



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104849153 B

(45)授权公告日 2017.07.25

(21)申请号 201510266061.7

审查员 屈海京

(22)申请日 2015.05.22

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104849153 A

(43)申请公布日 2015.08.19

(73)专利权人 中南大学

地址 410083 湖南省长沙市岳麓区麓山南路932号

(72)发明人 陶明 李夕兵 曹文卓 褚夫蛟

杨伟 蒋海波

(74)专利代理机构 长沙市融智专利事务所

43114

代理人 颜勇

(51)Int.Cl.

G01N 3/307(2006.01)

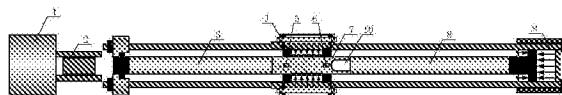
权利要求书3页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种地下空间层裂强度的测试装置以及该装置的应用

(57)摘要

本发明涉及一种层裂强度的测试装置以及该装置的应用;特别涉及一种地下空间表面层裂强度的测试装置以及该装置的应用。本发明所设计的测试装置,包括气枪(1)、冲头(2)、入射杆(3)、围压提供装置(4)、第一组应变片(5)、第二组应变片(6)、试样(7)、透射杆(8)、轴压提供装置(9);所述试样(7)一端的端部设有凹槽(10)。本发明由于试件制备简单,材料的初始应力易于添加,从而具有测量操作简单、快速、实用、结果可靠等优点。



1. 一种地下空间表面层裂强度的测试装置,包括气枪(1)、冲头(2)、入射杆(3);其特征在于:还包括围压提供装置(4)、第一组应变片(5)、第二组应变片(6)、试样(7)、透射杆(8)、轴压提供装置(9);所述试样(7)一端的端部设有凹槽(10);

组装后,

所述试样(7)带凹槽的一端与透射杆(8)的一端相连,所述试样(7)的另一端与入射杆(3)相连,

所述透射杆(8)的另一端与轴压提供装置(9)相连;

所述第一组应变片(5)安装在试样(7)上,且靠近入射杆(3),

所述第二组应变片(6)安装在试样(7)上,且靠近凹槽(10);

所述围压提供装置(4)与试样(7)接触;

所述凹槽(10)为U型槽;所述U型槽槽口的宽度为试样(7)直径的 $1/2\sim 3/4$;槽深H为1.5-4倍槽口的宽度;所述U型槽的对称轴与试样(7)的轴线重合。

2. 根据权利要求1所述的一种地下空间表面层裂强度的测试装置;其特征在于:所述试样(7)为一端端部设有凹槽(10)的圆柱形试样。

3. 根据权利要求2所述的一种地下空间表面层裂强度的测试装置;其特征在于:所述圆柱形试样的直径与入射杆(3)的直径相等,所述射杆(3)的直径与透射杆(8)的直径相等。

4. 根据权利要求2所述的一种地下空间表面层裂强度的测试装置;其特征在于:所述试样(7)的长度为20-30cm;组装后,第一组应变片(5)与第二组应变片(6)的间距为5~10cm。

5. 根据权利要求1-4任意一项所述的一种地下空间表面层裂强度的测试装置;其特征在于:所述试样(7)与透射杆(8)接触部位的不平整度小于等于0.02mm,所述透射杆(8)与试样(7)接触部位的不平整度小于等于0.02mm;所述试样(7)与入射杆(3)接触部位的不平整度小于等于0.02mm,所述入射杆(3)与试样(7)接触部位的不平整度小于等于0.02mm。

6. 如权利要求5所述一种地下空间表面层裂强度的测试装置的应用,当所述测试装置还包括高速摄影仪时;其特征在于所述应用包括下述步骤:

步骤一

测量试样密度 ρ 后,按设计的尺寸,加工成试样(7);所述试样(7)一端的端部设有凹槽(10);

步骤二

将气枪(1)、冲头(2)、入射杆(3)围压提供装置(4)、第一组应变片(5)、第二组应变片(6)、透射杆(8)、轴压提供装置(9)、高速摄影仪以及步骤一所得试样(7)进行组装;组装后

所述试样(7)带凹槽的一端与透射杆(8)的一端相连,所述试样(7)的另一端与入射杆(3)相连,

所述透射杆(8)的另一端与轴压提供装置(9)相连;

所述第一组应变片(5)安装在试样(7)上,且靠近入射杆(3),所述第二组应变片(6)安装在试样(7)上,且靠近凹槽(10);所述第一组应变片(5)、第二组应变片(6)与超动态应变仪连接;

所述围压提供装置(4)与试样(7)接触;

所述高速摄影仪正对试样(7)的凹槽(10);

步骤三

设定围压值和轴压值,并根据设定的围压值和轴压值,通过围压提供装置(4)以及轴压提供装置(9)分别向试样(7)施压围压和轴压;

步骤四

开启超动态应变仪,通过气枪(1)将冲头(2)以设定的速度发射,冲头(2)撞击入射杆(3),

通过超动态应变仪记录并存取冲头(2)撞击入射杆(3)所产生入射应力波到达第一组应变片(5)、第二组应变片(6)的时间点,

用所述入射应力波的波前到达第二组应变片(6)的时间点减去所述入射应力波的波前到达第一组应变片(5)的时间点,得到 Δt_2 ;通过公式(1)计算出试样内应力波传播速度C

$$C = \delta / \Delta t_2 \quad (1)$$

公式(1)中,C表示试样内应力波传播速度, δ 表示第一组应变片(5)与第二组应变片(6)之间的间距;

通过高速摄影仪测得凹槽(10)内层裂块的脱落速度V;

步骤五

将步骤一所得 ρ 、步骤四所得C、V,代入公式(2)中,即可得到步骤三所设定轴压和围压条件下的试样层裂强度 σ_t ,

$$\sigma_t = \rho CV \quad (2)。$$

7.如权利要求5所述一种地下空间表面层裂强度的测试装置的应用,当所述测试装置还包括激光测振仪或者激光干涉仪时;其特征在于所述应用包括下述步骤:

步骤A

测量试样密度 ρ 后,按设计的尺寸,加工成试样(7);所述试样(7)一端的端部设有凹槽(10);

步骤B

将气枪(1)、冲头(2)、入射杆(3)围压提供装置(4)、第一组应变片(5)、第二组应变片(6)、透射杆(8)、轴压提供装置(9)、激光测振仪或者激光干涉仪以及步骤A所得试样(7)进行组装;组装后

所述试样(7)带凹槽的一端与透射杆(8)的一端相连,所述试样(7)的另一端与入射杆(3)相连,

所述透射杆(8)的另一端与轴压提供装置(9)相连;

所述第一组应变片(5)安装在试样(7)上,且靠近入射杆(3),所述第二组应变片(6)安装在试样(7)上,且靠近凹槽(10);所述第一组应变片(5)、第二组应变片(6)与超动态应变仪连接;

所述围压提供装置(4)与试样(7)接触;

激光测振仪或者激光干涉仪正对试样(7)的凹槽(10);

步骤C

设定围压值和轴压值,并根据设定的围压值和轴压值,通过围压提供装置(4)以及轴压提供装置(9)分别向试样(7)施压围压和轴压;

步骤D

开启超动态应变仪,通过气枪(1)将冲头(2)以设定的速度发射,冲头(2)撞击入射杆

(3),通过超动态应变仪记录并存取冲头(2)撞击入射杆(3)所产生入射应力波到达第一组应变片(5)、第二组应变片(6)的时间点,

用所述入射应力波的波前到达第二组应变片(6)的时间点减去所述入射应力波的波前到达第一组应变片(5)的时间点,得到 Δt_2 ;通过公式(1)计算得出试样内应力波传播速度C

$$C = \delta / \Delta t_2 \quad (1)$$

通过激光测振仪或者激光干涉仪,采用VISAR技术测得凹槽(10)内观测点的“拉回速度” ΔV ;

步骤E

将步骤A所得 ρ 、步骤D所得C、 ΔV ,代入公式(3)中,得到步骤C所设定轴压和围压条件下的试样层裂强度 σ_t ,

$$\sigma_t = \frac{1}{2} \rho C \Delta V \quad (3)。$$

一种地下空间层裂强度的测试装置以及该装置的应用

技术领域

[0001] 本发明涉及一种层裂强度的测试装置以及该装置的应用；特别涉及一种地下空间表面层裂强度的测试装置以及该装置的应用。

技术背景

[0002] 早在1914年霍普金森 (Hopkinson) 就提出了材料在高速加载条件下的动态力学性能测试方法。目前,在没有初始应力条件下,基于霍普金森压杆试验装置测定岩石等脆性材料层裂强度的方法已有多种,比如层裂块速度法和拉回速度法,层裂块速度法利用试样内某点应力与质点速度间的关系 $\sigma = \rho CV$,通过测量层裂块脱落速度计算试样的层裂强度,其中 σ 为试样内某质点的拉伸应力, ρ 为试样密度, C 为试样内应力波速度, V 为试样内某质点的振动速度;拉回速度法利用试件自由面处质点的拉回速度与拉伸应力的关系 $\sigma = \frac{1}{2} \rho C \Delta V$ 计算试样的层裂强度,其中 ΔV 为试件自由面处质点的振动速度差即所谓的拉回速度。

[0003] 层裂也是地下工程中常见的一种破坏现象。由于地下岩体具有初始应力,与常规的层裂破坏不同,这种破坏的特点是岩石在承受冲击荷载之前就已经具有初始轴压和围压。

[0004] 现有层裂强度的测试装置主要有两类,一类不带围压和轴压提供设备的测试装置,另一类就是提供围压的测试装置。显然,这两种设备在测量地下空间表面层裂强度时存在明显的缺陷,都不能准确的反映地下硐室周边岩石发生层裂破坏的受力情况,从而不能准确的获得其层裂强度。

[0005] 到目前为止还未见考虑到围压和轴压的地下空间表面层裂强度的测试方法和装置。

发明内容

[0006] 本发明针对现有层裂强度的测试装置以及层裂强度的测试方法存在的不足之处,如没有考虑轴压及围压条件的现状,提供一种层裂强度的测试装置以及该装置的应用。

[0007] 本发明一种地下空间表面层裂强度的测试装置,除了包括气枪(1)、冲头(2)、入射杆(3);还包括围压提供装置(4)、第一组应变片(5)、第二组应变片(6)、试样(7)、透射杆(8)、轴压提供装置(9);所述试样(7)一端的端部设有凹槽(10);

[0008] 组装后,

[0009] 所述试样(7)带凹槽的一端与透射杆(8)的一端相连,所述试样(7)的另一端与入射杆(3)相连,

[0010] 所述透射杆(8)的另一端与轴压提供装置(9)相连;

[0011] 所述第一组应变片(5)安装在试样(7)上,且靠近入射杆(3),

[0012] 所述第二组应变片(6)安装在试样(7)上,且靠近凹槽(10);

[0013] 所述围压提供装置(4)与试样(7)接触。

[0014] 发明一种地下空间表面层裂强度的测试装置,所述试样(7)为一端端部设有凹槽(10)的圆柱形试样。

[0015] 发明一种地下空间表面层裂强度的测试装置,所述圆柱形试样的直径与入射杆(3)的直径相等,所述射杆(3)的直径与透射杆(8)的直径相等。

[0016] 发明一种地下空间表面层裂强度的测试装置,所述凹槽(10)为U型槽;所述U型槽槽口的宽度为试样(7)直径的 $1/2\sim 3/4$,优选为 $1/2\sim 2/3$,进一步优选为 $11/20\sim 2/3$;槽深H为1.5-4倍槽口的宽度,优选为1.8-3.5倍槽口的宽度,进一步优选为2.0-2.5倍槽口的宽度;所述U型槽的对称轴与试样(7)的轴线重合。

[0017] 发明一种地下空间表面层裂强度的测试装置,所述试样(7)的长度为15-40cm,优选为18-30cm,进一步优选为20-30cm;组装后,第一组应变片(5)与第二组应变片(6)的间距为5-30cm,优选为5-15cm,进一步优选为5~10cm。

[0018] 发明一种地下空间表面层裂强度的测试装置,所述试样(7)与透射杆(8)接触部位的不平整度小于等于0.02mm,所述透射杆(8)与试样(7)接触部位的不平整度小于等于0.02mm;所述试样(7)与入射杆(3)接触部位的不平整度小于等于0.02mm,所述入射杆(3)与试样(7)接触部位的不平整度小于等于0.02mm。

[0019] 发明一种地下空间表面层裂强度的测试装置还包括高速摄影仪;当所述地下空间表面层裂强度的测试装置含有高速摄影仪时,其应用包括下述步骤:

[0020] 步骤一

[0021] 测量试样密度 ρ ,按设计的尺寸,加工成试样(7);所述试样(7)一端的端部设有凹槽(10);

[0022] 步骤二

[0023] 将气枪(1)、冲头(2)、入射杆(3)围压提供装置(4)、第一组应变片(5)、第二组应变片(6)、透射杆(8)、轴压提供装置(9)、高速摄影仪以及步骤一所得试样(7)进行组装;组装后

[0024] 所述试样(7)带凹槽的一端与透射杆(8)的一端相连,所述试样(7)的另一端与入射杆(3)相连,

[0025] 所述透射杆(8)的另一端与轴压提供装置(9)相连;

[0026] 所述第一组应变片(5)安装在试样(7)上,且靠近入射杆(3),所述第二组应变片(6)安装在试样(7)上,且靠近凹槽(10);所述第一组应变片(5)、第二组应变片(6)与超动态应变仪连接;

[0027] 所述围压提供装置(4)与试样(7)接触;

[0028] 所述高速摄影仪正对试样(7)的凹槽(10);

[0029] 步骤三

[0030] 设定围压值和轴压值,并根据设定的围压值和轴压值,通过围压提供装置(4)以及轴压提供装置(9)分别向试样(7)施压围压和轴压;

[0031] 步骤四

[0032] 开启超动态应变仪,通过气枪(1)将冲头(2)以设定的速度发射,冲头(2)撞击入射杆(3),

[0033] 通过超动态应变仪记录并存取冲头(2)撞击入射杆(3)所产生入射应力波到达第

一组应变片(5)、第二组应变片(6)的时间点,

[0034] 用所述入射应力波的波前到达第二组应变片(6)的时间点减去所述入射应力波的波前到达第一组应变片(5)的时间点,得到 Δt_2 ;通过公式(1)计算得出试样内应力波传播速度C

$$[0035] \quad C = \delta / \Delta t_2 \quad (1)$$

[0036] 公式(1)中,C表示试样内应力波传播速度, δ 表示第一组应变片(5)与第二组应变片(6)之间的间距;

[0037] 通过高速摄影仪测得凹槽(10)内层裂块的脱落速度V;

[0038] 步骤五

[0039] 将步骤一所得 ρ 、步骤四所得C、V,代入公式(2)中,即可得到步骤三所设定轴压和围压条件下的试样层裂强度 σ_t ,

$$[0040] \quad \sigma_t = \rho CV \quad (2)。$$

[0041] 当所述地下空间表面层裂强度的测试装置含有高速摄影仪时,其应用的步骤四中,通过高速摄影仪测得U型槽内某一碎片的飞行距离l以及碎片飞行的时间 Δt_1 ;通过公式 $V = l / \Delta t_1$ 可计算得出U型槽内碎片的飞行速度,该速度即为层裂块的脱落速度V,也可直接通过高速摄影仪测得U型槽内某一碎片的脱落速度V。

[0042] 本发明的入射杆(3)透射杆(8)可为现有的常用的入射杆和透射杆,其材质优选为40Cr合金钢。

[0043] 发明一种地下空间表面层裂强度的测试装置还包括激光测振仪或者激光干涉仪;当所述地下空间表面层裂强度的测试装置含激光测振仪或者激光干涉仪时,其应用包括下述步骤:

[0044] 步骤A

[0045] 测量试样密度 ρ 后,按设计的尺寸,加工成试样(7);所述试样(7)一端的端部设有凹槽(10);

[0046] 步骤B

[0047] 将气枪(1)、冲头(2)、入射杆(3)围压提供装置(4)、第一组应变片(5)、第二组应变片(6)、透射杆(8)、轴压提供装置(9)、激光测振仪或者激光干涉仪以及步骤A所得试样(7)进行组装;组装后

[0048] 所述试样(7)带凹槽的一端与透射杆(8)的一端相连,所述试样(7)的另一端与入射杆(3)相连,

[0049] 所述透射杆(8)的另一端与轴压提供装置(9)相连;

[0050] 所述第一组应变片(5)安装在试样(7)上,且靠近入射杆(3),所述第二组应变片(6)安装在试样(7)上,且靠近凹槽(10);所述第一组应变片(5)、第二组应变片(6)与超动态应变仪连接;

[0051] 所述围压提供装置(4)与试样(7)接触;

[0052] 激光测振仪或者激光干涉仪正对试样(7)的凹槽(10);

[0053] 步骤C

[0054] 设定围压值和轴压值,并根据设定的围压值和轴压值,通过围压提供装置(4)以及轴压提供装置(9)分别向试样(7)施压围压和轴压;

[0055] 步骤D

[0056] 开启超动态应变仪,通过气枪(1)将冲头(2)以设定的速度发射,冲头(2)撞击入射杆(3),通过超动态应变仪记录并存取冲头(2)撞击入射杆(3)所产生入射应力波到达第一组应变片(5)、第二组应变片(6)的时间点,

[0057] 用所述入射应力波的波前到达第二组应变片(6)的时间点减去所述入射应力波的波前到达第一组应变片(5)的时间点,得到 Δt_2 ;通过公式(1)计算得出试样内应力波传播速度C

$$[0058] \quad C = \delta / \Delta t_2 \quad (1)$$

[0059] 通过激光测振仪或者激光干涉仪,采用VISAR技术测得凹槽(10)内自由面观测点的“拉回速度” ΔV ;

[0060] 步骤E

[0061] 将步骤A所得 ρ 、步骤D所得C、 ΔV ,代入公式(3)中,得到步骤C所设定轴压和围压条件下的试样层裂强度 σ_t ,

$$[0062] \quad \sigma_t = \frac{1}{2} \rho C \Delta V \quad (3)。$$

[0063] 步骤D中,通过激光测振仪或者激光干涉仪,采用VISAR技术测得凹槽(10)内自由面观测点的“拉回速度”,所述“拉回速度”是:

[0064] 以自由面观测点粒子在观测时间为横坐标,以自由面观测点粒子的速度为纵坐标;当自由面观测点粒子的速度到达第一个波峰时,该速度计为 $v_{1\text{波峰}}$;当自由面观测点粒子的速度到达第一个波峰后,衰减,衰减至其斜率为0时,该点所对应的速度计为 $v_{1\text{波谷}}$;用 $v_{1\text{波峰}} - v_{1\text{波谷}}$ 即得到所述“拉回速度” ΔV (自由面粒子速度示意图见图4)。上述“拉回速度”的测量方法见陶明的《高应力岩体的动态加卸荷扰动特征与动力学机理研究》一文的第三章。

[0065] 在实际应用过程中,一旦选用高速摄影仪时,一般不配备激光测振仪或者激光干涉仪,即一般采用公式(2)所对应的方法进行测试;同理,一旦配备激光测振仪或者激光干涉仪时,一般不配备高速摄影仪,即一般采用公式(3)所对应的方法进行测试。如果即选用高速摄影仪,又配备激光测振仪或者激光干涉仪,则可以分别按照公式(2)、公式(3)所对应的方法进行测试,同时也可以相互验证其准确性。

[0066] 在本发明中,可通过实地测量得出试样所处的应力情况,也就得出了施工环境下的的围压和轴压。同时本发明还也用于研究围压、轴压对层裂强度的影响。

[0067] 在本发明中所述高速摄影仪,可为市面上常见的高速摄影仪;所配备的激光测振仪也可为市面上所常见的激光测振仪。所配备的激光干涉仪也可为市面上所常见的激光干涉仪。

[0068] 本发明由于同时考虑到了轴压和围压,如果不在试样的端部开出U型槽,就很难完成层裂强度的测试。

[0069] 原理和优势

[0070] 本发明基于动静组合加载试验系统测试预加轴压及围压条件下的层裂强度。克服了目前动态拉伸测量方法没有考虑轴压及围压联合条件的局限性,提供了预加轴压及围压条件下测试脆性材料层裂强度的方法。试样U型槽的设置,方便于轴压及围压的共同施加,在试样过程中,由于U型槽底部临空自由面的存在,有利于模拟研究真实情况下临空面的层

裂情况,使得测试结果更加符合实际。轴压及围压的施加与U型槽的设置起到相辅相成的作用。本发明提出的方法基于应力波理论得出,而且理论简单、操作简便易行,最大强度的还原了标的所处环境,模拟真实,测量结果精确可靠。

附图说明

[0071] 附图1为不带围压提供装置、不带轴压提供装置的层裂强度测试装置示意图;

[0072] 附图2为不带轴压提供装置的层裂强度测试装置示意图;

[0073] 附图3为本发明设计的层裂强度测试装置示意图;

[0074] 附图4为自由面粒子速度示意图;

[0075] 附图5为试样的放大示意图;

[0076] 附图6为试样的立体示意图。

[0077] 从图1中可以看出,不带围压提供装置、不带轴压提供装置的层裂强度测试装置其所用的试样是不需在试样的端部进行开槽的。

[0078] 从图2中可以看出,不带轴压提供装置的层裂强度测试装置其所用的试样是不需在试样的端部进行开槽的。

[0079] 图3中,1为气枪、2为冲头、3为入射杆、4为围压提供装置、5为第一组应变片、6为第二组应变片、7为试样、8为透射杆、9为轴压提供装置,10为U型槽;从图3中可以看出本发明所设计的层裂强度测试装置中各部件的对接关系。同时从图3中还可以看出,试样7一端的端部开有U型槽,且第二组应变片靠近U型槽槽底所在截面上。

[0080] 从图4中可以看出以自由面观测点粒子在观测时间为横坐标,以自由面观测点粒子的速度为纵坐标;当自由面观测点粒子的速度到达第一个波峰时,该速度计为 $v_{1\text{波峰}}$;当自由面观测点粒子的速度到达第一个波峰后,衰减,衰减至其斜率为0时,该点所对应的速度计为 $v_{1\text{波谷}}$;用 $v_{1\text{波峰}}-v_{1\text{波谷}}$ 即得到所述“拉回速度” ΔV 。

[0081] 图5中,4为围压提供装置、5为第一组应变片、6为第二组应变片、7为试样,10为U型槽、图5中B表示U型槽的槽口,H表示U型槽的槽深(即U型槽槽口到U型槽底部的最大垂直距离)。

[0082] 图6中,7为试样,10为U型槽;B表示U型槽的槽口,H表示U型槽的槽深(即U型槽槽口到U型槽底部的最大垂直距离)。

具体实施方式

[0083] 某地下巷道,周边环向初始应力为8Mpa,径向初始应力为5Mpa,为获得巷道周边岩石的层裂强度,依据本发明方法,通过附图3和具体实施过程对本发明进行详细说明。

[0084] 实施例1

[0085] 本实施例中,入射杆、试样、透射杆的直径相等,其中入射杆的尺寸为 $\Phi 50 \times 2000\text{mm}$,透射杆尺寸为 $\Phi 50 \times 1500\text{mm}$;

[0086] 步骤一

[0087] 测量试样密度 $\rho=2740\text{kg}/\text{m}^3$ 后,按设计的尺寸,加工成圆柱形试样7;所述试样7一端的端部设有U型凹槽;所述试样7的长度为20cm;圆柱形试样7两端面和试样表面打磨平整、光滑,使其不平整度小于0.02mm,以减小应力波在试样7内部传播过程中产生的畸变和

弥散效应;U型凹槽的尺寸为,槽口宽B为3cm,槽深H为6cm;

[0088] 步骤二

[0089] 将气枪1、冲头2、入射杆3、围压提供装置4、第一组应变片5、第二组应变片6、透射杆8、轴压提供装置9、高速摄影仪以及步骤一所得试样7进行组装;

[0090] 组装后

[0091] 所述试样7带凹槽的一端与透射杆8的一端相连,所述试样7的另一端与入射杆3相连,

[0092] 所述透射杆8的另一端与轴压提供装置9相连;

[0093] 所述第一组应变片5安装在试样7上,且靠近入射杆3,所述第二组应变片6安装在试样7上,且靠近凹槽10;所述第一组应变片5与第二组应变片6之间的间距 $\delta=80\text{mm}$;

[0094] 所述围压提供装置4与试样7接触;

[0095] 所述高速摄影仪正对试样7的凹槽10;所述高速摄影仪的型号为FASTCAM SA1.1675000fps。

[0096] 步骤三

[0097] 通过围压提供装置4以及轴压提供装置9分别向试样7施压围压和轴压,加载试样的轴压和围压至5MPa和8MPa;

[0098] 步骤四

[0099] 开启超动态应变仪(DH 3817动-静应变仪),通过气枪1将冲头2以设定的速度(5m/s)发射,冲头2撞击入射杆3,

[0100] 通过超动态应变仪记录并存取冲头2撞击入射杆3所产生入射应力波到达第一组应变片5、第二组应变片6的时间点,

[0101] 用所述入射应力波的波前到达第二组应变片6的时间点减去所述入射应力波的波前到达第一组应变片5的时间点,得到 $\Delta t_2=26.7\mu\text{s}$;通过公式(1)计算得出试样内应力波传播速度 $C=2996.255\text{m/s}$

[0102] $C=\delta/\Delta t_2$ (1)

[0103] 公式(1)中,C表示试样内应力波传播速度, δ 表示第一组应变片5与第二组应变片6之间的间距(=80mm);

[0104] 通过高速摄影仪测得凹槽10内层裂块的脱落速度 $V=1.96\text{m/s}$;

[0105] 步骤五

[0106] 将步骤一所得 ρ 、步骤四所得C、V,代入公式(2)中,即可得到在围压为8MPa、轴压为5MPa的条件下,试样的层裂强度 σ_t ,

[0107] $\sigma_t=\rho CV$ (2)

[0108] 计算得出 $\sigma_t=16.09\text{Mpa}$ 。

[0109] 实施例2

[0110] 本实施例中,入射杆、试样、透射杆的直径相等,其中入射杆的尺寸为 $\Phi 50\times 2000\text{mm}$,透射杆尺寸为 $\Phi 50\times 1500\text{mm}$;

[0111] 步骤A

[0112] 测量岩石密度 $\rho=2740$ 后,按设计的尺寸,加工成圆柱形试样7;所述试样7一端的端部设有U型凹槽;所述试样7的长度为20cm;圆柱形试样7两端面和试样表面打磨平整、光

滑,使其不平整度小于0.02mm,以减小应力波在试样7内部传播过程中产生的畸变和弥散效应;U型凹槽的尺寸为,槽口宽B为3cm,槽深H为6cm;

[0113] 步骤B

[0114] 将气枪1、冲头2、入射杆3、围压提供装置4、第一组应变片5、第二组应变片6、透射杆8、轴压提供装置9、激光测振仪(型号:OFV-505/5000)以及步骤A所得试样(7)进行组装;组装后

[0115] 以及步骤一所得试样7进行组装;组装后

[0116] 所述试样7带凹槽的一端与透射杆8的一端相连,所述试样7的另一端与入射杆3相连,

[0117] 所述透射杆8的另一端与轴压提供装置9相连;

[0118] 所述第一组应变片5安装在试样7上,且靠近入射杆3,所述第二组应变片6安装在试样7上,且靠近凹槽10;所述第一组应变片5与第二组应变片6之间的间距 $\delta=80\text{mm}$;

[0119] 所述围压提供装置4与试样7接触;

[0120] 激光测振仪正对试样7的凹槽10;

[0121] 步骤C

[0122] 通过围压提供装置4以及轴压提供装置9分别向试样7施压围压和轴压,加载试样的轴压和围压至5MPa和8MPa。

[0123] 步骤D

[0124] 开启超动态应变仪(其型号为DH 3817动-静应变仪),通过气枪1将冲头2以设定的速度(10m/s)发射,冲头2撞击入射杆3,

[0125] 通过超动态应变仪记录并存取冲头2撞击入射杆3所产生入射应力波到达第一组应变片5、第二组应变片6的时间点,

[0126] 用所述入射应力波的波前到达第二组应变片6的时间点减去所述入射应力波的波前到达第一组应变片5的时间点,得到 $\Delta t_2=27.1\mu\text{s}$;通过公式(1)计算得出试样内应力波传播速度 $C=2952.030\text{m/s}$

[0127] $C=\delta/\Delta t_2$ (1)

[0128] 公式(1)中,C表示试样内应力波传播速度, δ 表示第一组应变片5与第二组应变片6之间的间距(=80mm);

[0129] 通过激光测振仪,采用VISAR技术测得凹槽(10)内自由面观测点的“拉回速度” $\Delta V=3.96\text{m/s}$;

[0130] 步骤E

[0131] 将步骤A所得 ρ 、步骤D所得C、 ΔV ,代入公式(3)中,得到在围压为8MPa、轴压为5MPa的条件下,试样的层裂强度 σ_t ,

[0132] $\sigma_t = \frac{1}{2} \rho C \Delta V$ (3)

[0133] 计算得出: $\sigma_t=16.02\text{Mpa}$ 。

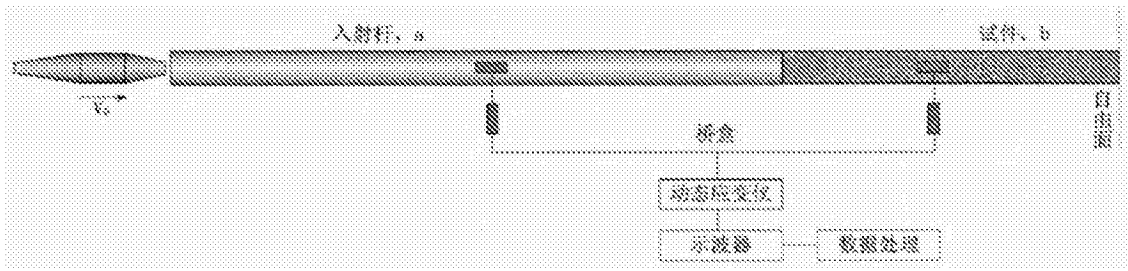


图1

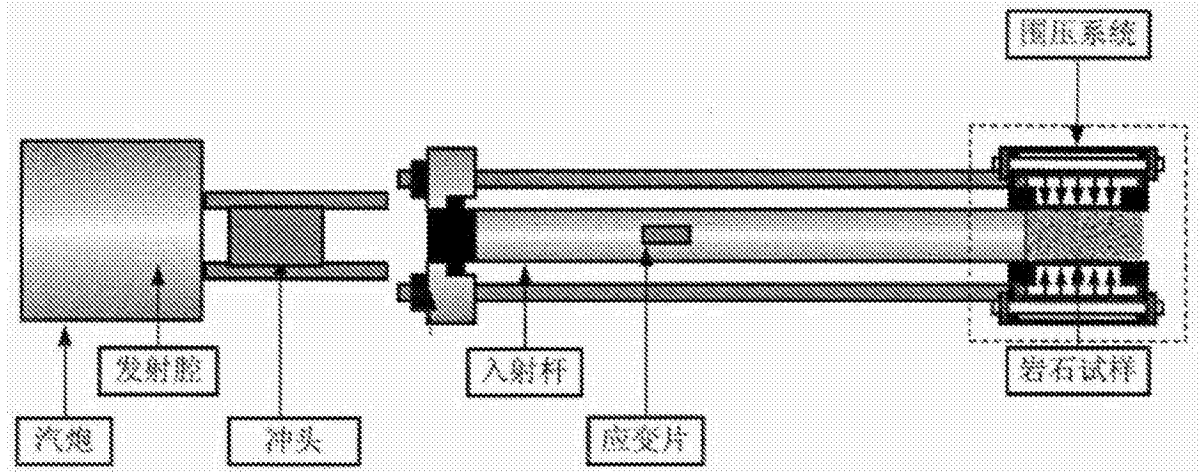


图2

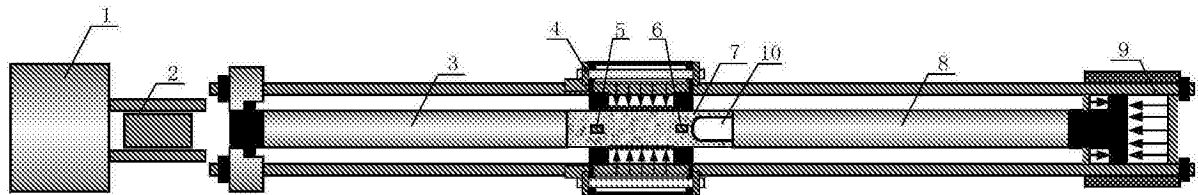


图3

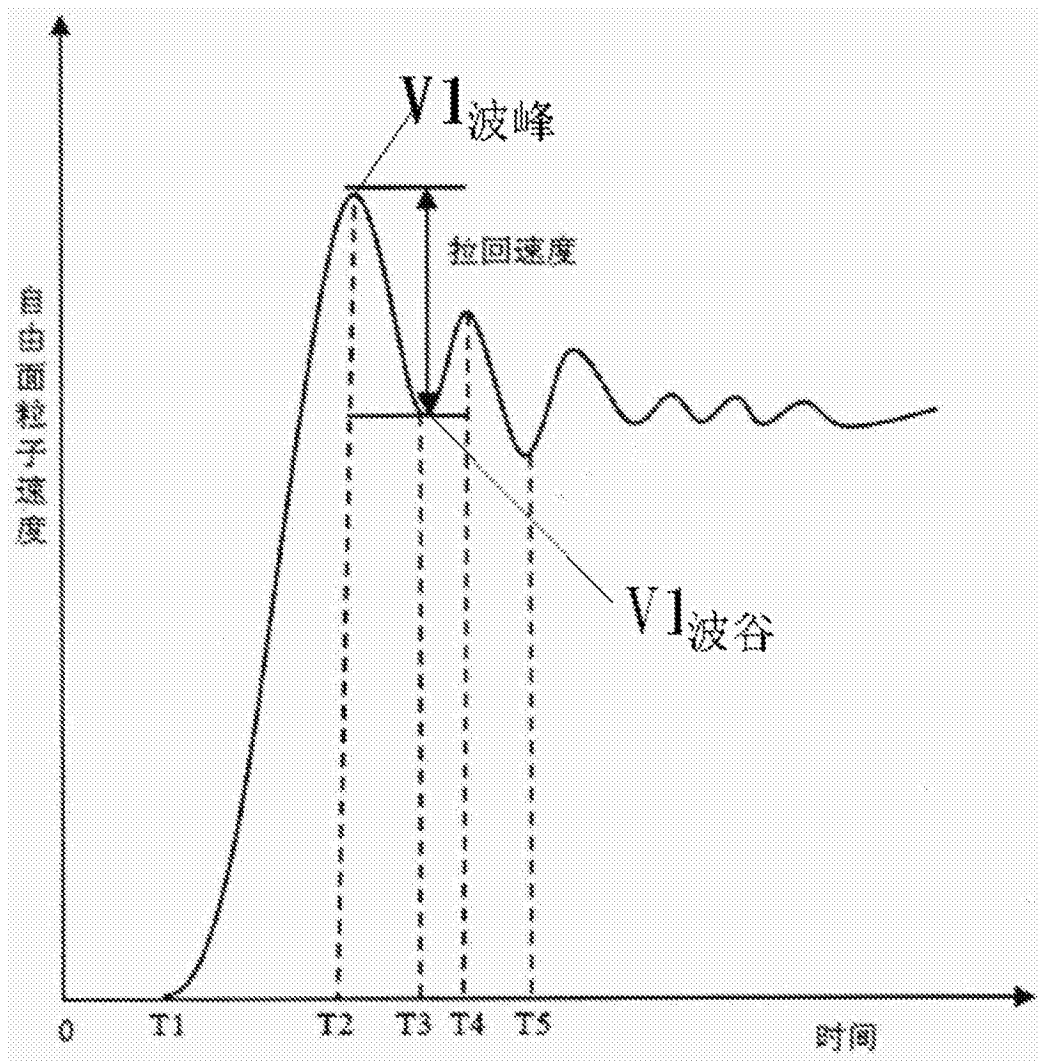


图4

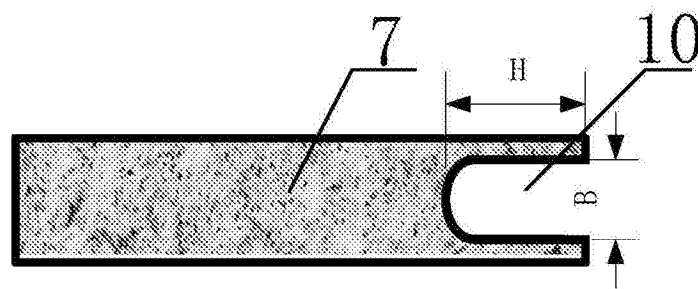


图5

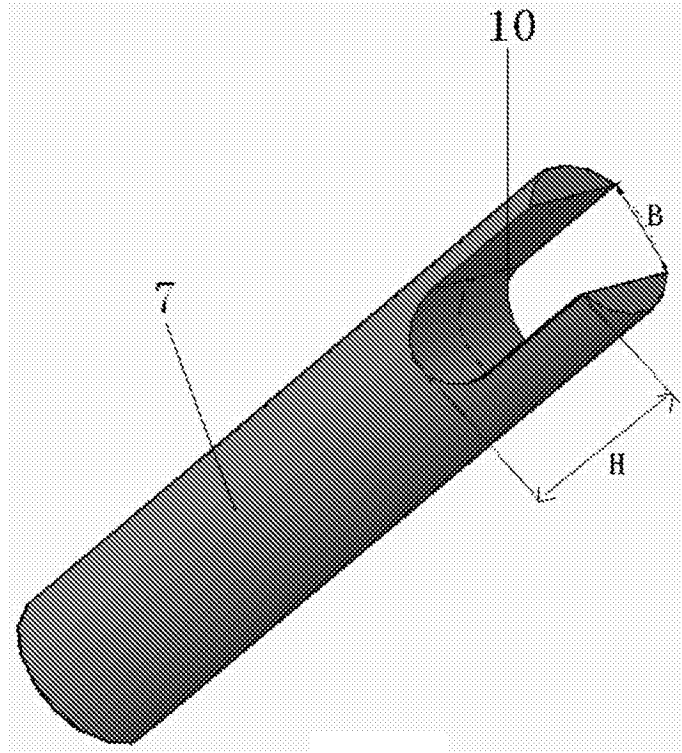


图6