doi:10.16018/j.cnki.cn32 - 1650/n.201603009

基于地质统计学的关宝山铁矿品位模型基础储量估算

王 瑜

(鞍钢集团矿业设计研究院,辽宁 鞍山 114004)

摘要:以鞍钢集团所属关宝山铁矿为例,运用地质统计学相关原理建立地质数据库、地质构造模型、矿体实体模型和实验半变异函数、拟合实验半变异函数的数学模型,然后进行交叉验证,证明估计的无偏性。结果表明:在数据不充足的情况下,地质统计学在矿床品位估计方面可以作 为对"距离幂次反比法"的一种补充。

关键词:地质数据库;地质构造模型;矿体实体模型;实验半变异函数;数学模型;交叉验证;距离 幂次反比法

中图分类号:TD164.2 文献标识码:A

文章编号:1671-5322(2016)03-0040-06

地质统计学是西方各国矿业界和地质学界较 为认可的一种地质研究和储量估算的方法。地质 统计学是以区域化变量理论为基础,以实验半变 异函数为主要工具,研究在空间上既有随机性又 有结构性分布的自然现象的学科^[1-2]。使用地质 统计学,必须熟练掌握一种矿业工程软件。本文 以鞍钢集团所属关宝山铁矿为例,借助 Micromine Access 工程软件建立铁矿矿床地质数据库,应用 地质统计学理论建立铁矿矿床地质数据库,应用 地质统计学理论建立铁矿矿床出质数据库,应用 地质统计学理论建立铁矿矿床出质数据库,应用 地质统计学理论建立铁矿矿床出质数据库,应用 地质统计学理论建立铁矿矿床出质数据库,应用 地质统计学理论建立铁矿矿床出质数据库,这用

1 矿区地质概况

鞍山地区的铁矿床受鞍山穹窿的控制,从樱桃园、齐大山经胡家庙子、西大背、关宝山、大砬子、眼前山、谷首峪越过千山花岗岩占据的部位,由西北向弧形弯曲,转为与大孤山、黑石砬子、东鞍山、西鞍山相连,构成围绕铁架山的半环形分布。

关宝山铁矿床位于鞍山穹窿东部闭合端的 北翼。关宝山矿区有两条影响较大的区域断层, 即矿区西部的七岭子——金家岭断层、黑石砬 子——眼前山断层。这两条断层将一整体的矿层 分成4块矿段,关宝山就是其中的一个(见图1)。



图 1 鞍山地区铁矿床分布简图 Fig. 1 Anshan iron ore deposit of Geological sketch map

收稿日期:2016-03-17

作者简介:王瑜(1981一),男,辽宁鞍山人,硕士,工程师,主要研究方向为地下结构工程优化设计、数字矿山。

2 建立三维地质模型

2.1 地表模型

根据有等高线、标高点的平面图,进行地表建模,如图2所示。



图 2 地表地形图 Fig. 2 3D surface model of mining area

2.2 地质数据库的建立

地质数据库的建立是矿体模型的基础。采用 Micromine Access 构建地质数据库,地质数据库包 括3个数据表文件,即测斜表、定位表、化验表。

在建立地质数据库时,需要对其中数据进行 检查,以保证数据的有效性、合规性。

为了获得品位的无偏性、最佳性的线性估值, 要求样品品位落在相同的承载体上,即具有相同 的权重(样品长度)。为了尽可能保持数据的原 有特征,确定按2m的组合长度对样品进行等长 处理。通过对全区信息样品的磁性铁(mFe)品位 进行统计,得到(mFe)品位的分布特征,见图3-图4。





由图 3 - 图 4 可知, mFe 品位分布基本具有 正态分布特征,适宜选用地质统计学进行统计估 值。

2.3 地质构造模型

关宝山矿床由3条矿体组成,即I、II、II号, 地表出露I、II号矿体。I号矿体分布在9~24 线,地表出露在11线至18线东30米左右,向西 由第四系和震旦系所覆盖;II号矿体分布在I号 矿体东北部11~12线及其附近的F4与F5断层 之间。

主矿体(I号矿体):

全长1 800 m,层厚 60~150 m,平均厚度为 109 m。目前控制长度3 080 m,延深 800 m 以下 仍有矿体赋存。

重迭矿体(Ⅱ号矿体):

位于主矿体东北侧 40 m 处, F4 与 F5 号断层 之间, 与主矿体平行, 产状一致, 全长共 350 余米, 水平厚度 10~80 m, 平均厚度 60 m 左右, 延深超 过 500 m。

主要断层(斜交式和横断式)有6条,编号分 别为F1、F2、F3、F4、F5、F6。这些断层对矿体形 态、产状、连续性及空间分布影响不同,其中,F4 位于I号矿体与II号矿体之间,是对矿体破坏最 大的断层之一,它把矿体分成I号矿体和II号矿 体并在其间出现了80~90m的无矿间隔。关宝 山矿区断层构造实体模型如图5所示。

2.4 矿体实体模型

根据《补充勘探地质报告》^[3],从15个勘探 线剖面图中提取矿体轮廓线,参考关宝山铁矿床 地形地质图,连接形成矿体的实体模型。将断层 构造实体模型和矿体实体模型相结合,可以直观



Fig. 5 Solid model of Guanbaoshan fault structure

地判断矿体和断层之间的产状关系、矿体在空间 中的形态;还可以对断层构造实体模型和矿体实 体模型任意切割,有助于揭示成矿规律,给其他专 业提供参考。关宝山矿区矿体+断层构造实体模 型如图6所示。



图 6 关宝山矿区矿体 + 断层构造实体模型 Fig. 6 Guanbaoshan fault – ore body model

2.5 实验半变异函数模型的建立

2.5.1 实验半变异函数

结合矿体形态、样品点数据、区域变量的信息,采用地质统计学理论进行基础储量估值。根据克里金线性估值法,利用搜索范围内的样品点, 对未知样品点进行估值,保证对未知样品点的线性估值是无偏性和最佳性的。

样品点的品位具有空间结构性,因此还要确 定样品点的品位在空间各个方向上的变化参数, 包括槛值和变程数值(它们分别描述样品品位在 空间各方向上的相关性范围和空间上总变异程 度,反应了区域空间变量的随机性和结构性)。

首先从一组样品的品位中,得到实验半变异 函数 γ(h)。虽然样品的品位在最佳主平面上的 分布不很规则,但仍然可以看出 γ(h)随着 h(滞 后距)变化首先增加,而后趋于稳定的特点。因此,半变异函数的拟合就是确定槛值和变程数值。 2.5.2 实验半变异函数的拟合

地质统计学理论提供了球状模型、随机模型、 指数模型、高斯模型、线性模型、对数模型。这里 选用球状模型,利用 3DMine 软件完成拟合实验 半变异函数,并求出球状模型相应的参数值,获得 半变异函数的数学模型。实验半变异函数及理论 曲线拟合最佳结果如图 7 所示,最佳实验半变异 函数主要参数如表 1 所示。



图 7 组合样品位走向主轴实验变异函数曲线 Fig. 7 Illustration of geological trend experimental semi variance function on combined grade

表1 球状实验半变异函数模型主要参数

 Table 1
 Characteristics value of experimental semi variation function round mathematical model

元素	计算方向	参数名称	参数取值
mFe	走向	块金效应	19.46
		拱高/m	21.28
		槛值/m	40.74
		变程/m	152.46
		滞后距/m	28

2.5.3 实验半变异函数的交叉验证

为了对实验半变异函数的数学模型进行检 验,采用交叉验证方法判断实验变异函数的数学 模型拟合参数选取的可靠程度。其基本方法是: 利用所得实验变异函数的数学模型对已知样品点 的品位数值进行估计,然后将样品点的真实值与 估计值进行比较,对两者的差值进行统计分析,以 判断实验变异函数的数学模型是否正确。

交差验证结果见表2。

表 2 各项异性变异函数参数的交叉验证结果 Table 2 Cross-validation result of anisotropic variance function' parameters

金属元素	mFe
样品数/个	1 098
误差均值	0.000 631
误差方差	0.1696
误差标准差	0.411 8
误差在2个标准差范围内所占比例/%	97.13

从表2可以看出,组合样品实际值与估计值 之间的误差均值趋近于0,偏差很小,误差在2个 标准差范围内所占比例都在95%以上,表明用表 1中变异函数参数对组合样品位进行估计是无偏 的,满足区域化变量的内蕴假设,能用于mFe 金 属元素品位估计。

2.6 品位模型的估值

2.6.1 矿块尺寸的选择

地质统计学理论中矿块尺寸大小对矿块的估 计结果有着重要影响。矿块尺寸越大,估计的圆 滑作用使整个区域内所有矿块的估计值越平均, 反映不出矿体内品位的变化特征,也就反映不出 矿块的优越性;反之,矿块尺寸越小,估计结果变 化不大,反而增加计算量。通常,在确定矿块尺寸 时,主要考虑的因素包括:采矿方法、采矿方式、台 阶高度、阶段高度、最小采出单元、矿区的勘探网 度以及样品信息分布特征等因素。对品位变化较 大的矿床,为了能够比较精确地控制及圈定矿体 边界,选择相对小的矿块尺寸有利于零星小矿体 的圈定和资源评价;对品位变化较小的矿体,则可选择相对较大的矿块尺寸。

辽宁地区铁矿床勘查类型属于 I 勘查类型, 关宝山矿区铁矿床的基本勘探线间距为 150 m, 现行开采方式为露天开采,开采台阶高度 12 m。 结合样品信息分布特征和一般的经验规则,单元 块在水平方向上的边长不应小于钻孔平均间距的 1/4 或 1/5^[4],这里钻孔间距 80 m,基本矿块尺寸 为 12 m×25 m×25 m,可分解的最小矿块尺寸为 12 m×12 m×12 m。

2.6.2 品位估值

依据拟合实验半变异函数的数学模型球状模型对矿床的 mFe 品位进行克里金估计,获得的品位模型如图 8 所示,品位模型的平均品位为30.15%。对品位模型进行品位统计,绘制品位统计和品位累积频率,分别如图 9、图 10 所示。



图 8 品位模型 Fig. 8 Model of ore block



图 9 品位模型品位统计 Fig. 9 Grades statistic



图 10 品位模型品位累积频率 Fig. 10 Grades cumulative frequency

2.7 建立三维地质模型

根据前面所设定的地质模型基本矿块尺寸 12 m×25 m×25 m,可分解的最小矿块尺寸12 m× 12 m×12 m,最后品位模型的平均品位 30.14%, 采用矿业工程软件 Surpac 建立三维地质模型。 Surpac 与 3Dmine 计算结果的差异,与计算过程中 保留的小数位数有关系。

3 结论

采用地质统计学计算的矿体平均品位为 30.15%,文献[3]中的工业品位为31.37%,两者 相差1.22%,这一差值满足文献[5]:"矿山设计 估算的资源/储量结果应与《地质勘查报告》的矿 产资源/储量进行对比,在工业指标、矿体体重和 估算范围相同的前提下,主要有用组分的品位允 许误差不应大于5%"的要求。 采用"距离幂次反比法"计算矿体平均品位为30.81%^[6],与文献[3]中的工业品位31.37%相比,相差0.56%,这一差值也满足文献[5]的相关要求。

由上可知,采用地质统计学计算矿体平均品 位与采用"距离幂次反比法"计算矿体平均品位 相比,两者之间存在一定差距。在实践中,国际上 通常的做法是:在对矿床进行初步评价或是数据 量不足时,选用较简单的方法,一般是"距离幂次 反比法";当有了足够的数据,对矿床进行正式可 行性评价时,选用地质统计学理论。

本次研究是在数据量不足的情况下,采用地 质统计学理论,对铁矿矿床的基础储量进行评估, 满足文献[5]的相关要求,说明地质统计学理论 在数据量不足的情况下,也是可以对铁矿矿床进 行初步评价的,这可以作为对"距离幂次反比法" 的一种补充。

参考文献:

- [1] 王政权. 地质统计学及在生态学中的应用[M]. 北京:科学技术出版社, 1999.
- [2] Rehman S, GHORI S G. spatial estimation of gobal solar radiation using geostatistics [J]. Renewable Energy, 2000, 21(3/4):583-605.
- [3] 辽宁省冶金地质勘探 101 队. 辽宁省鞍山市关宝山铁矿床资源储量核实报告[R]. 2011.
- [4] 王青,史维祥.采矿学[M].北京:冶金工业出版社,2007:33.
- [5] 中国冶金建设协会.冶金矿山采矿设计规范:GB 50830-2013[S].北京:中国计划出版社,2013.
- [6] 王瑜,戴兴宇,郭健.3DMine境界优化功能应用于露天铁矿中的探讨[J].矿业工程研究,2016,31(2):31-35.

Basic Reserves Estimation of the Guanbaoshan Iron Ore Grade Model Based on Geostatistics

WANG Yu

(Angang Group Mining Engineering Corporation, Anshan Liaoning 114004, China)

Abstract: Take Guanbaoshan iron mine which belongs to Ansteel as an example, the mathematical model of geological database, geological structure model, physical model of ore body, experimental semivariogram, and fitting experimental semi variation function are established by using the theory of geological statistics. Then cross validation is carried out to prove the unbiasedness of estimator. The results show that in the case of insufficient data, the geological statistics can be used as a supplement to the "distance power inverse ratio method".

Keywords:geological database; geological structure model; physical model of ore body; experimental semivariogram; mathematical model; cross validation; distance power inverse ratio method

(责任编辑:李华云)

(上接第17页)

Research Summary of the Control of Heavy Metal Pollution and the Improvement of Saline Alkali Soil in Coastal Tidal Wetland

CANG Jinshun

(Yancheng Institute of Industry Technology, Yancheng Jiangsu 224005, China)

Abstract: In order to better protect the original ecology of tidal wetlands, coastal tidal pollution control and saline alkali soil remediation has become a hot research topic in environmental science. Biomass treatment is green, economical, effective and easy to obtain, and it has been paid more attention by researchers. The status of heavy metal pollution in Yancheng coastal tidal flat wetland and the improvement of the control of heavy metal pollution by biomass treatment method in the saline soil were summarized.

Keywords: coastal tidal wetland; heavy metal; saline alkali soil; pollution control

(责任编辑:孙新华)