

# 巨型矿床找矿预测的对策<sup>\*</sup>

## ——以金为例

王世称 陈明(执笔) 严光生

### 一、对巨型矿床的认识

涂光炽<sup>[1]</sup>(1994)把超大型矿床定为“以1987年国家储量委员会规定之大型矿床的5倍储量为超大型矿床的下限”,并把超大型矿床分成三类:点型、面型和线型<sup>[2]</sup>。其中,“点型”指的是孤零零的矿床,即同一类型的矿床在大面积或甚至在世界范围内均未出现。谢学锦<sup>[3]</sup>(1995)把超大型、特大型矿床称为巨型矿床,并认为巨型矿床的形成主要取决于矿源,在成矿过程中必须有源源不断的成矿元素的物质补给。王世称<sup>[4]</sup>从矿产预测的角度出发认为,寻找超大型矿床还应与大型矿床联系起来。杨敏之认为:超大型矿床是“会聚成矿”,即成矿机理、物化条件和成矿物质来源等在某个空间范围内聚合、叠加。有一种意见认为,巨型矿床是陨石成因的,其形成是自然界对某些地区的“偏爱”。若果真如此,巨型矿床的预测将变得毫无意义!

显然,巨型矿床从总体上讲是少数,是矿床中最特殊的。这种特殊性是否仅仅反映在储量上呢?抑或是对巨型矿床的特殊性我们还认识不够?一些地质学家认为,超大型矿床在世界上是独一无二的,建模也只能是描述性的。此类研究结果表明,巨型矿床的形成过程和形成环境与大型、中型、甚至小型矿床并无差别。

得出如此结论与研究方法有关。以矿床为单元进行建模,不便于从统计的角度研究巨型矿床的共性与个性。如果把大型、超大型、特大型矿床按类别形成矿床集合,按规模形成系列,则可以研究它们的个性和共性。共性是矿床集

合内部类比的基础,个性便于突出巨型矿床的特殊性,有利于对巨型矿床规模的趋向性作定量评价。

研究巨型矿床的发现史将对寻找新的巨型矿床以启示。以金矿为例,世界主要巨型金矿及其发现时间为美国的霍姆斯塔克(1886)、南非的兰德(1886)、哈萨克斯坦的穆龙套(1956~1957)、美国的卡林(1965)、奥林匹克坝(1976)、加拿大的赫姆洛(1981)、日本的菱刈(1981)等,发现巨型矿床的周期越来越短。这些巨型金矿在发现之前,当地都大规模采集沙金(除卡林金矿外)或开采其他矿产,然后通过野外地质研究或通过地球化学测量而发现岩金。

从成矿年代看,先发现的巨型金矿为前寒武纪的,然后发现古生代、中生代和新生代金矿。是什么原因造成这种局面目前还不清楚,但至少说明,巨型矿床本身的赋矿层位不是固定的,只要条件成熟,都可以形成巨型金矿。从金元素的地球化学性质看,金具有亲铁性和亲铜性。由于金元素一般不与其他元素呈类质同像进入其他矿物的晶格,故金的成矿主要取决于当时含金流体的物理化学条件,从而对围岩的选择性很小。这也意味着:无论从已发现的巨型金矿看,还是从金的成矿机理看,寻找巨型金矿要注意新型金矿的发现。

上面指出的七个巨型金矿在世界范围内,都是作为典型矿床研究的。矿床学家和勘探学

<sup>\*</sup> 本文得到国家科委攀登项目“寻找超大型、特大型矿床的新思想、新方法和新技术”的资助。

家期望通过对典型矿床的形成机理、地质环境、地表特征等研究,在地质条件类似的地区发现同类大矿。目前,已经建立了以上述典型矿床为主的同类金矿的矿床模型和一些找矿模型,而且的确发现了大量金矿。不足的是,新发现的金矿规模都较小。至今为止,根据矿床模型进行预测,还没有发现比典型矿床规模更大的矿床。也就是说,这种根据已知矿床寻找未知矿床的外推法所发现的矿床规模越来越小;外推法寻找巨型矿床的意义不大。

卡林型金矿的发现史令人深思。该地区原先是开采其他金属矿的,也无沙金显示。由于矿山危急,在原矿区外围进行了化探工作,无意中发现了碳酸盐岩中的巨型金矿。实际上,大多数巨型矿床的发现都属偶然,这对全世界的地质学家、勘探学家和矿床学家开了个不小的玩笑。自然界似乎在向“科学”宣战。

但科学预测巨型矿床也有成功的例子,如奥林匹克坝巨型金矿。遥感资料显示奥林匹克坝地处沉积盆地中,极少的地表化探资料有微弱的金、铜异常显示。据地球物理资料,推测沉积盆地中、覆盖层之下可能存在玄武岩等,也即可能存在形成热液矿床所需的热源。因此,勘探公司的几位工程师建立了一个想象中、看起来十分粗糙的关于金铜的成矿模型:雨水、地下水等在沉积岩形成过程和或形成之后可以携带大量的成矿金属物质向盆地低洼处流动,形成成矿金属物质的第一次富集;在热源的影响下,成矿物质可以再次富集。勘探公司同意了上述观点,并在工作程度极低的条件下直接打钻。虽然遇到了一定的挫折,而且钻探证明原始成矿模型有许多错误之处,但最终成果举世瞩目。

我们得到如下几点提高巨型矿床找矿效率的结论:1)在思想上,在透彻理解矿床形成机理的前提下,勇于突破现有成矿理论的约束;2)在方法上,必须结合地质环境与区域地球化学场研究,同时还应探求发挥地球物理方法在本领域的新的作用的新途径;3)在成矿条件上,要注意成

矿物质的来源,及后期富集的可能性;4)在勘探工作中及时验证阶段性成果。

## 二、巨型矿床的形成条件

涂光炽认为,在中国尚未发现兰德式、穆龙套式、霍姆斯塔克式和菱刈式金矿。而张贻侠、寸圭、刘连登<sup>[5]</sup>等认为,只有兰德式金矿尚未发现,其他类型金矿在中国都有。在国外,前寒武纪金矿比较丰富。在国内,金矿主要产于中生代,而且储量超过100吨的罕见,与全球统计资料相比,太古代相对贫金。

根据全球巨型金矿和中国大型金矿区地质环境、含矿建造分析、岩石化学成分和同位素资料等,金矿产出的位置与深大断裂构造、金矿源层、热源、热液与矿化剂等存在与否密切相关。这种认识对巨型矿床的预测具有指导意义。

### 1. 深大断裂构造的作用。

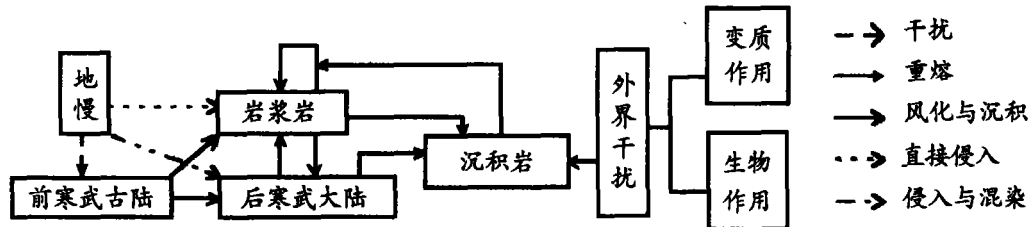
深大断裂构造对成矿的贡献包括下列几个方面:1)在时间上,把各个成矿时代连接起来。特别是古老的深大断裂,从前寒武、到加里东期、到海西、印支、燕山期等都可能活动,或被较后时期的构造活动切割、穿插或叠加,是多期、多次成矿作用叠加的必要条件之一;2)在空间上,深大断裂构造往往呈带状,且切穿地壳,在三维空间上延伸大。可以使遥远的成矿物质运移到特定的构造位置而成矿;3)深大断裂构造既是导岩构造,也是导矿构造。通过深大断裂,深部的岩浆得以侵入,不同来源的成矿物质得以聚集。地壳较薄的地壳,容易形成超壳断裂;4)形成巨型矿床的深大断裂构造既要有一定的开放性,又要有一定的封闭性。开放性是包括成矿物质及相关物质运移的保证,封闭性则保证了成矿作用所需的时间。

### 2. 含金矿源层。

虽然地质学家对巨型矿床的形成机理有不同的看法,但有一点可以肯定,巨型矿床的物质必定有源。这个源不外乎来自天上和地上两种可能。慧星撞击木星的事实是对“偏爱”说的有力支持。不过至今为止,尚缺乏充分证据说明地

球上已经发现的巨型矿床都来自于地球之外。如果巨型矿床确非“天上掉馅饼”，那么其物源只能在地球内部。从地壳形成和发展过程看，现在所能看到的沉积岩的成岩物质主要来源有二，一是岩浆岩的风化产物；二是较老的沉积岩

的风化产物。其中虽有变质作用和生物作用的干扰，但不是主要的。沉积作用和岩浆活动才是地壳和地幔物质交换的主要方式，见图。说明大部分较新地壳物质对较老地壳物质具有继承性。作为地壳的一部分，时代较新的矿床对较老



地壳和地幔主要物质交换系统示意图

的矿床也应该具有继承性。

元古代及其以前的古陆的物质主要是地幔的。绿岩金矿的存在及大多数巨型金矿与古老基底有关的事实说明基底是富金的。因此，基底对金矿成矿可提供大量的成矿物质。国内外金矿研究成果表明，基底对金矿的形成或多或少的有控制作用。沉积岩对基底、岩浆岩和较老沉积岩也具有继承性，它们也可以对巨型金矿的形成提供物源。

在华北地台，金矿成矿的继承性是明显的。主要表现为：1) 金矿与区内广泛分布的出露基底和隐伏基底密切相关；2) 金矿与多斯侵入的中酸性侵入体，特别是继承性(交代型)岩体与金矿关系密切；3) 为沙金形成提供物质补给的汇水盆地与基底在空间上相关；4) 中生代火山活动有利于金的活化和成矿；5) 深部断裂构造多期活动。

按照上述继承性观点，巨型金矿数量巨大的金要富集起来有两种可能方式：1) 大批量的金在短时间内急剧富集。例如，后期成矿作用对若干小型金矿的改造作用可以以这种方式形成巨型金矿。在此，巨型金矿是前期金矿的延续。2) 小批量金在很长一段时期内，持续聚集。这种方式可能与含金矿源层有关。其中矿源层的金可以分散在各种地质体中，如富金基性岩等，而不必一定是沉积岩。如果是沉积岩，则古沙金可

能对形成巨型金矿更有利。这两种方式的共同点是，必须有足够的金来源。

### 3. 热源。

任何成矿作用都需要一定的动力，而已知巨型金矿成矿条件研究结果说明了热源的存在是大部分巨型金矿所有成矿动力中最重要的动力。热源可以由岩浆活动和或区域变质作用提供。

### 4. 热液与矿化剂。

巨型金矿需要大规模的金的溶解、迁移、富集和沉淀。安徒生(1964)报道了在SiO<sub>2</sub>饱和的氯化物热液中，金的溶解度可达2000ppm。当热液富含Cl、Na、S、F和B时，有利于金的溶解，这些元素是金成矿的矿化剂。矿化剂只有在热液存在时才能发挥作用。

含金热液是一种流体，“水往低处流”，可以推测：与深大断裂连通的半封闭张性断裂构造的膨胀地段、巨型向斜构造鞍部、不整合面、或围岩的孔隙度较高、或围岩为碳酸岩等容易被热液所蚀变的部位，金容易富集。而且这些构造的规模越大，金矿的规模也越大。这些特殊的构造位置，相当于涂光炽所说的“聚矿盆地”。

### 三、巨型金矿的表现形式及预测方法

我们把巨型金矿的表现形式概括为“鹤立鸡群”。“鹤”指巨型金矿本身，“鸡群”指与巨型金矿在空间和成因上有关的小、中、大型金矿甚

至金的地球化学省、地球化学域等。在已知巨型金矿周围,往往存在众多的中小型同类金矿。裴荣富、吴良士<sup>[6]</sup>还把各种规模的矿化联系起来,并称之为“矿床成矿轨迹”。

谢学锦认为,金异常规模越大,意味着金矿资源的潜力也越大。进一步,笔者认为,巨型金矿的成矿条件意味着:在金的高背景区中,若存在空间上相关的大规模金异常和矿化剂正异常,又有深大断裂和热源,则可能意味着附近存在巨型金矿,且必定是热液成因的。

在巨型金矿的预测中,下列因素(预测时数学方法的变量)是必须考虑的:1)含金基底和矿源层。包括它们是否存在、分布范围如何、埋藏深度多大等;2)是否存在隐伏岩体、是否多次活动;3)是否有含金火山岩、次火山岩、火山沉积岩系;4)含矿断裂、断裂的组合及继承性;5)已知金矿的类型与类型的组合、规模及其空间演化规律;6)成矿时代是否多期次;7)区域地球化学条件;8)地壳的厚度。

要弄清上述因素,必须在统一的巨型金矿形成机理理论指导下,通过多学科联合攻关。要利用地球物理手段弄清隐伏和深部地壳的情况,用地球化学手段弄清成矿物质的补给情况,并最终归结为矿床地质。在确定诸变量的性质及它们在三维空间的变化规律的前提下,依赖综合信息找矿理论与方法进行预测。

#### 四、小结

综上所述,寻找巨型金矿的对策可以概括

为:1)要以地质、地球化学为主,用物探方法解决构造格架;2)在生成成矿模式的基础上研究找矿模式,在成矿系列模式的基础上研究矿化系列模式;3)弄清老基底和古板块及古板块的增生过程,根据全球和中国金矿成矿规律,以变质成矿系列为基础研究其他成矿系列;4)重视出露基底和隐伏基底的作用,重视其他矿源层存在的可能性;5)在方法上要相似类比与求异相结合,以求异为主,运用模式识别手段,把不同类型金矿与地质体联系起来;6)研究全国性总体热源与矿源的关系,形成找矿预测的不同单元的划分;7)研究不同等级地质体和地质单元对应的地球化学省、地球化学域和地球化学区,形成不同的靶区预测条件;8)综合信息找矿。  
(长春地质学院)

#### 主要参考文献

- [1]涂光炽,超大型矿床的寻找与研究的若干进展,地学前缘,1994年第三期。
- [2]涂光炽,超大型矿床的找矿与理论研究,矿产与地质,1989年第一期。
- [3]谢学锦,1995,用新思路、新技术寻找巨型矿床,科学中国人,第二期。
- [4]王世称、王安建,中国地质,1991年第一期。
- [5]张贻侠、寸圭、刘连登,中国金矿床:进展与思考,北京地质出版社,1996。
- [6]裴荣富、吴良士,在我国开展寻找超大型矿床的若干基础研究问题的讨论,矿床地质,1990年第一期。

## 巧变煤灰为肥宝

据有关资料表明,我国的火力发电厂每年的燃煤排放量近1亿吨,储灰占地达25万亩,并造成严重的环境污染。南京化工大学与中国科学院南京土壤研究所联合研究开发成功的“粉煤灰复合磁化粒肥”,为肥料家族增添一枝新花,使煤灰变废为宝。粉煤灰复合磁化粒肥,是以电厂的废弃物——粉煤灰为主要原料作为磁化载体,添加适应当地土壤种植所需的氮、磷、钾等肥料养分,经复配搅拌、造粒和强磁场磁化而成。这种肥料具有满足作物基础营养元素和有利于农作物生长的多种微量元素及改良土壤理化性能的功效。