

研究论文

中国锂产业链关键产品贸易格局演化与贸易安全评价

许礼刚^{1,2}, 詹庆武^{1*}, 刘兴龙¹

摘要 锂产业链关键产品贸易安全是事关国家战略性矿产资源安全的重要问题。基于2013—2022年中国锂产业链关键产品的对外贸易数据,一方面,从贸易规模、贸易伙伴2个维度,全面探讨中国锂产业链关键产品的贸易格局及演化规律;另一方面,构建进出口结构安全性评价指标,评估中国锂产业链关键产品贸易结构的安全水平,以期为中国制定和调整锂资源安全战略提供参考。研究结果表明:2013年以来,中国锂产业链关键产品的贸易规模不断扩大,其中,碳酸锂以进口为主,而氢氧化锂、锂离子电池均以出口为主;中国锂产业链关键产品的出口贸易伙伴均多于进口,其中,中国碳酸锂和氢氧化锂的贸易伙伴相对集中,而锂离子电池的贸易伙伴数量稳中有升,贸易核心地位逐渐凸显;中国碳酸锂的进出口结构模式在强进口和弱进口之间波动,现阶段体现为强进口,氢氧化锂的进出口结构始终维持在强出口模式,锂离子电池进出口结构模式经历了“相对平衡—弱出口—强出口”的转变;中国碳酸锂进口和氢氧化锂出口的结构安全性均处在一种不安全的状态,而中国锂离子电池的贸易结构长期处于安全状态。

关键词 锂;贸易格局;贸易安全

党的二十大报告强调,“积极稳妥推进碳达峰碳中和”“增强维护国家安全能力”^[1],锂在新能源产业链中扮演着至关重要的角色,是关乎中国实现“双碳”目标,保障国家资源安全的关键矿产。锂作为未来“白色石油”已成为全球共识,目前全球锂资源供应体系的深刻变局逐渐拉开序幕,美国出台《通货膨胀削减法案》、加拿大拒绝中方企业对锂资源的投资,以及阿根廷、玻利维亚和智利3个南美洲国家欲筹建锂矿行业输出国组织,都反映出全球各国对锂

的稀缺价值愈发重视,增大了远期供应的不确定性。

中国自然资源部公布的《2022年全国矿产资源储量统计表》数据显示,截至2022年末,中国已查明锂矿资源储量(氧化锂)635.27万t,折合碳酸锂当量1567.21万t,其中,硬岩锂矿储量占比61.76%,盐湖卤水锂矿储量占比38.24%。从国内空间分布看,中国锂矿资源具有区域高度集中的分布特性,盐湖卤水锂矿资源集中分布在青海、西藏等地区,硬岩锂矿资源集中分布在江西、四川、湖南等地区^[2]。此外,中国是锂生产、消费和贸易大国,经过多年发展,逐渐形成了一个涵盖锂矿资源开采、加工、生产、应用和回收的完整产业链;同时,中国常年向全球各国提供

1. 江西理工大学经济管理学院,赣州 341000
2. 江西理工大学矿业发展研究中心,赣州 341000

收稿日期:2023-07-06;修回日期:2023-08-29
基金项目:国家社会科学基金项目(23XGL013);江西理工大学研究生创新专项资金项目(XY2022-S050)
作者简介:许礼刚,副教授,研究方向为资源与环境管理,电子信箱:jst20040606@163.com;詹庆武(通信作者),硕士研究生,研究方向为资源经济与管理,电子信箱:2391218652@qq.com
引用格式:许礼刚,詹庆武,刘兴龙.中国锂产业链关键产品贸易格局演化与贸易安全评价[J].科技导报,2025,43(4):88-100;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2023.12.01878

大量锂产业链各级产品,如氢氧化锂、锂离子电池等,参与到全球锂价值链的垂直分工,并在全球锂产业供应市场格局中占据重要地位。

关于锂资源及其产品的贸易格局与安全问题,相关研究主要集中在以下几个方面。(1) 基于资源供需形势反映供应风险。部分学者从储量、产量、需求、产业链发展等形势出发^[3-5],发现中国锂矿资源存在对外依存度高、资源争夺导致海外进口风险等问题;也有部分学者通过构建锂供需系统动力学模型^[6-7],发现在新能源汽车需求的推动下,中国锂进口量可能会大幅增加,存在一定的贸易市场风险隐患。(2) 构建多维指标综合评价资源安全。该类研究主要从供需状况、市场风险、地缘政治、贸易环境等角度出发^[8-11],构建多维的安全评价指标体系,对中国锂资源安全进行综合评价,从而挖掘出主要的供应风险,集中体现在国际进口市场、国内供需安全等方面。(3) 从贸易流动视角探索贸易格局与安全问题。该类研究主要是针对中国锂资源的贸易流动,构建静态或动态的物质流分析模型^[12-14],来挖掘中国锂资源的贸易格局,发现贸易进口仍是中国锂矿资源的主要供给端,中国对贸易进口的依赖程度较大,也间接体现出潜在的锂供应安全问题;此外,也有学者认为,不合理的贸易结构可能会造成产业链断裂风险,于是将物质流分析与复杂网络相结合,构建了锂贸易优化模型,并从贸易成本角度提出了优化方案^[15]。(4) 构建贸易网络,整体评估贸易结构与供应安全。该类研究主要采用复杂网络分析方法,构建锂资源及其产品的贸易网络模型,分析各项网络结构特征与演化规律^[16-17],以反映全球锂资源及其产品贸易的总体格局,以及各贸易国在网络中的竞争力和影响力;也有学者将复杂网络与级联失效模型相结合,分析了全球碳酸锂贸易的格局演变、供应危机传播路径及影响^[18]。

综上所述,已有以中国为主体的锂资源及其产品的贸易格局与安全研究,多关注于贸易市场格局与供应风险识别,少有研究从进出口贸易结构视角,探讨中国锂产业链关键产品的贸易格局与安全问题。基于此,本研究采用复杂网络分析方法,构建中国锂产业链关键产品贸易网络模型,并利用传统贸易指标(贸易额、贸易量)与贸易网络特征指标(节点

度、节点强度),从贸易规模、贸易伙伴2个维度,更全面地探讨中国锂产业链关键产品的贸易格局及演化规律,同时也在一定程度上深化了复杂网络与国际贸易的交叉融合研究;以网络结构熵、权重熵为基础,构建进出口结构安全性评价指数,观测中国锂产业链关键产品贸易结构安全程度的时空变动情况,进而识别潜在的贸易安全问题,丰富资源贸易安全的评价方法。本研究对中国锂资源乃至其他战略性矿产资源贸易安全策略的制定和修订,具有一定的现实意义。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

锂产业链主要可分为3级:上游锂矿资源、中游锂化工产品 and 下游应用产品,如图1所示。上游产业主要为锂矿资源的采选加工,从形态上可分硬岩锂矿和盐湖卤水锂矿2大类,其中,中国从国际进口的主要是经过采选加工后而成的锂辉石精矿,其含锂量较高,可以直接一步提取碳酸锂或氢氧化锂。据中国海关总署统计,中国在2022年进口锂辉石精矿约284万t,同比增长约42%,主要进口来源国为澳大利亚,占总进口量的91.9%,并逐渐形成了“澳洲锂辉石+国内加工”的发展路径,其次为巴西、津巴布韦等国家和地区。中游产业主要是将上游锂矿资源中的锂组分提取而成锂化工产品,主要包括碳酸锂、氢氧化锂、氯化锂等基础锂盐产品,以及金属锂、电池正极材料(包括镍钴锰酸锂、磷酸铁锂等)等深加工锂产品。下游产业则包括由上游锂精矿直接生产制成的玻璃、陶瓷,以及由中游锂化工产品生产制造的润滑剂、锂离子电池、干燥剂、合金等应用产品,其中,锂离子电池将进一步应用于新能源汽车、储能、消费电子等战略性新兴产业中。

由于中国上游锂矿资源的进出口贸易数据无法精确测算,考虑到其贸易进口高度集中在澳大利亚等国家和地区,出口微乎其微,受其他国家和地区的贸易政策影响较小,且大部分锂矿资源并不能直接应用于工业化生产(除玻璃、陶瓷直接由锂精矿制造外),需要将其转化产业链中游的基础锂盐产品才能进一步加工生产,其中,碳酸锂和氢氧化锂是生产电

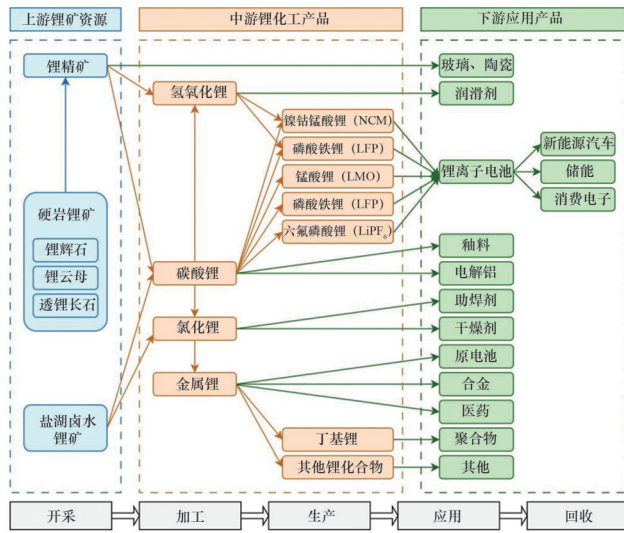


图1 锂产业链全生命周期流程图

池的主要原料,近年来地位不断攀升,已成为锂产业链中最重要的中间产品^[19]。同时,2023年美国地质调查局(USGS)最新数据显示,制造电池已成为锂资源最主要的用途,占锂消费量的80%,而锂离子电池是目前最常用的电池类型,推动了锂产业链的发展,催生了更多的锂矿资源开采和加工项目。综合上述分析,本研究选择锂产业链中游最重要的基础锂盐产品碳酸锂(HS编码:283691)、氢氧化锂(HS编码:282520),以及下游最主要的应用产品锂离子电池(HS编码:850760)3种关键产品作为研究对象。因数据的可获得性和完整性,研究时段选取为2013—2022年,期间中国与贸易伙伴之间的贸易数据源于联合国商品贸易数据库(UN Comtrade Database),其中,中国数据特指中国大陆数据,中国香港、中国澳门和中国台湾地区的数据单独列出统计,且中国与中国的贸易数据(主要指保税区进口)虽统计在内,但不加以分析。此外,本研究为更好地对比分析3种锂产业链关键产品的贸易规模及其他相关指标,将氢氧化锂、锂离子电池的贸易量(实物重量,初始单位为kg)统一换算为碳酸锂当量(LCE)来进行统计,换算系数分别为0.88、0.15^[20]。

1.2 研究方法

1.2.1 贸易网络模型构建

基于复杂网络理论,在中国锂产业链关键产品的对外贸易中,将中国与其贸易伙伴作为网络中的

“节点”,贸易关系作为“边”,进出口流向作为“边”的方向,进出口贸易额、贸易量分别作为“边”的权重,构建加权有向的复杂网络模型 $G=(V,E,W)$,其中, V 表示所有节点的集合, E 表示所有边的集合, W 表示所有边权重的集合。

1) 节点度。节点度是指贸易网络中与节点直接相连的边数,即1个国家或地区所拥有的贸易关系数。有向贸易网络的节点度包括入度和出度,计算公式如下

$$K_i^{\text{in}} = \sum_{j=1}^N a_{ji} \quad (1)$$

$$K_i^{\text{out}} = \sum_{j=1}^N a_{ij} \quad (2)$$

$$K_i = K_i^{\text{in}} + K_i^{\text{out}} = \sum_{j=1}^N a_{ji} + \sum_{j=1}^N a_{ij} \quad (3)$$

式中, K_i 、 K_i^{in} 、 K_i^{out} 分别表示度、入度、出度;如果*i*国向*j*国进行出口贸易,那么 $a_{ij}=1$,否则 $a_{ij}=0$, a_{ji} 意义同理; N 表示节点数量。

2) 节点强度。节点强度是指贸易网络中连接到节点的边权重之和,反映了节点贸易额或贸易量的大小。在有向贸易网络中,节点强度分为出口强度和进口强度,计算公式如下

$$DC_i^{\text{in}} = \sum_{j=1}^N a_{ji} w_{ji} \quad (4)$$

$$DC_i^{\text{out}} = \sum_{j=1}^N a_{ij} w_{ij} \quad (5)$$

式中, DC_i^{in} 、 DC_i^{out} 分别表示进口强度、出口强度; w_{ij} 表示节点*i*到*j*之间边的权重,即贸易额或贸易量, w_{ji} 意义同理。

3) 网络结构熵。结构熵是用来测度复杂网络异质性的指标,能较好地刻画网络的非标度性^[21],计算公式如下

$$I_i = \frac{K_i}{\sum_{j=1}^N K_j} \quad (6)$$

$$E = -\sum_{i=1}^N I_i \times \ln I_i \quad (7)$$

式中, E 表示网络结构熵, I_i 表示节点*i*的重要度。

1.2.2 可比净出口指数

可比净出口指数(NTB)是指某一产品净出口额与进出口贸易总额的比值,能够较好地衡量该产品的贸易流动不平衡程度^[22],采用该指数来反映中国锂产业链关键产品的进出口结构模式,以及判别在进出口上的依赖程度。计算公式如下

$$NTB_{r,t} = \frac{EV_{r,t} - IV_{r,t}}{EV_{r,t} + IV_{r,t}} \quad (8)$$

式中, $NTB_{r,t}$ 、 $EV_{r,t}$ 、 $IV_{r,t}$ 分别表示第 r 种产品在第 t 年的可比净出口指数值、出口贸易总额和进口贸易总额。 $NTB_{r,t}$ 的取值范围为 $[-1, 1]$, 若一国 $NTB_{r,t} > 0$, 则表示该国在该产品上是净出口国, 且值越大, 净出口程度越强; 若一国 $NTB_{r,t} < 0$, 则表示该国在该产品上是净进口国, 且值越小, 净进口程度越强; 若一国 $NTB_{r,t} = 0$, 则表示该国在该产品上进出口平衡。

1.2.3 进出口结构安全性评价指数

在网络结构熵的基础上, 有学者为刻画加权贸易网络的异质性, 引入了网络权重熵的概念^[23], 其可以用来衡量一国某产品进、出口贸易的地理空间集中度, 数值越大, 表明该国的贸易伙伴分布越均匀, 越不容易受单个贸易伙伴的影响, 进出口贸易结构安全程度越高^[24]。参考邵桂兰等^[25]、吕梦柯等^[26]学者的研究, 以网络权重熵为基础, 构建进出口结构安全性评价指数 $S(r, t)$, 计算公式如下

$$\varphi_{rj,t} = \frac{\tau_{rj,t}}{\sum_{j=1}^n \tau_{rj,t}} \quad (9)$$

$$S_{r,t} = -\sum_{j=1}^n \varphi_{rj,t} \times \ln \varphi_{rj,t} \quad (10)$$

式中, $\tau_{rj,t}$ 为第 t 年中国对 j 国在产品 r 上发生的进(出)口贸易额或贸易量, $\sum_{j=1}^n \tau_{rj,t}$ 为第 t 年中国对全球在产品 r 上发生的进(出)口贸易总额或贸易总量, $\varphi_{rj,t}$ 为权重要度, 反映 j 国对于中国进(出)口贸易的重要程度。

根据网络权重熵的含义, $S_{r,t}$ 能够刻画贸易网络的均质程度, 当 $\varphi_{rj,t} = 1/K_i^{\text{in}}$ (或 $\varphi_{rj,t} = 1/K_i^{\text{out}}$) 时, 贸易网络结构完全均质, $S_{r,t}$ 取最大值, 即 $S_{r,t}^{\text{max}} = \ln K_i^{\text{in}}$ (或

$S_{r,t}^{\text{max}} = \ln K_i^{\text{out}}$), 此时中国与贸易伙伴之间的贸易达到最佳均衡状态, 进(出)口结构安全程度最高; 当 $K_i^{\text{in}} = 1$ (或 $K_i^{\text{out}} = 1$), $\varphi_{rj,t} = 1$ 时, 贸易网络结构完全异质, $S_{r,t}$ 取最大值, 即 $S_{r,t}^{\text{max}} = 0$, 此时贸易强度完全聚集于一个国家或地区, 进(出)口结构安全程度最低。为了消除贸易伙伴数量不同对 $S_{r,t}$ 比较的影响, 对 $S_{r,t}$ 进行归一化处理, 得到标准化后的进出口结构安全性评价指数 $S_{r,t}^c$, 其值越大, 第 r 种产品在第 t 年的进(出)口结构安全程度越高, 计算公式如下

$$S_{r,t}^c = \frac{S_{r,t} - S_{r,t}^{\text{min}}}{S_{r,t}^{\text{max}} - S_{r,t}^{\text{min}}} \quad (11)$$

2 中国锂产业链关键产品贸易格局演化

2.1 贸易规模演化

2013—2022 年间, 中国 3 种锂产业链关键产品的进出口贸易规模演化规律差异较大, 如图 2 所示。从贸易构成来看, 碳酸锂以进口贸易为主, 而氢氧化锂、锂离子电池均以出口贸易为主; 从时间跨度变化来看, 3 种产品的贸易规模均有大幅提升, 其中, 碳酸锂在 2022 年的贸易规模达到 74.13 亿美元、14.65 万 t LCE, 分别是 2013 年的 95.11、9.81 倍; 氢氧化锂在 2022 年的贸易规模达到 39.65 亿美元、8.50 万 t LCE, 分别是 2013 年的 117.48、21.67 倍; 锂离子电池在 2022 年的贸易额高达 539.19 亿美元, 相较于 2013 年暴涨 458.78 亿美元, 同时, 贸易量达到 27.62 万 t LCE, 相较于 2013 年增长了 23.94 倍。

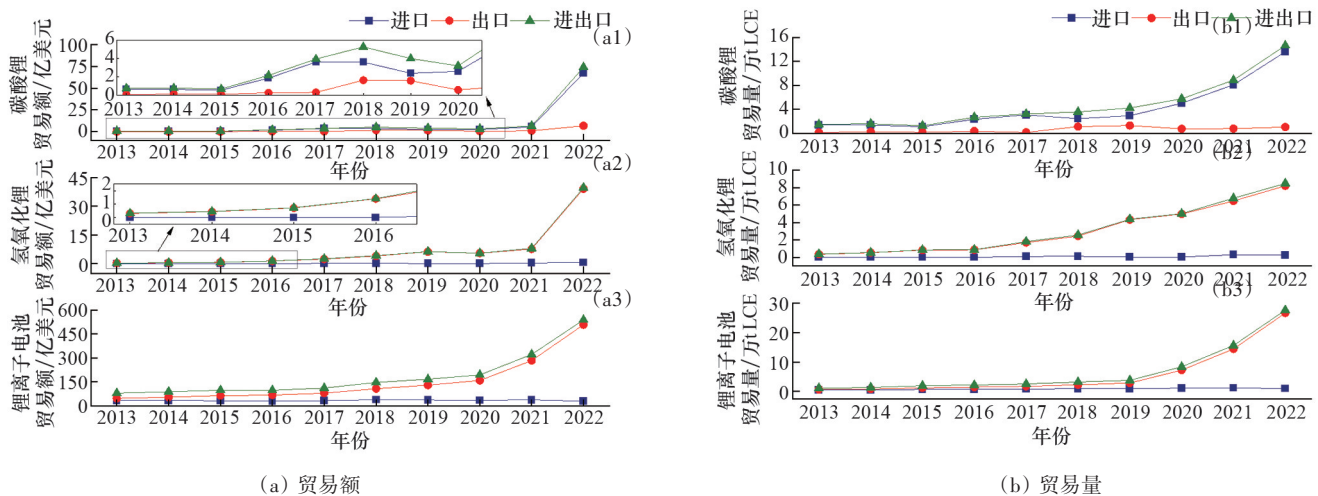


图2 2013—2022年中国锂产业链关键产品进出口贸易规模演化

1) 碳酸锂。中国碳酸锂的贸易规模演化具体可以分为4个阶段:第1阶段(2013—2015年),碳酸锂贸易规模较小且发展稳定,其中,进口贸易水平略高于出口,占据较大比重且保持基本稳定。第2阶段(2016—2018年),新能源汽车产业的快速发展带动动力电池需求爆发性增长,作为动力电池正极材料主要原料的碳酸锂,其贸易规模得以较大幅度提升,且各年变化有所差异,2016年和2017年碳酸锂进口增长幅度较大,出口增长幅度很小,2018年则是出口大幅增长,进口基本没有变化。第3阶段(2019—2020年),受碳酸锂价格波动的影响,其贸易规模呈现出贸易量不断增加、贸易额反而减少的发展趋势,在中国新能源汽车补贴大幅退坡的冲击下,动力电池需求趋弱,从而导致锂市场低迷,碳酸锂价格整体呈现下行趋势,且相较于进口而言,出口贸易额下降的幅度较小。第4阶段(2021年—),碳酸锂贸易规模发生飞跃式增长,且主要体现在进口端,原因在于新能源市场高景气促使碳酸锂需求持续增加,同时碳酸锂价格亦发生上涨,尤其进入2022年,碳酸锂价格始终处于高位运行,预计这种增长态势在未来一段时间内会持续呈现。

2) 氢氧化锂。中国氢氧化锂的贸易规模演化可以分为4个阶段:第1阶段(2013—2015年),氢氧化锂贸易规模发展缓慢且稳定,进口贸易水平低且变化幅度小,但出口贸易水平在不断提升,中国氢氧化锂贸易处于初步探索阶段,并逐渐步入出口贸易市场。第2阶段(2016—2019年),氢氧化锂贸易规模进入增速发展时期,随着全球动力电池的需求大幅增加,氢氧化锂价格有所上涨,中国氢氧化锂产量较高且有富余,出口贸易市场进一步打开。第3阶段(2020年),同样受氢氧化锂价格波动下降的影响,中国氢氧化锂出口贸易量虽有所增涨,贸易额却小幅减少,但贸易规模仍保持在较高的水平。第4阶段(2021年—),氢氧化锂贸易规模迎来发展新飞跃,且主要体现在出口端,在贸易量稳定增涨的同时,价格回温带来贸易额的加速增长,并于2022年达到制高点,预计短期内将维持这种贸易水平。

3) 锂离子电池。中国锂离子电池的贸易规模演化可以分为3个阶段:第1阶段(2013—2015年),锂离子电池贸易规模处于稳定增长时期,进、出口贸易

水平起点均较高且接近,此前锂离子电池的需求主要在消费电子领域,但随着消费电子市场增速逐渐放缓,以及新能源汽车行业迎来快速发展,锂离子电池的大部分需求转移到新能源汽车领域,中国逐渐发展为动力电池生产大国,锂离子电池的出口贸易水平稳步增长,进口贸易变化幅度较小。第2阶段(2016—2020年),锂离子电池贸易规模发展显著加快,2020年的出口贸易额高达159.39亿美元,是2016年的2.35倍,此时,新能源汽车行业比较景气,带动动力电池进入高成长时代,中国已成为全球动力电池第一生产大国。第3阶段在这个时期内(2021年—),锂离子电池贸易进入高速发展时期,贸易额于2022年突破500亿美元。中国锂离子电池行业加快技术创新和转型升级,产量持续快速增长,中国工业和信息化部公布的数据显示,2022年,全国锂离子电池产量达750 GWh,对外供给能力不断凸显。在全球市场,除新能源汽车行业仍保持良性发展外,新型储能产业、新型消费电子产品的生产发展对锂离子电池的需求也在稳步提升,中国已成为全球最大的锂离子电池供应国。

2.2 贸易伙伴演化

2.2.1 贸易网络节点度演化

测算节点度能够体现出中国贸易伙伴数量的变化情况,2013—2022年间,中国3种锂产业链关键产品贸易网络节点度的变化情况有所差异,如图3所示。从节点度构成来看,3种锂产业链关键产品贸易网络中的出度值均大于入度,说明整体而言,中国在这3种产品上的出口贸易伙伴要多于进口贸易伙伴。从节点度时间跨度变化来看,碳酸锂、氢氧化锂的贸易网络节点度数值变化幅度均较小,分别在43~64、39~53的区间内波动,说明中国的碳酸锂和氢氧化锂贸易伙伴情况变动不大,进出口对象相对集中且稳定;而锂离子电池的贸易网络节点度呈现出波动增长的趋势,在2022年达到244个,相比2013年增长44个,且主要增长的为出度值,说明随着新能源汽车、储能等产业的发展,许多国家和地区对锂离子电池上的重视程度不断提高,与中国开展贸易合作的国家和地区越来越多,中国逐渐成为全球贸易网络中的核心国家。

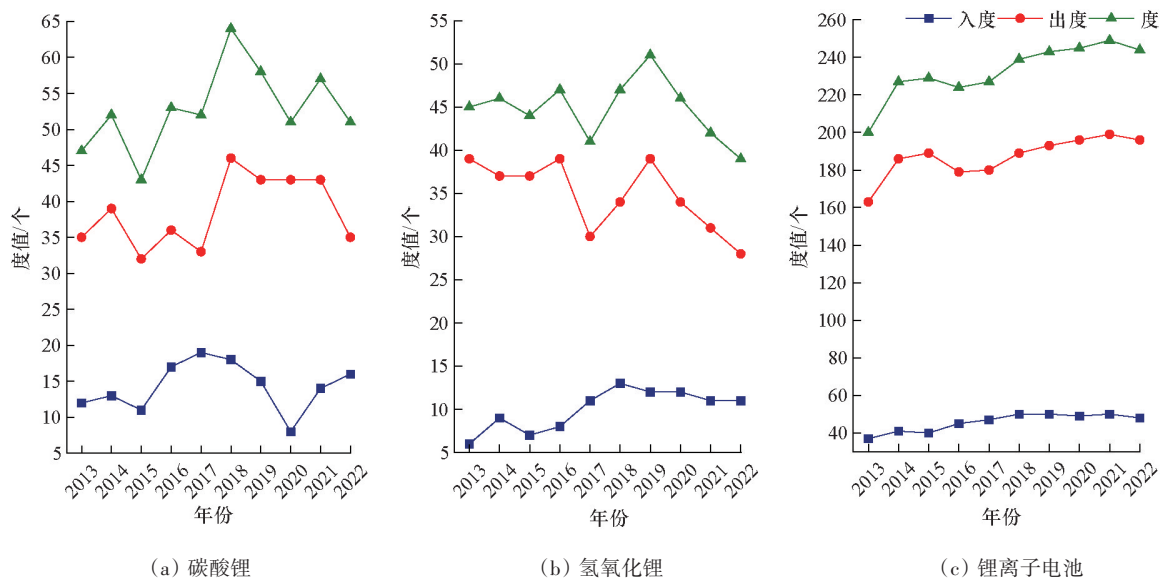


图3 2013—2022年中国3种锂产业链关键产品贸易网络节点度演化

2.2.2 贸易伙伴及进出口份额演化

在中国3种锂产业链关键产品贸易网络中,各节点的强度存在显著差异,即中国与各贸易伙伴之间发生的进出口份额各不相同。分别以贸易额、贸易量为权重,识别2013—2022年中国3种锂产业链关

键产品贸易伙伴,测算各自的进出口份额,并选取2013、2016、2019、2022年作为代表年份进行了详细分析。

1) 碳酸锂。表1~表2显示了中国碳酸锂贸易伙伴及进出口份额的变化情况。

表1 2013—2022年中国碳酸锂出口贸易伙伴及出口份额演化

年份	出口总额/ 亿美元	出口份额/%					出口总量 /万 t LCE	出口份额/%				
2013	0.09	日本	韩国	荷兰	澳大利亚	加拿大	0.12	日本	荷兰	韩国	马来西亚	加拿大
		27.65	14.38	13.08	9.29	6.15		25.15	18.17	15.87	5.81	4.91
2016	0.29	日本	中国台湾	荷兰	澳大利亚	韩国	0.35	日本	中国台湾	荷兰	澳大利亚	韩国
		70.75	7.23	4.67	4.29	3.62		70.75	7.23	4.67	4.29	3.62
2019	1.59	韩国	日本	美国	俄罗斯	德国	1.29	韩国	日本	美国	俄罗斯	德国
		62.44	20.53	7.49	2.94	1.53		64.58	18.20	7.67	3.32	1.52
2022	6.83	日本	韩国	俄罗斯	中国台湾	德国	1.04	日本	韩国	德国	俄罗斯	中国台湾
		48.49	44.27	2.80	2.11	1.11		49.18	42.49	2.82	2.60	1.61

表2 2013—2022年中国碳酸锂进口贸易伙伴及进口份额演化

年份	进口总额/ 亿美元	进口份额/%					进口总量/ 万 t LCE	进口份额/%				
2013	0.69	智利	阿根廷	秘鲁	韩国	美国	1.37	智利	阿根廷	秘鲁	韩国	美国
		79.44	17.81	0.95	0.69	0.66		80.36	17.10	1.10	0.70	0.55
2016	1.88	智利	阿根廷	日本	韩国	泰国	2.34	智利	阿根廷	日本	韩国	泰国
		64.61	24.43	7.90	1.33	0.48		64.61	24.43	7.90	1.33	0.48
2019	2.40	智利	阿根廷	韩国	日本	中国	2.93	智利	阿根廷	韩国	日本	中国
		56.71	41.22	1.41	0.58	0.04		60.32	38.56	0.62	0.42	0.04
2022	67.30	智利	阿根廷	韩国	英国	中国	13.61	智利	阿根廷	韩国	英国	中国
		94.48	4.30	0.52	0.29	0.17		89.45	9.39	0.51	0.28	0.16

(1) 出口贸易伙伴。从贸易伙伴变化情况来看,由前文分析可知,2017年之前,中国碳酸锂出口贸易水平整体较低,日本是中国碳酸锂出口的主要对象,常年排于首位,而其余出口贸易分布则较为发散,包括韩国、荷兰等国家和地区;2018—2021年,中国碳酸锂出口贸易水平有所提升,随着新能源汽车等战略性新兴产业的兴起,带来了动力电池的极大需求,锂矿资源相对匮乏的韩国,需要依靠大量进口碳酸锂来满足生产需要,因此成为中国最大的出口贸易伙伴,具有相同需求的日本紧跟其后,其余出口贸易分布在美国、俄罗斯、德国等国家和地区;进入2022年,日本所占的出口份额反超韩国,再一次成为中国最大的出口贸易伙伴。从出口市场集中度来看,无论是贸易额还是贸易量,中国碳酸锂出口前5位贸易伙伴所占的份额增长幅度均较大,其中,贸易额出口份额从2013年的70.55%增至2022年的98.78%,贸易量出口份额从2013年的69.92%增至98.70%,说明随着时间推进,中国碳酸锂的出口市场

格局愈发集中,中国与出口贸易伙伴之间的联系愈发紧密,受依赖程度提高。

(2) 进口贸易伙伴。从贸易伙伴变化情况来看,2013—2022年间,无论是前期的碳酸锂进口低水平阶段,还是后期的碳酸锂进口发展较快阶段,由于智利和阿根廷的锂矿资源禀赋优越,且碳酸锂产能较高,因此它们始终排在中国碳酸锂进口来源国前2位,共同占据了我国90%以上的进口份额,一直是中国最重要的进口贸易伙伴,其中智利常年占据首位,仅在2018年低于阿根廷;此外,作为中国碳酸锂出口贸易重要伙伴的日本和韩国,亦反向向中国出口,但中国进口规模远不及对这2个国家的出口规模。从进口市场集中度来看,无论是贸易额还是贸易量,中国碳酸锂进口前5位贸易伙伴所占的份额,始终在98%以上,原因在于中国的碳酸锂进口来源国数量少,且进口贸易十分集中,中国与智利和阿根廷的贸易合作关系较为牢固,不易发生改变。

2) 氢氧化锂。表3~表4显示了中国氢氧化锂贸

表3 2013—2022年中国氢氧化锂出口贸易伙伴及出口份额演化

年份	出口总额/ 亿美元	出口份额/%					出口总量 /万 t LCE	出口份额/%				
2013	0.32	印度	韩国	日本	荷兰	印度尼西亚	0.37	印度	日本	韩国	俄罗斯	印度尼西亚
		25.29	17.07	14.50	6.47	3.78		28.21	14.28	10.82	7.12	4.00
2016	1.40	韩国	日本	印度	中国台湾	德国	0.86	韩国	日本	印度	中国台湾	德国
		37.41	21.21	8.14	5.47	4.32		37.41	21.21	8.14	5.47	4.32
2019	6.23	日本	韩国	印度	新加坡	泰国	4.34	日本	韩国	印度	加纳	泰国
		53.58	42.44	1.16	0.46	0.44		59.54	35.41	1.17	1.14	0.46
2022	39.07	韩国	日本	瑞典	中国台湾	泰国	8.22	韩国	日本	瑞典	中国台湾	阿拉伯联合酋长国
		76.34	20.99	1.23	0.37	0.23		63.13	34.02	1.66	0.24	0.19

表4 2013—2022年中国氢氧化锂进口贸易伙伴及进口份额演化

年份	出口总额/ 亿美元	出口份额/%					出口总量/ 万 t LCE	出口份额/%				
2013	0.02	智利	美国	中国台湾	日本	德国	0.02	智利	美国	中国台湾	日本	德国
		64.75	20.09	7.80	4.17	3.00		81.34	9.31	5.51	1.70	1.89
2016	0.02	美国	中国台湾	日本	德国	智利	0.02	美国	中国台湾	日本	德国	智利
		52.75	29.95	7.13	3.65	2.96		52.75	29.95	7.13	3.65	2.96
2019	0.06	美国	中国	智利	中国台湾	日本	0.48	中国	美国	智利	中国台湾	日本
		37.36	29.63	26.90	4.88	0.82		42.26	25.25	20.02	11.45	0.71
2022	0.58	智利	中国	美国	俄罗斯	日本	0.27	美国	中国	智利	俄罗斯	日本
		33.37	28.34	22.47	9.72	3.14		44.72	33.90	13.24	4.24	2.91

易伙伴及进出口份额的变化情况。

(1) 出口贸易伙伴。从贸易伙伴变化情况来看,2013—2014年,中国氢氧化锂出口贸易水平整体不高,出口贸易国别分布也并不集中,其中,印度、日本和韩国所占的出口份额差距不大,是中国前期主要的出口贸易伙伴;2015—2019年,中国氢氧化锂出口贸易规模不断扩大,随着氢氧化锂在新能源产业发挥的作用越来越大,日本和韩国开始对中国的氢氧化锂展开贸易竞争,占据绝大部分出口份额,始终排在前2位,并交替占据首位,而其余出口贸易分布在印度、泰国等国家和地区;2020年以后,韩国占据的出口份额增长明显,与日本的差距越拉越大,成为中国最大的出口贸易伙伴。从出口市场集中度来看,无论是贸易额还是贸易量,中国氢氧化锂出口前5位贸易伙伴所占的份额增长幅度均显著,其中,贸易额出口份额从2013年的67.11%增至2022年的98.15%,贸易量出口份额从2013年的64.44%增至

99.23%,说明中国氢氧化锂出口市场格局高度集中的态势愈发明朗,而对于各出口贸易伙伴而言,中国的重要程度和贸易地位逐渐显著,氢氧化锂出口形势将持续乐观。

(2) 进口贸易伙伴。相较于出口,中国在氢氧化锂上发生的进口贸易微乎其微,原因在于中国氢氧化锂的生产技术成熟且产量较高,在绝大多数程度上能满足自身需求,不需要大量进口,且仍有富余进行出口,在中国为数不多的进口贸易伙伴中,进口主要集中在智利、美国、俄罗斯等国家和地区。

3) 锂离子电池。表5~表6显示了中国锂离子电池贸易伙伴及进出口份额的变化情况。

(1) 出口贸易伙伴。从贸易伙伴变化情况来看,2019年之前,中国香港是中国锂离子电池出口的主要对象,常年排于首位,但占据的出口份额呈现波动下降的趋势,而中国其余出口贸易分布则较为分散,包括美国、韩国、德国等国家和地区;2020年以后,随

表5 2013—2022年中国锂离子电池出口贸易伙伴及出口份额演化

年份	出口总额/ 亿美元	出口份额/%					出口总量/ 万 t LCE	出口份额/%				
2013	47.08	中国香港	美国	日本	印度	韩国	0.67	中国香港	美国	日本	印度	韩国
		38.98	11.54	7.80	6.90	5.80		38.98	11.54	7.80	6.90	5.80
2016	67.79	中国香港	美国	越南	印度	日本	1.48	中国香港	美国	越南	印度	日本
		27.51	15.98	8.57	6.01	5.44		27.51	15.98	8.57	6.01	5.44
2019	130.31	中国香港	美国	德国	韩国	越南	2.88	中国香港	美国	德国	韩国	越南
		16.94	14.33	9.31	7.90	7.65		16.94	14.33	9.31	7.90	7.65
2022	509.19	美国	德国	韩国	荷兰	越南	26.65	美国	德国	韩国	荷兰	越南
		19.91	15.17	10.36	6.60	5.55		25.47	15.26	8.80	6.70	3.80

表6 2013—2022年中国锂离子电池进口贸易伙伴及进口份额演化

年份	出口总额/ 亿美元	出口份额/%					出口总量/万 t LCE	出口份额/%				
2013	33.18	韩国	日本	中国	马来西亚	新加坡	0.48	韩国	日本	中国	马来西亚	新加坡
		40.26	26.18	22.98	5.70	2.76		40.26	26.18	22.98	5.70	2.76
2016	30.63	韩国	日本	中国	马来西亚	新加坡	0.72	韩国	日本	中国	马来西亚	新加坡
		32.85	21.55	17.97	11.74	5.17		32.85	21.55	17.97	11.74	5.17
2019	37.27	韩国	中国	马来西亚	日本	德国	0.91	韩国	中国	马来西亚	日本	德国
		24.17	22.85	15.08	12.18	9.17		24.17	22.85	15.08	12.18	9.17
2022	29.84	马来西亚	中国	新加坡	韩国	日本	0.97	马来西亚	新加坡	中国	波兰	韩国
		21.84	14.64	12.75	11.43	10.14		25.34	14.67	14.67	12.13	11.35

着新能源汽车、储能等产业的兴起,美国对锂离子电池的需求增加,取代中国香港成为中国最大的出口贸易伙伴,而中国香港逐渐退出前5位置,此外,具有相同需求的德国、韩国紧跟其后,其余出口贸易则流向荷兰、越南等国家和地区。从出口市场集中度来看,无论是贸易额还是贸易量,中国锂离子电池出口前5位贸易伙伴所占的份额均有所下跌,其中,贸易额出口份额从2013年的71.01%跌至2022年的57.60%,贸易量出口份额从2013年的71.01%跌至2022年的60.02%,随着出口市场的分散,出口贸易伙伴的市场占有率趋于均衡,国家之间的竞争也变得激烈。中国对锂离子电池出口市场的风险敏感程度降低。

(2) 进口贸易伙伴。从贸易伙伴变化情况来看,2013—2022年间,韩国、日本和马来西亚常年占据中国锂离子电池进口国前3位,三者所占据的进口份额差距较小,其中,马来西亚的上升势头显著,而韩国和日本却呈现波动下降的趋势,马来西亚在2022年首次成为中国最大的进口贸易伙伴;此外,新加坡、德国等国也是中国锂离子电池的重要进口国。从进口市场集中度来看,无论是贸易额还是贸易量,中国前5位贸易伙伴所占比重均有所下跌,其中,贸易额进口份额从2013年的97.89%跌至2022年的70.80%,贸易量进口份额从2013年的97.89%跌至2022年的78.16%,进口市场模式集中度有所下降,中国对锂离子电池进口的依赖程度不断降低。

3 中国锂产业链关键产品贸易安全评价

3.1 进出口结构模式

测算了2013—2022年中国锂产业链关键产品的可比净出口指数,并使用相等间隔分类法,将进出口结构分为强出口、弱出口、相对平衡、弱进口和强进口5种模式,以反映3种产品进出口结构的变化情况,如图4所示。

1) 碳酸锂。中国碳酸锂进出口结构模式的演化大致可以分为3个阶段:第1阶段(2013—2017年),由于国内碳酸锂产量有限,中国不得不通过进口碳酸锂满足国内市场需求,随着中国碳酸锂的进口贸易逐渐展开,中国碳酸锂进出口结构维持在强进口

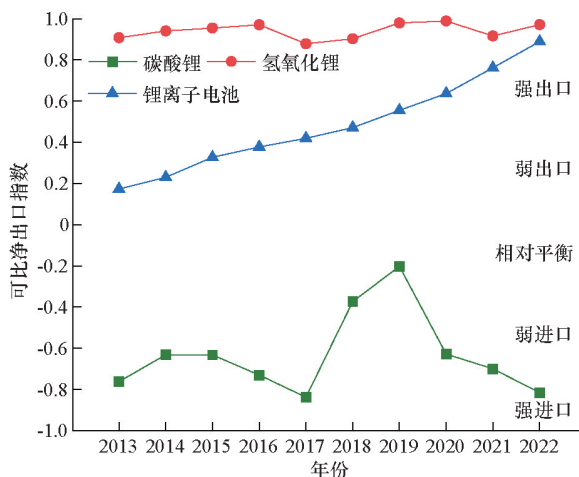


图4 2013—2022年中国3种锂产业链关键产品进出口结构模式演化

模式,中国成为全球最大的碳酸锂进口国之一。第2阶段(2018—2019年),随着中国碳酸锂生产能力的逐步提升和国内企业的技术改进,中国开始实施政策鼓励国内生产和发展碳酸锂产业,在贸易进口端放缓,而出口发生一定幅度的增长,主要流向日本、韩国等锂矿资源稀缺国家,从而导致进出口结构转变为弱进口模式。第3阶段(2020年—),全球新冠肺炎疫情给碳酸锂贸易环境带来了较强的负向影响,与此同时,随着全球新能源汽车产业的快速发展,以及碳酸锂作为电池材料的需求持续增长,中国碳酸锂市场需求再次出现了大幅增加的态势,碳酸锂出口有较大幅度的下降,而进口仍较为稳定且有显著增长,碳酸锂进出口结构再一次转变为强进口模式。

2) 氢氧化锂。中国氢氧化锂进出口结构始终维持在强出口模式。一方面,中国作为全球最大的氢氧化锂生产基地,赣锋锂业、天齐锂业等生产企业规模庞大,位于全球氢氧化锂供应第1梯队,在国际市场上具有较强的竞争力;另一方面,氢氧化锂作为一种重要的化工原料,在新能源汽车、储能、医药等领域都有广泛的应用,且随着新能源汽车等行业的发展增速,全球对氢氧化锂的需求不断上升,这为中国的出口提供了广阔的市场空间。总的来说,中国氢氧化锂的进出口结构维持在强出口模式,主要是由自身生产优势和全球需求增长共同作用的结果,而在后续评价氢氧化锂的进出口结构安全性时,也着

重分析其出口结构的安全程度。

3) 锂离子电池。中国锂离子电池进出口结构模式经历了“相对平衡—弱出口—强出口”的转变:第1阶段(2013年全年),中国的锂离子电池进出口结构体现为相对平衡模式,出口和进口规模相对接近,国内市场需求和国际市场需求较为平衡。第2阶段(2014—2019年),中国的锂离子电池进出口结构转变为弱出口模式,随着中国锂离子电池产业的发展和技术进步,贸易出口规模开始逐渐增大,而进口规模相对较小。这表明中国在锂离子电池领域的竞争力逐渐增强,国内生产的锂离子电池在国际市场上具有一定的竞争优势。中国在锂离子电池生产技术、成本控制、供应链等方面不断改进,使得中国的锂离子电池在质量和价格上更具竞争力。第3阶段(2020年—),中国的锂离子电池进出口结构转变为强出口模式,随着中国锂离子电池产业的进一步发展和国际市场对锂离子电池需求的增加,中国的锂离子电池出口规模进一步扩大,远远超过进口规模。这表明中国在锂离子电池领域具有强大的出口竞争力,成为全球锂离子电池的主要供应国之一。中国锂离子电池产业规模日益扩张、技术持续创新、品质不断提升,使得锂离子电池产品在国际市场上逐渐占据主导地位。

3.2 贸易结构安全评价

分别以贸易额、贸易量为权重,从进口、出口2个层面,测算了2013—2022年中国3种锂产业链关键

产品的 $S_{r,t}^c$ 指数,以反映其贸易结构安全程度的时空变动情况,整体而言,基于2种权重测算的 $S_{r,t}^c$ 指数演化规律基本一致,如图5所示。

1) 碳酸锂。相较于出口,中国在碳酸锂进口上发生贸易安全问题的可能性更大:(1) 出口结构安全性。2013—2022年间,中国碳酸锂出口 $S_{r,t}^c$ 指数的走势起伏较大,但整体形势较为明晰,以2016年为时间分界线,前后期呈现出显著差别。2013—2015年, $S_{r,t}^c$ 指数总体水平较高,中国碳酸锂出口结构处在一种安全程度较高的状态,在这个时期内,中国碳酸锂出口贸易规模较小,而且出口贸易分布较为分散,主要出口伙伴为日本、韩国、荷兰等国家和地区;2016—2022年, $S_{r,t}^c$ 指数急剧下降并稳定在0.35左右,中国碳酸锂出口结构转变为一种较为不安全的状态,在这个时期内,中国碳酸锂出口贸易规模有所增大,且较为集中,主要出口伙伴为日本和韩国,受其贸易政策和经济波动的影响较大。但由于中国对于碳酸锂出口贸易的依赖程度并不算高,所以从整体上来看,中国在一定程度上不会面临较为严峻的贸易安全问题。(2) 进口结构安全性。2013—2022年间,中国碳酸锂进口 $S_{r,t}^c$ 指数的走势相对平缓,始终维持在一个较低的水平,2022年更是跌入最低谷,说明中国碳酸锂进口结构长期处于不安全状态。实际上,在整个研究期内,无论是碳酸锂进口贸易前期的低水平阶段,还是后期的高速发展阶段,中国碳酸锂进口始终集中在智利和阿根廷2个国家,共同占据了绝大部分

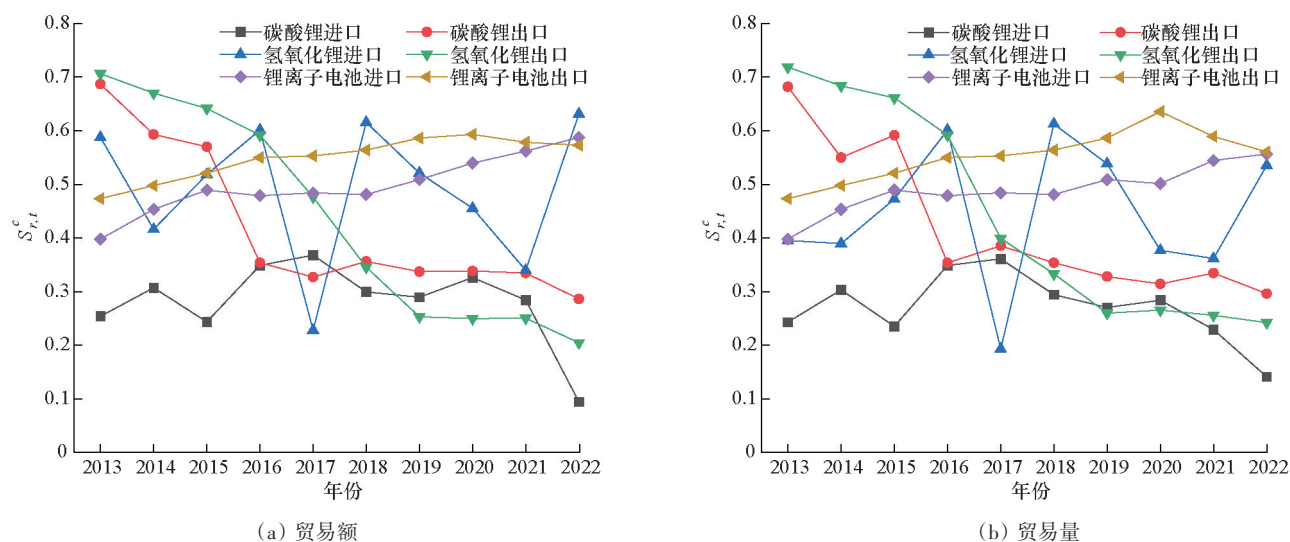


图5 2013—2022年中国3种锂产业链关键产品 $S_{r,t}^c$ 指数演化

的进口份额,才导致 $S_{r,i}^c$ 指数偏低;而智利在2022年更是独自占据了90%左右的进口份额,从而导致 $S_{r,i}^c$ 指数极低。由此可知,中国对智利和阿根廷的进口贸易依赖程度高,受其影响程度大,若智利、阿根廷发生政治动荡或自然灾害导致其贸易政策发生重大改变,或出现供应中断、价格波动、贸易争端等问题,导致碳酸锂对外出口受限,供应不稳定,那么中国在短期内可能面临严峻的碳酸锂贸易供给安全问题。

2) 氢氧化锂。相较于进口,中国在氢氧化锂出口上发生贸易安全问题的可能性更大:(1) 出口结构安全性。2013—2022年间,中国氢氧化锂出口 $S_{r,i}^c$ 指数整体呈现下跌的走势,变化幅度大。2013—2016年, $S_{r,i}^c$ 指数变化曲线虽呈现出下降趋势,但总体水平高,中国氢氧化锂出口结构处在一种高度安全的状态,实际上,在这个时期内,中国氢氧化锂的出口贸易规模小,且出口贸易分布较为分散;2017—2022年, $S_{r,i}^c$ 指数降低的速度呈现出“加快—减缓—加快”的波动特征,中国氢氧化锂出口结构也逐渐由安全转变为不安全,在这个时期内,随着中国氢氧化锂出口贸易规模的不断扩大,出口国也越来越集中,日本和韩国成为中国最重要的出口贸易伙伴。从2019年起,这2个国家共同占据了我国95%以上的出口份额。由此可知,中国对日本和韩国的出口贸易依赖程度高,受其影响程度大,如果日本、韩国中任意1个国家发生锂产业链断裂、经济危机等突发性情况,使得该国对于氢氧化锂的需求急剧下降或难以支付价款,中国氢氧化锂贸易就容易形成“外需不振”的局面,造成一定程度上的贸易安全问题。(2) 进口结构安全性。2013—2022年,氢氧化锂进口 $S_{r,i}^c$ 指数走势波动不定,在安全与不安全2种状态中反复跳跃,但由前文可知,中国氢氧化锂出口贸易规模极小,受贸易额、贸易量基数过低的限制,各进口贸易伙伴也不会对中国造成严峻的威胁,面临的贸易安全问题程度偏低。

3) 锂离子电池。无论是进口还是出口,中国在锂离子电池上发生贸易安全问题的可能性均较小:(1) 出口结构安全性。2013—2022年,中国锂离子电池出口 $S_{r,i}^c$ 指数呈现明显的上升趋势,总体水平较高,表明中国锂离子电池出口结构长期处于安全状态。实际上,中国在锂离子电池领域具有强大的出

口竞争力,是全球锂离子电池出口的主要供应国之一,在国际市场上逐渐占据主导地位,受贸易环境变化的影响较小。而中国锂离子电池的出口贸易市场分布逐渐分散,贸易伙伴变动较小,主要出口对象包括美国、德国、韩国等国家和地区,如果其中1个国家或地区的锂产业链断裂或发生经济危机等情况,中国可以通过转移出口市场份额的方式来降低承担的贸易风险。(2) 进口结构安全性。2013—2022年,锂离子电池进口 $S_{r,i}^c$ 指数走势同样呈现出明显的上升趋势,经历了由较为不安全到安全的转变。随着新能源汽车、储能等产业领域的快速发展,对锂离子电池的需求迅速增长,这导致了国内锂离子电池产业的迅速扩张和技术进步,使得国内供应能力得到了显著提升。而在国际市场,中国锂离子电池进口主要集中在韩国、日本、马来西亚等国家和地区,且贸易水平变动较为稳定,进口依赖性较弱,面临贸易供给安全问题可能性小。

4 结论

1) 中国碳酸锂的整体结构属于“中等生产—高消费—高进口”类型,其中,贸易结构经历了“强进口—弱进口—强进口”的转变,而贸易进口始终由智利和阿根廷2个国家所支配,中国处于被动地位,受其影响程度大,贸易进口端的供给安全形势不容乐观。因此,碳酸锂的充分稳定供给是一个长期需要关注的着力点,事关中国锂矿资源的安全性和自控性,同时也是促进中国锂产业链稳定发展的基础,而实现碳酸锂的供给多元化、稳定化是一条合理且有效的路径。首先,由于贸易进口仍是中国碳酸锂的供给方式,这就要求中国稳健推进与智利和阿根廷的贸易合作关系,以“互惠共赢”为目标来展开贸易交流,以及追求更深层次的技术、产业合作等,在贸易规模和贸易质量上做到稳中求升。其次,须不断提高中国锂矿资源的自给率,以缓解贸易进口端的供给压力,如加强锂矿资源勘查力度、提升设备水平以提高采矿效率和资源利用率、加大研发和制造投入以提高产品质量、加强对废旧锂电池的回收和资源化利用等。最后,积极利用现有的政策导向,如共建“一带一路”倡议等,寻求与更多国家和地区进行贸易合

作的可能性,达到优化贸易结构的效果。实际上,“一带一路”沿线国家中的塔吉克斯坦、刚果(金)和马里等国均拥有较为丰富的锂矿资源,这为锂产业链的发展提供了良好的基础。中国企业可以加大投资和开发锂矿项目力度,将相对成熟的开采、生产和制造技术投入,推进合作双方的互利共赢;但与此同时,也要做好积极应对基础设施不完善、环境影响等挑战的准备。

2) 中国氢氧化锂的整体结构属于“高生产—高消费—高出口”类型,其中,贸易结构始终维持在强出口模式,而贸易出口高度集中于日本和韩国2个国家,中国容易由于“过度依赖进口国”引发一系列贸易安全问题。因此,中国可以采取拓展国际市场、提高产品质量、优化产品结构等措施来降低贸易风险,从而实现氢氧化锂出口贸易更加多元化和可持续发展。首先,中国可以深化与其他国家和地区的贸易合作,如德国、英国等汽车工业强国,加强对外贸易和技术交流,拓展更广泛的国际市场。其次,中国可以加强质量控制和技术创新,提高氢氧化锂的质量和附加值,通过提供高品质、高性能和符合国际标准的产品,增强竞争力,吸引更多国家和地区的需求。最后,中国可以考虑开发和生产更具市场竞争力的新兴产品,通过拓宽、优化产品结构,减少对单一产品的依赖,提高市场多样性,如可以开发高纯度氢氧化锂,以满足电池行业对高质量锂盐的需求。

3) 中国锂离子电池的整体结构属于“高生产—高消费—高出口”类型,其中,贸易结构经历了“相对平衡—弱出口—强出口”的转变,无论是进口还是出口,中国面临贸易安全问题的可能性均较小。虽然在全球锂离子电池贸易中,中国作为最大的出口国扮演着重要角色,但仍需要进一步提高技术水平和产品质量,应对国际贸易壁垒和环境挑战,以巩固和提升自身在国际市场的竞争力。首先,尽管中国的锂离子电池在产能方面具有显著的竞争优势,但与国际先进水平相比,在产品质量、高端技术和创新能力上尚需进一步提高。其次,中国锂离子电池出口面临一定的贸易保护主义和技术壁垒,如美国、日本、欧盟等国家和地区对锂离子电池产品采取了限制性措施和技术标准,中国需要根据具体情况积极应对这些挑战。最后,中国在锂离子电池出口贸易

中也面临一些环境和可持续发展的挑战,锂离子电池生产过程中的环境污染和资源消耗问题长期存在,中国需要加强环境保护和可持续发展措施,以提高国际市场的认可度。

参考文献(References)

- [1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[N]. 人民日报, 2022-10-26 (001).
- [2] 张苏江, 张彦文, 张立伟, 等. 中国锂矿资源现状及其可持续发展策略[J]. 无机盐工业, 2020, 52(7): 1-7.
- [3] 周园园. 中国锂资源供需形势及对外依存度分析[J]. 资源与产业, 2019, 21(3): 46-50.
- [4] 王浩, 黄根红, 陈瑞英, 等. 全球锂资源供需展望及锂产品价格预测[J]. 中国有色冶金, 2022, 51(6): 1-11.
- [5] 邢佳韵, 陈其慎, 张艳飞, 等. 我国锂及其下游动力电池产业链发展探讨[J]. 中国工程科学, 2022, 24(3): 10-19.
- [6] Liu D H, Gao X Y, An H Z, et al. Supply and demand response trends of lithium resources driven by the demand of emerging renewable energy technologies in China[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2019, 145: 311-321.
- [7] Zhou N, Su H, Wu Q S, et al. China's lithium supply chain: Security dynamics and policy countermeasures[J]. Resources Policy, 2022, 78: 102866.
- [8] 郑人瑞, 唐金荣, 周平, 等. 我国锂资源供应风险评估[J]. 中国矿业, 2016, 25(12): 30-37.
- [9] Zhou N, Wu Q S, Hu X P, et al. Synthesized indicator for evaluating security of strategic minerals in China: A case study of lithium[J]. Resources Policy, 2020, 69: 101915.
- [10] 屈金芝, 张艳松, 张艳, 等. 新形势下中国锂矿资源供应安全评价[J]. 中国矿业, 2021, 30(12): 1-7.
- [11] 廖秋敏, 孙明浩. “逆全球化”背景下中国锂资源供应安全评价[J]. 矿业研究与开发, 2022, 42(4): 179-186.
- [12] Hao H, Liu Z W, Zhao F Q, et al. Material flow analysis of lithium in China[J]. Resources Policy, 2017, 51: 100-106.
- [13] Liu W Q, Liu W, Li X X, et al. Dynamic material flow analysis of critical metals for lithium-ion battery system in China from 2000-2018[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2021, 164: 105122.
- [14] 赵连征, 汪鹏, 汤林彬, 等. 中国锂元素动态物质流及关键驱动因素分析[J]. 科技导报, 2022, 40(21): 100-109.
- [15] Yang P, Gao X Y, Zhao Y R, et al. Lithium resource allocation optimization of the lithium trading network based on material flow[J]. Resources Policy, 2021, 74: 102356.

- [16] Shao L G, Hu J Y, Zhang H. Evolution of global lithium competition network pattern and its influence factors[J]. Resources Policy, 2021, 74: 102353.
- [17] Chen G, Kong R, Wang Y X. Research on the evolution of lithium trade communities based on the complex network [J]. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 2020, 540: 123002.
- [18] 撒兴昌, 高天明, 张艳. 全球碳酸锂贸易格局与供应危机传播研究[J]. 地球学报, 2023, 44(2): 341–350.
- [19] Sun X, Hao H, Zhao F Q, et al. Global lithium flow 1994–2015: Implications for improving resource efficiency and security[J]. Environmental Science & Technology, 2018, 52 (5): 2827–2834.
- [20] Sun X, Hao H, Zhao F Q, et al. Tracing global lithium flow: A trade-linked material flow analysis[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2017, 124: 50–61.
- [21] 谭跃进, 吴俊. 网络结构熵及其在非标度网络中的应用 [J]. 系统工程理论与实践, 2004, 24(6): 1–3.
- [22] 王念, 程昌秀, 林耿. 中国农产品贸易结构演化及对粮食安全的影响[J]. 地理学报, 2022, 77(10): 2599–2615.
- [23] 陈素梅, 史丹. 全球产业链下中国医药业的参与特征: 基于产业间关联与产业内贸易的视角[J]. 当代经济管理, 2021, 43(8): 15–23.
- [24] 张进, 王诺, 卢毅可, 等. 世界粮食供需与流动格局的演变特征[J]. 资源科学, 2018, 40(10): 1915–1930.
- [25] 邵桂兰, 周乾. 中美稀土出口空间格局比较研究[J]. 稀土, 2018, 39(3): 149–158.
- [26] 吕梦珂, 张丽君, 秦耀辰, 等. 1987—2016年中国粮食贸易时空格局演变及贸易结构安全性评估[J]. 资源科学, 2021, 43(4): 838–848.

Evolution of trade patterns and trade security evaluation of key products in the lithium industry chain in China

XU Ligang^{1,2}, ZHAN Qingwu^{1*}, LIU Xinglong¹

1. School of Economics and Management, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China

2. Mining Development Research Center, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China

Abstract Trade security of key products in the lithium industry chain is an important issue concerning the security of national strategic mineral resources. Based on China's foreign trade data of key products in the lithium industry chain from 2013 to 2022, on the one hand, China's trade pattern and evolution law of key products in the lithium industry chain were explored from the dimensions of trade scale and trade partners; on the other hand, the security evaluation index of import and export structure were constructed and the security level of China's trade structure of key products in the lithium industry chain were assessed, to provide reference for the formulation and adjustment of China's lithium resources security strategy. The results showed that: Since 2013, China's trade in key products of the lithium industry chain has been expanding, with lithium carbonate mainly imported, while lithium hydroxide and lithium-ion batteries mainly exported; The importers of China's key products in the lithium industry chain are more than its exporters, in which, China's trade partners of lithium carbonate and lithium hydroxide are relatively concentrated, and the number of China's trade partners of lithium-ion batteries is rising steadily to an increasingly prominent core position of trade; China's import and export structure pattern of lithium carbonate, which has been fluctuating between strong import and weak import, is at a strong import stage currently; the import and export structure of lithium hydroxide has always been maintained in the mode of strong export, and the import and export structure pattern of lithium-ion batteries has shifted from a relative balance to weak export and then to strong export; the structural security of China's lithium carbonate imports and lithium hydroxide exports are insecure, while the trade structure of China's lithium-ion batteries has been in a long-term secure state.

Keywords lithium; trade pattern; trade security ●



(责任编辑 王微)