

浦江创新观察

2024-27

(总第 27 期)

上海浦江创新论坛中心

2024 年 9 月 11 日

编者按:2024浦江创新论坛——未来能源论坛以“推动未来能源技术革命 加快绿色低碳转型发展”为主题，来自国内外知名专家学者围绕未来能源技术创新的最新研究成果与实践展开深入研讨。本期专报对未来能源论坛嘉宾观点进行梳理，供参考。

2024 浦江创新论坛专报之二十

未来能源技术革命 赋能绿色低碳转型新纪元

未来能源是赢得新一轮科技革命和产业变革先机的关键，积极发展清洁能源，推动经济社会绿色低碳转型，为中国式现代化建设提供安全可靠的能源保障，为共建清洁美丽的世界作出更大贡献。与会嘉宾一致认为，以创新驱动、经济可行、安全支撑为导向的未来能源技术发展将为创新发展注入新活力，要准确把握全球未来能源发展趋势，加强未来能源科技创新和国际合作交流，开辟未来能源新赛道。

一、未来能源技术发展最新趋势

一是能源结构聚焦在氢能、绿色燃料、未来核心三方面的创新突破。在氢能方面，中国科学院院士包信和指出，碱性电解水制氢已实现商业化应用，如车规级氢能、波动性可再生能源中，质子交换膜电解水制氢已显现优势，国际上 PEM 电解槽已开展部分商用，固体氧化物电解水制氢技术已达样机示范运行状态，成为欧美多国的研发重点。西门子能源发电集团中国战略项目执行总监 Michael Moeller 认为，燃气轮机中的氢气燃烧能够实现二氧化碳零排放，同时弥补可再生能源波动性。在绿色燃料方面，中国工程院院士黄震提出，电解水制氢和空气中的氮气来制绿氨、二氧化碳加氢制甲醇，以及二氧化碳电催化制绿色燃料是未来的发展方向。中国科学院上海高等研究院副院长魏伟提出，生物质发酵或气化制备绿色甲醇和可持续航空燃料，已处于部分商业化生产建设阶段，但大部分仍处于研究示范阶段。可再生绿电取代二氧化碳、氮气和水反应合成绿色燃料，将促进能源结构优化和新产业兴起。在未来核电方面，中国能源建设有限公司首席科学家罗必雄认为，2035 年前可实现商用快堆，未来在先进反应堆、先进材料、先进后处理等技术方面要重点突破，如熔盐净化、锆系分离与纯化等。

二是能动技术创新呈现出多路线并行的发展趋势。中核集团首席科学家刘永提出，世界主要国家战略均聚焦于本世纪中叶实现聚变能商用，我国可控核聚变正转入工程验证（实验堆）阶段。但目前仍面临燃烧等离子体稳态自持运行、耐高能中子轰击及高

热复合材料、氙增殖与自持循环三大科技挑战，以及强场高温超导磁体、等离子体运行与控制、热量传导三大工程难题。黄震对未来船海绿动提出了展望：短距离摆渡船、小型船可利用氢能；吨位较高的内河航运、沿海短途船舶可利用电驱动；远距离万千瓦的发动机可利用绿色燃料，以及传统的柴油发动机需叠加碳捕捉系统。

三是能源储存创新多元化技术路径并举。罗必雄指出，我国主要压缩空气储能技术路线为零碳排放的非补燃式压缩空气储能系统，未来压缩空气储能技术将向单机更大（600-1000MW）、更高效（70-75%电-电转换率）、更长时间（跨日到跨月的持续放电时间）、更灵活（液化压缩空气储能、液化二氧化碳压缩储能）等方向发展。黄震提出，零碳电力制氢和合成燃料，既提供了绿色燃料，又是一种新型储能方式，可以实现跨季节、大规模的广域共享。

四是能碳捕用开展经济可行的技术路径探索。包信和认为二氧化碳转化利用（CCUS）的可能途径包括光化学过程、热催化过程和电催化过程。其中，中高温质子膜电解器实现二氧化碳和水共电解制得的CO，与绿氢结合制合成气，实现煤化工和CO₂转化过程零排放是现阶段可行的技术路径。

二、研发成果转化重点关注各技术路线的经济可行，强调安全可控

一是关注收益是否可观并利于推广。魏伟提出，CO₂ 与水电化学制合成气+费托合成制 SAF 技术，以目前 SAF 售价 2 万元/t，电价 0.2 元/度计，年营收近 1 亿元；以电价 0.5 元/度计，年营收约 2 亿元。黄震指出，电解甲醇和绿氨的成本分别为 0.188-0.275 和 0.191-0.269 元/MJ，与传统氨(0.172 元/MJ)持平，略高于重柴油。绿色燃料的成本很大程度取决于氢源（绿电）和碳源（生物质和碳捕集）的成本、全球碳约束，如受欧盟碳关税、碳配额及碳奖惩等，以及绿电的零边际成本特性影响。

二是关注效益是否显著且前景乐观。包信和提出，工业系统碳排放占 69.9%，其中 21%为钢铁行业，钢铁行业可通过氢气还原铁和酸性溶液电沉积铁脱碳，预计未来两种途径电耗达 4500 kWh/t Fe，经济可行，无技术挑战，总体前景可行。二氧化碳加氢制甲醇远期成本预测可达 2259 元/t，且其成本随电价降低、甲醇规模增大和碳补贴政策逐步降低。在绿氢生产方面，提高效率和降低电价是关键。

三是关注技术创新、风险预控、安全保障及资源可持续性。英国皇家工程院院士 Joan Cordiner 提出，工业脱碳需提高新兴技术的风险预备度，如引入新的政策和监管体系，以及预测式制订新的标准。黄震认为，除发动机可用性、大规模制备经济性、燃料可供性、法律标准完备性外，安全性也是绿色燃料规模化应用的关键因素。罗必雄指出，压水堆/快堆与热堆构成“二元体系”，成为叠加发展的主力核电堆型，确保铀资源安全高效利用，实现我国能源安全。

三、上海推进未来能源发展的相关建议

一是制定绿色燃料的上海本地化方案。魏伟提出，上海的生物物质资源有限，生物质生产绿色燃料的能力也因此受到制约。在这种情况下，上海应谨慎部署生物质合成燃料路径，明确上海绿色燃料的技术路线与产业布局具有重要的战略意义。

二是提升上海可再生能源利用率和利用途径。可再生能源不仅可以为制氢提供电力，还能作为转化二氧化碳的重要途径。当前，上海在深远海风电领域具有较大的发展潜力，若上海能够将20%的绿电用于绿色燃料生产，将为上海绿色燃料产业发展提供有力支持。罗必雄还提出，绿色燃料的来源可以充分利用东北地区的风电和生物质资源。东北的风电资源丰富，生物质储量充足，通过整合生物质、风能和光能进行制氢，再输送至上海是可行的路径。同时，长江中下游的湖南、湖北和江西也是生物质的重要来源。

整 理：李丹妮、王 越

编辑：殷梦宇

责任编辑：王 冰

电话：021-53300806

传真：021-64381056

E-mail: wangbing@siss.sh.cn

地址：上海市淮海中路1634号3号楼102室

邮编：200031

