



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114646730 A

(43) 申请公布日 2022. 06. 21

(21) 申请号 202210237870.5

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2022.03.11

G01N 33/00 (2006.01)

G01K 13/00 (2021.01)

(71) 申请人 光大环境科技(中国)有限公司

G01L 11/00 (2006.01)

G01N 1/22 (2006.01)

地址 210000 江苏省南京市江宁区苏源大道19号九龙湖国际企业总部园B3座

申请人 光大环保技术研究院(南京)有限公司

光大环保技术研究院(深圳)有限公司

光大理工环境技术研究院(青岛)有限公司

(72) 发明人 王天娇 李敏 王乾 李义华 赵彬

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

专利代理师 熊玉玮

权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

无组织面源气体排放通量的测量方法

(57) 摘要

本发明公开无组织面源气体排放通量的测量方法,属于测量、测试的技术领域。该方法通过箱体式采样器采集采样器箱体内的温度和压力,并检测每个采样时间收集的气体样品的浓度,根据理想气体状态方程推导考虑采样器箱体温度变化和压力变化的排放通量计算公式,根据各采样时间记录的箱体温度、压力和每个采样时间收集的气体样品的浓度组成的组合变量的取值以及时间取值拟合计算回归方程;将回归方程的斜率代入排放通量计算公式,获得无组织面源排放气体排放通量的监测结果,有效提高无组织面源气体排放通量的测量精度。



1. 无组织面源气体排放通量的测量方法,其特征在于,
记录采样器箱体的尺寸参数,将采样器固定在指定采样布点位置;
按照预设的采样时间间隔,记录每个采样时间下采样器箱体内的温度和压力,检测每个采样时间收集的气体样品的浓度;
根据理想气体状态方程推导考虑采样器箱体温度变化的排放通量计算公式;
根据各采样时间记录的采样器箱体温度以及每个采样时间收集的气体样品的浓度组成的组合变量的取值与时间的取值,拟合计算回归方程;
将所述回归方程的斜率代入排放通量计算公式,获得无组织面源排放气体排放通量的监测结果。
2. 根据权利要求1所述无组织面源气体排放通量的测量方法,其特征在于,所述采样器箱体的尺寸参数包括采样器箱体的高度以及底面积。
3. 根据权利要求1所述无组织面源气体排放通量的测量方法,其特征在于,在面源为固相释放面时,将采样器放置在指定采样布点位置后,将采样器箱体的底部粘合或密封固定在面源上。
4. 根据权利要求1所述无组织面源气体排放通量的测量方法,其特征在于,在面源为液相释放面时,将采样器浮体放置在指定采样布点位置后,将采样器箱体放置在采样器浮体槽内。
5. 根据权利要求1所述无组织面源气体排放通量的测量方法,其特征在于,所述预设的采样时间间隔为非均匀时间间隔,各采样时间间隔组成的采样周期至少包括6个采样时间。
6. 根据权利要求1所述无组织面源气体排放通量的测量方法,其特征在于,所述考虑采样器箱体温度变化的排放通量计算公式为:
$$F = \rho_0 \cdot h \cdot \frac{T_0}{P_0} \cdot \frac{d(c_T^P)}{dt}$$
其中,F为排放通量, ρ_0 为标准工况下气体样品成的密度,h为采样器箱体的高度, T_0 、 P_0 为标准工况下的温度和压力,c为气体样品的浓度,P为采样器箱体温度,为采样器箱体温度,T为采样器箱体温度,t为时间。
7. 根据权利要求3所述无组织面源气体排放通量的测量方法,其特征在于,所述固相释放面为填埋堆体表面。
8. 根据权利要求4所述无组织面源气体排放通量的测量方法,其特征在于,所述液相释放面为非曝气类水体处理池表面。
9. 根据权利要求6所述无组织面源气体排放通量的测量方法,其特征在于,所述表征采样器箱体温度与压力与气体样品浓度组成的组合变量为 $\frac{cP}{T}$ 。
10. 根据权利要求1至9中任意一项所述无组织面源气体排放通量的测量方法,其特征在于,该方法用于测量温室气体或稳定气体的排放通量。

无组织面源气体排放通量的测量方法

技术领域

[0001] 本发明公开无组织面源气体排放通量的测量方法,属于测量、测试的技术领域。

背景技术

[0002] 目前,对于通过填埋场堆体表面、非曝气类水体表面等面源无组织排放的温室气体,国内外监测无组织面源温室气体排放通量的技术主要包括定性监测和定量监测。简单野外观察、热红外调查和网格扫描等定性监测方法无法获取精确具体的排放量结果。通量箱法、微气象法、质量平衡法/断面法、示踪气体羽流法、气体羽流法等定量监测方法以获得温室气体的日排放通量或年排放通量为目标。微气象法、质量平衡法、示踪气体羽流法和气体羽流法等作为新的监测方法,获取数据的效率虽然高但是技术较复杂、操作难度大,应用推广门槛较高。利用箱体式采样获取排放通量的通量箱法,则成为最常用的方法。

[0003] 对于无组织面源排放的气体而言,检测气体排放速率或检测气体排放流量难度大,公开号为CN113358426A的专利公开一种浅水体内源温室气体的排放采集和计算方法,是一种利用箱体式采集方式获取排放通量的通量箱法,记录采样箱体的体积,在监测时间内采集密闭箱体內的样品检测浓度,通过计算监测时间内不同时刻的气体浓度回归分析得到的曲线斜率作为气体释放速率,最终代入气体排放通量的计算公式: $F = \frac{SC_1C_2V}{A}$,将箱体內样品浓度转换为表征单位面积单位时间内排放质量的排放通量F。其中,S表示监测时间内不同时刻的气体浓度回归分析得到的曲线斜率;V表示静态箱內水面以上体积;A为静态箱覆盖水面面积; C_1 为气体浓度量纲转换系数,ppm转化为 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, C_2 为时间量纲转换系数。该方法虽然在采集密闭箱体內样品检测浓度的过程中有对箱外大气压力和箱內气温进行检测记录,但只是将箱外大气压力和箱內气温作为参数用于换算成该工况下的固定密封箱体內的气体体积,直接忽略了在采样过程即监测时间中箱体內实际采样气体的压力和温度随时间变化,在后续的排放通量计算公式中并没有考虑箱体內采样气体的压力和温度对排放通量计算结果的影响;并且该箱体式采样方法直接采用了箱体外的压力、温度直接替代箱体內实际采集样品的压力、温度。以上两点关于温度和压力数据的处理均会造成排放通量计算结果准确率的降低,尤其当监测时间较长、外界环境条件较为特殊时,对准确率的影响会更大。此外,不考虑气体温度、压力随时间的变化,仅仅将回归分析气体浓度与时间变化所得到的曲线斜率作为气体释放速率,再依据此气体释放速率直接计算气体排放通量,方法简单粗糙,难以获取精确的定量监测结果。

[0004] 可见,无组织排放面源气体排放通量的测量精度与通量箱法的操作及计算方法有关,只有实现了排放通量的精确检测,才能准确地获取无组织气体排放量的计算结果,大幅度提升定量监测无组织排放通量的准确性。在温室气体、污染气体等排放研究领域里,无组织面源类排放同样占据重要地位,解决无组织面源气体排放通量精确检测的问题,可以更进一步实现低碳减排控制。

[0005] 针对无组织面源气体排放通量定量监测技术的缺点,本发明旨基于常规箱式采样设计,在计算排放通量时考虑采样过程中箱体內实际温度和压力的变化,提出一种提高无

组织面源排放通量监测结果准确性的方法。

发明内容

[0006] 本发明的发明目的是针对上述背景技术的不足,提供无组织面源气体排放通量的测量方法,采用常规通量箱法采样样品气体,利用考虑箱体内温度和压力变化的排放通量计算公式测量样品气体的排放通量,解决现有无组织面源排放气体排放通量的定量监测技术难以精确检测排放通量的技术问题,实现精确测量无组织面源排放气体排放通量的发明目的。

[0007] 本发明为实现上述发明目的采用如下技术方案:无组织面源气体排放通量的测量方法,记录采样器箱体的尺寸参数,将采样器固定在指定采样布点位置;按照预设的采样时间间隔,记录每个采样时间下采样器箱体内部的温度和压力,检测每个采样时间收集的气体样品的浓度;根据理想气体状态方程推导考虑采样器箱体内部温度和压力变化的排放通量计算公式;根据各采样时间记录的采样器箱体内部的温度和压力以及每个采样时间收集的气体样品的浓度组成的组合变量的取值与时间的取值,拟合计算回归方程;将回归方程的斜率代入排放通量计算公式,获得无组织面源排放气体排放通量的监测结果。

[0008] 进一步地,对于包含但不限于填埋堆体表面的固相释放面,将采样器放置在指定采样布点位置后,将采样器箱体的底部粘合或密封固定在面源上,通过箱体式采集器检测固相释放面排放的气体的浓度,并实时检测箱体内部的温度和压力。

[0009] 进一步地,对于包含但不限于非曝气类水体处理池表面的液相释放面,将采样器浮体放置在指定采样布点位置后,将采样器箱体放置在采样器浮体槽内,使得采集器在较为稳定的非曝气类水面上采集排放气体的浓度,并实时检测箱体内部的温度和压力。

[0010] 进一步地,考虑到箱体内部的温度和压力随时间变化,将温度和压力随时间变化率纳入计算中,将排放量计算公式改良为考虑“浓度-温度-压力”组合量“ cP/T ”随时间 t 的变

化率,排放通量计算公式为: $F = \rho_0 \cdot h \cdot \frac{T_0}{P_0} \cdot \frac{d(c \frac{P}{T})}{dt}$,进行曲线方程拟合即可将箱体内部温度和压力的实时检测数据纳入排放量计算过程中,其中, F 为排放通量, ρ_0 为标准工况下气体样品成的密度, h 为采样器箱体的高度, T_0 、 P_0 为标准工况下的温度和压力, c 为气体样品的浓度, P 为采样器箱体内部的压力, T 为采样器箱体内部的温度, t 为时间。

[0011] 进一步地,选择总监测时长、采样间隔时间、采样频次即采样样品数目,采用30min内非均匀间隔时间(2、5、10、15、20、30min)采集6个样品以提高监测结果的精确性。

[0012] 本发明采用上述技术方案,具有以下有益效果:

[0013] (1) 本发明提出的测量方法精准检测采样监测过程中箱体内部样品的实际温度和压力,基于理想气体状态方程推导考虑箱体内部样品实际温度及压力随时间变化因素的排放通量计算公式,提高排放通量监测结果的准确性。

[0014] (2) 本发明明确监测时长、监测采样频率、采集样品数量以及适宜的采样间隔时间,既满足了实际操作的可行性便利性,也提高拟合回归方程曲线斜率的准确性,从而提高了排放通量计算的准确性。

[0015] (3) 本发明的测量方法采用箱体式采集器即可获得各采样时间下的气体样品的浓度、温度、压力,对非曝气类液相面源,将采集器放置于固定在面源上的浮体内即可获得液

相面源排放气体的浓度、温度、压力,将本发明的使用范围从固相面源拓宽至液相面源,该方法既可以适用于常规温室气体的排放通量检测,也可以拓展到其它多种较稳定的气体排放通量的测定。

附图说明

[0016] 图1为采用箱体式采样器测量填埋堆体表面气体排放量的示意图。

[0017] 图2为采用箱体式采样器测量非曝气类水体处理池表面气体排放量的示意图。

[0018] 图3为本发明测量无组织面源气体排放量的流程图。

[0019] 图中标号说明:1、采样器箱体,2、进气口,3、出气口,4、风扇,5、采样泵,6、温度检测仪,7、压力监测仪,8、铝箔样品袋,9、止水阀,10、采样器浮体。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图对发明的技术方案进行详细说明。

[0021] 本发明基于便携可行的箱体式采样器对气体进行精准采样和工况参数记录,可以适用于多种固体表面或非曝气类水体表面的无组织气体排放通量测定,以下针对重点关注的废弃物行业里常见的无组织排放面源:填埋堆体和非曝气类水体处理池,和重点关注的三种温室气体效应影响最显著且最常见的气体:二氧化碳(CO_2),甲烷(CH_4),氧化亚氮(N_2O),进行阐述。其它类似面源条件或气体情况,可相应参考。

[0022] 填埋堆体、非曝气类水体处理池,都属于表面稳定的面源,主要区别在于填埋堆体为固相释放面,非曝气类水体处理池为液相释放面。两类无组织排放面源的气体排放通量采用箱体式采样器获取采样气体的方法基本相似,如图1和图2所示,箱体式采样器包括:采样器箱体1、进气口2、出气口3、风扇4、采样泵5、温度检测仪6、压力监测仪7、铝箔样品袋8、止水阀9,风扇4、采样泵5、温度检测仪6、压力监测仪7布置在采样器箱体1的内部,进气口2和出气口3设置在1的外部,采样泵5的排气口与出气口3通过软管连接,出气口3与铝箔样品袋8入口之间连接有硅胶管,靠近铝箔样品袋的硅胶管上夹有止水阀9。如图2所示,与填埋堆体表面气体采样不同的是采用非曝气类水体处理池表面气体时间需在非曝气类水体表面和箱体式采样器之间增加一个采样器浮体10,用于稳定箱体式采样器。

[0023] 如图3所示,本发明测量无组织面源气体排放量的方法包括如下三大步骤。

[0024] 步骤一:记录下箱体式采样器的尺寸参数并将采样器固定到指定采样布点位置

[0025] 记录的采样器箱体尺寸参数包括:采样器箱体的高度 h 和箱体底面积 A 。

[0026] 对于填埋堆体表面等固相释放面,直接将箱体式采样器放置到指定采样地点,采用透明宽胶带将其底部与排放源固态表面粘合,保证采样过程密闭性。

[0027] 对于非曝气类水体处理池表面等液相释放面,在采样器浮体上固定好绳索作为牵引工具,利用绳索沿池壁将采样器浮体平稳放置于和缓水体如非曝气池指定的采样位置水面上后,将牵引绳索固定于廊道护栏上。操作过程中应保持采样器浮体始终平稳于水面,紧贴水面,不得倾斜、侧翻,或露出空隙,保证良好的密闭性。到达指定布点位置后将箱体式采样器放置于浮体槽内。

[0028] 步骤二:按照预设的采样时间间隔采样温室气体并记录每个采样时间箱体内的温度、箱体内的压力,检测每个采样时间采集的气体样品的浓度

[0029] 首先,确认采样器的“进气口”“出气口”关闭,合上风扇开关,确认风扇能够正常运转,关闭风扇开关;

[0030] 接着,开始计时,进入采样等待过程,当到达要求的采样时间 t_1 时,记录下采样时间 t_1 下箱体内部的温度 T_1 、压力 P_1 ,开启风扇运转30s,使箱内贮积的气体得到充分搅拌均匀,然后关闭风扇。打开箱体式采样器的出气口和进气口,松开止水阀,打开采样泵开关即可向铝箔样品袋内充气,充气过程中要时刻观察袋内充装情况,通常为60%-80%充装量,如果充装过满会导致样品袋损坏,完成气体样品采集后卡紧止水阀,拔掉硅胶管、关闭采样袋阀门、做好样品编号标记,重新关闭箱体式采样器的进气口和出气口;之后依次达到要求的采样时间 t_2 、 t_3 、 t_4 、 t_5 、 t_6 后,重复与采样时间 t_1 同样的操作。

[0031] 6份样品采样全部完成后,回收箱体式采样器。将采样器箱体倒置30s排空残余气体以复原初始状态。

[0032] 收集的样品进行实验室检测,对目标气体如二氧化碳、甲烷、氧化亚氮三种温室气体,参考国家相关标准进行仪器检测,获得浓度即 c_N [目标气体],如 c_N [CO₂]、 c_N [CH₄]、 c_N [N₂O] (N=1-6)。

[0033] 根据试验结果数据情况确定,当采样数量N定为6次,采样时间 t_1 - t_6 依次选取为采样开始后的2、5、10、15、20、30min,可以达到良好的检测分析结果。

[0034] 需要注意的是样品采集过程中“进气口”要处于开启状态,采样采集结束要拧紧“进气口”,以防止抽气取样操作造成箱体内负压。基于本采样方法,可精准获取30min采样时间后的6个样品对应的浓度、温度、压力数据。

[0035] 步骤三:根据理想气体状态方程推导考虑箱体内温度和压力变化的排放通量计算公式,根据各采样时间的箱体内温度 T 、压力 P ,气体样品的浓度 c 组成的组合变量 $\frac{cP}{T}$ 的值与 t 值,拟合计算回归方程,将回归方程的斜率代入排放通量计算公式,得到无组织面源排放气体排放量的监测结果

[0036] 理想气体状态方程:

[0037] $PV=nRT$ (1),

[0038] 式(1)中, P 为压力,单位为Pa; V 为体积,单位为m³;N为物质的量(摩尔数),单位为mol; R 为理想气体常数,单位为8.314472J/(mol·K); T 为温度,单位为K。

[0039] 标准工况下,即 $P=P_0=101325\text{Pa}$, $T=T_0=273.15\text{K}$,

[0040] $V_{mol} = \frac{V_0}{n_0} = \frac{RT_0}{P_0}$

[0041] 即 $V_{mol}=0.0224\text{m}^3/\text{mol}$ 。

[0042] 任一工况下有:

[0043] $\frac{V}{\frac{n}{V_{mol}}} = \frac{T}{T_0} \cdot \frac{P_0}{P}$

[0044] 则:

[0045] $n = \frac{V}{V_{mol} \cdot \frac{T}{T_0} \cdot \frac{P_0}{P}} = \frac{V}{V_{mol}} \cdot \frac{T_0}{T} \cdot \frac{P}{P_0}$ (2)。

[0046] 标准工况下目标气体密度(kg/m³)为:

$$[0047] \quad \rho_0 = \frac{M}{V_{mol}} \quad (3)。$$

[0048] 因此,任意工况下,混合气体中目标气体成分的质量为:

$$[0049] \quad m = M \cdot n \cdot c = M \cdot c \cdot \frac{V}{V_{mol}} \cdot \frac{T_0}{T} \cdot \frac{P}{P_0} = \rho_0 \cdot c \cdot V \cdot \frac{T_0}{T} \cdot \frac{P}{P_0} \quad (4),$$

[0050] 式(4)中,M为目标气体成分的质量,单位为kg;P为气体压力,单位为Pa;T为气体温度,单位为K;V为气体体积,单位为m³;V_{mol}为标准工况下单位摩尔气体体积,单位为m³/mol;C为目标气体成分的摩尔数比值,无量纲;n为总气体物质的量,单位为mol;M为目标气体成分的摩尔质量,单位为kg/mol;ρ₀为标准工况下目标气体成分的密度,单位为kg/m³。

[0051] 根据排放通量F的定义——单位面积单位时间内排放质量,即:

$$[0052] \quad F = \frac{dm}{dt} \cdot \frac{1}{A} = \frac{1}{A} \cdot \frac{d(\rho_0 \cdot c \cdot V \cdot \frac{T_0}{T} \cdot \frac{P}{P_0})}{dt} = \frac{\rho_0}{A} \cdot \frac{T_0}{P_0} \cdot \frac{d(cV \frac{P}{T})}{dt} \quad (5),$$

[0053] 式(5)中,F为排放通量,单位为kg/(m²·s);A为释放面积,单位为m²。

[0054] 本发明的采样过程中,体积始终不变,为V=h·A(即采样箱体体积,m³);为精准获得排放通量数据结果,应当考虑气压、温度随时间的变化,尤其当采样环境较为特殊时如南方夏日室外、北方冬日室外等,则公式5最终使用形式为:

$$[0055] \quad F = \rho_0 \cdot h \cdot \frac{T_0}{P_0} \cdot \frac{d(c \frac{P}{T})}{dt}$$

[0056] 计算 $\frac{cP}{T}$ 随时间t的变化率,得到排放通量F。

[0057] T₀、P₀均为标准常数,通常取T₀=273.15K、P₀=101.25kPa。ρ₀根据目标气体的种类选取对应的常数值,例如二氧化碳、甲烷、氧化亚氮摩尔质量分别取0.044,0.016和0.044kg/mol,对应的ρ₀分别为:1.964,0.714和1.964kg/m³。h为已知测量高度。

[0058] 根据t₁-t₆对应的T₁-T₆、P₁-P₆和c₁-c₆值,拟合 $\frac{cP}{T}$ 值与t值的回归方程,对拟合所得的回归方程求导即获得 $\frac{d(c \frac{P}{T})}{dt}$,在线性回归方程情况下即斜率k_{N=6}为 $\frac{cP}{T}$ 随时间t的变化率。

[0059] 采用30min内非均匀间隔时间(2、5、10、15、20、30min)采集6个样品,所获取的数据可以实现线性拟合回归方程,获得斜率,可以达到0.9以上的拟合优度,提高无组织面源气体排放量监测结果的精确性,同时采样数量频次和采样总时间也满足实际现场可行性,较为方便。

[0060] 以上实施方式只是对本发明的示例性说明,并不限定它的保护范围,本领域技术人员还可以对其局部进行改变,例如,可以选择其它结构的采集器完成样品浓度及箱体内温度和压力的检测,可以选择其它非均匀间隔的监测周期对样品气体进行不同频次的采集,符合发明宗旨的任意形式的等同替换都落入本发明的保护范围。

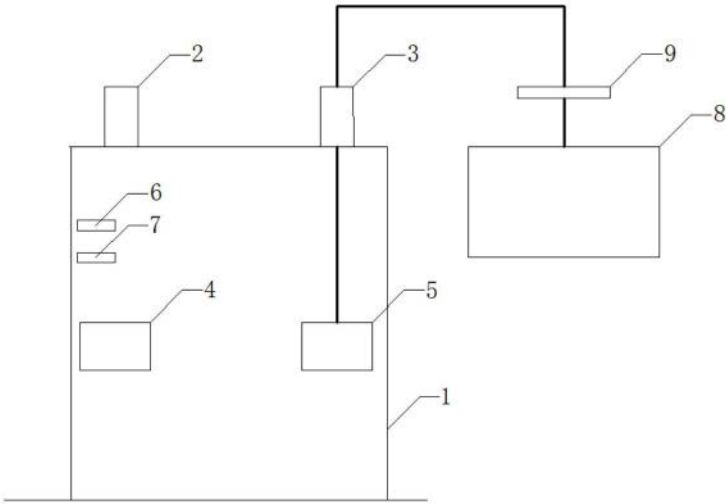


图1

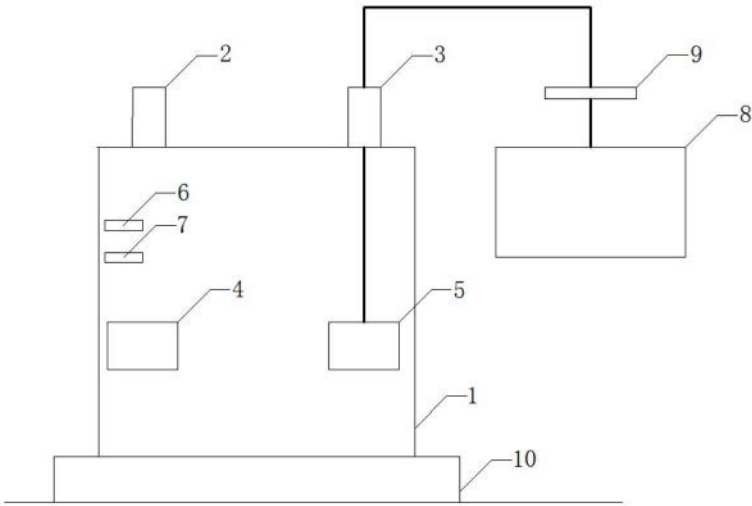


图2



图3