



Editorial

迈向碳中和的挑战与对策

张小曳^a, 高翔^b^a State Key Laboratory of Severe Weather & Key Laboratory of Atmospheric Chemistry of the China Meteorological Administration, Chinese Academy of Meteorological Sciences Beijing 100081, China^b State Key Laboratory of Clean Energy Utilization, State Environmental Protection Engineering Center for Coal-Fired Air Pollution Control, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China

张小曳



高翔

中国向世界承诺力争到2060年实现碳中和, 这表明中国要走出一条新的发展道路——与1979年以来40多年间取得过辉煌成就将有所不同的绿色、低碳、高质量的发展道路。这也体现了中国一贯坚持的“合道而顺德”的发展理念, 重视多边机制, 以及愿意为适应和减缓气候变化等全球关切问题作出更大贡献的坚定决心。中国还希望通过碳中和行动, 改变其能源结构, 进而产生新的产业结构和社会经济发展, 以更好地迎接第四次工业革命的挑战, 并在这一过程中发挥积极作用。此外, 碳中和战略目标的实现将对发展的长治久安产生深远影响。

未来, 中国将面临许多挑战和不确定性, 这些挑战和不确定因素涉及至2050年不同阶段的人为二氧化碳(CO₂)的排放峰值时间和碳排放量的变化情景以及可再生能源在电力系统中的使用程度。到2050年或2060年, 中国虽经各种努力还可能面临仍有部分化石能源燃烧产生

CO₂残留在大气中的问题, 这就需要使用碳捕集与封存(CCS)技术。CCS重大科技基础设施的建设是CCS技术创新、降低成本和风险、商业推广和关键技术人才培养的决定性因素。除了CCS, 碳捕集、利用与封存(CCUS)是另一种值得关注的手段, 可解决大气中CO₂残留的问题。在捕集、利用与封存方面, 仍有重大的科技难题和机遇需要克服或实现。

除了在大型工业活动中实现碳中和外, 在诸如污水处理等与社会生活密切相关的活动中, 同样存在着与实现碳中和相关的科学与技术问题。碳中和行动的效果也需要及时监测、核校和评估。此外, 中国还需要学习和借鉴其他国家的做法和经验, 并在此基础上不断进步。本期专题通过评审选取了6篇研究性论文和一篇综述论文, 旨在展现碳中和科学和技术的最新见解。

在本期专题中, 张枢和陈文颖利用中国的MARKAL-EFOM综合系统(TIMES)模型, 设计了4个面向碳中和的能源转型情景, 对因实现碳达峰时间不同和2050年碳排放量不同引起的转型路径差异进行了比较。结果表明, 中国的碳排放峰值(10.3亿~10.4亿吨)将出现在2025—2030年之间, 到那时, 可再生能源将占中国能源消耗总量(以热值计算)的60%、占发电总量的90%, 电气化率将接近60%。作者强调, 更早实现排放峰值将产生更多的短期效益, 这需要在2025年之后加速淘汰煤炭, 并在接下来的10年里广泛部署可再生能源。

马劲风等回顾了发达国家 CCS 项目的发展和分类，为其他国家部署和推广 CCS 项目提供参考。发达国家的实践表明，CCS 重大科技基础设施的建设已成为 CCS 技术创新、降低成本和风险、商业推广和关键技术人才培养的决定性因素。

林青阳等提出了 CCUS 关键方面的技术要点，并提出化学吸收需要高效和低成本吸收剂才能用于碳捕获。在碳利用方面，未来电化学转化的发展方向是开发高活性、可选择且稳定的电催化剂并完成电解槽设计与优化。在碳封存方面，成功的部署依赖于对流体力学、地质力学和反应运输的更好理解。

Blunt 和林青阳指出多相流在多孔介质中的应用与当前的能量转换有关。他们提出了一个设计多相驱替的框架，该框架对流动、圈闭和饱和度都是最优选择。此外，该框架可用于设计高效的设备和有效的封存方案，该方案可利用非破坏性三维（3D）成像、分析和建模方面的最新进展。

Lam 等评估了全球四个城市（阿姆斯特丹、墨尔本、

纽约和东京）中城市水系统温室气体（GHG）排放管理的进展情况以及从中吸取的经验教训。研究表明，水系统靠自身实现碳中和十分困难，要实现城市的碳中和目标，就需要与其他部门携手共进。该方法还涉及拓展通常的水工业系统边界，以利用外部工程和非工程机会。

刘竹等回顾了传统的基于年度的人为碳排放清单方法和新兴的实时碳排放监测估算技术。作者认为，实时碳排放监测技术将有力地支持中国的碳中和战略，并为全球提供一个近实时碳排放量认识框架。

魏一鸣等通过评估 1995—2020 年间涉及双碳目标的 1105 篇文献，总结了实现碳达峰和碳中和所涉及的优先事项、前景以及科学和战略需求。在全面回顾该方向研究现状的基础上，作者提出了有助于实现未来碳中和的理论见解和实践对策。

我们相信，这些文章可以为读者提供科学、技术和政策管理方面的最新研究进展信息，以实现碳中和及地球可持续发展的未来目标。