

西安南二环5月PM₁₀质量浓度时空变化规律

王兴敏¹, 赵景波^{1,2}

1. 陕西师范大学旅游与环境学院, 西安 710062

2. 中国科学院地球环境研究所气溶胶化学与物理重点实验室, 西安 710075

摘要 利用电脑微激光粉尘仪对西安市南二环2013年春季5月70 m高度范围内的可吸入颗粒物(PM₁₀)质量浓度进行了4个昼夜的监测。观测发现, 西安南二环PM₁₀质量浓度昼夜变化可分为5个阶段: 第1阶段在8:00—10:00, PM₁₀平均质量浓度范围0.056 mg/m³; 第2阶段在12:00—14:00, PM₁₀平均质量浓度为0.075 mg/m³; 第3阶段在16:00—18:00, PM₁₀平均质量浓度为0.058 mg/m³; 第4阶段在20:00—22:00, PM₁₀平均质量浓度为0.070 mg/m³; 第5阶段在0:00—6:00, PM₁₀平均质量浓度为0.038 mg/m³。高分辨率地垂向观测结果表明, 西安5月PM₁₀质量浓度垂向变化可分为3种类型: 第1种类型, 随着高度的增加PM₁₀质量浓度增加幅度居中, 平均递增率为0.048 μg/m; 第2种类型, 随着高度的增加PM₁₀质量浓度幅度增加最大, 递增率为0.065 μg/m, 且波动变化明显; 第3种类型, 随着高度的增加PM₁₀质量浓度增加幅度最小, 递增率为0.013 μg/m。西安南二环5月PM₁₀质量浓度在1 m高度处最低, 平均为0.048 mg/m³; 4~46 m高度范围内质量浓度较低, 平均为0.051 mg/m³; 在49~67 m高度范围内质量浓度较高, 平均为0.052 mg/m³; 在70 m处最高, 平均为0.056 mg/m³。观测期间PM₁₀质量浓度与4 m处的温度之间为显著正相关($y=240.73x+12.305$), 与4、7、10 m高度处的湿度为显著负相关($y=-606.42x+82.08$)。

关键词 PM₁₀质量浓度; 阶段变化; 垂向变化; 西安南二环

中图分类号 X513

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2015.09.002

Spring inhalable particle concentration space-time changes of Xi'an South Second Ring

WANG Xingmin¹, ZHAO Jingbo^{1,2}

1. Tourism and Environment College, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China;

2. Key Lab of Aerosol Chemistry & Physics, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, China

Abstract The concentrations of PM₁₀ within the 70 m height range at the South Second Ring of Xi'an were monitored for 4 days and nights in May 2013 by a microcomputer laser dust monitor. The results show that PM₁₀ concentration varied in 5 phases of the day. The first phase was at am 8:00–10:00, with an average concentration of 0.056 mg/m³. The second was at 12:00–14:00, with an average concentration of 0.075 mg/m³. The third was at pm 16:00–18:00, with an average concentration of 0.058 mg/m³. The fourth was at 20:00–22:00, with an average concentration of 0.070 mg/m³. The fifth one was in the night of 0:00–6:00, with an average concentration of 0.038 mg/m³. High resolution vertical observations indicate that Xian vertical variation of PM₁₀ concentrations can be divided into three types in May. The first type decreases as altitude increases PM₁₀ concentration increases was middle, the average increase rate for 0.048 μg/m. The second type as the altitude increases PM₁₀ concentration was the highest increase rate for 0.065 μg/m and volatile changes significantly. The third type as the height increases PM₁₀ concentration was the lowest and the increase rate for

收稿日期: 2015-04-05; 修回日期: 2015-04-25

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(NSFC41230641); 中国科学院战略性先导科技专项(XDB05060500)

作者简介: 王兴敏, 硕士研究生, 研究方向为环境科学, 电子信箱: wangxingmin@stu.snnu.edu.cn; 赵景波(通信作者), 教授, 研究方向为环境科学与自然地理学, 电子信箱: zhaojb@snnu.edu.cn

引用格式: 王兴敏, 赵景波. 西安南二环5月PM₁₀质量浓度时空变化规律[J]. 科技导报, 2015, 33(9): 18–24.

0.013 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。At the height of 70 m the mass concentration of PM_{10} was the highest, the mean value being 0.56 mg/m^3 ; the concentration at 1m height was the lowest, the average concentration being 0.048 mg/m^3 。In the range of 4–46 m height, the PM_{10} mass concentration was the second lowest, with an average concentration of 0.051 mg/m^3 。In the scope of 49–67 m, the PM_{10} mass concentration was the second highest, with an average concentration of 0.052 mg/m^3 , which presented a remarkable increasing trend。During the observation period, the mass PM_{10} concentration and the temperature had a marked positive correlation at the height of 4 m (Correlation formula is $y=240.73x+12.305$)。The mass PM_{10} concentration and the humidity had a marked negative correlation at the heights of 4, 7, and 10 m (Correlation formula is $y=-6.0668x+0.821$)。

Keywords PM_{10} mass concentrations; phase change; vertical variation; South Second Ring of Xi'an

1999—2005年,中国环境空气可吸入颗粒物(PM_{10})达到二级标准的城市仅占33.1%~56.1%;在空气质量超标的城市中,68%的首要污染物是 PM_{10} ^[1]。 PM_{10} 是细小悬浮状态的颗粒物,对人体健康危害较大。

研究发现,与颗粒物相伴随的重金属有75%~90%的分布在 PM_{10} 中,颗粒越小重金属分布越高^[2]。陈添等^[3]对北京市大气 PM_{10} 进行源解析发现,主要贡献源是土壤尘,其他依次为燃煤排放,机动车燃油排放和建筑水泥排放。在风速较小和静风日偏多的条件下,空气中颗粒物浓度增加^[4]。李军等^[5]对 PM_{10} 的季节变化规律进行研究,发现由于各地污染源的不同,不同地区的变化规律也不同。对 PM_{10} 持续污染过程的研究表明,持续性污染主要发生在冬季^[6]。郭斌等^[7]对石家庄秋季可吸入颗粒物的垂直分布研究发现, PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 含量在20 m以下增加较快,在20 m以上增加缓慢。韩素芹等^[8]对天津市近地层 $\text{PM}_{2.5}$ 变化的垂直分布研究发现,在40、120、220 m 3个不同高度的质量浓度是120 m>40 m>220 m。

西安作为西北地区的重要城市,人口密集,空气污染较为明显^[9,10]。很多研究者对西安的空气质量进行了研究^[11,12]。李沐珂等^[13]通过对西安地区 PM_{10} 质量浓度的研究发现,西安的 PM_{10} 质量浓度的季节变化为冬季>春季>秋季>夏季。目前针对西安市 PM_{10} 质量浓度昼夜变化和垂向高分辨率变化研究较少。本文根据对西安南二环在70 m高度范围内空气中 PM_{10} 质量浓度的较高分辨率观测,揭示西安5月 PM_{10} 质量浓度昼夜和垂向变化规律。

1 观测地点和方法

可吸入颗粒物的垂直采集需要一定的平台,本次实验选择的是西安市南二环路边,在长安大学家属区24层高的20号楼外侧进行观测。楼的北侧对面是西安市南二环,观测点在每层楼的窗子之外30 cm处。此处为居民区,南二环汽车排放的污染物为主。另有小型餐饮店和居民生活产生的污染。在2013年5月7日、14日、21日、28日分别进行了24 h PM_{10} 质量浓度的昼夜观测。每隔2 h对每一层的污染物和气象因素进行一次观测,测定1~70 m范围内各个高度 PM_{10} 的质量浓度,每2 h获得24个 PM_{10} 质量浓度观测数据。

PM_{10} 采用LD-3C(L)型袖珍式微电脑激光粉尘激光仪。仪器以激光为光源,可实现空气中 PM_{10} 质量浓度的快速测定,获取一个数据的时间为1 min,灵敏度为0.01 mg/m^3 ,测量

范围为0.01~100.00 mg/m^3 。该仪器具有自动校准系统,可以通过“测量-校准”按钮对仪器进行校准,性能稳定可靠,能够较好地满足实验精度。

利用Excel 2003进行数据处理,并利用SPSS 19.0对 PM_{10} -温度及 PM_{10} -湿度进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 西安市南二环5月不同高度 PM_{10} 质量浓度的变化

西安南二环5月 PM_{10} 1~70 m范围内不同高度的变化如图1所示。从图1可以看出,不同高度 PM_{10} 质量浓度的变化特点较为一致。在早晨8:00—10:00 PM_{10} 质量浓度一直在上升,在12:00达到峰值,之后逐渐下降,并在18:00下降到最低,然后再上升并在22:00达到较高值。

根据图1(a)中 PM_{10} 质量浓度的变化,可将昼夜变化分为5个阶段,分别为8:00—10:00、12:00—14:00、16:00—18:00、20:00—22:00、0:00—6:00。在第1阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围是0.048~0.063 mg/m^3 ,平均为0.050 mg/m^3 。第2阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围是0.068~0.080 mg/m^3 ,平均为0.074 mg/m^3 。第3阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围是0.056~0.063 mg/m^3 ,平均为0.060 mg/m^3 。第4阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围是0.068~0.075 mg/m^3 ,平均为0.070 mg/m^3 。第5阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围是0.028~0.048 mg/m^3 ,平均为0.036 mg/m^3 。

依据图1(b)中 PM_{10} 质量浓度变化,也可将其分为5个阶段,分别为8:00—10:00、12:00—14:00、16:00—18:00、20:00—22:00、0:00—6:00。第1阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围是0.050~0.060 mg/m^3 ,平均为0.056 mg/m^3 。第2阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围是0.070~0.083 mg/m^3 ,平均为0.075 mg/m^3 。第3阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围为0.055~0.063 mg/m^3 ,平均为0.057 mg/m^3 。第4阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围是0.068~0.078 mg/m^3 ,平均为0.073 mg/m^3 。第5阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围是0.027~0.050 mg/m^3 ,平均为0.038 mg/m^3 。

从图1(c)中 PM_{10} 质量浓度变化,同样可将其分为5个阶段,分别在8:00—10:00、12:00—14:00、16:00—18:00、20:00—22:00、0:00—6:00。第1阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围为0.050~0.060 mg/m^3 ,平均质量浓度为0.056 mg/m^3 。第2阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围为0.068~0.080 mg/m^3 ,平均质量浓度为0.074 mg/m^3 。第3阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围为0.05~0.060 mg/m^3 ,平均质量浓度为0.057 mg/m^3 。第4阶段 PM_{10} 质

量浓度变化范围为 0.065~0.075 mg/m^3 , 平均质量浓度为 0.069 mg/m^3 。第 5 阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围为 0.030~0.053 mg/m^3 , 平均质量浓度为 0.039 mg/m^3 。

根据图 1(d)中 PM_{10} 质量浓度变化, 亦可将其分为 5 个阶段, 分别为 8:00—10:00、12:00—14:00、16:00—18:00、20:00—22:00、0:00—6:00。第 1 阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围为 0.058~0.070 mg/m^3 , 平均为 0.062 mg/m^3 。第 2 阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围为 0.070~0.080 mg/m^3 , 平均质量浓度为 0.075 mg/m^3 。第 3 阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围为 0.058~0.063 $\text{mg}/$

m^3 , 平均质量浓度为 0.059 mg/m^3 。第 4 阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围 0.063~0.075 mg/m^3 , 平均质量浓度为 0.068 mg/m^3 。第 5 阶段 PM_{10} 质量浓度变化范围为 0.027~0.057 mg/m^3 , 平均质量浓度为 0.038 mg/m^3 。

图 1 中(a)~(b) PM_{10} 质量浓度变化规律基本相同, 而且 4 个昼夜的观测结果都有这样的规律, 充分表明西安 5 月 70 m 高度范围 PM_{10} 质量浓度昼夜变化可分为 5 个阶段, 是西安 5 月具有代表性的规律。

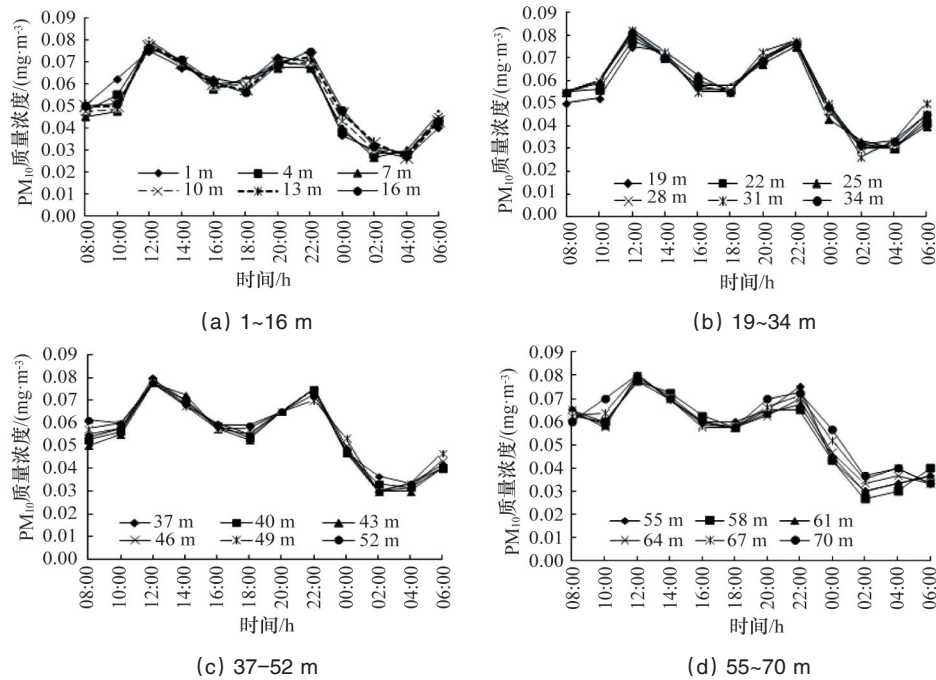


图 1 西安市南二环 5 月 PM_{10} 质量浓度变化曲线

Fig. 1 Temporal variations of PM_{10} mass concentrations at different heights from 0 to 70 meters in May

2.2 西安南二环 5 月 PM_{10} 的垂向变化

不同时间 PM_{10} 质量浓度的垂向变化不同, 通过对昼夜

24 h 12 个时间段 PM_{10} 质量浓度的垂直变化的整体分析, 根据 PM_{10} 质量浓度在垂向上的增减变化趋势分为 3 种类型(图 2)。

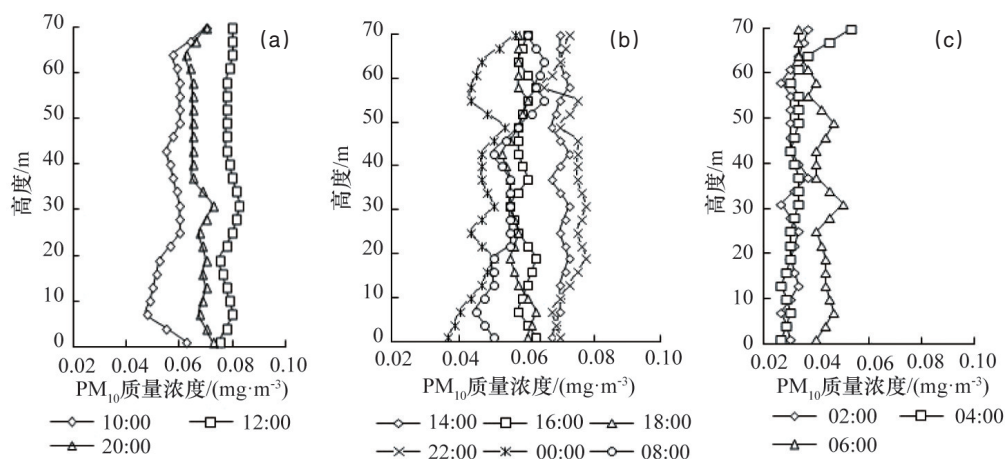


图 2 观测期间不同时刻 PM_{10} 质量浓度随高度变化

Fig. 2 Vertical variations of PM_{10} concentrations at different times during observation

第1种类型(图2(a))主要特点是 PM_{10} 平均质量浓度随着高度的升高而增加幅度居中,平均递增率为 $0.048 \mu\text{g}/\text{m}$ 。这一类型出现在早晨10:00~12:00和20:00。10:00浓度变化范围 $0.048\sim 0.070\text{mg}/\text{m}^3$,平均质量浓度为 $0.057 \text{mg}/\text{m}^3$ 。12:00浓度变化范围为 $0.075\sim 0.080 \text{mg}/\text{m}^3$,平均质量浓度为 $0.079\text{mg}/\text{m}^3$ 。20:00浓度变化范围为 $0.063\sim 0.073\text{mg}/\text{m}^3$,平均质量浓度为 $0.067 \text{mg}/\text{m}^3$ 。

第2种类型(图2(b))主要特点是 PM_{10} 质量浓度随高度的增加呈现波动上升变化,且波动幅度最大,为 $0.065 \mu\text{g}/\text{m}$ 。这一类型出现在8:00,14:00~18:00和22:00~0:00。8:00浓度变化范围为 $0.045\sim 0.065 \text{mg}/\text{m}^3$,平均质量浓度为 $0.055 \text{mg}/\text{m}^3$ 。14:00浓度变化范围为 $0.068\sim 0.073 \text{mg}/\text{m}^3$,平均质量浓度为 $0.070 \text{mg}/\text{m}^3$ 。16:00浓度变化范围为 $0.055\sim 0.063 \text{mg}/\text{m}^3$,平均质量浓度为 $0.059 \text{mg}/\text{m}^3$ 。18:00浓度变化范围为 $0.053\sim 0.063 \text{mg}/\text{m}^3$,平均质量浓度为 $0.057 \text{mg}/\text{m}^3$ 。20:00浓度变化范围为 $0.063\sim 0.073 \text{mg}/\text{m}^3$,平均质量浓度为 $0.067 \text{mg}/\text{m}^3$ 。22:00浓度变化范围为 $0.065\sim 0.078 \text{mg}/\text{m}^3$,平均质量浓度为 $0.073 \text{mg}/\text{m}^3$ 。0:00浓度变化范围为 $0.037\sim 0.057 \text{mg}/\text{m}^3$,平均质量浓度为 $0.047 \text{mg}/\text{m}^3$ 。

m^3 ,平均质量浓度为 $0.047 \text{mg}/\text{m}^3$ 。

第3种类型(2(c))主要特点是 PM_{10} 质量浓度随着高度的升高而上升,递增率是 $0.013 \mu\text{g}/\text{m}$, PM_{10} 质量浓度递增率较第一种和第二种类型大。这一类型出现在2:00~6:00。2:00浓度变化范围为 $0.027\sim 0.037 \text{mg}/\text{m}^3$,平均质量浓度为 $0.031 \text{mg}/\text{m}^3$ 。4:00浓度变化范围为 $0.027\sim 0.053 \text{mg}/\text{m}^3$,平均质量浓度为 $0.033 \text{mg}/\text{m}^3$ 。6:00浓度变化范围为 $0.033\sim 0.050 \text{mg}/\text{m}^3$,平均质量浓度为 $0.041 \text{mg}/\text{m}^3$ 。

2.3 西安南二环5月昼夜不同时段 PM_{10} 质量浓度差异

不同时段 PM_{10} 质量浓度变化(图3)表明,上午(7:00~12:00) PM_{10} 的变化范围为 $0.045\sim 0.083 \text{mg}/\text{m}^3$,平均质量浓度为 $0.064 \text{mg}/\text{m}^3$ 。下午(14:00~19:00)的变化范围为 $0.053\sim 0.073\text{mg}/\text{m}^3$,平均质量浓度为 $0.062 \text{mg}/\text{m}^3$ 。白天即为(7:00~19:00)的变化范围是 $0.045\sim 0.083 \text{mg}/\text{m}^3$,平均质量浓度为 $0.063 \text{mg}/\text{m}^3$ 。夜间(19:00~7:00)的变化范围在 $(0.027\sim 0.078 \text{mg}/\text{m}^3)$,平均质量浓度为 $0.049 \text{mg}/\text{m}^3$ 。

综上所述,西安市南二环 PM_{10} 的日变化,表现出上午的平均质量浓度高于下午,白天浓度高于夜间。

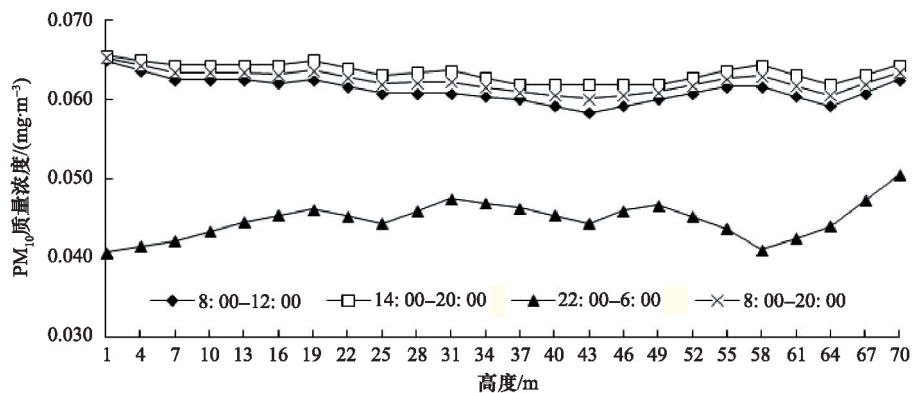


图3 春季5月不同时间段 PM_{10} 质量浓度随高度变化

Fig. 3 Vertical variations of PM_{10} mass concentrations at different times of day in spring in May

3 讨论

3.1 西安市南二环 PM_{10} 昼夜变化原因分析

西安南二环每个观测高度的 PM_{10} 质量浓度变化都具有5个阶段的变化特点,这与西安冬季和其他地区冬季等 PM_{10} 质量浓度变化阶段较少不同^[14,15]。在12:00会出现第一个峰值,早晨8:00开始 PM_{10} 的质量浓度一直在升高,产生的原因是人们的生产生活频繁,不断产生的颗粒物使得 PM_{10} 不断升高。同时上午地面接受的太阳辐射尚少,空气对流微弱,也是 PM_{10} 质量浓度较高的原因。在12:00会出现在第一个高峰原因是上午对流扩散较弱,颗粒物不断积累,在12:00达到最大。下午 PM_{10} 质量浓度最低原因主要是地面下午地面气温达到一天的高值时段,导致地面空气不稳定^[16],对流扩散强,使得颗粒物浓度稀释。在夜间 PM_{10} 质量浓度最低的原因是夜间颗粒物排放源减少。夜间会在22:00出现第二个峰值的

原因是,18:00之后对流扩散减弱,加之下班晚高峰车辆产生的颗粒物增多,导致颗粒物浓度增大。在22:00后,随着人们生产生活的不断减少,车流量的下降,使得 PM_{10} 在22:00 PM_{10} 质量浓度不断减小,并在2:00—4:00出现浓度低的阶段。

本文与孙玫玲等^[17]对天津市秋季 PM_{10} 质量浓度的研究有相同之处也有不同之处,天津秋季 PM_{10} 年浓度也呈现双峰变化,即在早晨8:00—10:00和夜间2:00—4:00出现峰值,不同之处是西安5月颗粒物峰值段出现在早晨10:00—12:00和夜间22:00—0:00,比天津市后推2 h。这种不同除了与观测点不同有关,还与观测季节、天气状况有很大关系。本文确定的5个阶段较天津的观测结果更为清楚。

3.2 西安南二环 PM_{10} 垂向变化原因分析

西安市南二环上 PM_{10} 的日变化表现出总体一致的垂向变化特点。在1 m处最低,在70 m处最高,其余居中。在4~

46 m 质量浓度变化呈现较缓慢的升高趋势,在 49~67 m 处质量浓度升高幅度较 4~46 m 高度范围大,因为随着高度的升高,温度不断增加,出现逆温现象,使得对流扩散减弱,引起 PM₁₀ 质量浓度增加。本文与穆珍珍等^[18]对西安雁塔区冬季可吸入颗粒物时空变化研究结果接近,也与张见昕等^[19]对沈阳冬季高层建筑周边颗粒物垂直分布规律相近,在 1 m 处 PM₁₀ 质量浓度最低,最高点(81 m)处最高,在 4~67 m 都呈现升高的趋势。与开封市近地层大气颗粒物的垂直分布特征^[20]结果不相同,开封市的数据结果显示,随着高度的增加,在 2~70 m 高度上 PM₁₀ 质量浓度呈现递减趋势。

3.3 PM₁₀ 质量浓度和度的相关性

实时观测的温度数据和各个高处 PM₁₀ 质量浓度数据如图 4 所示。由图 4 可知,PM₁₀ 质量浓度与温度呈现明显的正相

关,高度与温度也呈现明显的正相关。通过相关性分析得出,图 4(a)中的拟合定量公式为 $y=240.73x+12.305$ (x 为 PM₁₀ 质量浓度, y 为温度),图 4(b)中的拟合定量公式为 $y=0.0587x+24.849$ (x 为高度, y 为温度)。并对两者进行 Pearson 相关性分析(表 1)可知,温度和 PM₁₀ 呈现显著的正相关,其中在 4 m 处 PM₁₀ 和温度在 0.01 水平上呈现显著正相关。这是由于随着高度的升高,温度不断增加而出现逆温存在使湍流减弱,导致颗粒物的扩散减弱,使得 PM₁₀ 质量浓度升高。这一结果与刘克利等^[21]对乌海市温度和 PM₁₀ 呈现正相关一致,而与杨荣师等^[22]对贵阳市 PM₁₀ 研究得出的温度与 PM₁₀ 质量浓度有时呈现正相关有时呈现负相关不同。因不同的地区和不同时期排放源和天气条件存在差别,所以结果也不相同。

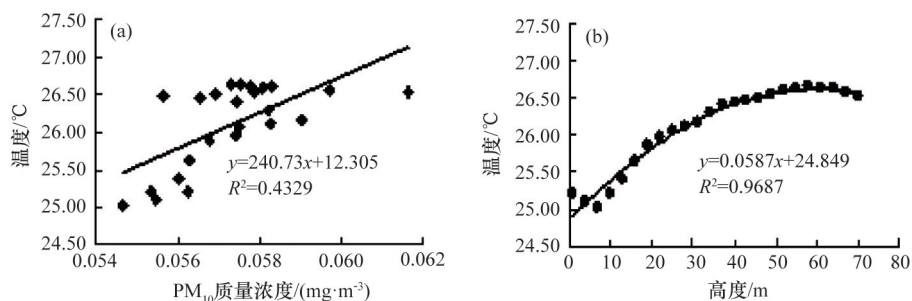


图 4 PM₁₀ 质量浓度与温度(a)及温度与高度(b)的相关关系

Fig. 4 Correlations between PM₁₀ mass concentration and temperature

表 1 不同高度处 PM₁₀ 质量浓度与温度的相关性分析

Table 1 Correlations between PM₁₀ mass concentration and temperature at different heights in spring

高度/m	相关系数	高度/m	相关系数	高度/m	相关系数	高度/m	相关系数
1	0.63*	19	0.58*	37	0.59*	55	0.57*
4	0.69**	22	0.57*	40	0.60*	58	0.62*
7	0.63*	25	0.58*	43	0.61*	61	0.60*
10	0.63*	28	0.52*	46	0.57*	64	0.60*
13	0.61*	31	0.46*	49	0.55*	67	0.54*
16	0.61*	34	0.53*	52	0.57*	70	0.49*

注:**为 $P < 0.01$, *为 $P < 0.05$ 。

3.4 PM₁₀ 质量浓度的垂向变化和湿度的相关性

实时观测的湿度数据和各个高度 PM₁₀ 质量浓度如图 5 所示。由图 5 可知,PM₁₀ 质量浓度与湿度呈现明显的负相关,湿度与高度呈现明显的负相关。通过相关性分析,得出图 5(a)中的拟合定量公式为 $y=-606.42x+82.08$,图 5(b)中的拟合定量公式为 $y=-0.2149x+51.466$ 。对两者进行 Pearson 相关性分析(表 2)可知,湿度与 PM₁₀ 质量浓度呈现显著负相关,其中 4、7、10 m 3 个高度上 PM₁₀ 质量浓度和相对湿度在 0.01 水平上呈现明显的负相关。贺沫珺在上海闸北区的观测也得出

PM₁₀ 与相对湿度呈现一定的负相关关系^[23]。王开燕等^[24]的研究得出 PM₁₀ 的质量浓度与相对湿度呈现正相关关系,可能是由于观测季节不同而导致的。不同研究者获得的湿度与 PM₁₀ 质量浓度的关系存在相反认识。分析湿度值的大小变化可知,在湿度很高的条件下,湿度与 PM₁₀ 质量浓度呈现负相关,在湿度低的条件下,湿度与 PM₁₀ 质量浓度呈现正相关。本文观测期间相对湿度很大,这是其与 PM₁₀ 质量浓度呈现负相关的原因。很高的湿度增加颗粒物的凝结沉降,降低了其质量浓度。

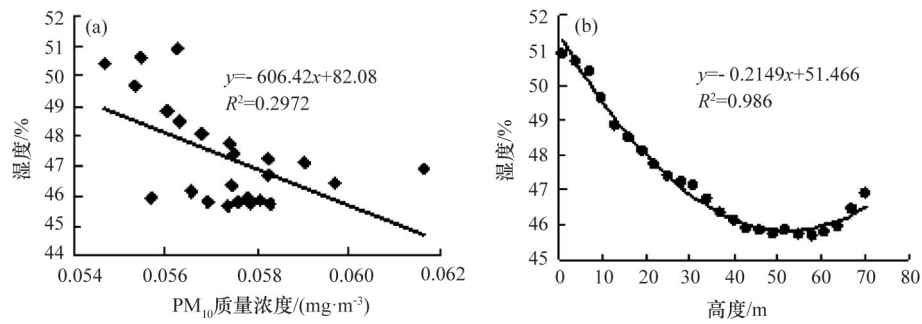


图5 PM₁₀质量浓度与湿度(a)及湿度与高度(b)的相关关系

Fig. 5 Correlations between PM₁₀ mass concentration, humidity and height

表2 不同高度处PM₁₀质量浓度与相对湿度的相关性分析

Table 2 Correlations between PM₁₀ mass concentration and humidity at different heights in spring

高度/m	相关系数	高度/m	相关系数	高度/m	相关系数	高度/m	相关系数
1	-0.68*	19	-0.56*	37	-0.61*	55	-0.63*
4	-0.73**	22	-0.61*	40	-0.63*	58	-0.70*
7	-0.74**	25	-0.65*	43	-0.65*	61	-0.64*
10	-0.71**	28	-0.60*	46	-0.64*	64	-0.57*
13	-0.68*	31	-0.55*	49	-0.66*	67	-0.49*
16	-0.63*	34	-0.58*	52	-0.64*	70	-0.38*

注:**为 $P < 0.01$, *为 $P < 0.05$ 。

4 结论

1) 西安南二环70 m高度范围内PM₁₀质量浓度昼夜变化呈现双峰分布和5个阶段的变化规律,两个峰值分别出现在12:00和22:00,5个阶段分别出现在在8:00—10:00、12:00—14:00、16:00—18:00、20:00—22:00、0:00—6:00之间,呈现低-高-低-高-低的变化。

2) 观测期间,随着高度的增加西安5月份PM₁₀质量浓度整体呈现上升趋势,这与逆温的存在有很大关系。观测期间西安5月PM₁₀质量浓度垂向变化分为3种类型,第1种类型随着高度的增加PM₁₀质量浓度增加幅度居中,平均递增率为0.048 μg/m。第2种类型随着高度的增加PM₁₀质量浓度幅度增加最大,递增率为0.065 μg/m,且波动变化明显。第3种类型随着高度的增加PM₁₀质量浓度增加幅度最小,递增率为0.013 μg/m。

3) 在监测时段内,西安南二环5月70 m高度范围内的PM₁₀质量浓度最高,平均为0.56 mg·m⁻³。1 m处浓度PM₁₀最低,平均为0.048 mg·m⁻³。在4~46 m高度范围PM₁₀质量浓度为次低值,平均质量浓度为0.051 mg·m⁻³。在49~67 m高度范围PM₁₀质量浓度为次高值,平均质量浓度为0.051 mg·m⁻³。4~46 m高度范围PM₁₀质量浓度呈较缓慢上升趋势,在49~67 m高度范围PM₁₀质量浓度呈较快上升趋势。

4) 本研究采样期间在PM₁₀质量浓度与4 m处的温度之

间呈现显著正相关($y=240.73x+12.305$),与4、7、10 m高度处的湿度呈现显著负相关($y=-606.42x+82.08$)。

参考文献(References)

- [1] 李红, 曾凡刚, 邵龙义, 等. 可吸入颗粒物对人体健康危害的研究进展[J]. 环境与健康杂志, 2002, 19(1): 85-89.
Li Hong, Zeng Fangang, Shao Longyi, et al. Current status of study on the human health effects of inhalable particulates [J]. Journal of Environment and Health, 2002, 19(1): 85-89.
- [2] Mohanral R, Azeez P A, Priscilla T, et al. Heavy metal in airborne particulate matter of urban Coimbatore[J]. Environmental Contamination and Toxicology, 2004, 47: 162-167.
- [3] 陈添, 华蕾, 金蕾, 等. 北京市大气PM₁₀源解析研究[J]. 中国环境监测, 2006, 22(6): 58-63.
Chen Tian, Hua Lei, Jin Lei, et al. Research on PM₁₀ source apportionment in Beijing[J]. Environmental Monitoring in China, 2007, 22(6): 59-63.
- [4] 席云. 大气中PM₁₀浓度与气象因素的关系[J]. 保山师专学报, 2005, 23(5): 25-28.
Xi Yun. PM₁₀ and Meteorology[J]. Journal of Baoshan Teachers' College, 2005, 23(5): 25-28.
- [5] 李军, 孙春宝, 刘咸德, 等. 气象因素对北京市大气颗粒物浓度影响的非参数分析[J]. 环境科学研究, 2009, 22(6): 663-669.
Li Jun, Sun Chunbao, Liu Xiande, et al. Non-parameter statistical analysis of impacts of meteorological conditions on PM concentration in Beijing[J]. Research of Environmental Sciences, 2009, 22(6): 663-669.

- [6] 隋珂珂, 王自发, 杨军, 等. 北京PM₁₀持续污染及常规气象要素的关系[J]. 环境科学研究, 2007, 20(6): 77-82.
Sui Keke, Wang Zefa, Yang Jun, et al. Beijing persistent PM₁₀ pollution and its relationship with general meteorological features[J]. Research of Environmental Sciences, 2007, 20(6): 77-82.
- [7] 韩素芹, 李培彦, 李向津, 等. 天津市近底层PM_{2.5}的垂直分布特征[J]. 生态环境, 2008, 17(3): 975-979.
Han Suqin, Li Peiyan, Li Xiangjin, et al. Vertical distribution of the PM_{2.5} at the ground layer in Tianjin[J]. Ecology and Environment, 2008, 17(3): 975-979.
- [8] 郭斌, 任爱玲, 李良玉, 等. 石家庄秋季可吸入颗粒物的垂直分布特征[J]. 中国科学院研究生院学报, 2007, 24(5): 714-719.
Guo Bin, Ren Ailing, Li Liangyu, et al. The vertical distribution characteristics of respirable particles in autumn of Shijiazhuang[J]. Journal of the Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, 2007, 24(5): 714-719.
- [9] 胡慧, 王自发, 安俊岭, 等. 城市空气污染持续维持机制研究——2002年西安市空气污染持续过程分析及其气象成因[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(1): 124-131.
Zhou Hui, Wang Zifa, An Junling, et al. The mechanism of urban air pollution persistence part I: The analysis of air pollution persistence and its relate meteorology in Xi'an in 2002[J]. Climatic and Environmental Research, 2005, 10(1): 124-131.
- [10] 孙根年, 吴小娟, 周立花. 西安大气SO₂/NO_x污染时空变化的分析[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(5): 99-103.
Sun Gennian, Wu Xiaojuan, Zhou Lihua. Analysis on temporal and spatial changes of SO₂/NO_x in Xi'an city during 1991-2002[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2006, 20(5): 99-103.
- [11] 王健鹏, 王式功, 孟小绒, 等. 沙尘天气等对西安市空气污染影响的研究[J]. 中国沙漠, 2004, 24(5): 558-564.
Wang Jianpeng, Wang Shigong, Meng Xiaorong, et al. Influence of dust storms and other meteorological factors on air pollution in Xi'an city [J]. Journal of Desert Research, 2004, 24(5): 558-564.
- [12] 孙根年, 张静. 西安市大气硫酸化速率的时空变化研究[J]. 干旱区研究, 2006, 23(3): 478-483.
SUN Gennian, ZHANG Jing. Study on spatiotemporal change of the sulphation speed in atmosphere in Xi'an city during the period of 1989-2003[J]. Arid Zone Research, 2006, 23(3): 478-483.
- [13] 李沐珂, 沈振新, 李旭祥, 等. 西安市可吸入颗粒物污染水平及其气象条件的关系[J]. 过程工程学报, 2006, 6(2): 15-18.
Li Muke, Shen Zhenxing, Li Xuxiang, et al. Mass concentration of PM₁₀ and its relationship with meteorological conditions over Xi'an[J]. Chinese Journal of Process Engineering, 2006, 6(2): 15-18.
- [14] 赵晨曦, 王云琦, 王玉杰, 等. 北京地区冬春PM_{2.5}和PM₁₀污染水平时空分布及其与气象条件的关系[J]. 环境科学, 2014, 35(2): 418-427
Zhao Chenxi, Wang Yunqi, Wang Yujie, et al. Temporal and spatial distribution of PM_{2.5} and PM₁₀ pollution status and the correlation of particulate matters and meteorological factors durind winter and spring in Beijing[J]. Environment Science, 2014, 35(2): 418-427.
- [15] 徐峰. 乌鲁木齐市2011年冬季PM_{2.5}/PM₁₀质量浓度特征分析[J]. 干旱环境监测. 2012, 26(2): 81-85.
Xu Feng. Analysis of PM_{2.5}/PM₁₀ concentration characteristics Urumqi city in the winter of 2011[J]. Arid Environment Monitoring, 2012, 26(2): 81-85.
- [16] 蔡慧, 林树生, 吴静波, 等. 淮安区大气中颗粒物PM₁₀、PM_{2.5}污染水平[J]. 环境研究与检测, 2009, 22(3): 25-27.
Cai Hui, Lin Shusheng, Wu Jingbo, et al. Particles in atmosphere in Huaian PM₁₀, PM_{2.5} pollution level[J]. Environmental study and monitoring, 2009, 22(3): 25-27.
- [17] 孙玫玲, 穆怀斌, 吴丹珠, 等. 天津城区秋季PM_{2.5}质量浓度垂直分布特征研究[J]. 气象, 2008, 34(10): 60-66.
Sun Meiling, Mu Huaibin, Wu Danzhu, et al. Vertical distribution characteristics of PM_{2.5} mass concentration in the atmosphere over Tianjin[J]. Meteorological Monthly, 2008, 34(10): 60-66.
- [18] 穆珍珍, 赵景波, 徐娜, 等. 西安市雁塔区冬季可吸入颗粒物的时空变化研究[J]. 环境科学学报, 2011, 31(7): 1509-1516.
Mu Zhenzhen, Zhao Jingbo, Xu Na, et al. Vertical and temporal variation of PM₁₀ in Yanta District, Xi'an during winter[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2011, 31(7): 1509-1516.
- [19] 张见昕, 姜秋俚. 冬季沈阳市高层建筑周边颗粒物垂直分布规律[J]. 农业与技术, 2013, 33(1): 168.
Zhang Jianxi, Jiang Qiuli. In the winter of Shenyang high-rise buildings surrounding particles vertical distribution law[J]. Agriculture and Technology, 2013, 33(1): 168.
- [20] 袁媛. 开封市近地层大气颗粒物垂直分布特征研究[D]. 开封: 河南大学, 2010.
Yuan Yuan. Characteristics of Kaifeng vertical distributions of atmospheric particulate in the surface[D]. Kaifeng: Henan University, 2010.
- [21] 刘克利, 王晓丽, 李扬. 乌海市空气污染特征及其气象要素的关系[J]. 环境科学与技术, 2012, 35(6): 399-401.
Liu Keli, Wang Xiaoli, Li Yang, et al. Air pollutants' character and the relation between pollutants and meteorological factors in Wuhai, Inner Mongolia[J]. Environmental Science & Technology, 2012, 35(6): 399-401.
- [22] 杨荣师, 李金娟, 徐露, 等. 贵阳市西郊PM₁₀污染特征及其与主要气象因素的关系讨论[J]. 贵州大学学报: 自然科学版, 2009, 26(2): 123-127.
Yang Rongshi, Li Jinjuan, Xu Lu, et al. Discussions on pollution characteristics of PM₁₀ and the relationships between meteorological factors in the western urban part of Guiyang city[J]. Journal of Guizhou University: Natural Sciences, 2009, 26(2): 123-127.
- [23] 贺沫璐. 可吸入颗粒物污染与气象因子的关系[J]. 环境科学与管理, 2012, 37(6): 91-96.
He Mojun. Correlation of inhalable particle pollution and meteorological factors[J]. Environmental Science and Management, 2012, 37(6): 91-96.
- [24] 王开燕, 王雪梅, 张仁健, 等. 北京市冬季气象要素对气溶胶浓度日变化的影响[J]. 环境科学研究, 2008, 21(4): 132-135.
Wang Kaiyan, Wang Xuemei, Zhang Renjian, et al. Impact of meteorological factors on aerosol concentration diurnal variation in Beijing winter[J]. Research of Environmental Sciences, 2008, 21(4): 132-135.

(编辑 田恬)