

# 爆破震动测试技术及控制措施

张金泉 魏海霞

(山东科技大学土建学院工程爆破研究所·青岛 266510)

**摘要:** 本文讲述了爆破地震波的特征, 及爆破地震强度的判定标准, 并给出了相应的计算公式。针对性地介绍了相关的爆破测试技术内容, 以及各种控制爆破振动的措施。

**关键词:** 地震波 爆破地震强度 爆破震动测试 减震

**中图分类号:** TD235.37 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-4051 (2006) 06-0065-03

## TESTING TECHNIQUE AND CONTROL MEASURES OF BLASTING VIBRATION

Zhang Jinquan Wei Haixia

(Engineering Blasting Institute, Civil Engineering Department,  
Shandong University of Science And Technology · Qingdao 266510)

**Abstract:** The characteristic of blasting seismic wave, the judgment standard of the blasting seismic intensity and its corresponding computing formula are discussed in this thesis. The related content about blasting testing technique and measures to control the blasting vibration are also concluded.

**Key words:** Seismic wave Blasting seismic intensity Testing technique of blasting vibration Damping of vibration

### 1 问题的提出

爆破作业引起大地震动, 波及建筑物基础, 影响建筑物安全, 并给人们带来不愉快的感觉, 成为被社会广泛关注的“公害”。几十年的爆波生产实践证明, 爆破地震是引起周围地面和地下建筑物、结构物发生破坏的主要原因之一。在许多情况下, 爆破规模的控制、爆破工艺的选择以及爆破方案能否实施, 均取决于对爆破地震效应及建筑物安全的论述和控制。因此, 它始终是爆破安全技术的主要研究课题之一。

由于炸药在建(构)筑物中爆炸时, 同时在周围介质中诱发了振动, 并通过大地向周围传播, 给附近建筑物带来破坏效应及影响。因此, 怎样正确地认识爆破地震强度及相关影响因素, 利用爆破测试技术, 对爆区附近被保护建筑物和正在运行的设备基础布点进行爆破振动测试, 并通过采取各种控制爆破振动的措施, 来控制一次爆破规模及危害, 以选择最佳爆破方案来保证建筑物和运行设备的安

全, 显得至关重要。

### 2 爆破地震波的特征及爆破地震强度的表示法

炸药爆炸后, 随着传播距离的增加, 应力波衰减为地震波。爆破地震波包括体积波和表面波。体积波由纵波(P波)、横波(S波)组成。纵波是由爆源向外传播的疏密波, 质点的振动方向与波的传播方向一致, 一般表现为周期短、振幅小; 横波是由爆源向外传播的剪切波, 一般表现为周期较长, 振幅较大; 体积波在传播途中, 遇到地表、岩层层理和节理时, 均会产生反射和折射。表面波是沿介质表面或分界面传播的波, 它又分为勒夫波(L波)和瑞利波(R波)。勒夫波的特征是质点仅在水平横向作剪切型振动, 它只有在半无限空间上至少覆有表面层时才出现; 瑞利波存在于径向和垂向构成的平面内, 即在完全介质中, 它没有横向分布, 瑞利波的质点在垂直面上沿椭圆轨迹作后退式运动。造成地震破坏的主要是表面波中的瑞利波, 这种波具有低频、高能、衰减慢等特点。

表示爆破地震破坏的强弱程度叫地震强度。地震强度一般用质点位移、速度和加速度来表示。在工程实际中, 多用质点运动速度, 有时也用振动加速度的幅值代表地震波强度。我国《爆破安全规

收稿日期: 2005-12-25

作者简介: 张金泉(1950-) 男 汉族 1977年毕业于山东科技大学 副教授 现任中国煤炭学会爆破专业委员会秘书长 从事教学与科研工作 已发表论文20余篇 获科研成果奖4项

程》规定，以地表质点振动速度作为破坏判据。目前，国内外一般采用质点垂直振动速度作为判定标准。

质点振动速度具有如下规律：

$$V = K \left( \frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^\alpha$$

式中  $V$ ——质点垂直振动，cm/s；

$Q$ ——同段起爆的最大药量，kg；

$R$ ——爆破中心至被保护对象或测点的距离，m；

$\alpha$ ——爆破地震波传递衰减指数；

$K$ ——爆破现场地质条件系数。

我国《爆破安全规程》规定的质点最大允许速度见表1所示。 $K$ 、 $\alpha$ 值参考表2选取，或由试验确定。

表1 质点最大允许速度 单位：cm/s

地质条件	质点速度	单位：cm/s
1	地窑洞，土坯房，毛石房屋	1.0
2	一般砖房，非抗震大型砌块建筑物	2~3
3	钢筋混凝土框架房屋	5
4	水工隧道	10
5	交通隧道	15
6	矿山巷道：	
	围岩不稳定，有良好支护	10
	围岩中等稳定，有良好支护	20
	围岩稳定，无支护	30

表2 爆区不同岩性的  $K$ 、 $\alpha$  值

岩性	$K$	$\alpha$
坚硬岩石	50~150	1.3~1.5
中硬岩石	150~250	1.5~1.8
软岩石	250~350	1.8~2.0

决定爆破地震强度的，首先是质点振动速度。从上述公式可以看出，人为控制的因素只有  $Q$  和  $K$ 。即可以通过降低一段起爆药量  $Q$ ，直接降低爆破地震强度；此外，可以通过减小爆破夹制等手段来降低  $K$  值，也可以减少爆破地震强度。 $\alpha$  随地质条件的改变而改变，也就是说，不同的地质条件对爆破地震波的衰减吸收能力不同。因此，在建筑物的位置选择上，成为一个可以利用的因素。

### 3 爆破测试技术的应用范畴

《爆破安全规程》第 8.2、8.3 条明文规定，“一般建筑物和构筑物的爆破地震安全性应满足安全震动速度的要求”，“在特殊建（构）筑物附近或爆破条件复杂地区进行爆破时，必须进行必要的爆破地震效应的监测和专门试验，以确保被保护物的安全性”。爆破地震效应的测试工作，已在工程中

广泛开展，测试系统和测试技术将成为爆破专业队伍的生存手段。当前，国内外测试技术的主要应用范畴是：

(1) 通过小型爆破试验进行测振，以了解爆破地震波的时程曲线特征，然后利用数模或经验公式，计算拟采用爆破方案的地震效应，预报爆破地震强度及评价建（构）筑物的安全，进而对爆破方案进行修改、限制和优化。

(2) 在扩建、改造工程中，对爆区附近建筑物和正在运行的设备基础进行地震监测，以控制一次爆破规模。在工期较小的爆破工程中，使某些特定位置的地震强度受到监控，以保证建筑物和运行设备的安全。

(3) 在实施爆破工程时，对特殊建（构）筑物、可能引起民事纠纷的地段或建筑物进行地震监测，为工程验收和可能发生的司法程序提供依据。

(4) 在建筑物上进行测振，研究建筑物对爆破地震的反应谱，为计算建筑物受力状态提供荷载条件。

### 4 爆破震动测试内容及方法

爆破震动测试主要用来

(1) 研究爆破过程中地震的衰减规律，地质构造及地形条件相对应的影响，地震波参数和爆破方式的关系。

(2) 研究建筑物、构筑物对于爆破震动的响应特征，这一响应特征和爆破方式、构筑物结构特点的关系。

在测试方法上，两者有相同或相似之处，但对振动的分析，对数据处理的要求方面则不全相同。

爆破震动测试内容包括：地表质点振动速度测试；质点振动位移测试；质点振动加速度测试；建筑物的反应谱测试；目前又发展了岩体介质反应谱测试，如岩体边坡爆破震动反应谱测试。但开展最普遍、工程上应用最多的仍是振动速度测试。

目前，在爆破震动测试中，采用最多的是电测方法。它利用敏感元件在磁场中的相对运动，产生与振动成一定比例关系的电信号，经过放大器和记录装置得到振动信号。按所测物理量的不同，传感器有位移计、速度计、加速度计。按传感器位移量的大小，可分为强震仪、中强震仪及弱震仪。

### 5 爆破振动的控制

在拆除爆破工程中，建筑物和高耸构筑物可以不考虑爆破振动，仅考虑建（构）筑物塌落时产生的地面振动。而对地下工程拆除爆破或大型地表面构筑物爆破，就必须考虑爆破振动。尤其是城镇市区内进行的土石方爆破。为了确保爆区周围人和物

的安全, 必须将爆破地震的危害, 严格地控制在允许范围之内。对此, 国内外都进行了大量的研究。目前, 控制爆破振动的方法主要有以下几种:

(1) 对土石爆破来讲, 采用适当的爆破类型。爆破地震的强度随爆破作用指数  $n$  值的增大而减小。实测得出,  $n=1.5$  的抛掷爆破与  $n=0.8$  的松动爆破相比, 振速可降低  $4\% \sim 22\%$ 。

(2) 采用能获得最大松动的爆破设计。松动条件良好的炮孔爆破, 即靠近自由面的炮孔爆破产生的振动较小。使用延发爆破技术开辟内部自由面, 以便爆破后产生的压缩波可以从这些自由面反射。通过正确设计延发起爆方案, 就能获得最大的松动, 一般在采用多排孔爆破方案时, 使其排间延发间隔时间, 大于排内的孔间延发间隔时间, 就能获得较大的松动。

(3) 选用低威力、低爆速的炸药。实践证明, 炸药的波阻抗  $\rho C$  不同, 爆破振动强度也不同。波阻抗越大, 爆破振动强度也越大, 且炸药的波阻抗越接近岩石的波阻抗, 其振动强度也越大。若能设法将 2 号岩石炸药的爆速从  $3200\text{m/s}$  降低到  $1800\text{m/s}$  时, 其地震效应就可降低  $40\% \sim 60\%$ 。

(4) 限制一次爆破时的最大用药量。由爆破振动计算公式可以看出, 振动与药量成正比, 因此, 控制用药量就可控制振动强度。

(5) 选用适当的单位炸药消耗量。过大的单位炸药消耗量, 会使爆破振动与空气冲击波都增大, 并引起岩石过度地移动或抛掷。相反, 过小的单位炸药消耗量, 也会由于延迟和减小从自由面反射回来的拉身波效应, 从而使爆破振动增大。最优的单位炸药消耗量, 必须通过现场爆破试验来确定与选用。

(6) 选择适当的装药结构。装药结构对爆破地震效应有明显的影响, 装药越分散, 地震效应越小。

(7) 精心设计, 精心施工。避免过大的孔网参数, 精确地进行炮孔定位, 把炮孔超深控制在良好的底板 (或台阶下部平台) 状态所要求的最小值。

(8) 采用微差爆破技术减震。微差爆破是以毫秒级的时间间隔分批起爆装药。大量的试验研究表明, 在总装药量和其它爆破条件相同的情况下, 微差爆破的振速比齐发爆破的振速可降低  $40\% \sim 60\%$ 。可以证明微差爆破降震率  $\delta$  为

$$\delta = \frac{V - V'}{V} 1 - n^{\frac{2}{3}}$$

式中  $V - V'$  —— 齐发爆破和微差爆破时的最大振动;

$n$  —— 齐发爆破总装药量与微差爆破量大段

药量之比。

(9) 应用预裂爆破或开挖减震沟。预裂爆破是在爆源和被保护物之间钻凿一排垂直地表的孔, 在主装药孔爆破之前, 先对该排孔装药施爆, 使之形成一个垂直于地面的裂隙面, 从而使地震波到达时发生反射, 以减少透射到被保护物的地震波能量。减震沟是在爆源与被保护物之间挖一条沟道或钻凿密集的单排或多排空孔, 使之起到反射地震波的作用, 一般可减震  $30\% \sim 50\%$ , 是减震的有效措施。

(10) 调整爆破工程传爆方向, 以改变与被保护物的方位关系。实践证明, 抛掷爆破时, 最小抵抗线方向的振动最小, 反向最大, 两侧居中; 而采用排成一排的群药包爆破时, 在药包中心的连线方向, 比在垂直于连线方向的振速可降低  $25\% \sim 45\%$ 。此外, 爆破振动在不同高程处振动强度也不一样, 低于爆源外的建筑物的抗震性能, 比高于爆源处的建筑物的抗震性能要好得多。因此, 充分利用爆破振动的这些特点, 通过改变爆源与被保护物的相对方位, 可适当控制被保护物处的振动大小。

(11) 充分利用地形地质条件, 如河流、深沟、渠道、断层等, 都有显著的隔震减震作用。除上述控制爆破振动的措施外, 还应注意不同建筑物的动力响应也不一样, 建筑物的结构形状对抗震性能影响较大, 一般低矮建筑物的抗震性能比高大、细长的高耸建筑物要好。

## 6 结束语

爆破方法和爆破参数影响爆破地震的振动强度, 岩土性质影响地震波的传播。应该利用爆破测试技术, 使某些特定位置的地震强度受到监控, 来控制爆破地震效应的危害, 以确保被保护物的安全性。环境条件和被保护对象, 决定爆破震动安全依据。因此, 爆破应根据实际情况, 充分调查环境条件和被保护情况, 分析爆破地震和防护对象的特点, 合理地进行爆破设计和施工, 并积极采取适当的防震技术措施。

### 参考文献

- [1] 商健, 林大泽. 拆除爆破与安全管理 [M]. 北京: 兵器工业出版社, 1993.
- [2] 刘殿中. 工程爆破实用手册 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1999.
- [3] 张志毅, 王中黔. 工程爆破研究与实践 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004.
- [4] 胡峰. 爆破量测技术研究 [D]. 泰安: 山东矿业学院建井研究室, 1982.
- [5] 张正宇. 中国爆破新技术 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004.

# 爆破震动测试技术及控制措施

作者: [张金泉](#), [魏海霞](#), Zhang Jinquan, Wei Haixia  
 作者单位: [山东科技大学土建学院工程爆破研究所·青岛, 266510](#)  
 刊名: [中国矿业](#) **ISTIC** **PKU**  
 英文刊名: [CHINA MINING MAGAZINE](#)  
 年, 卷(期): 2006, 15(6)  
 被引用次数: 1次

## 参考文献(5条)

1. 高健, 林大泽. [拆除爆破与安全管理](#) 1993
2. 刘殿中. [工程爆破实用手册](#) 1999
3. 张志毅, 王中黔. [工程爆破研究与实践](#) 2004
4. 胡峰. [爆破量测技术研究](#) 1982
5. 张正宇. [中国爆破新技术](#) 2004

## 相似文献(10条)

1. 期刊论文 [陈星明](#), [肖正学](#), [蒲传金](#). CHEN Xing-ming. XIAO Zheng-xue. PU Chuan-jin [自由面对爆破地震强度影响的试验研究 - 爆破](#) 2009, 26(4)

通过在1个、2个和3个自由面状态的爆破振动试验, 得出自由面个数的多少对爆破地震强度的影响规律. 根据试验测试结果及分析, 得出随着自由面数量的增加, 爆破地震波强度的衰减系数 $\alpha$ 有变小的趋势, 场地系数 $K$ 大幅度减小, 总体上爆破地震波强度降低很快.

2. 学位论文 [张丹](#) [爆源因素对爆破地震强度分布特征的影响研究](#) 2007

爆破地震可导致地质灾害, 破坏生态、影响人居环境, 而优化爆破参数是改善爆破地震强度分布特征, 避免被保护物遭到破坏重要举措. 随着爆破作业环境日益复杂, 控制爆破地震效应要求提高, 设计与施工所依据的理论不得不相应调整, 不但有其理论科学性, 而且应具有技术可操作性及经济比较优越性.

对爆源因素影响爆破振动速度分布特征与频率分布特征其实验研究现状与理论研究现状进行综述, 以及将分别由球形药包与条形药包、单药包与药包群爆破所产生的质点振动速度分布特征与频率分布特征已有研究进行比较分析, 指出与爆源因素影响质点振动速度分布特征和频率分布特征相关研究存在不足, 并对其评价与展望. 基于爆破地震实验建立的爆源因素与爆破地震质点振动特征实验关系缺少理论论证, 以及影响爆破地震强度分布特征爆源因素不够全面, 从控制药量、调整药包形状及其空间状态以及药包群空间分布形式及其与被保护物相互空间关系设计爆破参数, 使被保护物处于较弱的爆破震动区域, 却更能控制爆破地震效应等相关研究是必要的, 提出了爆源因素影响爆破地震强度分布特征研究课题.

对任何炸药(同种炸药密度相同, 超过极限直径), 无论药量多少, 其爆轰时均有其恒定的爆轰压力, 却质点振动速度及其频率与炸药量存在函数单调关系. 依据动量守恒, 以及能量、爆炸波应力在径向和时间域上衰减规律, 通过炸药爆炸激发的爆炸冲量, 爆炸波能量及其应力在传播过程中的力学行为分析, 研究爆炸冲击波与膨胀气体力学行为特征, 从理论上论证了爆破地震质点振动速度、频率和持续时间与炸药量和爆心距其函数单调性.

通过调整药包形状, 药包相对空间位置, 以改变爆破地震质点振动速度在地表方位分布与梯度分布, 依据岩石的粘滞性对爆破地震波传播的阻尼理论与波动学说, 辅之以数值分析, 研究单药包形状或者药包相对空间位置对爆破地震地表质点振动速度分布特征的影响, 获得了药包的形状, 爆源相对空间位置与爆破地震强度分布特征相互关系.

通过调整药包群空间阵形式、药包群阵展布态势、药包数, 以改变爆破质点振动速度分布特征, 依据在不同粘性传播介质中爆破地震其波动能流衰减规律和动载形成的应力波在均质岩石介质中衰减规律及其爆破地震破坏程度取决于振动强度等因素以及波动能流密度与质点振动速度呈正相关等相关理论, 研究药包群爆源因素对爆破振动速度分布特征的影响, 探讨药包群同时起爆其爆破地震其波动能流主导方向及其在同方向上振动强度与爆心距相互关系, 获得了药包群同时起爆地震强度分布特征, 建立了药包群包络面主法线方向与地震强度分布优势方向相干性.

基于动载作用下, 粘性介质应变滞后于应力, 并伴随着波动能量耗损, 探讨爆破地震强度对起爆段数收敛性的存在性; 由相同段数等间隔时间起爆所产生的爆破地震波叠成的综合波谱, 推导段数与爆破地震强度相干数学表达式, 以及影响爆破地震强度收敛段数因素分析, 论证了等分段等间隔时间爆破地震强度对起爆段数存在收敛性, 以及间隔时间对收敛段数的影响.

3. 期刊论文 [张丹](#), [段恒建](#), [曾福洪](#), ZHANG Dan, DUAN Heng-jian, ZENG Fu-hong [分段爆破地震强度的试验研究 - 爆破与冲击](#) 2006, 26(3)

在爆破实验中, 通过调整段数、分段炸药量、炸药总量、间隔时间、孔网参数、岩石波阻等爆破相关因素, 以改变各分段爆破地震波持续时间、段间爆破地震波重叠程度来研究爆破地震强度与爆破相关因素间的相互关系. 阐明了爆破地震波传播规律及其破坏行为特征, 以及各个爆破相关因素对爆破地震强度的影响程度. 获得了确定段数等爆破参数的规则, 从而为生产实践设计最佳爆破参数提供理论依据.

4. 期刊论文 [方向](#), [高振儒](#), [龙源](#), [毛志远](#), [刘维柱](#) [减震沟对爆破震动减震效果的实验研究 - 工程爆破](#) 2002, 8(4)

减震沟是降低爆破地震效应的一项重要技术措施. 结合工程项目实际, 进行减震沟的爆破实验, 对有无减震沟的爆破地震波进行了现场测试, 对测试数据进行计算, 研究减震沟对爆破震动作用的一般规律. 结果表明, 合理利用减震沟可明显降低爆破地震强度, 改变地震波频率结构, 分散能量, 有利于减震.

5. 期刊论文 [张涛](#), [郭学彬](#), [蒲传金](#), [白红杰](#), [肖正学](#), ZHANG Tao, GUO Xue-bin, PU Chuan-jin, BAI Hong-jie, XIAO Zheng-xue [边坡爆破振动高程效应的实验分析与研究 - 江西有色金属](#) 2006, 20(4)

经过对边坡爆破振动实验测试数据的分析和比较, 发现在距爆源一定范围内, 水平爆心距相等或很接近条件下, 爆源上方的质点振动速度大于爆源下方质点振动速度. 在高层和水平爆心距对质点振动速度的影响因素中, 高程影响因素的权重相对较大. 同时, 通过对测试数据回归分析发现, 地震波能量不仅随着高程的降低而减小, 而且还受到边坡地形的影响, 在变坡点处地震波发生绕射形成新的震源, 影响爆破地震强度.

6. 学位论文 [刘倩](#) [爆破地震波及结构动力响应研究](#) 2008

随着爆破技术的广泛应用, 爆破工程引起的爆破地震效应越来越受到国内外学者的关注, 相关研究已成为一个热点课题. 本文基于广州某隧道爆破

工程振动监测实测数据,分析了爆破地震波振动速度幅值衰减规律,讨论了爆破地震波的频谱特性及其影响因素,得到了主频衰减预测公式。在此基础上,研究了爆破地震波作用下不同类型结构的动力响应,比较了框架结构、框-剪结构、框-筒结构三种不同形式的高层结构在爆破地震波作用下动力响应的异同。通过本文的计算与分析,得到了以下初步结论:(1)爆破地震波频带较宽,主频相对稳定,因此可以用主频及主频域描述爆破地震波的频谱特性,此次爆破振动除个别奇异点外,主频域范围为34Hz~78Hz,主频主要集中在41Hz~73Hz之间。(2)爆破地震波主频随着测点距离的增加而降低,主频域往低频方向移动,且变窄;但是在爆破远区,距离对主频的影响不再明显。当炸药量增加时,同等距离测点的爆破地震强度增大,但地震主频率降低,主频域处于较低的频率范围。(3)利用传统的萨道夫斯基经验公式,对实测爆破地震波速度幅值进行了一元线性回归分析,得到了爆破振动速度幅值的衰减规律,但所得速度幅值衰减规律与现场实测值有较大差异。因此传统的萨道夫斯基经验公式有一定适用范围,在实际工程中应考虑实际条件。(4)结合现场实测数据,通过对实测振速波形的主频率进行回归分析,得到了现场爆破条件下L、V、T三个方向的主频率的预测公式,其公式与实测数据具有较好的线性相关性,而且所反映出的主频率的衰减规律和现场实测结果相吻合。(5)爆破地震波作用下的结构反应以水平振动为主。位移响应在结构顶层最大,随着楼层的降低,响应逐渐减小;速度响应和加速度响应沿楼层的分布在结构底层有较大突变,且最大值出现在结构底部区域。框架模型与框-筒模型的位移响应由自振频率控制,加速度响应由输入的爆破地震波主频控制,而速度响应受结构自身动力特性及爆破地震波激励两者的共同影响。

## 7. 期刊论文 [李廷春, 沙小虎, 邹强, LI Ting-chun, SHA Xiao-hu, ZOU Qiang](#) 爆破作用下高边坡的地震效应及控爆减振方法研究 - 爆破2005, 22(1)

岩质边坡在爆破开挖过程中的稳定问题是一个亟待解决的重要问题。从爆破地震效应分析入手,探讨了爆破地震强度的变化规律。通过对爆破荷载作用下不同岩土介质高边坡的动态响应和爆破震动对边坡的作用机理研究,探讨了爆破地震波在高差和坡度存在的岩石高边坡介质中的传播机理和高陡边坡控爆减震的基本原理。提出了爆破地震波的分离阻隔、分散装药减小震源能量、多段延时减小单响爆震、选用低密度低爆炸药及合理的装药结构等减振方法。在实际工程中综合应用以上方法,达到了理想的效果。

## 8. 期刊论文 [刘治峰, 张戈平, 王炳恒, LIU Zhi-feng, ZHANG Ge-ping, WANG Bing-heng](#) 深孔爆破振动测试分析与降振措施 - 爆破2010, 27(1)

西大洋水库石方开挖工程中采用了深孔爆破施工方案,因爆破距民房和水库大坝较近,为了确保安全、减少民扰及确定最大单响药量,降低爆破振动,研究影响爆破振动的因素,对该工程前期爆破进行了爆破振动监测。通过对实测数据的回归分析,得出了适用于该工程的爆破地震波传播经验公式,并分析了爆破振动产生的原因、爆破地震波的特征及传播规律和影响地震波传播的因素,为该工程预测生产爆破地震强度和采取降振、减振措施提供了理论依据,并提出了具体的降振措施。

## 9. 期刊论文 [周传波, 陈建平, ZHOU Chuan-bo, CHEN Jian-ping](#) 乌龙泉露天矿深孔爆破震动测试与分析 - 工程爆破2000, 6(4)

结合乌龙泉露天矿的生产实际,阐述了该矿深孔爆破震动的测试方法和测定结果。测定结果的分析表明,在当前的生产爆破规模下,爆破震动不会对主要建(构)筑物产生影响。通过测定数据的回归分析,得出了能描述该矿深孔爆破地震波衰减规律的表达式,为该矿预测生产爆破地震强度和采取降震、减震措施提供了理论依据。同时,对该矿的生产爆破提出了建设性意见。

## 10. 学位论文 [唐信来](#) 厦门机场高速路隧道爆破振动效应及其控制 2007

在矿山、建筑、水电、交通、人防等建设工程中需要使用爆破进行大量的土石方开挖,在实施爆破的过程中,会出现爆破振动危害。爆破振动能够引起建构筑物、地基、边坡、巷道或隧道破坏,并且会对人们的心理造成一定的伤害。鉴于此,本文对爆破振动机理及爆破振动效应控制进行深入研究。

在许多近接建筑物的隧道爆破施工中,除了由于隧道开挖引起应力重新分布而带来的静力影响外,在岩石中因为钻爆法施工而带来的振动效应也是必须要考虑的因素。本文结合厦门机场高速路万石山隧道出口近接顶司巷小区(龙舟公寓)部分房屋的减振爆破技术研究项目,对隧道近接施工的爆破振动效应及控制技术进行了研究。

本文阐述了岩石爆破破坏机理的理论,评价了它们的适用性,阐明了爆破地震波的产生机理、种类及特征。

结合实际工程中的岩石爆破开挖试验,实测爆破振动衰减规律,对实测爆破垂直向振动速度、水平向振动速度和频率进行了分析,不断地调整爆破设计参数,从而最终确定合适的爆破参数,保证新建隧道的施工进度和既有结构物的安全。本文最后对减振爆破控制技术进行了系统的阐述,结合工程的现场试验,利用干扰振动控制爆破技术进行研究与施工,取得了较为理想的科研成果,将爆破振动速度控制在1.5cm/s以内。事实证明采用干扰爆破的方法并配合现场综合降振措施,使用高精度雷管爆破,能有效控制爆破地震强度,同时在现场通过实验得出干扰爆破的最佳延期时间 $\Delta t$ 应不小于岩石振动周期T的二分之一,即 $\Delta t \geq T/2$ 。这些成果有望在今后类似的工程中得到应用和发展。

## 引证文献(1条)

### 1. [周生](#) 高应力区采矿爆破振动试验研究[期刊论文]-现代矿业 2009(12)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zgky200606020.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zgky200606020.aspx)

授权使用: 武汉理工大学(whlgdx), 授权号: 7db17c72-79c9-4106-82e3-9e6d00e9bde6

下载时间: 2011年1月16日