

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 6 月 18 日 (18.06.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/119394 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01N 23/046 (2018.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/119107
- (22) 国际申请日: 2019 年 11 月 18 日 (18.11.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201811509193.8 2018 年 12 月 11 日 (11.12.2018) CN
- (71) 申请人: 大连理工大学(DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国辽宁省大连市凌工路 2 号, Liaoning 116024 (CN)。
- (72) 发明人: 宋永臣(SONG, Yongchen); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 李洋辉(LI, Yanghui); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 吴鹏(WU, Peng); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 刘卫国(LIU, Weiguo); 中国辽宁省大连市凌工

路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 赵佳飞(ZHAO, Jiafei); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 杨明军(YANG, Mingjun); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 刘瑜(LIU, Yu); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。 杨磊(YANG, Lei); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学, Liaoning 116024 (CN)。

- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(54) Title: CT TRIAXIAL TEST DEVICE FOR HYDRATE SEDIMENTS

(54) 发明名称: 一种水合物沉积物CT三轴试验装置

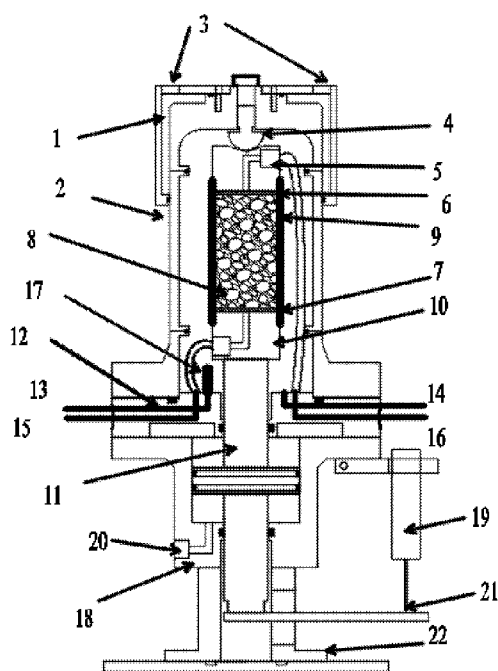


图 2

(57) Abstract: A CT triaxial test device for hydrate sediments, which relates to the technical field of geotechnical engineering basic physical property measurement. In view of the deficiency of the prior art "a test device for visualizing mechanical properties of natural gas hydrate sediments", the present device has been redesigned and optimized as a CT triaxial test device for hydrate sediments. On the premise that the static, dynamic and creep properties of hydrate reservoirs may be obtained, the stability of a scanning and rotating process of the triaxial device, the temperature control accuracy of a hydrate sample, and the X-ray penetration performance of a triaxial pressure chamber are improved, thus obtaining the best CT imaging effect, and providing strong hardware support for reservoir deformation mechanisms during a process of exploring hydrate decomposition.

(57) 摘要: 一种水合物沉积物CT三轴试验装置, 属于岩土工程基础物性测量技术领域。该装置针对现有技术"一种天然气水合物沉积物力学特性可视化试验装置"的不足, 对水合物沉积物CT三轴试验装置进行了重新设计和优化, 在能够获得水合物储层静力、动力学特性、蠕变特性的前提下, 提升了三轴仪装置扫描旋转过程的稳定性、水合物样品控温精度以及三轴仪压力室的X射线穿透性能, 得到了最佳的CT成像效果, 为探明水合物分解过程储层变形机理提供了强大的硬件支持。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种水合物沉积物CT三轴试验装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种水合物沉积物CT三轴试验装置，属岩土工程基础物性测量领域。

背景技术

[0002] 水合物沉积物是一个具有复杂力学行为特征的亚稳态结构体，其开采过程常常会涉及水合物相变、颗粒迁移和胶结结构破坏等微观结构变化，需要从微观层次入手进行颗粒尺度的物理机理分析以明确天然气水合物分解诱因的地层沉降、海底滑坡等地质灾害的形成机理。

[0003] 三轴仪是一种常用的模拟地层应力状态的土工测试仪器。但现有的天然气水合物三轴仪，由于需满足低温、高压等条件，其体积和重量一般较大，同时存在X射线穿透性能差，旋转扫描不方便等问题，无法实现与X射线CT等可视化装置的有机结合例如inspeXio SMX-255CT载物台限重9kg，样品高度 $\leq 30\text{cm}$ ，也就无法观测水合物沉积物变形过程微观结构变化。因此，大连理工大学在2014年首次创新性的提出了一种天然气水合物沉积物力学特性可视化试验装置，实现了天然气水合物三轴仪与X射线CT的有机结合201410357319.X，但该套装置在实际使用过程中存在一定问题：1、由于加载装置在三轴仪主机上部，导致三轴仪重心偏高，因此在X射线扫描旋转过程中，三轴仪主机不够稳定，极易导致获得的CT图像重影；2、该装置压力室采用的纯铝或铝合金等低密度材料导热性能较好，容易造成热损失，如果通过注入预冷却的液压油对试样进行控温，当试验时间较长时，液压油温度受环境影响较大，可能引起水合物分解，最终影响试验数据的准确性；3、该装置压力室采用一体化设计，没有充分考虑各部分结构设计的特点和功能，如果压力室上部采用高强度、低密度的铝合金材料，压力室壁采用穿透性能更好的工程塑料，可以获得更好的CT成像效果。图1对比了应用本发明得到的沉积物CT扫描图与发明“一种天然气水合物沉积物力学特性可视化试验装置”201410357319.X所得到的沉积物CT扫描图，可以发现CT成像质量

得到了较大提升。

[0004] 针对发明“一种天然气水合物沉积物力学特性可视化试验装置”201410357319.X的不足，大连理工大学重新设计和优化了水合物沉积物CT三轴试验装置，在能够获得水合物储层静力、动力学特性、蠕变特性的前提下，提升了三轴仪试验装置扫描旋转过程稳定性、水合物样品控温精度以及三轴仪压力室的X射线穿透性能，得到了最佳的CT成像效果，为探明水合物分解过程储层变形机理提供了强大的硬件支持。

发明概述

技术问题

[0005] 本发明提供一种水合物沉积物CT三轴试验装置，在能够获得水合物储层宏观力学数据的前提下，得到了最佳的CT成像效果，为探明水合物分解过程储层变形机理提供技术保障。

问题的解决方案

技术解决方案

[0006] 本发明的技术方案：

[0007] 一种水合物沉积物CT三轴试验装置，包括水浴夹套1、压力室2、冷却液通道3、顶锥4、上压头5、上透水石6、下透水石7、沉积物试样8、橡皮膜9、下压头10、加载活塞11、法兰盘12、热电偶17、液压油缸18、轴向位移传感器19、挡板21和底部固定支架22；

[0008] 所述的水浴夹套1罩在压力室2上方，并通过螺栓与压力室2上表面固定，水浴夹套1与压力室2之间使用O型圈密封，水浴夹套1上部设有冷却液通道3；所述水浴夹套1采用隔热性能好的材料，减少冷却液热损失。同时，水浴夹套1避开了X射线扫描区域，降低了实验过程中X射线的衰减，保证冷却液控温效果的同时，不影响CT成像质量。所述的压力室2由两种材料组成，整体分为三部分，三部分之间采用O型圈密封，螺栓固紧；上部和下部采用导热性能好、强度高、密度低的铝合金材料，中部采用导热性差、强度高、X射线穿透性能好的工程塑料；一方面，中部采用工程塑料，既提高了压力室的X射线穿透性能，又减少了压力室的热损失，提高了控温精度。另一方面，压力室上部采用铝合金材料，内侧加

工有螺旋式肋板，满足压力室强度的同时，保证了冷却液与压力室内部之间的热传导效率，维持压力室内温度稳定。

[0009] 所述的压力室2上部安装有顶锥4，顶锥4杆加工有螺纹，可与压力室2相互配合安装；为了加强顶锥4的稳定性，在顶锥4上部安装有与顶锥4杆相同直径的螺栓；顶锥4与上压头5接触。

[0010] 所述的上压头5下部依次为上透水石6、沉积物试样8、下透水石7和下压头10；上压头5下半部分、上透水石6、沉积物试样8、下透水石7和下压头10上半部分包裹有橡皮膜9。

[0011] 所述的下压头10与加载活塞11使用螺纹固定连接。

[0012] 所述的加载活塞11在液压油缸18中上下移动，并采用密封圈密封。

[0013] 所述的压力室2下部与法兰盘12接触，并通过O型圈密封，螺栓固紧；所述的法兰盘12内部含有四个通道：通道B13、通道C14、通道D15和通道E16，分别为热电偶17通道、围压控制通道、孔隙压力控制通道以及背压控制通道。其中，在三轴仪主机内部，在通道B13的出口处安装有热电偶17，通道D15和通道E16分别通过柔性耐压尼龙管路与下压头10和上压头5连接。

[0014] 所述的法兰盘12与液压油缸18之间使用O型圈密封，螺栓固紧。

[0015] 所述的液压油缸18侧面固定有轴向位移传感器19；液压油缸18侧面下部含有通道F20，用于注入液压油控制轴向加载。

[0016] 所述的加载活塞11底部安装有挡板21，挡板21与加载活塞11之间采用螺栓连接，挡板21与轴向位移传感器19相互接触，实现轴向位移实时反馈。

[0017] 所述的液压油缸18下部固定有底部固定支架22，液压油缸18和底部固定支架22之间采用螺栓连接，用于水合物CT三轴仪试验装置在微焦点CT载物台上的旋转。

[0018] 所述的加载活塞11、法兰盘12与液压油缸18构成的轴向加载机构，整体处于水合物三轴仪装置下方，降低了整个装置的重心，增强了水合物沉积物CT三轴仪装置在CT扫描过程中的稳定性。

发明的有益效果

有益效果

[0019] 本发明的有益效果:

[0020] (1) 在满足水合物三轴仪与X射线CT系统有机结合的前提下,重新设计和优化了水合物沉积物CT三轴仪试验装置,提升了三轴仪主机扫描旋转过程稳定性、水合物样品控温精度以及三轴仪压力室的X射线穿透性能,得到了最佳的CT成像效果。

[0021] (2) 压力室2由两种材料组成,上部和下部采用导热性能好、强度高、密度低的铝合金材料,中部采用导热性差、强度高、X射线穿透性能好的工程塑料。一方面,既提高了压力室的X射线穿透性能,又减少了压力室的热损失,提高了控温精度。另一方面,压力室2上部铝合金材料内侧加工有螺旋式肋板,满足压力室强度的同时,保证了冷却液与压力室内部之间的热传导效率,维持压力室内温度稳定。

[0022] (3) 水浴夹套1使用隔热性能好的材料,减少冷却液热损失。同时,水浴夹套1避开了X射线扫描区域,降低了实验过程中X射线的衰减,保证冷却液控温效果的同时,不影响CT成像质量。

[0023] (4) 由加载活塞11、法兰盘12与液压油缸18构成的轴向加载机构整体处于三轴仪试验装置下方,降低了整个装置的重心,增强了水合物沉积物CT三轴仪装置在CT扫描过程中的稳定性。

对附图的简要说明

附图说明

[0024] 图1是沉积物CT扫描图,(a)应用本发明得到的沉积物CT扫描图;(b)2014年的发明所得到的沉积物CT扫描图。

[0025] 图2是一种水合物沉积物CT三轴试验装置结构图。

[0026] 图3是一种水合物沉积物CT三轴试验装置系统图。

[0027] 图4是含水合物沉积物试样应力应变曲线。

[0028] 图5是试样在各应变下的CT扫描图像整体,(a)轴向应变:0%;(b)轴向应变:2%;(c)轴向应变:4%;(d)轴向应变:7%。

[0029] 图6是试样在各应变下的CT扫描图像中部,(a)轴向应变:0%;(b)轴向应变:2%;(c)轴向应变:4%;(d)轴向应变:7%。

- [0030] 图7是应变0%和2%试样胶结结构破坏对比图, (a) 轴向应变: 0%; (b) 轴向应变: 2%。
- [0031] 图8是应变0%和4%试样胶结结构破坏对比图, (a) 轴向应变: 0%; (b) 轴向应变: 4%。
- [0032] 图9是应变0%和7%试样胶结结构破坏对比图, (a) 轴向应变: 0%; (b) 轴向应变: 7%。
- [0033] 图10是试样内部剪切带的识别图。
- [0034] 图中: 1水浴夹套; 2压力室; 3冷却液通道A; 4顶锥; 5上压头; 6上透水石; 7下透水石; 8沉积物试样; 9橡皮膜; 10下压头; 11加载活塞; 12法兰盘; 13通道B热电偶; 14通道C围压; 15通道D孔压注入; 16通道E背压; 17热电偶; 18液压油缸; 19轴向位移传感器; 20通道F轴压; 21挡板; 22底部固定支架; 23高精度压力体积控制器孔压; 24高精度压力体积控制器轴压; 25高精度压力体积控制器围压; 26氮气气源围压; 27氩气气源孔压; 28氮气气源孔压; 29a、29b、29c、29d、29e、29f、29g、29h针阀; 30背压阀; 31气水分离器; 32气体流量计; 33水浴; 34X射线发射器; 35X射线接收器; 36数据采集器; 37水合物沉积物CT三轴试验装置。

发明实施例

本发明的实施方式

- [0035] 以下结合附图和技术方案, 进一步说明本发明的具体实施方式。
- [0036] (1)、连接管路: 将水合物沉积物CT三轴试验装置37的底部固定支架22固定于微焦点CT载物台。根据图3, 将一种水合物沉积物CT三轴试验装置37的冷却液通道A3与水浴33使用柔性管路相连, 以实现压力室2的温度控制; 将一种水合物沉积物CT三轴试验装置37的通道C14经针阀29a、29b和29c分别与高精度压力体积控制器25和氮气气源26使用柔性耐压管路相连, 以实现沉积物试样8的围压控制; 将一种水合物沉积物CT三轴试验装置37的通道D15经针阀29e和29h分别与高精度压力体积控制器23、氩气气源27和氮气气源28使用柔性耐压管路相连, 以实现沉积物试样8的孔隙压力控制。氩气气源27为沉积物试样8提供水合物原位生成所需的气体供给。氮气气源28主要用于管路检漏。将一种水合物沉积物C

T三轴试验装置37的通道D16经针阀29d分别与背压阀30、气水分离器31和气体流量计32使用柔性耐压管路相连, 以实现沉积物试样8的背压控制。气体流量计32用于计算沉积物试样8在分解实验中的水合物饱和度变化。将一种水合物沉积物CT三轴试验装置37的通道F20经针阀29f与高精度压力体积控制器24使用柔性耐压管路相连, 以实现轴向加载。将一种水合物沉积物CT三轴试验装置37的通道B13中的热电偶17、高精度压力体积控制器23、高精度压力体积控制器24、高精度压力体积控制器25、轴向位移传感器19、水浴33与数据采集器36相连, 以实现一种水合物沉积物CT三轴试验装置37在实验过程中的数据采集。

- [0037] (2)、试样制备: 根据所需试样孔隙度及水合物饱和度, 在冷库-15℃内将一定量的冰粉和砂混合均匀, 在击样筒内使用击实锤分15层击实, 制成冰砂混合物圆柱试样, 冷冻6小时后, 拆除击样筒将试样取出。
- [0038] (3)、试样安装: 拆除法兰盘12与压力室2之间的螺栓, 打开压力室2。依次将下透水石7、沉积物试样8、上透水石6、上压头5放置在下压头10上, 并包裹橡皮膜9, 然后盖上压力室2, 拧紧法兰盘12与压力室2之间的螺栓。
- [0039] (4)、试样饱和: 打开针阀29a、针阀29b、针阀29c。打开氮气气源26, 氮气经针阀29a、针阀29c以及针阀29b分别向压力室2和高精度压力体积控制器25内注入, 当高精度压力体积控制器25内的压力升至0.2MPa时, 关闭针阀29a和氮气气瓶26。打开针阀29h、针阀29e, 将背压阀30调至最高。打开氙气气源27, 氙气经针阀29h、针阀29e分别向高精度压力体积控制器23和沉积物试样8内注入, 当高精度压力体积控制器23的压力升至0.1MPa时, 关闭氙气气源27。调节高精度压力体积控制器25和高精度压力体积控制器23, 控制围压增加速率与孔隙压力增加速率相同, 并且始终保持围压比孔隙压力高0.1MPa, 直至围压和孔隙压力分别达到0.7MPa和0.6MPa。调整高精度压力体积控制器25和高精度压力体积控制器23进入恒压模式。开启水浴33, 调节压力室2内氮气温度上升至18℃, 使沉积物试样8内的冰融化。压力室2内氮气温度通过热电偶17获得。当高精度压力体积控制器23内的氙气体积不再消耗时, 认为沉积物试样8达到完全气饱和。
- [0040] (5)、水合物原位生成: 调整水浴33, 调节压力室2内氮气温度至7℃, 使沉积物试样8的温度低于水合物相平衡温度。当高精度压力体积控制器23内的气体

体积没有明显变化时，表明沉积物试样8孔隙内的水已经与氙气完全反应生成氙气水合物，根据高精度压力体积控制器23内的氙气体积变化，计算水合物饱和度。

[0041] (6)、试样固结：根据具体实验工况，调节并维持高精度压力体积控制器25和高精度压力体积控制器23的压力以释放沉积物试样8内部的超静孔隙压力以实现沉积物试样8的固结，当高精度压力体积控制器23的体积不再变化时，认为沉积物试样8固结完成。

[0042] (7)、试样剪切：根据实验所需的剪切速率，设定并维持高精度压力体积控制器24内的液压油注入流速，以推动加载活塞11对沉积物试样8进行剪切，通过数据采集器36采集剪切过程中高精度压力体积控制器24的压力变化和轴向位移传感器19的位移变化量，以得到沉积物试样8在剪切过程中的应力应变曲线。当要进行CT扫描时，暂停轴向加载，以防止CT图像重影。

[0043] 8、数据分析：按照上述步骤获得的应力应变曲线如图4所示，可以分为三个阶段：第一阶段，线性阶段轴向应变：0%-2%，在该阶段偏应力几乎随轴向应变的增加而线性增加，试样整体表现出弹性特征；塑性阶段轴向应变：2%-4%，在该阶段偏应力随轴向应变的增长速率逐步降低；屈服阶段轴向应变：4%-10%，在该阶段偏应力几乎不随轴向应变的增加产生变化。图5和图6分别展示了应变为0%、2%、4%和7%时沉积物试样8整体和中部的CT扫描图像，其中白色部分为水合物，灰色部分为砂颗粒，黑色部分为孔隙。由图7可以发现，在线性阶段轴向应变：0%-2%，沉积物试样8内的胶结结构没有发生明显破坏；随着轴向应变的继续增大，沉积物试样8进入塑性阶段轴向应变：2%-4%，由图8可以发现水合物发生了明显的脱落剥离行为。当进入屈服阶段轴向应变：4%-10%时，由图9可以发现沉积物试样8内部的水合物发生了明显的大规模的碾碎破坏现象。将沉积物试样8在轴向应变为4%与7%时的纵向截面图进行粒子图像测速法Particle Image Velocimetry分析，可以得到明显的剪切带图像，如图10所示，剪切带的倾角为50.1°，厚度为6.8mm。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种水合物沉积物CT三轴试验装置，其特征在于，所述的水合物沉积物CT三轴试验装置包括水浴夹套（1）、压力室（2）、冷却液通道（3）、顶锥（4）、上压头（5）、上透水石（6）、下透水石（7）、沉积物试样（8）、橡皮膜（9）、下压头（10）、加载活塞（11）、法兰盘（12）、热电偶（17）、液压油缸（18）、轴向位移传感器（19）、挡板（21）和底部固定支架（22）；
- 所述的水浴夹套（1）罩在压力室（2）上方，并通过螺栓与压力室（2）上表面固定，水浴夹套（1）与压力室（2）之间使用O型圈密封，水浴夹套（1）上部设有冷却液通道（3）；
- 所述的压力室（2）由两种材料组成，整体分为三部分，三部分之间采用O型圈密封，螺栓固紧；上部和下部采用铝合金材料，中部采用工程塑料；
- 所述的压力室（2）上部安装有顶锥（4），顶锥（4）杆加工有螺纹，与压力室（2）相互配合安装；顶锥（4）与上压头（5）接触；
- 所述的上压头（5）下部依次为上透水石（6）、沉积物试样（8）、下透水石（7）和下压头（10）；上压头（5）下半部分、上透水石（6）、沉积物试样（8）、下透水石（7）和下压头（10）上半部分包裹有橡皮膜（9）；
- 所述的下压头（10）与加载活塞（11）使用螺纹固定连接；
- 所述的加载活塞（11）在液压油缸（18）中上下移动，并采用密封圈密封；
- 所述的压力室（2）下部与法兰盘（12）接触，并通过O型圈密封，螺栓固紧；所述的法兰盘（12）内部含有四个通道：通道B（13）、通道C（14）、通道D（15）和通道E（16），分别为热电偶（17）通道、围压控制通道、孔隙压力控制通道以及背压控制通道；其中，在三轴仪主机内部，在通道B（13）的出口处安装有热电偶（17），通道D（15）和通道E（16）分别通过柔性耐压尼龙管路与下压头（10）

）和上压头（5）连接；

所述的法兰盘（12）与液压油缸（18）之间使用O型圈密封，螺栓紧固；

所述的液压油缸（18）侧面固定有轴向位移传感器（19）；液压油缸（18）侧面下部含有通道F（20），用于注入液压油控制轴向加载；

所述的加载活塞（11）底部安装有挡板（21），挡板（21）与加载活塞（11）之间采用螺栓连接，挡板（21）与轴向位移传感器（19）相互接触，实现轴向位移实时反馈；

所述的液压油缸（18）下部固定有底部固定支架（22），液压油缸（18）和底部固定支架（22）之间采用螺栓连接，用于水合物CT三轴仪试验装置在微焦点CT载物台上的旋转；

所述的加载活塞（11）、法兰盘（12）与液压油缸（18）构成的轴向加载机构，整体处于水合物三轴仪装置下方，降低了整个装置的重心，增强了水合物沉积物CT三轴仪装置在CT扫描过程中的稳定性。

[权利要求 2] 根据权利要求1所述的水合物沉积物CT三轴试验装置，其特征在于，为了加强顶锥（4）的稳定性，在顶锥（4）上部安装有与顶锥（4）杆相同直径的螺栓。

[权利要求 3] 根据权利要求1或2所述的水合物沉积物CT三轴试验装置，其特征在于，所述的水浴夹套（1）采用隔热性能好的材料，且所述压力室（2）上部铝合金材料内侧加工有螺旋式肋板，以减少冷却液热损失并提高换热效率。

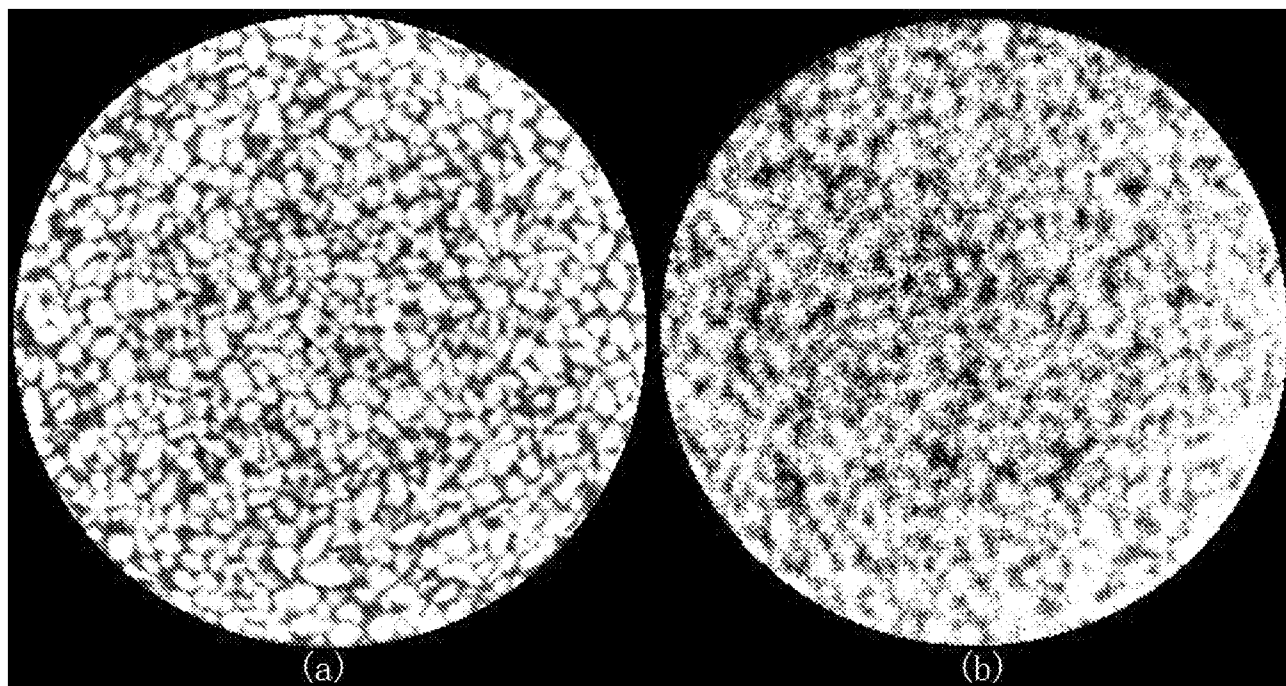


图 1

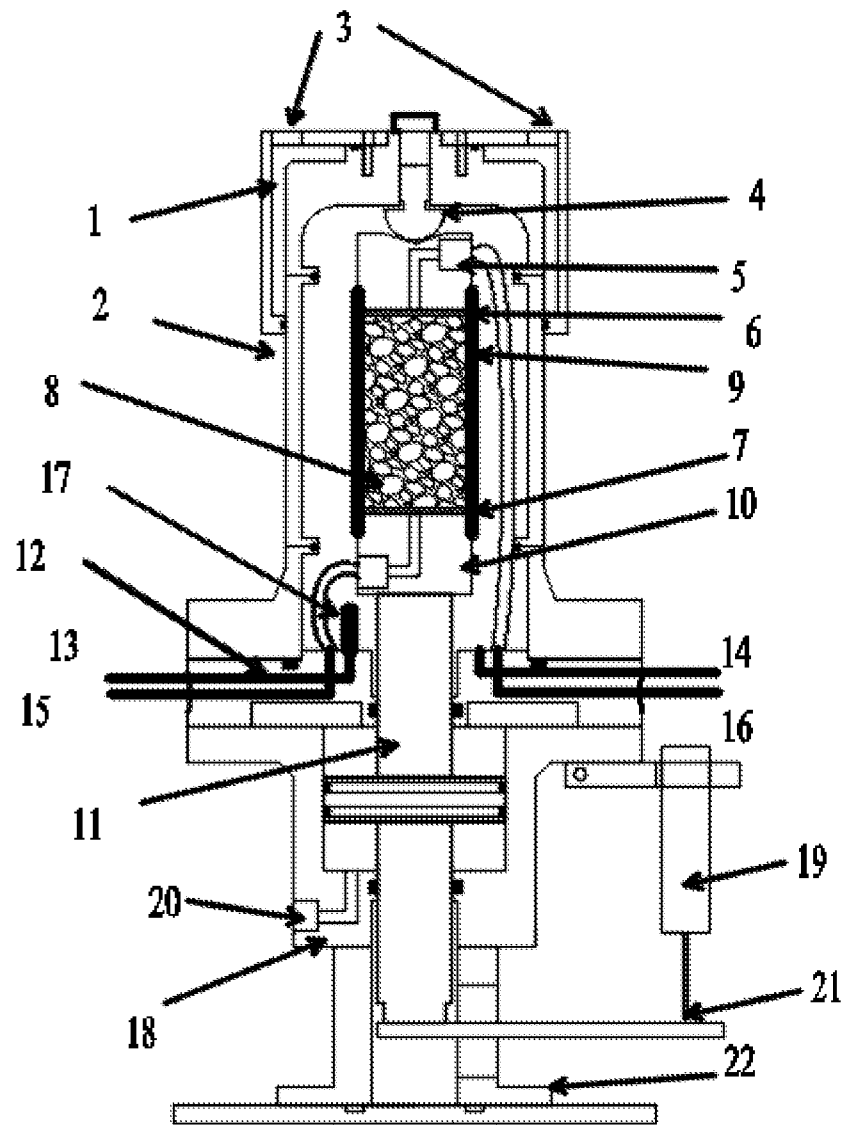


图 2

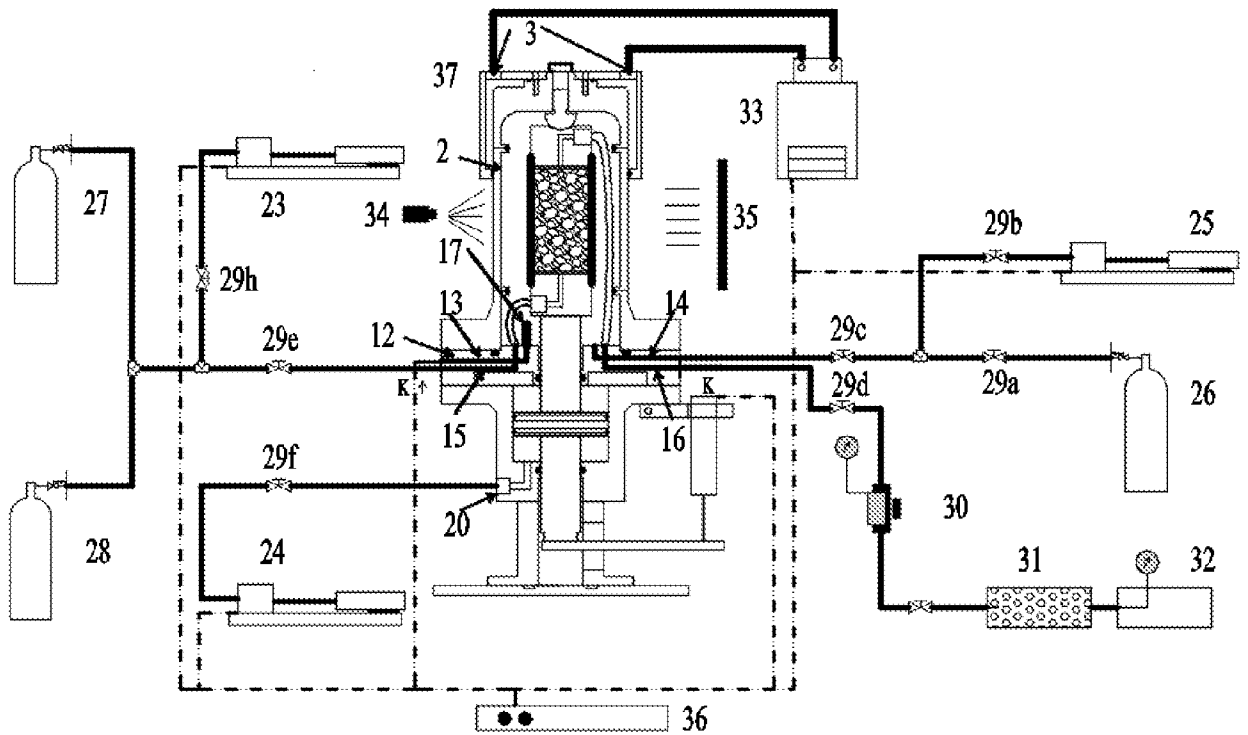


图 3

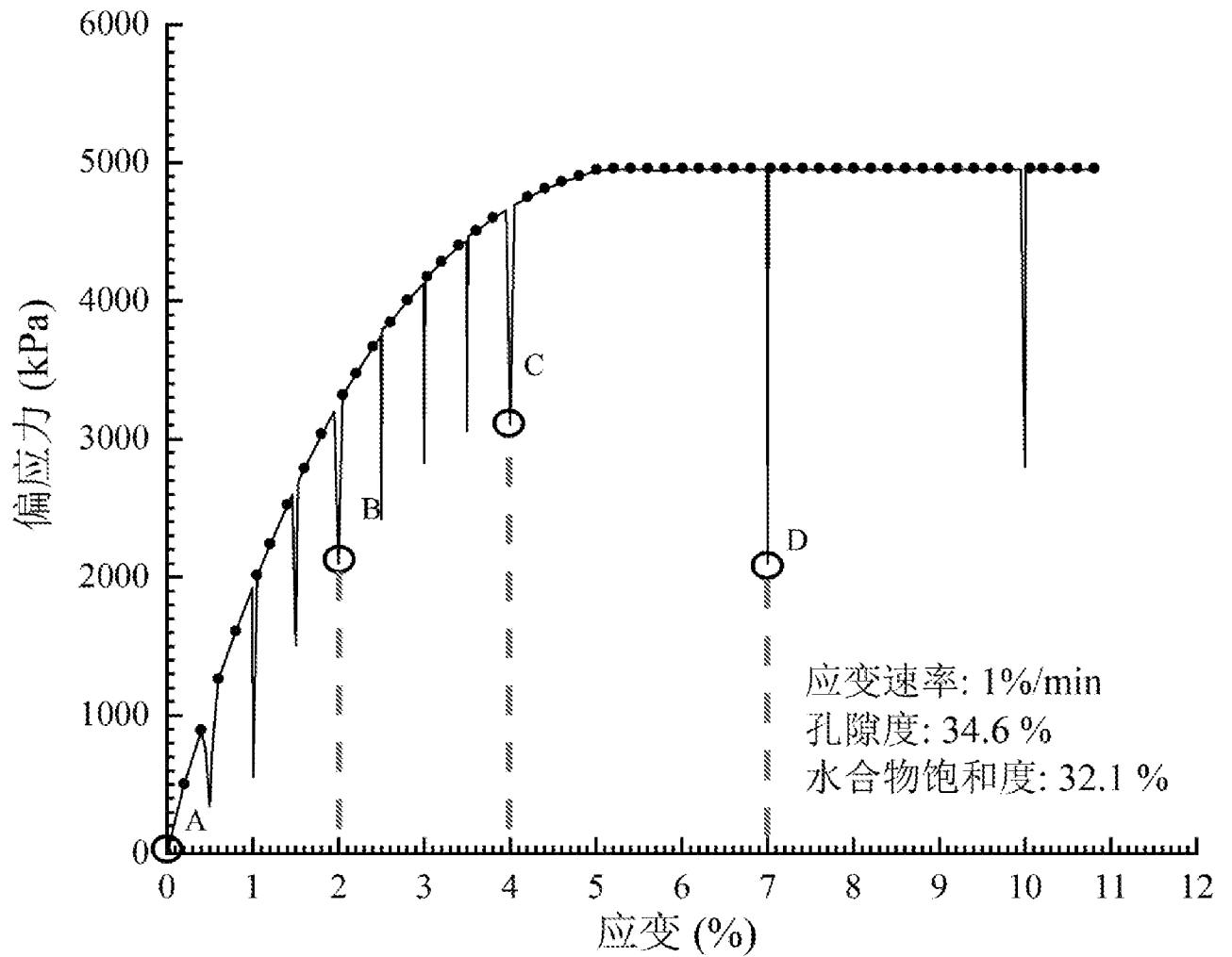


图 4

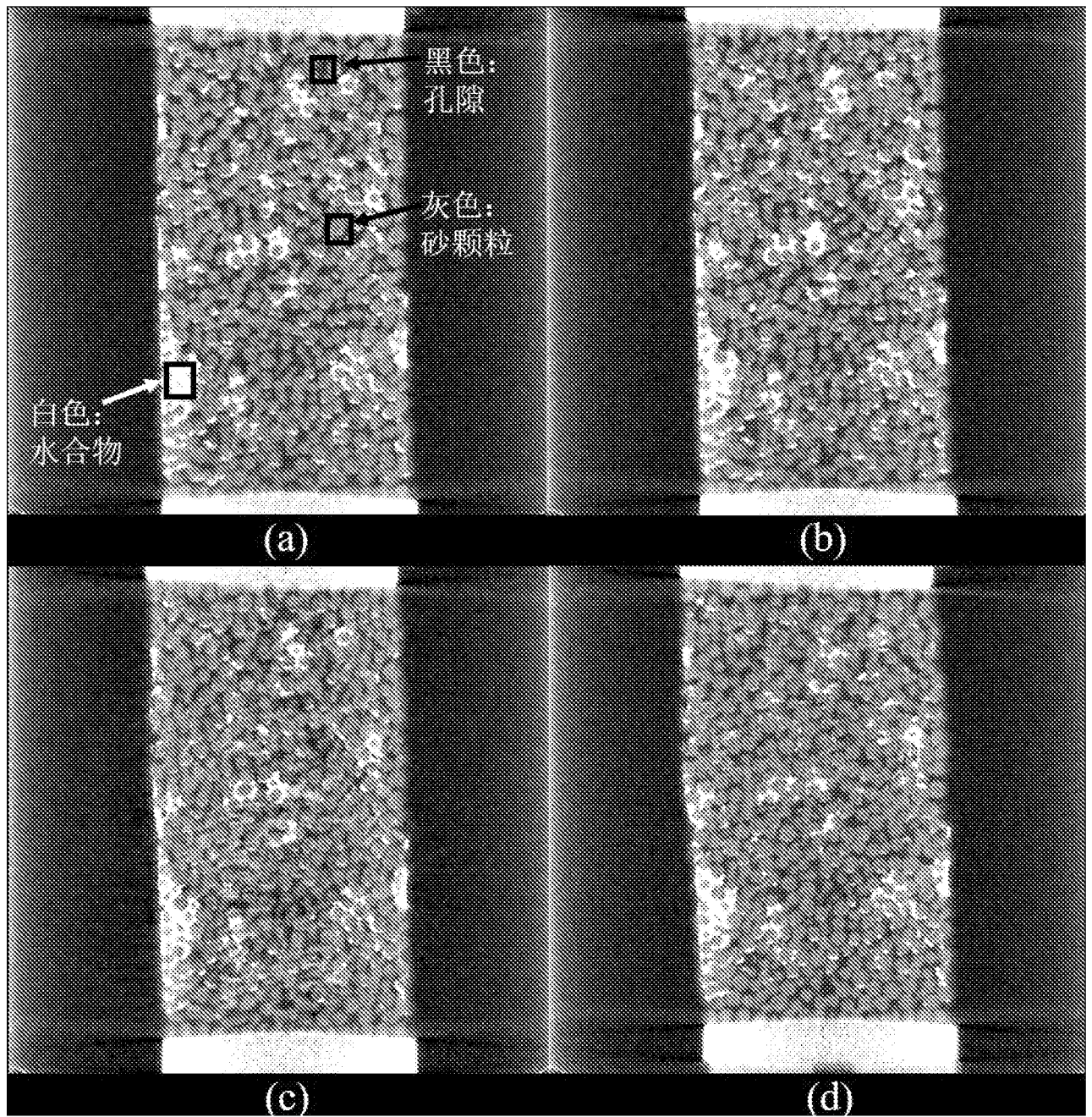


图 5

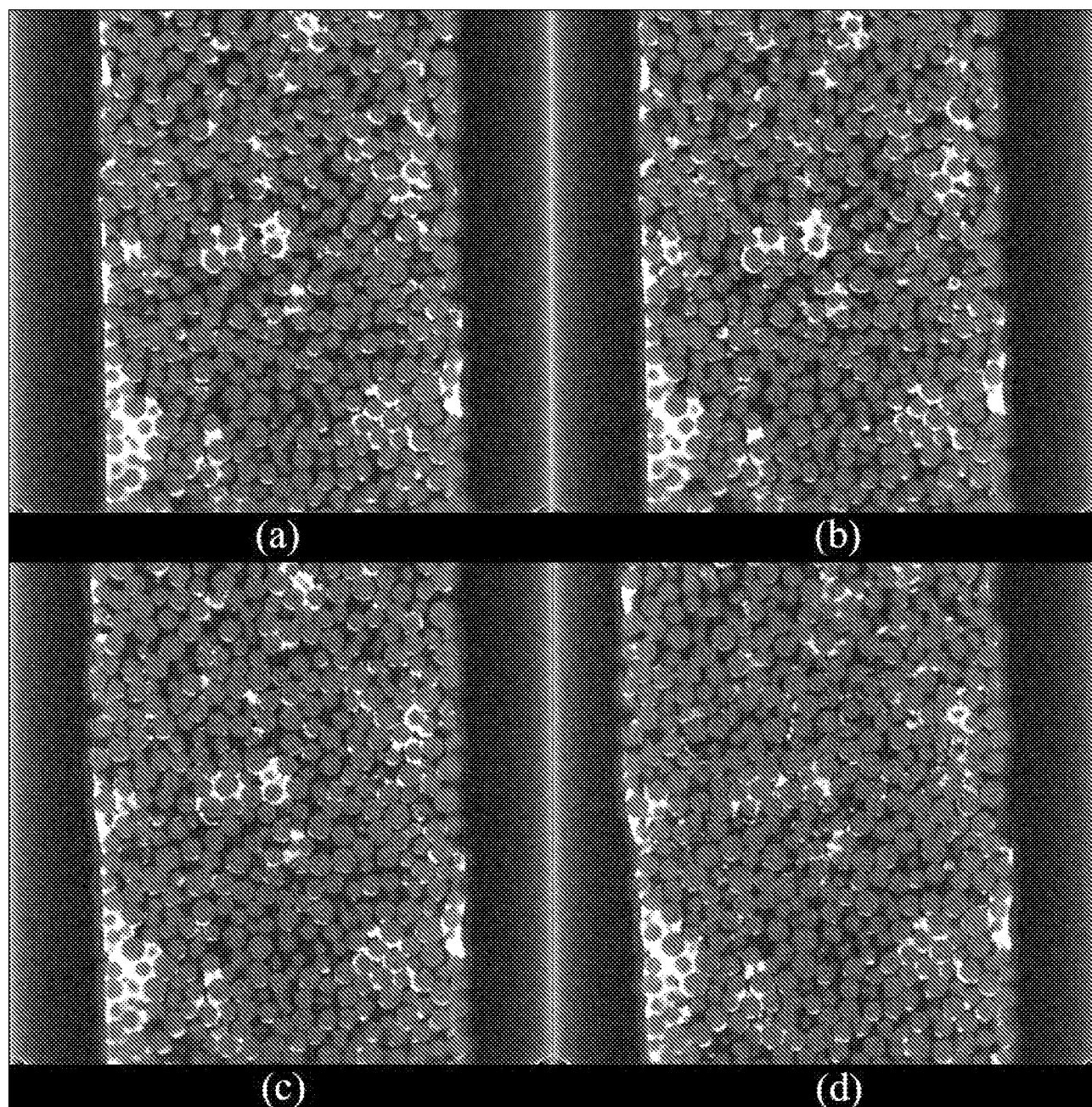


图 6

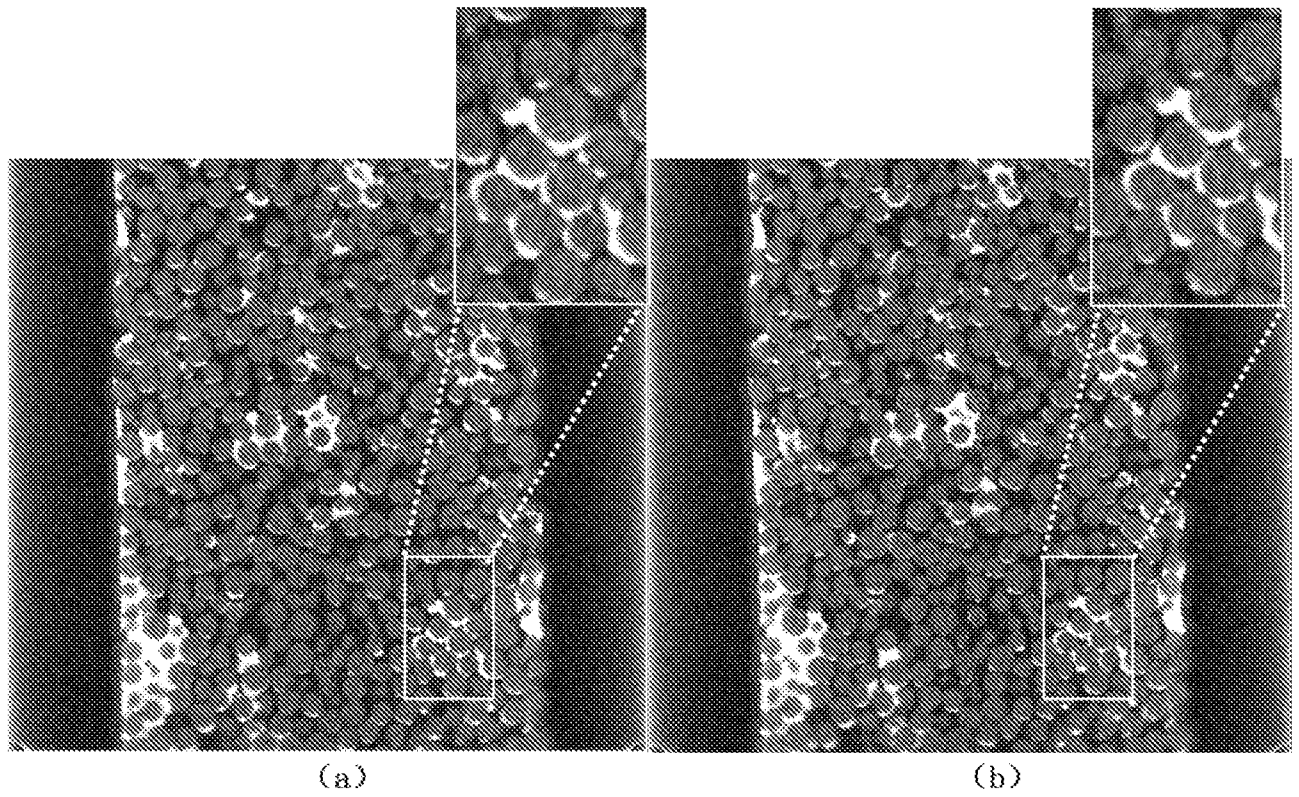


图 7

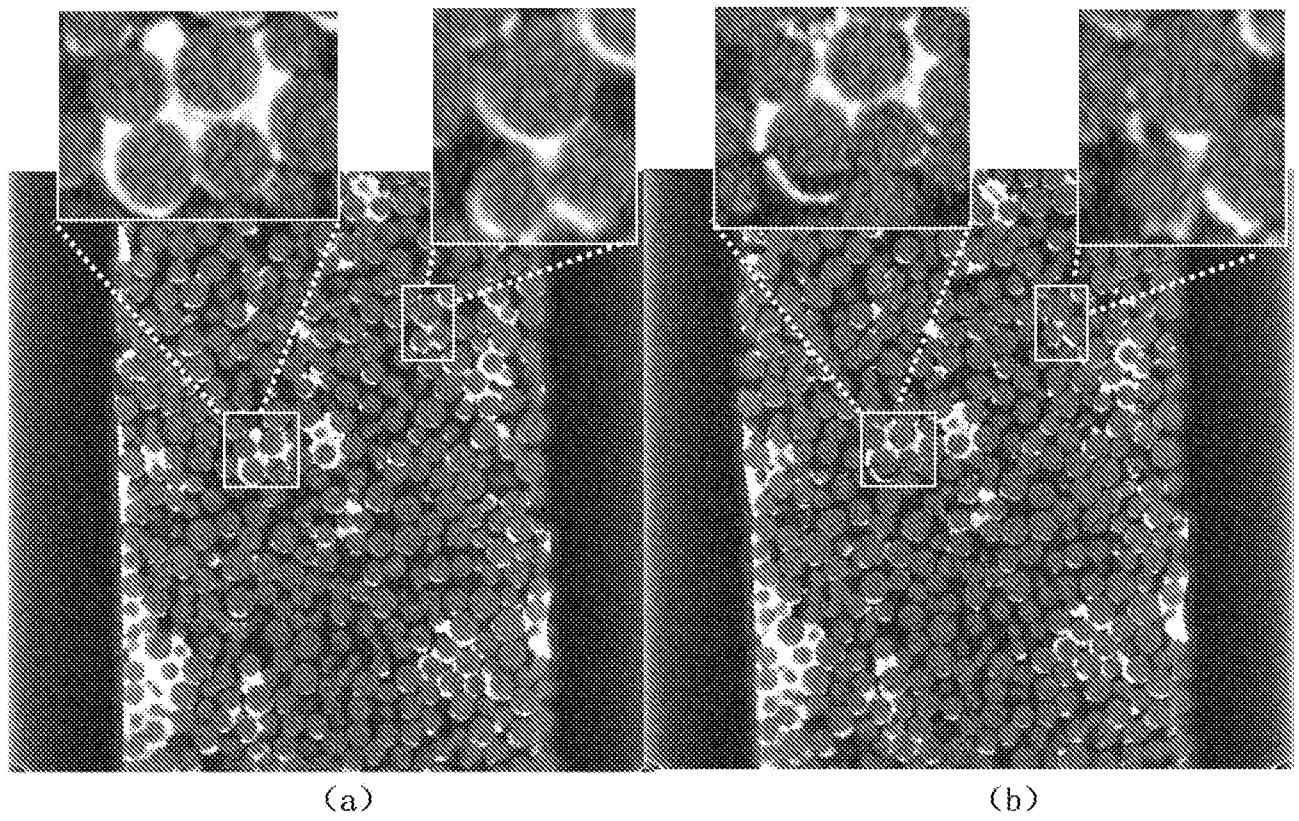


图 8

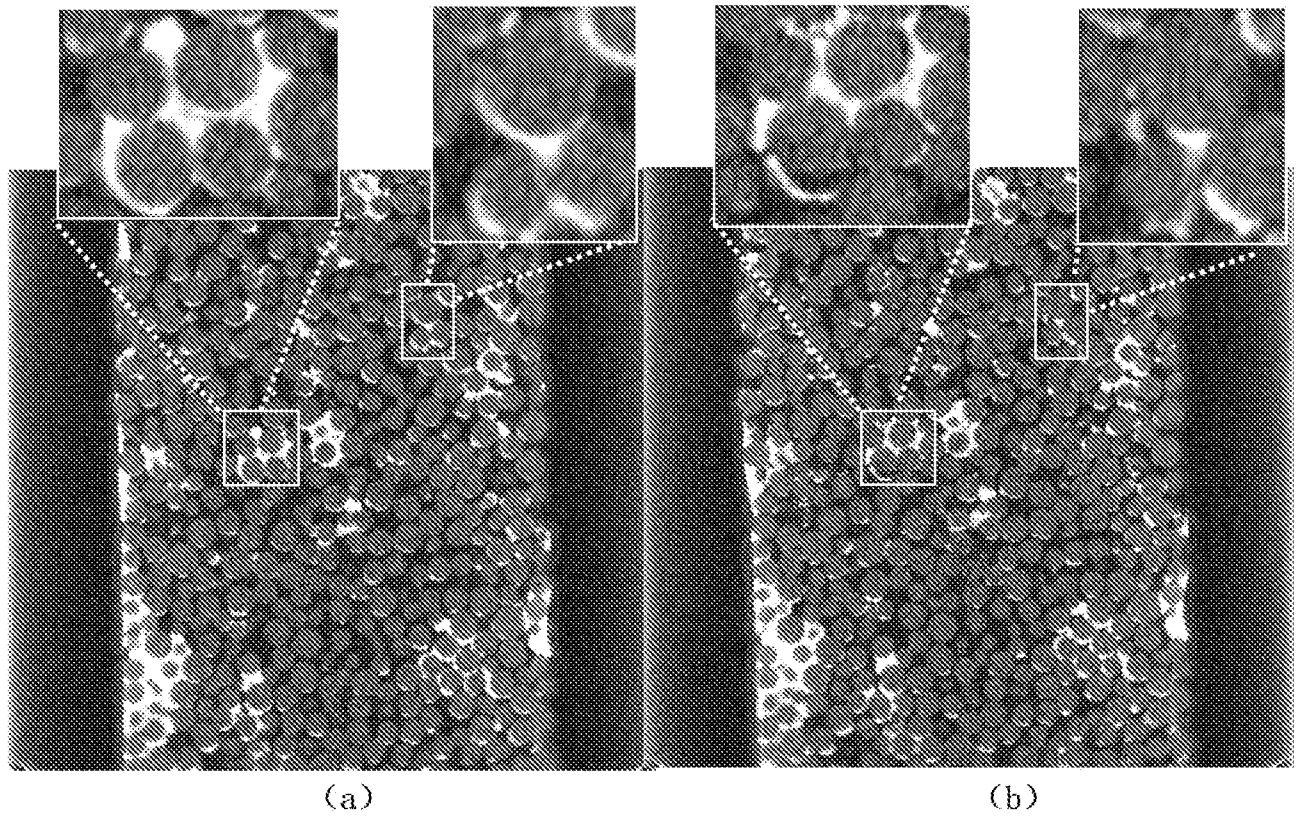


图 9

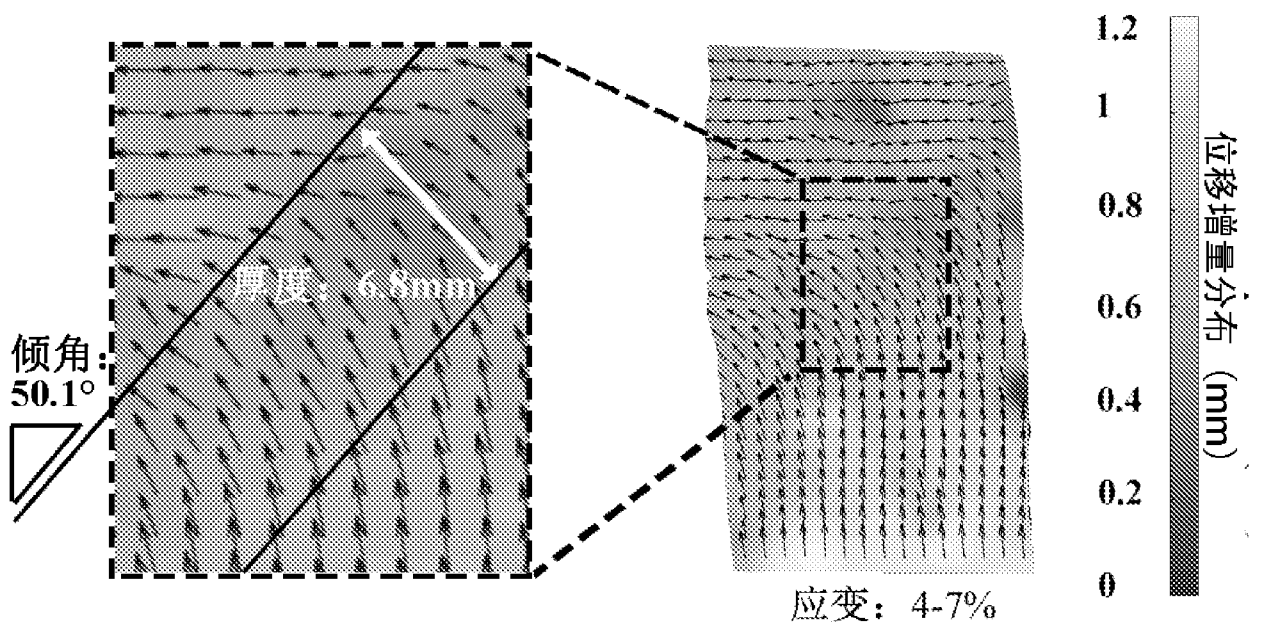


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/119107

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 23/046(2018.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI: 大连理工大学, 宋永臣, 水合物, 沉积物, 土壤, 岩石, CT, 扫描, 三轴, 载荷, 加载, 压力, 围压, 压力室, 围压室, 压力腔, 塑料, 透明, 位移, hydrate, rock+, sediment+, tomography, x w radial, x w ray, scan+, three w shaft, compress+, press+, chamber, load+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109668916 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 23 April 2019 (2019-04-23) claims 1-3	1-3
Y	CN 104155188 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 19 November 2014 (2014-11-19) claims 1-9, description, paragraphs [0034]-[0040], and figures 1-3	1-3
Y	CN 103868801 A (PETROCHINA COMPANY LIMITED) 18 June 2014 (2014-06-18) description, paragraphs [0030]-[0065], and figures 1-4	1-3
A	CN 103616290 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 05 March 2014 (2014-03-05) entire document	1-3
A	CN 106644729 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 10 May 2017 (2017-05-10) entire document	1-3
A	CN 103424414 A (QINGDAO INSTITUTE OF MARINE GEOLOGY) 04 December 2013 (2013-12-04) entire document	1-3



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 February 2020

Date of mailing of the international search report

21 February 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/119107

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2014072104 A1 (CARL ZEISS X-RAY MICROSCOPY INC.) 13 March 2014 (2014-03-13) entire document	1-3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/119107

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109668916	A	23 April 2019	None			
CN	104155188	A	19 November 2014	CN	104155188	B	11 May 2016
CN	103868801	A	18 June 2014	CN	103868801	B	06 April 2016
CN	103616290	A	05 March 2014	None			
CN	106644729	A	10 May 2017	None			
CN	103424414	A	04 December 2013	None			
US	2014072104	A1	13 March 2014	US	9016943	B2	28 April 2015
				US	8602648	B1	10 December 2013

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/119107

A. 主题的分类 G01N 23/046(2018.01) i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																										
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G01N 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNPAT, WPI, EPDOC, CNKI: 大连理工大学, 宋永臣, 水合物, 沉积物, 土壤, 岩石, CT, 扫描, 三轴, 载荷, 加载, 压力, 围压, 压力室, 围压室, 压力腔, 塑料, 透明, 位移, hydrate, rock+, sediment+, tomography, x w radial, x w ray, scan+, three w shaft, compress+, press+, chamber, load+																										
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109668916 A (大连理工大学) 2019年 4月 23日 (2019 - 04 - 23) 权利要求1-3</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 104155188 A (大连理工大学) 2014年 11月 19日 (2014 - 11 - 19) 权利要求1-9, 说明书第[0034]-[0040]段, 图1-3</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103868801 A (中国石油天然气股份有限公司) 2014年 6月 18日 (2014 - 06 - 18) 说明书第[0030]-[0065]段, 图1-4</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103616290 A (大连理工大学) 2014年 3月 5日 (2014 - 03 - 05) 全文</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106644729 A (中南大学) 2017年 5月 10日 (2017 - 05 - 10) 全文</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103424414 A (青岛海洋地质研究所) 2013年 12月 4日 (2013 - 12 - 04) 全文</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2014072104 A1 (CARL ZEISS X-RAY MICROSCOPY INC.) 2014年 3月 13日 (2014 - 03 - 13) 全文</td> <td>1-3</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 109668916 A (大连理工大学) 2019年 4月 23日 (2019 - 04 - 23) 权利要求1-3	1-3	Y	CN 104155188 A (大连理工大学) 2014年 11月 19日 (2014 - 11 - 19) 权利要求1-9, 说明书第[0034]-[0040]段, 图1-3	1-3	Y	CN 103868801 A (中国石油天然气股份有限公司) 2014年 6月 18日 (2014 - 06 - 18) 说明书第[0030]-[0065]段, 图1-4	1-3	A	CN 103616290 A (大连理工大学) 2014年 3月 5日 (2014 - 03 - 05) 全文	1-3	A	CN 106644729 A (中南大学) 2017年 5月 10日 (2017 - 05 - 10) 全文	1-3	A	CN 103424414 A (青岛海洋地质研究所) 2013年 12月 4日 (2013 - 12 - 04) 全文	1-3	A	US 2014072104 A1 (CARL ZEISS X-RAY MICROSCOPY INC.) 2014年 3月 13日 (2014 - 03 - 13) 全文	1-3
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 109668916 A (大连理工大学) 2019年 4月 23日 (2019 - 04 - 23) 权利要求1-3	1-3																								
Y	CN 104155188 A (大连理工大学) 2014年 11月 19日 (2014 - 11 - 19) 权利要求1-9, 说明书第[0034]-[0040]段, 图1-3	1-3																								
Y	CN 103868801 A (中国石油天然气股份有限公司) 2014年 6月 18日 (2014 - 06 - 18) 说明书第[0030]-[0065]段, 图1-4	1-3																								
A	CN 103616290 A (大连理工大学) 2014年 3月 5日 (2014 - 03 - 05) 全文	1-3																								
A	CN 106644729 A (中南大学) 2017年 5月 10日 (2017 - 05 - 10) 全文	1-3																								
A	CN 103424414 A (青岛海洋地质研究所) 2013年 12月 4日 (2013 - 12 - 04) 全文	1-3																								
A	US 2014072104 A1 (CARL ZEISS X-RAY MICROSCOPY INC.) 2014年 3月 13日 (2014 - 03 - 13) 全文	1-3																								
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																										
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																										
国际检索实际完成的日期 2020年 2月 13日		国际检索报告邮寄日期 2020年 2月 21日																								
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 陈优 电话号码 86-(10)-53962457																								

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/119107

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	109668916	A	2019年 4月 23日	无	
CN	104155188	A	2014年 11月 19日	CN 104155188	B 2016年 5月 11日
CN	103868801	A	2014年 6月 18日	CN 103868801	B 2016年 4月 6日
CN	103616290	A	2014年 3月 5日	无	
CN	106644729	A	2017年 5月 10日	无	
CN	103424414	A	2013年 12月 4日	无	
US	2014072104	A1	2014年 3月 13日	US 9016943	B2 2015年 4月 28日
				US 8602648	B1 2013年 12月 10日