

· 数字矿山 ·

## 基于 DIMINE 软件的采矿方案优化

叶加冕<sup>1,2</sup> 王李管<sup>3,4</sup> 房智恒<sup>3,4</sup> 冯兴隆<sup>3,4</sup>

(1. 昆明理工大学国土资源工程学院; 2. 昆明冶金高等专科学校;  
3. 中南大学数字矿山研究中心; 4. 长沙迪迈信息科技有限公司)

**摘要:**借助于 DIMINE 矿业软件,并结合塘子凹 32-3<sup>#</sup>矿体具体的地质情况,对采准爆破等参数进行了深入的优化研究,最终得到了优化后的采矿方法。提出了可视化技术为采矿方法的选择与设计提供了先进的技术平台,是采矿设计优化的必然选择。

**关键词:**可视化;采矿方法优化;采准;爆破

**中图分类号:**TD852 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-6082(2010)06-0050-04

### The Mining Plan Optimization based on DIMINE Software

Ye Jiamian<sup>1,2</sup> Wang Liguan<sup>3,4</sup> Fang Zhiheng<sup>3,4</sup> Feng Xinglong<sup>3,4</sup>

(1. Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology; 2. Kunming Metallurgy College; 3. Digital Mine Research Center of Central South University; 4. Digital Mine Co. LTD, Changsha)

**Abstract:** Deep study is done on mining preparation and blasting parameters optimization based on DIMINE mining software and combine with the specific geological condition of Tangziao 32-3<sup>#</sup> ore body, and finally get the optimization mining method. Visualization technology supplies advanced technology platform for the choice and design of mining method, and is the trend of mining design optimization.

**Keywords:** Visualization; Mining method optimization; Mining preparation; Blasting

云锡股份公司采选分公司塘子凹矿段 32-3<sup>#</sup>矿体,为一锡、铜共生硫化矿体,矿石储量 29.9 万 t,锡平均品位 2.51%,铜平均品位 1.26%,锡金属 7 515t,铜金属 3 781t,矿石平均含硫 16.75%,最高达 35%。该矿体是采选分公司开采锡铜矿的主要矿体之一。

针对这一高品位矿体,须选择贫化、损失较低的充填法进行开采,但由于该矿体 1 850m 上部已采空,部分顶板岩石已冒落并覆盖于待采矿体的上部,增大了下部主矿块的开采难度,且存在有较大的安全威胁。在此条件下使用充填法开采,在云南尚属首次,国内也未见类似报道,因此有必要对其采矿方案进行模拟与优化,并在此基础上进行方案设计。

### 1 矿体开采技术条件

32-3<sup>#</sup>矿体属于砂卡岩型锡铜多金属硫化物矿床。除坡积、洪积等第四纪沉积物外,地层主要为中

三叠统个旧组中部碳酸盐岩,由上到下划分为:深灰色、灰色厚层状白云岩( $T_{2g_{21}}$ )和灰色中厚层状白云质灰岩、灰质白云岩与石灰岩互层( $T_{2g_{16}}$ )。个旧东区一级控矿构造——五指山复式背斜沿北东向穿过矿段,并有四组断裂相交。

#### 1.1 矿石组成及结构构造

矿石类型主要为灰黑色砂卡岩硫化矿及硫化矿,金属矿物主要为磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿,锡石等。非金属矿物主要为透辉石、方解石、石榴石、绿泥石等。

主要结构为自形晶粒状结构、半自形晶粒状结构、放射状结构、残余结构、反应边结构。其主要构造为块状构造、稠密浸染状构造、稀疏浸染状构造、条带状构造。

#### 1.2 矿体的赋存条件

矿体赋存标高为 1829 ~ 1880m,矿体呈层状、囊状产出。矿体走向 NE,长约 120m,倾向 NW,倾角为 50° ~ 70°,总体由 SW 向 NE 侧伏,侧伏角 20° ~

叶加冕(1963-),男,汉,博士,教授,410083 湖南省长沙市。

30°,矿体水平厚度 10~50m,南部较薄而平缓,北部厚大而陡倾。矿石类型主要为硫化矿,其次为矽卡岩硫化矿。

品位分布除底部一段以下(底柱)含锡较低外,其它分布较均匀。矿石体重  $3.5\text{t/m}^3$ 。

### 1.3 矿岩稳固条件

矿体底板及上下盘为半风化花岗岩,部分已风化成砂土状,松散易脱落, $f=2\sim4$ ;直接顶板为中厚层状大理岩,中等稳固 $f=6\sim8$ ;矿石类型主要为块状硫化矿,致密坚硬,中等稳固 $f=8\sim10$ ;矿体未遭受构造破坏。

### 1.4 矿体周边环境

该矿体埋藏较深,距地表 645.7m,地表无重要建筑物和工业设施需要保护,允许陷落。在矿体北东部有 32#矿体与该矿体过渡相连,可相互独立开采互不影响。

32-3#矿体虽然赋存标高为 1829~1880m,然而 1850m 以上已采用分段空场法进行回采,目前回采空区已冒落且已形成面积达  $970\text{m}^2$  的空区。为能安全地回采其下部矿体,必须对冒落区下的回采顺序、结构参数等进行研究。

### 1.5 水文及其他开采条件

该矿体水文地质条件较简单,由于上部有较好植被覆盖,无地表水系,坑下涌水的主要来源为雨季地表水渗透,坑下涌水对生产影响甚微。

在矿体上下已形成了以 1850m 水平为充填、回风,以 1800m 为运输水平等完整的开拓系统。

### 1.6 结构面发育程度

(1)32-3#矿体和围岩基本属于层状结构,其节理裂隙大部分为光滑的,不利于岩体的稳定性。

(2)32-3#矿体和围岩的结构面倾角陡,在开挖

体帮壁上的岩体被切割成孤立块体后,很容易脱落,造成安全事故。

(3)32-3#矿体的矿体和围岩的节理裂隙充填物对节理面强度影响极小,将有利于岩体的稳定;节理裂隙中干燥占绝大多数,渗水和流水节理面均未发现,所以地下水对岩体性质的影响不会很大<sup>[3]</sup>。

## 2 采矿方案优化与选择

根据 32-3#矿体的矿岩稳固性,矿体厚度和倾角,提出有底柱矿房空场、矿柱充填联合采矿法和有底柱矿房空场、矿柱崩落联合采矿法 2 种回采方案。

### 2.1 有底柱矿房空场、矿柱充填联合采矿法

该法是将矿块划分为矿房、矿柱,并分步骤回采,第一步先采矿柱,采用小分段空场法回采,浅孔落矿,采后用混凝土进行充填,电耙出矿;第二步进行矿房回采,用浅孔留矿法回采。

### 2.2 有底柱矿房空场、矿柱崩落联合采矿法

该方案先空后崩,把矿块划分为矿房、矿柱多步骤的间隔回采。首先矿房在预留顶柱、护壁、矿柱的支撑下,使其充分利用矿岩本身支撑能力,把矿房中的矿石开采出来;其次,矿房回采结束后用中深孔爆破回采矿柱,诱导顶板花岗岩冒落,形成在覆盖岩层下出矿。

### 2.3 方案比选

对上述两个方案进行技术经济指标比较,见表 1。从表 1 可以看出,方案一明显优于方案二,虽然表面上看方案二有底柱矿房空场、矿柱崩落法的原矿成本低,但相应的出矿品位也低,最终获得的金属量较少,而方案一的原矿成本相对高,获得的金属量较多,最终获得的产品销售利润总额比方案二的总额多达 374.2 万元。故 32-3#矿体的采矿方法确定采用有底柱矿柱充填、矿房空场法。

表 1 采矿方法技术经济比较

采矿方法	地质矿量/t	锡/%	铜/%	回收率/%	贫化率/%	回采矿石量/t	采出矿石品位/%		生产能力/(t/d)	采切比/( $\text{m}^3/\text{kt}$ )
							锡	铜		
方案一	200000	1.8	1.2	90.2	10	202390	1.62	1.08	100	12
方案二	200000	1.8	1.2	85	18	207290	1.47	0.98	120	13
采矿方法	选矿回收率/%		精矿产量/t		原矿成本/(元/t)	选矿成本/(元/t)	精矿锡单价/(元/t)	精矿铜单价/(元/t)	采选总成本/万元	销售收入/万元
	锡	铜	锡	铜						
方案一	65	62	2131.0	1355.0	86.07	75	30530	9559	3259.8	7801.1
方案二	65	62	1980.6	1259.5	73.76	75	30530	9559	3083.6	7250.7

## 3 采准工程优化

### 3.1 房柱采矿法

采场沿矿体倾向布置,根据电耙的有效耙运距离确定采场长,一般为 40~60m,宽为 14m,高为矿体厚,采场上下两端留 6m 的顶、底柱,采场中每隔 8

~10m 留  $4\text{m}\times4\text{m}$  的规则点柱。

中段运输巷道布置在矿体下盘脉外,在运输巷道中每隔 25m 上掘放矿小井,每隔 100m 上掘人行材料井(布置在间柱和矿柱中),井间用电耙联道连通,沿矿体倾斜方向在矿体底板布置回采进路。

采场垂直矿体走向由一翼向另一翼或由两翼向中央回采,矿房后退式逐段回采。

采准工程的设计包括穿脉、人行通风天井、点柱、溜井等一系列工程,各种巷道的断面根据优化方法中的尺寸确定<sup>[4]</sup>。

采准工程设计中穿脉设计的方法等同于巷道的设计,人行通风井的设计可以在 CAD 中平面位置作出断面形状,然后导入 DIMINE 软件,也可由中心线法生成<sup>[7]</sup>。

在矿房的端部布置三个小溜井直接与大巷相连,采下的矿石经过电耙耙入溜井后装入矿车运输到地表<sup>[6]</sup>。

溜井的建模型方法为连矿体生成法。点柱布置在矿房中央,采用连矿体连接方法<sup>[3]</sup>。采准工程见图 1~图 6。

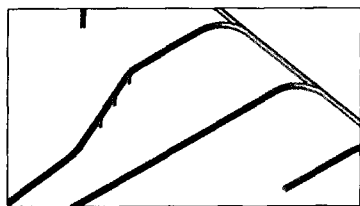


图 1 溜井与开拓巷道位置图

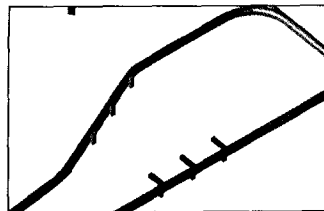


图 2 人行井与开拓巷道位置图



图 3 点柱、溜井、人行井位置图

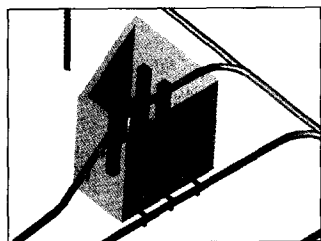


图 4 间柱、点柱、人行井图

### 3.2 有底柱分段空场法

该法适用于矿体厚度大于 25m 的矿块,矿块垂直走向布置,垂直走向长度 50m,矿房长 42m,宽

12m,间柱宽 8m;矿房底柱高 6m,顶柱高 4m,矿块高度为中段高 50m,矿房高度 40m;分段高 8.5m;底部漏斗间距 6m。

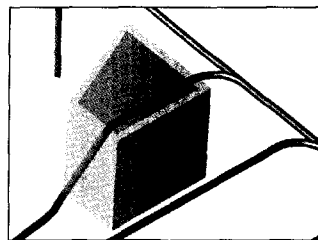


图 5 矿房和间柱图

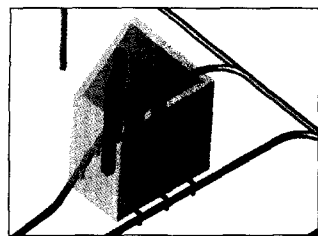


图 6 矿块内各个工程位置图

#### 3.2.1 采准工程

在垂直矿体底盘脉外运输平巷中开掘一条采场电耙巷道;在矿块房间矿柱或矿柱内布置一条人行、材料天井通往上中段;沿垂直高度上每隔 8.5m 在矿房内布置分段凿岩巷道 4 条;在矿房间矿柱或矿柱内天井之间各个分段的高度上掘进天井联道。

#### 3.2.2 矿块切割工程

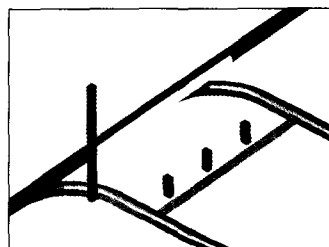


图 7 矿块内各个工程位置图

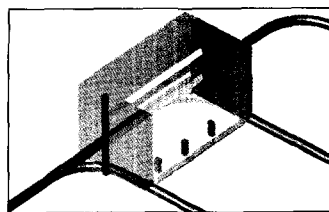


图 8 矿块内各个工程位置图

在矿房底柱中沿走向间隔 6m 对称布置两个放矿漏斗,每个漏斗布置一条漏斗颈,漏斗颈尺寸为 1.5m × 1.5m;在每个分段上于矿块的中部(或端部)布置沿矿体走向的分段切割横巷,并且布置一条切割天井通至上分段<sup>[12]</sup>。采准工程见图 7、图 8。

### 4 爆破参数优化

#### 4.1 房柱法

凿岩设备选用 YT-26、YT-28 型凿岩机,采用浅孔落矿,孔径为 38~42mm,孔深 1.5~2.0m,排距 1.0~1.2m。爆破采用 2<sup>#</sup>岩石硝铵炸药,非电导爆雷管和火雷管联合起爆的爆破方式。

出矿采用 2DPJ-30 型电耙(个别地段可采用 2DPJ-14 型电耙),耙矿距离控制在 60m 以内。采场矿石由电耙耙至溜矿井内,下放至中段运输巷道。

#### 4.2 有底柱分段空场法

采用 YGZ-90 型中深孔凿岩机钻孔,在分段凿岩巷道内钻凿垂直上向扇形中深孔回采,孔深小于 15m,孔径 55mm,排距 1.5m,孔底距 2.5m;在分段切割巷道内钻凿垂直向上平行炮孔拉切割槽。采用

人工(或风动装药器)装 2<sup>#</sup>岩石硝铵炸药,采用非电雷管导爆索复式起爆系统起爆。矿块爆破顺序采用由一端(或由中部)拉开,由上往下分条带同时爆破落矿,一个矿块逐次爆破完成,底盘漏斗与其上面对应的矿石条带同步爆破形成。

每个条带爆破后,即可在已经形成的底部漏斗下面出矿。矿块出矿选用 2DPJ-30 耙矿绞车配 0.3m<sup>3</sup>耙斗在电耙巷道内出矿,每个矿块配置一台。爆破后可能产生一定的大块,大块二次破碎在电耙巷道内进行。采出矿石最大块度为 500mm。

### 5 主要经济技术指标

采矿方法优化之后各种经济指标见表 2。

表 2 采矿方法技术经济指标\*

采场生产能力 /(t/d)	贫化率 /%	损失率 /%	采切比 /(m/kt)	采矿工效 /(t/工班)	炸药 /(kg/kt)	木材 /(m <sup>3</sup> /kt)	火雷管 /(个/kt)	秒管 /(个/kt)	钢钎 /(kg/kt)	钻头 /(个/kt)	导火线 /(m/kt)
100~120	7	13.6	12.66	4.5	500	8	70	500	40	10	150

\* I、II、III 采场综合指标。

### 6 结 论

采矿方法的优化设计包括方案的优化、结构参数的优化和回采工艺的优化,借助于 DIMINE 软件三维可视化建模,根据塘子凹矿段 32-3<sup>#</sup>矿体地质实际、产状、赋存情况,在真三维状态下做出了适合于被采矿体的采矿方法,选定了每一种采矿方法的合理结构参数,并建立了采矿方法采准工程、切割工程三维实体,最终得出了优化之后的采矿方法,并且在此基础上进行了采矿各项经济指标的计算和采矿环节各个工程量的统计。

### 参 考 文 献:

[1] 李春民.“数字矿山”三维可视化研究[J].系统仿真学报,

2006,18(2):515~518.

[2] 李仲学,李翠平.矿床仿真及可视化技术[J].计算机仿真,2002,17(5):5~7.

[3] 刘少华,程朋根,陈红华.三维地质建模及可视化研究[J].桂林工学院学报,2003,23(2):154~158.

[4] 武强,徐华.三维地质建模与可视化方法研究[J].中国科学 D 辑(地球科学),2004,34(1):54~60.

[5] 曾钱帮,刘大安,张菊明等.浅谈工程地质三维建模与可视化[J].西部探矿工程,2005(3):106.

[6] 郭平波,徐昌荣.矿山井巷工程立体建模系统开发[J].南方冶金学院学报,2000(4).

[7] 王李管,何昌盛,贾明涛.三维地质体实体建模技术及其在工程中的应用[J].金属矿山,2006(2):58~62.

(收稿日期 2010-03-12)

· 记者在线 ·

## 新疆重要矿产资源将获得 15 亿元勘察投资

新疆维吾尔自治区国土资源厅近日传出消息,2010 年我国将投资 15 亿元,继续推进在新疆“三山两盆”的煤、铁、铜、铅锌等重要矿产勘察工作。勘察将着重突出吐哈、伊犁等“西煤东运”煤炭基地以及阿吾拉勒、塔什库尔干、祁漫塔格等重要成矿远景

区,力争新发现矿产地 30 处,新增铁矿石资源量 5 亿 t、铜 100 万 t、铅锌 300 万 t、煤炭 3 000 亿 t 等。在中央和自治区财政大力投入的带动下,2010 年新疆矿产勘察预计可吸引社会资金 20 亿元。