

国际矿产资源科技政策发展历程及其对我国的启示*

刘 学** 郑军卫 赵纪东 王立伟
(中国科学院兰州文献情报中心,兰州 730000)

摘 要: 矿产资源是人类赖以生存和发展的物质基础。进入 21 世纪,我国仍将处于加速实现工业化阶段,面临着矿产资源短缺与生态环境破坏等一系列问题,亟需完善矿产资源科技政策以更好地促进经济社会可持续发展。本文对主要国家自 20 世纪 70 年代以来在矿产资源领域的科技政策和行政管理政策进行系统梳理,分析其科技政策体系框架及其未来科技政策发展趋势,提出我国矿产资源科技政策的若干建议,以期为我国相关研究提供参考。

关键词: 矿产资源;科技政策;发展趋势

中图分类号: TD98 文献标识码: A doi: 10.16507/j.issn.1006-6055.2017.03.004

Evolution of Global Mineral Resources Science and Technology Policy and Its Inspiration to China*

LIU Xue** ZHENG Junwei ZHAO Jidong WANG Liwei
(Lanzhou Library, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Mineral resource is the material basis of survival and development for human. Entering the 21st century, China will still be in speeding up the industrialization stage, faced with a series of problems, such as the shortage of mineral resources and ecological damage to the environment, it is urgent to improve mineral resources science and technology policy to better promote the sustainable economic and social development. In this paper, the evolution of mineral resources science and technology policy since the 1970s in main countries are described, with the policy framework and demand analyzed, and several suggestions on the technical policy of mineral resources in our country are put forward, in order to provide a reference for China's future mineral resources policy research.

Key words: mineral resources; science and technology policy; development trend

1 引言

矿产资源是重要的自然资源,是人类社会经济发展的重要物质基础。据统计,矿产资源供给了人类 95% 以上的能源、80% 以上的工业原料和 70% 以上的农业生产原料^[1]。随着世界人口的增长和经济发展对矿产资源需求的不断增长,特别是占世界人口 4/5 的发展中国家陆续步入工业化发展阶段,矿产资源的消耗将更快更大,世界各国都面临着矿产资源短缺与生态环境破坏等一系列问题。为应对这一共同问题和严峻挑战,各国都在不断调整矿产资源政策^[2-6]。

本文对主要国家自 20 世纪 70 年代以来在矿产资源(仅针对非能源矿产资源)领域的科技政策和行政管理政策进行系统梳理,分析其科技政策体系框架、需求及其未来科技政策发展趋势,提出我国矿产资源科技政策的若干建议,以期为我国未来矿产

资源政策的优化和完善提供参考。

2 国际矿产资源科技政策的发展历程

总体来看,国际矿业政策在不同时期具有不同的特点^[7]。第二次世界大战后工业化进程加快,各国逐渐重视对矿业的控制;20 世纪 80 年代开始,吸引私人投资成为主流;进入 21 世纪,矿业呈现多元化,发展中国家关注可持续发展,各国矿业政策理性成分增加。

各国或地区的矿业政策因其工业化程度与矿产资源分布情况不同而有所差异(图 1)。美国、日本和大多数欧洲工业化国家的重要矿产供给主要依赖进口,其矿业政策旨在优化本土资源的使用、拓宽供给渠道、发展技术以降低消耗等。而澳大利亚、加拿大、南非等矿产资源丰富的工业化国家,其矿业政策的核心目标则是最优化使用本国矿产资源,包括持续勘探保持连续稳产、优化开发与开采、重视环境保护等。

发展中国家的矿业政策一方面要维护国家对矿产资源的主权,另一方面要从工业化国家取得矿产

2016-06-27 收稿 2016-09-13 接受 2017-03-17 网络发表

* 国家地质调查项目(DD20160087)资助

** 通讯作者, E-mail: liuxue@llas.ac.cn; Tel: 0931-8271552

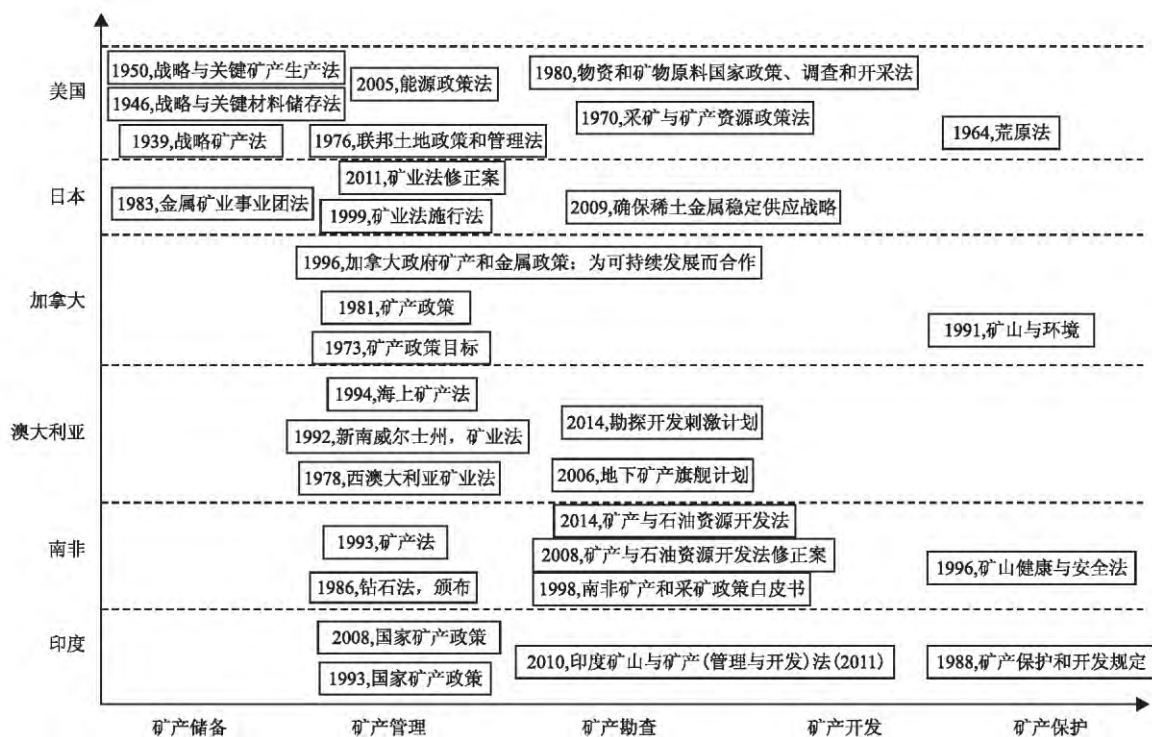


图1 国际主要国家的矿业政策与立法

资源开发所需要的技术与资本。实现上述两方面的目标在很大程度上依赖于各种政策,诸如税收减免、资金转移、金融支持、关税优惠等政策^[8]。

从目前全球矿法修改和政策调整的趋势来看,鼓励矿产开发占据主流,以发展中国家最为典型,许多原先与国际标准不一致的内容将得到进一步修订。以下就主要国家的矿业政策发展历程与特点进行简要回顾。

2.1 美国

因朝鲜战争爆发,矿产品消耗急剧增加,美国国会于1950年通过了《战略与关键矿产生产法》,要求储存足够数量的矿产,以在紧急情况下,至少维持美国3年的供给。自此,美国矿物原料政策开始从过去的国家资源自给主义转变到“以可能的最低成本从国外获得美国所需要的矿产品”。1973年,美国国家物资政策委员会提出,对于国内资源短缺的品种,应避免过分依赖少数国家。1980年,美国国会通过《物资和矿物原料国家政策、调查和开采法》,其中规定为保护国家安全、人民福利和工业生产水平提供足够的原料。

1991年,布什总统公布了国家能源新战略。内政部的一份报告指出,为了制定国家安全计划,应从全世界范围来看待战略和紧要物资的分布与存在;同时,矿物原料丰富的国家,如加拿大、南非、澳大利

亚等,对美国相应矿物原料的供应具有特殊意义^[1]。多年来,美国矿业管理政策一直以全球化为背景,以维护国家利益为根本战略目标。进入21世纪以来,美国矿业管理政策未发生根本性变化,依然立足于全球,陆续发布《矿产资源勘探与开采技术路线图》、《选矿工艺技术路线图(2000~2020)》、《矿物工艺技术路线图》等多个矿业发展中关键技术的实现路线,以科技创新为主导确保矿产品供给。

2.2 日本

日本的矿产资源极为贫乏,能源矿产和重要金属矿产的进口依存度均超过90%。因此,实施全球矿产战略是其必然选择,主要措施包括政府、企业、事业之间建立良性互动、建立矿产资源全球供应系统、形成海外矿产资源基地等^[1]。

日本矿业相关的现行法律包括《矿业法》、《矿业法施行法》、《矿山保安法》、《深海底矿业暂定措施法》和《土地利用调整法》等。2011年3月11日,日本政府在内阁会议上敲定了《矿业法》修正案^[9]。

为确保供给安全,日本开展了一系列重要矿产的替代与循环利用研究,包括2007年文部科学省发起的“元素战略计划”、2008年经济产业省启动的“稀有金属相关替代材料研发计划”以及2010年经济产业省发布的《2010科学与技术白皮书》等。

2.3 澳大利亚

澳大利亚联邦和各州均制定有相关的矿业法。澳大利亚联邦与矿产开发利用有关的法律主要包括《石油(下沉陆地)法》、《海上矿产法》、《海上石油法》等。每个州/领地也有相应的法律,如昆士兰州的《矿产资源法》、维多利亚州的《矿产资源(可持续发展)法》、塔斯马尼亚州的《矿产资源开发法1995》等^[6]。

澳大利亚是世界上矿产资源最丰富的国家之一。长期以来,澳大利亚十分重视矿产勘查。据加拿大金属经济小组统计,最近20多年里,澳大利亚一直是世界各国勘查费用投入最多的国家。近年来,发现新矿床变得更加困难,并且成本也更高。为了突破困境,2006年澳大利亚科学与工业研究组织(CSIRO)制定了地下矿产旗舰计划;2014年,澳大利亚政府宣布启动勘探开发刺激计划(EDI)^[10]。

2.4 加拿大

加拿大联邦政府制定和公布了一系列矿产政策文件,实现矿产资源的可持续发展是加拿大总的矿产资源政策。如1973年公布的《矿产政策目标》,1974年制定1975年公布的《加拿大矿产政策问题:机会选择》以及《加拿大有色金属工业和矿产政策》,1981年的《矿产政策》,1984年的《加拿大有色工业:镍和铜》,1987年的《加拿大矿产和金属政策》,1991年的《矿山与环境》以及1996年的《加拿大政府矿产和金属政策:为可持续发展而合作》。目前,加拿大联邦政府主要通过《领区土地法》和《加拿大采矿条例》对育空、西北和努内瓦特三个少数民族地区国有土地的矿产勘探和开发活动进行管理,各省和地区也制定了自己的矿产政策,如《北方矿产政策》和不列颠哥伦比亚省的《矿山复垦:政策回顾》等。

1996年,加拿大政府发布了《加拿大政府矿产和金属政策:为可持续发展而合作》,阐明了联邦政府对其管辖范围之内矿产与金属资源进行可持续发展的目的及战略。这份官方文件奠定了实现矿产与金属可持续发展的思想基础^[11]。2009年5月,加拿大正式启动了“绿色矿业”倡议(GMI),旨在改善矿业环境,创新绿色矿业技术方法。

2.5 印度

印度政府于1957年制订了《矿山和矿产法》。1990年出台了国家矿产政策,随后于1993年对其进行了修订,《国家矿产政策1993》概述了从地质调

查、勘查、开采和选矿,直至最终利用的矿产开发权的战略。

2006年,印度矿业部宣布制定新的国家矿产政策,以使现行的《矿山与矿产(管理和开发)法》更加符合国际惯例。2008年新的《国家矿产政策》终获通过,新政策旨在鼓励大规模投资和促进就业机会^[12]。2010年,印度对《印度矿山与矿产(管理与开发)法》做了进一步修订并起草了《印度矿山与矿产(管理与开发)法(2011)》草案,矿业政策也有了调整,矿业投资环境有了一定的改善^[13]。2013年4月26日,印度“十二五”矿产勘查与开发规划建议提出将优先开发本国矿产资源使国家实现利益最大化、改进采矿技术以确保国家矿产资源得到最高效率和可持续的开采和利用等。

近年来,印度的矿业立法和政策呈现如下一些变化^[14]:①矿业外资准入政策不断放开;②设立利润分享机制,让当地居民更多地分享采矿项目的收益;③增加矿业权使用品种以促进矿产勘查;④提高矿业管理的透明度;⑤加强环境保护监管力度。

3 政策体系分析

世界各国政府通常会在一定时期内根据本国资源储备情况、矿产供求情况、国际社会经济环境等条件在本国实施特定的矿业政策。总的来说,矿产资源领域科技政策包括矿产储备政策、矿产勘查政策、矿产开发政策、矿产保护政策等。

3.1 矿产储备政策

早在1939年,美国就制定了《战略矿产法》,实行了重要矿产的战略储备。随后的1946年和1950年,美国国会又先后通过了《战略与关键材料储存法》和《战略与关键矿产生产法》。2010年3月,美国众议员提出稀土议案,呼吁将稀土矿产纳入国家储备。目前,美国国防部正在联合美国地质调查局开展研究,以确定对哪些稀土元素进行国防储备。从1946年建立矿产储备以来,美国矿产战略储备管理机构经历了数次大规模整合,2010年7月至今美国的战略与关键材料储备由美国国防战略物资公司(DLA Strategic Materials)负责管理。

继美国最早建立战略矿产储备之后,目前全球先后已有10多个国家仿照美国建立了矿产品战略储备。日本于1983年制定了《金属矿业事业团法》,规定国家和部分有关企业必须储备一定数量的钒、锰、钴等7种稀有金属,并执行至今。2009

年,日本经济产业省发布“确保稀土金属稳定供应战略”,并确定由日本石油天然气金属矿产资源机构(JOGMEC)和特殊金属储备协会牵头分别在官民两界实施稀有金属储备相关战略,储备目标是国内消费60天的用量。韩国于2008年将铟、钨、钼等在内的12种稀有金属列为“国家极为稀缺的战略资源”,采取官方(韩国公共采购服务中心和韩国资源公司)和民间企业合作的方式进行储备,目标是满足国内60天的使用量。

总体而言,美国建立战略矿产储备最早,储备矿种最多,目前正准备将稀土矿产纳入国家储备。日本通过官民互补实施稀有金属储备,目前已成功完成50年稀土储备。韩国采取官民合作实施稀有金属储备,正不断提高储备规模。法国、瑞典、英国等欧洲多国曾建立完善的矿产资源储备制度,后因种种原因上述国家的矿产资源储备已被全部清理,当前欧盟正准备储备混合碳酸稀土。

3.2 矿产勘查政策

德国、日本等国矿产资源贫乏,在勘查方面多采取补贴政策。德国政府在1971~1990年间实施的矿产勘探补贴政策为德国在国内外的矿产勘探项目提供高达50%~66.6%的投资。若勘探项目成功则需要偿还,若不成功则该资助是无偿的。补贴可以用于勘探或者地质调查结果的获取、勘探方法与设备的开发试验、预可行性研究或者可行性研究、开采权的获得以及高风险矿床开发投资等方面。日本也建立了海外矿产资源风险勘查补助金制度:草根勘查工作的全部经费由日本政府承担,选点后进行矿床勘探时,政府对企业的钻探和坑探工程补贴50%,其他工程补贴60%^[1]。

澳大利亚和加拿大矿产资源丰富,历来十分重视矿产勘查,上述两国一直以来也是全球勘查投资的主要目的国家。为应对21世纪以来该国的矿床勘查发现率下降的局面,澳大利亚科学与工业研究组织(CSIRO)制定了地下矿产旗舰计划。为刺激澳大利亚“绿地”矿产资源开发,以此带动澳大利亚新一轮的经济增长,2014年7月1日,澳大利亚政府宣布正式启动为期3年总预算达1亿澳元的勘探开发刺激计划。

3.3 矿产开发政策

日本、韩国的矿产资源极为贫乏,大多需要进口,开发利用国际矿产资源是确保资源安全的主要做法。1963年日本专门成立了金属矿业事业团,参

与日本海外矿产资源勘查开发事务。自1977年起,韩国连续3年陆续颁布了《海外矿产资源调查事业规定》、《海外资源开发事业法》以及《海外矿产资源开发基金的运用、管理规定》。

3.4 矿产保护政策

美国、澳大利亚等国在环境保护方面起步较早,近年来印度等发展中国家在该领域的意识逐步加强,制定了相应的政策。目前,美国已经形成了完备的保护本国矿产资源的法律体系。1964年,美国国会通过《荒原法》,建立了国家荒原保护体系,划入的土地已达388512平方公里,在这些潜在的含矿土地上,不能从事矿产勘探和开发活动。澳大利亚尽管拥有十分丰富的铀矿资源,但为了防止过度开采和造成国际铀价下跌,联邦政府规定在同一时期内,全国最多只允许三个铀矿开采,只有其中一个铀矿停止开采后,才可再开一个铀矿。印度于1988年制定了《矿产保护和开发规定》,该规定从矿产保护的角度,从勘查到开发、从人员雇用到环境保护、从检查到处罚都作了详细规定,适用于除石油、天然气、煤、放射性矿产以及一些次要矿产之外的所有矿产。

4 国际矿产资源科技政策的需求与发展趋势

矿产资源是重要的自然资源,是人类社会经济发展的重要物质基础。随着大量的发展中国家陆续步入工业化发展阶段,未来矿产资源的消耗将更大量、更快速。由于露头矿、浅部矿等容易找到的矿床越来越少,未来将不得不面对难以发现和识别的隐伏矿、深部矿。同时,未来的矿业将更多的受到环境因素的限制,绝不能不顾生态环境而无序发展,绿色矿业已经成为必然选择。在矿产资源利用方面,必须以综合开发、清洁利用和循环利用来尽可能地保障所需,提高利用效率并减少对环境的破坏。此外与新能源等产业密切相关的稀有金属,以及海洋和极地的矿产资源已经成为世界各主要国家特别是发达国家矿产资源战略的重要组成,甚至还有企业已经在实施小行星采矿计划。

4.1 更加注重矿产资源的综合、高效、清洁利用

保护生态环境已成为全人类的共同要求,如何尽量避免矿业活动对环境的损害,实现矿产资源的综合、高效、清洁利用,已成为迫切的重大科技与社会经济问题。近年来,多国政府与国际机构相继发起多个战略与计划强调绿色矿业,例如2005年欧盟

开始实施自然资源可持续利用主题战略^[15]、2008年联合国教科文组织发起的国际行星地球年(IYPE)将资源的可持续开发利用作为其科学主题^[16,17]、美国能源部实施《矿物工艺技术路线图(2000~2020)》、2009年加拿大发起了绿色矿业行动计划^[18]等。

4.2 找矿勘探向隐伏和深部拓展,地球深部探测计划逐渐增多

随着矿产勘查工作的深入,发现地表矿、浅部矿的几率日益减少。因此,当前找矿的目标主体被迫转变为隐伏矿和深部矿。目前,已知矿床深部和覆盖区(包括植被、土壤戈壁、岩层覆盖区和沼泽区等)的资源预测,也就是通常所说的“攻深找盲”,已经成为找矿预测的新方向。从成矿理论来看,地球内部有利的成矿空间主要分布在地下5~10 km的深度范围,因为这个空间是地壳内部物质与能量强烈交换及其动力作用的汇集地域,也是成矿要素发生突变和耦合的转换地带,适宜于成矿元素在内外动力作用下的聚集与大量矿床的产出^[19]。

为了找寻深部矿产,自20世纪70年代以来国际上陆续发起了众多地球深部探测计划,包括美国大陆反射地震探测计划(COCORP)、地球透镜计划(EarthScope)、欧洲地球探测计划(EUROPROBE)、德国大陆反射地震计划(DEKORP)、英国反射地震计划(BIRPS)、意大利地壳探测计划(CROP)、瑞士地壳探测计划(NRP20)、俄罗斯深部探测计划、加拿大岩石圈探测计划(LITHOPROBE)、澳大利亚四维地球动力学计划(AGCRC)、澳大利亚玻璃地球计划(Glass-Earth)和澳大利亚地球探测计划(AuScope)等^[20]。

4.3 稀有金属等战略矿产的研发得到高度重视

稀有金属(主要包括稀有轻金属、稀有难熔金属、稀有分散金属、稀土金属等)在新材料、新能源和信息等产业中具有十分关键的作用,其地位相当于石油在现代社会中的地位。因此,稀有金属也被誉为下一代战略性矿产资源。随着科技的发展和工业化水平的提高,在可预测的未来全球对稀有金属的需求将呈爆发性增长趋势,未来的供需矛盾将越来越严重,而主要国家将会为稀有金属的持续供应进行不懈努力和全球性争夺。2010年,欧盟将铍、铍、钴、萤石、镓、锗等14种重要矿产原料列入“紧缺”名单。

自中国2009年开始逐步加大对稀土资源的出

口限制以来,美日欧等发达国家或地区针对一些高新技术产业发展亟需的矿产,提出了新的战略。美国于2010年和2011年先后启动“美国清洁能源研究战略”和“关键原材料战略”。日本政府于2009年紧急出台“确保稀土金属稳定供应战略”,试图通过扩大国际合作稳定稀土资源供应,并连续追加有关稀土资源开发、稀土金属提取及可替代材料技术研发的政府投入。日本经济贸易产业省2013财年预算中涉及稀土原材料的预算额高达111.9亿日元,涉及稀土金属开采先进技术、稀土材料回收及循环利用技术以及稀土金属替代材料研发等^[21]。

4.4 海洋和极地区矿产资源开发相关战略与政策备受关注

海洋是巨大的资源宝库,蕴藏着丰富且种类多样的矿产资源。同样,极地地区也蕴藏着丰富的矿产资源,如科拉半岛和查尔斯王子山的世界级大铁矿、诺里尔斯克的全球最大铜镍钨复合矿、阿拉斯加朱诺石英脉型金矿等。此外,钍、钷和铀等稀有矿藏在极地区也有分布。随着社会的不断发展,陆上资源和能源因消耗剧增而日趋减少,人类的生存与发展必将越来越依赖于海洋和极地区,开发这些区域的矿产资源将是未来的重要战略选择之一。

2006年,澳大利亚发布了全球首张国家沿海矿产详查地图,为该国开展深海矿产勘探开采打下了良好的基础^[22]。2011年,太平洋共同体秘书处(SPC)和欧盟资助440万欧元启动了为期4年的太平洋深海矿产开发项目,该项目旨在制订太平洋岛国地区深海矿产资源开发的法律和管理框架^[23]。2013年8月,挪威贸易与工业部(NMTI)发布了《挪威矿业发展战略》,提出了挪威矿业的几个战略优先领域,包括海底矿产资源等^[24,25],战略指出挪威的海底区域可能含有重要矿床,特别是所谓的“黑烟囱”的火山金属矿床。沿大西洋洋中脊发现了这类沉积物,但其矿藏程度尚未被测绘。同时,挪威石油和天然气行业的一些与海底和深水技术有关的公司在全球具有较强竞争力,这为海底矿产资源的开采与勘探提供了条件。但是,挪威海底矿产资源勘探和开采的现有规定是不完整的,需要进行改革。2013年10月,据外媒报道挪威科技大学(NTNU)、挪威国家石油公司Statoil和矿业公司Nordic Mining正在合作开展研究项目,绘制沿大西洋中脊的海洋矿产资源地图^[25]。

5 我国矿产资源科技政策与国际的比较

进入21世纪以来,很多国家进入新一轮矿业法修改周期,修改重点主要集中在强调环境、经济、社会的可持续性。2004年2月,南非在开普敦召开的非洲采矿投资大会上,公布了修改后的《采矿法》。2006年,印度矿业部宣布制定新的国家矿产政策,2008年新的《国家矿产政策》终获通过,新政策旨在鼓励大规模投资和促进就业机会。

相对于国际社会,我国矿产资源立法起步较晚。直到1986年10月1日,中国第一部《矿产资源法》才颁布施行,并且《矿产资源法》从1996年第一次修订至今已过去20年,期间中国的经济社会形势、矿业形势和法制环境已发生了重大的变化,而现行矿产资源法律和法规未能适时对现实情况做出回应和调整。虽然目前国土资源部正在抓紧研究起草修改《矿产资源法》,但几经修改未能取得有效进展。

自美国最早建立战略矿产储备之后,国际上至少有日本、韩国、法国、英国等十几个国家,仿照美国的模式,相继建立了相应的矿产品战略储备制度。长期以来,我国的大部分矿产资源基本上能自给自足,矿产资源战略储备问题没有受到足够的重视。直到2004年中央正式批准开始石油战略储备,2006年8月,我国第一个石油储备基地镇海基地完工,标志着我国的国家矿产资源战略储备进入一个新阶段。2009年国土资源部发布的《全国矿产资源规划(2008~2015年)》指出,逐步建立适合我国国情的矿产储备体系,实行战略矿产储备制度,建立紧缺矿产的矿产品储备机制。但我国目前还未制定出台相应的矿产战略储备法律体系或条例。

从我国颁布的众多规划和立法来看,我国的矿产资源政策存在“重行政管理、轻权利保护”等问题。在矿产保护方面,美国、澳大利亚、印度等国都从矿产保护的角度制定了矿山开发管理规定,我国在2009年出台了《矿山地质环境保护规定》,但是在环境影响评价、矿产监督等领域还存在缺失。

6 我国政策建议

基于上述对国际矿业政策的分析以及我国矿业政策发展的现状,提出如下建议:

1) 不断完善矿产资源管理法律体系,为矿产资源管理提供制度保障。加快《矿产资源法》的修订及相应配套法规的建设,加强矿业权管理,优化和规

范矿业市场,配套矿产资源储量、矿产资源补偿费征收、地质勘查资质、地质资料、矿产资源监督、矿产资源综合利用、矿山地质环境保护等方面的行政法规。

2) 成立全面系统的专门储备管理机构,构建具有动态调整的储备管理机制,建立健全相关矿产战略储备法律体系。首先,成立战略性矿产资源研究机构,科学评估矿产资源储备品种、储备规模、储备方式等;其次,构建可动态调整的储备机制,以快速应对储备外部环境的变化,保障储备管理体系的效率和功能;第三,建立健全相关矿产战略储备法律体系,法律和政策的执行可确保资源储备战略的顺利实施,也是各国实施资源储备制度的通例。

3) 加快制定海洋和极地地区矿产资源开发相关战略与政策。随着陆上资源和能源的日趋减少,开发海洋和极地地区的矿产资源将是未来的重要战略选择之一。国际上深海矿产资源开发活动日趋活跃,一些企业正在或已经付诸行动,深海采矿产业端倪显现。我国应制定深海采矿的计划和项目,提升海洋资源开发能力。

4) 为矿产资源勘查、开采与利用所采用的创新技术配套制定激励政策与措施。地球深部、海洋及外星球矿产资源的勘查开发,矿产资源的综合利用,绿色矿业的发展都离不开技术的创新与发展。应加大科技投入,鼓励推广先进开采技术,强化资源的综合利用等。

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]程新,沈镛. 欧盟矿产资源政策走向及对我国的影响分析[J]. 中国矿业,2011(7):1-12.
- [3]何金祥. 对美国联邦政府矿产资源管理新政策的思考[J]. 国土资源情报,2008(1):13-15.
- [4]何金祥. 90年代以来美国矿产资源与矿业管理若干基本政策的回顾[J]. 国土资源情报,2006(9):30-38.
- [5]郑娟尔,袁国华,王世虎. 印尼矿业法规政策变化对中国的影响研究[J]. 中国国土资源经济,2014(5):45-49.
- [6]宋国明,胡建辉. 澳大利亚矿产资源开发与政策[J]. 世界有色金属,2013(3):31-33.
- [7]陈丽萍. 国际矿业政策与立法的变迁[J]. 地质通报,2009,28(2-3):297-299.
- [8]陈建宏,古德生. 矿业经济学[M]. 长沙:中南大学出版社,2007.
- [9]曹治国,王威驰. 日本《矿业法》修改简析[J]. 中国矿业,2012,21(1):20-24.
- [10]AMEC. Exploration Development Incentive [EB/OL]. 2014-12-15. <http://www.amec.org.au/policies/corporate-regulation-and-taxa->

- tion/exploration-development-incentive.
- [11] 国土资源部政策法规司, 国土资源部信息中心编译. 国外矿产资源和土地新政策[M]. 北京: 地震出版社, 2000.
- [12] 鲁如东. 印度国家矿产政策变迁[J]. 中国金属通报, 2010(32): 36-37.
- [13] 许珂, 任文利, 王广强, 等. 印度新矿业法规的修订特征及投资政策[J]. 国土资源情报, 2012(8): 16-25.
- [14] 宋国明, 胡建辉. 印度矿业管理与政策[J]. 世界有色金属, 2013(7): 20-23.
- [15] EU. Strategy on the sustainable use of natural resources [EB/OL]. 2005-10-09. <http://ec.europa.eu/environment/natres/>.
- [16] IUGS. International Year of Planet Earth(2007~2009): Resource Issues-Towards Sustainable Use [EB/OL]. 2007-12-06. <http://www.yeasofplanetearth.org>.
- [17] 熊永兰, 张志强, 张树良, 等. 矿产资源领域国际科技发展趋势分析[J]. 世界科技研究与发展, 2009, 31(6): 1162-1168.
- [18] NRCAN. Green Mining Initiative [EB/OL]. 2010-08-03. <http://www.nrcan-nrcan.gc.ca/media/newcom/2010/201066a-eng.php>.
- [19] 中国科学院. 科技发展新常态与面向2020年的战略选择[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [20] 董树文, 李廷栋, 高锐, 等. 地球深部探测国际发展与我国现状综述[J]. 地质学报, 2010, 84(6): 743-770.
- [21] METI. FY2013 Budget Request [EB/OL]. 2013-11-28. <http://www.meti.go.jp/english/aboutmeti/policy/fy2013/pdf/121115budget.pdf>.
- [22] CSIRO. Australian offshore mineral locations map [EB/OL]. 2006-09-25. http://www.csiro.au/~media/CSIROau/Flagships/Wealth%20from%20Oceans%20Flagship/OffshoreMineralMapBrochure_WfO_PDF%20Standard.pdf.
- [23] SPC and EU. The Deep Sea Minerals Project [EB/OL]. 2011-11-12. <http://www.sopac.org/dsm/>
- [24] NMTI. Strategy for the Mineral Industry [EB/OL]. 2013-09-06. http://www.regjeringen.no/pages/38262123/strategyforthemineral-industry_2013.pdf.
- [25] 郑军卫, 安培浚, 赵纪东, 等. 打开全球地学研究新视野—2013年国际地球科学领域发展态势概览[N]. 中国矿业报, 2014-1-23(4).

酵母染色体人工合成取得重大突破

2017年3月10日, 国际顶尖科学期刊《Science》以封面专刊形式发表7篇论文, 报道了合成生物学领域的一项重大突破性进展: 完成酵母2号、5号、6号、10号和12号这5条染色体的重头设计与全合成。其中中国团队完成4篇, 包括天津大学元英进团队2篇, 清华大学生命科学院戴俊彪团队1篇, 华大基因杨焕明院士团队合作发表1篇。人造酵母的诞生预示着人工合成生命新纪元的到来, 该领域的快速突破将为健康、能源、环境、农业等领域带来颠覆性的变化。

合成生物学是继DNA双螺旋结构发现和人类基因组测序后又一次生物技术革命。人工合成酵母基因组计划(Sc2.0 Project)是由中国、美国、英国、法国、澳大利亚和新加坡等国多个科研机构合作开展的一项国际研究计划。该计划的目标是实现真核生物酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)全部染色体的人工合成, 即实现酵母生命代码的人工全编写。这需要科学家从已有研究最多的真核生物酿酒酵母开始, 对其基因组遗传蓝图进行梳理、精简和重组, 再将获得的开发、设计、测试和管理经验推广到其他生物。

1996年, 科学家们发现了酿酒酵母的1200万碱基对序列, 分属16条染色体。2014年, 美、英、法等多国科学家组成的国际科研团队创建了酵母菌的第3号染色体, 这也是酿酒酵母16条染色体中最短的一条。而此次完成的5条染色体的人工合成, 使该计划向着最终目标又迈进了一大步。中国团队完成了其中4条染色体的人工合成, 标志着我国在合成生物学的该研究领域已进入世界前沿水平。

郑颖 丁陈君(中国科学院成都文献情报中心) 编写