

张方, 顾万龙, 姬兴杰. 河南 1981 年以来霾日变化特征分析[J]. 灾害学, 2014, 29(2): 65–68. [Zhang Fang, Gu Wanlong, Ji Xingjie. The Climatic Characteristics and Change of Haze Days in Henan Province Since 1981[J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(2): 65–68.]

河南 1981 年以来霾日变化特征分析^{*}

张 方, 顾万龙, 姬兴杰

(河南省气候中心, 河南 郑州 450003)

摘 要: 汇总河南省 108 个地面站 1981–2010 年的气象资料, 利用每日 14 时实测的气象要素和天气现象资料对霾日进行判别, 统计各站的霾日数据, 分析了河南霾日的变化特征, 并对其可能的原因做了分析。结果表明: 1981 年以来, 河南平均年霾日数呈现明显上升, 增长率为 4.2 d/10a; 季节之间, 以冬季最多, 占全年的 46.2%, 秋季次之, 春夏较少; 河南霾天气主要以轻微霾为主, 占总霾日数的 90% 以上; 霾天气发生时相对湿度多 $\leq 60\%$, 能见度多 < 3 km; 近 30 年, 河南年平均风速和年最大风速($f \geq 10$ m/s)日数呈显著减少, 年静风或微风(最大风速 < 3 m/s)的日数呈显著增加; 分析霾日数与风速和降水的相关关系发现, 霾日数同风速呈显著负相关, 月霾日数同月降水日数呈显著负相关, 各因子间以与风速相关性最大。另外, 霾日数的变化与河南区域经济发展引起的污染排放存在一定的对应关系。因此, 近 30 年, 河南风速下降是霾日数明显增多可能的主要气候原因, 同时, 区域污染排放增长也可能是霾日数增多的原因之一。

关键词: 霾; 日变化; 特征; 河南

中图分类号: P42; X51 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2014)02–0065–04

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2014.02.014

霾是大量极细微的干尘粒等均匀地浮游在空中, 使水平能见度小于 10 km 的空气普遍混浊现象, 又称灰霾^[1–2]。随着工业化、城市化和机动车保有量的迅速发展和污染物排放量的迅速增长, 使得灰霾现象日趋严重, 已成为一种灾害性天气^[3]。

我国学者在 1980 年代已陆续开展了大气气溶胶研究。进入 21 世纪后, 我国逐步开展了系统的霾研究工作, 在全国性、区域性霾的气候特征分析和成因方面取得了有价值的成果。吴兑等^[4]的分析结果表明 1980 年代以后中国霾日明显增加, 其中大城市区域超过 150 d, 与经济活动密切相关, 霾日增加的站点主要分布在中国的东部和南部。史军等^[5]得出华东霾日数在全年及四季呈现出逐渐增多的年际变化特征, 气温升高和城市热岛效应增强、空气湿度和风速降低、气溶胶光学厚度增加等是华东霾出现频率变化的主要原因。伍红雨等^[6]的分析结论表明华南平均年霾日以 5.8 d/10a 的速率显著增加, 在珠江三角洲、广东西北部以及广西中部和东北部增加最明显。赵普生等^[7]、廖国莲等^[8]、魏文秀^[9]、杨琳等^[10]、范新强等^[11]、童尧青等^[12]分别研究了京津冀、广西、河北、深圳、厦门、南京等地区霾日变化特征, 各地霾日数总体均呈上升趋势, 冬季霾出现

最频繁, 夏季最少。

河南地处中国中东部、黄河中下游, 属暖温带–亚热带、湿润–半湿润季风气候。近些年来, 由于河南经济社会发展速度加快, 空气质量恶化, 霾现象日趋严重, 成为季节性频发的灾害性天气。查阅资料发现有关河南省霾的研究非常有限, 仅有采用天气现象观测资料分析河南省霾的空间分布特征^[13]。本文利用河南省内 108 个地面气象站 1981–2010 年气象资料, 对每一天进行判别, 确定是否为霾日, 以期取得更科学、更客观的反映河南省霾日时空变化特征的结果, 研究河南省霾日的趋势变化和有关气象要素特征, 并对霾形成的可能因素进行初步分析, 这对于河南省霾的预测、防治及其影响评估都有积极意义。

1 资料与方法

1.1 资料来源

由于 1980 年以前河南省多数站点气象资料不完整, 所以本研究选用河南 108 个地面站 1981–2010 年每日 14 时的能见度和相对湿度实测值, 结合天气现象观测资料对霾日进行判别, 进而分析

^{*} 收稿日期: 2013–08–28

修回日期: 2013–10–11

基金项目: 河南省气象局气象科学技术研究项目(Z201105; 201305)

作者简介: 张方(1975–), 男, 河南洛阳人, 硕士, 高级工程师, 主要从事信息技术开发工作. E-mail: zfm17500@163.com

河南霾日的趋势变化、霾日有关气象要素特征和霾天气形成的可能因素。地面站 1980 年之前的能见度观测采用的是等级划分,因此,本研究根据地面观测规范中的等级与能见距离换算表,将能见度等级换算成能见距离(km)之后再行统计分析。

1.2 研究方法

采用《霾的观测和预报等级》气象行业标准中关于霾日的判识条件,即排除降水、吹雪、雪暴、扬沙、沙尘暴、浮尘和烟幕等天气现象造成低能见度,相对湿度小于 90%,且能见度小于 10 km,定为一个霾日^[1]。因为每日 14 时能见度观测值比其它时段更能代表所在区域的大气能见度水平,所以本文采用每日 14 时实测值来统计霾日数^[14-15]。

按照《霾的观测和预报等级》气象行业标准中关于霾的等级规定,根据霾日的能见度距离,划分为轻微、轻度、中度、重度共 4 级^[1]。

2 结果与分析

2.1 霾日数的时间变化

经统计,1981-2010 年河南年霾日数的平均值为 34 d。图 1 所示为 1981-2010 年河南省平均年霾日数变化。可以看出,1981 年以来,河南省平均年霾日数呈现明显的上升趋势,线性拟合统计表明,全省平均年霾日数增长率为 4.2 d/10a,通过 $\alpha=0.01$ 的显著性水平检验;近 30 年,出现两个波峰,1990 年(42 d)和 2006 年(48 d);1980 年代初期和 21 世纪初期,年霾日数处于波谷,出现两个低值,1983 年(19 d)和 2002 年(30 d)。值得注意的是,在 1983 年到 1985 年,1986 年到 1990 年和 2004 年到 2006 年河南省平均年霾日数出现了三次快速增长。

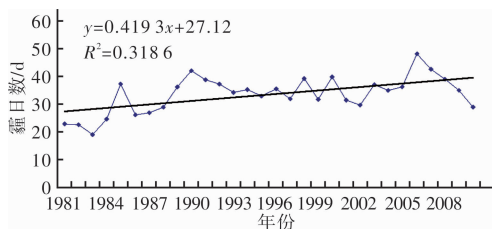


图 1 河南 1981-2010 年霾日数变化

图 2 中给出了 1981-2010 年河南各月霾日数变化趋势。可以看出,河南月霾日数变化呈“V”型,具有明显的季节特征,基本特点为:冬季霾日数最多,占全年的 46.2%,秋季次之,春夏季较少,其中夏季仅占全年的 13.6%。造成这种季节性分布特点的原因主要是:①河南冬季气温低,日照弱,大气层结稳定,夏季则反之;②河南冬季以燃煤取暖为主,污染物颗粒较多,同时河南

冬季降水少,导致大气中的污染物颗粒难以扩散稀释,易于形成霾天气。春夏季充沛的雨水对污染物有冲刷作用,不利于霾天气的形成。各月霾日数的这种变化趋势与河南大气稳定度月际变化特征非常吻合,即河南大气稳定度中稳定类在秋、冬季的频率较高,在夏季较低;不稳定类则相反。稳定类大气稳定度下大气层界稳定,易于形成霾天气^[16]。霾日如此明显的季节差异说明气象条件影响和制约着霾的形成与消散。

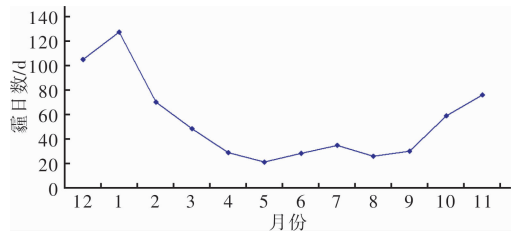


图 2 河南 1981-2010 年各月霾日数变化

通过统计 1981-2010 年河南霾日的能见度资料,得到河南 1980 年代以来各类霾等级的日数(表 1)。由表 1 可见,①从 1980 年代以来,河南各等级霾日数均成上升趋势,与总霾日数变化趋势一致。其中 1990 年代以来,上升速度加快,轻度以上等级的霾日数上升幅度较大;②1980 年代轻度及以下的霾占总比例的 94.1%,1990 年代以后轻度及以下的霾占总比例的 91%左右,这表明河南省重度、中度霾天气的发生频率较低,霾天气主要以轻微霾为主。

表 1 河南 1980 年代以来各类霾等级的日数

年代	轻微	轻度	中度	重度
1980	3 556	599	160	102
1990	4 830	1 061	349	233
2000	5 494	1 148	383	239

2.2 霾天气空间分布特征

图 3 为利用 108 个站点的位置信息和各站多年平均年霾日数得到的霾天气空间分布图。从图中可见,河南霾日数高值区主要位于河南新乡、焦

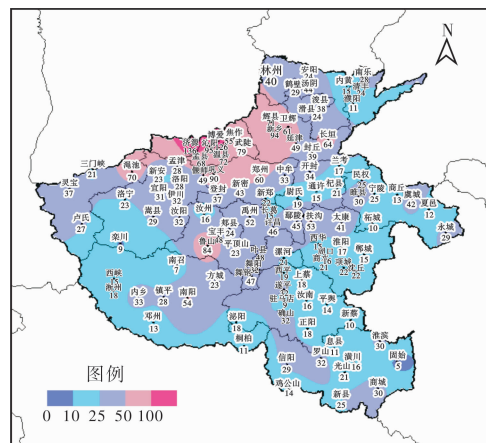


图 3 河南 1981-2010 年多年平均霾日分布

作、济源地区, 其中济源周边区域最为严重, 达到年均 120 d 以上; 豫西南山区、豫东平原和豫南地区相对较少。结合河南地形和自然资源分布, 可以发现, 霾出现频数分布与地形和自然资源具有密切联系。焦作、济源等山麓地区霾平均出现频数显著高于其两侧的平原和山地, 原因是: ①新乡、焦作、济源地区背靠太行山脉和秦岭余脉, 是典型的山麓地区, 大气稳定程度高于山区和平原, 大气污染物质不易扩散; ②焦作地区煤炭资源丰富, 大型火电企业较多, 因此大气污染源较多, 而霾的形成与大气污染物浓度密切相关。

2.3 霾日主要相关气候要素的变化

图 4 中给出了 1981–2010 年河南年平均风速的变化。可以看出, 河南年平均风速呈显著下降趋势。图 5 给出了河南 1981–2010 年日最大风速 $f \geq 10$ m/s 日数, 呈波动减少趋势。图 6 中给出了河南 1981–2010 年静风或微风(日平均风速 < 3 m/s)日数, 发现与 $f \geq 10$ m/s 的日数变化趋势相反, 呈波动增加趋势。

本文定义日降水量大于 0.1 mm 为一个降水日。图 7 中给出了河南 1981–2010 年各月降水日数的变化。可以看出, 月降水日数与月霾日数呈显著负相关, 相关系数为 -0.80 。

计算河南 1981–2010 年霾日的 14 时相对湿度分布, 发现 77.4% 的霾天气发生时相对湿度为 60% 以下, 只有 8.2% 的霾天气发生时相对湿度为

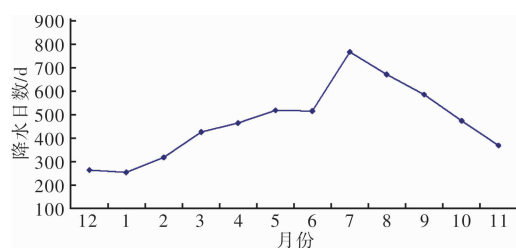


图 7 河南 1981–2010 年各月降水日数变化

80%~90%。计算河南 1981–2010 年霾日的 14 时能见度分布, 根据《能见度等级和预报》气象行业标准^[17], 发现大部分霾天气发生时能见度较差 (< 3 km), 占总霾日数的 61.4%。

2.4 霾天气形成可能因素的分析

2.4.1 气候要素对霾天气的影响

将图 1 的河南年霾日数变化曲线与图 5、图 6 的河南年风力条件变化曲线对比, 发现年霾日数与年风力条件具有明显的负相关性。计算河南年平均风速、年 $f \geq 10$ m/s 日数与河南年霾日数的相关系数分别为 -0.62 和 -0.67 , 达到了 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验标准。较高的相关关系表明风力条件的变化对霾天气增减趋势的影响非常显著。统计河南年静风或微风(最大风速 $f < 3$ m/s)的日数, 与年霾日数的变化有着较弱的正相关性, 计算两者相关系数为 0.24。

河南月霾日数同月降水日数呈显著负相关。这是因为河南降水主要集中在夏季, 一般占全年总降水量的一半以上, 冬季降水最少, 一般只占全年总降水量的 6% 左右^[18], 而霾天气主要发生在冬季。

2.4.2 经济发展对霾天气的影响

形成霾的大气颗粒物来源于自然和人类活动排放。当今的霾已经不是一种完全的自然现象, 经济规模的迅速扩大和城市化进程的加快, 人类活动造成大气污染物增加成为霾天气增多的主要原因。

(1) 河南霾日数的变化与该地区经济和社会发展引起的污染排放密切相关。

图 8、图 9 分别给出了河南 GDP 与二氧化硫 (SO_2)、烟尘排放量的变化情况(数据来源于《河南统计年鉴》)。从图 8 可以看到, 河南经济规模进入 1990 年代以来, 尤其是 2000 年以后, 呈现快速增长趋势, 与年霾日数的变化趋势有对应关系。“十一五”期间, 河南采取有效措施, 积极推进节能降耗和污染减排, 能源利用效率显著提高, 主要污染物排放总量明显降低。由图 9 可以看到, 2005 年以来, 河南 SO_2 以及烟尘的排放量在逐渐降低, 污染减排取得进展。这可能是近几年来河南霾日数下降的原因之一。

(2) 机动车尾气污染加重了霾天气。研究表明, 细颗粒物污染 ($\text{PM}_{2.5}$) 是造成大气能见度下降

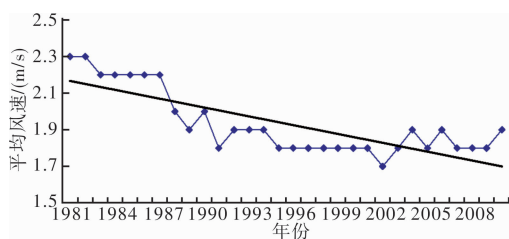


图 4 河南 1981–2010 年年平均风速变化

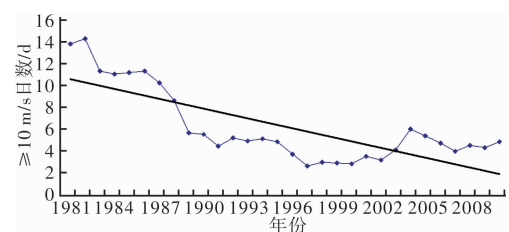


图 5 河南 1981–2010 年风力条件变化

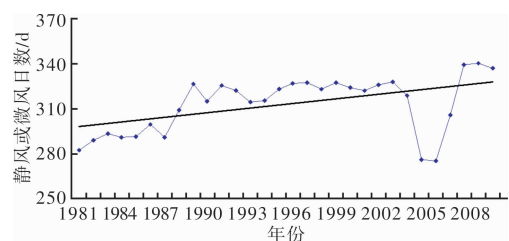


图 6 河南 1981–2010 年静风或微风日数变化

的主要原因,而 $\text{PM}_{2.5}$ 的主要污染源就来自于机动车尾气^[19]。统计资料显示,1988 年以来,河南机动车保有量飞速增长,20 年间增长了近 22 倍,与同时期年霾日数的增加相吻合。

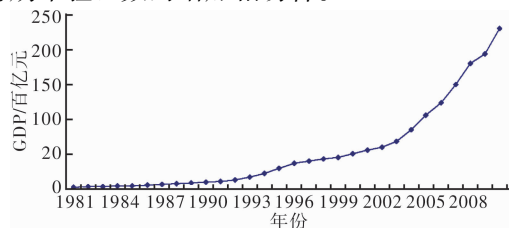


图 8 河南 1981 - 2010 年 GDP 变化

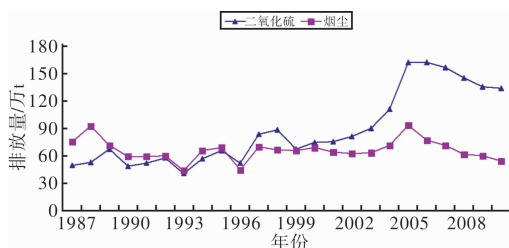


图 9 河南 1987 - 2010 年 SO_2 、烟尘排放量变化

3 结论

1981 年以来,河南省年霾日数呈现明显增加趋势。霾天气主要发生冬季,秋季次之,春、夏季较少。河南霾天气主要以轻微霾为主。霾天气发生时,相对湿度多为 60% 以下,能见度较差 ($< 3 \text{ km}$)。近 30 年,河南平均风速下降是霾天气明显增多的可能主要气候原因,同时,霾日数增多也与河南省人类活动和经济发展引起的污染排放增长密切相关。

The Climatic Characteristics and Change of Haze Days in Henan Province Since 1981

Zhang Fang, Gu Wanlong and Ji Xingjie

(Henan Provincial Climate Centre, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: Based on meteorological data during 1981 - 2010 from 108 ground stations in Henan province, and by using weather factors and weather phenomena data measured at 14:00 daily, haze days are identified. Change characteristics of haze days of Henan are analyzed on the basis of statistical data of haze days from each station, and the possible reasons are analyzed. Results show that the number of annual haze days in Henan since 1981 increases obviously with an increasing rate of 4.2 d/10a. The seasonal change of the haze presents the highest number of the winter haze, which account for 46.2% of the whole year, the haze days in Autumn rank second, and spring and summer are the lowest. The main haze there is mild, which accounted for above 90% of the proportion of the total haze; the haze weather occurred with the relative humidity below 60% and with the visibility less than 3 km; For nearly 30 years, the annual mean wind speed had tended to decrease, the number of annual days with wind force $\geq 10 \text{ m/s}$ had also decreased, and the number of annual breeze days had obviously risen; Analysis on correlation among haze days, wind speed and precipitation indicates that the number of haze days is obviously negative correlated with wind speed, and is significant negative correlated with precipitation, but related closest with wind speed. In addition, there is a corresponding relationship between the change of haze days and atmospheric pollution emissions caused by human activities. In conclusion, for nearly 30 years the decrease of wind speed might be the main climate reason which the number of haze days increases and meantime the increase of pollution emissions is also one of the possible reasons in Henan.

Key words: haze; diurnal change; characteristic; Henan

参考文献:

- [1] 中国气象局. QX/T 113 - 2010 霾的观测和预报等级[S]. 北京: 气象出版社, 2010.
- [2] 吴兑. 再论都市霾与雾的区别[J]. 气象, 2006, 32(4): 9 - 15.
- [3] 叶殿秀, 赵珊珊, 王有名, 等. 2012 年我国主要气象灾害回顾[J]. 灾害学, 2013, 28(3): 128 - 132.
- [4] 吴兑, 吴晓京, 李菲, 等. 1951 - 2005 年中国大陆霾的时空变化[J]. 气象学报, 2010, 68(5): 680 - 688.
- [5] 史军, 崔林丽, 贺千山, 等. 华东雾和霾日数的变化特征及成因分析[J]. 地理学报, 2010, 65(5): 533 - 542.
- [6] 伍红雨, 杜尧东, 何健, 等. 华南霾日和雾日的气候特征及变化[J]. 气象, 2011, 37(5): 607 - 614.
- [7] 赵普生, 徐晓峰, 孟伟, 等. 京津冀区域霾天气特征[J]. 中国环境科学, 2012, 32(1): 31 - 36.
- [8] 廖国莲, 曾鹏, 郑凤琴, 等. 1960 - 2009 年广西霾日时空变化特征[J]. 应用气象学报, 2011, 22(6): 732 - 739.
- [9] 魏文秀. 河北省霾时空分布特征分析[J]. 气象, 2010, 36(3): 77 - 82.
- [10] 杨琳, 杨红龙, 陈嘉晔, 等. 深圳地区灰霾分布特征及预警、预报方法探讨[J]. 环境科学学报, 2012, 32(12): 3035 - 3072.
- [11] 范新强, 孙照渤. 1953 - 2008 年厦门地区的灰霾天气特征[J]. 大气科学学报, 2009, 32(5): 604 - 609.
- [12] 童尧青, 银燕, 钱凌, 等. 南京地区霾天气特征分析[J]. 中国环境科学, 2007, 27(5): 584 - 588.
- [13] 吴蓁, 郑世林, 席世平, 等. 河南省霾的空间分布及其变化特征[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(4): 1899 - 1901.
- [14] 范引琪, 李春强. 1980 - 2003 年北京、津、冀地区大气能见度变化趋势研究[J]. 高原气象, 2008, 27(6): 1392 - 1400.
- [15] 范引琪, 李二杰, 范增禄. 河北省 1960 - 2002 年城市大气能见度的变化趋势[J]. 大气科学, 2005, 29(4): 526 - 535.
- [16] 朱业玉, 潘攀, 张方. 河南大气稳定度的分布特征[J]. 气象与环境科学, 2011, 34(1): 19 - 22.
- [17] 中国气象局. QX/T 114 - 2010 能见度等级和预报[S]. 北京: 气象出版社, 2010.
- [18] 王友贺, 申双和, 谷秀杰. 1965 - 2009 年河南省降水量的时空演变特征[J]. 气象与环境科学, 2011, 34(3): 56 - 60.
- [19] 余锡刚, 吴建, 郦颖, 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.