

长三角典型化工区排放清单融合研究

姚凌波

上海市奉贤区环境监测站, 中国·上海 201400

摘要: 本研究分析了长三角某化工区 2021 年的大气污染物和温室气体排放清单, 探讨了“两单融合”的可行性。研究表明, 电力供热、工业锅炉、民用燃烧、道路移动源、非道路移动源、工业生物质锅炉等七个二级源是 CO₂、BC、CO、NO_x 和 SO₂ 等气体的主要排放源, 合计占每类气体总排放量的 95% 以上, 表明控制这些源可有效实现 CO₂ 与大气污染物的协同减排。

关键词: 长三角; 大气污染物排放清单; 温室气体排放清单; 两单融合

Research on the Integration of Emission Inventory in Typical Chemical Industrial Zones in the Yangtze River Delta

Lingbo Yao

Fengxian District Environmental Monitoring Station, Shanghai, Shanghai, 201400, China

Abstract: This study analyzed the inventory of air pollutants and greenhouse gas emissions in a chemical industrial zone in the Yangtze River Delta in 2021, and explored the feasibility of “two single integration”. Research has shown that seven secondary sources, including electric heating, industrial boilers, civilian combustion, road mobile sources, non road mobile sources, and industrial biomass boilers, are the main emission sources of gases such as CO₂, BC, CO, NO_x, and SO₂, accounting for over 95% of the total emissions of each type of gas. This indicates that controlling these sources can effectively achieve synergistic emission reduction of CO₂ and atmospheric pollutants.

Keywords: Yangtze River Delta; atmospheric pollutant emission inventory; greenhouse gas emission inventory; two single fusion

0 前言

温室气体与大气污染物, 往往相伴而生, 共存于同一排放源头^[1]。采取诸如产业转型、能源优化及交通结构调整等减排措施时, 通常能同时削减多种温室气体及大气污染物的排放量, 从而产生显著的协同效应, 降低总体成本, 大幅提升减排效率^[2-5]。鉴于此, 将现有的温室气体排放清单与大气污染物排放清单进行整合, 形成一体化的大气排放清单(即所谓的“两单融合”), 并以此为纲领, 协同推进减排工作, 已被国际社会广泛认可为一种先进的、行之有效的策略^[6-7]。

英国国家大气排放清单 (NAEI)^[8] 系统地整合了温室气体排放清单 (GHGI) 与大气污染物排放清单 (AQPI), 形成一个全面的数据库。NAEI 不仅提供了自 1970 年起的主要大气污染物年度排放数据, 还涵盖了自 1990 年以来所有温室气体及大气污染物的年度排放记录。通过 NAEI, 英国能够透明地追踪和报告其在应对气候变化(通过控制温室气体排放)和改善空气质量(通过减少空气污染物排放)方面的国际承诺进展。

类似于英国的做法, 德国遵循《联合国气候变化框架公约》《京都议定书》《远距离跨界大气污染公约》以及欧盟的第 2016/2284 号指令——即《成员国国家排放上限指令》

(NECD), 持续进行年度大气排放清单的编制工作, 履行其在全球环境治理中所承担的责任。

1 方法

由于缺乏法律和政策规定及统一完整的清单编制和技术指南体系, 截至目前, 中国开展的所有温室气体排放清单和大气污染物排放清单都是分别独立进行的, 很少见两种清单合一的情况。探讨“两单融合”, 将加强两种清单的信息数据分享, 为管理部门提供全方位的服务, 同时也会更具经济性, 产生更好的社会效益和环境效益。

2022 年初, 生态环境部发布《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》, 6 月印发的《实施方案》, 要求减污降碳协同增效, 为“两单融合”奠定了政策基础, 是落实科学精准、协同高效污染治理和减污降碳协同增效的具体措施和行动方法。自《实施方案》发布后, 多地先行先试, 如四川、上海等省市已开始探索两单协同推进, 打通工作机制, 强化应用, 加强温室气体数据与生态环境数据融合, 推进大气污染治理和温室气体减排措施协同。下文以长三角某化工区为例, 就 2021 年大气污染物排放清单和温室气体排放清单及其两单融合特征进行分析, 并基于此提一些建议。

2 结果与讨论

2.1 大气污染物排放清单

2021 年研究区大气污染源排放清单范围包括本区下辖所有街镇，主要污染物包括：SO₂、NO_x、CO、VOCs、NH₃、TSP、PM₁₀、PM_{2.5}、BC、OC 等十种污染物；污染源包括：固定燃烧源、工艺过程源、道路移动源、非道路移动源、非道路移动源、开放扬尘源、溶剂使用源、废弃物处理源、油气储运源和其他排放源等十大类，排放清单具体情况汇总如图 1 所示。

2021 年研究区域区各大气污染物排放量分别为 SO₂-356.33 吨、NO_x-8155.48 吨、CO-14230.57 吨、VOCs-5817.61 吨、NH₃-2095.49 吨、TSP-18599.57 吨、PM₁₀-11080.19 吨、PM_{2.5}-3559.51 吨、BC-70.82 吨、OC-649.66 吨。

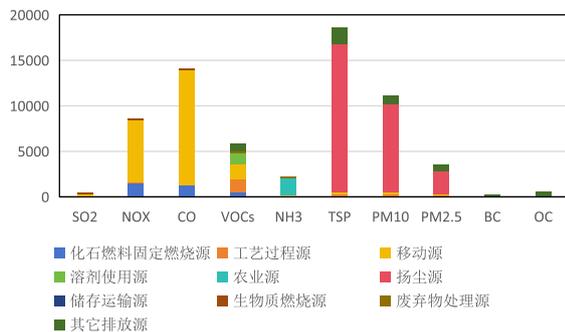


图 1 各大气污染物排放量

主要污染物的排放分担率如图 2 所示。SO₂、NO_x、CO 和 BC 排放主要来源于道路移动源，占比均超过一半，分别占 82.93%、66.07%、90.83% 和 83.50%；VOCs 排放来源分散均衡，移动源占 28.45%，然后工艺过程源、溶剂使用源和餐饮源分别占 24.99%、19.30%、13.48%；NH₃ 排放主要来源于农业源，占比 88.38%。农业源中，畜禽养殖、氮肥施用的 NH₃ 排放总量分别为 557.10 吨、1172.00 吨，占全区总量的 82.52%；PM₁₀ 和 PM_{2.5} 排放主要来自扬尘源，分别占 87.71% 和 71.29%，且扬尘源中，道路扬尘的 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 排放总量最大，分别占全区总量的 85.34% 和 70.03%；OC 排放主要来源于餐饮源，占比 93.43%。餐饮源中，家庭餐饮、餐饮企业的 OC 排放总量分别占全区总量的 87.21% 和 6.23%，

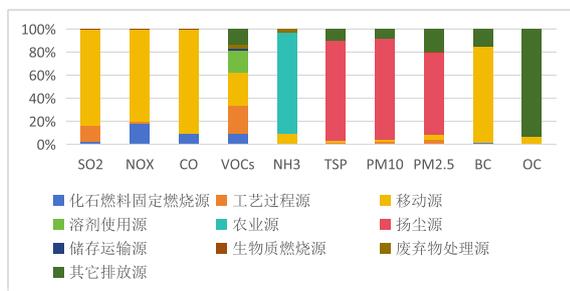


图 2 各大气污染物主要源类分担率

2.2 温室气体排放清单

以行政区划为物理边界核算所辖区域的温室气体排放量。“百千”企业、公用电力企业（纯发电及热电比小于 100% 的）、上海化工区重要工业生产企业、航空客货运企业、水上客货运企业、农/林/牧/渔能源活动产生的温室气体排放不计入各区，该部分由其主管部门分别单独核算和管理。本市域外农场产生的农业活动温室气体排放不计入各区。废弃物处置产生的温室气体排放按照废弃物产生地计入各区。

2021 年该化工区温室气体排放总量（含电力热力）为 915.54 万吨二氧化碳当量。扣除土地利用变化和林业后，温室气体净排放量（含电力热力）为 918.04 万吨二氧化碳当量。

分领域看，电力热力间接排放最多，占全区温室气体排放总量的 48.6%，其次是能源活动领域占全区总排放的 47.3%；废弃物处理、农业活动温室气体排放分别占全区排放总量的 2.6% 和 1.8%。土地利用变化和林业活动表现为碳汇，2021 年固定二氧化碳 2.50 万吨。

从温室气体种类构成上看，研究区温室气体排放中二氧化碳排放所占比重最大，为 97.0%，之后依次为氧化亚氮（2.1%）、甲烷（1.0%），含氟气体排放量为 0。由于土地利用变化和林业的碳汇吸收量相对较小，是否包括土地利用变化和林业对各温室气体种类的占比几乎没有影响。

二氧化碳总排放量为 4453479.42 吨（不含电力热力），扣除碳汇后全区二氧化碳净排放量为 4428078.77 吨（不含电力热力）。排放源类型包括能源活动、工业生产过程、土地利用变化和林业与废弃物处理。其中，能源活动排放最大，占全区二氧化碳总排放量（不包括 LUCF）的 95.6%；废弃物处理二氧化碳排放分别占全区的 4.4%。

查阅年鉴数据，2021 年，该区域生产总值为 1330.09 亿元，常住人口为 114.71 万人，能源消费总量（属地）为 138.55 万吨标煤。因此根据上述指标，计算获得 2021 年该区关键性温室气体指标结果，详见表 1。

表 1 关键性温室气体指标结果

关键指标	2021 年
单位地区生产总值温室气体排放量 (tCO ₂ 当量 / 万元)	0.690
单位地区生产总值 CO ₂ 排放量 (tCO ₂ / 万元)	0.669
人均温室气体排放量 (tCO ₂ 当量 / 人)	8.003
单位能源消费二氧化碳排放量 (tCO ₂ /t 标煤)	7.640

备注：上述指标均为含电力热力，不含土地利用变化和林业。

2.3 碳污同源清单分析

本节根据大气污染物和温室气体排放清单编制结果，对同时涉及大气污染物排放和 CO₂ 排放的二级源进行重点分析。研究区域涉及碳污同源排放的二级源有：电力供热、工业锅炉、民用锅炉、民用燃烧（所属一级源为化石燃料固定燃烧源）；道路移动源、非道路移动源（所属一级源为移动源）；工业生物质锅炉（所属一级源为生物质燃烧源）等 7

个二级源。

7 个碳污同源二级源的排放情况如图 3 所示。CO₂、BC、CO、NO_x 和 SO₂ 等气体这 7 个二级源排放最多，占每类气体总排放量比超过 95%，说明控制这 7 类二级源可以很大程度同时有效控制 CO₂ 和 BC、CO、NO_x、SO₂ 排放，减污降碳协同潜力大；其中，CO₂ 排放主要来自电力供热二级源，占 CO₂ 总排放量 66.9%，其次是工业锅炉和道路移动源，分别占 14.2% 和 13.8%；CO、NO_x 和 SO₂ 排放均来自道路移动源，分别占其总排放量 43.0%、44.0% 和 41.1%；BC 排放主要来自非道路移动源，占其总排放量的 68.9%，其次道路移动源，占 28.7%。

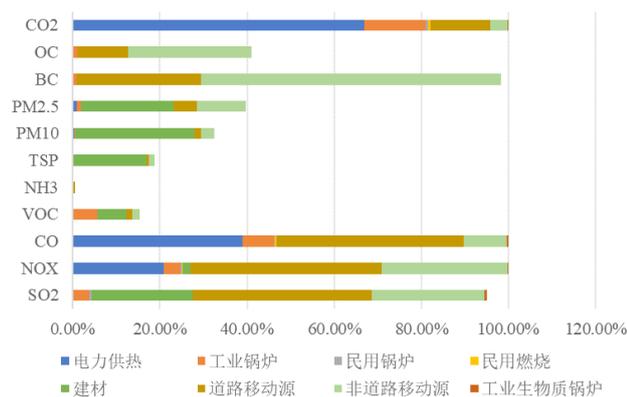


图 3 碳污同源二级源大气污染物和 CO₂ 排放情况

3 结论

长三角某化工区 2021 年大气污染物排放清单显示，从排放量来看，TSP 排放量最大，其次是 CO、PM₁₀ 和 NO_x；从排放源类看，移动源是该化工区 SO₂、NO_x、CO 和 BC 的主要排放源，农业源是 NH₃ 主要排放源，扬尘源是三种颗粒污染物主要排放源，而 OC 主要来自其他（餐饮）排放。

长三角某化工区 2021 年温室气体排放清单显示，温室气体排放中二氧化碳排放所占比重最大，为 97.0%，之后依次为氧化亚氮（2.1%）、甲烷（1.0%），含氟气体排放量为

0；分领域看，电力热力间接排放最多，占全区温室气体排放总量的 48.6%，其次是能源活动领域占全区总排放的 47.3%；废弃物处理、农业活动温室气体排放分别占全区排放总量的 2.6% 和 1.8%。CO₂ 能源活动排放最大，占全区二氧化碳总排放量（不包括 LUCF）的 95.6%；废弃物处理二氧化碳排放分别占全区的 4.4%

涉及碳污染排放的二级源有：电力供热、工业锅炉、民用锅炉、民用燃烧（所属一级源为化石燃料固定燃烧源）；道路移动源、非道路移动源（所属一级源为移动源）；工业生物质锅炉（所属一级源为生物质燃烧源）7 个。CO₂、BC、CO、NO_x 和 SO₂ 等气体的 7 个二级源排放之和占每类气体总排放量比均超过 95%，说明控制这 7 类二级源可以很大程度同时有效控制 CO₂ 和 BC、CO、NO_x、SO₂ 排放，减污降碳协同潜力大。

参考文献：

- [1] 郑逸璇,宋晓晖,周佳,等.减污降碳协同增效的关键路径与政策研究[J].中国环境管理,2021,13(5):45-51.
- [2] 姜华,高健,阳平坚.推动减污降碳协同增效 建设人与自然和谐共生的美丽中国[J].环境保护,2021,49(16):15-17.
- [3] 赵曼仪,王科.减污降碳协同效应综合评估的研究综述与展望[J].中国人口·资源与环境,2024,34(2):58-69.
- [4] 杨添棋.京津冀及周边地区大气污染防治政策的减污降碳协同效益分析研究[D].北京:中国环境科学研究院,2023.
- [5] 狄乾斌,陈小龙,侯智文.“双碳”目标下中国三大城市群减污降碳协同治理区域差异及关键路径识别[J].资源科学,2022,44(6):1155-1167.
- [6] 生态环境部办公厅.关于印发《大气污染物与温室气体融合排放清单编制技术指南(试行)》的通知[EB/OL].环办大气函〔2024〕28号,2024-01-30.
- [7] 刘兆香,唐艳冬,赵敬敏,等.大气污染物和温室气体“两单融合”发展分析与建议——助力减污降碳协同增效[J].环境保护科学,2024,50(2):49-53.
- [8] NAEI, National Atmospheric Emissions Inventory[EB/OL].[2024-6-30].<https://naei.beis.gov.uk/about/index>