

“燃煤发电CCUS”专题

客座主编致读者

“争取2030年前碳达峰，2060年前碳中和”是党中央统筹国内国际两个大局作出的重大战略决策。以解决“双碳”关键核心科技问题为抓手，立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破，加强“双碳”与环保技术的科技支撑，在能源绿色低碳领域从基础研究、关键核心技术突破到综合示范全链条研发布局。CO₂捕集、利用与封存（CCUS）作为一种极具潜力的碳减排技术可以实现化石能源利用近零排放，促进煤电等难减排行业的深度脱碳，对于最终实现“碳达峰、碳中和”目标具有重要意义。

近年来，我国在CO₂化学吸收、CO₂吸附材料及CO₂捕集装置工艺、CO₂资源化利用技术领域均取得了重要进展。鉴于此，应《洁净煤技术》编辑部邀请，我们组织了“燃煤发电CCUS”专题，总结报道该领域的最新研究成果与技术热点，探讨未来发展方向。专题收录了来自西安交通大学、昆明理工大学、浙江大学、南京理工大学、宁夏大学、南京师范大学、国家能源集团、中国能源建设集团、中国石油工程建设有限公司等多家单位的13篇论文。内容涵盖我国碳捕集及资源化领域的关键技术、核心材料、设备与工艺的最新研究成果。

CO₂化学吸收方面：浙江大学方梦祥团队综述了两相吸收剂的技术特点和研发进展，对混合胺型两相吸收剂、有机溶剂型两相吸收剂和无水型两相吸收剂的分相行为、能耗、黏度、吸收负荷等特性进行分析。其中有机溶剂型两相吸收剂在能耗、黏度和成本等方面优势相对更明显。国电电力发展股份有限公司顾永正等依托600 MW等级燃煤机组，开展了低能耗煤电CCUS工程创新实践，完成国内最大规模的15万t/a燃烧后CO₂捕集-驱油/封存全流程示范工程；首创形成了“级间冷却+分流解吸+机械式蒸汽再压缩闪蒸”高效节能新工艺，燃煤烟气CO₂捕集率>90%、再生能耗<2.4 GJ/t，整体性能指标达到国际领先水平。

CO₂吸附材料方面：中国石油工程建设有限公司宋菁等基于碱金属熔盐修饰Ni/MgO双功能材料CO₂吸附-甲烷化技术，构筑了NaNO₃修饰Ni/MgO一体化双功能材料。揭示了双功能材料中的碱金属熔盐在低温条件下（~300℃）可促进CO₂和MgO溶解扩散，提升CO₂吸附性能，较高温度（>340℃）导致CO₂和MgO溶解扩散受阻，致使材料团聚烧结和熔盐分解，造成其吸附性能衰减。

CO₂资源化利用技术方面：宁夏大学胡修德团队认为将二氧化碳转化为高附加值产品的过程被认为是应对气候变化和能源高速消耗的有效措施。甲醇作为一种重要的碳载体和氢载体，目前利用CO₂制甲醇催化剂虽然有一定研究进展，但其实现工业化还有一定难度，CO₂催化加氢制甲醇整体所需工业成本较高，其中制氢成本是影响过程经济性的关键因素。浙江天地环保科技股份有限公司胡达清等以煤基废弃物燃煤灰渣、脱硫石膏为主要原料，揭示了适宜剩余水灰比有助于提高加气混凝土的CO₂固定率和早期抗压强度。

CO₂捕集装置工艺方面：南京理工大学吴焯团队针对某300 MW燃煤机组，利用Aspen Plus搭建模拟了基于碱金属基干法碳捕集、封存耦合供冷系统，利用凝结水循环进行深度耦合，达到回收

CO₂压缩封存过程中冷量的目的，有效降低碳捕集成本。国家能源集团龙源（北京）碳资产管理技术有限公司韩冰等以300 MW机组及年产量200万吨碳捕集系统数据为基础，对集成MVR热泵的解吸单元进行约束条件设置灵活、优化过程直观的整体建模优化。

值此专题刊出之际，我们谨代表编辑部对众多学者的踊跃投稿表示真诚的谢意，同时感谢同行专家们对每篇稿件耐心细致的审阅和提出的真知灼见。希望本专题能加深读者对燃煤发电CCUS领域相关技术的了解和关注，共同助力我国“双碳”技术的发展。

段伦博 王涛 李孔斋

2023年4月

客座主编



段伦博 教授

东南大学 能源与环境学院

段伦博，东南大学青年首席教授，博士生导师。长期从事洁净煤技术、固体废弃物处理、CO₂捕集及利用等方面研发工作，低碳能源科研团队负责人，国家优青、青年拔尖。主持国家自然科学基金6项（联合重点、优青和面上等），国家重点研发计划课题1项，任务2项，973子课题1项，并获美国能源部、韩国科技部等外资项目4项。在*Combustion and Flame*、*Proceedings of the Combustion Institute*、*Environmental Science & Technology*等权威刊物发表论文190余篇，其中SCI收录120余篇，5篇论文被选为期刊封面/封底，4篇论文入选“ESI高被引论文”，论文被引用4900余次，H因子42。以第1发明人获授权专利20项，部分专利实现成果转化。2019年和2014年分别获得教育部自然科学奖二等奖。担任科技部国家重点研发计划指南专家（2021年至今），第八届全国青年燃烧学术会议程序委员会共同主席（2023年），第46届“Clearwater Clean Energy”会议“MSW Combustion”论坛主席（2022年），第24届国际流化床转化会议程序委员会委员（2022年），担任第四届国际流化床富氧燃烧会议召集人（2014年）。为*Cleaner Chemical Engineering*副主编、《洁净煤技术》副主编、《燃烧科学与技术》和《煤炭学报》等领域权威期刊编委/青年编委。



王涛 教授

浙江大学 能源工程学院

王涛，浙江大学能源工程学院教授，博士生导师。兼任中国二氧化碳捕集利用与封存产业技术创新战略联盟青年工作委员会执行副主任，中国可持续发展研究会气候变化工作委员会委员，中国环境科学学会碳捕集利用与封存专委会委员，浙江省工程热物理学会秘书长。长期从事CO₂捕集及利用领域相关研究，近年来开发了用于空气CO₂直接捕获的新型变湿再生技术、CO₂矿化养护混凝土等负排放技术。开发的针对大气CO₂直接捕获的变湿吸附技术，在2018年美国科学院、工程院联合发布的碳负排放报告中被列为该领域的两大主要技术方法之一。近年来在*The Journal of Physical Chemistry Letters*、*Environmental Science & Technology*、*Applied Energy*等国际知名期刊发表SCI论文40余篇，承担国家重点研发计划课题、国家自然科学基金、浙江省杰出青年基金等课题10余项。



李孔斋 教授

昆明理工大学 冶金与能源工程学院

李孔斋，昆明理工大学教授，博士生导师，“教育部长江学者奖励计划”青年学者。从事冶金炉气资源化与能源催化等方面研究。主持国家自然科学基金项目、科技部重点研发计划子课题和云南杰出青年基金等课题19项，在*Chem*、*Nature Communications*、*Chemical Society Reviews*、*ACS Catalysis*、*Nano Energy*等国际著名期刊发表SCI收录论文163篇，其中第一/通讯作者论文98篇，论文引用5100余次，H因子41，在科学出版社出版学术专著1部。以第一申请人申请国家发明专利43项，获授权国家发明专利26项，7项实现应用。获云南省政府特殊津贴、云南省青年科技奖、云南青年五四奖章等荣誉称号，获云南省自然科学特等奖和云南省科技进步一等奖各1项。兼任中国有色金属学会节能减排专业委员会、*International Journal of Coal Science & Technology*编委会和中国稀土学会催化专业委员会等委员。