



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108802329 A

(43)申请公布日 2018. 11. 13

(21)申请号 201810354877.9

(22)申请日 2018.04.19

(71)申请人 山东科技大学

地址 266590 山东省青岛市青岛经济技术
开发区前湾港路579号

(72)发明人 蒋宇静 王辰 王长盛 黄娜

(74)专利代理机构 北京志霖恒远知识产权代理
事务所(普通合伙) 11435

代理人 朱昀

(51) Int. Cl.

G01N 33/24(2006.01)

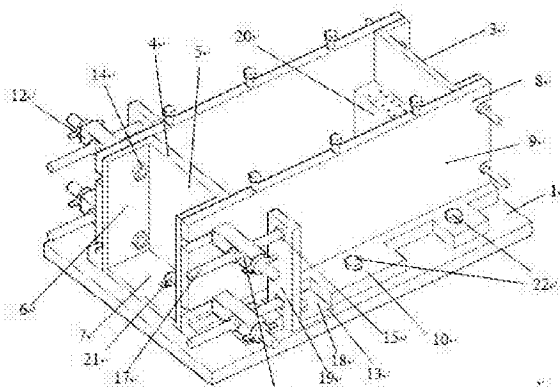
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

一种单裂隙中的剪切-两相流实验盒、系统
和方法

(57)摘要

本申请公开了一种单裂隙中的剪切-两相流可视化实验盒、系统和方法,其中实验盒包括:底座:两个对置的用以固定在底座上的第一侧壁,其中的一个第一侧壁上设有注气孔和注水孔,另一个第一侧壁上设有用以气水流出的气水排出孔;两个对置的第二侧壁,第二侧壁通过第二底部翼缘以可朝第二方向移动的方式固定在底座上;顶板;夹持调节件,其用以调解第二侧壁对第一侧壁的夹持程度;辅助固定件,其与底座固定连接,其端面与第一侧壁平行;移动调节件,包括用以与第一侧壁的侧向翼缘固定连接的第一端部,和用以与辅助固定件的端面连接的第二端部,通过调解第二端部与辅助固定件的相对位置,实现对第一移动侧壁沿第一方向的调节。



1. 一种单裂隙中的剪切-两相流实验盒,其特征在于,包括:

底座,其具有用以承托试件的矩形凸台:

两个对置的用以固定在底座上的第一侧壁,其中的一个所述第一侧壁上设有注气孔和注水孔,另一个所述第一侧壁上设有用以气水流出的气水排出孔;所述第一侧壁包括第一主体部分,在所述第一主体部分的两侧设有向外延伸的侧向翼缘,在所述主体部分的底部设有向外延伸的第一底部翼缘,所述第一侧壁的至少一个为可移动侧壁,所述可移动侧壁通过所述第一底部翼缘以可朝第一方向移动的方式固定在所述底座上;

两个对置的第二侧壁,其包括用以设于所述第一侧壁的两侧外方的第二主体部分,在所述第二主体部分的底部设有向外延伸的第二底部翼缘,所述第二侧壁通过所述第二底部翼缘以可朝第二方向移动的方式固定在所述底座上;

顶板,其与所述底座、所述第一侧壁和第二侧壁共同构成用以容纳试件的空间;

夹持调节件,其穿过所述第二侧壁作用在所述第一侧壁的翼缘上,以调解所述第二侧壁对所述第一侧壁的夹持程度;

辅助固定件,其与所述底座固定连接,其端面与所述第一侧壁平行;

移动调节件,包括用以与所述第一侧壁的侧向翼缘固定连接的第一端部,和用以与所述辅助固定件的所述端面连接的第二端部,通过调解所述第二端部与所述辅助固定件的相对位置,实现对所述第一移动侧壁沿所述第一方向的调节。

2. 根据权利要求1所述的一种单裂隙中的剪切-两相流实验盒,其特征在于:所述可移动侧壁的第一底部翼缘通过第一螺栓与所述底座可拆卸的连接,所述第一底部翼缘上用以穿过所述第一螺栓的过孔沿所述第一方向的尺寸大于所述第一螺栓螺杆的直径。

3. 根据权利要求1或2所述的一种单裂隙中的剪切-两相流实验盒,其特征在于:所述第二侧壁的第二底部翼缘通过第二螺栓与所述底座可拆卸的连接,所述第二底部翼缘上用以穿过所述第二螺栓的过孔沿所述第二方向的尺寸大于所述第二螺栓螺杆的直径。

4. 根据权利要求1所述的一种单裂隙中的剪切-两相流实验盒,其特征在于:所述夹持调节件包括穿过所述第二侧壁与所述侧向翼缘的连接部、和设于所述第二侧壁外侧的限位部,所述连接部通过位于所述侧向翼缘内侧的螺纹配合来实现对所述夹持程度的调节。

5. 根据权利要求4所述的一种单裂隙中的剪切-两相流实验盒,其特征在于:所述夹持调节件的限位部沿所述第二方向向外延伸,并设有沿所述第一方向贯通的调节件过孔,所述辅助固定件的所述端面和所述调节件过孔之间通过一连接杆固定连接,所述夹持调节件以可沿所述第一方向移动的方式穿过所述第二侧壁,所述夹持调节件和所述连接杆共同构成所述移动调节件。

6. 根据权利要求1所述的一种单裂隙中的剪切-两相流实验盒,其特征在于:所述移动调节件为一L型部件,所述L型部件的第一端与所述侧向翼缘固定连接,所述L型部件的第二端设有螺纹段、并穿过所述辅助固定件的所述端面,通过与所述第二端的螺纹段配合的螺母调节所述第二端与所述辅助固定件的相对位置。

7. 根据权利要求1所述的一种单裂隙中的剪切-两相流实验盒,其特征在于:所述辅助固定件为一L型持力板,所述持力板的第一板面与所述底座固定连接,所述持力板的第二板面为所述端面,所述第二板面上设有所述移动调节件的所述第二端穿过的过孔。

8. 根据权利要求1所述的一种单裂隙中的剪切-两相流实验盒,其特征在于:所述第一

侧壁包括一个所述可移动侧壁,和一固定侧壁,所述固定侧壁的下部设有向内凸出的台阶部,在所述台阶部的顶端面设有气水注入孔,在所述可移动侧壁上设有用以气水流出通道的气水排出孔。

9. 根据权利要求1所述的一种单裂隙中的剪切-两相流实验盒,其特征在于:所述底座、所述第一侧壁和所述第二侧壁的内侧设有可拆卸的密封层。

10. 一种单裂隙中的剪切-两相流实验系统,其特征在于,包括:

如权利要求1-9任一所述的实验盒;

供水系统,用以实现对所述实验盒的供水控制,其具有与所述注水孔连通的注水管道;

供气系统,用以实现对所述实验盒的供气控制,其具有与所述注气孔连通的注气管道;

测量系统,用以实现对实验中相关物理参数的测量。

11. 根据权利要求10所述的单裂隙中的剪切-两相流实验系统,其特征在于:所述供气系统包括高压气瓶、减压阀和质量流量控制器,所述质量流量控制器的一端连接所述减压阀,另一端与所述注气孔连接;

所述供水系统包括蠕动泵、脉冲阻尼器,所述脉冲阻尼器的一端连接所述蠕动泵,另一端与所述注水孔连接;

所述测量系统包括压力传感器、高速摄像机和电子天枰,所述高速摄像机置于所述实验盒的正上方,用以记录流型的演化,所述压力传感器分别设于所述注水孔、所述注气孔和所述气水排出孔处,所述压力传感器获取的数据实时传输到数据记录仪中进行保存;所述电子天枰实施采集水的流量,并将数据实时传输到电脑中进行保存。

12. 一种单裂隙中的剪切-两相流实验方法,其特征在于,包括以下步骤:

将与实验盒侧壁的台阶部等高的下部试件放入实验盒中,所述下部试件和所述台阶部的上方共同构成用以容纳上部试件的上部空间,所述上部空间沿两相流动方向的尺寸大于所述下部试件的相应尺寸;

将用以调节裂隙开度的垫片置于所述下部试件的上表面;

将所述上部试件置于所述上部空间中,通过调整所述上部试件与所述下部试件的相对位置确定剪切位移,在所述上部试件的一侧或两侧填置固定垫块,用以实现所述上部试件的固定;

密封所述实验盒,启动供水系统、供气系统和测量系统,进行剪切-两相流实验。

13. 根据权利要求12所述的单裂隙中的剪切-两相流实验方法,其特征在于:制作具有天然裂隙面的试件作为所述上部和\或下部试件,或通过具有天然裂隙面的模板为模具浇筑形成所述上部和\或下部试件;所述上部试件为透明试件。

一种单裂隙中的剪切-两相流实验盒、系统和方法

技术领域

[0001] 本公开涉及岩土工程测量技术领域,具体涉及一种单裂隙中的剪切-两相流实验盒、系统和方法。

背景技术

[0002] 在多种工程背景中,裂隙岩体中的多相流动都是一个重要的研究课题,如油气资源开发中的油-气-水多相流动,煤层气开采中的气-水两相流动,二氧化碳地质封存中的超临界二氧化碳-水-气态二氧化碳的多相流动,地热资源开发中的高温液态水和水蒸气的两相流动等。由于两相流动问题自身的复杂性,至今尚无一个通用的方程能精确描述所有的两相问题,因此基于实验获得的经验或半经验方程仍然是刻画两相流动问题的重要手段;可以说,对两相流动机理的认知的加深,很大程度上依赖于实验手段的进步。而裂隙中的气液两相流动更加复杂,裂隙的粗糙度、开度、剪切位移等参数对流动特性有重要影响。

[0003] 目前已有一些学者设计或开发了部分两相流实验装置。中国专利号为CN201510906972.1的发明专利公开了一种“裂隙岩体可视化实验装置”,提供了一种在T型裂隙结构中进行两相流实验的方案。这种T型裂隙结构本身是裂隙网络中的一个单元,即两条单裂隙交叉形成的裂隙组合。竖向裂隙中的两相流体的流动受到重力和浮力的影响,与水平方向裂隙中的流动特性会有明显不同;这样就增加了影响流动的因素,故而增加了从监测数据(压力、流量、流型图像等)中分析不同因素对流动的影响作用的难度。中国专利号为CN201710432090.5的发明专利公开了一种“一种裂隙网络两相流实验装置及方法”,提供了一种在裂隙网络中开展两相流实验的装置,并提供了一种有效处理油水两相混合物的方法。然而,单裂隙中的两相流动本身已经受到诸多因素的影响,如水气比、裂隙开度、裂隙粗糙度等;在裂隙网络中,又增加了表征裂隙网络结构的各类参数的影响,使实验中的影响因素增多,增加了区分不同因素的影响作用的难度。由此可见,研究单裂隙中两相流动特性的实验设备的开发仍然是有必要的。在单裂隙的两相流实验装置方面,斯坦福大学的Diomampo在其硕士学位论文中设计的实验系统较为成熟。其核心设备为两相流动盒,在其内部可以放置一块光滑或粗糙的透明裂隙板,通过可视化手段观察流动形态。然而其粗糙裂隙是通过在光滑裂隙上粘结不同直径的不锈钢丝来实现的,与真实的粗糙裂隙面的形态会有较大的不同;另外,两块裂隙试件由于剪切错动导致的裂隙开度分布形态的变化,对流动也会产生重要影响,而该两相流动盒中只能放置一块裂隙试件,无法模拟两块裂隙试件产生不同开度、不同剪切位移的情况。

[0004] 此外,目前已有的其他两相流实验设备主要存在以下问题:(1)密封困难或密封过程繁琐。目前的流体流动实验中采用的密封方式主要有两种:一种是机械密封,即采用施加机械压力的方式来压紧试件和箱体;这种方式的操作较为便捷,节省时间,但密封效果欠佳,在机械结合部位容易漏水。另一种是采用密封胶来密封,即将关键部位用强力胶密封起来,即每次装配试件时都要涂胶,等待密封胶形成强度以后方能开展实验,在更换下一个试件时要先彻底清除上一次实验留下的密封胶,然后重新涂胶密封。这种方式密封效果较好,

但操作繁琐,耗费时间和实验成本。(2)不能实现试件的剪切错动,即无法模拟自然条件下的裂隙在剪切错动的条件下形成的裂隙开度分布。

发明内容

[0005] 鉴于现有技术中的上述缺陷或不足,期望提供一种单裂隙中的剪切-两相流实验方案。

[0006] 第一方面,本申请实施例提供了一种单裂隙中的剪切-两相流可视化实验盒,包括:

底座,其具有用以承托试件的矩形凸台;

两个对置的用以固定在底座上的第一侧壁,其中的一个所述第一侧壁上设有注气孔和注水孔,另一个所述第一侧壁上设有用以气水流出的气水排出孔;所述第一侧壁包括第一主体部分,在所述第一主体部分的两侧设有向外延伸的侧向翼缘,在所述第一主体部分的底部设有向外延伸的第一底部翼缘,所述第一侧壁的至少一个为可移动侧壁,所述可移动侧壁通过所述第一底部翼缘以可朝第一方向移动的方式固定在所述底座上;

两个对置的第二侧壁,其包括用以设于所述第一侧壁的两侧外方的第二主体部分,在所述第二主体部分的底部设有向外延伸的第二底部翼缘,所述第二侧壁通过所述第二底部翼缘以可朝第二方向移动的方式固定在所述底座上;

顶板,其与所述底座、所述第一侧壁和第二侧壁共同构成用以容纳试件的空间;

夹持调节件,其穿过所述第二侧壁作用在所述第一侧壁的翼缘上,以调解所述第二侧壁对所述第一侧壁的夹持程度;

辅助固定件,其与所述底座固定连接,其端面与所述第一侧壁平行;

移动调节件,包括用以与所述第一侧壁的侧向翼缘固定连接的第一端,和用以与所述辅助固定件的所述端面连接的第二端,通过调解所述第二端与所述辅助固定件的相对位置,实现对所述第一移动侧壁沿所述第一方向的调节。

[0007] 在本申请的某些实施例中,所述可移动侧壁的第一底部翼缘通过第一螺栓与所述底座可拆卸的连接,所述第一底部翼缘上用以穿过所述第一螺栓的过孔沿所述第一方向的尺寸大于所述第一螺栓螺杆的直径,这种方式方便快捷、成本低廉,并可实现可移动侧壁以可相对移动的方式与底座进行固定。

[0008] 在本申请的某些实施例中,所述第二侧壁的第二底部翼缘通过第二螺栓与所述底座可拆卸的连接,所述第二底部翼缘上用以穿过所述第二螺栓的过孔沿所述第二方向的尺寸大于所述第二螺栓螺杆的直径。这种方式方便快捷、成本低廉,并可实现第二侧壁以可相对移动的方式与底座进行固定。

[0009] 在本申请的某些实施例中,所述夹持调节件包括穿过所述第二侧壁和所述侧向翼缘的连接部、和设于所述第二侧壁外侧的限位部,所述连接部通过位于所述侧向翼缘内侧的螺纹配合来实现对所述夹持程度的调节,可以在方便调节第二侧壁对第一侧壁的加持程度的同时,进一步加强实验盒内部的密封性。

[0010] 进一步的,所述加持调节件的限位部沿所述第二方向向外延伸,并设有沿所述第一方向贯通的调节件过孔,所述辅助固定件的所述端面和所述调节件过孔之间通过一连接杆固定连接,所述加持调节件以可沿所述第一方向移动的方式穿过所述第二侧壁,所述夹

持调节件和所述连接杆共同构成所述移动调节件。通过对夹持调节件限位部的设计、使夹持调节件可以与辅助固定件连接,将夹持调节件同时赋予调节移动侧壁沿第一方向移动的功能,从而使夹持调节件和移动调节件集成为同一部件,在简化结构的同时,能进一步保证盒体的密封效果。

[0011] 在本申请的另一些实施例中,所述移动调节件为一L型部件,所述L型部件的第一端与所述侧向翼缘固定连接,所述L型部件的第二端设有螺纹段、并穿过所述辅助固定件的所述端面,通过与所述第二端的螺纹段配合的螺母调节所述第二端与所述辅助固定件的相对位置。单独设置移动调节件的设置,结构简单,易于实现。

[0012] 在本申请的某些实施例中,所述辅助固定件为一L型持力板,所述持力板的第一板面与所述底座固定连接,所述持力板的第二板面为所述端面,所述第二板面上设有所述移动调节件的所述第二端穿过的过孔。持力板的L型结构设计,受力性能更好,进一步利于盒体的密封。

[0013] 在本申请的某些实施例中,所述第一侧壁包括一个所述可移动侧壁,和一固定侧壁,所述固定侧壁的下部设有向内凸出的台阶部,在所述台阶部的顶端面设有气水注入孔,在所述可移动侧壁上设有用以气水流出通道的气水排出孔。由于下部试件需要与台阶部的高度齐平,因此在台阶部的顶端面设置气水注入孔,可以将气水送入在两块试件之间的裂隙面中。此外,台阶部的设计,可以实现对上部试件和下部试件之间剪切位移的调节。

[0014] 在本申请的某些实施例中,所述底座、所述第一侧壁和所述第二侧壁的内侧设有可拆卸的密封层。对试件进行密封时无须使用密封胶,可快速更换试件,达到节省时间和实验成本的效果。

[0015] 第二方面,本申请实施例还提供了一种单裂隙中的剪切-两相流可视化实验系统,包括:

上述的所述实验盒;

供水系统,用以实现对所述实验盒的供水控制,其具有与所述注水孔连通的注水管道;

供气系统,用以实现对所述实验盒的供气控制,其具有与所述注气孔连通的注气管道;

测量系统,用以实现对实验中相关物理参数的测量。

[0016] 在本申请的某些实施例中,所述供水系统包括蠕动泵、脉冲阻尼器,所述脉冲阻尼器的一端连接所述蠕动泵,另一端与所述注水孔连接。

[0017] 在本申请的某些实施例中,所述供气系统包括高压气瓶、减压阀和质量流量控制器,所述质量流量控制器的一端连接所述减压阀,另一端与所述注气孔连接。

[0018] 在本申请的某些实施例中,所述测量系统包括压力传感器、高速摄像机和电子天平,所述高速摄像机置于所述实验盒的正上方,用以记录流型的演化,所述压力传感器分别设于所述注水孔、所述注气孔和所述气水排出孔处,所述压力传感器获取的数据实时传输到数据记录仪中进行保存;所述电子天平实施采集水的流量,并将数据实时传输到电脑中进行保存。

[0019] 第三方面,本申请实施例还提供了一种单裂隙中的剪切-两相流可视化实验方法,包括以下步骤:

将与实验盒侧壁的台阶部等高的下部试件放入实验盒中,所述下部试件和所述台阶部的上方共同构成用以容纳上部试件的上部空间,所述上部空间沿两相流动方向的尺寸大于

所述下部试件的相应尺寸；

将用以调节裂隙开度的垫片置于所述下部试件的上表面；

将所述上部试件置于所述上部空间中,通过调整所述上部试件与所述下部试件的相对位置确定剪切位移,在所述上部试件的一侧或两侧填置固定垫块,用以实现所述上部试件的固定；

密封所述实验盒,启动供水系统、供气系统和测量系统,进行剪切-两相流实验。

[0020] 在本申请的某些实施例中,制作具有天然裂隙面的试件作为所述上部和\或下部试件,或通过使用具有天然裂隙面的模板为模具进行浇筑形成所述上部和\或下部试件。上部试件为透明试件,用以观察流型的演化。

[0021] 本申请实施例提供的单裂隙中的剪切-两相流实验方案,通过可移动侧壁、第二侧壁、夹持调节件、辅助固定件和移动调节件的结构设计,使上述部件在协同配合作用下,结合在实验盒内壁中可拆卸的设置密封层,从而解决了两相流实验设备中密封困难和密封过程繁琐的两难问题,使两相流实验能在保证密封的同时,以更加简单快速的方式实现密封,并且成本低廉,节省时间和实验成本。通过采用单裂隙中的剪切-两相流实验方法,可以观测不同粗糙度、不同裂隙开度、不同剪切位移下的裂隙中的两相流特征。

[0022]

附图说明

[0023] 通过阅读参照以下附图所作的对非限制性实施例所作的详细描述,本申请的其它特征、目的和优点将会变得更明显：

图1示出了其中可以应用本申请实施例的实验系统示意图；

图2示出了实施例中两相流动盒各部件的爆炸图；

图3示出了实施例中两相流动盒组装后的立体示意图；

图4示出了实施例中两相流动盒组装后的侧视图(短边方向)；

图5示出了实施例中两相流动盒组装后的俯视图；

图6示出了实施例中两相流动盒在长边方向上的剖面图(试件无剪切位移)；

图7示出了实施例中两相流动盒在长边方向上的剖面图(试件有剪切位移)。

[0024] 1、底座,2、台座,3、固定短边侧壁,4、移动短边侧壁,5、第一主体部分,6、侧向翼缘,7、第一底部翼缘,8、长边侧壁,9、第二主体部分,10、第二底部翼缘,11、顶板,12、加持调节件,13、L型持力板,14、第一端部,15、第二端部,16、限位部,17、连接杆,18、第一板面,19、第二板面,20、台阶部,21、第一螺栓,22、第二螺栓,23、第一垫块,24、第二垫块,25、第三垫块；

101、蠕动泵,102、脉冲阻尼器,103、气瓶,104、减压阀,105、质量流量控制器,106、第一压力传感器,107、第二压力传感器,108、第三压力传感器,109、高速摄像机,110、流动盒,111、上部试件,112、下部试件,113、电子天平,114、气水分离瓶；

201、第一方向,202、第二方向。

[0025]

具体实施方式

[0026] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述。显然,所描述的实施例是本发明一部分而不是全部的实施例。为了便于描述,附图中仅示出了与发明相关的部分。

[0027] 需要说明的是,在不冲突的情况下,通常在此附图中描述和示出的本发明实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。可以理解的是,此处所描述的具体实施例仅仅用于解释相关发明,而非对该发明的限定。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0028] 在本发明的描述中,还需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,属于“设置”、“连接”应作广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体的连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接连接,也可以通过中间媒介间接连接,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0029] 本实施例提供了一种可在单裂隙中进行两相流实验的装置。其核心部件——两相流动盒110中可放置两块具有不同粗糙度的裂隙试件(其中一块试件为透明试件),可对两块试件赋予不同的开度和剪切位移;流动盒110采用特殊设计的机械密封的方式,对试件进行密封时无须使用密封胶,可快速更换试件,达到节省时间和实验成本的效果。该装置可研究气液两相流体在不同的裂隙开度、不同的粗糙度、不同的剪切位移下的裂隙岩体中的两相流动的规律,并可通过可视化手段观察流型的演化。

[0030] 本实验系统包含如下四个部分:(1)供水系统。包括:蠕动泵101、脉冲阻尼器102;(2)供气系统。包括:气瓶103、减压阀104、质量流量控制器105;(3)两相流动盒110。即实验系统的核心部分;(4)测量系统。包括压力传感器、高速摄像机109、电子天平113。通过实验系统的上述四个部分来采集的数据和信息包括:液体流量(由电子天秤显示)、气体流量(由质量流量控制器105显示)、流型图像(由高速摄像机109获取)和进出口的压力(由压力传感器获取)。通过采集以上数据和信息,来研究裂隙岩体中的两相流动规律。

[0031] 两相流动盒110由不锈钢或其他金属制作而成,由底板1个、长边侧壁2个、固定短边侧壁1个、移动短边侧壁1个、L型持力板132个、气水注入装置1个、密封橡胶5片、裂隙开度垫片、位移垫块若干及相应的配件组成。通过组装上述部件,可在其中流动盒110中放置2块带有天然粗糙面或光滑的岩石试件,通过拧紧螺栓来施加机械力对试件进行密封。随后向裂隙面中定量注入水和气体,开展两相流动实验。实验所用的试件均为200mm×100mm×50mm。其中一块试件为天然试件或石膏试件,另一块试件为透明的树脂材料试件。两块试件均为天然裂隙面或以天然裂隙面为模板采用浇铸的方式制作而成,能够反应真实岩石的裂隙形态。

[0032] 两相流动盒110的各组成部件包括底座1,固定短边侧壁3,移动短边侧壁4,长边侧壁8,L型持力板13,夹持调节件和顶板11。现分别介绍如下:

底座11的主体为一底板,其上有一凸起的台座22,台座2尺寸为220mm×100mm×12mm,在长度方向上略长于试件的尺寸(200mm)。台座2上放置两块裂隙试件;底板上有数个螺纹孔,用以固定其他部件。

[0033] 固定短边侧壁3通过螺栓固定在底座1上,内侧贴上橡胶作为密封层用以密封,如图2的阴影部分所示。固定短边侧壁3的下部设有向内凸出的台阶部20,台阶部20的顶部端

面上有10个注水孔和10个注气孔,注入孔的高度与下部试件112的厚度(50mm)相同,以此将气水直接送入在两块试件之间的裂隙面中。可以理解的是,固定短边侧壁3也可以采用其他的形式固定在底座1上,比如可以通过焊接固定在底座1上,也可以与底座1为一体结构。

[0034] 移动短边侧壁4,其内侧贴上橡胶用以密封。移动短边侧壁44可以通过螺栓固定在底座1上,但位置可进行微调,用以压紧试件,具体结构可以采用:移动短边侧壁包括第一主体部分5,在第一主体部分5的两侧设有向外延伸的侧向翼缘6,在第一主体部分5的底部设有向外延伸的第一底部翼缘7,移动短边侧壁3通过第一底部翼缘7以可朝第一方向移动的方式固定在底座1上。具体形式可以为:移动短边侧壁44的第一底部翼缘7通过第一螺栓21与底座1可拆卸的连接,第一底部翼缘7上用以穿过第一螺栓21的过孔沿第一方向的尺寸大于第一螺栓21螺杆的直径。此处第一方向为垂直于短边侧壁的方向。这种方式方便快捷、成本低廉,并可实现可移动侧壁以可相对移动的方式与底座1进行固定。值得注意的是,采用其他方式来实现移动短边侧壁4功能的形式也都在本申请的保护范围之内。在某些实施例中,移动短边侧壁4和固定短边侧壁3可以用来夹持在裂隙试件的两个短边。移动短边侧壁44上有一个出口,作为气水的流出通道。固定短边侧壁33和移动短边侧壁44均为第一侧壁。

[0035] 长边侧壁也可以通过螺栓固定在底座1上,内侧贴上橡胶用以密封,如图2的阴影部分所示。通过拧紧螺栓施加机械力,2个长边侧壁8可将试件和2个短边侧壁夹持住。具体结构可以采用:包括用以设于短边侧壁的两侧外方的第二主体部分9,在第二主体部分9的底部设有向外延伸的第二底部翼缘10,长边侧壁的第二底部翼缘10通过第二螺栓22与底座1可拆卸的连接,第二底部翼缘10上用以穿过第二螺栓22的过孔沿第二方向的尺寸大于第二螺栓22螺杆的直径,此处的第二方向为垂直于长边侧壁的方向。这种方式方便快捷、成本低廉,并可实现第二侧壁以可相对移动的方式与底座1进行固定。值得注意的是,采用其他方式来实现长边侧壁8功能的形式也都在本申请的保护范围之内。

[0036] 夹持调节件,其穿过第二侧壁作用在第一侧壁的翼缘上,以调解第二侧壁对第一侧壁的夹持程度。其形式可以为:夹持调节件包括穿过长边侧壁8和移动短边侧壁4中侧向翼缘6的连接部、和设于第二侧壁外侧的限位部16,连接部通过位于侧向翼缘6内侧的螺纹配合来实现对夹持程度的调节,可以在方便调节第二侧壁对第一侧壁的加持程度的同时,进一步加强实验盒内部的密封性。

[0037] L型持力板13包括第一板面18和第二板面19,其固定在底座1上,通过连接部件与移动短边侧壁连接;L型持力板13作为施加机械力的持力点,便于给移动短边侧壁施加压紧力。具体结构形式可以为,加持调节件12的限位部16沿第二方向向外延伸,并设有沿第一方向贯通的调节件过孔,辅助固定件的端面和调节件过孔之间通过一连接杆17固定连接,加持调节件12以可沿第一方向移动的方式穿过第二侧壁,夹持调节件和连接杆17共同构成移动调节件。通过这一结构,方便调节移动侧壁4对试件的加持程度,从试件的长边方向加强实验盒内部的密封性。

[0038] 值得注意的是,上述夹持调节件和移动调节件仅为一种具体的实施例。可以理解的是,能够实现夹持调节件和移动调节件功能的结构具有多种形式,均在本申请的保护范围之内。具体的,夹持调节件和移动调节件也可以是各自独立的个体,比如:夹持调节件仅包括连接部和限位部16,而限位部16可以理解为螺母;移动调节件可以为一L型部件,L型部件的第一端部14与侧向翼缘6固定连接,L型部件的第二端部15设有螺纹段、并穿过辅助固

定件的端面,通过与第二端部15的螺纹段配合的螺母调节第二端部15与辅助固定件的相对位置。

[0039] 实验盒的顶板11采用透明亚克力板。通过螺栓固定在2个长边侧壁上,从上方压紧试件,防止试件在流体压力的作用下向上移动。采用透明的亚克力板,达到方便进行流型记录的目的。

[0040] 流动盒110的底座1上的台座2长度为220mm,比试件的长度(200mm)多出20mm。因此固定短边侧壁上的气水注入装置的长度设计为20mm,如图2所示。下部试件112(长200毫米)和固定短边侧壁上的气水注入装置(长20mm)并列排放。上部试件111的旁边需放置一个长度也为20mm的第一垫块23,和上部试件111(长200mm)并列排放以实现密封,如图6所示。垫块与试件及侧壁接触的部位均用橡胶层进行密封。垫块的下方两侧放置2个窄薄片,以留出流动的通道。图7表示上下两块试件存在错动位移的情况。上部试件111的左右两侧各有一块垫块,第二垫块24长3mm,第三垫块25长17mm,采用这种方法,使得上部试件111和下部产生3mm的剪切位移。采用类似的办法,改变两块垫块的尺寸,可实现不同数值的剪切位移,以测定不同剪切位移下的两相流动特性。

[0041] 供水系统包括蠕动泵101和脉冲阻尼器102。蠕动泵101在汲水过程中,本身使水流带有强烈的脉动,使得流量、压力等参数具有强烈的波动。脉冲阻尼器102可以很好地消除波动,使水的注入趋于稳定。供气系统包括气瓶103、减压阀104、质量流量控制器105。质量流量控制器105可以非常稳定地控制气速。

[0042] 测量系统包括3个压力传感器、1个高速摄像机109、1个电子天平113。其中,第二压力传感器107连接于注水口,第一压力传感器106连接于注气口,第三压力传感器108连接于气水出口。压力传感器所测得的数据实时传输至数据记录仪。高速摄像机109可实时记录两相流型。电子天平113可记录水的流量,并将数据实时传输至电脑。气体的流量在质量流量控制器105上可显示出来。

[0043] 本实施例所要解决的技术问题是提供一种能够在单裂隙中进行可视化两相流实验的装置。本实验装置可在具有不同粗糙度、不同开度和不同剪切位移的裂隙试件中进行两相流动实验。采用专门设计的机械密封方式,通过施加压紧作用力对试件进行密封,不需要使用密封胶,能够快速更换不同的试件,节省时间和成本。

[0044] 实验系统如图1所示。蠕动泵101和脉冲阻尼器102直接相连,水经过脉冲阻尼器102以后,可以以较稳定的速度注入两相流动盒110。气瓶103中的初始压力通常在10MPa以上,通过调节减压阀104,使气压在进入质量流量控制器105以前降到0.2MPa以下。质量流量控制器105可以较高的精度定量注入气体。三个压力传感器分别连接流动盒110的注水口、注气口和气水出口。由于气水两相流动本身固有的强紊动特性,流动过程中压力值会有强烈的波动,故而压力值的测量对压力计的要求较高。这里选取的压力计的响应时间为20ms,压力值实时传输到专用的数据记录仪中,记录频率最高为每0.1秒记录一个数据;在处理压力值的数据时,对一段稳定后的流动过程的压力值取平均值。气水两相流体从流动盒110流出以后,进入气水分离瓶114。气水分离瓶114置于电子天秤上,只收集水,而气体直接进入空气中。通过电子天秤的称重,将数据水的实时重量传输至电脑中进行记录,记录频率通常为每秒1个数据,基于此数据可计算出水的精确流量。

[0045] 实验的第一步是在两相流动盒110中组装试件,完成密封。首先将各侧壁贴上橡

胶,一次贴好以后可多次循环使用。将裂隙试件放置在台座2上,将各短边侧壁和长边侧壁安放在底座1上。各部分组装完成后的效果如图3所示。移动短边侧壁通过L形持力板、加持调节件12、各个螺栓等部件的配合,固定短边侧壁对实验盒完成密封。

[0046] 完成试件的封装后,首先开启蠕动泵101向两相流动盒110中注水,直至裂隙被水充满。然后调节减压阀104和质量流量控制器105,向裂隙中定量注气。待气水两相的流动达到稳定后,开启高速摄像机109开始摄像,打开电子天秤记录水的重量,同时开始记录压力传感器的实时数据,每一组数据连续记录1~3分钟。判断两相流动是否达到稳定,一是观察流型是否稳定,二是观察记录仪上显示的压力值的波动范围是否稳定在一个区间内,即整体趋势是否还在上涨或下降。每次更换一个新的气水流速组合时,都要重复上述步骤。实验完成后,关闭蠕动泵101和气瓶103,拆解两相流动盒110及试件,并对流动盒110进行清理,防止生锈;将所有设备整理好留待下次使用。

[0047] 两相流动盒110的侧视图(流体出口的方向)如图4所示,移动短边侧壁上有气体和水的出口。移动短边侧壁通过螺栓固定在底座1上。两相流动盒110的侧视图如图5所示。

[0048] 本实施例的有益效果包括以下几个方面:

(1)设计了一种在单裂隙进行两相流实验的装置。装置采用机械密封的方式,无须使用密封胶,因此可快速更换试件,节省时间和实验成本。

[0049] (2)试件为天然岩石试件或劈裂岩石试件,或以具有天然裂隙面或劈裂岩石裂隙面为模板采用浇铸方式制作的试件,能够反应真实岩石的裂隙形态;其中一块试件为透明试件,以此通过高速摄像机109实时记录流型的演化过程。

[0050] (3)可更换具有不同粗糙度的试件,亦可通过设置垫片来产生不同的裂隙开度,通过放置垫块使试件产生不同的剪切位移,以此研究具有不同粗糙度的、不同裂隙开度、不同剪切位移下的裂隙中的两相流动特性。

[0051] 以上描述仅为本申请的较佳实施例以及对所运用技术原理的说明。本领域技术人员应当理解,本申请中所涉及的发明范围,并不限于上述技术特征的特定组合而成的技术方案,同时也应涵盖在不脱离所述发明构思的情况下,由上述技术特征或其等同特征进行任意组合而形成的其它技术方案。例如上述特征与本申请中公开的(但不限于)具有类似功能的技术特征进行互相替换而形成的技术方案。

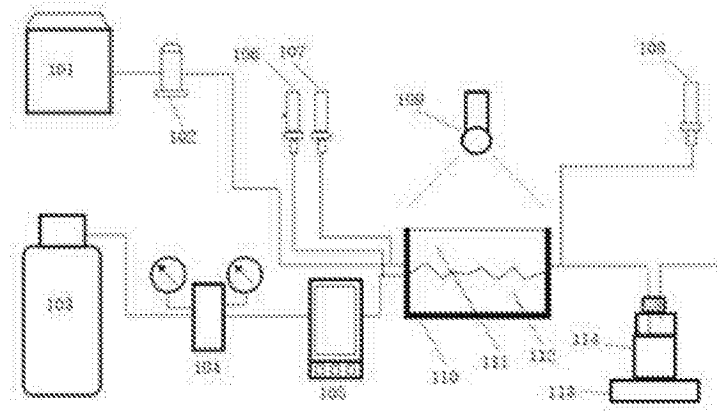


图1

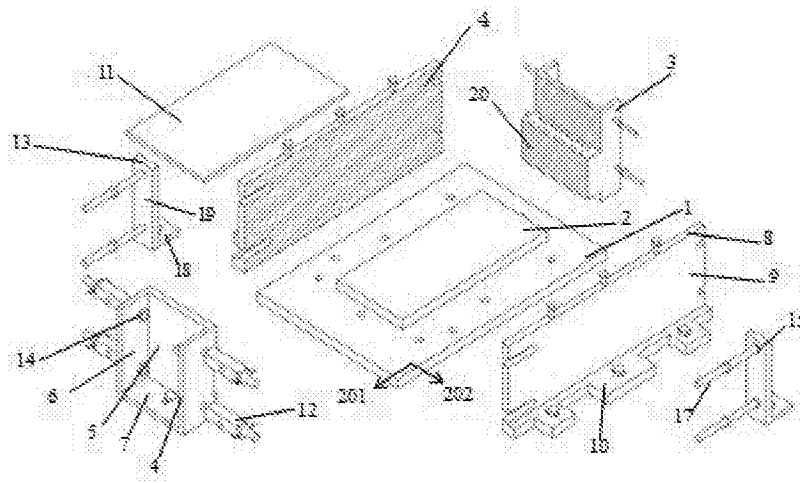


图2

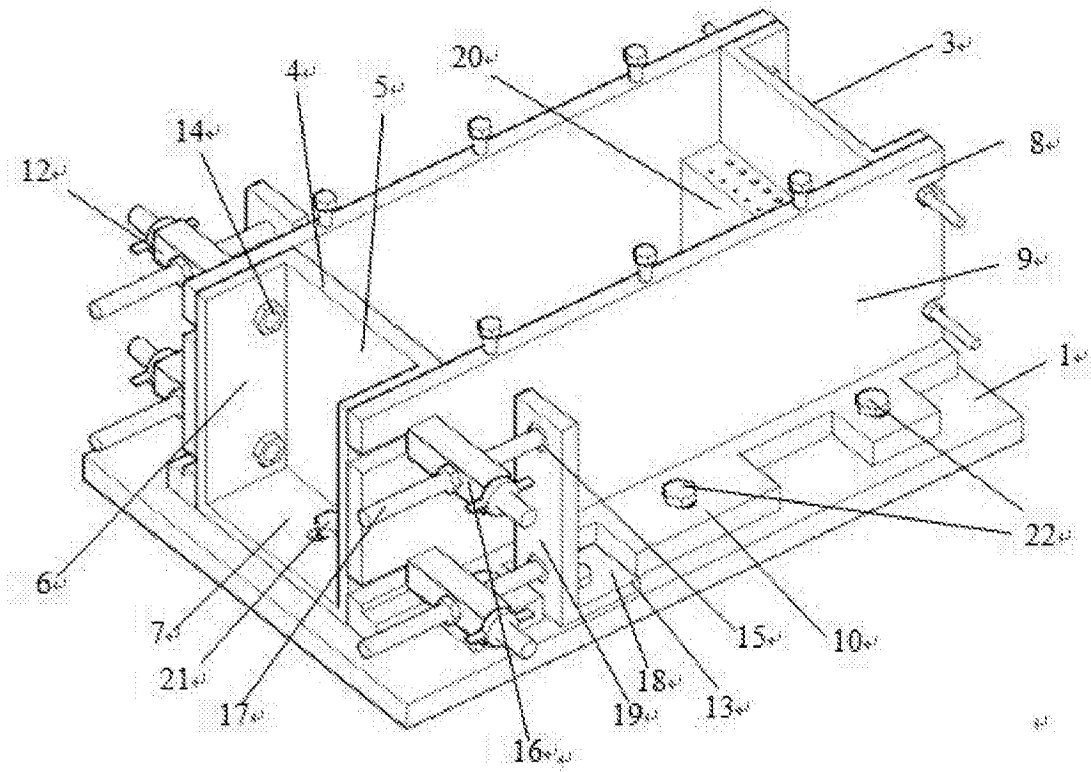


图3

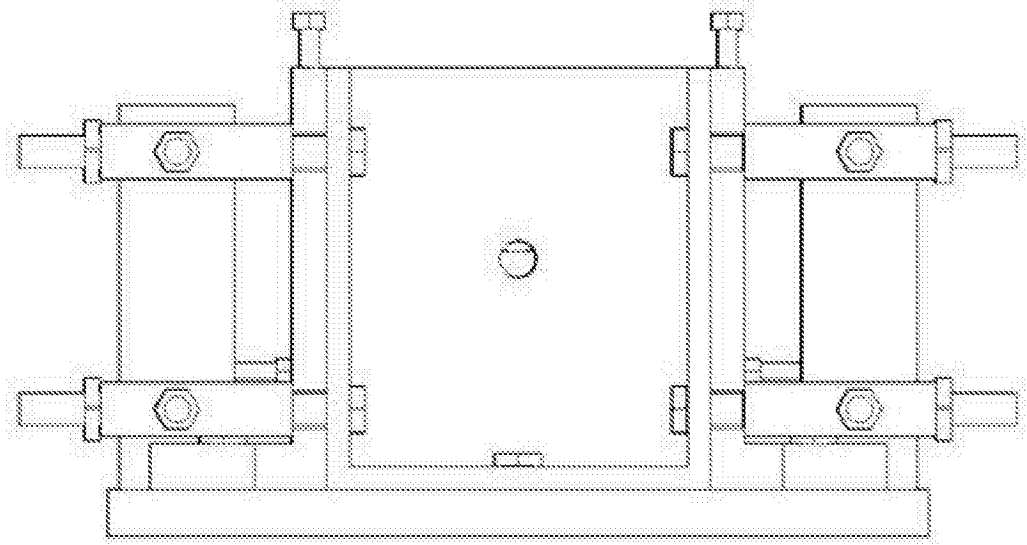


图4

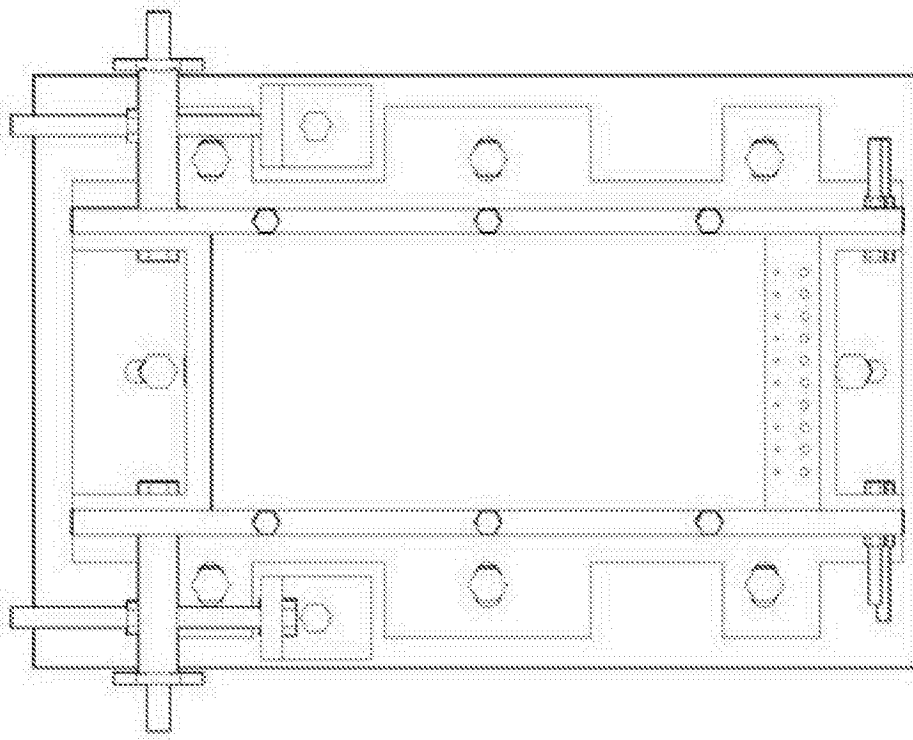


图5

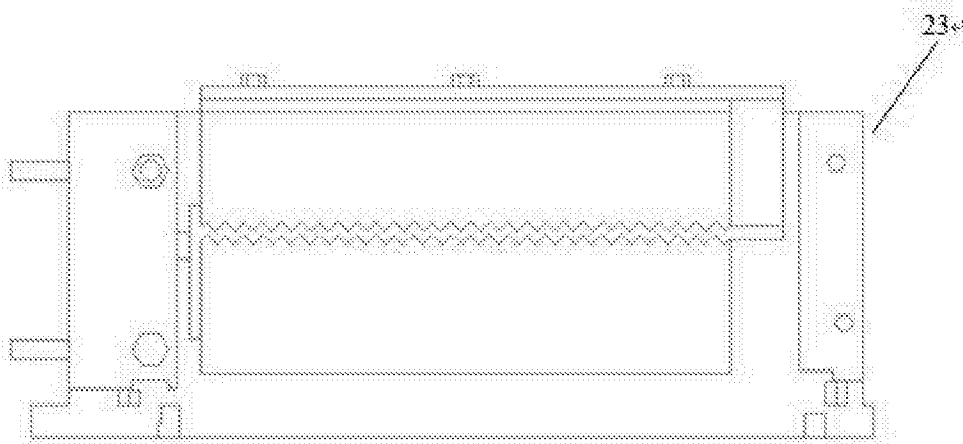


图6

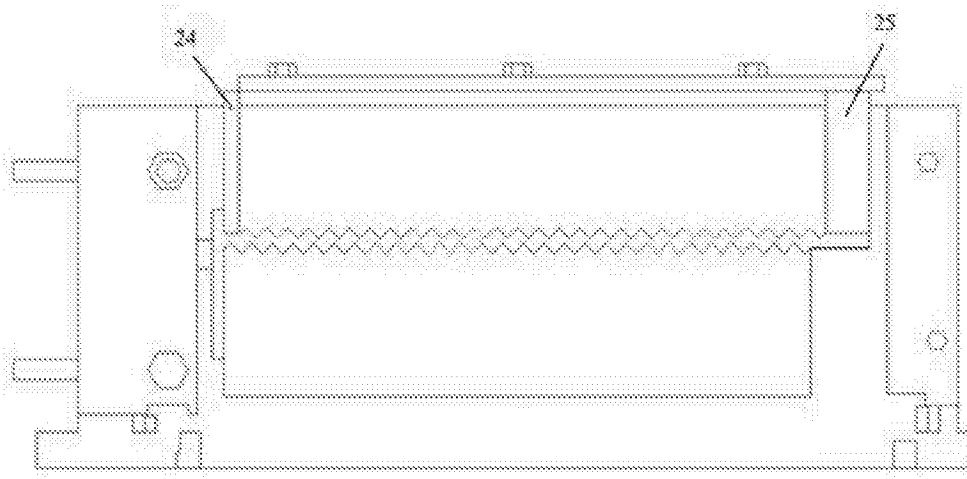


图7