

基于 Surpac 的某铅锌矿地质建模及储量估算

张靖宇¹, 张 龙¹, 赵宗义¹, 张海胜²

(1. 新疆大明矿业集团股份有限公司, 新疆 哈密 839000; 2. 中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘 要] 智能矿山是当前行业的大势所趋, 三维可视化地质建模是矿山智能化建设的基础, 本文主要基于 Surpac 软件对某铅锌矿进行数据库建立, 在此基础上构建矿床模型、块体模型、地表三维模型, 同时进行图形约束、区间约束、资源储量估算, 为该铅锌矿科学的确定开采方式及编制生产进度计划提供可视化模型及可行性依据, 对今后生产实施过程中的“降本增效”起到重要作用。结果表明利用 Surpac 开展空间展布的可视化三维建模可以较好的解决当前矿山信息化管理时代的难题。

[关键词] Surpac 软件; 三维模型; 地质建模; 储量计算; 生产计划

[中图分类号] TD166; P628

[文献标志码] B

[文章编号] 1003-8884(2022)01-0044-05

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.01.011

0 引言

近年来, 随着大数据、人工智能、数字孪生、三维可视化等技术的兴起, 矿山行业正在经历着深刻变革, 逐渐向着数字化、智能化方向发展^[1-2]。矿山地质作为矿山智能化建设中最基础的环节, 实现地质信息化可以从源头上为智能矿山建设提供数据支撑^[3]。

地质矿产勘察中及矿山行业生产过程中, 过去的资源量估算及资源储量报告, 都以二维平面图或者二维投影图为参考和依据, 采用人工资源量估算, 如块段法、断面法、剖面法的方式进行, 而这种估算方式比较繁琐, 且精确度也有待考量, 大型矿床资源量估算难度较大, 工作量也较多^[4-7]。如今在矿产领域里面, Surpac 软件凭借出众的 3D 图形功能、良好的图形用户界面、实用性强等特点被广泛应用^[8]。通过勘探后期的详查数据及测量数据, 利用 Surpac 三维软件对数据的前期整理, 以可视化地表

模型及可视化圈定的矿体及精确的矿床资源量估算, 为矿山前期建设、中期实施、后期采矿发展带来了全面的信息, 也为矿山开采提供了准确和可视化模型的参考依据, 其意义重大^[9-11]。

本文利用 Surpac 软件通过数字化及信息化建设这一主线, 采用数学计算方法对铅锌品位进行估值, 对矿体的体积和储量进行计算分析, 确保开采的安全性、准确性、计划的合理性的同时, 将传统的二维数据表达及二维平剖面展示变成数据库建立分析、三维矿床形态展示、块体数据分析、平剖面实体剪切、不同高程实体剖切, 储量的计算报告等应用, 从而提高矿山企业资源利用率, 极大提升矿业工程师的工作效率。

1 矿床地质情况及勘探剖面参数

矿区地理位置位于新疆地区, 面积 2.56 km², 绝对高程一般 1 400 米左右, 相对高差一般 10 ~ 20 m, 最大可达 50 m。

矿区地层主要为中元古界蓟县系卡瓦布拉克群 (Jxkw) 的一套碳酸盐建造和石炭系下统雅满苏组 (C1y), 以碳酸盐建造和硅质板岩为主目前发现的矿化蚀变带, 经地质勘探、钻探工程、槽探工程以 Pb ≥ 0.7%, Zn ≥ 1% 控制, 目前共圈定 (以锌为主) 6 个铅锌矿体, 其中地表矿体 2 个, 还有 4 个盲矿体, 其中 1 号矿体为主要矿体 2 ~ 6 号为次要矿体。通过各勘探控矿的工程分析, 其赋矿岩性主要为硅质板

[收稿日期] 2021-09-15

[作者简介] 张靖宇 (1989—), 男, 甘肃民乐人, 中级工程师, 大学本科, 主要从事矿山技术地质, 测量, 采矿工作, 基于矿山生产建设, 地质建模, 采矿设计、技术优化与指导, 采矿方案实施, 技术改进, 数字化信息化矿山建设工作, 现任大明矿业集团股份有限公司技术部部长。

[引用格式] 张靖宇, 张龙, 赵宗义, 等. 基于 Surpac 的某铅锌矿地质建模及储量估算 [J]. 有色设备, 2022, 36(1): 44-48.

岩。矿体形态大多为似层状及透镜状,部分有分枝复合的现象。矿体长度 100 ~ 500 m 不等;真厚度 0.81 ~ 14.61 m 不等。区内地层整体呈单斜产出,走向 72°倾向 153 ~ 205°,倾角 63 ~ 80°。而在矿体北侧跟闪长岩体接触的部位,其地层产状凌乱,

常见有小褶皱,部分地段因为岩体侵位使岩层倾向北。

本次整理重点勘探数据为 0 线 ~ 15 线,钻探工程量为 5 400 m,槽探工程为 1 030 m。其中矿床剖面参数如表 1 所示。

表 1 矿床剖面参数表

编号	矿体名称	矿体 id	组合样品长度	勘探线间距	矿体走向	矿体倾伏角	矿体倾角
1	1	110	1.9	100	65	6	-72
2	2	210	1.9	100	65	6	-72
3	3	310	1.9	100	65	6	-72
4	4	410	1.9	100	65	6	-72
5	5	510	1.9	100	65	6	-72
6	6	610	1.9	100	65	6	-72

2 矿体三维地质模型的构建

2.1 建立三维地质数据库

应用铅锌矿基础资料,根据软件数据表格形式建立数据库表格,其中包括孔口表、测斜表、化验表及岩性表,地质数据库表格包括的内容见表 2。以软件数据库规定的 (Collar table) (Survey table)、(Geology table)、(Sample table)、转换数据表,将数据基于计算机软件数据库中,可以对数据库中的样品品位进行筛选和自由约束查看。由于资源在地质构造或各类地质因素的影响呈不规则、不稳定的存在,所以根据地质统计学需要对特高品位进行处理,使后期利用三维模型指导采矿时,数据更加准确,能够更加合理的控制贫化。同时利用 Surpac 软件实时将对应字段进行录入、编辑、查看、修改、更新、统计、分析、相交运算、提取等方式获取相应的数据结果,实现新型数字化动态管理,通过图性显示约束加显示风格可以将矿岩分色显示便于分析,如图 1 所示。

表 2 地质数据库的表格结构及主要内容

表名称	主要内容
孔口表	孔口、孔口 y 坐标、孔口 x 坐标、高程、深度
测斜表	孔口、测斜深度、倾角、方位角
化验表	孔口、样号、样自起点、样自终点、样品长度、品位
岩性表	孔口、岩性自起点、岩性自终点、岩性厚度、名称、描述

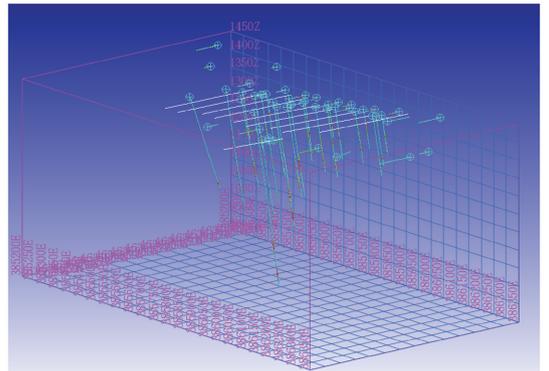


图 1 钻孔轨迹三维展示图

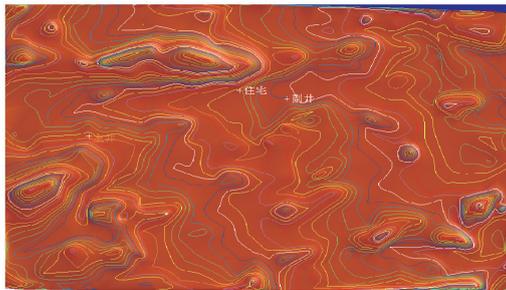
2.2 建立地表模型

地表模型是前期勘探和后期生产施工的基础,根据地表模型的建立,可以进行钻孔地表的剖面切割,也可以更加直观的进行地形分析,对后期基建施工有着重要的作用。应用测量地形数据,利用 Surpac 基础功能,进行碎部点导入,保存线文件,生成等高线,并生成 DTm,成功建立地表模型,三维角度旋转查看,精确查询。在此基础上,可以将卫星图片进行贴图至地表,更加直观清晰的矿区建筑物及地形地质情况,两种三维地直观展示,如图 2 所示。

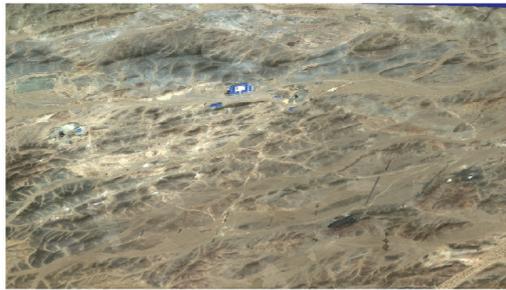
2.3 剖面矿体解译及三维矿床实体建立

(1) 矿体剖面解译

根据基础勘探资料建立完成的数据库,按照矿产圈定规范,以矿产边界品位 $Pb \geq 0.5\%$, $Zn \geq 0.7\%$,最小可采厚度 ≥ 2 m,夹石剔除厚度 ≥ 4 m 的标准进行矿体的控制和圈定(332),边界外推按照



(a)



(b)

图 2 贴图前(a)、后(b)三维地表视图

1/4 平推或 1/2 尖推的方式,即 50 m 尖推资源量(333),以地表模型及地质数据库为基础,通过 0 线至 15 线勘探线,沿勘探线方向切割剖面,结合勘探资料,给相应勘探线命名不同的 id 编号,以便于分类,对同一勘探线上按照不同的矿体编号进行不同的线串编号同一分类,分别对各勘探线矿体解译线绘制和保存,形成顺时针闭合线,如图 3 所示。

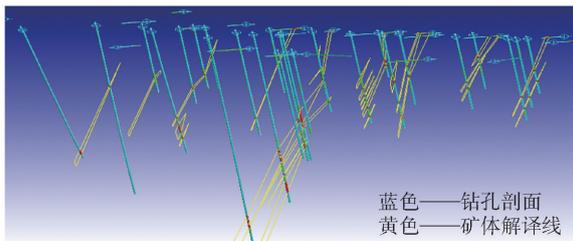


图 3 勘探线剖面解译

(2) 建立矿床实体模型

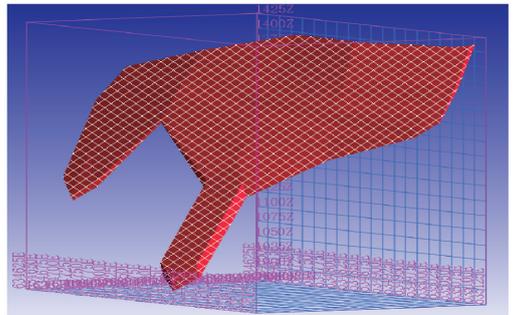
以勘探线剖面生成的矿体解译线为基础进行矿床实体模型的建立,在实体模型建立之初,根据勘探资料对矿体剖面解译线进行边界线控制和修正,并根据相应矿体对闭合线串编号进行修改。其实体模型的建立基本步骤为:

①对生成的矿体解译线进行保存,并对相应矿体对应的线串进行分类保存。

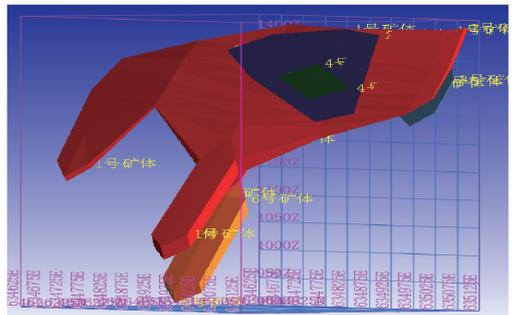
②使用等分产生多点功能,对矿体解译线进行加点,并显示高程。

③按照不同的矿体编号,使用 Surpac 的实体模型工具进行连接,使用软件段内工具或者三角网化工具进行三角网连接,根据矿体边界线封闭三角网,生成矿体实体。

对矿区的 6 个矿体分别进行不同规则的三角网化连接,从而生成可视化矿体实体模型,完成闭合实体模型的建立,使得三维建模结果更为合理,矿体体积计算更为准确,展示效果更为逼真,同时可按照按照图形显示效果可对不同矿体进行不同颜色和图案显示。图 4 为矿区 1 号主矿体及其余矿体展示图。



(a) 1号矿体实体模型



(b) 1-6号矿体实体模型

图 4 矿体实体模型

2.4 建立三维块体模型

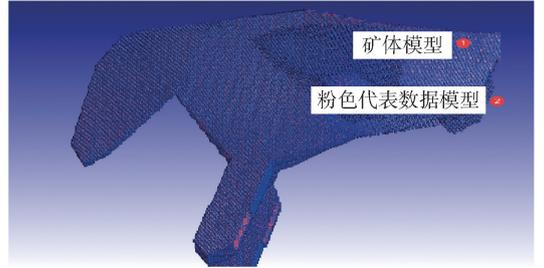
Surpac 块体模型的建立是三维建模的最终成果,也是未来生产进度计划的核心。其主要是将三维建模数据库及三维实体进行组合运算,按照数学计算方法将矿区多种数据进行估值和赋值,其中块体模型的精确程度来源于数据的准确性、可靠性及块体模型本身的结构属性。块体模型建立的基础是三维地表模型及矿体实体模型的建立。块体模型建立时,先要确定块体模型的大小,其大小的含义是三维方向的长度及高度,而范围是根据矿区地表坐标范围及矿体延伸长度及纵深深度来确定的,最终使块体的空间能够包裹矿区地表及矿体实体模型为

佳。X、Y 块尺寸一般根据勘探工程、探矿工程间距来确定,如果为生产矿山,需要综合考虑采矿方法中涉及的各项采矿参数来确定,其中小块尺寸都是在大块的基础上以倍数往上叠加,次级块分为变量、标准、自由模式,可以根据实际需要或矿体模型来确定次级块大小,本次铅锌矿矿区块体尺寸参数如表 3 所示。

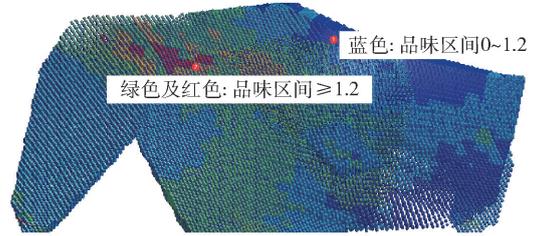
表 3 某铅锌矿矿区块体尺寸参数

类型	Y	X	Z
用户块尺寸	16	16	8
最小块尺寸	2	2	1

根据前期建立好的数据库,在勘探工程组合分析后,利用组合数据对块体模型进行计算赋值,常用的方法有距离幂次法、克里格法等,本次对铅锌矿估算利用距离幂次反比法,估算完毕以后,可以进行图形约束功能或者块体约束功能进行约束,方便根据不同颜色对矿岩分类、不同品位区间分类显示或者矿床单独约束显示,这样更加直观的对矿体的分布或者品位贫富情况有了快捷而又详细的掌握,这种功能的强大在于避免了二维绘图的复杂程度,减少了手工计算的工作量,并且充分利用了计算机计算功能对不同块段进行储量品位的快速计算和显示,也给后期的剖视图绘制提供了基础,对生产进度计划提供了依据,为矿山的信息化管理、数字化建设提供了核心指导。图 5 为铅锌矿赋值后的矿体约束模型及各品位区间按照不同颜色显示后的块体模型。



(a) 矿床块体模型



(b) 区间品位显示块体模型

图 5 块体模型

3 资源储量估算

本次储量估算数据来源于该矿区的勘探工程,利用 Surpac 软件对矿区进行了三维地质建模,根据相关地质规范对矿床进行了圈定,将矿区资源量区分为控制的(内蕴经济)资源量(332)及推断的(内蕴经济)资源量(333)。通过对比三维地表模型分析矿体分布于矿区的中南部地区,西北有少量出露,硅质板岩为主,整体走向北东,倾向南,矿体以地表出露显示连续性良好,厚度变化不稳定。同时在地质模型中按照矿岩类别进行了赋值,并按照矿体编号、矿石品级及矿石级别通过三维地质模型进行了资源储量报告。详细矿区资源量明细如表 4 所示。

表 4 某铅锌矿矿区资源量明细

矿体号	距离幂次反比法						
	估算资源量		矿石品位		金属量		
	体积/m ³	吨位/t	Pb/%	Zn/%	Pb/t	Zn/t	(Pb + Zn)/t
1	580 856	1 678 703	1.177	2.549	19 762.63	42 791.16	62 553.79
2	19 936	57 616	2.124	3.391	1 223.78	1 954.03	3 177.82
3	3 820	11 040	0.543	2.876	59.95	317.47	377.42
4	6 444	18 623	2.083	1.328	387.87	247.38	635.25
5	13 616	39 351	1.222	1.52	480.98	598.32	1 079.30
6	85 428	246 891	1.391	2.507	3 434.94	6 189.49	9 624.43
总计	710 100	2 052 225	1.235	2.539	25 350.16	52 097.85	77 448.01

4 结语

矿山三维可视化地质建模是生产管理的基础,通过 Surpac 软件及钻孔数据,建立矿山三维模型,为矿山提供资源储量估算和生产计划的编制,从而提高矿产资源的利用和作业效率的提升。

(1)地质勘探工作为基础,通过对勘探工程数据的收集和整理,运用 Surpac 矿业三维软件可以实现地质数据库建立、构建实体模型、建立块体模型、生成三维地质模型,同时生成可行性分析数据报告。

(2)三维模型的建立形象并且直观的展示了矿区矿床的空间分布形态,三维角度的转换,利于更加直观的展示和说明矿山生产时空变化。

(3)通过空间分布、空间转换、模型赋值、数据库的组合分析、模型数据的科学计算,避免了人工误差,使得地质工作过程中对成果分析更加直观,资源储量评定更加准确可靠,对可行性分析研究提供更有利的依据,实现了矿产行业生产和勘探工作的数字化,信息化的发展模式,更为未来进入投产建设和进度排产提供了科学依据和系统核心。

[参考文献]

[1] 张元生,战凯,马朝阳,等.智能矿山技术架构与建设思

路[J].有色金属(矿山部分),2020,72(3):1-6.

[2] 张鹏.智能矿山大数据体系建设探索[J].工矿自动化,2021,47(S1):21-23,44.

[3] 李海泉,夏林,黄琨,等.紫金山金铜矿地测采三维协同平台开发实践[J].金属矿山,2021(9):169-176.

[4] 梁红皎.我国矿产资源储量估算方法初探[D].北京:中国地质大学(北京),2018.

[5] 张鹏川,褚小东,曾建平,等.传统资源量估算方法在第三类矿产中的应用与对比研究:以宁夏某建筑用石灰岩矿山为例[J].中国矿业,2017,26(9):33-37,41.

[6] 唐攀,唐菊兴,林彬,等.传统几何法与地质统计学法在矿产资源储量估算中的对比分析[J].地质科技情报,2016,35(1):156-160.

[7] 王小丹,王标,牛水源.常用资源储量估算方法的对比分析[J].四川有色金属,2015(2):5-7.

[8] 位哲,高智令.Surpac 软件在红土镍矿建模的应用[J].采矿技术,2021,21(1):143-146,159.

[9] 向中林.矿区三维地质建模方法研究及深部综合信息找矿预测[D].焦作:河南理工大学,2019.

[10] 安诚瑞.基于 surpac 的阿舍勒铜矿体三维地质建模[J].新疆有色金属,2020,43(5):7-8.

[11] 任凤玉,刘欢,何荣兴,等.基于 SURPAC 软件构建罗卜岭铜钼矿岩体基本质量的空间分布[J].中国矿业,2019,28(9):80-84.

Surpac-based Geological Modeling and Reserves Estimation of a Lead-zinc Mine

ZHANG Jing-yu, ZHANG Long, ZHAO Zong-yi, ZHANG Hai-sheng

Abstract: Intelligent mines are currently the general trend of the industry, and 3D visualized geological modeling is the basis for intelligent construction of mines. This article mainly focuses on the construction of a database of a lead-zinc mine based on Surpac software, and builds deposit models, block models, and surface 3D models on this basis. At the same time, graphical constraints, interval constraints, and resource/reserve estimation are carried out in this article to provide a visualized model and feasibility basis for the scientific definition of the mining method and the preparation of the production schedule for a lead-zinc mine, playing a significant role in the “cost reduction and efficiency increase” in the future production implementation process. The results show that the use of Surpac to conduct visualized 3D modeling of spatial distribution can better solve the challenges in the current mine information management era.

Key words: Surpac software; 3D model; geological modeling; reserves calculation; production plan ▲