

数理统计法在处理老鸦巢IV号金矿体 特高品位中的应用研究

Research on Application of Mathematical Statistical Method in Processing
Laoyachao IV Gold Ore Body with Very High Grade

蔡亚飞, 左昌虎, 刘崇龙, 李红湘(湖南水口山有色金属有限责任公司, 湖南 衡阳 421513)

摘要:在矿产资源储量估算过程中,经常会遇到样品特高品位的处理,目前对于特高品位处理常用方法有两种,即传统倍数法和数理统计法。本文以老鸦巢IV号金矿体二期详查报告中的取样数据为研究对象,采用水平断面法进行资源量估算,针对倍数法处理特高品位存在地质品位偏高的现象,从倍数法、数理统计法两方面对比探讨特高品位下限值及处理结果合理性。研究表明,倍数法缺乏统计学的理论依据,只是经验而为;数理统计却能很好的考虑到相关统计特征数值,具有数理统计意义。经数理统计处理后,样品品位变化系数有一定程度降低,样品的算术平均值接近且小于西舍尔估值,加权品位降了0.35g/t,处理后地质品位与实际出矿情况更吻合,减弱了特高品位样品的影响。

关键词:资源储量估算;特高品位;传统倍数法;数理统计法;对比探讨

中图分类号: TD912 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2022)06-0030-05

Abstract: In the process of mineral reserve estimation, we often come across the processing of samples with exceptionally high grades, and presently there are two common methods for processing exceptionally high grades, namely Traditional Multiplier Method and Mathematical Statistical Method. By taking the sampling data from the general exploration report of Laoyachao IV gold ore body (Phase II) as the research object, this paper employs the horizontal section method to conduct the resource estimation, and in view of the phenomenon where the geological grades obtained by using the multiplier method are usually undesirably high, it also discusses the lower limit value of exceptionally high grade and the reasonableness of the processing result from multiplier method and mathematical statistical method. The research shows that the multiplier method lacks the theoretical basis of statistics and is only empirical, while mathematical statistics can well take into account the values of relevant statistical characteristics and has mathematical and statistical implications. After the mathematical and statistical processing, the sample grade variation coefficient has been reduced to some extent, the arithmetic mean of the samples is close to and less than the Sichel valuation, the weighted grade is reduced by 0.35 g/t, the geological grade after processing is more consistent with the actual conditions of RoM ore, mitigating the influence of the extra high grade samples.

Key words: resource reserve estimation; very high grade; traditional multiplier method; mathematical statistical method; comparative discussion

1 前言

一般金属矿床常见矿化不均匀,矿体品位波动较大,取样结果出现个别样品品位特高、极高现象,拉高了单工程的平均品位,以致影响矿块整体平均品位的估算工作^[1]。在老鸦巢IV号金矿体二期详

查中,这一现象尤为明显,致出矿品位与地质品位严重不符,直接影响矿体储量估算的精准度,需地质工作人员更正样品特高品位下限的界定值,并再次对超过下限值的特高品位进行处理。目前我们国家地勘行业的资源量估算,对于特高品位处理常用方法有两种,即数理统计法和传统的倍数法,且以倍数法为主^[2]。对于相同矿体特高品位的具体处理,目前地质人员没有判断其关于特高品位界定下限值和处理是否正确的理论方法,但倍数法是粗略的统计分析和经验而为,而数理统计法却可以因矿而异,以统计学理论为指导,根据矿体品位实际情况而进行,因此数理统计法可以作为决定特高品位下限值的重要

[作者简介] 蔡亚飞(1992-),男,河南开封人,助理工程师,从事矿山地质、资源勘查工作。

[引用格式] 蔡亚飞,左昌虎,刘崇龙,等.数理统计法在处理老鸦巢IV号金矿体特高品位中的应用研究[J].中国矿山工程,2022,51(6):30-34.

参考^[3]。

针对矿化不均匀金矿体的特高品位,亟需采用一种行之有效的处理方法,避免特高品位值拉高矿体平均品位。本文拟以老鸦巢IV号金矿体为研究对象,二期详查报告中的取样数据为依据,采用水平断面法进行资源量估算,在传统倍数法处理特高品位的基础上,试图从数理统计方面入手,探讨特高品位下限值,并尝试对特高品位进行处理,以期处理后的品位更加贴近实际。

2 地质概况

老鸦巢IV号金矿体主要赋存在隐爆角砾岩震碎角砾岩和接触破碎角砾岩中。通过详查,已控制七中段~十三中段区间内I、II、IV号金矿体,其中金矿体以IV号矿体为主,金资源储量占75.6%,次为I、II、III号矿体,金资源储量占19.4%,其余均为小矿体,目前是铅锌矿的主要开采矿种^[4]。

本次以被圈定为IV号金矿的钻孔取样和刻槽取样为对象,倍数法处理数据2341组,样本数理统计结果见表1。处理前金矿平均品位为4.30 g/t,变化系数等于111%,这说明该矿化较均匀。

表1 IV号矿体金品位原始数据相关特征数

原始数据	统计量
算术均值	4.30
加权平均值	4.28
方差	22.88
标准差	4.78
最小值	0.05
最大值	77.53

3 确定特高品位下限的方法

3.1 倍数法

勘查规范对金矿床特高品位最低界限有相应规定,执行规范的规定即规范要求的倍数法。相关规范主要有DZ/T0205—2020《岩金矿地质勘查规范》和GB/T13908—2020《固体矿产地质勘查规范总则》。根据目前的规范,单样品位值高于矿床(体)平均品位6~8倍以上的样品确定为特高品位样。确定特高品位下限值时,参照矿体品位变化系数来确定相应的倍数,详细内容见表2。

根据表2中规范规定,IV号矿体品位算术平均值4.30,标准差4.78,变化系数等于111%,这说明IV号矿体矿化较不均匀,故特高品位下限值取加权平均品位的7倍,加权平均值为4.28 g/t,计算得特

高品位下限值为29.96 g/t。对单样品位大于29.96 g/t的样品进行空间分布检查,数量较少且空间分布相对分散,呈点状分布,无法单独圈出高品位矿体,且对单样品位大于29.96 g/t的样品进行了二次内检,两次分析结果在允许误差范围内,故仍用第一次的结果作为待处理的特高品位值进行特高品位处理,本次处理特高品位6个,处理方法是包括特高品位在内的单工程平均品位代替原样品品位,详见表3。

表2 岩金相关规范规定

规范	品位变化系数	稳定性	特高品位下限值
《岩金矿地质勘查规范》 DZ/T0205—2020	<100%	均匀	采用6倍矿体平均品位
《固体矿产地质勘查规范总则》	100~160	较均匀	采用7倍矿体平均品位
GB/T13908—2020	>160%	不均匀	采用8倍矿体平均品位

表3 特高品位处理一览表

序号	矿体号	工程号	Au 特高品位 (10^{-6})	Au 代替品位 (10^{-6})
1		VIII003-7	31.49	8.95
2		ZKX-12	77.53	16.83
3	IV	ZKXII-50	41.68	5.52
4		ZKXII-52	75.02	6.28
5		1322CK9	50.30	13.46
6		1322CK9	33.30	13.46

资源量估算过程中须对特高品位处理的合理性进行检验,这通常是一项反复迭代的复杂工作。对处理结果的合理性检验同样没有统一的标准,因矿而宜,常用的原则性(非定量)判断依据包括:①品位变化系数在一定程度上降低,②更加契合优选的估算方法;③处理后样本群算术平均品位小于且接近西舍尔估值;④获得更好的局部或者全局验证。

首先,通过西舍尔T估值检验(表4)发现,倍数法处理后,样品品位变化系数有一定程度降低,但西舍尔估值仍然是小于样品的算术平均值,故还存在特高品位待处理。

其次,矿山生产数据也证实倍数法处理后金品位数据偏高的客观性。局部坑探验证钻探时,坑探结果往往低于钻探结果,出现地质品位负变。加之通过几年来的生产比较,金矿出矿品位整体低于地质品位,尤其是在2021年6—12月期间,两者差距逐渐增大。

表4 西舍尔 T 估值检验结果

检验方法	西舍尔估值检验(Sichel's T)	
检验计算依据	GBT 33444—2016《固体矿产勘查工作规范.附录 O(资料性附录)》 DZ/T 0338.3—2020《固体矿产资源量估算规程 第3部分:地质统计学法》	
矿体品位	$y = \ln(x)$	服从自然对数正态分布
样品个数	2 341 个	
①	样品的几何平均值	2.946
②	样品的算术平均值	4.191
③	自然对数样本方差 σ^2	0.719
④	泰勒级数(3或4)	3
⑤	西舍尔系数 = ③ * ④	1.42
⑥	西舍尔估值(= ① * ⑤)	4.18
检验	当② ≤ ⑥时,特高品位处 合理,否则继续处 理,直到合适为止	

综上所述,通过检验得出倍数法处理特高品位,存在一定的局限性,不能因矿而异,故尝试引用数理统计法对特高品位进行处理,以期处理后的品位更加贴近实际。

3.2 数理统计法

根据大量研究表明,金矿床矿体金品位一般服从对数正态分布,数理统计法依据正态分布函数原理来筛选特高品位,我们这次主要采用水平估值法和累积频率曲线法^[5]。

1) 水平估值法

水平估值法就是把IV号金矿体全部样品品位原始数据导入统计软件SPSS中,对Au品位数据进行处理,输出直方图及拟合曲线、Q-Q分析图和相应统计特征数值如图1所示。IV号矿体金品位原始数据频率分布曲线呈左偏分布且左偏程度较大,需要对原始数据进行转换,使其满足正态分布规律特征,根据图1拟合曲线长尾收敛程度选择对原始数据进行对数变换。

根据对数转化后的直方图和Q-Q图(图2、图3)与图1对比可看出,IV号矿体金品位原始数据经对数变换后,其统计特征及拟合曲线基本符合正态分布,验证了金矿床矿体金品位一般服从对数正态分布这一结论。

通过对直方图及拟合曲线、Q-Q分析图和相应统计特征数值对比分析,常用对数和自然对数转换结果大致一样,我们就采用金品位原始数据经自然

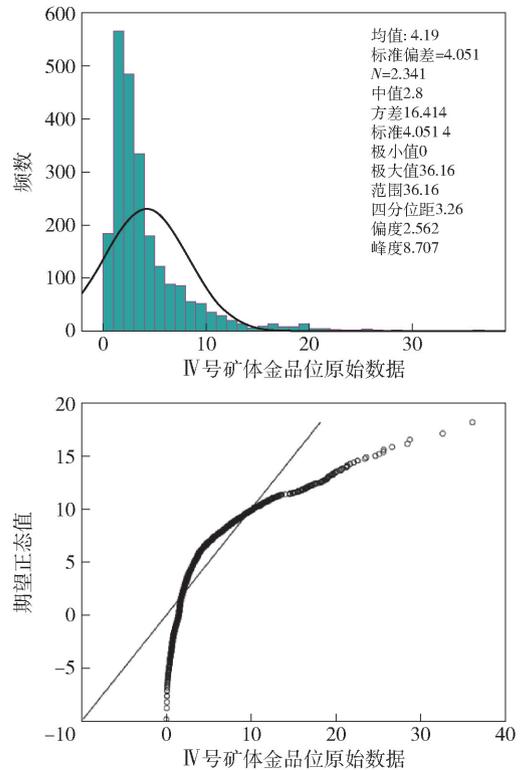


图1 IV号矿体金品位原始数据直方图及拟合图和Q-Q图

对数转换后的相关特征数字作为建立正态分布模型的数据。

IV号金矿体钻孔和刻槽取样金品位原始数据作为一个统计总体服从自然对数和常用对数正态分布,我们取2 341个钻孔和刻槽金品位数据,由于数据足够多,所以2 431个样品数据的统计参数可以代表统计总体IV号金矿体的特征值,即IV号矿体任一样品金品位 x_i 取对数 $\ln x$ 后服从自然对数正态分布 $N(1.08, 0.719)$,即 $\ln x_i = a + K_\alpha \sigma$,其中 K_α 为系数。

数理统计中常取置信水平5%,低于5%即为小概率事件,利用正态分布积分函数表查出对应的系数为 $K_{0.025}$ 为1.96,即 $x = a + 1.96\sigma$,自然对数 $\ln x$ 落在区间 $(1.08 - 0.848, 1.08 + 0.848)$ 的概率为95%,而出现在区间两侧的概率很小,仅有 $5\%/2 = 2.5\%$,低品位和特高品位的出现在统计学中都属于小概率事件,因此区间两侧临界值可作为判断是否为异常品位的界定值。根据概率论正态分布函数性质, $\ln x = 1.08 + 1.96 * 0.848$ 时其中 $x = 15.52 \text{ g/t}$ 的值即为判定IV号金矿体钻孔和刻槽取样金品位是否为特高品位的依据。以 15.52 g/t 作为判断IV号金矿体品位是否为特高品位的界定值,则IV号矿体

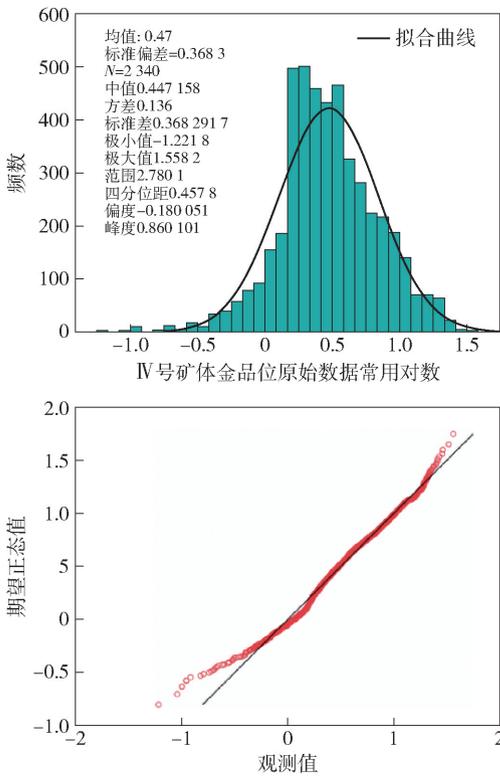


图2 IV号矿体金品位常用对数数据直方图及拟合图和 Q-Q 图

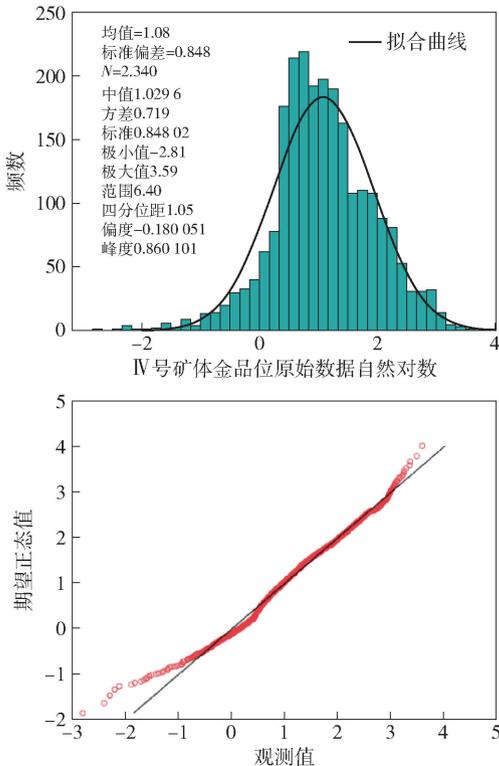


图3 IV号矿体金品位自然对数数据直方图及拟合图和 Q-Q 图

样品存在 77 个 Au 特高品。

2) 累积频率曲线拐点法

通过 Matlab 软件对 IV 矿体 2 341 个样品品位作累积频率分布曲线, 品位累积频率曲线存在少量离散点, 通过放大曲线图寻得初始断点, 具体如图 4 所示, 初始断点所对应金品位 13.65 g/t, 即为判断 IV 号金矿体品位是否为特高品位的界定值, 则 IV 号矿体样品存在 89 个特高品位。

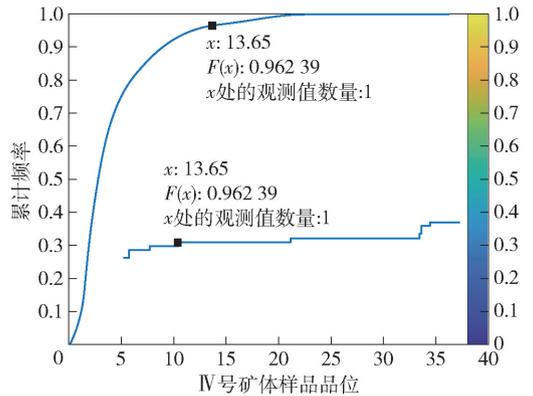


图4 IV号矿体金品位原始数据累积频率曲线

综合可以看出,数理统计法与倍数法比较,二者差别较大,主要表现在特高品位下限值和要处理的特高品位数量。倍数法特高品位下限值 29.96 g/t 高于数理统计中的水平估值法确定的下限值 15.52 g/t 和累积频率曲线拐点法 13.65 g/t。倍数法 2 341 个样本中 6 个超过特高品位下限值 29.96 g/t, 处理率不到 0.26%。数理统计中的水平估值法 2 341 个样本 77 个超过特高品位下限值 15.52 g/t, 处理率 3.29%, 累积频率曲线拐点法 2 341 个样本 89 个超过特高品位下限值 13.65 g/t, 处理率 3.8%。

4 实例分析

综合水平估值法特高品位下限值 15.5 g/t 和累积频率曲线法 13.65 g/t 确定 IV 号矿体的特高品位下限值为 15 g/t, 处理样品 80 个, 对单样品位大于 15 g/t 的样品进行了二次内检, 两次分析结果在允许误差范围内, 故仍用第一次的结果作为待处理的特高品位值进行特高品位处理。

处理方法是样品先进行空间分布检查, 数量较多且空间分布相对成片的特高品位不予处理, 单工程中存在特高品位不予处理三个及以上连续的, 不处理样品 39 个。呈点状分布, 无法单独圈出高品位矿体的特高品位进行处理, 单工程里只有一个特高品位而其它样品是低品位和较低工业品位的用 IV 号矿体的加权平均品位替代特高品位, 处理样品 7 个。

单工程中既有特高品位又有较高品位的用单工程的加权平均品位替代特高品位,处理样品 34 个。

通过对处理结果进行西舍尔 T 估值检验(表 5)发现,数理统计处理后,样品品位变化系数有一定程度降低,样品的算术平均值接近且小于西舍尔系数,加权品位降了 0.35 g/t,更加贴近实际品位。

表 5 数理统计法处理后西舍尔估值检验结果

检验方法	西舍尔估值检验 (Sichel's T)	
检验计算依据	GBT 33444—2016《固体矿产勘查工作规范.附录 O(资料性附录)》	
	DZ/T 0338.3—2020《固体矿产资源量估算规程 第 3 部分:地质统计学法》	
矿体品位	$y = \ln(x)$	服从自然对数正态分布
样品个数	2 341 个	
①	样品的几何平均值	2.884 3
②	样品的算术平均值	3.94
③	自然对数样本方差 σ^2	0.67
④	泰勒级数(3 或 4)	3
⑤	西舍尔系数 = ③ * ④	1.39
⑥	西舍尔估值(= ① * ⑤)	4.01
检验	当② ≤ ⑥时候,特高品位处理合理,否则继续处理,直到合适为止	不存在特高品位

5 结论

特高品位处理是资源量估算中非常重要的环节,但在我国的矿业实践中并未提到应有的高度,也没有得到应有程度的重视。工作中应根据数据、估算方法等具体情况,因矿而宜来选择合适的确定和处理的方法。

特高品位对周边矿块品位影响较大。特高品位

的处理对生产、计划更具指导意义,且更符合实际。金矿二期详查中,IV号金矿体特高品位按倍数法处理,数据处理率较低,不符合数理统计学规律,且不符合固体矿产资源量估算规程的检验要求,人为提高了IV号金矿体的平均品位,与客观实际不符。

数理统计处理后,样品品位变化系数有一定程度降低,样品的算术平均值接近且小于西舍尔估值,加权品位降了 0.35 g/t,处理后与实际情况更吻合。

以上仅是我们应用数理统计方法来确定特高品位的一次尝试,经过对比分析,采用数理统计法断定特高品位临界值有理论依据,可以结合本矿区金矿品位数据相关参数,较为合理,更贴近矿体的实际情况,其结论相对满意。

同时建议今后的储量估算工作中引用数理统计法确定特高品位处理的下限值,使矿体的品位更加接近实际情况。

[参考文献]

- [1] 张家书. 凡口铅锌矿矿石特高品位界限值确定方法的探讨及意义[J]. 有色金属(矿山部分), 2006, 58(4): 10 - 13.
- [2] 倪瑞, 孙尚信, 周翔武. 数理统计法与传统倍数法进行特高品位处理的比较及建议[J]. 世界有色金属, 2020(1): 251 - 253.
- [3] 张立明, 魏士书, 郭帅. 矿产勘查特高品位样品的识别、剔除和处置方法探讨[J]. 安徽地质, 2019, 29(3): 225 - 230.
- [4] 秦嫫, 孙亮. 资源估算中样品特高品位处理的方法[J]. 资源环境与工程, 2015, 29(S1): 59 - 62.
- [5] 林吉飞, 陈日辉, 李德, 等. 一种识别及处理特高品位值的新方法[J]. 矿冶, 2011, 20(3): 36 - 41.