(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 204964305 U
(45)授权公告日 2016.01.13

(21)申请号 201520700820.1

(22)申请日 2015.09.10

(73)专利权人 中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司
地址 102209 北京市昌平区北七家镇未来科技城华能创新基地实验楼A楼
专利权人 华能集团技术创新中心

(72)发明人 张健 郜时旺 张国祥

(74)专利代理机构 西安智大知识产权代理事务所 61215
代理人 贾玉健

(51)Int.Cl.
G01N 3/12(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

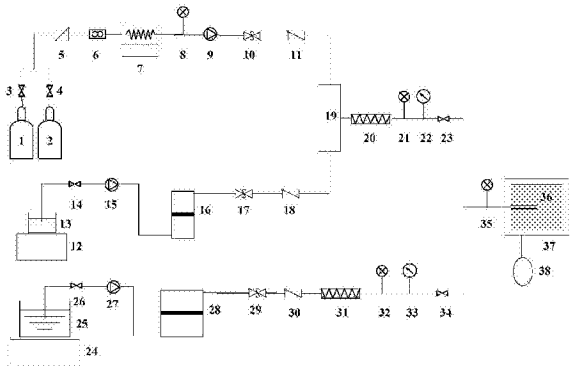
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)实用新型名称

一种多功能致裂模拟测试系统

(57)摘要

本实用新型公开了一种多功能致裂模拟测试系统，能够根据需要选择支路分别进行水力压裂、纯CO_2压裂、改进的CO_2压裂（添加有化学试剂）模拟测试；为了防止化学试剂及压裂液对泵造成腐蚀，分别通过小型活塞容器、大型活塞容器对化学试剂、压裂液进行间接输送，并设计有搅拌容器以使CO_2与化学试剂能有效混合而使其充分溶解；同时为了便于测试压裂液在不同温度条件下的特性，设计有可对压裂液进行加温的加热器；该系统具有判别起裂压力、评价致裂效果的功能，可通过压力表读数变化与声发射监测装置监测的信号变化来判断起裂压力，并通过天平、刻度尺分别用来测量压裂后的破碎岩样的质量、尺寸，进而获得相应的分形维数，而对致裂效果进行评价。



CN 204964305 U

1. 一种多功能致裂模拟测试系统，其特征在于，包括一号气瓶 (1)、二号气瓶 (2)、小型盛水容器 (13) 和大型盛水容器 (25)，其中一号气瓶 (1) 的出口通过一号阀 (3) 与过滤器 (5) 的入口连接，二号气瓶 (2) 的出口通过二号阀 (4) 与过滤器 (5) 的入口连接，过滤器 (5) 与低温浴槽 (7) 的入口连接且连接管路上有流量计 (6)，低温浴槽 (7) 的出口与搅拌容器 (19) 的进气口连接且连接管路上依次设置有一号温度传感器 (8)、一号泵 (9)、一号安全阀 (10) 和一号单向阀 (11)；小型盛水容器 (13) 设置在一号天平 (12) 上，小型盛水容器 (13) 通过管道与小型活塞容器 (16) 连接且连接管道上依次设置有三号阀 (14) 和二号泵 (15)，小型活塞容器 (16) 与搅拌容器 (19) 的进水口连接且连接管道上依次设置有二号安全阀 (17) 和二号单向阀 (18)；搅拌容器 (19) 中部的采样口通过管道与岩样室 (36) 连接且连接管道上依次设置有一号加热器 (20)、二号温度传感器 (21)、一号压力表 (22) 和四号阀 (23)；大型盛水容器 (25) 设置在二号天平 (24) 上，大型盛水容器 (25) 通过管道与大型活塞容器 (28) 连接且连接管道上依次设置有五号阀 (26) 和三号泵 (27)，大型活塞容器 (28) 与岩样室 (36) 连接且连接管道上依次设置有三号安全阀 (29)、三号单向阀 (30)、二号加热器 (31)、三号温度传感器 (32)、二号压力表 (33) 和六号阀 (34)，岩样室 (36) 位于三轴加载装置 (37) 上，三轴加载装置 (37) 上布置有声发射监测装置 (38)。

2. 根据权利要求 1 所述多功能致裂模拟测试系统，其特征在于，四号阀 (23) 后的管道与六号阀 (34) 后的管道并联后与岩样室 (36) 连接，且连接管道上设置四号温度传感器 (35)。

3. 根据权利要求 1 所述多功能致裂模拟测试系统，其特征在于，所述过滤器 (5) 为气体过滤器。

4. 根据权利要求 1 所述多功能致裂模拟测试系统，其特征在于，所述流量计 (6)、一号温度传感器 (8)、二号温度传感器 (21)、三号温度传感器 (32)、四号温度传感器 (35)、一号压力表 (22) 和二号压力表 (33) 均连接数据采集控制卡，用于对管道内的流量、温度、压力进行实时监控，并有效采集数据。

5. 根据权利要求 1 所述多功能致裂模拟测试系统，其特征在于，所述小型活塞容器 (16) 和大型活塞容器 (28) 均由水槽 (40)、活塞 (41)、压裂液槽 (39) 组成，其中水槽 (40) 在下方，压裂液槽 (39) 在上方，活塞 (41) 位于水槽 (40) 和压裂液槽 (39) 之间。

6. 根据权利要求 1 所述多功能致裂模拟测试系统，其特征在于，所有连接管线均采用 316L 管线，以防压裂液对管线的酸性腐蚀；且连接低温浴槽 (7) 到四号温度传感器 (35) 的管道均用保温材料缠绕包裹。

一种多功能致裂模拟测试系统

技术领域

[0001] 本实用新型属于石油天然气开发技术领域，特别涉及一种多功能致裂模拟测试系统。

背景技术

[0002] 由于非常规天然气进行直接开采十分困难，通过压裂技术（水力压裂、CO_2压裂）对油气储层进行改造成为最切实有效的手段之一。鉴于压裂技术在油气开采中的重要性，研制一种能分别进行水力压裂、纯 CO_2压裂、改进的 CO_2压裂（添加有化学试剂）的多功能压裂致裂模拟测试系统，并借助该系统对起裂压力、致裂效果进行系统的研究，就显得尤为重要。现有的压裂致裂模拟测试系统存在功能单一（通常仅能进行水力压裂）、结构复杂等缺点，且在进行 CO_2压裂时没有设计相应的化学试剂供应装置，同时由于简化过多而忽略了许多重要的细节问题（如未考虑压裂液以及添加化学试剂对泵的腐蚀），并且缺乏采用综合手段对致裂效果进行评价的功能，而给压裂致裂试验研究的开展带来极大不便。

发明内容

[0003] 为了克服上述现有技术功能单一、结构复杂、在进行 CO_2压裂时没有设计相应的化学试剂供应装置、由于简化过多而忽略细节问题（如未考虑压裂液及添加化学试剂对泵的腐蚀）、缺乏对致裂效果进行综合评价的功能等缺点，本实用新型的目的在于提供一种多功能致裂模拟测试系统，能分别进行水力压裂与 CO_2压裂，并借助该系统对起裂压力、致裂效果等进行系统的研究。

[0004] 为了实现上述目的，本实用新型采用的技术方案是：

[0005] 一种多功能致裂模拟测试系统，包括一号气瓶 1、二号气瓶 2、小型盛水容器 13 和大型盛水容器 25，其中一号气瓶 1 的出口通过一号阀 3 与过滤器 5 的入口连接，二号气瓶 2 的出口通过二号阀 4 与过滤器 5 的入口连接，过滤器 5 与低温浴槽 7 的入口连接且连接管路上有流量计 6，低温浴槽 7 的出口与搅拌容器 19 的进气口连接且连接管路上依次设置有一号温度传感器 8、一号泵 9、一号安全阀 10 和一号单向阀 11；小型盛水容器 13 设置在一号天平 12 上，小型盛水容器 13 通过管道与小型活塞容器 16 连接且连接管道上依次设置有三号阀 14 和二号泵 15，小型活塞容器 16 与搅拌容器 19 的进水口连接且连接管道上依次设置有二号安全阀 17 和二号单向阀 18；搅拌容器 19 中部的采样口通过管道与岩样室 36 连接且连接管道上依次设置有一号加热器 20、二号温度传感器 21、一号压力表 22 和四号阀 23；大型盛水容器 25 设置在二号天平 24 上，大型盛水容器 25 通过管道与与大型活塞容器 28 连接且连接管道上依次设置有五号阀 26 和三号泵 27，大型活塞容器 28 与岩样室 36 连接且连接管道上依次设置有三号安全阀 29、三号单向阀 30、二号加热器 31、三号温度传感器 32、二号压力表 33 和六号阀 34，岩样室 36 位于三轴加载装置 37 上，三轴加载装置 37 上布置有声发射监测装置 38。

[0006] 本实用新型设置有多个气瓶，可根据需要灵活的选择气瓶即一号气瓶 1、二号气瓶

2 的接入数量，同时气瓶口向下倾斜固定放置，便于 CO_2气体更好的保存并液化输出。

[0007] 所述过滤器 5 为气体过滤器，其目的是为了除去原始 CO_2中混杂的杂质，提纯获得高精度 CO_2。

[0008] 所述四号阀 23 后的管道与六号阀 34 后的管道并联后与岩样室 36 连接，且连接管道上设置四号温度传感器 35。

[0009] 所述流量计 6、一号温度传感器 8、二号温度传感器 21、三号温度传感器 32、四号温度传感器 35、一号压力表 22 和二号压力表 33 均连接数据采集控制卡，用于对管道内的流量、温度、压力进行实时监控，并有效采集数据。

[0010] 所述一号安全阀 10、二号安全阀 17、三号安全阀 29 是为了保护管道与仪表，防止泵压力过大损害管道或仪表。

[0011] 所述一号单向阀 11、二号单向阀 18、三号单向阀 30 是为了防止 CO_2、化学试剂、水力压裂液等的回流。

[0012] 所述一号天平 12、二号天平 24 均为精密数字天平是为了测定盛水容器的排量，并经过换算得出输出压裂液的体积。

[0013] 所述小型活塞容器 16 和大型活塞容器 28 均由水槽 40、活塞 41、压裂液槽 39 组成，其中水槽 40 在下方，压裂液槽 39 在上方，活塞 41 位于水槽 40 和压裂液槽 39 之间。小型活塞容器 16 和大型活塞容器 28 是为了防止直接输送化学试剂、水力压裂液对泵造成损害，而采用清水推动压裂液槽 39 中的化学试剂、水力压裂进行输送。

[0014] 所述搅拌容器 19 为密闭保温搅拌容器，是为了使 CO_2与化学试剂能有效混合，使得溶解更充分。

[0015] 所述一号加热器 20、二号加热器 31 为精密数字化控制的表面加热器，是为了对压裂液进行加温，以使压裂液在不同温度下显示不同的特性。

[0016] 所述岩样室 36 与三轴加载装置 37 是为了对岩样进行三轴加载，以模拟地层受力条件。

[0017] 所述声发射监测装置 38 为美国物理声学公司生产的声发射监测装置，是为了对三轴压缩过程中岩样室的岩样的声发射信号进行实时采集，并配合一号压力表 22、二号压力表 33 的读数变化以判别起裂压力，且兼具有对致裂效果初步评价的功能。

[0018] 所述系统所有连接管线均采用 316L 管线，以防压裂液对管线的酸性腐蚀；且连接低温浴槽 7 到四号温度传感器 35 的管道均用保温材料缠绕包裹。

[0019] 与现有技术相比，本实用新型能够根据需要选择支路分别进行水力压裂、纯 CO_2压裂、改进的 CO_2压裂（添加有化学试剂）模拟测试。

附图说明

[0020] 图 1 是本实用新型结构示意图。

[0021] 图 2 是本实用新型中小型活塞容器 16、大型活塞容器 28 的具体结构示意图，它们结构相同，尺寸不同。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图和实施例详细说明本实用新型的实施方式。

[0023] 如图 1 所示，本实用新型一种多功能致裂模拟测试系统，包括一号气瓶 1、二号气瓶 2、一号阀 3、二号阀 4、过滤器 5、流量计 6、低温浴槽 7、一号温度传感器 8、一号泵 9、一号安全阀 10、一号单向阀 11、一号天平 12、小型盛水容器 13、三号阀 14、二号泵 15、小型活塞容器 16、二号安全阀 17、二号单向阀 18、搅拌容器 19、一号加热器 20、二号温度传感器 21、一号压力表 22、四号阀 23、二号天平 24、大型盛水容器 25、五号阀 26、三号泵 27、大型活塞容器 28、三号安全阀 29、三号单向阀 30、二号加热器 31、三号温度传感器 32、二号压力表 33、六号阀 34、四号温度传感器 35、岩样室 36、三轴加载装置 37、声发射监测装置 38。一号气瓶 1、二号气瓶 2 分别通过一号阀 3、二号阀 4 与过滤器 5 的入口连接；过滤器 5 的出口通过管道依次与流量计 6、低温浴槽 7、一号温度传感器 8、一号泵 9、一号安全阀 10、一号单向阀 11 相连接；一号天平 12 与小型盛水容器 13 通过平面相接触；小型盛水容器 13 通过管道与小型活塞容器 16 连接且连接管道上依次设置有三号阀 14 和二号泵 15，小型活塞容器 16 与搅拌容器 19 的进水口连接且连接管道上依次设置有二号安全阀 17 和二号单向阀 18。搅拌容器 19 中部的采样口通过管道与岩样室 36 连接且连接管道上依次设置有一号加热器 20、二号温度传感器 21、一号压力表 22 和四号阀 23；大型盛水容器 25 设置在二号天平 24 上，大型盛水容器 25 通过管道与与大型活塞容器 28 连接且连接管道上依次设置有五号阀 26 和三号泵 27，大型活塞容器 28 与岩样室 36 连接且连接管道上依次设置有三号安全阀 29、三号单向阀 30、二号加热器 31、三号温度传感器 32、二号压力表 33 和六号阀 34，岩样室 36 位于三轴加载装置 37 上，通过平面相接触，三轴加载装置 37 表面布置有声发射监测装置 38。四号阀 23 后的管道与六号阀 34 后的管道并联后与岩样室 36 连接，且连接管道上设置四号温度传感器 35。

[0024] CO_2压裂支路工作时，将一号阀 3、二号阀 4、一号泵 9、三号阀 14、二号泵 15、四号阀 23 处于打开状态，一号气瓶 1、二号气瓶 2 中的 CO_2分别通过一号阀 3、二号阀 4 进入过滤器 5，经过滤器 5 过滤后依次流经流量计 6、低温浴槽 7、一号温度传感器 8、一号泵 9、一号安全阀 10、一号单向阀 11；同时一号天平 12 用来测量小型盛水容器 13 中水的质量，小型盛水容器 13 中的水通过管道流经三号阀 14、二号泵 15 而后进入小型活塞容器 16 的下部，通过小型活塞容器 16 中的活塞运动而使容器上部的化学试剂流经二号安全阀 17、二号单向阀 18，而后在搅拌容器 19 与流经一号单向阀 11 的 CO_2相混合，待混合搅拌均匀后进入一号加热器 20 进行加热处理，然后通过管道依次流经二号温度传感器 21、一号压力表 22、四号阀 23、四号温度传感器 35 而进入岩样室 36，由三轴加载装置 37 对岩样室 36 中的岩石试件进行加载，声发射监测装置 38 监测实验过程中的声发射信号，并配合一号压力表 22 的读数变化以判别起裂压力，且兼具有对致裂效果初步评价的功能；上述过程中，实时读取一号温度传感器 8、二号温度传感器 21、四号温度传感器 35、一号压力表 22 中的监测数据，并通过压力表变化判断起裂压力；待压裂完成后，分别测量压裂后的破碎岩样的质量、尺寸，进而获得相应的分形维数，并借助分形岩石力学方法通过分形维对致裂效果进行评价。

[0025] 水力压裂支路工作时，将五号阀 26、三号泵 27、六号阀 34 处于打开状态，同时二号天平 24 用来测量大型盛水容器 25 中水的质量，大型盛水容器 25 中的水通过管道流经五号阀 26、三号泵 27 而后进入大型活塞容器 28 的下部，通过大型活塞容器 28 中的活塞运动而使容器上部的水力压裂液流经三号安全阀 29、三号单向阀 30，然后进入二号加热器 31 进行加热处理，然后通过管道依次流经三号温度传感器 32、二号压力表 33、六号阀 34、四号温度

传感器 35 而进入岩样室 36，由三轴加载装置 37 对岩样室 36 中的岩石试件进行加载，声发射监测装置 38 监测实验过程中的声发射信号，并配合二号压力表 33 的读数变化以判别起裂压力，且兼具有对致裂效果初步评价的功能；上述过程中，实时读取三号温度传感器 32、二号压力表 33、四号温度传感器 35 中的监测数据，并通过压力表变化判断起裂压力；待压裂完成后，分别测量压裂后的破碎岩样的质量、尺寸，进而获得相应的分形维数，并借助分形岩石力学方法通过分形维对致裂效果进行评价。

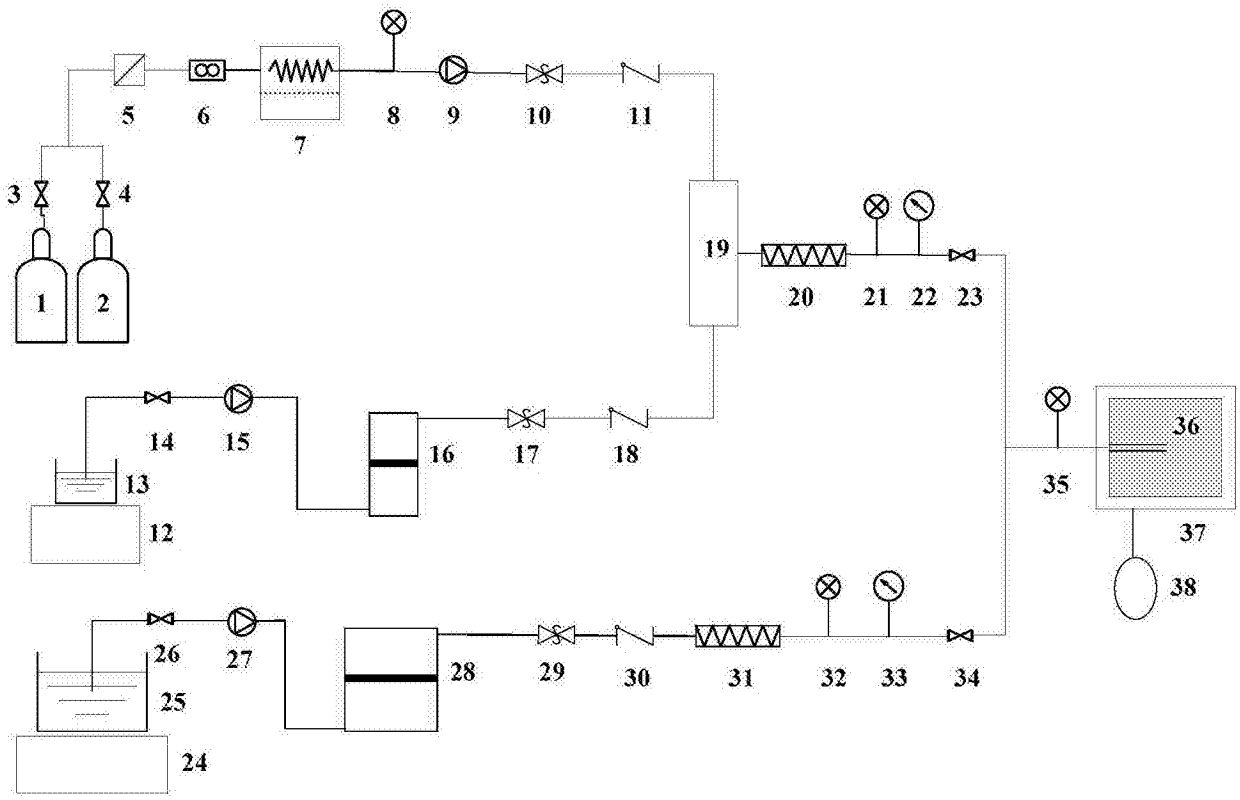

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38

图 1

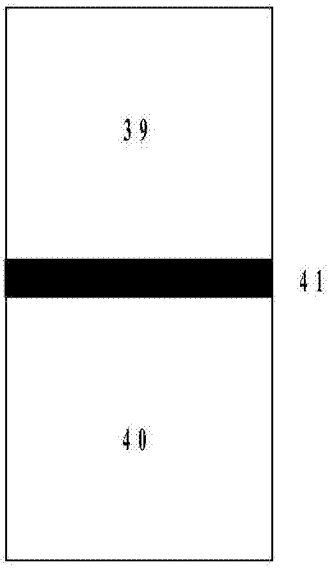

39
41
40

图 2