

【论著】

文章编号:1001-5914(2008)12-1053-03

西北地区沙尘暴降尘部分特性的分析

王振全¹, 王式功², 高金霞¹, 连素琴¹

摘要: 目的 研究中国西北地区主要的沙尘暴多发区降尘中的游离二氧化硅[SiO₂(F)]含量、分散度和可溶性化学成分, 为预防风沙尘肺在该地区流行提供科学依据。方法 2008年3—5月, 在和田市、民勤县、中卫市和兰州市, 于沙尘暴过后2~8 h内收集降尘并采集受试地区沙漠中的原沙。采用GB 5748—1985《作业场所空气中粉尘测定方法》规定的焦磷酸质量法、滤膜溶解涂片法分析降尘中的SiO₂(F)含量、分散度, 采用离子色谱法测定降尘中的可溶性离子。结果 原沙中SiO₂(F)含量51.76%~69.49%, 沙尘暴降尘中SiO₂(F)的含量为17.36%~48.09%。降尘中可吸入尘(<10 μm)比例为63.3%~84.1%。沙尘暴过后降尘可溶性化学成分中Cl⁻浓度为220(和田市)~980 μg/g(兰州市); SO₄²⁻浓度为870(和田市)~5 400 μg/g(兰州市); NO₃⁻和NH₄⁺浓度在沙漠边缘地区低于250 μg/g, 而兰州市浓度分别为1 400和510 μg/g。兰州市的降尘中Cl⁻、SO₄²⁻和NO₃⁻浓度高于其他三地, 差异有统计学意义($P<0.01$)。结论 沙尘暴降尘为高SiO₂(F)含量、高分散度、潜在致肺纤维化危险性强的粉尘; 具有导致沙尘暴多发区居民尘肺病流行的可能性。

关键词: 空气污染; 沙尘暴; 降尘; 游离二氧化硅; 分散度; 尘肺

中图分类号: R122.2

文献标识码: A

Characteristic of Falldust in Sand-Storm in Northwest Area of China WANG Zhen-quan, WANG Shi-gong, GAO Jin-xia, et al. College of Public Health, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000, China

Abstract: Objective To survey free crystalline silica[SiO₂(F)] content, particle size and water-soluble components concentration in the sand-dust storm dust, in order to prevent large-scale non-occupational silicosis (desert lung) prevalence in northwest desert area of China. **Methods** Atmospheric dust(falldust) were collected in Hetian, Minqin, Zhongwei and Lanzhou city when sand-dust storm befallen and free crystalline silica, particle size ratio and water-soluble components were analyzed according to GB 5748—1985. **Results** The rate of SiO₂(F) component was over 50% in the original sand, the rate of SiO₂(F) component was from 17.36% to 48.09% in the falldust of sand-dust storm, the falldust belongs to crystal dust. The inhaleable particle(particles with a median diameter of 0.5~10 μm) ratio was from 63.3% to 84.1%. The water-soluble components concentration increased as sand-dust storm moving. Cl⁻, SO₄²⁻ and NO₃⁻ content was from 220 μg/g, 870 μg/g and 230 μg/g of Hetian to 980 μg/g, 5 400 μg/g and 1 400 μg/g of Lanzhou($P<0.01$). **Conclusion** The falldust of sand storm inhalation is a high-risk factor for the local peoples to be attacked by non-occupational pneumoconioses. The further studies should be carried out in epidemiological and toxicological fields.

Key words: Air pollution; Sand-dust storm; Falldust; Free crystalline silica; Particle size; Pneumoconioses

尘肺是严重危害劳动者健康、无法治愈的职业病或环境病, 重者可完全丧失劳动能力。近年来, 国内沙漠及邻近地区不断有居民患非职业性尘肺的报道。非职业性尘肺也称为风沙尘肺或沙漠肺, 是人们由于长期生活在风沙环境中所致的以具有尘肺特征的呼吸系统疾病为主的全身性疾病, 发病的病因与其长期生活在扬沙、浮尘环境密切相关, 患者可在相当长时间内无明显自觉症状, 临床诊断主要依靠高千伏X线胸片; 随着病情的加重或伴有合并症时, 出现胸闷、气短、咳嗽、胸痛、咯痰、乏力等症状; 进一步导致肺结核、肺气肿、肺心病、肺及支气管感染等合并症发生; 风沙尘肺是一种人畜共患病, 也是一种沙尘暴天气多发区的地方性疾病。尘肺的发病机制目前尚未完全清楚, 影响尘肺发病的因素很多, 其中粉尘中的游离二氧化硅

[SiO₂(F)]是引起尘肺的主要原因。粉尘危害程度主要由进入肺泡的呼吸性粉尘中SiO₂(F)的累积量决定。粉尘中SiO₂(F)含量越高, 发病时间越短、病变越严重。一些国家, 如美国、德国、日本和我国等, 采用呼吸性粉尘浓度和粉尘中SiO₂(F)含量评价粉尘危害程度, 并制订了相应的卫生标准。国内沙漠尘肺报道以小规模流行病学调查和病例报道为主, 35岁以上人群尘肺患病率为10%~40%^[1~3]。沙尘暴的危害范围会不断扩大, 沙尘污染将有增无减, 风沙尘肺对当地民众的危害会日趋严重, 因此, 西北地区风沙尘肺发病的程度、趋势和防治问题是迫切需要解决的自然环境污染与人体健康的重要课题。本研究对我国西北地区的主要沙尘暴多发区沙尘进行采样, 分析主要沙尘暴源地降尘中SiO₂(F), 为评估沙尘污染对人体健康的危害提供基础参考依据。

1 材料与方法

1.1 采样地区和样品采集

于2008年3—5月, 在主要的沙尘暴源区新疆和

基金项目: 干旱气象科学基金资助项目(IMA200703); 兰州大学医学基金资助项目(lzuyx200624); 国家科技支撑计划项目(2007BAC03A10)

作者单位: 1. 兰州大学公共卫生学院(甘肃兰州730000); 2. 兰州大学大气

科学学院(甘肃兰州730000)

作者简介: 王振全(1966—), 男, 副教授, 博士研究生, 从事环境医学研究。

通讯作者: 王式功, E-mail: wangsg@lzu.edu.cn

田市、甘肃省民勤县城,宁夏回族自治区中卫市和沙尘暴过境区兰州市进行采样,于沙尘暴过后 2~8 h 内收集降尘。采样点附近没有高大建筑物,且不受局部污染源影响。将内径 20 cm,高 40 cm 的集尘缸用铁架固定,置于离地面 150 cm 处,每个受试地区设 3~5 个采样点,采样点相距 ≥ 2 km,由于受试地区均为干燥区域,蒸发量大,故采用干法收集进行采样。同时采集受试地区沙漠中的原沙 3~5 份,在距沙漠边缘 >500 m 处采集原沙,10 m² 之内采集距表面 0~6 cm 处的沙粒,沙粒过 200 目尼龙网筛进行 SiO₂(F) 含量分析。

1.2 样品测量

每份 10~20 g 粉尘置于 200~250 ml 的塑料广口瓶中,盖好后,充分混匀瓶内粉尘,在干燥、通风处保存。SiO₂(F) 含量、分散度采用 GB 5748—1985《作业场所空气中粉尘测定方法》中规定的焦磷酸质量法、滤膜溶解涂片法进行分析^[9]。所用试剂全部为分析纯试剂(AR)。测定样品 SiO₂(F) 含量的同时,测定质控样品两份(平行样),每份样品测定 5 次;如相对误差大于 5%,重新测定,结果计算均值。

采用离子色谱法测定降尘中可溶性离子(Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻ 和 NH₄⁺)。仪器为 IC26 型离子色谱仪(青岛崂山电子仪器总厂),YSB22 型平流泵(中科院上海原子核所科学仪器总厂),YSA24 型阴离子分离柱,KCl、KNO₃、K₂SO₄、NH₃·H₂O 全部为分析纯(AR)试剂。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 10.0 进行单因素方差分析,实验数据中 SiO₂(F) 含量以 SiO₂(F) 质量占粉尘样品质量的百分率表示;降尘分散度用各粒径粉尘计数占粉尘计数总数的百分率表示;降尘中可溶性化学成分用可溶性化学成分含量(μg)占样品质量(g)表示。

2 结果

2.1 沙尘暴降尘和原沙中 SiO₂(F) 的含量

表 1 可见,我国西北地区沙漠原沙 SiO₂(F) 的含量较高,3 个沙漠地区原沙中 SiO₂(F) 大于 50%。沙尘暴降尘中 SiO₂(F) 的含量为 17.36%~48.09%,原沙中为 51.76%~69.49%。参照 GBZ 2—2002《工作场所有害因素职业接触限值》^[10],当 SiO₂(F) 含量分别为 10%~50% 时,最高容许浓度为 2 mg/m³。由此看来,被调查地区沙尘暴降尘属于含 SiO₂(F) 较高的粉尘。沙尘暴过境地区兰州市降尘中 SiO₂(F) 与沙漠边缘地区比较含量较低($P < 0.01$),主要原因可能在传输过程中夹带了西北裸露土壤粉尘、空气中其他类型颗粒物和污染物,造成 SiO₂(F) 含量相对比降低,但其比值也大于 10%。

2.2 沙尘暴降尘分散度的构成比

表 2 可见,被调查地区沙尘暴过后降尘中可吸入颗粒物(<10 μm)比例为 63.3%~84.1%。沙尘暴源地区

和田市的降尘分散度最高,粒径较小。沙尘暴过境地区兰州市降尘中 <10 μm 的比例明显升高。沙尘暴源地区空气粉尘中呼吸性粉尘比例高,长期吸入含 SiO₂(F) 的高分散度的粉尘导致发生尘肺的危险性增加。虽然沙尘暴在迁移过程中浓度可能会逐渐降低,但是其中含可吸入粉尘,尤其呼吸性粉尘的浓度升高。

表 1 不同采样点沙漠降尘和原沙中 SiO₂(F) 的相对含量

采样点	降尘		原沙	
	样本数(件)	相对含量(±s, %)	样本数(件)	相对含量(±s, %)
和田市	15	39.21±3.85	10	51.76±6.78
民勤县	15	42.06±5.83	15	58.10±7.41
中卫市	15	48.09±7.18	10	69.49±6.45
兰州市	20	17.36±5.94*		

注: * 与其他各采样点比较, $P < 0.01$ 。

表 2 不同采样地点沙尘暴降尘分散度的构成比 (%)

采样点	<2 μm	2 μm~	5 μm~	≥10 μm
和田市	19.5	38.9	25.7	15.9
民勤县	15.9	29.4	23.6	31.1
中卫市	13.4	28.3	21.6	36.7
兰州市	22.8	34.5	18.9	23.8

2.3 沙尘暴降尘中可溶性化学成分分析

表 3 可见,西北地区沙漠边缘地区沙尘暴过后降尘中 Cl⁻ 浓度为 220(和田市)~980 μg/g(兰州市);SO₄²⁻ 浓度为 870(和田市)~5 400 μg/g(兰州市);NO₃⁻ 和 NH₄⁺ 浓度在沙漠边缘地区低于 250 μg/g;而兰州市 NO₃⁻ 浓度为 1 400 μg/g, NH₄⁺ 浓度为 510 μg/g。并且兰州市降尘中 Cl⁻、SO₄²⁻ 和 NO₃⁻ 含量高于其他三地,差异有统计学意义($P < 0.01$)。沙漠边缘地区沙尘暴过后可溶性污染物浓度基本相同,说明沙尘暴源区产生沙尘在传输过程中会携带过境地区的大气污染物。

表 3 沙尘暴降尘中 Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻ 和 NH₄⁺ 的含量 (±s, μg/g)

采样点	样本数(件)	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
和田市	15	220±56	870±67	230±43	<200
民勤县	15	260±61	900±73	210±46	<200
中卫市	15	280±64	950±87	240±55	<200
兰州市	20	980±89*	5 400±202*	1 400±276*	510±41

注: * 与其他各采样点比较, $P < 0.01$ 。

3 讨论

沙尘既对全球气候有影响,又危害着人群的健康,中国西北地区是我国沙尘暴发生次数频繁、发生强度最大的地区,特别是塔里木盆地的塔克拉玛干沙漠和从巴丹吉林沙漠东部经腾格里沙漠至毛乌素沙地这两个区域是中国沙尘暴集中的地区,也是亚洲大气沙尘的主要源区之一^[11]。和田、民勤、中卫地区是我国主要的沙尘暴源地,本研究对该地区降尘 SiO₂(F) 进行分析,为评估沙尘暴对人体健康的危害提供科学依据。

二氧化硅是一组自然发生的矿物质成分，在自然界分布极广，是构成地壳的主要成分，在16 km以内的地壳中约占25%左右，约有95%的矿石中均含有数量不等的SiO₂(F)。二氧化硅以结晶型和非结晶型(无定型)两种形式存在^[9]。晶型和非结晶型、结合型和游离型粉尘致肺纤维化的程度不同，导致肺纤维化程度毒性大小依次为：结晶型>隐晶型>无定型；含SiO₂(F)粉尘是结晶性硅酸盐。本调查发现沙漠原沙中SiO₂(F)含量≥50%，产生的降尘SiO₂(F)含量在17.36%~48.09%，一般工业生产过程中长期接触低浓度此类SiO₂(F)含量的粉尘会导致矽肺危险性会增加。在风沙地区的世居居民中也发现风沙尘肺患者年龄一般在35岁以上^[1-3]，但其流行程度有待于开展大范围的流行病调查研究。

尘肺的发病除与粉尘中SiO₂(F)含量、二氧化硅类型、接尘浓度有关外，还与分散度、接尘的时间、个体因素(特别是个体遗传易感性)、尘粒的理化特性和表面特性，包括吸收、氧化-还原反应和电荷在生物、细胞反应和致病性等方面的因素有关^[10,11]。本调查结果表明，沙尘暴导致降尘中的呼吸性粉尘比例相对较高，可吸入颗粒物(<10 μm)比例为63.3%~84.1%；长期吸入风沙尘、沙尘暴尘导致肺纤维化的风险增高。沙尘暴是大气中沙尘气溶胶的重要来源。沙尘不仅对沙尘暴源地，而且对过境地区的生态、环境产生影响。颗粒物粒径越小，在空气中漂浮的时间越长，越容易吸附有害气体。重金属元素、有机污染物和病原微生物更容易对呼吸道产生刺激和腐蚀作用，在肺部的累积沉积量相应增加^[11]。王式功等^[12]对47 a来我国沙尘暴天气分析，我国沙尘暴多发区分别位于以民丰至和田为中心的南疆盆地和以民勤至吉兰泰为中心的河西地区，例如和田地区降尘粒径较小，浓度高。近几年不断有风沙尘肺的报道，这充分说明了接触较高浓度、高分散度的沙尘可能导致尘肺发病的危险增高^[1-3]。

本调查发现，兰州地区降尘中可溶性化学物质(Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻)的含量远远大于沙尘暴源地。气溶胶粒子的水溶性成分主要有NH₄⁺、Na⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻等离子。阳离子中以NH₄⁺、Ca²⁺含量最高，阴离子中以SO₄²⁻和NO₃⁻含量较高。由此推知水溶性盐主要是硫酸钙、氯化钠、硫酸胺或硝酸胺等^[12]。气溶胶中工业排放物来源的粒子比重越大，水溶性成分的相对含量也就越高。这是由于工业排放物形成的粒子中硫

酸盐、硝酸盐、胺盐是主要组成成分，而这些物质很容易溶解于水的缘故^[13]。采用矿山开采产生的粉尘进行动物实验表明，新粉碎的粉尘比陈旧性二氧化硅粉尘的致炎性和致纤维化能力更强^[9,10]。过去研究认为沙漠尘为老化的粉尘，导致肺纤维化的危险性较小，但是沙尘暴发生时产生的粉尘在空气中剧烈运动，经撞击、摩擦等动力和热力学作用，粉尘表面结构、荷电性、表面活性发生变化，导致老化的粉尘表面活性集团活化致病性增强。动物实验表明，喷砂、钻探或研磨等产生的新鲜二氧化硅粉尘表面形成大量的自由基和ROS(活性氧，包括过氧化物和过氧化氢)^[14]。另外，沙尘暴形成的粉尘在长时间、远距离的输送过程中会携带空气中污染物质。

本研究对沙尘暴降尘中SiO₂(F)含量、分散度和可溶性化学成分的调查结果从卫生学角度分析长期吸入风沙尘极有可能导致危害地非职业性尘肺的高发。

参考文献：

- [1] 李加拉, 且末县世居人群风沙尘肺X线胸片调查 [J]. 环境与健康杂志, 1995, 12(1): 381.
- [2] 逢兵, 张学书, 蒋学之. 沙漠尘和沙漠肺 [J]. 职业医学, 1993, 20(5): 301-302.
- [3] 荆岩林, 股旭东, 逢兵, 等. 塔里木沙漠的风沙尘肺流行病调查 [J]. 劳动医学, 1995, 12(3): 25-26.
- [4] 李保全. 风沙尘肺调查报告 [J]. 职业与健康, 2002, 18(6): 13.
- [5] 徐秀珍, 蔡曦光, 郭茜, 等. 甘肃省风沙地区居民尘肺调查 [J]. 医学研究通讯, 1997, 26(4): 18.
- [6] 徐伯洪, 吕慧芳. 工作场所有害物质监测方法 [M]. 北京: 中国公安大学出版社, 2003: 286-287.
- [7] GBZ 2—2002 工作场所有害因素职业接触限值 [S].
- [8] 王式功, 王金艳, 周自江, 等. 中国沙尘天气的区域特征 [J]. 地理学报, 2003, 58(2): 193.
- [9] Vallyath VV, Castranova D, Park S, et al. Freshly fractured quartz inhalation leads to enhanced lung injury and inflammation. Potential role of free radicals [J]. Am J Respir Crit Care Med, 1995, 152: 1003-1009.
- [10] Veblen DR, Wylie AG. Mineralogy of amphiboles and 1:1 layer silicates [R]. Health Effects of Mineral Dusts. Washington, DC: Mineralogical Society of America, 1993, 28: 61-138.
- [11] Hochella MD. Surface chemistry, structure, and reactivity of hazardous mineral dust [R]. Health Effects of Mineral Dusts. Reviews in Mineralogy. Washington, DC: Mineralogical Society of America, 1993, 28: 275-308.
- [12] Ichinose T, Nishikawa M, Takan H, et al. Pulmonary toxicity induced by intratracheal instillation of Asian yellow dust (Kosa) in mice [J]. Environmental Toxicology and Pharmacology, 2005, 20: 48-56.
- [13] 刘明哲, 魏文寿, 高卫东, 等. 沙尘源区与沉降区气溶胶粒子的理化特征 [J]. 干旱区地理, 2003, 26(4): 334-338.
- [14] Giamello EFB, Volante M, Costa D. Surface oxygen radicals originating via redox reactions during the mechanical activation of crystalline SiO₂ in hydrogen peroxide [J]. Colloids Surf, 1990, 45: 155-165.

(收稿日期: 2008-07-07 修回日期: 2008-08-06)

(本文编辑: 高申)