

河南省大雾的时空分布特征 及 500hPa 环流特点分析

常 军¹ 黄玉超² 李素萍³ 李建山¹ 李 祯⁴

(1. 河南省气候中心 郑州 450003; 2. 河南省洛阳市气象局;
3. 河南省专业气象台; 4. 河南省气象台)

提 要: 对河南省 45 年的大雾日数进行分析研究, 结果表明: 河南省年平均大雾日数秋冬季多, 春夏季少, 雾日主要集中在 11 月到翌年 1 月; 大雾区域分布极不均匀, 总体来说是东多西少, 平原和盆地多山区明显少, 全省有 5 个多雾中心。选择 40 个代表站进行经验正交函数 (EOF) 展开分析, 前三个模态的积累方差贡献率为 76.5%, 通过相关系数和第一模态的时间系数分析, 全省大部分地区大雾日数呈增加的趋势, 与温度变化趋势相同。小波分析存在 2~4 年、8~10 年和 19~22 年的周期变化。进一步对历史上典型多雾年和少雾年 500hPa 高度距平场分析, 发现多雾年与少雾年欧亚中高纬度地区高度距平趋势恰好相反, 多雾年呈一十分布, 而少雾年呈一十一分布。

关键词: 大雾 EOF 相关系数 小波分析 高度距平

The Temporal and Spatial Distribution of Heavy Fogs in Henan Province and Analysis of the Features of 500hPa Circulation

Chang Jun¹ Huang Yuchao² Li Suping³ Li Jianshan¹ Li Zhen⁴

(1. Henan Province Climate Research Center, Zhengzhou 450003; 2. Luoyang Weather office;
3. Henan Special Meteorological observatory; 4. Henan Meteorological observatory)

Abstract: The fog days in Henan Province from 1961 to 2005 are analyzed. The results show that the yearly averaged number of fog days is more in autumn and winter than in spring and summer, fog mainly appears in November to January of the next year. The spatial distribution is very uneven and shows the trend of increase from east to west and from basin to hills. There are 5 fog centers in Henan province. 40 stations are chosen for analyzing by using EOF. The results show that the first 3 modes account for 76.5% of the total accumulative variance contribution. The

analyses on the correlation coefficient and the time coefficient of the 1st mode indicate that the fog days in most areas in Henan province is increasing, which is the same as the trend of temperature variation. Wavelet analysis indicates that fog days have periods of 2—4 years, 8—10 years and 19—22 years. The 500hPa anomaly height fields in more-fog years and in less-fog years are examined. It shows the anomaly height fields of the middle and high latitude in Europe and Asia are opposite, and display $++$ mode in more $-$ fog years, and $-+$ mode in less-fog years, respectively.

Key Words: Heavy fog EOF correlation coefficient wavelet analysis height anomaly

引 言

大雾是一种灾害性天气,凡是大气中因悬浮的水汽凝结,能见度低于 1km 时,气象学称这种天气现象为雾;它虽不像台风、暴雨、冰雹等其它气象灾害那样会直接导致人员伤亡和财产损失,但它是交通事故、电力安全以及疾病爆发的诱因,加之其表象“温柔”,往往被忽视,以致于每年因大雾引起的“追尾”恶性交通事故屡屡出现,随着高速公路建设的迅猛发展,大雾对高速公路运营的影响愈加严重。研究还表明^[1-3],形成大雾时,大气层结是稳定的,常有逆温出现,可致使空气污染严重,易形成酸雾等,对人体健康极为不利,对建筑物等设施也有严重的腐蚀作用,电力部门因“污闪”引起的掉闸断电的主要原因也是雾。近年来由于人类活动造成低能见度的天气频繁出现,社会对大雾的关注度也迅速提高,大雾已成为高影响天气气候事件,大雾的监测和预报越来越重要。经验正交函数展开(EOF)方法^[4-5]在气象科研中有许多新的研究与应用,本文采用 EOF 方法分析了河南省大雾日数的时空分布特征,也对典型多雾年和少雾年 500hPa 高度距平场进行了分析,以便为今后大雾形成机理的进一步研究以及大雾的短期预报、气候趋势预测和专业气象服务提供帮助。

1 资料与方法

在 20—20 时的观测时段内只要出现过能见度低于 1km 的现象即定为一个雾日。全省大雾日平均值资料采用 106 个代表站的 1971—2000 年 30 年平均,由于河南全省资料长度不同,进行正交函数展开(EOF)时,选用河南省 40 个代表站的 1961—2005 年 45 年的大雾资料进行分析,将年大雾日数资料分解成空间函数和时间函数,其基本公式: $X=VZ$,其中 X 为气象要素场, V 为空间函数, Z 为时间函数。经过经验正交函数展开(EOF)分解得到空间函数,即各个模态(或称为主分量、特征向量等),取累积方差贡献率大的前几位模态,可以很好解释原始序列的大部分方差和表示气象要素场的空间分布。各模态对应的那部分时间函数,即时间系数,可看成各个模态在时间上的权重,也就是各模态在时间上的变化。经过经验正交函数(EOF)展开,对方差贡献率大的模态对应的第一时间系数进行小波分析,通过小波分析得到时间系数的不同时间尺度的详细结构和变化规律。本文选用 106 个站统计了河南大雾季节分布特征,又通过对 40 代表站的 45 年大雾日数进行经验正交函数(EOF)展开得到河南大雾的空间分布,对时间系数进行小波分析得到大雾的时间分布特征,同时又将各站年大雾日数序列与自然数列 1,2,

3, ..., 求相关系数, 通过相关系数绝对值大小看全省大雾的增加或减少趋势。最后选取大雾最为集中的时段(11月至翌年1月), 对1961—2005年期间的典型多雾年和少雾年500hPa高度距平场进行了分析。

2 河南省大雾的气候特征

2.1 河南省大雾季节分布特征

河南省年平均大雾日数21.9天, 一年12个月中均可出现, 秋冬季多, 春夏季少, 以冬季最多占36%, 夏季最少占15%, 秋季多于春季, 分别占31%和19%。从分月来看, 雾日主要集中在11月到翌年1月, 其中12月份最多, 11月、1月份次之, 6月份最少(详见图1)。

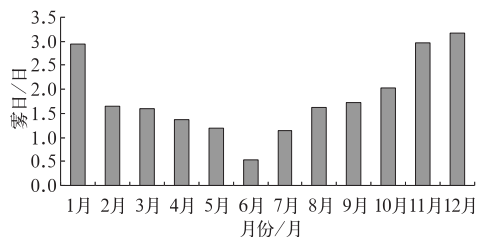


图1 河南省大雾日月分布图

2.2 河南省大雾的空间分布特征

从全省大雾日的统计来看(见图2), 其区域分布极不均匀, 总体来说是东多西少, 平原和盆地多山区明显少, 雾日最多地区位于豫东平原的宁陵年平均51.4天, 最少的位于豫西山区的栾川年平均只有1.6天。全省大雾有5个多发区和一个少发区, 第一个多发区位于豫东的尉氏—宁陵—虞城一线, 第二个位于豫西南的南阳—新野一线, 第三个位于豫南的上蔡—正阳—光山一线, 第四个位于豫西的偃师附近, 第五个位于豫北的辉县附近; 少发区位于豫西山。5个多发区中代表站宁陵、尉氏、偃师、新野、辉县出现雾日

最多的年份与最少年份之差宁陵达118天, 尉氏66天, 偃师和新野57天, 辉县60天。

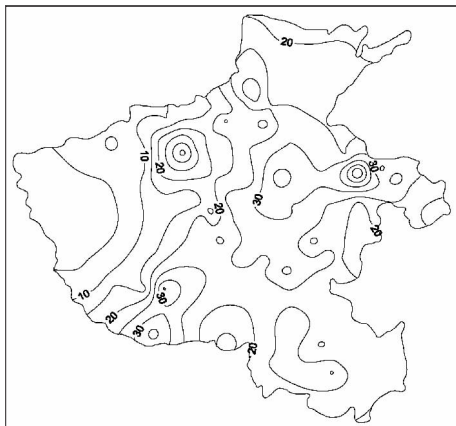


图2 河南省年平均大雾日数空间分布

通过对全省40个代表站1961—2005年45年间年大雾日数资料进行经验正交函数(EOF)展开分析, 前三个模态的积累方差贡献率为76.5%(表1), 其余的贡献率都比较低, 所以取前三个模态进行分析。

表1 河南省大雾的前三个模态的方差贡献

模态	1	2	3
方差贡献率	60.0%	9.8%	6.6%
累积方差	60.0%	69.9%	76.5%

第一模态空间分布特征: 从全省大雾日数的第一模态分布图(图3)看, 全省均为正值, 反映了全省大雾日数具有较好的一致性,

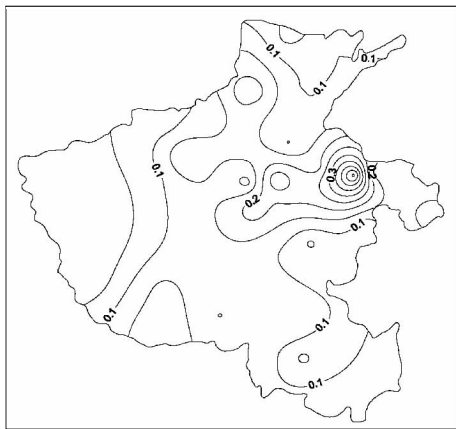


图3 河南省大雾第一模态分布特征

豫东的尉氏—宁陵—虞城一带为高值区,高值中心在宁陵附近,这表明上述地方是大雾变率最大的地方,也是大雾的多发区;低值区在豫西山区、豫北的北部、豫南的东部,特别是豫西山区是大雾变率最小的地区,也是大雾日最少的地区。由于第一模态方差贡献率为 60.0%,故河南大雾大多数年份呈第一模态的分布形式。

第二模态空间分布特征:从第二模态分布图(图 4)可看出,全省除豫东的尉氏—宁陵—永城一线为正值区(中心仍然在宁陵)外,其它地区大部分为负值区,负值中心在河南中部的郑州—新郑—鄢陵一线以及豫南的罗山附近,这说明河南大雾日数在总趋势一致的情况下,上述正负区之间的雾日呈反相关趋向。这也表明河南雾日有除豫东多其它均少的分布特征,豫东宁陵附近是一个大雾多发区,但同时也表示会出现它的反向分布即豫东少而其它均多特征。由于第二模态方差贡献率为 9.8%,故河南大雾日数在前述主要分布型的基础上,部分年份还呈第二模态这种分布特征。

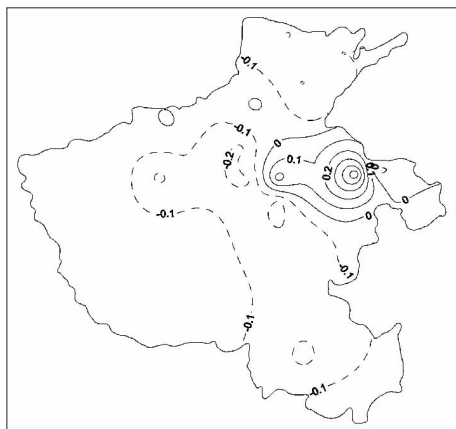


图 4 河南省大雾第二模态分布特征

第三模态空间分布特征:从第三模态分布图(图 5)上看,整个河南正、负连片分布,其中正值区基本在中部地区,位于偃师—许

昌—宁陵一线,中心在偃师附近;负值区主要在豫东北和豫东南,其中心在长垣附近,这也表明河南大雾日数有呈中部多、东北、东南部少的分布特征,但同样也会出现它的反向分布。由于第三模态方差贡献率更小,只有 6.6%,故河南雾日的这种分布型只在极个别年份发生。

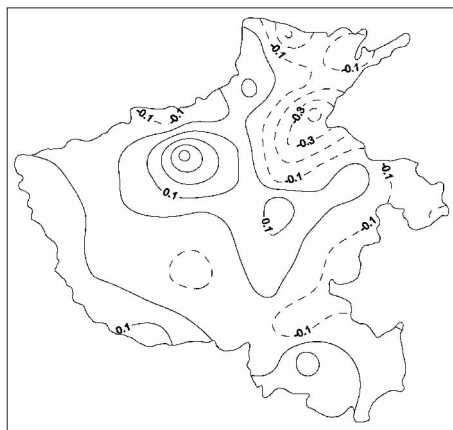


图 5 河南省大雾第三模态分布特征

2.3 河南省大雾的时间分布特征

2.3.1 河南省大雾的时间演变趋势

通过对全省 40 个代表站 1961—2005 年 45 年间年大雾日数资料进行经验正交函数(EOF)展开分析,得到第一模态的方差贡献率为 60%,在所得模态中贡献率最大,所以取第一模态所对的时间系数(图 6)进行分析。第一时间系数的变化等同于各站平均雾日的变化,大值对应该年雾日多,小值对应该年雾日少。从第一时间系数演变来看,存在明显的年际和年代际变化;线性趋势表示,全

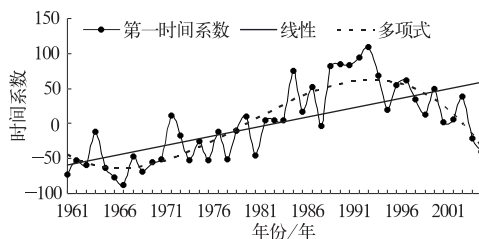


图 6 第一模态所对时间系数曲线

省大雾日数呈显著增加的趋势;二项式趋势为波浪势分布。整个来看全省大雾是 1960 年代少,1980 年代至 1990 年代多,特别是 1986—1998 年雾日最多,1993 年达到峰值,1999—2005 年又逐渐呈减少的态势。

通过对第一模态的时间系数进行小波变换,可得到不同时间尺度的结构和变化规律,由第一模态的时间系数变换后的实部图(图 7)可以看出:在 2~4 年、8~10 年和 19~22 年的尺度都存在周期变化。

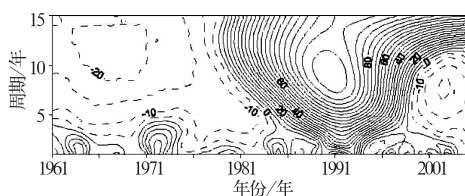


图 7 第一模态对应时间系数小波分析

2.3.2 河南省大雾变化趋势空间分布

为了清晰看出全省各地雾日气候趋势的变化,这里又将各站年大雾日数序列与自然数列 1,2,3,..., 求相关系数,相关系数正负表示增加或减少,相关系数绝对值越大则说明雾日增加或减少趋势越明显,查表^[6]可知,通过 $\alpha=0.01$ 的显著性检验其相关系数绝对值 ≥ 0.37 ,通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验的其相关系数绝对值 ≥ 0.29 。从(图 8)相关

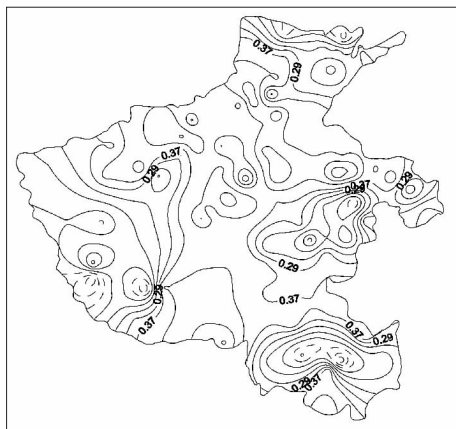


图 8 全省雾日与自然数列相关系数分布

系数区域分布来看,全省大部分地区雾日呈增加趋势,相关系数较大的地区在沿黄河一带以及淮河的上游,最大为 0.8,出现在豫东的睢县;负相关的区域较少,最小为 -0.38,出现在豫南的潢川,仅潢川、淅川、镇平 3 站通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验。

在全省范围分别选取相关系数较大和较小的作为典型代表站,从代表站的雾日曲线演变来看(图略):在豫东地区,雾日明显增加,睢县增加趋势为 11.3d/10a,1993 年达最大值;豫南地区,雾日有增有降,新县雾日增加趋势明显,为 4.3d/10a,1985 年达最大值,潢川为下降的趋势,速度为 -2.1d/10a;豫北地区,大部分地区雾日增加趋势明显,辉县为 7.2d/10a,1990 年达最大值;豫西和豫中地区均呈增加趋势,代表站偃师、郑州和禹州增加趋势分别为 3.3d/10a、2.2d/10a、6.4d/10a,3 站分别于 1993 年、1990 年、1989 年达到最大值;豫西南地区,雾日有增有降,桐柏呈明显增加趋势,速度为 3.2d/10a,1997 年达最大值,而淅川呈缓慢下降的趋势,速度为 -0.3d/10a。

2.3.3 大雾增加成因简析

近年来,由于全球气候变暖,人类活动增加,大气污染严重,造成空气中悬浮的微粒增多,从而使能见度下降,大雾、霾等天气现象出现的几率增加^[6]。朱业玉^[7]对河南代表站郑州冬季温度进行分析,发现郑州冬季温度呈明显增加趋势,突变发生在 1990 年代,这和河南大雾偏多的年代相同,考虑大雾主要出现在秋冬季,以郑州为例,分析 11 月到次年 1 月多雾时段和同期平均温度、平均相对湿度的关系,从图 9a 可以看出,大雾和温度变化都呈明显上升趋势,温度上升速度 0.3℃/10a,大雾上升速度 1.7d/10a,虽然相对湿度(图 9b)上升趋势没有温度明显,但相对湿度和大雾的演变趋势非常相似,二者之间的相关系数达到 0.7。

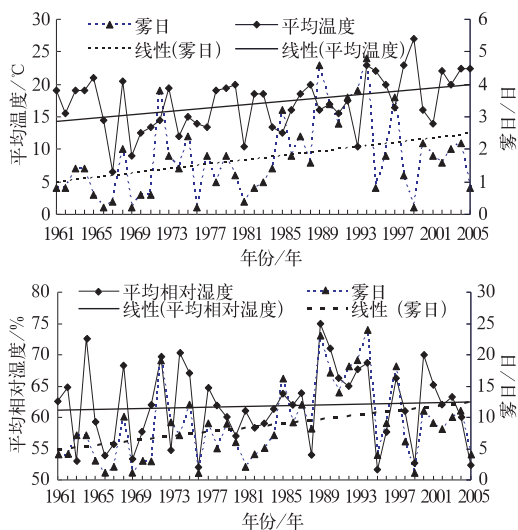


图9 1961—2005年郑州11月至次年1月温度(a)和相对湿度(b)与大雾曲线演变

3 500hPa 环流特征

因大雾多出现在秋冬季,雾日主要集中在11月到翌年1月,这3个月大雾日数占年大雾日数的42%。所以这里选取11月至翌月的典型多雾年份和少雾年份的500hPa高度距平场进行分析。

3.1. 多雾年500hPa高度距平场

通过对10个典型多雾年的11月至翌年1月北半球500hPa高度距平场(图10a)分析,发现有以下显著特点:欧亚中高纬度地区高度距平呈+—+分布,波罗的海一带为正距平中心,乌拉尔山到咸里海一带为负距平中心,我国东北地区到日本海一带为正距平中心。这表明多雾年份乌拉尔山高压脊和东亚大槽减弱,经向度减小,纬向环流加强,冷空气活动偏弱偏北。

3.2. 少雾年500hPa高度距平场

通过对10个典型少雾年500hPa高度距平场分析,发现欧亚中高纬度地区高度距

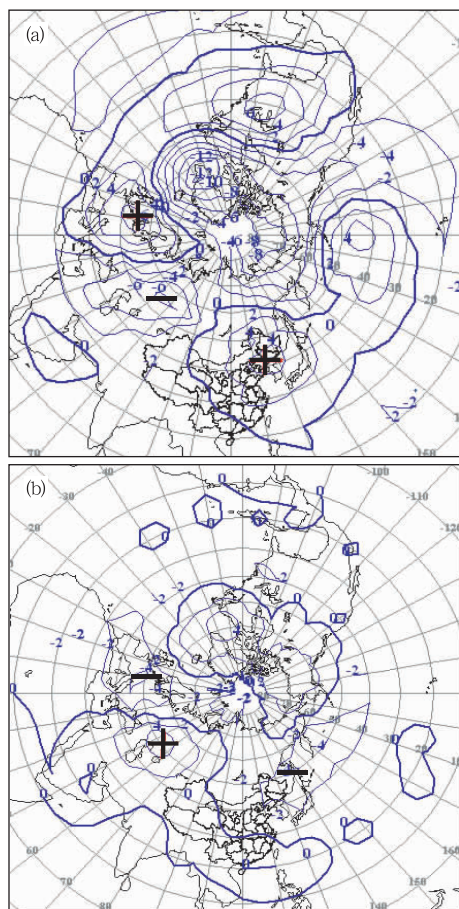


图10 多雾年(a)与少雾年(b)北半球500hPa高度距平图

平与多雾年恰好相反,从图9b可以看出,少雾年欧亚中高纬度地区高度距平呈—+—分布,波罗的海一带为负距平中心,乌拉尔山到咸里海一带为正距平中心,我国东北到日本海一带为负距平中心。这表明少雾年乌拉尔山高压脊偏强,东亚地区的低槽也偏强,表明经向环流偏强,冷空气易大举南下,在这种形势控制下河南省上空盛行西北气流,对应风大湿度小,不易形成大雾。

4 结 论

(1) 河南省大雾全年每个月都能发生,年平均大雾日数21.9天,秋冬季多,春夏季

少,雾日主要集中在 11 月到翌年 1 月,其中 12 月份最多,11 月、1 月份次之,6 月份最少。

(2) 河南省大雾区域分布极不均匀,呈东多西少,平原和盆地多山区明显少的趋势,全省大雾有 5 个多发区和一个少发区,多发区分别位于豫东的尉氏—宁陵—虞城一线、豫西南的南阳—新野一线、豫南的上蔡—正阳—光山一线、豫西的偃师以及豫北的辉县附近;少发区位于豫西山区。

(3) 河南省大部分地区大雾日数呈增加的趋势,且存在 2~4 年、8~10 年和 19~22~年的周期变化。普遍是 60 年代少,80 年代至 90 年代多,特别是 1986—1998 年雾日最多,1993 年达到峰值,1999—2005 年呈减少的态势。

(4) 气候变暖,大气污染严重,能见度下降是河南省大雾日数呈增加趋势的一个主要因素。

(5) 河南省多雾年欧亚中高纬度地区 500hPa 高度距平场呈十一十分布,纬向环流

强,冷空气活动偏弱偏北;而少雾年欧亚中高纬度地区 500hPa 高度距平分布恰好相反,呈一十一分布,经向环流强,冷空气易大举南下,不易形成大雾。

参考文献

- [1] 夏立新,黄石璞. 河南省一次大雾的机理分析[J]. 气象,1999,(7):52-56.
- [2] 孙奕敏. 灾害性浓雾[M]. 北京:气象出版社,1994:67-71.
- [3] 方乾,路红英,邓华君,等. 宁沪高速公路大雾气候特征分析和预报[M]. 大气科学研究与应用,北京:气象出版社,2001,(2):32-37.
- [4] 施能. 气象科研与预报中的多元分析方法[M]. 北京:气象出版社,2002:143-154.
- [5] 王勇,刘峰贵,卢超,等. 青南高原近 30a 雪灾的时空分布特征[J]. 干旱区资源与环境,2006,(2):94-96.
- [6] 中国科学院数学研究所数理统计组. 回归分析方法[M]. 北京:科学出版社,1975,129.
- [7] 朱业玉. 近 40 年郑州冬夏气温突变的诊断分析[J]. 河南气象,2004,(1):15-16.
- [8] 毛节泰. 关于雾、霭和霾. <http://www.cma.gov.cn/qxkp/>,2007-02-16