

灰霾天气条件下天津市环境空气中 颗粒物污染特征分析

韩毓

(天津市环境监测中心, 天津 300191)

摘要:针对天津地区灰霾天气条件下环境空气中颗粒物的污染程度及变化特征进行分析。指出出现灰霾天气是污染加重的直观反映,将其发展成为一项环保指标,将对大气污染控制起到一定的积极作用。

关键词:灰霾; 空气污染; 气象条件; 能见度; 颗粒物; 天津市

中图分类号: X823 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-2009(2009)04-0032-04

The Level of Particle Pollution and Its Variation Traits in Tianjin Area s Atmosphere under Hazy Conditions

HAN Yu

(Tianjin Environmental Monitoring Center, Tianjin 300191, China)

Abstract: The level of particle pollution and its variation traits in Tianjin area s atmosphere under hazy weather conditions were analyzed. It was pointed out that hazy directly reflected heavy air pollution and would play an active part to develop hazy into an environmental index for air pollution control.

Key words: Haze; Air pollution; Weather condition; Visibility; Particles; Tianjin

目前,在我国存在着 4 个明显的大气棕色云区,即霾严重地区:北部的黄、淮海地区;东部的长江三角洲;四川盆地;珠江三角洲。天津市属于黄、淮海霾污染区,在不利于污染物扩散的气象条件下,会时常出现灰霾天气。尤其近两年来,天津市霾日呈增多的趋势。

灰霾是由气溶胶及气体污染引起的能见度降低的城市和区域性污染现象^[1],与空气污染程度的变化密切相关^[2]。在大气层稳定的天气条件下,出现静风、逆温等不利于污染物扩散的气象条件,此时空气中的颗粒物等污染物质在近地面积聚,无法升腾散去。污染物质通过对太阳光的吸收、散射或反射,使大气能见度降低,形成灰霾。

灰霾的主要成分是颗粒物和气态污染物^[3]。其中颗粒物的散射造成 60%~95%的能见度减弱^[4]。灰霾粒子的直径较小,为 0.001 μm ~10 μm ,平均直径约 1 μm ~2 μm 。北京研究表明,散射效应主要与细粒子有关,PM_{2.5}与大气能见度

相关系数高达 0.96^[5]。现重点探讨天津地区出现灰霾时,区域环境空气中颗粒物的污染程度及变化特征。

1 监测方法

1.1 天津市环境空气中颗粒物监测现状

目前天津市对颗粒物的常规监测项目为 PM₁₀。全市共设置 22 个环境空气质量自动监测站(遍布中心建成区及周边各区、县),均配有颗粒物监测仪,主要应用 TEOM 微量振荡天平对全市环境空气中的 PM₁₀质量浓度水平实时监测。

天津市环境监测中心的相关工作人员对整个系统实施全面的质量保证,对系统所有的监测和校准过程执行严格的质量控制。

收稿日期:2009-02-18;修订日期:2009-03-27

作者简介:韩毓(1976—),女,天津人,工程师,硕士,从事环境监测、分析和研究。

1.2 灰霾 (能见度) 的监测

中国将灰霾定义为因大量极细微的干性尘粒、烟粒、盐粒等均匀地悬浮在空中,使水平能见度小于 10 km、空气普遍混浊的现象^[6]。水平能见度是正常视力的人在当时天气条件下,能够从天空背景中看到或辨认出目标物(黑色、大小适度)的最大水平能见距离,夜间则是能看到和确定出的一定强度灯光的最大水平距离^[7]。

能见度降低主要是由于物体和背景之间的对比度减少,以及细粒子和气态污染物对光的吸收和散射,使来自物体的光信号减弱造成的^[8]。

能见度测量仪器原理分为透射型、散射型和衰减型^[9]。理论基础是 1876 年 Allard 提出的大气灯光照度传输公式及 1924 年 Koschmiedeps 提出的白天目标物视程理论^[10]。目前国内以目测为主(目测法:是在观测地点四周不同方向、距离上选定若干固定目标物,根据这些目标物能见与否及其清晰程度来确定观测时的能见度^[7]),也有很多研究尝试利用颗粒物质量浓度的数据来推算大气能见度^[11]。

目前天津市还未在环境空气自动站实现对能见度的在线监测,所使用的能见度数据为在天津市武清区(机场)以目测观测得到。能见度为航空方面的重要气象指标,该资料由经过专业培训并有多 年观测经验的气象员提供,具有较强的准确性与可信度。另外,其他气象数据(湿度、风向、风速等)均为武清区的监测数据。

由于监测条件的局限,颗粒物监测数据与能见度及气象监测数据并非在同一监测点位取得。空间的差异可能会对分析结果造成一定的误差。因此,在对比分析时,选择了一些大的天气形势下形成的较大影响范围的雾霾天气,并将其间郊县与市区每 6 h 1 次的气象观测资料进行对比,选取两者变化趋势一致且数值差距不大的时段分析,以期将误差降到最低。

2 典型灰霾天气条件下环境空气中颗粒物污染状况分析

现通过 2005 年 1 次典型的灰霾天气分析该种天气条件下颗粒物的污染程度及变化。见图 1。

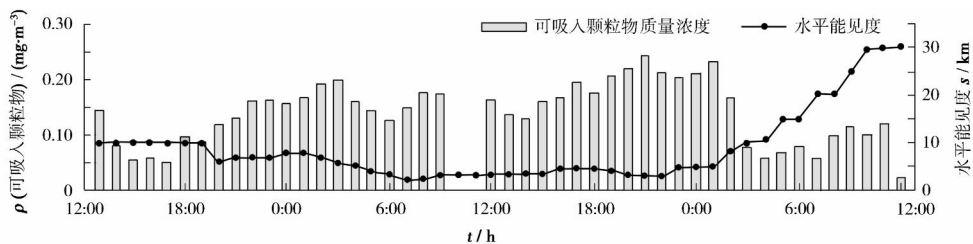


图 1 霾污染过程中颗粒物质量浓度变化趋势示意

当日傍晚,天津市地面形势处于变性高压后部,地面以南到西南风为主,风力较小。当时空气湿度不大,但在不利的扩散条件下,空气中的烟气、尘埃和微粒等污染物质不断累积。约 19:00,水平能见度降至 10 km 以下,出现灰霾天气,空气中 PM₁₀含量有所上升。21:00,PM₁₀小时质量浓度均值升至 0.160 mg/m³,处于三级轻度污染。之后能见度最低降至 2.3 km,PM₁₀质量浓度值长时间维持在三级以上水平,最高达到 0.243 mg/m³。至次日夜间,风向转为西北风,风力逐渐加大,第 3 日凌晨 2:00,灰霾吹散,能见度上升,空气质量好转,PM₁₀质量浓度值降至二级良好水平。此次污染过程持续了约 30 h。

在该灰霾污染过程中,空气中的水汽含量处于较低水平,从污染开始到污染结束的整个过程中,相对湿度(RH)未超过 60%,能见度的恶化主要是空气中悬浮的霾粒子等污染物质造成的。

3 霾与雾的转化

相对湿度对灰霾和能见度影响很大,近年来国际上关于大气棕色云(ABC)的讨论与交流中,统一用 RH 80%来界定灰霾与雾。RH < 80%时导致能见度恶化是霾造成的,RH > 90%是雾造成的,RH 介于 80% ~ 90%则是二者共同造成的^[11]。一些学者也总结出了一些霾与雾之间存在的区别及各自具有的特征。

而事实上,很难将霾与雾截然分开。二者之间没有严格的界限,它们可随湿度的变化相互转化。潮湿的日子里,霾粒子不会随雾气消失,而是吸湿膨胀,和水汽混杂在一起,变成了茫茫一片的可称之为“污染雾”的现象;而干燥的日子里,污染雾里的颗粒去水,又可变回霾。

污染雾和霾对人体功能的危害大致相同,但是,污染雾对人的影响比霾更快。当霾进入人体,常常需要一个人体潮解的过程,才能通过血液循环

进入肝、肾组织和淋巴系统。但污染雾本来就是污染物质量浓度很高的溶液,无需体液潮解霾粒子的过程,即可融入肺部体液,进入血液循环,把其中的有毒物质带入人体器官。

再通过一次较为典型的霾—雾转化过程来分析这种污染过程对空气质量的影响。

这是一次发生在夏季的历时数天的污染过程,见图 2。

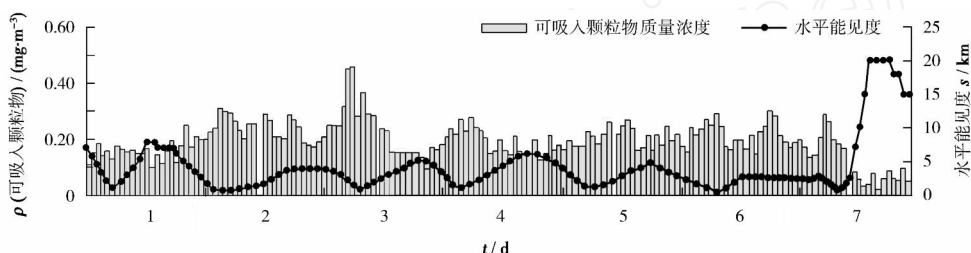


图 2 2005 年夏季发生的一次污染过程

在此次污染过程中,地面以西-西南风为主,风力较小,间或出现静风,能见度长时间 < 10 km。其间,空气中 RH 的日变化规律为:白天相对较低,约为 60%;傍晚时分随着地表气温下降,RH 开始逐渐上升超过 90%,直至次日早晨,在日光照射下,随着气温上升,RH 再次下降回复至约 60%。在此期间,随着 RH 的日间变化,霾与雾相互不断转换,PM₁₀小时质量浓度值也随之有所波动,但大部分时间都保持在三级及以上水平。

此次污染过程的特点是以每日为一个周期波动变化:清晨由于辐射逆温及 RH 较大,出现能见度 < 1 km 的雾,PM₁₀污染较重。之后 RH 降低,随着雾逐渐变薄,能见度有所好转,PM₁₀质量浓度值有小幅下降,污染略有缓解。但是由于天气系统稳定,地面风力不大,以 1 级~2 级的南-西南风为主,间或出现静风,扩散条件较差,能见度均在 10 km 以下,整日处于有霾或轻雾的天气状况之下,污染状况基本保持在三级及以上污染水平。至傍晚约 19:00,随着 RH 逐渐加大,轻雾逐渐变浓,能见度降至 5 km 以下,大部分时间为 2 km~3 km,直至次日清晨,再次出现能见度 < 1 km 的雾。此过程中,PM₁₀质量浓度值也随之逐渐上升,至次日清晨前后出现一个或大或小的峰值。几天中 PM₁₀质量浓度值最高的时间出现在整个污染过

程的第 3 日约 6:00,当时 RH 很高,为 96%,地面水平能见度 < 0.1 km,PM₁₀质量浓度最大小时值达到 0.525 mg/m³。

此次过程长达 7 d,污染物经过长时间累积,可达到很高的水平,PM₁₀小时质量浓度值高时曾达到五级重污染水平。

另外,从此次污染过程可见,单纯由于干灰霾颗粒导致的能见度下降程度一般不会达到由雾和霾共同作用所导致的能见度恶化程度。当 RH 偏高时,空气中的水汽能吸收一部分太阳辐射,同时易被吸湿性的颗粒污染物吸收发生潮解,吸光系数随之增大,导致能见度水平进一步下降。因此,在干燥的灰霾天气里,一般能见度降至 3 km 以下就已属于严重的霾。而在潮湿的雾霾天气里,能见度下降幅度大时可降至 0.1 km 以下甚至更低的水平。

4 颗粒物与能见度的相关关系

研究表明,颗粒物与能见度具有相关性。随着颗粒物质量浓度的上升,能见度呈下降趋势。

有研究表明:当 RH 较低时,颗粒物与能见度的相关性相对较好,如 RH < 80% 时,相关系数可达到 -0.7 以上;而当 RH 增大时,受其影响,两者间的相关性降低^[12]。

另外,导致能见度下降的影响因素非常复杂,

除相对湿度等气象条件及颗粒物质量浓度影响外,颗粒物的粒径分布、颗粒物成分及环境空气中某些气体污染物均会导致颗粒物对光的吸收和散射作用不同,导致能见度下降的幅度不同。研究表明粒径小于 $2.5 \mu\text{m}$ 的细粒子对能见度的影响更为显著。而其中硫酸盐、硝酸盐对光的散射效应,以及碳黑对光的吸收均是影响能见度的重要因素。

5 结果与讨论

环境空气质量自动监测系统的监测数据表明,在严重的灰霾天气中,颗粒物质量浓度值的上升非常显著,多会达到三级以上污染水平。而在长时间稳定天气系统影响下出现的雾霾天气,有时可维持数天,其间污染物经过长时间累积,可达到很高的污染水平, PM_{10} 小时质量浓度值可达到五级重污染水平。而此时在霾粒子和水汽的共同作用下,能见度可降至 0.1 km 以下甚至更低的水平。

除空气中颗粒物质量浓度水平与灰霾的形成有着极为密切的关系外,导致能见度下降还有其他复杂的影响机制。今后在对灰霾的监测工作中,除增加对风、气压、温度、湿度等气象要素的监测外,还将在现有 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 、 CO 、 O_3 等监测项目的基础上,增加对 $\text{PM}_{2.5}$ 、碳黑、 VOC_s 、 NO_x 等项目及大气能见度、太阳辐射的在线监测,从而更好地为灰霾研究提供数据支持。

灰霾天气的出现是大气污染加重的直观反映,也是对环保部门的警示。当由于污染加重导致能见度恶化时,可根据不同情况及时采取相应措施对

污染加以人为控制,最大限度地降低污染严重程度,减少污染日的发生。因此,加强对灰霾天气的观测,并将其发展成为一项综合性的环保指标,将对控制大气污染起到积极作用。

[参考文献]

- [1] 吴兑. 关于霾与雾的区别和灰霾天气预警的讨论 [J]. 气象, 2005, 31(4): 3 - 7.
- [2] 孟燕军, 王淑英, 赵习方. 北京地区大雾日大气污染状况及气象条件分析 [J]. 气象, 2000, 26(3): 40 - 42.
- [3] 张小曳, 张仁健. 中国沙尘暴天气的新特征及成因分析 [J]. 第四纪研究, 2002, 24(4): 374 - 379.
- [4] 朱岗崑. 大气污染物理学基础 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1990.
- [5] 董雪玲. 大气可吸入颗粒物对环境 and 人体健康的危害 [J]. 资源产业, 2004, 6(5): 50 - 53.
- [6] 中央气象局. 地面气象观测规范 [S]. 北京: 气象出版社, 1979.
- [7] 国家环境保护总局《空气和废气监测分析方法》编委会. 空气和废气监测分析方法 [M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2003.
- [8] 白志鹏, 董海燕, 蔡斌彬, 等. 灰霾与能见度研究进展 [M]. 天津: 南开大学, 2005.
- [9] 胡江华, 李汉斌, 周建勋, 等. 夜间气象能见度的测量研究 [J]. 南京气象学院学报, 1995, 18(4): 584 - 587.
- [10] 孙慧洁. 能见度测量仪器综述 [J]. 气象水文海洋仪器, 1994, 11(1): 32 - 40.
- [11] 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.
- [12] 韩毓, 白志鹏, 孙韧. 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): 60 - 61.

本栏目责任编辑 李文峻 薛光璞

· 简讯 ·

气候变化带来水资源危机

人民网消息, 当今世界许多河流的水量正在减少, 而水源充足的地区, 如美国中西部, 水量却越来越多。据美国科技网站报道, 最近的一份研究报告表明, 随着全球气候不断变化, 全球水资源分布也在发生着改变。

美国国家大气研究中心 (NCAR) 气候分析总监凯文·特伦贝斯 (Kevin Trenberth) 是该研究报告的首席作者。他表示: “(全球) 水资源两极分化严重, 水资源充足的地方水越来越丰富; 水资源紧缺的地方水越来越贫乏。全球范围内, 降水缺乏的严重情况远超过水资源总量。”

这份研究报告刊登在美国气象学会 (American Meteorological Society) 的《气候杂志》(Journal of Climate) 上。该研究对 50 多年来 925 条河流的水流情况进行了调查。研究员们发现, 河流中约 $1/3$ 的大型河道发生了巨大变化, 这些河流流域的降水有所减少, 进而河流汇入海洋的水量也下降。

报告显示, 50 多年间, 流入太平洋的淡水量减少了 6%。在大西洋, 亚马孙河 (Amazon River) 流域水量的减少, 而由密西西比河及南美巴拉那河 (Parana River) 水流弥补。同时, 西北哥伦比亚河 (Columbia River) 获得的水流量也减少了 14%, 主要是因为降水量下降和城市、农业供水增加。

摘自 www.jshh.gov.cn 2009 - 06 - 26

— 35 —