

# 温室气体立体监测体系设计 案例与思考

---

2024年8月

# 汇报内容

**01 背景**

**02 国外情况**

**03 国内情况**

**04 问题与差距**

**05 监测网络规划**

全球气候变暖加剧，造成地表温度升高、海平面上升、冰川退缩，伴随而来的是海岸侵蚀、海水酸化、水循环紊乱、生物多样性减少、极端气候事件频发，严重影响人类赖以生存的自然环境和经济社会可持续发展。

## 气候变化对我国自然生态系统带来严重不利影响

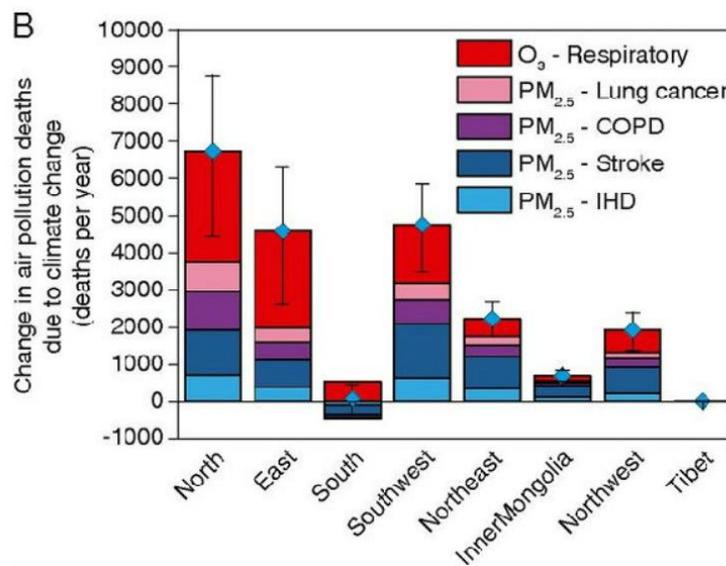
气候变化对陆地、淡水、沿海和公海海洋生态系统造成了重大破坏，并造成了不可逆转的损失。由于气候变化，生态系统的结构和功能、恢复力和自然适应能力出现了广泛恶化，并产生了不利的社会经济后果。

## 气候变化诱发极端污染天气事件，大气污染水平增加

气候变化是全球大气环境变化的主要驱动力，可以通过改变温度、湿度、风速和风向等气象条件影响空气污染物在大气中的物理化学过程。

## 气候变化对人类生产生活产生严重负面影响

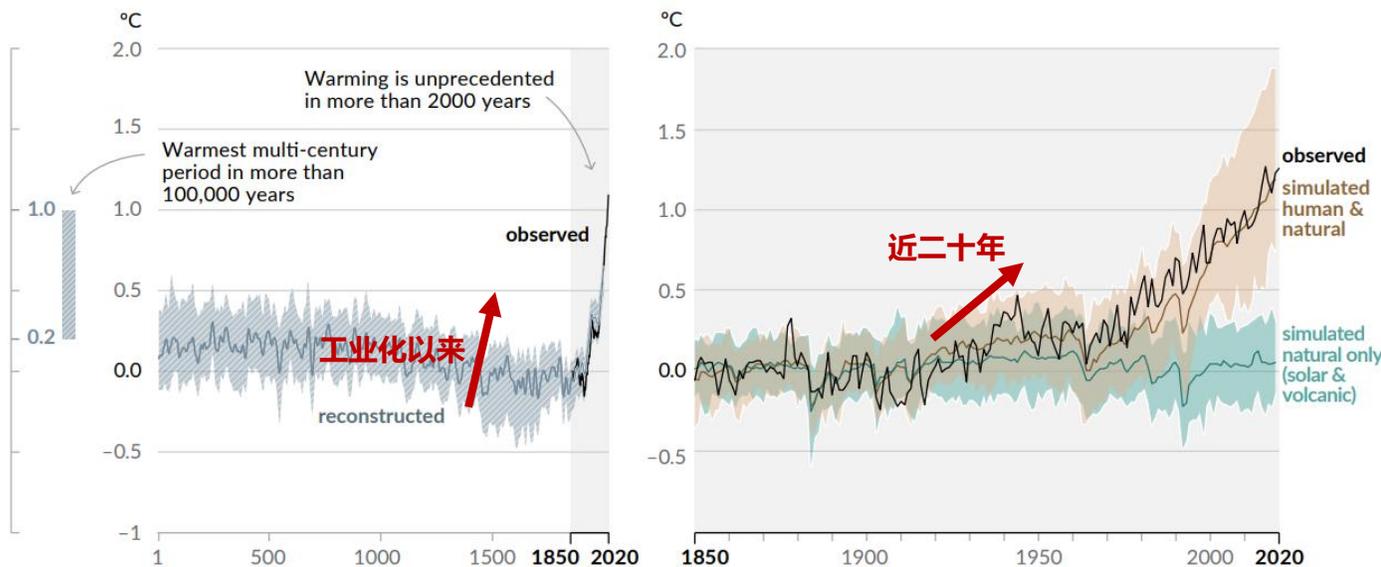
气候变化对粮食安全和水安全、对人类的身体和心理健康、对城市中基础设施、对经济发展及个人生活都会产生严重负面影响



- 2050年典型浓度路径4.5 (RCP4.5) 情景下，气候变化引起中国地区PM<sub>2.5</sub>和臭氧浓度升高所导致的健康影响 (张强, 2019)

### 全球正在经历一场以变暖为主要特征的气候变化!

- 全球气候变暖趋势显著。与过去2000年相比，工业化以来全球平均表面温度显著升高。与工业化初期相比，最近10年（2011—2020年）全球平均表面温度升高1.09°C。
- 温室气体排放是全球变暖的主要原因。工业化以来的人为累积CO2 排放和全球表面升温之间存在近似线性的关系。



(全球温度变化, IPCC第六次报告—第一工作组报告)

Human systems	水资源与粮食生产影响 Impacts on water scarcity and food production				健康影响 Impacts on health and wellbeing				城市基建影响 Impacts on cities, settlements and infrastructure			
	Water scarcity	Agriculture/crop production	Animal and livestock health and productivity	Fisheries yields and aquaculture production	Infectious diseases	Heat, malnutrition and other	Mental health	Displacement	Inland flooding and associated damages	Flood/storm induced damages in coastal areas	Damages to infrastructure	Damages to key economic sectors
	🚰	🌾	🐔	🐟	☀️	👤	🧠	👣	🏠	🌊	🏗️	🏢
Global	±	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Africa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asia	±	±	±	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Australasia	±	±	±	-	-	-	-	not assessed	-	-	-	-
Central and South America	±	-	±	-	-	-	not assessed	-	-	-	-	-
Europe	±	±	-	±	-	-	-	-	-	-	-	-
North America	±	±	-	±	-	-	-	-	-	-	-	-
Small Islands	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arctic	±	±	-	-	-	-	-	-	-	-	-	±
Cities by the sea	○	○	○	-	○	-	not assessed	-	○	-	-	-
Mediterranean region	-	-	-	-	-	-	not assessed	-	±	-	○	-
Mountain regions	±	±	-	○	-	-	-	-	na	-	-	-

(气候变化的影响, IPCC第六次报告—第二工作组报告)

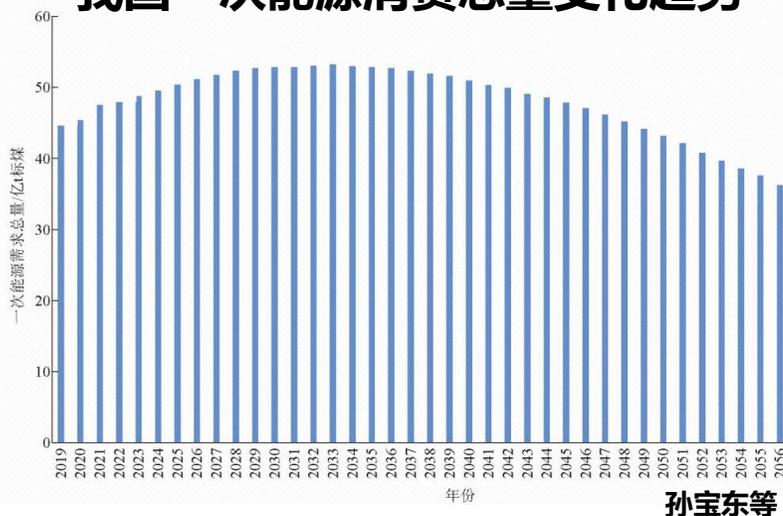
## 国内

### 面临的挑战!

□ **经济发展面临的挑战。**我国经济结构还不合理，工业化、新型城镇化还在深入推进，经济发展和民生改善任务还很重，能源消费仍将保持刚性增长。同时，我国产业结构偏重、能源结构偏煤、效率偏低。

□ **我国是碳排放量大国。**以 2005 年作为基准年，我国 GDP 增长近 4.3 倍，碳排放也增长了81%，2019年能源利用导致的碳排放达到98亿t，并于2006年超过美国成为全球最大碳排放国，总量接近全球30%，人均达到了全球平均的1.6倍。（倪斌等，2021）

### 我国一次能源消费总量变化趋势

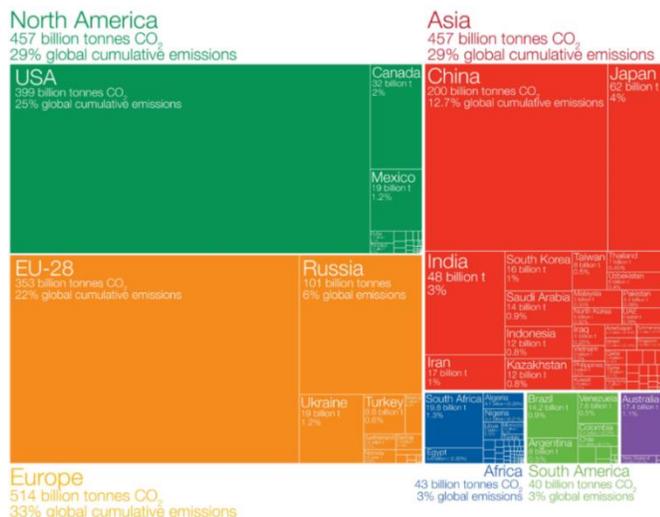


**预计我国一次能源消费总量在2033-2035年达峰，峰值为52-54亿吨标煤，较2020年增长20%左右!**



图 3 中国 2011-2017 年能源消费构成

来源：中国能源统计年鉴



**CO<sub>2</sub>累积排放量：美国第一为25%，欧盟第二为22%，中国第三为12.7%!**

Figures for the 28 countries in the European Union have been grouped as the 'EU-28' since international targets and negotiations are typically set as a collaborative target between EU. Data source: Calculated by Our World in Data based on data from the Global Carbon Project (GCP) and Carbon Dioxide Analysis Center (CDIAC). This visualization is from Our World in Data and is licensed under a CC BY license.



2020年9月，习近平主席在第75届联合国大会一般性辩论上宣布：中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，**二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。**

**实现碳达峰碳中和目标，不是别人让我们做，而是我们自己必须要做！**

## 推动高质量发展的内在要求!

- **破解资源环境约束突出问题、实现可持续发展的迫切需要。**我国资源约束日益趋紧，环境承载能力已接近上限，过去那种低成本粗放型、效率增长低的模式已经不可能持续，必须转向高质量发展。
- **满足人民群众日益增长的优美生态环境需求、促进人与自然和谐共生的迫切需要。**碳排放与大气污染物高度同根同源，发展绿色低碳能源与经济转型，是从源头上有效减少常规污染物排放。
- **顺应技术进步趋势、推动经济结构转型升级的迫切需要。**新一轮产业竞争已经拉开帷幕，欧盟、美国、日本都在发展低碳能源技术，在全球低碳转型的大潮下，各行业也将催生新产业、新业态、新产品、新服务。
- **主动担当大国责任、推动构建人类命运共同体的迫切需要。**实现“双碳”目标，既是我国生态文明建设和经济社会高质量发展的必然选择，也体现了积极促进国际大合作，让人类命运共同体行稳致远的大国担当。

## 加强温室气体监测能力建设，健全天空地海一体化监测网路

- 2021年11月《关于深入打好污染防治攻坚战的意见》：推进减污降碳协同监测，持续推进二氧化碳和甲烷等大气温室气体地面与遥感监测、重要陆海生态系统碳汇监测试点，提升大气污染物和温室气体排放融合清单编制能力。
- 2023年12月《关于全面推进美丽中国建设的意见》：加强温室气体、海洋等监测能力建设，实现降碳减污扩绿协同监测全覆盖”；“加快建立现代化生态环境监测体系，健全天空地海一体化监测网络，加强生态质量监督监测，推进生态环境卫星载荷研发；积极稳妥推进碳达峰碳中和。

## 严密防范各类风险挑战，守牢美丽中国建设安全底线

- 2021年3月《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》明确提出“加强全球气候变暖对我国承受力脆弱地区影响的观测，提升城乡建设、农业生产、基础设施适应气候变化能力”。
- 2022年5月《国家适应气候变化战略2035》：“完善气候变化观测网络、强化气候变化监测预测预警、加强气候变化影响和风险评估、强化综合防灾减灾等任务举措”。

# 汇报内容

01 背景

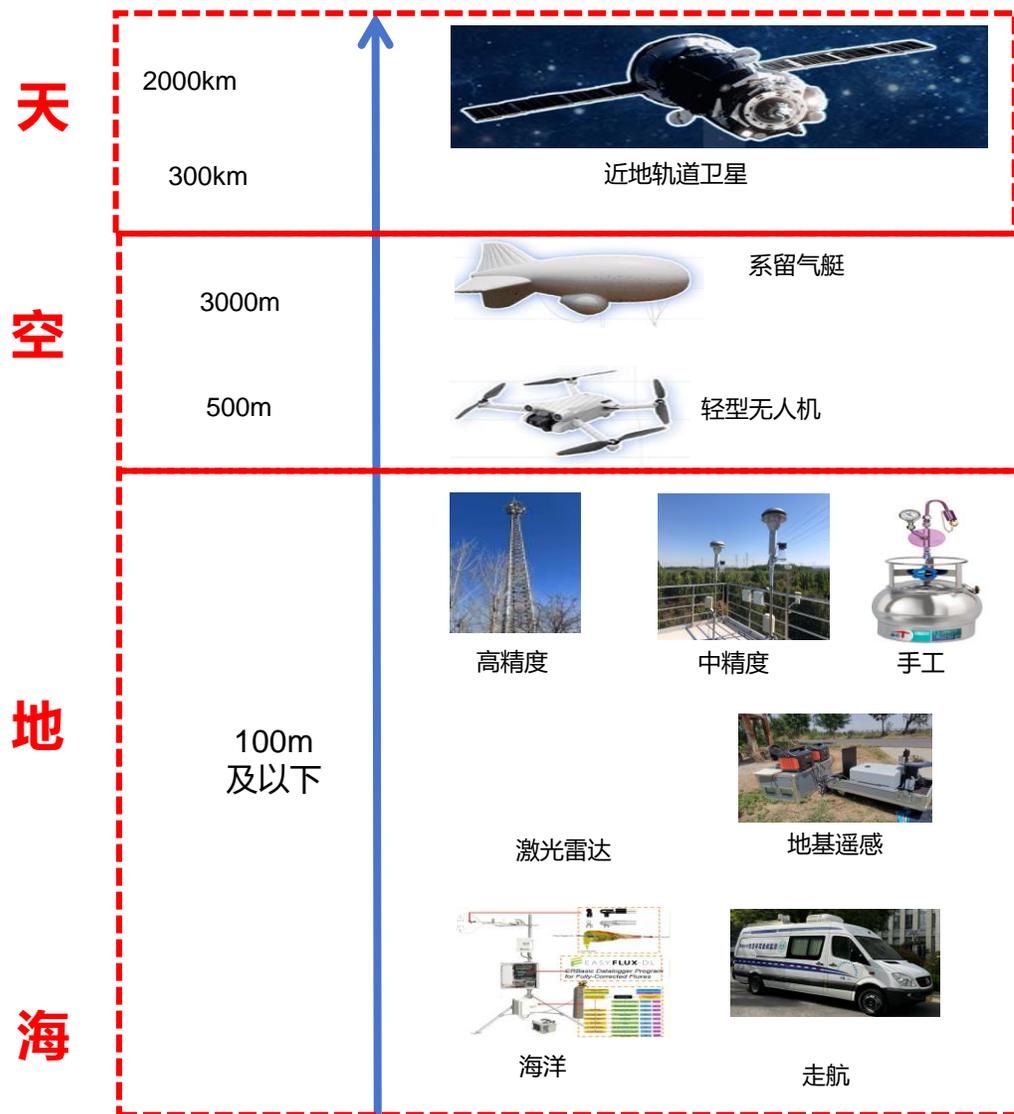
02 国外进展

03 国内进展

04 问题与差距

05 监测网络规划

# 温室气体立体监测体系



卫星遥感

航测与廓线

地面浓度 (塔基)

生态系统碳汇 (通量)

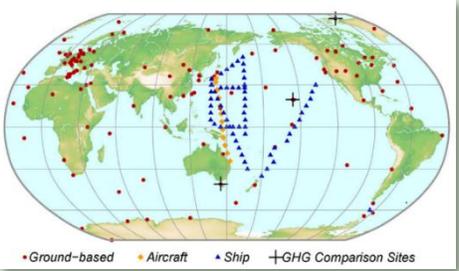
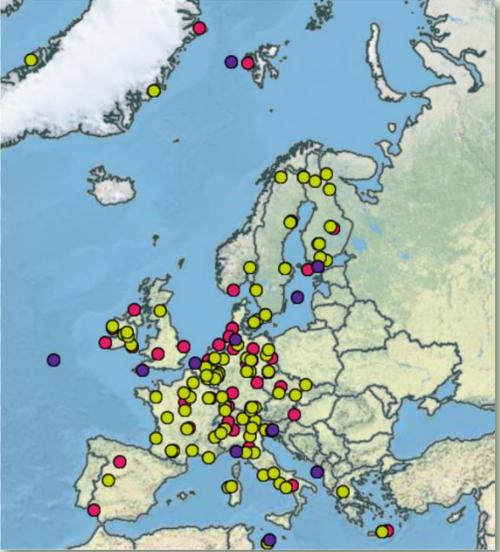
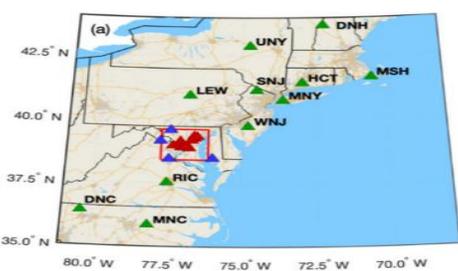
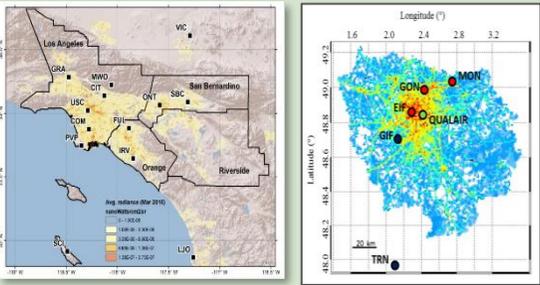
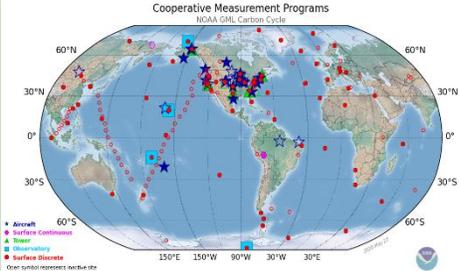
海洋 (塔基、浮标)

地基遥感 (校正卫星遥感)

温室气体:  $\text{CO}_2$   $\text{CH}_4$   $\text{N}_2\text{O}$   $\text{SF}_6$   $\text{HFCs}$   $\text{PFCs}$   $\text{NF}_3$

# 地面高精度监测网络

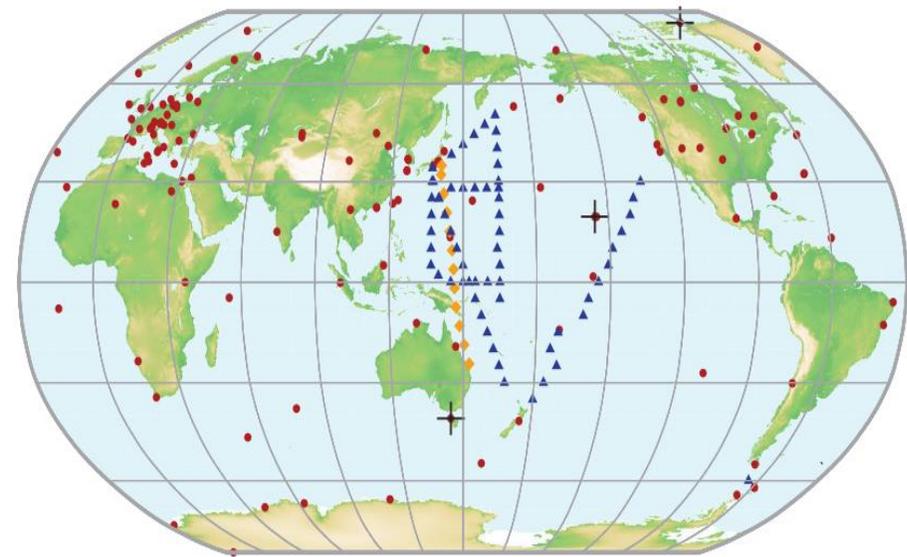
欧美等发达国家较早开展大气温室气体监测研究，建立了覆盖不同区域尺度的监测网络

全球	大陆级 / 国家级	省 / 州级	城市级
<p>全球大气观测网络 GAW/WMO</p>  <p>• Ground-based • Aircraft • Ship +GHG Comparison Sites</p>	<p>欧洲综合碳观测系统 ICOS</p>  <p>• Atmosphere stations • Ecosystem stations • Ocean stations</p>	<p>美国东北走廊 监测网络</p> 	<p>洛杉矶/巴黎 特大城市项目</p> 
<p>全球温室气体参考网 GGGRN/NOVA</p>  <p>Cooperative Measurement Programs NOAA GML Carbon Cycle</p> <p>• Aircraft • Surface Continuous • Tower • Discreet • Surface Discrete</p> <p>Other symbols represent inactive sites</p> <p><small>NOAA GML Carbon Cycle Cooperative Measurement Programs. Some continuous measurements are made at 4 baseline observatories. A few surface sites perform observations using a different method and are not included in the baseline. CO2 observations are made at 100 sites. CH4 observations are made at 10 sites. The data are available at the Carbon Cycle Data Center (CCDC) website: <a href="http://www.ccdc.noaa.gov">http://www.ccdc.noaa.gov</a>. For more information, see the Carbon Cycle Cooperative Measurement Programs website: <a href="http://www.ccdc.noaa.gov/cccp/">http://www.ccdc.noaa.gov/cccp/</a>.</small></p>		<p>加州空气资源委员会</p>  <p>• CARB-operated stations • CARB-funded stations</p>	<p>印第安纳波利斯通量实验</p> 

# 全球大气观测网络GAW/WMO

**WMO/GAW:** 1989年建立, 已经发展成为当前**全球最大、功能最全**的国际性大气成分(大气化学)观测网络,可对天气、气候、环境、人体健康和生态等有重要影响的大气成分及其物理和化学特性进行长期、系统和准确的综合观测。

### GAW全球温室气体监测网络



• 地基      ◆ 飞机      ▲ 船舶      + GHG 对比站

指标: 沉降、温室气体、ODS、通量、气象...

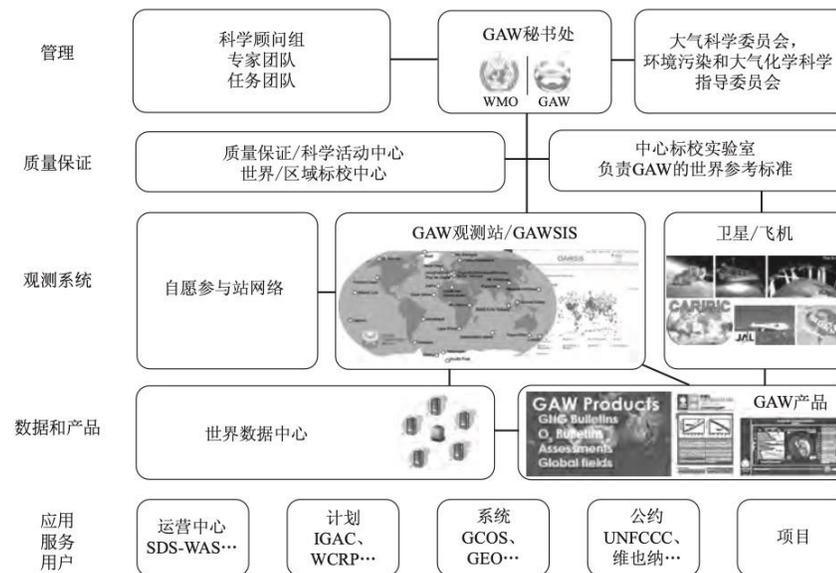
**31个全球站:** 在背景条件下开展, 没有来自局地污染源的永久性影响

**400多个区域站:** 具有区域代表性, 通常不受显著局地污染源的影响, 或至少来自特定风向的废污染空气气流较为频繁

**移动站:** 使用移动平台 (飞机、轮船、火车等) 进行观测

**地方站:** 开展与城市环境, 以及受附近排放影响的其他地区 (如生物质燃烧) 相关的研究

### GAW计划组成



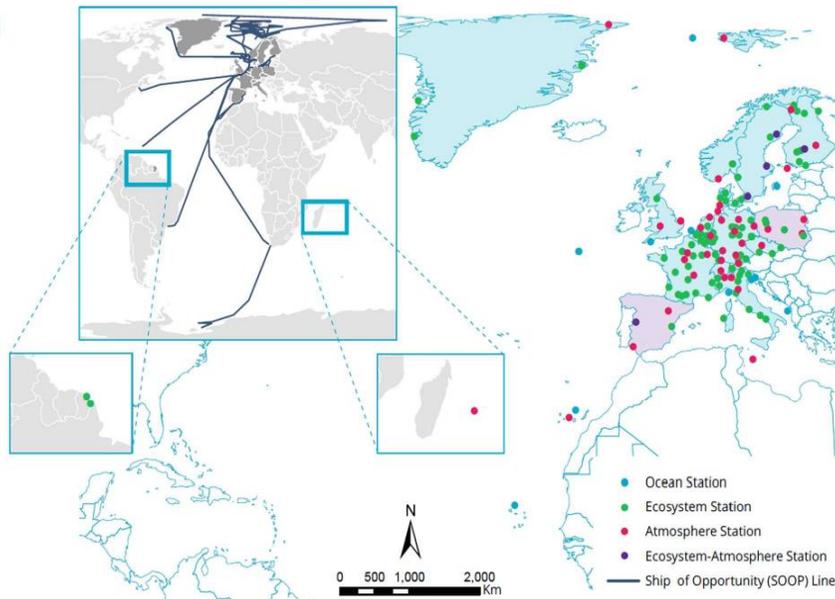
### 推荐测量的温室气体

- 二氧化碳 CO<sub>2</sub> (包括  $\Delta^{14}\text{C}$ 、CO<sub>2</sub> 中  $\delta^{13}\text{C}$  和  $\delta^{18}\text{O}$ 、O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 比等);
- 甲烷 CH<sub>4</sub> (包括 CH<sub>4</sub> 中  $\delta^{13}\text{C}$  和  $\delta\text{D}$ );
- 氧化亚氮 N<sub>2</sub>O (包括同位素异数体);
- 卤代化合物和 SF<sub>6</sub>。

# 欧洲ICOS温室气体监测网络

欧洲建立了温室气体浓度/通量监测网络 (ICOS)，科研机构主导，聚焦大气、生态系统和海洋等3个领域，建设监测网络、统一质量管理体系、开展分析研究。其中**大气监测网络由大陆（高塔）、沿海和山区站组成**，覆盖了欧洲大陆的大部分地区，选择安装大气站的地点具有典型性。

ICOS参与了诸如WMO开发的全球综合温室气体信息系统(IG<sup>3</sup>IS)等全球倡议，自2019年以来一直是联合国气候变化框架公约 (UNFCCC) 的观察员组织。

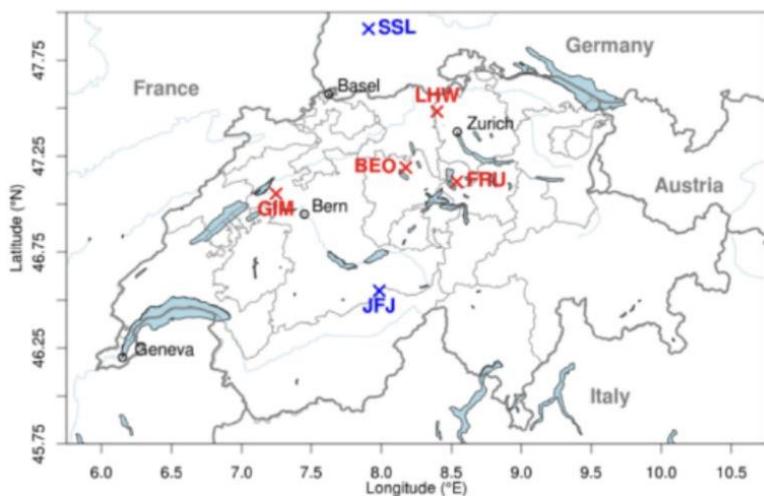


**12个欧洲国家**  
**约410万平方公里<sup>2</sup>**  
**46个大气站**

ICOS IN SHORT  
**12** countries  
**140** stations  
**500** researchers  
**80** renowned universities or institutes

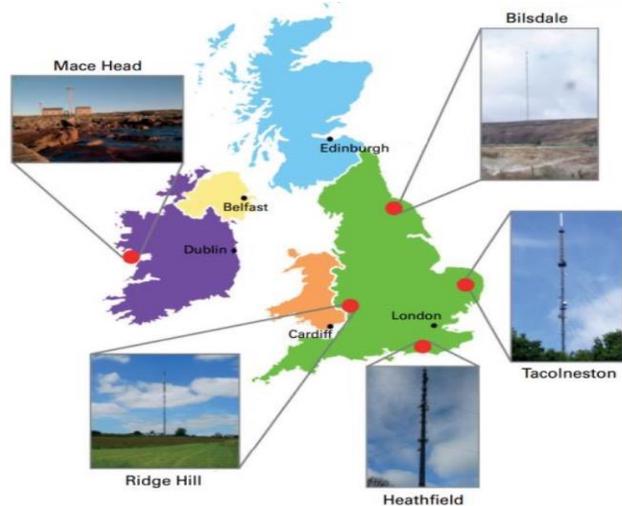
- 大陆站 (30个)：主要针对大陆气团；
- 沿海站 (5个)：主要针对海洋气团；
- 山区站 (11个)：主要针对自由对流层空气 (夜间)
- 生态系统 (85个)：生态系统碳汇
- 海洋站 (14个)：海气通量

□ 国家尺度监测网络：国家尺度温室气体检测网络可以为国家温室气体清单提供验证。



## 瑞士国家监测网络

瑞士的温室气体监测网络包括5个站点，其中位于阿尔卑斯山少女峰顶的少女峰站开展温室气体全要素（CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、HFCs、PFCs、SF<sub>6</sub>、NF<sub>3</sub>）及示踪物（CO）在线观测，其他四个站点仅观测CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>，而BEO站还观测N<sub>2</sub>O。瑞士在提交至联合国气候变化框架公约的《1990-2018瑞士国家温室气体清单报告》中将利用大气浓度监测计算的“自上而下”法温室气体排放结果纳入附件。



## 英国国家监测网络

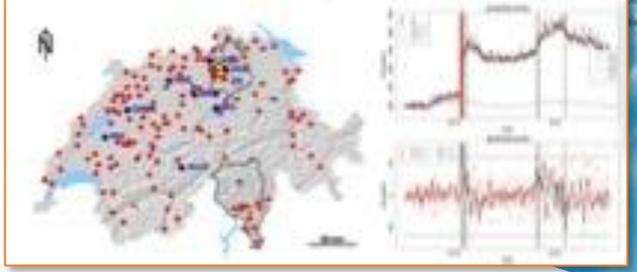
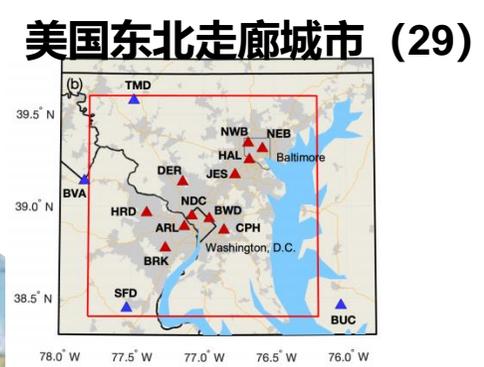
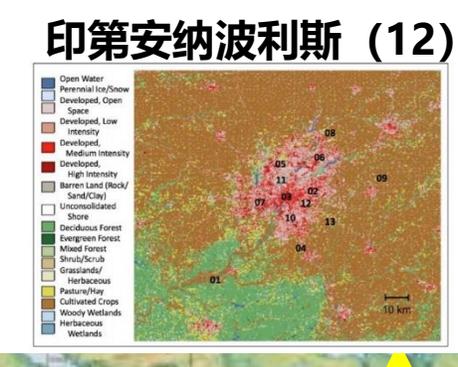
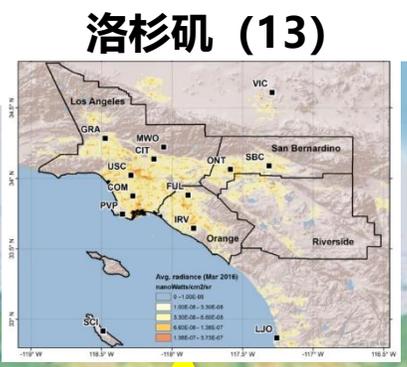
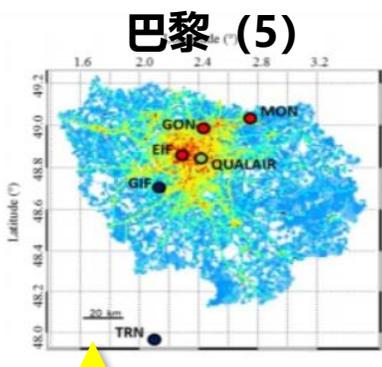
英国政府为了验证英国温室气体清单，在全国设立了多个高塔站。甲烷、二氧化碳、一氧化二氮和六氟化硫是通过英国监测网测量的，而所有其他气体（例如氢氟碳化合物和全氟化碳）仅在MHD和TAC测量。

# 城市温室气体监测网络建设

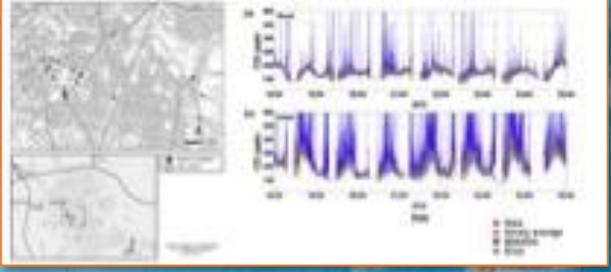
相对较新的研究领域，在欧美国家部分城市开展了一些探索研究。目前，欧美国家城市监测网络主要分为两种类型：（1）使用高精度监测仪器的低密度高塔监测网络；（2）使用低成本中精度传感器的高密度监测网络。

低密度高塔监测网络

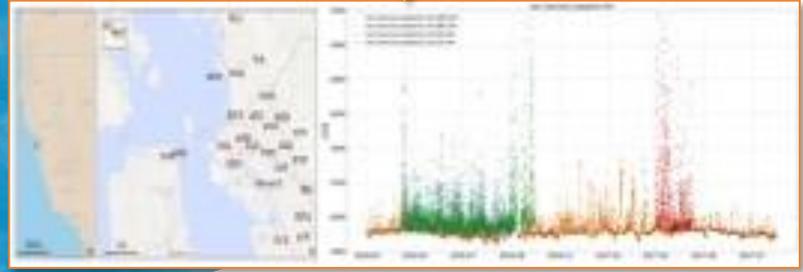
高密度中精度监测网络



瑞士

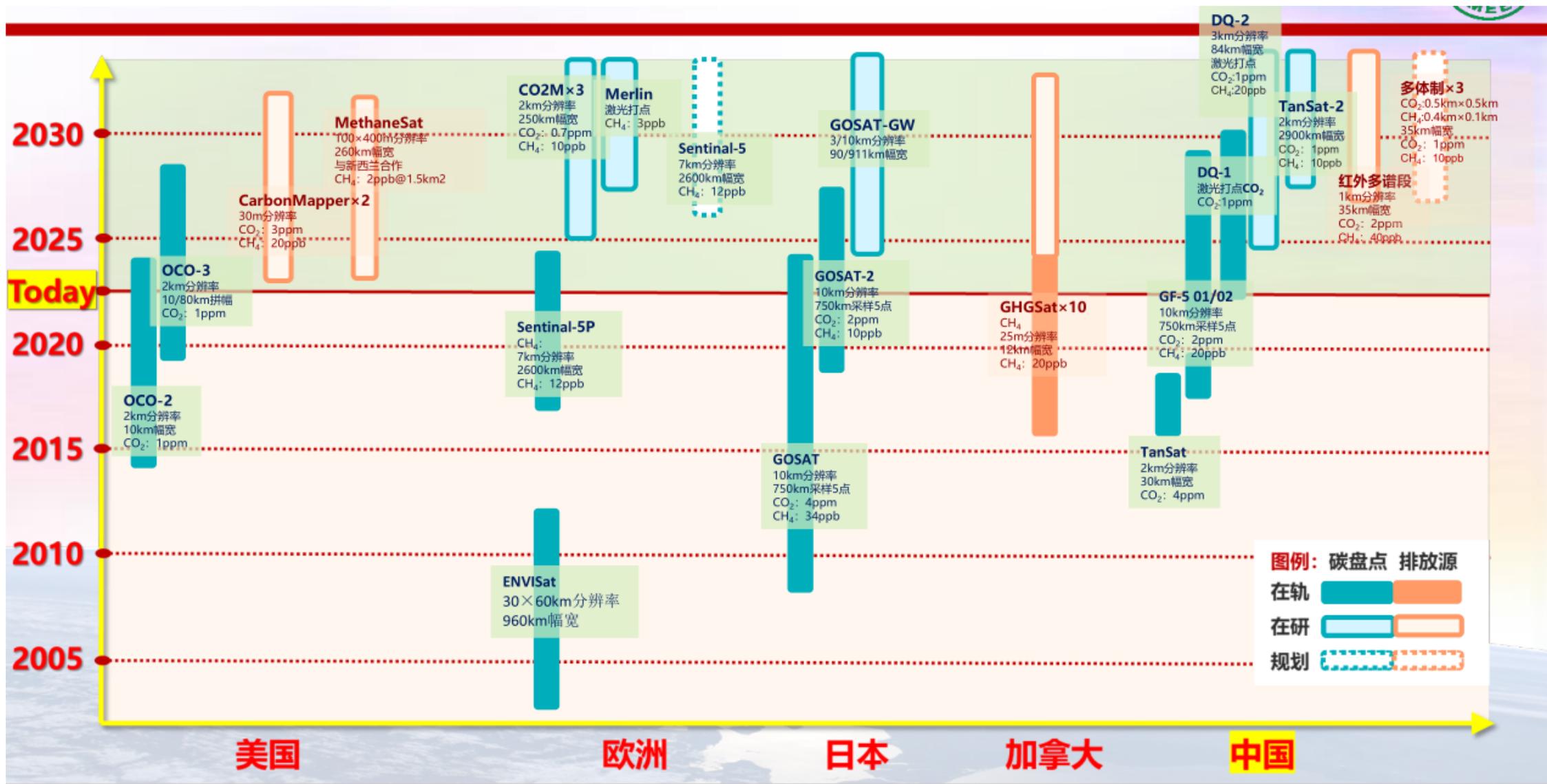


英国剑桥



加州奥克兰市

利用卫星遥感观测技术，可以获取长时间、面状连续的监测数据。



## ➤ 卫星遥感监测现状

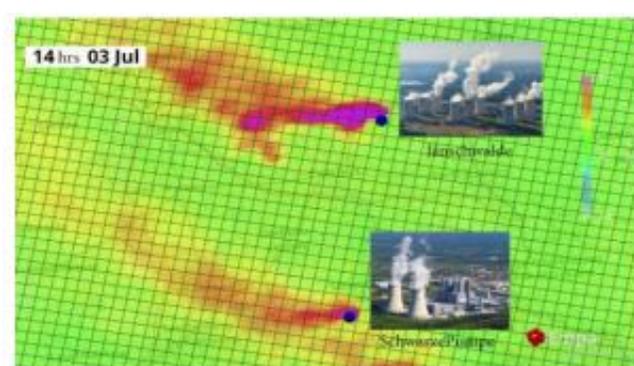
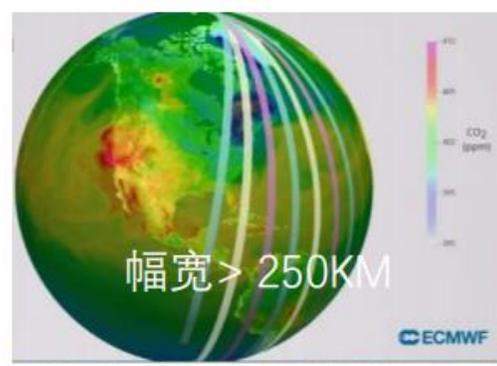
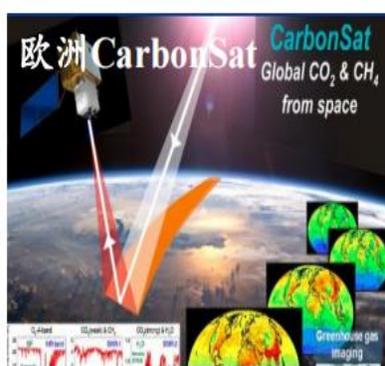
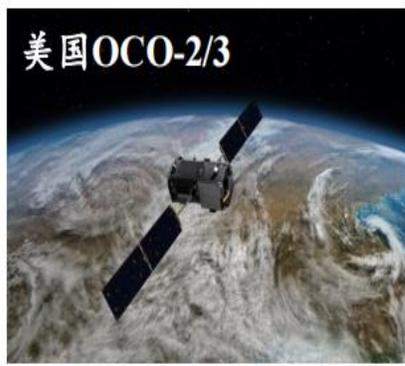
- 卫星遥感监测具有**高时效性、高时空分辨率、全球覆盖**的特点。它是地基温室气体监测的最好补充数据集。目前，欧美日相继发射了**18颗**温室气体遥感探测卫星，用于碳排放监测和碳同化估算研究中。

### 第一代卫星 (1999-2018)

- 被动遥感受日照时间限制，不能开展昼夜循环或冬季高纬度地区观测，同时受云和气溶胶的严重干扰，影响观测效率
- 欧洲EnvirSat卫星：可测量柱状CO<sub>2</sub>总量。
- 美国OCO-2、OCO-3：可观测全球CO<sub>2</sub>分布。
- 日本 (GOSAT卫星)：可以测量CO<sub>2</sub>和CH<sub>4</sub>的全球分布。

### 第二代卫星 (2019年至今)

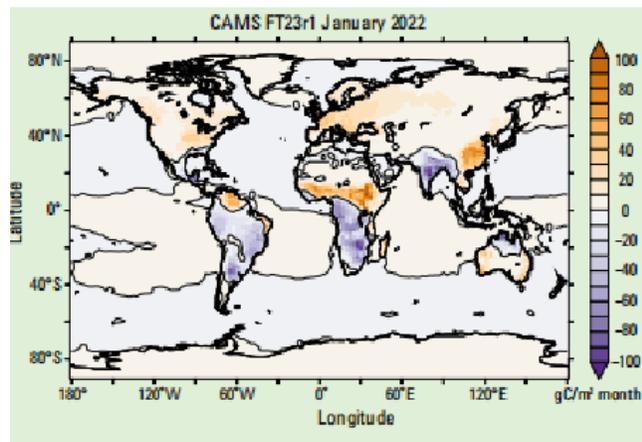
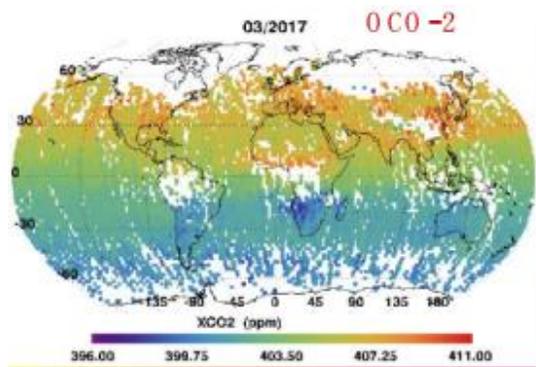
- 获取高空间分辨率 (2km×2km)、高精度 (~0.1%/探测) 高准确性 (<0.1%) 的宽幅 (>200 km) XCO<sub>2</sub>连续观测。
- 欧盟：2018年设立了“CO<sub>2</sub>M计划”，建立国别级碳清单核算卫星技术体系，计划于2025年发射3颗碳卫星，于2028年第2次全球碳盘点时开展业务化清单核算



适合点源探测

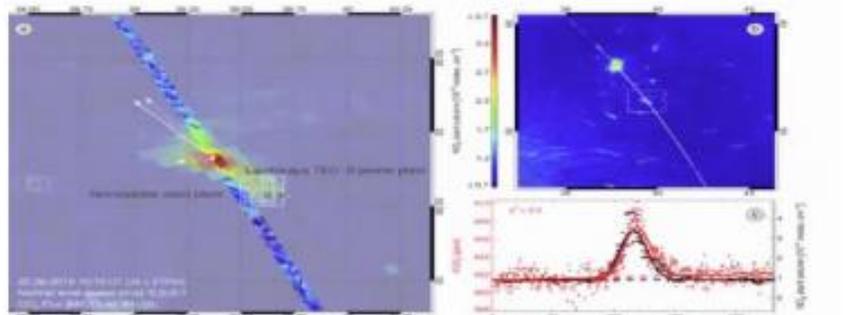
## ➤ 卫星遥感监测反演及地面验证

- 基于同化反演模型计算出全球及区域CO<sub>2</sub>浓度及碳排放 (哥白尼大气监测局、NASA)



- 火电厂、钢铁厂和油气田等大型点源的排放估算

- 加拿大Ray Nassar, 最早开始2017年点源探测



Reuter 2019

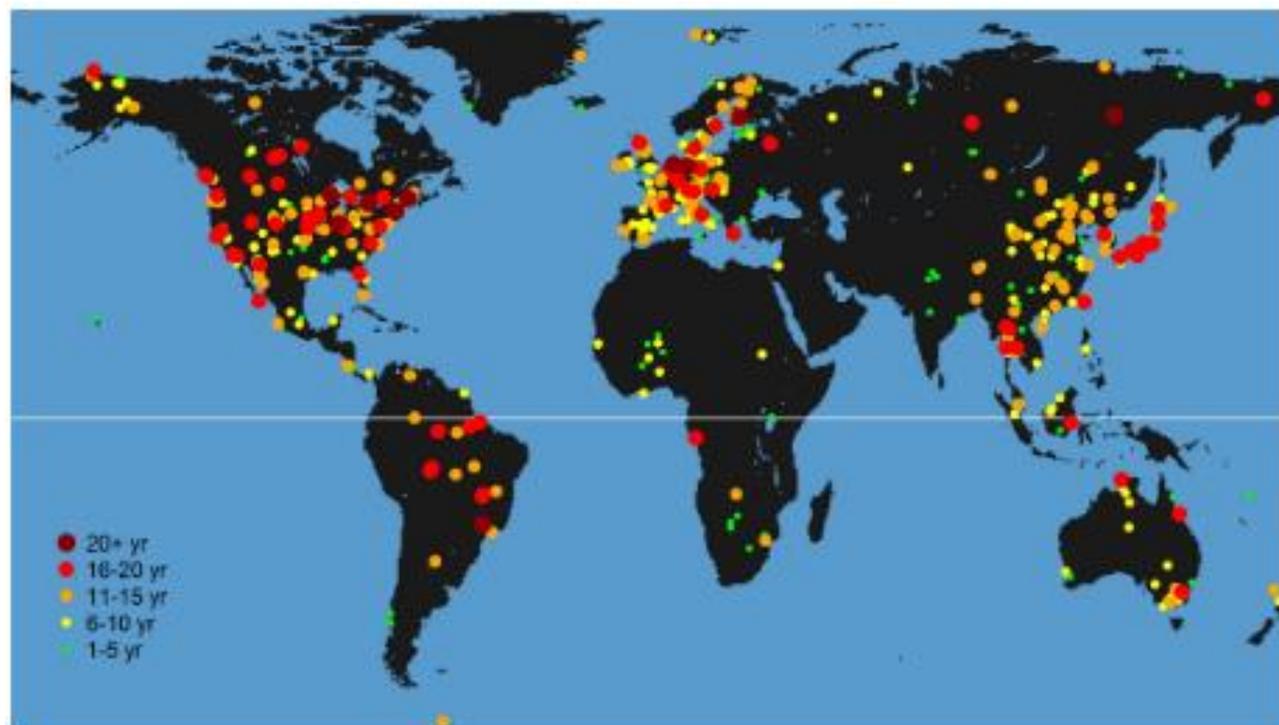


- WMO已建立**卫星遥感监测验证网络TCCON (总碳柱观测网络)**，测量足迹具有准全球覆盖能力。截至目前，全球共部署了约**28个**站点，测量温室气体柱浓度，主要用于卫星测量数据的验证。
- 我国香河站 (中科院大气所) 和合肥站 (中科院安光所) 加入了TCCON网络。

# 全球长期通量观测网络

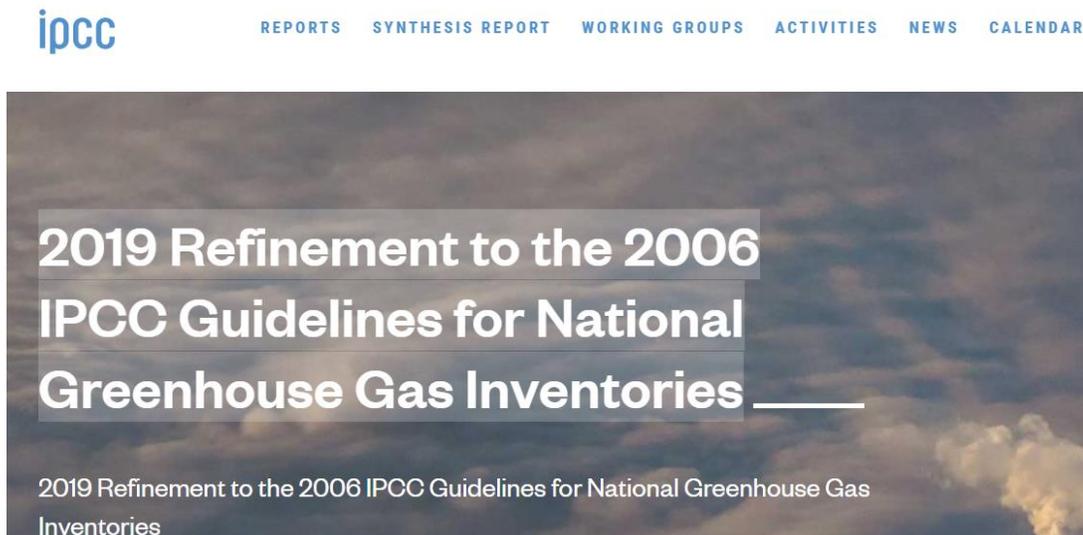
1995年，国际科学委员会正式讨论成立了“国际通量观测研究网络(FLUXNET)”，其目的是观测生物圈与大气圈的二氧化碳、水汽和能量交换通量特征，为检验卫星或模型估计的净初级生产力(NPP)、蒸腾蒸发量及能量利用率提供地面信息。

目前FLUXNET由美国、欧洲、澳洲、加拿大、日本、韩国和中国等7个主要的区域性通量研究网络及一些专项性研究机构共同组成，全球已有900多个通量观测站点。



国际通量观测研究网络(FLUXNET)2015年数据集(2020年更新)

## ➤ 2019年修订的IPCC指南：首次完整提出基于大气浓度反演温室气体排放量来验证清单结果的方法



### 6.10.2 Comparisons with atmospheric measurements

#### 6.10.2.1 INTRODUCTION TO EMISSION ESTIMATES BASED ON ATMOSPHERIC CONCENTRATION MEASUREMENTS

This section addresses the state of science for emission estimates based on atmospheric measurements and their application to comparison with national emission inventories. Since the *2006 IPCC Guidelines* were published, the most notable advances have been achieved in the application of inverse models of atmospheric transport for estimating emissions at the national scale. An increasing number of countries are considering applying such models.

**独立客观数据、高时空分辨率  
碳监测评估体系不可或缺的一环！**

□ **WMO**：主导建立**全球温室气体监视网（GGGW）**，几乎覆盖了所有领域：陆地、海洋、大气和冰冻圈（冰盖、冰川、积雪和永久冻土区），整合地表和卫星观测、源汇估算、地球系统模式和数据同化系统。

□ **ICOS**：建立**监测、报告和验证（MRV）系统**，由大气专题中心ATC收集并处理来自网络站点大气温室气体数据，帮助各国实现其气候目标。

□ **美国**：计划建立**美国综合温室气体监测系统**，加快对NASA/NOAA/EPA/NIST等机构的温室气体监测数据、质控标准方法和同化反演模型的整合。

## 2024年5月的世界气象大会批准了全球温室气体观测 (Global Greenhouse Gas Watch, G3W)

### 实施计划



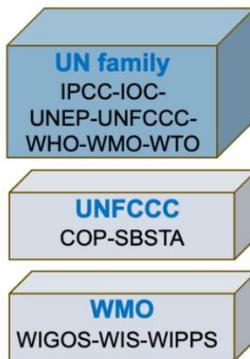
“for Measuring, Understanding, and Managing the Earth’s Climate”



CO<sub>2</sub>, Carbon dioxide



GHGs Earth's Observing Systems is building on Weather experience

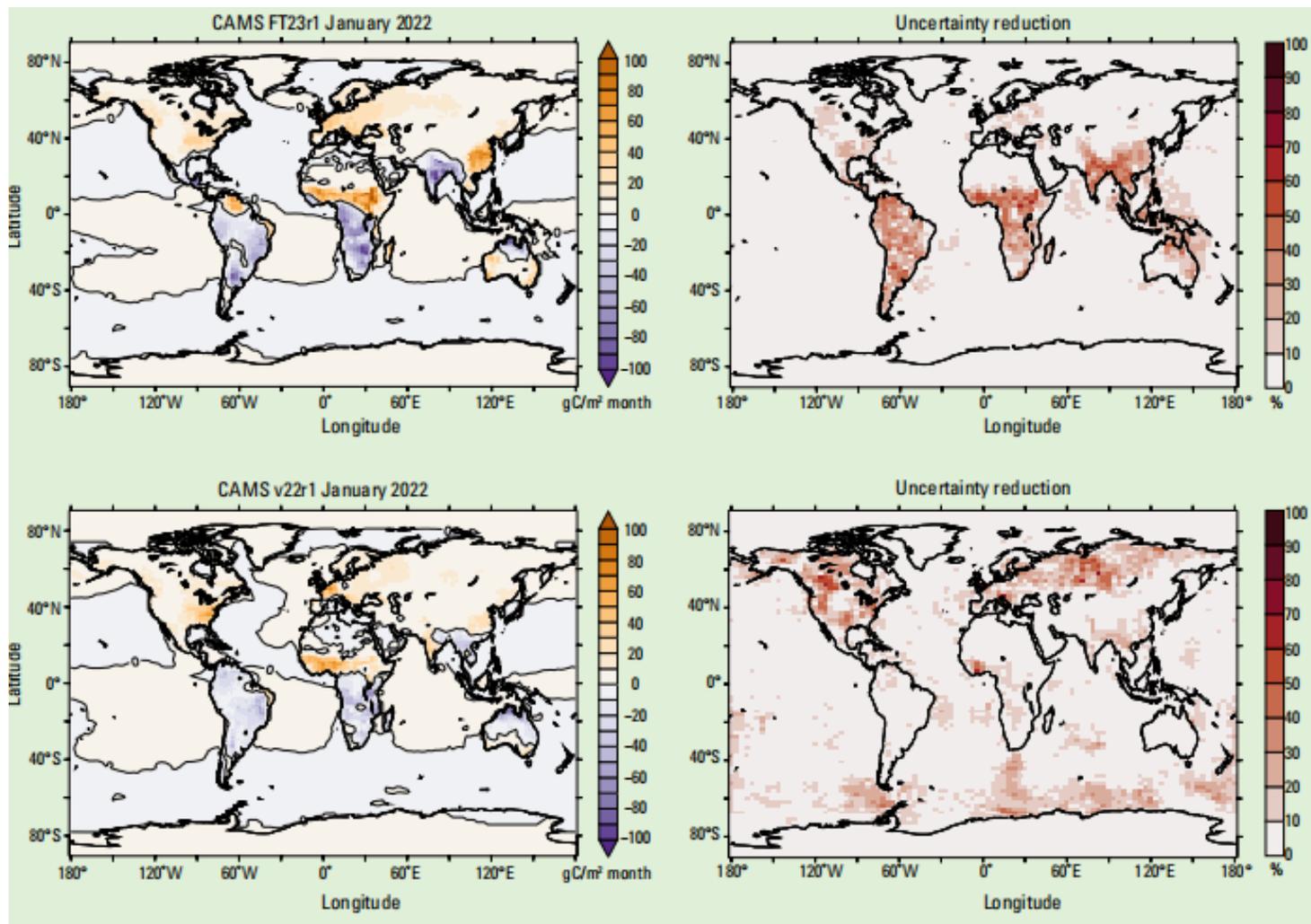


- ✓ 整合所有天基和地面观测系统、模型和数据同化反演技术: **全球碳盘点**
- ✓ IPP: 实施和预运行阶段 (2024-2027)
- ✓ IOP: 初始运行阶段 (2028-2031)
- ✓ EOP = 增强运营阶段 (2023-2050)
- ✓ 将于2027年部分启动运行, 2028年前, 输出通用标准格式结果, **得到全球每月CO<sub>2</sub>和CH<sub>4</sub> 100km\*100km净通量数据, 最大延迟一个月, 并未来十年内达到分辨率达到1km\*1km。**

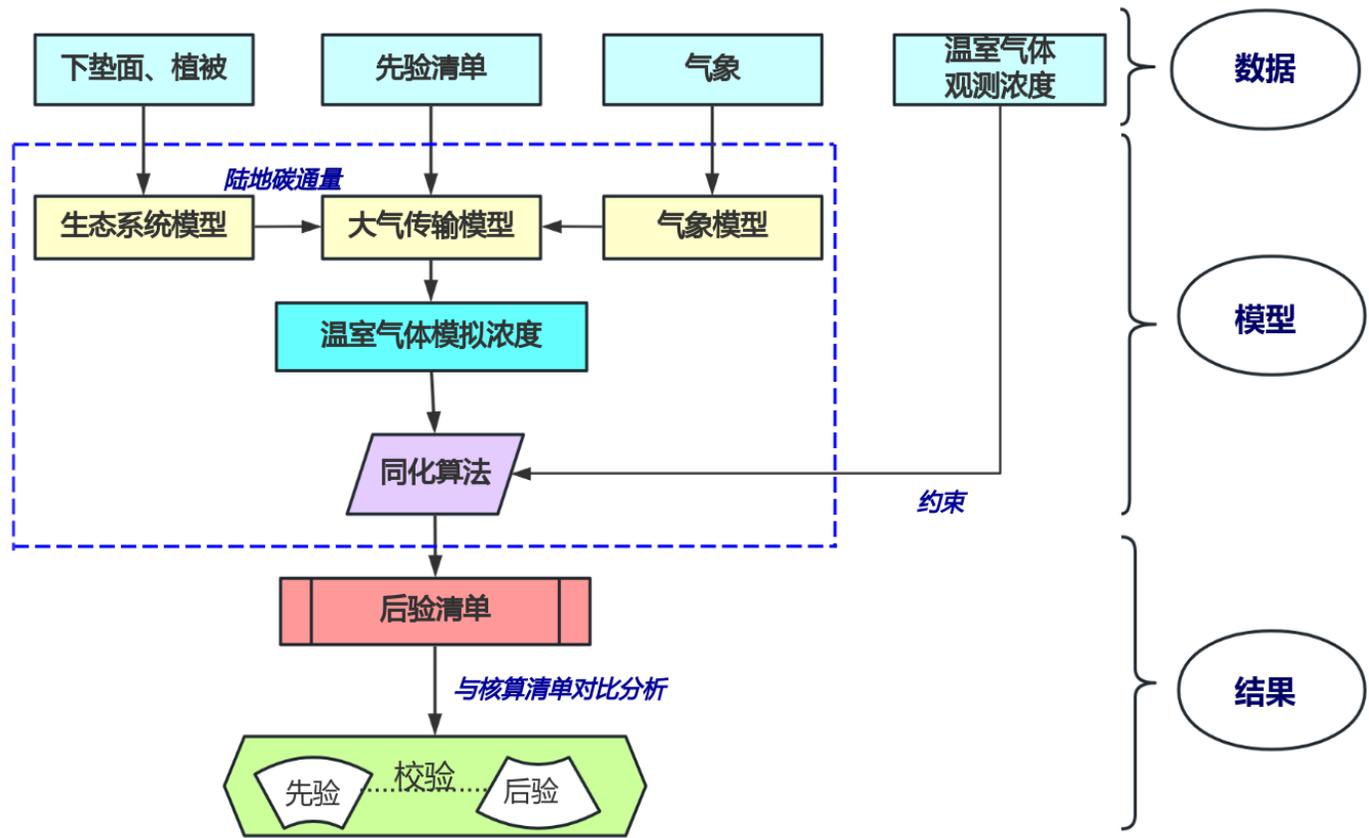
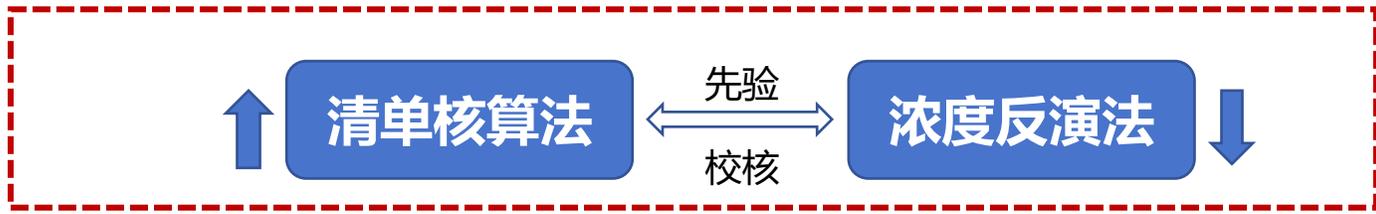


**几乎覆盖了所有领域, 包括陆地、海洋、大气和冰冻圈 (冰盖、冰川、积雪和永久冻土区) 聚焦CO<sub>2</sub> CH<sub>4</sub> NO<sub>2</sub>**

2022年WMO年报展示2022年1月全球反演结果（哥白尼大气监测服务），分辨率1.2度x 2.5度，上图基于卫星（OCO-2）观测数据集，下图基于地面观测数据集。



# 国家碳排放核算结果校验



➤ 部分欧美国家和地区已开展利用大气温室气体浓度反演估算**国家规模温室气体排放量的工作**

瑞士甲烷排放量核算	英国甲烷排放量核算	澳大利亚SF <sub>6</sub> 和HFC排放量核算
CarboCount-CH监测网络, 4个站点	英国DECC网络, 4个站点	格里姆角 (塔斯马尼亚) 的背景站点AGAGE, 以及阿斯彭代尔 (维多利亚) 的城市站点
瑞士温室气体清单 (SGHGI)	未使用先验清单数据	澳大利亚国家清单
核算国家甲烷排放量为196±18Gg/yr, 与清单估计的206±33Gg/yr一致	InTEM模型估计2013-2015年的甲烷排放量与英国温室气体清单一致	模型与清单估计的HFC-125、HFC-134a、HFC-143a和HFC-152a的一致性在2%以内, HFC-23、HFC-365mfc和SF <sub>6</sub> 的一致性在15%以内, HFC-32的一致性在35%以内

**核算结果纳入国家报告!**

# 气候变化影响评估

## ➤ 气候变化风险预警涉及生态、水、农业、城市和健康等重点行业和领域

国家	机构	研究领域或产品服务
国际组织	国际自然保护联盟 (IUCN)	对生态系统功能、服务、物种、生物多样性等多方面的影响评估及风险预估，主要关注长期气候变化可能导致的风险及未来潜在变化，已经有少数的产品和服务，多处于研究阶段。业务应用上尚未能与具体的对象建立联系，多数仍为关键气候\气象指标的预警
	欧洲环境署 (EEA)	
美国	美国国家海洋和大气管理局 (NOAA)	
	美国地质调查局 (USGS)	
	美国国家公园管理局 (NPS)	
	国家生态预测联盟 (NEON)	
生态预测计划研究协调网络 (EFI-RCN)		
英国	英国生态学会和皇家气象学会	
	英国气象局	
澳大利亚	昆士兰大学	

NWM v3.0 Operational Cycling on WCOSS

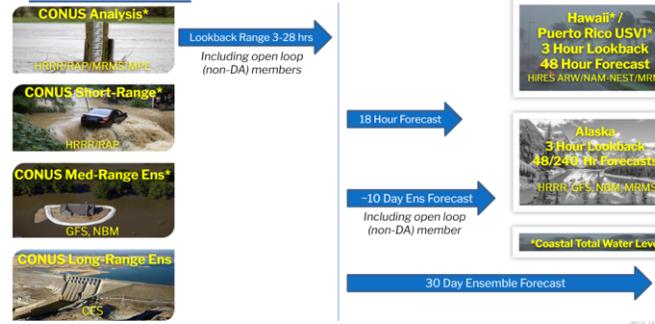
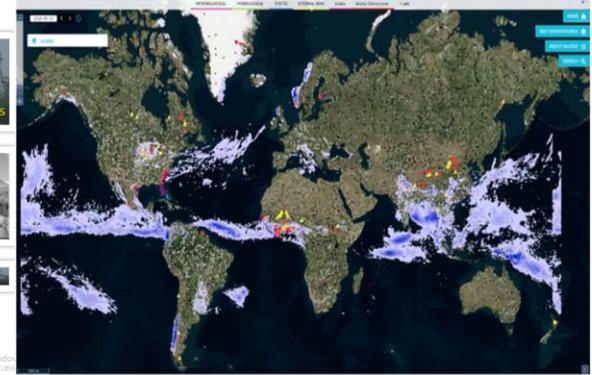


Figure 3: NWM v3.0 operational cycling

### 美国国家水文模型 (NWM)

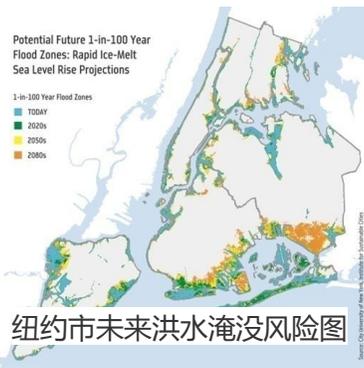
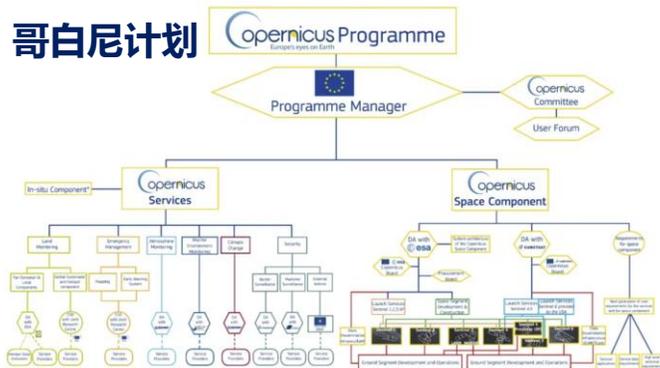
NWM 由NOAA和ESRI联合开发，结合了先进的建模功能、精确的地形制图和实时观测，可以生成从未来几小时到30天流量预测



### 全球洪水预报系统(GloFAS)

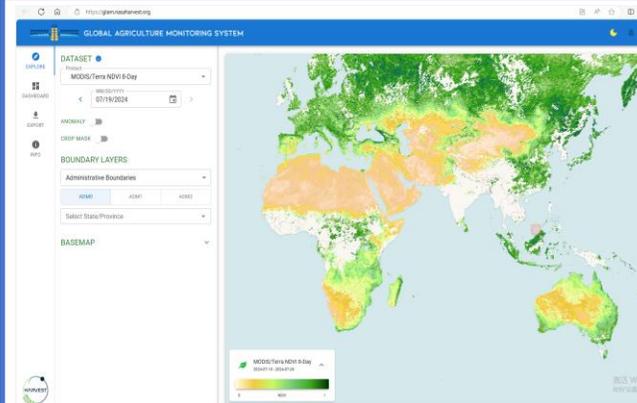
欧洲中期天气预报中心 (ECMWF) 采用集成天气预报系统 IFS 气象预报驱动生成未来1~30天的日尺度全球径流预报

### 哥白尼计划



纽约市未来洪水淹没风险图

目前仅有少数国家针对健康气候风险初步构建预警系统，如韩国、英国、法国等，但系统的有效性还需要进一步验证



### 全球农业监测系统 (GLAM)

美国NASA和农业农村部 (USDA) 结合多源卫星遥感和气象数据开展全球农业干旱和作物长势监测



### 农业市场信息系统(AMIS)

10个跨机构的国际组织，通过数据收集和分析，评估全球粮食供应，制作短期市场展望、评估和分析

# 汇报内容

**01 项目背景**

**02 国外情况**

**03 国内情况**

**04 建设方案**

**05 监测网络规划**

# 我国温室气体监测网络现状

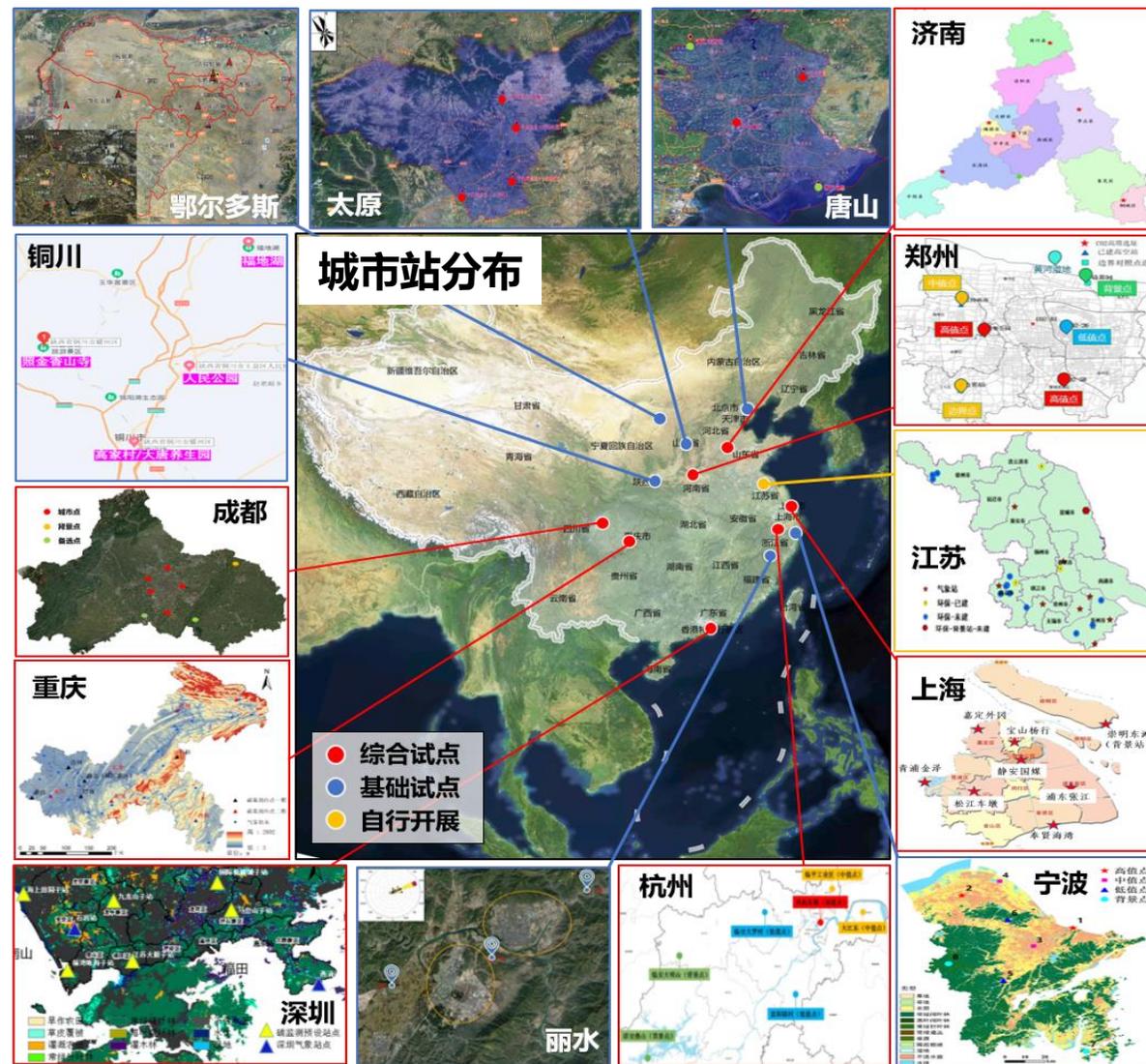
## 大气温室气体地面监测网络

- **背景大气监测**：已建成**16个**大气背景站，其中**12个**大气背景站已开展温室气体监测，8个站点完成高塔采样系统升级改造，加强背景站监测数据质量控制，满足WMO/GAW对于CO<sub>2</sub>目标气差值小于0.1ppm，CH<sub>4</sub>满足2ppb的要求。
- **重点城市监测**：16个试点省市共建成**94个**高精度监测站点、**172个**中精度监测站点、50个<sup>14</sup>C<sub>2</sub>O<sub>2</sub>手工监测站点。

### 背景站分布



四川海螺沟  
云南丽江  
湖北神农架  
福建武夷山  
山西庞泉沟  
山东长岛  
青海门源  
内蒙古呼伦贝尔  
广东南岭  
海南五指山  
西沙  
南沙



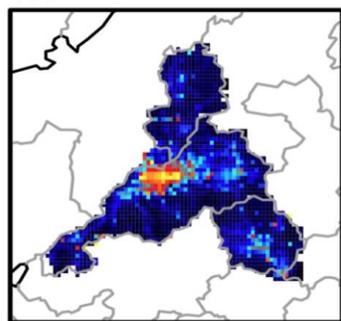
# 我国温室气体监测网络现状

## 试点省市碳核算技术路径逐步打通

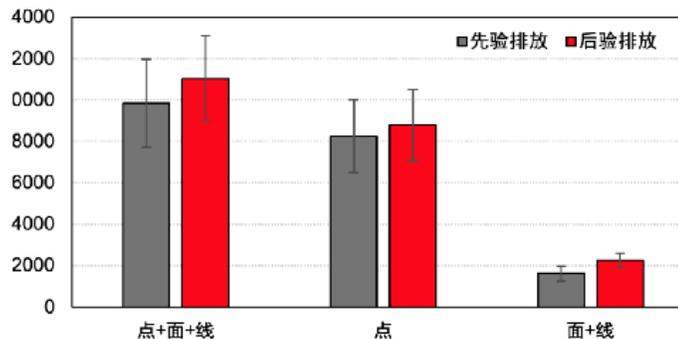
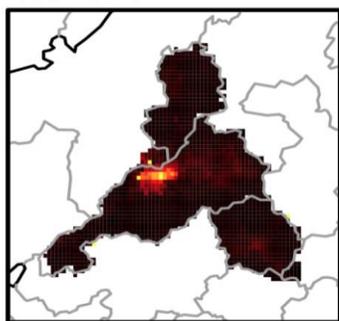
- 2021年，生态环境部印发《碳监测评估试点工作方案》，聚焦重点行业、重点区域、重点城市开展试点监测。
- 形成“自上而下”的碳排放量反演方法，探索开展城市碳排放量校验，形成城市碳排放量地图。

### 济南市案例

后验



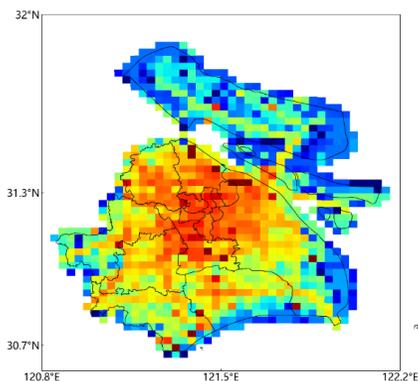
后验-先验



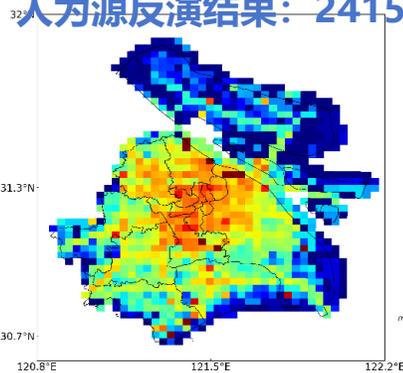
反演得到2023年二氧化碳排放量为11024.8万吨，相比于先验清单偏高12%，其中，点源高6.6%、面源和线源高40%。

### 上海市案例

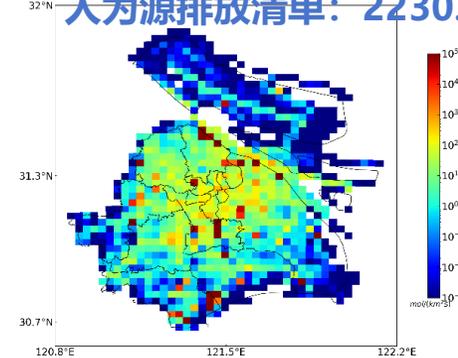
CO<sub>2</sub>地表通量



2022年10~11月  
人为源反演结果：2415.6万吨



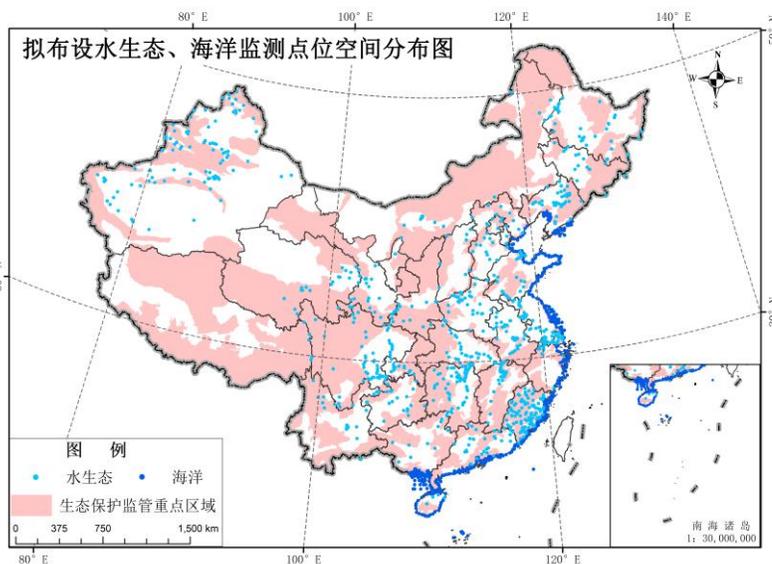
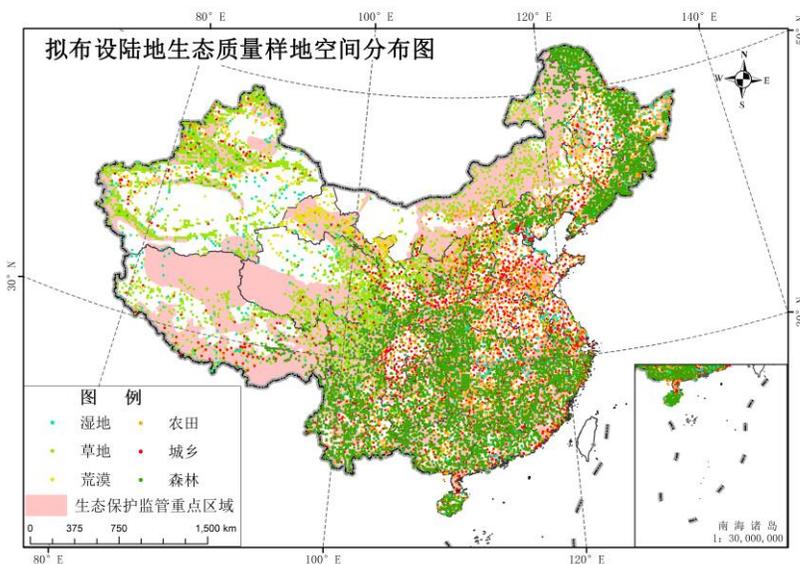
2022年10~11月  
人为源排放清单：2230.8万吨



# 我国温室气体监测网络现状

## 生态系统综合监测网络

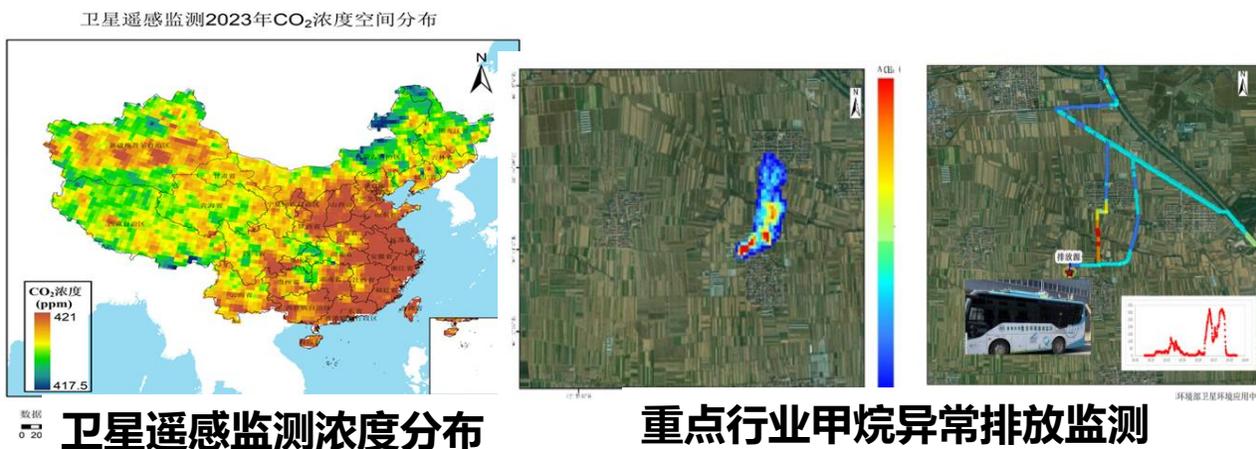
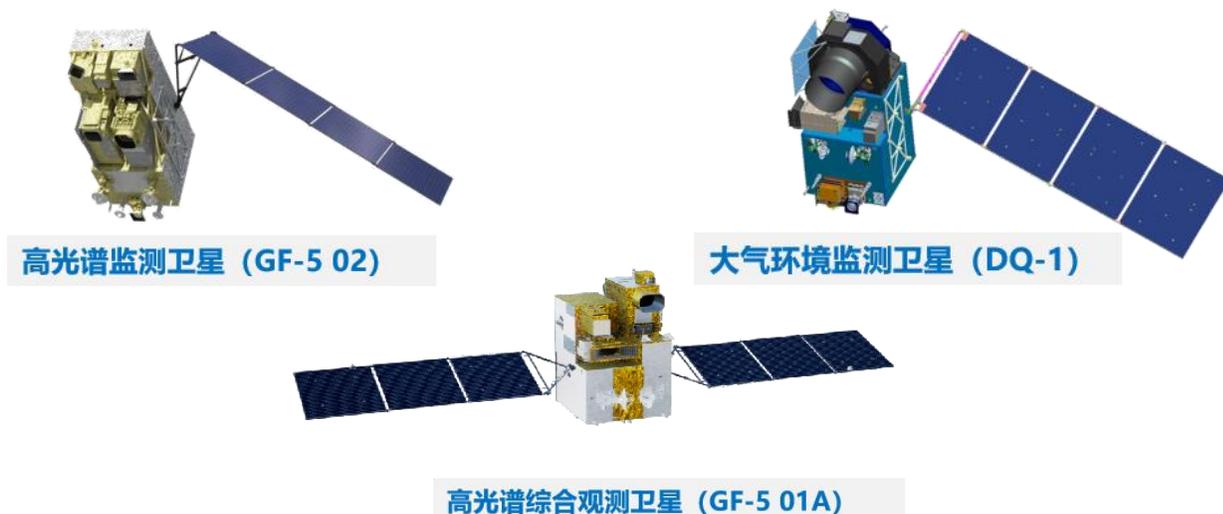
- **生态质量综合监测站**：已完成第一批约**55个**综合站的遴选，2024年将完成第二批遴选，开展森林、草地、湖泊湿地、海洋、荒漠、农田、城乡等生态系统监测。
- **海岸带生态系统碳汇监测**：在盘锦、南通、深圳和湛江4个试点城市，开展盐沼、红树林、海草床、海藻养殖等监测评估。
- **中国通量观测网**：由中国科学院于2001年组建，是我国目前最大的生态系统通量观测体系，对中国典型陆地生态系统与大气间CO<sub>2</sub>、水汽、能量通量的日、季节、年际变化进行长期观测研究的网，研究站点已达79个，包括18个农田站、19个草地站、23个森林站、15个湿地站、2个荒漠站、1个城市站和1个水域站（网）。



# 我国温室气体监测网络现状

## 卫星遥感监测及应用

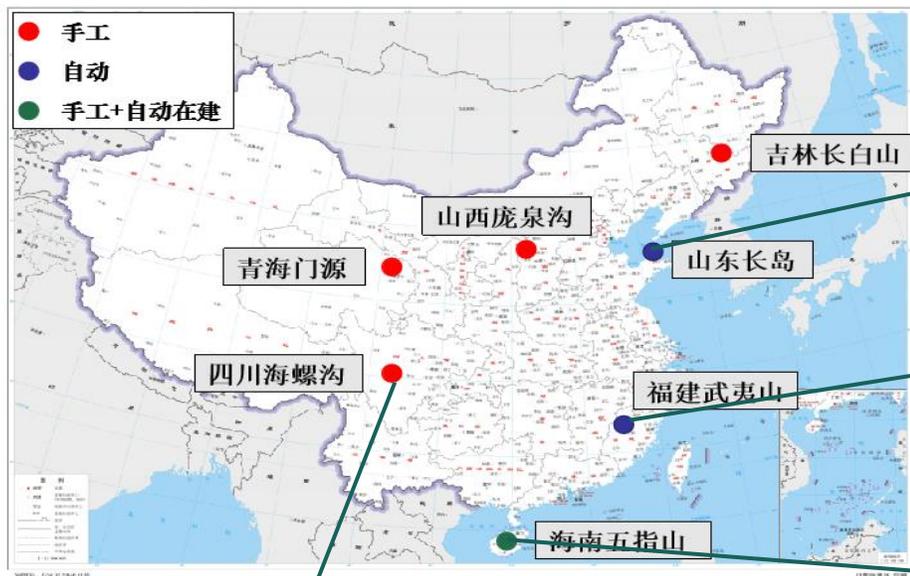
- 我部作为牵头用户在轨运行的卫星达7颗，其中3颗具有温室气体监测能力，2颗具有生态质量监测能力，未来五年还将计划发射至少3颗具备碳监测能力的卫星，提升全球温室气体、生物量高精度定量遥感监测能力。
- 区域遥感监测：开展CO<sub>2</sub>长时间序列卫星遥感监测，获取全国及重点区域温室气体排放时空规律；开展全国及重点区域温室气体立体遥感监测，完成全国乃至全球大气温室气体浓度反演，发现国内外多起甲烷泄漏事件。



# 我国温室气体监测网络现状

## 国际履约成效评估和预警能力水平持续提升

- 含氟温室气体和ODS环境管理工作纳入《“十四五”生态环境保护规划》和《“十四五”空气质量改善规划》。
- 持续推进含氟温室气体和ODS大气背景监测网络建设,已完成山东长岛、福建武夷山两个东部国家背景站点的含氟温室气体和ODS监测能力建设。
- 成功研发中国自主的含氟温室气体和ODS的高精度监测设备,解决了全世界尚无商品化高精度监测设备的困境。



我国CFC-12本底浓度呈下降趋势

### 长岛站

- ◆ 可反映我国东北南部、华北东部和华东北部区域状况及韩朝出入境传输影响, 2022年1月起开始试运行。

### 武夷山站

- ◆ 可反映我国东南部区域状况, 特别是江浙地区排放情况, 2023年8月起开始试运行。

### 五指山站

- ◆ 可监测来自南亚和东南亚的大尺度季风传输的影响, 2024年完成能力建设。

### 手工站点

- ◆ 可代表我国不同区域大气背景浓度水平和分布情况。

# 汇报内容

**01 项目背景**

**02 国外情况**

**03 国内情况**

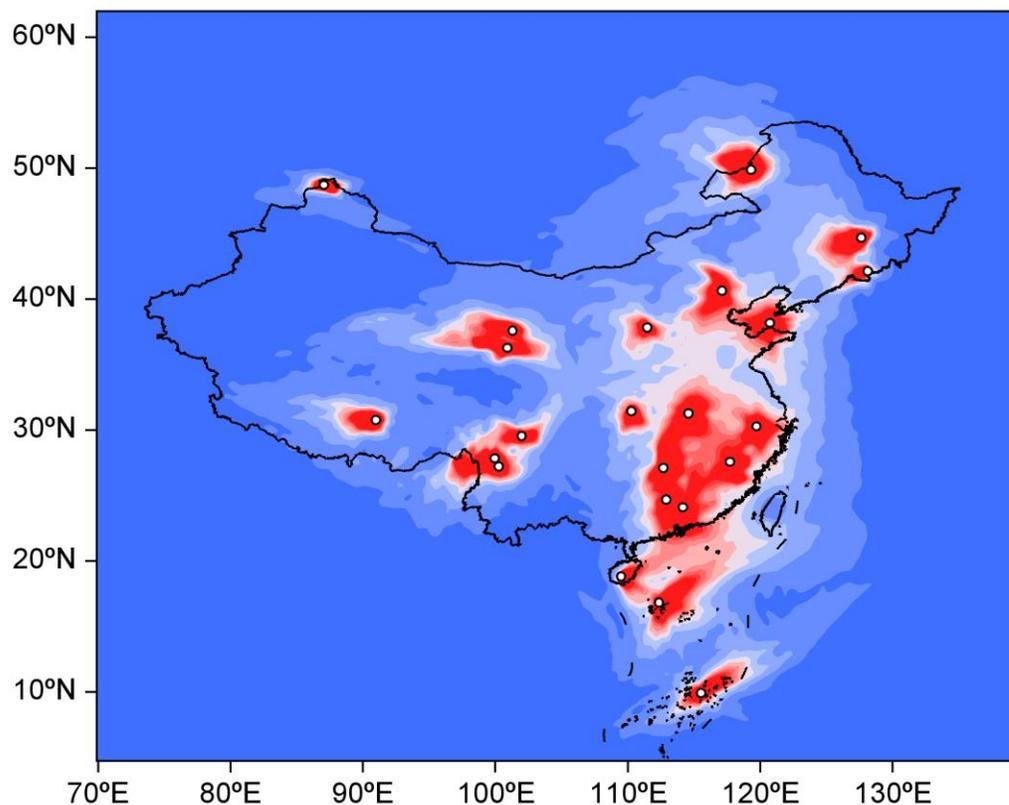
**04 问题和差距**

**05 监测网络规划**

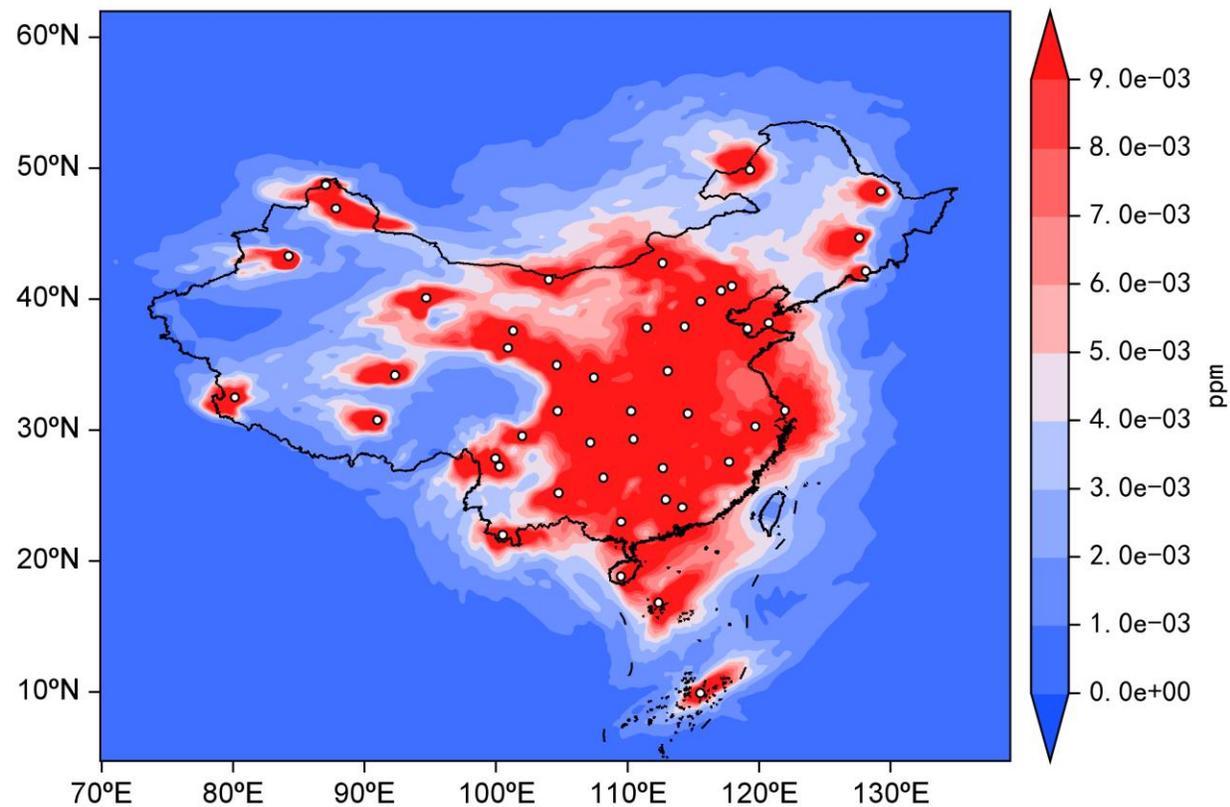
## 地面大气温室气体监测网络覆盖不全

- 采用footprint模型对全国16个背景站和中国气象局8个大气本底站2023年空间代表性进行分析，东北、华北和西部地区存在不少空白区域，点位密度偏低。

footprints



footprints



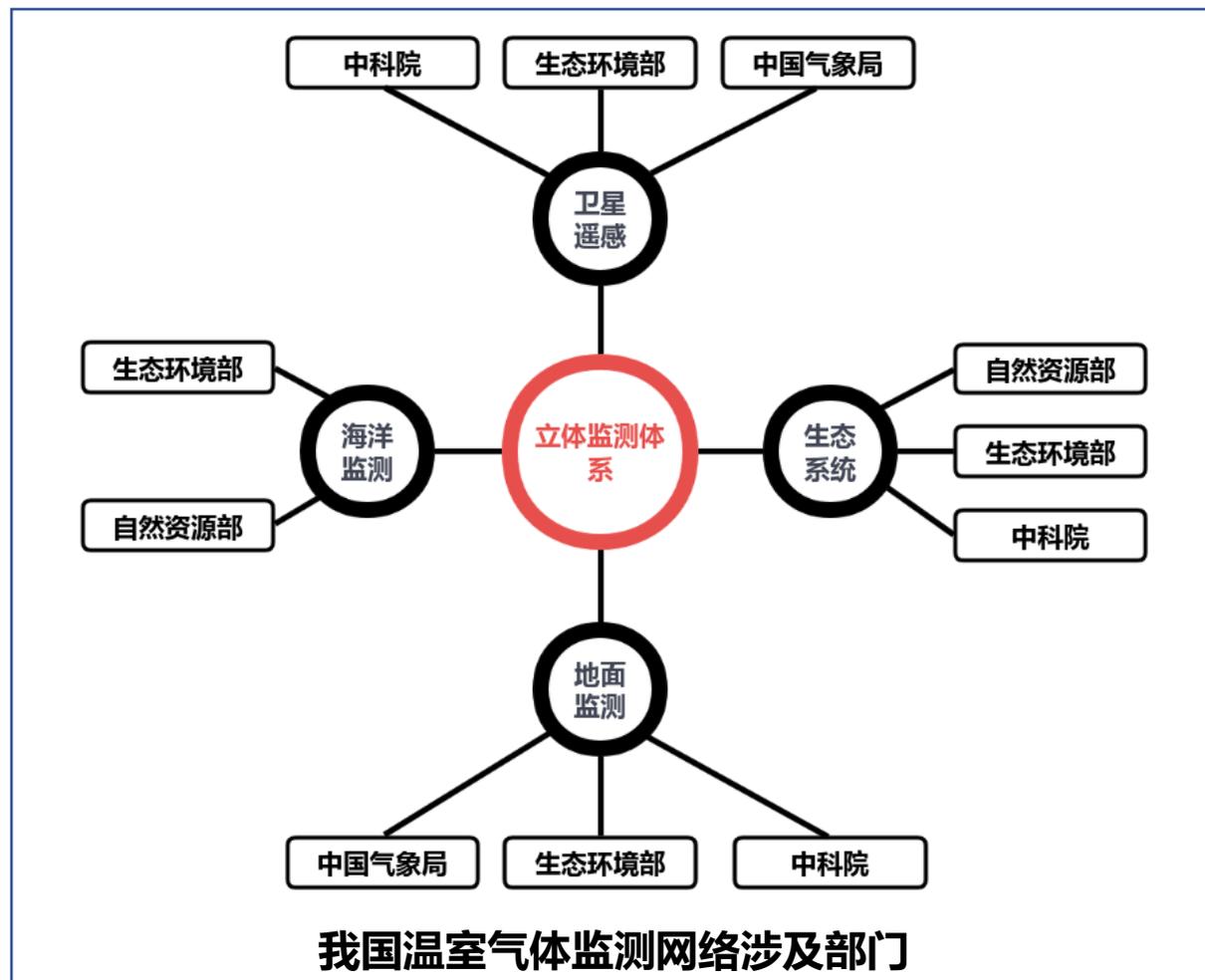
# 亟待建立温室气体质量控制与量值溯源体系

## 亟待建立温室气体质量控制与量值溯源体系

- 国产设备性能和国产化率不足
  - 温室气体高精度监测设备仍多依赖国外进口，国产设备短期的测量精度上基本满足标准，但相对国外设备在长期运行的稳定性、精密性、抗干扰和数据长期的有效性方面仍需进一步提升；
  - 已建成城市和省级高精度监测站点中仪器国产化比例约为30%。
- 国家级质量控制实验室能力有待建立
  - 温室气体评估对监测数据的精密度和准确度要求极高，目前总站尚未建立国家级质量控制实验室
  - 温室气体高精度监测质控技术能力尚不完备，制约了国际兼容性目标的稳定实现。
- 量值溯源能力亟待健全
  - 目前尚无基于压力法制备CO<sub>2</sub>基准标气的能力，无法开展重量法与气压法双溯源链条的独立交叉验证。
  - 尚未建立N<sub>2</sub>O、SF<sub>6</sub>等主要温室气体及CO、<sup>13</sup>C、<sup>18</sup>O等示踪物量值溯源体系。

## 尚未建立有效的数据共享与集成机制

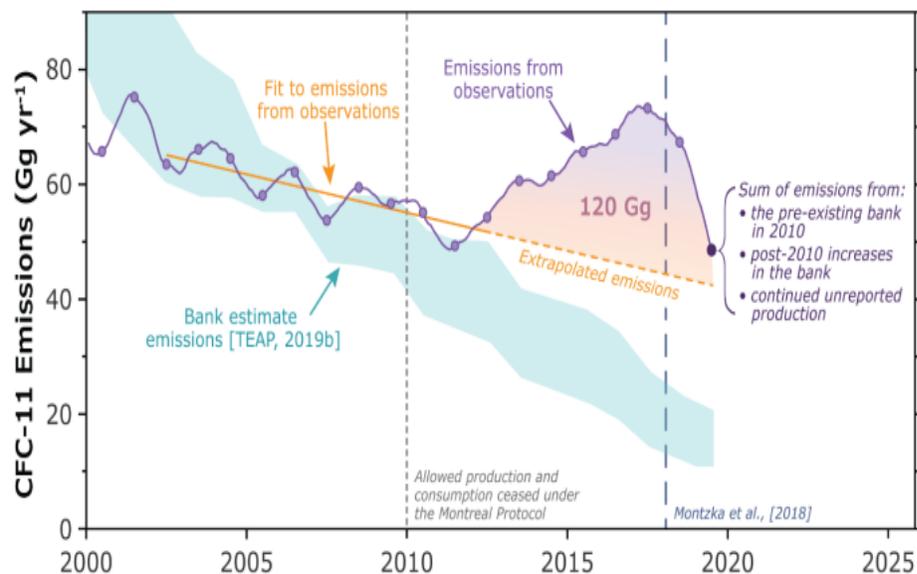
- 已建温室气体站网分散在各部门，分块设计、多头建设。
- 不同部门、不同领域之间数据和信息共享存在一定障碍，**缺乏有效的整合与共享机制**，难以获取全面、综合的信息，降低了评估的效率和准确性。
- **技术标准不统一**，国家层面缺乏统一规划设计，数据可比性差。



## 全球碳盘点缺乏可靠的数据、模型和同化系统集成支撑

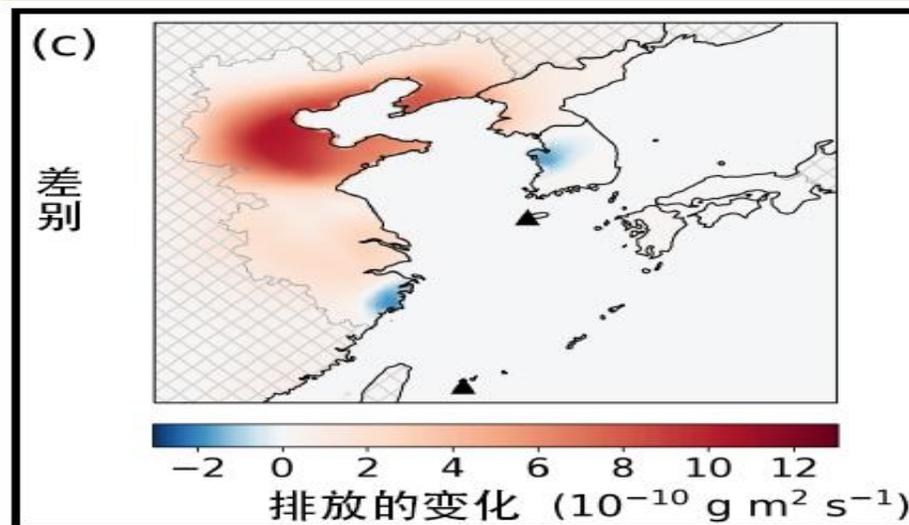
- 《巴黎协定》设定了本世纪后半叶实现净零排放的目标，确定了从2023年开始每5年开展一次全球碳盘点，**为了应对2028年全球碳盘点，与其他国家进行碳数据对比和谈判，我国亟需提高碳盘点相关能力。**

### 联合国环境署 2021：CFC-11特别报告



- ❑ 大气监测数据与全球清单统计数据出现偏离，CFC-11存在12万吨的非法排放，引起国际社会强烈关注

### 国外学者使用监测数据反演CFC-11意外排放来自中国东部，并报联合国环境署公约秘书处



- ❑ 国外学者使用美国NOAA支持的AGAGE网络大气监测数据，结合排放量反演模型，认为意外排放中国东部贡献一半以上。

# 汇报内容

**01 项目背景**

**02 国外情况**

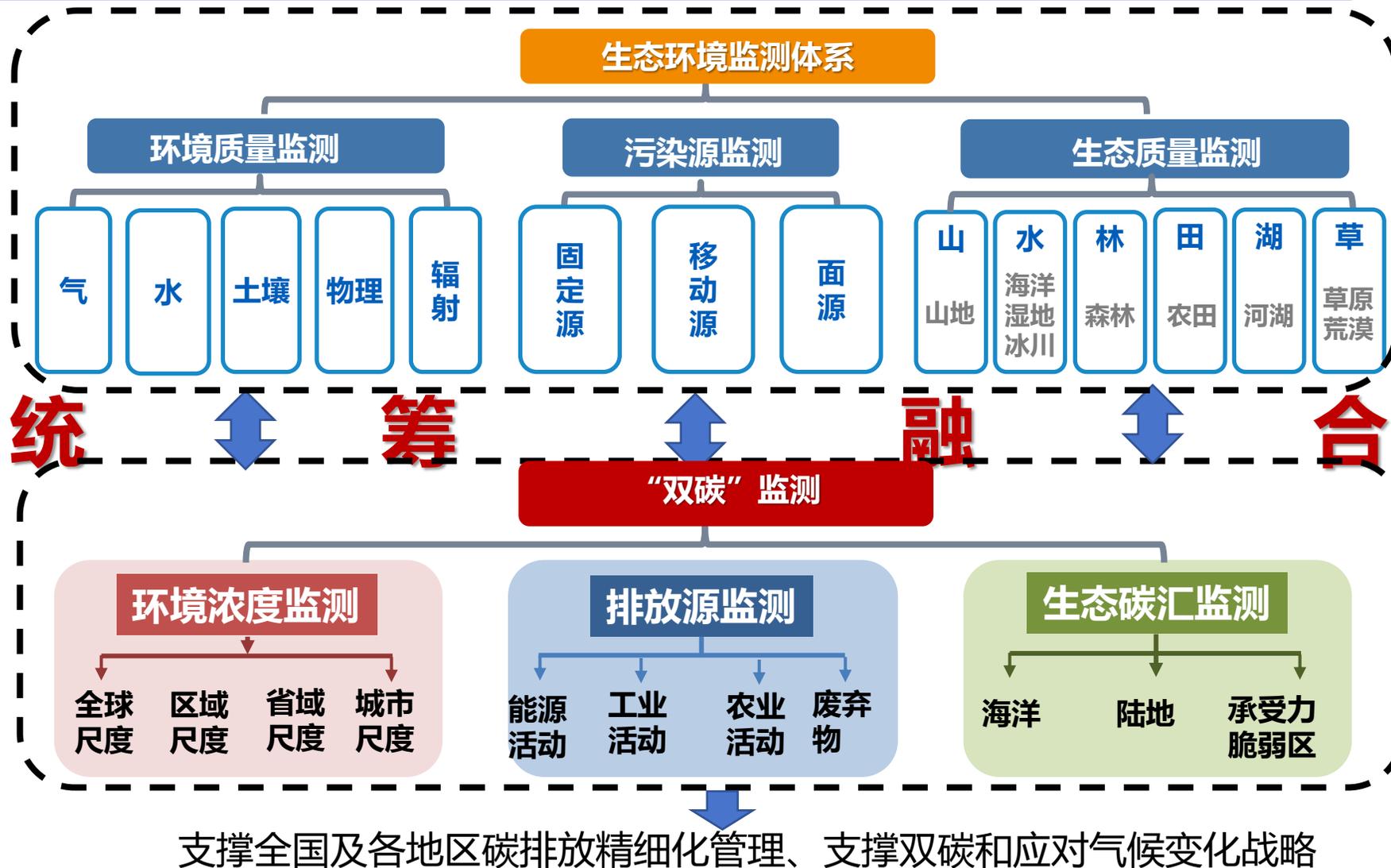
**03 国内情况**

**04 问题和差距**

**05 监测网络规划**

## “双碳”监测与生态环境监测网络统筹融合，发挥对减污降碳协同增效的支撑服务作用

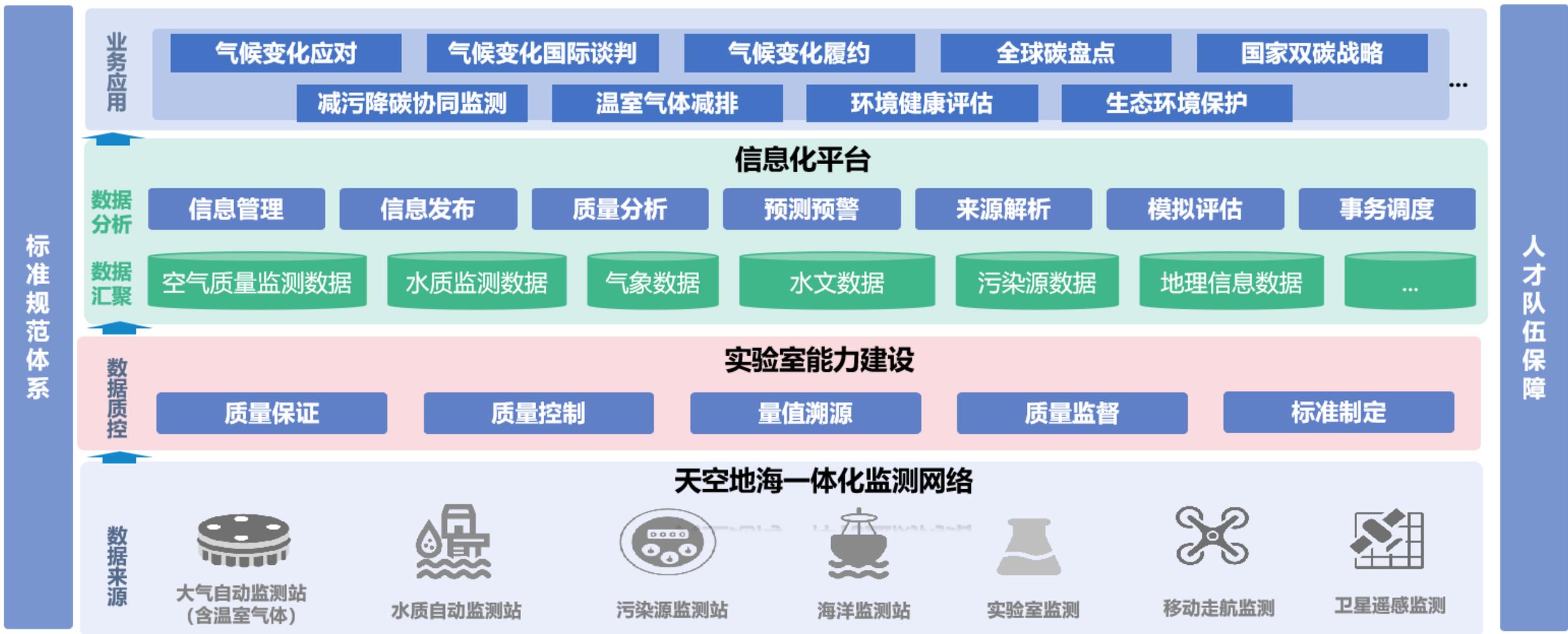
- 与现有监测网络统筹融合，稳步推进天空地一体化碳监测网络建设，综合利用多种监测手段
- “双碳”监测通盘考虑温室气体清单五大领域排放源和吸收汇监测，以及全球变暖影响评估
- 软硬件能力并进
- 试点试验先行



支撑全国及各地区碳排放精细化管理、支撑双碳和应对气候变化战略

# 监测网络规划

- 本着央地共建、统一标准、共享共用原则，建成一个布局合理、技术先进、功能完备、运行稳定、数据准确的“天空地海”一体化温室气监测网络。



类型	作用	布点原则	监测指标	产出
区域背景站	支撑全国10~25km分辨率的碳通量估算和气候变化影响评估, 准确量化省级尺度的源汇总量和特征, 并为城市碳监测评估提供边界浓度。	在低密度人口地带、具备自然生态或森林系统、远离城市和工业带的清洁地区, 基本覆盖中国大部分地区。	温室气体 (CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O、CO)、常规六参数 (PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、SO <sub>2</sub> 、NO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO)、气象五参数、黑碳、酸雨、能见度、ODS、辐射参数、大气汞、氨气、碳同位素、生态系统等。	国家温室气体监测评估报告、国家碳排放反演核算报告、支撑国家气候变化风险评估
省市站	支撑省市1~3km分辨率碳排放核算, 为省市降碳减排方案制定提供精准数据支撑。	各省可对区域背景监测网络进行加密, 城市可以建设城市高密度监测网络。 依据《温室气体点位布设技术规范》的要求, 综合考虑城市地形特征、气候条件、大气中温室气体浓度空间分布等因素, 尽可能反映城市整体温室气体浓度水平。	温室气体 (CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> )、常规六参数 (PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、SO <sub>2</sub> 、NO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO)、气象五参数、辐射等, 有条件的城市可参照区域背景站指标建设。	城市温室气体监测评估报告、城市碳排放清单校核、支撑城市气候变化风险评估