

金丽娜,杨晓春,洪超. 西安市 PM<sub>10</sub>浓度特征及气象因子影响分析[J]. 干旱气象, 2017, 35(2): 299-305. [JIN Li'na, YANG Xiaochun, HONG Chao. Characteristics of PM<sub>10</sub> Concentration and Influence of Meteorological Factors in Urban Area of Xi'an[J]. Journal of Arid Meteorology, 2017, 35(2): 299-305], DOI: 10. 11755/j. issn. 1006-7639(2017)-02-0299

## 西安市 PM<sub>10</sub> 浓度特征及气象因子影响分析

金丽娜,杨晓春,洪超

(陕西省西安市气象局,陕西 西安 710016)

**摘要:**利用 2011—2015 年西安市城区 PM<sub>10</sub>浓度逐日资料及气象逐日观测数据,分析西安市 PM<sub>10</sub>浓度的年、季变化特征,并探讨气温与 PM<sub>10</sub>浓度的相关性及冬夏季气温对 PM<sub>10</sub>浓度影响的阈值,不同等级、形态的降水对 PM<sub>10</sub>浓度的清除率,以及冬春季风速对 PM<sub>10</sub>浓度的影响。结果表明:2011—2015 年,西安市 PM<sub>10</sub>浓度变化较平稳,仅 2013 年出现骤增,高温、少雨、风速小等不利气象条件是导致 2013 年 PM<sub>10</sub>浓度剧增的主要原因。PM<sub>10</sub>浓度有明显的季节性变化,PM<sub>10</sub>大气污染主要发生在春冬季节,污染物分别以沙尘和煤烟为主。PM<sub>10</sub>浓度与气温并非是简单的线性关系,夏季、冬季气温阈值分别为 29 ℃ 和 -1 ℃,低于阈值时二者呈正相关,高于阈值时则呈负相关。PM<sub>10</sub>浓度与降水量成反比,但降水对 PM<sub>10</sub>的清除率永远不等于 1;同一形态的降水清除能力与其量级呈正相关,同等级的固态降水比液态降水对 PM<sub>10</sub>的清除率高;一次降水过程中,PM<sub>10</sub>浓度最低值往往出现在日降水峰值的次日;连续性降水过程中,PM<sub>10</sub>浓度随着降水量自峰值的减弱而升高,当降水量再次增大时 PM<sub>10</sub>浓度便再次降低;间断性降水过程中,降水一旦停止,PM<sub>10</sub>浓度将会有一定程度的升高,并有可能高于降水前的浓度值。春季大风沙尘天气易造成 PM<sub>10</sub>浓度增高,冬季 PM<sub>10</sub>浓度与风速呈明显反比关系。

**关键词:**PM<sub>10</sub>浓度;变化特征;气象因子;影响因子

**文章编号:**1006-7639(2017)-02-0299-07 DOI: 10. 11755/j. issn. 1006-7639(2017)-02-0299

**中图分类号:**X513

**文献标识码:**A

### 引言

21 世纪以来,我国城市化进程加快,污染日趋严重,PM<sub>10</sub>作为大气污染的重要指标,吸入人体可引发多种疾病,同时对居民生活、绿色城市建设等亦造成巨大影响,大气污染问题已成为当前政府和人民群众最为关注的问题之一。大量研究表明:大气污染的季节性变化明显,由于冬季大量燃煤取暖,空气污染最为严重<sup>[1-2]</sup>,同时大气污染与气象因子关系最为密切<sup>[3-7]</sup>。气温与大气污染的关系较复杂,沙尘天气下气温与 PM<sub>10</sub>浓度呈显著正相关<sup>[8-9]</sup>;而冬季供暖期,温度越低,排放的污染物则越多<sup>[10]</sup>。强降水对空气有净化作用,而弱降水则使空气质量变差,且降雪对污染的清除率大于降水对污染的清除率<sup>[11-13]</sup>。风速对空气质量的改善有显著的正效应,风速越大,对污染物扩散稀释能力越强,空气质量越好;反之,风速越小,大气水平输送及

扩散能力越差,易造成污染物堆积,空气质量越差<sup>[14-15]</sup>。另外,对于大多数西北地区城市而言,春季沙尘天气是造成 PM<sub>10</sub>浓度升高的一个主要原因<sup>[9,16]</sup>。

西安历史文化悠久,是我国经济战略发展的重点城市之一。近年来持续的城市化发展,导致污染日益加重,PM<sub>10</sub>是造成西安空气污染的首要污染物<sup>[17]</sup>,因此研究西安 PM<sub>10</sub>浓度变化及其气象因素的影响特性,是提供科学、有效地控制城市空气污染的重要依据。

### 1 资料与方法

选取 2011—2015 年西安市泾河站平均气温、降水量、平均风速逐日观测资料;2011—2014 年 PM<sub>10</sub>浓度逐日数据来自西安市环保局布设的西安市 13 个空气污染监测点的平均资料,由于 2015 年的数据

收稿日期:2016-09-19;改回日期:2016-11-02

基金项目:2013 年陕西省气象局研究型业务重点科研项目“西安霾与气象条件相关性分析与预报技术研究”(2013Z-11)资助

作者简介:金丽娜(1981-),女,硕士,高级工程师,主要从事气候变化研究。E-mail:jinpanpan@126.com

有一些缺失,故 2015 年的 PM<sub>10</sub>数据选自中国空气质量在线监测分析平台。气象站点和环境监测点分布见图 1。

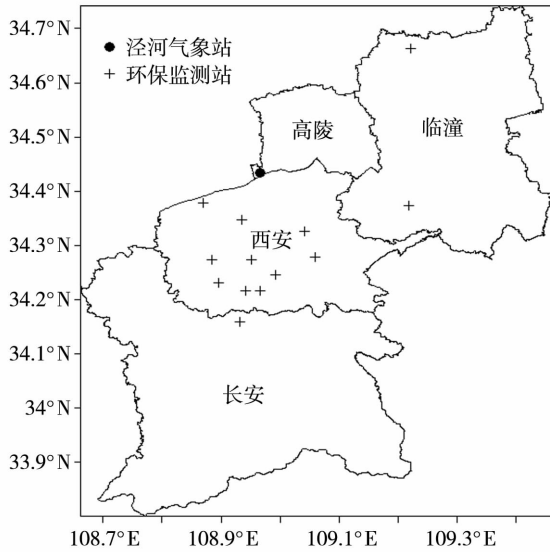


图 1 西安市气象站及环境监测点空间分布

Fig. 1 The spatial distribution of meteorological stations and environmental monitoring stations in Xi'an

连续性降水是指持续时间较长、强度变化较小的降水。间歇性降水是指降雨并非短时间内大量降雨,而是时断时续,降水整体时间较长。降水清除率是反映降水对大气污染物的湿清除能力。设某降水日大气污染物浓度的日均值为  $C_t$ ,其前一日的日均值为  $C_{t-1}$ ,则降水清除率(AC)可表示为:

$$AC = - \frac{(C_t - C_{t-1})}{C_{t-1}} \times 100\% \quad (1)$$

对同一等级所有降水日的 AC 求平均值可反映该等级降水对大气污染物的湿清除能力<sup>[18-19]</sup>。

考虑到西安城区 11 月大气层结已趋于稳定,且随着温度的降低,燃煤取暖也大范围开展,故在原有四季划分的基础上将 11 月并入冬季。即 3—5 月为春季,6—8 月为夏季,9—10 月为秋季,11 月—次年 2 月为冬季。

## 2 结果分析

### 2.1 西安市 PM<sub>10</sub> 浓度变化特征

对城市而言,当其污染源状况、地形地貌、经济条件和建筑物分布相对稳定时,气象条件是影响 PM<sub>10</sub>浓度的主要因素,本研究仅考虑气象条件对城市 PM<sub>10</sub>浓度的影响。从 2011—2015 年西安城区 PM<sub>10</sub>平均浓度的月、季变化(图 2)看出,西安城区 PM<sub>10</sub>浓度具有明显的季节性变化规律,空气污染主

要发生在春冬季,夏季 PM<sub>10</sub>浓度最小,冬季 PM<sub>10</sub>浓度最大。春季西安市易受沙尘天气影响,空气中 PM<sub>10</sub>浓度增加,污染较重;冬季为燃煤采暖期,PM<sub>10</sub>污染物排放量大,污染严重;6—9 月降水多,湿度大,对流活动强,逆温概率小,利于污染物扩散,空气质量好。由此可推断,西安城区的大气污染主要以煤烟为主,春季沙尘也有一定的贡献。

图 3 给出西安城区 PM<sub>10</sub>浓度的年变化。可以看出,2011、2012 年西安城区 PM<sub>10</sub>浓度相对稳定,2013 年剧增,2014、2015 年逐渐平稳下降至 2010 年代初期水平。通过对 2013 年 PM<sub>10</sub>浓度剧增分析发现(表 1):2013 年各月 PM<sub>10</sub>浓度较 2011—2015 年平均均值偏高,偏高了 0.09 ~ 0.34 mg · m<sup>-3</sup>,偏高时段主要为冬季和初春,其中 3 月偏高最大;各月平均气温较常年(1981—2010 年平均值)同期均偏高,风速较常年同期均偏小,而降水除 2、5、7、11 月外,其余月份较常年同期均偏少,尤其是 1、3、12 月严重偏少,这些是造成 2013 年 PM<sub>10</sub>浓度剧增的主要因素。其中,3 月气温正距平最大,降水和风速负距平次大,且沙尘天气较其他年份明显偏多,故 PM<sub>10</sub>浓度正距平最大。

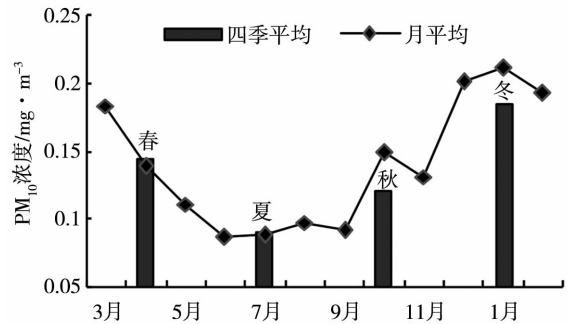


图 2 2011—2015 年西安城区 PM<sub>10</sub> 平均浓度的月、季变化

Fig. 2 Monthly and seasonal changes of PM<sub>10</sub> mean concentration in urban area of Xi'an during 2011 - 2015

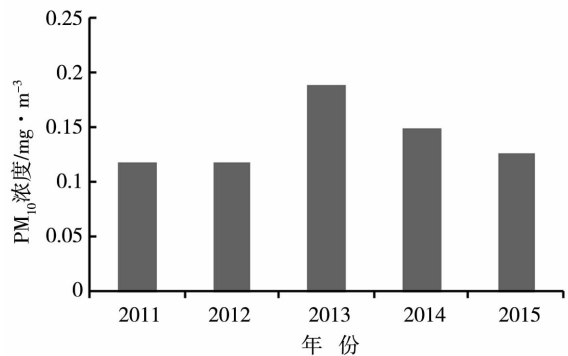


图 3 2011—2015 年西安城区 PM<sub>10</sub>浓度的年变化

Fig. 3 Annual change of PM<sub>10</sub> mean concentration in urban area of Xi'an during 2011 - 2015

表 1 西安城区 2013 年各月 PM<sub>10</sub>浓度与气象要素统计

Tab. 1 Statistics of PM<sub>10</sub> concentration and meteorological elements in urban area of Xi'an in each month of 2013

月份	PM <sub>10</sub> 浓度/ mg · m <sup>-3</sup>	PM <sub>10</sub> 浓度距平/ mg · m <sup>-3</sup>	气温距平/ ℃	降水距平/ %	风速距平/ m · s <sup>-1</sup>
1 月	0.300	0.089	0.9	-91.4	-0.3
2 月	0.262	0.069	1.1	70.1	-0.5
3 月	0.338	0.155	4.2	-94.8	-0.4
4 月	0.188	0.049	1.0	-57.0	-0.4
5 月	0.122	0.011	1.1	169.8	-0.5
6 月	0.090	0.003	1.9	-43.9	-0.5
7 月	0.094	0.006	0.7	31.1	-0.5
8 月	0.115	0.017	3.4	-44.0	-0.4
9 月	0.140	0.048	2.2	-50.7	-0.3
10 月	0.199	0.051	2.1	-67.8	-0.4
11 月	0.137	0.005	0.6	60.6	-0.4
12 月	0.287	0.086	0.4	-100.0	-0.5

2.2 PM<sub>10</sub>浓度的气象因子影响分析

2.2.1 PM<sub>10</sub>浓度与气温的关系

统计 2011—2015 年西安城区 PM<sub>10</sub>平均浓度和气温发现,当气温低于 5℃时,西安城区 PM<sub>10</sub>平均浓度为 0.192 mg · m<sup>-3</sup>;当气温在 5~15℃时,PM<sub>10</sub>平均浓度为 0.153 mg · m<sup>-3</sup>;当气温在 15~25℃时,PM<sub>10</sub>平均浓度为 0.120 mg · m<sup>-3</sup>;当气温 >25℃时,PM<sub>10</sub>平均浓度为 0.099 mg · m<sup>-3</sup>。可见,PM<sub>10</sub>浓度随气温升高表现出逐渐降低的变化特征。通常,当平均气温低于 5℃时西安便进入采暖期,燃煤消耗大幅度增加,致使大气污染严重。此外,温度较低时易形成逆温,边界层大气稳定,污染物不易扩散。

受地形、季节和局地小气候的影响,PM<sub>10</sub>浓度与气温的关系较为复杂。对西安城区平均气温与

PM<sub>10</sub>浓度进行相关分析(表 2)发现:1—10 月 PM<sub>10</sub>浓度与平均气温均呈显著正相关,11—12 月呈不显著负相关。西安市春、夏、秋季的空气污染大多来自于粉尘,当气温较高时,大气的相对湿度较低,粉尘难以得到净化,故 3—10 月、夏季 PM<sub>10</sub>浓度与气温呈显著正相关;11 月西安市进入采暖期,气温越低,逆温越强,大气层结越稳定,同时燃煤排放也越大,故 11—12 月二者呈负相关;与常年相比,近 5 a 西安市 1—2 月平均降水量偏少,气温偏高,相对湿度偏低,空气干燥不利于污染物的稀释,且易造成地表沙土更为松散,增加了扬尘的排放量,故气温与 PM<sub>10</sub>浓度呈正相关。但就整个冬季而言,燃煤采暖期气温越低,燃煤污染越重,PM<sub>10</sub>污染物排放量越大,加之静稳天气不利于污染扩散,气温与 PM<sub>10</sub>浓度呈显著负相关。

表 2 2011—2015 年西安城区月、季 PM<sub>10</sub>平均浓度与气温的相关系数

Tab. 2 Correlation coefficients between PM<sub>10</sub> concentration and temperature in each month and season during 2011 - 2015 in Xi'an

1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	春季	夏季	秋季	冬季
0.18*	0.32*	0.46*	0.26*	0.35*	0.28*	0.36*	0.39*	0.29*	0.31*	-0.11	-0.13	0.06	0.31*	-0.09	-0.11*

注: \* 表示通过 0.01 显著性水平检验(双侧)

为进一步分析气温与 PM<sub>10</sub>浓度的关系,选取相关性显著的冬季和夏季作样本,分别将气温按 1℃为区间进行划分,探讨这两季节气温对 PM<sub>10</sub>浓度影

响的阈值。从图 4 看出,夏季气温低于 21℃时,PM<sub>10</sub>浓度与气温明显同时上升;当气温在 21~29℃之间时,PM<sub>10</sub>浓度与气温呈缓慢升高趋势;当气温高

于 29 °C 时,  $PM_{10}$  浓度随气温升高而降低。冬季气温在 -1 °C 以下时,  $PM_{10}$  浓度与气温同时显著升高, 而高于 -1 °C 时,  $PM_{10}$  浓度持续降低。可见,  $PM_{10}$  浓度与气温的关系并非是简单的线性相关, 而是存在一定的阈值, 小于阈值呈正相关, 大于阈值则相反, 其中夏季、冬季气温阈值分别为 29 °C、-1 °C。

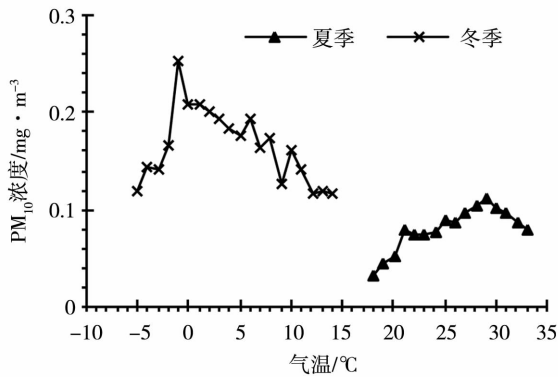


图4 西安城区  $PM_{10}$  浓度与气温的关系

Fig. 4 Relationship between  $PM_{10}$  concentration and temperature in urban area of Xi'an

### 2.2.2 $PM_{10}$ 浓度与降水的关系

降水对空气污染物具有明显净化作用。经统计, 2011—2015 年西安城区无降水日的  $PM_{10}$  平均浓度为  $0.153 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ; 5.0 mm 降水日的  $PM_{10}$  平均浓度为  $0.145 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ , 比无降水日下降 5.3%; 5.0 ~ 10.0 mm 降水日的  $PM_{10}$  平均浓度为  $0.091 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ , 比无降水日下降 15.3%; 10.0 ~ 20.0 mm 降水日和 >20.0 mm 降水日的  $PM_{10}$  平均浓度分别为  $0.073 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $0.056 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ , 比无降水日分别下降 52.3% 和 63.4%。可见, 降水对  $PM_{10}$  的清除作用随着雨量的增加而增大。然而 2011—2015 年西安城区日降水量与  $PM_{10}$  浓度清除率的关系(图 5)显示, 随着降水量的增大,  $PM_{10}$  清除率逐渐接近 1, 但永远不等于 1, 即降水无法对  $PM_{10}$  彻底清除。值得注意的是, 降水量 < 5.0 mm 时,  $PM_{10}$  清除率大部分在 0.5 以下, 说明弱降水在短时间内清除效果较差, 甚至会导致  $PM_{10}$  浓度增加。另

外, 当日降水量 > 10.0 mm 时, 清除率仍有负值出现, 可能是由于降水在时间上分布不均匀, 或者降水测站与环保测站位置不一致所致, 而降水空间分布不均的影响还需要进一步细化分析。

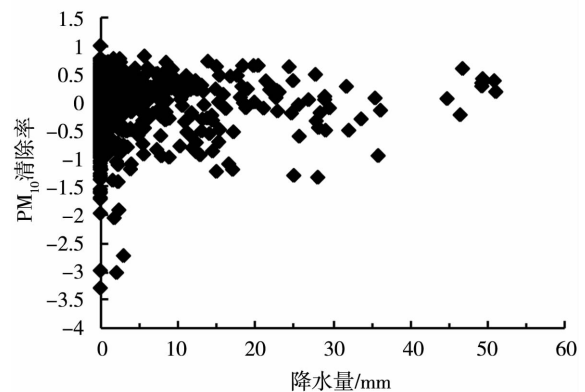


图5 2011—2015 年西安城区  $PM_{10}$  清除率与降水量的关系

Fig. 5 Relationship between  $PM_{10}$  clearance rate and precipitation in urban area of Xi'an

为进一步弄清降水与  $PM_{10}$  的清除关系, 在降水量等级划分标准的基础上, 结合西安气候概况, 对降水等级稍作调整, 分析西安市城区不同等级、形态的降水对  $PM_{10}$  的清除率(表 3)。由表 3 看出, 同一形态的降水清除能力与降水等级呈线性正相关, 而同等级的固态降水比液态降水对  $PM_{10}$  的清除率高, 这与以往的研究结论一致<sup>[11-13]</sup>。

另外, 从降水过程与  $PM_{10}$  浓度的变化关系(图 6)分析发现: 在一次降水过程中, 当日降水量达到最大值时,  $PM_{10}$  浓度当天并未降至最低, 最低值往往出现在降水最高值的次日; 在连续性降水过程中(图 6c、图 6g、图 6h),  $PM_{10}$  浓度并未因持续的降水而不断减小, 而是随着降水量自峰值的不断减弱反而逐渐升高, 当降水量再次增大时浓度便再次下降; 在间断性降水天气过程中(图 6b、图 6d、图 6e、图 6f), 当降水一旦停止,  $PM_{10}$  浓度会有一定程度的升高, 并有可能高于降水前的浓度值。

表3 不同等级、不同形态的日降水量对应的  $PM_{10}$  清除率

Tab. 3 Removal rate of  $PM_{10}$  under conditions of daily precipitation with different grades and forms

等级	降雨量/mm	$PM_{10}$ 清除率	等级	降雪量/mm	$PM_{10}$ 清除率
小雨	$R < 10.0$	0.02	小雪	$R < 2.5$	0.08
中雨	$10.0 \leq R < 25.0$	0.20	中雪	$2.5 \leq R < 5.0$	0.28
大雨	$R \geq 25.0$	0.24	大雪	$R \geq 5.0$	0.38

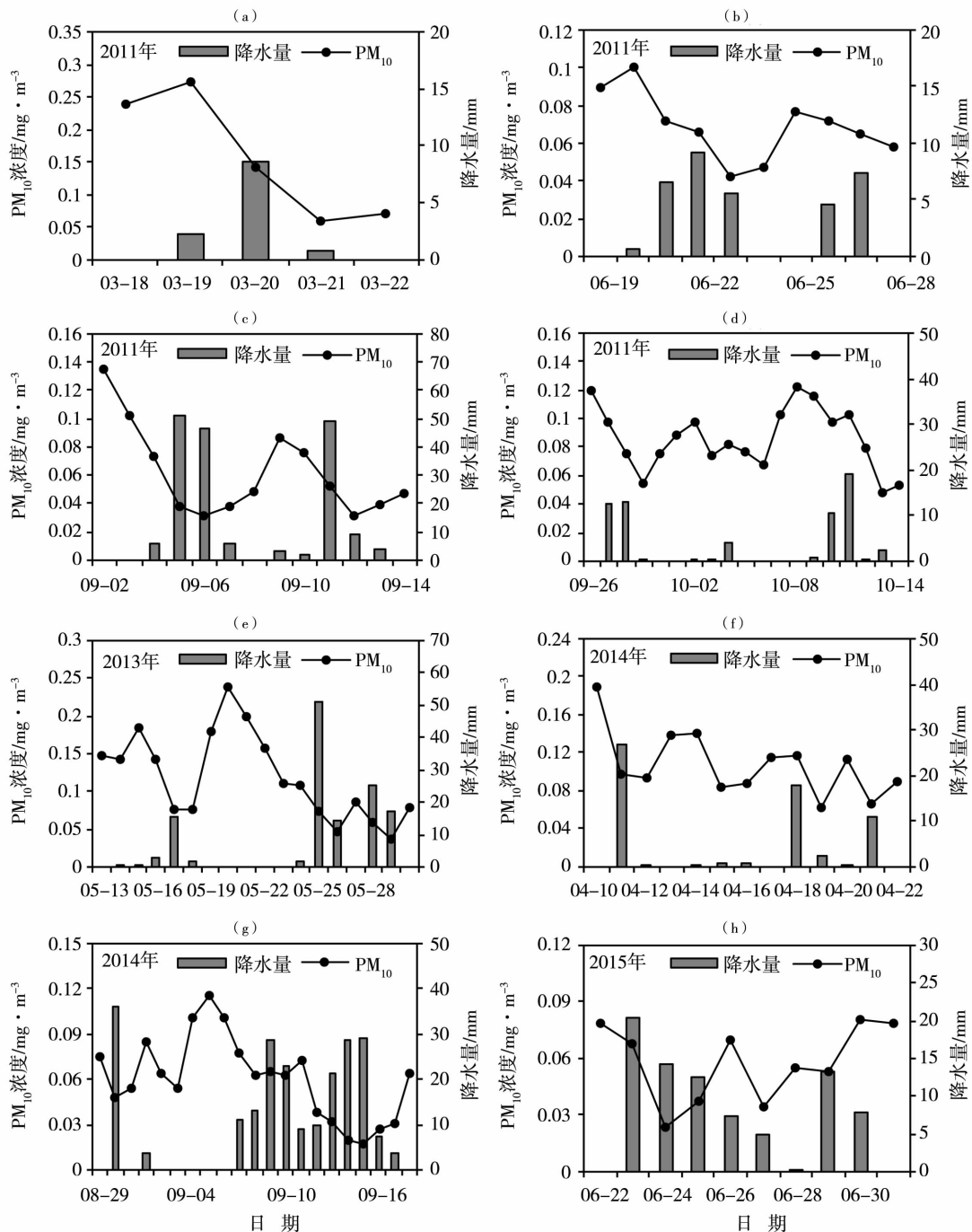


图6 不同降水过程下西安城区 PM<sub>10</sub>浓度与日降水量的关系

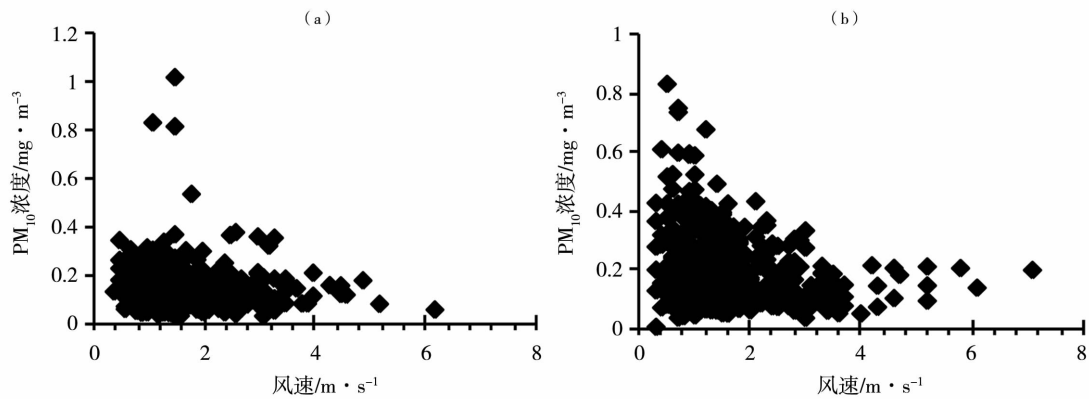
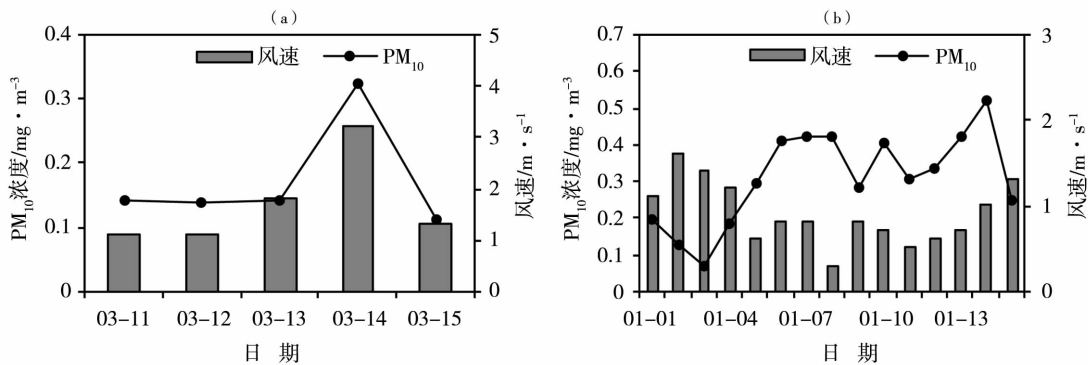
Fig. 6 Relationship between PM<sub>10</sub> concentration and daily precipitation in urban area of Xi'an during different rainfall processes

2.2.3 PM<sub>10</sub>浓度与风速的关系

图7给出春季和冬季西安城区风速与PM<sub>10</sub>浓度的关系,可知,春季PM<sub>10</sub>浓度与风速的反比关系不明显,说明春季大风沙尘天气易造成PM<sub>10</sub>浓度增高;冬季PM<sub>10</sub>浓度与风速呈明显反比关系,高风速有利于PM<sub>10</sub>的扩散稀释,对大气起到净化作用。

为了更好地理解风速与PM<sub>10</sub>浓度的关系,选取

2次典型的天气过程进行分析。2011年3月13—14日,西安市出现一次较大规模的沙尘天气过程,风速为3.2 m·s<sup>-1</sup>,大风沙尘天气造成PM<sub>10</sub>浓度明显升高,达0.324 mg·m<sup>-3</sup>(图8a)。说明沙尘天气时风速越大,PM<sub>10</sub>浓度越高。2013年冬季为西安市近几年污染最为严重时段,其中1月1—15日天气静稳(图8b),较小风速不利于污染物扩散,故冬季低风速利于污染物堆积,PM<sub>10</sub>浓度较高。

图7 西安城区春季(a)和冬季(b)PM<sub>10</sub>浓度与风速的关系Fig.7 Relationship between PM<sub>10</sub> concentration and wind speed in spring (a) and winter (b) in urban area of Xi'an图8 2011年春季(a)和2013年冬季(b)2次过程西安城区PM<sub>10</sub>浓度与逐日风速关系Fig.8 Relationship between PM<sub>10</sub> concentration and daily wind speed during two processes occurring in spring of 2011 (a) and winter of 2013 (b) in urban area of Xi'an

### 3 结论

(1)2011—2015年,西安城区PM<sub>10</sub>浓度变化相对稳定,在 $0.13 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 上下波动,仅2013年出现了骤增。高温、少雨、风速小等不利气象条件是导致2013年PM<sub>10</sub>浓度剧增的主要原因。

(2)西安城区PM<sub>10</sub>浓度有明显的季节变化,冬季最高,春季次之,夏季最小,主要污染发生在春冬季节,大气污染物分别以沙尘和煤烟为主。

(3)西安城区PM<sub>10</sub>浓度与气温的关系较为复杂。1—10月二者呈显著正相关,11—12月呈不显著的负相关。PM<sub>10</sub>浓度与气温之间并非是简单的线性关系,当夏季气温低于 $29 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,PM<sub>10</sub>浓度与气温呈正相关,高于 $29 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 时二者呈负相关;当冬季气温低于 $-1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,PM<sub>10</sub>浓度与气温呈正相关,高于 $-1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 时二者呈负相关。其原因是:气温低于 $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 为西安冬季进入采暖期标准,气温越低,逆温越强,大气层结越稳定,燃煤排放也越大,致使PM<sub>10</sub>浓度越大。近5a西安市1—2月高温少雨低湿的气象

条件不利于污染物的稀释,且易造成地表沙土松散,增加了扬尘排放量,故气温与PM<sub>10</sub>浓度呈正相关。

(4)西安市PM<sub>10</sub>浓度基本随降水量的增加而下降,但降水无法对PM<sub>10</sub>彻底清除。同一形态的降水清除能力与其量级呈线性正相关,同等级的固态降水比液态降水对PM<sub>10</sub>浓度的清除率高。在一次降水过程中,PM<sub>10</sub>浓度最低值往往出现在降水最高值的次日;连续性降水过程中,PM<sub>10</sub>浓度并未因持续的降水而不断减小,而是随着降水量自峰值的减小反而逐渐升高,当降水量再次增大时浓度便再次下降;在间断性降水过程中,降水一旦停止,PM<sub>10</sub>浓度将有一定的升高,并有可能高于降水前的浓度值。

(5)西安城区春季PM<sub>10</sub>浓度与风速的反比关系不明显,说明春季大风沙尘天气易造成PM<sub>10</sub>浓度增高;冬季PM<sub>10</sub>浓度与风速成反比关系,说明低风速不利于燃煤取暖污染物的扩散。

#### 参考文献

[1] 陈雷华,余晔,陈晋北,等. 2001—2007年兰州市主要大气污染

- 物污染特征分析[J]. 高原气象,2010,29(6):1627-1633.
- [2] 李尉卿,杜光俊,王梦. 郑州市2012—2014年春节期间大气污染物浓度时空变化特征研究[J]. 气象与环境科学,2015,38(4):12-21.
- [3] 黄菊梅,周慧,张驰成,等. 岳阳城区空气污染的变化特征及气象影响因素[J]. 气象科技,2015,43(5):932-938.
- [4] 吴雁,陈瑞敏,王颀,等. 2013年河北中南部PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>浓度时间变化特征及其影响气象条件分析[J]. 气象与环境科学,2015,38(4):68-75.
- [5] 王冠岚,薛建军,张建忠. 2014年京津冀空气污染时空分布特征及主要成因分析[J]. 气象与环境科学,2016,39(1):34-42.
- [6] 赵克蕾,何清,钟玉婷,等. 2012年库尔勒市PM<sub>10</sub>质量浓度的变化特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2014,8(1):11-16.
- [7] 石春娥,翟武全,杨军,等. 长江三角洲地区四省会城市PM<sub>10</sub>污染特征[J]. 高原气象,2008,27(2):408-414.
- [8] 赵建华, Kyle Tietze, Zheng H J, 等. 沙尘PM<sub>10</sub>质量浓度与气温的关系初探[J]. 干旱气象,2012,30(3):339-344.
- [9] 于杰,车慧正,陈权亮,等. 2010—2012年我国西北地区沙尘个例气溶胶特征分析[J]. 气象与环境科学,2016,39(2):33-40.
- [10] 严敏,马姗姗,冯贵宾,等. 北京市海淀区PM<sub>10</sub>污染特征及其与气象要素的关系[J]. 气象科技进展,2014,4(5):58-62.
- [11] 付桂琴,张杏敏,尤凤春,等. 气象条件对石家庄PM<sub>2.5</sub>浓度的影响分析[J]. 干旱气象,2016,34(2):349-355.
- [12] 高煜中,潘华盛,张桂华,等. 气象条件变化对哈尔滨市空气质量的影响[J]. 气象科技,2003,31(6):361-365.
- [13] 张占峰,甘露,马小萍,等. 降水对西宁市大气污染物浓度的影响分析[J]. 青海环境,2016,26(2):57-61.
- [14] 张岳鹏,李璇,聂滕,等. 2014年2月北京PM<sub>2.5</sub>污染过程及天气形势分析[J]. 气象与环境科学,2016,39(2):55-62.
- [15] 张宝贵,孙丽华. 秦皇岛市空气污染与气象要素的关系[J]. 气象与环境学报,2009,25(4):43-47.
- [16] 余予,孟晓艳,刘娜,等. 近50年春季沙尘活动及其对PM<sub>10</sub>质量浓度的影响[J]. 高原气象,2014,33(4):988-994.
- [17] 宁海文,吴息. 西安市区大气污染时空变化特征及其与气象条件关系[J]. 陕西气象,2005(2):17-20.
- [18] 董继元,王式功,尚可政. 降水对中国部分城市空气质量的影响分析[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(12):43-48.
- [19] 李霞,杨青,吴彦. 乌鲁木齐地区雪和雨对气溶胶湿清除能力的比较研究[J]. 中国沙漠,2003,23(5):560-564.

## Characteristics of PM<sub>10</sub> Concentration and Influence of Meteorological Factors in Urban Area of Xi'an

JIN Li'na, YANG Xiaochun, HONG Chao

(Xi'an Meteorological Bureau of Shaanxi Province, Xi'an 710016, China)

**Abstract:** With the sustainable development of urbanization in recent years, the atmospheric pollution is becoming more and more serious, and PM<sub>10</sub> is the major pollutant in Xi'an. Based on the daily PM<sub>10</sub> concentration and temperature, precipitation, wind speed from 2011 to 2015 in urban area of Xi'an, the annual and seasonal variation characteristics of PM<sub>10</sub> concentration were analyzed, firstly. The correlation between temperature and PM<sub>10</sub> concentration as well as the threshold of temperature influencing on PM<sub>10</sub> concentration in winter and summer, the removal rate of precipitation with different grades and forms to PM<sub>10</sub> and the effect of wind speed on PM<sub>10</sub> concentration in spring and winter were discussed. The results showed that the annual change of PM<sub>10</sub> concentration was relatively stable in urban area of Xi'an from 2011 to 2015, but increased rapidly in 2013, the adverse weather conditions with high temperature, little rainfall and low wind speed were closely related with the sharply increase of PM<sub>10</sub> concentration in 2013. PM<sub>10</sub> concentration had obvious seasonal change, and it was the maximum in winter and followed in spring, main pollutants were dust and soot in spring and winter, respectively. The relation between PM<sub>10</sub> concentration and temperature wasn't simple linear. The threshold of temperature in summer and winter was 29 °C and -1 °C, respectively, PM<sub>10</sub> concentration was positively correlated with temperature below the threshold, whereas their correlation was negative. PM<sub>10</sub> concentration presented inverse correlation with precipitation, but the removal rate of precipitation to PM<sub>10</sub> concentration was always less than 1. The removal ability of precipitation to PM<sub>10</sub> was positively related with the rainfall magnitude from the same form precipitation, and the removal rate of solid precipitation was higher than that of liquid precipitation from the same rainfall grade. The lowest value of PM<sub>10</sub> concentration usually appeared on the second day of the highest precipitation during a precipitation process. PM<sub>10</sub> concentration increased with the decrease of precipitation from the peak during the continuous precipitation process, which decreased when precipitation increased again. However, once the precipitation stopped, PM<sub>10</sub> concentration would rise, and it was even higher than the value before the precipitation during the intermittent precipitation. The strong wind and dust in spring would easy cause the increase of PM<sub>10</sub> concentration, while PM<sub>10</sub> concentration was inversely proportional to wind speed in winter.

**Key words:** PM<sub>10</sub> concentration; variation characteristics; meteorological factors; influence factors