

“氨合成与利用”专题

客座主编致读者

党的二十大报告提出加快规划建设清洁低碳、安全高效的能源体系。氨作为一种具有战略价值的清洁能源，为实现能源结构快速调整、加快碳中和进程提供了新选择。我国的氨生产、储运、供给等环节已成体系，《“十四五”新型储能发展实施方案》明确指出开展依托可再生能源制氨的新型储能技术，发展低碳高效的氨合成和利用技术势在必行。

氨是一种重要的化工原料，在工业生产、农业应用以及生物领域发挥着极其重要的作用。截至2023年底，我国合成氨年产能已突破7000万吨，成为全球最大的合成氨生产国之一。氨的能量密度高、运输成本低，是一种极具发展潜力的载氢零碳能源，在能源领域具有广阔的应用前景。现行的合成氨工业存在能耗高、碳排放强度大等问题，与当前双碳目标背景极不相符。而且，氨气较高的点火能、较低的火焰传播速度、狭窄的可燃极限及NO_x排放问题导致其稳定清洁燃烧困难。因此，发展氨的绿色高效合成与新型利用技术具有重要的科学与工业应用价值。

我国在氨的合成、燃烧及新能源合成氨系统耦合等方面开展了大量深入研究，取得了一系列重要的研究进展。应《洁净煤技术》编辑部邀请，我们组织了“氨合成与利用”专题。专题收录了来自清华大学、华中科技大学、西安交通大学、南京理工大学、中国科学院大连化学物理研究所、北京低碳清洁能源研究院等国内多家高校与科研机构的8篇论文，包括2篇综述与6篇研究论文，系统总结了氨的绿色高效合成、掺混燃烧、多能互补合成氨系统集成等方面的科学技术及政策进展。具体内容如下：

（1）氨的高效合成研究：中国科学院大连化学物理研究所王润泽等综述了化学链合成氨的发展历史、载氮体的分类及近期研究进展，最后对载氮体材料的设计思路及化学链合成氨过程的前景进行了展望。南京理工大学吴锦等针对化学链合成氨反应过程中铝基载氮体会不可避免转化为活性较低的 α -Al₂O₃从而降低氨合成效率的问题，利用共沉淀法制备了一系列Cr掺杂的CA-x%（x=0、2.5、5.0、7.5、10.0）铝基载氮体，开展了改性载氮体的化学链合成氨反应特性研究。其中，CA-5%载氮体表现出较好的合成氨循环稳定性。

（2）合成氨系统集成方面：北京低碳清洁能源研究院龚思琦等建立了大规模风光互补发电制氢-储氢-合成氨系统的配置模型，基于西北地区典型风光发电曲线研究了风光配比、制氢容量、制氢最小负荷和氢气储罐体积等关键参数对系统运行的影响规律，并分析了系统的全年运行特性。

（3）煤粉掺氨燃烧方面：清华大学张瑞方等综述了氨燃料在锅炉燃烧设备中应用的最新进展，重点关注各类应用研究在克服氨燃烧性质较差、NO_x排放高两大技术挑战上采取的措施，展望了氨燃料燃烧技术的发展前景。上海交通大学汪鑫等结合50 kW下行试验炉开展了不同工况下针对燃煤掺氨燃烧产物的排放和过程分布特性研究。西安交通大学朱生刚等结合立式管式炉氨氧化反应试验平台研究了氨煤混燃过程中不同种类高碱煤灰对氨氧化反应排放特性的影响，对比了不

同温度下各类煤灰表面NH₃转化率及NO生成率两大指标，从试验结果和反应机理两个层面阐述了煤灰中各类金属氧化物对氨氧化反应排放特性的具体影响。华中科技大学余荣浩等针对煤掺氨燃烧NO_x生成控制问题，提出了氨预分解后燃烧的燃烧策略及内置高速空气射流阵列结构的新型煤掺氨旋流燃烧器结构。采用CFD燃烧数值模拟探究空气分级比、过量空气系数及氨燃料喷口尺寸对氨煤掺烧火焰结构以及NO排放的影响。

(4) 纯氨燃烧方面：华中科技大学谢智成等通过数值模拟对某10 kW_{th}天然气旋流燃烧器中纯氨的燃烧和NO_x排放性能进行仿真分析，并进一步探讨了空气射流特性的影响规律，以优化燃烧器的纯氨燃烧能力。

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宝贵意见。希望本专题能加深读者对氨合成与利用的了解和关注，从而促进该领域相关研究和技术的快速发展。

沈来宏 吴焯

2024年5月

客座主编



沈来宏 教授
东南大学

沈来宏，东南大学能源与环境学院教授。2000年瑞典Chalmers University of Technology高级访问学者，从事化学链燃烧理论研究，2002年回国后积极推动化学链技术的发展，是国际化学链会议主要发起人之一，担任第1~6届国际化学链会议科学委员会委员，以及第4届国际化学链会议主席，是我国化学链技术领域的领军人。主持国家重点研发计划项目“煤的化学链燃烧和气化技术”、国家自然科学基金重大项目课题以及中-美、中-德重点国际合作项目等20余项，提出化学链制氨、Fe-Mn双金属载氮体、生物质氮氨转化、载氧体分级氧化等化学链理论和关键技术，推动相关理论和技术的发展；连续入选2014—2023年度Elsevier高被引中国学者榜。



吴焯 副教授
南京理工大学

吴焯，南京理工大学能源与动力工程学院副教授，南京理工大学能源动力类教学中心副主任。长期从事氨的绿色合成与清洁利用、CO₂捕集与利用等方面的研究工作，发表SCI论文43篇，他引1000余次。主持/参与国家自然科学基金、国家重点研发计划项目、江苏省“碳中和”专项课题等省部级及以上项目。入选江苏省“六大人才高峰”计划，江苏省优秀硕士学位论文指导教师，荣获教育部自然科学奖二等奖1项（排名第3），江苏省工程热物理学会科学技术奖二等奖（1/2）。兼任江苏省/南京市锅炉协会理事，江苏省工程热物理学会理事兼副秘书长，中国电力环资专委会成员。