

文章编号: 1001-1455(2001)03-0223-06

爆破地震安全判据的缺陷与改进

阳生权¹, 廖先葵², 刘宝琛¹

(1. 中南大学岳麓校区地质矿业工程系, 湖南长沙 410083;

2. 长沙矿冶研究院爆破研究所, 湖南长沙 410012)

摘要: 分析探讨了爆破地震安全判据及其在工程中的应用, 对其中的某些局限与不足和应用中部分误区提出了质疑, 着重分析了频率和时间等因素对建立爆破地震安全判据的影响, 并就进一步研究和完善现有爆破地震安全判据提出了几点建议和看法。

关键词: 爆破地震; 安全判据; 爆破地震效应

中图分类号: O383 文献标识码: A*

1 引言

爆破工程、岩土工程中因爆破地震造成结构失稳、滑坡、开裂和变形等问题或事故虽有发生^[1~2], 但大量的工程事例^[3]也揭示, 在爆破地震安全判据超过或严重超过现有允许值(国家或部门相关标准)的情况下, 却并未对爆破施工环境中被保护物(建、构筑物及运行中的仪器设备等)构成任何威胁。因此, 进一步明确和探索爆破地震效应研究中的相关理论、定义和概念, 尤其是对爆破地震安全判据中的某些问题的探讨, 显得颇有必要。同时, 应用数学和各力学分支的日益完善, 为进一步研究探讨爆破地震安全判据提供了强大的计算方法和坚实的理论基础, 先进的测量技术和高速的计算机信号处理也为爆破地震观测数据的分析处理提供了有力的计算工具, 并使复杂的、实时和连续的在线安全监测、分析和控制成为可能。此外, 大量的工程实践经验和日益发展的爆破理论使探讨爆破地震安全判据更具现实指导意义。

2 爆破地震安全判据

目前爆破地震安全判据通常以单独的爆破地震强度因子(质点振动位移、速度和加速度)来描述, 其经验公式广义表达式^[4]为

$$A = KQ^\alpha R^\beta \quad (1)$$

式中: A 为爆破地震强度物理量; K 为场地系数; Q 为药量; α 、 β 为与场地有关的衰减指数; R 为爆心距。

文献^[4~5]指出, 质点振速与建、构筑物的破坏和结构失稳最为密切, 质点振速对建、构筑物的破坏起主要作用, 因此采用质点峰值振速来评估爆破地震强度, 其优点是使爆破地震波所携带的能量与所产生地应力相联系, 并和结构中产生的动能和内应力建立联系。也有学者建议以质点振动加速度来评估爆破地震强度^[4], 理由是质点振动加速度和爆破地震产生的惯性力密切相关, 便于换算爆破地震荷载和进行结构应力分析。国家标准《爆破安全规程》^[6]中评估爆破地震安全距离时用的是质点峰值振速, 具体规定了工程上常见各类建、构筑物在坚硬、中硬和软岩石中地面和地下爆破的安全距离, 但其中所列场地系数和衰减指数的变化范围很大。

* 收稿日期: 2000-09-25; 修回日期: 2000-01-31

作者简介: 阳生权(1968—), 男, 博士, 工程师。

3 缺陷和改进建议

3.1 安全判据独立阈值理论

3.1.1 概念

目前的爆破地震安全判据都只是以某个独立参数的阈值(质点峰值振速或峰值加速度)来评价爆破地震安全,作者称之为独立阈值理论,它在理论和工程应用方面都存在一定程度的局限和不足。

现有爆破地震安全判据只考虑到影响地面爆破地震强度的主要因素是爆心距和药量,并因此建立了爆破地震强度、爆心距和药量三者之间的经验公式,但就土岩介质体而言,影响爆破地震强度和地震波特征的主要因素还应包括介质体物理学参数和传播途径等,因此在研究地下结构这类工程的爆破地震效应时,用现有经验公式评估爆破地震强度并不确切。而且现有质点峰值振速经验公式受场地因素的影响很大。用质点振动加速度来评估爆破地震强度时,虽然场地因素影响相对小些,但由于实际爆破地震试验观测数据不充分,以及不同地区和部门按各自的观测数据建立的建、构筑物爆破地震安全判据不同,势必影响以质点振动加速度为参数的安全判据的实施和应用。另外,建、构筑物本身的动力特征对变形、破坏和失稳等起重要作用,但建、构筑物的结构、构造和形式以及施工质量等却存在一些不确定性因素,土木工程技术在不断发展,建、构筑物也在不断更新。因此,爆破地震安全判据的独立阈值理论,更加不能弥补其评价爆破地震强度方面的不足,不能全面准确地反映建筑物的抗爆破地震性能。

3.1.2 理论分析

根据波动理论,爆破地震波可合理假设由不同振幅和不同圆频率的简谐波叠加而成

$$\text{位移 } X = \sum_i A_i \sin(\omega_i t) \quad (2)$$

$$\text{速度 } V = \sum_i \omega_i A_i \cos(\omega_i t + \varphi_{i1}) \quad (3)$$

$$\text{加速度 } a = \sum_i \omega_i^2 A_i \sin(\omega_i t + \varphi_{i2}) \quad (4)$$

式中: A_i 为幅值系数; ω_i 为圆频率($\omega_i = 2\pi f$, f 为频率); t 为时间; φ_{i1} 、 φ_{i2} 为相位差。

对于单自由度体系,爆破作用下的位移、速度和加速度的地震反应值分别为^[4]

$$\text{相对位移 } x(i, t) = \sum_j \eta_j X_j(i) \delta_j(t) \quad (5)$$

$$\text{相对速度 } \dot{x}(i, t) = \sum_j \eta_j X_j(i) V_j(t) \quad (6)$$

$$\text{绝对加速度 } \ddot{x}_0(i, t) + \ddot{x}(i, t) = \sum_j \eta_j X_j(i) a_j(t) \quad (7)$$

式中: i 为第 i 质点体系; j 为第 j 振型; η_j 为第 j 个主振型参与系数

$$\eta_j = \frac{\sum_i m_j X_j(i)}{\sum_j m_j X_j(i)} \quad (8)$$

式中: m_j 为第 j 质点质量; $X_j(i)$ 为第 j 质点无阻尼时的主振型函数; $\delta(t)$ 为位移反应函数, $V_j(t)$ 为速度反应函数, $a_j(t)$ 为加速度反应函数

$$\delta(t) = -\frac{1}{n'_j} \int_0^{t''} x_0(\tau) e^{-\varepsilon_j(t-\tau)} \sin n'_j(t-\tau) d\tau \quad (9)$$

$$V_j(t) = -\int_0^{t''} x_0(\tau) e^{-\varepsilon_j(t-\tau)} \left[\cos n'_j(t-\tau) - \frac{\varepsilon_j}{n'_j} \sin n'_j(t-\tau) \right] d\tau \quad (10)$$

$$a_j(t) = n'_j \int_0^{t''} x_0(\tau) e^{-\varepsilon_j(t-\tau)} \left[\left(1 - \frac{\varepsilon_j^2}{n'^2_j}\right) \sin n'_j(t-\tau) + \frac{2\varepsilon_j}{n'_j} \cos n'_j(t-\tau) \right] d\tau \quad (11)$$

$$P_{ij} = m_i \sum_j n_j X(i) a_j(t) \tag{12}$$

式中： n_j 为无阻尼时的圆频率， n'_j 为有阻尼时的圆频率， $\ddot{x}(\tau)$ 为 τ 时刻的地面加速度， ϵ_j 为阻尼系数。

通过上述波动理论和结构响应分析表明，爆破地震各强度描述因子（位移、速度和加速度）均是频率和时间的函数，而且各物理参数间相互联系。因此，强度和结构动力特性不但取决于质点振动幅值（速度或加速度），还与地震波的时间和频率（周期）密切相关。如果只是简单地用其中某一、二个独立的物理参数来建立爆破地震安全判据，就会忽视其它爆破地震强度影响因素，以及土岩介质体与爆破地震波之间的相互作用，显然不妥。

3.2 工程应用分析

越来越多的震害和爆破地震的观测资料^[1~3]分析表明，建、构筑物的地震破坏不但取决于地震的幅值，而且还与地震频谱和持续时间等因素有关。观测发现，很多情况虽然质点峰值振速超过了现行安全标准，但爆破地震并未对结构物造成威胁（见表 1），这时主振频率往往远离固有频率或持续时间较短，显著作用频率段也远离结构体或子结构体（结构体中附着在结构体上或由于节理、层理和裂隙面等缺陷面分割成的相对独立体）的固有频率。而对于文献^[1~2]中造成的事故或工程问题，正是由于作用于结构体的显著作用频率段包含了结构体或子结构体的固有频率，加之生产爆破产生较长持续时间的爆破地震波所致。从频谱分析来看，超标而又未出现工程问题或事故时的情况是：爆破地震波频率成份分布较为均匀而且分散，而产生工程问题或事故时的爆破地震波由于某种原因造成爆破地震波频率成份分布集中在某些频率段，而且包含或接近结构体或子结构体的固有频率，显著作用频率段同样体现了这点。某公路隧道二期工程中在施中是爆破震动的质点峰值振速并未超标（钢筋砼结构公路隧道质点峰值振速允许值为 $15\text{cm/s}^{[6]}$ ）的情况下，却导致一期隧道顶部掉碎块（ $4\text{cm} \times 4\text{cm}$ ）照明供电异常和一扇连通硐铁门破坏倒塌等问题（见表 2）。由监测结果可知，爆破地震波的主振频率和显著作用频率段均较为接近结构的固有频率，导致被破坏体结构与爆破震动共振，同时由于是推进式循环爆破作业，存在着不可忽视的爆破地震波对一期隧道结构体的累积作用，以及由于隧道间围岩宽度较小（ 22m ）造成的爆破地震作用下的类墙体振动。该工程在施工过程中经多次专家论证，最后将质点峰值振速允许值定为 5.0cm/s 。

表 1 大源渡水利枢纽坝体及闸墩爆破震动监测超标数据一览表（允许振动速度为 5.0cm/s ）

Table 1 Results of the blasting vibration monitoring of dam in D. Y. D. Power station

测量次序	第一次超标	第二次超标	第三次超标
测点位置	8# 闸墩动力控制室	8# 闸墩下、上游侧	8# 闸墩下、上游侧
总药量/kg	36.05	48.80	136.60
最大剂爆药量/kg	9.20	3.60	6.30
爆心距/m	25.0	34.0(下游) 5.70(上游)	48.30(下游) 20.00(上游)
质点峰值振速 (cm/s)	5.17(T) 超标	下游 6.988(V) 6.061(T) 7.458(L) 上游 11.314(T) 严重超标	下游 6.774(V) 5.513(T) 6.373(L) 上游 13.403(T) 严重超标
主振频率/Hz	17.5	下游 49.9(V) 6.0(T) 9.3(L) 上游 0.7(T)	下游 37.6(V) 2 37.8(T) 10.4(L) 上游 130.6(T)
振动持续时间/ms	2842.0	下游 2068(V) 800(T) 2218(L) 上游 213(T)	下游 1789(V) 2143(T) 2084(L) 上游 2098(T)
显著频率段/Hz	6.7~60.0	5.0~72.6(下游) 0.0~133.0(上游)	5.0~163.0(下游) 9.7~171.5(上游)
监测结果	无任何异常现象	未发现结构破坏和开裂现象	未发现结构破坏和开裂现象

注：1. V-垂直方向，T-水平方向，L-水平径向。

2. 测试系统为 INV306 型智能信号采集处理分析系统 + 891-II 型传感器。

表 2 某公路隧道二期工程爆破地震监测异常现象观测结果

Table 2 The abnormal results of the blasting safety monitoring of the 2nd term engineering of a tunnel

异常现象	一期隧道顶部掉碎碴、照明供电不正常	一期隧道连通硐铁门破坏倒塌
施工里程/m	01+480.0~00+721.0	00+951.0
固有频率/Hz	$\leq 12 \sim 18$ (钢筋砼衬砌) 12(照明设备)	80~12(铁门)
允许振速/(cm/s)	5.0(规程要求为 15.0cm/s 以下)	5.0(规程要求 15.0cm/s 以下)
测点位置/m	一期隧道南侧墙中	一期隧道南侧 00+950.0 与 00+970.0 墙中
爆心距/m	25.0~55.0	26.0(00+959.0)29.0(00+970.0)
总药量/kg	250.0~400.0	341.0
最大齐爆药量/kg	27.0~38.0	34.5
质点峰值振速/(cm/s)	0.96~6.53	5.2(00+950.0)4.4(00+970.0)
振动持续时间/ms	540.8~1036.0	850.4
主振频率/Hz	49.0~162.0	94.0
显著频率段/Hz	42.0~167.0	76.0~128.0

注 测试系统为 ML 采集分析系统 + PDM-2 磁带记录仪 + CD-1 速度传感器。

如此看来,结构和被保护物的破坏不但与爆破地震波的波幅值有关,而且与爆破地震波的能量有关,爆破地震波的频率和持续时间在其中起着重要作用^[3]。所以,爆破地震安全判据必须全面考虑和兼顾爆破地震波各个参数,协调各参数的取值,同时工程和环境因素以及保护物本身的结构物理学特征也不容忽视。在确立安全判据时,应结合结构和被保护物的固有频率考虑爆破地震波主振频率,在主振频率远离结构和被保护物固有频率的情况下,可适当放宽地震波波幅值峰值的限制,在持续时间不长或爆破规模不大的情况下也是如此。反之,则应严格限制地震波波幅值峰值。同样,结合爆破规模考虑地震波的持续时间,爆破规模不大时可允许放宽对持续时间限制。另外,在爆破地震安全判据中宜详尽列举各种建筑物和构筑物的类型,并针对各种类型的建筑物和构筑物采用诸如加权值法等方法调整判据值大小。此外,由于爆破地震波频率特征与药量大小、爆心距和介质体物理学性质及传播途径有关,如何使爆破地震波能量集中的显著作用频率带避开被保护物固有频率,应在安全判据中提供指导性参考建议。

3.3 爆破地震监测及其结果处理

爆破地震强度可用互相独立和正交的三个分量进行描述,它们是水平纵向(L)、水平横向(T)和垂直方向(V)的分量。文献[7]指出很难确定三个分量中哪一分量更为重要。从结构响应的角度上讲,水平方向的振动趋于控制结构物垂直墙体和上部结构体的水平响应,而垂直振动趋于控制水平板状结构体的垂直响应。结构振动响应幅值峰值应是三个正交方向的矢量和峰值(实际最大值),而不是三个正交方向响应幅值峰值(可能不在同一时刻)的矢量和(名义最大值),后者比前者通常要大 40%,而一般情况下真实矢量和峰值要比单个方向幅值峰值大 5%~10%。因此,用于爆破地震控制的名义最大值实际上与理论安全系数并不相符。

在爆破地震效应实践应用和试验研究中,往往从实施的便利性出发,本来应按四维(t, L, T, V)问题进行讨论,却把问题简化为二维($t, D \in (L, T, V)$)问题,即通常只考虑到了时间 t 和空间三维中的振动速度或加速度最大的方向,而忽视了其他两个方向的值,把空间矢量最大值简化为某一方向的最大值。同时在工程界也有默认垂直方向为最危险方向的误解。它们从概念和数值上改变了相应安全指标,体现现有爆破地震安全判据有不合理和不适宜的一面。只强调安全判据工程应用的便利性,就淡化甚至曲解了爆破地震安全判据颁布与实施的目的,安全系数偏小可能造成工程事故甚至是灾难性后果;而安全系数偏大,从投资的角度来看势必导致工程成本的增加,造成一些不必要的浪费和损失。

我们认为,造成结构体失稳或破坏的是爆破地震整个动力时程,而非爆破地震波的波幅值峰值,因此不能用某一时刻的振动波幅值峰值来判断爆破地震超标与否。把其中的相关因子逐个单独进行讨论

也是不适宜的。应予以全面综合考虑。可通过完善爆破地震安全监测系统来准确和便利地评估爆破地震。一方面是硬件的建立,即相关仪器的制造,要求能同时观测爆破地震多个物理参数,另一方面是建立爆破地震安全判据专家系统,要求能通过输入包括建、构筑物类型及其动力特征、环境因素与场地条件、爆破方式和爆破参数等参数后通过监测即能根据其中的安全判据系统进行爆破地震安全评估。

另外,由于爆破地震波是随机波,具有随机性、模糊性和不确定性,决定了采用数理统计方法的必然性。但在处理观测数据方面存在某些误区。资料表明^[4,9]在相当一部分观测数据处理工作中,回归曲线图上的回归数据较为分散,回归数据的分布规律也不明显,这种数理统计工作似乎有些牵强。甚至有些数据根本不具备形成规律的条件,要剔除为数本身并不多的观测数据中的一些比例的数据,才得以保证回归处理所谓理想的相关系数。在一些毫无传播规律可言的传播介质(例如松散土和杂填土等介质及局部风化地带和裂隙发育岩石等缺陷介质)中,由于缺陷介质体内缺陷部分和地质构造分布的随机性、物理几何性质的模糊性和不确定性,使得其中传播的地震波规律很难用上述地震波衰减经验公式(1)来表示。这样得到的经验公式便失去了制定和建立公式的意义,并不能准确地评估爆破地震安全与否。

4 结 论

通过理论分析和爆破安全判据的应用分析,得出以下结论。

(1)把地震幅值、频谱和持续时间三者同时纳入爆破地震安全判据,建立多参数安全判据。以提高评估爆破地震安全的准确度和合理性。

(2)规范和完善爆破地震安全监测系统,通过相互关联的多因素关联组合建立合理的综合评判模型。

(3)重视爆破地震累积效应,完善其相关理论。所谓爆破地震累积效应,就是同一地震波的各峰值之间的迭加和干扰作用,以及相对独立的各地震波作用于同一介质体的效应累积,其影响在隧道和地铁等地下工程的推进式掘进循环爆破和矿山生产连续爆破中显得尤为突出。

参考文献:

- [1] 李仲奎,王爱民,李达成.某地下厂房施工过程中突发性破坏的分析及对策[J].岩土工程学报,1997,19(5):44—79.
- [2] 张世雄,尹家国,谢达武,等.地质因素与爆破等工程因素对坚硬裂隙岩体稳定性的影响[J].矿冶工程,1997,17(1增刊):8—11.
- [3] 阳生权,刘宝琛.控制爆破中配电站等安全问题的处理[J].工程爆破,2000,6(3):89—92.
- [4] 黄树棠,张雪亮.爆破地震效应[M].北京:地震出版社,1981.116—119;157.
- [5] 霍永基,王湘均,费骥鸣.爆破地震效应及安全评定方法[A].土岩爆破文集(第二辑)[C].北京:冶金工业出版社,1985.184—187.
- [6] GB 6722—86,爆破安全规程[S].
- [7] The Commission on Test Methods, Suggested Method for Blast Vibration Monitoring[J]. Int J Rock Mech Min Sci & Geomech Abstr, 1992, 29(2):143—156.
- [8] 波林格 A.爆炸振动分析[M].刘荟锡,熊建国.北京:科学出版社,1957.
- [9] 周家汉,陈善良,杨业敏,等.爆破拆除建筑物时震动安全距离的确定[A].土岩爆破文集(第三辑)[C].北京:冶金工业出版社,1988.112—119.

Default of the Judging Standard of Blasting Vibration Safety Abstract

YANG Sheng-quan¹ ,LIAO Xian-kui² ,LIU Bao-chen¹

(1. *Department of Mining and Geological Engineering ,Central South University ,*

Changsha 410083 ,Hunan ,China ;

2. *Department of Blasting ,Intitute of Mining and Metallurgy of Changsha ,*

Changsha 410012 ,Hunan ,China)

Abstract :In this paper ,these problems are explored theoretically and discussed in engineering application. The theme is the judging standard of blasting vibration safety (JSOBVS). Firstly the present theories of the JSOBVS are described ,and then its unreasonable and unsuitable aspects are discussed and explained in three aspects of the wave theory and dynamic analysis of structure and engineering application ,and some misunderstanding in engineering application are pointed out. It is emphasized that frequency spectrum and history of waves etc. play an important pole in founding the JSOBVS. Lastly some opinions and suggestions of developing and modifying of the judging standard are suggested.

Key words :blasting vibration ;judging standard ;blasting seismic effect

爆破地震安全判据的缺陷与改进

作者: [阳生权](#), [廖先葵](#), [刘宝琛](#)

作者单位: [阳生权, 刘宝琛\(中南大学岳麓校区地质矿业工程系,\)](#), [廖先葵\(长沙矿冶研究院爆破研究所,\)](#)

刊名: [爆炸与冲击](#) [ISTIC](#) [EI](#) [PKU](#)

英文刊名: [EXPLOSION AND SHOCK WAVES](#)

年, 卷(期): 2001, 21(3)

被引用次数: 45次

参考文献(9条)

1. [李仲奎, 王爱民, 李达成](#) [某地下厂房施工过程中突发性破坏的分析及对策](#) [期刊论文]-[岩土工程学报](#) 1997(05)
2. [张世雄, 尹家国, 谢达武](#) [地质因素与爆破等工程因素对坚硬裂隙岩体稳定性的影响](#) 1997(zk)
3. [阳生权, 刘宝琛](#) [控制爆破中配电站等安全问题的处理](#) [期刊论文]-[工程爆破](#) 2000(03)
4. [黄树棠, 张雪亮](#) [爆破地震效应](#) 1981
5. [霍永基, 王湘均, 费骥鸣](#) [爆破地震效应及安全评定方法](#) 1985
6. [GB6722-1986](#). [爆破安全规程](#) 1987
7. [The Commission on Test Methods](#) [Suggested Method for Blast Vibration Monitoring](#) 1992(02)
8. [波林格·A. 熊建国](#) [爆炸振动分析](#) 1957
9. [周家汉, 陈善良, 杨业敏](#) [爆破拆除建筑物时震动安全距离的确定](#) 1988

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [何晓光, 张敢生, HE Xiao-guang, ZHANG Gan-sheng](#) [爆破地震安全判据探讨](#) -[辽宁科技学院学报](#) 2005, 7(2)

本文对现行爆破地震安全判据中的合理性及某些局限和不足进行探讨,着重分析了综合考虑强度因子、频率和时间等因素对建立多参数地震安全判据的重要性,并就完善现有爆破地震安全判据提出了建议。

2. 学位论文 [阳生权](#) [爆破地震累积效应理论和应用初步研究](#) 2002

该文首先从爆破地震波的传播规律与作用机理、爆破地震的预测与预报和爆破震动安全判据与爆破震动控制三个方面论述了爆破震动效应的研究现状,接着阐述了爆破震动累积效应研究的前期前提性研究工作,分析了爆破震动效应研究的不足和对将来研究工作的展望,指出在不断深入探讨与完善爆破地震安全判据的同时,也意味着从不同角度来探讨和研究爆破地震效应理论的必要性.从而提出主要针对地下工程开挖推进式重复爆破作业和矿山开采生产循环爆破作业进行爆破震动累积效应研究的创造性概念.在全面分析爆破地震波的特征和岩体动态力学性质的基础上,阐述了爆破地震波的传播、能量、频谱与危害特征,指出爆破地震波具有非重复性与不可预见性、频谱的丰富性与集中性、危害的隐蔽性与不可估量性以及传播特性方面的可变性与多样性.同时指出在爆破地震波动载荷作用下,岩石与岩体均会产生损伤累积.从地面与地下建(构)筑物所受的影响和地层本身的影响两方面全面阐述了爆破震动累积效应现象,理论和试验分析论证了爆破震动累积效应的存在,研究指出围岩介质的爆破震动累积效应主要体现在两个方面:围岩介质性质的劣化,即破坏性效应,和介质性质的强化,即局部介质强度指标的强化调整.在断裂力学与损伤力学理论框架下,论述了爆破震动累积作用机理,其基本框架是,介质中原有的不连续结构面(体)系列缺陷在爆破地震波的动载荷作用下,因微裂纹的发生与扩展形成宏观裂纹,宏观裂纹的贯通,则造成介质的开裂,以及岩体介质中不连续结构面(体)的扩展,和其它缺陷的再产生、扩展等.阐述了爆破震动累积效应的两种方式:阶跃效应与记忆效应.探讨了分析了不协调破坏(能量再分配原理).从应力波作用对介质中裂纹贯穿的影响和介质中不连续结构面(体)分布产状与特征对爆破地震波传播的影响两个方面,综合论述了介质不连续结构面(体)与爆破地震波传播的相互作用,指出介质结构面(体)的不同分布产状、结构面类型的对爆破地震波传播影响不同,而且具有一定的规律性.分析指出对爆破地震波传播的影响介质中随机分布的系列微裂纹及小尺寸裂隙等小型缺陷面(体)存在几种等效效应.研究提出利用质点振动速度波形面积变化反映爆破震动能分布密度的变化,通过比较质点振动速度波形面积的变化可分析评估围岩介质中的爆破震动能的分布与药量和距离的关系,以及围岩介质物理力学性质的改变与爆破震动能衰减的关系。

3. 期刊论文 [阳生权, 廖先葵, 刘宝琛](#) [爆破地震安全判据几个问题的探讨](#) -[矿冶工程](#) 2001, 21(3)

阐述了爆破地震安全判据理论,结合波动理论与结构动力学分析对爆破地震安全判据及其应用进行了探讨,指出了爆破安全判据在应用中的不足之处,同时就进一步完善现有爆破地震安全判据提出了改进建议。

4. 学位论文 [唐飞勇](#) [小波能量法在爆破地震安全中的应用研究](#) 2008

目前振速—频率相关的双因素安全判据是爆破震动安全评价的主流。但大量工程实例表明,在满足现有振速—频率相关的双因素安全判据时,仍不可避免地产生民事纠纷。同时,对于陈旧和破损结构物的安全评判还没有一个统一的标准,说明现有的安全判据还存有一定的局限和不足。本文从信号的处理、分析入手,基于MATLAB小波分析工具箱的平台,运用小波变换和小波分析技术对爆破震动信号进行特征分析;从能量角度出发,基于小波能量法,研究了爆破震动信号不同频带的能量分布特征,探讨了爆破地震波的作用机制和行为特征,探索建立了综合考虑爆破震动强度、频率和持续时间以及受控建(构)筑物固有频率特性等因素影响的折合能量安全判据。

小波及小波包分析能够很好地反映爆破震动的非平稳特性,满足了非平稳随机信号特征分析的要求。同时,通过理论分析和计算,确定了db8小波基为适合爆破震动信号非平稳随机特性的最佳小波基。

根据小波分解原理,使用MATLAB语言编制计算程序对爆破震动信号进行处理,便可获得各频带爆破震动信号分量的小波频带能量。再通过对小

波频带能量的分析,可以得出相关规律性,直接反映爆破震动信号的内在特征。

各频带信号的不同频率成分对被保护建(构)筑物破坏的影响程度是不同的,可赋予不同的权重;根据结构动力学理论,考虑从各频带的主振频率与被保护结构物的自振频率之间的关系入手选取权重值;

然后将各频带上的信号能量按相应的权重折合合成便可得到折合能量。

折合能量安全判据综合考虑了爆破震动的强度、频率和持续时间以及受控建(构)筑物固有频率特性等因素的影响,更准确、更全面地反映了爆破震动对建(构)筑物的作用影响。与现行的振速—频率安全判据相比,可视为一种进步,其工程应用具有一定实用价值和现实意义。

5. 学位论文 [赵江倩 万石山隧道爆破振动特性及施工控制技术研究](#) 2007

本文以厦门机场高速公路万石山隧道为工程背景,在充分考虑隧道围岩的工程地质特点及施工环境特点的基础上,将理论研究、现场监测及工程应用相结合,有效解决了市区重大高压输电系统及复杂建筑结构物下的隧道施工控制技术,得出了以下结论:

(1)对爆破地震波进行了分类、分析及总结,并在此基础上研究了爆破地震波传播特征,探讨了的爆破地震与天然地震的区别,总结了爆破震动参量的表征,为爆破振动的监测和分析提供了理论基础。

(2)通过使用EXP3850-3型测震仪对隧道开挖过程中地面建筑物的振动特征进行监测,并运用Matlab软件自编二元回归程序,对监测数据进行了分析处理,得出了符合隧道围岩特点的爆破震动传播规律,为现场开挖施工提供了指导。

(3)通过对该隧道的爆破震动测试波形进行时域分析、频谱分析及功率谱分析,得出了爆破震动波的主振频率范围,最终确定了考虑主振频率因素的安全控制速度,并计算出各段别的最大安全药量。

(4)在选择掏槽形式、爆破参数、分段延期时间的不同的情况下,通过采取多段微差爆破、控制最大段药量、增加自由面等技术措施,进行了四次爆破试验,确定了满足该隧道施工要求的爆破参数,提出万石山隧道的安全施工控制措施,将拟定的保护建筑物处的振动速度,完全控制在爆破安全规程允许的标准以内。

(5)本项目的研究成果可作为今后类似隧道工程施工参考。

6. 期刊论文 [伍振志, 胡国祥, 邓宗伟 爆破地震安全判据若干问题探讨](#) -[安全与环境工程](#)2003, 10(4)

在对现行爆破地震安全判据的合理性及局限和缺陷进行分析的同时,着重探讨综合考虑振速、频率和时间等因素建立多参数地震安全判据的重要性,并就完善和修改爆破地震安全判据提出了建议。

7. 期刊论文 [陈寿如, 胡海燕 多种判据在控制爆破地震危害中的应用](#) -[采矿技术](#)2009, 09(5)

分析探讨了爆破地震安全判据在工程实践中的应用,研究结果表明,除了振动强度和振动频率之外,建(构)筑物设计的抗震烈度和以人为本的要求也是爆破地震安全判据的重要因素。工程实践证明,考虑多种判据因素的爆破地震安全判据具有一定工程类比价值。

8. 学位论文 [孙新建 爆破地震速度激励下反应谱特性与震动损伤研究](#) 2008

本文提出的采用速度时程曲线计算反应谱的方法,对反应谱理论在爆破工程中的应用具有重要的现实意义和推进作用。

爆破震动对保护构造物的破坏效应一直是工程爆破界所研究的一项重要课题。由于爆破是个极其复杂的过程,影响该过程的主要为震速、频率、持时三要素。采用单一参数法如爆破震动速度、爆破震动频率、爆破震动持续时间对爆破震动破坏效应进行评价是不全面不合理的。现在国内外大部分采用爆破震动速度—频率作为震动破坏效应的判据,由于反应谱曲线表现—厂不同动力特性的结构体对爆破震动时程信号的动力最人反应与结构体白振周期T的关系,而且对周期T的积分综合体现了结构体响应强度和频率特征,通过本文分析研究得出采用反应谱曲线积分来研究爆破震动破坏效应较合理。

为使爆破震动速度、爆破震动频率、爆破持续时间三参数综合起来研究爆破震动破坏效应,本文通过岩体损伤范围和反应谱曲线对周期了T的积分值(RSD)的关系以及反应谱曲线对周期T的积分值和震动持续时间乘积(RSI*S)与岩体损伤深度的关系进行研究,得出采用相对位移反应谱积分值和持时乘积(RSI*S)方法研究爆破对岩体损伤范围较为合理。并提出公式进行估算爆破对岩体的损伤深度。这对于工程开挖爆破的安全监测及安全判据方法的科学性合理性具有重要的实践指导意义和工程实用价值。

9. 期刊论文 [徐国元, 中国生, 熊正明, XU Guo-yuan, ZHONG Guo-sheng, XIONG Zheng-ming 基于小波变换的爆破地震安全能量分析法的应用研究](#) -[岩土工程学报](#)2006, 28(1)

根据爆破地震信号具有持时短、变化快等特点,结合工程爆破地震监测资料,利用小波包良好的时频局部化性质,对爆破地震信号的能量分布特征进行了分析,得到了爆破地震信号不同频带上的能量分布。进而,根据爆破地震信号不同频带的特征频率与受控建筑物自振频率之间的关系确定爆破地震对建筑物的影响。最后,通过工程实例说明了该方法比用单一强度因子作为爆破地震的安全判据更加有效。

10. 学位论文 [彭建华 边坡爆破地震响应分析及其控制研究](#) 2006

爆破是岩质边坡开挖的必要手段,爆破震动对边坡稳定性的影响问题日益突出。探索爆破震动在边坡中的传播衰减规律,研究爆破荷载作用下边坡的动态响应及寻求响应同爆源参数之间的对应关系,通过现场监测调整和优化爆破方案,提出切实可行的控制手段是工程界迫切需要解决的问题。

本文在理论分析的基础上,通过数值模拟和现场实践,主要进行了以下几方面的工作:

通过理论分析和对爆破地震效应监测资料的总结,提出了爆破在边坡中的传播规律的分析方法,得出了边坡爆破震动衰减规律,并在实践中加以应用。

利用非线性动力ANSYS/LS-DYNA有限元分析软件,对边坡的爆破动力响应进行数值模拟,分析了爆破地震波对整个边坡稳定性的影响特征;同时,模拟分析了不同爆破地震波对边坡的动态影响。

分析震速、频率和时间等因素对建立爆破地震安全判据的影响,并就进一步研究和完善现有爆破地震安全判据提出建议和看法。

探讨了适合于边坡开挖的控制爆破技术以及减震降震措施,提出一系列爆破施工的实质性建议,用以指导爆破施工。并在实践中得到了良好的应用。

引证文献(43条)

1. [中国生, 熊正明 基于小波包能量谱的建\(构\)筑物爆破地震安全评估](#)[期刊论文]-[岩土力学](#) 2010(5)
2. [李盛春 隧道爆破振动对山顶房屋影响评价研究](#)[期刊论文]-[中国科技纵横](#) 2010(3)
3. [林健, 林从谋, 林丽群 爆破振动荷载作用下3~4层房屋结构响应测试研究](#)[期刊论文]-[振动与冲击](#) 2010(3)
4. [陈寿如, 胡海燕 多种判据在控制爆破地震危害中的应用](#)[期刊论文]-[采矿技术](#) 2009(5)
5. [孙建生 爆破振动监测速度反应谱分析](#)[期刊论文]-[水力发电学报](#) 2009(4)
6. [中国生, 房营光, 谷任国, 赵奎 基于小波分析的建\(构\)筑物爆破振动安全评估](#)[期刊论文]-[爆炸与冲击](#)

2009(1)

7. 中国生, 房春光, 徐国元, 赵奎 基于小波包分析的建(构)筑物爆破振动安全判据研究[期刊论文]-岩土工程学报 2009(2)

8. 徐学勇, 汪稔, 吴京平, 孙学军 特殊地形条件下爆破挤淤震动效应测试与分析[期刊论文]-振动与冲击 2009(1)

9. 李存国, 郭建波, 张云鹏, 王玲, 孔宪军 爆破震动信号的小波包分析[期刊论文]-金属矿山 2008(12)

10. 刘强, 周瑞忠, 刘宇航 基于Hilbert-Huang变换分析的地震动能量与震动效应评估[期刊论文]-力学与实践 2008(5)

11. 中国生, 房春光, 徐国元 基于小波变换的建(构)筑物爆破振动效应评估研究[期刊论文]-振动与冲击 2008(8)

12. 刘飘 爆破地震研究综述[期刊论文]-西部探矿工程 2008(7)

13. 高小兵, 阳生权 既有公路隧道开挖过程中的动力测试与分析[期刊论文]-湖南安全与防灾 2007(8)

14. 凌同华, 李夕兵, 陈文胜 基于小波分析的爆破地震效应评估[期刊论文]-振动与冲击 2007(2)

15. 徐国元, 中国生, 熊正明 基于小波变换的爆破地震安全能量分析法的应用研究[期刊论文]-岩土工程学报 2006(1)

16. 中国生, 徐国元, 熊正明 基于小波变换的爆破地震信号能量分析法的应用研究[期刊论文]-爆炸与冲击 2006(3)

17. 曹孝君, 张继春, 吕和林 频率对爆破地震作用下结构的动力响应的研究[期刊论文]-爆破 2006(2)

18. 曹孝君, 张继春, 吕和林 频率对爆破地震作用下结构的动力响应的研究[期刊论文]-爆破 2006(2)

19. 彭建华 边坡爆破地震响应分析及其控制研究[学位论文]硕士: 2006

20. 吴贤振 基于小波包能量法的工程爆破地震效应研究[学位论文]博士: 2006

21. 曹孝君 浅埋隧道爆破的地表震动效应研究[学位论文]博士: 2006

22. 刘维柱, 王引生, 张则军, 方向 核岛结构物在爆破震动作用下的振动响应数据分析[期刊论文]-西部探矿工程 2005(5)

23. 何晓光, 张敢生 爆破地震安全判据探讨[期刊论文]-辽宁科技学院学报 2005(2)

24. 刘满堂, 陈庆寿 建筑结构对爆破地震的动力响应特性研究[期刊论文]-爆破 2005(4)

25. 杨崢 偏压双连拱隧道施工力学行为研究[学位论文]硕士: 2005

26. 林从谋 浅埋隧道掘进爆破振动特性、预报及控制技术研究[学位论文]博士: 2005

27. 林从谋 浅埋隧道掘进爆破振动特性、预报及控制技术研究[学位论文]博士: 2005

28. 崔积弘 隧道掘进爆破振动的数值模拟研究[学位论文]硕士: 2005

29. 张立国 爆破振动强度预测及其控制的研究[学位论文]博士: 2005

30. 陈超 建构筑物爆破振动响应及其安全评估研究[学位论文]博士: 2005

31. 钟敏 爆破地震作用下建筑结构的的安全判据及动力响应研究[学位论文]硕士: 2005

32. 徐铁军 减震爆破技术在露天矿的应用研究[学位论文]硕士: 2005

33. 李强 连拱隧道施工过程空间力学效应分析[学位论文]硕士: 2005

34. 刘国华, 王振宇 爆破荷载作用下隧道的动态响应与抗爆分析[期刊论文]-浙江大学学报(工学版) 2004(2)

35. 刘超英 水下岩塞爆破地震反应谱分析[期刊论文]-中国农村水利水电 2004(8)

36. 靳新民, 王德胜 [小波包能量法在爆破地震安全中的应用](#) [期刊论文]-[有色金属](#) 2004 (2)
37. 凌同华 [爆破震动效应及其灾害的主动控制](#) [学位论文] 博士 2004
38. 张云鹏, 李存国 [爆破地震效应安全判据的发展](#) [期刊论文]-[河北理工学院学报](#) 2003 (3)
39. 陈士海 [工程爆破中防灾减灾与防护工程研究的几个主要问题](#) [期刊论文]-[防灾减灾工程学报](#) 2003 (4)
40. 伍振志, 胡国祥, 邓宗伟 [爆破地震安全判据若干问题探讨](#) [期刊论文]-[安全与环境工程](#) 2003 (4)
41. 娄建武, 龙源, 方向, 周翔 [基于反应谱值分析的爆破震动破坏评估研究](#) [期刊论文]-[爆炸与冲击](#) 2003 (1)
42. 郭衍敬, 周凤 [深孔爆破振动对城市环境的危害及控制技术](#) [期刊论文]-[岩石力学与工程学报](#) 2002 (z2)
43. 刘红岩 [复杂环境下的路堑开挖爆破及其危害控制](#) [学位论文] 硕士 2002

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_bzycj200103011.aspx

授权使用: 武汉理工大学 (whlgdx), 授权号: 7ec64750-df44-4c1c-a877-9e6e00ed0fac

下载时间: 2011年1月17日