

# 分段空场嗣后充填法优化与应用

Sublevel open stoping with post-filling—a case of application and optimization

朱先艳(大冶有色金属有限责任公司铜山口铜矿,湖北黄石435122)

**摘要:**铜山口铜矿在采切工程、充填系统不断优化分段空场嗣后充填法,先后应用-160 m中段6个采场,采切比降低了170 m<sup>3</sup>/万t;综合贫化率、损失率分别降低了2.23%、2.42%,采场生产能力提高了80.5 t/d,坑采车间直接成本降低了44.2元/t,优化后取得了明显好的效果,值得推广。

**关键词:**充填采矿法;巷道;优化

**中图分类号:** TD853.34      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1672-609X(2021)03-0012-04

**Abstract:** The sublevel stoping with post filling method has been continuously improved in the operation of Tongshankou Copper Mine, both in mining and backfilling. The method was applied consecutively in 6 stopes at Level -160 m, with operation indicators markedly improved: ratio of cutting/preliminary development and mining tonnage reduced by 17 m<sup>3</sup>/kt, overall dilution and loss rates reduced by 2.23% and 2.42%, stope production capacity improved by 80.5 t/d, direct cost of stope operation reduced by 44.2 yuan/t. The optimization thus serves as a good reference for the promotion of the mining method.

**Key words:** mining with backfilling; roadway; optimization

## 1 前言

铜山口铜矿深部开采工程采用主副竖井+辅助斜坡道联合开拓方式,副井进风,有专用回风主井,采用对角式通风。南缘、北缘斜坡道作为采区斜坡道,无轨设备在分段巷道之间移动,南缘斜坡道是明斜坡道,北缘斜坡道是盲斜坡道。矿山建有分级和全尾砂2套充填料浆制备系统,地表+56 m有三个直径180 mm充填钻孔至-100 m中段,能满足矿山3 500 t/d生产能力的充填要求,日均充填料浆量为1 500 m<sup>3</sup>/d。有-100 m、-160 m、-220 m、-280 m四个中段,-100 m、-220 m两个中段为无轨副中段,其余的为有轨主中段;有分段空场嗣后充填法、上向分层充填法两种采矿法,以分段空场嗣后充填法为主<sup>[1]</sup>,该采矿法从2014年投产使用至今,近几年不断优化完善。

## 2 地质概况

铜山口铜矿床是接触交代高—中温热液矽卡岩

型矿床,主要矿体赋存于花岗闪长斑岩与三叠系中—下统碳酸盐岩的接触带上;少量的赋存于花岗闪长斑岩中和三叠系中—下统大冶组、嘉陵江组碳酸盐岩层间破碎带中。由I、II、III、IV、V、VI号矿体组成,埋藏于+140.37 m~-538 m。I号矿体产于岩浆岩株外缘,近似于垂直;II号矿体倾角较缓,似层状,两者在底部相连。II、V号矿体是I号矿体在层间外缘延长。II号矿体是I号矿体在-58 m以上分枝。IV号与V号矿体上下重叠关系,但无联系;II号矿体与V号矿体层间控制,成不连续关系。II、III号矿体相离存在。IV号矿体与V号矿体在铜山口-50 m标高上下与I号矿体重叠了小部分。IV号矿体是I号矿体在狮子山向西的延续。VI号矿体呈“浮桥”状越过岩株体,但南北两端与I号矿体相连。I、II、III、V、VI号矿体是通过I号矿体连接一体,唯IV号矿体单独产于狮子山地段。矿体围岩有高岭石化花岗闪长斑岩、斜长石岩化花岗闪长斑岩、大理岩、白云质大理岩、石榴石透辉石矽卡岩、角砾岩、石英二长斑岩。矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿;次要有斑铜矿、磁黄铁矿、黝黄铁、闪锌矿、白铁矿、方铅矿;稀少有蓝铜、辉铜矿。矿石结构有他形与自形半自形粒状、交代与交代残余、压碎、网状交代、脉状充填;矿石构造有星点浸染与

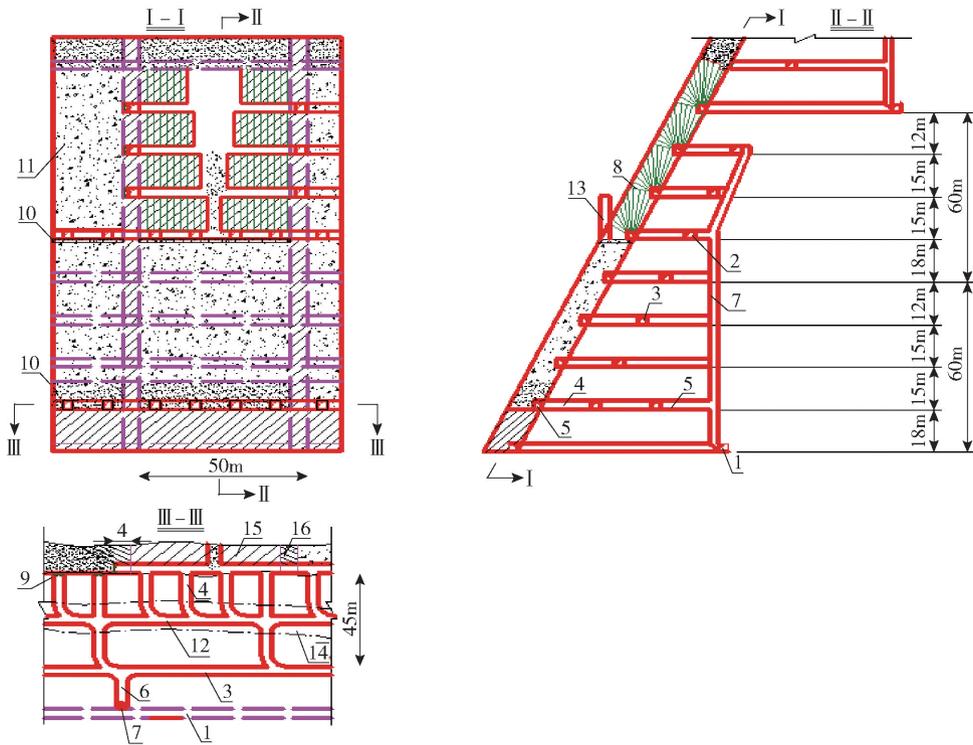
[作者简介] 朱先艳(1966-),男,湖北仙桃,大冶有色金属有限责任公司铜山口铜矿高级工程师,采矿工程专业,现主要从事金属矿山开采技术管理工作。

[引用格式] 朱先艳. 分段空场嗣后充填法优化与应用[J]. 中国矿山工程,2021,50(3):12-15.

细脉浸染状、网格及交错状、致密块状、蜂窝状、角砾状。矽卡岩单轴抗压强度为 1.3 ~ 201.9 MPa, 岩浆岩 39.2 ~ 236 MPa, 白云岩和大理岩 56.8 ~ 114.8 MPa。

### 3 原分段空场嗣后充填法应用

在 -100 m、-160 m 中段应用原分段空场嗣后充填法;开采对象是 I、II、VI号矿体, I 号矿体厚度 10 ~ 30 m, 倾角 30° ~ 78°; II 号矿体厚度 5 ~ 10 m, 倾角 6° ~ 37°; VI号矿体上层厚度 1 ~ 8 m, 下层厚度 2.9 ~ 25 m 倾角 8° ~ 22°。



1—有轨运输巷;2—无轨运输巷;3—分段巷道;4—出矿进路;5—凿岩巷道;6—溜井联络道;7—溜井;8—炮孔;9—挡墙;10—胶结充填体;11—非胶结充填体;12—出矿巷道;13—切割天井;14—勘查矿体界线;15—生产探矿界线;16—间柱

图1 原分段空场嗣后充填法

#### 2) 采切工程

利用在三个分段巷道在矿体下盘相距 50 m 掘 2 条对应探矿巷道,在中间坑内进行生产探矿,二次圈定矿体后,发现矿体偏移达 20 ~ 30 m,在矿体内掘进凿岩巷道和脉外 25 m 左右,平行掘进出矿巷道,每距 11 ~ 12 m 掘进出矿进路。在矿体厚大部位掘进切割巷道,在矿体上盘端部掘进垂直切割天井,溜井每 100 m 布置一条。

#### 3) 回采工艺

用 YGZ-90 中深孔凿岩机在切割巷道、分段凿

### 3.1 适用条件

矿岩中等稳固、矿体倾角在 30° ~ 50°、近似水平,中厚矿体矿块沿矿体走向布置;厚矿体矿块垂直矿体走向布置。

### 3.2 中厚矿体原采矿方法

#### 1) 矿块结构要素

沿走向布置矿块,隔一采一,分二步骤回采。有轨中段高 60 m,无轨副中段高 60 m;矿块长 50 m,矿房长 45 ~ 46 m;间柱宽 4 m;底柱高 18 m;无顶柱,分段高 12 ~ 15 m。原分段空场嗣后充填法如图 1 所示。

岩巷道内凿岩上向扇形炮孔,爆破先形成切割槽,在分段凿岩巷道边孔装药,角度 45°,形成 v 形受矿裂隙沟<sup>[2]</sup>。排距为 1.2 ~ 1.7 m,孔底距为 1.6 ~ 2 m,钻头直径 70 mm。采用 BQF-100 装药器装药,炸药为粒状铵油炸药,非电导爆系统起爆。每次爆 2 ~ 3 排孔,以切割槽为自由面和补偿空间侧向崩矿,爆破后形成梯段回采面。爆破落矿后进行局部通风,迅速排出炮烟。凿岩巷道局部不稳固采取素喷砼、注浆锚杆或喷锚网支护措施。

爆下的矿石用 WJD-2 电动铲运机集中在一分

段出矿,采场综合生产能力410 t/d。

新鲜风流由中段石门巷道或采准斜坡道进入出矿巷道或分段凿岩巷道,冲洗工作面后,污风由分段巷道或采场空区、上中段运输巷道进入主风井排出地表。

#### 4) 充填工艺

有轨中段矿房回采结束后,首先在采空区底部10 m用胶结充填,然后再采用分级尾砂充填料或掘进废石对矿块采空区进行非胶结充填,采空区在充填前用砖挡墙封闭,并留出泄水口排出溢流水。最后在矿房的顶部1 m进行胶结充填。待5~7 d后,继续回采副中段矿房。

### 3.3 该采矿方法存在的缺点

在-160 m中段510<sup>#</sup>、517<sup>#</sup>、523<sup>#</sup>、520<sup>#</sup>、529<sup>#</sup>、539<sup>#</sup>采场采用该采矿方法后,发现存在以下的缺点:

(1)采切工程量大。实际矿体界线距分段巷道远,直接布置出矿进路,采切工程量大,因此在一分段要多一条出矿巷道,采切比约775.3 m<sup>3</sup>/万t。

(2)贫化损失率高。初步设计贫化率8%、损失率11%。实际综合贫化率、损失率分别为8.76%、11.24%,比设计贫化损失率大。

(3)胶结料问题。胶结料是425#水泥,早期强度低、凝固时间长,需养护4 d后才能作业。

(4)采矿成本高。采矿成本达281.6元/t。

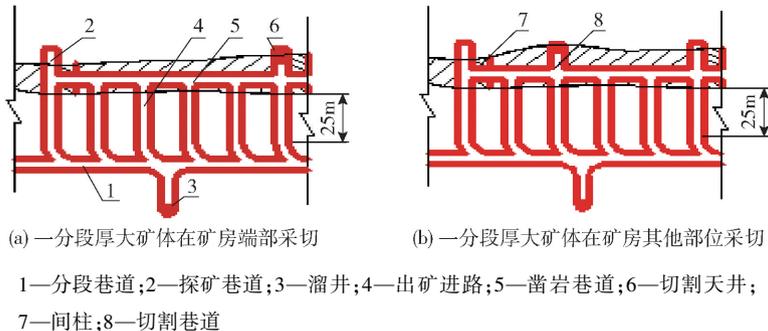


图2 分段空场嗣后充填法一分段采切优化

(3)缩小采切工程断面。凿岩巷道三心拱断面3.2 m×3.2 m由变小为2.8 m×2.8 m,出矿进路和切割巷道三心拱断面由3.4 m×3.4 m变小为3.2 m×3.3 m。

### 4.2 充填系统优化

(1)胶结料替换。2018年后胶结料由原来425#水泥变换成固化剂。固结剂早期强度高、凝固时间

## 4 分段空场嗣后充填法优化

针对原分段空场嗣后充填法存在的缺点,近三年来铜山口铜矿不断优化了该采矿法,在采切工程、充填系统方面进行了优化,优化后应用的采场有509<sup>#</sup>、512<sup>#</sup>、513<sup>#</sup>、517<sup>#</sup>、524<sup>#</sup>、735<sup>#</sup>。

### 4.1 采切工程优化

-100 m、-160 m中段只用坑道进行生产探矿,网度为200 m×200 m,坑内钻孔加密网度为50 m×50 m;在-220 m、-280 m中段两者实现探采结合<sup>[3]</sup>,网度达到了50 m×50 m,在二、三分段生产探矿网度达25 m×25 m,在一分段达到(16~17) m×25 m,探采结合、加密网度进行生产探矿,为矿山编制季度月度生产作业计划、采矿单体设计、计算损失贫化率提供精准可靠的资料。

(1)指导分段巷道前掘方向。防止分段巷道与矿体偏移太远或太近,减少探矿巷道长度,保持分段巷道与矿体下盘距离25 m左右,不必设计出矿巷道,出矿进路间距缩短到9~10 m,有利于回收底板矿石。

(2)摸清矿体赋存产状、厚度,提高储量级别。切割巷道布置在矿体厚大处,若矿房端部厚大,利用探矿巷道作为切割巷道如图2(a);若矿房其他部位厚大,在厚大处掘出矿进路和切割巷道如图2(b)。为了避免矿石损失贫化,切割天井在矿体上盘,不再都是垂直的,只要倾角大于或等于50°便可。

短,养护时间缩短为2~3 d,后期强度增高,有利于底柱回采。

(2)底部胶结充填高度减少。底部胶结充填高度由10 m减至6 m,节约充填成本。

(3)使用充填移动挡墙。以前充填时,砌500 mm厚砖墙封闭巷道,砖从副井还是斜坡道下放、运输需倒运,充填准备时间长,充填成本高。现改用木质钢

架充填移动挡墙,在巷道四周壁上打8~10个深500 mm锚杆眼,焊接在移动挡墙上。该墙结构简单,拆装方便降低了充填成本,缩短施工周期,滤水既快,又能在其他采场充填时重复使用。

## 5 优化后应用效果

该采矿方法优化应用后,取得了明显好的效果,但也有不足之处,需要完善。

### 5.1 应用的好效果

(1)减少采切比。没有出矿巷道,减少探矿巷道长度,但由于出矿进路间距缩小,增加一条出矿进路,总共减少采切工程量约75 m。现有采切比由原来 $775.3 \text{ m}^3/\text{万 t}$ 降至 $604.8 \text{ m}^3/\text{万 t}$ ,降低了约 $170 \text{ m}^3/\text{万 t}$ 。

(2)降低贫化损失率。在矿体厚大布置切割巷道,切割天井随矿体变化而变化,但倾角符合要求,缩小出矿进路间距,减少矿石损失、废石混入,提高矿石回收率,降低了贫化率<sup>[4]</sup>,综合贫化率、损失率由原来8.76%、11.24%分别降至6.53%、8.82%,分别降低了2.23%、2.42%。

(3)提高采场生产能力。因平均运距由原来78.07 m减少到34.62 m,运距减少了43.45 m,节约运输时间,采场生产能力由原来324.6 t/d提高至405.1 t/d,提高了80.5 t/d,增长24.8%。

(4)降低坑采车间直接成本。因减少矿石损失、采切比、底部胶结高度,增加矿石量,减少了废石提升运输成本和固化剂用量,坑采车间直接成本由原来324.6元/t降至280.4元/t,降低了44.2元/t,降低了13.6%。

(5)污染减少。固化剂凝固快,早期强度高,排水少,减少污染。

(6)提高尾砂利用率。充填料浓度由66%~68%提高至72%~75%,尾砂不必分级,提高其利

用率。

### 5.2 今后改进方向

(1)购买一台遥控电动铲运机。出矿进路间距减少,电动铲运机不能进入v形堑沟内回收底板矿石,一段底部矿石回收不干净。增加一台遥控电动铲运机,底部结构变为平底出矿结构<sup>[5]</sup>,利于回收底板矿石。

(2)建议设置专用人行通风井。每个分段长,行走花费时间多,在有轨、无轨运输巷道与第一段巷道设计2~3条人行通风井,还能改善采场的通风效果。

(3)能继续降低贫化损失率。第二步回采时,切割槽间柱不能破坏,但另一间柱同时用中深孔与矿房回采。

## 6 结论

近三年来铜山口铜矿在采切工程、充填系统方面不断优化了分段空场嗣后充填法,先后应用在509<sup>#</sup>、512<sup>#</sup>、513<sup>#</sup>、517<sup>#</sup>、524<sup>#</sup>、735<sup>#</sup>等采场。采切比降低了 $170 \text{ m}^3/\text{万 t}$ ;综合贫化率、损失率分别降低了2.23%、2.42%;采场生产能力提高了80.5 t/d;坑采车间直接成本降低了44.2元/t,优化后取得了明显好的效果,值得推广。

### [参考文献]

- [1] 朱先艳.铜山口铜矿疏通废石主溜井堵塞方法[J].中国矿山工程,2020,49(1):18-20.
- [2] 张钦礼,王新民.金属矿床地下开采技术[M].长沙:中南大学出版社,2016.
- [3] 努尔买买提·热西提.坑内钻在哈图金矿探矿中的应用[J].新疆有色金属,2011(S1):56-58.
- [4] 汪海萍,宋卫东,张兴才,等.大冶铁矿分段凿岩阶段空场嗣后胶结充填法[J].矿业研究与开发,2015,35(5):26-29.
- [5] 纪晓飞,张建伟.红岭铅锌矿阶段空场嗣后充填采矿法的研究[J].矿业研究与开发,2017,37(1):19-21.