



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111189552 B

(45) 授权公告日 2021.09.14

(21) 申请号 202010023047.5

G01K 7/10 (2006.01)

(22) 申请日 2020.01.09

G01K 1/14 (2021.01)

G01N 25/22 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111189552 A

(43) 申请公布日 2020.05.22

(73) 专利权人 中国石油大学(华东)

地址 257061 山东省东营市东营区北一路
739号

(72) 发明人 崔淦 刘建国 王爱玲 刘翠伟

董增瑞 王顺 邢潇 李自力

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司

公司 37221

代理人 李圣梅

(51) Int. Cl.

G01K 7/04 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 108802270 A, 2018.11.13

CN 101221074 A, 2008.07.16

CN 105241576 A, 2016.01.13

CN 104931148 A, 2015.09.23

CN 108802270 A, 2018.11.13

CN 108020527 A, 2018.05.11

审查员 董立静

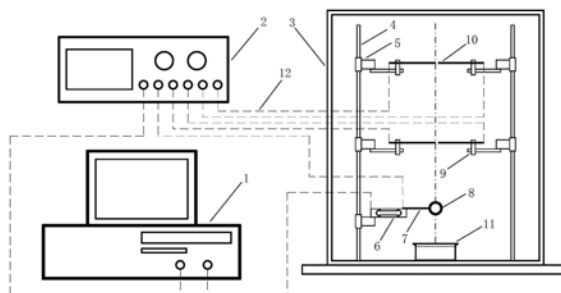
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种甲烷水合物火焰温度测试装置及测温
修正方法

(57) 摘要

本发明提供了一种甲烷水合物火焰温度测试装置及测温修正计算方法,测试装置包括燃烧室、热电偶测温系统、火焰拍摄系统;所述燃烧室包括对称设置的两个支撑杆,其中一个支撑杆上安装样品测温热电偶,样品测温热电偶一端放置待测样品,另一端与测力传感器连接,测力传感器通过第一夹具与支撑杆连接;热电偶测温系统设有至少两个高度不同的检测点,检测点处设有两个安装在支撑杆上的火焰测温热电偶;所述火焰拍摄系统用于拍摄燃烧室内的燃烧状况。测试装置造价低廉,使用便捷,占地空间小,可靠性强,非常适用于甲烷水合物燃烧特性实验研究,测温修正方法显著减小了热电偶的火焰测温误差,简明有效,普适性强,大大提高了数据处理效率。



1. 一种甲烷水合物火焰温度测试装置, 其特征在于, 包括燃烧室、热电偶测温系统和火焰拍摄系统; 所述燃烧室包括对称设置的两个支撑杆, 其中一个支撑杆上安装测力传感器和样品测温热电偶, 样品测温热电偶一端放置待测样品, 另一端与测力传感器连接, 测力传感器通过第一夹具与支撑杆连接;

所述热电偶测温系统设有至少两个高度不同的检测点, 检测点处设有两个安装在支撑杆上的火焰测温热电偶;

所述检测点处设有第一火焰测温热电偶和第二火焰测温热电偶, 第一火焰测温热电偶的节点位于待测样品中心的正上方, 第二火焰测温热电偶的节点与第一火焰测温热电偶的节点具有设定距离; 检测点设置的火焰测温热电偶均处于同一平面;

所述火焰温度测试装置的火焰测温修正计算方法, 其步骤包括: 根据测温数据及热辐射定律, 计算偶丝节点对外辐射热损失:

$$Q_r = \varepsilon \sigma A_s (T_0^4 - T_e^4)$$

式中: Q_r 为辐射热损失; ε 为偶丝节点发射率; σ 为斯忒藩-玻尔兹曼常数; A_s 为偶丝节点表面积; T_0 为火焰中心处的温度测量值; T_e 为环境温度;

在火焰相同高度处采用两支节点相距 1~3mm 的热电偶测定火焰中心附近的温度梯度, 计算偶丝导热损失:

$$Q_c = (\lambda_1 + \lambda_2) A_w \frac{T_0 - T_1}{\Delta l}$$

式中: Q_c 为导热损失; λ_1 、 λ_2 为偶丝热导率; A_w 为偶丝截面积; T_1 为补偿热电偶的温度测量值; Δl 为偶丝节点间距;

依据标准烟气的热物理参数并采用由水合物质量变化估算的烟气流速, 计算偶丝节点从火焰中获得的对流吸热量:

$$Q_i = h A_s (T_g - T_0)$$

式中: Q_i 为节点对流吸热量; h 为对流传热系数; T_g 为测量点处烟气的实际温度;

对流传热系数 h 的计算方法:

$$h = \frac{Nu \lambda}{D}$$

$$Nu = 2 + 0.552 Re^{1/2} Pr^{1/3}$$

式中: Nu 为烟气的努塞尔数; λ 为烟气的热导率; D 为偶丝节点直径; Re 为烟气的雷诺数; Pr 为烟气的普朗特数;

最后根据整体的传热平衡, 有:

$$Q_i = Q_r + Q_c$$

综合上述各式, 可迭代计算出真实烟气温度 T_g , 即为火焰温度修正值。

2. 如权利要求 1 所述的火焰温度测试装置, 其特征在于, 所述热电偶测温系统包括多通道数据采集模块, 其与样品测温热电偶和各火焰测温热电偶连接, 内置有冷端补偿温度传感器, 可对多支热电偶的信号进行同步采集。

3. 如权利要求 1 所述的火焰温度测试装置, 其特征在于, 所述火焰拍摄系统包括高速摄像机和三脚架, 高速摄像机与三脚架连接设置于燃烧室正前方。

4. 如权利要求 1 所述的火焰温度测试装置, 其特征在于, 所述待测样品为甲烷水合物。

5.如权利要求1所述的火焰温度测试装置,其特征在于,所述两个支撑杆分别为第一支撑杆和第二支撑杆,所述第一火焰测温热电偶与第一支撑杆连接,第二火焰测温热电偶与第二支撑杆连接。

6.如权利要求5所述的火焰温度测试装置,其特征在于,所述火焰测温热电偶通过升降支架与支撑杆的第二夹具连接,实现高度调节。

7.如权利要求6所述的火焰温度测试装置,其特征在于,所述升降支架主体为钢制圆柱,其一端通过第二夹具固定于支撑杆上,伸出长度可调,另一端设置一开孔的铁块,通过旋转孔中的螺柱改变孔道大小,用于安装热电偶。

8.一种采用如权利要求1-7任一所述的火焰温度测试装置的使用方法,其特征在于,步骤包括:采用冰粉法制备高含气率甲烷水合物球,每个甲烷水合物球均插入金属短管;

开启数显系统并连接热电偶数据采集接口,将甲烷水合物球套置于样品测温热电偶上以测量其中心温度;实时监测甲烷水合物球中心温度变化,当中心温度升至设定值时,点燃甲烷水合物球;

通过火焰拍摄系统记录的火焰图像信息测得火焰高度变化,完成水合物球火焰高度的获取,确定火焰温度测量的空间范围;

采用4支完全相同的火焰测温热电偶,同一高度处左右对称布置2支,火焰测温热电偶节点相距1~3mm,其中位于左侧的第一火焰测温热电偶节点位于球心的正上方,作为主测温点;位于右侧的第二火焰测温热电偶热电偶节点偏离球心,作为补偿测温点,完成火焰温度测点的空间布置;

保存测力传感器及热电偶测温数据,待热电偶冷却后可进行重复实验测试;

根据温度修正原理完成火焰测温数据的计算修正。

一种甲烷水合物火焰温度测试装置及测温修正方法

技术领域

[0001] 本发明涉及火焰温度实验测试技术,具体涉及一种甲烷水合物火焰温度测试装置及测温修正方法。

背景技术

[0002] 近年来随着能源需求的逐渐增长,甲烷水合物的开发与应用正受到越来越多的关注。由于其易燃特性,甲烷水合物燃烧方面的理论突破成为保障其安全开采及储运的关键,因此甲烷水合物的燃烧特性已成为当前的研究热点。作为燃烧特性的重要组成部分,火焰温度对评估甲烷水合物的危险性具有重要意义。不同于传统气体燃料的燃烧,由于水分蒸发及自保护效应,甲烷水合物的火焰结构复杂,存在强烈的不稳定性,火焰温度的测量较为困难。

[0003] 目前,国外学者测量甲烷水合物火焰温度时采用了热成像法和细丝高温计法。然而,热成像法测量火焰温度存在如下缺点:测得温度为路径上火焰的平均温度,无法准确表征局部温度;对于高温火焰,由于亮度太高将导致部分色彩失真,测量误差较大;仪器标定困难且没有统一标准;造价昂贵,成本高。细丝高温计(TFP)测量火焰温度存在如下缺点:操作过程繁琐,须进行图像采集和处理并需要频繁标定细丝温度与亮度的变化关系;标定误差难以避免,测量精度不确定性较大;细丝某点辐射的光强不只与火焰温度有关,还与该点邻近位置的热量传递有关,需要对温度测量值进行计算修正。综上所述,热成像法和细丝高温计法应用于甲烷水合物火焰温度的测量尚存在很多局限。热电偶测温法是最常用的接触式测温方法,具有操作简单、测量直接、成本低廉等优点,现有技术已十分成熟,容易推广普及。然而热电偶测量火焰温度过程中由于存在辐射、导热损失,测得火焰温度偏低,其测量误差不可忽略,需要进行温度修正。

发明内容

[0004] 鉴于现有火焰测温方法的不足,本发明提供一种甲烷水合物火焰温度测试装置及测温修正方法,采用热电偶测温,通过热电偶测点的合理布置及热电偶对的测温补偿,实现了对水合物火焰温度的获取和准确修正。该测试装置结构简单,使用便捷,可操作性强,经济性高,所采用的温度修正方法显著减小了热电偶测温误差,使修正温度值更贴近于真实值,为甲烷水合物的燃烧火焰特性研究提供了有力技术支持。

[0005] 为达到上述目标,本发明实施的方案如下:

[0006] 第一方面,本发明提供了一种甲烷水合物火焰温度测试装置,包括燃烧室、热电偶测温系统和火焰拍摄系统;所述燃烧室包括对称设置的两个支撑杆,其中一个支撑杆上安装样品测温热电偶,样品测温热电偶一端放置待测样品,另一端与测力传感器连接,测力传感器通过第一夹具与支撑杆连接;

[0007] 所述热电偶测温系统设有至少两个高度不同的检测点,检测点处设有两个安装在支撑杆上的火焰测温热电偶;

[0008] 所述火焰拍摄系统用于拍摄燃烧室内的燃烧状况。

[0009] 进一步的,所述检测点处设有第一火焰测温热电偶和第二火焰测温热电偶,第一火焰测温热电偶的节点位于待测样品中心的正上方,第二火焰测温热电偶的节点与第一火焰测温热电偶的节点具有设定距离。

[0010] 进一步的,所述两个支撑杆分别为第一支撑杆和第二支撑杆,所述第一火焰测温热电偶安装在第一支撑杆,第二火焰测温热电偶安装在第二支撑杆。

[0011] 进一步的,所述热电偶测温系统包括多通道数据采集模块,多通道数据采集模块与样品测温热电偶和各火焰测温热电偶连接,内置有冷端补偿温度传感器,可对多支热电偶的信号进行同步采集。

[0012] 进一步的,所述检测点设置的火焰测温热电偶均处于同一平面。

[0013] 进一步的,所述火焰拍摄系统包括高速摄像机和三脚架,高速摄像机与三脚架连接设置于燃烧室正前方。

[0014] 进一步的,所述待测样品为甲烷水合物。

[0015] 进一步的,所述火焰测温热电偶通过升降支架与支撑杆的第二夹具连接,实现高度调节。

[0016] 进一步的,所述升降支架主体为钢制圆柱,其一端通过第二夹具固定于支撑杆上,伸出长度可调,另一端设置一开孔的铁块,通过旋转孔中的螺柱改变孔道大小,用于安装热电偶。

[0017] 第二方面,本发明提供了一种采用第一方面的火焰温度测试装置的火焰测温修正计算方法,步骤包括:根据测温数据及热辐射定律,计算偶丝节点对外辐射热损失;

[0018] 在火焰相同高度处采用2支节点相距1~3mm的热电偶测定火焰中心附近的温度梯度,计算偶丝导热损失;

[0019] 依据标准烟气的热物理参数并采用估算的烟气流速,计算对流传热系数,进而计算偶丝节点从火焰中获得的对流吸热量;

[0020] 根据整体的传热平衡,迭代计算出真实烟气温度,即为火焰温度修正值。

[0021] 第三方面,本发明还提供了一种采用第一方面提供的火焰温度测试装置的使用方法,步骤包括:采用冰粉法制备高含气率甲烷水合物球,每个甲烷水合物球均插入金属短管;

[0022] 开启数显系统并连接热电偶数据采集接口,用镊子取出甲烷水合物球并将其套置于样品测温热电偶上以测量甲烷水合物球中心温度;实时监测甲烷水合物球中心温度变化,当中心温度升至设定值时,点燃甲烷水合物球;

[0023] 通过火焰拍摄系统记录的火焰图像信息测得火焰高度变化,完成水合物球火焰高度的获取,确定火焰温度测量的空间范围;

[0024] 采用4支完全相同的火焰测温热电偶,同一高度处左右对称布置2支,火焰测温热电偶节点相距1~3mm,其中位于左侧的第一火焰测温热电偶节点位于球心的正上方,作为主测温点;位于右侧的第二火焰测温热电偶节点偏离球心,作为补偿测温点,完成火焰温度测点的空间布置;

[0025] 保存测力传感器及热电偶测温数据,待热电偶冷却后可进行重复实验测试;

[0026] 根据温度修正原理完成火焰测温数据的计算修正。

[0027] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:

[0028] 1、本发明基于最成熟的热电偶测温技术提供了一种甲烷水合物火焰温度测试装置,并给出了科学合理的测温修正方法。该测试装置造价低廉,使用便捷,占地空间小,可靠性强,非常适用于甲烷水合物燃烧特性实验研究;

[0029] 2、本发明温度修正方法与该装置配合应用,显著减小了热电偶的火焰测温误差,简明有效,普适性强,且可实现编程计算,大大提高了数据处理效率。

附图说明

[0030] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本申请的进一步理解,本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请,并不构成对本申请的不当限定。

[0031] 图1为本发明的甲烷水合物火焰温度测试装置的结构示意图;

[0032] 图2为本发明的透明玻璃视窗、三脚架和摄像机的结构示意图;

[0033] 图3为本发明的实施例1中火焰中部(7cm高度处)的温度变化图;

[0034] 图4为本发明的实施例1中火焰顶部(12cm高度处)的温度变化图;

[0035] 图中:1-计算机;2-多通道数据采集模块;3-燃烧室箱体;4-支撑杆;5-夹具;6-测力传感器;7-样品测温热电偶(K型);8-甲烷水合物;9-升降支架;10-火焰测温热电偶(B型);11-玻璃皿;12-导线;13-透明玻璃视窗;14-高速摄像机;15-三脚架。

具体实施方式:

[0036] 下面结合附图与实施例对本发明作进一步说明。

[0037] 应该指出,以下详细说明都是示例性的,旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的含义。

[0038] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0039] 在本发明中,术语如“上”、“下”、“左”、“右”、“前”、“后”、“竖直”、“水平”、“侧”、“底”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,只是为了便于叙述本发明各部件或元件结构关系而确定的关系词,并非特指本发明中任一部件或元件,不能理解为对本发明的限制。

[0040] 本发明中,术语如“固接”、“相连”、“连接”等应做广义理解,表示可以是固定连接,也可以是一体的连接或可拆卸连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连。对于本领域的相关科研或技术人员,可以根据具体情况确定上述术语在本发明中的具体含义,不能理解为对本发明的限制。

[0041] 实施例1

[0042] 本发明提供了一种甲烷水合物火焰温度测试装置,包括燃烧室、热电偶测温系统、火焰拍摄系统。

[0043] 燃烧室包括箱体、支撑杆、测力传感器和样品测温热电偶。箱体采用不锈钢制成,

内壁漆为黑色,尺寸为 $400 \times 300 \times 500\text{mm}$,箱体顶部敞开,前侧设有可移动透明玻璃视窗;支撑杆为直径 10mm 、长 500mm 的钢制圆柱,通过底部螺纹与箱体底板固接,用以固定水合物样品及测温热电偶;测力传感器通过夹具固定于支撑杆上,高度可自由调节,其最大量程 100g ,分辨率 0.001g ,精度 0.002g ,用于测定燃烧过程中水合物质量变化,获取实时的气体释放速率;样品测温热电偶通过螺钉连接于测力传感器上,采用K型热电偶,其测温范围为 $-200 \sim 1400^\circ\text{C}$,材质为铜-康铜,由直径 2mm 的刚玉管封装,偶丝直径 0.13mm ,响应时间 10ms 。

[0044] 热电偶测温系统包括升降支架、火焰测温热电偶和多通道数据采集模块。升降支架主体为直径 10mm 、长 100mm 的钢制圆柱,其一端通过夹具固定于支撑杆上,伸出长度可自由调节,另一端设置一开孔的铁块,可通过旋转孔中的螺柱改变孔道大小,用于安装热电偶;火焰测温热电偶穿插于升降支架上的开孔铁块中并由螺柱压紧固定,在相同高度处对称布置两支用于温度修正,偶丝节点相距 $1 \sim 3\text{mm}$,均采用B型热电偶,其测温范围为 $0 \sim 1700^\circ\text{C}$,材质为铂铑合金(Pt-Rh30/Pt-Rh6),由直径 2mm 的刚玉管封装,偶丝直径 0.2mm ,偶丝节点直径 0.6mm ,响应时间 10ms ;多通道数据采集模块与样品测温热电偶和各火焰测温热电偶连接,内置有冷端补偿温度传感器,可对多支热电偶的信号进行同步采集,最高采集速率为 1000次/s ,采集精度为 $\pm 1.2^\circ\text{C}$,借助配套的DAQ中心软件,可在计算机上实时显示并记录各热电偶的温度变化情况。

[0045] 火焰拍摄系统包括高速摄像机和三脚架。高速摄像机设置于燃烧室正前方,其最高拍摄速度为 500fps ,放大倍数为10倍,像素1280万,分辨率高,可记录水合物燃烧火焰的颜色与形态信息;三脚架用于固定高速摄像机,可调节高度及拍摄角度,使摄像机正对水合物样品及其燃烧火焰。

[0046] 本发明同时针对这套甲烷水合物火焰温度测试装置,提供了一种火焰测温修正计算方法。

[0047] 采用热电偶测量火焰温度时,偶丝节点处的对外辐射热损失及导热损失不可忽略,这两部分热损失致使热电偶测温偏低,须通过传热计算对其进行必要的修正。

[0048] 根据测温数据及热辐射定律,可近似计算偶丝节点对外辐射热损失,计算方法由公式(1)给出:

$$[0049] \quad Q_r = \varepsilon \sigma A_s (T_0^4 - T_e^4) \quad (1)$$

[0050] 式中: Q_r 为辐射热损失,W; ε 为偶丝节点发射率; σ 为斯忒藩-玻尔兹曼常数, $5.67 \times 10^{-8}\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$; A_s 为偶丝节点表面积, m^2 ; T_0 为火焰中心处的温度测量值,K; T_e 为环境温度,K。

[0051] 在火焰相同高度处采用2支节点相距 $1 \sim 3\text{mm}$ 的热电偶测定火焰中心附近的温度梯度,可近似计算偶丝导热损失,计算方法由公式(2)给出:

$$[0052] \quad Q_c = (\lambda_1 + \lambda_2) A_w \frac{T_0 - T_1}{\Delta l} \quad (2)$$

[0053] 式中: Q_c 为导热损失,W; λ_1 为Pt-Rh30偶丝热导率, $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$; λ_2 为Pt-Rh6偶丝热导率, $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$; A_w 为偶丝截面积, m^2 ; T_1 为补偿热电偶的温度测量值,K; Δl 为偶丝节点间距,m。

[0054] 依据标准烟气的热物理参数(须迭代确定)并采用估算的烟气流速,可近似计算偶丝节点从火焰中获得的对流吸热量,计算方法由公式(3)给出:

$$[0055] \quad Q_i = hA_s (T_g - T_0) \quad (3)$$

[0056] 式中： Q_i 为节点对流吸热量，W； h 为对流传热系数， $W/(m^2 \cdot K)$ ； T_g 为测量点处烟气的实际温度，K。

[0057] 对流传热系数 h 的计算方法由公式(4)、(5)给出：

$$[0058] \quad h = \frac{Nu\lambda}{D} \quad (4)$$

$$[0059] \quad Nu = 2 + 0.552Re^{1/2}Pr^{1/3} \quad (5)$$

[0060] 式中： Nu 为烟气的努塞尔数； λ 为烟气的热导率， $W/(m \cdot K)$ ； D 为偶丝节点直径，m； Re 为烟气的雷诺数； Pr 为烟气的普朗特数。

[0061] 最后根据整体的传热平衡，有：

$$[0062] \quad Q_i = Q_r + Q_c \quad (6)$$

[0063] 综合上述各式，可迭代计算出真实烟气温度 T_g ，即为火焰温度修正值。

[0064] 本发明的目的是提供一种甲烷水合物火焰温度测试装置及其温度修正方法，以解决现有技术中存在的成本高昂、操作复杂、适用性差等问题，实现对甲烷水合物燃烧火焰的空间定点温度数据的获取，辅助科研人员高效开展水合物燃烧方面的研究。下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步的详细说明，以使本技术领域人员更好地理解其技术细节。

[0065] 现采用本发明提供的甲烷水合物火焰温度测试装置，完成对甲烷水合物球燃烧火焰温度的测量，其具体的实验测试流程如下：

[0066] 1. 准备甲烷水合物球样品。采用冰粉法快速实验制备高含气率甲烷水合物球，其直径为2cm，质量约1.5g，每个水合物球均插入一内径为3mm的金属短管，试验前选取多个性状均一的样品保存于液氮中。

[0067] 2. 完成水合物球火焰高度的获取。开启计算机并连接热电偶数据采集接口，打开高速摄像机；用镊子取出水合物球并将其套置于K型热电偶上以测量水合物球中心温度，保证热电偶测点与水合物球中心接触良好，水合物球下方放置器皿用于盛接融化水；实时监测水合物球中心温度变化，当中心温度升至 -60°C 时，点燃水合物球；通过高速摄像机记录的火焰图像信息测得火焰高度变化，确定火焰温度测量的空间范围，本例中火焰最大高度约16cm(自球下边缘位置算起)。

[0068] 3. 完成火焰温度测点的空间布置。为了同时获取两个不同高度处的火焰温度，考虑到火焰顶部的不稳定性，以5cm为间隔，火焰测点布置于距球下边缘7cm(火焰中部)、12cm(火焰顶部)高度处。采用4支完全相同的火焰测温热电偶，同一高度处左右对称布置2支，热电偶节点相距1~3mm，其中左侧热电偶节点位于球心的正上方，作为主测温点；右侧热电偶节点偏离球心，作为补偿测温点。

[0069] 4. 进行燃烧火焰温度测试。按照测点布置方案安装B型热电偶，并将其数据采集接口与计算机连接，可打开高速摄像机记录燃烧情况；固定水合物球样品，监测其中心温度变化并于 -60°C 时点火(如前所述)；保存测力传感器及热电偶测温数据，待热电偶冷却后可进行重复实验测试。

[0070] 5. 完成火焰测温数据的计算修正。根据温度修正原理编制计算程序，程序中包含标准烟气在不同温度下的热物理参数及偶丝尺寸、热导率、节点发射率等已知条件参数，只

需输入实时气体释放速率及火焰测温数据即可得到修正温度。计算过程中先给定标准烟气温度 T (试算值), 基于该温度下的烟气热物理参数计算得出烟气温度修正值 T' , 将 T' 与 T 进行对比, 当二者差值大于 10°C 时, 以 T' 温度下的烟气热物理参数重新计算, 即进行循环迭代, 直到前后两次迭代温差小于 10°C 时停止, 确定最终火焰烟气的实际温度。

[0071] 经燃烧试验测定及温度计算修正, 可确定甲烷水合物球的燃烧火焰温度极值高达 1040°C 。具体的火焰测温数据及修正温度值如图3、4所示。

[0072] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述, 但并非对本发明保护范围的限制, 所属领域技术人员应该明白, 在本发明的技术方案的基础上, 本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

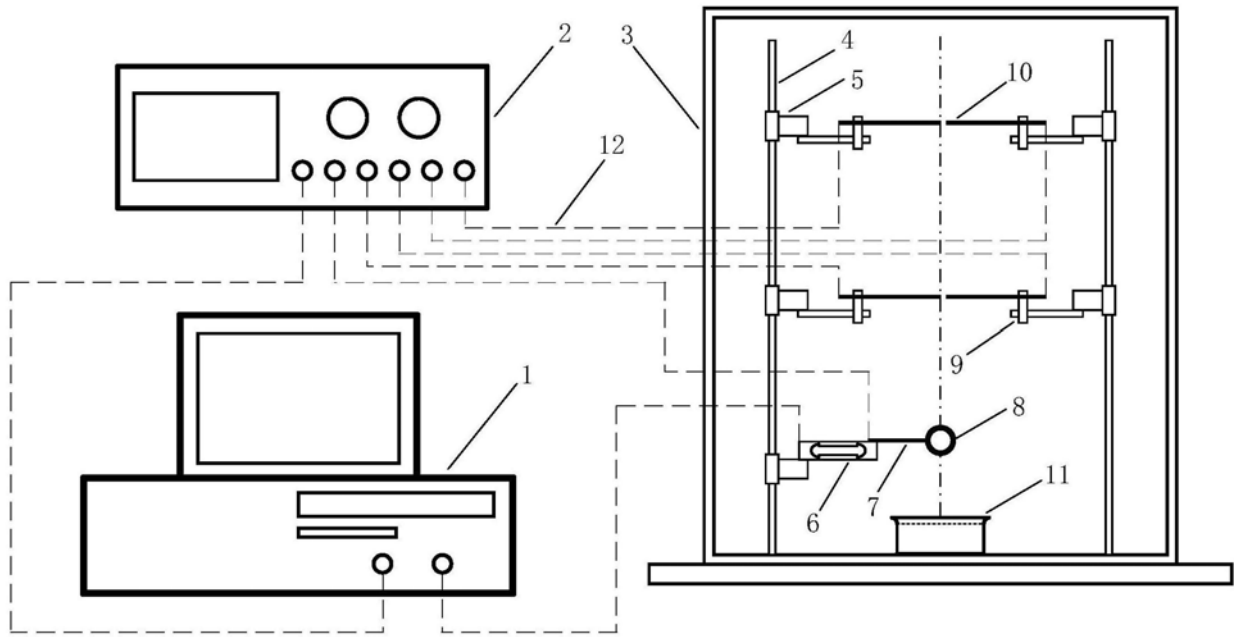


图1

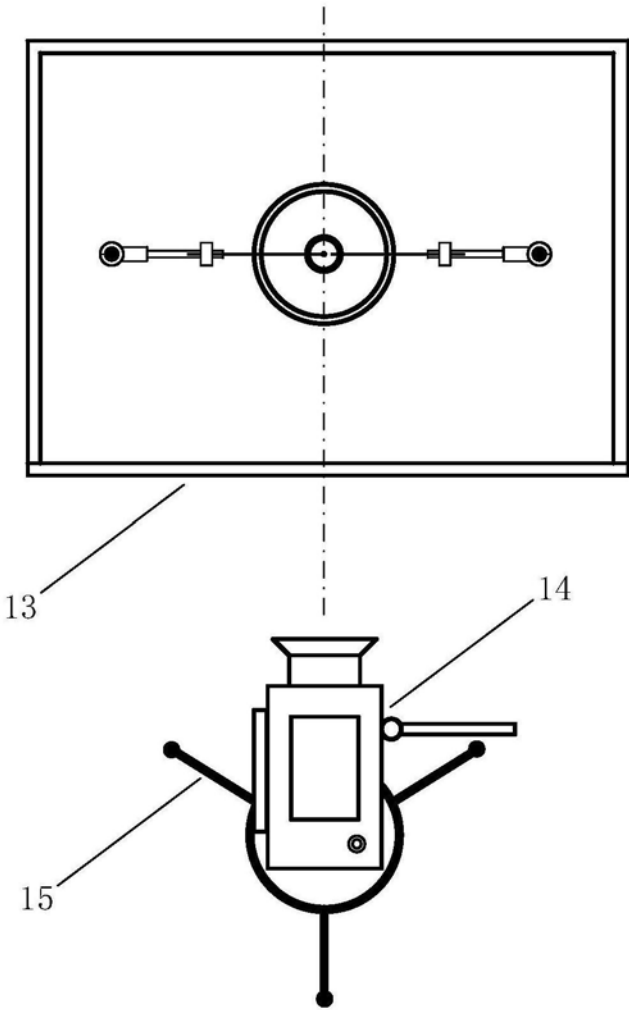


图2

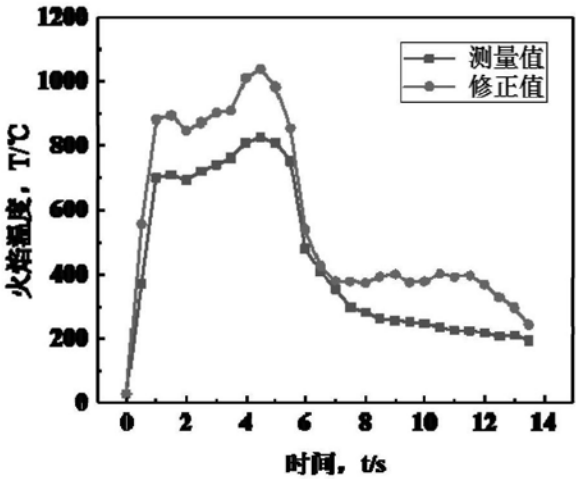


图3

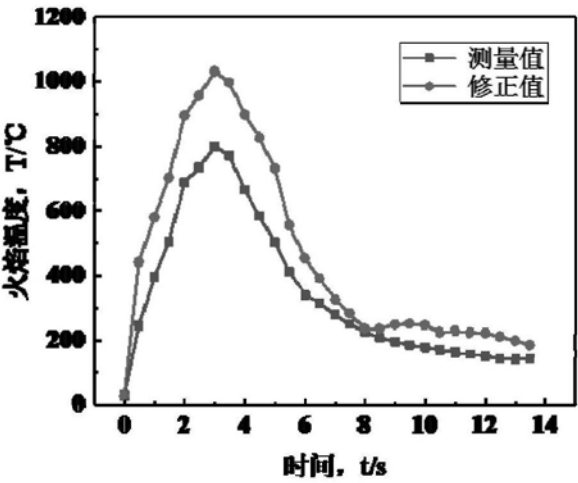


图4