



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113686746 B

(45) 授权公告日 2023. 09. 15

(21) 申请号 202111141337.0

(22) 申请日 2021.09.28

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113686746 A

(43) 申请公布日 2021.11.23

(73) 专利权人 暨南大学

地址 510632 广东省广州市黄埔大道西601号

(72) 发明人 陶俊 卞国建 张智胜 费蕾蕾
武云飞

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

专利代理师 孙楠

(51) Int. Cl.

G01N 15/06 (2006.01)

(56) 对比文件

US 7111496 B1, 2006.09.26

CN 213398080 U, 2021.06.08

CN 103018145 A, 2013.04.03

CN 203101227 U, 2013.07.31

CN 105334147 A, 2016.02.17

CN 111812003 A, 2020.10.23

CN 106769728 A, 2017.05.31

CN 104122180 A, 2014.10.29

审查员 黄佳

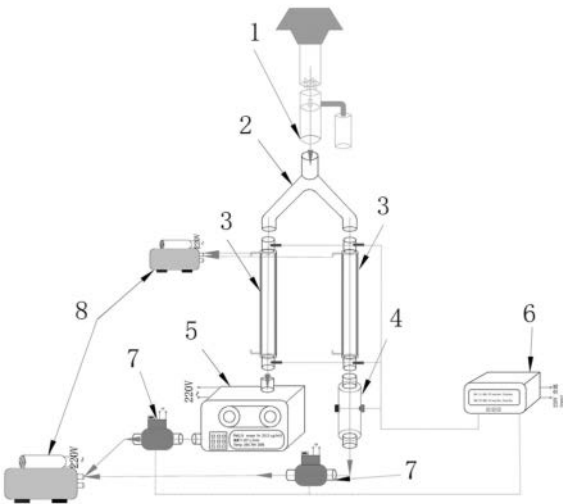
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

一种PM_{2.5}在线质量浓度实时补偿装置及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种PM_{2.5}在线质量浓度实时补偿装置及方法,其包括:人字形不锈钢三通管,其入口端与切割头连接,将进入的颗粒物分为两路输出;颗粒物散射仪,其入口经一干燥管与人字形不锈钢三通管的一路输出连接,用于获得颗粒物散射系数,并传输至智能电子控制终端;颗粒物监测仪,其入口经另一干燥管与人字形不锈钢三通管的另一路输出连接,用于获得颗粒物质量浓度数据,并传输至智能电子控制终端;流量控制器,分别设置在颗粒物散射仪和颗粒物监测仪的出口端,用于控制进入颗粒物的流量;智能电子控制终端,与流量控制器、颗粒物散射仪和颗粒物监测仪连接并控制其工作;根据接收到的颗粒物散射系数、颗粒物浓度计算得到大气颗粒物中补偿质量浓度。



1. 一种PM_{2.5}在线质量浓度实时补偿方法,其特征在于,该方法基于PM_{2.5}在线质量浓度实时补偿装置实现,PM_{2.5}在线质量浓度实时补偿装置包括:

切割头,用于阻隔颗粒物和雨滴进入所述补偿装置;

人字形不锈钢三通管,其入口端与所述切割头连接,将进入的颗粒物分为两路输出;

颗粒物散射仪,其入口经一干燥管与所述人字形不锈钢三通管的一路输出连接,用于获得颗粒物散射系数,并传输至智能电子控制终端;

颗粒物监测仪,其入口经另一干燥管与所述人字形不锈钢三通管的另一路输出连接,用于获得颗粒物质量浓度数据,并传输至所述智能电子控制终端;

流量控制器,分别设置在所述颗粒物散射仪和所述颗粒物监测仪的出口端,用于控制进入颗粒物的流量;

所述智能电子控制终端,与所述流量控制器、所述颗粒物散射仪和所述颗粒物监测仪连接并控制其工作;根据接收到的所述颗粒物散射系数、所述颗粒物质量浓度数据计算得到大气颗粒物中补偿质量浓度;

所述切割头包括:防雨防虫帽、PM₁₀切割头、PM_{2.5}切割头和除雨器;所述防雨防虫帽设置在所述PM₁₀切割头的顶部,所述PM₁₀切割头的底部与所述PM_{2.5}切割头的顶部连接;位于所述PM_{2.5}切割头的顶部侧壁上通过管路与所述除雨器连接;

所述PM₁₀切割头内的底部均布有至少四个PM₁₀切割孔,所述PM_{2.5}切割头的上部设置有PM_{2.5}颗粒撞击板,所述PM_{2.5}颗粒撞击板的中部设置有PM_{2.5}切割孔;

所述PM₁₀切割孔与所述PM_{2.5}切割孔交错设置;

所述干燥管为Nafion干燥管,包括第一不锈钢接头、Nafion材质内管、不锈钢材质外管、吹扫孔和高灵敏温湿度传感器;所述Nafion材质内管套设在所述不锈钢材质外管的内部,两者之间形成圆环空隙;所述Nafion材质内管的两端延伸至所述不锈钢材质外管的外部形成两个所述第一不锈钢接头;位于所述Nafion材质内管的两端分别设置有一所述高灵敏温湿度传感器,用于检测所述干燥管的入口及出口处的颗粒物温湿度,并传输至所述智能电子控制终端;位于所述不锈钢材质外管的两端侧壁分别设置有一所述吹扫孔,所述干燥管的输出端与所述流量控制器的入口处连接;

所述颗粒物散射仪包括第二不锈钢接头、中空光学腔室、光学发射源和光学检测器;所述中空光学腔室的两端分别设置有一所述第二不锈钢接头,位于所述中空光学腔室的中部两侧分别开设有透明窗口,位于其中一所述透明窗口处设置有所述光学发射源,位于另一所述透明窗口处设置有所述光学检测器,所述光学发射源与所述光学检测器位于同一水平线上;由所述光学发射源发射的光照射所述中空光学腔室中大气颗粒物后,光强衰减信号由所述光学检测器进行检测,获得颗粒物散射系数;所述光学发射源、所述光学检测器均与所述智能电子控制终端连接;

所述颗粒物监测仪采用Beta射线法颗粒物监测仪,包括Beta射线法颗粒物监测仪主机、进样不锈钢管道、数据采集器、不锈钢排气管道和220V交流电源接口;所述进样不锈钢管道的一端与所述干燥管连接,所述进样不锈钢管道的另一端与所述Beta射线法颗粒物监测仪主机连接,将干燥后的颗粒物送入设置在所述Beta射线法颗粒物监测仪主机内的所述数据采集器中;所述不锈钢排气管道设置在所述Beta射线法颗粒物监测仪主机的侧部,用于与所述流量控制器的入口处连接;所述220V交流电源接口与Beta射线法颗粒物监测仪主

机连接,用于为Beta射线法颗粒物监测仪主机供电;

还包括真空泵;分别设置在所述干燥管的入口处,以及所述流量控制器的出口处;

所述智能电子控制终端包括主机、输入电源、输出电源、数据显示屏和机械控制键;所述主机内预置有数据处理程序,将接收到的所述干燥管进出口相对湿度和温度,以及干燥条件下的所述颗粒物散射系数和所述 $PM_{2.5}$ 质量浓度经所述数据处理程序进行处理计算后,实现 $PM_{2.5}$ 质量浓度补偿;所述输入电源用于与外部电源连接,所述输出电源用于为所述主机供电;所述数据显示屏与所述主机连接,用于显示接收的数据信息及处理结果;所述机械控制键与所述主机连接,用于人工调节主机的参数;

该方法包括:

将逐时实测干燥条件下的颗粒物散射系数与Beta射线法颗粒物监测仪测得的 $PM_{2.5}$ 质量浓度的比值作为 $PM_{2.5}$ 质量散射效率实测值,将其与初始给定的 $PM_{2.5}$ 质量散射效率理论值进行对比,得到所述 $PM_{2.5}$ 质量散射效率实测值的变化幅度;

基于实测干燥管入口温湿度数据计算硝酸铵潮解点,并与实际环境相对湿度对比;

当逐时实测干燥条件下 $PM_{2.5}$ 质量散射效率实测值变化幅度低于预先设定阈值,则判断大气环境中硝酸盐浓度较低,无需 $PM_{2.5}$ 质量浓度补偿;

当逐时实测干燥条件下 $PM_{2.5}$ 质量散射效率实测值变化幅度大于预先设定阈值,且实际环境相对湿度大于等于硝酸铵潮解点,则判断Beta射线法颗粒物监测仪存在硝酸盐损失现象,自动调用前一时段变化幅度低于预先设定阈值的 $PM_{2.5}$ 质量散射效率实测值作为此时段计算参数,利用此时段实测颗粒物散射系数除以前一时段的 $PM_{2.5}$ 质量散射效率实测值,获得此时段补偿后的 $PM_{2.5}$ 质量浓度。

一种PM_{2.5}在线质量浓度实时补偿装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及大气环境中颗粒物在线测量技术领域,特别是关于一种PM_{2.5}在线质量浓度实时补偿装置及方法。

背景技术

[0002] 准确测量地大气环境中颗粒物的质量浓度对于评估其大气环境质量、人体健康和气候变化的影响具有重要的现实意义。硝酸盐和部分挥发性有机物是导致大气颗粒物测量值被低估的主要因素。当环境温度为25℃时,硝酸盐(细颗粒物中主要硝酸铵形式存在)的潮解点(潮解时对应的相对湿度)大约为62%,因此当环境相对湿度低于62%时,纯硝酸铵会逐渐分解为氨气和气态硝酸,进而导致实测PM_{2.5}质量浓度低估。实际环境中,大气颗粒物中的硝酸盐和硫酸盐及有机物以混合的形式存在,因此颗粒物的混合潮解点会小于62%,甚至可以达到50%以下。无论如何,现有的大气颗粒物在线设备通常都是将颗粒物采集到滤纸上,或采用震荡天平或采用Beta(β)射线法进行定量颗粒物质量浓度。在此过程中,需要对环境颗粒物样品进行加热除湿,尽可能地降低水汽影响,但同时也会导致大部分硝酸铵和少量有机物的质量损失,使得实测颗粒物质量浓度偏低。在以硝酸盐污染为主导的颗粒物污染事件下,实测颗粒物质量浓度则偏低更明显。因此,在现有在线PM_{2.5}监测仪的基础上增加颗粒物质量浓度实时补偿,对于准确评价城市大气颗粒物污染程度具有重要的现实意义。

[0003] 目前,对大气颗粒物中挥发性化学成分的补偿的方法主要采用冷却样品方法降低挥发性化学成分的损失,实现挥发性化学成分质量浓度的补偿。该方法对于补偿挥发性有机物有一定效果。然而,大多数城市PM_{2.5}化学成分观测表明,颗粒物中低温挥发性有机物(纯氮加热120℃测量的有机物)的含量占总有机物含量不足3%,占PM_{2.5}质量浓度则更低(不足1%),因此该方法对大气环境中PM_{2.5}质量浓度的补偿的实际价值不明显。相对于低温挥发性有机物而言,在硝酸盐主导的颗粒物污染事件中,硝酸盐占PM_{2.5}质量浓度可以达到30%以上,甚至超过50%,由此可见,PM_{2.5}质量浓度最需要补偿的是硝酸盐而非低温挥发性有机物。采用冷却样品方法虽然可以降低样品温度,降低低温挥发性有机物的损失,但是降低温度同时,也会导致大气颗粒物样品中水汽的凝结(当样品前期除湿不彻底时),从而高估补偿的质量浓度。即便样品前期除湿较彻底,但是当硝酸盐被采集到干燥滤膜上时也会导致大量硝酸盐挥发损失。当大气颗粒物样品温度从25℃冷却到10℃时,硝酸盐的潮解点从62%上升到70%,即只要滤纸上相对湿度小于70%,硝酸盐就会分解成硝酸气体,因此该方法对于补偿硝酸盐的损失仍然存在较大的不确定性。此外,还有通过纯净气体(如常用氮气)循环的吹扫采集样品方法来捕捉挥发性化学成分(如美国赛默飞世尔科技公司的震荡天平仪器配置的有滤膜动态测量系统),进而补偿PM_{2.5}质量浓度。不论哪种方法,凡是通过用滤膜为载体方法均不能有效补偿硝酸盐的损失。总体来讲,上述基于滤膜测量的两种方法均不能较好地解决硝酸盐损失的问题。

发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明的目的是提供一种PM_{2.5}在线质量浓度实时补偿装置及方法,其具有实时在线的特点,充分考虑硝酸盐的化学和光学性质,采用非接触式的光散射测量,以应用于现有大气环境监测站PM_{2.5}在线质量浓度补偿。

[0005] 为实现上述目的,本发明采取以下技术方案:一种PM_{2.5}在线质量浓度实时补偿装置,其包括:切割头,用于阻隔颗粒物和雨滴进入所述补偿装置;人字形不锈钢三通管,其入口端与所述切割头连接,将进入的颗粒物分为两路输出;颗粒物散射仪,其入口经一干燥管与所述人字形不锈钢三通管的一路输出连接,用于获得颗粒物散射系数,并传输至智能电子控制终端;颗粒物监测仪,其入口经另一干燥管与所述人字形不锈钢三通管的另一路输出连接,用于获得颗粒物质量浓度数据,并传输至所述智能电子控制终端;流量控制器,分别设置在所述颗粒物散射仪和所述颗粒物监测仪的出口端,用于控制进入颗粒物的流量;所述智能电子控制终端,与所述流量控制器、所述颗粒物散射仪和所述颗粒物监测仪连接并控制其工作;根据接收到的所述颗粒物散射系数、所述颗粒物浓度计算得到大气颗粒物中补偿质量浓度。

[0006] 进一步,所述切割头包括:防雨防虫帽、PM₁₀切割头、PM_{2.5}切割头和除雨器;

[0007] 所述防雨防虫帽设置在所述PM₁₀切割头的顶部,所述PM₁₀切割头的底部与所述PM_{2.5}切割头的顶部连接;位于所述PM_{2.5}切割头的顶部侧壁上通过管路与所述除雨器连接。

[0008] 进一步,所述PM₁₀切割头内的底部均布有至少四个PM₁₀切割孔,所述PM_{2.5}切割头的上部设置有PM_{2.5}颗粒撞击板,所述PM_{2.5}颗粒撞击板的中部设置有PM_{2.5}切割孔。

[0009] 进一步,所述PM₁₀切割孔与所述PM_{2.5}切割孔交错设置。

[0010] 进一步,所述干燥管为Nafion干燥管,包括第一不锈钢接头、Nafion材质内管、不锈钢材质外管、吹扫孔和高灵敏温湿度传感器;

[0011] 所述Nafion材质内管套设在所述不锈钢材质外管的内部,两者之间形成圆环空隙;所述Nafion材质内管的两端延伸至所述不锈钢材质外管的外部形成两个所述第一不锈钢接头;

[0012] 位于所述Nafion材质内管的两端分别设置有一所述高灵敏温湿度传感器,用于检测所述干燥管的入口及出口处的颗粒物温湿度,并传输至所述智能电子控制终端;

[0013] 位于所述不锈钢材质外管的两端侧壁分别设置有一所述吹扫孔,所述干燥管的输出端与所述流量控制器的入口处连接。

[0014] 进一步,所述颗粒物散射仪包括第二不锈钢接头、中空光学腔室、光学发射源和光学检测器;

[0015] 所述中空光学腔室的两端分别设置有一所述第二不锈钢接头,位于所述中空光学腔室的中部两侧分别开设有透明窗口,位于其中一所述透明窗口处设置有所述光学发射源,位于另一所述透明窗口处设置有所述光学检测器,所述光学发射源与所述光学检测器位于同一水平线上;由所述光学发射源发射的光照射所述中空光学腔室中大气颗粒物后,光强衰减信号由所述光学检测器进行检测,获得颗粒物散射系数;所述光学发射源、所述光学检测器均与所述智能电子控制终端连接。

[0016] 进一步,所述颗粒物监测仪采用Beta射线法颗粒物监测仪,包括Beta射线法颗粒物监测仪主机、进样不锈钢管道、数据采集器、不锈钢排气管道和220V交流电源接口;

[0017] 所述进样不锈钢管道的一端与所述干燥管连接,所述进样不锈钢管道的另一端与所述Beta射线法颗粒物监测仪主机连接,将干燥后的颗粒物送入设置在所述Beta射线法颗粒物监测仪主机内的所述数据采集器中;

[0018] 所述不锈钢排气管道设置在所述Beta射线法颗粒物监测仪主机的侧部,用于与所述流量控制器的入口处连接;

[0019] 所述220V交流电源接口与Beta射线法颗粒物监测仪主机连接,用于为Beta射线法颗粒物监测仪主机供电。

[0020] 进一步,还包括真空泵;分别设置在所述干燥管的入口处,以及所述流量控制器的出口处。

[0021] 进一步,所述智能电子控制终端包括主机、输入电源、输出电源、数据显示屏和机械控制键;

[0022] 所述主机内预置有数据处理程序,将接收到的所述干燥管进出口相对湿度和温度,以及干燥条件下的所述颗粒物散射系数和所述 $PM_{2.5}$ 质量浓度经所述数据处理程序进行处理计算后,实现 $PM_{2.5}$ 质量浓度补偿;

[0023] 所述输入电源用于与外部电源连接,所述输出电源用于为所述主机供电;

[0024] 所述数据显示屏与所述主机连接,用于显示接收的数据信息及处理结果;

[0025] 所述机械控制键与所述主机连接,用于人工调节主机的参数。

[0026] 一种 $PM_{2.5}$ 在线质量浓度实时补偿方法,该方法基于上述补偿装置实现,包括:

[0027] 将逐时实测干燥条件下的颗粒物散射系数与Beta射线法颗粒物监测仪测得的 $PM_{2.5}$ 质量浓度的比值作为 $PM_{2.5}$ 质量散射效率实测值,将其与初始给定的 $PM_{2.5}$ 质量散射效率理论值进行对比,得到所述 $PM_{2.5}$ 质量散射效率实测值的变化幅度;

[0028] 基于实测干燥管入口温湿度数据计算硝酸铵潮解点,并与实际环境相对湿度对比;

[0029] 当逐时实测干燥条件下 $PM_{2.5}$ 质量散射效率实测值变化幅度低于预先设定阈值,则判断大气环境中硝酸盐浓度较低,无需 $PM_{2.5}$ 质量浓度补偿;

[0030] 当逐时实测干燥条件下 $PM_{2.5}$ 质量散射效率实测值变化幅度大于预先设定阈值,且实际环境相对湿度大于等于硝酸铵潮解点,则判断Beta射线法颗粒物监测仪存在硝酸盐损失现象,自动调用前一时段变化幅度低于预先设定阈值的 $PM_{2.5}$ 质量散射效率实测值作为此时段计算参数,利用此时段实测颗粒物散射系数除以前一时段的 $PM_{2.5}$ 质量散射效率实测值,获得此时段补偿后的 $PM_{2.5}$ 质量浓度。

[0031] 本发明由于采取以上技术方案,其具有以下优点:

[0032] 1、本发明的顶部为一个进气流量为16.7升/分钟的 PM_{10} 采样头或 $PM_{2.5}$ 切割头,以阻隔大于10微米或2.5微米的颗粒和其他物质(如雨滴、蚊虫等)进入装置管道。

[0033] 2、本发明采用的 $PM_{2.5}$ 切割头下方配备人字形三通管将气流分成2路(每路流量为8.35升/分钟):一路通过Nafion干燥管后,再顺序连接一颗粒物散射仪、一流量控制器和真空泵;另一路通过Nafion干燥管后,再顺序连接一Beta射线法颗粒物监测仪、一流量控制器和真空泵。颗粒物散射仪进出气口设置均设置温湿度传感器,实时测量颗粒物散射仪中样品温度和相对湿度,并实时传输到智能电子控制终端进行存储。两流量控制器流量控制信号由智能电子控制终端控制。两Nafion干燥管吹扫气由一真空泵提供压缩干燥气体。实时

调用智能电子控制终端的颗粒物散射系数和温湿度数据以及Beta射线法颗粒物监测仪测量的 $PM_{2.5}$ 质量浓度数据,实时计算给出补偿后的 $PM_{2.5}$ 质量浓度。

[0034] 3、本发明的设备成本低,操作简单,自动化程度高,便于在各类大气环境监测站安装使用。设备易于安装和拆卸运输,易于保养维护,可以在城市、郊区、森林和高山等不同地理和自然条件下的大气环境监测站中安装使用。

附图说明

[0035] 图1是本发明一实施例中的 $PM_{2.5}$ 在线质量浓度实时补偿装置结构示意图;

[0036] 图2是本发明一实施例中的 $PM_{2.5}$ 切割头的结构示意图;

[0037] 图3是本发明一实施例中的人字形不锈钢三通管的结构示意图;

[0038] 图4是本发明一实施例中的Nafion干燥管的结构示意图;

[0039] 图5是本发明一实施例中的颗粒物散射仪的结构示意图;

[0040] 图6是本发明一实施例中的Beta射线法颗粒物监测仪的结构示意图;

[0041] 图7是本发明一实施例中的智能电子控制终端的结构示意图;

[0042] 图8是本发明一实施例中的流量控制器的结构示意图;

[0043] 图9是本发明一实施例中的真空泵的结构示意图。

具体实施方式

[0044] 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的附图,对本发明实施例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的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于所描述的本发明的实施例,本领域普通技术人员所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0045] 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。

[0046] 本发明提供一种 $PM_{2.5}$ 在线质量浓度实时补偿装置及方法,其包括一 $PM_{2.5}$ 切割头、一人字形不锈钢三通管、二Nafion干燥管、一颗粒物散射仪、一Beta射线法颗粒物监测仪、一智能电子控制终端、二流量控制器、二真空泵和一电脑软件系统。装置顶部为一支进气流量为16.7升/分钟的 $PM_{2.5}$ 切割头,切割头下方接人字形不锈钢三通管将气流分成两路(每路8.35升/分钟),均Nafion干燥管,再分别连接一台颗粒物散射仪和一台Beta射线法颗粒物监测仪,Nafion干燥管进出口设置高灵敏温湿度传感器,实时同步测量干燥条件下颗粒物散射系数和 $PM_{2.5}$ 质量浓度、实际环境和干燥后样品气流的温湿度。基于上述数据,利用数据处理程序输出补偿后的 $PM_{2.5}$ 质量浓度。本发明适用于大气环境监测标准站中大气颗粒物 $PM_{2.5}$ 质量浓度测量过程中易挥发化学组分损失补偿。

[0047] 在本发明的一个实施例中,如图1所示,提供一种 $PM_{2.5}$ 在线质量浓度实时补偿装置,本实施例中,其包括:

[0048] 切割头1,用于阻隔颗粒物和雨滴进入补偿装置;

[0049] 人字形不锈钢三通管2,其入口端与切割头1连接,将进入的颗粒物分为两路输出;

[0050] 颗粒物散射仪4,其入口经一干燥管3与人字形不锈钢三通管2的一路输出连接,用于获得颗粒物散射系数,并传输至智能电子控制终端6;

[0051] 颗粒物监测仪5,其入口经另一干燥管3与人字形不锈钢三通管2的另一路输出连接,用于获得颗粒物质量浓度数据,并传输至智能电子控制终端6;

[0052] 流量控制器7,分别设置在颗粒物散射仪4和颗粒物监测仪5的出口端,用于控制进入颗粒物的流量;

[0053] 智能电子控制终端6,与流量控制器7、颗粒物散射仪4和颗粒物监测仪5连接并控制其工作;根据接收到的颗粒物散射系数、颗粒物浓度计算得到大气颗粒物中补偿质量浓度。

[0054] 在一个优选的实施例中,如图2所示,切割头1切割头包括防雨防虫帽11、 PM_{10} 切割头12、 $PM_{2.5}$ 切割头14和除雨器16;防雨防虫帽11设置在 PM_{10} 切割头12的顶部, PM_{10} 切割头12的底部与 $PM_{2.5}$ 切割头14的顶部连接;位于 $PM_{2.5}$ 切割头14的顶部侧壁上通过管路与除雨器16连接。

[0055] 其中, PM_{10} 切割头12内的底部均布有至少四个 PM_{10} 切割孔13, $PM_{2.5}$ 切割头14的上部设置有 $PM_{2.5}$ 颗粒撞击板, $PM_{2.5}$ 颗粒撞击板的中部设置有 $PM_{2.5}$ 切割孔15。

[0056] 防雨防虫帽11与 PM_{10} 切割头12之间、 PM_{10} 切割头12与 $PM_{2.5}$ 切割头14之间,以及 $PM_{2.5}$ 切割头14与除雨器16之间均采用螺纹连接; PM_{10} 切割头12与 PM_{10} 切割孔13之间、 $PM_{2.5}$ 切割头14与 $PM_{2.5}$ 切割孔15之间均为焊接连接。

[0057] 优选的, PM_{10} 切割孔13与 $PM_{2.5}$ 切割孔15交错设置。

[0058] 优选的, $PM_{2.5}$ 切割头14可以更换为 PM_{10} 切割12头,对 PM_{10} 质量浓度进行补偿。

[0059] 在一个优选的实施例中,如图3所示,人字形不锈钢三通管2是由一不锈钢管21和一人字形不锈钢分流管22构成;不锈钢管1与人字形不锈钢分流管22为螺纹连接。

[0060] 在一个优选的实施例中,如图4所示,干燥管3为Nafion干燥管,包括第一不锈钢接头31、Nafion材质内管32、不锈钢材质外管33、吹扫孔34和高灵敏温湿度传感器35。

[0061] Nafion材质内管32套设在不锈钢材质外管33的内部,两者之间形成圆环空隙;Nafion材质内管32的两端延伸至不锈钢材质外管33的外部形成两个第一不锈钢接头31;

[0062] 位于Nafion材质内管32的两端分别设置有一高灵敏温湿度传感器35,用于检测干燥管3的入口及出口处的颗粒物温湿度,并传输至智能电子控制终端6;

[0063] 位于不锈钢材质外管33的两端侧壁分别设置有一吹扫孔34,干燥管3的输出端与流量控制器7的入口处连接。

[0064] 使用时,干燥压缩空气通过其中一个吹扫孔34进入圆环空隙内,从另一个吹扫孔34带走由Nafion材质内管32从颗粒物样品中置换出的水汽,从而达到连续干燥颗粒物样品的目的。

[0065] 在一个优选的实施例中,如图5所示,颗粒物散射仪4包括第二不锈钢接头41、中空光学腔室42、光学发射源43和光学检测器44。中空光学腔室42采用圆柱形中空结构。

[0066] 中空光学腔室42的两端分别设置有一第二不锈钢接头41,位于中空光学腔室42的中部两侧分别开设有透明窗口,位于其中一透明窗口处设置有光学发射源43,位于另一透明窗口处设置有光学检测器44,光学发射源43与光学检测器44位于同一水平线上;由光学发射源43发射的光照射中空光学腔室42中大气颗粒物后,光强衰减信号由光学检测器44进

行检测,获得颗粒物散射系数;光学发射源43、光学检测器44均与智能电子控制终端6连接。

[0067] 在本实施例中,光学发射源43可选550纳米(不局限于上述波长)的发射光源。光学发射源43发射的光照射圆柱形中空光学腔室42中大气颗粒物后,光强衰减信号由光学检测器44进行检测,获得颗粒物散射系数。

[0068] 在一个优选的实施例中,如图6所示,颗粒物监测仪5采用Beta射线法颗粒物监测仪,包括Beta射线法颗粒物监测仪主机51、进样不锈钢管道52、数据采集器53、不锈钢排气管道54和220V交流电源接口55。

[0069] 进样不锈钢管道52的一端与干燥管3连接,进样不锈钢管道52的另一端与Beta射线法颗粒物监测仪主机51连接,将干燥后的颗粒物送入设置在Beta射线法颗粒物监测仪主机51内的数据采集器53中;

[0070] 不锈钢排气管道54设置在Beta射线法颗粒物监测仪主机51的侧部,用于与流量控制器7的入口处连接;

[0071] 220V交流电源接口55与Beta射线法颗粒物监测仪主机51连接,用于为Beta射线法颗粒物监测仪主机51供电。

[0072] 在本实施例中,Beta射线法颗粒物监测仪5可以采用大气监测站常规大气颗粒物监测仪器,在此不做限定。

[0073] 在一个优选的实施例中,如图7所示,智能电子控制终端6包括主机61、输入电源(220V)62、输出电源(12V)63、数据显示屏64和机械控制键65。

[0074] 主机61内预置有数据处理程序,将接收到的干燥管3进出口相对湿度和温度,以及干燥条件下的颗粒物散射系数和 $PM_{2.5}$ 质量浓度经数据处理程序进行处理计算后,实现 $PM_{2.5}$ 质量浓度补偿;

[0075] 输入电源62用于与外部电源连接,输出电源63用于为主机供电;

[0076] 数据显示屏64与主机61连接,用于显示接收的数据信息及处理结果;

[0077] 机械控制键65与主机61连接,用于人工调节主机的参数。

[0078] 在本实施例中,智能电子控制终端6主要为颗粒物散射仪4、高灵敏温湿度传感器35、流量控制器7提供电源和数据采集存储或流量控制功能。

[0079] 在一个优选的实施例中,如图8所示,流量控制器7是由一不锈钢管道71、一电磁阀72、一电源73和一电磁阀控制器74构成。12V直流电源73给电磁阀72和电磁阀控制器74供电。电磁阀控制器74收到输入流量信息后,控制电磁阀72的开启程度达到控制流量的目的。流量控制器7电源和流量控制均由智能电子控制终端6提供。

[0080] 在一个优选的实施例中,如图1、图9所示,本发明还包括真空泵8。真空泵8分别设置在干燥管3的入口处,以及流量控制器7的出口处。

[0081] 其中,真空泵8是由一真空泵主机81、一电源82、一进气管83、一出气管84和两减震底座85构成;真空泵主机81设置在两减震底座85上,电源82位于真空泵主机81上部,用于为真空泵主机81供电;位于真空泵主机81的端部设置有进气管83和出气管84。进气管83和出气管84与真空泵主机81之间采用螺纹连接。

[0082] 综上,本实施例使用时,将本 $PM_{2.5}$ 在线质量浓度实时补偿装置放置在某一大气环境监测站后,通过橡胶软管或不锈钢管分别连接好各单元,再接通电源开始运行。在一台真空泵8产生的负压作用下,大气颗粒物以16.7升/分钟流量先通过 $PM_{2.5}$ 采切割头1以阻隔大

于2.5微米颗粒和雨滴进入测量系统,然后经人字形不锈钢三通管2以8.35升/分钟流量分别进入两个Nafion干燥管3,再分别进入一颗粒物散射仪4和Beta射线法颗粒物监测仪5,分别干燥条件下大气散射系数和PM_{2.5}质量浓度。颗粒物散射仪4测量的颗粒物散射系数和Nafion干燥管进出口相对湿度和温度由智能电子控制终端6进行采集存储。一颗粒物散射仪4和Beta射线法颗粒物监测仪5出气口分别各连接一流量控制器7,再连接同一真空泵8。流量控制器7的电源和流量设定由智能电子控制终端6提供和控制。另外一台真空泵8为两个Nafion干燥管3提供干燥吹扫气,对通过Nafion干燥管3的大气颗粒物样品进行干燥。智能电子控制终端6根据接收到的数据实时计算出PM_{2.5}补偿质量浓度。

[0083] 在本发明的一实施例中,提供一种PM_{2.5}在线质量浓度实时补偿方法,该方法基于上述各实施例中的补偿装置实现,包括以下步骤:

[0084] 步骤1、将逐时实测干燥条件下的颗粒物散射系数与Beta射线法颗粒物监测仪测得的PM_{2.5}质量浓度的比值作为PM_{2.5}质量散射效率实测值,将其与初始给定的PM_{2.5}质量散射效率理论值进行对比,得到PM_{2.5}质量散射效率实测值的变化幅度;

[0085] 步骤2、基于实测干燥管入口温湿度(可表征实际大气环境温湿度)数据计算硝酸铵潮解点(潮解湿度= $e^{(723.7/(\text{环境温度}+273.15)+1.6954)}$),并与实际环境相对湿度对比;

[0086] 步骤3、当逐时实测干燥条件下PM_{2.5}质量散射效率实测值变化幅度低于预先设定阈值,则判断大气环境中硝酸盐浓度较低,无需PM_{2.5}质量浓度补偿;

[0087] 步骤4、当逐时实测干燥条件下PM_{2.5}质量散射效率实测值变化幅度大于预先设定阈值,且实际环境相对湿度大于等于硝酸铵潮解点,则判断Beta射线法颗粒物监测仪存在硝酸盐损失现象,自动调用前一时段变化幅度低于预先设定阈值的PM_{2.5}质量散射效率实测值作为此时段计算参数,利用此时段实测颗粒物散射系数除以前一时段的PM_{2.5}质量散射效率实测值,获得此时段补偿后的PM_{2.5}质量浓度。

[0088] 上述实施例中,预先设定阈值优选为10%。则步骤3中,当逐时实测干燥条件下PM_{2.5}质量散射效率实测值变化幅度低于10%,不论实际环境相对湿度大于或小于硝酸铵潮解点,可判断大气环境中硝酸盐浓度较低,对PM_{2.5}质量浓度的影响较小,无需进一步补偿PM_{2.5}质量浓度补偿;步骤4中,当逐时实测干燥条件下PM_{2.5}质量散射效率实测值变化幅度大于10%,且实际环境相对湿度大于等于硝酸铵潮解点,则判断Beta射线法颗粒物监测仪存在明显的硝酸盐损失现象,则软件系统自动调用前一时段的PM_{2.5}质量散射效率实测值(变化幅度小于10%)作为此时段计算参数,利用此时段实测颗粒物散射系数除以前一时段的PM_{2.5}质量散射效率实测值,进而获得此时段补偿后的PM_{2.5}质量浓度。

[0089] 本实施例中,还包括以下步骤:当逐时实测干燥条件下PM_{2.5}质量散射效率实测值变化幅度大于预先设定阈值,且实际环境相对湿度小于硝酸铵潮解点,则计算实际环境相对湿度与硝酸铵潮解点之间的绝对差值,若二者差值小于设定值,则判断由有机物损失造成,并标注异常警告标识以备核查数据,若二者差值大于设定值,则判断由硝酸盐损失造成,并标注异常警告标识以备核查数据。优选的,设定值优选为5%。

[0090] 具体为:当逐时实测干燥条件下PM_{2.5}质量散射效率实测值变化大于10%,且实际环境相对湿度小于硝酸铵潮解点,则进一步计算实际环境相对湿度与硝酸铵潮解点之间的绝对差值,若二者差值小于5%,则判断由有机物损失造成,并标注异常警告标识以备核查数据,若二者差值大于5%,则判断由硝酸盐损失造成,并标注异常警告标识以备核查数据。

通过类似情景下的数据积累,通过智能学习,进一步判断是否需要按照前一时段的 $PM_{2.5}$ 质量散射效率实测值对 $PM_{2.5}$ 质量浓度进行补偿。

[0091] 本实施例使用时,在广州地区 $PM_{2.5}$ 质量散射效率(颗粒物散射系数 $\div$ 颗粒物质量浓度)季节变化范围为3.5~3.9平方米/克,且在相同季节内 $PM_{2.5}$ 质量散射效率变化幅度更小(<5%)。

[0092] 经Nafion干燥管干燥后,由颗粒物散射仪测量得到的干燥条件下的颗粒物散射系数偏低在10%以内(管道损失和硝酸盐挥发损失)。总之由于颗粒物在颗粒物散射仪腔室的停留时间短,硝酸盐挥发损失在可控范围内,因此其可较好的体现实际大气环境中颗粒物浓度变化趋势。

[0093] 鉴于颗粒物散射仪测量的颗粒物散射系数较为准确和 $PM_{2.5}$ 质量散射效率变化范围不大,因此可以基于颗粒物散射系数和 $PM_{2.5}$ 质量散射效率可进一步计算 $PM_{2.5}$ 质量浓度。

[0094] 通过实时计算颗粒物散射系数与Beta射线法颗粒物监测仪测得的 $PM_{2.5}$ 质量浓度的比值($PM_{2.5}$ 质量散射效率实测值),并与初始给定的 $PM_{2.5}$ 质量散射效率理论值进行对比,判断是否存在明显的易挥发性化学成分的损失。当 $PM_{2.5}$ 质量散射效率实测值大于初始定的 $PM_{2.5}$ 质量散射效率理论值预先设定阈值时,则判断Beta射线法颗粒物监测仪测得的 $PM_{2.5}$ 质量浓度存在明显的易挥发性化学成分的损失,自动调取前一时段 $PM_{2.5}$ 质量散射效率实测值作为该时段内 $PM_{2.5}$ 质量散射效率,依次类推计算不同时段内 $PM_{2.5}$ 质量散射效率,进一步利用实测颗粒物散射系数计算不同时段内 $PM_{2.5}$ 平均质量浓度,实现 $PM_{2.5}$ 质量浓度补偿。

[0095] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

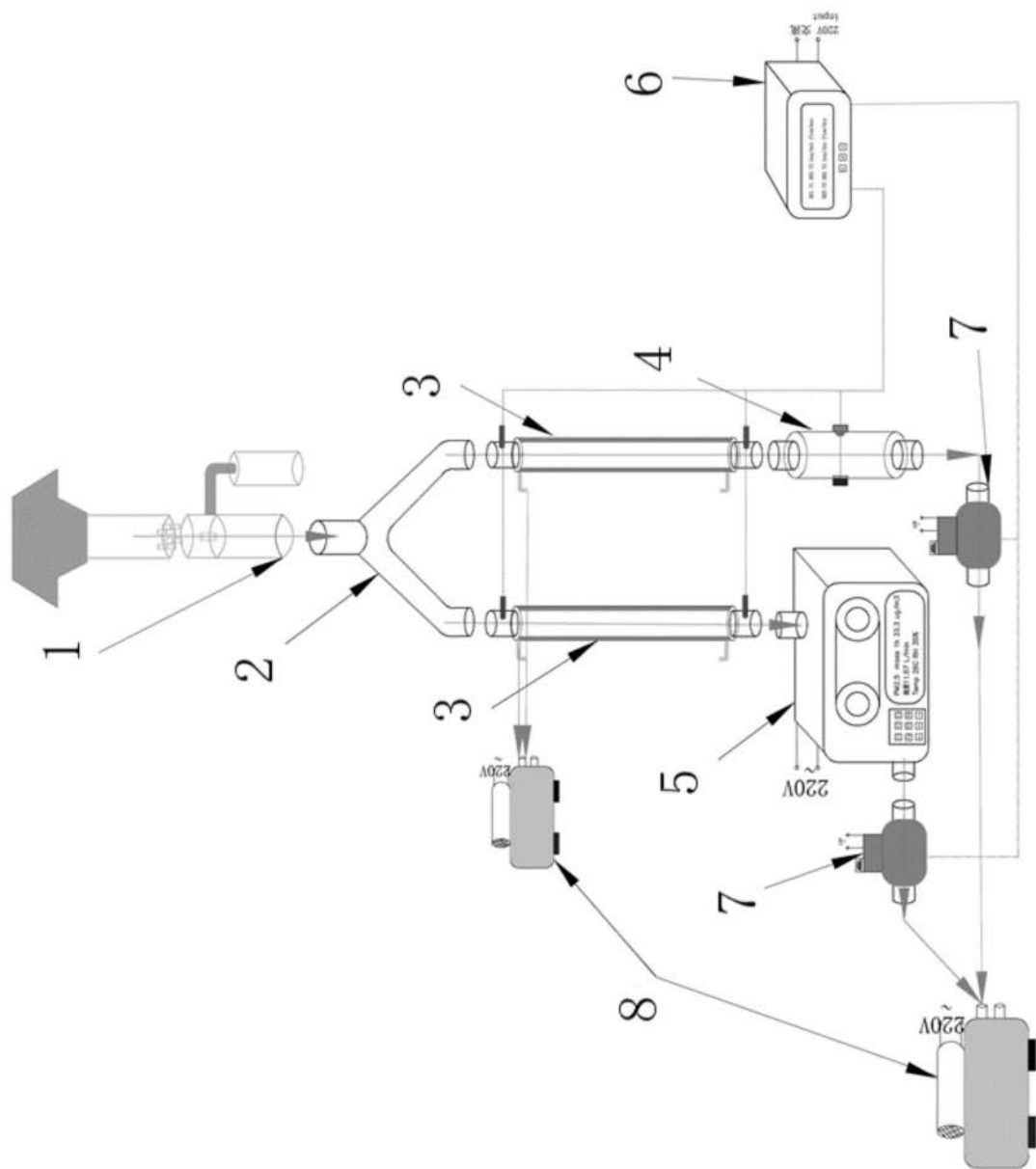


图1

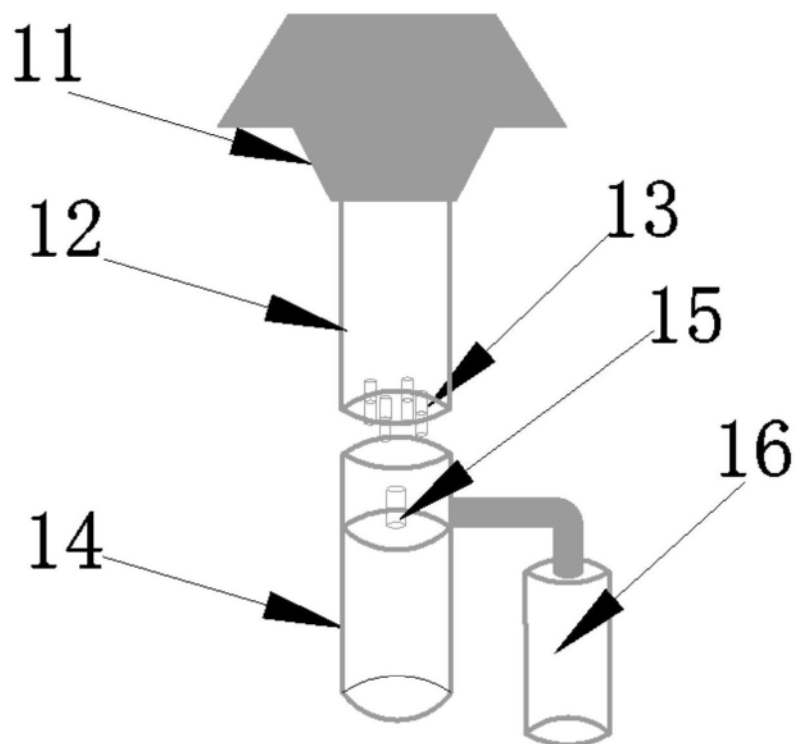


图2

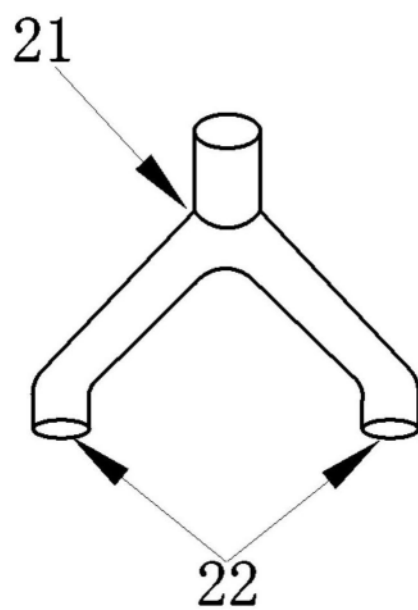


图3

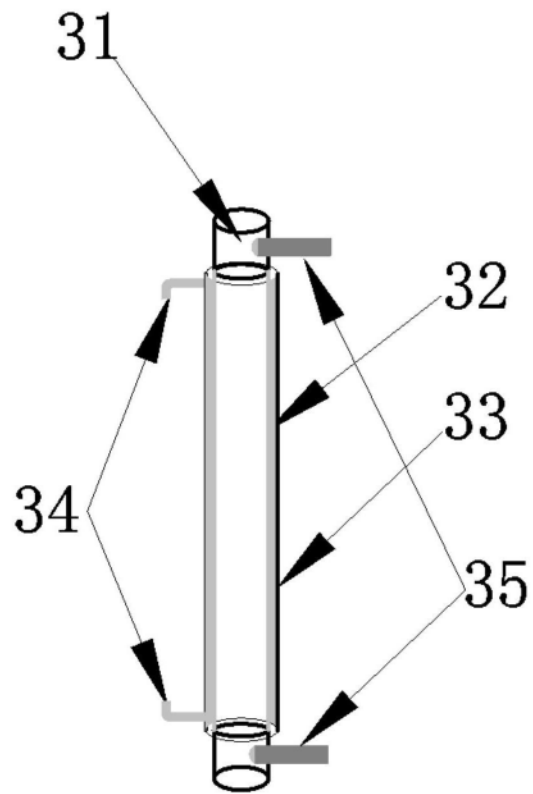


图4

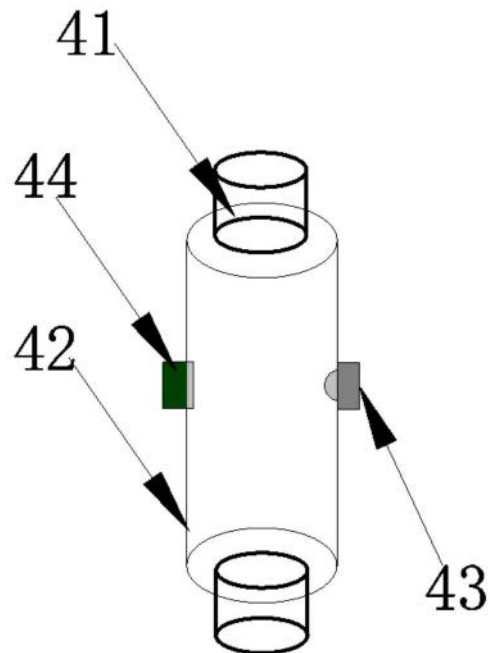


图5

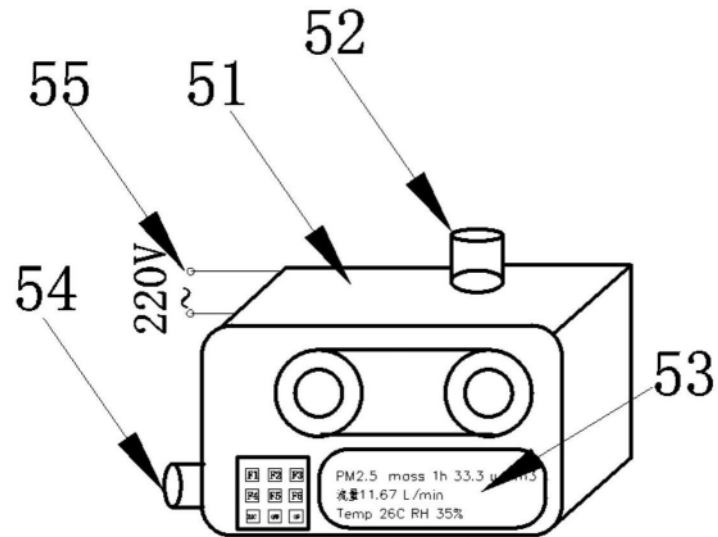


图6

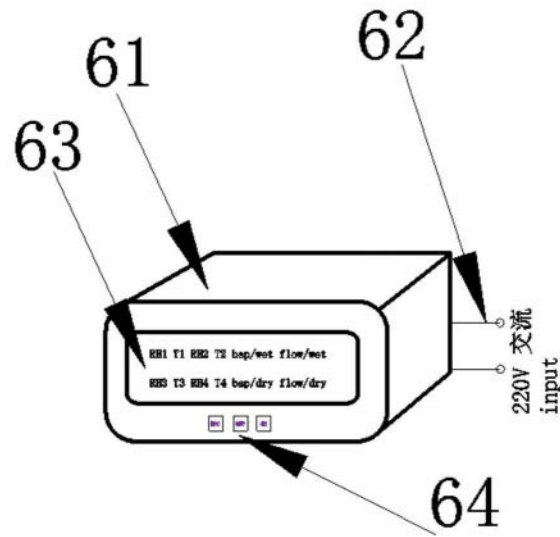


图7

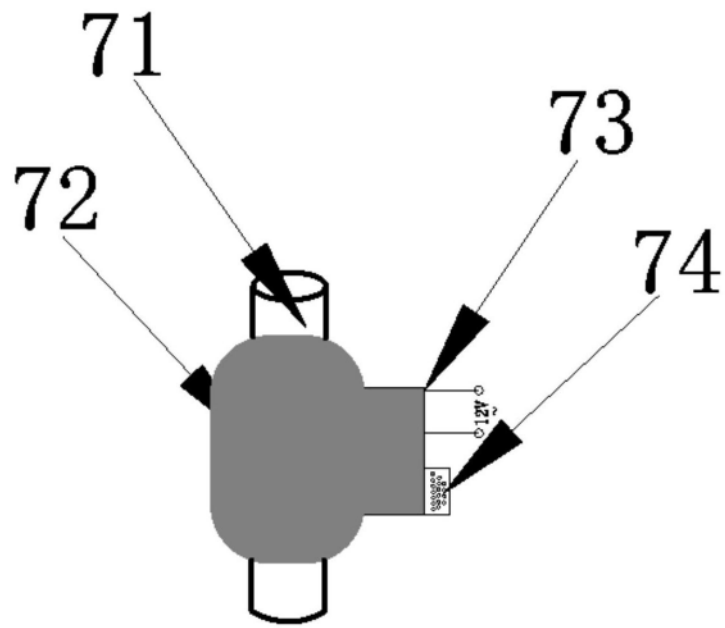


图8

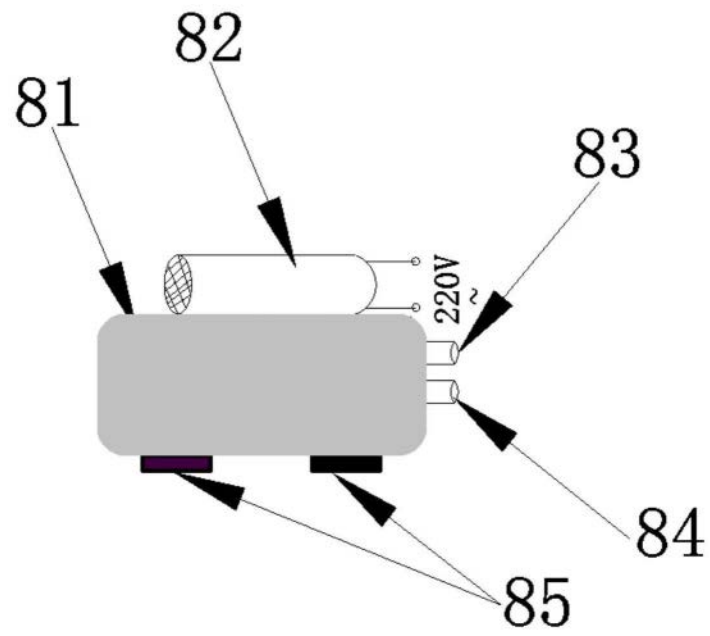


图9