



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112782118 A

(43) 申请公布日 2021.05.11

(21) 申请号 202011547450.4

(22) 申请日 2020.12.24

(71) 申请人 中国科学院合肥物质科学研究院  
地址 230088 安徽省合肥市蜀山湖路350号  
中国科学院合肥物质科学研究院

(72) 发明人 徐晋 谢品华 李昂 季红程

(74) 专利代理机构 合肥兴东知识产权代理有限公司 34148

代理人 李静

(51) Int. Cl.

G01N 21/39 (2006.01)

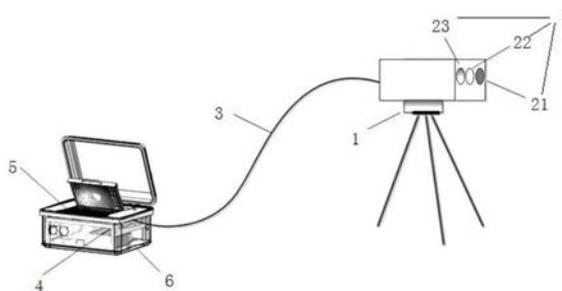
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种多通道甲烷泄露光学遥测装置及测量方法

(57) 摘要

本发明提供了一种多通道甲烷泄露光学遥测装置,包括扫描平台、光学导入单元、红外光谱采集系统、数据传输线、法布里干涉仪、红外探测器、计算机;扫描平台配置有步进电机和方位角调整电机,用于根据不同方向、不同高度的目标调整仰角及方位角;光学导入单元用于同步获取可见光图像、红外光谱和热成像;红外光谱采集系统用于接收光学导入单元中的红外光谱数据信息并传输到法布里干涉仪中;法布里干涉仪将接收的红外光谱数据信息成像在红外探测器上,并经模数转换后由计算机进行光谱处理。本发明还提供了一种上述多通道甲烷泄露光学遥测装置的测量方法。本发明可快速、灵活、非接触的获取甲烷泄露浓度的空间分布信息。



1. 一种多通道甲烷泄露光学遥测装置,其特征在于,包括扫描平台、光学导入单元、红外光谱采集系统、数据传输线、法布里干涉仪、红外探测器以及计算机;所述扫描平台为配置有步进电机和方位角调整电机的转动平台,用于根据不同方向、不同高度的目标调整仰角及方位角;所述光学导入单元设置在扫描平台上,用于同步获取可见光图像、红外光谱和热成像;所述红外光谱采集系统设置在扫描平台上,用于接收光学导入单元中的红外光谱数据信息并通过数据传输线传输到法布里干涉仪中;所述法布里干涉仪将接收的红外光谱数据信息成像在红外探测器上,并经模数转换后由计算机进行光谱处理;此外,所述光学导入单元中的可见光图像与热成像数据信息也通过数据传输线直接传输至计算机中进行处理。

2. 根据权利要求1所述的多通道甲烷泄露光学遥测装置,其特征在于,所述光学导入单元为三通道同轴集成设计,包括红外光谱镜头、可见光镜头与红外热像仪镜头;其中,所述红外光谱采集系统设置在所述红外光谱镜头末端,并沿其光路上依次设置有红外滤光片、准直透镜、聚焦透镜和红外光纤。

3. 根据权利要求2所述的多通道甲烷泄露光学遥测装置,其特征在于,所述红外光纤包裹于所述数据传输线内,用于向所述法布里干涉仪传输红外光谱数据信息;此外,所述数据传输线内还包裹有两束数据线,分别为第一数据线、第二数据线;其中,所述第一数据线用于连接可见光镜头与计算机,用于向所述计算机传输可见光图像信息;第二数据线用于连接红外热像仪镜头与计算机,用于向所述计算机传输热成像信息。

4. 根据权利要求2所述的多通道甲烷泄露光学遥测装置,其特征在于,所述红外滤光片、准直透镜、聚焦透镜均采用石英材料,并且,所述红外滤光片具体为 $3.1-4\mu\text{m}$ 红外滤光片。

5. 根据权利要求1所述的多通道甲烷泄露光学遥测装置,其特征在于,还包括密封恒温箱;所述法布里干涉仪、红外探测器以及计算机均设置于所述密封恒温箱内。

6. 根据权利要求1所述的多通道甲烷泄露光学遥测装置,其特征在于,所述法布里干涉仪为高精度可调谐的法布里珀罗干涉仪,控制精度: $\pm 0.5\text{nm/g}$ ,全宽半高: $55-70\text{nm}$ ,光谱范围: $3.1-4.4\mu\text{m}$ 。

7. 根据权利要求1所述的多通道甲烷泄露光学遥测装置,其特征在于,所述扫描平台为高精度扫描平台,其水平扫描角度为范围 $-180^\circ\sim 180^\circ$ ,垂直扫描范围 $0\sim 90^\circ$ ,扫描精度 $0.05^\circ$ 。

8. 根据权利要求1-7任一所述的多通道甲烷泄露光学遥测装置,其特征在于,使用时,所述光学导入单元的红外光谱通道实时采集目标区域的红外辐射光谱,经过法布里珀罗干涉仪调制选取接收信号,获得甲烷的吸收信息,进而计算出甲烷浓度值;所述光学导入单元的红外热像仪通道实时获得目标区域温度信息;所述光学导入单元的可见光通道实时采集可见图像信息;所述计算机将所得浓度、温度、图像信息与平台扫描角度信息进行匹配,从而获得目标区域甲烷泄露的空间分布信息。

9. 根据权利要求8所述的多通道甲烷泄露光学遥测装置,其特征在于,所述计算机中配置有相应软件系统,所述软件系统可实时输出浓度场的空间分布结果及位置信息,并实时回传后台控制中心。

10. 一种如权利要求1-9任一所述的多通道甲烷泄露光学遥测装置的测量方法,其特征

在于,包括以下步骤:

S1、光学导入单元对准目标,通过可见光镜头调整系统测量范围;在光学导入单元确定测量范围后,再根据测量需求和目标特性进行扫描测量,记录参考点及目标区域的测量光谱,通过计算机进行处理;

S2、通过红外光谱镜头采集经过目标区域的大气红外光谱,结合经过目标区域外测得的参考谱,应用偏最小二乘拟合的方法获得目标区域的浓度信息;

S3、利用可见光镜头采集目标区域图像信息以及红外热像仪镜头获得温度信息,再将浓度与目标区域的图像进行空间匹配,从而生成甲烷浓度的空间分布图像,实现识别和定位。

## 一种多通道甲烷泄露光学遥测装置及测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光学遥感测量领域,尤其涉及一种多通道甲烷泄露光学遥测装置及测量方法。

### 背景技术

[0002] 甲烷是一种可燃性气体,遇到明火会发生燃烧,甚至爆炸。同时,甲烷的不完全燃烧可能会生成一氧化碳,人体吸入一氧化碳后,极易中毒昏迷,更严重地,还会发生中毒死亡。因此,如何快速、高分辨地识别甲烷泄露及泄露位置十分重要,而快速、准确地获得燃气输送管道的泄露对于检测技术更是挑战。

[0003] 目前,用于测量甲烷泄露的方法主要有:“热催化燃烧方法”、“热导元件方法”和“红外测量方法”。其中,“热催化燃烧方法”中的载体催化元件有个致命缺陷:只能检测浓度为4%以下的甲烷气体;当空气中的瓦斯浓度超过5%时,元件就会发生“激活”现象,从而造成永久损坏。而“热导元件方法”中传感器对于低浓度测量有很大局限性,低于5%的甲烷无法测量;如果将其用于泄露报警,将会造成很大的误差。至于“红外测量方法”,以红外沼气分析方法为例,其采用物理原理,分析气体不与传感器发生反应,因此寿命很长,可以达到10年以上;该类型传感器不仅可以用于沼气泄露的低浓度报警,也可以用于高浓度的沼气成分测量。但是该方法需要采样分析,对于室外管道泄露,特别是对于长距离、大范围的传输管道缺乏高效的测量和定位手段。

[0004] 据此,目前急需一种可快速、灵活、非接触的获取甲烷泄露浓度的空间分布信息的甲烷泄露光学遥测装置及测量方法。

### 发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题在于提供一种可快速、灵活、非接触的获取甲烷泄露浓度的空间分布信息的多通道甲烷泄露光学遥测装置及测量方法。

[0006] 本发明采用以下技术方案解决上述技术问题:

[0007] 一种多通道甲烷泄露光学遥测装置,包括扫描平台、光学导入单元、红外光谱采集系统、数据传输线、法布里干涉仪、红外探测器以及计算机;所述扫描平台为配置有步进电机和方位角调整电机的转动平台,用于根据不同方向、不同高度的目标调整仰角及方位角;所述光学导入单元设置在扫描平台上,用于同步获取可见光图像、红外光谱和热成像;所述红外光谱采集系统设置在扫描平台上,用于接收光学导入单元中的红外光谱数据信息并通过数据传输线传输到法布里干涉仪中;所述法布里干涉仪将接收的红外光谱数据信息成像在红外探测器上,并经模数转换后由计算机进行光谱处理;此外,所述光学导入单元中的可见光图像与热成像数据信息也通过数据传输线直接传输至计算机中进行处理。

[0008] 作为本发明的优选方式之一,所述光学导入单元为三通道同轴集成设计,包括红外光谱镜头、可见光镜头与红外热像仪镜头;其中,所述红外光谱采集系统设置在所述红外光谱镜头末端,并沿其光路上依次设置有红外滤光片、准直透镜、聚焦透镜和红外光纤。

[0009] 作为本发明的优选方式之一,所述红外光纤包裹于所述数据传输线内,用于向所述法布里干涉仪传输红外光谱数据信息;此外,所述数据传输线内还包裹有两束数据线,分别为第一数据线、第二数据线;其中,所述第一数据线用于连接可见光镜头与计算机,用于向所述计算机传输可见光图像信息;第二数据线用于连接红外热像仪镜头与计算机,用于向所述计算机传输热成像信息。

[0010] 作为本发明的优选方式之一,所述红外滤光片、准直透镜、聚焦透镜均采用石英材料,并且,所述红外滤光片具体为3.1-4 $\mu$ m红外滤光片。

[0011] 作为本发明的优选方式之一,还包括密封恒温箱;所述法布里干涉仪、红外探测器以及计算机均设置于所述密封恒温箱内。

[0012] 作为本发明的优选方式之一,所述法布里干涉仪为高精度可调谐的法布里珀罗干涉仪,控制精度: $\pm 0.5\text{nm/g}$ ,全宽半高:55-70nm,光谱范围:3.1-4.4 $\mu$ m。

[0013] 作为本发明的优选方式之一,所述扫描平台为高精度扫描平台,其水平扫描角度为范围 $-180^{\circ}\sim 180^{\circ}$ ,垂直扫描范围 $0\sim 90^{\circ}$ ,扫描精度 $0.05^{\circ}$ 。

[0014] 作为本发明的优选方式之一,使用时,所述光学导入单元的红外光谱通道实时采集目标区域的红外辐射光谱,经过法布里珀罗干涉仪调制选取接收信号,获得甲烷的吸收信息,进而计算出甲烷浓度值;所述光学导入单元的红外热像仪通道实时获得目标区域温度信息;所述光学导入单元的可见光通道实时采集可见图像信息;所述计算机将所得浓度、温度、图像信息与平台扫描角度信息进行匹配,从而获得目标区域甲烷泄露的空间分布信息。

[0015] 作为本发明的优选方式之一,所述计算机中配置有相应软件系统,所述软件系统可实时输出浓度场的空间分布结果及位置信息,并实时回传后台控制中心。

[0016] 一种使用上述多通道甲烷泄露光学遥测装置进行测量的方法,包括以下步骤:

[0017] S1、光学导入单元对准目标,通过可见光镜头调整系统测量范围;在光学导入单元确定测量范围后,再根据测量需求和目标特性进行扫描测量,记录参考点及目标区域的测量光谱,通过计算机进行处理;

[0018] S2、通过红外光谱镜头采集经过目标区域的大气红外光谱,结合经过目标区域外测得的参考谱,应用偏最小二乘拟合的方法获得目标区域的浓度信息;

[0019] S3、利用可见光镜头采集目标区域图像信息以及红外热像仪镜头获得温度信息,再将浓度与目标区域的图像进行空间匹配,从而生成甲烷浓度的空间分布图像,实现识别和定位。

[0020] 本发明相比现有技术的优点在于:

[0021] (1) 本发明装置结构简单,尺寸小、成本低,既可以对目标进行定点遥测,也可以搭载车载、无人机平台进行移动遥测;(2) 本发明集可视化图像采集、红外光谱采集、红外热成像功能于一体,在保证视场同步的情况下获取污染物浓度、温度的空间分布等信息,可应用于甲烷泄露的应急监测和对排放源的遥测评估研究,为环保部门对污染事件的处理和污染水平的评估提供技术及数据支持,也可用于大气化学研究,为大气化学模型提供输入参数;(3) 本发明结构中的光学导入单元配合高精度扫描平台使用,可实现多角度和方位的扫描,以便于获取更全面有效的数据信息;(4) 本发明结构中的高精度可调谐的法布里珀罗干涉仪为本发明的关键结构,基于该结构与周围系统组价的配合,使得本发明能够快速获得目

标区域的高分辨红外光谱信息,从而快速解析出甲烷浓度的空间分布。

### 附图说明

[0022] 图1是实施例1中多通道甲烷泄露光学遥测装置的整体结构图。

[0023] 图中:1为扫描平台,2为光学导入单元,21为红外光谱镜头,22为可见光镜头,23为红外热像仪镜头,3为数据传输线,4为法布里干涉仪,5为计算机,6为密封恒温箱。

### 具体实施方式

[0024] 下面对本发明的实施例作详细说明,本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0025] 实施例1

[0026] 如图1所示,本实施例的一种多通道甲烷泄露光学遥测装置,包括扫描平台1、光学导入单元2、红外光谱采集系统(图中未标示)、数据传输线3、法布里干涉仪4、红外探测器(图中未标示)以及计算机5。其中,扫描平台1为配置有步进电机和方位角调整电机的转动平台,用于根据不同方向、不同高度的目标调整仰角及方位角。光学导入单元2设置在扫描平台1上,采用三通道同轴集成设计,包括红外光谱镜头21、可见光镜头22与红外热像仪镜头23,用于同步获取红外光谱、可见光图像和热成像。红外光谱采集系统设置在扫描平台1上,用于接收光学导入单元2中红外光谱镜头21获取的红外光谱数据信息并通过数据传输线3传输到法布里干涉仪4中。法布里干涉仪4将接收的红外光谱数据信息成像在红外探测器上,并经模数转换后由计算机5进行光谱处理。此外,光学导入单元2中的可见光图像与热成像数据信息也通过数据传输线3直接传输至计算机5中进行处理。

[0027] 使用时,光学导入单元2的红外光谱通道实时采集目标区域的红外辐射光谱,经过法布里珀罗干涉仪4调制选取接收信号,获得甲烷的吸收信息,进而计算出甲烷浓度值;红外热像仪通道实时获得目标区域温度信息;可见光通道实时采集可见图像信息;最后,计算机5将所得浓度、温度、图像信息与平台扫描角度信息进行匹配,从而获得目标区域甲烷泄露的空间分布信息。

[0028] 具体地,红外光谱采集系统设置在红外光谱镜头21末端,并沿其光路上依次设置有红外滤光片、准直透镜、聚焦透镜和红外光纤。其中,红外滤光片、准直透镜、聚焦透镜均采用石英材料,并且,红外滤光片具体为3.1-4 $\mu$ m红外滤光片。

[0029] 具体地,红外光纤包裹于所述数据传输线3内,用于向法布里干涉仪4传输红外光谱数据信息。此外,数据传输线3内还包裹有两束数据线,分别为第一数据线、第二数据线;其中,第一数据线用于连接可见光镜头22与计算机5,用于向计算机5传输可见光图像信息;第二数据线用于连接红外热像仪镜头23与计算机5,用于向计算机5传输热成像信息。

[0030] 具体地,为了提高本装置中的测量精度,本发明的法布里干涉仪4为高精度可调谐的法布里珀罗干涉仪,控制精度: $\pm 0.5\text{nm/g}$ ,全宽半高:55-70nm,光谱范围:3.1-4.4 $\mu$ m。本发明的扫描平台1为高精度扫描平台,其水平扫描角度为范围 $-180^{\circ}\sim 180^{\circ}$ ,垂直扫描范围 $0\sim 90^{\circ}$ ,扫描精度 $0.05^{\circ}$ 。

[0031] 具体地,本装置的计算机5中还配有相应的软件系统,所述软件系统可实时输出浓

度场的空间分布结果及位置信息,并实时回传后台控制中心。

[0032] 此外,为了方便对整体装置的保护,本装置还包括密封恒温箱6;所述法布里干涉仪4、红外探测器以及计算机5均设置于所述密封恒温箱6内。

[0033] 实施例2

[0034] 本实施例的一种上述实施例1中多通道甲烷泄露光学遥测装置的测量方法,包括以下步骤:

[0035] S1、光学导入单元2对准目标,通过可见光镜头22调整系统测量范围;在光学导入单元2确定测量范围后,再根据测量需求和目标特性进行扫描测量,记录参考点及目标区域的测量光谱,通过计算机5进行处理;

[0036] S2、通过红外光谱镜头21采集经过目标区域的大气红外光谱,结合经过目标区域外测得的参考谱,应用偏最小二乘拟合的方法获得目标区域的浓度信息;

[0037] S3、利用可见光镜头22采集目标区域图像信息以及红外热像仪镜头23获得温度信息,再将浓度与目标区域的图像进行空间匹配,从而生成甲烷浓度的空间分布图像,实现识别和定位。

[0038] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

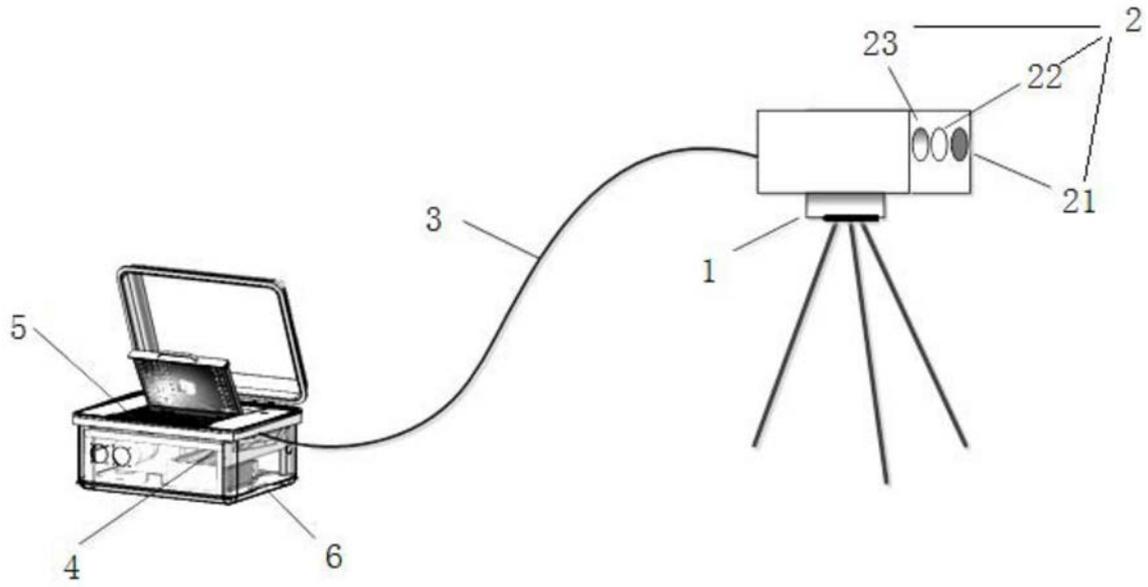


图1