

垂直平行束状孔落矿爆破技术*

北京科技大学矿业研究所 邯邢冶金矿山管理局西石门铁矿

本文阐述了在垂直平行密集束状孔落矿试验中, 自拉槽正向和侧向挤压爆破的使用条件、炮孔布置形式及合理确定凿岩爆破参数等。

在西石门铁矿南区进行试验研究的垂直平行密集束状大孔崩矿的有底柱崩落法(简称“垂法”)与原用的扇形中深孔崩矿的有底柱崩落法的本质区别在于落矿方式不同。前者落矿是利用一束束分布在矿体中彼此互相平行的大直径上向垂直炮孔。这些落矿孔在布置上的特点是: 最小抵抗线大(3~6 m)、束间距大(3~6 m)、束内孔间距小(0.3~0.5 m)。

试验结果表明, 平行束状孔崩矿较扇形孔崩矿的爆破效果好(表1)。

表1 平行束孔与扇形孔崩矿对比

落矿方式	落矿炸药单耗(kg/t)	二次破碎炸药单耗(kg/t)	大块率(%)
平行束孔	0.4	0.125~0.169	4.9~10.6
扇形孔	0.45	0.2~0.3	20~30

平行束孔在电耙道和斗穿内进行钻孔、装药; 在矿体不厚(10 m左右), 只有一、二个垂直自由面的大夹制状态下爆破能取得良好效果, 是由于采用了一套比较完善的综合爆破技术。

(一) 自拉槽正向、侧向挤压爆破

挤压爆破能改善爆破破碎质量。当采场侧部具有自由面时, 应尽量用侧向挤压爆破, 以减少采切工程量、降低侧部夹制作用和更好地发挥孔束间的联合破碎作用。此外, 爆破采场的底柱顶面不低于被挤向采场的底柱顶面, 以免将后者的底柱挤坏; 被挤向采场的顶板高不低于爆破采场的顶板, 以免前者顶板被迫超爆、增加凿岩工程量和贫化, 也是选用侧向挤压的主要

限制条件之一。当采场不具备侧向挤压条件时, 可采用自拉槽正向挤压爆破。其切割槽一般选在矿体最厚处, 矿体顶板最高处, 采场中央的一对漏斗之上。当采场仅有一部分具备侧向挤压爆破条件时, 也可先将此部分爆破, 并局部出矿, 然后用正向挤压爆破其余部分水平或缓倾斜矿体分盘区开采时, 应以自拉槽正向挤压爆破首先回采盘区中矿体最厚、顶板高程最高、底板高程最低的采场, 其余采场则可采用向其侧向挤压爆破崩矿。

我们在试验中考虑到爆破夹制性大, 为维护耙道, 松动放矿量为1/3左右, 松动放矿范围与崩矿层厚度之比一般为1:1以上, 在此范围内每个漏斗均匀放矿。

(二) 合理的炮孔布置形式

平行束孔的布置形式有多种: 直线形、圆弧形、半圆形、圆形、双半圆形、同心圆形等。

选择布孔形式应考虑如下因素: 爆能分配合理, 有益爆破量大, 有害破坏小; 在有限的凿岩空间内, 能按要求的孔数、孔间距布孔, 钻机移位次数少, 移位方便; 在斗穿中的孔可兼做掘漏斗井的掏槽孔等。

众所周知, 柱状药包爆破形成柱状应力波。平行束孔爆破时, 这些柱状波将互相干扰, 布孔形式不同, 在岩体中将形成不同的动态应力场。

在无限介质中圆形束孔, 其合成应力场将轴对称于束心; 而半圆形布置则否, 凸面侧与凹面侧的应力场不同, 且前者应力大于后者。基

*本文执笔人: 任天贵、丁钦贡、方祖烈

于上述,设存在自由面,其最小抵抗线小于临界抵抗线,且半圆布置的凸面在自由面一侧。显然,半圆布置的爆破能量较圆形布置的更多地用于破碎自由面一侧的矿石,而较少用于后冲破坏和地震作用。若束内孔数相同,则半圆形布置的爆破效果将优于圆形布置。再综合考虑其它因素,故在斗穿中的平行束孔采用半圆形布置;孔多时可采用双半圆形布置。

呈直线形布置的束孔可近似地看作平面装药,形成平式应力波,其干扰损失少,能量利用充分,但每一束孔的分布长度大,因而受凿岩空间限制,只有当平行束孔布置在耙道中时可采用直线布置。

(三) 凿岩爆破参数

1. 炮孔直径 D 。鉴于矿山目前仅有中深孔和潜孔钻大孔两种凿岩设备,而中深孔的有效凿岩深度不大于 15 m,又难保证平行度,且每束孔的孔数多,孔间距太小,相互打透的可能性极大,故采用了 QZJ-100B 型潜孔钻机及 C-100 型冲击器,其炮孔孔径为 100~105 mm。

2. 炮孔深度 L 。孔深等于矿厚加漏斗井高度。当爆破夹制性大时,炮孔还应超深 0.5 m。为保证后排炮孔爆破效果,炮孔的控制高度应不低于后续炮孔底高。

3. 最小抵抗线 W 。 W 值实际被采场结构参数所决定(当然在决定采场结构参数时也考虑了最小抵抗线的合理值)。正向爆破时, W 值等于漏斗间距(5~6 m);侧向挤压时, W 值与耙道间距密切相关,试验中取其为 4.5 m(斗穿中的束孔)和 3 m(耙道中的束孔)。

4. 束间距 A 。 A 值实际上也被采场底部结构参数所决定。当然,在决定采场底部结构时也要考虑 A 值的合理范围。根据苏联和我们的经验 $A=(1\sim 1.3)W$ 。

5. 单位炸药消耗量 g 。苏联矿山在采用平行束孔落矿后,由于大块率降低,回采每吨矿石的炸药总耗量降低 1/3~1/2 左右,但其一次单耗有的矿下降 30%,有的却增加了 8~10%。

根据西石门铁矿一次单耗为 0.45 kg/t,而大块率仍达 20~30% 的实际情况,我们试验中的实际一次单耗为 0.4 kg/t,爆破效果良好,大块率和二次单耗均比扇形炮孔落矿低(见表 1)。

6. 每束炮孔的个数 N_K 。根据一次单耗,每束炮孔的设计崩矿量和装药实际情况进行计算:

$$N_K = \frac{W \cdot A \cdot L \cdot r \cdot g}{\frac{\pi}{4} D^2 (L-l) d / 1000} \quad (\text{个})$$

式中 r ——矿石的体重, t/m³

l ——炮孔堵塞长度, m

d ——装药密度, t/m³

其它符号含义同前,计算结果取为整数。

7. 束内孔间距 a 。 a 值和孔径、岩性有关。通常 $a=(3\sim 7)D$,坚硬矿岩中取小值,松软矿岩取大值。

(四) 提高炸药威力

平行束孔落矿既要求炸药具有适宜于压气装药的良好装药性能,又必须提供足够的爆破能量,具有更高的威力。为此,就要提高炸药的爆速、密度和爆力。因为提高炸药爆速和密度是提高冲击应力波强度的途径。提高炸药爆力,既可提高应力波强度,加强初始冲击破碎作用,又可提高爆炸气体膨胀作功能力,使岩石中的裂隙发展、破碎,碎块自原地抛出,提高后期破碎能力。鉴于平行束孔的抵抗线大、束间距大,炸药爆炸在介质内部作功的时间长和 T-1 型炸药的爆力过低,因此提高爆力尤为必要。

在原 T-1 型炸药基础上,分别添加不同比例的 2# 岩石炸药,经测试其性能和爆破效果如表 2 所示。

由表 2 可见:

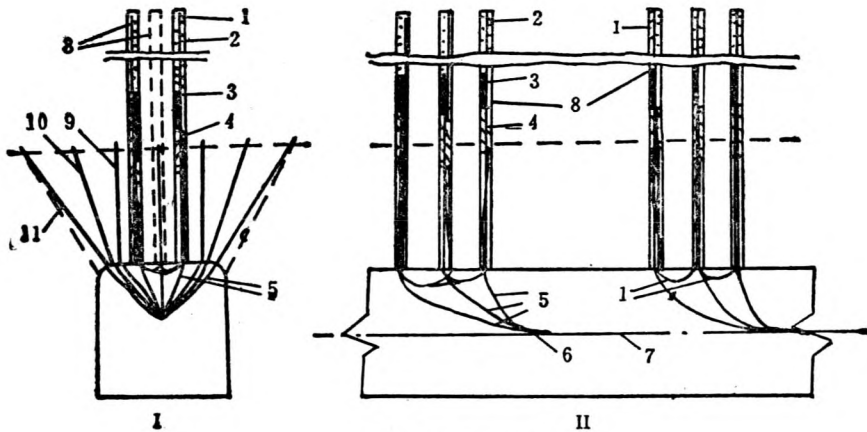
1. 混入 2# 岩石炸药使炸药爆力、猛度、爆速增大,尤其是爆力增加极大。

2. 混入 2# 岩石炸药 20% 和 30%,性能、效果接近。

3. T-1 加 20% 2# 岩石炸药加 1% 的水和不加水,两者性能接近,但加 1% 水却能使返

表 2 炸药性能与爆破效果对比

炸 药	爆破漏斗体积 (m ³)	猛度 h (mm)	爆速 v (m/s)	装药密度 ρ (g/cm ³)	返粉率 η (%)	使用地点	崩矿效果	
							大块率 (%)	二次炸药单耗 (kg/t)
T-1	0.156	19.5	3120	0.88	4.9	403 采场	10.58	0.165
T-1+20%2#岩石+1%水	0.994	25.54	(3286)	1.0	1.0	404 单号斗	4.93	0.125
T-1+30%2#岩石	1.0	26.01	3382	0.98	10.0	404 双号斗	—	—
T-1+20%2#岩石	1.0	25.70	3286	—	—	—	—	—
2#岩石	1.04	27.70	4283	—	—	—	—	—



附图 起爆系统示意

(I—单束炮孔 II—几束炮孔)

1—导爆索 2—炸药 3—起爆药包 4—填充物 5—导爆管 6—胶布 7—主导爆索网络
8—落矿大孔(平行束孔) 9—掘井的掏槽孔 10—掘井的辅助孔 11—劈漏孔

粉率明显降低。

(五) 保证束内、同排各束炮孔同时起爆的起爆系统

为了进一步提高爆破质量，还采取了改变起爆顺序(掘井掏槽孔、落矿孔→掘井辅助孔→劈漏孔)的办法，以保证同束和同排各束落矿孔同时起爆。这些措施是鉴于：同束和同排各束炮孔只有同时起爆，方能按预定要求，实现有效地应力波迭加；据测定 2~8 段毫秒管的时差为 -8~+35 ms，而同束炮孔孔距小，则早爆炮孔有可能使其余炮孔破坏而失效。为此，除落矿孔内要装非电微差雷管外，并要将沿炮孔全长敷设的导爆索引至孔外用三角短接联在一起，同排各束的导爆管也用导爆索并联(附图)。

(六) 结语

1. 垂直平行密集束状孔落矿的爆破技术是“垂法”的关键核心技术。因此，必须认真对待每一个环节，采取综合技术措施才能保证落矿效果。

2. 采用正向和侧向挤压的爆破方式、以半圆形为主的布孔形式、确定合理的凿岩爆破参数、提高炸药威力以及起爆网路系统是综合技术措施的主要内容。

3. 最小抵抗线、束间距主要被采场结构所决定，在实际应用中应注意结合起来统一考虑。

4. 炸药一次单耗、炸药类型的选定受经验和客观条件的影响，虽已取得较好结果，但还不能说已达到最优选择，建议今后在使用中创造条件，做更多的探索。