

吴雁,王荣英,李江波,等. 1960—2013年河北省雾霾天气变化特征[J]. 干旱气象, 2017, 35(3):391-397, [WU Yan, WANG Rongying, LI Jiangbo, et al. Change Characteristics of Fog and Haze Days in Hebei Province from 1960 to 2013[J]. Journal of Arid Meteorology, 2017, 35(3):391-397], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-03-0391

1960—2013年河北省雾霾天气变化特征

吴雁¹,王荣英¹,李江波²,王霞¹,刘晓峰¹

(1. 河北省衡水市气象局,河北 衡水 053000;2. 河北省气象台,河北 石家庄 050021)

摘要:利用1960—2013年河北省11个气象站常规观测资料、1980—2013年NCEP 2.5°×2.5°再分析资料等,采用线性趋势、Morlet小波分析等方法对河北省及各地市雾、霾天气的演变特征和高空环流形势进行分析。结果表明:(1)1960—2013年11个地市中衡水市年平均雾日数最多,张家口市最少;石家庄市年平均霾日数最多,承德市最少,衡水霾日数呈下降趋势外,其他10个地市均呈上升趋势;(2)1960—2013年全省年平均雾日数呈下降趋势,霾日数呈上升趋势,且霾日数上升比雾日数下降趋势更明显;(3)河北省及各地市年平均雾日数周期性特征明显,基本都存在14a的主振荡周期。雾、霾多发月华北上空500 hPa的纬向环流较强,环流形势利于雾、霾天气的形成和维持;雾日数与西风指数成显著的正相关关系。

关键词:河北省;雾霾天气;演变特征;环流形势

文章编号:1006-7639(2017)-03-0391-07 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-03-0391

中图分类号:P427.2

文献标识码:A

引言

雾霾,是雾和霾的统称,雾和霾都是漂浮在大气中的粒子,都能使能见度恶化从而形成灾害性天气。雾是悬浮于近地面气层中水汽凝结成水滴或冰晶使水平能见度<1 km的天气现象;霾是一种大量极细微的干尘粒等均匀地浮游在空中,使水平能见度<10 km的空气普遍混浊现象^[1]。霾与雾的区别在于发生霾时相对湿度不大,而雾中的相对湿度是饱和的^[2]。随着城市化和工业化的迅速发展,都市雾霾天气日趋严重,给人们的生产生活和身体健康带来不利影响,雾霾已经成为影响区域经济发展和城市环境的重要因素。中国不少地区把阴霾天气现象并入雾一起作为灾害性天气预警预报,统称为“雾霾天气”。

国外一些学者对雾霾天气的气象条件、分布规律、组成成分等进行了研究^[3-5]。国内学者也相继对雾霾天气形成特征及其相关影响展开研究,如吴兑等^[6]利用日均能见度≤10 km,日均相对湿度<90%的统计方法,对1951—2005年中国大陆霾的

时空变化进行分析,统计结果显示1980年代以后中国霾日明显增加;李苗等^[7]研究了1980—2012年山西不同范围和不同强度雾日的时空分布及变化趋势;江文华等^[8]利用重庆34个地面观测站1980—2012年气象资料,对重庆霾的空间分布、气候特征及其变化趋势进行分析。河北一直是雾霾天气高发区,近年来有关河北雾霾的研究也越来越多^[9-13],如付桂琴等^[14]利用1981—2010年河北省142个气象站地面观测资料,统计分析河北省霾日空间分布年代际变化特征;杨晓亮等^[15]利用常规气象观测资料及逐小时地面自动气象观测和环境监测部门的PM_{2.5}浓度等资料,对2014年1月15—19日河北省持续雾霾天气期间气象因子与PM_{2.5}浓度的关系进行了统计分析。上述研究对雾或霾的具体过程和长期变化趋势研究较多,而对雾发生的周期性及雾霾的对比研究相对较少。本文对河北省各地区雾日数的周期演变特征和高空形势进行研究,找出河北雾霾天气发生的周期规律和高空环流特征,以期为河北省日常雾霾天气预测预报、防灾减灾提供参考。

收稿日期:2016-11-22;改回日期:2017-01-19

基金项目:国家科技支撑计划课题“华北、东北、新疆区域雾霾研究及预报预警示范”(2014BAC16B04)资助

作者简介:吴雁(1980-),女,山东龙口人,硕士,工程师,主要从事应用气象方面的研究。E-mail:79894502@qq.com

1 资料与方法

所用资料有:河北省 11 个地市中 11 个气象观测站 1960—2013 年常规观测资料,包括逐日 08:00 (北京时,下同)、14:00 和 20:00 的能见度、相对湿度、天气现象、风向、风速、降水等;美国国家环境预报中心(NCEP)提供的 1980—2013 年逐 12 h 再分析资料(分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$);国家气候中心下发的 1960—2013 年亚洲中高纬纬向环流指数(西风指数)资料。

目前对于霾的界定方法各异,如吴兑^[16]提出日均值法统计霾日,定义日均能见度 < 10 km,日均相对湿度(RH) $< 90\%$,并排除降水、吹雪、雪暴、扬沙、沙尘暴、浮尘和烟幕等其他能导致低能见度事件的情况为一个霾日;过宇飞等^[17]对每天 08:00、14:00 和 20:00 3 个观测时次的能见度、相对湿度进行判断,当满足任一时刻能见度 < 10 km,且相对湿度 $< 90\%$,记为一个霾日,同时排除有降水、沙尘暴、扬沙、浮尘、烟幕、吹雪、雪暴等天气现象的情况。

综合考虑上述方法,这里对霾的判定方法为:以逐日观测资料 3 个观测时次任意 2 个时次的能见度 < 10 km,且相对湿度 $< 90\%$,定为一个霾日,但当同时有降水、雾、大风、沙尘暴、扬尘、烟幕、吹雪、雪暴等天气现象时,剔除该日。由于 1971 年之前 11 个气象站中有部分站能见度缺测,所以对霾日数的判定分析时间为 1971—2013 年,雾日以观测站记录为准。

采用数理统计方法分析 1960—2013 年河北省雾日数和霾日数的气候特征。Morlet 小波分析具有较好的多尺度分辨功能,已成为分析气象要素时间序列局部变化特征的通用工具^[18],目前小波分析已广泛用于气温、降水等变化分析,并取得了一些成果^[19-22]。考虑霾的出现与人类活动关系密切,分析其周期变化特征意义不大,因此利用 Morlet 小波方

法对河北省 1960—2013 年雾日数的周期进行分析。

2 河北省雾霾天气演变特征

2.1 各地市雾霾日数分布

图 1 给出河北全省和各地市 1960—2013 年年平均雾日数以及 1971—2013 年年平均霾日数。可以看出,近 54 a 来 11 个地市年平均雾日数有 7 个地市超过全省年平均数(17.3 d),其中最多的是衡水市(25.7 d),其次是石家庄(24.4 d),张家口市最少(1.6 d),南北地市差距大。1971 年以来霾日数仅有 3 个地市超过全省年平均数(12.2 d),其中最多的是石家庄市(60.1 d),其次为保定市(18.7 d),承德市最少(0.3 d),南北差异更明显。对比分析石家庄市和衡水市逐年霾日变化(图略)发现,1976 年之前相差不大,1977 年之后两地霾日增加,都在 1982 年达到一个峰值,且石家庄市霾日远多于衡水市,之后石家庄市继续波动上升,到 1997 年达到最高值 132.0 d,而衡水市霾日数在波动中缓慢下降。

2.2 年际和年代际变化

图 2 为河北省平均雾日数和霾日数的年际变化。可以看出,1960—2013 年河北省雾日数年平均值为 17.3 d,最高为 35.5 d(1964 年),最低为 7.9 d(2012 年);雾日数的气候倾向率总体呈下降趋势,平均每 10 a 下降 0.49 d。期间出现 2 次雾日较多和较少时段:1971—1979 年、1987—1996 年雾日较多,基本都在 18.0 d 以上;1965—1970 年、1980—1984 年雾日相对较少,大都在 15.0 d 以下。1971—2013 年河北省年平均霾日数的气候倾向率呈上升趋势,平均每 10 a 上升 2.63 d,最高为 41.1 d(2013 年),最低为 3.7 d(1971 年)。霾日 1971—1997 年呈波动上升趋势,1998—2002 年呈波动下降趋势,2008—2012 年处于平稳状态。

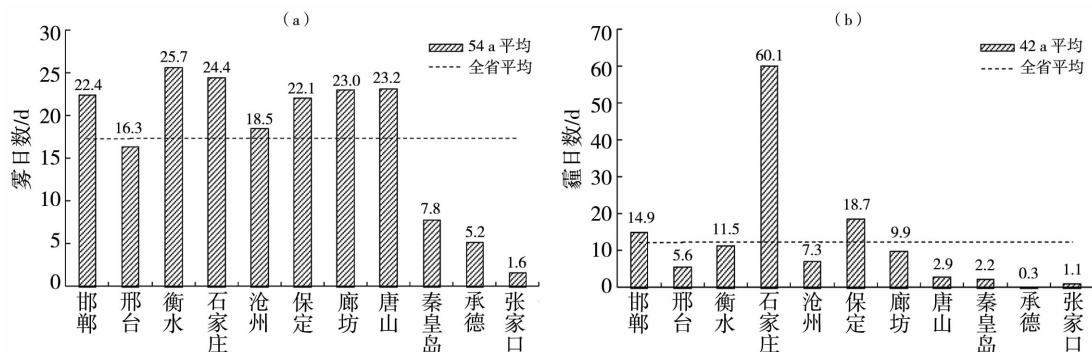


图 1 河北省各地市 1960—2013 年年平均雾日数(a)和 1971—2013 年年平均霾日数(b)

Fig. 1 The annual mean fog days during 1960 - 2013 (a) and annual mean haze days during 1971 - 2013 (b) in 11 cities of Hebei Province

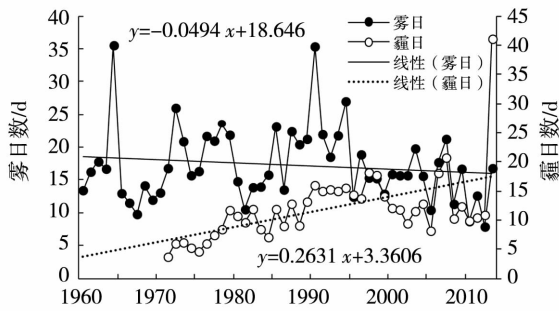


图2 河北省1960—2013年平均雾日及1971—2013年平均霾日数的年际变化

Fig. 2 The annual variation of mean fog days during 1960—2013 and mean haze days during 1971—2013 in Hebei Province

雾、霾日数的年代际变化反映每个阶段的平均特征,由河北省各年代的平均雾、霾日数(表1)可以看出:年平均雾日数最多的是1990年代,其次是1970年代,2010—2013年平均雾日最少;年平均霾日数最多的是2010—2013年,其次是1990年代,1970年代最少。

图3为河北省各地市雾日数和霾日数变化趋势的空间分布。可以看出,11地市中,有7个地市雾日数呈下降趋势,其中下降最明显的是邯郸市,平均每10 a下降2.2 d,其次是石家庄市,平均每10 a下降

1.8 d,张家口市下降最少,平均每10 a下降0.3 d;3个地市呈上升趋势,其中上升最明显的是衡水市,平均每10 a上升1.9 d,承德市和保定市的上升幅度分别为0.9、0.2 d · (10 a)⁻¹;秦皇岛市变化趋势不明显。近年来由于城市化对地理环境的影响,大多城市出现城市热岛效应,一般认为,城市热岛对城市雾的形成和发展不利^[23],因此河北省大部分地区雾日数呈下降趋势可能与城市热岛效应有关。霾日数除衡水市呈下降趋势(-2.3 d · (10 a)⁻¹)外,其他10个地市均呈上升趋势,这与全国大部分地区霾日数变化趋势一致^[24],其中上升趋势最明显的是邯郸市和廊坊市,平均每10 a均上升7.0 d,其次是石家庄市(6.2 d · (10 a)⁻¹),上升趋势最小的是承德市(0.3 d · (10 a)⁻¹)。

2.3 季节和月变化

图4为河北省雾日数及霾日数的季节变化。可以看出,雾日数和霾日数的季节分布基本一致,都是冬季最多,平均雾日为6.5 d,霾日为5.3 d;秋季次之,平均雾日和霾日数分别为5.9 d和3.4 d;春季最少,平均雾日数和霾日数均在2.0 d以下。

河北省雾日数和霾日数的月变化特征大致相同(图5),都类似于“W”型,雾日数主要集中在10月至次年1月,12月最多(2.8 d),11月次之(2.7 d),

表1 河北省1960—2013年各年代平均雾日数和霾日数(单位:d)

Tab. 1 The mean fog days and haze days in different decades during 1960—2013 in Hebei Province (Unit:d)

	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	2000年代	2010—2013年
雾日数	16.0	19.7	17.0	20.0	16.0	11.5
霾日数		7.0	10.4	15.5	12.7	18.1

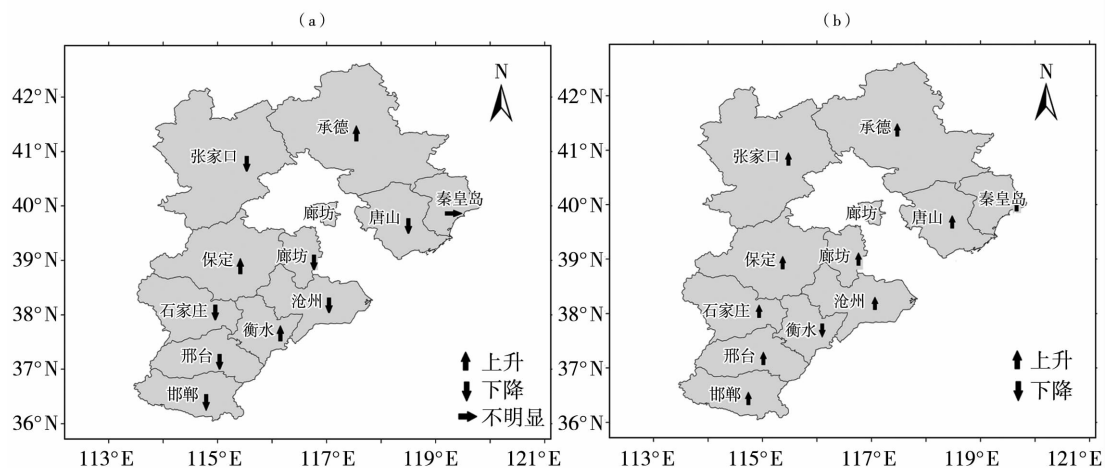


图3 河北省各地市1960—2013年雾日数(a)及1971—2013年霾日数(b)变化趋势

Fig. 3 The trend of fog days during 1960—2013 (a) and haze days during 1971—2013 (b) in 11 cities of Hebei Province

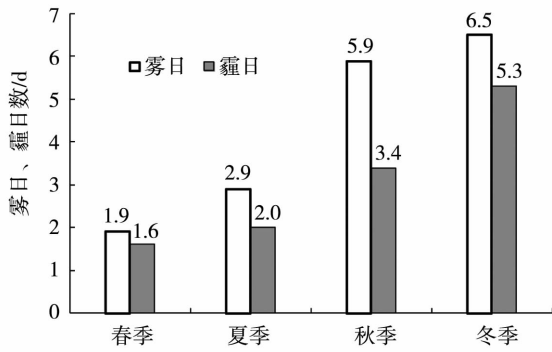


图4 河北省1960—2013年雾日及1971—2013年霾日数季节变化

Fig.4 The mean fog days during 1960 - 2013 and haze days during 1971 - 2013 in different seasons in Hebei Province

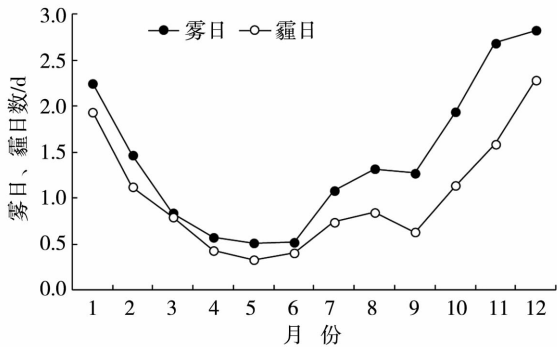


图5 河北省1960—2013年雾日数及1971—2013年霾日数的月变化

Fig.5 The monthly variation of fog days during 1960 - 2013 and haze days during 1971 - 2013 in Hebei Province

5月和6月最少(0.5 d);霾日数主要集中在10月至次年2月,12月最多(2.3 d),次年1月次之(1.9 d),5月最少(0.33 d)。这种月分布与河北省大气环流形势的季节变换特点对应,即天气寒冷干燥、形势稳定的月份易有雾、霾出现,而高温多雨或是干燥多风的月份少有雾、霾发生。

2.4 周期分析

图6给出河北省1960—2013年雾日数的 Morlet 小波分析结果。图中信号的强弱通过小波系数模值的大小来表示,等值线为正(图中实线)代表雾日偏多;等值线为负(图中虚线)代表雾日偏少;小波系数为零则对应着突变点。由图6可以看出河北省年平均雾日数存在3 a、7 a、14 a左右的振荡周期,且由小波方差可以看出14 a的振荡周期最强,雾日数在1960—1967年、1973—1978年、1987—1993年及2001—2008年均偏多。

同理分析河北省1960—2013年11地市雾日数的振荡周期(图略),发现:张家口市年雾日数存在4 a、8 a以及14~15 a的振荡周期,其中14~15 a的周期最稳定;承德市年雾日数有5 a和18 a的振荡周期,且以18 a周期最强;秦皇岛市年雾日数有5 a和11 a的振荡周期,且11 a周期最强;唐山市年雾日数有6 a、10 a及14~15 a的振荡周期,其中14~15 a周期较明显;廊坊市年雾日数有3 a、9 a和14~15 a的振荡周期,其14~15 a周期最强;保定市年雾日数有2 a、6 a和14 a的振荡周期,同样14 a的周期最强;沧州市年雾日数有7 a和14 a的振荡周期,且以14 a的周期最强;石家庄市年雾日数存在准7 a的振荡周期;衡水市年雾日数存在7 a、14 a的振荡周期,14 a的周期最强;邢台市年雾日数存在准4 a、6 a和14~15 a的振荡周期,其中准6 a振荡周期最强;邯郸年雾日数存在14~15 a的振荡周期。可见,河北省大部分地市年雾日数都存在14 a的振荡周期。利用雾日数偏多偏少的周期特性可以对某地区未来几年大雾发生的几率进行推测,而雾的出现说明天气形势比较稳定,气象条件不利于污染物的稀释扩散,霾也就容易产生,且雾和霾在不同相对湿度条件下可以互相转换,因此可以利用这个特征对霾发生的可能性预测进行辅助分析。

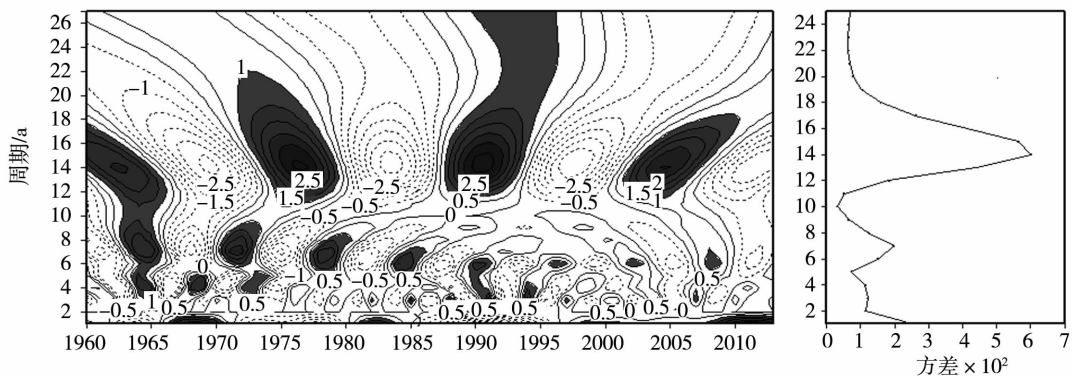


图6 1960—2013年河北省年平均雾日数的 Morlet 小波分析及方差

Fig.6 Morlet wavelet analysis and variance of annual mean fog days in Hebei Province during 1960 - 2013

3 雾霾天气高空环流形势特征

3.1 500 hPa 环流形势特征

河北省1960—2013年逐月平均雾、霾日数中,12月和1月是雾、霾日数发生较多的2个月,因此对雾、霾多发月(12月和1月)多年的高空环流形势进行分析,发现雾、霾多发月500 hPa位势高度大多比常年偏高,但各年的形势又不尽相同:有的是月平均环流形势中整个亚欧大陆环流异常,以纬向环流为主;有的则是冷空气活动偏北,中纬度气流较平直;还有的是环流分支,河北省中南部处于南支气流内。

取其中雾日数和霾日数之和最多的2013年1月(12.3 d)和次多的1994年12月(11.1 d)作为代表年份进行分析。以石家庄市为参照点,石家庄市1月多年平均500 hPa位势高度在548 dagpm左右(图7a),而雾、霾多发的2013年1月500 hPa平均位势高度在551 dagpm左右(图7c),气流较平直,东亚大槽明显较浅,说明2013年的1月整个亚欧地区冷空气活动较弱,环流形势有利于雾、霾天气的发

生和维持。同样石家庄市12月500 hPa多年月平均位势高度在552 dagpm左右(图7b),1994年12月500 hPa平均位势高度在556 dagpm左右(图7d),华北地区气流较平直,东亚大槽偏东北,说明暖气团势力较强,整个亚欧地区冷空气活动弱,利于雾、霾天气的形成和维持。

3.2 西风指数与雾霾的关系

西风指数是表示平均地转风西风分量的一个指标,可定量表示纬向环流的强弱。为了定量表示西风强弱,Rossby提出把纬圈35°N—55°N之间的平均地转西风定义为西风指数,实际工作中把2个纬度带间的平均位势高度差作为西风指数^[25]。高指数表示西风强大,与纬向环流对应;低指数表示西风弱,与经向环流对应。图8给出1960—2013年河北省雾、霾多发月(12月和1月)雾日数与同期西风指数的年际变化,可以看出雾日数与西风指数的变化趋势大致相似,雾日偏多(偏少)时段和西风指数偏高(偏低)时段有较好的对应关系,即西风指数大对应雾日数偏多,西风指数小对应雾日数偏少。

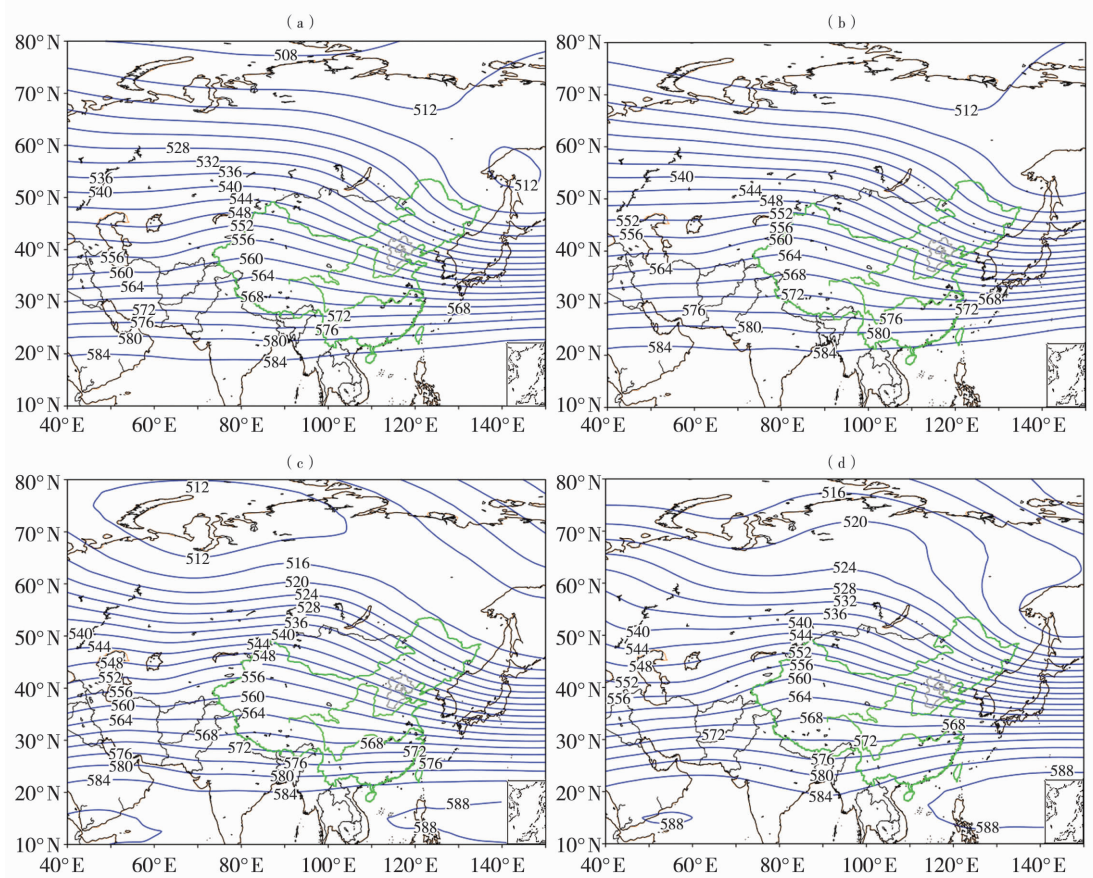


图7 1980—2013年1月(a)、12月(b)500 hPa平均高度场以及2013年1月(c)、1994年12月(d)500 hPa平均高度场(单位:dagpm)

Fig. 7 Mean height field on 500 hPa on January (a) and December (b) during 1960 - 2013 and on January 2013 (c), December 1994 (d) (Unit: dagpm)

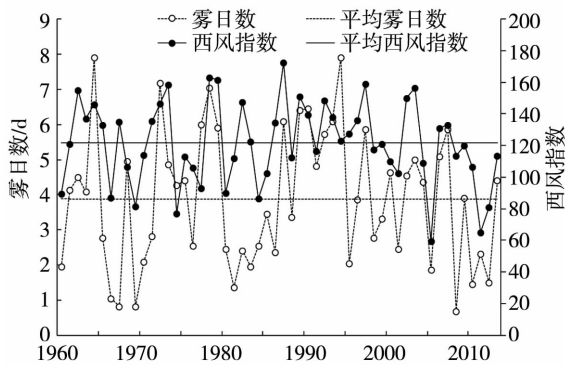


图8 1960—2013年河北省雾霾多发月雾日数与同期西风指数变化趋势

Fig. 8 The annual change of fog days and westerly index in December and January during 1960 - 2013 in Hebei Province

河北省 1960—2013 年年平均雾日数与相应西风指数之间相关系数为 0.29, 而雾霾多发月(12 月和 1 月)的雾日数与同期西风指数的相关系数为 0.57, 且通过了 $\alpha = 0.01$ 的置信度检验, 说明在一定条件下, 西风指数与雾日数之间呈显著的正相关关系。由于雾、霾发生和维持需要的气象条件相似, 且发生均有一定的区域性, 即在有利气象条件下, 当空气中的污染颗粒物积累到一定程度, 霾就会发生。

另外, 河北省冬季正值采暖期, 而 1981—2013 年河北省能源消耗以煤炭为主(一直维持在 90% 左右), 民用车辆拥有量从 2006 年的 301.7×10^4 辆猛增至 2013 年的 1580.9×10^4 辆^[26], 污染排放量大, 在有利于雾、霾维持的天气背景和环流形势下, 河北省冬季雾、霾天气频发。

4 结论与讨论

(1) 1960—2013 年河北省 11 个地市中衡水市年平均雾日数最多, 张家口市最少, 且多数站雾日数呈下降趋势; 1971—2013 年年平均霾日数除衡水市呈下降趋势外, 其他 10 个地市均呈上升趋势, 其中石家庄市年平均霾日最多, 承德市最少。

(2) 河北省平均雾、霾日数分布都是冬季最多, 春季最少; 月平均雾日和霾日变化趋势一致。

(3) 1960—2013 年河北省及 11 地市年平均雾日数具有明显的偏多、偏少周期性特征, 其中全省存在 3 a、7 a、14 a 的振荡周期, 且以 14 a 为主周期, 各地市雾日数振荡周期有所不同, 但大部分地市都存在 14 a 的主周期。

(4) 雾、霾多发月华北上空 500 hPa 的纬向环流较强, 位势高度大多比多年平均值偏高, 西风指数与

雾日数成正相关关系, 相关系数为 0.57。

河北省内环京津, 地理环境复杂多样, 人口众多, 人类社会活动较为剧烈, 雾、霾的发生发展原因难以量化分析, 本文主要从气象条件方面分析了河北省雾、霾天气的演变及高空环流形势特征, 所用方法和资料有限, 不能完全概括全省雾、霾发生演变的特征和造成这些特征的具体原因, 需要以后更深入细致化的研究。

参考文献

- [1] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 21 - 27.
- [2] 吴兑. 再论都市霾与雾的区别[J]. 气象, 2006, 32(4): 9 - 15.
- [3] Seinfeld J H. Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution [J]. Physics day, 1986, 68(46): 1595.
- [4] Kang C M, Lee H S, Kang B W, et al. Chemical characteristics of acidic gas pollutants and PM_{2.5} species during hazy episodes in Seoul, South Korea [J]. Atmospheric Environment, 2004, 38(28): 4749 - 4756.
- [5] Niu S J, Lu C S, Liu Y G, et al. Analysis of the microphysical structure of heavy fog using a droplet spectrometer: a case study [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2010, 27(6): 1259 - 1275.
- [6] 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.
- [7] 李苗, 苗爱梅, 王洪霞, 等. 近 33 a 山西不同强度和范围雾日的变化特征及其成因 [J]. 干旱气象, 2015, 33(2): 249 - 256.
- [8] 江文华, 刘德, 陈勇航, 等. 1980—2012 年重庆地区霾日时空变化特征 [J]. 干旱气象, 2015, 33(4): 602 - 606.
- [9] 胡向峰, 秦彦硕, 段英, 等. 基于航测数据的河北中南部雾霾天气气溶胶及云凝结核研究 [J]. 干旱气象, 2016, 34(3): 481 - 493.
- [10] 周贺玲, 李丽平, 曹跟华. 河北省浓雾、强浓雾的气候特征及年代际变化 [J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(8): 94 - 100.
- [11] 陈瑞敏, 吴雁, 康文英, 等. 连续雾霾天气污染物浓度变化及天气形势特征分析 [J]. 气候与环境研究, 2014, 19(2): 209 - 218.
- [12] 王丛梅, 杨永胜, 李永占, 等. 2013 年 1 月河北省中南部严重污染的气象条件及成因分析 [J]. 环境科学研究, 2013, 26(7): 695 - 702.
- [13] 魏文秀. 河北省霾时空分布特征分析 [J]. 气象, 2010, 36(3): 77 - 82.
- [14] 付桂琴, 张迎新, 谷永利, 等. 河北省霾日变化及成因 [J]. 气象与环境学报, 2014, 30(1): 51 - 56.
- [15] 杨晓亮, 杨敏. 一次雾霾过程中气象因子与细颗粒物浓度关系的研究 [J]. 干旱气象, 2014, 32(5): 781 - 787.
- [16] 吴兑. 霾与雾的识别和资料分析处理 [J]. 环境化学, 2015, 27(3): 327 - 330.
- [17] 过宇飞, 刘端阳, 周彬, 等. 无锡市霾天气特征及影响因子研究 [J]. 气象, 2013, 39(10): 1314 - 1324.
- [18] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术 [M]. 北京: 气象出版

- 社,2007:63-66.
- [19] 阎访,岳艳霞,张秉祥,等. 石家庄地区大风日数气候变化特征[J]. 气象与环境学报,2013,29(2):81-88.
- [20] 白冰,孔令旺,王有恒,等. 基于 Morlet 小波的甘肃省近 50 年气温变化分析[J]. 安徽农业科学,2013,41(17):7627-7628.
- [21] 张楠,苗春生,邵海燕. 1951—2007 年华北地区夏季气温变化特征[J]. 气象与环境学报,2009,25(6):23-28.
- [22] 勾丽杰,刘利民. 基于小波分析的河北平原四季降水变化特征分析[J]. 沈阳农业大学学报,2012,43(3):273-278.
- [23] 吴兑,吴晓京,朱小祥,等. 雾和霾[M]. 北京:气象出版社,2009:43-44.
- [24] 王伟光,郑国光,巢清尘,等. 气候变化绿皮书:应对气候变化报告(2013)[M]. 北京:社会科学文献出版社,2013.
- [25] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 天气学原理和方法[M]. 北京:气象出版社,2007:175-176.
- [26] 河北经济年鉴[S]. 北京:中国统计出版社,2014.

Change Characteristics of Fog and Haze Days in Hebei Province from 1960 to 2013

WU Yan¹, WANG Rongying¹, LI Jiangbo², WANG Xia¹, LIU Xiaofeng¹

(1. Hengshui Meteorological Bureau of Hebei Province, Hengshui 053000, China;
2. Hebei Meteorological Observatory, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: Based on conventional meteorological data of 11 stations in Hebei Province during 1960-2013, NCEP reanalysis data with $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ spatial resolution during 1980-2013, the change characteristics of fog and haze days in 11 cities of Hebei Province were analyzed by using linear trend analysis and Morlet wavelets methods. The results are as follows: (1) There was most fog days in Hengshui among 11 cities of Hebei Province during 1960-2013, and it was least in Zhangjiakou. The fog days in 7 cities showed a downward trend, and in 3 cities it showed an upward trend. There was most haze days in Shijiazhuang during 1971-2013, and it was least in Chengde. Except for Hengshui, in the other 10 cities it was on the rise. (2) The annual-average fog days showed a decreasing trend in Hebei Province during 1960-2013, but annual-average haze days showed an increasing trend during 1971-2013. (3) Annual average fog days in the whole Hebei Province and each city showed an obvious periodical change characteristic, and the primary period was 14 a in most cities of Hebei Province. There was strong zonal circulation on 500 hPa over North China in months with more hazy and fog days, which was conducive to the formation and maintenance of fog and haze weather. There was a significant positive correlation between fog days and the westerly index, the correlation coefficient was 0.57.

Key words: Hebei Province; fog and haze; change characteristics; atmospheric circulation