

新一轮固体矿产资源潜力评价的几个问题*

Some problems concerning the new round of solid mineral resource potential evaluation

肖克炎¹, 谢承祥², 王登红¹, 张晓华¹, 丁建华¹, 娄德波¹

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 中国国土资源部, 北京 100812)

XIAO KeYan¹, XIE ChengXiang², WANG DengHong¹, ZHANG XiaoHua¹, DING JianHua¹ and LOU DeBo¹

(1 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 2 Ministry of Land and Resources, Beijing 100812, China)

摘 要 在开展一轮、二轮成矿区划的基础上, 中国目前正在开展全国新一轮固体矿产资源评价, 目标是通过 3~5 年, 对全国 25 种固体矿产运用先进的成矿理论和评价技术方法科学地圈定成矿远景区, 并估算出近地表 1 km 范围内的未发现的矿产资源量, 为国家地区矿产资源的战略勘查和宏观决策提供技术支撑。由于目前矿产资源勘查形势相比十年前有了显著的变化, 因此矿产资源潜力评价工作也相应有一些调整。文章论述了此轮矿产资源评价的特点, 并提出相应的评价技术设想。

关键词 矿产资源; 模型; 评价; 资源潜力

矿产资源预测评价在中国又称为成矿远景区划。通过科学系统的工作, 对全国范围内地下近地表未发现矿产资源的种类、位置、数量和经济价值评价与估算一直是政府决策部门和矿产勘探公司感兴趣和关心的工作。国内外 30 多年预测评价的历史事实证明, 超前性的矿产预测是实现找矿突破的有效途径, 每一轮预测成果都能促进地质找矿的新突破。

美国在 70 年代投入巨资开展第一轮矿产预测, 实施了 4 大工程 (石油天然气预测、阿拉斯加资源评价、铀矿资源评价和本土计划), 其成果除制定了美国的能源政策外, 还在美国西部发现了一批大型、超大型矿床。至 20 世纪 90 年代, 美国又开展了第二轮战略性矿产的预测和潜力估算, 美国地质调查局使用统一的“三步”式评价方法、93 个标准的矿床模型, 对全国 19 个成矿省的金、银、铜、铅和锌的未发现资源进行了评价, 并根据其成果建立了国家矿产资源的供给保障体系。进入 21 世纪, 美国地质调查局为了其全球资源战略需要, 制定了为期八年的全球矿产资源潜力评价计划, 目的是建立全球矿产资源潜力信息系统。

1979—1985 年, 中国原地质矿产部在全国开展了成矿远景区划工作。这是首次在全国范围内统一规划、统一标准开展的全国性的、以成矿带为目标区的成矿远景预测工作, 即一轮区划。这次区划提出“五分法”划分成矿区带的原则, 优选出 29 个重点找矿区带 (重点片), 根据其成果编制了“新一轮固体矿产普查”的全国宏观工作部署; 指导完成了“七五”期间的勘查工作。

全国第二轮成矿区划于 1992 年 1 月启动, 除台湾、上海、天津、重庆外, 全国 28 个省、市、自治区地矿局 (厅) 以 IV 级、V 级成矿远景区为单位, 选择重点矿种完成区划工作, 该项工作共投资 8500 万, 成果为国家“矿产勘查跨世纪找矿工程部署”和国土资源大调查中的“矿产勘查工程”提供了科学依据。

在单矿种评价方面, 中国于 1984 年和 1994 年开展了两次大规模石油与天然气资源评价工作, 使得中国的油气勘探事业获得长足发展。2000 年开展的第三轮油气资源评价, 探明了中国陆内剩余可探明的油气地质资源量。除此之外, 煤炭资源也已经完成了三轮系统的、完整的区域评价工作。

全国一轮、二轮区划以及油气等单矿种资源评价, 为国家制定“七五”、“八五”、“九五”、“十五”矿产勘查发展规划、12 年 (1989—2000) 找矿工作规划、“矿产勘查跨世纪工程”、“2000—2010 年中长期发展规划”等有关矿产资源的宏观决策提供了重要的依据。但由于历史原因, 以前的矿产资源评价工作的重点是靶区定位, 而对未发现的资源潜力定量研究不够,

*本文得到国土资源大调查项目 1212010633901 资助

第一作者简介 肖克炎, 男, 1963 年生, 研究员, 博士生导师, 矿产普查与勘探专业, 从事矿产资源评价工作。Email: kyanxiao@sohu.com

且没有统一可比的方法。另外,中国在 1984 年完成了金、铁等 4 矿种的资源总量预测后,此项基础工作再也没有系统开展过。矿产资源潜力数据的权威性不足,学术讨论和政府行为交织一体,未能在国家矿产资源宏观决策和部署工作中充分发挥作用。

进入新世纪后,国家地质调查工作由传统的以地质找矿为中心向公益性、战略性矿产资源调查评价转移。当前,中国矿业开发勘探市场尚处于经济培养阶段,因此传统的地质矿产工作必须与时俱进,迎接新的机遇和挑战,要围绕社会全面进步、资源持续利用、环境不断改善、生态良性循环的协调统一,加强地质调查研究,为国家经济社会发展宏观决策提供依据。

1 当前矿产资源评价的几个问题

矿产资源评价现阶段的主要任务是为国家矿产资源战略性勘查工作服务。当前国家地质矿产工作正处于向市场经济转轨时期,许多战略性矿产资源勘查工作仍然要由国家集中财力进行重点找矿突破,对成矿远景区划工作提出的要求就是要以地质矿产勘查为中心,依据国际惯用标准和中国地质特征规律,应用新的成矿理论和评价新技术方法,开展矿产资源潜力评价或区划工作,对地质勘查信息进行综合分析,优选找矿靶区,促进地质找矿工作的重大突破,为全国矿产资源调查评价工作部署决策提供依据。

通过研究中国前两轮资源评价工作的理论和方法,对比国外一些成功的安全,笔者发现中国当前的矿产资源评价工作中还存在一些亟待解决的问题。

1.1 矿产资源评价国际化接轨问题

资源潜力评价的结果要有可比性,如:中国油气资源第三轮未发现资源潜力的评价技术,采用的是国际通行的概率统计方法,这样评价出的结果才能被国际同行所认可,评价数据才可以得到更为广泛的应用。又如:美国地质调查局在全美固体矿产资源评价中,采用的是三部式评价方法,其特点是使用全球标准的矿床模型和评价准则进行远景区的圈定,然后使用标准的 MARK3 软件,基于统一的品位-吨位地质经济模型进行资源量估算。也正是基于这些统一的一致性,美国才能够在世界范围内推行他们的全球矿产资源潜力评价计划。因此,在进行新一轮固体矿产资源潜力评价时,要充分借鉴和利用国外的技术方法,统一评价理论和方法体系。

1.2 矿产资源评价模型问题

矿床模型是经济地质学核心部分,是各种地质矿产专家的共同语言,是将各种地质信息、矿点、地球化学、地球物理综合信息与资源评价工作结合的桥梁,是地质矿产勘查获取的各种综合信息是进行区域资源潜力评价的数据基础,因此国际通行的潜力评价方法都是基于矿床模型的。矿床模型不是固定不变的,它处在开放的评价系统中,随地球科学新认识、矿业技术和经济需求等条件的变化,新的模型可能出现,旧的矿床模型可能被扬弃,评价结果的科学性和客观性可因此而得到保证。

“三步式”资源评价方法体系特色是地质矿床模型应用,由于矿产资源潜力评价工作是建立在地质模型基础上的,因此能在理论上保证其合理性,但笔者也发现,地质上常会出现同一地质环境多种成矿类型共生的现象,许多矿种如金、银、铜、铅、锌等往往同时出现在同一地区,据此圈定的不同类型、不同矿种的可能地段就会出现重复的现象,这无疑将使矿产预测工作变得非常复杂。

中国学者程裕洪、陈毓川等总结的成矿系列理论(程裕洪等, 1979; 陈毓川等, 1998),为解决矿床建模问题提供了很好的理论支持:成矿系列理论通过“四个一定”(一定的地质历史时期、一定的构造部位、一定的地质作用、一定的矿床自然组合)将有成因联系的矿床有机的串联起来,并归纳出制约其产出的关键地质因素,据此建立起的成矿系列模型就有可能抓住了区域评价的关键地质因素,能够了解区域大地构造演化及成矿地质背景,能够对区域成矿作用时空演化和成因联系有总体框架认识,因此在区域中小比例尺资源潜力评价过程中,使用成矿系列模型来圈定成矿远景区可能较使用矿床模型更有优势。

1.3 矿产资源预测中综合信息应用问题

综合信息地质构造研究的研究方式,是以地质构造研究为基础,结合地球物理、地球化学、遥感影像推断解释的地质构造内容,通过综合分析、去粗取精、去伪存真等过程,实现在地质构造研究成果资料基础上的物探、化探、遥感有关地质构造推断解释信息的科学集成。

美国地质调查局在运用“三步式”资源评价系统时,进行评价工作的是主要为矿床地质学专家,他们参照矿床模型,根据不同类型矿床的成矿地质环境,圈定出此类矿床可能产出的地段,并根据地球物理信息对地表以下 1 km 以上的隐伏地质体进行推测,从而扩大矿床可能产出的范围,然后根据对可能地段内的勘探历史和经验对未发现的矿床个数进行估计,该评价结果相对来说较容易被地质人员所接受。然而,该方法还是存在一些缺陷,如:该方法中参与评价的信息主要是地质信息,物、化、遥等信息使用得较少,这样产生的结果就是圈定的可能地段范围会很大,如美国地质调查局于 1998 年提交的《1998

年对美国未发现的金、银、铜、铅和锌的评价》报告中,在内华达州圈定可能地段就占整个州面积的 47%。这种结果虽然能够保证在区域潜力评价中不漏矿,然而对于以战略性矿产勘查部署为目的的评价工作意义却不大。在这一方面,中国的矿产资源潜力评价方法则有着较多优势:中国地质工作几十年来积累了众多地、物、化、遥多元勘查信息,基本是覆盖全疆域的,据此,笔者在进行资源潜力评价时,不仅可以依据成矿系列圈定成矿可能地段,还可以根据多元综合信息圈定成矿有利地段,甚至还可以通过对成矿有利地段进行优选确定找矿靶区。

然而地球化学、地球物理、遥感等信息的预测标志由于影响因素较多,常具有明显的多解性,据美国矿产局统计分析,10万个化探异常中,异常与矿点、矿床之比为100:4:0.7。因此,就需要将这些方法与地质预测理论有机地结合起来,从而减少因使用多解性的物、化、遥信息所带来的风险。中国的学者在这方面进行了有效的尝试,如王世称教授多年来总结出的综合信息矿产资源评价方法(王世称等,1994;2000):以地质直接信息为先验前提,全面对区域地质、地球物理、地球化学、遥感、矿产等多元信息进行综合解译,研究区域成矿规律,科学地进行综合信息矿产资源编图,该方法不失为一种多元信息综合利用的可行方法。

1.4 资源量估算问题

新一轮资源预测工作很重要的目标是要求获得全国的单矿种预测资源量,采用的工作路线是在分省预测资源量的基础上进行全国数量汇总。为此不同的定量预测方法获得的数量不能累加,因此必须按矿种(组)统一规定几种定量预测方法为基本方法,以增加预测数据的统一性和可比性。

考虑到全国非油气重要矿产资源总量估算的可比性和可集成性,以及中国的实际情况,新一轮固体矿产资源评价在借鉴和吸收上述方法优点的基础上,拟采用非总和式资源量估算方法(矿床值概率分布法、地球化学块体估值法、矿床模型综合地质信息定量预测法)计算各远景区预测资源量,并分析找矿概率。初步考虑提出如下方法:

(1)对沉积矿产采用体积法 体积法是以一定地质建造赋存某种矿产资源潜力与该建造成正比,地质建造类似地区有相似的资源潜力,主要工作是确定赋矿建造空间三维分布范围,确定单位体积矿产平均含量。

(2)对有磁性的如铁矿采用三维反演法 采用现代计算机重磁三维反演技术,快速估算各磁性异常的三维空间形状、大小、埋深和体积等。直接由起伏面上观测到的,由范围有限的三度体产生的 Δg , ΔZ , ΔT 等异常中的某一种,反演异常场源质量中心、总质量或磁矩重心、磁化方向、总磁矩模值等。然后将异常转化为引力位、拟引力位、引力场、拟引力场等。采用引力场、拟引力场等值面,从各个方向圈定场源。采用引力位、拟引力位建立全方位反演方法,确定具有均匀物性和任意凸形边界三度异常源边界各点的位置。

(3)矿床地质经济模型法 对于大多数金属矿床可采用美国地质调查局“三部式”品位吨位模型。该方法可以总结全球或全国现有类型矿床品位吨位模型,把它们应用到预测评价区带中。在成矿预测区圈定的基础上,估计预测区内未发现矿床的个数。通过研究预测区矿点的分布特征、矿床的品位特征、矿石量的分布特征来获得对资源量的模拟。

(4)地球化学面金属量丰度法 面金属量法是前苏联学者索洛沃夫等提出的一种地球化学异常评价的方法,其原理是利用次生晕和分散流资料对矿体进行定量评价:以晕的扩散模式为依据,使用地球化学分析结果并结合地质资料圈定次生分散晕,研究预测区某一水平截面(或平行于斜坡的截面)上所含的成矿元素的金属量与在同一水平上的矿体中所包含金属量之间的对应关系,并籍此进行资源估算。

2 矿产资源评价的技术思路探讨

2.1 基本思路

2.1.1 充分借鉴国际通行评价思路方法

国际上通常针对区域性未发现矿产资源潜力的评价是分矿种、分矿床类型进行的。如美国地质调查局采用的“三步式”评价方法。因此,全国的资源评价将在统一的标准矿床模型基础上进行。由于矿床模型是成矿系列的一部分,在成矿系列中采用矿床成矿式作为一类矿床的代表,同时成矿系列又将区域成矿规律研究与矿床模型进行有机结合,成矿系列理论体系可以作为本次评价预测的基本理论,新一轮资源评价可以采用成矿系列综合信息矿产资源评价方法作为指导方法。

2.1.2 资源评价要紧扣中国目前矿产资源工作的需求

当前中国矿产资源形势严峻,矿业勘查处于由计划经济找矿向市场经济过渡的转型时期,因此促进地质找矿突破必需进行矿产资源评价工作。和美国等发达国家矿产资源评价的明显不同在于,中国的评价工作首先要圈定找矿远景区和重点靶区,为国家和全社会地质找矿提供选区依据,同时要充分考虑国家矿产资源宏观决策和战略部署需求,估算各主要成矿区带的资源潜力。要达到上述两个目的,必须采用与国外不一样的评价技术路线。本次工作可根据“地质评价”和“信息评价”双管齐下、地质为主、互为依据、相互补充的基本思路,面向全国,突出重点,争取在已知矿产地和未知可能性两个不同工作程

度的层次上有所突破、有所探索。

2.1.3 资源潜力评价要有层次地进行

矿产资源潜力评价工作可以分不同的层次,国家级成矿区带层次、矿集区研究层次、矿床级研究层次。这三个层次对应于不同的比例尺:即小比例尺(1:500万)、中比例尺(1:100万)和大比例尺(1:20万);也对应于项目执行的组织关系,即项目综合组、大区综合组、省局。综合组以1:500万尺度考虑资料级别,各大区中心以1:100万尺度为标准尺度考虑资料级别,各省局以1:20万为尺度考虑资料级别,同时针对不同的层次制订不同的工作规范。比如,在小比例尺图件上应该体现的是成矿区带的资源潜力,在中比例尺图件上应该体现的是矿集区的资源潜力,在大比例尺图件上体现的是具体矿床的资源潜力。矿床成矿系列的研究也要相应地对应于不同的尺度,全国的矿床成矿系列和成矿系列组可以在1:500万尺度的图件上得到充分反映,亚系列和矿床式在中比例尺图上充分反映,矿床式和矿床则在大比例尺图上反映。成矿规律的研究则可以不受比例尺的限制,可以是全国性的、区域性的,也可以是矿区性质的,但必须强调“物质+时间+空间”的组合。

2.1.4 对于资料的选择

3个不同层次的研究,要选择不同层次的资料,建立不同规模的数据库:①全国性研究所必须参考的资料包括20世纪90年代完成的各省区域矿产总结、各省《矿床发现史》和《中国成矿体系及区域成矿评价》项目的研究成果,基础数据库应该涵盖全国所有的中型以上的矿床;②大区性成矿规律研究所需参考的资料,除了相关省区的区域矿产总结、矿床发现史之外,还应包括不同年代完成的1:20万区域地质调查报告,基础数据库应该涵盖各大区小型以上的矿床;③各省区成矿规律研究过程中所需资料,除了本省区以往的区域矿产总结、矿床发现史、1:20万区调报告等综合性资料之外,还应包括1:5万区域调查资料,基础数据库除了成型矿床之外,还应该包括矿点、矿化点。

2.2 技术路线

全国战略性矿产资源潜力评价将采用统一的评价模型、评价方法,以求评价结果一致性、标准化和可比性。新一轮固体矿产资源评价可以采用叶天竺等提出的“矿床模型综合地质信息类比预测方法”作为评价的技术方法。该方法可以简单地归纳为“三三式”:三个评价理论(成矿系列理论、多元信息资源评价理论、矿产资源定量评价理论)、3个工作流程(成矿系列建模、成矿有利地段圈定、资源量估算)和3个评价结果(成矿容许地段、成矿有利区、成矿有利区内矿床个数及资源量)。

3 结束语

中国的油气及煤炭资源已经进行了三轮系统的、完整的区域评价工作,其他重要矿产资源也已经开展了两轮成矿区划工作,工作成果在指导工作部署、制定中长期规划等方面,起到了重要作用。但在预测矿种、覆盖面积、方法技术应用等方面都不够系统完整,带有一定局限性。因此有必要在中国实施新一轮重要矿产资源的区域评价工作,其成果将为制定国家矿产资源战略与编制中长期规划提供依据。

通过此项工作的实施,将促进中国地质成矿理论的重大发展。新一轮区域矿产预测评价工作将在基础地质研究方面全面总结大陆动力学理论的应用成果,把中国地质构造研究工作提高到新的水平,同时通过进一步深入研究区域成矿规律,进一步发展中国的成矿系列理论,在区域成矿、成矿规律研究方面达到新的高度。随着工作中GIS技术全面、全过程的应用,矿产预测的方法技术将产生革命性的变化,必将产生和完善具有自主知识产权的原创性矿产预测技术。

总之,国家新一轮固体矿产资源评价的实施无论对于国家宏观战略的制定、矿产勘查工作部署与找矿突破,还是地质成矿理论的发展、矿产预测技术的创新都具有十分重大的意义。

参 考 文 献

- 陈毓川,裴荣富,宋天锐,邱小平,等.1998.中国矿床成矿系列初论.北京:地质出版社.
- 陈毓川,王登红,王平安,毛景文.2001.矿床成矿系列及成矿谱系研究的进展及范例.见:中国地质调查局编.矿产资源调查评价理论与方法技术论文集.
- 陈毓川,朱裕生,等.1993.中国矿床成矿模式.北京:地质出版社.
- 胡惠民,等.1995.大比例尺成矿预测方法.北京:地质出版社.
- 王世称.2000.综合信息矿产预测理论与方法.北京:科学出版社.
- 肖克炎,朱裕生,等.2000.矿产资源GIS预测评价系统.北京:地质出版社.
- 翟裕生,等.2004.区域成矿研究法.北京:中国大地出版社.
- 朱裕生,肖克炎,等.1997.成矿预测方法.北京:地质出版社.