

美国关键矿产战略的演化特征及启示

赵燊^{1,2}, 汪鹏^{2,3*}, 王路², 陈玮³, 陈伟强^{2,3,4}

1. 江西理工大学材料冶金化学学部, 赣州 341000

2. 中国科学院赣江创新研究院, 赣州 341000

3. 中国科学院城市环境研究所, 中国科学院城市环境与健康重点实验室, 厦门 361021

4. 中国科学院大学, 北京 100049

摘要 收集美国历年发布关键矿产相关的研究报告、政策文本等资料, 梳理了美国关键矿产战略的发展历程, 总结了其演化特征: (1) 战略意图从单纯面向供应安全到以保障安全供应为由满足政治和外交需求; (2) 关键性评估方法从关键矿产的静态、定性评估到针对制造业的全产业链动态评估; (3) 供应链政策导向从提出“去全球化”到突出“去中国化”; (4) 关键性评估对象从关键矿产到与其相关的“卡脖子”技术。美国关键矿产战略呈现出上述演化特征, 主要是受到了美国国家安全边界的扩张、“再工业化”资源需求的增长、冷战思维的回归和维护全面实力优势意图的确立等多方面因素的影响。结合中国关键矿产战略的制定和调整, 提出了建立和完善中国关键矿产评估体系、推动国内产学研的关键技术协同研发、加强对外关键矿产供应链合作等建议。

关键词 关键矿产; 供应风险; 关键性评估; 卡脖子

关键矿产(critical minerals)是指对国家经济发展、国防建设和工业发展安全具有重要影响但却存在较高供应风险的战略性矿产资源。当前, 全球正进行新一轮的科技竞争^[1], 关键矿产作为支撑战略性新兴产业发展的重要原材料^[2-7], 其供应安全受到各国的高度重视^[8-9]。然而不同地区关键矿产的资源禀赋存在差异^[10-11], 2019年底暴发的新冠疫情

又阻碍了全球贸易, 使得各国关键矿产的供应安全难以保障^[12-13]。基于此, 以美国为首的西方国家纷纷开展关键矿产的供应风险评估并制定关键矿产发展战略, 以保障本国关键矿产的供应安全^[14-17]。

美国最早制定了关键矿产战略, 并建立了系统的关键矿产评估和政策支撑体系。本研究通过收集美国政府历年发布的关键矿产评估报告、相关政

收稿日期: 2021-12-28; 修回日期: 2022-03-31

基金项目: 国家自然科学基金项目(71904182, 42061049); 中国科学院江西稀土研究院自主部署项目(E055B004); 中国科学院重点部署项目(ZDRW-CN-2021-3)

作者简介: 赵燊, 博士研究生, 研究方向为关键资源的物质流分析, 电子信箱: szhao21@gia.cas.cn; 汪鹏(通信作者), 副研究员, 研究方向为金属循环与可持续发展, 电子信箱: pwang@iue.ac.cn

引用格式: 赵燊, 汪鹏, 王路, 等. 美国关键矿产战略的演化特征及启示[J]. 科技导报, 2022, 40(8): 91-103; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2022.08.009

策文本等资料,归纳美国关键矿产战略的主要背景、发展方向及具体的演化特征,分析演化发生的原因。由此梳理美国基于怎样的国内国际现实,出于怎样的战略目的,进行了怎样的关键矿产战略调整。进而结合中国的现实需求和国际环境,给予中国关键矿产评估和政策支撑体系的建立和调整工作以启示。

1 美国关键矿产战略发展历程

美国的关键矿产战略由美国能源部(USDE)^[18-21]、国防部后勤局(DLA)^[22-23]、国家科技委(NSTC)^[24-26]和美国地质调查局(USGS)^[27-28]等国家行政机构联合科研机构和企业共同制定。总结美国历年关键矿产评估报告、相关政策文本等资料(表1),发现美国关键矿产战略的制定与该时期美国所处的国际环境和国内需求紧密相关,并大致分为以下4个阶段。

1) 第二次世界大战和冷战期间:服务战争需求,具有明显的对抗色彩。

早在1939年,美国为应对第二次世界大战前紧张的政治经济环境,颁布了《战略和关键矿产储备法案》^[29],这是美国最早针对关键矿产制定的法案。该法案通过美国国防部识别的“国防及战争所需的必须全部或大部分从外国进口”的物资类型,制定了相应的物资储备和分配制度。1974年,美国为了维护冷战背景下的国家利益,发布了《关键进口产品备忘录》,并将关键矿产概念拓展为“所有易被国外操纵价格或易受国外供应影响”的产品^[30]。

2) 20世纪末至21世纪初:迎合全球化趋势,鼓励技术开发。

20世纪末,随着贸易自由化的不断深入和国际紧张局势的缓和,供应链全球化趋势迎来大发展。为提高企业收益和效率,美国积极推行促进贸易战略,对内成立“联邦贸易促进协调委员会”以协调美国政府的贸易促进和融资活动,对外积极推动成立世界贸易组织以建立自己主导的全球贸易体系^[31]。在此期间,美国关键矿产战略中的对抗性减

弱,政策重心转向鼓励新技术开发,如1990年,美国内政部被授权指导建立了“战略性资源矿产技术中心”,该中心主要负责矿物冶炼工艺、回收技术和替代材料开发^[32]。

3) 全球金融危机后:应对供应链风险,高度重视维护供应安全。

进入21世纪后,受到全球金融危机等事件的影响,美国的关键矿产战略逐渐从效率优先向安全优先转变^[33]。2008年,美国国家科学研究委员会(National Research Council, NRC)重新定义了关键矿产,将其界定为“对民用、工业和军事领域极为重要,但其供应容易受限的矿产资源”。同时,该委员会还提出基于供应风险和经济重要性的关键矿产二维评估方法^[34]。2010年,美国提出了《稀土供应链技术与资源转型法》《稀土和关键材料振兴法》等一系列法案,开始了“再工业化”的尝试,拟通过增加本土供给的方式缓解关键矿产供应压力^[35-37]。从2011年起,美国能源部、日本经济产业省和欧盟委员会约定每年举办关键矿产会议,以促进关键矿产研究和技术合作与交流^[38]。2013年,美国能源部下属的埃姆斯国家实验室与多家企业、大学、国家实验室联合成立了关键材料研究所(Critical Materials Institute, CMI)。该研究所通过资助有关关键矿产开发、二次资源利用、供应链优化技术的研发,致力于解决美国关键矿产的供应风险问题。

4) 特朗普、拜登执政期间:遏制中国崛起,推行供应链的“去中国化”。

近年来,随着中国制造的崛起以及新冠肺炎疫情期间中国经济的逆势增长,西方国家开始担忧中国的快速发展将对其产生不利影响。在关键矿产战略的制定中,美国将中国视为假想敌,大肆鼓吹和渲染中国对其关键矿产供应安全的威胁。美国前总统特朗普在其任期内先后签署了3道行政令——《评估和强化制造与国防工业基础及供应链弹性》《确保关键矿产安全可靠供应的联邦战略》《解决依赖国外矿产对国内供应链构成的威胁》。这些行政令重在强调关键矿产的安全供应,并借机炒作全球关键矿产供应链的“去中国化”^[39-41]。2019年,美国提出战略矿产倡议,并联合澳大利亚等9个国

家建立了关键矿产联盟,致力于提升各自在稀土、铂族元素等关键矿产的供应和生产中的控制权和话语权,并试图在国际矿产市场中对中国企业进行围堵^[42]。拜登上台后,在《过渡时期国家安全战略指南》中将中国定位为当今国际体制的挑战者^[43]。2021年6月,白宫公布了针对稀土等关键矿产供应

链的百天审查结果。根据审查报告中的建议,美国商务部于2021年9月启动了“评估中国钕铁硼磁体是否威胁美国安全”的232调查,企图以加征关税和实施进口配额等方式限制从中国进口钕铁硼磁体^[44-45]。

表1 美国关键矿产战略发展历程

阶段	时间	类型	名称
服务战争需求阶段	1939-06	法律(Law)	战略和关键资源储备法(Strategic and Critical Materials Stock Piling Act of 1939)
	1939	事件(Event)	根据战略和关键资源储备法,国防部被要求每两年向国会提交一份战略和关键矿产库存报告
	1950-09	法律(Law)	国防生产法(Defense Production Act of 1950)
	1970-12	法律(Law)	国家采矿与矿产政策法(An Act to Establish a National Mining and Minerals Policy)
	1974-03	国家安全备忘录(NSSM)	关键进口商品备忘录(National Security Study Memorandum 197: Critical Imported Commodities)
	1974-12	报告(Report)	关键进口商品报告(Special Report: Critical Imported Materials)
	1980-10	法律(Law)	国家物资和矿产政策,研究和开发法(An Act to Provide for a National Policy for Materials and to Strengthen the Materials Research, Development, Production Capability, and Performance of the United States, and for Other Purposes)
迎合全球化趋势阶段	1990-11	法律(Law)	战略和关键矿产法(Strategic and Critical Minerals Act of 1990)
	2008	报告(Report)	关键矿产及美国经济(Minerals, Critical Minerals, and the U.S. Economy)
	2010-09	法案(Bill)	稀土供应技术与资源转型法案(Rare Earths Supply Technology and Resources Transformation Act of 2010)
	2010-12	报告(Report)	关键矿产战略(Critical Materials Strategy 2010)
	2011-02	法案(Bill)	稀土和关键物资振兴法案(Rare Earths and Critical Materials Revitalization Act of 2011)
应对供应链风险阶段	2011-06	法案(Bill)	稀土资源评估法案(Resource Assessment of Rare Earths Act of 2011)
	2011-06	法案(Bill)	关键矿产政策法案(Critical Minerals Policy Act of 2011)
	2011-12	报告(Report)	关键矿产战略(Critical Materials Strategy 2011)
	2013-06	事件(Event)	成立关键材料研究所
	2013-07	法案(Bill)	2014年保障能源关键因素及美国就业法案(Domestic Energy and Jobs Act)
	2014-02	法案(Bill)	国家稀土精炼协作法案(National Rare Earth Cooperative Act of 2014)
	2016-03	报告(Report)	关键矿产的评价:筛选方法和初步应用(Assessment of Critical Minerals: Screening Methodology and Initial Application)

表1 美国关键矿产战略发展历程(续)

阶段	时间	类型	名称
遏制中国 崛起阶段	2017-07	行政令(Executive Order)	13806号行政命令-评估和强化制造与国防工业基础及供应链弹性(Executive Order 13806—Assessing and Strengthening the Manufacturing and Defense Industrial Base and Supply Chain Resiliency of the United States)
	2017-12	行政令(Executive Order)	13817号行政命令-确保关键矿产安全可靠供应的联邦战略(Executive Order 13817—A Federal Strategy To Ensure Secure and Reliable Supplies of Critical Minerals)
	2017-12	部长令(Secretarial Order)	3359号部长令-关键矿产的供应独立与国家安全(Order No. 3359, Subject: Critical Mineral Independence and Security)
	2017-12	报告(Report)	美国关键矿产资源——经济和环境地质及未来供应前景(Critical mineral resources of the United States—Economic and environmental geology and prospects for future supply)
	2018-02	报告(Report)	关键矿产的评估:筛选方法的最新应用(Assessment of Critical Minerals: Updated Application of Screening Methodology)
	2018-02	报告(Report)	关键矿产清单草案-方法和背景(Draft critical mineral list—Summary of methodology and background information—U.S. Geological Survey technical input document in response to Secretarial Order No. 3359)
	2018-05	事件(Event)	发布35种关键矿产清单
	2018-05	法案(Bill)	稀土元素先进煤炭技术法案(Rare Earth Element Advanced Coal Technologies Act)
	2018-10	报告(Report)	评估和强化制造与国防工业基础及供应链弹性(Assessing and Strengthening the Manufacturing and Defense Industrial Base and Supply Chain, Resiliency of the United States Report to President Donald J. Trump by the Interagency Task Force in Fulfillment of Executive Order 13806)
	2019-06	报告(Report)	确保关键矿产安全可靠供应的联邦战略(A Federal Strategy To Ensure Secure and Reliable Supplies of Critical Minerals)
	2019-09	法案(Bill)	21世纪稀土合作制造法案(Rare Earth Cooperative 21st Century Manufacturing Act)
	2019-09	事件(Event)	在美国的号召下,澳大利亚等9个国家加入美国战略矿产倡议,组建“关键矿产联盟”
	2020-01	事件(Event)	同加拿大敲定关键矿产合作联合行动计划
	2020-04	报告(Report)	关键材料稀土供应链:情境白皮书(Critical Materials Rare Earths Supply Chain: A Situational White Paper)
	2020-06	法案(Bill)	美国2020年关键矿产勘探与创新法案(American Critical Mineral Exploration and Innovation Act of 2020)
	2020-08	事件(Event)	斥资2000万美元资助稀土元素研究
	2020-09	行政令(Executive Order)	13953号行政命令-解决依赖国外矿产对国内供应链构成威胁(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)

表1 美国关键矿产战略发展历程(续)

阶段	时间	类型	名称
遏制中国 崛起阶段	2020-11	事件(Event)	与 MP Materials 等 3 家稀土生产商签订合同和协议,以加强国内稀土供应链
	2021-01	报告(Report)	关键矿产与材料报告(Critical Minerals and Materials: U.S. Department of Energy's Strategy to Support Domestic Critical Mineral and Material Supply Chains)
	2021-02	行政令(Executive Order)	14017 号行政命令-关于美国供应链(Executive Order 14017 on America's Supply Chains)
	2021-05	报告(Report)	2021 年审查和修订美国关键矿产清单的方法和技术投入(Methodology and Technical Input for the 2021 Review and Revision of the U.S. Critical Minerals List)
	2021-05	法案(Bill)	关键矿产开采法案(Critical Mineral Access Act)
	2021-05	法案(Bill)	2021 年国家战略和关键矿产生产法案(National Strategic and Critical Minerals Production Act of 2021)
	2021-06	报告(Report)	百天供应链审查结果报告(Building Resilient Supply Chains, Revitalizing American Manufacturing, and Fostering Broad-Based Growth, 100-Day Reviews under Executive Order 14017)
	2021-09	事件(Event)	斥资 3000 万美元资助关键矿产的回收技术改进和替代材料开发
	2021-10	法案(Bill)	美国关键矿产独立法案(American Critical Mineral Independence Act of 2021)

2 美国关键矿产战略演化特征

美国关键矿产报告发布和政策出台的频率在 2008 年后,尤其是特朗普上台后,出现明显上升(表 1)。分析这一时期的美国关键矿产报告和政策资料,发现其发展方向调整在关键矿产评估方法和政策支撑体系中具体体现为以下演化特征。

1) 战略意图:从单纯面向供应安全到以保障安全供应为由满足政治、外交需求。

近年来,随着全球金融危机、贸易战和新冠肺炎疫情等一系列事件的发生,全球贸易的不确定性显著提升,导致美国迫切需要对关键矿产供应链的安全性进行评估。然而在特朗普执政后,美国关键矿产战略的政治化问题越发严重。他当政时期,任何经贸和政治活动都有可能被视作美国矿产安全供应的威胁,成为美国发动经济制裁和干预他国内政的借口。受此影响,美国关键矿产评估中政治因素占比逐渐增加,评估方法的科学性屡受质疑。以美国地质调查局 2021 年的矿产关键性评估报告为

例,相比于 2018 年的报告,其所采用的新评估方法将其他国家向美国供应矿产的意愿纳入指标体系(图 1)。该指标根据其他国家是否与美国存在相同价值观来进行判断,以美国“自由之家”提出的“民主指数”为主要依据,充分体现了供应风险问题的政治化和意识形态化的趋势。

2) 评估方法:从静态、定性评估到针对制造业的全产业链动态评估。

随着国际分工进一步细化,供应链全球化趋势进一步发展,全球矿产品及加工品的跨境贸易日益增加。然而,受金融危机和新冠肺炎疫情等突发事件的影响,全球矿产价格波动加剧,致使严重依赖全球矿产品和加工品供应的美国制造业受到了冲击。为此,美国加快了制造业回流的步伐,并对提升本国供应链弹性和应对突发事件的能力有了日渐迫切的需求^[46]。受此影响,美国关键矿产评估工作也做出了相应调整,将评估视角从资源端向产业链下游延伸,并重点关注制造业应对供应链中断的能力。如美国地质调查局在 2021 年关键性评估报

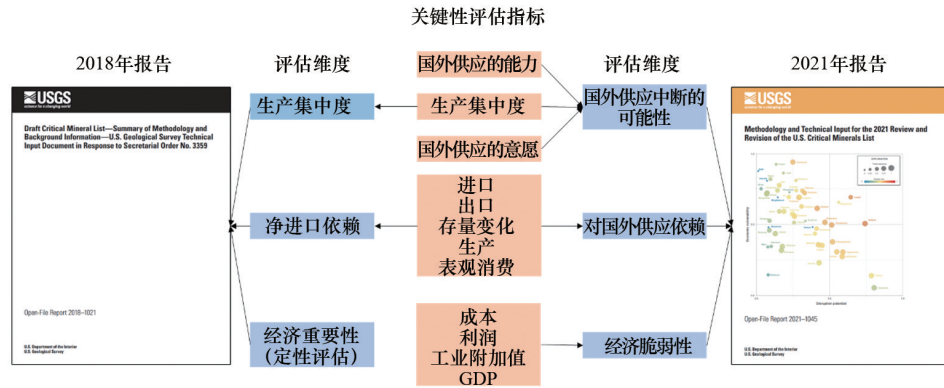


图1 2018年和2021年美国矿产关键性评估方法^[27-28]

告中明确提出要以“对制造业影响程度”和“矿产的中短期供应风险”作为评估重点,对先前的评估方法进行了修订,将定性的经济重要性指标修改为定量的“矿产供应中断对下游制造业危害”指标,并通过连续年份供应风险的动态量化来评估突发事件对美国全球矿产供应及本土制造业的危害。

3) 政策导向:从提出供应链的“去全球化”到突出“去中国化”。

近年来,由于全球贸易的不确定性增加,美国开始考虑通过缩短供应链中的国外部分等手段来

提升供应链弹性,美国国内的供应链“去全球化”呼声逐渐升高。然而,随着中国的快速崛起和供应链问题的政治化,美国将“去全球化”的矛头指向了中国。拜登在供应链百天审查令中曾提出,美国不能在关键矿产供应上太过依赖竞争对手。随后的审查报告也用了大量篇幅评估美国对中国矿产供应的依赖程度(图2),并指出中国矿产行业的“扩张”将强化中国对全球关键矿产供应的“控制”且威胁美国的关键矿产供应安全^[45]。

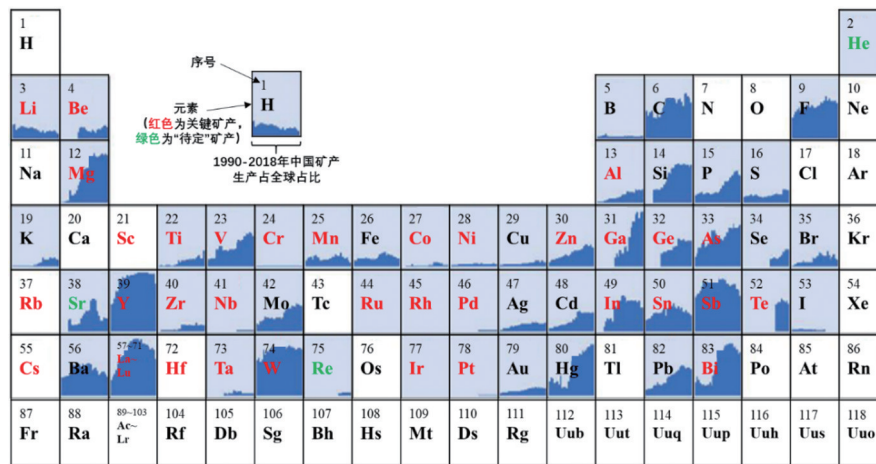


图2 美国供应链百天审查报告中绘制的1990—2018年中国矿产品生产量全球占比^[47]

随着中国制造业的快速发展,中美两国在双方都需要进口的关键矿产上的竞争也越发激烈。为此,美国从矿产的对外依赖度出发,根据本国关键矿产评估方法,编制了最新的关键矿产清单(图

3),识别了中美争夺激烈的以及能够制约彼此产业发展的主要矿产种类(图4),为未来的中美资源竞争提前布局。

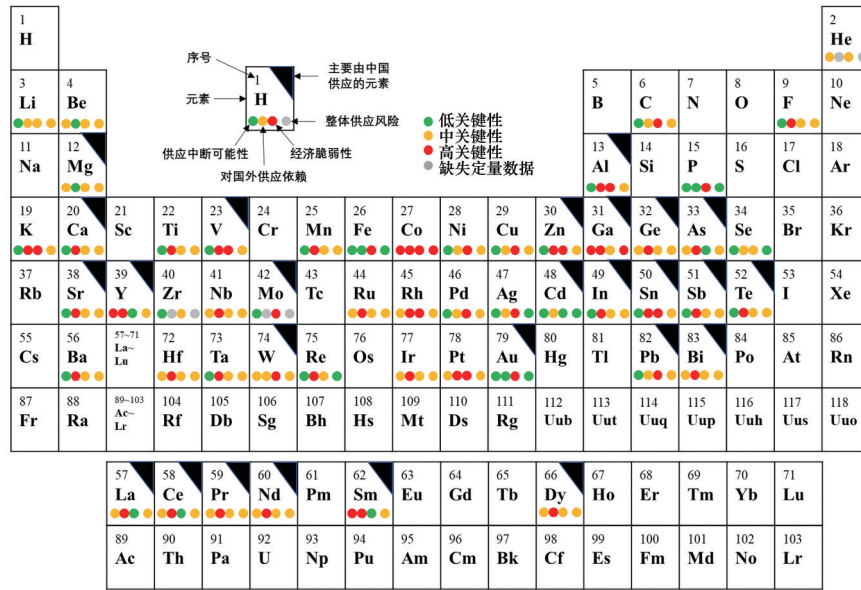
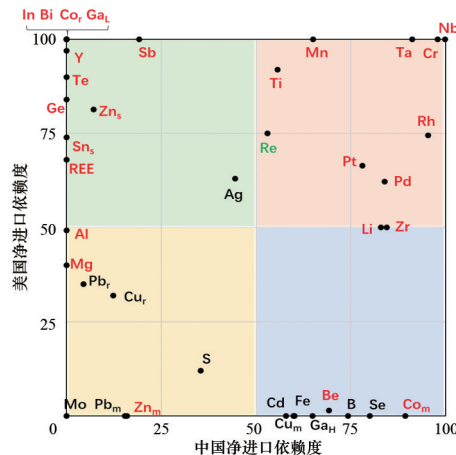


图3 2021年美国关键矿产评估结果^[28]



红色元素为2021年美国关键矿产
 绿色元素为2021年美国报告中关键性“待定”矿产
 黄色背景下为中美对外依赖度都较低的矿产
 绿色背景下为中国对外依赖度高、美国对外依赖度低的矿产
 红色背景下为中美对外依赖度都较高的矿产
 蓝色背景下为中国对外依赖度低、美国对外依赖度高的矿产

图4 中国和美国在矿产资源方面对外依赖度对比^[48]

4) 评估对象:从识别关键矿产到识别其背后的关键技术。

关键矿产是新一轮全球科技革命及产业竞争的资源基础,与新产业、新技术的发展密切相关。以2021年美国地质调查局发布的关键矿产清单草案中识别的高关键性矿产为例:镓被用于制造半导体和太阳能电池;钕被用于制造钕铁硼永磁体;钴合金被广泛应用于军事、航空航天等领域(表2)。因此,关键矿产问题并不是简单的资源问题,其背后的关键材料和关键技术更应作为影响国家供应

链安全的重要评估指标。2020年美国发布的《关键和新兴技术国家战略》中指出:美国应参考风险管控方法来评估关键技术和正处于研发初期的新兴技术对国家安全的影响,以保持美国在高新技术领域的话语权和领导力^[49-50]。同时,这份报告还明确给出了20项需要优先发展的关键与新兴技术清单。在清单中列出的人机界面、半导体和微电子学等技术与目前中国产业发展的“卡脖子”技术密切相关。

表2 2021年美国关键矿产清单草案^[28]

序号	矿产	供应风险评分	拟列入2021年 关键矿产清单	2018年关键 矿产清单	重要生产国	关键应用和关键技术
1	镓	0.67	●	●	中国	雷达,发光二极管,太阳能电池
2	铌	0.66	●	●	巴西	国防用钢
3	钴	0.65	●	●	刚果	喷气发动机用合金,充电电池
4	钷	0.65	●	●	中国	永磁材料
5	钿	0.63	●	●	南非	催化剂,喷气发动机用高温合金
6	铈	0.62	●	●	南非	催化剂,喷气发动机用高温合金
7	镨	0.61	●	●	中国	永磁体添加剂,磁光存储材料
8	铝	0.60	●	●	中国	飞行器,电缆,轻合金
9	萤石	0.60	●	●	中国	铝,钢生产,铀加工
10	铂	0.60	●	●	南非	催化剂,喷气发动机用高温合金
11	铱	0.59	●	●	南非	催化剂,喷气发动机用高温合金
12	镱	0.58	●	●	中国	永磁材料,催化剂
13	铊	0.56	●	●	中国	催化剂,喷气发动机用高温合金
14	镧	0.56	●	●	中国	镍氢电池,特种合金,催化剂
15	铋	0.55	●	●	中国	制药,无铅钎料
16	钇	0.54	●	●	中国	显示器,超导体,超合金
17	铈	0.53	●	●	中国	锂电池
18	钽	0.53	●	●	刚果	手机电容,喷气发动机用合金
19	铈	0.51	●	●	法国	喷气发动机热障涂层
20	钨	0.51	●	●	中国	催化剂,喷气发动机用合金
21	钒	0.51	●	●	中国	喷气发动机和机身用合金
22	锡	0.50	●	●	中国	焊料,平板显示器
23	镁	0.49	●	●	中国	航空航天用合金
24	锆	0.49	●	●	中国	红外设备,光纤
25	钼	0.48	●	●	俄罗斯	催化剂,喷气发动机用高温合金
26	钛	0.48	●	●	澳大利亚	喷气发动机和机身用合金
27	锌	0.48	●	○	中国	钢材表面镀层,合金
28	石墨	0.47	●	●	中国	充电电池,防弹衣
29	铬	0.47	●	●	南非	喷气发动机用合金,不锈钢
30	砷	0.45	●	●	中国	微波通信
31	重晶石	0.44	●	●	中国	石油和天然气钻井泥浆加重剂
32	钢	0.41	●	●	中国	平板显示器,特种合金
33	钪	0.40	●	●	中国	激光材料
34	锰	0.40	●	●	南非	铝,钢生产,轻合金
35	锂	0.40	●	●	澳大利亚	可充电电池,航空航天用合金
36	碲	0.40	●	●	中国	红外线设备,太阳能电池
37	铅	0.39	○	○	中国	电池,电缆,焊料
38	钾碱	0.38	待定	●	加拿大	农业肥料
39	锶	0.36	待定	●	中国	合金,光电管
40	铈	0.36	待定	●	智利	喷气发动机用合金,催化剂
41	镍**	0.36	●	○	印度尼西亚	合金,催化剂
42	铜	0.34	○	○	智利	电缆,轻合金
43	铍**	0.33	●	●	美国	卫星通讯,航空航天用合金
44	长石	0.32	○	○	土耳其	玻璃纤维,陶瓷
45	磷酸盐	0.25	○	○	中国	农业肥料

表2 2021年美国关键矿产清单草案^[28](续)

序号	矿产	供应风险评分	拟列入2021年 关键矿产清单	2018年关键 矿产清单	重要生产国	关键应用和关键技术
46	银	0.25	○	○	墨西哥	电子电器
47	云母	0.22	○	○	中国	绝缘材料
48	硒	0.23	○	○	日本	光敏材料, 催化剂
49	镉	0.11	○	○	中国	喷气发动机用合金, 充电电池
50	锆**	0.09	●	●	澳大利亚	喷气发动机热障涂层
51	钨	0.07	○	○	中国	合金
52	金	0.00	○	○	中国	超导体, 电子电器
53	氦	0.00	待定	●	美国	磁共振成像
54	铁	0.00	○	○	澳大利亚	合金
未评估	铯*	—	●	●	加拿大	医疗应用, 夜视仪
未评估	铟*	—	●	●	中国	光纤, 激光材料
未评估	铊*	—	●	●	中国	荧光粉, 激光材料
未评估	钷*	—	●	●	中国	磁共振成像, 磁泡记忆装置
未评估	钽*	—	●	●	中国	金属卤素灯添加剂, 激光器
未评估	镱*	—	●	●	中国	科学研究, 核应用
未评估	铷*	—	●	●	加拿大	医疗应用, 夜视仪
未评估	钪*	—	●	●	中国	轻合金, 燃料电池
未评估	铽*	—	●	●	中国	荧光增感剂, 磁光贮存材料
未评估	铪*	—	●	●	中国	高温超导材料, 激光介质材料
未评估	铀	—	待定	●	哈萨克斯坦	核应用, 医疗应用
未评估	镱*	—	●	●	中国	光纤, 激光材料

注: ●, 矿产被评估为关键矿产; ○, 矿产被评估为非关键矿产; 若矿产名称后未见特殊标识, 表示该矿产通过定量评估确定关键性, 具体评估方法如图1所示。*, 矿产通过定性评估确定为关键矿产; **, 矿产为美国净进口、不依赖国外供应的矿产, 在评估时未考虑净进口依赖。

3 美国关键矿产战略演变动因

分析美国关键矿产战略发生上述演化的动因和时代背景, 可以回答美国因何故对关键矿产战略做出上述调整。

1) 观念基础: 国家安全概念的无限泛化。

美国的国家安全观为“安全威胁”范式, 强调界定国家安全威胁的来源^[51]。在这种范式下, 任何美国内部的问题都可以被政客利用, 并被界定为外部威胁带来的结果, 这使得国家安全问题成为了美国转移内部矛盾的工具^[53]。特别是, 美国前总统特朗普在执政后积极推行“美国优先”政策, 美国国家安全利益边界从国际向国内收缩。受此影响, 美国内部的问题被缩小, 外部威胁的边界被无限放大, 其他国家的任何政治、经济活动都有可能被视为对美

国安全的威胁。全球供应链作为联系美国产业链与“外部威胁”的纽带, 成为美国转移国内矛盾的重要抓手。以保障关键矿产的供应安全为名, 美国将供应风险评估研究政治化, 并以此制定相关战略, 合理化对外国的经济制裁和政治干预。

2) 现实需求: 重振制造业对关键矿产的旺盛需求。

在全球化浪潮中, 美国向发展中国家转移本土的中低端产业, 从而通过国际分工和全球贸易实现了效率和利润的最大化, 但这同时也造成了制造业的“空心化”和国内就业机会的缺口。随着中国等新兴经济体的产业发展, 现有的全球供应链和世界贸易组织(WTO)规则无法保证美国的最大化利益, 加之国内的就业和产业问题日益严峻, 迫使美国从奥巴马任期开始考虑重振本土制造业问题^[52]。

然而,中美贸易战和新冠疫情导致的全球供应链脆弱性增加对美国制造业的回流和发展形成了压力,制造业企业需要政府提供更为有效的措施来保障上游矿产资源的稳定供应。特别是在能源低碳转型对关键矿产需求旺盛的背景下,美国亟需评估和稳定关键矿产供应对美国制造业的影响。

3) 指导思想:冷战思维的重新回归。

随着“艾奇逊主义”冷战思维的回归,中国崛起不仅被美国视为是对其产业和经济的冲击,更被视为是对“美国主义”价值体系的威胁^[53]。基于历史经验判断,美国政府倾向于从“民主”和“权威”的竞争或2种社会发展道路的竞争角度来审视中美关系^[54]。为此,美国必须通过遏制中国经济发展的方式维护其在价值观上的优势,并通过与中国脱钩的方式避免中国对其经济和价值观的“渗透”和影响。在经历了特朗普时期的“退群”外交和“去全球化”供应链政策后,拜登时期的美国重拾小多边主义战略,并积极推行供应链的“再全球化”^[52]。为此,美国试图联合“民主国家”的盟友重塑全球经贸体系,并利用其在体系中的话语权对中国进行围堵。

4) 战略意图:维护对新兴经济体的全面实力优势。

近年来,特别是2008年全球金融危机之后,美国的实力和国际影响力出现了相对衰退的征兆。与此同时,中国等新兴经济体迅速崛起,国际影响力大幅提升,对美国构成了体系性威胁。为防止战略优势在几十年内丧失,美国需要动用经济、外交等手段遏制新兴经济体综合实力的增长,并维护自身在各个领域的话语权和影响力。关键矿产是新产业、新技术发展的资源基础,对国家经济、科技发展具有重要的支撑作用。为此,美国的关键性评估研究以矿产本身为基础,向关键产业、关键技术等领域进行延伸,以期在国际战略竞争中保持多方面的实力优势。

4 结论

矿产资源全球分布不均,致使各国很难完全自给自足。为加强资源保障和储备,不同国家和国际

组织从地区安全、经济发展、产业升级等角度出发,纷纷制定了关键矿产战略。美国较早意识到关键矿产的重要性及其供应链的脆弱性,制定了比较系统的关键矿产评估和政策支撑体系。

然而,中国虽然已编制了结合国情的矿产资源关键性评估方法,但尚未形成完整的关键矿产评估体系。通过总结美国关键矿产评估的经验,对建立中国关键矿产评估体系和制定关键矿产战略提出以下建议。

1) 立足本国国情,完善关键矿产多维评价方法。目前美国建立的关键矿产评估体系只基于本国核心利益,以短缺矿产为主要评估对象,以保证矿产安全供应为评价标准。中国作为关键矿产的生产、消费和贸易大国,具有和美国截然不同的特征:一方面,中国是全球部分关键矿产的重要供给国,在部分矿产资源的储量和产量上具有优势,但关键矿产的开采对中国环境造成了严重的危害;另一方面,随着中国科技发展和高端制造业的崛起,中国面临多种关键矿产需求快速上升、对外依存度持续升高的问题,关键矿产的供应安全已成为威胁中国经济发展的重要因素之一。因此,中国在构建关键矿产评价体系时,需立足于本国国情,从优势矿产和短缺矿产2个方面切入,从供应风险、经济重要性和生态环境安全等多维度识别关键矿产。

2) 开发数据平台,建立关键矿产动态评价体系。完整和动态更新的数据是美国实现矿产关键性的全产业链动态评估的基础。因此,中国应开发包含全矿种全产业链的数据收集和分析平台,对全球矿产及其下游产品的产量、环境影响、贸易流向、应用领域等数据进行动态统计。同时,中国应鼓励开展关键矿产物质流、生命周期评价、生命周期成本等领域的研究,从资源、环境、价值多视角识别矿产的关键性。基于物质流和贸易流研究,补充和完善产业链长时间序列的基础数据,据此将评估对象延伸至产业链中下游的材料、产品,进而识别出影响中国经济发展和国防安全的关键产品、关键应用和关键技术。

3) 形成研发合力,攻克与关键矿产相关的关键技术。关键矿产问题不是简单的资源问题,还是

全球科技竞争背景下的关键材料问题和关键技术问题。因此,中国在制定关键矿产战略时,应鼓励政府、企业、科研机构多方开展研发合作,从全产业链的视角出发,制定与关键矿产相关的关键技术突破方案。在产业链上游,应夯实资源及冶金产业优势,加大对资源勘查、冶炼技术研发的资金投入,整合采冶企业和科研机构的研发资源,提升核心竞争力;在产业链下游,应厘清关键矿产全产业链技术体系,识别其中“卡脖子”的关键技术,开发优势矿产的高附加值应用,研发短缺矿产的替代材料。

4) 加强国际合作,构建有利于中国的、安全的关键矿产全球贸易网络。目前,美国等西方国家在全球矿产资源管理体系中占有主导地位。由于其对中国矿产资源的依赖,将中国列为“关键矿产”的供给风险主要来源国。美国总统拜登在执政后重拾“结盟战略”,在全球矿产治理体系中进一步挤压中国的生存空间。中国作为关键矿产的生产、消费和贸易大国,却在全球市场缺乏定价权、话语权和控制权,无法发挥关键矿产在国际争端中的战略价值。因此,一方面,中国应围绕优势关键矿产,积极整合全球矿产资源开采、冶炼及下游产业链,继续提升优势矿产资源的战略地位,促进资源/产能优势向战略优势转化;另一方面,应以短缺的关键矿产风险控制为重点,构建有利于中国资源安全的关键矿产全球贸易网络,实现关键矿产的合理、高效与安全配置。同时,应重点围绕“一带一路”战略,加强与其他矿产资源供给国的合作,组建国际资源联盟,在国际贸易谈判中共同发声,保障中国和友好国家的关键矿产供应安全。

参考文献(References)

- [1] Graedel T E, Harper E M, Nassar N T, et al. On the materials basis of modern society[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2015, 112(20): 6295-6300.
- [2] The International Renewable Energy Agency. A new world: The geopolitics of the energy transformation[R]. Abu Dhabi: Global Commission on the Geopolitics of Energy Transformation Publications, 2019.
- [3] International Energy Agency. The role of critical minerals in clean energy transitions[R]. Paris: IEA Publications, 2021.
- [4] 刘俊, 杨鑫, 陈彦, 等. 碳中和, 离我们还有多远[R]. 北京: 中金公司, 2020.
- [5] American Physical Society. Energy critical elements: Securing materials for emerging technologies[R]. Washington, D. C.: American Physical Society Publications, 2010.
- [6] Eggert R G. Minerals go critical[J]. Nature Chemistry, 2011, 3(9): 688-691.
- [7] Kivinen M, Koljonen T, Kihlman S, et al. Role of critical metals in the future markets of clean energy technologies[J]. Renewable Energy, 2016, 95: 53-62.
- [8] 自然资源部中国地质调查局国际矿业研究中心. 全球矿业发展报告 2019[N]. 北京: 中国矿业报, 2019.
- [9] UN Environment Program. Global resources outlook 2019[R]. Nairobi: UN Environment Program, 2019.
- [10] Peiró L T, Méndez G V, Ayres R U. Material flow analysis of scarce metals: Sources, functions, end-uses and aspects for future supply[J]. Environmental Science & Technology, 2013, 47(6): 2939-2947.
- [11] Henckens M L C M, Driessen P P J, Worrell E. Metal scarcity and sustainability, analyzing the necessity to reduce the extraction of scarce metals[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2014, 93: 1-8.
- [12] European Commission. Study on the review of the list of critical raw materials[R]. Brussels: EU Publications, 2017.
- [13] The Organisation for Economic Co-operation and Development. Trade in raw materials: How exports of mineral commodities contribute to economy-wide growth[EB/OL]. [2022-04-15]. <https://www.oecd.org/trade/topics/trade-in-raw-materials>.
- [14] U.S. Department of the Interior. Final list of critical minerals 2018[EB/OL]. (2018-05-18)[2022-04-15]. <https://www.federalregister.gov/documents/2018/05/18/2018-10667/final-list-of-critical-minerals-2018>.
- [15] European Commission. Study on the EU's list of critical raw materials (2020) final report[R]. Brussels: EU publications, 2020.
- [16] 日本経済産業省. 資源確保戦略の概要[R/OL]. [2022-04-15]. <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/package/dai15/sankou01.pdf>.
- [17] British Geological Survey. British geological survey risk list 2015[R/OL]. [2022-04-15]. http://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/513472/1/Risk_List_2015_FINAL.pdf.
- [18] Bauer D, Diamond D, Li J, et al. U.S. Department of energy critical materials strategy[R]. Washington, D.C.: Office of Scientific and Technical Information (OSTI),

- 2010.
- [19] U.S. Department of Energy. Critical materials strategy 2011[R/OL]. [2022-04-15]. https://www.energy.gov/sites/default/files/DOE_CMS2011_FINAL_Full.pdf.
- [20] U.S. Department of Energy. Critical materials rare earths supply chain: A situational white paper[R]. Washington, D. C.: Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2020.
- [21] U.S. Department of Energy. Critical minerals and materials[R]. Washington, D.C.: U.S. Department of Energy, 2021.
- [22] U.S. Department of Defense. Strategic and critical materials 2013 report on stockpile requirements[R]. Washington, D. C.: Office of the Under Secretary of Defense, 2013.
- [23] U.S. Department of Defense. Strategic and critical materials 2015 report on stockpile requirements[R]. Washington, D. C.: Office of the Under Secretary of Defense, 2015.
- [24] National Science and Technology Council. Assessment of critical minerals: Screening methodology and initial application[R]. Washington, D.C.: Office of the President of the United States, 2015.
- [25] National Science and Technology Council. Assessment of critical minerals: Subcommittee on critical and strategic mineral supply chains[R]. Washington, D. C.: Office of the President of the United States, 2016.
- [26] National Science and Technology Council. Assessment of critical minerals: Updated application of screening methodology subcommittee on critical and strategic mineral supply chains[R]. Washington, D. C.: Office of the President of the United States, 2018.
- [27] Fortier S M, Nassar N T, Lederer G W, et al. Draft critical mineral list—summary of methodology and background information—U. S. Geological Survey technical input document in response to secretarial order no. 3359 [R]. Washington, D. C.: U.S. Geological Survey, 2018.
- [28] Nassar N T, Fortier S M. Methodology and technical input for the 2021 review and revision of the U.S. critical minerals list[R]. Washington, D. C.: U.S. Geological Survey, 2021.
- [29] Bullis L H, Mielke J E. Strategic and critical materials stock piling act[EB/OL]. [2022-04-15]. <https://www.gov-info.gov/content/pkg/COMPS-674/pdf/COMPS-674.pdf>.
- [30] The White House. National security study memorandum 197: Critical imported commodities[EB/OL]. [2022-04-15]. https://www.nixonlibrary.gov/sites/default/files/virtuallibrary/documents/nssm/nssm_197.pdf.
- [31] The White House. Executive orders[DB/OL]. [2022-04-15]. <https://www.federalregister.gov/presidential-documents/executive-orders>.
- [32] Craig L E. Strategic and critical minerals act of 1990[EB/OL]. [2022-04-15]. <https://www.congress.gov/bill/101st-congress/house-bill/4111>.
- [33] 陈若鸿. 从效率优先到安全优先: 美国关键产品全球供应链政策的转变[J]. 国际论坛, 2021, 23(5): 125-139, 159.
- [34] U.S. National Research Council. Minerals, critical minerals, and the U.S. economy[M]. Washington, D. C.: The National Academies Press, 2008.
- [35] 张所续, 罗晓玲. 美国关键矿产政策内涵的演变与启示[J]. 中国矿业, 2020, 29(12): 15-21.
- [36] Murkowski L. Rare earths supply technology and resources transformation act of 2010[EB/OL]. [2022-04-15]. <https://www.congress.gov/bill/111th-congress/senate-bill/3521?s=1&r=65>.
- [37] Dahlkemper K A. Rare earths and critical materials revitalization act of 2010[EB/OL]. [2022-04-15]. <https://www.congress.gov/bill/111th-congress/house-bill/6160>.
- [38] The Ministry of Economy, Trade and Industry. The 10th trilateral EU-US-Japan conference on critical materials held[EB/OL]. [2022-04-15]. https://www.meti.go.jp/english/press/2020/1111_001.html.
- [39] The White House. Presidential executive order on assessing and strengthening the manufacturing and defense industrial base and supply chain resiliency of the United States[DB/OL]. [2022-04-15]. <https://www.federalregister.gov/presidential-documents/executive-orders>.
- [40] The White House. Presidential executive order on a federal strategy to ensure secure and reliable supplies of critical minerals[DB/OL]. [2022-04-15]. <https://www.federalregister.gov/presidential-documents/executive-orders>.
- [41] The White House. Presidential executive order on addressing the threat to the domestic supply chain from reliance on critical minerals from foreign adversaries[DB/OL]. [2022-04-15]. <https://www.federalregister.gov/presidential-documents/executive-orders>.
- [42] Reuters S. Nine countries join U. S. strategic minerals initiative[EB/OL]. [2022-04-15]. <https://www.reuters.com/article/us-usa-minerals-china-idUSKBN1WB2VP>.
- [43] The White House. Interim national security strategic guidance[R/OL]. [2022-04-15]. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/03/NSC-1v2.pdf>.
- [44] The White House. Remarks by president Biden at signing of an executive order on supply chains[EB/OL]. [2022-04-15]. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/speeches-remarks/2021/02/24/remarks-by-president-biden-at-signing-of-an-executive-order-on-supply-chains>.

- [45] The White House. Building resilient supply chains, revitalizing American manufacturing, and fostering broad-based growth 100-day reviews under executive order 14017[R]. Washington D. C.: The White House, 2021.
- [46] 葛奇. 关于美国供应链回流的若干问题[J]. 国际金融, 2021(7): 30-40.
- [47] U.S. Department of the Interior. Investigation of U.S. foreign reliance on critical minerals—U.S. Geological Survey technical input document in response to executive order No. 13953 signed September 30, 2020[R]. Washington D. C.: U.S. Geological Survey, 2020.
- [48] Gulley A L, Nassar N T, Xun S A. China, the United States, and competition for resources that enable emerging technologies[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2018, 115(16): 4111-4115.
- [49] 刘新, 曾立, 肖湘江. 美国《关键和新兴技术国家战略》述评[J]. 情报杂志, 2021, 40(5): 26-33.
- [50] The White House. National strategy for critical and emerging technology[EB/OL]. [2022-04-15]. <https://nps.edu/web/slamr/-/2020-national-strategy-for-critical-emerging-technologies>.
- [51] 尹继武. 中美国家安全观比较分析[J]. 当代世界与社会主义, 2020(3): 151-158.
- [52] 沈伟, 胡耀辉. 美式小多边主义与美国重塑全球经贸体系[J]. 国际论坛, 2022(1): 3-24.
- [53] 李志永, 刘梦佳. 拜登政府对华“实力外交”: 动因、内容与局限[J]. 当代中国与世界, 2021(4): 83-95.
- [54] 杨卫东, 魏鑫. 拜登政府构建制华“统一阵线”: 动因、路径与前景[J]. 印度洋经济体研究, 2021(6): 26-46.

Evolution of the US strategy for critical minerals strategy and the implications

ZHAO Shen^{1,2}, WANG Peng^{2,3*}, WANG Lu², CHEN Wei³, CHEN Weiqiang^{2,3,4}

1. Jiangxi University of Science and Technology, Faculty of Materials Metallurgy and Chemistry, Ganzhou 341000, China
2. Ganjiang Innovation Academy, Chinese Academy of Sciences, Ganzhou 341000, China
3. Key Lab of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China
4. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract The critical minerals, are referred to those strategic non-fuel minerals that are critical to the national economy and defense security but under high supply risks. The U.S. has focused on its supply security since 1930s. This paper reviews the research progress of the critical minerals and the related policies in the U.S., with several key findings: (1) the focus behind the U.S. mineral criticality policy has shifted from the supply security-oriented to the national competitive strategy-oriented system; (2) the methodology of the criticality assessment is shifted from the static assessment of the mineral-based risks to the dynamic assessment of the manufacturing-based supply risks; (3) the orientation of the supply chain management policy is shifted from the deglobalization of the supply chains to the de-coupling from China; (4) the object of the criticality assessment is shifted from the minerals to the emerging technologies related to the containment of China's development. The evolution of the U.S. strategy for the critical minerals is influenced by its excessive expansion of the national security agendas, the resource demand of the manufacturing reshoring, the return of Cold War Mentality and the intention of maintaining the advantage in the overall national strength. Therefore, China should develop unique criticality assessment frameworks according to the China's reality, strengthen the industry-university-research cooperation in the emerging technologies and the international cooperation in the critical minerals supply chains.

Keywords critical mineral; supply security; critical assessment; bottleneck ●



(责任编辑 刘志远)