

北京有色冶金设计研究总院 郑之英

构成矿石的条件是必须含有一定数量的一种或几种有益组分,只有达到某一含量(品位)时,在现今的经济和技术条件下,对它进行开采和加工才有盈利。

因此,储量计算应有一定的标准,以便计算时把合乎要求的(表内)储量和暂时不符合要求的(表外)储量,以及根本不能为工业利用的含矿岩石(废石)分开。这种按工业要求来进行储量计算的标准叫储量计算工业指标,简称工业指标。

可见,工业指标是评价矿床、圈定矿体、计算储量的依据,也是确定矿床的开采范围,指导采矿工作的依据。因而既要考虑国家需要和充分利用地下资源,又要考虑矿床地质特征和当前矿山生产技术水平,在保证企业盈利的前提下来合理确定。

从五十年代至今,通过勘探、设计和生产实践,随着经济技术条件的变化,对工业指标的认识不断深化,从而提出了许多问题,很多同志发表文章进行讨论,说明这个问题是很重要的。本文的目的是对此进行综合评述,顺便提出几点不成熟的看法,以供参考。错误之处请批评指正。

工业指标的内容可以因其制定方法不同而异。

传统的制定方法适用于传统的储量算法,例如平行断面法等。

(一) 传统法工业指标的主要内容

1.最低工业品位,是划分表内外储量的界限,从经济角度它不能过低,从充分利用资源的角度又不能过高,它要保证:

(1) 富矿地段顶底盘的贫矿可部分地划入表内储量。

(2) 使暂无工业价值的贫矿地段留作表外储

量。

(3) 据此圈出的矿体,其平均品位应大于这个指标而在经济上有利。

2.最低边界品位是划出废石的界限,也是参加储量计算的有益组分含量的最低极限,其作用是:

(1) 保证储量计算的单个工程的平均品位,能达到或高于最低工业品位。

(2) 它低要低到使边部贫矿石最大量地合理地圈入计算范围,而又能保证与中心部位的富矿合采时具有工业价值。

(3) 它高应高到使圈定矿体计算储量时,虽划入了一定数量的贫矿石,但仍能保证各储量计算块段合乎最低工业品位要求。

3.最低可采厚度,即可以采出来的最薄的矿体厚度。大于这个厚度的矿体才能列入表内储量,它是根据开采技术条件,如矿体倾角、采矿方法和使用的采矿设备等确定的。

4.夹石剔除厚度,即无矿夹层的最大厚度,达到这个厚度时不会妨碍它两边的工业矿石分开采,而又能在开采时将其留于地下不动,这个指标与围岩稳定性、矿体倾角、采矿方法和采矿设备有关。

(二) 传统法制定工业指标的方法

以常用的综合方案比较法为例:

1.按全部单个试料化验品位,统计各品位区间各级试料占总试料的百分数,即不同品级的样品数量在矿体中的分布频率。

2.根据各级试料的比重,去掉比重小而又接近于尾矿品位的,或接近于一般最低工业品位的,选择几个比重大而又有代表性的品位,即大于这个品位以上的样品占整个样品比重大而又有代表性的,做为不同方案进行比较,如边界品位与最低工业品位分别为 $0.2 \sim 0.4\%$; $0.3 \sim 0.5\%$;

0.4 ~0.6 %的三个方案。

3.根据矿体和围岩的特征及当时认识的开采技术条件所适用的采矿方法,确定最低可采厚度和夹石最大厚度指标。

4.按不同方案圈定矿体、计算储量,并以某方案的计算结果为基础,计算它们之间的相对百分比及绝对差值。为了减少方案比较的工作量,也可以选择勘探程度比较完善或有代表性的矿体地段,选择几个剖面进行圈定和计算。

5.根据上述计算结果,就资源利用率,矿山规模,采矿贫化率,出矿品位,精矿品位,金属实收率,精矿产量(及所含金属量),年总产值,年总成本,年利润,基建投资额,基建投资还本年限,矿山服务年限及投资收益率等,进行不同技术经济方案的比较,从而选定经济效果最佳的方案。

(三) 传统方法的特点及其应用价值评述

1.这个方法是先选择几个工业指标方案进行计算比较,而后确定一个技术经济上最合理的指标,供地质勘探部门进行正式储量计算。

2.此法对各类型大、中、小矿床,和不同的勘探和设计阶段都能应用。

3.勘探阶段,地质勘探部门可以根据此法在第四步中加以地质的方案比较,自行制定工业指标,或提出试算结果及指标意见,交工业设计部门按第五步通过技术经济综合比较后确定。

4.这种方法可简可繁,在没有电子计算机或电算尚不普及的情况下可以广泛采用,仍有现实意义。

5.在制定指标时,往往因岩石力学条件,即矿岩稳定性条件不明,不能正确确定采矿方法和采掘设备,因而确定的最低可采厚度和夹石剔除厚度,不一定能适合于生产时期的实际情况。

6.以前勘探时期确定的工业指标,常因以后的生产技术条件的改进和国民经济条件的变化,而不适合于几年后在设计或生产时期使用。

7.传统法计算的储量,在总平均品位上是大于最低工业品位的,但每一个具体的开采块段却不一定都符合最低工业品位要求,因为在所圈出的矿体或矿块中,包含着大于边界品位而小于最

低工业品位的(表外)矿石或废石。

8.这种方法过去多用于单一组分(或主要组分大于工业要求)的矿床,对多金属矿床的综合指标,则需经过品位换算之后才能应用。

二

由于电子计算机技术的使用和发展,给地质统计学方法计算储量提供了前提条件。其原理是:在充分研究矿床中区域化变量(如矿体的品位、厚度等)空间变化规律的基础上,用半变异函数作为描述这种变化规律的主要工具,然后根据已知样品在无偏条件下,并使估计方差为最小的条件下,估计每一块段矿体的平均品位,再按不同的边界品位为下限累计各块段的矿量,即可求得地质储量。

(一) 地质统计法储量计算工业指标

只有边界品位一项,它相当于传统法的最低工业品位。

(二) 制定的步骤和方法

1.在充分研究和了解矿床地质特征条件下,整理好所需的原始数据输入电子计算机。如样品分析、钻孔测量、岩石类型、座标等。

2.组合样品及建立块段模型:一般是按露天矿的阶段高度划分成储量计算阶段,在每个阶段平面上根据待估块段的最小单元,把矿床分成若干矿块,制成阶段平面图,图上每个方格代表一个矿块,即矿块模型,再按开采阶段高度把钻孔岩芯样品组合,求得加权平均品位。

3.计算变异函数与建立数学模型:用块段模型,把组合的样品标记到这个模型的各个块段中去,据此计算半变异函数,然后用人工拟合法做出理论的数学模型。半变异函数的公式为:
$$\gamma(h) = 1/2 [Z(X) - Z(X+h)]^2$$
。h为两个样品之间的距离,Z(X)为第一个样品的品位,Z(X+h)为距第一个样品为h的另一个样品的品位。

4.克里金估值建立矿床模型:利用块段中的样品,用克里金法估计每一个块段的平均品位,把各个矿段的平均品位标在块段模型中,即得矿床模型,累计各块段品位与矿量,即可获得地质

储量。

5. 确定边界品位: 已知矿床模型中各块段的平均品位, 则运用几个边界品位方案计算出不同方案的储量和平均品位, 再根据生产规模、基建投资、经营费用、现金收入, 现金流量与净现值等, 计算出哪个边界品位的方案使企业盈利最大, 从而确定为最优边界品位。

确定了边界品位, 即可在矿床模型中划出可采矿量的界线, 计算出可采矿量。

(三) 地质统计法计算储量确定边界品位的特点及使用价值的评述

1. 最佳边界品位指标是在用地质统计学方法建立矿床模型后, 根据不同边界品位方案的不同地质储量和经济效益选定的。这个边界品位相当于传统法的最低工业品位, 而非传统法的边界品位。

2. 计算储量, 并不需要传统法的最低可采厚度和夹石剔除厚度等指标。

3. 计算储量确定边界品位的前提, 是电子计算机技术的应用和有充足可用的资料, 一般在勘探工作未结束或资料不充分的情况下不便使用。

4. 目前只对大型露天矿, 尤其是斑岩型铜矿床或钨钼矿床, 有较为成熟的使用经验, 其他中小型、形态不规则、品位分布不均匀的矿床尚无成熟经验, 且地质统计法对矿床边缘部位、钻孔稀疏或缺乏样品资料的地段的估值往往不准确。

5. 边界品位应当针对一定规格的矿块制定, 不同规格的矿块圈定同一矿体, 其所得的品位和储量不同, 而矿块的选定与开采技术条件、设备选型和生产能力有关。

6. 从理论上讲, 按边界品位所圈定计算的储量都是可采部分, 但矿块模型的大小与品位的高低有关, 矿块愈大则难免其中也包括着低品位矿石或废石夹层等不符合边界品位要求的部分, 从而品位低些, 矿块愈小愈准确, 但上机的计算量加大, 耗费工时。

7. 鉴于目前电子计算机技术在地质勘探和采矿中的应用还不普及, 尤其对大量的中小型不规则矿床尚无成熟可靠的程序, 尽管此法在理论上具有完善、灵活的特点, 而且也有发展前途, 但

尚未达到普遍应用的程度, 因而很难全部使用上述步骤和方法确定边界品位。

三

最近发表的一些文章, 以收支平衡的原则为基础, 论述了利用各种公式计算最低工业品位(有的叫做最佳边界品位)的办法。而且都是从资源的综合利用角度出发探讨计算综合品位的办法, 即把有回收价值的所有伴生组分, 按一定比例关系换算成一种主要组分的综合品位, 再根据这个综合品位是否符合该矿主要组分的工业品位要求, 来评价矿床圈定矿体。

(一) 方法和公式举例

1. 价格法

伴生组分的品位换算系数为 $k_j = P_j / P$
主要组分的综合工业品位为

$$\alpha_0 = \alpha + \sum_{j=1}^n k_j \alpha_j$$

P_j 为伴生组分产品的出厂价格 (元/吨);

P 为主要组分产品的出厂价格 (元/吨);

α_0 为主要组分的综合工业品位 (%);

α 、 α_j 为主、伴组分的地质品位 (%);

n 为伴生组分的数目。

2. 产值法 (彭兆德)

理论基础是, 伴生组分经换算后的品位与主要组分品位之比, 等于相同工业储量中的伴生组分与主要组分经采、选、冶加工后所获得的最终产品产值之比。即伴生组分的品位换算系数, 等于伴生组分与主要组分二者的单位金属储量回收价值之比。

伴生组分的品位换算系数为

$$k_j = \frac{\epsilon_j P_j}{\epsilon P}$$

主要组分的综合工业品位为

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= \alpha + \sum_{j=1}^n k_j \alpha_j \\ &= \alpha + \sum_{j=1}^n \frac{\epsilon_j P_j}{\epsilon P} \alpha_j \end{aligned}$$

ϵ 、 ϵ_j 为主、伴组分的选冶总回收率;

P 、 P_j 为主、伴组分的最终产品出厂价格

(元/吨);

因主、伴组分的矿石量 Q ，和采矿回收率 E 相同，故式中省略。

α 、 α_j 为主、伴组分的地质品位;

n 为伴生有益组分的数目。

3. 价值法

伴生组分的品位换算系数为

$$k_j = \frac{\epsilon_j C_j}{\epsilon C}$$

主要组分的综合工业品位为

$$\alpha_0 = \alpha + \sum_{j=1}^n k_j \alpha_j$$

C 、 C_j 为主、伴组分的单位产品成本 (元/吨);

ϵ 、 ϵ_j 为主、伴组分的选冶总回收率。

4. 价格法 (张玉清)

伴生组分的品位换算系数为

$$f_H = \frac{E_b \epsilon_b P_b}{E_{zh} \cdot \epsilon_{zh} \cdot P_{zh}}$$

主要组分的综合工业品位为

$$\alpha_{zo} = \alpha_{zh} + \sum_{j=1}^n f_H \cdot \alpha_b$$

E_{zh} 、 E_b 为主、伴组分的采矿回收率;

ϵ_{zh} 、 ϵ_b 为主、伴组分的选、冶加工实收率;

$$\alpha_{最低} = \frac{Z + \sum_{i=1}^n Z_i}{11\epsilon(1-r)(1-p) + \sum_{i=1}^n 11i\epsilon_i(1-r)(1-P)}$$

$\alpha_{最低}$ 为主组分的最低综合工业品位;

Z 为露天矿剥、采、选、运输、销售 1 吨矿石的总生产费用 (包括企业管理费、大修理基金、设备更新改造费等);

Z_i 为 i 种副产品的直接生产费用 (元/吨);

11 、 11_i 主产品和 i 种副产品的国家调拨价格

(元/吨);

$$\alpha_{边} = \frac{e + d + y + \sum_{i=1}^n Z_i - (a + b)}{11\epsilon(1-r)(1-p) + \sum_{i=1}^n 11i\epsilon_i(1-r)(1-p)}$$

$\alpha_{边}$ 为主组分的最低综合边界品位 (‰);

e 为内部运输费用 (元/吨);

d 为主要组分的选矿费用 (元/吨);

y 为每吨矿石所含精矿量的销售费用

(元/吨);

P_{zh} 、 P_b 为主、伴组分的产品价格 (元/吨);

α_{zh} 、 α_b 为主、伴组分的地质品位 (‰);

α_{zo} 为主组分的综合工业品位;

n 为伴生组分的数目。

即主组分的综合工业品位为主组分的地质品位与 n 个伴生组分的品位换算系数分别乘以各伴生组分的地质品位之和。

5. 盈利法 (张玉清)

伴生组分的品位换算系数为

$$f_H = \frac{E_b \epsilon_b d_b}{E_{zh} \cdot \epsilon_{zh} \cdot d_{zh}}$$

d_{zh} 、 d_b 为主伴组分的单位产品盈利 (元/吨);

$d_{zh} = P_{zh} - C_{zh}$;

$d_b = P_b - C_b$;

P_{zh} 、 P_b 为主伴组分的产品价格 (元/吨);

C_{zh} 、 C_b 为主伴组分的成本 (元/吨)。

若主伴组分混合开采，回收率相同，

则
$$f_H = \frac{\epsilon_b \cdot d_b}{\epsilon_{zh} \cdot d_{zh}} = \frac{\epsilon_b (P_b - C_b)}{\epsilon_{zh} (P_{zh} - C_{zh})}$$

主要组分的综合工业品位为 $\alpha_{zo} = \alpha_{zh} + \sum_{j=1}^n f_H \cdot \alpha_b$
 α_{zh} 、 α_b 为主伴组分的地质品位 (‰)。

6. 程志刚的最低综合工业品位公式

ϵ 、 ϵ_i 为主组分和 i 种伴生组分的选矿回收率 (‰);

r 为采矿贫化率 (‰);

p 为精矿运输的损失率 (‰)。

程志刚认为，为圈定矿体必须有边界品位指标。其综合边界品位指标公式为:

a 为边界品位的矿石按废石处理时废石的运输费用 (元/吨);

b 为边界品位的矿石按废石处理使每吨矿石多增加的剥离费用 (元/吨);

ϵ_0 和边界品位相应的选矿回收率 (‰)。

此外, 还有其他公式, 不一一列举。

(二) 方法评述

1. 上述各法求得的最低综合工业品位, 因为是把有回收价值的伴生组分, 按一定比例关系折算成主组分的综合工业品位, 所以它的作用既相当于一般传统法中的最低工业品位, 也相当于地质统计学方法中的边界品位, 即开采加工时可以盈利的最低工业品位。综合品位的优点是, 它考虑了矿床的综合利用, 从而能够提高矿床工业利用价值。但是当主组分已符合最低工业要求时, 可以不必再对伴生组分进行品位换算, 同时当伴生组分含量低于其一般的边界品位, 或储量很少, 回收率很低或不值得回收时, 也不能计入综合品位, 否则将大大提高生产成本得不偿失。

2. 上述各种求最低综合工业品位的方法, 在理论上都是基于收支平衡和经营平衡原则, 因而都可以试用, 它们的好处是可以使方案比较工作简化。但是这个指标并不能简单地用下限收入等于上限成本的公式固定化, 因为, 所谓最佳工业品位受现在的经济条件, 不同阶段的开采作业能力, 生产技术条件和矿床不同地段的品位分布和变化的影响, 所以最佳品位指标在矿山服务年限期间是可以变化的, 往往勘探阶段确定的指标, 并不符合生产期间甚至设计时的经济技术情况。

3. 上述讨论中都没有涉及传统算法中的其他指标, 如边界品位、最低可采厚度和夹石剔除厚度等。其原因可能是: 第一, 都以地质统计法计算储量为前提, 因为此法只需要一项指标即可。第二, 或许以为公式中的采矿回收率和贫化率已经包含有可采厚度和夹石厚度的涵义在内。但事实上要想用传统法圈定矿体计算储量, 只用一个最低工业品位指标难以达到目的。

4. 价格法是单纯按主要组分和伴生组分的产品价格的比值确定换算系数, 得出主组分的综合工业品位的办法, 简单易行, 但它没有考虑回收过程中的损失, 也没有考虑产品成本, 不能真正反映二者之间的价值关系, 计算的主组分综合品位不是偏高就是偏低, 当伴生组分的回收指标低于主组分时将偏高, 反之偏低, 这是本法的缺陷。

5. 上述方法中, 价格法的缺欠已如上述, 彭

兆德的产值法和张玉清的价格法, 在主、伴组分混合开采, 采收率一致情况下, 其含义基本相同, 都体现了产量乘价格等于产值的概念, 是一个简便可行而又有效的方法。至于盈利法和价值法都要涉及到产品成本问题, 按产品成本包括直接成本、间接成本, 名目繁多, 目前可以因地而异, 认识颇不一致, 而且在采、选、冶生产过程中, 如何精确地分摊主、伴组分的产品成本也很难做到, 所以用这两种方法计算品位换算系数和综合品位, 虽然也是可行的, 但其准确程度还待进一步探讨和实践。

6. 程志刚的计算法已经应用于德兴露天矿, 并且指出要圈定矿体还必需要有边界品位指标, 他也推导出了计算边界品位的公式。无疑这是一个新的尝试, 虽然这个算式的主要着眼点在于区分露天境界内的每个爆堆是矿石还是废石。至于是否能合理地用它来圈定矿体, 可能还要进一步取得更多的实践经验。因此最低工业品位与边界品位应是个简单的函数关系, 工业品位是主导, 在传统算法中边界品位的作用, 既要能充分利用资源, 又应能保证所圈出的矿块符合最低工作品位的要求, 所以用公式计算而得的边界品位值, 并不一定符合矿床地质和品位分布的特征, 如果非常接近于工业品位或相当接近于尾矿品位都将对合理的圈定矿体起不到应有的作用。

四

关于储量计算工业指标的几个问题的讨论意见:

(一) 要不要双重指标?

所谓双重指标系指圈定矿体时使用边界品位和最低工业品位两个指标。最近有些同志主张最低工业品位就是据以圈定矿体的边界品位, 无需另有边界品位, 理由是: ①按此圈进的低品位矿石是废石, 不具备工业价值。②将导致矿山计算贫化率以外的贫化。③将导致矿块平均品位小于最低工业品位, 使整个矿块划入表外。④边界品位无科学的含义, 缺乏经济论证, 对此笔者认为:

1. 在使用地质统计学方法计算储量时是不需要双重指标的, 边界品位即最低工业品位, 但问

题是在同一矿体,虽边界品位相同,若矿块规格不同,则计算的品位和储量可以不同。所以虽然它只需一个边界品位,但需要有与之相适应的矿块规格,矿块愈大,含废石夹层的可能性愈大,品位愈低。

2.对于现行的传统储量算法而言,不要双重指标也是有道理的,不是不可以,只是难以做到经济效益与充分利用地下资源两相兼顾。而且只有一个最低工业品位,而没有最低可采厚度及夹石剔除厚度指标时,也是孤掌难鸣,不好圈出工业矿体。

3.按边界品位的作用并非为了修饰矿体边界,而是应在保证圈定的矿块达到最低工业品位要求,又能使企业盈利的前提下,尽可能地充分利用地下资源。因此不可能导致矿块平均品位小于最低工业品位。因为不是所有大于边界品位的样品都能圈入平衡表内矿体。而且从资源的综合利用角度看问题,主要组分低于最低工业品位的矿石并不一定是废石,一概丢弃将造成资源的浪费。

4.如果没有边界品位也就没有表外储量了,而表外储量是目前的经济技术条件下暂时不便利用的资源,但它可能在今后开采盈利,圈出表外储量是符合矿山企业的长远利益的,不致盲目地丢弃它,也有利于对整个矿床价值的全面估计。

5.问题是过去我们在使用双重指标圈定矿体时,有可能造成矿块的平均品位相对低些,它虽高于最低工业品位,但生产时计入采矿贫化率后,出矿品位则有可能低于最低工业品位。这是制定的工业指标偏低的问题,不是使用边界品位圈定矿体的必然后果。为了避免这类情况,一方面可以相对地提高工业指标,也可以按夹石剔除厚度的办法,对能够圈入表内矿石的大于边界品位的样品长度给予一个最大的限度,比如可以参照废石夹层的最大厚度的规定,超过这个限度的地段应做为表外矿石处理。

6.因此,最低工业品位是主,边界品位是辅,后者对前者起保证作用,二者是相辅相成的,在圈定矿体时是互为制约的关系,不致由于使用了边界品位就忽视了对工业品位的重视程度,因为原则是经济上要盈利。所以在传统的算法中不

一定要排斥边界品位,当然也不妨使用一下用单一的最低工业品位指标来圈定矿体。但是,不管那种情况最低可采厚度和最大夹石厚度的指标还是需要的。当然,在圈定矿体时氧化矿石的品位虽然高于最低工业品位,也应区别对待,否则一视同仁混合开采时会影响原生矿石的选矿回收率,使经济效果下降。

7.边界品位也是可以通过计算求得的,如程志刚同志的公式,实际上这是一种生产作业时用的最低工业品位,如果用于传统的储量计算中,若其计算值与最低工业品位或尾矿品位相近,则将难以取得保证经济效益与充分利用资源两相兼顾的作用。所以在最低工业品位与尾矿品位之间,根据经验或类似矿山的对比,选取一个适当值作为边界品位的做法,虽然其科学性的论证还有待于进一步研究,但目前看来仍然不是不可行的。

(二) 最低工业品位剖析

国外多以边界(际)品位作为最低工业品位,为了便于论述,本文按国内习惯统称以最低工业品位。

1.最低工业品位是不是收支平衡品位?笔者比较倾向于这样的认识,即最低工业品位与收支平衡品位有不同的含义,但在某些情况下二者是一致的。

收支平衡品位是能使企业收入与总生产费用相平衡的一项经济指标。

最低工业品位是用来圈定矿体,划分表内表外储量的,也可以用来区别“是采出来还是弃置,是进行破碎还是排出”的品位指标。Mortimer指出“采出矿石的平均品位必须保证每吨入选的矿石可以获得既定的最低利润,即采出矿石的最低品位必须能够抵偿它本身的代价”。

2.可见最低工业品位与平均品位(矿块的或矿体的)之间是有其差异性的,收支平衡关系决定着最低工业品位,而最低工业品位又决定着平均品位,企业的收入和盈利则取决于平均品位,因此一个期望的平均品位必须具有与其相应的最低工业品位。这是在制定最低工业品位指标时应予注意的原则。

3.最低工业品位又可分为计划用的和作业用的两种。计划用的最低工业品位是在勘探期间和开采前用来圈定矿体计算储量的,它是通过方案比较和与同类型矿山对比而得出的。作业用的最低工业品位,则是矿山建成投产后,在短期内的从不同生产阶段的开采对象或爆堆中采出来的等待处理矿石的品位指标,不合乎这个指标要求的,即使在勘探期间或开采前是表内矿量也不能入选,因为不能盈利。可见勘探期间计算的工业储量经常是与不同生产阶段能够开采出来的储量,在品位上是不相一致的。

4.能保证收支平衡的各项费用是与产品的纯产值成反比的,所以国外都认为,国内也有人主张在市场价格上升时,降低最低工业品位实际上会有损于利润,因为此时只有销售极大量的产品才能获得最大的利润,而如何才能以相同的生产费用生产出最大量的最终产品呢?只有提高矿石的最低工业品位。这就是所谓的“高品位、高价格、高产量、高销售”的四高原则。H. K. 泰勒以品位 $a > b$, 价格 $p > q$ 时列出的不等式 $ap + bq < bp + aq$, 就是说明上述道理的,这就意味着从利润角度,决定开采顺序时要先富后贫,但是相反的认识则认为,如果为了赶行市采富弃贫或采富留贫,会给而后的矿山开采带来后患。笔者认为,如能从经济效果考虑根据市场需要确定建设项目和生产计划,价格能够反映供求关系,则无疑先富后贫是对的,但是目前我国的经济管理体制尚不能适应,生产计划的确定仍然存在着不管市场需要的状况。矿产品的价格多少年来虽有不合理的也难以改变,国内价格有的与国际市场价格相距甚远,所以自上而下贫富兼采的技术上的常规作法还是一下子难以改变的。但是无论如何,最低工业品位指标是应该根据价格的变化而适当改变的。

(三) 确定储量计算工业指标的时机

由于在矿床的勘探阶段还不能进行工业规模的采、选试验;还不能知道该矿将来的产品全部生产成本;也不了解矿产品在最低工业品位下的生产水平;不同阶段的剥采比和采掘比以及平均品位和最低工业品位下的选矿回收率等也都是预

计的,所以勘探时期确定的工业指标并不能认为是永久性的。

因此在勘探阶段可以考虑按一般常用的工业指标,或由勘探部门自己结合矿床的具体情况,和类似矿床的既定指标加以确定,在征得储委同意后圈定矿体计算储量。如果要求设计部门制定工业指标时,则应由勘探部门提出必要的地质资料后,先用一般的方案比较法确定供储量计算之用。当然也可以利用前节所述的伴生组分的品位换算系数的方法确定综合最低工业品位。但是当设计和生产时期,采矿和加工的经济技术条件变了,产品价格变了,工业指标也是可以随之改变的。

所以地质勘探时期的储量计算结果是一回事,设计的开采储量又是一回事,可以在设计中对原计算的地质储量或是储委批准过的储量考虑适当的取舍,可以,也应该使用不同的工业指标重新进行储量计算。这一工作是很繁重的,必须在取得最终地质勘探报告(工业勘探报告)之后,同时也在具备了岩石力学资料和工艺流程试验资料的条件下,常常由设计部门在进行可行性研究阶段完成。所以可行性研究的时间可以长些,以便给予勘察、设计和试验部门以必要的充足时间。设计部门的技术经济工作特别是要在这一工作中付出很大的努力。

(四) 制定工业指标应考虑的几个主要因素

过去我们在制定工业指标时,往往有些概念上和原则上的问题还不够明确,例如,没有明确在勘探、设计和生产的不同时期所确定的工业指标可以由于国内、外市场价格的浮动而各不相同;没有明确在计算中应考虑整个矿山企业的全部生产成本;没有考虑与最低工业品位相适应的低品位矿石的选矿回收率,而多是以平均品位矿石的选矿回收率为准;没有充分论证传统法用双重指标圈定的矿体中,所包含的那部分低于最低工业品位的表外矿石的经济效果。所以有时可能把工业指标定低了,以致地质储量的平均品位偏低,工业部门限于生产成本低还暂时不能利用而成为“呆矿”;但有时也定得偏高,或不够合理以致使圈出的工业矿体很不完整,或圈出了许多不

同工业类型的矿石而又不能分采；也有时应该考虑综合指标的而仍按单一主组分来对待，以致有些可资利用的矿石列入表外，可见我们在制定工业指标的工作中应充分考虑下列因素：

1. 矿床地质特征；
2. 经济效益与资源的利用；
3. 产品的用途，出口产品和自用产品在价格上的差别；
4. 采、选、冶工艺的合理性。有时试验指标是可取的，但其流程在经济上实用性上并不一定符合工业性生产的要求。

5. 企业管理的形式和方法，劳动生产力和生产技术水平，有时矿山资源条件和生产条件相同，但有的盈利有的亏损，其原因与此有关。

(五) 结论

目前我国正处于经济管理体制进行改革以适应国民经济调整工作的过渡时期，在目前的企业经济法规还不够健全，产品的价格和生产成本的

算法尚不够统一的情况下，由于储量计算方法事实上存在着传统法与地质统计学方法两种，传统法既仍有实用价值不能废弃，地质统计法又有待于进一步完善和发展，那么制定工业指标的方法也可以是不同的。传统法仍需双重指标，也可试用单一指标以进一步取得经验。地质统计法则只需要边界品位（相当于最低工业品位）一个指标，但在对于大型斑岩类型矿床以外的矿床尚应通过实践积累经验，以利推广使用。

参 考 文 献

- [1] 北京有色冶金设计总院采矿科编，福陆公司用地质统计学计算德兴铜矿储量的方法简介，1979.11（内部）
- [2] 彭兆德，关于确定多金属矿床最佳边界品位和生产能力的经济评价，1981. 3
- [3] 张玉清，多金属矿床的综合品位，1974. 6
- [4] 程志刚，有色金属，1981，第1期
- [5] Taylor H. K.，边界品位的基础理论



小 消 息

塔斯马尼亚岛的锡矿

塔斯马尼亚岛位于澳大利亚南端，面积与我国台湾省相仿。这里的锡矿资源约占澳大利亚的十分之二。据统计，截至1978年，该岛已产锡近22万吨。

这里的锡矿类型，一是锡石—黝锡矿—磁黄铁矿透镜体；二是花岗岩类穹窿上围岩中之石英—黑钨矿±锡石脉，这类相对地是小矿，最大的锡储量不大于2万吨；三是受过蚀变的云英岩化的花岗岩内的浸染状锡石，含锡 $< 0.2\%$ 。

上述三种类型中，以第一类最重要，是交代碳酸盐层的层控矿床和裂隙充填的脉状矿体。主要矿床有瑞尼逊矿，储量在世界的原生锡矿床中可居最大之列，锡储量15万吨；其他如克利夫兰矿，总储量为525万吨，矿石含锡 0.6% ，含铜 0.2% ，现已被采四分之三；比绍夫山矿，矿石储量为610万吨，含锡 0.47% 。

这里着重介绍一下瑞尼逊矿。这个矿主要是原生层控矿床，是世界上最大的原生锡矿之一。在本岛上几个矿床中，它的储量最大，矿石量据CRA有限公司估计，为2400万吨，含锡 1.14% ，金属量应为26万吨。

该矿的锡矿化在时、空上与晚泥盆世花岗

岩有关，为斑状黑云母花岗岩，局部具云英岩化，白云母中含少量锡石。锡石矿化出现在寒武纪白云岩层中，共三层，为层控交代矿体。最下层厚约5米，然后为60米页岩层，夹薄层石英岩，中间为第二层白云岩，厚约15米，块状至薄层页状；然后为“红色岩层”，厚约20米；最上层白云岩厚约20米；往上为厚约1000米之火山碎屑杂砂岩和页岩。层控矿床主要出现在下层和中层内当这些白云岩层与导矿断层交会时。下部矿层底部亦为石英岩、粉砂岩和页岩层。矿层主要由块状磁黄铁矿组成，含少量锡石、毒砂及其他硫化物，脉石矿物为石英、电气石、滑石、透闪石、菱铁矿和萤石。

另外，本矿区还有受断层控制的矿体，它们与层控矿床相连，矿物组分与之相近。

这些锡石—硫化物矿床，与马来西亚及中国南部的锡石—毒砂—硫化物矿床有非常密切的姻亲关系。

（李志锋摘自：

Economic Geology，

1981年3—4月，76卷，第2期）