

迈向“双碳”研究系列报告

《氢产业链上中游关键产品国际贸易网络结构 及演变影响因素分析》 (S 系列-2026S01)

中国石油大学（北京）经济管理学院
碳中和与能源创新发展研究院
能源数据科学与智能决策实验室

2026 年 9 月 27 日

氢产业链上中游关键产品国际贸易网络结构及演变影响因素分析

核心摘要

在全球能源转型与碳中和目标驱动下，氢正由工业原料向能源载体拓展，电解槽由化工装备扩展为能源装备，氨、甲醇等传统大宗化工品也因储氢与载氢功能被纳入氢产业链。电解槽以及氢、氨、甲醇等产品的国际贸易网络，既承接既有的全球化工与装备制造分工，也正被氢能转型重新塑造，并深刻影响未来全球能源与产业格局。本文基于复杂网络分析方法，构建 1995 年、2005 年、2015 年和 2022 年氢产业链上中游关键产品（电解槽、氢、氨、甲醇）的全球贸易网络，系统揭示其结构特征及国家地位演变。研究发现：（1）全球氢产业链产品贸易网络呈现显著的无标度特征，贸易重心由欧美向亚洲转移；中国凭借成本优势成为全球最大电解槽出口国，但集中在技术成熟的碱性路线，在质子交换膜电解（PEM）、固体氧化物电解槽（SOEC）等路线仍与发达国家存在差距；氨与甲醇贸易形成亚洲、美洲与中东多中心化格局。（2）产业链分工专业化趋势凸显，发展中国家主导上游生产，如中国、印度承担电解槽出口，而发达国家占据中游产品贸易枢纽地位，掌控关键资源流动。（3）贸易网络结构差异显著，电解槽与氢贸易集中度较高，网络密度随亚洲区域化增强而提升；氨与甲醇贸易社区化特征突出，模块度与聚类系数高于其他产品，区域间依赖关系复杂。（4）贸易关系的路径依赖、经济规模、地理邻近、制度合作和基础设施等因素共同塑造网络演变，且不同产品的作用机制存在差异。基于以上研究，氢产业链产品贸易格局受技术迭代、政策协同及资源禀赋驱动，中国需加

速核心技术攻关、强化高端市场布局，并通过区域产业链联盟优化供应链韧性，以巩固其在全球氢产业的核心地位。

1. 研究背景

在全球气候变化加剧、能源安全风险上升以及产业链加速重构的背景下，推动能源体系向低碳化、清洁化和可持续化转型已成为国际社会的广泛共识。氢能具有来源广泛、能量密度较高、终端利用低碳以及跨部门耦合能力强等特点，是连接可再生能源、交通运输、化工、冶金和储能等领域的重要载体，正逐步成为各国能源战略和产业竞争的新焦点^[1]。近年来，欧盟、美国、日本、韩国和中国等主要经济体相继制定氢能发展战略，加快布局制氢、储运、转化、终端利用及基础设施建设。我国作为全球最大的能源消费国和碳排放国，相继出台《氢能产业发展中长期规划（2021—2035年）》等政策^[2]，并通过《中华人民共和国能源法》明确氢能的能源属性，为产业规模化、商业化发展提供了制度基础。

从产业链角度看，氢是氢能生产和利用的物质基础，氨和甲醇凭借储运体系相对成熟、远距离运输可行性较高等特点，成为具有商业化潜力的氢基载体，电解槽则是可再生能源制氢的关键装备^[3]。由于各国在能源资源、技术水平、制造能力、市场需求和基础设施等方面存在明显差异，全球氢产业链形成了跨国分工和复杂的贸易联系。中东、北非和澳大利亚等地区具有低成本能源资源优势，欧洲、日本、韩国等经济体在部分高端技术、标准制定和终端应用方面处于领先地位，中国则在电解槽制造、化工产业基础和市场规模等方面形成较强优势。准确识别关键产品贸易网络的结构变化、核心节点和供应链依赖，对于研判全球氢产业分工趋势、维护能源安全和提升我国国际竞争力具有重要意义^[4]。

近年来，国内外学者围绕氢能产业链的全球布局、技术发展、全球技术经济发展和我国政策支持展开了广泛研究。学者通过构建技术经济分析

与复杂网络分析等模型，分析了氢能贸易网络结构，探讨主要国家在氢能贸易网络中的地位及其影响因素^[5]。也有学者从技术研发、政策支持和市场应用等角度，探讨了中国氢能产业的发展现状、面临的挑战及未来策略^[6]。然而，现有研究多集中于单一环节或单一产品，缺乏从产业链视角对氢产业链关键产品全球贸易网络的系统性分析。同时，传统研究多从经济规模、资源禀赋等外部条件解释贸易关系影响因素，对互惠联系、核心节点集聚、传递闭合和路径依赖等网络内生机制关注不足，因而难以全面揭示贸易网络的动态演变及不同产业链环节之间的异质性。

基于此，本报告采用复杂网络分析的方法，通过构建涵盖制氢设备（上游）、氢及其衍生物氨和甲醇（中游）的产业链关键产品全球贸易网络模型，分析 1995 年、2005 年、2015 年和 2022 年全球氢产业链上中游关键产品的贸易流动特征及演变趋势。进一步结合动态网络研究结果，对贸易网络演变的影响因素进行补充解释。本研究旨在为优化全球产业布局、增强供应链韧性及提升国际规则参与能力提供决策参考。

2. 研究思路与方法

2.1 数据来源

本报告数据源自联合国商品贸易数据库（UN Comtrade），涵盖 1995—2022 年氢产业链上中游关键产品的全球贸易记录。根据海关编码制度（HS），具体产品对应代码为：电解槽（854330）、氢（280410）、氨（281410/281420）及甲醇（290511），采用贸易价值量（美元）作为核心指标。为消除通货膨胀对贸易价值数据的影响，本研究采用 2010 年 GDP 平减指数对各年度数据进行折算，从而保证不同年份数据的可比性。

2.2 研究方法

本报告基于氢产业全生命周期的流动过程，构建了跨越氢产业不同阶段的关键产品贸易网络研究框架（错误!不能识别的开关参数。）。需要指出的是，氢能是涵盖制取、储运、加注与终端应用的能源系统概念，而本研究关注的是氢这一物质产品及其产业链上中游关联产品，即制氢装备与氢、氨、甲醇等可参与氢产业链的物质载体，二者内涵并不等同。本文刻画的是上述具体产品的国际贸易格局，而非氢能产业的整体竞争态势。氢正由传统的工业原料向能源载体拓展，其角色转变使电解槽由化工装备扩展为能源装备，氨、甲醇等大宗化工品的储氢与载氢属性逐步显现，这些原本分属化工与装备制造的贸易网络正被赋予氢产业链的新内涵，其演变因而具备观察未来能源格局的前瞻价值。

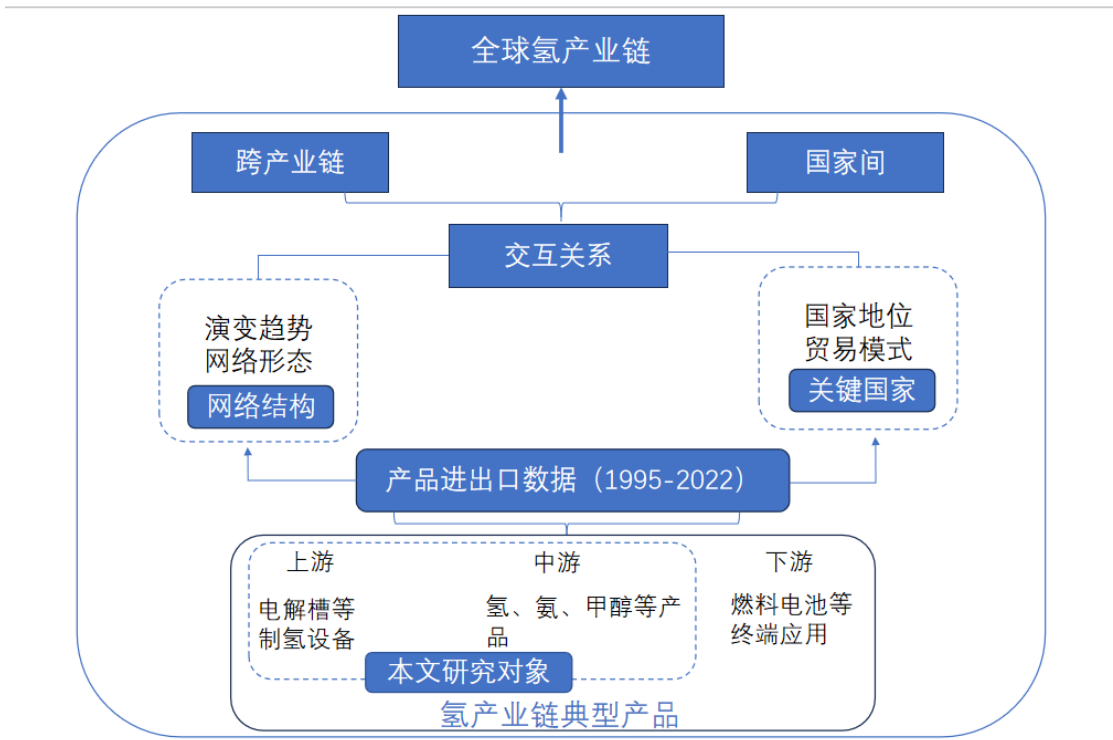


图 1 氢产业链关键产品的全球贸易网络研究框架

以全球 221 个国家或地区为节点、以产品贸易流为边，分别构建了 1995 年、2005 年、2015 年、2022 年的基于贸易价值量的氢关键产品的有向加

权复杂贸易网络模型 $T_i=1,2,\dots,n=\{N,E,R\}$ ，其中， $N=\{n_i,i=1,2,\dots,n\}$ 代表网络中的节点集合，表示参与贸易的各国及地区； $E=\{e_i,i=1,2,\dots,m\}$ 代表网络中的边集合，表示国家或地区之间的贸易关系； R 为边的权重集合，表示各国之间贸易流动的规模，具体为各国向其他国家或地区的贸易价值量。边的方向即为产品流动的方向，贸易流的强度由权重 $R(t)$ 表示，其中 t 为特定年份。整个网络模型能够揭示不同时间点氢产业链上中游产品在全球范围内的贸易流动情况及其变化趋势。

运用复杂网络分析方法，利用网络密度、聚类系数和模块度刻画贸易联系的紧密程度、局部集聚特征及社团结构，通过节点强度、中介中心度和特征向量中心度衡量各国的贸易规模、资源流动控制能力和网络影响力，并将三项指标标准化后取几何平均值，综合识别贸易网络中的关键国家；同时结合主要进出口流向，对不同产品贸易网络的结构差异、核心节点、区域分工及供应链依赖关系进行比较分析。

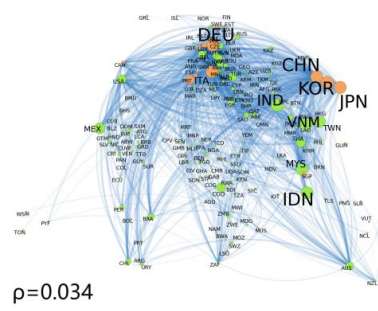
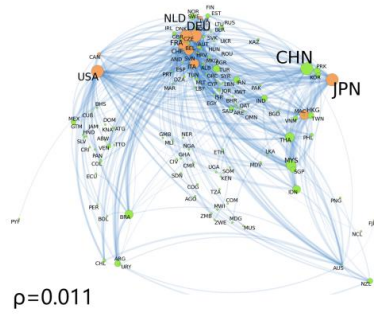
影响因素分析引用另一项基于全球氢产业链上中游关键产品二值贸易网络的 TERGM 研究结果。该研究同时考察互惠性、节点集聚、传递闭合和关系稳定性等内生效应，GDP、人口、工业基础、可再生能源和碳排放等国家属性，以及距离、接壤、共同语言、贸易协定深度和航运连接等双边条件。本报告仅将 TERGM 结果作为影响因素方面的补充，不将其系数直接用于解释特定年度贸易额或替代加权网络分析结论。

3. 研究结果

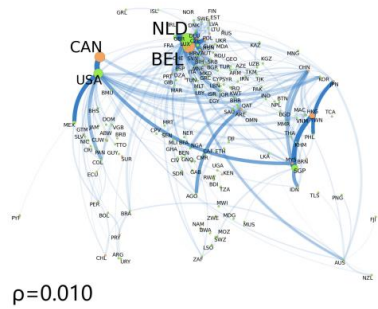
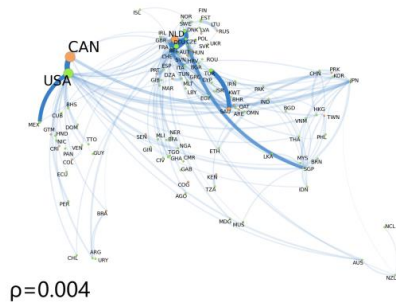
3.1 网络结构及其演变分析

错误!不能识别的开关参数。展示了 1995 年、2005 年、2015 年、2022 年氢产业链上中游关键产品的全球贸易网络形态、网络结构特征及其演变。

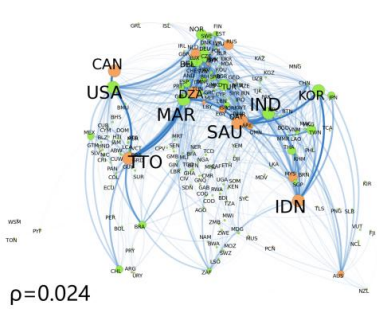
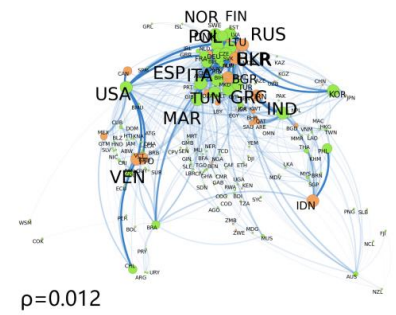
电解槽



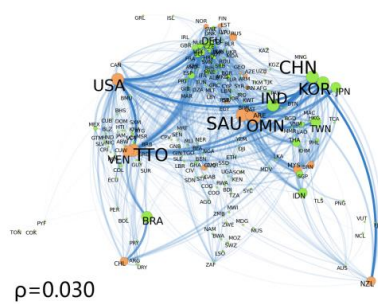
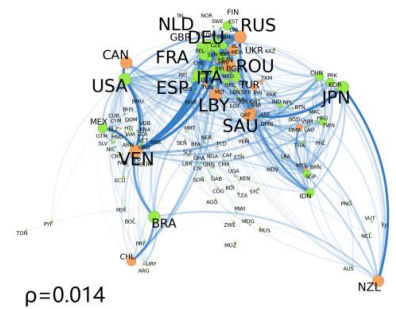
氢



氨



甲醇



1995 年

2022 年

图 2 关键产品贸易网络图

注：图中橙色圆点表示净出口国/地区；青色圆点表示净进口国/地区；蓝色线条表示贸易价值量。

氢产业链上中游产品的全球贸易网络特征如下所示：

(1) **符合无标度网络特征**，即绝大多数的产品贸易掌握在少数国家之间，该特征通过了幂律分布验证。幂律分布的标度指数 α 分别为：氢 2.42、电解槽 6.66、氨 2.72、甲醇 2.74，氢、氨和甲醇的 α 值符合典型无标度网络特征 ($2 < \alpha < 3$)，表明少数核心国家主导了大部分贸易流量，如荷兰、沙特阿拉伯；电解槽的 α 值更高，反映其贸易集中度更高。这些少数国家占据了贸易网络中相对重要和中心的地位，是贸易网络中的优势国家，新加入贸易网络的国家或地区也更倾向于与其产生贸易联系。例如，冰岛 (ISL) 自 2000 年参与电解槽贸易后，主要与中国 (CHN) 等开展合作。围绕着优势节点形成网络的贸易重心，使氢产业链上中游产品贸易网络呈现“强者越强、弱者越弱”的马太效应。

由于各地区资源禀赋和生产能力不同，全球电解槽、氢、甲醇和氨的贸易重心近年来显著变化，贸易重心从欧洲、北美向亚洲转移，中国、日本、东南亚和印度成为新的贸易枢纽，同时北美在甲醇和氨贸易中的影响力相对下降，全球占比有所减少。

(2) **贸易网络日趋复杂**。首先，四种产品的节点数量、贸易关系数量整体均呈上升趋势。其次，自 1995 年以来，氢和电解槽的贸易额持续上升，在近几年趋于稳定。受全球能源转型、绿色氢技术突破以及国际政策和市场需求的共同推动，氢的贸易额在 2020 年后显著增长。与此不同，甲醇和氨的贸易额自 1995 年起呈下降趋势，近年来趋于稳定。这一变化主要受 20 世纪 90 年代中期天然气价格上涨的影响，导致生产成本上升，产品的单价较高。最后，贸易网络的密度值整体均呈现上升的趋势，意味着网络中的国家间的连接变得更加紧密。贸易网络中参与国家数量持续增加，国

家间紧密程度更加紧密，导致网络结构由多中心发展的多元形态向更高度集中的形态逐渐转变。与石油（0.08~0.12）、农产品（0.05~0.1）等成熟商品相比，氢产业链产品的贸易网络密度较小，介于 0.004 和 0.011 之间，这表明其国际贸易尚处于发展初期，且相对较为稀疏。

（3）**贸易网络社团结构差异化**。四种产品的全球贸易网络在社区化格局及其演变上呈现出显著差异。从产品维度看，四种产品的贸易网络均经历了从区域化向全球化、从分散到紧密连接、从单一中心到多极化的转变，但不同产品的社区化特征和全球化程度存在明显差异。氨和甲醇的贸易网络表现出较强的社区化特征，聚类系数和模块度较高，节点之间形成了紧密的局部连接，社区结构显著。相比之下，氢和电解槽的贸易网络社区化特征较弱，氢网络缺乏明显的局部结构，电解槽网络的模块度呈下降趋势，社区划分效果逐渐弱化。从时间维度看，四种产品的贸易网络演变可分为三个阶段：1995—2005 年，贸易主要集中在特定区域，全球联系较弱；2005—2015 年，跨区域贸易增加，全球化趋势加速；2015—2022 年，全球供应链进一步优化，电解槽和甲醇贸易网络高度一体化，而氢和氨仍保留一定的区域特征。

3.2 主要国家地位及其演变分析

通过计算各节点的强度、特征向量中心度及中介中心性指标，可探查各参与国或地区在网络中的贸易量、影响力以及控制力，得到各节点在网络中的国家重要性排名，如图 3，将得分大于 0.1 的国家识别为网络中的主要国家或地区，当符合条件的节点数量大于 20 时，只显示前 20 个国家或地区。贸易网络中的主要国家/地区及其演变趋势呈现如下特征：

（1）**电解槽贸易网络**。在 2015 年之前，电解槽的网络重心分布在东

亚与欧洲，2015年后，格局发生了显著变化，以中国、日本为代表的东亚国家成为电解槽贸易的枢纽，而北美地区的贸易占比有所下降，与此同时，中亚地区(尤其是印度)的贸易份额则呈现出增长态势。其中，中国(CHN)、泰国(THA)、印度(IND)在网络中占据中心位置。得益于中国电解槽在出口市场上具有价格竞争力和技术优势，中国逐步成为全球电解槽市场的重要供应国，其交易额在全球电解槽贸易网络中居首位。泰国在贸易网络中扮演着重要的桥梁或枢纽角色，具有较大的影响力。部分泰国企业通过技术创新和成本优化成功打入国际市场。比如，泰国最大的能源企业 PTT Public Company Limited (PTT) 在全球氢能市场积极布局，包括阿曼年产 30 万吨绿氨项目，并主导泰国国内加氢站网络，这些企业的崛起强化了泰国作为东南亚地区贸易枢纽的角色。印度在直接贸易额和作为中介的能力上相对较弱，但它与中国、日本等多个重要国家，建立了稳固的贸易关系，因此在全球电解槽贸易网络中保持着一定的影响力。

(2) 氢贸易网络。网络重心长期集中于欧洲与北美两大区域。然而，近年来，新加坡(SGP)、马来西亚(MYS)等东南亚国家逐步跻身氢贸易网络的新重心，欧洲国家稳步发展，美国地位有所下降，具体表现为：(a) 比利时(BEL)、荷兰(NLD)、德国(DEU)等欧洲国家始终保持较高的重要性。比利时氢贸易更多是作为过境和分销国，将荷兰和其他国家进口的氢进一步运输和分配到欧洲的其他地区。比利时在氢网络中扮演着核心和枢纽的角色，具有较强的影响力。荷兰作为欧洲氢进口和分销的中心，主要负责从全球(如澳大利亚、中东等)进口氢，并通过港口和管道分销到其他欧洲国家。(b) 美国(USA)仍是全球氢贸易网络中的重要节点，但其中心性和中介作用相较于初期有所下降，表明其在全球氢贸易中的主

导地位有所削弱。作为全球重要的氨生产国之一，美国面临需求增长、生产方式限制以及运输与储存挑战。

(3) 氨贸易网络。网络重心由欧洲、美洲转变为亚洲、美洲，其中，印度（IND）、美国（USA）、加拿大（CAN）在网络中占据中心位置。印度（IND）是传统农业大国，对合成氨的需求量大。但由于其国内的产能不足，依赖从沙特阿拉伯（SAU）、卡塔尔（QAT）等国家进口氨，与多个氨生产国和消费国建立了广泛的贸易关系，从而增加了其在网络中的相对影响力。加拿大（CAN）拥有丰富的天然气资源和强大的合成氨生产能力，成为全球氨市场的重要出口国，在全球氨贸易中扮演着重要的中转站角色，连接着不同的贸易伙伴。加拿大与美国的紧密贸易关系进一步强化了其在氨贸易中的影响力和控制力。美国（USA）是全球最大的经济体之一，其工业、农业和交通运输等领域对氨的需求量巨大，其生产成本较高、国际贸易环境等因素使其仍然依赖进口氨，是全球氨市场上的重要进口国之一。

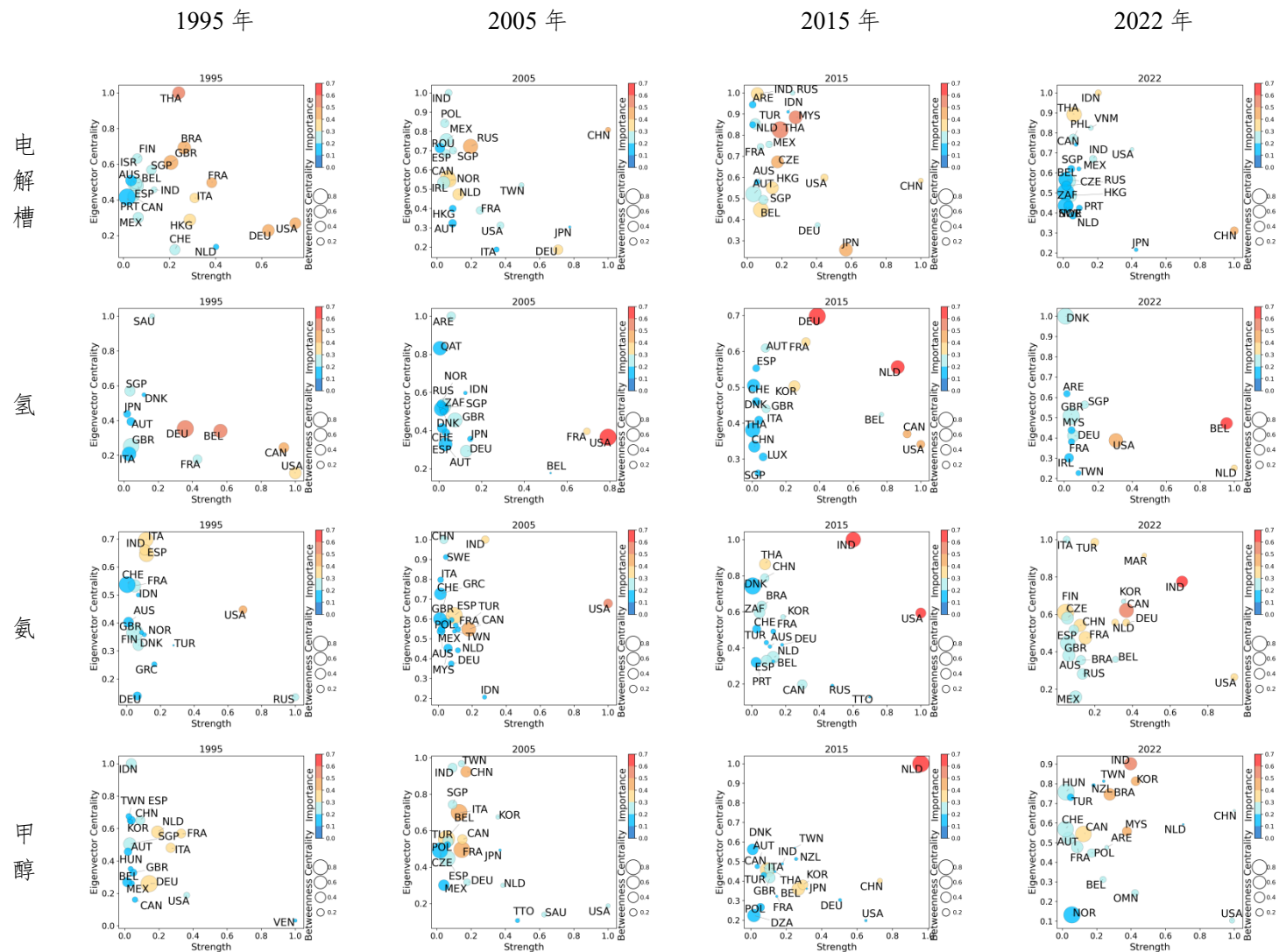


图 3 关键产品全球贸易网络的主要国家或地区地位演变图

(4) 甲醇贸易网络。网络重心由欧洲、美洲转变为亚洲和美洲，韩国（KOR）、印度（IND）、中国（CHN）在网络中占据中心位置。全球贸易网络越来越呈现出“多中心”的现象，韩国和印度的地理位置优势及其开放的贸易政策，增强了它们在甲醇贸易网络中的中介作用。韩国和印度与沙特阿拉伯（SAU）、美国（USA）和阿曼（OMN）等国家建立了紧密的贸易联系，进一步提升了两国在贸易网络中的影响力与控制力，巩固了其中介地位。中国（CHN）逐步成为甲醇贸易网络的核心国家。中国是全球最大的甲醇生产国，产能占全球的 65%，同时也是全球最大的甲醇消费国，占全球贸易总量的 30% 左右。基于庞大的消费市场，中国在全球甲醇贸易具有较大的影响力。

贸易网络的区域化集聚特征明显，氢贸易向东南亚集中，电解槽贸易聚焦东亚，而甲醇和氨的贸易中心则分布在亚洲（沙特、中国）和美洲（特立尼达和多巴哥、美国）。此外，印度等新兴市场国家的贸易份额快速增长，地位上升，整体上反映出亚洲在全球氢产品贸易网络中的重要性日益增强。总体来看，氢产业链上中游产品的全球贸易格局正从以欧美为主导转向亚洲与美洲并重的多元化格局，亚洲成为推动贸易网络重心转变的核心力量。

3.3 贸易流动分析

图 4 展示了氢产业链上中游产品的主要进口和出口国家或地区之间的贸易流动情况。基于贸易流动视角，各参与国家或地区之间的依赖关系及其演变呈现如下特征。

电解槽贸易。1995 至 2022 年，全球电解槽贸易从技术依赖转向

自主生产，各国角色分化，反映了能源转型和清洁能源需求的影响。早期（1995—2005 年），中国主要依赖日本、美国、法国、意大利等国的电解槽进口，展现出新兴经济体在技术与设备领域对发达国家的依赖。然而，自 2010 年起，中国的进口需求虽仍居高位，但国内制造业迅速崛起与技术水平提升，使其在 2015 年后转变为全球最大的电解槽出口国，对马来西亚、委内瑞拉、越南、印度尼西亚以及美国等市场的供应不断扩大。与此同时，日本和德国等传统出口国则维持较为稳定的出口份额，市场目标从最初的中国、巴西等逐渐向美国、印度等新兴需求大国拓展。美国则由最初的重要出口国逐步转变为主要进口国，2020 年与 2022 年其进口量显著增长，主要来自中国和日本。印度的进口结构同样经历了多次调整，从法国转向日本与中国，反映出全球产业分布及供需格局的动态变化。整体而言，这些贸易流向的变化，既体现了全球电解槽制造业中心的重心转移，也反映了各国政策、技术与市场需求在电解槽产业中的交互影响。

氢贸易。各国在氢产品进出口市场中的角色不断调整，是市场需求、贸易政策及区域合作的共同作用结果。首先，加拿大始终稳居全球主要氢出口国的地位，其主要出口市场为美国。这种长期稳定的贸易关系不仅依托于两国地理上的邻近和能源政策上的紧密合作，更体现了美国对氢产品的持续需求。在欧洲，比利时和荷兰是重要的氢产品分销国家。2020 年后，比利时跃升为全球最大氢出口国，主要向荷兰出口。荷兰的贸易角色日益复杂。一方面，其进口激增，成为全球最大氢进口国；另一方面，保持对英国、德国等国的出口，反映出

其在欧洲产品贸易的重要枢纽作用。

氨贸易。中国作为主要氨进口国，其进口流向发生了变化。早期，主要从俄罗斯和欧洲进口，但近年来，中国加强了与中东国家的合作，进口量持续增长。此外，俄罗斯对中国和印度的出口受制裁和政治因素影响波动，近年来出口流向恢复增长。乌克兰的氨出口由俄罗斯转向欧盟市场，但近年来战争冲突导致出口受限。总体来看，全球氨贸易流动受地缘政治、能源政策及农业需求变化的影响，流向不断调整。

甲醇贸易。中国甲醇进口在 1995 年较低，2010—2015 年因煤制烯烃产业发展激增，主要进口来自伊朗、沙特、特立尼达和多巴哥及美国。2020 年后，国内产能上升，减少部分进口。美国受页岩气革命影响，2010 年后由进口国转为出口国，2020 年成为主要供应国。俄罗斯 2010 年后出口增加，最初面向欧洲，2022 年后转向中国和印度。荷兰 2015 年后因环保政策调整进口，2022 年因俄乌冲突减少俄罗斯进口，转向美国和中东。整体来看，甲醇贸易流向受政策和地缘政治驱动。

解槽

1995 年



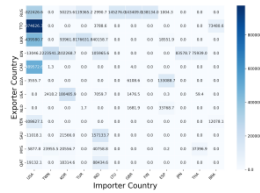
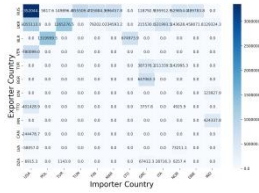
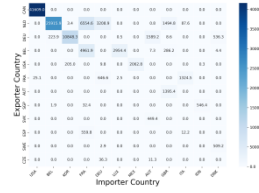
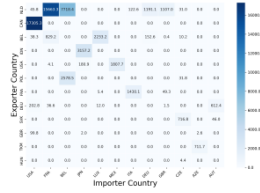
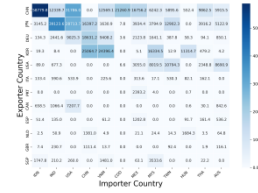
2005 年



2015 年



2022 年



3.4 贸易网络演变的影响因素

结合补充影响因素研究，前文呈现的核心国家集聚、贸易重心转移和区域联系差异，可从网络内生结构、国家属性与双边条件三个影响因素类别加以理解。

首先，既有联系与伙伴间的关联促进贸易网络延续和局部集聚。长期合作形成的供应渠道和配套设施，使贸易伙伴调整具有一定成本；通过共同伙伴建立联系，也有助于新参与者融入既有网络。这为前文核心国家地位的延续及部分产品的社团结构提供了解释。但网络惯性并不意味着格局固定：氢贸易更依赖稳定的区域供应关系，电解槽贸易则更容易随供应能力和项目需求变化而调整，不能将四类产品的集中格局归结为同一种机制。

其次，经济规模、产业基础与需求结构共同影响国家贸易地位。电解槽贸易更依赖装备制造与技术供给能力，氨和甲醇则同时连接能源资源、化工生产及农业和工业需求。因此，前文亚洲贸易地位上升，既涉及制造能力增强，也涉及消费市场扩大；中国在电解槽和甲醇网络中的作用，分别体现了供给能力与市场需求的不同影响。氨和甲醇具有广泛的传统化工原料用途，其贸易变化不能全部归因于氢能发展需求。

最后，运输与制度条件影响贸易联系的空间分布。氢贸易受地理邻近和区域基础设施约束较强，与前文欧洲、北美内部主要贸易联系相呼应。氨和甲醇的跨区域配置则更依赖航运连接，经贸协定、沟通基础和规则衔接通过影响合作成本与履约预期，作用于贸易伙伴选择；

电解槽还需考虑技术标准和各国相关项目需求。

4. 结论与建议

4.1 主要结论

(1) 全球贸易网络中少数关键国家主导了主要的贸易关系和贸易量，尤其在氢和电解槽领域，中国、美国和比利时等国占据主导地位。揭示了全球氢产业链上中游关键产品贸易的集中趋势，少数国家凭借其在生产、技术和市场需求上的优势，占据了全球贸易的重要位置。

(2) 氢和电解槽的贸易重心位于亚太和北美地区，中国从电解槽进口依赖国跃升为全球最大出口国，凭借成本优势和技术迭代主导贸易网络重构；而甲醇和氨的贸易网络则呈现较为分散的格局，亚洲、美洲和中东地区共同主导市场。全球贸易网络正在经历区域化和多元化的演变，中国、美国及比利时在氢和电解槽的贸易中持续发挥着核心作用。

(3) 在全球氢产业链分工中，中国、印度、印度尼西亚等发展中国家承担了氢产业链上游产品的生产角色，提供电解槽等产品，而比利时、荷兰、美国和德国等发达国家则占据氢产业链的中游市场。这一分工模式表明，全球氢产业链的结构日益趋向专业化与协同化，但也凸显了中国在技术和市场竞争力方面需进一步提升。

(4) 全球氢产业链上中游产品贸易网络的演变，是网络内生结构、国家自身条件与外部贸易环境共同作用的结果。历史联系和核心节点强化了网络的路径依赖，资源禀赋、制造能力与市场需求决定了各国

的参与位置，地理距离、运输条件及制度环境则影响贸易伙伴选择。

4.2 政策建议

当前，中国在全球氢产业链中呈现“生产强、技术追赶”特征，既是其快速崛起的表现，也凸显了潜在的结构性挑战。面对全球氢产品贸易加速向区域化、专业化演变的趋势，中国需在巩固现有生产与贸易优势的基础上，瞄准产业链短板精准发力，通过技术跃迁、供应链韧性强化与国际规则深度参与，将规模优势转化为可持续的全球竞争力。中国需从技术突破、供应链布局与国际合作三方面发力，巩固并提升其在全球氢产业链中的战略地位。

首先，加速核心技术突破以强化中游竞争力，重点攻关电解槽效率提升、PEM 等制备及储运技术短板，通过设立国家级实验室、产学研协同平台及税收优惠政策，推动产业链转型。

其次，巩固生产优势并优化全球供应链布局，依托规模化成本优势主导亚太氢产业链产品标准制定，引导企业参与海外氢能基建项目，例如中东绿氢工厂，拓展国内重卡、化工等应用场景，以需求反哺技术迭代。

最后，深化国际合作与规则博弈，联合“一带一路”国家共建氢贸易走廊，强化与发展中国家的上游设备协同供应能力，同时主动参与国际氢能标准与碳足迹认证体系制定，推动中国技术标准国际化。

参考文献

- [1] 魏凤, 窦路遥, 王贵宾, 等. 供应链视角下我国氢能产业创新布局与对策研究[J]. 中国工程科学, 2025, 27 (2): 231-240.
- [2] 国家能源局. 氢能产业发展中长期规划(2021-2035 年) [Z]. 北京: 国家能源局, 2022.
- [3] Terlouw T, Rosa L, Bauer C, et al. Future hydrogen economies imply environmental trade-offs and a supply-demand mismatch[J]. Nature Communications, 2024, 15 (1): 7043.
- [4] Abe J O, Popoola A P I, Ajenifuja E, et al. Hydrogen energy, economy and storage: Review and recommendation[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2019, 44 (29): 15072-15086.
- [5] Ikonnikova S A, Scanlon B R, Berdysheva S A. A global energy system perspective on hydrogen trade: A framework for the market color and the size analysis[J]. Applied Energy, 2023, 330: 120267.
- [6] 凌文, 李全生, 张凯. 我国氢能产业发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2022, 24 (3): 81-88.

关于作者

系列报告总协调人：王建良

本报告主笔人：



林绿（1984.10 - ），女，中国石油大学（北京）副教授、博士生导师、校青年拔尖人才，中国生态经济学学会理论与发展专业委员会秘书长。主要研究方向为产业生态学、环境经济学，聚焦资源环境足迹、遥感与空间分析。主持国家自然科学基金、教育部人文社科基金，参与国家重点研发计划、中国工程院项目、北京市社科重点项目等，在高水平期刊发表论文 20 余篇，获能源资源系统工程第六届学术年会优秀论文二等奖、全国大学生能源经济学术创意大赛优秀指导教师奖，指导学生获全国大学生能源经济学术创意大赛全国特等奖、一等奖、北京市三等奖。



马丽（2000.12 - ），女，中国石油大学（北京）经济管理学院管理科学与工程专业硕士研究生。研究方向为能源系统与碳管理，聚焦能源产品国际贸易复杂网络分析，参与中国工程院、中国科学院等项目。



夏小迪（2004.07 - ），女，中国石油大学（北京）管理科学与工程专业硕士研究生。研究方向为能源系统和碳管理，聚焦能源低碳转型、绿色能源矿产资源安全等领域，曾在中国石油和化学工业联合会能源处实习。

本报告校对人：****

报告引用：林绿，马丽，夏小迪. 氢产业链上中游关键产品国际贸易网络结构及演变影响因素分析[R]. 中国石油大学（北京）碳中和与能源创新发展研究院, 2026III01, 2026 年 9 月 27 日.



中石大碳能院
ICED-CUPB

中国石油大学（北京）碳中和与能源创新发展研究院

Institute of Carbon Neutrality and Innovative Energy Development, China University of Petroleum, Beijing (ICED-CUPB)

联系电话：010-89733072

邮箱：iced-cupb@cup.edu.cn

微信公众号：ICED-CUPB

地址：北京市昌平区府学路 18 号

Add: No. 18, Fuxue Rd., Changping District, Beijing, 102249, China

