

刚果(金)某矿山预裂爆破减震效果实例分析

Case analysis of shock damping effect of pre-splitting blasting in a mine in DRC

张怀东, 马 恒(中铁资源集团有限公司, 北京 100039)

摘要:本文以刚果(金)某露天矿为实验地点,首先分析以往爆破震动数据及相关岩性地质等资料,其次在孔深、孔间距、装药量、填塞等参数相同的条件下,分别实施减震沟减震爆破、预裂爆破、无减震措施爆破,对爆破震动数据收集处理并进行分析,研究预裂爆破对爆破震动的作用效果。研究表明采用预裂爆破相对正常爆破可以降低13%以上震动峰值;测点与爆心越近,预裂爆破减振效果越大,即受保护建筑物离爆破工程越近,采取预裂爆破措施减震效果越好;预裂爆破比减震沟爆破减震作用小。

关键词:爆破震动;震动危害;预裂爆破;减震沟爆破

中图分类号: U215.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2021)04-0017-04

Abstract: In this paper, an open-pit mine in DRC is taken as an experimental site. Firstly, the data of previous blasting shock and related lithology and geology information are analyzed. Secondly, under the condition of the same parameters such as hole depth, hole spacing, charge and packing, the blasting with shock damping ditch, pre-splitting blasting and blasting without shock damping measures are carried out respectively. The blasting shock data are collected, processed and analyzed, and the shock damping effect of pre-splitting blasting is studied. The results show that pre-splitting blasting can reduce the shock peak value by more than 13% compared with normal blasting; the closer the measuring point to the blasting center, the greater the shock damping effect of pre-splitting blasting, viz. the closer the protected building to the blasting works, the better the shock damping effect of pre-splitting blasting; and pre-splitting blasting has less shock damping effect than blasting with shock damping ditch.

Key words: blasting shock; shock hazard; pre-splitting blasting; blasting with shock damping ditch

1 前言

矿山生产需要进行大量的爆破施工作业,炸药爆炸产生脉冲压力对岩体做功,通过介质向周围以波的形式传播^[1]。爆破震动对近矿区的建筑物及生产生活造成干扰,是影响矿山安全生产的危害因素之一^[2-4]。爆破施工前一般采用萨道夫公式为参考对震动峰值核算^[5-6],以确定爆破震动值符合标准,计算时考虑的 k 、 α 等是与岩性地质环境等相关的参数,通用的取值范围见表1,而对受保护建筑物进行质点震动实测是确定爆破震动影响的最直接方法^[7-8]。在爆破周围岩体中,爆炸所产生的地震波遇到裂隙或结构面时会产生波的反射等能量耗散现象,在爆破时有减震沟或预裂孔会降低爆破震动^[9]。王和平等^[10]通过数值模拟对爆破参数进行

优化并通过现场实验验证,得出有利于保护边帮的爆破参数。同时钻孔直径、微差时间、炸药单耗等参数对震动也有影响,相同装药量时孔径大爆破震动明显增大^[11]。目前主要有三种方式控制爆破震动影响^[12-15]:一是控制爆炸源,主要是控制最大段装药量,孔间微差起爆等;二是对受保护对象采取措施;三是对震动传播过程中采取的措施,采用减震沟爆破,干扰爆破等。另外建筑物对爆破震动的积累也值得注意^[16-17]。对于爆破震动已经有了大量研究,但关于预裂爆破减震作用的研究较少,将对矿坑爆破数据分析,并对比无保护措施、减震沟爆破、预裂爆破的震动值,提出适合该矿减震的爆破施工措施。

表1 萨道夫公式参数与岩性关系

岩性	k	α
坚硬	50 ~ 150	1.3 ~ 1.5
中硬	150 ~ 250	1.5 ~ 1.8
软岩	250 ~ 350	1.8 ~ 2.0

[作者简介] 张怀东,硕士研究生,助理工程师,从事爆破施工与管理工

[引用格式] 张怀东,马恒.刚果(金)某矿山预裂爆破减震效果实例分析[J].中国矿山工程,2021,50(4):17-20.

2 工程背景分析

在爆破施工对建筑物保护时,一般考虑被保护

建筑物在振动波到达时的震动速度峰值、加速度、主频率等参数,工程中一般采用震动峰值作为安全性的主要判据,即采用萨道夫公式在爆破前对爆破震动速度最大值进行验证

$$v = k \left(\frac{Q^{1/3}}{R} \right)^\alpha$$

式中: v ——爆破震动速度;

Q ——最大段起爆药量,kg;

R ——爆心与测点距离,m;

k, α ——与岩性、地质工况等条件相关。

为了在爆破前核算爆破震动峰值,对该矿大量爆破数据进行萨道夫曲线回归,具体如图1所示。得出 $k = 116.574$ 、 $\alpha = 1.495$,由表1可知该矿岩石属于较坚硬岩石,与爆破施工水平以上从上至下土、松散岩层、泥岩、炭质板岩的岩性有差异,而与现场情况开采水平标高以下白云岩大理岩岩性指标相符,推断为爆破震动到目标质点不仅从爆心点到测点直线传达,同时也来自围岩各个方向。因此,在具体施工中不应仅按爆区水平标高以上岩性及节理等来参考计算爆破震动速度,应该同时将标高以下岩性地质构造等条件考虑在内,该矿地层岩性及振动波数据采集仪器安置点剖面图如图2所示。

3 爆破实验方案

为验证预裂爆破、减震沟爆破的减震作用,选取绿纱矿业矿坑为实验地点,在同一区域分别采用1#无减震措施、2#预裂爆破、3#减震沟爆破进行爆破施工,爆破区域及仪器布置如图3所示。钻孔施工使用阿特拉斯冲击型潜孔钻机,钻孔直径115 mm,成孔直径为114~118 mm,孔距4.7 m,排距2.3 m,孔深8 m,部分钻孔因所在位置含氧化性质矿石呈现土状且含水,岩屑在孔内难以由压缩空气吹至孔外,导致三个爆破区域孔数及个别孔孔深有微小差异,

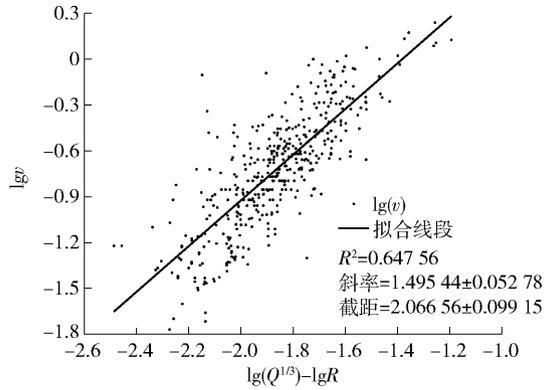


图1 萨道夫回归曲线

在实验数据分析中忽略。采用17 ms、25 ms、42 ms三种地表延期雷管对孔间微差爆破时间进行控制,孔内均选用500 ms延期雷管。考虑位置及爆破量问题,三种方案孔数都在70左右,每孔装药量均为56 kg,填塞高度约为3.3 m,采用相同的连线方式,三个爆破区域相邻,可忽略爆区间地质环境变化。预裂爆破与主爆区相隔2 m,孔间距为1.2 m,采用导爆索传爆,使用2#岩石乳化药卷,径向不耦合装药的方式,线装药密度为0.6 kg/m。采用TC-4850爆破测振仪分别对爆破震动数据进行采集,为自动触发式,为了保证触发前的信号头不丢失,本次实验振动信号采集预留100 ms的信号头,即从触发点向前预保留100 ms的数据,对2~300 Hz频带振动波采集。将1、2号测点距离分别布置在离爆心180 m、120 m处,记录三种方案震动信息绘制震动时程曲线进行对比。

4 数据处理与分析

对采集数据处理1号测点如图4所示。方案一、二、三震动速度峰值分别为0.332、0.286、0.240 cm/s;2号测点如图5所示,方案一、二、三震动速度峰值分别为0.995、0.615、0.516 cm/s。根据两个测

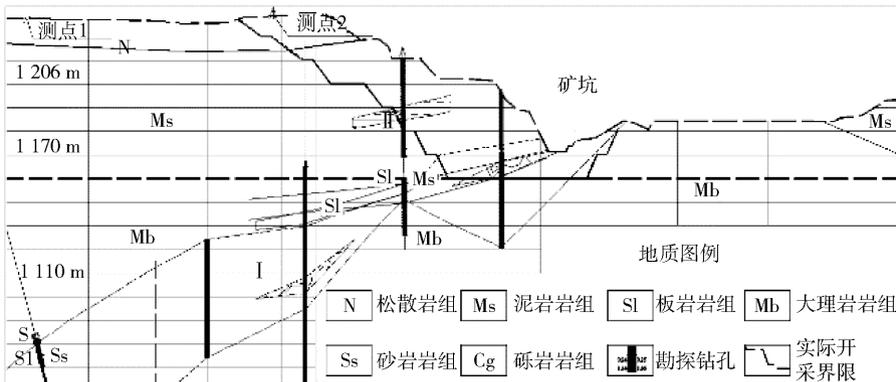


图2 地质剖面图

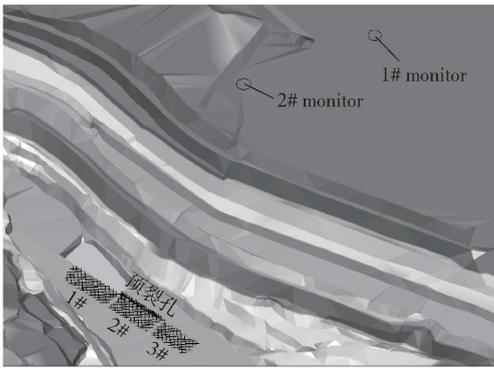
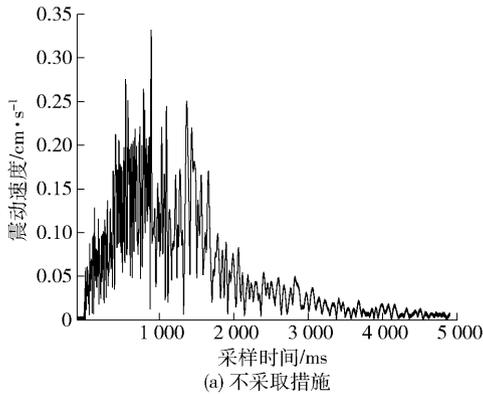
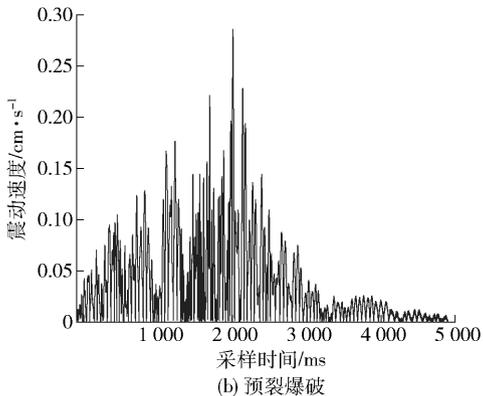


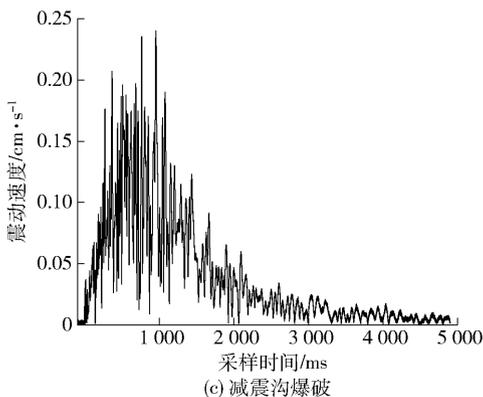
图3 实验爆区布置



(a) 不采取措施



(b) 预裂爆破

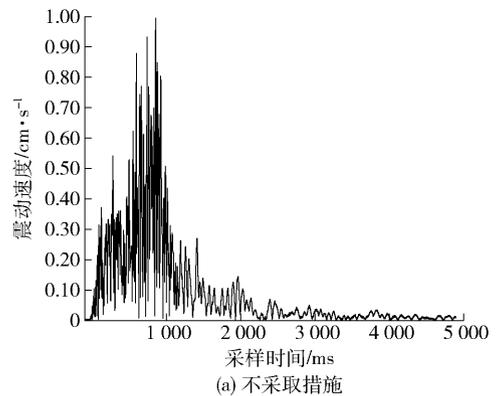


(c) 减震沟爆破

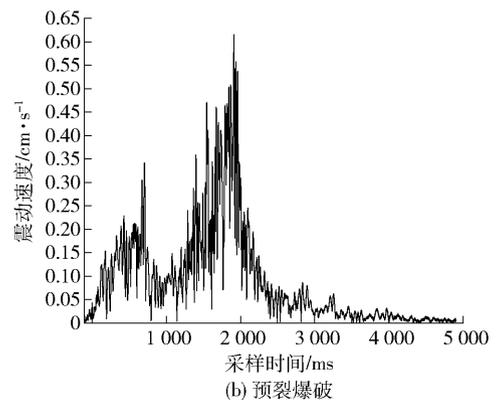
图4 1号测点震速时程曲线

点震动速度曲线可知,未采取减震措施时震动速度最大,采用预裂爆破时次之,有减震沟时振动值最

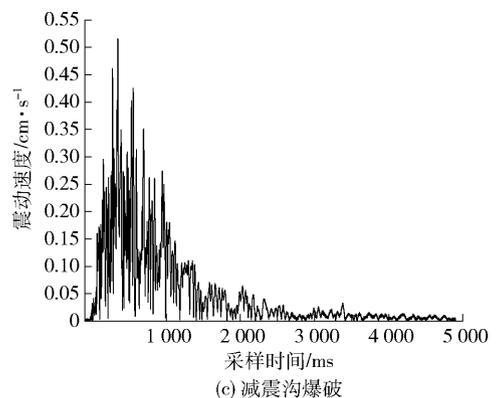
小。由爆破振动波传达到1号测点的措施与减震沟爆破最大震动速度分别为预裂爆破的116.08%、83.92%,而2号测点分别为161.79%、83.90%,可推断爆炸源距受保护体越近,采取减震措施相比无措施减小震动作用越明显,而减震沟与预裂爆破减震效果比值一样,在有条件时采用减震沟效果最佳。在有保护要求建筑物周围爆破施工时,在靠受保护建筑物边帮位置施工预裂爆破,为后续爆破施工提前形成减震沟,预裂爆破一方面可起到减小爆破对边帮扰动,同时形成的减震沟减小后续爆破施工产生较大震动速度对受保护建筑的扰动。



(a) 不采取措施



(b) 预裂爆破



(c) 减震沟爆破

图5 2号测点震速时程曲线

将实验爆区与测点距离带入萨道夫公式中,得到1、2号测点震速0.368、0.675 cm/s,与实际有一定偏差,已有研究提出通过公式计算值与实际振动值会有一定偏差^[18],所以在实际工程应用时,应将受保护建筑物震速控制在合理范围,避免实际震速超标。

图4 b中震动时程曲线形成一小段波峰后形成较大波峰,前段波峰为预裂爆破振动波,由于预裂爆破需要小孔距大量钻孔同时起爆,在计算爆破震动速度时应将预裂爆破产生的震动考虑进来。形成的预裂爆破断面如图6所示,由图可见基本未形成半壁孔,但预裂爆破对于减震作用已经显现出来。形成半壁孔需要合理的爆破参数与岩性等因素^[19-20],本次试验未形成半壁孔分析有三点原因:一是岩石较为破碎,节理裂隙发育且岩层倾向与预裂孔断面相交;二是预裂爆破装药过程中出现药卷贴在孔壁上;三是应对装药参数及布控参数进行优化。



图6 预裂爆破断面

5 结论

(1)采用预裂爆破可减小振动危害,阻隔或减小爆破震动传递。爆破施工位置离受保护建筑物越近,预裂爆破降低震动效果越明显。

(2)爆破作业先施工靠边帮一侧,可减小后续爆破扰动次数,相当于为后续施工制作减震沟,且避免因减震每次施工都使用预裂爆破而增加的工程成本。

[参考文献]

[1] 罗吉. 不同直径装药爆破作用分析与应用研究[D]. 淮南:安徽理工大学, 2015.

[2] 温廷新,朱成伟,孔祥博. 基于PCA-ELM模型的露采爆破振动对民房破坏的预测分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2015, 11(8): 119-125.

[3] 任月龙,才庆祥,舒继森,等. 爆破震动及结构面渐进破坏对边坡稳定性影响[J]. 采矿与安全工程学报, 2014, 31(3): 435-440.

[4] 周俊汝,卢文波,张乐,等. 爆破地震波传播过程的振动频率衰减规律研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2014, 33(11): 2171-2178.

[5] 陶铁军,池恩安,赵明生,等. 露天铁矿分区爆破振动监测与安全分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2012(12): 179-183.

[6] 黄亮,赵其华. 地下储库掘进爆破地表震动角度效应分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2016, 12(3): 49-53.

[7] 费鸿禄,苑俊华. 基于爆破累积损伤的边坡稳定性变化研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2016, 35(S2): 3868-3877.

[8] 付士根,王云海,许开立. 爆破振动效应影响评价及减震措施研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2008, 4(6): 25-28.

[9] 陈江海,顾文彬,王振雄,等. 洋山港水下多孔爆破陆地和水底震动实地测试与分析[J]. 振动与冲击, 2016, 35(24): 207-212, 220.

[10] 王和平,郭连军,张大宁,等. 大孤山铁矿预裂爆破研究与应用[J]. 金属矿山, 2015(10): 18-23.

[11] 谢姣. 基于Ansys/ls-dyna数值模拟的爆破地震效应影响因素分析[D]. 西安:长安大学, 2014.

[12] 张维明,肖柳,卜俊锐,等. 月亮山隧道爆破减震试验研究[J]. 爆破, 2016, 33(2): 23-27.

[13] 李地元,王涛. 浅埋隧道爆破施工对地表建筑物安全的试验和数值分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2015, 11(11): 112-117.

[14] 邓红卫,杨懿全,高峰,等. 基于LS-DYNA的扇形中深孔逐孔起爆段别优化[J]. 振动与冲击, 2017, 36(11): 140-146.

[15] 邱贤阳,史秀志,周健,等. 基于HHT能量谱的高精度雷管短微差爆破降振效果分析[J]. 爆炸与冲击, 2017, 37(1): 107-113.

[16] 王振宇,梁旭,陈银鲁,等. 基于输入能量的爆破震动安全评价方法研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2010, 29(12): 2492-2499.

[17] 孙新建. 基于Hilbert能量分析的岩体爆破震动损伤研究[D]. 天津:天津大学, 2012.

[18] 张勤彬,程贵海,卢欣奇,等. 考虑岩体损伤的爆破震动速度衰减多元非线性模型[J]. 中国安全生产科学技术, 2018, 14(3): 95-101.

[19] 陈俊桦,张家生,李新平. 基于岩石爆破损伤理论的预裂爆破参数研究及应用[J]. 岩土力学, 2016, 37(5): 1441-1450.

[20] 周青青. 基于ANSYS预裂爆破装药结构研究[D]. 贵阳:贵州大学, 2015.