

文章编号:1673-8411(2018)03-0076-04

## 揭阳市空气污染特征及气象条件分析

林巧美,陈裕强,陈璟,陈泳峰,梁洁华  
(揭阳市气象局,广东 揭阳 515599)

**摘要:**利用揭阳市气象局环境观测站PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>逐日质量浓度监测资料以及2016年天气形势图,分析了揭阳市空气污染的变化特征。结果表明:揭阳市PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>质量浓度具有季节、月际和日变化,并且与风速和相对湿度呈负相关,降水对于空气污染物具有明显的净化作用;容易产生PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>高质量浓度的地面形势为受低压槽、脊后槽前、变性高压脊等,850hPa则为变性脊或低压槽,另外,受台风外围下沉气流控制,也容易产生高浓度天气。

**关键词:**揭阳市;空气污染;气象条件

中国分类号:P415.1

文献标识码:A

## Analysis of air pollution characteristics and meteorological conditions in Jieyang

Lin Qiaomei, Chen Yuqiang, Chen Jing, Chen Yongfeng, Liang Jiehua  
(Jieyang Meteorological Bureau, Jieyang Guangdong 515599)

**Abstract:**Based on the daily mass concentration monitoring data of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> at Jieyang Meteorological Bureau Environmental Observatory and the weather situation map of 2016, the variation characteristics of air pollution in Jieyang City were analyzed. The results show that the mass concentrations of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> have seasonal, monthly, and diurnal variations, and are negatively correlated with wind speed and relative humidity. Precipitation has obvious purification effect on air pollutants. The ground conditions which are prone to produce PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> high mass concentrations are low pressure trough, behind the ridge and before the trough, and denatured high pressure ridge, while at 850 hPa is denatured ridge or low pressure trough. In addition, it is easy to generate high concentration weather under the control of the external subsidence of typhoon.

**Keywords:** Jieyang; air pollution; meteorological conditions

空气质量事关人民群众的健康、福祉和经济社会发展,已有很多学者和专家开展了大量的研究工作<sup>[1-17]</sup>,指出空气污染与气象条件关系密切,气象条件通过影响污染物的稀释、扩散、传输和转化过程,进而影响污染物的时空分布。近年来,随着城市化建设和工业化进程的加快,揭阳市空气质量在广东省排名偏后,引起了党政领导和公众的关注。为贯彻落实国家大气污染防治行动计划,进一步推进空气质量预报预警和大气重污染应急等工作,很有必要对揭阳市空气污染特征及气象条件进行深入的

分析,本文旨在充分发挥气象部门的技术优势,分析揭阳市空气污染与气象条件的关系,为空气污染预报预警和防治提供参考。

### 1 资料来源

本项目选取揭阳市气象局环境监测站2015年9月到2017年8月近2年逐日逐时的PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>观测资料,揭阳市气象局观测站2016年逐日的风速、相对湿度、降水、气温等气象资料,以及2016年地面及850hPa天气形势图,采用统计学、现代气候统计

收稿日期:2018-03-22

作者简介:林巧美(1971-),女,广东揭阳人,副研级高工,从事天气预报和预报管理工作。

诊断方法,对揭阳市PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>等大气污染物进行季、月、日、时的分析,总结出揭阳市空气污染的总体特征以及与气象条件的关系,对今后空气污染气象条件及空气质量预报预警有很好的参考作用。

## 2 PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>的浓度变化特征

### 2.1 季节变化特征

从表1可以看出,揭阳市PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>质量浓度分布具有明显季节变化,表现出冬春季偏高,夏秋季偏低的特征,其中冬季最高,PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>质量浓度分别达到37.1 ug/m<sup>3</sup>和70.3 ug/m<sup>3</sup>,夏季浓度最低,分别为12.9 ug/m<sup>3</sup>和44.0 ug/m<sup>3</sup>。

表1 2015年9月~2017年8月揭阳市各季PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>平均质量浓度(ug/m<sup>3</sup>)

| 季节       | PM <sub>2.5</sub> | PM <sub>10</sub> |
|----------|-------------------|------------------|
| 春(3~5月)  | 34.2              | 69.9             |
| 夏(6~8月)  | 12.9              | 44.0             |
| 秋(9~11月) | 29.6              | 62.5             |
| 冬(12~2月) | 37.1              | 70.3             |

### 2.2 月际变化特征

从图1可以看出,质量浓度具有明显的月际变化,而且变化趋势具有一致性,质量浓度的最高值出现在3月份,分别达到46.7ug/m<sup>3</sup>和91.7ug/m<sup>3</sup>,主要是3月份处于大气环流从冬季向春季转换过渡阶段,此时冷空气活动开始减弱,静稳的天气形势增多,不利于污染物扩散。而最低值则出现在6月份,分别为8.1ug/m<sup>3</sup>和39.1ug/m<sup>3</sup>,主要是夏季太阳辐射强、温度高、大气对流活动旺盛、降水增多,有利于污染物的稀释和扩散,减轻了揭阳市的空气污染。

### 2.3 日变化特征

近年两年来,揭阳市PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>日平均质量浓度分别为28.4 ug/m<sup>3</sup>和61.7 ug/m<sup>3</sup>,其中PM<sub>2.5</sub>日最高浓度为114.7ug/m<sup>3</sup>(2016年12月4日),最低浓度4.5ug/m<sup>3</sup>(2016年5月28日),PM<sub>10</sub>日最高浓度为226.1ug/m<sup>3</sup>(2016年3月30日),最低浓度30.7ug/m<sup>3</sup>(2017年8月23日)。

从图2可以看出,揭阳市PM<sub>2.5</sub>

和PM<sub>10</sub>平均质量浓度具有明显的日变化,变化趋势也具有一致性,一天之中质量浓度出现两个高峰期,最高峰出现在9时前后,分别达到35.1ug/m<sup>3</sup>和72.9 ug/m<sup>3</sup>,次高峰出现在19~20时,其中PM<sub>10</sub>为72.9 ug/m<sup>3</sup>(19时),PM<sub>2.5</sub>为32.5 ug/m<sup>3</sup>(20时)。每天下半夜到早晨变化平稳,从7时开始上升,9时达到最高峰,10时以后呈现下降趋势,15时达到最低值,PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>分别为22.5ug/m<sup>3</sup>和53.5ug/m<sup>3</sup>,之后又开始上升。

## 3 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>质量浓度与气象条件分析

大气污染物浓度的空间分布和随时间的变化主要取决于污染源的排放条件和污染物在大气中扩散的气象条件。污染源的状况在一定时间内相对稳定,大气对污染物的扩散能力的影响则变化很大,当气象条件发生变化时,同一污染源所造成的污染物浓度可相差几倍甚至几十倍。

### 3.1 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>质量浓度与风速

有关研究指出,风对于空气污染物的稀释和扩散起着重要作用<sup>[18-19]</sup>,本文统计了日平均风速 $U < 1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \leq U < 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $U \geq 2.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>的质量浓度对比,从表2可以看出风速对PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>的质量浓度影响呈现负相关,风速越大,对污染物的

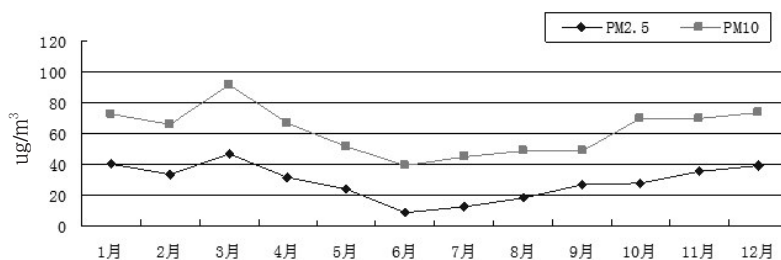


图1 PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>质量浓度月际变化

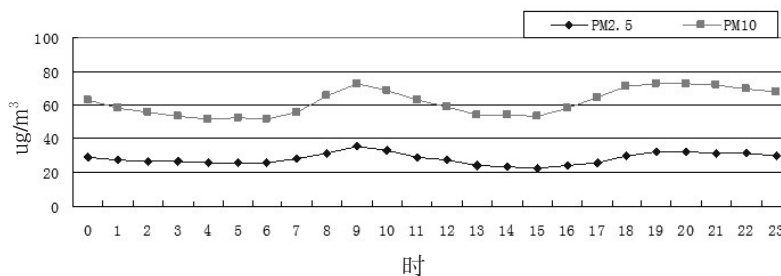


图2 PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>质量浓度日变化

稀释扩散能力越强,PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>的质量浓度越小,风速越小,对污染物的稀释扩散能力越弱,则质量浓度越大,特别是静风天最不利于污染物扩散。

表2 2006年PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>质量浓度与日平均风速的关系

| 质量浓度(ug/m <sup>3</sup> ) | 风速(m·s <sup>-1</sup> ) |             |         |
|--------------------------|------------------------|-------------|---------|
|                          | U < 1.5                | 1.5 ≤ U < 2 | U ≥ 2.0 |
| PM <sub>2.5</sub>        | 38.4                   | 30.6        | 21.1    |
| PM <sub>10</sub>         | 74.8                   | 65.9        | 56.7    |

### 3.2 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>质量浓度与相对湿度

统计了相对湿度  $f < 80\%$ 、 $80\% \leq f < 90\%$ 、 $f \geq 90\%$  时,PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>的质量浓度变化(见表3),可见,PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>的平均质量浓度随着相对湿度的增加而减小。

表3 2006年PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>的质量浓度与相对湿度的关系

| 质量浓度<br>(ug/m <sup>3</sup> ) | 相对湿度(%)    |                      |               |
|------------------------------|------------|----------------------|---------------|
|                              | $f < 80\%$ | $80\% \leq f < 90\%$ | $f \geq 90\%$ |
| PM <sub>2.5</sub>            | 35.1       | 28.6                 | 22.6          |
| PM <sub>10</sub>             | 73.4       | 65.8                 | 54.0          |

### 3.3 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>质量浓度与气温

由表4可见,当 $T \geq 25^\circ\text{C}$ 时,PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>的平均质量浓度为最小,分别为18.7 ug/m<sup>3</sup>和49.2 ug/m<sup>3</sup>,当 $15^\circ\text{C} \leq T < 25^\circ\text{C}$ 时,PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>的平均质量浓度为最大,分别为39.7 ug/m<sup>3</sup>和80.4 ug/m<sup>3</sup>,当 $T < 15^\circ\text{C}$ 时,PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>的平均质量浓度处于中间。出现这种质量浓度分布趋势,主要原因是当 $T \geq 25^\circ\text{C}$ 时,揭阳市处于夏季,层结不稳定,容易产生对流,此时大气扩散能力强,如果伴有降水,对空气污染有很强净化作用。当 $T < 15^\circ\text{C}$ 时,揭阳市处于冬季,通常受冷空气影响,风力较大,大气扩散能力较强。当 $15^\circ\text{C} \leq T < 25^\circ\text{C}$ 时大多处于春季或秋季,对流较弱,冷空气影响也弱,造成大气扩散能力较弱,所以浓度最高。

表4 2006年PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>的质量浓度与平均气温的关系

| 质量浓度(ug/m <sup>3</sup> ) | 风速(m·s <sup>-1</sup> ) |  |                             |
|--------------------------|------------------------|--|-----------------------------|
|                          | $T < 15^\circ\text{C}$ | $15^\circ\text{C} \leq T < 25^\circ\text{C}$ | 当 $T \geq 25^\circ\text{C}$ |
| PM <sub>2.5</sub>        | 31.1                   | 39.7   | 18.7                        |
| PM <sub>10</sub>         | 70.1                   | 80.4   | 49.2                        |

### 3.4 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>质量浓度与降水

揭阳市大部分的污染物以气溶胶粒子的状态存在于大气中,降水对于空气污染物具有明显的净化作用。从表5可以看出PM<sub>2.5</sub>在无降水日的平均质量浓度为32.5 ug/m<sup>3</sup>,在降水0.1~9.9mm时为26.7 ug/m<sup>3</sup>,下降了18%,在降水大于等于10mm时为21.5

ug/m<sup>3</sup>,下降了34%。PM<sub>10</sub>在无降水日的平均质量浓度为76.6 ug/m<sup>3</sup>,在降水0.1~9.9mm时为57.0 ug/m<sup>3</sup>,下降了26%,在降水大于等于10mm时为45.8 ug/m<sup>3</sup>,下降了41%。大气环境污染物有一个背景质量浓度值,在远大于这个背景质量浓度值时降水对污染物的清除效果很明显,但是接近这个背景质量浓度值时降水对污染物的清除效果就不明显,其中PM<sub>10</sub>对降水反应较PM<sub>2.5</sub>“敏感”,在同等降水量的情况下被清除得最多,出现这种情况的原因是PM<sub>10</sub>相对PM<sub>2.5</sub>更容易溶于水,湿沉降到地面。同时,对于中雨以上降水对PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>的清除效果较好。

表5 2006年PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>质量浓度与降水的关系

| 质量浓度<br>(ug/m <sup>3</sup> ) | 无降水  | 有降水  | RR < 10mm | RR ≥ 10mm |
|------------------------------|------|------|-----------|-----------|
| PM <sub>2.5</sub>            | 32.5 | 24.7 | 26.7      | 21.5      |
| PM <sub>10</sub>             | 76.6 | 52.6 | 57.0      | 45.8      |

### 3.5 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>高污染浓度与天气形势

分析了PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>日平均浓度与天气形势的关系,结果发现在污染源不变的情况下,低层(地面和850hPa)天气形势对PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>浓度变化有很大的影响,容易造成高浓度污染物的主要天气形势有以下几种。

#### 3.5.1 地面形势

揭阳地面一般为弱冷高压脊、脊后槽前、变性高压脊、低压槽、均压场控制,或者在台湾东部近海海面有台风活动,揭阳处在台风外围下沉气流控制,在这些系统控制下,近地面层风力减弱,不利于污染物扩散,造成污染物积聚,容易产生高污染浓度。

#### 3.5.2 850hPa天气系统

当揭阳在受变性脊、低槽控制下,PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>的浓度较高,因为在这些系统控制下,城市低层易出现逆温层,逆温层的厚度可从几十米到几百米,污染物不能向上扩散,又向下蔓延堆积,从而加重了大气污染。

## 4 小结

(1)揭阳市PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>质量浓度分布具有明显季节、月际和日变化,表现出冬春季偏高,夏秋季偏低的特征,最高值出现在3月份,最低值则出现在6月份,一天之中质量浓度出现两个高峰期和一个低谷,最高峰出现在9时前后,低谷出现在15时。

(2)PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>的质量浓度与风速和相对湿度呈负相关,风速或相对湿度越大,其质量浓度越小;



降水对于空气污染物具有明显的净化作用,对于中雨以上降水对PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>的清除效果更好,PM<sub>10</sub>对降水反应较PM<sub>2.5</sub>“敏感”。

(3)容易产生PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>高质量浓度的天气形势:地面为受低压槽、脊后槽前、变性高压脊,弱冷高压脊、均压场时等;而850hPa为变性脊或低压槽。另外,受台风外围下沉气流控制,也容易产生高浓度天气。

#### 参考文献:

- [1] 廖国莲,郑凤琴,莫雨淳. 南宁典型空气污染和清洁过程的近地层流场分析[J]. 气象研究与应用, 2014, 35(1): 56-59.
- [2] 罗森波,罗秋红,谢炯光,等. 广州市大气污染与气象条件关系的统计分析[J]. 热带气象学报, 2006, 22(6): 567-573.
- [3] 廖国莲,曾鹏,程鹏. 珠江三角洲典型灰霾天气过程和清洁过程近地层流场的EOF对比分析[J]. 气象研究与应用, 2008, 29(4): 23-25.
- [4] 吴兑,邓雪娇. 环境气象学与特种气象预报[M]. 北京:气象出版社, 2001: 278-379.
- [5] 周亚军,熊亚丽,肖伟军,等. 广州空气污染指数特征及其与地面气压型的关系[J]. 热带气象学报, 2005, 21(1): 93-99.
- [6] 董惠青,谢宏斌. 2004年南宁市空气质量回顾[J]. 气象研究与应用, 2005, 26(1): 38-40.
- [7] 赵敬国,王式功,王嘉媛,等. 兰州市空气污染与气象条件关系分析[J]. 2013, 49(4): 491-503.
- [8] 郭勇涛,余峰,王式功,等. 兰州市空气质量状况及与常规气象条件的关系[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(11): 100-105.
- [9] 董惠青,谢宏斌,郑凤琴. 2003广西主要城市空气质量评价及空气污染物浓度与气象条件关系[J]. 气象研究与应用, 2004, 25(1): 36-39.
- [10] 李雄,董惠青. 南宁市空气质量状况特征研究[J]. 气象研究与应用, 2001, 22(4): 31-34.
- [11] 徐晓峰,李青春,张小玲. 北京一次局地重污染过程气象条件分析[J]. 气象科技, 2005, 33(6): 543-547.
- [12] 纪忠萍,罗森波,邝建新,等. 广州市空气污染的变化特征及预报[J]. 热带气象学报, 2006, 22(6): 574-581.
- [13] 王迎春,孟燕军,赵习方. 北京市空气污染业务预报方法[J]. 气象科技, 2001, 29(4): 42-46.
- [14] 吴桑先,郑凤琴,李雄,等. 南宁市城区空气质量特征的差异[J]. 气象研究与应用, 2008, 29(1): 7-50.
- [15] 蒲义良,高玲玉,侯中阳. 江门市AQI和能见度特征及其与气象要素的关系[J]. 广东气象, 2017, 39(5): 46-50.
- [16] 陈吟晖,姜丽萍,朱舒曼. 中山市地面气象要素与环境空气质量的关系[J]. 广东气象, 2006, 28(2): 36-39.
- [17] 陈晶,张礼俊,钟流举. 珠江三角洲空气质量现状及特征[J]. 广东气象, 2008, 30(4): 15-17.
- [18] 王苑,耿福海,陈勇航,等. 基于微脉冲激光雷达的上海浦东地区不同强度霾研究[J]. 中国环境科学, 2013, 33(1): 21-29.
- [19] 吴兑,吴晓京,朱小祥. 雾和霾[M]. 北京:气象出版社, 2009: 17.

(上接第59页)

标准及经验,存在较多的不确定因素,盲目投入会有一定的风险。要大量推广羊肚菌栽培,还要进一步考察、探索、研究,完善适合本地区栽培的技术指标,才有可能达到理想的效益。如果能向工厂化、智能化、规模化的模式发展,也许会成为一条可行的、可持续发展的创业致富之路。

#### 参考文献:

- [1] 朱斗锡,何荣华. 中国羊肚菌高产栽培新技术[M]. 四川:四川省科学技术出版社, 2017.
- [2] 李育岳,汪麟,汪虹. 食用菌栽培手册[M]. 北京:金盾出版社, 2001.
- [3] 肖锋,王得贤,杨冬梅. 温度pH值光照对羊肚菌菌丝生长的影[J]. 中国食用菌, 2000, 19(5): 13-15.
- [4] 常明昌. 食用菌栽培学[M]. 中国农业出版社, 2010.
- [5] 余丽萍,陈江锋,丁丽华. 开化县旅游气候适宜期评价[J]. 气象研究与应用, 2016, 37(3): 102-104.
- [6] 黄冬梅,卢丽莉,黄卓帆. 凤山县气候特征及其适宜性评价[J]. 气象研究与应用, 2015, 36(3): 50-52+63.
- [7] 周美丽,陆甲,李艳兰,等. 广西2008年气候特点及其影响评价[J]. 气象研究与应用, 2009, 30(2): 62-65.
- [8] 李艳兰,黄雪松,周美丽. 广西2006年气候特点及其影响评价[J]. 气象研究与应用, 2007, 28(2): 64-68.
- [9] 李艳兰,罗莹,黄雪松. 广西2004年气候特点及其影响评价[J]. 气象研究与应用, 2006, 27(1): 24-27.