

一种大爆破起爆系统 激爆机理实验研究

张克利

(中条山有色金属公司 山西 043704)

摘要 研究了一种中深孔大爆破复式起爆系统激爆引起爆破效果较差的原因,提出了改复式起爆系统为单药包孔口起爆的可行性。实验与应用表明,作者提出的方法,不仅提高了炸药的能量利用率,而且采用单式起爆后,可产生同排孔间微差爆破,有利于提高爆破效果。

关键词 单式起爆 孔间微差爆破 聚能点激爆 爆破效果

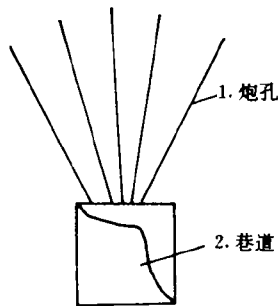
中图法分类号 TD235.1

我国利用中深孔爆破方法爆破的地下金属矿山,其起爆方式一般均采用主起爆药包与导爆索辅助起爆的复式起爆网络。

在过去的爆破实践中,这一起爆系统曾起到了应有的作用,但随着爆破技术的进步,爆破实践及认识的深入,这种起爆系统暴露的问题愈来愈多,已经不能满足爆破技术经济的要求。作者旨在对这一起爆系统暴露的问题进行初步探讨。

1 复式起爆网络的一般概念

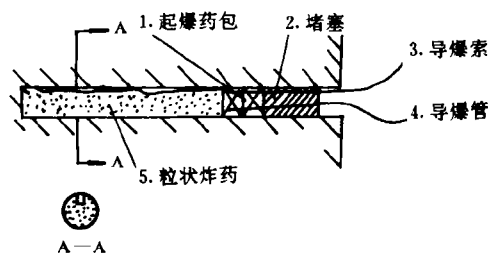
所谓复式起爆网络,就是每排爆破炮孔为一个单元,每个孔内以起爆药包为主起爆



1. Bore-hole; 2. Tunnel

图1a 爆破排面图

Fig1a Illustration of blast rings



1. Priming cartridge; 2. Seam off;

3. Fuse; 4. Detonating pipe; 5. Prill

图1b 炮孔装药示意图

Fig1b Schematic diagram of charging blast holes

源,孔内布设导爆索作为辅助起爆,同排孔间由导爆索联接(如图1)。传统的观念认为,这种复式起爆系统的作用是主起爆雷管在起爆瞬间将起爆药包激爆,起爆药包在引爆孔内炸药同时,将孔内导爆索激爆。导爆索以约6500m/s的速度向孔内传爆,其作用有两点:一是保险作用,也就是说当某一孔内雷管因质量或其它原因发生拒爆时,则可由孔外连接导爆索引爆孔内导爆索,使孔内炸药爆轰;二是助爆作用,即增加孔内炸药的激爆能量,以提高并稳定爆轰速度。

2 对复式起爆网络的分析探讨

前面述及,辅助起爆导爆索系统的作用有两点,即辅爆与助爆。它的实际激爆与助爆的作用程度是值得探讨的。

中条山有色金属公司下属的胡家峪铜矿,含矿岩性为矽化大理岩,普氏硬度系数 $f=8\sim 12$,一般均采用有底柱分段崩落法采矿,落矿方式为垂直扇形中深孔毫秒微差爆破。

1985年以前,采用人工装柱状岩石硝铵炸药,炮孔直径 $\phi=65\sim 72\text{mm}$,药卷直径 $\phi=60\text{mm}$,属于不偶合装药,起爆网络采用毫秒雷管起爆系统辅以导爆索系统的复式起爆网络。这种起爆系统虽然达到了爆破矿石的目的,但离经济破碎矿岩的要求尚有很大差距。也就是说,破碎大块率高,二次破碎炸药消耗量大,影响出矿效率及综合经济效益。

随着爆破技术的进步,我们采用了中国长治矿山机械厂生产的风动BQ-100型装药器装填T-1粘性多孔粒状铵油炸药,实现了偶合装药,提高了装药密度和一次炸药单耗,但其结果,爆破质量不但没有提高而且有所下降。这当然有多方面的影响因素,作者认为最主要的原因是炸药的能源没有得到充分的利用,而影响能源发挥的最直接因素便是激爆源。因此我们进行了多方面探讨。

对各种炸药特性实测。实测结果的比较证实,2"岩石炸药用单股普通导爆索起爆,可以获得稳定的爆轰;而单股普通导爆索起爆T-1号粘性多孔粒状铵油炸药则不能激起它的全爆轰。这说明我们试图用导爆索激爆T-1粒状铵油炸药在技术上是欠合理的。为了进一步验证,我们焊接了两根9m长、两根6m长的3吋无缝钢管,内装T-1粘性多孔粒状铵油炸药,进行了强约束条件下的药包或导爆索单独激爆对比实验。结果导爆索起爆的钢管基本上是撕裂状态,现场随处可见大小不等的钢片;而用2"岩石炸药起爆药包起爆的装药钢管,现场找不到任何残留物。因此进一步验证了孔内导爆索是不能激起T-1型粒状铵油炸药的全爆轰。再者,目前国产毫秒雷管的延时误差值一般都在 $\pm 10\sim 150\text{ms}$,段数越靠后,误差值越大。这样同排同段雷管亦有一定的起爆时间误差。由于导爆索的爆速高达6500m/s,所以要使同排间激爆仅需0.5ms左右。同排同段若有一发雷管在允许的误差范围内“早爆”,则必然通过导爆索引爆全排,使其它孔内的起爆药包“失效”,孔内粒状炸药只能在导爆索的激爆下非理想爆轰,使炸药能源不能得到充分的发挥。

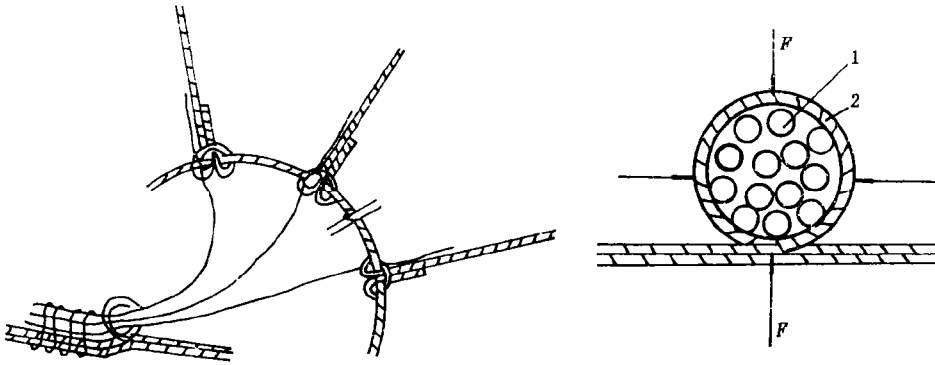
进一步分析可知,炸药释放出最大能量且作用于被破碎的矿岩体上是矿山爆破技术的关键。当炸药品种、装药密度、被爆破的岩体一定时,炸药释放出最大能量的条件是:在短时间内,炸药达到稳定爆轰,爆速值在爆轰终止以前始终恒定。满足此条件的关键是:必须有一个合理的起爆源。而我们所使用的复式起爆网络,实质上是建立了两个激爆源,即点激爆源和线激爆源。所谓点激爆源即在一个局部位置引起炸药爆轰,激爆源即终止。线

激爆源,即沿炸药长度随着导爆索的传爆而激爆炸药爆轰。由于点激爆源的爆速为 4000m/s 左右,而线激爆源的爆速为 6500m/s,线激爆源提前激起了孔内炸药的爆燃,并且干扰了点激爆源的激爆。因此复式起爆系统本身不但不能起到助爆的作用,相反却恶化了爆破效果,使炸药能量得不到充分的发挥。基于以上分析探讨,作者认为建立单一的激爆源有利于爆破破碎。

3 实现单一起爆药包起爆的可行性

3.1 起爆器材的可靠性分析

目前,矿山爆破广泛应用的起爆材料为塑料导爆管雷管和电雷管两种。电雷管起爆系统由于有检测仪器,基本上可以保证准爆。而塑料导爆管起爆系统,虽然没有有效的检测手段,但我们经过几百次的地表模拟实验和采场大爆破证实了其可靠性。只要在爆破施工时联接方法科学,就能保证网络准爆。若出现个别哑管,仅会影响单孔,而不会引起整排拒爆。目前胡家峪铜矿采用的双导爆索单根缠绕聚能点激爆联接法简单、可靠、科学。其联接方法是:在设置两根主起爆导爆索时,将其中一根导爆索缠绕于排面导爆管上,利用导爆索爆破瞬间聚能,在一点激爆导爆管。其聚能力学原理如图 2。



1. 导爆管; 2. 导爆索; 1. Detonating pipe; 2. Fuse

图 2 聚能点激爆示意图

Fig. 2 Schematic diagram of excitation detonation with cumulation point

3.2 炸药爆轰稳定性分析

炸药的爆速与直径有着密切的关系,当药径小于临界直径时,炸药不能稳定爆轰,甚至可能中断爆轰;当药径达到极限值时,爆速稳定,不再提高。爆破装填的 T-1 多孔粒状炸药属耦合装药,其孔径为 65~72mm 而炸药的临界直径为 45~52mm,炮孔直径大于炸药的临界直径,而且孔深一般均小于 15m,所以在孔口实施点激爆药包完全可使炸药达到稳定爆轰。

3.3 满足爆破精度的条件分析

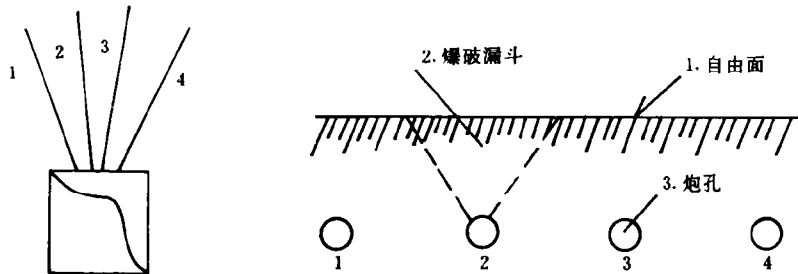
矿山爆破,其破碎精度并不很高,倘若同排同段管内有单管拒爆,仅会形成单孔大块。由于我们采用的是多排微差爆破,后继炮孔还会进行补充爆破破碎,不会形成整排拒爆。

经以上几方面分析,采用单一起爆药包是可行的,也是必要的。

4 同排同段间微差效应

我们知道国产雷管同段管间有一定的起爆时间误差,取消导爆索辅助起爆系统后,使得同排各孔间形成微差爆破。虽然雷管起爆时间误差导致的微差爆破顺序是随机的,但它对提高爆破质量是非常有益的。

扇形中深孔爆破最大的问题是难以解决孔口部分过早贯通,能量提前释放而影响破岩效果。实现同排孔间微差爆破后,不仅可以克服这一不利影响,而且还会创造更多的利于爆破破碎的自由面。如图3所示,假若排面中的2#孔先爆,则会形成一扇形漏斗体,这就为3#和1#孔各创造了一个自由面和较平均的每孔爆破负担量,从而有利于爆破破碎。排面孔间间隔时间是否具备准微差爆破条件呢?实际上,我们使用的雷管一般为1~12段,而爆破拉槽排占用1~5段,正常排面6~12段,这些段次间雷管爆炸时间的误差值为20~45ms,而微差爆破的最佳间隔时间值为20~25ms,所以雷管起爆的误差区正是微差爆破的最佳间隔时间区域,因此具备了微差爆破的有利条件。



1. Fire space; 2. Radius-depth ratio; 3. Bore hole

图3 扇形炮孔爆破示意图

Fig. 3 Illustration of blasting ring holes

5 推广应用与效果

经对大爆破起爆系统激爆机理、破碎效果的分析研究,说明单起爆药包是提高炸药能量利用的有效途径。随之,我们进行了单排爆破对比实验,证实了其爆破的可靠性。接着,我们进行了采场爆破推广应用,爆破了十多个采场,共采矿量十余万吨,现场统计一次炸药单耗不变的情况下,炸药二次单耗由原激爆系统的每吨0.26kg降为每吨0.173kg,每吨矿石节约导爆索0.23m。仅导爆索与二次炸药消耗两项每年可节约20余万元。二次爆破雷管、导火线、耙矿效率的提高和爆破准备与施工工作量的减少等方面的效益更大。

特别应该指出:大爆破施工过程中,导爆索是较为敏感的爆破材料,它可在重物的撞击或岩石错位挤压时引起早爆出现安全事故。采用单起爆药包后,克服了这一危险源,从而改善了大爆破过程中的安全。

6 问题和结论

在大爆破施工中,我们也发现一些值得注意的问题:

1 变复式起爆系统为单药包起爆后,大爆破的施工精度比原系统提高了,若有个别雷管段数装错,则无法补救。

2 若深孔有部分变形,导致孔径小于炸药临界直径,则可能会引起炸药熄爆。这种情况下还应采用复式起爆系统。

3 采用孔口起爆,若起爆药包不能很好地与孔内炸药接触也会产生拒爆。例如:我矿在 7308 采场爆破时,个别孔由于孔口起爆药包未能与孔内炸药接触上而产生拒爆问题,铵油炸药留在孔内。无论装药还是堵塞都应严格把关。

变复式起爆系统为单药包孔口起爆是提高炸药能量利用的一种有效途径,同时还可以简化爆破施工作业程序,提高爆破作业安全度,降低爆破成本,具有良好的综合经济效益。在同类矿山具有广泛的推广应用价值。

EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE EXCITATION DETONATION MECHANISM OF A DETONATION SYSTEM FOR LARGE SCALE BLASTING

Zhang Keli

(Zhongtiaoshan Non-ferrous Metals Co, Yuanqu, Shanxi, 043700)

ABSTRACT This paper has discovered the causes of the excitation detonation in double-detonation system with poor blasting effects in large-scale blast with medium-long holes, and presented the feasibility of changing the double-detonating system into single-detonating one at the collar of the hole. The experiments and application have shown that the method can increase the energy utilization of the explosive, and the single-detonating system can put the differential blasting between the holes at the same ring into practice, which will be helpful to increase blasting efficiency.

KEY WORDS single detonation, differential blasting between holes, excitation detonation with cumulative point, blasting efficiency