

环境及其效应

空气中沙尘粒子粒度监测方法研究

周漪, 赵全成, 刘聪

(西南技术工程研究所, 重庆 400039)

摘要:目的 研究适用于空气中沙尘粒子粒度监测方法。方法 对比研究迎风拦截采集和沉降采集两种采样方式的采集效果和样本差异,讨论湿法激光粒度分析法和扫描电镜粒度分析法两种方法的准确性和适用性。结果 沉降采集获得的样品量要大于迎风拦截采集,两种采集方式获得样品的粒度分布也存在显著差异。在沙尘样本粒度分析上,湿法激光粒度分析较扫描电镜分析更为适用。结论 可结合沉降采集与迎风拦截采集进行沙尘样本采集,利用湿法激光粒度分析掌握其粒度分布。

关键词: 沙尘粒子; 粒度分布; 迎风拦截采集; 沉降采集

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2016.01.020

中图分类号: TJ06 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2016)01-0102-04

Monitoring Method of Particle Size of Dust Sands in the Air

ZHOU Yi, ZHAO Quan-cheng, LIU Cong

(Southwest Research Institute of Technology and Engineering, Chongqing 400039, China)

ABSTRACT: Objective To investigate a monitoring method of particle size of dust sands in the air. **Methods** The collection effect and sample difference by the two different collection methods, i.e., the windward intercepting collection way and the static balance collection way, were compared to discuss the accuracy and suitability of the wet laser particle size analysis and the SEM particle size analysis. **Results** The static balance collection way got a larger sample amount than that by windward intercepting collection way, and also the particles sizes were obviously different by this two collection ways. On the aspect of particles size analysis, the wet laser particle size analysis was more suitable than SEM. **Conclusion** The static balance collection way can be used in combination with windward intercepting collection way to process sand collection, and the wet laser particle size analysis can be used to grasp the particle size distribution.

KEY WORDS: sand particles; particle size distribution; windward intercepting collection; static balance collection

沙漠地区严酷的沙尘环境不仅会加快产品表面磨蚀,还会造成通风管道与过滤装置堵塞,进入内部后还可能引起活动件卡死、蓄电池自放电、电路劣化等诸多故障^[1-5]。因此,沙尘是沙漠自然环境试验特别是整机或整车试验必需考虑的重要因素。大气沙尘

粒子的粒度分布是描述沙尘环境的关键参数之一,对密封件与过滤装置的设计、考核具有重要意义^[6-7]。目前在自然环境试验站网,对于沙尘环境仅监测沙尘天数和降尘量,未对大气沙尘粒子的粒度进行监测^[8]。文中通过在敦煌地区的系列对比测试,分别从大气沙

收稿日期: 2015-09-20; 修订日期: 2015-09-30

Received: 2015-09-20; Revised: 2015-09-30

作者简介: 周漪(1983—),女,重庆人,工程师,主要研究方向为自然环境试验。

Biography: ZHOU Yi(1983—),Female,from Chongqing,Engineer,Research focus:environmental test.

尘粒子采集方式和粒度分析手段上对沙尘粒度监测方法进行了探讨,确定了适合于自然环境试验站的大气沙尘粒子监测方案。

1 试验

1.1 沙尘样品采集方式

设计了两种沙尘采样方式,如图1所示,分为迎风拦截采集和沉降采集。迎风采集装置由风向翼板和采样瓶构成。采样瓶设进风管和出风管,在风向翼板作用下,进风口始终对准来风向。由于风管内径(7.5 mm)远小于瓶内径(瓶底内径为48 mm),携有沙尘的气流进入瓶内后减速,沙尘因重力沉积于瓶底^[9]。沉降采集则采用内径为30 cm、高为40 cm的集尘缸,固定于高1 m的平台上,内置10 mm深乙二醇水溶液。两种方式在敦煌试验站暴露场同时采样,连续采集30天,每月采集1次。

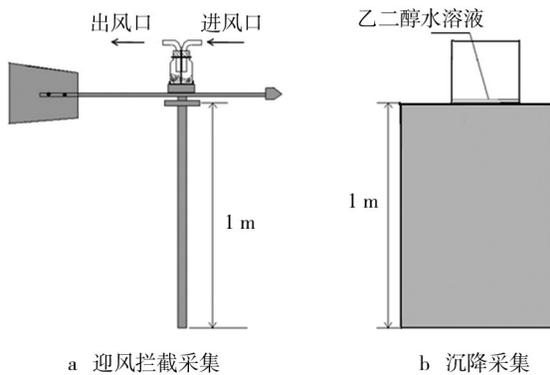


图1 两种沙尘粒子采样方式

Fig.1 Two methods of sand collection

1.2 沙尘粒度分析方法

对两种沙尘粒度分析方法进行对比研究,即湿法激光粒度分析与扫描电镜分析。

1) 样品预处理。除去盐分:将样品置于烧杯中,加水用玻璃棒搅拌后静置过夜,第二天将杯中清水吸去,再加蒸馏水,重复3次即可^[10]。除去有机质:加入6%过氧化氢溶液,搅拌,静置。除去钙质胶结物:加0.2 mol/L稀盐酸于样品烧杯中,用玻璃棒搅拌后,静置过夜。次日倾去清液,加蒸馏水,搅拌、静置过夜^[11]。

2) 湿法激光粒度分析。对预处理后的样品,去上层清液。然后加入36 g/L的偏磷酸钠溶液,并通过超声振荡或搅拌使颗粒分散,采用激光粒度仪湿法进行粒度分析,遮光率控制在10%~12%^[12]。

3) 扫描电镜粒度分析。对预处理后的样品在60 ℃下进行低温干燥,后在扫描电镜样品台上加入少量样品,使用分散剂对其分散,待其挥发后对样品进行观测。

2 结果与讨论

2.1 沙尘粒子采集方式研究

2.1.1 样品采集效果

就采集样品的代表性而言,迎风拦截采集的主要是沙尘天气下空气被风力携带的沙尘粒子,这部分沙尘粒子对产品表面磨蚀、密封防护、进气系统等影响较大。其粒度分布直接关系到密封性能和空气滤清效果。沉降采集的样品主要是因重力沉降的沙尘粒子,这部分沙尘粒子对产品表面腐蚀、活动件卡滞等具有一定影响^[13]。

就采集样品量而言,沉降采集的样品量要大于迎风拦截采集。2014年3月—9月进行的6个周期采样中,沉降采集获得的沙尘样本均在0.5 g以上,最高可达1.5 g。迎风拦截采集的样本量均在0.1以下,其中2014年8月—9月因不属于沙尘季节,且大风扬沙天气明显少于其他5个周期,迎风拦截采集的沙尘样品量不足0.01 g。进行湿法测试时遮光率仅8%,未能满足10%的遮光率要求,造成散射光强太弱,检测信噪比太低,测试结果异常偏高^[14]。其他5个周期样品均能满足测试要求。

迎风拦截采集获得的沙尘样本较少的主要原因在于采集管径小。在风速较小的非沙尘季节,空气中沙尘含量低,再加风速小、管径小,单位时间内通过采集瓶的空气量少,双重作用下易造成沙尘样品量不足。鉴于沙尘对产品的破坏主要集中在沙尘季节,且迎风拦截采集获得的样本更能真实反映被风力携带的沙尘粒子粒度分布,采用迎风拦截采集空气中沙尘样本是可行的。

2.1.2 不同采集方式对沙尘样本粒度分布的影响

以两种采集方式在2014年3月—4月同期采集的样本进行对比,均采用湿法激光粒度仪进行粒度分析。如图2所示,两种方式获得沙尘样品的粒度分布存在显著差异。沉降采集获得的沙尘样本粒度分布比迎风采集样本要小,其分布也相对均匀。经统计,迎风拦截采集的沙尘平均粒径为36.67 μm,中位径(D50)为27.93 μm, D95为100.12 μm。沉降采集的沙尘平均粒径为24.40 μm,中位径(D50)为14.67 μm,

D95为70.08 μm。

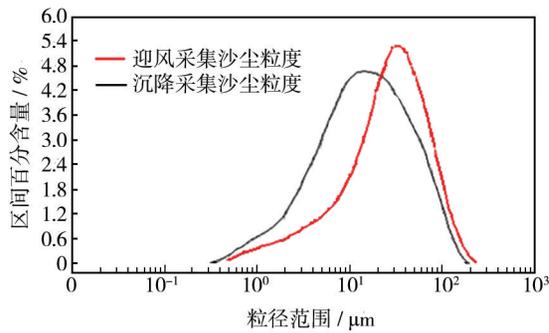


图2 两种采集方式获得沙尘粒子的粒径分布

Fig.2 Particle size distribution of sands collected by two methods

2.1.3 沙尘粒子采集方式设计

为掌握不同影响途径的沙尘粒子的粒度分布,全面考虑沙尘对产品的各类影响,在沙漠自然环境试验场,应结合迎风拦截采集和沉降采集两种采样方式开展大气沙尘粒子粒度监测。综合衡量采集效果和数据可靠性,可以在全年每月采用沉降采集进行沙尘粒子采样,在沙尘季节增设迎风拦截采集方式同时进行采样。

2.2 沙尘粒度分析方法研究

2.2.1 湿法激光粒度分析与扫描电镜分析对比

沙漠地区空气中沙尘粒子主要来自地表沙尘,其粒径分布因风力大小和离地高度会有较大波动^[5],但总体而言,其粒度分布在地表沙尘粒度范围内,且较地表沙尘粒度范围窄。为确保粒径分析方法适用于不同采样条件和采样时机下的沙尘粒度分析,以敦煌试验站2014年5月地表积尘为样本,对激光粒度湿法测试与扫描电镜图像分析测试两种粒度测试方法进行对比分析。

激光粒度湿法测得的样本粒度区间分布以及累计分布如图3所示。统计得,地表沙尘样本体积平均径为50.64 μm,中位径(D50)为32.11 μm, D95为165.48 μm。激光粒度仪测试范围为0.02~2000 μm,可充分涵盖敦煌试验站地表以及大气中沙尘粒度范围。此外,同一样本源、多次抽样测量的数据重复性好。3次抽样测试中,D50的偏差均在2%以内。

采用扫描电镜获得的沙尘粒子图像如图4所示。测试表明,敦煌试验站地表沙尘形貌主要以多角状、片状为主。在100倍图像下,观测到最大粒径在150 μm左右,最小粒径难以识别。继续放大后,在500倍图像上可知最小粒径不足5 μm,但难以更准确地判

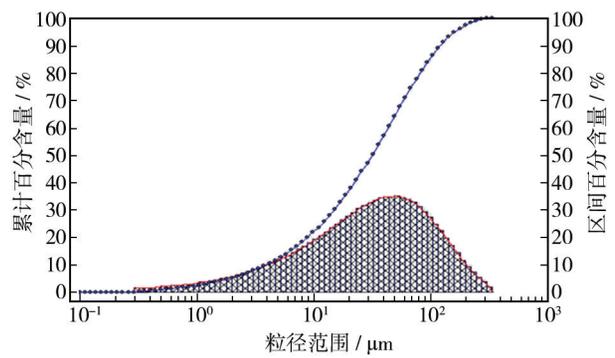


图3 湿法激光粒度仪测得沙尘粒子粒径分布

Fig.3 Particle size distribution of sands by laser particle size analyzer through wet process

断。继续提高放大倍数后,因扫描区域内沙尘粒子样本有限,粒径波动较大,甚至出现仅获得单个或数个粒子图像的情况。

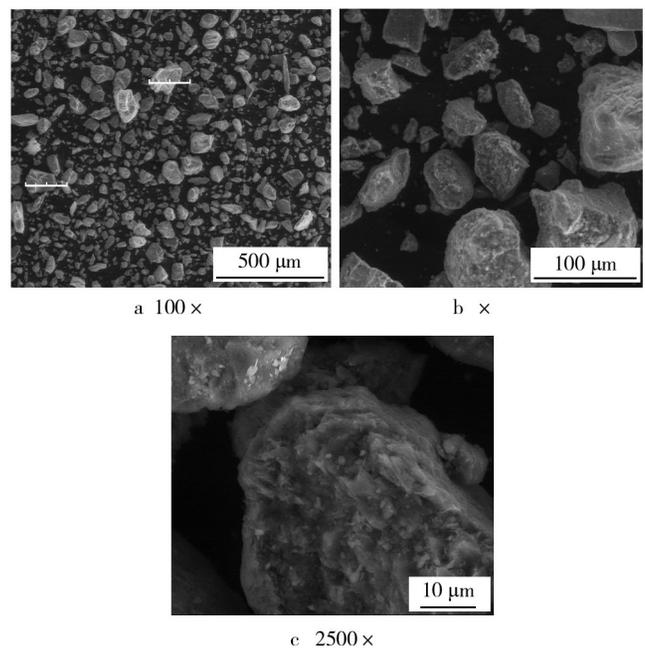


图4 沙尘粒子扫描电镜图像

Fig.4 SEM images of sand particles

2.2.2 粒度分析方法选择

与湿法激光粒度分析相比,扫描电镜图像信息较为直观,还可以获得沙尘形貌特征,但由于沙尘样本的粒度分布很不均匀,最大粒径和最小粒径相差数千倍,难以在同样的倍数下确定所有沙尘粒子的粒径。同时,扫描电镜分析所需样本量极少,易造成抽样误差。

湿法激光粒度测试的测量范围能够满足敦煌站地表以及大气中沙尘粒度范围,且抽样误差小,能够快速、准确地获得沙尘样本的粒度区间分布以及累计

分布等关键信息,适用性强,测试效果好。

3 结论

1) 迎风拦截采集可用于沙尘季节空气中沙尘粒度分析的样品采集。

2) 采用湿法激光粒度分析对大气沙尘粒子粒度分布进行监测更为适用,在需要了解沙尘形貌特征时可以利用扫描电镜作补充性测试。

参考文献:

- [1] 段楠楠,赵英俊,周豪. 地空导弹装备环境适应性研究与分析[J]. 装备环境工程,2009,6(6):91—93.
DUAN Nan-nan, ZHAO Ying-jun, ZHOU Hao. Research and Analysis of Environmental Worthiness of Ground-to-Air Missile Equipment[J]. Equipment Environmental Engineering, 2009, 6(6): 91—93.
- [2] 汪学华. 自然环境试验技术[M]. 北京: 航空工业出版社, 2003.
WANG Xue-hua. Natural Environmental Test Technology[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2003.
- [3] 马燕, 权威, 周朝霞, 等. 特殊气候环境下国际维和工程装备技术体系[J]. 装备环境工程, 2013, 12(1): 79—81.
MA Yan, QUAN Wei, ZHOU Zhao-xia, et al. International Peace-keeping Engineering Equipment Technical Management under Special Climate Environment Conditions[J]. Equipment Environmental Engineering, 2013, 12(1): 79—81.
- [4] 何星, 韩树, 杨勇. 沙漠环境车辆柴油机故障分析[J]. 柴油机, 2010, 32(6): 30—33.
HE Xing, HAN Shu, YANG Yong. Fault Analysis for the Vehicle Engine in Desert[J]. Diesel Engine, 2010, 32(6): 30—33.
- [5] GJB 150. 12—86, 军用设备环境试验方法 沙尘试验[S].
GJB 150. 12—86, Environmental Test of Military Equipment Sand Dust Test[S].
- [6] 马志宏, 李运泽, 张华, 等. 沙尘环境试验设备中颗粒浓度场的实验研究[J]. 北京航空航天大学学报, 2015, 31(8): 884—887.
MA Zhi-hong, LI Yun-ze, ZHANG Hua, et al. Experimental Study on Particle Concentration in Sand and Dust Equipment [J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2015, 31(8): 884—887.
- [7] 翟波, 蔡良续, 祝耀昌. 实验室环境试验条件及其剪裁技术[J]. 装备环境工程, 2014, 11(5): 87—91.
ZHAI Bo, CAI Liang-xu, ZHU Yao-chang. The Conditions of Laboratory Environmental Tests and Its Tailoring Techniques [J]. Equipment Environmental Engineering, 2014, 11(5): 87—91.
- [8] 佚名. 敦煌自然环境试验站[J]. 装备环境工程. 2009, 6(1): 98—99.
Anonymous. Dunhuang Natural Environmental Tests Site[J]. Equipment Environmental Engineering, 2009, 6(1): 98—99.
- [9] DIRK O, ZVI Y, GARY L. Wind Tunnel and Field Calibration of Five Aeolian Sand Traps[J]. Geomorphology, 2000, 35(3/4): 233—252.
- [10] 吴飞雪, 董守平, 时铭显. 激光粒子成像技术测定旋风分离器内颗粒浓度场的实验研究[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2000, 24(6): 72—76.
WU Fei-xue, DONG Shou-ping, SHI Ming-xian. Experimental Study on Particle Concentration Distribution in a Cyclone by Particle Image Technology[J]. Journal of the University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2000, 24(6): 72—76.
- [11] 孔丹, 何清, 张瑞军, 等. 塔克拉玛干沙漠腹地沙尘暴过程贴地层梯度输沙样粒度特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(1): 29—53.
KONG Dan, HE Qing, ZHANG Rui-jun, et al. Characteristics of Grain Sizes for Samples of Different Grades of Transporting Sediment in the Ground Layer during the Course of Sandstorms in the Hinterland of the Taklimakan Desert[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2009, 23(1): 29—53.
- [12] WEINER B B. Particle and Spray Sizing Using Laser Diffraction[J]. Society Photo-Optical Instrumentation Engineers, 1979: 53—56.
- [13] 武通海, 刁东风, 谢友柏. 基于摩擦学的沙尘环境的研究[J]. 润滑与密封, 2004(6): 49—51.
WU Tong-hai, DIAO Dong-feng, XIE You-bai. Study on the Dust Environment Based on Tribology[J]. Lubrication Engineering, 2004(6): 49—51.
- [14] 郑敏侠, 辛芳, 刘晓峰. Mastersizer 2000型激光粒度仪技术参数对粒度分布的影响[J]. 中国粉体技术, 2013, 19(1): 77—79.
ZHENG Min-xia, XIN Fang, LIU Xiao-feng. Influence of Mastersizer 2000 Type Laser Particle Analyzer Technical Parameter on Particle Size Distribution[J]. China Powder Science and Technology, 2013, 19(1): 77—79.
- [15] 师育新, 戴雪荣, 李节通, 等. 兰州“930505”特大沙尘暴沉积物特征研究[J]. 沉积学报, 1995, 13(3): 76—82.
SHI Yu-xin, DAI Xue-rong, LI Jie-tong, et al. On the Wind-blown Deposition from a Heavy Dustfall Numbered "930505" in Lanzhou, north-central China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1995, 13(3): 76—82.