

# 浅孔爆力运搬采矿方法试验研究

刘力 阎树发 李创平 李宝东 武宏岐

(西安建筑科技大学)

(陕西东桐峪金矿)

【摘要】东桐峪金矿采用浅孔爆力运搬采矿法，全面替代留矿全面采矿法，大幅度地提高了采场出矿能力（提高190.8%），简化了回采工艺，缩短了回采周期。因为采用平底电耙出矿底部结构、水泥锚杆护顶技术，使采矿方法工艺配套合理，技术经济指标良好。

关键词：采矿方法；倾斜薄矿体；浅孔爆力运搬；平底结构；水泥锚杆护顶

## 一、前言

东桐峪金矿Q8<sup>#</sup>脉属倾斜薄矿体，其倾角平均40°。矿体为含金石英脉，厚度0.8~2m，坚固性系数 $f=10\sim12$ ，稳固。矿石平均品位12.28g/t。矿体上下盘围岩均为带状混合岩、黑云母斜长片麻岩、斜长角闪岩，其坚固性系数 $f=12\sim14$ ，坚硬致密，稳固性很好。

矿山投产以来，一直采用留矿全面采矿法回采。在回采及放矿过程中，工艺复杂、积压矿量、回采周期过长（平均36个月），使地压增大，造成顶板局部冒顶或大片冒落，从而使矿石二次损失贫化率增高，直接影响矿山经济效益。为了解决这一课题，东桐峪金矿与西安建筑科技大学合作，由中国黄金总公司立项，对该矿Q8<sup>#</sup>脉进行采矿方法试验研究。采用浅孔爆力运搬采矿法进行工业试验，获得成功。该方案工艺配套合理，简便易行，行之有效，现已在Q8<sup>#</sup>脉全面推广，取得显著的经济效益。

## 二、浅孔爆力运搬采矿方法

浅孔爆力运搬采矿方法试验，首先选在301-1<sup>#</sup>采场进行，然后在509<sup>#</sup>采场推广扩大试验。

301-1<sup>#</sup>采场是按原留矿全面采矿法采准的，经过改造采用爆力运搬采矿法。该采场矿体倾角39°，平均厚度0.95m（地质提

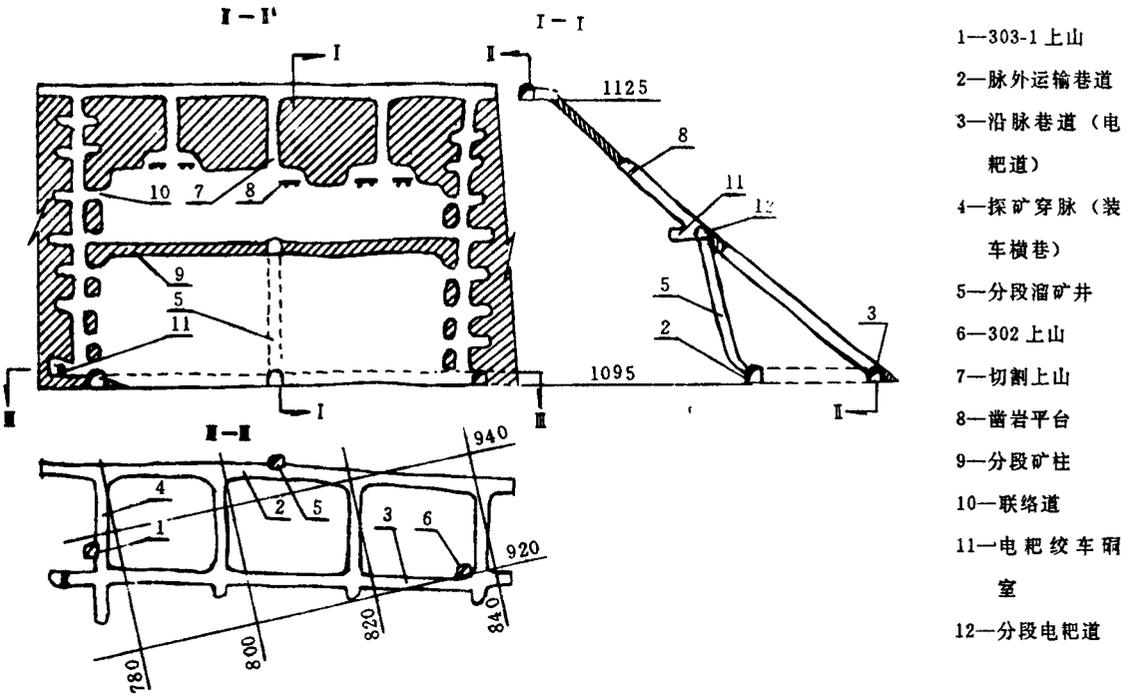
供），实际厚度0.9~1.5m。矿石品位11.09g/t，矿体及围岩均稳固。

### 1. 采场结构及采准切割

301-1<sup>#</sup>采场位于1095中段，阶段高度30m，矿块长度60m，所处中段为脉外开拓，中段运输巷道2与沿脉巷道3之间，有探矿穿脉4联络。将303-1<sup>#</sup>上山1下面的穿脉扩帮挑顶，作为装车出矿巷道。301上山1及302上山6为采场上山，采场中间间距15m掘进沿脉切割上山7，设置分段电耙道12及分段溜矿井5，参见图1。

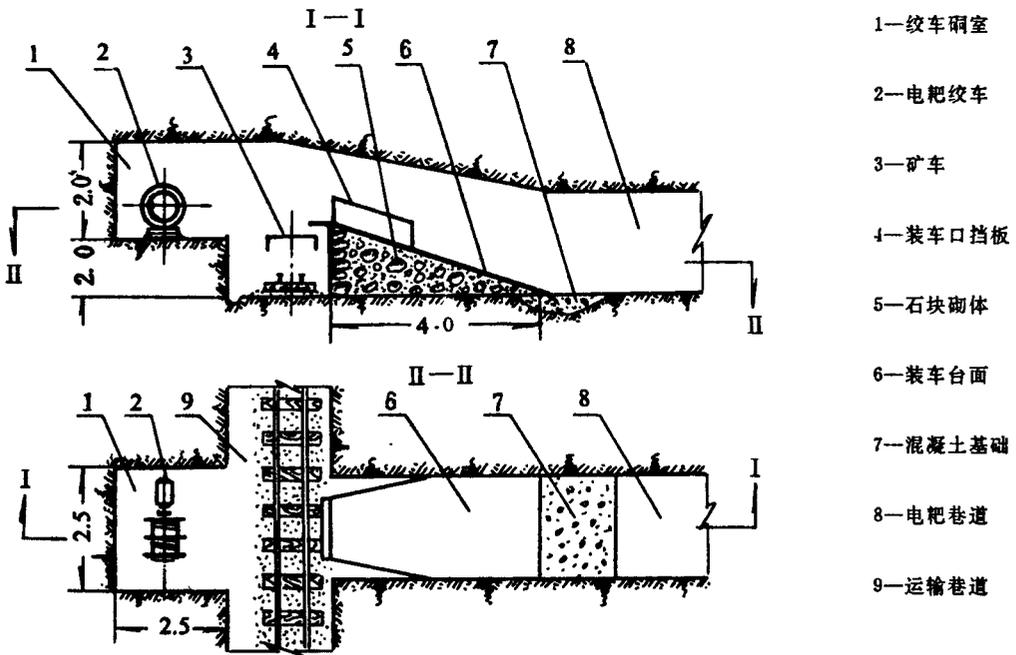
### 2. 采场底部结构

一般采场的底部结构，大都采用留矿石底柱的自溜装车结构。当回采底柱时，发现生产效率低、矿石损失贫化大、安全条件差、经济效益不好等弊端。为了改变这种状况，克服其弊端，303-1<sup>#</sup>采场采用电耙装车平底底部结构，见图2。把出矿巷道置于运输巷道同一水平，用毛石砌筑长度为4m的三角装车台。台面用水泥砂浆铺面或铺设钢板。在装车穿脉一侧，沿电耙道方向打一个电耙绞车硐室（2.5m×2.5m×2.0m），采用30kW电耙绞车，0.2m<sup>3</sup>耙斗，将矿石耙入矿车。这种结构可不留矿石底柱，能改善矿块损失贫化指标，降低木材消耗，有利于二次破碎，安全可靠，耙矿（出矿）效率较高，能节省采准切割工程量，经济效益和社会效益十分显著。



- 1—303-1 上山
- 2—脉外运输巷道
- 3—沿脉巷道（电耙道）
- 4—探矿穿脉（装车横巷）
- 5—分段溜矿井
- 6—302 上山
- 7—切割上山
- 8—凿岩平台
- 9—分段矿柱
- 10—联络道
- 11—电耙绞车硐室
- 12—分段电耙道

图 1 浅孔爆力运搬采矿法 303-1# 采场



- 1—绞车硐室
- 2—电耙绞车
- 3—矿车
- 4—装车口挡板
- 5—石块砌体
- 6—装车台面
- 7—混凝土基础
- 8—电耙巷道
- 9—运输巷道

图 2 平底底部结构电耙装车台

3. 回采工艺

(1) 落矿。该采场下部采用 YG-40 型凿岩机在 3 条上山中打水平中深孔落矿，共爆破两排孔。崩落矿石出完以后，分别在切割上山中用 YF-28 型凿岩机向两侧开凿水平平行炮孔，孔径  $\Phi 42\text{mm}$ ，孔深 1.8~2.0m，孔距 0.6m，排距 0.8~1.0m，爆破后形成倒台阶。为使凿岩作业方便，需用木料架设平台，一般单机作业需要 4 个台阶才能充分发挥凿岩台效。

(2) 采场运搬。留矿全面采矿法的采场矿石运搬工艺是很复杂的，采场积压近三分之二的矿量，运搬费用较高，矿石损失贫化率也较高。采用浅孔爆力运搬可以解决留矿全面采矿法存在的缺点。改变逆倾斜上向布孔，为水平平行浅孔落矿，利用炸药爆破的余能，将矿石运搬到底部结构中。矿石运搬距离与采场结构相适应。确定采场结构是以 B·A·Щелканов 公式计算矿石运搬距离作为参考：

$$L_1 = \frac{M}{2} \operatorname{tg} \alpha + \frac{5nW}{\cos \alpha}$$

$$L_2 = \frac{\sin^2 \alpha \left( \frac{M}{2 \cos \alpha} + 5nW \operatorname{tg} \alpha \right)}{f \cos \alpha - \sin \alpha}$$

式中： $L_1$ ——矿石抛掷距离 (m)；

$M$ ——矿体回采厚度， $M=1.4\text{m}$ ；

$n$ ——爆破作用指数，取  $n=1.25$ ；

$W$ ——最小抵抗线， $W=1.0\text{m}$ ；

$\alpha$ ——矿体倾角 ( $^\circ$ )， $\alpha=35^\circ \sim 42^\circ$ ；

$f$ ——矿石运动阻力系数， $f=0.85$ ；

$L_2$ ——矿石重力运搬 (滚动) 距离 (m)。

矿石运搬距离  $L$ ：

$$L = L_1 + L_2 = \frac{M}{2} \operatorname{tg} \alpha + \frac{5nW}{\cos \alpha} + \frac{\sin \alpha \left( \frac{M}{2 \cos \alpha} + 5nW \operatorname{tg} \alpha \right)}{f \cos \alpha - \sin \alpha}$$

运搬距离用不同倾角代入公式，其计算值见表 1。从表 1 中可见，当  $\alpha > 40^\circ$  时， $L_2$  出现负值，此式显然是不适用的。倾角  $\alpha < 38^\circ$  时，B·A·Щелканов 公式可作为采场结构参数选择时参考。303-1\* 采场结构采用两段出矿。为了进一步获得实际资料，选择 509\* 采场推广扩大试验。

不同倾角的矿石运搬距离

表 1

| $\alpha$    | 35°   | 36°   | 37°   | 38°   | 39°    | 40°    | 41°  | 42°     |
|-------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|------|---------|
| $L_1$ (m)   | 8.11  | 8.22  | 8.35  | 8.48  | 8.61   | 8.75   | 8.89 | 9.04    |
| $L_2$ (m)   | 24.30 | 31.62 | 43.58 | 66.06 | 119.27 | 489.30 | -293 | -117.31 |
| $L_3$ (m)   | 32.41 | 39.84 | 51.93 | 74.54 | 127.88 | 498.05 |      |         |
| $L_2/L$ (m) | 75.0  | 79.4  | 83.9  | 88.6  | 93.3   | 98.2   |      |         |

509\* 采场位于 1016 中段，阶段高度 40m，走向长 42m，倾角  $\alpha=30^\circ \sim 41^\circ$ ，矿体厚度 1.62m，矿石平均品位 24.95g/t，地质矿量 12347.5t，矿体顶底板围岩稳固 (采场中间部位顶板有裂隙，稳固性差)。在采场中间掘一条切割上山，不设中间分段出矿电耙道，见图 3。这样，矿石的爆力运搬距离增长了，采场暴露面积加大了。因此，必须采取相应

的技术措施，保证所采用的采矿方法顺利实施。首先，在采场内增设一台电耙，专供清理底板残留矿石之用。衡量运搬效果的指标是矿石运搬率。在该采场对不同距离的矿石运搬率进行实测。其实测值见表 2。从表 2 中可见，运搬距离为 35m 时，矿石平均运搬率达 83%；运搬距离为 39m 时，运搬率也能达到 77.7%，试验获得满意结果。随着运搬距

离的增加，底板残留矿量越来越多，为了获得最佳的运搬效果，必须及时地清理底板残

留矿量。

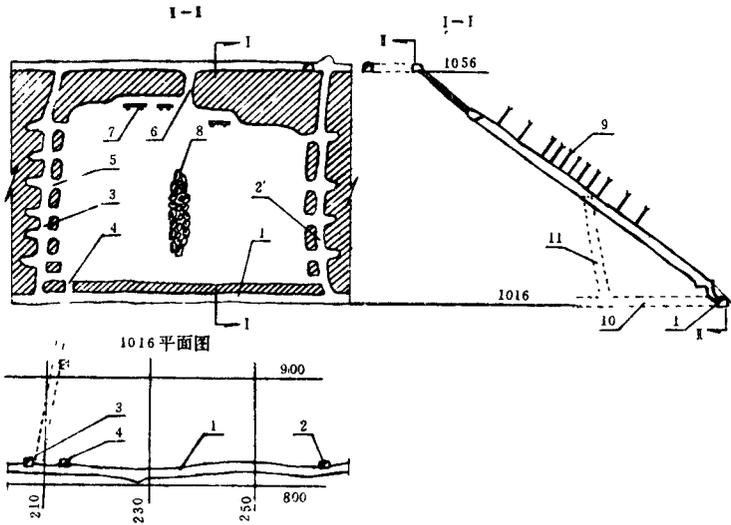


图3 浅孔爆力运搬采矿法509#采场

1—沿脉运输巷道 2—509#上山 3—510#上山 4—溜矿小井 5—联络道 6—切割上山

7—凿岩平台 8—砌筑的岩柱 9—水泥锚杆 10—装矿穿脉(设计) 11—分段溜矿井(设计)

注：10、11 两项工程为设计时考虑的工程，试验时并未实施，因为矿石运搬在全阶段中爆力运搬，配合电耙清底，效果很好。

不同运搬距离的运搬率实测值 表2

| 运搬距离 (m) | 崩落矿量 (t) | 运搬矿量 (t) | 运搬率 (%) |
|----------|----------|----------|---------|
| 6        | 56.0     | 56.0     | 100     |
| 15       | 83.3     | 77.7     | 93.3    |
| 23       | 69.9     | 59.6     | 85.2    |
| 27       | 56.0     | 45.4     | 81.1    |
| 31       | 84.0     | 60.2     | 71.7    |
| 35       | 72.0     | 50.8     | 70.6    |
| 小计       | 421.2    | 349.7    | 83.0    |
| 37       | 80.0     | 51.8     | 64.7    |
| 39       | 68.5     | 41.3     | 60.3    |
| 合计       | 569.7    | 442.8    | 77.7    |

(3) 采空区维护。303—1#采场采用分段出矿，设置中间电耙道，并留有2~3m的矿柱，把采场一分为二。这样，采空区的暴露面积减少二分之一，依靠矿柱支撑及顶板围岩的自身稳固来维护空区。509#采场取消了中间电耙道及其矿柱，采场的空顶面积达

2500m<sup>2</sup>。为了采场作业安全及爆力运搬采矿法顺利进行，采取两项技术措施：一是砌筑人工岩柱，即在采场中部沿矿体倾斜方向，用石块砌筑一条长条形人工岩柱，来支护空区。二是采用水泥锚杆支护顶板，采用长度为1.6m的锚杆，每根锚杆套装2个水泥卷，在采场的中部以1.2m×1.2m的网度实施全锚，其它部位可适当加大网度。这两项技术措施简便易行，经济实用，对爆力运搬采矿法获得成功起重要作用。

#### 4. 矿石贫化及主要技术经济指标

(1) 矿石贫化。303—1#及509#采场均为薄矿体，矿石贫化的主要因素是采幅大于矿厚，采入的围岩是造成贫化的主要原因。303—1采场的统计数据：采出矿量  $Q_1 = 9803.5t$ ，采下矿石量  $Q_2 = 7994.2t$ ，则矿石贫化率  $\rho$  为：

$$\rho = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100\%$$

$$= \frac{9803.5 - 7994.2}{9803.5} \times 100\% = 18.46\%$$

509# 采场共采出矿量  $Q_1 = 10169.9t$ , 采下矿石量  $Q_2 = 7182.9t$ , 矿石贫化率  $\rho = 29.37\%$ 。两个采场的平均贫化率  $\rho_{cp} = 24\%$ 。

比留矿全面采矿法降低了 52.43%。

(2) 主要技术经济指标。浅孔爆力运搬采矿法取得良好的技术经济指标, 除了采准切割工程量有所增加, 其它各项指标均为良好, 见表 3。

主要技术经济指标及其增减率

表 3

| 项 目          | 采矿方法<br>留矿全面采矿法<br>实际指标<br>(平均) | 浅孔爆力运搬采矿法 |         |       | 增减率 (%) |
|--------------|---------------------------------|-----------|---------|-------|---------|
|              |                                 | 303-1# 采场 | 509# 采场 | 平均    |         |
| 矿块地质矿量 (t)   | 6435.0                          | 9040.5    | 12347.5 |       |         |
| 矿块采出矿量 (t)   | 11043.3                         | 9803.5    | 10169.9 |       |         |
| 采准切割工程量 (m)  | 195.0                           | 386.0     | 298.0   | 342.0 | +75.38  |
| 采切比 (m/kt)   | 30.30                           | 42.70     | 24.13   | 33.42 | +10.28  |
| 矿块回采周期 (月)   | 36.2                            | 13.8      | 14.0    | 13.9  | -61.57  |
| 台班效率 (t/台班)  | 30.0                            | 30.6      | 43.0    | 36.8  | +22.67  |
| 耙矿效率 (t/台班)  | 12.5                            | 15.5      | 20.9    | 18.2  | +45.60  |
| 同时生产矿块数 (个)  | 14.0                            | 7.0       | 5.0     | 6.0   | -57.14  |
| 矿石损失率 (%)    | 15.00                           | 7.60      | 11.16   | 9.66  | -35.60  |
| 矿石贫化率 (%)    | 50.47                           | 18.46     | 29.37   | 24.00 | -52.43  |
| 电耙最大耙距 (m)   | 50~70                           | 56        | 40.0    | 48.0  |         |
| 炸药单耗 (kg/t)  | 0.72                            | 0.603     | 0.542   | 0.573 | -20.42  |
| 矿块生产能力 (t/d) | 12.5                            | 28.0      | 41.9    | 36.4  | +190.8  |

### 三、结语

爆力运搬采矿法在国内外的某些矿山都曾应用过, 它们都是中深孔进行爆力运搬的, 采用浅孔爆力运搬还未见报道。东桐峪金矿 Q8# 脉成功地采用浅孔爆力运搬采矿法还是首例。经过反复试验及推广应用, 已经取得良好的技术经济指标, 现已在全矿全面替代留矿全面采矿法, 具有广泛的推广价值, 其社会效益也十分显著。

浅孔爆力运搬采矿法在顶板稳固、倾角为 40° 左右的倾斜薄矿体中应用, 能够获得显著的效果。为确保此种采矿方法顺利实施, 必须加强空区的顶板管理, 采用水泥锚杆护顶, 简便易行, 而又行之有效。

矿石运搬效果与炮孔布置及底板平整程度密切相关。落矿炮孔必须打水平平行孔, 其抵抗线一定要垂直矿体倾斜方向, 并尽量增大装药密度。回采时炸药对矿石的抛掷距离  $L_1$ , 占运搬距离  $L$  的比重很小, 而矿石重力运

搬距离  $L_2$  所占比重是很大的, 见表 1。因此, 底板平整程度对  $L$  的影响很大。落矿时除了保证底板平整外, 还必须及时清出底板残留的矿石, 以减少矿石运动阻力系数, 增大运搬距离。

确定采场结构参数时, 运用 B·A·Щелканов 公式计算只能作为参考。因为公式的计算值偏高; 当  $\alpha > 40^\circ$  时,  $L$  出现负值, 则公式不能使用。根据矿床开采条件, 通过试验获得统计资料, 加以分析研究, 才能作为结构参数确定的依据。当阶段高度较大, 矿石运搬距离较长时, 采用分段出矿结构 (设置副中段) 是比较可靠的。

浅孔爆力运搬采矿法, 大幅度地提高了采场生产能力 (比留矿全面采矿法提高 190.8%)。矿石损失贫化率分别由 15%、50.47% 降到了 9.66% 及 24%; 同时生产矿块数减少了 54.17%, 缓解了采掘失调的矛盾, 加速了资金周转, 提高了经济效益。

编辑: 崔岱

## An experimental study on mining method of short-hole blasting transport

Liu Li

*(Xi'an University of Architectural Science and Technology)*

Min Shufa et al.

*(Dong-Tong-Yu Gold Mine of Shaanxi Province)*

**Abstract:** As the mining method of short-hole blasting transport is employed to replace breasting shrinkage method in Dong-Tong-Yu Gold Mine, the capacity of ore removal is greatly enhanced by 190.8%, the stoping process is simplified and the stoping cycle is shortened. Because of the use of the flat bottom structure with ore removal by electric rake and the application of the technique of the roof protection by cement bolts, the mining method is formed a complet set and the techno-economic index is much better.

**Keywords:** mining method; inclined narrow orebody; short-hole blasting transport; structure of flat bottom; roof protection by cement bolts