

NDC系列简报

中国氧化亚氮减排 努力和前景展望

2024年11月

1. 氧化亚氮：全球第三大温室气体

在全球应对气候变化的行动中，减少温室气体排放刻不容缓。氧化亚氮（N₂O）作为全球主要温室气体之一，其排放也在日益得到关注。来自全球大气研究排放数据库（EDGAR）的数据显示 2023 年全球 N₂O 排放约在 25 亿吨二氧化碳当量（CO₂e），占全球温室气体排放 5%左右，是仅次于二氧化碳和甲烷的全球第三大温室气体¹。尽管和二氧化碳相比，N₂O 的排放总量相对较小，但是其具有较强的增温效应，在 100 年内的增温潜势是二氧化碳的 273 倍左右²。并且其在大气中存留的时间较长，约为 120 年左右。2024 年发布的针对 N₂O 的最新排放估算表明人类活动导致的 N₂O 排放从 1980 到 2020 期间增长 40%³。此外，最新研究表明在不采取额外减排行动的情况下，N₂O 排放将持续上升，到 2050 年将比 2020 年排放增加 30% 左右⁴。因此，尽早采取行动减少 N₂O 排放将助力减缓气候变化。

N₂O 不仅对全球温室效应带来影响，它的排放也会严重消耗臭氧层物质，使人类暴露在有害辐射之下。尽管《蒙特利尔议定书》通过对主要的消耗臭氧层物质进行控制，从而对臭氧层恢复产生了积极效果，但是不受议定书控制的 N₂O 持续排放正在成为破坏臭氧层的主要气体⁵。联合国环境规划署在 2022 年发布对臭氧层破坏的科学评估报告中提到，2016 年到 2020 年期间人类活动导致的 N₂O 排放量（采用 CFC-11 当量）是 2020 年全球 CFCs 排放量的两倍，N₂O 排放也将延缓臭氧层的恢复⁶。

此外，由于固定源排放的大气污染物氮氧化物（NO_x）中也含有少量的 N₂O，针对 N₂O 的减排也将对环境污染治理带来协同效益，包括减少光化学污染、土壤酸化、以及缓解水体富营养化和生态系统失衡的问题。



¹ Crippa, M., Guizzardi, D., Pagani, F., Banja, M., Muntean, M., Schaaf, E., Monforti-Ferrario, F., Becker, W. E., Quadrelli, R., Riskey Martin, A., Taghavi-Moharamli, P., Köykkä, J., Grassi, G., Rossi, S., Melo, J., Oom, D., Branco, A., San-Miguel, J., Manca, G., Pisoni, E., Vignati, E., & Pekar, F. (2024). GHG emissions of all world countries. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/4002897>

² 这里采用 IPCC 第六次评估报告采用的 GWP 值

³ Tian, H., Pan, N., Thompson, R. L., Canadell, J. G., Suntharalingam, P., Regnier, P., ... & Zhu, Q. (2023). Global nitrous oxide budget 1980–2020. *Earth System Science Data Discussions*, 2023, 1–98.

⁴ Valerie Volcovici. (October 31, 2024). World will miss Paris climate target as nitrous oxide rises, report says. Reuters. <https://www.reuters.com/business/environment/world-will-miss-paris-climate-target-nitrous-oxide-rises-report-says-2024-10-31/>

⁵ Alcamo, J., & Bouwman, L. (2013). Drawing down N₂O to protect climate and the ozone layer. United Nations Environment Programme.

⁶ UNEP. (2023). Scientific Assessment of the Ozone Layer Depletion: 2022. <https://ozone.unep.org/system/files/documents/Scientific-Assessment-of-Ozone-Depletion-2022.pdf>

2. N₂O 排放现状和趋势

2.1 全球 N₂O 排放：排放增长主要来自人类活动

尽管全球 N₂O 排放也有来自土壤、海洋和大气的自然源排放，不过由于大气和生物圈可以在一定时间对自然源排放进行调整，因此这些排放并没有导致大气中 N₂O 的大量积累⁷。当前全球 N₂O 排放的增量主要来自人类活动导致的 N₂O 的排放。

2019 年全球人类活动的 N₂O 排放中，农业部门排放占比最高，达到 76%，其他主要排放源包括能源活动（10%）、工业生产过程（8%）和废弃物管理（5%）⁸。



农业部门

主要来自农用地和畜禽粪污管理。氮肥施用是农用地 N₂O 排放的主要来源，畜禽粪污在贮存和处理过程中含氮物质在硝化或反硝化反应中也会产生 N₂O 的排放。



能源活动

主要来自化石燃料燃烧和生物质燃烧过程，具体包括在电力部门、制造业和建筑用能中的烟气排放以及交通运输尾气排放的氮氧化物（NO_x）中的 N₂O。



工业生产过程

主要来自己二酸和硝酸的生产过程。己二酸主要应用在尼龙和聚氨酯两大领域；而硝酸则是制造合成化肥、农药和橡胶等的重要原料。



废弃物

主要来自生活污水和工业废水处理中硝化和反硝化过程中。

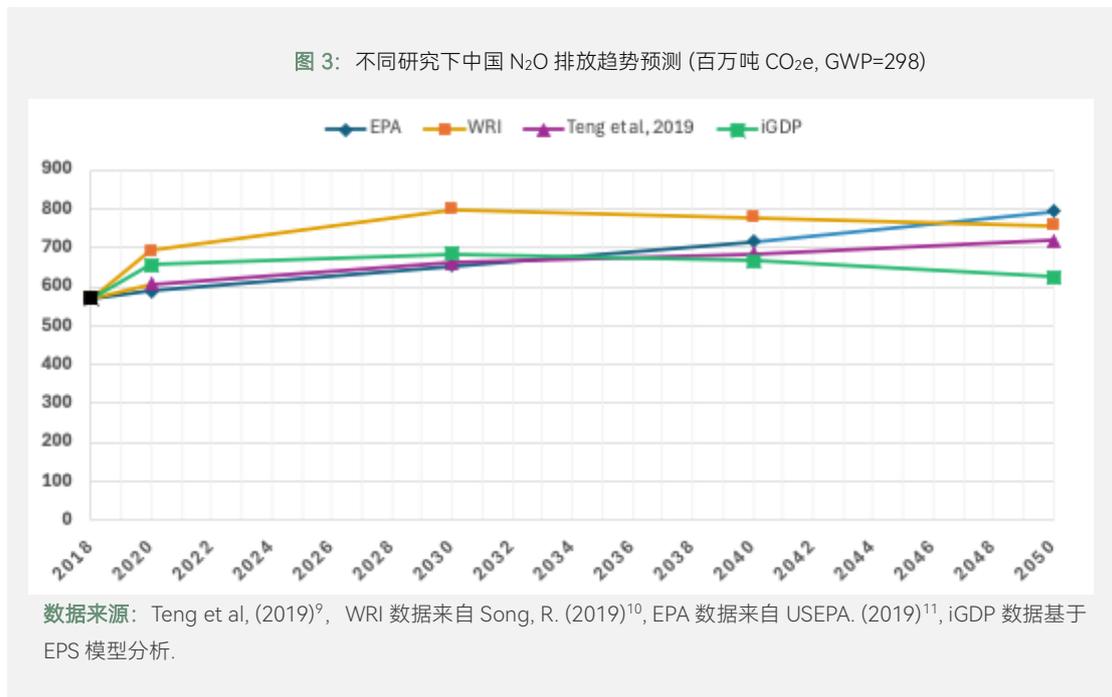
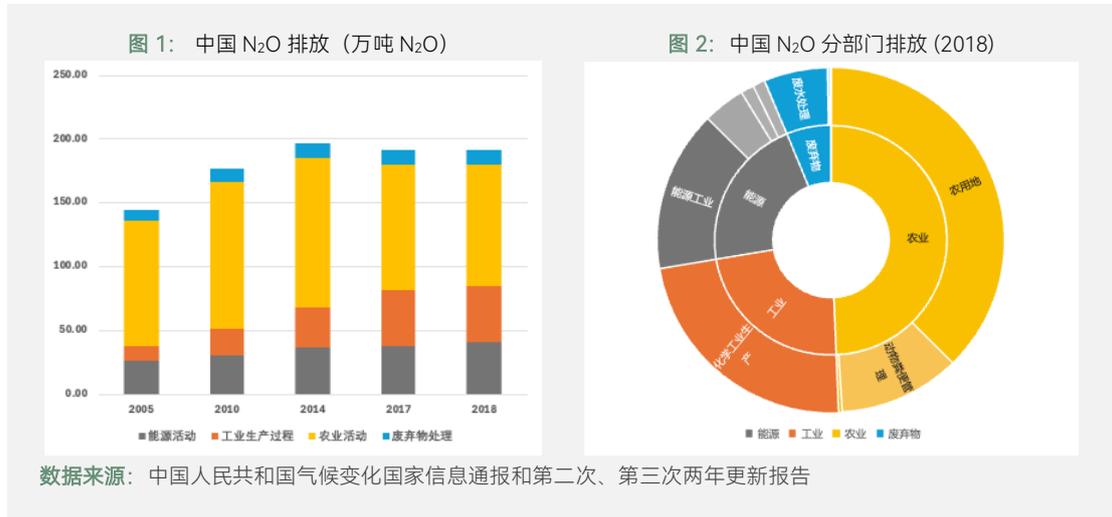
2.2 我国氧化亚氮排放：农业和工业部门是主要排放源

我国在 2023 年提交的《中华人民共和国气候变化第三次两年更新报告》的数据显示（图 2），我国 2018 年 N₂O 排放量为 191.5 万吨，占全国温室气体排放（不包括 LULUCF）的 5%。其中农业活动排放为 94.3 万吨，占 49.2%；工业生产过程排放 44.1 万吨，占比 23%；其他排放源为能源活动和废弃物处理排放，分别为 41.1 和 11.9 万吨，占比 21.5%和 6.2%。

⁷ Alcamo, J., & Bouwman, L. (2013). Drawing down N₂O to protect climate and the ozone layer. United Nations Environment Programme.

⁸ Climate Watch. (2019). <https://www.climatewatchdata.org/>

基于我国发布的国家温室气体清单的历史数据 (图 1)显示, 我国 N₂O 排放从 2005 年到 2014 年呈明显上升趋势, 2014 年排放比 2005 年上升 36%。但 2014 到 2018 年期间, N₂O 排放趋于平缓。尽管如此, 如图 3 所示, 不同研究对我国 N₂O 排放的趋势分析显示, 在没有更多政策干预的情况下, 我国 N₂O 排放仍有上升空间, 到 2050 年 N₂O 排放将达到 6.2-7.9 亿吨 CO₂e 之间。



⁹ Teng, F., Su, X., & Wang, X. (2019). Can China peak its non-CO₂ GHG emissions before 2030 by implementing its nationally determined contribution? *Environmental Science & Technology*, 53(21), 12168–12176.
¹⁰ Opportunities to Advance Mitigation Ambition in China: Non-CO₂ Greenhouse Gas Emissions. World Resources Institute.
¹¹ USEPA. (2019). Global Non-CO₂ Greenhouse Gas Emission Projections & Mitigation Potential 2015–2050. US Environmental Protection Agency.

3. N₂O 减排政策进展

3.1 全球 N₂O 减排进展

不同国家和地区也已经开始实施针对 N₂O 的减排行动。在针对农业 N₂O 的排放，欧盟在绿色新政下发布的《从农场到餐桌战略》中为改善土壤健康和过度氮肥施用的行动可以到 2030 年将化肥使用减少 20%¹²。澳大利亚通过碳减排基金（Emissions Reduction Fund）为采取农业 N₂O 减排的措施的企业和个人提供经济激励¹³。在应对来自工业部门的 N₂O 排放，欧盟从 2013 年开始在碳市场中纳入了对硝酸和己二酸 N₂O 排放的管控，因此控排企业纷纷通过安装减排装置来实现 N₂O 减排¹⁴。近期美国也宣布其主要的化工企业将美国工业部门的 N₂O 排放到 2025 年减少到 2020 年的 50%左右¹⁵。

与此同时，针对 N₂O 减排的国际合作也在逐步展开。德国在 2015 年 COP21 期间发起了硝酸气候行动项目（Nitric Acid Climate Action Group, NACAG），项目旨在推动全球硝酸和尿素厂安装减少 N₂O 排放的装置，并为符合条件的国家提供相应的技术和资金支持，包括阿根廷、印尼、墨西哥、泰国在内的 16 个国家签署对这个项目倡议的支持¹⁶。2023 年阿根廷在该项目的支持下已经开为硝酸生产企业安装 N₂O 减排装置和监测设备¹⁷。2023 年美国 and 巴西也在农业化肥施用上展开了名为“Fertilize 4 Life”的科研合作，合作将致力于提高化肥施用效率以及减少化肥温室气体排放。这项合作也是美国发起的“全球化肥挑战”（Global Fertilizer Challenge）项目实施的一部分¹⁸。此外，中国和美国在 2023 年发布的《关于加强合作应对气候危机的阳光之乡声明》中提到两国计划就各自管理氧化亚氮排放的措施开展合作¹⁹。

3.2 我国 N₂O 减排行动

尽管我国尚未出台针对 N₂O 排放的总管控方案，但是我国在主要“双碳”政策中均已经提出研究实施包括 N₂O 在内的非二温室气体控排行动和强化对非二温室气体管控力度。此外，我国在 2021 年提交的《中国落实国家自主贡献成效和新目标新举措》中也提出研究制定重点行业氧化亚氮减排方案。

¹² European Commission. (2020). Farm to Fork Strategy: https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf

¹³ Australia Government: Emissions Reduction Fund. <https://www.agriculture.gov.au/agriculture-land/farm-food-drought/climatechange/mitigation/cfi>

¹⁴ Oeko-Institut. (2021). N₂O mitigation potentials and costs in the nitric acid sector: A 2020 assessment for the Nitric Acid Climate Action Group (NACAG). Oeko-Institut e.V.

¹⁵ The White House. (July 23, 2024). <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2024/07/23/fact-sheet-biden-harris-administration-announces-new-actions-to-detect-and-reduce-climate-super-pollutants/#:~:text=New%20Industry%20Leadership%20to%20Reduce,by%20over%2050%25%20since%202020.>

¹⁶ NACAG. Introducing Nitric Acid Climate Action Group: <https://www.nitricacidaction.org/>

¹⁷ NACAG. (2023). Argentina takes further steps towards mitigating N₂O emissions in the Nitric Acid Sector. <https://www.nitricacidaction.org/argentina-takes-further-steps-towards-mitigating-n2o-emissions-in-the-nitric-acid-sector/>

¹⁸ Ibid.

¹⁹ 新华社. (2023). 中美发布关于加强合作应对气候危机的阳光之乡声明. http://www.news.cn/2023-11/15/c_1129976165.htm

与此同时，N₂O 主要排放源所在部门发布的“双碳”政策和相关的绿色低碳减排行动都在推动 N₂O 的减排进程。例如 2021 年发布的《“十四五”全国农业绿色发展规划》提到推进化肥减量增效和加强畜禽粪污的资源化利用。2022 年发布《农业农村减排固碳行动方案》中提出提高氮肥利用效率，降低氧化亚氮排放。表 1 梳理我国在推动 N₂O 减排的主要政策措施。

表 1：我国推动 N₂O 减排的主要政策行动

		现有减排行动	政策文件
针对包括 N ₂ O 在内的非二氧化碳温室气体		<ul style="list-style-type: none"> • 加大甲烷、氢氟碳化物、全氟化碳等其他温室气体的控制力度。 • 研究实施非二氧化碳温室气体控排行动方案，继续完善非二氧化碳温室气体监测、报告和评估技术体系，逐步建立健全非二氧化碳温室气体排放统计核算体系、政策体系和管理体系。 • 将温室气体管控纳入环评管理。 • 强化非二氧化碳温室气体管控，研究制订重点行业温室气体排放标准。 	<ul style="list-style-type: none"> • 《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》 • 《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》 • 《中国本世纪中叶长期温室气体低排放发展战略》 • 《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》 • 《减污降碳协同增效实施方案》
分领域主要排放源		现有减排行动	政策文件
农业活动	氮肥使用	<ul style="list-style-type: none"> • 减少农田氧化亚氮排放，到 2020 年实现农田氧化亚氮排放达到峰值 • 提高氮肥利用效率，降低氧化亚氮排放 • 推广测土配方，推进氮肥减量增效和有机肥替代 • 对有机肥购买和使用提供补贴 • 构建果菜茶有机肥替代化肥长效机制 • 示范推广缓释肥、水溶肥等新型肥料，打造绿色种养循环农业模式 	<ul style="list-style-type: none"> • 《“十三五”控制温室气体排放工作方案》 • 《全国农业可持续发展规划（2015—2030 年）》 • 《“十四五”全国农业绿色发展规划》 • 《农业农村减排固碳实施方案》 • 《建设国家农业绿色发展先行区 促进农业现代化示范区全面绿色转型实施方案》 • 《“十四五”推进农业农村现代化规划》
	畜禽粪污	<ul style="list-style-type: none"> • 畜禽粪污的资源化利用目标 • 畜禽粪污资源化利用提供财政补贴 	
工业部门	硝酸和己二酸	<ul style="list-style-type: none"> • 改进化肥、己二酸、硝酸和己内酰胺等的生产工艺 • 有序开展对氧化亚氮等非二氧化碳气体的管控 • 加强包括氧化亚氮在内的非二氧化碳温室气体的监测和减量替代技术研发及标准研究 	<ul style="list-style-type: none"> • 《工业绿色发展规划（2016-2020）》 • 《“十四五”工业绿色发展规划》 • 《科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022-2030 年）》
废弃物	污水处理	<ul style="list-style-type: none"> • 加强高效脱氮除磷等低碳技术应用，减少脱氮过程氧化亚氮逸散 	<ul style="list-style-type: none"> • 《关于推进污水处理减污降碳协同增效的实施意见》
能源活动	化石燃料和生物质燃料燃烧过程	<ul style="list-style-type: none"> • “十四五”时期严格合理控制煤炭消费增长、“十五五”时期逐步减少 • 有序推进工业燃煤和农业用煤天然气替代 • 有序推动老旧车辆替换为新能源车辆和非道路移动机械使用新能源清洁能源动力 	<ul style="list-style-type: none"> • 《减污降碳协同增效实施方案》

4. 我国 N₂O 减排机遇与挑战

在我国 N₂O 减排政策的环境下，本章节将梳理助力提升 N₂O 减排力度的关键措施和技术以及其在应用中减排现状。因为推动能源转型和改善空气质量相关的政策将对能源部门中 N₂O 减排有协同作用，因此这里将重点关注我国 N₂O 最主要的两个排放源——农业和工业部门。

4.1 农业活动 N₂O 减排

4.1.1 助力农业减排的实践和技术

改进农田肥料种类：通过改进肥料种类的方式来提高农田氮素利用效率。

- 采用有机肥：通过施用有机肥来调节土壤中微生物活性可以减少排放。但是有机肥推广面临成本高、效益低、配套设施不足等挑战²⁰。
- 添加生物炭：生物炭多孔结构适宜微生物生长并有利于土壤氮素的固定，降低土壤 N₂O 的排放²¹。
- 采用缓控释肥和硝化抑制剂：通过施用缓释肥，肥料氮素逐步释放，控释肥可以降低氮肥流失率，节省氮肥用量，进而减少 N₂O 排放。此外，采用硝化抑制剂抑制硝化速率也可以减少 N₂O 排放²²。

优化氮肥施用方式：

- 测土配方：基于土壤养分的需求进行合适施肥可以避免过度施肥以及肥料利用率低的问题。我国从 2005 年开始推广测土配方施肥技术，但是技术推广面积与实际施肥面积仍存在差距²³。
- 水肥一体化管理：采用滴灌方式将养分均匀送到作物根层，减少土壤中利于硝化反硝化过程，进而减少 N₂O 排放。我国目前也在华北、西北等地区逐步应用水肥一体化滴灌技术²⁴。
- 精准农业：通过传感器来收集土壤、农作物的信息以及天气、温度等环境数据，然后通过大数据分析来为农户提供种植、灌溉施肥等建议。

²⁰ 新华网. (2020). “金疙瘩”为何叫好不叫座？有机肥推广困局调查 http://www.ce.cn/cysc/sp/info/202010/13/t20201013_35881440.shtml

²¹ 严圣吉, 高子吟, 邓艾兴, & 张卫建. (2022). 我国农田氧化亚氮排放的时空特征及减排途径. 作物杂志, 38(3), 1-8

²² 邹晓霞, 李玉娥, 高清竹, 万运帆, & 石生伟. (2011). 中国农业领域温室气体主要减排措施研究分析. 生态环境学报, 20(8/9), 1348-1358.

²³ 郑利杰, 张笑千, & 王波. (2018). 化肥有机肥补贴政策演变过程及配套技术初探. 世界环境, 4.

²⁴ 同上

优化畜禽粪污管理：

- 通过合理的管理可以有效减少畜禽粪污贮存过程中温室气体排放，包括在粪污管理中采用固液分离，液体部分进行厌氧沼气，固体部分进行好氧堆肥，并且缩短液体粪肥贮存时间等。
- 在粪便贮存中添加包括生物炭和膨润土等辅料可以实现 N₂O 减排²⁵。而在畜禽粪污的肥料化过程中，在好氧堆肥中通过翻堆和强制通风也可以减少 N₂O 排放²⁶。

专栏 2：我国农业 N₂O 减排实践

中化化肥公司，在农业部支持下，从 2014 年以来，在全国推出了以智能配肥机为主的智能配肥服务站，通过智能配肥机来进行精准的测土配肥²⁷。种植大户和散户均可以通过与互联网智能配肥终端对应的应用软件。输入种植信息并提供测土图样，配肥机可以进行快速测土，并且将测土结果传送到云端。云服务器根据测土结果计算出种植方案、所需的肥料配方和价格，最终生成配肥订单发送到农户的智能手机上²⁸。经过智能配肥的化肥由于直接从工厂到农民手中，节省了流通环节的加价。测算显示，智能配肥系统可直接减少施肥量和成本投入 10%~30%，同时作物增产 5%以上，服务农民增收 10%以上²⁹。

4.1.2 农业 N₂O 减排挑战

作为我国农业 N₂O 最主要的排放源——农用地中的氮肥施用，由于需要在确保粮食安全和农产品增产增收的前提下实现减排，仍面临一定挑战。我国采取的主要方案是化肥减量增效，例如 2015 年发起的化肥农药使用量零增长行动，并且在 2017 年已经提前三年实现了化肥农药使用量零增长的目标。采取具体行动包括支持和鼓励采取测土配方施肥技术、有机肥资源利用以及示范推广缓释肥、水溶肥等新型肥料等方式来降低化肥使用。随着化肥减量增效政策的密集出台，我国化肥施用量自 2016 年开始缓慢下降。也是我国从 1974 年以来首次实现化肥的负增长³⁰。并在 2017 年提前三年实现化肥零增长目标³¹。如下图所示，我国化肥施用量 2016 年为 5984 万吨，比 2015 年减少 38 万吨，并在 2019 年下降到 5403 万吨。与此同时，来自化肥施用的 N₂O 排

²⁵ 雷鸣, 程于真, 苗娜, 周建斌, & 陈竹君. (2019). 黄土及其他添加物对猪粪贮存过程氨气和温室气体排放的影响. 环境科学学报, 39(12), 4132–4139.

²⁶ 朱志平, 董红敏, 魏莎, 马金智, & 薛鹏英. (2020). 中国畜禽粪便管理变化对温室气体排放的影响. 农业环境科学学报, 39(4), 743–748.

²⁷ 农民日报. (2016). 共筑减量新局面谱写增效新篇章. <http://www.sinofert.com/s/4368-12223-56364.html>

²⁸ 第一财经. (2016). 中国农民尝鲜精准农业 在手机上完成智能施肥. <https://www.yicai.com/news/5003423.html>

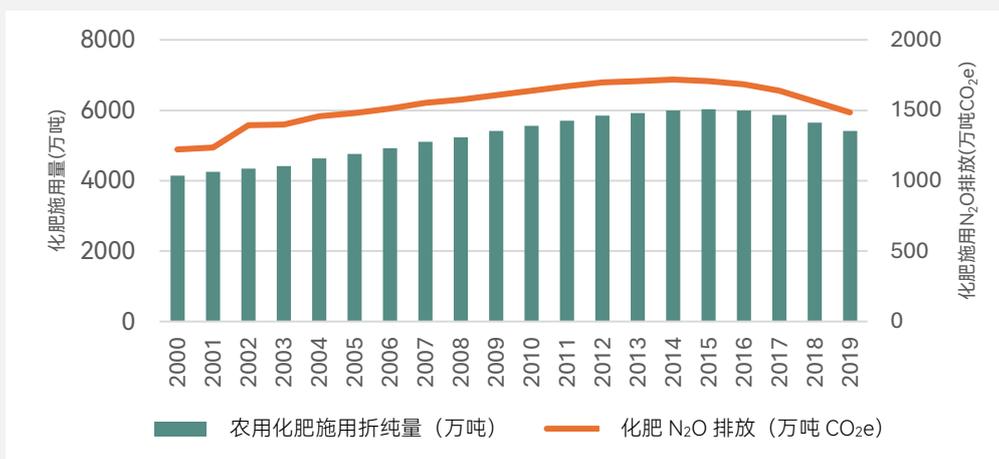
²⁹ <http://www.sinochem.com.cn/s/1375-5662-19811.html>

³⁰ 中国政府网. (2017). 我国农用化肥用量 43 年首次实现负增长. https://www.gov.cn/xinwen/2017-12/28/content_5251080.htm

³¹ 新华网. (2018). 农业农村部：已提前 3 年实现化肥农药使用量零增长目标. http://www.xinhuanet.com/politics/2018-04/25/c_1122739925.htm

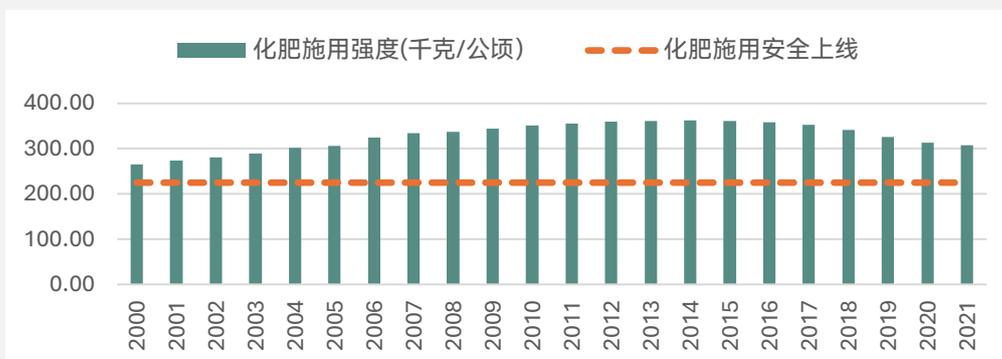
放也在同步下降中。尽管我国农用化肥使用呈下降趋势，但是 2021 年，我国化肥施用强度在 307 千克/公顷左右，仍然超过国际公认的安全上限 225 千克/公顷³²。未来，要实现碳中和目标下 N₂O 的深度减排，仍需更多维技术和模式的探索。

图 4: 2000-2019 年我国农用化肥施用量 (万吨) 与化肥施用 N₂O 排放量 (万吨 CO₂e)



数据来源: 农用化肥施用量数据来自国家统计年鉴, 化肥 N₂O 排放数据来自 FAO

图 5: 我国化肥施用强度 (千克/公顷, 2000 - 2021)



数据来源: 国家统计年鉴

³² 绿色创新发展研究院. (2024). 化肥减量增效与氧化亚氮减排: 观察与展望. 绿色创新发展研究院

4.2 工业部门 N₂O 减排

N₂O 在工业部门的主要排放来自硝酸和己二酸生产的生产过程中。我国化工行业中的 N₂O 排放中大约 90%左右来源于己二酸的生产，其次是硝酸生产的排放³³。目前减少硝酸和己二酸生产 N₂O 排放主要采用催化分解技术。

4.2.1 助力减排的实践和技术

- 己二酸生产中减少 N₂O 排放措施主要有两类，一类是分解，将 N₂O 分解为氮气和氧气，主要有不使用催化剂的热分解法和使用催化剂的催化分解法，前者对 N₂O 的分解可以达到 88%左右，后者可以达到 95%；另一类减排措施是将尾气提纯为高纯笑气产品³⁴。目前国内已有企业在己二酸生产装置上建设 N₂O 分解装置，使用催化剂对 N₂O 排放进行处理，但是多数企业使用了进口催化剂。此外，也有少数企业采取了从尾气中提取 N₂O 的技术³⁵。
- 硝酸生产中减少 N₂O 排放的措施可以分为一级、二级和三级控制措施³⁶。一级控制措施主要通过改进好氨氧化催化剂来减少 N₂O 形成，可以减少 30%-85%的 N₂O 排放，但是仅适用于新建厂采用³⁷。二级控制措施主要是在氨氧化催化剂之后布设 N₂O 高温分解催化剂使 N₂O 在炉内发生分解，减排效率在 80-90%左右，由于投资少和改造简单，应用较多³⁸。三级控制措施主要借助催化分解或者催化还原等技术脱除硝酸生产尾气中的 N₂O，减排效率可以达到 95%。与二级减排相比，三级减排运行费用相对较高，但是由于减排系统安装在尾气部分，对硝酸生产基本没有影响³⁹。

³³ Liang, M., Zhou, Z., Ren, P., Xiao, H., Hu, Z., Piao, S., ... & Yuan, W. (2024). Four decades of full-scale nitrous oxide emission inventory in China. *National Science Review*, 11(3), nwad285.

³⁴ 江屿,徐烨琨,艾晓欣.(2018).己二酸生产中N2O减排技术综述.化工设计通讯,(9),56-57.

³⁵ 张昌会,姚鑫.(2022).己二酸工业生产尾气温室气体治理路径分析与发展趋势.河南化工,(9),12-14.

³⁶ 李佳,樊星,陈莉,李坚.(2023).硝酸生产尾气中NOx和N2O联合脱除技术研究进展.化工进展,42(7),3770-3779.

³⁷ 同上

³⁸ 柯宇.(2016).硝酸装置氧化亚氮二级减排特点和结构设计.化肥工业,43(3),28-32.

³⁹ 柯宇,安明.(2014).硝酸装置氧化亚氮三级减排技术及应用.化肥工业,41(4),42-46.

专栏 3: 我国工业 N₂O 减排实践案例

天津绿菱气体有限公司研发了可以回收并纯化工业尾气中 N₂O 的技术, 可以对己二酸尾气进行回收利用, 制成高纯的电子级的氧化亚氮气体, 这些气体是半导体电子工业生产中的重要原材料, 主要用于半导体芯片集成电路、液晶显示面板、光伏太阳能面板制造等领域⁴⁰。项目一期 6000 吨在投入运行后很快满产, 每年可以减少 6000 吨 N₂O 的排放。这一项目也在 2017 年获得了保尔森基金会主办的第四届保尔森可持续发展城市奖的特别提名奖⁴¹。

4.2.2 工业 N₂O 减排挑战

目前我国化工行业中安装并使用 N₂O 减排装置进行己二酸和硝酸生产的企业仍然不多。早前受《京都议定书》下清洁发展机制 (CDM) 的激励, 我国硝酸和己二酸企业曾采用催化氧化技术来申请 N₂O 减排项目, 例如辽阳石化曾引进巴斯夫的催化分解技术建设了己二酸尾气减排装置⁴², 河南神马曾经引进了英威达催化剂分解技术用于己二酸尾气处理, 安徽淮化集团采用 Yara 的二级催化剂处理硝酸生产的 N₂O 排放⁴³。但是随着 2013 年欧盟停止购买国内 N₂O 减排的 CDM 项目之后, 在没有额外经济激励以及对 N₂O 控排的政策约束下, 这些减排装置处在时开时停的状况⁴⁴。

作为 N₂O 减排中的所需要的关键要素催化剂, 我国由于对此研究起步晚, 工业化应用进程较慢, 因此早前大多数企业都通过引用国外的催化剂来实现减排⁴⁵。近年随着我国碳交易发展也推动国内自主研发催化剂技术发展⁴⁶, 例如重庆华峰研发的己二酸生产过程中 N₂O 低温催化分解消除技术并建成了工业化装置, N₂O 分解率可以达到 99%⁴⁷。四川蜀泰化工研发的 N₂O 减排催化剂也在硝酸生产中实现试运行⁴⁸。

⁴⁰ 平顶山日报. (2024). 中科瑞景: 科技创新 变“废”为“宝”. <https://www.pds.gov.cn/wswebpic.com/contents/7/161605.html>

⁴¹ 行业资讯. (2017). 绿菱公司“氧化亚氮回收和提纯项目”获得“第四届保尔森可持续发展城市奖”特别提名奖. <http://m.icmtia.com/news/109.html>

⁴² 李飞 et al. (2018). 硝酸或乙二酸氧化亚氮直接催化分解技术研究进展及现状. 工业催化, 26(9), 6-10.

⁴³ 陈标华, 田梦, 徐瑞年. (2023). 化工生产中温室气体 N₂O 排放与工业化减排技术. 环境工程, 41(10), 82-90.

⁴⁴ 同上

⁴⁵ 李飞 et al. (2018). 硝酸或乙二酸氧化亚氮直接催化分解技术研究进展及现状. 工业催化, 26(9), 6-10.

⁴⁶ 陈标华, 田梦, 徐瑞年. (2023). 化工生产中温室气体 N₂O 排放与工业化减排技术. 环境工程, 41(10), 82-90.

⁴⁷ 华峰集团. (2023). 重庆华峰绿色低碳高质量发展纪实. <http://www.cbcsd.org.cn/xws/hydt/20231008/104321.shtml>

⁴⁸ 四川蜀泰化工催化剂专项成果通过鉴定: <https://www.suining.gov.cn/phone/articshow/891ae2581fb54cc6b99972d54a9d55cf.html>

5. N₂O 减排行动展望

作为全球第三大温室气体和主要的非二氧化碳温室气体之一，相比甲烷和含氟温室气体，N₂O 获得的政策支持力度仍有待加强。尽管目前全球尚未有支持 N₂O 总体减排行动，但是不同国家和地区针对主要 N₂O 排放源也已经展开行动。例如欧盟碳市场下对工业 N₂O 排放的管控，中美两国提出的对各自管理 N₂O 排放措施开展的合作。另外，将 N₂O 的管控纳入 NDC 的国家也在增加。2022 年 NDC 分析报告中指出，已有 89% 的缔约方在 NDC 中纳入 N₂O，较上一轮 NDC 增加了 12%⁴⁹。不过多数国家并未提出具体 N₂O 减排目标以及具体减排措施。当前只有 37% 的 NDC 中包括了农业 CH₄ 和 N₂O 减排措施，而只有 9% 的 NDC 会涉及工业部门的减排⁵⁰。

展望未来，由于 N₂O 既是温室气体同时也对臭氧层破坏带来影响，因此国际社会也有呼吁将 N₂O 纳入到《蒙特利尔议定书》下进行讨论⁵¹。随着针对 N₂O 减排国际合作的加强，聚焦 N₂O 不同排放源的地区间合作，例如减排实践和技术交流将助力全球 N₂O 减排⁵²。此外，在全球形成类似德国发起的 NACAG 项目，向发展中国家的 N₂O 减排提供资金支持的机制也将加速全球 N₂O 减排行动。

我国作为《巴黎协定》达成的重要推动者，一直积极参与应对气候变化国际合作，“十四五”期间，在我国陆续出台的多项“双碳”战略规划和政策部署中，对非二氧化碳温室气体减排的关注也在加强。陆续实施了多项可以带来 N₂O 减排的政策行动，例如化肥减量增效、畜禽粪污的资源化利用等。但是我国在农业和工业 N₂O 减排仍面临挑战，包括在农业领域推广经济实用的新型肥料以及工业 N₂O 减排中如何降低催化剂使用的成本等。因此，为新型减排技术推广提供资金和培训服务等政策支持将是实现减排的重要一环。

⁴⁹ Climate and Clean Air Coalition(CCAC). (2024). Guidance on Including N₂O in Nationally Determined Contributions

⁵⁰ 同上

⁵¹ Dhawan, V., Kanter, D. R., & Fajardo, R. V. (2023). Developing a global nitrous oxide reduction policy for a food-secure future 以及 Davidson, E. A., & Winiwarter, W. (2023). Urgent abatement of industrial sources of nitrous oxide. *Nature Climate Change*, 13(7), 599-601.

⁵² Dhawan, V., Kanter, D. R., & Fajardo, R. V. (2023). Developing a global nitrous oxide reduction policy for a food-secure future.

报告作者：陈美安 绿色创新发展研究院 高级项目总监/高级分析师 chenmeian@igdp.cn

排 版：包林洁

免责声明

本报告内容和观点仅代表作者的个人理解和观点，旨在加强相关领域的讨论交流，不代表支持方、作者所属机构、调研专家学者的立场和观点。本报告内容采用数据和信息均来自公开的信息和渠道，我们力求准确和完整，但难免偶有疏漏，敬请谅解并指正。

引用建议

陈美安. 2024. NDC 系列简报：中国氧化亚氮减排努力与前景展望. 工作论文. 北京: 绿色创新发展研究院.

关于绿色创新发展研究院

绿色创新发展研究院 (Institute for Global Decarbonization Progress), 简称:研究院 (iGDP), 是专注绿色低碳发展的战略咨询平台, 2014 年成立于北京, 旨在成为具领先专业素养和独立影响力的国际化智库。研究院根植我国地方绿色低碳实践, 面向全球应对气候变化进程, 为决策者、投资者和社区提供具有国际视野和前瞻思考的解决方案及公益性知识产品。

联系方式:

电话: 86-10-8532 3096

传真: 86-10-8532 2632

邮箱: igdpoffice@igdp.cn

网站: www.igdp.cn

地址: 中国北京市朝阳区秀水街 1 号建外外交公寓 6-2-62

