



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102445409 B

(45) 授权公告日 2013. 04. 17

(21) 申请号 201110295655. 2

(22) 申请日 2011. 09. 28

(73) 专利权人 中国农业大学

地址 100193 北京市海淀区圆明园西路 2 号

(72) 发明人 滕光辉 余礼根 劳凤丹 宗超

徐微微

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限

公司 11002

代理人 王莹

(51) Int. Cl.

G01N 15/06 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2007-171012 A, 2007. 07. 05, 全文.

CN 101029564 A, 2007. 09. 05, 全文.

CN 201928383 U, 2011. 08. 10, 全文.

WO 2008/056444 A1, 2008. 05. 15, 全文.

袁伟. 井下煤尘浓度分析系统设计. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑》. 2009, (第 1 期), 第 12-14, 18 页.

审查员 郭欣悦

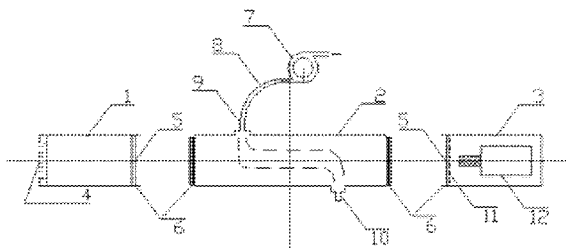
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种基于数字图像技术的粉尘浓度测量方法

(57) 摘要

本发明涉及畜禽养殖环境监测与空气质量控制技术领域。公开了一种基于数字图像技术的粉尘浓度测量装置及方法,该装置包括:依次连接的拍摄模板(1)、粉尘发生室(2)和图像拍摄体(3),所述图像拍摄体(3)包括安装于内部的摄像机(12)和辅助光源。本发明利用摄像机采集粉尘图像进行分析,得出粉尘浓度和图像亮度参数之间的关系模型,从而测量粉尘浓度,准确度高。该装置既可以实现对排放源在线、连续测定,又能实时监测粉尘浓度变化,同时有效克服人为因素造成的测量误差,具有操作简单、成本低的优势,便于大面积推广应用。



1. 一种基于数字图像技术的粉尘浓度测量装置测量粉尘浓度的方法,其特征在于,所述装置包括:依次连接的拍摄模板(1)、粉尘发生室(2)和图像拍摄体(3),所述图像拍摄体(3)包括安装于内部的摄像机(12)和辅助光源,所述方法包括以下步骤:

S1、利用摄像机(12)采集待测气体引入粉尘发生室(2)之前拍摄模板(1)的图像,运用图像分割阈值算法对所述图像进行处理,分别找出亮度直方图中像素个数最大值及其所对应的亮度值,以获得所述拍摄模板(1)的图像的黑色区域和白色区域的固有视亮度值 $B_w^*$ 和 $B_b^*$ ;

S2、将待测气体引入所述粉尘发生室(2),等待一定的时间,至所述粉尘发生室(2)内气流混合均匀,形成稳定流场;

S3、利用所述摄像机(12)采集所述拍摄模板(1)的图像,运用分割阈值算法处理图像,获得此时拍摄模板(1)的图像的黑色区域和白色区域的视亮度值 $B_w(R)$ 和 $B_b(R)$ ,其中,R表示所述摄像机(12)镜头至所述拍摄模板(1)的垂直距离;

S4、根据公式 $M = \frac{\xi}{R} \cdot \{\ln(B_w^* - B_b^*) - \ln[B_w(R) - B_b(R)]\}$ 计算待测气体中粉尘浓度M,

其中,比例系数 $\xi$ 通过初设M为定值时经公式 $\xi = MR \cdot \{\ln(B_w^* - B_b^*) - \ln[B_w(R) - B_b(R)]\}$ 计算确定。

2. 如权利要求1所述的测量粉尘浓度的方法,其特征在于,所述拍摄模板(1)、粉尘发生室(2)和图像拍摄体(3)之间均采用丝扣(6)连接。

3. 如权利要求1所述的测量粉尘浓度的方法,其特征在于,所述拍摄模板(1)的面向所述粉尘发生室(2)的一端安装有透明隔板(5),另一端安装有黑白相间的棋盘网格状模板(4)。

4. 如权利要求1所述的测量粉尘浓度的方法,其特征在于,所述粉尘发生室(2)上设有进风口(9)、排风口(10),与所述进风口(9)连接的风管(8),以及与所述风管(8)连接的离心风机(7)。

5. 如权利要求1所述的测量粉尘浓度的方法,其特征在于,所述图像拍摄体(3)的面向所述粉尘发生室(2)的一端安装有透明隔板(5)。

6. 如权利要求1所述的测量粉尘浓度的方法,其特征在于,所述辅助光源为LED光源(11)。

## 一种基于数字图像技术的粉尘浓度测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及畜禽养殖环境监测与空气质量控制技术领域,具体涉及一种基于数字图像技术的粉尘浓度测量装置及方法。

### 背景技术

[0002] 随着规模化、集约化、工厂化养殖模式在我国的不断推广与发展,动物养殖健康和畜禽产品质量令人担忧。作为其重要组成部分,畜禽舍内空气质量的好坏越来越引起人们的关注。畜禽舍是一个相对密闭的生产环境,受到室内环境因素(光照、温度、湿度、通风),室外气候因素(昼夜和季节变化),以及动物本身因素(动物活动、体重和日龄变化),人为因素(饲养管理条件)等的影响,粉尘颗粒物较多且集中。有学者指出,其畜禽舍内总悬浮颗粒物浓度接近国家标准限值年平均值的 30 倍。粉尘颗粒是畜禽舍内主要的空气污染物之一,它吸附微生物、臭气、有害气体,是畜禽疾病传播的有利途径。同时,粉尘会影响饲养员的健康和家禽生产力,引起人和动物呼吸系统疾病,腐蚀建筑和设备,污染养殖场周围空气环境。

[0003] 对于畜禽舍内粉尘来源、空间分布及其测定技术的研究,我国起步相对较晚,近年禽流感的爆发引起人们对畜禽产品质量、畜禽舍内空气污染的高度重视。研究开发有效的粉尘浓度测定工具和方法测量畜禽舍内粉尘浓度,获悉畜禽舍内粉尘产生、传播和分布的规律,对于改善舍内空气质量,提高畜禽饲养水平,增加畜禽产品竞争力具有重要意义。

[0004] 目前粉尘浓度的测量方法主要有称重滤膜法、 $\beta$  射线法、压电振动法、超声波衰减法、黑度法、光散射法等。这些测量方法各有其优缺点,称重滤膜法应用广泛但操作繁琐,不能实现在线监测; $\beta$  射线法具有一定放射性,测量易受人员素质和心理作用的影响,且需国家相关部门的监管;压电振动法可以在线监测,但其需要手工操作,程序繁琐,测量精度不高;黑度法操作简单,但受主客观因素影响,测量误差较大;光散射法可实现远距离连续测量,但其受环境条件限制,需要定期维护。因此应用新的技术,探索新的粉尘浓度测量方法非常有必要。

### 发明内容

[0005] (一) 要解决的技术问题

[0006] 本发明所要解决的技术问题是:如何准确、方便地测量粉尘浓度。

[0007] (二) 技术方案

[0008] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种基于数字图像技术的粉尘浓度测量装置,包括:依次连接的拍摄模板、粉尘发生室和图像拍摄体,所述图像拍摄体包括安装于内部的摄像机和辅助光源。

[0009] 优选地,所述拍摄模板、粉尘发生室和图像拍摄体之间均采用丝扣连接。

[0010] 优选地,所述拍摄模板的面向所述粉尘发生室的一端安装有透明隔板,另一端安装有黑白相间的棋盘网格状模板。

[0011] 优选地,所述粉尘发生室上设有进风口、排风口,与所述进风口连接的风管,以及与所述风管连接的离心风机。

[0012] 优选地,所述图像拍摄体的面向所述粉尘发生室的一端安装有透明隔板。

[0013] 优选地,所述辅助光源为 LED 光源,环形布置。

[0014] 本发明提供了一种利用所述的装置测量粉尘浓度的方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0015] S1、利用所述摄像机采集待测气体引入所述粉尘发生室之前所述拍摄模板的图像,运用图像分割阈值算法对所述图像进行处理,分别找出亮度直方图中像素个数最大值及其所对应的亮度值,以获得所述拍摄模板的图像的黑色区域和白色区域的固有视亮度值  $B_w^*$  和  $B_b^*$ ;

[0016] S2、将待测气体引入所述粉尘发生室,等待一定的时间,至所述粉尘发生室内气流混合均匀,形成稳定流场;

[0017] S3、利用所述摄像机采集所述拍摄模板的图像,运用分割阈值算法处理图像,获得此时拍摄模板的图像的黑色区域和白色区域的视亮度值  $B_w(R)$  和  $B_b(R)$ ,其中,R表示所述摄像机镜头至所述拍摄模板的垂直距离;

[0018] S4、根据公式  $M = \frac{\xi}{R} \cdot \{\ln(B_w^* - B_b^*) - \ln[B_w(R) - B_b(R)]\}$  计算待测气体中粉尘浓度 M,其中,比例系数  $\xi$  通过初设 M 为定值时经公式  $\xi = MR \cdot \{\ln(B_w^* - B_b^*) - \ln[B_w(R) - B_b(R)]\}$  计算确定。

[0019] (三)有益效果

[0020] 本发明利用摄像机采集粉尘图像进行分析,得出粉尘浓度和图像亮度参数之间的关系模型,从而测量粉尘浓度,准确度高。该装置既可以实现对排放源在线、连续测定,又能实时监测粉尘浓度变化,同时有效克服人为因素造成的测量误差,具有操作简单、成本低的优势,便于大面积推广应用。本发明适用于密闭式畜禽舍粉尘浓度测量。

## 附图说明

[0021] 图 1 是本发明实施例的装置正视图;

[0022] 图 2 是本发明实施例的装置侧视图。

[0023] 其中,1- 拍摄模板;2- 粉尘发生室;3- 图像拍摄体;4- 网格状模板;5- 透明隔板;6- 丝扣;7- 离心风机;8- 风管;9- 进风口;10- 排风口;11-LED 光源;12- 摄像机。

## 具体实施方式

[0024] 下面对于本发明所提出的一种基于数字图像技术的粉尘浓度测量装置及方法,结合附图和实施例详细说明。

[0025] 针对粉尘浓度测量方法(尤其是密闭式畜禽舍粉尘浓度测量方法)现存的技术问题,本发明提供了一种基于数字图像技术测定畜禽舍内粉尘浓度的便携装置。利用数字图像技术估算空气中的粉尘浓度,核心技术是利用摄像机采集粉尘图像进行分析,得出粉尘浓度和图像亮度参数之间的关系模型。基本原理如下:

[0026] 以观察者或摄像机为基点,在一定的光照条件下,拍摄对象设定为一包含黑色区

域和白色区域的图像。随着观察者与拍摄模板之间距离的加大或者空气中粉尘颗粒物浓度的升高,模板黑白区域的视亮度差别将逐渐变小。

[0027] 根据大气物理学知识,在一定距离以外的物体所发出的或反射的光,在进入人眼或 CCD 摄像机感光元器件之前,要经历从所在位置到观察者之间的一段空气柱的削弱(包括空气散射、反射和吸收),同时这段空气柱对各种光的反射和一次或多次散射将会产生附加的空气柱亮度  $D(R)$ 。这样距摄像机的摄像头实际接收到的距离为  $R$  处的拍摄模板图像黑色和白色区域的视亮度分别表示为  $B_w(R)$  和  $B_b(r)$ ,其表达式分别为:

$$[0028] \quad \begin{cases} B_w(R) = B_w^* \cdot \exp\left\{-\int_0^R \sigma_w(r) \cdot dr\right\} + D(R), \\ B_b(R) = B_b^* \cdot \exp\left\{-\int_0^R \sigma_w(r) \cdot dr\right\} + D(R). \end{cases} \quad (1)$$

[0029] 上面两个等式中,前一项可看作是拍摄模板的图像的黑色区域和白色区域的固有视亮度(用  $B_w^*$  或  $B_b^*$  表示,也就是粉尘发生之前的图像参数),经厚度为  $R$  的空气柱削弱(或消光)后,对视亮度的贡献,  $\sigma_w(r)$  为大气消光系数,  $\sigma_w(r)$  值与大气中的颗粒物浓度有关,假设气体中的颗粒物对光的散射均为一次散射,则根据大气物理学的相关知识可得,气体中尘埃的质量浓度  $M$  正比于气体尘埃的消光系数  $\sigma_w(r)$ 。于是有表达式:

$$[0030] \quad M = \xi \cdot \sigma_w(r) \quad (2)$$

[0031] 式中  $\xi$  为比例系数,与气体颗粒物尺度谱分布和光学折射率有关,消光系数主要同尘埃的粒径分布和入射光波长分布有关。

[0032] 本发明中假设密闭式畜禽舍内气体颗粒物粒径分布固定,同时由于密闭式饲养条件下的光环境可控,所以入射光波长确定,则可假定所得消光系数是一固定值。此处假设消光系数  $\sigma_w(r)$  为单一值,则根据以上 (1) 和 (2) 式,可推导出:

$$[0033] \quad M = -\frac{\xi}{R} \cdot \ln\left\{\frac{B_w(R) - B_b(R)}{B_w^* - B_b^*}\right\} \quad (3)$$

[0034] 由于拍摄模板图像的黑色和白色区域的固有亮度  $B_w^*$  或  $B_b^*$  为定值(根据实验条件计算,其与测量装置有关),故式中的  $B_w^* - B_b^*$  也为固定值,则式 (3) 可变换为:

$$[0035] \quad M = \frac{\xi}{R} \cdot \left\{ \ln(B_w^* - B_b^*) - \ln[B_w(R) - B_b(R)] \right\} \quad (4)$$

[0036] 由前面的假定,系数  $\xi$  稳定,可得气体颗粒物浓度  $M$  与  $\ln\{B_w(R) - B_b(R)\}$  成线性反比关系。公式中  $\ln\{B_w(R) - B_b(R)\}$  为未知数,其余均为实验初值,  $\xi$  通过初设  $M$  为定值(例如  $100\text{mg}/\text{m}^3$ ) 时经公式 (4) 计算确定。

[0037] 由此,只需知道距离观察者距离  $R$  处的包含黑色区域和白色区域的图像模板黑色区域和白色区域的视亮度  $B_w(R)$  和  $B_b(R)$ ,根据公式 (3) 或 (4) 即可确定此时气体中颗粒物浓度值  $M$ 。

[0038] 如图 1、图 2 所示,本发明的便携装置采用遮光圆柱体结构,分为拍摄模板 1、粉尘发生室 2 和图像拍摄体 3 三部分,其特点是:采用三段丝扣连接,方便拆卸,易于携带。拍摄模板 1 内装有  $14 \times 14$  黑白相间的棋盘网格状模板 4 作为拍摄图像的背景,设置有透明隔板

5,防止粉尘堆积;同时粉尘发生室2提供的是测量环境,待测气体借助离心风机7经进风口9引入、排风口10排出,形成均匀混合的气流场;图像拍摄体3主要由摄像机12、辅助光源、透明隔板5组成,其摄像机12主要用于拍摄粉尘发生前后的模板4的图像,辅助光源为环形的LED光源11,以此提供拍摄特定的光照环境。该装置柱形腔体间利用丝扣6连接,前、后段分别设置有透明隔板5,主要作用是阻挡粉尘对模板和摄像机镜头的污染,也便于测试后装置的清洗。

[0039] 该装置的工作原理是:将密闭式畜禽舍内待测气体经离心风机输送至测量装置,利用基于数字图像技术的分析算法估测舍内的粉尘浓度。具体工作过程为:第一步,使用装置前,对其拆卸彻底清洗,尤其是清理干净粉尘发生室内残留的粉尘,以及隔板上的粉尘残留,然后将装置各部件进行组装连接;第二步,利用摄像机对粉尘发生前的背景模板抓拍图像,运用图像分割阈值算法对所述图像进行处理,分别找出亮度直方图中像素个数最大值及其所对应的亮度值,以获得公式(4)的  $B_w^*$ 和  $B_b^*$ ;第三步,利用风机将舍内气体经进气口引入到粉尘发生室,待发生室内气流混合均匀,形成稳定流场,即可判断其达到拍摄要求;第四步,利用摄像机对粉尘发生后的背景模板多次拍照,运用分割阈值算法处理图像,获得此时  $B_w(R)$ 和  $B_b(R)$ 的数值,通过初设  $M$ 为定值时经公式  $\xi = MR \cdot \left\{ \ln(B_w^* - B_b^*) - \ln[B_w(R) - B_b(R)] \right\}$ 计算确定  $\xi$ 数值(视测试场景而定,需要依照现场工况设定粉尘浓度初值以经实验计算获得);第五步,经公式(4)计算出测试工况下的粉尘浓度数值。

[0040] 由以上实施例可以看出,本发明利用数字图像技术估测密闭式畜禽舍内粉尘浓度,可实现实时自动化测量;采用整体式、集成化的设计,既节约了安装空间,又便于对装置各部分进行操作管理,结构简单、成本低廉。

[0041] 以上实施方式仅用于说明本发明,而并非对本发明的限制,有关技术领域的普通技术人员,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,还可以做出各种变化和变型,因此所有等同的技术方案也属于本发明的范畴,本发明的专利保护范围应由权利要求限定。

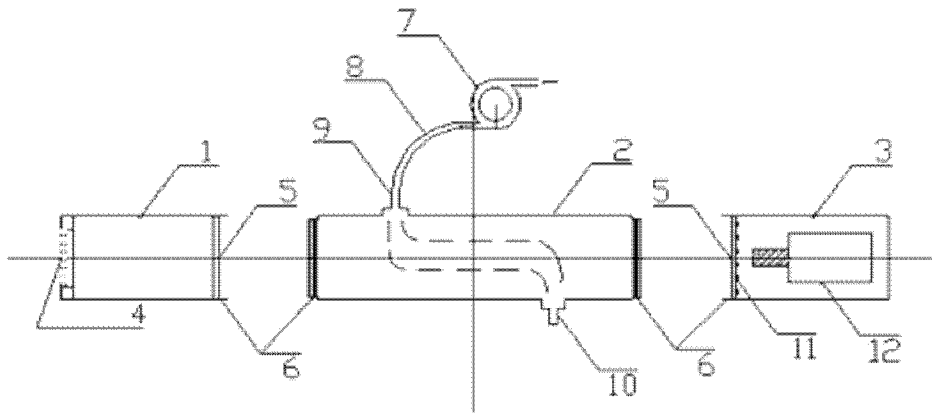


图 1

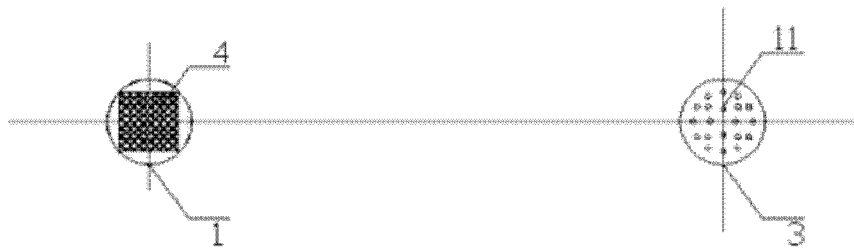


图 2