



## (12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 211856179 U

(45) 授权公告日 2020.11.03

(21) 申请号 202020177632.6

(22) 申请日 2020.02.17

(73) 专利权人 北京科技大学

地址 100083 北京市海淀区学院路30号

(72) 发明人 王宇 李搏 高少华 马进强

易雪枫

(74) 专利代理机构 北京市广友专利事务所有限

责任公司 11237

代理人 张仲波

(51) Int.Cl.

G01N 3/18 (2006.01)

G01N 3/06 (2006.01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

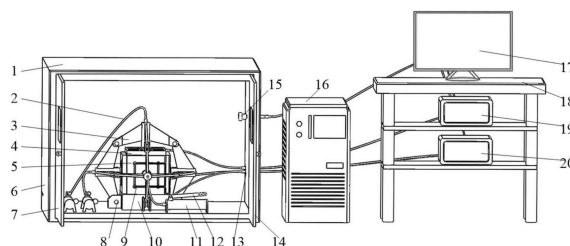
权利要求书1页 说明书8页 附图4页

### (54) 实用新型名称

一种岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测  
试验系统

### (57) 摘要

本实用新型提供一种岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统,属于岩土力学技术领域。该系统包括真三轴加载装置、温度控制采集系统、冻胀力采集控制系统和声发射采集系统。真三轴加载装置位于冻融环境箱体内部,由自锁装置固定。温度控制采集系统位于冻融环境箱体右侧,整个温度系统依靠箱体内的温度传感器来监测。冻胀力采集控制系统通过在岩石试件裂隙安装的冻胀力测量传感器,将压力传感器接受的信号转换成电信号输送给电脑终端进行分析。声发射采集系统通过声发射探头收集岩体破裂的声信号输送给终端控制系统。本实用新型能快速并准确地反映低温岩体内冰裂缝的扩展进程及损伤情况,精确地定位岩体破裂范围,为寒区岩体工程建设提供参考。



1. 一种岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统,其特征在于:包括真三轴加载装置、温度控制采集系统(16)、冻胀力采集控制系统(19)和声发射采集系统(20),真三轴加载装置位于冻融环境箱体(1)内部,由自锁装置固定,温度控制采集系统位于冻融环境箱体(1)右侧,整个温度系统依靠冻融环境箱体(1)内的温度传感器(15)来监测,冻胀力采集控制系统(19)通过在岩石试件裂隙安装的冻胀力测量传感器,将信号转换成电信号输送给电脑(17)终端进行分析,声发射采集系统(20)通过声发射探头(9)收集岩体破裂的声信号输送给电脑(17)。

2. 根据权利要求1所述的岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统,其特征在于:所述真三轴加载装置包括电缆(2)、四爪连接机构(3)、加载装置顶板(4)、加载装置侧板(5)、销(8)、声发射探头(9)、加载装置底板(10)、手压泵(11)和手压泵杆(12),加载装置顶板(4)、加载装置侧板(5)和加载装置底板(10)构成封闭的加载空间,声发射探头(9)设置在加载装置侧板(5)的加载垫板内,加载装置顶板(4)上方设置四爪连接机构(3),电缆(2)连接温度控制采集系统(16)、冻胀力采集控制系统(19)和声发射采集系统(20),加载装置底板(10)通过销(8)连接四爪连接机构(3),加载空间内的三个手压泵(11)分别连接控制加载装置的三个方向,手压泵(11)上设置手压泵杆(12)。

3. 根据权利要求1所述的岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统,其特征在于:所述冻融环境箱体(1)侧面设置可视保温窗口(6),正面设置环境箱体左门(7)和环境箱体右门(14),冻融环境箱体(1)侧面开孔用于穿过电缆,开孔处设置堵头(13),冻融环境箱体(1)侧面内部安装温度传感器(15),温度传感器连接温度控制采集系统(16)。

4. 根据权利要求1所述的岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统,其特征在于:所述温度控制采集系统(16)、冻胀力采集控制系统(19)和声发射采集系统(20)连接电脑(17)。

5. 根据权利要求2所述的岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统,其特征在于:所述加载装置侧板(5)上设置槽(21),槽(21)内设置声发射探头(9)。

6. 根据权利要求2所述的岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统,其特征在于:所述加载装置顶板(4)上嵌入补水管(22)。

## 一种岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及岩土力学技术领域,特别是指一种岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统。

### 背景技术

[0002] 低温裂隙岩体冻融损伤与破坏一直是寒区岩体工程建设中的关键科学问题。寒区岩体工程建设、地下液化气低温储存以及古建筑文物保护等都涉及到岩体冻融损伤问题,对于裂隙岩体而言,冻融循环下的温度应力与水-冰相变产生的冻胀力反复拉伸裂隙尖端,会引起裂隙扩展、贯通,从而引起围岩断裂,对低温地下工程的稳定性构成了极大威胁。在冻融循环作用下,岩体中的含水裂隙会经历冻胀力的萌生、发展与消散,裂隙冻胀扩展与岩体冻融损伤程度也受到冻胀力的控制,对于饱和和低渗透性岩体,裂隙中会产生较大的冻胀力。而裂隙岩体冻融损伤与断裂主要是由于裂隙冻胀力引起裂隙冻胀扩展演化的结果。

[0003] 诱发岩体冻害的主要因素一方面是裂隙中的水分在低温环境下产生的冻胀作用,另一方面由于工程岩体赋存于地应力环境中,外部荷载会限制裂隙冻胀过程,从而直接影响裂隙冻胀力演化过程与量值大小。裂隙岩体中存在大量随机不连续分布的地质结构面,比如节理、断层等,这些发育程度不同的结构弱面致使其具有明显的各向异性特征,部分结构面受冻胀作用的影响较大,甚至会加速裂缝的扩展演化导致岩体快速损坏,而今国内外对岩体内部各类结构面的研究较多,但缺乏对冰裂缝冻胀过程的研究,如何预防岩体因冰裂缝的冻胀扩展而导致岩体损伤破坏值得深入思考。因此,有效的监测冰裂缝的冻胀扩展过程就具有了重要意义。

[0004] 真三轴加载试验装置是模拟岩土体在受到荷重的情况下,岩土体内任一小单元所承受的应力状态。一般的真三轴试验常有两种加载方式:三个方向刚性加载、两个方向刚性加载与一个方向柔性加载。试样一般为立方体。试验时对试样各个互相垂直的主应力面分别施加应力,即试样在三个互相垂直面上施加各自独立的三个主应力 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ ,测定相应的主应变 $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_2$ 、 $\varepsilon_3$ 和体积变化等。真三轴试验方法测定的结果比常规三轴试验即轴对称三轴试验更能反映真实的本构关系,也更复杂。

[0005] 声发射简称AE,是指材料在应力作用下因裂缝扩展、塑性变形或相变等引起应变能快速释放而产生瞬态应力波的普遍物理现象,而几乎所有的岩石材料在塑性变形和断裂破坏时都会产生声发射信号。岩石材料在外力作用下产生的声发射信号强度很弱,人耳无法直接捕捉到,需要借助灵敏的电子仪器才能监测。利用仪器检测、分析接收到的声发射信号来研究、推断材料、动态评价结构的完整性称为声发射检测技术。与其它无损检测方法相比,声发射检测技术是一种非常规的动态实时无损检测方法,由于其独特的实时和动态检测性能,可以连续不间断的监测岩体破坏整个过程的内部损伤及变形,而岩石的破坏失效实际上是内部裂纹萌生、扩展直至形成宏观裂纹破坏的过程。因此,岩体受冻胀作用破坏与岩石的声发射现象之间存在着必然的联系。但目前大部分岩石三轴压缩声发射特性实验研究主要是针对单轴和常规三轴声发射特征规律,涉及真三轴条件下岩石破坏过程声发射特

征规律的研究成果则相对较少。

[0006] 因此,本实用新型设计了一种利用声发射系统监测岩体冰裂缝冻胀扩展过程的真三轴加载试验系统及相应的试验方法,包括真三轴加载系统,温度控制系统,声发射采集系统与冻胀力采集控制系统,用以探测低温裂隙岩体在不同温度及不同的冻融循环条件下冻胀损伤与破坏时,岩体内部冰裂缝的扩展变化情况。声发射能精确定位到岩体裂缝变化的范围及破裂信息,提高了岩石在冻胀作用下破裂过程中重构图像的精度,更好的揭示低温裂隙岩体在不同条件下的破裂演化过程。

[0007] 对比发明专利:一种垂直荷载作用下的岩石裂隙冻胀力测试装置。该专利申请号2017111009776.X,申请公布号CN 107631940 A。该专利基于目前垂直荷载作用下裂隙冻胀力的研究方法多为数值模拟和理论模型,缺少数据支撑,提出了一种垂直荷载作用下不同几何形状裂隙中的冻胀力测试装置。该装置涉及岩石力学试验技术领域,包括隔热承载底座、两个屈型侧壁钢架、两个垂直加压钢板、液压千斤顶,还包括两个H型空槽钢支架。垂直加压钢板与相邻的钢板之间的区域为冷冻区,冷冻区的上方盖设有隔热盖,隔热盖上设置冷气输送管,冷冻区内设置有岩块,岩块上开设有垂直的裂隙,裂隙处设置有片状压力传感器和针状温度传感器。试验前,在加工好的立方体岩块中切割实验所需的裂隙,将两预制钢板插入裂隙中,根据实验需求确定安装出线孔位置及数量,垂直于裂隙的方向开凿安装出线孔,将片状压力传感器和针状温度传感器置于安装出线孔中,保证片状压力传感器和针状温度传感器与裂隙的内壁平齐,在安装出线孔中注入水泥砂浆,放入恒温恒湿保养池中,待水泥砂浆凝固;然后抽出预制钢板,并用防水胶布和水泥砂浆将裂隙两侧密封。试验中,放置好岩块,向裂隙中注入纯净水,调整垂直加压钢板使其刚好与岩块的一侧表面接触,然后控制液压千斤顶加压,并通过冷气输送管开始给岩块中的裂隙水降温。

[0008] 通过对比,我们发现:

[0009] 1.上述发明专利所用装置过于简单,所发明主旨是测量岩石裂隙冻胀力,而发明人在试验过程及数据处理这方面所述甚少,本实用新型在原有的真三轴试验加载装置上进行改动,既能准确地对岩石在低温环境下破裂时的冻胀力进行测量,还可以监测岩石在低温环境下的冻胀扩展过程,最终通过电脑终端系统处理所得数据,过程较为完整,试验较为严谨。

[0010] 2.上述装置仅对垂直荷载作用下的岩石裂隙冻胀力进行了测量,而忽略了其他外部荷载即在三轴压力下的岩石的冻胀作用,本实用新型以一种真三轴加载装置模拟了低温裂隙岩体实际受力环境,通过三个手压泵能随时调控岩石的三轴压力,较为合理。

[0011] 3.上述装置的低温环境通过各个部件围合成一个冷冻区,再依靠上部冷冻输送管输入冷气,温度的调控较为不易且缺乏监控,无法保证充足的低温环境,本实用新型通过一个冻融环境箱体来制造冷冻区,空间封闭易操控,箱体内部的温度通过外部连接的温度采集控制器来控制,通过箱体内部的温度传感器来监测,设计较为合理,所得数据也更精确。

[0012] 4.上述装置依靠在岩体裂隙内安装压力传感器测量裂隙的冻胀力,实验数据误差较大且无法精确定位冻胀力来源,而本实用新型在岩石内安装有冻胀力测量传感器,多通道同时监测岩体裂隙的扩展,扩大了冻胀力监测的范围,还能预测冻胀扩展演化过程,试验精度较高。

[0013] 5.上述装置未能给出冻胀力采集控制系统,缺乏对后期数据处理的描述,本实用

新型在加载装置部分的外部连接有温度控制采集系统、声发射采集器、冻胀力采集控制器和一台电脑终端设备,并最终说明了整体的实验方法,很好地说明了整个试验的操作控制系统,过程较为完备,实施起来较为明确。

### 实用新型内容

[0014] 本实用新型为寒区岩体冻融失稳预测提供依据,更加完善对寒区工程岩体在冻胀作用下内部冰裂缝的扩展演化过程的监测,有效的预防岩体因冰裂缝的冻胀扩展而导致岩体损伤破坏,提供一种岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统,可以较为准确地模拟寒区岩体的受力环境,并且在不同的冻融循环和冻结温度下监测岩体冻胀破裂信息,预测岩体破裂情况。

[0015] 该系统包括真三轴加载装置、温度控制采集系统、冻胀力采集控制系统和声发射采集系统,真三轴加载装置位于冻融环境箱体内部,由自锁装置固定,温度控制采集系统位于冻融环境箱体右侧,整个温度系统依靠冻融环境箱体内部温度传感器来监测,冻胀力采集控制系统通过在岩石试件裂隙安装的冻胀力测量传感器,将信号转换成电信号输送给电脑终端进行分析,声发射采集系统通过声发射探头收集岩体破裂的声信号输送给电脑。

[0016] 其中,真三轴加载装置包括电缆、四爪连接机构、加载装置顶板、加载装置侧板、销、声发射探头、加载装置底板、手压泵和手压泵杆,加载装置顶板、加载装置侧板和加载装置底板构成封闭的加载空间,声发射探头设置在加载空间内,加载装置各个面板通过销连接四爪连接机构,电缆连接各个控制采集系统,三个手压泵分别连接三个方向的四爪连接机构,手压泵上设置手压泵杆。

[0017] 冻融环境箱体侧面设置可视保温窗口,正面设置环境箱体左门和环境箱体右门,冻融环境箱体侧面开孔用于穿过电缆,开孔处设置堵头,冻融环境箱体侧面内部安装温度传感器,温度传感器连接温度控制采集系统。

[0018] 温度控制采集系统、冻胀力采集控制系统和声发射采集系统连接电脑。

[0019] 加载装置侧板上设置槽,槽内设置声发射探头。

[0020] 加载装置顶板上嵌入补水管。

[0021] 应用该系统的方法,包括步骤如下:

[0022] S1:试验准备:准备好带有节理裂隙的天然岩块或者人工预制裂纹岩块,人工切割为尺寸合适的立方体;

[0023] S2:饱水:对试件进行饱水,饱水前将一黑色的橡胶模套在岩块上防止水外泄,直至上述岩块达到饱水状态;

[0024] S3:安装冻胀力测量传感器:在岩石试件裂隙内安装冻胀力测量传感器;

[0025] S4:将上述饱水岩块放在加载装置底板上,合上加载装置侧板和加载装置顶板使之形成密闭的加载空间,之后将整个装置放入冻融环境箱体内部与四爪连接机构通过销连接,形成自锁装置;

[0026] S5:在加载装置外侧加载装置侧板的小孔内安装抗冻声发射探头;

[0027] S6:通过电缆连接所有的测量传感器到对应的各个采集装置;

[0028] S7:手压泵加压:利用手压泵给加载装置加压到设计值;

[0029] S8:降温补水:通过外部的温度控制系统给冻融环境箱体逐渐降温到预定温度,同

时通过加载装置顶板内的补水管给岩块补水,直至岩块内的水结成冰;

[0030] S9:记录实验数据:记录好岩块结冰过程中的声发射和冻胀力信息,在电脑拟合应力应变图像;

[0031] S10:拆卸装置:解除电缆与传感器之间的连接,打开四爪连接机构,拆除立方体加载套筒;

[0032] S11:重复试验:更换岩块,分别设置不同的预定应力和预定温度,重复上述试验过程,得到多组数据进行对比;

[0033] S12:整理数据,得出结论。

[0034] 本实用新型的上述技术方案的有益效果如下:

[0035] 1.真三轴试验加上声发射技术,能快速并准确地反映低温岩体内冰裂缝的扩展进程及损伤情况,精确地定位岩体破裂范围,通过试验分析多冻融循环作用及不同的低温下的岩体的破裂信息,能有效地预防裂隙岩体在低温冻胀作用下的损伤破坏,为寒区岩体工程建设提供参考。

[0036] 2.本实用新型中真三轴加载装置采用了自锁系统,加载更加方便,加载速度人为可控,应力大小可以变化,试验过程更为精确,简单方便;

[0037] 3.本实用新型试验系统简单方便,易于安装,高度机械化,实验方法科学严谨,便于操作。

## 附图说明

[0038] 图1为本实用新型的岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统整体结构示意图;

[0039] 图2为本实用新型的岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统的真三轴加载装置结构示意图;

[0040] 图3为本实用新型的岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统的冻融环境箱体结构示意图;

[0041] 图4为本实用新型的岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统的四爪连接机构结构示意图;

[0042] 图5为本实用新型的岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统的加载装置侧板结构示意图;

[0043] 图6为本实用新型的岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统的加载装置顶板结构示意图;

[0044] 图7为本实用新型的岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统的加载装置底板结构示意图。

[0045] 其中:1-冻融环境箱体;2-电缆;3-四爪连接机构;4-加载装置顶板;5-加载装置侧板;6-可视保温窗口;7-环境箱体左门;8-销;9-声发射探头;10-加载装置底板;11-手压泵;12-手压泵杆;13-堵头;14-环境箱体右门;15-温度传感器;16-温度控制采集系统;17-电脑;18-桌子;19-冻胀力采集控制系统;20-声发射采集系统;21-槽;22-补水管。

## 具体实施方式

[0046] 为使本实用新型要解决的技术问题、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图及具体实施例进行详细描述。

[0047] 本实用新型提供一种岩体含冰裂缝网络冻胀扩展过程监测试验系统。

[0048] 如图1所示,该系统包括真三轴加载装置、温度控制采集系统16、冻胀力采集控制系统19和声发射采集系统20,真三轴加载装置位于冻融环境箱体1内部,由自锁装置固定,温度控制采集系统位于冻融环境箱体1右侧,整个温度系统依靠冻融环境箱体1内的温度传感器15来监测,冻胀力采集控制系统19通过在岩石试件裂隙安装的冻胀力测量传感器,将信号转换成电信号输送给电脑17终端进行分析,声发射采集系统20通过声发射探头9收集岩体破裂的声信号输送给电脑17。

[0049] 如图2所示,真三轴加载装置包括电缆2、四爪连接机构3、加载装置顶板4、加载装置侧板5、销8、声发射探头9、加载装置底板10、手压泵11和手压泵杆12,加载装置顶板4、加载装置侧板5和加载装置底板10构成封闭的加载空间,声发射探头9设置在加载空间内,如图4所示,加载装置顶板4上方设置四爪连接机构3,电缆2连接真三轴加载装置和温度控制采集系统16,加载装置底板10通过销8连接四爪连接机构3,如图7所示,加载装置底板10连接手压泵11,手压泵11上设置手压泵杆12。

[0050] 如图3所示,冻融环境箱体1侧面设置可视保温窗口6,正面设置环境箱体左门7和环境箱体右门14,冻融环境箱体1侧面开孔用于穿过电缆,开孔处设置堵头13,冻融环境箱体1侧面内部安装温度传感器15,温度传感器连接温度控制采集系统16。

[0051] 如图5所示,加载装置侧板5上设置槽21,槽21内设置声发射探头9。

[0052] 如图6所示,加载装置顶板4上嵌入补水管22。

[0053] 在具体设计中,封闭的加载空间的尺寸为 $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times 300\text{mm}$ ,加载装置依靠箱体内部的三个手压泵通过电缆连接四爪连接机构给试件提供压力,温度控制采集系统位于箱体右侧,用于给箱体制造低温冻融环境,整个温度系统依靠箱体内部的温度传感器来监测,冷气通过冷气输送管提供,箱体两侧均安置可视保温窗口,可用于观察箱体内冻融环境。冻胀力采集控制系统通过在岩石试件裂隙安装的冻胀力测量传感器,由传感器连接外部的控制系统,将压力传感器接受的信号转换成电信号输送给电脑终端进行分析。声发射采集控制系统通过加载装置上的声发射探头收集岩体破裂的声信号,再由电缆连接外部声发射采集控制器转换为电信号输送给终端控制系统。声发射探头安装在加载垫板内的小孔中。上述加载垫板位于侧板中,声发射安装孔为 $2 \times 4$ 通道,加载板上有槽,用于放置电缆线。声发射探头和整套加载装置都是防冻的,以便试验用。

[0054] 声发射监测系统用以分析低温裂隙岩体在真三轴压缩条件下损伤破坏全过程的声发射活动,通过分析岩石冻胀破坏的不同阶段所对应的声发射信号,探讨不同条件下岩石的声发射特性。再通过分析试验中记录的声发射数据,绘制出声发射各参数与应力、应变的拟合图,探讨真三轴条件下岩石的声发射特性,以揭示真三轴加载条件下岩石破坏前兆特征,掌握破裂信息和裂纹扩展的过程。

[0055] 冻胀力监测系统,冻胀力监测的范围是多个通道的,可以同时监测岩体内多个裂隙的变化,从而预测冰裂隙网络的扩展演化。

[0056] 真三轴加载试验系统,所述的真三轴加载装置采用了自锁系统,顶板、底板和侧板

互相嵌合为一立方体装置,内部用于放置岩石试件,侧板作为声发射的加载垫板,用于安装声发射探头和放置电缆线,四爪连接机构与各个板之间通过销连接固定,加载装置通过三个手压泵连接四爪连接机构分别控制前后、左右、上下的压力,三轴压力可人为调控,能较完整模拟寒区岩体的受力情况。

[0057] 应用该系统的方法,包括步骤如下:

[0058] S1:试验准备:准备好带有节理裂隙的天然岩块或者人工预制裂纹岩块,人工切割为尺寸合适的立方体;

[0059] S2:饱水:对试件进行饱水,饱水前将一黑色的橡胶模套在岩块上防止水外泄,直至上述岩块达到饱水状态;

[0060] S3:安装冻胀力测量传感器:在岩石试件裂隙内安装冻胀力测量传感器;

[0061] S4:将上述饱水岩块放在加载装置底板上,合上加载装置侧板和加载装置顶板使之形成密闭的加载空间,之后将整个装置放入冻融环境箱体内存与四爪连接机构通过销连接,形成自锁装置;

[0062] S5:在加载装置外侧加载装置侧板的小孔内安装抗冻声发射探头;

[0063] S6:通过电缆连接所有的测量传感器到对应的各个采集装置;

[0064] S7:手压泵加压:利用手压泵给加载装置加压到设计值;

[0065] S8:降温补水:通过外部的温度控制系统给冻融环境箱体逐渐降温到预定温度,同时通过加载装置顶板内的补水管给岩块补水,直至岩块内的水结成冰;

[0066] S9:记录实验数据:记录好岩块结冰过程中的声发射和冻胀力信息,在电脑拟合应力应变图像;

[0067] S10:拆卸装置:解除电缆与传感器之间的连接,打开四爪连接机构,拆除立方体加载套筒;

[0068] S11:重复试验:更换岩块,分别设置不同的预定应力和预定温度,重复上述试验过程,得到多组数据进行对比;

[0069] S12:整理数据,得出结论。每次试验中,通过记录试验中的声发射和冻胀力监测所得数据,绘制出声发射各参数与应力、应变的拟合图,监测岩体从降温到岩石裂隙内的水结成冰直至破裂的过程。所有实验结束后,通过分析不同低温环境下岩体的冻胀破裂变化,判断不同条件对岩石冰裂缝扩展的影响,探讨不同条件下岩石冰裂缝的冻胀扩展过程。

[0070] 冻胀力测量传感器为薄膜压力传感器,试验前必须对传感器进行标定,将薄膜压力传感器测力区域用薄膜套住,将防水薄膜用防水胶粘贴于裂隙表面,以便薄膜传感器拔出和多次利用;

[0071] 真三轴加载试验方法,施加压力用的手压泵通过手压泵杆来操控,可提供岩体三个方向不同应力。

[0072] 真三轴加载实验方法,声发射探头安装在加载板内的小孔内,探头连接的电缆线通过加载板内的槽与外部连接。

[0073] 本实用新型,利用冻融环境箱体1模拟低温环境,箱体内存的低温环境通过箱体外的温度控制采集系统16来模拟制造。岩石试件所需的三轴应力通过箱体内存真三轴加载装置中的三个手压泵11来调控。试验所需真三轴加载装置采用了自锁系统,加载装置顶板、底板和侧板互相嵌合为一立方体装置,内部用于放置岩石试件,侧板作为声发射的加载垫板,用于



安装声发射探头和放置电缆线,四爪连接机构与各个板之间通过销连接固定将试件固定于实验台上,利用手压泵连接四爪连接机构,向试件施加压力。岩石试件内部受冻胀作用产生的破裂信息通过加载垫板中的抗冻声发射探头传递向声发射采集系统20,再整合给电脑17进行分析。岩石试件内部因冻胀作用产生的冻胀力信息通过表部安装的冻胀力测量传感器感受然后传给冻胀力采集控制系统19,后汇总给电脑终端进行分析。通过冻胀力控制采集器的数据,随时观察试件内部冻胀力的变化,及时监测岩体的变形及破坏。通过声发射采集器的数据,对岩块受冻胀作用时的破裂信息和裂纹扩展过程进行记录,能精确定位岩块破裂范围,便于对破裂范围的观察。

[0074] 本实用新型系统在岩体试件表面安装声发射探头,在真三轴压缩加载过程中实时监测声发射信息,设置好声发射采样频率和载荷、变形采样频率,试验过程中系统自动采集记录载荷、变形、声发射能量、计数和振幅等参数,实时监测岩体裂隙的变化,捕捉含冰裂缝扩展过程,定位冰裂缝位置信息。

[0075] 本实用新型系统在岩体裂隙安装冻胀力测量传感器,准确感知岩体裂隙冻胀力的变化,通过采集控制器实时监测冻胀力的演变过程,提前预测岩石破裂位置。

[0076] 利用该系统的方法,具体实施方法如下:

[0077] S1:试验准备。准备好若干带有节理裂隙的天然岩块或者人工预制裂纹岩块,人工切割成尺寸为300mm×300mm×300mm的立方体;

[0078] S2:岩块饱水。饱水前将一黑色的橡胶模套在岩块上,保证水不向外泄漏,直至岩块达到饱水状态;

[0079] S3:安装阶段。在岩石试件裂隙内安装冻胀力测量传感器,测量传感器需多个通道安装;

[0080] S4:将上述饱水岩块放在加载底板上,合上加载侧板和顶板使之形成密闭的加载套筒,然后将整个装置放入冻融环境箱体与四爪连接机构通过销连接,形成自锁装置;

[0081] S5:在加载装置外侧加载垫板的小孔内安装抗冻声发射探头,声发射探头安装通道为2\*4通道,每个侧板均有,多个声发射探头同时监测;

[0082] S6:通过电缆连接所有的测量传感器到对应的各个采集装置,电缆线通过加载垫板内的槽连接到加载装置内;

[0083] S7:手压泵加压。操控三个手压泵杆,通过三个手压泵分别向试件三个方向加压,直至岩石试件三个方向应力均到达理想设计值;

[0084] S8:降温补水。通过外部的温度控制系统给冻融环境箱体逐渐降温到预定温度,通过箱体温度传感器监测箱体内温度环境,到达预定温度即可停止,降温的同时通过加载顶板内的补水管给岩石试件补水,直至岩石内的水结成冰;

[0085] S9:记录试验数据。记录好试件结冰过程中的声发射和冻胀力信息,在电脑拟合应力应变图像,实时监测岩体冰裂缝扩展变化,定位破裂范围。

[0086] S10:拆卸装置。将各测量传感器与电缆线拆开,再将四爪连接机构与加载装置套筒拆除,打开加载顶板、侧板,取出岩石试件。

[0087] S11:重复试验。更换已经准备好的饱水岩石试件,分别设置不同的预定三轴压力和预定温度,重复上述试验步骤,最终得到多组数据进行对比分析;

[0088] S12:整理数据,得出结论。每次试验中,通过实时记录试验中的声发射和冻胀力监

测所得数据,绘制出声发射和冻胀力各参数与应力、应变的拟合图,监测岩体从降温到岩石裂隙内的水结成冰直至破裂的过程。所有实验结束后,通过分析不同低温环境下岩体的冻胀破裂变化,判断不同条件对岩石冰裂缝扩展的影响,探讨不同条件下岩石冰裂缝的冻胀扩展过程。

[0089] 本实用新型声发射采集控制系统提前设定好声发射的载荷、能量等参数的基础值,通过试验过程中得到的数据记录好载荷、变形、能量、计数和振幅等参数,绘制各个参数下的应力应变图形,可以形象的对应岩体破裂的各个阶段和过程,实时监测岩体冰裂缝的冻胀扩展范围,得到破裂信息。

[0090] 本实用新型中利用手压泵加载压力时,岩石试件三个方向的应力设定好预定值,三个手压泵分别控制岩石试件前后、左右、上下三个方向的应力,加压时,先利用三个手压泵将三个方向应力加载到三个应力中的最小应力值 $\sigma_3$ ,之后利用剩余两个手压泵将其余两个应力加载到中间应力值 $\sigma_2$ ,最后用剩下的一个手压泵将最后一个应力加载到最大应力值 $\sigma_1$ ,至此加压完成。

[0091] 本实用新型冻胀力测量传感器为薄膜压力传感器,精度较高,试验前必须对传感器进行标定,将薄膜压力传感器测力区域用薄膜套住,将防水薄膜用防水胶粘贴于裂隙表面,可以多次使用。

[0092] 本实用新型中设置不同的三轴应力值和温度,用以探测岩体在不同受压环境和不同低温环境下冰裂缝的扩展演化过程,为寒区岩体预防破裂提供更好的依据。

[0093] 以上所述是本实用新型的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本实用新型所述原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本实用新型的保护范围。

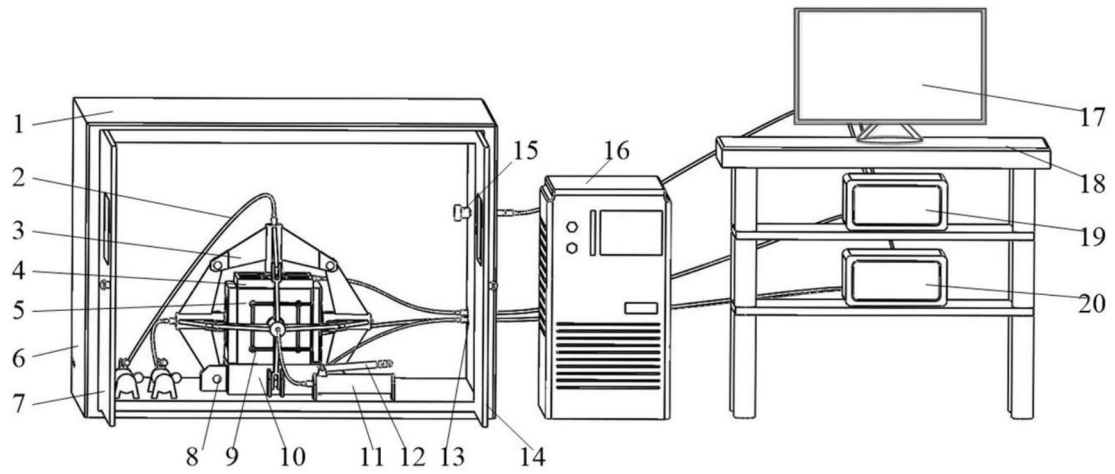


图1

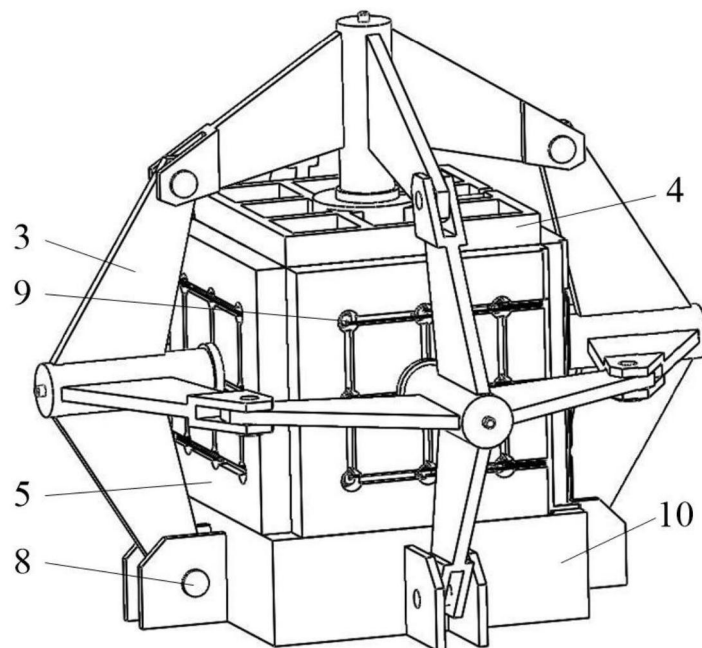


图2

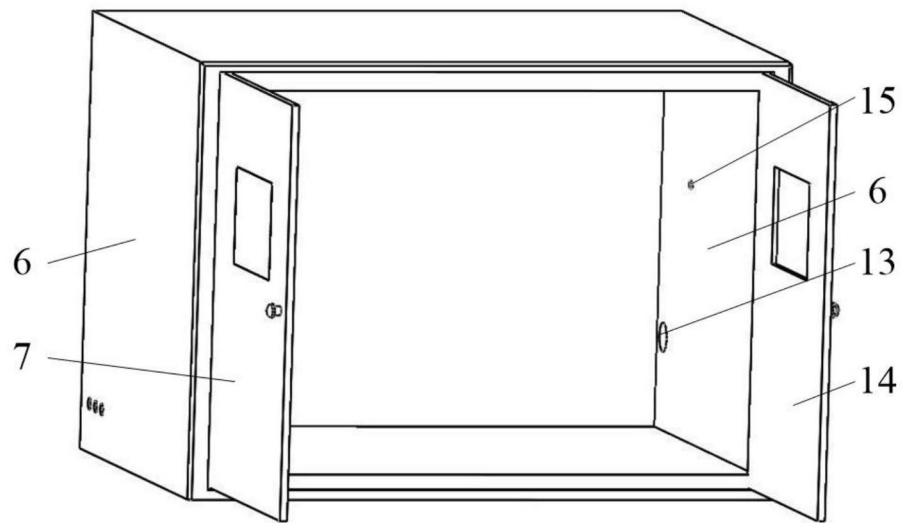


图3

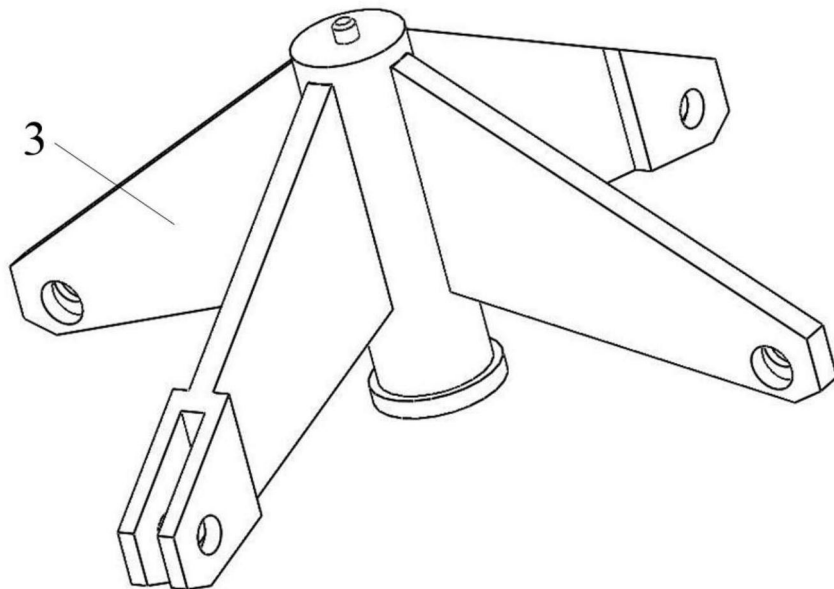


图4

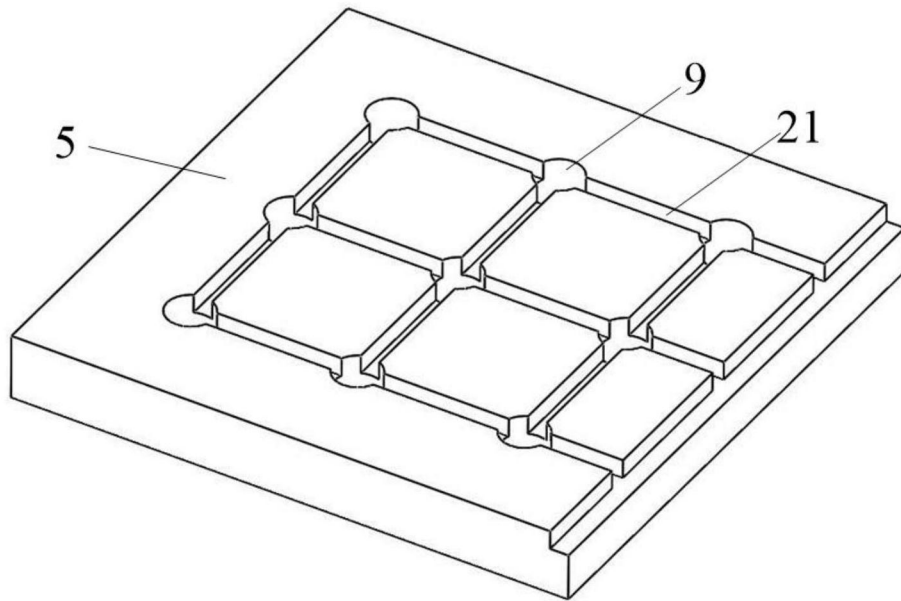


图5

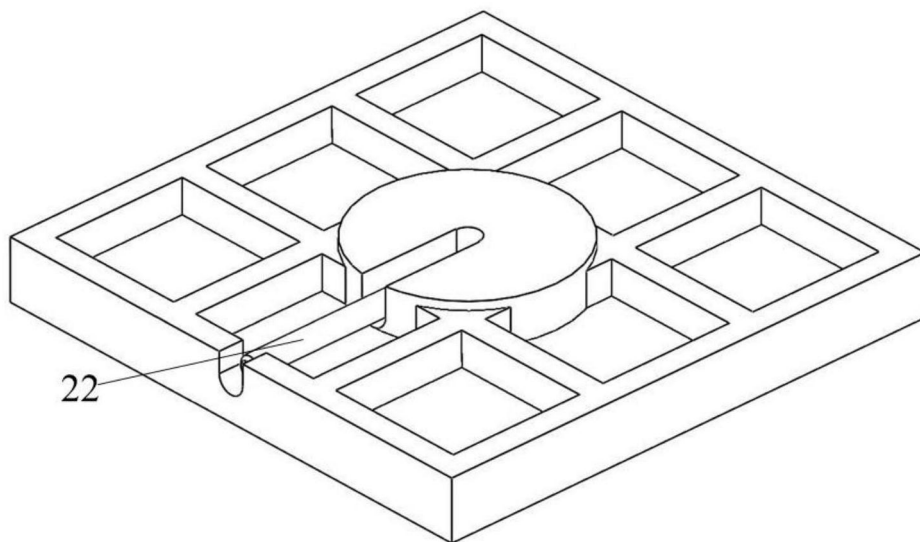


图6

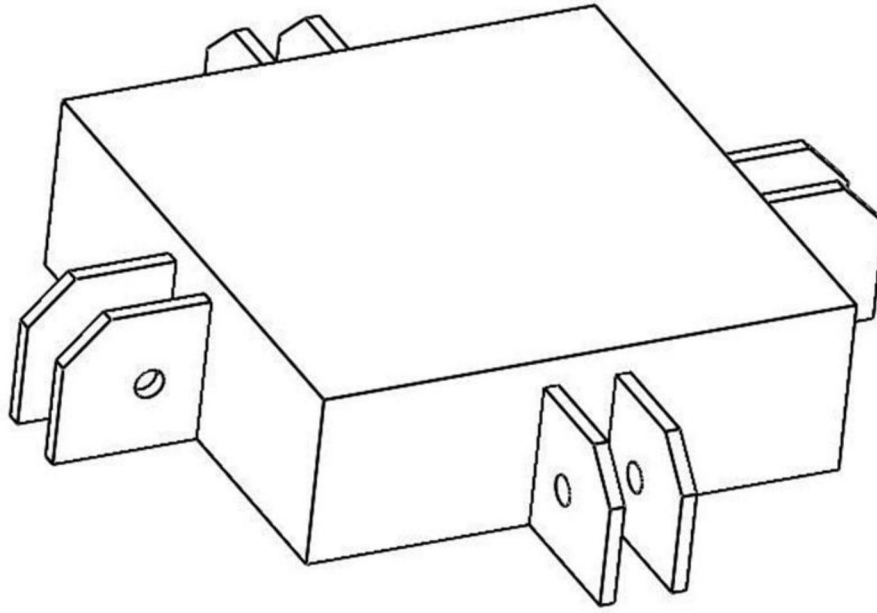


图7