



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114034622 B

(45) 授权公告日 2023.03.31

(21) 申请号 202111322813.9

G01N 3/24 (2006.01)

(22) 申请日 2021.11.09

G01N 23/046 (2018.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 114034622 A

(56) 对比文件

CN 105866835 A, 2016.08.17

US 2019368997 A1, 2019.12.05

(43) 申请公布日 2022.02.11

审查员 阎良萍

(73) 专利权人 中国科学院武汉岩土力学研究所  
地址 430071 湖北省武汉市武昌区水果湖  
街小洪山2号

(72) 发明人 应琪祺 郭印同 杨春和 刘贺娟  
刘建军 夏德斌 谢礼焕 班胜男

(74) 专利代理机构 北京众达德权知识产权代理  
有限公司 11570

专利代理师 潘行

(51) Int. Cl.

G01N 15/08 (2006.01)

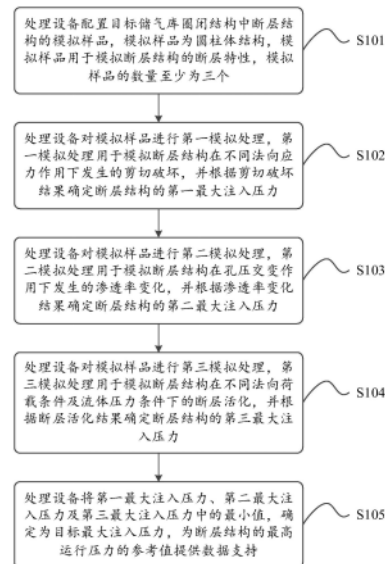
权利要求书3页 说明书13页 附图2页

(54) 发明名称

一种储气库圈闭密封性的确定方法、装置以及处理设备

(57) 摘要

本申请提供了一种储气库圈闭密封性的确定方法、装置以及处理设备,用于精确地确定储气库圈闭密封性。方法包括:处理设备配置目标储气库圈闭结构中断层结构的模拟样品;处理设备对模拟样品进行第一模拟处理,并根据剪切破坏结果确定断层结构的第一最大注入压力;处理设备对模拟样品进行第二模拟处理,并根据渗透率变化结果确定断层结构的第二最大注入压力;处理设备对模拟样品进行第三模拟处理,并根据断层活化结果确定断层结构的第三最大注入压力;处理设备将第一最大注入压力、第二最大注入压力及第三最大注入压力中的最小值,确定为目标最大注入压力,为断层结构的最高运行压力的参考值提供数据支持。



1. 一种储气库圈闭密封性的确定方法,其特征在于,所述方法包括:

处理设备配置目标储气库圈闭结构中断层结构的模拟样品,所述模拟样品为圆柱体结构,所述模拟样品用于模拟所述断层结构的断层特性,所述模拟样品的数量至少为三个;

所述处理设备对所述模拟样品进行第一模拟处理,所述第一模拟处理用于模拟所述断层结构在不同法向应力作用下发生的剪切破坏,并根据剪切破坏结果确定所述断层结构的第一最大注入压力;

所述处理设备对所述模拟样品进行第二模拟处理,所述第二模拟处理用于模拟所述断层结构在孔压交变作用下发生的渗透率变化,并根据渗透率变化结果确定所述断层结构的第二最大注入压力;

所述处理设备对所述模拟样品进行第三模拟处理,所述第三模拟处理用于模拟所述断层结构在不同法向荷载条件及流体压力条件下的断层活化,并根据断层活化结果确定所述断层结构的第三最大注入压力;

所述处理设备将所述第一最大注入压力、所述第二最大注入压力及所述第三最大注入压力中的最小值,确定为目标最大注入压力,为所述断层结构的最高运行压力的参考值提供数据支持;

所述断层结构的密封性的确定结果以一评价指数配置,所述评价指数为在所述目标最大注入压力的基础上,融合所述第一模拟处理、所述第二模拟处理和所述第三模拟处理中输出的密封性评价指标得到,所述第一模拟处理、所述第二模拟处理和所述第三模拟处理中输出的密封性评价指标包括在不同剪切破坏作用下所反映的抗剪强度、断层结构特征、应力应变响应及损伤分析结果、断层特征对力学特性的影响规律、断层临界开启压力随正应力、孔隙压力以及剪应力的变化规律五个方面的指标。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述处理设备根据剪切破坏结果确定所述断层结构的第一最大注入压力,包括:

所述处理设备在所述剪切破坏结果中多组的法向应力 $\sigma_n$ 及剪应力 $\tau_{net}$ 的基础上,代入Coulomb破坏准则中的等式 $CFF = \tau_{net} - \mu\sigma_n$ ,求出 $\mu$ ,所述 $\mu$ 为内摩擦角的正切值;

所述处理设备根据地质勘察所得断层分布特征和地应力分布情况,计算储气库断层面上所受剪应力大小:

$\tau_{net} = 0.5(\sigma_1 - \sigma_3) \sin\beta$ ,所述地质勘察所得断层分布特征包括断层面与主应力的夹角 $\beta$ ,所述地应力分布情况包括最大主应力 $\sigma_1$ 、最小主应力 $\sigma_3$ ;

所述处理设备计算断面上有效正应力:

$$S_n = 0.5(\sigma_1 + \sigma_3) + 0.5(\sigma_1 - \sigma_3) \cos\beta,$$

$$\sigma_n = S_n - P_p,$$

$S_n$ 为分解在断面上的正应力, $\sigma_n$ 为有效正应力, $P_p$ 为孔隙压力;

所述处理设备取不同的孔隙压力 $P_p$ ,将求得的 $\mu$ 、 $\tau_{net}$ 和 $\sigma_n$ 代入所述Coulomb破坏准则中的等式 $CFF = \tau_{net} - \mu\sigma_n$ ,得到CFF等于0值的临界点,并将此时的孔隙压力作为所述第一最大注入压力。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述处理设备根据渗透率变化结果确定所述断层结构的第二最大注入压力,包括:

所述处理设备提取所述渗透率变化结果中渗透率满足不高于临界值、未发生预设规模

的变形及破坏的条件时的孔隙压力最大值,作为所述第二最大注入压力。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述处理设备根据断层活化结果确定所述断层结构的第三最大注入压力,包括:

所述处理设备对所述断层活化结果中的正应力、孔隙压力及断层滑移时的剪应力三者进行方程的拟合,再将注入压力代入拟合方程,计算得到所述第三最大注入压力。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一模拟处理包括:

将所述模拟样品置于直剪仪的固定上盒和活动下盒内,预留断层面处于直剪盒中间位置作为剪切面,先在上盒施加法向应力,然后对下盒施加水平推力,上下盒之间的错动使所述模拟样品受剪切破坏,法向应力分为四级,分别为含断层特征试样单轴强度的50%、40%、30%、20%;

在不同轮次的剪切破坏环节中还通过3D高精度激光形貌扫描仪扫描断面信息得到点云数据图、沿轴向的断层面轮廓线,或者还通过Surfer应用程序监测得到断层面三维形貌图像。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第二模拟处理包括:

在所述模拟样品的四周分两层采用弹性钢圈放置8个耐高压声发射探头,所述耐高压声发射探头的引线和三轴室底座相连接,在三轴室外连接前置放大器后与DISP声发射数据采集系统连接,在试验前检查设备的信号通道的有效性,三轴循环加卸载过程中同步开启所述DISP声发射数据采集系统,实时采集加卸载过程中试样的损伤和破坏信息;

在所述模拟样品的周面放置径向应变传感器,轴向采用LVDT传感器,在加载前检查传感器连接线是否畅通,然后在交变荷载作用过程中通过应变接收仪器实时采集应变数据,用于得到含断层样品在交变荷载作用过程中的应力应变曲线;

采用MTS试验系统测试所述模拟样品在不同孔压交替循环下的渗透率,设定初始围压不变,孔压先上升再下降作为一个循环,测定试样不同孔压交替变化下的渗透率,然后提高孔压大小,再次进行循环加卸载,测定渗透率;

将测试完渗透率的样品取出,采用工业CT扫描仪扫描,得到损伤破坏信息。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第三模拟处理包括:

针对不同断层面粗糙度、起伏程度、填充材料、填充厚度的所述模拟样品,利用L型直剪仪开展不同法向荷载和流体压力条件下断层活化模拟实验,安装好所述模拟样品后,施加法向荷载30MPa,利用氮气施加流体压力1MPa、2MPa、3MPa,然后进行L型直剪试验。

8. 一种储气库圈闭密封性的确定装置,其特征在于,所述装置包括:

配置单元,用于配置目标储气库圈闭结构中断层结构的模拟样品,所述模拟样品为圆柱体结构,所述模拟样品用于模拟所述断层结构的断层特性,所述模拟样品的数量至少为三个;

第一处理单元,用于对所述模拟样品进行第一模拟处理,所述第一模拟处理用于模拟所述断层结构在不同法向应力作用下发生的剪切破坏,并根据剪切破坏结果确定所述断层结构的第一最大注入压力;

第二处理单元,用于对所述模拟样品进行第二模拟处理,所述第二模拟处理用于模拟所述断层结构在孔压交变作用下发生的渗透率变化,并根据渗透率变化结果确定所述断层结构的第二最大注入压力;

第三处理单元,用于对所述模拟样品进行第三模拟处理,所述第三模拟处理用于模拟所述断层结构在不同法向荷载条件及流体压力条件下的断层活化,并根据断层活化结果确定所述断层结构的第三最大注入压力;

确定单元,用于将所述第一最大注入压力、所述第二最大注入压力及所述第三最大注入压力中的最小值,确定为目标最大注入压力,为所述断层结构的最高运行压力的参考值提供数据支持;

所述储气库圈闭密封性的确定结果以一评价指数配置,所述评价指数为在所述目标最大注入压力的基础上,融合所述第一模拟处理、所述第二模拟处理和所述第三模拟处理中输出的密封性评价指标得到,所述第一模拟处理、所述第二模拟处理和所述第三模拟处理中输出的密封性评价指标包括在不同剪切破坏作用下所反映的抗剪强度、断层结构特征、应力应变响应及损伤分析结果、断层特征对力学特性的影响规律、断层临界开启压力随正应力、孔隙压力以及剪应力的变化规律五个方面的指标。

9. 一种处理设备,其特征在于,包括处理器和存储器,所述存储器中存储有计算机程序,所述处理器调用所述存储器中的计算机程序时执行如权利要求1至7任一项所述的方法。

10. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质存储有多条指令,所述指令适于处理器进行加载,以执行权利要求1至7任一项所述的方法。

## 一种储气库圈闭密封性的确定方法、装置以及处理设备

### 技术领域

[0001] 本申请涉及地质领域,具体涉及一种储气库圈闭密封性的确定方法、装置以及处理设备。

### 背景技术

[0002] 储气库在我国天然气应急调峰和战略储备中发挥着重要作用,对保障能源安全具有重要意义。在储气库建设前期研究和方案设计过程中,圈闭地质体的密封性评价是非常重要的环节。储气库强注强采引起地应力周期扰动,造成断块圈闭受力变化大,易引起密封性动态变化,因此地下储气库设计必须具备气体“注得进、存得住、采得出”以及短期高产、高低压往复注采、长期使用的功能。

[0003] 储气库圈闭密封性评价,既包括储气库建设前的密封性评价,也包括储气库投产运行中的动态密封性评价。

[0004] 而在现有的相关技术的研究过程中,发明人发现,在储气库动态密封性评价方面,还缺少从评价的理论层面落实到实际应用的技术产品,也就是说,缺少具体的实现方式,仅依托现有的评估处理,存在储气库圈闭密封性的评价存在精度不稳定的情况。

### 发明内容

[0005] 本申请提供了一种储气库圈闭密封性的确定方法、装置以及处理设备,用于精确地确定储气库圈闭密封性。

[0006] 第一方面,本申请提供了一种储气库圈闭密封性的确定方法,方法包括:

[0007] 处理设备配置目标储气库圈闭结构中断层结构的模拟样品,模拟样品为圆柱体结构,模拟样品用于模拟断层结构的断层特性,模拟样品的数量至少为三个;

[0008] 处理设备对模拟样品进行第一模拟处理,第一模拟处理用于模拟断层结构在不同法向应力作用下发生的剪切破坏,并根据剪切破坏结果确定断层结构的第一最大注入压力;

[0009] 处理设备对模拟样品进行第二模拟处理,第二模拟处理用于模拟断层结构在孔压交变作用下发生的渗透率变化,并根据渗透率变化结果确定断层结构的第二最大注入压力;

[0010] 处理设备对模拟样品进行第三模拟处理,第三模拟处理用于模拟断层结构在不同法向荷载条件及流体压力条件下的断层活化,并根据断层活化结果确定断层结构的第三最大注入压力;

[0011] 处理设备将第一最大注入压力、第二最大注入压力及第三最大注入压力中的最小值,确定为目标最大注入压力,为断层结构的最高运行压力的参考值提供数据支持。

[0012] 结合本申请第一方面,在本申请第一方面一种可能的实现方式中,处理设备根据剪切破坏结果确定断层结构的第一最大注入压力,包括:

[0013] 处理设备在剪切破坏结果中多组的法向应力 $\sigma_n$ 及剪应力 $\tau_{net}$ 的基础上,代入

Coulomb破坏准则中的等式 $CFF = \tau_{net} - \mu\sigma_n$ , 求出 $\mu$ ,  $\mu$ 为内摩擦角的正切值;

[0014] 处理设备根据地质勘察所得断层分布特征和地应力分布情况, 计算储气库断层面上所受剪应力大小:

[0015]  $\tau_{net} = 0.5(\sigma_1 - \sigma_3) \sin\beta$ , 地质勘察所得断层分布特征包括断层面与主应力的夹角 $\beta$ , 包括地应力分布情况最大主应力 $\sigma_1$ 、最小主应力 $\sigma_3$ ;

[0016] 处理设备计算断面上有效正应力:

[0017]  $S_n = 0.5(\sigma_1 + \sigma_3) + 0.5(\sigma_1 - \sigma_3) \cos\beta$ ,

[0018]  $\sigma_n = S_n - P_p$ ,

[0019]  $S_n$ 为分解在断面上的正应力,  $\sigma_n$ 为有效正应力,  $P_p$ 为孔隙压力;

[0020] 处理设备取不同的孔隙压力 $P_p$ , 将求得的 $\mu$ 、 $\tau_{net}$ 和 $\sigma_n$ 代入Coulomb破坏准则中的等式 $CFF = \tau_{net} - \mu\sigma_n$ , 得到CFF等于0值的临界点, 并将此时的孔隙压力作为第一最大注入压力。

[0021] 结合本申请第一方面, 在本申请第一方面第二种可能的实现方式中, 处理设备根据渗透率变化结果确定断层结构的第二最大注入压力, 包括:

[0022] 处理设备提取渗透率变化结果中渗透率满足不高于临界值、未发生预设规模的变形及破坏的条件时的孔隙压力最大值, 作为第二最大注入压力。

[0023] 结合本申请第一方面, 在本申请第一方面第三种可能的实现方式中, 处理设备根据断层活化结果确定断层结构的第三最大注入压力, 包括:

[0024] 处理设备对断层活化结果中的正应力、孔隙压力及断层滑移时的剪应力三者进行方程的拟合, 再将注入压力代入拟合方程, 计算得到第三最大注入压力。

[0025] 结合本申请第一方面, 在本申请第一方面第四种可能的实现方式中, 第一模拟处理包括:

[0026] 将模拟样品置于直剪仪的固定上盒和活动下盒内, 预留断层面处于直剪盒中间位置作为剪切面, 先在上盒施加法向应力, 然后对下盒施加水平推力, 上下盒之间的错动使模拟样品受剪切破坏, 法向应力分为四级, 分别为含断层特征试样单轴强度的50%、40%、30%、20%;

[0027] 在不同轮次的剪切破坏环节中还通过3D高精度激光形貌扫描仪扫描断面信息得到点云数据图、沿轴向的断层面轮廓线, 或者还通过Surfer应用程序监测得到断层面三维形貌图像。

[0028] 结合本申请第一方面, 在本申请第一方面第五种可能的实现方式中, 第二模拟处理包括:

[0029] 在模拟样品的四周分两层采用弹性钢圈放置8个耐高压声发射探头, 耐高压声发射探头的引线与三轴室底座相连接, 在三轴室外连接前置放大器后与DISP声发射数据采集系统连接, 在试验前检查设备的信号通道的有效性, 三轴循环加卸载过程中同步开启声发射采集系统, 实时采集加卸载过程中试样的损伤和破坏信息;

[0030] 在模拟样品的周面放置径向应变传感器, 轴向采用LVDT传感器, 在加载前检查传感器连接线是否畅通, 然后在交变荷载作用过程中通过应变接收仪器实时采集应变数据, 用于得到含断层样品在交变荷载作用过程中的应力应变曲线;

[0031] 采用MTS试验系统测试模拟样品在不同孔压交替循环下的渗透率, 设定初始围压不变, 孔压先上升再下降作为一个循环, 测定试样不同孔压交替变化下的渗透率, 然后提高

孔压大小,再次进行循环加卸载,测定渗透率;

[0032] 将测试完渗透率的样品取出,采用工业CT扫描仪扫描,得到损伤破坏信息。

[0033] 结合本申请第一方面,在本申请第一方面第六种可能的实现方式中,第三模拟处理包括:

[0034] 针对不同断层面粗糙度、起伏程度、填充材料、填充厚度的模拟样品,利用L型直剪仪开展不同法向荷载和流体压力条件下断层活化模拟实验,安装好模拟样品后,施加法向荷载30MPa,利用氮气施加流体压力1MPa、2MPa、3MPa,然后进行L型直剪试验。

[0035] 第二方面,本申请提供了一种储气库圈闭密封性的确定装置,装置包括:

[0036] 配置单元,用于配置目标储气库圈闭结构中断层结构的模拟样品,模拟样品为圆柱体结构,模拟样品用于模拟断层结构的断层特性,模拟样品的数量至少为三个;

[0037] 第一处理单元,用于对模拟样品进行第一模拟处理,第一模拟处理用于模拟断层结构在不同法向应力作用下发生的剪切破坏,并根据剪切破坏结果确定断层结构的第一最大注入压力;

[0038] 第二处理单元,用于对模拟样品进行第二模拟处理,第二模拟处理用于模拟断层结构在孔压交变作用下发生的渗透率变化,并根据渗透率变化结果确定断层结构的第二最大注入压力;

[0039] 第三处理单元,用于对模拟样品进行第三模拟处理,第三模拟处理用于模拟断层结构在不同法向荷载条件及流体压力条件下的断层活化,并根据断层活化结果确定断层结构的第三最大注入压力;

[0040] 确定单元,用于将第一最大注入压力、第二最大注入压力及第三最大注入压力中的最小值,确定为目标最大注入压力,为断层结构的最高运行压力的参考值提供数据支持。

[0041] 结合本申请第二方面,在本申请第二方面第一种可能的实现方式中,第一处理单元,具体用于:

[0042] 在剪切破坏结果中多组的法向应力 $\sigma_n$ 及剪应力 $\tau_{net}$ 的基础上,代入Coulomb破坏准则中的等式 $CFF = \tau_{net} - \mu\sigma_n$ ,求出 $\mu$ , $\mu$ 为内摩擦角的正切值;

[0043] 根据地质勘察所得断层分布特征和地应力分布情况,计算储气库断层面上所受剪应力大小:

[0044]  $\tau_{net} = 0.5(\sigma_1 - \sigma_3) \sin\beta$ ,地质勘察所得断层分布特征包括断层面与主应力的夹角 $\beta$ ,包括地应力分布情况最大主应力 $\sigma_1$ 、最小主应力 $\sigma_3$ ;

[0045] 计算断面上有效正应力:

[0046]  $S_n = 0.5(\sigma_1 + \sigma_3) + 0.5(\sigma_1 - \sigma_3) \cos\beta$ ,

[0047]  $\sigma_n = S_n - P_p$ ,

[0048]  $S_n$ 为分解在断面上的正应力, $\sigma_n$ 为有效正应力, $P_p$ 为孔隙压力;

[0049] 取不同的孔隙压力 $P_p$ ,将求得的 $\mu$ 、 $\tau_{net}$ 和 $\sigma_n$ 代入Coulomb破坏准则中的等式 $CFF = \tau_{net} - \mu\sigma_n$ ,得到CFF等于0值的临界点,并将此时的孔隙压力作为第一最大注入压力。

[0050] 结合本申请第二方面,在本申请第二方面第二种可能的实现方式中,第二处理单元,具体用于:

[0051] 提取渗透率变化结果中渗透率满足不高于临界值、未发生预设规模的变形及破坏的条件时的孔隙压力最大值,作为第二最大注入压力。

[0052] 结合本申请第二方面,在本申请第二方面第三种可能的实现方式中,第三处理单元,具体用于:

[0053] 处理设备对断层活化结果中的正应力、孔隙压力及断层滑移时的剪应力三者进行方程的拟合,再将注入压力代入拟合方程,计算得到第三最大注入压力。

[0054] 结合本申请第二方面,在本申请第二方面第四种可能的实现方式中,第一模拟处理包括:

[0055] 将模拟样品置于直剪仪的固定上盒和活动下盒内,预留断层面处于直剪盒中间位置作为剪切面,先在上盒施加法向应力,然后对下盒施加水平推力,上下盒之间的错动使模拟样品受剪切破坏,法向应力分为四级,分别为含断层特征试样单轴强度的50%、40%、30%、20%;

[0056] 在不同轮次的剪切破坏环节中还通过3D高精度激光形貌扫描仪扫描断面信息得到点云数据图、沿轴向的断层面轮廓线,或者还通过Surfer应用程序监测得到断层面三维形貌图像。

[0057] 结合本申请第二方面,在本申请第二方面第五种可能的实现方式中,第二模拟处理包括:

[0058] 在模拟样品的四周分两层采用弹性钢圈放置8个耐高压声发射探头,耐高压声发射探头的引线和三轴室底座相连接,在三轴室外连接前置放大器后与DISP声发射数据采集系统连接,在试验前检查设备的信号通道的有效性,三轴循环加卸载过程中同步开启声发射采集系统,实时采集加卸载过程中试样的损伤和破坏信息;

[0059] 在模拟样品的周面放置径向应变传感器,轴向采用LVDT传感器,在加载前检查传感器连接线是否畅通,然后在交变荷载作用过程中通过应变接收仪器实时采集应变数据,用于得到含断层样品在交变荷载作用过程中的应力应变曲线;

[0060] 采用MTS试验系统测试模拟样品在不同孔压交替循环下的渗透率,设定初始围压不变,孔压先上升再下降作为一个循环,测定试样不同孔压交替变化下的渗透率,然后提高孔压大小,再次进行循环加卸载,测定渗透率;

[0061] 将测试完渗透率的样品取出,采用工业CT扫描仪扫描,得到损伤破坏信息。

[0062] 结合本申请第二方面,在本申请第二方面第六种可能的实现方式中,第三模拟处理包括:

[0063] 针对不同断层面粗糙度、起伏程度、填充材料、填充厚度的模拟样品,利用L型直剪仪开展不同法向荷载和流体压力条件下断层活化模拟实验,安装好模拟样品后,施加法向荷载30MPa,利用氮气施加流体压力1MPa、2MPa、3MPa,然后进行L型直剪试验。

[0064] 第三方面,本申请提供了一种处理设备,包括处理器和存储器,存储器中存储有计算机程序,处理器调用存储器中的计算机程序时执行本申请第一方面或者本申请第一方面任一种可能的实现方式提供的方法。

[0065] 第四方面,本申请提供了一种计算机可读存储介质,计算机可读存储介质存储有多条指令,指令适于处理器进行加载,以执行本申请第一方面或者本申请第一方面任一种可能的实现方式提供的方法。

[0066] 从以上内容可得出,本申请具有以下有益效果:

[0067] 本申请在配置目标储气库圈闭结构中断层结构的模拟样品后,基于该模拟样品进



行了三个不同方面的模拟处理,并分别基于这三种模拟处理得到的模拟处理结果,确定断层结构的三个最大注入压力,再融合确定的第一、第二及第三最大注入压力,得到高精度的目标最大注入压力,可以为储气库圈闭密封性中断层结构的最高运行压力的参考值,提供精确且具体的数据支持。

### 附图说明

[0068] 为了更清楚地说明本申请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申请的一些实施例,对于本领域技术人员来讲,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。

[0069] 图1为本申请储气库圈闭密封性的确定方法的一种流程示意图;

[0070] 图2为本申请储气库圈闭密封性的确定装置的一种结构示意图;

[0071] 图3为本申请处理设备的一种结构示意图。

### 具体实施方式

[0072] 下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0073] 本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的实施例能够以除了在这里图示或描述的内容以外的顺序实施。此外,术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含,例如,包含了一系列步骤或模块的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或模块,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或模块。在本申请中出现的对步骤进行的命名或者编号,并不意味着必须按照命名或者编号所指示的时间/逻辑先后顺序执行方法流程中的步骤,已经命名或者编号的流程步骤可以根据要实现的技术目的变更执行次序,只要能达到相同或者相类似的技术效果即可。

[0074] 本申请中所出现的模块的划分,是一种逻辑上的划分,实际应用中实现时可以有另外的划分方式,例如多个模块可以结合成或集成在另一个系统中,或一些特征可以忽略,或不执行,另外,所显示的或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,模块之间的间接耦合或通信连接可以是电性或其他类似的形式,本申请中均不作限定。并且,作为分离部件说明的模块或子模块可以是也可以不是物理上的分离,可以是也可以不是物理模块,或者可以分布到多个电路模块中,可以根据实际的需要选择其中的部分或全部模块来实现本申请方案的目的。

[0075] 在介绍本申请提供的储气库圈闭密封性的确定方法之前,首先介绍本申请所涉及的背景内容。

[0076] 本申请提供的储气库圈闭密封性的确定方法、装置以及计算机可读存储介质,可应用于处理设备,用于精确地确定储气库圈闭密封性。。

[0077] 本申请提及的储气库圈闭密封性的确定方法,其执行主体可以为储气库圈闭密封性的确定装置,或者集成了该储气库圈闭密封性的确定装置的服务器、物理主机或者用户设备(User Equipment,UE)等不同类型的处理设备。其中,储气库圈闭密封性的确定装置可以采用硬件或者软件的方式实现,UE具体可以为智能手机、平板电脑、笔记本电脑、台式电脑或者个人数字助理(Personal Digital Assistant,PDA)等终端设备,处理设备可以通过设备集群的方式设置。

[0078] 下面,开始介绍本申请提供的储气库圈闭密封性的确定方法。

[0079] 首先,参阅图1,图1示出了本申请储气库圈闭密封性的确定方法的一种流程示意图,本申请提供的储气库圈闭密封性的确定方法,具体可包括如下步骤S101至步骤S105:

[0080] 步骤S101,处理设备配置目标储气库圈闭结构中断层结构的模拟样品,模拟样品为圆柱体结构,模拟样品用于模拟断层结构的断层特性,模拟样品的数量至少为三个;

[0081] 可以理解,本申请针对的密封性评价对象,具体为储气库其圈闭结构中断层结构的密封性。

[0082] 断层结构为储气库其圈闭结构中的特有结构,也可以理解为其圈闭结构中具有断层特征的结构。

[0083] 而在对其进行密封性评价的过程中,本申请首先可配置其样品,即模拟样品,用于为后续的三大类的不同模拟处理,提供具体的处理对象。

[0084] 应当理解的是,后续每个模拟处理的模拟样品的数量,在模拟处理之间相对独立的基础上,是可以随实际需要调整的,因此,模拟样品数量不做具体限制。

[0085] 作为一种适于实用的实现方式,在配置模拟样品的处理过程中,具体可以包括:

[0086] 将石英和伊利石分别按不同比例混合(例如分别按比例1:2、1:1、2:1混合),加适量蒸馏水使之成为具备一定流动性的浓稠状物质,作为断层泥;

[0087] 采集储层段岩心,将其加工成直径为50mm,高度为100mm的圆柱体岩样,利用线切割机将其一分为二,利用岩石雕刻机形成不同的断面起伏度;

[0088] 制作一内直径为50mm的空心圆柱状模具,标记刻度,用于均匀填充断层泥;将岩样的两部分通过不同厚度的断层泥连接,待断层泥固化后,形成室内小尺度断层模拟样品。

[0089] 步骤S102,处理设备对模拟样品进行第一模拟处理,第一模拟处理用于模拟断层结构在不同法向应力作用下发生的剪切破坏,并根据剪切破坏结果确定断层结构的第一最大注入压力;

[0090] 需要说明的是,本申请涉及到三种模拟处理,分别对应步骤S102、步骤S103及步骤S104,三者之间并无具体的时序限定,可随实际需要调整。

[0091] 可以理解,本申请认为,断层结构其实际应用中反映的密封性性能,与其在地下环境中受到的剪切破坏作用是存在相关关系的,因此,可针对模拟样品模拟剪切破坏作用,并结合监测得到的剪切破坏结果以及本申请配置的剪切破坏结果与密封性之间的对应关系,确定断层结构的密封性性能。

[0092] 作为又一种适于实用的实现方式,第一模拟处理具体可包括:

[0093] 模拟样品在不同法向应力作用下相应的抗剪强度)将模拟样品置于直剪仪的固定上盒和活动下盒内,预留断层处于直剪盒中间位置作为剪切面,先在上盒施加法向应力,然后对下盒施加水平推力,上下盒之间的错动使模拟样品受剪切破坏,法向应力分为四级,

分别为含断层特征试样单轴强度的50%、40%、30%、20%，在不同的法向应力作用下测得相应的抗剪强度；

[0094] 3D高精度激光形貌扫描仪扫描断面信息)在不同轮次的剪切破坏环节中还通过3D高精度激光形貌扫描仪扫描断面信息得到点云数据图、沿轴向的断层面轮廓线,或者还通过Surfer应用程序监测得到断层面三维形貌图像(例如先剪切到一定的位移后(例如1mm),标定好位置后拿出来用3D高精度激光形貌扫描仪扫描一次,再放到原来位置继续进行剪切实验,然后再剪切到一定位置后再扫描)。

[0095] 处理设备根据剪切破坏结果确定断层结构的第一最大注入压力,包括:

[0096] 而在分析得到最大注入压力的过程中,作为又一种适于实用的实现方式,则可包括:

[0097] 处理设备在剪切破坏结果中多组的法向应力 $\sigma_n$ 及剪应力 $\tau_{net}$ 的基础上,代入Coulomb破坏准则中的等式 $CFF = \tau_{net} - \mu\sigma_n$ ,求出 $\mu$ , $\mu$ 为内摩擦角的正切值;

[0098] 处理设备根据地质勘察所得断层分布特征和地应力分布情况,计算储气库断层面上所受剪应力大小:

[0099]  $\tau_{net} = 0.5(\sigma_1 - \sigma_3) \sin\beta$ ,地质勘察所得断层分布特征包括断层面与主应力的夹角 $\beta$ ,包括地应力分布情况最大主应力 $\sigma_1$ 、最小主应力 $\sigma_3$ ;

[0100] 处理设备计算断面上有效正应力:

$$[0101] \quad S_n = 0.5(\sigma_1 + \sigma_3) + 0.5(\sigma_1 - \sigma_3) \cos\beta,$$

$$[0102] \quad \sigma_n = S_n - P_p,$$

[0103]  $S_n$ 为分解在断面上的正应力, $\sigma_n$ 为有效正应力, $P_p$ 为孔隙压力;

[0104] 处理设备取不同的孔隙压力 $P_p$ ,将求得的 $\mu$ 、 $\tau_{net}$ 和 $\sigma_n$ 代入Coulomb破坏准则中的等式 $CFF = \tau_{net} - \mu\sigma_n$ ,得到CFF等于0值的临界点,并将此时的孔隙压力作为第一最大注入压力。

[0105] 可以理解,法向应力 $\sigma_n$ 及剪应力 $\tau_{net}$ ,为模拟处理过程中多轮的剪切破坏环节中监测或者设置得到的,作为 $\mu$ 计算使用。

[0106] 在具体应用中,本申请认为,可以根据地质勘察所得的断层分布特征(断层面与主应力的夹角 $\beta$ )和地应力分布情况(最大主应力 $\sigma_1$ 、最小主应力 $\sigma_3$ ),计算储气库不同注入压力下断层面上所受剪应力大小:

$$[0107] \quad \tau_{net} = 0.5(\sigma_1 - \sigma_3) \sin\beta$$

$$[0108] \quad \sigma_n = 0.5(\sigma_1 + \sigma_3) + 0.5(\sigma_1 - \sigma_3) \cos\beta$$

[0109]  $\sigma_n$ 为正应力,MPa; $\tau_{net}$ 为剪应力,MPa。孔隙压力对断层滑动的作用是通过有效正应力 $\sigma_n$ 引入,有效正应力为 $(S_n - P_p)$ ,式中, $P_p$ 为孔隙压力, $S_n$ 为分解在断面上的正应力。因此,若是提高断面的孔隙压力(即注入压力)会引起有效正应力降低,从而导致断层发生滑动。

[0110] 利用Coulomb破坏准则 $CFF = \tau_{net} - \mu\sigma_n$ ,根据模拟处理所得法向应力和试样破坏时剪应力计算出 $\mu$ 值,再取不同的孔隙压力值,得到CFF等于0值的临界点,此时的孔隙压力即最大的第一最大注入压力。

[0111] 其中,此处所称的第一模拟处理,也可称为剪切破坏处理,其监测得到的剪切破坏结果主要是为了最大注入压力的评估服务的,当然,在实际应用中,剪切破坏处理中反映出的一些数据,也可能反映出断层结构除了最大注入压力以外的密封性性能内容,例如此处提及的在不同剪切破坏作用下所反映的抗剪强度、断层结构特征等。

[0112] 步骤S103,处理设备对模拟样品进行第二模拟处理,第二模拟处理用于模拟断层结构在孔压交变作用下发生的渗透率变化,并根据渗透率变化结果确定断层结构的第二最大注入压力;

[0113] 可以理解,本申请认为,断层结构其实际应用中反映的密封性性能,与其在地下环境中受到的渗透率是存在相关关系的,因此,可针对模拟样品模拟孔压交变作用,并结合监测得到的渗透率变化结果以及本申请配置的渗透率变化结果与密封性之间的对应关系,确定断层结构的密封性性能。

[0114] 作为又一种适于实用的实现方式,第二模拟处理具体可包括:

[0115] 声发射采集系统实时获取试样的损伤和破坏信息)在模拟样品的四周分两层采用弹性钢圈放置8个耐高压声发射探头,耐高压声发射探头的引线和三轴室底座相连接,在三轴室外连接前置放大器后与DISP声发射数据采集系统连接,在试验前检查设备的信号通道的有效性,三轴循环加卸载过程中同步开启声发射采集系统,实时采集加卸载过程中试样的损伤和破坏信息,其中,模拟样品可放置在三轴室上下压头之间,且套管上部端口与上压头内置凹槽紧密连接,凹槽内置耐压密封圈,保证密封性,采用聚氟乙烯热缩管将三者依靠热缩管的收缩而紧密接触,防止三轴室内的围压油进入到样品内部,将包装好的样品放入三轴室内;

[0116] 应变规采集交变过程中试样的轴向及径向应变)在模拟样品的周面放置径向应变传感器,轴向采用LVDT传感器(直线位移传感器),在加载前检查传感器连接线是否畅通,然后在交变荷载作用过程中通过应变接收仪器实时采集应变数据,用于得到含断层样品在交变荷载作用过程中的应力应变曲线;

[0117] 孔压交变作用下的渗透率测试试验)采用MTS试验系统测试模拟样品在不同孔压交替循环下的渗透率,设定初始围压不变,孔压先上升再下降作为一个循环,测定试样不同孔压交替变化下的渗透率,然后提高孔压大小,再次进行循环加卸载,测定渗透率,其中,可设置5MPa、10MPa、15MPa、20MPa、25MPa、30MPa等压力点,将孔压从5MPa到10MPa再到5MPa作为第一个阶段,10MPa到20MPa再到10MPa作为第二个阶段,20MPa到30MPa再到20MPa作为第三个阶段。首先在第一个阶段循环加卸载30次,交变荷载循环第1、5、10、15、20、25、30次时测量孔压为5MPa、10MPa时的渗透率;然后在第二个阶段循环加卸载30次,变载荷循环第1、5、10、15、20、25、30次时测量孔压为10MPa、15MPa、20MPa时的渗透率;最后在第三个阶段循环加卸载30次,变载荷循环第1、5、10、15、20、25、30次时测量孔压为20MPa、25MPa、30MPa时的渗透率,量测不同孔压下渗透率的同时,可关注声发射信号突变值,声发射信号突变说明产生了裂纹或损伤;

[0118] 工业CT扫描观察试样的裂纹分布和损伤情况)将测试完渗透率的样品取出,采用工业CT扫描仪扫描,得到损伤破坏信息。

[0119] 而在分析得到最大注入压力的过程中,作为又一种适于实用的实现方式,则可包括:

[0120] 处理设备提取渗透率变化结果中渗透率满足不高于临界值、未发生预设规模的变形及破坏的条件时的孔隙压力最大值,作为第二最大注入压力。

[0121] 可以发现,此处所称的第二模拟处理,也可称为孔压交变作用下渗透率测试处理,其监测得到的渗透率变化结果主要是为了最大注入压力的评估服务的,还可反映出断层结

构在孔压交变作用下的渗透率变化规律,当然,在实际应用中,孔压交变作用下渗透率测试处理中反映出的一些数据,也可能反映出断层结构除了最大注入压力以外的密封性性能内容,例如应力应变响应及损伤分析结果。

[0122] 步骤S104,处理设备对模拟样品进行第三模拟处理,第三模拟处理用于模拟断层结构在不同法向荷载条件及流体压力条件下的断层活化,并根据断层活化结果确定断层结构的第三最大注入压力;

[0123] 可以理解,本申请认为,断层结构其实际应用中反映的密封性性能,与其在地下环境中的断层活化是存在相关关系的,因此,可针对模拟样品模拟断层活化,并结合监测得到的断层活化结果以及本申请配置的断层活化结果与密封性之间的对应关系,确定断层结构的密封性性能。

[0124] 作为又一种适于实用的实现方式,第三模拟处理具体可包括:

[0125] 不同法向荷载和流体压力条件下断层活化模拟实验)针对不同断层面粗糙度、起伏程度、填充材料、填充厚度的模拟样品,利用L型直剪仪开展不同法向荷载和流体压力条件下断层活化模拟实验,安装好模拟样品后,施加法向荷载30MPa,利用氮气施加流体压力1MPa、2MPa、3MPa,然后进行L型直剪试验。

[0126] 在该模拟处理中,可明确断层临界开启压力随正应力、孔隙压力等的变化规律,获得断层稳定性与滑移激活的主控影响因素。

[0127] 而在分析得到最大注入压力的过程中,作为又一种适于实用的实现方式,则可包括:

[0128] 处理设备对断层活化结果中的正应力、孔隙压力及断层滑移时的剪应力三者进行方程的拟合,再将注入压力代入拟合方程,计算得到第三最大注入压力。

[0129] 可以发现,此处所称的第三模拟处理,也可称为断层活化处理,其监测得到的正应力、孔隙压力及断层滑移时的剪应力主要是为了最大注入压力的评估服务的,当然,在实际应用中,孔压交变作用下渗透率测试处理中反映出的一些数据,也可能反映出断层结构除了最大注入压力以外的密封性性能内容,例如断层特征对力学特性的影响规律,断层临界开启压力随正应力、孔隙压力、剪应力等的变化规律。

[0130] 步骤S105,处理设备将第一最大注入压力、第二最大注入压力及第三最大注入压力中的最小值,确定为目标最大注入压力,为断层结构的最高运行压力的参考值提供数据支持。

[0131] 可以理解,在实际应用中,本申请可从上述提及的第一模拟处理计算得到的第一最大注入压力( $P_{p1}$ )、第二模拟处理计算得到的第二最大注入压力( $P_{p2}$ )及第三模拟处理计算得到的第三最大注入压力( $P_{p3}$ )中,取其中的最小值,作为断层结构的最高运行压力的参考值。

[0132] 需要说明的是,在本申请中,作为储气库圈闭密封性的确定结果的输出,不仅可以包括该目标最大注入压力,还可以包括上述提及的在不同模拟处理中可以输出的如在不同剪切破坏作用下所反映的抗剪强度、断层结构特征、应力应变响应及损伤分析结果、断层特征对力学特性的影响规律,断层临界开启压力随正应力、孔隙压力、剪应力等的变化规律等,甚至的,还可以综合本申请这些密封性的评价指标,融合成一评价指数,从整体上反映储气库圈闭密封性。

[0133] 从以上所示实施例可看出,本申请在配置目标储气库圈闭结构中断层结构的模拟样品后,基于该模拟样品进行了三个不同方面的模拟处理,并分别基于这三种模拟处理得到的模拟处理结果,确定断层结构的三个最大注入压力,再融合确定的第一、第二及第三最大注入压力,得到高精度的目标最大注入压力,可以为储气库圈闭密封性中断层结构的最高运行压力的参考值,提供精确且具体的数据支持。

[0134] 以上是本申请提供储气库圈闭密封性的确定方法的介绍,为便于更好的实施本申请提供的储气库圈闭密封性的确定方法,本申请还从功能模块角度提供了一种储气库圈闭密封性的确定装置。

[0135] 参阅图2,图2为本申请储气库圈闭密封性的确定装置的一种结构示意图,在本申请中,储气库圈闭密封性的确定装置200具体可包括如下结构:

[0136] 配置单元201,用于配置目标储气库圈闭结构中断层结构的模拟样品,模拟样品为圆柱体结构,模拟样品用于模拟断层结构的断层特性,模拟样品的数量至少为三个;

[0137] 第一处理单元202,用于对模拟样品进行第一模拟处理,第一模拟处理用于模拟断层结构在不同法向应力作用下发生的剪切破坏,并根据剪切破坏结果确定断层结构的第一最大注入压力;

[0138] 第二处理单元203,用于对模拟样品进行第二模拟处理,第二模拟处理用于模拟断层结构在孔压交变作用下发生的渗透率变化,并根据渗透率变化结果确定断层结构的第二最大注入压力;

[0139] 第三处理单元204,用于对模拟样品进行第三模拟处理,第三模拟处理用于模拟断层结构在不同法向荷载条件及流体压力条件下的断层活化,并根据断层活化结果确定断层结构的第三最大注入压力;

[0140] 确定单元205,用于将第一最大注入压力、第二最大注入压力及第三最大注入压力中的最小值,确定为目标最大注入压力,为断层结构的最高运行压力的参考值提供数据支持。

[0141] 在一种示例性的实现方式中,第一处理单元202,具体用于:

[0142] 在剪切破坏结果中多组的法向应力 $\sigma_n$ 及剪应力 $\tau_{net}$ 的基础上,代入Coulomb破坏准则中的等式 $CFF = \tau_{net} - \mu\sigma_n$ ,求出 $\mu$ , $\mu$ 为内摩擦角的正切值;

[0143] 根据地质勘察所得断层分布特征和地应力分布情况,计算储气库断层面上所受剪应力大小:

[0144]  $\tau_{net} = 0.5(\sigma_1 - \sigma_3) \sin\beta$ ,地质勘察所得断层分布特征包括断层面与主应力的夹角 $\beta$ ,包括地应力分布情况最大主应力 $\sigma_1$ 、最小主应力 $\sigma_3$ ;

[0145] 计算断面上有效正应力:

[0146]  $S_n = 0.5(\sigma_1 + \sigma_3) + 0.5(\sigma_1 - \sigma_3) \cos\beta$ ,

[0147]  $\sigma_n = S_n - P_p$ ,

[0148]  $S_n$ 为分解在断面上的正应力, $\sigma_n$ 为有效正应力, $P_p$ 为孔隙压力;

[0149] 取不同的孔隙压力 $P_p$ ,将求得的 $\mu$ 、 $\tau_{net}$ 和 $\sigma_n$ 代入Coulomb破坏准则中的等式 $CFF = \tau_{net} - \mu\sigma_n$ ,得到CFF等于0值的临界点,并将此时的孔隙压力作为第一最大注入压力。

[0150] 在又一种示例性的实现方式中,,第二处理单元203,具体用于:

[0151] 提取渗透率变化结果中渗透率满足不高于临界值、未发生预设规模的变形及破坏

的条件时的孔隙压力最大值,作为第二最大注入压力。

[0152] 在又一种示例性的实现方式中,第三处理单元204,具体用于:

[0153] 处理设备对断层活化结果中的正应力、孔隙压力及断层滑移时的剪应力三者进行方程的拟合,再将注入压力代入拟合方程,计算得到第三最大注入压力。

[0154] 在又一种示例性的实现方式中,第一模拟处理包括:

[0155] 将模拟样品置于直剪仪的固定上盒和活动下盒内,预留断层面处于直剪盒中间位置作为剪切面,先在上盒施加法向应力,然后对下盒施加水平推力,上下盒之间的错动使模拟样品受剪切破坏,法向应力分为四级,分别为含断层特征试样单轴强度的50%、40%、30%、20%;

[0156] 在不同轮次的剪切破坏环节中还通过3D高精度激光形貌扫描仪扫描断面信息得到点云数据图、沿轴向的断层面轮廓线,或者还通过Surfer应用程序监测得到断层面三维形貌图像。

[0157] 在又一种示例性的实现方式中,第二模拟处理包括:

[0158] 在模拟样品的四周分两层采用弹性钢圈放置8个耐高压声发射探头,耐高压声发射探头的引线和三轴室底座相连接,在三轴室外连接前置放大器后与DISP声发射数据采集系统连接,在试验前检查设备的信号通道的有效性,三轴循环加卸载过程中同步开启声发射采集系统,实时采集加卸载过程中试样的损伤和破坏信息;

[0159] 在模拟样品的周面放置径向应变传感器,轴向采用LVDT传感器,在加载前检查传感器连接线是否畅通,然后在交变荷载作用过程中通过应变接收仪器实时采集应变数据,用于得到含断层样品在交变荷载作用过程中的应力应变曲线;

[0160] 采用MTS试验系统测试模拟样品在不同孔压交替循环下的渗透率,设定初始围压不变,孔压先上升再下降作为一个循环,测定试样不同孔压交替变化下的渗透率,然后提高孔压大小,再次进行循环加卸载,测定渗透率;

[0161] 将测试完渗透率的样品取出,采用工业CT扫描仪扫描,得到损伤破坏信息。

[0162] 在又一种示例性的实现方式中,第三模拟处理包括:

[0163] 针对不同断层面粗糙度、起伏程度、填充材料、填充厚度的模拟样品,利用L型直剪仪开展不同法向荷载和流体压力条件下断层活化模拟实验,安装好模拟样品后,施加法向荷载30MPa,利用氮气施加流体压力1MPa、2MPa、3MPa,然后进行L型直剪试验。

[0164] 本申请还从硬件结构角度提供了一种处理设备,参阅图3,图3示出了本申请处理设备的一种结构示意图,具体的,本申请处理设备可包括处理器301、存储器302以及输入输出设备303,处理器301用于执行存储器302中存储的计算机程序时实现如图1对应实施例中储气库圈闭密封性的确定方法的各步骤;或者,处理器301用于执行存储器302中存储的计算机程序时实现如图2对应实施例中各单元的功能,存储器302用于存储处理器301执行上述图1对应实施例中储气库圈闭密封性的确定方法所需的计算机程序。

[0165] 示例性的,计算机程序可以被分割成一个或多个模块/单元,一个或者多个模块/单元被存储在存储器302中,并由处理器301执行,以完成本申请。一个或多个模块/单元可以是能够完成特定功能的一系列计算机程序指令段,该指令段用于描述计算机程序在计算机装置中的执行过程。

[0166] 处理设备可包括,但不仅限于处理器301、存储器302、输入输出设备303。本领域技

术人员可以理解,示意仅仅是处理设备的示例,并不构成对处理设备的限定,可以包括比图示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件,例如处理设备还可以包括网络接入设备、总线等,处理器301、存储器302、输入输出设备303等通过总线相连。

[0167] 处理器301可以是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等,处理器是处理设备的控制中心,利用各种接口和线路连接整个设备的各个部分。

[0168] 存储器302可用于存储计算机程序和/或模块,处理器301通过运行或执行存储在存储器302内的计算机程序和/或模块,以及调用存储在存储器302内的数据,实现计算机装置的各种功能。存储器302可主要包括存储程序区和存储数据区,其中,存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需的应用程序等;存储数据区可存储根据处理设备的使用所创建的数据等。此外,存储器可以包括高速随机存取存储器,还可以包括非易失性存储器,例如硬盘、内存、插接式硬盘,智能存储卡(Smart Media Card,SMC),安全数字(Secure Digital,SD)卡,闪存卡(Flash Card)、至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他易失性固态存储器件。

[0169] 处理器301用于执行存储器302中存储的计算机程序时,具体可实现以下功能:

[0170] 配置目标储气库圈闭结构中断层结构的模拟样品,模拟样品为圆柱体结构,模拟样品用于模拟断层结构的断层特性,模拟样品的数量至少为三个;

[0171] 对模拟样品进行第一模拟处理,第一模拟处理用于模拟断层结构在不同法向应力作用下发生的剪切破坏,并根据剪切破坏结果确定断层结构的第一最大注入压力;

[0172] 对模拟样品进行第二模拟处理,第二模拟处理用于模拟断层结构在孔压交变作用下发生的渗透率变化,并根据渗透率变化结果确定断层结构的第二最大注入压力;

[0173] 对模拟样品进行第三模拟处理,第三模拟处理用于模拟断层结构在不同法向荷载条件及流体压力条件下的断层活化,并根据断层活化结果确定断层结构的第三最大注入压力;

[0174] 将第一最大注入压力、第二最大注入压力及第三最大注入压力中的最小值,确定为目标最大注入压力,为断层结构的最高运行压力的参考值提供数据支持。

[0175] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的储气库圈闭密封性的确定装置、处理设备及其相应单元的具体工作过程,可以参考如图1对应实施例中储气库圈闭密封性的确定方法的说明,具体在此不再赘述。

[0176] 本领域普通技术人员可以理解,上述实施例的各种方法中的全部或部分步骤可以通过指令来完成,或通过指令控制相关的硬件来完成,该指令可以存储于一计算机可读存储介质中,并由处理器进行加载和执行。

[0177] 为此,本申请提供一种计算机可读存储介质,其中存储有多条指令,该指令能够被处理器进行加载,以执行本申请如图1对应实施例中储气库圈闭密封性的确定方法的步骤,具体操作可参考如图1对应实施例中储气库圈闭密封性的确定方法的说明,在此不再赘述。

[0178] 其中,该计算机可读存储介质可以包括:只读存储器(Read Only Memory,ROM)、随



机存取记忆体(Random Access Memory, RAM)、磁盘或光盘等。

[0179] 由于该计算机可读存储介质中所存储的指令,可以执行本申请如图1对应实施例中储气库圈闭密封性的确定方法的步骤,因此,可以实现本申请如图1对应实施例中储气库圈闭密封性的确定方法所能实现的有益效果,详见前面的说明,在此不再赘述。

[0180] 以上对本申请提供的储气库圈闭密封性的确定方法、装置、处理设备以及计算机可读存储介质进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本申请的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本申请的方法及其核心思想;同时,对于本领域的技术人员,依据本申请的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本申请的限制。

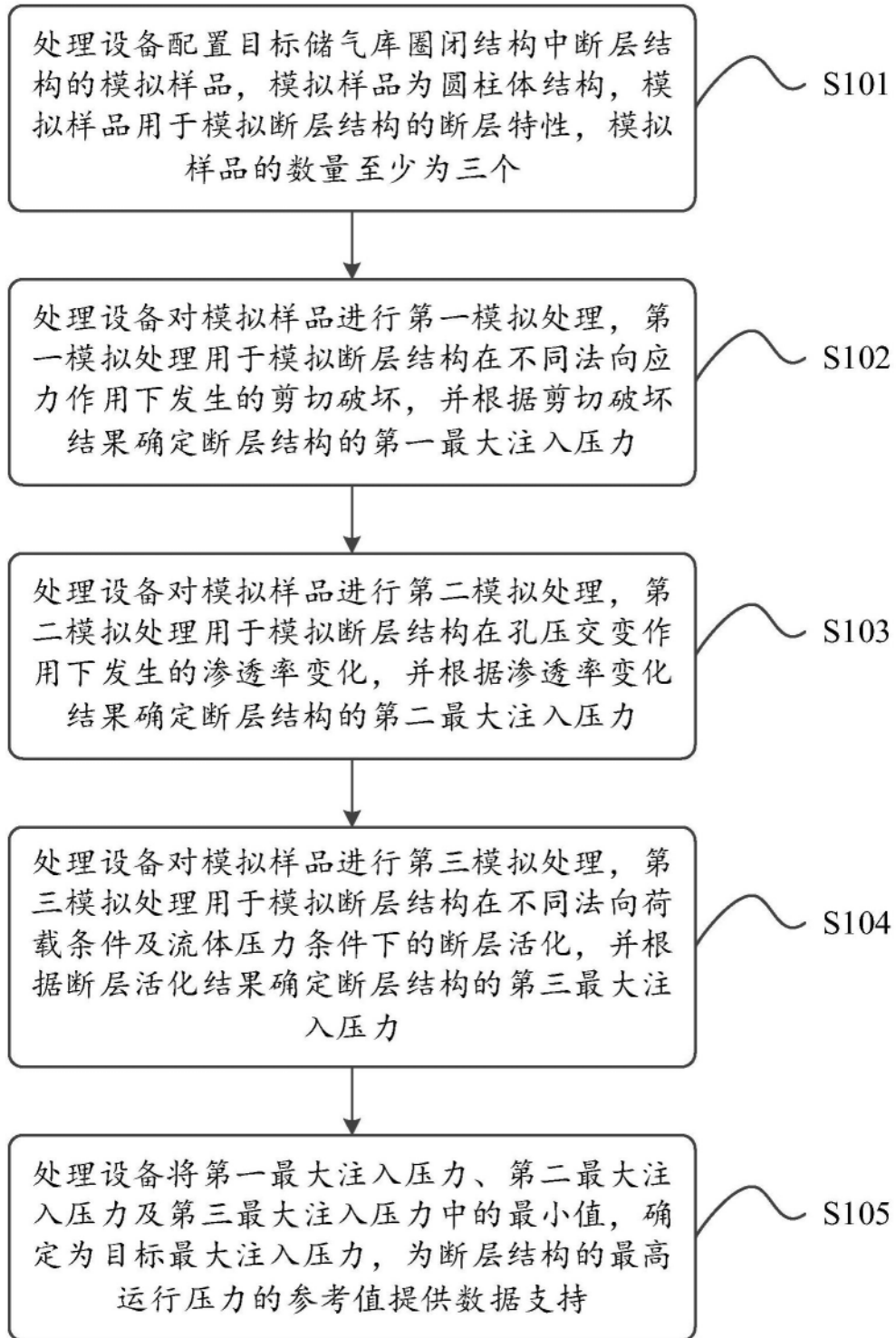


图1

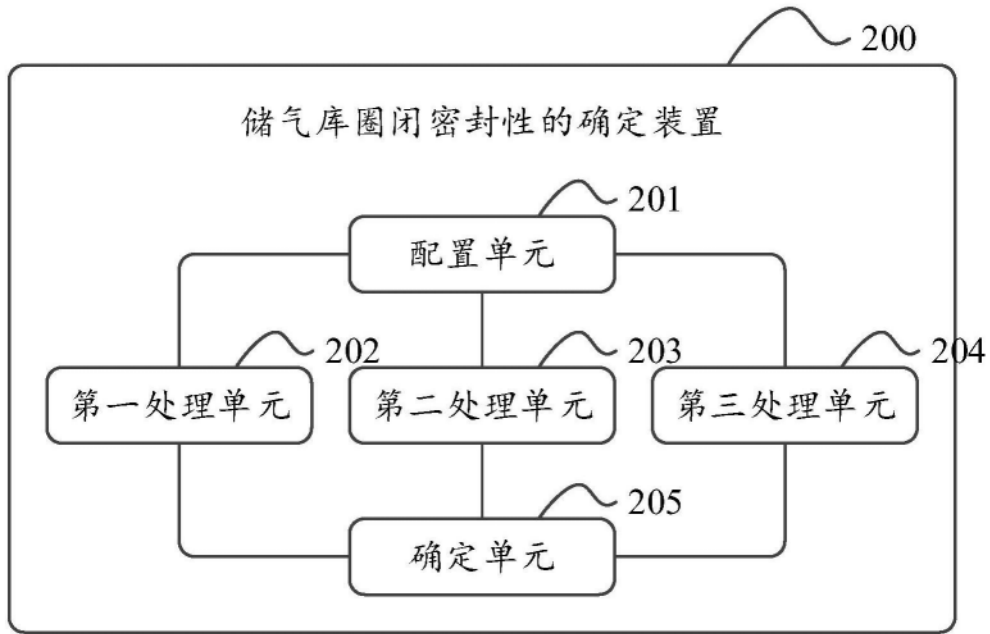


图2

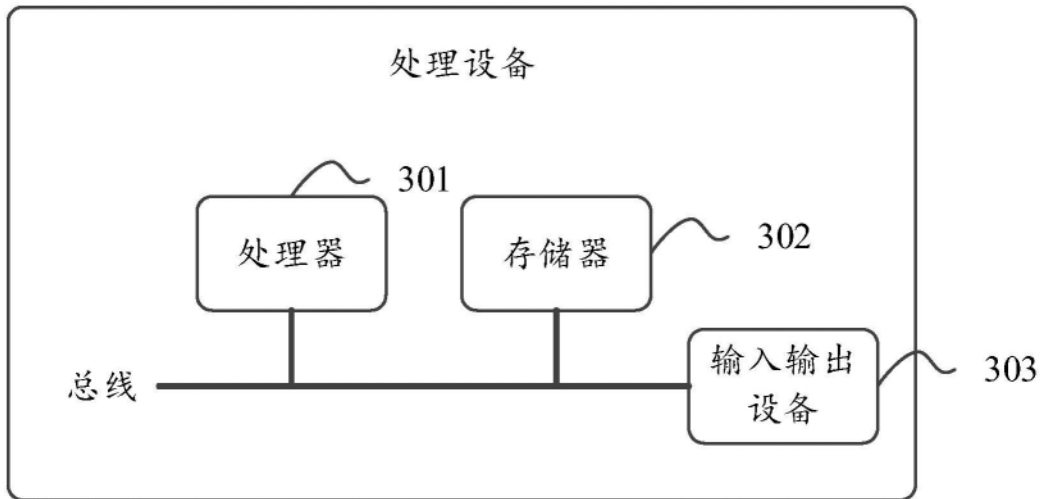


图3