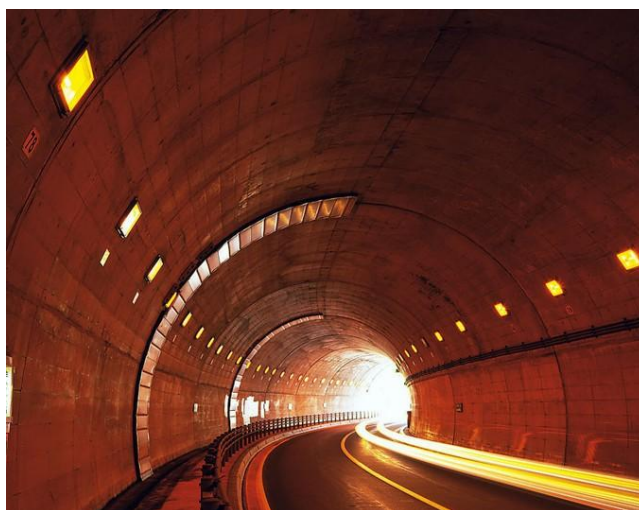


岩石/混凝土声发射相关应用



美国物理声学公司北京代表处

PHYSICAL ACOUSTICS CORP. BEIJING OFFICE

声发射在岩石地应力测量方面的应用

地应力是指存在于地层中未受工程扰动的天然应力，也成岩体初始应力。它的准确测定对于采矿、水利工程、土木工程等各种地下和露天开挖工程以及岩爆研究都有着重要意义，但由于地应力状态很难通过数学计算，需要通过特定测量方法测定。

凯赛尔效应是指材料在重复加载过程中，如果没有超过先前的最大应力，没有或很少有声发射信号产生，只有当加载应力超过先前最大应力，才有大量声发射信号产生。

岩石具有显著的凯赛尔效应，利用凯赛尔效应测量地应力，不失为一种经济、实用、有效的方法，因此该方法在岩石力学及工程领域中有广阔的应用前景。根据累计声发射数与应力的关系曲线，取曲线的突变点作为凯赛尔点，该点所对应的应力即为原先所承受的最大应力。如图 1 所示

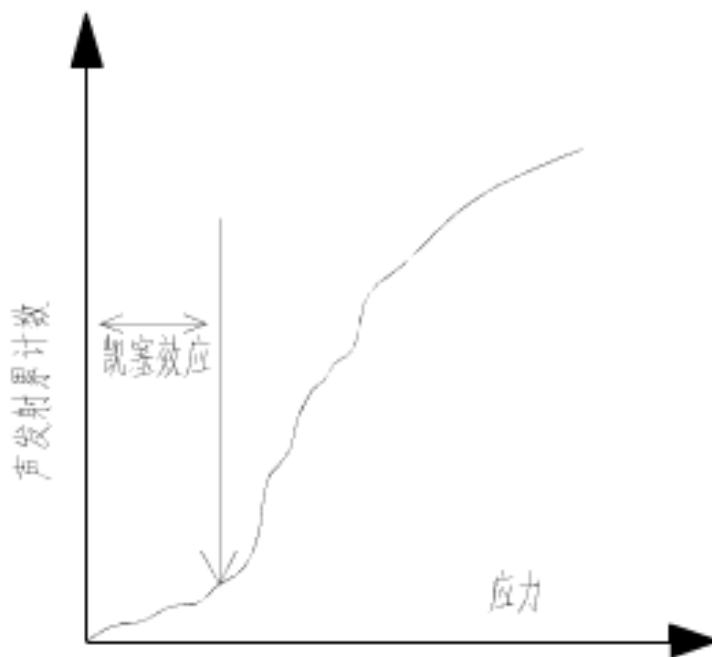


图 1 声发射凯赛尔效应原理

岩石凯赛尔效应具有不可逆性，从微观破裂及力学角度来讲，一般认为那是岩石破裂的因一部扩张及塑性变形的不可逆表现。岩体在先前应力的作用下，产生了很多微小的裂隙，其声发射现象可以解释为原有的裂隙进一步扩张和新裂纹产生的结果。

加载过程中，利用声发射定位技术研究岩石、混凝土破裂过程

岩石内部微裂纹的产生、扩展是造成岩石破裂失稳的直接因素，诸多岩石工程结构破坏结构破坏均与之相关。近年来随着岩石力学的迅速发展，针对岩石微观裂纹演化、破坏方面的研究尤为突出，例如 CT、高分辨率数字摄像机。应用数值模拟等，尽管取得诸多成果，但由于受到微观手段和方法的限制，不能对岩石内部裂纹初始位置、演化过程进行实时监测。本部分简单介绍声发射定位方法实时观测及分析裂纹初始位置和扩展过程。

单轴加载条件下岩石的三维定位

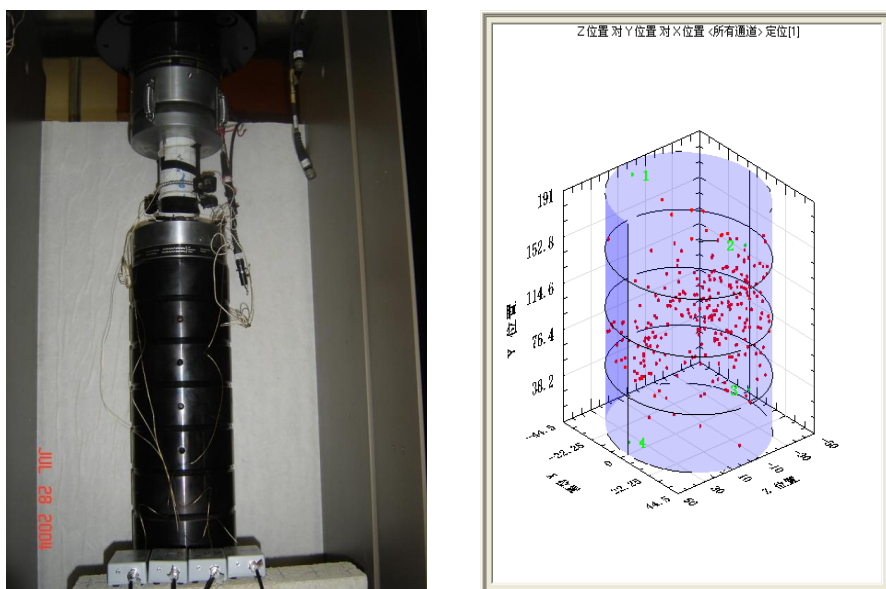


图 2 单轴加载时圆柱体岩样的三维定位

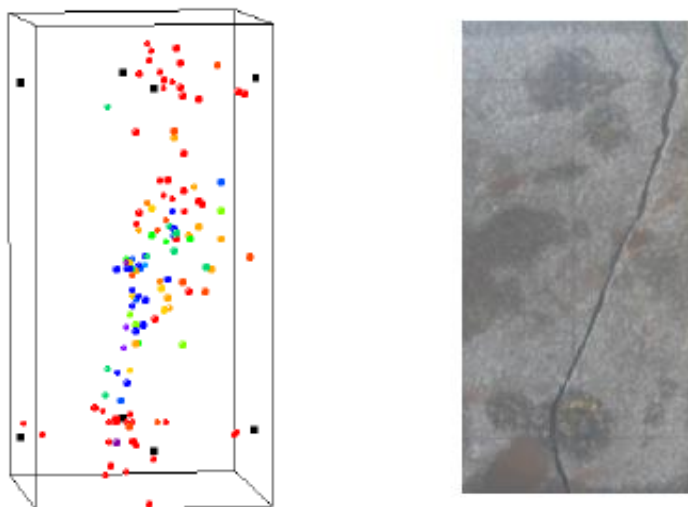


图 3 单轴加载时长方体岩样的三维定位

单轴加载条件下钢筋混凝土结构的声发射定位

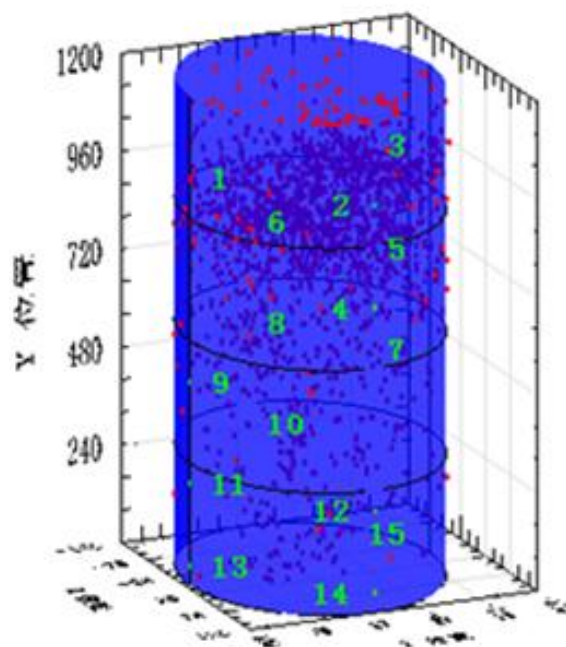


图 4 单轴加载时钢筋混凝土试块的三维定位

1、三（四）点弯曲条件下，岩石的声发射定位

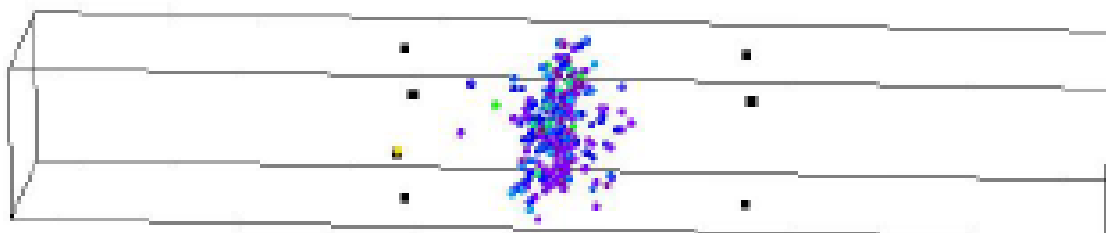


图 5 三点弯曲时岩样的定位

三（四）点弯曲条件下，混凝土结构的声发射定位

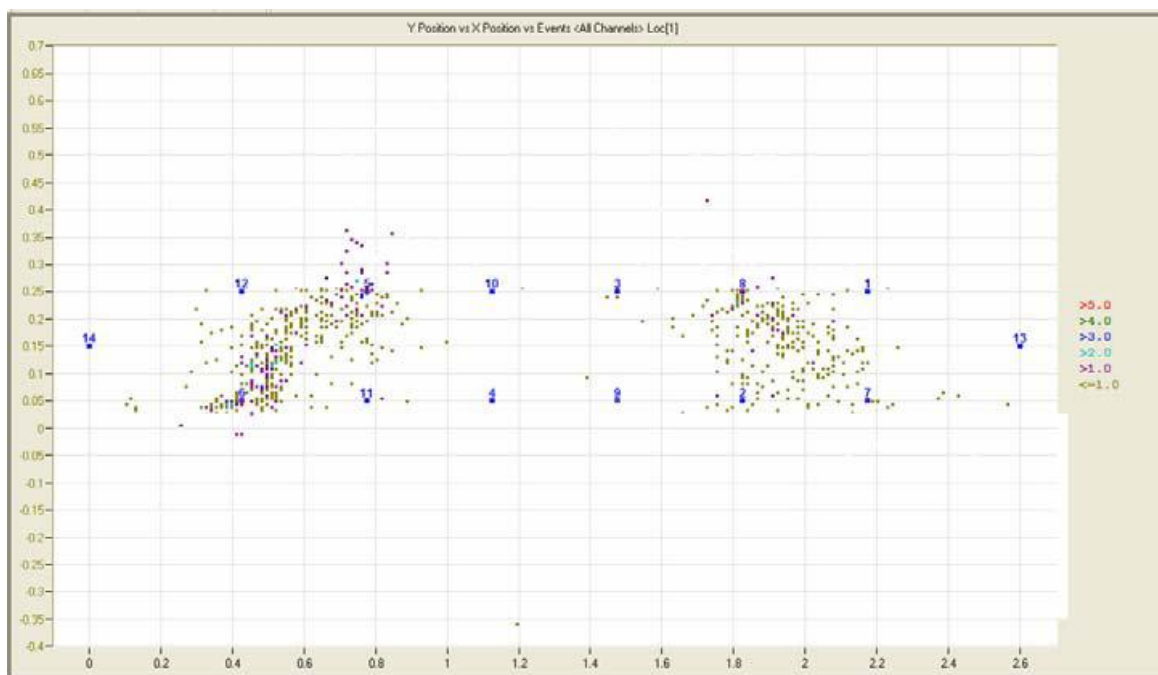


图 6 四点弯曲是混凝土试样的定位图

在三轴加载条件下，岩石的三维定位及声学特性测试

岩石在压力作用下的声发射监测为岩石内部应力分布及破坏机理研究提供了非常重要的信息。在这种情况下所检测到的弹性应力波来自于不同的声发射源，如岩石材料晶粒的微破裂、晶粒边界滑移、摩擦、空隙破坏、剪切断裂等。应力波成分既有压缩波，也有剪切波。由于在高压、高温条件下岩石的力学参数，如杨氏模量、剪切模量、体积弹性模量及泊松比等，将随压力与温度变化，故在加压的过程中对这些参数进行实时测量对研究岩石沉降与压实特性，压实损伤机理、岩石空隙的流体特性及岩石的各项异性有重要的意义。为此，在压力测试过程中对试件采用主动发射与接收纵波或横波的方式获得纵波和横波在不同压力下的速度并由此计算弹性模量、泊松比等参数时获得岩石力学动态变化特性的有效手段。

为了有效实现上述目的，美国物理声学公司开发了基于声发射系统的岩石力学特性声学测试专用技术方法和软件包。该系统由八通道声发射和四通道超声系统组成如图7所示。布置在岩样侧面的四个传感器用于三维定位，布置在顶端的三个传感器和超声板卡相连激发纵波或横波信号，布置在底端的三个传感器用于接收上面三个传感器发射的纵波或横波信号。声发射系统除了声发射通道以外，还有四个外参数通道，可把试验机的载荷、位移等信号接入，分析声发射信号、波速与载荷、位移之间的关系。

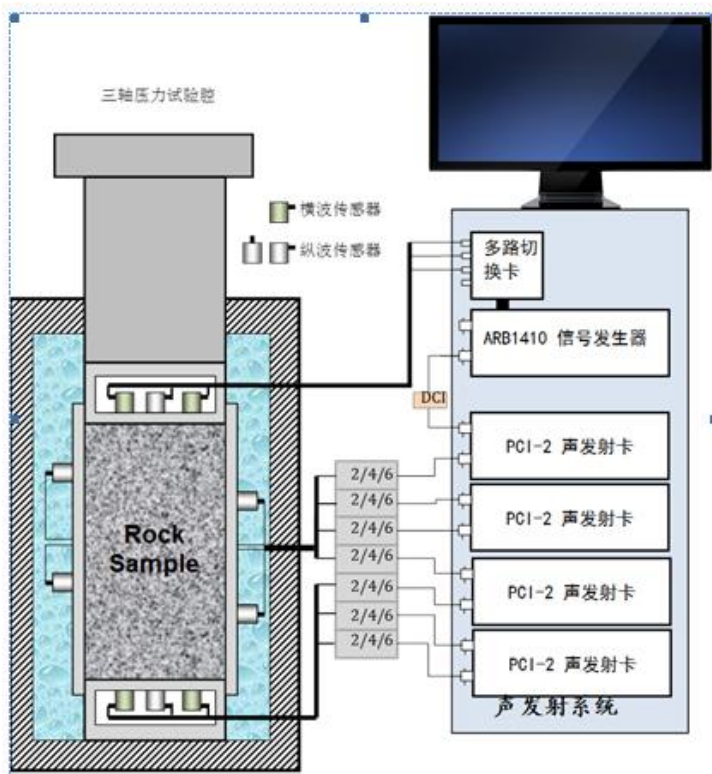


图 7. 三维岩石力学声学特性测试系统组成图

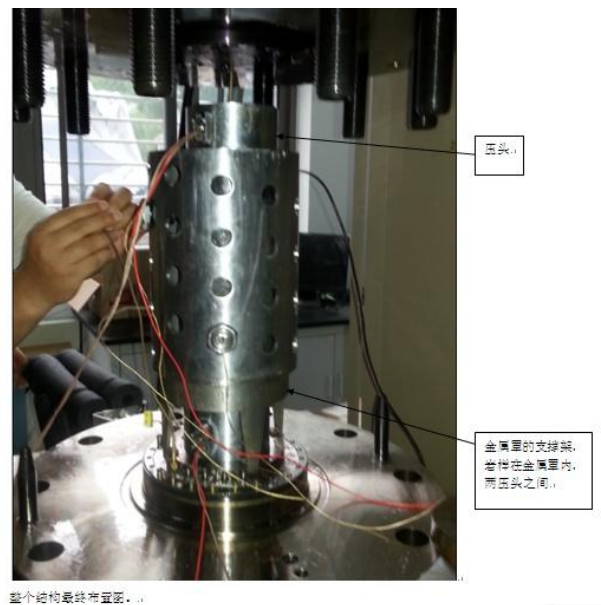


图 8. 三维岩石力学声学特性测试传感器安装

通过三轴加载过程的力学特性测试,不但可以动态监测裂纹的发展变化情况,而且可以对裂纹的位置及扩展方向进行三维定位,还可以跟踪监测在不同压力载荷下主要声学与力学特性参数的动态变化情况。这些主要声学与力学参数包括:

V_l — 纵波速度
 V_s — 横波速度
 E — 杨氏模量
 G — 刚性模量
 K — 体积模量
 μ — 泊松比
 λ — 莱姆常数

声发射技术在岩土工程方面的应用

1、声发射技术在岩爆预报方面的应用

声发射作为一种研究岩爆倾向的岩石在外载条件下的破坏机理,近年来被越来越多的学者重视。研究发现,有岩爆倾向的岩石在加卸载过程中的声发射规律有助于了解岩爆岩石的动态失稳过程和特征,尤其是那些经常承受循环加载或动态载荷的岩体,非常有意义。

2、岩体声发射检测在采场顶板安全分级中的应用

矿山采场顶板冒落是地下矿山开采过程中常见的灾害,直接威胁井下工作人员和设备的安全,因此采场顶板安全等级划分及安全管理为世界许多国家所重视,我国许多矿山岩石力学科研人员和矿山管理人员在该方面做了许多积极而有意义的工作。其中,利用岩体声发射参数等有关指标对采场顶板进行安全等级划分,借此制定相应的安全措施与支护方法,为采场顶板安全管理提供了一条简便有效的途径。

3、声发射监测在TBM隧道开挖过程中的应用

TBM隧道施工遇到的问题包括断层破裂带、岩爆、涌水、溶洞和膨胀岩等,在TBM开凿过程中的声发射监测,可用来研究引水隧洞横断面在应力调整过程中微破裂发生的位置、范围及频率等,用于支护参数优化设计、辅助分析岩体地应力、对脆性大理岩岩体力学性质及支护机理的深化研究,根据声发射信号的强度、活度及发展变化规律,研究对隧道开挖过程的地质灾害进行早期预警。

4、声发射山体滑坡监测的应用

山体滑坡是一种常见的自然灾害。滑坡前山体岩石由于长年的风雨侵蚀与地质结构运动的作用,岩石本身应力分布不均匀,产生了大面积的应力不平衡层,岩石由于受到力的作用时发生破坏,主要表现为裂纹的产生、扩展及岩体断裂。裂纹形成或扩展时,贮存的部分能量以应力波的形式释放出来,产生声发射,由此可通过监测声发射的活动状况对山体滑坡进行预警。实践证明岩体声发射监测技术与传统的山体滑坡监测手段相比,在预测预报方面有很大的优越性,可以更早地对山体滑坡进行预警。

5、声发射微振监测的应用

矿山开挖常会在局部范围内产生微振现象,微振将由可能导致坍塌、岩爆、冒顶、滑坡。采用低频声发射传感器将对微振进行监测、定位、分析、判断并实现对监测范围内岩体结构稳定性的预警。

岩石混凝土声发射应用产品推荐

采集卡



两通道声发射卡 PCI-2



八通道声发射卡 PCI-8

主机



最轻巧 32 通道声发射主机 MICRO-II



全天候岩石、隧道、矿山在线监测主机 SHII



4 通道无线声发射系统-1284

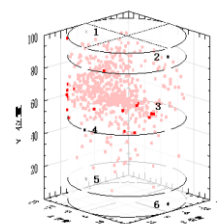


掌上声发射系统-PocketAE

软件



AEWin 岩土测试基本采集分析软件



3D 定位软件

传感器



各类岩石、混凝土实验室及现场应用声发射及微震传感器。

实验室常用传感器：

R6a, 微型传感器 PICO, Nano30 等。

矿山、隧道现场应用传感器：

防水、防潮封装 R.45I, R1.5I, R6I 等。

微震传感器 PAC-20DX, PAC-1850