

# Bedding Effect of Deformation Failure and Time-Space Evolution of Acoustic Emission of Rock-Like Material

Kun Wang, Jin Hu, Leiming Du, Wenming Ma, Han Lu, Shanshan Xue, Zhizhen Zhang

State Key Laboratory for Geomechanics and Deep Underground Engineering, School of Mechanics and Civil Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou Jiangsu  
Email: zzzcumt@qq.com

Received: Jun. 5<sup>th</sup>, 2018; accepted: Jun. 21<sup>st</sup>, 2018; published: Jun. 28<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

The bedding mechanical properties and geometrical structures have a decisive influence on the mechanical behavior and engineering behavior of layered rock masses. The bedding angle is one of the important parameters. In this paper, uniaxial compression tests and acoustic emission tests of layered rock materials with different bedding dip angles are performed by preparing artificial bedding-like materials to study the mechanical characteristics and failure modes and acoustic emission characteristics of rock-like materials in the compression process. The numerical simulations were also conducted, and compared with the experimental results.

## Keywords

Layered Rock, Bedding Dip, Uniaxial Compression, Acoustic Emission

---

# 类岩石材料变形破坏与声发射时空演化的层理效应

王 坤, 胡 瑾, 杜雷鸣, 马文明, 卢 瀚, 薛姗姗, 张志镇

中国矿业大学, 力学与土木工程学院, 深部岩土力学与地下工程国家重点实验室, 江苏 徐州  
Email: zzzcumt@qq.com

收稿日期: 2018年6月5日; 录用日期: 2018年6月21日; 发布日期: 2018年6月28日

## 摘要

层理力学性质与几何结构对层状岩体的力学和工程行为有决定性影响,层理角度是其中的一个重要参数。本文主要通过制备人工层理相似材料,开展不同层理倾角下类层状岩石材料的单轴压缩试验和声发射测试,研究类岩石材料在压缩过程中力学特征与破坏模式、声发射特征的层理效应,并与数值模拟结果进行了对比分析。

## 关键词

层状岩石, 层理倾角, 单轴压缩, 声发射

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

自然界中层状结构的沉积岩占了陆地面积的绝大部分,可见地下的开采工程、隧道工程或地表的交通工程等诸多领域都会涉及到层状岩石的问题。层状岩石问题的研究,对我国进行地下开采,地下隧道以及地表交通工程等问题都有很大的帮助。

在国内外有诸多学者做了多方面的工作对层状岩石的力学特性以及声发射特性进行了研究,总体来说可以分为以下几个方面:

1) 层状岩石力学特性的研究。李月[1]利用岩体介质超声波检测技术通过检测其超声波来侧面检测了单一岩石和层状岩石的力学特性。闫立宏、李正伦[2]通过对单一岩石和层状岩石进行单轴压缩而得到两者的力学特性存在很大的差异,并且更加进一步地说明了层面交界处是产生这种差异的最主要的原因。

2) 层状岩石破坏时裂纹的扩展研究。包春燕、唐春安[3]等指出层状岩石的表面裂纹是沿表面自由边界进行的而其扩展面是沿着层状岩石层与层的分界面而进行的。代树红等[4]应用数字图像的一系列方法观测了裂缝在层状岩石中的扩展过程,同样通过数值模拟的方法研究了分层岩样的强度对裂纹在分层岩石中扩展的影响。

3) 用声发射测试层状岩石破坏过程的研究。张东明、白鑫[5]等研究由单轴声发射试验表明层状岩石在受单轴压缩时会出现局部剪切滑移破坏,继续加载后剪切带将失稳导致分层岩样破坏,而单一岩样却与之不同,随着加载力的增加单一岩样试件直接破坏并不会出现局部剪切的情况。孙清佩[6]等对层状岩石进行了不同倾角的声发射研究,其中不同倾角的声发射振铃数是不同的

4) 类岩石力学特性及类岩石层理倾角对力学特性的影响的研究。胡明研[7]得到用石膏砂子制成的类岩石与天然岩石的性质相似。Tien 和 Kuo [8]使用两种不同的材料人工制作了三组不同倾角的类岩,研究了层倾角对岩石整体强度和弹性模量的影响,建立了两种不同层次岩石破坏模式的相应失效准则。张晓君等[9]以某矿的层状黑云变粒岩制作了三个不同倾角的层状岩样(0°, 45°, 90°)进行声发射试验,得出水平层理是以劈裂方式毁坏,而且裂纹与水平层理是几乎相似的。

此次试验的思路是研究层理倾角对层状岩石破坏的影响,试验选用 0°、15°、30°、45°、60°、75°、90°以及两组单一岩样分别进行单轴压缩,在此过程中同时进行声发射信号采集,研究以下内容:

- 1) 验证这种人工制作的类岩石是否达到了预期的效果;
- 2) 层理倾角对层状岩石的强度和弹性模量是否有影响;
- 3) 对不同倾角的层状岩石进行声发射实验, 对其各个岩样进行声发射源定位, 总结振铃数、应力随时间的变化规律, 从振铃累计量和时间之间的关系分析岩石的静默期等。

## 2. 试验概况

### 2.1. 试件制作

本试验采用标号为 42.5 的硅酸盐水泥, 石膏和水调制, 通过在硅酸盐水泥中合理添加石膏改变混凝土的软硬程度。试件制作在室温下进行, 铺设间隔时间为 2 小时, 待浇筑至 13 层后停止浇筑。在通风处放置 24 小时后取下模具, 放入水中维护 28 天, 制备成层状长方体大块岩石, 然后通过钻、切、磨加工得到所需要的不同倾角(0°、15°、30°、45°、60°、75°、90°)的尺寸为  $\Phi 50 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$  的圆柱形岩样, 制作完成的试样见图 1, 试样实测基本参数见表 1。

在进行传感器安装过程中, 取试样的表面的四个点进行粘贴。这四个点两两对称, 前两个点位于试样的左右对称面上的关于中轴的对称点, 距离上底面 20 mm, 三四两个点位于前后面的对称线上, 距离下底面 20 mm。取这四个点的目的是更加清楚明了的对声发射监测到的缺陷的点进行精准的定位, 如图 2 所示。

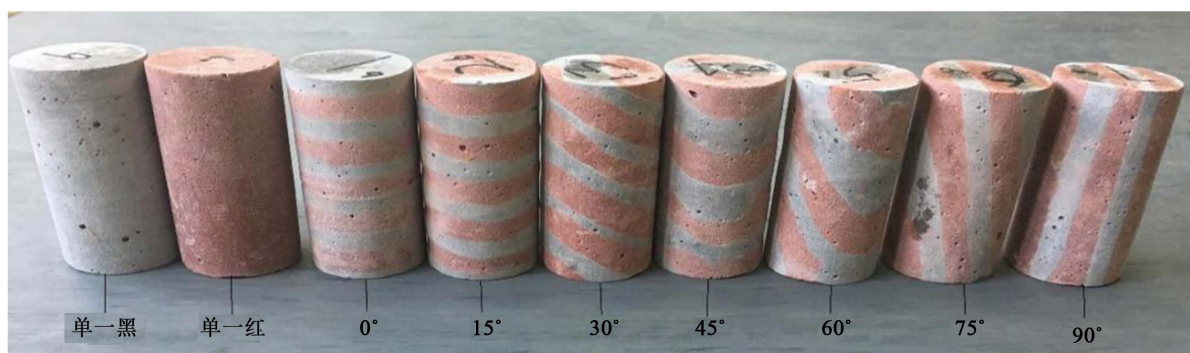


Figure 1. The finished sample

图 1. 制作完成的试样

Table 1. Parameters of different samples

表 1. 不同试样的基本参数

岩层特性	直径/mm	长度/mm	质量/g
0°	49.30	99.50	387.1
15°	49.68	100.00	397.8
30°	49.80	100.00	394.0
45°	49.80	100.60	385.9
60°	49.86	99.80	387.1
75°	49.76	100.00	395.4
90°	50.00	99.42	389.9
单一黑	49.80	100.16	391.6
单一红	49.74	100.10	360.9



Figure 2. Sensor paste finish  
图 2. 传感器粘贴完成图

## 2.2. 试样加载装置及加载方式

本次试验用的是 WES-D1000 型电液伺服万能试验机(如图 3), 采用微机控制与手动控制两种方式, 最大试验力: 1000 KN; 量程: 4~1000 KN, 最小分辨率为 0.01 KN, 每秒记录 10 组数据, 同时观测岩样受压的变形状态。配合静态电阻仪, 可以测量岩石的力学特性。设置单轴压缩机的试验开始条件为: 试验入口力为 0.1 KN。

试验结束条件: 结束载荷为 800KN, 结束位移为 0 mm, 结束变形为 0.0 mm, 定衰减率为 50%, 定衰减为 1 KN。这次试验选用的声发射仪是 DS5-16B 声发射仪器, 声发射 RS-2A 声发射传感器频率响应范围为 50~400 KHz。

试验过程中用照相记录和录像的方式进行了对试样的破坏过程的监测, 同时用声发射采集设备同时记录了声发射情况。试验进行过程如下:

- 1) 调整单轴压缩机压缩轴的高度, 不要使压缩轴与试样接触;
- 2) 调整加载系统, 荷载控制为 0.5 KN/s, 预设目标荷载为 1000 KN;
- 3) 开始试验, 两位记录员分别操控声发射仪和加载系统, 另外两位记录员负责照相以及录像;
- 4) 试验结束的信号为试样的破坏, 分别停止加载系统和声发射仪, 并停止录像;
- 5) 将损坏的试样取下并编号存放, 准备下一组试验。

## 3. 单轴压缩下层状岩石的破坏方式以及强度

### 3.1. 应力 - 应变曲线分析

对九组岩样分别进行了单轴压缩试验后, 试验采集了轴向加载力等数据。根据这些数据得到九组岩样的峰值强度, 弹性模量, 同时绘制了不同倾角层状岩石的应力 - 应变曲线。如图 4 所示。

从图中可以看出各倾角岩石试样应力值随着应变的增加都先经历从线性增长阶段、弱化阶段, 再到峰后跌落阶段, 最后趋于平稳。将不同倾角的应变 - 应力曲线和单一岩样的应变 - 应力曲线对比发现, 层理倾角为 90°的试样峰值强度最大, 60°时最小。



Figure 3. WES-D1000 type electro-hydraulic servo universal testing machine  
图 3. WES-D1000 型电液伺服万能试验机

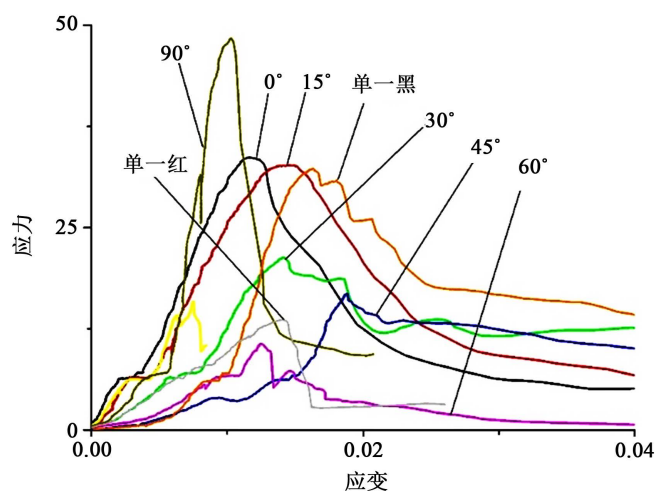


Figure 4. Strain stress curves for different inclinations and single rock samples  
图 4. 不同倾角以及单一岩样的应变应力图

### 3.2. 单轴压缩下的峰值强度和弹性模量的分析

根据测得的应力、应变和弹性模量  $E$  的计算公式  $E = \sigma/\varepsilon$ , 计算 7 组不同倾角的弹性模量。表 2 为不同层理倾角试样的力学特征参数, 图 5 为不同倾角的层状岩石弹性模量的对比图。

对比 9 组试验的数据可知, 第 5 组试验即层理倾角为  $60^\circ$  时的峰值强度最小为 10.613 MP。层状岩石的层理倾角影响该岩石的峰值强度和弹性模量。当倾角为  $60^\circ$  时, 层状岩石的弹性模量最小, 所以此时层状岩石的刚度最小, 变形程度最大。在  $0^\circ \sim 60^\circ$  范围内, 层状岩石的峰值强度和弹性模量随着角度的增大而减小, 当角度在  $60^\circ \sim 90^\circ$  之间增大时, 峰值强度和弹性模量呈增大趋势。 $90^\circ$  的峰值强度大于两个单一岩样的峰值强度。

### 3.3. 不同层理倾角的层状岩石的破坏方式

整个单轴压缩过程分为了 9 组试验进行, 从试验的整个过程以及与单一岩样的对比观察后发现, 层理倾角为  $60^\circ$ 、 $75^\circ$ 、 $90^\circ$  三个角度的岩样都出现了明显的沿分界面发展的裂纹(如图 6(c)), 破坏产生了滑移面, 并且上下底面比较完整, 可以看出层理倾角对这三组试样的影响较为明显; 层理倾角为  $0^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $30^\circ$  几乎没有沿着分界面的裂纹产生(如图 6(a)), 且大多都为竖向的劈裂, 所以单从破坏的方式及裂纹的形式来看, 该层状岩石受这三个角度的影响不大。层理倾角为  $45^\circ$  的岩样, 出现了沿着分界面方向的裂纹(如图 6(b)), 但裂纹并不是一条贯通的裂纹而是沿着较弱层发展到下表面, 所以层理倾角为  $45^\circ$  时, 影响了分层岩石的破坏方式, 但不如倾角为  $60^\circ$ 、 $75^\circ$ 、 $90^\circ$  那样明显。

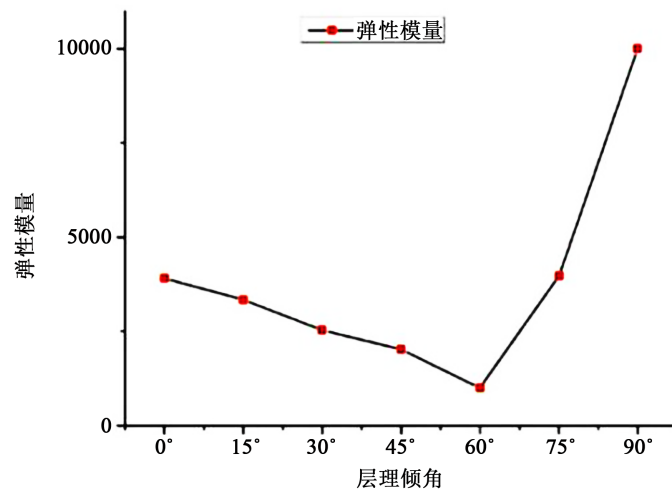


Figure 5. Comparison of elastic modulus of layered rock with different inclination  
图 5. 不同倾角的层状岩石弹性模量的对比图

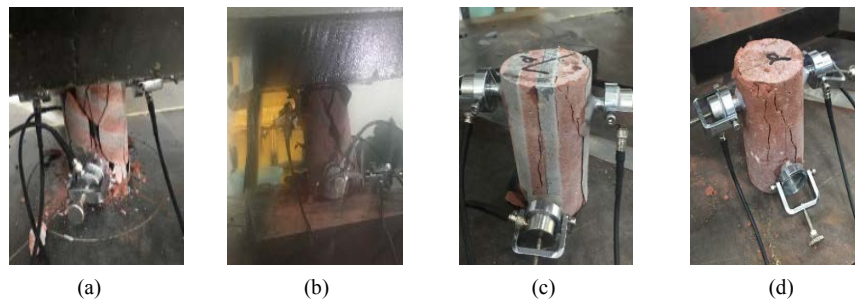


Figure 6. Damage of 30°, 45°, 90° inclinations and single red rock samples. (a) 30°; (b) 45°; (c) 90°; (d) only red  
图 6. 30°、45°、90°试样及单一红岩样破坏图。(a) 30°; (b) 45°; (c) 90°; (d) 单一红

Table 2. Mechanical parameters of samples with different inclinations  
表 2. 不同层理倾角试样的力学特征参数

层理倾角	0°	15°	30°	45°	60°	45°	90°
峰值强度/MP	33.659	32.688	21.318	16.808	10.613	14.133	48.393
峰值应变	0.021	0.024	0.033	0.0226	0.038	0.017	0.035
弹性模量/Pa	3908.5	3337.2	2534.0	2018.8	1001.0	3966.0	9998.5

## 4. 层状岩石的声发射试验分析

### 4.1. 不同倾角的层状岩石的时间 - 应力 - 振铃数之间的关系

此次声发射试验是对 7 组不同倾角的层状岩石进行了声发射信号采集, 利用数据绘制了时间 - 应力 - 振铃计数之间的图像, 图 7 列举了层理倾角为 0°、45°和 75°试样的时间 - 应力 - 振铃计数之间的图像。

层理倾角为 0°、15°、30°、45°的岩样, 在峰值强度前都会有一些小的振铃计数的波动, 说明这个过程中是不断地有微小不足以影响岩石破坏的裂纹产生或者是岩石自身原有的内部微小裂纹发生了闭合(如图 7(a)、图 7(b))。倾角为 60°、75°、90°的岩样在峰值之前的振铃计数很小, 几乎没有波动, 这三个岩样从产生裂纹到岩样破坏经历的时间较短, 产生一条到两条裂纹后随即裂纹迅速扩展导致试样破坏(如图 7(c))。

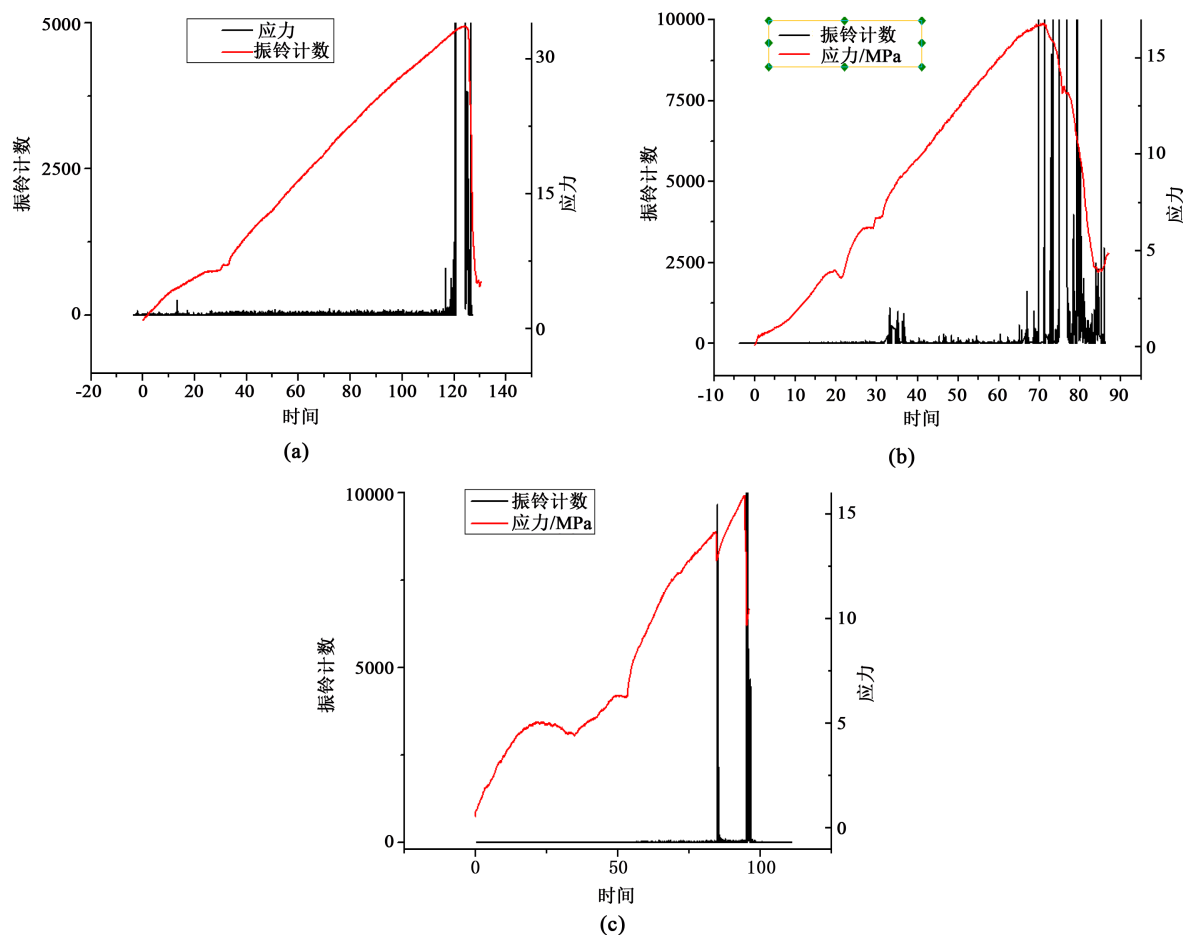


Figure 7. Time-stress-ring counting chart with a layer inclination angle of  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $75^\circ$ . (a)  $0^\circ$ ; (b)  $45^\circ$ ; (c)  $75^\circ$   
 图 7. 层理倾角为  $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $75^\circ$  时的时间 - 应力 - 振铃计数图。(a)  $0^\circ$ ; (b)  $45^\circ$ ; (c)  $75^\circ$

倾角为  $0^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$  的四组岩样在到达振铃计数的峰值时有多条峰值直线的叠加或者是多条直线的并列, 结合岩样破坏的图像, 观察得到这几组岩样在破坏后是有很多条裂纹。但是倾角为  $60^\circ$ 、 $75^\circ$ 、 $90^\circ$  的三组试样与前几个倾角不同它们的振铃计数到达峰值后只有一到两条的峰值直线, 观察这三组的破坏裂纹图像可以得到它们是有很少而且是比较大的裂纹导致的试样的破坏。

七组岩样的破坏都有一个共同点, 它们在加载的初始阶段在岩样的表面都是没有裂纹产生的, 但都有声发射振铃计数的较大或较小的波动, 说明了任何倾角的层状岩石的破坏都是由内部裂纹的产生然后扩展至较大的裂纹导致了岩石的破坏。

#### 4.2. 声发射源定位监测

进行试验时, 将四个传感器安装在了试样的四个不同位置, 以圆柱的底面圆心为三维坐标轴的坐标原点, 分别输入了四个传感器的坐标, 使得整个声发射的定位更加精准。后期处理时, 通过角度和半径的转换得到了有声发射源的点的坐标, 利用画图软件在圆柱体上标注出来, 分别以不同试样的峰值强度的不同百分比为发展, 更加直观的观察在不同应力下裂纹的扩展趋势, 图 8 列举几种试样的定位检测图。

对于层理倾角为  $0^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$  的岩样发生破坏时较为碎散, 尤其在上下底面, 破坏后呈现的是不规则状, 岩样的上下底面有较多的声发射点存在(如图 8(a))。  $60^\circ$ 、 $75^\circ$  的试样有滑移面产生, 在滑移面

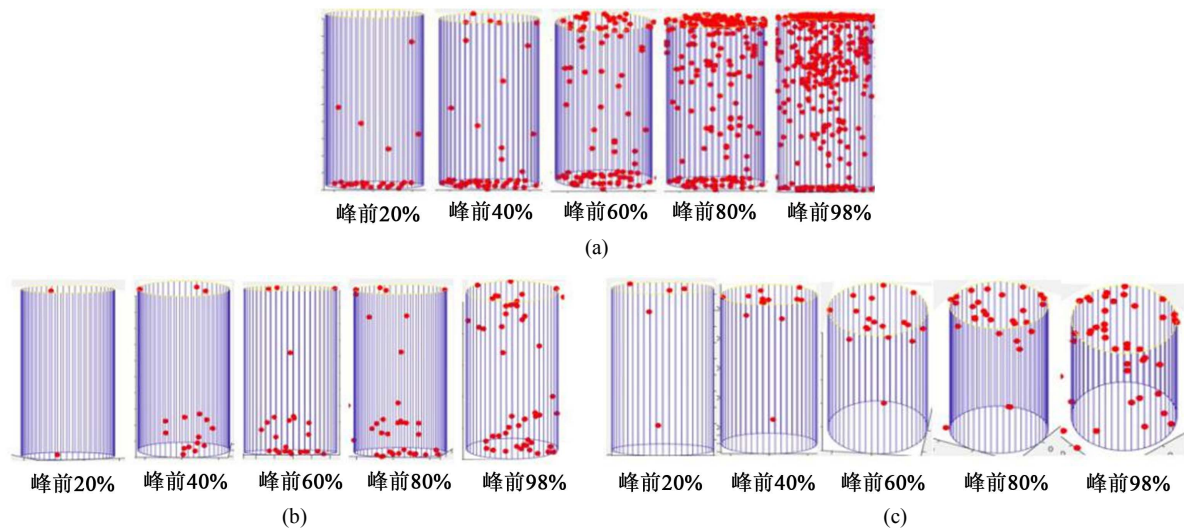


Figure 8. 15°, 60°, 90° by the peak intensity of the size of the map. (a) 15°; (b) 60°; (c) 90°

图 8. 15°、60°、90°时按峰值强度大小的定位图。(a) 15°; (b) 60°; (c) 90°

位置有较多的声发射点(如图 8(b))。层理倾角为 90°的试样在劈裂裂纹的方位上有较多的声发射点(如图 8(c))。

在不同倾角的层理岩样的 60%峰值强度之前, 60°、75°、90°的试样有较少的声发射点, 说明这三个试样的静默期较长, 而到达峰值时骤然增加, 由裂纹的出现到试样的破坏时间极为短暂。层理倾角为 0°、15°、30°、45°的试样在各自的峰值强度的前 60%就有较多的声发射点存在, 内部不断有新的细微裂纹产生或是原来自身的细小裂纹的闭合。此次声发射定位较为精准, 基本与各个角度的层状岩石的破裂产生的裂纹吻合。发生滑移破裂的与劈裂的相比, 声发射点更少。

### 4.3. 声发射累计振铃数的层理效应

对声发射试验所得到的数据进行处理后, 绘制了不同角度下的振铃累计数 - 时间的图像, 见图 9。层理倾角为 0°的试样在整个过程中振铃累计的增加速率比较平缓, 直至加载时间到达峰值强度(如图 9(a))。倾角为 15°、30°、90°的试样, 在整个加载的过程中振铃计数的增长速度较小, 接近于水平线在达到峰值强度的时间点骤增(如图 9(b))。倾角为 45°、60°的试样, 全程分为两个阶段在前期较为平缓的增加中间出现了一定幅度的变动(如图 9(c)), 这个阶段在试样表面出现了一定的裂纹, 但这个裂纹不至于导致试样破坏, 随着载荷的增加已经出现的裂纹不断扩展, 直至试样破坏, 振铃累计图像又出现了增加。

振铃累计数不增加呈现几乎水平的直线的时候, 试样处于静默期; 当振铃累计曲线不断增大时说明处于活跃期。层理倾角为 15°、30°、90°的试样静默期较长, 活跃期较短(如图 9(b)); 倾角为 0°、45°、60°、75°的试样相比之下活跃期长, 静默期短(如图 9(d))。

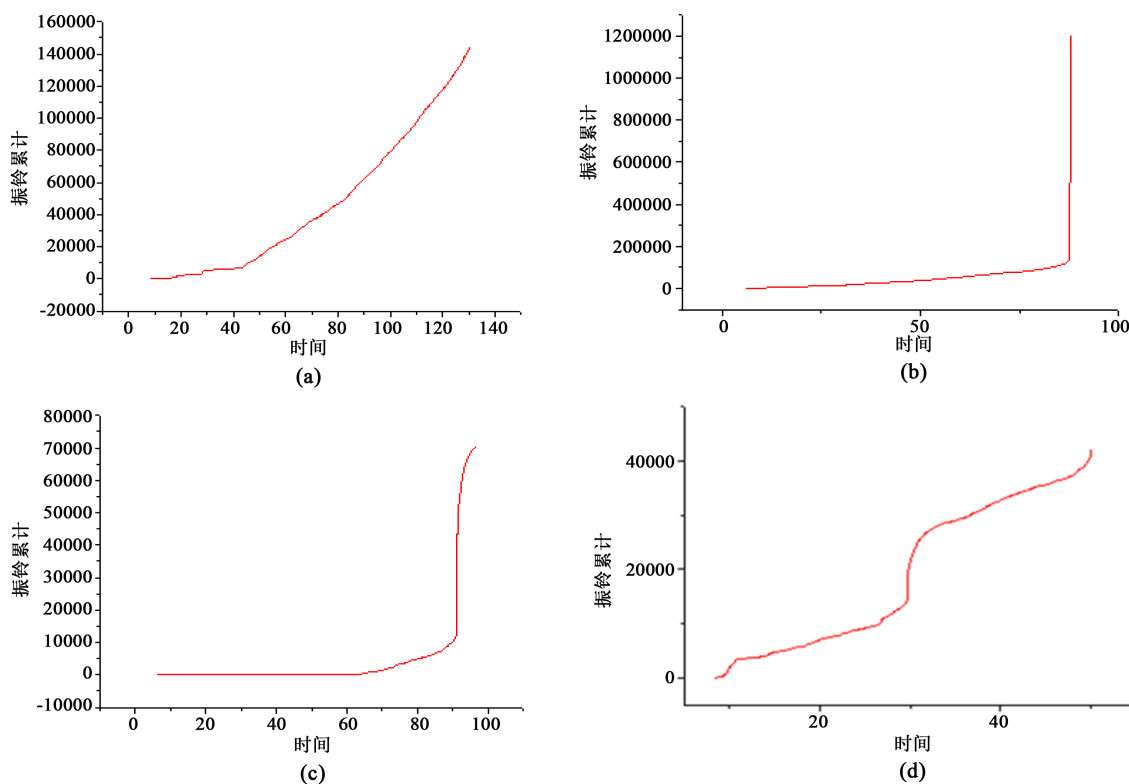
## 5. 层理岩石的数值模型

本试验参考孙清佩等研究层理倾角对岩石力学与声发射特征的影响文中数值模拟部分, 将本试验的结论与其数值模拟结果对比分析。

### 5.1. 数值试样建立与材料力学参数设置

模型尺寸为  $\Phi 50 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ , 其中与 x 轴成  $\alpha$  角的五条平行线将矩形模型等分成六份, 从下往上依次记为 1、2、3、4、5、6 层。 $\alpha$  角以 15°为间隔, 依次取 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°, 以 30°





**Figure 9.** Time-The cumulative number of rings is at  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $75^\circ$ . (a)  $0^\circ$ ; (b)  $30^\circ$ ; (c)  $60^\circ$ ; (d)  $75^\circ$

**图 9.**  $0^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $75^\circ$  时的时间 - 累计振铃数图。(a)  $0^\circ$ ; (b)  $30^\circ$ ; (c)  $60^\circ$ ; (d)  $75^\circ$

为例，模型如图 10 所示。为了显示其层理特征，模型中 1、3、5 层材料相同，采用强度和刚度相对较大的材料；2、4、6 层材料相同，采用相对较弱的材料，构成“强弱交互”型层理岩石模型。破坏准则选择 Mohr-Coulomb 准则，材料力学参数设置如表 3 所示。

## 5.2. 载荷以及求解设置

施加载荷选择单轴压缩，加载类型为按位移加载，预加载初始值设 0.002 mm，单步增量为 0.002 mm。总加载步为 200 步，使用平面应力模型，求解时选择连续运行，在加载过程中采集应力、应变、声发射等数据。

## 5.3. 对比分析

1) 数值模拟中，随层理倾角的增加，试样单轴抗压强度存在着先增大后减小又增大的过程；本试验中，随层理倾角的增加，试样单轴抗压的峰值强度先减小后增大。如图 11 所示。分析认为数值模拟岩样内部均质连续，制作的类岩石试样界面间不连续，在强度方面与数值模拟存在差异。

2) 图 12 为岩石试样的弹性模量随层理倾角的变化对比，数值模拟与试验都存在以下现象：层理倾角由  $0^\circ \sim 60^\circ$  增大时，层状岩石的峰值强度逐渐减小；当层理倾角由  $60^\circ \sim 90^\circ$  增大时，层状岩石的峰值强度逐渐增大。试验中，层理倾角为  $60^\circ$  时，弹性模量值最小，与数值模拟有所不同，分析认为此过程出现了一个较大的裂缝，纵横向变形有大的差异，应变变化大。

## 6. 结论

本文主要在单轴压缩条件下对不同倾角的类层状岩石进行了声发射试验研究，得到以下结论：

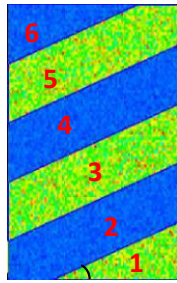


Figure 10. Numerical model of layered rock  
图 10. 层状岩石数值模型

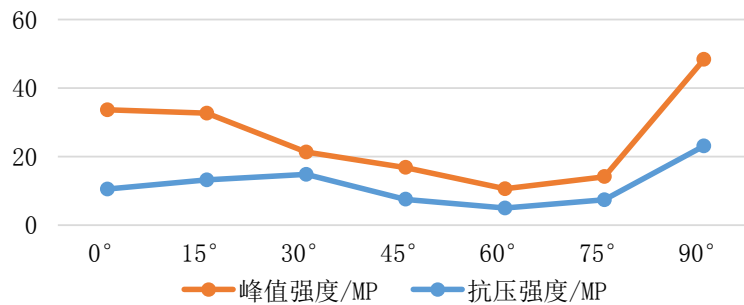


Figure 11. Variation of compressive strength of the rock sample with bedding dip  
图 11. 岩石试样的抗压强度随层理倾角的变化

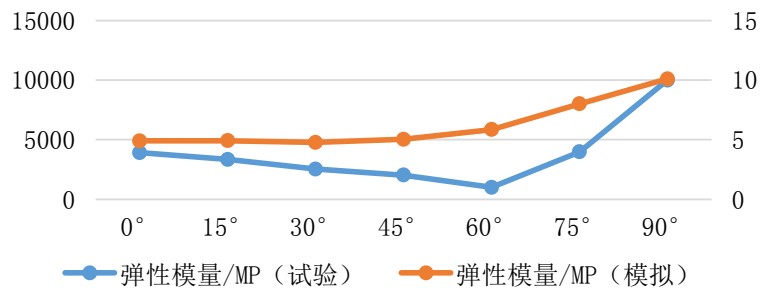


Figure 12. Variation of elastic modulus of the rock sample with bedding dip  
图 12. 岩石试样的弹性模量随层理倾角的变化

Table 3. Mechanical parameters of the layers  
表 3. 各层材料力学参数

材料	参数	弹性模量/MPa	抗压强度/MPa	泊松比	内摩擦角/°	压拉比
强层	均质度	5	5	100	/	/
	平均值	20,000	100	0.25	34	12
弱层	均质度	5	5	100	/	/
	平均值	3000	60	0.4	20	25

1) 层理倾角会影响岩石的破裂方式。层理倾角为 0°~30°的层状岩石以劈裂方式破裂；层理倾角为 45°的岩石以劈裂方式为主，伴随有滑移面的产生，沿着倾角有裂纹的产生；层理倾角为 60°、75°的试样为滑移剪切破坏，滑移面为软硬层的分界面；层理倾角为 90°的试样为劈裂破坏，但劈裂的主导裂纹是软硬层的分界面。

2) 层理倾角会影响岩石的强度及弹性模量。层理倾角为  $60^\circ$  时, 层状岩石的峰值强度和弹性模量最低, 层理倾角为  $90^\circ$  时, 峰值强度和弹性模量最高。

3) 层理倾角会影响岩石的声发射性质。层理倾角为  $15^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $90^\circ$  的试样静默期较长, 活跃期较短; 倾角为  $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $75^\circ$  的试样相比之下活跃期长, 静默期短。

## 基金项目

国家大学生创新训练计划(201610290013); 国家自然科学基金(51604260); 中国博士后科学基金特别资助项目(2016T90519); 江苏省博士后科研资助计划项目(1501085B)。

## 参考文献

- [1] 李月. 层状岩体声学特性研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西华大学, 2007.
- [2] 闫立宏, 李正伦. 复合层状岩石力学性质试验研究[J]. 阜阳师范学院学报, 1997(4): 9-11.
- [3] 包春燕, 唐春安, 唐世斌, 等. 单轴拉伸作用下层状岩石表面裂纹的形成模式及其机制研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2013, 32(3): 474-482.
- [4] 代树红, 王召, 马胜利, 等. 裂纹在层状岩石中扩展特征的研究[J]. 煤炭学报, 2014, 39(2): 315-321.
- [5] 张东明, 白鑫, 齐消寒, 等. 含层理岩石的 AE 特征分析及基于 Kaiser 效应的地应力测试研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2016, 35(1): 87-97.
- [6] 孙清佩, 张志镇, 杜雷鸣, 等. 层理倾角对岩石力学与声发射特征的影响研究[J]. 金属矿山, 2017(2): 7-13.
- [7] 胡明研. 压缩条件下层状复合岩石力学特性研究[D]: [硕士学位论文]. 焦作: 河南理工大学, 2009.
- [8] Tien, Y.M. and Kuo, M.C. (2001) A Failure Criterion for Transversely Isotropic Rocks. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, **38**, 399-412. [https://doi.org/10.1016/S1365-1609\(01\)00007-7](https://doi.org/10.1016/S1365-1609(01)00007-7)
- [9] 张晓君, 龙坤, 宋秀丽, 等. 层理倾角对黑云变粒岩声发射特征的影响[J]. 采矿与安全工程学报, 2016, 33(3): 515-520.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2329-7301, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [me@hanspub.org](mailto:me@hanspub.org)