种推断是否正确，因而即使见到了依据，亦被另一种解释而放过了。

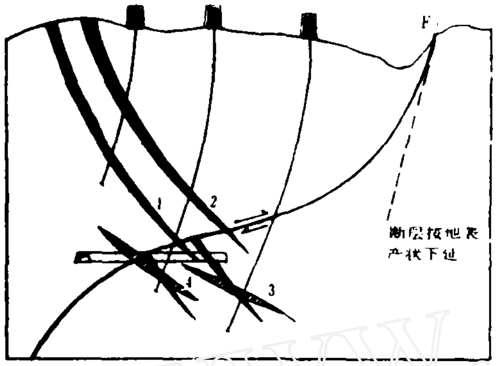


图5 "远矿"断裂造成矿体重复例图

我们认为，人们往往以破碎带的幅宽大小去判断一个断裂的规模和实际影响程度，这往往是不正确而有害的。某钨矿F_{23}断裂（图6）产状变化十分剧烈，其破碎宽度达10至10余米，但它却

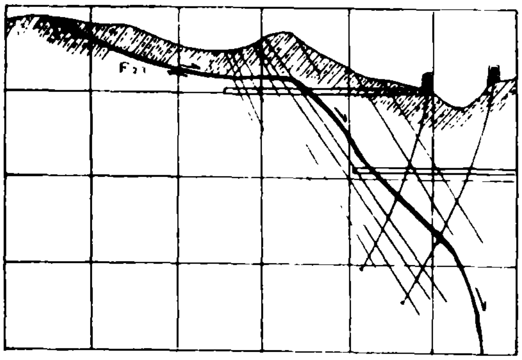


图6 某钨矿7线剖面—示断裂缓陡剧变例图

并未对矿脉发生明显的位移。许多断裂面遇到刚性地质体时，明显地表现了绕曲回弯而产生缓陡变化，这是在矿山坑道中常见的事实。勘探阶段综合编制钻孔资料时，如果忽视这一因素的可能存在，就会给矿山生产造成意想不到的损失。例如某铁矿区大小断裂较多，大多数为紧闭性断裂，破碎宽度一般都小，加之单一的岩性和混合岩化大面积存在，除矿体本身外很难直接判断一个断裂的实际影响，因而许多"远矿"断裂在深部的变化和影响未能充分考虑，结果剖面中许多所谓的平行新发现的盲矿体，实际上是一条或多条矿体被断层错动而重复出现的结果，而这些引起矿体错动的断裂，经过多分段坑道逐一揭露和追索对号却正是那些在地表幅宽不大，距矿体较远，排除在综合编制资料考虑因素以外的断层。类似问题，影响了几个勘探剖面，大大降低了勘探质量（见图5），给矿山建设带来了很大的浪费。

上面，我们对反映在钻探资料中由于不同原因而产生的失误类型作了初步探讨。但就整个钻探资料来说，失误类型绝不只这些。分类叙述也只是为了便于说明问题，因为在一个钻孔中，也可能会同时并存着几种相互关联的失误形式，只不过在一般情况下，某一类型失误往往成为主要表现罢了。

对于钻探地质资料可能性失误类型的分析和研究，尚属初步阶段，但是，认真探索总结产生可能性失误的规律，对于提高勘探水平，促进矿山建设，具有重要意义，应该引起广大地质勘探工作者的重视。

关于储量计算中的体积分算问题

鞍钢矿山建设公司　葛恩恕

当前我国矿产储量的体积计算，一直循用着"分块求积"的方法。笔者认为，分块求积法的原理，有不妥之处。现提出异议，以供从事这方面工作的同志参考。

问题的提出

在储量计算中常常由于技术上的需要把一些较大的矿体划分成许多小的块段，先计算这些小块段的体积，然后累加起来，其和作为矿体的总体积。这种方法本文在下面称为"分块求积"法

目前在一些地质书刊及储量计算的文献中普遍都循用着这一基本计算思想。

大家知道，储量计算中出现分块求积的问题是必然的，其原因：

1.同一矿体被开采进度线切分开来，采出量部分与结存量部分二者需单独计算；

2.矿体规模较大，各部位勘探程度不同，各种级别的储量需单独统计；

3.矿体被计算界线（如技术境界线）分开，境界内圈定的部分计算设计储量，境界外的部分舍掉（即境界线外的部分不算储量）；

4.矿体横跨几个勘探线，相邻两断面间的储量各需分开统计等。

鉴于以上原因，提出了体积分算的问题。长期以来它与"整体求积"法两者实质差别一直没被人们所注意。当前沿用的储量计算理论对这一问题也持两种意见：一种意见认为，分块求积与整体求积结果是相同的；另一种意见则认为，两种算法结果不同、但是相差不致太大。所以长期以来一直循用着分块求积的计算方法。为能准确地说明分块求积法存在的问题，我们举出如下一例：

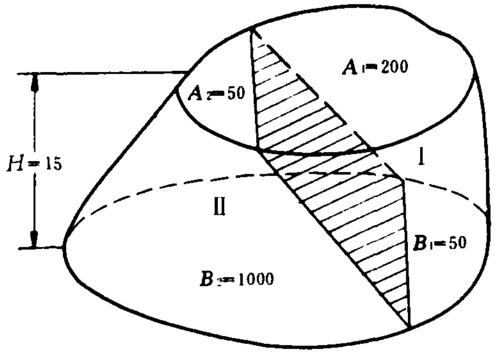


图 1

I－采出量；II－结存量

图 1 是一个较规则的似截台形矿体，被采掘进度线切分为采出量与结存量两个段块。由于分开的块段上、下两个面积相差很大（大面积大于小面积1.642倍*），按照习惯采用截面圆锥公式计算体积为宜。用分块求积法求得的采出量与结存量的体积分别是：

$$V_{\mathrm{I}}=\frac{15}{3}(200+50+\sqrt{200\times 50})=1750\text{立方米}$$

$$V_{\mathrm{II}}=\frac{15}{3}(50+1000+\sqrt{50\times 1000})=6368\text{立方米}$$

从而用分块求积法得矿体的总体积为8118立方米。当用整体求积法计算该矿体的总体积则为：

$$V_{总}=\frac{15}{3}(250+1050+\sqrt{250\times 1050})=9062$$

立方米

分块求积法算得的结果与整体求积法算得的结果两者相比，前者少了941立方米，即失去了近12%的体积。这一事实提醒我们，采用的计算方法不同，导致所得体积结果相差之大是十分惊人的。苏联学者A.П.普罗科菲耶夫在计算北乌拉尔铝土矿床储量时，就曾遇到过分块求积与整体求积的差别问题。在他的专著中[1]曾指出："通常，这种错误是由于不正确的应用了简单的圆锥公式或截面圆锥公式所引起的"。但他没有阐明究竟是怎么不正确的使用了截面圆锥公式，他仅是提出了问题，但没有解决这个问题。

通过上述例子可证明，用分块求积法代替整体求积法在基本计算思想上就不能成立。下面再从理论上证明这一命题。

两种算法的差别

既然分块求积法与整体求积法给出的结果是不同的，那末具体相差多少呢？仍然以图 1 为例，当采用整体求积法按截面圆锥公式一次求得的体积应是：

$$V=\frac{H}{3}\left[(A_1+A_2)+(B_1+B_2)+\sqrt{(A_1+A_2)(B_1+B_2)}\right] \quad (1)$$

采用分块求积法，则总体积为：

$$V'=V_{采}+V_{结}$$

* 笔者将有另文论述

$$= \frac{H}{3}(A_1 + B_1 + \sqrt{A_1B_1}) + \frac{H}{3}(A_2 + B_2 + \sqrt{A_2B_2})$$

$$= \frac{H}{3}[(A_1 + A_2) + (B_1 + B_2) + \sqrt{(A_1B_1)(A_2B_2)}] \quad (2)$$

取（1）与（2）两式相减：

$$\Delta V = V - V' \quad (3)'$$

将会出现下面三种情况：

1. $\Delta V = 0$ 则证明 $V = V'$，即两种算法结果相同；

2. $\Delta V > 0$ 则表明 $V > V'$ 即分块求积法将比整体求积法所得体积结果为小；

3. $\Delta V < 0$，表明 $V < V'$，情况与2款相反。

为此将（1），（2）两式代入（3）′中，经整理化简后得到：

$$\Delta V = \frac{H}{3}\left[\frac{(\sqrt{A_1B_2} - \sqrt{A_2B_1})^2}{\sqrt{(A_1 + A_2)(B_1 + B_2)} + \sqrt{A_1B_1} + \sqrt{A_2B_2}}\right] \quad (3)$$

式中面积都是正数值，分式的分母必大于零，分子 $(\sqrt{A_1B_2} - \sqrt{A_2B_1})^2 \geqslant 0$，证明 $\Delta V \geqslant 0$，即上面的第1种情况和第2种情况成立，第3种情况 $\Delta V < 0$，根本没有可能。这就充分证明：分块求积法给出的结果永远偏小。所以习惯上用分块求积累加后的体积作矿体的总体积在储量计算的理论上乃是一个根本性的错误。

上面是一个似截台形矿体分成两个块段情况，若分成三个块段其体积分算的偏小值则为下式：

$$\Delta V = \frac{H}{3}\left[\frac{(\sqrt{A_1B_2} - \sqrt{B_1A_2})^2 + (\sqrt{A_1B_3} - \sqrt{B_1A_3})^2 + (\sqrt{A_2B_3} - \sqrt{B_2A_3})^2}{\sqrt{(A_1 + A_2 + A_3)(B_1 + B_2 + B_3)} + \sqrt{A_1B_1} + \sqrt{A_2B_2} + \sqrt{A_3B_3}}\right] \quad (4)$$

明显看出 ΔV 永远大于零。

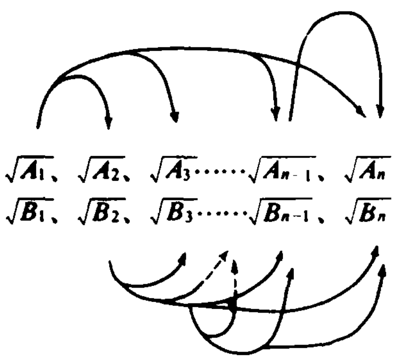
下面给出一个矿体分成 n 个块段体积分算偏小值的一般公式：

1. 首先将似截台形矿体分得的 n 个块段的上、下面积按顺序作如下排列：

A_1、A_2、$A_3 \cdots\cdots A_{n-1}$、A_n

B_1、B_2、$B_3 \cdots\cdots B_{n-1}$、B_n

2. 再将上一排列方式改成对应的平方根的排列方式：



3. 然后按箭头指序写出 C_n^2 个行列式的平方和：

$$\Delta\sigma = \begin{vmatrix}\sqrt{A_1} & \sqrt{A_2}\\ \sqrt{B_1} & \sqrt{B_2}\end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix}\sqrt{A_1} & \sqrt{A_3}\\ \sqrt{B_1} & \sqrt{B_3}\end{vmatrix}^2 + \cdots\cdots \begin{vmatrix}\sqrt{A_1} & \sqrt{A_n}\\ \sqrt{B_1} & \sqrt{B_n}\end{vmatrix}^2$$

$$+ \begin{vmatrix}\sqrt{A_2} & \sqrt{A_3}\\ \sqrt{B_2} & \sqrt{B_3}\end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix}\sqrt{A_2} & \sqrt{A_4}\\ \sqrt{B_2} & \sqrt{B_4}\end{vmatrix}^2 + \cdots\cdots \begin{vmatrix}\sqrt{A_2} & \sqrt{A_n}\\ \sqrt{B_2} & \sqrt{B_n}\end{vmatrix}^2$$

$$+ \begin{vmatrix}\sqrt{A_3} & \sqrt{A_4}\\ \sqrt{B_3} & \sqrt{B_4}\end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix}\sqrt{A_3} & \sqrt{A_4}\\ \sqrt{B_3} & \sqrt{B_4}\end{vmatrix}^2 + \cdots\cdots \begin{vmatrix}\sqrt{A_3} & \sqrt{A_n}\\ \sqrt{B_3} & \sqrt{B_n}\end{vmatrix}^2$$

$$+ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$+ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \begin{vmatrix}\sqrt{A_{n-1}} & \sqrt{A_n}\\ \sqrt{B_{n-1}} & \sqrt{B_n}\end{vmatrix}^2$$

4. 最后得一个矿体分算 n 块后的体积偏小值的一般表达式则是：

$$\Delta V = \frac{\frac{1}{3}H\cdot\Delta\sigma}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} A_i \sum_{i=1}^{n} B_i} + \sum_{i=1}^{n}\sqrt{A_iB_i}} \quad (5)$$

（5）式共有 C_n^2 项，每项都大或等于零，故知 ΔV 必永远为正值。

当 $n = 2$ 时，上式就是公式（3）；当 $n = 3$ 时，上式就是公式（4）。

公式（5）明确指出：当一个似截台形矿体分成两个以上块段时，若用截面圆锥公式，分算

的体积总和永远比整体一次求得体积结果为小。其偏小值ΔV与划分块段数目有关，分的块数愈多，体积偏小值ΔV愈大。所以，储量计算中，用分块求积法代替整体求积法，这在储量计算的基本理论上确是一个根本性的错误。其结果导致了储量综合数据的偏小。

两种算法相等的条件

上面证明了分块求积法所得体积结果总是偏小的。且偏小值可用（5）式求出。那么现在的问题是：分块求积法与整体求积法可否在有条件的情况下会相等呢？回答是完全可以。但条件非常苛刻，不易实现。欲使$V=V'$只有当$\Delta V=0$时才能实现。要使$\Delta V=0$，只有使（5）式中C_n^2个行列式都同时等于零，相等条件如下：

$$\left.\begin{aligned}&\sqrt{A_1B_2}-\sqrt{A_2B_1}=0\\&\sqrt{A_1B_3}-\sqrt{A_3B_1}=0\\&\cdots\cdots\cdots\cdots\\&\sqrt{A_1B_n}-\sqrt{A_nB_1}=0\\&\sqrt{A_2B_3}-\sqrt{A_3B_2}=0\\&\sqrt{A_2B_4}-\sqrt{A_4B_2}=0\\&\cdots\cdots\cdots\cdots\\&\sqrt{A_2B_n}-\sqrt{A_nB_2}=0\\&\cdots\cdots\cdots\cdots\\&\cdots\cdots\cdots\cdots\\&\sqrt{A_{n-1}B_n}-\sqrt{A_nB_{n-1}}=0\end{aligned}\right.\qquad(6)'$$

即：

$$\frac{A_1}{B_1}=\frac{A_2}{B_2}=\cdots\cdots=\frac{A_{n-1}}{B_{n-1}}=\frac{A_n}{B_n}\qquad(6)$$

（6）式指出：各分开的块段，只有对应面积之比为一常数时，分块求积法与整体求积法所得结果才完全相等。或者说，只有满足（6）式条件，采用分块求积法才不产生体积的丢失。但是，这个条件很难做到。为了保证用分块求积法不产生体积偏小的弊病，因此必须对分算的块段体积采取必要的补救措施，以求得两种算法在理论上趋于完全一致。

校正方法

为使分块求积法与整体求积法所得的体积结果相一致，按着А.П.普罗科菲耶夫的意见："由小块段获得的体积总和必须以地质断面间同一大块段的总体积来进行检查……"需对各分算的块段体积采取逐块校正的措施。为此，取（3）′式变形为：

$$v=V'+\Delta V\qquad(7)'$$

式中V'是n个块段的分算体积和，故

$$V'=\sum_{i=1}^{n}V_i\quad(i=1、2、3\cdots\cdots n)\qquad(9)$$

将（9）式代入（7）′式中，则为：

$$v=\sum_{i=1}^{n}V_i+\Delta V\qquad(8)$$

其中ΔV为分算的n个块段体积和的偏小值，此值由（5）式决定。

我们用按比例校正的原则，采取如下的具体方法。

1.确定校正系数：

$$K=\frac{\Delta v}{\sum_{i=1}^{n}V_i}\qquad(10)$$

2.求分算块段的偏低量：

$$\left.\begin{aligned}&\Delta v_1=kV_1=\frac{\Delta v}{\sum_{i=1}^{n}V_i}V_1\\&\Delta v_2=kV_2=\frac{\Delta v}{\sum_{i=1}^{n}V_i}V_2\\&\cdots\cdots\cdots\\&\Delta v_n=kV_n=\frac{\Delta v}{\sum_{i=1}^{n}V_i}V_n\end{aligned}\right\}\qquad(11)$$

3.求各块段校正后的体积：

$$\left.\begin{aligned}&v_1=V_1+kV_1=(1+k)V_1\\&v_2=V_2+kV_2=(1+k)V_2\\&\cdots\cdots\cdots\cdots\\&v_n=V_n+kV_n=(1+k)V_n\end{aligned}\right\}\qquad(12)$$

4.验证：

$$\begin{aligned}v&=\sum_{i=1}^{n}V_i=(1+k)\sum_{i=1}^{n}V_i\\&=\sum_{i=1}^{n}V_i+k\sum_{i=1}^{n}V_i\\&=v'+\Delta v\end{aligned}\qquad(13)$$

经过以上校正，就能保证分算的体积和与整体一次求积算法所得结果完全相同。下面举一

实例：

设一个似截台形矿体提供作采掘计划的总体积是7938立方米。此矿体历经三个月份采出，每个月份的采动面积如图2注记，试求每个月份采出的真实体积（不计回采损失），并估算用分块求积法可能造成的体积丢失率。

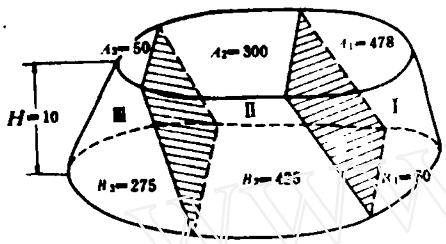


图 2

按以下步骤校正：

1.用截面圆锥公式分别计算各块段的近似体积V_i；

2.求分算的各块段的体积和v'；

3.按公式（5）求分算体积和的偏小值Δv，但用（5）式计算很麻烦，可用总体积减分算体积和取得：

$$\Delta v = v - \sum_{i=1}^{n} V_i = 7938 - 7439 = 499$$

立方米

4.按公式（3）确定校正系数K：

$$K = \frac{\Delta v}{\sum_{i=1}^{n} V_i} = \frac{499}{7938} = 0.06286$$

5.再按公式（4），求各块段的偏低量Δv_i；

6.将块段偏低量Δv_i加到分算的块段近似体积V_i中，则得各块段校正后的真实体积；

7.校正后块段的体积累加后与提供做采掘计划的总体积应该完全相等，依这一关系作最后检核；

8.分算体积丢失率为

$$\eta = K\% \doteq 7\%$$

这个结果告诉我们：倘若不采取上述的补救措施，将使原矿体的体积由于分算造成体积的丢失率可达7%。

以上计算列下表。

参考文献

1 〔 〕 A.П.普罗科菲耶夫.实用金属矿床储量计算法.地质出版社

2 〔 〕 华罗庚、王元.积分的近似计算.科学出版社

分块体积校正计算

矿体编号	块段编号	块段面积		块段高 H	近似体积 V_i	块段偏低量Δv_i	校正后的块段体积v_i
		上面积A_i	下面积B_i				
	Ⅰ	178	60	10	2358	+158	2516
	Ⅱ	300	425	10	3607	+212	3819
	Ⅲ	50	275	10	1474	+99	1573
5	$\sum$	828	760	10	7139	199	7938 7938

$\Delta v = v - \sum V_i = 7938 - 7139 = 199$立方米

$K = \frac{\Delta v}{\sum V_i} = \frac{199}{7139} = 0.0671$

$\eta = K\% \doteq 7\%$