

文章编号:1673-0062(2009)01-0045-03

高温后粉砂岩冲击破碎特性研究

尹土兵,李夕兵,洪 亮,周子龙,叶洲元

(中南大学 资源与安全工程学院,湖南 长沙 410083)

摘 要:对粉砂岩经历 100~400℃ 不同温度作用后的冲击破碎特性进行实验研究,分析了不同温度后粉砂岩冲击破碎特性,并对其破坏机理作初步探讨.研究表明:高温后岩石的破裂形态以沿冲击加载方向的剪切破坏为主,且在相同冲击动载作用下,岩石经历的温度越高,它的破坏程度越大,碎块数量越多.反映了岩石在高温作用后内部结构发生改变,为深部矿床开采提供一定参考.

关键词:高温后;粉砂岩;破碎特性;冲击

中图分类号:P588.21+2.1 **文献标识码:**A

Experimental Study on Impact Fragmentation Characteristics of Siltstone after High Temperature

YIN Tu-bing, LI Xi-bing, HONG Liang, ZHOU Zi-long, YE Zhou-yuan

(School of Resources and Safety Engineering, Central South University, Changsha, Hunan 410083, China)

Abstract: The laboratory tests are done for studying on impact fragmentation behavior of siltstone after undergoing different high temperatures. The temperature varies in the range of 100 °C, 200 °C, 300 °C, 400 °C. The impact fragmentation characteristics of sandstone after different temperature are analyzed. The damage mechanism of sandstone is discussed briefly. The test results show that the damage mode after high temperature is always due to shear failure along the way of impact. The siltstone has considerable degree of damage and more fragment after undergoing different temperature when the dynamic loading is the same. The change of rock internal structure is reflected after high temperature. It can be taken as reference to mine mineral at a certain extent.

Key words: post-high temperature; siltstone; fragmentation behavior; impact

0 引言

岩石作为地质运动的产物,内部存在大量的

晶界、位错、孔洞、微裂隙等裂纹源.岩石的破碎是由许多不同尺度下的裂纹扩展而成的.裂纹在应力波的作用下起裂、成核、贯通,最后形成宏观破

收稿日期:2008-12-25

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50674107)

作者简介:尹土兵(1982-),男,湖南郴州人,中南大学博士研究生.主要研究方向:岩石动力学与采矿工程.

碎^[1]. 有研究表明: 岩石破碎后形成的新的表面只占总表面的少部分, 大部分是由岩石中的原裂纹面组成. 实际上, 由于岩石内部微裂纹分布的不规则性, 各个微裂纹的长度、形状、方向角都不可能一致, 所以当岩石受到轴向加载时, 由原裂纹所产生的次生裂纹将出现不同程度的交叉、汇合, 裂纹的数量开始减少, 裂纹形态开始变大, 由此产生的下一批次生裂纹继续交叉汇合, 最终形成几条主要的较大的裂纹, 岩石破坏时, 一般沿着几条主要裂纹的方向开裂. 岩石破碎的难易程度、能耗、块度分布等是凿岩、爆破、采矿、选矿中的重要参数和衡量指标, 得到了广泛的关注和研究^[2-5]. 但这些研究仅局限于常温下的岩石破碎特性, 对于高温后的岩石破碎特性研究极少, 且岩石经高温处理后其内部孔洞、微裂隙等缺陷发生了改变, 高温后岩石的破碎特性研究成为国内外研究的一个热点.

1 冲击破碎实验

1.1 实验装置

粉砂岩动态冲击试验在 SHPB 实验装置上完成. SHPB 试验系统杆件采用 40Cr 合金钢, 密度为 7.810 kg/cm^3 , 弹性波速为 5410 m/s , 杆直径为 50 mm , 入射杆和透射杆长度分别为 2.00 m 和 1.50 m , 弹体材质和最大直径分别与对应的入射、透射杆相同. 加载波形采用半正弦波, 冲头采用锥形结构. 数据采集系统由粘贴在冲击杆上的应变片、电脑、DL750 型数字波形纪录器、CS-1D 型超动态应变仪等组成.

试验所用加温设备为上海康路仪器设备有限公司制造的高温箱, 由高温电炉和温度控制器组成. 电炉型号是 Sx2-12-10, 功率为 12 kW , 最高温度可达 1200°C .

1.2 试样制备

实验选用完整性和均匀性相对较好的中等强度的粉砂岩, 根据常规力学性能测试要求制作试件, 加工成 $\phi 50 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ 的圆柱体. 并对试件的两端进行仔细研磨, 上下表面平行度在 0.05 mm 以内, 表面平整度在 0.02 mm 以内, 试样基本尺寸和加工精度均符合岩石实验标准.

1.3 实验方法

实验选取 12 块试样, 按温度不同分为 100°C 、 200°C 、 300°C 、 400°C 四个等级, 加热到相应的温度等级保持恒温 2 h , 然后在炉内冷却. 将经历高温后的试样以不变的载荷沿轴向进行动态冲击, 直至试

样破坏, 同时由超动态应变仪自动记录试样.

2 实验结果及讨论

岩石在变形破坏过程中始终不断的与外界交换着物质和能量, 岩石的热力学状态也相应的不断发生着变化. 因而岩石作为所研究的体系是一个远离平衡的开放体系. 岩石在受到外力作用时, 弥散在岩石内部的微细缺陷不断演化, 从无序分布逐渐向有序发展, 从而形成宏观裂纹, 最终宏观裂纹沿某一方位汇聚形成大裂纹导致整体失稳, 引起岩石的灾变. 从热力学上看, 岩石这一变形过程是一种能量耗散的不可逆过程, 而破坏过程则是一种突变过程, 并包含着能量释放. 因此岩石的变形破坏过程实质上是能量耗散和能量释放的全过程, 在突变瞬间主要是以能量释放作为源动力. 对不同高温作用后岩石的动态破裂形态进行了观测统计, 发现高温后岩石的破裂形态以沿冲击加载方向的剪切破坏为主, 图 1~图 4 得出了相同动载不同温度后试样几种典型的破坏形态.



图1 温度为 100°C 时试样冲击破碎形态
Fig.1 Impact fragmentation characteristics of samples at 100°C

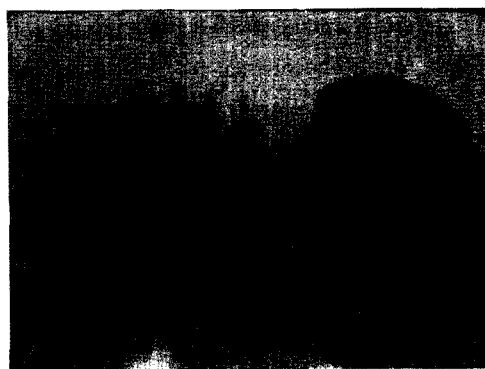


图2 温度为 200°C 时试样冲击破碎形态
Fig.2 Impact fragmentation characteristics of samples at 200°C

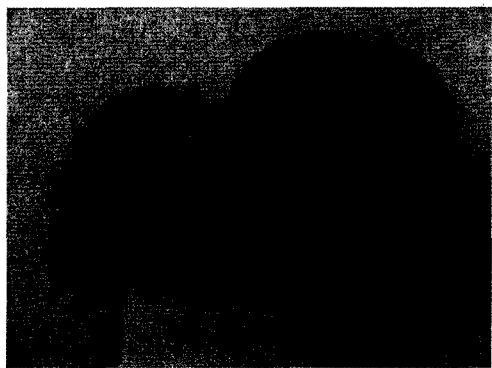


图3 温度为300℃时试样冲击破碎形态
Fig.3 Impact fragmentation characteristics
of samples at 300℃

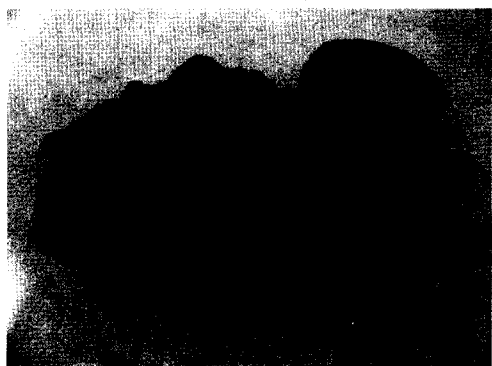


图4 温度为400℃时试样冲击破碎形态
Fig.4 Impact fragmentation characteristics
of samples at 400℃

从图1~图4可以看出,对经历相同高温历程的岩石,冲击动载越大,岩石破碎程度越大,破碎试样主体呈锥形;在同样冲击动载作用下,岩石经历的加热温度越高,它的破坏程度越大,碎块数量越多.反映了岩石在高温作用后内部结构发生变化,强度降低的本质.

图2和图3分别为试样加温至200℃和300℃时的冲击破碎形态,两者呈现较完整的锥体.从图中可以看出损伤程度越高,试验后的试样主体成锥体的形状越规整,这是因为温度较高的试样储存的能量较大,裂纹发育较充分,在动压下裂纹会沿原来方向很快汇合形成锥体形状,如试

件尺寸较长有可能形成“X”形裂纹面.

图4为试样加温至400℃时的冲击破坏情形,与前面岩石破坏特征相比,碎块数量越多,破坏程度越大.从微观分析高温对粉砂岩力学性质的影响,主要是由于粉砂岩含有的各种矿物成分的热膨胀系数差别较大导致热裂化.粉砂岩含有多种矿物成分,由于各种矿物颗粒的不同,热膨胀率以及各向异性颗粒的不同结晶方位的热弹性性质不同,引起跨颗粒边界的热膨胀不协调,从而造成颗粒间或颗粒内部的拉或压应力.而且随温度的升高,颗粒间或颗粒内应力进一步增大,致使粉砂岩内部产生微小裂纹或使原生裂纹扩展、加宽和连通,宏观上就表现为粉砂岩力学性质的劣化.

3 结论

1)对经历相同高温历程的岩石,冲击动载越大,岩石破碎程度越大,破碎试样主体呈锥形;

2)在同样冲击动载作用下,岩石经历的加热温度越高,它的破坏程度越大,碎块数量越多.反映了岩石在高温作用后内部结构发生变化,强度降低的本质.

3)不同高温后岩石内部产生微小裂纹或使原生裂纹扩展、加宽和连通.

由于岩石高温后冲击实验难度较大,本文实验数量有限,所以所得结论只是初步的结论,更加深入的规律有待进一步探讨.

参考文献:

- [1] Whittaker B N, Singh R N, Sun G. Rock fracture mechanics[M]. Principles, design and applications: Elsevier science publishers, 1992.
- [2] Nagahama H. Fractal fragment size distribution for brittle rocks[J]. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 1993, 30(4): 469-471.
- [3] 赵伏军, 李夕兵, 冯涛. 动静载组合破碎脆性岩石试验研究[J]. 岩土力学, 2005, 26(7): 1038-1042.
- [4] 徐小荷, 宋守志, 李功伯. 分形几何和粉碎特征[J]. 中国矿业, 1994, 3(1): 32-35.
- [5] 谢和平, 高峰, 周宏伟, 等. 岩石断裂和破碎的分形研究[J]. 防灾减灾工程学报, 2003, 23(4): 1-9.