

电子雷管在紫金山金铜矿的应用\*

刘 超<sup>①</sup> 李东涛<sup>②</sup> 欧仙荣<sup>①</sup> 朱利武<sup>③</sup>

①福建海峡科化股份有限公司烽林分公司(福建三明, 365000)

②北京理工大学机电学院(北京, 100081)

③北京北方邦杰科技发展有限公司(北京, 100085)

[摘 要] 采用电子雷管与导爆管雷管在紫金山金铜矿进行工程爆破实验,通过对比分析大块率、铲装效率和根底数量等数据,证明了在露天开采中应用电子雷管可以降低大块率、提高铲装效率、改善爆破效果;通过监测电子雷管爆破振动,分析了延期时间对爆破振动的影响,发现延期时间不仅影响爆破振动峰值速度,而且决定爆破振动频率的大小和频率分布规律,并给出了实验条件下的较优爆破参数为孔间延期 20 ms,排间延期 73 ms。

[关键词] 电子雷管 铲装效率 爆破振动 振动频率 延期时间

[分类号] TD235.4 TQ565+.2 TJ51

引言

爆破是矿山开采的主要手段之一,爆破质量的好坏直接影响到铲装、运输、矿岩粉碎等工序的生产效率及其成本。在保证爆破块度、均匀性和成本的前提下,降低爆破振动和爆破冲击波等负面影响,是采矿工作要解决的难题。在国外,电子雷管爆破在降低爆破振动危害、提高采矿综合经济效益方面取得了良好的效果<sup>[1-2]</sup>。电子雷管逐孔起爆技术不但可以减小爆破振动、改善爆破效果,而且可提高铲运效率、降低采矿和土石方开挖的成本,能够很好地解决这一难题。

为了改善紫金山金铜矿露天采场爆破的综合效果,采用海科“隆芯 1 号”数码电子雷管<sup>[3-4]</sup>进行生产爆破实验。

1 工程实验概况

紫金山金铜矿为一特大型有色金属矿床,其上部是特大型金矿,下部为大型铜矿。目前存在的突出问题是大块率偏高、底根偏多,这不仅增加了二次爆破量,而且容易造成溜井堵塞、降低铲装和运输作业效率,影响正常的生产作业。随着露天采场开采范围的扩大,开采深度不断增加,边坡稳定性与边坡维护问题日益突出。

1.1 爆破参数

采用中深孔台阶爆破,常规爆破参数如图1所示,台阶高度为12m,炮孔采用75°斜孔,孔径0.165 m,孔深14m,堵塞5m,孔间距7m,排间距6m,前排抵抗线5.5m。每次爆破30个孔左右,采用电

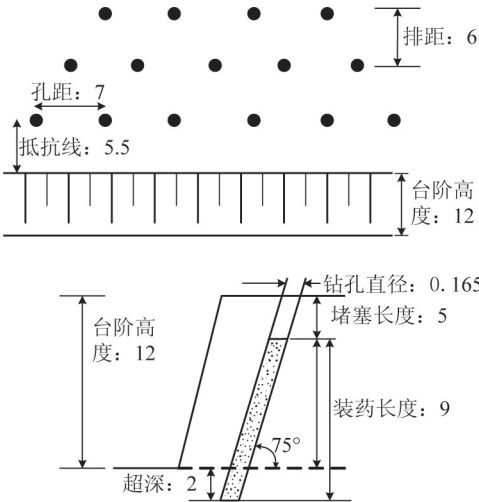


图1 爆破参数(单位:m)

子雷管毫秒延期爆破,每孔放置一发电子雷管,并采用大孔距小排距电子雷管爆破实验方案,即:根据爆破效果不断优化延期间隔与孔网参数。首次爆破孔间延期 17 ms,排间延期 42 ms。

1.2 数据收集

前期实验历时 60 d,共收集电子雷管爆破振动数据 10 组,电子雷管爆破效果数据 10 组,高精度导爆管爆破效果数据 3 组。本次实验对爆破现场严格监督以保证穿孔到爆破整个过程的质量,仔细收集和统计铲装、大块等数据,用以全面评价实验效果。爆破振动数据采用 3 台四川拓普测控科技有限公司生产的 UBOX5016 爆破振动智能监测仪,3 个测点成一条直线依次布置在紧邻爆区正后方的 3 个台阶

\* 收稿日期:2011-08-23  
作者简介:刘超(1975~),男,工程师。主要从事起爆器材的研制和技术管理工作。E-mail: yahgc@163.com

上,如图 2 所示。传感器采用石膏耦合方式固定在原岩地面上,3 台测振仪设置相同的采集参数。

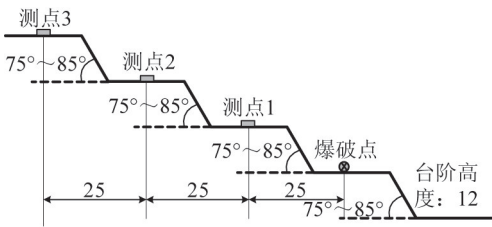


图 2 测点布置示意图(单位:m)

2 实验结果与分析

2.1 爆破效果分析

实验采用大块率、根底数量和铲装时间来衡量爆破效果。大块是根据矿山采掘、破碎设备的规格要求而决定的,紫金矿规定矿石的单一长度超过 60 cm 的为大块,在平台的设计坡底标高上的体积超过 2 m<sup>3</sup> 为底根。为了简单、迅速和较为准确地给出露天爆破的大块率,采用体积统计法来计算。通过最后统计,相比导爆管雷管爆破大块率降低 1.8%。

通过对爆后爆堆实地勘察,爆堆表面破碎,松散性很好,爆堆后方无散落浮石,爆裂线平直,未见严重拉裂现象,块度均匀,如图 3 所示。随后铲装挖掘过程中发现消除了底根,爆堆内部大块较少。



图 3 爆破效果

实验中逐渐增大孔距,减小排距,最后孔距增大到 7.5 m,排距减小为 5.5 m,逐步调整延期时间,铲装效率也逐步提高。除 1 号爆堆有 1 个根底外,其余 9 次实验均没有根底,铲装效率相比导爆管雷管有了很大提高,而使用导爆管雷管时没有改变常规爆破参数,实验对比结果(部分数据)见表 1。这证明在保持炮孔爆破体积基本不变情况下,通过加大孔距、减小排距,即提高炮孔密集系数,有助于改善矿岩破碎质量。实验中发现:采用不同的时间间隔,破碎效果有差异,只有选取合理的延期时间,才能取得最佳的爆破效果<sup>[5]</sup>。块度的改善可以提高铲装效率,减少二次爆破量,降低成本。从降低大块率、

提高铲装效率这一显而易见的技术经济效益来看,电子雷管在改善爆破效果方面具有较大的优势。

表 1 铲装效率对比

编    号		1	2	3
电子雷管	孔距/m	7.0	7.0	7.5
	排距/m	6.0	5.5	5.5
	铲装效率/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	276.2	349.6	363.5
	底根/个	1	无	无
导爆管雷管	铲装效率/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	爆破效果较差	320.0	270.0
	底根/个	—	2	3

2.2 爆破振动分析

露天矿爆破产生的振动对边坡的影响主要表现在两个方面:一是爆破振动不断作用在边坡岩体上,导致台阶边坡和整体边坡强度降低,形成后冲破裂、表面岩石松动等典型破坏;二是爆破振动引起的惯性力过大会降低边坡的安全系数,导致边坡失稳。爆破振动频率低,容易形成共振而增大对边坡的破坏<sup>[6]</sup>;频率高,则岩体相应的惯性力大,容易导致边坡失稳。使用爆破振动监测仪器进行现场实时检测,既能够对本次爆破的安全评价提供可信依据,又能够为今后爆破参数的优化提供参考。

在测试参数相同、地质条件一致的情况下测得 10 组有效的爆破振动数据。图 4 为爆破振动时程曲线,爆破振动峰值速度为 2.67cm/s,没有出现振动的剧烈增强,爆破振动主振频率 57.37 Hz,远离矿山固有频率(10 Hz 左右),有利于保护边坡。

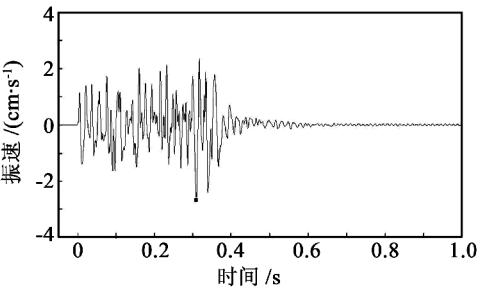


图 4 电子雷管爆破振动时程曲线

表 2 给出两种延期间隔下电子雷管爆破参数(爆心距  $R$  和单孔装药量  $Q$ )和振动峰值速度,其中爆心距 52 m,单孔药量 156 kg。孔间延期 20ms、排间延期 73ms 的振动明显偏大。

以 1 号和 3 号的 2 个测点为例,对比两种延期条件下的振动频谱,可以看出孔间延期 17ms、排间延期 65ms 的爆破振动峰值大,振动频率分布范围相对集中,振动能量在频谱图上几乎集中在一个频

表 2 不同延期下振动参数

编号	垂直峰值振速/ ( $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ )	孔间延期 /ms	排间延期 /ms
1	4.498	17	65
2	4.090	17	65
3	2.666	20	73
4	2.813	20	73

率附近(图 5);而孔间延期 20ms、排间延期 73ms 的爆破振动峰值相对小,有多个幅值低且相对集中的子频带,且频率较高,都在 25Hz 以上(图 6),振动能量在频谱上较为分散,显然这有利于降低爆破振动危害。由此可见,延期时间一定程度上决定了振动频率。通过调整延期时间,控制爆破振动频率,对降低爆破振动危害具有较大的意义。

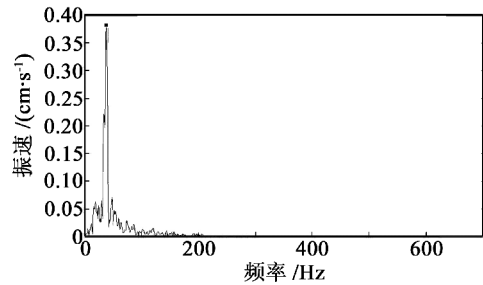


图 5 孔间 17 ms 爆破振动频谱图

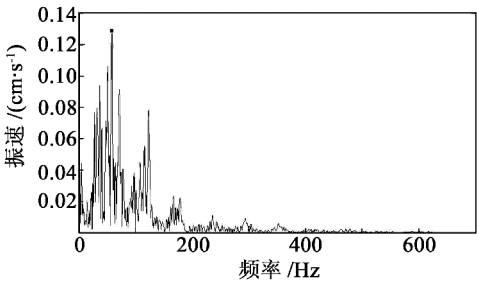


图 6 孔间 20 ms 爆破振动频谱图

3 结论

1)实验结果证明,使用电子雷管爆破技术具有

明显的优越性,切实提高了矿山的生产效率,大大降低爆破振动,进一步推广和使用电子雷管爆破,可取得的经济效益是显著的。

2)分析爆破振动信号发现,延期时间不仅影响爆破振动峰值速度,而且决定爆破振动频率的大小和频率分布规律,这对解决爆破振动问题,进一步寻求更好的爆破方案,具有积极的意义。

3)本次实验条件下的较优爆破参数为孔间延期 20ms、排间延期 73ms。今后需要进一步研究的问题是如何设计孔间、排间延期时间,使爆破效果更好、爆破振动影响最低。

致谢:本次实验的顺利进行得益于紫金山金铜矿、海峡科化烽林分公司、北方邦杰等相关人员的通力合作,在此深表感谢!

参 考 文 献

[1] McKinstry R., Floyd J., Bartley D. Electronic Detonator Performance Evaluation[J]. Journal of Explosives Engineering. 2002,19(3):12-14,16-21.

[2] David M., Drew M. A review of the benefits being delivered using electronic delay detonators in the quarry industry. QUARRYING 2007 Conference Proceedings, 2007, Melbourne, 1615-1645.

[3] 唐跃,曹跃,罗明荣,等. 高精度数码雷管在爆破施工降振中的应用[J]. 爆破,2011,28(1):107-109.

[4] 张乐,颜景龙,李凤国,等. 隆芯 1 号数码电子雷管在露天采矿中的应用[J]. 工程爆破,2010,16(4):73-76.

[5] 冢本员久,朱旭安. 利用毫秒微差爆破改善矿石块度[J]. 国外金属矿山,1996(10):43-48.

[6] Dowding C. H. Blast and construction vibration monitoring and control: Thirty-five-year perspective[J]. Practice Periodical on Structural Design and Construction, 2006,11(1):8-12.

Application of Electronic Detonator in Zijinshan Gold Copper Mine

LIU Chao<sup>①</sup>, LI Dongtao<sup>②</sup>, OU Xianrong<sup>①</sup>, ZHU Liwu<sup>③</sup>

①Fenglin Branch of Fujian Haixia Science and Technology Chemical Co., Ltd. (Fujian Sanming, 365000)

②School of Mechatronic Engineering, Beijing Institute of Technology (Beijing, 100081)

③Beijing Bangiunion Techology Development Co., Ltd. (Beijing, 100085)

[ABSTRACT] Engineering blasting experiments were carried out by using the electronic detonator and detonator with shock - conducting tube in Zijinshan gold copper mine. The contrast analysis of large boulder rate, shovel efficiency and the number of bottom proved that in the surface mining the application of electronic detonator could reduce the rate of large boulder, increase the shovel efficiency and improve the blasting effect. Via monitoring the electronic detonator blasting vibration, the effect of delay time was analyzed. The delay time was found out not only to affect peak speed of the blasting vibration, but also determine the size of the blasting vibration frequency and frequency distribution. And the optimal blasting parameters of delay time between holes 20 ms and between rows 73 ms were also given in the experimental condition.

[KEY WORDS] electronic detonator, shovel efficiency, blasting vibration, frequency of vibration, delay time