



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102564986 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 11

(21) 申请号 201110457505. 7

(22) 申请日 2011. 12. 30

(71) 申请人 北京雪迪龙科技股份有限公司

地址 102206 北京市昌平区回龙观国际信息  
产业基地 3 街 3 号

(72) 发明人 崔厚欣

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限  
公司 11227

代理人 逯长明

(51) Int. Cl.

G01N 21/33(2006. 01)

G01N 1/14(2006. 01)

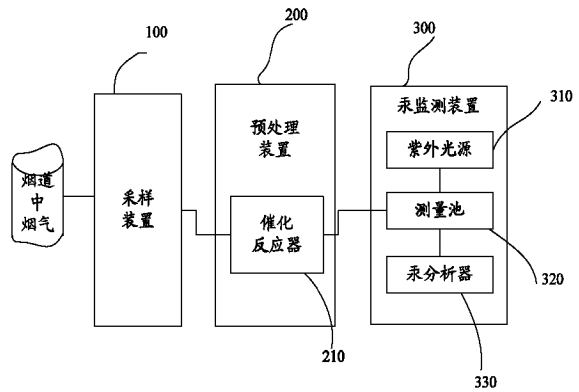
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 4 页

(54) 发明名称

一种烟气汞排放监测系统和方法

(57) 摘要

本发明公开了一种烟气汞排放监测系统和方法,该系统包括采样装置、预处理装置和汞监测装置,其中:所述采样装置,用于在系统工作时采集烟气;所述预处理装置,包括催化反应器,所述催化反应器用于将烟气中的氧化态汞转化为元素态汞;所述汞监测装置,包括紫外光源、测量池、汞分析器,其中:所述测量池,用于所述预处理后的烟气对紫外光线进行吸收;所述汞分析器,用于记录所述吸收的吸收度并根据所述吸收度计算汞的浓度。由于本发明利用紫外吸收光谱直接监测烟气中的汞含量,不需要汞富集单元,测量速度快,真正意义上做到了实时连续监测。



1. 一种烟气汞排放监测系统,其特征在于,包括采样装置、预处理装置和汞监测装置,其中:  
所述采样装置,用于在系统工作时采集烟气;  
所述预处理装置,包括催化反应器,所述催化反应器用于将烟气中的氧化态汞转化为元素态汞;  
所述汞监测装置,包括紫外光源、测量池、汞分析器,其中:  
所述测量池,用于使其内的预处理后的烟气对紫外光源发出的紫外光线进行吸收;  
所述汞分析器,用于记录吸收度并根据所述吸收度计算汞的浓度。
2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述采样装置具体包括:  
采样泵,用于作为采样驱动;  
采样探头,用于探入烟道,对烟气进行采集;  
伴热管线,与采样探头相连,用于输送采集到的烟气。
3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,还包括用于切换工作状态与标定状态的第一三通阀。
4. 根据权利要求3所述的系统,其特征在于,还包括第二三通阀,其用于切换测量烟气中氧化态汞含量和烟气中元素汞含量。
5. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述预处理装置还包括除湿器,其用于去除经还原后的烟气中的水蒸气。
6. 根据权利要求5所述的系统,其特征在于,所述预处理装置还包括烟气湿度报警器,其用于当除湿后的气体中湿度大于设定阈值时,发出报警信号。
7. 根据权利要求5所述的系统,其特征在于,所述预处理装置还包括过滤器,其用于过滤去除水蒸气后的烟气。
8. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述汞分析器包括:  
光电传感器,用于接收光能衰减导致的光能变化,并将所述光能变化的光信号转化为电信号;  
第一中央处理器,用于对所述电信号代表的吸收度进行计算,得到监测结果。
9. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述汞监测装置还包括:  
汞吸收单元,用于接收经过所述测量池的烟气,并对所述烟气进行汞吸收;  
参考池,用于使其内的经过汞吸收的烟气对紫外光线进行吸收。
10. 根据权利要求9所述的系统,其特征在于,所述汞分析器包括:  
第一光电传感器,用于接收所述测量池中的光能衰减导致的光能变化,并将光信号转化为电信号;  
第二光电传感器,用于接收所述参考池中的光能衰减导致的光能变化,并将光信号转化为电信号;  
第二中央处理器,用于接收所述第一光电传感器和第二光电传感器输出的电信号,并对两个电信号代表的吸收度进行差分处理,进而根据差分结果计算出汞浓度。
11. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,还包括用于显示监测结果的显示单元。
12. 一种烟气汞排放监测方法,其特征在于,包括以下步骤:
  - 1) 采集烟道中的烟气;

- 2) 将所述采集到的烟气进行预处理,使所述烟气中氧化态汞还原为元素态汞;
  - 3) 使经过预处理的烟气对紫外线进行吸收;
  - 4) 记录吸收度并根据所述吸收度计算烟气中汞的浓度。
13. 根据权利要求 12 所述的方法,其特征在于,还包括如下步骤:  
将被还原为元素态汞的烟气中的水蒸气除去。
14. 根据权利要求 13 所述的方法,其特征在于,还包括如下步骤:  
对除水蒸气后的烟气进行过滤。
15. 根据权利要求 11 所述的方法,其特征在于,所述步骤 4) 具体包括:  
接收光能衰减导致的光能变化,并将所述光能变化的光信号转化为电信号;  
对所述电信号代表的吸收度进行计算,得到监测结果。
16. 根据权利要求 11 所述的方法,其特征在于,还包括:  
对经过所述测量池的烟气进行汞吸收;  
使经过汞吸收的烟气对紫外线进行吸收。
17. 根据权利要求 15 所述的方法,其特征在于,所述步骤 4) 具体包括:  
接收所述测量池中的光能衰减导致的光能变化,并将光信号转化为电信号;  
接收所述参考池中的光能衰减导致的光能变化,并将光信号转化为电信号;  
接收所述第一光电传感器和第二光电传感器输出的电信号,并对两个电信号代表的吸收度进行差分处理,进而根据差分结果计算出汞浓度。

## 一种烟气汞排放监测系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于污染物排放监测领域,尤其涉及一种烟气汞排放监测系统和方法。

### 背景技术

[0002] 随着全球工业化进程的飞速发展,环境污染和生态破坏日益严重。汞是有剧毒性的微量元素,具有挥发性和累积性。如果汞直接或通过大气沉降进入水体,它将以毒性更大的形态—甲基汞在鱼和动物组织中累积。甲基汞和二甲基汞也可富集于藻类、鱼类和其它水生生物中。生物累积导致处在食物链顶端的食肉动物体内的汞浓度数千倍甚至数百万倍于水中的汞浓度,从而在整个食物链中富集。长期吃大量从同一汞污染区域捕获的鱼的人汞中毒的风险最大。尤其对于育龄妇女风险更大,因为胎儿的神经系统对汞更敏感,比成人更容易受到汞的危害。另外汞在空气中传输扩散,最后沉降到水和土壤中,从而对环境和人体健康构成极大隐患。因此自 2011 年起,烟气中汞含量的监测也被提上日程并迅速制定了相关的政策规范和实施要求。

[0003] 目前,对烟气中汞浓度的监测多是利用富集的方法通过抽气系统将烟气抽出烟道,然后利用富集材料,如金丝、活性炭等将烟气中的汞捕捉富集,一定时间以后停止抽气并记录总抽气烟气体积。随后通过加热富集材料的方式将捕捉到的汞释放出来,由载气将释放出来的汞带入到汞分析仪进行检测并输出结果。

[0004] 参见图 1 所示,实施上述富集方法的监测系统在工作时主要有两个阶段,一是汞富集阶段,二是汞监测阶段。在汞富集阶段,系统控制切换三通阀 6 在系统的控制下使图中左侧和下侧气路导通,在采样泵 11 的驱动下,按照流量控制器 10 设置的采样流量,烟道 1 中的烟气通过采样探头 2 传输到采样管线中。在采样探头 2 内装有粉尘过滤器,过滤后的烟气达到三通阀 3,此三通阀 3 的作用为切换工作和标定模式。然后烟气进入到催化反应器 4 中,在催化反应器 4 内烟气中的氧化态汞被催化还原为元素态汞,然后气体经过冷凝器 5 除湿后被汞富集单元 8 富集;在汞检测阶段,在富集阶段到设定时间后,富集单元 8 中的富集材料上吸附了足够多的汞,然后通过系统控制切换三通阀 6 使图中右侧气路和下侧气路导通,并对富集单元 8 进行加热,使富集材料吸附的汞释放出来在载气 7 的带动下通入汞分析仪 9 进行检测。

[0005] 可见,现有技术的富集监测方式明显存在不足之处:捕捉烟气中的汞时需要一定的时间,通常需要几分钟到几十分钟,而在加热富集材料使汞全部释放出来也需要一定的时间,所以该方式不能做到真正的实时连续监测。

### 发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种烟气汞排放系统和方法,以解决现有技术中不能实时连续监测的问题,使其监测速度快、检测时间短,真正意义上实现实时连续监测。

[0007] 为此,本发明解决技术问题的具体方案为:

- [0008] 一种烟气汞排放监测系统,包括采样装置、预处理装置和汞监测装置,
- [0009] 其中:
- [0010] 所述采样装置,用于在系统工作时采集烟气;
- [0011] 所述预处理装置,包括催化反应器,所述催化反应器用于将烟气中的氧化态汞转化为元素态汞;
- [0012] 所述汞监测装置,包括紫外光源、测量池、汞分析器,其中:
- [0013] 所述测量池,用于所述预处理后的烟气对紫外光线进行吸收;
- [0014] 所述汞分析器,用于记录所述吸收的吸收度并根据所述吸收度计算汞的浓度。
- [0015] 一种烟气汞排放监测方法,包括以下步骤:
- [0016] 1) 采集烟道中的烟气;
- [0017] 2) 将所述采集到的烟气进行预处理,使所述烟气中氧化态的汞转化为元素态的汞;
- [0018] 3) 监测所述经过预处理的烟气对紫外光线的吸收并记录其吸收度;
- [0019] 4) 根据所述记录的对紫外光的吸收度计算烟气中汞的浓度。
- [0020] 与现有技术的富集检测方式相比,本发明带来的主要有益效果是:本发明利用紫外吸收光谱直接检测烟气中的汞含量,不需要进行汞富集,故其测量速度快、测量时间短,真正意义上做到了实时连续监测。

#### 附图说明

[0021] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

- [0022] 图 1 是现有技术中烟气汞排放监测系统工装图;
- [0023] 图 2 是本发明实施例提供的烟气汞排放监测系统结构图;
- [0024] 图 3 是本发明实施例提供的烟气汞排放监测系统工装图;
- [0025] 图 4 是本发明实施例提供的双光束双气室方式的汞监测装置原理图;
- [0026] 图 5 是本发明实施例提供的烟气汞排放监测方法流程图;
- [0027] 图 6 是本发明实施例提供的另一烟气汞排放监测方法流程图。

#### 具体实施方式

[0028] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0029] 目前,采用富集方式对烟气中汞浓度进行监测时,由于捕捉烟气中的汞需要一定的时间,此时间通常为几分钟到几十分钟,而在加热富集材料使汞全部释放出来也需要一定的时间,故此方式不能做到真正的实时连续监测。

[0030] 为此,本发明提供了一种烟气汞排放监测系统和方法,以能够真正意义上实现对

烟气汞排放的实时连续监测。

[0031] 图 2 即示出了上述烟气汞排放监测系统的结构,其可包括采样装置 100、预处理装置 200 和汞监测装置 300,其中:

[0032] 上述采样装置 100,用于在系统工作时采集烟气;

[0033] 上述预处理装置 200,包括催化反应器 210,其中:

[0034] 上述催化反应器 210 用于将烟气中的氧化态汞转化为元素态汞;

[0035] 上述汞监测装置 300,包括紫外光源 310、测量池 320、汞分析器 330,其中:

[0036] 上述紫外光源 310 用于发出紫外光线;

[0037] 上述测量池 320 用于其内的预处理后的烟气对上述入射的紫外光线进行吸收以造成光能衰减;

[0038] 上述汞分析器 330,用于记录上述对紫外光线进行吸收的吸收度并根据上述吸收度计算汞的浓度。

[0039] 可见,由于本发明利用紫外吸收光谱直接检测烟气中的汞含量,不需要进行汞富集,故其测量速度快、测量时间短,真正意义上做到了实时连续监测。

[0040] 本发明其他实施例中,上述采样装置 100 具体可包括用于作为采样驱动的采样泵;用于探入烟道并对烟气进行采集的采样探头;与采样探头相连,用于输送采集到的烟气的伴热管线。

[0041] 本发明其他实施例中,上述烟气汞排放监测系统还可包括用于切换工作状态与标定状态的第一三通阀。

[0042] 本发明其他实施例中,上述烟气汞排放监测系统还可包括用于切换测量烟气中氧化态汞含量和烟气中元素汞含量的第二三通阀。

[0043] 本发明其他实施例中,上述烟气汞排放监测系统还可包括用于对监测结果进行显示的显示单元。

[0044] 本发明其他实施例中,上述预处理装置 200 还可包括用于去除经还原后的烟气中水蒸气的除湿器。

[0045] 本发明其他实施例中,上述预处理装置 200 还可包括用于当除湿后的气体中湿度大于设定阈值时,发出报警信号的烟气湿度报警器。

[0046] 本发明其他实施例中,上述预处理装置 200 可包括用于过滤去除水蒸气后的烟气的过滤器。

[0047] 本发明其他实施例中,汞分析器 330 具体可包括光电传感器,其用于接收光能衰减导致的光能变化,并将所述光能变化的光信号转化为电信号;第一中央处理器,其用于对所述电信号代表的吸收度进行计算,得到监测结果。

[0048] 利用上述烟气汞排放监测系统对烟气进行监测时,具体可采用单光束单气室的方式,为了更加详细地描述此种方式,本发明实施例提供了该方式下的烟气汞监测系统工装图,参见图 3,上述烟气汞排放监测系统的具体工作流程为:

[0049] 步骤 A、烟道 1 中的烟气在采样泵 12 的驱动下,通过加热采样探头 2 进入到伴热管线 3 中,进而通过伴热管线 3 传输到三通阀 4,由系统控制该三通阀的工作途径后,采样烟气进而通过三通阀 5 后进入到催化反应器 6 中;

[0050] 其中,采样探头为防止烟气中的汞、水蒸气及酸性气体凝结造成的汞损失和部件

腐蚀等现象,其采用加热探头,加热温度为 180 度,当然,在本发明其他实施例中,探头的加热温度也可设置为其他的温度,如 205 度等,只要能在烟气酸露点以上防止烟气成分凝结及汞吸附即可;采样探头内的采样管材料采用 361 惰性不锈钢并在表面涂有 PFA,用来减少汞吸附造成的损失;加热探头具有反吹单元,用来保护探头内部的粉尘过滤器,防止过滤器堵塞;采样管线采用伴热管线,其材料为 PTFE 特氟龙,也可以选用其他材料,如石英,只要能防止汞吸附即可;三通阀 A 和 B 采用电加热三通阀,阀体加热温度为 180 度,当然同样该温度可设置为在烟气酸露点以上的其他温度,三通阀 A 用于切换工作状态与标定状态,三通阀 B 用来切换测量烟气氧化态汞含量和测量烟气中元素汞含量。

[0051] 步骤 B、在催化反应器 6 中烟气中的氧化态汞被还原为元素态的汞。之后通过冷凝器 7 去除掉烟气中的水蒸气,再通过过滤器 8 对上述烟气进行过滤;

[0052] 催化反应器中催化剂材料为亚硫酸钠和碳酸钙的混合物,催化剂载体为活性氧化铝,催化剂用来将烟气中的氧化态汞转化为元素态的汞,当然,催化剂材料也可以选用其他材料,只要能与烟气中的氧化态汞起催化还原反应将其换为元素态汞即可,也可以不采用催化剂而直接将烟气加热到 800 度以上高温的方式进行转化;去除烟气中水分的制冷器也可采用其他方式,如用压缩机除湿。

[0053] 步骤 C、上述经过过滤的烟气进入到测量池 9 中,此时紫外光源 11 发出紫外光线,并通过狭缝入射到测量池 9 中,在测量池 9 中上述烟气中的汞对上述紫外光线进行吸收以致造成了光能衰减;上述由于紫外光线被吸收造成的光能衰减被光电传感器 10 接收,进而光电传感器 10 将接收到的光信号转化为电信号并输出到中央处理器,中央处理器根据上述电信号进行计算最终得出烟气中汞的含量。

[0054] 本发明其他实施例中,上述紫外光线也可通过其他方式入射至测量池中,如光纤传输的方式。

[0055] 因烟气中除汞在紫外光谱有很强的吸收,还存在其他的成分同样对汞有很强的吸收,如 NO、SO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub> 等,因此这类气体对紫外光线的吸收将与汞吸收发生部分重叠,严重时会使汞吸收信号。采用这种单光束的监测方式容易受到上述几种气体的干扰,抗干扰能力差。

[0056] 针对上述情况,本发明其他实施例中,还可采用双光束双气室的监测方式。

[0057] 对应于此种方式,上述汞监测装置 300 还可包括汞吸收单元和参考池,其中,上述汞吸收单元用于接收经过上述测量池的烟气,并对其汞吸收,以致处理后的烟气中不再含有汞成分;上述参考池,用于接收上述经过汞吸收单元的烟气和接收上述入射的紫外光线,使上述烟气中的其他能吸收紫外光线的气体,如 NO、SO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub> 等,吸收紫外光线,以造成光能衰减。

[0058] 相应地,双光束双气室方式下,上述汞分析器 330 包括:第一光电传感器,用于接收所述测量池中的光能衰减导致的光能变化,并将光信号转化为电信号;第二光电传感器,用于接收所述参考池中的光能衰减导致的光能变化,并将光信号转化为电信号;第二中央处理器,用于接收所述第一光电传感器和第二光电传感器输出的电信号,并对两个电信号代表的吸收度进行差分处理,进而根据差分结果计算出汞浓度。

[0059] 图 4 即示出了双光束双气室方式下汞监测装置 300 的原理:紫外光源 1 发出的光线经过两个分离的狭缝后同时进入了测量池 3 和参考池 7,被池中的气体吸收后,所产生的

光能变化由分别对应的光电传感器吸收并输出电信号,如图中粗线箭头所示,气体中的汞会吸收紫外光源的能量造成光能衰减,根据朗伯比尔定律,衰减的程度与汞浓度成比例关系且满足朗伯比尔吸收公式。经过预处理后的烟气气体由气体进口处首先进入到测量池3,然后经过汞吸收单元被其中的汞吸附剂吸收掉气体中的汞后进入到参考池7中,如图中细线箭头所示。PLC计算经过两个气体后的差分信号来计算汞浓度。这种监测方式可以大大提高抗干扰能力,烟气中除汞以外的其他气体成分会在测量池中和参考池中同时存在,从而作为背景信号被差分除掉。

[0060] 上述系统中,上述紫外光源经由两个狭缝产生两束光,一束入射至测量池,一束入射至参考池,本发明其他实施例中,两束光也可以由其他方式产生,比如采用半反半透镜,相应的,两束光也可以由光纤传输至测量池与参考池,采用光纤传输可以不用两个狭缝或半反半透镜;上述汞吸收剂为碘活性炭,当然,汞吸收材料也可选用其他材料,如金丝或金膜,只要能吸收烟气中的汞即可。

[0061] 由于双光束双气室方式与单光束单气室方式各自所对应的监测系统的采样装置100与预处理装置200是完全相同的,故双光束双气室方式中只对系统中的汞监测装置300进行了详细描述,其他部分可以参照单光束单气室方式的实施例的相应内容,不再赘述。

[0062] 对应于上述单光束单气室的监测系统本发明实施例还公开了一种烟气汞排放监测方法,参见图5所示流程图,上述方法具体为:从烟道中采集烟气;对烟气进行催化还原、去除烟气中的水蒸气、对烟气进行过滤;将经过预处理的烟气进行紫外光线吸收;接收光能变化并将其转化为电信号;根据上述电信号计算烟气中汞的浓度。

[0063] 对应于上述双光束双气室的监测系统,本发明实施例还公开了一种双光束双气室监测方法,请参见图6。由于其与单光束单气室方式的方法在采集和预处理阶段均相同,参见上述方法即可,不再赘述,这里仅指出其不同之处:在烟气进行紫外光线吸收的基础上,同时对经过汞吸收之后的烟气也进行紫外光线的吸收,对两个光能变化转化后的电信号做差分处理,从而将背景信号,如NO、SO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>等造成的干扰被差分去除。

[0064] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的方法而言,由于其与实施例公开的系统相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见系统部分说明即可。

[0065] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。



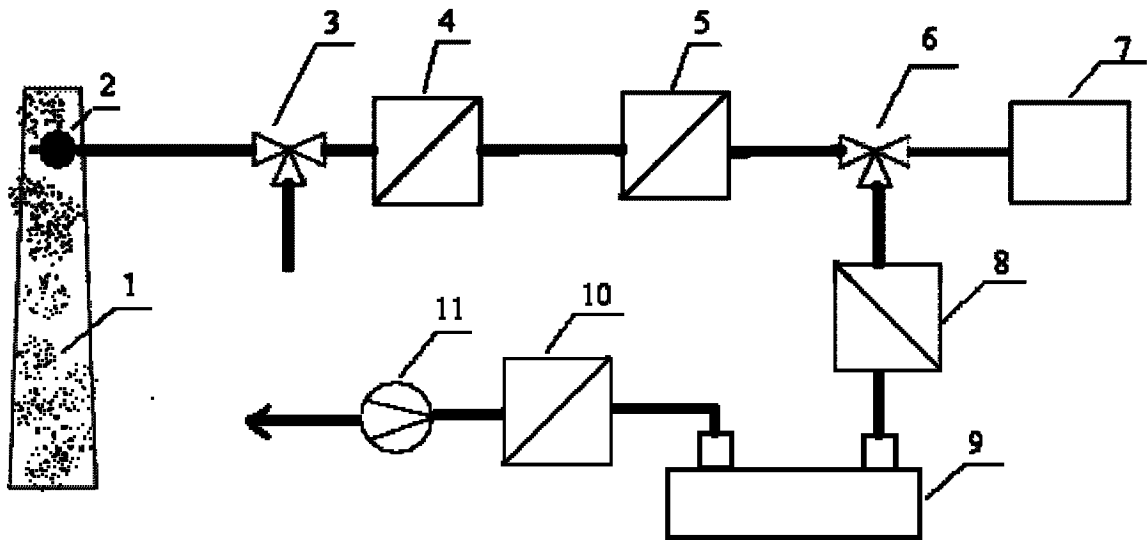


图 1

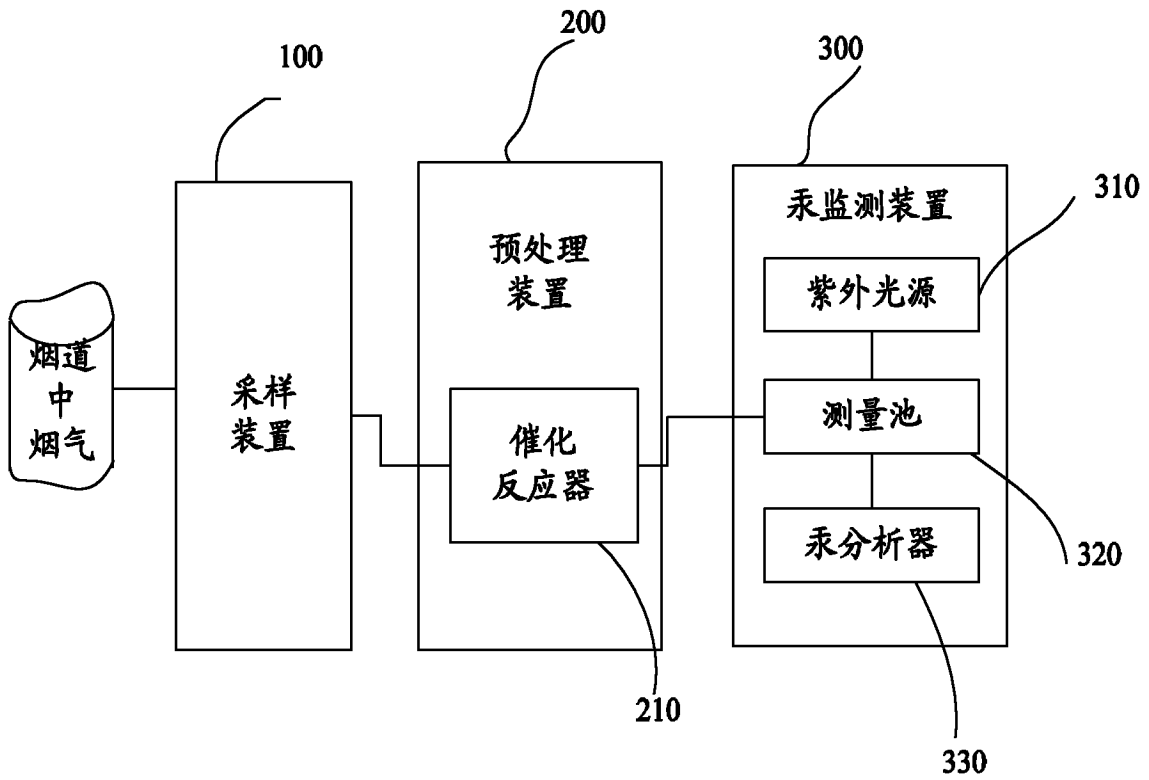


图 2

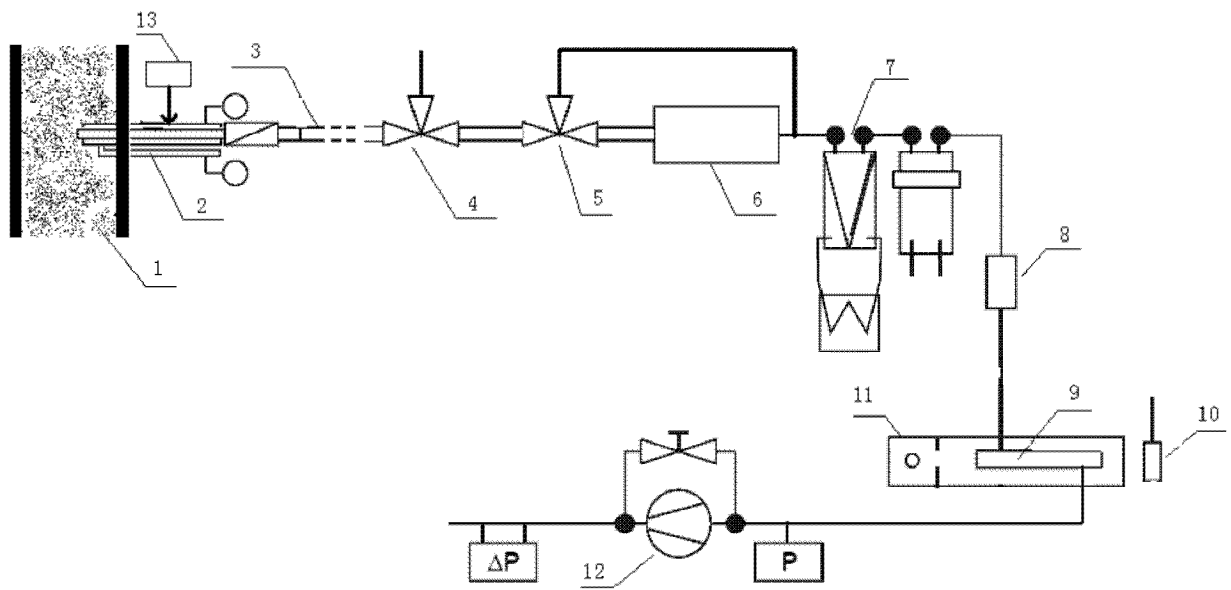


图 3

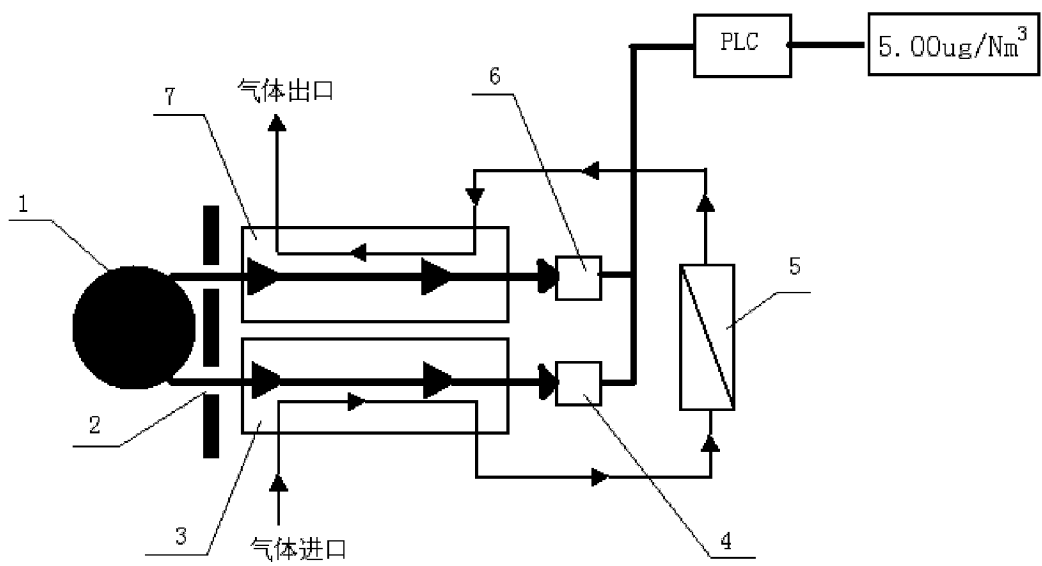


图 4

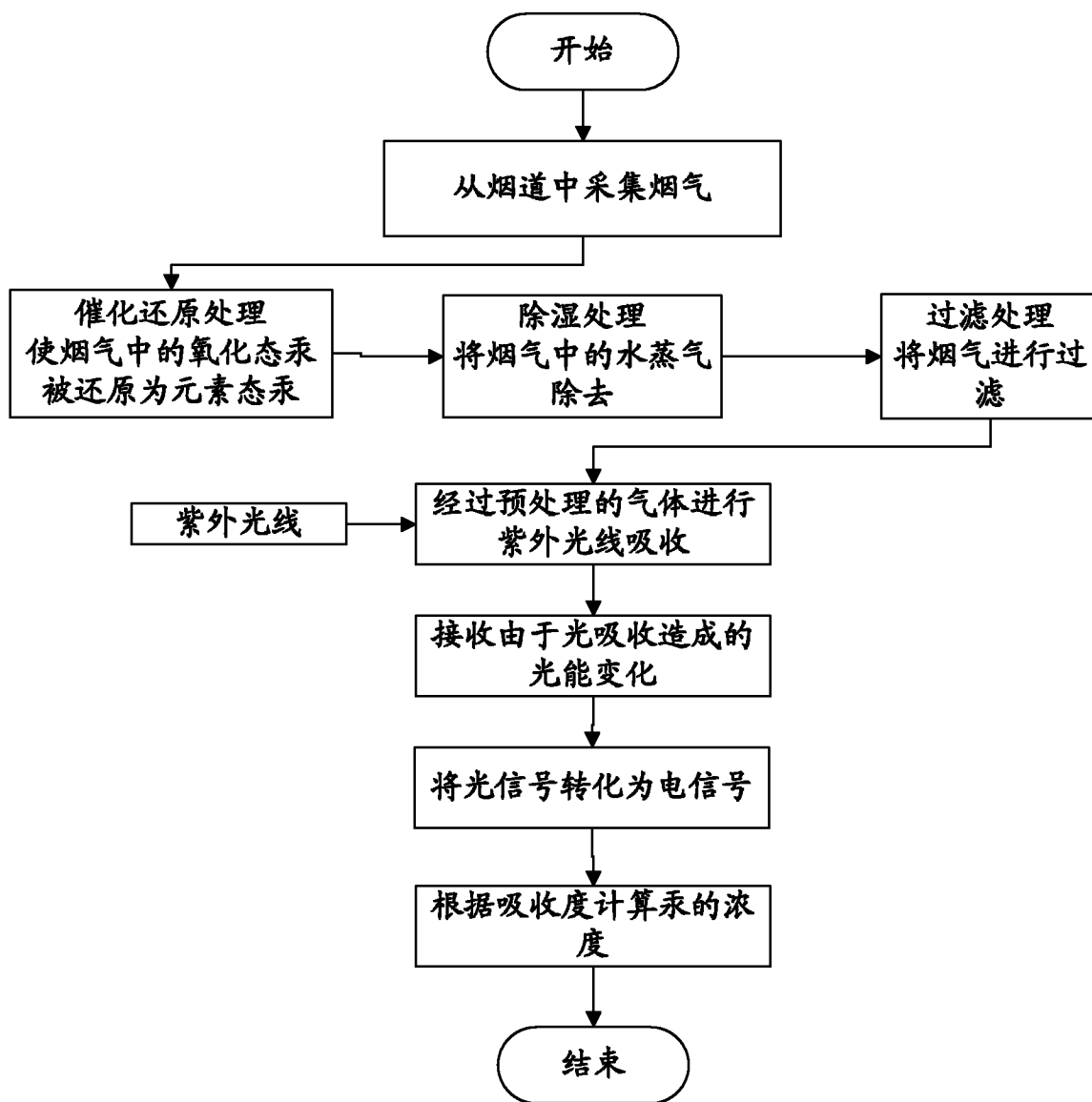


图 5

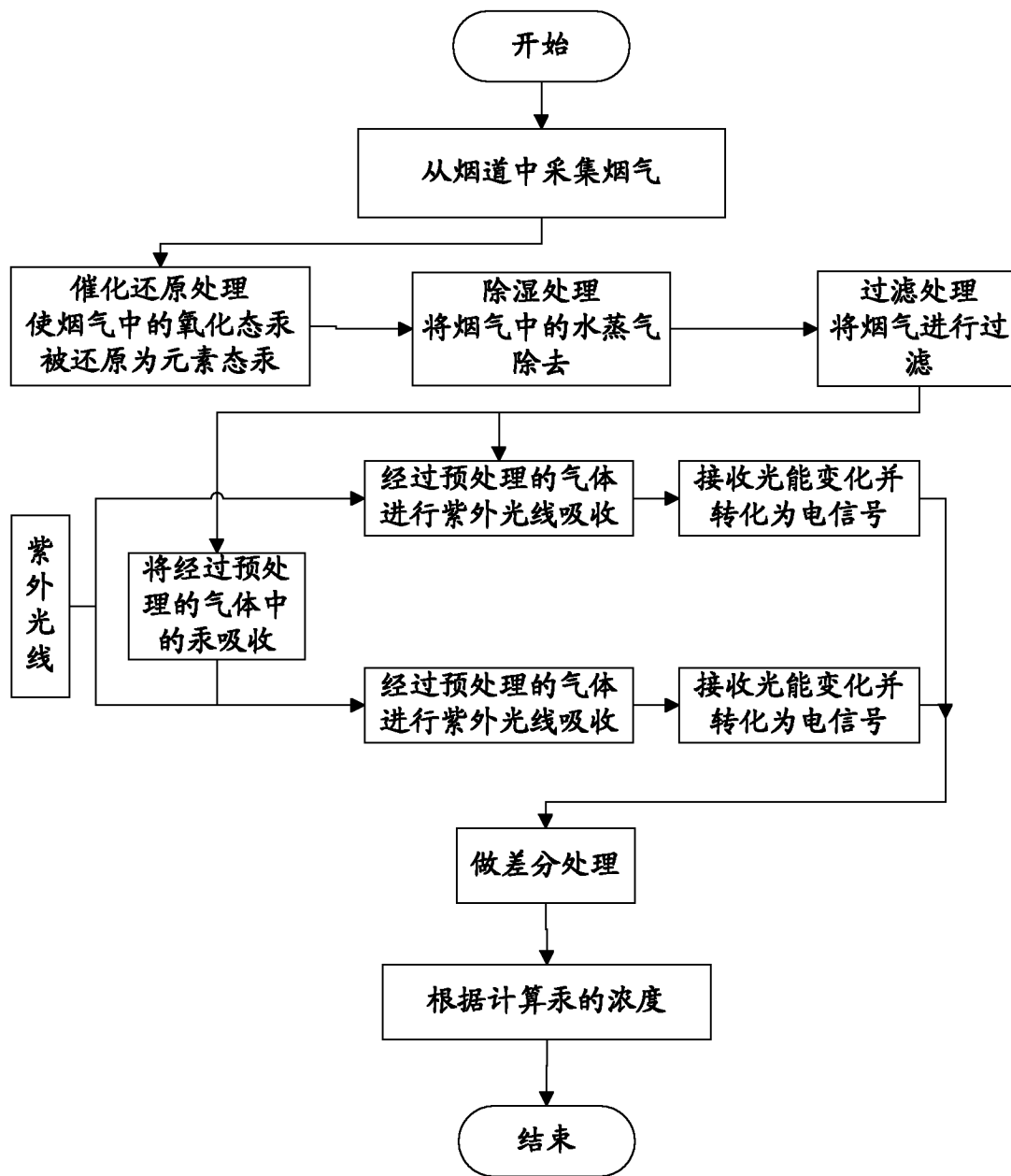


图 6