

预报矿山灾害性地压活动的有力工具

——便携式地音仪*

地音仪组

(武汉冶金安全技术研究所)

随着我国采矿工业的不断发展,地压活动亦日趋严重,不仅严重威胁工人的生命安全,而且造成地下资源的损失,它已成为开发矿业的一大障碍。因此,掌握地压的发生和发展规律,开展地压活动观测仪器的研制工作,具有十分重大的政治和经济意义;特别是对灾害性地压活动能进行正确预报的探测仪器,更是当前矿山安全生产的迫切需要。

自1972年起,我们开始研究声发射技术在矿山的应用,现已初步试制成功了一种便携式地音仪,为研究地压活动规律,预报地压灾害等工作提供了一种有用的手段。除矿山外,其他岩土工程也可用它作为安全监视的工具。现将岩体声发射的一般特征、仪器原理、结构和使用情况简介于下。

一、岩体声发射的一般特征

声发射技术是六十年代发展起来的一门新技术,它的研究和应用愈来愈为人们所重视,正在应用于材料研究和动态无损检测等技术领域中。

声发射一般是指在材料的动态过程中产生的压力波或应力波。当材料因受力而发生变形或破坏时都伴有声发射现象;如弯曲锡片时由于孪生而发出的“锡鸣”,木材或岩石受力破坏时的破裂声,都是人们日常生活中可以听到的声发射。

就岩石而论,由于其内部广泛存在着各种类型的缺陷,如断层、节理、裂隙、空洞等,当其在外力作用下,缺陷地区(特别是各种裂缝)附近的应力高度集中,可大大超过一般地区。当外力增加到某一数值时,这种能量集中就由量变达到质变,使缺陷地区(应力集中区)发生微观屈服、变形或破坏,同时伴有应变能以弹性波(声波)形式释放出来,这就是岩石声发射产生的实质。

实验室研究表明,当岩体处于脆性破坏时,从开始施加载荷,裂纹产生运动,到整个岩体的最终破裂,每一阶段都会有声发射活动。在不稳态断裂传播阶段(图

1),能量释放的大小和速度显著增大,因而声发射活动也特别显著。声发射率(单位时间内的声发射次数)与累计发射能量都随应力的增加而急速增加,临近破坏时尤为显著;特别是在裂缝的产生和传播阶段所产生的声发射是主要的,能量也较大。根据这一特点可以判断岩石的破坏情况和岩体的稳定程度。至于岩石破坏与声发射活动的定量关系,则需根据具体情况通过试验才能确定。

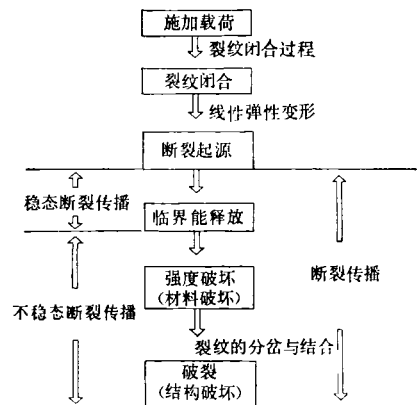


图1 从施加载荷到整个岩体的最终破裂过程

生产实践也同样表明,岩石在不同的变形和破坏阶段,都有显著的声发射现象。表示声发射特征的参数主要是:声发射率或累计声发射次数、频-能谱等。其中最重要而且便于检测的是声发射率,它既与所释放的应变能的大小有关,也与释放能量的速率有关。随着岩石破坏程度的加剧,声发射率显著上升。因此测出声发射率随时间而变化的曲线,就可以对岩体破坏的发展情况和安全程度作出定性的判断。

在矿山,通常把岩石的声发射称为岩音或地音,根

* 1975年6月30日收到。

据岩音的特征(主要是声发射率这一指标)来判断岩石破坏的发展情况和岩体结构的稳定程度,从而预报矿山灾害性地压活动的来临,避免安全事故的发生,这是劳动人民在长期的矿山生产实践中很早就利用的有效方法之一,也是便携式地音仪研制的出发点。

二、便携式地音仪的原理和结构

便携式地音仪是一种岩石声发射的检测仪器,其目的在于帮助人耳更加有效地监听岩音。整个仪器由探头(包括拾振器、前置放大和传输电缆)、主放大器(附有授时电路)和耳机(接收部分)三部分组成,其外貌如图2所示。

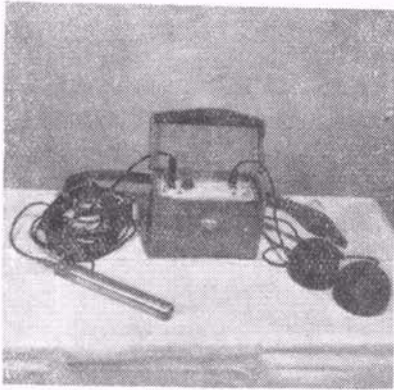


图2 便携式地音仪外貌
(从左至右:探头、放大器、耳机)

仪器的电路如图3所示。岩音振动经探头拾振器转换为电讯号,经前置放大后由电缆输至主放大器放大,用耳机接收或录音机记录。授时电路每分钟发出一个授时讯号,以便监听时记录每分钟的岩音次数。

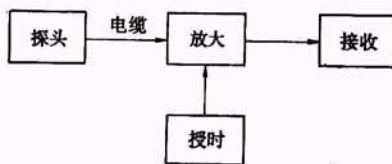


图3 地音仪电路方框图

主放大器电压增益为:50,000倍,通频带为50—5,000赫。两种探头可共用同一主放大器。

使用时应将探头放入预先打好的钻孔内,使之与孔底紧密接触。孔内最好能注入水、油或其他介质作耦合剂。孔口封闭,以防外界噪音干扰。钻孔深度以能达到整体岩层为准,一般在1.5—2.0米以上为宜。一个监听孔的有效控制范围与岩石性质和完整程度有关,也与仪器的灵敏度和探头与钻孔的耦合程度有关。在坚硬而完整的岩体内,仪器可收听到几十米外的敲击声。在一般情况下,一个监听孔的控制范围可定为

10—15米。

三、仪器的使用效果

便携式地音仪在研制过程中,曾在某矿山进行了长期的试验,以考验仪器的性能和探索岩石声发射率同采矿场冒顶、片帮等事故间的规律。

试验地点的地质条件是:矿体呈似层状,赋存于矽化灰岩中;矿石坚硬系数 $f=8-12$;采矿方法为房柱法。地音仪监听孔布设在矿柱和矿壁上,试验结果表明:

1. 仪器灵敏度较高,噪音低,可以清晰地听到微弱的岩音;结构轻便,操作简单,适应于矿山井下环境,便于推广使用。

2. 利用岩石声发射率这一指标,可以定性地反映岩石的受力大小和岩体的稳定程度,了解地压活动情况,预报地压灾害,如:采矿场片帮、顶板冒落、顶板脱层等。试验所在的采场已经表明在某一时期中曾先后发生过八次矿柱片帮、顶板脱层、顶板局部冒落等事故,地音仪预报了七次,其中一次是因为监听周期过长,错过了预报的机会。

3. 数据整理简单:监听周期视岩音频度大小而定,一般为1—6天。每次监听以连续5分钟为准,每分钟记录一次,取其中频度最大值 N 为特征数。然后以频度和周期(时间)分别为纵、横座标,划出曲线,以分析岩音频度随时间的变化而确定岩体的破坏程度。

4. 从现场试验所整理的数据中认为:在矽化灰岩等较坚硬的岩石情况下,岩体破坏程度和岩音频度的关系可大致划分为下列三个阶段:(1)当频度 $N < 10$ 时,岩体受力不大,没有大的破坏,可以认为岩体是稳定的。(2)当频度在 $10 \leq N \leq 19$ 时,岩体受力较大,开始产生破裂,若此种情况持续较久,可能发展成剧烈破坏,可认为岩石处于破坏加速阶段。(3)当频度 $N \geq 20$ 时,岩体破坏加速,有时人耳可能听到岩石发炸声,岩体局部破碎;如持续时间较长,则可能产生矿柱片帮、局部顶板冒落、脱层等现象,岩体处于严重破坏阶段。人员设备应迅即离开危险区。从试验的情况来看:当频度 $N \geq 20$ 时,在近日内,会有采场片帮、冒顶、脱层等事故发生。

应当指出的是:由于各矿山岩石条件和岩体结构有所差异,岩石声发射率同岩体受力破坏和稳定程度之间的关系也有所不同。还应通过实践试验,摸索不同条件下岩石声发射率同岩体受力破坏和稳定程度间的关系。

便携式地音仪的研制和应用成功,仅仅是为矿山地压活动的检测应用声发射技术的初步。因此,仍然存在很多问题;如:确定声源空间位置,从而圈定应力集中区和确定岩体的破坏点,摸索岩石不同的破坏阶段的声发射特征,以及消除环境噪音对地音仪的干扰等等,这些课题都有待进一步研究解决。