

doi: 10. 20008/j. kckc. 202401012

# 对矿体外推推断资源量的问题探讨

李海光, 倪倩, 张财, 李超, 王俊峰

(山西地质博物馆, 山西 太原 030024)

**摘要** 在新的GB/T 13908-2020固体矿产地质勘查规范总则中,要求对矿体外推一般是按推断资源量勘查工程间距1/2(与2/3)尖推或1/4(与1/3)平推推断资源量。但笔者认为如此估算推断资源量有两点值得探讨:(1)对尖推一般常用楔形和锥形的两种方式进行尖推,故对其资源量的估算也会得出的是两个不同的结果,因此也就无法与平推推断资源量的结果相互一致。(2)在对其尖推体积中的其尖端部位,由于不达标开采技术条件中的其最小可采厚度工业指标,因此对其估算推断资源量也存在问题。为合理地估算矿体外推推断资源量,本文通过论证提出了针对性解决上述存在问题的建议。

**关键词** 矿体外推;推断资源量;最小可采厚度

中图分类号:P624.7 文献标志码:A 文章编号:1674-7801(2024)01-0127-06

## Discussion on the problem of the inferred resources of the orebody's extrapolation

LI Haiguang, NI Qian, ZHANG Cai, LI Chao, WANG Junfeng

(Shanxi Museum of Geology, Taiyuan 030024, Shanxi, China)

**Abstract:** In the general rules of the new GB/T 13908-2020 Code for geological exploration of solid minerals, it is required that the extrapolation of ore bodies is generally based on 1/2 (and 2/3) sharp extrapolation or 1/4 (and 1/3) flat extrapolation based on the exploration project spacing of inferred resources. However, the author believes that there are two points worth discussing in this estimation of inferred resources: (1) The two ways of sharp inference are generally used to make sharp inference, so the estimation of its resources will also get two different results, so it cannot be consistent with the results of flat inference of resources. (2) Due to the fact that the tip part of the peak thrust volume does not reach the industrial index of the minimum mining thickness in the mining technical conditions, there are also problems in the estimation of inferred resources. In order to reasonably estimate the extrapolated resources of ore body, the paper puts forward some suggestions to solve the above problems.

**Keywords:** ore body extrapolates outward; inferred resources; minimum exploitable thickness

[收稿日期]2022-06-13; [修回日期]2023-04-18

[第一作者简介]李海光,男,1955年生,正高级工程师,从事矿产勘查地质成果报告评审工作;E-mail:stylhg@163.com。

[引用格式]李海光,倪倩,张财,李超,王俊峰. 2024. 对矿体外推推断资源量的问题探讨[J]. 矿产勘查, 15(1): 127-132.

Li Haiguang, Ni Qian, Zhang Cai, Li Chao, Wang Junfeng. 2024. Discussion on the problem of the inferred resources of the orebody's extrapolation[J]. Mineral Exploration, 15(1): 127-132.

## 0 引言

在现行的GB/T 13908-2020 固体矿产地质勘查规范总则(以下简称《总则》)、DZ/T 0338. 1-2020 固体矿产资源量估算规程 第1部分:通则以及DZ/T 0338. -2020 固体矿产资源量估算规程2部分:几何法(以下分别简称《通则》与《几何法》)中,对矿产勘查中有关对资源量估算中的矿体外推,均一脉相承了以往对其尖推或平推的习惯传统(中国国家标准化管理委员会,2020a;中华人民共和国自然资源部,2020a,2020b)。但值得对其探讨的主要问题是:一是矿体外推在以推断资源量勘查工程间距1/2(与2/3)尖推推断资源量中,是在未明确该尖推是采用常用的楔形尖推还是锥形尖推就笼统地去与或1/4(与1/3)平推推断资源量的结果等同则不合理;二是在以其1/2(与2/3)尖推出矿体中的尖端部位是达不到最小可采厚度开采技术条件的体积部分,对其估算推断资源量也无法满足资源量是要预期可经济开采的属性要求的,而与此尖推等体积量的或平推中也会含有同样的问题(武晗,2017)。因此对此矿体外推推断资源量的存在问题进行商榷与探讨是非常必要的。

## 1 对矿体外推推断资源量的问题探讨

### 1.1 对其矿体外推估算资源量有关规定的复述

一般沿矿体走向或倾斜的实际距离尖推(三角形外推、锥推和楔推)或平推(矩形外推和板推),具体要求如下:

(1)当见矿工程与相邻工程控制矿体的实际在GB/T 17766-2020 固体矿产资源储量分类中,对资源量的属性与分类定义有:“2.7 资源量 mineral resources 经矿产资源勘查查明并经概略研究,预期可经济开采的固体矿产资源,其数量、品位或质量是依据地质信息、地质认识及相关技术要求而估算的”(中国国家标准化管理委员会,2020b)。

“3.1 资源量类型划分按照地质可靠程度由低到高,资源量分为推断资源量、控制资源量和探明资源量。”

在《总则》中对资源量估算的技术要求有:

“11.1.2 一般工业指标是按有关规定发布的一

般性参考指标,是一定期限、一般技术经济条件下用于圈定矿体、估算资源量的依据。”

“11.2.6 矿体外推应合理,变化趋势明显时按变化趋势外推矿体边界,变化趋势不明显或不清时沿矿体延伸方向外推矿体边界。外推算量一般沿矿体走向或倾斜的实际距离尖推(三角形外推、锥推和楔推)或平推(矩形外推和板推),具体要求如下:

(1)当见矿工程与相邻工程控制矿体的实际勘查工程间距大于推断的勘查工程间距或见矿工程外无控制工程时,按推断资源量的勘查工程间距1/2尖推或1/4平推推断资源量。

(2)当见矿工程与相邻工程控制矿体的实际勘查工程间距不大于推断的勘查工程间距时,若相邻工程未见矿化,则按实际勘查工程间距1/2尖推或1/4平推推断资源量,若相邻工程矿化达到或超过边界品位的1/2时,则按实际勘查工程间距2/3尖推或1/3平推推断资源量。

(3)当矿体品位和厚度呈渐变趋势时,也可内插估算量边界。

(4)边缘见矿工程的外推范围应根据地质变量的变化特征、影响范围确定,一般按推断资源量勘查工程间距1/2尖推或1/4平推推断资源量,但采用米·百分值或米·克吨/值圈定矿体边界时不得外推(采用米·百分值或米·克吨/值圈定的薄矿体除外)。”

在《通则》与《几何法》中对资源量估算中的矿体外推的实质内容总体上与《总则》中对矿体外推的实质内容一致,不过在《通则》中还明确了:“其估算资源量时的1/4平推,主要用于矿产勘查的普查阶段”。

### 1.2 其矿体外推估算推断资源量的存在问题

从前述现行的固体矿产勘查规范、规程中对其矿体外推要求可简述归纳为:是按其推断资源量勘查工程间距1/2(与2/3)尖推与或1/4(与1/3)平推推断资源量。因其两者为“或”的关系表明:在此尖推与或平推中其所外推出的两体积值上是互为相等的,实际上这也仅是适用于其楔形尖推,而对锥形尖推则存在有其两体积值不等的问题。另再对矿体外推其所尖推出的不论是楔形体还是锥形体中的其尖端部位,因其是为不达矿体最小可采厚度的

体积部分,也给估算为推断资源量就存在其有不足现行相关规范、规程中对资源量是需预期可经济开采的属性定义要求的问题。因此,在不分楔推与锥推会得到是两不同体积值的结果下,对所尖推估算出的推断资源量又要与该或平推推断资源量结果等同成“或”的关系,也在逻辑上存在问题。

例如在需外推处的矿体厚度是刚好处在略大于其最小可采厚度的要求时,如按前述对矿体外推规定其相应勘查工程间距  $1/2$  尖推或  $1/4$  平推推断资源量,则会造成基本上是对在绝大部分不可采的外推体积中来估算推断资源量,有违于其资源量需预期可经济开采的定义属性而不可取的其对资源量的估算。

## 2 对解决矿体外推推断资源量问题的探讨

### 2.1 对存在问题处理的技术路线

针对前述在对矿体外推推断资源量中所探讨出的存在问题,采用处理解决的技术路线如下:

在当其外推矿截面(外推断面)的矿体平均厚度为已知时,本文借鉴了 GB/T 33444-2016《固体矿

勘查工作规范》(以下简称《工作规范》)其 17.3.6.1 工程间及剖面上矿体的外推“一般按  $1/2$ (不见矿)或  $2/3$ (见矿化)零点尖灭。在此基础上再内插最小可采厚度点。资源储量估算剖面图上应标出资源储量估算边界线(或点)”(中国国家标准化管理委员会,2016)的这一在剖面上内插其最小可采厚度边界线的技术路线,并引申应用到在其尖推形体中内插其划分可采与不可采两部分体积的矿体最小可采厚度矿截平行断面上,再只对达可采的这部分体积估算推断资源量的方法处理:即在其相应尖推体中,依据在外推矿截面(外推基准断面)中心与其尖灭点(线)的尖灭中心轴线上,用外推矿截上的平均厚度与矿体最小可厚度来内插出其矿体最小可采厚度基准平行断面,对在该断面一侧其可采部分计算的可采体积值再用等量关系进而转换成由其外推矿截面的基准面积与垂直于该面积的该或平推距离的乘积的这一或平推板状体体积,从而导出对在相应的尖推下的其可采体积部分转换为板状平推体的该或平推距离计算公式。在计算中如其外推矿截面(外推断面)的矿体平均厚度是未知时,其技术路线是又借鉴采用了《工作规范》中的其 17.5.2.2 矿体截面平均厚度计算,即:

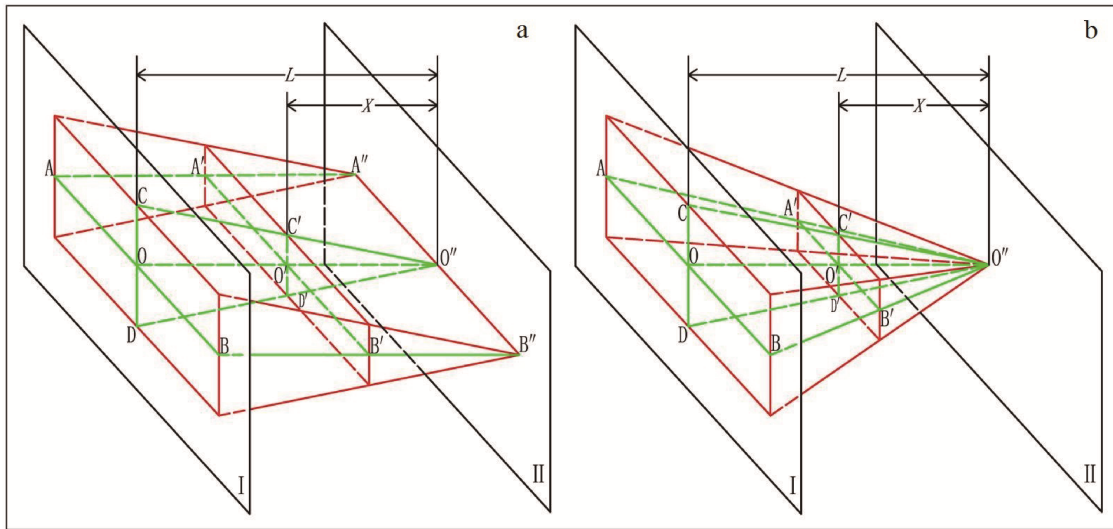


图 1 对矿体楔形尖推(a)与锥形尖推(b)外推的立体解析示意图

I—矿体外推断面剖面;II—矿体外推尖灭线(点)所在的平行剖面;CD—矿体需外推处的矿体平均厚度 $h$ ;CD'—矿体最小可采厚度 $h_k$ ;OO"—矿体外推的尖灭距离(即 I、II 两平行剖面间的距离 $L$ );O'O"—最小可采厚度平行断面至尖灭点(线)平行剖面间的距离 $X$

(1)穿脉与钻孔联合圈出的块段,若控制矿体的工程间距基本相等,其平均厚度可用算术平均法求得;如工程间距不等,且矿体厚度变化较大,可用

工程影响的距离加权求出平均厚度。

(2)如果矿体截面形态很复杂,此时可用矿体之截面面积除以矿体的投影长度求得矿体在该截

面上的平均厚度。

其上述对矿体平均厚度的计算,实际上也就是将其外推基准面这一非理想矩形矿截面经等面积值地转换成理想矩形矿截面的过程。即由其非矩形矿截面的面积除以该矿截面上的矿体投影长度而得出其理想矩形矿截面的矿体平均厚度。因此,在用该非矩形矿截面上矿体的投影长度作抓手转换成理想矩形基准面外推矿体矿截面后,其对矿体的尖推便可构成其如图 1 所示的矿体尖推理想空间几何体的解析关系。从而依据前述技术路线,在图中可从在其矿体外推尖灭体的中心对称轴上的尖灭距离与其相应外推理想矩形矿截面的矿体平均厚度,进一步内插出达到其资源量估算工业指标中的最小可采厚度的平行矿截面位置后,再只对依此矿截面划分出可达最小可采厚度以上部分的体积来等量转换成该或其板状平推体的体积(即由外推理想矩形矿截面积与垂直于该面积的平推距离的乘积组成的板状平推体)后,由此则可导出在相应楔形与锥形尖推下的各自相应的其板状平推体的该或平推距离(值)的计算公式。用此计算公式所计算出的该或平推值用于计算其外推矿体体积中的推断资源量,则可估算出满足其可经济开采属性与要求的该或平推推断资源量的结果。

## 2.2 对楔推下的该或平推距离计算公式的推导

在图 1a、图 1b 两图中,分别表示了在其理想矩形矿截面上矿体的外推是以楔形尖推、锥形尖推出的其楔形、锥形体在其 I、II 两平行剖面间的立体关系图。

在图 1 中,其  $OO''$  为在两平行剖面间的楔形、锥形体的中心对称轴线上的尖灭距离;其  $CD$  与  $AB$  分别为需外推的矩形矿截的其矿体平均厚度  $h$  与其矿体平均长度;其  $C'D'$  为矿体的最小可采厚度  $h_k$ ;其平行于其 I、II 两剖面间由楔形尖推可内插出由  $A'B'$  与  $C'D'$  为两边长构成的其在最小可采厚度点上的内插矩形矿截。现设:  $X$  为该内插矿截面中心点距其尖灭线(点)剖面 II 间的距离,即:  $X = O'O''$ ;  $S_2$  为该内插出的矿体最小可采厚度矿截面的面积,即:  $S_2 = A'B' \times C'D' = A'B' \times h_k$ ;在其尖推尖灭中心线上过  $CD$  与  $C'D'$  形成的与 I、II 两剖面垂直的铅垂剖面上,不论楔推或锥推则均形成大、小两相似三

角形:  $\triangle C'O''D' \sim \triangle CO''D$ ,故可从中得其比例式如下:

$$O'O'' : OO'' = C'D' : CD$$

因从图 1 中知:  $O'O'' = X$ 、 $OO'' = L$ 、 $C'D' = h_k$ 、 $CD = h$ ,故一并代入上式中又可得:

$$X : L = h_k : h$$

在图 1a 的楔形尖推中,设:  $V_w$  为楔形外推的体积、 $V_x$  为从其尖灭线  $A''B''$  向  $S_1$  矿截上  $AB$  间内插出的不达最小可采厚度的其小楔形体的体积(即大楔形体中的其尖端部分的体积),即有:

$$V_w = (1/2)S_1 \times L = (1/2)AB \times h \times L$$

$$V_x = (1/2)S_2 \times X = (1/2)A'B' \times h_k \times X$$

$$V_x : V_w = [(1/2)A'B' \times h_k \times X] : [(1/2)AB \times h \times L]$$

又据前已导出  $X : L = h_k : h$  与图 1 左侧图中的已知的  $AB = A'B'$ ,将其一并代入上式中,则可得:

$$V_x : V_w = h_k^2 : h^2$$

$$V_x = V_w (h_k/h)^2$$

现再设在其大楔形体体积  $V_w$  中,对可达到矿体最小可采厚度以上部分的体积用  $V_k$  表示即有:

$$V_k = V_w - V_x = V_w - V_w (h_k/h)^2 = V_w [1 - (h_k/h)^2]$$

将其:  $V_w = (1/2)S_1 \times L$  代入上式则可得:  $V_k = [(1/2)S_1 \times L][1 - (h_k/h)^2]$

现再将该  $V_k$  的函数式以等量地转换成由其  $S_1$  为底面积及与该底面积垂直的该或平推距离为  $P$  的板状体,即:  $V_k = S_1 P$ ,则  $P = V_k/S_1$ ,故可导出其楔推下的该或板状平推距离的计算公式(1):

$$P = V_k/S_1$$

$$= [(1/2)S_1 \times L][1 - (h_k/h)^2]/S_1$$

$$= L[1 - (h_k/h)^2]/2$$

$$P = L[1 - (h_k/h)^2]/2 \quad (1)$$

式(1)中,  $P$  为在楔形尖推下的或平推距离(m);  $h$  为矿体外推基准矿截面上的矿体平均真厚度(m);  $h_k$  为估算资源量工业指标的矿体最小可采厚度(m);  $L$  为矿体外推在楔形尖推下其相应所设定的尖灭距离(m)。

如设其推断资源量的勘查工程间距为  $J$ ,则以该  $J$  的 1/2 或与其  $J$  的 2/3 作楔形尖推时,即上式中的  $L$  就可分别为:  $L = J/2$  或与其  $L = (2J)/3$ ,将此两值如分别代入式(1)中,便可分别导出此以其  $J$  的 1/2 或与其  $J$  的 2/3 作楔推下的该或平推距离的计算公式(2)与(3):

$$P = J[1 - (h_k/h)^2]/4 \quad (2)$$

$$P = J[1 - (h_k/h)^2]/3 \quad (3)$$

式(2)、(3)中,  $J$  为推断资源量勘查工程间距(m), 其他变量意义同前。

式(2)与式(3)中便可得知, 在式中只有当厚度  $h$  在趋向于无限厚时, 该或平推距离的最大极限值在式(2)与式(3)中才可分别达到其推断资源量勘查工程间距的  $1/4$  与  $1/3$ , 而此在现实中是不会存在的。一般地, 如当  $h$  在逐步趋近  $h_k$  时, 则此计算值与上述的极限值的偏差也趋于越来越大。如在式(2)中, 当  $h:h_k$  的值在分别为  $2、1.5、1.25、1.0$  时, 其所计算出的该或平推距离值仅可分别达其相应勘查工程间距  $J$  的  $0.75/4、0.56/4、0.36/4、0$ , 也就表明了用规程规范中要求的或  $J$  的  $1/4$  平推推断资源量结果的绝对误差也会趋于越来越大: 即分别达到该结果值的  $25%、44%、64%、100%$  而所不容我们忽视。

### 2.3 对锥推下的该或平推距离计算公式的推导

从图 1 锥形尖灭的右侧图中知, 其锥形尖灭与其楔形尖灭相同的一点, 就是在前述楔形尖推中的铅垂尖灭剖面上: 在  $\triangle C'O''D' \sim \triangle CO''D$  中, 有  $X:L = h_k:h$ ; 而其不同的一点就是: 其在锥形外推的尖灭中心线  $OO''$  的水平尖灭剖面上, 其外推矿截面的  $AB$  不像楔推中的  $AB$  与  $A'B'$  是相等的, 而是  $AB$  也在向尖灭点  $O''$  以其锥形方式尖灭的; 故在其水平尖灭剖面上所形成的其大、小两相似三角形:  $\triangle AO''B \sim \triangle A'O''B'$ , 因其相似便可得如下比例式:

$$A'B':AB = O'O'':OO''$$

又从图中知:  $O'O''=X$ 、 $OO''=L$ , 以及前已导出的  $X:L = h_k:h$ , 将其一并代入上式中则得:

$$A'B':AB = X:L = h_k:h$$

现对外推中所用锥形尖推出的大锥形体体积与此在大锥形体的尖端部位的小锥形体(即为不达最小可采厚度的体积部分)的体积仍分别用  $V_w$  与  $V_x$  表示, 并对其两锥形体其矩形矿截面的大、小底面积也仍分别用  $S_1、S_2$  表示, 即有:

$$S_1 = AB \times h, S_2 = A'B' \times h_k$$

$$V_w = (1/3)S_1 \times L = (1/3)AB \times h \times L$$

$$V_x = (1/3)S_2 \times X = (1/3)A'B' \times h_k \times X$$

$$V_x:V_w = [(1/3)A'B' \times h_k \times X]:[(1/3)AB \times h \times L]$$

现再将前已导出:  $A'B':AB = X:L = h_k:h$  的结果代入上式中, 整理后则可得出如下结果:

$$V_x:V_w = h_k^3:h^3 \text{ 即: } V_x = V_w (h_k/h)^3$$

现对此达到矿体最小可采厚度部分以上的体积仍用  $V_k$  表示, 则有:

$$\begin{aligned} V_k &= V_w - V_x \\ &= V_w - V_w (h_k/h)^3 = V_w [1 - (h_k/h)^3] \end{aligned}$$

现将  $V_w = (1/3)S_1 \times L$  代入上式, 整理后可得:

$$V_k = [(1/3)S_1 \times L][1 - (h_k/h)^3]$$

如再将该  $V_k$  的函数式以等量转换成由其  $S_1$  为底面积及与该底面积垂直的平推距离为  $P$  的板状体, 即:  $V_k = S_1 P$ , 可得:  $P = V_k/S_1$ , 则便可导出其锥形尖推下该或板状平推距离的计算公式(4)。

现将  $V_k$  的函数式代入  $P = V_k/S_1$  中, 有:

$$P = V_k/S_1 = [(1/3)S_1 \times L][1 - (h_k/h)^3]/S_1, \text{ 即得:}$$

$$P = L[1 - (h_k/h)^3]/3 \quad (4)$$

式(4)中:  $P$  为锥形尖推下的该或平推距离(m);  $h$  为矿体外推基准矿截面上的矿体平均真厚度(m);  $h_k$  为估算资源量工业指标的矿体最小可采厚度(m);  $L$  为锥形外推下设定的其尖灭距离(m)。

如设其推断资源量勘查工程间距为  $J$ , 则当以其  $J/2$  或  $(2/3)J$  作锥推下: 即其可分别为  $L=J/2$  或  $L=(2/3)J$ , 将其分别代入式(4)中, 则可分别得此该或平推距离计算的公式(5)与(6):

$$P = J[1 - (h_k/h)^3]/6 \quad (5)$$

$$P = 2J[1 - (h_k/h)^3]/9 \quad (6)$$

式(5)、式(6)中,  $J$  为推断资源量勘查工程间距(m), 其它变量意义同前。

式(5)、式(6)中可知, 只有当其矿体厚度  $h$  在趋于无限厚时: 在式(5)与式(6)中的其该或板状平推的最大极限距离才可分别达到其推断资源量勘查工程间距的  $1/6$  与  $2/9$ 。故此结果表明: 其现行规程、规范中要按推断资源量的勘查工程间距的  $1/2$  (或  $2/3$ ) 作锥形尖推时的该或  $1/4$  (或  $1/3$ ) 平推推断资源量的结果, 即是不可取的极不客观的估算结果。

### 2.4 对无矿天窗中计算或平推距离的建议

在其出现无矿天窗时, 如何进行对矿体向天窗中心外推, 这在《规范总则》与《通则》及《几何法》中均未涉及。笔者建议: 选用楔形尖推下的式(2)或式(3)确定推断资源量的估算平推距离要相对合理。不过要注意的是, 需按矿体的倾向或走向的工程连线上进行其平推确定估算边界。

### 3 结论

对上述探讨出固体矿产勘查规范、规程中其矿体外推,是在用推断资源的工程间距 1/2(及 2/3)尖推或 1/4(及 1/3)平推推断资源量中所存在的其均含有达不到预期经济可采这一资源量定义部分的问题,用科学的态度对待,即无论其所导致最终结果误差的大小,凡理论上存在问题,便应客观地针对性予以解决或改进。

本文采用了以该外推矿截面上的矿体平均厚度作抓手,对在依其相应尖推下的尖灭距离所内插出其达到最小可采厚度以上的矿体体积部分中进行计算体积值、并对该体积值以等体积量地转换为理想矩形的板状平推体的底面积与该或平推距离两计算参数的乘积为结果的其板状体积值后,从中导出了本文建议的对除在其采用米·百分值或米·克吨/值圈定的矿体外的矿体外推中,在以相应楔形尖推与锥形尖推下的该或平推距离计算的两公式分别如下:

(1)在楔推下的该或平推距离公式:

在按规程与规范相关要求的可对矿体估算楔形尖推或板状平推的推断资源量中,只要按其要求确定了该楔形尖推的其尖灭的距离,其正确估算其外推推断资源量中,则可采用下式(7)计算其平推距离进行板状平推推断资源量:

$$P = L[1 - (h_k/h)^2]/2 \quad (7)$$

式(7)中, $P$ 为矿体外推在作楔形尖推下的该或板状平推距离(m); $h$ 为矿体外推基准矿截面上的其矿体平均厚度(m); $h_k$ 为估算资源量工业指标的其矿体最小可采厚度(m); $L$ 为矿体外推在作楔形尖推下设定的其尖灭距离(m)。

(2)在锥推下的该或平推距离公式:

在按规程与规范相关要求的可对矿体估算锥

形尖推下的该或板状平推的推断资源量中,只要按其要求确定了该锥形尖推的其尖灭的距离,其正确估算其外推推断资源量中,则可采用式(8)计算其平推距离进行板状平推推断资源量:

$$P = L[1 - (h_k/h)^3]/3 \quad (8)$$

式(8)中, $P$ 为矿体外推在作锥形尖推下的或板状平推距离(m); $h$ 为矿体外推基准矿截面上的矿体平均厚度(m); $h_k$ 为估算资源量工业指标中的矿体最小可采厚度(m); $L$ 为矿体外推在作锥形尖推下相应设定的其尖灭距离(m)。

总之,在对固体矿产勘查中的资源量估算中的矿体的外推,从数理层面上进行对外推推断资源量中的体积计算也应结合到按资源量分类定义属性上探讨,这是对矿体外推中由以往传统的粗放型实现转型上升到向精准型发展趋势的必然过程。因此,对其现行规程中有关对矿体外推推断资源量中的存在问题开展商榷与探讨,是有着一定的现实意义。

**致谢** 山西岩玉地质勘测有限公司武文杰工程师给予对文中插图上给予了帮助,审稿专家和编辑提出了宝贵意见,在此一并深表感谢!

### 参考文献

- 中华人民共和国自然资源部. 2020a. DZ/T 0338. 1-2020 固体矿产资源量估算规程第 1 部分: 通则几何法[S]. 北京: 地质出版社, 4-6.
- 中华人民共和国自然资源部. 2020b. DZ/T 0338. 2-2020 固体矿产资源量估算规程第 2 部分: 几何法[S]. 北京: 地质出版社, 3.
- 中国国家标准化管理委员会. 2016. GB/T 33444-2016 固体矿产勘查工作规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 48-50.
- 中国国家标准化管理委员会. 2020a. GB/T 13908-2020 固体矿产地质勘查规范总则[S]. 北京: 中国标准出版社, 14-16.
- 中国国家标准化管理委员会. 2020b. GB/T 17766-2020 固体矿产资源储量分类[S]. 北京: 中国标准出版社, 1-4.
- 武晗. 2017. 固体矿产勘查中矿体外推问题[J]. 地质找矿论丛, 32(3): 505-508.