

北京地区 PM_{10} 污染日变化特征

王淑英 张小玲 程丛兰

(北京市气象局气象科学研究所, 北京 100089)

摘要 根据1999年4月16日至2001年12月30日北京城近郊区 PM_{10} 日平均浓度和气象要素观测资料,对 PM_{10} 日平均浓度大于等于4级污染日在浮尘、扬沙和非沙尘等不同天气情况下地面、高空气象条件的统计分析,得出近两年 PM_{10} 大于等于4级污染日的年、季及随不同天气类型的变化特征,分析归纳了不同天气类型形成机制情况下 PM_{10} 大于等于4级污染日的气象条件,为进一步建立北京地区 PM_{10} 大于等于4级污染日的预报模型和提高预报准确率提供科学依据。

关键词 PM_{10} 大于等于4级污染日 扬尘 大气污染

引言

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,其影响因素、预报准确率和治理成效等也是人们特别关注的问题。自1998年以来,北京市政府分阶段先后实施了诸如燃煤锅炉和民用炊事限用低硫煤、改用燃气或提高燃气率、汽车尾气达标排放、严格施工除尘等多项大气污染治理与防治措施,并已取得一定成效,但有关统计分析表明, PM_{10} 大于等于4级的污染目前仍占有一定比率,尤其是冬、春、秋3个季节^[1,2]。观测结果表明,小风、高湿、逆温等稳定的气象条件是造成秋、冬季 PM_{10} 较重污染的主要原因,春季北京 PM_{10} 污染较重主要是受沙尘天气影响所致^[3]。例如,2001年4月30日至5月5日受上游地区沙尘天气影响,北京市连续出现大范围严重浮尘天气,5月15、16日发生局地大风扬沙天气,造成 PM_{10} 浓度剧增,空气质量达4~5级;2000年11月3~5日,连续受弱气压场影响,地面风速多为0~2 m/s,空气湿度较大,并伴随贴地逆温,大气扩散条件极差,造成空气污染物堆积滞留,空气质量迅速恶化(达4~5级)。这些都给人民的生活、工作和身心健康

带来极大不便和危害,也引起了各级领导和各部门的高度重视。

本文根据北京市环境监测中心1999年4月16日至2001年12月31日期间,城区 PM_{10} 日平均浓度、北京观象台每日2次(08时、20时)高空观测资料、每日4次(02、08、14、20时)地面观测资料和每日4次地面天气形势图,对该时段内 PM_{10} 日平均浓度大于等于4级污染日的变化特征及其在浮尘、大风扬沙和非沙尘3种不同天气情况下的气象条件分别进行了统计分析,得出不同天气情况下造成 PM_{10} 大于等于4级污染日的主要气象影响因子及其变化特征,为进一步建立北京地区 PM_{10} 大于等于4级较重污染的预报模型和提高 PM_{10} 预报准确率提供科学依据。

1 PM_{10} 大于等于4级污染日的年变化特征

对1999年4月16日至2001年12月31日期间, PM_{10} 日平均浓度大于等于4级污染日按不同天气类型、年、月分别进行统计。统计结果表明,由浮尘、扬沙或沙尘暴天气造成4级以上的污染日均出现于春季,非沙尘天气 PM_{10} 大于等于4级污染日以秋季出现最多,冬、春季次之,夏季最少。由1999~

2001 年 PM_{10} 大于等于 4 级污染日数统计结果(表 1) 可看出,由浮尘、扬沙或沙尘暴天气造成 4 级以上的污染日有逐年增多的趋势,这与气候干旱、生态环境恶化、植被破坏有关,尤其是近两年西北、华北及北京频繁发生沙尘暴,沙尘日数增多^[4]。非沙尘天气 PM_{10} 大于等于 4 级污染日呈逐年减少的趋势,体现了大气环境治理措施的成效。由 1999~2001 年 PM_{10} 大于等于 4 级日出现频率逐月变化(图 1) 看出,这 3 年中 PM_{10} 大于等于 4 级污染日春季出现最多,占 11.7%(其中以 3 月份出现最多);秋季次之,占 7.7%(其中以 11 月出现最多);冬季较少,为 3.8%;夏季最少,仅占 0.7%(出现于 2000 年 6 月)。

表 1 PM_{10} 大于等于 4 级污染日数统计结果

	1999 年	2000 年	2001 年	总计
沙尘天气	0	8	13	21
非沙尘天气	17	11	9	37
合计	17	19	22	58

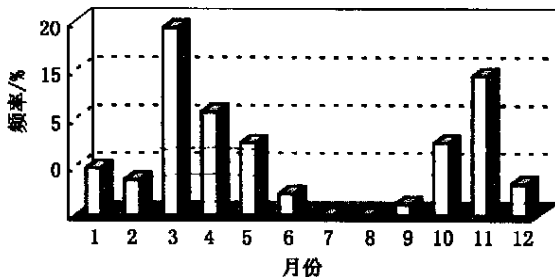


图 1 PM_{10} 大于等于 4 级污染日出现频率逐月变化

北京地区一年之中春季的风最大,大气扩散稀释能力最强,但由于春季气候干燥,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,从而造成 4 级以上污染日多于其他季节。秋季和冬季大气层结较为稳定,最稳定的 E、F 类出现频率在 1~7 月呈逐月减少的趋势,7~12 月呈逐月增加的趋势,最不稳定的 A、B 类与 E、F 类恰好呈相反的变化趋势,而冷空气活动次数秋季少于冬季,所以秋季 4 级以上污染日较多。冬季除了工业污染源以外,增加了取暖污染物排放,人为污染源总排放量高于其他季节,而冷空气活动频繁可能是造成冬季 PM_{10} 重污染日较少的主要原因。夏季大气污染源最弱,大气稳定度有利于空气污染物扩散,而且降水集中,对空

气的净化作用明显,空气质量最好。2000 年夏季出现 2 天 4 级以上污染,主要是由于该年度 6 月 19~20 日北京周边地区焚烧秸秆及不利扩散的气象条件造成^[1]。

2 PM_{10} 大于等于 4 级污染日气象条件分析

2.1 地面气象条件

2.1.1 地面天气形势

地面天气形势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“福州市空气污染与气象条件分析研究”中地面天气分型较为相似^[4]。1999 年 4 月 16 日至 2001 年 6 月 30 日期间,北京地区 PM_{10} 大于等于 4 级污染日非沙尘天气、浮尘天气和大风扬沙天气中各类地面天气型出现频率统计结果示于图 2。

由图 2 看出, PM_{10} 日平均浓度大于等于 4 级污染日在非沙尘天气和浮尘天气时地面气压场均表现出地面弱气压场出现频率远大于强气压场。不同的是,非沙尘天气以低压类、华北地形槽类、均压场类和高压后部为主,其中以低压类为最多,其次是华北地形槽类较多;这主要是由于北京地区处于弱气压场影响时,其天气及气象要素的变化主要受地形影响,有利于山谷风环流的形成和盛行,大气层结较为稳定,容易生成辐射逆温,不利于空气中污染物扩散的因素较为集中,容易引起 PM_{10} 的聚集而造成较重污染^[5]。而浮尘天气是以低压类、高压后部和弱高压为主,其中以低压类占绝大多数,主要是由于浮尘天气多为远处沙尘经上层气流传播而来,或者是因沙尘暴、扬沙天气过后尚未下沉的细粒子浮游在空中而成。此时局地地面处于弱气压场,风力不大,因此也就导致了 PM_{10} 浓度的增高。由 1999 年 4 月 16 日至 2001 年 6 月 30 日 PM_{10} 日平均浓度大于等于 4 级时,各类天气情况下各档风速出现频率(图 3) 看出,扬沙天气时气象参数与前两种天气情况明显不同,其强气压场和弱气压场出现频率各占 50%,其中弱气压场中的低压类和华北地形槽类天气型及强气压场中的冷高压前部和锋后部天气型时造成较重污染的沙尘天气出现较多。

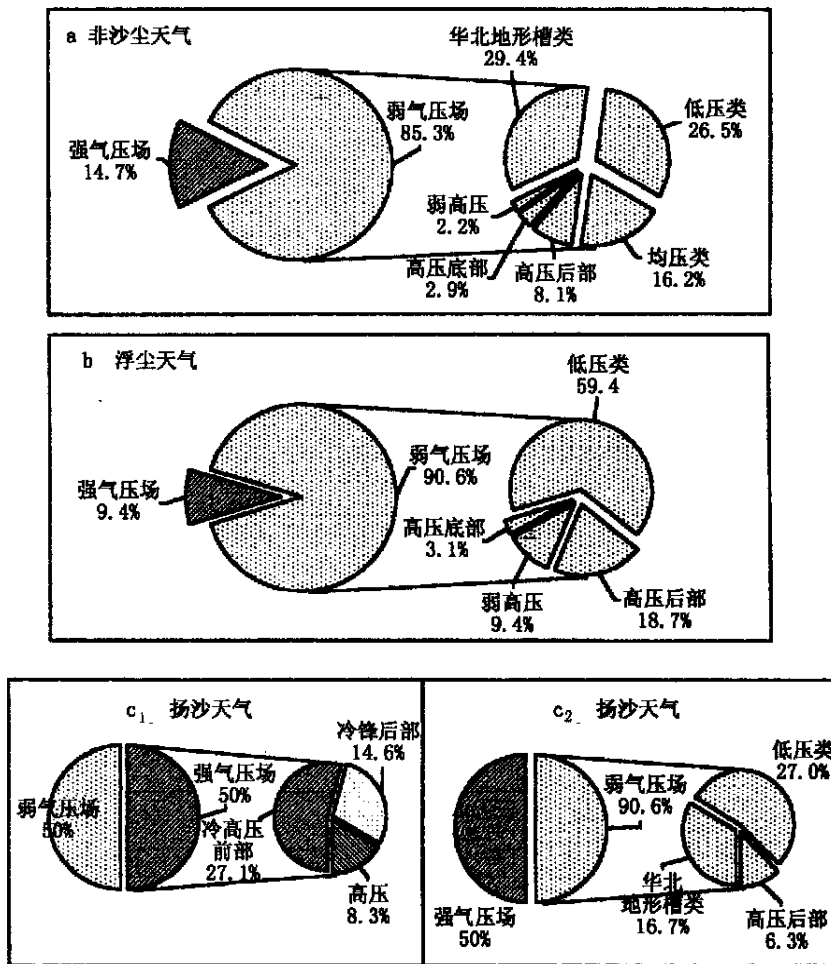


图2 PM₁₀大于等于4级污染日各类天气各天气型出现频率

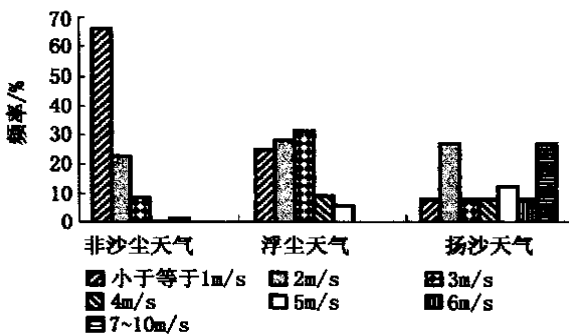


图3 各类天气情况下各档风速出现频率

2.1.2 地面风速

由图3看出,1999年4月16日至2001年6月30日期间,PM₁₀大于等于4级在非沙尘天气时地面风速多为3m/s以下,其中以小于等于1m/s风速出现最多,最大风速为5m/s,日平均风速为1.3m/s;PM₁₀大于等于4级浮尘天气时地面风速不大于

5m/s,多集中于3m/s以下,其中以2m/s风速出现最多,日平均为2.3m/s;大风沙尘天气时小于等于4m/s风速出现频率明显小于浮尘天气和非沙尘天气,而大于等于5m/s风速出现频率明显大于浮尘天气和非沙尘天气,最大风速可达10m/s,日平均风速为4.5m/s。这一结果表明,非沙尘天气和浮尘天气时3m/s以下小风对空气中污染物聚积、加重PM₁₀污染具有显著作用,而扬沙天气时大于等于5m/s风速对加重PM₁₀污染作用显著。

2.1.3 相对湿度

以往的研究表明,由于水汽对空气中细小颗粒物具有吸附作用,高湿空气常造成PM₁₀的较重污染^[2]。

由各类天气各档相对湿度出现频率(图4)看出,PM₁₀大于等于4级非沙尘天气时相对湿度多出现于51%~90%范围内,浮尘天气时相对湿度多出

现于 41%~80% 范围内,扬沙天气时相对湿度比较低,其中以 40% 以下出现最多,60% 以上相对湿度极少出现。从日平均相对湿度来看,非沙尘天气日平均相对湿度为 64%,浮尘天气为 48.3%,扬沙天气为 26.7%。表明稳定天气形势下空气湿度大是导致 PM_{10} 加重和出现大于等于 4 级污染的重要气象条件之一,而空气干燥、相对湿度低、大气层结不稳定,容易发生大风扬沙天气时加剧 PM_{10} 污染。

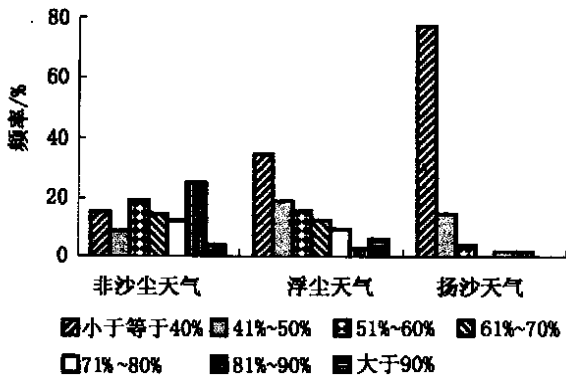


图 4 各类天气各档地面相对湿度出现频率

2.2 高空气象条件

2.2.1 高空风速

高空风速是影响空气污染物垂直扩散的重要因子之一,表 2 和表 3 分别给出了 PM_{10} 日平均浓度大于等于 4 级时各类天气 1500 m 和 300 m 高度各档风速出现频率和平均风速。

表 2 PM_{10} 大于等于 4 级污染日高空风速出现频率 %

	1500 m 高度		300 m 高度	
	$V \le 10 \text{ m/s}$	$V > 10 \text{ m/s}$	$V \le 6 \text{ m/s}$	$V > 6 \text{ m/s}$
非沙尘天气	63.3	36.7	80.9	19.1
浮尘天气	56.3	43.7	37.4	62.6
扬沙天气	25.0	75.0	16.6	83.4

表 3 PM_{10} 大于等于 4 级污染日高空平均风速 m/s

高度	非沙尘天气	浮尘天气	扬沙天气
1500 m	9.4	10.3	14.4
300 m	4.4	7.3	11.1

由表 2 和表 3 可见,北京地区 PM_{10} 大于等于 4 级污染日非沙尘天气时,1500 m 高度 10 m/s 以下风速出现机率多于 10 m/s 以上风速,300 m 高度 6 m/s

以下风速频率明显高于 6 m/s 以上风速频率;扬沙天气 1500 m 高度大于 10 m/s 风速和 300 m 高度大于 6 m/s 风速对引起扬沙、加重 PM_{10} 污染作用显著;浮尘天气高空各档风速出现机率差异不太明显。从平均风速看,1500 m 高度和 300 m 高度均表现出扬沙天气风速最大,非沙尘稳定天气风速最小,浮尘天气居中。

2.2.2 850hPa 高度 24 小时变温

资料统计表明,出现 PM_{10} 大于等于 4 级污染时,非沙尘天气 850hPa 高度 24 小时正变温出现频率明显多于负变温,正变温出现次数是负变温的 2.4 倍,表明 850hPa 高度 24 小时正变温是非沙尘天气中影响空气中污染物的垂直扩散,造成 PM_{10} 较重污染的主要气象因子之一;浮尘和扬沙天气表现出负变温出现频率略高于正变温(约 1.3 倍),表明浮尘和扬沙天气时,850hPa 高度 24 小时变温不是 PM_{10} 主要气象影响因素。

2.2.3 1500 m 高度以下逆温

图 5 是 PM_{10} 大于等于 4 级污染日各类天气 1500 m 高度以下低空逆温、贴地逆温和无逆温出现频率。由图 5 看出,北京地区 PM_{10} 大于等于 4 级在非沙尘天气和浮尘天气中,1500 m 高度以下逆温出现频率均较高,分别为 92.3% 和 70%,扬沙天气出现频率较低。表明近地层逆温对形成 PM_{10} 大于等于 4 级污染的作用是很显著的。

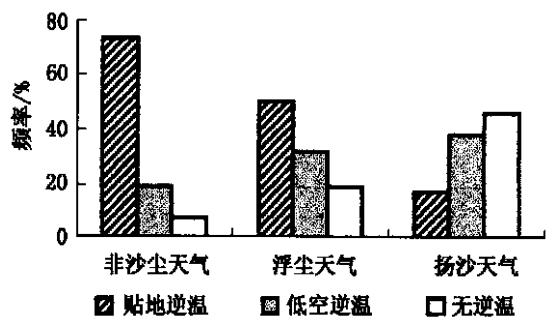


图 5 PM_{10} 大于等于 4 级各类天气逆温出现频率

3 各类天气 PM_{10} 大于等于 4 级污染日气象条件归纳

根据 1999 年 4 月至 2001 年 6 月期间 PM_{10} 大于等于 4 级的气象条件分析及以往关于 PM_{10} 浓度与气象要素的相关性分析^[3],对北京地区 PM_{10} 日平均浓度大于等于 4 级污染日各类天气情况下的气象条件归纳于表 4。

表 4 各类天气 PM_{10} 日平均浓度大于等于 4 级气象条件

	条件 1	条件 2	条件 3	条件 4	条件 5	条件 6
非沙尘天气	地面处于华北地形槽类、低压类、高压后部或均压场类等明显的弱气压场	14 时 24 小时变压小于等于 2hPa	地面日平均风速小于等于 2 m/s	850hPa 高度 08 时 24 小时变温大于等于 -1℃	地面相对湿度在 60% 以上(秋季在 70% 以上)	850hPa 高度以下有逆温层
浮尘天气	前一日上游地区有浮尘、扬沙或沙尘暴天气现象	地面气压场处于低压类、高压后部或弱高压	日平均相对湿度 70% 以下	地面日平均风速 3 m/s 以下	850hPa 高度以下有逆温层	
扬沙天气	前一日上游地区有浮尘、扬沙或沙尘暴天气现象	地面气压场处于冷高压前部、冷锋后部的强气压场或低压类、华北地形槽类的弱气压场影响	地面日平均风速在 5 m/s 以上, 300 m 高度风速 6 m/s 以上, 850hPa 高度风速 10 m/s 以上	日平均相对湿度在 50% 以下		

5 讨论

(1) 预报着眼点分析

在开展空气污染预报工作中,尤其是在考虑造成 4 级以上污染时,首先应分析其形成机制是属于哪类天气。非沙尘天气应着重考虑气压场和大气的稳定程度,沙尘天气应着重考虑系统的路径、范围、强度。

(2) PM_{10} 污染治理对策

从 PM_{10} 出现日数变化特征来看,非沙尘天气 PM_{10} 大于等于 4 级污染日呈逐年减少趋势。北京市政府加大环境保护力度,分阶段先后实施调整能源、推行清洁生产工艺、汽车尾气达标排放等措施已见成效,控制人为污染排放是减少非沙尘天气 PM_{10} 大于等于 4 级污染日的主要手段。相反,沙尘天气 PM_{10} 大于等于 4 级污染日有逐年增多的趋势,气象资料也表明近年来沙尘暴灾害有加重之势,这就告诫我们在调整能源、控制污染源排放的同时,防治沙

尘刻不容缓。除了减少本地区的裸露下垫面和施工扬尘外,在原沙漠地区大面积恢复植被、加速构筑京津绿色屏障是非常重要的。

参考文献

- 1 王淑英,张小玲.北京地区 2000 年 PM_{10} 的大气污染年变化特征.应用气象学报,2002,13(特刊):177-184
- 2 王淑英.北京地区 PM_{10} 污染特征及其与气象条件的相关分析.见:俞学曾等编.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
- 3 王玮,岳欣,刘红杰,等.北京市春季沙尘暴天气大气气溶胶污染特征研究.见:俞学曾等编.全国城市空气污染预报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,2001.465-470
- 4 夏丽华,曾光平,冯宏芳.福州市空气污染与气象条件分析研究.见:俞学曾等编.全国城市空气污染预报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
- 5 王迎春,吴正华,赵习方.山谷风环流的数值模拟及环流对北京地区污染物输送的影响.中国气象局“八五”期间气象科学基金研究论文汇编.北京:气象出版社,1997.154-162