

Particle Identification Based on Microscopic Amplification and Vision Sensing

Na Li*, Dequan Lu, Bin Wen[#]

Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan
Email: #764372690@qq.com

Received: May 8th, 2019; accepted: May 27th, 2019; published: Jun. 3rd, 2019

Abstract

As one of the main atmospheric pollutants, airborne particulate matter has serious impacts on human health, animal plants, utensil materials and atmospheric climate. The monitoring of fine particles and ultra-clean environment is particularly important. To this end, the characteristics of atmospheric particulate matter and the tracking of its evolution process are fully studied. A microparticle identification device based on microscopic magnification and direct observation of the angle of view can be designed to observe the evolution process of particles in the atmosphere and effectively control the haze effect.

Keywords

Microscopic Magnification, Viewing Angle Observation, Particle Identification Device

基于显微放大和视觉传感的微粒辨识研究

李娜*, 卢德全, 文斌[#]

成都信息工程大学通信工程学院, 四川 成都
Email: #764372690@qq.com

收稿日期: 2019年5月8日; 录用日期: 2019年5月27日; 发布日期: 2019年6月3日

摘要

空气悬浮颗粒物作为主要大气污染物之一, 对人体健康、动物植物、器物材料以及大气气候产生的影响十分严重, 细颗粒物与超净环境的监测更是显得尤为重要。为此, 充分研究大气颗粒物的特性以及其演化过程的跟踪, 设计基于显微放大以及视角直接观测的微粒辨识装置, 可以良好的观测大气中微粒的演变过程, 对雾霾起到有效的控制作用。

*第一作者。

[#]通讯作者。

关键词

显微放大, 视角观测, 微粒辨识装置

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

气溶胶作为重要的大气成分之一,可以降低能见度形成霾污染[1][2],其重金属和有机物等有毒有害的化学成分还会影响人体健康[3][4]。气溶胶是指长时间悬浮在空气中能被观察或测量的液体或固体粒子,按其颗粒物粒径大小又可被分为总悬浮颗粒物、降尘、飘尘和细微粒等。其中,总悬浮颗粒物是粒径在 $100\ \mu\text{m}$ 以下的颗粒;降尘为粒径大于 $30\ \mu\text{m}$ 的总悬浮颗粒物;飘尘是指粒径小于 $10\ \mu\text{m}$ 的颗粒物,符号上表示为 PM_{10} ,能够较长时间的飘浮于空气中;细微粒为粒径小于 $2.5\ \mu\text{m}$ 的颗粒物,符号记为 $\text{PM}_{2.5}$,是室内主要污染物之一,这是因为在室内这么小的颗粒都是悬浮颗粒物,我们每天都会开窗通风,在水平作用下,直径越大,受到水平方向的力就越大,移动速度就比直径小的移动快,这样一来,越大的颗粒物能迅速的移出室外,而直径小的就会继续留在室内[5]。粒径小于 $10\ \mu\text{m}$ 的颗粒由于能够进入人体呼吸道,即可吸入颗粒物颗粒粒径越小,能够进入人体的部位越深。

目前,对大气颗粒物质量浓度的检测主要采用直接测量和间接等效测量方法,包括采样称重法、 β 射线法、微量振荡天平法等。这些测量基本都还局限于点测量或者空间网格分布测量。由于受气象条件以及其他人为因素的影响,大气颗粒物质量浓度空间分布变化很大,点测量获得的信息不足以完整地反映颗粒物在大气中停留和传输的物理过程。在地面或低空微粒测量的原理和方法都十分地成熟,但在小体积、低功耗、低成本的家用的净化器市场上微粒测量的方法就比较简单,虽说其价格比较低廉,但区分不开微粒的粒径以及水气粒子,它们采用的是间接观测法。由于成本和体积要求,其测量结果只是统计结果,而不是计量结果。同时,采用激光雷达探测高空中的微粒,在不同的气候条件下探测的效果不同,且只是在垂直线上的探测,其数据应用也受到了限制。

2. 重复性和准确性

大气中悬浮的颗粒物的形状大多为不规则的,也就意味着无法用一个数值去描述颗粒物的大小,于是等效粒径便成为描述几何体大小最简单的量值。根据粒子的特性转换成对应的球体,从而实现用粒子的直径来描述粒子的大小。而对于不同的测量方法和测量仪器对微粒的粒径测量都有所偏差,进而便产生了在测量微粒粒径时准确性和重复性的问题。在粒度测量中,如果颗粒形状为非球形,则颗粒不存在真实粒径,因此测量也就没有准确性而言。而重复性是反映测定方法本身稳定与否的一个综合指标,是一个可以精确量化的指标,可用它来直接评价测定方法的好坏[6]。所以,在测量微粒时,从这两方面考虑,既要准确的测量出微粒的粒径,又要结合脉冲来进而计算出一定范围内微粒的浓度信息,这样便定性定量的对颗粒物进行了研究。

3. 显微放大 + 视角观测

3.1. Mie 散射理论基础

根据光的波长和颗粒物粒径值的关系,颗粒物粒径远小于入射光波长的微粒造成的散射称为 Rayleigh

散射, 当颗粒物粒径与入射光波长相当的微粒造成的散射称为 Mie 散射[7]。采用 650 nm 波长的激光源对粒径范围在 0.001 μm ~10 μm 的颗粒物完全满足 Mie 散射条件。由 Mie 理论可知, 单个粒子 Mie 散射的光强分布函数为:

$$\beta(\theta) = \frac{\lambda^2}{4\pi^2\sigma^2} (\omega_1 \sin^2 \varphi + \omega_2 \cos^2 \varphi) \cdot U_0$$

其中, λ 为入射光波长, U_0 为入射光光强, φ 为偏振角, σ 为与散射体的距离, ω_1 、 ω_2 为散射强度函数。分别为:

$$\omega_1(\theta) = \left| \sum_{l=1}^{\infty} \frac{2l+1}{l(l+1)} (a_l \pi_l + b_l \tau_l) \right|^2$$

$$\omega_2(\theta) = \left| \sum_{l=1}^{\infty} \frac{2l+1}{l(l+1)} (a_l \tau_l + b_l \pi_l) \right|^2$$

根据 Mie 散射理论可以得到不同粒径的粒子散射光强的角分布量, 再通过反演算法, 最终得到样品的粒径分布状况。

3.2. 系统主要设计

基于显微放大和视觉传感的微粒辨识研究便是对微粒进行定性定量的测量, 通过直接观测法对微粒进行定性研究, 主要是将微型显微设备、激光装置、视频传感器等装置结合起来的微粒辨识装置, 然后通过微粒辨识装置获得的颗粒物信息与微型电脑连接, 最后通过无线传输再将获取的图像传回上位机, 进而进行图像分析。

图 1 显示了整体的结构。微粒探测仪器包括光学系统、显微设备、视频传感器、浓度探测仪以及微型电脑五个部分组成。视频传感器将拍摄成功的微粒图片以及浓度探测仪获取的微粒浓度信息都传输给微型电脑(这里采用的是树莓派)进行存储, 然后通过无线传输传送给上位机进行图像处理和分析, 观察者便可以直观的对通过微粒腔的颗粒物进行观察, 相较于以前的只能通过仪器获取到微粒的浓度信息, 现在观察者既可以获取到一定范围内微粒的浓度信息也可以直观的看到微粒的大小、光滑程度等性质信息。

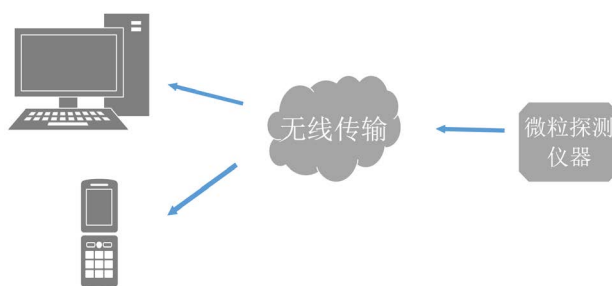


Figure 1. Overall system design
图 1. 系统整体设计

图 2 显示了用于检测颗粒物散射光的光学系统结构。这个系统是由激光二极管、一个透镜和光吸收装置组成。激光二极管发射出的激光通过透镜凝聚, 然后穿过微粒腔, 产生的散射光被周围的光吸收装置吸收。

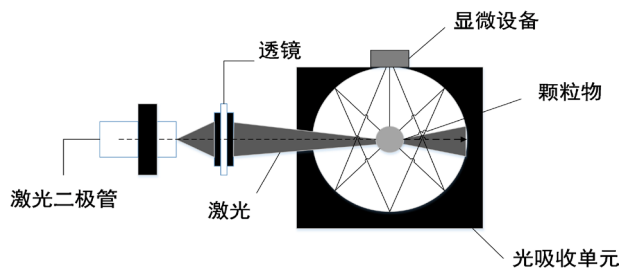


Figure 2. Optical system structure design

图 2. 光学系统结构设计

图 3 显示了特殊的显微设备，传统的显微镜观测装置体积较大、携带不方便。在此，设计一种特殊的显微观测装置，在镜筒部分做了特殊处理，更改后的镜筒结构大约只有 2 cm，整个显微装置便拥有体积小、易携带、观测值准确等特性。

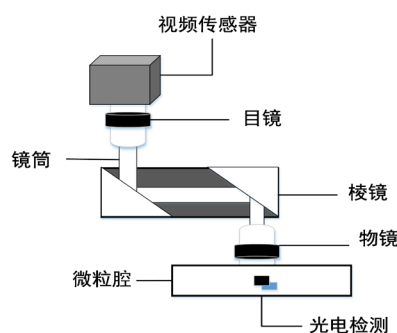


Figure 3. Microsequence design

图 3. 显微设备设计

4. 仿真结果

通过 matlab 对该实验结果进行仿真，此次试验采用香烟粒子作为样本来进行研究，当大量烟气粒子穿过微粒腔时，连接在显微设备上的视频传感器在短时间对穿过显微设备正下方的微粒进行快速拍摄，然后将获取到的图像传回电脑进行图像处理。图 4、图 5 和图 6 是经过灰度、滤波和二值化处理后的图像，进行过图像处理后的微粒图像可以更清晰的看出微粒的大小和分布情况。

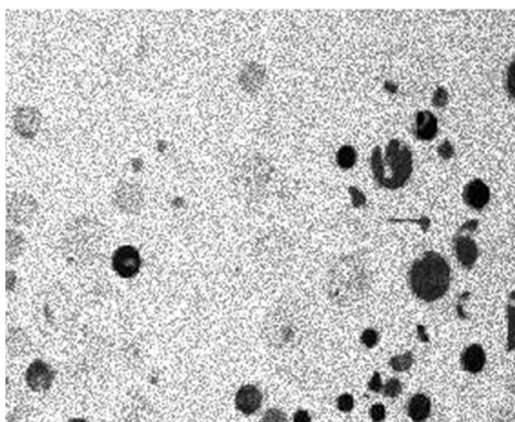


Figure 4. Grayscale processed image

图 4. 灰度处理后的图像



Figure 5. Binarized image
图 5. 二值化处理后的图像

图 6 是对此过程中通过脉冲分析得到的微粒浓度示意图，可见最开始烟气粒子快速通过微粒腔时，微粒浓度测量仪测量到的微粒浓度是特别高的，随着时间推移，微粒浓度逐渐减小，这样便可以直观的检测出微粒的浓度值。

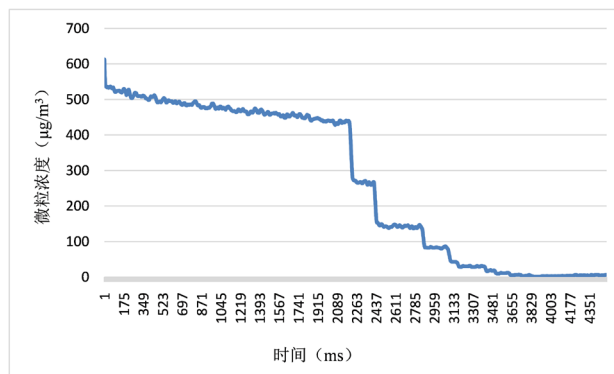


Figure 6. Particle concentration analysis
图 6. 微粒浓度分析

图 7 是根据 Mie 散射理论数值模拟相位函数和散射角的关系，其中有关参数为入射光波长 λ 为 650 nm，折射率 m 为 2.670。其中图 7 是颗粒粒径为 2.5 μm 时相位函数与散射角的关系图。在此，通过 Mie 散射理论来进行一定的验证。

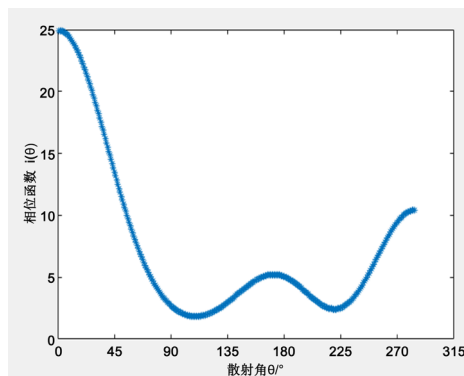


Figure 7. Particle phase function with particle size of 2.5 μm
图 7. 粒径 2.5 μm 的颗粒相位函数

5. 结论

本文提出了一种基于显微放大和视觉传感的微粒辨识研究,以香烟微粒作为参照物,对其进行图像分析和处理,验证整个系统的可行性。在对显微设备、光学系统结构的设计上充分考虑满足整个设计体积小特点。本文提出的一种将显微放大和视觉直接观察两者结合的一种对颗粒物研究的新型方法,可以同时获取颗粒物的量值和性质信息,仿真结果表明该方法对微粒性质研究时满足观察者对颗粒物的直接观测,若想获取到浓度信息也可根据脉冲分析获取该范围内颗粒物的量值。当然,实验结果中对颗粒物分层结构暂时还不能看见,以后会对显微设备进行进一步的改善。

参考文献

- [1] Huang, R.J., Zhang, Y., Bozzetti, C., *et al.* (2014) High Secondary Aerosol Contribution to Particulate Pollution during Haze Events in China. *Nature*, **514**, 218-222. <https://doi.org/10.1038/nature13774>
- [2] 胡睿, 银燕, 陈魁, 等. 南京雾、霾期间含碳颗粒物理化特征变化分析[J]. 中国环境科学, 2017, 37(6): 2007-2015.
- [3] 张小曳. 中国大气气溶胶及其气候效应的研究[J]. 地球科学进展, 2007, 22(1): 12-16.
- [4] Lighty, J.S., Veranth, J.M. and Sarofim, A.F. (2000) Combustion Aerosols: Factors Governing Their Size and Composition and Implications to Human Health. *Journal of the Air & Waste Management Association*, **50**, 1565-1618. <https://doi.org/10.1080/10473289.2000.10464197>
- [5] 王盾. 室内环境污染物的检测技术研究[J]. 化工管理, 2017(3): 80-81.
- [6] 张福根, 荣跃龙, 周伟麟. 粒径测量及用于磨料的各种颗粒仪器[J]. 中国粉体技术, 2000(1): 26-29.
- [7] 周鑫. 光散射法 PM_{2.5} 传感器的性能比对及优化[J]. 环境与健康杂志, 2016, 33(8): 739-743.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2332-6980, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: iae@hanspub.org