



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106950355 A

(43)申请公布日 2017.07.14

(21)申请号 201710369073.1

(22)申请日 2017.05.23

(71)申请人 中国石油大学(华东)

地址 266580 山东省东营市北二路271号

(72)发明人 杨金秀 卢双舫 薛海涛 张彦廷

王民 张天宇

(74)专利代理机构 北京金智普华知识产权代理

有限公司 11401

代理人 杨采良

(51) Int. Cl.

G01N 33/24(2006.01)

G01N 1/04(2006.01)

G01N 35/00(2006.01)

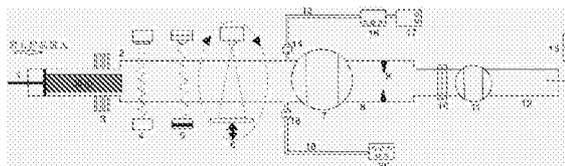
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种海洋天然气水合物的随船综合在线检测装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种海洋天然气水合物的随船综合在线检测装置及方法,属于天然气水合物勘探技术领域。该装置包括岩心推动装置、保压保温岩心检测桶、控压阀、GR密度测试仪、P波检测仪、X-CT扫描成像仪、第一球阀、岩心切割桶、岩心切割仪、分离装置、第二球阀、子样品备份桶、蓄能器、第三球阀、第一导管、气相色谱仪、同位素质谱仪、第四球阀、第二导管和离子色谱仪。



1. 一种海洋天然气水合物的随船综合在线检测装置,其特征在于,包括保温保压岩心检测桶,保温保压岩心检测桶的最左侧连接岩心推动装置,岩心推动装置右侧的保温保压岩心检测桶上设置有控压阀,控压阀右侧连接GR密度测试仪,GR密度测试仪右侧连接P波检测仪,P波检测仪右侧连接X-CT扫描成像仪,保温保压岩心检测桶最右侧上部连接第三球阀,第三球阀连接导管,第一导管连接气相色谱仪,气相色谱仪连接同位素质谱仪,保温保压岩心检测桶最右侧下部连接第四球阀,第四球阀连接第二导管,第二导管连接离子色谱仪,保温保压岩心检测桶最右侧连接第一球阀,第一球阀右侧连接岩心切割桶,岩心切割桶中设置有岩心切割仪,岩心切割桶右侧连接分离装置,分离装置右侧连接第二球阀,第二球阀右侧连接子样品备份桶,子样品备份桶右侧连接蓄能器。

2. 根据权利要求1所述的一种海洋天然气水合物的随船综合在线检测装置,其特征在于,所述X-CT扫描成像仪通过将射线源和探测器固定在转盘上。

3. 一种海洋天然气水合物的随船综合在线检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一:在检测过程中对检测室实施保温措施,包括检测室的空调控温,检测桶外罩保温材料,将温度控制在0℃;

步骤二:关闭所有球阀,对原位取样岩心在保温保压岩心检测桶中进行物性参数的在线检测,记录检测结果R1;

步骤三:打开第一球阀,根据岩心的物性在线检测结果,对样品特定位置在岩心切割桶中用岩心切割仪进行切割,选取水合物含量高的第一子样品进行后续在线检测;

步骤四:打开第二球阀,将切割后的第二子样品被推送到子样品备份桶进行保压保存,关闭第二球阀,通过蓄能器对子样品备份桶进行压力调整;

步骤五:将子样品备份桶通过分离装置进行分离;

步骤六:将第一子样品推送至物性检测装置,关闭第一球阀,对第一子样品在保温保压岩心检测桶中进行原位物性参数的在线检测,记录检测结果R2;

步骤七:通过控压阀调整压力值,分四次逐步等量泄压,使压力从 P_0 降至小于水合物分解临界压力值 P_a ,此时水合物充分分解,记录第一子样品在每种压力状态下的检测结果R3, R4, R5, R6;

水合物岩心样品的原位温度和压力值为 T_0 、 P_0 ,临界状态的温度和压力值为 T_0 、 P_a ,其中临界压力 P_a 值通过取样深度和水合物稳定曲线计算得出:

$$P_a = \rho g D_a$$

式中, ρ 为海水密度, g 为重力加速度, D_a 为 T_0 温度与水合物稳定曲线相交处的深度值;

步骤八:水合物充分分解后,打开第三球阀,将气体通过第一导管先导入至气相色谱仪对烃类气体组分进行检测,之后,再将气体导入至同位素质谱仪17进行碳氢同位素分析;

步骤九:关闭第三球阀,打开第四球阀,将流体通过第二导管导入离子色谱仪进行分析,掌握孔隙水的阴阳离子浓度信息;

步骤十:保压备份的第二子样品通过海运和陆运的方式运送至陆上实验室,不能空运,并尽快进行相关分析检测,与随船综合在线检测的分析结果进行对比。

4. 根据权利要求3所述的一种海洋天然气水合物的随船综合在线检测方法,其特征在于,所述步骤二、五、七中所述物性参数的在线检测包括从左到右的GR密度检测仪、P波速度检测仪和X-CT扫描成像仪,以上检测能够用于计算岩心样品的孔隙度、渗透率,测量岩芯孔

径、孔喉比,展示孔隙空间分布、连通情况。

5. 根据权利要求3所述的一种海洋天然气水合物的随船综合在线检测方法,其特征在于,步骤八、九在等水合物充分分解后,通过分别打开岩心桶上的第三球阀和第四球阀的接口,将岩心顶部空气和孔隙水分别通过导管导出至不同仪器,直接进行相关分析检测。

一种海洋天然气水合物的随船综合在线检测装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于天然气水合物勘探开发技术领域,涉及一种海洋天然气水合物的随船综合在线检测装置及方法。

背景技术

[0002] 海洋天然气水合物原位取心勘探的目的是获得水合物样品的第一手资料,分析水合物样品的地球化学标志以及水合物储层原位物性等特征,最终服务于水合物资源的商业性开采以及对水合物分解诱发地质灾害的可能性进行评价。水合物的稳定条件为高压、低温,环境的变化很容易引起水合物的分解。在取样过程中,温度压力条件很难完全保持地下原位状态,随时间推移沉积物储层中的气体组分会发生逸失,沉积物物性等也会发生变化。因此,对水合物进行保压取芯,并在短时间内进行保压岩芯的随船在线检测,能够更准确地反映水合物样品的真实气体组分和水合物储层的物性特征。

[0003] 目前,保压取芯技术在国内外发展均比较成熟,但我国后续的样品保压转移、处理、检测技术却与世界先进水平存在很大差距。英国Geotek公司的PCATS系统可以在保温保压条件下(最大工作压力250Bar)对原始的沉积物结构进行分析,岩芯样品可以根据用户的需要进行切割,每一小段样品都可以转移到定制的压力保存舱内,然后继续后续检测分析。美国的Mallik移动岩芯实验室可以进行整体岩芯测量和薄片测量,但没有在保压保温条件下进行。此外,世界其他国家以及中国也在积极探索水合物岩心的在线检测分析技术。

发明内容

[0004] 取得水合物保压样品后,为了保证效率和节约样品,应依照一定顺序进行随船在线检测分析。本发明的目的是提供一种海洋天然气水合物的随船综合在线检测装置及方法,针对保压取芯样品,设计一套全面而合理的随船在线检测和分析项目,包括储层沉积物原位物性分析、水合物气体组分和同位素分析、孔隙水成分分析等。同时,对每个样品进行保温保压条件下备份,通过海运和陆运的方式运送至陆上实验室,并尽快进行分析检测,与随船综合在线检测的分析结果进行对比。

[0005] 其具体技术方案为:

[0006] 一种海洋天然气水合物的随船综合在线检测装置,包括保温保压岩心检测桶2,保温保压岩心检测桶2的最左侧连接岩心推动装置1,岩心推动装置1右侧的保温保压岩心检测桶2上设置有控压阀3,控压阀3右侧连接GR密度测试仪4,GR密度测试仪4右侧连接P波检测仪5,P波检测仪5右侧连接X-CT扫描成像仪6,保温保压岩心检测桶2最右侧上部连接第三球阀14,第三球阀14连接第一导管15,第一导管15连接气相色谱仪16,气相色谱仪16连接同位素质谱仪17,保温保压岩心检测桶2最右侧下部连接第四球阀18,第四球阀18连接第二导管19,第二导管19连接离子色谱仪20,保温保压岩心检测桶2最右侧连接第一球阀7,第一球阀7右侧连接岩心切割桶8,岩心切割桶8中设置有岩心切割仪9,岩心切割桶8右侧连接分离装置10,分离装置10右侧连接第二球阀11,第二球阀11右侧连接子样品备份桶12,子样品备

份桶12右侧连接蓄能器13。

[0007] 进一步,控压阀3可对岩心检测桶2进行压力调整,当打开第一球阀7时,可使岩心切割桶8与岩心检测桶2的压力都调整至水合物的原位压力;

[0008] 进一步,X-CT扫描成像仪6可通过将射线源和探测器固定在转盘上,围绕位于转盘中间圆孔中的岩心进行360°旋转,实现岩心的三维立体扫描,能够更直观探测水合物在岩心样品中的位置和饱和度,指导后续的样品切割及检测;

[0009] 进一步,蓄能器补偿装置13能够补偿子样品备份桶12在转移和保存过程中造成的微量压力泄露。

[0010] 一种海洋天然气水合物的随船综合在线检测方法,包括以下步骤:

[0011] 步骤一:在检测过程中对检测室实施保温措施,包括检测室的空调控温,检测桶外罩保温材料,将温度控制在0℃左右。

[0012] 步骤二:关闭所有球阀,对原位取样岩心在保温保压岩心检测桶2中进行物性参数的在线检测,记录检测结果R1;

[0013] 步骤三:打开第一球阀7,根据岩心的物性在线检测结果,对样品特定位置在岩心切割桶8中用岩心切割仪9进行切割,选取水合物含量高的第一子样品进行后续在线检测;

[0014] 步骤四:打开第二球阀11,将切割后的第二子样品被推送到子样品备份桶12进行保压保存,关闭第二球阀11,可通过蓄能器13对子样品备份桶12进行压力调整;

[0015] 步骤五:将子样品备份桶12通过分离装置10进行分离;

[0016] 步骤六:将第一子样品推送至物性检测装置,关闭第一球阀7,对第一子样品在保温保压岩心检测桶2中进行原位物性参数的在线检测,记录检测结果R2;

[0017] 步骤七:通过控压阀3调整压力值,分四次逐步等量泄压,使压力从 P_0 降至小于水合物分解临界压力值 P_d ,此时水合物充分分解,记录第一子样品在每种压力状态下的检测结果R3,R4,R5,R6;

[0018] 水合物岩心样品的原位温度和压力值为 T_0 、 P_0 ,临界状态的温度和压力值为 T_0 、 P_d ,其中临界压力 P_d 值可通过取样深度和水合物稳定曲线计算得出:

[0019] $P_d = \rho g D_d$

[0020] 式中, ρ 为海水密度, g 为重力加速度, D_d 为 T_0 温度与水合物稳定曲线相交处的深度值。

[0021] 步骤八:水合物充分分解后,打开第三球阀14,将气体通过第一导管15先导入至气相色谱仪16对烃类气体组分进行检测,之后,再将气体导入至同位素质谱仪17进行碳氢同位素分析;

[0022] 步骤九:关闭第三球阀14,打开第四球阀18,将流体通过第二导管19导入离子色谱仪20进行分析,掌握孔隙水的阴阳离子浓度信息;

[0023] 步骤十:保压备份的第二子样品通过海运和陆运的方式运送至陆上实验室,不可空运,并尽快进行相关分析检测,与随船综合在线检测的分析结果进行对比。

[0024] 进一步,所述步骤二、五、七中所述物性参数的在线检测包括从左到右的①GR密度检测仪4、②P波速度检测仪5和③X-CT扫描成像仪6,以上检测能够用于计算岩心样品的孔隙度、渗透率,测量岩芯孔径、孔喉比,展示孔隙空间分布、连通情况。

[0025] 进一步,所述步骤三在打开第一球阀7前,先打开第二球阀11,通过蓄能器将第二

球阀11两侧压力调整至 P_0 ,然后关闭第二球阀11,打开第一球阀7,在岩心切割桶8中用岩心切割仪9进行样品切割。当对不同批次的样品进行切割时需要将岩心切割仪9进行清洁等操作,只需要关闭第一球阀7,就能保持保温保压岩心检测桶2的压力稳定。

[0026] 进一步,所述步骤六是通过逐步降压来检测不同压力下的水合物物性参数,能够帮助认识水合物的分解过程,以及水合物分解过程中原地沉积物物性的变化,可以用来辅助评价水合物分解对海底沉积物稳定性的影响,帮助判断是否会造成海底滑坡等地质灾害。

[0027] 进一步,所述步骤九是将备份第二子样品通过海运和陆运的方式运送至陆上实验室,并进行相关分析检测,与随船综合在线检测的分析结果进行对比,可以帮助探讨现有的样品保压保温技术和转移过程是否会对样品造成污染或破坏。

[0028] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:

[0029] (1) 首先对取样样品进行无损在线物性检测R1,由检测结果指导样品切割,切割后在原位温压下再次对子样品进行在线物性检测R2,对比之前结果可确定切割是否会对样品造成影响;

[0030] (2) 随时间改变逐步降压,得到不同压力状态下的物性参数特征,能够帮助认识水合物的分解过程,以及水合物分解过程中原地沉积物物性的变化,能够辅助评价水合物分解对海底稳定性的影响,帮助判断是否会造成海底滑坡等地质灾害;

[0031] (3) 保压岩心桶设计两个带球阀的接口,水合物充分分解后,通过打开不同的球阀可分别将岩心顶部空气和孔隙水通过导管导出至不同仪器,直接进行相关分析检测。这种设计大大提高了检测效率,且避免了由样品转移过程造成的检测结果误差。

[0032] (4) 通过对比随船在线检测分析结果与备份样品的陆上实验室分析结果,探讨现有的样品保压保温技术和转移过程会对样品造成何种污染或破坏。

附图说明

[0033] 图1为本发明设计的海洋天然气水合物的综合在线检测流程图。

[0034] 图2(a)地震剖面显示设计的取芯点位置图;(b)水合物相曲线显示该取芯样品的原位压力条件和分解临界压力条件。

[0035] 图3本发明的整体设计方案结构原理图。

[0036] 1、岩心推动装置;2、保温保压岩心检测桶;3、控压阀;4、GR密度测试仪;5、P波检测仪;6、X-CT扫描成像仪;7、第一球阀;8、岩心切割桶;9、岩心切割仪;10、分离装置;11、第二球阀;12、子样品备份桶;13、蓄能器;14、第三球阀;15、第一导管;16、气相色谱仪;17、同位素质谱仪;18、第四球阀;19、第二导管;20、离子色谱仪。

具体实施方式

[0037] 为了使本发明实现的技术手段、流程方法、达成目的与功效易于明白了解,下面结合附图进一步阐述本发明。

[0038] 如图3所示,一种海洋天然气水合物的随船综合在线检测装置,包括保温保压岩心检测桶2,保温保压岩心检测桶2的最左侧连接岩心推动装置1,岩心推动装置1右侧的保温保压岩心检测桶2上设置有控压阀3,控压阀3右侧连接GR密度测试仪4,GR密度测试仪4右侧

连接P波检测仪5,P波检测仪5右侧连接X-CT扫描成像仪6,保温保压岩心检测桶2最右侧上部连接第三球阀14,第三球阀14连接第一导管15,第一导管15连接气相色谱仪16,气相色谱仪16连接同位素质谱仪17,保温保压岩心检测桶2最右侧下部连接第四球阀18,第四球阀18连接第二导管19,第二导管19连接离子色谱仪20,保温保压岩心检测桶2最右侧连接第一球阀7,第一球阀7右侧连接岩心切割桶8,岩心切割桶8中设置有岩心切割仪9,岩心切割桶8右侧连接分离装置10,分离装置10右侧连接第二球阀11,第二球阀11右侧连接子样品备份桶12,子样品备份桶12右侧连接蓄能器13。

[0039] 进一步,控压阀3可对岩心检测桶2进行压力调整,当打开第一球阀7时,可使岩心切割桶8与岩心检测桶2的压力都调整至水合物的原位压力;

[0040] 进一步,X-CT扫描成像仪6可通过将射线源和探测器固定在转盘上,围绕位于转盘中间圆孔中的岩心进行360°旋转,实现岩心的三维立体扫描,能够更直观探测水合物在岩心样品中的位置和饱和度,指导后续的样品切割及检测;

[0041] 进一步,蓄能器补偿装置13能够补偿子样品备份桶12在转移和保存过程中造成的微量压力泄露。

[0042] 如图1-3所示,一种海洋天然气水合物的随船综合在线检测方法。此研究方法步骤如下:

[0043] 步骤一:在检测过程中对检测室实施保温措施,包括检测室的空调控温,检测桶外罩保温材料,将温度控制在0℃左右。

[0044] 步骤二:关闭所有球阀,在原位温压(T_0 、 P_0)条件下在保温保压岩心检测桶2中对取样岩心进行物性参数的在线检测,记录检测结果R1;

[0045] 假设水合物样品取自图2(a)所示的BSR上部某点A,其原位温压条件可由其深度、地温梯度和水合物稳定曲线所确定,为 T_0 、 P_0 。

[0046] 步骤三:打开第二球阀11,通过蓄能器13将第二球阀11两侧压力调整至 P_0 ,然后关闭第二球阀11,打开第一球阀7,根据岩心的物性在线检测结果,对样品特定位置在岩心切割桶8中用岩心切割仪9进行切割,选取水合物含量高的第一子样品进行后续在线检测;

[0047] 步骤四:打开第二球阀11,将切割后的第二子样品被推送到子样品备份桶12进行保压保存,关闭第二球阀11,通过蓄能器13对子样品备份桶12进行压力调整;

[0048] 步骤五:将子样品备份桶12通过分离装置10进行分离;

[0049] 步骤六:将第一子样品推送至物性检测装置,关闭第一球阀7,对第一子样品在保温保压岩心检测桶2中进行原位物性参数的在线检测,记录检测结果R2;

[0050] 步骤七:通过控压阀3调整压力值,分四次逐步等量泄压,使压力从 P_0 降至小于水合物分解临界压力值 P_a ,此时水合物充分分解,记录第一子样品在每种压力状态下的检测结果R3,R4,R5,R6;

[0051] 假设温度恒定不变,则水合物分解的临界压力 P_a 为D点的压力值,可根据D点深度计算得出。当样品桶的压力值 P_a 小于该值时,水合物稳定条件遭到破坏,水合物分解。

[0052] 步骤八:水合物充分分解后,打开第三球阀14,将气体通过第一导管15先导入至气相色谱仪16对烃类气体组分进行检测,之后再将气体导入至同位素质谱仪17进行碳氢同位素分析;

[0053] 步骤九:关闭第三球阀14,打开第四球阀18,将流体通过第二导管19导入离子色谱

仪20进行分析,掌握孔隙水所含的阴阳离子浓度信息;

[0054] 步骤十:保压备份的第二子样品通过海运和陆运的方式运送至陆上实验室,并尽快进相关分析检测,与随船综合在线检测的分析结果进行对比。

[0055] 以上所述,仅为本发明最佳实施方式,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明披露的技术范围内,可显而易见地得到的技术方案的简单变化或等效替换均落入本发明的保护范围内。

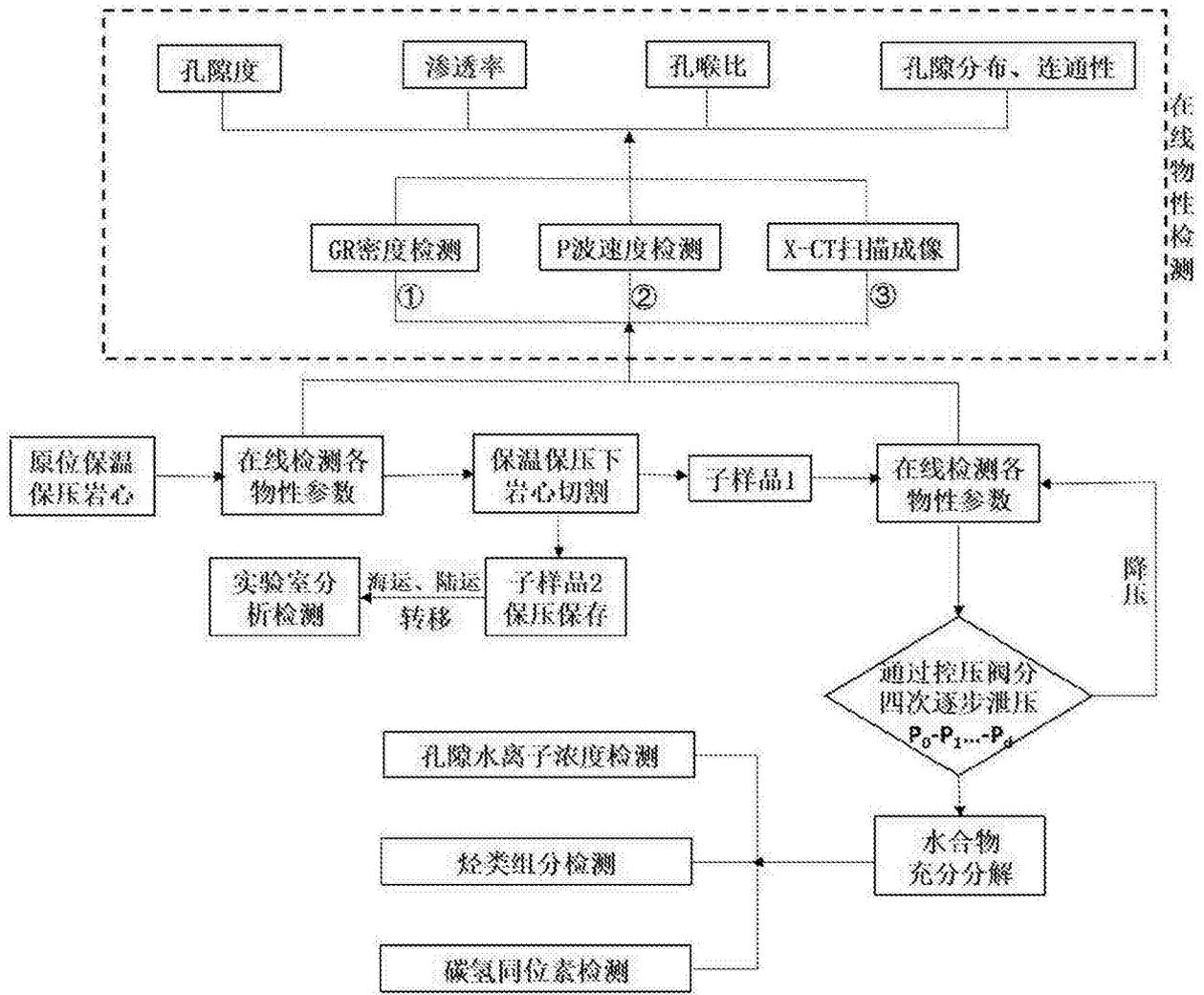


图1

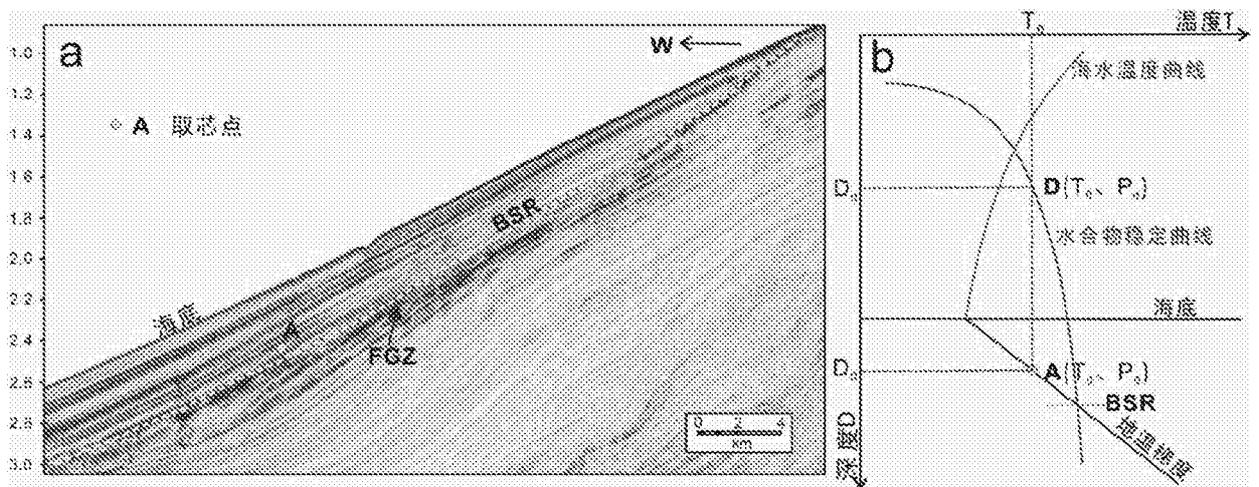


图2

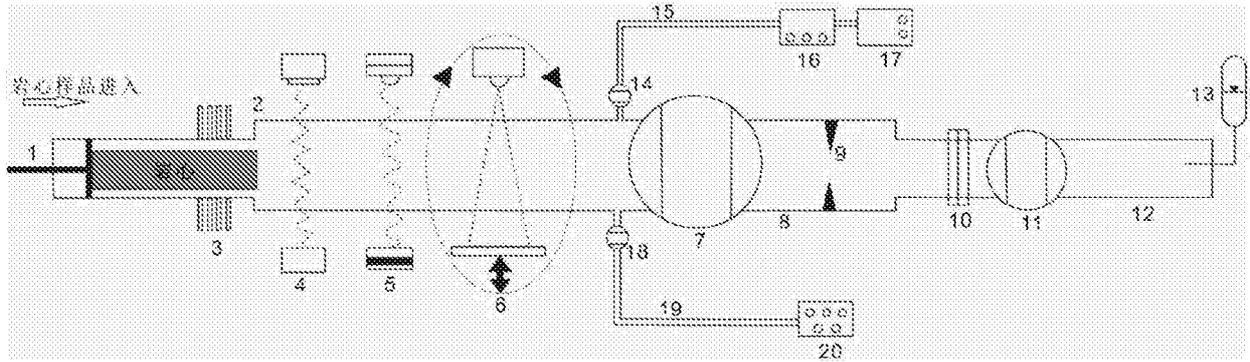


图3