

一种新型大气扬尘监测装置的设计

洪展博¹, 彭志强^{2*}, 邹文韬²

¹西北农林科技大学自然资源与环境学院, 陕西 杨凌

²湖南工学院安全与管理工程学院, 湖南 衡阳

收稿日期: 2025年2月7日; 录用日期: 2025年3月7日; 发布日期: 2025年3月18日

摘要

本文提出了一种改进的大气扬尘监测装置, 旨在解决传统重量法监测中难以对不同时间段的扬尘进行采样的技术难题。该装置能够实现在不同时间段自动采集扬尘样本, 从而准确反映大气扬尘的变化情况, 具有较高的实用性和可靠性, 对于提升大气环境监测水平、优化空气质量管理 and 污染控制策略具有重要意义。

关键词

扬尘, 监测装置, 重量法

Design of a New Type of Atmospheric Dust Monitoring Device

Zhanbo Hong¹, Zhiqiang Peng^{2*}, Wentao Zou²

¹College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi

²School of Safety and Management Engineering, Hunan Institute of Technology, Hengyang Hunan

Received: Feb. 7th, 2025; accepted: Mar. 7th, 2025; published: Mar. 18th, 2025

Abstract

The article proposes an improved atmospheric dust monitoring device aimed at solving the technical problem of difficulty in sampling dust at different time periods in traditional weight based monitoring. This device can automatically collect dust samples at different time periods, accurately reflecting the changes in atmospheric dust. It has high practicality and reliability, and is of great significance for improving the level of atmospheric environmental monitoring, optimizing air quality management, and pollution control strategies.

*通讯作者。

文章引用: 洪展博, 彭志强, 邹文韬. 一种新型大气扬尘监测装置的设计[J]. 环境保护前沿, 2025, 15(3): 296-300.
DOI: 10.12677/aep.2025.153036

Keywords

Dust, Monitoring Device, Weight Method

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

大气环境监测是环境保护领域的重要组成部分,旨在通过观测、分析大气中污染物的浓度及其变化,为评估环境质量、制定污染防治措施提供科学依据。重量法是大气扬尘监测的一种常规方法,通过采集一定体积的含尘空气,将颗粒物截留在特定的滤膜上,然后在实验室中干燥、称重,根据采样前后滤膜的重量差以及采样体积,计算出颗粒物的浓度[1]。重量法的优点是测量结果准确可靠,是其他测量方法的校准依据,但采样时间通常为 24 小时,难以对不同时间段的含尘空气进行采样,从而难以反映不同时间段的大气扬尘变化[2][3]。本文提出了一种改进的大气扬尘监测装置,可解决传统重量法监测中难以对不同时间段的扬尘进行采样的技术难题。

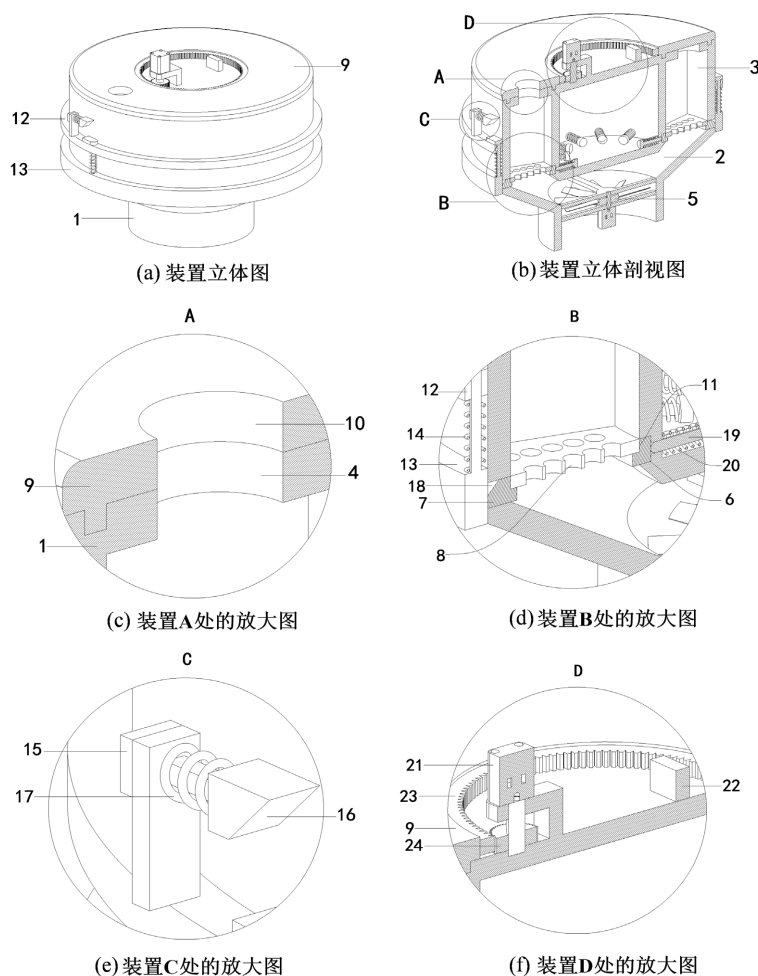
2. 技术方案

本文所提新型装置及核心部件如图 1 所示。采样筒 1,其上构造有依次连通的安装腔 2、多个采样腔 3 以及多个进气口 4,安装腔 2、采样腔 3 以及进气口 4 自下而上依次连通,采样腔 3 与进气口 4 的数量相同且一一对应,采样腔 3 的数量为十二个,对应一天十二个时辰,安装腔 2 内设置有抽风机 5,采样筒 1 上开设有与采样腔 3 数量相同且一一对应连通的安装槽 6,安装槽 6 呈水平方向且位于采样腔 3 与安装腔 2 的连通处,安装槽 6 内滑动设置有定位架 7,定位架 7 沿水平方向滑动,定位架 7 上可拆卸设置有滤膜 8,滤膜 8 呈水平方向,采样筒 1 上转动设置有顶板 9,顶板 9 呈水平方向且位于采样筒 1 的顶部,顶板 9 与采样筒 1 的顶端之间采用动密封结构,例如可以在顶板与采样筒 1 之间设置内包骨架的唇形密封圈,密封圈的唇片依靠变形产生的回弹力紧紧抵靠住顶板 9 的侧周面,即可实现旋转密封。顶板 9 上开设有与进气口 4 连通的通孔 10,采样筒 1 上设置有用以驱使顶板 9 间歇转动的驱动件,此处的间歇转动指的是顶板 9 每转动一定角度,都会停转一段时间,之后继续转动,顶板 9 每隔一个时辰转动三十度。

在初始状态下,顶板 9 位于初始位置,通孔 10 与其中一个进气口 4 连通,定位架 7 未安装在安装槽 6 内,滤膜 8 未安装在定位架 7 上,在使用之前,分别将十二个滤膜 8 称重并记录重量和体积,在使用时,分别将十二个滤膜 8 安装到十二个定位架 7 上,分别使十二个定位架 7 滑动至完全位于十二个安装槽 6 内,通过滤膜 8 将采样腔 3 与安装腔 2 的连通处遮挡,使抽风机 5 工作,含尘空气依次进入通孔 10、进气口 4、采样腔 3 以及安装腔 2,在此过程中,颗粒物截留在滤膜 8 上,当下个时辰到来时,通过驱动件驱使顶板 9 转动三十度,通孔 10 与下一个进气口 4 连通,之前滤膜 8 上截留的颗粒物便是上个时辰大气中颗粒物的浓度,之后重复操作,即可实现对十二个时辰的含尘空气进行采样,在采样完成后,使抽风机 5 停止工作,分别使十二个定位架 7 滑动至退出十二个安装槽 6,分别将十二个滤膜 8 从十二个定位架 7 上取下,分别将十二个滤膜 8 进行干燥、称重,根据采样前后滤膜 8 的重量差以及采样体积,计算出颗粒物的浓度。

如图 1(d)所示,定位架 7 上开设有凹槽 11,滤膜 8 活动嵌设在凹槽 11 内,在使用时,使滤膜 8 自上而下活动嵌设在凹槽 11 内,通过凹槽 11 对滤膜 8 进行限位,以实现滤膜 8 的安装,在采样完成后,使

滤膜 8 自下而上退出凹槽 11，以实现将滤膜 8 取下。采样筒 1 上设置有固定环 12，固定环 12 呈水平方向布置，固定环 12 上滑动设置有限位环 13 且二者之间设置有复位弹簧 14，限位环 13 水平方向布置且能够沿竖直方向滑动，复位弹簧 14 呈竖直方向布置且其两端分别与固定环 12 以及限位环 13 固定连接，限位环 13 与定位架 7 抵触搭接，固定环 12 上设置有助于将限位环 13 锁定或解除锁定的锁定件。



注：1、采样筒；2、安装腔；3、采样腔；4、进气口；5、抽风机；6、安装槽；7、定位架；8、滤膜；9、顶板；10、通孔；11、凹槽；12、固定环；13、限位环；14、复位弹簧；15、限位滑杆；16、楔形块；17、压缩弹簧；18、引导斜面；19、限位杆；20、拉伸弹簧；21、驱动电机；22、定时控制器；23、内齿环；24、驱动齿轮。

Figure 1. Device structure and partial enlarged view
图 1. 装置结构与局部放大图

在初始状态下，限位环 13 位于初始位置，通过锁定件将限位环 13 锁定，复位弹簧 14 处于压缩状态，当定位架 7 滑动至完全位于安装槽 6 内时，开启锁定件，将限位环 13 解除锁定，复位弹簧 14 复位至自然状态，限位环 13 向下滑动至极限位置并与多个定位架 7 抵触搭接，从而将多个定位架 7 同步限位，同时限位环 13 会将多个安装槽 6 进行封堵，反之，在采样完成后，驱使限位环 13 向上滑动至初始位置，限位环 13 远离多个定位架 7 并将多个安装槽 6 解除封堵，通过锁定件将限位环 13 锁定，复位弹

簧 14 处于压缩状态, 以实现将多个定位架 7 同步解除限位, 同时将多个安装槽 6 解除封堵。

锁定件的具体结构如图 1(e)所示, 其包括滑动设置在固定环 12 上的限位滑杆 15, 限位滑杆 15 沿水平方向滑动, 限位滑杆 15 的自由端设置有与限位环 13 抵触搭接的楔形块 16, 楔形块 16 固设在限位滑杆 15 的自由端, 楔形块 16 与固定环 12 之间设置有套设在限位滑杆 15 上的压缩弹簧 17, 压缩弹簧 17 呈水平方向且两端分别与楔形块 16 以及固定环 12 固定连接。

在初始状态下, 限位滑杆 15 与楔形块 16 均位于初始位置, 压缩弹簧 17 处于自然状态, 限位环 13 位于初始位置并与楔形块 16 的平面抵触搭接, 从而将限位环 13 锁定, 在使用时, 驱使限位滑杆 15 与楔形块 16 一同运动至极限位置, 压缩弹簧 17 被挤压, 由于失去楔形块 16 的阻挡, 限位环 13 得以向下滑动至极限位置, 再松开限位滑杆 15 与楔形块 16, 二者一同运动至初始位置, 压缩弹簧 17 复位至自然状态, 从而将限位环 13 解除锁定, 反之, 在驱使限位环 13 向上滑动至初始位置时, 限位环 13 先与楔形块 16 的斜面抵触搭接, 通过斜面的过渡作用, 迫使限位滑杆 15 与楔形块 16 一同运动至极限位置, 压缩弹簧 17 被挤压, 之后压缩弹簧 17 复位至自然状态, 限位滑杆 15 与楔形块 16 一同运动至初始位置, 限位环 13 与楔形块 16 的平面抵触搭接, 从而将限位环 13 锁定。

如图 1(d)所示, 定位架 7 上构造有引导斜面 18, 采样筒 1 上滑动设置有与定位架 7 数量相同且一一对应抵触搭接的弹性件, 弹性件沿水平方向滑动。在初始状态下, 弹性件位于初始位置并处于自然状态, 当定位架 7 位于安装槽 6 内时, 引导斜面 18 位于外界, 当限位环 13 向下滑动至极限位置时, 限位环 13 先与引导斜面 18 抵触搭接, 通过引导斜面 18 的过渡作用, 迫使定位架 7 滑动至完全位于安装槽 6 内, 定位架 7 与弹性件抵触搭接, 通过定位架 7 迫使弹性件滑动至极限位置并处于被拉伸状态, 反之, 当限位环 13 向上滑动至初始位置时, 弹性件复位至自然状态并滑动至初始位置, 通过弹性件使定位架 7 自动弹出安装槽 6, 以便于后续将定位架 7 从安装槽 6 内取出, 操作更加方便。弹性件的具体结构见图 1(b)和图 1(d)所示, 其包括滑动贯穿采样筒 1 且自由端与定位架 7 抵触搭接的限位杆 19, 限位杆 19 沿水平方向滑动, 限位杆 19 与采样筒 1 之间设置有拉伸弹簧 20, 拉伸弹簧 20 呈水平方向且两端分别与限位杆 19 以及采样筒 1 固定连接。限位杆 19 位于初始位置, 拉伸弹簧 20 处于自然状态, 当定位架 7 滑动至完全位于安装槽 6 内时, 会与限位杆 19 抵触搭接并迫使限位杆 19 滑动至极限位置, 拉伸弹簧 20 被拉伸, 反之, 当限位环 13 向上滑动至初始位置时, 拉伸弹簧 20 复位至自然状态, 限位杆 19 滑动至初始位置并驱使定位架 7 自动弹出安装槽 6。

如图 1(f)所示, 驱动件包括均设置在采样筒 1 上且电性连接的驱动电机 21 与定时控制器 22, 驱动电机 21 与定时控制器 22 均固设在采样筒 1 上, 定时控制器 22 是一种能够按照预设的时间来控制设备运行或执行特定任务的装置, 通过定时控制器 22 可以实现驱动电机 21 定时工作, 定时控制器 22 例如可以选用德州仪器的 SE555JGB 可编程定时器, 其工作温度范围为 -55°C 至 125°C , 经过了市场的长期检验, 具有高可靠性, 能够满足户外条件下的定时控制需求。顶板 9 上设置有内齿环 23, 内齿环 23 呈水平方向且固设在顶板 9 上, 驱动电机 21 的输出轴上设置有与内齿环 23 啮合的驱动齿轮 24, 驱动齿轮 24 呈水平方向且固设在驱动电机 21 的输出轴上。在使用之前, 将定时控制器 22 的预设时间改为一个时辰, 在当下个时辰到来时, 通过定时控制器 22 触发输出操作, 驱动电机 21 工作, 输出轴转动三十度并带动驱动齿轮 24 一同转动, 内齿环 23 会因啮合作用转动并带动顶板 9 一同转动, 以实现驱使顶板 9 间歇转动。需要说明的是, 大气中的油状颗粒物、光化学烟雾可能会阻塞滤膜并造成空气流速不匀, 使流量迅速下降, 从而影响测量结果的准确性, 同时滤膜类型的选择以及采样过程中对于空气流速的精准控制也会对测量精度产生影响。如何避免油状颗粒物、光化学烟雾导致的滤膜阻塞以及根据不同环境条件选择合适滤膜类型并对采样空气流速进行平稳、精准控制将在后续研究中阐述。

综上所述, 本装置以现有技术中的重量法为基础进行改进, 在对大气扬尘进行监测时, 可以对不同

时间段的含尘空气进行采样，从而反映出不同时间段的大气扬尘变化，因此更具有实用性。

3. 技术优势

本装置采用多时间段采样，通过多采样腔设计和自动切换机制，实现对不同时间段的含尘空气进行连续采样，能准确反映大气扬尘的变化情况；基于重量法的原理，测量结果准确可靠，是其他测量方法的校准依据，测量精度高；通过限位件和弹性件的设计，滤膜的安装和更换操作简便，提高了设备的使用便捷性，具有操作简便的特点；装置结构紧凑，适应性强，适用于多种大气环境监测场景。

4. 结论

本文介绍了一种改进的大气扬尘监测装置，通过创新设计解决了传统重量法难以对不同时间段进行采样的技术难题。该装置能够实现在不同时间段自动采集含尘空气样本，准确反映大气扬尘的变化情况，具有较高的实用性和可靠性。

基金项目

本研究得到中国大学生创新创业基金项目(项目编号：S202411528018S、S202411528012)资助。

参考文献

- [1] 环境保护部环境监测司. 环境空气质量监测工作手册[M]. 北京: 中国环境出版集团有限公司, 2015.
- [2] 税永红, 吴国旭, 王虎, 等. 环境监测仪器与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2022.
- [3] 蔡小舒, 苏明旭, 沈建琪, 等. 颗粒物粒度测量技术与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2021.