湖南省大型、特大型矿床成矿条件和找矿预测方法刍议

陈强春　赵建光　周厚祥　伏庆是
(湖南省国土资源规划院　湖南　长沙　410007)

摘　要:发现和勘查大型、特大型矿床是当前地质找矿工作的主要方向。湖南省内生金属矿产的形成,主要与燕山期太平洋板块对东亚大陆的俯冲所引发的成矿作用有关,构造—岩浆热动力作用是导致湖南省内生金属成矿分带的主要因素。据此,全省可分为湘东南 WSn、Pb、Zn 多金属成矿带、湘中 Sb、Au、Pb、Zn 成矿带、雪峰 Au、Sb 成矿带和湘西北 Hg、Pb、Zn 成矿带等 4 个内生金属成矿带。依据大型、特大型矿床的成矿特征,结合湖南成矿分带的特点和以往地质调查与矿产勘查工作成果,借助 GIS 技术,采用综合预测方法,是现阶段开展大型、特大型矿床找矿预测工作的主要方法。

关键词: 大型 ;特大型矿床 ;成矿作用 ;成矿分带 ;成矿条件 ;找矿预测

大型、特大型矿床是大自然赋予人类的聚宝盆,据统计,虽然全世界已发现的各类矿床数以万计,但 90%以上的矿产品是产自 1502 个大型、特大型矿山。有我国已探明的铁、锰、镍、铜、铅、锌、铝、钨、锡、锑、汞、金、银、硫、磷、硼、金刚石等 17 种金属和非金属矿产储量中,大型和特大型矿床储量约占 69.49%,其中金为 62.62%,锑为 76.13%。因此,集中人力物力,动用各种技术手段,发现并勘查大型、特大型矿床已成为当今地质找矿工作的主要方向。

1　大型、特大型矿床的基本特征

1.1 成矿特征

⑴ 不均衡性。目前已发现的许多大型、特大型矿床,特别是世界级的巨型矿床,不是呈线状或面状分布,而是呈“点型分布”,反映了其形成在时间、空间乃至矿床类型上的不均衡性。

⑵ 多成因复成性。绝大多数大型、特大型矿床都经历了多种地质成矿因素的长期作用,多次矿化、多元素富集成矿,显示出多成因复成性。

⑶ 多源性。即成矿物质多来源。

1.2 成矿环境

⑴ 裂谷或裂陷环境。矿床定位与大陆裂谷盆地以及与板块碰撞带的前陆或后置盆地有关。如南非的布什维尔巨型钒、铂族矿,即定位于东非裂谷;加拿大赫姆洛金矿,乌兹别克的穆龙套金矿,澳大利亚奥林匹克坝铜、铀、金矿等也产于类似环境中。

⑵ 洋壳消减环境。如智利的斑岩铜矿。

⑶ 陆内活化带或地壳不均匀性的深成构造带的过渡带。如我国的西华山钨矿,柿竹园钨、锡、钼、铋多金属矿,凡口铅锌矿等,都产于桂东幔拗与赣江幔隆之间的过渡带。

⑷ 强分选水动力环境(河流—冲积相)。如南非兰德含金砾岩型金矿。

⑸ 封闭的聚矿盆地环境。以沉积或沉积改造作用为主要成因的矿床,需具备这类环境。

⑹ 风化壳环境。如变质型铁矿、红土型铝矿和红土型金矿等。

1.3 成矿物质来源

大型、特大型矿床聚集了大量的成矿物质,通常的‘矿源层’理论无法解释其物质来源问题。因此,有一些学者提出种种设想来解释这一问题。浙江大学地质系柳志清通过对全球 20 个矿种 32 个超大型矿床成因的研究,首次提出了地球上矿产资源分布不均匀主要与太阳系的起源有关的观点。认为地幔主要由 E 群、H 群、L 群、LL 群和 C 群陨石物质组成的星子聚合而成,由此造成地幔横向不均匀性的基础,富含成矿元素的星子被吸积于上地幔的表层,形成了原始矿源区。通过分析不同群的球粒陨石组分等特征,结合成矿时代、成矿带及成矿作用过程,可以对超大型矿床分布区进行远景预测。根据这一理论所划分的与 E 群球粒陨石有成因联系的超大型矿床分布区中,属于金、铅、锌、铜、铀超大型矿床分布区的有乌兹别克穆龙套—我国新疆超大型矿床分布区。目前,该区已陆续发现了一些大型或超大型金、铅、锌、铜、铀等矿床。我国华南和西南地区分别属于该大类中的钨、锑、铜、铅、锌和锡、锑、铜、铅、锌两个超大型矿床分布区。该理论尚有许多有待验证的问题,但无疑是为解答大型、超大型矿床的成矿物质来源问题提供了一种新的思路。

2　湖南省内生金属矿产成矿作用与成矿分带

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2.1 成矿作用

湖南省内生金属矿床的形成，主要与燕山期太平洋板块对东亚大陆的俯冲所引发的成矿作用有关。自东南沿海到湘西北地区，大致产生了福建等沿海地区与火山、次火山作用有关的 Fe、Cu 多金属矿带，赣南、湘东南与花岗岩浆作用有关的 W、Sn、Pb、Zn 多金属矿带，湘中—湘西北 Sb、Au、Hg 中低温矿带等内生金属成矿分带。湖南省内生金属矿床受上述大区域成矿分带的制约，同时也表现出自身的成矿分带特征。

构造—岩浆热动力作用是导致湖南省内生金属成矿分带的主导因素，花岗岩浆作用对于成矿有直接或间接的影响。随岩浆作用的减弱，至湖南省中西部地区，构造特别是深大断裂以及地层岩性的控矿作用就愈显突出。其具体表现为：由湘东南至湘西北，成矿元素（矿种）逐渐减少，趋向单一；高温、中高温成矿作用逐渐减弱，中低温成矿作用加强；成矿系列由与壳源型或壳幔源型花岗岩有关的‘岩控’矿床系列为主，渐变为与沉积期成矿作用有关的‘层控’矿床系列为主，工业矿床的赋矿层位逐渐降低。

2.2 成矿分带

根据全省内生金属矿产成矿作用的特征，可划分为 4 个内生金属成矿带（图 1）。

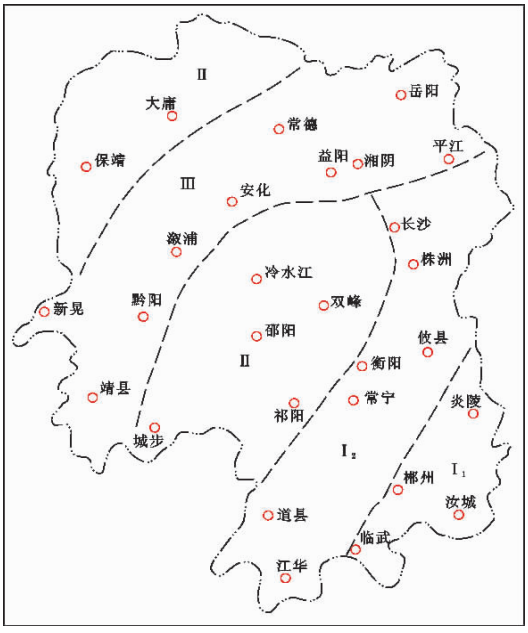


图 1　湖南省内生金属成矿带略图

I 湘东南钨锡铅锌多金属矿带；I_1 汝城—郴州亚带；I_2 桂阳—常宁亚带；II 湘中锑金铅锌矿带；III 雪峰金锑矿带；IV 湘西北汞铅锌矿带

(1) 湘东南 W、Sn、Pb、Zn 多金属成矿带

本带跨华南褶皱系赣湘桂粤褶皱带和扬子地台江南地轴湘东穹断带两个构造单元。基底地层为浅变质含火山物质的碎屑岩，盖层以碳酸盐岩为主，中新生界红层发育。本带主要特点是燕山期花岗岩十分发育，中新生代盆—岭构造发育。本带内生金属成矿作用强烈，成矿元素丰富。W、Sn、Mo、Bi、Pb、Zn、Au、Ag、Cu 及稀有、稀土和铀等形成了数十个大中型及超大型矿床。成矿与花岗岩特别是燕山期花岗岩密切相关，大中型矿床绝大多数产于岩体接触带。与壳源型花岗岩有关的以 W、Sn、Pb、Zn 稀有、稀土为主，与壳幔源型中酸性岩有关的以 Pb、Zn、Cu、Au、Ag 为主。

本带以茶陵—临武深大断裂为界分为两个亚带。断裂南东侧为汝城—郴州亚带，成矿主要受壳源型花岗岩控制，以 W、Sn，稀有、稀土为特色；断裂北西侧为桂阳—常宁亚带，壳幔源型浅成、超浅成中酸性岩发育，成矿以 Pb、Zn、Cu、Au、Ag 共生或伴生为特色。

(2) 湘中 Sb、Au、Pb、Zn 成矿带

本带介于雪峰隆起带东南缘与株洲—永州深大断裂带之间，以湘中拗陷为其基本范围，构造上为长期沉降区，前泥盆系基底地层主要出现于拗陷的边缘及穹隆构造中，以碳酸盐岩为主的晚古生代沉积盖层发育，花岗岩以印支期岩体为主，主要侵入于穹隆核部，侵位上限为下石炭统。本带内深大断裂发育，具重要控矿作用。成矿以 Sb 为主，形成特大型矿床，其次为 Au、Pb、Zn，形成大中型矿床。成矿元素较简单，部分为单一型，如锡矿山锑矿床。

本矿带多数矿床的成矿与地层岩性关系密切，以层控矿为主，主要赋矿层位是泥盆系和前寒武浅变质岩，前者多产于层间破碎带，后者多为脉状矿床。矿床大多距花岗岩数千米或数十千米，许多矿床中有石英斑岩、煌斑岩等岩脉，有些矿床附近则有隐伏岩体，反映了岩浆作用对成矿作用的影响。

(3) 雪峰 Au、Sb 成矿带

本带属扬子地台江南地轴，加里东运动后长期隆起。基底地层由中上元古界浅变质岩组成，局部夹基性、超基性岩和古生界，中新生界仅分布在沅麻盆地和一些小的断陷盆地中。本带构造线方向由西南段的北东向，往北转为东西向而呈现向西突出的弧形，逆冲、推复断裂发育。花岗岩主要分布在矿带东南侧与湘中成矿带毗邻部位和湘东北幕阜山一带。成矿以 Au、Sb 为主，有大型矿床和大量中小型矿床，其次为 W、Pb、Zn 等，主要为中小型矿床，个别达大型。成矿元素组合较简单，有单一型及 Au—Sb—W、Au—Sb、Au—W 或 Sb—Pb、Zn 等类型。

成矿主要受构造和地层岩性控制，区域变质作用可能是本带主要成矿作用，部分矿床见煌斑岩或中酸性岩脉，少数矿床明显受花岗岩影响，有岩浆热液的参与。

(4) 湘西北 Hg、Pb、Zn 成矿带

本带属扬子地台中较稳定的地带，从武陵运动后至印支期，各次构造活动较弱，以造陆运动为主，到燕山期才有明显的褶皱作用。基底为浅变质的沉积岩，组成古丈背斜等构造，广大地区则被古生界碳酸盐岩覆盖。花岗岩不发育，局部有基性、超基性小岩体，但与内生金属成矿关系不大。区内地层产状平缓，褶皱开阔，主要深大断裂为鄂湘黔巨型断裂带。该断裂带具岩石圈断裂性质，它的次级断裂与成矿关系密切。成矿元素简单，以 Hg、Pb、Zn 为主，形成大型矿床，Au、Cu 多为矿（化）点。矿床的层控特征明显，大中型矿床多沿上述深大断裂带分布，Pb、Zn 矿床主要赋存在下寒武统清虚洞组，受藻

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



碘灰岩控制，Hg 矿主要产在中寒武统熬溪组，受白云岩控制。

3 在湖南寻找大型、特大型矿床的依据和预测方法

3.1 找矿依据

大型、特大型矿床的产出条件、成矿作用和形成机制等尚有诸多未能认识的问题，目前的研究工作正朝着宏观和微观两个方向发展。宏观上注重研究矿床的产出环境、分布规律和成矿动力 微观上则深入研究成矿物质来源和成矿物质运移聚集的物理化学条件。严格地说，只有宏观和微观两方面研究成果相互印证与结合，才能获得完整的认识。微观研究涉及多种学科，需精密的测试手段和大量数据，有待于深入的研究。目前，主要依据以往地质调查和矿产勘查的成果进行找矿预测，重点可以从以下几个方面入手：

⑴ 一般而言，在一个相当广阔的空间内，通常只出现一个特大型矿床，这就是所谓的‘ 不均衡性 ”。但是在一个特大型矿床周围，往往存在多个大中型矿床和星罗棋布的小型矿床及矿(化)点，形成‘ 众星拱月 ’式的系列矿床的自然集群。湘南、湘东北和雪峰弧区的 Au、Ag 矿床和湘中地区的 Sb 矿床分布也体现了这一规律。因此，在只见‘ 星星 ’‘ 不见‘ 月亮 ’的地区寻找‘ 月亮 ”，或在已有‘ 月亮 ”(如锡矿山特大型锑矿) 的地区寻找较大的‘ 星星 ”，应该是找矿预测的突破口。

⑵ 如前所述，全省成矿地质作用具有较明显的分带性，每个成矿分带中都有代表性的大型、特大型矿床及其系列矿床集群。从理论上讲，各成矿分带中最能体现该成矿带特征的部位，应该也就是成矿条件最有利的部位。因此，在不同的成矿分带中对各种成矿地质作用 (构造、岩浆、变质作用等) 给予不同的程度重视，以突出该类成矿分带的成矿作用特征，从而发现主要矛盾，这是找矿预测的又一突破口。

⑶ 与成矿作用有关的地球化学标志，因为能较直观地反映成矿物质的分布状况而成为找矿预测的重要依据，并因为它在找矿实践中的突出作用而愈来愈受到重视。但是如同绝大多数近地表露头矿已被发现一样，那些具有明显成矿标志的地球化学异常大多也已得到验证或解释。由于地质作用的长期性和重叠性，使得常规化探方法获取的各类地球化学异常通常都是漫长的地质时期中各种地质作用的综合反映，例如全省 Au、Sb、Hg 等元素的背景含量分别是全国平均含量的 1.41 倍、5.76 倍和 2.03 倍。有着众多各类地球化学异常、异常集群和地球化学成矿区，如何针对不同成矿区域、不同矿床类型的成矿作用特征，对这些地球化学标志重新认识、重新评价是找矿预测的另一突破口。

3.2 预测方法

3.2.1 预测区选区准则

由于找矿难度的增大，已不可能单靠某一种方法开展找矿预测工作。目前的找矿预测方法，都是多种方法的综合。综合预测方法的实质是依据某些特殊的地质特征或者是能够反映地质因素的某些地球化学特征的存在与否来确定一个最有效的选择预测区的‘ 选区准则 ”。选区准则不仅仅是概念上的，而且必须是适用于野外观测和验证的具体的、容易辨认和度量的地质特征。选区准则不但反映地质特征，而且要能揭示这种特征与矿床成因上的联系。

大型、超大型矿床预测的选区准则研究方法与研究程序见图 2。

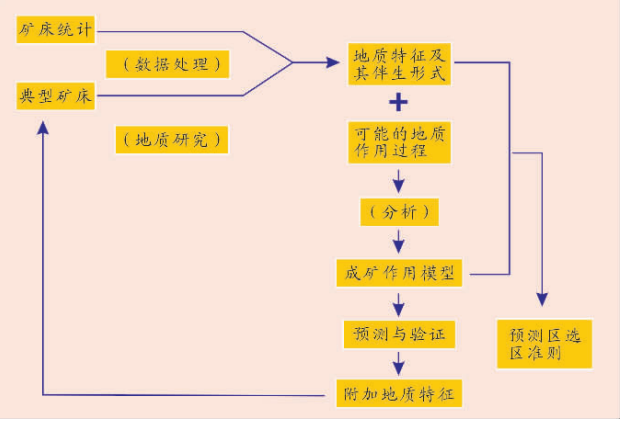


图 2 “ 选区准则 ’研究方法程序图

3.2.2 地理信息系统 (GIS)

GIS 技术为成矿预测提供了便捷的手段，因而综合预测能建立在更广泛和更深入的数据基础之上。利用 GIS 技术进行综合预测，一般应遵循以下步骤：

⑴ 资料的收集与整理。对控矿因素和找矿标志的研究数据进行分类处理，编辑成单因素的原始图件及数据表格。

⑵ 数据信息预测处理。将全部信息输入计算机，形成数据文件，对各专题图件根据其影响成矿的程度按各自的方式量化，在计算机中形成特定结构的文件，然后把各专题图件配准，使之相互对应。

⑶ 建立预测模型。由诸因素在成矿中所起的作用和成矿机理建立初始模型，然后经过反复拟合，最终确定符合实际的成矿预测模型，再根据拟合指标参照实际的成矿作用规模，确定成矿的分区阈值，把实测的观察位置和探矿因素值一并输入系统，连同其它影响因素一起，建立数据模拟模型，求算成矿有利指数。

⑷ 预测。根据研究区计算输出值，按阈值大小作出预测区的成矿预测。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net