

新能源制氢及氢能应用的发展

丁文静

国华(宁夏)新能源有限公司 宁夏 银川 750002

摘要: 在双碳目标驱动下, 新能源制氢及氢能应用成为能源转型关键方向。本文梳理新能源制氢技术从传统化石能源向可再生能源转型的脉络, 分析氢能储运技术多元化发展与网络布局逻辑, 探讨交通、工业及新兴领域氢能应用场景拓展路径, 阐述全产业链协同创新、国际合作与竞争格局以及创新机制与平台建设对氢能产业生态协同发展的支撑作用, 为氢能产业规模化、绿色化发展提供参考。

关键词: 新能源制氢; 氢能储运; 应用场景; 产业生态; 协同发展

引言: 全球能源结构加速向低碳化、清洁化转型, 氢能凭借清洁高效、来源广泛等优势, 成为能源领域战略选择。新能源制氢作为氢能产业源头, 其技术突破与成本降低是产业发展的核心前提。氢能储运技术决定氢能规模化应用可行性, 应用场景拓展则关乎氢能市场需求释放。同时, 产业生态协同发展涉及全产业链创新、国际合作及创新机制构建等多方面。深入研究新能源制氢及氢能应用发展, 对推动能源转型、实现可持续发展具有重要意义。

1 新能源制氢技术发展脉络

1.1 技术路线演进

制氢技术路线的演进呈现鲜明的低碳化转型特征, 传统依赖化石能源的制氢模式正逐步向可再生能源制氢转型, 这一转型趋势契合全球双碳目标下能源结构优化的核心需求, 也是氢能产业实现绿色可持续发展的关键路径^[1]。电解水制氢作为可再生能源制氢的核心技术, 历经长期技术迭代形成多路径并行发展格局, 碱性电解技术起步最早且实现工业级应用, 但其存在电流密度受限、气体纯度不足等局限; 在此基础上, 质子交换膜电解技术实现突破, 具备结构紧凑、动态响应迅速等优势, 可适配波动性可再生能源制氢需求; 固体氧化物电解技术依托高温反应特性实现更高电解效率, 却受限于催化材料失活等问题; 阴离子交换膜电解技术融合前两者优势, 成本可控且响应高效, 成为当前研发热点。新型制氢技术的探索持续推进, 海水电解制氢凭借丰富资源潜力获得广泛关注, 光解水制氢、生物质制氢则依托清洁能源特性, 为制氢技术多元化发展提供新路径, 丰富了可再生能源制氢的技术体系。

1.2 关键技术突破方向

电解槽效率提升是新能源制氢技术突破的核心抓手, 重点围绕电流密度优化与膜材料耐久性增强展开, 通过

优化电极结构、改进膜材料性能, 在提升产氢速率的同时, 降低能量损耗, 推动电解槽综合性能升级。催化剂创新聚焦贵金属依赖难题, 研发方向集中于非贵金属催化剂的开发与性能优化, 通过材料结构设计与组分调控, 提升催化活性与稳定性, 减少对铂、钌等贵金属的依赖, 降低催化剂制备成本。系统集成技术的优化聚焦实际应用场景适配, 多槽混联模式提升制氢规模灵活性, 集群控制技术实现多电解槽协同运行, 离网波动运行适配技术则解决可再生能源发电波动性带来的制氢稳定性问题, 通过多技术融合实现制氢系统与可再生能源发电系统的高效协同。

1.3 技术瓶颈与挑战

绿氢与灰氢的经济性竞争仍是当前产业发展的主要瓶颈, 绿氢成本尚未达到与灰氢竞争的经济性拐点, 即便在风光资源富集区域成本有所下探, 整体仍受电解槽设备成本、储能配套成本等因素制约。电解槽规模化生产过程中面临显著矛盾, 规模化量产可降低单台设备成本, 但生产规模扩大易导致产品一致性下降, 进而影响设备寿命, 如何平衡规模化生产与设备耐久性成为亟待解决的问题。新型制氢技术面临实验室成果向工业化转化的多重障碍, 技术成熟度不足、工程化应用经验欠缺, 加之配套设施不完善, 导致多数新型制氢技术仍停留在实验室验证阶段, 难以实现规模化落地应用。

2 氢能储运技术体系构建

2.1 储运技术多元化发展

氢能储运技术的多元化发展是支撑氢能产业规模化落地的核心前提, 各类技术路径并行推进、互补优化, 形成覆盖不同场景的储运技术矩阵。气态储运聚焦现有基础设施适配与性能升级, 高压气态储氢瓶技术持续迭代, 通过纤维缠绕工艺革新与材料性能优化, 实现储氢压力提升与重量轻量化, 逐步向更高压力规格与更优安

全性能升级；掺氢天然气管道改造依托现有天然气管道网络，通过管道材质适配性优化与输送参数调整，实现氢气与天然气的协同输送，降低氢能储运基础设施建设成本^[2]。液态储运重点突破装备自主化与远距离运输能力，低温液氢储运装备聚焦核心部件自主研发，打破国外技术垄断，推动装备性能与国产化水平同步提升；液氢海运技术聚焦低温保温与安全管控，通过装备结构优化与运输流程规范，实现远距离、大规模液氢运输能力的逐步突破。固态储运以材料性能提升为核心，镁基与钛基储氢材料通过组分调控与制备工艺优化，持续提升储氢性能，优化储氢密度，推动储氢材料向高效化、轻量化方向发展。化学储运依托物质转化实现氢能安全储运，有机液态储氢聚焦储氢介质改良与脱氢效率提升，氨与甲醇储氢技术通过反应路径优化，持续提升技术成熟度，拓展氢能储运的应用场景。

2.2 储运网络布局逻辑

氢能储运网络布局遵循资源适配、效率优先、场景导向的核心逻辑，实现储运资源的合理配置与高效利用。区域化储运立足可再生资源分布格局，围绕绿氢产地布局储运设施，推动绿氢就近消纳，减少跨区域运输损耗，实现能源资源与储运需求的精准匹配，提升区域氢能利用效率。跨区域调配依托现有能源基础设施，整合天然气管道掺氢技术与纯氢管道建设，结合液氢运输优势，构建多方式协同的跨区域氢能输送网络，打破氢能地域分布限制，实现氢能资源的跨区域优化配置。场景化适配聚焦不同领域氢能应用需求，针对工业园区规模化用氢需求，构建集约化供氢体系；围绕交通领域氢能应用，完善加氢站网络布局，提升加氢便利性；面向分布式能源储氢需求，优化储运设施小型化、模块化设计，实现氢能储运与分布式能源系统的高效适配^[3]。

2.3 储运技术协同创新

氢能储运技术的协同创新贯穿材料、装备、管理全链条，推动储运系统综合性能升级。材料科学突破聚焦储氢容器性能优化，重点开展轻量化、高强度储氢容器材料研发，通过碳纤维等新型材料的应用与改性，提升容器承压能力与使用寿命，降低储运成本。装备制造升级聚焦核心装备自主化与规模化，推动70MPa储氢瓶量产技术优化，解决生产过程中的一致性与稳定性问题，提升量产效率；加快液氢泵阀等核心部件国产化进程，打破国外技术封锁，提升储运装备自主可控水平。数字化管理聚焦储运全流程管控，推动实时监测与自动化控制技术在储运环节的深度应用，实现氢能储运过程中压力、温度等关键参数的精准管控，提升储运安全性与效率，

为氢能储运体系稳定运行提供技术支撑。

3 氢能应用场景拓展路径

3.1 交通领域应用深化

交通领域是氢能应用落地的核心场景，应用深化聚焦技术升级与场景适配，推动氢能逐步成为交通领域绿色转型的重要支撑。氢燃料电池汽车发展坚持商用车与乘用车并行推进的路径，依托燃料电池技术迭代优化，持续提升续航里程与补能效率，通过膜电极材料改良、电堆结构优化，破解低温启动与耐久性难题，兼顾不同出行场景的使用需求，推动车辆性能与使用体验双向提升。氢能航空领域聚焦技术突破与场景试点，液氢燃料航空发动机研发持续推进，重点攻克低温存储、燃烧效率等关键技术，支线航空与无人机场景凭借场景灵活性先行探索应用，为氢能航空规模化发展积累技术与运营经验。氢能船舶应用聚焦内河航运与近海运输场景，推进燃料电池动力系统的适配应用，通过动力系统优化与船体结构调整，适配水上运输的特殊环境，降低航运领域碳排放，丰富水上绿色运输技术路径。

3.2 工业领域应用转型

工业领域氢能应用转型聚焦高耗能环节脱碳，依托技术创新推动氢能与传统工业工艺深度融合，助力工业领域实现绿色低碳发展^[4]。钢铁冶金行业加快低碳转型步伐，氢基直接还原铁技术逐步替代传统高炉炼铁工艺，省去高污染、高排放的烧结、焦化环节，以氢为主要还原剂实现铁矿石还原，从源头减少碳排放，推动冶金行业向近零碳生产转型。化工合成领域推动绿氢与传统工艺耦合，绿氢逐步融入煤制合成氨、甲醇生产流程，通过工艺优化实现生产过程脱碳，契合工业领域清洁低碳氢应用的发展导向，提升化工产品的绿色属性。能源耦合领域聚焦传统能源与氢能的协同利用，煤电机组掺氢燃烧、燃气轮机掺氢发电技术不断走向成熟，通过燃烧方式优化与系统适配，提升能源利用效率，同时降低化石能源消耗带来的碳排放，实现传统能源系统的低碳升级。

3.3 新兴领域应用探索

氢能在新兴领域的应用探索不断拓展，依托技术创新挖掘多元应用价值，构建多元化应用生态。低空经济领域依托氢能高效清洁的优势，推进氢能无人机物流与载人飞行器研发，通过储氢技术优化与动力系统升级，提升装备续航能力与运行稳定性，适配低空物流、短途载人等新兴场景需求。智能电网领域推动氢能储能与可再生能源发电协同发展，氢能储能凭借储能周期长、容量大的优势，实现可再生能源发电的协同调峰，缓解新能源消纳难题，提升电网运行稳定性与灵活性，完善新

型电力系统构建。建筑领域聚焦分布式能源应用,推进氢能热电联供系统的落地应用,整合氢能发电与热能供应功能,适配分布式能源场景需求,实现建筑用电与供热的清洁化供给,同时提升能源综合利用效率,为建筑领域低碳转型提供新路径。

4 氢能产业生态协同发展

4.1 全产业链协同创新

氢能产业生态构建的核心在于全产业链协同创新,打破各环节壁垒,推动上下游、中游协同联动,形成覆盖制氢、储运、应用全流程的创新体系^[5]。上游聚焦氢源供给多元化优化,可再生能源制氢依托风光等清洁能源优势,逐步扩大绿氢供给规模,工业副产氢提纯技术持续升级,提升氢源纯度与利用效率,两者形成技术互补格局,丰富氢源供给渠道,支撑产业绿色低碳发展。中游侧重产业支撑能力提升,储运装备制造聚焦核心装备性能优化与规模化生产,氢能基础设施建设围绕储氢、运氢、加氢全环节布局,两者深度联动,实现装备制造与设施建设的精准适配,降低产业发展的基础设施成本。下游以需求牵引产业升级,应用场景开发持续拓展,覆盖交通、工业、新兴领域等多元场景,商业模式创新不断推进,通过多元化模式设计激活市场需求,牵引上游氢源供给与中游储运支撑能力同步升级,形成产业发展的良性循环。

4.2 国际合作与竞争格局

氢能产业的国际化发展呈现合作与竞争并存的格局,我国立足自身产业优势,积极参与全球氢能产业协同发展。技术输出方面,电解槽装备凭借技术、价格与交货周期的综合优势,逐步扩大出口规模,覆盖中东、欧洲、东南亚等多个区域,海外项目推进模式向总承包转型,整合装备供应、工程建设、运营服务全链条能力,提升国际市场竞争力。标准制定领域,我国主动参与国际氢能标准体系构建,聚焦制氢、储运、应用等关键环节的标准对接与制定,推动我国技术规范与国际标准兼容,逐步提升在全球氢能标准领域的话语权。供应链安全聚焦核心环节自主可控,关键材料与核心装备国产化替代进程持续加快,着力突破国外技术封锁,提升电解槽、储氢容器等核心产品的自主研发与生产能力,筑牢产业发展的供应链安全屏障,应对全球产业竞争中的不确定性。

4.3 创新机制与平台建设

创新机制与平台建设是氢能产业生态协同发展的重要支撑,通过多元载体搭建,推动技术创新与产业应用深度融合。产学研用深度融合聚焦核心技术联合攻关,高校、研究院所以基础研究与技术开发为核心,企业以市场需求与成果转化为导向,双方紧密协作,打通科研与产业的壁垒,推动实验室技术向工业化应用转化^[6]。创新联合体以企业为核心主导,整合行业优势资源,搭建绿色氢能制储运创新平台,聚焦全链条关键技术协同攻关,提升产业整体创新能力与核心竞争力。实证实验基地聚焦技术规模化应用验证,推进规模化制氢多场景测试平台建设,覆盖制氢、储运、应用全环节,为技术迭代优化与工程化应用提供数据支撑,加速氢能技术从实验室走向产业落地,完善氢能产业创新生态。

结束语

新能源制氢及氢能应用发展是能源领域的重要变革。从制氢技术不断突破,到储运技术多元化构建网络,再到应用场景在多领域持续拓展,氢能产业生态在全产业链协同、国际合作与创新机制支撑下逐步完善。这一过程不仅推动能源结构优化,减少碳排放,还带动相关产业升级与创新。随着技术进步与产业生态成熟,氢能将在能源体系中发挥更重要作用,为经济社会发展提供清洁、高效、可持续的能源保障,助力全球绿色发展目标实现。

参考文献

- [1]黄清鲁,赵丽丽.新能源制氢及氢能应用的发展前景[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(17):98-100.
- [2]孙培锋,吴守城,卢海勇,等.新能源制氢及氢能应用浅述[J].能源研究与信息,2021,37(4):207-213.
- [3]曾凯华,刘凯.新能源视域下氢能技术在汽车制造业的探索与应用[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(18):112-113,116.
- [4]栾天翔,赵维维.新能源制氢技术发展现状及研究进展综述[J].石化技术,2022,29(8):153-154.
- [5]刘佳育,罗纳,李俊辰,等.氢能航空发动机研究现状及发展制约因素[J].材料研究与应用,2024,18(2):299-308.
- [6]李鑫圣.氢能在新能源领域的应用[J].黑龙江科学,2021,12(16):44-45.