

• 数字矿山 •

基于 DIMINE 三维可视化技术在矿床地质中的应用

蒋渊和¹ 陈忠强^{2,3} 王李管^{2,3}

(1. 安徽霍邱诺普矿业有限公司; 2 中南大学数字矿山研究中心; 3 中南大学资源与安全工程学院)

摘要: 基于三维可视化技术的地质编录优化以及利用地质统计学进行的矿床储量统计分析, 可以较准确的反映矿床资源状况。结合 DIMINE 软件技术在安徽霍邱吴集铁矿的应用, 介绍了三维可视化建模技术在矿床地质资料分析与优化工作中的应用与发展。

关键词: 地质数据库; 地质编录; 地质统计学; 三维可视化

中图分类号: P628 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-6082(2010) 07-0051-04

Application of 3D Visualization Technology in Deposit Geology based on DIMINE

Jiang Yuanhe¹ Chen Zhongqiang^{2,3} Wang Liguang^{2,3}

(1. Anhui Huoqiu Nuopo Mining Co., Ltd. 2 Digital Mine Research Center of Central South University 3 The School of Resources and Safety Engineering of Central South University)

Abstract Geological logging optimization based on 3D visualization technology and deposit reserves statistics and analysis which by using geological statistics could relatively accurate reflect deposit resources status. Combine with the application of DIMINE software technology at Wujie iron ore in Huoqiu, Anhui province, the application and development of 3D visualization modeling technology in deposit geological data analysis and work optimization are introduced.

Keywords Geological database; Geological logging; Geological statistics; 3D visualization

矿床地质资料是随着生产的不断进行而逐步完善的, 这其中需要投入大量工作去更新或重新诠释地质赋存。三维可视化技术可以为地质诠释的更新与优化提供一个更加稳定、快速的平台, 且基于地质统计学的储量估算分析, 可以在更新的基础上较准确反映资源状况。三维地质模型的建立能够很好地反映出矿体与周边岩体的相互关系及各地质体的赋存状态, 为以后的采矿设计工作提供方便^[1]。笔者以安徽霍邱吴集铁矿为例, 介绍了基于 DIMINE 的矿床三维可视化建模技术在地质可视化诠释以及地质资料计算机分析与优化的应用, 阐述了数字技术对于矿床地质工作的意义。

1 区域地质概况

该铁矿床位于安徽霍邱县境内, 矿床处在淮河Ⅱ级阶地区, 阶面平坦, 海拔高度 40~57m。西部为剥蚀构造丘陵区, 自南东向北西延展, 丘陵顶面南高

北低, 标高一般为 70~150m, 最高点达 419.41m。矿床所在范围内的地表均为第四系所覆盖, 其下分布有上太古界霍邱群、上元古界青白口系、中生界侏罗系等地层。矿体分布范围南北长约 3200m, 东西宽 50~300m, 平均 150m, 矿体埋深 -36~665m, 赋存标高 -33~-663m, 沿倾向延深 170~550m, 平均 360m 左右。矿体形态呈似层状及透镜状产出, 沿走向、倾向矿体时见膨胀、收缩、分叉、复合现象, 并有尖灭、再现等特征, 尤其受成矿后的构造运动使矿体形态更为复杂, 矿体一般浅部厚, 沿倾向到深部变薄, 局部有增厚的趋势。

2 DIMINE 简介

DIMINE 软件是目前行业应用较多的大型矿业专用软件之一。软件功能主要包括矿床地质建模、储量计算、测量数据的快速成图、地下矿开采系统设计与开采单体设计、回采爆破设计、露天矿境界优化与开采设计、矿井通风系统网络解算与优化到各种工程图表的快速生成等。DIMINE 软件在工程设计

蒋渊和 (1975-), 男, 工程师, 副科长, 237464 安徽省霍邱县。

中的应用越来越广泛。

3 地质数据分析

矿床地质资料主要包括钻孔编录信息以及地质储量信息等。DMNE 地质数据分析主要内容包括建立地质数据库、钻孔二次编译及建立矿床模型分析。首先要根据钻孔编录信息建立钻孔地质数据库,然后由 DMNE 形成真三维钻孔轨迹模拟,在完成钻孔编译的基础上,根据形成的地质平剖面图,建立三维可视化矿床模型。

3.1 地质数据编录

地质数据库就是将不同的地质数据信息按照一定的关系有机地组合在一起,共同表示钻孔完整信息的数据集合^[2]。DMNE 中数据库按照孔口坐标、测斜信息、样品信息以及岩性记录 4 个文件方式显示钻孔轨迹于视图,所以在数据分析前期要将钻孔记录数据分别以 4 个文件对应格式录入。通常在建模的时候只要有钻孔孔口坐标、测斜以及样品信息即可完成钻孔轨迹的三维显示。本次建模没有参考岩性记录,3 个文件格式见表 1~ 表 3。

表 1 钻孔孔口文件

字段名	数据类型 ^①	说明
DM-HOLE	N/A	钻孔名称
DM-EAST	N	孔口东坐标
DM-NORTH	N	孔口北坐标
DM-RL	N	孔口高程

①N 为数值型; A 为字符型。下同

表 2 钻孔测斜文件

字段名	数据类型)	说明
DM-HOLE	N/A	钻孔名称
DM-DEPTH	N	测斜位置
DM-AZMUTH	N	测斜方位角
DM-DIP	N	测斜倾角

表 3 钻孔样品文件

字段名	数据类型	说明
DM-HOLE	N/A	钻孔名称
DM-FROM	N	从孔口到样品顶端距离
DM-TO	N	从孔口到样品底端距离
DM-SAMPLE-ID	N/A	样品工程号
DM-GRADE	N	元素品位

此次数据库模型钻孔包括勘探以及巷道工程共 272 个,原始样品 4 428 个。在完成钻孔轨迹三维可视化后,可以在同一视图中显示钻孔岩性、品位、方位信息,同时可以对钻孔信息进行随时更新,为钻孔编译提供方便。钻孔轨迹见图 1。

3.2 钻孔二次编译

在生产过程中,生产勘探往往会获取到比原始地质设计资料更为详细的地质赋存信息。在大多数情况下出于经济效益考虑,工程人员会对钻孔编录

做局部修改,或在完成坑探以及槽探基础上对控制矿体进行更详尽的诠释。DMNE 软件提供了在三维环境下进行钻孔编录信息修改功能,一方面可以在利用数据信息将钻孔轨迹虚拟显示的基础上,根据对应的岩性以及矿石品位赋存二次编译控制矿体的轮廓;另一方面可以利用软件提供的动态品位重组功能,对局部不满足地质矿体圈定原则但有较大经济效益的特高品位钻孔段进行重新编译。通过二次编译可以将单一编录钻孔中特高品位段与低品位段进行组合,使得矿体可采厚度达到生产要求,同时组合后的平均品位满足工业开采要求。动态品位组合见图 2。

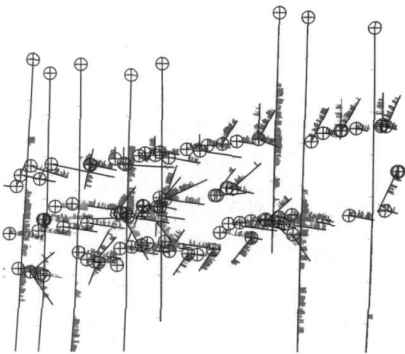


图 1 钻孔三维轨迹图

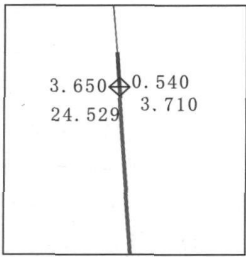


图 2 钻孔动态品位组合图

钻孔品位编译主要参考数据有矿石边界品位、工业品位、特高品位、最小可采厚度、夹石剔除厚度、最低米百分率以及废石品位。钻孔品位组合,由高位段向低位段扩展时,当前整体组合段的平均品位以及总长度会通过计算机快速计算自动显示。本次工程钻孔品位组合应用主要集中在少量钻孔编录的重新优化,基于三维视图的品位组合,使得工程人员可以在同时看到多个参考信息的情况下,做出判断并快捷设计成图。

3.3 矿床实体建模

在完成钻孔编录后,根据勘探控制的矿体轮廓建立矿床实体模型。建模以 TN^[3] 技术中的 Vorono 图与 Delaunay 三角形算法为原理,该算法建立的是一个三维空间分段线性模型,根据区域有限

点集将区域划分为相连的三角面网络, 区域中的任意点落在三角面的顶点、边上或三角形内。TN 的数据存储方式不仅要存储每个点的高程, 还要存储其平面坐标、节点连接的拓扑关系, 三角形及邻接三角形等关系。矿床实体模型见图 3。



图 3 矿床实体模型图

图 3 所示为现控制等级较高的矿体与整个矿区矿体拟合图。由模型可以得出现有控制开采矿体与整个矿体空间位置一致, 只有小部分区域有所不同, 在一定程度上可以反映现阶段生产开采在整个矿区规划中所处的位置。本次建模主要包括矿区小钻控制的 1~52 线共 29 个剖面, 以及有大线 16~48 线的 I_1 、 I_2 、 I_3 以及零星矿体共 14 个剖面, 矿体揭露深度在 -250m 左右。建立的矿体模型与地质报告中所诠释的基本一致, 三维矿体实体模型能反映矿体的成矿规律, 利用三维可视化技术实现对地质实体的计算机诠释, 从一定程度上实现了地质资料的计算机化存储, 且在生产勘探不断获取地质资料的同时, 实现地质资源的动态更新与管理。

4 地质储量统计分析

随着计算机技术的不断发展, 基于地质统计学理论的地质储量估算逐渐受到重视并广泛应用。其根本的宗旨是根据已知勘探控制工程, 建立地质体中元素变异分布数学模型, 利用计算机快捷、精确的计算实现对未知区域矿体参量的估计。目前, 应用较为广泛的是距离幂次反比法以及地质统计方法。本次工程分别以两种方法估值并将结果进行了简单比较。

4.1 统计原理简介

距离幂次反比法^[4]的本质是一种以空间距离为参量的内插值方法, 基于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拟合估计点的值。距离幂次反比法的幂次不同, 则有不同的适用范围和估值效果。

相对于距离幂次反比法, 基于地质统计学^[5]的储量估算又名克立格法经过了长期的发展和完善, 克立格法可以定量评价区域化变量的空间结构性, 通过定义变异函数数学模型对未取样位置处的区域化变量进行估值。地质统计学法通常被认为是一种

较好的储量估值方法, 尤其适用于品位变化大, 矿岩界线由品位控制的矿床。

在估值过程当中, 统计方法的实现是建立在块段模型^[6]基础上的。所谓块段模型其实质是采用一系列相同尺寸的立方块来表达矿体。块段模型的品位信息存储在块段的中心点, 这样在整个矿床中, 地质品位分布成为以每个块段中心为基础单元的样品点集合。为了更好地拟合矿体边界, 在初始定义块段的基础上, 可以建立尺寸更小的次分变块模型。矿床块段模型见图 4。

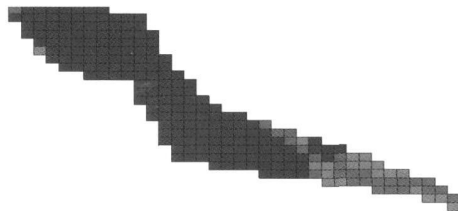


图 4 矿体块段模型

统计方法本身并不能增加已知信息量, 品位与矿量估算的准确程度主要取决于已知信息量的大小。所以, 在对矿床进行初步评价或是数据量不足时, 估值选用较简单的方法如距离幂反比法, 当有了足够的控制数据, 对矿床进行正式可行性评价时, 选用地质统计估算。

4.2 地质储量评估

本次储量估值中块段模型原型在 X、Y、Z 三个方向的尺寸为 636、1585、235m。单元块尺寸选择主要依据矿床规模和空间形态、勘探网度和拟采用的开采方式。根据矿体的空间产状特点和探矿工程控制情况, 此次单块模型尺寸选用 8m × 4m × 4m, 边界次分 4m × 2m × 2m。在统计生产控制矿床地质储量时, 按照不同的边界品位进行全面的统计分析, 同时, 因为统计方法的多样性, 本次估值采用克里格方法与距离幂估值对比进行。地质储量估算结果见表 4。

边际品位与矿量以及平均品位的关系见图 5 图 6。

由表 4 以及边际品位对比图可以看出, 估值结果基本上是比较准确的, 各品位分布规律也是比较符合实际的, 但由于两种方法在进行估值时遵循的规则以及适应情况不同, 导致结果有较小的差异。本次估值中利用地质统计法估算的结果更符合矿体赋存状况, 在品位分布上更能细节化表达矿体变化, 故采用地质统计估算结果, 矿体整体估算储量 10 023.72 万 t; 平均品位 28.3%。与原始地质报告

相比,其中平均品位误差均保持在 3% 以内,储量估算误差在 5% 以内,估算结果与原始地质报告基本一致,可以成为工程设计重要参考依据。

表 4 不同的边际品位统计矿床地质储量

边际 品位 /%	克里格法			距离幂反比法			边际 品位 /%	克里格法			距离幂反比法					
	矿量 /万 t	平均品位 /%	金属量 /t	矿量 /万 t	平均品位 /%	金属量 /t		矿量 /万 t	平均品位 /%	金属量 /t	矿量 /万 t	平均品位 /%	金属量 /t			
20	3102	28	34674	8793217	3105.32	28.39798	8818469	29	1119.61	30	56536	3422139	1215.96	31	25898	3800976
21	3098.68	28	35518	8786374	3105.27	28.39808	8818382	30	633.47	31	41	1989740	829.26	32	08939	2661031
22	3094.84	28	36363	8778090	3101.31	28.40673	8809789	31	342.9	32	22825	1105121	554.57	32	88967	1823959
23	3088.37	28	37581	8763523	3066.62	28.47213	8731332	32	158.53	33	15414	525581.7	357.86	33	66194	1204617
24	3063.1	28	41542	8703978	2966.52	28.63753	8495368	33	79.79	33	86309	270198.2	220.54	34	40808	758818.8
25	2959.04	28	55199	8448646	2731.79	28.98617	7918406	34	27.16	34	68792	94213.5	125.45	35	11252	440496.4
26	2691.87	28	84946	7765902	2419.8	29.43357	7122344	35	5.32	35	51584	18902.38	51.67	36	04956	186230.3
27	2274.29	29	27441	6657839	2070.77	29.9253	6196852	36	0.718	36	38393	2612.657	15.97	37	18685	59375.2
28	1717.27	29	84352	5124929	1656.65	30.5272	5057298	37	0.084	37	12949	313.6699	7.39	38	13425	28188.84

体重: 3.31t/m³。

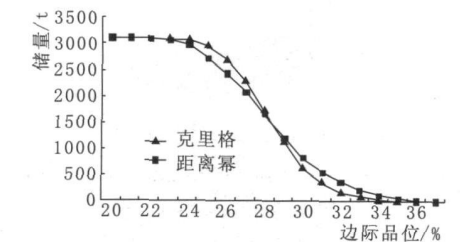


图 5 边际品位与矿量关系对比图

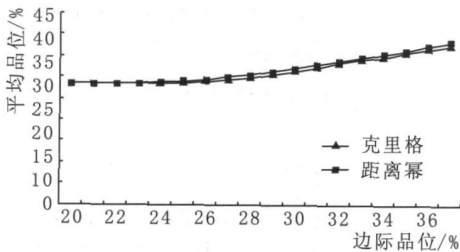


图 6 边际品位与平均品位的关系对比图

5 结 论

矿山数字化是对实现矿业稳定、高效以及可持续发展有重要意义。利用三维可视化技术可以实现矿床地质资料数字化存储以及地质储量动态管理与更新,基于统计理论的储量估值方法与步骤准确、可

靠,可以为地质设计人员提供有效参考。随着计算机技术在矿业的应用越来越广泛,三维数字化软件在矿床地质中的应用可以较大程度地提高人员设计效率,促进资源分析与评价,对提高资源合理利用以及实现企业利益最大化起到巨大的推动作用。DFMNE 数字化软件应用也将越来越广泛。

参 考 文 献:

[1] 郝晋会,郝秀强.矿床三维可视化构模技术研究及应用[J].矿业研究与开发,2008,28(1): 49~ 51.
[2] 易法令,郑晓颖. TN 的生成和存储算法[J]. 微机发展, 2001 (3): 9~ 11
[3] 谢秋生. 矿山动态数据库的开发及应用[J]. 矿冶工程, 2006 (2): 18~ 20.
[4] 王 铁,金智求,王志宏.距离幂次反比法的改进及参数优选[J]. 中国矿业, 1994 13(4): 47~ 50.
[5] 房智恒,王李管,冯兴隆,贾明涛. 基于地质统计学的矿山储量估算[J]. 矿业快报, 2008, 474(10): 28~ 31
[6] 毕 林,王李管,陈建宏,冯兴隆. 基于八叉树的复杂地质体块段模型建模技术[J]. 中国矿业大学学报 2008, 37(4): 532~ 537.

(收稿日期 2010-04-28)

(上接第 32 页)因主要有: ①煤与矿物接触面积较大,较充分; ②煤与矿物反应速率要快于煤气, ③煤气的还原是从炉内上表面矿物向底部矿物逐步进行,煤的还原存在于整个炉内; ④采用煤既存在 C 还原反应,又存在 C 自身生成 CO, CO 继续还原赤铁矿。

4 结 论

(1)通过对东鞍山含碳酸盐难选矿石的菱铁矿中矿进行还原焙烧-磁选试验,结果表明,煤为还原剂时,最终精矿指标为: 磁精矿品位为 60.31%,回收率为 87.49%。

(2)还原焙烧-磁选的最佳条件为: 煤做还原剂时,焙烧温度为 650℃,焙烧时间为 5min,煤占比为 3%,磁场强度为 118kA/m,二段弱磁磨矿细度为 -0.0375mm 占 75%。

参 考 文 献:

[1] 张兆元,吕振福,印万忠,韩跃新. 东鞍山铁矿石中菱铁矿对反浮选的影响[J]. 金属矿山, 2008(10): 52~ 55.
[2] 张 明,刘明宝,印万忠,韩跃新,李艳军. 东鞍山含碳酸盐难选铁矿石分步浮选工艺研究[J]. 金属矿山, 2007(9): 62~ 64
[3] 张洪恩等. 红铁矿选矿[M]. 北京: 冶金工业出版社. 1983.

(收稿日期 2010-05-12)