

爆破震动对露天矿边坡的影响及其防治

杜青, 马秋, 孙伟, 杨溢, 徐永仁²

(1. 昆明理工大学国土资源工程学院, 云南 昆明 650093;
2. 昆明钢铁集团公司, 云南 安宁 650304)

摘要: 爆破震动对露天矿边坡稳定性影响是一个极其明显和复杂的问题, 本论文结合对爆破震动的研究现状, 简单介绍了爆破震动对露天矿边坡的影响及其相应的防治措施。

关键词: 露天矿边坡; 爆破震动; 防治措施

中图分类号: TD235 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-0308 (2008) 06-0012-04

Effect of Blasting Vibration on a Open Pit Slope and Its Control

DU Qing, MA Qiu, SUN Wei, YANG Yi, XU Yong-ren

(Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology,
Kunming, Yunnan 650093, China)

ABSTRACT: The effect of blasting vibration on the stability of the open pit slope is an extremely obvious and complex problem. The effect of blasting vibration on the open pit slope and corresponding control measures were introduced briefly according to the current research situation on blasting vibration.

KEY WORDS: open pit slope; blasting vibration; control measures

1 概述

露天矿边坡是露天采矿活动所形成的, 影响露天矿边坡稳定性的因素很多。其中爆破震动是影响露天矿边坡破坏失稳的一个重要外部因素, 长期以来一直是工程技术人员研究的重要课题。

露天采场边坡稳定性受到各种因素的影响, 如边坡本身的岩性、结构面特征、岩石的内聚力、内摩擦角、岩石的抗压强度、这些是决定露天矿边坡稳定的内部条件。其次是露天矿的台阶高度、最终边坡角等, 爆破震动作为一种外加的动荷载对边坡稳定也有很大影响, 如爆源位置、一次起爆药量的大小、起爆方式等是边坡破坏失稳的一些重要外部因素。

在露天矿生产期间, 由于爆源位置、药量大小、起爆方式等变化, 可能导致露天采场边坡局部或整体破坏, 给矿山工程带来安全威胁。因此, 研究爆破震动对露天矿边坡稳定性的影响, 优化矿山生产过程的爆破参数, 提出露天采场边坡稳定性的治理方案和整治措施, 对露天矿的安全生产具有重要意义。除此以外, 研究爆破震动对其边坡稳定性的影响对提高爆破质量, 加快施工进度, 降低爆破和施工成本也有十分重要的作用。

2 边坡类型及稳定性概念

1) 边坡类型

由于影响其自然斜坡与边坡工程稳定性因素错综复杂, 从而相应地导致了边坡应力状态与变形破

收稿日期: 2008-09-04

作者简介: 杜青(1983-)女, 重庆人, 2006级硕士研究生, 研究方向: 安全技术及工程。

坏的复杂与差异。以时间、岩性与结构等基本因素为依据, 可划分为如下类型边坡:

①以保存时间划分: 可分为临时性边坡和永久性边坡;

②以岩质划分: 可分为土质边坡、岩质边坡和土岩组合边坡;

③以结构划分: 可分为块状结构边坡, 层状结构边坡, 其中层状结构边坡又可分为单层及多层。根据产状, 它们可分为水平层状、倾斜层状及陡倾斜层状。倾斜层状边坡又可划分为内倾及外倾; 碎裂结构边坡; 散体结构边坡;

④以介质特征划分: 可分为块裂介质、板裂介质、破裂介质和连续介质。

2) 对稳定性的要求

不同的工程边坡对边坡变形破坏程度要求不同, 永久性边坡与临时性边坡对稳定性要求也是不一样的, 对永久性的最终边坡的稳定性要求要高些。另外, 不同工程性质的边坡, 其稳定性的要求也是不一样的, 从而评价标准也就有所差异。根据实践, 对边坡稳定性的要求大体可分以下三种情况:

①不允许有超过工程允许变形量的边坡, 如各种土木工程边坡、高压管道边坡;

②在不妨碍工程效用的条件下允许有较大变形, 但不允许破坏的边坡, 如渠道边坡;

③不允许有滑动的边坡, 如矿山非工作帮边坡。

因此必须从各种不同工程的实际情况出发对边坡作出分析, 以保证其工程不受破坏。

3 爆破振动效应

随着爆破技术的广泛应用, 人们越来越关注爆破对周围环境和建筑物的影响, 特别对爆破振动引起的危害十分重视, 因此对爆破振动的研究一直是人们共同关注的重要课题。在理论、测试仪器、测试方法、分析方法及振动破坏标准等方面进行了广泛的研究。

众所周知, 爆破振动波是由装入地下的炸药包爆炸产生冲击波后, 通过岩土介质传播的弹性振动波, 它不但会造成岩石破裂, 还可能使岩体内节理、裂隙发生变形或位移。地震波理论属弹性动力学范畴^[1], 爆破地震波(如图1所示)分为3个部分, 有初至波, 其振幅小频率高; 主震相, 特点是振幅大, 频率比初至波低, 是造成地震的主要部

分; 尾震段, 也就是衰减波, 无论是振幅还是频率都较低^[2]。

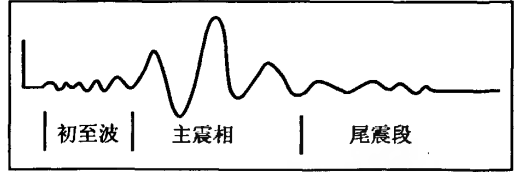


图1 爆破地震波形图

Fig. 1 Oscillogram of blasting vibration

在爆破振动波形的分析上已有了多种方法, 如傅里叶分析法、反应谱理论、数值模拟法、经验法、小波分析等。

爆破振动强度通常用介质质点的运动物理量来描述, 包括质点位移(u)、速度(v)和加速度(a)。根据 U. 兰格福斯等许多爆破专家的研究^[3], 认为用爆破振动峰值速度描述振动强度具有较好的代表性, 爆破振动速度是估计介质承受振动破坏等级的最好标准, 它和岩体稳定性有较统一的对应关系。而加速度和位移的安全临界值变化范围更大。随着对地震波的深入研究, 特别对爆破地震频谱特性的认识, 描述振动波特性的另外两个物理量, 即振动频率 f (或周期 T) 和振动时间 (t), 在振动分析中越来越受重视。

爆破振动是由地下炸药爆炸引起, 而从爆源开始分析, 能影响爆破振动强度的因素有: 炸药量(Q)、爆心距(R)、岩土性质及场地条件等, 虽然各处爆破条件不相同, 实践总结出的经验公式^[4]:

$$A = KQ^n R^n \dots\dots\dots (1)$$

式中: A—爆破振动强度的物理量(振动速度或加速度);

Q—炸药量, kg;

R—测点到爆源中心距离, m;

K, m, n—反映不同爆破方式、地质、场地条件的系数和指数。

对爆破地震波在各种介质中的传播特征及规律, 目前主要通过实验和现场测试进行研究。通过对实测数据进行归整和合理剔除后, 采用各种理论方法对幅值、时域和频率进行分析处理数据, 从而得到地震波在介质中传播的特性和基本规律。

4 爆破振动效应对边坡的危害

露天矿边坡的稳定主要受到开挖山体的岩性,

岩石结构及构造、节理裂隙发育程度,矿、岩的物理力学性质等工程地质条件及岩石的自然安息角(内摩擦角)等影响^[5]边坡的稳定应该考虑其影响因素及边坡的服务年限。同时,大部分露天矿开采强度都相当大,爆破作业频繁,爆破地震波对边坡的稳定性影响也很大,所以爆破地震对边坡的危害,可从爆破应力波作用和震动载荷作用并结合其震动的响应特征进行分析:

1) 边坡岩体内的断层、节理裂隙等软弱结构面的存在,弱化了边坡岩体的强度。在爆破产生的应力波的反复拉伸、压缩作用下使得距炮孔中心100~150 m范围内的边坡岩体产生爆破松动带,导致岩体强度进一步降低。当具有一定强度的爆破地震波通过软弱结构面时,由于地震波在结构面处的反射增强作用,很可能导致该结构面出现相对位移,产生扩张,从而首先在该薄弱处破坏。

2) 由于露天矿采场不断下降,暴露的边坡面积不断扩大,到了雨季,雨水渗入边坡岩体中,由于雨水作用,岩石的强度指标下降,加上岩体自身的构造(如断层,节理等)原因,在生产爆破过程中,爆破地震波通过软弱面时,会施加一个动荷载给这些软弱面,且达到一定强度时,就造成边坡的破坏。

3) 边坡岩体内存在许多随机分布的细微裂缝,并且这些裂纹是张开的,在爆破震动荷载的作用瞬间,微裂纹尖端附近发生较大的集中应力,当拉应力达到岩石(体)的破坏强度时,裂纹尖端发生开裂,形成微裂隙。在一般情况下,地震动载荷作用的瞬时性,微裂隙在岩体的自重下压合。

4) 在边坡岩体中,由于组成介质的松散和结构面的存在,在爆破地震波传播时吸收了大部分的能量,引起自震动,松散介质与结构弱面在保证未受宏观破坏的限度下相对弱化,比初始状态有一定的松动。边坡岩体在遭受爆破震动时受到由地基传来的动荷载并引起振动,由于边坡岩体的非均质、非连续且振动的不均匀性,使得边坡岩体内部结构体产生一定的相对位移,较初始状态产生了一定的危害性。

在这里主要分析的是生产中爆破震动对边坡稳定性的危害作用(在节理,裂隙发育及破碎带较多的地区尤为突出)。爆破震动对边坡的稳定性的影响还应考虑相关联的两个方面:一是由于爆破震动荷载的反复作用,导致岩体的结构面抗剪强度指标(包括结构面间的粘结力和内摩擦角)的降低;

另一方面是爆破震动本身引起的地震惯性力可能导致坡体的整体下滑力加大,该惯性力沿滑动面的切向分量达到一定量级后会导致整个坡体的动力失稳。按照爆源与坡体的相对位置,爆破震动对边坡的动力稳定影响分两种不同的情况^[6]:

1) 爆源在所分析的边坡体上,爆炸荷载近似作为内力施加于边坡体上,这时,在爆源近区,由于应力波的作用,坡面上的岩石往往会发生局部崩落和掉块。但岩体内爆炸应力波的衰减很快,其对岩体的直接破坏作用往往限于离爆源一定范围内,不会对边坡的整体稳定性构成威胁。

2) 爆源在边坡体外,此时在爆破远区,虽然震动的幅值已有很大的降低,但其震动主频也远比近区低。并且爆破震动对坡体破坏起主导性作用的是面波,该波衰减比体波慢,影响范围广,当地震波引起的地震惯性力达到一定强度时有可能导致边坡的动力失稳。

另外露天矿生产爆破是一个反复持久的过程,爆破产生的动载冲击作用日积月累,使各种破坏效应得到不断的加强和延续,产生近似材料的蠕变或岩石内部的损伤积累,当其超过边坡稳定的临界值时,就会发生边坡的失稳。

5 减震技术在爆破振动中的应用

矿山爆破,无论是地下矿山的中深孔爆破,还是露天大爆破,必须重视爆破振动的危害。特别是在距村庄民房或固定的建(构)筑物较近的区域爆破,为确保安全,避免引起民事纠纷,必须把爆破振动的危害控制在允许的范围之内。为了降低爆破地震效应,近年来,国内外对减震爆破技术进行了长期探讨和研究,并在国内外各个爆破领域内已有了广泛的应用。

降低爆破地震效应的主要措施:

1) 确定合理的炮孔超深 h_c 值

炮孔超深 h_c 是露天矿台阶深孔爆破中一个极重要的参数,是指钻孔超出台阶底盘标高的那一段孔深。可根据经验公式:

$$h_c = (0.15 \sim 0.35) W_{底} \dots\dots\dots (2)$$

式中: h_c —为超深, m;

$W_{底}$ —为底盘抵抗线, m。

当岩石松软时取小值,岩石坚硬时取大值。超深的作用是用来克服台阶底盘岩石的夹制作用,使爆破后不留根底,而形成平整的底部平盘。超深过大时,将造成钻孔和炸药的浪费,增大对下一个平

盘的破坏,给下次钻孔造成困难,并且会增大爆破地震波的强度;超深不足将产生根底或抬高底部平盘的标高,而影响装运工作。

2) 合理选择网孔参数

根据爆破机理的微分原理^[6],为达到安全、合理的目的,使炸药均匀地分布在被爆岩体中,防止能量过于集中,达到减小爆破振动强度之目的。这就要求爆破设计中选取比较合理的孔网参数:

- ①炮孔密集系数要尽量大于1;
- ②采用大孔距小排距爆破新技术;
- ③减少炮孔超深;
- ④中、深孔孔口堵塞长度要合理,防止孔口药量集中;
- ⑤采用孔内间隔装药。

3) 改变装药结构

在钻孔爆破中采用不藕合装药比藕合装药有明显的降低爆破地震效应的作用^[7]。在保证填塞长度和质量要求的前提下,采用分散装药比集中装药可降低爆破地震效应。随着不藕合系数的增大,药孔周壁上的切向最大应力急剧下降,作用时间延长,使得爆炸能以应力波形式传播能量的部分减少,而以准静态压力传播能量的部分增多。在岩石中有利于形成应力叠加、应力集中以及拉伸裂隙,而不易形成粉碎。由于药包产生的爆炸作用经过空气间隙的缓冲,在相同装药量下,不藕合装药爆炸产生的地震动强度比藕合装药的要小。但这种减震方法的缺点是钻孔多、装药少,大大增加了工程的成本,因此该装药形式在预裂和光面爆破中较多采用,而在实际的开挖工程实践中采用不多。

4) 采用延时爆破技术减震

延时起爆是将总药量,分组以毫秒级的时间间隔进行顺序爆破,这符合爆破机理的微分原理,对减弱爆破地震效应有很大作用。大量的试验研究表明^[8],在总装药量及其它条件相同的情况下,延时起爆的振动强度比齐发爆破降低30%~60%,降低程度视间隔时间、延发段数、爆破类型和爆破条件的不同而有差异。其降震率计算公式为:

$$\delta = (v - v_1) / v = 1 - \eta^{1/5} \dots \dots (3)$$

式中: δ —降震率,%;

v —齐发爆破质点振动速度,cm/s;

v_1 —延时爆破质点振动速度,cm/s;

η —齐发爆破总装药量与延时爆破最大一段装药量之比。

确定延时时间的原则有以下三点:

①使前后起爆的炸药量产生的地震波主震相不重叠;

②选取延时时间应使前后起爆的炸药量产生的地震波互相干扰;

③使排间延发时间大于排内延发时间。

5) 控制传爆方向

控制传爆方向进行减震是指在爆破中将传爆的方向背向被保护的目标,以达到减震的目的^[9]。距被保护的目标近的装药点先起爆,距被保护的目标远的装药点后起爆,这样后爆装药产生的地震波将在已被破碎的岩石介质中传播。被破碎的岩石中有很多裂隙,整体性很差,一定程度上阻碍了应力波的传播,使目标所受的破坏得到减轻。反之,地震波不断得到叠加,将加重对被保护目标的破坏。

调整爆破传爆方向,爆破施工中,尤其是露天爆破施工中,爆源与被保护对象的相对方位不同,其振动影响也不同。实践表明,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。成排的群药包爆破时,在药包中心连线方向比在垂直于连线方向的振动速度可降低25%~45%。

6 结 语

在生产实践过程中要想控制好爆破震动,对边坡稳定性的影响,必须充分考虑矿山地质条件、矿岩结构和构造以及物理力学性质等各种因素,结合矿山实际采用各种减震技术。以保证露天采场边坡稳定,保护环境,防止自然灾害,保证安全生产。

参考文献:

- [1] 杨军. 岩石爆破理论模型及数值计算 [M]. 北京: 科学出版社, 1999. 4.
- [2] 曾勇. 论爆破减震技术在露天矿的应用 [J]. 矿业快报, 2003, (6): 39-41.
- [3] 孟吉复, 惠鸿斌. 爆破震动测试技术 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1992.
- [4] 蔡路军, 马建军, 等. 高陡边坡控爆减震技术的探讨 [J]. 爆破, 2001, (11): 94-95.
- [5] 贾永胜. 复杂环境下高陡边坡基坑爆破震动 [C]. 爆破论文集, 1996.
- [6] 熊代余, 顾毅成. 岩石爆破理论与技术新进展 [M]. 北京: 冶金出版社, 2002.
- [7] 林学圣. 控制爆破 [M]. 北京: 解放军出版社, 1982.
- [8] 王学峰. 矿山延时爆破技术问题的探讨 [C]. 工程爆破论文集 (4), 1990.
- [9] 胡韦贤. 地震工程学 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1992.

爆破震动对露天矿边坡的影响及其防治

作者: [杜青](#), [马秋](#), [孙伟](#), [杨溢](#), [徐永仁](#), [DU Qing](#), [MA Qiu](#), [SUN Wei](#), [YANG Yi](#), [XU Yong-ren](#)

作者单位: [杜青, 马秋, 孙伟, 杨溢, DU Qing, MA Qiu, SUN Wei, YANG Yi \(昆明理工大学国土资源工程学院, 云南, 昆明, 650093\)](#), [徐永仁, XU Yong-ren \(昆明钢铁集团公司, 云南, 安宁, 650304\)](#)

刊名: [云南冶金](#) **ISTIC**

英文刊名: [YUNNAN METALLURGY](#)

年, 卷(期): 2008, 37(6)

被引用次数: 1次

参考文献(9条)

1. [杨军](#) [岩石爆破理论模型及数值计算](#) 1999
2. [曾勇](#) [论爆破减震技术在露天矿的应用](#) [期刊论文]-[矿业快报](#) 2003(06)
3. [孟吉复](#), [惠鸿斌](#) [爆破震动测试技术](#) 1992
4. [蔡路军](#), [马建军](#) [高陡边坡控爆减震技术的探讨](#) 2001(11)
5. [贾永胜](#) [复杂环境下高陡边坡基坑爆破震动](#) 1996
6. [熊代余](#), [顾毅成](#) [岩石爆破理论与技术新进展](#) 2002
7. [林学圣](#) [控制爆破](#) 1982
8. [王学峰](#) [矿山延时爆破技术问题的探讨](#) 1990
9. [胡韦贤](#) [地震工程学](#) 1992

相似文献(10条)

1. 学位论文 [周洪文](#) [爆破震动对露天矿边坡影响的模糊测度研究](#) 2004

该文运用模糊测度理论,研究爆破震动对铜绿山北露天矿边坡稳定性的影响,针对实际边坡问题,建立了具有普遍意义模糊测度理论分析模型.为分析和研究露天矿边坡工程问题提供了新的方法和途径.边坡稳定问题受多种内在因素影响,如地质构造、岩体强度、节理裂隙发育状况、岩石的内聚力(C)、内摩擦角(ϕ)、地下水等,这些客观因素过去一般用某些定量参数指标来反映其大小,但实际上这些参数指标的量值往往难以精确确定,本身具有模糊性的特点.该文运用模糊测度理论和方法对影响边坡稳定的模糊参数进行系统研究,建立了影响边坡稳定性主要因素的特征函数表达式.爆破地震效应对露天矿边坡稳定性影响是一个极其明显和复杂的问题.它受到与爆破有关的各种因素的影响,如爆源的位置、一次起爆药量的大小、起爆方式等.爆破震动作为边坡破坏失稳的一个重要外部因素长期以来一直是工程技术人员研究的重要课题,但是长期以来,无论是边坡本身的内在因素和还是爆破震动的外在因素,人们一直沿用定值的方法进行研究,并在定值的安全系数下判定边坡的稳定性.但实际上,无论是影响边坡稳定的内在因素和还是爆破震动的外在因素往往都难以用精确的定值确定,其本身具有模糊性.访文运用模糊测度理论,建立了爆破震动对露天矿边坡稳定性影响的隶属函数.根据特征函数和隶属函数建立了边坡稳定性分析的模糊测度模型,求出了边坡失稳模糊测度(即失稳概率),较好地反映了边坡稳定的客观实际.

2. 期刊论文 [李文秀](#), [LI Wen-xiu](#) [模糊测度模型用于爆破震动影响下山区露天矿边坡变形分析](#) -[模糊系统与数学](#) 2008, 22(5)

根据生产爆破震动对山区山坡露天矿高陡边坡稳定性影响的工程实际,本文采用非确定性方法,将爆破震动引起露天矿边坡岩体移动变形这一现象视为一模糊事件,建立了生产爆破震动影响下山区山坡露天矿边坡岩体移动变形的Fuzzy测度理论模型.并利用该模型对我国某露天矿边坡岩体移动变形及其稳定性进行了具体的分析预测,所获理论结果符合工程实际.

3. 会议论文 [李文秀](#), [侯晓兵](#), [杨少冲](#), [郭玉贵](#), [王晶](#), [戴兰芳](#) [爆破震动影响下山区露天边坡变形分析](#) 2006

本文根据生产爆破震动对山区山坡露天矿高陡边坡稳定性影响的工程实际,采用非确定性方法,将爆破震动引起露天矿边坡岩体移动变形这一现象视为一模糊事件,建立了生产爆破震动影响下山区山坡露天矿边坡岩体移动变形的Fuzzy测度理论模型.并利用该模型对我国某露天矿边坡岩体移动变形及其稳定性进行了具体的分析预测,所获理论结果符合工程实际.

4. 期刊论文 [李富田](#), [王宜军](#), [王忠义](#), [LI Fu-tian](#), [WANG Yi-jun](#), [WANG Zhong-yi](#) [白云铁矿采场靠帮边坡预裂爆破试验及研究](#) -[包钢科技](#) 2010, 36(3)

通过小孔径预裂爆破试验及与正常生产靠帮预裂爆破对比分析,研究线装药密度、孔径、孔间距等参数对预裂爆破的影响及其彼此间的相互关系,找出适合白云铁矿靠帮边坡的爆破方式及合理参数.

5. 期刊论文 [李祥龙](#), [庙延钢](#), [杨溢](#), [张智宇](#), [王国华](#), [LI Xiang-long](#), [MIAO Yan-gang](#), [YANG Yi](#), [ZHANG Zhi-yu](#), [WANG Guo-hua](#) [爆破震动对边坡稳定性影响分析](#) -[爆破](#) 2006, 23(4)

采用GEO-SLOPE分析软件的SLOPE/W程序和QUAKE/W程序,结合露天矿边坡爆破震动实测数据,对边坡稳定性进行计算.以计算结果为参照来分析、评价爆破震动对边坡稳定性的影响.计算并分析爆破震动对边坡位移、加速度和稳定性系数的影响.

6. 期刊论文 [战玉宝](#), [尤春安](#), [王金辉](#), [Zhan Yubao](#), [You Chunan](#), [Wang Jinhui](#) [露天矿矿区民房开裂原因分析](#) -[中国矿业](#) 2006, 15(10)

从露天矿边坡的稳定性、爆破震动以及地表不均匀沉降等方面,分析了民房开裂的成因.分析表明,边坡整体稳定性状态良好,不可能出现整体性的滑坡现象;生产时所产生的爆破震动速度在允许范围之内,也不会对该区域的民宅造成危害;民房地基为第四系表土,地层的可压缩性有较大的差异,地基的不

均匀沉降是民宅产生裂缝的主要原因。

7. 学位论文 [裴来政 爆破震动对金堆城露天矿高边坡稳定性影响研究](#) 2005

研究爆破震动对边坡稳定性的影响,并提出切实可行的防震措施具有十分重要的意义。本文以金堆城露天矿高边坡为研究对象,分析了生产爆破对金堆城露天矿高边坡稳定性的影响,主要研究成果如下:通过现场爆破震动测试,得出金堆城露天矿爆破震动沿四个边坡的衰减规律(萨氏公式)。对测试数据进行统计分析,得出金城露天矿爆破质点震动速度、震动主频、震动持续时间的特点。利用二元线性回归原理分析了露天矿爆破震动沿高边坡的放大效应,并与一元线性回归结果作了比较。用极限平衡中的Sarma法对金堆城露天矿边坡稳定性计算,采用WRM-3型钻孔多点位移计对金堆城露天矿边坡岩体内部位移进行监测。针对金堆城目前的开采现状,对其爆破参数及方式提出了一些改进措施。通过爆破震动对金堆城露天矿边坡影响分析,并结合金堆城目前开采实际情况,提出了靠帮时采用预裂爆破和光面爆破,以及在全矿推广逐孔起爆技术等行之有效的措施。

8. 会议论文 [李任斌 爆破震动对边坡稳定性的影响分析](#) 2006

露天矿边坡是露天采矿活动形成的,同时又是矿山工程活动的对象,受矿山工程活动的影响,因此影响露天矿边坡稳定性的因素很多。爆破震动是影响露天矿边坡稳定的重要因素之一,本文通过对南芬露天矿爆破震动的实测数据分析计算露天矿靠帮爆破震动对边坡影响及靠帮爆破最大安全感药量。

9. 学位论文 [任高峰 基于位移反分析法的深凹边坡形状力学优化研究](#) 2005

本文以《金堆城凹陷露天矿边坡形状力学优化研究》项目为依托,对深凹露天矿边坡的空间受力状态进行了分析,对边坡形状进行了优化研究。通过对小北露天坑现场边坡岩体节理裂隙产状的统计分析,初步确定了露天采场构造应力的方向;通过对边坡岩体内部位移监测找出了边坡内部岩体的变形规律;通过对边坡内部岩体声波测试研究探讨了边坡松弛层范围;通过有限元位移反分析研究确定了露天采场构造应力的方向;利用弹性力学方法分析了采场平面形状与水平构造应力之间的关系。在现场试验及室内计算研究的基础上,采用三维有限元数值模拟软件ANSYS 8.1建立了小北露天采场的有限元模型,计算并分析了边坡岩体的应力状态;通过ANSYS 8.1软件的优化模块进行了边坡力学形状优化研究,获得了适合于小北露天矿深凹开采的最佳采场方位及最优边坡形状。本文还对小北露天采场的生产爆破震动测试数据进行了分析,找出了爆破震动沿各帮边坡岩体的传播与衰减规律。利用同济大学启明星软件SLOPE 1.0完成了各帮边坡分别在自然状态下以及爆破荷载作用下的稳定性分析,为露天矿现场生产爆破提供了指导。

10. 期刊论文 [朱青山, Zhu Qingshan 爆破震动下露天矿台阶边坡稳定性能量分析法 -金属矿山](#)2005(9)

从能量守恒的原理出发,建立节理裂隙滑动的模型,通过判定节理允许的质点峰值振动速度来确定露天矿边坡上潜在滑体在爆破震动下是否稳定及位移情况,应用表明,能量法是一种简易的岩石边坡受爆破震动时稳定性评价方法。

引证文献(1条)

1. [郭忠林 2008年云南采矿年评](#)[期刊论文]-[云南冶金](#) 2009(2)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_ynyj200806003.aspx

授权使用: 武汉理工大学(whlgdx), 授权号: fcf74c4a-284f-4e0f-8cac-9e6d00e9ade7

下载时间: 2011年1月16日