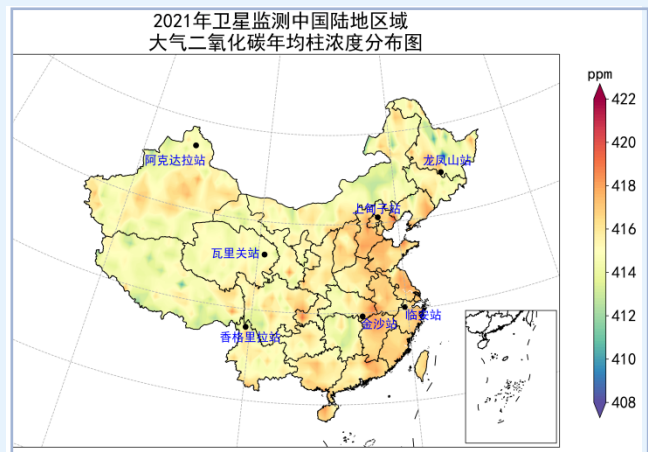
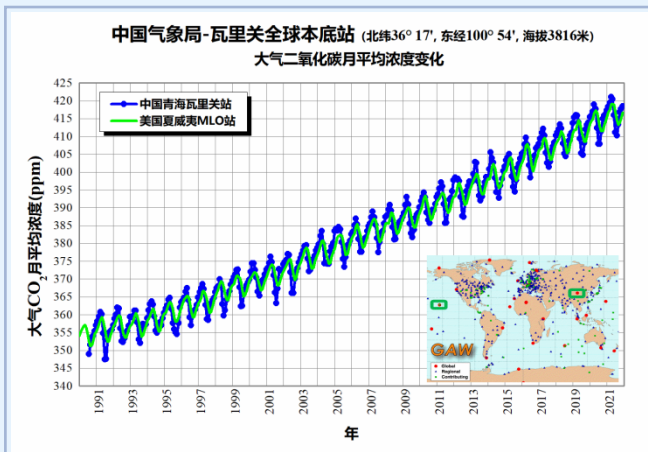




中国温室气体公报

截至 2021 年底中国和全球大气温室气体观测结果

第 11 期，2023 年 1 月中国气象局气候变化中心



世界气象组织（WMO）全球大气观测计划（GAW）站网观测到全球大气中 CO_2 浓度在 2021 年达到 415.7 ppm，显示全球大气平均 CO_2 浓度上升到过去 200 万年以来的新高。位于中国青海瓦里关的欧亚大陆唯一的 GAW 全球本底站观测到大气 CO_2 浓度在 2021 年也达到 417.0 ppm，是自 1990 年我国在瓦里关开始全球大气温室气体观测以来的最高值，表明人类活动排放的温室气体持续在大气中累积。应对气候变化、全球温室气体减排、碳中和面临的压力依旧。

20 世纪 90 年代初，中国气象局首先在瓦里关国家大气本底站开展温室气体观测，后续在北京上甸子、浙江临安、黑龙江龙凤山、云南香格里拉、湖北金沙和新疆阿克达拉等 6 个区域大气本底观测站开展温室气体的联网观测，分别代表京津冀、长三角、东北林带和松嫩平原、川滇及高原边缘带、洞庭鄱阳两湖平原和天山地区的大气本底特征。左上图是 1990~2021 年中国瓦里关国家大气本底站和北半球中纬度美国夏威夷冒纳罗亚（Mauna Loa, MLO）站大气 CO_2 月平均浓度长期变化，右上图是全年在轨运行的两颗卫星监测得到的 2021 年中国陆地区域大气 CO_2 年均柱浓度分布图。

摘要

世界气象组织（WMO）于 2022 年 10 月 26 日发布的《WMO 温室气体公报（2021 年）第 18 期》显示，2021 年主要温室气体的全球大气年平均浓度达到新高，二氧化碳（ CO_2 ）为 $415.7 \pm 0.2 \text{ ppm}^{[1]}$ ，甲烷（ CH_4 ）为 $1908 \pm 2 \text{ ppb}^{[2]}$ ，氧化亚氮（ N_2O ）为 $334.5 \pm 0.1 \text{ ppb}$ ，分别为工业化前（1750 年之前）水平的 149%、262% 和 124%。

中国气象局瓦里关国家大气本底站（以下简

称瓦里关站）2021 年的观测数据显示，大气 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 年平均浓度分别为 $417.0 \pm 0.2^{[3]} \text{ ppm}$ 、 $1965 \pm 0.6^{[3]} \text{ ppb}$ 、 $335.1 \pm 0.1^{[4]} \text{ ppb}$ ，与北半球中纬度地区同期平均浓度大体相当，但都略高于全球平均值。2021 年全球大气 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 浓度相对于 2020 年的绝对增量分别为 2.5 ppm、18 ppb、1.3 ppb，瓦里关站分别为 2.5 ppm、21 ppb、1.3 ppb。过去 10 年（2012~2021 年）全球大气 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 的年平均绝对增量分别为 2.46 ppm、9.2 ppb、1.01 ppb，同期瓦里关站分别为 2.46 ppm、

10.4ppb、1.04ppb。

六个区域大气本底站大气CO₂和CH₄ 2021年平均浓度与2020年相比大多呈增加趋势。北京上甸子站、浙江临安站、黑龙江龙凤山站、云南香格里拉站、湖北金沙站和新疆阿克达拉站2021年大气CO₂年平均浓度分别为427.7±0.4^[3]ppm、436.7±0.4ppm、422.8±0.5ppm、416.4±0.2ppm、425.6±1.0ppm和419.1±0.6ppm；同期CH₄年平均浓度分别为2040±1.9^[3]ppb、2076±2.3ppb、2042±1.4ppb、1949±0.9ppb、2076±5.7ppb和

2003±4.3ppb。2021年，瓦里关站和北京上甸子站六氟化硫（SF₆）的年平均浓度分别为10.92±0.04^[4]ppt^[5]和10.86±0.05ppt。

卫星监测显示：2021年全球和中国陆地区域年平均大气CO₂浓度分别达到412.7±2.8ppm和415.2±2.7ppm。相比2020年，增长2.2ppm和2.5ppm。全球年平均大气CO₂浓度增量略低于过去10年（2012~2021年）的平均绝对增量（2.4ppm），而中国陆地区域年平均大气CO₂浓度增量则与过去10年平均绝对增量持平。

综述

世界气象组织全球大气观测计划（WMO/GAW）负责协调温室气体的全球网络化观测和分析。截至目前，该观测网包括32个全球大气本底站、400余个区域大气本底站和100余个贡献站。中国气象局4个大气本底站（青海瓦里关、北京上甸子、浙江临安和黑龙江龙凤山）已列入WMO/GAW大气本底站系列，并按照WMO/GAW的观测规范和质量标准开展观测。瓦里关站的观测资料已进入WMO世界温室气体数据中心（WDCGG），用于《WMO温室气体公报》，以及WMO、联合国环境规划署（UNEP）、政府间气候变化专门委员会（IPCC）等的多项科学评估。

表1为2021年全球和瓦里关站3种主要长寿命温室气体（CO₂、CH₄、N₂O）的年平均浓度、过去1年的增量和过去10年的年平均增量。

表1 全球和瓦里关站主要温室气体浓度和增量

	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	全球	瓦里关	全球	瓦里关	全球	瓦里关
2021年的年平均浓度	415.7±0.2ppm	417.0±0.2ppm	1908±2ppb	1965±0.6ppb	334.5±0.1ppb	335.1±0.1ppb
2021年相对于1750年的百分比	149%		262%		124%	
2021年相对于2020年的绝对增量	2.5ppm	2.5ppm	18ppb	21ppb	1.3ppb	1.3ppb
2021年相对于2020年的相对增量	0.61%	0.60%	0.95%	1.08%	0.39%	0.39%
过去10年的年平均绝对增量	2.46ppm yr ⁻¹	2.46ppm yr ⁻¹	9.2ppb yr ⁻¹	10.4ppb yr ⁻¹	1.01ppb yr ⁻¹	1.04ppb yr ⁻¹

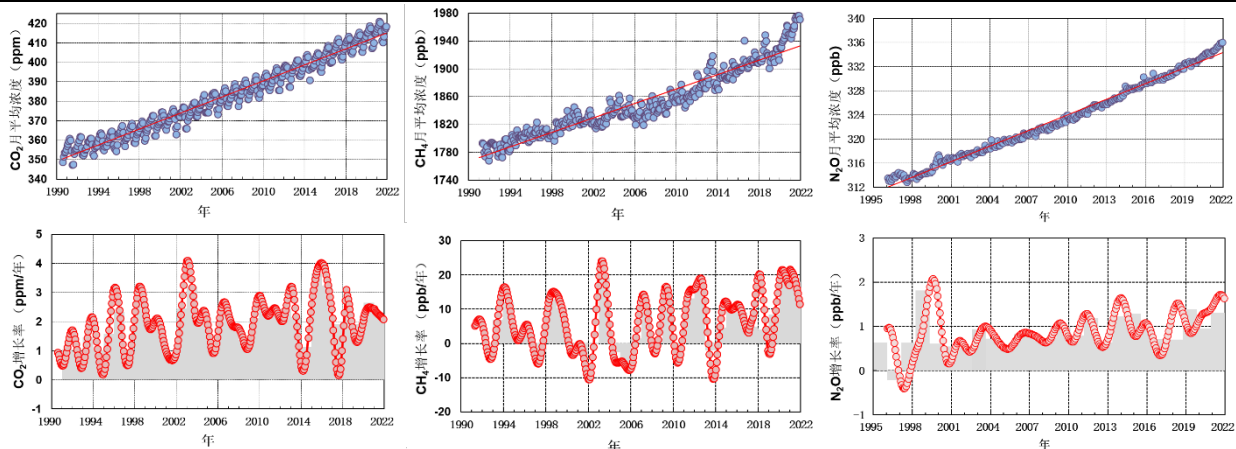


图1 1990年以来瓦里关站大气CO₂、CH₄、N₂O浓度（上图）及其增长率（下图）

上图中的蓝点表示月平均值，红线为其线性拟合曲线；下图中的红点表示月增长率，灰色柱为增长率年平均

二氧化碳

二氧化碳（CO₂）是影响地球辐射平衡最主要的长寿命温室气体，对过去10年和过去5年辐射强迫增幅的贡献分别约为81%和80%^[6]。工业化前（1750年之前）全球大气CO₂平均浓度保持在278ppm左右，由于人类活动排放（化石、生物质燃料燃烧、水泥生产以及土地利用变化等）的影响，全球大气CO₂浓度不断升高。2021年全球和瓦里关站CO₂年平均浓度分别达415.7±0.2ppm和417.0±0.2ppm，过去10年的年平均绝对增量分别为2.46ppm和2.46ppm。2021年北京上甸子、浙江临安、黑龙江龙凤山、云南香格里拉、湖北金沙和新疆阿克达拉站大气CO₂年平均浓度分别为427.7±0.4ppm、436.7±0.4ppm、422.8±0.5ppm、416.4±0.2ppm、425.6±1.0ppm和419.1±0.6ppm，月平均值与2020年同期相比呈现一致性的增加之势。

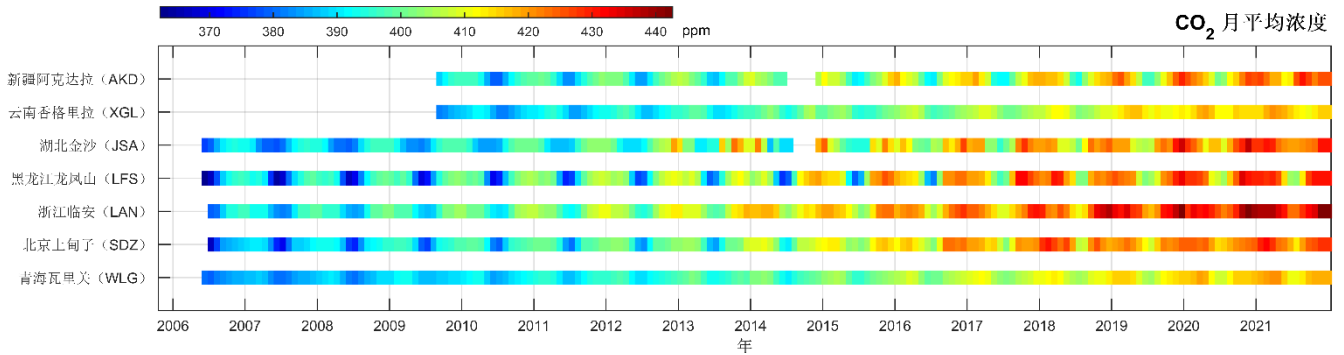


图2 中国气象局7个大气本底站2006~2021年大气CO₂逐月平均浓度

卫星监测显示：2021年，我国华北、华东、华南、华中、东北和西部地区的CO₂年平均浓度分别达到414.7±2.8ppm、416.9±1.5ppm、416.7±2.1ppm、416.0±1.2ppm、414.8±2.6ppm和414.8±2.8ppm，其中华东和华南地区浓度最高。

甲烷

甲烷（CH₄）是影响地球辐射平衡第二重要的长寿命温室气体，至2021年在全部长寿命温室气体浓度升高所产生的总辐射强迫中的贡献率约为16%。工业化前全球大气CH₄年平均浓度保持在722ppb左右。由于人类活动排放的影响，全球大气CH₄浓度不断升高。2021年全球平均和瓦里关站大气CH₄的年平均浓度分别达到1908±2ppb和1965±0.6ppb，过去10年的年平均绝对增量分别为9.2ppb和10.4ppb。

2021年北京上甸子、浙江临安、黑龙江龙凤山、云南香格里拉、湖北金沙和新疆阿克达拉站大气CH₄年平均浓度分别为2040±1.9ppb、2076±2.3ppb、2042±1.4ppb、1949±0.9ppb、2076±5.7ppb和2003±4.3ppb。月均值与2020年同期相比总体上呈现增加之势。

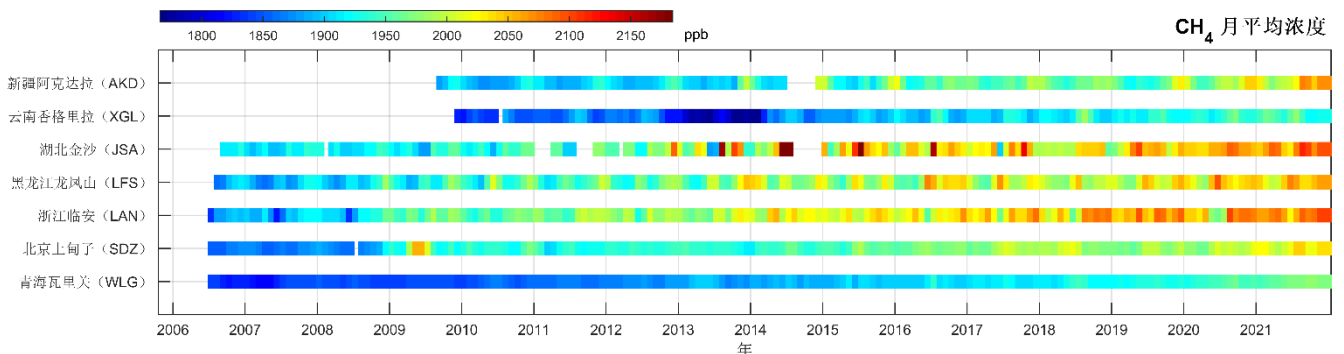


图3 中国气象局7个大气本底站2006~2021年大气CH₄逐月平均浓度

氧化亚氮

氧化亚氮 (N_2O) 是影响地球辐射平衡的重要的长寿命温室气体, 至2021年在全部长寿命温室气体浓度升高所产生的总辐射强迫中的贡献率约为7%。 N_2O 通过自然源(约57%)和人为源(约43%)排入大气, 包括海洋、土壤、生物质燃烧、化肥使用和各类工业过程。工业化前全球大气 N_2O 年平均浓度保持在270ppb左右。由于人类活动排放, 全球大气的 N_2O 浓度不断升高。中国气象局于1996年首先在瓦里关站开展 N_2O 的观测, 至2009年逐步扩展到了7个大气本底站。2021年全球和瓦里关站的 N_2O 年平均浓度分别达 334.5 ± 0.1 ppb和 335.1 ± 0.1 ppb, 过去10年的年平均绝对增量分别为1.01ppb和1.05ppb。

含卤温室气体

含卤温室气体是分子中含有卤族元素(氟、氯、溴等)的一类温室气体, 主要包括《联合国气候变化框架公约》限排的 SF_6 、全氟化碳(PFCs)、三氟化氮(NF_3)及《蒙特利尔议定书》限排的氯氟碳化物(CFCs)、氢氯氟碳化物(HCFCs)等和共同限排/限控的氢氟碳化物(HFCs)。含卤温室气体几乎完全由人工合成并排放(用于制冷剂、发泡剂、喷雾剂、清洗剂、灭火剂、绝缘材料等), 至2021年在全部长寿命温室气体浓度升高所产生的总辐射强迫中的贡献率约为11%。中国气象局于1996年开始在青海瓦里关站开展 SF_6 观测, 2006年开始在北京上甸子站开展含卤温室气体在线观测, 2010年后陆续在7个大气本底站开展了采样观测。结果显示, 中国已完成淘汰的消耗臭氧层物质CFCs、甲基氯仿(CH_3CCl_3)、四氯化碳(CCl_4)的大气本底浓度呈下降趋势, 替代物HCFCs本底浓度停止上升或上升速度变慢, HFCs浓度呈上升趋势。2021年瓦里关和北京上甸子站大气 SF_6 平均浓度分别为 10.92 ± 0.04 ppt和 10.86 ± 0.05 ppt, 均为有观测以来的最高值。

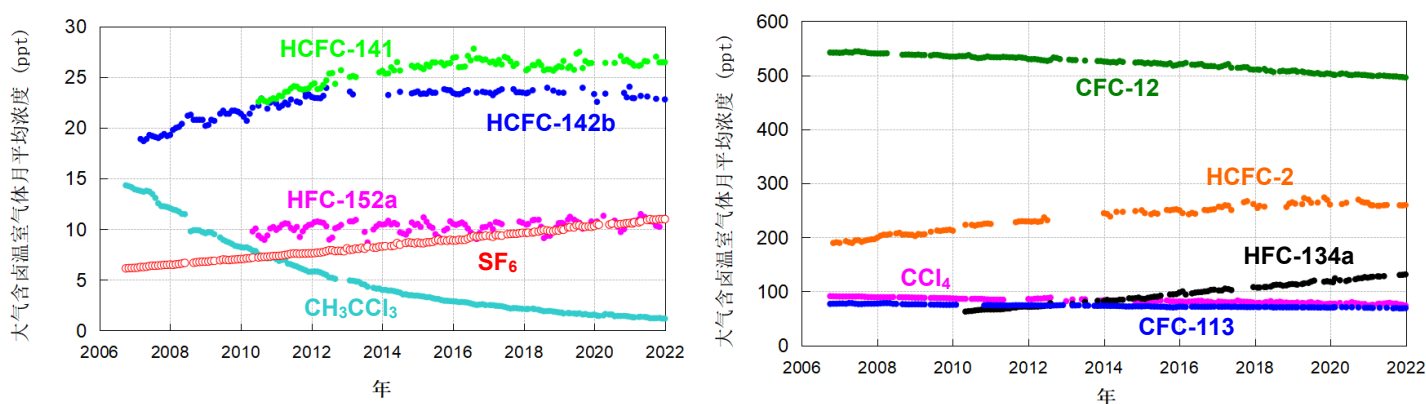


图4 北京上甸子站大气含卤温室气体逐月平均浓度

相关信息

本公报每年发布一期，基于溯源WMO国际标准的温室气体实测数据集，采用统一的方法及流程进行数据质量控制，并将随着相应国际标准、方法和流程等改进，以及观测站增多和时间序列延续，进行定期修订和更新。卫星数据采用全球在轨运行的大气二氧化碳探测卫星业务系统提供的最新版本的科学数据进行分析。

本公报表1列出的CO₂结果与第10期《中国温室气体公报(2020)》略有不同（大约0.2ppm），这是由于目前数据基于新的二氧化碳校准体系WMO CO₂ X2019计算，历史数据相应做了转换，以确保与国际报告的一致性。

- [1] ppm: 干空气中每百万（10⁶）个气体分子所含的该种气体分子数。
- [2] ppb: 干空气中每十亿（10⁹）个气体分子所含的该种气体分子数。
- [3] 瓦里关国家大气本底站、北京上甸子、浙江临安、黑龙江龙凤山、云南香格里拉站CO₂和CH₄年均浓度及不确定度基于日均值计算；仅开展采样观测的湖北金沙和新疆阿克达拉站CO₂和CH₄年均浓度及不确定度基于周采样数据计算。
- [4] 瓦里关站N₂O和SF₆年均浓度及不确定度及北京上甸子站SF₆年均浓度及不确定度基于月均值计算。
- [5] ppt: 干空气中每万亿（10¹²）个气体分子所含的该种气体分子数。
- [6] 自1750年以来所述温室气体浓度增长所形成的全球辐射强迫相对于同期全部长寿命温室气体浓度增长所形成的全球辐射强迫的比例。

联系单位

中国气象局气候变化中心	中国气象局气象探测中心	国家卫星气象中心
地址：北京市海淀区中关村南大街46号		
邮编：100081		
电话：010-68408152	电话：010-58995431	电话：010-68407020
E-mail: weichao@cma.gov.cn	E-mail: shilj@cma.gov.cn	E-mail: zxy@cma.gov.cn