

地基岩石微损伤过程的测试研究

刘 立,王泽云,刘保县

(西华大学建筑与土木工程学院,四川成都 610039)

【摘 要】 实验表明,声测波形与频度揭示了岩石内部损伤的萌生与演化特征,并对不同岩石的损伤演化过程及特性作了比较实验,得到了有益的结果。

【关键词】 岩石; 损伤; 声发射测试

【中图分类号】TU455 【文献标识码】A 【文章编号】1007-8983(2003)SO-0117-02

岩石的破坏与失稳起源于受载条件下的岩石内部损伤萌生与演化。当损伤扩展贯通到一定程度时,常会引起地基基础、岩体工程、地下工程、边坡工程及矿山巷道、采场的过大变形与倒塌,造成严重后果。研究岩石的损伤不少学者进行了有益的探索^[1-3],取得了明显的成果。本文在实验研究的基础上,利用声发射测试技术对岩石损伤的全过程进行了观测试验研究,获得了相关的结果。

1 实验试件

试件取自某地基层状岩体的灰岩、砂岩和泥岩等岩样,将其切割、打磨成 50mm × 50mm × 100mm 试件,误差 < ±1mm,打磨平整,以利于换能器接触面密切接触,提高拾取效率。

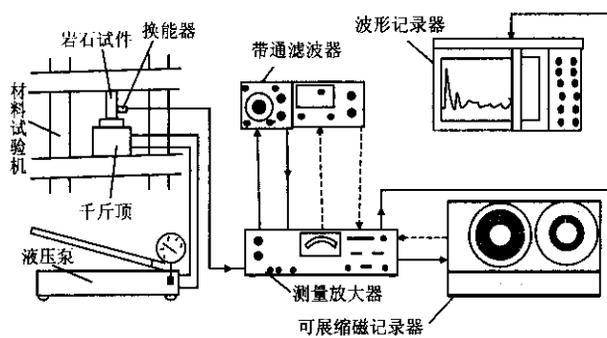


图1 测试系统

2 实验系统构成

为拾取岩样在微损伤时的声发射信号,实验仪器采用了①低噪声高性能专用测量放大器,其频率范围为 1Hz ~ 200kHz,增益为 -30 ~ +100dB,能有效获取小信号并将其放大。②高灵敏度宽频带压电式换能器 B&K4369。最高测量频率达 10.5kHz,可满足对微弱信号的灵敏度及频率灌输要求^[4]。③带通滤波器 B&K1617,有多个子波段可供选择,并具有多级滤波带宽,可方便地调节至关注的频段或欲滤除的干扰波段范围。④快速高精度波形记录仪 B&K2308。具有特轻质笔头及高性能伺服控制电路,可实现对不同波形和幅度的信号记录,并可以线性或对数方式进行瞬时曲线描绘。⑤高性能

专用磁记录仪 B&K7006,具有双通道展缩器,可实现扩展微弱信号和压缩信号的高动态记录,信噪比 > 70dB,并配以高速数据采集分析系统,最高采样频率可达 500kHz/通道。⑥加载设备,试验专用千斤顶 YS150-5C、SBS7 型液压泵及 YE-2000A 材料试验机,测试系统如图 1 所示。

3 实验方法

为分析观察岩石整个损伤演化过程,采用单轴加压试验并缓慢加载,以期获得充分展开的损伤声发射全过程信号。对于较坚硬的灰岩,采用 B 计权带通档位,带通滤波器调到 200Hz 以上的高通位。以滤除机器低频干扰信号,并在设备间加橡胶垫,实验证明,对声发射频率较高的灰岩,采取这些措施后,可明显减小机器的干扰振动波,提高拾取信号的信噪比。对最终的断裂破坏所产生的过强信号,利用了磁记录仪的展缩器适当压缩了强信号的幅度。并辅以高速数据采集分析系统对信号进行记录处理。

对强度较低的砂岩和泥岩,采取了手动加压泵配千斤顶的加载方式进行声发射测试,可更有效地拾取弱信号,消除机器干扰波。

4 试验过程与损伤演化分析

4.1 灰岩的损伤演化

所测试件为深灰色石灰岩,其结构紧密。主要矿物为方解石,含少量有机质和微细星散状黄铁矿,具有细脉状节理,块状结构,在高倍电镜下可见其微孔隙及微裂隙^[5]。图 2 是灰岩测试试件中的一个较典型的损伤声发射过程图。由整个过程看损伤声发射从起初的萌生到最后完全破坏经历了由弱至强、由稀疏到密集、由低幅值到高幅值的过程。加载初期的一段时间内,岩石试件几乎无声发射,说明这一阶段岩石内微结构尚处于弹性变形期,其晶体结构损伤几乎没有或非常少。应力与应变呈线性关系,岩样外观也无任何异样。当继续加载至 60MPa 以后,该试件开始出现极微弱的声发射,表明岩石内微结构晶体出现了局部损伤断裂,如图 3 所示,微结构晶体的损伤与断裂,会导致其间的微孔隙、微裂纹或弱面因继续加载而扩展,产生微弱声发射。当这种操作演化到一定数量即有一次较大的突增波形,说明一些微小

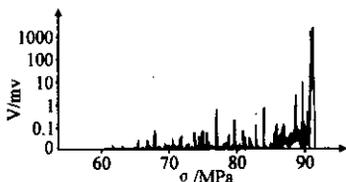


图2 灰岩试件典型损伤演化声发射波形图

损伤裂纹突然贯通,造成了一次较为明显的声发射,但由于灰岩强度较高及矿物晶粒间的相互凝聚嵌合摩擦阻力等作用,使得裂纹扩展至某处某方向时即停止扩展。随着载荷的继续增加,当其

不能抵抗更高的外载作用时,一些原始孔隙、微裂纹及已扩展的裂纹又继续扩展,造成又一次的较强声发射,随后又遇阻力。如此反复,损伤演化逐步加剧,损伤的区域、面积、数量逐步扩大,使声发射强度及频度随载荷的进一步提高而加大,导致岩石试件的微裂纹由隐形至明显、由一条变多条,最后终于不能抵抗载荷的作用,出现了剧烈的崩溃性破坏,试件呈现多条状劈裂破坏。

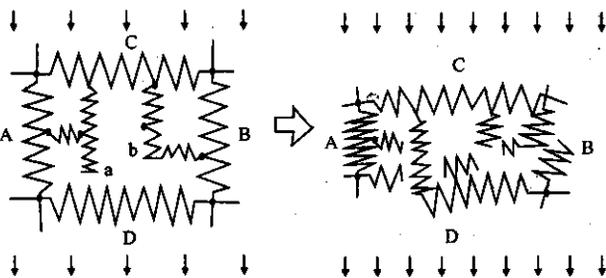


图3 岩石内微结构晶体的损伤与断裂

4.2 砂岩的损伤与破坏

被测试件为钙质细砂岩。主要矿物成分为石英、长石,呈细粒结构,钙质粘土胶结,碎屑呈半磨圆状,具细纹理。在高倍显微镜下能看到明显的微孔隙和微裂纹。图4为所测砂岩试件中的一件之波形图。

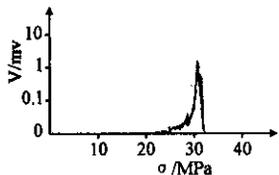


图4 砂岩试件典型损伤演化声发射波形图

从图中可知,由于砂岩的微观矿物晶体微结构强度不高、空隙稍大,致使试件加载后,损伤在较低应力水平就开始产生,且损伤扩展过程较集中。除加载过程中有试件边角出现微裂纹破坏造成微小突出的声发射外,最终损伤

演化至破坏过程中声发射的幅值及频度均较灰岩有明显降低。从微小损伤的起始萌芽、扩展到最末的整体破坏所经历的时间较短(与加载速率有关),没有明显的随机突发性声发射,说明岩石矿物颗粒间及胶结构间的凝聚力较低,损伤断裂强度较小。其声发射信号主要是由砂岩矿物及胶结物间的分离、剪切、位错及摩擦等产生,损伤及其演化表现为随载荷的增加而加速进行,直到最后大区域破坏。实验表明:砂岩试件只要一处开始出现损伤扩展,当外载荷持续增加时,极易发生连锁式损伤扩展加速而导致最终的雪崩式破坏。岩石内微结构强度对损伤扩展的阻止极其有限,试件的最终破坏形态呈“X”形。

4.3 泥岩的损伤与破坏

该试件为黑褐色炭质泥岩,泥质胶结,含大量植物化石碎

片,颗粒细小致密,具细微孔隙及微裂纹结构。图5是具有代表性的损伤破坏过程声发射波形图。

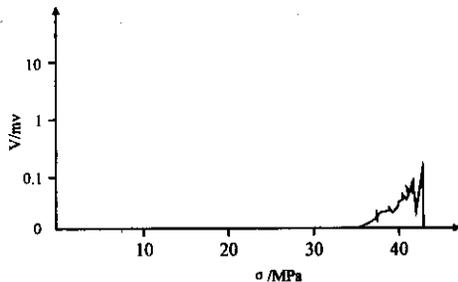


图5 泥岩试件典型损伤演化声发射波形图

由图可见,此类岩石由于矿物强度低、矿物晶体结构脆弱,凝聚力差,加上具有较多的细微孔隙及微裂纹损伤等初始损伤,当加载后,岩石内微结构晶体变位较大,矿物晶粒易沿初始损伤发生位错分离,从而造成明显的损伤扩展变形。试件测试过程中,声发射幅值较小且很集中,没有突发性高峰值声信号,表明此类岩石损伤一经产生,当载荷继续增加时,即会一次演化扩展至完全破坏,没有较长的前期损伤扩展过程,也没有分次损伤扩展破坏的迹象,声发射强度比砂岩更低、波形变宽。仅在前期出现微弱的损伤声发射脉动波后,即出现损伤加速扩展的整体破坏波形。从其幅低、超始应力低、近似呈线性增加可知。岩石试件几乎呈直接挤压致碎的状态。从试件外观看,也是呈小碎块及粉状形式破坏。

5 结 论

(1) 岩石内部的损伤是由其内部微结构晶体的损伤及演化、断裂所引起,对微损伤声发射的探测试验有助于研究岩石损伤的起始之演化过程。

(2) 不同岩石其损伤演化过程不尽相同。类似于灰岩这样的较坚硬岩石的损伤演化过程相对较长,随机损伤峰值较为密集,最终断裂与破坏的声发射剧烈。相比之下,象砂岩、泥岩等较为软弱的岩石,其损伤过程则较短,断裂破坏较为迅速集中,声发射峰值较小。且频率较低,体现了岩石内不同组分微结构特征及强度特征。

(3) 岩体工程的声发射及其不同表现特征常预示着有关地基、边坡岩体、地下工程等的某些损伤萌生与演化。进行相关的探测与试验研究将对地质灾害的监测与岩体工程的安全性控制具有重要意义。

参 考 文 献

[1] 刘宝琛. 实验断裂、损伤力学测试技术[M]. 北京:机械工业出版社, 1994. 239 - 240.
 [2] 陈忠辉. 岩石断裂声发射过程的围压效应[J]. 岩石力学与工程学报, 1997. 16(1). 65 - 70.
 [3] LOCJNER D. The role of acoustic emission in the study of rock fracture[J]. Int. Rock Mech. Min. Geomech. Abstr, 1993. 3(7)883 - 899.
 [4] 王勋业. 采矿工程测试技术[M]. 长沙:中南工业大学出版社, 1989. 143 - 145.
 [5] 刘立. 三维层状复合岩石损伤本构关系的研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2002. 21(5) 621 - 625.

作者: [刘立](#), [王泽云](#), [刘保县](#)
作者单位: [西华大学建筑与土木工程学院\(四川成都\)](#)

相似文献(2条)

1. 期刊论文 [彭瑞东](#), [刘红彬](#), [王建强](#), [鞠杨](#), [PENG Rui-dong](#), [LIU Hong-bin](#), [WANG Jian-qiang](#), [JU Yang](#) [岩石损伤检测技术的研究进展 - 岩矿测试](#)2007, 26(1)

岩石损伤变量的测定是岩石损伤力学分析研究的基础, 岩石损伤理论付诸岩石工程实践必须解决岩石损伤检测的问题. 总结当前国内外的岩石损伤检测方法, 可将其分为结构分析法和性能测试法, 具体包括扫描电镜分析、计算机断层扫描检测、应力应变测试、声波探测、声发射测试以及红外辐射探测等. 在采用不同的测试技术时, 必须谨慎考虑损伤与相应物理学描述之间的耦合关系, 尽可能使得所定义的描述能真正反映损伤变量的值. 具体应用时应该在符合热力学原理的前提下尽可能选择易于测量且利于分析的损伤变量描述形式及相应的检测技术.

2. 期刊论文 [张艳博](#), [康志强](#), [姜国虎](#), [徐东强](#), [Zhang Yanbo](#), [Kang Zhiqiang](#), [Jiang Guohu](#), [Xu Dongqiang](#) [基于岩石损伤破坏和声发射理论的岩爆发生机理 - 金属矿山](#)2007, ""(12)

岩石等脆性材料在加载过程中, 随着载荷的增加, 材料内部的微裂纹产生、扩展并伴随着声发射现象的发生. 声发射是研究脆性材料损伤演化的良好工具, 它能连续、实时地监测脆性物体内部微裂纹的产生与扩展, 这是其他任何方法都不具有的优势. 采用岩石声发射测试技术, 对不同孔隙率的岩石的岩爆机理进行了系统的试验研究; 利用统计规律和连续损伤力学理论建立了声发射与损伤变量之间线性关系式; 用不同孔隙率的大理岩进行了双轴压缩试验. 试验模拟了双向受力状态下的岩爆, 研究了其破坏过程中的声发射特征, 并从岩石损伤的角度分析了岩爆的发生机制. 研究表明, 采用岩石声发射测试技术追踪岩爆的产生和发展过程, 是进行岩爆机理研究的一种科学、有效的方法.

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference_5404136.aspx

下载时间: 2010年5月27日