

全球氢能竞赛的驱动因素、 当前格局及经济地理效应

周亚敏

摘要：氢能是国家新能源体系的重要组成部分，也是全球实现碳中和目标的重要手段之一。近年来，世界各国逐渐加大部署氢能的力度并形成了全球氢能竞赛态势，其本质是各国受能源安全与脱碳压力的二维驱动，进而在全球氢价值链中寻求有利的分工位置。各国依据资源禀赋和技术优势形成不同导向的国家氢能战略，主要有大规模进口氢、大规模出口氢和自给自足氢并加以规模化工业应用这三种类型。各国差异化导向的氢能战略有助于构建全球氢经济地理新格局。各国政府逐渐将氢外交纳入国家经济外交议程，积极发展与氢相关的投资及贸易关系。全球南方国家应借助全球氢能发展浪潮，加快完善国内基础设施并开发多应用场景，以氢能为抓手促进经济起飞。

关键词：碳中和 氢能 能源载体 经济地理

作者简介：周亚敏，中国社会科学院大学国际政治经济学院副教授、中国社会科学院亚太与全球战略研究院副研究员。

DOI:10.16845/j.cnki.ccieeqh.2024.03.004

《巴黎协定》温控目标与全球碳中和共识促使经济社会朝着脱碳化方向发展，并催生出诸多零碳技术及产业链条。氢气作为一种不含二氧化碳的能源载体，其燃烧产物只有水，具有气候友好特征；生产氢气是一项转换业务而非开采业务，具有环境友好特征；氢气转换所需矿物投入远低于可再生能源，如风电和光电，具有矿物友好特征；氢气能够帮助“难以消减”（hard to abate）的部门实现脱碳，如航空、海运、钢铁生产和化学品制造等部门，具有独特替代价值。出于上述原因，近年来各国逐步加大对氢能开发利用的政策支持力度，初步形成全球氢能竞赛态势。2023 年 12 月，联合国气候变化框架公约（UNFCCC）第 28 次缔约方大会（COP 28）进行首次全球盘点后，也提出要加快部署低碳制氢技术。^① 绿色氢能的开发与利用已成为全球应对气候变化的重要途径和能源变革的重要方向，也将成为世界各国能源技术与产业竞争的焦点。^② 本文将从国际分工和全球价值链视角分析各国参与氢能竞赛的比较优势和切入点，展示当前全球氢能竞赛的驱动因素、格局及经济地理效应。

一、全球氢能竞赛的驱动因素

全球氢能竞赛突出体现为近五年出台氢能战略的国家数量不断攀升。2017 年全球只有日本制定了

^①UNFCCC. Outcome of the First Global Stocktake, December 2023, <https://unfccc.int/documents/636608>.

^②刘坚、景春梅、王心楠：《氢储能成全球氢能发展新方向》，《中国石化》，2022 年第 6 期，第 69~71 页。

国家氢能战略，而当前出台国家氢能战略的国家或地区已达 30 余个。美国、欧盟、澳大利亚、中国、韩国、印度等经济体纷纷发布国家氢能计划并制定路线图。根据国际能源署（IEA）的净零排放情景评估，氢气消费量将从 2020 年的 8700 万吨增至 2050 年的 5.28 亿吨，其中 68% 将通过电解法产生，38% 将通过化石燃料产生。^① 根据氢能理事会的评估，2050 年全球氢市场将满足最终能源需求的 18%，与氢相关设备（如电解槽、加氢站和燃料电池）的销售额每年可达 2.5 万亿美元并创造 3000 万个就业岗位，每年可减少 60 亿吨二氧化碳排放。^② 彭博新能源财经的评估则更为乐观，认为 2050 年氢市场将满足高达 24% 的最终能源需求并带来 11 万亿美元的投资机会。^③ 氢能已成为守成国与崛起国争夺技术、市场和经济优势的新场域。各国在国内层面受脱碳压力与能源安全的二维驱动，不断寻求在全球氢价值链中占据有利的国际分工位置。

（一）国内层面受能源安全与脱碳压力的二维驱动

氢是一种可持续、多功能和多来源的能源载体，可持续是因为它不会直接排放温室气体或空气污染物，多功能是因为它可以广泛应用于运输、工业、电力和建筑等领域，多来源是因为可再生能源电力和化石能源电力均可制氢。国家层面实施氢能开发计划主要是从保障国家能源安全和加快推进脱碳进程两个方面来考量的。

从能源安全角度而言，氢能超越太阳能和风能之处在于其不存在间歇性问题，不受白天黑夜或严冬酷暑等因素的刚性约束。作为一种可存储、可调度的能源载体，氢能优于风光等间歇性能源，也优于并网电池。从技术上而言，氢可以在世界上任何地方生产与消费。大部分国家既可以是氢的生产国同时也可以作为氢的消费国，出口国不大可能将氢贸易武器化，进口国也不大可能受制于一个小的卡塔尔供应商。^④ 任何形式的氢能都可增强一国的能源独立性和复原力，主要通过三种方式加强能源安全：第一，减少对化石能源的进口依赖；第二，缓解能源价格波动；第三，通过多样化方式提高清洁能源系统的灵活性和韧性。目前，推出氢能战略的国家都将“提升能源安全”视为发展氢能的协同目标之一。恰恰是未能实现能源独立的国家或地区，如日本、德国和欧盟等，率先实施氢能战略，这从侧面反映出氢能在确保国家能源安全方面的潜力。国际组织也在积极推进氢能发展议程，比如 IEA 从能源安全和技术安全方面展开相关工作，国际原子能机构（IAEA）对核能制氢提供深入见解，七国集团（G7）和二十国集团（G20）则为潜在的氢能国际俱乐部模式提供平台。

从缓解脱碳压力角度而言，氢能的优势在于其可与气候议程相关联。助力实现碳中和是国家层面实施氢能战略的重要考量之一，与能源安全考量并驾齐驱。建构氢经济并将其从国家层面拓展至区域层面乃至全球层面，对实现巴黎气候目标具有重大意义。尤其是对于长途运输、化工、冶金和钢铁等行业而言，仅靠电气化很难抑制排放，实现大规模的深度脱碳相当困难，这些“难以消减”的高碳部门需要借助氢能脱碳。氢气也是航空和航运部门减少碳排放的可行方案，因为这两个领域的低碳燃料

^①International Energy Agency (IEA), Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector, May 2021, <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>. 说明：氢气的生产过程依据不同工艺产生的碳排放不同，灰氢是指从煤炭或天然气中提取的氢气，属于高碳氢；蓝氢是在灰氢的工艺基础上配备碳捕捉利用封存技术，属于低碳氢；绿氢是指用可再生能源电力电解水获得的氢气，属于零碳氢；紫氢是指用核电电解水获得的氢气，属于零碳氢。绿氢和紫氢都属于清洁氢范畴。

^②Hydrogen Council. Our Vision: The Hydrogen Economy in 2050, November 2017, <https://hydrogencouncil.com/en/study-hydrogen-scaling-up/>.

^③Bloomberg NEF. Hydrogen Economy Outlook, March 2020, <https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf>.

^④M. Scott and G. Powells. Towards A New Social Science Research Agenda for Hydrogen Transitions: Social Practices, Energy Justice, and Place Attachment, Energy Research & Social Science, 2020, Vol. 61, pp. 1~10.

替代品有限。为实现去碳化目标，美国加利福尼亚州已大量投资研发低碳氢能项目。自 2015 年《巴黎协定》签署以来，日本在氢能领域的投资不断增加，并将其视为去碳化的关键手段之一。欧盟对绿氢的兴趣源于其 2050 碳中和目标，欧盟氢能战略设定的目标是到 2050 年氢能占比要达到其能源结构的 13%~14%，而目前这一比例仅为 2%。^①正是在全球碳中和趋势的引领下，氢能作为一种新型、清洁、低碳的能源载体，被各国视为新一轮能源技术的重点方向。

（二）各国欲在全球氢价值链中占据有利的分工位置

全球氢价值链仍处于技术变革和路径选择的筛选阶段，各国依据自身比较优势参与竞争并确定分工位置。应对气候变化并不是标准经济学框架所理解的集体行动问题，而是一个社会技术变革和创新问题，^②涉及企业、国家和社会之间的复杂互动。去碳化的过程并不完全是单个国家独自部署零碳能源的努力，而是数个国家相互依存的集体过程。^③全球氢价值链具有与可再生能源价值链相似的特征，即研发创新、生产制造和终端消费三大环节缺一不可，并且都具有越积累越领先的特征。但二者的不同之处在于，由于制氢的技术路线和物质投入存在诸多选择，从而为不同国家嵌入全球氢价值链提供了差异化选择。比如，蓝氢和绿氢都能生产出完全相同的氢气，但在能源基础设施和工业流程方面却需要截然不同的支持。蓝氢需要天然气的开采、运输、加工和碳捕捉利用与封存（CCUS）工业，而绿氢需要廉价的电解槽、淡水资源和可再生能源电力。从长期来看绿氢是最理想的选择，但在中短期内蓝氢将发挥重要的过渡作用。

各国氢能战略与自身能源需求、研发能力和资源禀赋密切相关。日本、韩国、德国等依赖外部能源供应且具有强大技术创新能力的国家，其国家氢能战略以大规模进口为导向；澳大利亚、智利、摩洛哥等可再生能源丰富的国家，其国家氢能战略以大规模出口为导向。以大规模进口为导向的国家致力于全球氢价值链中的创新研发和运输环节，以大规模出口为导向的国家则致力于低成本制氢和管道基础设施建设或改造。中东国家正在依靠开发制氢能力来维持其作为世界主要能源供应国的地位，其丰富的可再生能源电力可用于制造绿氢，其丰富的天然气资源可用于制造蓝氢，具备两条制氢路径并举的资源禀赋。阿联酋的“氢领导力路线图”就明确采取了上述双轨并行的方案。

各国和各行业都在争夺全球氢价值链上的技术领先地位。比如，2020 年 6 月德国宣布斥资 90 亿欧元扩大氢气产能并要使德国成为全球氢能技术的主要供应国。德国电力公司（RWE）和钢铁制造商蒂森克虏伯（Thyssenkrupp）启动合作计划将绿氢用于钢铁生产，日本汽车制造商本田和丰田均押注燃料电池汽车（FCEV）将在续航里程等指标方面完胜电动汽车。^④从空中客车公司宣布氢飞机的概念设计，到瑞典公司启动无碳钢试点工厂，再到沙特阿拉伯启动 4 吉瓦（GW）的绿氢工厂，全球氢市场正在逐渐从利基市场走向主流市场。^⑤

^①Scita, Rossana, Pier Paolo Raimondi, and Michel Noussan. Green Hydrogen: The Holy Grail of Decarbonization? An Analysis of the Technical and Geopolitical Implications of the Future Hydrogen Economy, Fondazione Eni Enrico Mattei Working Papers, 2020, No. 13, p. 25.

^②N. Harrison and J. Mikler. Climate Innovation: Liberal Capitalism and Climate Change, London: Macmillan, 2014, pp. 15~36.

^③Erick Lachapelle, Robert MacNeil and Matthew Paterson. The Political Economy of Decarbonisation: from Green Energy “Race” to Green “Division of Labour”, New Political Economy, 2017, Vol. 22, No. 3, pp. 311~327; European Parliament. EU Hydrogen Policy: Hydrogen as an Energy Carrier for a Climate – Neutral Economy, March 2021, [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689332/EPRS_BRI\(2021\)689332_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689332/EPRS_BRI(2021)689332_EN.pdf).

^④Thijs Van de Graaf, et al. The New Oil? The Geopolitics and International Governance of Hydrogen, *Energy Research & Social Science*, 2020, Vol. 70, p. 4.

^⑤Thijs Van de Graaf. The Next Prize: Geopolitical Stakes in the Clean Hydrogen Race, *Oxford Energy Forum*, 2020, No. 126, pp. 30~34.

二、全球氢能竞赛的当前格局

各国的资源禀赋、技术水平、能源需求和基础设施存在差异，因而在全球氢能竞赛中制定出不同导向的国家氢能战略。总体而言可分为三类（见表1）：第一类是以大规模进口氢为导向的国家，第二类是以大规模出口氢为导向的国家，第三类是氢自给自足并致力于氢工业规模化的国家。

表1 不同资源禀赋及技术特征下的国家氢能战略

国家氢能战略导向	典型国家	特征
大规模进口氢	欧盟、日本、韩国等	能源进口依赖，先进氢技术
大规模出口氢	智利、澳大利亚、印度、新西兰、摩洛哥等	丰富的可再生能源，中等氢技术
氢自给自足并致力于氢工业化	中国、美国、巴西等	可再生能源丰富，具备氢工业化应用基础

资料来源：作者根据相关资料汇总而得。

当前全球氢能生产仍以灰氢和蓝氢为主，但从中长期看势必必要过渡到绿氢。根据伍德麦肯兹估计，绿氢的生产成本到2040年将与化石燃料制氢成本持平，降幅高达64%。^①如果考虑实施碳税后蓝氢和灰氢成本上升的影响，绿氢的成本下降幅度将更为明显。从消费端而言，中国、美国、中东、印度、欧洲位列全球氢能消费前五位（见图1）。

（一）以大规模进口氢为导向的国家

以大规模进口氢为导向的主要有欧盟、日本和韩国等能源消费需求高，但自身能源禀赋不足，常年处于能源贸易赤字的国家或地区，其国家氢能战略侧重于拓展氢进口潜力、多元化氢供给来源以及开发氢终端应用新技术。这些以大规模进口氢为导向的国家，往往是经济发达但能源供应严重依赖外部供给的国家，对于拓展氢能供应来源具有极大兴趣，同时自身也具备经济基础和研发能力展开针对氢能的技术攻关，因此往往在氢技术开发和储能方面处于世界前沿水平，其目标就是要打造海外氢能生产中心并将开发出的氢能运回本国使用。

欧盟委员会于2020年7月发布《欧洲氢能战略》，将发展氢能确定为实现《欧洲绿色新政》（Europe Green Deal）的关键优先事项，其战略重点是发展绿氢，计划到2030年前分别在欧洲内部和临近地区各布局40GW电解槽用于生产绿氢。^②欧盟认为氢能战略有助于巩固其全球能源转型标准制定者的地位，提出要通过与国际标准化组织（ISO）和国际可再生能源署（IRENA）合作，从而为“交流绿氢经验和最佳做法创造更多机会”。^③从欧盟内部来看，德国是绿氢开发最为领先的国家，德国氢能战略的发布（2020年6月）早于欧盟氢能战略，该战略拨款

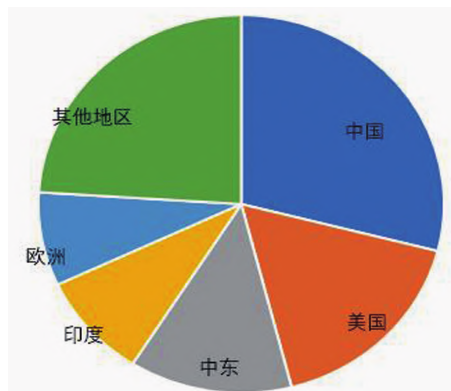


图1 2022年全球氢能消费格局

资料来源：IEA, Global Hydrogen Review 2023。

^①Wood Mackenzie. Green Hydrogen Costs to Fall by up to 64% by 2040, August 2020, <https://www.woodmac.com/press-releases/green-hydrogen-costs-to-fall-by-up-to-64-by-2040/>.

^②European Commission. EU Hydrogen Strategy, July 2020, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/865942/EU_Hydrogen_Strategy.pdf.pdf.

^③EU Commission. A Hydrogen Strategy for A Climate – Neutral Europe, September 2023, <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/carriage/eu-hydrogen-strategy/report?sid=7301>.

70 亿欧元用于国内绿氢生产，20 亿欧元用于海外（主要是北非）绿氢生产。^① 德国于 2023 年再次更新国家氢能战略，将德国 2030 年绿氢的电解产能目标从 5GW 提升至 10GW，并计划于 2028 年前在德国境内建成 1800 公里的氢能管道，且借助“欧洲氢骨干”（EHB）倡议与邻国相连。^② 欧盟氢能战略与欧盟复苏计划的资金相关联，为南欧国家如西班牙和意大利提供了氢经济发展机遇。欧盟氢战略旨在通过利用不同地区的工业集群来拓展氢气供需的基础设施，建立“氢谷”乃至“氢走廊”将可再生能源潜力大的地区与氢气需求中心进行串联。^③ 在 COP 28 会议期间，欧盟和 13 个国家宣布成立“气候俱乐部”，称将利用碳排放交易系统（ETS）的收入投资欧洲氢气生产，并启动欧洲氢能银行。

日本是全球第一个推出国家氢能战略的国家，早在 2017 年宣布要建成全面的“氢社会”，开发“最高效的氢能管理系统”，为氢气的进口和分销布局大规模基础设施。日本政府 2020 年在氢能和燃料电池领域的投资约为 6.7 亿美元，并计划到 2030 年实现 80 万辆 FCEV 和 900 个加氢站的交通目标。^④ 2020 年 6 月日本从文莱接受的第一批液态有机氢，采用日本提供氢液化关键技术、文莱进行生产并向日本出口氢的模式，首次实现了有机液态氢的长距离海运。这一事件在能源转型发展史上被视为与“甲烷先锋号”^⑤ 具有同等重大意义。2020 年 9 月，日本从沙特阿拉伯进口第一批蓝氨（以氢为原料），标志着日沙双边能源贸易内容的多元化突破。对日本而言，从可再生能源相对丰富和廉价的地区进口氢有助于降低其能源转型成本。历史上，日本对液化天然气的大幅进口承诺使其成为全球液化天然气市场的先锋国家；在今天，日本对氢大规模进口的承诺也有望使其成为全球氢市场的先锋国家。

韩国 2019 年出台国家氢能路线图，将氢能确定为经济增长和创造就业的引擎。韩国计划到 2030 年使用氢能为全国 10% 的城市、县城和乡镇提供电力，到 2040 年这一指标增至 40%，到 2050 年使氢成为其最大的单一能源载体并占总能源消耗的 1/3。^⑥ 韩国至 2020 年布置的客运 FCEV 超过 1 万辆，排世界首位，政府计划到 2025 年增至 20 万辆。韩国主要关注 FCEV 的生产和大型固定式燃料电池技术，比如全球第一辆商用 FCEV 就由韩国现代公司制造，世界最大的燃料电池制造厂由韩国能源公司 POSCO Energy 投建。但韩国采取的是一种较为模糊的低碳氢战略，旨在普遍扩大氢的生产和消费，而非聚焦于清洁氢。^⑦

（二）以大规模出口氢为导向的国家

具备丰富可再生能源并在地理上毗邻氢需求中心的国家纷纷出台以大规模出口氢为导向的氢战略。如澳大利亚、智利、新西兰、摩洛哥等具备丰富的可再生能源生产廉价绿电。海湾沙漠国家拥有充足的太阳能辐射和广阔的沙漠地带，具备大规模出口氢的能力，但海水淡化技术可能推高制氢成

^①The Federal Government. The National Hydrogen Strategy, June 2020, https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/files/bmwi_nationale_wasserstoffstrategie_eng_s01.pdf?__blob=publicationFile&v=1.

^②朱宏康、刘凡：《2023 年德国〈国家氢能战略〉助推能源转型》，《中国材料进展》，2023 年第 10 期，第 847 页。

^③International Renewable Energy Agency (IRENA). Geopolitics of the Energy Transformation – The Hydrogen Factor, January 2022, https://www.irena.org/publications/2022/Jan/Geopolitics_of_the_Energy_Transformation_Hydrogen.

^④Japan Ministry of Environment. Summary of Japan's Hydrogen Strategy, https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/low-carbon-h2-sc/PDF/Summary_of_Japan's_Hydrogen_Strategy.pdf.

^⑤“甲烷先锋号”是 20 世纪 50 年代美国首次以海运方式向英国运送液态天然气的货轮名称。

^⑥Recharge. “Our Largest Energy Source”: South Korea Plans 40 Foreign Hydrogen Bases to Meet Vast Future Demand, December 2021, <https://www.rechargenews.com/energy-transition/our-largest-energy-source-south-korea-plans-40-foreign-hydrogen-bases-to-meet-vast-future-demand/2-1-1110526>.

^⑦Troy Stangarone. South Korean Efforts to Transition to A Hydrogen Economy, Clean Technologies and Environmental Policy, 2021, Vol. 23, pp. 509 ~ 516.

本。对于中东和北非国家而言，发展氢出口可产生协同收益，一方面能实现经济多元化以摆脱对石油和天然气出口的依赖，另一方面其地理位置及现有管道基础设施为欧洲和亚洲市场服务具备比较优势。

澳大利亚 2019 年发布国家氢能战略，致力于发展清洁、安全和有竞争力的氢气行业。该战略提出 57 项联合行动，重点是国家协调、吸引氢投资、发展生产能力、监管和国际承诺、创新和研发、技能和劳动力发展以及发展社区信心。^① 澳大利亚还发起一系列氢能国际合作，并将日本、韩国、中国和新加坡视为首选市场。兰德公司 2022 年为澳大利亚政府遴选的国家关键技术中就包含氢能开发利用。^② 2020 年 1 月，澳大利亚与日本签署了《氢能与燃料电池合作联合声明》，为两国氢能产业的合作发展铺平道路。澳大利亚可再生能源机构（ARENA）于 2020 年 4 月宣布筹集 7000 万美元帮助澳大利亚快速部署清洁氢生产。2021 年 4 月，莫里森政府宣布为氢气行业投资 2.76 亿美元，目的是加速在澳大利亚建立 4 个额外的清洁氢枢纽，并创建一个清洁氢认证体系。^③ 澳大利亚作为全球最大的绿氢生产国，正在从生产能力、技术范式和认证标准三方面引领全球氢能生产。

基于可再生能源禀赋制定氢能出口战略的国家还有智利、印度、阿曼、俄罗斯和纳米比亚等。智利的国家氢能战略将自身定位为清洁燃料和能源载体的国际来源，提出智利将利用其参与的国际平台以及与 171 个国家的外交关系来释放氢出口潜力。2020 年智利还举办了绿色氢能峰会，另一个氢能潜在出口国阿曼于 2021 年效仿这一做法。纳米比亚港务局与鹿特丹港签署谅解备忘录，旨在建立一条绿色氢气贸易新路线。印度于 2021 年 8 月启动国家氢能计划，目标是成为“全球绿色氢生产和出口中心”，莫迪总理认为绿色氢能对于印度在 2047 年实现能源独立的“飞跃”至关重要。俄罗斯能源部 2020 年出台“氢能发展计划草案”，支持“实施氢气生产领域的优先试点项目，包括建立试点工厂”，并设想到 2024 年出口 20 万吨氢气，到 2035 年出口 200 万吨氢气。^④ 欧盟氢能战略发布后，俄罗斯主动转向开发新技术以生产低碳氢，并探讨利用现有天然气管道向欧洲出口氢气的可能性。

（三）能够实现氢自给自足并引领氢工业的国家

能够实现氢自给自足的国家主要有中国、美国和巴西等，这些国家可以借助自身丰富的可再生能源发电并生产具备成本优势的绿氢。但当前全球具备强大制氢能力且具备规模化氢工业能力的国家只有中国和美国，两国均制定了明确的氢能工业发展目标，构建覆盖交通及储能的多元氢应用生态，有望成为全球氢生产和规模化应用的引领者。

中国“十四五”规划提出要在氢能与储能等前沿科技和产业变革领域谋划布局一批未来产业。习近平总书记 2023 年 7 月在四川考察时指出，要科学规划建设新型能源体系，促进水风光氢天然气等多能互补发展。^⑤ 2022 年出台的《氢能产业发展中长期规划（2021—2035 年）》提出，到 2025 年形成较为完善的氢能产业发展制度政策环境，FCEV 保有量约 5 万辆，可再生能源制氢量达 10 万吨/年~20 万吨/年；到 2030 年，可再生能源制氢广泛应用，有力支撑碳达峰目标实现；到 2035 年，形成氢

^①Australia Government. Australia's National Hydrogen Strategy, December 2019, <https://www.dceew.gov.au/sites/default/files/documents/australias-national-hydrogen-strategy.pdf>.

^②叶尔达纳·肯吉别克、莎塔娜提·热合木别克、任真：《兰德公司遴选国家关键技术的方法及其启示》，《智库理论与实践》，2023 年第 5 期，第 149~157 页。

^③Furat Dawood, et al. A Hover View over Australia's Hydrogen Industry in Recent History: The Necessity for a Hydrogen Industry Knowledge-Sharing Platform, *International Journal of Hydrogen Energy*, 2020, Vol. 45, No. 58, pp. 32916~32939.

^④The Russia Government. Draft Hydrogen Energy Development Concept, August 2021, <http://government.ru/en/news/42970/>.

^⑤新华社：《习近平在四川考察时强调 推动新时代治蜀兴川再上新台阶 奋力谱写中国式现代化四川新篇章》，求是网，2023 年 7 月 29 日，http://www.qstheory.cn/yaowen/2023-07/29/c_1129775969.htm。

能产业体系，明显提升可再生能源制氢在终端能源消费中的比重。^① 中国对氢能的战略定位是，未来国家能源体系的重要组成部分，用能终端实现绿色低碳转型的重要载体，战略性新兴产业和未来产业重点发展方向。中国是世界上最大的制氢国，年制氢产量约 3300 万吨，其中，达到工业氢气质量标准的约 1200 万吨。^② 但中国氢能产业在绿色制取、储运畅通和应用多元的产业链上中下游环节仍存在痛点难点。^③ 中国可再生能源装机容量全球第一，在绿氢供给上具有巨大潜力，但在关键设备如加氢枪和关键材料如高效冷绝缘材料两方面均依赖进口。当前中国的氢气电解槽成本是西方国家同类产品的 1/3，^④ 这引发欧洲和北美对中国主导另一项关键能源技术（继稀土、太阳能光伏板和电动汽车等领域取得领先地位之后）的担忧。合成氨、钢铁和甲醇是未来氢能工业化利用的重点领域，中国需加大政策支持力度。

美国是全球第二大氢产消国，占全球总需求的 17%。^⑤ 2020 年出台的《美国氢经济路线图》分四步走战略，欲实现 2030 年后在全美广泛部署氢能的目标，意在通过绿色创新实现清洁氢的规模化应用。美国启动“氢能地球倡议”设定“111”目标，要在 10 年内将清洁氢成本降至每公斤 1 美元。^⑥ 美国通过《通胀削减法案》和《基础设施投资与就业法案》分别向绿氢行业提供 130 亿美元和 95 亿美元的补贴，总额 225 亿美元的税收抵免将使美国绿氢产业获得的公共支持在全球范围内遥遥领先，美国绿氢产业将获得 3 美元/公斤的补贴，从而立即具备与灰氢竞争的實力。^⑦ 美国也是全球氢技术的先驱，早在 1969 年美国就首次将燃料电池作为能源整合到阿波罗 11 号中，为全球发展燃料电池提供了公信力。^⑧ 美国是世界上最大的天然气生产国之一，可以生产低成本蓝氢；同时，它拥有丰富的可再生资源 and 核能，可以生产低成本清洁氢。因此，美国基于可用资源能够建立有竞争力的氢气部门。美国针对合成氨、甲醇和绿钢的产业政策极有可能使其成为全球绿色氢价值链的引领者，并催生拥有相对较高劳动技能的产业集群。美国继页岩气革命实现能源独立后，进一步提出要在“所有形式的能源方面处于领先地位”^⑨，凸显其对全球绿色氢能竞争的预期目标。

氢能开发的技术路线图决定了，可再生能源禀赋丰富的国家在恰当的政策支持和技术条件下，均有可能成为氢出口国，大幅降低了传统化石能源进口国面临的能源安全风险，也使智利、摩洛哥和纳米比亚等能源进口国有机会转变为氢出口国。但是，氢供给能力最终取决于资本部署速度、生产能力、技术路径和运输方案。氢气的最终成本取决于供应链的各个环节，具体而言，取决于出口国和进口国的基础设施、生产途径、配送距离、储存成本以及运输成本。国家氢能战略依据自身资源禀赋而定，但其不同导向需要不同的基础设施及管理体系去配合。

①国家发展改革委、国家能源局：《氢能产业发展中长期规划（2021—2035 年）》，国家能源局网站，2022 年 3 月 23 日，http://zfxgk.nea.gov.cn/1310525630_16479984022991n.pdf。

②同①。

③景春梅、陈妍：《综合施策解决我国氢能产业发展痛点问题》，《全球化》，2023 年第 1 期，第 96~103 页。

④MFAME. China Takes Control of Technology Vital for Green Hydrogen, September 2022, <https://mfame.guru/china-takes-control-of-technology-vital-for-green-hydrogen/>。

⑤International Renewable Energy Agency (IRENA). Geopolitics of the Energy Transformation – The Hydrogen Factor, January 2022, <https://www.irena.org/publications/2022/Jan/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation-Hydrogen>。

⑥IEA. Global Hydrogen Review 2023, September 2023, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/8d434960-a85c-4c02-ad96-77794aaa175d/GlobalHydrogenReview2023.pdf>。

⑦BENF. Energy Transition Investment Trends, January 2023, <https://about.bnef.com/energy-transition-investment/>。

⑧Lebrouhi, Badr Eddine, et al. Global Hydrogen Development – A Technological and Geopolitical Overview, *International Journal of Hydrogen Energy*, 2022, Vol. 47, No. 11, p. 27.

⑨Laima Eicke and Nicola De Blasio. Green Hydrogen Value Chains in the Industrial Sector – Geopolitical and Market Implications, *Energy Research & Social Sciences*, 2022, Vol. 93, p. 7.

三、全球氢能竞赛的经济地理效应

全球氢能竞赛由全球脱碳进程推动，促使各国在氢产业链和价值链上寻求有利分工地位，进而产生一系列新的经济地理效应。首先，围绕氢气进出口议题，全球将产生新的进口国和出口国并形成新的贸易关联；其次，各国经济外交领域正逐渐纳入“氢外交”议程；最后，全球南方国家充分把握氢能发展趋势，可为本国嵌入全球清洁能源产业链抢抓机遇。

第一，氢进出口正在全球形成新的贸易关联和投资关联。能源对外依存度高的经济体正在将能源依赖关系从单一依靠化石能源进口转向多元依靠可再生能源。氢作为一种既可以承载可再生能源能量也可以承载化石能源能量的清洁载体，逐渐成为能源贸易中的新形式。一些具备丰富可再生能源禀赋和淡水资源的国家，在获得外部的技术及资金支持后具备大规模出口氢气的能力，由此构建起新的贸易关联。如当前智利和日本、摩洛哥和德国、阿曼和比利时之间的氢贸易关联正在形成新的贸易流。根据麦肯锡的评估，智利将成为未来国际绿色氢能市场中极具竞争力的参与者，具备向韩国、日本、美国、中国和西欧市场供应氢气的潜力。^① 氢贸易通过两种途径来实现关联，一种是以管道交易形成区域性市场，一种是以液态交易（甲醇或氨）形成全球性市场。以氢贸易为关切点的跨国投资产生了新的投资关联，具备氢能技术优势和资金优势但本土氢气制造能力不足的发达国家，往往在可再生能源丰富的不发达国家进行氢能投资布局。比如意大利电力公司（Enel）在智利投资建设的绿色制氢工厂是拉丁美洲最大的氢工厂，也是意大利布局全球绿氢投资的首个项目，双方在共同开发风能和绿色制氢两个方面同步合作。^② 美国在沙特投资绿色制氢工厂、德国在刚果投资绿氢工厂、日本在文莱投资制氢厂、欧洲国家在摩洛哥投资制氢厂等案例表明，氢贸易伙伴关系的构建是建立在氢投资伙伴关系的基础之上的，主要原因在于大部分发展中国家不具备制氢的技术和资金，而具备技术和资金的发达国家往往缺乏制氢的原料——充足的“绿电”。全球太阳能和风能禀赋丰富的沿海城市及具备天然气管道接入条件的地区，往往成为吸引氢投资的高地。比如中东和北非国家，依靠其巨大的太阳能潜力和其位于欧洲与亚洲市场之间的战略性地理位置而获得大量氢投资。

第二，氢外交进入国家经济外交议程。以大规模进口氢为导向的国家在外交层面积极主动纳入氢议程，氢外交正在成为各国经济外交的重要组成部分。德国和日本是全球氢外交的先行者，政府层面为达成氢能合作的双边投资协定、建设和运营基础设施、促进跨境氢气贸易而进行了大量外交磋商。德国通过外交途径推进国家氢能战略取得显著成效，已与澳大利亚、智利、摩洛哥、纳米比亚、突尼斯和乌克兰签署双边氢能协议，德国外交部设立专门的氢外交办公室来推动构建“为德国能源安全服务”的全球氢贸易伙伴关系。日本与澳大利亚、文莱、挪威和沙特阿拉伯等国就建立氢贸易链进行磋商，确保有足够的绿氢在发电领域与天然气竞争，在运输领域与汽油竞争，其附加目标是向海外销售日本的氢技术和知识。^③ 荷兰是第一个任命“氢特使”的国家，其氢外交的潜在对象国是智利、纳米比亚、葡萄牙和乌拉圭等。智利作为以大规模出口氢为导向的国家也在积极开展“绿色氢外交”。欧盟已经与非洲、拉丁美洲和亚洲部分国家签署了氢能伙伴关系协定。COP 28 通过了《阿联酋氢能意

^①McKinsey & Company. The Clean Hydrogen Opportunity for Hydrocarbon – Rich Countries, November 2022, <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-clean-hydrogen-opportunity-for-hydrocarbon-rich-countries#/>.

^②IMF. Chile's Bet on Green Hydrogen, December, 2022, <https://www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2022/12/country-case-chile-bet-on-green-hydrogen-Bartlett>.

^③Monica Nagashima. Japan's Hydrogen Strategy and Its Economic and Geopolitical Implications, October 2018, https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/nagashima_japan_hydrogen_2018_.pdf.

向声明》，27 个国家已同意批准全球氢能认证标准，并承认现有的氢能认证计划，以帮助开启全球低碳氢能贸易，这是以气候多边外交带动氢外交的生动案例。在各国政府和国际组织开展氢外交的积极推动下，全球双边及多边氢协议的数量与日俱增。

第三，全球南方国家应充分借助全球氢能发展大势，为本国嵌入全球清洁能源价值链寻求新发展机遇，通过建立氢贸易关联来重塑自身的经济地理格局。对于具备丰富可再生能源禀赋的全球南方国家而言，如何将这种禀赋转化为推动经济增长的动力，是一个重大而迫切的现实问题。比如，非洲拥有的水能、太阳能和风能理论蕴藏量是全球的 11%、40% 和 30%，^①但目前开发比例很低。非洲当前的工业体系无法生产和消纳如此巨量的可再生能源电力，但若能将其转化为清洁氢出口，则可产生多重收益。首先，氢贸易所需的管道投资及建设有助于提升非洲的基础设施水平及质量；其次，通过出口绿氢非洲获得嵌入全球清洁能源价值链的历史性机遇和新比较优势；最后，非洲通过吸纳北方国家先进的氢工业相关技术及资金，有望逐步建立起本地区的氢能产销系统，进而实现绿色跨越式发展。因此，在全球氢能蓬勃发展浪潮下，南方国家有望获得嵌入全球清洁供应链的契机，能将原本因技术限制而只能在本地产消的可再生能源转化为一种可出口的能源商品，这无疑是零碳转型时代欠发达地区及国家面临的宝贵历史机遇。

四、结语

世界各国以国家战略和顶层设计积极推进氢能部署，事实上代表着未来能源体系的演化方向与技术高地。从促进减排角度而言，氢能可为交通、工业领域的脱碳进程做出重大贡献；从技术特征而言，作为大规模、长周期和跨季节的储能方式，氢能可提高电力系统的灵活调节能力；从产业布局而言，“风光发电 + 氢储能”一体化能同时为新能源的就地消纳与长途运输提供解决方案。当前以欧盟、美国和日本为代表的发达国家正在加紧补贴绿氢生产以创造领先优势，开启了全球氢能竞赛的序幕。氢技术优势带来的投资优势和贸易优势将会一定程度上改变现有国际贸易格局。在各国均寻求全球氢价值链切入点之际，中国政府应更加注重在氢能生产与多场景应用方面发挥服务性、引导性和激励性作用，加速推动氢能相关产业链的发展，力求在全球氢能竞赛中获得生产能力、技术创新与市场规模的三元优势。

参考文献：

1. 景春梅：《以绿色氢能推动新型能源体系建设》，《上海企业》，2023 年第 1 期。
2. 李洁、赵宏：《氢能产业发展的国际经验与启示》，《中国经贸导刊》，2023 年第 10 期。
3. 马可：《氢能革命：清洁能源的未来蓝图》，机械工业出版社，2022 年。
4. 张长令、雷宪章：《氢能产业：未来能源大战略》，中国发展出版社，2023 年。
5. Abe O. John, et al. Hydrogen Energy, Economy and Storage: Review and Recommendation, International Journal of Hydrogen Energy, 2019, Vol. 44, No. 29.
6. Scovell Mitchell. Explaining Hydrogen Energy Technology Acceptance: A Critical Review, International Journal of Hydrogen Energy, 2022, Vol. 47, No. 19.

责任编辑：李蕊

^①IEA. Clean Energy Transitions in the Greater Horn of Africa, October 2022, <https://www.iea.org/reports/clean-energy-transitions-in-the-greater-horn-of-africa>.

internationalization of the traditional sovereign currency has been blocked, but the weak US dollar has also provided a window period for the RMB, and the internationalization of the RMB can take a new path. China needs to adhere to the strategic choice of RMB internationalization, create a good external environment, integrate into the new trend of local currency settlement, promote the monetization of gold, and plan a super – sovereign currency in advance.

(9) Research on the strategic positioning of China’s pilot free trade zones——Based on the cooperation between the Shandong Pilot Free Trade Zone and Japan and South Korea

Liu Wen, Cheng Haiwen

The construction of the pilot free trade zone is an important development strategy for China to promote reform and opening up in the new era, and the 22 pilot free trade zones have different strategic positioning, and the Shandong pilot free trade zone focuses on industrial docking and cooperation between China, Japan and South Korea. The increase in economic dependence in East Asia has promoted the in – depth development of cooperation between Shandong Province and Japan and South Korea, and the implementation of RCEP has brought institutional dividends to the cooperation between Shandong Province and Japan and South Korea. However, cooperation between Shandong Province and Japan and South Korea also faces challenges: the industries of China, Japan and South Korea are facing mutual competition in relevant markets; competition among domestic regions is fierce; the layout of the international industrial chain and supply chain has been adjusted, and domestic enterprises’ cooperation with Japan and South Korea has been impacted by Southeast Asia and other countries; geopolitical factors bring uncertainty. In order to promote cooperation between the Shandong Pilot Free Trade Zone and Japan and South Korea, this article believes that the RCEP dividends should be fully tapped and the areas of industrial cooperation with Japan and South Korea should be expanded; accelerate the development of new trade formats and models; optimize the business environment and improve the talent facilitation mechanism in China, Japan and South Korea; strengthen political mutual trust and promote governmental cooperation among China, Japan and South Korea through local cooperation.

(10) The experience and reference of the four major grain merchants in foreign investment and integration of global grain resources

Wei Yu, Chen Wenhui, Wang Yongzhong

At present, international grain merchants have become an important factor affecting food security, this paper attempts to review and comprehensively analyze the development process of the four major international grain merchants, and discusses the key motivations that promote the business development and resource integration process of the four major grain merchants, so as to provide reference for the internationalization of China’s grain enterprises. On the whole, the four major grain merchants have completed the control of most of the global grain trade and achieved extraordinary development through the implementation of vertical integration of the whole industry chain operation, horizontal integration to expand influence, the development of financial futures markets to avoid risks, public relations lobbying to participate in the formulation of rules, and the use of multi – factor resource integration such as the global food crisis. In the face of this situation, China should encourage local grain enterprises to produce and diversify the whole industry chain, strengthen local grain enterprises through institutional innovation, mergers and acquisitions, increase financial support for scientific and technological research and development investment, enhance the competitiveness of grain enterprises, improve the grain and oil futures trading system, build China’s grain futures price benchmark, and encourage China’s grain enterprises to “go global” in an orderly manner and deepen international cooperation in grain. In order to enhance the competitiveness of China’s grain enterprises in the international market and further ensure China’s food security.

(11) Driving factors, current landscape and economic and geographical effects of the global hydrogen race

Zhou Yamin

Hydrogen energy is an important part of the country’s new energy system and one of the important means to achieve the global goal of carbon neutrality. In recent years, countries around the world have gradually increased the deployment of hydrogen energy and formed a global hydrogen energy race situation, the essence of which is that countries are driven by energy security and decarbonization pressure, and then seek a favorable division of labor in the global hydrogen value chain. Countries have formed different national hydrogen energy strategies based on their resource endowments and technological advantages, mainly including large – scale hydrogen imports, large – scale export of hydrogen, and self – sufficient hydrogen and large – scale industrial application. The differentiated – oriented hydrogen energy strategy of each country is conducive to building a new pattern of global hydrogen economic geography. Governments around the world are gradually integrating hydrogen diplomacy into their national economic diplomacy agendas and actively developing hydrogen – related investment and trade relations. Countries in the Global South should take advantage of the global wave of hydrogen energy development to accelerate the improvement of domestic infrastructure and develop multiple application scenarios, and use hydrogen energy as a starting point to promote economic take – off.

(12) Research on the development of global ESG investment and China’s practice

He Qixiang

As a sustainable development value concept, investment strategy and evaluation tool, ESG is a powerful starting point to promote the realization of the “dual carbon” goal. Most of the literature studies on ESG at home and abroad show that ESG information disclosure can promote corporate emission reduction and social responsibility, and there is a positive correlation between ESG and corporate financial performance. However, at present, there is no unified index system for the three variables of ESG at home and abroad, especially in domestic research, which focuses on a single factor of ESG, and lacks a comprehensive evaluation. Combining global ESG information disclosure standards and rating practices, this article summarizes the experience of developed countries and regions such as Europe, the United States, the United Kingdom, and Japan in the ESG field, and further analyzes the current status of ESG investment development in China, pointing out that the current domestic progress in information disclosure, ESG Challenges faced in data, rating agency influence, investment practices, etc., and suggestions are put forward that the next step should focus on improving the ESG regulatory system, promoting the construction of the ESG information disclosure and evaluation system, and strengthening the capabilities of ESG market entities.

Editor: Yang Yuge