

编者按:《太平洋学报》创刊于1993年,今年是创刊30周年。新时代有新使命,学报也将努力实现新发展。党的二十大报告明确要求加强重点领域安全能力建设,确保粮食、能源资源、重要产业链供应链安全,加强海外安全保障能力建设;发展海洋经济,保护海洋生态环境,加快建设海洋强国。对这些重要领域,习近平总书记念兹在兹,擘画引领。自然资源部领导要求,要深刻领会习近平总书记关于耕地保护、保障能源资源安全、海洋强国建设的重要论述和指示批示精神,这是我们做好自然资源工作的根本遵循和行动指南;并专门要求,要深化对极地、深海认知,构建海洋安全保障体系,参与全球海洋治理,推进海洋强国建设,积极推动构建人类命运共同体。《太平洋学报》作为部主管刊物,认真贯彻落实自然资源部工作要求,在本年第10期出版“统筹发展与安全下的自然资源工作”研究专辑,希望抛砖引玉,聚集社会科学学界就此做更多高水平研究。

DOI:10.14015/j.cnki.1004-8049.2023.10.001

林君:“矿产资源保障与国家安全”,《太平洋学报》,2023年第10期,第1-9页。

LIN Jun, “Mineral Resources and National Security”, *Pacific Journal*, Vol.31, No.10, 2023, pp.1-9.

矿产资源保障与国家安全

林君¹

(1.吉林大学,吉林 长春 130012)

中图分类号:D621

文献标识码:A

文章编号:1004-8049(2023)10-0001-09

我今天跟大家分享的题目是《矿产资源保障与国家安全》,这也是我第一次做这方面的报告,我们共同来学习。我今天想讲的有四个方面。

一、矿产资源是国家安全的基础保障

先介绍矿产资源是国家安全的基础保障。在习近平主席主持召开的中央国家安全委员会第一

次会议中,提出了11种国家安全,包括政治安全、国土安全、军事安全等,还提到了资源安全和核安全。^①在国家安全体系中,资源安全是现代社会的基础和保障。资源安全,包括矿产资源的安全。

矿产资源是如何定义的呢?矿产资源是经过地质过程形成的,赋存于地壳内或地壳上的固态、液态或气态物质,能够成为经济上可采出、有价值、可加工、可利用的自然资源。比如

收稿日期:2023-05-23;修订日期:2023-09-14。

作者简介:林君(1954—),男,吉林通化人,中国工程院院士,教授,吉林大学地球科学学部学部长,国家地球物理探测仪器工程技术研究中心主任,教育部地球信息探测仪器重点实验室主任,自然资源部地球探测技术及仪器重点实验室主任,主要研究方向:地质资源的地球物理探测技术与智能探测装备研究、仪器装备自主研发及其工程化应用。

* 本文根据林君院士4月12日在吉林大学第二期“国家安全学讲习班”上的讲座整理和后期完善而成,该讲座由吉林大学国家发展与安全研究院院长肖晔教授主持。

① “坚持总体国家安全观,走中国特色国家安全道路(2014年4月15日)”,载习近平著:《习近平谈治国理政》(第一卷),外文出版社,2018年版,第200-201页。

石油。^① 广义的矿产资源包含能源矿产、黑色金属矿产、有色金属矿产、稀有金属矿产、贵金属矿产以及水气矿产等。

矿产资源在人民生产和生活中是基本的源泉。“美丽的地球是人类赖以生存的家园”，矿产资源就来源于地球，并且是来源于地下。我们为什么说矿产资源是基本的源泉呢？当今的社会90%以上的一次能源（煤炭、石油、天然气、水能等）、80%左右的工业原材料和60%以上的农业生产资料均取自于矿产资源，30%左右工农业的生产用水和城乡居民用水也取自于地下水。这些都是矿产资源当中的。我们再拿手机来看，矿产资源与我们的日常生活息息相关。举一个例子，一部苹果（iPhone 4S）手机中，除了硅、碳等非金属，还含有33克铁、17克铬、6克铜、36毫克金、90毫克银等。分析苹果手机的化学成分，我们看到，制造一部手机要开采10~15公斤的矿石，包括7公斤高级金矿、1公斤典型铜矿。华为手机屏幕使用的材料中，包括钾等。手机电池中使用的材料、芯片中使用的材料和外壳中使用的材料，也都是金属矿产和非金属矿产。随着经济的快速发展，人类对资源的利用也将有增无减，从而导致资源的稀缺。因此，保障矿产资源的供需平衡至关重要。

人类社会发展依赖于矿产资源的供需平衡。上述这些矿产资源，这些制造电子设备当中重要的金属，如果由于我们对资源的利用，导

致了资源的稀缺，那我们就要在短期之内，对矿产资源要有保障。供需平衡是指：矿产资源总量充足、人均量充裕，质量有保障，多样化能源供给“高效、经济、稳定”和非破坏自然环境的供给服务能力等。随着社会的发展，对矿产资源需求在增长，如果矿产资源的生增长，供给能力会下降，供需平衡将被打破，资源安全就出现了问题。所谓资源安全问题，包括资源禀赋（类型、数量、质量、分布等总体状况）、资源生产与供给能力和资源消费需求。

1.1 矿产资源安全的宏观管理——战略性矿产资源

因为矿产资源涉及的种类比较多，我们比较紧缺的矿产，就把它们称为战略性矿产资源，这些是对国家具有极大战略意义的矿产。自然资源部发布的全国矿产资源规划（2016—2020年）提出了强化矿产资源宏观管理，制定并把24种矿产列入了战略性矿产目录。近年来专家又建议增加锰等四种矿产。自然资源部所列的战略性矿产，包括能源矿产（6种）、金属矿产（14种）和非金属矿产（4种）。中国和美国在关键性矿产方面各自列出了“关键矿物清单”，二者有相同的矿产，也有不同的矿产（见表1）。不同的国情有不同的战略需求，各个国家的关键性矿产、战略性矿产目录内容也是不一样的。

表1 中国、美国“关键矿物清单”的异同

	中国战略性矿产	美国“关键矿物清单”
相同矿产	铀、钍、铝、钴、钨、锑、锂、锆、锡、稀土、萤石、钾盐、石墨(天然)	
不同矿产	石油、天然气、页岩气、煤炭、煤层气、铁、铜、金、镍、钼、磷	锰、钒、钛、镁、铋、铂族金属、铌、钽、铍、锶、铷、铯、铟、铊、锗、镓、铟、铪、碲、重晶石、砷、氮

数据来源：作者根据《全国矿产资源规划（2016—2020年）》及《2016年美国国家安全至关重要的矿物清单》整理制作。

1.2 矿产资源安全关乎国计民生——是工业的粮食、国民经济的命脉

习近平总书记指出，矿产资源勘查开发事关国计民生和国家安全。^② 保障矿产资源安全对中国的发展至关重要。矿产资源包括能源矿

^① 具体可参见：《中华人民共和国矿产资源法实施细则》，中华人民共和国自然资源部网站，1994年3月26日国务院令第152号发布，http://g.mnr.gov.cn/201701/t20170123_1427794.html。

^② “习近平给山东省地矿局第六地质大队全体地质工作者的回信”，中华人民共和国中央人民政府网，2022年10月4日，https://www.gov.cn/xinwen/2022-10/04/content_5715801.htm。

产、金属矿产、非金属矿产、水气矿产等。

(1) 能源矿产

能源矿产是国民经济重要的支撑。能源矿产中的石油我们经常看到。国际上大的战争,包括中东战争、两伊战争、海湾战争等,都是为了争夺石油资源而导致的战争。这些战争造成了数百万无辜平民的伤亡和近千万平民的流离失所,多年建设的国家毁于一旦,比如叙利亚、利比亚、伊拉克。由于目前国际形势的动荡、中东地区长期混乱,国际油价由美国一手操纵,我们要争取定价权非常困难。同时我国对原油需求量越来越大,国内油价持续在攀高。由于汽车的增长,我国对原油的需求也在不断攀升。这些都使我们对能源的需求攀升。为保障用油安全,油气矿产有了需要。那么如何保障用油的安全呢?这就需要对矿产油气进行勘探和开发。

我们再举一个能源矿产的例子。除原油外,煤炭也是社会发展的基石。根据国家能源局数据显示,2022年,我国电力供应结构中火电占比高达66.5%。^①火电主要用的原料就是煤,所以煤炭决定了中国绝大部分的电力供应。

铀矿是国防建设的重要支撑,是制造核武器的重要原料,也是不可或缺的矿产资源。1945年,美国在日本广岛上空投掷了原子弹,超半数的建筑直接被夷为平地,造成了大量平民和士兵的伤亡,直接加速了第二次世界大战的结束进程。我们国家在上个世纪60年代制造了原子弹。我们可以看到《人民日报》的号外——“我国第一颗原子弹爆炸成功”。因为有了原子弹,我们国家能够持续和平与稳定。那原子弹靠的是什么呢?核武器用的是什么呢?用的是铀矿,其化学元素是U235,需要从天然铀矿中提炼。在全世界范围内,铀矿的储量是极为稀缺的。这需要精细的勘查工作,设计专业的矿产勘探仪器,只有这样才有可能保障铀的产量,而且这其中又不止铀矿这一种。

(2) 金属矿产

金属矿产是社会经济和国民生活的重要支撑。汽车制造,车的车身、发动机、底盘,有的用

的是钢铝混合,有的用的是钢材和铸铁,有的用的是铝和钢。对汽车而言,金属矿产是它重要的支撑。在医疗仪器方面,无论是医用类材料,还是医疗类用品,金属矿产都极为重要。那医用的材料里头包括什么?比如:人工假体用的是不锈钢和钛;医疗药品当中,硒可以提高人体的免疫能力,用于防治癌症等。这些特殊的金属矿产,它们的化合物是极好的制药来源。

金属矿产也是国防建设当中的基石。在武器装备中,无论是低碳钢、铝合金、钛合金,还是贵金属、陶瓷等,设计的坦克、大炮都可能会有这些材料。大炮的射程不断扩大,型号也更新迭代得很快。这些武器装备都是矿产资源开发的产物。所以我们说,在武器装备当中,几乎所有的原材料和能源都是由金属矿产来提供的。

金属矿产也大量应用于新能源领域。动力电池是新能源汽车的核心部件,锂离子电池是目前动力电池中的主流。锂电池能量密度高、基础使用寿命较长,随着新能源汽车行业的快速发展,探明和开发锂矿的需求也在持续增长。

近年来,对能源矿产的需求在持续地、快速地攀升。其主要原因是在新能源电池方面。由于它的高能量密度导致寿命比较长,它的原材料是锂,这是最轻的金属。这个锂离子电池就成了现在动力电池里的主流技术。目前在积极开发新一代的锂硫电池技术等,这些都需要锂矿,所以对锂矿的需求在持续增加,锂的价格持续攀升。所以现在呢,在全球锂资源这个领域,正在发生一场没有硝烟的战争。探明和开发锂矿这个资源现在已经是势在必行。

此外,稀土作为重要的金属矿产,是科技强国的物质基础。如果说石油是工业的血液,那稀土元素(是15个镧系元素和钇、铥共17个元素的总称)就是工业的“维生素”。作为“新材料之母”,稀土被广泛应用于尖端科技领域和军工领域。稀土在日常生活中也无处不在,堪称

^① “多地用电破纪录:能源求变,风光装机崛起进行时”,国家能源局,2023年7月31日, http://www.nea.gov.cn/2023-07/31/c_1310734804.htm。

“万能之土”。中国具有丰富的稀土资源,位于内蒙古自治区的白云鄂博矿床是全球唯一同时包含17种稀土元素的矿床。“中东有石油,中国有稀土”。中国在稀土领域占据四个第一:储量第一、产量第一、出口量第一、消费量第一。依靠大量开采和生产实践,中国在稀土开采及提炼技术上积累了较大优势,但在稀土应用技术上,中国长期被限制在西方国家设置的专利壁垒之外。如何利用这个丰富的资源,在国际上使我们有更好话语权是值得思考的。稀土是中国具有国际话语权的重要战略资源和优势领域。^① 美国对中国稀土资源的依赖度很高,也担心我国不向其出口稀土材料,所以现在就有很多人在研究如何用稀土使得我们在国际上拥有更多的话语权,使我们长期被西方资源制约的情况下能够挣得话语权。

(3) 水气矿产

水气矿产是国民生活的必需品。地球虽然不缺水,但是淡水却是稀缺资源。中国的人均淡水占有量在国际上的国家排名是比较靠后的,部分地区旱灾也时有发生。利用科学合理的地球物理方法探测地下水是有效解决缺水问题的关键。研发地下水勘探仪器的工作刻不容缓。

以上内容充分说明,矿产资源是工业的粮食、国民经济的命脉,矿产资源的安全事关民生和国家安全。

1.3 矿产资源安全关乎国家安全——是大国博弈的新“战场”

矿产资源也是大国博弈的新“战场”。我们知道俄罗斯拥有的能源矿产,尤其在能源方面是特别丰富的。欧盟的一些国家特别依赖于俄罗斯的资源。由于矿产资源空间分布不均衡,矿产资源的国际争端时有发生。很多欧盟国家早期基本上不用地下的煤炭,但是由于俄乌冲突导致了它们能源方面的紧缺。我们可以看到过去关闭的一些地下的煤矿,现在由于俄乌冲突,他们就重新开启煤矿。原来欧盟国家很讲究环境保护,但是由于能源紧缺之后,煤炭也成了他们的必需品。俄罗斯已经控制多处矿产资

源,煤田、天然气田等使得俄罗斯在俄乌冲突中能够持续下去。

1.4 矿产资源安全的基本内核

矿产资源安全的基本内核包括两个方面:一个方面是矿产资源安全内涵,另一个方面是矿产资源服务国民经济的生产过程各个方面。

就前一个方面而言,矿产资源安全观具体体现是:矿产资源供给处于相对的不受威胁和无危险状态。这个矿产资源安全的内涵包括:关键时刻顶得住、供得上、保证市场供应不暴涨、不暴跌、不断档、不断供、稳得住;关键时刻供给可靠、持续、有效;极端时刻相对不出现产业链供应链中断等被“卡脖子”的风险。

再看第二个方面,矿产资源服务于国民经济生产过程各个方面,这里包括生产的四个过程,即基础地质、绿色勘查、绿色开发和产品加工。它服务于农业经济、工业经济、基础建设、战略新兴和国防科工等国民经济建设的各个方面,充分体现了矿产资源的重要性。

二、矿产资源保障计划的国内外现状

为适应紧张的国际局势,各国的战略性矿产清单会随着社会发展和国际局势的变化而持续调整。例如,2018年美国地质调查局制定的清单中包含35种非化石燃料矿产,2022年更新为50种,包括铂族金属5种、稀土元素16种;^② 2011年欧盟认定14种矿产为关键原材料,2014

^① “稀土功能材料2035发展战略”,《稀土信息》,2021年第3期,第4页。

^② “Interior Releases 2018’s Final List of 35 Minerals Deemed Critical to U.S. National Security and the Economy”, USGS, May 18, 2018, <https://www.usgs.gov/news/national-news-release/interior-releases-2018s-final-list-35-minerals-deemed-critical-us#:~:text=The%20full%20list%20of%20critical%20minerals%20includes%20the,Cesium%2C%20used%20in%20research%20and%20development%20More%20items>; “U.S. Geological Survey Releases 2022 List of Critical Minerals”, USGS, February 22, 2022, <https://www.usgs.gov/news/national-news-release/us-geological-survey-releases-2022-list-critical-minerals>.

至2020年间,经过三次调整后更新为30种;^①1974年日本将铜、镍、铬、钨等4种金属矿产定为储备矿种,1984至2021年间经过四次调整更新为34种关键矿产。

虽然不同国家基于国情和需要的差异,战略性矿产清单也不尽相同,但也有相当一部分是重叠的,其中钛、钒、稀土、钴、锂、铌、钽、铍、锆、铟、石墨等17种矿产为中美欧三方所共同关注。换言之,这些重叠的矿产资源所涉及的产业领域是世界上多个国家都重视和关注的。随着中国工业化、城镇化进程的推进,落实“3060”双碳目标,保障国家经济和国防安全的必要性日益凸显,战略性矿产资源的支撑作用愈发显著。同时,美国和欧洲已经进入后工业化时代,对大宗传统矿产的需求已开始下降,对战略新兴矿产需求呈上升趋势。各国对战略性新兴矿产的需求上升难以避免会导致国际上的竞争。

全球的关键战略矿产资源主要集中在如乌拉尔—蒙古成矿区、非洲—阿拉伯成矿区、东亚成矿区、中朝成矿区、西亚成矿区和北美成矿区等。针对战略性矿产的空间分布差异和稀缺性,各国在矿产资源的保障政策上也都有不同方案。

2.1 国外矿产资源保障政策

矿产品供给是美国经济和国家安全潜在的关键弱点之一。对此,美国采取了多项措施确保关键矿产的安全,包括:建立涵盖生产、储备、供应链安全的制度体系;呼吁政府机构与私营企业合作,建立强大的国内供应链;聚焦支撑战略性新兴产业的关键矿产,打造“关键矿产联盟”。加拿大是唯一把矿业作为支柱产业的国家,其鼓励企业进行矿产资源勘查和开发活动,外商投资不受加拿大投资法的约束,对矿产资源勘查、开发、保护和管理的立法由各省独立负责,专地专办。澳大利亚有望成为全球关键矿产的主要供应商,其专门制定改善关键矿产市场环境的政策,同时主动与美国开展关键矿产勘探、开采、加工、研究和开发方面的合作,并大

力调整地球科学政策、着力解决重大的地学问题,政府还积极提供优质地球科学信息。欧盟矿产品稀缺、高度依赖进口,为此发起了“综合战略行动”,以缓解矿产资源严重依赖进口的问题;公布关键矿产研究报告,保证14种对欧盟而言最关键矿产的安全问题;并实施“欧洲地平线”计划,以降低关键矿产的全球供应风险。

不同国家为资源勘查实施了不同的国家计划。美国2001年发起的“地球透镜计划”覆盖美国整个国土并用阵列探测地震。重力勘探技术和电磁勘探技术是美国领先的矿产勘查技术。从1981年起,受美国深部探测计划的影响,欧洲各国随后也展开了自己宏大的计划。欧洲深部探测计划包括了欧洲领先的矿产勘查技术,如采矿自动化与遥控技术、激光引导技术来推动欧盟国家的资源探查。1999年,澳大利亚提出了一个新概念即“玻璃地球计划”,目标是使澳大利亚大陆地表以下1000米以内深度的地质情况变得透明。生物采矿技术是澳大利亚领先的矿产勘查技术。加拿大在1984—2003年实施了“岩石圈探测计划”,并在之后提出了“靶区地球科学倡议”(TGI)。等离子爆破技术和自动操纵、遥控技术是加拿大领先的矿产勘查技术。南非2023年提出要“充分发挥采矿潜力”。深井技术是南非领先的矿产勘查技术,其深井黄金矿区已达到4000米深地下,是目前世界上最深的矿井。南非开展了“卡鲁深钻项目”,旨在更好地了解地质资源勘探活动对卡鲁地质环境的潜在影响。

2.2 中国矿产资源保障政策——“透明地壳”科技创新工程

目前,国际先进水平的金属矿产的勘探开采深度已经达到了4000米以下。我们国家以前是在500米。实际上,我们的勘探开采能力跟国际相比还是相对有差距的。我们在松科二井打到了7018米,但俄罗斯是目前最深的,已经达到了12262米。为了提升我们国家地球深

^① 王欢:“欧盟发布30种关键矿产与来源国清单”,《中国地质》,2021年第2期,第674—675页。

部探测的能力,中国在2008年的时候开启了地球深部探测技术与实验研究专项(Sinoprobe 2008—2012)。但是工程计划从2009年起开始实施,主要想做的就是四个方面的内容,一是揭示地球深部的组成物质成分结构,另外就是开拓深部油气资源的战略选题、开辟重要的矿产资源、提高地球认知的水平。

2017年,中国启动了地震科技创新工程,拟通过“透明地壳”“解剖地震”等4个地球深部探测计划的实施,在未来10年大幅提升地震科学研究水平以及防震减灾能力,达到国际先进水平。中国科学家广泛采用地球物理学的方法,结合钻井,取得丰硕成果,极大地完善了大陆地质学理论并取得了良好的经济效益。

三、我国矿产资源保障重大计划的实施情况

中国矿产总量较丰富、矿种齐全,但人均占有量少,随着经济快速发展,矿产需求量大、对外依存度高。为此,基于国家战略需求,中国实施了找矿突破战略行动等矿产资源保障重大计划。

3.1 中国矿产资源的基本特点

首先是我国已发现的矿产有173种,这在种类上是比较多的,其中包括了能源矿产13种、金属矿产59种、非金属矿产95种和油气矿产6种。其次,中国的矿产资源的总量是比较丰富的,矿种齐全、配套程度高,但是我们的人均资源占有量较少,大宗矿产的资源储量不足。再次,中国的矿产资源中,中小型矿床多、大矿少,贫矿多、富矿少,共伴生矿多、单一矿少。

正是由于上述特点以及中国经济的快速发展,我国矿产对外依存度过高,导致我们国家现在的资源保障形势严峻。我国约三分之二的战略性矿产需要进口,我们有的矿产对外依存度已经超过了50%,甚至最高的已经到了99%。我们国家从国外进口矿产,运输高度地依赖于马六甲海峡、巽他海峡和南海三大海上通道,

“两峡”和南海进口占比分别为38.1%和61.9%。^①因此,目前迫切需要提升矿产资源勘查能力,保障我国资源安全。

3.2 中国的国家战略需求——能源的饭碗必须端在自己手里

习近平总书记发出了“向地球深部进军”的号令,^②这个号令从理论上讲就是向地下1万米以外的可利用空间“进军”。目前国际上金属矿产勘探深度已经到了从2500米到4000米,但我国的勘测深度大多小于500米。我们向深部进军,首先必须要解决的是战略性科技问题。习近平总书记还指出,要“加强重要能源、矿产资源国内勘探开发和增储上产”。^③这是继2022年10月2日习总书记给山东地质六队回信和党的二十大报告将能源矿产安全列入国家安全体系后,又一个关于矿产资源安全战略的重要指示。反过来看,矿产资源保障已经成为我们国家安全至关重要的一环。同时,中国在生产资源方面也有一系列发展战略。第十三个五年计划提出,“推动能源结构优化升级”是建设现代能源体系的措施之一。也就是说,在国家战略中将“实施能源资源的安全战略”列为强化国家经济安全保障措施之一。

2021年习近平总书记在两院院士和中国科协代表大会上明确要求,“科技攻关要坚持问题导向,奔着最紧急、最紧迫的问题去。要从国家急迫需要和长远需求出发,在石油天然气、基础原材料、高端芯片、工业软件、农作物种子、科学试验用仪器设备、化学制剂等方面关键核心技术上全力攻坚”。^④习总书记将能源矿产方面的关键核心技术列为科技攻关最紧迫的问题之

^① 本数据由作者基于中国海关总署海关统计数据在线查询平台(<http://stats.customs.gov.cn/>)中的数据约算得出。

^② 习近平:“为建设世界科技强国而奋斗——在全国科技创新大会、两院院士大会、中国科协第九次全国代表大会上的讲话(2016年5月30日)”,中国政府网,2016年5月30日, https://www.gov.cn/xinwen/2016-05/30/content_5078085.htm#1。

^③ “中央经济工作会议在北京举行”,《人民日报》,2022年12月17日,第1版。

^④ “两院院士大会中国科协第十次全国代表大会在京召开习近平发表重要讲话”,光明网,2021年5月28日, https://politics.gmw.cn/2021-05/28/content_34884433.htm。

一。有关这里的“基础原材料”,刘鹤副总理在大会上做了讲解,这些基础原材料除了天然橡胶之外剩下全是矿产资源。为此,我们需要看看保障矿产资源的措施有哪些。

3.3 找矿突破战略行动

那么加大矿产资源勘查有几个措施呢?我这里列了五个方面,第一是加大矿产资源勘查力度,第二是加强矿产资源的管理保障供应,第三是完善国家矿产资源战略储备体系,第四是推进资源供给国际化战略,建立稳定的矿产资源供应基地,第五是改善矿区的生态环境,提高矿产资源的利用效率。

重点来看看第一个方面,怎么加大矿产资源勘查?第一是在我们这块土地上要资源,第二是向深海要资源,第三是向极地要资源。有的人提到了向太空要资源,当然这个是前瞻性的。我们国家在未来还要提升找矿和矿产谈判的能力。

我们国家在提升找矿和矿产谈判的能力方面实施了一系列计划,比如2011年国务院批准实施了《找矿突破战略行动纲要(2011—2020年)》,提出用8~10年的时间重塑矿产勘查。这个计划已经取得了重要的成效,而且也显示出来挖掘国内矿产资源的潜力。但我国矿产资源刚性需求和供需矛盾依然存在,石油、天然气、铀等能源资源需求还将持续增长,必须充分挖掘国内资源潜力,加大战略性矿产勘查开发力度。

所以从2021年开始,我们国家又实施了新一轮(从2021到2035)的找矿突破战略行动。在今年的全国人大会议上,自然资源部部长王广华提出来,重点做好以下的工作:一是突出紧缺战略性矿产,强化基础地质工作;二是深化矿产资源的管理改革,充分发挥各类市场的主体作用;三是大力推进科技创新,加强矿藏深勘精查;四是提高矿产资源节约和综合利用的水平,推进绿色勘查和绿色矿山的建设;五是制定地质勘查行业发展战略,促进地质勘查行业的健康发展。那么怎么推进新一轮的找矿突

破战略行动呢?比如进一步完善吸引社会资本投入找矿勘查开发的相关政策,进一步强化矿产勘查的科技支撑等。

3.4 “一带一路”倡议下共建资源走廊

在开展突破行动的同时,我国还在“一带一路”倡议下与各国共建资源走廊。^①资源走廊是资源经济发展中形成的可持续发展模式,强调以资源开发项目为支点,形成集聚和外溢效应,带动全产业链和多部门共同发展,拉动基础设施建设,提高社会治理能力。中国倡议的资源走廊在全球主要分为六条路径,有冰上资源走廊、中蒙俄资源走廊、中亚和中欧的资源走廊、中国和南亚与中南半岛资源走廊、中非资源走廊和中澳资源走廊。在此之前我们国家的资源进口主要是靠马六甲海峡,路线依赖度高,因此,我国提出了这六条通过“一带一路”的路径来解决问题。“一带一路”共建的这些国家的价值除了打通经济走廊以外还有我们国家所需要的重要矿产的资源禀赋。“一带一路”沿线铜、金、镍、铝土矿、铁矿石、锡、钾盐等重要矿产资源较丰富,在全球均占有重要地位,它们的储量和产量在世界占重要比重。这些重要固体矿产资源基本都是中国比较紧缺的战略性大宗矿产。因此,与“一带一路”共建国家开展这些重要固体矿产资源的勘查开发合作,将有助于缓解国内大宗矿产紧缺的局面。

四、加强矿产资源勘查的核心科技支撑

中国虽然具有丰富的矿产资源,但受限于多山、复杂的地貌,矿产资源的勘查与开采存在困难。

4.1 中国矿产资源勘查的困难与挑战

我们国家之所以现在勘探、开采在500米以上的矿产,其中一个方面的主要原因是复杂的地貌覆盖区与高山深级切割区带来的困难与

^① 于宏源:“矿产资源安全与‘一带一路’矿产资源风险应对”,《太平洋学报》,2018年第5期,第51-62页。

瓶颈。我们国家的显著特点就是多山,高山深切区和厚覆盖区占国土面积 72.8%。^① 在这些地方信号屏蔽严峻,矿产探测较为困难。从国外引进的这些方法技术、仪器装备难以适应我国极其复杂的地质条件。就算固件适合我们中国,那勘探理论、技术和装备体系呢? 这些高山、密林、沙漠、沼泽、戈壁砂石覆盖区等都需要我们新的方法技术。

覆盖区找矿是指发现覆盖层下矿产资源的的活动,存在勘查选区难、地质信息探测难和多学科有效融合难等问题。在模型找矿和异常找矿方面,矿产勘查也面临新挑战。这里我们主要指起伏错落的高山峻岭,人员难以进入。在覆盖区去找矿,这些地表没有露头,模型找矿难以发挥作用,过去我们是靠人眼来看,现在要用高新技术的手段。老矿区的外围和深部矿体异常微弱,都需要我们通过高新技术进行勘探。

在地球深部探测方面的挑战,我们列出了几个方面。第一个挑战是深度,即如何加大勘探深度。目前的勘探技术下探测的分辨率低、大面积探测速度比较慢。这些挑战需要我们“深盲精准快”。这样,研制设备是其中的一个方面。第二个方面的挑战就是对陡峭的山区、深海、极地这些极端环境如何去进行矿产资源的勘查。第三个方面,除了这个上述的,如果往深部地下的高温高压、极地的低温冰下等勘探,也需要我们研发的装备。例如量子的磁场传感装置、深井探测高温高压的传感装置,以及深海探测的冰下低温传感器等,都需要用高新技术去解决这些极端环境的问题。

4.2 中国矿产资源勘查核心科技的发展与应用

从国际上看,世界各国都在积极探索隐伏矿产探测方法,发展新一代矿产勘查技术装备。如澳大利亚科学局(ABS)瞄准砂层和沉积物覆盖区实施了“玻璃地球”等系列研究计划,发展了航空地球物理综合勘查装备。加拿大地质调查局(GSC)瞄准中高山一切割等边缘地区实施了能源和矿产资源填图计划(GEM)等研究计划,发展了航空—地面物探仪器装备。美国地

质调查局(USGS)瞄准覆盖区中浅部实施了地球资源填图计划(EMRI)等系列研究计划,发展了航空—地面电磁探测仪器装备。欧盟注重创新型勘探技术,探索实施了“欧洲地平线”(Horizon Europe)系列研究计划,德国率先研制出半航空机载电磁探测系统(DESMEEX)。

整体上来看,我们经过近些年来的科学技术攻关,自主研发的物探仪器在矿产勘查领域已初见成效。由吉林大学、中南大学、中国地质大学、成都理工大学、物化探所(中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所)等 30 余家的高校科研院所及相关的企业,通过系列的国家的计划,开始自主研发的包括地空、地面、井—地物探装备,已广泛应用于复杂地貌景观区矿产勘查,取得阶段性成功。

在航空电磁探测技术与装备研发上,吉林大学与中国国土资源航空物探遥感中心、成都理工大学合作,研制开发的中国首套直升机电磁勘查系统,经历了从“十一五”到“十三五”的发展过程,已经持续了三个“五年计划”,获取了一些有用的数据。目前国际上应用较广的探测系统(直升机时间域航空电磁勘查仪器)有加拿大的航空瞬变电磁法(VTEM)系统和丹麦的直升机瞬变电磁法(SKYTEM)系统等。我们研发的硬支架、软支架航空电磁探测系统,在内蒙古赤峰、黑龙江富锦、新疆哈密等地开展了生产飞行,且在无人区恶劣环境下也经过了从零下 30 度到零上 38 度这样大的温度范围来验证了我们的工作。这些系统在 2016 年与国外的系统做了比对,可以看到我们的系统优于国外的系统。利用该系统采集的数据,曾成功发现一座中型的金矿——红柳川金矿。

基于无人飞行器的电磁勘查系统的研发也取得了阶段性进展。航空电磁勘查器的不足之处在于需使用飞机上的电源供电,电磁发射功率受限,功率大时,可能会导致飞机飞行出现安

^① 作者根据国务院印发的《全国国土规划纲要(2016—2030年)》中的数据估算得出,参见:国务院:《全国国土规划纲要(2016—2030年)》,2017年2月4日,中国政府网, https://www.gov.cn/xinwen/2017-02/04/content_5165358.htm。

全问题。另外,操作过程要由飞行员执行,对飞行员要求高,国际上目前只有少数飞行员可以进行操作。并且,使用该系统需调用直升机,成本高、较难普及。我们希望做的一种系统能够克服刚才所说的问题。2009年就提出了一种基于无人飞行器的电磁勘查系统。这种系统采用的是地面上大功率发射机发射电磁场,空中无人飞行器接收,开始用飞艇,后来用无人机。这样做解决了安全问题。地面上大功率的发射,不用飞机上的电源,可以加大发射功率。在发射源的附近用时间域的方式,在发射源的远区用频率的方式。这种地空电磁勘查系统同时满足安全性、经济性、高分辨、大深度等矿产资源勘探优势。这种方法提出来以后,探盲横向上显著扩大探测区域,纵向上明显提高了探测深度,深度由原来的航空探测四五百米,我们现在可以做到一千五百米。基于无人飞行器的方式实现了空间延展的目标。无论是横向上还是纵向上,已经从2009年到现在,发展了三代。地空时频的电磁探测系统从开始的单分量测量到后来的三分量测量,从功率100千瓦到现在研发的300千瓦,使得探测面积逐渐在扩大,接收系统由直升机的几百公斤降到了4.5公斤左右。我们提出的这种地空电磁勘查系统,在2014年得了国家技术发明的二等奖,在地下工程、重大地质灾害预警、复杂地质条件桥梁、隧道安全保

障发挥了重要作用。现在,我们还在思考和发展新型的地空(半航空)电磁探测系统和技术,实现找矿的突破。

五、结 语

看到“开业之石”,^①我深有感触。在矿产资源方面,我们一定要自立自强,才能够保障矿产资源的供给能力,夯实国家安全的根基。我们的铀矿资源对外依存度比较高,超过50%。国际原子能机构会对购买过来的铀矿追踪应用。进口铀矿主要用于核发电等核利用方面,不能用于武器装备,不能用于原子弹。那只有我们国家自己找到的,才能用于武器装备。恰恰是1954年,我们在广西发现了铀矿石。1955年毛主席决定要研发我们国家的原子弹。要想和平久安,必先自立自强,探寻更多的矿产资源,保障我们国家的经济安全、社会安全!

最后用一句话结束我今天的讲述:矿产资源不仅是国民经济和社会发展的物质基础,也是国防安全的重要物质保障。我国科技工作者在战略性矿产资源情况、理论、技术、方法、仪器、装备等领域都取得了关键核心技术的突破和成果。我们还要继续面向国家资源安全重大需求,攻坚克难,做出更大的贡献!

编辑 邓文科 马宇宁

Mineral Resources and National Security

LIN Jun¹

(1. Jilin University, Changchun 130012, China)

^① “开业之石”,指新中国土地上发现的第一块铀矿石,1954年采集于广西,后呈送毛泽东等中央领导研观,见证了中国核事业的起步与发展。