|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 天气气候水 | **世界气象组织**  **观测、基础设施和信息系统委员会**  **第二次届会** 2022年10月24至28日，日内瓦 | **INFCOM-2/INF. 4.2** |
| 提交者： SG-GHG联合主席  2022.10.20 |

*[为向您提供便利，本文件采用机器翻译和翻译记忆技术进行了翻译。WMO已在合理范围内做了努力，以提高其生成的译文的质量，但WMO不对其准确性、可靠性或正确性作任何明示或隐含的保证。将原始文件的内容翻译为中文时可能出现的任何歧义或差异均不具约束力，也不具遵守、执行或任何其他目的法律效力。由于系统的技术限制，某些内容（如图像）可能无法翻译。若对译文中所含信息的准确性有任何疑问，请参考英文原件，这是该文件的正式版本。]*

## WMO协调的全球温室气体监测基础设施

*概念说明*

*工作草案，2022年10月18日*

*WMO温室气体监测联合研究组*

### 背景

受人类活动影响的三种最重要的温室气体（GHG）是二氧化碳（CO2）、甲烷（CH4）和氧化亚氮（N2O）。根据政府间气候变化专门委员会（IPCC，参考AR6，WG1），这些气体的丰度增加是观测到的气候变化及其它影响的原因。近期（工业化后‑）CO2、CH4和N2O浓度上升被人类活动推动。2015年联合国气候变化框架公约（UNFCCC）缔约方大会通过了《巴黎协定》，为全球平均温度最高上升设定了具体目标，并指出实现该目标的方法是通过减少GHG排放。

在第26次缔约方大会（2021年11月，格拉斯哥）上，缔约方认识到“{...}到2100年，将全球升温限制在1.5°C需要快速、深入和持续地减少全球温室气体排放，包括到2030年将全球二氧化碳排放量减少45%，并到本世纪中叶左右实现净零，以及其它GHG{...}的大幅减少。（决定1/CMA3）。温室气体水平和预算信息的可用性对于协助各国指导其承诺并监测减排目标的进展至关重要。

### 需要改进温室气体循环的定量知识

《巴黎协定》（第13条）要求缔约方定期提供（...）：“（a） 利用IPCC接受的良好做法方法编制的温室气体人为排放和温室气体汇国家清单报告，并根据作为本协议缔约方会议的缔约方大会商定：以及“（b） 必要的信息，以跟踪实施和实现第4条规定的国家自主贡献方面取得的进展。

根据《巴黎协定》第14条，缔约方将每五年利用这些数据进行全球盘点，以监测为实现《协定》的目标和目的的定量进展，并“根据{...}最好的科学”。第一个全球盘点将于2023年11月前完成。报告的人为排放将基于《IPCC国家温室气体清单指南》，涉及各种复杂度和复杂程度的方法（目前IPCC分为第1、2和3级方法）。

如上所述，人为强迫气候系统的最大部分是由长寿命温室气体大气浓度不断变化引起的。因此，对这些气体的全球监测至关重要。然而，这些浓度并不是仅靠人为排放来决定的。温室气体浓度也会受到自然循环的强烈影响，而自然循环又会受到气候和其他环境变化的影响。自然排放的变化和温室气体的吸收变化可以与减缓努力相互作用，以提高或降低其有效性。我们对一些GHG源和汇的定量了解存在较大的不确定性，无论是目前在运行还是未来在应对气候变化方面的变化程度均存在巨大不确定性。

目前，大部分环境温室气体（GHG）测量，以及为支持减缓行动所需的这些观测资料的处理，主要依赖于研究活动和资金。科研资金的时效性有限，其分配的不确定性导致了温室气体监测系统固有的脆弱性，难以与作为政策驱动因素的关键性和日益重要性相协调。

利用类似于用于监测天气和气候的标准化规程和方法，持续、日常的GHG浓度和通量监测基础设施将可提供大量定量数据，以帮助提高我们对GHG循环的认识。它将提供大气中GHG丰度的时间连续全球领域，从而对GHG的地理和季节性分布产生前所未有的见解，这将有助于提供每月净通量估算，例如 1x1° （约100公里到100公里）分辨率。这些数量将构成拟议的业务GHG监测的主要输出。此外，目前正在努力开发能力，将这些净通量分成排入源排放，这可导致未来更多的业务产品。根据WMO的数据政策，该数据将免费和不受限制地提供给所有相关用户。

资料产品将利用研究和业务界开发的方法，例如WMO全球大气监视网（GAW）在制定GGMT（温室气体测量技术）测量指南方面拥有50年的经验，这些指南已在欧洲（ICOS）和美国（国家海洋和大气管理局（NOAA））的业务网络中实施。基于观测的通量产品将补充对人类排放的现有估算。这些产品可以协助缔约方评估其各自的减排努力以及为实现《巴黎协定》的减缓目标而在全球取得的进展。

鉴于需要持续、定期提供覆盖整个全球领域的高质量数据产品，以支持减缓，本说明概述了为科学界和缔约方提供此类资料的国际协调、持续、日常的全球温室气体监测基础设施的案例。基础设施将通过参与GHG环境监测的不同组织之间的合作来开发。

### 全球温室气体监测基础设施协调一致

在其初始配置中，全球温室气体日常监测系统由四个主要部分组成：

* 1. CO2、CH4和N2O浓度、总柱量、部分柱量、垂直廓线和通量以及支持气象、海洋和陆地变量的全球综合持续全球观测，国际近实时交换：
  2. 对GHG排放量的预先估算：
  3. 一组代表GHG浓度、源和汇的全球高分辨率模式：
  4. 与这些模式相关，资料同化系统可优化地将观测结果与模式背景相结合，以生成更准确的产品。

可在大气和水生环境中以高精度测量CO2、CH4和N2O的丰度（0.1%及更好），从而测定通量。地表和机载平台的原位测量已被广泛用于数十年，可提供全球许多地方的高精度数据。在过去十年或两年中，空基测量能力，尤其是CO2和CH4，取得了显著进展， 尽管此类观测的精确度低于原位观测的精度，但卫星平台可实现全球覆盖。

该基础设施的大气部分将依托自1975年以来WMO支持的温室气体观测和模拟基础设施的各种预先存在的要素，以及国家、区域和全球层面上其他相关倡议。

基础设施的海洋观测部分将依托全球海洋观测系统（GOOS）协调的研究和监测基础设施。这包括与影响GHG的生物地球化学过程直接相关的碳循环和氮循环的生物、物理、化学和地质成分。

当前关于人为排放的知识以局地到全球尺度编制的清单形式记录在一起。这些清单是基于各种社会经济资料（如化石燃料消费）的输入以及不同类型来源的排放因子。这些清单既由学术部门（如广泛使用的全球大气研究（EDGAR）和ODIAC清单）制作，也由公共当局制作，供其国家和地方报告义务。由于模拟和资料同化系统需要，清单仍将是GHG监测基础设施的一部分。

模拟部分将进一步利用50多年来用于业务天气预报的基础设施和方法。在过去的十年里，这种基础设施已经演变为采用地球系统方法。目前用于数值天气预报的最先进的系统现已越来越多地纳入了植被、海洋、大气成分和冰冻圈的详细模拟。这为代表关键温室气体循环提供了极好的基础。直接耦合到陆地生物圈和海洋模式将有助于进一步提高我们对GHG循环的理解、变化方式以及各类减缓战略的有效性。

GHG监测基础设施提供的主要输出数据将是：

* GHG浓度的常规全球场;
* 常规全球每月对GHG净通量进行估算在高水平分辨率（例如在1x1°时），。

根据用户需求以及温室气体相关服务不断变化的需求（如人为排放估算和自然陆地和海洋通量估算），将有可能提供额外的数据产品。第5节提供了建立在系统输出基础上的潜在下游产品和应用的例子。

与业务数值天气预报一样，将需要与业务并行的一个强有力的研究组成部分，以便不断改进测量技术、GHG过程理解以及模式和资料同化系统。如果没有如此持续的研宄努力，基础设施不太可能提供可满足不断变化的用户需求的信息。

### 当前的和规划的GHG监测能力和倡议

基于上述一个或多个系统组成部分的定量GHG监测已进行了多年。

自1989年以来，WMO的GAW计划已协调了测量、质量管理、能力开发以及生成与大气成分（包括GHG）相关的下游产品和服务的获取。 GAW 通过组织全球至局地GAW台站为GHG实地观测提供了国际框架。该框架还涉及由许多其他组织运行的GHG观测网络。例如，TCCON可用于验证空间GHG观测资料。资料由日本支持的世界温室气体资料中心集中管理，以确保资料提供有实质性时间延迟，以保持一致性和高质量。已尝试将GHG的观测能力扩大到覆盖稀疏的地区。然而，在全球大部分地区，地面观测网的水平密度仍不足以进行有效的监测，尽管欧洲（综合碳观测系统（ICOS））、中国、北美和一些其它地方都存在更高的区域密度网络。在一些地区，开放的资料交换仍然是一个问题。

在卫星方面，美国宇航局的喷气推进实验室率先有能力测量第一个CO2，后来从太空测量CH4。自2009年通过GOSAT-2发射的温室气体观测卫星（GOSAT）开始，日本GOSAT-GW随后一直在稳步发展并细化其空基CO2和CH4监测能力。中国在其FY-3D极轨轨道卫星、其专用TanSat卫星任务和高芬-5方面都有CO2和CH4监测能力，并增加了管道中的空基能力。欧洲率先使用SCIAMACHY仪器进行CH4观测，目前运行哨兵-5/热带卫星，其拥有一系列CO2任务，计划从微卡布开始，随后于2026年发射EU哥白尼CO2M任务（CO2M）。这些工作的国际协调主要通过地球观测卫星委员会（CEOS）（虚拟星群、CEOS Cal/Val工作组）以及在某种程度上通过CGMS进行。

在模拟和同化方面，最先进的工作之一属于欧洲委员会的哥白尼计划。哥白尼大气监测服务（CAMS）与上一节中所列有关CO2和CH4定量监测的许多目标共享。目前计划进一步扩大该系统，并利用观测和计算机模式的互补性，开发新的全球监测和验证能力，以支持人为CO2和CH4排放（CO2MVS）。美国也正在开展模式和同化CO2观测的类似工作，美国国家航空航天局（NASA）和NOAA在该领域都有能力，尤其是碳特拉克，而日本一直在推进其工作，包括观测、船舶和飞机测量，中国也计划在未来几年发展自己的能力。模拟工作依托跨COM界的长期经验和开创性工作，其中许多贡献者仍在参与上述模拟活动。

除了本文所列努力之外，还出现了其他一些与GHG相关的倡议，反映出普遍认识到对改进GHG信息的需求。鉴于GHG监测的巨大政治和经济影响，未来几年可能会出现额外的努力。为了维持气候变化减缓措施的可靠信息基础，重要的是加强这些努力的协调，使各方完全透明。

### 潜在的下游应用

拟议的GHG监测基础设施的输出将公布，全球温室气体观测数据（地基和空基），以1x1°分辨率模拟的全球GHG浓度场，以及全球1x1°分辨率的模拟表面通量。潜在应用的初始列表包括：

* 根据《巴黎协定》授权的全球盘点，解释全球产品，包括：
  + 全球和/或区域排放源和汇聚集。
  + 将全球通量划分为各部门、气体、区域的方法。
  + 与汇总产品相关的不确定性。
* 汇集1x1°通量信息到区域尺度，用于判读区域尺度排放通量：
  + 对于评估未在国家清单中报告的海洋通量，目前全球盘点中缺失。请注意，这些数据还将对针对可持续发展目标（SDG14.3.1）的海洋酸度报告增添价值。
  + 评估区域尺度陆地碳通量，这些通量被部分纳入国家清单报告。监测年际变率（例如应对干旱）至关重要。
  + 目前几乎没有或没有基础设施用于确定活动资料排放的国家，人为排放汇总到国家尺度，为改进的排放信息的开发提供起点：可能与非CO2排放源特别相关。
  + 对这些集合产品的不确定性进行分析。
* 为区域、国家和地方研究提供边界条件。这通常要利用GHG浓度场，而不是通量输出。这将使实体为其感兴趣领域开发更精细的排放信息。
  + 对衍生边界条件的不确定性分析。
  + 关于如何开展此类降尺度工作的指导（利用IG3IS良好做法等其他机制）。

### WMO的作用

WMO在协调全球温室气体监测基础设施方面发挥核心作用的原因有两个主要原因。

首先，WMO在第3节所列的四个主要领域中，开展了三项活动并取得了经验：基本天气变量和大气成分的地基和空基观测、国际资料交换、相关模拟和资料同化工作以及研究。通过全球气候观测系统（GCOS）及其与联合国环境规划署（UNEP）的合作，WMO在陆地表面观测方面开展了一些活动，并通过GOOS并与政府间海洋学委员会（IOC）合作开展了大量海洋观测和海洋模拟活动。

第二，作为一个政府间组织，WMO在协调国际合作、建立国际系统、制定天气和气候观测（WMO全球综合观测系统（WIGOS）、GCOS、GOOS、数值天气预报（世界天气研究计划（WWRP）和全球资料加工和预报系统（GDPFS）等领域拥有数十年的经验 测量和模拟大气成分（GAW）的浓度。

此外，世界天气监视网（WWW）是这里设想的基础设施的有用范例，因为它包括观测、资料交换、模拟和资料同化以及通用验证方法。开展观测、运行模式并向用户提供资料的WMO各个会员都是一个会员。WWW为这些国家建立了合作框架（术语中的“基础设施”），其会员在其内部运行着各系统组成部分，允许它们在最大影响方面相互补充和利用。在WMO公约的支持下，WMO会员（国家和地区）确定了观测系统、资料国际交换、全球模拟和同化工作的需求，以及全球模式场的分发和验证。这些系统本身由WMO会员单独运行或作为一组会员运行。这一范式需要得到扩展，以纳入会员国和国际范围的其他机构和缔约方，以便全面实施设想的基础设施。

类似于WWW在数值天气预报（NWP）中的作用，一个共同的GHG监测基础设施的作用是建立：

* 对综合地面、飞机和基于卫星的观测系统的要求：
* 按照WMO全球基本观测网（GBON）的规定设计了综合地基观测系统和国家观测需求，并辅之以发展中国家实施和运行的融资机制，以及系统观测融资机制（SOFF）的路线;
* 改进并及时交换所有卫星、飞机和地基GHG观测资料，包括对未来卫星观测系统的协调规划：
* 在温室气体模拟和资料同化通用方法和做法方面开展合作：
* 用于交换模式场的通用文档格式和规范;
* 通用的验证和验证方法：
* 关于后处理和下流应用方法的常见指导。

WWW不制作或分发天气预报，同样，它也不是WMO GHG监测基础设施直接提供人为排放估算或验证的作用。这是《巴黎协定》各缔约方的职权范围，在必要情况下，通过诸如IG3IS或哥白尼计划开发的针对性系统加以协助。

### 后续步骤

目前（2022年9月），WMO执行理事会启动了一项全面研究，以推进这一WMO协调的全球GHG监测基础设施。一个广泛的跨学科联合研究组的任务是开发其概念，并向2023年5月举行的第19次世界气象大会提交拟议的架构。

同时，WMO正在与更广泛的GHG监测界合作，以确保这一发展得到那些已经积极开发其主要组成部分的各实体所接受（见第4节）。

有关开发这一全球温室气体监测基础设施的进一步详情和发展可查询 [网站](https://public.wmo.int/en/our-mandate/focus-areas/environment/greenhouse-gases/global-greenhouse-gas-monitoring-infrastructure)。

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_