

关于成矿系统成矿踪迹及隐伏矿床寻找的探索

张正伟 邓军 蔡克勤

(中国地质大学, 北京)

提 要: 在隐伏矿床寻找方面利用成矿踪迹建立找矿模型, 通过地质和物化遥综合手段的应用, 在空间上预测隐伏矿床的存在状态。探讨了实现隐伏矿床寻找的技术方法和途径。

关键词: 成矿系统 成矿踪迹 隐伏矿床

1 前 言

当前, 隐伏矿床寻找的理论与技术研究和应用一般有三个方面: 首先是寻找隐伏矿床的理论研究, 其次是技术方法及应用研究, 再者是实现隐伏矿床预测与找寻的有效途径研究和应用。在成矿理论方面, 最近翟裕生教授(1997)系统总结成矿系统的概念, 是指在一定的时空域中, 成矿物质由分散到逐步浓集成为矿床的过程, 以及产物构成的一个有机整体。成矿系统概念包含了成矿过程和结果两方面, 这两个方面的发展过程是由成矿物质的运移而统一起来。这样启发我们进一步设想, 在成矿过程中, 成矿流体作为成矿物质活动的介质, 经过其矿质来源、搬运和沉淀, 就会在其活动的地质体中留下活动的“踪迹”, 指示其矿质来源, 物质迁移的物理、化学方向和沉淀的空间分布状态。因此抓住成矿流体运动的“踪迹”这一主线, 通过对区域地质控矿背景和成矿特征的整体研究, 演绎矿床形成地质过程和空间分布状态, 为寻找隐伏矿床建立基本的空间分布要素, 并且通过地质体中的流体活动“踪迹”追寻, 作为综合找矿模型的重要目标因子, 实现隐伏矿床的寻找。在研究步骤上根据地质找矿工作的循序渐进行程分为“三步曲”: ①从区域地质构造和地球化学背景入手, 查明工作区致矿地质条件及区域成矿系统有关的基本问题; ②从研究区域矿床形成的时空分布入手, 通过地质、物、化、遥综合找矿新技术新方法的应用, 在平面上选定靶区; ③最后根据区域异常和找矿矿床学研究建立成矿系统及找矿模型, 通过模拟立体制图, 在垂向预测隐伏矿床(体)存在的空间状态, 即通过区域地质成矿背景研究-区域找矿靶区优选评价-隐伏矿床具体目标的确定, 提出供勘查工作部署的具体靶区。

2 区域成矿系统

在地质构造演化过程中, 成矿物质受动力作用沿其物理、化学途径, 由分散到浓集, 在这种成矿过程中, 一方面留下了成矿作用过程的“踪迹”, 另一方面也对其所在地质体产生物理化学作用而形成不同程度的“踪迹”, 并且由于其物理化学途径的方向性和成矿围岩性质等条件的制约, 使其所产生的矿床在空间分布上有自身的约束性和规律性。从成矿开始到

终结的过程中产生的“踪迹”既包含了过程,也包括了结果。因此,“踪迹”是建立寻找隐伏矿床找矿模型所捕捉的主要目标。找矿过程中所捕捉的“踪迹”信息越真实、越具体,寻找到隐伏矿床的可能性就越大。运用成矿系统的学术思想,通过捕捉成矿过程中的“踪迹”来建立寻找隐伏矿床找矿模型的过程,首先要通过区域地质成矿背景、矿床特征的研究和分析,追溯成矿作用的发展演化历史,把成矿作用的演化同地质构造活动背景有机结合起来,才能初步确定成矿“踪迹”在地质体中的活动规律和可能存在的部位,反映成矿过程。然而通过成矿机制和矿床(体)分布规律研究和分析,从而确定成矿“踪迹”在地质体中的分布状态,显示成矿结果。例如,伏牛山东部金矿成矿过程经历了太古宙—中新山代的漫长过程,太古宇太华群为第一矿源层,中元古界熊耳群新元古界栾川群为第二矿源层,成矿作用主要表现为改造型中、低温热液成矿作用,成矿动力主要为古元古代构造热事件和中生代陆内碰撞作用,成矿类型主要为中低温热液型、花岗斑岩型、构造蚀变岩型、爆破角砾岩型和氧化-淋积型五大类。根据研究,容矿空间主要为“一体两代”环境中的南、北两条韧性剪切带和区域性断裂旁侧。构成一个由基底改造型岩浆作用为主体,两测发育褶皱,断裂及脆韧性剪切带,通过含矿热液的充填、交代作用为主要成矿作用方式的区域成矿系统。

3 区域成矿“踪迹”与综合找矿模型

3.1 区域成矿“踪迹”(以伏牛山金矿区为例)

(1) 区域成矿流体物理化学运移方向: ① 根据 MAPGIS 空间模型, 研究区中部为高温场热核, 两侧为低温场开放环境, 热流体的迁移方向由中间向两侧括散; ② 按照矿物包裹体氢氧同位素和碳同位素组成分析结果, 成矿流体为岩浆水与大气降水的混合, 物质来源于陆缘基底。说明由结晶基底的改造作用形成的岩浆热液随着热隆起向上部迁移过程中与大气降水混合, 在混合过程中物理化学条件发生改变引起矿质的沉淀, 因此推断含矿热流体从结晶基底(太华群变质岩)→古元古代混合岩→中生代花岗岩→赋矿围岩(熊耳群、宽坪群、官道口群和栾川群中的蚀变构造岩和碳酸盐岩等)的迁移路径; ③ 根据区域构造应力分析结果, 在中生代晚期为主成矿期, 北西向断裂和剪切带表现为压扭性, 而它们的次级构造北东向断裂和韧性剪切带中的沿 YZ 面分布的裂隙都表现为张性, 因此, 在构造空间上, 成矿流体由应力集中的北西向断裂向北东向张性构造迁移。

(2) 区域成矿流体活动路径的异常表现: ① 热液蚀变, 钾化和黄铁矿化的物性异常; ② 多金属矿化, 由热液对围岩的交代和扩散作用引起多金属矿化或金属元素组合的化探异常; ③ 由于隐伏成矿岩体的热隆起和扩散晕对地表的作用引起遥感影像线环构造和蚀变分带的显示。

(3) 成矿流体在地质体中活动的突变环境: ① 燕山晚期岩浆活动范围内的爆发角砾岩震碎带、脆韧性断裂和表层张裂隙, 有利于岩浆热液与天水的混合; ② 官道口群、栾川群中的碳酸盐岩破碎带与北西向断裂(导矿构造)相接部位, 由于地下水活动的岩溶机制引起含矿热液酸碱分离创造了矿质沉淀环境; ③ 熊耳群、宽坪群中的构造蚀变片理化带与北西向构造相连或在深部以犁式断裂形成相互联系。由于片理化带中的变质作用向基性元素和碱质组分会同含矿热液在片理化带活动, 遇张性裂隙发生交代作用引起矿质沉淀。

3.2 综合找矿模型

根据区域成矿流体活动的“踪迹”分析，在其活动的物理化学方向、路径上的异常表现和突变环境三个方面共有 9 种主要因素，可作为反映成矿流体“踪迹”在区域上的状态信息，通过这些状态信息在 MAPGIS 地质空间模型上的拟合，显示出成矿流体活动的空间状态，预测隐伏矿床可能存在的空间位置和规模范围。具体步骤：① 在 MAPGIS 地质空间模型上叠加 9 个状态信息图层（a. 温度场；b. 压力场；c. 化学场；d. 热液蚀变；e. 多金属矿化；f. 遥感影像；g. 限定的震碎带、断裂和地表张裂隙；h. 限定的岩溶机制；i. 限定的构造片理化带）；② 对 9 个状态信息图层进行拟合，客观地选择拟合参数，绘标出“踪迹”网络图（1: 5 万）；③ 根据“踪迹”网络推测各立体单元的状态信息量，作为预测隐伏矿床的主要依据（在统计状态信息量时，把成矿流体路径的立体单元的频率叫径数，把流体活动的终节点数叫结数，根据径数和结数以及规模来计算状态信息量）。

4 成矿预测成矿段隐伏矿床寻找

根据区域地质和成矿地球化学背景、典型矿床分析和区域成矿规律研究的基础资料，基本上理清区域构造控矿格架和金矿形成的控制因素，并且利用综合信息量方法进行平面上的成矿预测。但是对地质找矿的要求来讲，需要更进一步从具体的勘查工作布署靶区角度提出矿床（体）的可能存在位置和空间分布状态。这就需要引入隐伏矿床寻找的学术思想理论和技术，利用物、化、遥数据显示的矿致异常信息和地质资料相结合，运用信息化和计算机自动化处理技术，实现在立体上模拟隐伏矿体可能存在的空间状态和矿化延伸性的定量定位，提出供找矿工作布置的具体靶区。找矿过程中，除了需要先进的科学技术方法和成矿理论指导外，还必须强调对成矿有利区带的整体性和四维研究，即尽量将大量的区域和矿田构造、地表和地下的地质资料、物化遥信息等综合起来，构成一个足以说明矿床形成的环境和矿体空间分布状态的立体地质成矿模型。在处理这些综合资料的应用技术方面，信息处理将发挥主力军作用，因此，找矿勘查工作的信息化和自动化处理模型的建立，将是隐伏矿床寻找研究的主攻方向。

各立体单元的状态信息量和隐伏矿床预测的结果被定性和定量地反映在表格内，由于制图技术的进步，隐伏矿床预测结果可以反映在平面图或立体图上，显示的单元为 $2\text{ km} \times 2\text{ km}$ ，作为一级预测单元，然后对可能含矿的一级单元进行二级预测（ $1/5000 \sim 1/2000$ ），作为寻找隐伏矿床的具体靶区。最后一步是选择合适的找矿手段进行验证。

5 结束语

借隐伏矿床寻找的理论与技术研究和实践日益得到重视之机，笔者仅根据近几年在野外找矿和成矿预测的实践，以伏牛山东部隐伏金矿床寻找为例，从找矿理论和技术方法应用的一个侧面作浅显论述，总体上通过野外地质成矿环境，矿床形成规律和平面成矿预测，进一步探索如何进行区域内立体成矿预测实现隐伏矿床寻找。希望作为一个探索性的思路提出来，并能够对隐伏矿床寻找的研究和实践起点滴作用。

5.1 关于“成矿系统”和成矿“踪迹”

当前应用成矿理论寻找隐伏矿床，大多沿用传统的成矿理论进行理论预测，用以指导隐伏矿床寻找过程中的具体工作部署。最近翟裕生教授提出用“成矿系统”理论找矿，可以从这一理论延伸出成矿“踪迹”概念，因为成矿过程和结果的统一是成矿物质的迁移过程，即成矿流体在成矿作用中自始至终的过程，从而在地质体中留下活动的“踪迹”，捕捉住这一“踪迹”，就会了解成矿物质的来源，迁移的物理化学方向和沉淀的空间分布状态。利用“踪迹”路径上引起的地质、地球物理和地球化学异常特征，建立直接的综合找矿模型，针对具体靶区开展隐伏矿床寻找，实现从成矿理论到找矿实践的过程，是本研究的整体思路和切入点。

5.2 关于隐伏矿床寻找的技术路线和方法

池三川教授(1988)系统总结了隐伏矿床(体)寻找的理论和技術，在寻找隐伏矿床的技术思路与方法上，强调就矿找矿，按成矿理论找矿和应用新技术新方法找矿三个方面，认为找矿工作部署上分两个层次，第一是从全局出发，重视大面积找矿靶区的筛选，第二是从近期战术目标出发，选准具体的勘察工作部署靶区，抓住主攻方向找到矿。也就是说，隐伏矿床寻找既要探讨长期的远景，又要解决当前勘查的实际问题。这一学术思想和找矿思路在近年来浙江、胶东、吉林等地找矿实践中得到应用和检验。本文以成矿系统理论为指导，抓住成矿作用过程和结果所留下的“踪迹”这一主线，通过建立综合找矿模型，选择合适的找矿方法对具体靶区开展工作，实现隐伏矿床寻找的过程也是一种以找矿理论到找矿实际的实践过程。

<http://www.kcdz.com>