

专家观点

北京大学陶澍院士介绍了团队近期在全球黑炭排放清单更新领域的研究成果。更新后的清单可就生活源、交通、工业以及其它行业等多个行业部门进行分源对比，从而研究排放变化的驱动因素及其环境、健康和气候影响。在全球黑炭排放的历史变化的驱动因素方面，研究指出生活源排放增加的主要因素是人均能耗增加、人口增长；而排放减少的主要因素是城市化过程、生活能源清洁转型和电厂与工业等部门的末端处理措施等。对于非生活源，导致排放增加的一个重要因素是能耗增加；而减排主要因素包括禁止土焦炉等控制政策、排放因子更新、柴油车减排等。

能源研究所姜克隽研究员认为，短寿命气体如甲烷、一氧化二氮具有比 CO₂ 更强烈的增温潜势，目前在国内外受到了广泛的关注和重视。中国要在 2060 年前实现碳中和，意味着 CO₂ 的中和要尽早，在 2050-2060 年间利用 CO₂ 的负排放技术对冲非二气体的排放，从而实现温室气体中和。利用 IPAC-AIM 模型和大气化学模型，综合预估 1.5 度温升情景和 1.5 度低天然气情景下的能源需求和短寿命气体以及空气污染物的排放情况。其中考虑低天然气情景的重要原因是：天然气是甲烷的主要来源，以及 VOC 前驱物 NO_x 排放的主要来源。在向碳中和发展中期，天然气是煤炭、石油等化石燃料的重要替代品，所以需要设置情景进行进一步分析。研究表明，未来低碳发展需要大量依靠可再生能源和核能，IPAC 模型组给与核能更多的发展空间，主要是因为核能的安全、清洁和高可靠度供电性；O₃ 控制取决于 NO_x 和 VOC 的排放，未来将更加依赖于氮氧化物的减排，因为在未来的发展中自然源的 VOCs 排放将不断增加。

中国环境科学研究院高庆先研究员阐述了非二控制，特别是甲烷减排对实现温控目标的重要性。基于温室气体和污染物的同源性、治理的同效性，强调了二者协同控制和治理的重要性，阐述了两者影响范围的差异，污染物是局地性问题，而温室气体是全球性问题。从两者处理和方面介绍了不同的关注点，污染物治理更关注末端处理，而温室气体更关注前端控制。从法律角度来看，污染物治理有国家和地方的相关法律法规，而温室气体则依据的是国际公约。针对如何量化协同控制与治理，高庆先研究员研究团队提出了协同效应评估指数，并对《大气十条》实施带来温室气体减排的协同效应进行了评估。最后，高研究员分析了我国和部分发达国家的甲烷排放现状，指出中国 2014 年报告的甲烷排放量已经相当于 2019 年美国、俄罗斯、澳大利亚和加拿大排放之和，表明我国甲烷减排的压力巨大。中国的甲烷排放来源主要是能源、农业和废弃物。高研究员针对各国废弃物的减排控制政策及措施做了介绍，为国内废弃物领域甲烷治理提供了参考。

清华大学的滕飞研究员针对 CO₂ 和非二气体展开大量研究。基于自下而上的建模分析，建立非能源 CO₂、其他部门的非 CO₂ 排放以及土地利用碳汇的排放情景并提供相应的政策建议。滕飞研究员详细展示并介绍了 2030 年以后至本世纪中叶的多温室气体排放情景下的非二气体排放、达峰时间、部门排放结构和减排成本，建议我国在低排放发展战略及未来的 NDC 更新中，适时纳入非二气体减排目标。如果考虑 2050 年碳排放近零目标，则允许能源 CO₂ 排放不超过 6 亿吨。最后以黑龙江的非二气体排放清单为例，指出现有的清单仍

存在很高的不确定性，亟待可靠真实的更新数据以帮助国家/地区确定一个合理的减排目标。

中国矿业大学张博教授强调了甲烷排研究的重要性。然而，我国的甲烷排放构成与发达国家有较大差异，相关研究仍然薄弱。清单编制是甲烷研究的重要部分，目前也面临缺乏长时间序列清单估算、数据统计、自下而上的清单估算的不确定性等局限和挑战。同时，甲烷研究也面临基础数据薄弱、多尺度监测技术缺乏、技术装备与工程实践不足等挑战。面对这些局限和挑战，当前的首要问题是增强各尺度甲烷排放清单报告的准确性、透明度、一致性、可比性和完整性。推动在油气、煤炭、废弃物等多个领域从多方面采取措施，形成控制甲烷排放的相关体系。

应急管理部信息研究院刘文革研究员主要介绍了当前比较有影响力的有中国参与的全球非二气体（尤其是甲烷）减排的组织及其举办活动的情况。认为能源达峰和煤炭产量有很大关系，强调了煤炭在甲烷排放中的重要地位。控制煤炭行业中的甲烷排放可以起到一石三鸟的作用：一能发挥减排效应，二能推动清洁能源发展，三有安全提升的作用，这三方面形成协同效应。

南京信息工程大学胡建林教授提出温室气体与大气污染物的协同治理不仅要考虑排放上的协同，还需要考虑浓度以及健康上的协同。从排放到浓度以及健康，需要考虑气象条件、人群暴露等其他多种因素，因此需要将大气化学传输模型运用到环境与气候协同治理的过程中。由于气象条件本身存在年际变化，因此考虑气候变化及其对大气污染的影响，需要考虑一段周期的研究才具有意义。尽管黑炭是颗粒物总质量一部分，但目前研究表明其健康影响比其他组分以及总质量的健康影响更大一些。同时，黑炭的气候效应也存在较大的不确定性。目前我国对黑炭减排的相关问题研究较少，应加强对该领域的关注。

北京大学的沈国锋研究员分享了自己的研究经历，并结合本次研讨会的专家报告谈及了几点感想和建议。第一，若考虑到既影响气候变化又对人群健康有危害，黑炭无疑值得重视。作为一个典型的非二气体，黑炭的减排有望同时实现保护人群健康和应对气候变化；第二，在研究和制定政策的时候，要注意区域之间的差别，针对区域突出的问题制定其差异化的优先策略；第三，在 CO₂ 和非二气体的控制和协同治理的过程中，要加强基于客观事实的科学研究。科学研究中应尽可能地纳入多对象物质，全面地评估。

山东大学的李佳硕教授介绍了能源系统开采-运输-转化-消费全链条的重金属排放模型，多尺度、多视角、长时间序列的能源系统重金属排放清单数据库，分析了包括排放强度、排放因子、排放量在内的能源系统重金属排放的特征，阐释了能源消费及重金属排放变化的传导机制及影响机理，并提出了能源可持续转型管理的优化策略。最后，李佳硕从开展环境-资源-经济等多维度系统评估、遴选协同减排最佳可得技术等方面提出了非 CO₂ 气体与 CO₂ 和环境要素协同治理的研究建议。

浙江大学的方雪坤教授主要介绍了卤代温室气体和甲烷的排放定量。卤代气体排放源众多，目前对它们的排放机制和排放强度的认识并不清晰。在研究过程中建立了基于生产和消费数据的自下而上的排放模型以及基于大气观测的自上而下的模型。最后，方雪坤教授对甲烷和卤代温室气体领域的研究作了总结和展望。

西湖大学的张羽中研究员从全球、区域和点源多个尺度对甲烷排放的卫星监测进行了介绍。并指出，卫星具有监测甲烷浓度分布的能力；通过反演分析卫星浓度观测，可得到甲烷排放分布和变化的信息。从卫星反演结果来看，全球畜牧业甲烷排放呈显著上升趋势；中国近年来甲烷排放仍有上升趋势——不同区域煤矿排放呈不同趋势，水稻种植区域排放有增长趋势。结合针对区域源和点源的甲烷卫星观测是辅助甲烷减排的有力工具。

中国农业大学的庄明浩副教授对农业温室气体排放的基本情况做了简要介绍，提出兼有减排与固碳双重属性的农业未来发展的一些建议。一是在农业温室气体排放清单中，主要采用统一的排放因子，缺少动态的排放因子，无法反映农业管理措施的变化，未来亟需建立动态的、近实时的农业温室气体排放清单；二是目前农业在保证粮食安全的基础上实现碳中和的重心应该根据区域的具体情况制定分区域的技术落地方案，确保现有技术能够真正落地而非停留在纸面上，未来需要探讨新兴的、革新性的技术对保障粮食安全和实现碳中和的贡献；三是亟需建立天地空一体化的农业温室气体观测网络，确保数据的可靠性、公开性和透明性。