

文章编号:1001-4888(2018)06-0929-09

三点弯曲脆性岩石试样的微震 和电荷感应信号变化规律*

赵扬锋^{1,2}, 刘力强², 张寅¹

(1. 辽宁工程技术大学 力学与工程学院, 辽宁阜新 123000; 2. 中国地震局地质研究所 地震动力学国家重点实验室, 北京 100029)

摘要: 本文采用微震和电荷感应同步监测试验系统,通过三点弯曲试验研究了脆性岩石变形破裂过程的微震和电荷感应信号的变化规律。试验结果表明:在三点弯曲试验中,花岗岩和大理岩脆性岩石中预制裂纹试样和完整试样的载荷峰值与峰值位移比差别不大,而花岗岩的载荷峰值与峰值位移比大于大理岩的。在三点弯曲试验中花岗岩和大理岩脆性试样变形破裂过程会产生微震和电荷感应信号,花岗岩试样变形破裂过程产生的微震和电荷感应信号强度比大理岩试样的大且事件数也多,完整试样变形破裂过程产生的微震和电荷感应信号强度比预制裂纹试样的大且事件数也多。试样在破裂发展阶段微震和电荷感应信号强度远大于弹性阶段微震和电荷感应信号强度。试样在破裂发展阶段产生的微震和电荷感应信号持续时间也较大。三点弯曲试验中脆性试样变形破裂过程产生的微震和电荷感应信号事件数明显比压缩破裂时少。利用微震和电荷感应信号在岩石变形破裂过程的不同阶段相似性和差异性,对微震和电荷感应信号综合分析能更有效监测三点弯时脆性岩石的变形破裂过程,更准确获得岩石失稳破坏的前兆信息。

关键词: 三点弯曲试验; 微震; 电荷感应

中图分类号: TU45 **文献标识码:** A **DOI:** 10.7520/1001-4888-17-080

0 引言

随着我国深部矿井地下工程的大规模建设,冲击地压事故频繁发生,造成了重大的经济损失和人员伤亡。根据冲击地压发生失稳机理,将冲击地压分为三类:煤体压缩型、顶板断裂型和断层错动型冲击地压。顶板断裂型冲击地压是由顶板岩石拉伸失稳而产生的,在其破坏过程中会释放出微震、电荷感应、电磁辐射等信号,因此,可以通过研究岩体三点弯拉伸破裂过程的微震和电荷感应信号特征、岩石内部的损伤破裂过程和力学状态的变化,进而可在工程实践中预测、预报岩体的破坏进程。

对岩石的微震和电荷感应试验,大多是对岩石压剪复合破裂微震和电荷感应信号进行研究,目前还没有对单一模式岩石破裂过程的微震和电荷感应信号进行研究。如夏永学等^[1]、姜福兴^[2]认为通过监测和分析微震信号可以更好地了解煤岩破坏的机制,为冲击地压预测预报提供有效信息;许晓阳等^[3]研究了混凝土、原煤试样在单轴压缩加载破坏过程中微震信号的频谱特征;杨永杰^[4]对煤岩强度、变形及微震特征进行了较系统地分析研究;Zou等^[5]通过数值模拟了岩石冲击破坏时的微震事件;王晓南等^[6]

* 收稿日期: 2017-03-30; 修回日期: 2017-05-12

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(51274114), 国家重点研发计划项目资助(2016YFC0801403), 中国博士后基金特别资助(2014T70103)资助

通讯作者: 赵扬锋(1979-), 男, 博士, 教授。主要从事矿山灾害力学的研究工作。Email: zhyf_20010284@sina.com

研究了煤岩组合体变形破裂声发射和微震的规律,得到不同组合试样在受载破坏过程中的声发射和微震信号;张璇子等^[7]研究了混凝土材料三点弯曲破坏的声发射特性;左建平^[8]研究了不同温度下砂岩三点弯曲破坏的特征参量,重点探讨了热处理后砂岩破坏的弹性模量、损伤参量及延性比的变化;张璇子等^[9]研究了混凝土材料三点弯曲破坏的声发射特性,获得了混凝土梁在三点弯曲载荷下的破坏过程;杨振琦等^[10]研究了闪长岩在单轴加载过程中的声发射和各向波速变化规律,研究表明,根据纵波波速、声发射累计数和切线模量的变化可以有效预测岩石的破坏;赵扬锋^[11-13]等监测到花岗岩、砂岩、煤变形破裂过程产生的电荷;潘一山等^[14-16]研究了不同加载速率下煤岩、不同围压和孔隙压力含瓦斯煤在破坏过程中的电荷感应规律;姜耀东等^[17,18]运用声发射、介电常数、应变场和表面温度场等监测手段研究了单轴压缩条件下变形局部化演化过程中煤样失稳破坏的多参量前兆特征;赵扬锋等^[19]研究了花岗岩和大理岩在不同加载速率下变形破裂过程的多参量变化规律。而顶板断裂型冲击地压是由顶板岩石拉伸失稳而产生,所以研究在岩石弯拉应力作用下裂隙扩展的微震和电荷感应信号特征和破坏过程,对于深入了解岩石破裂过程具有重要理论和实际意义。因此本文对完整和预制裂纹岩样进行三点弯曲试验,监测分析岩样变形破坏过程的微震和电荷感应信号变化特征。

1 试样制备及测试系统

试验所用岩石为花岗岩和大理岩,所有同类岩石试件均取自同一大块岩样,朝同一方向切割加工而成,通过切割机获得尺寸为 $75\text{mm}\times 75\text{mm}\times 150\text{mm}$ 的试样,中间有效跨距长 $L=128\text{mm}$,处于自然干燥状态。选取花岗岩和大理岩各4个岩样,都分作2组,每组2个岩样。分别对两种岩样做以下加工:第1组岩样不做任何改变,保持原岩试样;第2组岩样利用金刚石锯片在试件中部精心加工了一个深度 2mm ,宽度 1mm 的裂纹。



图1 试验测试系统

Fig. 1 Measurement system for experiment

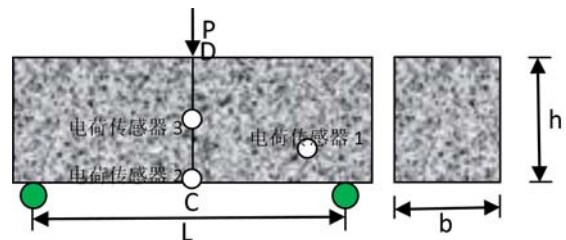


图2 简化三点弯曲梁模型

Fig. 2 Simplified model of three-point bending test

试验在CTM微机伺服控制液压万能试验机上进行,按控制力的方式加载一竖向载荷,加载速度为 0.05kN/s 。试验系统包括电荷感应和微震信号数据采集系统,如图1所示。图2为简化三点弯曲梁模型,由材料力学可知,梁各点处的正应力与载荷 P 成正比关系,且在 C 点为最危险点, C 点的最大弯曲拉应力为: $\sigma_{t,\max} = \frac{3PL}{2bh^2}$ 。电荷感应和微震信号数据采集系统采用自行研制的多通道数据采集器,采样频率最高 100kHz/Ch (Ch 代表通道),试验时采样频率设为 12.5kHz/Ch 。该试验系统可同步采集载荷、位移、电荷感应和微震信号,其中电荷感应和微震信号各3通道。研制的电荷传感器的可测范围为 $\pm 1.526\times 10^{-15}\sim 5\times 10^{-11}\text{C}$,3电荷传感器分别布置在试样后面距 CD 中线 50mm 处(电荷传感器1)、试样前面中线最下端 C 点(电荷传感器2)和试样前面中线 CD 中点(电荷传感器3)。微震传感器对于频率在 $10\text{Hz}\sim 1.4\text{kHz}$ 内的振动信号能够平坦响应,灵敏度为 $22.7\pm 5\%\text{V}/(\text{m/s})$,可测的振动速度范围为 $\pm 2.1\times 10^{-7}\sim 6.883\times 10^{-3}\text{m/s}$,该传感器用耦合剂粘贴于试验机试验台上。

2 试验结果分析

本文针对花岗岩和大理岩进行了4组三点弯曲岩石变形破裂过程微震和电荷感应监测试验,其中75#和76#为完整花岗岩,77#和78#为预制裂纹花岗岩,79#和80#为完整大理岩,81#和82#为预制裂纹大理岩,所有试样加载速度都为0.05kN/s,选取其中具有代表性的监测数据作为研究对象,并对其中各参量数据进行处理。表1为各试样载荷峰值、峰值位移以及试样达到载荷峰值时刻,图3为各试样破坏后的照片。

表1 各试样载荷峰值
Tab. 1 Peak load of samples

试样编号	载荷峰值	峰值位移	峰值时刻
花岗岩 75#	39.988kN	0.8565mm	795.81s
花岗岩 76#	44.733kN	0.9376mm	879.5s
花岗岩 77#	33.810kN	0.7033mm	675.5s
花岗岩 78#	35.888kN	0.7841mm	713.51s
大理岩 79#	30.373kN	0.766mm	614.83s
大理岩 80#	34.373kN	0.8834mm	686.25s
大理岩 81#	27.123kN	0.6476mm	547s
大理岩 82#	27.719kN	0.6962mm	523.78s

由图3和表1可知:在三点弯曲试验中,花岗岩和大理岩在弯拉应力作用下,预制裂纹试样破坏特征表现为预制裂纹尖端拉应力集中所导致的新裂纹萌生、聚集和扩展,破坏路线从预制裂纹点开始起裂,基本沿着直线CD方向向上端靠近集中载荷作用点处破裂,而对于完整试样起裂位置在下端中心C点最大拉应力处,贯通整个试样高度,但最终偏离集中载荷作用点处。在三点弯曲试验中,花岗岩的载荷峰值比大理岩的载荷峰值大,同类岩石中预制裂纹试样和完整试样的载荷峰值与峰值位移比值差别不大,而花岗岩的载荷峰值与峰值位移比值大于大理岩的,预制裂纹试样的载荷峰值与完整试样相比降低了大约15%,这是由于预制裂纹较小且截面变化较小而引起的应力集中程度较低。根据材料力学可计算出75#花岗岩三点弯曲时破坏强度为18.2MPa,而相同材料压缩破坏时强度可达160MPa。

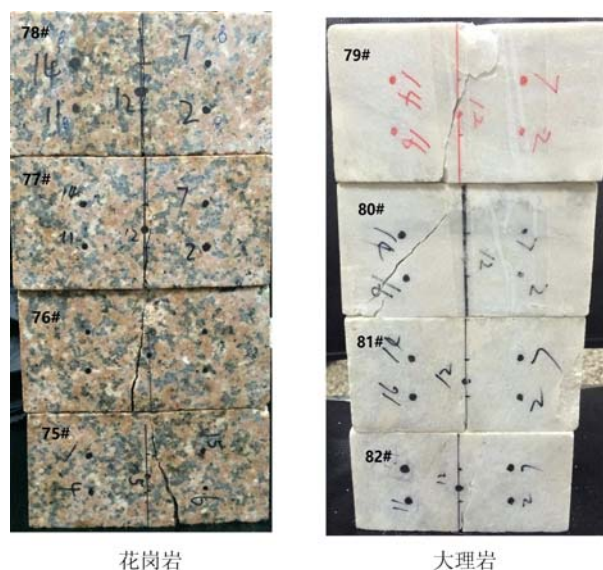


图3 各试样破坏模式

Fig. 3 Failure modes of samples

图4~7为完整试样和预制裂纹试样在三点弯曲试验中,试样变形破裂过程微震和电荷感应信号的监测结果。图中的(a,b,c,d)分别为试样变形破裂过程的时间-力曲线、位移-力曲线、时间-微震和时间-电荷感应信号曲线,(c)图中上、中、下三图分别为电荷传感器1、2、3接收到的电荷感应信号,(d)图中上、中、下三图分别为垂向振动速度传感器和两水平向振动速度传感器接收到的微震信号。

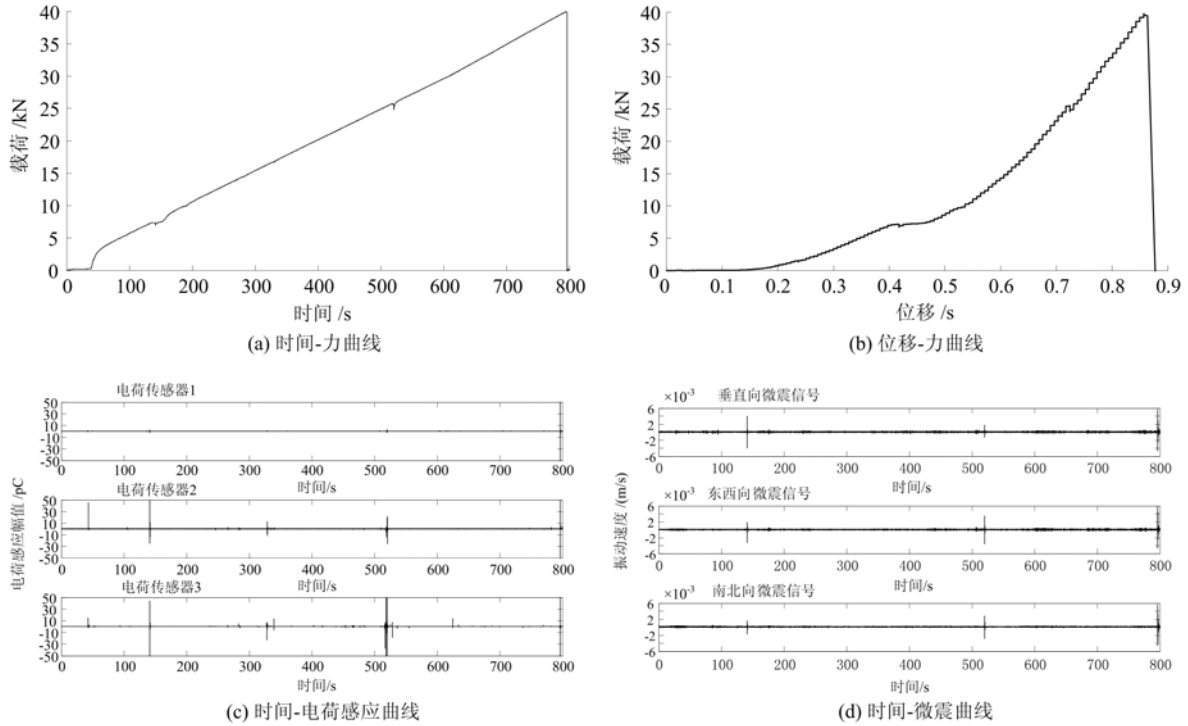


图4 75#完整花岗岩三点弯曲微震和电荷感应信号监测结果

Fig. 4 Microseismic and charge induction signals monitoring results of 75# complete granite on three-point bending tests

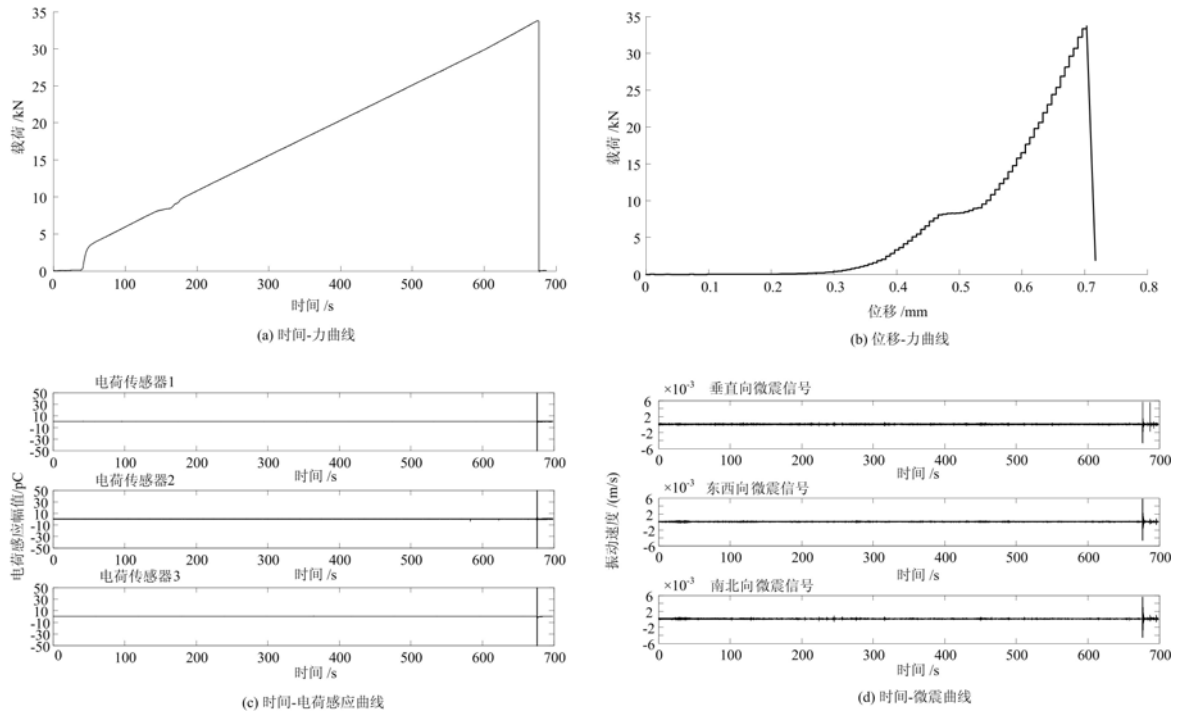


图5 77#预制裂纹花岗岩三点弯曲微震和电荷感应信号监测结果

Fig. 5 Microseismic and charge induction signals monitoring results of 77# pre-crack granite on three-point bending tests

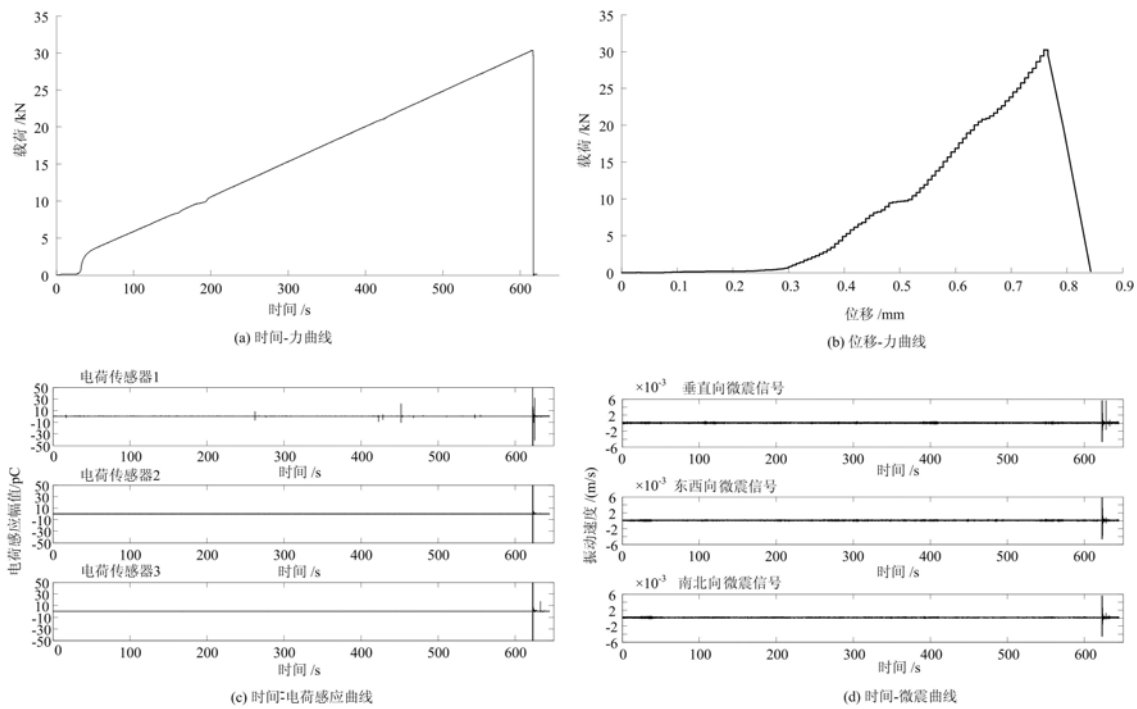


图 6 79# 完整大理岩三点弯曲微震和电荷感应信号监测结果

Fig. 6 Microseismic and charge induction signals monitoring results of 79# complete marble on three-point bending tests

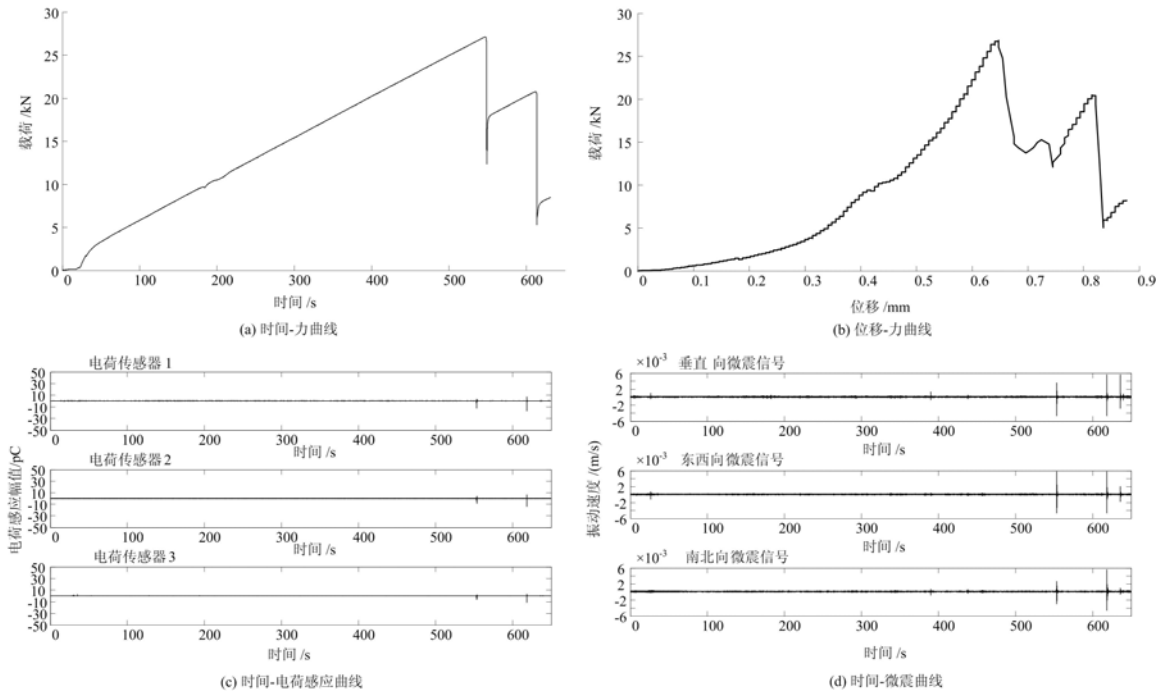


图 7 81# 预制裂纹大理岩三点弯曲微震和电荷感应信号监测结果

Fig. 7 Microseismic and charge induction signals monitoring results of 81# pre-crack marble on three-point bending tests

由图 4 可知：完整花岗岩试样在初始加载即 38.44s 时，电荷传感器 1 没有接收到电荷感应信号，而电荷传感器 2 接收到的电荷感应信号强度达到 40.86pC，电荷传感器 3 接收到的电荷感应信号强度为 10.98 pC，而同时接收到的微震信号极其微弱；在 133.4s 时，所加载荷为 7.101kN，微震传感器接收到的信号振动速度达到 4.06×10^{-3} m/s，电荷传感器 2、3 接收到的电荷感应信号达到 50pC，随着载荷的增加，电荷传感器 2、3 不断接收到 10pC 左右的电荷感应信号；在 520.5s 时所加载荷达到 25.52kN，电荷传感器 3 接收到的幅值达 50pC 电荷感应信号，电荷传感器 2 接收到幅值为 15.8pC 的电荷感应信

号,而微震传感器接收到幅值为 3.85×10^{-3} m/s 的微震信号,载荷继续增加直到试样失稳破坏前电荷感应和微震信号都较小,在试样失稳破坏阶段,电荷感应和微震信号幅值都达到了最大值 50 pC 和 6×10^{-3} m/s。

由图 5 可知:对于预制裂纹花岗岩仅在失稳破坏阶段接收到了较大的电荷感应信号和微震信号,信号幅值分别达到最大值 50 pC 和 6×10^{-3} m/s,而在失稳破坏阶段前无明显的电荷感应和微震信号。

由图 6 可知:完整大理岩在失稳破坏阶段前有电荷感应信号和微震信号,但信号强度不大,而在失稳破坏阶段接收到较大的电荷感应信号和微震信号,信号幅值分别达到了最大值 50 pC 和 6×10^{-3} m/s。

由图 7 可知:对于预制裂纹大理岩,在失稳破坏阶段接收到幅值达 6×10^{-3} m/s 的微震信号,接收到的电荷感应信号幅值为 10 pC 左右,而在失稳破坏阶段前没有明显的电荷感应信号和微震信号。

综上所述:在三点弯曲试验中,花岗岩和大理岩脆性试样变形破裂过程会产生微震和电荷感应信号。在线弹性阶段,花岗岩有较强的微震和电荷感应信号,而大理岩的电荷感应信号和微震信号强度则较弱;而在破裂发展阶段,微震和电荷感应信号幅值都达到了最大值 50 pC 和 6×10^{-3} m/s,但破裂发展阶段时间远小于线弹性阶段,破裂速度发展很快。通过各传感器接收到的信号比较可知,脆性试样在线弹性阶段产生的微震和电荷感应信号并非完全同步,而且三个电荷传感器接收到的电荷感应信号也不同步,微震信号事件数多于电荷感应信号事件数,但电荷感应信号受到的干扰较小,而在破裂发展阶段微震和电荷感应信号同步产生,对于预制裂纹大理岩在失稳破坏阶段接收到的微震信号较大,而电荷感应信号幅值却较小。花岗岩试样变形破裂过程产生的微震和电荷感应信号强度比大理岩试样的大且事件数也多,完整试样变形破裂过程产生的微震和电荷感应信号强度比预制裂纹试样的大且事件数也多。本文所取花岗岩试样含大量石英等压电材料,且颗粒较大,变形破裂时颗粒之间的摩擦力也较大,破裂时的能量也大,产生强度较强的微震和电荷感应信号;而大理岩不含石英,颗粒较小,破坏时呈细末状,产生的微震和电荷感应信号强度较小。

在三点弯曲试验中脆性试样处在弯拉应力作用下,试样内部裂纹的萌生和扩展要比压缩试样快得多,随之产生的微震和电荷感应特征也明显不同于压缩破裂时(可参见文[19])的特征。在三点弯曲试验中试样产生的微震和电荷感应信号事件数明显比压缩破裂时少,而且强度也低,因此分析在不同荷载作用下试样破裂过程的微震和电荷感应信号特征,可以深入了解材料破裂过程与微震和电荷感应现象之间的关系。

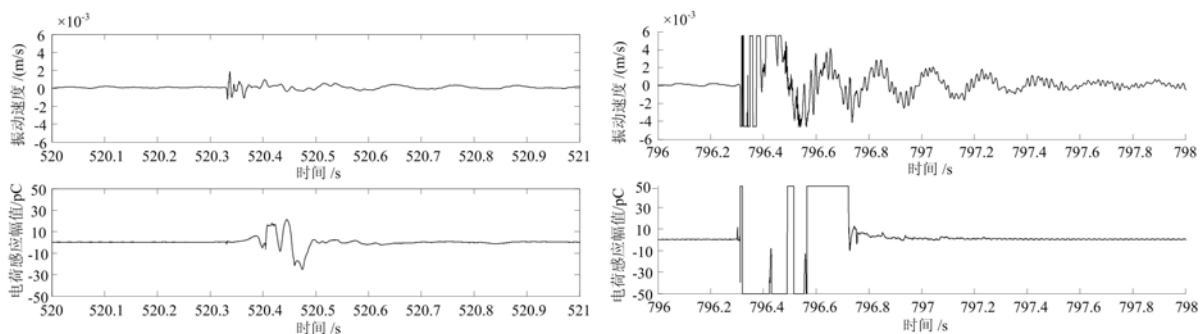


图 8 75# 花岗岩在不同时间的微震和电荷感应信号

Fig. 8 Microseismic and charge induction signals of 75# granite at different times

图 8 为 75# 花岗岩在不同时间段接收到的微震和电荷感应信号,由图 4、图 8 可知:试样在线弹性阶段产生的微震和电荷感应信号持续时间一般小于 0.5 s ,而在破裂发展阶段产生的微震和电荷感应信号持续时间一般接近 2 s ,且微震信号持续时间大于电荷感应信号的持续时间。试样在破裂发展阶段微震和电荷感应信号的强度都超过了微震和电荷传感器的响应量程,达到了最大值。

3 结论

(1) 在三点弯曲试验中,花岗岩的载荷峰值比大理岩的载荷峰值大,同类岩石中预制裂纹试样和完整试样的载荷峰值与峰值位移比值差别不大,而花岗岩的载荷峰值与峰值位移比值大于大理岩的。

(2) 在三点弯曲试验中,花岗岩和大理岩脆性试样变形破裂过程会产生微震和电荷感应信号,在线弹性阶段花岗岩有较强的微震和电荷感应信号,大理岩的电荷感应信号和微震信号强度则较弱;而在破裂发展阶段微震和电荷感应信号幅值都达到了最大值,花岗岩试样变形破裂过程产生的微震和电荷感应信号强度比大理岩试样的大且事件数也多。

(3) 脆性试样在线弹性阶段产生的微震和电荷感应信号持续时间小于在破裂发展阶段产生的微震和电荷感应信号持续时间,且微震信号持续时间大于电荷感应信号的持续时间。微震信号事件数多于电荷感应信号事件数,但电荷感应信号受到的干扰较小,微震和电荷感应信号联合对岩石变形破裂过程监测更有效。完整试样变形破裂过程产生的微震和电荷感应信号强度比预制裂纹试样的大且事件数也多,预制裂纹试样出现前兆信号时间也较晚。

(4) 在三点弯曲试验中,试样产生的微震和电荷感应信号事件数明显比压缩破裂时少,而且强度也低。

参考文献:

- [1] 夏永学, 蓝航, 魏向志. 基于微震和地音监测的冲击危险性综合评价技术研究[J]. 煤炭学报, 2011, 36(2):358-364 (XIA Yongxue, LAN Hang, WEI Xiangzhi. Study of comprehensive evaluation technology for rock burst hazard based on microseismic and underground sound monitoring[J]. Journal of China Coal Society, 2011, 36(2): 358-364 (in Chinese))
- [2] 姜福兴. 微震监测技术在矿井岩层破裂监测中的应用[J]. 岩土工程学报, 2002, 24(2):147-149 (JIANG Fuxing. Application of microseismic monitoring technology of strata fracturing in underground coal mine[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2002, 24(2):147-149 (in Chinese))
- [3] 许晓阳, 王恩元, 许福乐, 等. 煤岩单轴压缩条件下微震频谱特征研究[J]. 应用声学, 2010, 29(2):148-153 (XU Xiaoyang, WANG Enyuan, XU Fule, et al. Micro-seismic frequency spectrum of coal rock under uniaxial compression[J]. Applied Acoustics, 2010, 29(2):148-153 (in Chinese))
- [4] 杨永杰. 煤岩强度、变形及微震特征的基础试验研究[D]. 泰安: 山东科技大学, 2006 (YANG Yongjie. Basic experimental study on characteristics of strength, deformation and micro seismic under compression of coal[D]. Taian: Shandong University of Science and Technology, 2006 (in Chinese))
- [5] Zou D H, Miller H D S. Simulation of microseismic emission during rock failure[J]. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geo-mechanics Abstracts, 1991, 28(4):275-284.
- [6] 王晓南, 陆菜平, 薛俊华, 等. 煤岩组合物冲击破坏的声发射及微震效应规律试验研究[J]. 岩土力学, 2013, 34(9):2569-2575 (WANG Xiaonan, LU Caiping, XUE Junhua, et al. Experimental research on rules of acoustic emission and micro seismic effects of burst failure of compound coal-rock samples[J]. Rock and Soil Mechanics, 2013, 34(9):2569-2575 (in Chinese))
- [7] 张璇子, 陈红迁, 王志勇. 混凝土材料三点弯曲破坏的声发射特性[J]. 实验力学, 2010, 25(4):457-460 (ZHANG Xuanzi, CHEN Hongqian, WANG Zhiyong. On the acoustic emission characteristics of concrete fracture subjected to three-point-bending[J]. Journal of Experimental Mechanics, 2010, 25(4):457-460 (in Chinese))
- [8] 左建平, 周宏伟, 刘瑜杰. 不同温度下砂岩三点弯曲破坏的特征参量研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2010, 29(4):705-712 (ZUO Jianping, ZHOU Hongwei, LIU Yujie. Research on characteristic parameters of sandstone three-point bending failure under different temperatures[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2010, 29(4):705-712 (in Chinese))
- [9] 张璇子, 陈红迁, 王志勇. 混凝土材料三点弯曲破坏的声发射特性[J]. 实验力学, 2010, 25(4):457-462 (ZHANG Xuanzi, CHEN Hongqian, WANG Zhiyong. On the acoustic emission characteristics of concrete fracture subjected to three-point-bending[J]. Journal of Experimental Mechanics, 2010, 25(4):457-462 (in Chinese))

- Chinese))
- [10] 杨振琦, 赵永川, 杨天鸿, 等. 闪长岩单轴加载过程中声发射和弹性波速度变化规律的研究[J]. 实验力学, 2015, 30(5):649—657 (YANG Zhenqi, ZHAO Yongchuan, YANG Tianhong, et al. Research on the variation of acoustic emission and elastic wave velocity in uniaxial loading process of diorite[J]. Journal of Experimental Mechanics, 2015, 30(5):649—657 (in Chinese))
- [11] 赵扬锋, 潘一山, 李国臻, 等. 岩石变形破裂过程中电荷感应信号的检测[J]. 防灾减灾工程学报, 2010, 30(3):252—256 (ZHAO Yangfeng, PAN Yishan, LI Guozhen, et al. Measuring of the charge-induced signal of rock during the deformation and fracture process[J]. Journal of Disaster Prevention and Mitigation Engineering, 2010, 30(3):252—256 (in Chinese))
- [12] 赵扬锋, 潘一山, 刘玉春, 等. 单轴压缩条件下煤样电荷感应试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2011, 30(2):306—312 (ZHAO Yangfeng, PAN Yishan, LIU Yuchun, et al. Experimental study of charge induction of coal samples under uniaxial compression[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2011, 30(2):306—312 (in Chinese))
- [13] 潘一山, 赵扬锋, 李国臻. 冲击地压预测的电荷感应技术及其应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2012, 31(S2):3988—3993 (PAN Yishan, ZHAO Yangfeng, LI Guozhen. Charge-induced technique of predicting rock burst and its application[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2012, 31(S2):3988—3993 (in Chinese))
- [14] 潘一山, 唐治, 李忠华, 等. 不同加载速率下煤岩单轴压缩电荷感应规律研究[J]. 地球物理学报, 2013, 56(3):1043—1048 (PAN Yishan, TANG Zhi, LI Zhonghua, et al. Research on the charge inducing regularity of coal rock at different loading rate in uniaxial compression tests[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2013, 56(3):1043—1048 (in Chinese))
- [15] 潘一山, 罗浩, 肖晓春, 等. 三轴条件下含瓦斯煤力电感应规律的试验研究[J]. 煤炭学报, 2012, 37(6):918—922 (PAN Yishan, LUO Hao, XIAO Xiaochun, et al. Experimental study on mechanical-charge induction law of coal containing gas under triaxial compression[J]. Journal of China Coal Society, 2012, 37(6):918—922 (in Chinese))
- [16] 潘一山, 罗浩, 唐治, 等. 煤岩体拉伸失稳破坏电荷感应规律研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2013, 32(7):1297—1303 (PAN Yishan, LUO Hao, TANG Zhi, et al. Study of charge induction law of coal and rock mass during tensile instability and failure[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2013, 32(7):1297—1303 (in Chinese))
- [17] 姜耀东, 吕玉凯, 赵毅鑫, 等. 煤样失稳破坏的多参量监测试验[J]. 岩石力学与工程学报, 2012, 31(4):667—674 (JIANG Yaodong, LU Yukai, ZHAO Yixin, et al. Multiparameter monitoring experiments for instability destruction of coal samples[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2012, 31(4):667—674 (in Chinese))
- [18] 吕玉凯, 姜耀东, 宋义敏, 等. 单轴加载下煤样失稳破坏的多参量前兆特征[J]. 中国矿业大学学报, 2014, 43(5):815—822 (LU Yukai, JIANG Yaodong, SONG Yimin, et al. Experimental study of multi-parameter precursory characteristics before failure of coal samples under uniaxial compression[J]. Journal of China University of Mining and Technology, 2014, 43(5):815—822 (in Chinese))
- [19] 赵扬锋, 刘力强, 潘一山, 等. 岩石变形破裂微震、电荷感应、自电位和声发射实验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2017, 36(1):107—123 (ZHAO Yangfeng, LIU Liqiang, PAN Yishan, et al. Experiment study on microseismic, charge induction, self-potential and acoustic emission during fracture process of rocks[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2017, 36(1):107—123 (in Chinese))

On the variation of microseismic and charge-induction signals of brittle rock specimens in three-point bending experiment

ZHAO Yang-feng^{1,2}, LIU Li-qiang², ZHANG Yin¹

(1. School of Mechanics and Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, Liaoning, China;

2. State Key Laboratory of Earthquake Dynamics, Institute of Geology, China Earthquake Administration, Beijing 100029, China)

Abstract: In this paper, the variation pattern of microseismic and charge-induced signals of brittle rock specimens during deformation and fracture process were studied based on three-point bending experiment and by using experimental system composed of microseismic and charge induction synchronous monitoring device. Experimental results show that in three-point bending experiment, there is only little difference between the ratios of peak load to peak displacement of prefabricated crack specimen and that of intact specimen for both granite and marble brittle rock specimens. The ratio of peak load to peak displacement of granite is larger than that of marble. In three-point bending experiment, the deformation and fracture process of brittle samples of granite and marble will produce microseismic and charge-induced signals. The intensity of microseismic and charge-induced signals produced in deformation and fracture process of granite samples is larger than that of marble samples and the number of events of granite is more than that of marble samples. The intensity of microseismic and charge-induced signal produced in deformation and fracture process of intact specimen is larger than that of prefabricated crack specimen and the number of events of intact is more than that of the sample with prefabricated crack. On the fracture development stage, the intensity of microseismic and charge-induced signals is much higher than that on elastic stage. The duration of microseismic and charge-induced signals produced by specimens during the fracture development stage is also longer. The number of microtremors and charge-induced signal event during deformation and fracture process of brittle specimens in three-point bending experiment is obviously less than that in compression fracture. Using the similarity and difference of microseismic and charge-induced signals on different stages of rock deformation and fracture process, the comprehensive analysis of microseismic and charge-induced signals can more effectively monitor the deformation and fracture process of brittle rock subjected to three-point bending, and obtain more accurately the precursor information of rock instability and failure.

Keywords: three-point bending experiment; microseismic; charge induction