway 等人1994的自助方法计算。该不确定性是用68%的置信区间计算(1西格玛)。

[6] ppt = 干空气中每兆(1012)分子所含的该气体的分子数。

温室气体观测站精选

罗莎高原站(45.93°N，7.71°E，海拔3480米)是欧洲最高的GAW区域台站之一，地处阿尔卑斯山意大利一侧的马特洪峰附近(台站运行方为意大利国家天体学研究所都灵分部)。台站处于自由对流层，所在的荒芜高原上覆盖着大片雪原，且远离城市和受污染的臭氧，非常适宜进行温室气体的本底测量。能源系统研究所(RSE)已定期开展了主要温室气体(CO_2和CH_4)和对流层臭氧的测量。最长的时间序列是针对CO_2测量，目前已经开展了20多年(从1989年到1997年断续采样测量，从1993年至今连续测量)。

新西兰劳德大气研究实验室(45.038°S，169.684°E，海拔370米)是GAW全球站，隶属于新西兰国家水和大气研究所(NIWA)。该实验室提供南半球高纬度资料稀缺地区清洁环境的高质量测量。劳德实验室运行FTIR，专门开展与臭氧化学有关的微量气体和高精度CO_2柱的测量。实地温室气体测量在持续的开展，采用的是瓶采样和遥感技术。该台站自1990年开始进行温室气体观测(http://www.niwa.co.nz/our-science/atmosphere/lauder)。