

未来能源体系重要组成——氢能

杨天让¹, 赵海雷², 余家国³(1. 华北电力大学能源电力创新研究院, 北京 102206; 2. 北京科技大学材料科学与工程学院, 北京 100083;
3. 中国地质大学(武汉)材料与化学学院, 武汉 430074)

关键词: 氢能; 储能; 能源转型

中图分类号: TK91 文献标志码: A 文章编号: 0454-5648(2024)06-1789-02

1800 年, 英国科学家威廉·沃尔夫发现了水可以通过电解分解成氢气和氧气的原理, 这标志着氢能的起源。随后, 19 世纪初威廉·格罗夫斯提出的燃料电池为氢能利用提供了理论支持。20 世纪初, 氢气被广泛应用于气球、火箭等领域, 而燃料电池的商业化应用则始于 20 世纪中叶, 然而受限于技术和成本等问题, 发展相对缓慢。二十世纪 70 年代的石油危机引发了人们对替代能源的迫切需求, 推动了氢能技术的研究和应用。进入 21 世纪, 随着环境问题的日益突出和可再生能源的发展, 氢能技术迎来了全新的发展机遇。在低碳能源转型中, 氢能不仅可以实现清洁发电, 还可帮助可再生能源大规模消纳, 实现电网大规模调峰和跨季节、跨地域储能, 从而加速推进工业、建筑、交通等领域的低碳化, 被认为是未来能源体系的重要组成部分。

我国是世界上最大的制氢国, 国内氢能产业已初步掌握氢能制备、储运、加氢、PEM 燃料电池发电(用氢)和系统集成等主要技术和生产工艺。更高效的固体氧化物燃料电池技术的放大集成, 也在集中攻关。为促进氢能产业高质量发展, 我国制定了《氢能产业发展中长期规划(2021-2035 年)》等一系列支持鼓励政策, 重点强调科技创新的重要性。截至目前, 全国已发布约 911 个氢能相关政策, 其中包括 155 个国家层面政策。全国 31 个省、自治区和直辖市(不含港澳台), 仅有黑龙江、云南、西藏尚未制定省级氢能产业规划。氢能的战略定位已被提升到了未来国家能源体系的重要组成部分和用能终端实现绿色低碳转型的重要载体层面, 氢能产业被确定为战略性新兴产业和未来产业重点发展方向。

尽管我国在氢能产业取得了一定进展, 但我国

氢能产业起步较晚, 仍处于发展初级阶段, 面临诸多挑战和机遇。一方面, 氢气来源仍以化石能源制氢和工业副产氢为主。化石能源制氢和工业副产制氢工艺成熟、成本较低, 短期仍将是主要氢源, 但化石能源储量有限, 且制氢过程仍存在碳排放问题, 工业副产制氢产量有限且供应辐射路程短。低成本低排放绿氢制取是产业面临的重要挑战之一。长远来看, 电解水制氢易于和可再生能源结合, 规模潜力更大, 是最有潜力的绿氢供应方式。另一方面, 氢储运技术面临着安全性、储存效率、成本、输送系统完善、基础设施建设和环境影响等多方面挑战。我国已建成加氢站数量仍较少。液氢加氢站、制氢加氢一体站建设和运营经验不足。现阶段氢的输运主要以高压气态长管拖车运输为主, 管道运输仍为短板弱项。相比而言液氢存储和固态储氢无需压力容器, 运输便捷, 是未来实现大规模氢能储运的方向, 但氢气液化及固态储氢技术成本较高尚未完全实现商业化。

因此, 编者邀请了来自中国科学院、南开大学、上海交通大学、西安交通大学、华中科技大学、华南理工大学、北京科技大学、华北电力大学、中国矿业大学、景德镇陶瓷大学等单位的专家学者就氢能储能研究新进展进行了介绍, 形成了本专题的主要内容框架。本专题包括 5 篇研究论文和 6 篇综述论文, 内容包括碱性水电解槽关键材料、质子交换膜催化剂、固体氧化物电池关键技术、光解水制氢材料、固态储氢材料等方面的内容, 代表了氢能技术领域国内外的研究现状和发展趋势, 并结合国家重大需求, 深入开展在祖国大地上的研究工作。

最后,衷心感谢各位作者、审稿专家和编辑对本专题的奉献。希望本专题内容可以为绿色低碳氢

能制取、储运和应用等环节关键核心技术的科学研究与工程实践提供理论指导和参考。

Key Component of Future Energy Systems: Hydrogen Energy

YANG Tianrang¹, ZHAO Hailei², YU Jiaguo³

(1. Institute of Energy Power Innovation, North China Electric Power University, Beijing 102206, China;

2. School of Materials Science and Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China;

3. Faculty of Materials Science and Chemistry, China University of Geosciences, Wuhan 430078, China)

Keywords: hydrogen energy; energy storage; energy transition

※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※



赵海雷, 北京科技大学材料科学与工程学院教授, 博士生导师。2007 年入选教育部新世纪人才计划。北京市新能源材料与技术重点实验室常务副主任, 北京硅酸盐学会副理事长, 中国硅酸盐学会固态离子学理事。一直从事新型能源存储与转换材料的研究。主要开展锂(钠)离子电池、固体氧化物燃料电池、液态金属电池等研究。曾主持国家自然科学基金面上和重点项目、国家 863、973 项目、国家重点研发、国际合作、北京市自然科学基金等。申请和授权国际和国内专利 78 项。在 *Adv. Energy Mater.*, *Adv. Funct. Mater.*, *ACS Nano*, *Energy Storage Mater.*, *Chem. Mater.*, *J. Mater. Chem. A* 等国际著名期刊已发表 SCI 收录论文 270 余篇。2014–2023 年连续 10 年入选 Elsevier 中国高被引学者。



杨天让, 华北电力大学能源电力创新研究院副教授, 硕士生导师。2018 年博士毕业于美国南卡罗莱纳大学机械工程系州立燃料电池中心, 华北电力大学国家储能技术产教融合创新平台和氢能学科建设骨干。研究方向为氢能与燃料电池关键材料和器件。参与多项美国能源部重大项目, 曾任美国西北大学项目组首席研发人员, 研究成果被美国橡树岭国家实验室专题报道。国际电化学学会会员, 美国化学学会会员, 氢能领域研究成果已发表学术论文 40 余篇, 授权国家发明专利 7 项。2020 年 9 月人才引进入职华北电力大学后, 主持了国家自然科学基金青年项目、北京市科协青年托举工程人才项目、国家重点研发计划青年科学家项目课题和国家重点研发计划项目子课题等, 负责多项央企委托横向项目。



余家国, 中国地质大学(武汉)教授、欧洲科学院院士、国家杰出青年基金获得者, 主要从事光催化、电催化、太阳燃料等方面的研究工作, 获得过国家自然科学基金二等奖, 全国创新争先奖、花刺子米国际奖等。