

# 胶结充填后矿柱回采方案的制定与应用

刘声雷,王 兵,宁 革,于亦亮

(山东金岭铁矿,山东 淄博 255000)

**摘 要:**为了充分开采井下的铁矿石资源,对铁山矿胶结充填后矿柱进行回采。根据残留矿柱的地质特征、周边回采充填情况及水文地质条件,确定采用全面法条带式回采方案。通过计算并结合实际情况确定了矿房参数,矿房长10 m,回采条带宽6 m,矿柱条带宽4 m,回采高度3 m,203区底柱试验性回采残矿3万余t,回采率45%。

**关键词:**矿柱回采;全面法条带式回采;梁理论;矿房参数

**中图分类号:**TD853.391

**文献标识码:**B

**文章编号:**1004-4620(2013)03-0033-03

山东金岭铁矿位于淄博市境内,是一个具有悠久开采历史的中型矿山企业,年产铁矿石150多万t,拥有召口、侯庄、铁山3个生产矿井。铁山矿现处在开采末期,矿产资源面临枯竭,可采矿石不足50万t。为了充分开采井下的铁矿石资源,提高回采率,决定对前期开采残留的矿柱进行回采。

## 1 残留矿柱开采的技术条件

### 1.1 残留矿柱的地质特征

铁山矿辛庄矿床为典型的热液接触交代型矽卡岩磁铁矿,产状受接触带控制,赋存形态差异较大,形状有似层状、扁豆状、透镜状等,厚度2~50 m,倾角5°~90°。上盘为奥陶系灰岩,节理不发育。下盘为燕山期闪长岩,节理不发育。各种岩石岩性及其力学参数见表1<sup>[1-2]</sup>。

表1 各种岩石岩性及其力学参数

岩石名称	普氏系数	稳定程度	比重/(t·m <sup>-3</sup> )	抗压强度/MPa	抗拉强度/MPa	抗剪强度/MPa
磁铁矿	8~12	中等	4.0	40~150	10~19	6~22.5
闪长岩	10~12	中等	2.7	80~300	15~30	12~45.0
灰岩	8~10	中等	2.8	60~250	5~25	9~37.5

铁山矿主要采矿方法有阶段矿房法、留矿法、分段崩落法和全面法等。其中阶段矿房法采出的矿石约占采出总量的80%。5 m以上的中厚矿体、厚矿体、极厚矿体,矿体倾角40°以上的倾斜矿体、急倾斜矿体基本全部采用分段凿岩阶段矿房法进行回采。缓倾斜矿体中厚矿体及倾斜薄矿体采用留矿法、全面法等其他采矿方法进行回采。空区处理采用两种方法:一种是嗣后先用废石充填,后用全尾砂胶结充填;另一种是嗣后用全尾砂胶结充填。目前存在的残矿主要是利用阶段矿房法残留下的顶底柱及矿房之间的间柱。

收稿日期:2012-11-12

作者简介:刘声雷,男,1978年生,2003年毕业于安徽理工大学采矿工程专业。现为山东金岭铁矿铁山矿技术科工程师,从事井下开采技术指导工作。

### 1.2 残留矿柱所处的位置及周边情况

残留矿柱位于12~17线,标高-215~-223 m,为202~205区中深孔矿房底柱、矿房间柱及空区内存窿残矿。上部为202~205区中深孔回采矿房,都已回采完毕,202区、203区用废石充填,204区、205区先用废石充填,后进行胶结充填。下部为-233 m浅采矿房,已回采完毕并进行胶结充填。矿体沿走向长107 m,水平厚度10 m左右,矿体倾角40°~90°。上盘围岩为灰岩,下盘围岩为闪长岩。

## 2 回采方案选择

在选择回采方案时遵循“科学设计、安全第一,效益优先、施工方便,统筹规划、全面兼顾”三大原则<sup>[3]</sup>:1)胶结充填后残矿柱回采是一项危险性高、工艺复杂的采矿活动。因此在采矿方法选择、矿房参数选择上要有科学依据,从采矿设计实现回采的本质安全。2)残矿回采的基本目的就是充分利用矿产资源,提高企业的经济效益。因此在残矿回采过程中应尽可能地提高回采率、降低损失与贫化,提高吨矿利润率。3)应根据残矿存留情况、施工难易程度全面考虑,合理安排回采施工顺序。

根据残留矿柱的周边回采、充填情况及水文地质条件,确定采用全面法条带式回采方案。

## 3 矿房参数的确定

### 3.1 底柱回采厚度计算

顶底柱主要是利用阶段矿房法回采所留下的矿柱,通常留下的顶底柱垂直厚度为8 m。底柱上部是利用阶段矿房法回采的采空区,空区内为先用废石充填后用胶结充填灌缝的胶结充填体。根据矿体赋存情况、回采情况、充填情况及现有的采矿设备,顶底柱回采采用全面法条带式回采。把顶底柱沿矿体走向分成若干条带,每一回采条带为一矿房,矿房的长为条带的长即回采矿体的水平厚

度,矿房的宽为条带的宽。回采条带和预留矿柱条带间隔进行。由于顶底柱上部为充填的采空区,要保证顶底柱回采过程的安全,首先要确定回采高度。图1为-220 m 12线剖面结构。

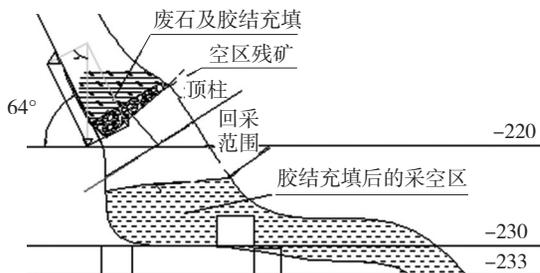


图1 -220 m 12线矿体剖面结构

留设的顶柱可以近似看做弹性体,其应力分布大体上可采用材料力学中的梁理论进行分析,这种“梁”的端部受到相邻岩体的约束,犹如固端梁。顶柱在充填体重力作用下下沉弯曲,在顶板中央形成拉伸作用,该处产生最大拉应力 $\delta$ 。根据梁理论公式<sup>[4]110-113</sup>:

$$\delta = 0.5 \times (l/h) 2rH \sin\alpha,$$

式中: $l$ 为梁的长度,即采场开采空间的跨度,这里取条带的最大长度15 m; $h$ 为梁的厚度,即预留顶柱厚度; $r$ 为预留顶柱上覆充填体容重, $r=1800 \text{ kg/m}^3$ ; $H$ 为充填体高度,取60 m; $\delta$ 即预留顶柱抗拉强度,取矿体抗拉强度的0.56倍,即5.6 MPa。则 $h=4.4$ 。矿房顶底柱厚度为8 m,预留顶柱厚度不少于4.4 m,所以确定回采高度为3 m。

### 3.2 回采条带宽度的确定

条带式回采顶板稳定性主要与回采宽度有关,此时的宽度称为跨度,要保证回采条带的宽度小于极限跨度。根据斯列萨夫公式<sup>[4]113-114</sup>:

$$B_{\max} = lB / (L^2 - B^2) 0.5,$$

式中: $B_{\max}$ 即极限跨度,根据回采经验,矿房跨度为60 m左右顶板是安全的,由于受采动影响,这里极限跨度取 $B_{\max} = 0.5 \times 60 \text{ m}$ ; $l$ 为梁的长度,取条带的最大长度15 m; $B$ 为等效跨度,即回采的宽度。计算知 $B=6.7$ ,条带回采的宽度应小于等效跨度,因此,回采宽度取6 m。

### 3.3 间柱尺寸计算

为维护采场稳定,间柱间距应小于极限跨度,同时自身的横断面尺寸也应满足强度要求,如果矿柱尺寸过小或者强度过低,一旦被压垮势必会导致顶板冒落。根据实际情况,确定间柱为条带状,条带长为15 m,用 $a$ 表示条带宽度,按下式核算点柱的抗压强度<sup>[4]114-116</sup>:

$$rH \sin\alpha \times (S/S_{\text{点}}) \leq \delta,$$

式中 $\delta$ 即底柱抗压强度,取矿体最小抗压强度的0.7

倍即 $40 \times 0.7 = 28 \text{ MPa}$ ; $S$ 为点柱承受的暴露面积; $S_{\text{点}}$ 为点柱面积。计算知条带宽度应 $>2.5 \text{ m}$ 。考虑到回采时爆破影响,矿柱抗压强度相对降低,为确保安全,矿柱宽度取4 m。

### 3.4 矿房参数的确定

矿房沿走向布置,每一回采条带加间柱为一回采矿房。根据以上计算确定回采矿房参数如下:矿房长为10 m,回采条带宽为6 m,矿柱条带宽为4 m,矿房宽为回采矿体厚度。回采高度为3 m,预留顶柱厚为5 m。

## 4 残矿回采

### 4.1 采准布置

在-220 m水平13线附近203区矿柱内掘进巷道至上盘灰岩,沿胶结充填体和矿体上盘灰岩掘进沿脉巷道。再从上盘沿脉巷道沿回采条带中心向下盘施工拉底巷道至下盘闪长岩。为防止胶充接顶不充分造成铲运机运行时下陷事故的发生,所有的采准巷道掘进沿胶充体进行。

### 4.2 采矿工艺

待采准巷道全部掘完后进行分区回采,先回采1分区,再回采2分区。从1分区北端第1条回采条带开始向南回采。以条带拉底巷道为自由面向两边进行劈帮拉底,每边劈帮1.5 m。劈帮完成后出矿,然后再进行压顶,压顶高度0.5 m。出矿时采用电动铲运机挖装矿车出矿。1分区回采完毕后,从2分区南端第1条回采条带开始向北回采,使用同样的回采工艺。根据现场实际情况可适当调整,根据设计要求留设间柱顶柱(顶柱厚度 $\leq 4 \text{ m}$ ),必要时采取人工护顶措施,维护采矿空间的稳固,保证回采作业的安全。

### 4.3 通风

在掘进期间,采用局扇辅助通风,在掘进巷道内设置足够的局扇和风筒,保证新鲜风流的供应;在矿石回采过程中,新鲜风流从盲副井上部车场流入矿房回采巷道,冲洗工作面后,经修车硐室巷道回到-220 m回风大巷。在采掘过程中加强局部通风,增强风流速度,加快风流循环。强掘强采,缩短生产时间,保证安全生产。

### 4.4 安全技术措施<sup>[5]</sup>

施工前先施工探水孔确认空区胶充水全部疏干,然后打开密闭墙,验证充填体强度是否达到设计要求。为保证铲运机在充填体上顺利运行,在掘进巷道底板铺设一层防滑物质(碴石)。施工人员(掘进、落矿、运搬)进入施工场地,首先检查通风,设好照明,拾好顶板及两帮浮石,确认安全后,方可

进行作业。回采时严格按设计要求留好顶柱、间柱,矿柱宁可多留不可少于设计尺寸。严格按回采顺序施工,工程技术人员必须每天到现场,根据现场具体情况调整回采方案进行技术指导。在拉底、落矿、运搬过程中,随时注意顶板及围岩的变化,发现问题及时处理。在顶板比较破碎的地点或有冒顶危险的地点采取必要的护顶措施。爆破作业时,根据每次劈帮压顶量控制爆破药量,遵循多打眼少装药的原则,尽量减少爆破震动带来的负面影响。

## 5 结 语

对203区底柱胶结后残矿回采的实践证明,要想安全回采胶结充填后的残矿首先要对其残矿存留情况进行全面了解,掌握残矿存留情况。其次选用合理的采矿方法。根据矿柱存留及受力情况,选用条带式回采。这种回采方式一方面减少矿房暴露面积,另一方面为矿房提供有一定强度的安全支撑。第三必须对矿房结构性参数加以科学计算,对矿房进行受力分析,为合理确定矿房参数提供参

考。只有确定了合理的回采矿房参数才能保证安全回采残矿。金岭铁矿铁山矿203区底柱残矿回采所选采矿方法及矿房参数是可行的,在回采过程中没有出现严重的顶板问题,也没有出过其他安全事故。截至目前已安全回采残矿3万余t,采掘比140 m<sup>3</sup>/万t,贫化率15%,回采率45%,出矿效率50 t/班,炸药消耗0.56 kg/t,导爆管雷管消耗0.3个/t。残矿回采不仅延长了矿山的服役年限,提高企业的经济效益,而且提高了矿石回采率,使不可再生的矿产资源得到充分利用,也为以后的残矿回采积累了较好的实践经验。

### 参考文献:

- [1] 宁革.铁山矿辛庄矿体初步设计[M].北京:冶金工业出版社,1990:449-450.
- [2] 解世俊.岩石学[M].北京:冶金工业出版社,1990:449-450.
- [3] 石乃敏.拉么锌矿六里沟矿段回采技术研究与实践[J].有色金属,2010(9):3-14.
- [4] 杨建中.岩石力学[M].北京:冶金工业出版社,2008.
- [5] 于亦亮.阶段残矿回采研究[J].金岭科技,2010(1):142-146.

## Formulation and Application of Ore Pillar Extraction Plan after Cementation Filling

LIU Shenglei, WANG Bing, NIN Ge, YU Yiliang

(Shandong Jinling Iron Mine, Zibo 255000, China)

**Abstract:** In order to fully mining underground iron ore resource, the recovery is done to pillars which is cementation filling in Tieshan mine. According to the geological characteristics, residual pillars surrounding mining and filling conditions and hydro geological conditions, the plan of comprehensive strip type recovery is determined. Through the calculation combined with the actual situation, the stope parameters are determined: stope length of 10 m, recovery band width of 6 m, pillar band width of 4 m, recovery height of 3 m. Test remnant ore pillar stopping is more than 30 thousand tons in 203 area, the recovery rate is 45%.

**Key words:** ore pillar extraction; comprehensive strip type recovery; beam theory; stope parameter

## 2013中国(北京)国际冶金工业博览会将于10月16—18日在北京隆重举行

### ◎主办单位

北京金属学会;中国有色金属学会;中国北京机械工程学会;中国设备管理协会;北京海闻展览有限公司。

2013年是CIMIE绽放的第十年,为深入推动行业发展和互动交流,CIMIE 2013将于2013年10月16—18日在中国国际展览中心(老馆)隆重召开,以全新的形象接受海内外新老客户的检阅!十年风雨十年路,CIMIE的十年,是发展的十年,创变的十年。CIMIE 2013将在历届展会的良好基础之上,充分整合行业资源与地域优势,完善服务体系,强化组织运营能力。展会预计展出面积较之上届将增20%,将有来自亚洲、欧洲、美洲的数百家冶金上下游企业参与互动,共襄盛举。CIMIE 2013诚邀海内外冶金企业齐聚北京,共拓冶金产业发展之路!

### ◎参展范围

▼冶金(钢铁及有色金属):<A>技术及设备;<B>产品、制成品及辅助用品;<C>辅助材料。

▼冶金检测及自动化。

▼耐火材料。

▼冶金工业环境保护技术和设备及设计与咨询。

◎主办方将安排多场技术交流会,产品推广会和贸易洽谈会,进行专题研讨、技术交流等活动,欢迎广大参展商申请举办,主题自定。我们将积极协助提供服务、组织听众,全力缔造商机。

电话:+86-10-6860 4260;传真:+86-10-8868 0811

联系人:刘春丽

欢迎加入国际冶金品牌盛会—CIMIE2013!

CIMIE是您产品销售、品牌推广、市场宣传的最佳平台!