

基于 DIMINE 软件的三维可视化技术及其工程应用

冯红刚,王李管,毕林

(中南大学 资源与安全工程学院,湖南 长沙 410083;中南大学 数字矿山研究中心,湖南 长沙 410083)

摘 要:为了对矿山地质条件和开采环境有准确的认识,运用 DIMINE 三维矿业软件,根据三维建模理论和原始地质资料建立某铁矿的地质数据库、矿体、地表和井巷工程模型。采用距离幂反比法和普通克里格法进行了品位估值和储量计算。与传统方法相比,距离幂反比法和克里格法的矿石量都相差 2.5%,品位分别相差 0.2%和 0.28%。结果表明,运用三维可视化软件对地质体进行三维表达和相关属性计算,可提高现场工作人员的工作效率,可对采矿方法选择、设计和生产组织等提供参考,对提高矿山生产效率有非常重要的意义。

关键词:DIMINE 软件;三维可视化;地质统计;变异函数

中图分类号:TD672

文献标识码:A

文章编号:1674-5876(2010)03-0007-04

传统的二维图件地质信息表达不够完整直观的弊端日益显现,随着计算机仿真和可视化技术的发展,三维可视化技术在矿业中有了广泛的应用。三维地质建模已成为地学信息技术最有活力的研究方向之一^[1]。国内一些学者也进行了深入研究并提出了相关算法^[2-5],国外在三维可视化技术方面发展较快,相继开发出 Datamine, Minesight, Surpac, Micromine 等三维矿业软件,极大地推动了数字矿山的发展,使得人们可以在三维环境下进行储量计算、采矿设计与生产管理。中南大学数字矿山研究中心在深入研究相关算法和综合考虑主流矿业软件优缺点的基础上开发出三维矿业软件——DIMINE,其功能完善,具有强大的三维可视化技术。本次建模运用 DIMINE 软件建立某铁矿的三维地质模型,考察所建模型反映地质体的赋存状态与信息的准确性,以期获得一种有效认识矿山地质条件和开采环境的技术方法。

1 矿山地质条件

该铁矿为接触交代矽卡岩型矿床,主要赋存于中奥陶纪石灰岩与燕山期闪长玢岩的接触带中。铁矿埋深在 134~679 m,走向近呈东西向,中部以西渐转变向

北西方向,长 1 620 m,宽 92~376 m。矿体最大厚度为 193.7 m,平均为 12.2 m。矿体形态产状多受背斜构造的影响,呈透镜状、分支复合状等,厚度变化大。矿石中主要的金属矿物为磁铁矿,绝大部分为原生磁铁矿石,浅部及构造破碎带附近可见少量的氧化矿石。

2 基于 DIMINE 软件三维实体建模

2.1 矿山地质数据库

地质数据库主要有钻孔、坑探和槽探等不同类型的地质数据,主要记录矿石品位、岩性、地质构造等地质信息。地质数据库是地质体三维建模的基础,按照一定的原则将地质数据库相关信息联系起来对地质体进行表达。这样就可对地质体形态、品位分布和地质构造等有较为准确的认识^[6]。

该铁矿地质数据库由开口表 (Collar)、测斜表 (Survey)、样品表 (Sample) 和岩性表 (Geology) 组成。在建立矿山地质数据库时收集地质勘探钻孔和生产勘探钻孔共 974 个,将地质信息整理成符合 DIMINE 软件要求的格式导入并进行数据校验,修改完其中错误就可生成正确反映矿山地质条件的地质数据库,并且可以

收稿日期:2010-06-25

通信作者:王李管(1964-),男,山西临汾人,博士,教授,博士生导师,研究方向:采矿和数字矿山。E-mail:liguan_wang@163.com

显示钻孔轨迹线、品位值、岩性等信息.也可根据钻孔品位分布,按照一定的指标和地质解译准则在三维环境下进行矿体圈连.DIMINE 软件中生成的地质数据库如图 1 所示.

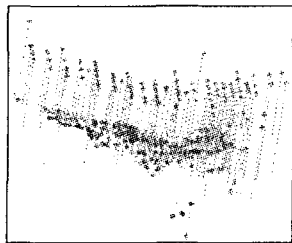


图 1 地质钻孔数据库
Fig.1 Borehole database

2.2 矿体实体模型的建立

矿体实体模型是由一系列相邻的三角面片包裹成内外不透气的实体,是在充分考虑地质构造和成矿机理基础上连接各勘探线剖面图生成的.先将地质勘探剖面图和中段平面图导入 DIMINE 软件中,然后按照最小表面积法或最小周长法等算法将矿体剖面线连接起来,经有效性检测无交叉三角形和没有无效边后即可作为合格的矿体.经校验后的矿体见图 2.

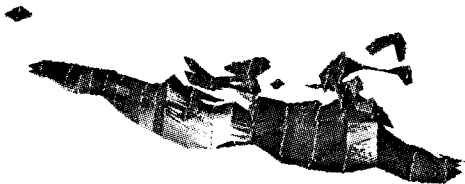


图 2 矿体模型
Fig.2 Model of orebody

2.3 数字地表模型

数字地表模型(Digital Terrain Model, DTM)是将测量得到的等高线和测点矢量化后经计算机处理后形成的表面模型.在建立地表模型时空间数据插值方法主要有:趋势面插值、距离幂次反比法、克里格插值、样条函数插值等^[7].DIMINE 软件的地表模型的空间数据主要是通过 TIN(Triangulated Irregular Network)技术和空间数据插值技术生成.将矿山提供的地质地形图导入 DIMINE 中,把等高线赋上相应高程值就可生成地表 DTM,生成的地表模型如图 3 所示.

2.4 井巷工程模型的建立

井巷工程模型可以通过巷道中心线和测量数据生成.由巷道中心线生成巷道实体模型时,将中心线给定相应的断面参数即可.由测量数据生成巷道实体模

型时,先要进行测量数据校验并整理成 DIMINE 要求的数据格式就可直接生成.本次建模采用由测量数据直接生成,井巷工程模型见图 4 所示.

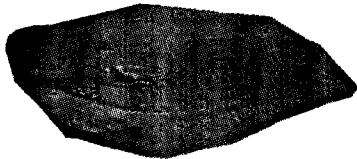


图 3 地表 DTM
Fig.3 Digital terrain model

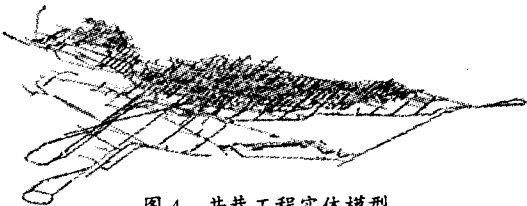


图 4 井巷工程实体模型
Fig.4 Model of laneways

3 矿体品位估值与储量计算

3.1 矿体块段模型

块段模型是矿体品位推估及储量计算的基础,建立块段模型的基本思想是将矿体在三维空间内按照一定的尺寸划分为众多的单元块,然后对填满整个矿体范围内的单元块的品位根据已知的样品进行推估,并在此基础上进行储量计算.块段模型的尺寸主要考虑地质勘探网度、矿体产状和开采方式等确定,为了准确拟合矿体边界和提高矿体估值精度,采用块段模型和实体模型相套合的技术在边界处进行块段模型次分,本次建模块段模型内部尺寸为 10 m×10 m×5 m,边界尺寸细分为 2.5 m×2.5 m×1.5 m,共有 401 181 个单元块.块段模型参数见表 1.

表 1 块段模型参数表

Tab.1 Parameters of block model

块段模型起点坐标 X 方向延伸长度/m Y 方向延伸长度/m Z 方向延伸长度/m			
X	1 043.592		
Y	8 408.267	1 415	1 046
Z	-409.735		65

3.2 样品组合与统计分析

根据地质统计学原理,为得到估值参数的无偏估计量,所有的样品数据都应该落在相同的承载上,即同一类参数的地质样品段长度应该相等^[8].在品位组合时,为了降低样品品位平均化程度,考虑到该铁矿勘探钻孔取样长度,取组合样长为 2.6 m,最小组合样长是原始样长的 75%,即 1.95 m.经过样品组合后的 TFe 样品分布规律见图 5,可知样品服从正态分布,品位平均

48.32%,标准差 9.8,变异系数 0.19.

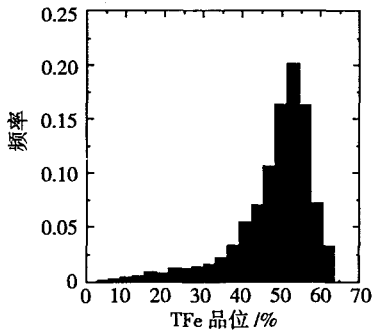


图 5 组合样品统计分析
Fig.5 Statistical analysis of composite samples

3.3 块段模型估值

在建立空块段模型和已知样品服从何种分布后就可运用数学统计方法进行品位块段模型估值,常用的方法有距离幂反比法(Inverse Distance Weighted, IDW)和克里格法(Kriging Method)^[9-11].距离幂反比法要求确定空间搜索椭球体参数,在计算插值点取值时按距离越近权重值越大的原则,用若干临近点的线性加权来计算待估点的值.克里格法是运用变异函数去估算矿体品位在空间中的分布情况,先由样品分布信息和矿体产状计算实验变异函数,然后由实验变异函数拟合理论变异函数,经过交叉验证后的理论变异函数即可用于矿体估值与计算.实验变异函数计算参数见表 2.

表 2 实验变异函数计算参数

Tab.2 Parameters of experimental variogram

计算方向	方位角/(°)	倾角/(°)	滞后距/m	滞后距数目	容差角/(°)	带宽/m
走向	125	0	10	20	20	30
倾向	215	44	10	20	20	30
厚度	215	-46	10	20	20	30

在计算出的实验变异函数基础上即可拟合理论变异函数,一般选择球状模型,根据组合样品统计规律和矿体特征确定基台值、块金值和变程.理论变异函数参数见表 3,各方向理论变异函数拟合见图 6~ 图 8.

表 3 理论变异函数参数

Tab.3 Parameters of theoretical variogram

方向	基台	块金	变程
走向	96.940	12.304	156.4
倾向	96.940	12.304	145.4
厚度	96.940	12.304	126.4

由实验变异函数拟合的理论变异函数经过交叉验证确定其合理性后才能用于储量计算.交叉验证是假定某已知样品点处的品位是未知的,利用拟合的理论变异函数用周围样品点品位估算此点品位,然后计算与其真实值之间的误差.若交叉验证结果平均误差趋近于 0,且服从正态分布,95%的置信区间应在正负 2 倍的克里格

方差范围内则认为其结果是合理的.交叉验证结果如图 9,误差平均值 0.006,标准差 1.045,服从正态分布,表明所拟合的理论变异函数可用于储量计算.

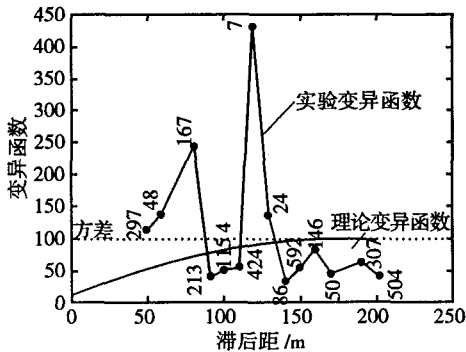


图 6 走向方向理论变异函数

Fig.6 Theoretical variogram in strike direction

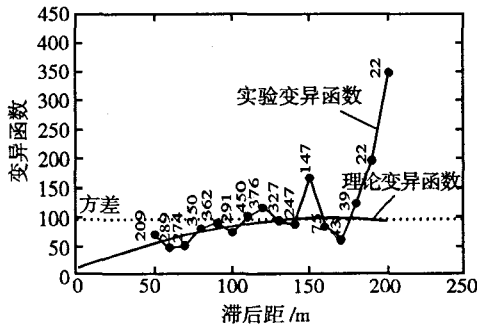


图 7 倾向方向理论变异函数

Fig.7 Theoretical variogram in dip direction

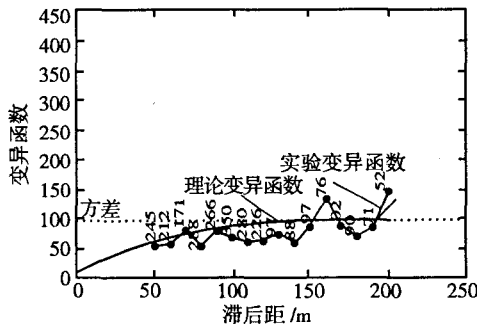


图 8 厚度方向理论变异函数

Fig.8 Theoretical variogram in thickness direction

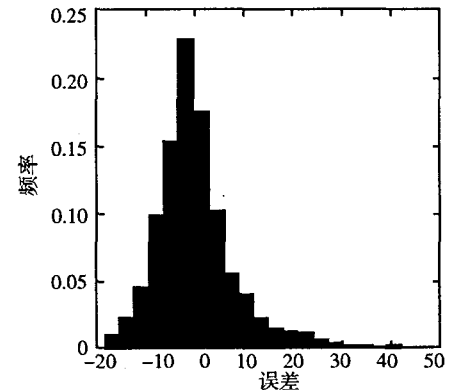


图 9 交叉验证

Fig.9 Cross validation

3.4 储量计算

运用距离幂反比法和克里格法对块段模型估值后,就可进行储量计算.距离幂反比法和克里格估值储量对比见图 10,并将计算结果和地质报告做了对比,见表 4.

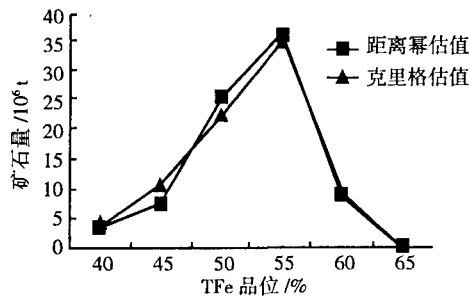


图 10 距离幂反比法和克里格法储量对比
Fig.10 Results of IDW and Kriging method

表 4 计算结果

Tab.4 Comparison of calculated results

估值方法	体重 /(t/m³)	体积 /m³	矿石量 /t	品位 /%	金属量 /t	差值 /%	
						矿石量	品位
地质报告	3.85	20 544 701	79 097 100	49.78	39 374 536	-	-
距离幂法	3.85	21 076 540	81 144 672	49.89	40 480 580	2.5	0.2
克里格法	3.85	21 076 540	81 144 672	49.64	40 281 144	2.5	0.28

4 结论

- 1)运用 DIMINE 三维矿业软件对地质体和工程进行可视化,可更准确更直观的反映其形态和属性,为采矿方法选择和开采设计提供详尽准确的信息,对矿山生产有一定的指导意义;
- 2)根据组合样品品位分布和矿体产状选择合适的估值参数,运用距离幂和克里格法对矿体储量进行计算,结果表明 2 种方法误差较小,在合理范围之内;
- 3)DIMINE 三维矿业软件与国外矿业软件建模基本原理大致相同,但考虑了国内人员的思维方式和操作习惯,所以界面更友好,操作更简捷,功能更具有实用性.

Three dimensional visualization and its application based on DIMINE

FENG Honggang, WANG Liguan, BI Lin

(School of Resources and Safety Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;
Center For Digital Mine Research, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: In order to get more accurate knowledge about geology and mining environment, 3D mining software DIMINE is used for modeling the geology database, orebody, digital terrain model and laneways according to modeling theory and original data. Inverse Distance Weighted and Kriging method is applied to estimate the grade distribution within orebody and deposit reserve. By contrast with traditional method, the reserve discrepancy both is 2.5% and grade discrepancy is 0.2% and 0.28% respectively. The outcome shows that adopting 3D mining software in visualization of geology and computing of properties is more efficient and advisable in the choice of mining method, design and production organization, and so on. It plays a vital role in boosting the efficiency of mines.

Key words: DIMINE mining software; 3D visualization; geostatistics; variogram

参考文献:

[1] Breuning M. An approach to the integration of spatial data and system for 3D geo-information system[J]. Computer & Geosciences, 1999,25(1):39-48.

[2] 贾明涛,潘长良.集成可视化矿床建模软件 DMS 在某矿山的应用[J].中南工业大学学报,2000,31(5):396-399.

JIA Mingtao, PAN Changliang. Application of the integrated and visualized deposit modeling software in a certain mine[J]. Journal of Central South University of Technology(Natural Science), 2000,31(5):396-399.

[3] 柴贺军,黄地龙,黄润秋,等.岩体结构三维可视化模型研究进展[J].地球科学进展,2001,16(1):55-59.

CHAI Hejun, HUANG Dilong, HUANG Runqiu. New progress in the study of rock structure 3D visualization model [J]. Advance in Earth Sciences, 2001,16(1):55-59.

[4] 唐泽圣.三维数据场可视化[M].北京:清华大学出版社,1999.

TANG Zesheng. Visualization of 3D data[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1999.

[5] 李仲学,李翠平,李春民,等.地矿工程三维可视化技术[M].北京:科学出版社,2007.

LI Zhongxue, LI Cuiping, LI Chunmin, et al. 3D visualization technology for geological and mining engineering[M]. Beijing: Science Press, 2007.

[6] 曾庆田,王李管,李德,等.云南某铜矿资源及开采环境评价可视化建模技术研究[J].矿冶工程,2007,27(3):15-19.

ZENG Qingtian, WANG Liguan, LI De, et al. Study on visual modeling technology for evaluation resource and mining environment of a copper in Yunnan[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 27(3):15-19.

[7] 王英杰,袁勘省,余卓渊.多维动态地学信息可视化[M].北京:科学出版社,2003.

WANG Yingjie, YUAN Kansheng, YU Zhuoyuan. Visualization of multi-dimensional dynamic geoscience information[M]. Beijing: Science Press, 2003.

[8] 儒尔奈耳,尤日布雷格茨.矿业地质统计学[M].侯景儒译.北京:冶金工业出版社,1982.

Journel A G, Huijbregts C J. Mining geostatistics[M]. Translated by Hou J R. Beijing: China Metallurgical Industry Press, 1982.

[9] 孙玉建.地质统计学在固体矿产资源评价中的若干问题研究[D].北京:中国地质大学(北京),2008.

SUN Yujian. A study on several issues on application of geostatistics in solid mineral resources estimation[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2008.

[10] Marinoni O. Improving geological models using a combined ordinary indicator Kriging approach[J]. Engineering Geology, 2003,69(1/2):37-45.

[11] 孙英君,王劲峰,柏廷臣.地质统计学方法进展研究[J].地球科学进展,2004,19(2):265-270.

SUN Yingjun, WANG Jinfeng, BO Yanchen. Study on progress of methods in geostatistics[J]. Advance in Earth Sciences, 2004,19(2):265-270.