# 白云鄂博铁矿东采场境界优化研究

梁浩然[1,2],孟海东[1],杨 霞[3]

(1. 内蒙古科技大学矿业研究院,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司销售分公司,内蒙古 包头 014010;
3. 包钢(集团)公司招投标中心,内蒙古 包头 014010)

**摘 要:** 根据东采场岩石二期和矿石破碎胶带运输系统建设滞后、C区滑体影响采场正常推进,重新对采场境界进行圈定、确定1 404 m水平以下开拓公路布置、验证采场生产规模、确定边坡安全措施,从而保证采场正常生产。

**关键词:** 境界优化; 开拓系统; 边坡防护

**中图分类号:** TD856$^{+}$.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2017)03-0008-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.03.002

# Study on Boundary Optimization of East Stope in Bayan Obo Iron Mine

*LIANG Hao-ran*[1,2], *MENG Hai-dong*[1], *YANG Xia*[3]

(1. *Mining Research Institute of Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*;
2. *Sales Branch Co. of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*;
3. *Bidding Center of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

**Abstract:** According to the construction lagging of the rock phase Ⅱ and ore reduction belt convey system in East stope, and the slip mass in C zone that affects the normal advancing of the stope, the delineation of stope boundary is redetermined, the highway exploit layout under 1404 m is ascertained, the production scale of the stope is verified, and the safety measures of the slope is confirmed, so as to ensure the normal production of the stope.

**Key words:** boundary optimization; exploiting system; slope protection

白云鄂博铁矿是包钢的主要铁矿石和稀土矿原料基地,2006年东采场岩石一期破碎胶带运输系统建成投产,现境界内结余矿量不足$2\ 000\times10^{4}$ t,岩石二期和矿石破碎胶带运输系统建设已失去意义;同时东采场C区滑体位于采场的东北帮,上宽约750 m,下宽约350 m,垂直高差约190 m,区内边坡从2000年以来,随着边坡高度的增加,存在多个不同规模的滑体,导致边帮不能按计划安全靠界,严重影响了东采场的整体生产计划。综合上述原因,东矿采场境界需要重新优化。

## 1 境界优化原则及内容

### 1.1 境界优化原则

(1) 以安全生产为基础,合理调整境界参数及开拓运输系统。

(2) 根据矿山实际生产情况,确定合理的生产规模。

(3) 尽量多的圈定矿石(少圈岩石),延长矿山服务年限[1]。

### 1.2 境界优化内容

**收稿日期:** 2017-03-17

**作者简介:** 梁浩然(1985-),男,安徽省阜阳市人,在读硕士,工程师,现从事采矿管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

根据东采场岩石二期和矿石破碎胶带运输系统建设滞后、C 区滑体影响采场正常推进的现状，重新对采场境界进行圈定、确定 1 404 m 水平以下开拓公路布置、验证采场生产规模、确定边坡安全措施，保证采场正常生产。

## 2　境界优化

### 2.1　开拓运输系统布置

采场原有开拓运输系统采用顺时针螺旋至 1 230 m水平。针对采场现状和存在的问题，对东采场开拓运输系统进行优化：1 404 m 水平以上由于全面靠界完成，公路运输系统利用现有公路系统。公路运输系统在 1 404 m 水平逆时针折返布置，可以最快形成 1 404 m 水平至 1 348 m 水平的固定公路，减少采场临时公路，有利于生产管理、保障矿石生产能力。另外，运输公路在1 404 m水平折返布置后，直到 1 320 m 水平以上的固定公路避免了在 C 区滑体下通过带来的不安全因素。公路运输系统采用 1 404 m水平折返，再逆时针螺旋到露天坑底。

### 2.2　储量计算

#### 2.2.1　储量计算方法

白云鄂博铁矿东采场铁矿体规模大，呈层状、似层状及巨大透镜状，产状较稳定。矿体两端沿走向自然尖灭，沿倾斜方向分叉复合及尖灭。因此，采用水平切面法进行资源储量计算：

(1) 阶段体积计算。①当相邻两切面的矿体面积差小于 40% 者，采用梯形公式：$V = 1/2 \cdot (S_1 + S_2) \cdot H$。②当相邻两计算储量剖面的矿体的面积差 >40% 时，采用截面圆锥体公式：$V = 1/3 \cdot (S_1 + S_2) + S_1 \times S_2 \cdot H$。③当矿体上切面的矿体面积为 0 时，采用锥体公式估算体积：$V = 1/3 \cdot S \cdot L$。其中：$V$ 为阶段的矿体体积，$m^3$；$S_1$ 为上切面的矿体面积，$m^2$；$S_2$ 为下切面的矿体面积，$m^2$；$H$ 为阶段高，m；$S$ 为前剖面的矿体面积，$m^2$；$L$ 为外推距离，m。

(2) 资源储量计算公式：$Q = V \cdot d$，其中 $Q$ 为矿体资源储量，t；$d$ 为矿石体重，$t/m^3$ [2]。

#### 2.2.2　境界圈定参数优化及储量计算

东采场境界参数优化，既要考虑东采场是一个已生产多年的老矿山，课题研究基本沿用现有的参数，又要兼顾现阶段采场存在的问题，对部分参数进行调整。根据地质、地形条件及上述境界圈定的原则及参数，针对采场存在的主要问题，本次境界优化结果见表 1。

表 1　境界圈定参数及结果表

| | 项　目 | 指标 |
|---|---|---|
| 地质 | 矿体长/m | 1 100 |
| | 最大矿体厚/m | 370 |
| | 矿体倾角/(°) | 50 ~ 60 |
| | 地质品位/% | 36.16 |
| 参数 | 阶段高(并段后)/m | 14,15(28,30) |
| | 台阶坡面角/(°) | 65 |
| | 最终边坡角上盘(南)/(°) | 36.0 |
| | 最终边坡角下盘(北)/(°) | 38.3 ~ 42.3 |
| | 安全平台宽带/m | 8 |
| | 清扫平台宽带/m | 12 |
| | 运输平台宽带/m | 24 |
| 圈定结果 | 境界尺寸：上口/(m × m) | 1 420 × 1 120 |
| | 境界尺寸：下口/(m × m) | 140 × 65 |
| | 露天底标高/m | 1 230 |
| | 境界内矿石量/$10^4$ t | 1 907.36 |
| | 境界内岩石量/$10^4$ t | 3 555.51 |
| | 总量/$10^4$ t | 5 462.87 |
| | 平均剥采比/($t \cdot t^{-1}$) | 1.86 |

本次境界优化取消了原矿石破碎胶带系统和岩石二期破碎胶带系统。利用了新的地质资料进行了矿岩量的计算，优化后的境界增加矿石量 302.3 × $10^4$ t。境界内圈定矿量为 1 907.36 × $10^4$ t，岩石 3 555.51 × $10^4$ t，平均剥采比为 1.86 t/t。

### 2.3　生产能力验证

露天矿生产能力包括两个指标，即矿石生产能力和矿岩生产能力，两者通过生产剥采比联系起来。根据东采场生产实际，本次优化采用按可布置的挖掘机工作面数和按矿山工程延深速度两种方法对东采场石生产规模进行验证。

(1) 按可布置的挖掘机工作面数验证生产能力：

$$A = Nn \cdot Q$$

$$N = \frac{L}{L_0}$$

式中：$A$——露天矿矿石生产能力，$10^4$t/a；

$N$——1 个采矿阶段可布置的挖掘机台数，根据上述计算，取 1 台；

$Q$——挖掘机台年生产能力，挖掘机生产能力，参照国内各矿及本矿生产实际，选

中国知网　https://www.cnki.net

取为 $250\times10^4$ t/a;

$n$——同时工作的采矿阶段数,根据矿山生产实际与可实行进度计划分析,可同时工作台阶数为4个,出矿台阶数为2个,剥岩台阶为2个;

$L$——1个阶段的矿石工作线长度,1 376 m水平取为850 m,1 376~1 348 m水平为700~850 m,1 348~1 305 m水平为700~520 m。根据上述实际,矿山开采水平1 348 m以上时,每个台阶可布置2台电铲。1 348 m水平以下每个台阶仅可布置1台电铲;

$L_0$——1台挖掘机占用的工作线长度,东矿采用10 $m^3$ 电铲装车,自卸汽车运输,1台电铲占用的工作线长度取350 m。。

根据上述所取参数计算:

$$A=1\times2\times250=500\times10^4\ t/a$$

(2) 按矿山工程延深速度确定可能达到的生产能力

$$A=\frac{PV\eta}{h(1-e)}$$

$$V=\frac{12h}{t}$$

式中: $A$——矿山可能达到的年生产能力,$10^4$t/a;

$P$——所选用的具有代表性的水平分层矿量,取$270\times10^4$ t;

$V$——矿山工程延深速度, m/a;

$h$——阶段高度,14 m;

$\eta$——矿石回采率,取98%;

$e$——废石混入率,2%。

根据境界内矿岩量计算,1 376~1 305 m水平平均矿量为$320\times10^4$ t。由于矿山为10 $m^3$ 电铲,大载重量汽车,以及牙轮钻穿孔设备等大型设备,矿山开采下降速度确定如下:

$$t=t_1+t_2+t_3=(v_1+v_2+v_3)/CQ$$

其中: $t$ 为新水平准备的总时间,月; $t_1$ 为掘斜沟所需的时间; $t_2$ 为开段沟所需的时间; $t_3$ 为扩帮所需的时间; $v_1$ 为掘斜沟工程量,$m^3$; $v_2$ 为掘开段沟工程量,$m^3$; $v_3$ 为扩帮所需的工程量,$m^3$; $V$ 为矿山延深速度,m/a; $C$ 为挖掘机效率降低系数,取0.9; $Q$ 为挖掘机每年效率,取$270\times10^4$ t。根据矿山生产情况,掘斜沟工程量为$17.3\times10^4$ t,段沟工程量为$15.2\times10^4$ t,扩帮量为$160\times10^4$ t。根据上述所选参数

$$t=(17.3+15.2+160)/0.9\times270=9.6$$

$$V=12\times14/9.6=17.5\ m$$

$$A=\frac{270\times17.5\times98\%}{14(1-2\%)}=337.5\ 万\ t/a$$

根据上述选取参数计算,1 376~1 305 m水平矿山生产可以达到矿石$330\times10^4$ t/a的生产能力。

2.4 矿山服务年限

$$N=\frac{Q\times\eta}{A\times(1-e)}$$

式中: $N$——矿山服务年限,a;

$Q$——境界内圈定的矿石资源量,1907.36万t;

$A$——矿山年产量,330万t/a;

$$N=\frac{1907.36\times0.98}{330\times(1-0.02)}=5.77\ a$$

经计算,矿山服务年限为6年,经采掘进度计划的编制,矿山服务年限为8年,其中稳产4年。

2.5 边坡安全措施

为了预防C区不稳定岩体或块石滑落对下部水平生产造成危险,本次境界优化采取了2个措施:一是将1 404 m水平由安全平台改变为清扫平台,宽度由6 m改为12 m;二是在1 404 m水平C区的下部留设安全挡碴平台。

(1) 平台调整: 原初步设计中1 404 m水平为安全平台,考虑方便对C区局部不稳定边坡岩体处理清运,本课题将其改为清扫平台,宽度12 m。1 404 m水平以下安全与清扫平台交替布置,安全平台宽度8 m,清扫平台宽度12 m。安全平台由原设计的6 m改为8 m,主要考虑因素为: 台阶高度14 m,两并段为28 m; 上、下盘围岩构造复杂,断层较发育,因爆破作用6 m安全平台经常遭到破坏,形成多段相并,无法起到安全平台的作用。

(2) 安全挡碴平台的设置见图1。

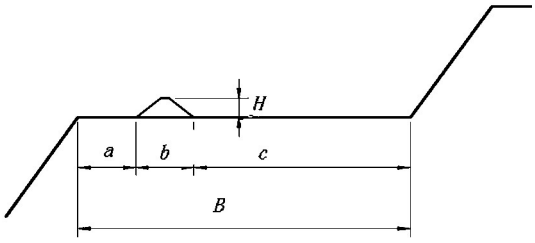



图1 安全挡碴平台

$$B=a+b+c$$

式中: $B$——安全挡碴平台宽度,m;

$a$——碴堆外侧边缘至平台 (下转第22页)

中国知网 https://www.cnki.net

表5 终点成分及温度

| 过程参数 | 一次拉碳 | | | | 出钢过程 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 温度/℃ | $w$[C]/% | $w$[Mn]/% | $w$[P]/% | 温度/℃ | $w$[C]/% | $w$[Mn]/% | $w$[P]/% |
| 最大 | 1623 | 0.14 | 0.26 | 0.025 | 1613 | 0.09 | 0.21 | 0.017 |
| 最小 | 1574 | 0.05 | 0.12 | 0.009 | 1594 | 0.05 | 0.11 | 0.009 |
| 平均 | 1600 | 0.12 | 0.20 | 0.017 | 1606 | 0.07 | 0.16 | 0.013 |

由表5看出，改变转炉装入制度后，终点温度与出钢碳较好；对于在罐中加入大量的合金提供良好的热力学条件；出钢时大氩气搅拌为合金溶化提供动力学条件，良好的底吹效果可以促进钢中残氧与碳的反应，降低碳氧积。

## 3 结论

(1) 冶炼高Cr合金钢，为了合金加入工艺顺行、转炉磷含量控制合格，在采用低碳铬铁合金随废钢一起加入炉内，去磷保铬操作困难的前提下，采用改变废钢装入量，留渣+双渣法冶炼工艺向钢包内加入合金。

(2) 留渣+双渣法高温出钢合金化，转炉终点温度1 606 ℃，终点碳0.07%，实现了钢中铬的准确控制，$w$[P]≤0.020%，满足1Cr15Mo钢生产要求。

## 参 考 文 献

[1] GB 9948—2006，石油裂化用无缝钢管[S].
[2] 卢春生，陈骥. 转炉脱磷脱碳冶炼工艺及其物流参数解析[J]. 冶金研究，2005，(1)：130.
[3] 周朝刚，李晶，武贺，等，转炉双渣脱磷一次倒渣温度研究[J]. 钢铁，2014，(3)：13.－15.
[4] 陈永定，邓开文，钱国钧. 氧气底吹转炉吹炼含铌磷铁水提铌[J]. 钢铁，1981，16(5)：10.
[5] 杨安娜. 转炉冶炼终点氧含量控制[D]. 北京：北京科技大学，2004.

(上接第10页)

边缘的安全距离m，1 404 m以下帮坡角为44°，C区有失稳的可能性，失稳后碴堆将受到影响，综合考虑后将安全距离由一般的3 m左右增加到7 m；

$b$——碴堆顶宽，顶宽1 m，碴堆坡面角1.0∶1.5，碴堆宽10 m；

$c$——清扫宽度，清扫设备工作条件取23 m；

$h$——碴堆高度，考虑C区滑体高达190 m，碎石除滚落外可能发生弹跳情况，设计碴堆高3 m，顶宽1 m，1.0∶1.5坡面角，即碴堆宽7 m。

经计算，安全挡碴平台 $B=7+10+23=40$ m，长度380 m，安全挡碴平台外侧修筑高度3 m、底宽10 m的挡碴堆，挡碴堆外侧距坡顶7 m、挡碴堆内侧距坡底23 m。

## 3 结束语

本次课题研究，根据东采场岩石二期和矿石破碎胶带运输系统建设滞后、C区滑体影响采场正常推进的现状，结合原有生产模式，重新对采场境界进行了圈定，优化后的境界增加矿石量$302.3\times10^4$ t，验证了东矿的生产规模为$330\times10^4$ t，采剥总量呈逐年下降趋势。公路布置由顺时针螺旋布置改为在1 404 m水平折返后螺旋布置直至露天底1 230 m。为最大程度保证安全生产，除将1 404 m水平调整为清扫平台外，并结合C区及1 404 m以上水平实际情况，在该水平还留设了长380 m、宽40 m的安全挡碴平台，保证了采场正常生产。现阶段，国内很多大型露天矿山经过多年开采都已进入深深部开采，滑体等不确定因素制约采场正常生产，需要进行境界优化，本课题有推广价值。

## 参 考 文 献

[1] 张辉. 谈木龙沟铁矿露天矿的优化设计[J]. 金属矿山，2009，(1)：123－126.
[2] 吴淑冰. 拉拉铜矿二次境界圈定优化研究[D]. 绵阳：西南科技大学，2015.

中国知网 https://www.cnki.net