

基于 Surpac 的坑道与采空区模型建立及其应用

伍伟¹, 秦德先¹, 任卓隽², 黄艳丽³, 杨晓坤¹, 曾敏¹

(1. 昆明理工大学矿产地质研究所, 昆明 650093;

2. 昆明冶金高等专科学校材料与机械学院, 昆明 650102;

3. 云南铜业矿产资源勘察开发有限公司, 昆明 650051)

摘 要:文中详细介绍了广西高峰锡矿 105 号矿体坑道模型以及采空区模型建立的基本过程。分析了采空区模型与高峰锡矿 105 号矿体实体模型间的相互关系。并在此基础上介绍了两种模型在实际采矿中的应用及意义。

关键词:坑道模型; 采空区模型; Surpac

中图分类号:TD853 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-4172(2009)04-0005-05

The Establishment and Application of the Model of Gallery and Mined-out Area Based on Surpac

WU Wei¹, QIN Dexian¹, REN Zhuojun², HUANG Yanli³, YANG Xiaokun¹, ZENG Min¹

(1. The Mineral and Geology Institute of Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China;

2. School of Materials and Mechanical of Kunming Metallurgy College, Kunming 650102, China;

3. Yunnan Copper of Mineral Resources Exploration Co., Ltd., Kunming 650051, China)

Abstract: In this paper, the basic process of the model establishment of gallery and mined-out area of No. 105 ore-body in Gaofeng tin-ore is described. And the relationship between the model of mined-out area and the inter-entity model of No. 105 ore-body in Gaofeng tin-ore is analyzed. On this basis, these two models' application and significance in actual mining are introduced.

Key words: model of gallery; model of mined-out area; Surpac

广西大厂锡多金属成矿区具有得天独厚的成矿地质条件, 矿产资源十分丰富。高峰锡矿则是广西大厂成矿区西矿带中最重要的锡多金属矿床。该矿床是以锡为主, 伴生有铅、锌、铜、银、锑、汞、钨等有用组分, 是中外矿床学家瞩目的大型富锡矿床。

1 矿区地质背景

1.1 地层

矿区出露的主要地层是中、上泥盆统, 为一套碳酸盐岩-硅质岩-细粒碎屑岩建造, 自下而上有: 泥盆系中统马家垌组(D_{2Mj}) - 泥盆系上统榴江组(D_{3Lj}) - 泥盆系上统同车江组(D_{3Tc})^[1-2]。

本区出露的含矿地层具有以下特点:

1) 除生物礁灰岩属纯碳酸盐岩外($CaCO_3$ 含量大于 95%), 其它地层中均含有较高的 SiO_2 ;

2) 有机碳含量高, 据资料统计本区泥盆系中有

机碳含量约为 0.24%;

3) 地层中普遍含有散点状、纹层状细粒黄铁矿, 因此在岩石化学成分上含硫量高;

4) 地层层理和岩石中的纹层条带极为发育;

5) 上述地层间均为整合接触。

1.2 构造^[1-2]

1) 褶皱。区内褶皱主要为大厂背斜, 由泥盆系地层组成。背斜轴向为 $330^\circ \sim 340^\circ$, 东翼缓, 岩层倾角为 $20^\circ \sim 40^\circ$; 西翼陡, 岩层倾角为 $70^\circ \sim 75^\circ$; 局部倒转, 两翼不对称。

2) 断裂。区内断裂主要为北西向断裂组、北东向断裂组、南北向断裂组等。其中北西向断裂组为近背斜轴偏西翼的纵向逆掩断裂, 走向 $330^\circ \sim 340^\circ$, 倾向 $60^\circ \sim 70^\circ$, 倾角 $25^\circ \sim 55^\circ$, 断距 150 ~ 220 m。地表显现地层缺失和阶梯状地形地貌, 沿走向有石英呈脉状、团块状充填。断裂组有矿质浸染交代成矿(如破碎带矿体)或矿化; 北东向断裂组其走

向为 $65^{\circ}\sim 85^{\circ}$,倾向 $155^{\circ}\sim 175^{\circ}$,倾角 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$,断距较小,一般为5~15 m左右;南北向断裂组其走向大致为南北向,在北部倾向东,倾角 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$,南部倾向西,倾角 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$,被花岗斑岩脉充填,岩脉剖面上呈“S”型。

1.3 岩浆岩^[1]

区内岩浆岩呈岩脉产出,走向近南北,锡石多金属矿床均匀分布于南北向花岗岩脉的两侧。花岗岩呈脉状产出,断续延长约9 km,厚度一般在5~28 m,南北走向。北部倾向东,倾角 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$;南部倾向西,倾角 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 。矿物组分以石英、长石为主,次为白云母,副矿物有电气石、黄玉、磷灰石等。

2 105号矿体实体模型的建立

2.1 实体模型定义

实体模型是指在建三维实体过程中,采用一系列三角面描述实体的轮廓或表面而构成的完整实体的面或壳,其实质是由一系列三角面集合构成的实体表面或轮廓,即实体模型是用一系列不重叠的三角形来连接多边形线串中包含的点来定义一个实体或空心体^[3-4]。这些三角形在平面上看可能是重叠的,但实际上在三维空间里是不重叠或相交的。实体模型的三角网可以很彻底地闭合一个空间结构。实体模型指定了矿体、岩性、矿石类型的分布范围和品位估值的范围,它的准确程度直接影响到最终矿床模型的可靠程度^[3-4]。

Surpac 系统的实体模型与数字化地形图基于同样原理。实体模型是一个三维的数据三角网,3DM是用于定义一个表面,例如,一张3DM图就是通过用包裹一个DTM的方式而形成的一个实体形式,用线条描述了通过实体的剖面^[3]。其区别:DTM可以是封闭或不封闭的,而3DM必须是封闭的。

构建高峰锡矿三维矿山模型的过程中,实体模型的作用不仅在于描述矿体的轮廓,通过它还可以实现以下功能:1)三维可视化显示;2)表面积和体积报告;3)任意方向剖面;4)将地质数据库的数据叠加于实体模型,用于建立品位模型;5)将钻孔、坑道、勘探工程数据叠加进实体模型,用于分析整个矿山的工程情况。

2.2 105号矿体实体模型的建立与研究

矿体建模通常采用以下3种方法:1)利用矿体边界线大概确定矿体范围;2)基于勘探线剖面图的矿体模型构建;3)基于钻孔数据的矿体模型构建。通常应根据建模目的来选择合适的方法,但要准确

反映实际矿体形态,往往需要综合采用多种方法。

本文建立高峰实体模型主要采用勘探线剖面图的矿体模型构建方法,具体步骤如下:1)将该矿体各勘探线的剖面图CAD图件进行三维坐标空间数据转换,使图形坐标和大地实际坐标相符合,再经过格式转换,最终将文件保存为.str线文件;2)分别对各剖面线文件进行地质解释,生成一系列闭合线;3)将各勘探线的剖面线,放入到三维空间;相邻勘探线之间按照矿体的走向趋势,连接三角网;在矿体的两端,封闭起来,就形成了矿体的实体。4)验证及修正模型,实体通过有效性验证则矿体模型建立成功。

2.3 计算矿体的体积与表面积

Surpac 提供了实体模型的有效性验证功能,以检查构建好的实体模型是否包含无效边、重复边、自相交等错误。本文建立的高峰锡矿三维实体模型通过 Surpac 的有效性检查,使用报告实体体积,就可以得到实体建模的体报告,从而快速的获得高峰锡矿105号矿体的表面积和体积,统计矿石储量。统计结果如下(表1)。

表1 高峰105号矿体统计表

Table 1 The Statistical table of No. 105 orebody in Gaofeng

矿体体积/ m^3	矿体表面积/ m^2	矿石比重/ (t/m^3)	矿石量/t
871 642	208 240	3.2	2 789 254

3 基于 Surpac 坑道及采空区模型的建立

建立三维探采工程系统模型可以直观、清晰地反映矿体与巷道间的空间位置关系,且为巷道设计和采矿计划提供依据,对矿山生产管理意义重大^[5]。

3.1 坑道及采空区模型线文件的提取

建立探采工程系统模型,相对于建立其它模型而言较为复杂而且工作量相当大。故其前期工作即提取线文件非常重要,提取的线文件正确与否直接影响后续的建模工作以及模型的有效性。因此,本文将所有收集到的坑道平面图和各勘探线剖面图进行重叠比较,综合考虑矿体、坑道以及采空区之间的空间关系来提取线文件,具体步骤如下:

1)对矿山提供的坑道系统CAD平面图以及各勘探线剖面图进行重叠比较后,确定各中段坑道的线框架,将其它图层关闭,删除不需要的点、线、面,最后在CAD图中只留有坑道线框架或采空区边界

线,新建文件并保存为*.dxf格式;

2)在 Surpac 中将*.dxf 格式文件转换成软件支持的*.str 格式线文件,按中段水平将坑道线文件或采空区线文件进行统一编号,分别保存;

3)在 Surpac 软件中把上述保存好的坑道线文件或采空区线文件进行数字化,这里必须对每一个线串进行地质解释,并且每个线串必须是闭合的;

4)数字化完成后,要对数字化后的线文件进行处理,这就包括清理线文件中的重复点、跨接点和聚结点,并对标明有错误的地方进行修改或者重新数字化,直到检查无误为止;

5)给数字化后的各坑道线文件、采空区线文件按照所在中段水平赋高程;

6)由于后续工作中要用该坑道线文件来创建 DTM 即面文件,按照软件的要求必须将坑道线文件的每一个线串按照“外顺内逆”的规则进行线串逆转,即坑道的外边界线必须是顺时针的,而内部的闭合线串必须是逆时针的才可以形成面文件;而对于采空区模型来说,要将所有的线文件合并为一个线文件,结合矿体水平分布图,对空区剖面线进行位置调整,使其水平投影与矿体矿块水平分布图中的空区位重合。对上述线文件调整正确之后,就完成了坑道线及采空区线文件的提取工作。

3.2 坑道模型的建立

上述工作完成后,我们就可以运用 Surpac 软件建立坑道模型^[3],具体步骤如下:

1)利用上述处理完的*.str 线文件,直接导入到 Surpac 软件中,运用 DTM 工具模块的 DTM 文件功能—>由线文件创建 DTM,导入坑道线文件,系统就可将该坑道创建成为一个由边界线控制的面文件;

2)创建了面文件后,再运用 DTM 间剪切或相交功能—>用线剪切 DTM,导入创建好的面文件,根据提示选择线段切分面文件,并选择保留线内部面文件,执行以后则可得到经过该坑道的包括所有线串切过的面文件即坑道的面文件;

3)将切割好的坑道面文件导入 Surpac 软件中,确定该面作为此坑道的底面,然后进行编辑—>运算: $Z = Z + 3$ (一般坑道高度为 3 m),即将高程增加 3 m,保存为另一个面作为此坑道的顶面;

4)同时导入此坑道的底面和顶面,利用实体模型模块的创建三角网功能—>两个段之间,即在坑道的底面和顶面两个段之间连结体,并对连接好的体进行封闭,最后使整个坑道形成同一个三角网和

一个实体;

5)对内外线串全部连结好的实体模型进行有效性验证,验证结果为 true 则模型有意义;否则我们将对验证结果为 false 的实体文件进行修改甚至重新连接,直至验证结果有意义为止;

6)在 Surpac 软件的三维显示区显示坑道实体模型(图 1),并可对有效的实体模型报告体积和表面积(如图 2)。

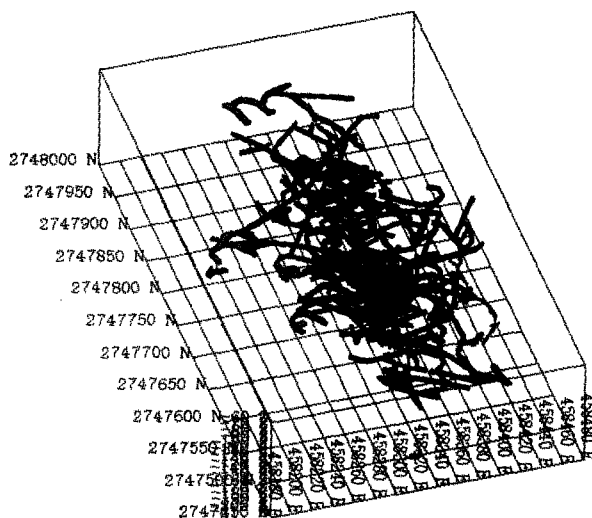


图1 高峰 105 号矿体坑道模型

Fig. 1 No. 105 orebody gallery model of Gaofeng

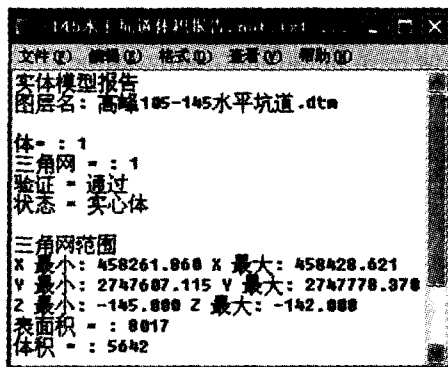


图2 高峰 105 号矿体 -145m 水平坑道体积报告

Fig. 2 The volume report of No. 105 orebody's sap at - 145 m plane in Gaofeng

3.3 采空区模型的建立

高峰锡矿采用的是坑采模式,故采空区在矿山生产管理中是非常重视的一个因素。建立了采空区模型,我们就可以掌握空区的基本形态、位置、体积以及与矿体和其他巷道工程的空间位置关系,也可为空区稳定性数值模拟计算研究奠定基础;更重要的是可以预防因采空区未经过充填而发生崩塌的事故。

运用 Surpac 建立采空区模型,具体步骤如下:

1) 运用上述所提取的线文件,可以直接导入到 Surpac 软件中,进行实体的连结工作。

2) 选择 Surpac 软件中的实体模型模块“在段之间连结实体”,根据实际情况将各剖面的线文件逐个连结起来生成同一个体同一个三角网或者同一个体多个三角网,然后在运用实体模型模块的“在一个段内连接实体”,对生成的模型进行封闭,形成完全封闭的空区模型。

3) 对全部连结好的实体模型进行有效性验证,验证有效即报告为“验证结果 = true”,则模型有意义。

4) 在 Surpac 软件的三维显示区显示采空区实体模型(图3),对有效的实体模型报告体积和表面积(图4)。

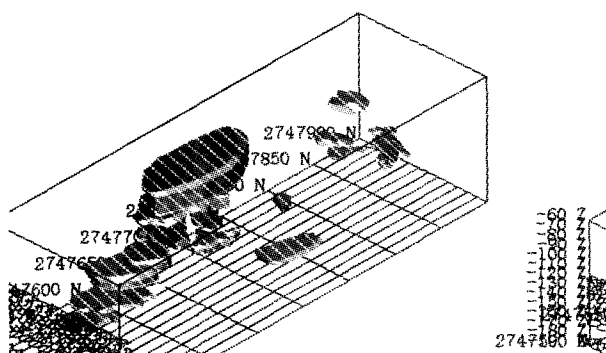


图3 高峰105号矿体采空区三维数字化模型

Fig. 3 The three dimensional digitization model of No. 105 orebody's mined-out area in Gaofeng

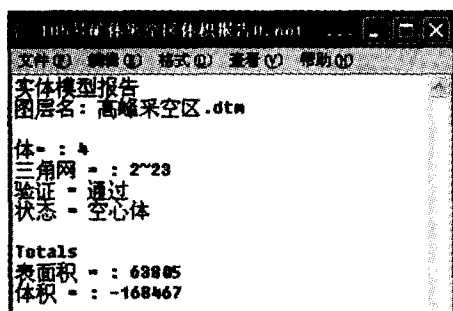


图4 高峰105号矿体采空区体积报告

Fig. 4 The volume report of No. 105 orebody's mined-out area in Gaofeng

由于采空区是指在采矿范围内,由于各种采矿工作而遗留下来的各种形状和大小的空间,也即它是一个采完的空体^[6]。故其是一个空心体,体积为负值。

4 结论

矿山坑道模型以及采空区模型的建立,主要应

用在以下几个方面:

4.1 矿山坑道模型的应用

1) 了解所有巷道的布置和矿体开发情况,以及巷道和采空区、矿体的空间关系;

2) 指导巷道的设计和施工;根据已有的巷道系统、矿体的产状变化情况和主要断层分布情况,设计巷道前进方向;

3) 可以指导矿山安全生产,准确定位有安全隐患的工作区,并采取防范措施;

4) 作为自动绘制矿体采掘工程平面图、地质剖面图的基础。

4.2 采空区模型的应用

1) 将采空区模型和任意采区以及勘探工程进行复合,这样可以清楚地看到矿体的已采区域和未采区域(如图5),为矿山设计开采计划提供依据;

2) 监控采空区的回填情况,对未回填的采空区采取有效的措施以防止出现安全隐患;

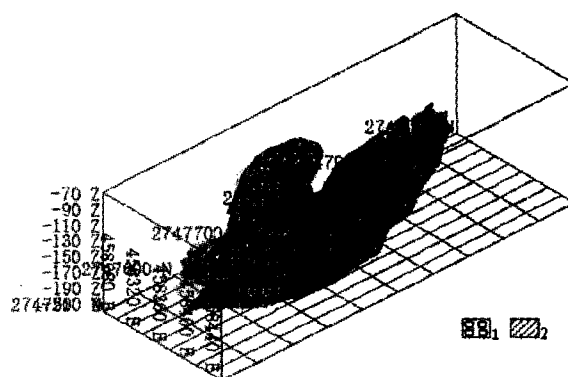


图5 高峰105号矿体与采空区复合图

Fig. 5 The Compound chart of No. 105 orebody and mined-out area in Gaofeng

1 - 矿体; 2 - 采空区

图5中填充图案为小方格的体是105号矿体,填充图案为斜线的体为105号矿体采区的采空区。我们可以看出,两个体完全重合的部分为105号矿体已经采完的区域,而未重合的区域就是尚未采的矿。采空区模型的建立使得我们非常直观地了解到采区的实际开采情况,对矿山实际生产有重要的指导意义。

3) 计算采空区模型的体积,并与相应的矿体储量进行比较核实,这有利于矿山每年进行新增储量和消耗储量核算。105号矿体的储量和105号矿体采空区的体积如表2所示。

由表2可看出,105号矿体采空区的体积远远小于矿体的体积,其未开采区域的体积是703 175 m³,表面积是144 435 m²,这就说明105号矿体可以

作为今后矿山开采的重点对象之一。

表 2 105 号矿体及其采空区计算结果表

Table 2 The Compound chart of No. 105 orebody and mined-out area in Gaofeng

矿体体积 /m ³	矿体表面积 /m ²	矿体采空区 体积/m ³	矿体采空区 表面积/m ²
871 642	208 240	-168 467	63 805

参考文献

- [1] 广西南丹县大厂锡矿田巴里-龙头山区 100 号矿体详查勘探地质报告, 内部资料, 1996 年.

- [2] 赵汝松,刘佑希,杨礼才.丹池地区构造系统及其对岩、矿的控制.锡矿地质讨论会论文集[C].地质出版社,1987:176-180.
- [3] Surpac Vision 软件用户使用手册[M].北京:Surpac Software International 国际软件公司,2000.
- [4] 秦德先,燕永锋,等.矿床数学经济模型[M].云南:云南科技出版社,2001.
- [5] 王建民.三维巷道建模及其应用研究[D].山西:太原理工大学,2005.
- [6] 地质矿产部地质辞典办公室.地质大辞典[M].北京:地质出版社,2005.

基础常识:有色金属特性及用途

有色金属英文名称: [Metallurgy] nonferrous metals.

定义:狭义的有色金属又称非铁金属,是铁、锰、铬以外的所有金属的统称。广义的有色金属还包括有色合金。有色合金是以一种有色金属为基体(通常大于50%),加入一种或几种其他元素而构成的合金。

种类特性:

[illegible]

在历史上,生产工具所用的材料不断改进,它与人类社会发展的关系十分密切。因此历史学家曾用器物的材质来标志历史时期,如石器时代、青铜器时代、铁器时代等。到 17 世纪末被人类明确认识和应用的有色金属共 8 种。中华民族在这些有色金属的发现和生产方面有过重大的贡献(见冶金史)。进入 18 世纪后,科学技术的迅速发展,促进了许多新的有色金属元素的发现。上述的 64 种有色金属除在 17 世纪前已被认识应用的 8 种外,在 18 世纪共发现 13 种。19 世纪发现 39 种,进入 20 世纪,又发现 4 种。

有色合金的强度和硬度一般比纯金属高,电阻比纯金属大、电阻温度系数小,具有良好的综合机械性能。常用的有色合金有铝合金、铜合金、镁合金、镍合

金、锡合金、钽合金、钛合金、锌合金、铜合金、锆合金等。

A: 有色金属中的铜是人类最早使用的金属材料之一。现代有色金属及其合金已成为机械制造、建筑业、电子工业、航空航天、核能利用等领域不可缺少的结构材料和功能材料。

B:实际应用中,通常将有色金属分为 5 类:

1. 轻金属。密度小于 $4\,500\text{ kg/m}^3$ ，如铝、镁、钾、钠、钙、锶、钡等。
2. 重金属。密度大于 $4\,500\text{ kg/m}^3$ ，如铜、镍、钴、铅、锌、锡、锑、铋、镉、汞等。
3. 贵金属。价格比一般常用金属昂贵，地壳丰度低，提纯困难，如金、银及铂族金属。
4. 半金属。性质介于金属和非金属之间，如硅、硒、碲、砷、硼等。
5. 稀有金属。包括稀有轻金属，如锂、铷、铯等；稀有难熔金属，如钛、锆、钼、钨等；稀有分散金属，如镓、铟、铊、铼等；稀土金属，如钪、钇、镧系金属；放射性金属，如镭、钋、钋及阿系元素中的铀、钍等。

有色金属通常指除去铁(有时也除去锰和铬)和铁基合金以外的所有金属。有色金属可分为四类:

1. 重金属:一般密度在 $4.5\text{g}/\text{cm}^3$ 以上,如铜、铅、锌等;2. 轻金属:密度小($0.53 \sim 4.5\text{g}/\text{cm}^3$),化学性质活泼,如铝、镁等。3. 贵金属:地壳中含量少,提取困难,价格较高,密度大,化学性质稳定,如金、银、铂等;4. 稀有金属:如钨、钼、锆、铀、镧、铈等。