

矿山外围找矿方法探讨

张原庆, 宋炳忠, 王玉福, 许亚明, 李学斌, 曹 冉

(吉林大学 综合信息矿产预测研究所, 长春 130026)

摘要: 现在的矿山外围找矿存在平面范围小, 深部找矿思路简单, 新方法应用面窄, 新认识不到位等多方面的问题。文章提出了以综合信息方法为主导, 以岩矿石物性、成分差异为基础的系统拓展找矿范围、深部找矿、新老技术方法结合分析的外围找矿方案。

关键词: 综合信息; 外围找矿; 深部找矿; 流程

doi: 10.3969/j.issn.1001-1412.2009.02.003

中图分类号: P621 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2009)02-0106-05

0 引言

矿产资源勘查是国民经济的基础产业, 直接关系到国家的经济发展和经济安全, 也影响着国家的对外交往和国际地位, 是我国现代化建设过程中必须妥善处理的问题。特别是石油、铁矿、有色金属等大宗战略矿产的短缺, 对外交、运输、经济布局等等已经构成了沉重的压力。当前一大批矿山的后备储量严重不足^[1-5], 如果不能迅速在一些重点矿山和重要矿种的后备储量上取得突破, 很可能还会导致严重的社会问题。在现有矿山、矿业城市的外围找到新的可接替矿产储量, 对国家的资源保障、经济社会问题的解决是非常有益的。对矿山外围的找矿转换思路、突破定见, 利用综合信息方法把成矿过程的科学研究和找矿方法实践有机地结合起来, 充分挖掘和拓展成矿、控矿、找矿信息之间的联系, 是可行的科学找矿方法^[6]。

1 矿山外围找矿现状

矿山的外围找矿早就引起了人们的广泛重视。无论是矿床还是矿体, 其空间产出位置上都具有一定的趋群性, 因此在矿床(矿体)的外围找矿具有相

对较高的成功率^[7-8]。在矿山外围找矿方面, 国内外专家曾经提出了许多建议和工作方法。具体工作主要有以下几点: 开展外围详细的大比例尺地质、矿产填图; 槽探、井探、钻探、坑探等探矿工程的大量使用; 不同采样方法、不同采样介质的地球化学填图及剖面测量; 高精度、大功率、多参数的磁法测量、电法测量、能谱测量; 一部分矿山还开展了新的地球物理、地球化学方法测量, 如汞气测量、地电化学、地气测量、瞬变电法等等。在这个过程中, 大多数矿山的地质储量都有不同程度的增加, 有的甚至增加了数倍, 同时也积累了大量的第一手资料, 为进一步开展各种矿山地质测量和分析工作提供了科学的依据。

矿山周围的找矿工作, 在找矿思路可以总结归纳为6个方面: 一是向矿床的外围要矿, 二是向矿床的深部要矿, 三是向勘查新技术、新方法要矿, 四是向新认识要矿, 五是向新类型要矿, 六是向采选冶新技术要矿。除去第六方面与地质工作关系不大, 前五个方面都和地质找矿直接有关。在我国的找矿勘查实践中均不同程度地存在着工作、认识不到位的问题, 存在着外围找矿范围小、深部找矿简单化的问题, 以及勘查新认识、新技术应用不够系统的问题。

2 深部找矿问题与对策

大多数矿床(矿山)在深部找矿中会出现两个问

收稿日期: 2008-05-19

作者简介: 张原庆(1964), 男, 山东巨野人, 教授, 博士, 从事成矿预测和构造地质学的科研和教学工作。通信地址: 长春市地质宫 447 室吉林大学综合信息矿产预测研究所; 邮编: 130026; E-mail: yuanqing1964@qq.com

题:一是太“直”,简单地顺产状延伸;二是没有详细研究断层、控矿构造向深部的拓展方式。这两种倾向都可能导致深部找矿过程中的目标错位。生产实践中对以断裂控制为主的矿床,往往只按主断裂带向深部的直接延伸部位进行工程施工,把浅部的控矿构造简单向下推断,只对主断层带、主矿化带开“钻”。其原因可能和传统的“深大断裂”理论影响有关,把断层的产状趋势简单化了,忽略了断层在不同构造层次间向深部拓展时产状变化和延伸的复杂性。在研究断层活动时,很少认为那个断层是孤立活动的,但是在部署探矿工程时,往往就忽视了断层活动的相关性问题。各种冲断层、伸展断层、走滑断层在向深部延伸过程中都有特定的扩展方式,断层的扩展方式必然要影响断层控制矿床的空间展布状态。

大多数大中型矿床、矿山,都做过一定量的深部找矿工作。对大多数矿床的勘探剖面图、平面图观察会发现一个比较普遍的问题:矿床(矿体)的空间分布样式呈平行排列式、斜列式、雁列式的都有存在。我们在构造地质学分析和力学分析中都非常重视断层的雁列式尖灭再(侧)现的现象,但是应用在以断层控制为主的矿床深部找矿施工中却容易忽视这一规律。以控矿主断层带为界,勘探过程中发现的矿体基本上都位于主断裂带的上方,如山东省已经勘探的大多数金矿床都是这样。主断层的下方难道就不可能形成矿床、矿体了吗?采矿过程中发现事实并不是这样,主断层的下方也经常是有矿的。这种现象主要是由我们的勘探工作部署不够造成的。因为我们钻孔的设计都是以揭穿主控矿断层带、主矿体为目的的,穿过主断层带就终孔了。所以主断层带底板以上的矿体都能被揭露,而主断层带以下的情况如何并没有研究多少。我们对冲断层的扩展方式进行研究后认为,背驮式扩展是冲断层非常重要(或者说是最重要)的扩展方式,即后期断裂往往发育于主干断裂带的下方,因此在深部找矿时,过去经常忽略的主干断裂下方是非常重要的找矿方向。对所有冲断层控制的矿床,都应该详细研究主干断裂带下方构造是否有矿化显示。谁都承认构造控矿的一个重要特点是产状变缓处容易形成大矿体、富矿体,从主断层带下方扩展的断层才是产状最容易变缓的部位,因此才可能是成矿物质运移、沉淀的最佳场所。所以向矿床的深部找矿,不能只简单地按主断层带产状直接向下推断,而是应该充分研究控矿断层的力学机制和扩展机制,以确定矿床向

深部的变化特点,最重要的是要研究背驮式拓展的主断层下方的断层成矿信息。

另外,控矿构造向深部延深的过程中不仅仅是产状的变化,岩石的物理-化学性质的改变、构造层次的改变、构造层次间应力状态的改变等都会影响到构造样式和构造产状向深部的变化趋势。

3 矿山周围找矿问题

对大多数矿床(矿山)来说,外围找矿范围太小。现在的大中型矿床(特别是在计划经济体制下勘探的大中型矿床)外围比较详细的大比例尺地质矿产调查工作往往只有几个平方千米,很多情况下甚至不足 1 km^2 ,手段主要是地质填图、槽探、原生晕或次生晕面积性填图及剖面测量。近年来又由于受探矿权范围的限制,外围找矿也往往局限在很小的范围内。

外围找矿应该至少多大范围?从矿山开采、开发角度看,如果利用老矿山设施,在生产矿山基地周围至少 10 km 的半径范围内,在经济、技术上是可行的,当交通便利时范围还可以更广一些。从贵金属、有色多金属地质成矿规律考虑,外围应包括矿源、成矿动力学过程、控矿构造等最可能影响、波及的空间范围,即矿床成矿物质演化可能的影响范围。因此从地质成矿和矿产资源开发两方面权衡考虑,已知大中型矿床(矿山)外围的详细研究和找矿范围应在 400 km^2 (矿体周围各 10 km) 以上,大致一幅 1:5万地形图图幅的范围。

4 新技术、新方法、新认识、新类型找矿问题和对策

经过建国后 50 多年的系统勘探,我国东部地区的地表和浅层矿床越来越少,必须开发一些探矿新技术、新方法,以达到事半功倍的效果。向新技术、新方法、新认识、新类型要矿,我国近 30 年来做了不少工作,取得了显著成绩。许多大型、超大型矿床的新发现都与这“四新”有关。但是从我们地勘单位的找矿活动看,工作显然还很薄弱,而且手段比较单一。如在新认识方面,板块构造引起的地球科学革命,涉及到地质工作的很多层面,但是在相当多的地勘技术人员中并没有将板块理论与成矿理论有机地

结合起来考虑找矿问题,常见的情况是仅在构造讨论中作一些象征性的点缀。近年来的多数找矿新技术、新方法是由专业的测试仪器专家、地球物理专家或地球化学专家研制出来的,所探测的信息针对性比较强,而且一般是针对点上的工作,而面上工作的适用性较差,不太适用于大范围的普查、普查工作,比如活动态金属测量、地气测量等技术的大范围展开在经济、技术上尚欠成熟。而在地勘单位的技术人员结构中,野外技术人员的专业教育基本上是地质、物探、化探等专业的分科教育,同时掌握地质和物探专业技能或同时掌握地质和化探专业技能的技术人员太少,知识结构上的“短板”无形中限制了新技术、新方法的应用推广和开发。新技术、新方法在固体矿产勘查方面的应用程度远不如油气勘查行业,除经济方面的原因外,新技术、新方法的信息面太窄,在面上没有通用性、可比性也是重要的原因。与传统的地球物理、地球化学信息比较,有些新技术、新方法获得的信息强度比较弱,信噪比较低,是否有矿化显示和信息的异常程度关系比较复杂。因此,新技术、新方法的应用一定要和传统的探测技术结合起来,建立定量化、模式化、信息化的分析、鉴别标准,以利于大范围内的横向对比。另一方面,新技术、新方法应开展多参数的综合(合成)探测仪器(如V8)的研究开发,使一次野外工作、一套仪器、一个工作小组同时完成多信息的探测任务。从现阶段来看,除发展新技术外,在固体矿产勘查中发展应用面较广的系统化实用技术也很重要。

加强对一线勘查人员的继续教育是非常迫切的问题。地球科学的新理论、新知识不断更新,对找矿工作的推动作用是有目共睹的,例如地质力学理论的应用对我国石油资源的勘查和固体矿产的勘查曾经起到过重要的指导作用;上世纪60年代兴起的板块理论是地球科学的一场革命,其影响深入到地球科学的方方面面。这些新理论和新知识如果不能为一线勘查人员熟知并掌握,就必然造成理论研究和找矿工作的严重脱节,直接影响科技成果向生产的转化。比如在一些学术期刊和专著中,不时出现将板块构造与其他构造理论混合陈述的情况;有一些勘探报告、矿床模型中仍有将不同层次、不同期次的构造形迹放在一起讨论的情况。由于我国教育体制的问题和继续教育工作的弱化,直接影响着跨学科复合型人才的培养,而现代勘查技术手段越来越向多学科联合找矿的方向发展。单一学科的勘查人员是无法胜任综合勘查任务的,这就要求我们大力加

强一线勘查人员的新理论、新知识和跨学科理论方法的继续教育,使他们不断完善自身的知识结构,掌握不断更新的技术方法,逐步做到科学研究与找矿勘查的有机衔接。

6 矿山外围找矿的综合信息系统方法

大中型矿床外围的含义已由几(几十)平方千米扩展到几百平方千米,在这么大范围内全部实施大、中比例尺的地质填图和原生晕测量显然不现实。人们在试图寻找一种能快速、准确地进行找矿预测区筛选的途径,并进行了多种有益的尝试。从现有各种固体矿产探测技术来看,多是以分析、处理点上(有限面积)的信息,不宜用作解决大范围内的矿化信息提取问题,因此目前切实可行的还是大、中比例尺遥感、磁法、重力、能谱、电法、地球化学等技术手段的扫面资料。深入地开发、提取已有资料中的有用信息,仍有相当多的工作可做。比如对地球物理信息,人们比较注重数据的正演、反演处理。但在大中比例尺的测量中,地质体(岩石、矿石,岩体、矿体)物性参数的测试数据存在很大的不确定性。如山东归来庄金矿控矿岩体野外测试的磁性参数变化幅度可达3个数量级以上。反复测试后发现,其原因是成矿岩体的金属矿物含量有很大的变化,导致岩矿石标本的物性参数出现巨大差异。这时地质体的复杂程度往往要高于正反演计算中的预设值,所以在复杂地区(金属矿区)的中大比例尺测量时,事实上难以做到正确的求解,至少目前国内大多数固体矿产地质单位难以做到。地质体与其物性之间的混沌、模糊状态不解决,就不可能通过地球物理场的正、反演方法正确、客观地判断具体的控矿地质体,也就不可能深入地了解成矿物质的演化过程和演化趋势^[9]。

地质体的复杂性和地质体物性的不确定性,决定了在大中比例尺尺度上要另寻其他方法对传统地球物理资料进行解译。吉林大学综合信息研究所、山东地矿局、辽宁地矿局等单位多年的工作实践证明,统计性地球物理解译方法,特别是重力、航磁资料的统计性解译方法对认识矿区构造格架,进而研究矿区成矿物质的演化过程是相对成功的地球物理解译方法。该方法主要是通过重、磁资料的数据处理和解译取得的。对平面上的重磁信息,理论上说,它们是不同的类型、不同时代、不同等级地质体的综合

反映。在水平方向上求一阶导数, 其最大值等值线、最小值等值线应该对应于水平方向上地质体的边界位置; 垂直方向上二阶导数的零值线, 应该对应于地质体在水平面上的边界位置; 这两种边界线相互验证, 可以在一定程度上保证水平方向上最大值等值线、最小值等值线代表了地质体的物质组成界限。再根据地球物理场的延拓原理, 向上延拓 4~5 个高度面, 对每个高度面的重磁场进行水平方向一阶求导, 垂直方向上二阶求导, 每个高度面水平方向不同方位相互验证, 一阶、二阶导数相互验证, 不同高度面相互验证, 就得出了一个地区的重、磁统计解译构造格架。从理论上说, 这个构造格架包括了当前测试资料水平上所能反映的所有构造信息, 这些构造界面可能是不同地质体单元的界面, 也可能是单纯的物性界面, 还可能是由于数据处理所产生的假界面。把解译出来的构造格架同地质矿产图相关联, 可以剔除数据处理引起的大部分假构造面, 剩余的和地质图有关联的构造基本上能反映出地质体物质成分变化所显示的构造格架。在这种构造格架图上, 首要的问题不是断层、褶皱、岩层等等传统的地质构造要素, 而是具有相似物性、相似物质成分的地质体单元的空间关系。因此这种构造格架比起传统的以断层、褶皱、岩层等为主要编图要素的构造图系更能反映成矿物质的演化过程。

构造格架图完成以后, 只能说是从重磁物性差异上基本解决了成矿物质的演化过程, 还需要更直接的地球化学资料来证实、细化、修正这个演化过程。在 1:5 万尺度上, 我国主要的地球化学面积测量是水系沉积物测量和重砂测量, 局部地区有大比例尺土壤测量和基岩地球化学测量。因此在矿区外围大范围可以对比的主要是水系沉积物测量和重砂测量资料。这两种资料共同的特点就是都有次生位移和次生成分的变化。我们用多级汇水盆地溯源处理方法, 可以部分改正这种位移带来的变化。

在成矿理论研究过程中, 普遍认为矿源、成矿动力、控矿构造三位一体是成矿的必要条件。对于内生贵金属、有色金属矿床来说, 矿源、成矿动力、控矿构造具有明显的相关性。成矿动力学过程决定了地质体是否是矿源的可能性和可能的储矿构造。相当多的内生矿床都能找到岩浆活动的痕迹, 因此把成矿动力学过程、岩浆活动过程通过地球化学信息反映出来是研究成矿物质演化过程的又一个关键。岩浆活动过程是一个逐渐降温的过程, 因此研究地球化学元素和重砂矿物随温度的变化趋势在理论上是

可以反映成矿物质演化过程的。山东省地矿局的金矿找矿实践证明, 地球化学信息、重砂信息是完全可以反映成矿物质演化过程的。

在我国主要的成矿带, 大都完成了 1:5 万地质填图, 岩石、地层单元划分的详细程度和成因研究一般都达到了相当高的程度, 通过系统的地球物理、地球化学、遥感资料解译, 形成综合配套的以地质体为单元, 以成矿物质演化过程为主线的信息综合体, 借助现有的 GIS 平台, 实现资料在计算机上的相互关联和数据处理, 使我们在研究矿床外围找矿时, 可以突破传统的以大比例尺地质矿产填图、地球物理、地球化学测量和地质探矿工程为主体的工作方法, 节省勘探投资, 缩短找矿周期, 提高找矿效率。

总而言之, 扩大外围找矿不能依靠传统的以大比例尺地质、地球物理、地球化学填图为主体的工作方法, 而是应该以 1:5 万比例尺地质、地球物理、地球化学、遥感等资料的综合解译为主体, 配合大比例尺的现有资料, 充分开发矿区外围资料中的找矿信息, 编制以地质体为单元, 以成矿物质演化为主线的综合信息解译图系, 在此基础上, 配合新技术、多参数新方法的应用, 圈定大比例尺找矿、勘探的工作靶区。

7 矿山外围找矿工作流程

对于具体矿山(矿床)的外围找矿工作, 首先要研究矿山的资料水平和矿床的地质特征。矿床当前的资料水平是下一步开展工作的主要依据。在矿区周围开展综合解译, 必须有一定的可以配套的资料。一般来说, 在较大的范围内, 1:5 万地质矿产图、航磁图、重力图、地球化学图是必需的。如果范围较小, 1:1 万地质矿产图、地磁图、地球化学图是必需的。在配套资料的基础上, 系统地开展下述工作。

(1) 综合信息构造格架图的编制。以 1:5 万航磁和重力资料为主, 辅之以遥感图、地质矿产图, 或以 1:1 万地磁图为主, 辅之以遥感图、矿床地质图编制。把重磁场向上延拓 4~5 个不同高度面, 每个高度面进行 4 个方位水平一阶求导, 垂向二阶求导, 在同一高度面上不同的一阶方向导数、二阶垂向导数相互验证, 相互关联, 不同高度面上的一阶方向导数、二阶垂向导数相互验证、相互关联, 得出定量解译的综合信息构造格架图。

(2) 综合信息地球化学图系的编制。以成矿物

质演化过程中地球化学元素(及重砂矿物)的演化过程为主线,把成矿动力学过程中温度、地球化学元素变化趋势反映出来。我们现在一般按照高、中、低3种组合的变化趋势,针对具体矿山可以根据矿床的特征确定更多的组合和等级。

(3) 综合信息成矿规律图的编制。把矿床分布图、构造格架图、地球化学图相套合,研究已知矿床(矿体)在成矿物质演化过程中的构造位置、地球化学位置,找出研究区的成矿规律和各个岩石、地层单元(地质体)对矿床(矿体)的控制关系。

(4) 综合信息属性表的编制。研究区内的岩体、地层、构造、矿床、矿体等在成矿物质演化过程中的作用和空间位置各不相同,将它们划分成不同的地质体(即统计单元),研究每个地质体的成矿属性(即成矿特征)。

(5) 统计计算地质体成矿概率、可能的资源量。将属性表合理赋值,形成为一个矩阵(数组),以已知矿床、矿体为模型单元,统计地质体的各种属性与地质体的成矿可能性之间的数量关系、各种属性与地质体的可能资源量之间的数量关系。把这种数量关系推广到各个地质体,就可以确定各个地质体的成矿可能性和可能资源量。

(6) 找矿靶区评估、验证。通过统计计算,得到的各地质体的成矿可能性和可能资源量是一种统计

规律,其中每个地质体资料的完备程度对统计结果具有较大的影响。总的来说,地质体的信息越完备,结果往往是该单元的成矿可能性和可能资源量都较高。这显然与找矿实践有一定的冲突,因此对统计得出的找矿靶区还要进行详细的综合评估和验证工作,以达到去伪存真的目的。

参考文献:

- [1] 朱训. 中国矿情[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [2] 朱训. 矿业城市转型研究[M]. 北京: 中国大地出版社, 2005.
- [3] 朱裕生, 郑大瑜, 韦昌山, 等. 矿山危机程度评价的指标体系[J]. 资源产业, 2004, 6(4): 28-30.
- [4] 吕古贤, 曾绍金, 郑大瑜, 等. 我国主要金属矿山资源危机程度评价[M]. 北京: 中国大地出版社, 2004.
- [5] 国土资源部信息中心. 世界矿产资源年评(2005~2006)[M]. 北京: 地质出版社, 2007.
- [6] 王世称, 张原庆. 山东省金矿密集区综合信息矿产预测[M]. 北京: 地质出版社, 2003.
- [7] 沈保丰, 陆松年, 杨春亮, 等. 矿床密集区预测的理论与方法[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
- [8] 赵一鸣, 吴良士. 中国主要金属矿床成矿规律[M]. 北京: 地质出版社, 2004.
- [9] 张原庆, 王世称, 宋炳忠, 等. 地球化学信息在综合信息成矿预测中的应用[J]. 地学前缘, 2005, (3): 347-348.

DISCUSSION ON ORE-SEARCHING METHODS IN SURROUNDINGS OF THE KNOWN MINES

ZHANG Yuan-qing, SONG Bing-zhong, WANG Yu-fu, XU Ya-ming, LI Xue-bin, CAO Ran

(Mineral prediction Institute upon Comprehensive information,

Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: At present problems for ore-searching in surroundings of the known mines are that the exploration area is small in plan, new methods not widely applied, new ideas not in place, philosophy for ore exploration to depth simpler. The authors put forward the systematic methods for such ore exploration to extend the ore-searching space both horizontally and vertically that is led by comprehensive information ore prediction theory, based on physical property and composition differences of rock and ore and combined with the old and new ore exploration methods.

Key Words: comprehensive information; the ore-searching in surroundings of known mines; ore-searching to depth; flow sheet