

济南市沙尘暴污染影响和物理化学特性分析

荀建国 韩道汶 王志国 王立柱

(山东济南市环境保护科学研究所 济南 250014)

摘要: 沙尘暴的袭击严重污染了城市环境质量,对济南市沙尘暴进行采样及化学元素成分分析。沙尘暴期间城市空气中 TSP 浓度高达 $6155\text{ug}/\text{m}^3$,是同期的 23.7 倍。沙尘暴颗粒物元素以地壳元素为主,并且对各种元素有不同程度的富集。

关键词 沙尘暴; 化学组分; 元素富集因子

中图分类号 X513 文献标识码 B 文章编号:1007-0370(2003)12-0034-03

ANALYSIS OF IMPACT AND PHYSICAL AND CHEMICAL ATTRIBUTES OF SANDSTORM POLLUTION IN JI NAN CITY

HAN Daowen WANG Zhiguo WANG Lizhu

(Ji Nan Institute of Environmental Protection Research Ji Nan 250014)

Abstract: The sand-dust storm pollutes air of the city, this article analyses the chemical composition of sand-dust storm of Ji Nan. The TSP volume concentration is $6155\text{ ug}/\text{m}^3$ in the period of sampling, that is 22.7 times more than the TSP volume concentration of the same term. The elements of the earth's crust is the mostly part of sand-dust storm's chemical composition and the sand-dust storm's particles enrich different degree of elements.

Key words: sand-dust storm; chemical composition; element enrichment factor

近年来,我国北方城市频受沙尘暴的侵袭,侵袭范围甚至到达了长江以南。济南市也是频受沙尘暴侵袭城市之一,仅 1998 年到 2002 年期间,济南市遭受沙尘暴侵袭多达 8 次。沙尘暴袭击时狂风肆虐,沙尘漫天,遮天蔽日,给人们的生产、生活和自然环境带来了危害。沙尘对环境的污染主要体现在两个方面,其一是通过空气中的总悬浮颗粒物 TSP (Total Suspended Particle) 降低能见度,危害行车安全和其它活动,其确切定义为:能悬浮在空气中,空气动力学当量直径 $\leq 100\mu\text{m}$ 的颗粒物;其二是以可吸入颗粒物 PM10 (Particle matterless than $10\mu\text{m}$) 的形式通过呼吸运动进入呼吸道,引发各种呼吸道疾病,其确切定义为:悬浮在空气中,空气动力学当量直径 $\leq 10\mu\text{m}$ 的颗粒物。为了研究沙尘气溶胶对大气环境的影响,以及在输送、沉降和气溶胶化学过程中的作用,须对沙尘气溶胶的特征进行分析研究。本文讨

论了济南市沙尘暴期间大气气溶胶的物理和化学性质,以便为进一步了解沙尘暴对环境的影响和各类源对沙尘暴的贡献提供一些依据。

1 沙尘暴污染影响分析

济南市发生沙尘暴时往往伴有 6-9 级偏北风,往往是由于蒙古含沙尘气流沿着高空自西北南下与华北已形成的低气压暖湿气流气旋相遇,冷暖空气较活跃而导致了沙尘暴天气的形成。据环境监测结果统计表明济南市遭沙尘暴袭击时环境空气污染指数曾高达 410,空气重度污染。如 2000 年 5 月 4 日沙尘暴时空气中 TSP 浓度高达 $6155\text{ug}/\text{m}^3$,而据统计同期正常天气空气中 TSP 浓度为 $310\text{ug}/\text{m}^3$,是同期正常天气时 TSP 浓度的 23.7 倍,超出国家 II 级标准(日标准: $0.30\text{mg}/\text{m}^3$) 20.3 倍。沙尘暴过后,往往对城市空气质量仍有较长时间的影响,如 2000 年 5 月 4 日沙尘暴过后,5 月 5 日城市环境空气污染指数仍为 107,城市空气轻微污染,到 5 月 6 日环境空气污染指数才降为 61。沙尘暴对空气质量的这种长时间影响在济南市 2002 年 11 月 12 日

沙尘暴过程中更为典型。

表 1 “2002.11.12”沙尘暴影响

| 日期 | API 指数 | 空气质量等级 | 空气质量 | 备注 |
|--------|--------|--------|------|---------|
| 11月10日 | 92 | Ⅱ级 | 良 | 沙尘暴前 |
| 11月12日 | 402 | Ⅶ级 | 重度污染 | 沙尘暴 |
| 11月13日 | 102 | Ⅲ级 | 轻微污染 | 沙尘暴后影响 |
| 11月16日 | 107 | Ⅲ级 | 轻微污染 | 沙尘暴后影响 |
| 11月17日 | 69 | Ⅱ级 | 良 | 沙尘暴影响消除 |

2 沙尘暴物理化学特性分析

为了研究济南市沙尘暴的各类源的贡献,沙尘暴气溶胶在输送、沉降和化学过程中的作用,以及沙尘暴气溶胶富集元素对环境的潜在危害,我们在济南市典型沙尘暴天气下对大气气溶胶进行了采样分析。

2.1 样品采集和分析

采用山东青岛崂山仪器研究所生产的 KB120 型中流量采样器,流量为 100L/min,切割粒径分为 100 微米和 10 微米两种切割器,用聚丙烯滤膜采集尘样。

采样布点是在城市东、南、西、北 4 个区域分别布置 4 个采样点。采样时同步采集总悬浮颗粒物(TSP)和可吸入颗粒物(PM10),每个点位均采集两个 TSP 和 PM10 样品,共得到沙尘 TSP 样品 8 个,PM10 样品 8 个。

用离子体原子发射光谱仪分析粗细颗粒物的 Na、Mg、Al、Si、K、Ca、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、As、Pb 等 17 种元素。

2.2 结果分析

2.2.1 沙尘暴气溶胶化学组分分析

我们同时对济南市同期正常天气下的气溶胶的 17 种元素进行了分析,以便于对比分析,分析结果列于表 1。分析结果表明采样期间空气中 PM10/TSP 为 0.43,而同期正常天气时空气中 PM10/TSP 为 0.61,表明沙尘暴期间空气中粗颗粒物浓度比细颗粒物浓度增加幅度大。

元素分类分析的方法有多种,本次分析仅对典型的地壳元素 Al、Si、Ti、Pe、Ca 和典型的人为污染元素 Se、As、Br、Cu、Pb、Zn 等元素进行进一步研究,由表 1 可知,无论沙尘暴期间还是正常天气时,济南市环境空气中 TSP 和 PM10 均以地壳元素为主。沙尘暴期间颗粒物中地壳元素和人为污染元素的体积浓度均大幅度上升,质量百分比浓度变化不大。沙尘暴期间地壳元素的 Si 百分比含量在 TSP 达到 25% 比同期正常天气下 Si 在 TSP 中百分比含量 22% 高出 3%,这说明沙尘暴期间的颗粒物比平时更多的来源于土壤和沙尘。

表 2 气溶胶元素质量百分比浓度(%)

| 元素 | 沙尘暴气溶胶 | | 风沙季报溶胶 | | 元素 | 沙尘暴气溶胶 | | 风沙季报溶胶 | |
|----|---------|---------|---------|---------|----|--------|--------|--------|--------|
| | TSP | PW10 | TSP | PW10 | | TSP | PW10 | TSP | PW10 |
| Na | 1.0772 | 1.2701 | 1.2897 | 1.4014 | Cr | 0.0005 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0007 |
| Mg | 1.5474 | 1.6837 | 1.5573 | 1.4450 | Mn | 0.0773 | 0.1024 | 0.0752 | 0.0827 |
| Al | 7.6285 | 8.8034 | 7.9172 | 8.0697 | Fe | 2.8970 | 3.0452 | 2.9964 | 2.7172 |
| Si | 24.7508 | 23.1634 | 21.9014 | 22.8651 | Ni | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| K | 1.4561 | 1.2402 | 1.2623 | 1.2662 | Cu | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| Ca | 13.6323 | 15.1989 | 14.5809 | 13.7177 | Zn | 0.0007 | 0.0011 | 0.0007 | 0.0001 |
| Sc | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | Pb | 0.0001 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0004 |
| Ti | 0.7942 | 1.0875 | 0.9196 | 1.0257 | V | 0.0001 | 0.0003 | 0.0001 | 0.0004 |

2.2.2 沙尘暴气溶胶元素的富集因子

沙尘暴的颗粒物有多源性,颗粒物中元素形成机制和来源不同,其元素的富集程度也就不同,引入元素的富集因子(E_f)表示元素的富集程度,计算公式为:

$$E_f = \frac{(C_i/C_n)_{\text{环境}}}{(C_i/C_n)_{\text{背景}}}$$

式中: C_i 为研究元素 i 的浓度; C_n 为选定的参比元素的浓度;下标“环境”是本研究颗粒物中元素与参比元素的比值;“背景”是土壤中相应元素的平均含量与参比元素的平均含量比值。参比元素一般选择 Fe、Al、Ti、Zr 等元素,本次研究以 Pe 为参比元素。“背景”中的元素取黄土高原表层土壤。由此计算出沙尘暴粗细颗粒物的富集因子列于表 3。

式中: C_i 为研究元素 i 的浓度; C_n 为选定的参比元

万方数据

表3 元素富集因子表

| 元素 | 地壳元素浓度 PPm | E _r (TSP) | E _r (PW10) | 元素 | 地壳元素浓度 PPm | E _r (TSP) | E _r (PW10) |
|----|---------------|------------------------|-------------------------|----|---------------|------------------------|-------------------------|
| Na | 12000 | 1.3 | 1.4 | Cr | 65 | 0.1 | 0.1 |
| Mg | 11000 | 2.0 | 2.1 | Mn | 600 | 1.9 | 2.4 |
| Al | 68000 | 1.6 | 1.8 | Fe | 42000 | 1 | 1 |
| Si | 286043 | 1.3 | 1.1 | Cu | 22.6 | 0.1 | 0.1 |
| K | 15700 | 1.3 | 1.1 | Zn | 68 | 0.2 | 0.2 |
| Ca | 23000 | 8.6 | 9.1 | Pb | 24.81 | 0.1 | 0.2 |
| Tl | 4300 | 2.6 | 3.4 | | | | |

据杨绍晋等探讨,当 $E_f \leq 5$ 为自然污染,当 $E_f \geq 5$ 为人为污染。通过分析可得,沙尘暴期间 TSP 与 PM₁₀ 的 Na、Si、Ti、K、Al、Mg、Mn 等近地壳元素的富集值在 1 - 5 之间,表明此类元素的富集程度不高,接近地壳平均丰度,它们主要来自土壤、沙尘等自然源。Ca 的富集值较高,经分析是由于济南市具有大量的水泥、石屑等建材企业并且城市有大量的施工地,在沙尘暴袭击城市时,大量的建筑粉尘进入大气,成为沙尘暴的局地源。Cr、Cu、Zn、Pb 等典型的人为污染元素出现不同程度的贫化,表明沙尘暴颗粒物具有多源的特征,同时也表明济南市及其上游地区人为污染的无组织排放得到了治理。

3 结论

沙尘暴袭击会对城市环境造成严重危害,城市空气中颗粒物浓度比平时超出 22.7 倍,并且沙尘暴对城市空气质量有较长时间的影响。

(2) 沙尘暴期间济南市气溶胶元素浓度大幅度上升,且近地壳元素浓度上升幅度较大,为污染元素出现不同程度的贫化。

(3) 沙尘暴颗粒物呈现出多源化特征,济南市的局地建筑粉尘也是颗粒物的源头之一,在对上游环境不可作为的情况下,应加强对城市建筑粉尘的控制,以减轻沙尘暴对城市的环境污染。

参考文献

- [1] 王式功等. 沙尘暴研究的进展[A]. 中国沙漠, 2000, 12.
- [2] 滕思江等. 中国四城市空气中粗细颗粒物元素组成特征[A]. 中国环境科学, 1999, 19(3).
- [3] 阎怀忠等. 济南市大气颗粒物来源解析及污染防治对策研究. 2001.5.
- [4] 田均良等. 黄土高原土壤地球化学. 科学出版社, 1994.
- [5] 魏复胜等. 中国土壤环境背景值研究[J]. 环境科学, 1991, 12(4).