应用剖面法计算儲量时体积公式的研究与选用

馬 德 民

应用剖面法計算儲量时，体积計算公式选用的正确与否，直接影响着儲量計算的准确程度。因之，在計算之前需充份地研究各个公式的应用原理、范围、条件，以便正确地选用公式，达到正确地計算儲量。

选择計算公式是否正确其标准是通过与实际分解体积对比所得的誤差結果来进行衡量的，与实际分解体积对比誤差越小越比較正确。

目前从已有的文献中，对体积公式的选用归納起来有以下几种情况：

1.当S_1与S_2相差40%以上，形状相似可用截錐体公式計算体积。

公式：

$$V=\frac{1}{3}(S_1+S_2+\sqrt{S_1\cdot S_2})\cdot L \qquad (1)$$

式中：V——代表体积；

S_1，S_2——代表块段截面的相应面积；

L——代表相邻截面的距离。

（以下同）

2.当S_1与S_2相差40%以下形状相似，可用稜柱体公式計算体积。

公式：

$$V=\frac{1}{2}(S_1+S_2)\cdot L \qquad (2)$$

3.面积相等或不等、形状不同，均应用楔形角錐体公式計算体积。

公式：

$$V=\frac{1}{6}[S_1+S_2+(a_1+a_2)(b_1+b_2)]\cdot L \qquad (3)$$

或

$$V=\frac{1}{6}\left\{S_1+S_2+\left(\frac{S_1}{b_1}+\frac{S_2}{b_2}\right)(b_1+b_2)\right\}\cdot L \qquad (3)$$

式中 a_1，a_2——块段截面长軸长度

b_1，b_2——块段截面短軸长度

如果$a_1a_2\approx b_1b_2$ 簡化为稜柱体公式計算

4.仅有一个面积（S_1或S_2）另一个面积（S_1或S_2）为零，矿体尖灭成一条直綫，可用楔形公式計算体积。

公式：

$$V=\frac{1}{2}S\cdot L \qquad (4)$$

5.仅有一个面积（S_1或S_2）另一个面积（S_1或S_2）为零，矿体尖灭成一点，可用角錐体公式計算体积。

公式：

$$V=\frac{1}{3}S\cdot L \qquad (5)$$

上述各种情况，在实际工作中，除第五种情况所得的体积是正确的而外，其它四种情况所得出的体积均为近似值，或由于对公式适用条件掌握不够，而有造成誤錯的可能。对这些公式的适用条件确定得不够严密会导致应用的錯誤。因此有必要对計算公式的选用这一問題加以再次討論，以便在这項工作中更能掌握并正确的选择公式。

笔者在某矿区儲量計算时，对体积計算公式的选用中曾遇到許多具体問題，对这些具体問題的处理和分析有下列情况：

一、几种体积公式的应用分析：

（一）截錐体体积公式和稜柱体体积公式：

截錐体体积公式的适用条件应当是两截面对应面积不等形状相似。而正确理解两个截面的相似形，应从下述基本点出发，即延长它所有的侧稜相交于一点或两截面相对应的边长成一定的比例（图1）。

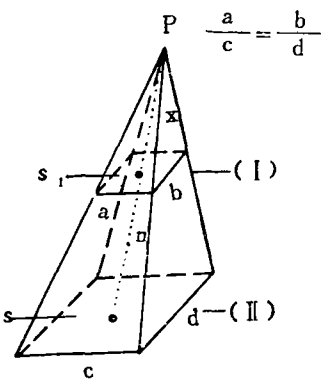


图 1

这一点往往在应用时有所忽

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

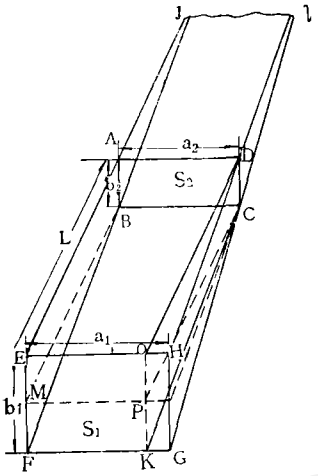


图 2

略，不考虑延长侧稜的交点或各边成比例的对应性对截面的相似性的理解是不正确的，不注意这一点往往会导致計算公式的錯誤选用（图 2），这种錯誤的认識，亦見于两截面相等情况下（图 4）。

图 1 中：由于 S 与 S_1 两面积相似，因此两面积之比等于两面积各自构成体积高的平方之比。即可得公式：

$$\frac{1}{3}n(S+S_1+\sqrt{SS_1})$$ 截錐体公式

图 2 实际分解体积

$$a_2b_2L+\frac{1}{2}(b_1-b_2)a_2L+\frac{1}{2}(a_1-a_2)b_2L+$$

$$+\frac{1}{3}(a_1-a_2)(b_1-b_2)L$$

$$=\frac{1}{6}L[a_1b_1+a_2b_2+(a_1+a_2)(b_1+b_2)]$$

$\because a_1b_1=S_1 \quad a_2b_2=S_2$

$\therefore \frac{1}{6}L[S_1+S_2+(a_1+a_2)(b_1+b_2)]$楔形角錐体公式。

在图 2 中，由于两截面各个对应边，不成一定比例，因而其侧稜不能交于一点而成一直綫（有时可能为一曲綫）这种情况当計算窄矿体时，影响最大。

在实际体积公式的选用中，由于矿体賦存的自然条件形态和各級矿块劈分，往往計算单位的块段是不規則的，因而两个截面的面积不可能完全相等或形状完全相似，因此上述两个公式的选用条件，在形状上只能做到大致相似或面积大致相等，其相似与相等的程度，以不影响实际分解体积的总和的一定誤差范围即可，因而在計算中对形状相似两截面面积不大于40%时，可用稜柱体体积計算公式，当两截面面积大于40%时就应用截錐体体积公式。

通过許多矿块用两种公式計算的結果証明：当两截面面积相差40%时，用稜柱体公式計算体积只差1.07%，由此可以說明，在形状相似，两截面面积差不超过40%的情况下，完全可以用稜柱体公式計算体积。

若两截面，其中有一因素相同)，长軸或短軸）相等或接近相等均可采用稜柱体公式計算(图 3）。

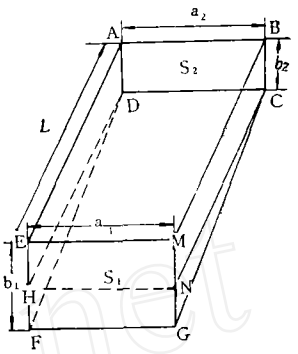


图 3

图 3 实际分解体积 ABCDEMHN 体积即 $a_2b_2L=S_2L$

HNFGDC体积

即$\frac{1}{2}(a_1b_1-a_2b_2)L$

$S_2L+\frac{1}{2}(S_1-S_2)L$

$V=\frac{1}{2}(S_1+S_2)\cdot L$ 稜柱体公式。

（二）楔形角錐体体积公式：

两相邻剖面的面积不論相等与否，只要它們的形状不相似，用楔形角錐体公式計算体积是更接近于实际情况的。

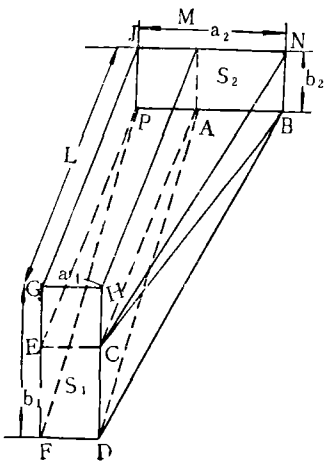


图 4

图 4 便是說明应用楔形角錐体公式的典型实例：

实际体积分解：

（1）JMAPGHCE 体积

$V_1=a_1\cdot b_2\cdot L$

（2）ECDFPA体积

$$V_2=\frac{1}{2}(b_1-b_2)\cdot a_1\cdot L$$

（3）ABCHMN 体积

$$V_3=\frac{1}{2}(a_2-a_1)\cdot b_2\cdot L$$

（4）ABCD体积

$$V_4=\frac{1}{6}(b_1-b_2)(a_2-a_1)\cdot L$$

总体积和 $V_1+V_2+V_3+V_4=V$

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$V=a_1b_2L+\frac{1}{2}(b_1-b_2)\cdot a_1L+$$

$$+\frac{1}{2}(a_2-a_1)\cdot b_2L+\frac{1}{6}(b_1-b_2)(a_2-a_1)L$$

$$=\frac{1}{6}L[6a_1b_2+3(b_1-b_2)a_1+3(a_2-a_1)b_2+$$

$$+(b_1-b_2)(a_2-a_1)]$$

$$=\frac{1}{6}L[3a_1b_1+3a_2b_2+(b_1-b_2)(a_2-a_1)]$$

$$=\frac{1}{6}L[2a_1b_1+2a_2b_2+b_1a_2+a_1b_2]$$

$$=\frac{1}{6}L[S_1+S_2+(a_1+a_2)(b_1+b_2)]$$ 楔形角錐体

如果式中 b_1 与 b_2 或 a_1 与 a_2 的值相近似的情况下，假設他們相等，可用稜柱体公式計算体积：

即 $$V=\frac{1}{6}[a_1b_1+a_2b_2+(a_1+a_2)(b_1+b_2)]\cdot L$$

$$=\frac{1}{6}[2a_1b_1+2a_2b_2+a_1b_1+a_2b_2]\cdot L$$

（令 $b_1=b_2$）

$$=\frac{1}{6}[3a_1b_1+3a_2b_2]\cdot L$$

$$=\frac{1}{2}[a_1b_1+a_2b_2]\cdot L$$

$$=\frac{1}{2}[S_1+S_2]\cdot L$$

由此可以得出如下結論：在任何情况下，只要块段能被分解后的各个体积均能成为楔形体时，即可用簡单稜柱公式。

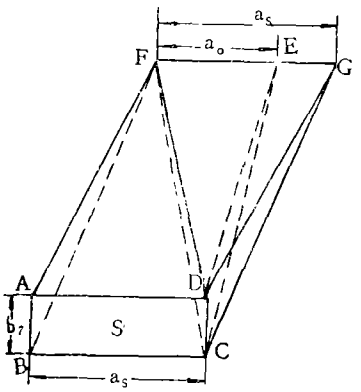


图 5

（三）在两矿块截面中其中一截面为零的情况下，应用图5有其普遍意义，即应用斜楔形角錐公式。因为它是由斜楔形和角錐所組成的。

图 5 中：S 代表一个截面的有效面积。

a_s 代表有效面积的一个軸长，

a_o 代表另一个截面的軸长。

为了說明公式选用的正确性，先将 a_o 綫段延长至 G 令其与 a_s 相等。这时：

ABCDFG体积： $V=\frac{1}{2}S\cdot L$

FDCG 的体积等于 ABCDFG 減去ABCDF

即 $$V=\frac{1}{2}SL-\frac{1}{3}SL=\frac{1}{6}SL$$

∵ EFCD（从几何原理知道）

$$V=\frac{1}{6}S\cdot L\cdot\frac{a_o}{a_s}$$

∴ ABCDEF体积

即 $$V=\frac{1}{3}SL+\frac{1}{6}SL\cdot\frac{a_o}{a_s}$$

$$=\frac{1}{6}\left(2+\frac{a_o}{a_s}\right)SL$$

二、結論：

从上述体积公式的分析我們认为确定計算公式的主要准則，应从以下几方面入手：

（一）块段两截面的对应形状；

（二）块段两截面的长軸与短軸的对应关系；

（三）块段两截面面积之差。

依据上述主要准則在儲量計算中，我們认为采用下列公式及它們的适用条件是能达到实际計算中对体积参数的精度要求的。

1.稜柱体公式：

（1）两截面形状相似，面积相差不超过40%；

（2）两截面形状不同，不論其面积相差多少。只要有一个因素（长軸或短軸）相等或接近相等，均可采用这一公式。

表 1 中稜柱体几种誤差均較小，說明稜柱体公式計算的結果是合理的。

三种公式对比結果表　　表 1

計算公式	与分解体积相对誤差	最大相对誤差	最小相对誤差
稜柱体	0.2%	1.7%	0
截錐体	2.1%	9.3%	0
楔形角錐体	0.5%	2.5%	0

（3）两截面形状不同，但其分解后的各个簡单体积均是楔形。

2.截錐体公式：

两截面面积之差在40%以上，形状大致相似，即其側稜的延长綫交点，接近于角錐体者（表 2）。

表 2 結果說明，截錐体公式誤差最小，因此应采用截錐体公式計算。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

三种公式对比結果表　　表 2

計算公式	与分解体积相对誤差	最大相对誤差	最小相对誤差
稜柱体	1%	6%	0
截錐体	0.8%	1.4%	0
楔形角錐体	1.5%	6%	0

3.楔形角錐体公式:

当块段两截面对应形状不同或复杂，面积无論相等或不等，必須采用該計算公式（表 3）。

三种公式对比結果表　　表 3

計算公式	与分解体积相对誤差	最大相对誤差	最小相对誤差
稜柱体	0.6%	20%	0
截錐体	1.6%	27%	0
楔形角錐体	0.4%	3%	0

4.斜楔形角錐体公式:

当块段只有一个截面为有效，另一截面为一綫段时，則有效面积向另一截面作綫形尖灭，且有效截面的长軸或短軸不等于另一截面中的綫段长。

5.楔形体公式:

当块段只有一截面为有效，另一端作綫形尖灭，且有效截面的任一軸长与灭尖綫相等者。

6.角錐体公式:

当块段只有一个截面有效，向另截面作点尖灭者。

依据上述所采用的公式，很显然 4～6 式为最簡单的公式，体积确定的本身，不可能存在任何誤差。只有当块段为两个截面所控制时，才能应用 1～3 公式，由于客观上矿块的复杂程度，利用1～3式計算，可能产生誤差，笔者在某矿区儲量計算时，曾依据上述公式的选用原則对稜柱体，截錐体，楔形角錐体三公式，分别作了30～50个矿块与分解体积进行了对比研究。其对比結果如下:

1.稜柱体公式与分解体积和的平均相对誤差为 0.2%，最大相对誤差为 1.7%;

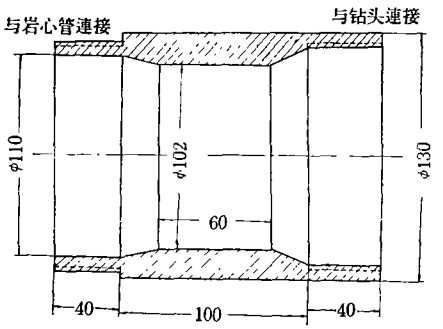
2.截錐体公式与分解体积和的平均相对誤差为 0.8%，最大相对誤差为 1.4%;

3.楔形角錐体公式与分解体积和的平均相对誤差为0.4%，最大相对誤差为 3%。

从上述相对誤差及最大誤差的对比值可以明显地看出，按上述原則选用的公式，其誤差已降低到 2 % 以下。因此在采用剖面法計算儲量时，体积的允許誤差已降到 2% ,因之，可以达到儲量計算的精度要求。

岩心卡手的应用

在中硬岩石(4—7級)中，以鉆粒（鋼粒）鉆进，当使用的粗径鉆具口径超过 110 毫米时，因回次进尺較多（超过 2.5 米），岩心过重，往往卡取不牢而脫落。为此，我队試制了一种岩心卡手，应用效果良好，既防止了岩心脫落事故，又节約了采心用的鉄絲。岩心卡手如图所示，它是在口径 130 毫米的粗径鉆具上使用的。它一头与岩心管連接，另一头与鉆头連接，下至井內，作为粗径鉆具的一个組成部分。当回次鉆进結束，投入大小适当的石粒，并可配合投入一些鉄砂。由于卡手带有錐度，內径細，卡塞物便随錐度牢牢地卡住岩心，从而保証卡手和岩心管中的岩心被采取上来。但此卡手的应用范围，有一定局限：如岩心坚硬（8 級以上）或破碎，都不宜用此卡手，



且在一般情况下，卡手下部鉆头內的岩心，仍不易采取，这是需要进一步研究設法解决的問題。

李迺志

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net