

# 喀斯特城市和森林地区大气降尘量的时空差异

唐 杨<sup>1</sup>, 韩贵琳<sup>2,\*</sup>, 李富山<sup>1,3</sup>

(1. 中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002; 2. 中国地质大学(北京) 水资源与环境学院, 北京 100083; 3. 中国科学院大学, 北京 100029)

**摘 要:**本研究对喀斯特城市贵阳和自然保护区荔波的大气降尘进行分时段采集, 采样时间为2009年5月至2010年3月, 并统计了各时段内的大气降尘量。结果表明: 贵阳的日均大气降尘通量为 $104 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ , 远高于荔波 $11.5 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 的日均降尘通量。受人为活动的影响, 贵阳降尘量的季节性差异比荔波地区显著, 冬春季的降尘量高于夏秋季节。大气降尘量与同期的降水量和降水天数之间存在负相关关系, 表明除了人为活动外, 降水是影响贵阳地区大气降尘的关键因子。

**关键词:**降尘量; 城市; 降水; 森林

中图分类号: X513 文献标识码: A 文章编号: 1672-9250(2015)04-0441-04 doi: 10.14050/j.cnki.1672-9250.2015.04.009

大气降尘是生态系统中重要的物质输送介质, 主要来源于地表的矿物和有机质颗粒, 通过风的作用参与到全球生物地球化学循环的过程中<sup>[1]</sup>。大气降尘的粒径通常定义为 $10 \sim 100 \mu\text{m}$ 之间<sup>[2]</sup>。表土的自然扬尘是大气降尘最重要的来源形式, 而人为活动则会在局地 and 区域的范围内对该过程产生扰动<sup>[3]</sup>。大气降尘的主要影响因素包括地形地貌, 气候环境, 人为活动等。在不同的地区, 大气降尘的速率和物质组成存在显著的差异。就全球范围来看, 大气降尘的速率一般在 $0 \sim 450 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 之间<sup>[1]</sup>。

在植被稀少的干旱区和植被茂密的湿润区, 大气降尘速率存在显著的差异, 而工业生产活动也会使得城市地区的大气降尘明显增多<sup>[1]</sup>。由于大气降尘存在着自然和人为的不同来源, 其体现在降尘量上也存在着明显的季节性变化。在我国北方地区, 受沙尘天气的影响, 无论是城市还是偏远地区, 降尘都集中在沙尘天气频发的春季和冬季<sup>[4-6]</sup>。而在受沙尘天气影响少的南方地区, 大气降尘的季节性变化则各有不同。广东韶关的降尘量依次为秋季 $>$ 冬季 $>$ 春季 $>$ 夏季<sup>[7]</sup>, 而南京市的降尘研究表明其降尘量依次为春季 $>$ 夏季 $>$ 秋季 $>$ 冬季<sup>[8]</sup>, 上海的研究结果则显示其春季和夏季的降尘量相对较高<sup>[9]</sup>。

上述南方城市的降尘量季节性变化不如北京<sup>[10]</sup>、兰州<sup>[11]</sup>等受北方沙尘影响的地区明显。

贵阳位于西南喀斯特地区的中部, 是全国空气质量较好的省会城市之一。随着城市人口的增加以及城市区域的扩大, 大气环境问题也逐渐显现<sup>[12]</sup>。本研究通过对比喀斯特城市贵阳和自然保护区荔波的大气降尘量的差异和季节性变化, 来探讨喀斯特地区自然和人为因素对大气降尘的影响, 从而为改善贵阳地区的大气环境提供参考。

## 1 样品与方法

### 1.1 采样点状况

大气降尘的采集点分别位于贵阳市和荔波县, 采样点位置见图1。贵阳采样点位于中国科学院地球化学研究所河边小楼2楼楼顶( $106^{\circ}43'445''\text{E}$ ,  $26^{\circ}34'271''\text{N}$ , 海拔 $1002 \text{ m}$ ), 小楼一侧为南明河, 地势较为空旷, 周边少有建筑物阻挡, 排除了临近环境对降尘的影响。荔波采样点位于荔波县洞塘乡板寨村瑶寨( $108^{\circ}01'031''\text{E}$ ,  $25^{\circ}13'884''\text{N}$ , 海拔 $586 \text{ m}$ ), 该寨位于荔波县茂兰国家级自然保护区内的一个半山腰位置, 住户约20户, 经济条件较为落后, 以传统耕种为主。保护区内人口稀少, 多为原始森林覆盖,

收稿日期: 2014-09-16; 改回日期: 2014-11-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(41403109; 41325030); 国家重点基础研究发展计划(2013CB956703); 中央高校基本科研业务费专项(2652013055)。

第一作者简介: 唐杨(1983-), 男, 助理研究员, 主要研究方向为环境地球化学。E-mail: tangyang@mail.gyig.ac.cn.

\* 通讯作者: 韩贵琳(1971-), 女, 博士, 研究员。E-mail: hanguilin@cugb.edu.cn.

少有现代工业的影响。寨子除一侧临山外,其余三面均为空旷地带,采样点设置在该村位置最高的一家居民的屋顶。

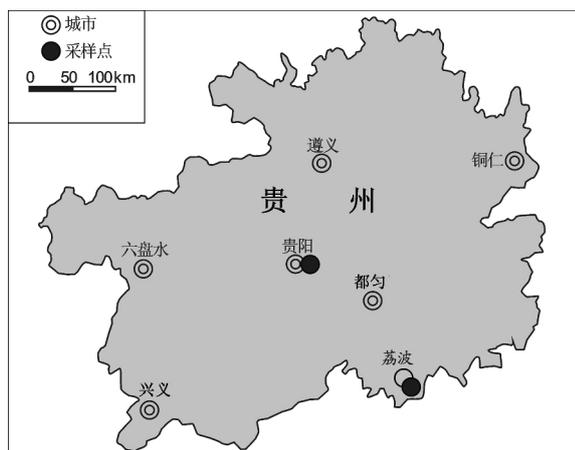


图1 研究区及采样点位置

Fig. 1 Map of the study area and sampling sites

## 1.2 采样方法

大气降尘采用国家标准的湿法收集(GB/T15265-94),收集液为20%的乙二醇。采样装置为聚丙烯材料的桶形集尘缸,具体参数为( $\Phi$  70 cm  $\times$  h 40 cm)。先将少量收集液倒入桶中,使桶底有约1 cm深的收集液,定期往桶内加入少量收集液,保持桶底始终完全浸于液面之下。下雨时盖好桶盖,尽量避免雨水淋入桶内,雨后开盖继续收集。

贵阳样点每个降尘样品收集时间为1个月,由于荔波地区降尘量较少,因此改为2~3个月收一个样。收样时用洁净的广口玻璃瓶盛装桶内的固液混合物,并用超纯水洗净桶底和壁上附着的尘粒。将采集到的固液混合物带回实验室,仔细挑掉树叶昆虫等杂物后,移至玻璃蒸发皿中,置于电热板上80℃左右蒸干,然后用电子天平(精确至0.01 g)定量,得出该采样点的一次降尘量。采样时间从2009年5月至2011年3月,贵阳样品22个,荔波11个。

## 2 结果分析

### 2.1 降尘量的时间分布特征

从表1可以看出,喀斯特地区大气降尘速率表现出明显的城乡差异,在城市地区,贵阳的月大气降尘量为0.43~1.85 g,而位于森林的荔波大气降尘量则远低于贵阳,其2~3个月的降尘量也仅为0.09~0.53 g。根据每个降尘样品各自持续的采集天数,计算出该样品对应的采样期间的日平均降尘

表1 各月收集的降尘量及对应的降水量

Table 1 Monthly atmospheric dust amounts and precipitations

编号	采样月	降尘天数/d	降尘量/g	日均降尘/(mg/d)	降水量/mm	日均降水/(mm/d)	降水 $\geq$ 0.5 mm (d)
GY0906	09年6月	31	1.33	43.1	107	3.45	13
GY0907	09年7月	30	1.39	46.5	130	4.34	13
GY0908	09年8月	31	0.81	26.1	146	4.70	8
GY0909	09年9月	31	1.40	45.2	34.4	1.11	3
GY0910	09年10月	30	1.01	33.5	49.5	1.65	13
GY0911	09年11月	31	1.12	36.0	33.9	1.09	12
GY0912	09年12月	30	1.24	41.4	16.6	0.55	11
GY0901	10年1月	31	1.71	55.1	10.6	0.34	8
GY1002	10年2月	31	1.85	59.6	8.1	0.26	8
GY1003	10年3月	28	0.88	31.5	2.9	0.10	2
GY1004	10年4月	31	0.83	26.7	29.8	0.96	9
GY1005	10年5月	30	0.78	26.0	85.8	2.86	14
GY1006	10年6月	31	0.45	14.4	118	3.80	20
GY1007	10年7月	30	0.43	14.3	197	6.58	15
GY1008	10年8月	31	0.50	16.3	94	3.03	10
GY1009	10年9月	31	0.59	18.9	180	5.81	6
GY1010	10年10月	30	0.45	15.1	185	6.18	18
GY1011	10年11月	31	1.34	43.2	9.6	0.31	4
GY1012	10年12月	30	1.33	44.4	74.7	2.49	9
GY1101	11年1月	31	0.87	27.9	25.2	0.81	7
GY1102	11年2月	31	0.80	25.9			
GY1103	11年3月	28	1.07	38.2			
LB0905	09年6月	31	0.09	2.92			
LB0908	09年8月	62	0.31	4.98			
LB0910	09年10月	61	0.53	8.67			
LB0912	09年12月	64	0.29	4.58			
LB1002	10年3月	81	0.26	3.25			
LB1005	10年5月	62	0.30	4.80			
LB1007	10年7月	61	0.14	2.31			
LB1009	10年9月	61	0.25	4.15			
LB1011	10年11月	61	0.34	5.64			
LB1101	11年1月	64	0.27	4.24			
LB1103	11年3月	56	0.34	6.02			

量。计算结果显示,贵阳市的日均降尘速率为14.3~59.6 mg/d,远高于荔波的日均降尘速率2.31~8.67 mg/d。通过采样面积和降尘量计算的降尘通量则表明,在整个采样期间,贵阳采样点的每日降尘通量为104 mg/m<sup>2</sup>,荔波采样点的每日降尘通量为11.5 mg/m<sup>2</sup>,贵阳采样点的日降尘通量约为荔波的9倍。如果按照2010年全年进行计算,则贵阳采样点的年降尘通量为28.9 g/m<sup>2</sup>,而荔波采样点的年降尘通量为4.27 g/m<sup>2</sup>。相比而言,我国北方地区的降尘通量则大得多,在黄土高原15个监测点的年

均降尘通量为 254.81 g/m<sup>2</sup>[6]。

在整个采样周期内,各个时段的日均降尘量不尽相同(图 2)。荔波地区的降尘强度在各个季节之间的差异较小,这是由于荔波样点处于森林茂密的国家自然保护区内,植被覆盖度常年维持在很高水平,故各个季节降尘量差异不明显且维持在一个较低水平。而贵阳地区的降尘从整体看来,夏秋季(5月至 10月)降尘强度低于冬春季(11月至次年 3月),这与离贵阳较近的南方城市重庆的降尘季节变化模式稍有不同[13]。贵阳地区大气降尘速率的季节性变化与该区的气候和地表覆盖相关。在夏秋季节,区内植被繁茂,地表大都被植被所覆盖,很大程度上减少了地表扬尘;而降雨也集中在夏秋季节,大气中降尘的潜在颗粒物因雨水的冲刷而减少,故而该季节内大气降尘速率相对较低。而在冬春季节的情形则相反,区内植被凋零,对地表的覆盖程度减少,冬春季节则是少雨的旱季,表土扬尘相对偏多,此外在冬季城市大量燃煤取暖,向大气中排放的人为颗粒物也有所增多。因而贵阳冬春季节的大气降尘速率相对偏高,是自然和人为活动综合作用的结果,在未受沙尘天气影响的南方地区,这种模式具有相似性[14]。图 2 还显示在 2009 年 12 月至 2010 年 3 月的冬春之际,贵阳地区的日均降尘量异常增加,是整个采样期间内最高的。这可能与此时发生的大旱天气密切相关,气象资料表明此期间贵阳地区异常干旱,其降水量远低于历史同期水平[15]。

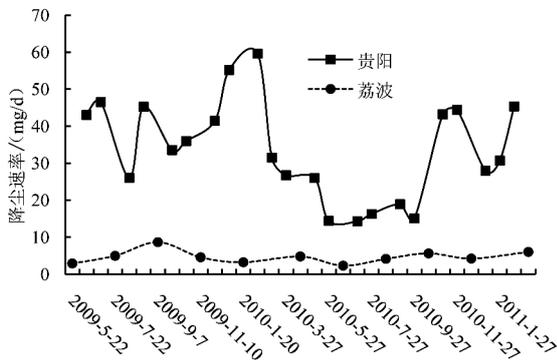


图 2 各采样时段内日均降尘量随时间的变化趋势  
Fig. 2 Temporal variations of daily dust fluxes in Guiyang City and Libo Area

### 2.2 降水对大气降尘量的影响

在不同的地区,气候条件对大气降尘的影响程度存在差异。北方沙尘影响的地区,降尘主要受大风天气的控制,降水对区内大气降尘的影响不明

显[6, 16];而在未受沙尘天气影响的南方地区,降水则对大气降尘有显著的影响[7, 9]。图 3 显示贵阳的降尘量与对应的降水量呈负相关,随着日均降水量的增加,对应的日均降尘量则减少。有效降水天数( $\geq 0.5 \text{ mm}$ )也与降尘量之间存在着负相关关系(图 4)。表 1 的结果表明,2010 年 5 月至 9 月,对应着该地区的雨季,降水明显偏多,对应的各月的日均降尘量也是偏低的。可见在贵阳地区,降水是降尘量的重要影响因素。在降水集中的时段内,由于降水对大气颗粒物的冲刷作用,大大减少了空气中潜在的降尘颗粒物,进而在该时段内的大气降尘速率也偏低。这与同为南方城市的上海有相似的特征,上海市的研究表明,除了风向、风速频率外,降雨也是影响该地降尘量的重要气象因子[9]。

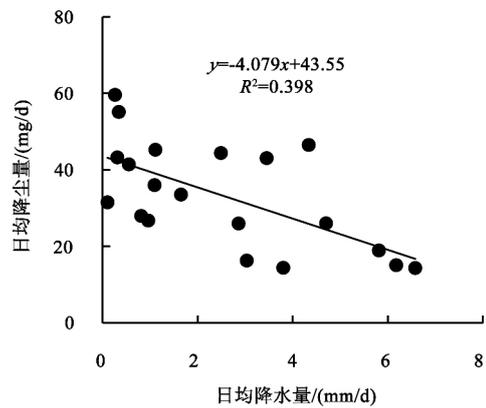


图 3 贵阳日均降尘量与日均降水量关系图  
Fig. 3 Scatter plots for daily dust fluxes v. s. daily precipitations of Guiyang City

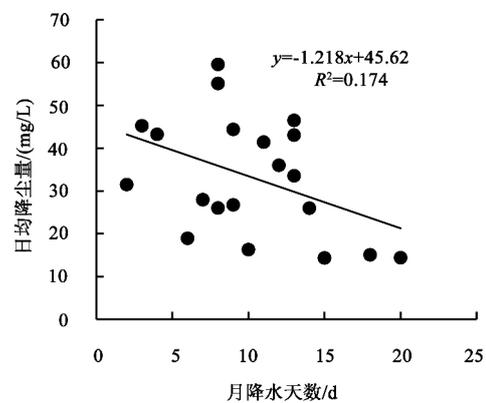


图 4 贵阳日均降尘量与月降水天数关系图  
Fig. 4 Scatter plots for daily dust fluxes v. s. rainy days of Guiyang City

## 3 结 论

1) 贵阳地区的日均大气干降尘量 14.3~59.6

mg/d 之间,年降尘通量为 28.9 g/(m<sup>2</sup>·a);荔波地区的日均大气干降尘量 2.31~8.67 mg/d 之间,年干降尘通量为 4.27 g/(m<sup>2</sup>·a)。受地表覆盖率差异和人为活动的影响,城市地区的大气降尘量远高于同期的森林地区。

2) 由于季节性地表覆盖度的变化,季节间降水的不均衡,以及冬季燃煤活动的影响,贵阳地区大气

降尘量的季节性变化比荔波地区显著,其冬春季的降尘速率高于夏秋季节。

3) 贵阳地区大气降尘量与同期的降水量和降水天数之间存在明显的负相关关系,这主要是雨水对大气干降尘的潜在来源——大气尘粒的冲刷作用所致,因而降水是该区大气降尘的重要影响因子。

## 参 考 文 献

- [1] Lawrence C R, Neff J C. The contemporary physical and chemical flux of aeolian dust: A synthesis of direct measurements of dust deposition[J]. *Chemical Geology*, 2009, 267(1-2): 46-63.
- [2] 钱广强,董治宝. 大气降尘收集方法及相关问题研究[J]. *中国沙漠*, 2004, 21(6): 779-782.
- [3] Tegen I, Werner M, Harrison S P, *et al.* Relative importance of climate and land use in determining present and future global soil dust emission[J]. *Geophysical Research Letters*, 2004, 31(5): 1-1.
- [4] 吴占华,任国玉. 我国北方区域沙尘天气的时间特征分析[J]. *气象科技*, 2007, 35(1): 96-100.
- [5] 唐杨,徐志方,韩贵琳. 北京及其北部地区大气降尘时空分布特征[J]. *环境科学与技术*, 2011, 34(02): 115-119.
- [6] 李晋昌,董治宝,王训明. 中国北方东部地区春季降尘量及其环境意义[J]. *中国沙漠*, 2008, 28(2): 195-201.
- [7] 罗莹华,戴塔根,梁凯. 广东韶关市大气降尘及尘中金属元素分布特征研究[J]. *地质调查与研究*, 2006, 29(1): 64-68.
- [8] 郁晶,张群,喻义勇,等. 南京市近十年降尘趋势分析[J]. *环境科学与管理*, 2010, 35(12): 33-37.
- [9] 张国宏,谈建国,郑有飞,等. 上海市月降尘量与气象因子间关系研究[J]. *气象科学*, 2006, 26(3): 328-333.
- [10] 郭婧,徐谦,荆红卫,等. 北京市近年来大气降尘变化规律及趋势[J]. *中国环境监测*, 2006, 22(4): 49-52.
- [11] 吴庆龙,杨太保,陈发虎. 兰州地区冬季非尘暴降尘通量初步观测[J]. *第四纪研究*, 2003, 23(4): 457-457.
- [12] 张雯婷,王雪松,刘兆荣,等. 贵阳建筑扬尘 PM<sub>10</sub> 排放及环境影响的模拟研究[J]. *北京大学学报(自然科学版)网络版*, 2009, 3: 114-120.
- [13] 张灿,周志恩,张丹,等. 重庆市主城降尘监测研究[J]. *三峡环境与生态*, 2011, 32(5): 18-21.
- [14] 倪刘建,张甘霖,周立祥. 南京市不同功能区冬季大气降尘的沉降通量和粒度分布[J]. *城市环境与城市生态*, 2006, 19(2): 27-29.
- [15] 刘建刚,谭徐明,万金红,等. 2010年西南特大干旱及典型场次旱灾对比分析[J]. *中国水利*, 2011, (9): 17-19.
- [16] 吴学英,权文静. 对大气气溶胶降尘与降雨相关性分析的探讨[J]. *环境保护科学*, 2008, 34(1): 71-72.

## Spatial-temporal Variations of Atmospheric Dust Amount in Urban and Forest Areas of Karst Region

TANG Yang<sup>1</sup>, HAN Guilin<sup>2</sup>, LI Fushan<sup>1,3</sup>

(1. Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, 550180, China;  
2. School of Water Resources and Environment, China University of Geosciences (Beijing),  
Beijing 100083, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** In this study, atmospheric dust samples were periodically collected and quantified in Guiyang City and Libo Natural Protection Zone both in the karst area from May 2009 to March 2010. Results show that the atmospheric dust deposition flux of Guiyang is 104 mg/(m<sup>2</sup>·d), much higher than 11.5 mg/(m<sup>2</sup>·d) of Libo. Compared with Libo, seasonal variation of dust deposition fluxes in Guiyang is more obvious for the impact of human activities. Daily average dust deposition fluxes in winter and spring are higher than those in summer and autumn. There is a negative correlation between atmospheric dust deposition and precipitation amount or precipitation days, suggesting that besides human activities, precipitation is the key factor to influence atmospheric dust deposition in Guiyang City.

**Key words:** dust amount; city; precipitation; forest