

急倾斜破碎矿体采矿方法改进与顶板再造设计

李夕兵, 范文录, 胡国宏

中南大学资源与安全工程学院, 长沙 410083

摘要 用沙坝矿急倾斜破碎矿体属于难采矿体。由于矿体破碎, 脉内凿岩巷道难以进行支护, 作业环境安全性差。对急倾斜破碎矿体现场条件进行调查后, 在原预护顶分段凿岩阶段空场嗣后充填采矿法基础上加以改进, 采用再造顶板下向分段交错充填法。该方法在分段上部再造 1 个钢筋混凝土顶板; 且上下分段矿房矿柱交错布置, 可对上部矿体起到部分支撑作用, 有效防止了上部破碎矿体垮落, 工人可在顶板护顶下进行安全高效作业; 由于分段高度增加, 凿岩效率得到进一步提高, 采场生产能力并未由于顶板再造工序的增加而降低, 可满足矿山生产需求。

关键词 急倾斜破碎矿体; 钢筋混凝土; 再造顶板; 下向分段; 交错布置

中图分类号 TD871

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.13.006

Improvement of Steep and Fractured Ore-body Mining Method and Design of Re-Construction of Sub-top

LI Xibing, FAN Wenlu, HU Guohong

School of Resources and Safety Engineering, Central South University, Changsha 410083, China

Abstract The steep incline and fractured ore-bodies in Yongshaba mine belong to the category of difficult-to-mine ore-bodies. They are extremely fractured, leading to a lot of problems in the actual production. Such as, the in-vein drill drifts are difficult to support and the working environment is dangerous. After studies of the ore-body conditions, it is decided to adopt the method of reconstructing the manual roof and filling the downward sublevel stagger based on the pre-design sublevel rock drilling stage vacant stope backfill mining method. A reinforced concrete sub-top is reconstructed on the stope, staggered arranging the stope and the up and down sublevel pillars are built to support the upper ore-body, so the workers can work under the protection of the sub-top. Due to the increased sublevel's height, the drilling efficiency is further improved, and the stope production capacity is guaranteed. The mine can have safe and efficient productions. The improvement method is applied successfully in the mine.

Keywords steep and fractured ore-body; reinforced concrete; re-constructing sub-top; downward sublevel; staggered arrangement

0 引言

用沙坝矿是贵州开磷有限责任公司主体矿山, 其矿体为倾斜中厚破碎磷矿体, 平均厚度 6m, 倾角 20° — 90° , 走向长度约 3300m, 磷矿石不仅品位高, 而且质量好, 年产矿石量达 150 万 t/a。矿体两翼存在走向长近 400m 的急倾斜中厚偏薄破碎矿体, 之前针对这种矿体提出了预护顶分段凿岩阶段空场嗣后充填采矿法, 但由于对矿体实际特征条件未完全掌

握, 现场施工发现, 由于矿体破碎, 分段凿岩巷道沿走向全断面拉开后, 巷道容易垮塌, 难以支护且维护成本高。

目前国内外针对急倾斜中厚破碎或极破碎矿体这一难采矿体, 普遍采用分段崩落采矿法及下向分层充填采矿法或进路采矿法。如某铁矿山采用无底柱分段崩落采矿方法, 该方法工艺简单、安全性高、生产能力也大, 但其缺点是贫化损失率大, 对于高品位矿体来说这是不允许的, 且容易造成地

收稿日期: 2012-02-14; 修回日期: 2012-04-06

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2010CB732004); 国家自然科学基金重点项目(50934006)

作者简介: 李夕兵, 教授, 研究方向为采矿与岩石力学, 电子邮箱: xbli@mail.csu.edu.cn

表塌陷;某矿使用下向分层开采法,该法为人工强制崩落围岩松散垫层,以金属网假顶、铰接顶梁与高强度可缩性支架为支护结构,在这种支护结构下自上而下对矿体全面分层,以浅眼方式进行回采,虽然该法贫损率均较低,但生产能力低,无法适应大型矿山生产需求;金川矿采用下向进路胶结充填法,其安全性好、贫损率低,但进路采矿法机械化程度低、生产能力小、工序复杂^[1-3]。

急倾斜破碎矿体开采的关键难题在于如何对资源进行最大程度的回收,同时还要做到安全和可靠。针对以上问题,本文在原采矿法基础上进行研究改进,并借鉴国内外急倾斜破碎矿体开采经验,结合急倾斜破碎矿体具体条件进行攻关,提出再造顶板下向分段交错布置充填采矿法。

1 矿床开采技术条件

目前,用沙坝矿急倾斜破碎矿体主要赋存于 S_1 盘区和 S_4 盘区,平均倾角 60° 左右,矿体破碎,其稳固性系数为5—7。矿

体厚度5.8—7.5m,南薄北厚,厚度变化不大,平均6.0m左右。

S_1 盘区走向长209m,矿体倾角 55° — 90° ,部分矿体倾角存在倒转现象,厚度平均为5m,矿体破碎,其稳固性系数为5—7,部分矿体顶板有自然假顶,自然假顶厚1—2m。

S_4 盘区走向长327m,矿体倾角 45° — 70° ,厚度2—5m,越往北越厚,矿体较破碎,其稳固性系数为6—8,顶板几乎没有自然假顶。

2 原采矿法简介

2.1 预支护顶分段凿岩阶段空场充填法工艺

如图1所示,采场沿矿体走向布置,采场长度为15—20m,阶段高50m,有4个分段,最上1个分段高8m,留作顶柱,其余3个分段高均为14m。预支护好顶柱后,开始回采下分段矿体。以下3分段脉内凿岩巷道掘进完后,使用Sandvik DL330-5凿岩台车钻凿上向扇形中深孔,装药后,3个分段同时起爆,在最下分段阶段出矿巷中集中出矿,采场回采完毕

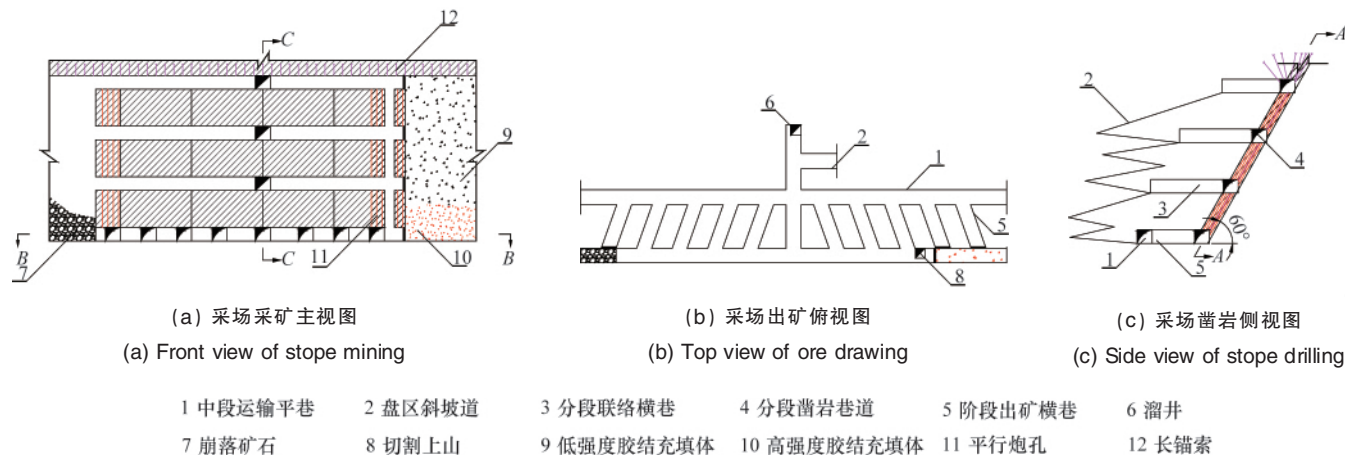


图1 预支护顶分段凿岩阶段空场充填采矿法

Fig. 1 Pre-support top sublevel rock drilling stage vacant stope backfill mining method

立即充填。

2.2 原采矿法存在问题

由于使用脉内采准,脉内凿岩巷道需沿超过100m长的盘区全部拉开,脉内凿岩巷支护困难,且成本大。在现场施工过程中发现,由于矿体极其破碎,其暴露面积一旦过大,会直接从下分段凿岩巷道垮到上分段巷道,因此对这种急倾斜极破碎矿体不能采用预支护顶分段凿岩阶段出矿法。

为此将脉内采准改为脉外采准,将脉内凿岩巷缩短,划分矿房矿柱,并且在最上分段做钢筋混凝土人工顶板,增大分段高度,分段间矿房矿柱交错布置,最终确定采用再造钢筋混凝土顶板下向分段交错充填采矿法。

3 再造顶板下向分段交错充填采矿法

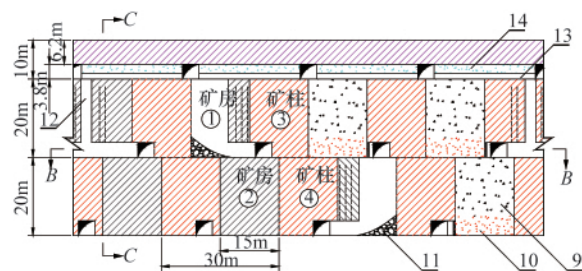
3.1 结构参数及人工顶板设计

由于矿体极其破碎,需在矿房顶部重新建造1个稳固可

靠的顶板作为矿房安全回采顶。试验采场矿房长度为15m,宽度为6m,由于矿房宽度较大,在掘进完进路后对巷道进行扩帮,并及时进行支护,之后建造人工顶板。盘区长300—400m,高度为50m,根据矿山现有采矿设备性能,将该采矿方法的分段高度定为10、20、20m,分段与分段之间用脉外斜坡道相连。1个盘区布置2个高分段及1个低分段,对采场最上低分段10m采用进路掘进做人工顶板。1次掘进进路长度为30m,进路高度为3.5m。进路掘进完毕后,对巷道进行扩帮,之后做人工顶板。顶板分为2层,第1层加铺钢筋及金属网,使用强度等级为C25的混凝土打底充填,该层高度为1m;第2层使用2MPa磷石膏充填料(充填料质量比为水泥:粉煤灰:磷石膏=1:1:4)进行接顶充填。见图2。

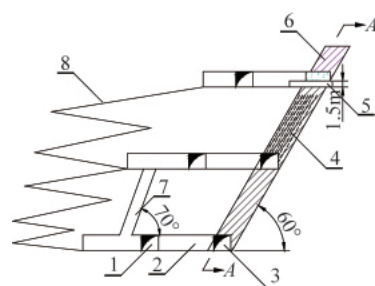
3.2 采准工程布置

人工顶板养护后开始回采下分段矿体,顶板以上6m左右厚矿体不采。由于矿体破碎,稳定性差,采场长度定为15m,



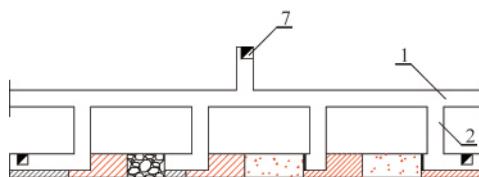
(a) 采场采矿主视图

(a) Front view of stope mining



(c) 采场凿岩侧视图

(c) Side view of stope drilling



(b) 采场出矿俯视图

(b) Top view of ore drawing

- | | |
|---------------|-------------|
| 1 分段运输平巷 | 2 脉外出矿横巷 |
| 3 凿岩巷道 | 4 平行炮孔 |
| 5 双进路人工假顶 | 6 顶柱 |
| 7 溜井 | 8 盘区斜坡道 |
| 9 低强度胶结充填体 | 10 高强度胶结充填体 |
| 11 崩落矿石 | 12 切割天井 |
| 13 钢筋混凝土人工假顶层 | 14 磷石膏人工假顶层 |

图2 再造顶板下向分段交错布置充填采矿法

Fig. 2 Reconstructing manual roof and downward sublevel stagger filling method

采场垂直高度 20m。盘区斜坡道形成后,在高度方向上隔 20m 掘进脉外分段平巷,在脉外分段平巷每隔 24m 向矿体掘进出矿横巷,而后靠矿体上盘掘进脉内凿岩巷,在每个采场的端

部距回采边界 2.5—3m 处靠矿体上盘掘进 1 条切割上山。为了便于出矿,盘区内每隔 200m 布置 1 条溜矿井。采准工程量如表 1 所示。

表 1 采准切割工程量

Table 1 Development and cutting quantities

序号	巷道名称	数目	巷道断面面积(高×宽)/m²	巷道全长/m	工程量/m³		
					矿石	废石	合计
1	脉外分段平巷	3	3.8×4.2	1200	0	19152	19152
2	脉内进路	1	3.5×6	800	8960	0	8960
3	分段出矿横巷	39	3.8×4.2	468	0	7469.28	7469.28
4	脉内凿岩巷道	2	3.8×4.2	800	12768	0	12768
5	其他采准工程			1092.79	7361.442	569.126	7930.568
	合计			4360.79	29089.442	27190.406	56279.848

3.3 交错布置与回采顺序

研究决定,将上下两高分段矿房矿柱交错布置。这种布置方式的好处是在上分段矿房矿柱回采充填完毕后,下分段的矿房矿柱可以对上分段破碎矿体或充填体起到部分支撑作用,从而防止上分段破碎矿体及充填体的垮塌。

两分段矿房矿柱回采顺序为:第1步,回采上分段矿房①(图2),回采完后立即充填,考虑到矿房上部为人工顶板,不能在上分段对采空区进行充填作业,因此在上分段出矿横巷靠矿体附近斜向下钻孔至拉穿采空区,并将钻孔刷大,充填料经钻孔充入采空区;第2步,矿房①充填养护后,则开始采下分段矿房②,先拉切割槽将上下两高分段贯穿,

从而使该矿房回采可借助于布置在上分段脉内凿岩巷和出矿横巷进行通风和充填作业,矿房②回采完后,通过上分段脉外出矿横巷立即充填;第3步,矿房②充填养护后则开始回采上分段矿柱③,矿柱③回采后通过在上分段出矿横巷处钻凿充填钻孔进行充填作业;第4步,矿柱③充填养护后开始回采下分段矿柱④,矿柱④回采后通过在上分段出矿横巷处钻凿充填钻孔进行充填。依此循环,完成两高分段矿房矿柱回采。

3.4 回采工艺

(1) 采场凿岩。在凿岩平巷中采用 Sandvik DL330-5 凿岩台车钻凿向上扇形中深孔,其孔径为 60—65mm;凿岩参数

原采矿方案充填成本及支护成本高,导致总成本比改进采矿法要高,因此改进采矿法并没有因为顶板再造费用而使总成本增加,这充分表明再造顶板下向分段交错充填法经济上合理、安全上可靠,方案改进取得初步成功。

5 结论

对用沙坝矿急倾斜破碎矿体,通过采矿方法优化改进以及顶板构筑工艺研究,得出以下结论。

(1) 分段上部再造 1 个稳固的顶板,解决了因矿体破碎导致的安全隐患问题。

(2) 上下分段矿房矿柱交错布置在一定程度上对破碎矿体起到了很好的支撑作用。

(3) 改进方案中虽然增加了制作钢筋混凝土人工顶板的工序,但由于有钢筋混凝土顶板护顶,分段高度增大,生产能力相比原采矿法没有很大降低,保证了矿山生产需求。

再造顶板下向分段交错充填采矿法成功解决了因矿体破碎带来的安全问题,因此该方法在类似矿山中可以加以推广应用。

参考文献 (References)

- [1] 古德生, 李夕兵. 现代金属矿床开采科学技术 [M]. 长沙: 冶金工业出版社, 2006.

- Gu Desheng, Li Xibing. Modern mining technology of metal deposit[M]. Changsha: Metallurgical Industry Press, 2006.
- [2] 北京有色冶金设计研究总院. 采矿设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989.
- Beijing Central Engineering Institute for Nonferrous Metallurgical Industries. Mining design handbook [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 1989.
- [3] 谷建新, 胡磊. 新龙矿业公司极破碎难采矿体采矿方法优化研究[J]. 矿业研究与开发, 2007, 27(4): 1-2.
- Gu Jianxin, Hu Lei. Mining Research & Development, 2007, 27(4): 1-2.
- [4] 郭金峰, 王彦武, 谈晓明. 急倾斜破碎富锰矿体开采地压控制技术的研究[J]. 中国锰业, 2000, 18(1) 16-18.
- Guo Jinfeng, Wang Yanwu, Tan Xiaoming. China's Manganese Industry, 2000, 18(1) 16-18.
- [5] 刘同有. 岩体蠕变变形有限元分析及其在金川矿的应用[J]. 矿冶工程, 1999, 19(3): 22-24.
- Liu Tongyou. Mining and Metallurgical Engineering, 1999, 19(3): 22-24.
- [6] 王晓军, 付振涛. 合理布筋方式提高顶板充填体稳定性试验研究[J]. 有色金属科学与工程, 2011, 2(1): 73-76.
- Wang Xiaojun, Fu Zhentao. Nonferrous Metals Science and Engineering, 2011, 2(1): 73-76.
- [7] 陈如辰. 预应力混凝土连续梁桥配筋设计 [J]. 中国市政工程, 2010, 144(1): 27-29.
- Chen Ruchen. China Municipal Engineering, 2010, 144(1): 27-29.

(责任编辑 孙秀云, 马骁骁)

·学术动态·



“中国汽车工程学会汽车材料分会 第 18 届年会”征文

由中国汽车工程学会汽车材料分会主办的“中国汽车工程学会汽车材料分会第 18 届年会”拟于 2012 年 8 月 1 日在北京市召开。

征文范围:(1) 钢板的应用技术;(2) 特殊钢(弹簧钢、齿轮钢、微合金非调质钢, 易切削钢、不锈钢和耐热钢、轴承钢、铆螺钢等)开发及应用技术;(3) 铸钢(铁)材料开发及应用技术;(4) 铝、镁合金材料的开发及应用技术;(5) 其它汽车用材的开发及应用技术;(6) 汽车材料的成形技术、连接技术、表面处理技术和加工技术;(7) 汽车材料的试验检测方法、材料评价技术, 材料数据库;(8) 汽车零部件失效分析。

全文截稿日期:2012 年 7 月 10 日。

联系电话:0719-8229024。

通信地址:湖北省十堰市车城西路 1 号 (442001)。

电子邮箱:wy_0124@163.com。

大会网站: <http://www.sae-china.org/news/M52MNLKY.html>。