



(21) 申请号 201910576311.5

(22) 申请日 2019.06.28

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112146990 A

(43) 申请公布日 2020.12.29

(73) 专利权人 中国石油天然气股份有限公司

地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号中国石油大厦

(72) 发明人 裴宇昕 田福春 周华兴 李东平

付大其 李海霞 吕向阳 赵子豪

赵玉东 窦梦琪 郭树召

(74) 专利代理机构 北京三高永信知识产权代理

有限责任公司 11138

专利代理师 贾敏

(51) Int.Cl.

G01N 3/12 (2006.01)

G01N 3/06 (2006.01)

G01N 15/00 (2024.01)

(56) 对比文件

CN 104697878 A, 2015.06.10

CN 105842067 A, 2016.08.10

CN 108124460 A, 2018.06.05

CN 108535129 A, 2018.09.14

CN 109709214 A, 2019.05.03

CN 203908888 U, 2014.10.29

CN 204718883 U, 2015.10.21

CN 205333406 U, 2016.06.22

CN 207586027 U, 2018.07.06

CN 208297279 U, 2018.12.28

审查员 甘浩

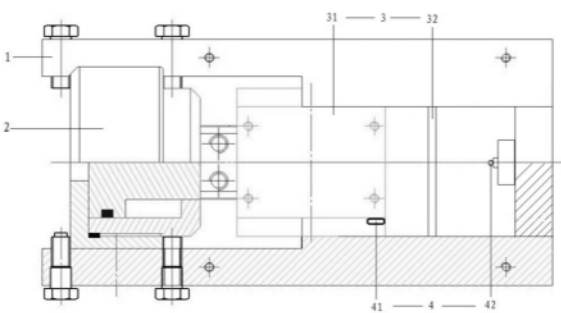
权利要求书2页 说明书13页 附图6页

(54) 发明名称

微观可视化多层自支撑固相弹塑性测试装置

(57) 摘要

本发明公开了一种微观可视化多层自支撑固相弹塑性测试装置,属于石油开采领域。装置包括:测试主架、动力单元、动力传递单元、测量单元与显示单元;测试主架包括:底板、第一侧板、第二侧板、第三侧板与盖板;底板与盖板相对设置,第一侧板、第二侧板、第三侧板垂直设置在底板与盖板之间;动力单元在第一侧板与第二侧板之间;动力传递单元包括:第一活塞与第二活塞;第一活塞、第二活塞与第一侧板、第二侧板均滑动连接;第一活塞、第二活塞与底板、第一侧板、第二侧板、盖板之间形成容纳空间;第一活塞与动力单元相连;测量单元与第一活塞或第二活塞相连,测量单元用于获取待测试固相的多项性能参数;显示单元与测量单元连接。



1. 一种微观可视化多层自支撑固相弹塑性测试装置, 其特征在于, 所述装置包括: 测试主架(1)、动力单元(2)、动力传递单元(3)、测量单元(4)与显示单元(5)以及连接件;

所述测试主架(1)包括: 底板、第一侧板、第二侧板、第三侧板与盖板(6); 所述底板与所述盖板(6)相对设置, 所述第一侧板、所述第二侧板、所述第三侧板垂直设置在所述底板与所述盖板(6)之间, 所述第三侧板与所述第一侧板、所述第二侧板同一侧的端部连接, 所述第一侧板与所述第二侧板上均具有连接孔;

所述动力单元(2)包括: 手动试压泵(21)与液压室(22);

所述动力单元(2)位于所述第一侧板与所述第二侧板之间, 且与所述第三侧板相对;

所述手动试压泵(21)与所述液压室(22)连接;

所述液压室(22)的外壳与所述测试主架(1)的一端连接;

所述动力传递单元(3)包括: 第一活塞(31)与第二活塞(32); 所述第一活塞(31)、所述第二活塞(32)与所述第一侧板、所述第二侧板均滑动连接;

所述第一活塞(31)、所述第二活塞(32)与所述底板、所述第一侧板、所述第二侧板、所述盖板(6)之间形成容纳空间, 所述容纳空间用于放置待测试固相;

所述第一活塞(31)与所述动力单元(2)相连;

所述测量单元(4)包括: 光栅尺(41)与压力传感器(42);

所述测量单元(4)与所述第一活塞(31)或所述第二活塞(32)相连, 所述测量单元(4)用于获取所述待测试固相的多项性能参数;

所述光栅尺(41)位于所述第一侧板、所述第二侧板上, 所述光栅尺(41)的表头与所述第一活塞(31)、所述第二活塞(32)连接;

所述连接件通过所述连接孔连接所述第一侧板、所述第二侧板与所述光栅尺(41);

所述压力传感器(42)位于所述测试主架(1)的另一端, 所述第二活塞(32)运动至所述测试主架(1)的另一端时与所述压力传感器(42)相抵;

所述显示单元(5)与所述测量单元(4)连接, 且, 所述显示单元(5)用于显示所述待测试固相的性能参数信息;

所述测试主架(1)与所述动力传递单元(3)的材质通过包括以下质量百分比的组分制备而成:

铈: 0.91~1.46%、锰: 0.35~0.95%、碳: 0.30~0.42%、镍: 0.15~0.35%、铜: 0.12~0.21%、钼: 0.09~0.23%、硫: 0.09~0.19%、铝: 0.08~0.12%、氮: $\leq 0.065\%$ 、磷: $\leq 0.023\%$ 、钛: $\leq 0.021\%$ 、铈: $\leq 0.018\%$ 、氧: $\leq 0.002\%$, 余量为铁与杂质。

2. 根据权利要求1所述的微观可视化多层自支撑固相弹塑性测试装置, 其特征在于, 所述显示单元(5)包括: 电性连接的第一终端(51)、第二终端(52)与第三终端(53);

所述第一终端(51)与所述测量单元(4)连接, 且, 用于获取所述待测试固相的性能参数信息;

所述第二终端(52)用于将所述第一终端(51)获取的所述参数信息转换为图像信息;

所述第三终端(53)用于显示所述图像信息。

3. 根据权利要求2所述的微观可视化多层自支撑固相弹塑性测试装置, 其特征在于, 所述第一终端为显微镜, 所述第二终端为传感器。

4. 根据权利要求2所述的微观可视化多层自支撑固相弹塑性测试装置, 其特征在于, 所

述第一侧板、所述第二侧板内壁上具有轨道,所述第一活塞(31)、所述第二活塞(32)通过所述轨道与所述第一侧板、所述第二侧板滑动连接。

5.根据权利要求1-4任一所述的微观可视化多层自支撑固相弹塑性测试装置,其特征在于,所述装置还包括:连接筒(7);

所述连接筒(7)一端与所述动力单元(2)连接,另一端与所述第一活塞(31)连接。

6.根据权利要求1所述的微观可视化多层自支撑固相弹塑性测试装置,其特征在于,所述盖板(6)为透明材质的钢化玻璃片。

微观可视化多层自支撑固相弹塑性测试装置

技术领域

[0001] 本发明涉及石油开采领域,特别涉及一种微观可视化多层自支撑固相弹塑性测试装置。

背景技术

[0002] 水力压裂作业中需要向油层中挤注压裂液及压裂液支撑剂,压裂液支撑剂与压裂液进入被压裂开的裂缝中。由于压裂液支撑剂常温下为液相,具有独特的热敏感性,被加热至一定温度时会产生固相。在油层形成的裂缝中,受到地层压力的作用,温度升高,压裂液支撑剂受热形成具有良好强度的支撑固相以支撑裂缝不闭合。压裂液支撑剂形成的压裂液支撑剂固相的性能优劣是压裂施工成败的关键。因此,在压裂前需要微观可视化多层自支撑固相弹塑性测试装置对压裂液支撑剂固相的性能进行研究,以提高压裂作业的成功率,提高采油效率。

[0003] 相关技术采用的测试装置为破碎机,破碎机包括相互连接的破碎室与压力机构。将压裂液支撑剂固相放入破碎室内,通过压力机构对破碎室内的压裂液支撑剂固相施加压力,对施加压力后的压裂液支撑剂固相进行筛分,测量压裂液支撑剂固相的破碎率。通过压裂液支撑剂固相的破碎率对压裂液支撑剂固相的性能进行研究。

[0004] 发明人发现相关技术至少存在以下问题:

[0005] 压裂液支撑剂固相的性质与常规石英砂、陶粒等支撑剂性质不同,在高压下的破碎率很小($<5\%$),仅通过破碎机获取破碎率作为压裂液支撑剂固相性能测定的参数,无法准确判断自支撑固相的支撑性能,作为一种新研发的材料,其性质存在多项不确定性。且由于压裂液自支撑固相的抗压能力强,已有的测试装置的测量范围无法高于100MPa。

发明内容

[0006] 本发明实施例提供了一种微观可视化多层自支撑固相弹塑性测试装置,可解决上述技术问题。技术方案如下:

[0007] 一种微观可视化多层自支撑固相弹塑性测试装置,所述装置包括:测试主架、动力单元、动力传递单元、测量单元与显示单元;

[0008] 所述测试主架包括:底板、第一侧板、第二侧板、第三侧板与盖板;所述底板与所述盖板相对设置,所述第一侧板、所述第二侧板、所述第三侧板垂直设置在所述底板与所述盖板之间,所述第三侧板与所述第一侧板、所述第二侧板同一侧的端部连接;

[0009] 所述动力单元位于所述第一侧板与所述第二侧板之间,且与所述第三侧板相对;

[0010] 所述动力传递单元包括:第一活塞与第二活塞;所述第一活塞、所述第二活塞与所述第一侧板、所述第二侧板均滑动连接;

[0011] 所述第一活塞、所述第二活塞与所述底板、所述第一侧板、所述第二侧板、所述盖板之间形成容纳空间,所述容纳空间用于放置待测试固相;

[0012] 所述第一活塞与所述动力单元相连;

[0013] 所述测量单元与所述第一活塞或所述第二活塞相连,所述测量单元用于获取所述待测试固相的多项性能参数;

[0014] 所述显示单元与所述测量单元连接,且,所述显示单元用于显示所述待测试固相的性能参数信息;

[0015] 所述测试主架与所述动力传递单元的材质通过包括以下质量百分比的组分制备而成:

[0016] 铈:0.91~1.46%、锰:0.35~0.95%、碳:0.30~0.42%、镍:0.15~0.35%、铜:0.12~0.21%、钼:0.09~0.23%、硫:0.09~0.19%、铝:0.08~0.12%、氮: $\leq 0.065\%$ 、磷: $\leq 0.023\%$ 、钛: $\leq 0.021\%$ 、钕: $\leq 0.018\%$ 、氧: $\leq 0.002\%$,余量为铁与杂质。

[0017] 在一种可能的实现方式中,所述显示单元包括:电性连接的第一终端、第二终端与第三终端;

[0018] 所述第一终端与所述测量单元连接,且,用于获取所述待测试固相的性能参数信息;

[0019] 所述第二终端用于将所述第一终端获取的所述参数信息转换为图像信息;

[0020] 所述第三终端用于显示所述图像信息。

[0021] 在一种可能的实现方式中,所述第一终端为显微镜,所述第二终端为传感器。

[0022] 在一种可能的实现方式中,所述第一侧板、所述第二侧板内壁上具有轨道,所述第一活塞、所述第二活塞通过所述轨道与所述第一侧板、所述第二侧板滑动连接。

[0023] 在一种可能的实现方式中,所述动力单元包括:手动试压泵与液压室;

[0024] 所述手动试压泵与所述液压室连接;

[0025] 所述液压室的外壳与所述测试主架的一端连接。

[0026] 在一种可能的实现方式中,所述测量单元包括:光栅尺;

[0027] 所述光栅尺位于所述第一侧板、所述第二侧板上,所述光栅尺的表头与所述第一活塞、所述第二活塞连接。

[0028] 在一种可能的实现方式中,所述装置还包括:连接件;

[0029] 所述第一侧板与所述第二侧板上均具有连接孔,所述连接件通过所述连接孔连接所述第一侧板、所述第二侧板与所述光栅尺。

[0030] 在一种可能的实现方式中,所述测量单元还包括:压力传感器;

[0031] 所述压力传感器位于所述测试主架的另一端,所述第二活塞运动至所述测试主架的另一端时与所述压力传感器相抵。

[0032] 在一种可能的实现方式中,所述装置还包括:连接筒;

[0033] 所述连接筒一端与所述动力单元连接,另一端与所述第一活塞连接。

[0034] 在一种可能的实现方式中,所述盖板为透明材质的钢化玻璃片。

[0035] 本发明实施例提供的技术方案带来的有益效果至少包括:

[0036] 通过将待测试固相放置于容纳空间内,通过动力单元为装置提供动力,与动力单元连接的第一活塞受力向第二活塞的方向运动,对位于容纳空间内的待测试固相进行挤压,第一活动活塞与第二活动活塞间形成模拟地层裂缝面之间的挤压作用,本发明研发的此装置可以直接观察并测定到自支撑固相的屈服点、屈服应力、压强、承压时间和屈服应力与屈服形变的变化关系等参数;通过与第一活塞或第二活塞连接的测量单元获取待测试固

相的多项性能参数,由于本发明实施例提供测试主架与动力传递单元通过包括上述成分的组分制备而成,具有强度高、耐压性好的性能,可以适用于硬度大、弹塑性高以及强度大的压裂液自支撑固相颗粒性能的测试,通过研究多项性能参数可以准确判断自支撑固相的弹塑性,进而对自支撑压裂液配方和自支撑压裂技术参数进行优化设计,可大幅提高作业的成功率与增产效果。

附图说明

[0037] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0038] 图1是本发明实施例提供的微观可视化多层自支撑固相弹塑性测试装置结构示意图;

[0039] 图2是本发明实施例提供的第一终端结构示意图;

[0040] 图3是本发明实施例提供的第二终端结构示意图;

[0041] 图4是本发明实施例提供的第三终端结构示意图;

[0042] 图5是本发明实施例提供的测试主架结构示意图;

[0043] 图6是本发明实施例提供的盖板结构示意图;

[0044] 图7是本发明实施例提供的手动试压泵结构示意图;

[0045] 图8是本发明实施例提供的液压室结构示意图;

[0046] 图9是本发明实施例提供的液压室侧向结构示意图;

[0047] 图10是本发明实施例提供的光栅尺结构示意图;

[0048] 图11是本发明实施例提供的连接筒结构示意图;

[0049] 图12是本发明实施例提供的第一活塞结构示意图;

[0050] 图13是本发明实施例提供的可视化的多层自支撑固相弹塑性测试装置实验数据统计图;

[0051] 图14是通过本发明实施例提供的可视化的多层固相性能测试装置得到的不同目数以及不同性质的多层固相在实验时的可视化示意图。

[0052] 附图标记分别表示:

[0053] 1-测试主架,11-底板,12-第一侧板,13-第二侧板,14-第三侧板,2-动力单元,21-手动试压泵,22-液压室,3-动力传递单元,31-第一活塞,32-第二活塞,4-测量单元,41-光栅尺,42-压力传感器,5-显示单元,51-第一终端,52-第二终端,53-第三终端,6-盖板,7-连接筒。

具体实施方式

[0054] 除非另有定义,本发明实施例所用的所有技术术语均具有与本领域技术人员通常理解的相同的含义。为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

[0055] 在石油开采中,向油层中注入压裂液与压裂液支撑剂,通过地面设备对注入地层

的压裂液施加压力,使地层出现裂缝,压裂液支撑剂进入裂缝。由于压裂液支撑剂具有独特的热敏感性,被加热至一定温度时会产生固相。在油层形成的裂缝中,受到地层压力的作用,温度升高,压裂液支撑剂受热形成具有良好强度的支撑固相以支撑裂缝不闭合。

[0056] 相关技术通过现有提供的破碎机对压裂液支撑剂固相的破碎性进行研究,但是压裂液支撑剂固相的性能与石英砂、陶粒等支撑剂的性质差异很大,即使在高压下,例如96兆帕的压力下,压裂液支撑剂固相的破碎率也只有不到5%。并且压裂液支撑剂固相还具有一定的弹塑性,通过破碎机只能对压裂液支撑剂固相的破碎性能进行研究,而不能对其他性能进行研究。压裂液支撑剂固相的粒径尺寸非常小,一般在0.1毫米~5毫米之间,目前还没有专门针对压裂液支撑剂固相的性能进行研究的装置。本发明实施例提供的装置不仅可以用来测定压裂液支撑剂固相的弹塑性,同时也可以用来测定其他微小颗粒,例如,常规石英砂或陶粒等支撑剂的相关性能。

[0057] 常规石英砂、陶粒支撑剂在地层内受到挤压时固相颗粒会破碎,破碎的固相颗粒会发生位移,堵塞流动通道,并伴随着地层两端裂缝之间的间距迅速收缩,进而影响裂缝整体的导流能力。而压裂液支撑剂固相在受到严重挤压时,固相颗粒会发生变形,在变形的过程中,两端裂缝间距逐渐缩小,压裂液支撑剂固相的导流能力与颗粒变形程度直接相关。因此,仅研究压裂液支撑剂固相受到的应力大小与形变关系,不能完全了解压裂液支撑剂固相的支撑特性,进而在压裂液支撑剂固相技术工艺设计时无法对压裂液以及压裂液支撑剂的注入强度、压裂液支撑剂固相形成尺寸与分布等参数做出正确判断。

[0058] 因此,在实验测试过程中可以观察并记录压裂液支撑剂固相所受压力大小与对应压缩比例下的实时图像,根据观察的图像对压裂液支撑剂固相的浓度、成分比例等进行实时调整,在其受压时可直接观察到挤压变形情况与破碎与否对判断其性能将提供很大的研究帮助。测定并观察自支撑固相的相关力学性质,将有助于提高自支撑固相的导流能力,这将直接影响到这一技术的增产效果与经济效益。通过研究多项性能参数与固相压缩时的实时图像可以准确判断自支撑固相的弹塑性,进而对自支撑压裂液配方和自支撑压裂技术参数进行优化设计,可大幅提高作业的成功率与增产效果。

[0059] 本发明实施例提供了一种微观可视化多层自支撑固相弹塑性测试装置,如图1所示,该装置包括:测试主架1、动力单元2、动力传递单元3、测量单元4与显示单元5;

[0060] 测试主架1包括:底板、第一侧板、第二侧板、第三侧板与盖板6;底板与盖板6相对设置,第一侧板、第二侧板、第三侧板垂直设置在底板与盖板6之间,第三侧板与第一侧板、第二侧板同一侧的端部连接;

[0061] 动力单元2位于第一侧板与第二侧板之间,且与所述第三侧板相对;

[0062] 动力传递单元3包括:第一活塞31与第二活塞32;第一活塞31、第二活塞32与第一侧板、第二侧板均滑动连接;

[0063] 第一活塞31、第二活塞32与底板、第一侧板、第二侧板、盖板6之间形成容纳空间,容纳空间用于放置待测试固相;

[0064] 第一活塞31与动力单元2相连;

[0065] 测量单元4与第一活塞31或第二活塞32相连,测量单元4用于获取待测试固相的多项性能参数;

[0066] 显示单元5与测量单元4连接,且,用于显示待测试固相的性能参数信息;

[0067] 测试主架1与动力传递单元3的材质通过包括以下质量百分比的组分制备而成:

[0068] 铈:0.91~1.46%、锰:0.35~0.95%、碳:0.30~0.42%、镍:0.15~0.35%、铜:0.12~0.21%、钼:0.09~0.23%、硫:0.09~0.19%、铝:0.08~0.12%,余量为铁杂质。

[0069] 本发明实施例提供的装置至少具有以下技术效果:

[0070] 本发明实施例提供的装置,通过将待测试固相放置于容纳空间内,通过动力单元2为装置提供动力,与动力单元2连接的第一活塞31受力向第二活塞32的方向运动,对位于容纳空间内的待测试固相进行挤压,第一活动活塞与第二活动活塞间形成模拟地层裂缝面之间的挤压作用,本发明研发的此装置可以直接观察并测定到待测试固相的屈服点、屈服应力、压强、承压时间和屈服应力与屈服形变的变化关系等参数;通过与第一活塞31或第二活塞32连接的测量单元4获取待测试固相的多项性能参数。通过显示单元5对测量到的性能参数信息进行显示,方便测试者对性能参数实时观察,通过观察到的性能参数数据不断的调整固相的浓度、成分比例等,由于本发明实施例提供测试主架1与动力传递单元3通过包括上述成分的组分制备而成,具有强度高、耐压性好的性能,可以适用于硬度大、弹塑性高以及强度大的压裂液自支撑固相颗粒性能的测试,通过研究多项性能参数与固相压缩时的实时图像可以准确判断待测试固相的弹塑性,进而对作为待测试的多层自支撑压裂固相的压裂液配方和自支撑压裂技术参数进行优化设计,可提高作业的成功率与增产效果。

[0071] 以下将通过可选地实施例进一步地描述本发明实施例提供的装置。

[0072] 在一种可能的实施方式中,本发明实施例提供的铈质量百分比可以包括:0.91%、0.92%、0.11%、0.12%、0.23%、0.34%、0.46%等。

[0073] 锰的质量百分比可以包括:0.35%、0.45%、0.55%、0.65%、0.75%、0.85%、0.95%等。

[0074] 碳的质量百分比可以包括:0.30%、0.32%、0.33%、0.34%、0.36%、0.37%、0.40%、0.41%、0.42%等。

[0075] 镍的质量百分比可以包括:0.15%、0.17%、0.18%、0.21%、0.22%、0.26%、0.32%、0.33%、0.34%、0.35%等。

[0076] 铜的质量百分比可以包括:0.12%、0.15%、0.17%、0.18%、0.21%、等。

[0077] 钼的质量百分比可以包括:0.09%、0.10%、0.11%、0.12%、0.15%、0.17%、0.22%、0.23%等。

[0078] 硫的质量百分比可以包括:0.09%、0.10%、0.11%、0.12%、0.15%、0.17%、0.18%、0.19%等。

[0079] 铝的质量百分比可以包括:0.08%、0.10%、0.11%、0.12%等。

[0080] 在一种可能的实施方式中,测试主架通过如下方法制备获得:

[0081] 将上述质量百分比的组分混合均匀,采用真空炉进行热处理,淬火温度为800-900℃,例如,870℃,第一次高温回火温度为550-600℃,例如,565℃,第二次回火温度为500-550℃,例如,510℃,得到本发明实施例提供的测试主架1。

[0082] 采用上述方法制备的测试主架1与动力传递单元3,可以确保装置的安全可靠,且制作成本较低,制造周期较短。使测试主架1与动力传递单元3可以承受一定的压力,在对容纳空间内的待测试固相进行施压时不发生形变,保证测量数据的准确性。

[0083] 在一种可能的实现方式中,如图2、图3、图4所示,显示单元5包括:电性连接的第一

终端51、第二终端52与第三终端53；

[0084] 第一终端51与测量单元4连接,且,用于获取待测试固相的性能参数信息；

[0085] 第二终端52用于将第一终端51获取的参数信息转换为图像信息；

[0086] 第三终端53用于显示图像信息。

[0087] 本发明实施例通过第一终端51获取待测试固相的性能参数信息,例如,待测试固相受压力挤压后的位移、受压大小,受压形变程度或形变方向等参数信息。

[0088] 作为一种示例,当待测试固相为压裂液支撑剂固相时,通过第一终端51获取压裂液支撑剂固相的受压位移,即压裂液支撑剂固相从刚开始位置被压缩达到一定压力时产生的位移,或在参考位移内所需要的压力大小,或在参考压力下的形变程度等。

[0089] 在一种可能实现的方式中,如图2所示,第一终端51可以为显微镜。通过显微镜可以观察压裂液支撑剂受到压力时产生微小的位移、固相颗粒破碎等信息。

[0090] 本发明实施例提供的第二终端52可以为传感器,通过传感器将显微镜获取的压裂液支撑剂固相的性能参数信息转化成供第三终端53显示的图像信息。

[0091] 第三终端53可以是任何一种可与用户通过键盘、触摸板、触摸屏、遥控器、语音交互或手写设备等一种或多种方式进行人机交互的电子产品,例如PC(Personal Computer, 个人计算机)、手机、智能手机、掌上电脑PPC(Pocket PC)、平板电脑、智能车机、智能电视等。

[0092] 通过第三终端53对经过处理的压裂液支撑剂固相性能参数图像进行显示,通过对该图像进行实时监控和查看,根据图像的变化对压裂液支撑剂固相的成分比例、浓度、粘度、导流能力等进行实时调整,以提高压裂施工的效率,降低压裂施工的成本。

[0093] 如图5所示,本发明实施例提供的测试主架1,由底板、第一侧板、第二侧板、第三侧板形成了一个开放的空间。通过第一活塞31与第二活塞32与第一侧板、第二侧板滑动连接,在第一活塞31、第二活塞32以及第一侧板、第二侧板、底板与盖板7之间形成了容纳空间,测试时,将待测试固相,例如,压裂液支撑剂固相放置于容纳空间内。

[0094] 作为一种示例,本发明实施例提供的装置也可用于常规石英砂、陶粒等支撑剂性能的测试。测试时,将常规石英砂、陶粒等支撑剂放入上述容纳空间,并施加压力,提供本装置进行测量。

[0095] 第一侧板、第二侧板、第三侧板、底板、第一活塞31、第二活塞32形成的容纳空间的大小可以根据实际需要进行调整。

[0096] 作为一种示例,当需要测量的待测试固相较多时,容纳空间的位置可以较大,即第一侧板、第二侧板之间的间距应该较宽,相应的,第一活塞31与第二活塞32的宽度应该与第一侧板、第二侧板之间的距离相适配,以达到与第一侧板、第二侧板滑动连接的目的。

[0097] 作为一种示例,当需要测量的待测试固相较少时,容纳空间的位置可以较小,即第一侧板、第二侧板之间的间距可以较窄,以达到提高测量效率的目的。相应的,第一活塞31与第二活塞32的宽度应该与第一侧板、第二侧板之间的距离相适配,以达到与第一侧板、第二侧板滑动连接的目的。

[0098] 如此,不但提高了测量的效率,通过实际需要对测试主架1的大小进行调整,节省了成本。

[0099] 第一侧板、第二侧板、第三侧板、盖板7与底板可以事先根据实际需要设计为一体

成型,也可以是可拆卸连接。采用可拆卸连接的方式可以在实际应用中根据需要对测试主架1的大小进行调节。

[0100] 测试主架1的材质可以是不锈钢材质、生铁材质或具有一定抗压性能的材料制成,以使测试主架1可以承受一定的压力,在对容纳空间内的待测试固相进行施压时不发生形变,保证测量数据的准确性。

[0101] 在一种可能的实施方式中,第一活塞31与第二活塞32的接触面,即,本发明实施例提供的容纳空间的内截面的加工精度需控制在0.1mm以内,表面粗糙度不大于Ra 0.8。

[0102] 第一活塞31、第二活塞32与第一侧板、第二侧板之间滑动连接,可以保证第一活塞31在受到动力作用时可以沿着第一侧板、第二侧板进行滑动,进而对位于容纳空间内的待测试固相施加压力。

[0103] 盖板6位于测试主架1的上方,与底板相对设置。

[0104] 可以理解的是,在测试主架1上方不设置盖板6时,由于待测试固相在容纳空间内的上方没有盖板6遮挡,固相颗粒在受到挤压时,会发生上窜,导致待测试固相从容纳空间上方溢出,无法维持待测试固相在容纳空间内的平铺形态,导致无法准确测试弹塑性。

[0105] 且在不加盖板6时,得到的结果为单层待测试固相颗粒的性能数据。由于单层待测试固相颗粒的破碎应力与多层待测试固相颗粒的破碎应力呈现非线性的变化规律,通过单层待测试固相的破碎应力无法得到多层待测试固相的破碎应力。因此,通过增加盖板6,当对待测试固相施加压力时,待测试固相会在容纳空间内叠加,进而得到多层待测试固相受到的压力大小与受到压力时的位移情况,通过得到的多层待测试固相的受压大小以及受压时的位移,得到判断多层待测试固相性能的多个参数。

[0106] 作为一种示例,当待测试固相为压裂液支撑剂固相时,不同浓度的压裂液支撑剂固相的导流能力与常规的陶粒、石英砂支撑剂的性能结果有着明显的不同。因此,在现场施工时,判断压裂液支撑剂固相的性能特点,并根据性能特点判断注入井内压裂液与压裂液支撑剂的比例、浓度等施工所需要的关键参数具有很重要的意义。

[0107] 因此,如图6所示,本发明实施例通过设置盖板6,对测试主架1的上端进行封闭,即,对盛放待测试固相的容纳空间进行封闭,避免在对待测试固相施加压力时,待测试固相颗粒溢出,导致测试结果不准确。

[0108] 且由于增加了盖板6,在对待测试固相施压时,多个待测试固相颗粒会发生层叠,得到多层的待测试固相颗粒的性能数据,满足了实际施工时的施工要求。

[0109] 示例地,盖板6的宽度大于底板的宽度,以达到对容纳空间内待测试固相封闭的作用。

[0110] 本发明实施例提供的盖板6可以位于测试主架1的最上端,通过一个盖板6可以测量多层待测试固相的受力情况与受力时的位移情况。也可以通过计算单层待测试固相颗粒的粒径,一个盖板6与底板之间距离与待测试固相单个颗粒的粒径相同,通过对该高度下的待测试固相颗粒进行测试,得到的结果即为单层待测试固相的数据。

[0111] 在一种可能的实现方式中,第一侧板、第二侧板上具有连接槽,盖板6位于连接槽内。

[0112] 通过设置连接槽,将盖板6插入连接槽内,可以避免由于第一活塞31施加的力过大,导致盖板6被掀起掉落。

[0113] 作为一种示例,连接槽的宽度与盖板6的侧面宽度相适配,以保证盖板6可以顺利进入连接槽。示例地,连接槽的宽度不能太大,太大会导致盖板6在连接槽内连接不稳定,上下移动,导致测试结果的不准确。连接槽的宽度也不能太小,太小会使盖板6插入或取出困难。

[0114] 连接槽距底板的距离可以根据实际操作时的需要进行确定。

[0115] 作为一种示例,当需要测试单层待测试固相的性能数据时,可以获取待测试固相颗粒的粒径,连接槽与底板之间的距离可以与该粒径的大小相同。此时,对待测试固相施加压力时,通过盖板只允许单层颗粒的待测试固相颗粒之间产生挤压,而不会发生待测试固相颗粒之间堆叠,出现多层的现象。

[0116] 作为一种示例,当需要测试两层待测试固相的性能数据时,连接槽与底板之间的距离可以为该粒径大小的两倍,可控制测试的结果为两层。

[0117] 作为一种示例,当需要测试多层待测试固相的性能数据时,连接槽与底板之间的距离可以为该粒径大小的多倍。

[0118] 如此设置,提高了测试的精确度,也提高了测试的效率。

[0119] 示例地,当对压裂液支撑剂固相进行测试时,可以获得多层压裂液支撑剂固相的性能数据,为压裂施工作业提供了可靠的数据,提高了压裂的效率,降低了劳动成本。

[0120] 在一种可能的实现方式中,盖板6为透明材质的板子。

[0121] 对待测试固相施加的压力一般较大,在此过程中,盖板6需要承受一定的压力。因此,盖板6的材质须为具有一定强度并能承受一定压力的板子。

[0122] 通过设置盖板6的材质为透明材质的板子,可以使在对待测试固相施加压力时,实时观察待测试固相的形变以及运动情况,以达到根据观察到的情况对待测试固相的进入量等进行调整。

[0123] 示例地,盖板6可以是具有一定强度的钢化玻璃盖板等。

[0124] 在一种可能的实施方式中,第一侧板、第二侧板内壁上具有轨道,第一活塞31、第二活塞32通过轨道与第一侧板、第二侧板滑动连接。

[0125] 通过在第一侧板与第二侧板内壁上设置轨道,第一活塞31与第二活塞32通过轨道与第一侧板、第二侧板滑动连接,可以使第一活塞31在受到压力时沿着轨道内进行运动,对容纳空间内的待测试固相进行挤压,将力传递给第二活塞32。

[0126] 本发明实施例通过设置第二活塞32,可以保证测量单元4获取结果的准确性。

[0127] 作为一种示例,当没有第二活塞32时,待测试固相受到第一活塞31的挤压向具有压力传感器42一端的测试主架2运动,由于待测试固相为数量较多的固体颗粒,不能保证每一个固体颗粒受到的力能传递至压力传感器42上。

[0128] 通过设置第二活塞32,且可沿第一侧板、第二侧板的轨道内进行运动,当待测试颗粒受力向具有压力传感器42一端的测试主架2运动,第二活塞32与压力传感器42相抵,通过不断的对待测试固相施加压力,第二活塞32将待测试固相受到的力实时传递给压力传感器42,通过压力传感器42可以实时获取待测试固相的受力情况,并进行记录。如此,可以提高对待测试固相性能测试的准确性。

[0129] 作为一种示例,在轨道内设置润滑剂,可以减少第一活塞31、第二活塞32与第一侧板、第二侧板之间的摩擦力,提高测试效率。

[0130] 可以理解的是,第一活塞31与第二活塞32沿着轨道运动,因此,第一活塞31、第二活塞32的宽度与第一侧板、第二侧板之间的距离相适配。横截面的宽度根据地层裂缝的情况进行确定。以达到更接近地层环境,提高测试结果的准确性。

[0131] 在一种可能的实施方式中,如图7、图8所示,动力传递2包括:手动试压泵21与液压室22;

[0132] 手动试压泵21与液压室22连接;

[0133] 液压室22的外壳与测试主架1的一端连接。

[0134] 手动试压泵21的最高工作压力可达800千克/毫米(单位:kg/mm),即手动试压泵21能够提供0-800kg/mm范围内任一数值的压力来做水压试验。

[0135] 通过设置手动试压泵21,可以根据实际情况需要实时调整施加的压力,以调整待测试固相受到的总压力,以改变待测试固相的压实程度。如此,提高了作业效率。

[0136] 手动试压泵21的曲轴与第一活塞31连接,通过手动试压泵21曲轴的转动带动第一活塞31待测试固相的方向运动,对位于容纳空间内的待测试固相进行挤压。

[0137] 液压室31的外壳与第一侧板、第二侧板连接,液压室31位于第一侧板、第二侧板的中间。液压室31与第一侧板、第二侧板之间可以为可拆卸连接方式,例如,螺纹连接。示例地,液压室31的外壳上具有内螺纹,第一侧板、第二侧板上具有外螺纹。液压室31与第一侧板、第二侧板也可以是螺栓连接,如图1所示,在第一侧板、第二侧板上具有螺栓孔,第一侧板、第二侧板与液压室31通过螺栓连接。

[0138] 在一种可能的实施方式中,如图8或图9所示,液压室22为圆柱状空心结构,液压室22的承压能力小于100兆帕。

[0139] 通过设置液压室22为圆柱空心结构,可以更好的与第一侧板、第二侧板连接。通过设置液压室22的承压能力小于100兆帕,一方面,测试压裂液支撑剂固相的时候,保持压力与地层环境中的压力相似,提高测试结果的准确性。另一方面,可以保证在对容纳空间内的待测试固相施压时,当压力过大,液压室22不会发生形变,影响装置的精密性。

[0140] 在一种可能的实施方式中,如图4所示,测量单元4包括:光栅尺41;

[0141] 光栅尺41位于第一侧板、第二侧板上,光栅尺41的表头与第一活塞31、第二活塞32连接。

[0142] 本发明实施例提供的光栅尺41包括分别设置在第一侧板、第二侧板上第一光栅尺与第二光栅尺,第一光栅尺与第二光栅尺的表头分别与第一活塞31、第二活塞32连接。第一光栅尺、第二光栅尺的表头分别与第一活塞31、第二活塞32的侧截面垂直,以使当第一活塞31、第二活塞32运动时,第一光栅尺、第二光栅尺的表头与第一活塞31、第二活塞32同步运动,达到测量结果的准确性。

[0143] 光栅尺,也称为光栅尺位移传感器(光栅尺传感器),是利用光栅的光学原理工作的测量反馈装置。光栅尺可用作直线位移或者角位移的检测。光栅尺的检测范围大,检测精度高,响应速度快。

[0144] 本发明实施例通过在第一侧板、第二侧板上均设置光栅尺,当第一个光栅尺测量的数据发生误差时,可以通过第二个光栅尺对得到的数据进行校正,提高测量结果的准确性。

[0145] 本发明实施例提供的光栅尺41与显示单元5连接,当光栅尺41伴随第一活塞31、第

二活塞32运动时,光栅尺41的位移数据会实时的传递给显示单元5,通过显微镜获取光栅尺41在第一活塞31、第二活塞32带动下的细小的位移变化。通过传感器将位移信息转化为图像信息进行展示。方便操作者对待测试固相受到压力时位移的检测和调整。

[0146] 光栅尺41的尺身与表头安装时需要通过百分表多次矫正安装孔位,保证两个安装在活塞31的表头沿着尺身的运动方向垂直于活动活塞31样品槽内的横截面。

[0147] 作为一种示例,当待测试固相为压裂液支撑剂固相时,通过第三终端53观察到压裂液支撑剂固相受到压力后的位移变化与实际不符,或受到压力时位移变化较小,不能达到导流的目的。此时,可以通过调整压裂液支撑剂的成分比例或浓度等,以使压裂液支撑剂固相的性能达到施工需要。

[0148] 在一种可能的实施方式中,测量单元4还包括:压力传感器42;

[0149] 压力传感器42位于测试主架1的另一端,压力传感器42用于第二活塞32运动至测试主架1的另一端时与第二活塞32相抵。

[0150] 本发明实施例提供的压力传感器42位于测试主架1的另一端,即当第二活塞32从测试主架1距液压室22较近的一端运动至测试主架1的另一端时与压力传感器42相抵,将待测试固相所受的总的压力传递给压力传感器42,通过压力传感器42的读数得到待测试固相受到的压力。

[0151] 压力传感器42位于测试主架1端部的中间部位,以使接受到的压力大小均匀,保证测量结果的准确性。

[0152] 本发明实施例选取的压力传感器42的测量范围为1千克(单位:Kg)-2000Kg,精确度为1Kg。选取上述测量范围和精度值的压力传感器42可以保证对待测试固相受到的微小的压力进行感知和测量,提高测量结果的准确性。

[0153] 压力传感器42与显示单元5连接,将对待测试固相不断施加的压力信息传递至显微镜,通过显微镜实时获取待测试固相的受压大小,受压后的形变情况。

[0154] 作为一种示例,当待测试固相为压裂液支撑剂固相时,通过第三终端53观察压裂液支撑剂固相受压后固相颗粒的破碎率较高,则可以通过改变压裂液支撑剂固相的成分、含量或浓度等,以使压裂液支撑剂固相的破碎率达到压裂施工的需要。

[0155] 在一种可能的实施方式中,本发明实施例提供的装置通过获取待测试固相的压力数以及第一活塞31与第二活塞32在测试主架1中运动的位移可以判断待测试固相的强度、硬度、变形度、弹塑性、杨氏模量、泊松比等参数,通过上述多个参数对待测试固相的性能进行分析。

[0156] 作为一种示例,作业时,将待测试固相放入容纳空间内,盖上盖板6。通过手动对手动试压泵5进行施压,这时手动试压泵5的压力被传递至液压室22,液压室22通过第一活塞31将压力传送至第二活塞32,第一活塞31受力后向第二活塞32的方向移动(带动第一光栅尺与第二光栅尺的表头移动,在第一光栅尺与第二光栅尺的显示器上分别实时显示第一活塞31、第二活塞32运动的位移数据)待压力传感器42刚刚开始出现读数上升时,分别读取第一光栅尺与第二光栅尺上的读数L1与L2,将压力传递至待测试固相,进而,待测试固相将相同的压力传递至第二活塞32,第二活塞32受到挤压后与压力传感器42相抵,将压力传递给压力传感器42,此时压力传感器42将实时显示出待测试固相所受力F,待测试固相实际所受压强P为 F/S (S为第一活塞31或第二活塞32的侧面积)。

- [0157] 分别读取第一时刻第一光栅尺与第二光栅尺上的读数 L_{1n} 与 L_{2n} ;
- [0158] 待测试固相在第一时刻的压缩形变比为: $[(L_{1n}-L_1)/2+(L_{2n}-L_2)/2] \times 100\%$;
- [0159] 待测试固相承压载荷即为 $F \times g/S$ (g 为重力加速度)。
- [0160] 可以理解的是,待测试固相所能承受的压力越大,则强度和硬度越大,形变度越小,通过对待测试固相承受的压力分析强度、硬度与形变度性能。
- [0161] 弹塑性是指物体在外力施加的同时立即产生全部变形,而在外力解除的同时,只有一部分变形立即消失,其余部分变形在外力解除后却永远不会自行消失的性能。
- [0162] 杨氏模量又称弹性模量,材料在弹性变形阶段,其应力和应变成正比例关系(即符合胡克定律),其比例系数称为弹性模量。弹性模量可视为衡量材料产生弹性变形难易程度的指标,弹性模量值越大,使材料发生一定弹性变形的应力也越大,即材料刚度越大,即在一定应力作用下,发生弹性变形越小。
- [0163] 杨氏模量是弹性材料的一种最重要、最具特征的力学性质。是物体弹性变形难易程度的表征。用 E 表示。定义为理想材料有小形变时应力与相应的应变之比。 E 以单位面积上承受的力表示,单位为 N/m^2 。
- [0164] 通过本发明实施例可以得到待测试固相在容纳空间内受到的压力 F ,容纳空间的面积 S 可以根据第一活塞31后第二活塞32的侧面积得到待测试固相的杨氏模量参数。通过杨氏模量参数进一步判断待测试固相的性能。
- [0165] 泊松比是指材料在单向受拉或受压时,横向正应变与轴向正应变的绝对值的比值,也叫横向变形系数,它是反映材料横向变形的弹性常数。
- [0166] 通过本发明实施例提供的方法可以通过光栅尺41得到待测试固相在容纳空间内运动的位移 S ,通过压力传感器42得到待测试固相在容纳空间内受到的压力 F 大小,进而得到待测试固相的泊松比。
- [0167] 相比相关技术,本发明提供了上述待测试固相的强度、硬度、变形度、弹塑性、杨氏模量、泊松比等参数,通过上述多个参数对待测试固相的性能进行分析,提高了分析结果的准确性。
- [0168] 在一种可能的实施方式中,如图11所示,该装置还包括:连接筒7;
- [0169] 连接筒一端与动力单元连接,另一端与第一活塞32连接。
- [0170] 手动试压泵21的压力通过连接筒传递给第一活塞31,推动第一活塞13向前运动。
- [0171] 连接筒7的宽度与第一侧板、第二侧板之间的宽度相适配,可以不影响第一活塞31与第二活塞32的运动。
- [0172] 如图11所示,第一活塞31与连接筒7的连接面上具有螺栓孔,连接筒7与第一活塞31通过螺栓连接,螺栓孔的数量可以是2个、4个、6个等。螺栓孔的数量不发明实施例不做限定。
- [0173] 在一种可能的实施方式中,该装置还包括:连接件;第一侧板、第二侧板上具有连接孔,连接件通过连接孔连接第一侧板、第二侧板与光栅尺41。
- [0174] 通过在第一侧板、第二侧板上设置连接孔,光栅尺41与测试主架1通过连接件连接,保证光栅尺41的稳定安装。
- [0175] 在一种可能的实施方式中,连接孔为螺栓孔,连接件为螺栓。
- [0176] 作为一种示例,螺栓孔可以为2个、4个、6个等。示例地,光栅尺41与测试主架1之间

可以是螺栓连接。螺栓的数量可以是2个、4个、6个等。

[0177] 作为一种示例,本实施例采用本发明实施例提供的装置进行了多层自支撑固相颗粒的受压与形变测试实验,多层自支撑固相颗粒的受压与形变测试结果如表1、图13和图14所示:

[0178] 表1多层自支撑固相弹塑性测试装置实验数据

样品名称	压缩比例	缝宽压缩 10%时的应力	缝宽压缩 20%时的应力
自支撑固相 1 (20 目)		64.84	129.43
自支撑固相 1 (40 目)		82.46	158.78
自支撑固相 2 (20 目)		77.65	136.66
自支撑固相 2 (40 目)		88.94	178.46
石英砂 (20 目)		29.35	35.65
石英砂 (40 目)		31.13	37.99
陶粒 (20 目)		51.87	59.54
陶粒 (40 目)		65.46	73.56

[0180] 经过测试结果分析得知,压裂液自支撑固相具有明显高于石英砂与陶粒的抗弹性形变与塑性形变能力,将提供>50MPa的抗压能力,且同时具有明显的弹塑性。在的承压载荷下,压裂液自支撑固相呈现一定弹性变形,而超过其承压载荷后会逐渐发生塑性变形,之后才会发生破碎。

[0181] 更重要的是,研发单颗粒自支撑固相弹塑性测试装置后,可通过判断不同配方与工艺参数下形成的自支撑固相的各项力学性质,进而优化自支撑压裂液配方类型及各组分比例和相关的工艺参数,为液体配方与工艺参数设计提供重要的研究方法。

[0182] 微观可视化自支撑固相弹塑性测试装置可用来测定单个颗粒的屈服点、屈服应力、压强、承压时间和屈服应力与屈服形变的变化关系等参数。

[0183] 图13为多层自支撑固相弹塑性测试装置实验数据统计图,图14为通过本发明实施例提供的可视化的多层固相性能测试装置得到的不同目数以及不同性质的多层固相在实验时的可视化示意图。

[0184] 其中,图14(a)为弹塑性测试装置陶粒40目,图14(b)为石英砂20目,图14(c)为自支撑固相120目,图14(d)为自支撑固相240目。从图中可见,多层铺置下的自支撑固相(图14(d))与石英砂(图14(b))陶粒(图14(a))在相同的下受压强度50MPa下展现出截然不同的压缩现象,(图14(d))自支撑固相由于自身圆球度本身明显高于石英砂与陶粒,多层堆积时的孔隙多于石英砂与陶粒。并且自支撑固相在受压时弹性形变范围大,因此其破碎的颗粒比例很低,相比于陶粒和石英砂的陶粒的破碎残渣更少。

[0185] 因此,在高承压强度下,破碎的颗粒运移后堵塞孔道的效应更低,最后形成裂缝的导流能力将更高。说明通过本发明实施例提供的装置研究压裂液自支撑固相的弹塑性有助于提高自支撑压裂技术的增产效果。

[0186] 上述所有可选技术方案,可以采用任意结合形成本公开的可选实施例,在此不再一一赘述。

[0187] 以上所述仅为本发明的说明性实施例,并不用以限制本发明的保护范围,凡在本

发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

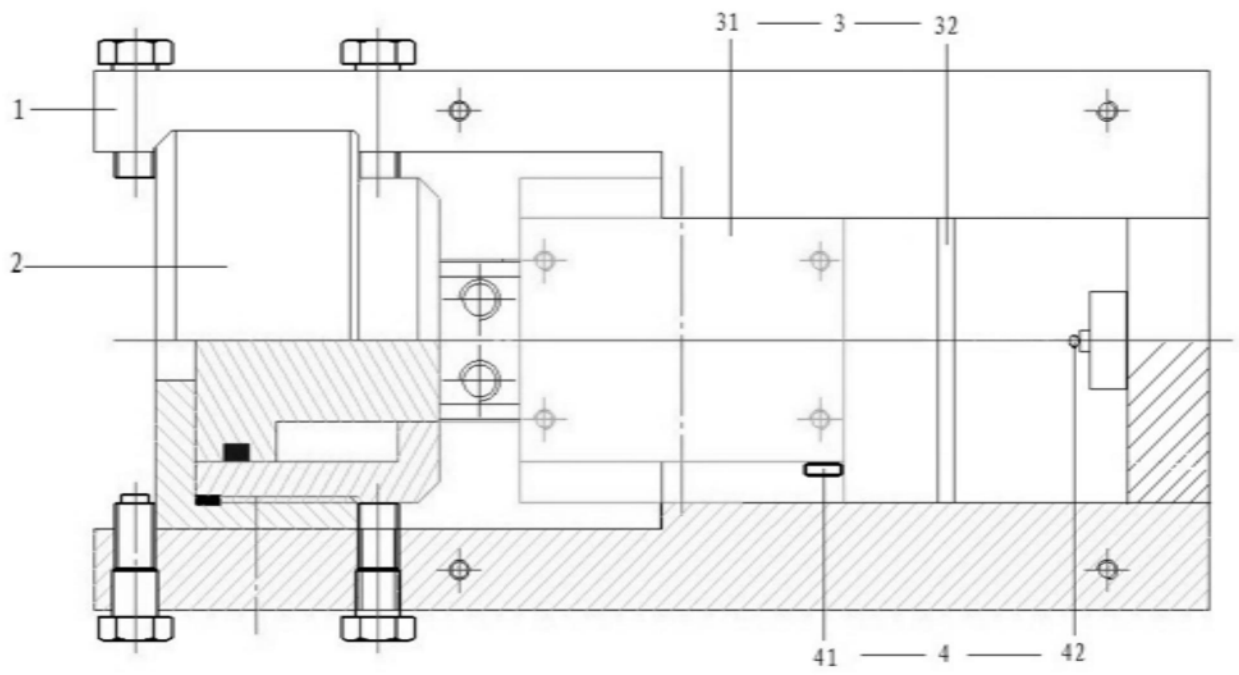


图1

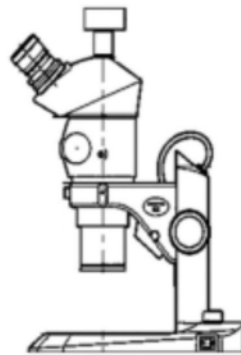


图2



图3



图4

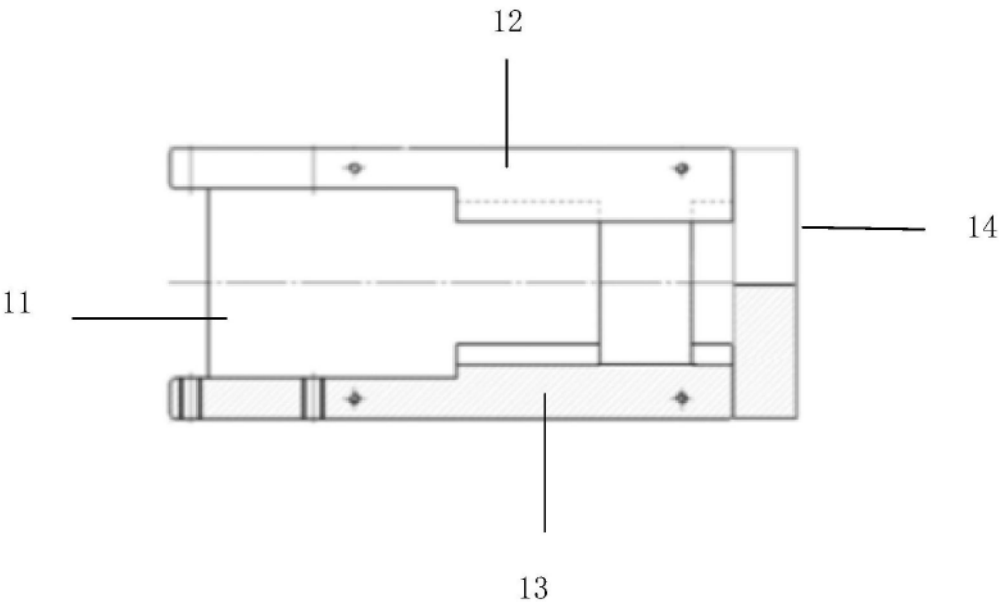


图5

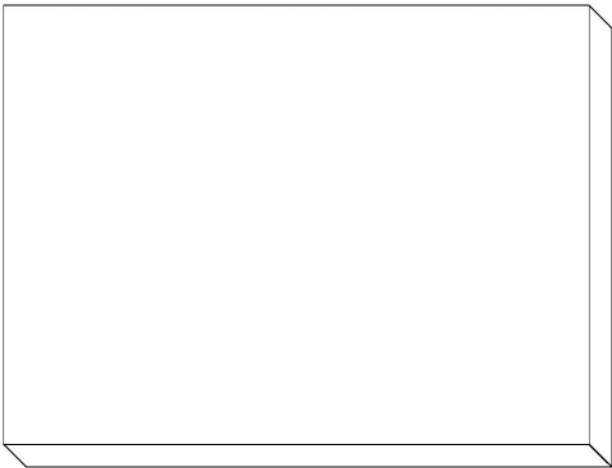


图6

21

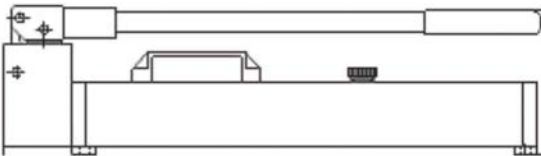


图7

22

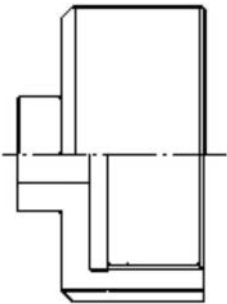


图8

22

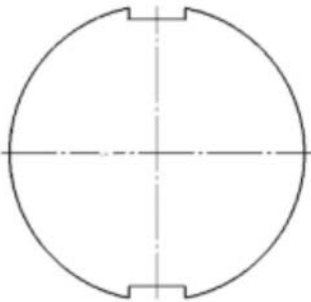


图9

41

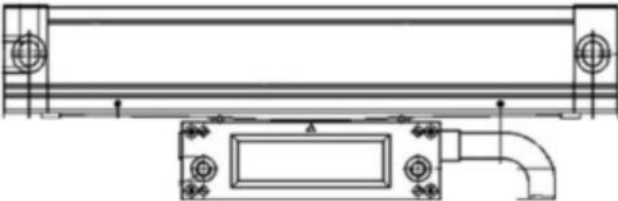


图10

6

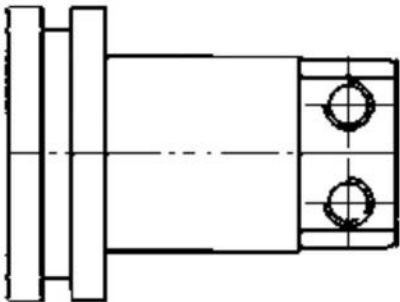


图11

31

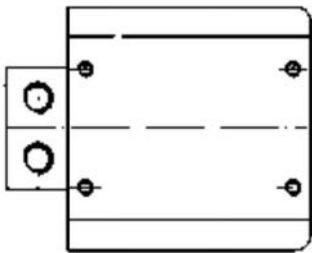


图12

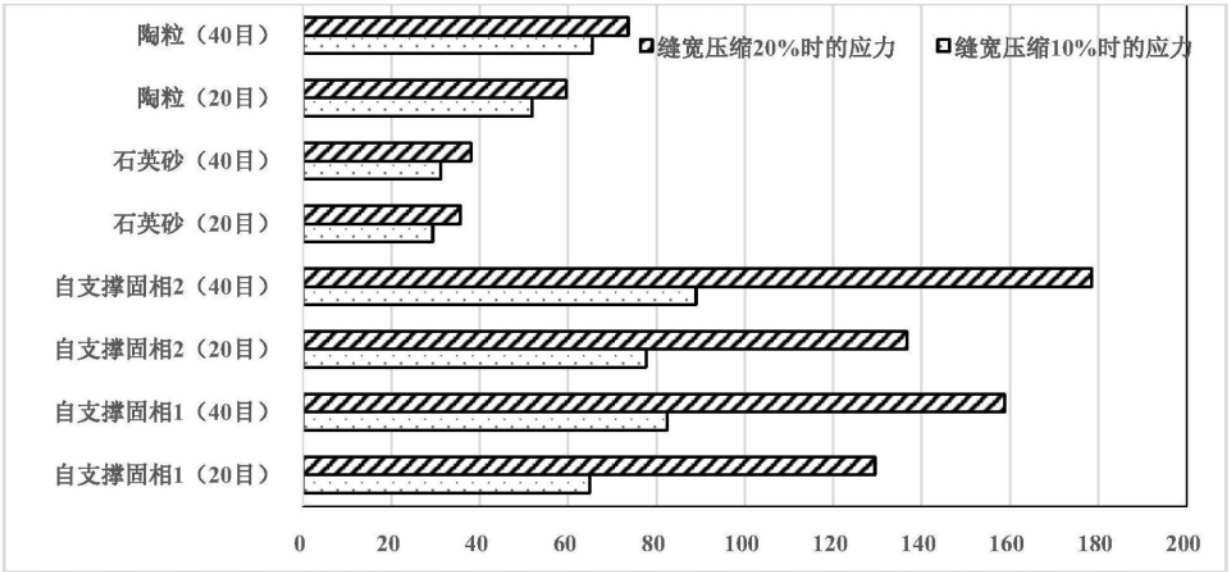


图13

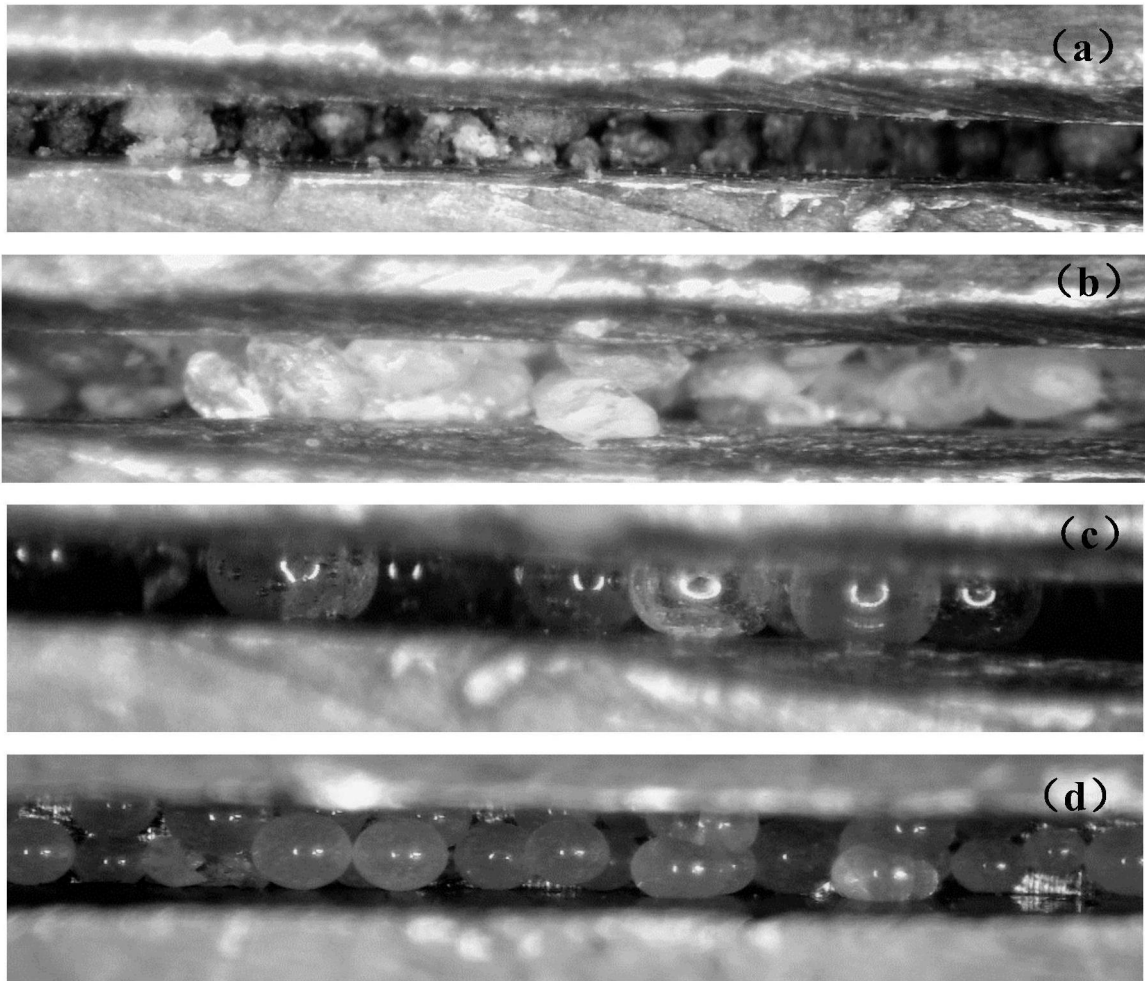


图14