



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203745364 U

(45) 授权公告日 2014. 07. 30

(21) 申请号 201420136397. 2

(22) 申请日 2014. 03. 25

(73) 专利权人 南京国电环保科技有限公司

地址 210061 江苏省南京市高新技术开发区  
永锦路 8 号

(72) 发明人 汤光华 李利 彭樟 林正根

韩少鹏 杨剑 刘璐

(74) 专利代理机构 南京汇盛专利商标事务所

(普通合伙) 32238

代理人 张立荣

(51) Int. Cl.

G01N 21/01 (2006. 01)

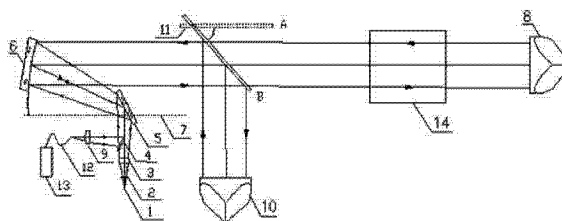
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 实用新型名称

一种烟气浓度分析仪高能量利用率光学系统

(57) 摘要

本实用新型针对现有烟气浓度分析仪光学系统能量利用率低、结构复杂不紧凑、稳定性和可靠性差的缺点,提供一种烟气浓度分析仪高能量利用率光学系统。该系统包括光源、发射单透镜、离轴抛物面反射镜、测量光角锥镜、参考光角锥镜、接收单透镜、光谱仪和旋转平面反射镜,其中离轴抛物面反射镜与测量光角锥镜相对设置形成测量光路,且测量光角锥镜中心对称轴与离轴抛物面反射镜的光轴重合;参考光角锥镜中心对称轴与离轴抛物面反射镜的光轴垂直。



1. 一种烟气浓度分析仪高能量利用率光学系统,该系统包括光源(1)、分光镜(4)、测量光角锥镜(8)、参考光角锥镜(10)、光谱仪(13)和旋转平面反射镜(11),其特征是:该系统还包括:离轴抛物面反射镜(6)、发射单透镜(3)和平面反射镜(5);

其中离轴抛物面反射镜(6)与测量光角锥镜(8)相对设置形成测量光路,所述旋转平面反射镜(11)设在该测量光路上,且测量光角锥镜(8)的中心对称轴与离轴抛物面反射镜(6)的光轴重合;

其中离轴抛物面反射镜(6)的光轴与参考光角锥镜(10)中心对称轴垂直,且交点位于旋转平面反射镜(11)与水平面呈 $45^{\circ}$ 设置时的镜面上;

其中分光镜(4)位于发射单透镜(3)的上侧,挡住一半的入射光,并反射全部的回程光,该分光镜(4)与光轴夹角呈 $45^{\circ}$ ;平面反射镜(5)与水平方向呈 $51.65^{\circ}$ ,且位于分光镜(4)的上侧,中心位置沿着发射单透镜(3)光轴方向;旋转平面反射镜(11)右侧的测量光路上设有烟气通道(14),参考光角锥镜(10)位于标气池内,旋转平面反射镜(11)的中心轴与参考光角锥镜(10)中心轴重合;

所述光源(1)位于发射光路的焦点上,光纤入射端位于接收光路的焦点处,该光纤(12)的出射端连接光谱仪(13)。

2. 根据权利要求1所述的烟气浓度分析仪高能量利用率光学系统,其特征是:所述分光镜(4)和离轴抛物面反射镜(6)均采用JGS1为基底材料。

3. 根据权利要求1所述的烟气浓度分析仪高能量利用率光学系统,其特征是:所述分光镜(4)背着氙灯的方向单面镀有紫外高反膜。

4. 根据权利要求1或3所述的烟气浓度分析仪高能量利用率光学系统,其特征是:所述分光镜(4)沿着发射单透镜(3)光轴方向边缘有 $45^{\circ}$ 倒角,倒边与光轴相切。

5. 根据权利要求3所述的烟气浓度分析仪高能量利用率光学系统,其特征是:所述测量光角锥镜(8)、离轴抛物面反射镜(6)和参考光角锥镜(10)与标气池的口径大小相同。

6. 根据权利要求4所述的烟气浓度分析仪高能量利用率光学系统,其特征是:所述旋转平面反射镜(11)连接在一旋转机构上。

## 一种烟气浓度分析仪高能量利用率光学系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种利用光学和光谱学技术对气体浓度进行测量的光学系统,作为光信号传输物理通道的光学系统是烟气浓度分析仪的核心和关键部分,它的光传输效率和信噪比很大程度上直接决定了整个分析仪的信噪比、灵敏度和测量准确度等关键指标。

### 背景技术

[0002] 烟气排放连续监测系统 (CEMS, Continuous Emission Monitoring System) 是指发电厂脱硫、脱硝系统闭环运行的重要监控设备,同时又是烟气排放的重要监测设备。随着我国节能减排工作的不断推进,气态污染物中  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{NH}_3$  等的排放浓度越来越低,原来基于红外吸收光谱技术的适用于低湿、高硫的直接抽取冷干法很难适应目前的高湿、低硫的工况。20 世纪 70 年代末由德国海德堡大学 Platt. U 等人提出的,作为直接测量法中较有代表性的差分吸收光谱法 (Differential Optical Absorption Spectroscopy, DOAS) 在大气痕量气体浓度监测和污染源烟气排放浓度的直接测量中获得了成功而广泛的应用。

[0003] 基于紫外差分吸收光谱技术的烟气浓度直接测量系统,光学系统是其中的核心和关键部分,它的光能量利用率、准直性、信噪比等很大程度上决定了分析仪的灵敏度、信噪比、测量准确度和寿命等关键指标。烟气浓度直接测量系统安装于脱硫脱硝前后以及污染源的排放口如烟囷或烟道等,由于被测对象通常和其它干扰气体以及粉尘等共存,因此系统对发射光束和返回光束的能量有一定的要求;且由于现场存在振动、高温等因素的影响,要求系统具有较高的可靠性和稳定性。

[0004] 目前,此类光学系统大多采用了半透半反分光或采用球面镜准直的设计思想,紫外光折射式系统较少使用,主要由于系统所用光源一般为氘灯 (190-410 nm) 或氙灯 (200-1100 nm),光源辐射波段较宽,能透过紫外光线的材料很少,色差校正困难,常采用  $\text{CaF}_2$  消色差,但其材料柔软易碎,对温度的适用性差,加工具有一定的难度,再加上现场的振动和高温等因素,折射式光学系统难以满足分析仪要求。对于使用半透半反分光镜的光学系统,无论是参考光还是测量光均要两次经过不同的半透半反分光镜,导致光源发出的光在分光镜上损失至少四分之三的能量,最终进入光电探测器的能量小于四分之一,光能利用率低;而对于采用球面镜准直的光学系统,由于球面反射镜具有球差的特点,同时氘灯的发散角较大,所以准直效果难以保证,从而导致能量的损失以及杂散光的产生,杂散光可使吸收光谱变形,直接影响分析的准确度,同时光学系统的杂散光往往不是固定值,很难作为系统误差校正。所以在设计过程中要充分考虑光能的利用率以及尽可能避免杂散光对测量结果的影响。

[0005] 由于目前基于紫外差分法烟气在线监测分析仪光学系统存在以上缺点,有必要对现有烟气浓度分析仪的光学系统进行创新设计。

### 实用新型内容

[0006] 本实用新型针对现有烟气浓度分析仪光学系统结构复杂、不紧凑、能量利用率低

以及稳定性和可靠性差的缺点,提供一种烟气浓度分析仪高能量利用率光学系统。

[0007] 本实用新型的具体技术解决方案如下:

[0008] 一种烟气浓度分析仪高能量利用率光学系统,该系统包括光源 1、分光镜 4、测量光角锥镜 8、参考光角锥镜 10、光谱仪 13 和旋转平面反射镜 11,其特征是:该系统还包括:离轴抛物面反射镜 6、发射单透镜 3 和平面反射镜 5,

[0009] 其中离轴抛物面反射镜 6 与测量光角锥镜 8 相对设置形成测量光路,所述旋转平面反射镜 11 设在该测量光路上,且测量光角锥镜 8 的中心对称轴与离轴抛物面反射镜 6 的光轴重合;

[0010] 其中离轴抛物面反射镜 6 的光轴与参考光角锥镜 10 中心对称轴垂直,且交点位于旋转平面反射镜 11 与水平面呈  $45^{\circ}$  设置时的镜面上;

[0011] 其中分光镜 4 位于发射单透镜 3 的上侧,挡住一半的入射光,并反射全部的回程光,该分光镜 4 与光轴夹角呈  $45^{\circ}$ ;平面反射镜 5 与水平方向呈  $51.65^{\circ}$ ,且位于分光镜 4 的上侧,中心位置沿着发射单透镜 3 光轴方向;旋转平面反射镜 11 右侧的测量光路上设有烟气通道 14,参考光角锥镜 10 位于标气池内,旋转平面反射镜 11 的中心轴与参考光角锥镜 10 中心轴重合;

[0012] 所述光源 1 位于发射光路的焦点上,光纤入射端位于接收光路的焦点处,该光纤 12 的出射端连接光谱仪 13。

[0013] 本实用新型的进一步设计在于:

[0014] 所述分光镜 4 和离轴抛物面反射镜 6 均采用 JGS1 为基底材料。

[0015] 所述分光镜 4 背着氙灯的方向单面镀有紫外高反膜。

[0016] 所述分光镜 4 沿着发射单透镜 3 光轴方向边缘有  $45^{\circ}$  倒角,倒边与光轴相切。

[0017] 所述测量光角锥镜 8、离轴抛物面反射镜 6 和参考光角锥镜 10 与标气池的口径大小相同。

[0018] 所述旋转平面反射镜 11 连接在一旋转机构上。

[0019] 根据抛物面反射镜的准直特性,即在理想情况下,焦点出射的光束经抛物面反射后严格平行的特点,同时为了避免中心遮拦,系统采用离轴抛物面反射镜准直光路,通过离轴抛物面反射镜、发射和接收单透镜、三面直角棱镜、分光镜(单面镀紫外铝反射膜)、平面反射镜、旋转平面反射镜、合理的空间布置和结构及尺寸优化,本实用新型设计一种烟气浓度分析仪高能量利用率光学系统。与相同原理的烟气浓度测量系统相比,基于该光学系统的烟气浓度分析仪具有较高的灵敏度、测量准确度和可靠性,同时具有较好的稳定性。尤其是在光源的辐射光强较弱或被测气体浓度较高的情况下,系统的灵敏度和测量准确度也显著提高;同时,高灵敏度光学系统设计也相对延长了光源的有效使用时间。

[0020] 本实用新型的技术效果如下:

[0021] 1、本实用新型烟气浓度分析仪采用折反射式设计,由于紫外氙灯的发散角大,所以系统通过一单透镜对光源进行会聚;光束准直部分采用离轴抛物面反射镜,从而使光源发出的光束能够得到很好的准直,避免了使用球面反射镜引起的光束发散,从而减少了光束传播过程中的能量损失以及杂散光的产生;

[0022] 2、本实用新型烟气浓度分析仪采用的分光镜为单面镀紫外铝膜的石英平面反射镜,光源发出的光束经过分光镜,该分光镜挡住一半的入射光,并反射全部的回程光,避

免同类产品半透半反分光镜的使用,不仅将光能利用率提高 2 倍,同时也避免了由于 200-400nm 波段紫外半透半反膜加工成本高、镀膜困难、长时间工作的不稳定性等问题;

[0023] 3、与目前同类光学系统相比,在相同光源辐照强度下,通过本系统的光能量大大提高,系统灵敏度增加;

[0024] 4、系统信噪比等于接收的有用光强信号与噪声的均方根之比,在积分时间和平均次数相同条件下,探测器噪声相同,光强越大,系统信噪比越高,系统的测量精度也就越高;

[0025] 5、本系统通过旋转反射镜的使用,将参考光路与标定池设于同一个装置中,使整个烟气分析仪光机系统结构紧凑;

[0026] 6、利用离轴抛物面反射镜的准直特性以及分光镜的合理使用,本实用新型采用折反射光学系统来解决目前同类光学系统的结构不紧凑或能量利用率低的问题。在相同光源的辐射强度下,使用灵敏度高的光学系统进入光电探测器的光强要远高于一般的光学系统,提高了烟气分析仪的灵敏度和信噪比,使得仪器的测量准确度得到提高。光学系统灵敏度的提高,也相对“延长”了光源的使用寿命。

#### 附图说明

[0027] 图 1 为本实用新型的光路设计示意图。

[0028] 其中旋转反射镜所处位置 A 和位置 B 分别处于测量光路和参考光路,标气池与参考光角锥镜设于同一装置中。

[0029] 图 1 中,1、光源;2、灯泡玻璃壁面;3、发射单透镜;4、分光镜;5、平面反射镜;6、离轴抛物面反射镜;7、离轴抛物面反射镜主轴;8、测量光角锥镜;9、烟气通道;10、参考光角锥镜;11、旋转平面反射镜;12、光纤;13、光谱仪;14 烟气通道。

#### 具体实施方式

[0030] 实例一:

[0031] 如图 1 所示,本实用新型的烟气浓度分析仪高效光能利用率光学系统,该系统包括光源 1、发射单透镜 3、分光镜 4、平面反射镜 5、离轴抛物面反射镜 6、测量光角锥镜 8、参考光角锥镜 10、旋转平面反射镜 11、光纤 12 和光谱仪 13。

[0032] 本实用新型所使用的核心准直光学元件离轴抛物面 6 位于光学系统的左上侧。系统通过平面反射镜旋转机构来实现参考光和测量光的切换,旋转电机处于整个光路的右上侧,当旋转平面反射镜 11 位于水平位置 A 时,系统处于测量状态;当旋转平面反射镜 11 与水平方向呈  $45^\circ$  位置 B 时,系统处于参考或标定状态。

[0033] 除了平面反射镜 5 和旋转平面反射镜 11 为 K9 玻璃外,其他光学元件均为 JGS1 石英玻璃材料,离轴抛物面反射镜 6 抛物面上镀紫外反射膜,分光镜 4 迎着背着氙灯方向镀单面紫外反射膜。分光镜 4 与发射单透镜 3 的光轴呈  $45^\circ$  角,沿着光轴方向边缘有  $45^\circ$  倒角,倒边与光轴相切。平面反射镜 5 和旋转平面反射镜 11 均沿着光束照射方向镀单面紫外高反射膜。

[0034] 参考光角锥镜 8(或测量光反射镜 10)为三面直角棱镜,具有三个直角面和一个圆形面,是依据临界角原理制造的内部全反射棱镜。垂直入射棱镜表面的平行光,在棱镜内部

经过全反射后,将被按原方向高效的反射回去。

[0035] 本实用新型的光谱仪 13 为光电探测器,它将接收到的光信号转变成电信号。可再经过处理单元将信号连到计算机,最后在计算机上输出全波段的光谱图。

[0036] 光纤 12 为芯径 600um、数值孔径为 0.22 的高透紫外光纤,光纤两端均为 SMA905 标准接头。

[0037] 旋转平面反射镜 11 为具有一定宽度和高度的平面反射镜,在旋转电机的带动下实现了参考光和测量光的切换。

[0038] 图 1 中,系统以离轴抛物面反射镜 6 所在光轴为系统的横向主光轴。光源 1 发出的光经发射单透镜 3 聚光后,通过 JGS1 石英玻璃分光镜 4,将分光镜 4 与发射单透镜 3 的光轴调整为  $45^{\circ}$  角,使其挡住了一半的入射光并反射全部的回程光,一半光束经过平面反射镜 5,光束被折转,调整平面反射镜 5 与水平方向为  $51.65^{\circ}$ ,光束照射到离轴抛物面反射镜 6 的上半口径上,将半光束准直成平行光。

[0039] 当旋转平面反射镜 11 处于位置 A 时,半光束穿过被测量对象后垂直进入测量光角锥镜 8,测量光角锥镜 8 的中心对称轴与离轴抛物面反射镜 6 的光轴重合。测量光反射镜 8 又称为三面直角棱镜,其特点是三个直角面,光线在其内部经全反射后沿入射光反方向出射。反射回来的光束照射到离轴抛物面反射镜 6 的下半口径上,光束会聚到反射镜面上,光路折转后被分光镜 4 反射,经聚焦透镜 10 聚焦。

[0040] 当旋转平面反射镜 11 处于位置 B 时,半光束被折转  $90^{\circ}$ ,经过参考光角锥镜 14,光束按原方向返回,反射回来的光束照射到离轴抛物面反射镜 6 的下半口径上,光束会聚到反射镜面上,光路折转后被分光镜 4 反射,经聚焦透镜 10 聚焦。

[0041] 本实用新型的工作过程如下:

[0042] 本实用新型中所用光源为氙灯,发光点的大小为 0.5mm。氙灯光源 1 发出的直径 6 mm 光束发射单透镜 3 聚光后,通过 JGS1 石英玻璃分光镜 4,挡住了一半的入射光,另一半光束经过平面反射镜 5,光束被折转,调整旋转平面反射镜 11 与水平方向为  $51.65^{\circ}$ ,光束照射到离轴抛物面反射镜 6 的上半口径上,半光束被准直成平行光。

[0043] 系统利用单一探测器对参考光和测量光进行的分时测量,对于某一时刻,光学系统中参考光和测量光不能同时存在,参考光和测量光的切换是通过旋转平面反射镜 11 实现的,当旋转反射镜 11 处于位置 A 时,系统处于测量状态,半光束穿过被测量对象后垂直进入测量光角锥镜 8,光束按反方向反射回来照射到离轴抛物面反射镜 6 的下半口径上,光束会聚到反射镜面上,光路折转后被分光镜 4 反射,最后经聚焦透镜 10 聚焦。当旋转平面反射镜 11 处于位置 B 时,系统处于参考或标定状态,半光束被折转  $90^{\circ}$ ,经过参考光角锥镜 14,光束按反方向返回,与测量光反射一样,最后经接收单透镜 10 聚焦,利用该参考光进行烟气浓度计算的同时能判断光源的使用寿命。当参考光所在的气池内通相应的测量标气时,系统处于标定状态;光线聚焦后进入透紫外的石英光纤,通过光纤的传导作用再进入光谱仪 12。光谱仪 12 载有烟气浓度的光信号转化为电信号,可再经过一系列处理后变成数字量送入装有烟气浓度测量软件的计算机。

[0044] 应用实例一:

[0045] 根据图 1,本实用新型其具体结构和参数叙述如下:

[0046] 本实用新型中所用氙灯光源发光点的大小为 0.5mm,灯泡壁厚为 1mm,光源辐射波

段范围为 190 ~ 410nm, 发散角为  $20^{\circ}$ 。氙灯光源经发射单透镜 3 会聚, 透镜材料为 JGS1, 透镜距发光点为 16mm, 中心厚度为 4mm, 透镜朝向氙灯一侧为平面, 另一面半径为 15.231mm。分光镜 4 为一矩形石英平板, 其中长为 8mm、宽为 6mm、厚为 3mm, 该分光镜与光轴夹角呈  $45^{\circ}$ , 沿着光轴方向边缘有  $45^{\circ}$  倒角, 倒边与光轴相切, 背着氙灯方向镀紫外铝反射膜, 该面光轴上点到发射单透镜的中心距离为 8mm。平面反射镜 5 为一矩形石英平板, 反射镜中心与分光镜轴上点的距离为 8mm, 其中长为 14mm、宽为 10mm、厚为 3mm, 与水平方向呈  $51.65^{\circ}$ , 迎着光源方向单面镀紫外铝反射膜。会聚后的光束经离轴抛物面反射镜 6 准直成平行光, 离轴抛物面中心距分光镜 4 的中心水平距离为 95mm, 竖直距离为 22.5mm, 离轴抛物面镜 6 的曲率半径为 300mm, 口径为 36mm, 离轴量为 35mm, 入射角为  $20^{\circ}$  时, 抛物面上光斑大小为 15mm, 2m 处的光斑大小为 17mm, 准直性能良好。其中系统的入射角大于所用氙灯的发散角, 能有效的接受氙灯的辐射能量。接收单透镜材料为 JGS1, 透镜中心与分光镜轴上点的距离为 8mm, 中心厚度为 4mm, 透镜朝向分光镜一侧为平面, 另一面半径为 22.495mm, 焦点到透镜的距离为 18mm, 出射光数值孔径为 0.164, 小于接收光纤的数值孔径 0.22, 能有效的接受光的能量。

[0047] 旋转平面反射镜 11 的长为 54mm, 宽为 46mm, 厚为 4mm, 单面镀紫外反射膜。

[0048] 测量光角锥镜与参考光角锥镜的大面直径均为 40mm, 高度为 34.75, 光束偏转角为  $180^{\circ}$ , 材料为 JGS1。

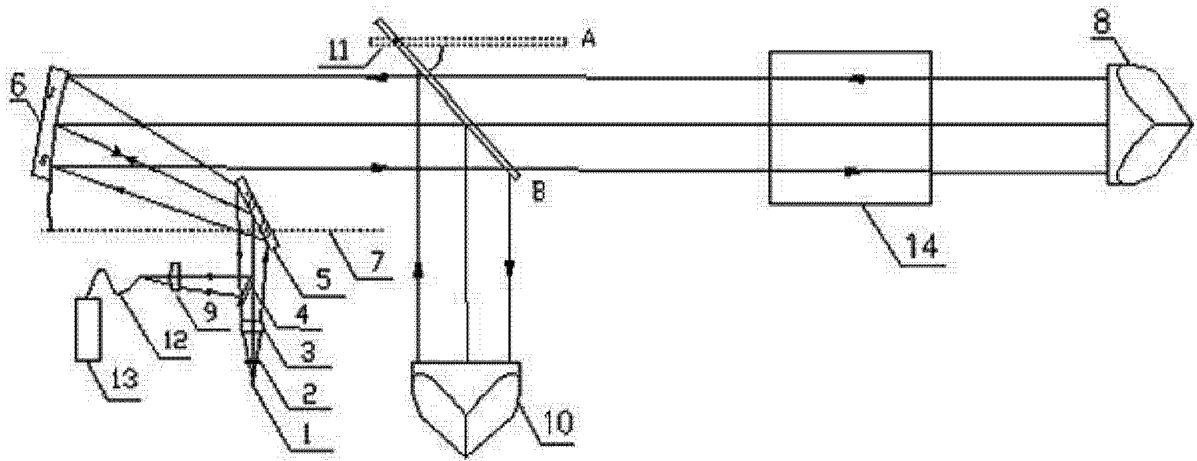


图 1