

基于自动站资料的苏州灰霾天气分析

刘红年^{1*}, 朱焱², 林惠娟², 王学远¹ (1. 南京大学大气科学学院, 江苏 南京 210023; 2. 苏州市气象局, 江苏 苏州 215131)

摘要: 利用苏州 2010~2013 年的逐时气象和大气成分观测资料, 对苏州灰霾天气特征进行了统计分析, 研究发现: 苏州灰霾的小时频率为 30.7%, 灰霾等级以轻微灰霾为主, 干霾占总灰霾的比例为 85.6%。2013 年 12 月灰霾小时频率最高, 达 82.3%。灰霾小时频率有明显的日变化特征, 峰值出现在上午 8:00 时, 达 36.3%, 14:00~16:00 时, 灰霾频率最低, 约为 25% 左右; 灰霾期间, PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 $PM_{1.0}$ 和散射系数分别是非灰霾期间的 1.72、2.07、1.88 和 2.58 倍。采用不同的灰霾日标准, 苏州年均灰霾日数在 94~243 之间, 相差极大。灰霾频率和气象条件有密切关系, 灰霾频率最高的相对湿度区间为 70%~80%, 重度霾最多出现在 90%~95% 的相对湿度条件下; 随风速增加, 灰霾频率逐渐下降, 在西北风向下, 灰霾频率最大。大气消光以颗粒物散射消光为主, 约占总消光的 82% 左右, 黑碳的吸收消光约占 13% 左右。

关键词: 灰霾; 苏州; $PM_{2.5}$; 气象条件; 大气消光

中图分类号: X131.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-6923(2015)03-0668-08

Observation and analysis of haze characteristics in Suzhou based on automatic station data. LIU Hong-nian^{1*}, ZHU Yan², LIN Hui-juan², WANG Xue-yuan¹ (1. School of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, China; 2. Suzhou Meteorological Service, Suzhou 215131, China). *China Environmental Science*, 2015, 35(3): 668-675

Abstract: The characteristics of haze weather in Suzhou were analyzed based on the hourly data from 2010 to 2013. The results show that the hourly frequency of haze is 30.7% (mostly slight haze), with the maximum haze frequency of 82.3% which is occurred in December of 2013. The ratio of dry haze to total haze is 85.6%. The hourly haze frequency shows obviously daily variation, the peak at 08:00a.m. can reach 36.3%, and the minimum at 14:00~16:00p.m. is approximately 25%. During the haze time, the values of PM_{10} , $PM_{2.5}$, $PM_{1.0}$ and scatter coefficient are 1.72, 2.07, 1.88 and 2.58 times of that in no-haze time. The average haze day is in the range of 94 to 243 of one year because of the different standard for haze day. The meteorological conditions have significant influence on the haze frequency. When the relatively humidity is in the range of 70%~80%, the haze frequency is the biggest, but heavy haze are often occurred in the relatively humidity range of 90%~95%. Haze frequency of NW wind direction is the biggest and decrease gradually with the increase of wind speed. Particle scattering extinction is the most part of atmospheric extinction and accounted for about 82%, followed by absorption extinction of black carbon which is 13%.

Key words: haze; Suzhou; $PM_{2.5}$; meteorological condition; atmospheric extinction

2013 年 1 月, 我国中东部地区连续遭受多场长时间、大范围、高强度的灰霾天气^[1], 2013 年 12 月长江三角洲地区再次发生了大范围、高强度的灰霾天气, 引发了社会各界对灰霾的强烈关注。高浓度的颗粒物污染会引起能见度恶化^[2-3], 从而导致灰霾天气, 频发的灰霾天气对人体健康造成严重危害^[4-6], 因此引起了国内外学者的广泛关注。灰霾还会对全球气候和区域气候产生影响^[7], Ding 等^[8]通过一次灰霾个例研究了灰霾过程对天气形势的影响, 研究表明灰霾天气导致到

达地面的太阳辐射减少超过 70%, 感热减少超过 85%, 气温下降大约 10°C, 并延迟和增强了南京地区的降水。

灰霾的成分十分复杂, 主要的成分为硫酸盐、硝酸盐、铵盐、含碳颗粒、重金属和地壳物质等。Kim 等^[9]对 Seoul 和 Incheon 的细颗粒物特

收稿日期: 2014-07-26

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973)项目(2014CB441203); 公益性行业科研专项(GYHY201206011)

* 责任作者, 教授, liuhn@nju.edu.cn

征和对能见度的影响进行了研究,发现不同灰霾等级下,PM_{2.5} 的浓度相差两倍,低能见度和上升的硫酸盐、硝酸盐及黑碳浓度有很好的对应关系.Huang等^[10]通过对上海的灰霾天气进行观测,将灰霾性事件分为3种:二次无机灰霾、沙尘灰霾、以及生物燃烧引起的灰霾,并对其成因机制进行了研究.朱彤等^[11]提出了大气复合污染与灰霾形成的概念模型,在模型中增加了一个正反馈机制——大气颗粒物表面非均相反应在颗粒物表面生成一层吸湿性强的硫酸盐和硝酸盐,它们对吸湿性的增强会加速非均相反应、增大颗粒物的消光系数.Jo等^[12]研究了韩国首尔和釜山两个城市的气象条件对灰霾的影响,将灰霾分为远距离输送灰霾与静止灰霾两类.吴蒙等^[13]研究了广州地区灰霾与清洁天气变化特征及影响因素,曹玲娴等^[14]发现太原冬季灰霾期间重金属浓度有显著上升.

关于灰霾的成分、成因、与气象条件的关系、数值模拟等已有大量的研究^[15],也有基于长时间序列的小时资料进行灰霾特征研究^[16],如陈静等^[17]使用2004~2007年广州地区逐时气象资料分析了广州地区低能见度事件的年、季和日变化等变化规律.苏州是长江三角洲地区重要城市,经济发达,灰霾天气较多,本文利用苏州近4年的小时观测资料,对苏州市灰霾天气进行了统计分析,分析了苏州灰霾的基本特征.

1 资料来源与处理

本文所用资料为2010年1月1日至2013年12月31日的PM₁₀、PM_{2.5}、散射系数、能见度资料和相对湿度等小时观测资料.资料来源于苏州市气象局大气成分观测站,该站位于苏州市区内的苏州气象局大楼顶部(经度120.63°,纬度31.27°),采样点属于苏州市行政办公区,周围无明显大气污染源,视野比较开阔,监测数据能很好地代表苏州城市区域大气污染水平及其气象状况.

能见度测量采用的是VAISACA公司的visibility sensor PWD 10/20型能见度仪,测量范围为0.01~20km;PM₁₀和PM_{2.5}的监测采用Thermo Scientific公司的TEOM 1405-DF环境粒子监测仪,该仪器采用先进的真实微量称重技术,

使用采样接口,同时在线测量PM₁₀、PM_{2.5}的浓度,测量范围为0~10⁶μg/m³,测量精度为0.1μg/m³,散射系数采用澳大利亚Ecotech公司的Aurora-1000积分式浊度仪测量,测量范围为0.25~2000Mm⁻¹,其原理是利用一个漫射光源从侧向照射测量腔体,腔内的颗粒物和气体对入射光产生散射,在光源和检测器之间用光阑阻隔直射光线,使得只有颗粒物和气体产生的散射光可以到达检测器;黑碳的监测采用美国MAGEE科技公司研制和生产的AethalometerTM黑碳仪,该仪器利用黑碳气溶胶对光的吸收特性进行测量,采用透光均匀的石英纤维膜采集样品,可同时在紫外、可见光和近红外的7个波长上(370,470,520,590,660,880,950nm)对大气黑碳气溶胶进行长期监测,本文采用是880nm波长的测量数据,测量精度为0.1μg/m³.

在所有监测项目中,PM₁₀、PM_{2.5}和黑碳每5min记录一次数据,散射系数每分钟记录1次数据,对监测数据进行质量控制后,计算得到各监测项目的小时平均值.相对湿度是气象自动站观测资料,每小时记录1次数据,能见度监测也是每小时记录1次数据.

2010~2013年共计35064h,其中共有4453h至少缺测1种或多种资料,因此去除这些资料,全部资料齐全的有效小时数为30611h.

参照《中华人民共和国气象行业标准 霾的观测和预报等级(QX/T 113-2010)》^[18](以下简称“标准”),对霾的判识条件是:能见度小于10km,排除降水、沙尘暴、扬沙、浮尘、烟幕、吹雪、雪暴等天气现象造成的视程障碍.相对湿度小于80%,判识为霾;相对湿度80%~95%时,按照地面观测规范规定的描述或大气成分指标进一步判识(“标准”中规定了霾的3种大气成分指标,PM_{2.5}浓度限值为75μg/m³,PM₁₀浓度限值为65μg/m³,气溶胶散射系数与气溶胶吸收系数之和的限值为480Mm⁻¹).按照能见度的高低将灰霾天气分为4个等级,分别为重度灰霾(能见度小于2km)、中度灰霾(能见度在2~3km之间)、轻度灰霾(能见度在3~5km之间)和轻微灰霾(能见度在5~10km之间).

2 结果与分析

2.1 灰霾统计结果

在总有效观测小时 30611h 中,灰霾小时数为 9395h,出现频率为 30.7%,相当于苏州有大约 1/3 的时间处于灰霾控制之中,其中各等级灰霾频率见表 1.总体而言,苏州灰霾的等级并不高,轻微灰霾出现频率最高,为 18.4%,中度和重度灰霾出现频率仅为 2.8%和 2.2%.将相对湿度低于 80%的灰霾定义为“干霾”,将相对湿度在 80%~95%之间的灰霾定义为“湿霾”,干霾受高湿度条件下的气溶胶吸湿性增长的影响较小,而湿霾则受到高相对湿度的显著影响.苏州灰霾以干霾为主,频率为 26.3%,占灰霾小时数的 85.6%,湿霾频率为 4.4%,占灰霾小时数的 14.4%.在共计 9395h 的灰霾中,轻微、轻度、中度和重度灰霾的比例分别为 60.1%、23.8%、9.1%和 7.0%.

表 1 苏州 2010~2013 年小时灰霾频率

Table 1 Hourly haze frequency of Suzhou from 2010 to 2013

项目	灰霾等级				灰霾分类	
	轻微	轻度	中度	重度	干霾	湿霾
灰霾小时数	5644	2238	854	659	8044	1351
灰霾频率(%)	18.4	7.3	2.8	2.2	26.3	4.4

2.2 灰霾频率的时间变化特征

图 1 是 4 年期间月均灰霾频率的变化,除 2013 年 12 月以外,总体上灰霾频率呈下降趋势,但 2013 年 12 月,中国东部尤其长江三角洲地区发生大范围长时间灰霾现象,苏州灰霾频率达 82.3%.2013 年 7~10 月,灰霾发生频率分别为 0.7%、0%、2.5%和 0.2%,尤其是 2013 年 8 月,灰霾出现频率为 0,为 4 年来最干净的月份,这个月 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 的平均值为 77.2 和 $40.1\mu\text{g}/\text{m}^3$,月平均散射系数仅为 183.8Mm^{-1} .在灰霾频率最高的 2013 年 12 月, PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 和 $PM_{1.0}$ 的月平均值达 144、87.7 和 $56.2\mu\text{g}/\text{m}^3$,月平均散射系数和能见度分别为 642.3Mm^{-1} 和 5.2km.灰霾的月变化特征总体上冬季高,夏季低,这主要是因为冬夏的气象特征差异造成的,夏季混合层高,降雨

量大,有利于污染物的扩散和湿清除.

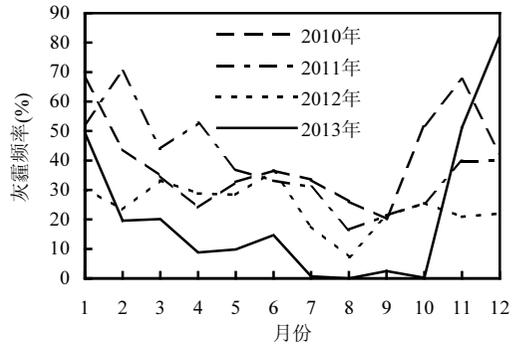


图 1 灰霾频率的月变化特征

Fig.1 The monthly variation of haze frequency

图 2 是 4 年平均的灰霾频率日变化,灰霾频率峰值出现在上午 8:00,达 36.3%,这主要是由交通早高峰引起的,从 8:00 起,随气温上升,混合层抬升,污染物浓度下降,导致能见度也逐渐好转,灰霾频率也逐渐下降,在午后 14:00~16:00 时,灰霾频率最低,约为 25%左右,随后又逐渐增加,在夜间,23:00~6:00 时,灰霾频率一直维持在较高的水平上,大约为 33%.

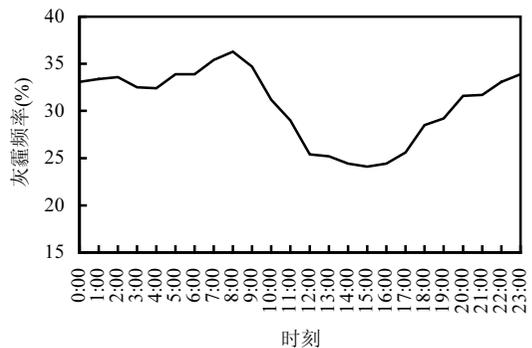


图 2 灰霾频率的日变化特征

Fig.2 The daily variation of haze frequency

2.3 不同灰霾等级下污染物浓度

灰霾是由颗粒物污染引起的能见度下降现象,灰霾期间,污染物浓度较高,对人体健康影响极大,表 2 给出了晴天非灰霾和各等级灰霾期间的颗粒物浓度和散射系数等.

表 2 不同灰霾等级下污染物浓度

Table 2 Pollutant concentrations of different haze grade

项目	晴天非霾	轻微灰霾	轻度灰霾	中度灰霾	重度灰霾	灰霾平均	灰霾/非灰霾
能见度(km)	15.1	7.5	4	2.5	1.4	5.8	0.38
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	68.6	102.2	129.3	156.5	170.3	118.1	1.72
PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	33.3	56.4	77	94.9	116.8	69	2.07
PM _{1.0} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	30	49	60.7	72.8	80.1	56.4	1.88
PM _{2.5} /PM ₁₀	0.49	0.58	0.61	0.64	0.68	0.6	1.22
PM _{1.0} /PM ₁₀	0.38	0.42	0.41	0.43	0.43	0.42	1.11
散射系数(Mm^{-1})	197.6	394.5	569.6	744	989.6	509.3	2.58

灰霾期间,PM₁₀、PM_{2.5}和PM_{1.0}分别是非灰霾期间的1.72、2.07和1.88倍,灰霾期间散射系数则是非灰霾的2.58倍,随颗粒物浓度增加,灰霾等级也逐步增加,其中PM_{2.5}浓度的增加起更重要的作用,重度灰霾期间PM₁₀、PM_{2.5}和PM_{1.0}分别是非灰霾期间的2.48、3.51和2.67倍,PM_{2.5}增加最大.随灰霾等级提高,PM_{2.5}在PM₁₀中所占比例也从非灰霾期间的0.49逐步增加到重度灰霾期间的0.68,说明细粒子对灰霾起了更大的作用,但苏州四年平均的PM_{2.5}/PM₁₀比值为52.8%,低于北京^[19]、上海^[20]、天津^[21]、广州^[22]、杭州^[23],说明苏州气溶胶中粗粒子仍占有相当大比例,这可能和近几年苏州地铁等城市建设导致的地表扬尘增加有关.

2.4 灰霾日标准讨论

2010年6月1日颁布的中国气象行业标准“霾的观测和预报等级”^[14]中并没有对霾日做明确定义,目前国内关于霾日的定义并不统一,各地采用不同的霾日标准得出的霾日数完全没有可比性,在霾日的历史变化分析中,早期器测资料缺乏也使得霾日的历史数据和现在的霾日数缺乏可比性,为了解不同霾日标准造成的霾日统计结果差异,本文给出了不同霾日标准下的苏州霾日数.

标准1:即单次值法^[24],1d中只要有1h为灰霾,该日即为霾日,霾日等级用该日最严重的小时灰霾等级表示.这是参考气象上关于降水日、雷暴日的统计方法(气象上定义只要1d中观测到降雨或雷暴,该日即为降水日或雷暴日),霾日的标准1是最严格的标准,这种统计方法不能反映

1d中灰霾的平均状况,只能反映1d中最严重的灰霾状况.

标准2:如果1d中有持续时间3h及以上的灰霾,该日即为灰霾日.长江三角洲部分城市的气象部门业务采用该标准.

标准3:采用日均值定义^[3],参考中国气象行业标准“霾的观测和预报等级”^[14]中霾的定义,如果日平均能见度小于10km,日平均相对湿度小于80%,则判识为灰霾日,如日平均能见度小于10km,日平均相对湿度在80%~95%之间,则进一步根据日平均颗粒物浓度判识是否为灰霾日.这种标准能反映平均的灰霾状况,但会忽略一天中短时间的灰霾现象.

根据上述3个常用标准判定的霾日分别记为霾日1、霾日2和霾日3.

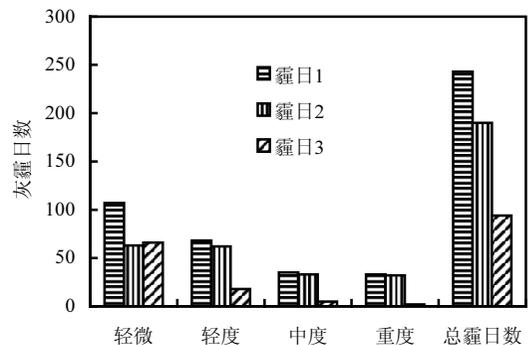


图3 不同标准下苏州2010~2013年年均灰霾日数
Fig.3 Mean annual haze days of Suzhou from 2010 to 2013 under different standard

不同标准下的霾日数见图3,可见3种标准

下霾日数相差极大,按标准 1、标准 2 和标准 3 分别统计,苏州年均霾日分别为 243d、190d 和 94d.尤其是重度霾日数相差最大,按标准 1 统计,重度霾日达 33d,而按标准 3 统计,重度霾日仅有 2d.这是因为日均能见度小于 2km(标准 3 的重度霾标准)极为罕见,通常是一天中少数时间达到重度霾标准.总体而言,标准 1 太严格,完全不考虑日平均状况,标准 3 太宽松,只考虑日平均状况,完全不考虑个别时间出现灰霾的现象,同民众的观感不符,标准 2 则介于两者之间,较为可取.

2.5 灰霾和气象条件的关系

在城市地区,如果污染源排放没有较大的变化,气象条件是决定污染物浓度的关键因子,气象因素和污染物浓度的关系比较复杂,如风速较大,一般有利于污染物的扩散,但在北方受沙尘影响较大的区域,大风天气容易引起地表扬尘,高温天气能促进混合层发展,使污染物垂直扩散能力增强,因此一般在午后气温较高时,PM₁₀ 和 PM_{2.5} 等污染物浓度较低,但高温天气又有利于光化学反应进行,从而使 O₃ 等二次污染物浓度增加.本文利用长达 4 年的苏州污染物浓度和气象条件的

小时资料,分析了污染物浓度和气象条件之间的相关关系(表 3),表中结果全部通过置信度为 0.95 的检验.

颗粒物与散射系数的相关系数较高,其中散射系数与 PM_{2.5} 的相关性高于与 PM₁₀ 和 PM_{1.0} 的相关性,颗粒物浓度与能见度呈显著负相关,其中 PM_{2.5} 与能见度的相关性最好,为 -0.55.相对湿度(RH)与颗粒物浓度及散射系数的相关性很小,但与能见度呈显著负相关关系,相关系数为 -0.36,这是因为气溶胶在高相对湿度条件下,有较强的吸湿性增长,使大气散射能力增强,从而降低能见度.气温与能见度的相关系数达 0.35,一般在气温较高的午后和夏季,能见度较好,灰霾的发生频率也较低.风速与颗粒物浓度呈负相关,与能见度呈正相关,但相关系数都不大,低于其他城市的结果^[25].气压与颗粒物浓度及散射系数呈正相关,与能见度呈负相关,这是因为高压控制时多静稳天气,不利于污染物扩散,低压时常有大风、降雨等天气,有利于污染物的扩散和清除,气压和能见度的相关性高于湿度、气温和风速与能见度的相关性.

表 3 污染物和气象条件的关系系数

Table 3 The correlation coefficient between pollutant and meteorological condition

项目	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM _{1.0}	散射系数	能见度	相对湿度	气温	风速	气压
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1								
PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.83	1							
PM _{1.0} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.75	0.87	1						
散射系数(Mm^{-1})	0.6	0.77	0.68	1					
能见度(km)	-0.38	-0.55	-0.44	-0.6	1				
相对湿度(%)	-0.1	0.04	-0.06	0.17	-0.36	1			
气温($^{\circ}\text{C}$)	-0.08	-0.15	-0.12	-0.16	0.35	-0.05	1		
风速(m/s)	-0.19	-0.24	-0.23	-0.28	0.21	-0.18	0.05	1	
气压(hPa)	0.22	0.22	0.23	0.25	-0.43	-0.05	-0.89	-0.13	1

表 4 是不同风向和风速条件下的灰霾频率,总体而言,风速越低,灰霾发生频率越高,在风速 <1.0m/s,灰霾频率平均为 44.4%,而在风速 3.0~4.0m/s 和 5.0~6.0m/s 的风速区间中,灰霾的频率则下降为 26.2%和 17.2%.低风速情况下的各风向灰霾频率相差不大,这时灰霾产生的主要原因在于污染物的本地排放,低风速使污染物不易扩散.在风速较高时,不同风向下灰霾频率相差

显著,如风速>7m/s 时,东风、东南风、南风 and 西南风下的灰霾频率为 0,而即使风速>8m/s,北风和西北风下的灰霾频率仍达到 28.6%和 30.9%.西北风是最不利的风向,此时苏州位于长江三角洲重要城市南京、镇江、常州、无锡的下风向,这些城市污染物的远距离输送可能对苏州造成重要影响,另外西北风多出现在冬季,冬季较低的混合层高度和较多的逆温现象也是灰霾频率较

大的重要原因.比较准确地确定外来污染物输送对苏州灰霾的影响,需要进一步的研究,但一般认为低风速下的灰霾以局地影响为主,高风速下的灰霾以外来输送为主,那么苏州灰霾仍以局地污染物排放为主要成因.

表 4 不同风向和风速下灰霾频率(%)

Table 4 Haze frequency of different wind speed and wind direction(%)

风速(m/s)	风向							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
<1.0	46.4	37.7	42.7	43.8	43.5	41.7	50.6	48.7
1.0~2.0	37.7	29.1	32.4	27.7	39.4	35.1	44.7	52.3
2.0~3.0	35.8	28.7	21.2	23.9	28.4	28.7	31.7	49.9
3.0~4.0	32.5	25.5	17.9	16.1	24.8	19.5	27.4	45.8
4.0~5.0	28.9	23.4	15.7	7	22.2	15.9	17.2	39
5.0~6.0	27.8	19.5	9.6	5	13.2	11.1	17.1	34.1
6.0~7.0	35.1	16.2	3.1	7	16.4	0	32.3	23.2
7.0~8.0	28	25.8	0	0	0	0	0	26.3
>8.0	28.6	14.9	0	0	0	0	0	30.9

相对湿度(RH)对灰霾有重要影响,细粒子中的二次无机气溶胶硫酸盐、硝酸盐和铵盐有较强

的吸湿性,在相对湿度较大时的吸湿性增长过程能显著降低能见度,从不同相对湿度区间的灰霾频率看(图 4),重度霾最多出现在 RH 在 90%~95% 的情况下,即重度霾以湿霾为主,但是图 4 显示,并非相对湿度越大,灰霾频率就越高,灰霾频率最高的相对湿度区间为 70%~80%.

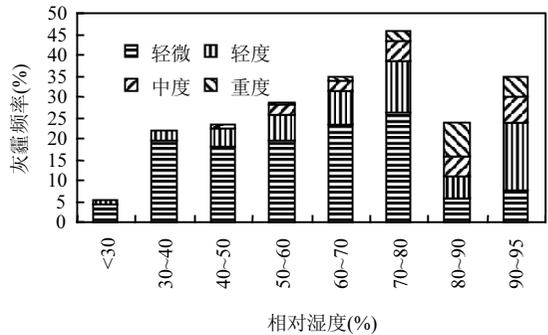


图 4 不同相对湿度区间的灰霾频率

Fig.4 Haze frequency of different relatively humidity range

2.6 大气成分对消光的贡献

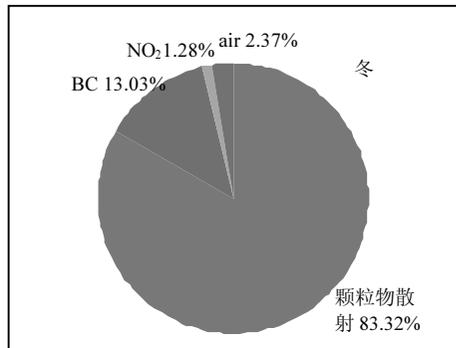
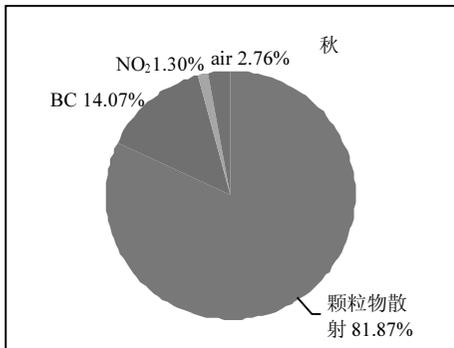
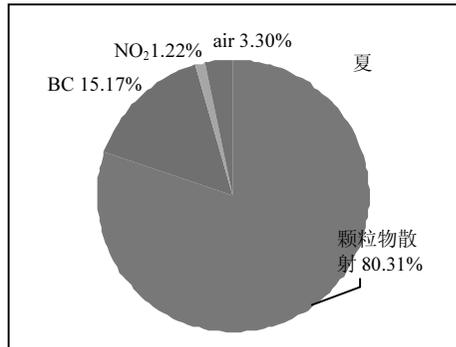
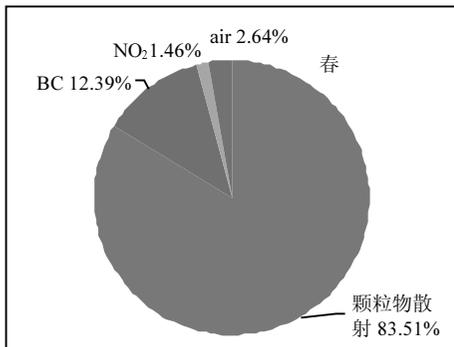


图 5 不同季节大气各成分的消光比例

Fig.5 The contribution rate to the extinction coefficients of the main species

能见度下降是大气消光增加所致,对大气消光有贡献的主要包括颗粒物的散射消光、空气分子的散射消光、黑碳(BC)的吸收消光和 NO_2 的吸收消光,根据其质量浓度可以估算各成分的消光贡献.颗粒物散射消光直接测量得到,BC 吸收消光为 $\text{ext}_{\text{BC}}=10 \times \text{BC}(\text{ug}/\text{m}^3)$;空气分子散射消光估计为常数 10Mm^{-1} ; NO_2 吸收消光为 $\text{ext}_{\text{NO}_2}=0.174 \times \text{NO}_2(\text{ug}/\text{m}^3)$;大气总消光系数为这四者之和^[26].

图 5 为按照前述方法估算的不同季节各成分对大气消光的贡献.总体来看,各季节空气分子散射消光和 NO_2 吸收消光变化不大,二者之和大约为 4%左右,颗粒物散射消光约在 82%左右,黑碳的吸收消光约占 13%左右.秋冬季颗粒物散射消光比例较高,而夏季黑碳吸收消光比例较高,达到 15.17%.刘新罡等^[27]估计广州的气溶胶消光占总消光的 90%左右,与本文中的估计基本一致.

3 结论

3.1 苏州灰霾的小时频率为 30.7%,灰霾等级已经微灰霾为主,小时频率为 18.4%,轻度灰霾频率为 7.3%,中度和重度灰霾出现频率仅为 2.8%和 2.2%.苏州灰霾以干霾为主,频率为 26.3%,湿霾频率 4.4%,占总灰霾的比例分别为 85.6%和 14.4%.

3.2 灰霾的月变化特征总体上是冬季高,夏季低,除 2013 年 12 月以外,总体上灰霾频率呈下降趋势,2013 年 12 月,苏州灰霾频率最高,达 82.3%.

3.3 灰霾小时频率有明显的日变化特征,峰值出现在上午 8:00,达 36.3%,14:00~16:00 时,灰霾频率最低,约为 25%左右,随后又逐渐增加,在夜间,23:00~6:00 时,灰霾频率一直维持在较高的水平上,大约为 33%.

3.4 灰霾期间, PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{PM}_{1.0}$ 和散射系数分别是非灰霾期间的 1.72、2.07、1.88 和 2.58 倍,随颗粒物浓度增加,灰霾等级也逐步增加,其中 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的增加幅度最大.随灰霾等级提高, $\text{PM}_{2.5}$ 在 PM_{10} 中所占比例也从非灰霾期间的 0.49 逐步增加到重度灰霾期间的 0.68,说明细粒子对灰霾起了更大的作用.

3.5 采用不同的灰霾日标准,苏州年均灰霾日

数在 94~243d 之间,相差极大.

3.6 灰霾频率和气象条件有密切关系,灰霾频率最高的相对湿度区间为 70%~80%,重度霾最多出现在 90%~95%的相对湿度条件下;随风速增加,灰霾频率逐渐下降,在西北风向下,灰霾频率最大.

3.7 大气消光以颗粒物散射消光为主,约占总消光的 82%左右,黑碳的吸收消光约占 13%左右.

参考文献:

- [1] 张人禾,李 强,张若楠.2013 年 1 月中国东部持续性强雾霾天气产生的气象条件分析 [J]. 中国科学:地球科学, 2014,44(1): 27-36.
- [2] Tie X X, Cao J J. Aerosol pollution in China: Present and future impact on environment [J]. Particology, 2009,7:426-431.
- [3] 吴 兑,毕雪岩,邓雪娇,等.珠江三角洲大气灰霾导致能见度下降问题研究 [J]. 气象学报, 2006,64(4):510-517.
- [4] Craig L, Brook J R, Chiotti Q, et al., Air pollution and public health: a guidance document for risk managers [J]. Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues, 2008,71:588-698.
- [5] Andre Nel. Air pollution related illness: effects of particles [J]. Science, 2005,308(5273),804-806.
- [6] WHO (World Health Organization) (2009) Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks [M]. ISBN:978924156387 1. http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GlobalHealthRisks_report_full.pdf.
- [7] 张小曳.中国大气气溶胶及其气候效应的研究 [J]. 地球科学进展, 2007,22(1):12-16.
- [8] Ding, A J, Fu C B, Yang X Q, et al., Intense atmospheric pollution modifies weather: a case of mixed biomass burning with fossil fuel combustion pollution in eastern China [J]. Atmos. Chem. Phys., 2013:10545-10554.
- [9] Kim Young J, Kim Kyung W, Kim Shin D, et al., Fine particulate matter characteristics and its impact on visibility impairment at two urban sites in Korea: Seoul and Incheon [J]. Atmospheric Environment, 2006,40(2):593-605.
- [10] Huang K, Zhuang G, et al.: Typical types and formation mechanisms of haze in an Eastern Asia megacity, Shanghai [J]. Atmos.Chem.Phys, 2013,12:105-124.
- [11] 朱 彤,尚 静,赵德峰.大气复合污染及灰霾形成中非均相化学过程的作用 [J]. 中国科学:化学, 2011(12):1731-1740.
- [12] Jo H Y, Kim C H. Identification of Long-Range Transported Haze Phenomena and Their Meteorological Features over Northeast Asia [J]. Journal of Applied Meteorology and

- Climatology, 2013,52(6):1318-1328.
- [13] 吴 蒙,范绍佳,吴 兑,等.广州地区灰霾与清洁天气变化特征及影响因素分析 [J]. 中国环境科学, 2012,32(8):1409-1415.
- [14] 曹玲娟,耿 红,姚晨婷,等.太原市冬季灰霾期间大气细颗粒物化学成分特征 [J]. 中国环境科学, 2014,34(4):837-843.
- [15] 李 菲,黄晓莹,张芷言,等.2012 年广州典型灰霾过程个例分析 [J]. 中国环境科学, 2014,34(8):191-199.
- [16] 王明洁,朱小雅,陈申鹏.1981~2010 年深圳市不同等级霾天气特征分析 [J]. 中国环境科学, 2013,33(9):1563-1568.
- [17] 陈 静,吴 兑,刘啟汉.广州地区低能见度事件变化特征分析 [J]. 热带气象学报, 2010,26(2):156-164.
- [18] QX/T 113-2010 霾的观测和预报等级 [S].
- [19] 杨勇杰,王跃思,温天雪,等.北京市大气颗粒物中 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 质量浓度及其化学组成的特征分析 [J]. 环境化学, 2008,27(1):117-118.
- [20] 张懿华,段玉森,高 松,等.上海城区典型空气污染过程中细颗粒物污染特征研究 [J]. 中国环境科学, 2011,31(7):1115-1121.
- [21] Gu Jin-Xia, Bai Zhi-Peng, Liu Ai-Xia, Characterization of atmospheric organic carbon and element carbon of $PM_{2.5}$ and PM_{10} at Tianjin, China [J]. Aerosol and Air Quality Research, 2010,10:167-176.
- [22] 吴 兑,刘啟汉,梁延刚,等.粤港细粒子($PM_{2.5}$)污染导致能见度下降与灰霾天气形成的研究 [J]. 环境科学学报, 2012,32(11):2660-2669.
- [23] 徐鹏炜,谭湘萍,蔡菊珍,等.杭州城市大气消光系数和能见度的影响因子研究 [J]. 环境污染与防治, 2005,27(6):410-413.
- [24] 吴 兑,陈慧忠,吴 蒙,等.三种霾日统计方法的比较分析—以环首都圈京津冀晋为例 [J]. 中国环境科学, 2014,34(3):545-554.
- [25] 周 丽,徐祥德,丁国安,等.北京地区气溶胶 $PM_{2.5}$ 粒子浓度的相关因子及其估算模型 [J]. 气象学报, 2003,61(6):761-768.
- [26] Chow J C, Bachmann J D. Visibility: Science and regulation [J]. Journal of the Air and Waste Management Association, 2002, 52(9):973-999.
- [27] 刘新罡,张远航,曾立民,等.广州市大气能见度影响因子的贡献研究 [J]. 气候与环境研究, 2006,11(6):733-738.
- 致谢:** 感谢南京大学高性能计算中心提供数值计算方面的技术支持。
- 作者简介:** 刘红年(1968-),男,东苏阜宁人,教授,博士,主要从事城市气象研究、气溶胶等方面研究.发表论文 80 余篇。

中哈环保合作委员会第四次会议在哈举行

中国-哈萨克斯坦环保合作委员会(以下简称环委会)第四次会议于 2015 年 2 月 4-6 日在哈萨克斯坦阿斯塔纳市举行.环委会中方主席、环境保护部副部长李干杰和哈方主席、哈能源部副部长阿赫萨姆耶夫分别率团参会。

会议由阿赫萨姆耶夫主持.会议在友好、坦诚、互信、务实的气氛中进行.双方回顾并总结了环委会第三次会议以来的合作进展,并对未来合作进行了建设性探讨。

双方对 2014 年工作计划实施进展表示满意,积极评价跨界河流水质监测与分析评估工作组和跨界河流突发事件应急与污染防治工作组的工作进展.会议就 2013 年跨界河流水质监测比较分析结果、跨界河流水质监测采样时间、研究具有一致性的有机氯杀虫剂最低检出限的测定方法、实验室互访与技术交流、建立跨界河流突发环境事件应急响应联合机制、跨界河流污染防治工作进展等事项进行了深入探讨,审议并通过了环委会 2015 年工作计划。

为积极推动落实两国领导人倡议,促进互利共赢,李干杰对环委会工作提出三点建议:一是履职尽责,合作共赢.继续充分发挥好中哈环委会作用,执行好中哈《环保协定》和《水质协定》,优先推进两国边境地区跨界河流水质监测、突发环境事件应急联络合作.二是稳步推进,务求实效.继续发挥工作组和地方环保部门作用,根据各自实际情况和能力,在达成共识的领域落实好双方商定的各项任务.三是搭建平台,促进交流.根据两国领导人倡议,加强上海合作组织框架内的环保合作,搭建环保技术交流平台,推动双边和多边环保技术交流与科研合作,开展中国生态文明建设和哈方“绿色桥梁”伙伴关系等方面的交流互鉴,服务两国共建丝绸之路经济带。

摘自《中国环境报》

2015-02-09