

饱水状态对岩石冲击倾向性影响的研究

肖为国¹, 贾晓奎², 崔继生^{3,4}, 姜振泉⁴

(1. 山东省地质环境监测总站, 山东 济南 250014; 2. 内蒙古鑫泰煤炭开采有限公司, 内蒙古 呼和浩特 010010; 3. 青岛地矿岩土工程有限公司, 山东, 青岛 266000; 4. 中国矿业大学, 江苏 徐州 221008)

摘要:取菏泽赵楼煤矿岩样进行了饱水前后冲击倾向性指标的对比试验, 研究发现饱水状态对岩样弹性能量指数影响明显, 动态破坏时间和冲击能量指数亦有影响。对于不同水稳性特征的岩石, 饱水前后的冲击倾向性存在明显差异。

关键词: 饱水状态; 冲积倾向性; 动态破坏时间; 弹性能量指数; 冲击能量指数

中图分类号: TD315⁺.1

文献标识码: A

冲击地压是煤矿常见的地质灾害, 岩石的冲击倾向性是发生冲击地压的必要条件, 是岩石本身的固有属性, 由其能够积蓄和突然释放弹性变形能的岩石物质成分和岩性结构控制, 并受其他多种因素的影响。文章着重探讨饱水状态对不同水温性特征的岩石冲击倾向性的影响^[1-5]。

1 岩石冲击倾向性

岩石全应力应变曲线能反映岩体的力学性质, 也直观和全面地反映岩石蓄能、耗能的全部过程, 并且包含着关于岩石冲击倾向性的丰富信息。

在岩石的整个变形破坏过程中, 岩石贮存的弹性应变能越多, 岩石的永久变形耗能越小, 岩石的冲击倾向性就越大。通常用弹性变形能与产生塑性变形消耗能量之比来表征岩石冲击倾向性的大小。这是目前国内外较为流行的一种冲击倾向性指标——弹性能指数法(W_{ET})。具体作法是, 先用常规抗压试验确定试件的平均单轴抗压强度, 然后用试件以 0.04 MPa/s 的速度加载到抗压强度的 80%~90%, 再以同样的速度卸载, 根据其加载-卸载曲线(图 1-a), 即可得到弹性能指标 W_{ET} , 即岩体的破坏前所积蓄的弹性能 φ_{SE} 与产生塑性变形消耗的能量 φ_{SP} 之比值, 显然, W_{ET} 值越大, 表明岩体的冲击倾向性越大。

另一种方法是冲击能指数法(K_E), 根据加载过程中所积蓄的能量与试件破坏过程中耗损的能量比值来测定(图 1-b), 即压缩条件应变曲线峰值前所积蓄的变形能 F_s 与峰值后所消耗的变形能 F_x 的比值。这种方法可以弥补弹性能指数 W_{ET} 不能反映岩体在破坏阶段的能量释放与消耗的不足。显然, 如果岩石峰值前储存的应变能越多, 破坏时所损耗的应变能越小, 即 K_E 越大, 释放的能量越多, 岩石越容易发生冲击地压。

在岩石全应力应变过程中, 从峰值强度到完全破坏所经历的瞬态延续时间称为岩样动态破坏时间(DT)。动态破坏时间长短是能量积聚与耗散的综合反映。强冲击倾向, 断裂扩展迅速, 试件急速丧失承载力; 中等冲击倾向试件首先经历较慢的承载能力降低过程, 然后才快速失去抵抗能力; 无冲击倾向, 断裂扩展比较缓慢, 承载能力的降低呈现多次台阶式的发展过程, 残余强度表现明显。

弹性能指数法 W_{ET} 、冲击能指数法 K_E 与岩样动态破坏时间 DT 3 种指标结合一起作为判别依据, 提出分类标准(表 1), 来衡量岩体冲击倾向性危险的大小。

2 饱水状态对岩石冲击倾向性的影响

对赵楼煤矿所取岩样进行加工, 制成标准试件,

* 收稿日期: 2009-01-01; 修订日期: 2009-06-08; 编辑: 曹丽丽

作者简介: 肖为国(1981—), 男, 山东胶南人, 助理工程师, 主要从事水文地质、工程地质、环境地质技术工作。

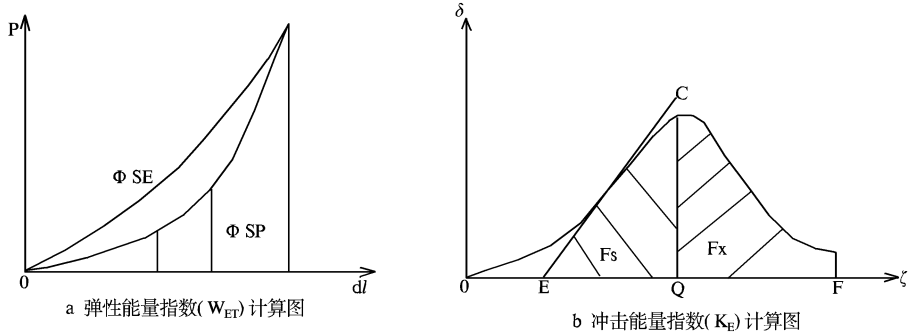


图1 弹性能量指数(W_{ET})与冲击能量指数(K_E)计算

表1 煤岩体的冲击倾向鉴定指标值

类别	1类	2类	3类
名称	无冲击倾向	弱冲击倾向	强冲击倾向
动态破坏时间 DT(ms)	$DT > 500$	$50 < DT \leq 500$	$DT \leq 50$
弹性能量指数 W_{ET}	$W_{ET} < 2$	$5 > K_{ET} \geq 2$	$K_{ET} \geq 5$
冲击能量指数 K_E	$K_E < 1.5$	$5 > K_E \geq 1.5$	$K_E \geq 5$

注:当DT, K_E , W_{ET} 的测定值发生矛盾时,应增加试件数量,其分类可采用模糊综合评判的方法或概率统计的方法进行。

加载装置采用高精度并能控制加载速度及调节油压的美国 MTS 伺服岩石力学试验系统。所制岩样饱水3周,对饱水后的岩样进行水稳性评价并分类(表2),然后,取不同水稳性类型中代表性岩石进行饱水前后的冲击倾向性测定(表3)。

表2 赵楼煤矿岩石水稳性特征

岩性	岩石浸水饱和和破坏特征	水稳性特征分类	水稳性评价
粉细砂岩互层	无掉渣、开裂和膨胀现象,用力敲击不碎	I	好
粉砂岩	不发生崩解破坏,仅有轻微掉渣、表面少量裂隙出现,用力敲击可沿隐微节理、裂隙开裂	II	较好
细砂岩	饱水后产生片状开裂,片状脱落物,手搓发现含有泥质成分	III	较差
泥岩	吸水膨胀、崩解,最后碎裂	IV	差

从表2可知,赵楼煤矿中的粉细砂岩互层水稳性特征分类为I类,其饱水后无掉渣、开裂和膨胀现象,用力敲击不碎,水稳性评价为好;粉砂岩的水稳性特征分类为II类,其饱水后不发生崩解破坏,仅有轻微掉渣、表面少量裂隙出现,用力敲击可沿隐微节理、裂隙开裂,水稳性评价为较好;细砂岩的水稳性特征分类为III类,其饱水后产生片状开裂,片状脱落物中含有泥质成分,水稳性评价为较差;泥岩的水稳

性特征分类为IV类,其饱水后吸水膨胀、崩解,最后碎裂,水稳性评价为差。由于水稳性特征原因,泥岩在制样中产生困难,尤其在饱水后,岩样发生破坏,无法进行冲击倾向性指标的测定。

表3 赵楼煤矿岩石冲击倾向性鉴定结果

名称	指数			鉴定结果	备注
	动态破坏时间(ms)	弹性能量指数 W_{ET}	冲击能量指数 K_E		
粉细砂岩互层	16.26	6.35	15.66	强冲击倾向	干燥状态
	16.11	6.07	6.42	强冲击倾向	饱水状态
粉砂岩	180.36	11.69	11.69	强冲击倾向	干燥状态
	22	8.46	16.42	强冲击倾向	饱水状态
细砂岩	33.7	21.98	11.63	强冲击倾向	干燥状态
	54.19	2.93	37.3	弱冲击倾向	饱水状态
泥岩	55.88	4.36	3.4	弱冲击倾向性	干燥状态
	—	—	—	无冲击倾向性	饱水破坏

由表3可知,粉细砂岩互层饱水前后的动态破坏时间、弹性能指数变化不明显,冲击能指数出现反常现象,但3个指标的变化都在强冲击倾向性的范围内;粉砂岩,饱水后弹性能指数从11.69降至8.46,冲击能指数由11.69变至16.42,动态破坏时间出现反常现象,但3个指标的变化都在强冲击倾向性的范围内;细砂岩饱水后的冲击倾向性各指标影响明显,其中动态破坏时间由33.7s降为54.19s,由强冲击倾向降为弱冲击倾向,弹性能指数 W_{ET} 从21.98降到2.93,由强冲击倾向降为弱冲击倾向,冲击能指数由11.63变至37.3,整体上细砂岩由强冲击倾向性降为弱冲击倾向性。泥岩浸水后崩解软化破坏,失去强度,可鉴定为无冲击倾向性,即泥岩饱水后,从弱冲击倾向性降为无冲击倾向性。

因此可知,对于不同水稳性特征的岩石,其饱水

前后的冲击倾向性存在明显差异。在该研究矿井,饱水状态对泥岩(Ⅳ类)、细砂(Ⅲ类)岩及所取岩样的弹性能量指数影响最明显,对动态破坏时间和冲击能量指数亦有影响。

3 饱水后冲击倾向性差异原因分析

岩石在饱水后的受力变形过程中,出现强度软化,弹性模量降低,刚度及抵抗变形的能力也降低,与岩石水稳性特征的变化趋势存在一致性。

即,当水稳性特征从Ⅰ到Ⅳ变化时,由于岩样饱水后刚度及抵抗变形的能力降低,其承受荷载时,能够积蓄大量的弹性应变能变少;而受力时变形变大,发生塑性变形耗散的能量变大;发生脆性破坏突然释放弹性应变能越少。因此,岩样的冲击倾向性指标(弹性能指数、冲击能指数和动态破坏时间)随水稳性特征不同而发生差异性变化,从而引起水稳性特征不同的岩样在饱水后的冲击倾向性降低幅度出现了明显区别。

冲击倾向性鉴定结果中,粉砂岩的动态破坏时间与粉细砂岩互层的冲击能指数出现反常,可能是由于岩石材料为非理想的均质材料,造成取样制样

过程中的岩性不均,引起测试结果的反常。

4 结语

(1) 饱水状态对岩石的弹性能量指数影响最明显,对动态破坏时间和冲击能量指数亦有影响。

(2) 对于不同水稳性特征的岩石,其饱水前后的冲击倾向性存在明显差异。在该研究矿井中,饱水状态对泥岩(Ⅳ类)和细砂岩(Ⅲ类)的冲击倾向性影响最明显。

参考文献:

- [1] 颜玉定. 饱水时间对岩石动态参数的影响//岩土力学与工程的新进展[C]. 广州:华南理工大学出版社,1996:7-11.
- [2] 常春,周德培,郭增军. 水对岩石屈服强度的影响[J]. 岩石力学与工程学报,1998,17(4):407-411.
- [3] 王桂花,张建国,程远方,等. 含水饱和度对岩石力学参数影响的实验研究[J]. 石油钻探技术. 2001,29(4):59-61.
- [4] 王淑坤. 冲击地压机理[J]. 岩石力学与工程学报,1996,15(增):500-503.
- [5] 闵长江,卜凡启,周廷振,沈云定,尹安琪,孙礼睿. 煤矿冲击矿压及防治技术[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1998.

Influence Study on Burst Potentiality to Rocks under Water – saturated Condition

XIAO Wei – guo¹, JIA Xiao – lei², Cui Ji – sheng^{3,4}, JIANG Zhen – quan⁴

(1. Shandong Monitoring Center of Geological Environment, Shandong Jinan 250014, China; 2. Xintai Coal Mining Limited Corporation, Inner Mongolia Huhehaote, China; 3. Qingdao Geo – engineering and Geotechnical Limited Corporation, Shandong, Qingdao 266000, China; 4. China University of Mining and Technology, Jiangsu Xuzhou 221008, China)

Abstract: By choosing rock samples from Zhaolou coal mine in Heze city, contrast test of burst potentiality before and after water saturated condition, it is found that it has great impact on elastic energy index under water saturated condition. Burst energy index and dynamic failure duration have also been affected. Burst potentiality has obvious differences between rocks with different water steady characteristic under the condition before and after water saturated condition.

Key words: Water saturated condition; burst potentiality; dynamic destruction of time; elastic energy index; impact energy index