

能源基金会 清洁空气战略进展

2019 年 8 月 – 2020 年 11 月
合订本

前言

气候变化是全球最严峻的环境危机，空气污染是中国最严峻的环境问题，二者同根同源同过程。从“大气十条”到“蓝天保卫战”，大气污染防治工作有力的推动了以产业结构、能源结构、交通结构和用地结构为代表的结构调整，产生了显著的减碳效益，也通过实践证明了协同治理气候变化与空气污染会产生环境改善、气候应对、健康保护、能源清洁化和经济可持续等领域的多重收益。2020年9月，习近平总书记联合国大会上表示力争2030年前实现碳达峰，努力争取2060年前实现碳中和，为稳步和加速推进结构调整提供了更大助力，这一愿景也将为实现世界级的空气质量的目标营造有力的政策环境。

能源基金会在气候变化与空气质量协同管理领域深耕十余年，并于2018年正式组建跨空气质量综合工作组（AQTF），旨在更系统的设计并推进协同治理工作，使协同效益最大化。AQTF在六个方面开展工作，包括：一是支持重新构建以人体健康等科学为基础的空气质量基准、标准和评估体系；二是支持制定和实施国家和重点区域的协同管理战略、路线图和规划；三是支持从能源、产业、交通和土地利用等领域着手，促进重点行业的排放控制；四是促进城乡空气质量同步改善，并重点关注低碳能源推动实现农业农村现代化；五是设计和完善核心环境管理体系，促进创新的协同管理政策、技术和治理模式；六是促进地方政府、研究机构、企业 and 非政府非盈利组织之间的交流合作。

为推动实现 AQTF 的整体战略目标，统筹项目设计与实施，促进能源基金会与行业专家、政府机构的定期交流，自 2019 年 8 月，我们形成了《能源基金会清洁空气战略进展》刊物。在过去的一年多时间中，该刊物主要介绍了战略有关项目的工作进展、课题成果、综合性活动、与各级政府包括生态环境部、北京市、河北省、山西省等生态环境厅局战略合作协议工作推进情况等，如中国清洁空气政策伙伴关系工作进展、空气质量与人体健康战略相关研究、中国环境与气候协同保护战略系统性研究、“十四五”大气污染防治政策需求及中长期空气质量目标设计及实现路径研究，以及北京市、京津冀与周边地区、汾渭平原、黄河流域等大气污染防治，粤港澳大湾区及海南实现世界级空气质量的国家战略研究，臭氧及前体物控制研究等。此外，刊物还跟踪国内外空气质量管理新形势，跟踪分析了我国空气质量的动态变化。

我们希望通过编写此刊物，系统梳理和总结能源基金会 AQTF 的项目进展，进一步促进行业沟通交流，更广泛、更深入的推动中国空气质量与温室气体协同治理。粗浅尝试，尚有诸多不足之处，在此也欢迎各合作单位提出宝贵意见！

目录

总第 1 期 001

2019 年 8 月进展

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 能源基金会全面支持北京市加快生态环境建设的各项研究 | 003 |
| 能源基金会支持 CCAPP 召开挥发性有机物治理学术沙龙（专家观点分享） | 005 |
| 2019 年 8 月空气质量状况 | 007 |

总第 2 期 008

2019 年 9 月进展

| | |
|------------------------------------|-----|
| “京津冀与周边地区大气污染防治专题研讨会” | 010 |
| 能源基金会启动“空气质量与人体健康”领域的研究支持 | 011 |
| “中国清洁空气政策伙伴关系（CCAPP）工作进展讨论会”在京顺利举办 | 012 |
| 2019 年 9 月全国空气质量状况 | 013 |

总第 3 期 014

2019 年 10 月进展

| | |
|---|-----|
| “中国农村空气污染的健康与气候影响及控制策略”项目召开开题会 | 016 |
| “粤港澳大湾区气候协同的空气质量改善”战略研讨会召开 | 017 |
| 《京津冀及周边地区 2019-2020 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》发布 | 018 |
| 2019 年 10 月空气质量状况 | 019 |

总第 4 期 020

2019 年 11 月进展

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 北京市市长陈吉宁会见能源基金会代表并见证其与北京市生态环境局签署合作协议 | 022 |
| “空气质量、气候变化和人类健康”国际研讨会成功召开 | 024 |
| “海南省环境空气质量持续改善”座谈会能源基金会与海南省生态环境厅共同召开 | 020 |
| 20 周年故事 推动空气质量加速改善，协同减排温室气体 | 031 |
| 2019 年 11 月空气质量状况 | 037 |

2019 年 12 月进展

| | |
|-----------------------------|-----|
| “环境与健康科研进展报告：大气卷”项目中期会召开 | 040 |
| “散煤污染治理的资金机制研究”完成结题验收 | 041 |
| “环境空气质量监测传感器”项目完成结题验收 | 043 |
| “中国空气质量管理及排放标准体系研究（第一期）”开题会 | 044 |
| “不同碳减排路径对中国空气质量的影响”完成结题验收 | 045 |
| “中国国际清洁空气伙伴关系项目（三期）”完成结题验收 | 047 |
| 2019 全年及 12 月空气质量状况 | 051 |

散煤专刊

| | |
|----------------------|-----|
| 农村清洁取暖散煤替代现状、问题及工作建议 | 052 |
| 1. 散煤的定义 | 052 |
| 2. 散煤燃烧有哪些危害？ | 052 |
| 3. 近年来散煤治理的政策、进展和成效 | 053 |
| 4. 治理散煤面临的困境 | 054 |
| 5. 破解散煤治理难题的建议 | 057 |

2020 年 1 月 - 2 月进展

| | |
|--|-----|
| “2050 年清洁空气战略目标研究 —— 兼顾降低环境健康影响及温室气体排放减排和达峰需求”项目完成结题 | 064 |
| “中国大气臭氧控制路线图研究”中期会顺利召开 | 65 |
| “北京市消费品 VOC 排放控制管理措施”项目完成中期验收 | 067 |
| 中国空气污染的健康风险及空气质量改善目标—2013—2017 我国人群的臭氧和细颗粒的暴露评估及时空趋势比较完成中期汇报 | 068 |
| 应对新型冠状病毒疫情开展“健康、公共卫生与环境”主题专家讨论会 | 069 |
| 排污许可制作为固定源环境管理核心制度研究开题会 | 070 |
| “城市污染物与温室气体协同控制核算方法学研究及应用：固定源与生活源”中期会 | 071 |
| 温室气体纳入环境统计及协同管理体系研究开题会 | 072 |
| 基于大数据的济南市污染控制应用与工具研发项目结题 | 073 |
| 2020 年 1 月空气质量状况 | 074 |
| 2020 年 2 月空气质量状况 | 075 |

中国清洁空气政策伙伴关系专刊

| | |
|------------------------------|-----|
| 一、2018 年开展“蓝天保卫战”各项措施的综合效果评估 | 078 |
| 二、开展空气质量、气候变化和人体健康协同管理国际研讨 | 080 |
| 三、协同治理的国际经验分享——美国加州湾区清洁空气计划 | 082 |
| 四、多角度思想碰撞——专家观点名篇汇总 | 085 |
| 五、初步分析 2019 年空气质量变化趋势和政策实施情况 | 089 |

2020 年 3 月 - 4 月进展

| | |
|---|-----|
| 气候友好的“十四五”大气污染防治策略研究初步提出协同目标指标 | 097 |
| 北京市中长期空气治理改善路线图研究明确四大结构调整为主的减排路线 | 097 |
| 基金会支持京津冀两地环保部门共商北京 2022 年冬奥会空气质量保障 | 098 |
| 北京市生态文明建设顶层制度政策设计研究探索新的考核指标体系和管理模式 | 099 |
| 珠三角空气质量达到“WHO-III 水平”难度依然很大 | 099 |
| “民用采暖散煤污染控制与可视化研究”提升散煤治理能力水平 | 100 |
| 科学评价空气污染的健康成本，加速空气质量改善 | 101 |
| “未来人口和空气质量情景下 PM _{2.5} 相关疾病负担评估及空气质量标准建议”： 人口老龄化的中国更需要清洁的空气 | 101 |
| 学术沙龙“新冠疫情期间的空气质量”从疫情造成的短期改善迈向基于四大结构的 长期改善 | 102 |
| “更好的空气质量标准—促进实施与优化”好空气首先需要更加科学的标准与评价 | 103 |
| 建立中国环境政策的费用效益分析机制（第二期）项目启动会——将资金用在刀 刃上，实现精准治污科学治污 | 103 |
| 臭氧、PM _{2.5} 与温室气体的协同控制：美国与加州的治理经验——小协同大协同 缺一不可 | 104 |
| 环境部与京津冀三地环保厅局共同研究京津冀大气污染防治条例制定及管理机制 | 105 |
| 2020 年 3 月全国空气质量状况 | 106 |
| 2020 年 4 月全国空气质量状况 | 107 |

臭氧专刊

| | |
|----------------------|-----|
| 一、臭氧的性状、在大气中的分布和生成机理 | 109 |
| 二、对流层臭氧的危害 | 109 |

| | |
|----------------|-----|
| 三、我国臭氧污染状况 | 110 |
| 四、我国近地表臭氧生成的特点 | 111 |
| 五、近地表臭氧污染治理建议 | 112 |
| 六、臭氧的健康防护 | 113 |

总第 11 期 115

2020 年 5 月进展

| | |
|---|-----|
| “环境与健康科研进展报告”提出需加强本地空气污染与健康影响的系统研究 | 117 |
| 现行标准对“十三五”空气质量改善起到决定性作用，“十四五”需科学评估并适时更新以有效推动大气治理 | 118 |
| 能源基金会与北京市生态环境局启动 2020 年合作项目以支持北京市“十四五”时期生态环保规划等四大领域研究 | 119 |
| 能源基金会支持生态环境部环境规划院系统开展国家及重点区域“十四五”生态环保重点领域政策研究 | 120 |
| 能源基金会与山西省生态环境厅揭开合作新篇章，推进能源革命实现空气改善和经济高质量发展 | 121 |
| 能源基金会与河北省生态环境厅筹划“十四五”空气质量改善合作研究 | 122 |
| 2020 年 5 月全国空气质量状况 | 123 |

总第 12 期 124

2020 年 6 月进展

| | |
|---|-----|
| “中国大气臭氧控制路线图研究”项目终期评审会：提出了中国臭氧中长期控制目标与前体物减排路线图和政策建议 | 128 |
| “中国农村空气污染的健康与气候影响及控制策略研究”项目中期会：民用燃料对人群暴露和健康危害的贡献占比远超其对能耗的贡献 | 131 |
| “山西省—忻州市空气质量管理评估”项目结题：仍需优化城市空气质量达标规划管理机制 | 132 |
| 能源基金会支持的“中国清洁空气政策伙伴关系”指导委员会第二次会议顺利召开 | 133 |
| 2020 年“中国清洁空气政策伙伴关系”第 2 期沙龙顺利举办凝聚共识，共商“十四五”大气污染防治规划 | 133 |
| “新媒体环境下大气治理报道重点、新点与难点”研讨会：“十四五”时期强调臭氧和 VOCs 减排 | 135 |

| | |
|--|-----|
| “更好的空气质量标准—促进实施与优化”项目中期评审会暨“十四五”空气质量标准研究讨论会：中国需要对现有标准进行修订 | 140 |
| “京津冀散煤治理实施评估分析报告”项目启动会：将针对京津冀三地的现状评估及问题识别，提出适应不同区域发展的应对方案和政策建议 | 143 |
| “海南省实现世界领先的空气质量战略研究（第一期）”项目中期会：海南省实现世界级空气质量需多种手段同步实施，并加强科技支撑 | 144 |
| “粤港澳大湾区气候协同的空气质量改善战略研究（第一期）”项目中期评审会：大气二次污染日益凸显，大湾区正面临 O_3 和 $PM_{2.5}$ 前体物等多污染物减排协同温室气体减排的巨大挑战 | 145 |
| “我国大气颗粒物基准研究思路及十四五政策建议研究”项目启动会：将为“十四五”期间环境空气质量标准的制修订以及国家能源政策的走向提供政策建议 | 146 |
| 专家观点 1 朱彤： $PM_{2.5}$ 和 O_3 污染协同控制的健康影响研究——趋势、挑战和机遇 | 147 |
| 专家观点 2 梁启明：香港 $PM_{2.5}$ 和 O_3 协同控制经验 | 150 |
| 2020 年 7 月全国空气质量状况 | 153 |

| | |
|---------------------|-----|
| 中国能源和水的主要特征 | 157 |
| 从能源的角度看水资源的保护和利用 | 158 |
| 从水的角度看能源的开发和利用 | 164 |
| 能源和水研究的机遇与挑战 | 166 |
| 能源和水协同发展的几点建议 | 169 |
| 附件 能源基金会支持的能源和水相关项目 | 173 |

| | |
|---|-----|
| 基于健康的空气质量标准体系 | 183 |
| “空气污染的健康成本研究”项目结题：社会老龄化背景下，大气污染增加的健康成本不容忽视 | 183 |
| “中国典型城市 $PM_{2.5}$ 成分的短期暴露对健康的影响”项目开题：高健康风险 $PM_{2.5}$ 成分分析、减排与防护 | 184 |
| “2020 中国蓝天观察论坛”成功举办：《大气中国 2020》及《定标 起航——中国环境空气质量标准分析》报告发布 | 185 |

| | |
|---|-----|
| 空气和气候协同管理 | 187 |
| “气候协同的‘十四五’大气污染防治策略研究”项目结题：“十四五”期间应将四大结构调整作为协同减排的重点策略 | 187 |
| “将温室气体纳入环境统计及协同管理体系研究”中期评审会召开：秉承“求同存异，分类管理” | 188 |
| “建立中国环境政策的费用效益分析机制（第二期）”中期评审会召开：《蓝天行动》环境改善效益显著 | 189 |
| “‘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”项目开题：结合气候变化宣誓，全面探究能源行业对大气质量的影响 | 190 |
| 《空气污染与气候变化的协同治理：加州经验的启示》报告发布：协同治理将能带来更大的协同效益，助力空气与气候协同改善 | 191 |
| 北京空气和气候协同试点示范 | 193 |
| “城市大气污染物与温室气体协同控制核算方法指南研究及其应用”项目结题：提出城市协同控制核算方法学与操作指南 | 193 |
| “中国履行《基加利修正案》减排 HFC-23 对策研究”项目开题：系统评估减排情况，全面提出中国减排策略 | 194 |
| 共建清洁、低碳国际大都市——北京国际大都市清洁空气与气候行动论坛召开 | 195 |
| “‘十四五’北京空气质量改善目标和路径研究”项目开题：基于四大结构调整推进大气污染与温室气体协同治理 | 197 |
| “北京工业园区 VOCs 管控新技术与政策研究”项目开题：深入研究国外案例，结合北京形势提供政策建议 | 198 |
| “北京市移动源柴油消费总量控制目标与措施研究”项目开题：将以空气质量提升为目标，细化分析柴油消费特点及减存量问题 | 199 |
| “京津冀大气污染防治条例及管理机制研究”召开结题会：全面总结重点区域联防联控机制的成效和问题，广泛参考国际经验，为《京津冀及周边地区大气污染防治条例》制定提供参考 | 200 |
| 2020 年 8 月全国空气质量状况 | 201 |
| 2020 年 9 月全国空气质量状况 | 202 |

总第 16 期 204

2020 年 10 月 – 11 月进展

| | |
|--|-----|
| 基于健康的空气质量标准体系 | 207 |
| 《中国空气质量管理及排放标准体系研究（第一期）》项目顺利结题：我国现行《环境空气质量标准》对空气质量改善起到决定性和全局性的作用，加严标准将持续推动污染物和温室气体减排 | 207 |

| | |
|---|------------|
| 《空气、气候与健康集成研究与平台建设项目》成功启动：搭建环境与健康集成研究 和交流平台，促进跨学科合作 | 208 |
| 空气和气候协同管理 | 210 |
| 能源基金会支持生态环境部环境规划院率先启动“中国环境与气候协同保护战略 系统性研究”，助力实现空气质量与气候变化中长期战略目标 | 210 |
| 《将温室气体纳入环境统计及协同管理体系研究》项目顺利结题：生态环境统计 调查与温室气体核算应“相向调整”，加强数据协同管理体系建设 | 216 |
| 《“十四五”典型建材行业结构优化调整和污染防治对策研究》项目启动：为陶瓷 和砖瓦行业结构调整和污染治理提供科学依据 | 217 |
| 第八届“空气污染控制成本效益与达标评估学术研讨会（ABaCAS 2020）”成功举办 | 218 |
| 第二届“中国大气臭氧污染防治研讨会暨第八届超级观测站联盟会议”成功召开 | 220 |
| 地方空气和气候协同试点示范 | 222 |
| 《支持北京市开展生态文明建设项目顶层制度设计研究》项目顺利结题：将应对 气候变化深度融入北京市生态文明建设的统筹推进机制中 | 222 |
| 《北京 2022 年冬奥会空气质量保障与措施预评估》项目顺利结题：构建了不同空 气质量保障目标下的减排方案，进一步推动京津冀及周边地区的大气污染治理 | 224 |
| 《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》项目开题 会召开：为山西省“十四五”空气质量改善规划的编制提供科学支撑 | 225 |
| 《北京市消费品 VOCs 排放控制管理措施》顺利结题：为北京市消费品 VOCs 管控的政策架构提供建议 | 226 |
| 能源与水 228 | |
| 《抽水蓄能促进中国风光发电电能消纳研究》项目顺利结题：建设抽水蓄能可以有 效地促进风电消纳并替代煤电装机 | 228 |
| 《基于卫星数据分析云南火电厂对地区水质的影响》项目成功结题：火力发电厂造 成附近水域的水体温度（热污染）的升高，悬浮颗粒物浓度的增加与水体化学组成 的改变 | 229 |
| 2020 年 10 月全国空气质量状况 | 231 |
| 2020 年 11 月全国空气质量状况 | 232 |

能源基金会 清洁空气战略进展

总第 1 期 2019 年 8 月进展

003

能源基金会全面支持北京市加快生态环境建设的各项研究

005

能源基金会支持 CCAPP 召开挥发性有机物治理学术沙龙（专家观点分享）

007

2019 年 8 月空气质量状况

本期要点



能源基金会与北京市战略合作框架协议 2019 年合作工作全面展开



中国清洁空气政策伙伴关系召开“挥发性有机物治理系统路径”学术沙龙



能源基金会支持 NRDC 举办中国散煤大会



2019 年 8 月全国空气质量状况

能源基金会全面支持北京市加快生态环境建设的各项研究

为共同推动北京市生态环境建设及应对气候变化工作，2019年初，能源基金会与北京市生态环境局共同决定，双方在原有项目合作的基础上，拓展合作领域，深化合作机制，商议并拟于11月签署《北京市生态环境局与能源基金会战略合作框架协议（2019-2023）》（简称“北京MOU”）。8月27日至30日，能源基金会支持与北京市生态环境建设相关的一系列研究项目相继开题。这标志着双方在研究分析、能力建设、国际交流等方面的合作全面展开。

强化碳减排的顶层设计

启动“北京市开展生态文明建设顶层制度政策设计研究（第一期）”



该课题是双方合作协议中明确的首项任务，即考虑从顶层制度设计上支持北京市加快生态文明建设。双方都高度重视，项目由生态环境部环境与经济政策研究中心吴舜泽主任牵头负责，北京市生态环境局陈添局长、能源基金会邹骥总裁出席会议。具体从完善清洁低碳发展为导向的指标考核体系、学习借鉴世界城市可持续发展理念和经验，以及改革生态文明建设工作体制机制三个方面开展工作。

会议上专家建议指标体系可根据区县发展定位类型进行调研试评估，国际经验调研要关注环境和经济的关系、碳和常规污染物的关系、生态和环境的关系等方面，体制机制改革则要研究部门和各级政府职责分工和运行，同时对北京市委下设的市生态文明建设委员会工作制度提出有针对性的建议。

加强北京市空气与气候协同管理战略研究

北京作为中国的首都，经济发展、环境保护、气候变化各项工作都是风向标。2013年以来，北京以空气质量改善为契机，推动四大结构优化调整，呈现污染物浓度和温室气体排放总量双双大幅下降和经济持续增长的协调发展态势，值得总结、借鉴和推广。未来如



何从前期的不自觉的协同到主动协同，以实现花更小成本取得更快减排效果，需要认真研究。在这一前提下，我们在与北京市的MOU 2019 年合作项目清单中，一是由清华大学承担开展《北京中长期空气质量改善路线图》研究，探求北京市空气质量更早达标、全面达标以及中长期进一步改善的过程中强化碳减排要求；二是为了在改善PM_{2.5} 污染的同时加强臭氧污染控制，由UCLA 法学院开展《臭氧、颗粒物和温室气体协同控制法规与实施：美国 and 加州经验》研究，力求从法规和管理规定上寻求多污染物以及和温室气体协同管控的成功经验或有关教训；三是英环（上海）咨询有限公司开展《北京消费品VOC 排放控制管理措施及最佳可行控制技术》，瞄准前期污染治理的薄弱环节-生活源VOC 排放，借鉴国内外经验，形成适应中国的消费品VOC 排放管理规定。清华大学环境学院郝吉明院士、北京市生态环境局于建华副局长等领导专家，分别出席了空气质量与气候变化协同管理相关项目的开题会。

能源基金会支持 CCAPP 召开挥发性有机物治理学术沙龙（专家观点分享）

7 月份，生态环境部发布《重点行业挥发性有机物综合治理方案》，能源基金会随即支持中国清洁空气政策伙伴关系（CCAPP）举行挥发性有机物治理学术沙龙，邀请多位专家进行评述与分享。现简要摘述如下。



生态环境部环境规划院严刚副院长：方案从国家层面，对VOCs污染治理制度进行梳理，提升系统性、规范性、指导性，补全了短板，重点提出对无组织排放的控制；下一步要精细化管控，兼顾环境效益与经济成本，进一步分类施策，明确不同行业治理路线。



中国环科院标准所张国宁：在VOC领域集中发布了无组织排放、制药工业和涂料、油墨及胶粘剂工业等3项大气污染物排放标准，在污染物项目选择上，既要控制VOCs总体排放，也要考虑光化学活性、有毒有害、恶臭等特征污染物；对于无组织排放控制，明确了“5+2”的环境管理框架，兼顾行为管控与综合控制效果。



中国涂料工业协会产业发展部部长、建筑涂料分会副秘书长齐祥昭：工业涂料产量占总产量的三分之一，涉及汽车制造、木质家具、工程机械、船舶制造、钢结构等多行业；方案要求到2020年，全国工业涂装VOCs排放量减少20%以上，重点地区减少30%以上；《低挥发性有机物含量涂料产品技术要求》通过三级分类规定了水性、高固体分等低挥发涂料准入要求，不仅降低了VOC排放，也将促进上游减少石油化工行业的生产排放。

（来源：CCAPP 供稿）

能源基金会支持 NRDC 举办中国散煤综合治理大会

8月30日，由能源基金会等支持中国节能协会、煤控研究项目主办的第四届中国散煤综合治理大会在京召开。会上发布了《中国散煤综合治理调研报告2019》和《建筑领域“十三五”规划实施煤炭消费中期评估及后期重点工作研究》两份报告。《中国散煤综合治理调研报告2019》指出，2018年我国共削减散煤使用量约6100万吨，散煤治理工作重在“因地制宜”和“持续推进”。《建筑领域“十三五”规划实施煤炭消费中期评估及后期重点工作研究》预计，到2020年，北方地区建筑领域煤炭消耗为2.66亿吨标煤。CEMP主持了城市散煤替代环节的讨论。

中国环境科学技术协会年会在西安召开



中国环境科学学会2019年科学技术年会8月23日在陕西省西安市召开。年会以“环保科技创新助力污染防治攻坚战”为主题，生态环境部副部长、中国环境科学学会理事长黄润秋出席年会开幕式并作重要讲话。来自全国各地生态环境系统科研机构、产业界代表约3500人出席开幕式。陕西省人民政府副省长赵刚在开幕式上致辞。CEMP在会议上做了“以人为本实现世界级空气质量”的报告。

▣ 2019 年 8 月空气质量状况



2019 年 8 月，全国 337 个地级及以上城市平均 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度为 20 微克/立方米，**同比持平**； O_3 浓度为 151 微克/立方米，**同比上升 7.9%**； NO_2 浓度为 19 微克/立方米，**同比上升 5.6%**。1-8 月， $\text{PM}_{2.5}$ 浓度为 35 微克/立方米，**同比持平**； O_3 浓度为 148 微克/立方米，**同比上升 3.5%**； NO_2 浓度为 25 微克/立方米，**同比持平**。

京津冀及周边地区“2+26”城市 1-8 月 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度为 56 微克/立方米，**同比上升 1.8%**。北京市 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度为 42 微克/立方米，**同比下降 14.3%**。长三角地区 41 个城市 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度为 40 微克/立方米，**同比下降 4.8%**。汾渭平原 11 个城市 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度为 55 微克/立方米，**同比上升 3.8%**。

（来源：生态环境部）

能源基金会 清洁空气战略进展

总第 2 期 2019 年 9 月进展

010

“京津冀与周边地区大气污染防治专题研讨会”

011

能源基金会启动“空气质量与人体健康”领域的研究支持

012

“中国清洁空气政策伙伴关系 (CCAPP) 工作进展讨论会” 在京顺利举办

013

2019 年 9 月全国空气质量状况

本期要点

能源基金会组织召开“京津冀与周边地区大气污染防治专题研讨会”



能源基金会“空气质量与人体健康”战略全面展开



中国清洁空气政策伙伴关系开展工作交流



2019 年 9 月全国空气质量状况



京津冀与周边地区大气污染防治专题研讨会

为落实《生态环境部与能源基金会战略合作框架协议（2019-2023）》的任务要求，推进“十四五”大气污染防治相关规划的前期研究，对京津冀及周边地区以及汾渭平原改善大气环境、打赢蓝天保卫战提供支撑，9月10日至11日，在能源基金会的支持下，生态环境部环境规划院举办“京津冀与周边地区大气污染防治专题研讨会”。生态环境部大气司（京津冀及周边地区大气环境管理局）副司长张大伟、生态环境部环境规划院党委书记陆军、能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥出席会议并讲话。来自京津冀及周边地区、汾渭平原区域的生态环境厅（局）大气处的负责同志及领域内的二十多位专家参加会议。



各方专家结合《建立中国环境政策费用效益分析机制研究（第一期）》项目结题对“十三五”大气污染防治措施效果进行了分析评估，结合《气候友好的十四五大气污染防治策略研究》、《京津冀大气污染防治条例及管理机制研究》项目课题启动，对“十四五”国家大气污染防治工作的思路 and 重点进行展望，同时结合《北京2022冬奥会空气质量保障预研究》启动和《汾渭平原大气环境质量达标战略路径研究》、《民用供热散煤污染控制与可视化研究》等相关课题进展汇报，对“十四五”京津冀和周边及汾渭平原重点难点区域和行业的污染减排进行了深度剖析。

张大伟副司长对能源基金会在环境治理和应对气候变化长期以来的支持表示感谢，同时，对下一阶段大气污染防治工作提出了建议：在加强协同减排战略的顶层设计方面，要实施常规大气污染物和温室气体的协同控制，完善污染源清单，加强区域大气污染防治立法及管理机制，统一区域立法，实现大气污染防治区域联防联控；在重点领域协同减排方面，要控制民用供热散煤污染，加强清洁能源的替代利用，坚定不移地推进清洁取暖的目标，同时要持续推进产业结构调整，并建立区域统一标准和污染防控体系；在创新协同减排的管理和技术方面，要建立环境政策费用效益分析的长效机制及行动框架体系，打好研究基础，做好技术导则，进行科学治理。

邹骥总裁在讨论中指出，当前空气质量改善进入深水区，要通过加强体制机制改革，完善政策费用效益机制，推动四大结构优化；在协同应对气候变化方面，加强“十四五”目标研究，研究强度和总量双控目标，涵盖能源、工业领域二氧化碳和非二氧化碳温室气体控制指标；同时要将减排指标和任务分解落实到具体的行业和地域，并通过“价税财金”等经济政策推动减排工作有效实施。

此次会议以落实能源基金会和生态环境部合作框架协议为基础，将课题研究内容和政府管理需求有机融合，真正实现了科研为管理服务的理念和能源基金会Facilitator, Advisor 和 Regranter 三个领域的作用。

能源基金会启动“空气质量与人体健康”领域的研究支持



来自国家卫生健康委疾控局、国家心血管病中心、中国疾病预防控制中心、生态环境政策研究中心、中国环境科学研究院、中国医学科学院、中日友好医院、北京大学、北京科技大学、中国人民大学等单位的数十位专家充分肯定了开展空气质量与健康研究对于支持空气污染政策制定、保障人民

身体健康等的重要作用，并提出了针对性的建议。

为加强空气、气候变化和保护健康的协同，9月23日，时值联合国气候行动峰会期间，能源基金会支持中国清洁空气政策伙伴关系（CCAPP）在纽约组织清华大学、哈佛大学专家召开“空气质量、人类健康和气候变化高级研讨会”。贺克斌教授与美国环境保护署前署长、哈佛大学气候健康和全球环境中心主任吉娜·麦卡锡（Gina McCarthy）教授分别介绍了两国在空气污染治理、应对气候变化、协同管理、及相应的人类健康保护等方面的现行措施、已有成效和未来挑战等。双方专家愿围绕“空气、气候与健康”这一核心主题，推动双方的交流与协作。能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥教授对双方的对话与合作表示期待和欢迎，希望双方能够发挥重要的引领作用，并愿为此提供积极的支持。双方计划于今年11月举办“2019年空气质量、人类健康和气候变化高端论坛”。

“中国清洁空气政策伙伴关系 (CCAPP) 工作进展讨论会”在京顺利举办



9月3日,“中国清洁空气政策伙伴关系”(China Clean Air Policy Partnership,以下简称CCAPP)举办工作进展讨论会,回顾与总结CCAPP 2019年工作进展,共同探讨下一步工作重点。能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥,清华大学环境学院院长、中国工程院院士贺克斌出席会议。CCAPP汇报了4月以来的工作进展情况及未来的工

作计划。一是四期学术沙龙的举办时间与主题选取均紧密围绕近期国家出台、发布的大气污染防治及空气质量相关的政策与行动方案,为广大科研院所和企事业工作人员提供了及时、实时的面对面沟通及交流信息的机会;二是官方微信公众号发挥了聚焦与传播中国清洁空气政策相关信息、热点研究等作用;三是年度报告中,对2018年“蓝天保卫战”首年主要政策措施及实施效果的评估工作是一大亮点。专家们建议CCAPP进一步找准组织定位,聚焦中国清洁空气政策,明确活动、信息受众群体,提高对中国清洁空气政策相关信息的敏感度,积极探索与中国清洁空气政策密切相关的领域及话题;活动中,应吸引各行各业参与,凝聚各方共识,为今后相关政策的落地实施起到推波助澜的作用;加强促进国内与国际之间的交流合作,扩大CCAPP在中国清洁空气政策领域的影响力。

贺克斌院士在总结发言中指出,作为一个中国清洁空气政策领域的智库平台,CCAPP组织定位要更明确、工作边界要更清晰、活动个性要更突出。以“打造不变的信息源,挖掘发展的新观点”为宗旨,增强对我国、国际清洁空气政策领域进展的敏锐度,充分发挥平台的积极作用。邹骥总裁肯定了在中国大气污染防治与气候变化应对的重要时期,CCAPP成立的必要性和重要性。他强调,CCAPP的工作要更具有发展性与前瞻性,积极推动清洁空气政策的落实和发展,起到知识信息集散中心的作用;能源基金会今后将持续大力支持CCAPP的工作与发展,将其真正打造成公共社会及中国清洁空气政策领域公认度高的智库平台。

(来源:CCAPP)

2019 年 9 月全国空气质量状况



2019 年 9 月，全国 337 个地级及以上城市平均 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度为 26 微克/立方米，**同比上升 18.2%**； O_3 日最大 8 小时平均第 90 百分位浓度平均为 157 微克/立方米，**同比上升 23.6%**； NO_2 平均浓度为 24 微克/立方米，**同比上升 4.3%**。

京津冀及周边地区“2+26”城市 9 月 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度为 37 微克/立方米，**同比上升 12.1%**。北京市 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度为 36 微克/立方米，**同比上升 28.6%**。长三角地区 41 个城市 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度为 27 微克/立方米，**同比持平**。汾渭平原 11 个城市 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度为 29 微克/立方米，**同比上升 16.0%**。

（来源：生态环境部）

能源基金会 清洁空气战略进展

总第 3 期 2019 年 9 月进展

016

“中国农村空气污染的健康与气候影响及
控制策略”项目召开开题会

017

“粤港澳大湾区气候协同的空气质量改善”
战略研讨会召开

018

《京津冀及周边地区 2019-2020 年秋冬季
大气污染综合治理攻坚行动方案》发布

019

2019 年 10 月空气质量状况

本期要点

能源基金会组织召开“中国农村空气污染的健康与气候影响及控制策略”项目开题会



能源基金会组织召开“粤港澳大湾区气候协同的空气质量改善”战略研讨会



生态环境部制定并发布《京津冀及周边地区 2019–2020 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》



2019 年 10 月全国空气质量状况



“中国农村空气健康的健康与气候影响及控制策略”项目召开开题会

2019年10月23日，能源基金会支持的《中国农村空气健康的健康与气候影响及控制策略》项目在北京大学开题，本项目由中国科学院院士、北京大学城市与环境学系陶澍教授主持。项目将借助北京大学从1992年开始积累的生活源排放调查、室内外空气质量和个人暴露水平等研究基础，进一步完善高分辨率的大气污染物排放清单、构建室内炉灶无组织泄露测定方法、模拟区域的室内外空气质量及相应的人群暴露水平和健康危害。卫健委、中国疾病预防控制中心、北京大学医学部、清华大学、北京科技大学、北京大学多位专家出席并讨论，专家认为室内空气污染对人体健康的影响非常重要，但还没有获得足够的关注。室内无组织排放是新的研究领域，对室内空气污染和对人体暴露和健康的影响意义重大，本项目的研究将填补研究空白。但同时，项目的挑战和难度也不容忽视，建议将研究重点放在清洁炊事和清洁取暖的技术选择所带来的PM_{2.5}、黑炭和健康效益改善等方面，开展更为精细的情景分析和费用效益分析，为十四五规划和其他中长期政策制定提供支撑。专家们还建议，居民的用能习惯、建筑的结构特征和可获得的替代能源品类等问题也应考虑在内并做相关研究。



“粤港澳大湾区气候协同的空气质量改善” 战略研讨会召开

2019年10月24日，在能源基金会支持下，北京大学环境科学与工程学院举办“粤港澳大湾区气候协同的空气质量改善战略研讨会”，对强低碳情境下粤港澳多污染物及气候协同改善目标、路径及治理措施进行了讨论，推动落实《粤港澳大湾区发展规划纲要》对生态环保发展的任务要求。广东省生态环境厅厅长鲁修禄、总工蒋宏奇出席并讲话，中国工程院院士、北京大学教授张



远航出席并主持会议。来自生态环境部环境规划院、中国环境科学研究院、气象科学研究院、广东省环境科学研究院、广东省环境监测中心、香港环境保护署、深圳市生态环境局、深圳环境科学研究院、中国清洁空气政策伙伴关系（CCAPP）的二十多名领导和专家参会并展开讨论，能源基金会环境管理项目主任刘欣参加会议。

各方专家结合《粤港澳大湾区气候协同的空气质量改善战略》、《珠三角空气质量达到WHO-III水平的中长期战略研究》、《深圳市碳排放达峰、空气质量达标、经济高质量增长协同“三达”研究》等能源基金会支持的相关课题设计及进展进行了探讨，专家还分享了香港大气污染防治工作及气候行动的经验及臭氧年际与年代际变化及其与气候的相互作用等，并对粤港澳大湾区中长期气候协同条件下以臭氧和PM_{2.5}为核心的多污染物空气质量改善目标、路径与大湾区臭氧和PM_{2.5}协同改善的中长期方案和温室气体减排潜力进行了研讨和评估。

鲁修禄厅长表示，要持续加强生态环保宣传工作，建立民众的环境保护意识，把大湾区的生态环保建设落到实处，为对标国际先进空气质量、达到绿色低碳的目标做出不断努力。蒋宏奇总工建议，在下一阶段的强低碳情景下大气污染治理工作中应实施以PM_{2.5}和臭氧为主的常规大气污染物和温室气体的协同控制，并打破以往在实际操作层面区域分割的模式，高效推动区域联防联控。

《京津冀及周边地区 2019–2020 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》发布

近期，生态环境部制定并发布了《京津冀及周边地区2019–2020 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》，旨在总结现状，提出目标，明确任务，稳中求进，推进空气质量环境持续改善，协同控制温室气体排放。《方案》要求：秋冬季期间（2019 年10 月1 日至2020 年3 月31 日）PM_{2.5} 平均浓度同比下降4%，重度及以上污染天数同比减少6%。《方案》强调：“2+26”重点区域秋冬季大气环境形式依然严峻；工作重点要聚焦主要矛盾和关键问题，立足四大结构的优化调整，突出标本兼治、综合施策、强化组织保障，严格监督执法，确保责任落实；坚决反对“一刀切”等强制性敷衍应对做法；地方和企业实行差异化指导及管控；保障群众温暖过冬；重污染天气应对实施效绩分级、差异化管控。

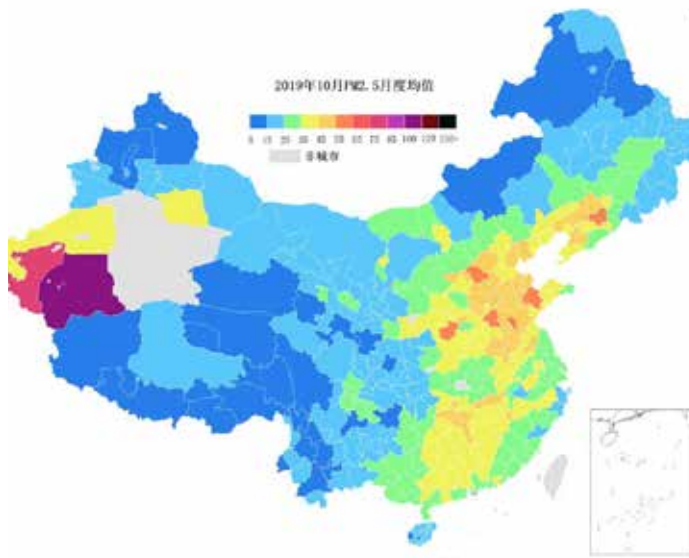
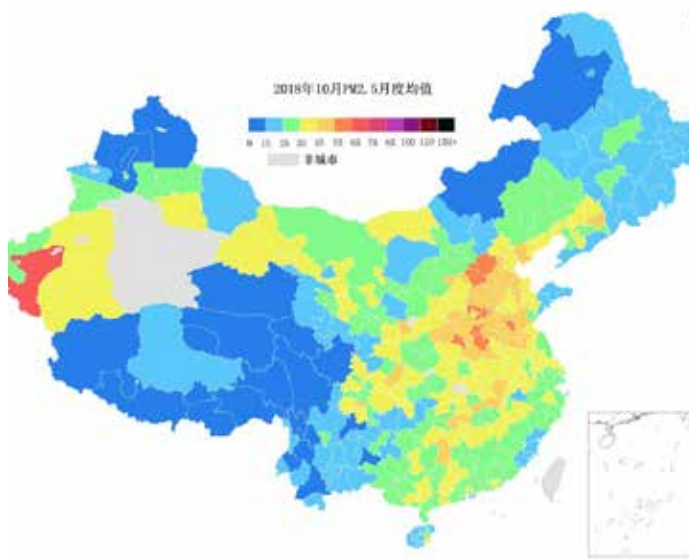


2019 年 10 月全国空气质量状况

2019 年 10 月，全国 337 个地级及以上城市平均 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度为 31 微克/立方米，**同比下降 3.1%**； O_3 日最大 8 小时平均第 90 百分位浓度平均为 10 微克/立方米，**同比下降 7.9%**； NO_2 浓度为 29 微克/立方米，**同比下降 6.5%**。

京津冀及周边地区“2+26”城市 10 月超标天数中以 $\text{PM}_{2.5}$ 为首要污染物的天数最多。北京市 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度为 40 微克/立方米，**同比下降 4.8%**。长三角地区 41 个城市 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度为 66 微克/立方米，**同比下降 1.5%**。汾渭平原 11 个城市 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度为 39 微克/立方米，**同比下降 9.3%**。

（来源：生态环境部）



能源基金会 清洁空气战略进展

总第 4 期 2019 年 11 月进展

022

北京市市长陈吉宁会见能源基金会代表并见证其与北京市生态环境局签署合作协议

024

“空气质量、气候变化和人类健康”国际研讨会成功召开

030

“海南省环境空气质量持续改善”座谈会能源基金会与海南省生态环境厅共同召开

031

20 周年故事 推动空气质量加速改善，协同减排温室气体

037

2019 年 11 月空气质量状况

本期要点

北京市市长陈吉宁会见能源基金会代表并见证其与北京市
生态环境局签署合作协议



“空气质量、气候变化与人类健康”国际研讨会成功召开



能源基金会与海南省生态环境厅共同召开“海南环境空气
质量持续改善”座谈会



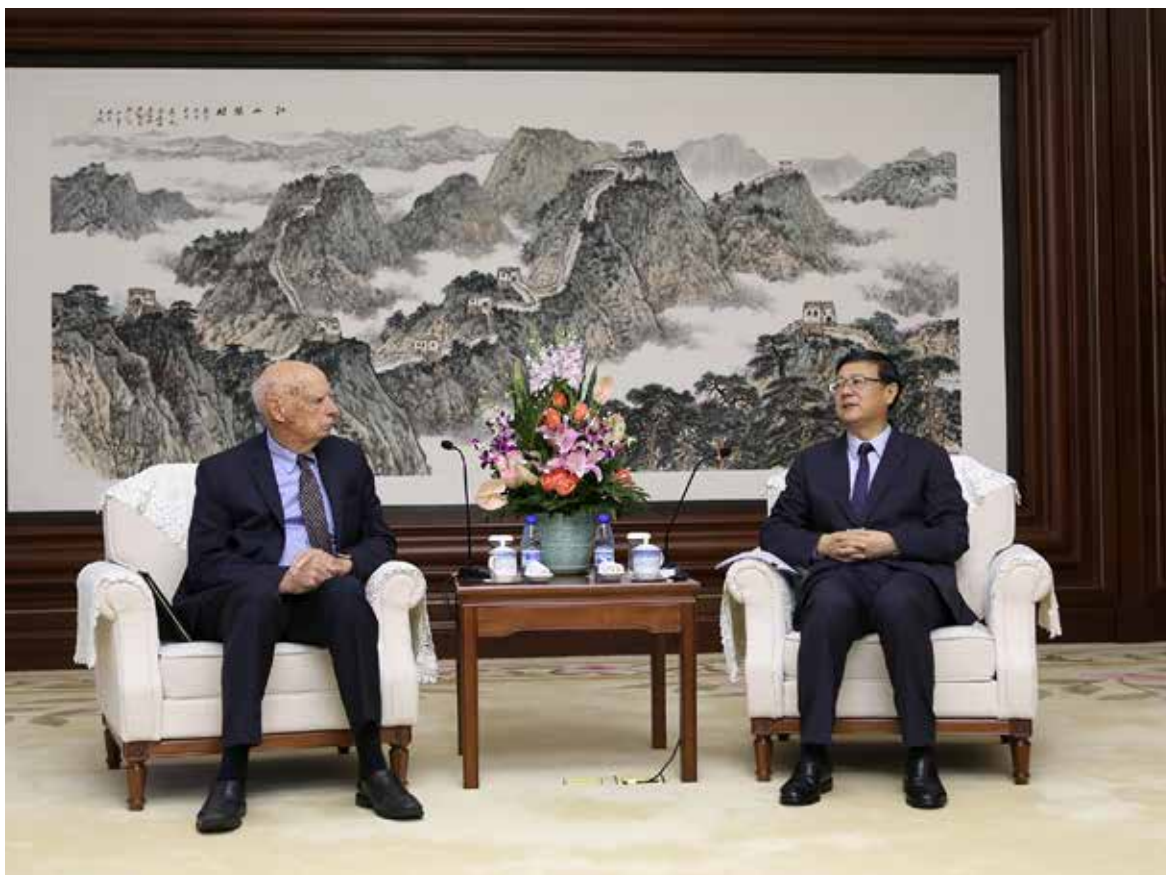
2019 年 11 月全国空气质量状况



20 周年故事之能源基金会环境管理项目组：推动空气质量
加速改善，协同减排温室气体



北京市市长陈吉宁会见能源基金会代表并 见证其与北京市生态环境局签署合作协议



2019年11月22日，北京市市长陈吉宁先生会见了能源基金会董事会成员及国际环境可持续能源领域慈善界高级代表团，并见证北京市生态环境局陈添局长与能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥先生共同签署《北京市生态环境局与能源基金会合作框架协议（2019-2023）》。

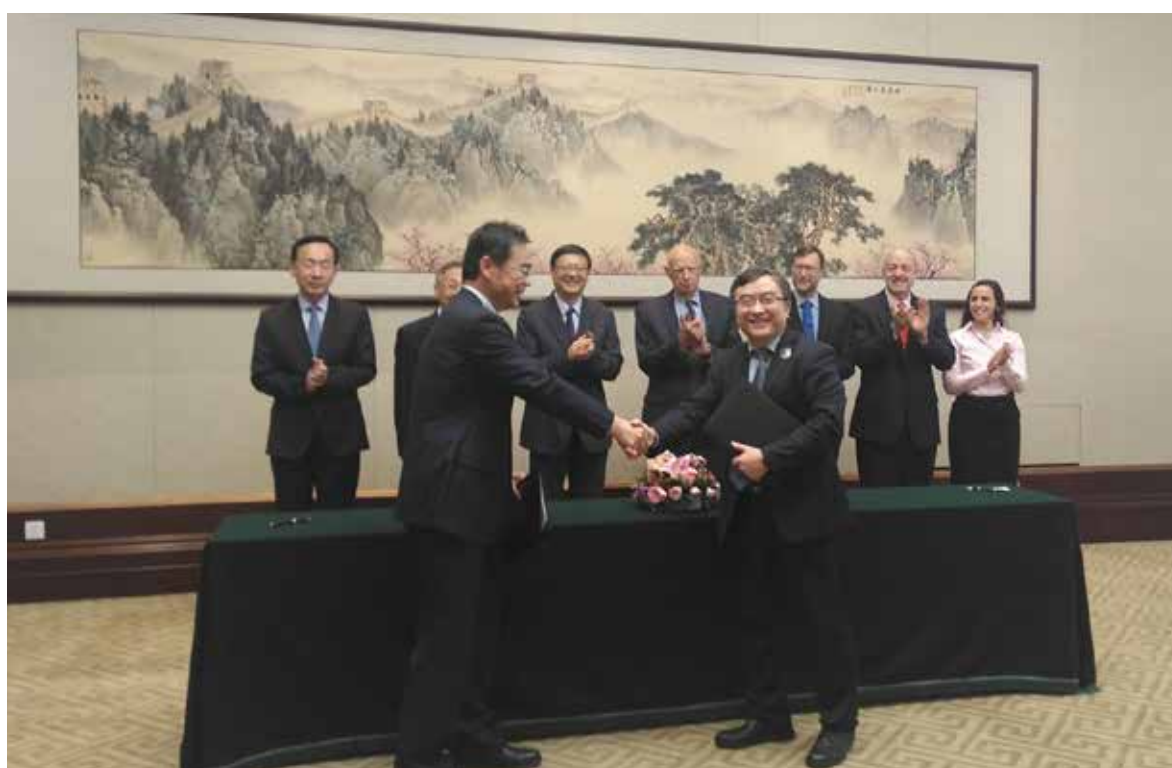
陈吉宁感谢能源基金会进入中国20年来积极参与支持北京生态环境的改善。他说，近年来，北京市大力推进绿色低碳城市建设，在大气污染治理、绿色交通体系建设、节能建筑应用、能源结构清洁化、产业结构低碳化等领域持续努力，在保护生态环境、推动实现绿色发展方面取得显著进展。能源基金会支持北京市开展相关政策研究，为我们改善环境质量做出了积极贡献。希望双方以此次签署合作协议为契机，进一步加强生态环保、应对气候变化等领域的合作。

能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥先生表示，能源基金会目前正与北京市合

作，为北京市制定生态文明总体战略、将北京打造成绿色低碳创新的全球宜居城市提供研究分析和支持，下一步，能源基金会将在空气质量、冬奥会、制冷能效、低碳交通和建筑等重点领域与北京市开展进一步合作，并促进北京市和美国等其他国家大城市的交流等。

能源基金会董事会主席张红军、以及大卫与露茜尔·派克德基金会、威廉与佛洛拉·休利特基金会、儿童投资基金会（英国）等能源基金会出资方代表在交流中高度赞扬了北京市在治理大气污染和应对气候变化各领域开展的工作和取得的成效，希望能源基金会今后继续加强在中美交流中的桥梁作用，并促进中国环境治理经验的分享。

北京市副市长杨斌，北京市政府秘书长靳伟，北京市生态环境局局长陈添、副局长李晓华参加会见。



“空气质量、气候变化和人类健康”国际研讨会成功召开



2019年11月21日上午，能源基金会来华20周年纪念活动第七场——“空气质量、气候变化与人类健康研讨会”在京成功举办。

能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥向大会致开幕词，并对大气污染物和碳协同减排策略进行了分析与展望。与会专家就空气质量和气候变化对人类健康影响及其最新研究，中国清洁空气进程、实施成效及“十四五”大气治理的思考等发表了深入见解。中国清洁空气政策伙伴关系（CCAPP）发布了《中国空气质量改善的协同路径（2019）：《蓝天保卫战》目标下的新机遇》，系统回顾了2018年全国空气质量情况，评估了“蓝天保卫战”减排政策措施的实施效果，并分析了空气污染与气候变化协同控制进程中的机遇与挑战。



以人为本，推动空气质量持续改善

围绕“以人为本，推动空气质量持续改善”专家们一致认为，在“大气十条”、“蓝天保卫战”等举措之下，我国空气质量得到了快速和长足的改善。但现阶段污染形势依然严峻，半数以上城市空气质量仍不达标，影响人类健康。在过去几年治理成果和积累经验的基础上，我国有能力也有信心，持续推动空气质量改善，真正实现以人为本，满足人民群众对美好生活的需求，同时实现碳的协同减排和实现经济绿色增长。

协同管理空气质量和气候变化的目标、战略和路径思考

围绕“协同管理空气质量和气候变化的目标、战略和路径思考”，专家们认为，已有科学证据证明，空气污染和气候变化均与人为源排放密切相关，温室气体与大气污染物具有高度同源性。温室气体与大气污染物的协同管理和控制对于改善空气质量、应对气候变化和保护人类健康具有重要作用，可实现更好减排效果，使净效益最大化，有助于降低减排成本。专家们还强调，我国进行协同管理和控制的相关研究已有十多年，相关成果已经逐步落实到大气污染物治理和应对气候变化的管理政策上，并取得一定成效。我国通过产业、能源、交通运输和用地四大结构调整，以及长期以来坚持不懈地节能减排工作，取得了显著的协同效益。

（来源：CCAPP 供稿）





哈佛大学公共卫生学院公共卫生实践教授、美国国家环境保护局前局长Gina McCarthy认为，美国联邦政府在应对气候变化上的脚步虽然有所停滞，但美国3800多个州、城市、各界组织发起了“我们仍在坚守”（we are still in）联盟，美国各界仍在努力联合推进未来的发展，并在积极寻求合作交流。作为全球两大经济体，中、美两国应联手致力于节能减排，在保证GDP增长步伐的同时，满足民众对于公共卫生和健康的需求，要加强持续不断的合作和伙伴关系。



清华大学环境学院院长、教授，中国工程院院士贺克斌认为，我国的大气污染防治行动虽已取得一定成效，但挑战尚存。当下，需重点关注四个方面。一是PM_{2.5}和臭氧协同防控；二是攻克非电工业行业、机动车、挥发性有机物以及氨排放控制在内的减排薄弱环节；三是释放能源、产业和交通结构调整的减排潜力；四是科技引领，构建精细化大气环境综合治理体系。未来，我国污染防治行动应关注以下五点：

巩固和深化大气十条成果。继续实施行之有效的政策措施，全面布局、精准施策、精准防控和严格监管。

扩大重点区域的范围。稳步改善京津冀及周边地区、长三角、珠三角空气质量，进一步落实川渝地区、汾渭地区和长江经济带的污染防治工作。

优化能源、产业和交通结构。实行煤炭总量控制，加强清洁能源替代；实施基于环境绩效的错峰生产；优化铁路—公路—水运相结合的运输结构，推广新能源汽车。

调整重点行业和控制关键污染物。启动国家“清洁柴油机行动计划”，实施特别排放限值，落实重点行业VOC减排行动。

着力科技支撑和能力建设。在“十四五”及中长期空气质量改善规划中加强科技支撑，编制蓝天保卫战科技能力建设规划。

在未来的研究、规划及政策实施中，应关注及强调空气质量、气候变化、人类健康三者的交互关系，通过多维度合作，在2035至2050年间，实现三者协同改善。



中华人民共和国生态环境部大气环境司副司长张大伟认为，我国的空气质量虽已得到大幅度改善，但污染治理工作仍任重而道远。2018年，全国三分之二城市的空气质量尚未达标，我国的PM_{2.5} 不仅仍然超过国家环境空气质量标准，与世界卫生组织指导值、欧洲和美国的空气质量相比更是有较大差距。与此同时，O₃ 浓度持续上升，污染逐渐凸显。

为持续改善空气质量，在即将实施的“十四五”规划中，应从四个方面加强大气环境管理：

一是推进城市综合管理，促进达标进程。推进城市精细化管理，提高人民健康效益和社会福祉。

二是推进区域联防联控，着力减少重污染。针对大气污染防治重点区域，聚焦秋冬季污染防治，加强重污染天气应对。

三是持续引导结构调整，推进绿色发展。持续优化产业结构、能源结构、交通运输结构和用地结构，通过结构调整带动高质量发展和高水平保护。

四是研发减排和管理技术，保持科技引领。加强国际技术交流，研发、推广符合我国实际情况的先进技术和管理模式。

未来在多种污染物协同减排的基础上，“十四五”期间，我国还将重点关注大气污染防治和温室气体减排这两个领域的协同，以大气污染防治作为社会经济高质量发展的重要推手。



健康影响研究所（HEI）副主席Robert O'Keefe 认为，空气质量改善行动的规划和实施，应重点关注为公众健康带来更大效益的措施。因此，基于全球空气污染现状，可参考以下几点建议：聚焦大都市的运输结构调整、淘汰老旧超有车、推广电动车；密切监控城市重点污染源；加快降低室内空气污染强度；关注WHO 和最新健康研究中的标准指导值，定期修订空气质量标准；持续减少家用煤炭，并推广清洁能源；空气质量和健康数据应保持公开透明，增强公众的参与和关注度。



生态环境部环境影响评价与排放管理司副司长汪健认为，我国《大气污染防治行动计划》的圆满实现，工业园提升改造带来了巨大贡献。为巩固和深化工业园提升改造的空气改善贡献，需形成以排污许可制度为核心的固定污染源环境管理制度。2016年11月，我国出台了《控制污染物排放许可制实施方案》，构架了排污许可制度的顶层设计，后通过颁布实施《大气污染防治法》《水污染防治法》《土壤污染防治法》，为该制度建立了法律依据。

排污许可证对空气污染治理起到了重要作用，不但为企业遵守排放标准提供了详细说明，也为执法人员依证执法提供了便利。下一步，需思考如何将应对气候变化因素纳入排污许可制度，促进落实大气污染防治与应对气候变化相协同管理。



生态环境部环境与经济政策研究中心主任吴舜泽认为，近年来我国大气污染治理取得了巨大成就。在政策和管理机制制定方面，积累了五条主要经验：

一是以生态环保为工作中心。各个党委、部门责任人共同承担责任、落实工作，形成一个政府、企业、社会齐抓环保的大格局。

二是以改善环境质量、守护人类健康为核心。各级相关部门及时向社会公众公布空气、水源质量的排名情况，让公众监督成为改革动力。

三是以统筹环境、经济和社会关系为立足点。调整四大结构，达到环境、社会和经济三方效益的多赢。

四是以全过程推进式规划为措施。我国近年来贯彻以法制建设、科技支撑、综合减排、管理创新、社会共治的“五步法”，扎实细致落实任务、环环相扣实现目标。

五是以行政约束和激励并重为手段。坚持综合性政策，实现改革创新，强化能力建设。

此外，积极落实温室气体和空气污染物协同减排的政策，可实现效益最大化。值得强调的是，要让协同管理从概念发展为切实行动，并从能源调整入手，避免发展的高碳锁定。现阶段健康领域主要面临的问题是臭氧攀升，在空气污染协同控制上还需重点关注臭氧问题。



生态环境部环境规划院副院长严刚认为，近些年，北京在PM_{2.5}治理方面取得的巨大成就，这与区域联防联控措施的成功落实是密不可分的。在过去的十几年里，正因为我们持之以恒地在措施与机制方面展开了长期的探索，实现了统一规划、检测和执法，才使我们取得了今天的成就。

然而，在空气质量与温室气体减排协同管理方面，我国还处在起步阶段。行动落实方面，亟需协同管理技术措施的可行性路径和方案。相关评估表明，以实现空气质量改善、打赢蓝天保卫战为主要目标的空气质量治理，带来了温室气体减排的协同效果。未来，需将协同管理的理念带入到前期措施规划中去，实现协同管理效益最大化。接下来，仍有很多实际工作需要完成，包括研究如何在目标制定中体现协同理念、设计减排措施的协同效益评估、制定可实施协同措施的管理流程、制定技术标准和许可等。希望未来能有更多的技术产出，为政府管理决策做出贡献。

（来源：CCAPP 供稿）

“海南省环境空气质量持续改善”座谈会 能源基金会与海南省生态环境厅共同召开



2019年11月25日，能源基金会和海南省生态环境厅在海口市组织召开了《海南实现世界的领先空气质量战略研究（第一期）》项目技术方案评审会暨海南省自由贸易港环境空气质量持续改善座谈会。该项目旨在为海南省今后建立有效的大气污染防控措施奠定基础，并探索海南省2025年生态环境质量实现世界领先水平（即WHO空气质量指导值）的可能性。海南省生态环境厅厅长、党组书记邓小刚，中国工程院院士、清华大学环境学院教授郝吉明，能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥先生参会并讲话。海南省生态环境厅总工程师、党组成员周学双，以及7位国内外大气环境和能源领域的知名专家参会并提出建议。

《中共中央国务院关于支持海南全面深化改革开放的指导意见》中指出，2035年海南省要实现生态环境质量居领先水平。研讨会针对海南省空气污染治理现状以及《海南实现

世界的领先空气质量战略研究（第一期）》项目开展探讨，以结合实际问题和需求深入开展该研究，为海南省实现领先水平的生态环境质量提供技术支持。该项目由中国科学院大气物理所以及海南省环境科学研究院大气所共同承担，将对海南省空气质量现状分析及污染排放清单进行完善与更新，分析污染成因。

邓小刚厅长全面分析了海南省空气质量现状以及存在的问题，针对国家对海南省空气质量标准的更高要求，建议从中长期规划以及大环境的的角度进一步明确了该研究项目的需求，支持海南省空气质量改善政策产出。此外，他还建议海南在自由贸易港相关的政策方面借鉴其他先进地区的经验，形成自己独立完整的体系。郝吉明院士对能源基金会设立此研究项目表示赞许，强调该研究需总结国际大气污染控制历程及经验，并以此对比海南省与国际标杆的具体差异，建议借助海南省特有的地理、气候、资源优势制定推广可再生能源策略。在臭氧与PM2.5的协同控制方面，他还建议要对海南省的关键城市做规划，给出季节为单位进行规划。邹骥总裁表示，希望此项目能够为海南省空气和温室气体减排、以及高质量发展的协同应对提供技术支持。他提出，要深入研究分析海南人口、能源、产业、交通以及城镇化的特点以及未来发展趋势，在此基础上开展相关研究；并表示能源基金会将整合高质量的专家团队，持续为海南工作提供智力支持。

会议还特邀香港环保署雷国强研究员以及香港理工大学王韬教授分别分享了香港港口管理和臭氧污染机理及控制等经验，为海南省相关工作提供借鉴。

20 周年故事

推动空气质量加速改善，协同减排温室气体



空气污染是中国最严峻的环境问题，气候变化是全球最严峻的环境危机，两者高度相关。能源基金会环境管理项目主任刘欣介绍说：“能源基金会99年进入中国以来，始终铭记积极应对全球气候变化危机和致力于中国环境改善的双重使命。我们将推动解决中国空气污染问题作为机构的最高愿景之一，积极提供政策研究支持，有效促进了中国空气质量持续改善；与此同时，在中国率先将空气质量改善作为协同减少温室气体排放的重要战略机遇，在推动建立完善协同管理的方法学及目标、战略、措施政策及技术等方面支持开展了一系列具有里程碑意义的研究，推动中国十二五、十三五期间大气污染物和温室气体协同减排取得举世瞩目的非凡成就。随着这一理论体系的成熟和实施，未来还将发挥更为巨大作用。”

一、完善大气治理顶层设计，奠定协同管理的法律基础

（一）法律制度研究——重点研究支撑核心法律制度制定

早在2009年，能源基金会已敏锐的察觉到当时大气污染防治法不能有效应对日益激化的大气环境保护和经济社会快速发展带来的能源、产业、交通等行业排放量不断上升的现

状，组织开展了《中国大气污染防治法修改：基于国际经验的建议》，提出五大方面十三项法律修订建议，包括：

1. 以环境空气质量标准为基础的管理体系；
2. 加强达标规划的实施和对不达标地区的强化管理；
3. 对污染源管理提出固定源推行排污许可证制度和推动工业领域节能减排技术革新、移动源完善燃油车辆和油品管制并制定低排放交通运输规划；
4. 建立分区空气质量管理办公室等措施；
5. 协同控制温室气体和污染物，加强能源和环境政策统筹，并在电力交通和工业三个领域建立系统的节能（油）减排监管措施和总量交易制度。

这一研究在国家层面得到了高度认可，相关理念在北京市制定《大气污染防治条例》中也得到了体现和实践。以此为基础，2013年全国人大和环境保护部正式启动《大气污染防治法》修订工作后，能源基金会积极配合，支持开展了《大气法修订建议汇编》，进一步强调了以空气质量标准为核心的达标规划、许可证、总量交易、执法监管和信息公开等制度的重要性；并于2014年底和2015年4月分别支持召开了两期《大气污染防治法》修订相关问题的研讨会，邀请立法机关、行政机构和研究机构等，针对大气治理关键制度及相关“协同控制”等问题展开深入、全面的讨论，进一步厘清了“协同控制”在中国开展的可行性，为相关立法人员提供了有益参考。

（二）法律制度出台——史上最严大气法为大气治理和协同管理提供了坚实完备的法律基础

经过多方努力，号称史上最严格的大气污染防治法于2015年出台并于2016年正式实施，体现两个鲜明特点：

一是建立了科学完备的空气质量管理体系的法律基础，呈现四个转变：

1. 在第二章大气污染防治标准和限期达标规划中，从过去单纯的总量控制体系向以空气质量达标为目标的质量控制体系结合排放总量控制制度的转变；
2. 在第四章大气污染防治措施中，从单纯重视末端治理向注重加强源头治理和结构调整转变，从制定产业政策、调整能源结构、提高燃煤质量、防治机动车污染治理等几个方面着手，从推动转变经济发展方式、优化产业结构、调整能源结构的角度完善相关的制度；
3. 在第五章区域大气污染联防联控中，从过去各扫门前雪的模式向区域大气治理联防联控的科学治理方式转变；
4. 在全文法条中，贯穿着从单纯使用行政手段向综合运用经济、法律、技术和行政手段控制大气污染的转变，多管齐下，综合施策。

二是“协同控制”首次以法律形式出现在《大气污染防治法》总则第二条：“对颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物、氨等大气污染物和温室气体实施协同控制。”不仅

要求多污染物协同控制，也体现了大气污染物和温室气体排放物的协同控制。自此，由各方积极共同推动的“协同控制大气污染物与温室气体排放”（简称“协同控制”）这一理念，终于在中国法律层面得到了体现。而能源基金会与合作伙伴在地方层面对该理念路径与方法的不断探索，也逐步产生了积极的效果。

（三）法律制度实践——空气质量改善和碳排放强度下降的事实体现了协同管理制度的成功

在修订大气法的过程中，为应对PM_{2.5}污染，能源基金会提出的相关法律制度设计建议被提前纳入国家制定的《大气污染防治行动计划（2013-2017）》（即大气十条）予以实施，十条中明确提出的“加大综合治理力度减少多污染物排放、调整优化产业结构、增加清洁能源供应、优化产业布局、完善经济政策、严格依法管理、统筹区域治理、强化重污染应急和动员全社会参与”等十项措施完美匹配了能源基金会在前述研究中的提出的政策制度建议。大气十条的内容逐一细化落实为环保部《京津冀实施细则》、发改委《加强大气污染防治重点城市煤炭消费总量控制工作方案》、交通部《加强“车、油、路”统筹，加快推进机动车污染综合防治方案》、工信部《关于加快烧结砖瓦行业转型发展的若干意见》、财政部《开展中央财政支持北方地区冬季清洁取暖试点工作的通知》等八部委共计113项涉及四大结构调整、协同减少化石能源使用和污染排放的规划计划、政策措施，确保各项措施落实到位。

在大气十条实施过程中能源基金会率先发现措施和目标尤其是京津冀目标不匹配的问题。2014年，能源基金会紧急支持清华大学开展了《京津冀能否实现2017年PM_{2.5}改善目标》的研究，提出通过京津冀地区实现100%煤炭洗选并禁止使用高硫煤、京津冀地区对在用柴油车加装柴油机颗粒物捕集器（DPF）、河北省消减钢铁产量、河北和天津钢铁、水泥、炼焦企业全面升级改造污染治理设施并控制VOC排放等新十条建议，以帮助京津冀实现“大气十条”目标的可行性和路径。该研究得到了张高丽副总理的高度重视，环保部随即研究制定了《京津冀大气污染防治强化措施（2016-2017年）》、《京津冀及周边地区2017-2018年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》，进一步强化了散煤、散乱污企业治理清零和钢铁、建材、柴油车专项治理工作。

为进一步推动《大气污染防治法》相关要求的落实，2017年，能源基金会支持清华大学开展了《国务院大气污染防治行动计划（2013-2017）后续工作》研究，分析了能源、产业和交通结构调整这样的“源头治理”措施对于空气污染治理的巨大作用，以及协同带来的二氧化碳的减排效益。这些分析为2018年6月发布的《打赢蓝天保卫战三年行动计划》提供了积极的参考，《行动计划》中提出将调整优化产业结构、加快调整能源机构、积极调整运输结构和优化调整用地等四大结构调整作为大气污染治理的重要措施。

（四）法规规划实施的协同效果评估

得益于大气法及大气十条、蓝天保卫战的贯彻实施，全国主要城市PM_{2.5}年均浓度2018年比2013年下降30%，北京下降了43%。煤炭消费比例首次降至59%，清洁能源的比例提升到22.1%，散煤治理在前一年完成将近400万户的基础上，农村清洁采暖替代完成超过1000万户。煤炭等大宗物资运输加速公转铁调整，铁路运输量同比增加了9.1%；国家碳排放控制任务提前完成。根据清华大学对大气十条实施的协同效果评估，其措施分别削减全国二氧化硫、氮氧化物、一次PM_{2.5} 59%、21%和33%，同时5年协同减少二氧化碳排放30亿吨（只考虑大气十条中首次出现的措施，减少二氧化碳14亿吨），对提前完成国家十三五碳排放控制目标提供了最重要的保障。

（五）未来协同控制战略将整合升级

为支持转隶后的生态环境部打通一氧化碳和二氧化碳，继续加速空气质量改善和减排温室气体，今年6月2日，能源基金会与生态环境部共同签署了《生态环境部与能源基金会合作框架协议（2019-2023）》，明确了空气质量和气候协同保护的核心主线，开展政策研究、能力建设、管理试点、国际合作交流和传播教育的深度合作，进一步提高中国协同保护生态环境和应对气候变化的政策水平和能力，为中国逐渐完善环境与气候协同保护和管理体系提供有效支撑。环保部赵英民副部长在出席合作协议签署仪式上特别指出：“能源基金会一直在环境保护、温室气体减排和应对气候变化方面提供了强有力的支持，对于推动中国出台大气法修订，起到了积极作用”。

二、鼓励地方行业先行先试，探索创新“协同控制”

为帮助“协同控制”理念在实践中不断得到证实和完善，能源基金会从2010年起积极推动在地方和行业层面的探索，支持北京师范大学和生态环境部环境与经济政策研究中心等机构开展了系列研究，针对特定城市、不同行业的协同控制，系统性地回答了如何核算协同效益、如何针对具体的控制措施排出优先级等问题。在此基础上，深圳——这个中国最具活力的城市，跃入了能源基金会的视野。作为中国城市的名片之一，深圳的经济实现高速发展。如何让空气质量、温室气体排放与经济发展三者“互不伤害”，做到鱼和熊掌兼得，将是个极富意义的命题。

（一）推动深圳实现更严格的空气质量标准

2014年，能源基金会支持深圳市环境科学研究院开展研究，分析深圳在实现国家环境空气质量标准对PM_{2.5}的要求后自愿达到世界卫生组织（简称“世卫组织”）过渡期第二阶段标准，即PM_{2.5}年均浓度达到25微克/立方米的政策、技术和资金可达性，得到了深圳市

人居环境委员会的充分肯定。此后不久，能源基金会支持的路径研究提出了“源头优先”的思路，分析和证实了从能源、产业、交通结构入手开展治理将带为大气污染治理和二氧化碳减排带来明显的效果，这些措施对深圳实现世卫组织第二阶段目标具有明显的推动作用。

（二）设定并实现空气质量和碳的协同管理目标

2015年，深圳作为“率先达峰城市联盟”的成员，率先提出于2022年实现碳排放达到峰值的目标；一年后，又领先全国提出到2020年实现世卫组织第二阶段空气质量标准的目标。随后，深圳将目标细化到《大气环境质量提升计划（2017-2020）》中，明确规定了全面推广新能源车、锅炉清洁能源替代等一系列致力于前端结构调整的措施，“协同控制”的深圳样本开始绘制。

（三）打造碳和空气与经济可持续发展协同三达体系

2018年，能源基金会支持支持哈尔滨工业大学（深圳）开展《深圳市碳排放达峰和空气质量达标协同“双达”》研究。研究发现，道路交通、非道路交通、电力热力、非能源工业部门这四大部门的治理将对空气污染治理和二氧化碳减排同时产生最为积极的影响，解决好这些关键症结，深圳或可于2020年提前实现碳达峰——比国家达峰年份提早约10年、比2015年深圳测算的达峰时间提早两年——与此同时，实现世卫组织第二阶段空气质量标准目标。

（四）探索行业协同控制新举措

除了城市层面，促进行业层面的“协同控制”也是能源基金会的关注点之一。2015年，能源基金会支持政研中心开展研究，探讨能源、工业、交通等相关行业的“协同控制”路径以及措施的筛选，其中针对温室气体核算方面的分析，被引入环境保护部于2017年出台的《工业企业污染治理设施污染物去除协同控制温室气体核算技术指南（试行）》中。此外，研究中以重庆、深圳和厦门等城市为案例，对相关行业的“协同控制”方法和措施开展了深入分析，为《指南》发布后的试点工作提供了有意的参考。

随着空气质量管理与温室气体减排工作的持续推进，能源基金会也在进一步拓宽协同控制的广度和深度，包括PM_{2.5}和臭氧等多污染物协同控制、污染物与温室气体协同控制、二氧化碳与非二氧化碳协同控制等，并通过推动城市空气质量加速达标及推动更高的空气质量目标等，深度挖掘污染物和温室气体的减排潜力，助力中国实现世界级的空气质量、气候安全和美好生活的目标。

“我们是国际NGO，要以国际视野推动中国应对气候变化工作，我们也是中国人，实现中国的蓝天、碧水是我们环保人永恒的目标和动力，协同管理战略为我们实现上述目标提供了最有效和最高效的解决方案。未来，我们将进一步促进大气污染的治理，加强PM_{2.5}以及臭氧等多种污染物的控制，并通过源头治理贡献于更低的温室气体排放，实现更高质量的发展。”刘欣说。

2019 年 11 月全国空气质量状况

2019 年 11 月，全国 337 个地级及以上城市平均 PM_{2.5} 浓度为 41 微克/立方米，**同比下降 8.9%**；O₃ 日最大 8 小时平均第 90 百分位浓度平均为 101 微克/立方米，**同比上升 13.5%**；NO₂ 浓度为 34 微克/立方米，**同比下降 2.9%**。



京津冀及周边地区“2+26”城市 11 月超标天数中以 PM_{2.5} 为首要污染物的天数最多。北京市 PM_{2.5} 浓度为 44 微克/立方米，**同比下降 38.0%**。长三角地区 41 个城市 PM_{2.5} 浓度为 43 微克/立方米，**同比下降 17.3%**。汾渭平原 11 个城市 PM_{2.5} 浓度为 67 微克/立方米，**同比下降 2.9%**。



(来源：生态环境部)

能源基金会 清洁空气战略进展

总第 5 期 2019 年 12 月进展

040

“环境与健康科研进展报告：
大气卷”项目中期会召开

041

“散煤污染治理的资金机制研究”
完成结题验收

043

“环境空气质量监测传感器”
项目完成结题验收

044

“中国空气质量管理及排放标准体系研究
(第一期)”开题会

045

“不同碳减排路径对中国空气质量的影响”
完成结题验收

047

“中国国际清洁空气伙伴关系项目(三期)”
完成结题验收

051

2019 全年及 12 月空气质量状况

本期要点

环境与健康：“环境与健康科研进展报告：大气卷”
项目中期会



散煤：“散煤污染治理的资金机制研究”
完成结题验收



空气质量相关技术：“环境空气质量监测传感器”
项目完成结题验收



空气质量相关标准：“中国空气质量管理及排放
标准体系研究（第一期）”开题会



中长期战略：“不同碳减排路径对中国空气质量的
影响”完成结题验收



机构合作与宣传：“中国国际清洁空气伙伴关系
项目（三期）”完成结题验收



2019 年全年及 12 月全国空气质量状况



“环境与健康科研进展报告：大气卷” 项目中期会召开



该项目由北京科技大学段小丽教授团队负责，旨在系统梳理我国大气污染与健康领域的科研进展，为国家管理决策者和科研人员提供相关领域的科学依据。

2019年12月11日，项目中期会于北京召开。中国疾病预防控制中心王宇（原主任）、北京大学医学部潘小川、北京大学邱兴华、耶鲁大学张亚玮、首都医科大学陈瑞及生态环境部环境标准研究所王宗爽等专家参加了会议。课题组梳理了大气污染与人类健康研究的方法学、主要污染物与健康效应的研究进展、以及相关的法律法规、管理政策、基准与标准的制定。初步结论表明，我国在颗粒物（ $PM_{2.5}$ ）与呼吸系统、心血管系统、死亡率相关性方面开展了许多研究，但队列研究仍处于起步阶段，应加强大型队列研究，为我国环境基准的制定提供依据。

与会专家建议，在研究方法方面，加强大气污染物对神经系统和精神健康的影响，及估算改善空气质量的健康效益研究的梳理汇总；在政策建议方面，分区域梳理大气污染与健康效应的研究成果，并据此尝试形成不同浓度区间与健康影响的剂量响应关系。

“散煤污染治理的资金机制研究” 完成结题验收



本项目由中国投融资担保有限公司承担，探索如何引导金融和商业资本进入散煤治理领域。该课题主要梳理了散煤治理项目的补贴现状及获得融资的途径和方法，分析了这类项目融资的难点和问题，同时结合中投保自身业务特点，针对目前散煤治理捉襟见肘的资金问题探讨相关案例。

项目选取了集中供热改造、煤改电/气、型煤改造三类的6个典型案例进行探讨。

从资金来源看，案例主要运用公开市场、银行、融资租赁和自有财务公司等债务融资方式，其中后端供热费补贴的形式，能够保证回款的持续和稳定，拉长补贴期限，降低财政的补贴压力。从资金成本来看，6个散煤治理案例都由政府通过不同方式介入来提高项目收益的稳定性，随着政府介入项目程度的加深，债务融资成本降低，更容易达到与项目低收益相匹配的目标。从项目运营主体看，ABS项目的实施主体为纯国有企业，山东省经开区集中供热煤改项目运营主体为上市公司，天津煤改电蓄热集中供暖项目运营主体资质较弱，但EPC方实力较强，有自己的财务公司，只需对回款的滞后提供一个流动性保证，因此项目引入了第三方增信，剩下两个项目的运营主体为民营企业，市场化程度较高。

“环境空气质量监测传感器” 项目完成结题验收



此项目由北京市环境保护监测中心负责，主要支持提升空气质量精细化管理能力，加强监测监察技术手段技术研发与应用。项目于2019年12月20日召开结题会，中国科学院大气物理研究所吉东生，北京市环科院大气所黄玉虎，北京市环境保护监测中心郭继勇，北京大学曾立民和北京工业大学顾镭等专家出席本次结题会。北京市环境保护监测中心副主任刘保献代表项目组汇报了项目成果。

目前城市主要的空气监测的数据来源主要为标准站，其分散性强，且造价高的特点难以解决精细化环境评价、属地环保责任进一步落实等问题。与此同时，小型传感器技术结合物联网与大数据应用这一新的领域为城市空气质量精细化管理的愿景创造了实现的可能性。拓展小型传感器成为了主要目标，然而其面临以下主要三个挑战：一是传感器设备数据准确性、可比性较差，二是基于传感器的网络化监测体系急需建立，三是网格化监测结果的实际应用的可拓展性。

为解决上述管理需求，一是通过建立PM_{2.5}传感器设备性能评估体系，从点位布设、

安装验收以及运维质控几个方面，完善并统一对传感器设备的评价形式以及建设与运行建议，此外也为已建项目提供了指导性的评估方案，形成了《基于传感器的大气PM_{2.5}监测技术体系评估规范》建议稿以及《大气PM_{2.5}传感器性能评估方案》。二是建立了大气PM_{2.5}传感器监测网络第三方评价体系，对北京市大气PM_{2.5}网格化监测网络监测体系和数据质量开展评估，进一步拓展监测物种以及数据挖掘和应用开发，并制定有共同污染特征的城市或区域推广计划，形成了《北京市环境空气质量网格化监测网络的评估与应用报告》。三是利用网格化监测结果，支持人体暴露量计算，并规划了与共享单车等领域的合作的方案并进行了可行性分析，形成了《环境空气质量监测传感器公众应用方案与可行性分析报告》。

该项目成果为北京市精细化的大气污染特征建立了良好的数据基础，使北京环境管理精确到街乡镇尺度，提升了北京市大气污染防治水平和力度，并为环境管理提供更加理性客观的决策支持。

“中国空气质量管理及排放标准体系研究（第一期）” 开题会



本项目由中国环境科学研究院负责，旨在探讨国家层面环境空气质量标准的实施情况，并为接下来的标准修订提供参考建议。项目于2019年12月23日召开开题会。一期选取了能源使用和排放密集型产业印刷业作为切入点开展行业 VOC 排放控制思路的研究，从而推进臭氧污染的控制。

中国环境科学研究院柴发合、中国生态文明研究与促进会执行副会长（原环境保护政法司司长）李庆瑞，北京市政协副秘书长、民进中央人口资源环境委员会委员李昕，中国协和医科大学许群，生态环境部环境标准研究所张国宁，生态环境部环境规划院研究员燕丽，中国环境监测总站刀谓和北京科技大学研究员段小丽等专家参与本次开题会。

针对中国环境空气质量标准评估，项目回顾了中国空气质量标准制修订发展历程、GB 3095-2012 标准的修订过程以及实施情况，并结合国外空气质量标准发展趋势，进一步明确了该项目的研究目标：将标准发布后的环境管理政策法规变化情况以及标准体系的建设情况进行归纳；整理国际及重点城市针对落实标准实施的主要措施；评估标准的适用性及在实施和监督过程中出现的问题；以及结合我国未来空气质量的需求，提出相应的完善建议，为未来标准修订及管理决策奠定基础。同时，针对中国印刷工业挥发性有机物排放控制思路研究，项目总结印刷行业概况、分析国内外相关标准，明确了研究的主要内容：其中包括梳理行业 VOCs 产排污情况、污染控制技术分析、VOCs 排放控制思路、总结国外和国内地方控制经验等。

“不同碳减排路径对中国空气质量的影响” 完成结题验收



该项目由清华大学负责，于2019年12月24日顺利结题。中国环境科学研究院胡京南，国务院发展研究中心洪涛，环境保护部环境规划院杨金田，北京大学谢绍东，清华大学能源环境经济研究所张希良等专家出席结题会。

该项目旨在将ABaCAS系统与全球变化评估模型—中国区域模型（GCAM-China）结合，从经济、能源、农业与土地利用、水系统以及气候领域出发，建立能源相关的二氧化碳和大气污染物排放综合评估模型，通过设计不同的能源发展路径和末端控制情景，评估不同能源政策和末端控制政策的协同减排效益，以探究碳减排与空气质量目标双重约束下的温室气体与空气污染物协同减排路径。对于具体的协同管理的政策，该项目建议优先考虑严控“两高”行业产能的工业总量控制政策以及建筑部门“煤改气”“煤改电”的用能结构优化政策。此外，如进一步考虑发电结构调整和工业能源结构调整的能源政策，以及机动车排放标准升级和钢铁、建材、工业锅炉的超低排放改造的末端控制政策，则可使CO₂和大气污染物均实现80%–90%的减排潜力。

该项目预测，能源政策在2020年对CO₂和污染物减排效果将小于12%，协同考虑大气污染控制要求的能源政策可以使CO₂排放量峰值下降5%–10%，综合考虑能源结构调整以及能源总量控制政策可以使我国CO₂排放总量在2025年达峰。此外，我国大部分省份的全省PM_{2.5}年均浓度值在2035年可以达到国家空气质量二级标准。对于京津冀地区，在综合考虑能源结构调整和总量控制的能源政策下，北京、天津、山东和山西可以实现2030年达标，河北和河南则可在2035年达标。



ABaCAS 系统
(Air Benefit/Cost & Attainment Assessment System)

“中国国际清洁空气伙伴关系项目（三期）” 完成结题验收

该项目由生态环境部对外合作与交流中心负责，项目三期已于12月27日顺利结题。北京市环境保护科学研究院聂磊，北京市劳动保护科学研究所岳涛，生态环境部环境规划院郑伟，中国环境科学研究院高健和中国地质大学教授杨琦等专家出席。

本期项目的主要课题目标是围绕支持大气十条和VOCs排放控制，进行清洁空气城市网络建设以及项目专题研讨及咨询研究。作为能源基金会与其他环保机构合作交流的宣传平台类项目之一，本期项目旨在为城市提供交流平台，组织相关技术、政策研究讨论，收集整理国内外先进经验，为开展大气污染防治工作提出进一步完善方案，为区域空气污染治理提出政策建议。

中国国际清洁空气伙伴关系项目在本期完成了项目目标，主要成果包括出台研究报告及政策建议4份：《国际臭氧污染防治研究与治理经验及对我国臭氧污染防治工作的启示》、《中美“政府、公众、企业”参与工业园区空气质量管控对比分析对我国工业园区大气污染防治和减缓厂群矛盾的建议》、《借鉴国内外经验推动我国汽车制造行业涂装挥发性有机物（VOCs）管控研究》、《城市喷涂行业VOCs废气综合整治经验与绩效评估研究工作报告——以重庆市为例》。此外，开展2次培训及经验交流活动、联络网络城市成员共同参加2次大型清洁空气会议、举办2次小型大气污染防治政策研讨会、制定大气VOCs排放管理与控制国际研讨会总结报告1份、工业园区大气污染防治研讨会会议总结1份。

未来，该项目将进一步深化网络城市机制，组织城市网络成员进行城市空气质量管理经验交流，为城市间VOCs技术交流提供支持和平台，整合和丰富项目成果，编写《国内外大气污染防治与重点行业挥发性有机物（VOCs）排放管理与控制》论著，并为开展工业园区大气污染防治现状分析与管控方案制定的技术支持。

(1) 整合国际资源和技术, 聚焦我国VOCs 防治——大气VOCs 排放管理与控制国际研讨会

(2) 第七届全国挥发性有机污染物(VOCs) 减排与控制会议

2018 年6 月9-10 日在北京召开该会议, 围绕VOCs 治理相关政策、法规、技术开展研讨, 并结合VOCs 污染企业入园管理、先进治理经验等热点问题, 开展了“工业园区挥发性有机物综合防治”、“技术与成果推广”等专题活动。

2018年6月9-10日在北京召开该会议，围绕VOCs治理相关政策、法规、技术开展研讨，并结合VOCs污染企业入园管理、先进治理经验等热点问题，开展了“工业园区挥发性有机物综合防治”、“技术与成果推广”等专题活动。

2018年10月19日在北京召开该会议，旨在整合国内外大气污染防治先进政策和技术经验，研讨京津冀O₃和VOCs污染管控经验与策略，为我国重点区域大气污染防治工作提供有益的参考和借鉴。

其中已实现在全国57个省市进行宣传，包括北京、天津、上海、海南省、重庆、宁夏、香港、澳门、台湾等。宣传方式包括3iPET 微信公众号、网站宣传、LED 活动宣传、微信群宣传以及国际宣传。



（5）技术交流与调研



赴成都市开展工业园区大气污染防治工作调研与技术交流

2. 项目专题研讨及咨询

（1）吉林省挥发性有机污染物综合整治工作培训会（2018年12月19-20日）



为各重点省市环保部门培训《挥发性有机物和臭氧污染防治管控政策与实践》

（2）工业园区大气污染防治研讨会

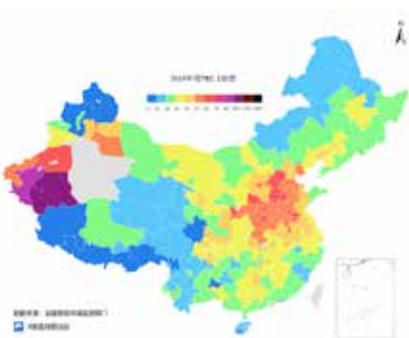
该会议于2019年1月29日召开，会议建议工业园区大气污染防治国际合作项目应从VOCs管控政策、标准完善的国际经验入手，着重落实无组织排放的监管，并针对园区的发展情况提出差异化的管理和指导方案，制定工业园区监测、预警、溯源技术规范，用好排污许可证工具，注重治理技术的效果评估，提升工业园区及周边空气质量和人民福祉，并为下一步开展工业园区大气污染防治工作提供了重要参考和支持。

（3）“十四五”大气污染防治政策需求研讨会

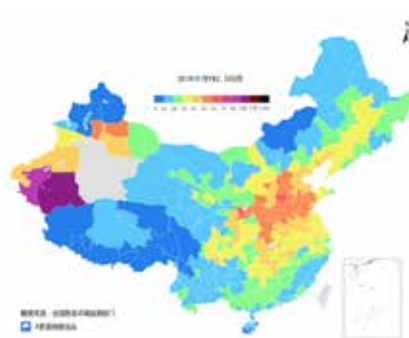
该会议于2019年7月22日召开，根据“十四五”期间大气污染防治工作重点和需求，就能源、交通、工业、环境执法与监管等领域，对“十四五”期间大气污染防治工作方向和发展趋势开展研讨。

▣ 2019 年 12 月全国空气质量状况

2019 年1-12 月，全国337 个地级及以上城市PM_{2.5} 浓度为36 微克/ 立方米，**同比持平**，其中，未达标城市PM_{2.5} 年均浓度为40 微克/ 立方米，**同比下降2.4%**；O₃ 浓度为148 微克/ 立方米，**同比上升6.5%**；NO₂ 浓度为27 微克/ 立方米，**同比持平**。



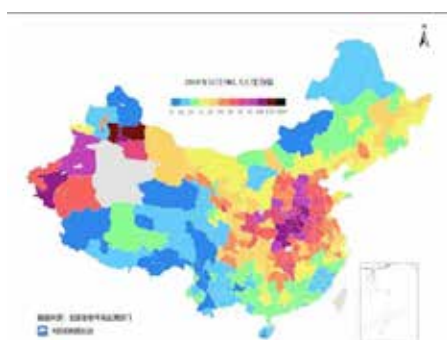
2018 年 PM_{2.5} 年度均值



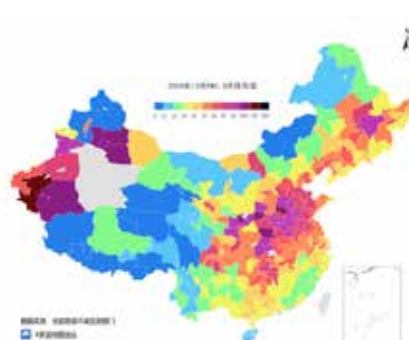
2019 年 PM_{2.5} 年度均值

2019 年12 月，全国337 个地级及以上城市平均PM_{2.5} 浓度为55 微克/ 立方米，**同比上升10.0%**；O₃ 日最大8 小时平均第90 百分位浓度平均为78 微克/ 立方米，**同比上升18.2%**；NO₂ 浓度为39 微克/ 立方米，**同比上升11.4%**。

京津冀及周边地区“2+26”城市12 月超标天数中以PM_{2.5} 为首要污染物的天数最多。北京市PM_{2.5} 浓度为45 微克/ 立方米，**同比上升15.4%**。长三角地区41 个城市PM_{2.5} 浓度为58 微克/ 立方米，**同比上升7.4%**。汾渭平原11 个城市PM_{2.5} 浓度为85 微克/ 立方米，**同比下降10.4%**。（数据来源：生态环境部；制图：蔚蓝地图）



2018 年 12 月 PM_{2.5} 月度均值



2019 年 12 月 PM_{2.5} 月度均值

散煤专刊

能源基金会清洁空气战略进展

总第 6 期 散煤专刊

052

农村清洁取暖散煤替代现状、问题及工作建议

1. 散煤的定义 052
2. 散煤燃烧有哪些危害？ 052
3. 近年来散煤治理的政策、进展和成效 053
4. 治理散煤面临的困境 054
5. 破解散煤治理难题的建议 057

编者按

民用散煤用于炊事取暖，量大面广，污染空气，危害人体健康，是大气治理的重点难点领域。我国 2013 年以来散煤治理取得明显进展，但也面临管理不清晰、资金需求大、技术不明确等诸多问题。2017 年底的气荒一度让社会对煤改清洁能源产生质疑，亟需统一思想，梳理问题成因，并逐一形成有效解决方案。

本期专刊通过散煤治理专题文章进行讨论分析，并整合了能源基金会散煤治理领域主要课题的阶段性研究成果。

农村清洁取暖散煤替代现状、问题及工作建议

1. 散煤的定义

对于散煤，尚没有统一的定义。据了解，目前全国包括民用散烧、工业或商业小锅炉和小窑炉等散煤消耗总量约在6亿吨左右。其中小锅炉和小窑炉燃煤用量在4亿吨左右，由于是经营性燃煤，可以按照固定源管理模式，通过严格准入、达标排放、末端治理和清洁能源替代等多种管理手段强化减排，在本文中不做赘述。用于供暖和炊事的民用散烧煤年消耗约在2亿吨，由于涉及农民千百年来的生活方式，治理难度更大，被视为“能源消费清洁化中最难啃的一块骨头”。在本文中，将散煤定义为：居民取暖、炊事等生活领域用在没有环保治理设施的炉具或茶炉大灶中燃烧的块状原煤或煤粉。

2. 散煤燃烧有哪些危害？

与其他煤炭一样，散煤燃烧过程会释放出大量的颗粒物、二氧化硫、一氧化碳、挥发性有机物、氮氧化物及重金属砷和氟等其他有害物质，是重要的大气污染源。从民用散煤对城市空气质量的影响来看，《民用取暖散煤污染控制可视化分析平台》项目经过统计、调查和估算，结合大数据分析认为：2016年“2+26”城市散煤排放对PM_{2.5}年均值的贡献比例为7%~25%，平均为14%。

不同于电厂、钢铁厂等大型工业固定源，散煤量大面广，“散”字体现了污染面源的特点：生产分散、运输分散、使用分散，排放更是无治理措施的分散直排，产生量等于排放量。李干杰部长在2018年全国两会期间接受采访时提到，1吨散煤相当于15吨电煤的排放量，京津冀及周边地区的28个城市有五六千万吨散煤，在污染排放中占相当比重。

《中国农村空气污染的健康与气候影响及控制策略》的结果也显示：农村居民生活能源消耗排放的一次PM_{2.5}是3100 Gg，占全国总排放的27%左右，仅次于工业排放。由中国矿业大学承担的项目《基于经济承受能力的分散燃煤治理途径和政策措施》项目认为：分散燃煤每年排放二氧化硫接近1000万吨，与电力行业齐平；氮氧化物320多万吨，仅次于电力和机动车。

散煤作为化石能源，其排放本身会产生大量二氧化碳；同时由于不完全燃烧，也会排放大量黑碳。清华大学相关研究表明，散煤等生活源排放占到中国总黑碳排放的约50%。因此

散煤也是中国重要的温室气体排放源。

随着燃煤发电等大规模集中利用方式的污染控制水平不断提高，散煤治理成为我国当前节能减排和改善环境工作的当务之急，并以其提效空间大和减排空间大的特点，成为实现我国空气质量和温室气体协同改善目标的重要突破口。

散煤对人体健康的影响，在炊事和取暖环节都有明显贡献。在使用煤炉做饭时，人体和燃煤排放的污染物近距离直接接触，同时由于农村地区常为女性边带孩子边做饭，因此对妇女和儿童的心肺健康危害更大。而家庭煤炉取暖，为了达到较好的取暖效果，一般都关闭门窗，从而造成室内污染物的严重积累，各种污染物严重超标带来更高的人体暴露。通风不好也是燃煤一氧化碳中毒的重要因素。

《中国农村空气污染的健康与气候影响及控制策略》项目量化评估了1992–2012年农村生活能源对空气污染和人群健康的影响，认为：农村居民能源清洁化，在20年间有效地避免了约13万人的过早死亡。

充分治理散煤污染，将有助于大幅减少因燃煤导致的成人缺血性心脏病、中风、肺癌、慢性阻塞性肺病以及儿童呼吸道感染等疾病的发病率及所引发的就医和过早死亡。

因此，无论是空气污染治理，还是人体健康保护，或是应对气候变化各个角度，散煤治理都迫在眉睫。

3. 近年来散煤治理的政策、进展和成效

国家有关部门在散煤清洁能源替代上进行了多种尝试，制定实施了一系列政策措施，取得明显效果：

- » 2013年，国务院发布《大气污染防治行动计划》，提出“通过政策补偿和实施峰谷电价、季节性电价、阶梯电价、调峰电价等措施，逐步推行以天然气或电替代煤炭”，强调了煤改气煤改电的路径选择。
- » 2014年，发改委和能源局牵头制定的《能源行业加强大气污染防治工作方案》和《京津冀散煤清洁化治理工作方案》提出“加强分散燃煤治理”，但处于支持煤炭行业发展考虑，选择路径为建设配煤中心和提供型煤替代。
- » 2016年，发改能源部门发布《关于推进电能替代的指导意见》，重新强调了电能替代的战略地位，提出“2016—2020年，实现能源终端消费环节电能替代散烧煤、燃油消费总量约1.3亿吨标煤，带动电煤占煤炭消费比重提高约1.9%，带动电能占终端能源消费比重提高约1.5%，促进电能占终端能源消费比重达到约27%。”
- » 2017年，《北方地区冬季清洁取暖规划（2017–2021）》，首次明确清洁采暖的定义：是指利用天然气、电、地热、生物质、太阳能、工业余热、清洁化燃煤（集中供热

加超低排放)、核能等清洁化能源,通过高效用能系统实现低排放、低能耗的取暖方式,包含以降低污染物排放和能源消耗为目标的取暖全过程,涉及清洁热源、高效输配管网(热网)、节能建筑(热用户)等环节,其中特别明确清洁燃煤包括实现超低排放的集中供暖大型抽凝式热电联产机组、背压式热电联产机组、大型燃煤锅炉(房)。《关于北方地区清洁供暖价格政策的意见》对“煤改电”的地区适当扩大峰谷时段价差,在采暖季适当延长谷段时间;对适宜“煤改气”的地区降低清洁供暖用气成本,重点支持农村“煤改气”。财政部等四部委联合发布的《关于开展中央财政支持北方地区冬季清洁取暖试点工作的通知》,以“2+26”城市为重点,由中央财政支持试点城市推进清洁方式取暖替代散煤燃烧取暖,并同步开展既有建筑节能改造,鼓励地方政府创新体制机制、完善政策措施,引导企业和社会加大资金投入,实现试点地区散烧煤供暖全部“销号”和清洁替代,形成示范带动效应。

- » 2018年,《打赢蓝天保卫战三年行动计划》提出“宜电则电、宜气则气、宜煤则煤、宜热则热…集中资源推进京津冀及周边地区、汾渭平原等区域散煤治理…2020年采暖季前,上述地区基本完成生活和冬季取暖散煤替代;对暂不具备清洁能源替代条件的山区,积极推广洁净煤”。
- » 2019年,《京津冀及周边地区2019—2020年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》提出“有效推进清洁取暖,按照‘以气定改、以供定需,先立后破、不立不破’的原则,在保证温暖过冬的前提下,集中资源大力推进散煤治理,同步推动建筑节能改造。”

通过上述措施实施,截至2018年底,京津冀及周边地区完成散煤治理1000万户,其中煤改气580万户左右、煤改电360万、集中供热热能替代60万户左右。散煤治理是推进供给侧结构性改革和改善农村人居环境的重要举措,并能同步解决室内空气污染等问题,可以拉动消费增长,实现一石多鸟,深受广大群众欢迎。(摘自生态环境部大气环境管理司副司长吴险峰在“2019国际清洁取暖峰会”上的讲话)预计今年冬天还将完成约700万户的散煤替代。

4. 治理散煤面临的困境

散煤治理取得了巨大成绩,但一些推广了“煤改气”“煤改电”的地区又出现散煤复燃问题。生态环境部在2019年初抽查发现,一些已完成清洁化替代的村庄散煤复燃比例高达36%,大量散煤游离于监管之外。为何会出现这种现象?

困境之一:基础设施不完善。

为了改善秋冬季空气质量,散煤治理被重点关注。但在治理的过程中,也暴露出能源

系统的短板。比如说，城市和农村的基础设施建设，包括供热管网、天然气管网和配电网等以及建筑节能改造等方面的工作不足。

从煤改气看，天然气管网虽然在城市区域的覆盖情况好很多，但是在农村地区的覆盖能力依然很有限，且季节调峰能力非常缺乏，难以应对大量供暖需求加大的季节峰谷差。

从煤改电看，农村家庭配电容量较低，中国北方农村地区户均电网线路容量只有2-3千瓦，用电代煤采暖需要达到9-10千瓦以上，远远不能满足冬季供暖需求，电网改造压力大。

困境之二：缺乏顶层设计和统一规划。

散煤治理和清洁取暖工作是一个系统工程，涉及部门多，基础数据繁杂，部门间协调工作多且难度大，牵头单位协调难度较大，尤其是农村地区清洁取暖工作无明确牵头部门。

如发展改革从支持国有煤炭生产企业发展，能源局从能源安全和资源禀赋的角度均曾经或正在助力型煤生产使用；住建部门主要负责城市建筑节能标准实施，但不包括农村宅基地住宅的节能保温；农业部门主要负责农业生产，对农民生活用散煤也较少关注；地方农委从经济型和便捷性角度，多愿意推广适用型煤和相应炉具，对其他清洁能源持谨慎态度；只有环境部门从空气质量改善需求和人体健康防护目的出发，希望持续减少散煤使用。众多部门行政管理主体分散、部门分工和责任不明确、政策缺乏系统性，给散煤治理工作增加了难度。

困境之三：经济激励机制效率不高，持续性差。

散煤治理多种问题根源在于民用散煤的各项替代技术与直接燃烧散煤相比没有经济性。

煤改之前，农村地区普遍取暖费用为2000元/取暖季，煤改之后，“煤改气”方式取暖成本约为散煤取暖的3倍，而“煤改电”取暖成本约为散煤取暖的4倍。此种情况下，仅有部分富裕农村地区居民会主动接受“煤改气”取暖。

此外，在补贴到位之前，大多数省市居民需要“先付费，后报销”，这一方面降低了没有先行垫付能力的贫困居民参与煤改的积极性；另一方面由于财政预算制定到补贴发放的时间间隔过长，补贴难以及时发放到位，进一步降低了居民的积极性。也因此，不少地方出现“返煤”问题。2019年1月，生态环境部对重点区域5个省份13个城市共633个已完成散煤清洁化替代的村庄进行抽样调查，发现8个城市的89个村存在燃煤复燃现象，占比14%。其中，“煤改气”燃煤复燃比例远高于“煤改电”，513个已完成“气代煤”改造村庄，有83个村存在燃煤复燃现象，比例为16.1%；120个已完成“电代煤”改造村庄，发现6个村存在燃煤复燃现象，比例为5%。散煤复燃与顶层设计不清晰、基础设施不完善、年度目标不明确、农民的可承受能力有限和缺乏有效经济激励政策等多种因素有关。

此外，在清洁取暖工作推进过程中，大部分地区在煤改清洁能源的同时不太重视建筑能效提升。农村房屋结构普遍简易，保温效果较差，建筑能效较低，能源浪费严重。由于清洁能源价格普遍高于散煤价格，在绝大多数既有建筑未进行节能改造的情况下，清洁取暖运行成本普遍偏高，极易引起“返煤”等问题。

《基于经济承受能力的分散燃煤治理途径和政策措施》分析了，当前采暖费占城镇居民可支配收入的比例为0.92~4.39%，采暖费占农村居民可支配收入的比例为2.55~8.92%，采暖费占农村居民可支配收入的比例要明显高于其占城镇居民可支配收入的比例，大约为2.5倍。其中采暖费所占比重超过平均值的省份主要集中在冬季寒冷地区和经济水平发展较弱的地区，更加说明采暖支出对农村农户的影响敏感程度，补贴不到位或成本不能有效降低，则清洁采暖方式势必不能长期持续。

表 1: 我国部分省市居民人均可支配收入中采暖费所占比重

| 地区 | 采暖费 (元 / 平方米·采暖季) | 城镇居民人均可支配收入 (元) | 采暖费占城镇居民可支配收入的比例 (%) | 农村居民人均可支配收入 (元) | 采暖费占农村居民可支配收入的比例 (%) |
|-----|-------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|
| 北京 | 24.00 | 57275.31 | 1.32 | 22309.52 | 4.11 |
| 天津 | 25.00 | 37109.57 | 1.47 | 20075.64 | 3.77 |
| 河北 | 22.00 | 28249.39 | 2.63 | 11919.35 | 6.46 |
| 山西 | 24.00 | 27352.33 | 2.58 | 10082.45 | 7.28 |
| 内蒙古 | 25.76 | 32974.95 | 2.39 | 11609.00 | 5.53 |
| 辽宁 | 26.00 | 32876.09 | 2.29 | 12880.71 | 5.91 |
| 吉林 | 27.50 | 26530.42 | 2.92 | 12122.94 | 5.60 |
| 黑龙江 | 40.35 | 25736.43 | 4.39 | 11831.85 | 8.46 |
| 山东 | 26.70 | 34012.08 | 2.93 | 13954.06 | 7.35 |
| 陕西 | 23.20 | 27232.92 | 2.61 | 11696.74 | 7.32 |
| 甘肃 | 25.00 | 28440.09 | 2.69 | 9396.45 | 6.41 |
| 宁夏 | 19.00 | 25693.49 | 2.29 | 7456.85 | 6.60 |
| 新疆 | 22.00 | 26757.41 | 2.22 | 8664.36 | 6.91 |
| 青海 | 29.58 | 27153.01 | 2.94 | 9851.63 | 8.92 |
| 河南 | 6.84 | 28463.43 | 0.92 | 10183.18 | 2.55 |
| 平均值 | 24.46 | 31057.13 | 2.34 | 12268.98 | 5.96 |

5. 破解散煤治理难题的建议

一要加强农村清洁能源整体布局规划、完善顶层设计，确定适宜的治理目标和技术路线。

《基于经济承受能力的分散燃煤治理途径和政策措施》项目从居民生活、建材生产、农业生产、商业和公共领域分析了散煤替代方式及其经济可承受性，建议以经济承受能力为基础，依据能源供应情况和用能习惯，优先发展余热利用，宜电则电、宜气则气、宜煤则煤、宜柴则柴。

未来5年，应该结合空气质量改善的要求，优先在人口密集、空气质量差、散煤使用量大的京津冀及周边、汾渭平原等地区推进使用清洁能源替代散煤。《民用取暖散煤污染控制可视化分析平台》运用大数据技术确定了平原地区的改造户数和分布情况，认为平原地区地势平缓，具备清洁能源基础设施改造条件，是优先推进清洁取暖工作的区域。

还应将农村清洁能源纳入国家能源行业综合管理体系，健全建设投资、技术管理和质量监督体系，明确管理责任主体，提高建设水平、运行管理水平以及供应和服务水平。

对农村清洁能源技术、政策、管理、体制机制等方面开展系统研究，尽快完善顶层设计，制定国家、省、市、县各级农村清洁能源专项规划，落实建设方案和有关管理措施。国家和省层面规划重点突出能源利用政策，着力解决清洁能源供应不足、价格偏高和政策不配套等突出问题，加快建立健全安全、可靠的清洁能源供应网络。

二要明确中央和地方、政府和企业及用户责任，明确成本分担机制。

在成本分担模式上，清洁取暖成本应在中央政府、地方政府、清洁取暖相关企业以及居民消费者之间合理分担。可以按照建设成本和使用成本进行分担。由政府和企业承担燃气管网建设、电网建设、清洁热源气源建设等方面的主体责任。

对已实施“双替代”居民的清洁取暖使用成本，则采用原取暖方式的成本由居民承担，额外增加的部分由政府、企业和居民共同承担的方式。承担比例需分城市、分技术，经过详细经济调研后确定。

另外，政府可通过政策支持弥补电网和燃气公司，如优化电力市场交易，优先将低价电力销售给“煤改电”配电网公司等。

三要构建多样化的清洁能源生产和供应体系，提高散煤替代技术的可靠性、经济性和便捷性。

与经济问题密切相关的是技术问题。

中国农村用能需求、资源条件、气候条件和经济发展水平差别较大，应积极开展基础调研工作，摸清各地区清洁能源利用现状、突出问题及主要困难，结合各地清洁能源的可获得性、冬季平均温度、取暖需求、群众意愿和支付水平等因素，遵循“分步推进、分类指

导、因地制宜、统筹规划、清洁高效”的原则，合理选择电（空气源热泵）、燃气、太阳能、沼气或组合的供能方式，以及设备型号、运营维护等技术方案，合理规划清洁供暖推广顺序，同时统筹安排房屋节能改造、内线改造，构建多样化的清洁能源生产和供应体系。

具体包括：一是充分挖掘热电联产、工业余热利用潜力；二是鼓励电能、燃气等清洁能源供应及服务网络向农村延伸。三是积极利用农村生物质资源，采用沼气、生物质气化等方式提供生活用能；四是大力推广太阳能热利用技术，五是地热等可再生能源资源丰富的地区，优先使用相应的资源，清洁能源取暖方式在近期都不适用的，以洁净型煤替代劣质散煤作为过渡措施，并进一步完善煤质监管机制。六是通过绿色能源示范工程建设推进农村清洁能源发展，建设“互联网+智慧能源”系统。

《民用取暖散煤污染控制可视化分析平台》项目结合调研数据和互联网大数据，构建了精细化至村镇级的特征信息数据库、城乡热源数据库、散煤消费水平等数据库，通过自下而上的方法一定程度填补了该部分数据的缺失，也搭建了聚焦于散煤治理与清洁取暖政策的民用采暖燃煤污染控制可视化与分析平台，可为散煤污染治理政策制定工作提供有力的数据支撑。

四要改变补贴方式，避免“劣币驱逐良币”，减轻财政负担。

根据《关于开展中央财政支持北方地区冬季清洁取暖试点工作的通知》，进一步完善“清洁取暖”专项财政资金，加强对补贴发放流程的控制与监督，并搭建项目效果奖励和惩罚机制：地方政府应于供暖季之前提前出具相应的管理办法，对财政专项资金的补贴标准、使用范围、资金拨付和监督管理等方面作出明确规定。

改变补贴模式，如像精准扶贫一样精准补贴：从按行政级别的补助标准转变为按单位改造面积或改造户数的固定产出补贴标准，并充分考虑各城市经济社会发展不平衡和财力差异较大的情况，补贴应朝经济困难地区倾斜，建立按经济水平分档的固定产出补贴标准。

对于京津冀地区，河北省困难大的问题，京津冀地区煤改清洁能源要实现三地共赢，必须打破目前京津冀行政格局的局限，整合三方建立起跨越行政区划的区域生态环境补偿机制，建立有利于统筹京津冀区域散煤治理的公共财政体系。

建立健全监管长效机制。各地应制定适宜本地区农村居民需求的取暖系统方案以及清洁能源补贴办法和使用价格管理办法等，从政策、技术、管理以及取暖技术设备选择等方面，科学引导居民自主选择最佳方案，同时根据自身情况合理进行经济补贴。

建立健全农村清洁能源成本监审、逐步推行成本信息公开，进一步规范补贴和定价行为、增强农村清洁能源价格的科学性和透明度，相关部门应公布补贴项目和补贴设备目录，同时严格企业选拔条件、产品质量标准及招标、推广程序，明确招标责任主体并建立严格的责任追究制度。

建立居民“煤改清洁能源”台帐管理制度，建立统一后期服务体系，切实保障居民清洁能源改造成本及使用费用在可承受范围内，避免出现由于取暖方式选取不合理、使用费

用高、取暖效果不好等原因而导致安装了电（气）取暖设备后又烧煤取暖问题。

五要统一认识，准确理解“宜煤则煤”

“宜煤则煤”，需要政府部门统一定义，和适用环境。生态环境部大气环境管理司副司长吴险峰在“2019 国际清洁取暖峰会”上强调：“清洁取暖绝不是简单的去煤化，不是不要煤炭，而是鼓励煤炭集中高效清洁利用。《北方地区冬季清洁取暖规划（2017-2021）》已明确是指实现超低排放的集中供暖大型抽凝式热电联产机组、背压式热电联产机组、大型燃煤锅炉（房），而非型煤。前一段时间《征求〈关于解决“煤改气”“煤改电”等清洁供暖推进过程中有关问题的通知〉的意见函》招致很多人的误读或有意歪解，认为“煤改气煤改电路径错误，煤改煤才是正道”。建议生态环境、能源、发改等部门进一步统一口径，明确清洁供暖的定义和宜煤则煤的特定适用条件。

在此基础上，要全面加强洁净煤质量控制。由煤炭行业的专业协会牵头指导，进一步完善民用洁净型煤和优质煤的行业标准，确保其生产质量统一。加强散煤流通各个环节的严格监管，同时强化社会监督，动员全社会监督举报劣质散煤生产、销售、购买、使用等行为。让燃煤取暖的群众和当地环境成为最大受惠者，为散煤替代工作营造良好的社会环境。

六要结合建筑节能改造，并放到电气化和可再生能源发展的大环境中寻找综合解决方案。

将农村清洁能源发展与美丽乡村建设、新农村建设、新型城镇化建设、农业现代化、扶贫搬迁以及建筑节能改造等紧密结合。推动清洁能源的推广与农村建筑节能改造及绿色农房建设同步进行，做好屋顶、地面、外墙保温和节能门窗的更换，积极推广被动式节能建筑和主被动结合的供暖技术。

七要理顺市场机制，激活利益相关者的活力。

由中国投融资担保有限公司承担的项目《散煤污染治理的资金机制研究》分析了目前国内散煤治理财政补贴存在的问题，认为解决散煤复烧的关键是破解散煤经济性难题，并提出以下建议：

政府应理顺电力、煤炭、天然气等清洁能源的价格机制，完善峰谷分时价格制度，优化阶梯价格政策，扩大市场化交易等支持政策，提高散煤用户自我改造的主动性。同时，可以通过财政补助、绿色金融、PPP 等模式，引导社会资金参与散煤治理，要重点解决商业资本对于散煤治理中的资金安全、政策预期稳定和适度的盈利性等需求。商业资金可从依托于政府信用端介入，投向于地方政府用于治理散煤相关的基础建设的项目收益债或国有企业发行的企业债或私募债；或从项目施工企业端介入，需要政府积极协助开展治理散煤形成应收账款的确权、质押登记、账户监管等。

八要加大宣传教育，鼓励农村使用清洁能源，改变取暖习惯。

任何事物的变化，内因都起到决定性作用，如何进一步加强科普宣传教育工作，让农民认识到散煤对自身健康的危害巨大，散煤燃烧污染空气需要付出经济成本，是宣传清洁

取暖的重要出发点和着力点。

如果可以利用宣传引导，让农民群众感觉到冬季散煤取暖如同‘天天住在工厂的车间里’，是一个很严重的健康隐患，对妇女和儿童的危害更大。而“农村居民能源清洁化，20年间避免了约13万人的过早死亡。”各地可结合当地情况，通过一些直观的数据和鲜活的例子进行宣传引导，使农民形成自主健康意识，改变不良用能习惯。

同时，烧散煤不能享受电补贴、不能用平价气做饭，则主动改用清洁能源的积极性就会提高。引导企业、群众理解、支持、参与、监督清洁取暖工作，广泛宣传散煤取暖对生活质量的影响、财产生命安全的潜在威胁以及对室内空气质量、人体健康的危害，大力推广成功经验、树立标杆典范、及时曝光违法违规行，促使更多群众的取暖习惯向清洁能源倾斜，形成全社会齐力推进清洁取暖的良好社会氛围。

2019 年能源基金会环境管理项目支持的散煤治理的主要课题包括：

1. 《基于经济承受能力的分散燃煤治理途径和政策措施》

由中国矿业大学（北京）联合煤炭科学研究总院开展研究，预算10 万美元，已于2019 年结题。项目对散煤在生活、农业生产、建材生产等领域的分布和未来变化趋势进行了分析，尤其对城镇居民和农村农民供暖成本及经济承受能力进行了分析，指出了农户在供暖支出上的巨大压力。

2. 《散煤污染治理的资金机制研究》

由中国投融资担保股份有限公司负责，预算10 万美元，已于2019 年结题。项目梳理了散煤治理类项目的补贴现状以及获得融资的途径和方法，探讨在中央和地方的财政支持外，如何将商业资本引入市场，并开展了6 个清洁供暖改造案例的融资分析。

3. 《中国散煤综合治理调研报告2019》

支持中国节能协会和NRDC4 万美元，形成年度研究报告并召开第四届中国散煤综合治理大会。报告估算了2018 年我国散煤削减量约6100 万吨；其中，工业领域的散煤削减贡献了72%，民用领域贡献了28%。散煤治理的推进缺乏协同性和系统性，政策落地难，北方清洁取暖严重依赖补贴，清洁取暖成本居高不下，试点城市补贴政策即将到期，散煤治理的可持续性成为关键。

4. 《民用取暖散煤污染控制可视化分析平台》

项目经费15 万美元，由生态环境部环境规划院负责。项目通过研究京津冀及周边地区“2+26”城市散煤消费现状、分布及其环境影响，结合调研、统计数据以及大数据分析技术，建立民用散煤污染治理综合分析平台，实现散煤治理数据分析的信息化和可视化，为国家相关部门制定散煤治理政策提供科学依据，为地方大气污染防治提供技术支撑。

5. 《中国农村空气污染的健康与气候影响及控制策略》

项目经费5 万美元，2019 年10 月开题，由北大城环学院陶澍院士牵头，基于更新的农村生活能源数据库，量化评估了农村生活能源在过去20 年间对空气污染和人群健康的影响，下一步将构建未来不同的排放情景和控制策略，归纳现有和潜在的清洁炊事和取暖选项，评估其费用效益。

能源基金会

清洁空气战略进展

总第 7 期 2020 年 1 月 -2 月进展

064

“2050 年清洁空气战略目标研究 —— 兼顾降低环境健康影响及温室气体排放减排和达峰需求” 项目完成结题

065

" 中国大气臭氧控制路线图研究 " 中期会顺利召开

067

“北京市消费品 VOC 排放控制管理措施” 项目完成中期验收

068

中国空气污染的健康风险及空气质量改善目标—2013–2017 我国人群的臭氧和细颗粒的暴露评估及时空趋势比较完成中期汇报

069

应对新型冠状病毒疫情开展 “健康、公共卫生与环境” 主题专家讨论会

070

排污许可制作为固定源环境管理核心制度研究开题会

071

“城市污染物与温室气体协同控制核算方法学研究及应用：固定源与生活源” 中期会

072

温室气体纳入环境统计及协同管理体系研究开题会

073

基于大数据的济南市污染控制应用与工具研发项目结题

074

2020 年 1 月空气质量状况

075

2020 年 2 月空气质量状况

本期要点

中长期战略：“2050 年清洁空气战略目标研究”结题会



臭氧及前体物控制：



- “中国大气臭氧路线图研究”中期会
- “北京市消费品 VOC 排放控制管理措施”中期会

空气与健康：



- “中国空气污染的健康风险及空气质量改善目标”中期会
- “新冠疫情中的气溶胶传播”专家讨论

协同管理制度与工具开发：

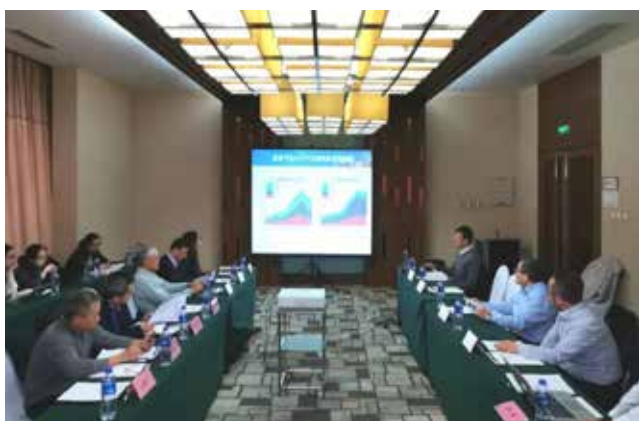


- “排污许可制作为固定源环境管理核心制度研究”开题会
- “城市污染物与温室气体协同控制核算方法学研究及应用：
固定源与生活源”中期会
- “温室气体纳入环境统计”开题会
- “基于大数据的济南市污染控制应用与工具研发项目”结题会

2020 年 1 月及 2 月全国空气质量状况



“2050 年清洁空气战略目标研究——兼顾降低环境健康影响及温室气体排放减排和达峰需求”项目完成结题



该项目由清华大学张强教授研究团队负责，旨在研究我国中长期空气质量目标设计，探索协同治理空气质量和应对气候变化的目标及实施路径。项目于2020年1月7日结题，能源基金会总裁邹骥，清华大学环境学院院长、中国工程院院士贺克斌，国家应对气候变化战略研究和国际合作中心主任徐华清，国家发展和改革委员会能源研究所研究员姜克隽，北京大学教授谢绍东，北京师范大学教授毛显强，及南开大学教授冯银厂等专家参加本次结题会。清华大学张强教授代表项目组进行汇报。

基于国内外空气质量标准的演变历程，及应对气候变化、实现美丽中国建设的愿景，该研究设计的我国中长期清洁空气目标分为两个阶段：第一阶段大部分城市于2030年实现 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度标准；第二阶段大部分城市于2050年实现 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 世卫组织三阶段目标值，部分城市实现 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 指导值。随后，通过整合各种末端控制及能源转型政策，量化、比较了不同未来情景下的环境、气候和健康效益。该研究发现，如计划实现第一阶段目标，需要强化污染物治理，并超额实现国家自主贡献目标（NDC）；如计划全面实现第一及第二阶段中长期目标，需要同时强化末端治理和能源转型（使能源转型减排贡献达到70%以上），并由此缓解未来人口变化导致的健康负担，助力实现全球2摄氏度和1.5摄氏度的温升目标。

邹骥总裁表示，我国正处于协同治理空气质量和应对气候变化的重要时期，但现存在两大挑战：一是量化空气质量改善带来的温室气体减排效益；二是合理协调、部署末端治理和四大结构调整。该课题的技术框架和研究发现将有助于克服挑战，为协同战略及相关政策制定提供参考。贺克斌院士指出公众对健康、美好生活的向往是协同治理空气质量和应对气候变化的重要驱动力，而协同治理管理，以及技术发展和市场竞争是能源改革的重要驱动力。与会专家一致对该项目成果表示了肯定，并强调设计有效的技术路线是实现协同治理的关键，尤其应该从源头入手，通过能源、工业、交通和用地结构改革，实现环境、气候和健康效益最大化。能源基金会未来将与相关项目单位继续合作，在统一环境与气候领域行业分类和排放数据的基础上，不断完善技术框架，为我国制定中长期空气质量目标、设计协同治理的技术路线及政策部署，提供科学有效的决策依据。

“中国大气臭氧控制路线图研究” 中期会顺利召开



在2013至2018年间，二氧化硫、PM₁₀和PM_{2.5}和一氧化碳等主要污染物环境浓度实现了明显的下降，然而臭氧浓度在这五年却在逐步增加。为实现空气质量的全面改善，能源基金会支持北京大学张远航团队通过对臭氧时空分布进行分析，评估中国目前的臭氧控制政策手段，结合欧美治理经验，为“十四五”以及中长期的达标规划提供路径参考。该项目于2020年1月20日召开中期会，生态环境部大气司副司长张大伟，中国环境科学研究院柴发合，中国气象科学研究院龚山陵，中国科学院大气物理所王自发，生态环境部环境规划院宁淼，成都市环境保护科学研究院谭钦文，清华大学王书肖等专家出席本次中期会。

张远航院士对该项目背景以及团队工作进行详实介绍并感谢能源基金会的支持，一直以来，张远航院士带领国家顶级臭氧研究团队持续推动臭氧相关工作，包括研讨、培训并在成都平原以及珠三角等地区开展臭氧防控实践。该项目的具体研究目标有三点：一是基于已有研究成果，归纳总结出中国大气臭氧污染特征与不同区域大气臭氧成因，识别出大气臭氧污染防控管理存在的关键障碍，为中国政府实施有针对性和精准施策奠定基础；二是提出中国中长期城市群区域大气臭氧污染防控路线图，推动中国大气臭氧控制进程；三是基于大气臭氧防控路线图，提出不同区域氮氧化物及VOCs减排技术思路及其政策建议，包括VOCs总量控制和监督管理技术体系。

北京大学环境科学与工程学院谢绍东代表项目组汇报了本次中期会取得的主要成果：经研究发现2013年至2019年间，我国大气臭氧八小时均值范围不断扩大，并向中西部扩展。各大区域包括京津冀、珠三角、长三角、成渝都呈现提升；主要集中在4-10月份，并基本集中于下午2-4点间；此外，京津冀、珠三角、长三角地区在这几年间的臭氧超标天数日渐高于PM_{2.5}，成为主要污染物。集合指示剂法、基于观测模型法和基于空气质量模型法分析均显示，中国大部分城市区域都属于VOCs控制区，主要受芳香烃和烯烃的控制，珠三角区域天然源VOC贡献显著；在乡村、郊区等地区，臭氧生成属于NO_x控制区或过渡区。对此项目组建议应该在全面消解VOC和氮氧化物的基础上，重点控制氮氧化物排放比例，有助于降低大气氧化性及遏制大气复合污染恶化的趋势。城近郊区处于臭氧生成的VOC控制区，应有效控制VOC的人为源排放。

张大伟副司长谈到今年的重要性，2020年不仅是《蓝天保卫战》的收官之年，也是“十四五”的开局之年。虽然《蓝天保卫战》里并未限制臭氧的排放，但实际上我国夏季的臭氧和冬季的PM_{2.5}并重，都严重影响各地“优良天数”的达标比例。他建议项目团队进一步完善基础数据的收集与分析，在全国以及具有代表性的区域层面，评估分析PM_{2.5}的下降、气象变化、背景浓度等因素对臭氧浓度变化的影响，为国家层面的战略决策提供详实有力的数据支撑。对于“十四五”以及中长期的目标设定，建议同时兼顾国家及地区重点工程项目，评估减排潜力，合理分配指标，在执行方面，建议考虑联防联控控制区划分、监测预报能力提升、绿色出行、应急管控等相关工作，科学精准的为国家“十四五”及中长期规划提供可靠详实的政策建议。

下一步，项目组将根据专家建议，进一步完善已有的工作，制定中国大气臭氧控制路线图确定路线图，模拟计算城市群地区VOC和氮氧化物控制目标，构建VOC总量控制和行业分配的方法，争取早日将臭氧纳入重要空气污染物，全面改善建议生态环境，并向公众科普臭氧的成因和控制的相关知识。

“北京市消费品 VOC 排放控制管理措施” 项目完成中期验收



作为能源基金会与北京生态环境局 MOU 支持的“重点主题和领域的空气质量
管理相关研究”之一，此项目旨在以加州
消费品挥发性有机物（VOC）管控思路为
基础，结合北京市的实际情况，制定及验
证可行性强的北京市消费品 VOCs 管控的政
策架构。项目于 2020 年 1 月 10 日召开中期
会，北京市生态环境局大气处副处长谢金
开、国际处李雪，北京市环科院大气所所
长聂磊，研究员王洪昌、高美平，深圳市环境科学研究院郑卓云，前美国加州南海岸空气质量资源
管理局资深经理陈爵等专家出席本次中期会。英环（上海）咨询有限公司亚太区空气质量服务负责
人侯敏代表项目组汇报了项目成果。

随着北京市 $PM_{2.5}$ 浓度的逐年下降，臭氧年均值和夏季的最大值均在上升，VOC 作为臭氧的重要
前体物，将成为北京市空气污染治理的重点方向之一。北京作为一个以第三产业为主的大型都市，
消费品排放会是北京 VOCs 排放的一个很重要的类别。因此，研究消费品 VOCs 的管控策略是非常重
要且必要的。

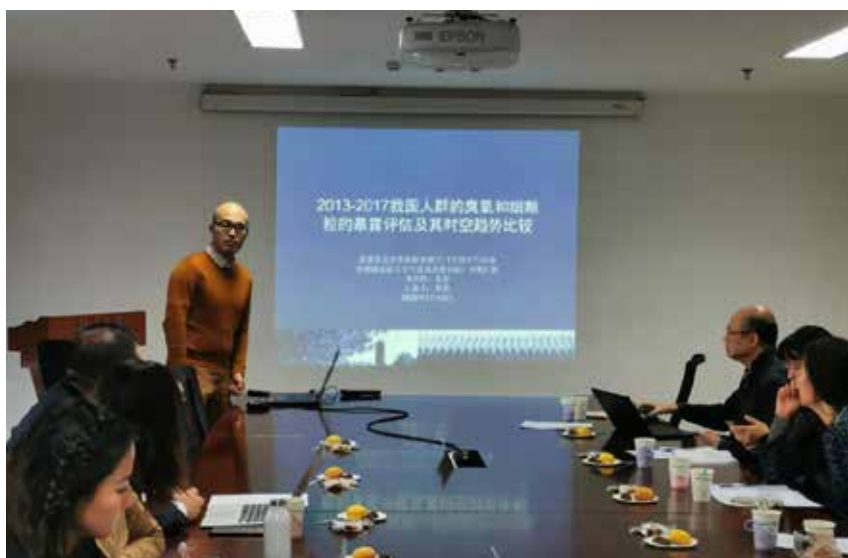
随着北京市 $PM_{2.5}$ 浓度的逐年下降，臭氧年均值和夏季的最大值均在上升，VOC 作为臭氧的重要
前体物，将成为北京市空气污染治理的重点方向之一。北京作为一个以第三产业为主的大型都市，
消费品排放会是北京 VOCs 排放的一个很重要的类别。因此，研究消费品 VOCs 的管控策略是非常重
要且必要的。

目前该项目已完成对国内 VOC 管控政策、标准、方案和技术指南以及对加州空气资源委员会
(CARB) 消费品管控项目的背景、历史、目前政策框架的梳理，并初步建议北京市消费品 VOCs 管控
政策架构。接下来，项目组将筛选具有代表性的消费品品类。在消费品定义方面，我国目前的标准
和统计无法与加州的七大类一一对应。项目组将筛选具有代表性的消费品品类，针对单个消费品
分阶段的研究。下一阶段将选取汽车美容用品，通过行业协会及汽车用品年鉴收集数据，进行市场
调研、样品测试，计算减排潜力以及对假设的管控方案进行可行性评估。

加州消费品 VOC 管控成功的经验很大程度是通过严格约束电商实现的，但专家们认为由于中国
产品差异化大，监管个人（电商）难度高，抽检和监管的标准制定和执行难，此方法目前在中国并
不可行。

下一步，项目组将对加州案例进行深入研究探讨，并结合中国实际情况，说明北京市未来制
定标准将面临的困难，以及与加州的差异；同时，借鉴深圳、香港，以及其他内陆地区 VOC 管控的
经验，为北京市消费品 VOC 管控提供有效的政策措施建议。

中国空气污染的健康风险及空气质量改善目标——2013–2017 我国人群的臭氧和细颗粒的暴露评估及时空趋势比较完成中期汇报



此项目由北京大学朱彤团队负责，旨在对PM_{2.5}叠加臭氧污染进行健康影响分析。项目于2020年1月13日召开中期会，中国环境科学研究院首席科学家柴发合，国家卫健委疾控局环境健康处李筱翠处长，生态环境部环境规划院张衍燊、北京科技大学能源与环境工程学院段小丽，北京大学环境科学院与工程学院张世秋等

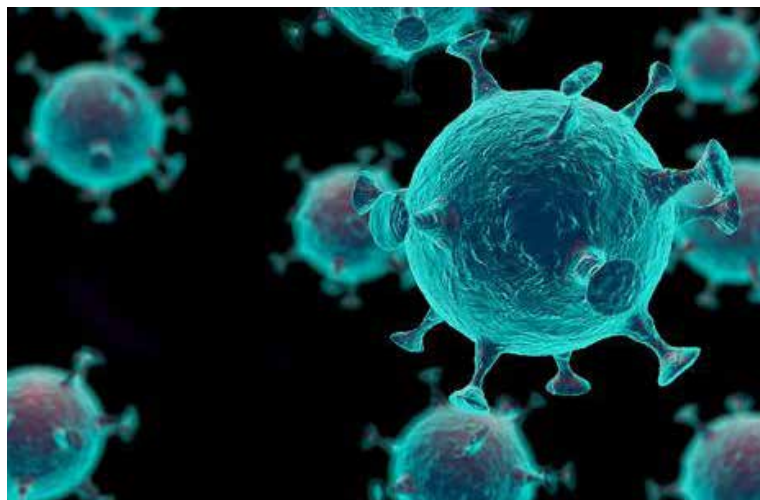
专家参加本次中期会。北京大学医学部公共卫生学院生育健康研究所助理教授薛涛代表项目组汇报了项目成果。

“大气十条”的推行下，PM_{2.5}虽有所控制，但臭氧却有所反弹，在此背景下，如何对空气治理及其健康风险进行综合评估，成为了重点的研究方向之一。该项目综合考虑PM_{2.5}和O₃的发病和死亡风险，评估我国空气污染导致的健康损失及其2013–2017年趋势。

项目中期阶段研究产出了一套基于数据融合的、全时空覆盖的、可用于健康风险评估的O₃暴露数据集，利用此数据集评估了我国2013–2017年间O₃暴露的时空变化趋势，并初步分析了短期PM_{2.5}和O₃暴露的健康风险。研究发现，在2013–2017年间，与PM_{2.5}浓度快速降低不同的是，O₃污染并无显著改善，部分地区（例如京津冀和长三角地区），O₃浓度呈现上升趋势，并且夏秋季的O₃逐渐成为主要室外空气污染物。此外，在部分沿海和高原地区，O₃成为导致空气污染的短期健康风险的主要污染物。

与会专家建议，在研究方面纳入臭氧对健康以及其他社会经济影响的评估，建立臭氧与健康的情景反应关系，运用精确的学术基础和正确的政治语言向公众普及臭氧对社会健康经济的影响。在政策建议方面，进一步探究臭氧标准限值和基准的关系，明确标准中臭氧的评价方法以及不同地区、不同产业臭氧前体物治理的相关提议。在健康方面，探寻臭氧与健康风险评估制度及“空气质量与健康指数”等。

应对新型冠状病毒疫情开展“健康、公共卫生与环境”主题专家讨论会



新型冠状病毒疫情期间，为推动公共健康和空气质量之间的关系研究，寻找增强政策、能力建设、国际交流以及硬科学方面的投入，能源基金会环境项目组主任刘欣于2020年2月10日召集并主持线上气溶胶专家讨论会，能源基金会总裁邹骥，北京大学环境学院院长朱彤，中国疾病预防控制中心李湉湉，中科院大气物理所大气专家李昕，北京大学生物气溶胶

专家要茂盛，北京大学大气化学专家刘颖君，北京大学大气气溶胶专家胡敏，东南大学室内传染病研究机理专家钱华等专家参加会议。

新型冠状病毒除传播途径除呼吸道飞沫传播和接触传播外，国家卫生健康委办公厅印发的《新型冠状病毒肺炎防控方案（第五版）》中进一步提出了新型冠状病毒在气溶胶中传播的可能。其中，气溶胶传播是指飞沫在空气悬浮过程中失去水分而剩下的蛋白质和病原体组成的核，形成飞沫核，可以通过气溶胶的形式漂浮至远处，造成远距离的传播。

会中专家进一步对飞沫传播方式以及气溶胶传播与空气质量的关系所需的实验验证方式进行讨论，并得出以下初步结论：一是对于飞沫传播的研究不仅应考虑剂量、浓度、活性等内在影响因素，还应同时考虑外在的环境因素，例如自然条件等；二是空气质量尤其是颗粒物对于气溶胶传播的影响可能是因颗粒物的性质而不同，例如，一次污染物（例如扬尘）的活性较小，与病毒附着可能会屏蔽紫外线，从而延长病毒的活性时长；而二次污染物由于其活性较大，与病毒附着后可能会使其表面蛋白失活，从而杀灭病毒。

经讨论并结合目前的疫情形势，能源基金会将支持北京大学朱彤教授团队以本次公共卫生突发事件为切入点，通过文献综述，在健康、公共卫生以及环境三方面大框架下进行科学规划、科学设计，设置未来科研需求和研究重点，以支撑“环境与健康”的社会影响研究，并尽快提交项目建议书于生态环境部以及科学技术部。

此外，能源基金会将基于北京大学北京论坛及可持续发展论坛的原有基础，强化健康、公共卫生与环境的研究分析，放眼长期发展，开展更多的讨论与合作。

排污许可制作为固定源环境管理核心制度研究 开题会



该项目由生态环境部环境工程评估中心负责，旨在提升生态环境主管部门的管理效能，实现环评、许可、温室气体的统一管理。项目开题会于2020年1月17日举办，生态环境部政策研究中心高工李媛媛、原环境保护部环境工程评估中心研究员梁鹏、原北京京诚嘉宇环境科技有限公司教高张红、中国环境科学研究院副研究员赵丽娜、轻工业环境

保护研究所高工王焕松、冶金工业规划研究院低碳经济研究中心主任李冰及总图环保处田澍，京能高安电热电生技部郭海滨等专家参与本次开题会。该开题会由生态环境部环境评估中心高级工程师吴铁汇报。

为实现环境、气候与经济三大协同，加强固定源核心管理制度成为一大重要考量因素。固定源管理的排污许可制以及环境影响评价两项制度在管理体系和技术体系的融合与统一，将促进环评与排污许可制度的有机衔接，强化制度运行过程中的可操作性，提升生态环境主管部门的管理效能。此外，将温室气体管理纳入排污许可体系，不但可以进一步推动排污许可成为固定污染源环境管理核心制度，而且有利于在国家层面对温室气体排放进行统一管控，使许可证为温室气体排放管理提供服务，为碳交易体系建设提供便利。

该项目的三个主要研究方向为：一是针对固定源全生命周期各个阶段，分别提出环评与许可衔接融合的具体措施，探索两项制度深入衔接融合思路和方法；二是梳理国内碳排放管理现状，从法律法规、制度、技术体系等角度，分别对比分析排污许可与温室气体的管控现状，提出将温室气体纳入排污许可管理的具体思路；三是开展基于环境质量的排污许可管理路径研究，借鉴美国和欧盟基于环境质量的许可限值确定思路和方法，开展基于大气和水环境质量的排污许可管理研究。

与会专家建议参考国外先进经验推进不达标地区的排放企业有序减排，并根据当地空气质量超标与否及超标程度，设置逐渐加严的纳入许可证管理的企业排放总量阈值要求，并结合环评与污染源管理司对此项研究工作的需求程度，考虑选取试点城市和行业开展试点示范工作。

“城市污染物与温室气体协同控制核算方法学研究及应用：固定源与生活源”中期会

本项目由生态环境部政研中心能源环境部负责，旨在推动城市大气污染物与温室气体协同控制核算方法学体系建设，加强地方生态环境管理部门应对气候变化的能力建设，助力城市绿色低碳转型。该项目于2020年2月28日线上召开中期会，生态环境部政研中心副主任田春秀，中国环境科学研究院环境安全研究中心付加峰，生态环境部环境规划院蔡博峰，国家气候战略中心政策与法规部杨秀，深圳建科院北京分公司李芬等专家参与会议。生态环境部政研中心能源环境政策研究部副主任冯相昭代表项目组进行汇报。

目前该课题在综述国内外污染物与温室气体清单核算方法的基础上，结合国内打赢蓝天保卫战的现实需要，提出了城市层面固定源和生活源大气污染物与温室气体协同控制核算方法学，同时，通过选取唐山为案例城市开展实证分析，评估在蓝天保卫战背景下城市固定源和生活源大气污染物与温室气体协同控制绩效，并结合分析结果提出地方生态环境部门加强应对气候变化能力建设、推进开展协同控制工作的相关对策建议。

项目组基于中期研究成果，初步提出以下建议：

一是将协同控制指标目标纳入相关规划和行动计划。2018年唐山市机构改革已将应对气候变化职能纳入生态环境局，并成为大气环境处的主要职责之一，为实施协同控制扫清了体制机制障碍。目前正处于“十四五”规划和下一轮“大气污染防治”、“蓝天保卫战”等规划和行动计划编制的筹备阶段，在制定大气污染物和温室气体减排单项指标目标的同时应将二者协同考虑，制定相应的指标目标，以更好的指导“十四五”阶段乃至今后的协同控制工作开展。

二是加快构建环境大数据平台为协同控制提供技术支撑。受数据可获取性所限，该研究仅对唐山市“蓝天保卫战”的少部分措施进行协同减排大气污染物与温室气体效果评估，其原因在于“蓝天保卫战”不仅仅是生态环境部门的任务，而是全市由多部门共同执行，相关的数据资料分散在各个部门，收集整理存在困难和障碍。依托现行的环境数据管理体系（包括环境统计、污染普查、在线监测、环境税等）和温室气体数据管理（包括企业温室气体排放核查、碳交易等），将多源数据整合、补充、校对，构建工业源、生活固定源、移动源等全覆盖的协同控制大数据平台，并动态更新，可为精准制定协同控制政策文件、推动相关工作开展提供科学和数据支撑。

会中专家建议项目组进一步明确协同控制核算方法与温室气体清单、污染物清单方法的区别和关系，结合地方城市案例完善协同控制核算方法学，尽力做到“数据来源可信、计算不重不漏”，增强其可操作性和科学性。

温室气体纳入环境统计及协同管理体系研究开 题会



作为国家层面探讨空气质量与气候变化协同管理的系列课题之一，本项目由生态环境部政研中心能源环境部及中国环境监测总站负责，旨在探索将温室气体纳入环境统计核算体系的关键指标，实现温室气体和大气污染物的统计一体化，促进常规环境统计和温室气体清单编制的协同控制管理。该项目于2020年2月28日线上召开开题会，生态环境部政研中心副主任田春秀，中国环境科学研究院环境安全研究中心付加峰，生态环境部环境规划院蔡博峰，国家气候战略中心政策与法规部杨秀，深圳建科院北京分公司李芬等专家参与会议。生态环境部政研中心能源环境政策研究部副主任冯相昭代表项目组进行汇报。

现阶段独立的温室气体排放清单编制形式不仅成本高，而且数据的不确定性大。目前中国环境统计已具有成熟的管理制度与统计方法，其指标体系完善并且数据质量管理健全，环境统计中的重点关注行业与指标与温室气体清单编制相同或相关，能为温室气体清单编制提供参照。

该项目将以火电、钢铁、水泥等重点行业现有环境统计核算指标体系为切入点，识别温室气体核算所需关键指标，探索温室气体核算关键指标纳入环境统计的可行性以及相应的基础数据收集方式方法，探讨环境统计核算支撑国家温室气体清单数据管理的机制安排，在制度融合以及数据管理两方面分别促进常规环境统计核算与温室气体清单编制的协同管理。

会中对于接下来的课题研究，专家建议分步骤推进污染物与温室气体核算融合工作，现阶段可将研究定位为结合温室气体排放数据管理的透明度需求，探讨如何利用现有环境统计体系为国家或省级温室气体清单编制提供技术服务，如提供一定区域范围内温室气体排放数据的快速估算等。该项目的顺利进行将进一步促进协同管理政策创新，以及空气污染物与温室气体协同治理。

基于大数据的济南市污染控制应用与工具研发项目结题



本课题旨在通过定量分析城市空气污染物，碳排放源及其相应控制措施与政策，助力实现基本空气质量改善与城市低碳转型之间的协同作用。该项目于2020年1月8日召开结题会，国家应对气候变化战略研究和国际合作中心国际部主任柴麒敏，清华大学环境学院刘欢，中国环境科学院交通污染与空气质量研究项目组胡京南，北京市环境保护监测中心李令军，北京师范大学田贺忠等专家出席本次结题会。北京数城未来科技有限公司首席技术官辜培钦代表项目组汇报了项目成果。

为实现空气质量改善与城市低碳转型之间的协同，首先需要全面理清城市空气污染物和碳排放源以及相应的控制措施。项目组选取济南市为研究案例，利用基于WebGIS的平台工具建立地理空间数据库，其中包括基于空间分布的济南市大气污染物排放源清单、大气污染物浓度状况和按行业和主要减排地区碳排放量，并进行了空气污染物与碳排放的相关性分析，采用定量方法对各种控制措施和政策效果进行评估。

经研究发现，能源和产业结构上的调整能够明显降低大气污染物的排放，而在碳排放方面影响相对较小；在交通方面，基于用地结构的调整的居民出行结构调整以及机动车电动化，可以有效降低交通产生的温室气体和大气污染物的排放；此外，在建筑建造方面同时兼顾建筑节能标准的把控以及城市开发用地上面的协调，可以实现温室气体的进一步减排。

该研究提供以下三点政策建议：一是能源与产业结构调整应是控制碳与空气污染排放协同的重要抓手；二是空间治理措施在济南市双达协同政策设定中发挥了重要作用，应被作为双达协同的重点考虑政策工具；三是建议打造紧凑型城市形态，以减少交通运输能源用量、碳排放、污染和拥堵，并降低城市对机动车的过度依赖。该研究的相关结论将为大气污染防治及碳减排政策制定提供参考，并为推进空气质量改善和城市低碳转型提供技术支持。

2020 年 1 月空气质量状况

2020 年 1 月，全国 337 个地级及以上城市平均 PM_{2.5} 浓度为 64 微克/立方米，**同比下降 3.0%**；NO₂ 浓度为 32 微克/立方米，**同比下降 15.8%**。

京津冀及周边地区“2+26”城市 1 月超标天数中以 PM_{2.5} 为首要污染物的天数最多。北京市 PM_{2.5} 浓度为 59 微克/立方米，**同比上升 13.5%**。长三角地区 41 个城市 PM_{2.5} 浓度为 63 微克/立方米，**同比下降 12.5%**。汾渭平原 11 个城市 PM_{2.5} 浓度为 119 微克/立方米，**同比下降 7.0%**。



2020 年 1 月 PM_{2.5} 月度均值



2019 年 1 月 PM_{2.5} 月度均值



2020 年 1 月 NO₂ 月度均值



2019 年 1 月 NO₂ 月度均值

(数据来源：生态环境部；制图：蔚蓝地图)

▣ 2020 年 2 月空气质量状况

2020 年 2 月，全国 337 个地级及以上城市平均 PM_{2.5} 浓度为 39 微克/立方米，**同比下降 26%**；NO₂ 浓度为 17 微克/立方米，**同比下降 30%**。全国 PM_{2.5} 和 NO₂ 浓度大幅度下降，可能与疫情期间经济活动减少有关，其中 NO₂ 浓度的下降可能归功于机动车流量的大幅度减少。

京津冀及周边地区“2+26”城市 2 月超标天数中以 PM_{2.5} 为首要污染物的天数最多，重污染天气的成因与不利气象条件、重工业排放强度未降低等因素有关。北京市 PM_{2.5} 浓度为 62 微克/立方米，**同比上升 17%**，但 NO₂ 浓度为 27 微克/立方米，**同比下降 24%**。长三角地区 41 个城市 PM_{2.5} 浓度为 37 微克/立方米，**同比下降 38%**。汾渭平原 11 个城市 PM_{2.5} 浓度为 65 微克/立方米，**同比下降 39%**。



2020 年 2 月 PM_{2.5} 月度均值



2019 年 2 月 PM_{2.5} 月度均值



2020 年 2 月 NO₂ 月度均值



2019 年 2 月 NO₂ 月度均值

（数据来源：生态环境部；制图：蔚蓝地图）

中国清洁空气政策 伙伴关系专刊

总第 8 期 能源基金会清洁空气战略进展

078

一、2018 年开展 “蓝天保卫战” 各项措施的综合效果评估

080

二、开展空气质量、气候变化和人体健康协同管理国际研讨

082

三、协同治理的国际经验分享——美国加州湾区清洁空气计划

085

四、多角度思想碰撞——专家观点名篇汇总

089

五、初步分析 2019 年空气质量变化趋势和政策实施情况

编者按

随着空气污染治理进程的深入，末端治理措施的边际效应逐渐递减，能源结构、产业结构和交通结构等问题日益突出，亟需打破机制障碍，广泛合作，寻求空气质量长期改善的可持续路径。

在这一背景下，能源基金会联合清华大学、北京大学、生态环境部环境规划院、中国环境科学研究院等十多家单位共同发起成立了“中国清洁空气政策伙伴关系”（China Clean Air Policy Partnership, 简称 CCAPP），旨在：

- 提供跨部门、跨行业、跨机构、跨地域的交流平台；
- 总结、宣传与推广国际、国内和地方先进经验；
- 分享清洁空气领域的相关管理和政策信息，推动清洁空气政策落地实施；
- 实现“寻求空气质量改善与温室气体减排的协同路径，持续改善中国的空气质量，保护公众健康，共同创造世界级的洁净空气”的美好愿景。

本期专刊整理了中国清洁空气政策伙伴关系（CCAPP）2019 年至今所完成的部分工作内容。自 2019 年 4 月成立以来，在 20 多位指导委员会委员的指导和 5 位执行委员会委员的带领下，CCAPP 共举办了 5 次学术沙龙及 1 次大型国际研讨会，创建了微信公众号及官方网站，撰写了近百篇原创文章，并发布了 2019 年 CCAPP 年度报告。通过运用专业易懂、种类多样的方式，CCAPP 进行了一些列梳理、研究及分析工作，包括空气质量改善成效分析、减排措施实施绩效分析、大气污染治理政策进展梳理、协同治理国际经验解析，以及近期规划和治理重点的目标路径分析，如“十四五”规划、散煤综合治理和挥发性有机物治理。

资助机构：



注：文内提供数据为初步核算结果，仅供内部参考；如需引用，请联系能源基金会环境管理组

一、2018 年开展“蓝天保卫战”各项措施的综合效果评估

中国清洁空气政策伙伴关系（CCAPP）与伙伴成员清华大学共同编写、发布了《中国空气质量改善的协同路径（2019）》报告，其中评估了2018年“蓝天保卫战”主要政策措施的实施绩效。

2018年，“蓝天保卫战”各项措施的实施推动全国主要大气污染物排放总量持续下降。依托清华大学建立的中国多尺度排放清单模型（MEIC），以2018年各项措施改变量为指标进行测算，2018年一次PM_{2.5}、SO₂、NO_x排放量同比降低8.4%，8.8%，5.2%。与2017年减排降幅相比（6.1%、21.5%和2.4%），PM_{2.5}和NO_x减排比例有所提升，SO₂减排比例有所下降。在全国范围内，工业源末端治理、燃煤锅炉整治、民用燃料清洁化、燃煤电厂超低排放改造、扬尘源综合治理和交通结构优化与排放管控是对污染物减排效果最显著的措施。对于重点区域，由于产业结构和污染源结构存在差异，各项措施发挥的作用不同。

2018年，“蓝天保卫战”各项措施的实施对空气改善贡献存在差异。经基于WRF-CMAQ模型定量测算，工业源末端升级改造是对全国PM_{2.5}浓度下降贡献最大的措施（图1）。由于各重点地区产业结构和大气污染物排放结构存在较大差异（图2），各项措施对区域PM_{2.5}浓度下降的贡献也存在差异。民用燃料清洁化是对京津冀地区PM_{2.5}浓度下降贡献最大的措施。对长三角地区PM_{2.5}平均浓度下降贡献较大的前三项措施依次为燃煤锅炉整治、工业源末端升级改造和扬尘源综合治理。民用燃料清洁化为对山西陕西省PM_{2.5}浓度下降贡献最大的措施。

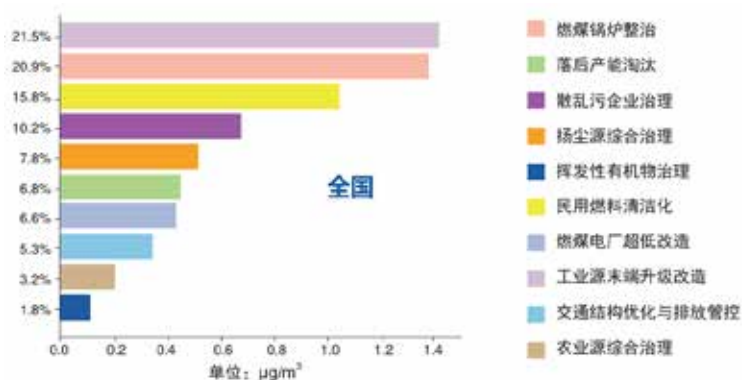


图1. 全国主要减排措施对空气质量改善（PM_{2.5}）贡献

此外，“蓝天保卫战”措施实施带来的人为污染物减排是2018年空气质量持续改善的主要因素，但重点部门减排仍存在潜力。电力行业2018年超低排放改造率已经达80%，整体排放占比和减排潜力较之前有所下降。工业锅炉对SO₂和NO_x排放贡献巨大，燃煤锅炉整治在2018年贡献了25.1%的SO₂减排，充分利用了其巨大的减排潜力。2018年对重型和重型柴油车实施污染控制是行动计划的重点，全年贡献了32%的NO_x减排。但民用PM_{2.5}及工业VOCs减排是今后落实工作的重点和难点。

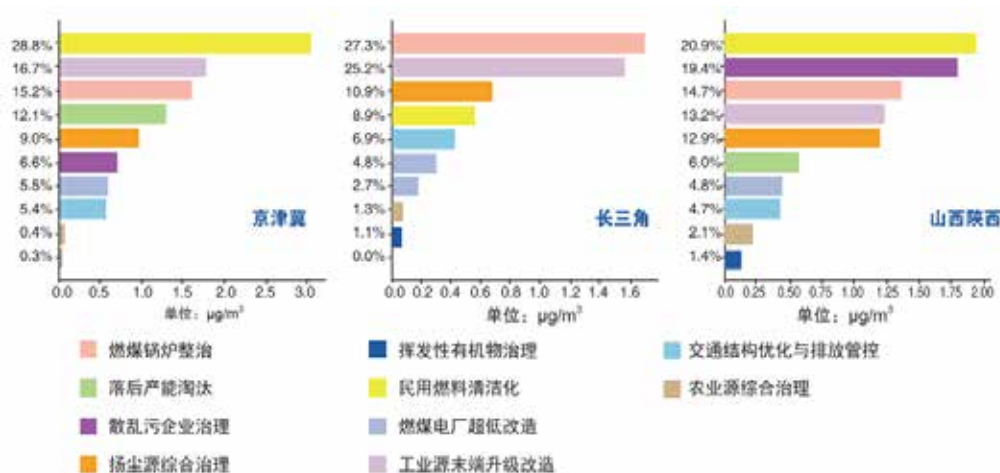


图2. 重点区域主要减排措施对空气质量改善 (PM_{2.5}) 贡献

虽然2018年民用燃料清洁化的减排贡献显著，但民用源PM_{2.5}排放仍占比最高。VOCs排放量于2018年开始下降，主要原因在于“蓝天保卫战”落实过程中，各省均采取了挥发性有机物治理措施。但VOCs总排放量较大，减排量较小，今后仍需进一步细化VOCs治理任务。

我国已出台污染物控制政策体现出较强的协同治理效果。2018年，“蓝天保卫战”系列措施的实施在全国范围内带来的碳减排总量约为1.1亿吨左右。落后产能淘汰、电力结构调整、燃煤锅炉淘汰和民用燃料清洁化分别贡献了32.2%、29.9%、20.3%和17.6%的二氧化碳减排量。这些措施通过推广更低能耗的先进技术、抑制高耗煤项目产能的扩张，减少了化石燃料燃烧量尤其是煤的使用量；同时，推动能源结构转型，使得煤炭向天然气、非化石能源等清洁、低碳的能源转变，从而产生碳减排协同效益。需在落实“蓝天保卫战”和《“十三五”节能减排综合工作方案》等政策规划的基础上，强化各部门节能减排措施，硬化节能减排降碳指标。同时，应综合考虑实现清洁空气目标和温室气体减排目标的时间和动力，提出协同治理的总体规划。未来，面对我国大气污染仍然较重、环境治理压力大的现状，在2030年之前应当以大气环境治理为抓手，带动温室气体减排目标的实现。

中文版：



下载链接：
<http://www.ccapp.org.cn/dist/reportInfo/164>

英文版：



下载链接：
<http://www.ccapp.org.cn/dist/reportInfo/183>



二、开展空气质量、气候变化和人体健康协同管理国际研讨

2019年11月21日上午，清洁空气政策伙伴关系与能源基金会共同举办了“空气质量、气候变化与人类健康研讨会”（能源基金会来华20周年纪念活动第七场），来自国内外环境、气候、健康等领域的领导、专家，共同就“以人为本，推动空气质量持续改善”的主题，讨论了如何从保护公众健康的角度，空气质量标准设计及改善措施，从而全面推动、实施空气污染与气候变化的协同管理。重点信息摘录如下：

（1）改善空气质量、提高公众健康将成为实现协同管理的有效切入点。

全球空气污染形势依然严峻，每年造成约700万人死亡，且大部分受影响人群集中在亚洲。气候变化和空气污染两者之间的关系十分密切，所有对于控制空气污染的相关行为都和应对气候变化息息相关，二者相辅相成；对卫生和健康防治工作的提升也有很大的积极作用。在开展空气污染控制工作的同时，必须坚持多边合作与管理。

——Gina McCarthy

哈佛大学公共卫生学院公共卫生实践教授、美国国家环境保护局前局长

（2）以《大气十条》实施情况为例，改善空气质量可以带来显著的健康效益。

2013至2017年，全国及重点地区PM_{2.5}浓度显著下降，并带来了显著健康效益。全国人口加权PM_{2.5}暴露水平从67 μg/m³下降到45 μg/m³（降幅为32%），预计减少了近20万人因PM_{2.5}长期暴露导致的过早死亡。由于重污染天气发生频率的降低，全国PM_{2.5}急性暴露引起的过早死亡人数下降了61%。

——贺克斌

清华大学环境学院院长、教授，中国工程院院士

（3）近年来，我国在大气污染对健康影响的研究领域取得了新的突破。

过去20年，我国大气污染对健康影响的研究有了突飞猛进的发展；近年来，该领域的研究在以下四个方面有了新突破：

- 一是大气污染对健康影响研究的精细化。基于高密度的大气污染数据，逐渐实现从简单的时间序列研究，过度到大气污染对健康影响的空间差异研究。
- 二是改善了健康结局研究的评估方法。从简单计算死亡人数，到通过评估、使用疾病损失寿命年，估算大气污染导致的过早死亡人数。
- 三是开展了重污染天气对人群健康影响的研究，如比较连续重污染天气和间隔式重污染天气对健康影响的差异。
- 四是分析了大气污染改善措施的健康效益，如通过估算可减少的过早死亡人数，评估实施《大气污染防治行动计划》措施的健康效益。

——潘小川

北京大学医学部公共卫生学院教授

(4) 未来，我国应不断完善大气污染物对健康影响的研究。

基于我国大气污染治理的进程，人们对健康和美好生活的期许，未来大气污染物的健康风险研究，可关注以下四点：

- 一是向更精细化发展。研究应针对不同人群，分析空气污染长期暴露导致的健康影响，并特别关注污染物暴露对弱势群体的影响。
- 二是探究不同人群的健康防护需求，并给出具体措施和建议。
- 三是关注空气污染暴露导致的心理健康影响，以及改善空气质量改善带来的心理健康效益。有研究表明空气污染会对神经系统、脑功能及认知功能造成损害，从而降低主观幸福感，导致焦虑、抑郁情绪，甚至增加自杀风险。
- 四是加强短期高浓度大气污染暴露对健康影响的研究，推进重污染天气管控。

——毕军 南京大学环境学院教授

应积极推进环境空气污染基准的研究，为科学制定适合我国的环境质量标准提供有效依据。

——魏永杰 基准与风险评估国家重点实验室国家环境基准委员会委员

需积极推动我国本土的健康影响研究，不盲目使用国外的研究结果。

——范中杰 中国医学科学院北京协和医院心血管内科主任医师教授

展开多污染物的联合作用暴露评估研究，助力推进大气污染联防联控工作。

——黄薇 世界卫生组织全球空气质量指导值修订工作组成员

三、协同治理的国际经验分享 ——美国加州湾区清洁空气计划

背景介绍：《2017 年湾区清洁空气计划》是国际上相对成功的空气质量和气候变化协同管理规划，本章节总结了该计划制定的前期调研、部门协同、构建方法及绩效分析等方面工作，以期为我国学者和政策制定者提供宝贵的参考资料。

2017 年4 月，美国加利福尼亚州的湾区空气质量管理局（BAAQMD）发布了《2017 年湾区清洁空气计划》(2017 Bay Area Clean Air Plan)，主题为" 净化空气，给气候降温"。基于《2011 年湾区清洁空气计划》及2017 年前国家、加州及区域性的政策和项目，《2017 年湾区清洁空气计划》制定并提出了9 大类85 条应对气候变化、改善空气质量的控制措施，旨在：

- 减少臭氧前体物排放，落实《加州健康与安全规范》的臭氧规划要求；
- 减少大气污染物排放，改善空气质量，保护公众健康；
- 减少所有社会经济部门的温室气体排放，落实区域气候保护战略。

以往的清洁空气计划多只关注空气质量，《2017 年湾区清洁空气计划》则更注重协同应对气候变化，加紧推动加州气候变化工作。该计划拟在9 大类别下制定相应减排措施，并遵循六个原则进行措施筛选：成本效益、技术可行性、总减排潜力、减排率、公众接受度和可执行性。

在效益分析方面，湾区空气质量管理局应用自主开发的多污染物评价方法（MPEM），量化、比较了各个措施在改善空气质量、保护公众健康、应对气候变化方面的效益，同时分析了各个措施的经济效益，表1 列举了协同控制措施中经济效益较高的部分措施。

固定源措施以控制化石燃料燃烧为主要突破口，颁布规定、设定污染物排放限值。其中有11 条大气污染物和温室气体协同减排措施，及6 条多种大气污染物协同治理措施。交通部门措施包括交通管理和移动源排放控制两方面内容。在交通管理方面，协同经济效益较高的措施有：推广远程办公、完善铁路交通服务、实施高速收费制度、开发智能驾驶。在移动源排放控制方面，通过补贴来推广低排放的中、重型卡车可获得较高协同经济效益。能源部门不单注重本地发电减排，也将外地输电产生的排放纳入治理范围。其主要措施分为两类：发电系统减碳与能源消费削减，皆有较高协同性。农业部门虽与其他部门相比，其整体排放占比较小，但建造低碳农场、改善畜牧业肥料处理机制可达到协同减排作用。自然和畜牧业用地措施拟以保护自然和畜牧业用地的方式，提高碳储存。垃圾管理措施包括制定垃圾填埋和堆肥的排放标准，以及协助地方政府推进绿色垃圾分类、制

图2. 重点区域主要减排措施对空气质量改善（PM_{2.5}）贡献

| 编码 | 措施 | 2030 年减排量 空气污染物（lbs/ 天） 温室气体（Mt CO ₂ e/ 年） | | | | | | 经济 效益 |
|---|--|---|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------------|----------|
| | | ROG | NO _x | PM _{2.5} | SO ₂ | NH ₃ | CO ₂ 当量 | |
| 【固定源】协同治理措施 | | | | | | | | |
| SS2 | 减少设备的有机 气体无组织排放 | 4,546 | | | | | 340 | 中 |
| SS18 | 全地区燃烧控制 战略 | | | 604 | | | 1,600,000 | 高 |
| SS19 | 波特兰水泥排放 控制 | | | | 4,493 | | 85,055 | 高 |
| 【交通部门】协同治理措施 | | | | | | | | |
| TR1 | 制定清洁空气远 程办公方案 | 620 | 389 | 509 | | | 319,517 | 高 |
| TR4 | 资助地方和区域 的铁路服务 | 134 | 68 | 110 | | | 69,070 | 高 |
| TR11 | 实施定价策略 | 534 | 335 | 438 | | | 274,947 | 高 |
| TR12 | 开发智能驾驶 | 825 | 518 | 677 | | | 425,247 | 高 |
| TR19 | 提供购买低排放中、 重型卡车的补贴 | 44 | 362 | 10 | | | 138,306 | 中 |
| 【建筑部门】协同治理措施 | | | | | | | | |
| BL1 | 绿色建筑：设立规 范、项目和设立 | 30 | 367 | 53 | 9 | | 141,767 | 高 |
| BL2 | 建筑减碳：加强 采暖水暖管理、 设立补贴 | 54 | 635 | 98 | 34 | | 313,586 | 高 |
| 【垃圾管理】协同治理措施 | | | | | | | | |
| WA1 | 垃圾填埋排放控制 | 400 | | | | | 233,308 | 高 |
| WA2 | 提高堆肥和厌氧消 化池的排放标准 | 1,400 | | | | 1,400 | 1,241 | 高 |
| WA3 | 减少绿色垃圾填埋 | 542 | | | | | 162,997 | 高 |
| 【超级温室气体】协同治理措施 | | | | | | | | |
| SL1 | 制定条例减少垃圾 填埋、农业、天然 气传输及炼油厂的 超级温室气体排放 | | | | | | 28,600 | 中 |
| 注：此表只归纳了可估算减排量的措施；估算 CO ₂ 当量采用了 100 年 GWP 系数 | | | | | | | | |

定及实现零废物目标。其中垃圾填埋排放控制可大量减少温室气体排放，而提高堆肥和厌氧消化池的排放标准可有效减少ROG 和NH₃ 排放。水资源部门虽然产生的排放相对较小，但饮用水及废水的处理和运输会直接或间接释放常规和有毒空气污染物，及温室气体，因此量化管理水处理站点的温室气体排放，推动水资源保护可以实现协同管理。超级温室气体控制是《2017 年计划》的重点措施之一。其中，通过制定条例减少垃圾填埋、农业活动、天然气传输及炼油厂产生的超级温室气体排放，每年可减少约28,600 Mt CO₂e 排放。

据估算，实施《2017 年清洁空气计划》可每天减少ROG 排放22,774lbs，NO_x 排放22,774lbs，PM_{2.5} 排放6,222lbs，SO₂ 排放16,685lbs 和NH₃ 排放1,641lbs（1lbs 等于0.4536 kg）。因此带来的空气质量改善可每年避免76 例过早死亡，并减少非致命性心脏病的发作和急性、慢性支气管炎等健康影响，带来约7.36 亿美元的健康效益。该估算发现针对一次PM_{2.5} 或二次颗粒物前体物（如NH₃ 和SO₂）的减排措施所带来的健康效益最大。有关研究表明，过早死亡所造成的经济损失最大（一例过早死亡相当于损失880 万美元），而PM_{2.5} 污染暴露将会导致较高的过早死亡。

在制定《2017 年清洁空气计划》时，湾区空气管理局与加州大学伯克利分校合作，为整个区域及区域的各个市、县编制了基于消费的温室气体排放清单。基于这份清单，估算了实施计划可带来的温室气体减排量。截至2030 年，此计划预计每年减少约440 万公吨CO₂ 排放。其中，固定源减排措施的减排潜力最大，其次为交通部门控制措施。这份清单不但有助于当地政府细化气候规划，还可用于公众教育，让湾区的居民、机构和企业进一步了解并采取适当的减排措施。

中国清洁空气政策伙伴关系(CCAPP) 对《2017 湾区清洁空气计划》进行了中文梳理和归纳总结，编制了《美国加州湾区清洁空气计划》协同规划经典案例解析：

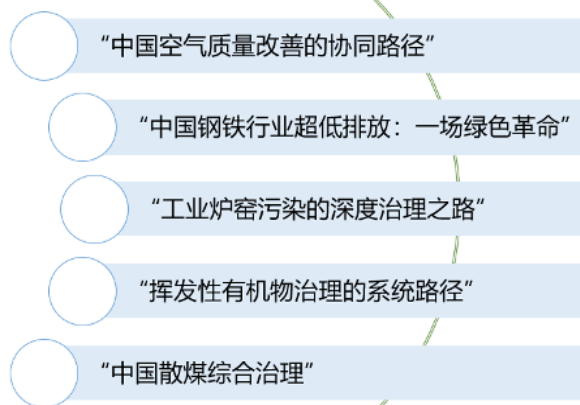


下载链接：

<http://www.ccapp.org.cn/dist/reportInfo/184>

四、多角度思想碰撞 ——专家观点名篇汇总

五期学术沙龙：



国际研讨会：

“空气质量、气候变化与人类健康”



（1）“十四五”规划大气治理的思考

我国的空气质量虽已得到大幅度改善，但污染治理工作仍任重而道远。2018年，全国三分之二城市的空气质量尚未达标，2018年我国的 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度为 $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，不仅仍然超过国家环境空气质量标准，与世界卫生组织指导值、欧洲和美国的空气质量相比更是有较大差距（欧洲美国分别为 $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。与此同时， O_3 浓度持续上升，污染逐渐凸显。

为持续改善空气质量，在即将实施的“十四五”规划中，应从四个方面加强大气环境管理：

- 推进城市综合管理，促进达标进程。推进城市精细化管理，提高人民健康效益和社会福祉。
- 推进区域联防联控，着力减少重污染。针对大气污染防治重点区域，聚焦秋冬季污染防治，加强重污染天气应对。
- 持续引导结构调整，推进绿色发展。持续优化产业结构、能源结构、交通运输结构和用地结构，通过结构调整带动高质量发展和高水平保护。
- 研发减排和管理技术，保持科技引领。加强国际技术交流，研发、推广符合我国实际情况的先进技术和管理模式。

展望未来，在多种污染物协同减排的基础上，“十四五”期间，我国还将重点关注大气



污染防治和温室气体减排这两个领域的协同，并以大气污染防治将作为社会经济高质量发展的重要推手。同时，我们还将不断总结、推广我国的工作经验和治理技术，开展多维度合作，为全球环境改善做出自己的贡献。

——张大伟 生态环境部大气环境司副司长
“空气质量、气候变化、人类健康”国际研讨会

(2) 协同改善空气质量、应对气候变化亟需综合技术及管理方案的可行路径

在空气质量与温室气体减排协同管理方面，我国还处在起步阶段。行动落实方面，亟需协同管理技术措施的可行性路径和方案。相关评估表明，以实现空气质量改善、打赢蓝天保卫战为主要目标的空气质量治理，带来了温室气体减排的协同效果。未来，需将协同管理的理念带入到前期措施规划中去，实现协同管理效益最大化。接下来，仍有很多实际工作需要完成，包括研究如何在目标制定中体现协同理念、设计减排措施的协同效益评估、制定可实施协同措施的管理流程、制定技术标准和许可等。希望未来能有更多的技术产出，为政府管理决策做出贡献。

——严刚 生态环境部环境规划院副院长
“空气质量、气候变化、人类健康”国际研讨会

作为人口和经济大国，中国在空气质量和气候变化协同管理上的作为与担当，将对全球实现协同管理起到至关重要的作用。推进协同减排，平衡健康效应和气候变化影响间的关系至关重要。同时，工作的推进应秉持更客观、更透明的原则，并同时关注协同减排后所产生的气候效应，及气候变化对空气质量的反馈作用等等。

——张小曳 中国工程院院士 中国气象科学研究院研究员
“空气质量、气候变化、人类健康” 国际研讨会

有关协同控制的政策制定应关注以下几点：第一，从可再生能源转型、提高能效、优化城市规划、推进循环经济等角度为切入点，通过成本效益分析结果，制定和筛选措施。第二，促进区域内的合作，充分利用区域经济及人力资源，共同建设区域内的空气质量管理框架、模型、清单，并以此来评估政策效果。区域内的协同合作还将协助专家聚焦交通和能源转型等重要议题。第三，排放数据是进行空气质量合规评估的重要基础，因此，获得全面准确的排放数据尤为重要。

——Jeremy Schreifels 未来资源研究所高级研究员
“空气质量、气候变化、人类健康” 国际研讨会

（3）散煤综合治理不能一蹴而就，需因地制宜制定技术方案和经济政策

散煤污染治理的存在区域差异性。以北方地区冬季清洁取暖的两个重点省市——北京和河北为例，在空气质量管理顶层设计、财政支持现行政策、末端治理技术现状、能源结构调整及协同控制等方面省市有很大的区域性差异。

散煤治理都刻不容缓，但治理不能一蹴而就。应在分析不同地区能源供应保障、基础设施建设、替代资源禀赋、散煤替代成本和取暖经济可承受力的基础上，为各地区规划差异化的散煤治理路径。

经济承受能力是制约散煤治理的重要因素，在经济承担能力较弱的农村地区，应充分进行前期调研，因地制宜的制定清洁取暖目标、技术路径和成本分担结构。

提升清洁能源供应能力是实现地方清洁取暖的重要基础，包括提高基础设施覆盖率、完善市场机制和加强监管能力等。

——CCAPP 2019 年第5 期 “中国散煤综合治理路径” 的发言嘉宾及讨论嘉宾，
包括中国科学院院士、北京大学城市与环境学院陶澍教授，
国务院发展研究中心资源与环境政策研究所能源政策研究室洪涛主任，
生态环境部环境规划院雷宇研究员，
清华大学地球系统科学系张强教授，
中国矿业大学环境与生物工程系王建兵教授，等

(4) VOCs 污染治理制度建设取得进展，需加强精细化管控力度

近年来精细化管控对VOCs 污染治理起到了重要作用。但仍存在管控深度不够、范围不广、精度不高等问题，提升空间较大。

第一治理范围和精度还需更加细化，明确到底控制哪些行业、哪种污染物对空气质量改善效果更明显，多数缺乏清晰、明确的思路并注意兼顾环境效益与经济成本。这将是下一步工作重点之一。

第二从执行层面来讲，尽管针对重点行业治理提出了相应技术路线，但是深入到具体行业企业，还需进一步分类施策。从管理思路来讲，企业之间存在明显差异。尽管一致呼吁VOCs 污染治理应注重前端治理，但地方也应根据企业类型，明确何种类型的企业应该采取前端治理路线，而何种类型企业则可以选择其他治理路线。

第三VOCs 污染核算非常必要。尽管从全国排污许可角度来讲，某些行业和地区不具备开展条件，但北京、上海及其他条件较好地区可优先展开，核算并明确企业排放量、行业排放量等，即‘明确底数’。这也对国家层面的技术储备提出了要求，确保有能力开展核算的地区能够开展核算工作。

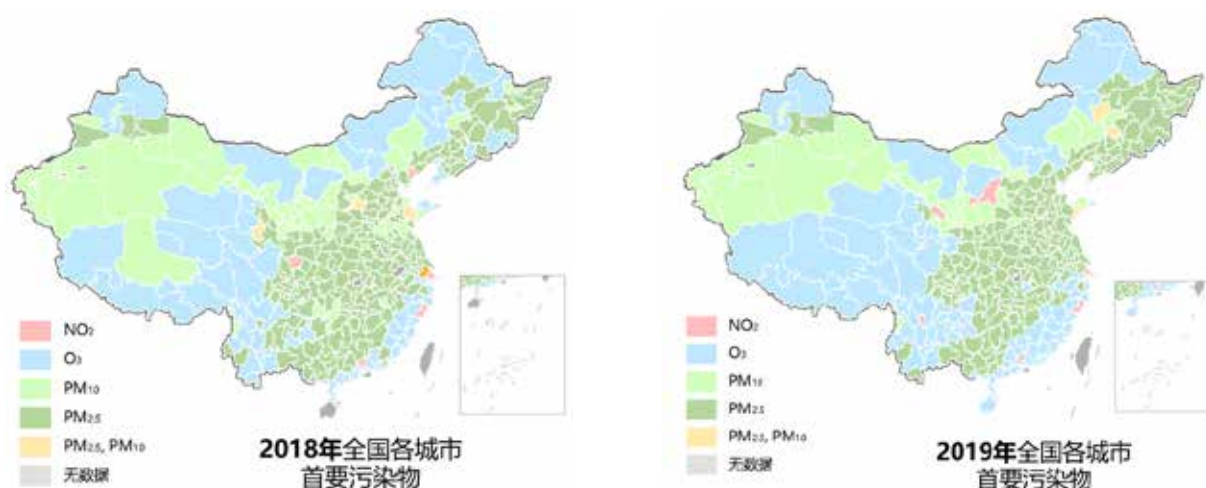
——严刚 生态环境部环境规划院副院长

CCAPP 2019 年第4 期 “挥发性有机物治理的系统路径”

五、初步分析2019 年空气质量变化趋势和政策措施实施情况

(1) 2019 年空气质量分析

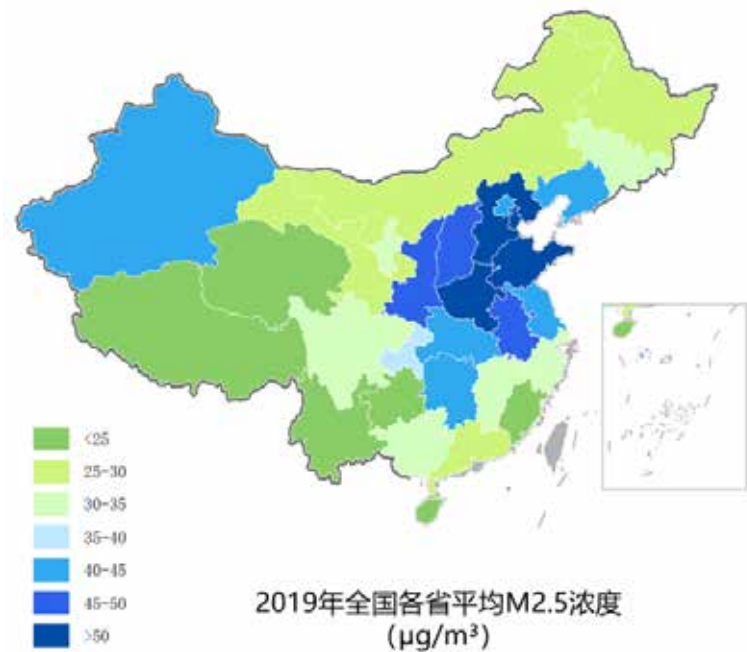
2019 年，全国337 个地级及以上城市PM_{2.5} 年均浓度为36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，较2018 年，同比持平；其中，未达标城市PM_{2.5} 年均浓度为40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，同比下降2.4%，且主要集中在河北省南部、山东省西部和河南省北部地区。2019 年全国337 个地级及以上城市平均O₃ 年评价值为148 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，较2018 年同比上升6.5%，其中，中东部地区O₃ 污染较为严重。此外，SO₂ 浓度为11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，同比下降15.4%；NO₂ 浓度为27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，同比持平；CO 浓度为1.4 mg/m^3 ，同比持平。全国优良天数比例为82.0%，157 个城市环境空气质量达标。



2019 年，全国各城首要污染物分布存在明显的地域差异性。京津冀及周边、汾渭平原及长三角地区的首要污染物仍以PM_{2.5} 为主，但汾渭平原北部和长三角地区南部的部分城市的首要污染物为PM₁₀ 和O₃。较2018 年情况相比，全国以PM_{2.5} 为首要污染物的城市数量明显下降，以O₃ 为首要污染物的城市数量有所提升，西南与南部地区许多城市的首要污染物由PM_{2.5} 转为O₃。

纵观2019 年全国各省PM_{2.5} 算术平均浓度，除东部部分省份与新疆维吾尔自治区之外，大部分省份的年算术平均值已经达到国家空气二级标准(<35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。但通常相对于人口密度较小的地区，同样浓度的PM_{2.5} 对于人口密集地区的公众健康危害更大。这种对于公众健康的危害性无法通过现行的算术平均值方法得以体现，因此需要进行人口加权分析。

下图（右）展示了2019年全国省级人口加权的PM_{2.5}浓度，总体来说，比各地区PM_{2.5}算术平均浓度稍高。在新疆维吾尔自治区、青海省、黑龙江省、河北省与陕西省，人口加权的PM_{2.5}浓度提升了3 μg/m³以上，其中新疆维吾尔自治区提升了约10 μg/m³。京津冀地区、汾渭平原地区 and 新疆维吾尔自治区人口加权的PM_{2.5}浓度均在50 μg/m³以上。值得注意的是，北京市人口加权PM_{2.5}浓度值较算术平均值下降了约1 μg/m³；河南省、江苏省、江西省、贵州省、宁夏回族自治区人口加权PM_{2.5}浓度值对比算术平均值也有小范围下降。



(2) 2019 年大气污染防治政策进程

2019 年是《打赢蓝天保卫战三年行动计划》实施以来至关重要的一年，是实施“十三五”规划的冲刺之年。CCAPP 梳理了 2019 年我国颁布实施的大气污染防治政策，解析了 2018 至 2019 年重大工程政策部署的进展，并在“清洁空气政策伙伴关系”公众号以一图读懂的形式进行了发布。



2019大气污染防治 重要政策进展



1 总目标

2月份颁布的《2019年全国大气污染防治工作要点》确定了2019大气污染防治目标：

PM_{2.5} 全国未达标城市细颗粒物 (PM_{2.5}) 年均浓度同比下降2%，地级及以上城市平均优良天数比率达到79.4%

SO₂ NO_x 全国二氧化硫 (SO₂)、氮氧化物 (NO_x) 排放总量同比削减3%

2 深入推进秋冬攻坚，依法依规、科学施策

2018 为应对秋冬季严峻的大气环境形势，发布了《京津冀及周边地区秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》。

2019 从四个方面深入推进了秋冬攻坚行动：

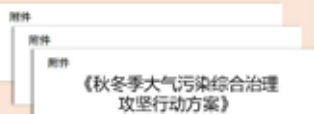
重点地区分别施策

三个重点地区分别发布《秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》

京津冀及周边

汾渭平原

长三角地区



阅读详细《行动方案》解读，请扫码：
· 一图对比 | 三大重点区域秋冬季大气污染治理方案 (2019-2020)



更加强化依法依规

坚决反对一刀切

“一刀切”

更加突出科学施策

重污染天气 参照《重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南》，实施差异化应急管理，应对重污染天气。

差异化应急管理

更加注重因地制宜

分类施策，结合本地产业特征，对地方和企业的实施差异化指导。

3 非电行业污染排放治理



2018 我国出色落实了电力行业的超低排放改造

累计燃煤电厂超低排放改造率已经达80%。因此，未来减排潜力区域饱和。



2019 从钢铁行业入手，正式开启非电行业大气污染超低排放治理工作，并发布了：

4月

《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》

- 超低改造的本质要求是“四全”：全方位、全周期、全过程、全覆盖。
- 初步测算，到2025年《意见》将：带动钢铁行业SO₂、NO_x、颗粒物排放量分别削减61%、59%和81%。

12月

《关于做好钢铁企业超低排放评估监测工作的通知》

附件
《钢铁企业超低排放评估监测技术指南》

旨在通过评估监测实行差别化管理：

- 依法处罚违法排污企业
- 严格惩戒弄虚作假行为的钢铁企业和相关评估监测机构



4 坚决打好柴油货车污染治理攻坚战

2018 柴油货车污染治理是机动车污染防治的重中之重。2018年，柴油货车占汽车保有量的7.9%，但污染物排放占比高：



2019 为提升移动源环境管理水平，有效降低移动源污染物排放，针对柴油车污染：

1月

官方发布《柴油货车污染治理攻坚战行动计划》

旨在以货物运输结构调整方向，全链条治理柴油车（机）超标排放：

- 确保柴油质量、车用尿素质量、柴油车（机）排放达标
- 建立健全严格的机动车全防全控环境监管制度
- 实施清洁柴油车、清洁柴油机、清洁运输、清洁油品行动

随后

各地发布《柴油货车污染治理攻坚战实施方案》

5 挥发性有机物治理工作初起步

2018 基于《“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案》，2018年发布了挥发性有机物无组织排放、恶臭污染物、及多个行业大气污染物排放标准的征求意见稿。

2019 正式发布了相关排放标准：



《重点行业挥发性有机物综合治理方案》

目标到2020年：建立健全VOCs污染防治管理体系，重点区域、重点行业VOCs治理取得明显成效，完成“十三五”规划确定的VOCs排放量下降10%的目标任务。



但根据不完全统计，VOCs 排放涉及行业至少120个以上。为全面治理VOCs 污染，需尽快颁布其他重点行业的《大气污染物排放标准》，包括农药、餐饮业油烟、皮革制品、铸造、电子等。

展望2020

2020年 是《打赢蓝天保卫战三年行动计划》的收官之年，回顾目标：

PM_{2.5}

- 未达标地级及以上城市浓度比2015年 ↓ 18% 以上，
- 地级及以上城市空气质量优良天数比率达到 80%，
- 重度及以上污染天数比率比2015年 ↓ 25% 以上

SO₂
NO_x

- 排放总量分别比2015年 ↓ 15% 以上

尚未完成的，要确保全面实现“十三五”约束性目标

提前完成“十三五”目标任务的省份，要保持和巩固改善成果

北京市环境空气质量改善目标应在“十三五”目标基础上进一步提高。

2020年，持续推进“精准、科学、依法治污”确保蓝天保卫战各项目标圆满完成！

2020 年，中国清洁空气政策伙伴关系（CCAPP）将在空气质量、气候变化及人体健康方面，开展更多政策梳理、经验分享、学术研究及交流讨论，为我国学者和政策决策者提供宝贵的参考资料及思想碰撞、交流的平台，推动我国政策落地，保护公共健康，创造世界级的洁净空气。

清洁空气政策伙伴关系
微信公众号



供稿：CCAPP 秘书处

责任编辑：盖怡君 徐薇 姜一秀 周雪萌

核 稿：刘欣

能源基金会

清洁空气战略进展

总第 9 期 2020 年 3 月 – 4 月进展

- 气候友好的‘十四五’大气污染防治策略研究初步提出协同目标指标 097
- 北京市中长期空气治理改善路线图研究明确四大结构调整为主的减排路线 098
- 基金会支持京冀两地环保部门共商北京 2022 年冬奥会空气质量保障 099
- 北京市生态文明建设顶层制度政策设计研究探索新的考核指标体系和管理模式 100
- 珠三角空气质量达到“WHO-III 水平”难度依然很大 101
- “民用采暖散煤污染控制与可视化研究”提升散煤治理能力水平 101
- 科学评价空气污染的健康成本，加速空气质量改善 101
- “未来人口和空气质量情景下 PM2.5 相关疾病负担评估及空气质量标准建议”：
人口老龄化的中国更需要清洁的空气 102
- 学术沙龙“新冠疫情期间的空气质量”
从疫情造成的短期改善迈向基于四大结构的长期改善 102
- “更好的空气质量标准—促进实施与优化”好空气首先需要更加科学的标准与评价 103
- 建立中国环境政策的费用效益分析机制（第二期）项目启动会
——将资金用在刀刃上，实现精准治污科学治污 103
- 臭氧、PM2.5 与温室气体的协同控制：美国与加州的治理经验
——小协同大协同缺一不可 104
- 环境部与京津冀三地环保厅局共同研究京津冀大气污染防治条例制定及管理机制 105
- 2020 年 3 月全国空气质量状况 106
- 2020 年 4 月全国空气质量状况 107

本期要点



中长期战略：

- “气候友好的‘十四五’大气污染防治策略研究”初步提出协同目标指标
- “北京市中长期空气治理改善路线图研究”明确四大结构调整为主减排路线城市及农村空气改善：
- 基金会支持京冀两地环保部门共商北京 2022 年冬奥会空气质量保障
- 北京市生态文明建设顶层制度政策设计研究探索新的考核指标体系和管理模式
- 珠三角空气质量达到“WHO-III 水平”难度依然很大
- “民用采暖散煤污染控制与可视化研究”提升散煤治理能力水平



空气与健康：

- 科学评价空气污染的健康成本，加速空气质量改善
- “未来人口和空气质量情景下 PM2.5 相关疾病负担评估及空气质量标准建议”：人口老龄化的中国更需要清洁的空气
- “新冠疫情期间的空气质量”学术沙龙：从疫情造成的短期改善迈向基于四大结构的长期改善
- “更好的空气质量标准 – 促进实施与优化”：好空气首先需要更加科学的标准与评价



协同管理制度及工具开发：

- “建立中国环境政策的费用效益分析机制（第二期）”开题会：将资金用在刀刃上，实现精准治污科学治污
- “臭氧、PM2.5 与温室气体的协同控制：美国与加州的治理经验”小协同大协同缺一不可
- 环境部与京津冀三地环保厅局共同研究京津冀大气污染防治条例制定及管理机制



受疫情和复工影响，2020 年 3 月及 4 月全国空气污染浓度先降后升



气候友好的‘十四五’大气污染防治策略研究 初步提出协同目标指标

4月7日下午，由生态环境部环境规划院负责的“气候友好的‘十四五’大气污染防治策略研究”项目中期评审会顺利召开。该项目旨在筛选协同减排温室气体的大气污染防治措施，研究制定气候协同的大气污染防治策略，为“十四五”大气污染防治规划提供重要技术支撑。

能源基金会总裁邹骥、生态环境部环境规划院副院长严刚及生态环境部大气司固定源处、北京市生态环境局大气环境处、天津市环境监测中心等单位代表出席本次评审会。参与评审的专家包括中国环境科学研究院研究员柴发合、交通运输部规划研究院徐洪磊、发改委能源所戴彦德等。

课题组首先对欧美协同管控大气污染防治与温室气体减排的经验进行了梳理，提出了气候协同的大气污染防治策略的基本内涵。随后基于对“十四五”经济能源发展的预测，以及二氧化碳管控模式的制定，初步提出“十四五”融入温室气体协同控制的空气质量改善目标。最后通过系统评估“大气十条”和“打赢蓝天保卫战三年行动计划”主要措施的污染物和温室气体的协同减排效应，初步提出“十四五”气候协同的大气污染防治措施建议。

与会专家就目前的项目成果提出以下建议：一是结合我国实际情况，进一步阐述空气质量改善与应对气候变化协同的基本思路；二是深入研究如何在改善空气的目标设定、措施筛选、政策制定和体制机制上实现协同应对气候变化；三是扩展温室气体的范畴，添加对短寿命温室气体减排的研究。此外，能源基金会建议继续论证、评估“十三五”期间治理措施的协同效益，并加强减排指标在主要经济部门的分解。

课题组将整合专家建议及能源基金会要求，依据“十四五”空气质量改善目标要求，结合“十四五”社会、经济和能源发展预测，继续调整减排情景；评估“十四五”空气质量改善目标和碳排放控制目标的可达性，制定融入协同控制温室气体的“十四五”空气质量改善目标；在减排情景的基础上，提炼“十四五”大气污染防治重点任务和措施，提出气候协同的“十四五”大气污染防治策略，并与“十四五”规划编制工作密切结合，共同产出。



北京市中长期空气治理改善路线图研究 明确四大结构调整为主的减排路线

4月3日，能源基金会通过腾讯会议线上组织了“北京中长期空气质量改善路线图”项目中期会。本课题旨在通过提出2025年和2035年北京市CO₂和大气污染物协同减排的政策建议，为北京市制定气候友好的空气质量改善策略提供科技支撑；并展望北京市2050年空气质量，并提出与之相适应的大气污染物减排需求。

北京市生态环境局出席本次会议，清华大学郝吉明院士作为专家组组长参与本次评审，课题负责人王书肖教授代表课题组汇报了研究进展情况。

课题组分析了不同情景下北京市2020年至2035年大气污染物和二氧化碳的减排情况，利用空气质量模型和空气质量达标评估模型预测了不同情景下空气质量状况，明确了以四大结构调整为主的减排路线，并评估了不利气象条件和区域不同减排力度对北京市空气质量改善的影响。目前课题部分成果已经在北京市大气污染防治工作中得到应用。

专家组建议项目组进一步研究CO₂和大气污染控制之间的相互带动措施，探索北京市CO₂减排与空气质量达标的协同路径，为北京市“十四五”大气污染防治规划提供支撑。同时，细化对NO_x和VOCs减排路径的分析以及区域减排措施及减排量分析，从能源、交通等重点行业讨论周边地区与北京的协同控制措施。

能源基金会建议课题进一步加强对现状的分析，科学设定PM_{2.5}和臭氧的中长期规划目标，并加强关于经济发展、能源、交通情景的合理预测，梳理行业、区域的重大结构战略布局和工程类措施的研究，合理测算出前体物的减排量，从而进一步完善大气污染和气候治理协同效果的分析。

基金会支持京冀两地环保部门 共商北京2022年冬奥会空气质量保障

3月12日，北京市生态环境局、延庆区生态环境局、河北生态环境厅主管领导以及张家口市生态环境局等20余人在线上参加了“北京2022年冬奥会空气质量保障与措施预评估”项目召开中期评审会。该项目由清华大学贺克斌院士团队负责，旨在为北京2022年冬奥会空气质量保障及评估提供支持，通过分析赛区历史空气质量和气象条件状况、污染排放构成，提出基于不同空气质量目标下的减排措施，为京津冀地区的空气污染控制政策的制定提供参考。

目前项目组初步预估了不利条件下冬奥举办城市实现空气质量保障目标所需的减排力度，逐类量化了各措施对冬奥举办城市2017–2020年的减排效果。专家建议，一是要对空气质量保障目标有更清楚的表述，包括保障时段（二、三月份/冬奥、冬残奥会期）、保障范围（北京市区、张家口市区、延庆区、崇礼区、赛区）、污染物指标等；二是对区域减排和传输影响做更细致的研究，针对北京市以及张家口市周边区域提出更加细化的减排范围和减排力度，并追溯污染源头，提出可落实到周边城市、行业的精细化管理保障建议；三是对历史同期的重污染过程进行细致的梳理分析，尤其2020年2月份的重污染过程，分析在疫情期间北京市大量被动减排情况下仍然多次出现重污染事件的原因；四是研究移动源管控方案，一方面是主办城市主要运输通道的管控需求，另一方面是对主办城市市内的运输车、柴油车、非道路机械等高排放移动源的识别和整治；五是对主办城市及周边区域提出制定长期减排措施和应急预案保障方案的政策建议。

结合专家建议，项目组将完善2018–2020年的减排核算和2020–2022年的减排预测；同北京市、张家口市环保局核准：基准年排放清单、2018–2020年的现有保障措施及其减排量；补充历史重污染过程气象条件和区域传输影响的分析；分析周边区域减排对会场城市实现空气质量保障目标的贡献；测算不同气象条件下，主办城市和周边区域实现空气质量保障目标所需的减排比例；完成2020–2022年大气污染防治工作和赛期空气质量保障方案的政策建议。

北京市生态文明建设顶层制度政策设计 研究探索新的考核指标体系和管理模式

3月31日，“北京市生态文明建设顶层制度政策设计研究（第一期）”项目是由北京生态环境局陈添局长和邹骥总裁共同参与确定，并由生态环境部环境与经济政策研究中心负责。项目希望对北京市辖区生态文明建设现状评估，为北京市政府生态文明建设提供决策参考，并结合国际上有关协同发展低碳经济、技术、就业和空气质量、应对气候变化的经验研究，为北京市继续开展绿色发展和生态文明建设顶层制度设计和研究考核指标体系奠定基础。

北京市生态环境局周扬胜研究员、政研中心田春秀主任及科技与国际合作处、生态文明办秘书处、科技与国际合作处等单位代表出席本次中期评审会。中国社会科学院城市发展与环境研究所庄贵阳主任、国家应对气候变化战略研究和国际合作中心原主任李俊峰等作为专家参与评审。

项目组目前初步分析构建了分区考核目标体系，初步梳理了绿色发展、循环经济方面以及碳和常规污染物控制方面梳理和分析国际经验，并对北京市生态文明建设及国内地方经验进行调研与研究进行了初步总结。

专家认为此课题可继续深入研究，在借鉴国外和其他省市的先进经验时，找到适用于北京的工作思路和措施；并考虑以更严格的目标为导向进行制度设计，探讨如何将生态文明的各个方面协同管理。能源基金会建议将三个课题形成一个有机整体，对北京目前开展的生态文明工作进行梳理，明确各区县、行业的任务分工，并通过对北京市现状的评估，梳理出北京生态文明建设考核存在的问题。

珠三角空气质量达到“WHO-III水平” 难度依然很大

4月22日，“珠三角空气质量达到WHO-III水平的中长期战略研究”项目结题。该项目旨在提出实现WHO-III目标要求下珠三角区域空气质量改善的战略路径，进一步加快推进珠三角地区空气质量改善。生态环境部大气司大气处处长逯世泽、广东省环境科学研究院张永波院长等出席本次结题会。

项目研究成果显示，珠三角空气质量要在2035 年达到WHO-III 水平的目标，只有在周边区域和省份空气质量协同改善的背景下才可能实现，珠三角区域内则需以更高的空气质量为目标，采取提升新兴行业占比至95%、推动公共交通机动化占比达至国际先进水平、压减煤电比例至6% 等变革性措施进行大幅度结构减排。由于这种深度结构调整与珠三角经济社会发展现状差距较大，且省际协同减排需求的实现有赖于国家统一部署，使得珠三角在2035 年实现WHO-III 目标有较大难度。

专家组组长柴发合建议将珠三角大气污染防治先行示范区建设上升为国家战略，以推动省际协同减排需求的落实；并在珠三角或粤港澳大湾区率先探索制定环境空气质量地方标准，促使区域生产生活方式发生转变，推动空气质量持续改善。

能源基金会表示，空气质量与应对气候变化协同控制相关研究是目前基金会的工作重点，建议项目组在现有研究成果的基础上，进一步测算达到WHO-III 目标能够实现的CO₂ 协同减排效应。能源基金会城市组王志高主任建议在情景分析中，对重点领域的上限再补充描述，加入结合经济社会发展阶段、人口等方面的细化措施，同时也应考虑珠三角地区新基建带来的能耗大增及与之相应的区域层面的能源需求。

“民用采暖散煤污染控制与可视化研究” 提升散煤治理能力水平

4月7日上午，由生态环境部环境规划院及北京数城未来科技有限公司共同负责的“民用采暖散煤污染控制与可视化研究”项目结题评审会顺利召开。该项目希望利用大数据技术分析民用散煤对空气质量的影响，提出政策建议，同时搭建可视化散煤信息综合分析平台，提升散煤治理能力水平。生态环境部大气司固定源处、北京市生态环境局大气环境处、天津市环境监测中心出席本次评审会。

项目组结合调研数据与大数据分析技术，分析了北方地区民用散煤污染现状与治理进展。研究发现，2016 年“2+26”城市散煤排放对采暖季节PM_{2.5} 浓度贡献为15%–46%。为此项目组提出六点政策建议：一是加强顶层设计，科学确定改造规模和技术路线；二是重视农宅建筑保温工作，使清洁取暖可持续推进；三是基于不同城市的改造任务确定补贴资金总额，并探索多种经营模式和资金筹措方式；四是已完成改造地区依法划入高污染燃料禁燃区，能源供应稳定地区及时拆除原有取暖设施；五是加强煤炭源头监管，严防散煤流入；六是加强用户培训和产品使用指导。

此外，课题组搭建了散煤污染治理综合分析平台，具体内容包括：基于大数据建立村镇信息数据库，构建了取暖需求分析模块，基于大数据识别建立城乡人员空间数据库，并基于数据库和分析模块模拟评估了污染综合治理方案。

与会领导及专家肯定了项目产出，也围绕农房节能改造、生物质利用、山区清洁取暖工作进行了探讨，并建议项目组进一步提炼“十四五”清洁取暖政策建议。最后针对数据平台提出建议：开

拓更多可靠数据信息，持续更新数据动态，以及结合管理需求，进一步优化平台以更好支持地方的散煤治理工作。

能源基金会希望项目加强现状和数据的分析，明确散煤总量、散煤分布和当前工作的经验及问题；结合“十四五”规划，对治理目标、最佳可行技术、居民经济承受能力等方面提出系统建议；并加强与环境部、省市环保系统的协调沟通，从国家散煤控制目标和清洁能源供应战略，以及提高地方监管能力等不同角度完善可视化系统的应用与开发。

科学评价空气污染的健康成本 加速空气质量改善

3月13日，“空气污染的健康成本研究”项目召开中期评审会。该项目由北京大学国家发展研究院环境与能源经济学研究中心负责，旨在从多方面分析空气污染在我国的健康及社会经济影响。

生态环境部环境规划院蒋洪强主任及北京大学环境科学与工程学院朱彤院长等7位专家参与本次线上会议，北京大学国家发展研究院徐晋涛副院长出席本次会议。项目组首先将北京市基本医疗保险的详细医疗支出数据与空气质量数据进行匹配，定量识别空气污染对医疗花费的影响，并研究了该影响在人群中的异质性分布。研究发现PM_{2.5}每增加10微克/立方米，当天人均医院支出相应平均增加0.77%，相当于人均每年增加医疗支出28.8元，且污染过程的时长和浓度都增加了污染过程带来的医疗成本。随后探究了上一年空气污染对当年老年人死亡率的影响，发现空气污染对老年人死亡率有显著影响，空气污染的影响在脆弱人群中更显著。

专家建议，一是继续在数据方面挖掘潜力，如将医保数据扩展到全国及利用空气污染监测高精度数据；二是从提供政策建议的角度计算和展示研究结论，如估算北京或全国的空气污染潜在医疗支出；三是将整体的技术路线论证清楚，以增加空气污染和就医数据相关关系的可信度。

“未来人口和空气质量情景下PM_{2.5}相关疾病负担评估及空气质量标准建议”： 人口老龄化的中国更需要清洁的空气

4月24日，“未来人口和空气质量情景下PM_{2.5}相关疾病负担评估及空气质量标准建议”项目召开中期评审会，该项目由中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所负责。施小明所长表示，本项目早在2018年就开始酝酿，主要是为空气污染对健康的影响提供新的证据，从而支持下一阶段空气质量标准的加严。虽然现在国内外形势复杂，压力较大，但中国发展的基调不会改变。

北京大学环境科学与工程学院教授、院长朱彤等专家参与本次线上会议。中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所李涪涪代表项目组进行汇报。基于我国人群队列的调查数据，开展了空气污染与死亡慢性病效应的暴露反应关系研究；基于6种人口情境和3种PM_{2.5}浓度情景，全面评估及预估我国未来PM_{2.5}相关死亡疾病负担及空气质量改善可带来的健康收益。研究发现，空气质量的改善将给中国带来较大的健康收益，但人口增长和老龄化发展，可抵消空气质量改善带来的健康收益。

研究专家组对目前课题的成果表示基本满意，认为此产出弥补了我国在该领域的研究空白，为下一步完善空气质量标准提供科学依据奠定基础。专家建议结合国内外现有队列研究的暴露反应关系结果和不同来源的暴露数据，补充研究中的敏感性分析。在优化和凝练研究结果的同时，结合我国中长期规划和现有国情，为完善现有政策和修订空气质量标准提供建议和依据。此外，能源基金会建议完善研究情景设定，进一步为空气质量标准的修订（25微克/立方米的PM_{2.5}浓度）提供科学依据。

学术沙龙“新冠疫情期间的空气质量”从疫情造成的短期改善迈向基于四大结构的长期改善

4月17日，中国清洁空气政策伙伴关系（CCAPP）主办、生态环境部环境规划院承办的“新冠疫情期间的空气质量”线上学术沙龙圆满完成，生态环境部环境规划院雷宇研究员主持了活动。本次沙龙旨在解读新冠疫情期间的全国空气质量状况，探讨疫情期间空气质量变化的主要成因，推动基于多维度数据及方法的空气质量研究，为清洁空气措施的制定与实施提供科学依据。

南京大学丁爱军教授、生态环境部环境规划院薛文博研究员、中国科技大学刘诚教授、复旦大学张宏亮教授四位专家分别做主题报告。中国环境科学研究院高健研究员、胡京南研究员、生态环境部卫星环境应用中心厉青研究员、北京市环境保护监测中心刘保献主任、能源基金会环境管理项目主任刘欣、北京大学宋宇教授、中国环境监测总站唐桂刚研究员、清华大学张强教授及法国气候与环境科学实验室郑博博士受邀做了精彩点评。

各位专家、学者针对“疫情期间PM_{2.5}和O₃的生成机理”，“NO_x和VOC协同减排的重要性”及“气候变化对空气质量的影响”等方面进行了深入探讨。大家一致表示新冠疫情在短期内对我国国民生命健康及社会经济造成了重大损失，但及时开展疫情期间空气质量研究、总结归纳相关规律，将为大气污染治理政策制定提供有力的科学依据，从而在更长的时间尺度上促进四大结构的改善、保护公众健康、减少我国的社会经济损失。

“更好的空气质量标准—促进实施与优化” 好空气首先需要更加科学的标准与评价

3月24日，亚洲清洁空气中心（CAA）在能源基金会（中国）的支持下举办了“更好的空气质量标准—促进实施与优化”项目在线开题会。该项目旨在梳理美国、欧盟和亚洲领先国家和城市空气质量标准制定的经验和做法，并与中国现有空气质量标准体系进行对比分析，识别改善方向、提出相应政策建议。清华大学环境学院院长教授、中国工程院院士贺克斌、生态环境部环境规划院雷宇等6位专家参与本次开题。

会上，专家们就我国现有标准制定和实施过程中存在的优化潜力进行深入探讨，并对项目设计提出了方向性的指导意见和建议。雷宇表示，现有的十三五规划的约束力不够，十四五时期会制定更严的空气质量标准，并希望带来以空气质量改善为核心的管理制度革新。贺克斌院士指出：“我国现有的空气质量标准对推动我国整体空气质量的改善意义重大。环境空气质量标准是城市逐步实现空气质量改善、保护公众健康的重要基础。而标准的制修订并非一朝一夕，需要长期的科学研究和分析，还需要在借鉴先进经验的基础上，建立并实施适合我国国情的标准。”

能源基金会希望通过这一项目，进一步提高对空气质量标准的定位，支持推进中国空气质量的长期可持续改善。项目产出预计将会在2020年下半年对外发布，以期为“十四五”大气污染防治工作提供决策参考。

建立中国环境政策的费用效益分析机制（第二期）项目启动会——将资金用在刀刃上，实现精准治污科学治污

3月5日，能源基金会支持的“建立中国环境政策的费用效益分析机制（第二期）——以汾渭平原蓝天计划跟踪评估为例”项目启动会召开。此项目由生态环境部环境规划院负责，旨在进一步健全中国环境政策的费用效益分析（CBA）制度，全面系统跟踪评估汾渭平原《蓝天行动》实施的费效与影响，同时对主要措施——散煤清洁化治理费效进行评估，以推动相关技术手册规范的形成。能源基金会总裁邹骥，中国工程院院士贺克斌等专家参与本次线上开题会。生态环境部环境规划院王金南院长出席会议，项目负责人蒋洪强研究员进行了汇报。

生态环境部大气环境司逯世泽处长建议项目组建议加快进度，以更好地支持十四五大气规划编制工作，并且结合国际经验和本地情况建立一套适合国家层面、地市、省的评价体系，将资金用在刀刃上，实现精准治污科学治污。与会专家建议：结合大气“十四五”规划等政策进程扩大应用场景，加强顶层设计和多维度拓展分析；明确费效分析适用范围，界定费用和效益的边界，削减费效

分析的空间溢出和政策滞后影响；注重科学选择参数和方法，区域不同城市和部门的差异性。能源基金会总裁邹骥建议进一步关注碳排放权交易系统（ETS）的费效分析，以及分析社会经济对改善空气质量及应对气候变化工作的影响。

臭氧、PM_{2.5} 与温室气体的协同控制：美国与加州的治理经验——小协同大协同缺一不可

该项目由加州大学洛杉矶分校法学院王立德（Alex Wang）教授团队负责，于3月24日集合两地专家召开中期评审会。该项目旨在分析美国加州空气污染物与温室气体协同治理经验，包括相关规划、政策、法律和实施的制定，以更好的搭建北京市的协同治理体系。

北京市生态环境局大气环境处、科技与国际合作处、监测中心、环境保护科学研究院、应对气候变化中心等单位20人出席本次评审会。

项目组梳理了加州各辖区管理机构的职能范围，以及协同治理目标、措施及评估方法，总结了联邦清洁空气法案及相关法律框架，分析了加州在交通、能源和工业领域中协同管控空气污染物和温室气体的相关措施。同时指出，加州空气资源管理委员会（CARB）在其中扮演了很重要的领导和协调作用，目前的局长是加州多年来最有影响力的环境方面的官员。

项目组为中国实施协同治理政策提出了建议。一是开发科学、透明、且允许公众参与的多污染无和温室气体协同规划流程；二是研究及制定协同改善空气质量和应对气候变化效应最大的法律法规和政策措施；三是治理措施需要因地制宜，考虑地理、气候、污染源等多方面因素。

北京市生态环境局建议，项目组应从宏观上进一步梳理美国和加州的经验。从法规、政策和规划方面分别进行梳理和总结美国和加州在温室气体排放控制方面的经验，并具体介绍法律法规的制定。最后提炼出区域内各机构的协同方式和政策落实方案，并细化到对减排技术的评估，以此更全面的为北京市协同管控空气污染物和温室气体中长期的规划制定提供支持。



环境部与京津冀三地环保厅局共同研究 京津冀大气污染防治条例制定及管理机制

4月7日下午，能源基金会总裁邹骥、生态环境部环境规划院副院长严刚以及生态环境部大气司固定源处，北京市生态环境局大气环境处、天津市环境监测中心等单位代表，出席了由生态环境部环境规划院负责的“京津冀大气污染防治条例及管理机制研究”项目中期评审会。本项目为编制《京津冀及周边地区大气污染防治条例》及构建京津冀及周边地区大气污染联防联控长效机制提供支撑。

为进一步完善京津冀及周边地区大气污染联防联控机制，项目组将研究目标设置为两点：一是建立京津冀及周边地区大气污染防治条例框架，二是为京津冀及周边地区管理机制提供对策建议。通过对我国区域大气环境管理现状进行梳理和评估，项目组从法律和机制层面上分别列举了大气环境管理的现存问题。随后对美国 and 欧盟区域大气环境管理进行了总结及分析，梳理出多条重要经验，包括区域联防联控应设置统一区域环境管理机构、明确各部门职能等。并基于上述研究及对区域立法拟解决问题的分析，项目组初步形成了京津冀及周边地区大气污染防治条例框架；此外，从构建区域大气环境管理的长效机制和完善区域大气环境管理经济政策两方面，初步提出了京津冀及周边地区管理机制对策建议。

与会领导专家对项目中期成果表示肯定，并主要提出了以下三点建议：一是进一步分析立法的必要性、定位及重点需要解决的问题；二是进一步梳理京津冀及周边地区的现有法律法规，重点分析地方立法在解决跨区域大气污染方面的作用；三是坚持问题导向，有针对性地提出立法需要解决的主要问题、应当设计的重要制度及措施。

此外，能源基金会建议：在文献综述中加强对跨区域、流域协同管理模式和立法经验的总结；拓展大气污染防治管理内容，例如在研究中探讨在区域内建立统一的市场机制，促进清洁能源供应；评估主要法律条款实施后的污染物减排及碳减排效益。下一步，项目组将基于领导和专家的建议，完善京津冀及周边地区大气污染防治条例框架的建立，深化管理机制的政策建议。

2020 年3 月全国空气质量状况

2020 年3 月，全国337 个地级及以上城市平均PM_{2.5} 浓度为32 微克/ 立方米，**同比下降22.0%**；NO₂ 浓度为23 微克/ 立方米，**同比下降23.3%**。受到疫情影响，3 月大部分地区的经济活动仍然受限，全国PM_{2.5} 和NO₂ 浓度持续大幅度下降。

京津冀及周边地区“2+26”城市PM_{2.5} 浓度为45 微克/ 立方米，**同比下降16.7%**，其中北京市PM_{2.5} 浓度为35 微克/ 立方米，**同比下降32.7%**。长三角地区41 个城市PM_{2.5} 浓度为34 微克/ 立方米，**同比下降33.3%**。汾渭平原11 个城市PM_{2.5} 浓度为43 微克/ 立方米，**同比下降8.5%**。



2020 年 3 月 PM_{2.5} 月度均值



2019 年 3 月 PM_{2.5} 月度均值



2020 年 3 月 NO₂ 月度均值



2019 年 3 月 NO₂ 月度均值

(数据来源：生态环境部；制图：蔚蓝地图)

2020 年4 月全国空气质量状况

2020 年4 月，全国337 个地级及以上城市平均PM_{2.5} 浓度为33 微克/ 立方米，**同比上升2%**；NO₂ 浓度为25 微克/ 立方米，**同比上升5%**。4 月，随着我国新冠疫情逐步进入稳定控制期，全国的生产生活逐渐从“暂停”向“重启”转变，各行各业复工复产，因此排放量增加，部分污染物浓度增加。

京津冀及周边地“2+26”城市PM_{2.5} 浓度为38 微克/ 立方米，**同比下降19.9%**，但NO₂ 浓度为31，**同比下降1.6%**，降幅有所减弱。但北京市空气质量持续改善，PM_{2.5} 浓度为31 微克/ 立方米，**同比下降36.1%**，NO₂ 浓度为22 微克/ 立方米，**同比下降33%**。长三角地区41 个城市PM_{2.5} 浓度为35 微克/ 立方米，**同比下降7.9%**，但NO₂ 浓度为33 微克/ 立方米，**同比上升3.0%**。汾渭平原11 个城市PM_{2.5} 浓度为37 微克/ 立方米，**同比下降22.1%**，但NO₂ 浓度为38 微克/ 立方米，**同比上升8.1%**。



2020 年 4 月 PM_{2.5} 月度均值



2019 年 4 月 PM_{2.5} 月度均值



2020 年 4 月 NO₂ 月度均值



2019 年 4 月 NO₂ 月度均值

(数据来源：生态环境部；制图：蔚蓝地图)

臭氧专刊

近地表臭氧的形成机理危害及防控对策

总第 10 期 能源基金会清洁空气战略进展

109 一、臭氧的性状、在大气中的分布和生成机理

109 二、对流层臭氧的危害

110 三、我国臭氧污染状况

111 四、我国近地表臭氧生成的特点

112 五、近地表臭氧污染治理建议

113 六、臭氧的健康防护

近地表臭氧的形成机理 危害及防控对策

晴空万里也有污染吗？

答案是肯定的，并不是所有的污染都像雾霾那样让人肉眼可见。

今天我们来谈谈看不见的代表性空气污染物——臭氧。

一、臭氧的性状、在大气中的分布和生成机理

臭氧，化学分子式为 O_3 ，因有一种特殊的气味而得名。它天然存在于大气之中，大气中90%以上的臭氧存在于大气层的上部或平流层，离地面有10-50千米。它在平流层可以阻挡高能量的紫外辐射（30nm以下）到地面，成为地球生命系统的保护层。如果平流层的臭氧含量减少，地面受到的紫外辐射强度会增加，导致皮肤癌发病率增高。

然而，在平流层中充当生物保护伞的臭氧，到了近地表，却成了空气的六大污染物之一。这部分近地表臭氧位于距地面1-2千米的近地层，除少量由平流层臭氧向近地传输外，绝大部分近地表臭氧是二次大气污染物。通过氮氧化物（ $NO_x \equiv NO + NO_2$ ）和氧化氢（ $HO_x \equiv OH + HO_2 + \text{organic peroxy radicals } (RO_2)$ ）的催化作用，与挥发性有机物（VOCs）发生光化学氧化反应，从而生成了近地表臭氧（南京信息工程大学2019年研究）。简单来讲，大部分近地表臭氧，是由VOCs和 NO_x 在阳光照射下发生光化学反应生成的。因此，阳光照射越强，浓度越高，越容易生成臭氧。

在城市中，VOCs是由少量天然源和大量人为源排放的。人为源VOCs排放主要源自机动车尾气和工业生产时溶剂的使用。与此同时，机动车尾气也是 NO_x 的主要排放源之一。因此，每天随着日出和早高峰机动车排放等影响，臭氧浓度开始明显上升，在午后达到一天的最高值（12:00-15:00），随后逐渐降低，与日温度变化较为一致。一些地区由于机动车污染严重，排放生成的臭氧高浓度可维持到晚上。近年来，越来越多的研究指出，强光照、高温的夏秋季节是我国特大城市群臭氧浓度超标频发的典型季节。

二、对流层臭氧的危害

臭氧由于具有一个不稳定的化学键，反应性极高，也是一个强氧化剂，会对动植物包括人体产生氧化性腐蚀。

（1）臭氧短期暴露对人体健康的危害主要是强烈刺激呼吸道，并通过炎症和系统性氧化应激等生物学机制，导致肺部上皮细胞受损、增加肺部痰液，进而造成肺功能改变，从气道反应和气道

炎症的增加，进而产生慢性阻塞性肺疾病。也有研究表明臭氧长期暴露会影响心脑血管系统，可能引起血压升高、导致缺血性心脏病、动脉粥样硬化等；并对神经系统造成影响，引发神经炎症、血脑屏障破坏，并影响人们的认知功能。值得注意的是，老人与儿童的自身免疫力较弱，一般认为他们更易受到臭氧污染的影响。

从臭氧浓度来讲，在浓度为 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时，对眼、鼻、喉有刺激的感觉；浓度为 $1300\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时，肺泡气体扩散能力将显著下降；当浓度为 $2000\text{--}4000\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时，呼吸1–2小时后，能使肺细胞蛋白质发生变化，眼睛和呼吸器官有急性灼烧感，并且中枢神经发生障碍，感到头痛。

(2) 很多植物对臭氧比较敏感，植物叶面可出现点彩状和青铜色伤斑。臭氧对建筑材料、衣物等也有损坏作用，如加速橡胶和塑料老化，使纺织品褪色等。

高浓度大气臭氧可损伤植被内部结构和生理功能，影响植物正常生长。有学者在2014年估算中国1990年和2020年的小麦、水稻、玉米和大豆的产量损失。结果显示1990年，小麦、水稻、玉米的产量损失为1%–9%，大豆的产量损失为23%–27%。2020年，产量损失将大幅增加，小麦、水稻和玉米的产量损失将升至2%–16%，大豆的产量损失升至28%–35%。

历史上最著名的近地表臭氧污染事件是洛杉矶光化学烟雾。洛杉矶因大量机动车排放、强光照以及不易扩散的地理条件，成为美国臭氧污染最为严重的地区之一。上世纪四十至五十年代，曾发生严重的臭氧污染—洛杉矶光化学事件，即高浓度臭氧在光照条件下和挥发性有机物继续反应生成光化学颗粒物—过氧乙酰硝酸酯。100公里以外的海拔2000米高山上的一大片松林也因此枯死，柑橘减产。仅1950–1951年，美国因大气污染造成的损失就达15亿美元。1955年，因呼吸系统衰竭死亡的65岁以上的老人达400多人；1970年，约有75%以上的市民患上了红眼病。

(3) 臭氧的气候效应。臭氧作为一种短寿命气候污染物，虽然与二氧化碳等长寿命温室气体相比，在大气中停留的时间较短，但臭氧的全球增温潜势(GWP)较高，对短期全球气候影响显著，导致温室效应。同时，臭氧污染会阻碍植被吸收储存二氧化碳。有研究表明，近地表臭氧可通过氧化植被细胞弱化叶片光合作用，从而对植被产生破坏作用，植被的“净第一性生产力(NPP)”——即生态系统中植被能够吸收的碳含量，会在近地面臭氧增加时显著减少，这一减少程度远远超过气溶胶颗粒通过减少冠层温度和提高光散射促进植被碳吸收量的幅度。

三、我国臭氧污染状况

近年来我国颁布实施了一系列清洁空气政策，全国空气质量有了明显改善，大部分空气污染物浓度都呈明显下降趋势，但二氧化氮浓度未出现显著改善，臭氧浓度则呈明显上升趋势（如图1所示）。

根据臭氧浓度分布图分析，臭氧的生成潜势成东高西低分布，高值区为京津冀及周边、长三角、珠三角、成渝地区等。其中，京津冀地区2017年的 O_3 浓度，相比2013年上升了24.5%。

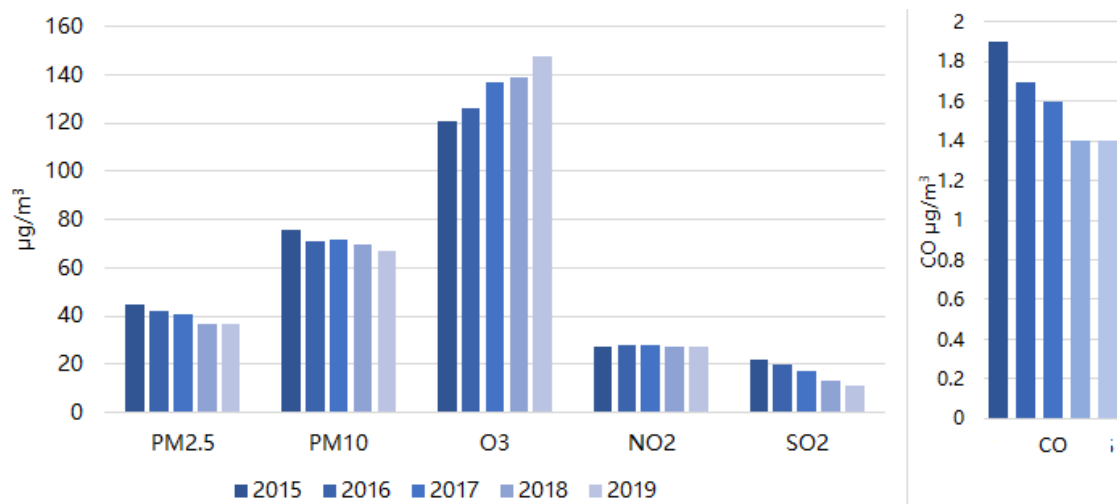


图 1. 2015–2019 年中国主要污染物年评价价值

我国的《环境空气质量标准》规定了空气中O₃浓度的上限值：8小时滑动平均标准限值为160 µg/m³，1小时标准为200 µg/m³。根据该标准评估，上述四个重点区域O₃的超标天数达10%至30%。在所有重点区域内，成渝地区O₃的超标率最高，O₃污染也成为影响成渝地区空气质量的重要因素之一。

四、我国近地表臭氧生成的特点

上文提到过，O₃与其前体物NO_x和VOCs浓度为非线性响应关系，即部分前体物浓度上升，O₃浓度不一定上升，部分前体物浓度下降，O₃浓度不一定下降。因此，一般将O₃生成的前体物控制区划分为NO_x控制区和VOCs控制区。在NO_x控制区，O₃浓度与NO_x成正相关；在VOCs控制区，O₃浓度与VOCs成正相关，与NO_x浓度成负相关。

研究发现，我国发展迅速的特大城市主要属于VOCs控制区，O₃的主要生成源是人为源VOCs。人为源VOCs排放中，机动车尾气排放和汽油挥发是主要的排放来源，占比高达50%，对O₃生成贡献明显；其次是溶剂涂料使用，最高可达20%，对O₃生成也具有较大的贡献。但不同区域的生成特点不同，比如重庆地区工艺过程对当地VOCs贡献与机动车相当。

O₃污染与PM_{2.5}污染也具有同源性。作为O₃前体物的NO_x和VOCs会通过气粒转化过程生成硝酸盐和二次有机气溶胶，即PM_{2.5}的重要组成部分。也就是说，生成空气中大部分PM_{2.5}的气粒转化过程，是伴随着NO_x和VOCs的气相化学反应一并进行的，而该气相化学反应驱动着O₃的生成。因此，在减排NO_x控制PM_{2.5}污染的同时，需要有力地控制VOCs排放来减缓O₃污染。

此外，大气中的O₃浓度不仅受前体物浓度影响，还与温度、降水、光照、风速、风向、气旋、

海陆风等气象条件有着密切的联系。总体而言，气象因素会以影响大气环流、光化学反应和O₃前体物扩散等过程，从而影响O₃浓度变化。研究发现，高浓度O₃主要出现在太阳辐射强、温度高、相对湿度低的天气特征下，所以气候变化引起的温度升高，可能会进一步加剧近地表O₃污染。因此，在未来的制定污染防治战略及政策目标时，应强调PM_{2.5}、O₃和CO₂协同治理的重要性。

五、近地表臭氧污染治理建议

就近地表臭氧的成因分析，科学治理臭氧，需根据不同的前体物控制区，制订有针对性的减排措施。目前，我国已出台相应的政策措施，控制臭氧前体物NO_x和VOCs的排放。

但现阶段O₃治理存在诸多难点：一是O₃污染的区域性特征明显，只通过局地污染物减排措施难以有效降低O₃浓度，必须进行区域大气污染物联防联控。二是VOCs种类繁多，来源复杂，治理难度大。三是有研究表明，东亚地区O₃背景浓度也呈现上升趋势，增加了我国O₃治理难度。四是随着PM_{2.5}浓度的逐年降低，PM_{2.5}对O₃前体物的抑制作用下降，需制定协同控制PM_{2.5}和O₃的减排路径。

因此，为进一步加强臭氧污染防治，攻克上述的治理难点，建议在如下几个方面持续推进：

1、明确臭氧浓度改善目标，并纳入“十四五”大气污染防治规划。当前臭氧污染逐年加剧，但国家大气十条、蓝天保卫战均未提及臭氧污染协同控制的目标，路径和措施。因此，有必要结合“十四五”大气污染防治综合规划的制定，明确臭氧浓度改善目标，将臭氧和PM_{2.5}协同防治作为下一阶段的重点工作，为制定协同治理路径设定目标和方向。

2、加强针对臭氧污染来源与成因的研究与分析。O₃对NO_x和VOCs排放的响应并不是简单的线性关系，需针对各地不同的O₃生成机制和污染排放来源，进行深入分析，确定不同地区为NO_x控制区或VOC控制区，并组织科研力量集中突破区域尺度O₃预报预警技术及传输比例分析等。在技术层面上，指导各地建立O₃前体物排放清单，进行来源解析、传输路径分析等，为科学制定NO_x和VOCs减少比例做有效铺垫。

3、制定协同控制PM_{2.5}和臭氧的目标和实施策略。由于生成PM_{2.5}与O₃的前体物相似，但具有较为复杂的生成关系，需将PM_{2.5}与O₃协同控制，提高控制NO_x和VOCs排放的协同效益。结合PM_{2.5}控制对策，以及O₃污染的控制目标，各个地区应提出因地制宜、因时制宜的O₃前体物排放削减比例目标和具体控制对策，避免PM_{2.5}和O₃在协同改善时出现的不协调不统一的情况。

4、划定臭氧污染联防联控区，实现臭氧区域协同治理。O₃污染具有较强的区域输送特点，因此，根据O₃时空间分布特征和传输路径划定O₃污染联防联控区具有重要意义。对重点前体物排放区域制定严格的排放标准，尤其是VOCs排放控制标准起步较晚的地区。

5、通过加强交通源排放控制，协同管控NO_x和VOCs排放。机动车同时排放NO_x和VOCs，且交通源VOCs是城市VOCs的主要来源，对控制O₃污染最为重要。因此，一是提高车用油品标准和汽车排放标准，并加强汽车生产和使用过程排放的监管，降低机动车的排放总量；二是优化机车辆结构，加快老旧车的淘汰，并鼓励新能源汽车的使用。

6、通过工业源VOCs专项治理，减少人为源VOCs排放。根据不完全统计，VOCs排放涉及行业至少有120个以上。现阶段，应以石油、化石、汽车、家具、包装印刷等行业为整治重点，按照“分业措施、一行一策”的原则，开展有效、精准的VOCs治理行动。在建立、修订严格的排放标准的基础上，大力推动企业的源头改造、过程控制、末端治理和综合利用等全过程控制。并进行经济调节，鼓励、支持企业进行技术改造。同时，强化监管，执法检查，违法必究。

7、制定大气污染物和温室气体协同治理综合战略。臭氧不但是主要大气污染物，同时也是短寿命的温室气体。因此，臭氧污染会加剧气候变化，但气候变化所引起的温度升高，也可能加剧近地表臭氧污染。因此，综合治理空气污染物和温室气体排放，可有效改善空气质量及应对气候变化，主要措施应以控制或减少化石燃料燃烧为主，如能源结构转型及推广新能源汽车等。

六、臭氧的健康防护

臭氧污染来源复杂，污染去除也不会一蹴而就，在这过程中应同时强调做好自我防护。市民该如何做呢？夏季日间高温静稳的天气下，臭氧浓度会比较高，浓度从早高峰开始逐步上升，最高点出现在午后，有时可持续到入夜。因此个人防护方面：

一是尽量减少日间外出，尤其避免午后高值时段。高浓度臭氧主要出现在光照强烈的室外环境。臭氧无法持续在室内生成，浓度一般比室外低50%。因此，减少外出活动，将有效降低臭氧暴露的危害。

二是如果必须外出，避免剧烈运动，包括学生体育课，大型室外活动等，减少呼吸系统遭受的污染暴露水平。

三是进行适当的防护，例如佩戴符合国家标准（GB/T 32610-2016）的口罩。

四是额外注意对老人与儿童的防护。老人与儿童的自身免疫力较弱，一般认为他们更易受到臭氧污染的影响，即较大的健康损害。

五是加强身体锻炼，提高身体素质。增强免疫力可减轻污染对上呼吸道的刺激与损伤。

文献引用:

耿春梅, 王宗爽, 任丽红, 等. 大气臭氧浓度升高对农作物产量的影响. 环境科学研究, 2014, 27(3):239–245.

蒋美青, 陆克定, 苏榕, 等. 我国典型城市群O₃ 污染成因和关键VOCs 活性解析. 科学通报, 2018, 63: 1130–1141

Jiang M. Q., Lu K. D., Su R., et al. Ozone formation and key VOCs in typical Chinese city clusters (in Chinese). Chin Sci Bull, 2018, 63: 1130–1141,

doi: 10.1360/N972017–01241

Li, K., Jacob, D.J., Liao, H. et al. A two–pollutant strategy for improving ozone and particulate air quality in China. Nat. Geosci. 12, 906–910 (2019) doi:10.1038/s41561–019–0464–x

Yue, X., Unger, N., Harper, K., Xia, X., Liao, H., Zhu, T., Xiao, J., Feng, Z., and Li, J.: Ozone and haze pollution weakens net primary productivity in China, Atmospheric Chemistry and Physics, 17, 6073–6089, doi: 10.5194/acp–17–6073–2017, 2017.

能源基金会

清洁空气战略进展

总第 11 期 2020 年 5 月月进展

- “环境与健康科研进展报告”
提出需加强本地空气污染与健康影响的系统研究

117
- 现行标准对“十三五”空气质量改善起到决定性作用，
“十四五”需科学评估并适时更新以有效推动大气治理

118
- 能源基金会与北京市生态环境局启动 2020 年合作项目
以支持北京市“十四五”时期生态环保规划等四大领域研究

119
- 能源基金会支持生态环境部环境规划院系统开展国家及重点
区域“十四五”生态环保重点领域政策研究

120
- 能源基金会与山西省生态环境厅揭开合作新篇章，推进能源
革命实现空气改善和经济高质量发展

121
- 能源基金会与河北省生态环境厅筹划“十四五”
空气质量改善合作研究

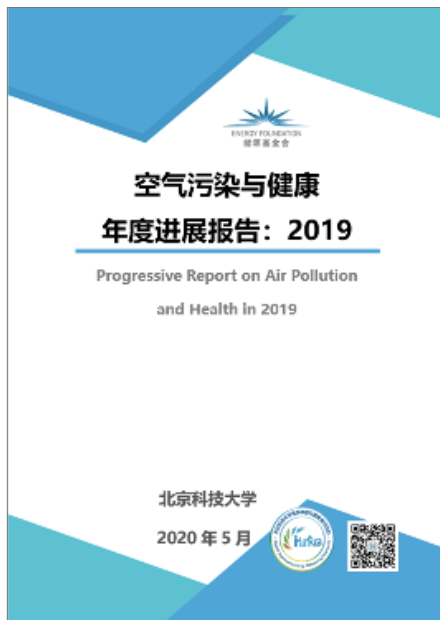
122
- 2020 年 5 月全国空气质量状况

123

本期要点

- “环境与健康科研进展报告”提出需加强本地空气污染与健康影响的系统研究
- 现行标准对“十三五”空气质量改善起到决定性作用,“十四五”需科学评估并适时更新以有效推动大气治理
- 能源基金会与北京市生态环境局启动 2020 年合作项目,以支持北京市“十四五”时期生态环保规划等四大领域研究
- 能源基金会支持生态环境部环境规划院系统开展国家及重点区域“十四五”生态环保重点领域政策研究
- 能源基金会与山西省生态环境厅揭开合作新篇章,推进能源革命实现空气改善和经济高质量发展
- 能源基金会与河北省生态环境厅筹划“十四五”空气质量改善合作研究,强化臭氧和 $\text{PM}_{2.5}$ 协同控制
- 2020 年 5 月全国空气质量状况:步入夏季,全国大部分地区 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度同比下降,但部分地区 O_3 污染问题凸显

“环境与健康科研进展报告”提出需加强本地 空气污染与健康影响的系统研究



5月30日，能源基金会支持的《环境与健康科研进展报告：大气卷》项目召开终期评审会，该项目由北京科技大学负责实施。来自中国疾病预防控制中心、北京大学医学部、中国环境科学研究院、北京大学、中国环境监测总站及生态环境部环境标准研究所的专家出席本次会议。

该课题参考WHO修订空气质量健康基准和发达国家制修订空气质量标准的通行做法，围绕2013–2019年度全球特别是针对中国开展的空气污染与健康的研究进展，从方法学进展、科研进展、管理政策等方面进行了全面系统的梳理，并对重点的环境污染因素对人体健康的主要影响进行了初步的总结和提炼，为我国大气污染与健康的深入研究和标准基准制修订提供参考和依据。

课题主要研究结论：

1、有关方法学研究梳理。从流行病学、毒理学、暴露评估及风险评估等领域进行了系统梳理。当前流行病学调查是世界各国制修订环境空气质量标准的首要依据，队列研究和横断面研究可应用于年均浓度标准的制定，时间序列、病例交叉和定组研究可应用于日标准制定，前瞻性队列研究在暴露评价等方面更为严格。当前毒理学面临多化学物混合互相作用而较难对毒性准确评价的难题。空间暴露的面模式近年来得到广泛发展和本地化应用，利用大数据、低成本传感器等技术是未来用时间活动模式评估暴露水平的新趋势；我国健康风险评估在借鉴国际GBD等定期报告的基础上，开展了近30年的系统性的中国疾病负担研究，并分别由卫健委和生态环境部发布了《大气污染人群健康风险评估技术规范》和《生态环境健康风险评估技术指南总纲》。

2、有关科学研究结论。一是颗粒物暴露与呼吸和心脑血管系统疾病及死亡率关联性一致，但针对精神健康和出现缺陷等研究仍处于起步阶段，颗粒物暴露对男性患哮喘风险更高，对女性缺血性心脏病风险更高；二是臭氧暴露与哮喘冠心病关系研究结论一致，对于心肌梗塞的影响在凉爽天

气人群中更加敏感；三是不同地区暴露于同种污染物健康效应不同，NO₂ 对南方人群的呼吸系统影响大于北方，颗粒物对北方人群的肺功能健康危害更大。

3、未来空气污染与健康的政策与科研需求。一是客观认识当前在暴露评估、流行病学研究、急慢性健康效应和健康结局方面存在研究指标和方法的不足，对于现行标准的制修订主要采用WHO 等研究结论，本地科学支撑有待加强；二是在空气污染与健康的政策导向上，针对低水平的PM_{2.5} 暴露下仍然会导致健康危害，并未发现特定阈值的情况要持续推进PM_{2.5} 标准限值的更新，同时更加关注臭氧污染的健康效应，以及臭氧和PM_{2.5} 的交互作用和独立作用，制定同时改善两类污染物的协同战略；三是未来关注复合型污染的健康效应和通路研究，并优先开展我国大气污染的前瞻性队列研究。

现行标准对“十三五”空气质量改善起到决定性作用，“十四五”需科学评估并适时更新以有效推动大气治理

6月11日上午，由中国环境科学研究院环境标准研究所负责的“中国空气质量管理及排放标准体系研究（第一期）”项目中期评审会顺利召开。该项目旨在评估我国现行《环境空气质量标准》实施的成效，识别标准实施过程中出现的问题。中国环境科学研究院柴发合研究员、中国生态文明研究与促进会李庆瑞执行副会长、北京市政协李昕副秘书长等8位专家参与本次会议。

项目组对我国环境空气质量标准和配套评价方法的实施情况进行分析，对标准实施以来全国及重点区域环境空气质量改善情况进行评估，发现全国338个城市（2019年为337个）2015–2019年PM_{2.5}年平均浓度下降22%，京津冀、长三角、珠三角2013–2019年PM_{2.5}年均浓度分别下降44%、36%和36%，标准出台对我国空气质量改善起到决定性、全局性作用，但与发达国家和WHO标准限值和基于健康保护的评价方法相比，仍有较大差距。

能源基金会建议，对环境空气质量标准实施评估，建议强化政策产出，一是体现已有标准对空气质量改善，生态环境整体好转，以及全社会树立起来的生态文明的理念起到决定性、全局性作用；二是从达标现状和美丽中国长期战略要求出发，明确现行PM_{2.5}标准需要尽快加严以推动污染物持续减排；三是为了进一步改善高浓度站点地区空气质量和保障当地人群健康，研究调整强化单站评价方法。

该项目也开展了印刷工业VOCs排放控制思路研究，为国家环境质量标准及印刷工业大气污染物排放标准的制修订提供支撑。会议建议强调从末端治理转向更多的前端控制，评估减少溶剂使用等措施的协同效益，以及研究如何整合提升使行业本身绿色健康发展。

能源基金会与北京市生态环境局启动2020年合作项目以支持北京市“十四五”时期生态环保规划等四大领域研究



4月27日，北京市生态环境局和能源基金会召开双方2019年合作总结暨2020年合作启动研讨会。北京市生态环境局局长陈添、副局长李晓华以及能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥参会并发言。

会议回顾了双方2019年合作工作进展。2019年，能源基金会与北京市生态环境局在北京市市长陈吉宁先生的见证下，共同签署了《北京市生态环境局与能源基金会合作框架协议（2019-2023）》。能源基金会共提供资金202万美元，支持国内外知名研究机构，开展了首都生态文明建设顶层设计、空气质量与气候变化协同管理中长期规划、交通电动化战略、冬奥会空气质量保障等领域的15项研究与培训项目，为北京市制定相关政策提供技术支撑与参考。

陈添局长对能源基金会给予北京市生态环境工作的支持表示感谢。他建议，要从能源基金会工作宗旨和北京市生态环境保护工作需求出发，进一步强化合作项目设计与管理，聚焦环保规划、工程示范、冬奥会、京津冀以及气候变化国际合作等重点领域，确保研究成果有效推动北京市工作。

邹骥总裁认为，当前疫情对经济社会产生了深远影响，在此背景下，更应继续强化环境治理和应对气候变化等工作在推进高质量复苏和绿色发展中的重要作用。能源基金会将继续完善项目管理制度，支持科研单位在北京未来五年空气和气候协同治理、冬奥会减排示范等领域开展政策研究和科技创新。

双方一致认同在2020年进一步加大合作力度，以给北京市“十四五”时期生态环保规划提供客观的研究分析和技术支持为重点，在打造空气和气候协同治理体系、夯实四大结构优化技术路径、完善京津冀生态环保协同机制、加强国际交流合作等方面，计划合作开展18个涉及政策研究、技术示范和能力建设的项目（共计约240万美元）。北京生态环境局科技和国际合作处（应对气候变化处）、能源基金会环境管理项目负责人等参加会议。

能源基金会支持生态环境部环境规划院系统开展国家及重点区域“十四五”生态环保重点领域政策研究

5月13日，能源基金会与生态环境部环境规划院（简称“环境规划院”）召开后疫情时期生态环境保护与应对气候变化政策研究合作交流会。能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥、环境规划院院长王金南参会。

王金南院长感谢多年来能源基金会对环境规划院工作的支持与信任，建议双方下一步合作应更聚焦到环境与气候变化、政策制定及制度能力建设、促进绿色转型等重点领域；同时建议进一步强化合作项目设计与管理，确保研究成果能够有效地推动国家和重点区域生态环境保护工作。

邹骥总裁认为，当前疫情对全球经济社会产生了深远影响，在这样一个特殊背景下，应继续强化环境治理和应对气候变化等工作在推进绿色发展中的重要作用。他希望环境规划院不仅在学术、数据分析上继续发挥引领作用，也能在规划和研究方面带动和提高整体的行业能力，并表示能源基金会将继续完善项目管理制度，加强信息共享平台建设，支持环境规划院相关项目的研究工作，共同推动美丽中国和生态文明建设。

双方一致认同应继续在大气与气候变化协同治理体系、完善京津冀生态环保协同机制、黄河流域绿色低碳发展、加强国际交流合作等方面深入研究与合作。能源基金会拟提供百万美元，支持环境规划院开展国家气候协同“十四五”大气污染防治规划研究、京津冀及周边地区大气污染防治策略、散煤控制策略研究、黄河流域生态环境保护和高质量发展规划政策建议、后疫情化危为机加速“十四五”期间绿色低碳转型研究及地方“十四五”大气污染防治措施研究等8项课题研究。



能源基金会与山西省生态环境厅揭开合作新篇章，推进能源革命实现空气改善和经济高质量发展



在《生态环境部与能源基金会合作框架协议（2019–2023）》指导下，5月26日，山西省生态环境厅与能源基金会围绕山西省“十四五”空气质量改善规划进行座谈，共同商讨加强合作，推动山西省依托能源革命强化“十四五”大气环境治理和协同应对气候变化工作。山西省生态环境厅党组成员、副厅长刘大山以及能源基金会环境项目主任刘欣等参会讨论。

刘大山表示，山西省是全国重要的新型能源化工基地，在全国能源战略中居于重要地位，近年来山西省环境空气质量改善明显，但结构性污染问题尚未得到根本解决。他强调，山西省在谋划“十四五”空气质量改善规划时，要认真贯彻国家有关要求，通过产业、能源、交通、用地四大结构调整，加速生态环境质量改善，促进经济社会高质量发展。希望双方以这次交流座谈为新的起点，能源基金会在空气质量管理、能源结构调整、应对气候变化等方面给予山西省更多的关注和支持。能源基金会环境管理项目主任刘欣表示，此次山西之行，是期待以山西省“十四五”空气质量改善规划编制工作为契机，重点支持山西省研究基于四大结构调整的“十四五”大气污染治理规划相关工作。

双方一致同意将首先支持山西省环境规划院开展《山西省“十四五”环境空气质量改善和气候协同治理目标研究》，后续还将结合山西省生态环境改善实际需求，合作开展相关研究支持山西省构建清洁低碳用能模式，并向其它资源型地区传播山西经验。

能源基金会与河北省生态环境厅筹划 “十四五”空气质量改善合作研究



为支持河北开展“十四五”气候协同的空气质量改善，5月25日、6月19日，能源基金会与河北省生态环境厅两次就合作开展讨论。河北省生态环境厅副厅长何立涛、中国工程院院士张远航出席会议，河北省生态环境大气环境处谢文勇、河北省环境科学研究院院长冯海波、河北省环境应急与重污染天气预警中心王晓利、能源基金会环境项目主任刘欣等参加会议讨论。

刘欣主任介绍了基金会近年来支持河北省的相关工作进展，并指出：河北作为京津冀大气污染治理的主战场，治理成果关系整个京津冀区域的空气质量，希望在未来合作中，结合河北省实际状况和需求，提升河北省生态环境治理能力与水平，以实现2035年生态环境质量全面达标和资源能源利用效率居于国内领先水平的目标。

何立涛副厅长感谢能源基金会和北京大学对河北省环保工作的支持。他强调，河北近年来臭氧反弹严重，建议一是长短结合，研究尽快减少轻度污染超标天；二是开展机理研究和措施控制效果评估；三是选取代表性城市深入研究。谢文勇处长提出希望在“十四五”规划研究、臭氧控制、农业氨排放控制等方面加强支持。

张远航院士指出，河北省在臭氧污染控制采取了很多有益的探索，但由于臭氧污染规律、控制措施相比PM_{2.5}较为复杂，需深刻认识到臭氧污染防控的复杂性和见效的长期性。建议以能源基金会支持的项目为基础，融合河北省厅的管理需求，从协同控制PM_{2.5}和臭氧污染的角度研究解决方案。

双方议定，2020年能源基金会将支持北大和清华等国家顶尖团队与河北省地方团队合作，开展“十四五”京津冀（河北）臭氧污染防治目标和路径研究，以及河北省“十四五”气候协同的大气污染防治规划等相关研究，聚焦臭氧和PM_{2.5}的小协同及空气污染和气候变化的大协同，探索有效的协同减排路径和政策措施。

2020 年5 月全国空气质量状况

2020 年5 月，全国337 个地级及以上城市平均PM_{2.5} 浓度为24 微克/ 立方米，**同比下降11.1%**；O₃ 浓度为153 微克/ 立方米，**同比下降0.6%**；NO₂ 浓度为21 微克/ 立方米，**同比下降8.7%**。

生态环境部通报，5 月全国大部分地区PM_{2.5} 浓度同比下降：京津冀及周边地区“2+26” 城市PM_{2.5} 浓度为32 微克/ 立方米，**同比下降8.6%**；长三角地区41 个城市PM_{2.5} 浓度为30 微克/ 立方米，**同比下降6.2%**；汾渭平原11 个城市PM_{2.5} 浓度为25 微克/ 立方米，**同比下降13.8%**。

5 月部分地区的O₃ 浓度严重超标：京津冀及周边地区“2+26” 城市O₃ 浓度为194 微克/ 立方米；长三角地区41 个城市O₃ 浓度为181 微克/ 立方米；汾渭平原11 个城市O₃ 浓度为175 微克/ 立方米。除前体物NO_x 和VOCs 存在排放波动可能外，气候变化和气象条件影响不可忽视。中国气象局数据指出，2020 年5 月全国平均气温17.2℃，较常年同期（16.2℃）偏高1℃，为1961 年以来历史同期第四高，一定程度上可能加剧了臭氧污染形成。



2020 年 5 月 PM_{2.5} 月度均值



2019 年 5 月 PM_{2.5} 月度均值



2020 年 5 月 NO₂ 月度均值



2019 年 5 月 NO₂ 月度均值

（数据来源：生态环境部；制图：蔚蓝地图）

能源基金会 清洁空气战略进展

总第 12 期 2020 年 6 月进展

128

“中国大气臭氧控制路线图研究”项目终期评审会：提出了中国臭氧中长期控制目标与前体物减排路线图和政策建议

131

“中国农村空气污染的健康与气候影响及控制策略研究”项目中期会：民用燃料对人群暴露和健康危害的贡献占比远超其对能耗的贡献

132

“山西省 – 忻州市空气质量管理评估”项目结题：仍需优化城市空气质量达标规划管理机制

133

能源基金会支持的“中国清洁空气政策伙伴关系”指导委员会第二次会议顺利召开

133

2020 年“中国清洁空气政策伙伴关系”第 2 期沙龙顺利举办凝聚共识，共商“十四五”大气污染防治规划

135

“新媒体环境下大气治理报道重点、新点与难点”研讨会：“十四五”时期强调臭氧和 VOCs 减排

本期要点

世界级空气质量的国家战略



“中国大气臭氧控制路线图研究”项目验收会：提出了中国臭氧中长期控制目标与前体物减排路线图和政策建议

空气与健康



“中国农村空气污染的健康与气候影响及控制策略研究”项目中期会：
民用燃料对人群暴露和健康危害的贡献占比远超过其对能耗的贡献

城市及农村空气质量改善



“山西省－忻州市空气质量管理评估”项目结题：仍需优化城市空气质量达标规划管理机制

专家观点



能源基金会支持的“中国清洁空气政策伙伴关系”指导委员会第二次会议顺利召开

2020 年“中国清洁空气政策伙伴关系”第 2 期沙龙：凝聚共识，共商
“十四五”大气污染防治规划

“新媒体环境下大气治理报道重点、新点与难点”研讨会：“十四五”
时期空气质量强调臭氧和 VOCs 减排

“中国大气臭氧控制路线图研究”项目终期评审会：提出了中国臭氧中长期控制目标与前体物减排路线图和政策建议

6月30日，能源基金会支持的《中国大气臭氧控制路线图研究》项目召开终期评审会，该项目由北京大学负责实施。来自中国环境科学研究院、香港环境保护署、中国科学院大气物理所、上海市环境科学研究院、广东环境监测中心及成都市环境保护科学研究院的专家出席本次会议。

该项目分析了中国大气臭氧时空分布特征与发展趋势，归纳总结出国内外大气臭氧控制历程与经验教训，识别出中国典型城市群臭氧污染的成因、来源与主控因子，开展了典型城市群和重点城市大气臭氧前体物减排的情景分析。研究提出了全国及重点地区分阶段改善的目标，认为通过制定实施优化的NO_x和VOCs联合控制策略，可于“十四五”内降低臭氧浓度约10%，并提出了中国臭氧中长期控制目标与前体物减排路线图和政策建议。下文总结了研究的部分分析结果及臭氧中长期路线图。

与会专家对项目组的工作进行了肯定，讨论后提出了下一步的修改意见以及未来的发展方向：一是可以加强在国家层面与PM_{2.5}治理不同的臭氧治理战略研究，促进NO_x和VOCs在“十四五”规划中的协同减排；二是可以在地方进行臭氧生成机理和治理策略的研究，同时考虑分中心地区和远郊地区的控制手段，以实现精准控制；三是加强完善臭氧控制的标准、监管、执法和治理体系，建立科学的臭氧污染防治体系；四是加强对臭氧污染成因的研究，并对具体的臭氧污染控制提出减排工程及保障措施方面的建议。

最后，能源基金会也引导了关于臭氧浓度达峰、NO_x和VOCs的协同减排以及臭氧控制实物量减排方面的问题讨论，并表示会持续推动国家、京津冀、粤港澳等地区的臭氧污染防治工作，为相关的监测、预报、执法监管，健全控制技术行业、法规标准体系提供支持。

中国臭氧污染现状及中长期控制路线图

根据《中国大气臭氧控制路线图研究》项目报告梳理总结

一、中国大气臭氧发展趋势

目前臭氧已成为我国环境空气质量六项主要污染物中年评价浓度唯一呈现逐年上升趋势的物种。生态环境部监测数据表明（标况下），2019年全国337个城市臭氧日最大8小时滑动平均第90百分位数范围为92.29–238.14 μg/m³，平均值为163.01 μg/m³，同比上升5.89%。337个城市中161个城市（占337个城市的48%）臭氧年评价浓度未达到国家二级标准，且119个城市（占337个城市的35%）臭氧为首要污染物天数占比超过50%。其中华北平原、长江三角洲、珠江三角洲、成渝地区、汾渭平原是我国臭氧污染较为严重的区域。大范围、长时间的臭氧污染标志着大气复合污染防治进入新阶段，亟待建立以臭氧为核心的大气污染防控技术体系。

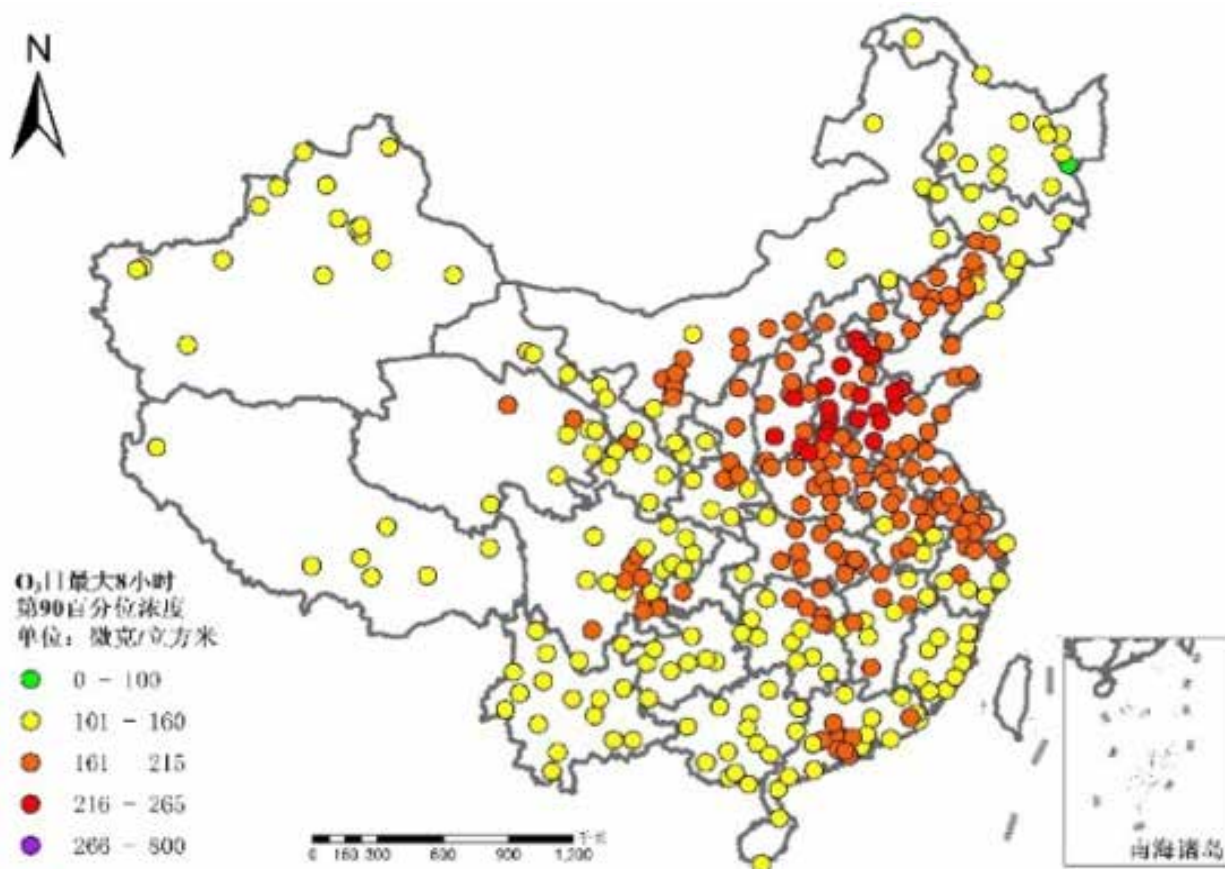


图 1 2019 年我国 337 座城市臭氧日最大 8 小时值的第 90 百分位数分布

二、我国臭氧形成机制

臭氧和二次细粒子的生成具有共同来源，VOCs 与 NO_x 是两者生成的共同前体物。大气中的 NO_x 和VOCs在光照条件下引发了OH自由基化学反应并生成臭氧和二次颗粒物，因此OH自由基化学是理解区域二次污染的理论核心；VOCs与 NO_x 的协同减排是实现臭氧和 $PM_{2.5}$ 污染共同控制的关键。

城市臭氧主要来自于全球背景、区域输送和局地产生等三类过程，臭氧污染形成受到“排放-化学-气象”等多种因素的共同驱动，但前体物排放是主因，气象条件和 $PM_{2.5}$ 是臭氧生成的外部条件，不是区域臭氧污染恶化的内在因素。

因为臭氧浓度与 NO_x 和VOCs的关系具有高度非线性，根据臭氧产生对 NO_x 和VOCs的敏感性不同可以将臭氧生成控制区分为 NO_x 控制区、VOCs控制区、 NO_x 滴定区和过渡区。集合指示剂法、基于观测模型法和基于空气质量模型法分析均显示，中国大部分城市区域都属于VOCs控制区，主要受芳香烃和烯烃的控制（如下文图2），珠三角区域天然源VOC贡献显著；在乡村、郊区等地区，臭氧生成属于 NO_x 控制区或过渡区。其中 NO_x 排放的主要来源包括工业、交通和电厂；VOCs排放的主要来源包括溶剂使用、工业、交通、居民源和天然源等。

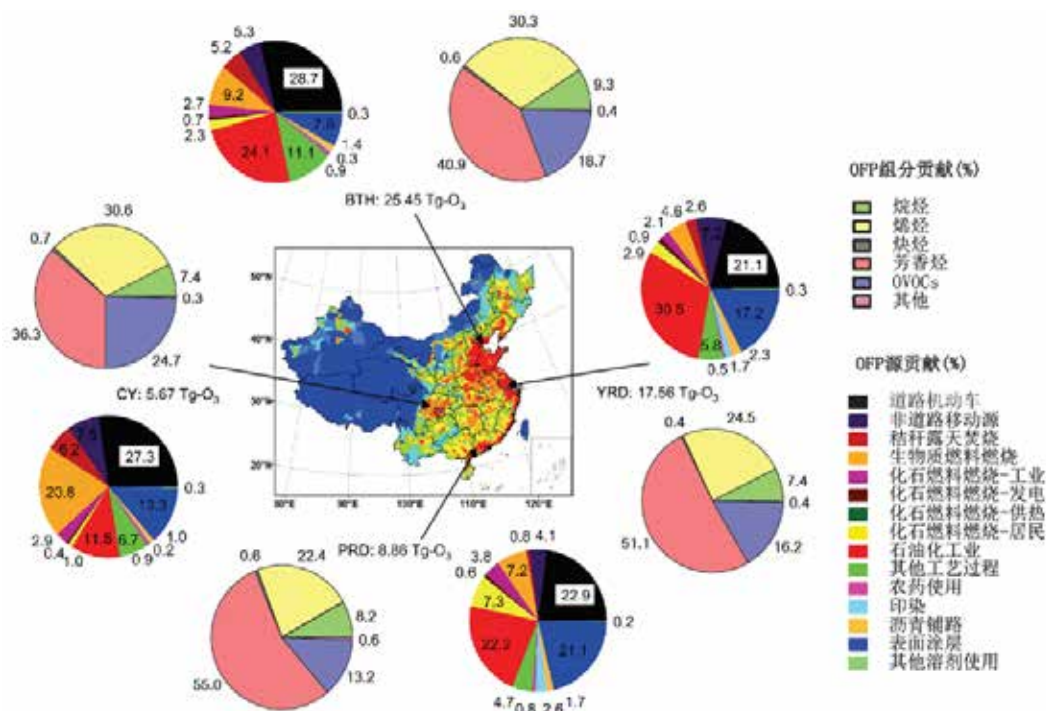


图 2 中国典型地区臭氧生成潜势特征

三、中国大气臭氧控制目标及路线图

1. 臭氧污染控制目标

为确保到2035年生态环境质量实现根本好转，美丽中国目标基本实现，中国绝大多数城市需要在15至20年内使环境空气质量达到标准要求。因此以2018年各城市年均浓度为基准值，研究估算了近、中、远期各城市环境空气中臭氧日最大8小时90百分位数浓度、超标天数目标要求及达标年限，总体目标总结如下：

近期：2025年，中国城市尤其是近年来臭氧浓度升高明显的京津冀及周边、长三角、武汉城市群、陕西关中地区，以及成渝、珠三角区域臭氧浓度升高趋势得到遏制；近年臭氧浓度稳定或有所控制的地区，臭氧浓度较2018年显著下降。

中期：2030年以前，除京津冀地区，全国其他城市臭氧日最大8小时平均浓度第90百分位数达到国家二级标准（ $160\mu\text{g}/\text{m}^3$ ），其中长三角地区城市2029年全部达标。

远期：2035年以前，中国所有城市臭氧日最大8小时平均浓度第90百分位数全部达到国家二级标准（ $160\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。

2. 前体物NO_x和VOCs减排目标

地面臭氧浓度的降低与主要前体物的排放削减关系紧密，因此NO_x和VOCs排放总量削减是大气臭氧污染防治的直接手段。为了在2035年使全国城市臭氧浓度和超标天数达到相应的目标，研究以2015年为基准，从“十三五”开始，针对不同省市基于上述减排路径思路设计出NO_x和VOCs总量削减目标（表1）。

表 1 中国不同地区总量控制阶段目标

| 省区市 | NO _x 排放控制目标 | VOCs 排放控制目标 |
|--|---|---|
| 天津、河北、山西、山东、河南；上海、江苏、浙江、安徽；重庆、四川；广东；辽宁、湖北；陕西 | 基于 2015 年排放量，2020 年下降 15%，2025 年下降 20%，2030 年下降 30%，2035 年下降 35%。 | 基于 2015 年排放量，2020 年下降 20%，2025 年下降 30%，2030 年下降 20%，2035 年下降 10%。 |
| 新疆、云南、福建、海南、西藏、甘肃、青海、黑龙江 | 基于 2015 年排放量，2020 年下降 5%，2025 年下降 10%，2030 年下降 15%，2035 年下降 20%。 | 基于 2015 年排放量，2020 年下降 5%，2025 年下降 15%，2030 年下降 20%，2035 年下降 10%。 |
| 吉林、湖南、广西、江西、宁夏、内蒙古、贵州 | 基于 2015 年排放量，2020 年下降 15%，2025 年下降 20%，2030 年下降 25%，2035 年下降 30%。 | 基于 2015 年排放量，2020 年下降 10%，2025 年下降 20%，2030 年下降 25%，2035 年下降 10%。 |

3. 臭氧前体物控制路线图

结合产业结构、能源结构的特征和发展趋势，以及其臭氧前体物污染源排放特征和分阶段臭氧控制目标，制定了2020年到2035年的臭氧前体物控制路线图：

（1）近期2020–2025 年，遏制臭氧升高趋势稳中有降，至2025 年VOCs 排放量基于2015 年排放量减排40%，NO_x 排放量基于2015 年减排20%。

- 优化和调整产业结构：加快推进“散乱污”企业综合整治，全面完成生活和冬季取暖散煤替代。
- 加强VOCs 和NO_x 污染工业源排放治理：源头替代—推广低VOCs 含量的材料等；控制无组织排放—设备与场所密闭管理；提高废气收集率；加强设备与管线组件泄漏控制；高效治污—合理选择技术，排放浓度去除效率双控制。
- 推进交通源治理：全国实施机动车第六阶段排放标准，强化油气蒸发控制；新能源汽车销量占比达到20%；试点码头油气回收工作；重点地区推进加油站油气回收治理。
- 生活与农业源：重点地区全面淘汰开启式干洗机；开展餐饮企业污染物排放自动监测试点；秸秆综合利用率达到90%。

（2）中期2025–2030 年，大部分地区臭氧达标，至2030 年VOCs 排放量基于2015 年排放量减排60%，NO_x 排放量基于2015 年减排40%。

- 持续优化和调整产业结构：持续调整各城市产业结构和产业布局，推动产业结构向高质量经济结构发展。

- 工业VOCs治理持续开发研制低（无）VOCs含量的绿色原辅材料和先进生产工艺、设备；全国钢铁企业超低排放改造完成。
- 提高清洁能源车的使用比例，控新能源汽车销量占比达到40%；在全国开展码头油气回收工作；全面开展加油站油气回收治理。
- 全国基本淘汰开启式干洗机；推进规模以上餐饮企业污染物自动监测；建立完善的秸秆收储运用体系，基本实现全量利用。

（3）长期2030–2035年，中国所有城市臭氧达标，至2035年VOCs排放量基于2015年排放量减排70%左右，NO_x排放量基于2105年减排70%以上。

- 煤炭占能源消费总量比重下降到50%以下；完成向服务经济的产业转型，建成服务经济强国。
- 全面开发使用低（无）VOCs含量的原辅材料；企业生产全面采用先进的环境友好型工艺技术，行业内形成权威的针对性高效治污工艺。
- 新能源汽车销量占比达到50%以上；全面提升机动车燃油品质。
- 形成布局合理、多元利用的秸秆综合利用产业化格局；全面完成“宜气则气，宜电则电”的散煤治理。

4. “十四五”VOCs重点行业管控建议方案

2020年是“十四五”大气污染的谋划年，为落实臭氧污染治理难点之一的VOCs排放控制，研究梳理总结了八条“十四五”VOCs重点行业管控建议：

- （1）强化VOCs活性物种控制，2025年这些物种在环境空气中的年日均浓度应下降20%。
- （2）制定、修订重点行业VOCs排放标准，包括移动源油气蒸发、制药、农药、汽车涂装、集装箱制造、印刷包装、家具制造、人造板、涂料油墨等。
- （3）环境空气质量监测指标增加TOC或TVOC（NMVOCs）指标，“2+26”中臭氧超标城市应监测光化学烟雾形成的56种VOCs。
- （4）控制汽油车蒸发排放和汽油车与非道路移动源尾气排放，推进移动源VOCs减排。
- （5）强化VOCs源头控制，推行清洁生产。对含VOCs原料应采用环保、清洁原料替代和密闭输送原料、储存和封闭加料口。
- （6）全面加强VOCs无组织排放管控，包括完成化工园区无组织排放管控、废气收集、治污设施建设等减排工作，以及完成含VOCs物料储存、转移、输送、生产和使用过程密闭化改造。
- （7）加强废气收集，推进建设适宜高效的治污设施。
- （8）加强监测监控，包括将重点排放源纳入重点排污单位名录，安装自动监控设施等。

“中国农村空气健康的健康与气候影响及控制策略研究”项目中期会：民用燃料对人群暴露和健康危害的贡献占比远超其对能耗的贡献

6月4日，能源基金会支持的《中国农村空气健康的健康与气候影响及控制策略研究》项目召开中期评审会，该项目由北京大学负责实施。来自中科院地球环境研究所、生态环境部环境规划院、复旦大学、中国疾病预防控制中心、华中科技大学同济医学院、清华大学等机构的专家出席本次会议。

北京大学城市与环境学院陶澍院士进行了课题汇报。根据世卫组织疾病负担报告（2017），室内空气污染也是导致中国人群过早死亡的很重要因素。导致室内空气污染的主要原因是民用固体燃料，即散煤和生物质（秸秆、薪柴）。尽管近几十年来，这些燃料用量随生活水平提高不断下降，但目前还在大量使用。至2017年，民用固体燃料仍然占居民能耗的很大部分。尽管民用燃料在我国能耗中占比仅为7%，但由于其排放因子¹高，且没有任何排放控制措施，其对污染物排放、室内外空气污染、人群暴露和健康危害的贡献占比远超过其对能耗的贡献。此外，由于民用源排放有很强的时空变异特征，其在局部地区和局部时间的影响可远远超过平均水平。针对民用散煤的影响，最近几年在2+26地区实施的双替代措施起到了显著的积极效果，地区居民的暴露水平和健康危害均显著下降。2+26地区的经验可为整个北方取暖区开展因地制宜的清洁取暖计划提供科学借鉴。

自去年9月项目实施以来，课题组在深入分析和总结前期和在研相关项目成果的基础上，定量模拟生活源固体燃料的健康和气候影响，提出针对农村生活源和室内空气改善的政策建议及下一步研究方向。目前课题组已完成的阶段性工作包括：基于最新统计调查数据更新了中国农村生活源排放数据库，初步更新了全国多源多污染物高分辨排放清单并建立了室内泄露无组织排放量化新方法。同时，本课题已初步构建了区域室内PM_{2.5}模型，并获得了综合室内和室外暴露的人群总呼吸暴露特征。

与会专家对汇报进行了讨论，专家首先对项目组的工作进行了肯定，随后提出了下一步的修改意见以及未来的发展方向：建议项目组梳理课题研究结果并提出具体的农村能源和室内外空气污染控制的政策建议；同时，建议研究优化区域尺度的室内PM_{2.5}暴露模型，为空气污染健康风险评估提供支撑。最后，能源基金会建议研究应结合散煤在全国各省的用量分布和健康影响的差异，提出针对性的排放控制重点和改造措施。

下一步，课题组将整理专家意见，完善方法学和模型，进一步开展现场实测，在更多的排放和室内外浓度基础数据上，开展空气污染对气候强迫的影响模拟研究。并根据研究结果，提出相应的控制对策建议。



“山西省-忻州市空气质量管理评估”项目结题：仍需优化城市空气质量达标规划管理机制

6月1日，能源基金会支持的“山西省-忻州市空气质量管理评估”项目结题。该项目通过对山西省和忻州市空气质量管理及重点防治措施实施情况的系统分析，综合评价环境空气质量管理水平，并选择山西省散煤污染治理方案与配套政策进行研究，总结过去的控制经验，对未来进一步提高环境管理水平、改善空气质量提出优化的对策建议。山西省生态环境厅大气环境处副处长吴丽玲和忻州市生态环境局总工程师谢斌等出席本次结题会。

本项目研究成果中空气质量管理评估报告按照“空气质量管理评估工具”对山西省及忻州市空气质量管理工作进行了全面评估。山西省近几年空气质量管理明显提升，但仍需健全空气质量达标规划管理机制，进一步提高精细化管理水平。忻州市下一步需在科研规划和应急管理方面需进一步加强。典型案例针对山西省散煤污染问题及控制对策，通过调查分析山西省能源结构、散煤使用情况、治理措施、环境效益等，查找空气污染成因，提出了山西省空气污染控制中散煤污染治理对策措施。

本项目有关建议已纳入山西省和忻州市蓝天保卫战三年污染防治行动计划之中，对山西省改善环境空气质量提供了强有力技术支撑。目前全省大气环境管理、污染防治措施较项目基准年都发生了较大变化，亟需开展对山西省及忻州市近年大气污染防治领域政策、措施等方面的调研工作，总结本项目对目前环境管理提供的有效建议，量化梳理项目基准年以后各方面取得的成绩及空气质量改善情况，并找出不足，确保项目成果更好的指导未来山西省大气污染防治工作。

经过专家评议与质询，建议就课题目前成果进一步补充完善课题来源、编制人员信息和成果应用有关文件，同时规范统计数据，完善统计分析，凝练结论和建议。对2017-2019年空气质量改善情况进行完善，体现课题成果的延续性。能源基金会建议进一步加强项目产出对环境管理工作的支撑并纳入业务化运行。



能源基金会支持的“中国清洁空气政策伙伴关系”指导委员会第二次会议顺利召开

6月7日上午，在能源基金会支持下，“中国清洁空气政策伙伴关系”（China Clean Air Policy Partnership, 以下简称CCAPP）指导委员会年度会议在线上顺利召开。来自生态环境部大气环境司、能源基金会、清华大学、北京大学等机构的领导，以及来自全国30余名专家和学者共同出席了会议。

2020年是“十三五”规划、“打赢蓝天保卫战”收官之年，也是布局“十四五”规划的关键一年。本次会议旨在探讨现阶段及未来我国清洁空气领域面临的机遇与挑战，总结CCAPP 2019年工作，谋划CCAPP 2020年工作计划及发展方向。CCAPP会通过结合学术研究、政策分析及传播手段，促进专家学者与政府部门沟通合作，聚焦“十四五”规划中大气污染防治及温室气体减排目标制定等关键问题，以推动“四大结构”调整，实现空气质量改善，协同应对气候变化。同时，CCAPP平台凝聚了领域内专家，为生态环境部大气污染治理工作提供了诸多政策措施建议，积极有效的推广了相关专业知识，助力政策落地实施。希望2020年CCAPP结合“十四五”规划的初步设想，推动PM_{2.5}与O₃前体物协同减排路径的探索与研究，推动科学、依法治污，助力我国实现PM_{2.5}全面达标，改善O₃污染问题。

北京大学就“中国大气臭氧污染防治的机遇与挑战”作了专题报告，介绍了我国臭氧污染的变化趋势、影响因子及防治策略。研究强调PM_{2.5}和O₃协同治理是当前大气污染防治的重点难点，基于对协同防控实质的分析、对防控理论及技术手段的梳理及在试点地区的有益探索，建议尽快制定国家臭氧防治计划和VOCs总量控制方案。

与会专家们充分肯定了CCAPP在过去一年中的工作成绩，始终以“保护公众健康，实现空气质量持续改善，寻求大气污染防治和温室气体减排协同治理路径”为愿景，致力于加强清洁空气领域的交流与合作，推广先进经验，推动政策落地实施。专家们一致认为2020年CCAPP应围绕“两个协同”，推动“PM_{2.5}与O₃协同治理”与“空气质量与温室气体减排协同管理”；推动“十四五”规划研究，凝聚相关领域专家为“十四五”大气污染防治工作献言献策；并通过举办线上线下沙龙、撰写研究报告、促进国际交流、加强社群建设等多种形式，加强推广及宣传力度，凝聚力量，共同发声。



2020年“中国清洁空气政策伙伴关系”第2期沙龙顺利举办凝聚共识，共商“十四五”大气污染防治规划

6月7日下午，在能源基金会的支持下，由中国清洁空气政策伙伴关系（CCAPP）主办、生态环境部环境规划院承办的“‘十四五’大气污染防治”线上学术沙龙顺利完成，生态环境部环境规划院大气所所长雷宇研究员主持了活动。本次沙龙为2020年CCAPP系列学术沙龙第2期，讨论主题

包括“十三五”以来气象和减排等因素对我国空气质量变化的影响，大气污染防治重点区域划分的方法及“十四五”空气质量目标制定的思路等。旨在通过沙龙讨论，促进专家学者与省市管理部门代表的沟通与交流，为“十四五”大气污染防治规划研究凝聚共识。

能源基金会刘欣主任简述了“十四五”规划的挑战和机遇，就政策制定和执行问题与大家探讨，随后能源基金会钱文涛项目主管、中国气象科学研究院张小曳院士、清华大学张强教授、北京大学王雪松教授和清华大学齐玲助理研究员等五位专家分别做主题报告。来自北京市、天津市、河北省、山西省、上海市、浙江省、河南省、广东省、四川省的30余名环保厅（局）代表和专家受邀做了精彩点评。

钱文涛主管从能源基金会的角度，分享了“‘十四五’气候协同的空气质量管理思考及政策建议”。为推动空气质量全面达标，实现“美丽中国”愿景，以及实现气候安全和社会经济可持续发展，“十四五”规划应制定更严格的空气质量与温室气体排放目标，建立协同管理机制，并瞄准四大结构，推动多污染物协同减排。

张小曳院士以“气候和气象条件变化对‘十四五’期间大气污染防治的影响”为题，分别论证了污染排放和气候变暖对区域性PM_{2.5}污染带来的主导性和非主导性影响，指出不利气象条件是重污染出现的必要外部条件，且应注意污染累积导致的“双向反馈”现象。最后基于历史气象条件外推，提出了“十四五”期间不利气象条件对部分地区空气质量的可能影响。

张强教授以“‘十三五’大气污染防治工作经验总结和启示”为题，基于2015至2019年空气质量变化情况，以及2013至2019年主要治理措施在重点地区对不同污染物减排的执行效果，总结出多条工作经验，包括重大减排工程、结构性调整、区域联防联控和重污染天气应对，并提出七条相应的政策建议。

王雪松教授以“‘十四五’重点区域划分及污染特征研究”为题，介绍了重点区域划分的可用技术方法：一是关注大气污染类型和污染物，以及相关的关键指标，采用定量和定性相结合的方式划分；二是协调已划定的大气污染防治区及行政区划边界，兼顾污染状况与污染管控需求。

齐玲助理研究员从三个方面分享了“‘十四五’大气污染防治关键目标和工作思路”：一是基于我国及国际大气污染物浓度变化趋势，提出了“十四五”期间建立不同指标体系的建议并进行了比较；二是结合外推法和情景分析法，提出了重点区域及分省PM_{2.5}浓度目标的设置建议；三是基于分析不同VOCs和NO_x削减比例下O₃浓度的变化情况，提出污染物减排指标的思考。

各省市领导和专家一致表示，此次沙龙为各地正在进行的“十四五”大气污染防治规划工作带来了重要启示，强调“十四五”规划应注重目标及方法的可行性分析，尤其应充分考虑2020年新冠疫情对社会经济发展的影响。各省市代表也讨论了现存的治理重点与难点，分享了治理经验。

雷宇研究员总结时表示，“十四五”规划的研究要平衡雄心和可达性，此次活动有效促进了专家学者与地方政府代表的沟通，有助于不断完善“十四五”规划的有效性和可行性，助力我国实现空气质量持续改善，推动社会经济高质量、可持续发展。

“新媒体环境下大气治理报道重点、新点与难点” 研讨会：“十四五”时期强调臭氧和VOCs 减排

6月30日，由北京地球村环境教育中心主办，能源基金会和生态环境部宣传教育中心支持的可持续能源记者之星“青蓝”助成奖暨“新媒体环境下大气治理报道重点、新点与难点”研讨会在北京举行，来自全国各地的大气污染防治领域专家与长期关注环境治理报道的媒体通过线上会议进行了分享与交流。



生态环境部宣传教育中心主任贾峰致辞表示，能源与环境问题是人类发展的重大战略问题，其工作非常艰巨。多年的努力可以看出，中国大气污染治理路径选择是正确的，是稳妥而有进步的。可持续能源记者论坛项目起到了科学地传播知识、理解政策以及参与政策制定过程的作用。未来要继续以科学为基础和导向，在公共话题中发挥作用，在国际舞台上发出智慧的中国声音。



能源基金会中国环境管理项目主任刘欣表示，未来五年是中国实现生态环境质量根本好转、建设美丽中国新征程的一个起步期，也是推动中国向低碳、可持续和高质量发展方式系统转变的一个机遇期。在当下疫情以及经济下行风险的环境中，中国需要有新的经济增长的驱动和创新的经济转变模式，政府、企业、公众和媒体都应保持战略定力，继续扎实落实我们生态文明建设和绿色发展理念。他表示，空气质量和气候变化协同管理是经济高质量发展的必然选择、生态文明建设的重要内容、环境质量达标的必由之路和应对新冠疫情的重要手段；“十四五”要从建立以人为本的空气质量标准 and 目标体系、完善规划政策制度等方面的协同管理制度，和瞄准能源、工业、交通用地四大结构调整的协同减排路径三方面着手，推进空气质量尽快达标、温室气体尽快达峰和经济可持续发展。



北京地球村环境教育中心主任廖晓义为南方周末绿色研究中心和《世界环境》杂志等媒体颁发“青蓝”助成金，用于环境与可持续发展在全媒体时代下更加多元化的传播。她指出，在疫情期间乃至后疫情时代，公众对于呼吸，对于空气会有更多的关注，希望媒体在持续推动公共政策的同时，让大气治理空气品质的常识更多的走进社区、走进校园、走进家庭。“青蓝”代表着绿色的大地和蓝色的天空，也代表着青春和蓝天，寓意在全媒体时代下，媒体不断融合发展，继续焕发青春，更多的年轻化的群体，特别是青少年能够参与蓝天行动，青出于蓝而胜于蓝。



清华大学环境学院贺克斌院士分享了“十四五”大气环境目标的思考。他指出，40年来中国针对不同重点领域持续推进大气污染防治工作。2013年以来大气污染防治工作取得显著成就，SO₂和酸雨等燃煤相关的污染明显改善；“十三五”以来空气质量总体改善明显，但O₃有所反弹；除O₃外大部分污染物达标城市比例增加；重点区域污染得到一定控制，秋冬季重污染明显减弱；大气环境形势总体依然严峻，区域复合性污染突出。他分享了“十四五”大气环境目标初步设计的思考：空气质量指标，地级及以上城市PM_{2.5}下降比例和优良天数比例，要求整体持续改善，重点地区要求更高；对一些关键性的污染物，比如VOCs和NO_x，更加强调总量减排指标；达标城市比例、重污染天数减少等重要规划指标；臭氧等地方特色指标。“十四五”PM_{2.5}目标的初步考虑是分区域、分阶段实现达标。



北京大学城市与环境学院陶澍院士分享，根据世卫组织疾病负担报告（2017），室内空气污染也是导致中国人群过早死亡的很重要因素。导致室内空气污染的主要原因是民用固体燃料，即散煤和生物质（秸秆、薪柴）。尽管近几十年来，这些燃料用量随生活水平提高不断下降，但目前还在大量使用。至2017年，民用固体燃料仍然占居民能耗的很大部分。尽管民用燃料在我国能耗中占比仅为7%，但由于其排放因子¹高，且没有任何排放控制措施，其对污染物排放、室内外空气污染、人群暴露和健康危害的贡献占比远超过其对能耗的贡献。此外，由于民用源排放有很强的时空变异特征，其在局部地区和局部时间的影响可远远超过平均水平。针对民用散煤的影响，最近几年在2+26地区实施的双替代措施起到了显著的积极效果，地区居民的暴露水平和健康危害均显著下降。2+26地区的经验可为整个北方取暖区开展因地制宜的清洁取暖计划提供科学借鉴。



自然资源保护协会能源、环境与气候变化高级顾问杨富强指出，中国的能源问题和环境问题是相互制约、相互促进的。环境和气候变化促进了能源转型，能源的转型又使环境得到进一步改善。“一定要改变我们的能源结构，改变我们的消费方式。”杨富强预测，“‘十四五’煤炭消费总量占能源消费总量占比跌破50%，比目前下降将近8个百分点；石油将争取在‘十四五’达到峰值，也就是7.2亿到7.5亿。这样的话就使整个能源有所改观，使二氧化碳排放能够从2030年达到峰值前移到2025年左右，这是一个很大的进展。”



北京大学环境科学与工程学院教授陆克定指出，地质纪元从瓦特发明蒸汽机开始，开始进入到人类世。在工业化后，人类活动显著地影响了大气中痕量气体和颗粒物的浓度，在城市地区开始形成空气污染。大气污染防治中的难题是臭氧和二次PM_{2.5}的控制。在2013–2017年期间，5年时间我国一次污染物排放和一次PM_{2.5}的浓度即得到了有效控制，但臭氧和二次PM_{2.5}反而有所上升。

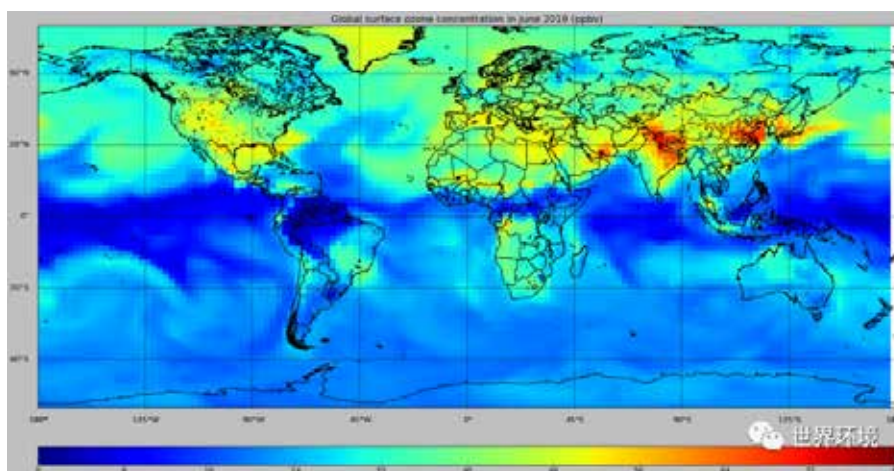


图 3 全球 PM_{2.5} 和臭氧的空间分布

臭氧作为典型的二次污染物，是大气中的NO_x 和VOCs，在紫外线照射下发生光化学反应的产物。光化学反应中氧化剂的增加抵消了一次污染物排放的减少，所以臭氧污染的有效控制需要开展基于大气氧化性调控的污染防治。臭氧污染防治是一个国际性难题。目前国际其他城市尚没有一个很好的先例可循，臭氧污染防治公认最成功的洛杉矶市最也进入瓶颈期，其现阶段臭氧污染程度与北京相当，比上海和广州更严重。陆克定提出，我国在臭氧污染防治方面应开展“科学–技术–管理”的全链条集成创新，实现产学研高度融合，探索出一条臭氧和二次污染防治的新路来，为人类社会贡献城市地区大气二次污染防治的中国方案。

据悉，可持续能源记者论坛项目是北京地球村环境教育中心和能源基金会2003年发起的公益项目，旨在搭建能源专家和媒体的对话平台，已开展10届。项目邀请了来自发改委、生态环境部、全国人大环资委、行业协会、高校的专家，增强了媒体对能源问题的关注与深度报道，从而推动了国家能源政策的制定与实施，并倡导广大公众选择可持续的能源消费方式。项目一年一度的“可持续能源记者之星颁奖典礼”也成为业内有影响力的活动，解振华、潘岳等多位政府官员和新闻界、能源届国内外顶尖专家向获奖记者颁奖，并给予高度评价。本次可持续能源记者之星“青蓝”助成奖聚焦大气污染防治，期待全媒体时代下，增进专家与媒体交流，产出更多专业和多样化的声音。

活动由北京地球村环境教育中心可持续能源记者论坛项目前负责人王欣超主持。人民日报、新华社、光明日报、经济日报、中新社等20余家媒体参会交流。

能源基金会

清洁空气战略进展

总第 13 期 2020 年 7 月进展

140

“更好的空气质量标准—促进实施与优化”项目中期评审会暨“十四五”空气质量标准研究讨论会：中国需要对现有标准进行修订

143

“京津冀散煤治理实施评估分析报告”项目启动会：将针对京津冀三地的现状评估及问题识别，提出适应不同区域发展的应对方案和政策建议

144

“海南省实现世界领先的空气质量战略研究（第一期）”项目中期会：海南省实现世界级空气质量需多种手段同步实施，并加强科技支撑

145

“粤港澳大湾区气候协同的空气质量改善战略研究（第一期）”项目中期评审会：大气二次污染日益凸显，大湾区正面临 O_3 和 $PM_{2.5}$ 前体物等多污染物减排协同温室气体减排的巨大挑战

146

“我国大气颗粒物基准研究思路及十四五政策建议研究”项目启动会：将为“十四五”期间环境空气质量标准的制修订以及国家能源政策的走向提供政策建议

147

专家观点 1 | 朱彤： $PM_{2.5}$ 和 O_3 污染协同控制的健康影响研究——趋势、挑战和机遇

150

专家观点 2 | 梁启明：香港 $PM_{2.5}$ 和 O_3 协同控制经验

153

2020 年 7 月全国空气质量状况

本期要点

“更好的空气质量标准—促进实施与优化”项目中期评审会暨“十四五”空气质量标准研究讨论会：中国需要对现有标准进行修订



“京津冀散煤治理实施评估分析报告”项目启动会：将根据京津冀三地的现状及问题，提出适应不同区域发展的应对方案和政策建议



“海南省实现世界领先的空气质量战略研究（第一期）”项目中期会：海南实现世界级空气质量，需多种手段同步实施，并加强科技支撑



“粤港澳大湾区气候协同的空气质量改善战略研究（第一期）”项目中期评审会：大湾区日益凸显的大气二次污染，正面临 O_3 和 $PM_{2.5}$ 前体物多污染物减排协同温室气体减排的巨大挑战



“我国大气颗粒物基准研究思路及十四五政策建议研究”项目启动会：将为“十四五”期间环境空气质量标准的制修订以及国家能源政策的走向提供政策建议



专家观点：“细颗粒物与臭氧的协同治理”（一）



2020年7月全国空气质量状况



“更好的空气质量标准—促进实施与优化”项目中期评审会暨“十四五”空气质量标准研究讨论会：中国需要对现有标准进行修订

2020年7月8日，在能源基金会支持下，亚洲清洁空气中心组织了“更好的空气质量标准—促进实施与优化”项目中期评审会暨“十四五”空气质量标准研究讨论会。清华大学环境学院院长、中国工程院院士贺克斌等来自科研机构、政策制定与实施部门的11位专家受邀参加了此次会议，对“更好的空气质量标准—促进实施与优化”项目的阶段性成果和后续开展工作的方向提出意见与建议。此外，专家还就“十四五”期间及未来更长期标准修订和实施优化开展了研讨，为完善更好的空气标准建言献策。

自2012年中国《环境空气质量标准》修订后的八年间，中国大气环境治理发生了方向性转变和重大进展，空气质量水平和管理水平都获得了长足的进步，越来越多城市进入达标行列。同时，中国现行标准对比WHO的空气质量准则值和众多发达国家的标准，仍有进一步加强的空间。进一步完善环境空气质量标准的修订、评价和达标机制，设置明确的时间表和路线图是国家和城市逐步实现空气质量改善，保护公众健康的重要基础，这一经验已经在诸多发达国家和地区得到印证。因此，“更好的空气质量标准—促进实施与优化”项目旨在通过梳理美国、欧盟和亚洲等国家和城市的经验和做法，结合中国的需求和问题，识别出进一步改进的方向，提出建设性的意见和建议。

本项目研究内容围绕“定标准”和“用标准”两大方面，对标准限值、修订、AQI指数、评价、促进达标等重要议题展开，基于中国目前的改进需求，对国际经验和案例进行总结，为我国未来在标准修订和实施应用提供参考。项目产出分为专题文章、微信文章和政策建议三种形式，分别针对空气质量管理研究人员，关注空气质量标准的公众、媒体和社会团体以及决策者进行定向传播和推送。项目自启动后已经完成了限值篇、修订篇、指数篇的专题文章，并寻求恰当时机进行了限值篇、修订篇的微信文章推送，共计2000+的阅读人次（基于可统计渠道），并引发了关于标准修订的讨论和反响。限值篇、修订篇、指数篇的阶段性进展和主要结论如下：

限值篇

限值篇标涵盖了设置标准限值的重要性、主要污染物选取、评价时间范围、标准限值水平等内容，涵盖了十余个国家和地区的情况对比（如图1），并梳理了WHO空气质量目标值的设立和演变过程。

限值篇核心结论为：我国现行的环境空气质量标准中，PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、O₃的限值相比其他国家较为宽松，其中PM_{2.5}、PM₁₀、O₃主要采用WHO IT-1，处于与国际接轨的初级阶段。基于进一步保护公众健康的需求，伴随社会经济发展、空气质量管理水平的提升，应尽快研究空气质量标准的升级和完善。

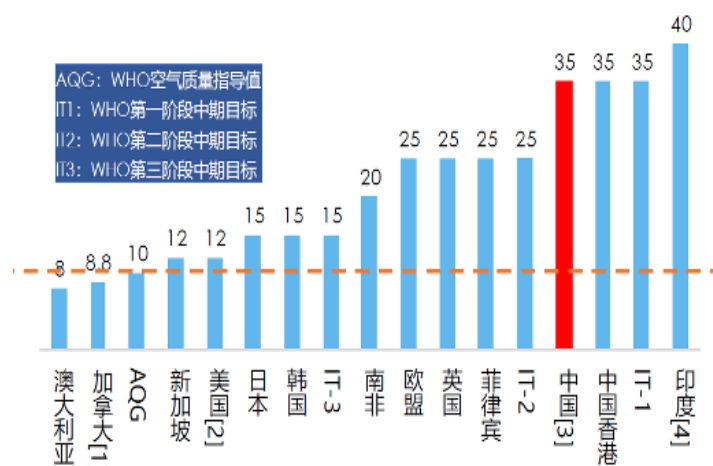


图 1. 各国 PM_{2.5} 年均标准限值与 WHO 准则值对比

修订篇

修订篇基于中外标准修订的典型案例分析了标准修订的契机和依据，会面临的难题和阻力，以及相关方会发挥的关键角色。并且基于美国数次标准修订历程的深入分析，总结了标准修订制度化化的实践经验以及科学支撑在标准修订中发挥的核心作用（如图2）。

修订篇的核心结论为：标准的修订不需要等待全面达标后启动，更不应该因为部分空气质量较差的地区而裹足不前。但同时，标准的制定也应该考虑现实可达性，制定过于严苛且距离整体空气质量水平太远的标准会遭受阻力和质疑，使修订过程变得缓慢。科学评估应在标准修订过程中发挥核心决策支撑的作用，组建专家咨询团队，将空气污染对健康影响的研究证据和评估结论作为标准修订的最重要依据。基于当前《大气法》的规定，将标准修订制度化将有利于标准的长期完善。



图 2. 美国空气质量标准修订的制度化流程

指数篇

指数篇围绕AQI的作用和转换方法、公众传播和管理应用等内容展开，针对中国现有AQI技术方法中存在的问题（小时AQI滞后、与健康关联不足），提供其他国家的解决方案和实践案例。指数篇的核心建议为：对目前AQI实时报中颗粒物和O₃的IAQI计算方法进行优化，结合当前小时浓度的变化进行播报和/或预警，使得小时AQI及时反应当前空气质量。加强指数与健康的关联度，基于国际上AQHI和中国香港、丽水的AQHI实践经验在全国逐步推广，在更多地区建立自己的本地化AQHI。为公众提供的更有针对性、具体化的健康防护指引。

标准修订是一个复杂工作，需要系统性研究和进行支撑。自2013年以来我国已经积累了大量的研究成果和数据，特别是空气污染健康影响的暴露反映关系的本地研究，可作为科学储备和基础来支撑标准研究，要考虑下一步如何将 these 成果和数据应用到标准体系的完善上去。

WHO即将发布新的空气质量准则，这对中国标准的完善将会有促进作用，未来中国标准体系的建立涉及到很多问题和需要解决的矛盾，包括技术支撑体系等都应该纳入到标准体系的建立中。

基于已有项目研究已经可以明确，中国需要对现有标准进行修订。而修订的时机和条件是最关键的问题，也引发了专家激烈的讨论。专家组认为形成新标准征求意见稿尚需更多研究和准备，启动标准修订的相关准备工作更容易达成共识。因而，建议项目组在后续工作中需要进一步明确结论中“启动”修订的具体指向。并且围绕“启动”的条件和判决需要在现有基础上（空气质量水平、达标地区范围等）开展更多分析，归纳总结国际上触发准备工作开始的基本判据，并基于国情研究适合我国的判据，进一步为按下启动键这个判断提供更多的依据。比如SO₂的限值较为宽松且所有城市都达标了，可能要进一步加严标准限值。

专家组建议除了本项目已经开展和继续开展工作的内容，项目组应在成果的“建议篇”中也包含：为了推动形成更好的空气标准还应该开展的相关工作内容，包括现阶段修订以及未来的制度化和加强科技支撑的基础研究还需要做的事情。并且还建议项目组对现存标准存在的问题进行罗列，对于项目研究内容相关的部分应基于研究成果酌情给出建议。

“京津冀散煤治理实施评估分析报告”项目启动会：将针对京津冀三地的现状评估及问题识别，提出适应不同区域发展的应对方案和政策建议



7月17日，由北京市煤气热力工程设计院有限公司负责的“京津冀散煤治理实施评估分析报告”项目线上启动会成功召开。该课题旨在调研、梳理京津冀散煤治理现状，分析评估取得的成效、经验、不足，为下一步治理工作在政策、机制、技术路线等方面提出切实可行的意见和建议。本项目隶属于北京市生态环境局与能源基金会战略合作协议框架下，北京市生态环境局、天津市及河北省生态环境厅（局）领导和能源基金会煤控项目组马湘山主任及专家参与本次会议。

能源基金会环境管理项目组刘欣主任主持了本次开题会。他谈到：散煤治理是当前环境改善的重点和难点。散煤燃烧的过程分散，难以进行后处理措施，无论是室内还是室外，都对人体的健康产生了很大影响。能源基金会将散煤治理作为“十四五”时期的重要减排领域，将进一步从改善空气质量、保护公众健康、实现经济社会可持续发展等角度，开展实际的研究工作。

散煤治理是一项具有系统性、复杂性、持续性的工作，清洁取暖工作快速推进，但系统性的散煤治理阶段性回顾和评估相对滞后，对散煤治理和清洁取暖成效的回顾反思与经验总结相对欠缺，政策、方案、技术路线之间的协调性、针对性和可持续性还有待加强。本项目分析梳理北京控煤，尤其是散煤治理历程，总结经验，评估京津冀治理现状，制定策略，为下一步治理工作在政策、机制、技术路线等方面提出切实可行的意见和建议。

会上，专家就此课题提出以下意见：一是京津冀存在很大差异，建议京津冀三地的现状评估、问题识别及政策建议上作以区分，提出适应不同区域发展的应对方案和政策建议；二是建议在价税财金和差异化补贴等方面加强研究，为下一步政策制定提供支持；三是根据不同地域、区域自然条件、经济水平、房屋条件差异，提出有针对性的技术路线和政策建议；四是以全生命周期理论为基础，围绕实际工程案例和经验，客观评价各类能源品种在散煤治理中的应用效果。

“海南省实现世界领先的空气质量战略研究（第一期）”项目中期会：海南省实现世界级空气质量需多种手段同步实施，并加强科技支撑



7月24日，能源基金会支持的《海南省实现世界领先的空气质量战略研究（第一期）》项目召开中期评审会。该项目由中国科学院大气物理研究所承担，海南省环境科学研究院协作。以清华大学郝吉明院士为组长，来自香港环保署、北京大学、中国海洋大学、中国环境科学研究院等多个单位的专家，以及海南省生态环境厅领导出席了本次会议。

项目承担单位进行了项目汇报。近年来海南省空气质量在全国处于最优水平， $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度已下降至 $16\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，但与2035年海南省要实现生态环境质量居世界领先水平的目标还有一定距离，且臭氧也时有超标，并未有下降趋势。秋冬季是海南省污染物浓度相对较高的季节，受广东、华中、西南地区的区域输送贡献影响较为显著。根据IPCC、GPC等核算方法及MEIC清单，统计得到海南省二氧化碳年排放总量在4500~7500万吨，其中工业占比48%，电厂33%，居民11%，交通8%。温室气体减排对空气污染控制具有显著的正协同效应。英国、日本等发达岛屿国家治理空气污染经验也表明，空气质量持续改善必须与温室气体减排协同进行。海南省若要实现空气质量居世界领先水平，需将能源结构调整、可再生能源开发利用、能源利用效率提升等能源战略与空气污染治理措施、区域联防联控、环境监管等同步实施，并加强科技对海南的支撑。

自去年11月项目实施以来，课题组分析了海南省近年来空气质量状况，总结了影响海南省空气质量的关键问题，完善和更新了2018年海南省网格化排放清单，核算了海南省分行业的二氧化碳排放清单，量化了海南省及其重点城市的 $\text{PM}_{2.5}$ 和臭氧的区域输送贡献，调研和总结了发达岛屿国家大气污染防治经验，并对海南省温室气体减排与 $\text{PM}_{2.5}$ 和臭氧协同控制提出了初步的控制策略。

与会专家肯定了项目组的前期工作，讨论后提出了下一步的修改意见和未来发展的方向：一、建议研究海南省PM_{2.5}和臭氧协同控制途径和措施，分析臭氧可实现的目标；二、建议加强温室气体减排和空气质量改善协同研究，推动气候变化和不同空气质量目标下的能源绿色低碳化。此外，基于海南发展战略，专家组还提出了实现温室气体减排和空气质量改善协同控制的具体建议，如未来应重点关注的减排领域和行业及减排力度等。最后，能源基金会也对本项目提出了具体的修改意见，并建议课题组同步开展气候变化政策应对措施对空气质量改善的分析，并结合自由贸易港建设总体方案，研究制定有关经济政策推动排放削减的措施。

下一步，课题组将整理专家和能源基金会的意见和建议，完善方法学，进一步深入分析海南省排放源和空气质量关系的分析，尝试制定实现温室气体减排和空气质量改善协同控制的二氧化碳排放、PM_{2.5}和臭氧浓度控制目标，设计基础政策和强化控制两种协同减排控制情景方案，模拟评估协同控制的改善效果。并根据研究成果，提出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。

“粤港澳大湾区气候协同的空气质量改善战略研究（第一期）”项目中期评审会：大气二次污染日益凸显，大湾区正面临O₃和PM_{2.5}前体物等多污染物减排协同温室气体减排的巨大挑战



7月27日，粤港澳大湾区气候协同的空气质量改善战略研究（第一期）项目中期评审会顺利召开。该项目由北京大学环境科学与工程学院张远航院士团队牵头，由深圳环境科学研究院配合开展，旨在为我国粤港澳大湾区绿色发展示范区的建设提供空气质量改善目标、路径，为深圳“十四五”多污染物协同治理控制措施的制定提供参考。生态环境部大气司大气处以及广东省生态环境厅大气处等领导出席了本次线上会议。

项目组介绍了粤港澳区域空气质量现状与二次污染特征以及深圳空气质量现状与趋势，给出了广东省和深圳市高分辨率大气污染物排放源清单，构建适用于大湾区的能源经济模型与情景设置，并模拟了2025、2030 和2050 年大湾区社会经济、产业结构、能源结构和交通结构发展趋势以及碳排放和空气污染物排放趋势。结果表明，粤港澳大湾区大气二次污染日益凸显，正面临O₃ 和PM_{2.5} 前体物等多污染物减排协同温室气体减排的巨大挑战；碳限额政策对温室气体有明显的抑制作用，也可助力减排各项空气污染物，具有明显的协同效益。

针对下一步研究，专家给出三点建议：一是关注温度与臭氧浓度的协同变化，强调气候变化与其他污染物的关系；二是增加SSP 情景分析，整合温室气体清单与常规污染物清单，耦合气候模式与空气质量模型；三是基于综合分析，为粤港澳大湾区规划的实施提出建议。此外，能源基金会也强调了整合温室气体和常规污染物排放清单的重要性，并建议增加温室气体减排1.5 度情景。对于深圳“十四五”研究，建议区分结构减排措施和末端治理措施，以强化气候协同的措施；深圳气候协同研究的方法学，需与粤港澳大湾区研究保持一致，建议两方互相沟通，完善形成统一的研究方法。

“我国大气颗粒物基准研究思路及十四五政策建议研究”项目启动会：将为“十四五”期间环境空气质量标准的制修订以及国家能源政策的走向提供政策建议



7月28日，由中国环境科学研究院基准与风险国家重点实验室负责的《我国大气颗粒物基准研究思路及十四五政策建议》项目正式开题并进行视频汇报。课题组邀请北京大学朱彤教授、胡敏教授、华中科技大学徐顺清教授、复旦大学周海东教授、北京科技大学段小丽教授参加本次开题会。

中国环境科学研究院基准与风险国家重点实验室的魏永杰博士做了相关报告，介绍了全球大气环境质量基准研究的发展历程、我国的研究现状及未来的研究思路。该课题拟对已发表的关于我国

大气污染及健康研究的成果和数据进行评估，为我国大气颗粒物基准研究提出思路、框架和指南，为“十四五”期间环境空气质量标准的制修订以及国家能源政策的走向提供政策建议。

与会专家认为，我国大气环境质量基准起步较晚，且大气颗粒物从浓度和组分上都具有一定特殊性，因此，首先需根据国际上已有的基准定义，进一步明确我国大气PM_{2.5}基准的定义，选择合适的健康效应终点，考虑建立PM_{2.5}短期暴露健康影响基准值；建立、完善大气污染健康影响的数据库框架，并保证建设和更新的持续性；提出应建立我国大气环境质量基准制定框架，进而形成我国大气污染物基准研究方法学技术体系和基准文件编制流程，为发布我国大气相关基准文件做准备。

专家观点1 | 朱彤：PM_{2.5}和O₃污染协同控制的健康影响研究——趋势、挑战和机遇

摘要

大气污染人群健康风险评估是进行生态环境管理、改善公众健康的重要工具。开展健康风险评估可支持污染防治政策的制定，推进污染物浓度标准的修订。近年来，我国大气复合污染问题凸显，相关健康影响的研究工作主要集中在PM_{2.5}污染，关于O₃污染的研究相对有限。为解决上述问题，北京大学环境科学与工程学院院长朱彤教授及团队通过建立全覆盖、高分辨率的O₃浓度数据集，评估了我国O₃污染长短期暴露的健康影响，并通过对比PM_{2.5}和O₃长短期暴露健康影响的时空变化趋势，提出了政策建议及未来研究需求。

一、大气污染人群健康风险评估方法

如图1所示，进行大气污染健康风险评估研究需三种数据：健康基线数据、污染物暴露水平和污染物暴露反应关系。目前已有研究发现，PM_{2.5}和O₃长短期暴露与人类循环、呼吸、代谢系统疾病相关且可增加死亡风险，但O₃长期暴露的流行病学研究仍然有限，有关PM_{2.5}和O₃短期暴露健康风险的研究不足。

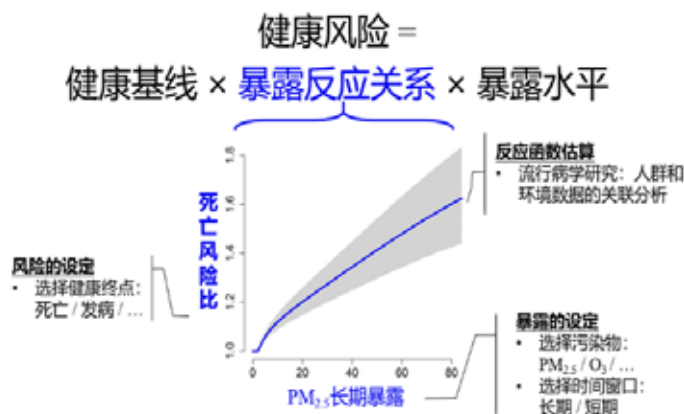


图 1. 健康风险评估概念图（Burnett et al., 2018）

二、趋势：我国PM_{2.5}和O₃浓度变化的健康影响评估

通过融合地面观测、卫星观测和模型模拟数据，研究团队建立了全覆盖、高分辨率的O₃浓度数据集，并发现2013至2017年全国尺度O₃浓度每年平均增长2.07 μg/m³且存在地域差异。随后分别以100 μg/m³和75 μg/m³为安全阈值，研究团队评估了我国O₃污染短期暴露和长期暴露的健康风险。

研究发现，PM_{2.5}暴露主导长期暴露的健康风险，2017年全国因PM_{2.5}和O₃长期暴露导致的过早死亡人数分别为124万和18万；而O₃与PM_{2.5}短期暴露的健康风险水平接近，2017年因PM_{2.5}和O₃短期暴露导致的过早死亡人数分别为3.1万和2.2万。

空间分布

从空间分布来看，因O₃长短期暴露所导致的健康风险集中在沿海城市（均为人口较为密集地区）。值得注意的是，近年来全国PM_{2.5}浓度大幅度下降，但长江以北地区O₃浓度显著上升（图2），导致本地区O₃暴露导致的健康风险逐年增加。因此，在进行大气复合污染健康风险研究时，应注意PM_{2.5}和O₃浓度变化趋势的地域差异。

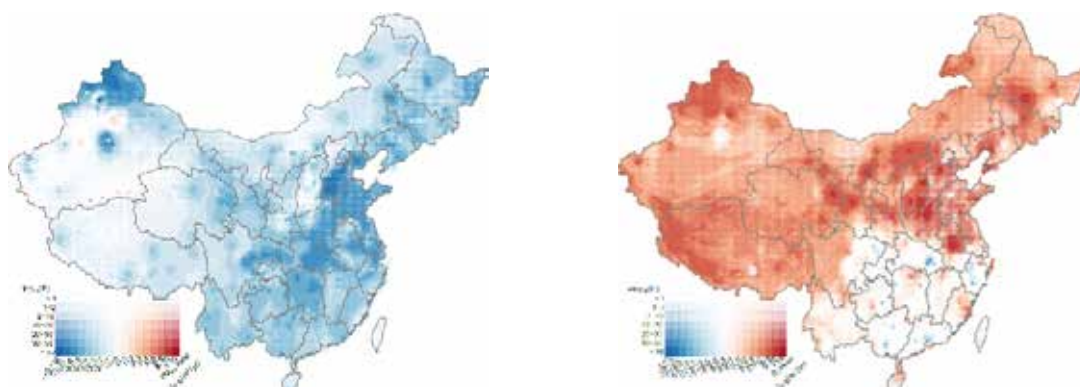


图 2. 2013 至 2018 年 PM_{2.5}（左）和 O₃（右）浓度变化
（蓝色为浓度下降，红色为浓度上升；颜色深浅表示了人口密度）

【摘自演讲者讲义】

时间趋势

从时间趋势来看，2013 年因PM_{2.5}暴露导致的健康风险明显高于O₃。但O₃暴露所导致的健康风险逐年上升。2017 年因O₃短期暴露导致的过早死亡人数已接近PM_{2.5}，且在夏季O₃短期暴露的健康风险占两者总死亡风险的百分比最高可达80%左右，远超过PM_{2.5}（图3）。

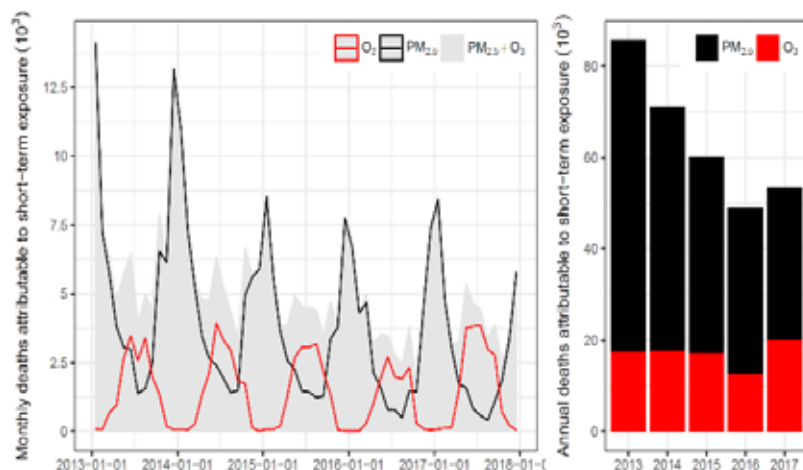


图 3. 2013 至 2017 年 PM_{2.5} 和 O₃ 短期暴露导致的月度 and 年度死亡人数
【摘自演讲者讲义】

三、挑战和机遇：加强流行病学研究，支持大气复合污染的健康风险评估及防治政策制定

目前，由于我国仍缺少相关领域的流行病学研究，大气复合污染的健康风险评估仍面临很多挑战：一是需要明确总死亡和归因死亡风险的区别和联系，即识别大气复合污染的未知疾病负担；二是需要揭示短期和长期暴露健康风险的重叠性；三是需要区分PM_{2.5}暴露和O₃暴露的健康风险，探明二者复杂的“共线性”。

在不断完善O₃暴露时空变化趋势研究的基础上，开展多污染物暴露的人群健康风险研究将进一步实现PM_{2.5}和O₃污染协同控制健康影响评估的精细化，有助于为制定协同政策提供科学支撑。现阶段PM_{2.5}长期暴露的健康风险仍占据主导，加强PM_{2.5}污染防治，制定更严格的PM_{2.5}浓度标准至关重要。与此同时，应大力推进夏秋季O₃污染防治工作，实现我国空气质量全面改善，保护公众健康。

专家简介

朱彤教授
北京大学
环境科学与工程学院 院长



中国清洁空气政策伙伴关系CCAPP 根据会议速记整理发布
以上图片来源：嘉宾演讲稿

参考文献

Burnett R, Chen H, Szyszkowicz M, Fann N, Hubbell B, Pope CA, Apte JS, Brauer M, Cohen A, Weichenthal S, Coggins J. Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2018 Sep 18;115(38):9592–7.

专家观点1 | 梁启明：香港 PM_{2.5} 和 O₃ 协同控制经验

摘要

目前，我国PM_{2.5} 污染治理取得了明显改善，但O₃ 污染正成为大气污染防治的新难题。1999 年以来，香港特别行政区大气污染防治工作取得积极进展，除O₃ 浓度有所上升，其他主要大气污染物浓度均有降低。基于对香港空气质量现状的分析，香港政府环境保护署首席环境保护主任梁启明博士进一步分享和介绍了香港PM_{2.5} 和O₃ 协同控制经验及应对O₃ 污染的策略规划。

一、香港空气质量状况

自九十年代开始，通过建设由常规、路边及超级监测站组成的环境空气质量监测网，香港环境保护署对当地主要大气污染物变化趋势进行了系统性动态监测。1999 至2019 年，香港空气质量总体呈改善趋势，NO₂、PM_{2.5} 和SO₂ 浓度均明显降低，O₃ 浓度有所上升，但仍处于较低水平。1999 至2019 年，常规监测站点PM_{2.5} 浓度下降了42%，路边监测站点的PM_{2.5} 浓度下降了54%，且发现路边监测站点的PM_{2.5} 浓度整体高于常规监测站点。1999 至2019 年的背景O₃ 年均浓度约上升18%（塔门站），同期间，路边监测站点的O₃ 浓度上升146%，远高于市区内常规监测站点的87%，但总体浓度低于常规监测站点（图1）。

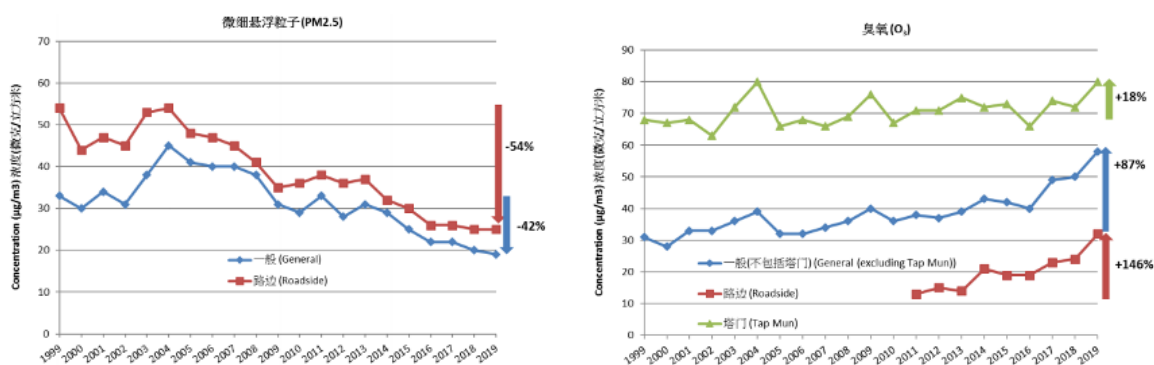


图 1. 1999–2019 年香港特区监测站点 PM_{2.5}（左）和 O₃（右）年均浓度及变化趋势

二、香港的大气污染物减排措施

香港空气质量的显著改善，主要得益于其实施的一系列大气污染物减排措施。

基于2018 年排放清单核算显示，香港主要大气污染物排放主要来源于发电厂、水上运输和道路运输。针对这三类重点排放源，香港实施了一系列有针对性的管控：1）发电厂减排治理：如1997 年起禁止兴建新的燃煤发电机组；2010 年起管制发电厂的排放总量上限；2020 年提升天然气占发电燃料的百分比至50%；2）水上运输减排管控：2019 年起香港水域内船舶必须使用合规的低硫燃料；

2020 年开展全电动绿色渡轮研究，政府出资建造绿色轮渡等；3）道路运输减排管控：淘汰欧盟四期以前柴油商业车，施行路边遥测仪侦测，加强管制燃油汽车的废气排放等。

香港的VOCs 排放（O₃ 污染重要前体物之一）主要来自以建筑行业为主的非燃烧源，其次是道路运输和水上运输。因此针对VOCs 减排的重点措施包括：2005 年起要求所有加油站安装油气回收装置、禁止进口或生产VOCs 含量超标产品等。

2006 至2019 年，针对不同污染物，粤港联合制定不同污染物的减排目标，使得区域生态环境质量得到显著改善。以珠三角地区的PM_{2.5} 污染改善情况为例，2004 至2007 年珠三角PM_{2.5} 年均浓度最高达70 μg/m³ 左右，但2007 年至今以后不断下降，并持续维持在较低水平（除西北部外，大部分地区PM_{2.5} 年均浓度处于30 μg/m³ 以下）。（图2）

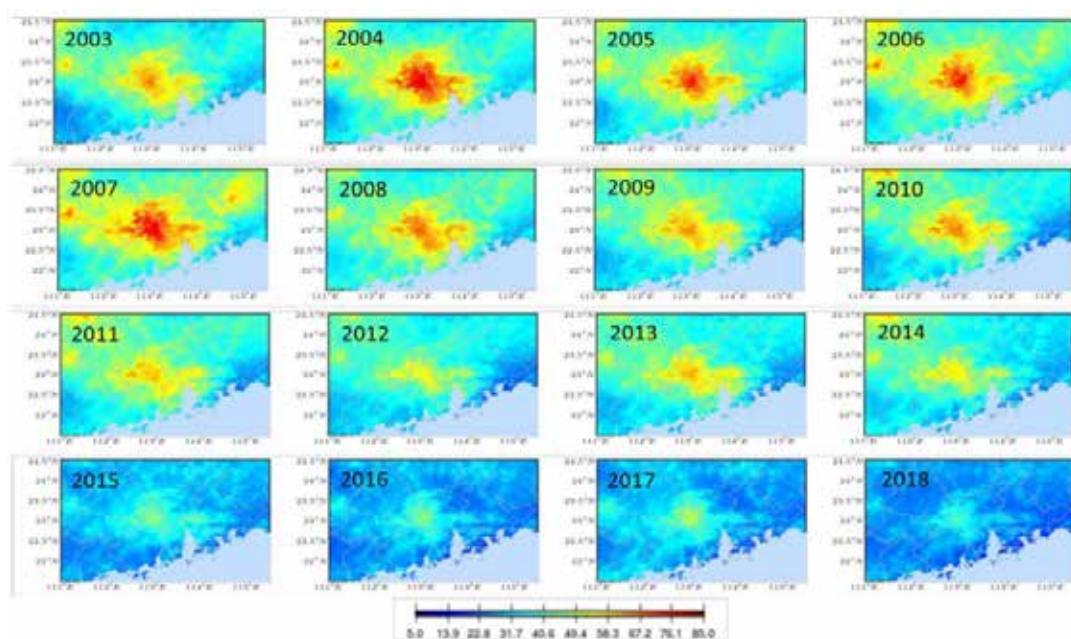


图 2. 2003–2018 年珠三角 PM_{2.5} 年均浓度的改善过程
【来源：香港科技大学卫星与地面站】

二、O₃ 污染问题凸显——挑战及应对策略

在大气污染防治取得积极成效的同时，粤港澳地区的防治工作仍面临严峻挑战——日益凸显的O₃ 污染问题。2019 年8 月香港O₃ 和PM_{2.5} 浓度的监测数据显示（图3），O₃ 和PM_{2.5} 浓度峰值多次处于同一时间段，显示出O₃ 和二次PM_{2.5} 的产生较强的同步性，因此对两种污染物进行协同控制至关重要。

为实施PM_{2.5} 和O₃ 协同控制、改善O₃ 污染状况，粤港澳区域推出一系列防治策略：1）将主要前体物VOCs 加入常规污染物监测行列，香港未来将增加8 个VOCs 监测站点，以确保实时监测VOCs 排放；2）开展大湾区光化学臭氧污染及区域和跨区域传输特征的研究，包括开展海陆空采样监测来获得O₃ 前体物浓度的时空分布特征、建立粤港澳大湾区激光雷达监测网络追踪O₃ 及PM_{2.5} 的高空传输、建立本地源成分谱和更新完善大湾区空气污染物排放清单等内容；3）开展《2020 年后区域空气污染物减排目标和浓度水平研究》以制定2020 至2025 年的减排目标及预测可达的空气质量水平。

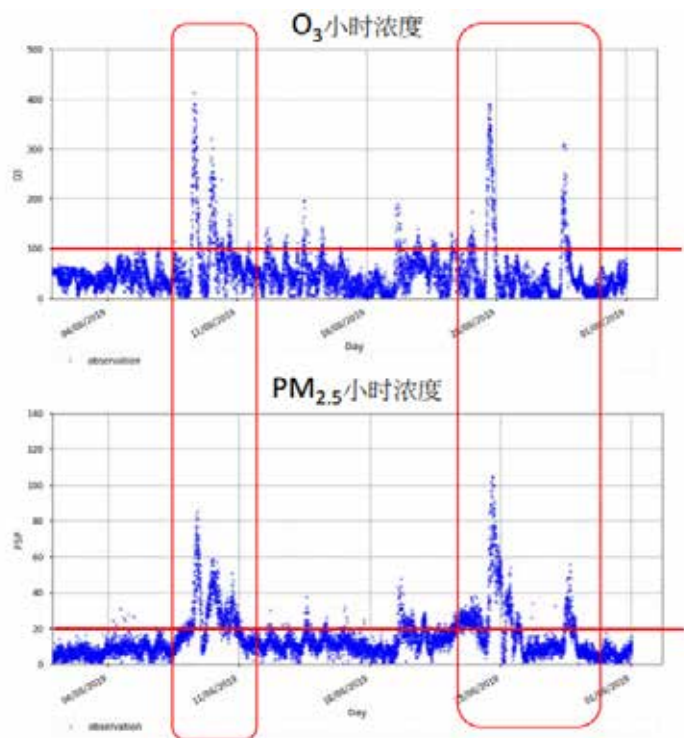


图 3. 2019 年 8 月香港 O₃ 和 PM_{2.5} 小时浓度

专家简介

梁启明博士

香港特别行政区政府环境保护署
首席环境保护主任（空气科学）



CCAPP 根据会议速记整理发布

图片来源：嘉宾演讲稿及网络

2020 年7 月全国空气质量状况

2020 年7 月，全国337 个地级及以上城市平均PM_{2.5} 浓度为19 微克/ 立方米，**同比下降7.0%**；O₃ 浓度为140 微克/ 立方米，**同比下降4.2%**；NO₂ 浓度为17 微克/ 立方米，**同比下降7.0%**。

京津冀及周边地区“2+26”城市PM_{2.5} 浓度为36 微克/ 立方米，**同比上升4.8%**，但北京市PM_{2.5} 浓度为41 微克/ 立方米，**同比上升9.6%**。长三角地区41 个城市PM_{2.5} 浓度为21 微克/ 立方米，**同比下降10.1%**。汾渭平原11 个城市PM_{2.5} 浓度为27.4 微克/ 立方米，**同比上升11.0%**。

虽然部分地区的7月O₃ 浓度严重超标，但重点地区浓度呈下降趋势：京津冀及周边地区“2+26”城市O₃ 浓度为193 微克/ 立方米，**同比下降11.9%**，其中北京市臭氧浓度为191 微克/ 立方米，**同比下降15.9%**。长三角地区41 个城市O₃ 浓度为143 微克/ 立方米，**同比下降12.2%**。汾渭平原11 个城市O₃ 浓度为186 微克/ 立方米，**同比下降0.4%**。

（数据来源：蔚蓝地图；制图：蔚蓝地图）



2020 年7 月 PM_{2.5} 月均值



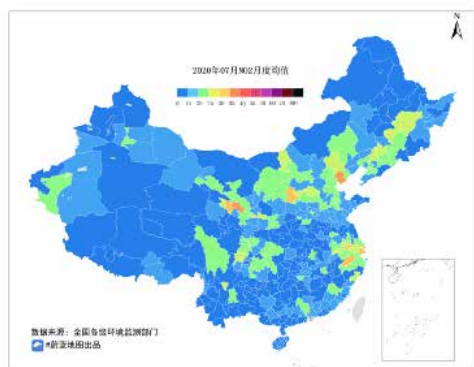
2019 年7 月 PM_{2.5} 月均值



2020 年7 月 O₃ 月评价



2019 年7 月 O₃ 月评价



2020 年7 月 NO₂ 月均值



2019 年7 月 NO₂ 月均值

能源和水专刊

总第 14 期
推动能源和水耦合关系研究，助力低碳发展

- 157 中国能源和水的主要特征
- 158 从能源的角度看水资源的保护和利用
- 164 从水的角度看能源的开发和利用
- 166 能源和水研究的机遇与挑战
- 169 能源和水协同发展的几点建议
- 173 附件 能源基金会支持的能源和水相关项目

本期要点

推动能源和水耦合关系研究，助力低碳发展——中国能源和水协同发展的现状特征、机遇挑战和目标对策



2020 年 8 月全国空气质量状况



能源和水（以下简称能水）是支撑社会经济发展的两大基础性资源，并且互相依托、相互影响。一方面，能源的开采、加工及转化过程都需要相当的水资源投入，对水资源需求总量和水体质量都会产生潜在影响。世界经济论坛发布的《2015 全球风险评估报告》指出水危机将是未来 10 年全球人类需要应对最为严峻的挑战。在中国，水资源短缺问题则更为严峻，2014 年中国人均水资源量仅为 2061.91 m³，约为全球平均水平（5924.30 m³）的三分之一左右（世界银行，2015），全国 669 个城市有三分之二会面临缺水的窘境（中国科学院，2007）。

而作为推动社会经济发展的另一重要资源——能源，伴随着中国经济的飞速发展，消费量和产量也在节节攀升，能源产业相关耗水量基数庞大，2015 年，中国总用水量为 5990.9 亿 m³，工业取水占比约为 22%，其中能源行业则占将近 50%（清华大学，2015），其中以煤电占比最大，2015 年煤电淡水取水总量 561 亿 m³，约占工业取水总量的 40%；淡水耗水总量 50 亿 m³，约占工业耗水总量的 16%。能源相关取耗水将继续增加，据 IEA 预测，2014–2040 年中国能源相关取水量年均增长 0.8%，耗水量年均增长 1.3%。

另一方面，国民经济发展对水资源的需求日益增加，与此同时也产生出越来越多的污水需要处理，随着供水、输水和污水处理工业的扩大，各种运营维护所需电力和热力等能源也逐年增加。能源系统和水系统本就是两个庞大复杂的系统，这种互相依托又相互影响的关系构成了能源和水关系的基础，但由于相互耦合又使得这种关系异常复杂。

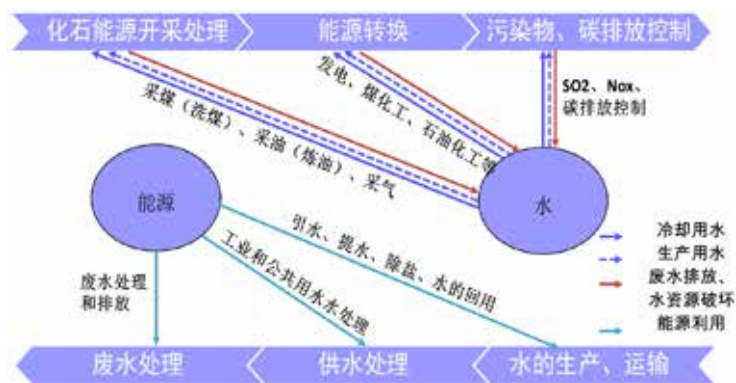


图 1 能源和水的耦合关系
来源：清华大学，2017

在气候变化的大背景下，能水关系将更具复杂性。一方面，气候变化会直接增加能源和水的供给与需求的不确定性，IPCC 报告已经指出气候变化与水资源的关系是人类社会关切的首要问题。另一方面，引起气候变化的温室气体排放与能源开发和利用息息相关。此外，水系统的能源消耗以及相应的温室气体排放问题也值得关注。在美国，水相关能源消耗引起的温室气体排放占到其总排放量的 5%。

能源、水资源与气候变化问题相互关联，那么如何保证一个问题的改善或解决不会加强其他问题的严重性或阻碍其他问题的解决，是必须要考虑的问题。解决能源与水的相互关系问题，既有利

于在可持续的条件下实现气候变化减缓，又可以充分考虑资源承载力的情况下适应气候变化。于我国而言，以煤为主的能源结构，能源资源和水资源在地理上的错配，则带来了更大的挑战，这样的挑战意味着必须寻找更为有效的方法，协同解决能源、水和气候变化的多重挑战。

能源与水的研究在中国尚处于起步阶段，两者本身的相互关系还需要深入探讨，特别是与气候变化相结合的思考还鲜有涉及，需要开展大量的调查研究。但因其重要性，能水关系近年来获得了越来越多的关注，并且逐步扩展到更广阔的范围，比如说能源－水－粮食／农业、能源－水－温室气体和能源－水－城镇化等。

中国能源和水的主要特征

能源与水资源逆向分布，能源生产集中于缺水地区，能源产业发展一方面造成水压力激增，另一方面能源产业发展受制于水资源短缺，这种矛盾关系是目前中国能水关系最主要的表现。

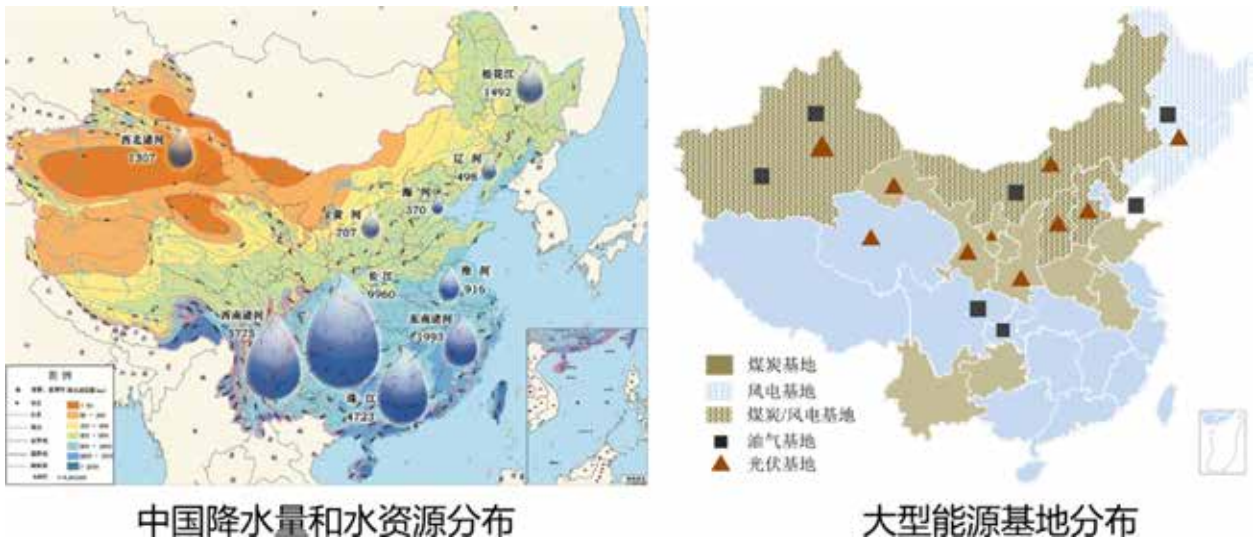


图 2 中国水资源和能源资源呈逆向分布

中国幅员辽阔，就中国各区域来看，能源与水资源赋存情况呈现明显的“逆向”分布的特点。我国化石能源（煤炭、石油、天然气）储量丰富，但分布极不均衡，表现出明显的“西北多、东南少”的分布格局。西北地区在全国化石能源供应中的地位继续增强。在我国规划的 14 个煤炭基地中，除云贵基地和蒙东基地外，其余基地均处于北方缺水地区，如山西、内蒙古、陕西、新疆等地区，其中山西、陕西和内蒙古三省能源产量占全国总产量的半壁江山。与此同时，随着我国远距离能源输送工程相继建设施工，北煤南运、西气东输、西电东送、北油南运的格局更加突出。

¹ 取水量是指直接从江河、湖泊或者地下通过工程或人工措施获得的水量，通常包括蓄水、引水、提水、调水等。供水量是指各种水源工程为用户提供的包括输水损失在内的毛供水量之和。用水量是指用水户所使用的水量，通常是由供水单位提供，也可以是由用水户直接从江河、湖泊、水库（塘）或地下取水获得。耗水量是指用水过程中所消耗的、不可回收利用的净用水量。排水量指用水户直接向江河、湖泊或其他水体排放的水量。这种水量一般以废水或污水形式排放在水体中。一般来说，取水量≥供水量，取水量≥用水量，用水量≥排水量，耗水量+排水量=用水量。

水资源参与化石能源生产、加工和消费全过程，因此中国化石能源的生产必然会提取、消耗生产地区水资源，相应的生产集中地供给化石能源用水会更大。我国的化石能源生产中心继续转移向水资源短缺的西北部地区，无疑会加剧能源生产行业用水紧张。此外，传统的能源产业如采煤、煤化工、天然气、石化以及与其配套的基础设施建设均会对水环境产生一定程度的影响和破坏，造成水体污染、水土流失、湿地萎缩，减少了当地水资源的可利用量，从而进一步加剧了能源行业面临的水资源压力。

为了更深入的理解能源和水的耦合关系，需要从能源的角度分析水，也需要从水的角度来研究能源。

从能源的角度看水资源保护和利用

能源对水的影响主要来自于煤、石油、天然气等化石能源以及核能、风能、太阳能和生物质能等非化石能源的生产和加工转换过程（炼油、煤制油、发电等）。能源总量、结构和地域分布，以及耗能行业的产能、结构和地域分布，都会对水资源的保护和利用产生深远的影响。

能源需求总量持续增长，用水需求继续增加

能源的生产和转换环节往往伴随着大量的水资源消耗。据 IEA 在 2016 年的研究，2014 年全球能源生产取水量 3980 亿 m^3 ，约占世界总取水量的 10%。随着人口的增长和经济的发展，全球能源需求仍将持续高速增长，BP 预测到 2035 年，世界能源消费总量将比 2015 年增长 37%，这将持续加剧水资源供需的紧张压力。

中国作为全球第一大发展中国家，其城市化、工业化进程推动了能源需求的快速增加，至 2019 年中国一次能源消费量占全球一次能源消费总量的 23.6%（BP，2019）；为满足国内能源需求，我国能源产量从 1980 年的 6.37 亿吨标煤增加至 2019 年的 39.7 亿吨（国家统计局，2019）。各类能源的生产都离不开水资源的使用，因此随着中国能源生产和消费的不断增长，水资源的需求也在逐渐增加，2015 年全国用水总量达到 5990.9 亿 m^3 ，相比 2005 年增长 357.92 亿 m^3 （国家统计局，2019）。考虑到能源活动取水约占工业总取水量的一半，其中绝大部分来自燃煤发电，未来我国能源部门仍将面临较大的水资源短缺压力，据 IEA（2016）估计，在新政策情景下，2014–2040 年中国能源相关取水量年均增长 0.8%，耗水量年均增长 1.3%，这无疑加剧了中国能源和水的紧张关系。

能源生产伴随大量废水排放，使本已严峻的水资源短缺问题雪上加霜

能源生产正在对当地的环境、水资源系统带来严重的破坏，特别是对水资源，这种破坏中很大一部分是不可恢复的、永久性的，特别是煤炭生产，其开采过程对煤层及以上岩层产生扰动与破坏，

¹ 新政策情景：广泛参考各国已经宣布的政策承诺（温室气体排放量增长 2% 以内和改革化石燃料补贴），综合考虑预期即将发布的气候政策及所带来的影响的情景

表 1 一次能源生产用水特征

| 一次能源 | 用水环节 | 用水情况 |
|-------|--|--|
| 煤炭 | 煤炭开采和防尘 洗煤以提高煤炭质量 开采区的植被恢复 长距离运输液态煤层气 | 生产单位 toe 煤炭的取水量和耗水量在能源生产中仅多于常规天然气开采，且生产 1toe 煤炭取水量和耗水量大多少于 1000 升 |
| 煤制气 | 生产过程 | 约需要 7 吨水 /m ³ （赵似锦等，2014） |
| 煤制油 | 直接生产过程需要消耗大量新水 | 生产一吨油品的耗水量可高达 12-13 吨，即便是用了节水技术，生产 1 吨油品仍需要 6 吨的耗水量（伍金伟，2015）。 |
| 石油 | 钻孔、打井和水压裂法 二次或多次开采 油砂开采和露天开采 精炼石油 | 综合来看，开采单位 toe 石油用水需求比常规天然气和煤炭开采水需求大，在化石能源中排名较为靠前。 |
| 致密油 | 水压裂过程 | 致密油开采还属于新技术，用水和耗水数据缺乏。 |
| 油砂 | 冷却过程 加工过程 | 油砂生产合成原油（人造原油）的过程比较耗水 因水的循环利用率下降了，近几年油砂开采中的淡水使用量有所上升。 |
| 重油 | 钻井和处理过程 | 耗水量为 4.5 桶水 / 桶油，淡水耗水强度约为 135m ³ /TJ（BP，2016） |
| 常规天然气 | 钻井和处理过程 | 通常比生产其他化石燃料或生物燃料用水需求少。每标准油（toe）常规天然气取水量和耗水量最大不超过 1000 升，低于其他一次能源生产用水 |
| 页岩气 | 采用的水压裂法对水资源的依赖性极大 | 1toe 页岩气取水量和耗水量范围均在 100~10 ⁴ 升，高于煤炭和常规天然气生产用水量 |
| 致密气 | 水压裂过程 | 致密气用水和耗水数据缺乏。 |
| 生物燃料 | 原料作物的灌溉 燃料生产中洗涤、清洗和冷却过程 | 生产单位 toe 生物燃料用水和耗水量还是相当大的，其最大值甚至接近了每 toe10 ⁷ 公升 |

数据来源：IEA（2012）；BP(2016)；Zhang 等（2014）；赵似锦等（2014）；伍金伟（2015）；唐霞等（2010）及作者整理

会对地下、地表水系统造成毁灭性的影响。

受开采条件和生产技术的限制，中国能源生产伴随着大量的废水污水的排放，数据显示仅煤炭开采与洗选、石油加工与炼焦、电力热力生产和供应三个行业的废水排放就占到全国排放总 13%，大量的废水污水对当地水环境造成严重的污染和破坏。

煤化工行业的污染排放引发了多起事故，大唐内蒙古多伦煤化工项目屡陷环保门，多次被环境部点名，先后被环保部门巡查 12 次，但污染依然频发。

表 2 一次能源生产对水质潜在的影响

| 一次能源 | 对水质的影响 |
|-------|---|
| 煤炭 | 由于尾矿渗漏、矿坑排水或随燃料开采出的水污染地下水水质 |
| 煤制气 | 废水含有大量有毒和难降解污染物，随意排放将带来严重的环境污染（庄海峰等，2017）。 |
| 煤制油 | 废水产生量大，毒性大、成分复杂等特点，使煤制油废水处理成为一个难题。 水资源利用率低、废水处理效果不明显等（伍金伟，2015）。 |
| 石油 | 由于尾矿渗漏、压裂液或随燃料开采出的水污染地下水水质 |
| 常规天然气 | 由于压裂液或随燃料开采出的水污染地下水水质 |
| 页岩气 | 水质污染有待进一步探究 |
| 生物燃料 | 通过含有化肥、杀虫剂和沉淀物等途径污染地下水水质 精炼过程中浪费水 |

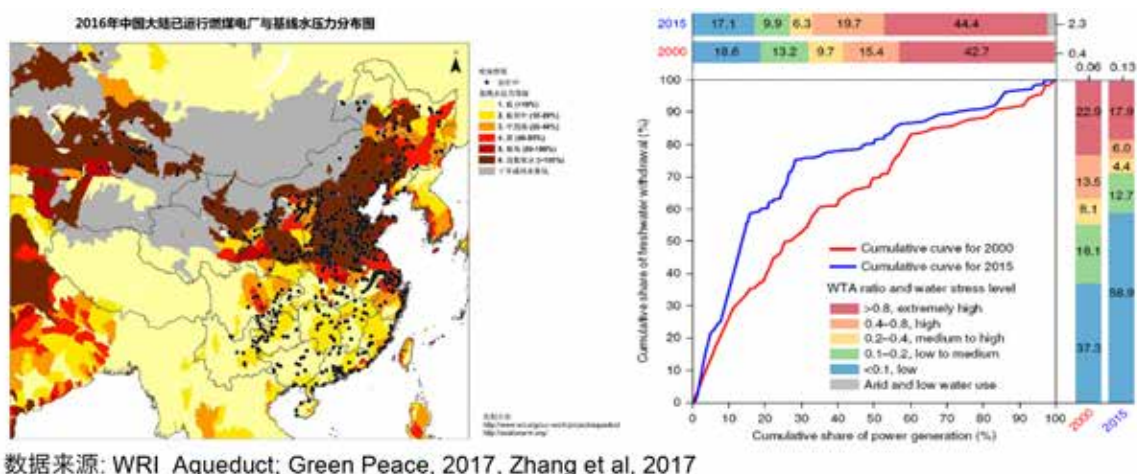
数据来源：IEA（2012）；张璜等（2014）；赵似锦（2014）；庄海峰等（2015）；伍金伟（2015）；吴秀章（2015）

电力生产需水量大，电水矛盾突出，空冷替代水冷并未有效缓解这种矛盾

在取水和在耗水两方面，电力、热力生产和供应业占比都尤为突出，其中又以电力耗水最为明显。

研究表明，中国约三分之二的燃煤发电量位于水资源高压区。2000 年时有大约 58.5% 的煤电装机位于高水压力的地区，虽然期间大力推广空冷机组，但是到 2015 年时，这个比例依然增加到 66.4%。空冷技术还会显著增加单位发电煤耗，从而增加碳排放。

虽然短期内电力需求有所反复，但是长期来看电力需求还是会持续增加，故而电力供给及其电



数据来源：WRI Aqueduct; Green Peace, 2017, Zhang et al, 2017

图 3 中国大陆已运行的燃煤电厂与基线水压力分布图（左）及
位于高水压力区的煤电装机占比（右）

力生产过程中的水需求也会相应增加，在国内水资源供应短缺的前提下，电水矛盾愈发凸显。

除煤电外，煤制油、煤制气和煤制烯烃等现代煤化工也被视作未来煤炭深加工转化利用的方向，而其过程中需要消耗大量的水资源，随着行业的发展，需水量将会持续大幅增加。

西电东送加剧西北地区缺水程度

2018 年，能源基金会支持清华大学开展了《中国 2020 年及 2030 年能源情境中的水问题》研究，选取中国 2020 年和 2030 年的重点能源情景，探讨了全国和分区域能源生产 / 转化 - 水资源取用 / 消费 - “三条红线”之间的定量关系。研究发现，中国的东部和南部地区的需水量以火电为主，西北地区，则以煤炭产业为主，油气开采占比较小，光伏、风电和核电需水占比可忽略。能源工业取水压力较高的区域包括内蒙古、新疆、陕甘宁、山西，中等压力的区域包括安徽、东北、京津冀、山东、青海和广东。内蒙古、新疆、安徽等地未来的能源工业需水量将超过取水红线。从图 4 可以看出，水资源开发利用率与能源工业需水量占比高的区域高度重合。

在 2020 年至 2030 年的区间范围，碳减排约束可带来协同的节水效应。已建成的长距离输电通

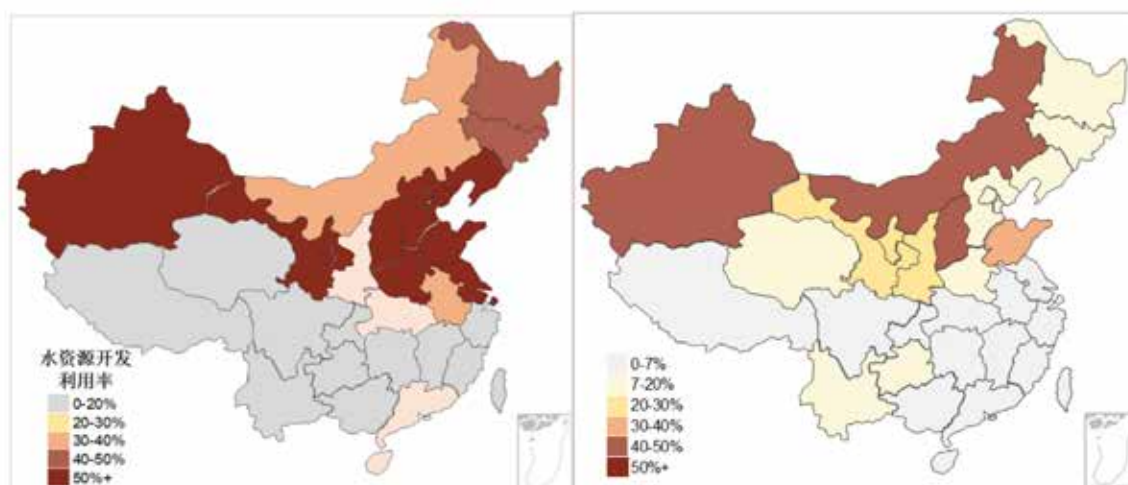
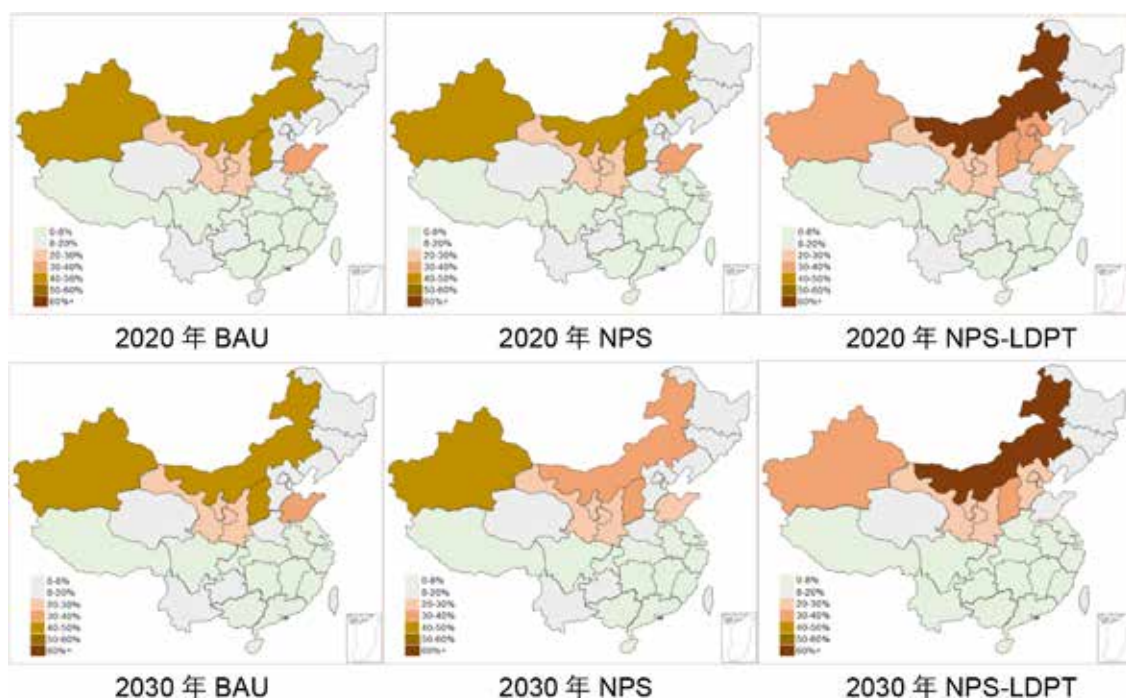


图 4 水资源开发利用率分布和能源工业需水量（左图）
在工业取水中的占比分布（右图）（2015 年）

道将产生能源工业取水压力的集中效应，体现在以内蒙古为代表的西北地区由于化石能源丰富，利用成本较低，作为电力输出区域，当地火电发展被促进的同时，加重了取水压力。

能源生产结构优化，但是尚未有效缓解水压力

虽然近年来中国一直在致力于优化能源结构，不断提高风电、光伏、天然气、页岩气、生物能等清洁能源的开发与利用。但是中国的能源结构依然重度依赖煤炭，其主体地位短时间内难以改变，用水需求难以有效降低。电力供给结构的优化也并不能与节水完全匹配。



注：BAU – 2015 年现有政策情景；NPS – 包括 INDC 目标的新政策情景；LDPT+NPS – NPS 基础上，结合长距离输电电力系统优化模型的情景

图 5 三种情景下 2020 和 2030 年能源产业用水占工业用水红线比例

清洁能源的大规模开发利用将会带来一系列清洁、高质量经济发展的动力，但另一方面，页岩气的开采和生物燃料的生产等部分清洁能源的发展对水资源依赖性大，需要大量水资源，在一定程度上会增加对水资源的消耗。以生物质能为例，其用水主要包括作物培育阶段用水以及在甲醇、氢和乙醇等燃料制取的热化学气化反应过程中。随着以藻类作为投入原料的第三代生物燃料的兴起，不少研究人员都对该技术的用水需求进行评估，如对美国加利福尼亚州 1990–2012 年能源系统的水足迹进行分析，发现该地区 2012 年较 1990 年能源消耗只增长了 2.6%，但能源相关水足迹却是原来的 3.6 倍，主要归因于大规模进口生物柴油的推广使用（Fulton and et al, 2015）。

水资源短缺和水质监管已对能源（尤其是煤炭项目）产生实质性风险

处于应对气候变化及投资风险方面的考虑，越来越多的投资者将煤炭项目视作高风险项目，纷纷终止或减少对涉煤项目的投资。

以煤化工项目为例，标普道琼斯旗下的 Turcost 公司在 2017 年的一份研究表明，在充分考虑了能耗标准合规、环境保护税、取水定额、水资源税、排污权交易和全国碳交易等政策风险，以及水资源压力等物理风险的情况下，在未来的政策情境下，潜在环境风险带来的总成本可占到煤化工产品单价的 35–64%。监管合规造成的潜在减产是造成总成本增加的主要原因，与其他环境要素的控制指标相比，水是最主要的风险驱动因素，随着风险演变，环境风险对财务影响会显著提高，包括内

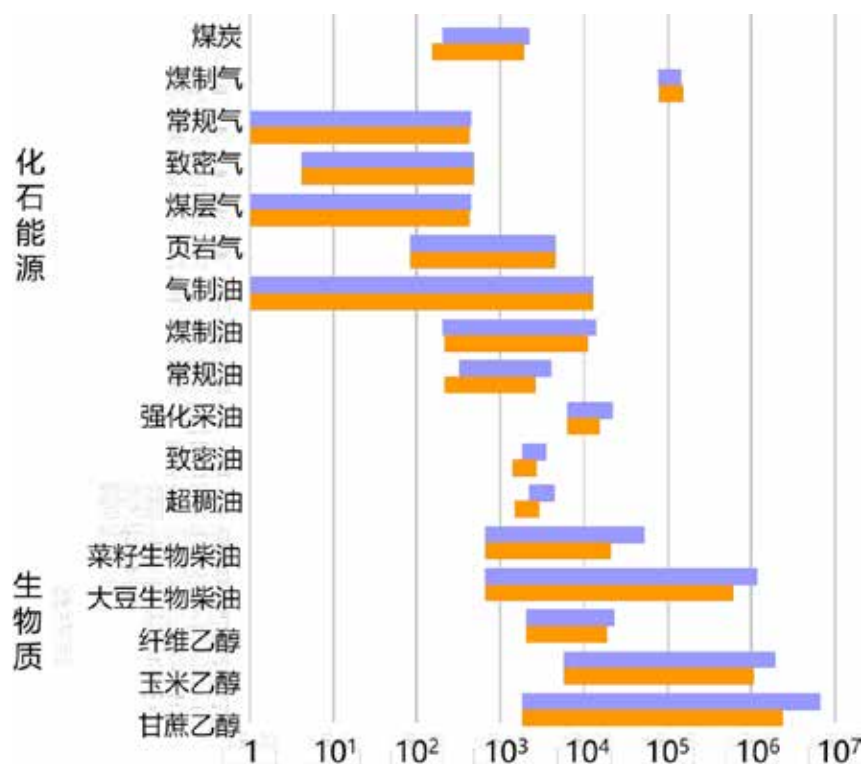


图 6 化石燃料和生物质生产过程取水和耗水水平 (L/t)

部回报率降低、盈亏平衡点提高及项目成为搁浅资产的风险加大等。

一个典型的案例是大唐多伦煤质烯烃项目的蒸发塘泄露事件。2016 年 4 月，大唐多伦煤制烯烃项目的蒸发塘发生高盐分污水泄漏事件，约有 800 亩的土地受到波及，地下水遭受污染。导致约 2,200 名当地村民被迫迁居。大唐被处罚款 28.7 万人民币，并停产 3 个月左右，以整治其环境影响，这停产整治导致该公司损失约 3 亿 7 百万人民币的收入（中国经济网，2016 年）。之后在 2016 年 8 月，同一地点又发生甲醇罐爆炸事件。导致该公司直接损失价值为 750 万人民币的原材料及设备（21 世纪经济报道，2016 年）。2016 年，大唐发电决定一元出售包括该项目的煤化工业务止损，该业务板块在两年内亏损近百亿元。

气候变化将增加能源供水成本，并传导至供电价格

在气候变化背景下，陆地水体形态产生变化，进而影响着整个水循环过程和水资源的时空分布。这种变化将影响能源基地的用水成本。如中国水科院的研究显示，在 IPCC AR5 的 RCP2.5、RCP4.5 和 RCP8.5 三种情景下，蒙东能源基地的水资源量均将呈现减少的态势，到 2050 年地表水供水成本将比 2015 年上升 17%。供水价格提高 1 倍，火电生产价格提升 0.3%，其他商品物价提升 0.2% 左右。供电价格提高 1 倍，自来水生产价格提升 2.8%，其他商品物价提升 8.4% 左右。

从水的角度看能源的开发和利用

维持社会经济的正常运转需要大量的水资源，其提取与净化、运输和分配、终端使用以及污水处理等方面都会消耗巨大的能源。但是相比能源对水的影响，国内外有关水对能源影响的研究相对较少，这方面的问题尚未引起足够重视。

水部门各过程均需耗能，供应环节需求明显，节水就是节能

水系统的能源消耗以及相应的温室气体排放问题也值得关注。在美国水相关能源消耗引起的温室气体排放占到总排放量的 5%。在印度，仅农业灌溉水系统产生的温室气体排放占到全国总排放的 6% (Rothausen and Conway, 2011)。据 IEA 估计，2014 年全球在水部门相关过程中的总能源消费量约 1.2 亿吨油当量 (Mtoe)，其中 60% 左右的能源通过电力供给，约为 820 TWh，占全球电力消费总数的 4%，其中电力消费量最大的是水的供应环节，占整个水资源部门电力消费总量的 38%。未来全球水资源部门的能耗仍将持续增长，到 2040 年全球水部门的能源使用总量将比 2014 年翻一番 (IEA, 2016)。

中国目前全国社会水循环能量消耗总量为 1.1 万亿 kWh，约占全国总用电量 19%。用水系统能量消耗最多，相当于整个社会水循环用水能耗过程的 87%，远大于提水、蓄水、调水、制水等方面的能耗。从 2005 到 2014 年，全国供水量增加 8%，但是取水能耗增长了 25%，开采地下水的能量消耗占比最大，约占总能耗的 46%，远距离调水能耗占比逐年增加，达到 17%。值得注意的是，在美国和欧盟等发达国家，废水处理用电量最大，超过了 40%，这提示未来中国应多重视废水处理带来的用能需求。

水资源生产供应依托能源支撑，地下水位变化对能水关系影响不容忽视

地下水提取耗能比地表水提取耗能大，就中国供水结构来看，地下水是主要的供水主力之一。由于持续多年的超采，许多地区的地下水位大幅下降，这直接导致抽取地下水的能耗增加。

以河北省为例，浅层地下水平均埋深上世纪八十年代约为 6 米，2015 年降到 18 米，因此每度电可开采水量从 8m^3 减少到不足 1m^3 。1980 年以来，由于农业水效的提升，生产一公斤粮食所需要的灌溉水量从 1m^3 降至 0.4m^3 ，但是耗电量却从 0.12 千瓦时增加到 0.45 千瓦时。这意味着要保持粮食产量不变，需要付出近 4 倍的能源代价。

抽水蓄能反哺能源供给

抽水蓄能是利用电网中负荷低谷时的电力，由下水库抽水到上水库蓄能，待电网高峰负荷时，放水回到下水库发电的方式。抽水蓄能电站可以在电网中起到削峰填谷，优化电力供给结构，提高电网的供电质量的作用。抽水蓄能与电力具有协同效益，发展抽水蓄能电站离不开电力的支持，而

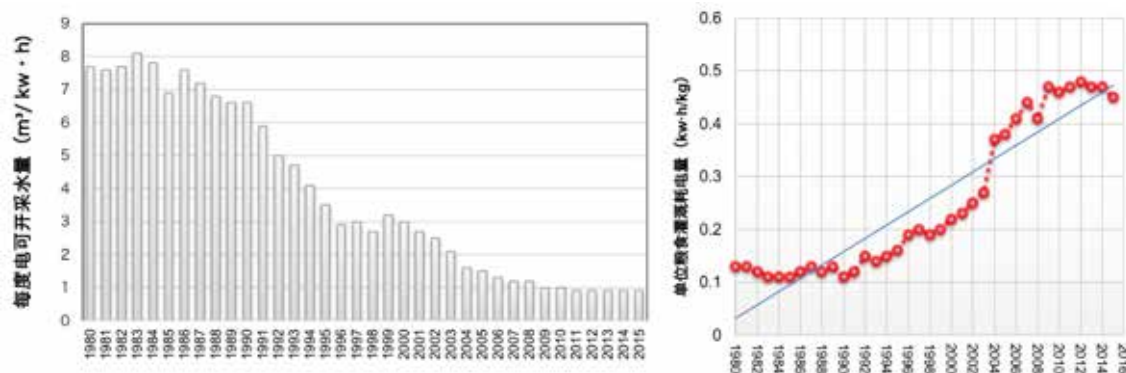


图 7 河北省每度电可开采水量及单位粮食灌溉电量变化（1980–2015）

抽水蓄能电站的发展反过来提高了供电质量，增加了电力电网的调峰和填谷能力，并为电力的发展提供水源等条件。另外，抽水蓄能具有大规模解决可再生能源间歇性问题、响应快，经济性高的优势。采用抽水蓄能电站与火电、核电、风电、光伏或常规水电站联合开发的模式，可以更好地发挥抽水蓄能电站的效益。

中国能源结构调整步伐加快，可再生能源消费比重显著提高，但同时也面临多重瓶颈，导致消纳不畅。虽然能源局已设定了到 2020 年根本解决弃风弃光问题的目标，但是部分地区弃风、弃水、弃光问题依然严峻。据报道，2018 年西部弃电量 214 亿千瓦时，占经营区新能源弃电量的近 80%，制约了西部地区新能源的进一步开发。另外根据 2018 年度全国可再生能源电力发展监测评价报告，西部省份中内蒙古、甘肃、青海等未完成国家分配的最低消纳责任，甘肃、新疆、宁夏等没有达到规定光伏发电的最低保障收购年利用小时数，甘肃的风电也没有达标。这些省份的内部消纳和外送目前都面临着一些障碍，所以建立储能设施将有助于促进这些地区的风电和光伏发电的消纳。

抽水蓄能是目前全球应用最为广泛的储能技术，中国抽水蓄能电站装机容量已居世界第一。截至 2019 年 6 月，全球已投运储能项目累计装机规模达 181.8GW；其中抽水蓄能占比最大，为 94%。抽水蓄能在中国同样是应用最为广泛的储能技术，截至 2019 年 6 月，中国已投运储能项目累计装机规模为 31.4GW，占全球 17%，其中抽水蓄能占比最大，为 96%。但是，中国抽水蓄能装机容量占全国发电总装机比例不到 2%，离发达国家装机容量通常占电力系统总装机 5%–10% 的水平差距较大。

案例分析表明可再生能源基地合理配套抽水蓄能，合理打捆外送是十分必要的，也是我国实施高比例非化石能源发展路径的重要组成部分。研究表明，在蒙西电网，系统每增加 100 万千瓦抽水蓄能容量，可以增加消纳风电规模约 400 万千瓦–416 万千瓦，并且相应可替代煤电装机 120 万千瓦左右。建设抽水蓄能可以有效地促进风电消纳，减少煤电装机。若蒙西具备条件的 4000 万千瓦抽水蓄能资源全部配合本网消纳，蒙西电网可消纳风电 1.65 亿千瓦左右。对于新增的电力需求，新增 120 万千瓦抽水蓄能电站方案比新增相应燃煤电站方案可以多开发利用风电装机容量 530 万千瓦。对于新增的电力需求，新增 120 万千瓦抽水蓄能电站方案比新增相应燃煤电站方案可以多开发利用风电装机容量 530 万千瓦。（WRI, 2020）。

水资源调配耗能大，大型调水工程建设需谨慎

中国水资源和能源逆向分布，水利运输工程难以完全避免，但是水的运输耗能十分巨大，加利福尼亚能源委员会（2005）指出每年加利福尼亚供水运输和配送过程中消耗其 7.1% 电力需求。在运输过程中还存在着巨大的水资源损失，IEA 估计中国每年在供水过程中的水资源损失量达到近 190 亿 m³（IEA, 2016b）。加之长距离调水工程带来的生态环境影响，在中国建设大型调水工程需慎之又慎。

部分地区非常规水资源利用能耗迅速增长，但尚未引起重视

我国用水需求和水资源供给缺口将随着社会经济的发展继续上升。对于缺水地区，开发非常规水资源（包括远距离调水、污水再生利用、海水淡化等）是缓解当地用水危机的必然选择。而非常规水源的开发利用过程中的能源消耗远远高于常规水源，如地表水与浅层地下水的开发利用。随着对饮水质量要求的提高以及非常规水源利用规模的扩张，城市水系统的能耗将会出现激增，增加城市的温室气体排放。未来水源的选择及配置方案会直接影响城市水系统的能源强度、能耗以及碳排放，加剧我国已经严峻的减排压力，但是水资源系统的能源消耗和相关碳排放尚未引起有关部门足够的重视。

能源和水研究的机遇和挑战

多因素影响下中国的能水关系未来充满不确定性

能源与水资源之间是一个动态的、复杂的关系，涉及多领域、多学科。受不同因素影响，未来发展趋势充满不确定性。

从经济角度看，中国正处于全面建设小康社会的关键时期，经济保持增长，产业结构迈向中高端水平，消费对经济增长贡献明显加大，人口城镇化率加快提高。经济发展、产业结构调整、居民收入提高、城市化等各方面都会对能源与水的供给与需求产生影响，进而影响能源与水关系的发展。2019 年底爆发的新冠疫情，也将对社会经济将产生长远的影响。

从气候变化和环境角度看，一方面，全球气候变化会通过影响降雨循环和极端气候事件发生频率增加未来能源与水资源供给与需求的不确定性，对能源安全和供水安全造成潜在影响。另一方面，在能源结构调整被认为是实现气候目标的关键一环，不同的能源结构对水资源的需求及对水环境的影响差异巨大。

从技术角度看，无论是能源，或是水资源领域任何一方实现技术突破，那么都有可能缓解能水之间的紧张关系。比如说海水淡化、光伏发电、页岩气开采技术、CCUS 技术等，这些技术都有助于推动低碳发展以应对气候变化，但是都由于过大的能耗或水耗而无法普及，如果实现技术突破，则有助于技术推广，进而对能水格局产生相应的影响。

城镇化快速发展，加剧能水紧张局面

我国自改革开放以来，城镇化建设逐渐恢复发展，截至 2019 年，城镇化率已达到 60%。根据世界城镇化发展普遍规律，我国处于城镇化率 30%–70% 的快速发展区间，这将引起工业化进程、城市交通及个人的生活习惯（如食品消费、娱乐需求）等发生深刻的变革，从而进一步地推动地区和个人对能源需求的进一步增长。

快速城镇化对水资源的承载力要求也在不断提高，水资源已经成为决定人口与城镇发展的刚性因素。城镇人均用水量明显高于农村居民人均用水，2018 年，全国人均综合用水量 432m³，城镇人均生活用水量（含公共用水）225L/d，农村居民人均生活用水 89L/d（中国水资源公报，2018）。

城镇化、能源系统与水资源环境系统之间客观上存在着复杂的耦合作用。一方面，水资源对城镇化具有支撑作用，水资源的短缺会制约城镇化建设与发展。另一方面，城镇化与人口增长会加速对水资源的利用和增加排污。欧美国家已经开始关注因为城市水源结构调整以及水质要求提高带来的城市水系统能耗强度和碳排放增加问题。随着我国经济的发展、城市化进程的加快，城市水系统的能耗以及碳排放也将成为新的挑战，因此建议我国设立试点地区，在城市水源规划中纳入碳核算和能源管理机制，发展低碳可持续的城市水系统。

工业化进程推进，各部门对能源和水资源的竞争加剧

工业化势必涉及到能源与水资源的取用和消耗，进而影响能水关系。从工业化进程上看，中国已进入工业化中后期，但仍未完成工业化。工业部门一直是中国最主要的能耗部门，且耗能一直呈现增加的趋势。2017 年工业部门能耗为 29.45 亿吨标煤，占全国总能源消费量的 65.7%（国家统计局，2018），从工业耗水来看，十大耗水工业部门中有三个是能源部门，包括煤炭开采与洗选业，石油加工、炼焦和核燃料加工业，电力、热力生产和供应业，工业化在拉动能源需求增长的同时，也会增加三个行业的取水和耗水量。从而使得本来就紧张的各个部门对水资源的竞争进一步恶化，而水资源此时也将反过来限制能源部门的发展，进而影响工业化进程。此外，工业废水排放量巨大，工业化进一步推进，存在着使水污染加剧的风险。且同国外相比，我国工业废水处理率低于日本、德国等世界发达国家。

工业化的进一步推进，将带来更加严峻的水资源安全形势，进而影响到第一产业、第二产业、第三产业、居民生活的发展，如何协调好工业化进程中中国的水资源、能源的利用以及能水关系需要引起国家、企业等全社会的高度关注。

能源转型与技术突破是缓解能水紧张关系的有效途径

通过能源转型与能源结构的调整，用对水资源影响小的可再生能源替代传统的化石能源，用水结构也势必得到优化。另一方面，技术的改进，对于短期内解决社会环境中存在的紧迫的能水关系问题的直接有效的方法。但是节能和节水的技术不完全匹配，难以实施平衡的效果，给能水技术发

展带来不小的挑战。能水技术的改进，还有很长的路要走，面临着诸多障碍。若技术得以更新与运用，将对社会环境带来积极的影响。

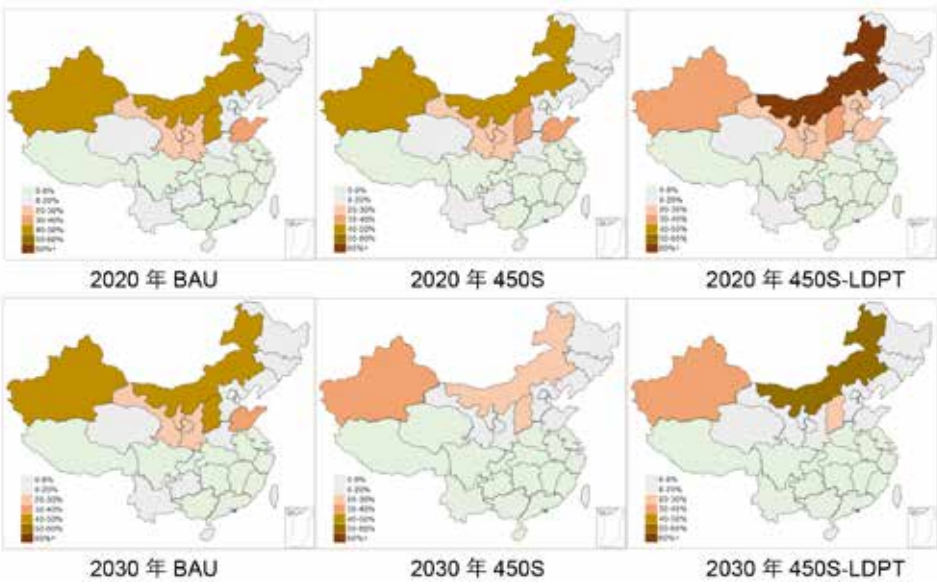
中国高耗能行业与高耗水行业、高污染行业具有一致性，水资源管理可作为促进碳排放减少的有效政策工具

从工业细分行业废水排放量的角度看，我国煤炭开采和洗选业、黑色金属采选业等十个部门，废水排放量明显高于其他部门，约占整个工业废水排放总量的五分之四，而黑色金属冶炼和压延工业，一个部门的废水排放量占到整个工业部门的三分之一。这十个部门中大多数部门为高耗能行业，如电力、热力生产和供应业，石油、炼焦和核燃料加工业，非金属矿物制品业，黑色金属冶炼和压延加工业，煤炭开采和洗选业，化学原料和化学制品制造业、有色金属冶炼和压延加工业和纺织业等八大行业，约占全国煤炭消耗量的 80%。中国能源结构和产业结构如何优化，能否兼顾降低水压力的需求，将对未来的能水关系的走向产生至关重要的影响。

在经济目标不变的情况下，有可能通过能源和产业结构调整，辅以技术手段，缓解能水紧张，优化增长路径

水和能源政策之间存在的协同性主要在于水密集型和能源密集型产业具有一致性，即能源密集型产业通常也是水密集型产业。因此，当能源工业整体朝着低碳路径发展的同时，也能够实现可观的节水效益。

碳约束能减少化石能源消费，促进清洁能源发展，带来节水的协同效应，减少缺水地区的水压力，如图 8 所示，450S 的节水效果更明显，主要原因是碳减排的约束减少了煤炭等化石能源的消费



注：BAU – 2015 年现有政策情景；450S – 实现 2 度目标的路径情景；LDPT+450S – 450S 基础上，结合长距离输电电力系统优化模型的情景

图 8 三种情景下 2020 和 2030 年能源产业用水占工业用水红线比例

的同时，提高了光伏、风电、核电的渗透率，而这些技术的运行取水强度一般低于采煤、煤电等技术。北京师范大学 2019 年选取河北省为例开展了典型地区能源和水的耦合关系研究，该研究表明，产业结构调整能实现节水节能的协同效益，其中第二产业的金属冶炼和压延加工品也等是通过控水限能的关键，建筑业也有明显的受用水效率提升的节能节水作用。

能源和水的协同发展的几点建议

结合以上讨论，对能源和水的协同发展提出几点建议。

明确水资源在国家能源重大决策中的战略地位，从规划开始，加强能源和水协同管理，新一轮国土空间规划提供了新的契机

能源和水协同管理的目标是合理布局和优化配置，实现水资源供应和能源需求在总量上和空间上双向匹配。但是鉴于水资源的不可替代性，以及水量和水质的双重约束，建议坚决贯彻“以水四定”。应进一步明确和加强水资源在国家能源重大决策中的战略地位，不断完善能源行业各项相关水管理制度标准体系中，对取水、用水等各个指标的制定，做到标准统一。进而在能源项目批准建设过程中，切实做到“以水定产”和“以水定量”。

对于我国未来能源发展战略与空间布局规划，要考虑不同类型能源水资源强度差异将导致不同的能源结构调整战略下，水资源需求量存在巨大差异，并结合当地的水资源赋存情况，尽量做到与水资源空间分布相协调。同时在产业结构上也要进行优化与布局上的调整，以适应区域水资源条件，避免造成能源行业的用水不正当竞争，从而影响其他行业的用水需求和生态系统的健康，限制社会、经济以及环境系统的发展。因此，从短期来看，一方面，要加速能源产业规划与水资源规划的对接工作。在制定能源行业发展战略时，除了考虑常规的比如碳约束的同时，还要考虑水约束下的能源发展路径。对能源行业实行以水定规模、以水定产品和以水定工艺，实现规模、产业、工艺多重控制。尤其是在黄河上中游、新疆、山西等缺水地区的能源行业发展规模，优化调整产业结构。优先发展可再生能源，限制发展煤制油、煤制天然气、煤制甲醇等高耗水、高污染的煤化工产业。采用最先进的节水工艺和设备，采用空冷机组，禁止新增火电项目采用直流冷却。

目前国内的能源和水的管理均属于国务院进行管理，显示可以从源头上确保二者协同管理的可行性。而具体的能源和水管理则分别由相关的部委分别管理，主要包括国家发改委、工信部、环境部、水利部、自然资源部、住建部、财政部、卫生部等众多机构。虽然，工信部、住建部和财政部均参与了节能节水的政策制定、执行，为两者的协同管理提供了基础，但目前尚未真正发挥协同管理的实质作用。当逐步推进我国能源、水资源以及其他资源统筹规划的部门建设，进而切实提升我国不同资源发展协调统一的能力。另一方面，在保障我国未来水资源供应的前提下，也应当考虑不同水源的优化配置降低供水系统的能源强度和碳排放强度。

源头减排、过程阻断和末端治理三方面同时着手，严控涉煤行业，发展绿色清洁能源

能源需求强烈，但是有替代方案。水资源量质约束，并不可替代。因此优化能源结构，发展低碳能源是促进能源和水协同发展的关键。

应从源头减排、过程阻断和末端治理三方面同时着手，发展清洁能源，采用清洁生产技术工艺，调整产业结构和产品结构，减少耗水和污染物排放。首先应当控制缺水地区的原煤产量，加快退出高耗水、高污染的落后产能。严控新增煤电、煤化工等涉煤行业产能，在布局时应当充分考虑当地的水资源限制，在水资源开发利用率较高的西北地区，更应严加控制。以煤电为主的火力发电应该更加有序的发展，控制煤电的总量，加快淘汰小火电和自备电厂，尤其是西北地区高耗能企业较多，自备电厂比例偏高，更应当加强自备电厂发展和运行的管控，促进自备电厂的节能和节水改造，实施新版火电用水定额标准，推动火电行业在十四五期间取水量和用水效率提高 10-15%，加快淘汰不达标的机组。同时也应当通过改进技术、增加污水回用等，进一步降低涉煤行业的新水需求。

提高风电、光伏等可再生能源的渗透率，可以达到协同的节水效果。然而由于可再生发电的不稳定性以及当地消纳能力、外送能力有限，目前我国的“三弃”（弃风、弃光、弃水）问题较为严重。因此应该增强这些地区的外送能力，并增强电网调峰能力，增加抽水蓄能等储能技术匹配，改善“三弃”现象，提高风电、光伏、水电的利用率。

此外还应加强管理与技术创新，提高能源行业水资源利用效率，构筑能源开发利用的闭路循环系统，实现能源和水资源的再生利用、营养物质循环利用，阻断污染物进入水体。强调能源开发利用排放污水的物理、化学与生物处理、污泥处置与物质利用，实施水生态系统修复。

借力国土空间规划，严格开发利用管理，强化水资源承载力刚性约束

虽然中央提出“以水四定”，但是水资源承载力刚性约束依然不足，相较于能源开发，水资源保护处于弱势地位。

新一轮的国土空间规划，明确要求开展前置性评估，其中与水资源相关的前置评估是在资源环境承载力和国土空间开发适宜性评价。为解决目前存在的现有的水资源开发利用控制红线过松，实现以水定需、源头预防的制度性抓手不足，以行政区域为主的水资源管理体制与承载能力管理要求不相适应，实行水资源承载能力刚性约束的管控能力不足等多方面的问题提供了契机

应坚持空间均衡，强化水资源承载力刚性约束。规划思想由“经济生产要素”向“生态优先”的要素方向转变，完善水资源开发利用控制指标体系，强化源头干预，健全规划水资源论证制度。强化水资源综合规划服务生态文明建设的作用，以期真正实现国土空间规划应把国土资源和水资源合理配置“一张图”。

在当前国土空间规划体系重构背景下，水资源综合规划对国土空间规划的支撑和约束作用凸显其优势，建议应充分发挥水资源综合规划的作用，与国土空间规划同步进行，充分衔接，使水资源的开发利用工作更加科学化、标准化，使实施最严格的水资源管理的“三条红线”控制关口前移，

与土地资源和人口规模支撑与约束形成协同协调，促进水资源和国土空间资源实现合理配置，强化水资源对空间规划的保障和约束作用，以期实现经济、社会和环境三位一体高质量、可持续发展。当下最紧迫的任务是结合全国国土空间规划、长江经济带国土空间规划、黄河流域生态保护和高质量发展国土空间规划、长三角一体化城市群国土空间规划和成渝地区双城都市圈国土空间规划等国家重大战略的国土空间规划的编制，统筹同步开展水资源综合规划，与上述国土空间规划空间对位、相互印证、齐头并进，实现真正意义上的“多规合一”和人、水、土平衡式的新时代国土空间规划模式，为我国高质量发展的城镇化下半场提供有力支撑、开出良方。

建立价格引导机制，市场机制和行政管理协调配合，推动水风险和成本内部化

从能源的角度看，应构建合理的能源价格体系，促进能源生产和消费结构的调整优化。通过能源产品价格调整，促进天然气以及风电、太阳能、地热能等可再生能源和核电能源消费比例的增加。取消化石能源补贴，促进节能、优化能源生产和消费结构、减少工业用水。

从水的角度看，中国水资源费（税）仍存在征收标准总体偏低、水资源状况和经济发展水平相近地区征收标准差异过大、超计划或者超定额取水累进收取水资源费制度未普遍落实、未能很好的反应水资源的生态价值和机会成本等问题，节水效果并不显著，也无法鼓励用水户之间进行有效的水资源分配。因此应制定反映水资源紧缺程度、与市场经济相适应、有利于水资源节约保护的不同水源差别化的全成本水价体系。

还应推动水权交易市场的建设。水权交易市场的意义在于以市场方式，通过重新分配现有水资源以满足城市化与工业化对水资源的需求。在一定的市场条件下，水权交易不仅是有效管理或分配水资源的手段，也是促进经济社会可持续发展的重要手段。我国水权水市场建设取得了一定成效和经验。但总体上看，我国水权交易仍处于探索之中，一系列基础条件仍不充分，还需要把握好政府与市场、全国市场与区域市场、初始水权分配与水量分配、取水许可、公共资源交易平台与水权交易平台都几大重点关系。

此外，金融机构的参与必不可少。建议决策者利用稳健和具连续性的政策工具进行有效监管，推动金融机构正视环境问题可带来的财务风险和机遇，鼓励可持续商业决策。这有助于提供一个明确而有效的激励机制，促使企业在其经营管理的过程中更充分地考虑环境影响。

加强能源行业用水统计核算能力建设

保证能源与水资源之间量化关系数据的准确性、完整性，特别是能源行业的取水、用水数据以及水资源开发利用过程中能源消耗数据。同时保障数据收集的频率以确保能够反映在经济发展、城镇化以及技术进步带来的资源利用新特征下，能源部门以及水资源系统的动态发展和其相应的资源利用变化趋势，建立国内用能用水的分重点区域和重点行业的数据信息系统，为国内开展能源水耦合关系的研究提供可靠的数据基础。

继续加强能水关系研究，并将粮食 / 农业纳入研究范畴

能源与水关系已受到了政府机构、科研机构、企事业的广泛重视。已有多家国内外机构开展了相关的研究，如绿色和平的《噬水之煤》（2012）、国际能源署的《国际能源展望（2012）》、世界银行的《Thirsty Energy Initiative》（2013）、BP 的《Water in the Energy Industry》（2013）、亚洲开发银行的《Water-Energy Nexus in China》（2017）、樊静丽等《中国能源与水耦合关系研究》（2019）等。在能水关系本质、能源与水系统规划等理论研究方面都取得初步进展，但相较于能水关系的复杂性，已有的研究还非常不够。

另一方面，在社会经济多重因素的影响下，能水关系有待于扩充至更大的范围，如越发受到关注的能源 - 水 - 粮食 / 农业的关系。

粮食安全问题一直是我国社会关注的热点问题，而随着我国工业化和城镇化的快速发展，一方面占用了大量的土地，使得我国的耕地面积逐年较少，另一方面，我国农业耗水占总耗水量的三分之二左右，而长期以来的地下水超采已导致灌溉用水耗能急剧增加。在一些地区，能粮争水的情景已经出现，典型代表如能源重镇鄂尔多斯。水资源严重短缺是现阶段鄂尔多斯市水 - 能源 - 粮食资源管理中最棘手的问题。鄂尔多斯水资源承载力不足（已超载），使得区域内正常生产、生活用水受到干扰。缺水问题已明显制约了区域能源产业的发展，而能源取水的增多也引发了尖锐的“能 - 粮争水”现象。考虑到地区未来新增供水难度的增大（据中国科学院的研究估计，鄂尔多斯到 2020 年供水量将增长 4.2 亿 m^3 ，而非常规水源开发的饱和将限制 2020-2030 年地区供水能力的增加）以及居民生活用水、生态用水的刚性增长，这一争水现象也将随着用水指标的重配而影响到更多部门，并造成更大范围的利益纠纷。

另外需要关注的是，随着人们生活水平的不断提高，在对肉蛋奶、对进口食品、对冷链的需求下，居民饮食结构正朝着高碳足迹和高水足迹的方向发展，急需引导。

能源与水都是人民生活和经济发展最主要的资源，在社会各个部门都发挥着动力作用，二者之间也有着复杂且不可分割的密切关系。伴随全球变暖压力日渐增大，减少碳排放成为各国各地区乃至各部门的重要责任，中国在 2015 年向《联合国气候变化框架公约》秘书处正式递交的中国自主贡献方案中，正式向国际社会我国的减排目标承诺。能源与水问题的复杂性以及未来发展的不确定性，使得在未来能源与水的问题更多的表现为能源、水资源、减排、粮食等各方面的取舍与权衡，随着能水关系认识的加深，政策制定者制定在能源与水资源相关政策和战略规划能够统筹考虑水资源利用效率、能源利用效率、温室气体排放、粮食供给安全等各个方面，实现各种资源的合理分配和利用，取得社会、经济、环境综合效益。

附件 能源基金会支持的能源和水相关项目

中国燃煤电厂用水效率评估及用水定额提标效果分析

同济大学，2019–2020

燃煤发电是我国主力电源，2018 年贡献了全国发电量总量的 64%。燃煤发电过程用水量大。据测算，2015 年燃煤发电淡水取水量约占全国取水总量的 9%，是仅次于农业灌溉的第二大用水部门。在“西电东输”能源发展战略的驱动下，煤电布局不断西移，约三分之二的燃煤发电量位于高和极高水压力地区，水资源与电力生产的空间错配加剧了西北等缺水地区的水资源压力。面对上述情况，我国出台了一系列管理制度和政策促进电力工业节水管理，其中，用水定额是基础性的节水政策。由于我国煤电工业正处于快速的结构调整和技术进步过程中，燃煤发电用水效率不断提升，必须阶段性地更新用水定额，以跟上技术进步的步伐，切实指导缺水地区开展节水工作。为此，2019 年 12 月水利部印发了 18 项新的工业用水定额（水节约〔2019〕373 号），对原定额进行了提标，并首次设定通用值、先进值和领跑值三级指标体系，促进分类对标管理。本报告通过分析我国煤电工业国家和地方用水定额的修编历史和特点，基于全国火电机组能效水平对标竞赛中报告的大中型燃煤机组用水数据，采用多元回归模型评估了燃煤机组的用水效率及其影响因素，并估算了落实新版火电工业用水定额的预期节水量及其货币化节水收益。结果表明，煤电节水技术具有显著的碳排放代价，需关注多种资源环境效应关联性，可以从能源转型与电源结构调整、优化煤电技术结构和空间布局、提升各类机组的用水效率三个层面，以水资源管理为抓手，推动火电工业节水发展。然而用水定额标准的地区差异性不强，绝大多数地方标准直接采用了国家标准的定额数值，难以体现实际用水效率的地区差异。为加强煤电工业的水资源管理，该研究提出五点政策建议，一是统一燃煤机组水资源管理工作中使用的指标术语、核算方法和核算口径；二是完善燃煤电厂用水监测体系，建立数据采集、分析和报告网络；三是根据不同地区的水资源禀赋和技术条件，制定差异化的地方标准；四是强制性措施与激励性措施相结合，提高企业节水改造积极性和主动性；五是应继续加强以水资源管理促火电行业低碳发展的研究。

典型地区能源与水耦合关系与政策研究

北京师范大学，2019–2020

本研究通过对典型区域（河北省）能源与水资源关系的研究，力图在理清河北省水资源消费与能源消费强度居高不下的经济原因，描绘在社会生产中的两种要素在各生产部门中的汇集和流通过程，并试图通过产业结构调整、节水效率提升和能源结构调整三种方式来优化河北省除第一产业部门之外的能水关系，寻找可能通过水资源管理来间接撬动能源消费变化从而形成可观的碳减排效益的路径。通过研究发现，产业结构调整是能够在节约全社会用水的同时实现能源与碳排放的下降的可用手段之一。河北省二三产业结构调整是实现节水节能的主要方式，第二产业是节水节能路径实

现的关键，要实现经济发展和节水节能目标的协同，第三产业需要继续扩张，金属冶炼和压延加工品业等产业是通过控水限能的关键部门。

“多规合一” 研究报告——水资源要素在国土空间规划进程中的作用研究

国务院参事室当代绿色经济研究中心，2019–2020

当前中国多规合一的体系进程都在探索中，且省、市、县等各级本底条件及发展状况不同，各地也在探索多规合一及国土空规划的推进规划方法，目标是要整合所有规划，形成“一张图”，但是在进程过程中的探索实践包括对水资源的考量尚未有成体系可参考借鉴的范本，本报告旨在探索水资源要素在国土空间规划进程中的地位、作用，以期将水资源作为国土空间规划“一张图”的底色。

构建基于水压力的水价、水资源税机制，推动绿色发展

世界资源研究所，2017–2019

中国在水资源有偿方面积累诸多宝贵经验。特别是为了推进绿色发展、提高资源开发利用效率，中国于 2016 年开始水资源税试点，利用税收杠杆调节作用，强化政府对水资源使用的调控能力，倒逼高耗水企业节水，有效配置水资源，促进水资源的节约、保护和管理，推动经济转型。在此背景下，课题组梳理中国最新的水价政策和法规，结合国外水价机制经验，运用世界资源研究所开发的水道水风险评估工具对中国现行的水价机制进行空间分析，并通过调研、专家研讨等形式，对水资源费改税机制进行系统的总结，帮助政策制定者及其他利益相关者更好地了解水资源的真实价值，推动能够反映水资源稀缺、促进水资源利用可持续发展的价格体系改革。

2020、2030 年不同能源情境下中国区域能源产业用水问题研究

清华大学，2017–2018

本研究梳理了不同能源技术与水的关系和需水水平，进行了不同能源情景下的分区域水资源供需分析。将全国分为 17 个区域，考虑四种能源情景，分别为 BAU，NPS，450S 和 LDPT。BAU 为基本情景，NPS 考虑了 INDC 相关政策，450S 是 2℃情景的一种实现方式，而 LDPT 则是考虑了中国长距离输电的区域能源结构发展。结合不同地区差异化的取水强度，计算得到未来不同情景下、不同地区能源产业的需水情况，并与地区的红线比较，得到取水缺口。发现在陕甘宁、内蒙古、山西等能源基地地区，能源产业需水量明显高于其他地区，并存在不同程度的取水量缺口。总的来说，内蒙古、陕甘宁等地能源产业需水量大，内蒙古、新疆、安徽等地的需水量超过了红线，有用水缺口。针对典型区域，选取更小的区域进行分析，可以更加深入了解能源基地的缺水情况。本文选取了陕西榆林、宁夏宁东和内蒙古鄂尔多斯三个典型地点进行分析。三个地方均位于西北地区，缺水情况比所在地区更加严重，是由煤炭产业尤其是煤化工产业的大力发展等原因造成的。在这些地点，需要通过去产能、节水技术改造等方式减缓能源产业需水量的剧增，同时增加矿井水利用率、并采用水权转换等方式增大能源产业的供水量，才能保障能源产业的发展。

煤化工项目经济性及风险评估

煤炭科学技术研究院有限公司，2017–2018

煤化工项目耗水量大，污染物和二氧化碳排放高，对生态环境影响巨大。为了避免现代煤化工行业的无序发展，开展煤化工项目经济性及风险评估，研究资源、环境和碳排放要求、投资、产品价格、市场容量、产业和财税政策各种影响因素对煤化工未来发展的影响，分析和评估风险及其影响程度，为中国煤化工产业政策、项目布局和技术路线选择等提出建议。

能源行业用水定额标准体系的制定需求和实施建议研究

中国标准化研究院，2018–2019

通过推动能源行业取水定额标准的制定和实施，为国家节水政策的实施提供支撑，推动能源行业的水效提升，促进能源行业的可持续发展。本研究针对电力、石油和煤炭等行业进行广泛调研和座谈，摸清相关行业的取用水现状、工艺技术水平 and 趋势，开展能源行业取水定额标准制修订的需求分析，提出具体的制修订建议和计划。重点对电力行业进行用水特点和水平的现状分析，根据分析结果完成《取水定额 第1部分：火力发电》国家标准的草稿；组织专家咨询并召开研讨会，针对该国家标准草稿进行大范围的征求意见，根据专家及行业意见对标准进行修改完成标准征求意见稿。进行相关技术标准实施评估方法的文献调研和资料收集，以即将实施的5项新型煤化工行业取水定额国家为例，开展取水定额标准实施情况的评估方法学研究，提出建立能源行业取水定额标准的实施评估方法。本研究还提出了能源行业实施节水标准、推行合同节水管理的政策建议。

煤炭基地周边地表水环境遥感监测

中国科学院，2018–2019

本研究通过遥感监测中国大型煤炭基地、光伏基地、风电基地的建设和运营前后一段时期内周边地表水体时序分布特征、水质时序变化趋势，研究传统能源生产方式和清洁能源生产方式对地表水体分布和水质变化的影响，分析地表水体分布和水质变化的主导因子及其对水环境的响应机理。本研究利用 Sentinel-2 和 Landsat 系列卫星对选取的8个能源基地的地表水体的颜色和清澈程度进行监测，包括神府–东胜矿区、平朔矿区、霍林河煤田、宁东镇煤化工基地、麻黄梁矿区、永城矿区、准东五彩湾矿区和平阴矿区等能源基地。研究发现煤炭开采、加工产业对小型水体水质有影响。建议改善能源结构，发展更清洁的能源，加强管理和监督，优化煤化工基地的污水处理措施。

中国能源与水发展策略研究

中国矿业大学，2016–2017

能源和水资源作为支撑社会经济发展的重要资源，两者之间具有复杂的耦合关系。在中国，无论是研究层面还是政策层面，对能源与水的耦合发展还不够重视。因此，本项目通过文献计量与调研、

问卷调查、专家研讨和实地调研等方式，深入研究了我国能源和水资源之间的耦合关系特征，对比分析了能源与水耦合的国内外研究现状，并结合专家研讨与调研识别出我国能源与水的研究需求。同时，梳理了能源与水领域的核心专家、机构等。最后，提出了我国能源与水领域研究需求与政策发展的相关建议。本项目识别出来的研究需求和相关的政策建议对国家在能源、水和气候变化领域的研究计划和政策制定议程起到支撑作用。

鄂尔多斯市水和能源协同对策研究

中国科学院，2016–2017

本项目通过梳理“WEF 纽带关系”的提出背景、分析国际上相关的理论成果及典型研究案例，在宏观层面上探讨未来中国 WEF 综合管理的实现思路；同时，重点挑选黄河流域的煤炭城市——鄂尔多斯市为案例研究区，实地调查鄂尔多斯能源基地的发展现状和未来前景，分析地区水、能源、粮食部门的相互作用关系及存在的问题，评价当前各类资源政策、管理机制在研究区内的具体影响，进而结合未来发展形势探讨地区水–能源–粮食综合管理对策。研究发现水资源严重短缺是现阶段鄂尔多斯市水–能源–粮食资源管理中最棘手的问题。由于跨盟市水权转换周期长、再生水推广程度不确定、部门间“争水”冲突加剧等因素，各行业（尤其是能源行业）短时期内能够获得的水资源支撑仍十分有限，水资源瓶颈将进一步制约地区的发展。从水资源、能源、粮食的空间配置来看，目前鄂尔多斯市部分地区存在严重的资源匹配压力。

我国水权交易市场建设的关键问题及推进政策建议

水利部发展研究中心，2017–2018

明晰水权，规范水权交易，培育和发展水市场，是对我国传统水资源管理方式的变革，是深化水利改革的重要内容，有利于水资源优化配置和高效利用。通过分配水权，依法赋予取水户对水资源使用和收益的权利，使水权拥有者产生节约水、保护水的主动动力；利用水权交易重新分配水资源，发挥市场的作用，促进水资源从低效益的用途向高效益的用途转移，提高水资源利用效率和效益。但是我国水权交易市场总体上处于起步阶段，水权交易仍面临不少问题，包括初始水权分配尚未完成、水权交易市场不发育、水权监管机制不完善、水权交易规则不健全和水资源监控能力不足等，制约着我国水权交易市场的健康持续发展。该课题重点分析我国水权交易市场建设的必要性和现实意义，对水权交易市场建设的基础条件进行评估，总结水权交易市场建设的实践经验与教训，识别水权交易市场建设中的关键问题和需要重点把握的关系，研究提出推进我国水权交易市场建设的政策建议。

需水管理理论与对策研究

中国水利水电科学研究院, 2016–2017

我国水资源可持续利用的根本途径必须切实转变传统水资源平衡的基本模式, 实现供水管理向需水管理转变, 加强用水端的科学调控, 抑制不合理的需水增长, 通过提高水资源利用效率和效益来实现水资源供需平衡, 同时掌握不同用户需水的特征、过程和规律, 更好地发挥水资源的经济社会的服务功能。本项目提出我国今后一个时期实现从供水管理向需水管理转变的理论及对策建议, 同时, 本项目将提出需水管理背景下的能源产业发展的水资源对策建议, 为制定水资源管理政策, 编制和实施好水资源利用规划和能源产业规划提供科学支撑。

中国煤化工行业的隐性成本 —— 环境风险投资的压力测试框架

Turcost, 2016–2017

量化环境外部因素是中国绿色金融发展的优先事项之一。中国和国际决策者都强调对投资进行环境风险压力测试 (包括采用情景分析) 的重要性。因此, 本项目通过由下至上的方法, 提出了评估隐性环境风险的方法, 并分析了在不同的政策情景下这些隐性环境风险被内部化成为财务成本的可能性及相关成本水平。本报告提出了以七个环境风险因素为主的隐性成本情景分析框架, 并说明投资者如何能将其纳入现有风险和财务分析中。

上市公司水风险评价工具及涉煤上市公司水风险评价

公众环境研究中心, 2014–2017

为协助上市公司、投资者以及监管部门识别相关水风险, 公众环境研究中心 Institute of Public and Environmental Affairs, 简称 IPE) 开发了企业水风险评价工具 (Corporate Water Risk Assessment Tool, 简称 CWRAT) 方法论。CWRAT 评价工具所指的水风险, 包括用水、排水、合规三大类别, 而每个类别又分为业务相关的水风险和地区相关的水风险两方面。基于公开可获取的资料和数据, IPE 运用 CWRAT 工具对 30 家沪深上市涉煤企业的水风险进行了初步评价。初评结果显示, 涉煤上市公司水风险值总体较高, 30 家参评企业的水风险值平均为 58.27 分 (百分制评价, 分数越高代表风险越大)。

煤制气项目水风险评估方法研究

煤炭科学技术研究院有限公司, 2014–2015

本研究初步提出煤制天然气项目水风险评估方法和评估指标, 为量化煤制天然气项目水风险提供依据。选择了煤制天然气重点布局区和煤炭资源丰富区作为典型区域分情景进行水风险评估, 分析典型区域本底水风险情况、煤制天然气项目投产后水风险情况 and 政策

对区域水风险的影响，并对评价结果分级，为企业选择煤制天然气项目建设地和政府部门布局煤制天然气产业提供依据。根据“以水定量”的原则，分情景研究提出“十三五”期间典型区域煤制天然气项目布局规模上限，分析增加水资源来源和提高煤制天然气项目节水技术对区域煤制天然气项目布局规模的影响，为政府部门合理布局“十三五”煤制天然气产业规模提供依据。针对煤制天然气项目水风险来源，提出煤制天然气项目水风险防范对策和建议。

利用遥感大数据支持水管理的方法研究——基于卫星数据分析云南湖泊水质受周边火电厂影响分析（执行中）

PlanetData，2019 至今

本项目希望通过应用卫星遥感数据，分析燃煤电厂运营对周边水体产生的影响。一方面探索利用卫星影像数据弥补地面监测数据缺失或获取不易的问题，开发方法论。另一方面，通过实际的案例研究，为未来燃煤电厂选址提供借鉴和参考。

抽水蓄能促进中国可再生能源消纳潜力的研究（执行中）

世界资源研究所，2019 至今

中国能源结构调整步伐加快，非化石能源消费比重显著提高。但同时，弃风弃光虽有所环境，但在部分区域仍居高不下。抽水蓄能具有大规模解决可再生能源间歇性问题、响应快，经济性高的优势，作为全球应用最为广泛的储能技术，其消纳弃风弃光的潜力究竟如何？能否推动可再生能源发展，加速能源转型获得关注。本项目拟研究中国不同区域的传统和非常规抽水蓄能的潜力，并在此基础上探讨推动抽水蓄能发展的机遇和挑战，并给出政策建议。

2020 年8 月全国空气质量状况

2020 年8 月，全国337 个地级及以上城市平均PM_{2.5} 浓度为17 微克/ 立方米，**同比下降12.2%**；O₃ 浓度为139 微克/ 立方米，**同比下降7.9%**；NO₂ 浓度为16 微克/ 立方米，**同比下降12.1%**。

京津冀及周边地区“2+26”城市PM_{2.5} 浓度为28 微克/ 立方米，**同比上升3.7%**，其中北京市PM_{2.5} 浓度为29 微克/ 立方米，**同比上升21.5%**。长三角地区41 个城市PM_{2.5} 浓度为19 微克/ 立方米，**同比下降8.9%**。汾渭平原11 个城市PM_{2.5} 浓度为22 微克/ 立方米，**同比下降14.0%**。

京津冀及周边地区“2+26”城市O₃ 污染问题较为严重，8 月O₃ 日最大8 小时平均浓度第90 百分位数为182 微克/ 立方米，**同比上升2.7%**，其中北京市臭氧浓度为170 微克/ 立方米，**同比下降4.5%**。长三角地区41 个城市O₃ 浓度为152 微克/ 立方米，**同比下降14.5%**。汾渭平原11 个城市O₃ 浓度为164 微克/ 立方米，**同比下降8.1%**。



2020 年8 月 PM_{2.5} 月均值



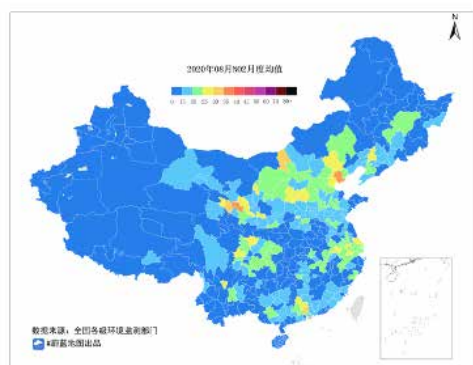
2019 年8 月 PM_{2.5} 月均值



2020 年8 月 O₃ 月评价值



2019 年8 月 O₃ 月评价值



2020 年8 月 NO₂ 月均值



2019 年8 月 NO₂ 月均值

(数据来源: 蔚蓝地图; 制图: 蔚蓝地图)

能源基金会

清洁空气战略进展

总第 15 期 2020 年 8 月 -9 月进展

183

基于健康的空气质量标准体系

“空气污染的健康成本研究”项目结题：社会老龄化背景下，大气污染增加的健康成本不容忽视 /183

“中国典型城市 PM_{2.5} 成分的短期暴露对健康的影响”项目开题：高健康风险 PM_{2.5} 成分分析、减排与防护 /184

“2020 中国蓝天观察论坛”成功举办：《大气中国 2020》及《定标 起航——中国环境空气质量标准分析》报告发布 /185

187

空气和气候协同管理

“气候协同的‘十四五’大气污染防治策略研究”项目结题：“十四五”期间应将四大结构调整作为协同减排的重点策略 /187

“将温室气体纳入环境统计及协同管理体系研究”中期评审会召开：秉承“求同存异，分类管理” /188

“建立中国环境政策的费用效益分析机制（第二期）”中期评审会召开：《蓝天行动》环境改善效益显著 /189

“‘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”项目开题：结合气候变化宣誓，全面探究能源行业对大气质量的影响 /190

《空气污染与气候变化的协同治理：加州经验的启示》报告发布：协同治理将能带来更大的协同效益，助力空气与气候协同改善 /191

193

北京空气和气候协同试点示范

“城市大气污染物与温室气体协同控制核算方法指南研究及其应用”项目结题：提出城市协同控制核算方法学与操作指南 /193

“中国履行《基加利修正案》减排 HFC-23 对策研究”项目开题：系统评估减排情况，全面提出中国减排策略 /194

共建清洁、低碳国际大都市——北京国际大都市清洁空气与气候行动论坛召开 /195

“‘十四五’北京空气质量改善目标和路径研究”项目开题：基于四大结构调整推进大气污染与温室气体协同治理 /197

“北京工业园区 VOCs 管控新技术与政策研究”项目开题：深入研究国外案例，结合北京形势提供政策建议 /198

“北京市移动源柴油消费总量控制目标与措施研究”项目开题：将以空气质量提升为目标，细化分析柴油消费特点及减存量问题 /199

“京津冀大气污染防治条例及管理机制研究”召开结题会：全面总结重点区域联防联控机制的成效和问题，广泛参考国际经验，为《京津冀及周边地区大气污染防治条例》制定提供参考 /200

2020 年 8 月全国空气质量状况 /201

2020 年 9 月全国空气质量状况 /202

一、基于健康的空气质量标准体系



“空气污染的健康成本研究”项目结题：

社会老龄化背景下，大气污染增加的健康成本不容忽视

“中国典型城市 $PM_{2.5}$ 成分的短期暴露对健康的影响”项目开题：高

健康风险 $PM_{2.5}$ 成分分析、减排与防护

“2020 中国蓝天观察论坛”成功举办：《大气中国 2020》及

《定标 起航——中国环境空气质量标准分析》发布

二、空气和气候协同管理



“气候协同的‘十四五’大气污染防治策略研究”项目结题：“十四五”

期间应将四大结构调整作为协同减排的重点策略

“将温室气体纳入环境统计及协同管理体系研究”中期评审会召开：

秉承“求同存异，分类管理”

“建立中国环境政策的费用效益分析机制（第二期）”中期评审会

召开：《蓝天行动》环境改善效益显著

“‘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”

项目开题：结合气候变化宣誓，全面探究能源行业对大气质量的影响

《空气污染与气候变化的协同治理：加州经验的启示》报告发布：

协同治理将能带来更大的协同效益，助力空气与气候协同改善

“城市大气污染物与温室气体协同控制核算方法指南研究及其应用”

项目结题：提出城市协同控制核算方法学与操作指南

“中国履行《基加利修正案》减排 HFC-23 对策研究”项目开题：
系统评估减排情况，全面提出中国减排策略



三、北京空气和气候协同试点示范

共建清洁、低碳国际大都市——北京国际大都市清洁空气与气候行动论坛召开

“‘十四五’北京空气质量改善目标和路径研究”项目开题：基于四大结构调整推进大气污染与温室气体协同治理

“北京工业园区 VOCs 管控新技术与政策研究”项目开题：深入研究国外案例，结合北京形势提供政策建议

“北京市移动源柴油消费总量控制目标与措施研究”项目开题：将以空气质量提升为目标，细化分析柴油消费特点及减存量问题

“京津冀大气污染防治条例及管理机制研究”召开结题会：全面总结重点区域联防联控机制的成效和问题，广泛参考国际经验，为《京津冀及周边地区大气污染防治条例》制定提供参考

基于健康的空气质量标准体系

“空气污染的健康成本研究”项目结题：社会老龄化背景下，大气污染增加的健康成本不容忽视

空气污染可能对人体健康产生严重的负面影响，但已有的研究大多基于发达国家背景，针对发展中国家的研究相对缺乏。并且，健康是重要的人力资本，是影响一国长期发展的重要动力和影响社会福祉的关键因素。在测算空气污染的外部成本和进行环境保护政策制定时，将健康方面的成本分析纳入其中是必不可少的。因此，自2019年起，能源基金会支持北京大学和中国疾病预防控制中心联合开展了《空气污染的健康成本研究》项目。该课题研究旨在依托计量经济学模型，基于高质量的空气污染数据和丰富的健康数据，识别空气污染与我国居民死亡率以及医疗支出的因果关系，从而较为全面地估计空气污染的健康成本。该课题研究成果将可靠地评价空气污染带来的社会健康成本，为推动空气质量标准加严等相关政策的制定和评估提供扎实的科研基础。

2020年8月28日，该项目召开结题评审会。项目以北京市为案例，将北京市基本医疗保险的详细医疗支出与空气质量数据进行匹配，定量识别空气污染对医疗花费的影响。研究表明，PM_{2.5}每增加10微克/m³，当天的人均医院支出相应平均增加0.65%，相当于人均每年增加医疗支出24.3元，简单推算至全国每年增加医疗支出约334亿元。同时，空气污染带来的影响在脆弱人群中更明显，尤其是已经患有慢性疾病的老年人，这也启示应在污染防治时需要更加关注脆弱人群，在中国面临快速老龄化挑战的大背景下，大气污染带来的健康方面的损失不可忽视。

该课题围绕2013–2019年度在中国开展的空气污染与健康的研究文献进行了全面系统的梳理，并对重点的环境污染因素对人体健康的主要影响进行了初步的总结和提炼，为我国大气污染与健康的深入研究提供参考和依据。研究发现，在低水平的PM_{2.5}暴露下仍然会导致健康危害，并未发现特定的阈值；同时，我国臭氧近些年的浓度升高，尤其是京津冀和长三角地区的平均浓度均超过全国平均水平，但臭氧的相关研究相较国外仍然十分有限，且关于臭氧和健康效应的相关关联很多均尚未达到一致的结论。基于研究结果，课题组提出应进一步推动降低PM_{2.5}浓度、加强臭氧与健康相关研究、以及针对不同人群和区域特征提供防护措施等方面的政策建议。

来自清华大学、北京大学、中国疾病预防控制中心、生态环境部环境与经济政策研究中心及人民大学等机构的专家出席本次会议，北京市生态环境局大气环境处代表莅临指导。与会专家首先对项目组的工作进行了肯定，认为项目数据详实、结论可靠，并建议未来继续开展空气污染治理的收益研究，提升社会治理污染的决心和力度，帮助政府优化政策，进一步改善空气质量，切实保护人

民群众身体健康。专家们也对项目提出了修改建议和殷切期望：一是提炼总结项目成果和结论，使得项目研究成果能够更好地提供学术借鉴和决策支持；二是注意时间尺度和空间尺度的匹配，空间上建议集中在北京将比较具有代表性；三是进一步明确研究方法和结论的适用范围以及在政策决策应用中的适用性，将有助于相关研究参考和借鉴；四是建议对空气污染和公共健康方面后续需要进行的研究领域或问题进行展望。

能源基金会也对下一步的空气与健康的工作提出了建议和设想：一是借助空气质量推动经济发展和结构调整，并从空气污染治理的成本效益的角度继续深入研究；二是结合北京市的案例数据，继续深入推进统计寿命价值（value of statistical life, VSL）的本地化，积累中国VSL数据；三是在使用VSL对疾病负担和健康效益进行估算时，进行不确定性分析，例如可以考虑用区间来展示估计结果；四是结合本项目的研究进展和领域内的研究需求进行梳理，提出研究展望。

“中国典型城市PM_{2.5}成分的短期暴露对健康的影响”项目开题：高健康风险PM_{2.5}成分分析、减排与防护

2020年9月8日，有能源基金会支持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）的《中国典型城市PM_{2.5}成分的短期暴露对健康的影响》召开开题会。本项目旨在基于我国5个典型城市，开展PM_{2.5}成分和死亡的暴露—反应关系研究，确定高健康风险的PM_{2.5}成分，并以北京市为例，估算其在严重污染天气下PM_{2.5}成分的死亡负担，进而对高健康风险PM_{2.5}成分的来源提出减排建议，对高健康风险PM_{2.5}成分敏感人群提出健康危害防护建议。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，推动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、华中科技大学、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。

课题组首先介绍了项目内容设计及研究计划，分享了国内外的PM_{2.5}成分短期暴露与死亡的研究的综述与相关分析，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。随后专家组对本次项目开题汇报进行点评，并一致认为本项目研究具有前瞻性和挑战性。

会上，专家建议，一是可增加点站离城市举例较近的点位做敏感性分析，或也可将研究区域划分的更加精细；二是针对PM_{2.5}成分与健康的研究面临共线性等挑战，建议增加其他新的模型方法进行定量分析；三是考虑选择一个数据可得的城市，做更加精细的研究和PM_{2.5}成分检测的校准，增加PM_{2.5}主要研究成分和PM_{2.5}短期效应的健康结局分析。

能源基金会建议，一是优化模型选取与校验，降低采样数据不连续对规律分析的影响；二是增加针对化石燃料燃烧的组分的综合健康影响分析；三是考虑在重污染天气案例分析中对浓度阈值的细分和调整；四是加强项目在环境空气质量标准体系完善及大气污染精细化治理措施方面的政策建议。

“2020 中国蓝天观察论坛”成功举办：《大气中国2020》及《定标 起航——中国环境空气质量标准分析》报告发布



2020年9月28日，“2020中国蓝天观察论坛”在北京顺利举行。清华大学教授、中国工程院院士贺克斌、北京大学教授张世秋、上海市环境监测中心副主任伏晴艳、北京科技大学教授段小丽、华北电力大学教授袁家海、冶金工业规划院环保中心主任刘涛及中国环境科学研究院倪虹研究员围绕“十四五”大气污染防治工作的目标和路径开展了广泛讨论并做精彩点评。

论坛上，亚洲清洁空气中心发布了最新报告《大气中国2020：中国大气污染防治进程》（以下简称《报告》），连续第六年追踪并评估了中国 337个城市的空气质量表现。报告发现，2019年中国城市空气质量整体延续了过去6年的改善势头，全国337个城市平均达标天数比例由79.3%上升至82%；达标城市数量共157个，同比增加36个，但改善幅度明显减小。部分城市出现反弹，如辽宁省14个城市的PM_{2.5}年均浓度全部上升，山东和陕西省部分城市也出现类似情况。此外，2019年全国337个城市6项主要污染物中，仅PM₁₀、SO₂有小幅下降，PM_{2.5}、NO₂、CO浓度水平均与2018年持平，O₃则持续恶化。自2013年发布O₃数据以来，全国臭氧污染浓度水平一直处于上升趋势。2019年，全国337个城市的O₃平均浓度同比涨幅6.5%，其中珠三角、长三角、京津冀及周边等重点区域的涨幅更为显著，且年均浓度均超标。

论坛还发布了《定标 起航——中国环境空气质量标准分析》报告，该报告由能源基金会提供支持，系统梳理了美国、欧盟和亚洲等国家和城市在制定和修订空气质量标准方面的经验和做法，并结合中国的现状，从空气质量限值、空气质量标准修订和空气质量指数三个角度，深入分析了推动我国空气质量达标和标准持续提升的需求和可借鉴的国际经验。报告的核心结论和建议包括：

- 我国现行的环境空气质量标准中，PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、O₃的限值相比其他国家较为宽松，其中PM_{2.5}、PM₁₀、O₃主要采用WHO IT-1，处于与国际接轨的初级阶段。基于进一步保护公众健康的需求，伴随社会经济发展、空气质量管理水平的提升，应尽快研究空气质量标准的升级和完善；
- 应对目前AQI实时报中颗粒物和O₃的IAQI计算方法进行优化，应结合小时浓度的变化进行播报和/或预警，通过小时AQI及时反应当前空气质量；
- 应加强AQI与健康的关联度，在国际经验、中国香港和丽水的AQHI实践经验的基础上，推动更多地区建立本地化的AQHI，为公众提供的更有针对性、具体化的健康防护指引；
- 标准的修订不需要等待全面达标后启动，但标准的制定也应该考虑现实可达性，避免制定过于严苛且距离整体空气质量水平太远的标准；
- 应基于当前《大气法》的规定，将空气质量标准修订制度化。注重科学评估在标准修订过程中发挥核心决策支撑的作用，组建专家咨询团队，将空气污染对健康影响的研究证据和评估结论作为标准修订的最重要依据。



定标，启航——环境空气质量标准系列文章

空气和气候协同管理

“气候协同的‘十四五’大气污染防治策略研究”项目结题：“十四五”期间应将四大结构调整作为协同减排的重点策略

2020年9月28日，由能源基金会支持的“气候协同的‘十四五’大气污染防治策略研究”课题结题评审会在北京举行。该项目由生态环境部环境规划院负责实施。来自生态环境部、国务院发展研究中心、中国环境科学研究院、环境工程评估中心、环境与经济政策研究中心及清华大学等机构的领导和专家出席本次会议。

该研究围绕大气污染物与温室气体协同控制战略需求，借鉴欧美大气污染防治与温室气体协同控制经验，研究提出气候协同的大气污染防治策略基本内涵，并提出“十四五”融入温室气体协同控制的空气质量改善目标确定思路。项目还系统评估了《大气污染防治行动计划》和《打赢蓝天保卫战三年行动计划》中主要的大气污染防治措施的多污染协同减排效益和温室气体协同减排效应，最终提出“十四五”气候协同的大气污染防治措施和保障机制与政策建议。项目研究认为，“十四五”期间应继续深入开展能源、产业、交通运输和用地结构调整，将四大结构调整作为协同减排的重点策略。同时，还应重视开展VOCs和NO_x的协同治理，开展大气污染防治重点工程。并且，应建立协同控制评估考核机制、统一检测统计体系、整合排污许可与碳排放交易制度等，为协同控制大气污染和气候变化构建保障机制和政策体系。

与会专家听取后，一致认为研究贴合实际管理需求，研究详实深入，为制定“十四五”大气和气候的协同控制相关规划提供了扎实的基础。结合将要开展的二期项目，专家们对下一步工作及未来的发展方提出了几点建议：一是紧密结合“十四五”大气环境管理需求与温室气体减排需求开展二期研究并尽快启动；二是结合最新形势和气候变化目标，进一步细化中长期经济、社会、能源和产业发展情景，细化不同类型地区气候协同的空气质量改善路径研究；三是加快一期研究成果转化，为“十四五”空气质量改善规划研究与编制提供参考和技术支持。

能源基金会的意见包括：一是建议结合已经开展的“中国低碳发展战略与转型路径研究”项目当中已经取得的研究成果，优化本项目的模型与情景设置，研判四大结构变化等因素对目标和措施的影响，提出更加具体的政策建议；二是结合环境部提出的“三线一单”，在用地结构方面做更深入的探讨；三是在二期项目中增加考虑非二氧化碳温室气体，将其纳入协同管理的框架当中。

会后，项目组将根据专家和能源基金会的意见，对内容和产出进行进一步梳理，完善研究结论与政策建议。

“将温室气体纳入环境统计及协同管理体系研究”中期评审会召开：秉承“求同存异，分类管理”



2020年8月27日，能源基金会支持的“将温室气体纳入环境统计及协同管理体系研究”项目召开中期研讨会，该项目由生态环境部环境与经济政策研究中心负责实施。会议邀请了生态环境部综合司以及气候司相关领导出席会议，以及来自中国环境科学研究院、生态环境部环境规划院、中国环境监测总站、国家应对气候变化战略研究和国际合作中心的多位专家也参会并分享了宝贵的意见和建议。

该项目系统梳理并比较分析了我国的环境统计制度体系与温室气体核算制度，实地调研了欧盟在温室气体与污染物统计核算管理方面的机制安排和制度建设情况，结合国内环境统计实践与温室气体核算要求，以火电、钢铁和水泥行业为案例探讨了将温室气体纳入环境统计体系核算的可行性，提出秉承“求同存异、分类管理”原则推进温室气体与污染物统计核算协同管理的相关对策建议，为强化环境统计对温室气体清单数据管理技术支撑提供了一定决策参考。

与会专家首先对项目组的工作进行了肯定，随后提出了修改意见以及未来的研究方向：一是建议进一步明确利用环境统计数据开展温室气体核算的目的，研究利用环境统计数据开展省级人民政府控制温室气体排放目标责任考核的可行性，识别梳理出亟待解决的问题和可能的解决办法；二是对于个别指标的纳入，建议结合企业具体情况考虑其可操作性。

最后，能源基金会也针对上述相关议题提供了建议：一是深入分析不同数据在现有环境管理手段中的目的与应用情况，结合相关政府管理部门需求，进行分类和整合，提出分阶段及分行业的整合建议；二是促进空气质量的环境管理机制推动协同减排，以中长期视角推动空气质量达标为切入点，并以近期融合温室气体减排到现有管理体系，进一步完善研究，提出可操作的政策建议。下一步，项目组将根据能源基金会及专家组建议，完成报告并提出政策建议。

“建立中国环境政策的费用效益分析机制（第二期）”中期评审会召开：《蓝天行动》环境改善效益显著



2020年9月3日，能源基金会支持的由生态环境部环境规划院负责的“建立中国环境政策的费用效益分析机制（第二期）——以汾渭平原‘蓝天保卫战三年行动计划’跟踪评估为例”项目中期评审会顺利召开。生态环境部综合司的李华友处长、山西生态环境厅吴丽玲副处长、陕西生态环境厅杨善潮二级调研员、南京大学毕军教授、北京师范大学曾维华教授、昆山杜克大学张俊杰教授、国务院发展研究中心陈健鹏研究员、生态环境部政策研究中心冯相昭研究员、生态环境部对外合作与交流中心李霞研究员、清华大学杨秀研究员、河南环境科学研究院高贺文副院长、山西省环境规划院谢卧龙研究员出席了本次会议。课题负责人、生态环境部环境规划院副总工蒋洪强代表项目组汇报工作进展。

本项目旨在跟踪评估汾渭平原《蓝天行动》实施的费用效益，以主要措施——散煤清洁化治理政策措施为重点，通过梳理与分析开展汾渭平原散煤清洁化治理政策措施，建立散煤清洁化治理政策的费用效益分析技术与方法，定量评估汾渭平原散煤清洁化治理政策的实施对经济、社会以及环境的影响，针对性提出政策决策建议，着力推动中国环境政策费用效益分析长效机制的建立。

该项目对汾渭平原散煤清洁化治理实施的费用效益及经济社会影响开展了评估。初步研究结果显示，汾渭平原2018–2019年期间《蓝天行动》实施费用约为360亿元，带来了显著的环境改善效益，PM_{2.5}浓度降低了7.34微克/立方米，减少碳排放1.14亿吨，并带来了90亿元的健康效益，以及965亿元的碳协同减排效益。其中，汾渭平原散煤清洁化治理治理成本约为233亿元，健康改善效益为32.8亿元，每投入1万元将带动汾渭平原GDP新增1.29万元。地域上看，陕西省效益费用比相对较高，河南和山西还存在提升空间。措施上看，工业污染治理的效益费用比值显著高于其他措施，清洁能源替代措施的效益费用比最高，集中供暖最低。与项目一期开展的预评估结果相比，本次评估的政策实施成果略低于预评估结果，但大多数参数相对差距并不太大。

对于接下来的研究，专家建议，一是进一步拓宽在系数选取、成本范围、效益范围等的研究。

二是结合大气”十四五“规划等政策进程，加强成果凝练与宣传，加大评估技术方法的推广应用。能源基金会建议更加科学合理的设置研究边界，进一步深入分析费用与效益的关系；丰富案例库，更好的完善方法学并更好地识别应用场景，以支撑进一步推动费效分析的国家性指导意见或指南；进一步挖掘和总结数据背后的原因与规律，强化不确定性分析，用数值范围代替固定数值；进一步完善碳协同效益的研究。

下一步项目组将进一步完善汾渭平原《蓝天行动》和《散煤清洁化利用》实施的费用效益跟踪评估分析报告，进一步提炼总结成果，总结形成《散煤清洁化治理政策费用效益分析的技术手册》，推动中国环境政策费用效益长效机制的建设，最终将成果以重要信息参考或专报的形式上报生态环境部，或以制作微信图片或短文等发布。期间，课题组还将继续加强与生态环境部等相关部门的沟通，组织交流活动，推动中国环境政策费用效益分析长效机制的建立。

“‘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”项目开题：结合气候变化宣誓，全面探究能源行业对大气质量的影响

2020年9月23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”课题开题会在北京举行。该项目由国家发展和改革委员会能源研究所负责实施。来自生态环境部、发展和改革委员会、清华大学、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、中国煤炭加工利用协会、交通运输部规划研究院环境资源所等机构的专家出席本次会议。

课题组从研究背景、文献综述、研究内容和目标、研究亮点和难点、课题组织实施等五个方面进行了全面汇报。该项目将通过对《大气污染防治行动计划》和《打赢蓝天保卫战三年行动计划》实施进程中重点行业 and 重点区域能源清洁低碳发展对大气质量改善的经验和教训的总结，结合远景发展目标、“十四五”总体发展形势、生态环境保护目标以及后疫情时期国际国内形势，探讨其对大气质量目标的影响以及大气质量对能源总量、结构以及布局的具体要求，提出政策建议。

与会专家对汇报进行了讨论，充分肯定了项目的必要性和前瞻性，并结合新的形势变化对下一步工作提出了以下建议：一是研究可以考虑2030年前碳排放达峰、2035年基本实现社会主义现代化、2050年建成社会主义现代化强国、2060年前实现碳中和等中长期目标对“十四五”能源转型目标的引导作用，对“十四五”关键指标进行分析；二是更加体现能源研究所的特点和专长，突出“环境友好、总量设限、节能优先、结构多元”的长期能源发展方针在“十四五”时期的具体任务；三是及时将阶段性成果上报相关主管单位，为决策过程提供基础支撑。

能源基金会也提出几点意见：一是以中长期空气质量改善与温室气减排为协同目标，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；二是细化相关方沟通机制，明确与哪些相关方开展交流合作与沟通对话，推动政策建议的采纳。

会后，项目组将根据专家意见，对研究内容和产出进行进一步梳理，完善项目设计并尽快开展相关研究工作。

《空气污染与气候变化的协同治理：加州经验的启示》报告发布：协同治理将能带来更大的协同效益，助力空气与气候协同改善



2020年8月24日，在能源基金会支持下，加州大学洛杉矶分校法学院在线举行了一场中英双语会议，发布了《空气污染与气候变化的协同治理：加州经验的启示》报告。会议吸引了来自中国、美国和加拿大的一百多名与会者。北京市生态环境局科技与国际合作处和应对气候变化处处长明登历、加州环保局气候政策及政府间关系部副部长Lauren Sanchez、国家大气污染防治攻关联合中心副主任、中国环境科学研究院大气领域首席科学家柴发合、生态环境部环境规划研究员燕丽研究员、中国科学院研究员王灿发、北京大学的张世秋、汪劲教授和王雪松副教授、公众与环境研究中心主任马军等多位专家对报告进行了点评及讨论。

在全球范围内，许多城市、省份及国家在减少污染方面都面临着显著的挑战，这些污染损害了当地的空气质量的同时也进一步加剧了气候变化。近年来，多个地区已经开始对污染物进行协同治理。这些地区以“一石二鸟”的原则制定政策，以期同时达到气候变化及空气质量方面的目标。加州是最早对空气污染与气候变化进行协同治理的地区之一，目前已经在多污染物规划方面积累了丰富的经验。

报告系统分析了美国加州空气污染物与温室气体协同治理经验，包括相关规划、政策、法律和

实施的制定，以更好的协助搭建北京市的协同治理体系。报告认为在煤炭用量占总能源比例更高的中国，协同治理将能在传统空气污染物和温室气体排放方面带来更大的协同效益。结合加州经验，报告提出了如下建议：一是在空气质量和气候变化治理上，针对传统空气污染物、温室气体和空气毒物，应采用最大化协同效应的协同治理模式；二是建立多污染物规划和协同治理的进程与规程；三是在运输、用地规划、能源、建筑及工业产业中采用将空气质量管理与气候治理的协同效应最大化的政策。



空气污染与气候变化的协同治理：加州经验的启示

下载报告：
<https://www.law.ucla.edu/news/kongqiwuranyuqihoubianhuadexietongzhilijiazhoujingyandeqishi>

北京空气和气候协同试点示范

“城市大气污染物与温室气体协同控制核算方法指南研究及其应用”项目结题：提出城市协同控制核算方法学与操作指南

2020年9月28日，由能源基金会支持的“城市大气污染物与温室气体协同控制核算方法指南研究及其应用”课题结题评审会在北京举行。该项目由生态环境部环境与经济政策研究中心负责实施。来自生态环境部环境规划院、中国环境科学研究院、清华大学、深圳市建筑科学研究院、中国人民大学、中国监测总站等机构的领导及专家出席本次会议。

该项目研究在系统综述国内外大气污染物与温室气体排放核算方法的基础上，结合国内开展蓝天保卫战的客观实际，提出针对固定排放源、移动源、生活排放源的不同类型措施进行大气污染物与温室气体排放核算的方法学。项目还以京津冀地区大气污染防治形势较为严峻的唐山市为典型城市，分析了唐山市大气污染治理形势、存在问题及政策需求，研究并提出促进唐山市协同控制大气污染物和温室气体的政策建议，为大气管理部门、应对气候变化管理部门等提供了方法学及决策支持。项目还在以上研究的基础上，编写了《城市大气污染物与温室气体协同控制核算指南（建议稿）》，从固定源核算、生活源核算、移动源核算和核算汇总四个方面，提出了城市协同控制核算的方法学和操作指南。

与会专家对汇报进行了讨论，并提出以下建议：一是明确本研究的服务对象及要解决的核心问题，提出协同的重点抓手及分阶段实施的政策目标；二是提炼城市的典型特点并总结其适用性说明，为更多城市开展协同管理工作提供借鉴；三是进一步完善《城市大气污染物与温室气体协同控制核算方法指南（建议稿）》，明确各项减排措施的系统性，并加强与生态环境部相关部门的沟通，推动指南出台。

能源基金会的意见包括：一是进一步完善方法学，未来考虑将臭氧纳入研究范围；二是补充说明唐山市的代表性，并在未来的研究中增加考虑其它代表性的城市，增加研究的全面性；三是继续与环境部的相关业务司局开展沟通，继续完善核算指南，并推动继续提高城市的协同管理的业务管理能力和水平。

会后，项目组将根据专家意见，对内容和产出进行进一步梳理，完善研究结论与政策建议。

“中国履行《基加利修正案》减排HFC-23对策研究”项目开题：系统评估减排情况，全面提出中国减排策略



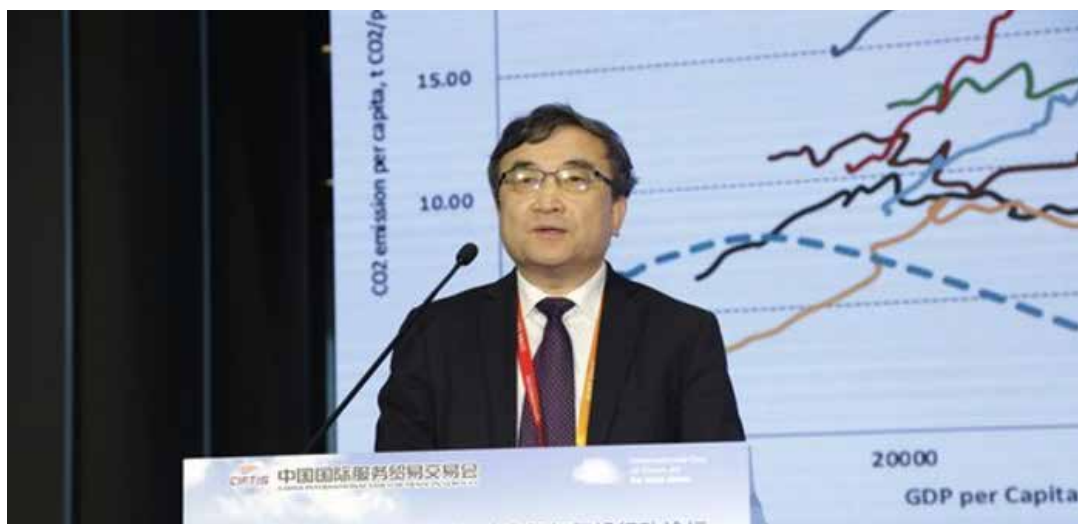
2020年9月10日，由能源基金会支持，由北京大学环境科学与工程学院承担、生态环境部对外合作与交流中心参与研究的“中国履行《基加利修正案》减排HFC-23对策研究”项目开题会顺利召开。生态环境部大气司董文福处长，生态环境部对外合作中心鲁成刚副处长和王开祥研究员、中国石化联合会教授级高工梅胜放、中国气象局气象探测中心业务首席姚波、生态环境部固废与化学品管理中心林军处长、消防领域专家余威副处长、特气领域专家吴克安高工、浙江大学方雪坤教授、北京化工大学李春喜教授、国家应对气候变化战略研究和国际合作中心杨姗姗高工、山东东岳、浙江巨化和江苏梅兰的企业代表，以及能源基金会环境管理项目、低碳转型项目和工业节能项目出席该会议。北京大学环境工程学院胡建信教授以及生态环境部对外合作与交流中心履约一处鲁成钢副处长分别对项目背景目标与研究内容以及现有措施评估进行汇报分享。

为保护地球的保护伞——臭氧层，1987年国际社会缔结《蒙特利尔议定书》。2016年10月，《蒙特利尔议定书》缔约方在卢旺达首都达成基加利修正案，该修正案明确将包括HFC-23等18种氢氟碳化物（HFCs）列入受控物质清单。2019年，习主席在与法国马克龙总统发表的联合声明中承诺推进《基加利修正案》的批准和落实。根据基加利修正案设定的削减时间表，包括中国在内的绝大部分发展中国家将在2024年对HFCs生产和消费进行冻结，2029年在基线水平上削减10%，到2045年削减80%。据联合国环境规划署预测，基加利修正案的实施，可在本世纪末防止全球升温0.5摄氏度。中国是HFC最大的排放国，虽然2005–2019年，中国累计减排10.6万吨HFC-23（合15.7亿吨CO₂）。但是，一方面国际研究指出中国可能存在报告的HFC23的自主减排尚未完全实现，或是存在大量未报告的HCFC-22生产量，另一方面，《基加利修正案》提出了零排放的要求，这些都意味着中国需要制定更完善的策略与对策，以确保切实履行和落实《基加利修正案》的要求。

因此，本项目将从四个方面进行研究，即在对HFC-23和HCFC-22的排放和减排状况系统评估的基础上，识别和分析HFC-23减排技术需求和路线选择，分析现有HFC-23控制政策法规文件及其实施效果、相关温室气体与消耗臭氧层物质相关法规管控政策对HFC-23的适用性、国外HFCs管控政策，并对政策法规体系的完善、监管和评估体系等展开深入研究，评估和识别中国为实现修正案义务、实施HFC-23控制的政策法规、监管措施及相关环境保护政策、产业发展政策的需求，提出中国履行《基加利修正案》减排HFC-23对策。

与会专家围绕HFC-23管控和履约展开了热烈的讨论。专家提出中国的HFC-23能够影响全球大气本底浓度，本项目将有力支撑中国提出系统的履约方案来支撑实现国际承诺，并助力2021年开始的国家评估报告。专家建议在本项目用好已有的科研成果，进一步细化研究方案，对履约需要的技术文件提供支撑，并且在接下来的研究中重点分析不同HFC-23减排技术路线的减排成本，研究将HFC-23纳入国家碳交易的可行性。接下来，项目组将依据《基加利修正案》有关要求，在进一步信息搜集的基础上，评估现有HFC-23减排处置技术和减排现状；梳理政策法规体系，评估管理政策和措施的需求；针对现有HFC-23减排技术开展成本效益分析，综合分析中国履行《基加利修正案》减排HFC-23的技术路线选择；基于上述工作成果形成《中国履行<基加利修正案>减排HFC-23对策研究报告》。

共建清洁、低碳国际大都市 ——北京国际大都市清洁空气与气候行动论坛召开



2020年9月7-8日，由能源基金会支持、北京市生态环境局主办的第四届“北京国际大都市清洁空气与气候行动论坛”作为2020年中国国际服务贸易交易会生态环境服务领域的重要专业论坛，在京成功召开。

论坛以“国际大都市清洁空气与气候行动——能源交通重点领域协同控制”为主题，邀请来自

生态环境部，联合国环境规划署，加州、巴黎、东京、首尔等国际大都市，以及香港、京津冀区域生态环境部门代表，清华、北大等大学和科研院所的大气和气候领域专家，聚焦重点领域协同推进大气污染物和温室气体排放控制，交流分享国际大都市空气质量和气候目标规划、政策工具、措施行动。

论坛期间，生态环境部应对气候变化司司长李高介绍，截至2019年底，中国碳强度较2005年已下降48.1%，非化石能源占比达15.3%，均已提前完成此前承诺的2020年目标。受新冠肺炎疫情蔓延等因素影响，全球气候治理进程面临更多的困难。中国将坚定不移地实施积极应对气候变化国家战略，制定以更大的决心和力度推动应对气候变化工作，形成经济高质量发展和生态环境高水平保护的倒逼机制。

生态环境部大气环境司张大伟副司长从法制建设、综合减排、科技支撑、管理创新、社会共治五个方面，传达了国家层面在“十四五”期间开展空气质量进一步改善工作的初步的设想和安排，其中特别提到了能源领域实施的大规模燃煤电厂超低排放改造在节能减排方面取得了突出的协同效益，例如火电行业污染物排放大幅降低同时，其单位度电的发电煤耗从落后的400到500克每度电，大幅度地降低到200到300克左右，实现了污染物和温室气体的协同减排。

能源基金会总裁兼首席执行官邹骥在主旨发言中认为，当前经济发展与污染有脱钩的迹象，但疫情并不能促成污染物和温室气体的持续减排，在制定经济恢复计划时应将眼前紧急救助行动与长远发展方向相结合，特别要注意谨慎把握债务水平、防止形成新的金融风险压力和过剩产能、防止高碳污染锁定。他指出，北京拥有首都的区位优势，以低碳转型助力启动现代化建设新征程，将人民群众对美好生活、清洁空气和洁净的水的需求转化为市场需求，会吸引更多的高回报投资，将绿水青山真正转化为金山银山。邹骥表示，“针对碳减排与空气污染治理，建议北京市制定中长期零碳排放城市目标和规划，在‘十四五’期间针对PM_{2.5}与臭氧来瞄准在中长期率先实现世界级空气质量的目标，并充分利用冬奥举办契机，从能源交通环境 and 经济创新合作模式，打造绿色奥运和绿色京津冀。”

此次论坛中，能源基金会还支持邀请了美国加州大学洛杉矶分校法学院法学教授王立德（Alex Wang），美国加州湾区空气质量管理区执行主任杰克·布罗德本特（Jack Broadbent），未来资源访问学者杰里米·施莱费尔斯（Jeremy Schreifels），加州能源委员会前主席罗伯特·魏森米勒（Robert Weisenmiller）等专家，从法律改革、政策推进等方面结合发电、储能等领域，分别分享了美国加州等地空气与气候协同治理的相关经验。

“‘十四五’北京空气质量改善目标和路径研究”项目开题：基于四大结构调整推进大气污染与温室气体协同治理



2020年9月17日，由能源基金会支持的“‘十四五’北京空气质量改善目标和路径研究”项目成功开题，该项目由清华大学与北京市环境保护科学研究院共同承担，旨在研究并提出北京市和周边区域大气污染防治措施，进一步改善北京市空气质量，为政府决策提供参考。北京市、东城区、石景山区、延庆区生态环境局领导，生态环境部环境规划院、清华大学、北京大学、中国环科院、发改委能源研究所、中科院和北京市城市规划设计研究院的多位专出席本次会议。清华大学环境学院教授郝吉明院士担任专家组组长并主持会议。

“十四五”是北京市空气质量改善的关键期，该项目将借助“十四五”窗口期，细致和全面的梳理“十三五”时期北京市采取的大气污染防治的工作，从北京市典型区（东城区、石景山区、延庆区）着手，探究如何基于四大结构调整推动城市空气污染及碳排放的下降，并提出相关措施建议。项目组将通过对相关数据的收集，以清华大学的排放清单为基础，对京津冀及周边区域2019年的排放清单进行更新。并且，基于多个情景的模拟形成前体物排放和空气质量（特别是PM_{2.5}和臭氧）的非线性响应模型，模拟不同情景下的空气质量，并以此评估“十四五”相关措施的减排效果与成本效益。

会上，专家建议应充分协调北京市和京津冀区域的“十四五”大气保护规划，加强在能源结构、产业结构和交通结构调整和节能措施方面的研究，推进终端用能的电气化和低碳能源的利用；在工程减排措施的基础上，加强对管理减排措施的研究。此外，需加强对精细化管理措施的研究，重点开展对北京市生活源和交通源污染防治措施的分析。结合项目目标和专家意见，能源基金会提出以下意见：一是在措施层面，研究如何将空气质量目标落实到行业排放目标和指标，推动环境、住建、工业多部分共同开展工作；二是建议加强节能方面的措施；三是加强价、税、财、经等经济政策和管理机制的研究，推动制定和执行相关的政策。

“北京工业园区VOCs 管控新技术与政策研究”项目开题：深入研究国外案例，结合北京形势提供政策建议



2020年9月16日，由能源基金会支持的“北京工业园区VOCs管控新技术与政策研究”开题会顺利召开，该项目由英环（上海）咨询有限公司承担，旨在为北京市工业园区VOCs排放管控提供政策及技术建议。北京大学谢绍东教授、解放军防化研究院梁志强研究员、中国环境科学研究院张国宁研究员、生态环境部环境规划院宁森研究员、北京市环境保护科学研究院聂磊研究员、上海市环境科学研究院张钢锋高级工程师，以及北京国环清华环境工程设计研究院副院长朱帅应邀参加了此次开题会，北京市生态环境局大气处及科技与国际合作处相关负责同志出席会议。

近年来，北京市空气质量虽有明显改善，但臭氧浓度不降反升，控制近地面臭氧污染已成为当前及未来一段时期北京市空气质量改善的新重点。众多研究表明，城市区域的臭氧生成机制偏向于VOCs控制，而工业源排放贡献比居于各类人为VOCs排放源的首位。针对工业园区VOCs污染治理，国家也陆续出台相关政策，其包含在《促进化工园区规范发展指导意见》（2015）、《“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案》（2017）、《打赢蓝天保卫战三年行动计划》（2018）、《2020年挥发性有机物治理攻坚方案》中。

为响应国家政策，该项目以提升北京市工业园区VOCs排放管控能力为目标，通过调研北京市涵盖石油化工、汽车制造、生物医药等行业领域的重点工业园区VOCs排放管控基本情况，结合国外如美国德克萨斯州和加利福尼亚州等地区工业园区在VOCs监测、执法及监管等方面的先进治理理念及新技术，为北京市工业园区VOCs排放管控提出政策及技术建议。

会上，英环（上海）咨询有限公司顾问经理侯敏以及资深咨询顾问艾濛代表项目组就项目背景、项目计划及主要内容进行了详细汇报。与会专家认真听取了项目组汇报，认为项目研究目标明确、技术路线清晰，并针对项目研究重点给出以下三点主要建议：一是在研究中，着重梳理北京市

重点工业园区的排放特征和环境管理工作现状，以及现阶段遇到的挑战；二是加强VOCs监测、监管与治理新技术的调研和评估，重点关注精细化管理措施的研究；三是进一步细化和梳理约束性政策、激励性政策的内容及其应用。

北京市生态环境局建议，一是扩展国外案例调研范围，增加北欧国家的经验梳理；二是增加对环境VOCs质量的深入调研，考虑由排放管理向质量管理转变；三是对于VOCs监测，希望从技术、政策、监管执法等层面深入调研、比较分析并总结，提出建设性的意见。

能源基金会建议，一是在国家、区域、园区等不同层面，分层次梳理现有政策及未来管控需求，并结合健康影响分析，提出具有前瞻性、示范性、可操作性的建议；二是在控制技术方面，建议结合北京市工业排放特点、行业类别与控制难点及需求进行研究；三是结合费用效益评估方法，对管理制度、控制技术、管理政策与激励政策等进行分析并提出建议。

“北京市移动源柴油消费总量控制目标与措施研究”项目开题：将以空气质量提升为目标，细化分析柴油消费特点及减存量问题

2020年9月24日，由能源基金会支持的“北京市移动源柴油消费总量控制目标与措施研究”顺利开题，该项目由北京市环境保护科学研究院（以下简称“北京市环科院”）承担，旨在通过控制柴油总量以促进北京市空气质量提升。北京市生态环境局机动车排放管理处及科技与国际合作处（应对气候变化处）领导，以及来自生态环境部机动车排污监控中心、北京市交通发展研究院、中国工程机械工业协会、中国石油化工股份有限公司北京石油分公司、北京理工大学、北京工商大学等多位专家出席本次开题会。

北京市环科院课题组围绕研究背景、项目目标和主要内容，及实施方案首先对项目进行了介绍。该项目设立的背景是当前柴油燃烧污染排放强度大，虽然柴油消费仅占北京市能源消费总量的4%，然而柴油燃烧NO_x排放占全市排放总量约52%，在正常达标状态下，包括柴油车、非道路机械在内的柴油燃烧源对于PM_{2.5}污染贡献达29%，然而柴油车、机械排放超标情况时有发生，这为空气污染治理带来了更大的挑战。因此，该项目将结合空气质量改善需求，针对削减难度较大的中重型柴油货车、长途客运及旅游柴油车、非道路机械等重点领域，进一步调研和分析其柴油消费特点及减量存在的问题，提出柴油消费总量控制目标与控制措施建议。项目将涵盖北京市柴油消费现状及减排效益分析、中重型柴油货车减油措施研究、长途客运或旅游车减油措施研究、非道路移动机械减油措施研究，以及柴油重量控制目标及对空气质量的影响分析等五大部分内容。通过研究，项目将明确可设减排目标的柴油总量控制的定义和范围，分析“十三五”期间与柴油消费控制有关的措施效果、经验和不足，有针对性的提出经济、通行便利等差异化政策或措施建议、减油措施建议以及替代方案。该研究还将提出北京市、区和重点行业短期和中长期柴油总量消减目标，量化研究空气质量测算和分析重点领域柴油消费减量大气污染物减排效益。

与会专家充分肯定了项目研究的重要意义，对项目提出了相关建议。一是移动源柴油消费总量控制要充分考虑协同，空气质量驱动，将空气质量、气候变化、能源结构和安全等目标统筹考虑，增加实操性和时效性；二是进一步明确统计的边界和口径；三是要充分考虑柴油控制可能产生的泄露风险；四是注重管理措施的费效分析。

项目组将参考专家意见并结合北京市生态环境局相关需求，统筹多方资源，确保做好准确全面的数据收集及费效分析，在协同考虑空气质量与二氧化碳减排的基础上，提出具备实操性与时效性的柴油消费总量控制目标，并从多维度，如，法律、技术、经济、行政等层面提供政策建议。

“京津冀大气污染防治条例及管理机制研究”召开结题会：全面总结重点区域联防联控机制的成效和问题，广泛参考国际经验，为《京津冀及周边地区大气污染防治条例》制定提供参考



2020年9月18日，由能源基金会支持的“京津冀大气污染防治条例及管理机制研究”课题结题评审会在北京举行。该项目由生态环境部环境规划院负责实施。来自生态环境部、中国政法大学、中国环境科学研究院、清华大学、北京大学和北京市环境保护科学研究院等机构的领导及专家出席本次会议。

首先，项目组介绍了研究内容。该项目全面分析了我国区域大气环境管理现状，总结了重点区

域联防联控机制的成效和存在的问题，项目从国家及区域等层面分析了京津冀及周边地区大气污染防治立法基础与现有法律、法规的协调问题；梳理了欧盟和美国在区域大气管理方面的主要做法并总结了其对我国区域大气环境管理立法的启示。项目还分析了京津冀及周边地区大气污染防治条例的立法定位、拟解决的关键问题和立法中的难点问题，并提出了京津冀及周边地区大气污染防治条例的框架体系政策建议。

与会专家认为项目无论在思路框架层面，还是在细化内容层面，都产生了很好的研究成果，对生态环境部的管理需求起到了很好的支撑作用。对于下一步的研究工作，专家们提出以下意见：一是加强对跨区域立法必要性的讨论，同时借鉴国外相关经验，提出具体管理机制方面的建议；二是可以跳出目前管理的框架，从责任分担等方面综合分析，同时考虑各地区发展及布局差异，明确区域职责分工；三是考虑和已有环境机制的协调设计，共同解决区域问题。

能源基金会结合项目立项背景和战略安排，提出以下意见：一是加强与国家其他有关部门和地方政府之间的沟通，广泛征求相关部门对目前已有的法律框架和管理机制等方面的研究内容的意见；二是研究设计区域内统一的市场机制促进清洁能源供应等；三是开展主要法律条款实施后的污染物和碳减排效果初步评估。

2020年8月全国空气质量状况

2020年8月，全国337个地级及以上城市平均PM_{2.5}浓度为17微克/立方米，**同比下降12.2%**；O₃浓度为139微克/立方米，**同比下降7.9%**；NO₂浓度为16微克/立方米，**同比下降12.1%**。

京津冀及周边地区“2+26”城市PM_{2.5}浓度为28微克/立方米，**同比上升3.7%**，其中北京市PM_{2.5}浓度为29微克/立方米，**同比上升21.5%**。长三角地区41个城市PM_{2.5}浓度为19微克/立方米，**同比下降8.9%**。汾渭平原11个城市PM_{2.5}浓度为22微克/立方米，**同比下降14.0%**。

京津冀及周边地区“2+26”城市O₃污染问题较为严重，8月O₃日最大8小时平均浓度第90百分位数为182微克/立方米，**同比上升2.7%**，其中北京市臭氧浓度为170微克/立方米，**同比下降4.5%**。长三角地区41个城市O₃浓度为152微克/立方米，**同比下降14.5%**。汾渭平原11个城市O₃浓度为164微克/立方米，**同比下降8.1%**。



2020年8月PM_{2.5}月均值



2019年8月PM_{2.5}月均值



2020年8月O₃月评价值



2019年8月O₃月评价值



2020年8月NO₂月均值



2019年8月NO₂月均值

(数据来源：蔚蓝地图；制图：蔚蓝地图)

2020 年9 月全国空气质量状况

2020 年9 月，全国337 个地级及以上城市平均PM_{2.5} 浓度为21 微克/ 立方米，**同比下降17.7%**；O₃ 浓度为137 微克/ 立方米，**同比下降12.1%**；NO₂ 浓度为21 微克/ 立方米，**同比下降8.3%**。

京津冀及周边地区“2+26”城市PM_{2.5} 浓度为31 微克/ 立方米，**同比下降16.4%**，其中北京市PM_{2.5} 浓度为24 微克/ 立方米，**同比下降34.0%**，降幅较大。长三角地区41 个城市PM_{2.5} 浓度为26 微克/ 立方米，**同比下降2.9%**。汾渭平原11 个城市PM_{2.5} 浓度为30 微克/ 立方米，**同比上升2.5%**。

9 月京津冀及周边地区“2+26”城市O₃ 污染仍较为严重，O₃ 日最大8 小时平均浓度第90 百分位数为178 微克/ 立方米，但**同比下降12.6%**，其中北京市O₃ 浓度为150 微克/ 立方米，**同比下降29.6%**，降幅较大。长三角地区41 个城市O₃ 污染也较为严重，浓度为179 微克/ 立方米，**同比下降0.4%**。汾渭平原11 个城市O₃ 浓度为154 微克/ 立方米，**同比下降7.7%**。



2020 年 9 月 PM_{2.5} 月均值



2019 年 9 月 PM_{2.5} 月均值



2020 年 9 月 O₃ 月评价



2019 年 9 月 O₃ 月评价



2020 年 9 月 NO₂ 月均值



2019 年 9 月 NO₂ 月均值

（数据来源：蔚蓝地图；制图：蔚蓝地图）

能源基金会 清洁空气战略进展

总第 16 期 2020 年 10 月 -11 月进展

207

基于健康的空气质量标准体系

《中国空气质量管理及排放标准体系研究（第一期）》项目顺利结题：我国现行《环境空气质量标准》对空气质量改善起到决定性和全局性的作用，加严标准将持续推动污染物和温室气体减排 /207

《空气、气候与健康集成研究与平台建设项目》成功启动：搭建环境与健康集成研究和交流平台，促进跨学科合作 /208

210

空气和气候协同管理

能源基金会支持生态环境部环境规划院率先启动“中国环境与气候协同保护战略系统性研究”，助力实现空气质量与气候变化中长期战略目标 /210

《将温室气体纳入环境统计及协同管理体系研究》项目顺利结题：生态环境统计调查与温室气体核算应“相向调整”，加强数据协同管理体系建设 /216

《“十四五”典型建材行业结构优化调整和污染防治对策研究》项目启动：为陶瓷和砖瓦行业结构调整和污染治理提供科学依据 /217

第八届“空气污染控制成本效益与达标评估学术研讨会（ABaCAS 2020）”成功举办 /218
第二届“中国大气臭氧污染防治研讨会暨第八届超级观测站联盟会议”成功召开 /220

222

地方空气和气候协同试点示范

《支持北京市开展生态文明建设顶层制度设计研究》项目顺利结题：将应对气候变化深度融入北京市生态文明建设的统筹推进机制中 /222

《北京 2022 年冬奥会空气质量保障与措施预评估》项目顺利结题：构建了不同空气质量保障目标下的减排方案，进一步推动京津冀及周边地区的大气污染治理 /224

《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》项目开题会召开：为山西省“十四五”空气质量改善规划的编制提供科学支撑 /225

《北京市消费品 VOCs 排放控制管理措施》顺利结题：为北京市消费品 VOCs 管控的政策架构提供建议 /226

228

能源与水

《抽水蓄能促进中国风光发电电能消纳研究》项目顺利结题：建设抽水蓄能可以有效地促进风电消纳并替代煤电装机 /228

《基于卫星数据分析云南火电厂对地区水质的影响》项目成功结题：火力发电厂造成附近水域的水体温度（热污染）的升高，悬浮颗粒物浓度的增加与水体化学组成的改变 /229

2020 年 10 月全国空气质量状况 /231

2020 年 11 月全国空气质量状况 /232

一、基于健康的空气质量标准体系



《中国空气质量管理及排放标准体系研究（第一期）》项目结题评审会顺利召开：我国现行《环境空气质量标准》对空气质量改善起到决定性和全局性作用，加严标准将持续推动污染物和温室气体减排

《空气、气候与健康集成研究与平台建设项目》成功启动：搭建环境与健康集成研究和交流平台，促进跨学科合作

二、空气和气候协同管理



能源基金会支持生态环境部环境规划院率先启动“中国环境与气候协同保护战略系统性研究”，助力实现空气质量与气候变化中长期战略目标

《将温室气体纳入环境统计及协同管理体系研究》项目顺利结题：生态环境统计调查与温室气体核算应“相向调整”，加强数据协同管理体系建设

《“十四五”典型建材行业结构优化调整和污染防治对策研究》项目启动：为陶瓷和砖瓦行业结构调整和污染治理提供科学依据

第八届“空气污染控制成本效益与达标评估学术研讨会（ABaCAS 2020）”成功举办

第二届“中国大气臭氧污染防治研讨会暨第八届超级观测站联盟会议”成功召开



三、地方空气和气候协同试点示范

《支持北京市开展生态文明建设项目顶层制度设计研究》项目顺利结题：将应对气候变化深度融入北京市生态文明建设的统筹推进机制中

《北京 2022 年冬奥会空气质量保障与措施预评估》项目顺利结题：构建了不同空气质量保障目标下的减排方案，进一步推动京津冀及周边地区的大气污染治理

《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》项目开题会召开：为山西省“十四五”空气质量改善规划的编制提供科学支撑

《北京市消费品 VOCs 排放控制管理措施》顺利结题：为北京市消费品 VOCs 管控的政策架构提供建议



四、能源与水

《抽水蓄能促进中国风光发电电能消纳研究》项目顺利结题：建设抽水蓄能可以有效地促进风电消纳并替代煤电装机

《基于卫星数据分析云南火电厂对地区水质的影响》项目成功结题：火力发电厂造成附近水域的水体温度（热污染）的升高，悬浮颗粒物浓度的增加与水体化学组成的改变

基于健康的空气质量标准体系

《中国空气质量管理及排放标准体系研究（第一期）》项目顺利结题：我国现行《环境空气质量标准》对空气质量改善起到决定性和全局性的作用，加严标准将持续推动污染物和温室气体减排



2020年10月27日，由能源基金会支持、中国环境科学研究院环境标准研究所负责的“中国空气质量管理及排放标准体系研究（第一期）”项目顺利召开结题评审会。中国环境科学研究院、北京市政协、中国医学科学院基础医学研究所、北京科技大学、生态环境部环境规划院、亚洲清洁空气中心、中国环境监测总站等7位专家参与本次会议。该项目旨在评估我国现行《环境空气质量标准》实施的成效，识别标准实施过程中出现的问题，为国家环境质量标准修订提供支撑。

项目对我国空气质量标准和配套评价方法的实施情况进行分析，对中外环境空气质量评价方法进行比较，识别标准实施遇到的问题，提出相应的完善建议，为环境质量标准的制修订及环境管理决策奠定基础；

通过研究评估，项目认为现行《环境空气质量标准》在推动主要大气污染物减排、环境空气质量改善，重点区域环境效益明显；建议维持国家《环境空气质量标准》中污染物限值的稳定，鼓励污染物浓度已稳定达标城市制定更加严格的地方标准。

GB 3095—2012实施带来的四个战略性转变



引领了我国环境管理制度的转型

《中国空气质量管理及排放标准体系研究（第一期）》课题讨论会材料，
中国环境科学研究院环境标准研究所

项目也同时开展了中国典型VOCs排放工业（印刷工业）的VOCs排放控制思路研究，通过研究中外印刷业VOCs排放控制成功经验，结合中国印刷工业VOCs排放现状与问题、排放特征与防治技术，提出中国印刷工业VOCs排放控制思路。项目建议中国印刷工业VOCs排放总体控制思路为：突出对包装印刷企业，尤其是塑料软包装印刷、印铁制罐企业重点行业控制；推动印刷企业开展源头、过程、末端污染控制的全过程控制；强化对无组织排放的控制；对于包装印刷企业，引导企业建设并运行高效末端净化设施，结合实际开展原辅材料替代和过程控制，实现达标排放；对于出版物印刷企业，引导企业主要通过源头削减和工艺过程改造实现达标排放。目前项目部分成果已经我国印刷工业大气污染物排放标准制定中得到应用。

与会各方建议项目在以下方面继续完善，一是进一步分层次凝练课题结论和相关建议；二是进一步完善报告，为部里提供可信服的建议，可以类比标准设定后的阻力、减排量等，持续提供有效推动力；三是探究如何协同设定标准达标以实现高质量碳达峰。

《空气、气候与健康集成研究与平台建设项目》成功启动：搭建环境与健康集成研究和交流平台，促进跨学科合作

大气污染治理和应对气候变化的目标和政策统筹可以更好地开展协同减排，也能同时促进实现蓝天和气候变化减缓相关的双重健康效益，有效提升社会福祉。有效的协同控制政策目标制定、实施和评估离不开相关领域的科研支撑，并迫切需要开展空气、气候与健康领域的集成研究和平台建设，促进环境和健康领域的科研和决策交流，以提供更为全面、综合的决策依据和方向建议。因此，能源基金会支持北京大学开展了《空气、气候与健康集成研究与平台建设项目》。2020年10月

28 日，项目启动会暨研讨会顺利召开。来自北京科技大学、中山大学、中国疾病预防控制中心、北京大学、生态环境部环境与经济政策研究中心、亚洲清洁空气中心等单位的专家出席本次会议。



该项目将搭建环境与健康集成研究和交流平台，促进空气污染、气候变化和公共健康领域的决策者、研究人员、社会团体等相关方

之间开展更活跃的信息交流、共享和思想汇聚和碰撞。项目还将识别蓝天与低碳协同政策存在的挑战和薄弱环节，厘清需开展研究支撑的关键问题，构建以公共健康保护为综合指标的研究方法，以期未来用于综合评估大气污染防治与气候变化应对政策的健康效益，并为相关政府部门提供政策建议。此外，项目还将分析国内环境与公共健康管理的需求，梳理和总结国际经验，探讨如何将综合评估框架纳入区域环境规划，形成相关政策建议。平台将组织专题研讨会、沙龙活动、撰写报告和传播活动等，计划涵盖的议题范围包括：空气、气候与健康综合评估的方法、基准与标准研究（例如：AQHI 等）、短期与长期暴露的流行病学研究方法、颗粒物粒径、组分及其毒性特征、多种污染物的综合健康影响、特定污染物相关的发病率与死亡率之间的关联、气候变化的直接与间接健康影响、空气质量改善的健康效益分析、统计寿命价值和传染病的空气传播等。

本次会议主要围绕“跨学科集成研究”及“跨部门平台建设”两个议题进行了讨论。与会专家对汇报进行了讨论，与会专家也充分表达了参与平台建设和开展研究合作的积极意愿。与会各方就该领域的需求及发展方向提出建议：一是开展臭氧健康效应毒理学机制研究，并考虑极端气候的健康影响研究；二是以多污染物综合控制健康效应为落脚点，把2030 年碳达峰目标与 2060 碳中和目标作为约束指标考虑进行标准制定与修订，推动加严相关环境质量与污染源排放相关标准，倒逼四大结构减排；三是加强空气污染与气候变化的方法学建设，并开展中国本土案例研究；四是连接多方需求，促进多部门数据共享，主要包括气象、空气污染及健康等方面数据共享与整合；五是创新科学家及政府决策者交流机制，促进健康与相关政策的衔接，为政策出台与更新提供技术支持。总结并提炼现有领域的研究成果，结合“十四五”规划需求，推动相关政策建议纳入考虑；六是通过交流识别领域的工作热点，促进科研成果向政策制定方面的转化；七是协调好室内与室外空气污染、城市与农村、西部与东部等关系，解决共性问题。

空气和气候协同管理

能源基金会支持生态环境部环境规划院率先启动“中国环境与气候协同保护战略系统性研究”，助力实现空气质量与气候变化中长期战略目标



今年9月，习近平主席提出中国二氧化碳排放2030年前达到峰值，2060年前实现碳中和，这对中国应对气候变化工作提出了长期战略目标，也对“十四五”生态环境与气候协同保护提出更高要求。为此，10月21日，在能源基金会的资助下，生态环境部环境规划院启动了“中国环境与气候协同保护战略与能力建设研究”。这也是生态环境部首次系统开展环境和气候协同保护领域有关研究。能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥、生态环境部环境规划院王金南院士、清华大学贺克斌院士等出席会议。

本项目将在多个层面开展创新性研究。一是在国家层面，首次在十四五生态环保规划实际编制中系统考虑环境和气候协同的目标与对策，并将其作为落实国家生态文明战略、推动能源转型和经济高质量发展的重要手段予以落实；二是在区域层面，首次对京津冀及周边地区、黄河流域等大气污染严重且碳排放强度高的区域开展系统性研究，将基于结构调整升级为主的协同减排措施作为主要减排领域；三是在重点领域层面，从以人为本、保护人体健康的角度出发，有针对性的重点选取了常规污染物和碳排放的重点和难点领域—居民供暖散煤替代开展行政管理、经济政策和创新技术的综合研究；四是在政策评估层面，综合运用成本效益分析等工具对十三五大气治理和应对气候变化规划的成

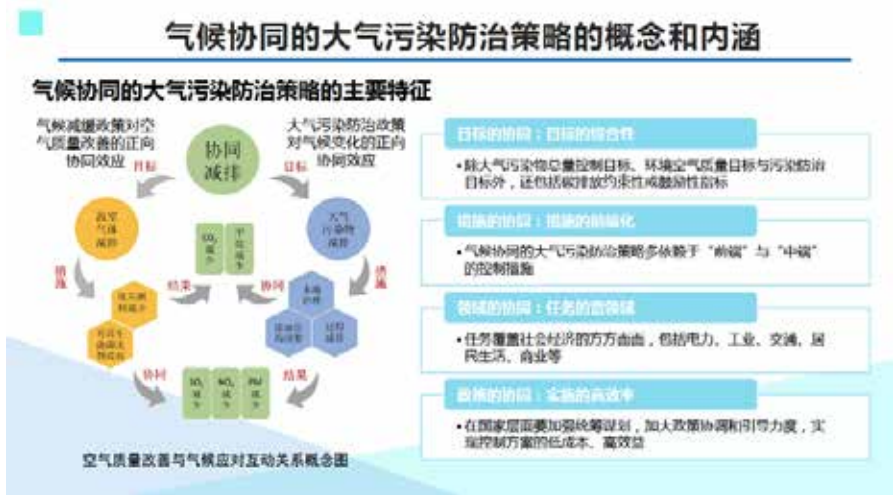
本及环境、经济、社会、健康等多重效益进行全面评估分析，分析后疫情经济激励措施对经济社会环境的多重影响，对十四五规划重大政策措施实施效果进行预评估。五是在城市能力建设层面，设立城市大气环境综合管理与低碳行动伙伴关系（CAMCAP），及时将国家有关研究成果与地方城市共享，推动在城市层面加速空气质量达标、温室气体达峰和经济高质量发展的协同“三达”。

会上，项目组分别对七个子课题的研究背景、已有的项目成果、目标任务、预期成果以及进度安排等方面对课题的研究计划和内容进行了详细汇报，专家组及能源基金会分别给出建议：

一、《气候协同的国家“十四五”大气污染防治策略研究（二期）》

该课题将基于我国大气污染防治现状与大气环境形势分析，开展“十四五”期间空气质量改善的目标和指标研究，以加强PM_{2.5}和O₃协同控制和加强常规大气污染物和温室气体协同控制为主要导向，研究设计“十四五”气候协同的大气污染控制情景，开展相应情景下的常规污染物减排以及协同碳减排效果预评估，并在此基础上研究提出协同考虑碳减排的国家“十四五”大气污染防治策略建议。

与会各方提出以下建议：一是进一步考虑中长期碳达峰和碳中和目标对空气质量改善的促进作用，完善空气质量改善的阶段性目标研究；二是充分结合温室气体排放控制与空气质量改善的协同促进作用，完善和细化相应结构调整情景的设计；三是将二氧化碳总量控制目标纳入“十四五”规划目标体系；四是针对不同区域，纳入碳排放驱动型和空气质量驱动型减排的考虑，推动协同减排工作；五是为实现协同目标，应促进多方讨论，为改善政策建议提供有效支撑。



《气候协同的国家“十四五”大气污染防治策略研究（二期）》课题讨论会材料，
生态环境部环境规划院

二、《京津冀及周边“十四五”大气污染防治策略研究》

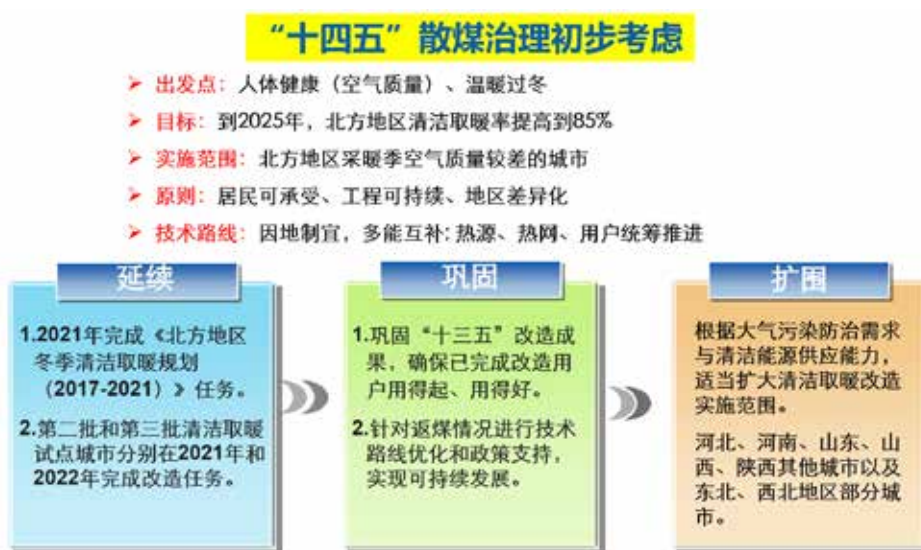
该课题将结合国家大气污染防治要求和温室气体控制战略，研究京津冀及周边地区在“十四五”期间的空气质量改善目标和碳协同控制目标。从能源结构调整、产业结构优化升级和重点行业深入治理等方面梳理“十四五”大气污染防治重点任务措施，研究

重点行业二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、VOCs等主要大气污染物减排潜力，提出区域大气污染协同治理政策建议，为“十四五”京津冀及周边地区大气污染协同治理政策制定提供重要技术支撑。

与会专家对该项目给与充分肯定，并提出以下建议：一是在研究过程中侧重空气质量改善和温室气体协同、PM_{2.5}和O₃协同、空间区域协同三者策略研究；二是加强京津冀及周边地区研究与国家层面研究的衔接，加强区域层面碳总量协同管理，推进区域碳减排；三是在控制技术方面，分析超低排放、替代重型车、外调电等技术对二氧化碳达峰的影响，提出政策建议；四是建议项目结合北京市打造生态文明建设示范区和河北建设生态修复改善示范区的进展和需求，做好引领的工作；五是结合京津冀区位及周边的自然资源，在对策研究中考虑清洁能源工业和土地应用重大政策的可行性。

三、《“十四五”国家散煤污染控制策略研究》

该课题将在总结“十三五”散煤治理经验与教训的基础上，制定“十四五”散煤治理目标及推进策略，研究散煤治理技术路线，并提出配套政策建议，为科学合理制定“十四五”散煤治理方案提供支撑。研究主要包括五方面内容：清洁取暖工作现状评估、散煤治理的环境影响分析、“十四五”散煤治理目标研究、散煤治理策略研究以及散煤治理机制与政策建议。



《“十四五”国家散煤污染控制策略研究》课题讨论会材料， 生态环境部环境规划院

与会各方建议课题组从空气质量改善、气候保护、农村生活品质提高、经济可持续性四个维度分析，提出散煤治理的国家战略；二是应加强与管理部门衔接，科学服务决策。

四、《建立中国环境政策费用效益分析机制（第三期）》

该课题以大气污染物和温室气体协同控制为重点，旨在对“十三五”生态环境规划措施费效有效性回顾以及对“十四五”生态环境保护规划实施的费用、效益与影响进行预评估。项目成果将为优化“十四五”生态环境保护规划的目标、主要任务与措施制定的科学决策提供支撑，进一步推动环境政策费用效益分析制度的建立。



《建立中国环境政策费用效益分析机制（第三期）》课题讨论会材料，
生态环境部环境规划院

与会专家与管理部门代表对项目实施方案进行了讨论，共同认为开展环境规划政策的费用效益分析十分重要必要，对提高环境管理决策的科学化具有重要意义。与会各方针对项目完成的目标、重点任务以及难点问题以及决策管理应用等提出了很好的意见和建议，并建议下一步进一步明确管理部门的需求，识别费效分析制度化的关键问题，并结合这些问题开展有针对性的研究。

五、《“十四五”时期京津冀区域生态环境保护创新机制与政策研究》

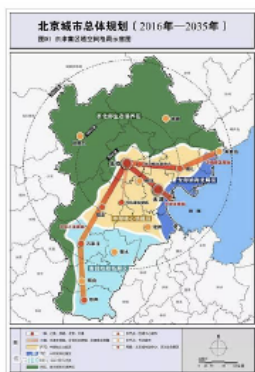
该课题以环境政策与创新机制为主要研究对象，系统评估《京津冀区域协同发展生态环境保护规划》实施五年来生态环境政策与机制创新的实施进展情况、存在问题，围绕区域生态环境保护形势分析、环境质量改善目标、结构调整等开展深入分析，提出“十四五”时期京津冀区域生态环境保护创新机制与一揽子政策框架、重点管理措施和调控策略优化路径，为“十四五”京津冀区域生态环境保护创新机制和政策制定提供科学的决策支撑。

与会专家与地方相关部门代表共同认为开展京津冀生态环境保护创新机制与政策研究十分必要，对提高我国区域生态环境管理决策的专业化、科学化水平具有重要意义，与会各方针对项目目标、任务以及难点问题、世界级城市群案例选择、政策量化评估、学术研讨会以及如何开展工作等提出了很好的意见和建议：一是结合京津冀三地不同的

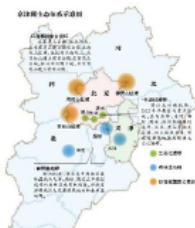
>>> 项目背景

8

“十四五”时期，京津冀区域需要深化生态环境保护政策改革与创新



加强生态环境保护是推动京津冀协同发展的重要基础和重点任务，是实现京津冀区域经济社会可持续发展的重要支撑



“十四五”时期我国生态环境保护工作面临着前所未有的新形式和新挑战，京津冀区域需要深化生态环境保护政策改革与创新，以协作机制、联合执法、统一标准、协同治污等方面为突破口，加强区域协作，实现区域生态环境协同发展

《“十四五”时期京津冀区域生态环境保护创新机制与政策研究》课题讨论会材料， 生态环境部环境规划院

经济发展水平、产业结构、能源结构、交通结构和用地结构的特点，关注重点领域的治理结构；二是回顾“十三五”、瞄准“十四五”，协同考虑PM_{2.5}和臭氧，空气和气候变化；三是除了政府的管理机制外，也应将对企业的激励机制和公众参与的机制纳入研究范围。

六、《黄河流域“十四五”结构调整与低碳发展规划政策研究》

该课题首先围绕黄河流域“十四五”结构调整与低碳发展的现状进行了全面系统的梳理，并对生态环境问题和产业、能源、交通等行业结构问题进行了初步的总结和提炼，为黄河流域“十四五”结构调整与低碳发展的深入研究提供参考和依据。该课题将

一、项目背景



- 黄河流域第二产业占GDP比重明显高于全国平均水平。近年黄河流域各省市单位GDP能耗普遍有所下降，尤其是河南、山东两省单位GDP能耗已处于优良水平。
 - ✓ 2017年黄河流域第一产业、第二产业、第三产业增加值分别占GDP的6.6%、46.4%、47.0%，黄河流域第二产业增加值占GDP比重，高于全国平均水平5.7个百分点
- 黄河流域煤炭、石油、天然气等能源和有色金属等矿产资源富集，是我国重要的能源供应基地、能源化工和基本原材料基地。煤炭、电力和钢材、石化材料、机械工业等原材料工业集中发展。
 - ✓ 全国煤炭储量1881亿吨，占全国的75%；天然气储量20203.4亿立方米，占全国的37.2%；石油储量119542.5亿吨，占全国的34%；铝储量870万吨，占全国的48%；钾储量1996万吨，占全国的94.5%；铜储量28746万吨，占全国的28%。2018年钢材产量22934.7万吨，占全国的20.8%。流域内共有资源型城市75个，占全国的28.63%
 - ✓ 2018年陕西省能源工业增加值占全省规模以上工业增加值的比重为48.2%，占比实现连续三年上升。宁夏回族自治区煤炭、电力、化工等行业增加值占全区规模以上工业增加值的63.7%。甘肃省支柱产业长期以能源、有色、冶金等重工业为主，近年来甘肃省石化工业增加值占规模以上工业增加值的比重持续上升，现已超过1/3，有色、电力等重工业增加值占比也超过10%
- 近年来黄河流域交通基础设施状况大为改善，但由于大部分地区处内陆腹地，相对于长江流域和沿海发达地区，黄河流域对内、对外交通运输通道不畅的问题比较突出。
 - ✓ 包西高铁、郑西高铁等跨省域交通主干线规划建设进展缓慢，都市圈和城市群现有交通网络有待完善，不利于区域间资源要素的低成本流动，也影响区域外部资源要素的集聚，制约文化旅游等产业资源优势的发挥

《黄河流域“十四五”结构调整与低碳发展规划政策研究》课题讨论会材料， 生态环境部环境规划院

主要通过开展黄河流域促进结构调整与低碳发展的进展和形势分析，研究提出引导和支持黄河流域结构调整和低碳发展的目标指标、环境政策改革方向、思路以及具体政策改革建议，促进能源的节约利用、新能源推广使用以及推进大气污染物与二氧化碳协同减排，推进黄河流域结构调整和低碳发展。

与会各方对汇报进行了讨论，首先对项目组的工作进行了肯定，随后提出了下一步的修改意见以及未来的研究方向，一是建议项目组进一步凝练报告框架，突出黄河领域结构调整与低碳发展的特征性；二是进一步衔接黄河流域的重大战略、重大规划，为黄河流域高质量发展与生态环境保护的融合提供科学依据和数据支持；三是建议研究对象从城市拓展到省或城市群；四是在综合考虑黄河流域的水资源保护和空气质量管理方面的协同；五是建议加强政策建议与管理部门衔接以及产出宣传。

七、《“十四五”规划后疫情化危为机加速绿色低碳转型》

该课题将在系统评估疫情应对措施对污染排放、空气质量变化影响的基础上，面向“十四五”时期，开展经济社会发展情景分析，评估不同情景下绿色经济刺激方案对经济、能源、空气质量和气候变化的影响，提出“十四五”时期重点领域绿色低碳转型的政策需求与建议，为国家经济体和人民同时摆脱疫情影响并加速低碳转型提供支持。项目将从四个方面开展研究，包括生态环境领域抗疫措施实施情况评估、疫情对空气质量影响以及中国绿色低碳转型发展需求分析、“十四五”经济与社会发展情景分析研究、“十四五”经济与社会发展情景分析研究。

与会各方对项目组的工作进行了肯定，随后提出了下一步的修改意见以及未来的发展方向：一是将“十四五”的环境经济形势分析和疫情分析结合在一起，进一步突出疫情对绿色低碳转型发展的影响判断；二是优化模型技术方法选择，聚焦能源、钢铁、火电和交通等重点行业，分析污染物和碳排放的变化；三是可以综合考虑中长期绿色低碳转型目标，加强重点领域、重点行业转型难点和政策需求研究，提出针对性任务方向 and 政策措施建议；四是从方法学上加强对中长期碳达峰、碳中和目标约束，以及其他重大政策影响的考虑，进一步完善不同情景设计，五是加强与其他项目课题的有机衔接。

能源基金会邹骥总裁建议与会各方深刻理解当前形势，将本课题作为落实中国气候新战略的重要科学研究，通过重构基于自然资本投资的新增长理论，推动能源经济发展与环境气候相适应相协同。他希望环境规划院作为生态环境部的核心技术支持团队，科学分析“十四五”发展形势，为“十四五”中国环境与气候协同保护的目标、措施和制度的提出提供坚实支撑。

来自生态环境部综合司、北京市生态环境局、山西省和海南省生态环境厅、国务院发展研究中心、生态环境部所属中国环境科学研究院、环境与经济政策研究中心、应对气候变化战略研究和国际合作中心、国家发展和改革委员会所属国土开发与地区经济研究所、能源研究所、区域发展战略研究中心、清华大学、北京大学、北京师范大学、中央财经大学等的知名专家以及能源基金会代表共60余人参加了此次会议。

《将温室气体纳入环境统计及协同管理体系研究》项目顺利结题: 生态环境统计调查与温室气体核算应“相向调整”，加强数据协同管理体系建设



2020年11月30日，能源基金会支持的《将温室气体纳入环境统计及协同管理体系研究》项目召开结题评审会，该项目由生态环境部环境与经济政策研究中心负责实施。会议邀请了生态环境部综合司以及气候司相关领导参加，以及自生态环境部环境规划院、中国环境监测总站、国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、清华大学、深圳建筑科学研究院、及北京中创碳投科技有限公司的专家出席本次会议。

项目系统对比了我国温室气体排放核算的关键指标与环境统计的调查内容，识别了温室气体清单编制可纳入环境统计调查的关键指标，科学评价了生态环境统计调查与温室气体排放管理之间的关系，并探讨了如何利用环境统计调查获取部分温室气体清单关键指标。此外，项目以火电、钢铁和水泥行业为案例，探讨了将温室气体纳入环境统计核算的可行性。项目研究表明，温室气体统计核算与大气污染物核算所需要的指标存在交集和差异，可通过逐个行业梳理，形成既能满足CO₂核算，又能满足污染物排放核算需要的生态环境统计调查指标体系。从重点行业案例研究来看，直接用生态环境统计调查数据开展化石燃料燃烧和部分工艺过程温室气体清单排放没有太多挑战。但是，研究也发现非CO₂类温室气体与常规污染物重点管控对象和环节差异相对较大，需要开展更多研究。对于间接排放来说，生态环境统计未专门进行考虑，对于用能、用电大户在生态环境统计中覆盖不全。结合生态环境统计调查范围和核算适用性，基于协同理念和MRV规范要求探讨温室气体清单核算与生态环境统计工作协同管理非常必要。温室气体清单可在环境统计多元化、多样化收集渠道拓展的基础上直接或者间接获取相关信息。生态环境统计与碳强度下降目标考核在数据特点、目标定位与内容设计等方面并不完全匹配，若打算将生态环境统计调查数据直接支持碳排放强度考核工

作，二者须“相向调整”，加快推动生态环境统计核算支撑温室气体清单编制工作、多措并举加强数据协同管理体系建设。本项目的部分研究成果对生态环境部统筹应对气候变化与生态环境保护工作提供了重要决策参考。

与会各方对汇报进行了讨论，首先对项目组的工作进行了肯定，随后对项目完善和的未来的研究提出了相关建议：一是进一步深入分析不同来源的数据在现有环境管理手段中的目的与使用情况，结合相关政府管理部门需求及排污许可证等工作，提出基于“数据共享”的顶层设计的政策建议；二是针对政策管理需求，提出近期、中期及远期的工作计划，以及分阶段及分行业的政策建议；三是加强协同管理的机制化建设，提高数据的时效性应用，并推动相关指导意见的出台；四是进一步学习国际经验，对数据不同来源的职能及应用场景分析，针对我国具体情况，提出可操作性的政策建议。

《“十四五”典型建材行业结构优化调整和污染防治对策研究》项目启动: 为陶瓷和砖瓦行业结构调整和污染治理提供科学依据



2020年11月6日，在能源基金会的支持下，中国环境科学研究院与中国建筑材料联合会在北京召开了《“十四五”典型建材行业结构优化调整和污染防治对策研究》项目的开题研讨会。本项目旨在通过系统的研究，掌握陶瓷和砖瓦等典型建材行业的分布现状、污染物排放特征和防治技术现状，评估陶瓷和砖瓦行业的“十三五”大气污染控制措施的效果，提出行业优化调整思路及“十四五”期间污染防治对策，为陶瓷和砖瓦行业结构调整和污染治理提供决策支持，支撑生态环境部“十四五”期间大气污染防治工作。来自生态环境部大气司、中国环境科学研究院、北京市劳动保护科学研究所、中国环境科学研究院、北京航空航天大学、中国砖瓦工业协会、中国建筑材料工业规划研究院等领导和专家参加了本次会议。能源基金会环境管理项目刘欣主任主持本次会议。

课题组项目负责人王凡研究员首先介绍了建材行业研究现状、课题的研究内容和相关的技术路线。随后专家组对本次项目开题汇报进行点评，并一致同意开题。会上，与会领导及专家提出以下建议：一是研究应尽可能利用相关资料，确保与建材行业“十四五”发展规划协调一致。结合“十四五”空气质量目标和碳减排指标，和当前排放水平可实现的减排潜力，提出砖瓦和陶瓷行业减排目标和重大措施，并分解到前端结构调整，如企业布局和能源优化，以及末端治理措施；二是突出研究重点，从能源结构调整、上大压小和综合利用等方面加强结构优化调整相关内容的研究；三是充分考虑行业特点，结合碳减排的需求，通过典型案例分析，研究并提出优化减排及污染防治的对策建议；四是全面分析当前两个行业的能源使用、污染排放和碳排放的现状，从排放占比高、工作基础差和治理潜力大等角度明确开展此两个典型行业重要性和必要性；五是结合重点地区实地调研的典型案例、国外最先进技术案例，以及正在开展的行业排放绩效分级，提出符合A级企业标杆治理技术路线和能源使用的核心指标；六是评估相关结构调整技术经济性，提出基于空气和碳双重减排的经济激励政策，如环境税、碳税、节能减排和资源综合利用奖励等，以降低措施实施成本。

第八届“空气污染控制成本效益与达标评估学术研讨会（ABaCAS 2020）”成功举办

第八届空气污染控制成本效益与达标评估学术研讨会 2020.11.3 中国广州



2020年11月2-4日，由中国生态环境部、美国国家环保署、中国工程院和能源基金会支持，清华大学、浙江大学、华南理工大学、中山大学和美国田纳西大学主办，华南理工大学环境与能源学院、国家环境保护大气复合污染来源与控制重点实验室、实验室、南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）联合承办的第八届空气污染控制成本效益与达标评估学术研讨会（ABaCAS2020）于在广州成功举办。

华南理工大学副校长李卫青、清华大学环境科学与工程研究院院长郝吉明院士、中国气象局国家气候中心丁一汇院士、北京大学环境学院副院长陶澍院士、中国科学院生态研究中心分室贺泓院士、中国科学院大气物理研究所吕达仁院士、中国气象科学研究院张小曳院士、华南理工大学环境与能源学院院长叶代启教授、能源基金会环境管理项目刘欣主任等40余名国内知名专家出席会议并发言。此次会议设置了八个分会，涵盖经济发展、能源消耗与大气污染物排放，大气复合污染成

因、监测与模拟，大气污染控制成本和健康效益，大气PM_{2.5}和O₃协同防治，大气污染与气候变化的协同应对，港口与船舶排放大气影响和管控决策支持，大气细颗粒物的来源研究，大数据与人工智能在大气环境的应用等前沿领域，吸引了来自中国各省、市、自治区的各类学者、政府官员和专业技术人员300多人参会，是我国近年来大气环境领域的一次盛会。

会议开幕式由清华大学分室王书肖教授主持，李卫青副校长、郝吉明院士和刘欣主任分别代表华南理工大学、清华大学和能源基金会致开幕辞，中国生态环境部大气环境管理司逯世泽处长通过远程形式参加会议并致开幕辞。郝吉明院士做了“更大力度减排NO_x和VOCs，推动PM_{2.5}与O₃协同控制”的主旨报告，指出中国大气污染面临的主要问题并讲述了美国PM_{2.5}和O₃的控制历程，进而对中国“十四五”大气污染控制提出建议。丁一汇院士做了“全球气候变化与污染的协同应对：从科学到可持续治理”的主旨报告，提出了全球气候变化研究中的关键科学问题，阐明了气候变化治理与全球可持续性发展的关系。贺泓院士做了“大气臭氧追因与控制研究思路与政策建议”的报告，陶澍院士系统介绍了“生活源PM_{2.5}的健康危害”研究，吕达仁院士分享了“大气污染探测研究与思考”，张小曳院士做了“大气污染与气象条件的双向反馈研究思考”的报告。此外，毕军教授、王自发研究员、陈建民教授、叶代启教授、郑玫教授、严刚副院长、王雪梅教授等专家做了大会特邀报告。

为期两天的会议为不同领域、不同学科的专家学者和决策者提供了一个关于中国及全球大气环境问题的高水平学术交流平台。来自不同地区的专家和决策者齐聚一堂，分享学术成果、交流管理经验，学术报告精彩纷呈，交流研讨充分热烈，不仅为大家送上了一份学术大餐，也为进一步构建精细化现代大气污染防治科技体系，支撑区域及城市空气质量持续改善并推动温室气体减排起到了积极作用。

第二届“中国大气臭氧污染防治研讨会暨第八届超级观测站联盟会议”成功召开



2020年10月16–17日，由能源基金会支持，北京大学、暨南大学、中国环境科学学会臭氧污染控制专业委员会（“专委会”）、中国大气超级观测站联盟、中国环境科学学会大气环境分会主办，南京信息工程大学承办的第二届中国大气臭氧污染防治研讨会暨第八届超级观测站联盟会议在南京成功召开。本次大会主题为“中国大气臭氧污染防治：科学认知与区域实践”。来自我国大气污染防治领域的8位院士和各省、市、自治区的众多知名专家学者、政府管理人员、技术人员及企业代表等500余人参加了此次会议。

围绕“中国大气臭氧污染防治：科学认知与城市行动”的会议主题，本次会议共设“臭氧污染成因、机制与来源”、“臭氧污染与PM_{2.5}协同防控技术”、“VOCs监测与综合观测实验I、II”、“臭氧及其前体物的控制技术”、“臭氧污染过程的预报预警与应急管控”等6个分会场，涵盖臭氧污染形成的化学机制与来源、气候气象条件对臭氧污染形成的影响、臭氧及前体物的污染状况与变化趋势等9个主要议题，共有70个分会场特邀报告。

会上，专委会主任委员、北京大学张远航院士对《中国大气臭氧污染防治蓝皮书（2020年）》（“《蓝皮书》”）的编制过程、章节内容和下一步计划进行了简要介绍并宣布《中国大气臭氧污染防治蓝皮书（2020年）》正式对外发布。《蓝皮书》以政府管理人员、专家学者以及从事大气污染防治研究的技术人员、大气环境相关专业的大专院校师生和社会公众为主要对象，较为全面地介绍了我国臭氧污染防治的状况和思路，梳理了我国臭氧污染防治探索和行动，并提出了不同层面臭氧污染防治的对策和建议。

大会邀请了清华大学郝吉明院士作“对科学推动PM_{2.5}和O₃协同防治的思考”的线上报告，并邀

请了生态环境部大气司逯世泽处长做“‘十四五’细颗粒物和臭氧协同控制”、中国环境监测总站陈善荣站长做“我国臭氧监测现状及污染形势分析”、国防科技大学宋君强院士做“全球高分辨率数值天气预报若干进展”、中科院生态环境研究中心贺泓院士做“以NO_x深度减排为抓手推动PM_{2.5}和O₃协同控制”、生态环境部卫星环境应用中心王桥院士做“基于卫星遥感的大气污染企业监测研究”、生态环境部环境规划院严刚副院长做“‘十四五’PM_{2.5}与O₃协同防控措施建议”、中科院安徽光学精密机械研究所刘文清院士做“大气环境立体探测技术进展”、中国环境科学研究院柴发合研究员做“臭氧与PM_{2.5}协同治理，推进环境空气质量持续改善”、北京大学张远航院士做“大气氧化性与空气质量管控”等9个大会现场主旨报告，共同探讨大气臭氧污染防控的方向和路径，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。另外，会议还专门设“城市和区域臭氧污染防治实践分享”环节，邀请了来自广东、成都、上海和南京等4个省市的专家学者、政府管理人员分享各地臭氧污染防治工作进展及思考。能源基金会环境管理组项目主任刘欣也分享了臭氧等多种污染物和温室气体协同控制的可能路径。

经过两天的热烈讨论，会议形成了几个基本共识：第一，臭氧污染总体呈上升态势，但个别城市呈现出稳中有降的情况，同时臭氧和PM_{2.5}的关系在臭氧污染季节呈总体正相关，这种正相关在南方和北方较为显著，但仍需更多科学的论证；第二，臭氧污染的程度和长期变化趋势和当前我国NO_x和VOCs等高污染复合直接关联，所以推动NO_x和VOCs减排仍是改善臭氧污染的重要工作；第三，臭氧污染防控具有长期性和艰巨性，但臭氧污染可防可控，也在空气质量改善中取得了一定的成效。

会议由专委会主任委员、北京大学张远航院士作总结发言。首先，他指出，本次会议的召开和《蓝皮书》的发布是活跃学术交流、凝聚科学共识、回应公众关切的平台。其次，他希望，通过本次研讨会及之后的学术研讨会，仍然需要围绕当前公众或中央对臭氧污染防控关心的问题作进一步研究和学术交流，包括臭氧污染的成因、臭氧和PM_{2.5}的协同防控策略和技术途径，以及减排的关键技术路线和管理政策方面，并尽快形成具有共识性的科学结论，以支持管理决策，形成支持空气质量改善的技术体系和平台。最后，他对学术会议期间参会人员的浓厚兴趣和热烈参与予以高度评价。他强调，下一步将加快《蓝皮书》编写的制度化建设，包括成立《蓝皮书》指导委员会和组建编写专家组，以提升蓝皮书的学术影响力、公信力和对管理决策的支持力度；另外，持续推进专委会学术交流的机制和平台建设，改进会议组织和管理形式，使会议安排和交流更加多元化。

地方空气和气候协同试点示范

《支持北京市开展生态文明建设顶层制度设计研究》项目顺利结题：将应对气候变化深度融入北京市生态文明建设的统筹推进机制中



2020年11月13日，由能源基金会支持，生态环境部环境与经济政策研究中心承接的项目《支持北京市开展生态文明建设顶层制度设计研究》顺利结题。该项目结合北京市生态环境局工作要求，对标国际一流城市，基于北京市发展定位和经济、社会、资源环境特征，从空气质量改善、应对气候变化与绿色发展协同互动角度，研究如何建立气候友好型资源环境管理体系，并深度融入北京市生态文明建设体制机制的顶层设计之中。来自北京市生态环境局科技国际处、秘书处，国家应对气候变化战略研究和国际合作中心，中国环境科学研究院生态文明研究中心，国家发改委能源所能源系统分析研究中心，北京林业大学生态文明研究院，北京市环境保护科学研究所和北京交通发展研究院节能减排中心等单位的领导及专家出席该结题会。

报告指出北京市在能源、工业、交通和建筑等领域减排压力较大，城市空间形态与布局影响

提质增汇，急需解决持续稳定改善气象控制型大气环境质量、城区生态系统修复自然空间（碳汇面积）增量不足、应对气候变化尚未深度融入生态文明建设统筹推进机制中等问题。为此，该项目建议：

第一，源-汇共治，总量协同减排与城市生态系统修复双向发力，促进碳中和。实施“减排达峰、提质增汇”融合绿色发展的四类优先行动，提出具体的政策措施和部门责任分工清单；第二，建立强有力的区域和部门间统筹推进机制，在京津冀及周边地区大气管理局的管理体制框架下，积极推动区域生态环境领域协同立法、规划编制协商、企业环保信用评价结果实时共享，推动区域生态环境领域严重失信行为的联合惩戒、移动源监管执法信息共享与联动执法；第三，整合优化两套指标体系，结合突出问题，针对落实气候治理主体关键责任设计指标。

经过热烈讨论，与会各方就进一步凝练和聚焦北京市生态文明建设的问题，以及北京市生态文明建设的指标体系的设定进行建议：一是进一步梳理北京在能源环境和气候协同治理方面的成功经验，聚焦下一阶段，比如以碳中和为核心的绿色低碳发展的制度目标体系；二是进一步润色完善指标体系，增加区域协同发展的对策和建议，通过推进区域协同发展，推进北京市生态文明建设工作；三是将研究报告以及专家的观点，以适当的方式要把信息传递给局里有关处室，给有关处做提供重要参考，根据北京市具体情况继续完善市委生态文明委主要的各部门职责；四是建议进一步梳理北京市在生态文明建设方面，以大气污染治理为抓手推动能源、环境和气候协同治理的经验，提出协同治理的下一步研究的重点方向。

下一步，项目组将与北京市生态环境局进一步沟通，完善建议可操作性和针对性，配合撰写政策专报，或将部分研究成果转化为多件北京市政协提案，为北京市十四五国民经济和社会发展规划纲要、北京市生态环境保护专项规划编制，以及相关主管部门决策参考。

《北京2022年冬奥会空气质量保障与措施预评估》项目顺利结题：构建了不同空气质量保障目标下的减排方案，进一步推动京津冀及周边地区的大气污染治理



2020年11月20日，能源基金会支持的《北京2022年冬奥会空气质量保障与措施预评估》项目召开结题评审会，该项目清华大学负责实施。会议邀请了生态环境部、河北省生态环境厅、北京市生态环境局、北京市延庆区生态环境局、及张家口市生态环境局相关领导参加，还有来自生态环境部环境规划院、中国气象科学研究院、北京大学、南开大学、中国科学院大气物理研究

所、及河北省环境科学研究院的专家出席本次会议。

为科学、精准、高效实现本届冬奥会、冬残奥会会期的空气质量保障,该项目对会期历史同时段的空气质量、污染特征以及气象变化和周边传输影响做了深入解析。项目构建了在不同空气质量保障目标下的减排方案，并对北京、张家口、延庆及京津冀周边区域的减排力度提出了建议。同时，该项目还对如何以冬奥会为契机，进一步推动京津冀及周边地区的大气污染治理提出政策建议。项目成果可为主办城市及周边地区环保部门科学制定秋冬季污染防控目标与任务、制定冬奥会赛前减排方案及赛期应急管控策略提供科学依据。

与会各方对汇报进行了讨论，首先对项目组的工作进行了肯定，随后提出了下一步的修改完善以及深入研究提出了建议：一是开展进一步研究，分析冬奥会期间空气质量保障的关键挑战及减排分解需求，提出具备操作性的措施建议及重点项目的落实方案；二是增加考虑了极端不利气象条件的应对方案，提出减排指标及对应措施；三是为相关政府部门合作提出政策建议，分解目标及工作计划，为落实不同行业的减排任务提供科学依据；四是抓住契机推动空气质量改善与应对气候变化的协同管理，提出控制化石能源长效减排的措施建议；五是推动区域内各城市及行业方面的合作，细化要求，增强精准、科学、依法治污；五是提炼研究结论及政策建议，尽快推动开展下一步工作。

《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》项目开题会召开: 为山西省“十四五”空气质量改善规划的编制提供科学支撑



2020 年11 月11 日, 由能源基金会支持的《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项目》开题会在太原召开。会议邀请了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中心、山西省环境科学研究院等十余位专家出席会议, 山西省生态环境厅相关处室参加会议。会议由能源基金会环境管理项目主任刘欣主持。

山西省环境规划院作为项目承担单位汇报了《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》项目的研究背景、目标任务、技术路线、预期成果及工作进展。该项目旨在围绕山西省“十三五”大气污染防治措施效果评估、“十四五”规划目标设定、“十四五”大气污染与温室气体协同控制建议等三个关键问题深入研究, 并将努力将本次研究中确定的目标及控制措施纳入山西省“十四五”空气质量改善规划, 为山西省“十四五”空气质量改善规划的编制提供科学支撑。

与会各方就项目的技术路线、关键问题等进行了交流论证, 并认为该项目技术路线清晰、研究目标明确、具有较强的可操作性和可达性, 建议: 一是从空气质量改善和气候协同治理的角度, 瞄准四大结构, 向前端多要减排量, 针对山西省煤基产业发展提出政策建议; 二是加强与山西省发改委、工信厅、能源局等部门的沟通, 及时掌握产业结构调整 and 能源结构调整的最新思路和规划, 对未来产业发展政策带来的排放增量要有清晰分析; 三是结合山西省实际, 展望2030 年碳排放远景, 建议增加低碳能源的目标指标, 包括达峰时间、碳总量和煤炭增量目标, 用不同指标设定不同情景, 测算其实现带来的措施的常规污染物的减量; 四是指标体系设置应兼顾山西全域和污染严重的

重点地区，提出重点地区目标指标；五是深入分析山西省在“十三五”期间环境及能源、产业交通等领域政策措施带来的空气质量改善和温室气体减排的效益及成本分析，对不协同的领域要分析判断其可替代性和经济承受能力。

《北京市消费品VOCs 排放控制管理措施》顺利结题：为北京市消费品VOCs 管控的政策架构提供建议



2020年11月9日，由能源基金会支持的“北京市消费品VOCs 排放控制管理措施”结题会顺利召开。该项目由英环（上海）咨询有限公司承担，旨在为北京市消费品VOCs 排放管控提供政策及技术建议。来自生态环境部环境规划院、中国环境科学研究院、北京大学、华南理工大学、北京市环境保护科学研究院、北京市生态环境监测中心、北京市环境保护科学研究院和深圳市环境科学研究院应邀参加了此次结题会，北京市生态环境局大气处及科技与国际合作处相关负责同志出席会议。

近年来，北京市空气质量虽有明显改善，但臭氧浓度不降反升，控制近地面臭氧已成为当前及未来一段时期北京市空气质量改善的新重点，而控制作为臭氧前体物的VOCs 排放是此项工作的重点。在加州，消费品的VOCs 排放约占总人为源排放的12%，并将随着人口的增加而持续增加。我国虽还未建立消费品的VOCs 排放清单，但随着人民生活水平的提高，种类繁多的消费品进入了人们的日常生活，其对大气质量尤其是臭氧的影响将越来越显著。因此研究消费品VOCs 排放控制管理措施具有非常重要的意义。

该项目以加州消费品VOCs 管控思路为基础，结合北京市的实际情况，为北京市消费品VOCs 管



控的政策架构提出了建议。项目还选取了汽车消费品这一品类作为案例，验证前述的北京市消费品 VOCs 管控政策架构的有效性，并提炼出了两份汽车消费品的标准草案：《汽车风窗玻璃清洗液挥发性有机物含量限值标准》和《汽车燃油系统进气系统清洗剂挥发性有机物含量限值标准》。

会上，英环（上海）咨询有限公司顾问经理侯敏以及资深咨询顾问艾濛代表项目组就项目背景、国际经验、针对北京市的建议和汽车消费品案例研究进行了详细汇报。与会各方认真听取了项目组汇报，认为项目组研究思路清楚，研究成果深入、系统、全面细致，很好的满足了项目结题的要求，并针对项目研究重点给出以下四点主要建议：一是要摸清基数，不仅仅是总VOC，还包括区分不同组分的活性。课题结论可以更明确，宜给出一些量化的数字和推荐优先管控的消费品类；二是测试方法是法规体系中非常重要的一环，课题在消费品测试方法上已经完成了很多工作，可进一步探讨在国内建立通用消费品测试方法的可能性；三是在加州所采取的激励措施（如消费品费）上宜增加一些讨论，有助于国内参考和开展相关工作；四是国内产品的监管责任往往不在生态环境部门，在部门之间协调机制上可以根据中国的情况提一些建议；五是如何在管控机制方面在国家和地方层面有所突破的问题应继续研究，争取有所突破。

能源与水

《抽水蓄能促进中国风光发电电能消纳研究》项目顺利结题：建设抽水蓄能可以有效地促进风电消纳并替代煤电装机



2020年10月22日，能源基金会支持的《抽水蓄能促进中国风光发电电能消纳研究》项目召开结题评审会，该项目由世界资源研究所实施。来自国家发展改革委能源研究所、电力规划设计总院、国网能源研究院、中国水电工程顾问集团公司、北京市水利规划设计研究院、及晶科电力的专家出席本次会议。

本研究对全国可再生能源发展现状、消纳情况及未来发展趋势和目标、全国抽水蓄能发展现状与潜力、抽水蓄能相关政策、抽水蓄能与其他储能方式的技术、经济和环境特性的差异，以及抽水蓄能发展面临的机遇与挑战问题进行了梳理和分析。并以蒙西为案例，聚焦抽水蓄能在弃风弃光严重地区所发挥的作用，对不同情景下抽水蓄能促进风光消纳的潜力进行了测算，识别了蒙西目前可再生能源和抽水蓄能发展面临的机遇与挑战。为更好的评估抽水蓄能的发展及消纳弃风弃光的潜力，研究还比较了抽水蓄能与其他储能方式的经济性，并梳理国际抽水蓄能发展及促进风光消纳的经验，总结可供中国借鉴的经验。蒙西案例的研究结果表明，建设抽水蓄能可以有效地促进风电消纳并替代煤电装机，等量的抽水蓄能装机增量所能增加消纳风能的效果基本一致，具有显著的规

律性。此外，风电外送配套抽水蓄能，可以有效提高输电小时数，提升输电经济效益，节省输电投资。但是，抽水蓄能的发展还面临很多的问题与挑战，研究提出以下主要建议，包括：一是应完善和确保抽水蓄能价格机制落实，健全系统辅助服务市场建设；二是统筹规划风能、太阳能发电基地及其电力送出配套工程建设；三是加强系统灵活调节电源的统一规划，增强系统调节能力；四是应用先进抽水蓄能水电技术，创新抽水蓄能电站设计方案。

与会各方对汇报进行了讨论，首先对项目组的工作进行了肯定，认为项目研究符合目标和研究任务的设计，并对下一阶段的研究方向提出建议：一是结合中国新能源发展的需求，进行多种储能技术在多种应用场景的研究；二是在高比例可再生能源场景下，考虑清洁能源及其调节电源的合理布局，以及体制机制的创新；三是加强储能创新技术及商业模式的研究；四是以蒙西为基础，研究落实高比例可再生能源的有关政策机制；五是研究多能互补下的合理绿电体系，以推动京津冀及整个华北地区高比例绿电的输送；六是从政策、金融、和机制角度，加强储能及可再生能源的合理布局研究。

《基于卫星数据分析云南火电厂对地区水质的影响》项目成功结题：火力发电厂造成附近水域的水体温度（热污染）的升高，悬浮颗粒物浓度的增加与水体化学组成的改变



2020年11月25日，由能源基金会支持、行星数据科技（北京）有限公司承担的项目“基于卫星数据分析云南火电厂对地区水质的影响”项目顺利结题。该项目旨在探索火电厂的运营情况是否与水质的变化存在联系，并根据所得出的规律为未来火电厂的选址以及相关污染控制政策的出台提

供理论与数据支持。清华大学、北京大学，北京师范大学、中国环境科学研究院、中科院和云南环科院的多位专家出席结题会。行星数据科技（北京）有限公司李莘莘博士代表项目组进行汇报。

火力发电是我国主要的发电方式，其发电量占总量的七成以上。该项目通过卫星数据，探索水温，叶绿素浓度与透明度的时空分布规律，分析其是否与火电厂的运营状况存在联系。项目研究发现以水为冷却介质的冷却方式可能造成火力发电厂附近水域的水体温度（热污染）的升高，悬浮颗粒物浓度的增加与水体化学组成的改变。该项目发现，阳宗海北部，即阳宗海发电厂所在沿岸，平均水温高于中部与南部。阳宗海发电厂附近的入湖河道为主要热源。同时叶绿素浓度与透明度和水温的呈强相关性。由于滇池沿岸土地利用类型繁杂，区分并量化昆明发电厂对水质影响的难度较大。但是昆明发电厂的关闭确实成为了草海与外海平均水温差距缩小的时间节点。本项目提出以下建议：当地政府应加大对火电厂管理的比重，提高对过滤装置与冷却装置的要求标准。包括禽畜养殖业，农业，城市用地在内的土地利用是对水质的另一大威胁。其政策制定的严格程度与管理强度应不亚于火力发电厂。

对此与会各方提出以下建议：一是补充数据来源信息，在报告中增加电厂对水生态重要性的分析；二是阐明研究结论的边界条件；三是简要说明模型的参数选取与验证；四是剥离环境因素影响，聚焦电厂对水质的影响；五是根据研究目标，梳理提炼研究结论；六是加强同步监测实验，引入多源卫星遥感数据，提高模型精度与适用性。

该项目通过遥感技术进行了长时间序列的对水温与叶绿素浓度和水体透明度的相关性的探索。尽管遥感影像质量受多种条件限制，其运作成本低和覆盖范围广的特点会使它成为主流的、对水质研究的方式。尽管遥感技术只能描述相关性而非因果关系，所得出的结论只能揭示各参数时空分布的规律，但由于该项目研究时间跨度长，涉及多个研究参数，对水生态环境的研究仍有重要的参考意义。

2020 年 10 月全国空气质量状况

2020 年 10 月，全国 337 个地级及以上城市平均 PM_{2.5} 浓度为 30 微克/立方米，**同比下降 3.2%**；O₃ 浓度为 111 微克/立方米，**同比下降 9.8%**；NO₂ 浓度为 29 微克/立方米，**同比持平**。

国家大气污染防治攻关联合中心副主任柴发合表示，受到典型的秋冬季静稳气象条件影响，京津冀及周边地区出现几次区域性污染过程，10 月“2+26”城市 PM_{2.5} 浓度为 52 微克/立方米，**同比上升 11.0%**，其中北京市 PM_{2.5} 浓度 42 微克/立方米，**同比下降 0.1%**。长三角地区 41 个城市 PM_{2.5} 浓度为 31 微克/立方米，**同比下降 14.0%**。汾渭平原 11 个城市 PM_{2.5} 浓度为 39 微克/立方米，**同比上升 1.4%**。

10 月，重点地区 O₃ 浓度同比改善。京津冀及周边地区“2+26”城市 O₃ 日最大 8 小时平均浓度第 90 百分位数为 120 微克/立方米，**同比下降 10.5%**，其中北京市 O₃ 浓度为 69 微克/立方米，**同比下降 27.4%**。长三角地区 41 个城市 O₃ 污染也较为严重，浓度为 134 微克/立方米，**同比下降 10.3%**。汾渭平原 11 个城市 O₃ 浓度为 89 微克/立方米，**同比下降 39.4%**。



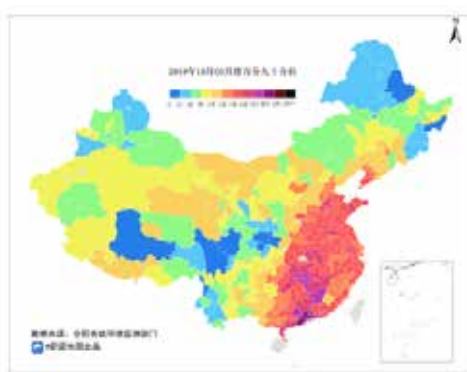
2020 年 10 月 PM_{2.5} 月均值



2019 年 10 月 PM_{2.5} 月均值



2020 年 10 月 O₃ 月评价价值



2019 年 10 月 O₃ 月评价价值



2020 年 10 月 NO₂ 月均值



2019 年 10 月 NO₂ 月均值

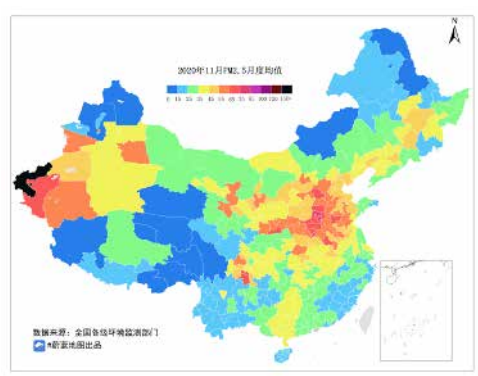
(数据来源：蔚蓝地图；制图：蔚蓝地图)

2020 年11 月全国空气质量状况

2020 年11 月，全国337 个地级及以上城市平均PM_{2.5} 浓度为37 微克/ 立方米，**同比下降8.0%**；O₃ 浓度为101 微克/ 立方米，**同比上升1.3%**；NO₂ 浓度为31 微克/ 立方米，**同比下降5.0%**。

11 月，重点地区PM_{2.5} 浓度同比改善显著。京津冀及周边地区“2+26” 城市PM_{2.5} 浓度为60 微克/ 立方米，**同比下降5.2%**，其中北京市PM_{2.5} 浓度37 微克/ 立方米，**同比下降16.2%**。长三角地区41 个城市PM_{2.5} 浓度为37 微克/ 立方米，**同比下降15.9%**。汾渭平原11 个城市PM_{2.5} 浓度为58 微克/ 立方米，**同比下降13.8%**。

11 月，京津冀及周边地区“2+26” 城市O₃ 日最大8 小时平均浓度第90 百分位数为93 微克/ 立方米，**同比上升6.3%**，其中北京市O₃ 浓度为58 微克/ 立方米，**同比持平**。长三角地区41 个城市O₃ 污染也较为严重，浓度为111 微克/ 立方米，**同比下降9.6%**。汾渭平原11 个城市O₃ 浓度为101 微克/ 立方米，**同比下降11.0%**。



2020 年11 月 PM_{2.5} 月均值



2019 年11 月 PM_{2.5} 月均值



2020 年11 月 O₃ 月评价



2019 年11 月 O₃ 月评价



2020 年11 月 NO₂ 月均值



2019 年11 月 NO₂ 月均值

(数据来源：蔚蓝地图；制图：蔚蓝地图)

责任编辑：尹乐 徐薇 钱文涛 才婧婧 盖怡君 姜一秀 周雪萌
核 稿：刘欣

