

脉錫礦床工業指標的確定及其應用

· 李德才 ·

礦山地質工作者在計算礦床儲量時，必須知道它的各項工業指標。在中南脈狀錫礦床中常需要的是邊界品位、最低工業品位、公尺百分比、最小可採厚度。應當指出，筆者認為最小可採厚度在脈狀錫礦床中是沒有實際意義的。因為有些脈厚雖小，而有用組分特別富集，有可採價值，因此以改用設計最小採幅較為合理。並依此指標作為使用最低工業品位或公尺百分比圈定表內礦量的界線。脈寬大於此指標用最低工業品位來圈定表內礦量，反之，則用公尺百分比圈定之。

中南各錫礦絕大多數礦山對各項工業指標，都是按照礦床特點、金屬種類與國民經濟的需要，採用經驗數字，僅少數礦山是由地質勘探部門進行計算、經冶金工業部批准的。在工業指標的應用上也各不一致，因而也影響了錫礦儲量計算的統一性。勘探部門所計算的也僅僅是採用儲量計算方案比較法，視其儲量變化多寡而確定的，未進行系統的經濟分析。顯然這種方法計算出的工業指標，對開採企業來說也不夠適合。

一、礦床工業指標的確定原則

工業指標是計算礦床儲量，確定可採範圍和指導開採工作的根本依據，因而它的確定必須根據礦床的地質特點，有用組分分佈的特點，礦石的礦物成份以及礦山企業的技术經濟條件，在保證礦床開採贏利性生產的條件下確定計算基礎。凡是低於計算出的指標，在經濟上是不值得開採的，但是如果只考慮到目前企業的技术條件和經濟效果，不考慮地質資源能否得到充分合理的利用，將會造成國家資源的浪費。因此，確定工業指標的基本原則是：既要考慮到經濟因素，也要考慮到地質因素。

在確定脈狀礦床工業指標時需要考慮：脈厚、有用組分分佈情況、脈及圍岩的物理性質、濕度、硬度、塊度、穩定性，在接觸帶中有無礦化現

象、礦化強度、礦石物質成份、可選性等。這些因素決定着採礦方法及礦石技術加工的條件，即回采時是否開掘脈兩盤圍岩及選擇不同的採礦方法。

在多金屬的綜合性礦床計算工業指標時，應考慮另一個重要因素，即多金屬綜合利用問題。此時除了研究主要組分的價值外，還應研究綜合利用的伴生組分的價值，及某種組分的稀乏程度。多金屬綜合性礦床工業指標的確定，有三種情況：第一種情況是，伴生組份品位高，夠單獨開採價值，則應單獨確定伴生組份的工業指標；第二種情況，伴生組份種類雖不多，但品位較高且均勻，有綜合回收價值，應進行綜合計算，或降低主要金屬的指標；第三種情況是，金屬種類多，品位雖較低，但均勻，而部份又是國家急需的貴金屬，亦可按第二種情況處理。因此確定工業指標是很複雜的問題。確定礦床開採的工業指標是應以充分利用地下礦產資源為根本前提，不能只注意眼前經濟效果。有些金屬的回收，對企業本身來說可能是無利可圖，甚至虧本，但對國家來說是有利的，特別是國家工業建設所急需的貴重金屬。因此，確定礦床開採工業指標時應本着下列原則：

1. 充分利用國家礦產資源，避免資源浪費；
2. 保證伴生組份合理的綜合利用，以利于國家對多金屬的需要；
3. 適當的考慮本礦區的地質條件，礦床規模大小，有益組份賦存條件，礦石種類開採技術條件，技術加工條件等。

二、各項工業指標的確定方法

確定工業指標的方法，首先根據礦床主要金屬及目前收回的附產金屬含量以及其分佈情況，礦石開採及選礦的技術經濟指標，用經濟分析的方法，計算出最低工業品位等各項指標的初步方案。再用這個方案作為基礎選定若干方案，按每一方案算出礦床儲量，視其

变化,进行儲量比較——即所謂方案比較法,最后选定全部工业指标的最終方案。这种方法既考虑到开采的經濟价值,又考虑到资源的充分利用。为此,首先要对各項工业指标方案加以确定,下面分別討論各項指标的計算方法:

(一) 平衡表內最低工业品位:这是各項工业指标中的主要指标,在确定工业平衡表內的矿量边界線时,必須知道有益組分的最低工业品位。虽然矿山企业根据現在采矿和选矿以及矿石处理方面的技术水平,按着有益矿物和金属含量程度的不同,以及国家对这些金属的需要程度,对矿床內可采矿石的最低工业品位已有一定的概念,但是对各种不同的矿床最低工业品位的数字也应有不同,并且要根据一系列因素的綜合而定。因此必須經過比較科学的方法加以計算才为合理。

計算最低工业品位时所采用的經濟技术指标不能只考虑現时生产所发生的經濟技术效果。由于不少矿山技术水平尚未达到应有的高度,將來由于采矿方法和采矿技术操作的改进,将会促使生产成本大大降低。因此,在选定經濟技术指标时,应考虑技术和經濟不断的发展;对最低工业品位評价經濟效果所用的指标水准,要从发展眼光来选定先进的指标数值参加計算。

1. 計算最低工业品位所需的資料及其依据:

(1) 矿床主要組分及主要伴生組分的平均品位:可采用原圈定范围的平均品位数字,尽管其原用最低工业品位指标是否正确,此数字在計算中仅起計算一吨矿石的金属价值依据作用而已。

(2) 精矿价格及精矿标准品位:按精矿种类取自市价——即国家规定的国内調撥价格,精矿品位按国家规定的标准品位。

(3) 选矿实收率:可取本矿区的实际資料,或选矿試驗資料,但如果实际資料太低又没有进行选矿試驗,可参考其他类似选矿厂的資料,或者采用国家計劃指标数字。

(4) 一吨矿石的采矿費用:应包括采矿生产过程中的一切費用,可采用本矿区的实际資料,或者采用国家計劃指标。也可采用相似矿山的先进的实际資料。

(5) 一吨矿石在选矿厂的加工費用——即选矿費用:应包括选矿厂从矿石直到加工产出精矿为止的全部选矿費用。此費用可取用本区或其他类似选矿厂的实际資料,也可采用国家計劃指标。

(6) 地面运输費用:当选矿厂距坑口較远,需进行索道运输时,每吨矿石的运输費用。可采用实际資料或国家計劃指标。

(7) 其他費用:包括企业管理費用,非生产开支,机械折旧費用等。可取用实际資料或国家計劃指标。

(8) 开采损失率:可取用实际資料或計劃指标。

2. 最低工业品位的計算方法:

現以某含鉛多金属綜合性脈狀矿床的計算实例来说明。

設:

矿床的主要金属与主要伴生金属平均品位:

鉛的平均品位 a_1 %	1.333
錫的平均品位 a_2 %	0.444
銅的平均品位 a_3 %	1.196
开采时鉛的损失率 q_1 %	10
开采时錫的损失率 q_2 %	10
开采时銅的损失率 q_3 %	10
选矿时鉛的实收率 ϵK_1 %	82
选矿时錫的实收率 ϵK_2 %	60
选矿时銅的实收率 ϵK_3 %	60
鉛精矿的含鉛量 p_1 %	65
錫精矿的含錫量 p_2 %	60
銅精矿的含銅量 p_3 %	24
鉛精矿价格 C_{K1} 元/吨	3650
錫精矿价格 C_{K2} 元/吨	2700
銅精矿价格 C_{K3} 元/吨	617
一吨矿石的采矿費用 f_K 元/吨	5
一吨矿石的选矿費用 t_K 元/吨	5.2
一吨矿石的索道运输費用 t_P 元/吨	0.3
其他費用 f_M 元/吨	2

2. 最低工业品位的計算公式与进行步驟如下:

(1) 自矿石至产品(精矿)的金属总实收率(γ):

$$\gamma = \frac{\epsilon K \times (100 - q)}{100} \% \dots \dots \dots (1)$$

当有二种以上精矿产品时,可用上述公式分別求出每种金属的总实收率。

將上述所采用数字代入公式,則得出自矿石至精矿的各种金属的总实收率:

$$\text{WO}_3: r_1 = \frac{eK_1 \times (100 - q_1)}{100} \% = \frac{82 \times (100 - 10)}{100} = 73.8\%$$

$$\text{Sn}: r_2 = \frac{eK_2 \times (100 - q_2)}{100} \% = \frac{60 \times (100 - 10)}{100} = 54\%$$

$$\text{Cu}: r_3 = \frac{eK_3 \times (100 - q_3)}{100} \% = \frac{60 \times (100 - 10)}{100} = 54\%$$

(2) 每一吨矿石至产出精矿时的回收金属量(δ): 吨

$$\delta = \frac{a \times r}{100^2} \dots\dots\dots(2)$$

当有二种以上精矿产品时, 应按公式分别求出各种金属回收量。

将上述采用数字及计算所得数字代入公式:

$$\text{WO}_3: \delta_1 = \frac{a_1 \times r_1}{100^2} = \frac{1.333 \times 73.8}{100^2} = 0.0098 \text{吨}$$

$$\text{Sn}: \delta_2 = \frac{a_2 \times r_2}{100^2} = \frac{0.444 \times 54}{100^2} = 0.0024 \text{吨}$$

$$\text{Cu}: \delta_3 = \frac{a_3 \times r_3}{100^2} = \frac{1.196 \times 54}{100^2} = 0.0065 \text{吨}$$

(3) 金属价值(C): 元/吨, 由于矿山生产产品为精矿, 出售的也是精矿, 因而此时金属价值亦应用精矿价格除以标准精矿中的有用成分含量求得。其公式为:

$$C = \frac{C_K \times 100}{p} \dots\dots\dots(3)$$

将上述采用数字代入公式, 分别求出各种金属的价值:

$$\text{WO}_3: C_1 = \frac{C_{K1} \times 100}{p_1} = \frac{3650 \times 100}{65} = 5615 \text{元/吨}$$

$$\text{Sn}: C_2 = \frac{C_{K2} \times 100}{p_2} = \frac{2700 \times 100}{60} = 4500 \text{元/吨}$$

$$\text{Cu}: C_3 = \frac{C_{K3} \times 100}{p_3} = \frac{617 \times 100}{24} = 2570 \text{元/吨}$$

注: 在选多金属矿石时, 不可能把锡和铜全部分离, 每种精矿中都含有相当百分比的另一种金属, 但是, 精矿出售时另一种金属含量通常并不算钱, 虽然

精矿中的另一种金属经过磁选可以回收, 但这还需要额外费用。因之, 为计算简便起见, 在换算金属价值时可不计算另一种金属含量的价值。

(4) 一吨矿石所回收金属的价值(U)元/吨。

$$U = \delta \times C \dots\dots\dots(4)$$

当同时回收几种金属时, 应按公式分别求出矿石中回收每种金属的价值, 然后相加——即 $U = U_1 + U_2 + U_3 \dots\dots$ 得出矿石中回收各种金属总价值。

将上述计算所得数值代入公式, 得出每种金属回收价值:

$$\text{WO}_3: U_1 = \delta_1 \times C_1 = 0.0098 \times 5615 = 55.03 \text{元/吨}$$

$$\text{Sn}: U_2 = \delta_2 \times C_2 = 0.0024 \times 4500 = 10.8 \text{元/吨}$$

$$\text{Cu}: U_3 = \delta_3 \times C_3 = 0.0065 \times 2570 = 16.71 \text{元/吨}$$

所回收三种金属总价值则为:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 55.03 + 10.8 + 16.71 = 82.54 \text{元/吨}$$

如果将公式(2)(3)代入公式(4)则:

$$U = \frac{a \times r}{100 \times p} \times C_K \dots\dots\dots(4')$$

如果将公式(1)(2)(3)均代入公式(4)则:

$$U = \frac{a \times eK \times (100 - q)}{100^2 \times p} \times C_K \dots\dots(4'')$$

(5) 一吨矿石从采矿到选矿的全部生产费用(M): 元/吨

$$M = f_K + t_K + t_P + f_M \dots\dots\dots(5)$$

将上述采用数字代入公式:

$$M = f_K + t_K + t_P + f_M = 5 + 5.2 + 0.3 + 2 = 12.5 \text{元/吨}$$

(6) 矿床的最低可采品位——即矿床最低工业品位(a_0): %

$$a_0 = \frac{a \times M}{U} \% \dots\dots\dots(6)$$

将上述采用数字和计算所得数字代入公式:

$$\text{WO}_3: a_{01} = \frac{a_1 \times M}{U} \% = \frac{1.333 \times 12.5}{82.54} = 0.2\%$$

$$\text{Sn}: a_{02} = \frac{a_2 \times M}{U} \% = \frac{0.444 \times 12.5}{82.54} = 0.07\%$$

$$\text{Cu}: a_{03} = \frac{a_3 \times M}{U} \% = \frac{1.196 \times 12.5}{82.54} = 0.18\%$$

(二) 設計最小采幅：目前脈狀錫礦床設計最小采幅一般為0.8公尺，故應採用此數值。

(三) 表內最低公尺百分比：窄脈礦床，在開采時需要採兩盤圍岩，為了保證採下礦石品位達到最低工業品位指標的要求，則脈的厚度愈小，有用組分品位就應愈高，以便採兩盤圍岩時在經濟上能夠合算。在這種條件下應利用公尺百分比的概念，所謂公尺百分比是有用組分品位乘脈寬。此指標值的確定原則是：包括混入圍岩的採下礦石在貧化後的品位等於最低工業品位。因而計算方法為：表內最低公尺百分比=表內最低工業品位×設計最小采幅。將上述計算出最低工業品位和選定的設計最小采幅數值代入公式，故公尺百分比指標為：

$$0.2 \times 0.8 = 0.16\% \text{公尺}$$

(四) 邊界品位：窄脈礦床，脈與圍岩界線明顯，開采時必須將脈全部采出，故邊界品位對圍岩體毫無意義。而由於品位變化懸殊，含礦不均

根據沿脈坑道資料全礦含礦系數統計表

表1

最短不含 礦長度	礦脈 總長	含礦長度 (M)			含礦系數		
		0.05	0.10	0.15	0.05	0.10	0.15
7公尺以上	6840	5772	5649	5439	0.84	0.83	0.79
11公尺以上	"	6165	6126	5834	0.90	0.90	0.85
25公尺以上	"	6732	6732	6578	0.98	0.98	0.96
30公尺以上	"	6732	6732	6632	0.98	0.98	0.97
50公尺以上	"	6732	6732	6632	0.98	0.98	0.97

註：0.05、0.10、0.15為假定邊界品位。

勻對沿脈走向圈定礦塊界線意義也不大。因此，邊界品位只能用於衡量礦塊是否可計算儲量，主要還決定於不含礦長度來分別圈定礦塊的問題。所以必須用不同的邊界品位方案來計算含礦系數，視其含礦系數值的大小來選定邊界品位。

從表1可以看出不含礦長度相差不多，邊界品位0.05%與0.1%計算的含礦長度均非常近似，相差甚微。故可採用0.1%為邊界品位。

至於最短不含礦長度的分別圈定問題，應考慮到開采條件，一般在25公尺之內者不宜分別圈出，單獨圈出不利回采。

(五) 表外最低工業品位：本項指標一般以採用邊界品位與表內最低工業品位之間數字為適宜。故為0.10%—0.2%

三、儲量計算方案比較法

由於礦石與金屬總埋藏量在礦床中的分佈可能是極不一致的，有些礦床大部由品位較高的礦石組成，而貧礦只佔一小部份，也有些礦床的情況卻是相反。因此，為了正確的確定工業指標，除用經濟分析方法外，還必須了解關於各種質量等級的礦石數量比例的概念，那就應提出幾個工業指標方案數值，並按每一質量等級算出礦藏量及其有用組分的數量分佈變化情況，進行方案比較，以進一步研究計算出的指標值。

方案的選擇應依用經濟分析方法計算出的指標值為標準，再提出比此指標較高和較低的若干方案，進行儲量計算加以比較。

根據前面例舉計算的指標，選擇表2所列各方案進行儲量計算比較。

某錫礦工業指標方案表

表2

方 案	單一錫的指標				綜合指標		設計最小采幅 (M)	備 註
	最低工業品位 (%)		邊界品位 (%)	表內公尺 百分比 (%M)	表內最低 工業品位 (%)	表內公尺 百分比 (%M)		
	表內	表外						
1	0.12	0.06~0.12	0.06	0.06	0.20	0.16	0.8	第三方案為經過經濟分析所選定的標準方案。
2	0.15	0.08~0.15	0.08	0.12	0.25	0.20	0.8	
3	0.2	0.10~0.2	0.10	0.16	0.33	0.26	0.8	
4	0.25	0.2~0.25	0.2	0.2	0.42	0.34	0.8	

註：(1) 此表所謂“設計最小采幅”，系區別使用最低工業品位和公尺百分比來圈定礦塊而言；

(2) 所謂“單一錫的指標”，是在考慮伴生組分價值時，降低了錫的指標以後錫的單一指標；

(3) 綜合指標是將三種(錫、錫、銅)指標按其指標比例及金屬等值含量關係進行折算的。其折算方法可見下面伴生組分儲量計算一節。

各方案儲量計算結果對比表

表 3

儲量表別	方 案	礦石量 (千噸)	平均品位 (%)			金 屬 量 (噸)			以第三方案為標準對比差額							
			鎢	錫	銅	鎢	錫	銅	礦石量		金 屬 量					
									絕對值 (千噸)	相對值 (%)	鎢		錫		銅	
											絕對值 (噸)	相對值 (%)	絕對值 (噸)	相對值 (%)	絕對值 (噸)	相對值 (%)
平衡表內	1	940	1.54	0.37	1.24	14469	3513	11687	+26	103	+106	101	+50	101	+88	101
	2	926	1.56	0.38	1.26	14414	3484	11675	+12	101	+51	100	+21	100	+79	100
	3	914	1.57	0.38	1.27	14363	3463	11599		100	100	100		100	100	
	4	875	1.57	0.42	1.28	13137	3319	11207	-39	96	-626	96	-144	95	-392	97
平衡表外	1	36	0.28	0.13	0.25	99	43	90	-20	64	-63	56	-29	60	-44	67
	2	45	0.29	0.14	0.20	131	63	90	-11	80	-31	80	-9	87	-44	67
	3	56	0.29	0.13	0.24	175	72	134		100	100	100		100	100	
	4	115	0.32	0.18	0.30	368	207	345	+59	205	+193	210	+135	288	+211	257

用表 2 四個方案所計算出的儲量結果可見表 3。

從表 3 中四個方案所計算的儲量結果可以得出下面的結論：第三方案與第一、二方案在礦石量與金屬量方面均區別很小；第四方案與第三方案區別較大，金屬量與礦石量均減少了 4%，且平均品位仍與第三方案同。由此可見，經過經濟分析所計算出的第三方案是最合理的方案，它保證了開採礦床的經濟合理性，也保證了最大限度的利用礦產資源。

鑑於上述計算結果，該礦床的工業指標應為：

(1) WO_3 平衡表內最低工業品位為：0.2%

(2) WO_3 平衡表外最低工業品位為：
0.2%~0.10%

(3) WO_3 平衡表內外邊界品位為：0.10%

(4) WO_3 平衡表內最低公尺百分比為：
0.16%M

(5) 設計最小採幅為：0.8M

(6) 伴生組分的工業指標：
表內最低工業品位： Sb 為 0.07%
 Cu 為 0.18%

(7) 綜合指標：
表內最低工業品位為：0.33%
表內最低公尺百分比為：0.26%M

註：伴生組分的工業指標是與鎢指標同時運用，而不是單獨的指標，對於伴生組分工業指標及綜合指標的應用，下面將詳述。

四、工業指標具體應用

1. 邊界品位——按照礦脈的縱向橫向變化，

根據邊界品位的指標及採樣化驗結果，圈劃出計算儲量邊界。但因脈狀鎢礦礦床礦脈與圍岩界線明顯，開採時必須將礦脈全部採出，故邊界品位對圈定礦體毫無主義。由於組分品位分佈很不均勻或極不均勻，對沿脈走向圈定礦塊界線意義也不大，脈狀鎢礦的試料間距通常為 1——2 公尺，因而在連續的樣品中間常夾有品位小於邊界品位的小礦段，因此在實際圈定邊界時，應用以下幾個原則：

(1) 邊界品位用於對較貧的礦塊，衡量其是否足夠計算儲量的條件，即礦塊平均品位小於邊界品位指標者不予計算儲量。

(2) 在連續採樣的沿脈坑道或礦塊中，雖然有少數試料品位連續小於邊界品位，而其長度只有數公尺者，不宜另外零星劃分若干小礦段，但如其長度佔開採塊段（脈狀鎢礦礦床一般開採塊段水平距離為 40——60 公尺，垂直距離為 40——50 公尺）的 $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{2}$ 以上者，則應參酌附近礦體變化情況及開採條件分別圈定。

(3) 在沿脈坑道或礦塊中，小於邊界品位的含礦品位連續出現，長度雖在開採塊段的 $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{2}$ 左右，但在沿脈坑道的中間部位。該段較低的品位對全脈或全塊段的平均品位有所影響，但不致因而影響該礦脈或該塊段的平均品位降低過多，使之降低至最低工業品位之下，同時在今後開採時，可以合併回採，這樣則不宜另劃分兩個塊段，而以一個塊段圈定。如該貧礦段位於沿脈坑道末端，則視上下左右工程的品位情況，酌情合併圈入或不圈入。

(4) 在劃分礦脈最低含礦邊界品位時，除按上述原則外，並須結合礦床有用成分分佈的自然變化規

律，临近工程的品位分佈情况以及今后开采的有利条件等因素灵活划分。

2. 最低工业品位——是指独立的矿脉或矿块中 useful 组份的最低含量。最低工业品位有表内与表外之分，用这两个指标来衡量矿块的平均品位，从而确定其工业价值。即矿脉或矿块平均品位大于表内最低工业品位时为表内储量；平均品位小于表内最低工业品位而大于表外最低工业品位时为表外储量。

3. 表内最低公尺百分比——圈定矿脉或矿块时，当矿脉宽小于 0.8 公尺时，用公尺百分比圈定。矿脉小于 0.8 公尺的矿块在开采时，采幅一般都控制在 0.8 公尺，因此，需要采两整圈岩，但为保证开采的经济合理性，必须使采下矿石品位大于或等于最低工业品位。这就是说当矿块脉宽小于 0.8 公尺，其平均品位乘平均脉宽的积大于公尺百分比指标时，为表内储量；如小于这个指标则为表外储量。当脉宽在 0.8 公尺以上时，则用最低工业品位圈定表内储量。

4. 设计最小采幅为 0.8 公尺——是为了保证小于 0.8 公尺的细脉开采时采下矿石的品位达到工业品位，必须提高对原矿石品位的要求，故设计最小采幅是确定用最低工业品位，还是用公尺百分比来圈定表内储量的界线。即脉宽在设计最小采幅 0.8M 以下的矿块需要用公尺百分比圈定表内储量，

五、伴生组分储量计算

中南脉钨矿床以气化高温热液至中温热液期为主。主要矿物为钨钼铁矿，次为锡石。有益伴生组分有辉钼矿、辉钨矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、钨酸钙矿等。有益矿物垂直分佈的一般规律是：上部以锡石为富集，中上部以钨钼铁矿为富集，中下部以硫化矿物方铅矿、闪锌矿、黄铁矿为富集。某些矿床中上部闪锌矿，方铅矿亦比高温矿物富集，这与岩漿多次活动及控制矿床的裂隙、围岩有不可分割的关系，

矿床中主要组分与伴生组分在空间上常常存在一定的消长关系。这种消长关系在每一个矿床中都有它一定的规律。如 214 钨矿区根据各种有益组分的相关分析证明：钨与锡、钨与锌组分品位间存在逆关系，即随钨品位增高而锡和锌品位跟着有系统的降低；钨与铜组分品位间却存在正关系，即随钨品位增高而铜品位跟着有系统的增高，如图 1、2、3 所示。

由于脉钨矿床是经过多次成矿作用而生成的，故

指标	指 标 值										
$x(WO_3)$	0.125	0.37	0.63	0.82	1.13	1.37	1.63	1.82	2.12	2.37	2.63
$x(Sn)$	0.3	0.339	0.38	0.31	0.329	0.460	2.90	2.30	2.90	1.60	1.5

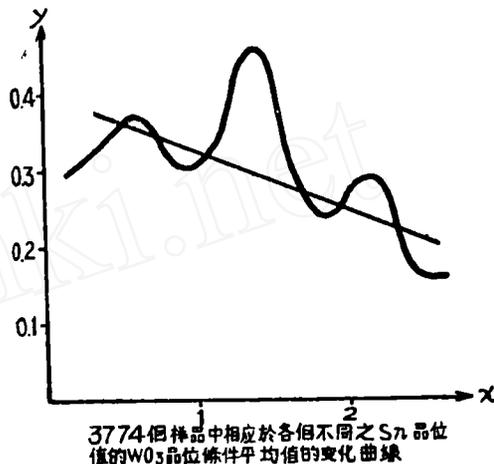


图 1

指标	指 标 值										
$x(WO_3)$	0.25	0.75	1.25	1.75	2.25	2.75	3.25	3.75	4.25	4.75	5.25
$x(Cu)$	4.30	9.40	8.89	1.09	0.99	1.05	1.02	0.94	1.32	1.64	1.24

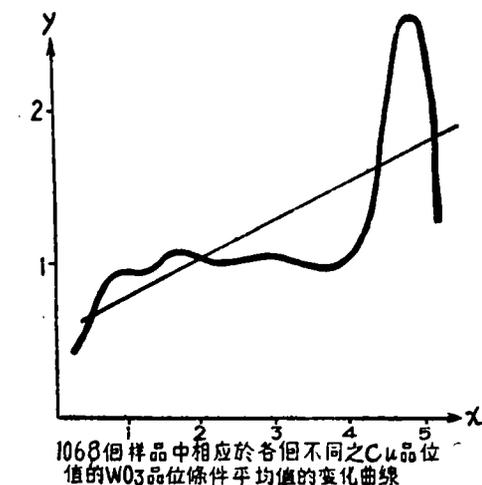


图 2

主要组分与伴生组分在空间上的分佈关系是比较复杂的。如某一条矿脉各种组分的分佈关系与整个矿床的各种组分的分佈关系，可能是不一致的。如图 1 所示，214 钨矿钨与锡组分品位间存在明显的逆关系，但根据 6 号脉和 10 号脉钨与锡组分品位间相关分析的结果，消长关系不明显，6 号脉存在逆关系趋向，而 10 号脉却出现正关系趋向，如图 4、5 所示。

指标	指标值									
$x(WO_3)$	0.25	0.75	1.25	1.75	2.25	2.75	3.25	3.75	4.25	4.75
$x(Sn)$	0.81	1.15	0.46	0.51	0.22	0.7	0.15	0.15	0.25	0.25

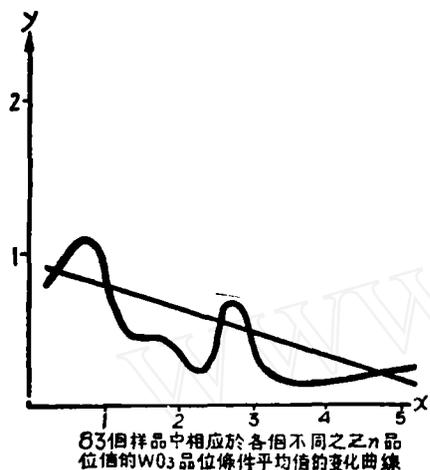


图3

指标	指标值														
$x(WO_3)$	0.10	0.30	0.50	0.70	0.91	1.11	1.31	1.51	1.71	1.92	2.12	2.32	2.52	2.72	2.9
$x(Sn)$	0.28	0.27	0.34	0.34	0.33	0.39	0.67	0.34	0.80	0.90	0.65	0.65	0.20	0.40	0.37

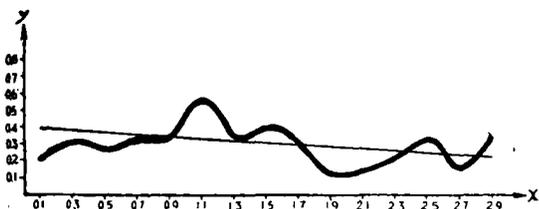


图4. 6号脉1118个样品中相应于各个不同之 WO_3 品位值的 Sn 品位条件平均值的曲线

鉴于上述，笔者认为：以主要组分为主来圈定矿块，同时计算伴生组分的储量，从矿床成因和整个

指标	指标值														
$x(WO_3)$	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9
$x(Sn)$	0.21	0.23	0.25	0.3	0.33	0.59	0.36	0.42	0.32	0.13	0.16	0.21	0.36	0.18	0.37

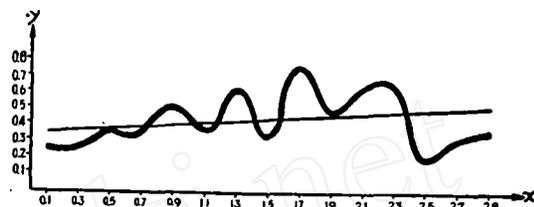


图5. 10号脉1587个样品中相应于各个不同之 WO_3 品位值的 Sn 品位条件平均值的曲线

矿床中主要组分与伴生组分空间分布关系上说是正确的。但是在圈定矿段或矿块的实际工作中，完全应用这一概念也是不合适的。例如，214 铅矿10号脉1号矿块，脉宽0.72公尺， WO_3 ，0.09%，无论用最低工业品位0.2%或公尺百分比0.16%M来圈定，都不能列入表内储量，铅组分品位也不够边界品位0.1%的要求，亦不能列入表外储量，不够计算储量条件。但该矿块伴生组分品位很高， Sb 0.676%、 Cu 0.62%（如果不以铅为主），考虑伴生组分综合计算，该矿块即完全可以圈定为表内储量。显然在这种情况下，以铅为主来圈定矿块，同时计算伴生组分的储量这一概念，是不能适用的。必须考虑伴生组分品位进行综合计算圈定矿块才为合理。因此，在脉状铅矿矿床储量计算中，对工业指标的运用及伴生组分储量计算时，必须考虑伴生组分的综合计算，不能只以铅为主来圈定矿块，必须注意伴生组分品位高低的客观条件。就是说当该矿块铅品位不够铅的最低工业品位或公尺百分比指标时，应再次检查伴生组分的品位，用金属等值含量表（如表4）将各种金属品位折算成综合品位，加以考虑重新圈定。

金属等值含量表

表4

金属	金属的等值含量，%												
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1	2	3	4
铅	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1	2	3	4
锡	0.12	0.25	0.38	0.50	0.63	0.75	0.88	1.00	1.13	1.25	2.50	3.75	5.00
铜	0.22	0.44	0.66	0.88	1.10	1.31	1.53	1.75	1.97	2.19	4.38	6.57	8.76
铅	0.32	0.63	0.95	1.27	1.59	1.90	2.22	2.54	2.85	3.17	6.34	9.51	12.68
锌	0.51	1.01	1.52	2.02	2.53	3.04	3.54	4.05	4.55	5.06	10.12	15.18	20.24
钼	0.09	0.18	0.28	0.37	0.46	0.55	0.64	0.74	0.83	0.92	1.84	2.76	3.68
铋	0.08	0.17	0.25	0.34	0.42	0.50	0.59	0.67	0.76	0.84	1.68	2.52	3.36
锑	0.60	1.20	1.80	2.40	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	12.00	18.00	24.00
铀	0.02	0.04	0.05	0.07	0.09	0.11	0.13	0.14	0.16	0.18	0.36	0.54	0.72

注：此表系根据各种精矿国内调拨价格换算为金属价格后计算出来的。

运用金属等值含量表的方法

(1) 按金属等值表所列主要金属与伴生金属的比例关系, 折算出各种伴生金属的单独指标, 当有某种伴生组分单独品位高于本身指标时, 即用一项指标圈定亦已够条件。(见例一)

(2) 如果各金属单独品位均低于单独指标, 则将矿块各种金属品位按金属等值含量表折算综合品位(即等于钨的品位), 用此品位与钨的单独指标比较, 大于钨的单独指标时, 即可列为表内矿量。(见例二)

举例:

将上述计算的各金属指标, 用金属含量等值表折成综合指标(即等于 WO_3 的单独指标)和 Sn、Cu 的单独指标。

WO_3 : 表内最低工业品位: 0.33%

表内最低公尺百分比: 0.26%M,

Sn: 表内最低工业品位:

$$1.25 \times 0.33\% = 0.41\%$$

表内最低公尺百分比:

$$1.25 \times 0.26\%M = 0.33\%M,$$

Cu: 表内最低工业品位: $2.19 \times 0.33\% = 0.72\%$

表内最低公尺百分比:

$$2.19 \times 0.26\%M = 0.57\%M。$$

例一: 某矿块平均脉宽 0.72 公尺, 平均品位 WO_3 : 0.09%, Sn: 0.676%, Cu: 0.62%, WO_3 平均品位 \times 平均脉宽 = 0.06% 公尺。如单用已考虑了伴生组份后降低了钨的指标以后, 钨的工业指标最低工业品位 0.2%, 公尺百分比 0.16%M, 或钨的单独指标, 最低工业品位 0.33%, 公尺百分比 0.26%M 来圈定, 则不能列入表内储量。但锡与铜的品位均很高, 应重新用锡的单独指标圈定。该矿块锡平均品位 \times

平均脉宽 = 0.487%M, 大于锡单独工业指标最低公尺百分比 0.33%M 的指标, 故应列入表内储量。

例二: 某矿块平均脉宽 0.4 公尺, 平均品位 WO_3 , 0.30%, Sn: 0.32%, Cu: 0.28%, 品位 \times 脉宽, WO_3 : 0.12%M, Sn: 0.128%M, Cu: 0.112%M, 如果用各项单独指标, 最低公尺百分比 WO_3 : 0.26%M, Sn: 0.33%M, Cu: 0.57%M 来单独圈定矿块, 则不能列入表内储量, 应采用综合计算方法圈定。

综合品位计算:

钨为: 0.30%

锡折合钨为: $0.32\% \div 1.25 = 0.256\%$

铜折合钨为: $0.28\% \div 2.19 = 0.128\%$

综合品位为: $0.30 + 0.256 + 0.128 = 0.684\%$

品位 \times 脉宽则为: $0.684 \times 0.4 = 0.274\%M$, 此数字则大于公尺百分比综合指标 0.26%M, 故该矿能列入表内储量。相反, 如果综合品位(品位 \times 脉宽)仍小于综合指标时, 即不能列入表内储量。

参考文献

- (1) A.И. 普罗科菲耶夫著 计算储量时矿体的圈定。
- (2) A.И. 普罗科菲耶夫著 实用金属矿床储量计算方法
- (3) B.И. 斯米尔诺夫著 矿物原料储量计算
- (4) П.И. ГОРОДЕЦКИЙ 矿山企业设计
- (5) 冶金工业部专家工作室编 苏联专家报告汇编第五辑
- (6) 冶金工业部专家工作室编 苏联专家报告汇编第十四辑
- (7) 重工业赴苏参观团有色金属组资料汇编。

海 带 止 水 法

黎 明

我在钻进某河床钻孔时, 孔内地下水与河水相互贯通。为隔离含水层, 正确的搜集地下水文资料, 我曾采用海带进行钻孔止水, 取得了良好的效果, 操作较粘土止水法简单且消耗时间少。具体方法是將普通海带浸湿展开, 按地层情况及孔径, 确定其缠绕套管外的长度及厚度, 然

后, 以小海带在里、大海带在外, 逐层缠绕, 再在最外层缠绕牛皮纸数层, 每间隔 8 公分以线绳缠绕卷紧, 剪掉线头检查其直径(以稍小于孔径为限), 然后在其外涂沫黄油, 即可顺利的下入井内, 借海带的膨胀等作用进行钻孔止水。