DOI:10.16262/j.cnki.1000-8217.2002.06.004

·科学论坛·

我国固体矿产资源现状与相关科学问题思考

翟明国* 范蔚茗† 刘建明*

(*中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100029;
†中国科学院资源与环境科学技术局,北京 100864)

[摘 要] 步入新世纪,我国固体矿产资源短缺的局面日益严峻。本文提出了在新一轮的矿产资源研究与调查中,要基础研究与勘探并重,开发与环保并重的观点。

[关键词] 固体矿产资源,形势,对策,相关科学问题

我国人均矿产资源属于贫矿国。21世纪的经济发展、国防安全、经济全球化、资源供需矛盾和环境状况,都为固体矿产资源的可持续供应提出了严峻的挑战。本文从我国固体矿产资源及其相关领域的现状分析入手,提出了与我国固体矿产资源可持续供应相关的若干重大科学问题的思考和建议。

1 我国固体矿产资源及其相关领域的现状分析

我国目前仍处于发展中国家的资源消耗型社会经济发展阶段。随着国民经济的持续高速发展,原材料的需求迅速增大,资源短缺的局面日益加剧。况且从地质找矿勘探到矿山建成投产需要很长的周期(平均约15年以上)。若不预为谋之,势必成为扼制我国社会经济可持续发展的关键因素之一。但是目前找矿难度日益增大;勘探和科研资金投入相对有所减少;后备勘探基地严重不足。我国东部,经过数十年的强力开采,后备资源形势极为严峻[1—4],并形成"四矿(矿业、矿山、矿工、矿城)"的社会问题。西部地区勘探程度低、生态环境脆弱,我国工业整体布局正面临着严峻挑战。

传统矿产资源大多具有污染严重的缺陷,在勘探和开采的同时往往使当地的生态环境遭到难以修复的破坏,其长期积累效应正在严重地威胁着人类有限的生存空间。这一方面迫使人们去发现绿色环保的非传统新型矿产资源和无废矿业模式,同时也迫使人们在考虑矿产资源及其相关产业的战略布局时,不得不探索资源开发与环境保护的最佳协调模式。

一方面,矿产资源是不可再生的,传统矿产资源将随其不断消费而枯竭;另一方面,新兴产业的崛起又提出了新型矿物原料的要求,并且随着经济结构-产业结构的调整而越来越迫切。寻求新型的、非常规的接替战略资源势在必行。

全球经济一体化的总体趋势,尤其是随着我国加入WTO以及我国国际地位的提高、综合国力的增强和周边环境的改善,呼唤我们在讨论国家资源战略时应注意"用好两种资源",尤其是周边国家的资源。

国际形势在冷战局面结束后,总体上向和平对话的方向发展,但是强权政治,霸权主义有上升的趋势,这在"911"事件之后更加明显。目前有的发达国家,也在为争夺可能作为我国未来资源供给国的资源作前期准备。矿产资源可持续供应问题包括有国家资源战略安全的内涵。

矿产资源勘查越来越依赖于新理论、新技术和新方法。因此,应以重大科学问题为导向,创新矿产资源的概念和探查理论方法,为新一轮的资源探查提供新的思路和新的理论指导。

2 与我国固体矿产资源可持续供应相关的若干重大科学问题

基于以上考虑,从我们的近期工作中提炼出了以下四个与我国固体矿产资源可持续供应密切相关

本文于2002年8月19日收到.

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的重大科学问题。

2.1 我国北方及其邻区东-中亚造山带矿产资源前景良好,可能成为我国新世纪最重要的资源战略基地

我国北方及其邻区的东-中亚造山带,是在古生代古亚洲洋构造域基础上发展起来的,包括西段的中亚造山带和东段的东北亚造山带(我国境内称北方造山带)。近年在其西段中亚造山带,在基础理论和找矿勘查两方面都取得了显著的成果。并提出了以古生代多陆块拼合-地壳双向增生造山和中新生代山盆耦合为重要特征的中亚型造山带,以区别于国际公认的环太平洋型造山带和阿尔卑斯-喜马拉雅型造山带。

中亚型造山作用造就了矿产资源巨量赋存的晚古生代中亚成矿域[5,6]。中亚邻国产出一系列世界罕见的巨型矿床。其中,形成于侧向增生期陆缘环境下的科翁腊德式铜矿,在后碰撞陆壳垂向增生阶段又经历了强烈的叠加富集;穆龙套型金矿床在被动陆缘成矿预富集的基础上,垂向增生阶段巨量成矿;而浅成低温热液型科杂布拉克式金碲矿床、楚-萨雷苏和锡尔达林可地浸砂岩铀矿则形成于上叠型构造中。同属中亚成矿域的我国西北地区,与中亚邻国矿带相接,成矿条件相似。而与中亚诸邻国相比,我国境内基础研究和勘查程度明显不足。虽然我国境内阿舍勒、阿希、土屋等大型矿床也相继发现,但在矿床规模方面有巨大差距。浅成低温热液型科杂布拉克式金碲矿床、阿克泰佩式银矿床和干谷式金铂矿床在我国尚未取得突破。因此,科技部在2001年启动了《中亚型造山带与成矿》国家重点基础研究项目。

东-中亚造山带东段的东北亚造山带,尽管其在古生代期间与西段中亚造山带的演化过程是一致的,但因为印支-燕山早期蒙古-鄂霍次克、北山-内蒙古-吉林等造山带、以及随后的环太平洋构造域的强烈叠加,出现了宽阔的构造-岩浆-成矿活化带。因此,不同构造域的复合、转换成为东北亚地区最重要的构造特征。

与西段中亚造山带情形一致,东北亚地区已知的金属矿床在境内外的分布也极不均匀。大兴安岭西坡的蒙古和俄罗斯境内,已发现8个超大型金属矿床,大型矿床30余处。境外三条主要矿带延入中国境内,但中国境内均为中小型矿床。我国境内的已知矿床大多是中生代活化期形成的,与中亚造山带的晚古生代成矿有较大差别。近年在大兴安岭南段的研究工作已鉴别出了一些二叠纪甚或更早的金属矿床[7]。因此我们认为:(1)由于工作程度低以及后期活化改造强烈,东北亚地区与晚古生代造山演化有关的金属矿床可能还没有大量发现;(2)正是由于东北亚在中-新生代受到了蒙古-鄂霍次克造山带的形成演化和环太平洋构造域的强烈叠加活化,其成矿作用的期次多于中亚地区,其成矿作用的总强度很可能也大于中亚地区;(3)东北亚境外地区众多大型-超大型矿床的出现暗示了境内北方造山带广阔的资源前景;(4)整个东-中亚造山带周边国家丰富的矿产资源无疑也是我们国家矿产资源战略中应该考虑的重要组成部分。

因此我们认为,我国北方造山带及其邻区,具有巨大的找矿前景,可能成为我国新世纪最重要的矿产资源战略基地,也是我国"用好两种资源"战略的最佳选择。如果考虑到我国北方的交通特别是东北地区良好的技术经济条件和完善的产业布局,其对我国社会经济可持续发展的作用尤其巨大。此外北方周边国家与我国有着传统友谊,并多数已成为"上海合作组织"成员国,与我国没有大洋相隔,对于我国的矿产资源战略安全保障体系的建立具有无可替代的重要地位。

2.2 最新研究成果显示,我国东部仍然具有巨大的资源潜力,应该是新一轮找矿勘查的重点地段

中国"东部经济带"是全国人口最集中、经济最发达的区域,有着良好的技术经济条件和包括采矿业在内的完善的工业体系。但传统矿产经过数十年的强力开采大多濒临枯竭,后备资源形势极为严峻,找矿难度也很大。长期以来由于资源导向而形成的我国工业整体布局正面临着严峻挑战,直接威胁着国民经济的持续发展和社会的稳定。因而,需要集中人力和财力,在已有基础上,建立大陆动力学体制-陆内构造体制-资源富集规律的关系,开拓新思路,为找寻新一批资源接续基地提供科学依据,"跨越式"地实现东部重要资源新远景靶区的圈定。我们认为,我国矿产资源研究和找矿的重点应该在东部发达地区,而不是在西部贫穷落后地区。这是基于以下三点考虑。

首先,东部良好的技术经济条件将有效地缩短从找矿勘探到矿山产品的周期,并极大地减少相应的投资,从而更快、更好地发挥效益,出现呆矿的机率甚小。

其二,传统矿业对生态环境的破坏有目共睹,杀鸡取卵式的矿山开采,得到的是非常微薄的经济效

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

益,但却严重地破坏了一个地区的生态环境。东部某些发达地区正在为自己过去所犯的这类错误拿出大笔的钱来修复环境,西部大开发不能再犯同样的错误。

最后,新的基础研究成果表明东部仍然存在巨大的矿产资源潜力。

(1)中国东部中生代动力学体制转折过程的深入研究,为人们查明东部资源大规模富集的主要制约因素、认识矿床的时空分布规律提供了新的理论依据。现已基本查明,早白垩世乃是中国东部中生代动力学体制转折的关键时段,同时也是绝大多数内生金属矿床形成就位的时段;这一关键时段与东部岩石圈减薄的峰期紧密相连,同时伴随着深部能量-物质(包括岩浆和流体)的强烈上涌和大规模的下地壳换底作用,这一切都深刻地影响着东部中生代的流体成矿。

(2)近期研究表明,中国东部中生代有大量的下地壳重熔的岩浆活动,它们的地球化学性质与埃达克岩有相似之处。在全球规模上(美国西部、智利、巴布亚新几内亚),多数埃达克岩省也是重要的成矿省[8]。我国的情况也十分类似[9]。中国东部的下地壳重熔的岩浆活动有可能形成与埃达克岩成矿类似的矿产。

(3)非传统(非常规)矿产资源新理论的提出开拓了东部找矿的新领域,极大地提高了东部老区的找矿潜力。

因此,我国东部仍然具有巨大的找矿潜力,应该成为我国新一轮找矿勘查战略部署的重点区域。关键在于要有新理论、新技术和新思路。有鉴于此,科技部《国家重点基础研究发展规划》资源环境领域"十五"战略研究报告中把"中国东部大陆板内动力学过程与成矿作用"列为"十五"发展重点方向之一。

2.3　对青藏高原的研究,可能会对大陆碰撞过程的成矿效应在理论上取得进展,也会对我国的资源前景和布局提供新的依据

青藏高原被誉为大陆动力学研究的最理想的野外实验室,是当今建立新的地学理论的关键地区。但是对青藏高原内的成矿效应研究却涉及的不多。我们应以开展青藏高原陆内变形的成矿效应研究作为在新世纪赶超世界先进水平,确立我国在青藏高原研究的地位的一个切入点。解决印度板块-欧亚板块俯冲会聚型碰撞造山和成矿效应这一重大科学问题,关键在于阐明其大规模成矿的地质环境与大型矿床时空分布规律,从而为在我国西部寻找超大型紧缺矿产提供科学依据。

青藏高原较厚的地壳(—70 km)主要是下地壳的增厚造成的。下地壳是壳幔物质发生相互作用的物理和化学构造域,也是成矿启动域。由于温压值高,下地壳流动性大,因此,下地壳是制约上地壳构造变形的主要因素,为地表提供矿源。青藏高原下地壳形成于印度和欧亚大陆碰撞后 10 Ma,而完全发育成熟是在 25 Ma,也就是说地壳增厚发生在30—40 Ma前,而这一时期正是青藏高原的成矿期。可以说壳幔的相互作用有着很深远的大地构造和成矿意义,壳幔相互作用不仅仅涉及地壳的俯冲、底侵、拆沉以及物质交换,还导致了青藏高原地壳大规模增厚。增厚的部分——下地壳的流动又控制着地壳上部的变形和浅部的成矿作用。例如,高喜马拉雅结晶岩带、喜马拉雅东、西构造结内的超高压和高压变质地体、冈底斯岩浆岩带、藏东一些条带状变质地体大多为上升到地表的下地壳。它们不是本身含矿就是与围岩相互作用形成多种矿产。新生代大规模的岩浆和变质作用以及火山活动多发生在青藏高原南部边缘,因此,大规模成矿成为大陆会聚作用的近距离主要地质效应之一。成矿有利地段可能大致在青藏高原中南部和雅鲁藏布江大拐弯一带。

铜、铬、钴、金、锑、铂族等是青藏高原的优势矿种,特别是藏南 - 三江成矿域[6,10,11]。同处于青藏成矿域的邻国,产出一系列世界级的巨型矿床。我国境内玉龙铜矿、甲马铜锌矿、北衙金矿、风火山砂岩铜矿、冈底斯斑岩铜矿带等大型-超大型矿床的相继发现,昭示该区具有形成大型-超大型矿床的地质环境,资源潜力巨大。青藏高原新生代多金属矿产的形成是印度和欧亚大陆会聚过程产生的地质、地球化学和地球物理综合作用的结果,特别与构造、岩浆、变质和火山作用相关,因此,成矿作用研究必须和这些基础学科研究接轨。

然而,鉴于我国西部落后的技术经济条件,而且青藏高原的隆升对于中国大陆的环境变化之间的关系密切而又重大,我国主要河流的源头大都发源在青藏,青藏周边生态环境极为脆弱,且有进一步恶化的趋势。传统矿业,尤其是贫穷落后地区无序开采对生态环境的破坏和对宝贵资源的浪费有目共睹。因此西部的矿产资源调查应以摸清家底和战略储存为基本点,西部大开发应在生态环境保护与矿产资源开发之间找出一条更能代表国家和民族根本利益的出路。

在青藏地区阐明印度 - 欧亚板块会聚造山带地

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

壳增生动力学过程、大规模成矿的地质环境、形成机理和大型矿床分布规律，为在我国西部寻找超大型紧缺矿产提供科学的理论体系与预测手段。但是，考虑到我国已经十分脆弱的生态生命线，西部的矿产资源调查应以摸清家底和战略储存为基本点，西部大开发应注重探索资源开发与生态环境保护的最佳协调模式。

2.4 寻求新的、非常规(传统)的接替资源，是解决人类矿产资源短缺的崭新思路，也是新兴产业崛起的需求

矿产资源是不可再生的，传统矿产资源将随其不断消费而枯竭；但是新兴产业的崛起又提出了新型矿物原料的要求，如纳米产业对天然纳米矿物原料、环保产业对环境矿物原料的需求。

非常规矿产资源是指受目前理论、技术、经济、产业以及环境等因素的限制尚未被认识或未能开发利用的、在目前的科学和技术发展的前提下在可预见的有限时间内可以被认识和开发利用的矿产资源或潜在资源，它们或者在人类以往的实践中从未被发现、被认知，或者由于在以往的科学技术条件下进行研究-开发的难度太大而难以实现其资源价值。人类认识自然的过程总是先易后难，非常规矿产资源大多是传统地球科学领域留下的难点或空白区，具有研究难度大和原始创新强的特点。非常规矿产资源的基础研究首先是观念上、理论上和方法上的创新，然后利用这些新理论和新技术，或者发现尚未认知的矿产资源新类型、或者降低工业品位扩大矿床的规模和储量、或者开发出新用途提高其资源价值、或者预测和发现更多的矿产资源产地[11,12]。

在我国，有许多已经显示出巨大的资源潜力、但传统矿床学、资源学、矿业技术的理论和方法难以实现其资源(利用)价值的地球物质堆积体，可视为典型的非常规矿产资源，包括华南巨量堆积的天然纳微米非金属矿物，部分原油和油田水中富集的金和其它金属元素，我国南方黑色岩系中特殊赋存状态的贵金属-重金属元素，我国南海和东海海域的天然气水合物，我国西南的分散元素矿床等。但是，要将这些资源潜力(potential)变成矿业产品(production)，需要我们在基础理论上、找矿勘查理论和技术上、工艺流程上、应用领域以及市场经济多方面的前期投入，尤其是相关的基础理论研究显然应该先行一步。正如 Hochella[13]在最近一届国际地球化学会议上作为主席发言中所指出的那样。因此，我们应该尽快启动对天然纳微米矿物及其巨量堆积的系统研究，以期尽快占据纳微米地球物质这一新的学科制高点，为即将到来的纳米产业时代做好矿物原料的战略准备。由于历史的原因，中国没能赶上信息产业化的浪潮，再不能错过纳米产业化的时机。

可见，非常规矿产资源的发现与开发，既是解决资源短缺和发展新兴产业的根本出路，又是理论和方法创新的重要途径，是一项既具有前瞻性和战略性，又具有挑战性和国际竞争性的重大课题，不仅制约着社会可持续发展的国家资源安全供给体系，而且可能带来资源领域以及相关技术领域和相关产业领域的重大变革。尤其是，天然纳微米矿物及其有关的非常规矿产资源正在成为固体地球科学一个新的生长点和新的制高点，它既涉及到地球科学领域的一个空白区，在学术上具有原始创新的特点，又显示了巨大的资源前景和环保潜力。

3 小结与建议

我国21世纪的固体矿产资源形势严峻的现实应引起中央和地方各级政府和部门的高度重视，制定战略、调整布局、加大投入，将矿产资源的可持续供应视为国民经济可持续发展和国家国防安全保证的基础。

在新一轮的矿产资源调查和开发中，要基础研究和勘探并重、矿产开发与环境保护并重。选择重点地区，建立和完善大陆成矿理论，指导矿产勘探开发。在寻找和建立矿产资源接替基地的同时，把矿山环境修复提高到同等重要的水平。

对相关的重要科学问题我们建议如下：

(1)东部仍是矿产资源研究、勘探、开发的重点地区。其资源潜力、交通和技术条件、投入与产出比等因素，都决定了东部的重点地位。东部目前的勘探和开发都是在地表和浅部进行的，深部勘探和开发尚有巨大潜力。近年来，东部已为矿山环境修复投入或正在投入。东部的矿业发展，还将为解决“四矿”带来的社会问题提供条件。从这一角度出发，东部是我国重工业基地和快速发展的经济区，需要进一步稳定东部资源的储量，并有一定的远景战略储备。

(2)北部是最重要的矿产资源接替基地。北方造山带(中-东北亚造山带东段)处于中亚成矿域，中国北部的周边国家大都是世界级资源大国，中国北部有着巨大的矿产远景。此外，北方周边国家与中国有传统的友谊和地域优势，是利用“两种资源”的

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

最佳选择。北部的交通、自然环境相对较好。因此从矿产资源的研究和勘探的角度,北部应是最重要的地区。我国应逐步开展与周边国家的合作研究和勘探,走出国门,联合研究、勘探、开发,制定切实可行的国家资源安全保障战略。

(3)西部是矿产资源的战略储备基地。青藏及其邻区(包括新疆南部)研究和勘探的程度低,无论从大陆成矿动力学的理论研究还是新的矿产资源的发现上,都具有重要意义和良好前景。然而青藏高原的隆升对于中国大陆的环境变化之间的关系重大,我国主要河流的源头大都发源在青藏,青藏周边生态环境极为脆弱,且有进一步恶化的趋势。因此西部的矿产资源调查应以摸清家底和战略储存为基本点,同时为陆内成矿理论作贡献。

(4)在科学技术高速发展的今天,已具备条件使某些在传统的理论和工艺技术条件下的非矿产资源,在目前或可预计的将来成为矿产资源,它们是解决人类矿产资源短缺的最终出路和根本方法。而且它们具有的独特品质(如天然纳米材料)和绿色环保性质,更有可能使它们身价百倍。我们要抓住机会,合理投入,在国际竞争中勿失良机。

参 考 文 献

[1] 陈毓川主编. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价. 北京:地质出版社,1999,1—118.

[2] 国家有色工业局. 有色金属工业 50 年历史资料汇编. 北京:中国国情出版社, 1999.

[3] 宋瑞祥. 中国矿产资源报告. 北京:地质出版社,1997,43—52.

[4] 裴荣富,熊群尧. 金属成矿省等级体制成矿与矿产勘查评价:当代勘查资源勘查评价的理论与方法. 北京:地质出版社,1999,134—141.

[5] 国土资源部信息中心. 世界矿产资源年评(1999—2000). 北京:地质出版社.

[6] 翟裕生. 区域成矿学. 北京:地质出版社,1999,191—197,228—238.

[7] Liu Jianming et al. A Preliminary Study on Exhalative Mineralization in Permian Basins, the Southern Segment of the Da Hinggan Mountains, China——Case Studies of Huanggang and Dajing Deposits. Resource Geology, 2001, **51**: 345—358.

[8] Thieblemont D, Stein G, Lescuyer J L. Gisements epithermaux et porphyriques: la connexion adakite. Earth Planet. Sci., 1997. **325**: 103—109.

[9] 张旗,王焰,钱青等. 中国东部中生代埃达克岩的特征及其构造-成矿意义. 岩石学报,2001,**17**:236—244.

[10] 涂光炽等著. 中国超大型矿床. 北京:科学出版社,2000,348—371.

[11] 赵鹏大. 地球科学的新使命—认知和发现非传统矿产资源. 地球物理学进展,2001,**16**(4):127—132.

[12] 刘建明. 我国非传统矿产资源的实例及其所涉及的科学问题. 地球物理学进展,2001,**16**(4):133—143.

[13] Hochella M F J R. There's plenty of room at the bottom: Nanoscience in geochemistry. Geochim. Cosmochim. Acta, 2002, **66**:735—743.

CONSIDERATIONS ON THE PRESENT SITUATION OF MINERAL RESOURCES IN CHINA AND THE RELATED SCIENTIFIC ISSUES

Zhai Mingguo* Fan Weimin† Liu Jianming*

(* *Institute of Geology and Geophysics CAS, Beijing* 100029; †*Bureau of Science and Technology for Resources and Environment, CAS, Beijing* 100864)

Abstract Entering the new century, China is facing an ever-increasing shortage of mineral resources. In response to this very severe situation, we make the strategy of mineral resources in the new century. It is crucial to combine the research and exploration as well as the exploitation and environmental protection.

Key words Mineral resources, present situation, countermeasures, related scientific issues

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net