

文章编号: 1000-2022(2006)03-0413-05

## 日照市区 $PM_{10}$ 污染物特征及其与气象要素的关系

郑美琴, 卢振礼

(日照市气象局, 山东日照 276826)

**摘要:** 对 2002 年 1 月 1 日—2002 年 12 月 31 日日照市环境监测中心提供的  $PM_{10}$  (可吸入颗粒物) 日平均浓度资料 and 对应时段的日照市地面气象资料做了深入的分析, 揭示了污染物  $PM_{10}$  变化特征及其随气象要素的变化规律。同时分析了主要污染物  $PM_{10}$  与地面风速、风向间的相关关系, 发现日照市大于等于 3 级的  $PM_{10}$  污染日均出现在 1—4 月, 地面风速对污染物  $PM_{10}$  浓度有一定影响, 当地面风速超过 5 m/s 时, 3 级及以上污染日很少出现, 当地面风速超过 6.5 m/s 时, 随着风速的提高, 污染物浓度呈下降趋势。污染物浓度呈明显的季节变化, 冬、春季节明显高于夏、秋季节。

**关键词:**  $PM_{10}$ ; 变化特征; 气象要素

中图分类号: X131.1 文献标识码: A

## Relationships between $PM_{10}$ Air Pollution Characteristics and Meteorological Elements in Rizhao Urban Area

ZHENG Mei-qin, LU Zheng-li

(Rizhao Meteorological Observatory, Rizhao 276826, China)

**Abstract** Based on the  $PM_{10}$  mean concentration data and surface meteorological data during Jan. — Dec., 2002, daily  $PM_{10}$  variation characters of Rizhao city and their relations with surface wind speed, wind direction are analyzed. Results show that the light medium and heavy pollution days ( $API > 100$ ) all occurred in January to April, the  $PM_{10}$  concentration was to some extent correlated with surface wind speed, i.e. when the surface wind speed was greater than 5 m/s, the pollution ( $API > 100$ ) was rarely seen, and the pollution concentration showed a reducing trend when the surface wind speed exceeded 6.5 m/s, and the pollution concentration exhibited an obvious seasonal variation, and the concentrations in winter and spring were remarkably higher than those in summer and autumn.

**Key words**  $PM_{10}$ ; pollution characters; meteorological elements

## 0 引言

空气污染是目前全球最为关注的环境问题之一<sup>[1]</sup>。随着我国经济和城市化不断发展, 城市地区

的空气污染问题越来越受到重视, 由于城区的空气污染状况与该地区的气象条件密切相关, 所以研究区域气象环境特征是城市空气污染气象研究领域的一个重要课题, 更远的目标也是为制定治理城市

收稿日期: 2004-10-12 改回日期: 2005-03-03

基金项目: 日照市科学技术局 200222 课题“日照市区环境污染与气象条件关系的研究”

作者简介: 郑美琴 (1969-), 女, 山西沁水人, 高级工程师, 硕士. E-mail: zmq128@sohu.com.

污染政策和法规提供科学依据<sup>[2]</sup>。随着中国区域经济的发展,一些大中城市的空气质量有恶化的趋势<sup>[3-4]</sup>。出于健康安全等方面的考虑,人们也越来越关心所居住城市的环境空气质量,尤其是空气质量大于等于 4 级属于中度以上的空气污染,对人们的工作、生活和健康危害很大。近年来,随着人们对空气质量的日益关注,控制城市大气污染,改善城市环境质量的呼声日益强烈。许多城市相继开展了空气质量预报,诸如:于淑秋等<sup>[5]</sup>对北京市区大气污染的时空特征用统计分析的方法进行了研究;王淑英等<sup>[6-8]</sup>对北京地区 PM<sub>10</sub>污染日变化特征及气象特征进行了研究,系统地分析了北京地区 PM<sub>10</sub>污染特征及其与气象条件的关系,总结了空气污染大于等于 4 级的污染日的气象条件及污染日的年、季及随不同天气的变化特征。

目前,就日照市而言,对空气质量的变化特征、影响因素、预报准确率等研究较少。日照市地处山东省鲁东南沿海地区,东临黄海,受海陆共同作用,大气环流季节变化明显,干湿季界限分明。近两年,随着城市的扩建,空气污染物浓度较大,研究表明,日照市的污染物主要为可吸入颗粒物 PM<sub>10</sub><sup>[9]</sup>,而且存在明显的季节变化,PM<sub>10</sub>成分复杂,来源广泛,其人为影响因素主要是燃料燃烧、汽车尾气、建筑施工等,其自然影响因素主要是大风、干旱引起的沙尘等<sup>[7]</sup>。因此研究污染物 PM<sub>10</sub>的变化特征及其影响因素对减缓、控制本市环境空气污染有重要意义。

## 1 资料来源和资料处理方法

### 1.1 资料来源

采用日照市环境监测中心提供的 2002 年 1 月 1 日至 2002 年 12 月 31 日逐日 PM<sub>10</sub>日平均浓度资料。PM<sub>10</sub>采样器是引进的美国全自动检测设备,每 15 min 自动采样一次,最后计算出一天的平均值。相应的气象资料采用了日照市气象台每日 4 次地面观测资料和每日 4 次地面天气形势图以及相应时段的风速和风向资料。

### 1.2 资料处理方法

空气污染程度的高低是用污染指数来表示的,因此将逐日 PM<sub>10</sub>日平均污染浓度资料换算成相应的污染指数资料,并对该时段内 PM<sub>10</sub>污染指数和对应的地面风速、风向等气象要素进行了分析,揭示了 PM<sub>10</sub>污染指数随风向频率变化和风速变化特征,并分析空气质量大于等于 3 级污染日的 PM<sub>10</sub>污染指数变化特征与地面不同天气形势的关系,为进一步

建立日照市 PM<sub>10</sub>大于等于 3 级轻微污染以上的预报模型和提高 PM<sub>10</sub>预报准确率提供科学依据。

#### 1.2.1 空气污染指数的计算

每一种污染物的分指数  $I_i$  可由其实测的浓度值  $X_i$  按照分段线性方程计算。对于第  $i$  种污染物的第  $j$  个转折点  $(C_{ij}, I_{ij})$  的分指数值和相应的浓度值,可由空气污染指数分级浓度限值表(表略)确定。当第  $i$  种污染物浓度  $X_i$  满足不等式  $C_{ij} < X_i \leq C_{i,j+1}$  时,则其分指数为

$$I_i = \frac{(I_{i,j+1} - I_{ij}) \times (X_i - C_{ij})}{(C_{i,j+1} - C_{ij})} + I_{ij}$$

式中:  $I_i$  为第  $i$  种污染物的污染分指数;  $X_i$  为第  $i$  种污染物的浓度监测值;  $I_{ij}$  为第  $i$  种污染物  $j$  转折点的污染分项指数值;  $I_{i,j+1}$  为第  $i$  种污染物  $j+1$  转折点的污染分项指数值;  $C_{ij}$  为第  $j$  转折点上  $i$  种污染物的(对应于  $I_{ij}$ )浓度限值;  $C_{i,j+1}$  为第  $j+1$  转折点上  $i$  种污染物(对应于  $I_{i,j+1}$ )浓度限值。

污染指数的计算结果只保留整数,小数点后的数值全部进位。

#### 1.2.2 空气污染指数的确定

各种污染物的污染分指数都计算出以后,取最大者为该区域或城市的空气污染指数  $I_{AP}$ ,则该项污染物即为该区域或城市空气中的首要污染物。

$$I_{AP} = \max(I_1, I_2, I_3, \dots, I_n)$$

其中:  $I_i$  为第  $i$  种污染物的分指数;  $n$  为污染物的项目数。

例如:假定某地区的 PM<sub>10</sub>日均值为 0.215 mg/m<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub>日均值为 0.105 mg/m<sup>3</sup>, NO<sub>2</sub>日均值为 0.080 mg/m<sup>3</sup>,则其污染指数的计算如下:PM<sub>10</sub>实测浓度 0.215 mg/m<sup>3</sup>,介于 0.150 mg/m<sup>3</sup> 和 0.350 mg/m<sup>3</sup> 之间,按照此浓度范围内污染指数与污染物的线性关系进行计算,即此处浓度限值  $C_2 = 0.150 \text{ mg/m}^3$ ,  $C_3 = 0.250 \text{ mg/m}^3$ ,而相应的分指数值  $I_2 = 100$ ,  $I_3 = 200$  则 PM<sub>10</sub>的污染分指数  $I = ((200 - 100) / (0.250 - 0.150)) \times (0.215 - 0.150) + 100 = 165$  其他污染物的分指数分别为  $I = 76$  (SO<sub>2</sub>),  $I = 50$  (NO<sub>2</sub>)。取污染指数最大者报告该地区的空气污染指数:  $I_{AP} = \max(165, 76, 50) = 165$ ,首要污染物为可吸入颗粒物 (PM<sub>10</sub>)。

#### 1.2.3 空气污染指数的范围及相应空气质量级别

空气污染指数的大小对应着不同的空气质量级别,对人体健康的影响程度也有所不同,应采取相应的防护措施,具体划分见表 1。

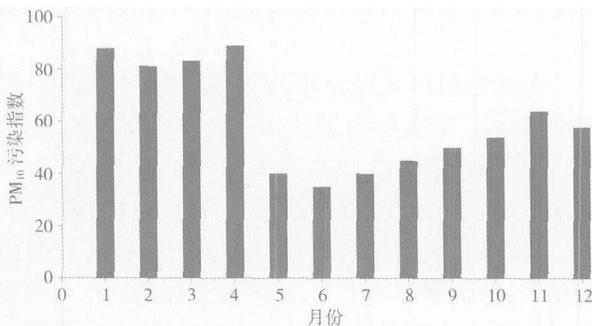
表 1 空气污染指数分级标准

Table 1 Level criterion of air pollution index

$I_{AP}$	空气质量级别	空气质量状况	对健康的影响
0~50	1	优	可正常活动
51~100	2	良	可正常活动
101~150	3 <sub>1</sub>	轻微污染	长期接触, 易感人群出现症状
151~200	3 <sub>2</sub>	轻度污染	长期接触, 健康人群出现症状
201~250	4 <sub>1</sub>	中度污染	一定时间接触后, 健康人群出现症状
251~300	4 <sub>2</sub>	中度重污染	一定时间接触后, 心脏病等症状加剧
>300	5	重度污染	健康人群有明显症状, 提前出现症状

## 2 PM<sub>10</sub> 污染指数月均值变化特征

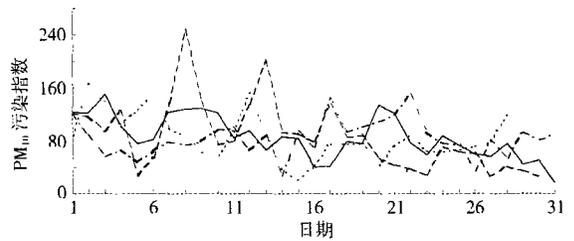
根据 2002 年 1—12 月年统计资料, PM<sub>10</sub> 污染指数全年月均值变化规律如图 1 所示。由图 1 可看出, 月平均污染指数最大, 也就是污染最重的月份为 4 月, 月平均污染指数达到 89, 其次是 1 月, 月平均污染指数达到 88, 2 月和 3 月污染指数也均达到 80 以上, 秋季 9 月, 10 月 11 月污染指数大多在 50~70 之间, 夏季污染指数最低, 大多在 50 以下, 空气质量状况基本为优。由此可以看出, 日照市 PM<sub>10</sub> 污染呈明显的季节变化, 冬、春季污染较重, 秋季次之, 夏季空气质量最好。

图 1 2002 年 1—12 月 PM<sub>10</sub> 污染指数逐月变化Fig 1 Monthly averages of PM<sub>10</sub> index from Jan. to Dec. 2002

## 3 PM<sub>10</sub> 污染相对集中时段的逐日变化特征

为进一步探讨日照市 PM<sub>10</sub> 污染的变化特征, 对 PM<sub>10</sub> 污染指数进行逐日统计 (图 2)。由图 2 可见,

PM<sub>10</sub> 污染指数大于等于 3 级的污染日均出现在 1—4 月, 共出现 44 d, 平均每月为 11 d, 污染日最多日数为 13 d, 出现在 1 月, 但污染程度最重日出现在 4 月, 4 月 8 日、4 月 13 日出现了 4 级以上污染, 其中一天污染程度达到中度重污染。2002 年 4 月 7—9 日受冷空气和上游地区沙尘天气影响, 日照市连续出现了严重扬沙天气, 4 月 8 日空气质量达 5 级, 为有污染资料以来空气污染程度最严重的一天。5—12 月则没有 3 级及以上污染日出现。夏季 6—8 月空气质量最好, 空气质量达 1 级日数占夏季总日数的 66%, 其中以 7 月份出现最多。

图 2 2002 年 1—4 月 PM<sub>10</sub> 逐日污染指数分布特征 (实线: 1 月; 虚线: 2 月; 点划线: 3 月; 长划线: 4 月)Fig 2 Daily evolution of PM<sub>10</sub> index from Jan. to Apr. 2002 (solid Jan.; dashed Feb.; dot-dashed Mar.; long-dashed Apr.)

分析表明, 造成日照市冬、春季 PM<sub>10</sub> 较重污染的主要原因是冬春季节北方冷空气频繁爆发, 大风将上游地区大量的沙尘吹起, 由于冬、春季气候干燥, 植被条件较差, 容易引起扬沙, 或受上游地区沙尘暴、浮尘影响, 因此导致 PM<sub>10</sub> 浓度剧增, 污染程度加重。另一较重要的原因是, 冬季除了工业污染源排放以外, 增加了取暖污染物排放。夏季降水集中, 对空气的净化作用明显, 污染源又最弱, 空气质量最好。

## 4 PM<sub>10</sub> 污染的影响因素

### 4.1 天气系统的影响

因日照市大于等于 3 级的 PM<sub>10</sub> 污染日均出现在 1—4 月, 统计分析该时段内的天气系统演变, 发现天气系统的影响主要分为有利扩散型 (强气压场) 和不利扩散型 (弱气压场) 两种。有利扩散天气型包括冷高压前部、高压前部、高压和冷锋后部等; 不利扩散天气型主要为华北地形槽类、高压后部、低压类、均压类、弱高压和高压底部等。两类天气型与文献 [6-10] 中地面天气系统分型较为相似。2002 年 1—4 月, 14 次中等偏弱强度冷空气影响造成 36

个  $PM_{10}$  污染指数大于 100 小于 200 的轻微污染日, 其中有 15 个污染日处于冷空气来临前地面弱气压场, 地面锋面前, 因此时风力不大, 不利于扩散, 导致  $PM_{10}$  浓度增高。21 个  $PM_{10}$  污染指数大于 100 小于 200 的轻微污染日出现与冷空气影响时和冷空气影响后。这主要是上游地区浮尘随高空气流传播而来, 导致  $PM_{10}$  浓度增高。2 次强冷空气均造成  $PM_{10}$  污染指数较重, 一次达轻度污染, 一次达到严重污染, 空气质量达到 5 级。这主要受上游沙尘暴天气的影响, 远处的扬沙、沙尘等随强风吹来, 造成  $PM_{10}$  浓度剧增, 空气质量严重恶化。

#### 4.2 地面风速的影响

风是边界层内影响污染物稀释扩散的重要因子, 风速起水平输送和稀释扩散作用, 风向决定污染物的分布。对研究时段逐日污染物等级和地面风速的平均值进行统计分析(图 3)发现: 一般情况下随着风速的提高, 空气流动加剧, 污染物的扩散加快; 1—4 月平均风速超过  $5 \text{ m/s}$  时, 污染指数很少超过 100 也就是说, 当平均风速超过  $5 \text{ m/s}$  时, 很少出现三级污染日(全市只出现 3 次), 当风速超过  $6.5 \text{ m/s}$  时, 随着风速的提高, 污染物浓度呈下降趋势。

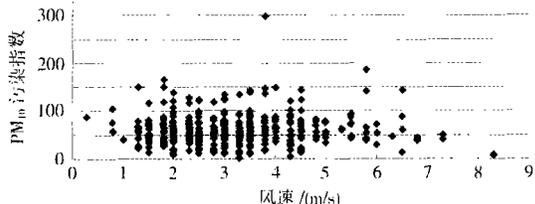


图 3 风速与污染指数关系

Fig 3 Scatter diagram of surface wind speed and air pollution index

#### 4.3 地面风向的影响

将风向分为偏北风(NNW-NE)、偏东风(ENE-SE)、偏南风(SSE-SW)、偏西风(W SW-WN) 4 部分。分析年平均、各季代表月的风向频率变化情况(图 4)发现, 日照市全年的主导风向为偏北风, 主要盛行于 8 9 10 11、12 月及次年 1 月。日照市污染指数大于等于 3 级的污染日全部出现在 1—4 月特别是风向为西、西北、北时, 空气质量的变化较大, 会出现轻微污染, 有时风速较大, 会引起沙尘天气, 出现较重污染。2 月西风和东南东风盛行, 3 月主要盛行北北东和南南东风, 4 月则盛行东南东风和北风。较重污染出现在 1—4 月, 这与该时期天气气候关系密切, 冷空气活动频繁, 而且由于该时期气候干燥, 植被条件差, 容易带来上游地区的沙尘, 出现浮尘或

扬沙天气, 导致污染物出现极大值。当风向为东南、东、东南东时, 一般情况下空气质量较好, 稳定在 2 级。从 5 月开始, 偏南风出现频率开始增多, 尤其是东南风出现频率更高, 夏季主导风向主要为东南风, 日照市东临黄海, 来自海上的潮湿气流对空气有一定的净化作用, 这也是夏季日照市空气质量最好的主要原因之一。

日照市空气污染受日照沿海海陆风的影响非常大, 以偏东风和偏西风分别代表海风和陆风。分析各季代表月的风向频率变化情况(图 4)可以看到: 1 月, 日照的主导风向是北风为主的偏北风, 这是冬季风的主要特征, 另外还有一个偏西的次主导风向, 其频率为 28%, 这应该是陆风的具体表现。4 月, 风向频率都发生了明显变化, 主导风向和次主导风向都转为偏东风和偏北风, 偏东风明显增多, 偏西风显著减少, 频率为 15%, 这说明陆风开始减弱, 海风已经达到一定的强度。7 月风向转为以南风为主导风向和偏东风为次主导风向, 这是夏季风的主要特征, 偏东风的频率进一步增加, 频率达到 32%, 说明海风强盛。10 月, 主导风向又恢复为以北风为主导风向的冬季风特征, 偏东风频率明显减少, 偏西风又成为日照沿海的次主导风向(频率为 29%), 这说明 10 月在冬季风的气候背景下陆风已开始占主导地位, 沿海只是偶尔会有海风发生。也就是说以北风为主导风向的陆风影响时, 日照市的空气污染浓度有加大的趋势, 以偏东风为主导风向的海风影响时, 空气污染浓度有减小的趋势, 特别是 6 月, 以偏东风为主的海风达到最强盛, 空气质量也达到最优。

分析该时段风向年平均频率(图 4), 发现日照市全年的主导风向为偏北风, 主要盛行于冬、春两季, 而日照市  $PM_{10}$  污染指数大于等于 3 级的污染日全部出现在该时段, 特别是风向为西、西北、北、东北时, 空气质量的变化较大, 会出现轻微污染, 有时风速较大, 会引起沙尘天气, 出现较重污染。这与该季节天气气候关系密切, 冷空气活动频繁, 北风出现频率高, 易带来上游地区的沙尘, 出现浮尘或扬沙天气, 导致  $PM_{10}$  出现极大值。当风向为东南、东、东南东时, 一般情况下空气质量较好, 稳定在 2 级。从 5 月开始, 偏南风出现频率开始增多, 尤其是东南风出现频率更高, 夏季主导风向主要为东南风, 日照市东临黄海, 来自海上的暖湿气流对空气有一定的净化作用, 这也是夏季日照市空气质量较好的主要原因之一。

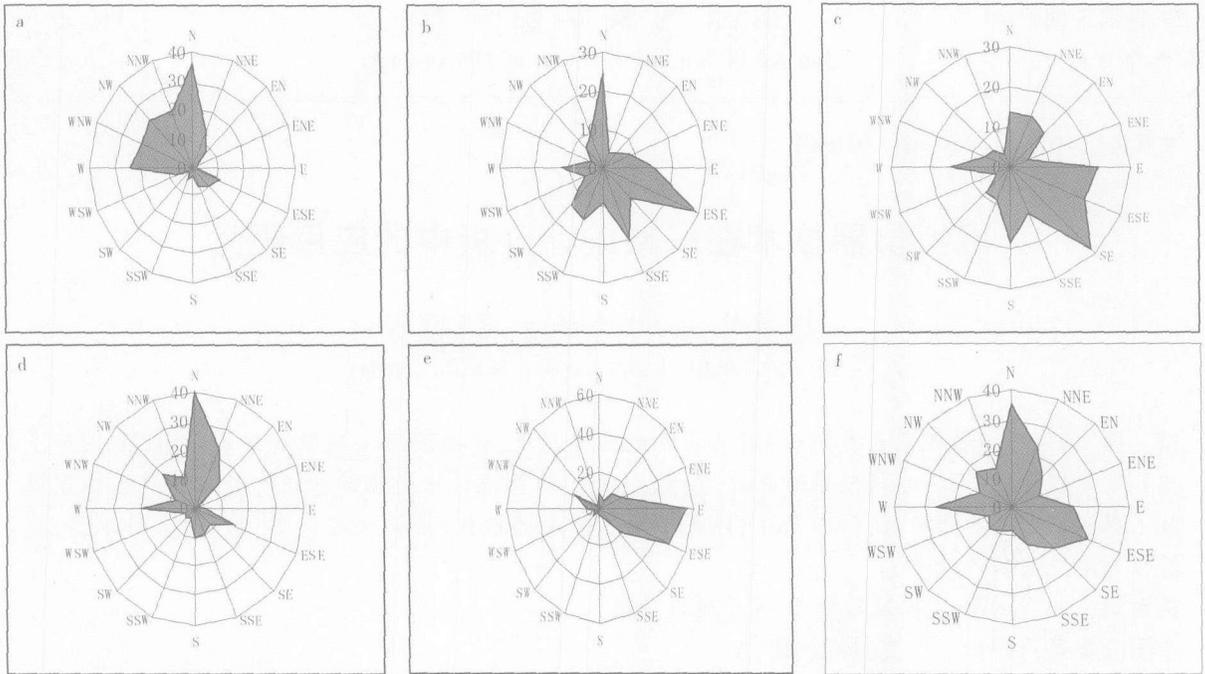


图 4 风向的频率变化

a 1月; h 4月; c 7月; d 10月; e 6月; f 年平均

Fig 4 Rose diagrams for surface wind direction frequency

a Jan; h Apr; c Jul; d Oct; e Jun; f annual mean

## 5 结论与讨论

(1)日照市 PM<sub>10</sub>污染呈明显的季节变化,冬、春两季明显重于夏、秋两季。

(2)PM<sub>10</sub>污染与地面天气形势密切相关,冬、春季频繁活动的冷空气是造成 PM<sub>10</sub>污染加重的主要原因。

(3)地面风向、风速的变化也是影响 PM<sub>10</sub>污染轻重的重要原因,冬、春季偏北风盛行,导致 PM<sub>10</sub>污染加剧;夏、秋季东南风盛行是 PM<sub>10</sub>污染较轻的主要原因之一。

本文尚有许多不足之处,例如日照市有关污染物的浓度逐日资料较少,还需今后进一步积累资料,更详细地分析和归类影响因素。

## 参考文献:

[1] Helmut Mayer. Air pollution in cities[J]. Atmos Environ, 1999, 33: 4029-4037.

[2] Oke T R. Review of urban climatology[R]. WMO Tech Note No 134 Geneva WMO, 1974: 1968-1973

[3] 徐华英. 我国空气污染状况及其对人体健康的影响[J]. 气候与环境研究, 1999, 4(1): 56-60

[4] 朱建平. 中国 1998年度环境质量状况[J]. 环境监测管理与技术, 1999, 11(5): 19-22

[5] 于淑秋, 林学椿, 徐祥德. 北京市区大气污染的时空特征[J]. 应用气象学报, 2002, 13(特刊): 92-99

[6] 王淑英, 张小玲, 程丛兰. 北京地区 PM<sub>10</sub>污染日变化特征[J]. 气象科技, 2002, 30(6): 344-348.

[7] 王淑英, 张小玲. 北京地区 PM<sub>10</sub>污染的气象特征[J]. 应用气象学报, 2002, 13(特刊): 177-184.

[8] 王淑英. 北京地区 PM<sub>10</sub>污染特征及其与气象条件的相关分析[C]//俞学曾, 等. 第八届全国大气环境学术会议论文集. 北京: 中国环境科学学会大气环境分会, 2000: 13-18

[9] 郑美琴, 卢振礼, 张民凯, 等. 日照市区空气污染物的时空分布特征[J]. 山东气象, 2004(4): 21-22

[10] 夏丽华, 曾光平, 冯宏芳. 福州市空气质量与气象条件分析研究[C]//俞学曾, 等. 全国城市空气污染及污染防治学术会议论文集. 北京: 中国环境科学学会大气环境分会, 2001: 88-91