

超大型矿床研究中某些问题的讨论及找矿

何知礼* 谢玉玲

(北京科技大学资源工程学院, 北京)

提 要: 超大型矿床, 一般指单个矿床中规模达超大型者。若将矿田内多个矿床合称超大型矿床则与矿床和矿田定义不符, 应研究统一术语。超大型矿床划分标准, 应便于全球对比和简单易行。提出一个以 Laznicka 和涂光炽的划分标准为基础的综合方案, 供统一标准以前同行研究时参考。超大型矿床分布形式分点式、带式、及首领式。后者为找矿重点。关于超大型矿床成矿流体特征、控矿因素和找矿问题, 以某些金矿为例作了初步研究。未发现任何独特的成矿流体。这类矿床的形成受多因素控制, 具多因复成矿床的特点。综合运用多种找矿方法与手段, 但有侧重是适宜的。

关键词: 超大型矿床 定义 划分标准 分布形式 成矿流体 成矿控制 找矿

世界所需矿产品中绝大多数来自全球少数大型和超大型(含巨型与超巨型)矿床。这类矿床的研究与找矿有重大意义。超大型矿床的全球背景研究, 为九十年代地球科学中 12 个前缘课题之一。加、中、美、澳、俄等都在积极研究。1989 年召开的第四届全国矿床会议的 657 篇论文摘要中, 无一研究超大型矿床的。有些著名矿床被研究了, 但未冠以超大型矿床这个名词。而 1993 年召开的第五届全国矿床会议的 271 篇论文中, 有 10% 研究涉及超大型矿床, 虽然多系初步研究。由于科学发展, 国外发现超大型矿床的速度明显加快了。50 年代发现 3 个, 60 年代 5 个, 70 年代 9 个。进入 80 年代更快, 仅 1980~1983 年短短 4 年即发现 12 个, 其中, 美国发现最多(康永孚, 1989)。

1 超大型矿床定义问题

超大型矿床这一术语, 目前有些含糊。在 80 年代前期有学者提出: 超大型矿床是指单一矿床。在储量要求上, 不能将一个矿田内几个矿床合起来算一个超大型矿床。所以, 那时国内超大型矿床是不多的。但近年不少著名矿区都被称为超大型矿床。如著名的个旧锡矿实际上是一个大矿田等。P Laznicka 在统计巨型矿床和超巨型矿床时, 似乎也未严格区分开矿床与矿田。而矿床和矿田是两个不同的名词, 具有不同概念。

“矿田”一词, 在矿床学上指: “在时空上和成因上紧密联系的一组矿床”。如果把一些由矿田组成的大矿称为超大型矿床, 显然和矿床及矿田的定义有抵触。解决此矛盾的办法只有两个。一是最好将超大型矿床定义为: 单个矿床其储量规模达超大型者, 如澳大利亚的 Olympic Dam 超大型 Cu-U-Au 矿床。而把多个矿床或矿田组成的超大型矿称为超大型矿田, 如个旧超大型锡矿田。另一办法是如把多个矿床或矿田组成的超大型矿也称为超大型矿床的话, 就应给超大型矿床另取一个名字。例如是否可将其称为超大型矿(superlarge mine)。这样, 既可把由单一矿床组成的又可把由矿田组成的超大型矿都包括进去。而又不与矿床和矿田的定义发生矛盾。当然, “矿”这个术语也未必理想。因其在矿床学中尚无明确概念。本文照顾已有提法, 仍暂沿用超大型矿床这一名词。

2 超大型矿床储量规模划分标准

目前已有多种按储量规模划分超大型矿床的方案。下面是其中几个。

* 何知礼, 北京科技大学教授、博士生导师、国际矿产资源科学院院士、乌兹别克斯坦共和国自然科学院院士、国际成矿流体包体委员会(COFFI)副主席、亚洲太平洋国际流体包体学会(APIFIS)主席。邮政编码: 100083

(1) P Laznicka (1983, 1989, 1994) 提出吨积指数 (tai) 划分大型、巨型和超巨型矿床的标准。 tai 系矿床中某一金属储量与该金属在地壳中平均含量的比值。 $tai > 10^{10}$ 者为大型, $tai > 10^{11}$ 为巨型, $tai > 10^{12}$ 为超巨型。这是按 262 个巨型和超巨型矿床及 42 个巨型和超巨型“盆地”和金属成矿区资料进行统计的。本方案主要优点是对金属矿床提供了一个统一标准, 以便全球对比。但未考虑到非金属矿床。且一些常量金属元素很难达到巨型规模, 而一些稀有金属又很易达到。

(2) 黎彤提出巨型金属矿床储量下限按下式计算: $(R_1 + R_2) = nA \times 10^x$ 式中, $(R_1 + R_2)$ - 矿床累计储量 R_1 - 已采储量; R_2 - 现有储量; N 为确定储量下限时所取调节系数; A - 为金属成矿元素的全球地壳丰度值; X 为储量富集指数。不同金属矿种间有储量差异, 按 X 值大小将巨型金属矿床分为三类: ① $X > 11$; ② $X > 10$; ③ $X > 9$ 。按下列式计算: $X = \lg R - \lg P + \lg K$

式中 R 为金属储量; K 为矿床中某金属元素浓度克拉克值。

(3) 涂光炽 (1994) 提出的全国储委公布的金属和非金属矿床大、中、小型划分标准为依据, 此规定大型矿床储量 5 倍以上者为超大型矿床。这种方法既考虑金属矿床又考虑到了非金属矿床, 并且便于国内应用。对于一些贵金属矿和有色金属矿床, 按此方法划分出的超大型矿与 P Laznicka 划分的巨型矿床大致吻合。但对黑色金属及其某些稀有金属方面。则上述两个方案的储量要求差别极大, 甚至相差几个数量级。本方案的缺点是不便于进行全球对比, 因为世界上没有一个划分大、中、小型矿床的统一标准。即使同一国家的储量划分标准, 有时也在变。

(4) 陈毓川等 (1993) 提出的方案与上述涂光炽的方案类似。仍以现行矿床规模划分标准为依据。大型矿床为现行规模中, 大型矿床规模下限以上者。超大型矿床为按现行矿床规模划分标准中规定的大型矿床下限与中型矿床下限的比值, 乘以大型矿床的下限值。个别矿床虽略小, 经济效益特好也属此类。

以上 4 种方案可分为两类。前两种是以地壳金属元素克拉克值 (元素丰度) 为依据, 便于全球对比。方案 1 较简单, 方案 2 较详细, 但复杂一些, 有关系数的确定, 各人取法可能也不一致。后两方案不利于全球对比, 虽然在国内运用较方便。

较理想的方案是要便于全球对比, 并简单易行。在无更好方案前, 可取长补短, 试用下列折中方案。对金属矿床和非金属矿床用不同划分方案, 也是为了便于应用与研究。正如矿床学中岩浆矿床与热液矿床有不同分类方案一样。

(5) 包括下列 3 点: ① 金属矿床暂按 P Laznicka 的划分标准。 $tai > 10^{10}$ 者为大型, $> 10^{11}$ 者为巨型, $> 10^{12}$ 者为超巨型; ② 非金属矿床暂按涂光炽方案, 矿床规模大于大型矿床下限 5 倍者为超大型矿床; ③ 对金属矿床, 上述储量要求是指单一矿床组成的超大型矿床。如果是由矿田或多个相邻矿床组成的超大型, 其储量要求应再大 5 倍。对非金属矿床也应采用类似原则。

例如对某种金属矿床, 如果是由单一矿床形成的超大型矿床, 其储量下限为 100 万 T 的话, 则由矿田或多个相邻矿床形成的超大型矿床储量下限应为 500 万吨。煤矿方面也有类似例子, 如井田 > 2 亿吨者为大型, 煤矿区则应 > 10 亿吨才属大型。而大型煤田则必须大于 50 亿吨。超大型煤田储量下限应为 250 亿吨。

笔者认为, 最好在 IAGOD 会议上认真讨论, 统一超大型矿床研究中有关术语和建立一个大多数国家支持的统一划分标准。有关国家提出的划分标准可以先在本国讨论通过后, 再交国际上讨论。金属矿床的划分可以前述方案 I、II 为基础, 非金属矿床可以方案 III、IV 为基础。我国提出的方案可在即将召开的第六届全国矿床会议上讨论通过。国际上的讨论可争取在 1999 年在伦敦召开的第五届应用矿床地质学会 (SGA) 会议与第十届 IAGOD 学术讨论会的联合会议上进行, 如可能的话。

3 超大型矿分布形式

何知礼 (1994) 将其分为点式、带式及首领式三种类型。

(1) 点式分布: 呈孤立状分布, 不仅其周围无这类矿床, 有的甚至迄今世界上还是独一无二的。如白

云鄂博 REE-Fe-Nb 矿、Olympic Dam Cu-U-Au 矿床。

(2) 带式分布：其特征是呈条带状分布。如加拿大的 Saskatchewan 钾盐矿床（世界之最），长 1500 km，宽 300 km。

(3) 首领式分布：其特征是分布于矿田、矿带或矿区中。与其附近一些同类型矿床在成因上或时空上有密切联系。只不过它是其中的佼佼者，其规模达到超大型矿床罢了，如澳大利亚的 Golden Mile，俄罗斯的 Baley，美国的 Gold Quarry 与 Deep Post Betze 等。

近 20 年来，国外发现一些超大型矿床。大多是在已知矿带、矿区或矿田内，甚至在已知矿床的深部或旁边发现的。

4 超大型金矿成矿流体特征问题

某些超大型矿床，特别是一些点状分布矿床可能受一些比较罕见的成矿地质条件控制。但是超大型矿床特别是首领式分布的超大型矿床的形成，究竟是来源于独特的成矿流体和成矿作用，还是与许多类似的较小的矿床的形成具有相似的成矿流体和相似的成矿过程？这个问题已引起一些学者重视。包体作为译解成矿作用的密码，在解决超大型矿床成矿流体特征方面，具有重要意义。国际上已发表的有关金矿流体包体研究的论文数以千计。笔者曾统计，仅 1984~1987 年就发表 448 篇以上。又如 1995 年至少发表了 189 篇。具有重要意义的金-石英脉型金矿可作为研究超大型金矿床成矿流体特征及找矿问题的良好实例。曾对一些金矿为例对超大型金矿成矿流体特征及其找矿问题作过初步研究（何知礼，1994）。研究表明：在超大型和非超大型金-石英脉型矿床间，在成矿流体包体方面，尚未发现有意义的区别。不存在可形成这类超大型金矿的任何独特的流体。G Neil Phillips 研究后也曾指出：Golden Mile 相对于澳大利亚其它太古宙金矿在数量级上具有更大规模，主要是由于有良好的流体通道及大量热液进入富铁围岩，矿床与巨大面积的碳酸盐化有关，已作为找矿标志。因此，那里不存在与任何巨型矿床形成有关的独特原因。笔者同意这种观点。至于其它超大型矿床是否存在独特成矿流体，还有待进一步研究。不过，深信至少有一些超大型矿床会和本型矿床类似。不会有什么独特的成矿流体存在。实际上，超大型矿床的形成常常是多种因素控制的。

5 找矿问题

一些内生超大型金矿的形成，常受许多有利因素控制。它们是有利的大地构造和区域地质背景、良好的导矿、配矿和容矿构造、适宜的围岩、非常丰富的成矿物质、大量富含 CO_2 的流体活动、多构造成矿阶段、多成矿物质来源、多成矿控制因素和多成矿类型的叠加，强烈而广泛的围岩蚀变等是形成某些超大型金矿的必需条件。表 1 为某些内生超大型金矿成矿条件的综合。

太平洋大金环的基本特征和规律之一，是成矿具有等间距性。如我国环太平洋金矿带两个相邻成矿系间相距 500~600 km，相邻两个含金带或金矿密集区间的间距为 450~500 km（徐光荣，1989）。某些矿田或矿床中的矿床或矿体之间也有类似规律，如小秦岭金矿区。绿岩带是世界重要含金岩系。如 D I Groves 和 W D Batt（1984）通过对澳大利亚地盾区绿岩带及其含矿特征研究，认为全球绝大多数太古代绿岩带，可分为古老绿岩带及年轻绿岩带。每类又可按其演化分为早期地台阶段和晚期裂谷阶段。不同时代和演化阶段的绿岩地体，其地质特征和成矿的可能性大不相同。只有年轻的裂谷期绿岩矿化度最高，赋存有多种成矿组合。世界上许多大金矿产于这种绿岩带中。如西澳地盾区 10% 的大金矿及加拿大地盾区近 80% 的大金矿属此类。因此，全球大型金矿多集中在加拿大阿比提比带和澳大利亚 Yilgarn 地块的 Norseman-Wiluna 带，而南非巴伯顿山地等典型绿岩带金矿化反而较差（吴美德，1988）。

很多与内生成因有关的大型和超大型矿床具多因复成矿床特点（陈国达，1994）。何知礼考察过 Baley

金矿,并认为其成因为与地洼成矿作用有关的多因复成矿床^①。本文第一作者五十年代曾参加对个旧锡矿研究(何知礼,1964a,1964b)。该矿成为超大型锡矿床绝非偶然。它除了各种有利成矿条件外,单就内生成矿作用中锡石的形成时间来讲就很长。锡石的形成有13个世代。由于脉动关系,充足的含矿热液反复叠加,成矿物质更加富集。那里不仅有原生矿、氧化矿而且有砂矿,其规模都大。大厂超大型锡矿有类似情况,不过那里以脉锡矿床为主。

表1 某些超大型金矿成矿控制因素

大地构造	常位于有利的全球构造体系和处于有利的大地构造位置,例如环太平洋各国和地区大型或超大型金矿受控于环太平洋深断裂超巨型构造系组成太平洋大金环。近20年来在这一大金环上又发现了一系列世界级金矿如智利的El Indio,美国的McLaughlin,日本菱刈,台湾大纵谷,巴布亚新几内亚的Lihir, Porgera, OK Tedi, Wau等(徐光荣,1989;沈远超等,1989)。南非、西澳、印度、加拿大、巴西等国的绿岩型金矿大都产生在变质程度较低,绿岩建造发育较完善的地质区(罗镇宽,1990)。年轻的晚期裂谷阶段的绿岩最有利于形成绿岩带金矿,其次是年轻的地台期绿岩。而古老的绿岩无论地台期和裂谷期的矿化均差
区域构造和矿床构造	有利的区域构造和矿床构造包括良好的导矿、配矿和容矿构造对内生超大型金矿是有利的。例如绿岩带中韧性-脆性剪切构造及其与深大断裂交汇部位。某些超大型金矿常具多因复成矿床的特点,矿床构造较复杂如Baley金矿。中生代陆相火山盆地及其破火山口是某些超大型金矿重要控矿条件之一,日本菱刈金矿,Lihir岛金矿即如此。中国金矿的形成富集常与中生代地洼期构造岩浆活动有关。前期构造层内断裂被地洼期构造叠加并伴有岩浆活动对成矿很有利。地台构造层内有利岩性对细脉浸染型金矿有利(马文念1993)
分布形式	绝大多数超大型金矿呈首领式分布,少数矿床例外,如Olympic Dam为点式分布
区域地球化学	这是某些内生矿床(包括一些大金矿和超大型金矿)重要控矿条件之一。并且与上地幔内相应元素的丰度有关,如小秦岭金铅矿的分布即如此(He Zhili等,1996)。富含CO ₂ 的十分丰富的成矿溶液对某些超大型金矿是必要的
成矿时代	一些超大型金矿的生成时间延续很长,甚至跨越几个成矿时代。从全球范围来说Au成矿的巅峰期是前寒武纪,而我国Au的成矿时代,前寒武纪和中生代均较重要。Muruntau金矿成矿作用跨越了加里东、华力西与基米里三个大地构造旋回6个成矿阶段(A P Alyoshin, 1994)
矿物组合	由于某些内生超大型金矿常有多阶段成矿特点因而矿物组合较多。如科拉金矿已发现25种以上金属矿物并分属6个成矿阶段(Yu G Safnov等,1984)
岩浆岩	金矿可赋存在各种不同岩石中,虽然有时有一定选择性。某些超大型金矿与岩浆岩有关。比较理想的是岩浆岩既带来部分成矿物质,又提供动力促进金的活化运移与富集
围岩及其可能的蚀变规模	大多数这类矿床受一定地层单元控制,但浅成热液矿床的层控特征不甚明显。对于有明显热液蚀变的矿床,广泛而又巨大的热液蚀变带对形成超大型金矿有利。如Golden Mile(世界上最大的石英脉脉型金矿之一)与巨大的绿泥石化和碳酸盐化有关,已被用作找矿标志(G. Neil Phillips, 1989)
矿床成因特点	常为多因复成矿床

某些矿床的寻找,特别是超大型矿床,有时可能需要运用地质学家的几乎所有科学知识和经验及可能运用的各种手段和方法才能取得最好效果,所有这些工作中,系统扎实的野外调查和基础地质工作是必不可少和极其重要的。但对某一地区或每一矿床,工作重点可能有所不同。有的超大型金矿是经过长期反复调查研究才被发现的。

本文承胡祖桂、郑伯让两教授审阅,徐九华博士也提出过宝贵建议。谨一并致谢。

(参考文献略)

① 何知礼,1992,俄罗斯Baley超大型金矿床成矿地质特征。见:北京科技大学地质系第四届地质科学学术讨论会论文摘要汇编。北京科技大学