

能源转型背景下欧美关键矿产战略与中国 应对策略

张宇宁 丁 玎 王 克*

摘要:净零排放目标下,关键矿产供应状态将显著影响全球能源安全格局与能源转型进程。对此,欧美经济体正加快推进清洁能源-关键矿产战略,强调矿物供应链的多元化和“去中国化”,我国资源安全将面临全方位挑战。本文发现,欧美逐步形成了从顶层战略制定、评估方法设计、关键清单更新到跨部门政策支持的关键矿物战略体系,具有系统性强、延续度高的特征。对内,欧美重点在地质勘探、冶炼能力、循环经济等方面加强一次和二次供应能力建设,以减少对我国供应产能的依赖;对外,通过加强双边资源外交、构建多边原材料俱乐部等形式深化全球矿产供应链合作,但各经济体的本土政策与对外协议缺乏协调性,导致欧美在合作初期就产生了深层次的摩擦矛盾。面对欧美发起的新一轮关键矿产供应链“竞争”,我国应保持战略定力、以我为主,将资源安全、能源安全和供应链安全纳入到国家整体安全中统筹协调。为此,建议在顶层设计上制定具有中国特色的关键矿产战略,国内行动上应加强需求侧预期管理和供给侧能力建设,对外合作上可深化资源外交布局并积极参与国际规则制定。

关键词:清洁能源;关键矿产;资源安全;供应链战略

一、引言

全球净零排放目标下,清洁能源转型面临的供应链挑战与传统化石能源体系有很大不同。一方面,清洁能源技术的矿产需求品类远多于化石能源设施。薄膜光伏、风机永磁电机、动力电池等产品不仅需要铝、铁等大宗金属,还需要镓、锗、钨、镉、锂、钴等“三稀”金属和铂、银等多种稀贵金属,这部分矿产的物理化学性质可替代性弱,因此被定义为“关键矿产”(Wang et al.,2022;

*张宇宁,中国人民大学环境学院,邮政编码:100872,电子信箱:yuning_envi@ruc.edu.cn;丁玎,中国人民大学环境学院,邮政编码:100872,电子信箱:dingding317@ruc.edu.cn;王克(通讯作者),中国人民大学环境学院,邮政编码:100872,电子信箱:wangkert@ruc.edu.cn。

本文是研究阐释党的十九届五中全会精神国家社会科学基金重大项目“积极参与和引领应对气候变化国际合作研究”(21ZDA089)的阶段性成果。感谢匿名审稿人提出的修改意见,笔者已作了相应修改,本文文责自负。

陈伟强等,2022)。另一方面,关键矿产需求强度高,供应风险来源面广,存在更大的供需失衡风险。在需求侧,电力部门陆上风机的单位装机矿产使用强度约为传统燃气机组的9倍(IEA, 2021),而交通部门电气化率的提升将使金属锂在动力电池和电动汽车中的使用占比从2021年的45%增长至2030年的90%(IEA, 2023);在供给侧,关键矿产资源禀赋集中度高,这意味着矿产供应极易受地缘政治、贸易摩擦、环境规制等风险因素的影响,供应链中断风险高。因此,清洁能源的有序转型越来越依赖关键矿产的安全供应,全球“矿产-能源关联”(Mineral-Energy Nexus)的政策重心已逐渐转移至关键矿产“赋能效应”的保障以及供应链安全与可持续性的建设上。

近年来,新冠疫情、俄乌冲突等突发性事件对关键矿产的市场价格、贸易流动造成巨大冲击,从不同方面揭示了全球关键矿产供应链的脆弱性(Habib et al., 2021; Khurshid et al., 2023)。对此,欧盟、美国、英国等发达经济体纷纷加快制定清洁能源-关键矿产供应链顶层战略,从上游关键矿产的勘探冶炼到下游清洁能源的终端应用,全产业链制定配套政策。欧盟将《净零时代的绿色新政工业计划》作为顶层战略,以此指导制定《关键原材料法案》和《净零工业法案》两项配套政策,并更新了第五版关键原材料清单(EC, 2023a);美国两党虽然在清洁能源议题上持不同立场,但特朗普、拜登两任总统相继发布强化关键矿物供应链安全的第13953号、14017号行政令,美国能源部据此公布了《支持国内关键矿产和材料供应链的战略》《美国确保供应链安全以实现强劲清洁能源转型的战略》两项政策文件(DOE, 2021; DOE, 2022);英国于2022年7月发布了其脱欧后的首份顶层战略《未来韧性:英国的关键矿产战略》,旨在提升关键矿产供应链韧性,推进能源转型并保障国家安全(DBT, 2022)。上述关键矿产战略均强调了矿产冶炼环节对中国供应链的严重依赖,明确将抢占关键矿产供应链的主导权。可见,加强与中国的“竞争”正成为清洁能源转型背景下欧美经济体关注的地缘博弈焦点(Månberger & Johansson, 2019; Vakulchuk et al., 2020)。

中国作为全球主要的低碳技术产品、关键矿物材料生产国,对内需要保障双碳目标下的资源能源安全,对外具有供应国际市场的能力与责任,但是欧美近期的关键矿产战略强调“去中国化”,意图弱化我国资源与产业优势,我国清洁能源-关键矿产供应链面临的脱钩风险加剧,需要重点研判。鉴于此,本文首先系统梳理了清洁能源转型背景下欧美构建关键矿产供应链战略的体系特征;随后,总结了欧美建立本土供应链的政策重心,并分析了其在海外供应链合作中的重点与分歧;最后,研判欧美供应链配套政策对我国上下游产业的影响,同时针对性地提出应对建议,以期为我国制定关键矿产战略提供参考。

二、欧美制定关键矿产供应链政策体系的过程

各国政府在制定关键矿产供应链战略时,首要挑战是确定哪些矿产具有关键性(Criticality)。虽然关键矿产尚未有一个普遍性的定义,但欧美经济体的关键矿产清单都反映了当前

的矿产供需状态、全球经济格局、地缘政治博弈和科技进步等因素,表明矿产的关键性评估是矿产资源相对重要性的比较结果(IRENA, 2023)。

在关键矿产评估与供应链战略的拟定上,欧美经济体有着近百年的实践,积累的经验充分。英国和美国在20世纪就以政府报告的形式,定期审查国防领域关键矿产的供需状态,这意味着资源安全被纳入到国防安全的范畴加以协调;到了21世纪,技术创新推动全球经济发展模式转型,此时关键矿产从满足国防需要转向支持技术创新下的战略产业发展(王昶等, 2017)。2010年前后,中国出台稀土出口管制政策,这引起了发达经济体的担忧,间接促成欧盟、美国对矿产关键性方法学的开发,欧美据此识别了对战略性新兴产业发展具有显著影响的关键矿产(Schrijvers et al., 2020)。2015年以来,在《巴黎协定》全球近零排放目标的推动下,各国对清洁能源供应链的关键矿产需求不断增加,但是关键矿产资源禀赋的地理集中性以及全球化下产业分工带来的生产分割使得欧美愈发关注中国在清洁能源产业链上的控制力。例如,在锂电池供应链上游,中美的铜、钴、镍和锂储量均不占优(表1),但中国数十年来的供应链一体化建设使其在矿物冶炼的中游环节具有显著优势,进而能够将一次矿物供应整合到本土中下游的锂电池产业和汽车工业中,而美国、欧盟等经济体则不具备这样的优势(IEA, 2022)。因此,与锂电池和电动汽车价值链密切相关的钴、镍和锂均为欧美关键矿物战略的重点关注对象。

表1 2021年锂电池所需的部分关键矿物产量 (单位:万吨)

| | 铜 | | | 钴 | | | 镍 | | | 锂 | |
|----|-------|------|------|-----|-------|------|--------|-------|-------|--------|-------|
| | 储量 | 开采 | 精炼 | 储量 | 开采 | 精炼 | 储量 | 开采 | 精炼 | 储量 | 开采 |
| 中国 | 2700 | 191 | 1050 | 14 | 0.22 | 12.8 | 210 | 10.9 | 66.9 | 200.0 | 1.4 |
| 美国 | 4400 | 123 | 97 | 6.9 | 0.065 | - | 37 | 1.84 | - | 100.0 | 0.5 |
| 全球 | 89000 | 2120 | 2530 | 830 | 16.5 | 16.6 | >10000 | 273.0 | 265.8 | 2600.0 | 11.53 |

注:作者根据美国地质调查局《矿物产品概要2023》(USGS, 2023)、英国地质调查局《世界矿物生产2017—2021》(BGS, 2023)数据制表。

可见,欧美关键矿产供应链政策在外部环境、经济发展变化的影响下,战略动机逐渐从满足国防需要转移到提升产业竞争力上,兼顾资源安全、能源转型安全和产业链供应链安全是其制定关键矿物战略的主要原因之一。总体上,欧美经济体清洁能源-关键矿产供应链政策体系的制定过程分四步构成(图1)。

第一,根据国情拟定关键矿产供应链顶层战略。欧盟、美国和英国均提出构建“韧性”(Resilience)供应链,但各经济体的战略出发点和战略目标各有侧重。美国连续两任政府都将供应链的自主可控作为首要目标,例如特朗普政府的13953号行政令指出美国的关键矿产供应严重依赖中国这一“对手”(Adversary),需要优先扩大和保护国内供应链(The White House, 2020)。相比之下,欧盟和英国均将提升全球关键矿产的可获得性作为战略出发点,但战略目

标略有不同。英国的《未来韧性:英国的关键矿产战略》明确提出不寻求所有矿产的自给自足,而是充分利用英国金融业的国际领导地位,建立稳定、透明的关键矿产国际市场(DBT, 2022);欧盟《关键原材料法案》的战略目标是实现进口的多元化,保障关键矿产的自由贸易并提升供应链的环境绩效(EC, 2023b)。

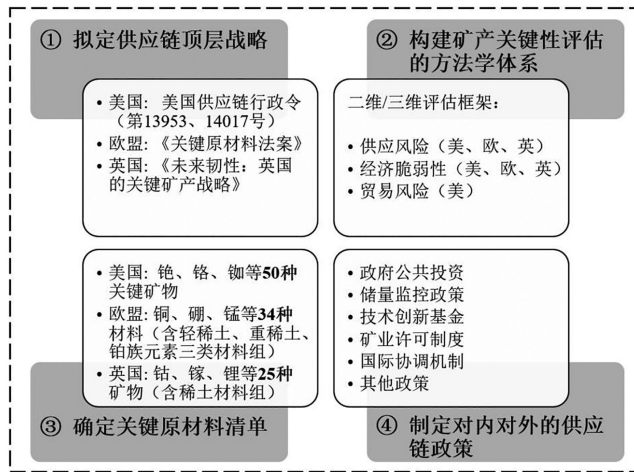


图1 欧美经济体制定关键矿产供应链政策的系统框架

第二,指定专门机构设计矿产关键性评估的方法学体系。美国对关键矿产的界定具有多部门联合行动的特征(李建武等,2022)。2008年,美国国家调查委员会(U.S. National Research Council, URC)首次尝试定义矿产原材料的关键性,并建议从供应风险(又称供给中断的可能性)、经济脆弱性(又称供给中断的经济后果)两方面引入细分指标;在此基础上,美国地质调查局(United States Geological Survey, USGS)在2021年引入贸易风险这一新维度,将矿产关键性的评估体系拓展至三维(Nassar & Fortier, 2021)。在新评估体系中,USGS建议在矿产关键性的界定上反映供应的近期事件和多年趋势,因此美国确定的关键矿产是过去四年评估结果的加权结果。欧盟的方法学设计最初由欧盟委员会在2011年特设的关键原材料界定工作组(Ad-Hoc Working Group on Defining Critical Raw Materials, AHWG-CRM)承担,整体框架与美国URC建议的体系类似,并沿用于2014年的二次评估中(Blengini et al., 2017)。2017年,欧委会联合研究中心(Joint Research Centre, JRC)对方法学框架进行了更新(EC, 2017),使评估体系在以下三个方面更具欧盟特色:其一,注重欧盟双边供应链和全球供应链的可替代性;其二,将贸易协定的影响纳入供应风险这一评估维度;其三,考虑了回收率对矿产关键性的重大影响。就英国的方法学体系而言,2022年英国地质调查局(British Geological Survey, BGS)受商业、能源与工业战略部委托,对26种候选矿产的供应风险进行自主评估。这是英国脱欧后首次自主评估关键矿产,鉴于其他国家的评估体系十分成熟,BGS在综合比较各国政

府、机构发布的评估框架后,筛选出生产集中度等三个指标用于全球供应风险维度,将进口依存度、价格波动性等六项指标用于英国经济脆弱性维度的评估,以此形成英国的方法学体系(BGS,2022)。

第三,基于评估体系,动态更新关键矿产清单。欧盟自2011年起每三年更新一次关键原材料清单,2023年被界定具有关键性的原材料(表2),较2020年清单增加了四种(EC,2023a)。其中,铜和镍的评估结果虽未超过方法学中矿产关键性界定的临界值,但根据《关键原材料法案》,欧盟仍然将其列入清单,这表明关键矿产的确定并不完全依赖于方法学的测度,可根据外部环境变化进行主观性的调整。相比之下,2008年以来美国发布关键矿产清单的时间并不规律,但过去六版清单所含关键矿产的品类均比同期的欧盟清单丰富,尤其是对稀土进行了详细区分(王安建、袁小晶,2022)。值得注意的是,根据美国2020年颁布的《能源法》,美国内政部应至少每三年审查和更新USGS建议的关键矿产清单及方法学体系,在完成公众评论反馈后再确定最终清单(USGS,2022),因此未来美国关键矿产的确定将更加规律和系统。

表2 欧美发达经济体关键矿产清单

| 矿产 | 美国 | 英国 | 欧盟 | 矿产 | 美国 | 英国 | 欧盟 | 矿产 | 美国 | 英国 | 欧盟 |
|----------------|----|----|----|----------------|----|----|----|----------------|----|----|----|
| 铝 | ● | | ● | 铀 [†] | ● | | ● | 锡 | ● | ● | |
| 锑 | ● | ● | ● | 镧 [*] | ● | ● | ● | 钛 | ● | | ● |
| 砷 | ● | | ● | 锂 | ● | ● | ● | 钨 | ● | ● | ● |
| 重晶石 | ● | | ● | 镱 [*] | ● | ● | ● | 钒 | ● | ● | ● |
| 铍 | ● | | ● | 镁 | ● | ● | ● | 铈 [*] | ● | ● | ● |
| 铯 [*] | ● | ● | ● | 锰 | ● | | ● | 钇 [*] | ● | ● | ● |
| 铋 | ● | ● | ● | 钆 [*] | ● | ● | ● | 铕 [*] | ● | ● | ● |
| 铷 | ● | | | 镍 | ● | | ● | 铈 | ● | | |
| 铬 | ● | | | 铈 | ● | ● | ● | 硅 | | ● | ● |
| 钴 | ● | ● | ● | 钪 [†] | ● | ● | ● | 钽 [*] | | ● | ● |
| 镉 [*] | ● | ● | ● | 铂 [†] | ● | ● | ● | 铱 [†] | | | ● |
| 铟 [*] | ● | ● | ● | 镉 [*] | ● | ● | ● | 铊 [†] | | | ● |
| 萤石 | ● | | ● | 铈 [†] | ● | | ● | 硼 | | | ● |
| 钆 [*] | ● | ● | ● | 铈 [†] | ● | | ● | 焦煤 | | | ● |
| 镓 | ● | ● | ● | 钷 [†] | ● | | ● | 长石 | | | ● |
| 锗 | ● | | ● | 钆 [†] | ● | | ● | 氮 | | | ● |
| 锑 | ● | ● | ● | 钆 [†] | ● | ● | ● | 磷酸盐岩 | | | ● |
| 锆 | ● | | ● | 钆 [†] | ● | ● | ● | 铜 | | | ● |
| 石墨 | ● | ● | ● | 钆 [†] | ● | ● | ● | 磷 | | | ● |
| 铈 [*] | ● | ● | ● | 钆 [†] | ● | ● | ● | 锑 | | | ● |
| 铈 [*] | ● | ● | ● | 钆 [†] | ● | ● | ● | | | | |

注:①美国、英国关键原材料清单更新至2022年,欧盟更新至2023年;②为加强可比性,表中已将欧盟、英国清单所含的稀土元素材料组(用“*”表示)和铂族金属材料组(用“†”表示)单列。

第四,制定跨部门的配套支持政策。欧美经济体的关键矿产供应链政策并不局限于矿业部门的勘探、生产活动,还包括国际协调机制、环境标准、公共财政支持、技术创新等内容(图

2)。国际能源署(IEA)对全球关键矿产政策的统计显示,欧盟出台、参与的国际协调机制多达9个,这些政策被系统性纳入《原材料倡议》和《欧洲原材料创新伙伴关系》两个关联的政策体系中(EC,2023c);美国构建本土工业链的政策中以2022年8月实施的《通胀削减法案》(IRA)最具代表性,美国能源部为此相继出台了《6.75亿美元用于扩大国内关键矿产供应链》等财税支持政策(DOE,2023);英国关键矿产政策的覆盖面虽不及欧盟和美国,但现有政策更侧重供应链环境标准的制定,这与其顶层战略中对供应链ESG标准的重视有关,例如2014年英国出台的《矿山条例》(MR14)就有关于采矿业的健康与安全标准,相关内容于2020年在一项法案中得到了进一步的调整(HSE,2015)。

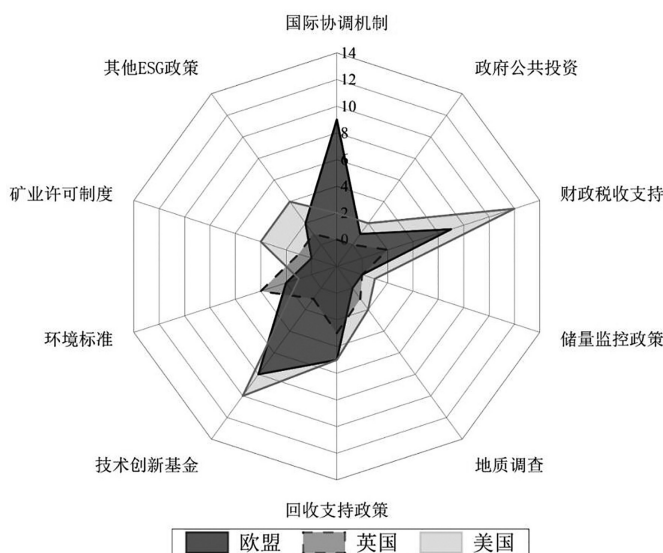


图2 欧盟、英国、美国关键矿产供应链配套政策对比

总体上,欧美经济体在评估矿产关键性、制定供应链顶层战略时均充分考虑了基本国情与外部环境变化,同时方法学的系统性也保障了政策体系的科学性、延续性和完整性。

三、欧美关键矿产战略的内外政策重心

虽然欧盟、美国和英国在关键矿产供应链中的角色和地位差异大,但其内外政策重心具有许多共性:对内均强调本土供应能力的建设,从勘探冶炼、技术创新等方面提升供应链的多元化,以期减少单一依赖中国供应链的“风险”;对外侧重双边和多边资源外交,力图合作构建关键矿产海外供应链。

(一)对内加强本土供应链建设的政策重心

首先,欧美经济体均将重振开采冶炼的一次供给能力作为加强本土供应链建设的基本前提;其次,从技术创新、行政支持和立法监管三个方面出发,共同推进回收循环再利用体系的

二次供给能力建设;最后,除了供应链建设外,还在人才培养、学科建设等方面加强配套政策的支持。

1. 一次供给:加强勘探、开采和冶炼能力建设

为充分把握本土矿藏资源的地理分布与储量规模,欧美经济体正加大从陆地到深海的多领域关键矿产勘探工作。在陆地方面,欧美加大了现有勘探计划的执行力度,同时通过减少审批流程等方式,提升勘探开采的管理效率。例如,2022年美国USGS加快了其在《两党基础设施法案》支持下的地球测绘资源倡议计划(Earth MRI),联合NASA共同对美国西部成矿潜力大的区域进行填图(中华人民共和国自然资源部,2022);加拿大将监管的确定性作为国内供应能力的先决条件,通过将关键矿产卓越中心(CMCE)授权为联邦政府关键矿产审批的中央协调中心,尽可能帮助相关方简化监管许可流程(NRCan,2022)。除常规的陆地勘探,深海巨大的矿藏资源潜力也引起了欧美经济体的广泛关注。2019年美国为此制定海洋测绘战略,对专属经济区、北极、亚北极、阿拉斯加海岸线和近岸海域开展勘探(The White House,2019);英国政府已为英国海底资源公司颁发两张深海海底采矿勘探许可证,用于勘探总面积达13.3万平方公里的太平洋海底(DBT,2022)。虽然深海蕴藏丰富的镍、钴、稀土元素等矿物资源,但是具体的开采活动环境风险非常高,导致国家和跨区域的深海采矿法规的制定条件均不成熟,政策不确定性大。联合国下属的国际海底管理局(ISA)统一管理公海范围的深海矿业活动,当前正组织围绕《矿产开采草案》开展谈判,内容涉及深海开采承包商的环境计划透明度等,但在相关法规未出台前,深海采矿活动仍被明确禁止(Blanchard et al.,2023)。

深海开采活动不具备环境和制度的可行性,而全球价值链下的产业分工又使欧美经济体在过去数十年间外包、转移了大量的矿物精炼产能,从而形成了矿产冶炼地理生产集中度高于矿藏量地理集中度的供应链形态(IEA,2022)。然而,新冠疫情、俄乌冲突等事件加剧了欧美对于矿物冶炼产能集中于中国的担忧,纷纷采取不同的策略重建关键矿产的本土开采加工能力。例如,美国IRA法案虽然给制造商提供税收抵免,但需要符合本地生产的要求,比如电动汽车必须要在北美地区生产和组装(U.S. 117th Congress,2022);欧盟通过发行绿色债券,以更透明的方式吸引冶炼的全球投资(EC,2023a);英国则结合金融优势,以产业为中心,发挥自由港、产业集群和能源密集型产业多为一体的优势(DBT,2022)。可见,欧盟倾向于利用主权债权基金提供支持,英国更依托于本国产业集群和矿业金融的优势,美国相较下更强调实现高度的本土控制。

2. 二次供给:促进循环回收再利用3R体系的建设

在二次供给环节,欧美各国主要通过技术创新、行政支持和立法监管三个方面落实关键矿产循环回收体系的建设。第一,技术上关注退役产品中二次金属提取效率的提升,以及替

代材料领域的技术创新。例如,英国研发出磁铁废料氢处理技术,从硬盘驱动器等废料中提取稀土磁铁,实现了工业化的回收(DBT,2022);美国也在磁合金和磷材料替代稀土元素方面取得进展(DOE,2021);欧盟委员会明确提出要加强关键原材料的储备,确保库存储备和替代材料均可应对供应链断裂的情况(EC,2020)。第二,各经济体加大了行政支持力度,重视公共资金的投入。2021年美国能源部提出将加大对关键材料科技创新和技术开发的投资(DOE,2021);英国政府向科研与创新机构资助3000万英镑,用以开展“国家跨学科循环经济研究计划”(UKRI,2022)。第三,各经济体均重视通过立法对回收和循环利用体系进行监管,其中欧盟的立法体系最具代表性。欧盟的《关键原材料法案》设定了永磁材料产品中所含矿物需满足的循环利用标准,并要求提供可回收性和可回收成分等信息(EC,2023a),而2023年落地的《新电池法案》进一步引入了废弃电池中锂、镍、钴等原材料的回收率要求(EP,2023)。

3. 其他配套制度

除了直接建设矿业部门的,欧美还制定实施了本土人才队伍建设的后备制度,并在矿产、能源、管理等交叉学科体系方面提供政策支持。例如,美国政府与高校、国家实验室等研究机构合作培养关键矿产领域的科学家与工程师(张所续、周季鑫,2022);英国依托高等教育体系,培养从稀土磁铁制造到锂矿开采,从矿产勘探到金融贸易的全方位人才队伍,例如埃克塞特大学坎伯恩矿业学院将在2023年推出采矿工程学位学徒制度,培养拥有关键矿业和原材料相关技能的劳动力(DBT,2022)。

(二)建设海外供应链的合作重点与摩擦分歧

加强本土供应链的建设有助于减缓关键矿产的供应压力,但关键矿产的经济性开采储量在地理上高度集中,每种关键矿产也都有特定的贸易网络,这使欧美经济体的对外政策均重视资源外交,并将供应链的国际合作放在首位。

1. 欧美海外供应链合作的重点与特征

双边合作中,欧美经济体十分注重对主要资源国家加强直接投资与进口,与传统盟友的合作重点则放在重振矿业部门的供应能力。例如,2022年,主要资源国刚果(金)供应了全球近70%的钴(USGS,2023),而钴的稳定供应对新能源汽车和动力电池的发展至关重要;为此,欧盟在2023年3月宣布向刚果(金)的关键矿产部门与基础设施项目投资5000万欧元(European Views,2023)。澳大利亚作为欧美传统盟友,在2022年向全球供应了47%的锂矿石(USGS,2023),但锂资源精炼能力不如中国。因此,英国与澳大利亚签署关键矿产合作声明提出,两国将寻找上游开采的投资机会并合作构建下游加工制造业(Australian Government,2023)。

通过法律与经济举措相互配合的方式,欧美经济体与主要资源国的双边合作具有一定可靠性。欧美重视内部立法在减少对外投资障碍中的作用,以此为本土企业的海外投资合作提

供便利。典型案例为美国国会在2023年7月提出的《涉刚果(金)关键矿产法》,该法案要求美国相关部门与刚果(金)合作解决限制美国投资的制度障碍(U.S. 118th Congress, 2023)。另外,欧美还加速签订多项贸易协定,以保障矿产的国际流通自由。例如,加拿大签署的多个双边合作文件提出将进一步促进矿产贸易并减少壁垒(NRCan, 2022);英国在2023年3月对其顶层战略进行更新时,提及英国出台的自由贸易协定将纳入更多的关键矿产(DBT, 2023)。

在多边合作上,欧美关键矿产供应链的合作方式和侧重点与其在全球气候治理与谈判中的做法十分相似,主要体现在两个方面。

一方面,沿袭其搭建气候治理“小圈子”阵营的做法,组建多个关键原材料俱乐部(表3)。其中,美国于2022年6月成立的矿产安全伙伴关系(Minerals Security Partnership, MSP)影响力最大,美国国务院声称MSP的目标是支持所有国家在其资源禀赋中获得经济效益,但现有成员仅包括澳大利亚、欧盟、加拿大、法国、英国等传统盟友,因此MSP也被称为“金属北约”(Wurmser, 2022)。在联合国《生物多样性公约》第十五次缔约方大会(COP15)第二阶段期间,主办方加拿大邀请美国、日本、德国等成立可持续关键矿产联盟(Sustainable Critical Minerals Alliance, SCMA),这一伙伴关系与MSP互为补充。

表3 欧美经济体发起的关键矿产合作关系平台

| 合作倡议平台 | 成立年度 | 成员国 | 核心目标 |
|-----------------|------|---|--|
| 关键矿产测绘倡议(CMM) | 2019 | 澳大利亚、加拿大、美国 | 美、加、澳三国地质部门的合作计划,旨在加深对已知矿床中关键矿产信息的了解,通过矿产测绘与资源评估确定新的来源 |
| 能源资源治理倡议(ERGI) | 2019 | 美国(发起方)、澳大利亚、加拿大、巴西等11国 | 促进形成健全的矿产部门治理与具有韧性的能源矿产供应链 |
| 供应链韧性倡议(SCRI) | 2021 | 澳大利亚、印度、日本 | 建立能提升供应链韧性的良性循环体系,以实现地区内强劲、可持续、平衡和包容性增长 |
| 矿产安全伙伴关系(MSP) | 2022 | 美国(发起方)、澳大利亚、加拿大、芬兰、法国、德国、日本、韩国、瑞典、英国、美国、欧盟 | 确保关键矿产各阶段的生产(生产、加工和回收)是以各国能够充分发挥其矿产资源经济潜力的方式进行,并吸引公共和私人投资,增加透明度,并在供应链中推广高ESG标准 |
| 可持续关键矿产联盟(SCMA) | 2022 | 加拿大(发起方)、澳大利亚、法国、德国、日本、英国、美国 | 推进全球进行环境可持续、社会包容和负责任的矿产开采、加工和回收活动,并构建负责任的关键矿产供应链 |
| 关键原材料俱乐部(CRMC) | 2023 | 欧盟(发起方)、其他成员未知 | 减少对单一第三方国家的依赖,建立更紧密、更多元的贸易关系以提升供应链韧性 |

资料来源:作者参考自然资源部国外矿产资源管理政策动态、各关键矿产合作倡议发起国的政府信息公开信息以及IRENA《能源转型的地缘政治关键材料》报告(IRENA, 2023)整理。

另一方面,热衷于输出欧美的“共同价值观”,构建“负责任”的供应链。客观上,许多关键

矿产分布在非洲、南美洲等欠发达国家,由于缺乏坚实的制度基础,资源寻租带来的不公平性以及小作坊式采矿导致的环境破坏、社群紧张等问题经常发生(Weng & Margules, 2022; Dou et al., 2023)。因此,欧美的许多合作协议均频繁强调供应链建设应符合共同的价值观,例如提升环境、社会与治理(ESG)标准,保护和尊重人权等。

2. 欧美供应链合作中的矛盾与解释

欧美通过构建关键矿产俱乐部,一定程度上加强了关键矿产在集团内部的跨区域流动,但欧美各经济体的本土政策与对外合作协议缺乏协调性,导致欧美在合作初期就产生了深层次的矛盾摩擦。最主要的矛盾点在于贸易政策的公平性不足,与内部政策的配合度不够。例如,美国的IRA法案引入了电动汽车补贴条款,但为获得全额补贴,电动汽车中一定比例的关键矿产需要在北美回收,或者在美国、同美国签署自贸协定的国家生产。相关条款违反了WTO禁止产品原产地歧视的规定,引起美国传统盟友的广泛不满:由于欧盟与美国没有全面的自贸协定,被IRA排除在补贴主体之外,法国总统马克龙批评IRA不仅损害了欧洲经济,也存在“分裂西方”(Fragmenting the West)的风险(Abboud, 2022);加拿大政府认为IRA的“购买北美货”(Buy North American)政策虽然利好加拿大的工人和企业,但长期会造成本国产业竞争力的下降,因此宣布建立国家增长基金予以应对(Department of Finance Canada, 2022)。可见,关键矿产贸易保护主义的兴起使得欧美在关键矿产合作上没有完全形成合力,相反还引起了欧美内部的清洁能源“军备竞赛”与关键矿产竞购(Schonhardt, 2023)。虽然欧盟通过与美国签署《关键矿产协议》(Critical Minerals Agreement, CMA)缓解了双方的矿产贸易摩擦(European Council, 2023),G7集团为避免成员间的竞购赛,也提出了创建新的关键矿产买方俱乐部、签署《关键矿产安全五点计划》等协商举措(IRENA, 2023),但是均无法改变各经济体提升产业竞争力的利己主义动机。

欧盟关键矿产供应链合作出现矛盾,既可以从“朋友支持”(Friend-shoring)概念中找到现实解释,也能够从气候俱乐部的“积木理论”(Building Blocks)中识别出此类合作的理论缺陷。一方面,自美国白宫的《供应链百日评估报告》首次使用“朋友支持”这一术语后,美国财长耶伦进一步将其定义为一项战略,旨在团结价值观相同的国家,共同组建集团内部的供应链(USDT, 2022)。有研究认为,这是在政治趋同准则下供应链重构的一种形式,目的是阻止竞争对手(主要是中国、俄罗斯)利用产业链优势地位“扰乱”美国和盟友的经济合作(Vivoda, 2023; Tang, 2023)。然而,当前的关键矿产供应链是全球化背景下价值链分工的结果,因此“朋友支持”战略在现实中正遭到三重困境:其一,支持盟友高效率获得关键矿产的前提是形成集团内的超国家战略,并编制共同的关键矿产战略清单,但这种“整体大于个体之和”的集体行动通常难以达成(Vivoda, 2023);其二,在机制设计上具有精英主义和排他性,是一种新的贸易保护主义思维,有可能导致市场供应短缺、价格信号失效等问题(Mills, 2022);其三,基

于政治利益而非经济效益选择贸易伙伴,有引起矿产供应地缘政治两极分化、造成阵营对立的巨大风险。

另一方面,在理论机制上,欧美建立关键矿产俱乐部的目的是在全球气候目标下保障清洁能源关键矿产的可持续供应,某种意义上是一种气候俱乐部的新形式,符合“积木理论”中的关联逻辑,即气候俱乐部的发展中存在通过非温室气体减排的合作机制来推动小范围气候协同行动的达成。“积木理论”自下而上的策略能够在特定部门和地理范围内促成一系列规模较小的协议,使潜在成员选择最符合自己利益的制度安排(Oh & Matsuoka, 2017; IPCC, 2022),欧美内部出现的多个关键矿产伙伴关系的客观事实也能对此进行验证。但是,欧美关键矿产俱乐部将供应链合作与矿产贸易政策联系起来,导致非俱乐部成员的正常贸易受到限制。这种情况下,非俱乐部成员有动机在WTO框架下采取合法的反制措施,继而使俱乐部的稳定性受到破坏(孙永平、张欣宇, 2022)。例如,欧盟作为MSP成员,在美国颁布IRA后宣布将与“志同道合”国家建立另一个关键原材料俱乐部,并加强在WTO框架下的合作(EC, 2023b),一定程度反映了欧盟对美国主导的矿产俱乐部有可能引发贸易冲突的担忧。

四、欧美关键矿产战略对中国的影响研判

面对清洁能源加速转型的时代背景,欧美本轮关键矿产战略从更新关键矿产清单、加强本土产能建设、进行多边资源外交等方面加强供应链建设,一定程度上有助于提升全球关键矿产供应的多元性,降低供应链的脆弱性。然而,在俄乌冲突引发能源安全动荡的背景下,欧美均放大了中国作为其关键矿产主要供应国的担忧,这不仅无视了当前关键矿产供需格局是全球产业分工的客观结果,而且在主观上还挑起了新一轮贸易保护主义和资源民族主义(Dou & Xu, 2022; 张锐、洪涛, 2022),这对我国能源资源产业链上中下游带来了多重影响:第一,对外通过关键矿产俱乐部加强勘探技术、资源贸易合作,使我国上游企业在矿砂进口、矿权收购中面临权益受损的风险;第二,对内通过财政补贴、金融支持手段引导资金加强本土供应链投资,导致我国中游冶炼企业议价能力减弱,规划产能流入海外可能性增加;第三,内外结合制定供应链ESG标准,使我国关键矿产终端应用产品面临更多的贸易壁垒。

(一)上游:海外矿产的获取难度加大

欧美各类政策明确提出要加强对本国矿藏的勘测和开发力度,加紧在中国以外的地区开展资源争夺,这种排他性的政策表述具有明显的资源民族主义倾向,对中国海外资源权益造成了一定冲击。一方面,欧美各经济体正与矿藏丰富的国家建立矿产伙伴关系,这些资源国家大部分为“一带一路”合作国家。例如,2022年9月,美国发起的MSP邀请刚果(金)、莫桑比克、赞比亚等“一带一路”沿线国家参与讨论,提出共同发掘资源国家的经济潜力,并联合制定供应链ESG标准(DOS, 2022);2023年1月,刚果(金)总统表态称,与中国签

订的62亿美元矿产资源-基础设施合同并未使刚果(金)受益(Bloomberg, 2023)。某种意义上,不排除美国通过MSP限制我国获得海外资源的可能,我国与“一带一路”沿线国家的矿砂贸易可能面临更大竞争(李建武等, 2022)。另一方面,欧美经济体通过泛化“国家安全”概念,对中国正常的海外矿权投资带来更深的阻力和限制。加拿大在加入MSP后,于2022年11月根据新修改的《投资法》对中国企业的正常投资进行了歧视性审查,要求中矿(香港)公司、盛泽锂业、藏格矿业三家矿企剥离对加拿大矿产公司的投资,而这部分矿权收购将影响加拿大本土和智利的锂矿开发项目进展(ISED, 2022)。未来一段时间,欧美对中国矿权投资的监管审查可能进一步加强,中国通过正常矿权收购保障海外矿产供应的能力将会受到显著影响。

(二)中游:矿物冶炼企业的竞争力受损

当前,中国承担了绝大部分关键矿产的冶炼加工活动,但根据全球价值链“微笑曲线”的理论经验,产业链中游的增加值往往最低,我国精炼矿物产品定价权因此也不占优势。然而,随着清洁能源技术加速转型,产业上游矿物需求增加,欧美等经济体正通过财政补贴、金融支持手段加快精炼产能的多元布局,未来全球矿物精炼产品的市场竞争必然增加,有可能导致我国规模以下企业长期以来的恶性竞争进一步放大,无法发挥出我国金属冶炼分离大国的优势,现有产能的未来议价能力有可能受到更大程度的削弱(陈伟强等, 2022)。同时,产业链中游往往还存在增加值收益与能耗排放成本不匹配的问题,在矿产精炼耗电量高的情况下,我国以煤电作为主要电源的电力供应结构已使矿物产业链面临巨大的减排压力。欧美经济体为此常以“碳关税”为抓手,耦合贸易与气候议题要求我国降低铝材、钢铁大宗精炼产品的出口隐含碳足迹,不排除欧美未来将进一步将锂、镍等关键原材料纳入到相关环境管制政策当中(干勇等, 2022; 曾桢等, 2022)。

另一方面,欧美国家基于能源和气候政策释放能源转型信号,从而影响精炼环节的投资预期,政府引导下的国有和私有资本对大国资源竞争的影响将愈发明显。部分欧美经济体对中国出口产品的歧视性政策可能导致未来的产能规划流入第三方国家,甚至在补贴政策的刺激下直接流入欧美经济体。例如,过去美国对华光伏产品的进口限制就使得我国部分硅料企业在东南亚国家建厂,以减缓冲击;而近期美国IRA政策给予了巨额财政补贴,这可能导致其他国家新能源、新材料企业原计划的对华投资合作项目转移至美国,使我国在新一轮的矿产贸易与科技竞争中陷入劣势。

(三)下游:终端产品的出口受限

欧美通过设定原材料回收率、添加产品信息标签等形式完善关键矿产供应链的ESG标准,虽能倒逼市场主体提高生产运营的可持续性与透明度,但也使得各国出口欧美的关键矿产终端产品需要提交更多的供应链尽职调查报告,不满足相关标准的产品将面临深层次的出

口限制。具体产品上,动力电池含有锂、镍、钴多种矿产,是典型的关键矿产密集型产品,和个人消费者的联系也更为密集,因此是欧美制定关键矿产供应链 ESG 标准的优先对象。仅在 2021 年,我国就向全球供应了近 75% 的锂电池产品(IEA, 2022),这意味着我国的锂电池将首当其冲受到欧美 ESG 标准的冲击。

从现有政策上看,欧盟 2023 年 8 月生效的《新电池法案》将统一制定欧盟境内锂电池“采购、制造、使用和回收”的 ESG 标准,法案规定从 2025 年起将逐步引入电动汽车碳足迹申报、材料回收率等内容,2027 年后将以产品标签的形式向消费者提供相关数据(EP, 2023)。相关标准同样适用于欧盟市场上的进口商和分销商,这种通过内部立法将境内企业与外资企业纳入统一监管框架的政策,将对中国的锂电池产业造成两方面影响。一方面,中国对欧盟的锂电池出口需要满足额外的供应链 ESG 合规性检查,短时间内我国企业的碳足迹核查、矿产成分溯源面临更大压力,如果准备不足,我国对欧盟的锂电池出口增速可能放缓;另一方面,我国在锂电池产品技术上有明显优势,但欧盟的《新电池法案》有可能使我国在锂电池供应链 ESG 标准的制定上失去话语权,在国际上无法形成技术优势与供应链标准的有效整合。可见,以《新电池法案》为代表的键矿产供应链 ESG 标准形成了对欧盟境内企业产品竞争力的保护,这种耦合气候与贸易议题的做法基本上沿袭了欧盟碳边境调节机制(CBAM)的思路,我国商务部对此也表态称,“欧盟相关法规的实施应秉持公平公正透明原则,避免人为设置障碍,形成新的贸易壁垒”(中华人民共和国商务部,2023a)。

五、中国的应对策略

在欧美关键矿产战略的支持下,欧美境内已通过回流与近岸外包的形式带回许多矿产冶炼产能,不仅很大比例满足了本土关键矿产的需求,而且也初步形成了同我国供应链相互竞争的基础(Ali et al., 2022; Vivoda, 2023)。这种“竞争”,在欧盟、英国的定义中是通过强化国际市场,减少对中国关键矿产供应链的依赖;而在美国“自给自足”的战略目标下,更多是在矿业领域加强与中国供应链的脱钩,“去中国化”的意图更加明显。因此,面对欧美的清洁能源-关键矿产战略竞争,我国应保持战略定力、以我为主,建立深层次、系统性认识,将资源安全、能源安全和供应链安全纳入到国家整体安全中统筹协调,并具体从加强顶层设计、推进国内行动和拓展对外合作三个方面采取行动举措。

(一) 制定具有中国特色的关键矿产战略

新发展阶段,我国需要在国内双碳目标下、能源资源产业的大变革与国际地缘政治动荡下、资源民族主义抬头的大变局中,构建高质量发展和高水平安全动态平衡、良性互动的清洁能源-关键矿产供应链。为此,我国应以生态文明思想、人类命运共同体理念为指导,制定一项具有中国特色的关键矿产供应链战略,以指导后续对内对外政策的优先行动方向。

关键矿产战略涉及国内产业链勘探、冶炼多个环节,以及海外供应链矿权收购、矿产贸易等多个方面,因此相关的供应风险及其潜在的社会经济环境影响,均需要纳入统一框架,统筹研判。建议由国家多部委共同成立关键矿产工作委员会,负责构建国家层面的矿产关键性评估体系,并根据评估结果发布关键矿产清单。2016年,国务院多部委共同编制的《全国矿产资源规划》(2016—2020年)将镍、钼、稀土、石油等24种矿产定义为战略性矿产,体现了关键矿产在国家资源安全、支持经济发展等方面的战略地位(中华人民共和国自然资源部,2016);然而,2020年后我国并未更新战略性矿产目录,因此中国地质调查局已通过研究报告等形式提出一份涵盖37种关键矿物的建议清单(张生辉等,2022)。简言之,我国应根据国家发展战略需要和矿产供应的内外环境变化,定期更新关键矿产清单。明晰的国家关键矿产清单有助于各部门针对性地开展资源勘探开采管理体系、战略储备体系、供应链风险防范体系、贸易管制与安全审查体系的建设;同时,也能够形成长期市场预期,引导社会各界将技术研发、资金应用、人才培养投向关键性的矿产品类上。

新形势下,还需要对清单内的关键矿产进行常态化的安全预警,从中拟定“重点观察名单”,并针对具体矿物制定“一矿一策”。例如,我国生产精炼的锗、镓支持着国内外薄膜太阳能电池、半导体材料、光纤通信等高新技术产业的发展,但锗和镓还可应用于制导系统等军事领域。因此,在美国等发达经济体封锁打压我国半导体产业、泛化国家安全概念的形势下,我国于2023年8月1日对锗和镓相关物项实行出口管制(中华人民共和国商务部,2023b)。可见,未来矿产政策制定需要落实到具体的关键矿产上,从关键矿物清单到重点观察名单,逐步深入、细致地制定“一矿一策”,以此统筹好关键矿物的国内供应能力建设以及对外双边多边合作。

(二)落实需求预期管理,加强供应能力建设

中国清洁能源技术发展迅速,关键矿产需求旺盛,加强需求预期管理是首要方面。光伏技术进步将使不同矿产的需求发生深刻变化,因此要准确把握未来关键矿产材料需求结构和需求强度的变动趋势。例如,在光伏领域,钙钛矿技术若大规模商业推广,将大幅减少锗、镓、钢等薄膜光伏金属的用量,电镀铜技术的发展也将极大减少银浆的需求强度。此外,替代技术和循环经济的发展,也会引发关键矿产市场需求变化。例如,基于材料成本与供应安全的考虑,新能源汽车厂商正逐步提升钴含量低、镍含量高的磷酸铁锂电池的使用率。整体上,有关部门既要提前研判可再生能源技术发展路线,减轻新旧技术替代可能带来的关键金属基础设施搁浅风险,也要加强关键矿物替代材料的研发,优化可选材料的覆盖面。

另一方面,应提升一次和二次供应能力,保障国内有效供给能力。在一次供应能力上,首先应健全国家储备制度,从顶层做好关键矿物储备的时空规划;其次,要为矿业企业创造有利的政策环境,优化探矿权退减制度,减少不必要的行政审批;再次,应加强稀缺矿产的勘探,积

极落实新一轮找矿突破战略,同时提升伴生共生矿产的提炼能力;最后,应重视深海矿产资源勘探,积极参与国际海底矿产资源的研究和勘查。二次资源利用要重视循环经济的建设,提升关键矿物回收、循环和再利用的水平。短期内,要加快制定产品回收标准,可参考《光伏组件回收再利用通用技术要求》的制定经验,加大锂电池等其他产品关键金属回收标准的制定,建立以我为主、国际认可的材料循环利用标准与产品碳足迹核算标准,从内到外主动应对欧盟《新电池法案》等政策的冲击;长期上,要坚持回收循环技术的研发,通过财政补贴、产学研合作等形式支持企业的技术创新,最大限度帮助企业发掘“城市矿山”的资源潜力。

(三)加强双边和多边资源外交,积极参与国际规则制定

关键矿产存在地理分布不均衡的客观事实,同时也面临从勘探到投产时间周期长的技术限制,对全球所有国家,许多关键矿产(如锂、镍、钴等)的本土产能均无法满足下游产品需求,需要通过海外供应链补足缺口。我国应在关键对外合作中继续秉承人类命运共同体理念,通过加强资源外交来稳定全球矿产贸易,并积极参与国际规则制定,增强我国在矿产供应链ESG标准中的话语权和主导权。

同发展中国家的双边资源外交,建议重心放在共同协调完善关键矿产勘探、开采制度,并开展产业链“矿电水路港”基础设施的联合投资,帮助他们更好地嵌入全球矿产供应链。另外,适时提升与部分国家的外交关系等级,将矿产合作纳入到更高层面的双边政治关系中进行讨论。例如,刚果(金)是全球最主要的钴矿资源国,2023年6月在我国与其建立全面战略合作伙伴关系的双方联合声明中,一致同意将合作拓展至“基础设施建设、矿业、农业、数字、环境、可持续发展、碳氢燃料、能源、防务与安全符合双方利益的各个领域”。发达经济体内部的资源禀赋、矿产需求差异更大,与他们开展资源外交需更灵活的策略。与澳大利亚、加拿大等资源富集国的合作需要“加强对话,求同存异,增信释疑”,强调双方在关键矿产禀赋、资源贸易上的互补性,积极签订长期订单,形成稳定的市场预期;欧盟、英国经济体资源并不富集,我国应充分发挥中欧班列等特殊渠道,提升双边资源贸易规模,还可通过对外直接投资积极在海外建厂,深入参与欧洲本土矿产供应链的建设。

多边资源外交应以共建绿色“一带一路”倡议为基础。一方面,充分发挥我国与“一带一路”沿线国家在清洁能源技术和关键矿产资源上的比较优势,兼顾发展与安全的需要,构建互利共赢的清洁能源-关键矿产供应链,以平衡MSP、SCMA等欧美主导的矿产伙伴联盟带来的冲击;另一方面,依托“一带一路”能源部长会议等长期沟通机制,加强政策沟通和经验交流,避免发展中经济体内部出现分化。

最后,积极参与国际规则的起草制定。在政府层面,建议我国在国际标准化组织牵头设立“关键矿产供应”特别工作组,从上游到终端提出产业链环境管理、社会参与标准的“中国方案”,提升我国在关键矿产供应链标准中的规则制定力。在企业层面,我国应引导新能源、新

材料企业将标准创制与技术创新放在同样重要的位置,我国的技术优势能够为标准创制提供话语权,而创制的标准又能为优势技术提供制度保护。建议我国出台激励政策,支持我国一流的新能源、新材料企业将其产品技术标准加以推广,将产品与标准共同打入海外市场,形成合力,巩固我国在清洁能源-关键矿产供应链中的主导地位。

参考文献:

- [1] 陈伟强,汪鹏,钟维琼. 支撑“双碳”目标的关键金属供应挑战与保障对策[J]. 中国科学院院刊,2022,37(11):1577-1585.
- [2] 干勇,彭苏萍,毛景文,等. 我国关键矿产及其材料产业供应链高质量发展战略研究[J]. 中国工程科学,2022,24(03):1-9.
- [3] 李建武,马哲,李鹏远. 美欧关键矿产战略及其对我国的启示[J]. 中国科学院院刊,2022,37(11):1560-1565.
- [4] 孙永平,张欣宇. 气候俱乐部的理论内涵、运行逻辑和实践困境[J]. 环境经济研究,2022,7(01):1-10.
- [5] 王安建,袁小晶. 大国竞争背景下的中国战略性关键矿产资源安全思考[J]. 中国科学院院刊,2022,37(11):1550-1559.
- [6] 王昶,宋慧玲,左绿水,黄健柏. 国家金属资源安全研究回顾与展望[J]. 资源科学,2017,39(05):805-817.
- [7] 曾桢,谭显春,王毅,高瑾昕. 碳中和背景下欧盟碳边境调节机制对我国的影响及对策分析[J]. 中国环境管理,2022,14(01):31-37.
- [8] 张锐,洪涛. 清洁能源供应链与拜登政府的重塑战略:基于地缘政治视角[J]. 和平与发展,2022,(01):16-37+136-137.
- [9] 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(05):138-168.
- [10] 张所续,周季鑫. 美国关键矿产政策演变及战略举措[J]. 中国国土资源经济,2022,35(02):12-21.
- [11] 中华人民共和国商务部. 商务部召开例行新闻发布会(2023年8月24日)[EB/OL]. [2023a-8-25]. <http://www.mofcom.gov.cn/xwfbh/20230824.shtml>.
- [12] 中华人民共和国自然资源部. USGS联合NASA开展关键矿产填图[EB/OL]. (2022-10-10)[2023-06-20]. https://geoglobal.mnr.gov.cn/zx/kydt/zhyw/202210/t20221010_8374106.htm.
- [13] 中华人民共和国商务部. 商务部海关总署公告2023年第23号关于对镓、锗相关物项实施出口管制的公告[EB/OL]. [2023b-07-03]. <http://exportcontrol.mofcom.gov.cn/article/zjsj/202307/869.html>.
- [14] 中华人民共和国自然资源部. 全国矿产资源规划(2016—2020年)[EB/OL]. (2016-11-15)[2023-07-02]. https://www.mnr.gov.cn/gk/ghjh/201811/t20181101_2324927.html.
- [15] Abboud, L. Emmanuel Macron Says US Climate Law Risks “Fragmenting the West” [EB/OL]. (2022-12-02) [2023-08-17]. <https://www.ft.com/content/a1a03af2-831a-433c-8984-b99c84018a13>.
- [16] Ali, S. H., S. Kalantzakos, et al. Closing the Infrastructure Gap for Decarbonization: The Case for an Integrated Mineral Supply Agreement[J]. Environmental Science & Technology, 2022, 56(22): 15280-15289.
- [17] Australian Government. Australia and UK Sign Statement of Intent to Support Critical Minerals Sector[EB/OL]. (2023-04-04)[2023-07-15]. <https://www.industry.gov.au/news/australia-and-uk-sign-statement-intent-support-critical-minerals-sector>.
- [18] Blanchard, C., E. Harrould-Kolieb, E. Jones, and M. L. Taylor. The Current Status of Deep-Sea Mining

Governance at the International Seabed Authority[J]. *Marine Policy*, 2023, 147: 105396.

[19] Blengini, G. A., P. Nuss, J. Dewulf, et al. EU Methodology for Critical Raw Materials Assessment: Policy Needs and Proposed Solutions for Incremental Improvements[J]. *Resources Policy*, 2017, 53: 12–19.

[20] Bloomberg. Congo President Demands More From \$6. 2 Billion China Deal[EB/OL]. (2023–1–19) [2023–08–17]. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-01-19/president-thinks-congo-mineral-riches-worth-more-than-china-s-6-2-billion-deal>.

[21] British Geological Survey (BGS). World Mineral Production 2017—2021[R]. 2023.

[22] British Geological Survey (BGS). UK Criticality Assessment of Technology Critical Minerals and Metals[R]. 2022.

[23] Department of Finance Canada. Fall Economic Statement 2022[R]. 2022.

[24] Dou, S. , D. Xu, Y. Zhu, and R. Keenan. Critical Mineral Sustainable Supply: Challenges and Governance [J]. *Futures*, 2023, 146: 103101.

[25] Dou, S. and D. Xu. The Security of Critical Mineral Supply Chains[J]. *Mineral Economics*, 2022, 34(6): 1–12.

[26] European Commission (EC). Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council Establishing a Framework for Ensuring a Secure and Sustainable Supply of Critical Raw Materials and Amending Regulations (EU) 168/2013, (EU) 2018/858, 2018/1724 and (EU) 2019/1020[R/OL]. (2023a–3–16) [2023–6–28]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52023PC0160>.

[27] European Commission (EC). European Critical Raw Materials Act[R]. 2023b.

[28] European Commission (EC). Policy and Strategy for Raw Materials[EB/OL]. [2023c–08–29]. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/policy-and-strategy-raw-materials_en.

[29] European Commission (EC). Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards Greater Security and Sustainability[EB/OL]. (2020–7–8)[2023–6–28]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0474>.

[30] European Commission (EC). Methodology for Establishing the EU List of Critical Raw Materials – Guidelines[R]. 2017.

[31] European Parliament (EP). Regulation of the European Parliament and of the Council Concerning Batteries and Waste Batteries, Amending Directive 2008/98/EC and Regulation (EU) 2019/1020 and Repealing Directive 2006/66/EC[R]. 2023.

[32] European Views. The Shift to Green Technology Must Involve Sustainable Mining[EB/OL]. (2023–06–02) [2023–07–15]. <https://www.european-views.com/2023/06/the-shift-to-green-technology-must-involve-sustainable-mining>.

[33] Habib, K., B. Sprecher, and S. B. Young. COVID–19 Impacts on Metal Supply: How Does 2020 Differ From Previous Supply Chain Disruptions? [J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2021, 165: 105229.

[34] Innovation, Science and Economic Development Canada (ISED). Government of Canada Orders the Divestiture of Investments by Foreign Companies in Canadian Critical Minerals Companies[EB/OL]. (2022–11–2) [2023–08–17]. <https://www.canada.ca/en/innovation-science-economic-development/news/2022/10/government-of-canada-orders-the-divestiture-of-investments-by-foreign-companies-in-canadian-critical-mineral-companies.html>.

[35] International Energy Agency (IEA). Energy Technology Perspectives 2023[R]. 2023.

[36] International Energy Agency (IEA). Securing Clean Energy Technology Supply Chains[R]. 2022.

[37] International Energy Agency (IEA). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions[R]. 2021.

- [38] International Renewable Energy Agency (IRENA). Geopolitics of the Energy Transition: Critical Materials [R]. 2023.
- [39] IPCC. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change[R]. 2022.
- [40] Khurshid, A., Y. Chen, A. Rauf, and K. Khan. Critical Metals in Uncertainty: How Russia-Ukraine Conflict Drives Their Prices? [J]. Resources Policy, 2023, 85: 104000.
- [41] Månberger, A. and B. Johansson. The Geopolitics of Metals and Metalloids Used for the Renewable Energy Transition[J]. Energy Strategy Reviews, 2019, 26: 100394.
- [42] Mills, R. Why Freeland's "Friend-Shoring" Is Such a Bad Idea[EB/OL]. (2022-10-25) [2023-07-25]. <https://www.mining.com/web/why-freelands-friend-shoring-is-such-a-bad-idea/>.
- [43] Nassar, N. T. and S. M. Fortier. Methodology and Technical Input for the 2021 Review and Revision of the U. S. Critical Minerals List[R]. 2021.
- [44] Natural Resources Canada (NRCan). The Canadian Critical Minerals Strategy[R]. 2022.
- [45] Oh, C. and S. Matsuoka. The Genesis and End of Institutional Fragmentation in Global Governance on Climate Change from a Constructivist Perspective[J]. International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, 2017, 17: 143-159.
- [46] Schonhardt, S. E. U. Enters Clean-Energy Arms Race Against the U. S. [EB/OL]. (2023-03-17) [2023-08-17]. <https://www.eenews.net/articles/e-u-enters-clean-energy-arms-race-against-the-u-s/>.
- [47] Schrijvers, D., A. Hool, G. A. Blengini, et al. A Review of Methods and Data to Determine Raw Material Criticality[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2020, 155: 104617.
- [48] Tang, B. Potential Friend-Shoring in the Indo-Pacific: Why a Value-Based Approach to Trade Will Set Canada Back on Its Indo-Pacific Strategy[J]. Canadian Foreign Policy Journal, 2023: 1-4.
- [49] The White House. Executive Order 13953, Addressing the Threat to the Domestic Supply Chain From Reliance on Critical Minerals From Foreign Adversaries and Supporting the Domestic Mining and Processing Industries[R/OL]. (2020-9-30)[2023-6-28]. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2020-10-05/pdf/2020-22064.pdf>.
- [50] The White House. Ocean Mapping of the United States Exclusive Economic Zone and the Shoreline and Nearshore of Alaska[EB/R]. (2019-11-19) [2023-07-11]. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2019-11-22/pdf/2019-25618.pdf>.
- [51] U. S. 118th Congress. H. R. 4548 - BRIDGE to DRC Act of 2023[R]. 2023.
- [52] U. S. 117th Congress. H. R. 5376 - Inflation Reduction Act of 2022[R]. 2022.
- [53] U. S. Department of Energy (DOE). Biden-Harris Administration Launches \$675 Million Bipartisan Infrastructure Law Program to Expand Domestic Critical Materials Supply Chains[R]. 2023.
- [54] U. S. Department of Energy (DOE). America's Strategy to Secure the Supply Chain for a Robust Clean Energy Transition[R]. 2022.
- [55] U. S. Department of Energy (DOE). Critical Minerals and Materials: US Department of Energy's Strategy to Support Domestic Critical Mineral and Material Supply Chains[R]. 2021.
- [56] U. S. Department of State (DOS). Minerals Security Partnership Convening Supports Robust Supply Chains for Clean Energy Technologies[EB/OL]. (2022-9-22) [2023-08-17]. <https://www.state.gov/minerals-security-partnership-convening-supports-robust-supply-chains-for-clean-energy-technologies/>.
- [57] U. S. Department of The Treasury (USDOT). Remarks by Secretary of the Treasury Janet L. Yellen on Way Forward for the Global Economy[EB/OL]. (2022-04-13) [2023-07-25]. <https://home.treasury.gov/news/press-releases/jy0714>.
- [58] U. S. Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries 2023[R]. 2023.

- [59] U. S. Geological Survey (USGS). 2022 Final List of Critical Minerals Federal Register Notice[R]. 2022.
- [60] UK Department for Business & Trade (DBT). Critical Minerals Refresh: Delivering Resilience in a Changing Global Environment (published 13 March 2023)[EB/OL]. (2023-04-23) [2023-07-16]. <https://www.gov.uk/government/publications/uk-critical-mineral-strategy/critical-minerals-refresh-delivering-resilience-in-a-changing-global-environment-published-13-march-2023>.
- [61] UK Department for Business & Trade (DBT). Resilience for the Future: The UK's Critical Minerals Strategy[R]. 2022.
- [62] UK Health and Safety Executive (HSE). The Mines Regulations 2014[EB/OL]. (2015-04-26) [2023-6-13]. <https://www.hse.gov.uk/mining/mlr.htm>.
- [63] UK Research and Innovation (UKRI). National Interdisciplinary Circular Economy Research (NICER)[EB/OL]. (2022-06-14) [2023-07-21]. <https://www.ukri.org/what-we-do/our-main-funds-and-areas-of-support/browse-our-areas-of-investment-and-support/national-interdisciplinary-circular-economy-research-nicer/>.
- [64] Vakulchuk, R., I. Overland, and D. Scholten. Renewable Energy and Geopolitics: A Review[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2020, 122: 109547.
- [65] Vivoda, V. Friend-Shoring and Critical Minerals: Exploring the Role of the Minerals Security Partnership [J]. *Energy Research & Social Science*, 2023, 100: 103085.
- [66] Wang, P., H. Wang, W. Chen, and S. Pauliuk. Carbon Neutrality Needs a Circular Metal-Energy Nexus [J]. *Fundamental Research*, 2022, 2(3): 392-395.
- [67] Weng, L. and C. Margules. Challenges with Formalizing Artisanal and Small-Scale Mining in Cameroon: Understanding the Role of Chinese Actors[J]. *The Extractive Industries and Society*, 2022, 9: 101046.
- [68] Wurmser, M. ANATO for Minerals & Metals[EB/OL]. (2022-11-02) [2023-08-17]. <https://norgemining.com/2022/11/02/a-nato-for-critical-raw-materials/>.

Critical Minerals Strategies in the Occident Amidst Energy Transformation and China's Response

Zhang Yuning, Ding Ding, Wang Ke

(School of Environment & Natural Resources, Renmin University of China)

Abstract: Under the net-zero emission target, the supply of critical minerals will significantly affect the energy security pattern and energy transition process worldwide. Economies like Europe and the United States are accelerating the establishment of the clean energy and critical minerals strategy, emphasizing the diversification and "de-Sinicization" in their mineral supply chain. Resource security in China is under extensive challenges. This research finds that Europe and the United States have formed a strategic system for critical minerals ranging from top-level strategy formulation, assessment method design, and list update for critical minerals to cross-departmental cooperation for policy design, and all those actions are characterized by solid systematicness and high continuity. For local actions, Europe and the United States focus on strengthening primary and secondary supply capacity through geological exploration, smelting and processing capacity, establishing a circular economy, and other aspects to reduce dependence on China. For global actions, they encourage further global cooperation by strengthening bilateral resource diplomacy and building multilateral raw material clubs to promote mineral supply chain cooperation. However, deep friction and contradictions between Europe and the United States in the early stages of cooperation resulted from the need for more coordination between each economy's local policies and external agreements. In the face of a new round of "competition" in the supply chain of critical minerals initiated by Europe and the United States, China should maintain well-considered strategies and integrate resource, energy, and supply chain security into national security from the perspective of itself. This research recommends that a strategic system should be established, including designing the top-level of the critical minerals strategy considering the specific situation in China, strengthening domestic actions to manage market demand and expectations, and building stable and robust supply capabilities, as well as deepening the global resource diplomacy and actively participating in the formulation of international rules.

Keywords: Clean Energy; Critical Minerals; Resource Security; Supply Chain Strategy

JEL Classification: Q48, F5, K32, H5

(责任编辑:卢 玲)