



能源基金会 清洁空气战略进展

总第23期

2022.04-05

目录

一、空气、气候与健康.....	2
1. “制定基于健康保护的中国环境空气质量标准”研究项目进展与专家交流会顺利召开——促进环境健康领域学术交流.....	2
二、空气与气候协同治理规划.....	5
1. “河北省‘十四五’臭氧污染控制目标与气候协同的减排路径研究”——为河北大气臭氧控制提供技术支持.....	5
2. “河北省‘十四五’大气污染防治与温室气体协同控制策略研究”中期会顺利召开——为未来相关政策制定提供科学合理依据.....	6
3. “海南省十四五大气污染控制对策研究”结题会顺利召开——为海南环境管理部门大气污染防治提供技术支持.....	7
4. “京津冀及周边地区产业和排放现状分析及消除重污染天气协同治理路径效果评估”中期会顺利召开——构建消除重污染天气协同治理路线的评估框架.....	8
5. “京津冀及周边地区消除重污染天气协同路径经济社会影响分析”中期评估顺利开展——为推动环境政策费用效益分析长效机制建设提供支持.....	9
6. “京津冀及周边地区消除重污染天气的大气环境容量和协同治理路径研究”中期会顺利展开——为京津冀及周边地区空气质量改善提供技术支撑.....	10
7. “京津冀及周边地区消除重污染天气联防联控区划及污染应对调控方案研究”中期会顺利召开——强化重点地区大气污染综合治理和联防联控.....	11
8. “粤港澳大湾区‘十四五’能源结构优化目标与路径及其环境效益评估”完成结题评审——用环境目标优化能源结构.....	12
三、行业减污降碳.....	13
1. “‘十四五’期间石化行业VOCs排放与碳排放协同控制策略研究”结题会顺利召开——石化行业VOCs排放与碳排放协同控制策略.....	13
2. “青海省农村散煤治理技术策略及商业模式研究”中期会——探索高寒高海拔地区的农村散煤治理减污降碳技术方案及商业模式.....	15
3. “内蒙古自治区农村散煤治理技术策略及商业模式研究”中期会——探索严寒重工业地区的农村散煤治理减污降碳技术方案及商业模式.....	16
四、空气质量分析.....	17
1. 2022年4月和5月全国PM _{2.5} 浓度情况.....	17
2. 2022年4月和5月全国O ₃ 浓度情况.....	17

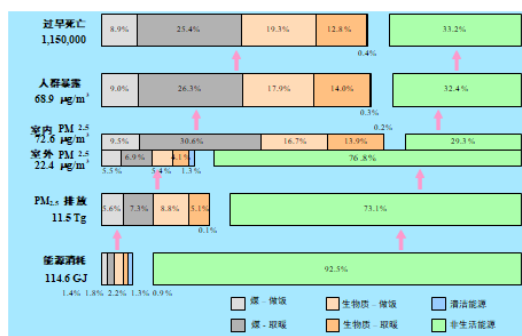
一、空气、气候与健康

1. “制定基于健康保护的中国环境空气质量标准”研究项目进展与专家交流会顺利召开——促进环境健康领域学术交流

2022年4月12日，由能源基金会专项资金支持、北京大学环境科学与工程学院组织的“制定基于健康保护的中国环境空气质量标准”四个研究项目开题与中期评审会议在北京大学顺利开展。能源基金会和项目组相关负责人分别以线下的方式出席会议。全国能源基础与管理标准化技术委员会顾问白荣春、国家发改委能源研究所研究员姜克隽、北控能源投资有限公司原总经理段洁仪、北京大学院士朱彤、北京大学医学部教授潘小川、北京大学环境科学与工程学院教授张世秋、中国环境科学研究院研究员魏永杰、复旦大学公共卫生学院教授阚海东、北京大学医学部教授黄薇和北京科技大学能源与环境学院教授段小丽作为评审专家参加了本次会议。

北京大学城市与环境学院陶澍院士团队就项目“中国民用固体燃料消费的排放量和健康影响的区域性差异”在会议中做了开题报告，南方科技大学环境科学与工程学院沈惠中助理教授强调民用固体燃料燃烧不仅是室外空气污染的重要来源，不完全燃烧还会直接导致室内污染，生活源的排放会“放大”健康影响。通过研究民用固体燃料燃烧对健康和气候的协同效应，研究团队发现农村居民能源结构优化能够显著降低室内污染，同时降低人群的过早死亡风险。并且由于采暖、用能习惯不同，这种协同效应在不同地区存在差异性。在北方地区，推进农村清洁取暖一方面能够明显缓解冬季的大气污染，同时又可以获得非常显著的健康收益。

与会专家黄薇教授与阚海东教授认为这项工作的开展能够促进环境健康领域的技术方法学发展，指出室内暴露的精确定量对相关流行病学研究具有重要意义。一方面，可以更好地模拟发展中国家室内环境暴露，有助于推动我国与国际的对话接轨；另一方面，这项研究是一个打通室内外空气污染健康影响研究的好案例。段小丽教授指出，污染暴露与人群分布密切相关，而固体燃料排放暴露人群的特征明显，主要包括留守儿童、老人、妇女等敏感人群，在同样暴露浓度水平的情况下，健康影响可能更加显著，在做健康风险评估时需重视这一暴露特点带来的差异。



固体燃料排放的空气污染及健康影响
图片来源: Yun et al., Sci. Adv. 2020

图1 - 固体燃料排放的空气污染及健康影响

中国疾病预防控制中心环境所李湉湉研究员以“京津冀地区空气质量变化及其健康收益研究”为主题，对项目进行了中期报告。该项目采用 Accountability Study 的设计思路，研究了大气污染防治行动计划实施后，京津冀地区 PM_{2.5} 短期暴露的死亡、住院、门诊效应的变化及其主导因素。项目重点分析了随着时间推移，京津冀及周边地区 PM_{2.5} 年均浓度逐年下降，带来健康收益的变化，着眼于短期健康影响的暴露-反应关系的研究。研究团队已经取得了初步分析结果，并将参考国际相关研究方法得出结论，进一步分析 PM_{2.5} 成分或来源对健康收益的潜在影响，并通过设置空间对照组探讨京津冀地区 PM_{2.5} 健康风险变化的关键因素。

与会专家阚海东教授，魏永杰研究员、潘小川教授、张世秋教授等对于 Accountability 研究设计提出了更多建议，包括进行数据清理，选取短期健康效应研究的污染物（NO₂），与空气污染无关的对照病种（如消化道肿瘤）来做对照分析，以及在建模时将臭氧、气象因素和社会经济发展因素考虑进去，减少混杂因素对结果的影响。

环境与经济政策研究中心王建生研究员对“中国部分试点地区空气质量健康指数(AQHI)实施效果评估”项目进行了中期报告。该项目通过 AQHI 模型，将丽水市大气污染治理工作中首要健康危害污染物定位为臭氧，为政府部门环境精准化管理提供了科学支撑。同时，在微信小程序上，已上线丽水市 AQHI 指数发布平台，在公众服务方面已初见成效。然而，AQHI 在其他城市试点的建立工作和初步数据分析也遇到了一些挑战。研究团队将探索利用与空气污染健康效应更加相关的医院急诊数据建模，进一步分析空气污染物对健康终端的影响。

与会专家黄薇教授指出通过 AQHI 将差异化的健康影响数据纳入空气质量指数的设计可以支持不同地区的环境和健康的管理。但由于地区暴露-反应关系的差异性和各地暴露特征、数据基础不同，AQHI 的管理应用也的确存在很大挑战。阚海东教授认为需要“化繁为简”，提出一个可通用的 AQHI 模型将是未来的一个研究方向。潘小川教授认为健康效应本身就具有复杂性，在各地开展应用研究时，评价标准需要进一步界定。



图2-AQHI

北京大学环境科学与工程学院朱彤院士团队就“制定基于健康保护的中国环境空气质量标准”研究系列项目做了中期报告，该课题承担了两项基础性工作，一是识别科学研究领域的差距和需求，二是搭建空气-气候-健康集成研究的交流平台。北京大学公共卫

生学院薛涛副研究员以“基于环境空气质量标准修订的科研领域需求研究”为题介绍了研究团队的阶段性进展。

薛涛副研究员提出世界卫生组织（WHO）最新发布了全球空气质量指南（AQG），AQG 修订提供了基于健康保护制定标准的一个很好的方法范式，包括因果关系评价和暴露反应关系评价两个层面。WHO 对流行病学新证据进行研究、综述并且得出不同污染物指导指的方法值得借鉴，其高质量的筛选结果也可成为中国本地化研究的重要参考。此外，研究团队还梳理了 IER、GEMM 与 GBD 三代暴露反应关系模型的变迁，并以此为基础构建一个比较精细化的第四代暴露反应关系模型，用于疾病负担的评估并支撑政策的制定。研究团队也正在着手于大气污染健康效应数据库的构建，并且在因果关系评价的方法上进行深入探索，以识别空气污染影响的新型健康结局。

与会专家阚海东教授指出因果推断研究方法的深入对于空气污染健康影响的研究探索很有价值，并提示对空气污染标准的制定来说，相比于短期健康效应，大气污染的长期健康效应是最重要的根本。建议除了总结 AQG 修订后归纳的短期效应，还应将我国的针对长期慢性暴露效应的几个大型队列进行深入分析归纳。魏永杰研究员、黄薇教授、段小丽教授均表示在服务于标准制定的基础研究中，需要进行顶层设计和多研究的整合，也提示需要界定需求，并注意标准、基准、阈值的区分与关联。

与会专家也围绕中国环境空气质量标准修订抛出了一些关键问题，包括：

- 关键污染物 $PM_{2.5}$ 的标准是否需要加严，结合当前的暴露反应关系和健康影响，加严到什么程度是合适的？
- 在双碳目标的背景下，未来空气质量标准修订过程中如何考虑碳目标和空气目标的协同？
- 如何基于暴露模式考虑环境空气质量标准与室内空气质量标准的关系？
- 是否参考 WHO 最新 AQGs 中关于沙尘、超细径颗粒物的提示新增管控指标，例如是否在 PM_{10} 到 $PM_{2.5}$ 之间的粒径段增设新指标？

最后，环境管理项目刘欣主任进行了会议总结，他认为现有研究工作取得了积极进展，为标准修订的科学研究提供了更好的基础，同时也期望研究团队之间基于空气-气候-健康交流平台加强沟通，实现在环境健康效应数据、标准方法学及经济影响分析方面的成果共享，以及加强科学成果向空气质量标准和政策的转化，为美丽中国和健康中国战略做支撑。



图3 - 会议照片

二、空气与气候协同治理规划

1. “河北省‘十四五’臭氧污染控制目标与气候协同的减排路径研究”——为河北大气臭氧控制提供技术支持

2022年4月28日下午，由能源基金会专项资金支持、北京大学承担的“河北省‘十四五’臭氧污染控制目标与气候协同的减排路径研究中期会”在线上顺利召开。生态环境部环境规划院副院长严刚、中国气象科学研究院研究员龚山陵、国家发展和改革委员会能源研究所研究员姜克隽、南开大学教授冯银厂、中国科学院大气物理研究所研究员王自发、国家发展和改革委员会能源研究所主任熊文华和英国儿童投资基金会中国办公室项目主任刘强作为评审专家参加了本次会议。

该项目旨在确定河北省空气质量优良率提高为目标的臭氧控制浓度限值及其 NO_x 和 VOCs 减排途径，进而确定化石能源（燃煤和车用燃油）削减目标和相关措施碳减排量。北京大学环境科学与工程学院教授谢绍东对该项目进行了中期汇报，项目基于环境空气质量监测数据、统计数据和卫星监测数据，梳理出河北“十三五”空气质量现状与趋势、大气污染源排放清单和控制措施效果，应用相关模式估算获得了河北省臭氧生成潜势分布，提出臭氧生成的 VOCs 关键物种和排放源。阶段性研究成果提出了以 VOCs 减排为主，长期 O_3 污染控制以 NO_x 为主的减排思路，到2025年全省各城市臭氧浓度达国家二级标准，同时提到以工业炉窑污染综合治理为重点，深化工业氮氧化物减排。该项目成果将为河北省提出“十四五”科学精准有效控制大气臭氧的方案与策略，促进河北省大气污染物的全面减排和空气质量的全面改善，为中国其他地区类似环境问题的解决提供借鉴和范例，是一个依靠科技科学治理大气臭氧的重要尝试，具有深远社会影响。

与会专家表示，接下来的研究应考虑气象因素对臭氧目标的影响，进一步论证基于臭氧改善目标的化工能源减排目标的具体过程与协同减排 NO_x 和 VOCs 方案。

河北省十四五臭氧污染控制目标

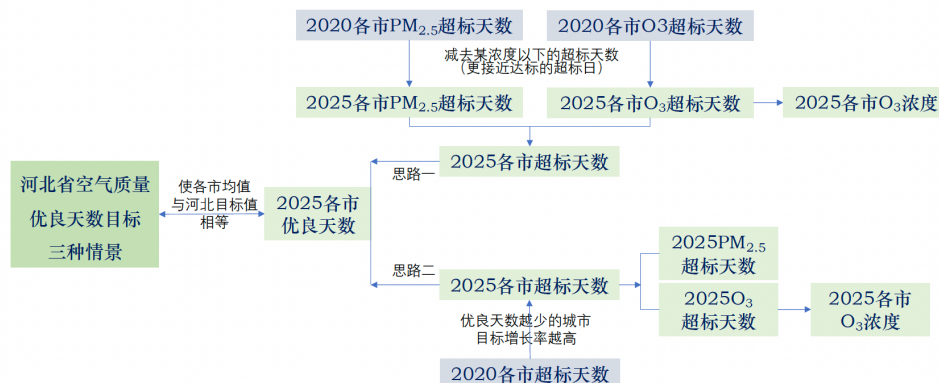


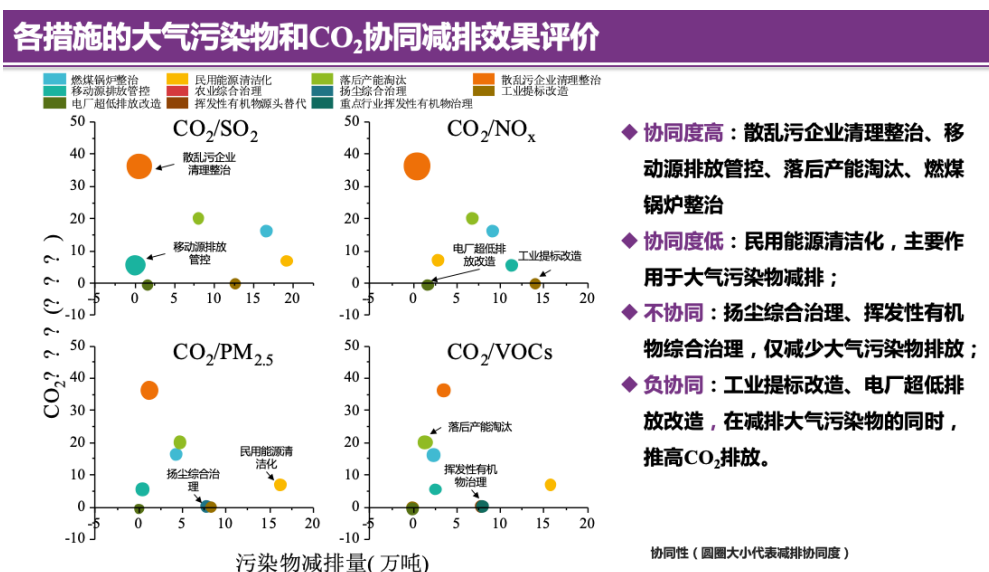
图4-技术路线

2. “河北省‘十四五’大气污染防治与温室气体协同控制策略研究”中期会顺利召开 —— 为未来相关政策制定提供科学合理依据

2022年4月28日下午，由能源基金会专项资金支持、清华大学承担的“河北省‘十四五’大气污染防治与温室气体协同控制策略研究”中期会在线上顺利召开。生态环境部环境规划院副院长严刚、中国气象科学研究院研究员龚山陵、国家发展和改革委员会能源研究所研究员姜克隽、南开大学教授冯银厂、中国科学院大气物理研究所研究员王自发、国家发展和改革委员会能源研究所主任熊文华和英国儿童投资基金会中国办公室项目主任刘强作为评审专家参加了本次会议。

本研究旨在探究河北省大气污染物和温室气体协同减排策略，为未来相关政策的制定提供科学合理的依据。本项目紧密围绕“减污降碳协同增效”的总体要求，以大气环境质量持续改善和经济绿色低碳发展为核心，以推动大气污染物与温室气体协同减排为重点，综合运用排放清单、驱动分解、政策量化、成本测算、协同评价、情景预测等方法，结合河北省经济发展、能源消费、人口变化、空气质量、政策实施等方面的状况，分析了“十三五”期间当地主要大气污染物与温室气体的总量趋势与结构变化，考察了排放增减的驱动力，量化了大气污染防治措施的减排贡献、减排成本与减排协同性，预测了“十四五”期间不同协同控制路径下河北省主要大气污染物与温室气体的排放状况，在此基础上提出了因地制宜的大气污染物和温室气体协同减排策略。

与会专家表示，河北省优良天比例目标远低于全国平均水平，建议增加“十四五”基本消除重污染天气的分析，针对未来减排路径，以移动源为突破口，降低 NO_x 和VOCs排放量；针对产业和能源，提出协同性强的方向性措施建议。



3. “海南省十四五大气污染控制对策研究” 结题会顺利召开 —— 为海南环境管理部门大气污染防控提供技术支持

2022年5月10日，能源基金会支持，海南省环境科学研究院承担的“海南省‘十四五’大气污染控制对策研究”项目顺利召开线上验收会，能源基金会环境管理项目组刘欣主任、海南省生态环境厅大气环境管理处相关负责人与项目课题组成员参加了验收会。清华大学郝吉明院士、中国环科院柴发合研究员、暨南大学邵敏教授、中科院大气物理研究所王自发研究员、北京大学陆克定研究员、生态环境部环境规划院宁淼研究员、北京市机动车排放事务管理中心石爱军教授级高工等专家应邀组成专家组。

会上，刘欣主任首先介绍了项目背景情况；省生态环境厅陈晓明调研员介绍了“十三五”期间海南省在大气污染防治工作中取得的成效和存在问题，对“十四五”大气环境管理工作进行了展望。我院项目负责人大气所徐文帅所长从十三五空气质量状况及存在问题分析、污染源来源解析、模型构建、未来情景预测分析和控制对策等方面对项目的完成情况和取得的成果进行了详细汇报。

专家组充分肯定了项目的研究成果，认为项目系统分析了海南省空气质量状况，对海南省十四五期间各项措施实施效果进行了预测分析，为环境管理部门大气污染防控提供了技术支持，对热带地区 $\text{PM}_{2.5}$ 和臭氧协同管控进行了有益探索，项目成果为《海南省“十四五”生态环境保护规划》和《海南省“十四五”空气质量全面改善行动计划》编制工作提供了科学支撑，一致同意项目通过验收，并给予了优秀评级。与会专家还对海南未来的大气研究工作提出了以下几点建议：一是系统规划好未来情景，设计好减污降碳协同增效中长期实施方案以及 $\text{PM}_{2.5}$ 和臭氧长期协同控制路径，为低浓度水平下实现 $\text{PM}_{2.5}$ 和臭氧精细化协同管控和空气质量持续改善做先行探索，为全国减污降碳协同增效提供海南样板；二是加强 $\text{PM}_{2.5}$ 和臭氧二次污染和光化学污染研究；三是针对大气环境质量的评价及污染措施应对等增加日评价管控体系，推进海南省大气污染的精细化管控。



图6-结题会线上线下照片

4. “京津冀及周边地区产业和排放现状分析及消除重污染天气协同治理路径效果评估”中期会顺利召开 —— 构建消除重污染天气协同治理路线的评估框架

2022年5月19日，由能源基金会专项资金支持、清华大学承担的“京津冀及周边地区产业和排放现状分析及消除重污染天气协同治理路径效果评估”中期会顺利在线上召开。生态环境部大气司大气环境处李巍处长、能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥、项目总顾问中国工程院贺克斌院士、山西环境厅大气处王斌处长等领导专家和专家出席了这次会议。中国能源研究会周大地学术顾问、原国家能源专家咨询委员会白荣春副主任、国家发改委能源研究所姜克隽研究员、清华大学郝吉明院士、中国气象科学研究院张小曳院士、国家应对气候变化战略研究部主任柴麒敏、北京市生态环境监测中心刘保献主任、南开大学冯银厂教授、中国气象科学研究院车慧正研究员、北京工业大学程水源教授作为评审专家参加了这次会议。

课题组对该项目进行了中期汇报，目前课题收集了相关数据资料，深入分析了京津冀及周边地区的产业构成和能耗现状，构建了京津冀及周边地区高精度大气污染物和碳排放清单，并分析了京津冀及周边地区的排放现状。课题构建了消除重污染天气协同治理路线的评估框架，初步筛选了用于评估协同治理路径的不同气象条件，为后续工作奠定了基础。与会专家建议应进一步分析各个行业的减排潜力，重点关注石化行业、交通运输行业等，为减排路径的制定提供科学依据；同时，应与其他课题统一研究的区域范围，加强与其他课题的沟通和衔接，统筹完成项目总体的研究报告。

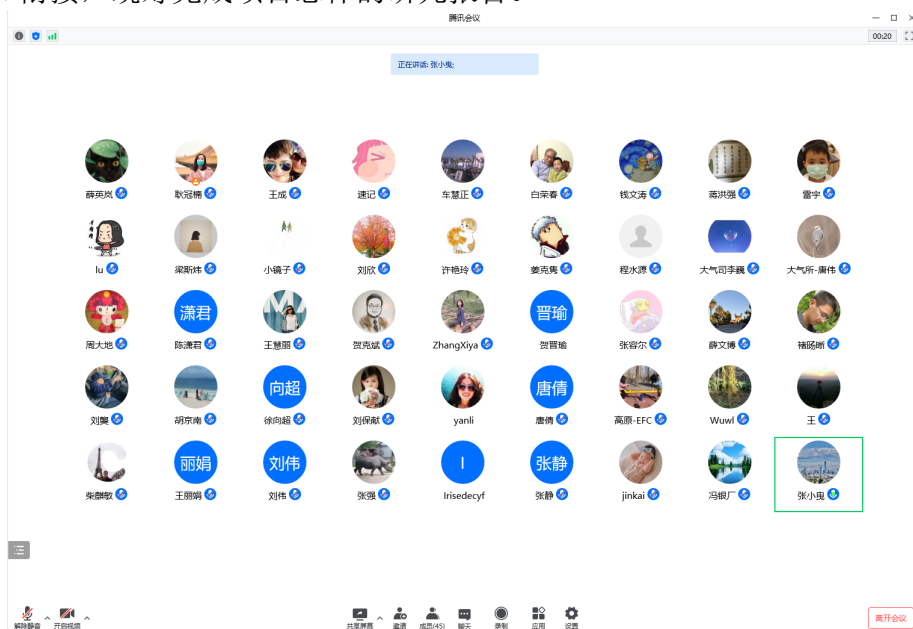


图7- 线上会议截屏

5. “京津冀及周边地区消除重污染天气协同路径经济社会影响分析”中期评估顺利开展 —— 为推动环境政策费用效益分析长效机制建设提供支持

2022年5月19日，由能源基金会专项资金支持、生态环境部环境规划院承担的“京津冀及周边地区产业和排放现状分析及消除重污染天气协同治理路径效果评估”中期会顺利在线上召开。生态环境部大气司大气环境处李巍处长、能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥、项目总顾问中国工程院贺克斌院士、山西环境厅大气处王斌处长等领导专家和专家出席了这次会议。中国能源研究会周大地学术顾问、原国家能源专家咨询委员会白荣春副主任、国家发改委能源研究所姜克隽研究员、清华大学郝吉明院士、中国气象科学研究院张小曳院士、国家应对气候变化战略研究部主任柴麒敏、北京市生态环境监测中心刘保献主任、南开大学冯银厂教授、中国气象科学研究院车慧正研究员、北京工业大学程水源教授作为评审专家参加了这次会议。

课题组对此进行了中期成果汇报，该课题综合考虑京津冀及周边地区消除重污染天气治理各项政策措施，重点以工业源、移动源、面源、生活源污染管控等4个方面的政策措施为对象，设计评估技术框架，建立评估模型方法，收集评估数据参数，对重污染天气治理措施实施的经济社会影响等进行全面评估。下一步工作计划将进一步对接课题1、课题5的治理措施路径和评估协同治理措施的公平性。

与会专家建议加强与其他课题紧密联系，进一步对接治理措施路径，开展针对性评估，同时应进一步总结完善方法学体系，提高评估方法的科学性和先进性。在研究结论基础上可以形成针对性建议，为重污染天气管控措施提出差异化政策建议。

技术路线

- **时间范围：第一阶段2022年1月30日—2月20日（22天），第二阶段3月1日—3月12-13日（13天）**
- **经济社会影响：主要为对企业、公众、政府可能造成的损失影响。**
- **对GDP、产业、税收、企业和居民收入等的影响。**
- **数据来源：生态环境部与各地治理方案、中国及各省2021年统计年鉴。**

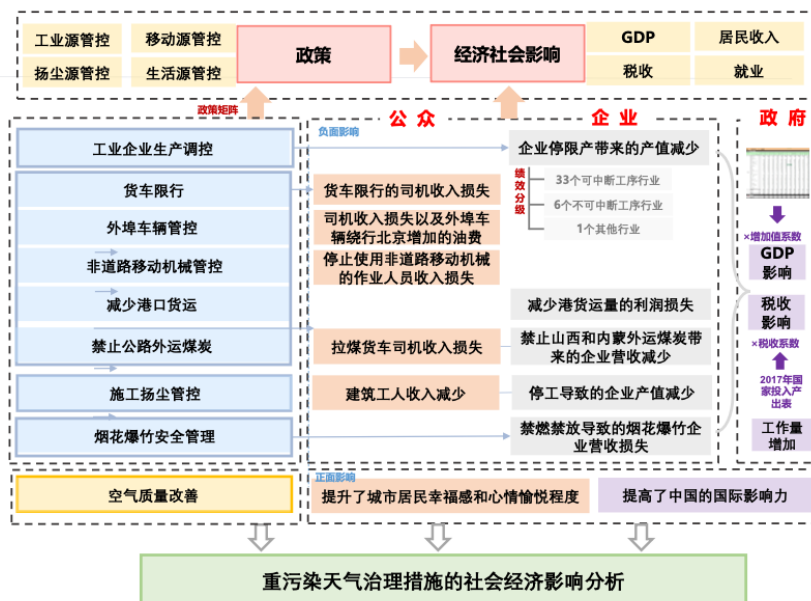


图8 - 技术路线

6. “京津冀及周边地区消除重污染天气的大气环境容量和协同治理路径研究”中期会顺利展开 —— 为京津冀及周边地区空气质量改善提供技术支撑

2022年5月19日，由能源基金会专项资金支持、生态环境部环境规划院承担的“京津冀及周边地区产业和排放现状分析及消除重污染天气协同治理路径效果评估”中期会顺利在线上召开。生态环境部大气司大气环境处李巍处长、能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥、项目总顾问中国工程院贺克斌院士、山西环境厅大气处王斌处长等领导专家和专家出席了这次会议。中国能源研究会周大地学术顾问、原国家能源专家咨询委员会白荣春副主任、国家发改委能源研究所姜克隽研究员、清华大学郝吉明院士、中国气象科学研究院张小曳院士、国家应对气候变化战略研究部主任柴麒敏、北京市生态环境监测中心刘保献主任、南开大学冯银厂教授、中国气象科学研究院车慧正研究员、北京工业大学程水源教授作为评审专家参加了这次会议。

课题组对该项目进行了中期成果汇报，阶段性成果包括筛选了京津冀及周边地区典型区域性大气重污染过程，模拟分析了不同污染过程的大气环境容量和减排需求，并分析了重污染过程PM_{2.5}污染传输及影响规律，为进一步减排减排需求奠定了基础。同时，调研、分析了京津冀及周边地区工业用煤、民用散煤使用状况，开展了2021年京津冀及周边地区清洁取暖深入推进情景研究。阶段性研究成果对科学评价京津冀及周边地区气象条件对环境容量的影响、建立以煤控为重要手段的消除重污染天气协同治理路径提供了技术支撑。下一步工作计划包括根据环境容量和传输矩阵，开展重污染天气下区域污染物减排需求分解；设计以消除“十四五”期间重污染天气为目标的工业生产、居民清洁取暖等涉煤行业的煤炭控制主要任务和实施路线图，根据减排潜力将各城市减排需求分解到行业；开展典型地区（河南省、山东省）、典型行业（钢铁行业）消除重污染天气协同控制路径研究。

与会专家表示，下一阶段研究建议增加不利气象条件下大气环境容量范围的表述；除散煤外，建议增加对工业部门控制路径研究。同时应结合碳减排工作，开展碳与污染物协同控制分析。

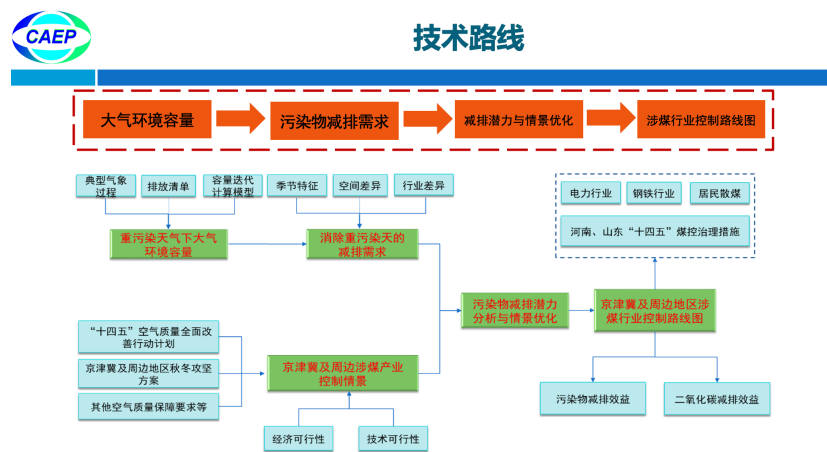


图9-技术路线

7. “京津冀及周边地区消除重污染天气联防联控区划及污染应对调控方案研究”中期会顺利召开 —— 强化重点地区大气污染综合治理和联防联控

2022年5月19日，由能源基金会专项资金支持、生态环境部环境规划院承担的“京津冀及周边地区消除重污染天气联防联控区划及污染应对调控方案研究”中期会顺利在线上召开。生态环境部大气司大气环境处李巍处长、能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥、项目总顾问中国工程院贺克斌院士、山西环境厅大气处王斌处长等领导和专家出席了这次会议。中国能源研究会周大地学术顾问、原国家能源专家咨询委员会白荣春副主任、国家发改委能源研究所姜克隽研究员、清华大学郝吉明院士、中国气象科学研究院张小曳院士、国家应对气候变化战略研究部主任柴麒敏、北京市生态环境监测中心刘保献主任、南开大学冯银厂教授、中国气象科学研究院车慧正研究员、北京工业大学程水源教授作为评审专家参加了这次会议。

该项目旨在加强生态环境部与能源基金会合作，支持生态环境部通过开展减污降碳协同控制，强化重点地区大气污染综合治理和联防联控，并加速推进碳达峰碳中和。本项目收集整理了京津冀及周边地区最新污染源排放清单、近五年环境和气象综合观测结果、区域内涉气企业基本信息等大量基础资料，融合排放清单、数值模拟、综合观测等技术，设计了表征区域传输对典型城市 $\text{PM}_{2.5}$ 污染影响的综合评价指标，其综合性、科学性强，能够真实客观反映区域传输对 $\text{PM}_{2.5}$ 污染的影响；选取生产装备水平、污染治理技术、无组织管控、运输方式等指标综合评定企业环保绩效水平。研究方法科学合理，有关联防联控区划和应急调控措施等阶段性成果得到了较好的应用。

与会专家表示，下一阶段研究建议进一步加强京津冀及周边地区典型城市 $\text{PM}_{2.5}$ 污染受传输影响、减排比例和应急调控方案研究，为区域内基本消除重污染天气提供技术支持；加强重污染天气联防联控区划、应急调控方案制定、建材行业治理措施三方面研究内容的有机整合，支撑总项目研究报告编制。



京津冀及周边地区重污染的区域影响及联防联控区划

区划	I类区域	II类区域	III类区域
范围	北京、天津和河北石家庄、唐山、保定、沧州、廊坊	河北中南部、山东中西部、河南中北部	山西中部、辽宁中西部、山东中东部、河南中南部、山西北部、内蒙古中部
工业源	除A级企业和白名单企业外， 生产工序不可中断行业依据绩效分级实施精细到工序的差异化管控 ，其他行业按照预警等级采取相应的停限产措施	除A级企业和白名单企业外， 生产工序不可中断行业依据绩效分级实施部分工序的差异化管控 ，其他行业按照预警等级采取相应的停限产措施	基于区域污染传输研判结果，部分城市、部分行业（领域）执行同II类区域的临时性管控措施
移动源	停驶渣土和砂石等物料运输车辆、 国四及以下重型柴油车，停用国二及以下非道路移动机械	停驶渣土和砂石等物料运输车辆、 国三及以下重型柴油车，停用国二及以下非道路移动机械	
面源	停止施工工地和土石方作业，禁燃禁放烟花爆竹，禁止生物质露天焚烧		

图10- 京津冀及周边地区重污染的区域影响及联防联控区划

8. “粤港澳大湾区‘十四五’能源结构优化目标与路径及其环境效益评估”完成结题评审——用环境目标优化能源结构

2022年5月19日上午，由能源基金会专项资金支持、广东环科院承担的“粤港澳大湾区‘十四五’能源结构优化目标与路径及其环境效益评估”结题会在线上顺利召开。中国环科院首席科学家柴发合、国家应对气候变化战略研究部主任柴麒敏、生态环境部环境规划院战略规划研究所所长秦昌波、北京大学环境科学与工程学院教授谢绍东、暨南大学环境与气候研究院教授王雪梅、中科院广州能源研究所研究员蔡国田和广东省技术经济研究发展中心副研究员刘凯作为评审专家参加了本次会议。

课题组对该项目进行了结题汇报，项目成果显示，在“十三五”期间大湾区环境与能源政策评估中，电力结构调整和工业用能调整有较高的协同减排效益，对二氧化碳的减排贡献达到63%，对污染物减排贡献也达到33%；产业结构调整同样有较高的协同减排效益，对污染物减排贡献占比达到17%，对二氧化碳减排贡献占比达到11%。

“十四五”期间为保证空气质量目标达到PM_{2.5}浓度23 μg/m³并且臭氧浓度不再上升，能源消费总量和温室气体排放得到控制，当前政策下的能源结构调整幅度和污染物控制措施还需要进一步加强，关键的政策措施包括：大力发展天然气电力和非化石电力，促进电力领域清洁低碳转型；产业结构优化、提高能效措施和清洁能源替代是工业领域实现减污降碳的关键；能效提升措施有效的促进建筑领域能源结构优化；交通领域强化调整交通结构，提升运输工具清洁低碳化水平。

与会专家建议进一步细化“十三五”期间各行业主要政策实施情况的评估，要对各项政策的效果作适当的评价，肯定有效的政策同时也要考查存在的问题以利于提出下一阶段需要改进的方向，同时加强“十三五”期间重点能源生产和终端消费领域主要污染物以及CO₂排放的变化对比分析。另外，“十四五”能源情景的研究应细化外调电力的影响分析、移动源中的非道路机械和重点行业特别是炼化发展的影响，同时建议补充分析煤炭、石油、天然气等主要能源形态的实物量的变化，明确能源消费总量和碳总量等预期性目标。关于研究结论，应补充分析广东或大湾区碳达峰在强化情景下发生的可能性，或者碳排放总量的变化趋势，识别可能的时间范围。

环境管理项目刘欣主任和钱文涛主管表示，应进一步梳理各项政策措施，保证措施完整且分类清晰明确，对政策措施的关键比例参数的设置说明依据和政策要求；同时，可进一步挖掘加强情景的潜力，使项目提出的政策建议发挥引领性作用，在包括能源结构中各种能源的实物量指标、大炼化的贡献等方面提出细化的指标或分析。

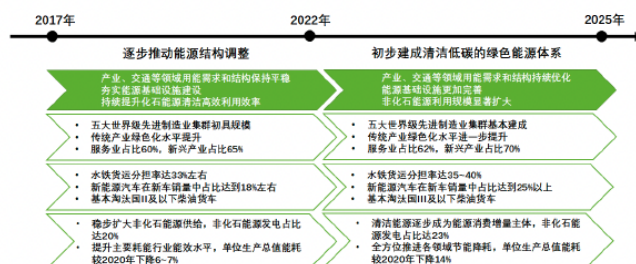


图 11 - 技术路径

三、行业减污降碳

1. “‘十四五’期间石化行业 VOCs 排放与碳排放协同控制策略研究”结题会顺利召开——石化行业 VOCs 排放与碳排放协同控制策略

2022年4月11日上午，由能源基金会支持，北京国环清华环境工程设计研究院有限公司及清环智源(北京)科技有限公司共同承担的“‘十四五’期间石化行业 VOCs 排放与碳排放协同控制策略研究”项目在西郊宾馆召开了结题验收会。清华大学贺克斌院士，北京市生态环境局周扬胜总工程师、中国石油和化学工业联合会庄相宁正高工、北京化工大学伯鑫教授、华东石油大学孙慧副教授、上海市环境科学研究院张钢锋副研究员和北京市环境保护科学研究院李国昊副研究员等专家参加了此次评审。

会上，作为项目的主要承担单位，北京国环清华环境工程设计研究院有限公司副总经理朱帅带领团队向专家组介绍了项目的研究背景、方法、过程，清环智源（北京）科技有限公司赵晴博士汇报了主要项目成果。《“十四五”期间石化行业 VOCs 排放与碳排放协同控制策略研究》课题项目采用现场与资料调研相结合的研究方法，对国内 12 家典型石化企业进行了实地和资料调研。调研对象涵盖了国企和地方炼油厂，从原油加工量指标上涵盖了 500 万吨级到 2000 万吨级。调研从工艺流程、生产装置、污染治理技术与设施、VOCs 排放现状、碳排放现状等多方面进行了详细的梳理和对比分析，在此基础上制定了包括生产工艺和装备、资源能源、绿色低碳能力、分级管控绩效、监测监控、环境管理、运输管理等 7 个方面的协同控制指标体系。其中，生产工艺和装备指标针对企业的硬件设施标准设置；资源能源指标主要从能源消耗角度设置；绿色低碳能力指标项主要针对 CO₂ 和 VOCs 实施；分级管控绩效指标总体对接相关污染控制标准；监测监控指标则对污染物排放自动监控系统 and 生产装置监控系统的指标项进行了细化；而环境管理指标主要对环保档案、台账记录和人员配置方面提出了具体要求；同时该指标体系对企业的运输方式、运输车辆和运输监管进行了详细规定。最后，本研究针对石化行业 VOCs 与碳排放的协同控制提出了若干政策建议，包括石化行业应在企业层面解决现有的污染排放问题，从行业层面来实现 VOCs 和碳排放的协同等。

“十三五”期间石化行业得到了较大程度发展，在原有石化企业的基础上，新建了一系列新兴石化基地，且地方炼油增长势头强劲。石化行业既是能耗大户，也是主要的人为 VOCs 排放源。因此，无论从实现“碳中和”和“碳达峰”目标，还是从持续改善环境和空气质量角度，石化行业均面临较大的减排需求。

专家组认为，《“十四五”期间石化行业 VOCs 排放与碳排放协同控制策略研究》课题项目制定的石化行业 VOCs 与碳排放协同控制指标体系，能够对石化企业在“十四五”期间开展的减污降碳协同增效工作提供路径指导；所提出的政策建议包括 VOCs 和碳排放管控重点措施，以及产业结构、能源结构和运输结构调整方面的建议，与行业实际需求吻合，可为“十四五”期间石化行业相关管理部门提供决策支持。

能源基金会表示，《“十四五”期间石化行业 VOCs 排放与碳排放协同控制策略研究》通过排放核算、对标诊断、指标构建等研究方法完成相关工作，科学严谨，数据翔实，主要研究结论具有较好的论据支撑，研究成果具有一定创新性。

目前部分石化企业正在参照部分政策建议不断改进企业的生产工艺和污染排放控制。下一阶段，本课题组建议从以下三个方面开展进一步研究：一是扩大研究范围，针对石化行业减污降碳协同控制以及污染物排放与温室气体排放协同控制方面开展进一步研究；二是针对石化行业分类开展研究，针对燃料型炼厂、炼化一体企业分别针对性开展调研及分析；三是进一步扩大企业调研范围，按照企业区域分布、企业投产年代、企业规模等统筹考虑，调研 20 家左右典型石化企业。



图12- 会议照片

2. “青海省农村散煤治理技术策略及商业模式研究”中期会 —— 探索高寒高海拔地区的农村散煤治理减污降碳技术方案及商业模式

2022年4月13日上午，由能源基金会支持，清华大学建筑节能中心承担的“青海省农村散煤治理技术策略及商业模式研究”中期会顺利召开。青海省住房和城乡建设厅建筑节能与科技处赵利领处长，青海省生态环境厅大气处方孝君主任和西宁市住房城乡建设局马本青副局长出席本次中期会。

本项目将重点针对青海省开展相关的调研和民用散煤技术方案研究，并争取摸索出适合青海省地区特点的严寒地区农村清洁取暖新的技术路径和商业模式。项目组采用政府座谈和实地调研相结合的方式，摸清了青海省农村地区的能源消费现状和农户用能习惯等，确定了青海省农牧区典型户型和使用模式，通过 DeST 软件模拟分析对比了不同的农房围护结构节能改造方案，提出了可大规模推广的“菜单式”靶向农宅保温改造方案。此外，项目组采用卫星图像识别和神经网络方法相结合的方式，统计出青海省生物质和屋顶太阳能资源量及分布，明确了青海省农村地区清洁取暖改造和散煤治理技术方向。为青海省散煤治理工作推进提供了理论支撑。

与会专家对项目进展表示充分肯定，并提出项目下一步实施建议。项目需充分发挥青海省太阳能资源丰富的优势，分析不同太阳能利用技术在青海农村的适用性，提出多种技术协同的综合方案；因时制宜，因地制宜，分阶段给出符合青海省实际的散煤治理综合技术方案和商业模式；结合青海省特点、本地技术等，进一步完善“菜单式”的建筑节能+散煤替代技术综合方案，形成可复制可推广的模式。

● 总结与建议

- 青海省农村生活用能总量约为**367万tce**，占全社会能源消耗总量的8.6%，其中**散煤**折合**144.8万tce**，户均散煤**1~1.5 tce**，对生态环境影响大；
- 农村屋顶光伏年发电潜力总量为**46.2亿kWh**，生物质资源以禽畜粪便为主且较为分散；
- 以太阳能暖廊为代表的被动太阳房深受农户欢迎，体现了青海特色，应大力推广；
- “菜单式”靶向农宅保温改造方案，户均初投资5000元以内，节能效果明显，建议推广
- 主动型太阳能光热、新型太阳能光电供热、高效低温空气源热泵供热可实现零（低）碳；
- 未来青海农村可率先考虑电气化发展路径，靠近城市的地区利用城市电网或光伏微网（光储直柔）供电，偏远地区考虑光伏发电和就地消纳解决用能问题

图13- 青海省中期会总结与建议

3. “内蒙古自治区农村散煤治理技术策略及商业模式研究”中期会 —— 探索严寒重工业地区的农村散煤治理减污降碳技术方案及商业模式

2022年4月14日上午，由能源基金会支持，清华大学建筑节能中心承担的“青海省农村散煤治理技术策略及商业模式研究”中期会顺利召开。内蒙古自治区包头市住房和城乡建设局燃气处钟跃东处长，呼和浩特市公用事业服务中心工程科傲旻出席本次中期会。

该项目旨在以农村散煤治理为突破口，分析以内蒙为代表的严寒重工业地区的减煤降污减碳的技术路径、措施及商业模式。项目组采用政府座谈和实地调研相结合的方式，摸清了内蒙古自治区农村地区的能源消费现状和农户用能习惯等，确定了内蒙古自治区农牧区典型户型和使用模式，通过 DeST 软件模拟分析对比了不同的农房围护结构节能改造方案，提出了可大规模推广的“菜单式”靶向农宅保温改造方案。此外，项目组采用卫星图像识别和神经网络方法相结合的方式，统计出内蒙古自治区生物质和屋顶太阳能资源量及分布，明确了内蒙古自治区农村地区清洁取暖改造和散煤治理技术方向，为进一步开展后续研究奠定了基础。

与会专家对项目进展表示充分肯定，并提出项目下一步实施建议。农村散煤治理可再生资源替代方案应结合地方需求和政策，多种能源协同发展，同时重点关注农村能源基础设施发展水平提升；梳理内蒙古自治区已有的工作基础，归纳总结本地化技术，进一步优化“菜单式”的建筑节能+散煤替代技术综合方案，形成农户能接受、可落地、可大规模推广的技术方案及模式；系统梳理“十三五”期间农村散煤替代商业模式经验及其存在的问题，按技术类别分别提出可操作的农村散煤替代商业模式；结合内蒙古自治区社会发展和乡村振兴战略，进一步细化、优化技术路径和商业模式。

小结



- ◆ 通过入户调研，基本摸清了内蒙古不同类别的农区及牧区的建筑形式、使用模式、用能现状、资源禀赋等现状和问题，为优化节能技术路径奠定了基础；
 - 内蒙古自治区农村生活用能总量约为1119万tce，占全社会能源消耗总量的4.4%，其中散煤折合824.8万tce，户均散煤2.6 tce；
 - 农村地区生物质可收集量为3315万吨/年，资源量较为丰富；屋顶光伏年发电潜力为541亿kWh；
- ◆ 针对典型农宅结构和使用模式，给出“菜单式”经济型农村建筑围护结构节能改造方案，解决严寒地区农房建筑节能改造的瓶颈问题；
 - 优化方案户均投资5000元之内，实现节能率达到35%
- ◆ 给出了内蒙古自治区农村散煤替代技术路径图，后续进一步量化对比给出优化方案（金、银、铜方案）及商业模式，为内蒙古农村散煤治理提供可参考的落地方案
 - 经济型靶向保温改造+分散式清洁供热优化方案+分布式能源服务站

图14-内蒙古自治区中期会小结

四、空气质量分析

1. 2022 年 4 月和 5 月全国 PM_{2.5} 浓度情况

2022 年 4 月，全国各地级及以上城市 PM_{2.5} 平均浓度为 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，同比持平，环比下降 14.3%。京津冀及周边地区、长三角地区、苏皖鲁豫交界地区和汾渭平原地区 PM_{2.5} 平均浓度均同比下降，降幅分别为 7.0%、6.5%、5.6%和 5.1%。

2022 年 5 月，全国各地级及以上城市 PM_{2.5} 平均浓度为 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，同比下降 11.5%，环比下降 23.0%。各重点区域 PM_{2.5} 平均浓度同比均有下降。京津冀及周边地区、成渝地区、汾渭平原、苏皖鲁豫交界地区和长三角地区同比降幅分别为 23.7%、21.9%、20.6%、15.6%和 3.7%。

2022年4月 全国PM_{2.5}浓度地图

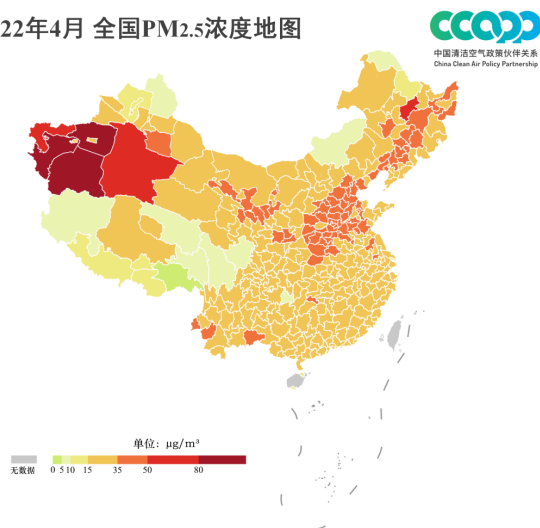


图15 - 2022 年 4 月全国 PM_{2.5} 浓度地图

2022年5月 全国PM_{2.5}浓度地图

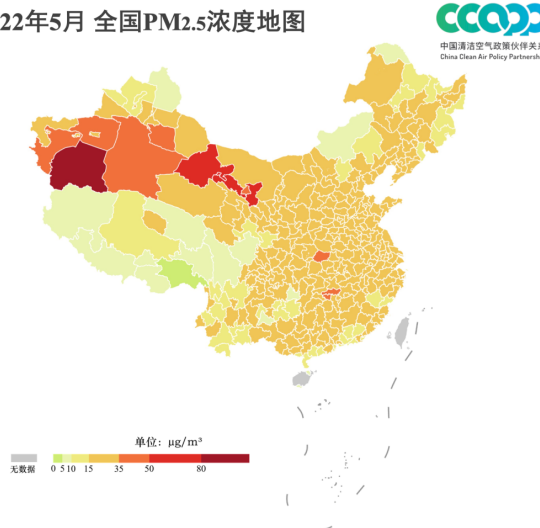


图16 - 2022 年 5 月全国 PM_{2.5} 浓度地图

2. 2022 年 4 月和 5 月全国 O₃ 浓度情况

2022 年 4 月，全国各地级及以上城市 O₃ 浓度为 146 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，同比上升 13.2%，环比上升 20.7%。重点区域中，成渝地区、长三角地区、苏皖鲁豫交界地区、珠三角地区、汾渭平原地区与京津冀及周边地区 O₃ 浓度均同比上升，涨幅分别为 39.6%、19.0%、16.2%、15.2%、13.4%和 11.7%。

2022 年 5 月，全国各地级及以上城市 O₃ 浓度为 154 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，同比上升 7.7%，环比上升 5.5%。除汾渭平原地区 O₃ 浓度同比小幅下降以外，其余重点区域 O₃ 浓度均同比上升。珠三角地区、苏皖鲁豫交界地区、长三角地区、京津冀及周边地区与成渝地区 O₃ 浓度同比涨幅分别为 41.5%、13.0%、8.6%、7.3%和 4.6%。

2022年4月 全国O₃浓度地图

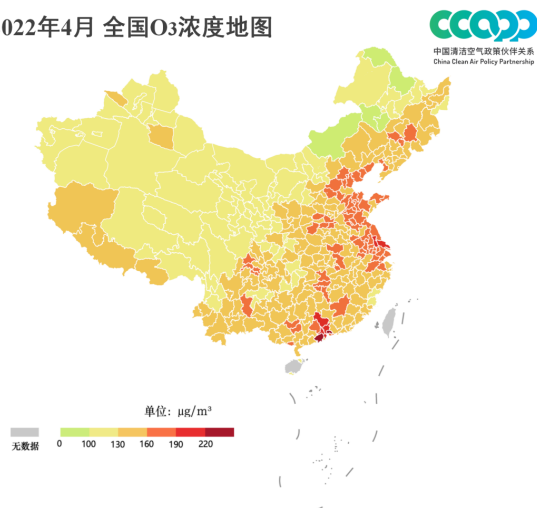


图17-2022年4月全国O₃浓度地图

2022年5月 全国O₃浓度地图

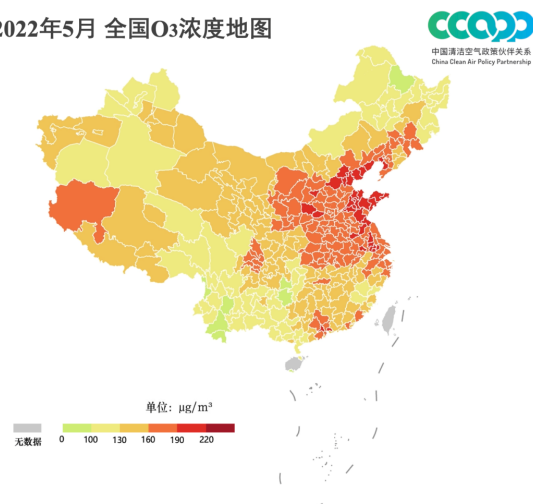


图18-2022年5月全国O₃浓度地图

责任编辑：梁斯炜、张容尔

审核：刘欣、钱文涛、张西雅