

刘家福,王鑫全,于 茜,等. 我国雾霾天气气候特征及影响因素分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(12):402-404.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.12.123

我国雾霾天气气候特征及影响因素分析

刘家福^{1,2}, 王鑫全¹, 于 茜¹, 杜会石¹

(1. 吉林师范大学旅游与地理科学学院, 吉林四平 136000; 2. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林长春 130012)

摘要:根据 2013 年我国部分城市夏季、秋季、冬季的细颗粒物(PM_{2.5})质量浓度数据,基于半变异函数理论,利用克里格插值方法对雾霾天气各类主要大气污染物进行空间特征分析,分析夏季、秋季、冬季 PM_{2.5}空气质量分指数。结果表明,6—12 月,大气中的 PM_{2.5}质量分指数与能见度呈明显负相关关系,PM_{2.5}空间浓度分布均值差异明显,我国大范围雾霾天气期间,大部分城市 PM_{2.5}浓度均严重超标。由结果可知,治理雾霾不能单纯从一方面进行治理,要采取综合治理措施。

关键词:雾霾; PM_{2.5}; 空气质量; 大气污染

中图分类号: X513 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)12-0402-03

近年来,随着我国城市化进程加快,空气污染问题更加突出,雾霾灾害发生频率不断提高,雾霾灾害治理已经成为当前我国环境保护的首要问题,雾霾气候特征和影响因素的研究对于雾霾灾害防治具有重要意义^[1-3]。国内学者在早期研究中对雾霾形成的物理化学条件及如何区分雾和霾等作过细致分析,相关研究为准确观测和判定雾霾天气提供了重要参考^[4-5]。研究表明,雾霾天气能见度恶化主要与细颗粒物(PM_{2.5})关系较大^[6-7],正是由于大量极细微的污染性气溶胶的存在,使得霾天气对人类健康具有极大危害性。在全国范围内,研究重污染城市雾霾天气气候特征、分布特征以及影响因素,对于治理雾霾具有重要的现实意义。

1 材料与方法

1.1 数据来源

本研究所用数据是 2013 年 5、6、8、9、11、12 月 PM_{2.5}监控网收集的实时监控数据(5、6、8、9 月记录了 76 个城市,11、12 月记录了 114 个城市)。采用气象学标准划分季节:夏季(5—6 月)、秋季(8—9 月)、冬季(11—12 月)。采用国家雾霾划分等级标准划分雾霾,分为优、轻度污染、中度污染以及重度污染 4 个等级。根据全国 PM_{2.5}监测网站提供的监测点信息,选取全国范围内各个城市的空气污染监测点信息获取数据^[8-10]。分别收集 2013 年 5—12 月以上监测点参与空气质量评价的主要污染物,即细颗粒物、可吸入颗粒物(PM₁₀)、二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、臭氧(O₃)、一氧化碳(CO)等物质的空气质量浓度。

1.2 方法

收稿日期:2015-11-09

基金项目:国家自然科学基金(编号:40771020);中国科学院重点部署项目(编号:KZZD-EW-08-02);吉林省科技发展计划(编号:20150204047SF、201215224、201201080);吉林省高校科技与“十二五”科研规划(编号:吉教科合字[2015]第 222 号)。

作者简介:刘家福(1975—),男,吉林敦化人,博士,副教授,主要从事遥感与 GIS 在资源环境、自然灾害等领域应用研究。Tel:(0434) 3296005; E-mail:liujiafu750506@126.com。

通过对数据进行整理计算,得到 2013 年 5—12 月各监测点各类物质的空气质量分指数,并以此为依据采用克里格空间插值法进行分析,通过已知地区的颗粒物浓度得到全国范围内颗粒物浓度空间分布特征。结合空间分布特征,以此来对比颗粒物浓度的区域差异,利用上述地理空间基础数据作为基本统计单元进行环境安全性分析。

1.2.1 污染物项目 P 的空气质量分指数计算 空气质量分指数(AQI)是定量描述空气质量状况的无量纲指数,其数值越大、级别和类别越高、颜色越深,说明空气污染状况越严重,对人体的健康危害也就越大。针对单项污染物,AQI 还规定了空气质量分指数^[11]。AQI 共分为六级,其中一级优,二级良,三级轻度污染,四级中度污染,五级重度污染,六级严重污染。相应的空气污染指数分别划分为 0~50、51~100、101~150、151~200、201~300 和 >300。

$$IAQI_P = (IAQI_{in} - IAQI_{Lo}/BP_{in} - BP_{Lo}) \times (C_P - BP_{Lo}) + IAQI_{Lo} \quad (1)$$

式中:IAQI_P为污染物项目 P 的空气质量分指数;C_P为污染物项目 P 的质量浓度值;BP_{in}为相应地区的空气质量分指数及对应的污染物项目浓度指数表中与 C_P 相近的污染物浓度限值的高位值;BP_{Lo}为相应地区的空气质量分指数及对应的污染物项目浓度指数表中与 C_P 相近的污染物浓度限值的低位值;IAQI_{in}为相应地区的空气质量分指数及对应的污染物项目浓度指数表中与 BPHI 对应的空气质量分指数;IAQI_{Lo}为相应地区的空气质量分指数及对应的污染物项目浓度指数表中与 BP_{Lo}对应的空气质量分指数。

1.2.2 半变异函数 选择不同的半变异函数理论模型,经过多次拟合计算机和对比分析,发现指数模型较好地描述了全国 PM_{2.5}含量的空间变异规律。半变异函数模型是克里格空间插值的前提条件,同时又受随机性因素的影响,因此是典型的区域化变量^[12]。其变异函数的具体形式如下:

$$r(h) = \begin{cases} 0, & h = 0 \\ C_0 + C(1 - e^{-h^2/a^2}), & h > 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中:r(h)为在距离 h 处的半变异;C₀为在距离 0 处的半变异;C 为总基台值,或者表示在 a 处的半变异。

2 雾霾天气气候特征及影响因素分析

2.1 雾霾时空变化特征分析

基于半变异函数及克里格空间插值方法得到 2013 年夏季、秋季、冬季主要月份 $PM_{2.5}$ 含量空间分布图(图 1), 对影响雾霾天气的 $PM_{2.5}$ 含量分布情况进行分析。

大气中的 $PM_{2.5}$ 质量分指数与能见度呈明显负相关关系, 在 3 个季度图(图 1)中, 华中地区的 $PM_{2.5}$ 质量分指数集中偏高, 华中地区能见度较其他地区偏低。因为大气中的颗粒物较多, 能见度降低是霾和雾的共性, 二者的主要区别在于含水量的差异。夏季过渡到秋季, 西藏、新疆地区的 $PM_{2.5}$ 污染加剧, 这主要是由于这些地区沙尘、大风、沙暴等灾害性天气较多, 使得大气中的颗粒物扩散速度放慢, 随着颗粒物的积聚, 能见度较低, 形成雾霾天气。

对全国各城市 $PM_{2.5}$ 含量进行插值计算, 采用半变异函数

计算方法进行统计, 从图 1 可以看出, 以北京市为中心向周围扩散的城市雾霾情况最为严峻, 其 $PM_{2.5}$ 含量最高。夏季, 新疆乌鲁木齐市 $PM_{2.5}$ 含量由优级变化为重度污染状态, 由此可以推断出, 夏季新疆地区空气质量急剧下降, 可能由于此地区属于温带大陆性干旱气候, 由于降水量减少, 空气中的颗粒物无法分解, 导致空气尘埃粒子大面积残留, $PM_{2.5}$ 含量迅速增加, 形成雾霾天气。秋季, 全国范围内雾霾均极为严重, 随着季节变化, 青海省西宁市、甘肃省兰州市等地区的 $PM_{2.5}$ 含量逐渐降低, 然而沿海地区城市 $PM_{2.5}$ 含量却逐渐增长。冬季, 全国范围内空气质量好转, 乌鲁木齐地区极为明显, 长江中下游地区空气质量也由原来的中度、重度污染转变为优, 吉林省长春市、黑龙江省哈尔滨市受雾霾影响较为明显; 在 3 个季节变化对比中, 可以明显看出, 以北京市为中心向四周扩散的华北地区雾霾状况最为严重, 而且并没有随着季节变化有所好转, 因此应集中治理以北京市为中心的区域范围内的重度污染城市, 逐渐

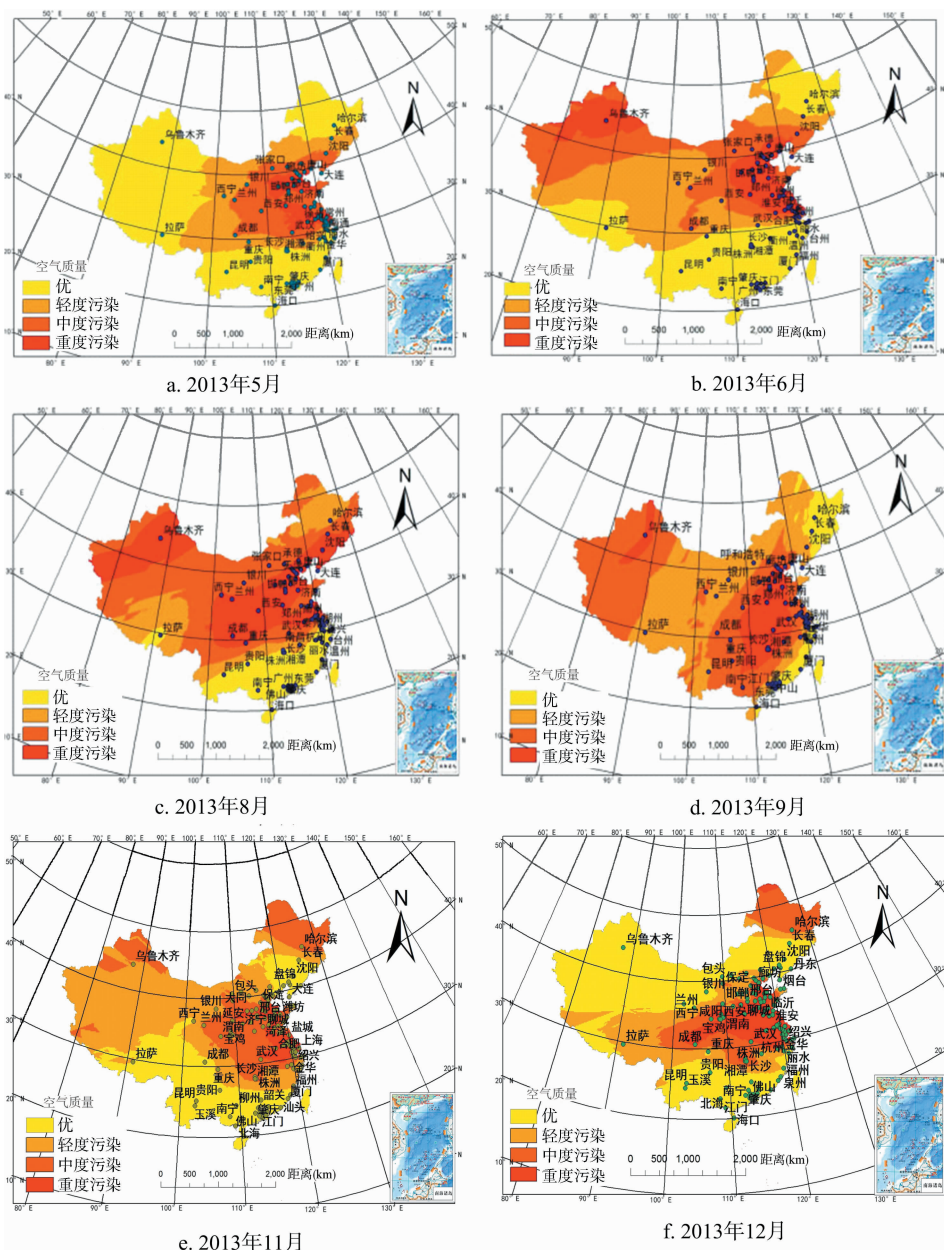


图1 2013年夏季、秋季、冬季全国不同城市 $PM_{2.5}$ 含量分布

扩大治理范围,逐渐向长江下游和新疆地区蔓延开来。

综合3个季度全国范围 $PM_{2.5}$ 含量分布情况,以北京市为中心向四周扩散的城市污染状况最为严重,根据我国经济发展和人口迁移分布情况来看,北京地区经济开发较为频繁,工厂企业较多,人口迁移量也较高,陕西省西安市、湖北省武汉市、重庆市、四川省成都市、吉林省长春市等是我国经济发展水平相对较高的区域,人口分布密集,由此可以推断出影响雾霾分布的主要因素是经济发展水平、生产力水平以及人口分布密度等。

2.2 时空变化规律

分析雾霾的时空变化特征有助于了解雾霾产生、发展以及消除规律,同时也可以了解区域性污染对大范围雾霾形成的影响。

由图2可知,9月之前,除了北京市,其他5个城市 $PM_{2.5}$ 浓度变化幅度均较小;9月之后,6个城市 $PM_{2.5}$ 浓度均不断增加,长沙市、乌鲁木齐市、重庆市、深圳市 $PM_{2.5}$ 浓度开始攀升,持续严重超标,9—11月尤其严重,北京市、大连市 $PM_{2.5}$ 浓度变化幅度较小;11—12月乌鲁木齐市 $PM_{2.5}$ 浓度下降明显。由此可知,雾霾产生及发展过程具有区域性特征,污染物质的迁移是导致区域污染的重要原因。

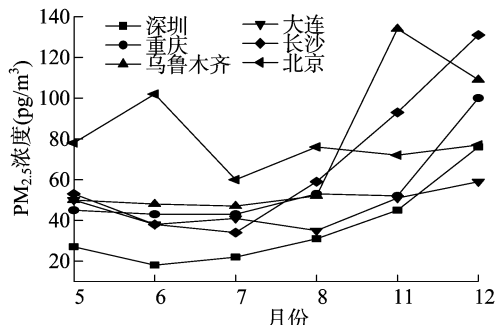


图2 典型城市季节性 $PM_{2.5}$ 浓度变化

2.3 雾霾影响因素分析

雾霾天气的影响因素主要包括污染排放、气象条件2个方面。如果空气中有污染物,就有可能形成霾,但如果此时气象条件为暴风天气或晴空万里,污染物消散速度加快,不会形成霾天气。由于气象条件为不可控因素,因此在治理霾天气的过程中应加强对污染物排放的控制^[13-14]。造成雾霾天气的大气气溶胶主要来源于自然排放和人为排放,一段时期内,无论是自然排放还是人为排放,气溶胶颗粒总量大致稳定。目前我国各地都在推广节能减排活动,空气中的二氧化硫含量逐渐降低,趋于稳定,但机动车越来越多,机动车尾气逐渐成为造成大气污染的主要来源,虽然目前机动车尾气排放量在大气污染物含量中比例并不是特别高,但是机动车尾气会增加大气氧化性,形成更多二次气溶胶,导致雾霾天气频发^[15-16]。一段时间内,形成雾霾天气的控制性因素取决于气象条件。发生雾霾天气时通常伴随着小风、低湿度和强日照;另一方面,城市化发展造成下垫面属性改变,也造成城市大气边界层物理结构发生变化^[17]。最新研究发现,农业种植中滥用化肥农药等会加重雾霾。尽管我国耕地面积只占全球的7%,但我国消耗的氮肥量却占全球1/3以上,大量施用氮肥导致我国的土壤、水和空气受到大规模污染,也是形成雾霾天气的主要因素;在东北地区,雾霾形成也受秸秆焚烧的影响。

3 结论与讨论

通过对雾霾天气发生时大气相对湿度、风速、气温等气象特征以及能见度和 $PM_{2.5}$ 浓度等环境特征的变化情况进行分析,发现雾霾天气由气象要素和环境要素共同作用形成。我国大范围雾霾天气期间,全国大部分城市 $PM_{2.5}$ 浓度均严重超标,最大的污染源是交通污染,主要包括北京市、上海市、深圳市、武汉市等经济发达城市,以北京市为中心的区域污染最为严重。治理雾霾不能单纯从一方面进行治理,要采取综合治理措施。首先要从控制污染源入手,淘汰现有的高污染企业及设备,鼓励发展低污染项目及替代产品,从源头上控制污染物的产生。其次要采用先进高效的污染治理设备,加强汽车尾气治理,对拟排放的污染物进行治理,确保达标排放。再次要对排放后的大气污染物进行吸收稳定化治理,防止遇风携带成为二次污染源。

参考文献:

- [1] 郝江北. 雾霾产生的原因及对策[J]. 宏观经济管理, 2014, 3(3): 42-43.
- [2] 冯博, 王雪青. 考虑雾霾效应的京津冀地区能源效率实证研究[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(10): 1-7.
- [3] 王珊, 修天阳, 孙扬, 等. 1960—2012年西安地区雾霾日数与气候因素变化规律分析[J]. 环境科学学报, 2014, 34(1): 19-26.
- [4] 吕效谱, 成海容, 王祖武, 等. 中国大范围雾霾期间大气污染特征分析[J]. 湖南科技大学学报: 自然科学版, 2013, 28(3): 104-110.
- [5] 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, 2014, 44(1): 27-36.
- [6] 王静, 牛生杰, 许丹, 等. 南京一次典型雾霾天气气溶胶光学特性[J]. 中国环境科学, 2013, 33(2): 201-208.
- [7] 赵秀娟, 蒲维维, 孟伟, 等. 北京地区秋季雾霾天 $PM_{2.5}$ 污染与气溶胶光学特征分析[J]. 环境科学, 2013, 34(2): 416-423.
- [8] 孙或, 马振峰, 牛涛, 等. 最近40年中国雾日数和霾日数的气候变化特征[J]. 气候与环境研究, 2013, 18(3): 397-406.
- [9] 张桂芹, 焦红云, 齐鸣, 等. 济南市灰霾期大气复合污染特征分析[J]. 山东建筑大学学报, 2012, 27(1): 84-87.
- [10] 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.
- [11] 詹长根, 吴艺, 韦淑贞, 等. 基于GIS的武汉市AQI时空分布规律研究[J]. 地理空间信息, 2014, 12(5): 62-64.
- [12] 王广德, 过常龄. “Kriging”空间内插技术在地理学中的应用[J]. 地理学报, 1987, 42(4): 366-375.
- [13] 张小曳, 孙俊英, 王亚强, 等. 我国雾-霾成因及其治理的思考[J]. 科学通报, 2013, 58(13): 1178-1187.
- [14] 戴永立, 陶俊, 林泽健, 等. 2006—2009年我国超大城市霾天气特征及影响因子分析[J]. 环境科学, 2013, 34(8): 2925-2932.
- [15] 顾为东. 中国雾霾特殊形成机理研究[J]. 宏观经济研究, 2014(6): 3-7.
- [16] 张军英, 王兴峰. 雾霾的产生机理及防治对策措施研究[J]. 环境科学与管理, 2013, 38(10): 157-159, 165.
- [17] 李艳红, 赵彩萍, 荆肖军, 等. 太原地区灰霾天气特征及影响因子分析[J]. 气候与环境研究, 2014, 19(2): 200-208.