



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107144625 A

(43)申请公布日 2017.09.08

(21)申请号 201710491399.1

(22)申请日 2017.06.23

(71)申请人 国家地质实验测试中心

地址 100037 北京市西城区百万庄大街26
号

(72)发明人 汪双清 黄春华 沈斌 曾普胜

(74)专利代理机构 北京北新智诚知识产权代理
有限公司 11100

代理人 满靖

(51)Int.Cl.

G01N 27/62(2006.01)

G05D 23/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图2页

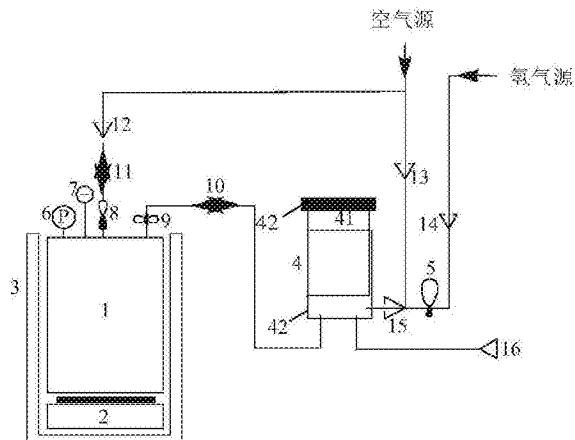
(54)发明名称

天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试
系统及方法

(57)摘要

本发明公开了一种天然气水合物钻芯轻烃
气体含量解析测试系统及方法。解析测试系统包
括控温腔，控温腔内设有计重部件，计重部件上
放置密封式分解室，分解室的进气口、出气口上
分别安装有进气口单向阀、出气口气路开关，分解
室上还安装有压力计、安全阀，空气源通过第一快
速气路接头与进气口单向阀连接，出气口气路开
关通过第二快速气路接头与集气室的进气口连
接，集气室的出气口、空气源、氢气源分别与
氢火焰离子化检测器的相应进气口连接，集气室
上还设有取气口。本发明通过低温控制水合物分
解、氢火焰离子化检测器直接测量解析轻烃气体
体积的方式实现了对天然气水合物储层钻芯中
轻烃气体含量的精确测量，克服了因分解温度
低、速度快、释放气体体积大所带来的技术困难
和安全风险，安全实用。

CN 107144625 A



1. 一种天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试系统，其特征在于：它包括控温腔，控温腔内设有计重部件，计重部件上放置密封式分解室，分解室的进气口、出气口上分别安装有进气口单向阀、出气口气路开关，分解室上还安装有压力计、安全阀，空气源通过第一快速气路接头与进气口单向阀连接，出气口气路开关通过第二快速气路接头与集气室的进气口连接，集气室的出气口、空气源、氢气源分别与氢火焰离子化检测器的相应进气口连接，集气室上还设有取气口。

2. 如权利要求1所述的天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试系统，其特征在于：

在所述空气源与所述分解室的进气口之间的气路上安装有第一空气流量控制阀；

在所述空气源与所述氢火焰离子化检测器的相应进气口之间的气路上安装有第二空气流量控制阀；

在所述氢气源与所述氢火焰离子化检测器的相应进气口之间的气路上安装有氢气流量控制阀；

在所述集气室的出气口与所述氢火焰离子化检测器的相应进气口之间的气路上安装有分解气体流量控制阀。

3. 如权利要求1或2所述的天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试系统，其特征在于：

所述集气室包括顶部敞口的集气腔，集气腔的敞口处密封地活动安装有重力式活塞，重力式活塞随集气腔内流通气体量的变化而上下运动来缓冲所述分解室内分解气体产生的压力。

4. 如权利要求1或2所述的天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试系统，其特征在于：

所述分解室为可快速打开与扣合的密封式分解室。

5. 一种基于权利要求2至4中任一项所述的天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试系统实现的天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试方法，其特征在于，它包括步骤：

1) 关闭所述第一空气流量控制阀、所述分解气体流量控制阀，开启所述第二空气流量控制阀、所述氢气流量控制阀，对气路内流经气体流量进行监测与控制；

2) 点火启动所述氢火焰离子化检测器，使其达到稳定工作状态；

3) 让所述进气口单向阀、所述出气口气路开关处于关闭状态；

4) 将所述分解室置于所述控温腔内的所述计重部件上，计量其空载质量；

5) 打开所述分解室，将天然气水合物钻芯快速置于所述分解室内后立即扣合，使所述分解室呈密封状态；

6) 通过所述计重部件计量所述分解室载样时的质量；

7) 所述分解室通过所述第二快速气路接头、所述第一快速气路接头分别与所述集气室、所述第一空气流量控制阀连接好；

8) 通过所述控温腔对所述分解室所处温度进行低温控制，以避免所述分解室内天然气水合物钻芯的分解速度过快；

9) 开启所述进气口单向阀、所述出气口气路开关，以及开启所述第一空气流量控制阀和所述分解气体流量控制阀，对气路内流经气体流量进行监测与控制；

10) 所述分解室内天然气水合物钻芯解析后产生的分解气体通过所述集气室的储集和

缓冲作用后进入所述氢火焰离子化检测器进行检测；

- 11) 采集所述氢火焰离子化检测器的检测数据，直至天然气水合物钻芯完全分解；
- 12) 处理所获得的检测数据，计算得到单位质量天然气水合物钻芯中轻烃气体的含量。

6. 如权利要求5所述的天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试方法，其特征在于：

所述控温腔的温度在1℃至15℃之间；

所述第一空气流量控制阀控制空气流速的上限在10mL/min至12mL/min之间；

所述第二空气流量控制阀控制空气流速在360mL/min至365mL/min之间；

所述氢气流量控制阀控制氢气流速在38mL/min至40mL/min之间；

所述分解气体流量控制阀控制所述集气室送出的分解气体流速的上限在25mL/min以内；

所述氢火焰离子化检测器的工作温度控制在190℃至250℃之间。

7. 如权利要求5所述的天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试方法，其特征在于：

所述步骤12) 进一步包括：

基于所述氢火焰离子化检测器的单位体积甲烷信号面积的标定值，对所述氢火焰离子化检测器采集到的天然气水合物钻芯分解产物的检测数据进行积分处理，并计算出天然气水合物钻芯分解产物中的轻烃气体体积；结合所述计重部件对所述分解室内天然气水合物钻芯质量的称重数据，计算出单位质量天然气水合物钻芯中的轻烃气体含量。

8. 如权利要求7所述的天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试方法，其特征在于：

基于计算出的所述单位质量天然气水合物钻芯中的轻烃气体含量，并通过从所述集气室上的所述取气口所采集的样品进行气相色谱分析得到的气体组成数据，计算出单位质量天然气水合物钻芯中分解气体各组分的含量。

9. 如权利要求5所述的天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试方法，其特征在于：

在执行所述步骤8~11) 的过程中，从所述集气室上的所述取气口采集天然气水合物钻芯分解气体样品，来进行气相色谱分析或用于储集。

10. 如权利要求5至9中任一项所述的天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试方法，其特征在于：

还包括系统标定步骤，具体包括：

1) 扣合所述分解室，将所述分解室置于所述控温腔中；

2) 将所述分解室与所述集气室、所述空气源连接好；

3) 开启所述第一空气流量控制阀、所述第二空气流量控制阀、所述氢气流量控制阀、所述进气口单向阀、所述出气口气路开关和所述分解气体流量控制阀，对气路内气体流量进行监测与控制；

4) 点火启动所述氢火焰离子化检测器，使其达到稳定工作状态；

5) 待系统稳定后，自所述取气口注入准确量取的甲烷标准气体，由所述氢火焰离子化检测器检测并采集检测数据，直至全部甲烷被检出；

6) 处理检测数据，计算出所述氢火焰离子化检测器的单位体积甲烷信号面积，完成系统标定。

天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试系统及基于该系统实现的天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试方法，属于油气勘探与开发天然气水合物钻芯甲烷解析与含量测定技术领域。

背景技术

[0002] 天然气水合物俗称“可燃冰”，是地球上储量最大的油气资源，如何有效、安全地对其进行勘探、开发和利用是当前急切需要研究解决的问题。

[0003] 天然气水合物的可燃成分基本上是甲烷，还有少量其它轻烃类气体。因此，准确测定天然气水合物储层中甲烷的含量及其分布是进行天然气水合物勘探、开发和利用的强烈技术需求。目前，对天然气水合物储层进行钻孔取芯，通过对钻芯进行分析测试是获得储层甲烷含量的现实途径。

[0004] 截止目前，测定天然气水合物储层钻芯中甲烷含量的方法主要有两种：一是通过拉曼光谱获得钻芯中天然气水合物甲烷笼占有率，并计算得到水合物指数，这是一种间接获得甲烷丰度的方法，测量结果存在较大误差。二是通过测定天然气水合物分解前后的钻芯重量差来计算其含气量，这属于直接测量方法，这种测量方式过于粗犷，误差较大，且存在安全风险。

[0005] 由上可知，对天然气水合物储层钻芯进行控制性气体分解，直接测定所分解出的甲烷量，无疑是获得钻芯甲烷含量数据的最佳方式，但是，目前还没有可用于这种测试的专业仪器及相关技术。

[0006] 固态地质样品中的含气量测量一般采用解析仪，目前出现了如下几种含气量测量仪：页岩气现场解吸附分析仪（参见公开号为CN104655522A的中国发明专利申请公开文献）、全程可视化含气量测试仪（参见公开号为CN202362222U的中国实用新型专利文献）、含气量测量及气体采集装置（参见公开号为CN103245588A的中国发明专利文献）、含气量测量装置（参见公开号为CN103308634A的中国发明专利文献），等等。这些仪器的叫法虽然各不相同，但测试原理是相同的，即在受控条件下进行气体解析，测量解析出的气体体积，并且它们的装置构成相似，都包括解析罐和气体测量部件两个基本结构单元。但是，这些仪器大多是针对页岩气和煤层气钻孔取芯而量身定制的，并不适用于对气体分解温度低、速度快、释放体积大的天然气水合物钻孔岩芯的含气量进行测量。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试系统及基于轻烃气体含量解析测试系统实现的轻烃气体含量解析测试方法，其针对天然气水合物的独特性质，借鉴现有页岩气钻孔岩芯含气量测试方法的经验，加强了对分解室的密封、抗压安全保障，增加了钻芯样品计重功能和分解温度低温控温功能，增加了通过重力平衡实现气体压力缓冲功能的集气室，克服了因天然气水合物分解温度低、速度快、释放气体体积大

所带来的技术困难和安全风险,安全实用,检测灵敏度高,测量精度高,操作简单安全,解决了天然气水合物勘探、开发和利用对于准确测定天然气水合物储层中甲烷含量及其分布的强烈技术需求问题。

[0008] 为了实现上述目的,本发明采用了以下技术方案:

[0009] 一种天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试系统,其特征在于:它包括控温腔,控温腔内设有计重部件,计重部件上放置密封式分解室,分解室的进气口、出气口上分别安装有进气口单向阀、出气口气路开关,分解室上还安装有压力计、安全阀,空气源通过第一快速气路接头与进气口单向阀连接,出气口气路开关通过第二快速气路接头与集气室的进气口连接,集气室的出气口、空气源、氢气源分别与氢火焰离子化检测器的相应进气口连接,集气室上还设有取气口。

[0010] 在所述空气源与所述分解室的进气口之间的气路上安装有第一空气流量控制阀;在所述空气源与所述氢火焰离子化检测器的相应进气口之间的气路上安装有第二空气流量控制阀;在所述氢气源与所述氢火焰离子化检测器的相应进气口之间的气路上安装有氢气流量控制阀;在所述集气室的出气口与所述氢火焰离子化检测器的相应进气口之间的气路上安装有分解气体流量控制阀。

[0011] 一种基于所述的天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试系统实现的天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试方法,其特征在于,它包括步骤:

[0012] 1)关闭所述第一空气流量控制阀、所述分解气体流量控制阀,开启所述第二空气流量控制阀、所述氢气流量控制阀,对气路内流经气体流量进行监测与控制;

[0013] 2)点火启动所述氢火焰离子化检测器,使其达到稳定工作状态;

[0014] 3)让所述进气口单向阀、所述出气口气路开关处于关闭状态;

[0015] 4)将所述分解室置于所述控温腔内的所述计重部件上,计量其空载质量;

[0016] 5)打开所述分解室,将天然气水合物钻芯快速置于所述分解室内后立即扣合,使所述分解室呈密封状态;

[0017] 6)通过所述计重部件计量所述分解室载样时的质量;

[0018] 7)所述分解室通过所述第二快速气路接头、所述第一快速气路接头分别与所述集气室、所述第一空气流量控制阀连接好;

[0019] 8)通过所述控温腔对所述分解室所处温度进行低温控制,以避免所述分解室内天然气水合物钻芯的分解速度过快;

[0020] 9)开启所述进气口单向阀、所述出气口气路开关,以及开启所述第一空气流量控制阀和所述分解气体流量控制阀,对气路内流经气体流量进行监测与控制;

[0021] 10)所述分解室内天然气水合物钻芯解析后产生的分解气体通过所述集气室的储集和缓冲作用后进入所述氢火焰离子化检测器进行检测;

[0022] 11)采集所述氢火焰离子化检测器的检测数据,直至天然气水合物钻芯完全分解;

[0023] 12)处理所获得的检测数据,计算得到单位质量天然气水合物钻芯中轻烃气体的含量。

[0024] 本发明的优点是:

[0025] 1、本发明对天然气水合物储层钻芯的轻烃气体含量采取的是直接测量方式,这种直接测量方式所得数据是天然气水合物储层轻烃气体含量的直接反映,真实性高,可靠性

高。

[0026] 2、本发明采取低温条件控制天然气水合物分解速度,使得测试过程安全、可控。

[0027] 3、本发明采用氢火焰离子化检测器对甲烷等轻烃气体进行选择性检测,检测结果不受空气侵入影响,钻芯样品加载操作简单、快捷,有效减少了钻芯样品在加载过程中发生散失的问题,且检测灵敏度和精度高。

[0028] 4、本发明通过对天然气水合物钻芯分解过程中的氢火焰离子化检测器检测数据进行实时采集,基于氢火焰离子化检测器的单位体积甲烷信号面积值,即可通过处理检测数据获得天然气水合物钻芯中轻烃气体含量,计算方式简单。另一方面,所得到的单位质量天然气水合物钻芯在单位时间内的轻烃气体释放量随时间变化数据还反映出了钻芯样品气体解析过程的动力学规律,可为相关天然气水合物储层开采的工程设计与实施提供指导性参考数据。

[0029] 5、本发明加强了对分解室的安全保障措施,设置了内置电子计重功能和低温控温功能,设计了通过重力平衡实现气体压力缓冲的集气室,克服了因天然气水合物分解温度低、速度快、释放气体体积大所带来的技术困难和安全风险,并且进气口上设置了进气口单向阀,用于引入空气来清除分解气体残余,使得测试操作方便、安全,测试数据完整、可靠。

[0030] 6、本发明的集气室采用密封式重力活塞设计,既具有储集气体的作用,又起到了缓解分解气体过高压力冲击的作用,保障了氢火焰离子化检测器可安全稳定地持续工作。

[0031] 7、本发明设计了取气口,它不仅供标定系统之用,还为分析钻芯分解气体的组成、收集钻芯分解气体样品提供了便捷的取样途径。

附图说明

[0032] 图1是本发明天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试系统构成示意图。

[0033] 图2是人工合成天然气水合物样品的轻烃气体分解速率曲线图。

[0034] 图3是人工合成天然气水合物样品的轻烃气体分解进程曲线图。

具体实施方式

[0035] 如图1,本发明天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试系统包括控温腔3,控温腔3内设有计重部件2,计重部件2上放置密封式分解室1,分解室1的进气口、出气口上分别安装有进气口单向阀8、出气口气路开关9,分解室1上还安装有压力计6、安全阀7,空气源通过第一快速气路接头11与进气口单向阀8连接,出气口气路开关9通过第二快速气路接头10与集气室4的进气口连接,集气室4的出气口、空气源、氢气源分别与氢火焰离子化检测器5的相应进气口连接,集气室4上还设有取气口16。

[0036] 在本发明中,天然气水合物钻芯在分解室1内进行气体解析,其温度受控温腔3控制。分解室1具有抗压、密封设计。计重部件2用于计量天然气水合物钻芯质量。集气室4起到对分解气体进行储集并缓冲其过高压力的作用,从而保障氢火焰离子化检测器5持续安全、稳定地工作,同时为采集钻芯分解的气体样品提供实施条件。氢火焰离子化检测器5用于对分解气体实施检测。

[0037] 如图1,在实际设计中,在空气源与分解室1的进气口之间的气路上安装有第一空气流量控制阀12,在空气源与氢火焰离子化检测器5的相应进气口之间的气路上安装有第

二空气流量控制阀13，在氢气源与氢火焰离子化检测器5的相应进气口之间的气路上安装有氢气流量控制阀14，在集气室4的出气口与氢火焰离子化检测器5的相应进气口之间的气路上安装有分解气体流量控制阀15。

[0038] 如图1，集气室4包括顶部敞口的集气腔42，集气腔42的敞口处密封地活动安装有重力式活塞41，重力式活塞41可随集气腔42内流通气体量的变化而上下运动，以缓冲分解室1内分解气体产生的过高压力。

[0039] 在实际设计中，分解室1为可快速打开与扣合的密封式分解室，这样的结构设计便于快速实施钻芯样品的加载，有效减少天然气水合物气体散失。

[0040] 另外，分解室1的进气口单向阀8、出气口气路开关9的功能是，既能防止水合物分解气体泄露，又能引入外来气体实现对天然气水合物分解余气的清理。

[0041] 在本发明中，控温腔3、计重部件2、压力计6、进气口单向阀8、出气口气路开关9、氢火焰离子化检测器5、第一空气流量控制阀12、第二空气流量控制阀13、氢气流量控制阀14、分解气体流量控制阀15等与控制处理器连接，控制处理器用于发出控制指令、接收检测数据以及进行相关数据处理等。

[0042] 基于上述本发明天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试系统，本发明还提出了一种天然气水合物钻芯轻烃气体含量解析测试方法，它包括步骤：

[0043] 1)关闭第一空气流量控制阀12、分解气体流量控制阀15，开启第二空气流量控制阀13、氢气流量控制阀14，对气路内气体流量进行监测与控制；

[0044] 2)点火启动氢火焰离子化检测器5，使其达到稳定工作状态；

[0045] 3)让进气口单向阀8、出气口气路开关9处于关闭状态；

[0046] 4)将分解室1置于控温腔3内的计重部件2上，计量其空载质量；

[0047] 5)打开分解室1，将天然气水合物钻芯快速置于分解室1内后立即扣合，使分解室1呈密封状态；

[0048] 6)通过计重部件2计量分解室1载样时的质量；

[0049] 7)分解室1通过第二快速气路接头10、第一快速气路接头11分别与集气室4、第一空气流量控制阀12连接好；

[0050] 8)通过控温腔3对分解室1所处温度进行低温控制，以避免分解室1内天然气水合物钻芯的分解速度过快；

[0051] 9)开启进气口单向阀8、出气口气路开关9，以及开启第一空气流量控制阀12、分解气体流量控制阀15，对气路内气体流量进行监测与控制；

[0052] 10)分解室1内天然气水合物钻芯解析后产生的分解气体通过集气室4的储集和缓冲作用后进入氢火焰离子化检测器5进行检测；

[0053] 11)采集氢火焰离子化检测器5的检测数据，直至天然气水合物钻芯完全分解；

[0054] 12)处理所获得的检测数据，计算得到单位质量天然气水合物钻芯中轻烃气体的含量。

[0055] 在实际实施中，控温腔3的温度在1℃至15℃之间控制，第一空气流量控制阀12控制空气流速的上限在10mL/min至12mL/min之间，第二空气流量控制阀13控制空气流速在360mL/min至365mL/min之间，氢气流量控制阀14控制氢气流速在38mL/min至40mL/min之间，分解气体流量控制阀15控制集气室4送出的分解气体流速的上限在25mL/min以内，氢火

焰离子化检测器5的工作温度在190℃至250℃之间控制。

[0056] 在执行步骤8~11)的过程中,从集气室4上的取气口16采集天然气水合物钻芯分解气体样品,来进行气相色谱分析或用于储集。

[0057] 在实际实施中,步骤12)进一步包括:

[0058] 基于通过甲烷标准气体标定得到的氢火焰离子化检测器单位体积甲烷信号面积(检测信号的时间积分值),对由氢火焰离子化检测器5采集到的天然气水合物分解产物的检测数据进行积分处理,以及通过计重部件2获得的天然气水合物钻芯质量(钻芯质量=分解室载样时的质量-分解室空载质量),计算并绘制出轻烃气体分解速率曲线(单位时间、单位质量的天然气水合物钻芯分解气体中的轻烃气体体积(mL/kg/min)与分解时间点(min)的关系曲线,如图2),以及轻烃气体分解进程曲线(单位质量的天然气水合物钻芯累积分解轻烃气体体积(mL/kg)与累计分解时间(min)的关系曲线,如图3),从而,分解进程曲线中最后时刻的值即为单位质量天然气水合物钻芯中的轻烃气体含量。

[0059] 进一步,基于计算出的单位质量天然气水合物钻芯中的轻烃气体含量,结合从取气口16采集样品进行气相色谱分析得到的气体组成数据,计算出单位质量天然气水合物钻芯的分解气体中甲烷等各组分的含量。

[0060] 在实际中,在执行步骤1)前还包括系统标定步骤,具体包括:

[0061] 1) 扣合分解室1,将分解室1置于控温腔3中;

[0062] 2) 将分解室1与集气室4、空气源连接好;

[0063] 3) 开启第一空气流量控制阀12、第二空气流量控制阀13、氢气流量控制阀14、进气口单向阀8、出气口气路开关9和分解气体流量控制阀15,对气路内气体流量进行监测与控制,其中,通常控制第一空气流量控制阀12的空气流速为10mL/min,并控制第二空气流量控制阀13和氢气流量控制阀14的流速以及氢火焰离子化检测器5的工作温度来保障氢火焰离子化检测器5稳定工作;

[0064] 4) 点火启动氢火焰离子化检测器5,使其达到稳定工作状态;

[0065] 5) 待系统稳定后,自取气口16注入准确量取的甲烷标准气体,由氢火焰离子化检测器5检测并采集检测数据,直至全部甲烷被检出;

[0066] 6) 处理检测数据,通过求取甲烷检测信号强度与检测时间的积分值,计算出在系统环境下氢火焰离子化检测器5的单位体积甲烷信号面积(检测信号的时间积分值),完成系统标定。

[0067] 实施例:

[0068] (1) 样品:人工合成天然气水合物样品。

[0069] (2) 仪器工作条件:控温腔3的温度3℃,第一空气流量控制阀12限流10mL/min,分解气体流量控制阀15限流20mL/min,第二空气流量控制阀13流速360mL/min,氢气流量控制阀14流速38mL/min,氢火焰离子化检测器5的工作温度250℃。

[0070] (3) 系统标定:分别取5mL、25mL、45mL、65mL、85mL、120mL的甲烷体积分数为37.92%的氮气基甲烷标准气体,从取气口16注入集气室4,用氢火焰离子化检测器5进行检测,通过数据处理计算单位体积甲烷信号面积,完成对系统标定。

[0071] (4) 样品测试:

[0072] 1) 连通仪器气路,设置仪器条件;

- [0073] 2) 关闭第一空气流量控制阀12、分解气体流量控制阀15, 开启第二空气流量控制阀13、氢气流量控制阀14;
- [0074] 3) 点火启动氢火焰离子化检测器5, 使其达到稳定工作状态;
- [0075] 4) 关闭进气口单向阀8、出气口气路开关9;
- [0076] 5) 在计重部件2上计量分解室1的空载质量;
- [0077] 6) 打开分解室1, 自液氮储存罐内取出人工合成天然气水合物样品, 迅速置于分解室1后立即扣合;
- [0078] 7) 将载样后的分解室1置于控温腔3中的计重部件2上, 计量其质量;
- [0079] 8) 将分解室1分别与集气室4、第一空气流量控制阀12连接好;
- [0080] 9) 打开进气口单向阀8、出气口气路开关9、第一空气流量控制阀12和分解气体流量控制阀15;
- [0081] 10) 氢火焰离子化检测器5对分解气体进行检测, 采集氢火焰离子化检测器5的检测数据, 直至检测信号回归基线;
- [0082] 11) 处理检测数据, 绘制出轻烃气体分解速率曲线和轻烃气体分解进程曲线。
- [0083] (5) 测试结果:
- [0084] 从图2可以看到, 人工合成天然气水合物样品中的轻烃气体分解速率在开始阶段是不断上升的, 在22min时达到峰值21.953mL/kg/min, 随后分解速率不断降低, 在47min时降到9.841mL/kg/min, 随后在7.9mL/kg/min~11.9mL/kg/min之间波动, 最后在341min时, 轻烃气体分解速率突然降到1.136mL/kg/min, 气体释放完毕。
- [0085] 从图3可以看出, 单位质量人工合成天然气水合物样品累积释放的甲烷体积为3477.7mL/kg, 此即其轻烃气体含量。
- [0086] 以上所述是本发明较佳实施例及其所运用的技术原理, 对于本领域的技术人员来说, 在不背离本发明的精神和范围的情况下, 任何基于本发明技术方案基础上的等效变换、简单替换等显而易见的改变, 均属于本发明保护范围之内。

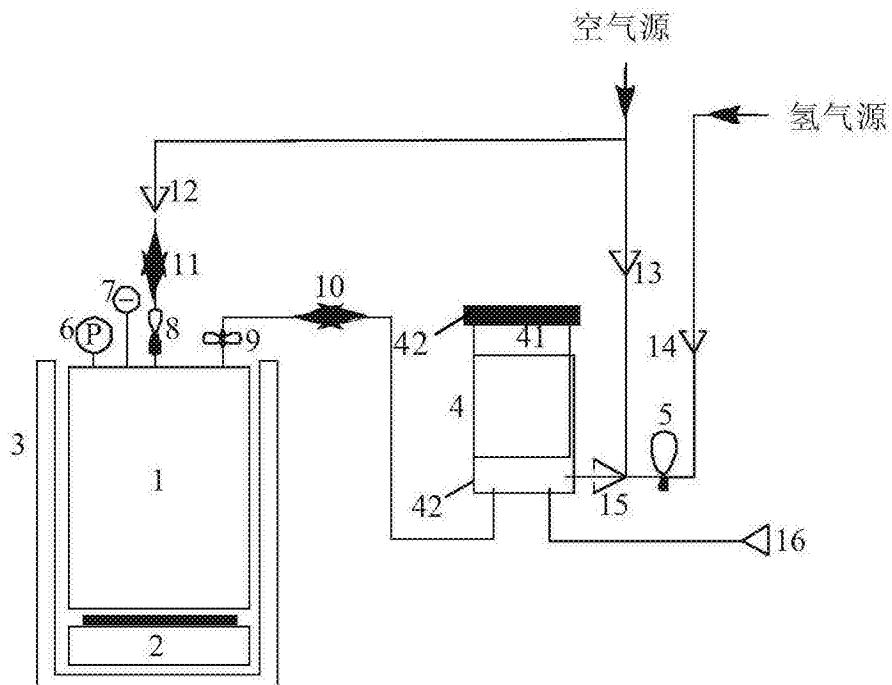


图1

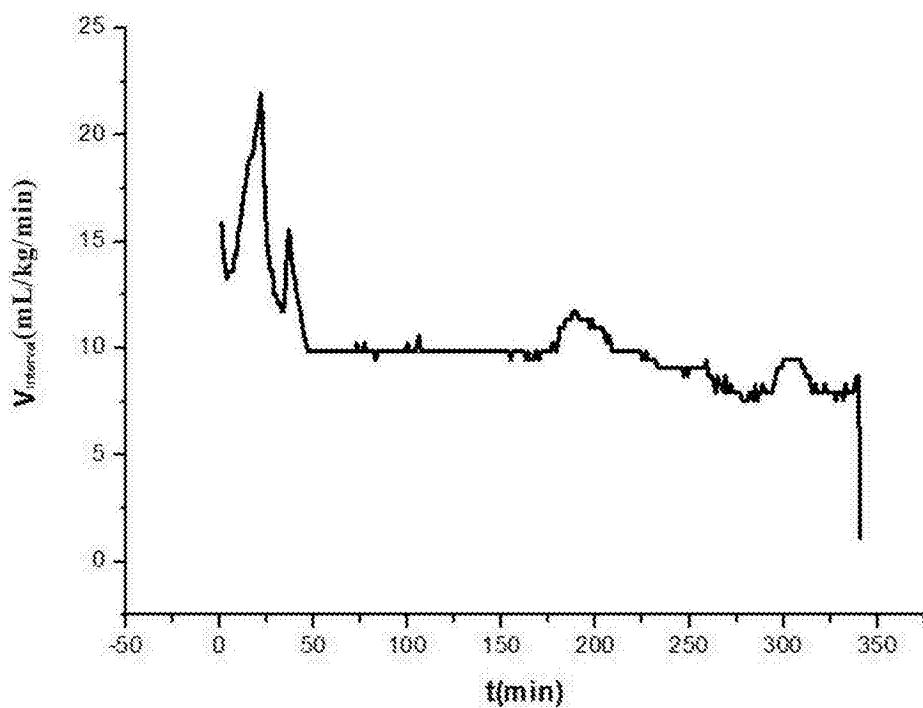


图2

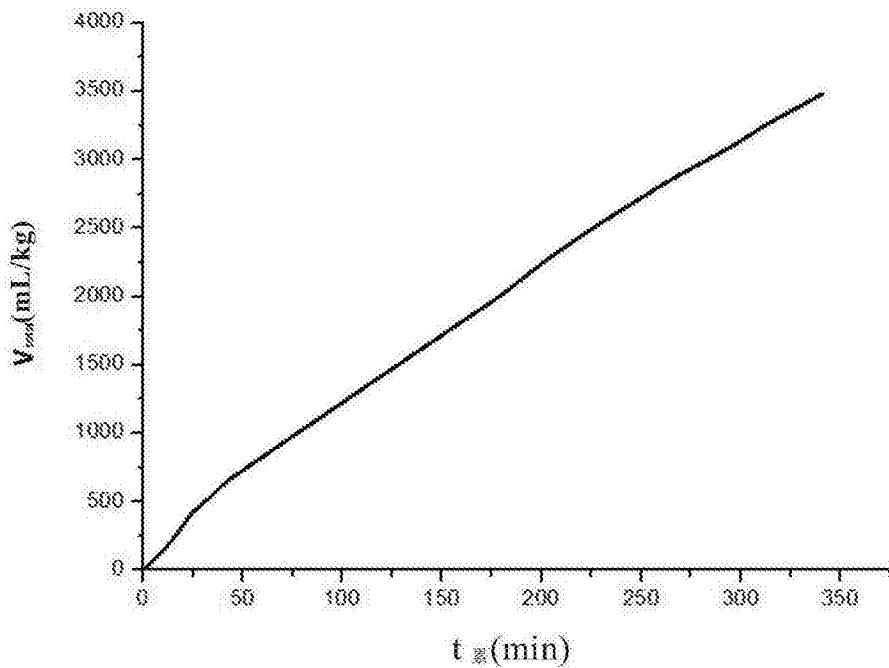


图3