

矿产经济

固体矿产资源储量估算应注意的问题

张起钻^{1,2}, 杨建功³

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 广西壮族自治区地质矿产勘查开发局, 南宁 530023;

3. 有色金属矿产地质调查中心, 北京 100012)

[摘要] 参与资源储量估算的探矿工程和原始资料质量应符合规范要求, 并正确引用工业指标, 根据地质规律和规范要求合理圈定和外推矿体; 估算方法要符合矿床地质特征, 能用简单方法的不用复杂方法; 按照规范要求合理确定资源储量类型, 块段划分要考虑资源储量类型、矿石类型和工程网度等; 正确确定估算参数。从而获得可靠的资源储量结果。

[关键词] 资源储量 估算 矿体圈定 矿体外推 估算参数

[中图分类号] P624.6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2008)04-0074-05

地质勘查成果最终集中体现到所探获的资源储量上, 资源储量是衡量矿床潜在经济价值和矿山开发建设的最重要依据, 其可靠性对矿山建设成败至关重要; 而资源储量估算的过程正确与否和工作精度如何, 直接影响到资源储量的可靠性。所以, 资源储量估算的全过程必须正确无误。

1 资源储量估算的一般原则

1) 参与资源储量估算的各项探矿工程的质量, 应符合有关规范、规程和规定的要求^[1]。

2) 资源储量估算必须在综合研究矿床地质条件、控矿因素的基础上, 严格按工业指标正确圈定矿体的前提下进行。

3) 根据矿床资源储量的分类结果, 按矿体、资源储量类型、矿石类型 [当选 (冶) 试验证实矿石性质差异大, 有可能进行分采、分选时, 应考虑分矿石类型进行估算] 和块段分别估算各矿体及矿床的矿石量、金属量和平均品位。

4) 矿床中氧化带、混合带、原生带发育时, 应分别估算资源储量。混合带不发育时, 可视实际情况将其划入氧化带或原生带进行估算。

5) 达到工业要求的共生组分, 应分别圈定矿体估算资源储量。

6) 资源储量的单位按各矿种规范的要求确定。通常情况下, 一般矿产矿石量单位为万吨, 金属量为

吨, 伴生稀贵金属的金属量为千克; 独立或共生金及稀贵金属矿石量单位为吨, 金属量为千克。一般矿产的矿石品位以质量分数 (%) 计, 金、银及稀贵金属矿石品位以质量分数 (10^{-6}) 计。

7) 估算资源储量时, 应扣除截至勘查工作结束时采空区的资源储量。永久性建筑物等压覆的资源储量应予说明。

8) 资源储量估算的方法应根据矿床的地质特征、矿体的赋存状态、勘查工程的分布情况等因素进行选择。对估算方法及其结果的正确性一般应进行检验, 可选择一部分有代表性的块段或矿体, 采用其他方法进行检验估算。

9) 应用地质统计学方法估算资源储量时, 所用的软件应是国家矿产资源储量主管部门评审认可, 或是工业部门长期实际应用中证实是可行的软件。资源储量估算应在品位数据结构分析、区域化变量的变异函数研究、正确确定资源储量估值参数及选择估值方法的条件下进行。

2 资源储量估算范围

说明资源储量估算的平面范围如起止剖面线或拐点坐标, 垂向范围如起止标高或埋藏深度; 参加资源储量估算的矿体数和矿体号。估算范围超出矿权范围的, 应分矿权证内、证外分别估算资源储量。

[收稿日期] 2007-10-16; [修订日期] 2008-1-29。

[第一作者简介] 张起钻 (1965—), 男, 1988年毕业于合肥工业大学, 获硕士学位, 在读博士生, 教授级高工, 现主要从事矿产地质勘查与研究工作。

3 资源储量估算的工业指标

矿床工业指标是圈定矿体、估算资源储量的重要技术经济指标。确定工业指标既要考虑能圈定出具有一定规模的工业矿体,又涉及到政府对矿产资源的监督管理,一定要符合矿床的实际情况和政府主管部门的有关规定。其确定方法基本上有四种:

1) 继承法

如果矿床曾经进行过勘查,已有有关部门批准或下达的工业指标,该工业指标也适应矿床当前的技术经济条件,可直接引用。但应说明该工业指标来源的文件名称、文号、批准时间和批准单位。

2) 类比法

如果矿床邻近有同类型可类比的矿床(山),可使用该矿床(山)的工业指标,估算相应类型的资源储量。类比时要考虑矿床内部特征(矿体特征、矿石加工技术性能、开采技术条件等)和外部建设条件的一致性 or 相近性。类比法确定的工业指标与一般工业指标一致时,可不报批。否则,要上报政府主管部门批准。

3) 一般法

一般情况下,从政府主管部门发布的或相应矿种勘查规范建议的矿床一般工业指标中选取。取值范围不能超出一般工业指标的浮动范围,具体指标根据矿床的实际情况确定。矿床内、外部条件好时取下限值,反之取上限值。这样确定的工业指标不需要详细论证,也不需要报批,程序简便。该方法一般适应于普查和预查阶段,详查和勘探阶段也可以用。

4) 论证法

在详查、勘探阶段,一般应结合矿床预可行性研究和可行性研究,论证制定该矿床合理的工业指标,并上报政府主管部门批准后,作为圈定矿体、估算资源储量的依据。工业指标论证应由具有可行性研究资质的单位完成。

4 矿体的圈定和外推原则

1) 矿体圈定

在单工程中根据矿床工业指标从等于或大于边界品位的样品圈起,将矿体中等于或大于夹石剔除厚度的无矿样品作为夹石圈出,当平均品位和真厚度达到工业要求时即为矿体;当矿体的真厚度小于最小可采厚度、但品位较高,其厚度与品位的乘积达到米百分值或米克吨值指标时,也可作为矿体。

圈定矿体时,单工程中若遇连续有多个大于边界品位而小于最低工业品位的低品位矿时,当其厚度小于“夹石剔除厚度”时,可以带入矿体;当其厚度大于“夹石剔除厚度”时,不应带入矿体,而应单独圈出作为低品位矿。总的原则是:对于厚大且又能连片的低品位矿应单独圈出;对于厚度不大且分布零星难以分采的低品位矿无需单独圈出,而应圈入矿体中参与矿体厚度和平均品位估算。但投资者另有要求的则从其要求^[2]。

2) 矿体连接

应先连接控制矿体的地质现象界线,然后根据主要控矿地质特征连接矿体。矿体的连接一般采用直线,在充分掌握矿体的形态特征时,可用自然曲线连接,但工程间矿体的厚度不应大于相邻两工程中的最大见矿厚度。

3) 矿体外推^[2]

矿体的外推是指矿体在剖面(倾斜)和平面(走向)上的推断。水平或垂直纵投影图上矿体的资源储量估算边界只能根据剖面图和平面图来确定。在有充分依据的情况下,可科学地确定外推长度。当无规律可循时,矿体有限外推,按实际控制网度的二分之一尖状外推或四分之一板状外推;当矿体边部相邻工程中存在大于边界品位二分之一矿化时,可作三分之一尖状外推或三分之一板状外推。矿体无限外推,应视矿体稳定程度和周围工程控制程度而定,最大外推距离不得超过一个相应勘查网度的工程间距;当已经证实矿体是小矿体群时,其无限外推的长度不能大于矿体已知的长度和延深。采用米百分值或米克吨值圈定矿体时不得外推,但普遍以米百分值或米克吨值圈定的薄脉型矿体除外。

探明的和控制的资源储量只能用工程实际圈定,不能外推;控制的资源储量可以外推推断的资源量,探矿工程圈定的推断的资源量可以外推预测的资源量;资源储量不能连续外推,如控制的资源储量外推的推断的资源量,不能再外推预测的资源量。

5 资源储量估算方法的选择及其依据

从矿体的形态、产状、规模和勘查工程的布置方式等方面论述所选择的资源储量估算方法的合理性及其依据。在估算方法的选择上,能用简单方法的就不要用复杂方法。常用的资源储量估算方法有两大类:传统方法和地质统计学方法。

5.1 传统方法

实际上就是几何图形法,是我国长期使用的一

种行之有效的办法,特别是对于形态简单、矿化均一的矿体是很有效的。这种方法是将矿体空间形态分割成多个较简单的几何形态,将矿石组分均一化,估算矿体的体积、平均体积质量(体重)、平均品位、矿石量、金属量等。其特点是直观明了,但估算过程的图、表较为繁多。

常用的传统方法有剖面法和块段法,其次有算术平均法、最近地区法、等直线法、等高线法、统计法、直线法、综合法等。文章重点介绍剖面法和块段法。

1) 剖面法:也叫断面法。适应于各种地质特征的矿床,特别是矿体厚度较大或厚度变化大、构造复杂,因断层分割重叠或矿体成褶曲状态,矿体形态复杂或变化较大以及矿体沿厚度方向划分为若干品级或矿石类型的矿床。在勘查方法上适用于探矿工程沿垂直剖面线或水平断面布置、且见矿位置偏离剖面线或水平断面距离不太大(小于或等于相应资源类型工程间距的四分之一)的矿床。

剖面法估算资源储量的直接图件是资源储量估算剖面图或中段平面图。主要参数有单工程穿矿厚度和平均品位,剖面或中段面积上的平均品位,块段平均品位,块段在剖面或中段上的面积,块段相邻两个剖面或中段之间的距离,块段体积,块段平均体积质量(体重)。矿体(块段)厚度不是估算资源储量的直接参数。

根据探矿工程的布置方法和勘查手段,剖面法分为垂直剖面法和水平剖面法:垂直剖面法:适应于以钻探为主的探矿工程沿垂直剖面布置、见矿位置偏离剖面线不太大的矿床。在两勘探线剖面(或一剖面与其外推部分)之间估算资源储量;水平剖面法:适应于以穿脉、沿脉等水平坑探及坑内水平钻探为主的探矿工程沿水平断面布置、见矿位置偏离水平断面不太大的筒状、柱状或囊状等陡倾斜矿体。在两水平断面(或一水平断面与其外推部分)之间估算资源储量。

2) 块段法:适应于形态简单的层状、似层状、薄层状、脉状矿体和规模小的矿体;厚度、品位变化不大的矿体。在勘查方法上适用于各种勘查方法,但探矿工程要较密且分布较均匀。

块段法估算资源储量的直接图件是矿体垂直纵投影图或水平投影图。主要参数有单工程穿矿厚度和平均品位,块段平均品位,单工程矿体水平厚度或铅垂厚度,块段平均水平厚度或平均铅垂厚度,块段体积,块段平均体积质量(体重)。矿体(块段)水平

厚度或铅垂厚度是估算资源储量的直接参数。

块段法分为地质块段法和开采块段法,前者主要根据地质探矿工程划分块段,后者主要根据生产探矿工程和生产坑道划分块段。

5.2 地质统计学方法

是以区域化变量理论作为基础,以变异函数作为主要工具,对既具有随机性、又具有结构性的变量进行统计学研究,估算时能充分考虑品位的空间变异性 and 矿化强度在空间的分布特征,使估算结果更加符合地质规律,置信度高,但需有较多的样本个体为基础^[3]。

近年来国际上常用的和国人研究开发的一些地质统计学矿产资源储量估算软件获得了我国矿产资源储量管理部门的评审认可,在我国得到了广泛的推广应用^[4]。如三维普通克立格法程序系统、三维协同克立格法程序系统、CGES地勘系统软件、KPX地质统计学储量计算、矿化模型CAD管理系统、MFCROM NE资源储量估算软件、SD储量计算法、VES可视化固体矿产勘查微机评价系统、东方矿体经济评价系统、CS11储量估算法等。

6 资源储量分类和块段划分原则

在确定矿体边界的基础上,根据勘查工程的控制程度(即探明的、控制的、推断的和预测的)和对矿床的研究程度(矿石质量和选冶性能、矿床开采技术条件等),并结合可行性评价确定的经济意义,依据《固体矿产资源储量分类》^[5],详细划分并圈定资源储量类型^[6,7]。应说明各类型资源储量的具体划分条件,并在资源储量估算图上标明各类型资源储量在空间上的分布情况。

资源储量估算块段划分,要考虑资源储量类型、矿石类型和工程网度等。原则上同一资源储量类型、同一矿石类型沿矿体走向按相应网度的剖面线控制间距、沿倾斜按一个或数个开采中段的段高划分为一个块段。当矿体厚度和品位均匀时,同类型的块段可适当划大些。并说明块段的编号方法。

7 资源储量估算参数的确定

7.1 平均品位计算

1) 单工程平均品位计算:一般用样长加权法求得,当采样长度基本相等或样品品位均匀时,可用算术平均法计算。样品中有特高品位时,则应先处理特高品位,再计算单工程平均品位。

特高品位处理:通常把单样品位大于等于矿体(床)平均品位 6~8 倍的样品称为特高品位,确定特高品位时,当矿体品位变化系数大时,取上限值,变化系数小时取下限值^[3]。在计算单工程平均品位圈定矿体时,往往尚不知道准确的矿体(床)平均品位,这时可以把参加单个矿体圈定的样品的平均值作为该矿体的平均品位,或者把参加所有矿体圈定的样品的平均值作为矿床平均品位,来确定特高品位。

处理特高品位前,首先应对被视为特高品位的样品的副样进行第二次内检分析,当两次分析的结果在允许误差范围内时,用第一次的结果作为待处理的特高品位值。处理方法一般是用特高品位参加计算的块段或单工程(矿体厚度较大时)平均品位,代替该样品品位参与单工程平均品位的正常计算;如果特高品位呈有规律分布,且可以圈出高品位块段时,则可将特高品位单独圈出,单独估算其资源储量^[1],不再用代替法处理特高品位。

对已处理的特高品位应说明处理情况,可以用表格逐个列出特高品位所在的工程号、块段号、特高品位值、处理后的品位值等。

2) 面积平均品位计算:用单工程(或样品段)穿矿厚度加权法求得。

3) 块段平均品位计算:用剖面法估算资源储量时,通常采用面积加权法求取块段平均品位;用块段法估算时,通常采用单工程(或样品段)水平厚度或铅垂厚度加权法求取块段平均品位。

4) 矿床(同类型、矿体)平均品位计算:用矿床(同类型、矿体)金属量除以其矿石量求得;对于只估算矿石量未估算金属量的矿产,其平均品位用矿石量加权法求得。

7.2 平均厚度计算

首先根据有关公式计算单工程矿体的真厚度、水平厚度、铅垂厚度。

块段平均厚度一般用算术平均法求得,只有当矿体厚度变化很大,且工程分布不均匀时,才用单工程中矿体的厚度与该工程上、下或两侧影响的长度加权平均求得。

7.3 面积测定

面积测定可采用几何图形法、求积仪法、方格纸法等方法,应测定两次以上,取满足规定误差要求的两次测量值的平均值作为块段资源储量估算的面积

值;目前广泛采用在数字化图纸上直接用计算机测定面积,既快捷又准确。

7.4 体积计算

用剖面法估算资源储量时,以块段相邻的两个剖面面积与其之间的距离,采用合适的公式求得块段体积;用块段法估算时,以块段面积与块段平均水平厚度或平均铅垂厚度相乘求得块段体积。

7.5 矿石体积质量(体重)

参与资源储量估算的体积质量(体重)、湿度等参数,须以实际测定值为依据。一般取小体积质量(体重)的平均值进行资源储量估算,只有当矿石极为松散和裂隙很发育时,才用大体积质量(体重)估算资源储量。各矿石类型的体积质量(体重)差异大时,资源储量估算应分别采用该矿石类型的平均体积质量(体重),平均体积质量(体重)一般用算术平均法求得;也可根据体积质量(体重)值与矿石中密切相关的因素建立回归函数,计算各个块段的体积质量(体重)。

7.6 各类数据的取舍原则

说明资源储量估算过程中各类数据小数位保留和取舍原则、字面保留小数位与实际运算过程中数据的小数位是否一致等。

8 资源储量估算结果

说明资源储量估算截至的基准日期;以文字和表格形式说明此次工作探获资源储量的类型、矿石量、金属量、平均品位及其合计数。如果矿区范围大矿权范围小,应按矿权范围内、外分别列出探获的资源储量。

9 伴生组分资源储量估算

说明伴生组分资源储量估算方法,列出伴生组分资源储量估算结果。

对矿床中已达到伴生组分工业指标要求,并已查明其赋存状态和工业利用途径的伴生组分要进行资源储量估算。估算伴生组分资源储量时,一般不需单独圈定矿体,而采用主组分块段或矿体的矿石量和在此矿石量范围内计算出的伴生组分平均品位,估算伴生组分的金属量和平均品位,即伴生组分的矿石量一般等于或小于主组分矿石量。

10 资源储量估算中需要说明的问题

对资源储量估算中与前述原则不一致的特殊处理问题予以说明。说明问题应阐明理由、处理原则、方法,并评述其影响程度。

11 附表

主要是资源储量估算综合表,根据资源储量估算方法的不同,可以取舍或增加。 单项工程平均品位计算表; 矿体剖面面积平均品位计算表; 矿体块段平均品位计算表; 单工程矿体厚度计算表; 块段平均厚度计算表; 块段面积测定表; 块段体积计算表; 块段矿石量、金属量计算表; 矿体、矿床矿石量、金属量汇总表。

[参考文献]

- [1] 潘龙驹,杨建功,甘先平,等. 铜、铅、锌、银、镍、钼矿地质勘查规范 (DZ/T0214 - 2002) [M]. 北京:地质出版社,2003.
- [2] 国土资源部矿产资源储量司. 固体矿产地质勘查规范的新变革 [M]. 北京:地质出版社,2003.
- [3] 邵厥年,严铁雄,宾德智,等. 固体矿产地质勘查规范总则 (GB/T13908 - 2002) [M]. 北京:中国标准出版社,2002.
- [4] 国土资源部储量司. 矿产资源储量计算方法汇编 [M]. 北京:地质出版社,2000.
- [5] 钱大都,严铁雄,李书乐,等. 固体矿产资源 储量分类 (GB/T17766 - 1999) [M]. 北京:中国标准出版社,1999.
- [6] 杨建力. 我国矿产资源储量管理已与国际接轨 [J]. 地质与勘探,2001,37(2):9 - 11.
- [7] 杨建力. 固体矿产资源储量分类及其类裂条件 [J]. 中国地质矿产经济,2000,13(7):5 - 9.

COMMON QUESTIONS ABOUT ESTIMATION OF SOLID MINERAL RESOURCES RESERVES

ZHANG Qi-zuan^{1,2}, YANG Jian-gong³

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083;

2. Guangxi Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Nanning 530023;

3. China Survey of Nonferrous Metals Resource Geology, Beijing 100012)

Abstract: Quality of prospecting engineering and primary data involving in resources reserve estimation should be in accord with criterion requirements. Orebody delineation and extrapolation should be conducted based on geologic law and correct cutoff grade. Based on ore geology, the method of resources reserve estimation should be straightforward. During partitioning orebody block, resources reserve types, ore types and engineering networks must be properly confirmed in terms of criterion requirements. The credible resources reserves can be gained as a result of determination of accurate parameters used for reserves estimating.

Key words: resources reserves, estimation, orebody delineation, orebody extrapolate, estimation parameter