

· 调查与评价 ·

## 青岛市区春夏季大气能见度与颗粒物的关系

冯静,董君,李大伟

(青岛市环境监测中心站,山东 青岛 266003)

**摘要:** 利用青岛市灰霾综合观测站2012年3月2日—2012年6月7日期间的监测数据,分析了青岛市区大气能见度与不同粒径颗粒物质量浓度的日变化特征,比较了各级别大气能见度下不同粒径颗粒物质量浓度及所占比例的相关性,研究了相对湿度对大气能见度和颗粒物质量浓度相关性的影响。结果表明,监测时段大气能见度与颗粒物质量浓度呈现较好的负相关,每天大气能见度最低值出现在早晨07:00—09:00;剔除相对湿度高于90%的前提下, $PM_{2.5}$ 是影响大气能见度的主要因子,随着其在 $PM_{10}$ 中所占比例上升,大气能见度级别不断下降,相关系数为-0.84;不同相对湿度区间下, $PM_{2.5}$ 对大气能见度的影响最明显,其中相对湿度为60%~70%,大气能见度与颗粒物质量浓度之间的相关性最好。

**关键词:** 大气能见度;  $PM_{10}$ ;  $PM_{2.5}$ ;  $PM_1$ ; 相对湿度; 青岛

中图分类号: X513 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2013)01-0018-04

### The Relationship Between Atmospheric Visibility and Particulate Matter in Spring and Summer in Qingdao Urban Area

FENG Jing, DONG Jun, LI Da-wei

(Qingdao Environmental Monitoring Station, Qingdao, Shandong 266003, China)

**Abstract:** In this thesis, by use of the data of Qingdao comprehensive monitoring station for dust haze from March 2nd 2012 to June 7th 2012, the daily variation of the atmospheric visibility and mass concentration of different particle size are analyzed, the mass concentration and their correlatability of proportion of various particle size under different atmospheric visibility are compared, as well as the influence on atmospheric visibility and the correlatability of particle mass concentration by relative humidity are studied. It indicates that the atmospheric visibility and the mass concentration of particles has a good negative correlation during monitored period. The minimum data of visibility appears from 7:00 to 9:00 every morning; Upon rejection of the R/H above 90%,  $PM_{2.5}$  is the key factor effecting visibility. With its proportion in  $PM_{10}$  increased, the level of visibility continuously declines, at a -0.84 correlation;  $PM_{2.5}$  has an obvious influence on visibility under different relative humidity, during which 60%~70% RH shows best correlatability between atmospheric visibility and mass concentration of particles.

**Key words:** Atmospheric visibility;  $PM_{10}$ ;  $PM_{2.5}$ ;  $PM_1$ ; Relative humidity; Qingdao

大气能见度作为表征大气透明程度的一项重要物理参数,不仅反映了区域大气环境的质量和空气污染的状况,而且直接影响到居民日常生活的质量,是判断大气污染程度的直接依据,已成为当前区域大气环境研究的重要指标。大气中高浓度的颗粒物是造成能见度下降的重要原因,而不同粒径的颗粒物对能见度的影响有着显著的区别,其中细粒子对能见度的影响大于粒径较大的粒子<sup>[1-4]</sup>。

在研究大气能见度和颗粒物浓度日变化特征的基础上,通过分析大气能见度与不同粒径颗粒物浓度的相关性,以期了解影响青岛市区大气能见度变化的原因,推动提高大气能见度措施的制定,为改善区域环境质量提供参考依据<sup>[5]</sup>。

收稿日期:2012-07-24; 修订日期:2012-08-07

作者简介:冯静(1980—),男,山东即墨人,工程师,本科,主要从事空气自动监测工作。

## 1 研究方法

### 1.1 监测地点及时间

分析数据来源于青岛市灰霾综合观测站(120.48° E, 36.10° N)。该观测站位于青岛市城区中的金家岭,采样点距地面约15 m,视野较为开阔,周围以居民生活区为主,东侧和南侧临近马路,属于比较典型的居住与交通混合区。该区域按环境空气质量功能区划分属于二类区,监测数据基本能够代表青岛市城区实际情况,采样时段为2012年3月2日—2012年6月7日,共计98 d。

### 1.2 仪器

能见度仪使用美国 Belfort 生产的 Model 6000 传感器,量程为8 m~50 000 m;颗粒物监测仪和相对湿度传感器生产厂家均为美国 Metone,其中,PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>1</sub>设备型号均为 BAM-1020,分辨率为2 μg/m<sup>3</sup>。

### 1.3 数据采集

颗粒物(PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>1</sub>)、能见度、相对湿度均为每小时采集一次数据;研究均采用小时均值,剔除缺测时段后,共获取有效数据时数11 206 h。

## 2 结果与讨论

### 2.1 大气能见度与颗粒物质量浓度的日变化特征

根据监测时段的小时均值,得到大气能见度和各粒径颗粒物质量浓度的日变化特征,见图1。

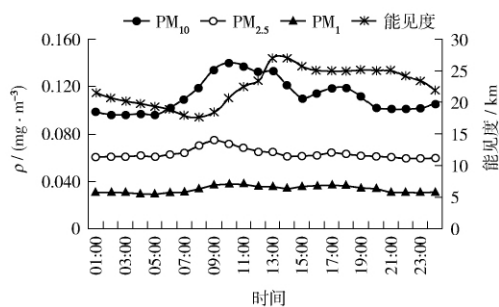


图1 监测期间大气能见度和颗粒物质量浓度日变化

Fig. 1 Daily variation of atmospheric visibility and mass Concentration of particles during monitored period

由图1可见,大气能见度与颗粒物质量浓度变化呈现较好的负相关,其中,每天大气能见度最低值出现在早晨07:00—09:00,此时段正好处于上班的最高峰;而各粒径颗粒物中PM<sub>10</sub>波动变化最

明显,从早晨07:00开始上升,上午10:00达到一天之中的最高值;PM<sub>2.5</sub>基本呈现较明显的单峰型,上午08:00—10:00出现峰值,其他时间变化较平缓;PM<sub>1</sub>白天略高于夜间和凌晨,全天无明显波动变化,基本维持在同一水平。据此估计,市区上班族的交通高峰可能造成大气颗粒物污染的加重和大气能见度的下降。

大气能见度在16:00—21:00基本呈一直线,22:00开始至次日06:00处于下降阶段,这可能与青岛市区5月份以后夜雾频发有一定关系,据气象资料统计,监测期间共出现了32次夜雾天气;各粒径颗粒物质量浓度在夜间和凌晨时段(20:00—次日6:00)较平稳,属于一天中的最低值,这主要与夜间各类排放源排放减少有关。

由于青岛属于北温带季风区域,具有明显的海洋性气候特征,夏季湿润多雨、雾,春、秋、冬季天气干燥,而影响大气能见度的气象条件变化不尽相同,同时,影响颗粒物质量浓度的各个因素如企业废气排放、机动车尾气排放、人们日常生活排放等也在发生动态变化。

### 2.2 大气能见度与颗粒物粒径的关系

为突出大气能见度与颗粒物的关系,剔除雨雪雾等高相对湿度可能造成低能见度的天气,选择相对湿度均<90%的监测时段数据来讨论大气能见度与各粒径颗粒物质量浓度及所占比例的相关性<sup>[6-8]</sup>,此部分所有数据时数为8 725 h。

根据文献[9]将监测时段大气能见度数据分为5个等级,Ⅰ级为能见度>10 km,出现时数为1 453 h,占80.4%,对应平均值为31.6 km;Ⅱ级为能见度5 km~10 km,出现时数为272 h,占15.0%,对应平均值为7.6 km;Ⅲ级为能见度3 km~5 km,出现时数为69 h,占3.8%,对应平均值为4.1 km;Ⅳ级为能见度2 km~3 km,出现时数为13 h,占0.7%,对应平均值为2.6 km;Ⅴ级为能见度<2 km,仅出现1 h,对应值为1.4 km。

分别统计各级能见度下不同粒径颗粒物质量浓度、所占比例与大气能见度的相关性,见图2、图3。

由图2可见,大气能见度由Ⅰ级下降到Ⅴ级的过程中,各粒径颗粒物质量浓度总体呈现上升趋势,PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>1</sub>的秩相关系数分别为0.400、0.700、0.300,其中,在能见度从Ⅰ级到Ⅳ级期间,PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>浓度不断升高,但Ⅴ级能见度对应的

质量浓度比 IV 级略低, PM<sub>1</sub> 浓度从 I 级到 III 级不断上升, 从 III 级到 V 级时呈连续小幅下降; 而 III、IV、V 级对应的日均相对湿度分别为 77.9%、84.9%、

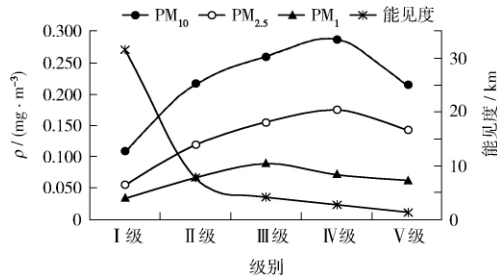


图 2 监测期间大气能见度和颗粒物质量浓度的关系  
Fig. 2 The relationship between atmospheric visibility and mass concentration of particles during monitored period

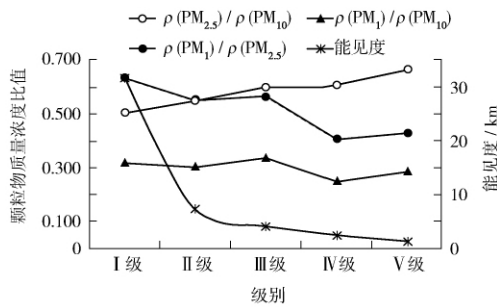


图 3 监测期间大气能见度和颗粒物粒径的关系  
Fig. 3 The relationship between atmospheric visibility and particle size during monitored period

85.3%, 气象因素并未发生明显变化, 这可能是大气能见度不仅与颗粒物质量浓度和相对湿度有关, 同时与颗粒物表面污染物质化学成分特性有关的原因<sup>[10-12]</sup>。

由图 3 可见, 大气能见度与颗粒物中 PM<sub>2.5</sub> 所占比例呈现负相关, 经计算, 相关系数为 -0.84; 随着大气能见度的下降, PM<sub>2.5</sub> 与 PM<sub>10</sub> 的比值在不断升高, 而 PM<sub>1</sub> 在 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 中所占比例呈现不同程度的正相关, 相关系数分别为 0.75 和 0.39, 说明 PM<sub>2.5</sub> 是影响青岛市区大气能见度变化的主要因子。

2.3 大气能见度和颗粒物质量浓度的相关性

将监测时段数据按相对湿度 10% 为区间单位进行划分, 建立回归模型, 分别计算各区间下大气能见度与不同粒径颗粒物质量浓度的拟合方程, 见表 1。

由于常以 R<sup>2</sup> 是否达到 0.7 为判别回归模型的优劣<sup>[13]</sup>。由表 1 可见, 各粒径颗粒物均出现 R<sup>2</sup> > 0.7 的情况, 其中, PM<sub>2.5</sub> 出现次数最多, 达到 5 次, 并集中在相对湿度为 40% ~ 90% 的连续区间, 最大值出现在 60% ~ 70%; PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>1</sub> 各出现 2 次, 对应连续区间分别为 60% ~ 80%、50% ~ 70%, 最大值分别出现在 70% ~ 80%、60% ~ 70%。

当相对湿度 ≤ 40% 和 > 90% 时, 大气能见度和颗粒物质量浓度相关性较差, 尤其是在相对湿度 > 90% 时, 其相关性很低, 这主要是因为此时有雨雪

表 1 监测期间不同相对湿度下大气能见度与颗粒物质量浓度的相关关系

Table 1 The correlation between atmospheric visibility and mass concentration of particles under various relative humidity during monitored period

相对湿度 / %	PM <sub>10</sub>		PM <sub>2.5</sub>		PM <sub>1</sub>	
	拟合方程	R <sup>2</sup>	拟合方程	R <sup>2</sup>	拟合方程	R <sup>2</sup>
10 ~ 20	$y = 29.897 x^{-0.223 1}$	0.446 8	$y = 7.01 x^{-0.545 3}$	0.525 5	$y = 28.079 x^{-0.127 8}$	0.038 2
20 ~ 30	$y = 24.741 x^{-0.239 7}$	0.412 5	$y = 15.418 x^{-0.314 8}$	0.322 6	$y = 15.537 x^{-0.273 6}$	0.231 4
30 ~ 40	$y = 13.824 x^{-0.433 6}$	0.539 7	$y = 8.4354 x^{-0.493 3}$	0.501 7	$y = 4.997 4 x^{-0.585 2}$	0.476 4
40 ~ 50	$y = 9.254 x^{-0.541 7}$	0.571 4	$y = 3.812 5 x^{-0.730 1}$	0.732 3	$y = 3.446 x^{-0.650 3}$	0.569 6
50 ~ 60	$y = 5.083 6 x^{-0.712 7}$	0.651 9	$y = 1.546 6 x^{-0.994 2}$	0.845 6	$y = 1.2042 x^{-0.904 3}$	0.704 7
60 ~ 70	$y = 3.284 x^{-0.849 2}$	0.715 5	$y = 0.929 8 x^{-1.129 5}$	0.879 8	$y = 0.529 8 x^{-1.107 6}$	0.739 4
70 ~ 80	$y = 2.379 4 x^{-0.877 6}$	0.745 9	$y = 0.600 1 x^{-1.218 9}$	0.869 8	$y = 0.481 3 x^{-1.067 2}$	0.601 4
80 ~ 90	$y = 2.129 x^{-0.740 1}$	0.580 9	$y = 0.306 1 x^{-1.302 5}$	0.764 2	$y = 0.389 4 x^{-1.054 8}$	0.400 8
≥ 90	$y = 1.178 8 x^{-0.437 6}$	0.068 7	$y = 0.304 7 x^{-0.837}$	0.110 3	$y = 0.678 9 x^{-0.477 5}$	0.019 0

雾等天气出现, 造成大气能见度偏低, 与颗粒物质量浓度没有直接的关系; 而当相对湿度较低时, 大气中水汽含量低, 吸光作用减弱, 能见度呈现较高

水平。据统计, 监测时段相对湿度 ≤ 40% 的数据中, 大气能见度均值为 39.9 km, 此时颗粒物污染扩散受风速、温度、气压等综合因素影响, 其质量浓

度波动较为明显。

综上所述,不同相对湿度区间内,PM<sub>2.5</sub>对大气能见度的影响最明显。其中,相对湿度为60%~70%,大气能见度与各粒径颗粒物质量浓度之间的相关性最好。

### 3 结论

(1) 监测时段大气能见度与颗粒物质量浓度呈现较好的负相关。每天大气能见度最低值出现在早晨07:00—09:00,这与市区上班族早高峰期的交通污染有关。

(2) 监测时段剔除相对湿度>90%的前提下,PM<sub>2.5</sub>是影响大气能见度的主要因子。相对湿度为60%~70%,大气能见度与颗粒物质量浓度之间的相关性最好。随着其在PM<sub>10</sub>中所占比例上升,大气能见度级别不断下降,相关系数为-0.84。

#### [参考文献]

- [1] 刘永红,冯婷,蔡铭. 2009年广州能见度变化规律及主要影响因素分析[J]. 中国环境监测, 2012, 28(3): 32-36.
- [2] 姚剑,王广华,林俊,等. 上海市大气颗粒物与能见度的关系[J]. 气象与环境学报, 2010, 26(4): 17-21.
- [3] 宋宇,唐孝炎,方晨,等. 北京市能见度下降与颗粒物污染的关系[J]. 环境科学学报, 2003, 23(4): 468-471.
- [4] 马雁军,王江山,王扬锋,等. 辽宁中部城市群可吸入颗粒物PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>的污染特征研究[J]. 气象与环境学报, 2008, 24(5): 11-15.
- [5] 叶光营,刘必桔,戴腾祥. 福州区域能见度变化特征分析[J]. 北方环境, 2011, 23(7): 51-52.
- [6] 陈义珍,赵丹,柴发合,等. 广州市与北京市大气能见度与颗粒物质量浓度的关系[J]. 中国环境科学, 2010, 30(7): 967-971.
- [7] 叶香,姜爱军,张军,等. 南京市大气能见度的变化趋势及特征分析[J]. 气象科学, 2011, 31(3): 325-331.
- [8] 边海,韩素芹,张裕芬,等. 天津市大气能见度与颗粒物污染的关系[J]. 中国环境科学, 2012, 32(3): 406-410.
- [9] 中国气象局广州热带海洋气象研究所. QX/T 113-2010 霾的观测和预报等级[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [10] 顾卓良. 灰霾天气不同粒径的颗粒物污染特征分析[J]. 环境监测管理和技术, 2012, 24(2): 31-33.
- [11] 郑传新,蒋丽娟,唐伍斌. 桂林市灰霾天气细粒子影响分析[J]. 气象研究与应用, 2009, 30(2): 4-5.
- [12] 白志鹏,董海燕,蔡斌彬,等. 灰霾与能见度研究进展[J]. 环境工程学报, 2006, 6(6): 36-41.
- [13] 张剑,刘红年,唐丽娟,等. 苏州城区能见度与颗粒物浓度和气象要素的相关分析[J]. 环境科学研究, 2011, 24(9): 982-987.
- [14] 陆宁,刘旭东. 抗结核药物导致严重肝功能损害的临床分析[J]. 当代医学, 2011, 17(8): 103-104.
- [15] 张俊虎,王杰松,刘刚,等. 药物致伪膜性肠炎969例回顾分析[J]. 抗感染药学, 2007, 4(2): 95-97.
- [16] 莫瑞豪,陈渊青,张雪,等. 社康中心不合理使用抗生素情况调查及原因分析[J]. 中国初级卫生保健, 2011, 25(6): 37-38.
- [17] HU J Y, SHI J C, CHANG H, et al. Phenotyping and genotyping of antibiotic-resistant escherich coli isolated from a natural river basin[J]. Environ. Sci. Technol, 2008, 42(9): 3415-3420.
- [18] 黎梓雯. 社区COPD患者对抗生素的耐药分析[J]. 中国当代医药, 2010, 17(8): 47-48.
- [19] 陆梅,高翔,李淑文. 高效液相色谱法测定水产品中四环素类抗生素残留[J]. 环境监测管理和技术, 2008, 20(5): 38-39.
- [20] 张健,刘巧宜,龙芝美,等. 广州地区奶类抗生素残留和金黄色葡萄球菌污染调查[J]. 医学动物防制, 2011, 27(1): 38-39.
- [21] 林晓华,李迎月,何洁仪,等. 广州部分畜禽肉的激素及抗生素残留状况分析[J]. 中国公共卫生管理, 2010, 26(1): 93-95.
- [22] LEMUS J A, BLANCO G, GRANDE J, et al. Antibiotics threaten wildlife: circulating quinolone residues and disease in Avian scavengers[J]. PLoS One, 2008, 3(1): 1444.
- [23] 杨莲花,黄蓉芳. 抗生素致慢性肾脏疾病患者抽播9例分析[J]. 中国误诊学杂志, 2010, 10(24): 5870.
- [24] 陆宁,刘旭东. 抗结核药物导致严重肝功能损害的临床分析[J]. 当代医学, 2011, 17(8): 103-104.
- [25] 张俊虎,王杰松,刘刚,等. 药物致伪膜性肠炎969例回顾分析[J]. 抗感染药学, 2007, 4(2): 95-97.
- [26] 莫瑞豪,陈渊青,张雪,等. 社康中心不合理使用抗生素情况调查及原因分析[J]. 中国初级卫生保健, 2011, 25(6): 37-38.
- [27] 杨曙光,郑良琪,金胜智,等. 社区人群合理使用抗生素健康教育效果评价[J]. 中国农村卫生事业管理, 2011, 31(4): 384-386.
- [28] SANCHEZ O D, PALOMO J B, ORTEGA M S, et al. Prudent use of antibiotics and suggestions for improvement from community and hospital pharmacy[J]. Enferm Infec Microbiol Clin, 2010, 28(4): 36-39.
- [29] 王娜,单正军,葛峰,等. 兽药的环境污染现状及管理建议[J]. 环境监测管理和技术, 2010, 22(5): 14-18.

本栏目责任编辑 姚朝英