

doi:10.3963/j.issn.1001-487X.2021.01.021

城市复杂环境场平爆破降尘降噪试验研究

汪泽,喻圆圆,吴霄,刘桐,欧阳光
(浙江省高能爆破工程有限公司,杭州310012)

摘要: 复杂环境城镇爆破工程逐渐增多,城市环境建设特别是在创建卫生文明城市中对降噪和防尘的要求也随之提高,基于常用降噪降尘措施,通过现场试验:爆前洒水、覆盖彩条布、单发雷管覆盖介质,探讨切实可行的降尘、降噪、减震方法,得出爆区覆盖彩条布降尘效果最佳,平均降尘率达41.2%以上;地表雷管覆盖介质为水、沙、碎石时降噪效果最佳,平均降噪率达21.2%、减震率达35.2%。

关键词: 城市控制爆破;场平工程;降尘;降噪;现场试验

中图分类号: TD235 文献标识码: A 文章编号: 1001-487X(2021)01-0134-06

Experimental Study on Dust Removal and Noise Reduction by Horizontal Blasting in Urban Complex Environmental Field

WANG Ze, YU Yuan-yuan, WU Xiao, LIU Tong, OU-YANG Guang
(Zhejiang Gaoneng Corporation of Blasting Engineering, Hangzhou 310012, China)

Abstract: Blasting engineering projects in complex urban environment is getting more prevalent. The urban environment construction, especially the establishment of civilized and health city, increasingly requires noise reduction and dust control. For this purpose, field experiments were carried out based on common noise and dust reduction measures in order to discuss the feasible reduction methods for dust, noise and vibrations. The field experiments included: spraying water before blast, covering colored strips and covering medium on single detonators. It is concluded that the best dust control was achieved by coverage of striped color cloth on blasting area, and the average rate of dust removal was more than 41.2%. When the surface detonator was covered with water, sand and gravel, the noise and vibration reduction effect was the best, with an average noise reduction rate of 21.2% and a vibration reduction rate of 35.2%.

Key words: urban controlled blasting; site smoothing project; fallen dust; noise reduction; field test

在周边环境复杂、人口较为密集的地区(如城镇)进行爆破施工作业,除了爆破振动、飞石等危害效应对周边带来的直接安全隐患以外,随着环保要求和百姓维权意识的不断提高,能否将爆破所引起的扬尘、噪音等间接的弱危害效应控制在合理范围内也显得愈发重要。爆破工程中噪音的主要来源为炸药爆炸的爆破声,其中地表雷管、导爆索产生噪音显著。土石方爆破工程中扬尘主要来自钻机钻凿炮

孔和爆破时土岩破碎抛出,前者可通过在钻机加装集尘器得到有效控制,后者则一直没有便于实施且有效的控制措施。

Haugen S 指出绿色爆破技术将成为国际爆破技术未来的发展方向^[1]。Hendry M J^[2]、Mahmood F N^[3]、Villeneuve S A 和 Karlsson T 在实验中发现炸药在使用过程中有不同程度的氮泄漏,排放到环境中的氨和硝酸盐会引起当地土壤酸化和富营养化,造成地表地下水污染^[4,5]。邹常富等在水泡泥降尘以及产尘机制上进行了相关研究^[6,7];李延春在工程中均通过水袋的降尘作用对爆破产尘进行了有效

收稿日期:2020-10-02

作者简介:汪泽(1983-),男,学士、工程师,从事工程爆破相关研究,(E-mail)410026755@qq.com。

地降低^[8];郭敬中、上官剑茗分别研究了多组份水炮泥降尘技术、高效水炮泥+聚氨酯发泡胶新型炮孔堵塞材料在采场爆破防尘方面的应用^[9,10];苟倩倩、赵明生等进行了不同装药结构下降尘降噪效果的比对试验,取得了良好的试验结果^[11];孙苗等通过一些综合措施在降噪以及降尘方面有显著效果^[12];唐小军等采用深孔、浅孔结合的方式有效减少了爆破振动^[13]。考虑到复杂环境城镇爆破工程逐渐增多,从最实际的角度出发(即确保工程能够顺利进行),拟通过对各种措施进行试验,探讨切实可行的降尘、降噪方法,从实践中逐步积累数据与经验。

1 降尘措施试验研究

1.1 试验方法选择

爆破时由土岩破碎抛出带来的扬尘,影响因素很复杂,同时可控范围较小,比如天气、地质情况等不可抗力因素变量难以统一,因此结合现场实际条件及可

操作性,本方案主要从简单便捷的措施入手,通过试验观测探讨这些措施能否达到明显的降尘效果。

初期拟选用的降尘措施有:爆前洒水、彩条布覆盖、密目网覆盖和导爆索水幕法四种,密目网覆盖与彩条布覆盖原理一致,且网格大效果较低;导爆索产生噪音过大,在城镇中禁止使用,故排除后两种方法。

1.2 试验方法

遵循控制变量试验原则,两次降尘试验分别于两天在同一区域进行,并保证几组试验有相同的天气、风速、干湿度与地质条件。

1.2.1 爆前洒水降尘试验

选取两块地形地质一致的台阶形爆区,一块不洒水做对照组,一块洒水做实验组,距离爆区20 m每隔10 m摆放一只共计20只粉尘收集盒。试验前对每只粉尘采集盒称重并记录,起爆后烟尘散尽对粉尘收集盒进行回收并再次称重,与试验前的粉尘收集盒重量进行统计处理比对分析,数据统计如表1。

表1 粉尘收集盒重量统计表

Table 1 Statistical table of dust collection box weight

不洒水(对照组)				洒水(试验组)			
收集盒编号	收集前/mg	收集后/mg	差值/mg	收集盒编号	收集前/mg	收集后/mg	差值/mg
1-1	6.099	6.112	0.013	2-1	6.099	6.206	0.107
1-2	6.138	6.217	0.079	2-2	6.138	6.312	0.174
1-3	5.791	5.841	0.050	2-3	5.791	5.886	0.095
1-4	5.963	6.032	0.069	2-4	5.963	6.121	0.158
1-5	6.109	6.163	0.054	2-5	6.109	6.116	0.007
1-6	5.833	5.854	0.021	2-6	5.833	5.838	0.005
1-7	5.981	6.012	0.031	2-7	5.981	6.012	0.031
1-8	6.009	6.086	0.077	2-8	6.009	6.149	0.140
1-9	6.107	6.200	0.093	2-9	6.107	6.193	0.086
1-10	5.860	5.982	0.122	2-10	5.864	6.008	0.144
1-11	6.097	6.209	0.112	2-11	6.097	6.174	0.077
1-12	5.905	6.166	0.261	2-12	5.905	5.912	0.007
1-13	6.033	6.291	0.258	2-13	6.033	6.049	0.016
1-14	6.045	6.315	0.270	2-14	6.045	6.050	0.005
1-15	5.824	6.101	0.277	2-15	5.824	5.826	0.002
1-16	6.005	8.621	2.616	2-16	6.005	6.023	0.018
1-17	6.092	7.180	1.088	2-17	6.092	6.107	0.015
1-18	5.906	7.162	1.256	2-18	5.906	5.938	0.032
1-19	6.141	6.554	0.413	2-19	6.141	6.148	0.007
1-20	5.977	6.290	0.313	2-20	5.977	6.055	0.078

对粉尘的收集采用规格一致的塑料盒,使用毫克级的电子秤对收集前后的塑料盒称重,差值即为收集粉尘的质量。

1.2.2 试验过程与数据分析

在爆破前对台阶进行洒水处理借以研究洒水工作对爆破粉尘的产生与扩散是否存在影响,设立对

照组数据统计与洒水处理后数据统计进行比较。爆区示意图如图1。

将对照组与洒水处理组粉尘收集盒重量进行对比处理分析,结果如图2所示。

由两次试验数据(洒水与不洒水)可以看出,爆前洒水能有效减少爆破粉尘的产生与扩散。对照组(不

洒水)中 16、17、18 三点收集值激增,可以明显看出风向,而洒水组中各数值较平稳,没有激增点,对比得到爆前洒水的降尘率为 28.4%。爆破前洒水能使粉尘湿润并凝结沉降,起到降低粉尘浓度、难以被气流吹起的作用,能有效减少由自然风、爆破气流形成的扬尘。

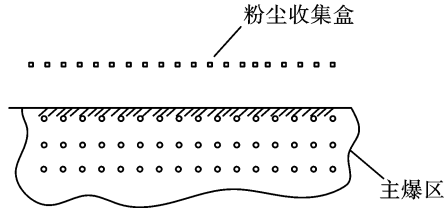


图 1 爆区示意图

Fig. 1 Schematic diagram of explosion area

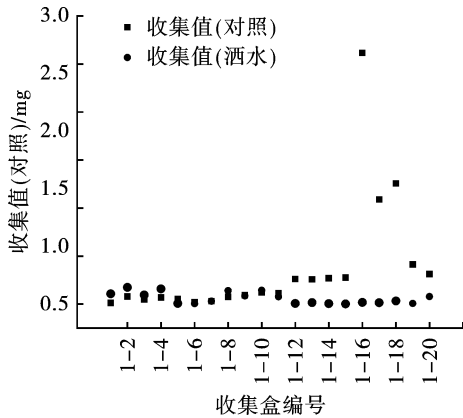


图 2 粉尘收集盒收集值对比图

Fig. 2 Comparison chart of collected values

覆盖用以确定彩条布覆盖对爆破粉尘产生与扩散是否会产生影响,粉尘收集盒的布置在洒水试验的基础上增加了一排。爆区布置如图 3 所示,可形成两种炮孔排数(5 排、2 排)条件下彩条布覆盖的降尘效果对比,增加佐证力度。见图 4。

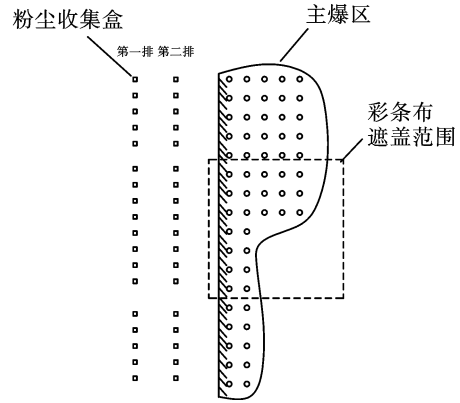


图 3 彩条布覆盖爆破现场示意图

Fig. 3 Coverage diagram



(a) 爆破初期

(b) 爆破中期

(a) Initial stage of blasting

(b) Middle stage of blasting

图 4 爆破过程摄影图

Fig. 4 Photography of blasting process

1.3 彩条布覆盖降尘试验研究

在炮孔布置好以后,采用彩条布对爆破面进行

表 2 粉尘收集盒重量统计表

Table 2 Weight statistics

收集盒编号	收集前/mg	收集后/mg	差值/mg	收集盒编号	收集前/mg	收集后/mg	差值/mg
3-1-1	6.099	6.792	0.693	3-2-1	6.141	6.995	0.854
3-1-2	6.138	7.005	0.865	3-2-2	5.977	7.339	1.362
3-1-3	5.791	6.545	0.754	3-2-3	5.868	7.072	1.204
3-1-4	5.963	6.927	0.964	3-2-4	5.902	7.721	1.819
3-1-5	6.109	7.530	1.421	3-2-5	6.137	8.358	2.221
3-1-6	5.833	6.868	1.035	3-2-6	6.055	7.701	1.646
3-1-7	5.981	7.010	0.829	3-2-7	5.942	6.971	1.029
3-1-8	6.009	6.810	0.558	3-2-8	6.092	7.250	1.158
3-1-9	6.107	6.554	0.447	3-2-9	5.836	6.383	0.547
3-1-10	5.864	6.076	0.212	3-2-10	5.502	5.814	0.312
3-1-11	6.097	6.117	0.020	3-2-11	5.936	5.961	0.025
3-1-12	5.905	5.914	0.009	3-2-12	5.811	5.990	0.179
3-1-13	6.033	6.057	0.024	3-2-13	6.021	6.135	0.114
3-1-14	6.045	6.068	0.023	3-2-14	5.971	6.154	0.183
3-1-15	5.824	5.916	0.092	3-2-15	6.019	6.251	0.232
3-1-16	6.005	6.128	0.123	3-2-16	5.982	6.147	0.165
3-1-17	6.092	6.393	0.301	3-2-17	5.933	6.180	0.247
3-1-18	5.906	6.020	0.114	3-2-18	5.891	6.028	0.137

注:3-1-2 中“3”表示第三次试验,“1”表示第 1 排,“2”表示第 2 列。

根据所收集数据,计算降尘率^[14]

$$\eta = \frac{m_2 - m_1}{m_2} \times 100\%$$

对数据进行分区计算(5 排、2 排炮孔区域分别计算),5 排炮孔彩条布覆盖降尘率 η_1

$$\eta_1 = \frac{(m_1 + m_2 + \dots + m_5) - (m_6 + m_7 + \dots + m_{10})}{(m_1 + m_2 + \dots + m_5)} \times 100\% = \frac{1498 - 938.4}{1498} \times 100\% = 37.4\%$$

同理可计算得 5 排炮孔彩条布覆盖降尘率 $\eta_2 = 45\%$,得出平均降尘率 $\eta = 41.2\%$ 。见图 5。

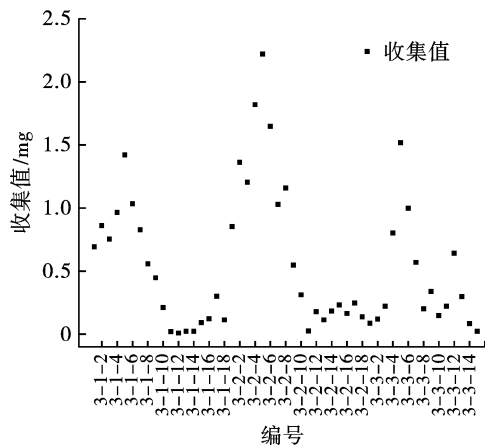


图 5 彩条布覆盖收集值散点图
Fig. 5 Covering collected value scatter

式中: η 是降尘率,%; m_2 是没有覆盖彩条布的平均粉尘收集质量,mg; m_1 是覆盖彩条布的平均粉尘收集质量,mg。

本次试验爆区形状为“菜刀”状,左侧 6 排炮孔,右侧 2 排炮孔,彩条布覆盖区域为爆区中间一部分。从摄影图中看到覆盖彩条布区域的爆破扬尘从台阶下方逸出,这样大大减少了上空的沙尘含量,起到了降尘作用;从散点图中可以看出:第二排粉尘收集值最大,第一排与第三排较少,说明爆破扬尘由近到远是个逐渐衰减的过程。在每一排中,5 号左右的收集点数值最大,对应爆区为 6 排炮孔中开始被彩条布覆盖的部分,随后收集点数值明显下降,结合爆破过程图可以看到被彩条布覆盖的区域几乎不见扬尘。彩条布覆盖的降尘效果显著,平均降尘率达 41.2% 以上。

2 单发雷管降噪试验研究

2.1 研究内容

孔内炸药爆破由于岩层阻隔产生低音对环境的影响较小,噪音的主要来源为孔外雷管爆破。每次爆

破的变量较多:总药量、一次齐发药量、雷管数、孔网参数等,对整个爆区采取措施进行试验,收集到的噪音分贝数值不可靠。其他变量难以更改,所以本次试验针对单发雷管进行,变量单一,收集到的数据具有较强的可分析意义。找到最佳降噪措施,再普及到所有地表雷管上,将取得明显的降噪效果。

2.2 降噪试验方案及设备

选取空旷场地,周围无楼房、山丘等能反射声波的障碍物。将雷管平放在地面上,加上覆盖物,在 10m 处放置分贝仪与测振仪,在安全距离外起爆雷管,采用噪音计 MAX 模式与测振仪读数后进行下一组试验。采用 AR-824 噪音计、TC-4850 测振仪、激光测距仪作为试验手段进行噪音及振动的收集,每组雷管放置在同一位置。

噪音主要以波的形式传播:声波、振动波,我们可以利用波在传播到相邻介质的临界面时会发生反射、折射而衰减的这一性质来达到降噪的目的。

2.3 试验过程

(1) 制作覆盖袋:挑选合适规格的密封袋,用同一小碗盛出相同体积的水、沙、碎石,并装入密封袋中。

(2) 选取试验地点:用激光测距仪测距(10 m)。

按照实验组内容(不同覆盖物)与顺序,在标定雷管起爆点逐一起爆雷管,并在 10 m 外的数据采集点采集数据。

2.4 试验结果与分析

见图 6,表 3。



(a) 采集图 3-4-1 (b) 采集图 3-4-2
(a) Acquisition diagram 3-4-1 (b) Acquisition diagram 3-4-2

图 6 部分数据采集图

Fig. 6 Partial data acquisition diagram

将表 3 中各因素与所对应的试验结果用效应曲线图表示出来。

由图 7(a)中可以看出覆盖碎石袋的降噪效果最好,平均降噪率达到 13.6%,这是因为噪音是声波,以波的形式传播,服从波的传播规律:在两种介质的交界面上会发生反射与折射,从而使波的能量产生衰减,且两种介质的密度差距越大,衰减越大。在本次试验中,碎石的密度比沙、水与空气的密度差

距大,而且碎石袋中碎石数量多,交界面也多,进一步加强了对噪音的削弱作用。最后一次试验为施加

三种覆盖物(水、沙、碎石),降噪效果最佳,达21.2%,对现场具有重要的指导意义。

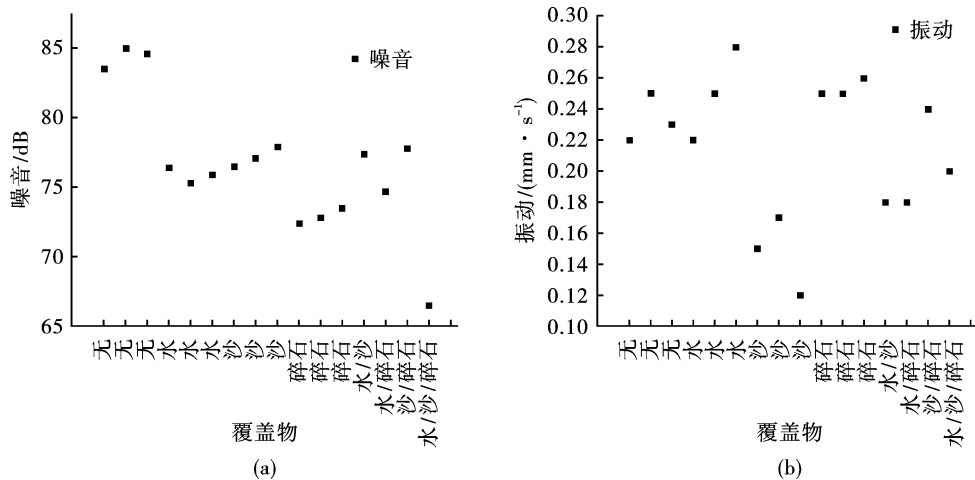


图7 数据散点图

Fig. 7 Data scatter

表3 试验数据表

Table 3 Test data sheet

序号	覆盖介质	噪音/分贝	振速/(mm·s ⁻¹)
1-1		83.5	0.22
1-2	无	85.0	0.25
1-3		84.6	0.23
2-1		76.4	0.22
2-2	水	75.3	0.25
2-3		75.9	0.28
3-1		76.5	0.15
3-2	沙	77.1	0.17
3-3		77.9	0.12
4-1		72.4	0.25
4-2	碎石	72.8	0.25
4-3		73.5	0.26
5-1	水、沙	77.4	0.18
5-2	水、碎石	74.7	0.18
5-3	沙、碎石	77.8	0.24
6-1		66.2	0.21
6-2	水、沙、碎石	66.9	0.18
6-3		66.4	0.21

由图7(b)中可以看出,覆盖沙袋的降振效果最好,细沙粒径小,在降振过程中起到缓冲的作用,有效吸收了雷管爆破产生的振动,平均减震率达35.2%。

3 结论

基于对复杂环境城镇爆破降尘降噪的研究,在景德镇某场平工程中进行了现场试验并对比了爆前洒水与覆盖彩条布的降尘效果、地表雷管覆盖不同

介质的降噪、减震效果,得出以下结论:

(1)爆前洒水能使粉尘湿润并凝结沉降,起到降低粉尘浓度、难以被气流吹起的作用,能有效减少由自然风、爆破气流形成的扬尘,降尘率为28.4%。

(2)覆盖彩条布能改变爆破扬尘扩散方向,使之从台阶下方横向逸出,大大减少了上空的沙尘含量,起到了降尘作用,彩条布覆盖的降尘效果显著,平均降尘率达41.2%以上。但该方法所需人力物力较大,准备时间较长。

(3)地表雷管覆盖单介质为碎石时降噪效果最好,降噪率达到13.6%,覆盖单介质为沙时,降振效果最好,减震率达35.2%。覆盖介质为水、沙、碎石时,平均减震率达35.2%。

综上所述,在对粉尘、噪音要求较高的特殊时期,如创建卫生文明城市中,建议使用彩条布覆盖法降尘,在地表雷管上覆盖碎石降噪,有条件的可覆盖水、沙、碎石的混合袋。

参考文献 (References)

- [1] HAUGEN S. Rock Fragmentation in mining-past, present and future[C] // 12th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, Lule, Sweden, 2018; 34-37.
- [2] HENDRY M J, WASSENAAR L I, BARBOUR S L, et al. Assessing the fate of explosives derived nitrate in mine waste rock dumps using the stable isotopes of oxygen and nitrogen[J]. Science of The Total Environment, 2018, 640-641: 127-137.
- [3] MAHMOOD F N, BARBOUR S L, KENNEDY C, et al. Nitrate release from waste rock dumps in the Elk Valley, British Columbia, Canada[J]. Science of The Total Envi-

- ronment,2017,605-606:915-928.
- [4] VILLENEUVE S A, BARBOUR S L, HENDRY M J, et al. Estimates of water and solute release from a coal waste rock dump in the Elk Valley, British Columbia, Canada [J]. Science of The Total Environment, 2017, 601-602: 543-555.
- [5] 赵雄飞. 大气氮排放与沉降的定位观测及区域模拟研究[D]. 南京: 南京大学, 2019.
- [5] ZHAO Xiong-fei. Positioning observation and regional simulation of atmospheric nitrogen emission and deposition[D]. Nanjing: Nanjing University, 2019. (in Chinese)
- [6] 邹常富, 张启平, 秦秀合, 等. 爆破作业面水炮泥降尘试验研究[J]. 矿业研究与开发, 2019, 39(5): 126-129.
- [6] ZOU Chang-fu, ZHANG Qi-ping, QINE Xiu-he, et al. Experimental study on dust-reduction of water cannon mud on blasting operation face[J]. Mining Research and Development, 2019, 39(5): 126-129. (in Chinese)
- [7] 邹常富, 邓有凡. 采场爆破产尘规律及降尘技术研究[J]. 矿业研究与开发, 2019, 39(8): 34-37.
- [7] ZOU Chang-fu, DENG You-fan. Study on dust production law and dust reduction technology in blasting stope[J]. Mining Research and Development, 2019, 39(8): 34-37. (in Chinese)
- [8] 李廷春, 刘建章, 张海东, 等. 城市建筑物爆破拆除的综合防尘降尘技术[J]. 爆破, 2012, 29(4): 117-121.
- [8] LI Ting-chun, LIU Jian-zhang, ZHANG Hai-dong, et al. Integrated technology of dust prevention in explosive demolition of urban buildings[J]. Blasting, 2012, 29(4): 117-121. (in Chinese)
- [9] 郭敬中, 金龙哲, 李刚, 等. 多组份水炮泥配方优选及降尘试验研究[J]. 金属矿山, 2020(3): 190-196.
- [9] GUO Jing-zhong, JIN Long-zhe, LI Gang, et al. Study on the formulation optimization of multi-component water stemming and dust removal test [J]. Metal Mine, 2020(3): 190-196. (in Chinese)
- [10] 上官剑铭, 叶亦杰. 高效水炮泥 + 聚氨酯发泡胶新型炮孔堵塞材料试验研究[J]. 采矿技术, 2019, 19(4): 114-116.
- [10] SHANG GUAN Jian-ming, YE Yi-jie. Experimental study on high efficiency water cannon mud + a new type of hole plugging material of polyurethane foam adhesive [J]. Mining Technology, 2019, 19(4): 114-116. (in Chinese)
- [11] 苟倩倩, 赵明生, 张光雄, 等. 装药结构对爆破振动能量传递的影响研究[J]. 爆破, 2020, 37(1): 61-67.
- [11] GOU Qian-qian, ZHAO Ming-sheng, ZHANG Guang-xiong, et al. Effect of charge structure on energy transfer of blasting vibration [J]. Blasting, 2020, 37(1): 61-67. (in Chinese)
- [12] 孙苗, 吴立, 周玉纯, 等. 水下钻孔爆破地震波信号的最优降噪光滑模型[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2019, 47(8): 31-37.
- [12] SUN Miao, WU Li, ZHOU Yu-chun, et al. Optimal denoising smooth model of underwater drilling blasting seismic wave signal [J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2019, 47(8): 31-37. (in Chinese)
- [13] 唐小军, 程杉. 临近高层建筑场平爆破控制技术[J]. 工程爆破, 2018, 24(4): 77-81.
- [13] TANG Xiao-jun, CHENG Shan. Control technology of site leveling blasting near the high-rise building [J]. Engineering Blasting, 2018, 24(4): 77-81. (in Chinese)
- [14] 汪理全, 徐金海. 矿业工程概论[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2004: 140-143.

英文编辑: 袁必和

(上接第123页)

- [13] 龙源, 谢全民, 钟明寿, 等. 爆破震动测试信号预处理分析中趋势项去除方法研究[J]. 工程力学, 2012, 29(10): 63-68.
- [13] LONG Yuan, XIE Quan-min, ZHONG Min-shou, et al. Research on trend removing methods in preprocessing analysis of blasting vibration monitoring signals [J]. Engineering Mechanics, 2012, 29(10): 63-68. (in Chinese)
- [14] 韩亮, 刘殿书, 辛崇伟, 等. 深孔台阶爆破近区振动信号趋势项去除方法[J]. 爆炸与冲击, 2018, 38(5): 1006-1012.
- [14] HAN Liang, LIU Dian-shu, XIN Chong-wei, et al. Trend removing methods of vibration signals of deep hole bench blasting in near field [J]. Explosion and Shock Wave, 2018, 38(5): 1006-1012. (in Chinese)
- [15] 邓华锋, 张国栋, 王乐华, 等. 导流隧洞开挖施工的爆破振动监测与分析[J]. 岩土力学, 2011, 32(3): 855-860.
- [15] DENG Hua-feng, ZHANG Guo-dong, WANG Le-hua, et al. Monitoring and analysis of blasting vibration in diversion tunnel excavation [J]. Rock and Soil Mechanics, 2011, 32(3): 855-860. (in Chinese)
- [16] 张义平, 李夕兵, 赵国彦, 等. 爆破震动信号的时频分析[J]. 岩土工程学报, 2005, 27(12): 1472-1476.
- [16] ZHANG Yi-ping, LI Xi-bing, ZHAO Guo-yan, et al. Time-frequency analysis of blasting vibration signals [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2005, 27(12): 1472-1476. (in Chinese)
- [17] 国家安全生产监督管理局. GB 6722—2014 爆破安全规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

英文编辑: 黄刚