

基于复杂网络的全球锂资源贸易及鲁棒性研究

周志敏

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2024年12月31日; 录用日期: 2025年2月13日; 发布日期: 2025年2月21日

摘要

锂作为新兴关键矿产资源, 对新能源产业发展具有重要作用, 然而其在全球范围内储量分布不均, 受地缘政治、贸易政策不确定等因素的影响, 全球锂贸易合作日益紧密的同时存在一定的脆弱性。基于此, 本文利用2000~2023年全球碳酸锂和氢氧化锂的双边贸易数据构建全球锂贸易网络, 研究全球锂贸易的网络演变以及节点重要性; 同时, 基于蓄意攻击仿真模拟方法, 计算关键节点和集合、连边失效后锂贸易网络的鲁棒性, 以此评估攻击策略的有效性。研究发现: 全球锂资源贸易规模扩大的同时, 出口却越来越集中在少部分国家, 其中, 智利、中国、阿根廷是主要的碳酸锂出口国, 中国、智利和美国则是主要的氢氧化锂出口国; 关键少数节点对锂贸易网络安全运行具有决定作用, 尤其是中介中心度排名靠前的经济体; 相较于碳酸锂贸易网络, 氢氧化锂贸易中经济体之间的贸易联系更为牢固, 其连边断裂导致网络崩溃的临界值较高。

关键词

碳酸锂, 氢氧化锂, 贸易网络, 蓄意攻击模型

Global Lithium Resource Trade and Robustness Based on Complex Networks

Zhimin Zhou

Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Dec. 31st, 2024; accepted: Feb. 13th, 2025; published: Feb. 21st, 2025

Abstract

As an emerging key mineral resource, lithium plays an important role in the development of the new energy industry, but its reserves are unevenly distributed around the world, and due to the influence of geopolitics, trade policy uncertainty and other factors, the global lithium trade cooperation is increasingly close and there is a certain vulnerability. Based on this, this paper uses the

bilateral trade data of lithium carbonate and lithium hydroxide from 2000 to 2023 to construct global lithium trade networks, and studies the network evolution and node importance of global lithium trade. At the same time, based on the deliberate attack simulation method, the robustness of the lithium trading network after the failure of key nodes, ensemble and edges is calculated, so as to evaluate the effectiveness of different centrality indicators as attack strategies. The results show that while the scale of global lithium trade is expanding, exports are increasingly concentrated in a small number of countries, among which Chile, China and Argentina are the main lithium carbonate exporters, and China, Chile and the United States are the main lithium hydroxide exporters. The key few nodes play a decisive role in the safe operation of lithium trade, especially in the economies with high intermediary centrality. Compared with the lithium carbonate trading network, the trade links between economies in the lithium hydroxide trade are stronger, and the critical value of network collapse due to the breakage of the chain is higher.

Keywords

Lithium Carbonate, Lithium Hydroxide, Trade Networks, Target Attack Model

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

锂作为一种新兴的战略资源，是元素周期表中排名第一位的金属元素，不单是最轻的金属，还是最轻的固体元素，在陶瓷、玻璃、电池制造、润滑脂、冶金等领域具有重要作用[1][2]。此外，锂因具有标准电极电势最低、电化学当量最大的特性，是最理想的“电池金属”，被誉为“未来的白色石油”。与传统电池相比，锂电池不含铅、锌等重金属材料，凭借体积小、重量轻、循环寿命长、充电速度快等优势，在手机、电脑和汽车等领域具有广泛应用[3]。在全球能源转型背景以及碳中和政策的推动下，新能源汽车和储能等行业迅速发展，锂电池的消费需求持续攀升，其应用场景也在不断延伸。当前，全球约四分之三的锂用于锂离子电池的生产[4]。

虽然全球锂资源总量丰富，但储量分布不均，大部分锂资源分布在南美锂三角(玻利维亚、阿根廷和智利)、美国、澳大利亚和中国等地。根据美国地质勘探局(USGS)最新数据显示，全球锂资源储量为 2800 万金属吨。其中，智利作为 2023 年全球第二大锂生产国，其储量占全球总储量的 33.21%，位居第一；其次，作为 2023 年全球最大的锂生产国的澳大利亚，其储量为 480 万金属吨，远低于智利；阿根廷和中国的锂储量分别为 360 和 300 万金属吨。这四国的锂储量将近占据全球总储量的一半，经济体之间在自然资源禀赋方面的差异推动了锂贸易市场的发展。

伴随着低碳经济转型和全球经济一体化进程的加快，国家间的锂贸易联系日益紧密，在全球范围内形成了复杂的锂贸易网络。近年来，学者们逐渐将复杂网络理论引入贸易领域，研究农产品[5]、精炼铜[6]、生物医药产品[7]等的贸易演变规律。聚焦于锂资源，已有学者对锂产业链相关产品构建贸易网络展开研究，朱丽丽等对碳酸锂和氢氧化锂贸易网络格局以及经济体在贸易网络中的地位进行探究[1][8]；许礼刚等则基于我国锂产业链关键产品的对外贸易数据研究其贸易格局及演化规律[9]。

当前，单边主义、贸易保护主义抬头，地缘政治营造经济紧张局势等背景下，全球锂贸易可能的潜在风险持续增加，研究全球锂贸易关系变化趋势及其供应安全具有重要现实意义。针对贸易网络中核心节点的蓄意攻击进行仿真模拟，有助于识别锂贸易网络中的关键经济体。以往关于贸易网络的研究表明

贸易网络存在明显的无标度特征[10],即少数节点掌握着网络中大量的联系,这种网络通常面对随机攻击鲁棒而面对蓄意攻击时脆弱[11]。本文构建碳酸锂和氢氧化锂贸易网络,探究 2000~2023 年网络和节点地位的演变情况,并利用蓄意攻击模型模拟节点和连边失效,评估全球锂贸易网络的鲁棒性。

2. 研究数据与方法

2.1. 数据来源

本文将含锂量最大、最纯净的碳酸锂(HS 编码为 283691)和氢氧化锂(HS 编码为 282520)作为研究对象,其贸易数据来自联合国商品贸易统计数据库(UN Comtrade),时间跨度范围为 2000~2023 年。由于碳酸锂和氢氧化锂的价格能够在一定程度上反映市场动态、贸易政策变化和金融危机等风险因素影响,故本文采用贸易额来表征经济体之间的贸易流量。此外,不同国家采用的贸易统计口径可能有所差异,例如某些国家会按照离岸价(FOB)计算出口值,而进口国则可能按照到岸价(CIF)计算进口值,且虽然目前有统一的海关编码,但各经济体对于具体商品的分类和定义有些许不同,尤其是复杂或新兴产品,故本文基于进口和出口双向贸易总额开展研究。

2.2. 研究方法

2.2.1. 网络构建

复杂网络理论为研究错综复杂的锂贸易提供了一个有效工具,且目前这一理论已广泛应用于贸易领域的研究中。本文在分别构建碳酸锂和氢氧化锂双向加权贸易网络 $G(V, E, W)$ 时, V 是锂贸易网络的节点集合,每个节点代表一个参与锂贸易的经济体; E 表示有向连边集合,通常用邻接矩阵 A 表示,本文中网络连边方向统一由出口国指向进口国,不加权邻接矩阵 A 中的元素 $a_{ij} = 1$ 表示节点 i 和 j 之间存在锂进出口关系;加权邻接矩阵 W 中的元素 w_{ij} 则是指节点 i 和 j 之间的双边贸易额。为了分析锂贸易网络的全局和区域特征以及一国(地区)在锂贸易网络中的结构位置和影响力,本文从网络的整体和节点层面展开具体分析。

2.2.2. 网络整体层面

(1) 平均强度

复杂网络分析方法中的平均度可以用来表征贸易网络的贸易范围[6],本文构建的是有向加权的全球锂贸易网络,故用平均强度来研究锂贸易网络,计算公式如下:

$$MS = \frac{1}{N} \sum_i^N S_i \quad (1)$$

(2) 贸易集中度

贸易集中度借鉴撒兴昌等(2023)的研究做法[12],采用出口额前三的经济体所占贸易份额来衡量,这一指标能够良好地量化市场势力[13]。具体地,贸易集中度计算公式如下:

$$Concentration = \sum_1^3 Large(S_i^{out}) \quad (2)$$

(3) 网络密度

网络密度反映网络整体联系的紧密程度,用网络中实际存在的边数与可能存在的最大连边数之比表示,该值越大表明网络联系越紧密。具体地,网络密度计算公式如下:

$$Density = \frac{N_E}{N(N-1)} \quad (3)$$

其中, N 是指网络节点数, N_E 则为网络中实际连边数。

(4) 全局聚类系数

网络的全局聚类系数是指网络中所有节点聚类系数的平均值, 节点的聚类系数量化的是节点 i 的两个邻居之间彼此相连的可能性(闭合三角形的比例), 反映了网络的集聚性。具体而言, 单层网络的全局聚类系数的公式如下:

$$C = \frac{1}{N} \sum_i C_i = \frac{1}{N} \frac{\sum_{j \neq i, k \neq i} a_{ij} a_{jk} a_{ki}}{\sum_{j \neq i, k \neq i} a_{ij} a_{ki}} \quad (4)$$

2.2.3. 网络节点层面

(1) 强度中心度

节点强度为与特定节点直接相连的连边权重之和。在有向加权网络中, 节点的入强度是指网络中其他节点出口到节点 i 的锂贸易额, 节点的出强度则表示节点 i 出口到网络中其他节点的锂贸易额。

$$S_i = S_i^{in} + S_i^{out} = \sum_j w_{ji} + \sum_j w_{ij} \quad (5)$$

(2) 中介中心度

中介中心度衡量的是一个节点在网络中作为连接不同部分之间路径的中介程度, 对于信息传播和网络连接具有重要作用, 具体计算公式如下:

$$B_i = \frac{2 \sum_j \sum_k g_{jk}(i) / g_{jk}}{(N-1)(N-2)} \quad (6)$$

其中, g_{jk} 是节点 j 和 k 之间路径的数量, $g_{jk}(i)$ 表示节点 j 和 k 之间的路径经过 i 的路径数量。

(3) PageRank

PageRank 通过计算节点被访问的概率来衡量节点的重要性, 该值高的节点通常是网络中的“权威”节点, 具有较大的影响力。

2.2.4. 蓄意攻击模型

下图 1 是蓄意攻击模型的简单示意图, 表格内是网络的邻接矩阵形式, 元素所在的行标签为源节点, 列标签则为目标节点, 矩阵中第一行第二列中的“1”即代表节点 1 存在指向节点 2 的关系, 本文中指的是经济体 1 向经济体 2 出口碳酸锂或氢氧化锂。当锂贸易网络中经济体 1 受到蓄意攻击时, 那么与该节点相连的所有连边全部断裂, 在邻接矩阵中表示为该节点所在的行和列所有元素消失。本文在具体操作过程中, 按照计算的网络中心度指标降序排名依次作为攻击对象, 每次攻击后记录网络最大连通子图中的节点比例, 最后取平均值作为锂贸易网络的鲁棒性, 计算公式如下:

$$R = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N S\left(\frac{n}{N}\right) \quad (7)$$

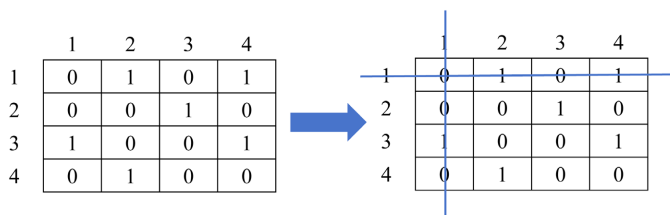


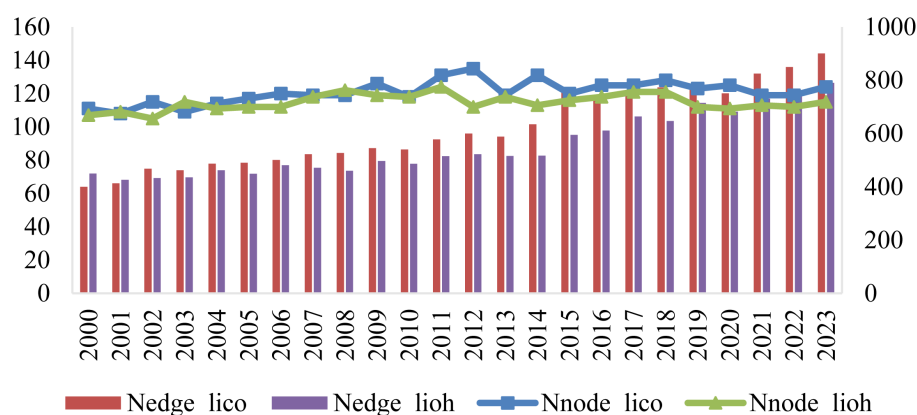
Figure 1. Schematic diagram of simulated attacks
图 1. 蓄意攻击模型示意图

不同网络中心度指标能够从不同层面反映节点在网络中的重要性，本文还综合考虑所计算的网络中心度指标，将网络中心度排名前 10 的节点交集作为网络关键节点，以此设计攻击策略。此外，连边层面，按照锂双边贸易额大小依次让网络连边断裂，并记录网络鲁棒性变动过程。

3. 结果分析

3.1. 锂贸易网络拓扑结构演化

碳酸锂和氢氧化锂同属生产锂电池的主要原材料，二者因化学性质不同其用途有所差异。碳酸锂是一种弱碱性物质，通过较为简单的选矿和提取流程即可得到，早期化工生产和储存条件有限的情况下，更易于保存和运输，但其应用领域相对较窄，主要用于制造锂离子电池的正极材料。如图 2 所示，碳酸锂贸易参与主体和贸易联系规模相对较高，网络连边数在 2014 年以后增势明显。氢氧化锂则是一种强碱性物质，稳定性、一致性较好，可用于制造电池的电解质、电极、高端正极材料，氢氧化锂所制电池可应用于手机、笔记本电脑等各种便携式和可充电设备，而像高镍三元电池则必须使用氢氧化锂。随着电子设备尤其是智能手机等 3C 产品的普及，小型锂电池的需求急剧增长拉动了氢氧化锂的需求，且用氢氧化锂生产的产品通常性能更为优异，故企业为了提升产品品质会增加氢氧化锂的使用。和碳酸锂一样，氢氧化锂贸易联系自 2014 年起也在迅速扩张，不过与碳酸锂贸易的差距在进一步缩小。



图中 lico 表示碳酸锂，lioh 表示氢氧化锂。

Figure 2. Global lithium carbonate and lithium hydroxide trading network nodes and edge scale
图 2. 全球碳酸锂和氢氧化锂贸易网络节点和连边规模

根据图 3 和图 4，2015 年之前全球碳酸锂和氢氧化锂的平均贸易额均处于缓慢增长状态，贸易规模较小且发展较为稳定，2016 年至 2018 年期间，随着新能源汽车产业的迅猛发展带动锂电池需求出现爆发式增加，碳酸锂贸易率先实现突破式增长，参与碳酸锂贸易经济主体之间联系密切，网络密度一度达到历史最高值。中美贸易摩擦冲突升级以后，2019 年全球氢氧化锂贸易联系日渐紧密，网络密度从 2018 年的 0.0446 变为 2019 年的 0.0575。2020 年全球性重大公共卫生事件叠加 2022 年俄乌冲突背景下，虽然两个网络的密度和聚类系数变化差异不大，但双边贸易额出现爆炸式增长，碳酸锂和氢氧化锂的贸易额分别为 2021 年的 6.39 和 3.5 倍，这其中不单是锂需求增长带来的贸易数量增加，地缘政治冲突、全球性突发事件导致的矿产资源价格上涨也是原因之一。从贸易集中度来看，随着全球锂贸易规模的扩大，贸易集中度实际上存在上升趋势，碳酸锂贸易额前三的国家占比由 2000 年的 80.16% 上升至 2023 年的 92.85%，氢氧化锂贸易额前三的国家占比则由 81.02% 上升至 93.26%，未来随着氢氧化锂需求的进一步扩大，进口依赖度较高的经济体不得不思考可能存在的供应风险。

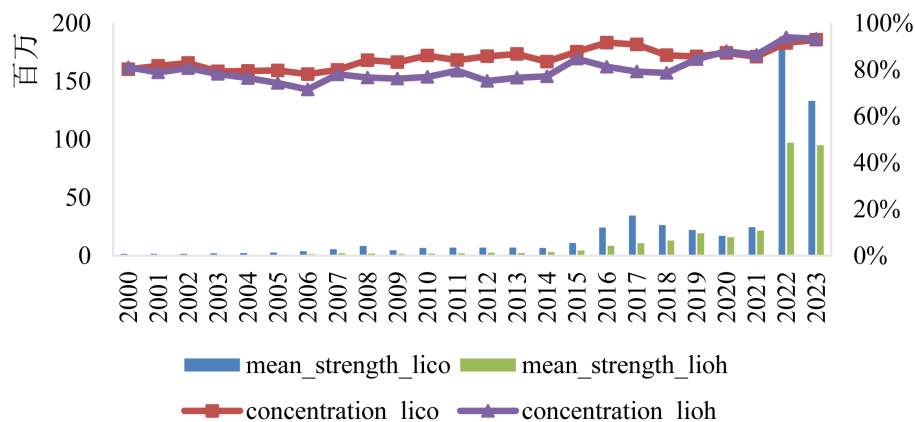


Figure 3. Average and concentration of global lithium carbonate and lithium hydroxide networks
图 3. 全球碳酸锂和氢氧化锂网络平均度和集中度

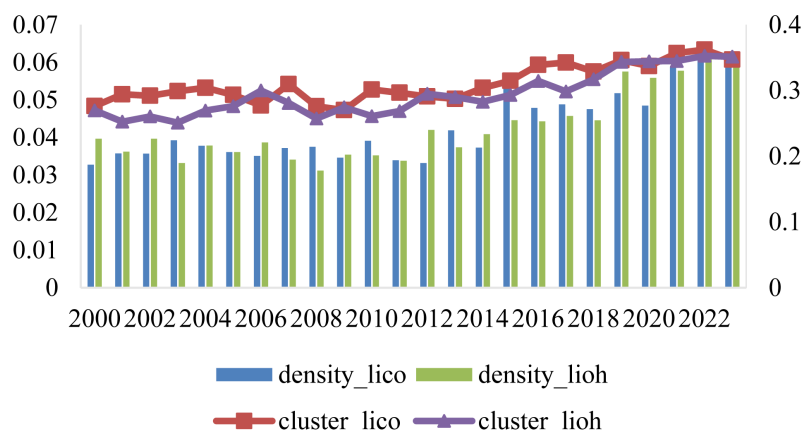


Figure 4. Global lithium carbonate and lithium hydroxide network density and clustering coefficients
图 4. 全球碳酸锂和氢氧化锂网络密度和聚类系数

为显示全球锂贸易网络的结构特征, 本文采用弦图对 2000 年和 2023 年的碳酸锂和氢氧化锂贸易联系进行可视化, 如下图 5 和图 6 所示, 保留占比 0.1% 以上的节点标签。根据下图可知, 锂贸易中权力越来越掌握在少数国家手中。智利是最大的碳酸锂贸易国, 其在全球碳酸锂双边贸易额的占比由 2000 年的 62.77% 上升至 2023 年的 77.62%, 2023 年中国和阿根廷的贸易额占比超过美国和比利时, 分别为 8% 和 7.2%。中国超越美国成为最大的氢氧化锂出口国, 在全球氢氧化锂出口额的占比由 2000 年的 13.96% 增长为 75.86%。智利的氢氧化锂出口额则在 2023 年上升至第二位, 占比为 11.7%。美国在样本期间虽然是主要的氢氧化锂出口国, 其在全球的占比实际上从 2000 年的 60% 左右下降为 5.7%。

由表 1 和表 2 可知, 参与全球锂贸易的各经济主体在网络中的地位和角色处于动态演化中。出强度方面, 出强度排名越靠前表示该经济体生产出口锂产品的能力越强, 其在贸易生产端的话语权越大。目前, 智利、阿根廷和中国是主要的碳酸锂出口国, 中国、智利和美国则是主要的氢氧化锂出口国。进口方面, 入强度排名越靠前代表该经济体的进口额越大, 作为需求端的话语权可能更大, 但若是进口来源比较单一则可能存在较大的供应链断裂危机。根据下表可知, 2023 年的数据显示中、日、韩是最大的碳酸锂进口国, 韩国、日本、瑞典的氢氧化锂进口额则相对更高。虽然美国在两种锂贸易网络中供给侧和需求侧的地位有所下滑, 其仍然是网络的核心关键节点, 其能够充分整合资源, 在碳酸锂和氢氧化锂贸易网络中均扮演着重要的中介角色, 从而连接很多不同的小团体成员, 是许多经济体锂资源贸易之间

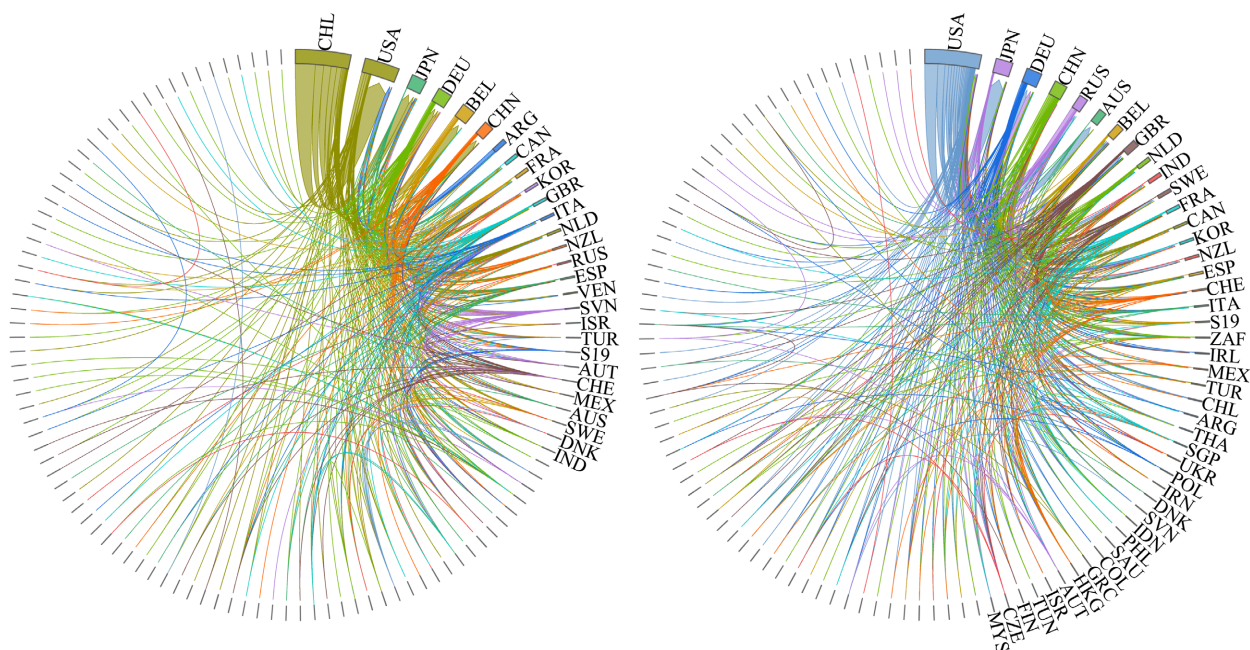


Figure 5. Global trade in lithium carbonate (left) and lithium hydroxide (right) in 2000

图 5. 2000 年全球碳酸锂(左)和氢氧化锂(右)贸易

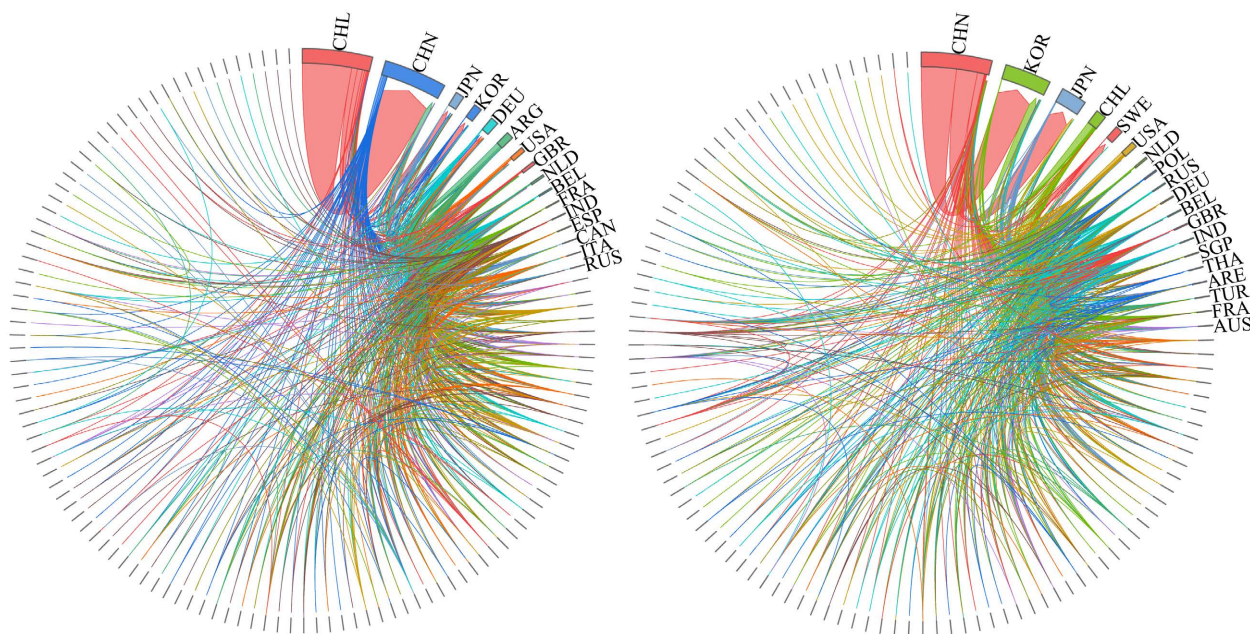


Figure 6. Global trade in lithium carbonate (left) and lithium hydroxide (right) in 2023

图 6. 2023 年全球碳酸锂(左)和氢氧化锂(右)贸易

关键的连接节点。在碳酸锂和氢氧化锂贸易中，丹麦、英国、比利时、法国、新西兰等国家则长期占据核心地位，网络中心度排名较为靠前。

3.2. 鲁棒性分析

自然灾害等无法预期到的突发事件或是贸易保护政策、地缘政治冲突等针对性事件对全球锂资源

Table 1. Ranking of the centrality of lithium carbonate trading network nodes
表 1. 碳酸锂贸易网络节点中心度排名

2000				2023			
outstrength	instrength	betweenness	pagerank	outstrength	instrength	betweenness	pagerank
CHL	USA	FRA	DEU	CHL	CHN	USA	DEU
USA	JPN	GBR	FRA	ARG	JPN	FIN	CHN
BEL	DEU	ITA	IDN	CHN	KOR	CZE	NLD
DEU	BEL	CAN	BEL	USA	DEU	CHN	GBR
ARG	CHN	USA	JPN	GBR	USA	GBR	KOR
CHN	CAN	NLD	KOR	NLD	GBR	AUT	JPN
NZL	FRA	DEU	TUR	DEU	NLD	NOR	ITA
GBR	KOR	POL	ESP	BEL	BEL	NLD	BEL
SVN	ITA	SVN	USA	FRA	IND	ZAF	USA
JPN	NLD	CHN	NLD	KOR	CAN	BGR	ZAF

Table 2. Ranking of the centrality of lithium hydroxide trading network nodes
表 2. 氢氧化锂贸易网络节点中心度排名

2000				2023			
outstrength	instrength	betweenness	pagerank	outstrength	instrength	betweenness	pagerank
USA	JPN	SWE	BEL	CHN	KOR	USA	KOR
CHN	DEU	LVA	CHN	CHL	JPN	RUS	SGP
DEU	AUS	LTU	FRA	USA	SWE	FIN	NLD
RUS	BEL	CHN	JPN	RUS	CHN	ARM	FRA
GBR	GBR	DEU	DEU	JPN	DEU	NLD	DEU
JPN	IND	PRY	USA	NLD	NLD	DEU	ARE
NLD	USA	KOR	SGP	POL	IND	CHE	CHN
BEL	SWE	USA	GBR	BEL	GBR	AUT	POL
FRA	RUS	HKG	MYS	KOR	USA	ESP	JPN
CAN	NLD	IRL	SWE	AUS	BEL	IRL	GBR

贸易的影响可以抽象成随机和蓄意攻击模型进行简化研究。根据图 7，本文发现碳酸锂和氢氧化锂贸易面对随机攻击的鲁棒性均要高于以网络中心度排名为蓄意攻击策略下的鲁棒性，其中，以中介中心度排名作为攻击策略最有效，中介中心度排名高的经济体被移除或出现故障，网络的连通性会受到严重影响。这表明网络中核心位置节点对维持全球锂贸易的平稳运行存在举足轻重的作用，尤其是中介中心度排名较高的经济体。在现实场景中，若是中介中心度排名靠前的节点，如美国、芬兰、捷克或俄罗斯等国家遭遇不确定风险失效时，这一冲击会在碳酸锂或氢氧化锂贸易网络中进一步扩散，形成“滚雪球”效应，网络的鲁棒性较低。

从时间趋势上看，碳酸锂贸易网络的鲁棒性和其发展趋势较为一致，2015 年之前鲁棒性比较平稳，2015 年之后有所增长。氢氧化锂贸易网络的鲁棒性则呈现出先下降后上升的趋势。早期氢氧化锂的生产

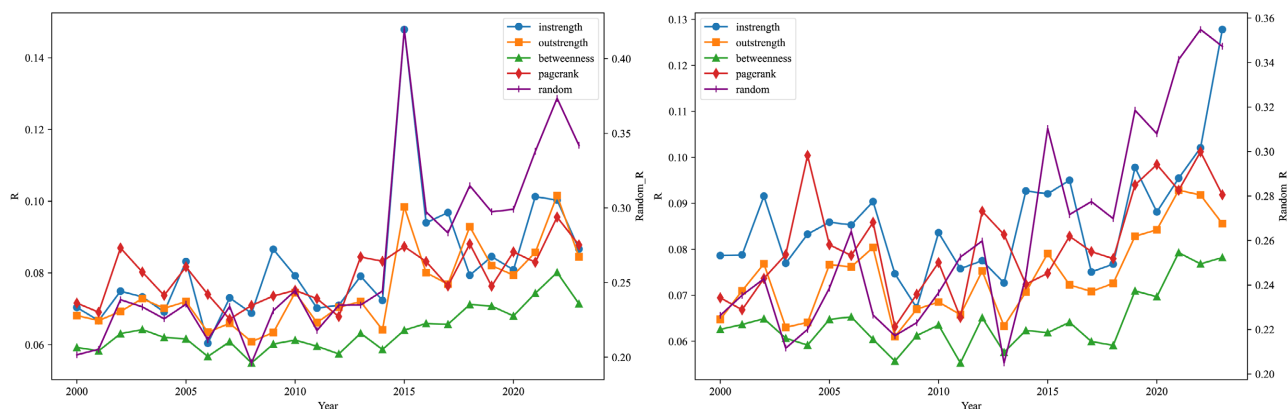


Figure 7. Robustness of the global lithium carbonate (left) and lithium hydroxide (right) trade networks

图 7. 全球碳酸锂(左)和氢氧化锂(右)贸易网络鲁棒性

技术存在一定的局限性，生产成本较高，限制了其在新兴领域的推广，鲁棒性降低。而伴随着电池技术的发展，特别是高镍三元锂电池等高性能电池的兴起，氢氧化锂的优势逐渐凸显，其在高端锂电池市场的需求猛涨，带动了氢氧化锂贸易网络的复苏与扩张。

本文在将网络关键节点集合同时作为攻击对象时发现，2023 年碳酸锂贸易网络的连通性由初始状态下的 0.3084 下降为 0.2857，氢氧化锂贸易网络的连通性则由 0.4609 变为 0.3684，损失度分别为 7.4% 和 20.07%，这表示氢氧化锂贸易中关键节点对维持贸易网络有效运行的作用更为突出。

此外，本文在对两种锂资源贸易网络的连边权重大小作为攻击策略时发现，当贸易联系断裂达到一定数量时，整个网络会断崖式崩溃，分散成相对独立的小团体，网络整体的连通性急剧下降。相较于碳酸锂贸易，氢氧化锂贸易网络连边断裂临界值较高时，网络才会崩溃。如图 8 和图 9 所示，随着世界经济一体化，全球锂资源贸易日益密切，碳酸锂和氢氧化锂贸易的规模不断扩大，两者承受风险时间的能力有所提升，贸易网络连通性崩溃的临界值在增大。

4. 结论与讨论

本文基于 UN ComTrade 数据库 2000 年~2023 年全球碳酸锂和氢氧化锂的双边贸易额数据构建双向

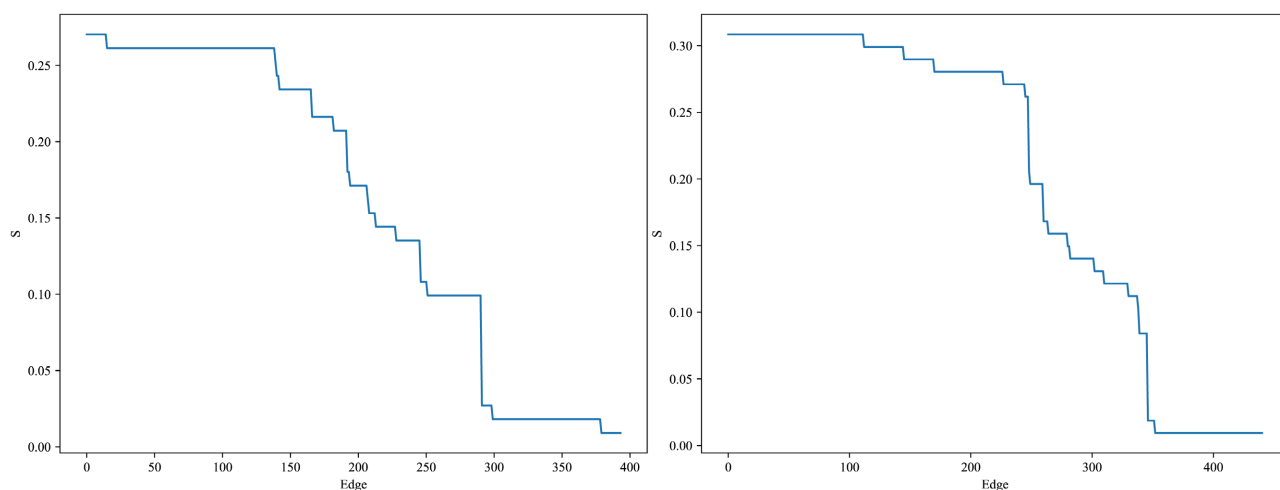


Figure 8. The process of edge failure of the global lithium carbonate (left) and lithium hydroxide (right) networks in 2000

图 8. 2000 年全球碳酸锂(左)和氢氧化锂(右)网络连边失效过程

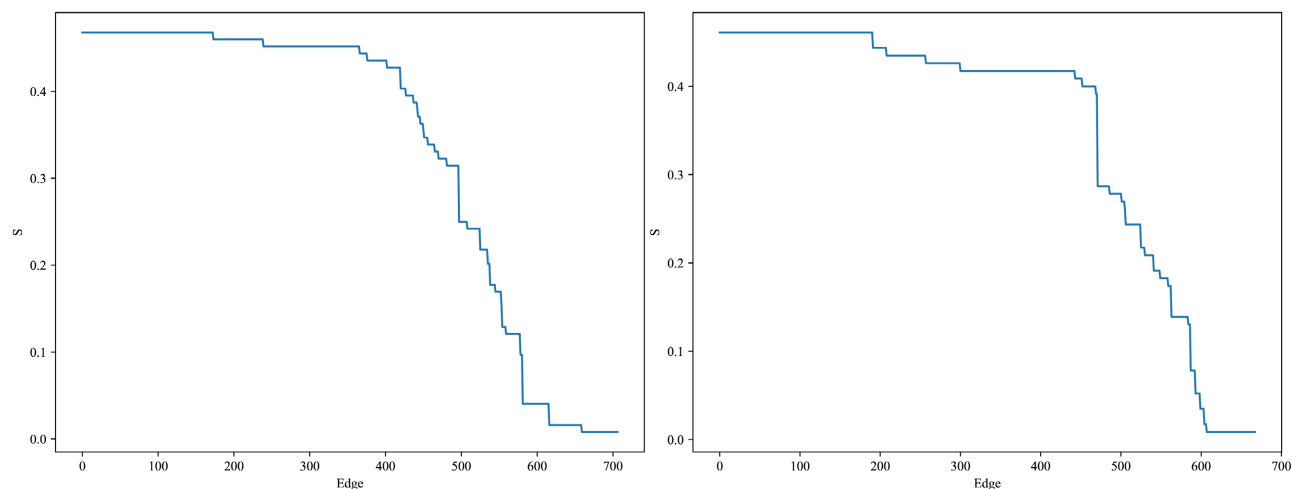


Figure 9. The process of global lithium carbonate (left) and lithium hydroxide (right) network edge failures in 2023
图 9. 2023 年全球碳酸锂(左)和氢氧化锂(右)网络连边失效过程

加权贸易网络，从网络和节点层面探讨全球锂贸易网络格局与经济体网络地位演化。此外，借助蓄意攻击模型，以节点网络中心度排名、关键节点集合和连边权重排名作为攻击策略，研究样本期间全球锂贸易网络鲁棒性演变情况，得出以下结论：

第一，全球碳酸锂和氢氧化锂贸易规模整体上呈现出先平稳发展、后爆发式增长态势，此前碳酸锂的贸易规模高于氢氧化锂，但二者之间的差距在逐步缩小，未来氢氧化锂可能是市场需求导向，从而进一步推动氢氧化锂贸易发展。虽然全球越来越多的经济体在锂资源贸易方面建联，但贸易额却愈发集中在少数几个国家中；

第二，经济体在锂贸易网络中的核心位置处于动态演化中，美国的核心地位有所弱化。目前，智利和中国属于具有全球影响力的锂资源出口国，韩国、日本、英国、丹麦、比利时等国则长期占据核心地位；

第三，全球碳酸锂和氢氧化锂贸易中网络核心位置的经济体受到针对性攻击时，较随机攻击展现出更大的脆弱性。少数关键经济体对锂贸易网络的连通性起到决定性作用，尤其是中介中心度排名靠前的经济体。当网络中关键节点集合同时失效，氢氧化锂贸易网络连通性的损失度要高于碳酸锂贸易网络。关于边攻击策略，氢氧化锂贸易网络中经济体之间的贸易关联更为紧密，其网络崩溃临界值要高于碳酸锂贸易网络。

2022 年全球锂化合物价格因供需缺口放大，价格一度飙升至历史最高点。数据显示，2022 年全年，碳酸锂价格年初至年底涨幅高达 84%，电池级氢氧化锂价格涨幅则高达 139%。然而，随着主要生产方的产能释放，锂市场出现供过于求的局面，产能过剩带来的消解问题明显。2023 年，受碳酸锂价格大幅下跌影响，不少企业则出现减产、停产情况。我国作为锂生产增量贡献大国，未来可能面临大国竞争、价格波动、贸易政策不确定、地缘政治等多种因素侵扰。为保障锂资源供需结构安全，一方面应寻求供应方和出口目的地的多元化，减少对特定地区的过度依赖，如继续探查国内锂资源、改善提取技术，依托“一带一路”倡议平台拓展贸易合作伙伴。以我国为例，我国最大的碳酸锂进口国为智利，进口额占比约为 91%，一旦智利停止锂资源的供应，我国短时间可能难以找到能迅速弥补的供应商，只能依赖战略资源储备、减少出口过渡，故而现下应健全战略储备机制，和阿根廷、英国等建立友好贸易伙伴关系。另一方面，需加强对贸易政策、地缘政治、锂价格波动等的监测，建立突发风险预警和战略资源储备机制，尤其注意美国、芬兰、捷克、俄罗斯等国家爆发风险事件失效并在锂贸易网络中扩散传导的可能性。

参考文献

- [1] 朱丽丽, 金庆花, 杨雪松. 基于复杂网络理论的氢氧化锂国际贸易中国地位分析[J]. 中国矿业, 2016, 25(10): 49-52.
- [2] 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.
- [3] 陈伟, 王力平, 蒋益飞. 全球锂资源贸易网络时空演化及其韧性特征[J]. 经济地理, 2024, 44(10): 1-11.
- [4] 张生辉, 王振涛, 李永胜, 等. 中国关键矿产清单、应用与全球格局[J]. 矿产保护与利用, 2022, 42(5): 138-168.
- [5] 彭红枫, 王雪童, 马世群. RCEP 成员国农产品贸易网络的动态结构及其影响因素分析[J]. 统计研究, 2024, 41(1): 71-84.
- [6] 李步界, 邢万里. 基于复杂网络理论的全球精炼铜贸易特征分析[J]. 中国矿业, 2021, 30(5): 57-64.
- [7] 张梅, 孙烨懿, 梁双陆. 全球生物医药产品贸易网络结构特征与中国地位演变[J]. 世界地理研究, 2024, 33(11): 1-15.
- [8] 朱丽丽, 周平, 杨雪松. 碳酸锂国际贸易复杂网络建模与分析[J]. 中国矿业, 2016, 25(9): 52-56.
- [9] 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/OL]. 科技导报, 1-15. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1421.N.20240927.1657.006.html>, 2025-02-17.
- [10] Geng, J., Ji, Q. and Fan, Y. (2014) A Dynamic Analysis on Global Natural Gas Trade Network. *Applied Energy*, **132**, 23-33. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.06.064>
- [11] Wei, N., Xie, W. and Zhou, W. (2022) Robustness of the International Oil Trade Network under Targeted Attacks to Economies. *Energy*, **251**, Article 123939. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123939>
- [12] 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.
- [13] 雷蕾. 基于行业集中度的我国现代服务业集聚定量分析[J]. 商业时代, 2012(10): 130-131.