

新冠疫情封锁期间，长三角地区 CO₂ 和 CH₄ 浓度急剧下降！

中国气象局大气探测中心的张勇、梁苗老师团队，最新的研究成果发表在 Journal of Environmental Science 上。该文章利用在长三角区域的临安大气本底监测站，在近地表观测了 ΔCO_2 、 ΔCH_4 和 ΔCO 浓度数据，科学地分析了中国 2020 新冠疫情封锁前后三种温室气体的变化情况。原文链接 <https://doi.org/10.1016/j.jes.2021.09.034>

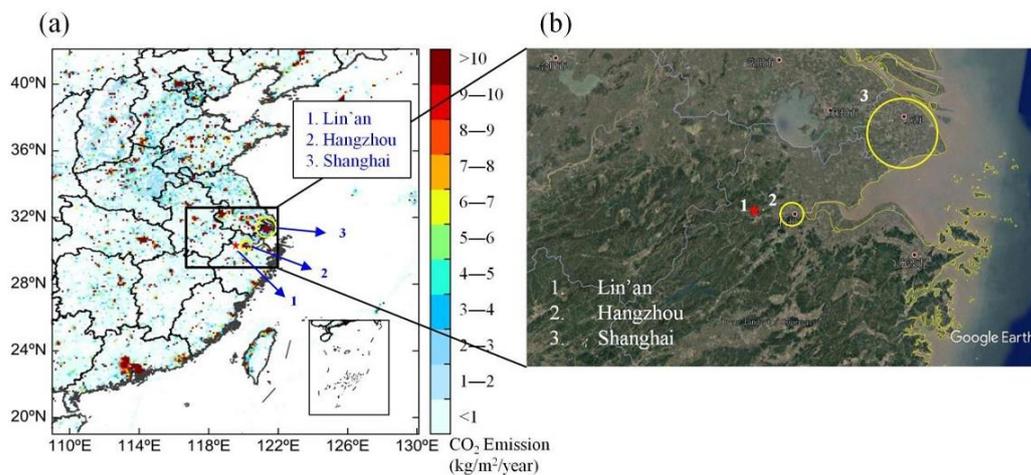
研究摘要：

对临安大气本底监测站近地表观测 ΔCO_2 、 ΔCH_4 和 ΔCO 浓度数据的分析得知：在疫情前 (IOP-1)，2011-2019 年期间 CO₂ 和 CH₄ 平均浓度是呈现显著增加的趋势。疫情封锁期间 (IOP-2)， ΔCO_2 、 ΔCH_4 和 ΔCO 分别减少了 15.0ppm、14.2ppb 和 146.8ppb， $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CO}$ 的减少也可能是和工业排放的急剧减少有关。在解封后的阶段 1 (IOP-3)，周边农村地区温室气体排放低于正常排放浓度，可能导致 ΔCO_2 、 ΔCH_4 、 ΔCO 的持续下降，同时这也可能是该时期陆地生态系统碳汇作用较强所导致。在解封后阶段 2 (IOP-4)，所有数据的趋势反转为逐渐增加， $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CO}$ 从 IOP-2 到 IOP-3，最后到 IOP-4 阶段都持续增加，这一现象与工业排放源的恢复以及经济活动的阶段性恢复相一致。 ΔCO_2 在 IOP-2 期间急剧下降，而在 IOP-4 期间逐渐上升。研究表明，在疫情封锁和恢复阶段，减排在 ΔCO_2 和 ΔCH_4 的急剧变化方面发挥了重要作用。

研究方法：

研究选择的观测站点为：临安大气背景长期监测站。该站点位于中国东部长三角 (YRD) 城市群的西部边缘，其周边的长三角城市群是中国重要的 CO₂ 排放源。利用美国 PICARRO 公司光腔衰荡光谱仪 (CRDS) ——G2401 进行 CO₂、CH₄、CO 浓度观测，该分析仪已使用完善的系统进行了校正。

为获得区域排放对 CO₂、CH₄ 和 CO 浓度的贡献，首先利用气象学方法提取背景浓度，并对基线信号进行稳健提取，采用 Thoning 等人提出的方法获得对背景数据拟合最优的平滑曲线，最后从匹配的原始小时平均值中减去背景信号，计算测量值与背景值之间的差异，分别定义为 ΔCO_2 、 ΔCH_4 和 ΔCO 。最后，利用研究期间的小时平均值绘制 $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CO}$ 的散点图，得到最佳拟合 $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CO}$ 线性回归的斜率和截距，用于后续分析。



监测站点地理位置信息图

研究阶段:

依据疫情发生时间，研究分为 4 个阶段，分别为疫情前（IOP-1），疫情封锁阶段（IOP-2），解封后第一阶段（IOP-3）和解封后第二阶段（IOP-4）。并依据类似时间划分将 2011-2019 年和 2020 年进行对比，具体阶段定义如下表：

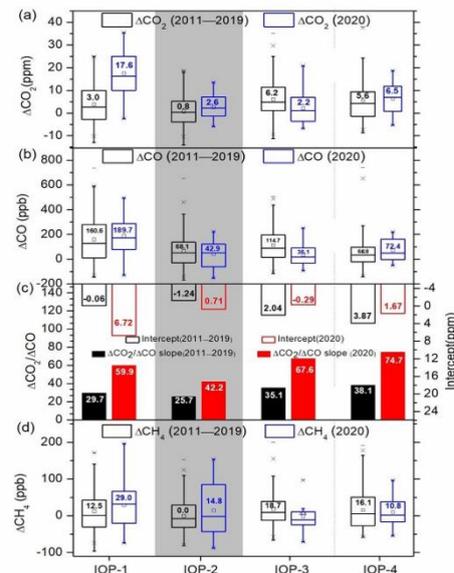
表 1. 本研究的四个阶段的时间定义（ IOP-1~ IOP-4）

	Time period		Dates in 2011-2019		
	2011-2019	2020	Dates in 2020	(in Chinese lunar calendar)	days
IOP-1	20 days before the CNY	Pre-lockdown	Jan. 3 - Jan. 22	Dec. 11- Dec. 30	20
IOP-2	Official CNY holiday+11 workdays	Lockdown	Jan. 23 - Feb. 9	Jan. 1 - Jan. 18	18

结果与讨论:

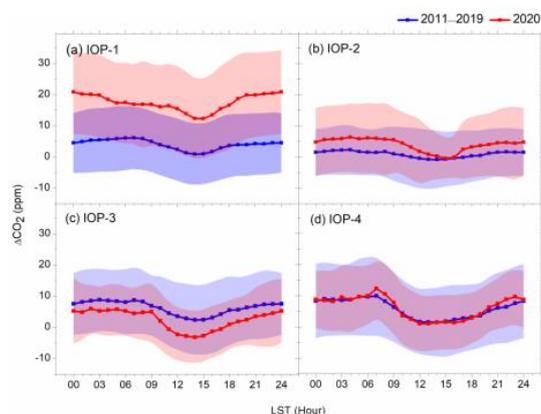
分别比较 2011-2019 年和 2020 年温室气体浓度在所观测的四阶段的变化情况, 如下图所示。平均而言, 在 IOP-1 阶段, 2020 年期间的 ΔCO_2 (17.6 ppm)、 ΔCO (189.7 ppb) 和 ΔCH_4 (29.0 ppb) 均高于 2011-2019 年期间的气候平均值, 表明随着经济持续增长 CO_2 排放量不断增加。同样与 2011-2019 年期间 $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CO}$ 的平均斜率 29.7 相比, 2020 年 IOP-1 期间的斜率 (59.9) 更高, 表明燃料的燃烧效率更好, 这在一定程度上反映了中国政府的努力。

在 IOP-2 阶段 2020 年 ΔCO_2 、 ΔCO 和 ΔCH_4 相比于 IOP-1 急剧下降, 且下降值大于 2011-2019 年两阶段的差值, 该数据反映了化石燃料燃烧活动比正常情况下减少得更多。在 2020 年, 随着封锁措施的持续, 在 IOP-3 的前 13 天内, ΔCO_2 和 ΔCO 一直处于低水平, 这表明尽管采取了阶段性恢复政策, 但大多数行业仍处于关闭状态。然而, 随着阶段经济恢复政策的成功实施, 在 2020 年 IOP-4 期间, ΔCO_2 和 ΔCO 逐渐增加。



ΔCO_2 、 ΔCO 、 ΔCH_4 、 $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CO}$ 斜率和截距的箱线图

2011-2019 和 2020 年, 与 IOP-1 相比, IOP-2 期间的每小时平均 ΔCO_2 均有所下降, 其中降幅最大的是 2020 年, 反映了封锁措施的巨大影响。在 IOP-3 期间, 观察到 2011-2019 年昼夜读数的 ΔCO_2 上升, 表明随着春节假期结束, 化石燃料燃烧产生的 CO_2 排放有所恢复。而 2020 年, ΔCO_2 大部分时间都在持续下降, 总体上远低于 2011-2019 年的观测值, 表明防疫措施导致 CO_2 排放量低的影响持续存在。在 IOP-4 期间, 2020 年所有时间的平均 CO_2 增加到与气候平均值相似的水平, 显示出解除隔离措施所带来的影响。



2011-2019 年和 2020 年 4 个阶段下 ΔCO_2 的日循环

结论与展望:

本研究综合考察新冠疫情停工停产对中国大气 CO_2 、 CH_4 和 CO 的影响。从 IOP-1 到 IOP-2, ΔCO_2 、 ΔCO 、 ΔCH_4 的减排幅度均大于 2011-2019 年, 这与限制措施对化石燃料燃烧和工业源的减排相一致。IOP-2 期间 $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CO}$ 斜率的大幅降低, 表明高效燃烧行业的停工导致 CO 的排放占比增加以及可能由于中国南部或东南亚活动而远程传输产生的 CO 来源。IOP-3 期间 $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CO}$ 斜率增大, 表明工业 CO_2 排放逐渐恢复。而 ΔCO_2 、 ΔCO 和 ΔCH_4 的持续减少部分归因于陆地生态系统通过光合作用吸收的强大净汇 (或许因疫情封锁人为生产而增强) 和监测点附近化石燃料燃烧产生的 CO_2 排放仍在减少。在 IOP-4 期间, ΔCO_2 、 ΔCO 和 ΔCH_4 增加到与大气均值相似的水平, 这意味着在放宽了公共卫生政策下, 人为活动的恢复更加强劲和广泛。