

不平行剖面间矿块体积的计算

范坤生

两个不平行剖面间矿块的体积，一般书中都建议采用佐洛塔列夫或普罗科菲耶夫提出的公式计算。

佐洛塔列夫的公式是：

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot \frac{H_1 + H_2}{2} \cdot \frac{\alpha}{\sin \alpha}$$

式中V为两个不平行剖面间矿块的体积， S_1 和 S_2 分别为两个不平行剖面上矿体的断面面积， H_1 和 H_2 为该两个剖面上各个矿体断面的重心与另一个剖面的垂直距离， α 为两个剖面间的夹角（弧度）。

普罗科菲耶夫的公式是：

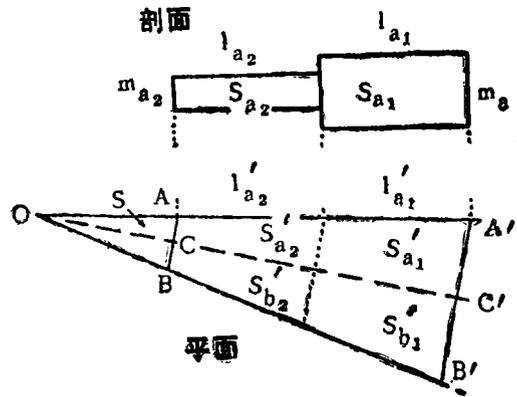
$$V = S'_1 \frac{S_1}{L_1} + S'_2 \frac{S_2}{L_2} \text{ 或 } V = S'_1 m_1 + S'_2 m_2$$

式中V为两个不平行剖面间矿块的体积， S_1 和 S_2 分别为两个不平行剖面上矿体断面的面积， L_1 和 L_2 分别为两个不平行剖面上矿体断面的水平投影长度， m_1 和 m_2 分别为两个不平行剖面上矿体的平均厚度， S'_1 和 S'_2 为两个不平行剖面间分别受 S_1 和 S_2 影响的矿体水平投影面积。

对于佐洛塔列夫公式，1960年普罗科菲耶夫和斯捷凡诺维奇曾提出：“运用此公式时，要求确定断面重心位置，这项工作既复杂而又不能保证必要的计算精度。……所以这一方法在储量计算时不宜普遍采用。”最近，我们在解决生产中的具体问题时，对普罗科菲耶夫的公式也进行了分析，发现它的应用上仍然有局限性。在矿体沿倾向的厚度有变化时，如果不考虑这种变化，将会产生一定的误差。

我们假设在AA'剖面上（见图）矿体断面面积为 S_a 。将它划分为两部分后，其面积分别为 S_{a1} 和 S_{a2} 。 S_a 、 S_{a1} 、 S_{a2} 的长度分别为 l_a 、 l_{a1} 和 l_{a2} ，厚度分别为 m_a 、 m_{a1} 和 m_{a2} ，其水平投影长度分别为 l'_a 、 l'_{a1}

和 l'_{a2} 。它们影响的矿体水平投影面积分别为 S'_a 、 S'_{a1} 和 S'_{a2} 。矿体在BB'剖面上的断面面积（图中未划出）为 S_b 。它被分为两部分后的面积分别为 S_{b1} 和 S_{b2} 。 S_b 、 S_{b1} 和 S_{b2} 的长度分别为 l_b 、 l_{b1} 和 l_{b2} ，平均厚度分别为 m_b 、 m_{b1} 和 m_{b2} 。它们在水平面上投影的长度分别为 l'_b 、 l'_{b1} 和 l'_{b2} 。它们所影响的矿体水平投影面积分别为 S'_b 、 S'_{b1} 和 S'_{b2} 。然后，应用普罗科菲耶夫公式计算矿块体积。如不考虑矿体在剖面上厚度和产状的变化，而将矿块两部分合在一起计算体积时，矿块体积为 ΣV_1 。如考虑矿体在剖面上厚度和产状的变化，而分别计算矿块两部分的体积，然后相加起来，则矿块的体积为 ΣV_2 。



根据普罗科菲耶夫公式，

$$\begin{aligned} \Sigma V_1 &= S'_a \frac{S_a}{l'_a} + S'_b \frac{S_b}{l'_b} = S'_a m_a + S'_b m_b \\ &= 2 S'_a m_a \dots \dots \dots \text{①} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma V_2 &= S'_{a1} \frac{S_{a1}}{l'_{a1}} + S'_{b1} \frac{S_{b1}}{l'_{b1}} + S'_{a2} \frac{S_{a2}}{l'_{a2}} + \\ & S'_{b2} \frac{S_{b2}}{l'_{b2}} \end{aligned}$$

$$= S'_{a_1} m_{a_1} + S'_{b_1} m_{b_1} + S'_{a_2} m_{a_2} + S'_{b_2} m_{b_2}$$

$$= 2 (S'_{a_1} m_{a_1} + S'_{a_2} m_{a_2}) \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

现在我们来分析一下在矿体厚度有以下几种变化情况（产状不变）时这一计算方法的误差。

(一) 矿体向剖面相交方向变薄。

设 $l_{a_1}' = l_{a_2}' = OA$ 、 $\triangle OAC$ 的面积为 S 、 $ma_1 = 2ma_2$ 、矿体底板近似水平，

$$\text{则 } S'_{a_1} = 5S, S'_{a_2} = 3S, S'_a = 8S,$$

$$m_a = \frac{S_a}{l_a} = \frac{S_{a_1} + S_{a_2}}{l_{a_1} + l_{a_2}}$$

$$= \frac{m_{a_1} l_{a_1} + m_{a_2} l_{a_2}}{l_{a_1} + l_{a_2}} = \frac{(2m_{a_2} + m_{a_2}) l_{a_1}}{2 l_{a_1}}$$

$$= \frac{3}{2} m_{a_2}$$

代入①式后，得

$$\Sigma V_1 = 2 \left(8S \cdot \frac{3}{2} m_{a_2} \right) = 24S m_{a_2}$$

代入②式后，得

$$\Sigma V_2 = 2(5S \cdot 2m_{a_2} + 3S m_{a_2}) = 26S m_{a_2}$$

以 ΣV_2 为基数，设 ΣV_1 的绝对误差为 X ，相对误差为 Y ，

$$\text{则 } X = 26S m_{a_2} - 24S m_{a_2} = 2S m_{a_2},$$

$$y = \frac{X}{\Sigma V_2} = \frac{2S m_{a_2}}{26S m_{a_2}} = \frac{7.3}{100}$$

(二) 依次使 ma_1/ma_2 为 1、3、4、 n 、1/2、1/3、1/4、1/n，求出相应的 x 和 y 后列入附表的第 2、3 两栏。

(三) 假设两剖面的交点在矿体边界上和 $Sa'_2 = S$ ，则 $OA = 0$ ， $Sa'_1 = 3S$ ， $Sa' = 4S$ 。

然后按上述方法求出 ma_1/ma_2 为 1、

| 厚度关系 $n a_1/ma_2$ | 误差值 | | | |
|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| | $OA=0.51a$ | | $OA=0$ | |
| | X | Y(%) | X | Y(%) |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | $2S n a_2$ | 7.3 | $2S n a_2$ | 14.3 |
| 3 | $4S n a_2$ | 11.1 | $4S n a_2$ | 20.0 |
| 4 | $6S n a_2$ | 13.0 | $6S n a_2$ | 23.1 |
| n | $2(n-1)S m_{a_2}$ | $\frac{n-1}{5n+3}$ | $2(n-1)S n a_2$ | $\frac{n-1}{3n+1}$ |
| 1/2 | $-2S n a_1$ | -9.1 | $-2S m_{a_1}$ | -20.0 |
| 1/3 | $-4S m_{a_1}$ | -14.3 | $-4S m_{a_1}$ | -33.3 |
| 1/4 | $-6S m_{a_1}$ | -17.6 | $-6S a_1$ | -42.9 |
| 1/n | $-2(n-1)S m_{a_1}$ | $\frac{1-n}{5+3n}$ | $2(1-n)S m_{a_1}$ | $\frac{1-n}{3+n}$ |

2、3、4、 n 、1/2、1/3、1/4、1/n 时的 x 和 y 并列入附表 4、5 栏。

从表中可以看出：

1. 矿体厚度变化越大，矿块各部分合起来计算的体积与分别计算的体积差值越大，可由百分之几到百分之几十。例如，当 $OA = 0$ 时和厚度相差四倍的情况下，相对误差可达 42.9%。

2. 矿体厚度向勘探线相交方向变小时， $\Sigma V_1 < \Sigma V_2$ ；反之，则 $\Sigma V_1 > \Sigma V_2$ 。

3. 当勘探线相交的角度不变而勘探线交点距矿体越近时，两种计算方法的绝对差值将不变，相对差值将显著增大。

因此，在矿体厚度变化较大时，如果应用普罗科菲耶夫公式计算不平行剖面间的矿块体积，就需要根据矿体形态特征，将矿块进一步划分为若干小块段，使每一个小块段本身的厚度变化不大。更好的计算方法，还有待我们去进一步探索。

主要参考文献

1. 阿日吉烈等：《矿产普查勘探方法》，地质出版社，1957。
2. 普罗科菲耶夫等：《利用佐洛塔列夫法计算不平行剖面间块段的储量》，《储量计算方法专辑》，铀矿地质编辑部，1965。