



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102944478 A

(43) 申请公布日 2013. 02. 27

(21) 申请号 201210451572. 2

(22) 申请日 2012. 11. 13

(71) 申请人 河海大学

地址 210098 江苏省南京市鼓楼区西康路 1 号

(72) 发明人 徐卫亚 王如宾 苏昆 张久长
孟庆祥 王伟 顾锦键 张强

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 张惠忠

(51) Int. Cl.

G01N 3/12 (2006. 01)

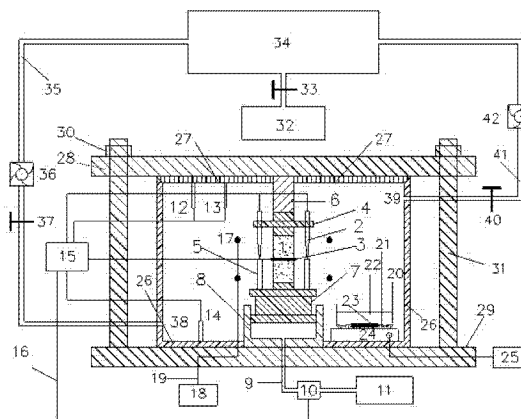
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

孔隙介质材料的温度 - 湿度 - 应力 - 化学耦合试验平台

(57) 摘要

本发明公开了一种孔隙介质材料的温度 - 湿度 - 应力 - 化学耦合试验平台;包括密闭容器、承力构架、力学测试系统、环境模拟系统和数据采集系统,承力结构固定在密闭容器上下两端,力学测试系统包括加载装置以及动力装置,加载装置设置在密闭容器内,环境模拟系统包括温度模拟装置和湿度模拟装置,环境模拟系统还包括一化学模拟装置,该化学模拟装置包括一化学气体发生器和输气管路,输气管路的出气口连接至密闭容器内,在密闭容器内还设置有一用于监测气体成分和浓度的气体分析仪。可以模拟大气环境中的温度、湿度变化和含化学物质气体对材料长期力学性质的影响。为材料力学多场耦合研究提供一个可行的试验平台。



1. 一种孔隙介质材料的温度-湿度-应力-化学耦合试验平台;包括密闭容器、承力构架、力学测试系统、环境模拟系统和数据采集系统,所述的承力结构固定在所述的密闭容器上下两端,所述的力学测试系统包括加载装置以及动力装置,所述的加载装置设置在密闭容器内,所述的环境模拟系统包括温度模拟装置和湿度模拟装置,所述的数据采集系统采集所述的力学测试系统以及环境模拟系统的数据,其特征在于:所述的环境模拟系统还包括一化学模拟装置,该化学模拟装置包括一化学气体发生器和输气管路,输气管路的出气口连接至所述的密闭容器内,在所述的密闭容器内还设置有一用于监测气体成分和浓度的气体分析仪。

2. 根据权利要求1所述的试验平台,其特征在于:所述的气体发生器包括化学污染物储藏罐和储气罐,在化学污染物储藏罐和储气罐之间设置有污染物储存罐气阀,所述的输气管路包括进气管和出气管,在所述的进气管上设置有进气管风扇和进气管气阀,在所述的出气管上设置有出气管风扇和出气管气阀,在所述的密闭容器上设置有进气口和出气口,所述的进气管出口与所述的进气口连接,所述的出气口与所述的出气口的进口连接。

3. 根据权利要求1或2所述的试验平台,其特征在于:所述的承力结构包括刚性上顶板和刚性下顶板,所述的刚性上顶板和刚性下顶板位于所述的密闭容器的上下两端并通过螺栓固定连接。

4. 根据权利要求3所述的试验平台,其特征在于:所述的密闭容器是一个由透明的耐腐蚀有机玻璃制作成的圆柱体:圆柱体的下部是一开口向上的圆筒,圆筒的筒底与刚性下顶板的上底面连接;圆柱体的上部是一个圆形的盖子,盖子的底面与刚性上顶板的下底面相连接。

5. 根据权利要求1或2所述的试验平台,其特征在于:所述的加载装置包括刚性上压头、刚性下压头、试件轴向位移侧头、环向位移引伸计以及位移计,所述的试件轴向位移侧头固定在所述的刚性下压头上,所述的位移计固定在所述的刚性上压头上,所述的环向位移引伸计设置在试件上;所述的动力装置包括千斤顶以及油泵,所述的千斤顶与油泵通过油压管道连接,在油压管道上还设置有油压表;所述的刚性下压头与所述的千斤顶连接。

6. 根据权利要求1或2所述的试验平台,其特征在于:所述的温度模拟装置包括设置在密闭容器内的温度计以及电加热元件;所述的湿度模拟装置包括水槽以及与搅拌器连接的搅拌子,在水槽内设置有过饱和盐溶液以及颗粒盐。

孔隙介质材料的温度 - 湿度 - 应力 - 化学耦合试验平台

技术领域

[0001] 本发明涉及一种研究岩石和混凝土等孔隙介质材料多场耦合作用的试验平台,尤其是能开展孔隙介质材料在周期性的温度和湿度变化以及空气中含有不同化学污染物(模拟受污染的大气对材料的化学侵蚀作用)等环境条件下的流变力学试验研究。

背景技术

[0002] 实际工程中的岩石和混凝土等孔隙介质材料处于复杂的物理化学环境中,受温度、湿度、化学等多场的共同作用。湿度的变化,会使材料产生变形,其机理主要是湿度会改变材料毛细孔内的张力和吸附力,进而引起材料内应力的变化。温度对材料力学性质的影响,主要通过其热力学性质体现。对于承受荷载的孔隙介质材料,温度的变化会在材料内部产生很大的应力,进而影响其力学行为。由温度和湿度变化引起的变形在某些条件下,会在材料表面产生裂隙。材料的强度和变形与温度和湿度的变化范围和冷热、干湿循环的加载速率有关。另外,受污染大气中的某些化学物质,会侵蚀和腐蚀材料,也会对材料造成损伤,从而降低材料的力学性能。这些化学物质与材料发生反应,进而通过融解、沉淀和沉积作用,加速材料的劣化和破坏。而自然界中,岩石的风化破碎、混凝土的老化,都是环境温度、湿度和空气中化学物质等的物理化学综合作用的结果。这些作用经年累月,通过环境条件的不断循环变化,最终破坏材料。

[0003] 对于此类问题,涉及到这样几个方面的研究内容:(1)应力场——材料的长期力学性质;(2)温度和湿度场——温度和湿度对材料力学性质的影响;(3)化学场——大气污染物对材料的化学侵蚀。要研究这些环境因素对材料的影响,就需要一个能够模拟大气环境条件和进行力学加载的试验平台。

[0004] 目前,能进行材料多场耦合试验的仪器主要是岩石三轴流变力学试验机,但只能进行温度和水渗流耦合条件下的力学试验。若增加化学耦合试验项目,则需预先用化学溶液浸泡试件。因而无法模拟化学物质对材料的渐蚀过程,也无法模拟受污染的大气环境对材料长期力学性质的影响。

[0005] 为此,我们基于材料力学多场耦合研究的基本理论,提出一个能开展温度和湿度变化以及在空气中添加不同化学污染物的试验平台,以模拟这些环境条件对材料的流变力学性质的影响。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于为孔隙介质材料的长期力学性质研究提供一个多场耦合试验平台。该平台利用一个可密闭的容器模拟受污染的大气环境,并在此容器内对试件进行长期力学试验,以研究其在特定的环境条件下的力学性质。该平台采用稳定性高、独立性强的测试手段,可以确保试验长期连续不间断的进行,试验时间可持续 3 至 5 年。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:

一种孔隙介质材料的温度 - 湿度 - 应力 - 化学耦合试验平台;包括密闭容器、承力构

架、力学测试系统、环境模拟系统和数据采集系统,所述的承力结构固定在所述的密闭容器上下两端,所述的力学测试系统包括加载装置以及动力装置,所述的加载装置设置在密闭容器内,所述的环境模拟系统包括温度模拟装置和湿度模拟装置,所述的数据采集系统采集所述的力学测试系统以及环境模拟系统的数据,其特征在于:所述的环境模拟系统还包括一化学模拟装置,该化学模拟装置包括一化学气体发生器和输气管路,输气管路的出气口连接至所述的密闭容器内,在所述的密闭容器内还设置有一用于监测气体成分和浓度的气体分析仪。

[0008] 所述的气体发生器包括化学污染物储藏罐和储气罐,在化学污染物储藏罐和储气罐之间设置有污染物储存罐气阀,所述的输气管路包括进气管和出气管,在所述的进气管上设置有进气管风扇和进气管气阀,在所述的出气管上设置有出气管风扇和出气管气阀,在所述的密闭容器上设置有进气口和出气口,所述的进气管出口与所述的进气口连接,所述的出气口与所述的出气口的进口连接。

[0009] 所述的承力结构包括刚性上顶板和刚性下顶板,所述的刚性上顶板和刚性下顶板位于所述的密闭容器的上下两端并通过螺栓固定连接。

[0010] 所述的密闭容器是一个由透明的耐腐蚀有机玻璃制作成的圆柱体:圆柱体的下部是一开口向上的圆筒,圆筒的筒底与刚性下顶板的上底面连接;圆柱体的上部是一个圆形的盖子,盖子的底面与刚性上顶板的下底面相连接。

[0011] 所述的加载装置包括刚性上压头、刚性下压头、试件轴向位移侧头、环向位移引伸计以及位移计,所述的试件轴向位移侧头固定在所述的刚性下压头上,所述的位移计固定在所述的刚性上压头上,所述的环向位移引伸计设置在试件上;所述的动力装置包括千斤顶以及油泵,所述的千斤顶与油泵通过油压管道连接,在油压管道上还设置有油压表;所述的刚性下压头与所述的千斤顶连接。

[0012] 所述的温度模拟装置包括设置在密闭容器内的温度计以及电加热元件;所述的湿度模拟装置包括水槽以及与搅拌器连接的搅拌子,在水槽内设置有过饱和盐溶液以及颗粒盐。

[0013] 本发明——孔隙介质材料温度-湿度-应力-化学(THMC)耦合试验平台,开展材料的多场耦合试验的步骤如下:

[1] 安装试件、LVDT 位移计和环向位移引伸计。调制过饱和盐溶液,将其置于磁力搅拌器上,然后合上上顶板及可密闭容器上盖,密闭容器。

[0014] [2] 连通气体循环通路,打开管道上的风扇,使空气按照设计的流动方向缓慢流动,形成闭合的流动环路。打开化学污染物储藏罐的阀门,让化学污染物(通常是气体)流入储气罐,在风扇的搅动下,与原先流动的空气混合均匀。当数据采集系统通过红外线吸收式气体分析仪采集到的数据达到试验设计值时,关闭化学污染物储藏罐。

[0015] [3] 关闭气体循环通路,使密闭容器内的气体与管道和储气罐中的气体隔离。用 PID 微电脑温控器控制加热器加热容器内的气体温度至试验设计值。当密闭容器内的温度稳定后,用磁力搅拌器搅动过饱和盐溶液,使其发挥湿度控制的功能。在相应的恒定温度下,过饱和盐溶液可以较精确地控制密闭容器内气体的湿度。

[0016] [4] 启动油泵,往试件底部安置的千斤顶内注入液压油,从而实现对试件的长期力学加载。然后设定一个时间间隔,采集油压表油压、试件位移、气体湿度、温度和化学污染物

成分及浓度等试验数据。

[0017] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:提供一个可以同时同时对试件施加力、温度、湿度和化学气体的操作空间,实时记录材料的多场耦合演变过程。可以模拟大气环境中的温度、湿度变化和含化学物质的气体对材料长期力学性质的影响。为材料力学多场耦合研究提供一个可行的试验平台。

附图说明

[0018] 图 1 是本发明的整体系统示意图。

[0019] 附图中:1、试件;2、LVDT 位移计;3、环向位移引伸计;4、刚性上压头;5、试件轴向位移测头;6、刚性上压头底座;7、刚性下压头;8、千斤顶;9、油压管道;10、数显油压表;11、油泵;12、数显相对湿度计;13、数显温度计;14、红外线吸收式气体分析仪;15、多通道数据采集仪;16、数据线;17、环状电热元件;18、PID 微电脑温控器;19、导线;20、圆形水槽;21、颗粒盐;22、过饱和盐溶液;23、搅拌子;24、磁力搅拌器;25、控制器及电源;26、密闭容器下圆筒;27、密闭容器上圆盖;28、刚性上顶板;29、刚性下顶板;30、螺帽;31、螺杆;32、化学污染物储藏罐;33、污染物储藏罐气阀;34、储气罐;35、进气管;36、进气管风扇;37、进气管气阀;38、进气口;39、出气口;40、出气管气阀;41、出气管;42、出气管风扇。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图与进一步说明本发明的实施方式。

[0021] 如图 1 所示,本发明孔隙介质材料 THMC 耦合试验平台,由承力构架、力学测试系统、环境模拟系统和数据采集系统组成。其中,力学测试系统实现对试件的长期力学加载;环境模拟系统是一个可密闭的容器,在其中实现设定的环境条件——温度、湿度和气体的化学成分与浓度;数据采集系统,实现采集并记录试验数据的功能,包括:温度、相对湿度、化学成分和浓度、试件的变形量和承受的荷载。

[0022] [1] 承力构架,由钢材制作而成,形成试验机的外围构造。主要通过刚性上顶板 28 和钢芯下顶板 29 和连接的螺栓,起到为力学加载提供反力的功能。

[0023] [2] 力学测试系统是一个构造和原理与岩石单轴压缩试验机基本相同的力学试验机。核心是一个可提供长期稳定荷载的油泵 11 和千斤顶 8。

[0024] [3] 环境模拟系统的功能是在一个可密闭的容器内提供试验所需要的环境条件。环境模拟系统的结构是这样的。用输气管路连接储气罐和密闭容器。在气体循环管道上安装控制气体流通的开关(阀门)和促使气体按照一定方向流动的风扇。这样就形成了气体的循环通路。温控装置为密闭容器内的气体升温并保持温度恒定。盛有过饱和盐(各种化学盐类)溶液的水槽放置于可密闭的容器内,使用下置的磁力搅拌器,搅动溶液。通过温控和盐的种类的变换,可实现相对湿度值的控制。化学污染物储藏罐为试验提供需要的化学物质。

[0025] [4] 所述可密闭容器由上下两部分组成。下部是一开口向上的圆筒,筒底与刚性下顶板的上底面相连接;上部是一个圆形盖子,其底面与刚性上顶板的下底面相连接。当合上刚性上顶板的时候,盖子与圆筒合在一起,形成一个密闭容器。在盖子的圆周上有一个圆圈刻槽,刻槽上安装一个橡胶圈。合上盖子后,橡胶圈可起到密闭作用,使容器内气体无法外

泄。制作圆筒和盖子的材料是透明的耐腐蚀有机玻璃。

[0026] [5] 所述储气罐是一个中空的密闭圆柱体,也是由透明耐腐蚀有机玻璃材料制作而成。在两端面上,各有一个孔口接头与气体循环管道相连。在柱面上有一个孔口接头,与化学污染物储藏罐相连。

[0027] [6] 所述化学污染物储藏罐是一容积与密闭容器相当的可密闭容器,也是由透明耐腐蚀有机玻璃材料制作而成。在容器内盛放污染物。开启化学污染物储藏罐与储气罐之间的孔口接头之后,可以向储气罐内释放污染物。

[0028] [7] 所述温控装置是一个类似于烤箱的装置,由内外两部分组成:电热元件和PID微电脑温控器。电热元件使用的是与试验室的烤箱相同的元件,安装在刚性下压头上,分为上下两只,均是圆环形的,环绕在试件之外,这样可以起到均匀加热的作用。PID微电脑温控器则安装在密闭容器之外,它的作用是控制电热元件的工作。温度控制的范围是 $0\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。

[0029] [8] 所述数据采集系统是一个多通道数据采集仪。记录试件的力学量(试件承受的荷载和试件发生的位移),记录试验的环境数据(相对湿度、温度和气体的化学成分和浓度)。

[0030] 实施例 1:

[1] 首先采用钻孔机从大块的砂岩岩石中抽取岩芯,将岩芯切割,并作端面打磨处理,制作成标准圆柱体试件 1;

[2] 将试件 1 安装在刚性下压头 7 上,在试件 1 中部安装环向位移引伸计 3,然后安装刚性上压头 4 和 LVDT 位移计 2,使 LVDT 位移计的测杆触头与试件轴向位移测头 5 相接触,通过 LVDT 位移计 2 测量试件 1 的轴向变形,通过环向位移引伸计 3 测量试件 1 的环向变形;

[3] 接通相对湿度计 12、温度计 13、红外线吸收式气体分析仪 14、引伸计 3、LVDT 位移计 2 和油压表 9 与多通道数据采集仪 15 间的数据线 16,保证采集仪能正常显示并保存数据;

[4] 在圆形水槽 20 内配制氯化钠(NaCl)过饱和盐溶液 22,在水槽的底部有一些未被溶解的颗粒盐 21。搅拌子 23 放入过饱和溶液中,然后将水槽放置于密闭容器 26 中早已固定安置的磁力搅拌器 24 上。磁力搅拌器的控制器及电源 25 安置在密闭容器外。接通控制器及电源,检查并确保磁力搅拌器能够正常工作。然后关闭电源;

[5] 安装刚性上顶板 28 和密闭容器上圆盖 27,用螺帽 30 旋紧螺栓 31,封闭容器;

[6] 打开进气管 35 上的进气管气阀 37 和出气管 41 上的出气管气阀 40,以及进气管风扇 36 和出气管风扇 42,使气体在封闭的环路中流动;

[7] 打开化学污染物储藏罐 32 的污染物储藏罐气阀 33,使预先储存在化学污染物储藏罐 32 内的高纯度二氧化碳 CO_2 流入储气罐 34 中,经过进气管风扇 36 和出气管风扇 42 的搅动,最终使得整个通路上的 CO_2 浓度均一;

[8] 当通过红外线吸收式气体分析仪 14 采集到的 CO_2 浓度达到试验设计值(10ppm)时,关闭化学污染物储藏罐气阀 33,关闭进气管风扇 36 和出气管风扇 42,关闭进气管气阀 37 和出气管气阀 40,使密闭容器内的气体与其他部分的气体隔离;

[9] 用 PID 微电脑温控器 18 设置试验温度值 35°C 。温控器通过与导线 19 控制环状电热元件 17 的工作,使其对密闭容器内的气体加热并保持温度值恒定;

[10] 接通磁力搅拌器的控制器及电源 25,设置磁力搅拌器的工作温度 35°C 和调节搅

拌子 23 的搅动速率,使其缓慢搅动溶液。经过一段时间的加热和搅动,最终相对湿度计 12 上测得的相对湿度值达到试验设定值(74.5~75.5%)时,停止搅动。只要维持电热元件和磁力搅拌器的工作温度恒定,即可通过过饱和 NaCl 溶液,确保可密闭容器内气体的相对湿度值恒定。也可以通过这两个温度值的同步变化,来改变密闭容器内的湿度环境;

[11] 待密闭容器内的环境条件稳定之后——多通道数据采集仪 15 采集到的温度值、相对湿度值和气体成分与浓度值稳定后,开始采集并保存各项试验数据(轴向和环向位移、温度、相对湿度、气体成分和浓度)。采集数据的频率(设置为每秒采集一次);

[12] 启动油泵 11,通过油泵与密闭容器内安装的千斤顶 8 之间的油压管道 9,往千斤顶内充油。在油压的作用下,刚性下压头 7 逐渐抬升,使刚性上压头 4 与刚性上压头底座 6 充分接触。此时安装在油压管道 9 上的油压表 10 就会有读数;

[13] 待油压表 10 的读数达到试验设计值(5MPa)时,完成对试件的瞬时力学加载。然后关闭油泵,并确保油压表读数长时间恒定,从此开始对试件施加长期稳定荷载。通过刚性下压头 7 在千斤顶 8 油缸内的底面积的大小,可换算出与油压表 10 读数(5MPa)相对应的作用在试件上的荷载大小,进而计算出作用在试件上的应力大小;

[14] 开始对试件施加长期稳定荷载,调整多通道数据采集仪 15 采集各项数据的频率(每 30 分钟采集并记录一次数据)。主要目的是监测各项试验数据的变化。

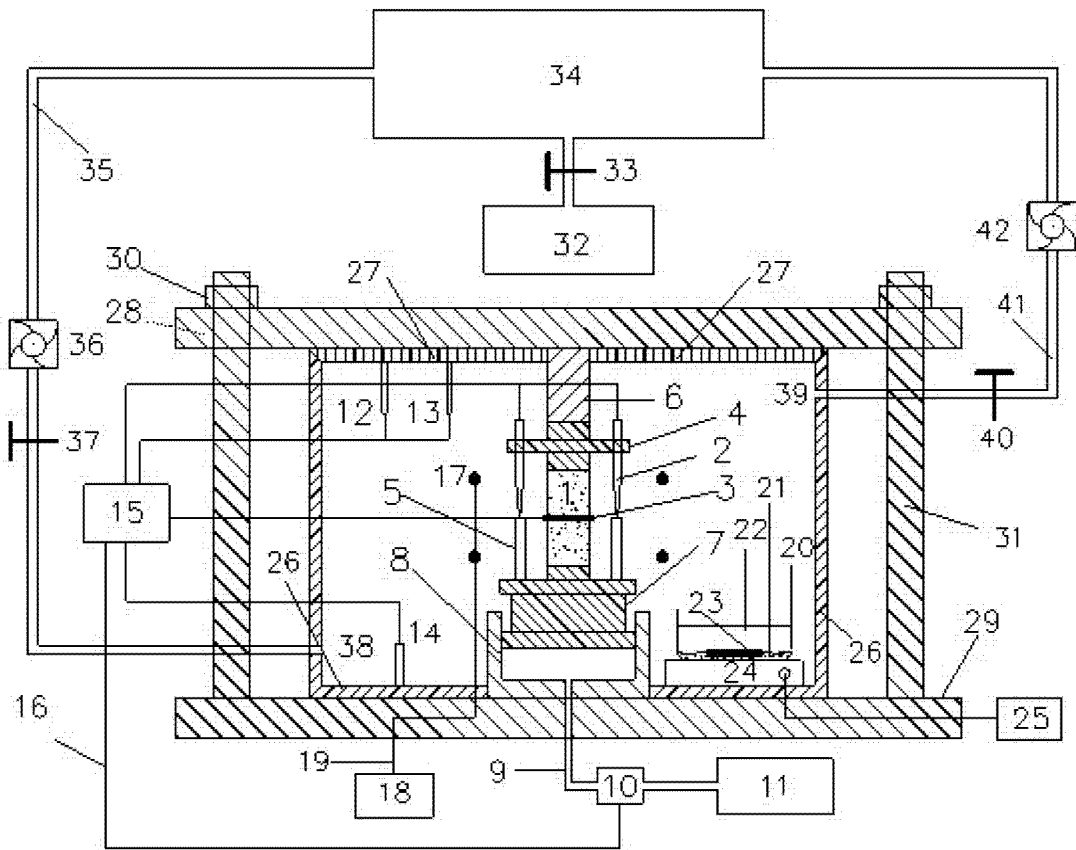


图 1