

# Optimization Path for Blasting Parameters in Open-pit Coal Mines

Baoling Wu

Gezhouba Yipuli Xinjiang Blasting Engineering Co., Ltd. Zhundong Branch, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

## Abstract

With the continuous development of China's economy and social sectors, the demand for coal resources is also continuously increasing. In this situation, the number of open-pit mines in China is continuously increasing, and their production is also continuously increasing. In mining activities, blasting is the first process that directly affects the progress and construction efficiency of mining activities. So to ensure construction quality, it is necessary to pay attention to setting explosion parameters reasonably. Based on the background analysis of actual coal mine cases, this paper focuses on exploring how to maximize the safety production level of mines in open-pit mines, hoping to provide certain reference and assistance for the mining of open-pit coal resources in China.

## Keywords

open-pit coal mine; blasting parameters; optimize the path

## 露天煤矿爆破参数的优化路径

吴宝玲

葛洲坝易普力新疆爆破工程有限公司准东分公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

## 摘要

伴随着中国经济与社会领域的持续发展,对煤炭资源的需求量也在持续增长。在这种情况下,中国露天矿井的数量在持续增长,其产量也在持续增长。在采矿活动中,爆破是采矿活动中的第一道工序,直接关系到采矿活动的进程和施工效率。所以要保证施工质量,就必须注意合理地设定好爆炸参数。论文以实际煤矿案例背景分析为基础,着重探讨在露天矿山中,怎样才能最大限度地提高矿山的安全生产水平,希望能够为中国的露天煤矿资源的开采提供一定的参考和帮助。

## 关键词

露天煤矿; 爆破参数; 优化路径

## 1 引言

对于露天煤矿爆破危险区域中存在两个或两个以上的作业组在开展露天爆破作业的情况下,应当由相关部门以及发包方组织所有施工单位进行爆破指挥部的组建,从而进行爆破作业的有效指挥。各个施工单位在开展爆破作业之前应当进行爆破岩体的建立,并且采取远距离起爆的方式开展爆破作业。在进行露天煤矿爆破作业的过程中需要进行避炮掩体设置的情况下,掩体应当设立在冲击波危险范围以外,同时掩体需要保持坚固紧密,除此之外掩体在位置与方向的选择时应当能够起到有效防止飞石与炮烟的危害,并且通往避炮岩体的道路上应当保持没有任何障碍的存在。因此探讨在露天矿井中进行爆破参数的最优选择是十分必要的。

【作者简介】吴宝玲(1987-),男,中国安徽合肥人,本科,工程师,从事露天煤矿钻爆研究。

## 2 某露天煤矿概况

某露天矿6#煤层上覆的地层为沉积岩,以细砂岩、中砂岩、粗砂岩、砂质页岩、泥岩、高岭土等为主要岩石类别,在地层中基本上呈缓坡倾角。细(粉)砂岩和中(粉)砂岩的硬度系数为4~7,颜色为灰(黄),质地致密,硬度高,可爆性低,在阶梯式顶端容易发生爆裂;在阶梯的最底层,容易形成基底。粗砂岩的硬度系数为4~5,颜色为灰(黑)色,具有泥质胶结性,容易爆炸<sup>[1]</sup>。泥页岩和砂岩的硬度系数为2~4,灰褐色,致密,呈块状,容易被破坏。高岭土岩的硬度系数在1.5~2,颜色为灰(白)色,松散,不需要进行爆破,可以被挖掘机械挖掘。用CDM75,孔径250mm的牙轮钻机,使用WK-35、WK-55、2800XP、WK-20等采掘设备。

## 3 露天煤矿深孔台阶松动的爆破工程分析

该露天矿岩层梯级松动爆破的设计参数:钻孔口径250mm,梯级厚16m,孔距11.5m,排水量7m,超深3m,无水炮孔使用连续装药包,散装氨油混爆和油混爆装运,

6m 填充,在有水的炮孔内,采用连续装药结构,乳化爆和油混爆装运,7m 填充。在此基础上提出一种基于“梅花”型的布孔方式,利用电子数字雷管对每一列、每一列进行  $\mu\text{m}$  延迟引爆的方法,其中主路列 65ms/42ms/17ms,支路列 10017ms/6517ms/42ms,该方法计算得到的结果是:本露天矿在 2020 年的岩体松动爆破过程中,所产生的单炸药消耗为  $0.43\text{kg}/\text{m}^3$ 。

#### 4 确定孔网参数

孔距 (a) 主要是指相邻同一排的两个炮孔中心之间的直线距离。一般传统的岩石台阶松动的爆破孔距计算的公式为:

$$a=mb$$

其中, m 为炮孔的密集系数,一般数值的取值为 1.4~2.0 的范围内; b 为排距。

本露天矿采用的松散岩层爆破密度系数为 2.0,对松散岩层进行了理论分析。对于阶梯式深孔爆破,合理的孔密程度,可以减少基体和块体的生成,为保证施工的顺利进行,或者为节省施工费用必须寻求最优的孔密比<sup>[2]</sup>。选择岩石性质接近的地区,对孔密系数进行适当的调节,并在相同的炸药量下进行实验。并结合实验数据分析后当炮孔密集系数在 1.5~2.1 逐渐增加时,根底率会有所降低,但是当炮孔的密集系数增加到 2.1 时,根底率会土壤升高,大块率本身存在着明显的升高趋势。而对比根底和大块的情况,当炮孔密集系数为 1.8 时其爆破的质量较为优秀。

#### 5 超深确定

在选择超深的问题上,许多与爆破有关的研究人员经过实验,已经总结出了多个经验公式。但是在不同的矿山中,还需要以前人总结的经验为基础,并针对自身的露天特点<sup>[3]</sup>。通过试验,找出更合适的超深值。论文提出了一种用来计算超深的计算方法:

$$h = (10 - 15) d \quad (1)$$

其中, h 为极高的深度; d 为炮孔的直径。

将炮孔直径  $d=250\text{mm}$  代入公式 (1) 中,可以得到  $h=2.5\sim 3.75\text{m}$ 。所以,本露天矿在进行岩层松散爆破时,采用了 3m 的超深量,然而在超深为 3m 情况下存在着许多不利因素,如台阶上段松动、钻进速度缓慢;或者是由于台阶式上部岩体较软,在成孔过程中容易发生岩粉返流,岩块卡在孔壁内,从而导致井孔深度不足;增加钻机的无效进 m 量;浪费大量炸药等关键问题。以炮孔孔深为基础,确定超深值的经验公式为:对于炮孔深度为 L 的炮孔,在矿山的岩性可爆性较好时,宜采用  $h=(0.06\sim 0.12)L$  的超深。

当矿区岩石的易爆性能较差时,最适宜的超采深度为  $h=(0.13\sim 0.16)L$ 。在岩石的可爆性较好的情况下,如  $L=16\text{m}$  时,得到:  $h=(0.96\sim 1.92)\text{m}$ 。当矿石岩石的易爆性较差时,爆炸时间为  $(1.8\sim 2.56)\text{m}$ 。

考虑到本煤矿岩体的普氏系数在 2~7,岩体的可爆性很好,因此超深的选取宜采用  $(0.96\sim 1.92)\text{m}$ 。在本露天矿的基础上,通过野外试验,得出井筒超深与井筒拉深之间的关系表格,并得出表 1 的结论。

表 1 砂岩炮孔超深值和拉底高度关系表

试验号	1	2	3	4	5	6
超深 (m)	0.5	1.1	1.5	2.0	2.5	3.0
填塞长度 (m)	5	5.5	6	6.5	7	7.5
孔深 (m)	16.5	17	17.5	18	18.5	19
拉底高度 (m)	1.9	1.4	0.7	0.1	-0.1	-0.1

① 爆破的试验参数:岩石则为砂岩,普氏系数 f 为 4~7,台阶的厚度为 16m,孔距为 11.7m,排距为 6.3m,单孔的装药量  $Q=506\text{kg}$ 。拉底的高度是采掘设备作业之后的台阶高度和设计高度的差值,结合实验结果分析可以推出,本露天煤矿的砂岩炮孔超深数值为 2m 时比较合适。

② 爆破试验参数:当岩石为页岩、泥页岩时,其台阶高度为 16m,孔距为 12m,排距为 6.6m,单孔装药量为  $Q=5406\text{kg}$ ,根底的高度为电铲在采掘之后平盘的标高和设计的差值。结合实验结果推出:本露天煤矿的砂页岩和泥页岩的炮孔超深为 1m 时比较合适。

#### 6 装药结构

##### 6.1 分段装药结构的作用原理

结合岩石爆破破碎的原理可以明确的是,当炸药爆炸之后其所产生的冲击波和气体联合作用下,炮孔周围会依次由内向外形成破碎区、裂隙区和震动区,且炸药对于岩石的破碎机理主要集中于破碎区和裂隙区。其中破碎区的半径如下公式进行计算:

$$R_c = \left( \frac{\rho_0 D^2 \cdot n \cdot K_d^{-2K} \cdot l_c B}{8\sqrt{2}\sigma_d} \right)^{\frac{1}{a}} \cdot r_b$$

$$B = \sqrt{(1+b)^2 + (1+b^2) - 2\mu_d(1-\mu_d)(1-b)^2}$$

其中,  $\rho_0$  为铵油炸药的密度; D 为铵油炸药的爆炸速度; n 为爆炸之后的产物在膨胀碰撞孔壁时所产生的压力增大系数,一般取值为 10;  $K_d$  为装药径向的不耦合系数,一般取值为 1;  $\sigma_d$  表示单轴的动态抗压强度。  $\mu_d$  表示岩石动态的泊松比, b 表示岩石的侧向应力系数,其表示为:  $b\mu/(1-\mu_d)$ ; a 表示冲击波的荷载传播过程中所衰减的指数,其表示为  $a = 2 + b = 2.36$ ;  $l_c$  表示装药系数,其表示为装药长度 / (炮孔长度填塞长度);  $r_b$  则表示为炮孔的半径。

从公式中可以分析出,当炮孔本身的直径和炸药性能、岩石性质一定时,其破碎区的半径与径向的不耦合系数、轴向炸药系数有着密切的关系,本身本露天煤矿的产量较大,使用炸药现场的混装车进行装药操作其需要极高的生产效率,而采取耦合的方式进行装药即表示。所以由此可以分析出,破碎区的半径仅仅只与轴向装药的系数相关,单孔装药量越多,其破碎区的半径也就越大。使用空气的间隔装药可

以减少炮孔内部爆破峰值的压力,增加应力波在炮孔孔内的作用时间,进而可以减少破碎区的范围,降低因为破碎区范围过大所导致的岩石过度破碎、防止炸药利用率的问题发生。增大破碎区的面积可以提高破碎的均匀性。这样就可以减少小孔间距,减少装填量,提高对岩体上、下段的爆破效果,减少梯级上段的块体和梯级下段的拉底发生概率,可有效地改善施工效果,节约施工费用。气间隔装药可划分为台阶上部、中间和底部三种,但由于岩石台阶上部易出大块,底部易发生下拉,中间岩石易破裂,故选用中间气间隔装药。

## 6.2 分段装药的结构试验

本露天矿通过试验,对出气间距的位置和长度对爆破效果的影响进行分析,经过试验参数和试验结果分析,爆破实验参数:台阶高度 16m,孔深 19m,爆破量 80000m<sup>3</sup>,空气间隔装药上部装药量约占总装药量的 1/3。从实验数据中,我们可以发现,当空气间隔长度为 2~3m 时基本避免拉底的发生,但是岩石大块的减少并不显著。当填充物高度降低到 1m、间距增加到 2m 时,其爆破效果最好。因此,优化的药包结构是:填充 5m,中间空隙 2m。通过实验结果分析,在梯级中间采用 2m 的空隙装药包,将填充物减小到 5m 时,爆炸效果得到一定程度的改善,弹药消耗量下降 4.4%。

## 7 相邻炮区孔位的布置和优化

本露天矿工作面全长 2300m,松散爆破工作面通常为 300m,存在着一侧工作面先放、两侧工作面后放的现象。当相邻炮区之间的连接形式为直角连接形式时,两炮区之间的接触面距离较近时,其自由表面状况较差,爆破夹持力大,需设置加密炮孔,布孔方法。不过加密炮孔的费用不但会提高,还会提高炸药和火工材料的费用。在爆破过程中,由于

岩体的侧向冲力和裂隙的存在,使得岩体在岩体的上部很容易形成块体。台阶式上部裂隙面积较大,使前排炮孔边孔间距较大,从而引起基坑形成。在将连接形式调整为钝角连接时,不需要在邻近区域增设密孔。在将连接方式调整为钝角度后,在一次爆破中,自由表面更加饱满,夹具制作更小;侧向冲力的减少,对于降低根部和块体是十分有利的。炮区的火药分布均匀,减少火药量和钻头的进米数。通过对炮区连接形式的优化,可节省穿孔爆破费用 5342 元。

## 8 结语

综上所述,论文结合对某露天煤矿爆破参数的优化分析,可得出以下结论:

第一,分段装药的设计,可以提高岩体的爆裂均匀性,同时也可以避免在岩体的中间部位,由于爆裂的能量过于集中,造成岩体的过度破碎,使大量炸药被浪费。可以适当减少孔网参数和充填,减少台阶顶端容易出现块体的块体数目,减少基体的形成。

第二,在本露天矿采用孔密密度为 1.8 的松散岩梯爆破,取得了良好的爆破效果。

第三,检验已有的松散爆破超深计算公式:超深  $h = (10-15d)$ ,  $d$  为钻孔直径,并不适合本露天矿的松散爆破。

## 参考文献

- [1] 陈诚.露天煤矿爆破参数的优化路径[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2022(11):3.
- [2] 陈永祥,鲁文岐,陈需.本露天煤矿爆破参数设计优化[J].石油石化物资采购,2021(31):3.
- [3] 陈需,鲁文岐.本露天煤矿岩石台阶爆破参数的优化研究[J].石油石化物资采购,2022(24):109-111.