

# 关于超大型矿床的寻找和理论研究

涂 光 炽

(中国科学院地球化学研究所)

1. 首先关于“超大型”的定义：我们没有把它叫做特大型、巨大型、世界级这些通用的说法而叫做超大型，主要是为了与目前国际上的提法一致。超大型这一术语是在前两年由IUGG、IUGS和ICL所建议的当前需要开展的国际多学科综合研究的十二个课题之一的“Global background of super large mineral deposits”（超大型矿床的全球背景）中提出的。超大型矿床可分为三类：超大型油气田、超大型金属矿床与超大型沉积矿床。关于所谓的大、中、小型，应按照国际上比较一致的不成文的标准来划分，而不能从我国现在的划法出发，因为这仅是根据我们自己的需要来划分的。将来超大型矿床需要从全球角度进行研究，即全球背景的研究，所以应当用国际上通用的概念。储量为国际上公认的大型矿床的3—5倍者才能叫做超大型矿床，并且不仅仅是量，质即品位也应该是富的。另外，超大型不是指矿田、更不是指矿带，如夹皮沟是一个金矿田，它包括十几个矿床，所以不能称为超大型矿床。

超大型矿床问题是根据国民经济建设的需要、开发利用的需要。国家经济效益、环境和社会效益的需要而提出的，一个超大型矿床要比几个大、中型矿床所发挥的经济效益和社会效益大得多。而且这也符合国际上找矿的总趋势，从国际上一些专家发出的要求和建议以及即将举行的第28届国际地质大会上要讨论的问题中可以看到，其中一个比较大的题目就是关于超大型矿床的寻找及理论研究，这是国际上的一个总趋势。从70年代以来，国际上发现了一批超大型矿床，包括澳大利亚的奥林匹克坝和加拿大、美国、智利、澳大利亚、日本、太平洋诸岛的一些铀矿、金矿、铜矿床等。

2. 关于在我国开展超大型矿床寻找及理论研究的可能：（1）我国已发现一批超大型金属和非金属矿床，如白云鄂博、锡矿山都是超大型的，因为锡矿山的Sb占世界总储量的40%，金顶有1600万吨的铅锌，也是超大型，东、西鞍山有40—50亿吨的铁，大石桥的菱镁矿、大厂的锡多金属矿床等都是超大型，所以已积累了一些经验，有利于继续开展这方面的研究工作。（2）国内在最近十几年，尽管没有用“超大型”这一术语，但实际上已经在进行超大型矿床的寻找及理论工作的探讨。（3）我国的地质条件多种多样，这对于超大型矿床的寻找是有利的，当然这也存在另一方面的问题，下面再谈。（4）国内在成矿理论、学科、技术、方法等方面基本上是配套的。有了以上四个条件，国内开展超大型矿床的寻找和理论研究是具备条件的。

3. 超大型矿床的分布规律、形成机制。超大型矿床是多种多样的，所以决不可能用一个

或几个简单的模式把它概括起来。每一个超大型矿床都有其自己的分布规律和特殊的形成条件，必须通过剖析每一具体的矿床才能更好地概括而找出它们的共性。现在对于超大型矿床暂做一简单概括，可能仅适用于一部分矿床。

(1) 部分超大型矿床为点型而不是线型、面型分布。点型就是在很大面积内甚至在全球范围内就这么一个，再没有第二个。如白云鄂博，其形成方式、分布规律很特别，所以到目前为止，在全球范围内就这么一个。又如柿竹园矿床，其W、Sn、Bi、Mo的储量都是超大型的。象这样的矿床在国内和国外都没有第二个。澳大利亚的奥林匹克坝也是这样，它的Cu、Au、U很富、储量很大，形成条件也很特殊，目前世界上也没有第二个。“点型”分布是我在1980年在江西提出的，八年来我与许多同志谈过这一问题，大家也认为事实确实如此。有的矿床不能按矿床学的经典办法来处理，因为按传统观念，谈起分布规律就是成群成带，就是等距分布、线型、面型展布，这对于许多矿床当然是对的，如白银厂铜矿为线型分布，宁乡式铁矿和赣南的W矿为面型展布。但对于一些超大型矿床就不是这样，而是“点型”，这是一个事实。如抱着传统矿床学的观点不放，那就很难找到超大型矿床。当然也不排除有一些超大型矿床还是呈线型展布的，如南美西部的斑岩铜矿，还有绿岩带的金矿。但是，相当一部分的超大型矿床是点型分布，因此不能仅用研究线型分布的方法，如构造岩相带的划分、古地理岩相带的划分去进行工作，当然这些方法也很重要，不能否定，对此我想特别强调一下以引起大家注意。点型分布这是一个应当承认的事实，也是超大型矿床的第一个特点。

(2) 第二个特点是：不少超大型矿床都是多元素的，如柿竹园、大厂、奥林匹克坝等。当然也有单元素的，如东、西鞍山。

(3) 一部分超大型矿床具有多种成矿作用叠加的特点。如柿竹园，它具备了三种成矿作用叠加的特点，即矽卡岩成矿作用、云英岩成矿作用、岩浆期后脉状成矿作用的叠加。赣南W矿很多，但它主要是一种成矿作用——岩浆期后脉状成矿作用，瑶岗仙是有名的矽卡岩W矿，它也是只有一种成矿作用。三种成矿作用的叠加正是柿竹园能成为超大型矿床的重要因素。又如在国内发现了不少锡石硫化物矿床，但象大厂那样具大量的Sb(几十万吨)的锡石硫化物矿床在世界上只有大厂，没有第二个，其原因与大厂的成矿背景有关，大厂是产于泥盆系中，这正是我国南方(湘中南、桂北、粤北)一个重要的铋矿的产出层位，大厂之特殊就是在泥盆系的层控Pb、Zn、Sb基础之上，叠加了燕山晚期的岩浆热液，带来了大量的Sn、W、Cu和部分Pb、Zn，才形成了这样一个具复杂物质组成的矿床，没有多次成矿作用的叠加就不会形成这样的矿床。又如，白云鄂博现在看来也是在稀土、铁沉积以后受到岩浆热液叠加。

(4) 第四个特点：良好的聚矿场所才能使矿富集而不致分散、流失。有几个好的聚矿场所：一是含盐建造，它代表了一个古沉积盆地。许多金属矿床，包括一些超大型矿床都与含盐建造有关，如石碌铁矿形成的地质背景就是含盐盆地、务川汞矿也是在一个含盐盆地中形成的。金顶的超大型铅锌矿也是如此。有时含盐建造是经过了变质的。另外，过去总认为在震旦纪以后才出现含盐建造，但从最近十几年国外的研究进展来看恐怕不完全是这样，在澳大利亚、加拿大已发现了一些元古代的含盐建造。我国也肯定有元古代的含盐建造，只不过因经历了多次变质之后已不是我们所看到的显生宙含盐盆地的面貌，而是以大量的钠的硅

酸盐形式出现。如白云鄂博就有大量的钠长石、钠辉石和钠闪石，它们不是岩浆带来的，也不单纯是硅酸盐的变质作用，而是一个古含盐建造，经变质作用后，Cl跑掉了，留下的Na与硅酸盐结合而形成的。中条山铜矿也产于钠长片岩、钠长石白云岩中，也可能是一个古含盐建造；第二个聚矿场所是古泥石流。奥林匹克坝就是在一个古泥石流中形成的。在川西有现代泥石流，但世界上古泥石流有依据的仅20处，奥林匹克坝为其中之一，其大量的砾岩是含矿岩系，它就是古泥石流。最后还有裂谷（地堑、拗拉谷）也是有利的聚矿场所，如奥林匹克坝、白云鄂博，以及我国许多铅锌矿床都是在裂谷地带形成的。

（5）第五个特点：同生构造是形成超大型矿床的一个很重要的因素，形成一个大矿床，必须要不断有矿液供给，同生构造就是一重要的通道，有同生构造成矿溶液才可以不断地参加成矿作用。如白云鄂博同生构造就十分重要。不仅岩相变化激烈，而且含矿白云岩可从几百米厚在十几米范围内一下就变为几十，甚至几米，如没有一同生断裂很难解释这样的现象。因为只有同生断裂的不断活动才会导致这样的结果。凡口铅锌矿，同生构造也很重要，矿一方面受地层（泥盆系）的控制，一方面又受断层控制，即F3002断层穿过了泥盆系和下石炭系，但没有穿过中、上石炭系，表明该断层是在泥盆纪早石炭纪变生的，而成矿物质的堆积与此同时，很明显，这是一个同生构造，它是形成凡口超大型矿床的重要条件。

（6）第六个特点：热水沉积作用也很重要，热水沉积作用是我所同志在总结我国层控矿床时提出的一个概念。但这不是一个新的概念，它与目前在西方国家流行的所谓沉积喷流、沉积喷气等提法是一致的。我们用热水沉积这个名词有两种原因，一是这一名词在俄文文献上出现要比西方的沉积喷流、沉积喷气早，另一个更为重要的原因是在太古代和早元古代的沉积作用是在热水环境里发生的，现在已有证据证实，太古代时海水不是现在这样的常温水、常压水，或者说冷水。从苏联在科拉超深钻的结果得知，太古代变质时，地热增温率是现代的5—7倍，现在为30℃/km，太古代时为150—200℃/km。其次，太古代有大量的火山活动，且许多是在海底活动。另外，从最近发表的一些氧同位素数据证实，太古代时海水温度是80℃（去年访问我所的Epstein做过这方面工作，用磷灰石测氧同位素），当然对这一数值还可讨论，但太古代海水是热的，有事实依据。所以在太古代甚至早元古代的沉积作用是在热水介质中进行的，而这正是形成超大型矿床的一个重要条件。大量的硅铁建造、条带状铁矿、块状硫化物的形成都是在热水条件下形成的。当然还有别的热热水沉积，如现代海洋的洋中脊或别的热点，还有未冒出海底的、在洋底下面进行的交代充填作用所形成的矿床，这里不再评述。热水沉积成矿作用的一个例子是大新锰矿（我国最大锰矿），此矿大量的碳酸锰与大量的硅酸盐共生是无法用冷水沉积解释的，只可能用热水沉积来解释。还有石碌也是一个热水沉积矿床。因此可以认为热水沉积作用可能是许多超大型矿床一个重要的成矿机制，它可以带来无穷无尽的成矿物质，它是一个循环的开放体系，海水不断的下降、下渗，大气降水不断的下渗，经过环流，把很多很多的成矿物质带到一个构造有利的部位成矿，这远比岩浆成矿、变质成矿这些在封闭、半封闭条件下成矿物质的供给有利和充分。

4.在我国形成超大型矿床的有利因素：（1）多旋回、构造活动发育，伴随一次构造活动有一次成矿作用，所以常有多种成矿作用的叠加，有利于超大型矿床的形成。（2）与同生构造相伴随的超大型矿床是值得重视的。不能认为只有看到其他断层才叫同生断层，因为同生断层有的表现形式，不一定有断距。有很多超大型矿床是与同生构造相伴随的，如锡矿

山，下面的断裂就是同生构造，它是矿源的重要通道。(3)与碳酸盐、碎屑岩相伴随的超大型矿床在我国很有前景。如卡林型金矿产于碳酸盐、碎屑岩中，可以形成超大型矿床。我国具备这样的地质条件，西南地区发育的震旦纪到三叠纪的细碎屑岩、碳酸盐建造，有利于卡林型金矿的形成，也有利于铅锌在这种地质背景中富集。(4)斑岩型矿床在我国也应该是具有前景的。目前我国除了已发现斑岩铜矿和钼矿外，已有斑岩锡矿、铅锌矿、金矿的报导，值得重视。

我国地质条件对形成某些类型的超大型矿床是不利的，过去已在一些会上讲过。例如，早元古代的古砾岩型金、铀矿，尽管储量惊人，但在我国是不太有利，以早元古条带状铁和锰矿为基础，后来经风化形成风化壳的铁和锰矿，在我国也不大有利，红土型铝、镍、金、铅锌矿床恐怕在我国也不大有远景。这是目前比较热门的问题，特别在澳大利亚发现红土型超大型金矿后，国内也有人想找这一类型的金矿。红土化作用可形成多种红土型矿床，如铁、锰、铝、金、铅锌、镍等。但从我国地质实际出发，我认为在南方热带、亚热带地区，从第三纪以来地壳波动的幅度较大难以形成一个发育完善而又保存完好的风化壳，不利于这种类型矿床的形成。所谓红土化的深透指的是大量的去硅和净化作用，使粘土、含硅矿物的硅大量跑掉，而Fe、Al、Ni保留下来而又互相分开，这些作用需要长期稳定的气候和构造条件。我国东南沿海一带新构造运动频繁，不易于形成一个稳定的环境。即使有的形成了一点也很容易被剥蚀。

5.几点建议：除了加强科研、生产外，我建议：

(1)根据我国具体情况，着重开展Au、Cu、U等急需矿种的超大型矿床的寻找和理论研究。

(2)加强元古界的综合研究，包括地层、岩浆活动、同位素年代学等的综合研究。在我国，元古界是一个研究的薄弱环节，几年前我已提过这一问题。在国内外，许多超大型矿床都是产在元古界中，但是，在我国元古界变质太浅，不象太古界那样有闪岩相、麻粒岩相，花岗岩不多，同位素工作者又觉得困难重重。所以这样一个包括19亿年时间间距的元古界在地层、岩浆活动等方面的研究程度远比太古界、显生宙要低，所以必须加强元古界的研究。赋存于元古界的超大型矿床很多，如苏联乌克兰、美国的明尼苏达和密西根等几个州及澳大利亚哈默斯利以及巴西的超大型铁矿就在下元古界，东西鞍山也是（当然可以争论）在下元古界，Mn矿除苏联外，其它几个超大型Mn矿床（如印度和加纳的）也都在下元代界；澳大利亚Broken Hill, Pb、Zn品位在20%的金属量达5500万吨，它产于中元代界。在加拿大、美国、北朝鲜也有；东川铜矿和赞比亚的铜矿也产于中元代界；对于金铀古砾岩，元古界是Au或U的重要来源。近20年来在加拿大、澳大利亚发现的大而富的U矿很多都是不整合脉型，也都在元古代；P也是在晚元古代；南非大岩墙的格也主要是元古代的产物。加拿大、苏联的超大型Cu-Ni矿都是在元古代，我国的金川也很有可能属元古代。独立的Pt族元素矿床是近几年世界上的一个新发展，过去没有独立Pt矿床（除砂矿外），独立Pt矿床主要产于元古代的层状杂岩中；我国的菱镁矿，首屈一指，也产于元古代。总之，Fe、Mn、Pb、Cu、Ni、Zn、Au、Cr、U、P、Pt族元素、菱镁矿等，其储量的半数以上是产在元古代。所以我想对地质界、地球化学界呼吁，搞变质岩的对于浅变质岩也要感点兴趣，搞沉积岩的是否也搞搞浅变质岩，这样才会有所突破。过去元古界受到如此冷淡的待遇是不合理

的。

(3) 加强热水沉积成矿机制及其与超大型矿床形成关系的研究。

(4) 剖析同生构造。

(5) 金属成矿与油气成矿的关系及对比研究。目前我国分工太细，搞金属矿和油气的是两批人，两种领导关系，互不通气，实际上两者之间有许多共同之处，可以有些来往，加强合作，二者在成矿机制的某些方面是很类似的。特别是目前很热门的Au，从目前情况看，有一个Au的矿源层，然后Au经某一因素被活化、搬运到一个有利的部位成矿。绿岩带和黑色岩系中的Au都是这样形成的，U的成矿也是这种机制，这与油气的成矿机制是很类似的，所以分工不应太细。

(6) 加强斑岩型矿床的研究，我国斑岩Mo矿的局面打开了，而斑岩Cu矿还差得很远，其原因值得好好探讨。

6. 其它问题：(1) 国内外元古代矿床的对比，以白云鄂博和奥林匹克坝为例作一说明。①这两个矿床都含大量的铁和轻稀土；②目前在白云鄂博北部发现了Au，而奥矿的Au很重要；③白云矿富Th，而奥矿U多；④矿石中均含有大量的Mn、Ba、F；⑤含矿围岩尽管岩性不同（白云矿为白云岩，奥矿为砾岩），但围岩时代一致，都是15亿年左右；⑥两矿产出的宏观构造环境都是裂谷，岩相变化剧烈；⑦白云矿为一古含盐建造，而奥矿为一古泥石流；⑧同生断裂都很发育。

(2) 关于超大型改造矿床与油气矿床的对比：①前者有矿源层并经活化搬运成矿，这主要是一些活泼元素的改造矿床，与油气成矿类似；②两者均需要有远距离搬运才能形成超大型矿床，否则没有丰富的物质来源成不了大矿。

(3) 关于超大型伟晶岩矿床的剖析：加拿大的超大型伟晶岩矿床坦科比阿尔泰三号脉要富得多、大得多，其Ta的储量为200多万吨，品位为0.2%，分别为三号脉的若干倍，此外Li、Cs、Be都很高，除了物质来源丰富以外，一个很重要的因素就是元素的极端的分异，即分异到顶了，其元素比值比一般的伟晶岩、花岗岩要小得多或大得多。如K/Rb只有4（微斜长石），而一般花岗岩的K/Rb为几百甚至上千，这表明，Rb得到了极大程度的富集，分异非常的完善，极端的完善；又如Rb/Cs比也很低（大约为8），这说明Cs高度富集了，出现了大量的铯榴石。所以形成超大型伟晶岩矿床的一个很重要的机制是成矿元素的极端的分异，否则不行。

(4) 对一些超大型矿床的认识应进一步提高的问题，我只简单的谈点看法。对白云鄂博，如果我们过去的看法是对的，即原来是一个沉积铁稀土矿床，后来被岩浆热液叠加了，那么为什么到现在还没有发现一个沉积的稀土矿床？为什么它具有与岩浆矿床同样的元素组合？许多岩浆碳酸岩稀土矿床也具有铁稀土-铷组合，为什么沉积加热液叠加这种完全不同的成矿方式会得到相同的元素组合？要解决白云鄂博的成矿机制，这几个问题是需要首先解决的。

对奥林匹克坝，目前认为是古泥石流，判别古泥石流的依据是什么？是什么样的重要而又特殊的因素使这么大的多种多样的金属一下子跑到泥石流中去的？

对金顶也有很多有意思的问题，它的Pb同位素组成是正常Pb，与大洋玄武岩的一样，它的Pb是很新的，是第三纪的，该矿床位于印度板块和华南板块的缝合线上，又处于思茅

盆地的顶端，推覆构造发育，这些因素对金顶矿都可能起作用。由此我们可否拟出一个成矿模式：在板块的缝合线上，有大量的Pb从地幔上来，堆积在盆地的顶端，以后又受到一些推覆作用而得到进一步富集。

还有就是元古代的超大型Pb-Zn矿（如北朝鲜和澳大利亚的），都是在中元古代形成的，再早一些（太古代）则只有Cu、Zn而没有Pb，为什么Pb跑到中元古代才冒出来，而且与Zn在一起，这需要从理论上加以解决。

对于斑岩型矿床，问题之一是它与块状硫化物的关系。1979年日本的一次会议讨论的中心议题是，日本能否找到斑岩Cu矿，有人说不能，因为日本的块状硫化物矿床多，黑矿就是块状硫化物矿床。有一种意见认为二者是相互排斥的。目前世界上凡是产块状硫化物矿床的地方基本上没有同时的斑岩型矿床。唯一例外是在太平洋西南的一个岛上有同时代的斑岩型矿床和块状硫化物矿床。他们认为日本很难找到斑岩型矿床，我国斑岩Cu矿是一个大问题，应认真考虑。

7.关于超大型矿床的难度问题：过去一些事因事先对难度估计不足，造成一哄而上，又一哄而散，我不希望在超大型矿床研究中出现这样的情况。

（1）近20年来国外发现的超大型矿床大多不在欧亚大陆，而我国处于欧亚大陆，值得注意。

（2）多旋回造山作用带来了多种多样的地质条件是其有利的一面，但对于超大型矿床的形成、保存是不利的，有的很可能在如此强烈的燕山运动的影响之下被破坏掉了。

（3）成群成带、等距分布的传统思维是对的，但不够完善，对点型分布的特点缺乏一个正确的、合理的思想准备，也缺乏一个正确的工作路线和技术方法，这一问题的解决需要一个实践的过程。

（4）目前国内地质工作形势严峻，势必影响到超大型矿床的寻找与理论研究。

（5）开展这一工作的难度大、风险很大，要有长期的打算，要有勇气和胆略。要切忌急于求成，更不要追求指标。

## 非烃及稀有气体地球化学

徐永昌 沈平 孙明良 徐胜

（中国科学院兰州地质研究所生物、气体地球化学开放研究实验室）

**1.非烃气体组份特征** 非烃气体主要指二氧化碳和氮气，根据非烃气体和稀有气体含量，基于苏联Л.М.Зорькин等的分类，我们对苏北、南松辽、广东三水、四川、新疆等含油气盆地及甘肃窑街煤矿的90个气样划分了三个类型。

（1）高氮、高氦、含二氧化碳甲烷气。以苏北黄桥地区的浅层气为代表。N<sub>2</sub> 57—