

声发射技术在某露天矿边坡稳定性监测中的运用

杨远清 侯克鹏

(昆明理工大学)

摘要:阐述了岩体声发射监测的基本原理、监测仪器与技术,及其在云南某露天矿边坡稳定性研究中的应用情况。认为岩体声发射监测是研究边坡稳定性的一种有效手段,应用声发射技术监测预报岩质边坡的稳定性是可行的。

关键词:声发射技术;露天矿;边坡稳定性;监测预报

中图分类号:TD76 **文献标识码:**B **文章编号:**1009-5683(2008)11-0102-03

1 引言

云南某矿东采区露天采场为一单面山坡型露天采场,采场边坡底板为梅树村组第一段(ϵ, m^1)含磷白云岩,层面已揭露的最高标高为2 213m,揭露标高随山形向东、西两侧逐渐降低。由于种种历史原因,现采场边坡上未按有关设计和安全规定设置安全平台和清扫平台,以致边坡形成了一个自2213~2035m的高陡边坡,垂直高度达178m,边坡角在 $42^\circ \sim 50^\circ$,平均为 46° 。底板岩层面由于雨水冲刷和风化作用,局部地段表层已风化成泥状,且顺层脱落,其下层岩完整性较好;东采区断层对边坡的稳定性不起控制作用,无平面活动的可能。组成边坡的主要岩体为梅树村组白云岩,呈层状结构,岩体的破坏可能呈层状复合型破坏。对于松散、破碎地段岩层,存在弧形滑动特征。在近几年的开采过程中,高陡边坡越来越危急到该矿山的正常采剥工作,其191m的边坡高度已成为该公司以及该地区的重大危险源。特别是最近在边坡检测过程中,工作人员发现该矿顶部已经开裂,在最开始发现的两条断开裂缝中,一条从边坡顶西侧向边坡顶中部延伸,长度约173.5m,裂缝宽度从17~50cm不等,裂缝可见深度达4m以上;另一条出现在5号观测条上方排水沟处,长度约22.5m,裂缝平均宽度15cm;在后来的进一步清理过程中,发现两条裂缝顶部相通,东西贯穿已形成200多米的圆弧形,如果发生下滑,将严重影响到该矿东采区一号采场采剥作业的人生及设备安全。本文主要阐述声发射技术在该露天矿山边坡稳定性监测中的运用研究。

2 岩体声发射技术

杨元清(1981-),江西吉安人,在读研究生,650093 云南省昆明市。

2.1 岩体声发射监测原理

岩质边坡在失稳破坏之前都会出现声发射现象,通过仪器监测声发射现象,就可以判定边坡的失稳状态及其位置,对边坡的失稳状态做出预报。所谓声发射(Acoustic Emission,简称AE),是指材料或结构在受力变形或破坏过程中以弹性波的形式释放其应变能的现象。岩体声发射技术是根据岩体在外荷载作用下发生变形、破坏的同时发出的应力波来判断内部损伤程度的一种动态无损检测方法,不仅能对材料内部缺陷进行检测,而且还能反映材料内部缺陷形成、发展和失稳破坏的整个动态过程,因而在实际工程中受到广泛应用。声发射监测技术的基本原理是利用耦合在材料表面上的压电陶瓷探头将材料内声发射源产生的弹性波转变为电信号,然后用电子设备将电信号进行放大和处理,使之特性化,并予以显示和记录,从而获得材料内声发射源的特性参数。通过分析检验过程中声发射仪器所得的各种参数,即可知道材料内部的缺陷情况。如果用多通道声发射检测系统,还可以确定声发射源即缺陷的具体部位。

2.2 监测仪器及表征参数

声发射技术所采用的监测系统一般可分为两类:一种是便携式声发射监测系统,这类仪器采用不定期流动监测方法,选取合适的地点,根据声发射参数随时间的变化情况来判断岩石破坏趋势,做出预测和预报;另一种是设立多通道的、固定的微震(声发射)监测系统,该类型仪器通过在监测区内布置多组声发射探头进行连续监测,并实时采集微震数据,利用声发射信号到达各探头的时差和波速关系并经过预置软件处理后就即可确定破裂发生位置,同时三维空间显示出来,和传统监测手段相比,微震

定位监测具有远距离、动态、三维、实时监测的特点,同时还可以根据震源情况确定破裂尺度和性质,从而评价、预测岩体的破坏位置,及时掌握地压发展动态规律,以便于矿山制定安全生产规划,进行预测预报。声发射与微震现象表征岩体稳定性的机理很复杂,岩体声发射与微震监测技术通过对信号波形的分析,获取其内含信息,以帮助人们对岩体稳定性做出恰当的判断和预测。针对这类信号特征,一般主要记录与分析下列具有统计性质的量。

(1)事件率(频度),指单位时间内声发射与微震事件数,单位为次/min,是用声发射或微震评价岩体状态时最常用的参数。

(2)振幅分布,指单位时间内声发射与微震事件振幅分布情况,振幅分布又称幅度分布,被认为是可以更多地反映声发射与微震源信息的一种处理方法。

(3)能率,指单位时间内声发射能量的相对累积,是岩体破裂及尺寸变化的重要标志,综合概括了事件频度、事件振幅及振时变化的总趋势。

(4)事件变化率和能率变化,反映了岩体状态的变化速度。

(5)频率分布。

2.3 岩体声发射技术特点

岩体声发射是伴随岩体受力破坏过程产生的一种自然现象,与岩体的破坏密切相关。大量实验及实际工程表明,岩体声发射现象可以为岩质工程稳定性评价及危险状态预报提供有效信息通过对声发射各种特性的分析可以看出,岩体声发射检测技术有下述特点。

(1)岩体声发射是由声发射源通过介质向四周传播的,通过对岩体声发射信号的监测,可以实现对发射源即破坏点的定位。

(2)岩体声发射现象与岩体受力破坏过程相关,可以掌握岩体破坏运动的整个过程,是一种动态实时监测,其监测结果也是直观的,可靠度比较大。

(3)监测的范围比较大,通常一个监测点可以监控一定范围内的岩体的受力破坏情况。在大面积的监测工程中应用比较便利,并且实际操作简单。

由于声发射技术存在上述特点,决定其在岩体工程中能够得到广泛应用。

3 现场监测

3.1 监测仪器及监测技术

该矿于2006年11月引进中钢集团武汉安全环保研究院研制的YSD岩体声发射实时监测仪,该监

测仪由计算机控制,八通道实时监测,可实现连续或分时间段自动监测,信号传输距离可达2000m。以图表方式输出声发射大事件、总事件和能量3个参数。这套仪器包括4个部分:探头、声发射监测仪、采集与处理系统、终端输出。其整机的主要技术性能见图1。

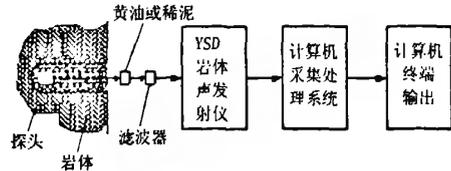


图1 岩体声发射自动监测及处理系统示意图

这套仪器由于实现了微机化,因而在监测参数(包括测量时间、延时等)设定后,可对检测信息进行自动采集和记录,并可现场打印数据、绘制图表。监测参数可根据仪器(主机、微机)能连续工作时间的长短(取决于供电方式)及微机内存的大小综合设定。为了减少外界杂音及生产噪音的影响,本次监测中采取了如下措施:①探头与水平钻孔孔底之间,采用黄油或稀泥作耦合剂,使探头与孔壁耦合,孔口段用稀泥封闭;②选在每天的同一时间进行监测,并尽量避开边坡内施工放炮作业时间。

3.2 监测点布置

由于边坡规模较大,而声发射监控范围又很有限。为此,根据地质调查与分析,监测点选在边坡中下部拉裂带附近,先后布置了8个岩体声发射监测点(见图2)。

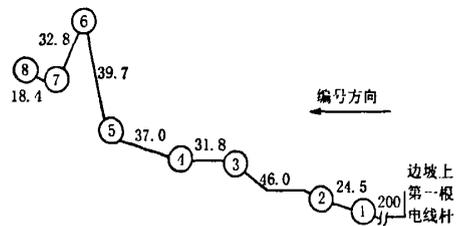


图2 边坡声发射监测点示意图

3.3 监测结果分析

第1监测点自2006年12月1日~2007年2月2日,历时64d;第二监测点自2006年12月1日~2007年1月30日,历时60d;第三监测点自2006年11月28日~2007年2月9日,历时72d;第四监测点自2006年12月1日~2007年3月2日,历时92d;第五监测点自2006年11月28日~2007年1月31日,历时64d;第六监测点自2006年12月1日~2007年3月7日,历时98d;第七监测点自2006年12月1日~30日,历时30d;第八监测点自2006

年 12 月 1 日~2007 年 2 月 30 日,历时 90d。数据整理得到 8 个监测点大事件频度-时间曲线见图 3,图 4。

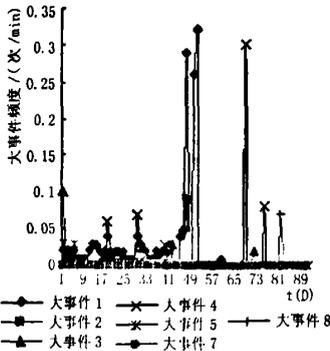


图 3 1~5、7~8 号监测点处大事件频度-时间曲线

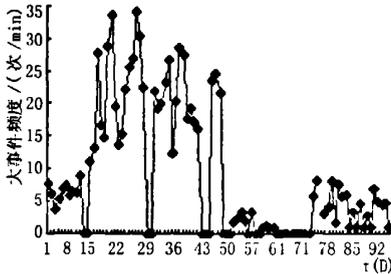


图 4 6 号监测点处大事件频度-时间曲线

根据程慧高(1990)在总结地下采矿工程中岩体声发射监测结果的基础上,所建议的中硬岩石条件下岩体稳定状态划分方案(见表 1)。

表 1 岩体稳定状态划分

大事件频度 N_m / (次/min)	岩体稳定状态划分
一般没有	岩体没有大的破坏活动,可以认为是稳定的
一般 <3	岩体受力较大,开始产生破裂。若此情况持续时间较长,会出现较大的破坏,可以认为岩体处于破坏加速阶段
一般 >4	岩体破裂加速,岩音较大,局部破坏。若持续时间较长,岩体处于严重破坏阶段

另外,李典文在预报矿山冒顶时采用每分钟事件数在 20~30 次作为判据;Chichibu 等人在日本监测自然边坡时发现,发生显著位移前 2 个月内有数次声发射峰值,平均声发射率每分钟达 26~39 次;铁道部科学院西北分院于 1994 年~1995 年初在监测黄茨大滑坡时应用了声发射监测,大滑前声发射有多个峰值,大事件声发射率为 12~620 次/min,而长江三峡链子崖危岩体炭质页岩室内试验声发射大事件率为 8~52 次/min,还有研究者认为,对于以下滑力增大为主引起失稳的岩质边坡声发射大事件率达到 26 次/min 以上可以进行预报,对于以抗滑力减少为主的岩质边坡预报判据为大事件率在 15 次/min 以上较为合适。可以看出:

(1)1~5,7~8 号监测点处大事件频度特征值均较低,介于 0~0.35 次/min。看来这 7 个测点附近岩体没有大的破坏活动。

(2)6 号监测点处大事件频度特征值均较高,大多都在 10~40 次/min。由以上理论可知该测点附近岩体有较大的破坏活动。后来现场调查也发现 6 号点下来 3~4m 的位子有臃起现象。

因此,可以认为边坡整体是稳定的。这一认识与边坡长期变形观测结果是一致的,为云南某高边坡整体稳定性的综合分析评价提供了重要依据。

4 结论

(1)应用岩体声发射监测技术研究边坡岩体的稳定状态是有效的、可行的,为边坡岩体稳定性分析提供了一种重要手段。

(2)为获得可靠的数据,以评价边坡岩体稳定状态,应在边坡岩体中布置足够数量的监测点,并进行较长期的观测。本次研究因限于条件,监测点的数量较少,历时也很短,所获数据较有限,仅是一次初步尝试。

(3)由于各种岩体的声发射频率受许多因素(岩体均质性、节理裂隙、断层破碎带等)影响,对不同岩体应采用不同标准判断;岩体的破坏特征也不一致,矿山公司对各种岩体未作断裂实验,无法取得岩体的破坏准则并加以验证。目前主要采用前人的研究成果,在以后的工作中,监测人员必须及时统计、观察并总结经验,以取得与实际情况相符的有效数据。

(4)地下空间环境条件恶劣,监测孔位受条件限制,地表环境噪音易使仪器对声发射信号判断失真。怎样对现场监测数据进行除噪,进一步开展声发射信号各种处理分析技术迫在眉睫。

参 考 文 献:

- [1] 李庶林等.凡口铅锌矿多通道微震监测系统及其应用研究[J].岩石力学与工程学报,2005(6):2048-2052.
- [2] 藤山邦久.声发射(AE)技术的应用,冯夏庭译[M].北京:冶金工业出版社,1996.
- [3] 毛建华,李庶林.岩体声波监测与声发射技术的现场应用研究[J].中国有色金属学报,1998,8(增2):758-762.
- [4] 李俊平.声发射技术在岩土工程中的应用[J].岩石力学与工程学报,1995,14(4):371-376.
- [5] 曾庆林,桑玉发.采场冒顶灾害的声发射预报技术[J].中国有色金属学报,1996,6(2):7-12.

(收稿日期 2008-06-27)

声发射技术在某露天矿边坡稳定性监测中的运用

作者: [杨远清](#), [侯克鹏](#)
作者单位: [昆明理工大学](#)
刊名: [矿业快报](#)
英文刊名: [EXPRESS INFORMATION OF MINING INDUSTRY](#)
年, 卷(期): 2008, 24(11)
引用次数: 1次

参考文献(5条)

1. [李庶林](#), [凡口铅锌矿多通道微震监测系统及其应用研究](#)[期刊论文]-[岩石力学与工程学报](#) 2005(06)
2. [滕山邦久](#), [冯夏庭](#) [声发射\(RE\)技术的应用](#) 1996
3. [毛建华](#), [李庶林](#) [岩体声波监测与声发射技术的现场应用研究](#) 1998(Z2)
4. [李俊平](#) [声发射技术在岩土工程中的应用](#) 1995(04)
5. [曹庆林](#), [桑玉发](#) [采场冒顶灾害的声发射预报技术](#)[期刊论文]-[中国有色金属学报](#) 1996(02)

相似文献(0条)

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_kykb200811036.aspx

下载时间: 2010年5月27日