

中国矿产资源贸易网络演化

王文宇¹, 贺灿飞^{1,2}, 任卓然^{1,2}

(1. 北京大学城市与环境学院, 北京 100871;

2. 北京大学林肯研究院城市发展与土地政策研究中心, 北京 100871)

摘要:第四次工业革命催生全球新一轮产业竞争, 矿产资源国内外供需形势正在发生显著的变化, 国际竞争日益激烈, 成为大国资源博弈的焦点。现阶段我国已经成为世界最大的矿产进口国和重要的矿产出口国, 了解矿产资源进口来源地和出口市场网络直接关系到生产活动和经济发展。基于此, 本文基于2001—2016年UN Comtrade世界矿产资源贸易数据, 分析中国矿产资源贸易网络特征及其演化过程。研究发现: (1) 2001—2016年间, 中国在世界矿产资源贸易网络中的地位显著提高, 这与中国持续增长的矿产资源贸易量和贸易国家数量有直接的相关关系; (2) 中国矿产出口逐渐展现“市场分散”的策略, 而进口逐渐从“多来源产品集中”演化为“少来源产品分散”的策略; (3) 友好的国家关系和国家间互动频率会降低制度差异所带来的不确定性, 而且友好的国家关系会降低矿产贸易的交易成本。基于结论提出如下建议: (1) 中国矿产出口可以采取进一步分散市场的策略, 避免出口到少数国家被压价的情况; (2) 矿产进口可以考虑在原有进口国家中进一步多进口新的矿产资源产品, 并拓展新的矿产来源国家, 以满足日益增长的矿产资源需求, 同时避免国家关系波动带来的贸易摩擦; (3) 在我国矿产资源安全方面, 中国要考虑到国家间制度差异所带来的贸易成本, 并通过增加海外矿产资源投资、维护好国家间关系和促进交流来稳定矿产资源贸易。

关键词: 矿产资源; 贸易网络; 中国; 国家关系; 对外投资

矿产资源是制造业生产和经济发展的物质基础。矿产资源作为大宗商品之一在全球的空间分布极为不均, 且供给和需求地空间分离严重, 使得矿产资源贸易成为全球重要的贸易商品。根据联合国商品贸易统计数据库 (UN Comtrade) 数据显示, 近年来全球矿产资源贸易总量处在波动上升的趋势, 在2017年矿产品贸易量占据全球贸易接近四分之一的份额。第四次工业革命催生全球新一轮产业竞争, 矿产资源国内外供需形势正在发生显著的变化, 国际竞争日益激烈^[1]。近几年, 欧美等国家纷纷出台分析报告和相关文件, 将矿产资源上升到战略性高度^[2,3]。我国矿产资源虽然储量品种丰富, 但仍无法满足经济快速发展所需的巨大消费量, 尤其在新时期资源开发与环境保护矛盾日益加剧, 导致我国矿产资源供应日益紧张, 因此矿产资源贸易量持续上升^[4]。

现阶段, 中国正处在经济发展转型升级的关键时期, 矿产资源的需求量预计会持续上升, 需要制定合理的贸易策略来确保矿产资源如何稳定地长期供给, 而其前提是需要

收稿日期: 2020-01-31; 修订日期: 2020-10-26

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41731278); 国家杰出青年科学基金项目 (41425001)

作者简介: 王文宇 (1993-), 男, 山东潍坊人, 博士研究生, 主要从事经济地理、全球化与区域发展研究。

E-mail: wywang@pku.edu.cn

通讯作者: 贺灿飞 (1972-), 男, 江西永新人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事经济地理、产业与区域经济发展研究。E-mail: hecanfei@urban.pku.edu.cn

了解中国的矿产资源贸易情况。尽管矿产资源贸易对中国制造业越来越重要,但现有针对矿产资源贸易的文章依然不足。关于中国矿产品贸易的传统研究主要集中在矿产资源进出口量的描述^[5]、供需量的平衡^[6,7]、贸易与产出率^[8]、贸易政策^[9]与分产品的研究^[10]等,这部分研究主要对中国矿产资源贸易进行现象描述,更多关注中国贸易总量及其影响因素等相关问题,很少涉及时空格局分布及其演化过程。如果要研究中国的矿产贸易网络,尤其展示中国矿产贸易系统的空间属性组织和在整个世界矿产资源网络中的演化过程,需要借助复杂网络分析^[11,12],通过无标度网络来刻画国家间的贸易联系^[13,14]。现有研究贸易空间动态文章发现国际贸易网络变得更加紧密、国家间的联系变得更多,展现出显著的小世界特征,即国家间贸易高度联系在一起^[15,16]。小世界特征也暗示着多国间可能存在超出双边合作关系的深度组织合作,在网络中称之为组团,在贸易网络中该性质也已被现有贸易文章所验证^[17,18]。

中国作为发展中国家,自改革开放之后,其企业逐渐融入到全球价值链(GVC)当中^[19],矿产产品的贸易也逐渐基于本地比较优势融入到国际贸易网络之中。同期空间上大量分散的发展中国家参与到GVC,并在GVC中从事破碎化的空间分工,使国际贸易关系逐渐呈现出“平坦化”高度联通现象^[20],即出现了贸易网络中小世界的性质,在这一性质下使中国与许多国家在矿产资源中产生大量的产品贸易流。但是同时存在贸易壁垒、制度壁垒、国家关系等原因造成的区域化和组团化的现象,使中国逐渐与深度合作国家形成贸易组团。矿产资源在空间分布极度不均^[21],但是随着国际贸易网络的发展和交通成本的下降,中国可以与遥远的非洲国家和南美国家建立矿产资源上的深度贸易,并逐渐形成深度合作的组团,而这显然需要大量的研究来展示中国矿产资源贸易网络的格局与演化过程。

近年来逐渐有中国学者使用复杂网络方法研究贸易网络的整体特征,通过分析国际矿产贸易网络中节点的性质,如中心性、族群、节点度和边数等拓扑指标,刻画贸易整体的演化特征^[22],并借助此方法进一步对不同的产品进行分析^[23-27]。总结原有研究发现:(1)虽然不同矿产资源产品存在差异,但是相比电子、机械或纺织等其他类型产品,不同矿产产品的贸易演化特征具有一定的共性;(2)现有研究方法并不相同,如复杂网络分析和流的分析,使针对贸易空间格局和贸易量的研究普遍是分开探讨的,因此得到的结论存在一定的差异,应该借助多种方法,以综合的视角去看待中国矿产资源贸易网络演化特征;(3)对于演化的成因多以描述分析为主,缺少量化模型的支持,其结论值得进一步验证。

现阶段虽然中国经济转型进入深水区,对矿产资源需求增速放缓,但是我国作为世界最大的矿产进口国和重要的矿产出口国,了解进出口贸易格局及其演化是非常重要的,而此类研究尚有不足。综上所述,本文基于UN Comtrade世界矿产资源贸易数据,在现有研究基础上结合复杂网络等多种方法描述中国矿产资源贸易网络演化特征,并借助量化模型分析贸易网络演化的影响因素,补充现有研究的不足。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 网络指标与计算方法

(1) 节点度

节点度(Degree)为与节点相连边的数量,可以分为入度和出度,反映了中国对外

贸易联系的活跃程度^[28]。计算公式为:

$$D_d(x) = d(x) \quad (1)$$

式中: $D_d(x)$ 表示节点入度或出度; $d(x)$ 表示一国出口 (进口) 国家数量 (个)。

(2) 中心性

中心性指标表示节点在网络中的核心程度, 本文采用的中心性指标为中介中心性 (Betweenness Centrality)、邻近中心性 (Closeness Centrality) 和特征向量中心性 (Eigenvector Centrality)。

中介中心性指节点出现在网络中其他节点的最短距离和的数量。如果中国的中介中心性越高, 表明对中国在网络中的中转能力越强, 也表明对整个贸易网络流传播的控制能力越强。计算公式为^[28]:

$$BC = \frac{2}{n^2 - 3n + 2} \sum_{i=1, j \neq k}^n \sum_{j \neq k}^n \frac{\delta_{ij}^k}{\delta_{ij}} \quad (2)$$

式中: BC 表示节点中介中心性; n 表示网络节点数量 (个); i, j, k 表示节点; δ_{ij} 表示节点 i 和节点 j 之间的路径数量 (个); δ_{ij}^k 表示节点 i 和节点 j 之间经过节点 k 的路径数量 (个)。

邻近中心性指该节点到所有节点距离和的大小, 可以衡量节点的网络空间可达性。计算公式为^[28]:

$$CC = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{j=1, j \neq i}^n d_{ij} \right]^{-1} \quad (3)$$

式中: CC 表示邻近中心性; d_{ij} 表示节点 i 和节点 j 之间的距离。

特征向量中心性反映节点的重要程度与邻居节点数量和重要程度相关的指标, 计算公式为^[28]:

$$EC = c \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \quad (4)$$

式中: EC 表示特征向量中心性; x_j 表示相邻节点 j 的特征向量中心性; c 为比例常数; a_{ij} 表示网络的邻接矩阵。

1.2 因变量与数据

中国矿产资源贸易网络本质上是以中国为节点和以向各国的贸易流为边的网络, 其演化即向各国进出口矿产产品贸易流的变化。本文使用每年中国向其他国家进出口矿产资源贸易额作为衡量中国进出口贸易网络演化的指标, 参考 Cadot 等^[29]研究, 将产品—市场配对关系做了分类。以 p 、 d 、 t 分表产品、出口市场和年份, 定义 $\ln Vpdt_{ex}$ 代表中国在第 t 期 p 产品到 d 市场出口额的对数; $\ln Vpdt_{im}$ 代表中国在第 t 期从 d 市场进口 p 产品额的对数。

贸易数据来自于 UN Comtrade, 选取 2001—2016 年共 16 年的中国与其贸易国矿产资源的进出口数据。此数据库是国际最为权威的贸易数据库之一, 包括了所有国家与其贸易国进口和出口的数据。数据库在统计过程中, 两国之间的总贸易量在统计过程中可能并不相同, 原因是进口国家与出口国家有时存在统计误差和瞒报等问题。将 UN Comtrade 中的中国数据与中国海关库进行比对发现, UN Comtrade 针对中国进口的数据与中国海关库的数据更加匹配, 因此使用数据库中各国统计的进口数据来衡量全世界的贸易网络。本文研究对象为矿产资源产品, 通过将 UN Comtrade 的数据库与中国海关数据相比较, 将产品代码 27、28、3 筛选出来, 分别代表非金属矿产资源、金属矿产资源、能

源矿产资源。其中,能源矿产资源主要是化石燃料类矿产资源,包括煤炭、石油、天然气等;金属矿产资源为可以提炼出金属的矿产,包括黑色金属、有色金属等;非金属矿产资源为非能源矿产资源和金属矿产资源的矿产资源,包括石英、硫、萤石等。为了兼顾产品间异质性和同质性的问题,研究的产品细分尺度为四位数贸易产品。

模型中使用的解释变量“国家关系”数据来自于Google的GDELT项目(Global Database of Events, Language, and Tone Project)。该项目提供了1979年至今全球各语言媒体报道的新闻主要信息,其信息中包括国家、领域和报道媒体,此项目根据每条数据两个行动者的性质基于一个评分,范围为-10~10分。其余解释变量与控制变量数据均来自于中国统计年鉴和世界银行,如GDP、对外投资等,为了与贸易数据保持一致,未进行购买力折算处理。

1.3 自变量设置

1.3.1 国家关系和国家互动频率

中国矿产资源出口的企业主要是国有企业,并且矿产资源企业的出口受国家管控和配额。政府可以通过战略性贸易政策等方式来调整企业的出口行为^[30],而大型国有企业可能受到的影响更大。在国家管控和国有企业特殊企业性质的双重背景下,矿产资源企业的行为经常肩负着国家的意志,如对外投资、跨境并购等。矿产资源作为政治外交重要的筹码和手段,也由此受到国家关系的影响^[31]。因此,国家的力量可能会影响或引导矿产资源企业的进出口拓展。

国家关系变量采用杨文韬^[32]的刻画方法,采用互动频率和亲密程度来衡量。在杨文韬^[32]的基础上,筛选出两个行动者中有且仅有一方为中国(CHN)且性质为(GOV)的数据,共得到986330条记录作为研究使用。采用国家关系变量(Relation)使用每年其他国家与中国之间新闻报道的平均得分来衡量,如果平均分越高,则表示与该国关系越好,反之表示关系更差。国家互动频率(lnLink)以双边国家间互相提及新闻数量的对数来衡量,如果该数值越大,表明两国间互动频率越高。

1.3.2 中国对外投资

大量研究发现对外投资(ODI)对国际贸易有一定的影响。Aizenman等^[33]发现发展中国家的外商投资对贸易具有一定的促进作用。在中国对外投资研究中,ODI与贸易的关系还需进一步研究,ODI既可能促进出口^[34],也可能促进进口^[35],但很少有学者研究ODI和矿产资源贸易。中国目前对外投资的主要方向是资源方面和技术学习^[36],可见目的国矿产资源是ODI的一个重要考虑因素,因此对目的国的ODI很有可能会促进中国矿产资源的进出口贸易。

1.3.3 引力模型相关变量

本文采用以引力模型为基础模型。模型中自变量方面,引力模型的核心变量为中国GDP的对数(lnGDP_i)、贸易目的国GDP的对数(lnGDP_j)和中国与贸易国的地理距离(lnDist)。地理距离与产品出口的运输成本直接相关,尤其是对于矿产资源这种大宗产品,因此地理距离的解释与贸易成本相联系。考虑到多维邻近性的概念,增加制度距离(lnInst)变量,也作为两国之间距离的衡量。两国之间制度差距对贸易的影响主要体现为增加了贸易的不确定性,因此将制度距离衡量为贸易的不确定性。

制度距离测算方法参考Kogut等^[37]的计算方法,先计算各国的各项治理指数,然后按照以下公式计算中国与贸易目的国之间的制度距离(lnInst):

$$\ln Inst = \frac{1}{n} \sum [(D_{ia} - D_{ib})^2 / V_i] \quad (5)$$

式中： n 代表国家治理指数的个数（个）； D_{ia} 和 D_{ib} 分别代表中国 a 与贸易目的国 b 的 n 项指标中的第 i 项指标值； V_i 代表指标方差。参考Kaufmann等^[38]的文章，采用政府责任、社会稳定、政策有效性、法律体制、监管能力和寻租控制6个维度来反映各国的治理环境。

1.4 模型设置

中国矿产资源贸易网络在2000—2016年间发生较大的变化，而此演化过程很难从描述中直接得到结论。因此，本文构建面板OLS回归计量模型分别分析矿产资源进出口贸易格局演化的影响因素，模型如下：

$$\ln Vpd_{em} = \alpha_1 Relation + \alpha_2 \ln Link + \alpha_3 \ln Invest + \alpha_4 \ln GDP_i + \alpha_5 \ln GDP_j + \alpha_6 \ln Dist + \alpha_7 \ln Inst + \alpha_7 Landlocked + \alpha_8 Developed + \beta_1 Year + \beta_2 Product + \gamma_1 Rltn \times Dist + \gamma_2 Rltn \times Inst + \gamma_3 Link \times Dist + \gamma_4 Link \times Inst + \gamma_5 Invest \times Dist + \gamma_6 Invest \times Inst + \varepsilon \quad (6)$$

$$\ln Vpd_{im} = \alpha_1 Relation + \alpha_2 \ln Link + \alpha_3 \ln Invest + \alpha_4 \ln GDP_i + \alpha_5 \ln GDP_j + \alpha_6 \ln Dist + \alpha_7 \ln Inst + \alpha_7 Landlocked + \alpha_8 Developed + \beta_1 Year + \beta_2 Product + \gamma_1 Rltn \times Dist + \gamma_2 Rltn \times Inst + \gamma_3 Link \times Dist + \gamma_4 Link \times Inst + \gamma_5 Invest \times Dist + \gamma_6 Invest \times Inst + \varepsilon \quad (7)$$

式中： $Year$ 和 $Product$ 分别代表时间和产品的固定效应； ε 代表误差项。本文的研究年限为2001—2016年，关注四位数贸易产品代码。根据现有文献研究^[39]，增加目的国是否内陆国家（*Landlocked*）和是否为发达国家（*Developed*）作为控制变量。为了更好地理解关键解释变量的机制，分别设置了国家关系、互动频率和对外投资与地理距离和制度距离的交互变量，分别是 $Rltn \times Dist$ 、 $Rltn \times Inst$ 、 $Link \times Dist$ 、 $Link \times Inst$ 、 $Invest \times Dist$ 和 $Invest \times Inst$ 。考虑到矿产资源贸易网络演化具有时间和空间异质性，如中国的矿产资源进口可能会受到国际金融危机的影响，因此本文将研究年限分为2001—2008年和2009—2016年两个时间段。

国家关系可以作为打破贸易稳定的信号，尤其矿产资源大宗产品贸易成本极大，当两国关系较好时可能会促进两国之间矿产资源贸易。国家互动频率可以作为企业了解目的国市场信息的一种方式，更频繁互动联系可以有助于中国企业获得更多目的国市场信息，从而带来更多的双边贸易。中国矿产资源的贸易与中国的对外投资联系密切，中国大量矿产进口其实是中国在海外矿产投资企业的企业内贸易，而且大量出口贸易可以伴随着本国的对外投资进行扩张，因此对中国对外投资可能会直接促进中国矿产资源进出口贸易。 $\ln GDP_i$ 和 $\ln GDP_j$ 预期符号为正，而地理距离（ $\ln Dist$ ）、制度距离（ $\ln Inst$ ）和是否内陆国家（*Landlocked*）预期显著抑制中国与贸易目的国矿产资源贸易。

进口和出口模型中变量的描述性统计分别展示在表1、表2。

2 结果分析

2.1 中国矿产资源贸易网络空间结构特征

2.1.1 中国矿产资源贸易网络

为了展示中国矿产资源贸易网络特征，本文首先运用Gephi软件计算矿产资源贸易网络的特征，展示在表3。从出度和入度可以发现，中国在2001—2016年间出口国家数量先上升后下降，而进口国家数量一直在上升。从中介中心性、邻近中心性和特征向量中心性指标排名可知，中国在整个矿产资源贸易网络中的地位一直在提高，逐渐成为世界上

表1 出口模型变量描述性统计

Table 1 Descriptive statistics of variables in export network evolution model

变量	解释	样本数/个	均值	标准差	最小值	最大值
<i>lnValue</i>	出口量的对数	82432	4.81	5.80	0	21.60
<i>Relation</i>	与目的国国家关系	73611	2.56	1.27	-10	8
<i>lnLink</i>	互动频率的对数	73611	4.40	1.84	0	10.54
<i>lnInvest</i>	对目的国投资的对数	82432	3.82	4.29	0	14.11
<i>lnGDPi</i>	中国GDP的对数	82432	29.10	0.74	27.92	30.05
<i>lnGDPj</i>	目的国GDP的对数	79494	24.57	2.27	16.40	30.56
<i>lnDist</i>	地理距离的对数	78432	8.94	0.56	6.86	9.87
<i>lnInst</i>	制度距离的对数	80096	0.03	0.95	-2.69	1.88
<i>Landlocked</i>	是否是内陆国家, 是为1	82432	0.16	0.37	0	1
<i>Developed</i>	是否是发达国家, 是为1	82432	0.19	0.39	0	1

表2 进口模型变量描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of variables in export network evolution model

变量	解释	样本数/个	均值	标准差	最小值	最大值
<i>lnValue</i>	进口量的对数	51184	5.55	6.97	0	24.73
<i>Relation</i>	与目的国国家关系	48067	2.54	1.14	-10	8
<i>lnLink</i>	互动频率的对数	48067	4.85	1.85	0	10.54
<i>lnInvest</i>	对目的国投资的对数	51184	4.47	4.49	0	14.11
<i>lnGDPi</i>	中国GDP的对数	51184	29.10	0.74	27.92	30.05
<i>lnGDPj</i>	目的国GDP的对数	49442	25.26	2.15	16.40	30.56
<i>lnDist</i>	地理距离的对数	48960	8.85	0.64	6.70	9.87
<i>lnInst</i>	制度距离的对数	50752	0.10	1.00	-2.80	1.88
<i>Landlocked</i>	是否是内陆国家, 是为1	51184	0.16	0.36	0	1
<i>Developed</i>	是否是发达国家, 是为1	51184	0.24	0.43	0	1

矿产资源贸易最核心的国家之一。

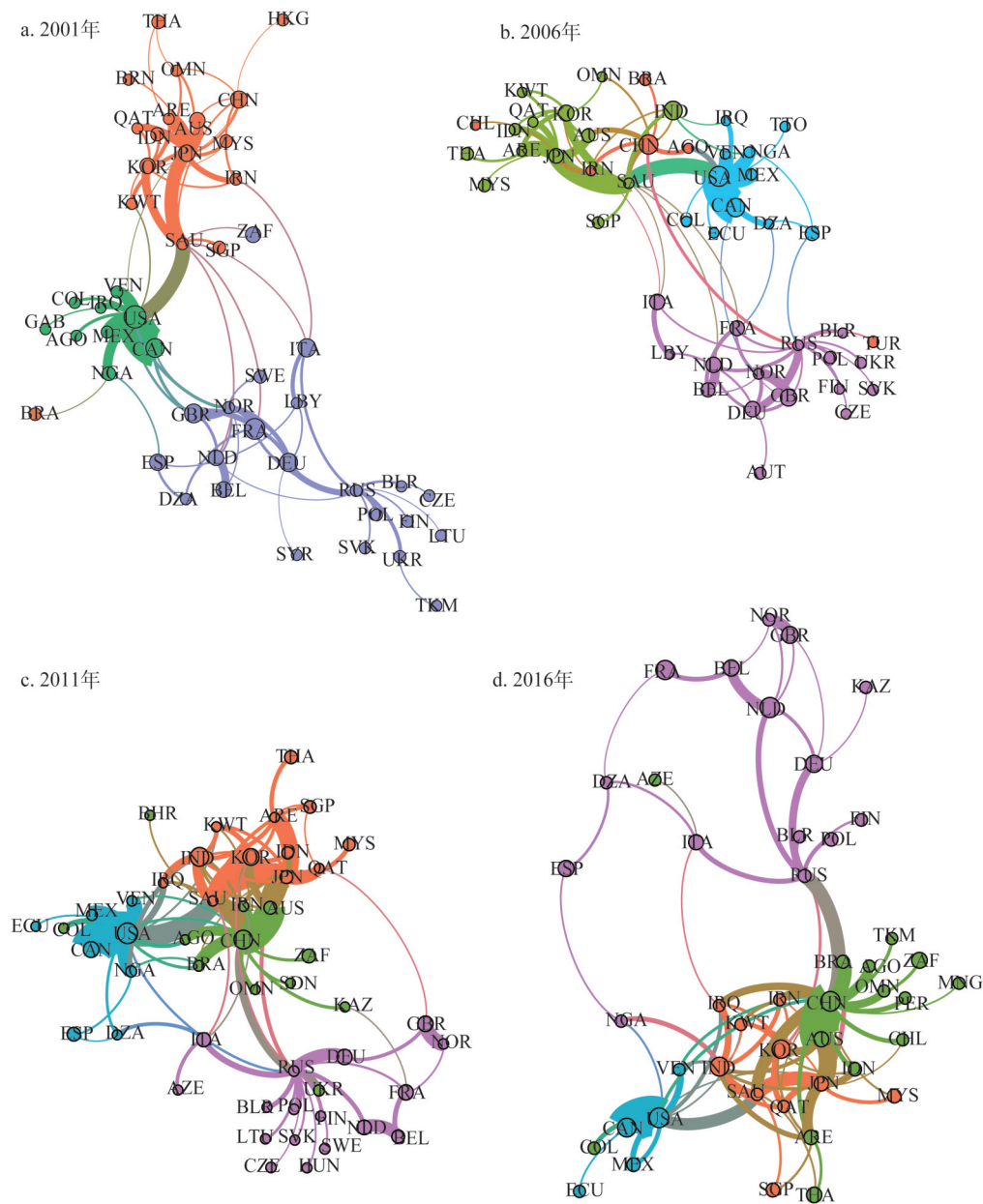
图1反映2001—2016年矿产资源贸易的网络拓扑关系,从图1可以看出,美国一直是整个矿产资源贸易网络中最重要的节点,一直处在网络的中间核心位置,主导着美洲组团的矿产资源贸易,不过随着时间变化,其组团的成员国数量显著减少。中国地位在2001年处在10名左右,处在东亚组团相对次核心的位置,但之后在贸易网络中的地位提升非常快,逐渐处在网络核心位置,并且在2006年开始主导围绕中国的贸易组团,其组团成员国到2016年有明显的增加。从2001—2016年贸易网络图可以看出,虽然中国在贸易网络中地位明显地提升,但其贸易网络并不是同步地扩大,而是对各国贸易额非均质地发生变化。中国主导组团的势力扩大,中国也逐渐成为许多国家

表3 2001—2016年中国矿产资源贸易网络特征描述

Table 3 Characteristics of trade network of mineral resources in China from 2001 to 2016

年份	出度	入度	中介中心性 排名	邻近中心性 排名	特征向量 中心性排名
2001	149	127	9	10	3
2006	164	161	2	2	1
2011	166	167	2	3	1
2016	147	167	3	3	2

注:数据来自UNComtrade,若无特别说明,下同。



注：圆圈代表节点，其大小反映中介中心性，用来表示节点在网络中的地位；线条粗细代表节点与节点之间的贸易量；不同的颜色代表不同的组团结构，表示贸易相对紧密的一部分国家。

图1 2001—2016年矿产资源贸易网络拓扑关系

Fig. 1 Topological relationship of mineral resources trade network in 2001-2016

最重要的贸易伙伴，组团内部联系日益紧密，而对非重要贸易伙伴的贸易相对比较复杂，不容易从图中获得答案，需要借助计量模型来研究。

2.1.2 中国矿产资源贸易格局

图2反映中国矿产资源产品贸易量和市场数量演化特征。从图2可以看出不同产品对我国矿产资源出口和进口总量影响差别较大，贸易量最多的一直是矿物燃料，非金属矿

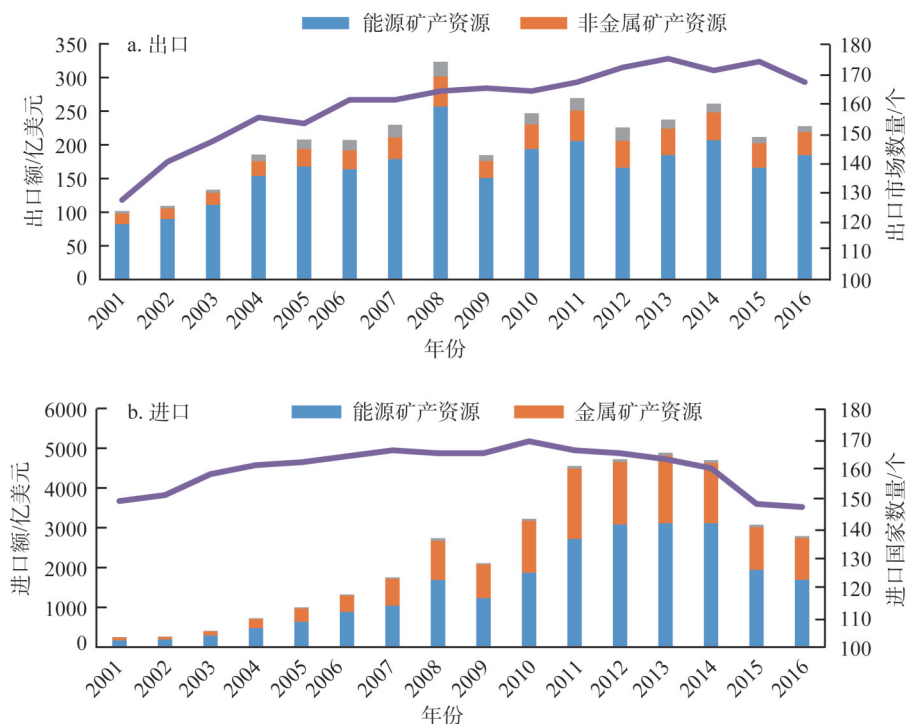


图2 中国矿产资源贸易量和市场数量演化特征

Fig. 2 Evolution characteristics of trade values and the number of markets of mineral resources in China

产次之,金属矿物最少,因此可能需要增加产品维度来研究中国出口市场的演化过程。图2a展示出总出口额的变化趋势与市场数量变化并不一致,2001—2008年我国矿产资源出口量和出口市场数量一直在稳步增长,而2009—2016年出口额一直在波动状态,但是市场数量变化趋势呈现出先缓慢增长、然后缓慢下降的趋势,这可能由于2008年金融危机后全球市场矿产资源交易萎靡影响的,因此需要分2008年之前和之后两个时间段来分析我国矿产出口演化的影响因素。相同的问题从图2b也可以发现,中国进口量和进口市场变化趋势也有所不同:进口市场数量从2001年开始迅速增长,到2008年基本达到顶峰,之后处于下降趋势,但是总进口量在2009年之后仍然迅速增加,表明中国矿产资源进口在2008年之前可能采取“不要将鸡蛋放在一个篮子里”策略,广泛拓展进口市场,但是2008年金融危机之后中国国内需求量仍然非常巨大,而且国际上矿产资源价格普遍处在低位,从而采取放弃小市场、集中从大市场购买矿产的策略。

图3展示出2001—2016年不同类型矿产资源的贸易市场分布。从图3a和图3b可以看出,2001年我国不同矿产资源的出口市场相对集中,东亚是我国最大的出口市场,约占总市场的50%以上;出口的产品及其市场也相对集中,主要出口产品是煤炭,主要出口到东亚地区,其次石油主要出口到东亚和东南亚地区。到2016年时,中国不同产品种类出口量的比率开始分散,其中石油代替煤炭成为我国最大的出口产品,非金属矿产也逐渐成为重要的出口产品。出口市场相比于2001年也更加分散,其中东亚地区仍然是最大的出口市场,但是市场份额逐渐萎缩。东南亚地区逐渐成为我国矿产资源的重要出口市场。在2001—2016年间,中国制造业迅速发展,对矿产资源的需求也逐年上升,导致外部市场对中国出口的吸引力逐渐下降,但是此时矿产出口逐渐展现出明显的分散市场的

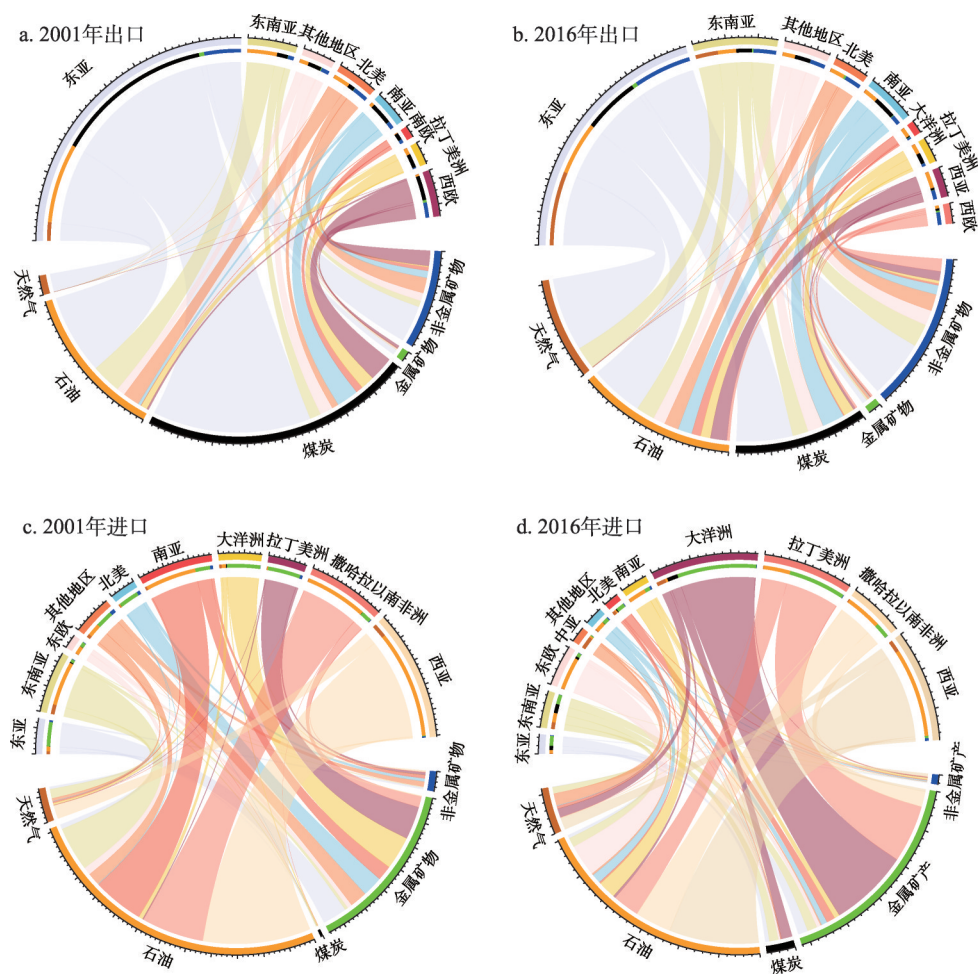


图3 2001—2016年中国矿产资源各产品贸易市场分布

Fig. 3 Distribution of markets of mineral resources products in China in 2001-2016

策略,这可能与利润之外的因素有关。在这16年间,中国矿产出口总量变化不大,但是出口市场迅速扩张,尤其加大与中国空间邻近国家的出口量,逐渐展现出市场分散的“不把鸡蛋放在一个篮子里”策略,伴随着中国全球化战略和国际地位的提升,有理由猜测矿产出口可能具有外交的作用,如通过出口稀土来缓和国家间关系等。另外,中国海外投资伴随着大量的基础设施建设,尤其是在发展中国家,此时需要大量的非金属矿产作为基础设施建设的原材料,由此导致非金属矿产出口量迅速增加。

从图3c和图3d可以发现,中国最主要需求的矿产资源是石油,其次是金属矿产资源,这与中国制造业蓬勃发展息息相关。在2001年时,中国矿产资源最主要的进口市场是西亚、撒哈拉以南非洲,主要进口石油产品,而在2016年时,对国际上金属矿产的需求上升,对大洋洲、拉丁美洲市场依赖程度上升。另外除了石油资源,中国在进口方面有一个显著的变化趋势是逐渐从“多来源产品集中”的“从很多国家和地区进口少量矿产,但是每种产品依赖重要来源国的供应”,演变为“少来源产品分散”的“从少数地区进口大量的资源,每种进口产品来源更分散,从更多市场进口来保障资源供给”。这一方面由于中国的资源和能源安全问题,进口市场过于集中不利于国家能源安全;另一方

面,中国在海外大量投资了矿产资源行业,尤其是在非洲、澳大利亚、巴西等地方,从而逐渐扩大进口海外投资矿产的进口量。拉丁美洲、大洋洲、非洲的进口量显著增加,可能与中国在非洲、拉丁美洲等矿产丰富的地区投资直接相关。中国投资的矿产资源逐渐形成开采规模,从而加大了中国采购的力度。进口量的提升也与密切的政治经济合作有关系,如近年来与非洲政治交流密切,从而带动了更加深入的经济合作和互动。

2.2 矿产资源贸易演化影响因素分析

2.2.1 矿产资源出口

回归结果展示在表4,为了降低国家关系、互动频率和对外投资变量的内生性,三个变量分别滞后了一期。其中第(1)~(4)列为2008年以前的回归结果,模型第(5)~(8)列为2008年以后的回归结果。从模型(1)~(8)可以看出,地理距离($\ln Dist$)显著为负,因为地理距离直接影响着货物的运输成本,尤其是对矿产资源这种大宗产品更敏感,这符合引力模型的预期。国家的属性变量内陆国家(*Landlocked*)显著为负,发达国家(*Developed*)显著为正,说明我国更容易向发达国家和沿海国家出口更多矿产资源,在这里不做过多解释。

在2008年以前,制度距离($\ln Inst$)变量对我国矿产资源出口没有显著的影响,而在2008年之后有显著的负向影响,说明两国的制度距离越远,我国向出口国家出口矿产资源越少。首先,这与我国与其矿产资源出口市场国家治理指数间差距再缩小有关,2001—2016年中国与主要出口目的国的制度距离一直在减小。另外,2008年之前中国矿产出口延续粗放式“出口赚外汇”模式,对国家间制度上差异导致的风险并不敏感,但是随着中国矿产资源需求逐渐增加,出口不再是粗放式出口,逐渐转变为“分散市场”的模式,即矿产出口量基本不变而出口市场增加,因此对制度距离造成的风险更加敏感。

国家关系(*Relation*)对矿产资源出口拓展有显著的负向作用,说明当前中国主要向关系不好的国家出口更多矿产资源,这与实际情况相符,中国最大的出口市场是东亚和东南亚地区,与中国国家关系并不是十分友好。但是,从模型(2)和模型(6)可知,国家关系对地理距离抑制出口量具有显著的调节效应,表明国家关系可以减缓地理距离较远所带来的贸易量减少。好的国家关系可能会促使出口国减税和出口目的国降低关税,也可以减少国家间贸易壁垒发生的概率和程度,从而减少了矿产产品贸易的出口成本。另外,2008年以后国家关系对制度距离具有显著的调节作用,说明国家关系可以显著减少制度距离带来的不确定性。现有研究普遍认为不确定性会抑制中国的出口拓展^[40],而国家间的关系可能会降低出口的不确定性,尤其规模大、国企为主的矿产资源企业对降低不确定性更为敏感。国家关系可以克服一些信息壁垒或贸易摩擦带来的负面影响,而且作为一个贸易利好的信号,也会促进国内的矿产寡头厂商出口到目的国。

国家间互动频率($\ln Link$)对矿产资源出口具有显著正向促进作用,表明中国会向与中国互动更多的国家出口矿产资源。国家间互动越频繁,可以促进国家间的行政手段、政策工具和交易方式等方面相互了解,从而达到促进贸易的现象。从结果(3)和结果(7)可知,国家间互动频率会增加地理距离对出口的抑制作用,但是会显著抑制制度距离所带来的不确定性。这说明互动频率是一把双刃剑,虽然可以降低矿产资源这种大宗产品交易时的不确定性,但是会使国内厂商更加了解出口到该国时商品交易的成本,反而会降低了中国厂商的出口意愿,例如中国报道中亚地区动乱问题,会降低国内厂商的

表4 中国矿产资源出口网络演化模型的回归结果

Table 4 Factors influencing evolution of export network of mineral resources in China

变量	2008年以前				2008年以后			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
<i>Relation</i>	-0.047*** (0.015)	-0.073*** (0.018)	-0.045*** (0.015)	-0.047*** (0.015)	-0.032** (0.020)	-0.074*** (0.022)	-0.028 (0.019)	-0.026 (0.020)
<i>lnLink</i>	0.122*** (0.020)	0.124*** (0.020)	0.109*** (0.020)	0.122*** (0.020)	0.034* (0.020)	0.017* (0.020)	0.044** (0.020)	0.031 (0.020)
<i>lnInvest</i>	0.033** (0.014)	0.032** (0.014)	0.024* (0.014)	0.039*** (0.014)	0.072*** (0.008)	0.075*** (0.008)	0.064*** (0.008)	0.064*** (0.008)
<i>lnGDPi</i>	0.658*** (0.095)	0.666*** (0.095)	0.671*** (0.095)	0.649*** (0.095)	0.067 (0.123)	0.053 (0.123)	0.089 (0.123)	0.050 (0.123)
<i>lnGDPj</i>	1.089*** (0.015)	1.086*** (0.015)	1.094*** (0.015)	1.086*** (0.015)	1.068*** (0.017)	1.073*** (0.017)	1.075*** (0.017)	1.079*** (0.017)
<i>lnDist</i>	-1.835*** (0.050)	-1.826*** (0.050)	-1.926*** (0.051)	-1.719*** (0.063)	-1.395*** (0.053)	-1.347*** (0.053)	-1.287*** (0.065)	-1.382*** (0.076)
<i>lnInst</i>	0.054 (0.034)	0.049 (0.034)	0.187** (0.037)	0.069* (0.042)	-0.370*** (0.037)	-0.368*** (0.037)	-0.379*** (0.037)	-0.502*** (0.041)
<i>Landlocked</i>	-0.604*** (0.059)	-0.598*** (0.059)	-0.605*** (0.059)	-0.604*** (0.059)	-0.269*** (0.065)	-0.224*** (0.065)	-0.227*** (0.065)	-0.271*** (0.065)
<i>Developed</i>	0.264*** (0.095)	0.273*** (0.095)	0.153* (0.097)	0.281*** (0.095)	1.046*** (0.094)	1.080*** (0.095)	0.701*** (0.096)	0.863*** (0.095)
<i>Rltn_Dist</i>		0.138*** (0.040)				0.304*** (0.048)		
<i>Rltn_Inst</i>						0.101*** (0.024)		
<i>Link_Dist</i>			-0.126*** (0.026)				-0.186*** (0.024)	
<i>Link_Inst</i>							0.156*** (0.015)	
<i>Invst_Dist</i>				0.051*** (0.015)				-0.021** (0.013)
<i>Invst_Inst</i>								0.051*** (0.007)
<i>_cons</i>	-25.19*** (2.738)	-25.40*** (2.734)	-24.83*** (2.732)	-25.91*** (2.747)	-11.46*** (3.684)	-11.44*** (3.683)	-13.29*** (3.687)	-11.26*** (3.712)
产品效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
<i>N</i>	35105	35105	35105	35105	36763	36763	36763	36763
<i>R²</i>	0.435	0.435	0.437	0.435	0.392	0.393	0.396	0.393
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注：显著水平* $P<0.1$ 、** $P<0.05$ 、*** $P<0.01$ ，下同。

出口意愿。

中国的对外投资 ($\ln Invest$) 对矿产资源出口有显著的促进作用。通过模型 (8) 可知中国的对外投资经常可以显著降低制度距离带来的不确定性, 因为对外投资可以搜寻目的国的市场信息, 当中国投资项目进入目的国会加深中国对目的国的了解, 而信息扩散到中国后会促进矿产资源的出口。从模型 (4) 和模型 (8) 发现, 对外投资对于出口成本的影响是双向的, 在 2008 年之前对外投资会显著降低矿产资源出口成本, 可能与中国大量输出资本进行基础设施建设有关。但是到 2008 年之后, 中国的对外投资会增加地理距离所带来的抑制效应, 这与中国大量的收购国外矿产企业有关。中国企业大量收购和入股国外矿产资源企业, 可以促进投资国家向中国出口矿产资源, 但是会与中国向投资目的国出口的矿产形成竞争, 从而抑制了中国矿产资源的出口。

2.2.2 矿产资源进口

表 5 展示中国矿产资源进口网络演化的回归结果, 其中 (1) ~ (8) 列与出口模型设置一样。结果显示, 引力模型变量 $\ln GDP_i$ 和 $\ln GDP_j$ 显著为正, 地理距离 ($\ln Inst$) 显著为负。制度距离 ($\ln Inst$) 在 2008 年之前显著为正, 在 2008 年之后显著为负, 说明在前期中国主要从治理能力相差较大的地区进口矿产, 而 2008 年之后主要从治理能力相似的地方进口矿产, 主要原因是中国与其主要矿产进口国的治理能力逐渐从相差较大到比较接近, 导致制度距离在前一期展现出正向显著。

国家关系 ($Relation$) 在 2008 年之前对矿产资源进口有显著的负向作用, 说明中国从与中国关系不好的国家进口矿产资源更多; 在 2008 年以后, 国家关系对中国矿产资源进口没有显著影响。中国的矿产资源需求量已经达到全球第一, 庞大的需求量和矿产资源来源地相对固定导致中国进口市场也相对稳定, 即使国家关系不好也很难找到矿产产品的替代来源地, 因此国家关系在 2008 年后并不显著。从模型 (2) 可以看出, 国家关系越好越有利于降低矿产进口交易的成本, 这一点与出口模型一致; 国家关系对制度距离有显著的调节作用, 说明当两国国家关系越好时, 中国可能会对两国制度距离差异越敏感。

两国的交往频率 ($\ln Link$) 展现出与出口模型一样的结果, 说明交往频率越高会让国内厂商越了解与对方矿产交易时的风险, 同时会降低两国制度差异所带来的不确定性, 总体而言越有利于促进中国进口矿产来源国的资源。中国的对外投资 ($\ln Invest$) 会促进中国从投资目的国进口矿产资源, 因为中国为了获得矿产资源稳定的供给, 会在海外投资矿产资源作为战略储备^[30], 进而促进中国向投资目的国进口矿产资源。

3 结论

本文基于 UN Comtrade 的矿产资源贸易数据展示了中国矿产资源贸易网络特征与演化过程, 并研究了中国矿产资源进出口网络的影响因素。结论如下: (1) 2001—2016 年间, 中国在世界贸易网络中的地位显著提高, 与中国发生贸易的国家数量增加和总贸易量增加密不可分; (2) 中国矿产出口逐渐展现出“不把鸡蛋放在一个篮子里”的市场分散策略, 而进口逐渐从“多来源产品集中”演化为“少来源产品分散”的策略; (3) 好的国家关系会降低中国与贸易目的国矿产资源交易时的成本, 也会降低制度差异所带来的不确定性; (4) 中国与贸易国互动频率越高会减少制度差异所带来的不确定性, 但是会增加对贸易成本的关注; (5) 对外投资可能伴随的基础设施投资和海外并购矿产企业

可以促进我国向投资目的国进口矿产,也会通过获取信息等方式促进我国出口到该地区。

随着我国对矿产的需求提高,未来矿产资源进出口贸易会更加频繁,针对中国矿产资源贸易现状与进出口拓展情况,本文提出如下建议:(1)随着中国对矿产资源需求量上升,未来中国矿产资源出口量可能并不会增加,为了避免出口到少数国家被压价的情况,可以采取进一步分散市场的策略;(2)为了满足中国庞大的矿产需求量,进口矿产总量和进口来源地非常多,可以考虑在原有进口国家中进一步多进口新的矿产资源产品,并开拓新的矿产来源国家,以避免国家关系波动带来的贸易摩擦;(3)在我国矿产资源安全方面,中国要考虑到国家间制度差异所带来的贸易成本,并通过增加海外矿产资源投资和维持好国家间关系来稳定矿产资源贸易。

参考文献(References):

- [1] 王安建,王高尚,邓祥征,等.新时代中国战略性关键矿产资源安全与管理.中国科学基金,2019,33(2): 133-140. [WANG A J, WANG G S, DENG X Z, et al. Security and management of strategic key mineral resources in China in the New Era. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2019, 33(2): 133-140.]
- [2] BLENGINI G A, BLAGOEVA D, DEWULF J, et al. Methodology for establishing the EU list of critical raw materials - Guidelines. Luxemburg: European Union, 2017.
- [3] NEDAL N, SEAN X, STEVEN F, et al. Assessment of critical minerals: Screening methodology and initial application. Washington D C: National Science and Technology Council, 2016.
- [4] 曾现来,同晓宇,张宇平,等.中国资源的进出口与产出率:演化、挑战及对策.自然资源学报,2018,33(4): 552-562. [ZENG X L, YAN X Y, ZHANG Y P, et al. Importation, exportation, and productivity of resources in China: Evolution, challenges, and solutions. Journal of Natural Resources, 2018, 33(4): 552-562.]
- [5] 徐桂芬,王小菊.中国大宗矿产品贸易概况.国土资源情报,2015,(1): 40-43. [XU G F, WANG X J. Bulk mineral import & export trade of China. Land and Resources Information, 2015, (1): 40-43.]
- [6] 葛振华,郑勇军,肖荣阁.中国矿产品进出口贸易特点及建议.资源与产业,2009,11(3): 103-109. [GE Z H, ZHENG Y J, XIAO R G. Features and suggestions of import and export trade of mineral products in China. Resources and Industries, 2009, 11(3): 103-109.]
- [7] 崔荣国.正确认识中国的矿产品贸易.国土资源情报,2008,(2): 24-26. [CUI R G. A correct understanding of China's mineral products trade. Land and Resources Information, 2008, (2): 24-26.]
- [8] 程慧.我国优势战略矿产资源出口管制问题研究.北京:中国地质大学(北京),2012. [CHENG H. Research on China's export control of advantageous strategic mineral resources. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2012.]
- [9] 安彤,马哲,刘超,等.中国石墨矿产资源现状与国际贸易格局分析.中国矿业,2018,27(7): 1-6. [AN T, MA Z, LIU C, et al. Analysis of China's graphite resources status and international trade pattern. China Mining Magazine, 2018, 27(7): 1-6.]
- [10] 王诺,张进,吴迪,等.世界煤炭资源流动的时空格局及成因分析.自然资源学报,2019,34(3): 487-500. [WANG N, ZHANG J, WU D, et al. The temporal and spatial patterns and causes of coal resource flow in the world. Journal of Natural Resources, 2019, 34(3): 487-500.]
- [11] BARIGOZZI M, FAGIOLO G, GARLASCHELLI D. Multi-network of international trade: A commodity-specific analysis. Physical Review E, 2010, 81(4): 46-104.
- [12] COSTA L D, RODRIGUES F A, TRAVIESO G, et al. Characterization of complex networks: A survey of measurements. Advances in Physics, 2007, 56(1): 167-242.
- [13] FAGIOLO G, REYES J, SCHIAVO S. On the topological properties of the world trade web: A weighted network analysis. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2008, 387(15): 3868-3873.
- [14] FAGIOLO G, REYES J, SCHIAVO S. The evolution of the world trade web: A weighted-network analysis. Journal of Evolutionary Economics, 2010, 20(4): 479-514.
- [15] DE BENEDICTIS L, TAJOLI L. The world trade network. World Economy, 2011, 34(8): 1417-1454.

- [16] GARLASCHELLI D, LOFFREDO M. Structure and evolution of the world trade network. *Physical A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2005, 355(1): 138-144.
- [17] RUGMAN AM, LI J, HOON CH C. Are supply chains global or regional?. *International Marketing Review*, 2009, 26(4-5): 384-395.
- [18] LIN F G. Are distance effects really a puzzle?. *Economic Modelling*, 2013, 31: 684-689.
- [19] OECD. Implications of global value chains for trade, investment, development and jobs. Paris, 2013.
- [20] FRIEDMAN T. *The World is Flat: A Brief History of the Twenty-first Century* (2nd Ed). New York: Farrar, Straus and Giroux, 2007.
- [21] BREMOND V, HACHE E, MIGNON V. Does OPEC still exist as a cartel?. An empirical investigation. *Energy Economics*, 2012, 34(1): 125-131.
- [22] 史超亚. 大宗矿产品国际贸易格局演变对经济增长影响研究. 北京: 中国地质大学(北京), 2018. [SHI C Y. Study on the influence of the evolution of international trade pattern of bulk mineral products on economic growth. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2018.]
- [23] 王祥, 强文丽, 牛叔文, 等. 全球农产品贸易网络及其演化分析. *自然资源学报*, 2018, 33(6): 940-953. [WANG X, QIANG W L, NIU S W, et al. Analysis on global agricultural trade network and its evolution. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(6): 940-953.]
- [24] 史超亚, 高湘昀, 孙晓奇, 等. 复杂网络视角下的国际铝土矿贸易演化特征研究. *中国矿业*, 2018, 27(1): 57-62. [SHI C Y, GAO X Y, SUN X Q, et al. Study on the evolution characteristics of international bauxite trade from the perspective of complex network. *China Mining Magazine*, 2018, 27(1): 57-62.]
- [25] 郝晓晴, 安海忠, 陈玉蓉, 等. 基于复杂网络的国际铁矿石贸易演变规律研究. *经济地理*, 2013, 33(1): 92-97. [HAO X Q, AN H Z, CHEN Y R, et al. Research on the evolution law of international iron ore trade based on complex network. *Economic Geography*, 2013, 33(1): 92-97.]
- [26] 杨鑫, 安海忠, 高湘昀, 等. 国际天然气贸易关系网络结构特征研究: 基于复杂网络理论. *资源与产业*, 2012, 14(2): 81-87. [YANG X, AN H Z, GAO X Y, et al. Structural features of global gas trading relationship network based on complex network theory. *Resources and Industries*, 2012, 14(2): 81-87.]
- [27] 朱丽丽. 基于复杂网络的锂矿产品国际贸易格局研究. 北京: 中国地质大学(北京), 2016. [ZHU L L. International trade pattern of major lithium ore products: Based on the theory of complex network. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2016.]
- [28] FAGIOLO G. The international-trade network: Gravity equations and topological properties. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 2010, 5(1): 1-25.
- [29] CADOT O, IACOVONE L, PIEROLA M, et al. Success and failure of African exporters. *Journal of Development Economics*, 2013, 101: 284-296.
- [30] 谢申祥, 刘培德, 王孝松. 价格竞争、战略性贸易政策调整与企业出口模式选择. *经济研究*, 2018, 53(10): 127-141. [XIE S X, LIU P D, WANG X S. Price competition, strategic trade policy adjustment and firms' export mode choice. *Economic Research Journal*, 2018, 53(10): 127-141.]
- [31] 王明清. 中国东北与俄罗斯远东地缘经济关系研究. 长春: 东北师范大学, 2016. [WANG M Q. A study on the geo-economic relationship between Northeast China and the Russian Far East. Changchun: Northeast Normal University, 2016.]
- [32] 杨文韬. 地缘关系对中国出口影响研究. 北京: 北京大学, 2018. [YANG W T. A research on the impact of geo-relations on China's export. Beijing: Peking University, 2018.]
- [33] AIZENMAN J, NOY I. FDI and trade-two-way linkages?. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 2006, 46(3): 317-337.
- [34] 王恕立, 向姣姣. 对外直接投资逆向技术溢出与全要素生产率: 基于不同投资动机的经验分析. *国际贸易问题*, 2014, 381(9): 109-119. [WANG S L, XIANG J J. Reverse technology spillover and total factor productivity of OFDI: An empirical analysis based on different investment motivations. *Journal of International Trade*, 2014, 381(9): 109-119.]
- [35] 马涛. 中国吸引外商直接投资的发展回顾与展望. *国际经济合作*, 2015, (8): 68-71. [MA T. Review and prospect of the development of attracting foreign direct investment in China. *Journal of International Economic Cooperation*, 2015, (8): 68-71.]

- [36] 肖鹂飞, 朱滨. 中国对外直接投资的区位选择研究. 金融教育研究, 2016, 29(4): 47-58. [XIAO Y F, ZHU B. The research of China's foreign direct investment location choice. Journal of Jiangxi Finance College, 2016, 29(4): 47-58.]
- [37] KOGUT B, SINGH H. The effect of national culture on the choice of entry mode. Journal of International Business Studies, 1988, 19(3): 411-432.
- [38] KAUFMANN D, KRAAY A, MASTRUZZI M. The worldwide governance indicators: Methodology and analytical issues. Hague Journal on the Rule of Law, 2011, 3(2): 220-246.
- [39] BASTOS P, SILVA J. The quality of a firm's exports: Where you export to matters. Journal of International Economics, 2010, 82(2): 99-111.
- [40] 鲁晓东, 刘京军. 不确定性与中国出口增长. 经济研究, 2017, 52(9): 41-56. [LU X D, LIU J J. Uncertainty and China's export growth. Economic Research Journal, 2017, 52(9): 41-56.]

Evolution of mineral resources trade network in China

WANG Wen-yu¹, HE Can-fei^{1,2}, REN Zhuo-ran^{1,2}

(1. College of Urban and Environmental Science, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Peking University-Lincoln Institute Center for Urban Development and Land Policy, Beijing 100871, China)

Abstract: The fourth Industrial Revolution has stimulated the global industrial competition, and the trade of mineral resources all over the world has become one of the focus of competition among major countries. Nowadays, China has been the largest mineral importer and important mineral exporter in the world, therefore it is crucial to understand the sources of mineral resources imports and market patterns of exports. This study analyzes the characteristics of China's mineral resource trade network and its evolution using UN Comtrade world mineral resource trade data from 2001 to 2016. It is found that the position of China in the world mineral resources trade network has increased significantly during 2001-2016 and China has significantly diversified its mineral export markets as well as its products of mineral imports. It is reported that friendly interstate relations and the frequency of interactions between countries mitigate the trade uncertainty caused by institutional differences, and friendly relations further reduce the transaction costs of mineral trade, which can promote the evolution of mineral trade networks of China. The results have important policy implications. It is recommended that China should further expand its export market and diversify products and sources of mineral imports. Moreover, China should increase outward investments in mineral resources and maintain good relations between countries.

Keywords: mineral resources; trade network; China; state relations; China's outward investment