

政策研究报告

通过中欧合作加快黑碳减排

主要建议：

• 统一监测与核算方法：

通过建立中欧联合技术工作组，共同推进黑碳监测和排放清单方法的对接与统一，协调测量标准和技术规范；在黑碳排放集中的重点行业开展试点监测，采用可比性的方法进行数据核算；并联合评估黑碳减排在气候和健康方面的协同效益，从而提升数据的可比性和对政策制定的支撑作用。

• 加强政策协同与衔接：

在现有气候与空气质量政策框架下，逐步将黑碳纳入相关政策考量，通过开展政策交流、标准借鉴和联合编制指引等方式，加强中欧在黑碳治理方面的政策衔接。重点关注居民取暖、重型柴油交通等黑碳排放强度较高的领域，推动形成更加系统与协同的治理路径。

• 推进冰冻圈区域联合行动：

启动以冰冻圈保护为重点的“极地—高原（Pole-to-Plateau）”联合倡议，聚焦黑碳减排对北极地区和亚洲高山区（HMA）的影响。该倡议可依托中欧协同科研机制、联合监测网络和跨区域风险评估，加强对黑碳跨区域传输影响的系统认识，为区域和全球气候风险应对提供科学依据。

• 深化能力建设与知识共享：

建立中欧黑碳减排能力建设与知识交流平台，通过专题培训、政策对话和案例研究，促进双方在清洁取暖、低排放交通等重点减排领域的经验交流与相互借鉴；同时，对关键减排措施开展系统性比较与评估，夯实政策决策的证据基础，加快行之有效的减排措施在中欧两地的推广与落地实施。

作者：

Hermann Aubié, 东芬兰大学 高级研究员

陈美安, 绿色创新发展研究院 高级项目总监

日期：2026 年 1 月



执行摘要

黑碳（Black Carbon, BC）是一种典型的短寿命气候污染物，是推动近期气候升温和冰川融化的重要因素，同时黑碳也是空气污染物 PM2.5 的重要组成部分，其排放对人体健康造成危害。然而，在当前中欧气候外交与合作框架中，黑碳问题尚未得到充分重视，成为双方合作中的一个明显空白。与二氧化碳不同，黑碳在大气中的停留时间较短，其减排能够在较短时间内同时带来气候和公共健康效益。通过发挥欧盟与中国在政策法规、标准制定、监测体系和技术推广上的各自优势，中欧双方可以围绕黑碳减排开展务实合作，加快实现各自在气候治理和空气质量改善方面的目标。

第一部分 | 背景：立即采取黑碳行动的紧迫性

一、什么是黑碳？

黑碳，通常被称为烟尘，主要来自化石燃料和生物质不完全燃烧过程中产生的微小颗粒物。与在大气中可停留数百年的二氧化碳不同，黑碳在大气中的寿命仅为数天至数周。正是由于这一“短寿命”特性，黑碳减排能够在较短时间内显著改善空气质量、降低气候变暖速度，并减缓北极地区和亚洲高山区（High Mountain Asia, HMA, 亦被称为“第三极”）等敏感区域的积雪和冰川融化。

目前，全球黑碳排放主要来自以下四个领域（iGDP & WEF, 2024）：

- **家庭用能固体燃料使用**：包括用于居民烹饪和取暖燃烧的生物质、煤、油等带来的黑碳排放。
- **柴油驱动的交通与机械设备**：涵盖道路交通工具、非道路移动机械以及使用重油的海运船舶等。
- **工业过程**：如砖窑、焦化生产以及小型工业锅炉，这些过程往往依赖效率较低的技术和燃料。
- **露天生物质燃烧**：包括农业废弃物和秸秆焚烧以及近年来愈发频繁的森林和草原火灾。

二、黑碳带来的多重气候和健康风险

（一）全球气候意义

黑碳是短寿命气候污染物（Short-Lived Climate Pollutants, SLCPs）的重要组成部分，与甲烷、对流层臭氧和氢氟碳化物（HFCs）一道，对当前人为气候变暖的贡献

高达约 45%。尽管黑碳在大气中的停留时间较短（仅数天至数周），但其单位质量所产生的瞬时增温效应极强，估计可达二氧化碳的 1,500 倍（iGDP & WEF, 2024）。

政府间气候变化专门委员会（IPCC）确认，黑碳通过两种主要机制产生显著的正辐射强迫效应，从而加剧全球变暖：一是直接在大气中吸收太阳辐射；二是沉降在冰雪表面，降低其反照率（即反射能力），从而加速北极和亚洲高山区等地区的冰雪融化。

需要指出的是，黑碳排放的总体气候净效应仍存在一定科学不确定性。这是因为黑碳往往与其他气溶胶（如具有冷却效应的硫酸盐）和气体共同排放。因此，针对黑碳的减排政策在减少黑碳的同时，也可能同步降低这些共排放物质的浓度，使最终的辐射强迫变化较为复杂。尽管如此，黑碳减排仍被广泛视为一项具有多重效益（no-regrets）的优先行动，主要基于以下三点原因：

1. 黑碳是细颗粒物（PM2.5）的重要组成部分，其减排能够立即带来本地化、可感知的健康效益，同时兼具气候收益；
2. 由于其短寿命特性，黑碳减排可在十年内产生明显的降温效果，为更长期、系统性的二氧化碳减排争取宝贵时间；
3. 黑碳还会影响区域降水和气候模式，对脆弱地区的粮食安全和水资源安全构成威胁（Lee et al., 2023; Pier et al., 2021）。

3

（二）健康与生态环境协同效益

作为 PM2.5 的重要组成部分，黑碳对全球每年因细颗粒物污染导致的超过 800 万例过早死亡负有重要责任。长期或短期暴露于黑碳污染与呼吸系统疾病、心血管疾病、高血压以及不良妊娠结局密切相关，其健康风险对弱势群体的影响尤为突出。

此外，黑碳沉降在冰雪表面会显著降低反照率，加速北极、亚洲高山区以及安第斯山脉地区冰川和冰盖的消融。其对区域气候和天气系统的影响进一步放大了生态系统和人类社会面临的风险。因此，减少黑碳排放能够同时为公共健康、生态系统保护和气候稳定带来立竿见影的协同效益。

三、为何中欧在黑碳领域开展合作至关重要

欧盟和中国均面临由黑碳排放引发的空气质量和气候风险，包括公共健康损害以及北极和亚洲高山区冰川加速消融所带来的连锁影响。后者不仅威胁水资源安全，还可能破坏区域气候稳定性，削弱生态系统韧性。

在欧盟，黑碳排放，尤其是来自在北极及北部海域航行的船舶排放，与心脏病、肺癌等严重健康问题密切相关（Osipova & Gore, 2025）。在中国，短期和长期的黑碳暴露同样显著提高了过早死亡风险（Cui et al., 2022）。

作为全球气候治理中的关键主体，欧盟和中国在推动更具协调性的国际黑碳减排行动方面具有不可替代的作用。通过合作，双方可以充分发挥各自的互补优势，包括联合科研与监测、在交通、居民取暖和工业领域推广共享技术解决方案，以及在政策层面形成协同效应。中欧合作不仅有助于更快、更有效地降低黑碳排放，还能够同时带来气候、健康和环境方面的多重收益，并在短寿命气候污染物治理领域彰显集体领导力，为全球行动树立示范。

当前，中欧各自的治理框架也为加快黑碳减排提供了现实基础。自 2012 年联合国欧洲经济委员会（UNECE）《哥德堡议定书》修订以来，黑碳被明确视为 PM2.5 的组成部分，并被纳入减排目标。在欧盟层面，这一承诺体现在《欧盟环境空气质量指令》中对黑碳监测的要求，以及《国家排放削减承诺指令》中对黑碳减排的推动（EEA, 2025; CCAC, 2017）。

同时，尽管欧盟政策重点正在向《清洁工业计划》转移，但维持《欧洲绿色协议》中“零污染行动计划”的原有雄心，仍然意味着需要持续推进黑碳治理。与此同时，中国也在不断强化环境治理体系，2022 年以来更加重视气候减缓与空气污染协同治理，并进一步收紧空气质量标准。这一政策取向，正是对长期以来气候政策与空气质量政策协同效益难以充分发挥这一制度性问题的积极回应（Yamineva & Liu, 2019）。通过协调这些正在趋同的政策优先方向，中欧双方有望推动形成更具系统性和影响力的合作议程。

鉴于中国与欧盟 27 国合计约占全球人为黑碳排放的 23%—30%，这两大经济体开展协调行动具有显著的全球杠杆效应。在中欧合作引领下，加快黑碳减排是一项具有多重效益的优先行动，能够在以下方面带来显著收益：

1. 实现短期气候降温效果；
2. 改善人类健康和生态系统状况；
3. 保护北极、亚洲高山区等脆弱冰冻圈和多年冻土区域（Koven et al., 2011），通过减少地表变暗效应，减缓由黑碳沉积和气候变暖共同导致的冰雪加速融化。

第二部分：推动黑碳减排的中欧联合行动机遇

一、联合开展排放清单编制、监测与科学研究

当前，黑碳排放清单的不确定性，以及对其气候和健康影响的模型不确定性，已成为黑碳减排行动面临的主要挑战。2021 年的一项研究以定量方式揭示了这一问题：该研究发现，更新后的全球黑碳排放清单比此前多套清单的平均值高出约 32% (Xu et al., 2021)，反映出相关数据和统计方法仍存在显著差异。

中国生态环境部已开始将黑碳纳入空气污染物与温室气体协同管理的排放清单体系。2024 年，生态环境部发布了《空气污染物和温室气体协同排放清单编制技术指南（试行）》，里面也覆盖了对民用烹饪、工业过程等重点排放源的黑碳排放核算方法 (MEE, 2024)。

与此同时，欧盟在空气质量监测方面拥有成熟、系统的网络和方法体系，可与中国覆盖面广但存在区域差异的监测体系形成互补。例如，欧盟在《远程跨界空气污染公约》框架下，通过欧洲监测与评估计划 (EMEP) 长期开展 PM2.5 及其中黑碳成分的监测；欧洲环境署 (EEA) 还协调各成员国空气质量监测网络，采用统一技术规范开展黑碳浓度监测，确保跨国数据的可比性。

在此基础上，中欧合作可重点聚焦以下方向：

- 建立中欧黑碳及其他短寿命气候污染物 (SLCPs) 联合技术工作组，系统交流监测方法、排放因子数据和技术规范；
- 在重点“高排放领域”开展联合示范监测，如重型柴油运输和取暖用能，通过采用可比性的方法开展试点监测，提升中欧数据的一致性和可比性；
- 拓展联合建模研究，评估黑碳减排在区域尺度上的气候与健康协同效益，并在此基础上深化与国际应用系统分析研究所 (IIASA) 等机构现有的中欧科研合作。

上述合作将有助于提升中欧黑碳排放清单的准确性和一致性，为更具针对性的政策设计和监管措施奠定坚实基础，同时也将强化中欧在既有机制下的更广泛的环境合作，包括中欧高层环境与气候对话 (HECD)、中国环境与发展国际合作委员会 (CCICED)，以及 IPCC 于 2024 年通过的《2027 年短寿命气候因子排放清单方法学报告》编制框架。

二、标准协同与将黑碳纳入监管体系

推进黑碳减排的另一大制度性障碍在于：黑碳长期游离于气候政策与空气污染防治政策的“交叉地带”（Yamineva & Liu, 2019）。目前，气候减缓政策仍主要聚焦温室气体，而空气污染治理则以 PM2.5 和臭氧为核心目标，导致黑碳往往未被作为独立优先事项纳入国家气候目标。

从全球范围看，目前仅有少数国家将黑碳纳入国家自主贡献（NDC）（Malley et al., 2023）。在国际层面，黑碳主要通过区域性机制得到关注，例如《哥德堡议定书》，以及北极理事会《加强黑碳和甲烷减排框架》，后者设定了到 2025 年将黑碳排放量在 2013 年基础上减少 25%–33% 的集体目标。

中欧合作可在弥合上述制度缺口方面发挥关键作用，重点包括：

- 在居民取暖、航运和重型运输等重点领域推动排放标准协同，确保中欧相关标准具备兼容性。鉴于重型车辆在中欧道路运输碳排放中均占较大比重（Khanna et al., 2021; Rexeis et al., 2018），双方可与主要制造商协同推进重型车辆电动化标准，加快破解运输领域减排难题；
- 将黑碳减排系统性纳入现有监管框架，借鉴中国在空气污染与碳减排协同治理方面的政策实践，以及欧盟新版《空气质量指令》中对黑碳的明确强调，增强政策协调性并提升对黑碳高排放行业的关注度；
- 在多边场合开展协同行动，例如推动在气候与清洁空气联盟（CCAC）中由观察员向伙伴身份升级，提高黑碳在全球气候议程中的可见度，并推动其成为明确的减排目标。

上述合作有助于减少技术部署壁垒，形成规模效应，提升投资者信心，推动私营部门加快采用清洁技术，并确保黑碳减排真正融入中欧气候与空气质量治理体系。

三、冰冻圈领域的跨境与区域合作

随着冰雪加速消融带来的风险不断上升，黑碳已成为中欧共同面对的突出挑战。北极升温速度已达到全球平均水平的四倍，而黑碳在加速冰雪融化中发挥着重要作用（Ohata et al., 2021）。尽管北极区域内黑碳排放带来的增温效应尤为显著，但来自非北极国家（尤其是东亚和南亚）的黑碳经大气输送，对北极冰冻圈总体负荷和融化效应同样具有重要影响，且在春夏融雪季节尤为突出（AMAP, 2021）。

在亚洲高山区（HMA），冰川退缩速度同样前所未有。研究表明，黑碳会降低青藏高原南部夏季降水，导致 2007—2016 年间冰川质量平均损失约 11%，部分地区甚

至超过 22% (Yang et al., 2022)。鉴于黑碳跨境传输并引发区域气候和空气质量影响，中欧在应对这些共同风险和外溢影响方面具备高度互补性。

潜在合作方向包括：

- 联合开展黑碳沉降及其对冰冻圈影响的研究，在亚洲高山区、北极和欧洲山地地区建立协同研究机制，并通过遥感与地面站点联通的联合监测网络，追踪黑碳输送和沉降过程，可在现有国际冰冻圈气候倡议 (ICCI) 基础上深化合作；
- 探索建立区域性黑碳减排合作平台。北极理事会的黑碳框架为国际合作提供了有益示范，其鼓励观察员国自愿提交减排进展报告。类似机制若在亚洲高山地区建立，将为包括中国在内的非北极国家参与黑碳治理提供制度空间；
- 在区域平台框架下，加强对森林火灾和露天生物质燃烧等黑碳高排放事件的预警与应对协作，减少其跨境影响。

此类合作将有助于中欧更有效地管理黑碳带来的跨境气候与健康风险，同时提升国际社会对冰川及其他脆弱冰冻圈区域保护的关注，并推动更广泛的多边合作。

四、黑碳减排的能力建设与知识共享

中欧双方已在多个重点领域采取措施减少黑碳排放。中国在清洁取暖、北方地区热泵推广应用，以及重型柴油车辆燃料质量和排放标准持续收紧方面积累了丰富经验；欧盟则通过《生态设计指令》等政策，对取暖设备能效和排放提出更严格要求，有效降低居民取暖相关的黑碳排放。这些互补经验为促进相互学习提供了坚实基础。

鉴于政府在缺乏信息支撑的情况下难以确定干预重点或评估政策成效，加强清洁取暖转型、车辆排放控制和技术部署方面的数据与政策经验交流，有助于双方加快行业转型、提升监管能力。具体合作可包括：

- 面向监管机构、地方政府和科研人员开展联合培训和政策交流，系统总结各领域最佳实践，并形成中欧联合案例研究，提升公众和决策层对黑碳问题的认知；
- 对关键干预措施（如民用燃料替代、重型货运技术升级）开展联合评估，对比其中欧不同情境下的成本与成效，为未来政策提供更坚实的证据基础。

通过强化能力建设与知识共享，中欧可加快黑碳减排进程，释放更大的气候和健康协同效益，并为长期合作奠定更加稳固的基础。

致谢

特别感谢 Yulia Yamineva 和胡敏对本文早期稿件提出的宝贵意见和建议。

引用

- AMAP. (2021). *Impacts of Short-Lived Climate Forcers on Arctic Climate, Air Quality, and Human Health: Summary for Policymakers*.
- CCAC. (2017). *Brief on black carbon policy framework*.
<https://www.ccacoalition.org/sites/default/files/resources/SAP-MAR2017-06%20-%20SAP%20Paper%20-%20Overview%20of%20black%20carbon%20policy%20framework.pdf>
- Chen, X., Ching, J., Wu, F., Matsui, H., Jacobson, M. Z., Zhang, F., Wang, Y., Zhang, Z., Liu, D., & Zhu, S. (2025). Locating the missing absorption enhancement due to multi-core black carbon aerosols. *Nature Communications*, 16(1), 10187.
- Council, A. (2015). *Enhanced Black Carbon and Methane Emission Reductions. An Arctic Council Framework for Action*.
- Cui, C., Liu, Y., Chen, L., Liang, S., Shan, M., Zhao, J., Liu, Y., Yu, S., Sun, Y., & Mao, J. (2022). Assessing public health and economic loss associated with black carbon exposure using monitoring and MERRA-2 data. *Environmental Pollution*, 313, 120190.
- Dong, X., Zhu, Q., Fu, J. S., Huang, K., Tan, J., & Tipton, M. (2019). Evaluating recent updated black carbon emissions and revisiting the direct radiative forcing in Arctic. *Geophysical Research Letters*, 46(6), 3560-3570.
- EEA. (2025). *National Emission reduction Commitments Directive*. Retrieved 28 November 2025 from <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution/necd>
- Hoesly, R., & Smith, S. (2024). *CEDS v_2024_04_01 Release Emission Data (v_2024_04_01) [Data set]*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10904361>
- iGDP, & WEF. (2024). *Black Carbon Reduction: A Rapid Action Plan*.
https://www3.weforum.org/docs/WEF_Black_Carbon_Reduction_2024.pdf
- IPCC. (2024). *Decision IPCC-LXI-7: Outline of the Methodology Report on Inventories for Short-lived Climate Forcers*.
- Khanna, N., Lu, H., Fridley, D., & Zhou, N. (2021). Near and long-term perspectives on strategies to decarbonize China's heavy-duty trucks through 2050. *Scientific Reports*, 11(1), 20414.
- Klimont, Z., Kupiainen, K., Heyes, C., Purohit, P., Cofala, J., Rafaj, P., Borken-Kleefeld, J., & Schöpp, W. (2017). Global anthropogenic emissions of particulate matter including black carbon. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(14), 8681-8723.
- Koven, C. D., Ringeval, B., Friedlingstein, P., Ciais, P., Cadule, P., Khvorostyanov, D., Krinner, G., & Tarnocai, C. (2011). Permafrost carbon-climate feedbacks accelerate global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(36), 14769-14774.
- Lee, H., Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., & Barret, K. (2023). IPCC, 2023: Climate change 2023: Synthesis report, summary for policymakers. Contribution of working groups I, II and III to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [core writing team, h. Lee and j. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Malley, C. S., Lefèvre, E. N., Kuylenstierna, J. C., Haeussling, S., Howard, I. C., & Borgford-Parnell, N. (2023). Integration of Short-Lived Climate Pollutant and air pollutant mitigation in nationally determined contributions. *Climate Policy*, 23(10), 1216-1228.

- MEE. (2024). *Technical Guidelines for Compiling Integrated Emission Inventories of Air Pollutants and Greenhouse Gases (Trial)*. Retrieved from <https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202401/W020240130539574113045.pdf>
- Ohata, S., Koike, M., Yoshida, A., Moteki, N., Adachi, K., Oshima, N., Matsui, H., Eppers, O., Bozem, H., & Zanatta, M. (2021). Arctic black carbon during PAMARCMiP 2018 and previous aircraft experiments in spring. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21(20), 15861-15881.
- Osipova, L., & Gore, K. (2025). *Black Carbon and CO2 Emissions from EU-Regulated Shipping in the Arctic*. <https://theicct.org/publication/black-carbon-and-co2-emissions-from-eu-regulated-shipping-in-the-arctic-may25/>
- Pier, F., Trude, S., Kyle, A., William, C., Jean-Louis, D., David, F., Lunt, D., Thorsten, M., Palmer, M., & Masahiro, W. (2021). Chapter 7: The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks and Climate Sensitivity. *Climate Change*, 132.
- Rexeis, M., Röck, M., & Hausberger, S. (2018). *Comparison of fuel consumption and emissions for representative heavy-duty vehicles in Europe*.
- Secretariat, A. C. (2020). *Arctic Council Observer States 2020 National Reports on Enhanced Black Carbon and Methane Emissions Reductions*. Retrieved from <https://oaarchive.arctic-council.org/items/05fa90a8-9893-4987-ac53-e1ec7f650ee9>
- Solazzo, E., Crippa, M., Guizzardi, D., Muntean, M., Choulga, M., & Janssens-Maenhout, G. (2021). Uncertainties in the Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR) emission inventory of greenhouse gases. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21(7), 5655-5683.
- Vignati, E., Karl, M., Krol, M., Wilson, J., Stier, P., & Cavalli, F. (2010). Sources of uncertainties in modelling black carbon at the global scale. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10(6), 2595-2611.
- Xu, H., Ren, Y. a., Zhang, W., Meng, W., Yun, X., Yu, X., Li, J., Zhang, Y., Shen, G., & Ma, J. (2021). Updated global black carbon emissions from 1960 to 2017: improvements, trends, and drivers. *Environmental Science & Technology*, 55(12), 7869-7879.
- Yamineva, Y., & Liu, Z. (2019). Cleaning the air, protecting the climate: Policy, legal and institutional nexus to reduce black carbon emissions in China. *Environ Sci Policy*, 95, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.01.016>
- Yang, J., Kang, S., Chen, D., Zhao, L., Ji, Z., Duan, K., Deng, H., Tripathee, L., Du, W., & Rai, M. (2022). South Asian black carbon is threatening the water sustainability of the Asian Water Tower. *Nature Communications*, 13(1), 7360.

引用格式: Meian, C., Aubie, H., 2026, 《通过中欧合作加快黑碳减排》, 中欧绿色治理智库交流项目

<https://china.hss.de/en/>

<https://china.hss.de/zh/>

本项目由欧盟资助。

本文所表达的观点仅代表作者个人立场, 不代表其所在机构、管理层、欧盟或各国政府的观点, 亦不应视为官方立场的体现或认可。

项目简介：

中国和欧盟在应对气候变化与生态环境保护方面展现出共同的战略担当与全球引领意愿。欧盟的“绿色新政”和中国的“生态文明”理念在推动绿色转型方面高度契合、目标一致，均致力于通过协作共建，打造更加可持续、韧性更强的未来社会。

本项目旨在进一步汇聚多方利益相关方力量，深化中欧在绿色全球治理领域的长期智库合作机制建设。

通过中欧在绿色治理政策领域的结构化交流，促进智库、学术界与政策制定者之间的跨界合作，推动 1.5 轨和 2.0 轨对话常态化、制度化，以支持双方在多层次、多领域的政策沟通与战略对话。项目目标在于技术和政治两个层面，深化中欧对彼此绿色治理政策演进路径的了解，增进互信，凝聚共识，构建可持续的合作伙伴网络，并在全球与地区政策进程中发挥积极影响。

项目活动包括：

- 举办线上圆桌会议、开展网络合作关系建设与研究成果共享
- 组织代表团互访及政策研讨会，涵盖 1.5 轨和 2.0 轨对话机制
- 编撰中欧绿色治理的主题词汇表
- 撰写政策文件与研究报告，推动智库成果转化

10

该项目的执行机构：

- 汉斯-赛德尔基金会 与
- 自然资源智库，包括自然资源部咨询研究中心、国土与空间规划研究中心以及土地整治中心。

项目周期为两年，至 2026 年十月。

联系信息：

汉斯-赛德尔基金会

电话：+86 10 653261-80

电子邮件：beijing@hss-china.com

网站：<https://china.hss.de/zh/>