

# 一种实用的深孔爆破孔网参数计算方法

董佳臻 王光荣 乌永红 姚志龙

铜川市华泰爆破工程有限公司

DOI:10.32629/gmsm.v3i4.838

**[摘要]** 目的: 为了避免在不同高度工作台阶采用相同孔网参数导致的爆破效果一致性差, 尽可能降低经验公式带来的不确定性, 降低爆破设计门槛, 提高爆破开采经济效益。方法: 通过对露天深孔爆破中影响爆破效果的核心因素及受地质条件影响较大的因素进行实验求解, 结合巴隆公式所体现的设计思想, 通过理论计算的方法, 对深孔爆破孔网参数进行求解, 得出不同台阶高度时最佳爆破参数。结果: 可简单的得出最佳单耗及最佳密集系数下对应的孔网参数, 使工程各项成本得到控制, 经济指标得以提升。

**[关键词]** 深孔爆破; 孔网参数计算; 巴隆公式变形; 爆破经济效益

中图分类号: TB41 文献标识码: A

## 1 概述

2019年9月, 由我公司工程技术人员牵头, 对露天非煤矿山爆破孔网参数计算方法简化以及标准化进行技术攻关。经过三个月的努力, 得出了已巴隆公式为基础的全新公式, 可以通过计算器或电子表格软件方便求解任意台阶高度、不同岩层结构和岩石类型对应的全部孔网参数。

2019年12月对上述计算方法进行了试点验证, 证明该公式在使用过程中仍受部分经验值的影响, 但总体而言是行之有效的, 于是, 2020年3月对公司17家矿山爆破设计进行了标准化编写优化。通过4个多月该公式的应用, 在不同高度台阶爆破时, 爆破工程技术人员可以轻易的根据台阶高度选取合适的孔网参数, 在保证爆破效果的前提下, 使爆破成本降到最低。

## 2 需要前期确定的经验参数

### 2.1 单耗 $q$

单耗 $q$ 受岩石产状、岩石类型、节理裂隙发育情况影响较大, 但主要受岩石类型影响, 同一矿山的 $q$ 变化不大, 同一矿层单耗 $q$ 基本不变, 可通过实际爆破得出。通常情况下, 岩石越完整、越坚硬, 单耗越高, 反之单耗降低; 但遇到韧性极好的石头时, 则需通过试爆来了解单耗的大小。

### 2.2 炮孔布孔密集系数 $m$

布孔密集系数 $m$ 的选择主要与岩石的破碎程度有关, 一般岩石破碎时取小值, 岩石完整时取大值。通常 $m$ 取值范围为1.2~1.5。

### 2.3 各个厂家炸药的密度以及威力

由于各个炸药厂家产品理化性质差异, 对孔网参数有一定影响, 单位质量威力相同, 密度大的孔网参数要适当放大; 密度相同, 威力大的孔网参数要适当放大。

## 3 深孔台阶爆破参数计算

### 3.1 问题简化

为简化计算过程, 设台阶坡面角与炮孔倾角相等, 即炮孔与工作台阶坡面平行。当不平行时, 可通过梯形体体积公式, 对下述过程进行修正, 本文不在赘述。

### 3.2 新参数定义

为方便问题解决, 使问题处理过程更加符合实际情况, 定义填塞系数 $k$ 为填塞长度 $L_{填}$ 与抵抗线 $W$ 的比值, 即 $k=L_{填}/W$

### 3.3 符号定义

#### 3.3.1 已知参数

$H$ ——台阶高度,  $h$ ——超深,  $L$ ——孔长,  $D$ ——孔径,  $r$ ——炮孔半径

$m$ ——炮孔布孔密集系数,  $m'$ ——炮孔起爆实际密集系数

$\alpha$ ——台阶坡面角(炮孔倾角),  $\rho$

——装药密度,  $k$ ——填塞系数,  $q$ ——单耗。

#### 3.3.2 未知参数

$L_{填}$ ——填塞长度,  $L_{装}$ ——装药长度,  $W$ ——最小抵抗线,  $Q$ ——单孔装药量,  $a$ ——孔距

$b$ ——排距,  $v$ ——延米放矿量

#### 3.4 以上参数间存在的数量关系

##### 3.4.1 炮孔长度 $L$

$$L = (H+h) / \sin \alpha$$

##### 3.4.2 抵抗线 $W$

$$W = b \cdot \sin \alpha$$

##### 3.4.3 填塞系数 $k$

$$k = L_{填} / W$$

为获得良好的炮孔利用率, 同时防止飞石产生, 取 $k=0.7 \sim 1.0$ , 倾斜孔取大值, 垂直孔取小值。

##### 3.4.4 布孔密集系数 $m$

$$m = a / b$$

通常情况下, 切割爆破 $m \leq 1$ , 破碎爆破 $m > 1$ 。破碎爆破时,  $m$ 一般取值1.2~1.5之间, 孔径大时取大值。

此处应注意将布孔密集系数 $m$ 与起爆密集系数 $m'$ 做以区分, 如图3-1所示, 逐排起爆时 $m=m'$ , 逐孔起爆时 $m' > m$ 。根据爆破工程实际经验, 在一定范围内, 增加 $m'$ , 破碎效果变好, 逐孔起爆破碎效果较逐排起爆效果更好, 也有此因素在内。

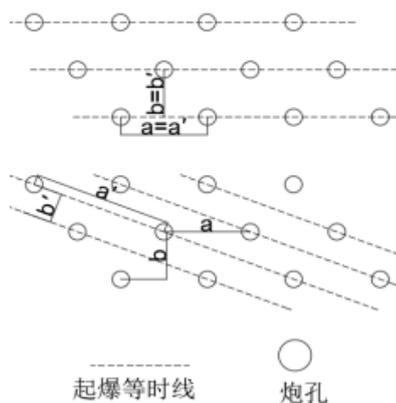


图3-1 不同起爆方式下的实际孔排距

3.4.5孔距a

$$a = m \cdot b$$

3.4.6填塞长度L填、装药长度L装

$$L_{\text{填}} = k \cdot W = k \cdot \sin \alpha \cdot b$$

$$L_{\text{装}} = L - L_{\text{填}}$$

3.4.7延米放矿量v

每米炮孔所能爆破下来的矿石方量为延米放矿量。

$$v = V/L = a \cdot b \cdot H/L$$

3.4.8单孔装药量Q

通过装药体积计算单孔装药量,有

$$Q = \pi \cdot r^2 \cdot L_{\text{装}} \cdot \rho = \pi \cdot r^2 \cdot (L - L_{\text{填}}) \cdot \rho = \pi \cdot r^2 \cdot (L - k \cdot \sin \alpha \cdot b) \cdot \rho$$

通过单孔放矿量计算单孔装药量,有:

$$Q = a \cdot b \cdot H \cdot q = m \cdot b^2 \cdot H \cdot q$$

注:超深部分装药实际对根底的破坏起着至关重要的作用,且承担着一部分爆破放量,此处笔者倾向于将 $Q = a \cdot b \cdot H \cdot q$ 写做 $Q = a \cdot b \cdot (H + \tau h) \cdot q$ , $\tau$ 的含义定义为超深部分实际爆破方量与 $a \cdot b \cdot h$ 之比更为实际。

对于一次成功的爆破,应当有:

$$\begin{cases} \pi r^2 (L - k b \sin \alpha) \rho = m b^2 H q \\ L = (H + h) / \sin \alpha \end{cases}$$

3.5未知参数求解

表 4-1 本方法应用实例

孔径 D	半径 r	密集系数 m	坡面角 $\alpha$	炸药密度 $\rho$	填塞系数 k	单耗 q			
0.12	0.06	1.2	75	830	0.9	0.35			
孔深 H	超深 h	孔长 L	排距 b	孔距 a	抵抗线 W	填塞长度 $L_{\text{填}}$	装药长度 $L_{\text{装}}$	单孔药量 Q	延米放矿量 v
5	1	6.21	3.57	4.29	3.45	3.10	3.11	26.79	15.31
7	1	8.28	3.82	4.58	3.69	3.32	4.97	42.80	17.47
9	1	10.35	3.97	4.76	3.83	3.45	6.90	59.51	18.89
11	1	12.42	4.07	4.89	3.93	3.54	8.88	76.59	19.89
13	1	14.49	4.15	4.98	4.01	3.60	10.89	93.88	20.63
15	1	16.56	4.20	5.04	4.06	3.65	12.91	111.30	21.20

通过3.4.7所列一元二次方程组,可解的布孔排距b,舍去负根得。

$$b = \frac{-1 + \sqrt{1 + \frac{4mHqL}{\pi r^2 \rho k^2 \sin^2 \alpha}}}{\frac{2mHq}{\pi r^2 \rho k \sin \alpha}}$$

将b带入3.4.2~3.4.7各式,可求解 $L_{\text{填}}$ 、 $L_{\text{装}}$ 、W、Q、a。

4 应用实例

设某矿山台阶高度5~15m,超深1m,炮孔直径0.115m,炮孔倾角75°,单耗0.35kg/m<sup>3</sup>,布孔密集系数1.2,使用炸药平均密度830kg/m<sup>3</sup>,填塞系数0.9。

利用excel对b、a、W、 $L_{\text{填}}$ 、 $L_{\text{装}}$ 、Q、v求解可得表4-1。

由表4-1可以看出,在单耗不变的情况下,随台阶高度增加,孔排距逐渐增加,但趋势逐渐放缓,即可认为,在台阶高度超过一定值时,可以使用同一孔网参数,但台阶高度低于一定值时,应当适时缩小孔排距,以保证破碎效果,降低机械破碎工作量,提高铲装效率。

5 结论

5.1正确性

在实际工程中经过17家矿山200余次爆破验证,上表计算所得数据与工程实际经验相符,未发生一起破碎度问题纠纷,未发生一起爆破飞石事故。

5.2经济型

在传统的经验算法中,通常一个矿山高、低台阶使用相同孔网参数,在高台阶时存在单耗过高,而低台阶时又会出现破碎效果不理想的现象。台阶高时孔网参数没有适时放大,钻孔成本、炸药成本、爆破人工成本上升,破碎机破碎效率降低、电能利用率下降,导致工程整体成本上升。台阶低时没有适时减小孔网参数,钻孔成本、炸药成本、爆破人工成本下降,但由于块度大,无法直接进破碎机,需破碎锤二次破碎,铲装效率低,破碎成本高;块度大,破碎机破碎效率下降,电能利用率下降,产品产出率下降;整体成本上升。

而通过本文第三节所述方法,可精确得出最佳单耗下对应的孔网参数,使工程各项成本得以控制,最终结果就是经济指标的提升。

[参考文献]

[1]姚显春,姚尧,郭炳焯,等.露天深孔台阶爆破设计参数的确定与协调探讨[J].爆破,2017,34(02):47-50.  
 [2]宋子岭,庞湃,范军富,等.露天矿采空区深孔台阶爆破的合理参数确定[J].爆破,2015,32(1):48-52.  
 [3]汪旭光.爆破手册[M].北京:冶金工业出版社,2010.