

矿业综述

文章编号: 1004-4051(2022)11-0001-08

DOI: 10.12075/j.issn.1004-4051.2022.11.025

关键矿产与能源资源安全

梅燕雄¹, 裴荣富¹, 魏然¹, 张金良², 李静², 邹斌¹, 王浩琳¹

1. 中国地质科学院矿产资源研究所自然资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037;
2. 有色金属矿产地质调查中心, 北京 100012)

摘要: 关键矿产是在不同历史时期对经济社会发展具有重大战略意义和关键支撑作用的重要矿产。通过对中国、美国、英国、日本、澳大利亚、巴西和欧盟的关键矿产清单以及相关资源储量、产量、消费量、贸易数据的整理分析, 确定钴、钨、铌、钽、稀土、锰、锂、锑、石墨、钒、铂族、铝、镍、铋、锆、铬、钛、铍、铟、锡、钼、镁、镓、镓、锗、萤石、锌、铀、铁、铜、金、磷、钨、硅、锑、煤、钾盐、铷、铯、碲、硒、锇、铑、重晶石、硼、砷、氦、钡、钍、铅、汞、银、镉、金刚石、硫、石油、天然气等 57 种关键矿产。全球关键矿产以稀有金属、稀散金属、稀土金属、贵金属矿产和黑色金属、有色金属矿产为主体, 其生产和消费主要涉及中国、美国、俄罗斯、加拿大、澳大利亚、日本、德国、韩国等 42 个国家和地区。关键矿产的主要矿床类型为沉积型、热液型及变质型、风化壳型、岩浆型、斑岩型, 在空间上主要分布于劳亚成矿域、冈瓦纳成矿域和乌拉尔-蒙古成矿区、非洲-阿拉伯成矿区等。当前, 俄乌冲突严重冲击国际能源市场和矿产品市场, 欧美国家推行脱钩断链的逆全球化措施使国际能源资源合作与竞争形势复杂化。聚焦关键矿产, 加快构建双循环新发展格局, 综合考虑地质先行、技术可行、经济合理、环境友好、法律允许、金融支持等多种因素, 加强境内外能源和重要矿产资源的绿色勘查、高效开发、严格保护、合理利用和规划管控, 是维护我国能源资源安全、推动矿业高质量发展的重要战略措施。

关键词: 关键矿产; 能源资源安全; 矿产资源; 矿业

中图分类号: F416.1; F407.1 **文献标识码:** A

Critical minerals and energy resources security

MEI Yanxiong¹, PEI Rongfu¹, WEI Ran¹, ZHANG Jinliang², LI Jing², ZOU Bin¹, WANG Haolin¹

1. MNR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;
2. China Non-Ferrous Metals Resource Geological Survey, Beijing 100012, China)

Abstract: Critical minerals are the important resources in different historical periods, which had a great strategic significance and key supporting effect in economic and social development. After analyzing the critical minerals list and the relevant data, such as resource reserves, productions, consumptions and trades from China, America, Britain, Japan, Australia, Brazil and European Union, determines 57 species of critical minerals, including cobalt, wolfram, niobium, tantalum, rare earth, manganese, lithium, stibium, graphite, vanadium, platinum family, aluminum, nickel, bismuth, zirconium, chromium, titanium, beryllium, indium, tin, molybdenum, magnesium, hafnium, gallium, germanium, fluorite, zinc, uranium, iron, copper, gold, phosphorus, scandium, silicon, rhenium, coal, potassium salt, rubidium, cesium, tellurium, selenium,

收稿日期: 2022-11-04 责任编辑: 宋菲

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“全国海陆矿产资源图件编制更新”资助(编号: DD20221696)

第一作者简介: 梅燕雄(1962—), 男, 博士, 研究员, 长期从事区域成矿学和矿产资源编图研究, E-mail: meiyx@sohu.com.

第二作者简介: 裴荣富(1924—), 男, 中国工程院院士, 矿床地质与矿产勘查学专家, 致力于矿业工程勘查和科学研究工作。

通讯作者简介: 魏然(1983—), 女, 助理研究员, 从事矿物学及矿床成因研究, E-mail: weiranyspa@126.com.

引用格式: 梅燕雄, 裴荣富, 魏然, 等. 关键矿产与能源资源安全[J]. 中国矿业, 2022, 31(11): 1-8.

MEI Yanxiong, PEI Rongfu, WEI Ran, et al. Critical minerals and energy resources security[J]. China Mining Magazine, 2022, 31(11): 1-8.

strontium, thallium, barite, boron, arsenic, helium, barium, thotium, lead, mercury, silver, cadmium, diamond, sulfur, petroleum, natural gas. The critical minerals in the world are mainly included rare metals, scattered metals, rare earth metals, precious metals, ferrous and non-ferrous metals. Their production and consumption are mainly distributed in 42 countries and regions, including China, the United States, Russia, Canada, Australia, Japan, Germany, South Korea. The main deposit types of critical minerals are sedimentary, hydrothermal, metamorphic, weathering crust, magmatic and porphyry type, which are mainly distributed in the metallogenic domains of Lauria, Gondwana and metallogenic areas of Ural-Mongolia, Africa-Arabia. At present, the Russia-Ukraine conflict has seriously impacted the international energy and mineral products market. The anti-globalization measures of decoupling and chain breaking carried out by European and American countries have complicated the situation of international energy, resources cooperation and competition. We will focus on critical minerals, accelerate the building of a new dual-cycle development pattern, and take into account various factors, such as geological priority, technological feasibility, economic reasonability, environmental friendliness, legal permission and financial support. We will strengthen green exploration, efficient development, strict protection, rational utilization and planning control of the energy and important mineral resources both at home and abroad. There are important strategic measures to maintain the energy and resources security of our country and promote the high-quality development of mining industry.

Keywords: critical minerals; energy resources security; mineral resource; mining industry

1 关键矿产是对经济社会发展具有重大战略意义和关键支撑作用的重要矿产

1.1 石英岩、砂岩等非金属矿产的利用开启了人类历史的序幕

人类最早出现的时间距今约有 300 万年,能够制造和使用石器是古猿进化为猿人的划时代标志。在漫长的原始社会,原始人类主要利用石英岩、砂岩、花岗岩、石灰岩、脉石英等非金属矿产制作石器。即使到了现代社会,这些矿产仍然是广泛用作建筑材料及冶金辅助原料、化工原料的非金属矿产^[1]。

原始人类主要使用石器的时代被称为石器时代,可进一步分为旧石器时代和新石器时代。旧石器时代主要是打制石器,包括砍砸器、刮削器等。新石器时代的石器制作更加精细,出现了磨制石器,人们学会了在磨制石器上钻孔、装上木柄制成石斧、石锄等工具和用黏土、陶瓷土制作陶器。

1.2 铜、锡、铁等有色金属、黑色金属矿产的利用促使人类社会进入农业文明

铜是最早被人类利用的金属矿产,人们最初发现并加工自然铜及孔雀石,进而用铜、锡炼成青铜,后来又发明了冶铁技术。用青铜、铁制作的礼器、乐器、兵器、食器、容器和农具、工具、生活用具广泛应用于生产、生活的各个方面,大大促进了农业以及手工业、畜牧业的发展,标志着人类历史从野蛮时期进入文明时期^[2]。

古埃及在公元前 6 000 年已使用铜器,公元前 2 900 年已能够铸造比较坚硬的青铜器。古巴比伦王国公元前 4 000 年制造的铁珠、匕首是迄今发现

的最早陨铁器,青铜马车则是古印度文明成熟时期的产物。我国在夏代、春秋时期分别进入铜器时代和铁器时代。

在铜器、铁器时代,银、金先后被用于制造货币和装饰品,石盐、汞(丹砂)、雄黄、铅、高岭土、玉石、宝石、水晶等矿产也先后被开采利用,陶器制造向瓷器制造发展并形成陶瓷业。

1.3 煤、石油、天然气、铀等能源矿产的利用推进了三次工业革命

18 世纪 60—80 年代,英国率先发明了纺纱机、织布机、蒸汽机,19 世纪初又发明了蒸汽机车(火车),用机器生产代替手工劳动,用工厂代替手工工场,完成了对经济社会发展具有巨大影响和深远意义的第一次工业革命。稍后,法国、比利时、美国也进行了工业革命。第一次工业革命也是一次技术革命,它开创了人类社会的机器时代或蒸汽时代,煤、铁等矿产的开发利用为其提供了关键支撑作用,铜、铅锌等矿产也得到开发利用。

19 世纪 70—90 年代,德国、美国等国先后发明了发电机、内燃机(汽油机)、柴油机以及电灯、电话机、收音机、电车、汽车、汽船、拖拉机、飞机等,电力作为新的能源逐步取代蒸汽动力而占据统治地位,引起了第二次工业革命。对石油、天然气、煤炭、铁的开发利用不仅提供了强大的工业动力,而且导致了石油工业、煤炭工业、化学工业、电力工业、兵器工业等新的工业门类的兴建和发展,冶金和钢铁工业也发展到一个新的水平。第二次工业革命是一次新技术革命,技术发明的科学含量高,开辟了人类社会

的电气化时代。这一时期, 铝、镍、钨、钼、锰、磷等矿产也先后得到大规模开发利用。

20 世纪 40—60 年代, 美国、苏联等国先后发明和制造了原子弹、氢弹、核电站、运载火箭、人造地球卫星、宇宙飞船、电子计算机及互联网, 以原子能、空间航天、电子计算机为代表的科学技术突飞猛进, 引起了第三次工业革命和高技术革命, 开创了人类社会的信息化时代, 铀、锆、硅、锂、稀土等矿产为其提供了关键支撑作用, 核工业、航天工业、电子工业等新兴工业快速发展^[3]。

18 世纪中叶以来的三次工业革命, 是由传统的农业社会向现代工业社会转变的工业化过程, 是人类大量消耗矿产资源、快速积累社会财富、迅速提高生活水平的过程, 同时也付出了巨大的生态环境代价, 加剧了人与自然的矛盾。英国、美国及苏联通过控制和开发利用对工业革命起关键支撑作用的矿产, 形成强大的经济和军事实力, 先后成为世界强国。

1.4 以稀有金属、稀散金属、稀土金属矿产为主的关键矿产对新一轮科技革命和产业变革至关重要

进入 21 世纪, 新一轮科技革命和产业变革深入发展, 新一代信息技术、人工智能、生物技术、新能源、新材料、高端装备、绿色环保等战略性新兴产业成为经济增长的新引擎, 人类正在逐步迈入后工业社会^[4]。一方面, 稀有金属、稀散金属、稀土金属对战略性新兴产业的关键支撑作用日趋重要, 一些重要的有色金属矿产、黑色金属矿产、贵金属矿产、能源矿产、非金属矿产对经济社会发展仍然具有战略意义。另一方面, 世界多极化、经济全球化在曲折中发展, 百年未有之大变局加速演进, 不确定难预料因素增多, 全球矿产资源争夺日趋激烈, 一些具有战略意义的关键矿产存在日益增加的供应风险。

早在两次世界大战期间, 美国就意识到在战争或者国家紧急状态下军事、工业、民用所必需的原材料在美国可能没有找到或者没有足够的产量而难以满足需要, 专门制订了《战略性和危机性原材料储备法》。20 世纪 70—80 年代, 美国将影响到国家安全和经济健康的矿产资源列为关键矿产或危机矿产, 成立国家危机原材料委员会, 制订《战略矿产和急缺矿产储备法》并发布相关研究报告、建立关键矿产清单, 预防供应中断。2017 年, 时任美国总统特朗普签署《保障关键矿产安全可靠供应的联邦战略》, 强调要保障美国关键矿产的稳定供给^[5-9]。欧盟在冷战时期发布的原材料供应通告中曾将钨、锰、铬、钼等矿产列为受关注的原材料。2008 年, 欧盟发起《原材料倡议》, 将具有经济重要性且有高度供应中

断风险的原材料视为关键材料, 旨在保障欧盟关键矿产的安全、可持续、可获得的供应。2010 年发布的《对欧盟生死攸关的原料报告》, 将对欧盟经济有效运行较重要、有竞争力但供应处于不利地位的矿产列为关键原材料。英国、澳大利亚、日本、巴西等国也开展了相关研究。

新中国在成立后相当长的历史时期, 重点关注 45 种主要矿产的资源储量、地质勘查、矿山建设及供需情况。从“十五”计划到“十四五”规划, 国家先后提出发展高新技术产业和战略性新兴产业, 实施找矿突破战略行动, 加强石油、天然气、煤炭、煤层气、页岩气、页岩油、铜、铅锌、锰、稀土、钨、锡、锑等重要矿产资源勘查开发、保护和合理利用, 建立完善石油、天然气、煤炭等战略资源储备制度, 加强战略性矿产资源规划管控。

显然, 关键矿产与战略性矿产资源的概念基本相当, 有时也可以统称为战略性关键矿产。不同历史时期, 同一历史时期的不同国家, 对关键矿产的具体界定有所不同。2009 年, 日本将 31 种矿产列为优先考虑的战略矿产, 其中, 铂、钯同属于铂族矿产。2015 年, 英国将 41 种矿产列为风险矿产。2017 年, 欧盟将 27 种矿产及原材料列为关键原材料, 其中, 煤主要指焦煤, 硅主要指金属硅或结晶硅, 重稀土与轻稀土、磷酸盐岩与磷可以合二为一, 天然橡胶不属于矿产, 实际为 24 种。2018 年, 美国将 35 种矿产列为危机矿产^[9-12]。2022 年, 美国经评估又增加了 15 种矿产, 扣除将铂族和稀土两个矿产组分开计数的因素, 实际增加锌、镍两种矿产, 同时删除了铀、锶、镓、锆、铯、钾、氦 7 种矿产, 调整后的关键矿产清单保有 30 种矿产。2019 年, 澳大利亚将 24 种矿产列为关键矿产, 2022 年新增 2 种矿产。中国在全国矿产资源规划(2016—2020 年)》中将 24 种矿产列为战略性矿产, 其中, 煤层气、页岩气均属于天然气。近年来, 专家建议增加锰、锌、铌、钽 4 种矿产(表 1)。

从表 1 中可以看出, 全球主要国家和欧盟确定的关键矿产共有 57 种。其中, 被 5~7 个国家(含欧盟)共同确定的关键矿产有钴、钨、铌、钽、稀土、锰、锂、锑、石墨、钒、铂族、铝、镍、铋、锆、铬、钛、铍、铟等 19 种; 被 3~4 个国家(含欧盟)共同确定的关键矿产有锡、钼、镁、钨、镓、锆、萤石、锌、铀、铁、铜、金、磷、钨、硅、铯等 16 种; 被 1~2 个国家(含欧盟)共同确定的关键矿产有煤、钾盐、铷、铯、碲、硒、锑、铈、重晶石、硼、砷、氮、钡、钼、铅、汞、银、镉、金刚石、硫、石油、天然气(煤层气、页岩气)等 22 种。

表1 全球主要国家和欧盟关键矿产厘定情况

Table 1 Critical minerals determination in major countries and the European Union

序号	关键矿产名称	中国(26种战略性矿产, 2016年和2022年)	美国(30种关键矿产, 2018年和2022年)	欧盟(24种关键原材料, 2017年)	英国(41种风险矿产, 2015年)	日本(30种战略矿产, 2009年)	澳大利亚(26种关键矿产, 2019年和2022年)	巴西(24种特别重要的矿产, 2021年)
1	钴、钨、铌、钽、稀土	●	●	●	●	●	●	●
2	锰、锂	●	●	—	●	●	●	●
3	铋	●	●	●	●	●	●	—
4	石墨	●	●	●	●	—	●	●
5	钒、钼族	—	●	●	●	●	●	●
6	铝	●	●	—	●	—	●	●
7	镍	●	●	—	●	●	—	●
8	铀	—	●	●	●	●	●	—
9	锆、铪	●	●	—	●	●	●	—
10	钛	—	●	—	●	●	●	●
11	铍、铟	—	●	●	●	●	●	—
12	锡	●	●	—	●	—	—	●
13	钨	●	—	—	●	●	—	●
14	镁	—	●	●	●	—	●	—
15	铟	—	●	●	—	●	●	—
16	镓、锗	—	—	●	●	●	●	—
17	萤石	●	●	●	●	—	—	—
18	锌	●	●	—	●	—	—	—
19	铀、铁、铜、金	●	—	—	●	—	—	●
20	磷	●	—	●	—	—	—	●
21	钨	—	●	●	—	—	●	—
22	硅	—	—	●	—	—	●	●
23	铌	—	—	—	●	●	●	—
24	煤	●	—	●	—	—	—	—
25	钾盐	●	—	—	—	—	—	●
26	铷、铯	—	●	—	—	●	—	—
27	碲	—	●	—	—	●	—	—
28	硒、锑	—	—	—	●	●	—	—
29	铊	—	—	—	—	●	—	●
30	重晶石	—	●	●	—	—	—	—
31	硼	—	—	●	—	●	—	—
32	砷	—	●	—	●	—	—	—
33	氦	—	—	●	—	—	●	—
34	钼	—	—	—	●	●	—	—
35	钨、铅、汞、银、镉、金刚石	—	—	—	●	—	—	—
36	硫	—	—	—	—	—	—	●
37	石油、天然气 (煤层气、页岩气)	●	—	—	—	—	—	—

注：“●”为关键矿产；“—”为未列入关键矿产。

2 关键矿产的基本特征

2.1 关键矿产以稀有金属、稀散金属、稀土金属、贵金属矿产和黑色金属、有色金属矿产为主体

全球主要国家和欧盟确定的57种关键矿产中，

稀有金属、稀散金属、稀土金属、贵金属矿产23种，黑色金属、有色金属矿产18种，约占关键矿产总数的71.9%，能源矿产、非金属矿产、气体矿产仅占28.1%(表2)。

床类型,包括热液蚀变岩型和石英脉型矿床。

斑岩铜钼矿床、红土型镍和铝土矿矿床、变质型石墨和铁矿床、岩浆型铬铂和铜镍矿床、岩浆型钒钛磁铁矿床、矽卡岩型钨锡矿床、伟晶岩型锂铍和铌钽矿床、金伯利岩型金刚石矿床等都是关键矿产非常重要的矿床类型。钽的主要矿床类型是独居石砂矿,经常与钛铁矿、金红石、锆石共生。锶、铷的主要矿床类型是热液型及矽卡岩型、陆相沉积型矿床,铷主要从重晶石中提取。

稀散金属、稀有气体和一些稀有金属、有色金属矿产很少形成单独矿床,绝大部分均以伴生组分产于其他矿床中。钴多产于层状砂页岩型铜矿床、矽卡岩型铁铜矿床中,铋多产于矽卡岩型钨锡铅锌矿床及热液型硫化物矿床中,锆、铪都从锆石中提取,铷、铯、铊主要赋存在与花岗岩有关的锂云母、铁锂云母、白云母、铯沸石以及微斜长石、钾长石、绿柱石、天河石和钾盐矿床中,镓、铟、锗、镉、铟、铊、碲主要赋存在铅锌、铜钼、锡硫化物矿床以及沉积铝土矿和铁矿床、煤层、油页岩中,钷主要赋存在热液型钨锡矿床及煤层中。硅主要来自石英岩、脉石英等,氦主要来自富氦的天然气。

3 与关键矿产有关的动向及建议

3.1 俄乌冲突严重冲击国际能源市场和矿产品市场

北约和欧盟长期推行东扩政策,不断压缩俄罗斯生存、发展的战略空间。2022年2月俄乌冲突爆发以来,美国联合欧盟和英国、加拿大、日本、澳大利亚等国家一方面不断增加对乌克兰的军事、经济援助;另一方面不断增强对俄罗斯的能源、金融、贸易、科技、体育、文化制裁,不仅使俄罗斯、乌克兰蒙受巨大损失,也导致石油、天然气、煤、铁矿石、铜、镍等矿产品价格飙升,严重冲击国际能源市场和矿产品市场。

欧美国家在对俄罗斯进行极限施压的同时,推进与俄罗斯的“硬脱钩”进程,宣布禁止俄罗斯使用环球同业银行金融电讯协会(SWIFT)国际结算系统,并对俄罗斯关闭领空、港口。美国颁布对俄罗斯的能源禁令。欧盟计划在2027年前摆脱对俄罗斯的能源依赖,宁可购买美国的高价天然气也不购买俄罗斯的廉价能源,即使引发能源危机并给经济和民生带来巨大损害也在所不惜。北溪天然气管道被炸后,俄罗斯天然气占据欧盟的市场份额已从2022年1月的40%降至11月的9%。

3.2 欧美国家推行脱钩断链的逆全球化措施,能源资源合作与竞争形势复杂

当前,世界经济的稳定和发展在一定程度上建立在欧美对俄罗斯的能源依赖、对中国的市场依赖

和中俄对欧美国家的高科技依赖、高端设备依赖基础上。以美国为首的西方国家顽固坚持冷战思维、零和博弈思维,掀起逆全球化思潮,在能源资源和相关产业领域推行脱钩断链、筑墙设垒等霸道措施,大搞针对特定国家的阵营化和排他性小圈子^[4],增大了关键矿产安全稳定供应的风险性,增加了国际能源资源合作的复杂性和不确定性。

2022年10月,美国总统拜登颁布新版国家安全战略,再次将美国的战略目标定为遏制和超越中国,宣称21世纪是美国的世纪、中国是比俄罗斯更大的威胁,主张建立只有美国及其盟国的经济体系,将中国赶出高端产业链。同时,美国也表示将致力于降低核战风险,不寻求冲突或新冷战,不寻求阻止中国发展经济,不寻求阻止中国发挥大国作用。

美国还与加拿大、澳大利亚、法国、德国、英国、瑞典、芬兰、日本、韩国和欧盟建立矿产安全伙伴关系,与阿根廷、巴西、智利、刚果(金)、印度尼西亚、蒙古国、莫桑比克、纳米比亚、菲律宾、坦桑尼亚、赞比亚等国家举行部长级会议,旨在加强关键矿产供应链,保障对经济、科技、军事至关重要的关键矿产的供应,减少对中国产品的依赖。加拿大随即要求中矿(香港)稀有、盛泽锂业、藏格矿业必须分别出售其在动力金属公司、智利锂业公司、超级锂业公司的股权,立即剥离其在加拿大三家关键矿产公司的权益,强调原则上将不会批准外国国有企业的重大交易。

3.3 聚焦关键矿产,确保国家能源资源安全

《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》和中共二十大报告提出,实施国家安全战略,保障能源和战略性矿产资源安全,确保能源资源安全和重要产业链供应链安全。加快构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局,推进高水平对外开放,推动高质量发展,以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴^[4]。

我国已成为世界最大的能源资源生产国和消费国,但部分关键矿产的生产仍然不能完全满足消费需求。必须从国家战略高度出发,进一步改善投资环境,加强境内外能源和重要矿产资源的绿色勘查、高效开发、严格保护、合理利用和规划管控,建立完善战略资源储备制度,保障能源和重要矿产资源的安全稳定可持续供应,维护国家经济安全。

确保国家能源资源安全,首先要确保石油、天然气、煤炭、铁矿石、铜矿、铝土矿、钾盐等大宗矿产品的安全稳定可持续供应。对锂、稀土、钴、钨锡、铌钽等用量较少但对战略性新兴产业日益重要的稀有金

属、稀散金属、稀土金属、有色金属及稀有气体,应当在资源开发利用领域加强科技攻关,提高资源开发利用水平,实施必要的战略储备和规划管控。

3.4 加快构建双循环新发展格局,推动矿业高质量发展

矿业是国民经济的基础产业,经济社会的发展离不开矿业的支撑,矿业高质量发展是经济高质量发展的基础和重要组成部分。增强国内、国际两个市场、两种资源的联动效应,推进“一带一路”建设,投资、贸易双轮驱动,在立足国内保障战略性矿产资源供应安全兜底与核心需求的同时,尽可能多地利用境外矿产资源^[15]。持续推进绿色矿山建设,综合考虑地质先行、技术可行、经济合理、环境友好、法律允许、金融支持等多种因素^[16],在关键矿山的开采、选冶、加工、利用等全产业链实现高质量发展。

加强国际矿业合作是推动矿业高质量发展的重要环节。在关键矿产生产和消费领域的42个主要国家和地区中,首先要加强同俄罗斯、印度、巴西、南非、哈萨克斯坦、塔吉克斯坦、伊朗等金砖国家、上海合作组织国家的合作,在20国集团框架内加强同美国、加拿大、日本、德国、法国、英国、意大利、澳大利亚、印度尼西亚、沙特阿拉伯、土耳其、韩国、墨西哥、阿根廷的合作,同时加强同越南、泰国、菲律宾、刚果(金)、津巴布韦、纳米比亚、马达加斯加、摩洛哥、博茨瓦纳、赞比亚、几内亚、秘鲁、智利、玻利维亚、委内瑞拉等发展中国家的合作,共同推动世界矿业的高质量发展。

参考文献

[1] 王家枢,张新安,张小枫. 矿产资源与国家安全[M]. 北京:地质出版社,2000.

[2] 裴荣富, D V 荣奎斯特,梅燕雄,等. 1:2500 0000 世界大型超大型矿床成矿图[M]. 北京:地质出版社,2009.

[3] 梅燕雄,龚羽飞,胡如权,等. 全球矿产资源勘查开发的基本态势[J]. 中国矿业,2009,18(10):5-7.
MEI Yanxiong, GONG Yufei, HU Ruquan, et al. The development state of exploration and exploitation of global mineral resources[J]. China Mining Magazine, 2009, 18(10): 5-7.

[4] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜,为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗[M]//本书编写组,党的二十大报告辅导读本. 北京:人民出版社,2022.

[5] 王登红. 关键矿产的研究意义、矿种厘定、资源属性、找矿进展、存在问题及主攻方向[J]. 地质学报,2019,93(6):1189-1209.
WANG Denghong. Study on critical mineral resources: significance of research, determination of types, attributes of resources, progress of prospecting, problems of utilization, and direction of exploitation[J]. Acta Geologica Sinica, 2019, 93(6):1189-1209.

[6] 王登红. 战略性关键矿产相关问题探讨[J]. 化工矿产地质, 2019, 41(2):65-72.
WANG Denghong. Discussion on issues relate to strategic key mineral resources[J]. Geology of Chemical Minerals, 2019, 41(2):65-72.

[7] 何贤杰,张福良. 关于及早谋划战略性新兴矿产发展的思考与建议[J]. 中国国土资源经济, 2014(5):4-8.
HE Xianjie, ZHANG Fuliang. Thoughts and suggestions on early planning strategic emerging minerals development[J]. Natural Resource Economics of China, 2014(5):4-8.

[8] 毛景文,杨宗喜,谢桂青,等. 关键矿产:国际动向与思考[J]. 矿床地质, 2019, 38(4):689-698.
MAO Jingwen, YANG Zongxi, XIE Guiqing, et al. Critical minerals: international trends and thinking[J]. Mineral Deposits, 2019, 38(4):689-698.

[9] 郭佳,易继宁,王慧. 全球主要战略性矿产名录评价因素对比研究[J]. 现代矿业, 2018, 34(12):1-5.
GUO Jia, YI Jining, WANG Hui. Comparative study on evaluation factors of global major strategic mineral resources lists[J]. Modern Mining, 2018, 34(12):1-5.

[10] 翟明国,吴福元,胡瑞忠,等. 战略性关键金属矿产资源:现状与问题[J]. 中国科学基金, 2019(2):106-111.
ZHAI Mingguo, WU Fuyuan, HU Ruizhong, et al. Critical metal mineral resources: current research status and scientific issues[J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2019(2):106-111.

[11] 赵藜,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.
ZHAO Shen, WANG Peng, WANG Lu, et al. Evolution of the US strategy for critical minerals strategy and the implications [J]. Science & Technology Review, 2022, 40(8):91-103.

[12] 鞠建华,张照志,潘昭帅,等. 我国战略性新兴产业矿产厘定与十四五需求分析[J]. 中国矿业, 2022, 31(9):1-11.
JU Jianhua, ZHANG Zhaozhi, PAN Zhaoshuai, et al. Determination of mineral resources in China's strategic emerging industries and analysis of the demand of the "14th five year plan"[J]. China Mining Magazine, 2022, 31(9):1-11.

[13] 国土资源部信息中心. 世界矿产资源年评 2016[M]. 北京:地质出版社,2016.

[14] 梅燕雄,裴荣富,杨德凤,等. 全球成矿域和成矿区带[J]. 矿床地质, 2009, 28(4):383-389.
MEI Yanxiong, PEI Rongfu, YANG Defeng, et al. Global metallogenic domains and districts[J]. Mineral Deposits, 2009, 28(4):383-389.

[15] 梅燕雄,杨德凤,叶锦华,等. 中国矿产资源战略问题[J]. 中国矿业, 2008, 17(6):11-13.
MEI Yanxiong, YANG Defeng, YE Jinhua, et al. Research on China strategy of mineral resources[J]. China Mining Magazine, 2008, 17(6):11-13.

[16] 舒思齐,张洪涛,裴荣富,等. 矿业可持续勘查开发四元模型[J]. 地质通报, 2017, 36(8):1476-1482.
SHU Siqi, ZHANG Hongtao, PEI Rongfu, et al. Quaternion model for sustainable exploration and development of mines (QMN) [J]. Geological Bulletin of China, 2017, 36(8):1476-1482.