

# 矾山磷矿回采结构参数动态优化研究

吕书平

(河北省矾山磷矿, 河北 张家口市 075641)

**摘 要:**矾山磷矿由于生产中使用的回采结构参数与优值参数相差较大,对矿山主要经济技术指标存在一定的影响。针对矿山  $12\text{ m} \times 12\text{ m}$  与  $12\text{ m} \times 10\text{ m}$  两种结构参数进行了对比分析,并结合矿山近几年来回采同一矿块的不同分段和同一分段的不同矿块中取得的各种技术经济指标的对比,提出适合类似矾山磷铁矿体赋存条件的回采结构参数,每年可增加矿山利润 239.5 万元。

**关键词:**无底柱分段崩落法;结构参数;进路间距;损失率;贫化率

矾山磷矿矿体赋存于黑云母岩、黑云母辉石岩(底板)和细粒辉石岩(顶板围岩)中,矿体水平厚度  $20 \sim 40\text{ m}$ ,走向  $N - NE$ ,倾向  $W - NW$ ,倾角  $38^\circ \sim 47^\circ$ 。矿体中央石厚度  $0 \sim 7\text{ m}$ ,产状与矿体产状一致。在矿体下盘发育两条断层,分别为  $F_1$  和  $F_2$ (局部无  $F_2$  断层),其产状与矿体产状一致,倾角  $43^\circ \sim 50^\circ$ 。矿石比重为  $3.29\text{ t/m}^3$ ,矿体富含承压水,崩落后湿度大;流动性差。矿山设计采用无底柱分段崩落法采矿,年产量为 60 万 t,其分段高度、进路间距在生产初期为  $12\text{ m} \times 12\text{ m}$ ,后来在生产实践中经过几年的研究摸索,发现此参数并不适合矾山磷铁矿体赋存条件,矿山生产中使用的回采结构参数与优值参数相差较大,对矿山主要技术经济指标存在一定的影响。

## 1 矾山磷矿回采结构参数的演变

矾山磷矿一期采矿工程在  $+470\text{ m}$  以上,矿山生产初期采用的采场结构参数(分段高度  $\times$  进路间距)为  $12\text{ m} \times 12\text{ m}$ ,炮孔直径为  $\Phi 70\text{ mm}$ ,最小抵抗线为  $1.5\text{ m}$ ,崩矿步距为  $3\text{ m}$ ,一次崩矿量为  $1420\text{ t}$ ;当时设计回采进路间距为  $12\text{ m}$  的主要原因是降低采掘比、节省采准工程量。后来在生产实践中,经过工程技术人员几年的研究摸索,对采场结构参数的调整做了大量的研究、分析;并在岩石、矿石赋存条件具有代表性的矿块中进行了回采参数数据的取证以及工业放出体试验。发现由于矿体的赋存条件、岩石性质、崩落矿石湿度大和流动性差的特点,回采进路的间距设计为  $12\text{ m}$  并不合适,会导致放矿椭圆体提前伸入上部的废石中,造成上部废石提前渗入,

增加矿石损失量。针对这一问题,矿山从 2003 年 7 月开始把  $470\text{ m}$  水平  $23^\circ$  矿块以西和  $470\text{ m}$  水平以下所有矿块采准设计的回采进路的间距均调为  $10\text{ m}$ 。技术改造至今,技术处工程技术人员在矿领导的正确引导和决策带领下,对采场结构参数调整做了大量的研究、分析,并在岩石、矿石赋存条件具有代表性的矿块中进行了回采参数数据的取证。一个步距爆破后,在实际出矿量出到设计出矿量的  $40\%$ 、 $60\%$ 、 $80\%$ 、 $100\%$  时,分别进行了采场地质取样,和原回采进路间距为  $12\text{ m}$  时做了对比,通过改造后的实际回采情况看,采场结构参数调整后各种技术经济指标发生了变化,取得了一定的效果。每个步距爆破后,在相同出矿比例的前提下,改造后出矿品位有了提高;每个步距出到相同截止品位时,出矿量有所增加。

## 2 不同回采结构参数的采矿试验

### 2.1 参数调整前后同一矿块的技术经济指标

矾山磷矿东区生产初期采用的采场结构参数为  $12\text{ m} \times 12\text{ m}$ (见图 1)。后期考虑到采场结构参数不够合理,导致矿石损失和贫化,制约着矿山的经济效益,把采场结构参数改造为  $12\text{ m} \times 10\text{ m}$ (见图 2)。出矿截止品位按  $P_2O_5 = 7\%$  计算,即每个步距出矿时,实际出矿量快要出到设计出矿量时,地质人员要到现场采样,当  $P_2O_5$  的品位等于  $7\%$  时,立刻停止出矿,进行下一步距的爆破。由于相邻两个矿块的数据互为影响,为了使数据具有代表性,选相邻两个矿块的数据进行分析。

(1) 参数不变时,按地质矿量计算,479 分段至

503 分段 21<sup>#</sup>和 23<sup>#</sup> 2 个矿块,即高度为 24 m,宽度为 120 m 矿体的矿石回采率: $H_1 = 274937/301900 = 91.07\%$ ;矿石平均贫化率: $P_1 = (13.53\% - 11\%)/13.53 = 18.70\%$ 。

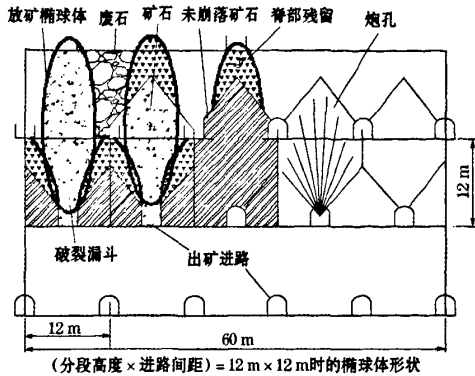


图1 采场结构参数

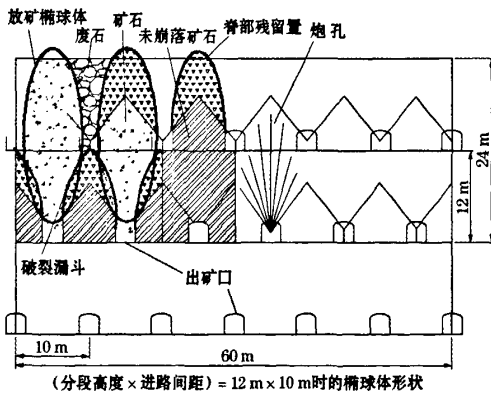


图2 采场结构参数

(2) 回采结构参数(分段高度×进路间距)改造为 12 m×10 m 后,按地质矿量计算,458 分段至 479 分段 21<sup>#</sup>和 23<sup>#</sup> 2 个矿块,即高度为 24 m,宽度为 120 m 矿体的矿石回采率: $H_2 = 286011/300900 = 95.09\%$ ;矿石平均贫化率: $P_2 = (13.38\% - 10.94\%)/13.38 = 18.24\%$ 。

表1 12 m×12 m 参数采矿时的出矿统计

| 分段  | 矿块              | 地质矿量<br>(万 t) | 地质品位<br>(%) | 设计崩矿<br>量(t) | 设计出矿<br>量(t) | 实际出矿<br>量(t) |
|-----|-----------------|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 491 | 21 <sup>#</sup> | 7.26          | 13.80       | 53777        | 65336        | 44313        |
| 491 | 23 <sup>#</sup> | 8.41          | 13.27       | 70086        | 72100        | 83435        |
| 479 | 21 <sup>#</sup> | 7.59          | 13.64       | 95632        | 61325        | 79499        |
| 479 | 23 <sup>#</sup> | 6.93          | 13.43       | 85157        | 55999        | 67690        |
| 合计  |                 | 30.19         | 13.53       | 304652       | 254760       | 274937       |

注:采出矿石的平均品位按质检处提供的全年平均出矿品位  $P_2O_5 = 11\%$  计算。

从上面的分析以及表 1 和表 2 可以看出,回采

结构参数改造前后,同一矿块不同分段相比,出矿截止品位相同时(7%),矿石回采率不但提高,而且矿石平均贫化率也有所降低。这一点在图上也能反映出来,由于图 2 放矿椭圆体之间的距离相比图 1 要近,在下一分段回采时,不但可以回收本分段的矿石,而且可以大量回收上分段脊部残留的矿量,废石不至于提前混入。

表2 参数改造后的出矿统计

| 分段  | 矿块              | 地质矿量<br>(万 t) | 地质品位<br>(%) | 设计崩矿<br>量(t) | 设计出矿<br>量(t) | 实际出矿<br>量(t) |
|-----|-----------------|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 470 | 21 <sup>#</sup> | 6.59          | 13.80       | 74559        | 62528        | 56496        |
| 470 | 23 <sup>#</sup> | 7.65          | 13.31       | 91496        | 74965        | 74268        |
| 458 | 21 <sup>#</sup> | 8.07          | 13.48       | 86989        | 76325        | 78460        |
| 458 | 23 <sup>#</sup> | 7.78          | 12.98       | 86538        | 70074        | 76787        |
| 合计  |                 | 30.09         | 13.38       | 339582       | 283892       | 286011       |

注:采出矿石的平均品位按质检处提供的全年平均出矿品位  $P_2O_5 = 10.94\%$  计算。

## 2.2 参数调整前后不同矿块的技术经济指标

矿山从 2003 年 7 月开始把 470 水平 23<sup>#</sup> 矿块以西所有矿块采准设计的回采进路的间距均调为 10 m,470 水平至今已经回采到 5<sup>#</sup> 矿块。出矿截止品位仍为 7%,为了使数据具有代表性,选相邻 5 个矿块的数据进行分析(见表 3、表 4)。

表3 回采结构参数改造前的出矿统计

| 分段  | 矿块              | 地质矿量<br>(万 t) | 地质品位<br>(%) | 设计崩矿<br>量(t) | 设计出矿<br>量(t) | 实际出矿<br>量(t) |
|-----|-----------------|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 470 | 33 <sup>#</sup> | 4.09          | 14.23       | 78953        | 48814        | 45805        |
| 470 | 31 <sup>#</sup> | 5.29          | 14.47       | 63155        | 42359        | 43427        |
| 470 | 29 <sup>#</sup> | 5.83          | 13.87       | 80855        | 55350        | 61908        |
| 470 | 27 <sup>#</sup> | 5.65          | 13.81       | 87948        | 50713        | 64620        |
| 470 | 25 <sup>#</sup> | 5.34          | 13.82       | 56639        | 47014        | 56859        |
| 合计  |                 | 26.20         | 14.02       | 290145       | 204509       | 252680       |

注:采出矿石的平均品位按质检处提供的 5 个矿块全年平均出矿品位  $P_2O_5 = 11.43\%$  计算。

表4 回采结构参数改造后的出矿统计

| 分段  | 矿块              | 地质矿量<br>(万 t) | 地质品位<br>(%) | 设计崩矿<br>量(t) | 设计出矿<br>量(t) | 实际出矿<br>量(t) |
|-----|-----------------|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 470 | 23 <sup>#</sup> | 5.65          | 13.31       | 91496        | 74965        | 59268        |
| 470 | 21 <sup>#</sup> | 5.59          | 13.80       | 74559        | 62528        | 56496        |
| 470 | 19 <sup>#</sup> | 5.94          | 13.95       | 55062        | 43312        | 51911        |
| 470 | 17 <sup>#</sup> | 5.95          | 14.21       | 58292        | 47583        | 58263        |
| 470 | 15 <sup>#</sup> | 4.74          | 13.83       | 47380        | 38276        | 46473        |
| 合计  |                 | 27.87         | 13.83       | 326789       | 266718       | 272411       |

注:采出矿石的平均品位按质检处提供的 5 个矿块全年平均出矿品位  $P_2O_5 = 11.31\%$  计算。

(1) 按地质矿量计算,470 分段 25<sup>#</sup>至 33<sup>#</sup> 5 个矿块,即高度为 12 m,宽度为 300 m 矿体的矿石回采率 $H_3 = 252680/262000 = 96.44\%$ ;矿石平均贫化

(下转第 69 页)

这种应力波传递到临界状态的临空面或结构面时会产生反射拉伸应力波,易使岩体受拉而发生脆性破坏;或应力波作为一种动荷,直接作用于处于高应力平衡状态的岩体上,使这些岩体的平衡破坏被打破而超过强度极限,诱发导致冒顶、片帮和岩爆的发生<sup>[7]</sup>。通过微震监测连续收集爆破前后的相关数据,可分析爆破及其余震对周边岩体的影响。

4 结 语

柿竹园多金属矿的采矿地压问题,将是长期困扰企业生产的安全技术难题,其开采难度之大,地压管理技术之复杂,在国内外没有先例。在已有的常规地压监测基础上,建立多通道微震监测系统非常必要而迫切。本文只是对微震监测系统在矿山的应用进行了一个前瞻性的概述,系统建立起来之后,如何充分发挥该系统的作用、如何以该系统为核心来开展地压监测、灾害预警等方面的应用,还要做大量细致的研究工作,以确保矿山安全生产。

(上接第 53 页)

率:  $P_3 = (14.02\% - 11.43\%) / 14.02 = 18.47\%$ 。

(2) 按地质矿量计算,470 分段 25<sup>#</sup>至 33<sup>#</sup> 5 个矿块,即高度为 12 m,宽度为 300 m 矿体的矿石回采率  $H_4 = 272411 / 278700 = 97.74\%$ ;矿石平均贫化率:  $P_4 = (13.83\% - 11.31\%) / 13.83 = 18.22\%$ 。

从上面的分析以及表 3 和表 4 可以看出,回采结构参数改造前后,同一分段不同矿块相比,出矿截止品位相同时(7%),矿石回采率不但提高,而且矿石平均贫化率也有所降低。

2.3 采场结构参数改造前后的技术经济指标

回采结构参数改造前后的各种技术经济指标对比见表 5。

表 5 采场结构参数改造前后的技术经济指标对比

| 回采参数 | 采矿成本<br>(元/t)   | 选矿成本<br>(元/t)   | 采切比<br>(m/kt)    | 矿石回采率<br>(%) | 矿石贫化率<br>(%) |
|------|-----------------|-----------------|------------------|--------------|--------------|
| 改造前  | 51.80           | 41.22           | 6.89             | 93.57        | 18.59        |
| 改造后  | 52.62           | 41.22           | 7.66             | 96.35        | 18.23        |
| 回采参数 | 采出磷矿平均<br>品位(%) | 采出铁矿平均<br>品位(%) | 每个矿块平均<br>出矿量(t) |              |              |
| 改造前  | 11.22           | 10.35           | 58624.11         |              |              |
| 改造后  | 11.13           | 11.50           | 62046.89         |              |              |

2.4 回采结构参数优化后的效果

本项目自 2004 年 1 月在矾山磷矿全面推广应

参考文献:

[1] S J Gibowicz, A Kijko. 矿山地震学引论[M]. 北京:地震出版社,1998.  
[2] 李庶林,尹贤刚,郑文达,等. 凡口铅锌矿多通道微震监测系统及其应用研究[J]. 岩石力学与工程学报,2005,24(12):2048~2053.  
[3] ESG CO.. ESG Solutions - User's Guide[R]. Kingston: ESG Co., Canada, 2006.  
[4] 袁节平. 柿竹园矿的采矿地压及其防治[J]. 矿业研究与开发,1997,(2):26~29.  
[5] 袁节平,宋嘉栋,欧任泽. 地下中深孔大规模爆破的研究与实践[J]. 矿业研究与开发. 2008,(1):76~80.  
[6] 尹贤刚,李庶林,黄冲生,等. 微震监测系统在矿山安全管理中的应用研究[J]. 矿业研究与开发,2006,26(1):65~68.  
[7] 李庶林,尹贤刚,李爱兵. 多通道微震监测技术在大爆破余震监测中的应用[A]. 第九次全国岩石动力学学术会议论文集[C]. 岩石力学与工程学报,2005,24(1):4711~4714.

(收稿日期:2008-11-21)

作者简介:袁节平(1965-),男,湖南资兴人,高级工程师,主要从事地下采矿爆破技术和地压控制技术研究,Email: yuanjiep@163.com.

用,截止 2007 年底,4 a 中井下共计出矿 232.58 万 t (见表 6),回采标准矿块 37.5 个,由于每个矿块相比改造前能多回采 3423 t 矿量,4 a 中相比改造前能多回采 12.84 万 t 矿量,多回收磷精粉 36861 t,多回收铁精粉 12977 t。矿山相比改造前每年能增加利润 239.5 万元,经济效益非常可观。

表 6 回采结构参数优化后各年份多回采矿量

| 年份   | 回采矿石<br>量(t) | 相比改造前多<br>回采矿量(t) | 原矿品位(%)                       |       | 多生产精矿产量(t) |       |
|------|--------------|-------------------|-------------------------------|-------|------------|-------|
|      |              |                   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | TFe   | 磷精粉        | 铁精粉   |
| 2004 | 562300       | 31043             | 11.30                         | 11.47 | 9221       | 3060  |
| 2005 | 574400       | 31712             | 11.23                         | 11.65 | 9361       | 3175  |
| 2006 | 586700       | 32390             | 10.74                         | 11.87 | 9144       | 3304  |
| 2007 | 602400       | 33255             | 10.45                         | 12.03 | 9135       | 3438  |
| 合计   | 2325800      | 128400            |                               |       | 36861      | 12977 |

3 结 论

通过对矾山磷矿回采结构参数的动态优化研究,以及生产实践,确定了科学合理的适合矾山磷矿矿体赋存条件的采场结构参数;选择了合适的回采进路间距,提高了矿石回采率、降低了矿石贫化率,使得矿产资源得到了充分回收和利用,并为其他类似矿山推广应用提供了依据。

(收稿日期:2008-07-28)