

不同方式特高品位处理方法差异性研究

A study of the differences between two methods of handling ultra-high-grade value in resource estimation

贺超, 魏威, 王亮, 赵宇飞(北方矿业有限责任公司, 中国北京 100053)

摘要:矿床地质品位是评判矿山项目价值的重要依据,特高品位值对贵金属矿和有色金属矿的资源量估算结果影响较大,进而会影响到项目估值,因此是项目并购中需要重点关注的部分。目前行业内采用均值倍数以及概率图等不同方式来确定特高品位,两种方式两种方法各有特色,本文通过对非洲某金矿的资源估算研究,分析采用这两种特高品位处理方法在估值结果上存在的差异,为中资企业的海外矿业项目并购提供参考。

关键词:特高品位; 概率图; 地质统计学; 克里格

中图分类号: TD163 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2021)04-0068-03

Abstract: The mineral grade of a deposit is an important yardstick for the evaluation of a mine. The ultra-high-grade value has a major effect on the resource estimation of precious and non-ferrous metallic mines, and in turn affects project valuation, hence a key issue to consider in project acquisition. Current practices of handling ultra-high-grade values include average multiples and probability plot. Each of the two has its own merits. This paper is a study of the two methods by comparing their estimation results, providing a reference for Chinese investors in acquiring overseas mines.

Key words: ultra-high-grade; probability plot; geological statistics; Kriging

1 前言

矿床地质品位是评判矿山项目价值的重要依据^[1],特高品位值对贵金属矿和有色金属矿的资源量估算结果影响较大,如处理不慎重,容易造成品位的高估或低估,进而影响到项目估值。特高品位比所研究的全部样品值的算术平均值或中位数值要高得多,属于统计学上的异常值,但所研究的地质体中确实存在上述情况^[2]。为解决特高品位对品位估值造成的偏离,行业内目前存在不同的处理方法,目的均是通过某种原则降低特高品位值。在我国《固体矿产地质勘查规范总则》(GB/T 13908—2020)^[3]中规定“当矿体中某有用组分的单样品位高于矿体平均品位6~8倍时,应认定为特高品位;对于特高品位,一般用特高品位所在工程影响块段的平均品位代替”,西方常用地质统计学中的概率论正态分布函数有关准则和原理来进行特高品位的确定和处理^[4-5]。通过曲线平滑程度以及置信区间

来判断特高品位值^[6-7]。两种方法各有特色,但是做法与原理截然不同,技术人员有时会陷入采用哪种方法的困惑。本文通过在非洲某金矿资源估算工作中同时应用两种方法进行对比,比较其对插值结果的影响,为企业的海外矿业项目并购提供参考。

2 项目概况

项目位于西非内陆,矿区所在地区岩石从前寒武到三叠系均有分布。赋存该金矿床的为上元古界粗粒正长岩侵入体,位于火山沉积序列,后又变质成镁铁质及绢云母质片岩。矿床主体由一系列含金石英-碳酸岩脉、细脉、网状脉构成,与近水平倾向的钠长石蚀变带紧密相关,在钠长石化的正长岩中遍布弥散状的金矿化。矿化矿物组合包括金、黄铁矿和少量的银、闪锌矿、方铅矿,随着深度增加,基本金属硫化矿物增多。通过矿体解译,可以看到其矿化域呈一系列叠置的近水平透镜体,矿体众多,如图1所示。

3 地质品位统计分析结果

项目共计完成钻孔640个,勘探间距为20 m × 20 m和40 m × 40 m。矿体内部的样本数理统计结果见表1。样本平均品位为2.8 g/t,品位最大值为228 g/t,变化系数等于2.66,这说明该矿化域矿化

[作者简介] 贺超(1983-),男,甘肃嘉峪关人,硕士,采矿工程师,澳大利亚采矿与冶金学会会员,主要从事矿山项目评估及数字化矿山工作。

[引用格式] 贺超,魏威,王亮,等.不同方式特高品位处理方法差异性研究[J].中国矿山工程,2021,50(4):68-70+37.

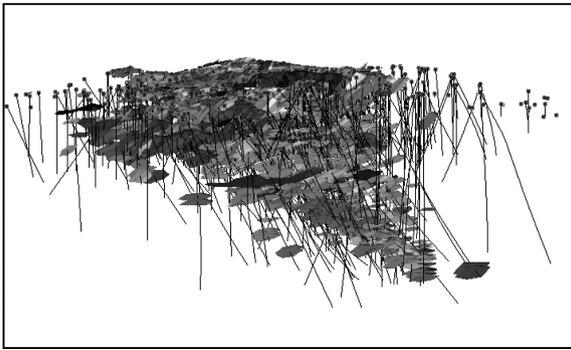


图1 矿体三维示意图

表1 矿体样本数理统计结果表

种类	最小值	最大值	样本数	均值	方差	标准偏差	+1σ	+2σ	+3σ	变化系数
金品位	0.001	228	9756	2.8	55.78	7.47	3.79	20.1	73.4	2.66

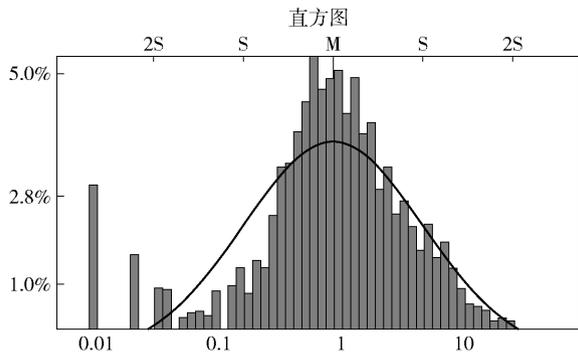


图2 矿体内部样本统计直方图

4 特高品位确定和处理

4.1 特高品位的确定

1) 取均值倍数法

根据《固体矿产地质勘查规范总则》,“当矿体中某有用组分的单样品位高于矿体平均品位6~8倍时,应认定为特高品位。有用组分变化均匀时取6倍,较均匀时取7倍,不均匀时取8倍”。根据表1的结果,结合行业经验,变化系数等于2.66,这说明该矿化域矿化不均匀,故特高品位取平均品位的8倍,计算得特高品位值为22.4 g/t,9756个样本中205个超过该值。

2) 地质统计学方法

使用矿体内部样本生成概率图,具体如图3所示,图中品位分布曲线总体显示出了较为连续的斜率,曲线平滑处末端为73.4 g/t,置信区间为+3σ,即为99.86%分位数。置信区间是指由样本统计量所构造的总体参数的估计区间。在统计学中,一个概率样本的置信区间(Confidence interval)是对这个

不均匀,判断其内部存在特高品位,需要对特高品位进行处理。完成对数变换之后,直方图呈现单峰,样本库整体服从对数正态分布,如图2所示。样本库整体服从正态分布即可认为该矿体适用克里格法。

整体统计结果还表明该样本库置信区间+1σ(84%分位数)为3.79 g/t,+2σ(97.7%分位数)为20.1 g/t,+3σ(99.86%分位数)为73.4 g/t。特高品位取值通常在+3σ范围内结合概率图进行判断。

样本的某个总体参数的区间估计。置信区间展现的是这个参数的真实值有一定概率落在测量结果周围的程度。经统计,9756个样本中有16个超过该值,属于异常值,确定73.4 g/t为特高品位。

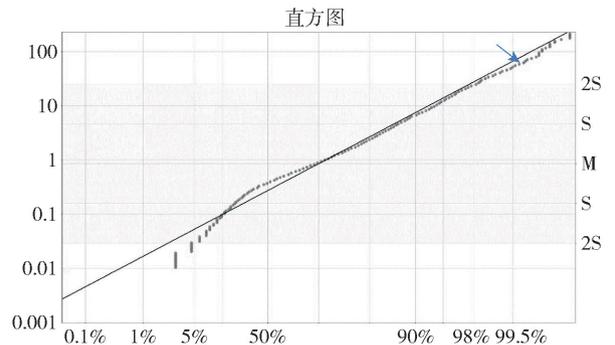


图3 矿体内部金品位分布概率图(箭头处为特高品位取值)

4.2 特高品位的处理方式

采用特高品位值作为阈值代替所有大于特高品位值的样本值。本次分别使用22.4 g/t和73.4 g/t作为阈值,替换大于样本值中阈值的部分。由于阈值仍会有限提高周围区域的品位,这样既不会造成周围区域品位的剧烈提高,总金属量也不会因为完全除去了特高品位而过度降低。值得一提的是,处理之前需要仔细观察特高品位是否形成了特高矿段,如是则应单独圈定、估值,而不应进行处理。本项目经过观察分析,不存在特高矿段。

5 克里格插值

1) 插值方法

矿体走向方向品位变化连续性较为明显,资源

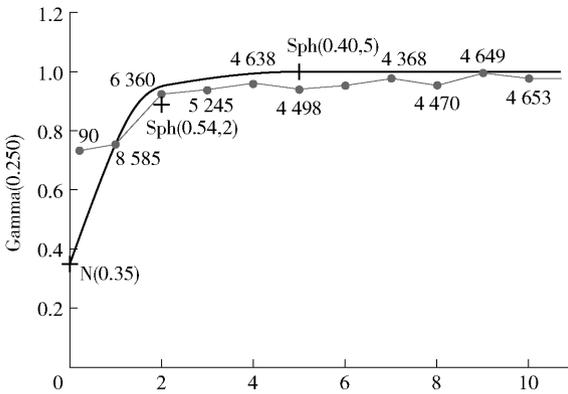
估算采用动态各向异性普通克里格法,以确保对各方面的品位变化估值合理,分别采用两种特高品位标准处理样本后进行插值。使用同一个变异函数对每个小矿体单独进行插值。

2) 样本组合

组合样品以 1 m 样长为标准完成。对组合后的样品进行统计和析散分析,认为组合时的聚类并没有给数据带来偏差,所以不再做析散处理(Declustering)。

3) 拟合变异函数

对样本进行正态分数变换(Normal score transform)后,采用套合结构变异函数拟合,具体如图 4 所示,块金值为 0.35,其他具体参数见表 2。因为矿体走向倾向在局部存在差异,所有的估算都基于局部矿化特征使用动态各向异性方法来矫正其变异函数定向。



4) 椭球体参数

综合考虑勘探间距以及变程,椭球体半径分别采用 20 m、40 m 进行插值,每个扇区最多取 24 个样本,最少 4 个样本,运算域第一次插值记 1,第二次记 2。

5) 块尺寸

综合考虑克里格效率以及勘探间距,品位变化连续性确定块体尺寸为 10 m × 10 m × 1 m。

表 2 变异函数结构参数

方位	块金值	变异函数 1		变异函数 2	
		基台值	变程	基台值	变程
00→025	0.35	0.52	5	0.24	25
-30→295	0.35	0.52	5	0.24	25
60→115	0.35	0.52	5	0.24	5

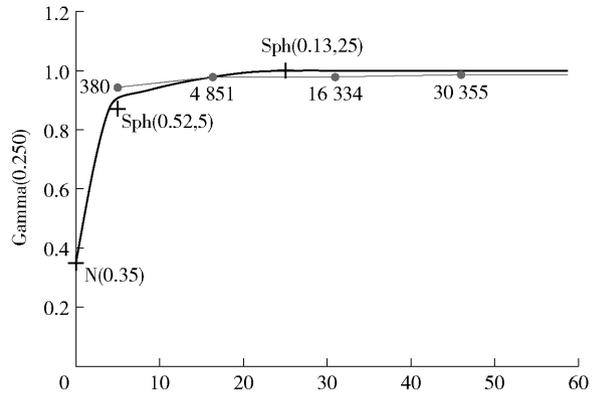


图 4 拟合变异函数

6 估算结果对比

根据地质边界品位 0.3 g/t 估算资源量,结果表明模型中的资源量采用中国规范处理特高品位(22.4 g/t, 见表 3)和采用西方地质统计学方法处理特高品位(73.4 g/t, 见表 4)估值对比结果见表 5,前者金属总量要比后者少 5.96 t,较后者金属总量比例约为 12.5%,在项目估值两个结果必然会产生较大的差距。从本项目的情况分析,中国规范中测算特高品位值的上限明显低于地质统计学确定的上限,且特高品位总量偏多,低估特高品位的可能性较

表 3 中国规范处理特高品位 22.4 g/t 估算结果

运算域	矿石量/万 t	平均品位/g·t ⁻¹	金属量/t
1	1 729	2.56	44.26
2	136	2.64	3.59
合计	1 864	2.56	47.72

表 4 西方处理特高品位 73.4 g/t 估算结果

运算域	矿石量/万 t	平均品位/g·t ⁻¹	金属量/t
1	1 729	2.9	50.14
2	136	2.64	3.59
合计	1 864	2.88	53.68

表 5 估算结果对比

西方规范	中国规范	西、中方金属量差异(a-b)/t	百分比 $\frac{a-b}{b} / \%$
73.4 g/t 特高品位金属量 a/t	22.4 g/t 特高品位金属量 b/t		
53.68	47.72	5.96	12.5

大。采用频率分布曲线同时参考特高品位分布和总量来确定特高品位较为合适。但并不意味这一规律具有普适性,每个项目均应单独分析。