

文章编号: 1001-1455(2003)01-0041-06

基于反应谱值分析的爆破震动破坏评估研究*

娄建武, 龙源, 方向, 周翔

(解放军理工大学工程兵工程学院, 江苏南京 210007)

摘要: 采用反应谱方法研究了爆破震动信号的振动速度和频率特征, 提出了采用反应谱曲线积分值来评估爆破震动破坏效应。通过对 289 组爆破地震波数据的统计表明, 在反应谱曲线的积分值小于 5 时, 爆破震动不会对所研究的普通民房结构物产生震动破坏效应。

关键词: 爆炸力学; 爆破震动; 反应谱; 数据统计; 震动破坏

中图分类号: O382; TD235.1

国标学科代码: 130·3520

文献标志码: A

1 引言

爆破震动安全是爆破工程技术人员在进行爆破施工时必须考虑的问题, 是评估爆破成功与否的一个重要因素。目前爆破领域衡量爆破震动强度的物理量主要为单参数, 如爆破时地表面的振动速度、加速度和位移^[1-4], 在文献[2]中将这种评价方法称为独立阈值理论。由于实际爆破中地震实验观测数据不全面, 同时各部门按各自采集的爆破震动观测数据所建立的建(构)筑物爆破震动安全判据差异较大, 给单参数的爆破震动破坏评估标准的广泛推广带来了一定的限制^[5]。如前苏联学者 C. B. 麦德维捷夫认为房屋墙体产生裂缝的极限破坏速度为 3.0~6.0cm/s 时, 而 A. T. 爱德华兹以 5.08cm/s 作为一般建筑物的极限破坏速度, 美国矿务局指出一般建筑物的极限破坏加速度为 1g, 我国规定普通民用建筑物的极限破坏速度为 10~15cm/s。目前, 人们注意到爆破震动破坏效应不仅与地表面振动强度参数(速度、加速度和位移)有关, 而且还与爆破地震波频率及振动持续时间有关^[6-9], 这在各国有关爆破振动的评估标准中也有所体现, 如美国的 USBM 标准、德国的 DIN4150 标准以及我国的 GB6722-8 爆破震动安全标准等。但仍然是仅考虑了频率和地面振动强度, 而没有体现振动时间的作用, 并且没有与一定的爆破震动信号的时域特征联系起来。

爆破震动破坏效应是一个结构体动态破坏问题, 其对结构体的破坏应作为一个动力响应过程来分析。因为在动力分析过程中, 可以综合考虑爆破震动波强度、频率和振动持续时间在结构物破坏中的作用。当前天然地震研究中比较成熟的反应谱理论为该问题的解决提供了有力的工具。由于反应谱曲线反映了不同动力特性的结构体对爆破震动时程信号的动力最大反应与结构体自振周期 T 的关系, 而其对时间的积分综合体现了震动信号的振动幅度和频率特征, 因此, 本文中提出了采用反应谱曲线积分值 RSI (Integral of the Response Spectrum) 来评估爆破震动破坏效应。

2 反应谱理论介绍

2.1 反应谱理论

反应谱理论是工程结构抗震设计的基础理论之一^[10-11], 最早由美国的 M. Biot 提出。在进行结构物的抗爆、抗震设计时, 可采用反应谱理论确定结构物所受的动力荷载。反应谱理论在结构抗震设计中应用比较广泛。20世纪50年代初, 美国的豪斯纳利用4个强震的8个水平分量记录的反应谱建立了

* 收稿日期: 2001-12-05; 修回日期: 2002-04-09
基金项目: 国家自然科学基金项目(19872075)
作者简介: 娄建武(1975—), 男, 博士研究生。

一种用于抗震设计的标准反应谱;王光远对美国加州的侧力规范和前苏联规范的设计反应谱进行了分析比较,并提出了一种新的设计反应谱;在文献[12]中对反应谱的具体计算设计进行了具体的规定。在工程爆破领域人们也开始接受采用反应谱理论来对爆破震动效应进行研究^[1,13],但它们都仅限于对结构体的抗爆震设计或爆破震动波的反应谱曲线的特征分析,并没有将反应谱值的某些特征量与爆破震动破坏强度联系起来考虑。

反应谱是单质点体系地震最大反应与结构自振周期之间的关系。在爆破震动波 $\ddot{x}_0(t)$ 作用下,结构体的运动方程式为

$$\ddot{X} + 2\xi\omega\dot{X} + \omega^2X = -\ddot{x}_0(t) \quad (1)$$

式中: ω 为单自由度体系的自振圆频率, ξ 为阻尼比。式(1)的解为

$$X(t) = -\frac{1}{\omega} \int_0^t \ddot{x}_0(\tau) e^{-\xi\omega(t-\tau)} \sin \omega'(t-\tau) d\tau \quad (2)$$

式中: ω' 为考虑了阻尼时结构的自振圆频率, $\omega' = \omega \sqrt{1-\xi^2}$ 。式(2)为结构体在震动作用下的位移反应。根据反应谱理论及速度-位移关系 $\dot{X}(t) = \omega'X(t)$, 速度反应谱计算式为

$$\dot{X}(\varphi) = \left| \int_0^t \ddot{x}_0(\tau) e^{-\xi\omega'(t-\tau)} \cos \omega'(t-\tau) d\tau \right|_{\max} \quad (3)$$

当爆破地震波 $\ddot{x}_0(t)$ 作用于一系列不同自振圆频率的振动体系, 即式(3)中 $\varphi(j=1, 2 \dots N, N$ 为所研究的具有不同圆频率的振动系统数量)取不同值时, 就可得到一条最大速度绝对值与对应圆频率的反应谱曲线。由式(2)可知, $\ddot{x}_0(t)$ 的震动强度、频谱和震动持续时间都将对反应谱值 \dot{X} 产生影响。

由于爆破震动的发生和持续时间都很短, 其地震波信号振荡峰值变化快, 因而在计算爆破震动的反应谱时, 必须提高计算精度, 精确计算积分。本文中计算反应谱时, 采用了三次样条函数插值求积, 其结果与常用的直接积分法和褶积算法相比, 精度大大提高。

2.2 反应谱与爆破地震波振幅强度和频率的关系

从反应谱的定义式(3)可知, 反应谱 $\dot{X}(\varphi)$ 直接受爆破地震波 $\ddot{x}_0(t)$ 的强度和频率影响, 震动信号强度大, 反应谱值就强; 震动信号主频低, 对应频率处的反应谱值就比其它频率处的高。图1为三组不同频率而震动强度基本接近的爆破地震波所对应的反应谱曲线图(曲线 a 、 b 、 c 所对应的爆破地震波的最大速度分别为 4.05、3.87、4.15mm/s, 相对应的爆破地震波的主频分别为 11、25.6、60Hz)。图1中纵坐标 vap 表示速度放大倍数, 是速度反应谱值 $\dot{X}(\varphi)$ 与爆破震动波输入结构体的最大速度 $|\dot{x}_0(t)|_{\max}$ 的比值, 也称为标准反应谱, 其大小与所分析信号的最大速度无关, 其量纲为一。图中三条反应谱曲线峰值所对应的周期分别与震动信号的振动主周期相对应。图2为不同振动强度的爆破地震波的速度反应谱图(曲线 a 、 b 、 c 所对应的震动信号主频都为 11Hz, 而最大响应振动速度分别为 4.45、3.62 和 2.41mm/s), 从图中可以明显看出反应谱值随信号强度变化的差异。

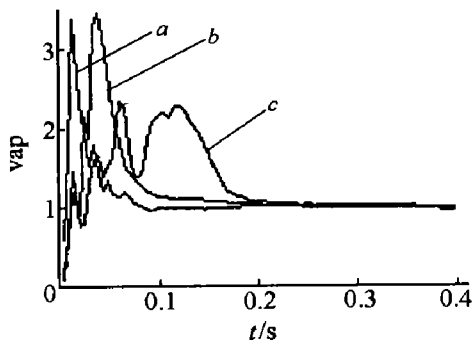


图1 标准反应谱与信号主频的关系

Fig.1 Relationship between standard response spectrum and signal's dominating frequency

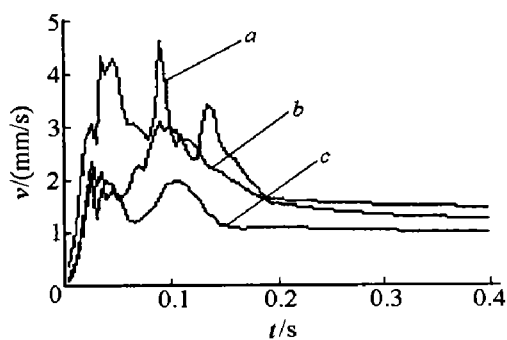


图2 速度反应谱与信号振幅强度的关系

Fig.2 Relationship between velocity response spectrum and signal's amplitude

3 爆破地震波的反应谱特征研究及破坏判据

由于反应谱反映了爆破地震波振幅和频率等信号参数在结构体振动响应中的作用, 同时体现了一系列不同动力特性的结构在爆破地震波作用下的最大反应与结构体自振周期 T 的关系, 但并没有反映具体结构的振动特性, 而是在一定程度上体现了震动信号的时频特性对结构体的振动作用, 因此如果采用反应谱值中的最大值作为爆破地震波的特征值并以此评估其地震效应强度, 是不合理和不全面的。因为反应谱是震动波作用下的不同结构体的最大响应值序列, 其曲线综合体现了爆破地震波对不同结构体的振动差别, 最大反应谱值只是某一结构可能发生的最大响应, 如图 1 和图 2 中的反应谱曲线所示。通过上面的分析可知, 反应谱曲线的峰值高低和衰减速率的变化可以体现信号的强弱和频率的高低。曲线的变化对曲线下面积值的影响是显然的, 因而在分析爆破地震波的频率和振动强弱的综合特性时, 可以采用反应谱值对时间的积分值 (RSI) 即反应谱曲线下的面积值作为该反应谱曲线的特征值来对所分析的爆破地震波特征进行研究, 并以此评估该爆破地震波的爆破地震效应。下面首先对反应谱曲线下的面积值与爆破震动信号频率及振幅强度之间的关系进行研究, 然后通过大量的工程爆破震动数据的统计分析来检验该方法的合理性和科学性。

在工程抗震计算中常取结构振动阻尼比 $\xi=0.05$, 对式 (3) 积分得反应谱曲线下的面积计算公式

$$S_k = \int_{T_1}^{T_2} \dot{X}_k(T) dT \quad (4)$$

根据爆破地震波的频谱特性 (其主频在 $4 \sim 60\text{Hz}$), 结合爆破震动反应谱曲线特征 (结构自振周期大于 0.1s , 谱值急剧下降, 当建筑物自振周期在 $0.2 \sim 0.4\text{s}$ 时, 爆破地震波对其振动作用较为明显^[11]), 取积分区间为 $[0, 0.4\text{s}]$ 。将 M 个爆破地震波的加速度信号 $\ddot{x}_i(t)$ 作为原始输入信号, 代入式 (3) 中, 求出相应的一系列具有特定振动圆频率 ω_j 的结构体系最大速度响应 $\dot{X}_j(t)$ ($j=1, 2 \dots N$), 代入式 (4) 可求得在该爆破地震波反应谱曲线下的面积 RSI。由于爆破地震波中的径向振动分量持续时间长、主频低且接近于房屋结构体的自振频率, 径向分量在结构物破坏中是一个主要因素^[14], 因此在下面的分析中所研究的爆破地震波参数均为径向地震波的振动参数。

表 1 为从长期的爆破震动监测中所采集的爆破地震波数据, 共计 289 炮次。对表 1 中的数据按不同主频 F 范围和速度峰值 v 范围统计, 在不同取值区间下的数据个数见表 2。表 2 中速度 $v \leq 2\text{cm/s}$ 为安全振动速度, $2\text{cm/s} < v \leq 5\text{cm/s}$ 时结构体将造成振动破坏, $v > 5\text{cm/s}$ 时将结构产生严重破坏。由于所分析的数据中振速超过 5cm/s 的数据没有, 因而表 2 中速度超过 5cm/s 的数据个数为 0, 在下面的分析中主要研究前两个速度范围内的数据特征。

表 1 爆破震动监测数据

Table 1 Data of blasting vibration

爆破类型	爆破次数/次	速度峰值/(mm/s)	主频/Hz	震动持续时间/ms
土石方加强松动爆破	95	0.762 ~ 16.76	6.1 ~ 42.6	450 ~ 2000
挤淤爆破	107	0.889 ~ 22.35	4.25 ~ 46	210 ~ 1900
基岩破碎与预裂爆破	87	0.635 ~ 26.42	6 ~ 76.6	210 ~ 1400
总计	289	0.635 ~ 26.42	4.25 ~ 76.6	210 ~ 2000

对上述 289 组爆破地震波数据的速度反应谱曲线下的面积进行计算, 得出 RSI 的值域为 $0.3631 \sim 13.49$, 将 RSI 值分成 3 个区间, 各区间中所包含的数据情况见表 3。从表 3 可以看出, 在 289 组爆破地震波数据中, 属于不同 S 区间的分布是不均匀的: $N_1=193$, $N_2=61$, $N_3=35$ 。图 3 为标准反应谱的 RSI 与震动信号频率关系图, RSI 主要集中在频率为 $5 \sim 30\text{Hz}$ 之间; 图 4 为速度反应谱的 RSI 与信号的振动速度图, 两者之间呈明显的线性关系。

表 2 不同爆破振动参数范围内的数据个数统计

Table 2 Statistics of data number fallen into different blasting vibration parameters' zone

参数范围	数据个数	均值	标准差	参数范围	数据个数	均值	标准差
	$N/\text{个}$	$E/(\text{cm/s})$	$\sigma/(\text{cm/s})$		$N/\text{个}$	E/Hz	σ/Hz
$v \leq 2\text{cm/s}$	284	0.4016	0.3259	$F \leq 20\text{Hz}$	187	4.28	11.920
$2\text{cm/s} < v \leq 5\text{cm/s}$	5	2.347	0.1864	$20\text{Hz} < F \leq 50\text{Hz}$	93	29.67	7.431
$v > 5\text{cm/s}$	0	0	0	$F > 50\text{Hz}$	9	62.68	8.188

注:表中速度峰值 v 的分级是根据长期以来的爆破振动监测实践及文献[1-7,15-16];振动主频 F 的分级参照了美国的 USBM 标准、德国的 DIN4150 标准以及我国的 GB6722-8 爆破振动安全标准。

表 3 反应谱曲线下面积值与爆破振动参数统计

Table 3 Statistics of response spectrums' areas and blasting vibrations

RSI 值分级	数据个数 $N/\text{个}$	速度/(mm/s)			频率 /Hz		
		范围	均值 E	标准差 σ	范围	均值 E	标准差 σ
$S_1 \leq 2.5$	193	0.635 ~ 5.207	2.3676	1.1747	4.25 ~ 76.6	19.048	12.9900
$2.5 < S_2 \leq 5$	61	2.921 ~ 9.652	6.0481	1.1511	5.00 ~ 50.5	17.402	10.5285
$S_3 > 5$	35	7.112 ~ 26.420	13.0350	5.0833	6.73 ~ 72.0	23.067	13.6680

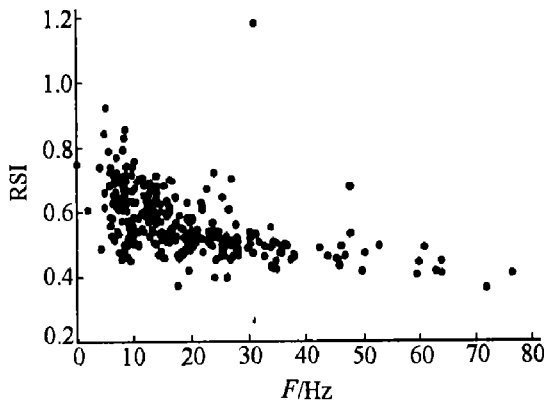


图 3 反应谱面积与振动信号频率的关系

Fig. 3 Relationship between areas under response spectrums' curves and signals' frequencies

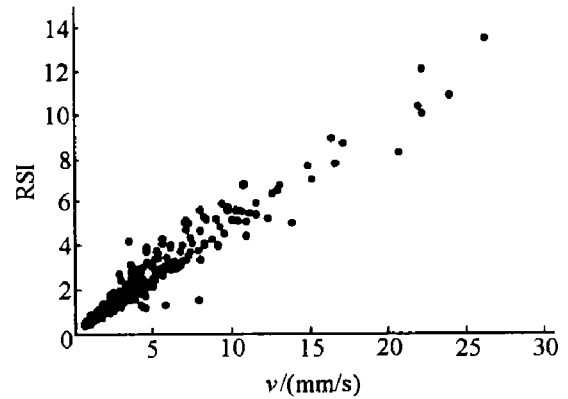


图 4 反应谱面积与振动速度的关系

Fig. 4 Relationship between areas under response spectrums' curves and signals' velocities

表 3 中,在 $S_3 > 5$ 的区间内还包含有速度在 $v \leq 2\text{cm/s}$ 和 $2\text{cm/s} < v \leq 5\text{cm/s}$ 范围内的数据,其个数分别为 29 和 6。表 2 与表 3 相比,各值的分布是不均匀的,下面对不同 S_j ($j=1, 2, 3$) 范围内的数据个数进行加权,来获得更合理的数据分布。加权计算式为

$$NS_{ij} = n_{ij} / N_i \tag{5}$$

式中: N_i ($i=1, 2$) 表示表 2 中属于 $v \leq 2\text{cm/s}$ 和 $2\text{cm/s} < v \leq 5\text{cm/s}$ 的数据个数; n_{ij} ($j=1, 2, 3$) 为表 3 中不同 S_j 范围内分别属于 $v \leq 2\text{cm/s}$ 和 $2\text{cm/s} < v \leq 5\text{cm/s}$ 的数据个数。在求得共计 6 个 NS_{ij} 值后,在不

同的 S_j 值范围内的爆破振动破坏概率可由下式计算

$$P[d = i | j] = NS_{ij} / (\sum_i NS_{ij}) \tag{6}$$

式中: i, j 的取值同式(5)。概率计算值如表 4 所示。

表 4 中的两个标准是针对普通民房在爆破地震波作用下的振动破坏效果而确定的^[14],无影响是指爆破地震波不会对房屋产生影响,破坏是指在爆破地震波作用下,房屋将产生细小裂缝,但房屋整体结构不会有损坏性破坏。在采集爆破地震波数据时,每次都对所监测的房屋进行了跟踪观察。爆破施工场区周围房屋的震动影响调查资料表明,对房屋产生了破坏影响的爆破震动数据基本上都包含在 $RSI > 5$ 的范

表 4 S_j 值与爆破振动破坏概率关系

Table 4 Data of RSI and the damage probabilities

RSI 值分级	P	
	无影响 ($i=1$)	破坏 ($i=2$)
$S_1 \leq 2.5$ ($j=1$)	1	0
$2.5 < S_2 \leq 5$ ($j=2$)	1	0
$S_3 > 5$ ($j=3$)	0.095	0.905

围内,因而用 RSI 值对爆破振动效应进行评估是可行的,表 4 中对 RSI 值的划分也是合理的。

通过对表 5 中的 35 组数据的分析可以看出,RSI ≥ 5 的爆破地震波的速度峰值并不都大于 2cm/s,其中也包含了速度峰值小于 2cm/s 的部份,但这些数据具有其它一些典型特征,如振动持续时间长,主频较低,在对这类数据进行频谱分析时,谱峰值明显,其它频率成份所占能量少。

表 5 反应谱积分值 RSI ≥ 5 的爆破震动数据参数一览表

Table 5 Parameters of the blasting seismic data with RSI ≥ 5

序号	$v_{\max}/(\text{mm/s})$			f/Hz	t/ms	RSI	序号	$v_{\max}/(\text{mm/s})$			f/Hz	t/ms	RSI
	R	V	T					R	V	T			
1	17.27	10.16	17.27	23.20	700	5.868	19	13.21	18.03	8.13	27.00	570	6.73
2	21.80	19.39	22.45	20.00	740	7.661	20	13.08	8.26	2.54	8.50	500	6.49
3	22.18	19.68	16.80	38.00	390	8.772	21	10.16	13.97	4.70	19.50	220	5.14
4	22.35	47.95	11.94	27.50	210	10.03	22	10.80	11.05	3.94	19.00	340	5.53
5	13.97	14.22	5.33	72.00	660	5.013	23	10.41	7.24	5.21	25.00	340	5.58
6	15.24	7.62	14.48	27.50	490	8.004	24	9.91	10.03	10.92	9.75	410	5.58
7	11.30	4.70	5.334	25.90	790	5.463	25	16.51	10.41	11.94	20.40	760	8.89
8	12.70	22.86	7.62	26.80	370	6.344	26	9.91	4.57	6.61	19.60	910	5.73
9	8.255	4.19	3.55	9.75	1090	5.058	27	10.67	17.53	5.58	17.60	950	5.58
10	22.49	19.31	6.10	22.80	660	8.656	28	22.35	15.75	12.19	16.50	680	12.09
11	26.42	22.86	21.34	30.10	500	13.49	29	10.92	6.35	12.70	13.10	760	6.83
12	11.05	14.73	16.76	73.10	320	6.58	30	7.11	5.33	2.67	6.90	2100	5.51
13	8.38	12.32	10.92	30.10	300	6.06	31	10.92	6.99	7.49	13.10	720	6.71
14	8.128	16.26	17.27	6.75	740	5.59	32	9.53	19.30	8.26	13.40	1050	5.91
15	9.144	10.68	10.54	15.40	640	5.12	33	8.51	8.51	6.10	7.60	1690	5.19
16	11.05	9.77	6.73	33.30	560	5.074	34	11.68	5.84	7.62	24.80	490	5.91
17	11.68	15.75	4.83	47.00	750	5.38	35	8.38	5.84	6.61	9.80	1330	5.30
18	11.18	9.91	5.33	39.50	690	5.12							

注:表中 R 、 V 和 T 分别表示爆破地震波的径向、垂向和切向分量; t 代表地震波的振动持续时间,持续时间的定义见文献[17]; f 为振动信号径向分量主频;RSI 为反应谱曲线的积分值。

4 结 论

通过对爆破振动信号反应谱曲线的积分值 RSI 与信号各特征量之间的关系分析,以及对 289 组爆破震动数据的统计,采用反应谱曲线下的面积值来综合衡量爆破地震波的震动破坏效应是比较全面和可行的。通过对一定量的震动数据统计,得出在 RSI ≥ 5 时,爆破地震波将对一般民房结构产生破坏。由于受所分析数据的限制,如强震动信号数据少,因而表 4 中的概率值计算受一定范围的影响,随着所采集爆破震动信号种类的丰富,上述结论会得到进一步加强。

参考文献:

- [1] 张雪亮,黄晓棠.爆破地震效应[M].北京:地震出版社,1981:114-132.
- [2] 阳生权,廖先葵,刘宝琛.爆破地震安全判据的缺陷与改进[J].爆炸与冲击,2001,21(3):223-228.
YANG Sheng-quan, LIAO Xian-kui, LIU Bao-chen. Default of the judging standard of blasting vibration safety abstract [J]. Explosion and Shock Waves, 2001, 21(3):223-228.
- [3] 黄吉顺,蒋志光.爆破震动工程特性及其安全技术措施[A].全国工程爆破学术会议论文集(第六辑)[C].深圳:海天出版社,1997,11:747-751.
- [4] 普永发,李香灿,陈怀宇.爆破人员安全知识读本[M].北京:冶金工业出版社,1989,11:464-471.
- [5] 王德胜,宫永军.爆破地震影响结构的判据标准探讨[A].全国工程爆破学术会议论文集(第六辑)[C].深圳:海天出版社,1997,11:798-802.
- [6] Charles H D. 爆破振动监测与控制[M].李香灿,陆来,译.北京:冶金工业出版社,1988.
- [7] 娄建武,龙源,徐全军,等.工程爆破中的建筑物振动监测[J].解放军理工大学学报,2000,1(5):58-62.
LOU Jian-wu, LONG Yuan, XU Quan-jun, et al. Measuring and analysis of structure's response vibration in engineer-

- ing blasting[J]. Journal of PLA University of Science and Technology, 2000, 1(5):58-62.
- [8] 杨桐桂. 露天矿爆破地震动特征及 Fourier 谱分析[J]. 爆破, 1984, 1(2): 48-53.
YANHG Tong-gui. Characteristic and fourier analysis of the blasting vibration in hypaethral mine[J]. Blast, 1984, 1(2):48-53.
- [9] Siskind E. 地面震动对结构的影响[M]. 李茂昌, 译. 北京: 煤炭工业出版社, 1993.
- [10] 周锡元, 苏经宇. 烈度、震中距和场地条件对地面运动反应谱的影响[J]. 地震工程与工程振动, 1983, 3(2): 30-41.
ZHOU Xi-yuan, SU Jing-yu. The effect of intensity, epicentre's distance and soil condition to the ground motion's response spectrum[J]. Earthquake and Engineering Vibration, 1983, 3(2): 30-41.
- [11] 李杰. 几类反应谱的概念差异及其意义[J]. 世界地震工程, 1990, 6(3): 9-14.
LI Jie. Several response spectrums' conception difference and their significance[J]. World Earthquake, 1990, 6(3): 9-14.
- [12] GB50191-3. 构筑物抗震设计规范[S].
- [13] 吴腾芳, 王凯, 季茂荣. 反应谱分析在工程微差爆破地震监测中的应用与分析研究[J]. 兵工学报, 1998, 19(3): 271-274.
WU Teng-fang, WANG Kai, JI Mao-rong. Vibrational response spectrum in millisecond blasting[J]. ACAT Armamentarii, 1998, 19(3): 271-274.
- [14] 龙源, 娄建武, 徐全军, 等. 爆破震动对民房的振动破坏作用分析[A]. 全国工程爆破学术会议论文集(第七辑)[C]. 乌鲁木齐: 新疆青少年出版社, 2001: 725-732.
- [15] David E S, Steven V C, Matthew N P. Blast vibration and other potential cause of damage in homes near a large surface coal mine in indiana[R]. MN, USA, 1993.
- [16] Siskind D E, Stagg M S, et al. Structure response and damage produced by ground vibration from surface mine blasting [R]. RI8507, USA, 1980.
- [17] 娄建武, 龙源, 徐全军. 人工模拟爆破震动信号及其频谱特性检验[J]. 工程爆破, 2001, 7(1): 7-11.
LOU Jian-wu, Long Yuan, XU Quan-jun. Simulation of blasting vibration signal and verification of its requery spectrum[J]. Engineering Blasting, 2001, 7(1): 7-11.

Study on blasting vibration damage based on response spectrum

LOU Jian-wu, LONG Yuan, FANG Xiang, ZHOU Xiang

(*Engineering Institute of Engineer Corps, Chinese People's Liberation Army
University of Science and Technology, Nanjing 210007, Jiangsu, China*)

Abstract: The characteristics of blasting seismic waves were analyzed with the method of response spectrum (RS). As the response spectrum curve manifests the relationship between the maximal responses and the periods of a series of different dynamical structures under blasting vibration shocks, the integral of the response spectrum (RSI) synthesizes the characteristics of velocity, frequency and the blasting seismic wave's duration, the above relation was used to study the relation of RSI and blasting vibration velocity, frequency. The results indicate that there are a good relation among them, and it confirms that RSI can be used to estimate damage probability caused by blasting vibrations. According to the analysis of 289 blasting seismic datas, the method used is reasonable. As a result, it is pointed out that when the value of RSI above is 5, potential damage to common residential houses is dangerous the results is consistent with the generic standard of safe blasting vibration.

Key words: mechanics of explosion; blasting vibration; response spectrum; probabilistic statistics; vibration limits