

灰霾天气不同粒径的颗粒物污染特征分析

顾卓良

(宁波市北仑区环境保护监测站,浙江 宁波 315800)

摘要: 利用宁波市北仑区 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 和 PM_1 的监测数据及与之对应的能见度监测结果,对影响灰霾天的颗粒物的污染特征进行了系统研究,结果表明,颗粒物粒径对灰霾天的形成和能见度的影响程度差异明显,且3种粒径的颗粒物质量浓度与能见度之间线性关系密切。

关键词: 灰霾; 颗粒物; 能见度; PM_1 ; $PM_{2.5}$; PM_{10} ; 宁波

中图分类号: X823

文献标识码: B

文章编号: 1006-2009(2012)02-0031-03

Characteristics Analysis of Particulate Matters with Different Size in Haze

GU Zhuo-liang

(Environmental Monitoring Station of Beilun, Ningbo, Zhejiang 315800, China)

Abstract: The characteristics of particulate matters pollution were analyzed by monitoring of particulate matters (PM_{10} , $PM_{2.5}$ and PM_1) and visibility. The results showed that the particulate matters with different diameters had different effects on the visibility in haze. The concentrations of the three size particulate matters had close linear relationship with visibility.

Key words: Haze; Particulate matter; Visibility; PM_1 ; $PM_{2.5}$; PM_{10} ; Ningbo

随着经济社会的发展和人民生活水平的提高,灰霾天成为城市发展所面临的突出难题,成为国内外研究的热点问题之一^[1]。目前国内灰霾严重的地区主要有黄、淮地区,长江三角洲,四川盆地和珠江三角洲^[2]。北仑区位于浙江省宁波市东部,是长江三角洲的重要国际港口区,近年来在不利气象条件下,时常会出现灰霾天,且不断增多,该问题引起了社会的广泛关注。

灰霾是气溶胶及气体污染引起能见度降低的现象^[3],污染物质对太阳光的吸收、散射或反射,使大气能见度下降,形成灰霾。目前国内对于灰霾天的研究主要为灰霾的界定,观测及气候特征等,针对颗粒物的研究较多且集中在 PM_{10} 上。国外的研究表明,大气气溶胶中粒径为 $0.1 \mu\text{m} \sim 2 \mu\text{m}$ 的颗粒物对消光系数贡献最大^[4],有必要研究 $PM_{2.5}$ 甚至 PM_1 对灰霾的影响。现通过分析 2011 年上半年北仑区空气中 3 种不同粒径颗粒物的质量浓度变化及与灰霾天、能见度之间的关系,对造成灰霾天颗粒物的特征进行研究。

1 方法

监测点位于北仑区环境保护监测站楼顶,城市中心商业区,监测时间为 2011 年 1 月—2011 年 6 月。监测项目为 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 PM_1 、能见度。

采用环境空气自动站连续 24 h 自动监测。 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 和 PM_1 的测定方法为 β 射线法(FH62C-14 型可吸入颗粒物分析仪)。能见度的测定方法为向前散射法(Belfort Model 6000 能见度仪)。

灰霾的判别标准采用《霾的观测和预报等级》(QX/T 113-2010),天气状况为能见度 $< 10 \text{ km}$,排除降水、沙尘暴、扬尘、烟幕、吹雪、雪暴等现象造成的视程障碍,且相对湿度 $< 80\%$,即可判定为霾。

2 结果与讨论

2.1 灰霾天气与非灰霾天气颗粒物的污染水平

北仑区 2011 年 5 月份的灰霾天与非灰霾天的

收稿日期: 2011-08-17; 修订日期: 2012-03-03

作者简介: 顾卓良(1979—),男,浙江宁波人,工程师,硕士,从事大气污染监测与控制研究。

不同粒径的颗粒物的质量浓度比较典型,灰霾天的各种粒径的颗粒物质量浓度均要高于非灰霾天,霾日与非霾日的颗粒物质量浓度比值都 > 1.5,这一结果与陈晓秋等^[4]对福州市灰霾天 PM_{2.5}和 PM₁₀的质量浓度变化关系基本一致,见表 1 和表 2。

表 1 5 月份典型的霾天与非霾天颗粒物质量浓度 mg/m³

Table 1 PM concentrations of typical haze day and no haze day in May mg/m³

颗粒物	霾日	非霾日
PM ₁₀	0.104	0.066
PM _{2.5}	0.052	0.029
PM ₁	0.034	0.020

表 2 5 月份典型霾天与非霾天颗粒物质量浓度比值

Table 2 Ratio of PM concentrations of typical haze day and no haze day in May

比值	霾日	非霾日
$\rho(\text{PM}_1) / \rho(\text{PM}_{2.5})$	0.658	0.703
$\rho(\text{PM}_1) / \rho(\text{PM}_{10})$	0.330	0.304
$\rho(\text{PM}_{2.5}) / \rho(\text{PM}_{10})$	0.502	0.433

大气气溶胶中粒径为 0.1 μm ~ 2 μm 的颗粒物对光的散射降低物体与背景之间的对比度,降低能见度,形成灰霾天。对 PM₁ 的研究表明,其质量浓度在灰霾天的增长幅度介于 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 之间,粒径为 1 μm ~ 2.5 μm 之间颗粒物的增长幅度最高,说明该粒径颗粒物对形成灰霾的影响程度要高于粒径 < 1 μm 的颗粒物。

2.2 典型灰霾形成过程分析

2011 年 5 月 21 日为典型的灰霾形成和消退过程。8:00 开始,气温逐渐上升,当日为静风,湿度 < 60%,大气稳定使污染物的扩散受到抑制,颗粒物不断积累,污染物质量浓度迅速攀升。11:00 能见度水平 < 10 km,污染物质量浓度持续上升趋势持续到 17:00,此次污染过程持续的时间约 6 h,该期间能见度均 < 10 km,随后降雨出现,污染物质量浓度急速下降,见图 1。

8:00—11:00 不同粒径颗粒物质量浓度上升,同时能见度不断下降,最低约 3 km,11:00—14:00 $\rho(\text{PM}_1) / \rho(\text{PM}_{2.5})$ 开始下降,而 $\rho(\text{PM}_1) / \rho(\text{PM}_{10})$ 和 $\rho(\text{PM}_{2.5}) / \rho(\text{PM}_{10})$ 则仍为上升,且 $\rho(\text{PM}_{2.5}) / \rho(\text{PM}_{10})$ 急剧上升,说明 PM_{2.5} 的质量浓度增长速度高于 PM₁ 和 PM₁₀ 的质量浓度增长速度,随后比

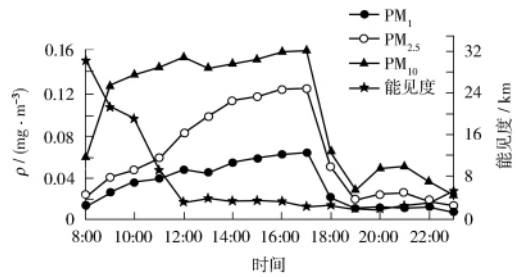


图 1 典型灰霾过程颗粒物质量浓度变化
Fig. 1 Typical change of particulate matters concentration during a haze process

值变化不大,即 14:00—17:00 灰霾处于稳定期,该时段能见度趋于稳定。随后 PM₁、PM_{2.5} 和 PM₁₀ 的质量浓度开始迅速下降,3 者的比值也逐渐下降,但值得注意的是能见度并未上升,这与降雨空气中存在大量水汽导致较强吸光作用有关^[5],见图 2。

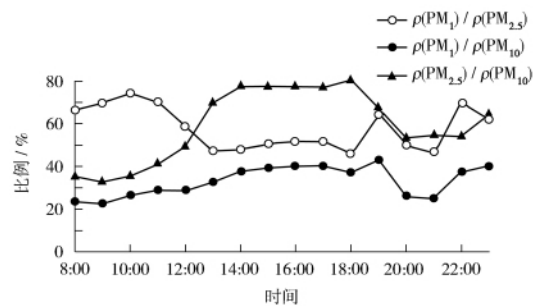


图 2 典型灰霾过程颗粒物质量浓度间比值变化
Fig. 2 Typical ratio change of particulate matters concentration during a haze process

过程说明典型的灰霾形成,PM₁、PM_{2.5} 和 PM₁₀ 的质量浓度上升的幅度不同,PM_{2.5} 上升最为显著,其次是 PM₁,PM₁₀ 最小。该灰霾天 PM₁₀ 的质量浓度最高小时均值仅为 0.148 mg/m³,未超过国家环境空气质量日均值二级标准限值,灰霾天由 PM_{2.5} 及 PM₁ 的细颗粒所致。

有时在灰霾状况下,以 PM₁₀ 表示的环境空气质量仍处于良好状态,说明以 PM₁₀ 作为环境空气质量评价指标有待完善。

2.3 颗粒物的粒径对能见度的影响

灰霾直接影响能见度,为了进一步探讨颗粒物对能见度的影响,需要对颗粒物的质量浓度和能见度之间的相关性进行量化,探讨不同粒径颗粒物小时均值与同步监测的能见度小时均值之间的关系。

在能见度为0 km ~ 50 km 的区间内,不同粒径的颗粒物与能见度之间均呈现非单纯的线性关系。与刘伟等^[6]结果不同,相比于其拟合的幂指数关系,颗粒物与能见度的关系倾向于分段线性,其拐点位于15 km ~ 20 km 之间,且拐点前斜率高于拐点后斜率,表明在低能见度时,颗粒物质量浓度对能见度值的影响要小。此外,高能见度的分段拟合度要高于低能见度,这可能与低能见度大气稳定,扩散条件差有关,同时其他气态污染物的质量浓度往往显著升高,对能见度的影响开始显现^[7],见图3(a)(b)(c)。

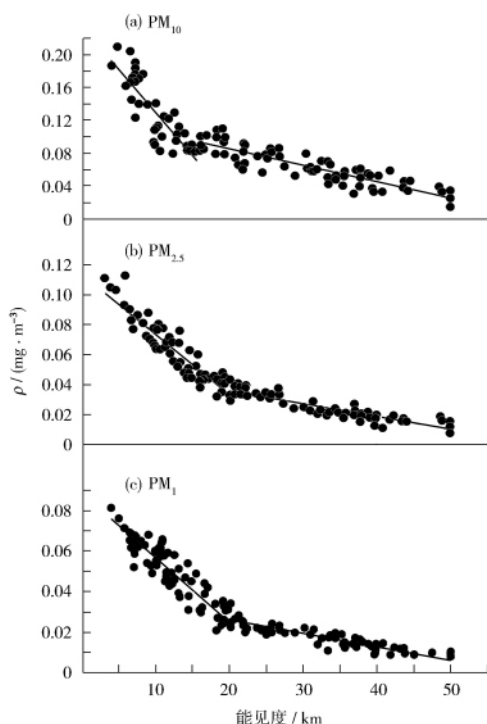


图3 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 PM_1 与能见度的关系

Fig. 3 Relationship between PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_1 and visibility

3种不同粒径的颗粒物与能见度线性拟合, PM_{10} 与能见度的拟合度最低,表明 PM_{10} 与能见度存在一定影响关系; $PM_{2.5}$ 和 PM_1 与能见度的拟合度均较高,表明细颗粒为主要影响能见度的因素。 $PM_{2.5}$ 与能见度的相关性比 PM_1 高^[2],与气溶胶影响能见度为粒径 $0.3\ \mu\text{m} \sim 0.8\ \mu\text{m}$ 的细粒子观点不一致^[8]。

颗粒物影响能见度的原因为光散射效应,与粒径和可见光波长接近程度有关,同时与颗粒物表面

污染物质的化学成分特性有关^[9-11],这有待在实际工作中研究探讨。

3 结语

通过研究 PM_1 、 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的粒径对北仑区灰霾天的影响,结合相对应能见度值,表明对灰霾形成影响显著的是 $PM_{2.5}$ 及 PM_1 , PM_{10} 只是在一定程度上对灰霾天的形成有影响,即 $PM_{2.5} > PM_1 > PM_{10}$ 。

$PM_{2.5}$ 与能见度的相关性在3种粒径中最大,其次是 PM_1 ,相关性最差的是 PM_{10} 。不同粒径的颗粒物质量浓度与能见度呈现分段线性关系,拐点在15 km ~ 20 km 之间,且高能见度的相关性 > 低能见度的相关性。

为了进一步研究细颗粒对于能见度、光散射、光吸收的影响,需要对颗粒物的化学成分进行分析,并通过监测光散射系数和光吸收系数等,从化学机理探讨颗粒物质量浓度与能见度的关系,为灰霾的预警体系建设提供科学依据。

[参考文献]

- [1] 古金霞,白志鹏,刘爱霞,等. 天津市灰霾评价等级指标体系研究[J]. 环境污染与防治,2010,32(8):1-4.
- [2] 余锡刚,吴建,骊颖,等. 灰霾天气与大气颗粒物的相关性研究综述[J]. 环境污染与防治,2010,32(2):86-88.
- [3] 吴兑. 关于霾和雾的区别和灰霾天气预警的讨论[J]. 气象,2005,31(4):3-7.
- [4] 陈晓秋,冯宏芳,余华. 福州市春冬季灰霾天气 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 污染水平和气象特征分析[J]. 环境科学与管理,2009,34(9):44-60.
- [5] 韩毓,白志鹏,孙轶. 颗粒物质量浓度对大气能见度水平影响分析[J]. 环境监测管理与技术,2008,20(4):61-65.
- [6] 刘伟,韩毓. 灰霾天气城市空气污染程度判据指标体系建立的探讨[J]. 中国环境监测,2009,25(3):86-89.
- [7] 韩毓. 灰霾天气条件下天津市环境空气中颗粒物污染特征分析[J]. 环境监测管理与技术,2009,21(4):32-35.
- [8] 吴兑. 沿海工业城市灰霾天气增多与海盐气溶胶粒子的关系[J]. 广东气象,2009,31(4):1-3.
- [9] HUANG L K, YUAN C S, WANG G Z, et al. Chemical characteristics and source apportionment of PM_{10} during a brown haze episode in Harbin, China[J]. Particology, 2011(9):32-38.
- [10] 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.
- [11] 白志鹏,董海燕,蔡斌彬,等. 灰霾与能见度研究进展[J]. 过程工程学报,2006,6(6):36-41.