

能源基金会
清洁空气战略进展

2021 年 04 月 - 2021 年 06 月
总第 18 期

本期要点

一、空气、气候与健康

- “中国高精度大气污染暴露数据产品研制：现状与挑战”沙龙顺利召开——优化本土数据集，推进大气污染防治，保护公众健康
- 专家观点 | 刘诚：卫星结合地面靶向遥感气体污染物排放源
- 专家观点 | 李湉湉：高精度空气污染暴露及其在健康研究中的应用
- “中国典型城市 $PM_{2.5}$ 成分的短期暴露对健康的影响”项目中期评审会会在北京顺利召开——为不同地区实施精准减排以降低 $PM_{2.5}$ 暴露健康风险提供基础科学支撑
- 空气 - 气候 - 健康集成研究与交流平台学术沙龙暨“中国空气污染的健康风险及空气质量改善目标”项目终期评审会——深入 $PM_{2.5}$ 与臭氧健康风险研究与数据共享，促进协同控制，打好污染防治攻坚战

二、空气与气候协同治理

- “空气污染与天气气候条件”沙龙顺利召开——探讨空气污染与天气气候条件的相互作用机制，探索空气污染与气候变化协同治理路径
- 专家观点 | 周波涛：气候变化对我国霾污染影响的初步探讨
- 专家观点 | 申彦波：双碳背景下风能太阳能开发利用
- “空气质量与气候协同治理与管理实践”沙龙顺利召开——以减污降碳协同增效为总抓手，吸收跨学科方法，探索精细化治理路径
- 《中国碳中和与清洁空气协同路径（2021）》年度报告第二次全体作者会顺利召开——推进报告修改、完善与集成，携手推动空气质量改善与气候变化的协同政策落地实施

本期要点

- 第 327 场中国工程科技论坛——大气臭氧污染防治论坛暨第三届中国大气臭氧污染防治研讨会”成功召开——探索“碳中和”战略目标下臭氧污染协同防控新机遇
- 郝吉明院士带队走进石景山——从产业转型、污染治理入手推进石景山区高水平建设与可持续发展
- 中国环境与气候协同保护战略与能力建设研究项目中期研讨会顺利召开——多课题共同推进“十四五”期间环境污染与气候协同治理，夯实科学研究基础，推动制度落地见效
- 《“十四五”能源转型关键指标与大气质量目标协同性及措施研究》项目中期评审会——以政策制定为导向探讨“十四五”能源转型，进一步推进空气质量改善与温室气体减排协同治理
- “海南省实现世界领先的空气质量战略研究（第一期）”项目结题——提出海南省分阶段空气质量改善目标及协同控制对策
- 山西省“十四五”环境空气质量改善和气候协同治理目标对策研究中期评审会顺利召开——提出山西省“十四五”空气质量改善目标及应对策略初步建议

三、结构转型与部门减排

- 《机场排放管控和可持续发展的国际经验》中期专家咨询会顺利召开——梳理总结国际机场排放清单和减排措施的亮点
- 《构建排污许可制为核心的固定源管理核心制度研究》结题会成功召开——推动环评与排污许可两项制度深度衔接

四、空气质量分析

- 2021 年 4-5 月全国空气质量状况

“中国高精度大气污染暴露数据产品研制：现状与挑战” 沙龙顺利召开——优化本土数据集，推进大气污染防治， 保护公众健康

2021年4月6日，在能源基金会（Energy Foundation China）支持下，由中国清洁空气政策伙伴关系（China Clean Air Policy Partnership, CCAPP）举办的2021年第6期线上学术沙龙顺利召开，活动主题为“中国高精度大气污染暴露数据产品研制：现状与挑战”，能源基金会环境管理项目刘欣主任主持会议。

中国科学技术大学精密机械与精密仪器系刘诚教授，中国疾病预防控制中心环境所李湉湉研究员，中国科学院大气物理研究所唐晓副研究员，清华大学环境学院耿冠楠助理研究员，马里兰大学大气与海洋科学系韦晶博士五位专家受邀作主题发言。中国工程院院士、清华大学环境学院教授贺克斌，马里兰大学大气与海洋科学系李占清教授，中国科学院大气物理研究所朱江研究员，北京大学环境科学与工程学院郑玫教授，复旦大学公共卫生学院阚海东教授，中国气象科学研究院大气成分研究所车慧正研究员，清华大学地球系统科学系张强教授，生态环境部卫星环境应用中心大气环境遥感部王中挺正高工，北京大学环境科学与工程学院宫继成研究员，清华大学地球系统科学系黄小猛副教授，北京大学公共卫生学院薛涛副研究员等专家受邀作点评。

刘诚教授以“卫星结合地面靶向遥感气体污染物排放源”为题，首先介绍了我国的卫星遥感技术，通过自主研发SO₂和NO₂卫星超高光谱遥感算法，分别解决官方SO₂严重高估和NO₂低估的问题，以及建立甲醛和乙二醛卫星遥感算法，优化VOCs排放来源解析。随后，刘教授介绍了地基遥感技术，如建立独立于美国的中国超高光谱地基垂直遥感网络，实现垂直和水平溯源及重点排放源的地基靶向遥感技术等。

李恬恬研究员以“高精度空气污染暴露及其在健康研究中的应用”为题，首先介绍了高精度暴露数据在健康研究中的作用，随后分享了该类数据在我国队列研究中的应用及进展，例如中国空气污染健康队列（SCOPA-China Cohort）的建立综合应用了国家空气污染监测系统数据、超级站和个体暴露监测数据。最后，她指出，集成高精度暴露数据集可降低健康风险评估的不确定性，并可应用于多种公众健康服务项目。

唐晓副研究员围绕“中国高分辨率大气污染再分析数据集的研制与应用”，首先介绍了大气污染再分析数据，即利用数值天气预报中的资料同化技术来恢复历史气象记录的数据集；随后从数据同化准备工作、数据同化方法、再分析产品及其应用等方面介绍了2013至2018年我国六项常规污染物的再分析数据集，并指出中国地区数据精度高于欧洲CAMS再分析数据和绝大部分卫星反演数据。

耿冠楠助理研究员以“Tracking Air Pollution in China（TAP）：中国大气成分近实时反演数据集的开发及应用”为题，从多源融合算法改进、近实时产品开发、数据产品应用三个方面介绍了

中国大气成分近实时追踪数据集（TAP）。基于机器学习算法构建了融合实时地面观测、近实时卫星遥感信息和空气质量模型模拟等多源大数据的业务化模型，建立了一套2000年至今的PM_{2.5}数据产品，保证数据在日尺度时空完整覆盖的同时实现了近实时更新，并向科学界共享，旨在推动大气成分数据在大气污染、气候变化、环境健康等领域的应用。

韦晶博士以“中国高分辨率质量近地表空气污染物数据集开发及应用”为题，介绍了中国高分辨率高精度近地表空气污染物遥感估算方法，以及中国高分辨率高质量大气污染数据集（China High Air Pollutants, CHAP）。该数据集利用大数据和人工智能技术生成中国2013年至今10 km逐日全覆盖近地表七种空气污染物数据（包括PM₁在内），以支持分析空气污染治理政策的环境、经济和健康效应。

随后，与会专家学者围绕高精度大气污染数据共享平台、空气污染暴露的健康影响等内容展开深入交流与讨论。专家们指出，搭建中国高精度大气污染数据集共享平台对进一步推进大气污染防治，保护公众健康至关重要。应加强本土数据集的优化和完善，进一步提高空气污染暴露数据的精度，并制定合理、可靠的数据评估和对比方法，以支持评估治理政策的环境、经济和健康效应。与此同时，应搭建和完善城市尺度大气污染物及温室气体排放清单，助力研究和推动减污降碳协同治理。

贺克斌院士指出，“数据”是科学研究的血液、大气环境研究的核心。目前，中国在大气污染相关数据的获取、质控、共享和延展应用等方面都在赶超国际水平，在实现多源数据共享的同时，应加强数据产品检验，支持多源数据集从量变到质变，推进减污降碳协同增效政策制定和落实。

来自各高校、科研院所、国际机构等单位超过350名专家、学者及代表参加了本次在线活动，近2000人同时观看线上直播。

专家观点 | 刘诚：卫星结合地面靶向遥感气体污染物排放源

近年来，我国大幅增设了国控环境空气质量监测站点，提升了全国环境空气质量监测能力，但目前仍在不同空间维度上存在监测盲区，使精确定位排放源、量化区域传输及落实污染治理主体责任面临挑战。因此，通过结合卫星及不同地面监测技术，靶向遥感气体污染物排放源，可进一步推进大气污染防治工作。

一、我国卫星超高光谱遥感技术

目前，我国大部分环境空气质量监测站点分布于城市中心，省市及城乡交界地区存在监测盲区，而该类地区往往是大型排放源的聚集地，也是污染跨界传输的关口位置。利用卫星超高光谱遥感获取大范围、无空隙的大气污染物分布信息是污染防治工作中不可缺少的重要研究方向。

从遥感超高光谱中准确计算出占总大气千万分之一的污染气体分子数是设计超高光

谱算法的关键挑战点。通过突破载荷在轨超高光谱二次定标、参考谱重构等关键技术，研究团队研发出哨兵5号SO₂反演算法，并论证指出，欧美哨兵5号官网结果严重高估了我国大气SO₂浓度（图1）。

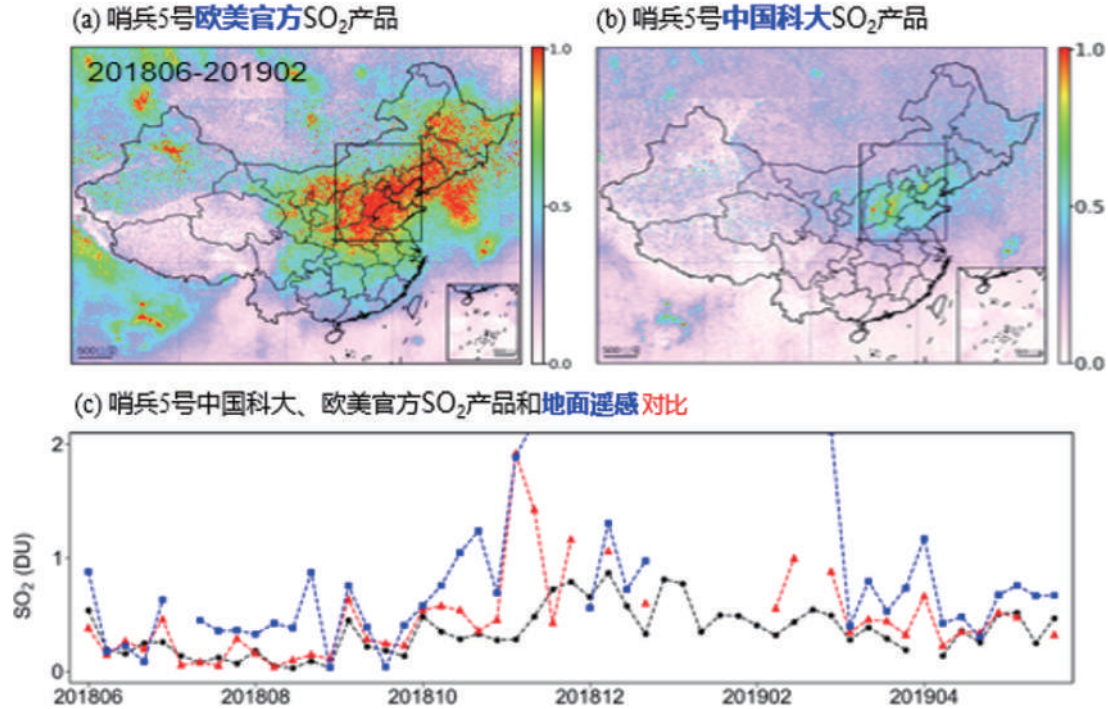


图1 哨兵5号欧美官方SO₂结果对比地面遥感及我国哨兵5号SO₂反演结果

此外，针对高气溶胶多次散射效应影响卫星遥感准确度的问题，团队研发出适用于高气溶胶背景下的NO₂反演算法，有效提升了重霾条件下卫星遥感反演数据的准确度。该研究成果可用于定位工厂与交通排放源时空分布与动态监测，以及助力大气化学模式优化改进。

“十四五”期间，PM_{2.5}和O₃协同治理是大气污染防治重点，VOCs作为重要前体物是协同治理的关键因素。通过卫星遥感观测甲醛（HCHO，VOCs重要指示剂）具有空间覆盖广的优势，因此能助力解决地面采样点难以实现全国VOCs监测的难题。然而，欧美哨兵5号HCHO官方产品的高值区不突出，无法识别VOCs排放源。采用自主研发超光谱遥感算法反演，所得高分辨HCHO结果的准确度比美国航空航天局/欧洲空间局（NASA/ESA）官方哨兵5号HCHO产品提高了29%~51%。相关研究以“An improved TROPOMI tropospheric HCHO retrieval over China”为题发表在Atmospheric Measurement Techniques (AMT) 上，该文章编辑为ESA哨兵4号卫星（欧洲首颗大气环境同步卫星）首席科学家Ben Veihelmann。国际同行经过严格评审认可了该研究对HCHO反演质量的提高（图2）。

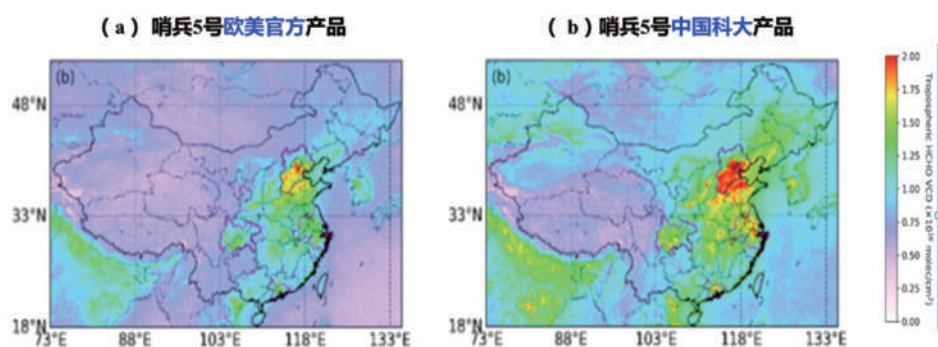


图2 哨兵5号欧美官方HCHO结果与研究团队高分辨HCHO结果对比

此外，建立乙二醛（CHOCHO）卫星超高光谱遥感算法，可以识别VOCs人为源和自然源排放。通过突破星载超高光谱自适应迭代算法的关键技术，我国研究团队率先研发了NASA/ESA官方所没有的公里级分辨率的CHOCHO卫星遥感产品，精准定位工厂源，克服传统技术的观测死角，支撑全国VOCs排放来源解析（图3）。

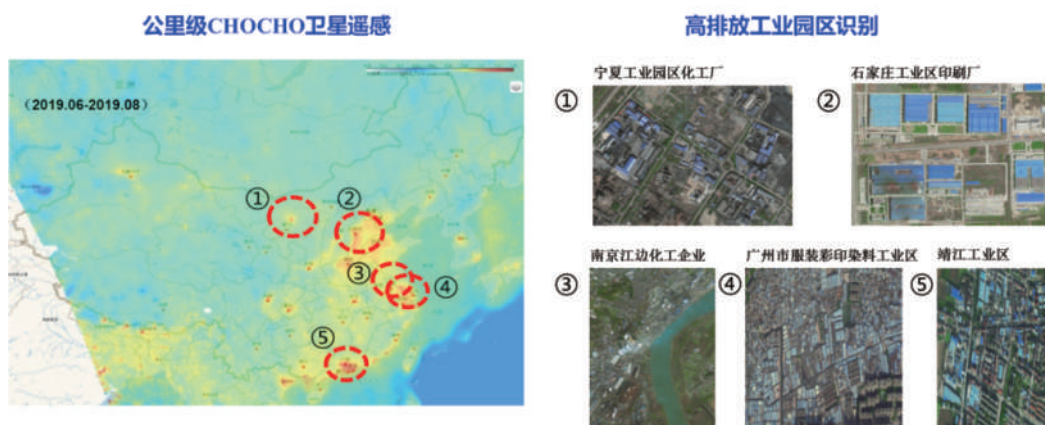


图3 公里级乙二醛

二、我国地基超高光谱遥感技术

卫星观测虽可以填补地面监测网的高空监测盲区，但其监测总量包含了本地排放和区域传输，因此无法区分其各自贡献。为落实污染治理主体责任，需采用超高光谱垂直遥感，同时观测多种大气成分传输沉降，明确本地排放与跨域传输相对贡献。

基于自主研发的反演算法，研究团队建立了独立于美国的中国超高光谱地基垂直遥感网络，实现了全国大气污染成分的垂直观测，解决了仅依靠地面观测低估区域传输影响的问题。图4展示了超光谱地基遥感技术观测京津冀西南传输通道气溶胶、 NO_2 和甲醛的高空传输数据。

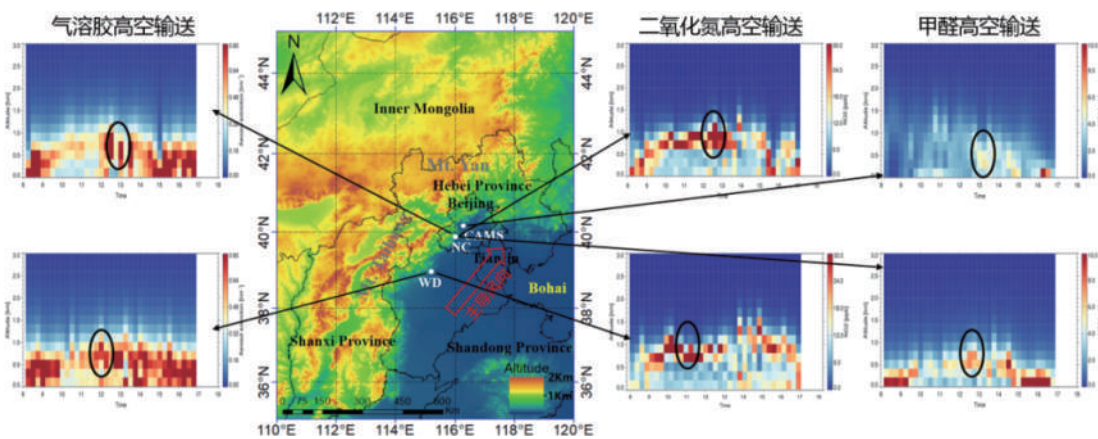


图 4 超光谱地基遥感网络覆盖京津冀典型传输通道

目前，卫星遥感的最高空间分辨率为1km，可以定位到整个工业园区。为进一步识别工业园区的具体排放厂家，研究团队开发了重点排放源的地基靶向遥感观测技术。利用卫星遥感定位到工业园区后，通过遥感观测将排放责任定位到具体烟囱，并生成常规污染物（图5）和不同种类VOCs成像。

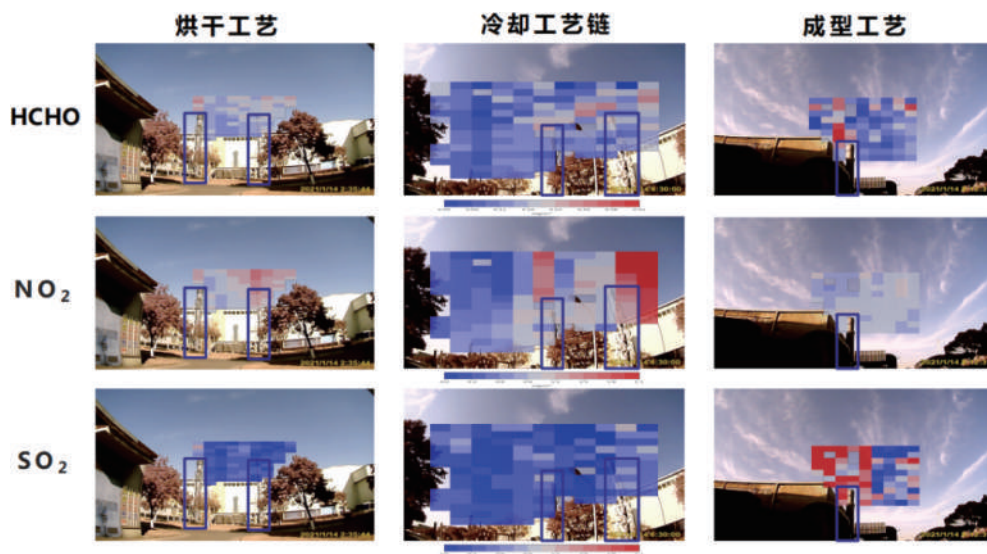


图 5 靶向遥感工业园区观测案例常规污染物成像

三、学术成果落地，服务实际应用

学术成果服务于实际应用至关重要，例如为重大事件提供空气质量监测与评估保障，以及支持生态环境部等重点单位每日空气质量观测任务等。与此同时，学术成果也应落地于地方，为其解决重点排放源定位、城市间污染物相互传输通量评估、污染事件监测等环保工作中的实际难题。

专家简介：

刘诚 教授

中国科学技术大学精密机械与精密仪器系执行主任

【CCAPP 秘书处根据会议记录整理发布，如需转载或引用，请注明“作者，文章名，发布平台：中国清洁空气政策伙伴关系CCAPP，发布日期”。】

【文中图片来源：演讲者PPT，其他图片来源：网络】

专家观点 | 李湉湉：高精度空气污染暴露及其在健康研究中的应用

以人为本推动大气污染防治，需不断加强和推进空气污染的健康影响研究。由于空气质量监测的系统性数据缺失，我国空气污染与健康领域研究起步较晚，但随着空气质量监测和模拟水平的不断提升，高精度暴露数据支持该领域取得一定研究进展，助力了我国大气污染物防治及公众健康防护政策的制定。

一、高精度暴露数据在健康研究中的作用

高精度空气污染暴露数据主要从两方面支持相关领域健康研究：一是将污染物暴露数据和健康数据结合到一起，开展流行病学研究，得到暴露-反应关系；二是基于暴露-反应关系与暴露数据的再结合，测算空气污染暴露的健康风险和疾病负担。如图1所示，两者是目前主要支撑大气污染防治政策制定的健康领域研究。

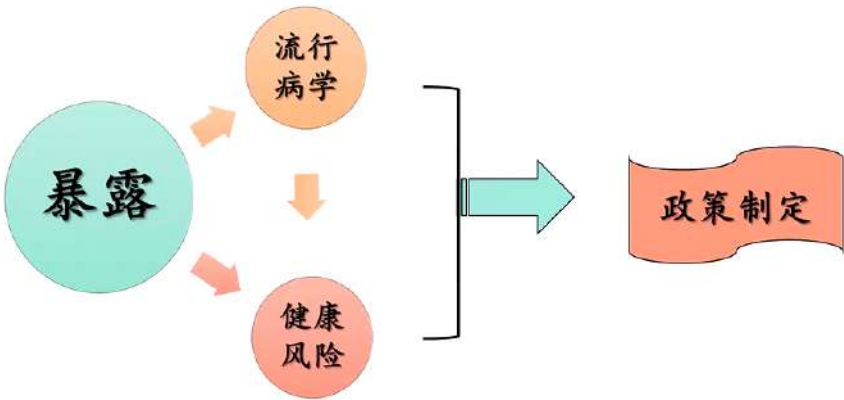


图 1 高精度空气污染暴露在健康研究中的重要作用（概念图）

二、高精度暴露数据在队列研究中的应用及进展

空气污染的健康研究分为急性健康影响研究和慢性健康影响研究，其中慢性健康影

响研究是以队列研究作为支撑，因此需采用具有较长时间尺度及空间差异的高精度污染物暴露数据集。由于我国PM_{2.5}的系统性监测起步较晚，2017年我国才发表了首个PM_{2.5}慢性健康效应研究。此外，我国相关研究仍存在暴露监测覆盖范围有限，以及监测站点或模拟暴露水平与真实暴露水平存在差异的局限性。

中国疾病预防控制中心环境所与复旦大学公共卫生学院合作建立了中国空气污染健康队列（Sub-Clinical Outcomes of Polluted Air in China, SCOPA-China Cohort），研究长期暴露于PM_{2.5}、O₃、PM_{2.5}成分及其他空气污染物的亚临床结果。如图2所示，基于特定筛选要求，研究团队在全国13个大气污染防治重点区域中的29个区县随机选择了5800例调查对象，跟踪结局指标（血液、尿液中与心血管疾病、呼吸系统疾病相关的生物标志物）和暴露数据（国家空气污染监测系统数据、超级站和个体暴露监测数据）。

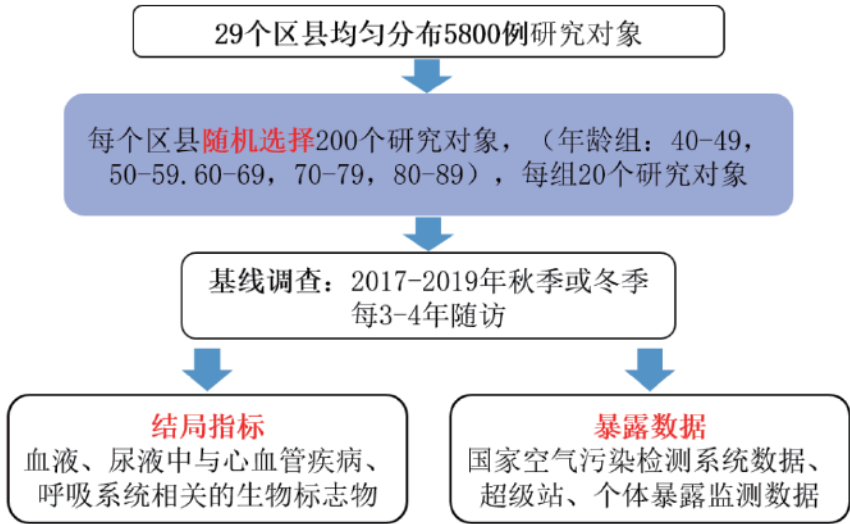


图2 中国空气污染健康队列（SCOPA-China Cohort）数据收集概念图

普遍来说，队列研究的人群暴露数据需具备以下三个特性：一是准确性高；二是可操作性强；三是可应用于大规模人群。目前暴露数据主要通过以下四种方式获取：室外大气监测站点、高精度大气浓度模型、不同微环境的空气污染物测量及个体暴露测量（依据测量的准确性和难操作性由低至高排序）。

为获得高精度室外大气污染物暴露数据，研究团队通过机器学习模型，构建了精度至1km的PM_{2.5}和O₃网格数据，实现精细化、全覆盖的暴露模拟，填补了我国未监测时期（2013年前）的数据空缺。为攻克在大规模人群中开展个体暴露精准评价的难题，研究团队构建了实时个体PM_{2.5}暴露监测系统（RPP_{2.5}），借助小型低成本监测设备及手机，实现精准、实时定位和室内外污染物测量。此外，研究团队正逐步实现将高精度暴露数据输入个体暴露评价模型（图3），以解决监测站点数据分辨率较低及站点密度不均衡的问题。

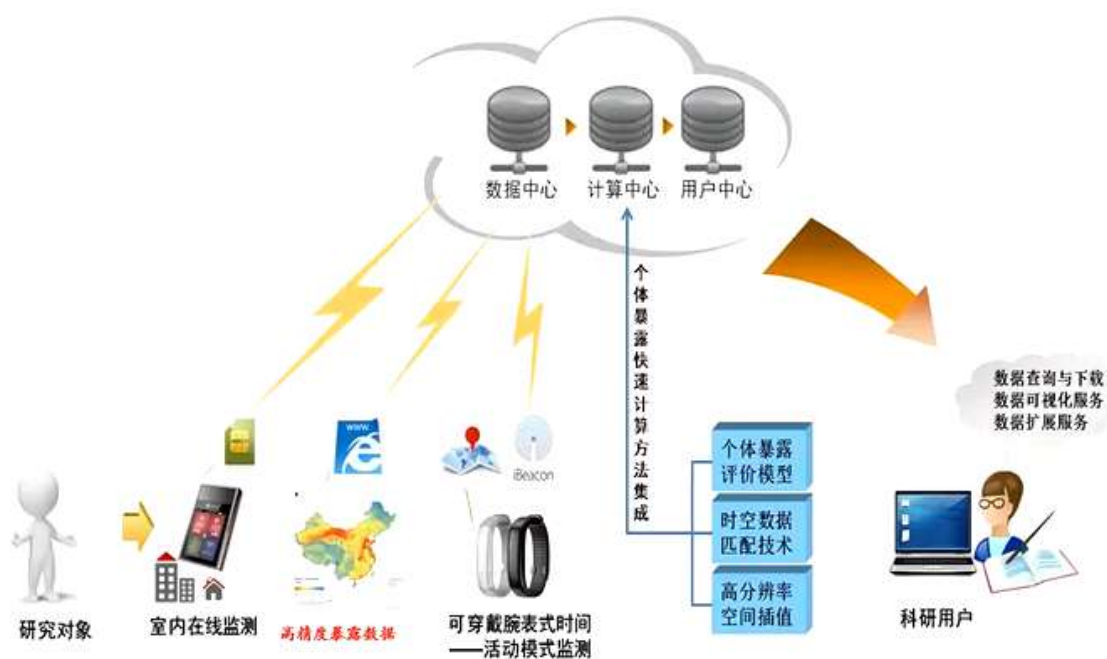


图3 基于移动互联网技术的云端个体暴露科研集成平台

三、高精度暴露数据在健康研究中的应用展望

随着高精度暴露数据的不断优化，未来将从不同方面助力健康研究完善和应用。

1. 暴露模型效能和适应性评估

未来需采用基于流行病学研究的暴露数据集综合评价方法，比较、评价不同暴露模型在健康效应评估中的不确定性和实用性，开发适用于不同健康研究的暴露模型并选取最佳暴露模拟尺度。

2. 健康风险集成评估

由于暴露模型的模拟方法、参数和尺度不同，模拟结果存在差异。集成高精度暴露数据集，形成暴露数据汇交集成平台并开展健康风险集成评估，可以降低健康风险评估的不确定性。

3. 应用于公众健康服务

高精度暴露数据在公众健康服务方面有良好的应用前景，例如基于精细化网格数据发布空气质量健康指数（AQHI），综合、精准反映空气污染对人群的急性健康危害。

通过整合多源数据、新理论和新技术，我国大气污染健康科学研究正逐渐形成多学科交叉研究范式，以此支撑我国大气污染防治政策的优化和完善，进一步保护公众健康。

专家简介：

李湑湑 研究员

中国疾病预防控制中心环境所

【CCAPP 秘书处根据会议记录整理发布，如需转载或引用，请注明“作者，文章名，发布平台：中国清洁空气政策伙伴关系CCAPP，发布日期”。】

【文中图片来源：演讲者PPT，其他图片来源：网络】

“中国典型城市 $PM_{2.5}$ 成分的短期暴露对健康的影响”项目中期评审会会在北京顺利召开——为不同地区实施精准减排以降低 $PM_{2.5}$ 暴露健康风险提供基础科学支撑

“中国典型城市 $PM_{2.5}$ 成分的短期暴露对健康的影响”项目中期评审会会在北京顺利召开——为不同地区实施精准减排以降低 $PM_{2.5}$ 暴露健康风险提供基础科学支撑



2021年6月1日，中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所（以下简称环境所）组织召开了能源基金会支持的《中国典型城市 $PM_{2.5}$ 成分的短期暴露对健康的影响》中期专家评审会。该项目研究成果将为提升我国空气污染成分对健康影响的研究水平提供基础科学支撑，实现绿色经济和社会的可持续发展。会议邀请来自北京大学、首都医科大学、复旦大学、中国环境科学研究院、

中国环境监测总站等机构的专家和领导参加。

课题组首先介绍项目研究进展、阶段性研究成果及下一步工作计划，主要包括国内外的PM_{2.5}成分短期暴露与死亡的研究的综述与分析，并强调了PM_{2.5}成分短期暴露与死亡的研究方法面临巨大的挑战，并识别了现阶段的关键问题。项目已经对33个典型区县的PM_{2.5}成分与死亡暴露-反应关系及18个城市的PM_{2.5}成分与心血管疾病住院的暴露-反应关系研究开展研究。研究发现，75岁以下的老年人可能是PM_{2.5}成分的脆弱人群；并且，不同类型的PM_{2.5}成分与不同的特定心血管疾病住院显著相关。

随后，专家组对本次项目开题汇报进行点评。专家组一致认为本项目研究具有前瞻性，主要建议包括：一是考虑到各个城市差异性较大，建议分城市开展研究，做更加精细的研究和PM_{2.5}成分检测的校准，总结研究结论；二是从源解析的角度出发，开展分时空、组分与类别的研究，为后续的污染排放源头管理提供政策建议依据；三是结合政策管理实际需求，开展慢性研究，并考虑如何与加强环境空气质量标准与室内空气质量标准的结合。

最后，能源基金会提出的意见包括：一是考虑对燃料燃烧过程排放对健康影响，包括煤炭及油品燃烧产生颗粒物组分毒性增加的健康效应；二是考虑工业型城市及特定石化行业等不同特点，燃烧排放对组分及健康的影响贡献，为政策建议提供基础的科学数据支撑。

会后，项目组将根据专家意见，对研究内容和政策建议进行进一步梳理，尽快推动下一步工作。

空气-气候-健康集成研究与交流平台学术沙龙暨“中国空气污染的健康风险及空气质量改善目标”项目终期评审会——深入PM_{2.5}与臭氧健康风险研究与数据共享，促进协同控制，打好污染防治攻坚战



2021年6月24日，能源基金会支持的空气、气候与健康集成研究与交流平台举办了以“PM_{2.5}与臭氧污染的健康影响及空气质量改善目标”为主题的学术沙龙活动，暨“中国空气污染的健康风险及空气质量改善目标”项目终期评审会，来自北京大学、北京大学医学部、中国疾病预防控制中心、中国科学院、中国环境科学研究院、北京科技大学的专家出席本次会议。

项目组代表薛涛副研究员介绍了中国空气污染的健康风险及空气质量改善目标相关研究成果。研究发现，我国自2013年以来实施的大气污染防治行动计划带来了空气质量整体大幅度改善，特别是PM_{2.5}浓度的显著下降使得健康效益大幅提升，相应节约的社会医疗开支占GDP比例约合1%。但另一方面，臭氧污染问题却逐步凸显，特别是长江以北地区O₃浓度显著上升导致本地区O₃暴露导致的健康风险逐年增加。尽管现阶段PM_{2.5}长期暴露的健康风险仍占据主导，但夏季O₃短期暴露的健康风险对总死亡风险的百分比贡献不容忽视，甚至已经超过PM_{2.5}的短期健康风险，也一定程度抵消了PM_{2.5}污染控制带来的健康效益。

项目汇报引发了与会专家的积极讨论，专家组也对项目成果进行了充分肯定。与会专家认为PM_{2.5}与臭氧的健康影响研究对于当前深入打好污染防治攻坚战策略和多污染物协同控制十分有意义。与会专家也纷纷呼吁应当进一步加强环境健康数据的共享和平台共建，基于本土的环境健康研究证据和集成成果，推进本地化的暴露-反应关系的应用和健康影响评估，形成更适应于我国的环境空气质量标准和基准。

为了加强与相关政府部门的交流与合作，能源基金会将持续支持平台开展相关活动，对相关领域科学问题的研究探讨、政策应用与分析提供服务。

二、空气与气候协同治理

“空气污染与天气气候条件”沙龙顺利召开——探讨空气污染与天气气候条件的相互作用机制，探索空气污染与气候变化协同治理路径

2021年4月1日，在能源基金会（Energy Foundation China）支持下，由中国清洁空气政策伙伴关系（CCAPP）与CCAPP2021年度报告“空气污染与天气气候条件”工作组联合举办的2021年第5期学术沙龙于线上顺利召开。本次沙龙主题为“空气污染与天气气候条件”，南京信息工程大学大气科学学院尹志聪教授主持了本次活动。

南京信息工程大学大气科学学院副院长周波涛教授，浙江大学地球科学学院副院长曹龙教授，中国气象局气象服务首席专家申彦波正研级高工，香港浸会大学地理系高蒙助理教授，复旦大学大气与海洋科学系王晓妍青年副研究员五位专家受邀作主题发言。复旦大学大气与海洋科学系成天涛教授，清华大学地球系统科学系张强教授，南京信息工程大学环境科学与工程学院胡建林教授，上海市气象局马井会正研级高级工程师，中国气象科学研究院王志立研究员，中国科学院大气物理研究所陈活泼研究员，清华大学环境学院耿冠楠助理研究员等专家受邀作点评。

周波涛教授以“气候变化对我国霾污染影响初步探讨”为题，首先介绍了我国霾天气的时空分布，并结合“APEC蓝”案例，分析指出污染物排放和以静稳天气为代表的不良气象条件分别是持续性霾天气形成的直接和间接原因。随后，他分享了未来气候变化情景下，京津冀、长三角、珠三角、东北地区大气环境容量的模拟结果，指出气候变化可使弱通风日数增加，大气环境容量减小，形成有利于霾形成的大气条件。

曹龙教授以“地球工程应对气候变化的思考”为题，首先介绍了两类人工干预气候方法（即二氧化碳移除和辐射干预），也分析了地球工程研究存在的诸多问题。随后，通过介绍模拟不同地球工程措施对气候系统影响的研究结果，他指出地球工程有可能作为碳减排和碳移除的辅助措施，助力应对气候变化。

高蒙教授围绕“亚洲气溶胶-天气-气候多尺度相互作用机制研究”，介绍了气溶胶-辐射反馈作用、排放变化-气溶胶辐射反馈交互以及气候变化对气溶胶分布影响。他指出，除排放控制外，了解全球变化影响气溶胶污染的机制对大气污染防治十分重要；此外，气溶胶对气候影响的评估目前仍存在较大不确定性。

申彦波正研级高工以“双碳背景下风能太阳能开发利用”为题，围绕大规模、市场化、高比例、高质量四个发展关键词，建议以精细化资源评价为基础，合理规划布局；以资源特性为基础，开展电站选址和设计，提升风电太阳能发电效益；以准确的风能太阳能资源预报为基础，促进高比例新能源消纳；以科学评价为基础，确保新能源开发利用与生态保护和谐发展。

王晓妍青年副研究员分享了“气象条件对空气污染过程生消的影响”研究成果，首先介绍了环流类型和污染物扩散条件，以及气象条件变化对空气质量的影响。随后，她分析了污染物瓦解过程

及其对应的环流类型，并指出较高的地表风速，较干燥的天气及正向辐散的PM_{2.5}水平平流有利于污染过程瓦解。

随后，与会专家学者围绕天气气候条件对大气污染的影响及相应的评估控制措施等内容展开深入交流与讨论。专家们指出，为持续改善我国空气质量，在大力控制污染物排放的基础上，可考虑进一步优化空气污染气象条件指数、从气候时间尺度上加强空气质量预测能力，助力制定和优化大气污染防治措施及政策。专家们还指出，该领域研究目前主要聚焦PM_{2.5}污染以及京津冀等重点地区，未来应进一步加强对O₃污染的关注，并通过扩大研究范围综合评估天气气候对我国空气质量的影响，为设计空气污染与气候变化协同治理路径提供科学支撑，持续改善空气质量，加速应对气候变化。

专家观点 | 周波涛：气候变化对我国霾污染影响的初步探讨

一、气候变化与霾污染密切相关

中国是霾污染较为严重的国家之一。霾污染由多种因素共同作用产生，除污染物排放外，气候变化也与霾污染的产生密切相关。比如，有研究显示，北极秋季海冰范围和我国东部地区冬季霾污染日数呈显著负相关，北极秋季海冰减少，我国东部冬季霾日数增加（Wang et al., 2015）。未来温室气体继续排放将造成全球气候进一步暖化（图1，IPCC，2013），未来极端热事件可能会成为新的气候常态（Zhou et al., 2014; Xie et al., 2021）。在此背景下，亟需开展相关研究，预估未来气候变化对霾污染的影响。

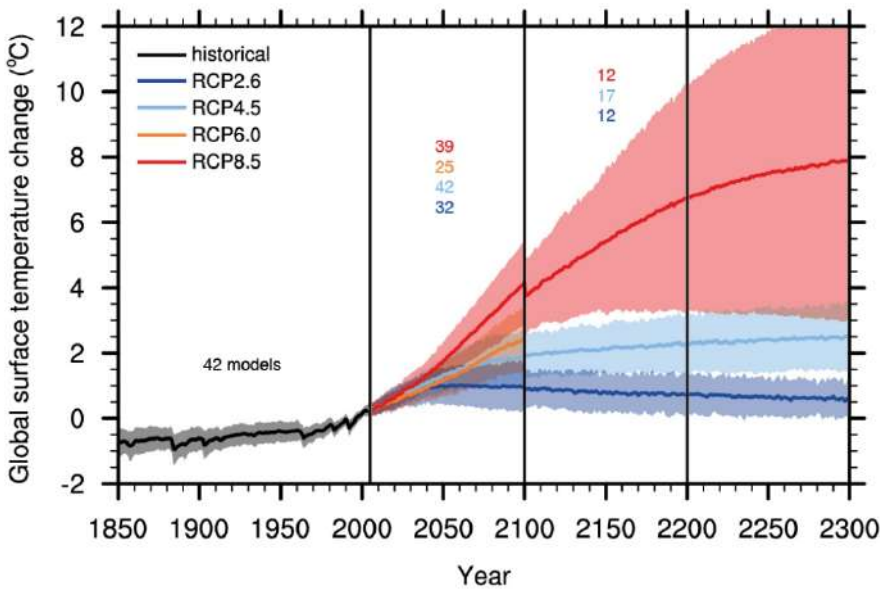


图1 不同温室气体排放情景下，未来全球地表气温变化趋势（IPCC，2013）

二、未来气候变化对霾污染的影响

为预估未来气候变化对我国霾污染的影响，本研究以大气环境容量（受降水、风速、边界层高度等因素影响）为量化指标，利用区域气候模式RegCM4对三个CMIP5全球气候模式的历史模拟和RCP4.5（典型浓度路径4.5）情景下的动力降尺度试验进行了分析，积分时长为1979-2100年。

1. 我国大气环境容量的变化趋势与分布情况

根据国家气候中心统计，主要城市群（京津冀、长三角、珠三角地区）年平均大气环境容量不断减少，低大气环境容量日数呈增长态势。1961-2015年，京津冀和长三角地区的大气环境容量每10年下降3%，低大气环境容量日数每10年增加6%；2000-2015年，珠三角地区大气环境容量每10年下降6%，低容量日数每10年增加4%。

RegCM4动力降尺度模拟的我国大气环境容量空间分布特征与现有观测数据分析结果一致性较高，呈以下特点：青藏高原、内蒙古等地大气环境容量较高；中部、东北及新疆等地大气环境容量较低。

2. 我国大气环境容量未来变化及其对霾污染的影响

进一步研究发现，RCP4.5情景下各模式模拟所呈现的未来变化趋势较为一致：整体上，到21世纪中期和末期，除中东部地区外，我国未来弱通风日数增加，大气环境容量将减少，且该变化趋势在21世纪末期较21世纪中期更大（图2）。

在全球气候变暖的背景下，弱通风日数等不利气象条件加剧，大气环境容量减少，将造成我国大部分地区霾污染风险加剧。京津冀和长三角地区冬季、珠三角地区春夏季霾污染潜势风险增加，东北地区全年霾污染潜势风险增加。

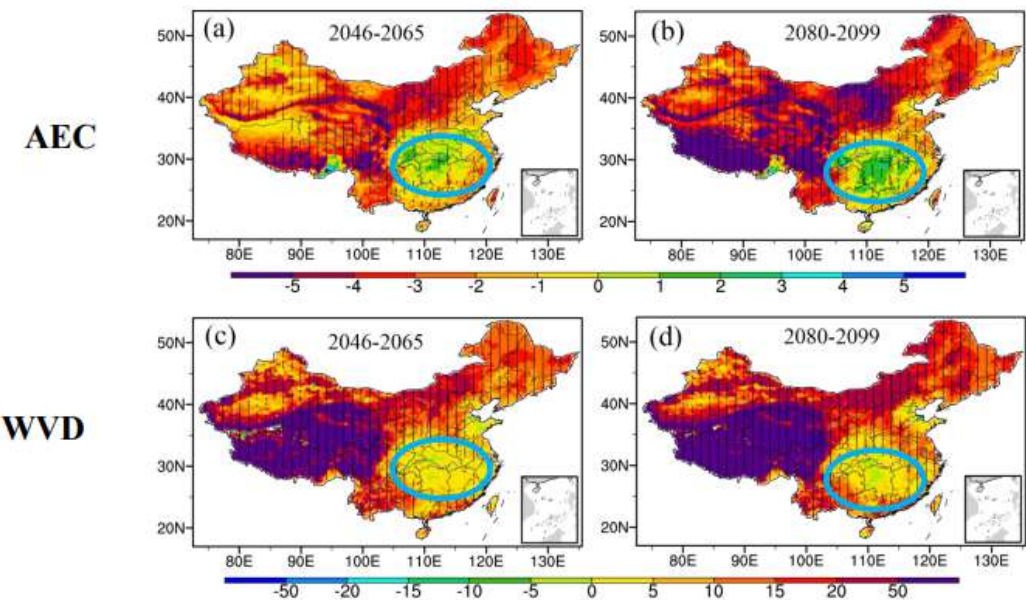


图2 我国大气环境容量（AEC）与弱通风日数（WVD）的未来变化

此外，研究还显示，不同影响因子对大气环境容量减小的贡献存在差异。弱通风日数贡献显著，占总贡献比重的60%以上，其余贡献来自降水。两者对大气环境容量减小的贡献具有显著的地区差异：弱通风日数对京津冀和东北地区大气环境容量减少贡献较大；长三角和珠三角地区除受弱通风日数贡献以外，也受降水影响较大。

三、总结

综上所述，未来全球气候变暖将加剧不利气象条件的产生，造成大气环境容量减少，导致我国霾污染潜势风险增加。需不断加强相关研究，助力推动温室气体与空气污染物协同减排，制定和优化空气污染与气候变化协同治理路径。

专家简介：

周波涛 教授

南京信息工程大学大气科学学院 副院长

【CCAPP 秘书处根据会议记录整理发布，如需转载或引用，请注明“作者，文章名，发布平台：中国清洁空气政策伙伴关系CCAPP，发布日期”。】

【文中图片来源：网络】

■ 专家观点 | 申彦波：双碳背景下风能太阳能开发利用

习近平主席在第75届联合国大会一般性辩论上宣布了中国碳达峰、碳中和目标愿景，随后在气候雄心峰会上宣布了中国在2030年需实现的具体目标，其中包括“风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上”。过去20年，我国风电和光伏装机容量分别为2.8亿千瓦和2.5亿千瓦；实现2030年目标，我国未来10年需实现风电、光伏新增装机容量至少7亿千瓦。为此，在双碳背景下，推进和加强风能、太阳能发展至关重要。

一、双碳背景下风能太阳能开发利用的四个关键问题

为实现上述目标，国家能源局提出，未来风能、太阳能发展将呈现四个特征：大规模、高比例、市场化、高质量。针对这四个发展特征，需科学回答以下四个与气候密切相关的关键性问题。

1. 装在哪？基于精细化风能太阳能资源分布的合理规划与布局

近年来，我国中东部地区风能、太阳能开发比例逐渐增大。2019年，中东部地区风电累计装机占比较2018年提高了5%；光伏发电装机占比较2018年提高3.5%，并首次超

过“三北”地区（东北、华北北部和西北地区）。中东部地区人口密度较大、用电量较高，因此有望实现风电、太阳能发电就地消纳。

针对风能资源，未来需发展激光雷达测风技术及绘制百米尺度分辨率风能资源图谱，以适应中东部地区较为复杂的丘陵地形及100米高度以上的风能开发。针对太阳能资源，未来需实现多元化利用，如增建辐射观测站，有针对性地进行评价和分析太阳能资源。此外，风能、太阳能资源规划需与严格的生态保护目标相适应。

2. 怎么装？基于精细化风能太阳能资源特性的微观选址与设计

目前，风电、光伏发展面临三个挑战：一是去补贴；二是平价上网；三是中东部等部分重点发展地区资源条件一般。面对这三个挑战，需从精细化角度向科学要效益，即在微观选址过程中，注重对潜在点位的资源特性进行研究和分析，确保新增电站的发电量和经济效益。针对风能资源，需分析200米高度以下的风切变、稳定度、湍流和粗糙度等特点；针对太阳能资源，需分析辐照度、直射散射、光谱等特点，并综合分析风能、太阳能资源的互补特性。

图1展示了基于风能资源特性设计发电厂的成功案例，通过分析潜在风机点位的稳定度等特点，贵州某风力发电厂的发电利用小时数可提高10%-20%。

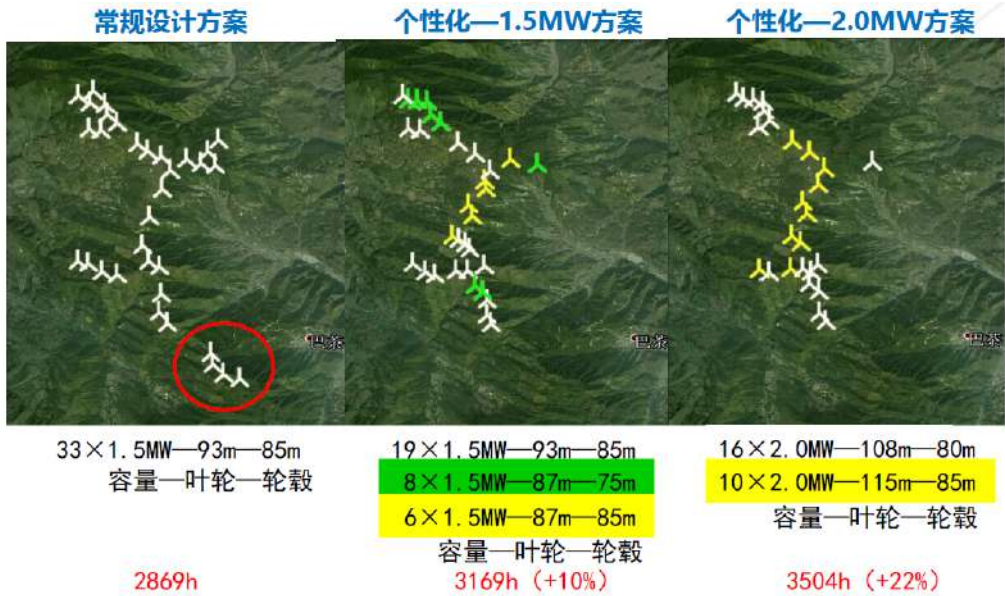


图1 贵州某风力发电厂的常规设计和基于资源特性的个性化设计

3. 怎么用？基于风能太阳能资源预测的高比例波动电源消纳

风能和太阳能将逐渐从电力供应的补充电源过渡为主体电源，因此其波动性和不稳定性的缺点将逐渐凸显。为确保电力安全、稳定供应，需做好风能、太阳能资源预测：

- a. 支持电网调度，需实现3-7天逐15分钟风能、太阳能资源及其发电功率预测；
- b. 支持电力交易，需实现0-4小时逐15分钟风能、太阳能资源及其发电功率预测；

c. 支持电力消纳管理，需实现月或季尺度风能、太阳能资源预测。

因此，需开发专业模式和模型，支持未来24小时风能和太阳能预报，以及未来三个月风能和太阳能资源长期预测，并保证预报和预测的稳定性、准确性和实用性。

4. 怎么样？基于气候生态效应动态评价的和谐共处与发展

虽然风能和太阳能的利用有清洁无污染、节能减排、可再生等积极特点，但同时存在客观问题：一是不确定生产和建设风机和光伏组件所消耗的能量能否平衡；二是不确定建设过程中对生态环境的破坏能否恢复；三是不确定长期运行风电和光伏发电厂对局地气候、环境、生态的正、负影响。为助力风能和太阳能发展与生态环境和谐共处，需通过生态效益评估，为地方政策提供决策服务，以及通过科学研究（如模拟不同情境下的气候变化影响及归因检测数值），回应社会舆论，支持该产业良性发展。

二、双碳背景下风能太阳能开发利用的四个建议

综上所述，气象部门应注重以下四方面的分析与研究，为风能、太阳能发展与生态环境和谐共处做出贡献：

1. 以精细化的资源评价为基础，做好未来5-10年规划和布局；
2. 以资源特性为基础，开展电站选址和设计，提升风电、太阳能发电效益；
3. 以准确的风能、太阳能资源预报为基础，促进高比例新能源消纳；
4. 以科学评价为基础，确保新能源开发利用与生态保护和谐发展。

专家简介：

申彦波 正研高工

中国气象局 首席气象服务专家

【CCAPP秘书处根据会议记录整理发布，如需转载或引用，请注明“作者，文章名，发布平台：中国清洁空气政策伙伴关系CCAPP，发布日期”。】

【文中图片来源：演讲者PPT，其他图片来源：网络】

“空气质量与气候协同治理与管理实践”沙龙顺利召开——以减污降碳协同增效为总抓手，吸收跨学科方法，探索精细化治理路径

2021年4月9日，在能源基金会（Energy Foundation China）支持下，由中国清洁空气政策伙伴关系（CCAPP）与CCAPP2021年度报告“治理体系与实践”工作组联合举办的2021年第7期学术沙龙于线上顺利召开。本次沙龙主题为“空气质量与气候协同治理与管理实践”，生态环境部环境规划院大气环境规划研究所所长雷宇研究员主持活动。

清华大学环境学院鲁玺副教授，生态环境部环境与经济政策研究中心王敏副研究员，生态环境部环境规划院郑逸璇助理研究员，中国科学院科技战略咨询研究院刘宇研究员，南京大学环境学院谭睿鹏助理研究员五位专家受邀作主题发言。生态环境部环境规划院气候变化与环境政策研究中心主任蔡博峰研究员，北京师范大学环境学院陈彬教授，北京师范大学经济与资源管理研究院崔琦讲师，生态环境部环境规划院生态环境管理与政策研究所副所长董战峰研究员，上海大学环境与化学工程学院副院长李莉教授，北京师范大学经济与资源管理研究院副院长林永生教授，能源基金会环境管理项目刘欣主任，湖北经济学院低碳经济学院副院长孙永平教授，成都市环境保护科学研究院副院长谭钦文研究员，清华大学地球系统科学系同丹助理教授，南京大学环境学院张炳教授，广东省环境科学研究院副院长张永波研究员，中国社会科学院环境与发展研究中心副主任张友国研究员等专家受邀作点评。

鲁玺副教授以“面向碳中和的可再生能源协同发展机制”为题，介绍了碳中和背景下可再生能源发展的战略意义、现状及所面临的问题，分享了可再生能源发展机制与建模研究进展，并从三方面提出建议：一是大规模可再生能源开发与用电侧协同推进；二是从大气污染控制与碳减排等多重角度考虑可再生能源发展综合效益；三是从全流程考虑相关基础设施建设的物质材料约束及生态环境影响。

王敏副研究员围绕“大气污染物与温室气体协同控制的形势与政策实践”，介绍了协同治理的定义及形势，分析了实现目标协同、监管主体协同和路径协同的政策需求，并分享了大气污染物与温室气体排放协同控制核算试点等三个实践案例，指出可以从四大结构转型及创新市政管理措施等方面入手，持续探索协同管控路径。

郑逸璇助理研究员以“中国城市温室气体和大气污染协同管理实践与思考”为题，分析了协同治理的必要性以及我国城市“双达”的基本形势，分享了减污降碳协同控制路线图及城市协同管理体系与思路。随后，通过案例分析介绍了城市“双达”路径规划的技术体系，并分享了2015-2019年我国城市温室气体和大气污染物协同管理评估结果。

刘宇研究员以“2060年碳中和目标模拟-基于动态CGE模型”为题，介绍了三维一体的CGE模型体系以及基于CGE模型设计的能效提高、碳定价、可再生能源、综合减排四种各有侧重的碳达峰

政策情景。基于对各政策情景减排量、经济影响、成本收益的分析，指出复合多情景有助于遴选最优减排策略和政策组合，且能有效缓解单一政策边际减排速度递减的问题。

谭睿鹏助理研究员分享了题为“The Joint Impact of Carbon Market on Carbon Emissions, Energy Mix, and Co-pollutants”的研究成果。该研究分析了我国七个碳市场试点省市2011-2015年间的碳减排、能源结构调整以及污染物减排等情况，指出碳试点政策可有效推动企业调整优化能源结构，实现减污降碳协同增效，未来应更积极广泛推广应用这一市场化环境政策工具。

随后，与会专家学者围绕空气污染与气候变化协同治理路径以及相关管理体系、实践方法等内容展开深入交流讨论。专家们指出，应进一步强化源头治理，推动能源、产业、交通结构转型。专家们还建议加强碳交易政策研究，深化碳市场管理实践，充分发挥市场机制作用，推动协同减排。专家们一致认为，为持续改善城市空气质量、加强气候变化应对，应以减污降碳协同增效为总抓手，吸收环境科学、社会科学、管理科学等多学科研究方法，探索因地制宜的精细化治理路径，实现气候、环境、健康综合效益最大化。

《中国碳中和与清洁空气协同路径（2021）》年度报告第二次全体作者会顺利召开——推进报告修改、完善与集成，携手推动空气质量改善与气候变化的协同政策落地实施

2021年4月22日，能源基金会（Energy Foundation China, EFC）与中国清洁空气政策伙伴关系（China Clean Air Policy Partnership, CCAPP）共同组织的《中国碳中和与清洁空气协同路径（2021）》年度报告第二次全体作者会在北京顺利召开。会议汇集来自环境、气候、健康等领域30余位专家学者，通过多学科思维交融与碰撞，携手推动空气质量持续改善、协同应对气候变化，将“保护地球、修复地球”付诸实践，助力实现碳中和、清洁空气和可持续发展。

本次会议恰逢第52个世界地球日，推动气候变化与空气污染协同治理的目标契合2021年世界地球日主题——“修复我们的地球”，以及中国地球日主题——“珍爱地球，人与自然和谐共生”。

能源基金会、清华大学、北京大学、生态环境部环境规划院与CCAPP联合业界知名专家学者共同构建了我国空气污染与气候变化协同治理监测指标体系，在此基础上撰写报告，旨在及时跟踪、梳理、总结与分析我国空气污染与气候变化协同治理进程，助力形成政策制订、评估与优化的闭环，推动协同治理政策的落地实施。本次会议旨在进一步推进报告的修改、完善与集成工作。

报告工作组联合主席中国工程院院士、清华大学环境学院教授贺克斌，北京大学环境科学与工程学院教授朱彤，报告特别顾问能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥参加会议并作点评，工作组协调人南京信息工程大学大气科学学院教授尹志聪、清华大学环境学院副教授鲁玺、清华大学地球系统科学系教授张强、北京大学环境科学与工程学院研究员宫继成、生态环境部环境规划院大气所所长雷宇研究员等报告作者出席会议并发言，能源基金会环境管理项目主任刘欣主持会议。各工作组协调

人分别介绍了各自工作组工作进展，分享了报告初稿主要内容及结论，并就指标体系及其所涉及的数据、模型及其他支持性材料进行交流讨论。与会专家一致认为报告应起到研究及政策引导性作用，通过科学、扎实的学术研究与专业分析，助力各领域人士共同推进碳中和与清洁空气的协同治理进程。

在总结环节，邹骥总裁提出三点建议：一是追踪我国协同治理的实际进展，引领和引导政策制定；二是讲好“以人为本”推进协同治理的中国故事，助力满足人民安全、健康、舒适的生活需求，支持社会高质量发展；三是不断扩大影响力，为政策制定者提供科学依据和建议。贺克斌院士表示该报告的撰写意义重大，在追踪、记录我国协同治理“隐性化到显性化”进程的基础上，为政策顶层设计及地方行动提供科学支撑，并实现为中国发声，为世界提供协同治理建议。朱彤教授强调，应在汇总、梳理报告时确保足够的覆盖面及代表性，并在凝练、总结观点时充分发挥创造力和想象力，为科研工作者、企业和政府部门提供具有科学性和权威性经验参考。

下一步，各工作组将结合专家意见与讨论内容，进一步完善报告内容，加速推进后续集成工作。此工作汇聚了我国各领域优秀学者的智慧与力量，基于严谨的科学研究，致力于讲述中国协同治理故事，为全球应对气候变化、改善环境质量提供参考，助力全社会、全人类保护地球及其生态系统，平衡资源开发与环境保护，修复和改善人类共同的家园。

第327场中国工程科技论坛——大气臭氧污染防治论坛暨第三届中国大气臭氧污染防治研讨会成功召开——探索“碳中和”战略目标下臭氧污染协同防控新机遇



2021年4月26-28日，由能源基金会支持，并由中国工程院主办、中国工程院环境与轻纺学部、北京大学、复旦大学、上海市环境科学研究院、暨南大学、中国环境科学学会臭氧污染控制

专业委员会承办的“第327场中国工程科技论坛—大气臭氧污染防治论坛暨第三届中国大气臭氧污染防治研讨会”在上海成功召开。大会主题为“‘碳中和’战略目标下中国臭氧污染协同防控新机遇”，来自我国大气污染防治领域的13位院士和各省、市、自治区170余单位的众多知名学者、政府管理人员、技术人员及企业代表等近800人参加了此次会议。

中国工程院二局局长徐进、上海市生态环境局副局长朱石清、中国环境科学学会副秘书长彭宾、复旦大学副校长张人禾院士、中国环境科学学会臭氧污染控制专业委员会主任委员、北京大学张远航院士等嘉宾出席会议开幕式并致辞。会议开幕式由中国工程院环境与轻纺工程学部副主任、国家海洋局第二海洋研究所李家彪院士主持。

围绕“‘碳中和’战略目标下中国臭氧污染协同防控新机遇”的会议主题，本次会议共设“‘碳达峰、碳中和’背景下臭氧防治探索”、“‘蓝天保卫战’成果与经验”、“臭氧与大气痕量活性组分探测新技术”、“大气氧化性与臭氧污染形成机制”、“臭氧污染过程预报预警”、“臭氧污染演变特征及环境健康效应”、“臭氧及其前体物控制理论与技术”、“区域与城市臭氧和PM_{2.5}污染防控实践”等8个学术议题，共有14个大会主旨报告和约110个分会场特邀报告。会议另外组织了“臭氧污染治理与治本”主题沙龙、青年学者论坛、城市和区域臭氧污染防治需求对话会等活动，为专家学者、管理人员等提供了交流平台。

大会邀请了生态环境部大气司张大伟副司长《加强臭氧与PM_{2.5}协同控制、推动空气质量全面改善》、中国21世纪议程管理中心柯兵副主任《碳中和背景下科技创新的思考》、清华大学郝吉明院士《<打赢蓝天保卫战三年行动计划>实施成效》（线上）、中科院生态环境研究中心江桂斌院士《大气细颗粒的毒理与健康危害》、中科院生态环境研究中心贺泓院士《复合污染条件下大气氧化性增强—从非均相大气化学到大气霾化学》、中国气象科学研究院徐祥德院士《PM_{2.5}与臭氧大气环流系统动力模型结构特征》、火箭军后勤科学技术研究所侯立安院士《空气中臭氧及病原微生物复合污染控制技术研究》、清华大学贺克斌院士《“碳中和”路径下的PM_{2.5}与臭氧协同控制》、中科院安徽光学精密机械研究所刘文清院士《臭氧探测技术发展机遇与挑战》、暨南大学刘绍臣院士《中国东部三超大城市群的臭氧2015-2020增加趋势的原因》、北京大学张远航院士《“碳达峰”背景下的臭氧污染防治》等作大会主旨报告，共同探讨“碳达峰、碳中和”战略背景下大气臭氧污染协同防控的方向和路径，推进我国大气臭氧污染控制相关领域学术发展与防控进程。同时，也邀请了美国国家海洋和大气管理局（NOAA）化学科学实验室主任David Fahey教授《Ozone Pollution in the US: An Overview》、德国于利希研究中心对流层研究所所长Andreas Wahner教授《Short-lived Climate Forcers: Important for Air Quality and Climate-Development in Europe》、法国国家科学研究中心主任Abdelwahid Mellouki教授《OVOCs and Ozone Potential Formations: Perspective and Future》线上主旨报告，交流欧美国臭氧污染防治和碳中和的进展和动向。

会议期间，特举办“臭氧污染治理与治本”主题沙龙。本次活动的召集人为：胡敏教授（北京大学）、郭松研究员（北京大学）、邢佳副教授（清华大学）。

沙龙特邀了臭氧领域的八位科学家与线上、线下的听众们亲切互动。活动现场座无虚席，线上500多人参会。科学家演讲精彩风趣，会场气氛轻松活跃，金句频出，例如“碳中和、臭氧、PM_{2.5}是一阶、二阶和三阶问题”、“浓度、排放到效应是非线性问题”等。科学在讨论中不断交融，知识在沙龙中越辩越明。

召集人北京大学胡敏教授介绍说，本届臭氧专委会年度会首次尝试主题沙龙，作为研讨会的暖场环节，邀请各个专题的召集人进行分享。参与者可以与科学家零距离探讨臭氧污染的方方面面，以及我国臭氧污染的治标与治本。她感谢各位科学家的热情参与，也对现场和线上的参与者表示欢迎。



能源基金会环境管理项目组刘欣主任在会上分享——“臭氧的监管和治理”，并指出臭氧的监管现状存在不足，评价手段待完善。臭氧污染需要从国家、企业和个人三个角度共同发力。从国家角度上，需要构建以健康为基础的环境空气标准，研发以改善环境空气质量为目标的行业协同减排技术，开展城市和农村空气质量管理行动，打造现代环境治理体系等。从企业角度上，需要电力部门减煤、终端用能部门进行电气化和非电力的燃料转换等。从个人角度上，节约能源就有助于减少污染排放，购买低碳产品就有助力实现碳中和。

会议由臭氧专委会主任委员、北京大学张远航院士作简短总结。他指出，专委会本年度有三项重点工作，一是集中精力开好会，本次会议的召开和参会人员之间的交流非常成功，但会议日程安排还需要做进一步调整和优化；二是关注本年度臭氧蓝皮书的编写，加强臭氧污染基本知识和防治技术的培训，希望专委会成员和大气领域专家学者积极参与；三是配合生态环境部进一步推动区域臭氧污染防治实践。最后，他对复旦大学筹备和组织本次会议表示衷心的感谢。

本次会议的成功召开为探讨臭氧污染相关的科学问题、推进我国大气污染和碳减排的协同防控提供了交流的平台，有助于提升对我国臭氧污染防控的科学认知和科技支撑，进一步推动我国臭氧污染的协同防控和区域实践。

郝吉明院士带队走进石景山——从产业转型、污染治理入手推进石景山区高水平建设与可持续发展



为进一步改善北京市空气质量，支持北京市及周边区域从协同治理的角度研究“十四五”大气污染防治对策，2020年9月，能源基金会支持清华大学与北京市环境保护科学院研究院共同开展“‘十四五’北京空气质量改善目标和路径研究”，并确立在市级防治措施研究的基础上，对典型区开展深入研究。其中，石景山区作为首都西部重要的产业转型发展区被纳入研究范围。

2021年4月29日，中国工程院院士、清华大学博士生导师郝吉明带队赴石景山区，就应对气候变化和大气污染防治等工作开展调研座谈。会议由石景山区副区长李先侠主持，清华大学环境学院教授、大气污染与控制研究所所长王书肖、市生态环境局、能源基金会、北京市环科院、石景山区区生态环境局、区发改委、区住建委、区园林绿化局、区城管委、规自分局、区经信局、区环卫中心、首钢建设投资有限公司负责人出席会议。

首先，李新区长对郝吉明院士带队赴石景山调研及为石景山建设发展提出宝贵的意见和建议表示感谢，并表示石景山区将牢牢把握“两大机遇”，加快推进“三区建设”，以首都发展为统领，以推动高质量发展为主题，以改革创新为根本动力，以服务保障冬奥筹办和打造新时代首都城市复兴新地标为重点，以城市更新和产业转型为关键，打好污染防治攻坚战，扩大生态空间容量，持续改善环境质量，努力把各方面工作做到精致细致极致、实现“一枝独秀”，高水平建设好首都城市西大门。

在石景山区发改委、生态环境局及首钢集团围绕辖区产业结构调整、生态环境质量改善和首钢后，郝吉明院士给出如下建议：一是经过壮士断腕式的首钢搬迁调整、两家燃煤电厂清洁能源改造以及近些年来的持续治理，石景山区经历了脱胎换骨式的绿色转型，大气环境质量持续改善，城市环境优美整洁。二是石景山区要学习借鉴德国鲁尔区的发展经验，进一步推进产业转型升级、低碳

绿色发展，大气污染防治攻坚战与应对气候变化统筹落实、大气污染物减排和二氧化碳减排协同推进，积极建设首都绿色屏障。三是围绕碳减排目标，以减碳为牛鼻子，提前谋划碳达峰、碳中和工作，优化能源、产业、运输、用地四大结构，推动产业、建筑、能源、交通等重点领域节能减排，加快形成绿色低碳的生产方式和生活方式，以高质量发展推动高水平保护。

中国环境与气候协同保护战略与能力建设研究项目中期研讨会顺利召开——多课题共同推进“十四五”期间环境污染与气候协同治理，夯实科学研究基础，推动制度落地见效



2021年5月20-21日，在生态环境部的指导下，由能源基金会支持、生态环境部环境规划院承担的“中国环境与气候协同保护战略与能力建设研究”项目中期研讨会在北京顺利召开。会议由能源基金会环境管理项目主任刘欣主持，生态环境部综合司副司长田成川、生态环境部环境规划院院长、中国工程院院士王金南、能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥、中国区副总裁李洁、生态环境部大气司副处长李巍、生态环境部大气司副处长蔡俊出席此次会议，来自国务院发展研究中心、国家发展与改革委员会能源研究所、国家应对气候变化研究中心、中共中央党校、北京大学、北京师范大学等机构的知名专家以及能源基金会代表、项目技术骨干、地方环保部门代表共60余人参加了此次会议。

会上，生态环境部环境规划院院长、中国工程院院士王金南对参加项目中期研讨会的各方表示衷心的感谢，并指出习近平在气候雄心峰会上通过视频发表题为《继往开来，开启全球应对气候变化新征程》的重要讲话，宣布中国国家自主贡献一系列新举措，意味着中国走低碳发展道路更加确定，更加积极。更新后的国家自主贡献目标不仅是一个力度数量的上升，也是进一步将总体目标

向具体领域的落实。总的来说，碳达峰、碳中和已影响到整个经济社会的诸多方面，急需多部门协同参与，转换思维，开创合作共赢的环境质量改善与气候治理的新局面。希望各位专家学者畅所欲言，以新发展理念为引领，为改善环境质量及减缓气候变化协同增效提出宝贵的建议。

生态环境部综合司田成川副司长充分肯定了本项目的重要研究意义，并表示在新发展形势下，开展气候变化、生态保护、碳达峰、碳中和工作，要有全球思维、系统思维、创新思维、经济学思维，希望大家群策群力，推动完善应对气候变化对高质量发展、对生态文明建设和对环境污染治理的顶层设计，推动下一步制度落地见效。

能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥表示，我国是人口大国、经济大国，也是排放大国，在现在发展的阶段，要实现减污降碳协同增效的目的，很多关键的技术还需有所突破，许多发展观念、体制机制仍需深刻改革，各个领域都需不断创新，期望各项目课题综合考虑以上因素，进一步落实好项目课题的后续实施。

能源基金会副总裁李洁表示，要实现碳中和、碳减排这样一个长期的目标，需要强调经济发展与环境的协同、空气质量改善与二氧化碳减排的协同、政府部门政策制定与管理能力的协同，只有把各方面的协同做好，才能做到既有效果又有效率。期望通过这些课题为引导，对未来长远的气候变化与环境质量改善政策建议提供思路，在推进标准、方法学、法律法规等方面做出比较突出的贡献。

本项目由八个子课题组成，包括七个研究类课题以及一个“城市大气综合管理与低碳行动伙伴关系”平台建设课题。本次研讨会主要汇报并讨论了七个研究类课题的进展及下一步计划。

据了解，当前七个课题研究均取得了较大进展。在国家层面，项目结合“十三五”成效分析、

“十四五”政策情景分析，研究提出了“十四五”空气质量改善及碳减排协同目标，以及协同减污降碳的措施建议；结合新冠疫情对我国经济社会、环境等的影响评估以及对“十四五”时期和2035年长期的经济社会发展趋势展望分析，初步提出了“十四五”期间重点行业绿色转型发展目标及对策建议；并针对重点领域中散煤治理问题提出了下一阶段的治理目标及策略；与此同时，项目利用成本效益分析方法，对“十四五”拟采用的大气污染防治措施开展了预评估研究，从包括能源供给、钢铁、化工、建材等重点行业及落后产能等多个方面入手，提出了措施优化建议及尽快启动碳达峰行动费效分析评估工作的建议。在区域层面，针对京津冀及周边地区，分析提出“十四五”期间区域整体统筹考虑PM_{2.5}和O₃污染协同控制及与气候协同治理的重要意义，初步提出主要污染物减排指标和碳协同控制目标，以及区域大气污染协同治理重点任务及政策建议；此外，围绕深化京津冀区域协作、黄河流域低碳发展等问题，从生态环保机制创新、激励政策等角度提出了针对性政策建议。与会专家与相关代表对项目组的工作进行了肯定，并结合各自领域，从不同角度对项目课题的中期研究成果提出了具体的意见和建议。

会议最后，能源基金会环境管理项目主任刘欣再次对各位参会专家代表表示感谢，并希望根据专家意见，深化研究、凝练成果，积极推进项目下一阶段的研究工作，为国家和地方环境与气候协同保护提供决策支持。

《“十四五”能源转型关键指标与大气质量目标协同性及措施研究》项目中期评审会——以政策制定为导向探讨“十四五”能源转型，进一步推进空气质量改善与温室气体减排协同治理

2021年5月24日，由能源基金会支持的《“十四五”能源转型关键指标与大气质量目标协同性及措施研究》课题中期评审会在北京举行。该项目由国家发展和改革委员会能源研究所负责实施。来自国务院发展研究中心、生态环境部环境规划院、中国清洁供热产业委员会、清华大学、北京大学、中国电力企业联合会、中国石油化工联合会、中国水泥协会、冶金工业规划院、交通科学研究院等机构的专家出席本次会议。

本课题回顾评估了“大气十条”“蓝天保卫战”《能源行业加强大气污染防治工作方案》等重大行动和政策中能源转型与环境目标之间的协调性；分析了“十四五”时期我国发展面临的发展趋势、能源转型、环境改善等国际国内形势；根据“十四五”发展需求，建立分行业能源需求与供应情景，并初步评估了以上能源情景可能对应的大气环境质量水平；以“京津冀”“长三角”和“汾渭平原等黄河中下游流域”三个重点区域为对象进行了案例研究。该项目定量评估主要措施的有效性和贡献度，提出有针对性和实操性的减煤控油等具体措施，对“十四五”能源政策制定可以起到较好的支撑作用。

然后，与会专家对汇报进行了讨论，并提出了下一步的意见以及未来的发展方向：一是进一步分析“十三五”空气质量改善中能源措施和非能源措施的贡献；二是增强对高质量发展、能源低碳发展等外部驱动力分析，将“双碳目标”纳入考虑；三是加强课题成果的政策导向性、目标导向性；四是在结果分析中，对能源问题的讨论，如总量控制、结构调整和能效提升等，目前的结果分析过于偏重环境侧。

随后，能源基金会提出意见：一是以中长期空气质量改善与温室气体减排为协同目标，进一步细化完善“十四五”能源领域的管控目标指标体系及措施建议研究，突出总体目标指标、分解目标指标和相应的措施的研究工作；二是结合定性和定量指标，评估“十三五”减排工作成效，提出可以分配到行业及区域的措施建议。

会后，项目组将根据专家意见，对研究内容和政策建议进行进一步梳理，尽快推动下一步工作。

“海南省实现世界领先的空气质量战略研究（第一期）” 项目结题——提出海南省分阶段空气质量改善目标及协同 控制对策



2021年6月8日下午，由能源基金会支持，中国科学院大气物理研究所王自发研究员团队牵头，海南省环境科学研究院协作开展的《海南省实现世界领先的空气质量战略研究（第一期）》项目终期评审会在北京召开。该项目旨在通过分析海南省近年来空气质量状况与关键问题，基于省级排放清单的更新与分行业碳排放清单建立，量化评估海南省及其重点城市PM_{2.5}和O₃的区域输送和行业贡献，结合发达岛屿国家大气污染防治经验，开展海南省碳与常规污染物协同减排情景预测分析，提出中长期空气质量目标及政策措施建议。

清华大学郝吉明院士，以及来自香港环保署、香港理工大学、中国海洋大学、北京市环境科学研究院、广东省生态环境监测中心等多个单位的专家和能源基金会环境管理项目组参加了结题会，海南省生态环境厅领导出席了本次会议。

研究提出了海南省分阶段空气质量改善目标和“十四五”海南省实现温室气体减排和空气质量改善协同控制的对策建议，认为通过制定实施强化的经济发展战略、能源改革战略和末端治理措施，

- ◆到“十四五”末期，全省清洁能源占一次能源消费比重达50%以上，能源消费总量控制在3550万吨标准煤以内，煤炭消费总量削减四分之一以上，新增公务用车、轻型物流配送车100%使用新能源车，石化行业VOCs综合去除率达到70%以上，化工、印刷、制药等达到60%以上，严格治理面源污染，加强区域协同减排，将实现PM_{2.5}年均浓度达到11μg/m³，O₃第90百分位数浓度控制在120μg/m³的目标；

- ◆到2035年，全省清洁能源占一次能源消费比重达80%以上，能源消费总量控制在4550万吨

标准煤以内，煤炭消费总量控制在446万吨标准煤以内，公共服务和社会营运车辆全面实现清洁能源化，私人用车40%以上使用新能源车，建立“源头管控+运行状态监管”的面源管控模式，继续加强区域协同减排，可实现世界领先的空气质量目标。

表：海南省中长期空气质量改善目标及能源结构调整主要指标

主要目标指标		2025年	2035年
空气质量改善	PM _{2.5} 年均浓度	≤11μg/m ³	≤8μg/m ³
	O ₃ 第90百分位数浓度	≤120μg/m ³	≤100μg/m ³
	空气质量优良率	≥99%	≥99%
碳及污染物减排比例	碳	≥18%	≥33%
	SO ₂	≥37%	≥53%
	NO _x	≥32%	≥48%
	颗粒物	≥37%	≥63%
	VOCs	≥29%	≥49%
能源结构调整主要指标	清洁能源占比	50%以上	80%以上
	能源消费总量	控制在3550万吨标准煤以内	控制在4550万吨标准煤以内
	煤炭消费总量	削减四分之一以上，控制在551万吨标准煤以内	控制在446万吨标准煤以内

郝吉明院士指出，要发展地看待空气质量目标的持续领先性，研究以更严格的地方标准推动海南省空气质量持续改善的可行性，同时，要重视全岛能源系统优化调整的关键作用，协同推进空气目标和碳目标的实现，并发挥海南省的标杆作用。

能源基金会环境管理项目刘欣主任强调，一是细化分析化石燃料燃烧对PM_{2.5}和臭氧的贡献；二是借鉴英国、日本等经济发达岛屿通过大幅提升可再生能源比例改善环境质量的经验；三是通过分析世界级空气质量目标对当前能源、产业、交通等行业减排的推动作用，助力海南进一步完善十四五相关规划，加速实现碳达峰碳中和目标。

与会专家肯定了项目组的成果，并建议项目组加强与海南省相关部门的沟通，确保研究成果能为地方服务。

下一步，能源基金会将会持续推动海南实现世界领先的温室气体减排和空气质量改善协同控制研究工作，为海南省相关的监测、执法监管、分行业技术规范体系、法规标准体系等提供支持。

山西省“十四五”环境空气质量改善和气候协同治理目标 对策研究中期评审会顺利召开——提出山西省“十四五” 空气质量改善目标及应对策略初步建议



2021年6月15日下午在太原召开项目中期成果研讨会，该项目旨在为推动山西省绿色低碳发展，实现空气质量持续改善提供借鉴和参考。参会人员有山西省生态环境厅大气环境处贺中伟处长，来自国务院发展研究中心资源与环境政策研究所、国家发改委能源所、中国环境科学研究院、生态环境部国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、生态环境部环境规划院、儿童投资基金会中国办公室和太原理工大学、山西省投资咨询和发展规划院及山西省生态环境监测和应急保障中心的十一位专家，以及项目承担单位人员。

“十三五”期间，山西省实施的一系列大气污染防治措施取得了明显的效果，但能源结构、产业结构未实质性转变。本项目旨在做好“十三五”期间工作的梳理总结，总结经验和教训；合理设置空气质量改善目标及大气污染物和温室气体协同减排目标；提出空气质量目标约束下的煤炭消费总量控制、产业结构调整等根本性政策措施建议。

课题组对山西省“十三五”期间大气污染防治措施进行了系统梳理，对主要大气污染物及二氧化碳的协同减排效益进行了定量评估，对当前大气污染防治工作存在的难点和不足进行了分析总结；结合2030年碳达峰和2035年美丽中国战略的实施，初步给出了山西省“十四五”空气质量改善目标，并据此提出了政策措施建议。

课题中期成果达到了中期目标要求，研究成果对《山西省“十四五”空气质量改善规划》（初

稿) 提供了支撑。

与会各方对项目的下一步工作提出以下建议：一是进一步凝练“十三五”空气质量改善和二氧化碳排放控制的协同效益；二是统一常规污染物排放和二氧化碳排放两个清单，建立协同的排放清单，按照电力、工业、交通、民用，分析贡献占比，也可对重点城市或城市群进行细分；三是结合新的形势要求，提出实现“十四五”期间细颗粒物、臭氧和二氧化碳协同对策措施；四是分析可再生能源和电动汽车大规模发展所带来的协同效应；五是强化主要政策措施对实现空气质量进一步改善和碳达峰目标的效果分析。

三、结构转型与部门减排

《机场排放管控和可持续发展的国际经验》中期专家咨询会顺利召开——梳理总结国际机场排放清单和减排措施的亮点

2021年6月30日，由能源基金会支持英环（上海）咨询有限公司的《机场排放管控和可持续发展的国际经验》中期专家咨询会顺利召开。该项目旨在为北京两大国际机场建立起一套可行和有效的空气质量、气候和可持续发展策略提供国际经验的支持。北京市应对气候变化事务管理中心胡永峰部长，北京市生态环境局大气处与科技国际处等领导出席该会议。参与咨询的专家有中国民航科学技术研究院贾全星研究员，北京市应对气候变化研究中心副主任于凤菊，香港环保署高级环保主任雷国强，广东省环境科学研究院高级工程师朱倩茹，中国船级社质量认证公司高级工程师李翠萍，北京理工大学王欣研究员。

航空业和机场运营可以产生各种空气污染物包括前体物。与航空和机场运营相关的这些排放量可能看起来很小，但随着旅客出行量和货物运输量的增加，其影响意义可能会随之增加。北京尤其如此，原因有二：一是北京首都国际机场已跻身全球20个最繁忙的机场之一；（2）北京大兴国际机场于2019年9月运营，未来年旅客保有1亿人次，可与北京首都国际机场相媲美。因此，有必要评估当前和未来机场排放对当地空气质量的潜在影响和相关管控措施。此外，减碳和可持续发展也是未来机场发展的重要课题，尤其在碳中和和碳达峰的背景之下，北京的两大国际机场应适时建立一套系统的策略，来进一步降低其空气质量/气候影响，并保证其长期的可持续发展。

本项目分为两个阶段。第一阶段研究常规污染物和温室气体排放清单和扩散模型的相关指南、方法、和工具，并通过与北京环科院对接了解其项目需求，为其提供支持；第二阶段收集梳理国际机场的主要减排措施和大型国际机场的可持续发展方案，并结合北京和国内机场的实际情况，考虑国际机场减排和可持续发展经验在北京的可行性，为北京机场减排方案提供近期和远期的相关建议。本项目的成果将汇集为项目报告，为北京市两大国际机场制定排放清单、减排策略、和可持续发展规划提供参考。

本次报告对机场排放清单建立和进行空气质量模拟的指南、方法、和工具进行了梳理总结，根据领导和专家们的意见，梳理总结了国际机场排放清单和减排措施的亮点，较好的完成了项目中期的任务要求。课题组将根据会上各位专家和领导提出的建议，进一步对收集的国际经验进行总结完善，并考虑本地化策略，同时，加强与环科院机场研究项目的结合，为管理提供有力支撑。

《构建排污许可制为核心的固定源管理核心制度研究》结题会成功召开——推动环评与排污许可两项制度深度衔接

2021年6月25日，由能源基金会支持生态环境部环境工程评估中心开展的《构建排污许可制为核心的固定源管理核心制度研究》结题会成功召开，会议邀请原生态环境部环境工程评估中心研究员梁鹏、环境标准研究所研究员王海燕、原北京京诚嘉宇环境科技有限公司教高张红、国家气候战略中心战略规划部研究员柴麟敏、浙江省生态环境低碳发展中心高工卫俊杰、机械工业第四设计研究院有限公司高工张松安等专家以线上线下结合的方式出席会议并充分讨论形成意见。该项目旨在推动环评与排污许可两项制度深度衔接，温室气体管控初步与环评、排污许可管理体系挂钩，初步构建排污许可制度与环境质量挂钩的工作思路，助力实现固定污染源的“全过程”“一证式”管理。

2016年11月，国务院办公厅印发《控制污染物排放许可制实施方案》（国办发〔2016〕81号），明确构建以排污许可制为核心的固定污染源环境管理制度。目前排污许可制度改革进展显著，实现了固定污染源排污许可全覆盖，法规制度、管理体系、技术规范体系不断完善。但是仍存在环评与许可衔接融合工作仍需进一步细化、温室气体尚未与排污许可管控挂钩、许可管理尚未与环境质量管理明确关联等问题。本项目以破解关键问题为出发点，充分借鉴美国、欧盟的先进国际经验，结合我国环境管理制度实施现状，研究环评和排污许可两项制度衔接融合思路，分析温室气体与排污许可管理挂钩的方式，探索基于环境质量的排污许可管理路径，以进一步巩固排污许可核心制度地位，并建议：一是应推动温室气体纳入环境影响评价管理，完善法律支撑、探索可行路径、建立技术体系、尽快开展重点行业试点，逐步建立系统的制度体系。构建温室气体纳入排污许可协同管理的高效工作体系，分阶段解决法律支撑问题、加速管理体系的一体化融合、推进技术体系的多方位衔接。二是研究构建“四级两区两类”的差异化、递进式管理体系，探索建立基于行业排放标准、区域流域排放标准、污染防治可行技术、模型预测的环境质量“四级”衔接机制，以半定量衔接思路推动排污许可与环境质量挂钩。三是强化环评和排污许可衔接，循序渐进推动制度顶层设计衔接融合，推动管理内容衔接，有机衔接污染物许可排放限值确定口径和核算方法衔接一致。

专家听取了项目承担单位关于课题开展和成果内容的汇报，一致认为项目承担单位按照项目合同和建议书约定，完成了相关研究内容并形成研究报告，报告内容完整、详实。部分研究成果已经纳入排污许可“十四五”改革方案，环评与排污许可衔接部分研究成果已被《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》采纳，温室气体纳入环境管理的研究思路已被正式发布的《关于加强高耗能、高排放建设项目生态环境源头防控的指导意见》（环环评〔2021〕45号）等文件采纳，有力支撑了环评与排污许可制度建设，满足项目验收要求。并建议课题组：一是围绕建立以排污许可为核心的固定污染源环境管理制度，对排污许可与环境标准、环评、总量等制度衔接融合开展进一步的深入研究，并深化温室气体纳入环评和排污许可管理实现协同管控的研究。二是进一步完善国

外经验梳理，细化对通过排污许可进行温室气体管控的政策梳理，以及在证后监管和市场化政策机制衔接等方面的经验。三是结合问题识别及研究提出的初步政策建议，补充梳理未来在制度完善、技术保障和试点研究等方面需进一步深入研究的重点内容。

下一步，可基于本项目的研究成果，结合环境标准、环评、许可、总量、温室气体等多项制度改革、融合的思路，深入细化研究，探索排污许可法律法规体系、管理体系、技术体系的优化完善，选取典型地区、典型行业开展试点研究并进行试点实施效果评估，支撑经验推广，推动温室气体纳入环评与排污许可制度，推进构建以排污许可为核心的固定污染源环境管理制度。

四、空气质量分析

2021 年 4-5 月全国空气质量状况

(数据来源：中国环境监测总站)

2021年4-5月我国常规污染物浓度均同比下降，具体浓度及同比变化比例如下：

污染物	4月		5月	
	浓度g/m ³	同比变化	浓度g/m ³	同比变化
PM _{2.5}	28	-15.2%	22	-8.3%
PM ₁₀	55	-11.3%	47	-7.8%
O ₃	129	-11.6%	143	-6.5%
SO ₂	8	-20.0%	8	-11.1%
NO ₂	23	-11.5%	19	-5.0%
CO	0.9mg/m ³	0.0%	0.8	0.0%

1. 2021年重点区域PM_{2.5}浓度

重点区域	4月		5月	
	浓度g/m ³	同比变化	浓度g/m ³	同比变化
京津冀及周边	39	-2.5%	33	0.0%
北京	31	6.9%	20	-35.5%
长三角	30	-14.3%	25	-16.7%
汾渭平原	36	-5.3%	30	15.4%

2. 2021年重点区域O₃浓度

重点区域	4月		5月	
	浓度g/m ³	同比变化	浓度g/m ³	同比变化
京津冀及周边	146	-13.1%	178	-8.7%
北京	124	-27.5%	165	-16.2%
长三角	137	-13.8%	163	-10.4%
汾渭平原	127	-19.6%	182	4.0%

责任编辑：钱文涛 才婧婧 盖怡君 姜一秀

核 稿：刘欣

