

试论超大型岩金矿床的分级和评价

黎 彤

(北京科技大学地质系)

超大型岩金矿床的金属储量应大于 100t。这类金矿床的储量规模,可进一步划分为百吨级、千吨级和万吨级。前者可与国际上的“巨型”矿床对比,后两者则与“超巨型”矿床相当。超大型岩金矿床可按矿床的开采情况(开采前、开采中、已采完)分别评价。

关键词 超大型矿床 岩金矿床 储量分级 评价



地质·矿产

金矿床在工业上通常分为 3 类:即岩金矿床、砂金矿床和伴生金矿床。岩金矿床是以产金为主的原生金矿床。

自从涂光炽教授(1987)倡导开展超大型矿床(Superlarge mineral deposit)研究以来,寻找和开发我国超大型岩金矿床的重要性、迫切性和可能性,已日益引起我国广大矿床学界和黄金工业界的重视和关注,并获得国家有关方面的积极支持和资助。

超大型矿床的重大经济意义,以超大型岩金矿床最为典型。在世界的黄金生产中,为什么南非一直遥遥领先于其他产金国家?就是因为它开发了一个世界上最大的金矿田,即著名的维特沃特斯兰德金矿田(Witwatersrand golden field)。在这个面积约 5 万公里² 的古老沉积盆地,聚积了 10 万吨以上的金矿资源。其中累计金属储量在 500t 以上的超大型岩金矿床,就有 7 个之多。其中最大的岩金矿床——东兰德(East Rand)金矿床,累计金属储量高达 1.5 万吨以上。在这样丰富的金矿资源条件下,这个大金矿田建立起 30 多座大型金矿山,有大

型选矿厂 20 多座。最大选矿厂日处理矿石的能力高达 2 万吨。其中 24 座金山的黄金年产量,均达 10t 以上。南非的黄金年产量(>600t),有 80% 以上产自这个大金矿田。自 1886 年以来,这个大金矿田的累计黄金产量,已达 3 万多吨。到目前为止,单个超大型岩金矿床的黄金年产量,仍高达 160t 以上。由此可知,超大型岩金矿床的巨大经济价值是极其明显的。

南非的事实说明:①若干个超大型岩金矿床可以共生在一个矿田内,而且具有相同的或相似的矿床类型;②超大型岩金矿床的延深可以超过 3000m。这两点对我国寻找超大型岩金矿床有参考价值。

在我国开展超大型岩金矿床研究的过程中,有许多理论和实际问题尚有待研究解决。本文仅对超大型岩金矿床的储量下限、分级和评价等问题提些不成熟的看法,以供讨论参考。

超大型岩金矿床的储量下限

一个岩金矿床的规模大小,可以根据其储量多少来确定。例如,我国全国矿产储量委员会办公室主编的《矿产工业要求参考手册》(1987 年修订本)中的矿床规模划分标

本文 1993 年 4 月收到。侯庆有编辑。

准, 对金矿床的储量要求是:

	大型	中型	小型
岩金矿床	>20t	20~5t	<5t
砂金矿床	>8t	8~2t	<2t

这里指的储量, 是合乎一定工业品位的储量, 即工业储量; 而且以金的金属储量来表示, 而不是矿石储量。这就是金矿床储量规模划分的现行标准。

这个标准说明, 岩金矿床和砂金矿床的储量规模划分标准是不一样的。因此, 不能笼统地谈金矿床的储量规模。

这个现行标准只给出了大型岩金矿床的最低储量(或储量下限)要大于20t, 并没有规定其最高储量(或储量上限)是多少。因而划分大型和超大型之间的界限是不清楚的。这就有必要明确规定超大型岩金矿床的储量下限。

对于一个超大型岩金矿床的储量下限, 从不同的角度可以采用不同的方法来确定。从矿床地球化学观点看来, 任何一个金属矿床, 都是地壳中成矿金属元素发生异常富集作用的产物。其储量累加指数(I), 可以用矿床的总金属储量(ΣR)及其成矿元素的地壳丰度值(A)的比值来表示。即

$$I = \Sigma R / A \quad (1)$$

由此可知, 采用矿床地球化学方法的理论依据, 就是金属储量和地壳丰度值之间的统计关系。根据11个主要产金国家的金矿储量统计资料得知, 金矿储量和地壳金丰度具有下列相关关系:

$$\Sigma R = A \times 10^{10-13}$$

其中有一半以上的国家为:

$$\Sigma R = A \times 10^{11}$$

为了表示一个超大型岩金矿床具有国家级水平的经济意义, 常取 $I > 10^{11}$ 。因此, 一个超大型岩金矿床的储量下限, 可以采用下列计算式来确定:

$$\Sigma R = A \times 10^{11} \quad (2)$$

式(2)表明, 超大型岩金矿床的储量下

限, 取决于地壳中金丰度值的选择。

据黎彤(1992)最新统计, 金的地壳丰度值变化于 1×10^{-9} 至 3.5×10^{-9} 之间。其算术平均值(\bar{X})为 2.19×10^{-9} , 几何平均值(G)为 1.93×10^{-9} 。 \bar{X} 值的标准离差(σ)为 1.02×10^{-9} 。 $G/\bar{X} = 88.13\%$, $\sigma/\bar{X} = 46.58\%$ 。

因此, 运用式(2)来计算超大型岩金矿床的储量下限时, 由于选择不同的 A 值, 可得出不同的 ΣR 值, 例如:

$$A = 1 \times 10^{-9} \text{ 时, } \Sigma R = 100t;$$

$$A = 3.5 \times 10^{-9} \text{ 时, } \Sigma R = 350t;$$

$$A = 2.19 \times 10^{-9} \text{ 时, } \Sigma R = 219t;$$

$$A = 1.93 \times 10^{-9} \text{ 时, } \Sigma R = 193t;$$

这四个 ΣR 值, 可按各国的金矿资源条件作出合理的选择。对我国来说, 选择100t作为超大型岩金矿床的储量下限是合适的。因为这个标准取决于地壳中金元素丰度值的下限; 同时, 100t的储量要求, 也比较合乎我国目前黄金工业的发展水平。

由此可以确定, 我国一个大型岩金矿床的储量范围, 介于20~100t之间。而储量大于100t的岩金矿床, 应列为超大型岩金矿床。

当然, 从建设一个大型金矿山的储量要求来看, 至少要有50t工业金属储量的保证, 才能维持较长(如25~30年)的矿山生产年限。因此, 现行标准取20t作为我国大型岩金矿床的储量下限, 似嫌过低。好在人为选择的标准是可以改变的。正如不久以前, 我国大型岩金矿床(未分岩金矿床和砂金矿床)的储量下限曾规定为 $>10t$ 。现行标准已将岩金矿床储量翻了一番, 改为 $>20t$ 。今后, 随着我国黄金工业的大发展, 大型和超大型岩金矿床的储量要求, 均可逐步地适当提高, 直至与国际标准接轨。

超大型岩金矿床的分级

纵观世界各地的岩金矿床, 累计储量最

大的岩金矿床,如南非的东兰德矿床,其储量可达1.5万吨以上。若取100t作为超大型岩金矿床的储量下限,则超大型岩金矿床的储量极差,可达两个数量级。因此,为了进一步明确找矿目标,也为了便于同国际对比,有必要将超大型岩金矿床进一步划分为三个级别。即万吨级、千吨级和百吨级。

就目前所知,万吨级的超大型岩金矿床,全世界只有1个,千吨级的有9个,百吨级的至少有14个。现简要分述如下:

1. 万吨级超大型岩金矿床

目前累计金矿床储量超过1万吨的岩金矿床,世界上只有一个。这就是东兰德金矿床。它是南非维特沃特斯兰德金矿田中最大

的岩金矿床,属太古宙古砾岩型。累计金属储量达1.5万吨以上。平均金品位8.9g/t。自然金呈浸染状分布在石英砾岩的基质中,形成多层含金矿层。伴生碳铀铈矿。采矿方法为地下开采,已开采100多年。有6座日处理矿石8000~13000t的选矿厂。随着开采深度加大,金产量逐渐下降,近年来年产量已降至16t。

2. 千吨级超大型岩金矿床

金属储量介于1000~10000t之间的岩金矿床,目前已知有9个。其中5个集中在南非的维特沃特斯兰德金矿田内,均属太古宙古砾岩型。其累计储量如表1。其中的中兰德矿床储量不明。

表1 南非的千吨级超大型岩金矿床

矿床名称	累计储量 (t)	金品位 (g/t)	年产金 (t)
韦尔科姆 (Welkom)	4660	15.4	163
西兰德 (West Rand)	3122	6.9	80
中兰德 (Central Rand)	超大型	2.18	8
卡尔顿维尔 (Carletonville)	2632	21.4	149
克勒克斯多普 (Klerksdorp)	2299	13.3	116

有人将东兰德、中兰德和西兰德三个矿床合称为兰德 (Rand) 矿床,其累计储量超过2万吨。实际上这三个矿床的采区已连成一片。

其余的4个千吨级的超大型岩金矿床,2个分布在亚洲,1个分布在北美洲,1个分布在澳洲。

分布在亚洲的千吨级超大型岩金矿床,集中在中亚。即乌兹别克斯坦的穆龙套 (Мурнтау) 矿床和吉尔吉斯斯坦的库姆托尔 (Кумтор) 矿床,均属于浅变质细碎屑岩型。其中穆龙套矿床1958年发现,10年后进行露天开采,近年来年产量已增至120t,赶上了南非超大型金矿床的生产水平。该矿床的矿体由含金石英网脉和浸染体构成,产于下古生代的千枚岩、砂岩和板岩中。已探明的金属储量达4000t。其中可供露天开采的、埋深在300m以内的储量占1200t。库

姆托尔矿床的金属储量也达到1000t。这两个超大型岩金矿床离新疆比较近,其成矿构造带延伸至我国境内。

分布在北美洲的千吨级超大型岩金矿床,是美国的霍姆斯塔克 (Homestake) 矿床。该矿床的层状和似层状矿体,产在元古代闪石片岩和绿泥片岩内,属绿岩型。自1898年开采以来,采掘深度已超过2500m。到1984年止,已累计产金1200t。保有储量不足100t,金品位6.5g/t。它曾是美国最大的岩金矿床。

分布在澳洲的千吨级超大型岩金矿床,是戈登迈尔 (Golden Mile) 矿床。该矿床的含金硅化带产于晚古生代的粗玄岩内,属火山岩型。矿石中除自然金外,尚有碲化金。平均金品位为11.9g/t。到1980年止,累计产金1130t,尚有金资源量1125t。它曾是澳大利亚最大的金矿床。

需要说明的是, 澳洲的奥林匹克坝 (Olympic Dam) 矿床未统计在上述千吨级超大型岩金矿床之内。原因是它是一个超大型铀矿床。铀的金属储量达 112 万吨, 铀品位为 600g/t。它虽伴生有大量的金, 估计其资源量 (不是储量) 可达 1200t, 但金品位只

有 0.6g/t, 并非独立的岩金矿床。此外, 该矿床的含铜品位高达 1.6%。

3. 百吨级超大型岩金矿床

金属储量介于 100 ~ 1000t 之间的岩金矿床, 据国外不完全的统计, 至少有 14 个。它们遍布各大洲, 其储量统计如表 2 所示。

表2 国外百吨级超大型岩金矿床

洲	国名	矿床名称	储量, t	金品位, g/t	矿床类型
亚洲	印度	科拉尔 (Kolar)	637	10.3	绿岩型
	俄罗斯	宗毫巴 (Чон Холба)	600	?	变质细碎屑岩型
	朝鲜	天麻 (Tian Ma)	200	2~3	绿岩型
	日本	菱刈 (Hishikari)	120	80	火山岩型
欧洲	法国	萨尔西格尼 (Salsigne)	110	13	沉积型
	西班牙	萨拉威 (Salave)	125	5	侵入体接触带型
非洲	南非	埃文德 (Evander)	597	8.9	古砾岩型
	加纳	塔夸 (Tarkwa)	200	6.2	古砾岩型
美洲	巴西	莫洛韦洛 (Morro Velho)	450	12.3	绿岩型
	美国	金坑 (Gold Quarry)	218	1.52	沉积型
	美国	卡林 (Carlin)	110	9.95	沉积型
	加拿大	迪图尔 (Detour)	105	3.9	绿岩型
大洋洲	巴布亚新几内亚	利希尔岛 (Lihir Is.)	311	?	热泉型
	巴布亚新几内亚	波尔盖拉 (Porgera)	286	?	火山岩型

需要指出的是, 表 2 的统计是很不完全的。例如, 加拿大的赫姆洛 (Hemlo) 矿床, 年产金将达 9t, 属绿岩型, 资源量 525t, 金品位 7.5g/t, 因无储量数据未统计在内。又如, 在西伯利亚的叶尼塞河上游, 有超大型岩金矿床发现, 叫欧林匹雅得 (Олимпиада) 金矿床, 也因储量不详而未统计在内。

综上所述, 超大型岩金矿床的三个储量规模级别, 可用下列矿床储量—地壳丰度关系式分别表示其储量变化范围:

$$\text{百吨级: } \Sigma R = A \times 10^{11} \sim 12$$

$$\text{千吨级: } \Sigma R = A \times 10^{12} \sim 13$$

$$\text{万吨级: } \Sigma R = A \times 10^{13} \sim 14$$

由此可知, 百吨级超大型岩金矿床, 其储量规模与国际上的巨型金属矿床 (Giant ore deposit) 相当。千吨级和万吨级超大型岩金矿床, 则与国际上的超巨型金属矿床 (Supergiant

ore deposit) 相当。

超大型岩金矿床的评价

我国有没有超大型岩金矿床? 要回答这个问题, 就需要对我国已知的大型岩金矿床进行评价。评价工作包括: ① 对已经探明尚未开采的岩金矿床进行评价; ② 对正在开采和探矿的岩金矿床进行评价; ③ 对已经采完探完的岩金矿床进行历史性评价。

在评价之前, 一项十分重要的准备工作就是, 正确圈定一个岩金矿床的矿体个数及其储量的三维计算范围。因为评价的对象是一个岩金矿床, 它可以由单个矿体组成, 也可以由多个矿体组成。由单个矿体组成的矿床, 其储量等于矿体的储量; 由多个矿体组成的矿床, 其储量等于各个矿体储量的总和。如果从成矿地质背景和成矿特征来看,

本属一个岩金矿床的若干矿体(或矿脉),零散地划分为几个矿床,就会人为地缩小一个矿床的应有储量,从而降低其储量规模的级别。

为了便于评价,可将一个岩金矿床的总储量划分为 R_1 、 R_2 和 R_3 三部分:

R_1 ——已采储量,即开采历史上已经消耗掉的储量。这部分储量可以根据矿山历年累计黄金产量和采、选、冶综合回收率求出。

R_2 ——现有储量,即列于平衡表内的工业储量或保有储量。

R_3 ——潜在储量,就是尚未探明的资源量或远景储量。

这三部分储量的比例,随矿床的勘探程度和矿山开发程度而变化。对于尚未开采的矿床,其 $R_1 = 0$; 对于已采尽的矿床,其 $R_2 = 0$ 。这就是评价工作之所以要按矿床开采程度分别进行的一个原因。

对已经探明但未投产的岩金矿床进行评价时,评价的目的是选择矿山建设的规模。评价的依据是勘探报告中经过储委验收的储量。由于 $R_1 = 0$, 只有 R_2 和 R_3 。评价的主要标志是 $R_2 > 100t$ 。 R_3 对矿山的发展前景有重要参考价值。

对正在开采和探矿的岩金矿床进行评价时,评价依据是矿床的累计储量 ($R_1 + R_2$),

即要求: $R_1 + R_2 > 100t$ 。随着矿山开采年限的延长, R_1 不断增加; R_2 的增加或减少,主要取决于探矿的强度以及采矿和探矿对储量增减的比例。上面提到的万吨级和千吨级超大型岩金矿床,大都是依据其累计储量评定的。

对已经采完、探完的岩金矿床进行评价时,由于 $R_2 = 0$, 只能依据 $R_1 > 100t$ 的标准来评定。对于这类矿山,需要特别注意其潜在储量 (R_3) 是否确实已耗尽。同时,这种历史性的评价也有现实意义,因为通过这种评价可以提供指导进一步找矿的信息。

通过上述三方面的评价,就不难查明我国究竟有没有超大型岩金矿床,有多少个不同储量规模级别的超大型岩金矿床,它们的分布状况如何,以及它们所属矿田的找矿和开发前景如何等问题。就目前所知,我国已有若干个百吨级超大型岩金矿床,还未见有千吨级以上超大型岩金矿床发现的报道。

参考文献

- [1] 冶金部地质勘查总局等,《黄金手册》,1990。
- [2] 中国有色金属工业总公司北京矿产地质研究所主编,《国外主要有色金属矿产》,冶金工业出版社,1987。
- [3] 全国矿产储量委员会办公室主编,《矿产工业要求参考手册》,地质出版社,1987。
- [4] 黎彤,地质与勘探,1992年第10期,1~7页。
- [5] 博伊尔, R.W. (马万钧等译),《金的地球化学及金矿床》,地质出版社,1984。

On the Classification and Evaluation of the Superlarge Primary Gold Deposits

Li Tong

The metal reserve of a superlarge primary gold deposit must be more than one hundred tons. The superlarge primary gold deposits can be subdivided into three scales according to their reserve, i. e., the scale of hundred tons, of thousand tons, and of ten thousand tons. The hundred tons scale is corresponding to the so-called GIANT ore deposit, and the two later scales are corresponding to SUPERGIANT ore deposit. The superlarge primary gold deposits may be evaluated according to their different mining conditions (pre-mining, during mining or mine-out) respectively.