



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105203428 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 30

(21) 申请号 201510742493. 0

(22) 申请日 2015. 11. 04

(71) 申请人 中国地质科学院地质力学研究所  
地址 100081 北京市海淀区民族大学南路  
11 号

(72) 发明人 刘成林 李宗星 代昆 杨元元  
彭博 曹军 张旭 王志高  
袁嘉音

(74) 专利代理机构 北京超凡志成知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11371  
代理人 栾波

(51) Int. Cl.  
G01N 7/14(2006. 01)

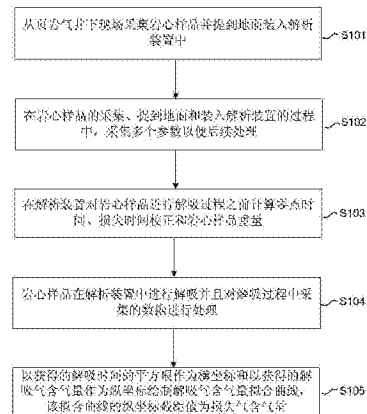
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种页岩含气量中损失气含量的确定方法

(57) 摘要

本发明提供了一种页岩含气量中损失气含量的确定方法。该方法包括：从页岩气井下现场采集岩心样品并提到地面装入解析装置中，采集多个参数，在岩心样品进行解吸过程之前计算零点时间、损失时间校正和岩心样品重量，岩心样品在解析装置中进行解吸并且对解吸过程中采集的数据进行处理，以获得的解吸时间的平方根作为横坐标和以获得的解吸气含气量作为纵坐标绘制解吸气含气量拟合曲线，该拟合曲线的纵坐标截距值为损失气含气量。



1. 一种页岩含气量中损失气含量的确定方法,该方法包括:  
从页岩气井下现场采集岩心样品并提到地面装入解析装置中;  
在岩心样品的采集、提到地面和装入解析装置的过程中,采集多个参数以便后续处理;

在使用解析装置对岩心样品进行解吸之前计算零点时间、损失时间校正和岩心样品重量;

使用解析装置对岩心样品进行解吸并且对解吸过程中采集的数据进行处理,获得累计解吸的解吸气的体积、累计的解吸气含气量和累计的解吸时间;

基于获得的累计的解吸气含气量和累计的解吸时间,以解吸时间的平方根作为横坐标和以解吸气含气量作为纵坐标来绘制出散点图,进而绘制出累计的解吸气含气量拟合曲线,该拟合曲线的纵坐标截距值就是损失气含气量。

2. 根据权利要求 1 所述的确定方法,其特征在于,所述解析装置包括恒温水浴箱、解吸罐、数据采集装置、数据分析装置、气体体积测量仪器。

3. 根据权利要求 1 所述的确定方法,其特征在于,所述岩心样品为 20-25cm 长。

4. 根据权利要求 1 所述的确定方法,其特征在于,所述采集的多个参数包括但不限于:岩心样品的顶深和底深、地层压力梯度、空气压力、泥浆密度、静水压力、钻井液压力、提钻时刻、到达地表的时刻、放入解吸罐时刻。

5. 根据权利要求 1 所述的确定方法,其特征在于,在所述计算零点时间、损失时间校正和岩心样品重量的步骤中,

①计算零点时间的方法如下:

$$T = D1 + T1 + ((24 \times ((D2 + T2) - (D1 + T1))) \times (DP - HP) / (DP - AP \times 0.4898)) / 24$$

$$DP = ((MD \times 0.052) \times 0.5 \times (TD + BD)) + (AP \times 0.4898)$$

$$HP = (PG \times 0.5 \times (TD + BD)) + (AP \times 0.4898)$$

其中:

T 是零点时间,

D1 是提钻的日期,

T1 是提钻时刻,

D2 是到达地表的日期,

T2 是到达地表的时刻,

PG 是地层压力梯度,

TD 是岩心样品的顶深,

BD 是岩心样品的底深,

AP 是空气压力,

MD 是泥浆密度,

HP 是静水压力,

DP 是钻井液压力;

②计算损失时间校正的方法如下:

$$TC = (D3 + T3 - T) \times 24$$

其中:

TC 是损失时间校正,

D3 是岩心样品放入解吸罐的日期,

T3 是岩心样品放入解吸罐的时刻;

③计算岩心样品重量的方法如下:

$$SW = CF - CE$$

其中:

SW 是岩心样品重量,

CF 是装入岩心样品后的解吸罐的总重量,

CE 是空的解吸罐的重量。

6. 根据权利要求 1 所述的确定方法,其特征在于,获得累计解吸的解吸气的体积、累计的解吸气含气量和累计的解吸时间的方法是:

首先计算累计解吸的解吸气的体积:

$$CV = IV_1 + IV_2 + IV_3 + \dots + IV_i + \dots + IV_n$$

其中:

CV 是累计解吸的解吸气的体积;

$IV_i$  是第  $i$  个时刻解吸气体增加的体积;

接着计算累计解吸的解吸气含气量:

$$MG = CV / SW$$

其中:

MG 是累计解吸的解吸气含气量;

SW 是岩心样品重量;

最后计算第  $i$  个时刻解吸气含气量所对应的解吸时间:

$$DT_i = ((ND_i + NT_i) - T) \times 24 - TC,$$

其中:

$DT_i$  是第  $i$  个时刻解吸气含气量所对应的解吸时间;

$ND_i$  是第  $i$  个时刻解吸气含气量所对应的解吸日期;

$NT_i$  是第  $i$  个时刻解吸气含气量所对应的解吸时刻;

T 是零点时间;

TC 是损失时间校正。

7. 根据权利要求 6 所述的确定方法,其特征在于,所述第  $i$  个时刻解吸气体增加的体积通过气体体积测量仪器测量得出。

8. 根据权利要求 6 所述的确定方法,其特征在于,所述解吸时刻通过气体体积测量仪器来记录。

9. 根据权利要求 1-8 之一所述的确定方法,其特征在于,所述日期以月/日/年的顺序表示,所述时刻以时:分:秒的顺序表示。

10. 根据权利要求 1 所述的确定方法,其特征在于,所述在岩心样品的采集、提到地面和装入解析装置的过程中,将提到地面的岩心样品放入解吸罐,然后将装入岩心样品的解吸罐放入恒温水浴箱中。

## 一种页岩含气量中损失气含量的确定方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及能源化工领域,具体而言,涉及一种页岩含气量中损失气含量的确定方法。

### 背景技术

[0002] 在近百年对石油能源的开发及其不可再生性,石油资源面临日益匮乏的窘境。各国努力开发各种新资源,例如太阳能、风能、核能等。

[0003] 而页岩气是一种蕴藏于页岩层可供开采的天然气资源,很早就已经被人们所认知。页岩气赋存于富有机质泥页岩及其夹层中,以吸附和游离状态为主要存在方式的非常规天然气,成分以甲烷为主,与“煤层气”、“致密气”同属一类。页岩气的形成和富集有着自身独特的特点,往往分布在盆地内厚度较大、分布广的页岩烃源岩地层中。页岩气主体位于暗色泥页岩或高碳泥页岩中,页岩气是主体上以吸附或游离状态存在于泥岩、高碳泥岩、页岩及粉砂质岩类夹层中的天然气,它可以生成于有机成因的各种阶段天然气主体上以游离相态(大约 50%)存在于裂缝、孔隙及其它储集空间,以吸附状态(大约 50%)存在于干酪根、粘土颗粒及孔隙表面,极少量以溶解状态储存于干酪根、沥青质及石油中。天然气也存在于夹层状的粉砂岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、甚至砂岩地层中。天然气生成之后,在页岩层内的就近聚集,表现为典型原地成藏模式,与油页岩、油砂、地沥青等差别较大。与常规储层气藏不同,页岩既是天然气生成的源岩,也是聚集和保存天然气的储层和盖层。因此有机质含量高的黑色页岩、高碳泥岩等常是最好的页岩气发育条件。

[0004] 页岩气是一种清洁、高效的能源资源和化工原料,主要用于民用和工业燃料,化工和发电等,具有广阔开发前景,页岩气的开发和利用有利于缓解油气资源短缺,增加清洁能源供应,是常规能源的重要补充。

[0005] 中国主要盆地和地区页岩气资源量约为 15 万亿 -30 万亿立方米,与美国 28.3 万亿立方米大致相当,经济价值巨大。在页岩气勘探评价过程中,页岩含气量的确定是一项重要的工作,是计算页岩气储量,制定开发方案的重要参数。要有效地评估某地区的页岩气是否具有商业化的前景,必须建立准确的页岩气储量评价数据,这些数据可以用于生产预测。

[0006] 页岩含气量的测定包括 3 部分,即游离气、吸附气和溶解气,目前世界各国对页岩含气量的测定主要关注游离气和吸附气,游离气存在于裂缝和孔隙中,很容易测定;而吸附气存在于干酪根、粘土颗粒及孔隙表面,不容易测定。国内外目前已经对吸附气的特性做了细致的研究。吸附气包括损失气、解吸气和残余气 3 部分。损失气是指岩石从井下现场提到地面到装入解吸罐密封之前这段时间从岩石中释放出来的气体,这部分气体无法计量,只能根据释放时间的长短及实测解吸气的变化速率进行理论计算;解吸气是指岩石装入解吸罐密封之后解吸出的气体;残余气是指自然解吸到最后仍然有一部分气体不能解吸出来,要通过粉碎岩石的方法使气体解吸出来的这部分气体。解吸气含量和残余气含量都可以通过实测数据直接准确测得,由此准确确定损失气含量成为准确测量页岩含气量的关键所在。

[0007] 目前国外测量页岩含气量的方法很多,主要有:美国联邦矿物局直接法(USBM 直接法)、改进的直接法、史密斯-威廉斯法和曲线拟合法等,但使用这些方法获得的页岩含气量的准确性不足,通常只相当于实际的页岩含气量的下限。

[0008] 人们正在为研发测量页岩含气量的新方法,尤其能够准确确定页岩含气量中损失气含量的新方法而努力。

## 发明内容

[0009] 本发明提供了一种新的页岩含气量中损失气含量的确定方法,该方法包括:

[0010] 从页岩气井下现场采集岩心样品并提到地面装入解析装置中;

[0011] 在岩心样品的采集、提到地面和装入解析装置的过程中,采集多个参数以便后续处理;

[0012] 在使用解析装置对岩心样品进行解吸之前计算零点时间、损失时间校正和岩心样品重量;

[0013] 使用解析装置对岩心样品进行解吸并且对解吸过程中采集的数据进行处理,获得累计解吸的解吸气的体积、累计的解吸气含气量和累计的解吸时间;

[0014] 基于获得的累计的解吸气含气量和累计的解吸时间,以解吸时间的平方根作为横坐标和以解吸气含气量作为纵坐标来绘制出散点图,进而绘制出累计的解吸气含气量拟合曲线,该拟合曲线的纵坐标截距值就是损失气含气量。

[0015] 其中,所述解析装置包括恒温水浴箱、解吸罐、数据采集装置、数据分析装置、气体体积测量仪器。

[0016] 其中,所述岩心样品为 20-25cm 长。

[0017] 其中,所述采集的多个参数包括但不限于:岩心样品的顶深和底深、地层压力梯度、空气压力、泥浆密度、静水压力、钻井液压力、提钻时刻、到达地表的时刻、放入解吸罐时刻。

[0018] 其中,在所述计算零点时间、损失时间校正和岩心样品重量的步骤中,

[0019] ①计算零点时间的方法如下:

$$[0020] \quad T = D1+T1+((24 \times ((D2+T2)-(D1+T1))) \times (DP-HP) / (DP-AP \times 0.4898)) / 24$$

$$[0021] \quad DP = ((MD \times 0.052) \times 0.5 \times (TD+BD)) + (AP \times 0.4898)$$

$$[0022] \quad HP = (PG \times 0.5 \times (TD+BD)) + (AP \times 0.4898)$$

[0023] 其中:

[0024] T 是零点时间,

[0025] D1 是提钻的日期,

[0026] T1 是提钻时刻,

[0027] D2 是到达地表的日期,

[0028] T2 是到达地表的时刻,

[0029] PG 是地层压力梯度,

[0030] TD 是岩心样品的顶深,

[0031] BD 是岩心样品的底深,

[0032] AP 是空气压力,

- [0033] MD 是泥浆密度，
- [0034] HP 是静水压力，
- [0035] DP 是钻井液压力；
- [0036] ②计算损失时间校正的方法如下：
- [0037]  $TC = (D3+T3-T) \times 24$
- [0038] 其中：
- [0039] TC 是损失时间校正，
- [0040] D3 是岩心样品放入解吸罐的日期，
- [0041] T3 是岩心样品放入解吸罐的时刻；
- [0042] ③计算岩心样品重量的方法如下：
- [0043]  $SW = CF-CE$
- [0044] 其中：
- [0045] SW 是岩心样品重量，
- [0046] CF 是装入岩心样品后的解吸罐的总重量，
- [0047] CE 是空的解吸罐的重量。
- [0048] 其中，获得累计解吸的解吸气的体积、累计的解吸气含气量和累计的解吸时间的方法是：
- [0049] 首先计算累计解吸的解吸气的体积：
- [0050]  $CV = IV_1+IV_2+IV_3+\dots+IV_i+\dots+IV_n$
- [0051] 其中
- [0052] CV 是累计解吸的解吸气的体积；
- [0053]  $IV_i$  是第 i 个时刻解吸气体增加的体积；
- [0054] 接着计算累计解吸的解吸气含气量：
- [0055]  $MG = CV/SW$
- [0056] 其中
- [0057] MG 是累计解吸的解吸气含气量；
- [0058] SW 是岩心样品重量；
- [0059] 最后计算第 i 个时刻解吸气含气量所对应的解吸时间：
- [0060]  $DT_i = ((ND_i+NT_i)-T) \times 24-TC$ ,
- [0061] 其中：
- [0062]  $DT_i$  是第 i 个时刻解吸气含气量所对应的解吸时间；
- [0063]  $ND_i$  是第 i 个时刻解吸气含气量所对应的解吸日期；
- [0064]  $NT_i$  是第 i 个时刻解吸气含气量所对应的解吸时刻；
- [0065] T 是零点时间；
- [0066] TC 是损失时间校正。
- [0067] 其中，所述第 i 个时刻解吸气体增加的体积通过气体体积测量仪器测量得出。
- [0068] 本发明所提供的页岩含气量中损失气含量的确定方法的有益效果：通过解算出开始有损失气的时刻的零点时间和损失时间校正，从而能够准确地确定解吸出的解吸气含气量所对应的解吸时间，基于获得的解吸时间和以解吸气含气量这两个参数来绘制出累计的

解吸气含气量拟合曲线,就能够很容易获得损失气含气量,由此得到的损失气含气量值非常准确,其准确度高于通过现有方法测得的结果。

### 附图说明

[0069] 图 1 是本发明的一种页岩含气量中损失气含量的确定方法的流程图。

[0070] 图 2 是根据本发明的方法绘制的累计的解吸气含气量拟合曲线图。

### 具体实施方式

[0071] 图 1 是本发明的一种页岩含气量中损失气含量的确定方法的流程图。结合图 1 所示,本发明的页岩含气量中损失气含量的确定方法包括:

[0072] 步骤 101:从页岩气井下现场采集岩心样品并提到地面装入解析装置中。

[0073] 所述解析装置包括恒温水浴箱、解吸罐、数据采集装置、数据分析装置、气体体积测量仪器。

[0074] 岩心样品是装入解析装置里的解吸罐中。数据采集装置包括空气温度传感器和空气压力传感器等,用于分别采集空气温度数据和空气压力数据等。数据分析装置用于完成数据统计和结果分析的工作。数据分析装置可以实时反映当前解吸过程中的一些数据,并生成相应曲线,以供用户更好地分析。气体体积测量仪器用于测量气体的体积。

[0075] 将提到地面的岩心样品放入解吸罐,然后将装入岩心样品的解吸罐放入恒温水浴箱中以避免环境温度变化对样品测试的影响。岩心样品可以从提到地面的岩心选取约 20-25cm 长的岩心作为样品。当然也可以是其他长度的岩心作为样品。

[0076] 步骤 102:在岩心样品的采集、提到地面和装入解析装置的过程中,采集多个参数以便后续处理。

[0077] 采集的多个参数包括但不限于:岩心样品的顶深和底深、地层压力梯度、空气压力、泥浆密度、静水压力、钻井液压力、提钻时刻、到达地表的时刻、放入解吸罐时刻等。

[0078] 其中:

[0079] 岩心样品的顶深和底深是指:岩心的顶面和底面的深度,差值为岩心样品长度;

[0080] 地层压力梯度是指:地层压力随深度的变化率;

[0081] 空气压力是指:地面现场的大气压;

[0082] 泥浆密度是指:单位体积泥浆的质量;

[0083] 静水压力是指:岩石空隙中水的压力;

[0084] 钻井液压力是指:钻井液产生的压力;

[0085] 提钻时刻是指:开始提岩心的时刻;

[0086] 达到地表的时刻是指:将岩心提到地表面的时刻;

[0087] 放入解吸罐时刻是指:将岩心放入解吸罐中的时刻。

[0088] 可以采用任何公知的方法采集上述多个参数。

[0089] 例如,通过解析装置中的空气温度传感和空气压力传感器,会采集到地面现场的空气温度和空气压力,并会自动转换成标准压力和温度下的气体体积。

[0090] 步骤 103:在使用解析装置对岩心样品进行解吸之前计算零点时间、损失时间校正和岩心样品重量。

[0091] 所述零点时间是指 :开始有损失气的时刻 ;

[0092] 所述损失时间校正是指 :对页岩气损失的的时间的校正值。

[0093] 计算零点时间 T 的方法如下 :

$$[0094] \quad T = D1+T1+((24 \times ((D2+T2)-(D1+T1))) \times (DP-HP) / (DP-AP \times 0.4898)) / 24$$

$$[0095] \quad DP = ((MD \times 0.052) \times 0.5 \times (TD+BD)) + (AP \times 0.4898)$$

$$[0096] \quad HP = (PG \times 0.5 \times (TD+BD)) + (AP \times 0.4898)$$

[0097] 其中 :

[0098] D1—提钻的日期,可以以月 / 日 / 年的顺序表示 ;

[0099] T1—提钻时刻,可以以时 : 分 : 秒的顺序表示 ;

[0100] D2—到达地表的日期,可以以月 / 日 / 年的顺序表示 ;

[0101] T2—到达地表的时刻,可以以时 : 分 : 秒的顺序表示 ;

[0102] PG—地层压力梯度,单位是 (磅 / 平方英寸) / 英尺 (psi/ft) ;

[0103] TD—岩心样品的顶深,单位是米 (m) ;

[0104] BD—岩心样品的底深,单位是米 (m) ;

[0105] AP—空气压力,单位是英寸汞柱 (inHg) ;

[0106] MD—泥浆密度,单位是磅 / 加仑 (ppg) ;

[0107] HP—静水压力,单位是磅 / 平方英寸 (绝对值) (psia) ;

[0108] DP—钻井液压力,单位是磅 / 平方英寸 (绝对值) (psia)。

[0109] 计算损失时间校正 TC 的方法如下 :

$$[0110] \quad TC = (D3+T3-T) \times 24$$

[0111] 其中 :

[0112] D3—岩心样品放入解吸罐的日期,可以以月 / 日 / 年的顺序表示 ;

[0113] T3—岩心样品放入解吸罐的时刻,可以以时 : 分 : 秒的顺序表示。

[0114] 计算岩心样品重量 SW 的方法如下 :

$$[0115] \quad SW = CF-CE$$

[0116] 其中 :

[0117] CF—装入岩心样品后的解吸罐的总重量 (g),

[0118] CE—空的解吸罐的重量 (g)。

[0119] 步骤 104 :使用解析装置对岩心样品进行解吸并且对解吸过程中采集的数据进行处理,获得累计解吸的解吸气的体积、累计的解吸气含气量和累计的解吸时间。

[0120] 岩心样品在解析装置中进行解吸是本领域公知的技术过程,这里不再赘述。

[0121] 对解吸过程中采集的数据进行处理的步骤如下 :

[0122] 首先计算累计解吸的解吸气的体积 CV,单位是立方厘米 (cc)

$$[0123] \quad CV = IV_1+IV_2+IV_3+\dots+IV_i+\dots+IV_n$$

[0124] 其中

[0125]  $IV_i$ —第 i 个时刻解吸气体增加的体积,单位是立方厘米 (cc)。

[0126] 第 i 个时刻解吸气体增加的体积  $IV_i$ 的数值可以通过气体体积测量仪器测量出来。

[0127] 接着计算累计解吸的解吸气含气量 MG,单位 cc/g



[0128]  $MG = CV/SW$

[0129] 其中 CV 是累计解吸的解吸气的体积；

[0130] SW 是岩心样品重量。

[0131] 最后计算第 i 个时刻解吸气含气量 MG 所对应的解吸时间  $DT_i$ ，单位：小时。

[0132]  $DT_i = ((ND_i + NT_i) - T) \times 24 - TC$ ,

[0133] 其中：

[0134]  $DT_i$ —第 i 个时刻解吸气含气量所对应的解吸时间；

[0135]  $ND_i$ —第 i 个时刻解吸气含气量所对应的解吸日期，可以以月 / 日 / 年的顺序表示；

[0136]  $NT_i$ —第 i 个时刻解吸气含气量所对应的解吸时刻，可以以时：分：秒的顺序表示；

[0137] T—零点时间；

[0138] TC—损失时间校正。

[0139] 在这里，解吸时间  $DT_i$  是指解吸过程的一段时间，解吸时刻  $NT_i$  是指一个具体的时间点，可以具体到时：分：秒。可以通过记录第 i 个时刻解吸气体增加的体积、相对应的解吸日期和解吸时刻，再使用上述方法来计算解吸时间。记录吸气体增加的体积、相对应的解吸日期和解吸时刻可以通过气体体积测量仪器来执行。

[0140] 步骤 105：基于获得的累计的解吸气含气量和累计的解吸时间，以解吸时间的平方根作为横坐标和以解吸气含气量作为纵坐标来绘制出散点图，进而绘制出累计的解吸气含气量拟合曲线，该拟合曲线的纵坐标截距值就是损失气含气量。

[0141] 图 2 是根据本发明的方法绘制的累计的解吸气含气量拟合曲线图，如图 2 所示，累计的解吸气含气量拟合曲线是类似抛物线。可以通过本领域公知的任何方法来获得所述拟合曲线的纵坐标截距值。

[0142] 在应用中，因为吸附气包含了：损失气、解吸气和残余气三部分，当得到了损失气含气量之后，将损失气含气量与上述的累计的解吸气含气量、通过仪器可以测得的残余气含气量相加，就得到了页岩气中吸附气的含气量。

[0143] 使用本发明的上述方法，通过解算出开始有损失气的时刻的零点时间和损失时间校正，从而能够准确地确定解吸出的解吸气含气量所对应的解吸时间，基于获得的解吸时间和以解吸气含气量这两个参数来绘制出累计的解吸气含气量拟合曲线，就能够很容易获得损失气含气量，由此得到的损失气含气量值非常准确，其准确度高于通过现有方法测得的结果。

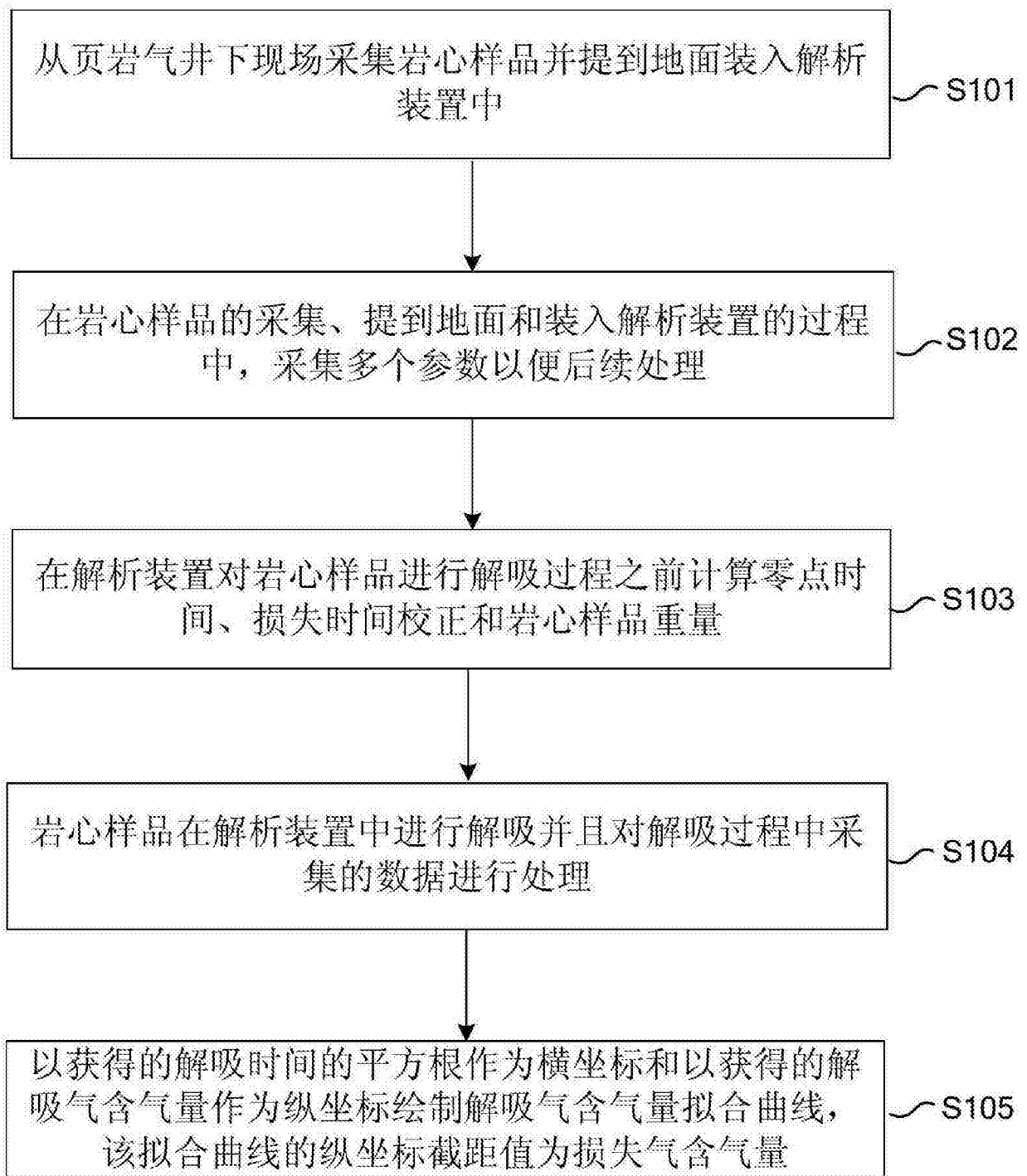


图 1

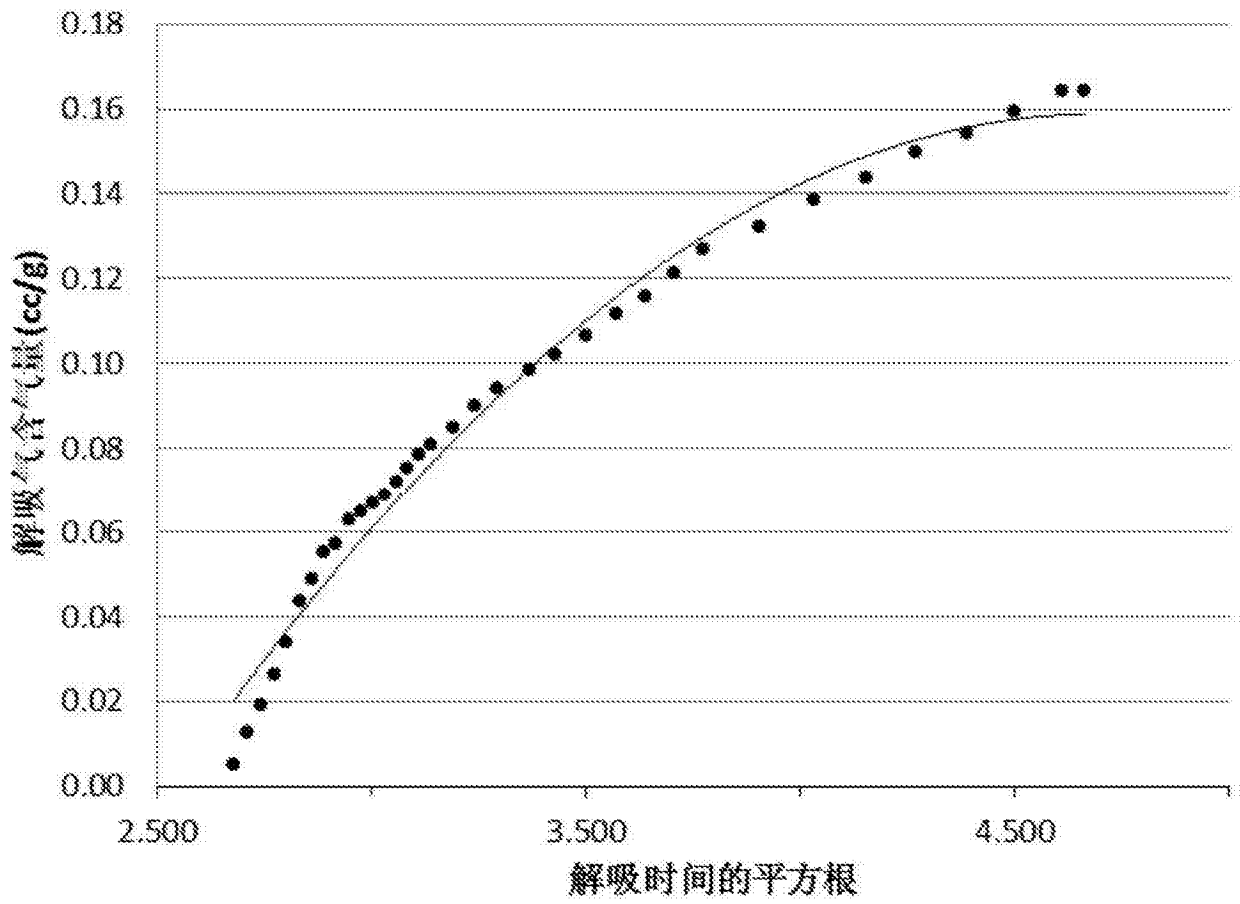


图 2