

文章编号: 1673-3363(2008)02-0176-04

爆破振动对地表建筑稳定性影响试验

曾 晟, 杨仕教, 谭凯旋, 孙 冰

(南华大学 核资源与安全工程学院, 湖南 衡阳 421001)

摘要: 爆破震动灾害预测和控制爆破施工与设计中的地位, 为了实现锡矿山梯矿床五窿道区浅层残矿的回收, 确保地下开采爆破振动不影响地表建筑的安全, 采用 UBOX-20016 爆破振动测试记录仪对该矿区地下爆破振动速度进行测定, 研究了爆破振动速度与单响最大爆破药量、爆心距之间的关系. 研究表明: 采用微差爆破技术能有效的降低爆破震动的危害, 该矿区地下开采微差爆破微差时间应在 50 ms 以上; 该区残矿回收时, 要严格控制单段装药量, 最大不超过 28.5 kg.

关键词: 爆破振动; 振动速度; 安全距离; 微差爆破

中图分类号: TD 235 **文献标识码:** A

Experimental Research into Effect of Blasting Vibration on Stability of Surface Buildings

ZENG Sheng, YANG Shi-jiao, TAN Kai-xuan, SUN Bing

(School of Nuclear Resources and Safety Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: The forecast and control of blasting vibration disasters is very important in blasting construction and design. In order to mine the shallow remnant antimony ore in Wulongdao mining area of Xikuangshan and to ensure the security of the surface architecture during underground mining blasting, we measured the blasting vibration velocity by using the UBOX-20016 measurement recorder and studied the relation among blasting vibration velocity, maximum charge of a single segment, and blast center distance. The results show that (1) the millisecond blasting technique can effectively reduce number of disasters induced by blasting vibration and the millisecond delay time should be longer than 50ms, and (2) the maximum charge of a single segment should be strictly controlled, with the value being 28.5 kg.

Key words: blasting vibration; vibration velocity; safe distance; millisecond blasting

爆破震动的预防与控制在爆破施工与设计占有至关重要的地位, 特别是在爆破环境复杂的情况下, 爆破震动的控制显得尤为重要. 研究爆破地震的主要目的在于选择适宜的爆破方式和药量, 使得爆破的效果最佳, 而由此引起的地震强度将不危及建筑物、构筑物的安全和边坡的稳定, 从而得到爆破振动的传播规律及其对周边环境的影响. 为避免对建筑物造成结构性破坏, 长期以来, 国内外学

者通过理论和监测分析, 对爆破振动的衰减规律及建筑物的爆破振动破坏标准进行了大量的研究, 取得了一系列的成果^[1-6].

目前, 国内有关爆破振动的研究主要集中在爆破速度和加速度对建筑物的影响^[7-8]. 本文通过对锡矿山梯矿床五窿道地下爆破振动的测定, 分析了地下爆破对近地表建筑的稳定性的影响. 得到采用微差控制爆破技术控制单段爆破的最大装药量

收稿日期: 2007-07-02

基金项目: 湖南省教育厅重点资助项目(05A044)

作者简介: 曾 晟(1977-), 男, 湖南省常德市人, 讲师, 博士, 从事矿业工程方面的研究.

E-mail: zeng0808@126.com Tel: 13017347408

能保证施工安全和质量以及地面建筑物安全。

1 工程概况

锡矿山锑矿床五窿道区位于老矿山矿床的中部 34~90 号勘探线之间,南北长 825 m,东西宽 200~250 m。五窿道区域处于老矿山背斜中段地带。背斜走向 NE25°~30°,东翼地层走向 NE30°,倾向 SE,倾角 25°~30°。矿体赋存于泥盆统余田桥组中段硅化灰岩中。该矿区浅部解放前大量开采,采空分布范围广,采空区距地表较近约 5~60 m。矿区地表环境复杂,地表有公路,水沟,小溪和大量工业和民用建筑,建筑密集。目前估计建筑面积达 3 hm² 左右。曾发生过多次地面塌陷事故。

现要对该区的残矿进行回收,由于开采深度较浅,井下爆破振动在地表有明显的感觉,地表住户的反应强烈。为了从理论和试验获得该区井下爆破振动的程度,受锡矿山北矿的委托,对老矿山锑矿床五窿道进行现场爆破试验的测试。

2 爆破振动测试

2.1 监测仪器和方法

试验采用 UBOX-20016 爆破振动记录仪,PS-4.5 垂直速度传感器, TOPVIEW2000 测试软件、计算机、打印机等组成的测试系统,如图 1 所示。

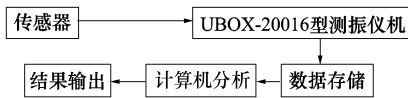


图 1 爆破振动记录仪测试系统
Fig. 1 Test system of blasting vibration

量测过程中振动测试仪自动采集、存储相关数据。由于爆破振动效应随着传播距离的增大逐渐衰减,因此每次测试时基本上是在离爆破点较近的测点进行测试。每次测试结束后,立即对测试结果进行整理分析,并参照监测数据,结合爆破点的埋深、地表建筑物的分布情况确定下一次爆破的参数,保证爆破作业顺利、安全地进行。爆破振动监测测点的布置主要考虑保护对象和爆源两方面,一般采取以跟踪监测为主,在具体的爆破振动监测过程中,同一个测点布设水平向和竖直向传感器,传感器固定在地表,然后与自记仪相连,当爆破振动传递到测点时,自记仪将自动记录信号。

2.2 爆破振动试验方案

1) 监测点的布置:本次试验点选择在地表建筑比较密集、楼层较高的 64,58 线与 60 线之间进行。64 线处爆破点距离地表约 94 m,58 线与 60 线

之间爆破点距离地表约 98 m。每个试验点测试 2 次,共进行了 4 次爆破振动试验测试。首先是测试巷道掏槽眼的爆破,最后是测试周边眼的爆破。

2) 爆破参数设计:选用涟源 169 厂生产的 2# 岩石乳化炸药,抗水性能好,该药卷直径 φ32 mm,卷长 200 mm,重 200 g,密度 1.1~1.25 g/cm³,爆速大于 3 200 m/s,威力大于 320 cm³,猛度大于 12 mm,殉爆距离大于 30 mm。为了避免电器设备易漏电和杂散电流大等因素的影响,选用火雷管,火雷管脚线长 1.5 m。炮眼按梅花型布置,设置掏槽眼和周边眼,两个断面中心均设直眼掏槽。爆破装药采用耦合装药,装药参数见表 1。

表 1 爆破测试试验参数表
Table 1 Parameters of blasting vibration test

试验	炮眼序号	孔深/m	装药量/kg	装药系数	微差爆破段数
试验 1	1	1.50	0.00	0.00	
	2	0.61	0.80	0.54	1#
	3	0.85	0.80	0.39	2#
	4	1.46	1.20	0.34	2#
	5	1.05	1.00	0.39	3#
	6	1.46	0.80	0.22	3#
试验 2	1	1.50	0.00	0.00	
	2	1.50	1.20	0.33	1#
	3	1.50	1.20	0.33	2#
	4	1.50	1.20	0.33	2#
	5	1.50	1.20	0.33	3#
	6	1.56	1.20	0.32	3#
	7	1.40	1.00	0.29	4#
	8	1.50	0.90	0.25	4#
	9	1.50	0.90	0.25	4#
试验 3	7	1.35	1.20	0.36	1#
	8	0.90	1.20	0.55	1#
	9	1.27	1.00	0.32	2#
	10	1.28	1.40	0.45	2#
	11	1.38	1.40	0.42	3#
	12	1.27	1.60	0.52	3#
试验 4	13	0.48	0.60	0.51	3#
	14	1.25	1.60	0.52	3#
	10	1.50	1.80	0.49	1#
	11	1.40	1.80	0.53	1#
	12	1.50	1.80	0.49	2#
	13	1.56	1.20	0.32	2#
	14	1.50	1.40	0.38	3#
	15	1.40	1.40	0.41	3#
16	1.50	1.20	0.33	4#	
17	1.50	1.40	0.38	4#	
18	1.50	1.20	0.33	4#	
19	1.50	2.00	0.55	4#	
20	1.40	1.80	0.53	4#	

3 爆破振动数据处理

3.1 爆破振速计算理论

介质的振动矢量是由相互垂直的 3 个方向的矢量和求得的。一般用垂直振动速度作为判据。在理论的推导上,由于爆破振速的大小与炸药量、距离、地形、爆破方法等有关,给出按药量立方根比例

推算的方法决定函数关系^[9] (萨道夫斯基公式)

$$V = K^a = K \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^a, \quad (1)$$

式中: V 为爆破产生的振动速度, m/s ; K 为与地质、爆破方法等因素有关的介质系数; a 为与地质条件有关的地震波衰减系数, 一般介于 $1 \sim 2$ 之间; Q 为与峰值震速 V 值相对应的最大一段装药量, kg ; R 为测点与爆心的距离, m ; 为药量比例距离. 分析时, 分别输入各点的实测数据药量、爆心距、振动速度. K, a 为待求系数.

3.2 爆破振动测试结果

在 TOPVIEW2000 中通过增加分析窗按钮对波形数据进行分析, 得到爆破振动试验结果, 如表 2. 由于爆破振动波形图较多, 仅仅给出试验 3 第 3 段爆破所测试的波形, 如图 2.

表 2 爆破振动试验结果
Table 2 Results of blasting vibration test

试验序号	爆破段数	装药/kg	距离/m	纵向		
				振速/ ($cm \cdot s^{-1}$)	加速 度/g	主振频率/ Hz
1	1#	0.80	94.0	0.017	0.009	66.406
	2#	2.00		0.019	0.009	63.477
	3#	1.80		0.021	0.009	64.453
2	1#	1.20	98.0	0.019	0.013	80.078
	2#	2.40		0.019	0.013	115.234
	3#	2.40		0.005	0.004	144.531
3	4#	2.80	94.0	0.005	0.004	144.531
	1#	2.40		0.027	0.012	86.891
	2#	2.40		0.045	0.027	89.844
4	3#	5.20	98.0	0.063	0.030	88.135
	1#	3.60		0.031	0.018	76.172
	2#	3.00		0.028	0.016	74.219
	3#	2.80		0.021	0.011	75.453
	4#	7.60		0.080	0.045	75.317

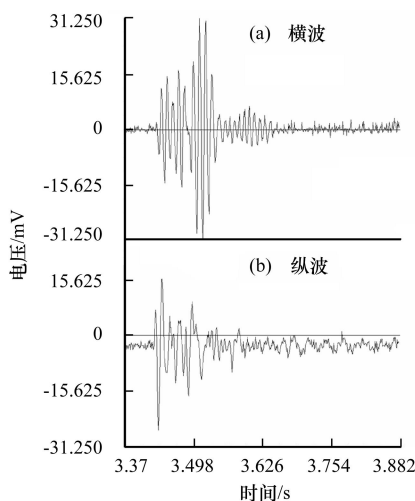


图 2 试验 3 第 3 段爆破振动图

Fig. 2 Digram of the 3rd subordinate blasting in test 3

4 试验结果分析与讨论

4.1 爆破振速的预测

根据以上试验数据的分析, 得到该矿山开采巷道掘进时在距离地表大于 $90 m$ 所测试到的最大纵向振速小于 $0.1 cm/s$, 纵向加速度小于 $0.05 g$. 根据萨道夫斯基原理, 用 TOPVIEW2000 分析软件, 以试验 1 第 3#, 试验 3 第 3#, 试验 4 第 4# 爆破测试的数据回归得到 K, a 系数, 如图 3. 然后预测在不同的装药量和距离下, 爆破冲击产生的振动速度, 如图 4.



图 3 爆破振动速度预测窗口

Fig. 3 The window of blasting vibration velocity forecasting

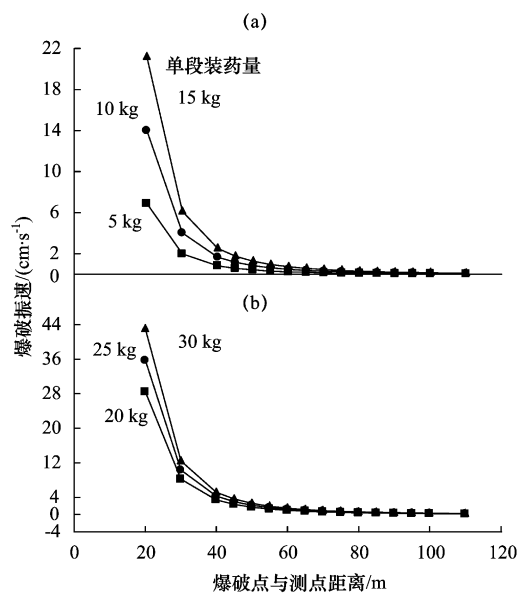


图 4 不同单段爆破药量下爆破振速与距离的关系

Fig. 4 Relationship of between blasting vibration velocity and measuring point distance

4.2 爆破安全距离预测

爆破震速控制基准根据规范规定^[10], 以及现场实际对地面建筑爆破垂直震速允许值如下: 混凝土或钢筋混凝土结构: $2.5 cm/s$; 一般砖石结构: $1.5 cm/s$; 砖砌平房: $0.8 \sim 1.0 cm/s$. 针对该矿山地表的实际情况, 采用爆破震速基准为: $1.0 cm/s$, 能保证该矿山地下开采时爆破震动对地表

建筑没有影响。

根据爆破振速的预测结果,分析得到单段爆破装药量对应的安全距离的线性关系如图 5。

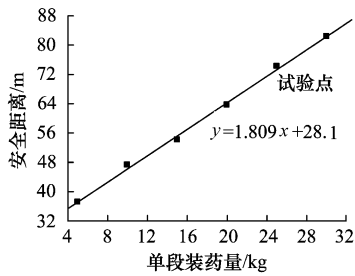


图 5 单段装药量与安全距离的线性关系

Fig. 5 Linear relationship between maximum charge of single segment and safety distance

5 结 论

1) 在距离地表大于 90 m 进行巷道掘进时,单段最大装药量小于 10 kg 实施爆破作业,爆破振动对地表的建筑是没有影响的。

2) 该矿残矿回收为近地表开采,离地表约为 50 ~ 100 m 不等。开采爆破作业时,要严格控制单段最大装药量。在离地表 50 m 时,单段最大装药量应该 15 kg,在离地表 90 m 时,单段最大装药量应该 28.5 kg。

3) 为了降低爆破震动的危害,采用微差爆破技术,微差间隔时间应在 50 ms 以上。

参考文献:

- [1] 沈 蔚,徐全军,季茂荣,等. 中深孔爆破振动参数的 BP 神经网络预报[J]. 爆炸与冲击,2002,22(4): 353-357.
SHEN Wei, XU Quan-jun, JI Mao-rong, et al. Using BP artificial neural network to predict bench blast vibration parameters[J]. Explosion and Shock Waves, 2002,22(4):353-357.
- [2] 朱继红. 隧道开挖爆破振动对临近建筑物影响的安全评价[J]. 火炸药学报,2007,30(1): 78-80.
ZHU Ji-hong. The safety evaluation of the close building under the tunnel blasting vibration[J]. Chinese Journal of Explosives & Propellants, 2007,30(1): 78-80.
- [3] 张立国,龚 敏,于亚伦. 爆破振动频率预测及其回归分析[J]. 辽宁工程技术大学学报,2005,24(2): 187-189.

ZHANG Li-guo, GONG Min, YU Ya-lun. Forecast and regression analysis of blasting vibration frequency [J]. Journal of Liaoning Technical University, 2005, 24(2):187-189.

- [4] 夏 祥,李俊如,李海波,等. 爆破荷载作用下岩体振动特征的数值模拟[J]. 岩土力学,2005,26(1):50-56.
XIA Xiang, LI Jun-ru, LI Hai-bo, et al. Udec modeling of vibration characteristics of jointed rock mass under explosion[J]. Rock and Soil Mechanics, 2005, 26(1):50-56.
- [5] 张继春,彭琼芳. 岩体爆破地震波衰减规律的现场试验与分析[J]. 辽宁工程技术大学学报,2001,20(4):399-401.
ZHANG Ji-chun, PENG Qiong-fang. Field experiment and its analyses of attenuation law for seismic waves resulting from rock blasting[J]. Journal of Liaoning Technical University, 2001,20(4):399-401.
- [6] 郭学彬,张继春,刘 泉,等. 爆破振动对顺层岩质边坡稳定性的影响[J]. 矿业研究与开发,2006,26(2): 77-80.
GUO Xue-bin, ZHANG Ji-chun, LIU Quan, et al. Influence of blasting vibration on stability of bedding rock slope[J]. Mining Research and Development, 2006,26(2):77-80.
- [7] 魏晓林,郑炳旭. 爆破震动对邻近建筑物的危害[J]. 工程爆破,2000,6(3):81-88.
WEI Xiao-lin, ZHENG Bing-xu. Destructive effect of blasting vibration on nearby structures[J]. Engineering Blasting, 2000,6(3):81-88.
- [8] 李德林,方 向,齐世福,等. 爆破震动效应对建筑物的影响[J]. 工程爆破,2004,10(2):66-69.
LI De-lin, FANG Xiang, QI Shi-fu, et al. Effect of blasting vibration on structures [J]. Engineering Blasting, 2004,10(2):66-69.
- [9] 张平松,刘盛东. 工作面爆破振动对硐室稳定性的影响[J]. 采矿与安全工程学报,2007,24(2):208-211.
ZHANG Ping-song, LIU Sheng-dong. Effect of explosive quake in working face on stability of laneway in coal mine[J]. Journal of Mining & Safety Engineering, 2007,24(2):208-211.
- [10] GB6722-2003. 爆破安全规程[S]. 2003.