技术方法

平行剖面法用棱柱和截锥公式计算块段体积注意的问题

贾绍松[1],孙聪聪[2],岳伟佳[1]

(1.山东省地矿工程勘察院,山东 济南 250014;2.山东省第一地质矿产勘查院,山东 济南 250014)

摘要:用平行剖面法计算资源/储量时,若矿体块段在相邻两剖面上均有面积,且控制两面积的工程间距或控制每个剖面面积的工程见矿平均厚度不相等的情况下,使用棱柱体公式计算块段体积,或相邻两剖面上面积形状不相似的情况下,使用截锥体公式计算块段体积,均存在一定的误差。而拟柱体公式则是精确计算块段体积的通用公式,其使用不受上述条件的限制。因此,在这种情况下,建议限制或停止使用棱柱体和截锥体公式,提倡统一使用拟柱体公式来计算矿体块段的体积。

关键词:块段体积;平行剖面法;棱柱体公式;截锥体公式;拟柱体公式

中图分类号:P624.7　　**文献标识码**:B

引文格式:贾绍松,孙聪聪,岳伟佳.平行剖面法用棱柱和截锥公式计算块段体积注意的问题[J].山东国土资源,2016,32(4):72-75.JIA Shaosong, SUN Congcong, YUE Weijia. Problems Which Should be Paid More Attention in Calculating the Block Volume Based on Prism and Truncated Cone Formula by Using Parallel Section Mehtod[J].Shandong Land and Resources, 2016,32(4):72-75.

0 引言

用平行剖面法计算资源/储量时,块段体积公式选用的正确与否,直接影响着矿体的资源/储量[1]。

在传统资源/储量计算时,为了计算上的简便,允许存在多种误差。在电脑十分普及、MapGIS 制图软件和 Excel 电子表格计算软件广泛应用以及地质成果商品化的今天,传统的计算方法已不能适应当前的需要。因此提高矿产资源/储量计算精度已成当务之急。该文仅就平行剖面方法在矿产资源/储量计算中长期存在而又被忽略的有关问题做一讨论。

矿体块段在相邻 2 个剖面上皆有面积时,目前均将棱柱和截锥体积公式作为首选公式计算体积,而忽略了这 2 个公式产生的历史背景和其做为近似公式本身所固有的误差。

目前常用的棱柱体积公式(当相邻两剖面上的面积差不超过 40%时使用)[2]:

$$V = L \times (S_1 + S_2)/2 \tag{1}$$

截锥体积公式(当相邻每个剖面上的面积差大于 40%时使用):

$$V = L \times (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \times S_2})/3 \tag{2}$$

式中:V 为块段体积;L 为相邻两剖面间距;S_1,S_2 分别为相邻两剖面上矿体块段的 2 个截面积。

事实上,选用棱柱体和截锥体公式计算块段体积时,不仅考虑两相邻剖面的相对面积差,还应考虑两相邻剖面的相似程度和对应轴之间的关系[3]。

通常情况下,由于矿体的自然形状和各级块段的划分结果,致使各计算块段的形体往往是不规则的。因而,相邻两剖面间矿体块段截面的形状完全相似的情况极少见,控制两剖面面积的工程间距或控制每个剖面的工程见矿平均厚度完全相等的情况也不多见。因此,在实际工作中,当没有分析清楚各种条件的情况下,利用棱柱体或截锥体公式计算矿体块段体积往往会导致一定的误差。为了避免出现这种误差,笔者建议使用能概括上述 2 种形体(还

收稿日期:2015-05-12;**修订日期**:2015-11-15;**编辑**:陶卫卫

作者简介:贾绍松(1962—),男,山东莘县人,工程师,主要从事固体矿产勘查工作;E-mail:jiashaosongxxxx@126.com

概括棱锥体、楔形体等)的拟柱体体积公式来计算块段的体积。

当相邻 2 个剖面上矿体以直线连接时,使用拟柱体体积公式计算 2 个平行剖面间块段的体积是精确的。

1 拟柱体体积公式及几种特殊情况

1.1 拟柱体体积公式

图 1 中:a_1,a_2,a_3,a_4 分别为相邻两剖面上工程控制的矿体厚度(指矿体真厚度);S_1,S_2 分别为相邻两个剖面上矿体块段的 2 个截面积;S_0 为矿体块段的中截面面积;L 为相邻 2 个剖面间距;J_1,J_2 分别为相邻两剖面上控制矿体块段的工程沿矿体倾向上的间距;则拟柱体体积公式

$$V = L/6 \times (S_1 + S_2 + 4 \times S_0) \quad (3)$$

将 $S_0=(a_1+a_2+a_3+a_4)\times(J_1+J_2)/8$ 带入公式(3),并根据 $(a_1+a_2)=2\times S_1/J_1$,$(a_3+a_4)=2\times S_2/J_2$ 得:

$$V = L \times S_1/6 \times (2 + J_2/J_1) + L \times S_2/6 \times (2 + J_1/J_2) \quad (4)$$

或根据 $J_1 = 2 \times S_1/(a_1 + a_2)$,$J_2 = 2 \times S_2/(a_3 + a_4)$ 得:

$$V = L \times S_1/6 \times [2 + (a_3 + a_4)/(a_1 + a_2)] + L \times S_2/6 \times [2 + (a_1 + a_2)/(a_3 + a_4)] \quad (5)$$

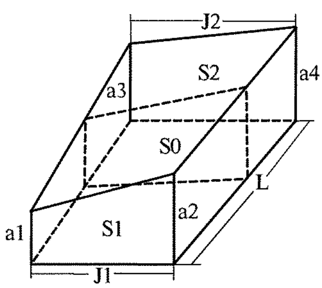

图 1 拟柱体示意图

1.2 拟柱体公式几种特殊情况

(1)当矿体块段在相邻两剖面上均有面积,以下 2 种情况,公式(4)和(5)简化为棱柱体公式。

控制两剖面面积的工程间距相等,即 $J_1=J_2$ 时,由公式(4)[4]得:

$$V = L \times (S_1 + S_2)/2$$

控制两剖面面积的工程间距相等或不相等,控制每个剖面面积的工程见矿平均厚度相等,即$(a_1+a_2)/2=(a_3+a_4)/2$ 时,由公式(5)得:

$$V = L \times (S_1 + S_2)/2$$

(2)当矿体块段在相邻两剖面上均有面积,控制两剖面面积的工程间距不相等,但两剖面面积的形状相似,即对应边的边长成比例时,公式(4)简化为截锥体公式。

此情况下,$a_1/a_3=a_2/a_4=J_1/J_2=\dfrac{\sqrt{S_1}}{\sqrt{S_2}}$

将 $J_1/J_2=\dfrac{\sqrt{S_1}}{\sqrt{S_2}}$ 带入公式(4)得:

$$V = L \times (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \times S_2})/3$$

根据拟柱体体积公式(3)和相应的条件,同样能推导出棱锥体、楔形体等体积公式,此处就不另讨论了。由此可知,拟柱体公式是棱柱体、截锥体、棱锥体、楔形体等形体体积的通用公式,而公式(1)和公式(2)分别是由公式(3)推导出的公式(4)和(5)的特殊形式。

2 计算块段体积注意的问题

通过上述讨论,在进行矿体块段体积计算时,使用棱柱体和截锥体体积公式是受多种条件限制的,如果仅根据相邻两面积差的大小,而不考虑相邻两剖面面积形状的相似性、控制两剖面面积的工程间距或控制每个剖面面积的工程见矿平均厚度的关系时,往往会导致一定的误差(误差大小以拟柱体体积公式与棱柱体或截锥体体积公式计算结果的相对误差来衡量)。现举例说明如下:

例 1:控制两剖面面积的工程间距相等,但 2 个剖面面积形状不相似。

设:边长单位为 m,$a_1=8$,$a_2=9$,$a_3=25$,$a_4=27$,$J_1=100$,$J_2=100$,$L=200$,则 $S_1=950$,$S_2=2000$,因两面积差$(S_2-S_1)/S_2=67.31\%>40\%$,此情况下,目前通常使用截锥体公式计算体积:

$$V = L \times (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \times S_2})/3 = 329\,107.1$$

选用截锥体公式计算的,只考虑 2 个面积差大小一个条件,而忽略了 2 个面积形状不相似的条件。该题虽然 2 个面积差>40%,但控制 2 个剖面面积的工程间距相等,符合前面拟柱体公式几种特殊情况的讨论中第(1)条的第 a 种情况,使用棱柱体积公式:

$$V = L \times (S_1 + S_2) / 2 = 345000$$

为了验算上述 2 个公式计算结果的相对误差,使用拟柱体体积公式(4):

$$V = L \times S_1/6 \times (2 + J_2/J_1) + L \times S_2/6 \times (2 + J_1/J_2) = 345\,000$$

按棱柱体公式和按拟柱体公式计算的体积为正确体积,若按截锥体公式计算,体积减少了 4.61%。

例 2：控制两剖面面积的工程间距不相等，2 个剖面面积形状不相似，但控制每个剖面面积的工程见矿平均厚度相等。

设：边长单位为 m，$a_1=10$，$a_2=22$，$a_3=13$，$a_4=19$，$J_1=200$，$J_2=100$，$L=200$，则 $S_1=3200$，$S_2=1600$，因两面积差 $(S_1-S_2)/S_1=50\%>40\%$，此情况下，目前通常使用截锥体公式计算体积：

$$V = L\times(S_1+S_2+\sqrt{S_1\times S_2})/3 = 470\,849.4$$

选用截锥体公式计算的，只考虑 2 个面积差大小，而忽略了 2 个面积形状不相似的条件。该题虽然 2 个面积差>40%，但控制每个剖面面积的工程见矿平均厚度相等，符合前面拟柱体公式几种特殊情况的讨论中(1)条的第 b 种情况，使用棱柱体积公式：

$$V = L\times(S_1+S_2)/2 = 480\,000$$

使用拟柱体体积公式(5)：

$$V = L\times S_1/6\times[2+(a_3+a_4)/(a_1+a_2)] + L\times S_2/6\times[2+(a_1+a_2)/(a_3+a_4)] = 480\,000$$

按棱柱体公式和按拟柱体公式计算的体积为正确体积，若按截锥体公式计算，体积减少了 1.91%。

例 3：控制两剖面面积的工程间距不相等，2 个剖面面积形状相似。

设：边长单位为 m，$a_1=16$，$a_2=12$，$a_3=20$，$a_4=15$，$J_1=80$，$J_2=100$，$L=100$，则 $S_1=480$，$S_2=750$，因两面积差 $(S_2-S_1)/S_2=36\%<40\%$，此情况下，目前通常使用棱柱体公式计算体积：

$$V = L\times(S_1+S_2)/2 = 143500$$

选用棱柱体公式计算的，只考虑 2 个面积差大小，却忽略了 2 个面积的形状相似，即对应边的边长成比例($a_1/a_3=a_2/a_4=J_1/J_2$)的条件。该题虽然两面积差<40%，但因 2 个面积的形状相似，符合前面拟柱体公式几种特殊情况的讨论中第(2)条的情况，使用截锥体积公式：

$$V = L\times(S_1+S_2+\sqrt{S_1\times S_2})/3 = 142\,333.3$$

使用拟柱体体积公式(4)：

$$V = L\times S_1/6\times(2+J_2/J_1) + L\times S_2/6\times(2+J_1/J_2) = 142\,333.3$$

按截锥体公式和按拟柱体公式计算的体积为正确体积。若按棱柱体公式计算，体积增加了 0.82%，误差虽然不太大，但导致资源/储量的误差却不可忽视。若该例为矽卡岩型磁铁矿，矿石体重按 4 t/m^3，使用棱柱公式，仅这一个块段就比使用正确公式计算的矿石资源量多 4 667 t，这个数目也就不算少了。

例 4：控制两剖面面积的工程间距不相等，控制每个剖面面积的工程见矿平均厚度不相等，2 个剖面面积形状不相似。设：边长单位为 m，$a_1=12$，$a_2=13$，$a_3=31$，$a_4=33$，$J_1=55$，$J_2=45$，$L=100$，则：$S_1=687.50$，$S_2=1440$

(1)按截锥体公式计算体积：

$$V = L\times(S_1+S_2+\sqrt{S_1\times S_2})/3 = 104082.9$$

(2)按棱柱体公式计算体积：

$$V = L\times(S_1+S_2)/2 = 106375$$

(3)按拟柱体体积公式计算体积：

$$V = L\times S_1/6\times[2+(a_3+a_4)/(a_1+a_2)] + L\times S_2/6\times[2+(a_1+a_2)/(a_3+a_4)] = 109\,625$$

上述按拟柱体体积公式计算的体积为正确体积，按截锥体公式计算，体积减少了 5.06%；按棱柱体公式计算，体积减少了 2.96%。

3　结论

(1)通常情况下，选用棱柱体或截锥体公式计算的矿体块段体积与实际体积存在误差，使用拟柱体公式来计算块段的体积能避免出现这种误差。

(2)利用平行剖面法计算矿体块段体积时，只有在特殊情况下使用棱柱或截锥体积公式计算的体积是精确的。当矿体块段在相邻两剖面上均有面积，控制剖面面积的工程间距相等，或控制剖面面积的工程间距不相等，但控制每个剖面面积的工程见矿平均厚度相等时，在这 2 种情况下，无论相邻 2 个剖面面积形状是否相似及 2 个面积差是否小于 40%，均可使用棱柱体公式计算块段体积，且计算结果是精确的。当矿体块段在相邻每个剖面上均有面积，控制面积的工程间距不相等，但 2 个面积形状相似时，无论 2 个面积差是否大于 40%，均可使用截锥公式计算块段体积，且计算结果是精确的。

(3)在资源/储量计算的实际工作中，当相邻两剖面上矿体以直线连接时，由于使用棱柱或截锥体积公式计算矿体块段体积时受各种条件的限制，真正满足使用棱柱或截锥体积公式的特殊情况是不多见的。建议统一使用拟柱体体积公式来计算块段的体积。

参考文献：

[1]　马德民.应用剖面法计算储量时体积公式的研究与选用[J].地质与勘探，1966，(4)：17－20.

[2]　李光明.关于在平行断面法资源/储量估算中限制使用梯形公

式的建议[J].山东国土资源,2009,25(5):45-46.
[3] 王夔章.剖面法计算储量时块段体积公式的选用[J].地质与勘探,1983,(5):33-38.
[4] 陈凤忠.辛普森公式的统一美[J].长春理工大学学报,2005,(3):59-60 .

Problems Which Should be Paid More Attention in Calculating the Block Volume Based on Prism and Truncated Cone Formula by Using Parallel Section Mehtod

JIA Shaosong[1], SUN Congcong[2], YUE Weijia[1]

(1. Shandong Geo-engineering Exploration Institute, 2. No.1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: When calculating resources / reserves by using parallel section method, if the block of the ore body has an area in both adjacent sections, and engineering interval which controls two area of the project and the average thickness of the project which controls each section are not equal, or two adjacent section areas do not have the similar shape, if using the prism formula to calculate the block volume, there will be some errors. While the quasi column formula is a general formula for calculating the volume of the block. It is not limited by the above conditions. So, In this case, it is suggested that the prism and truncated cone formula should be stopped using, while quasi column formula should be widely used to calculate the block volume of the ore body.

Key words: Block volume; parallel section method; prism formula; truncated cone formula; quasi column formula