

周贺玲,李丽平,乐章燕,等. 河北省雾的气候特征及趋势研究[J]. 气象,2011,37(4):462-467.

# 河北省雾的气候特征及趋势研究<sup>\* 1</sup>

周贺玲<sup>1,2</sup> 李丽平<sup>1</sup> 乐章燕<sup>2</sup> 李元华<sup>3</sup>

1 南京信息工程大学, 南京 210044

2 廊坊市气象局, 廊坊 065000

3 河北省气候中心, 石家庄 050021

**提 要:** 为了研究河北省雾的气候特征及变化趋势,用 1965—2006 年河北省 49 个代表站的气象观测资料,采用相关分析、趋势分析以及 Mann-Kendall 检验等统计方法,分析了雾的时空特征、日变化规律和长期变化趋势。结果发现:河北省年平均雾日数为 15 d,平原的雾日数多大于 20 d,高原、山区、丘陵的雾日一般小于 10 d;秋、冬季是雾的多发季节,11 月雾发生频率最高为 15.7%,除夏季外的其他季节,平原的雾日数一般最多;20 世纪 70 年代初是河北省雾的明显转折点,雾日在 1965—1971 年处于偏少期,而 1971 年后经历了偏多—偏少—偏多三个阶段;凌晨 5 时雾生的频率最高为 22.2%,早上 8 时雾消的频率最高为 18.8%,3 h 以内的短时雾最易出现;河北省雾日有一定的变化趋势,除了山前平原区站点多数为正趋势外,其他地形区测站则一般呈现为负趋势。

**关键词:** 雾, 时空特征, 日变化, 趋势分析

## Climatic Characteristics of Fog in Hebei Province and Trend Research

ZHOU Heling<sup>1,2</sup> LI Liping<sup>1</sup> LE Zhangyan<sup>2</sup> LI Yuanhua<sup>3</sup>

1 Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

2 Langfang Meteorological Office of Hebei Province, Langfang 065000

3 Hebei Climate Center, Shijiazhuang 050021

**Abstract:** For studying climatic characteristics and change trend of fog in Hebei Province, based on the observational data from 49 meteorological stations in Hebei Province during 1965—2006, the temporal and spatial features of fog, diurnal variational law and the long-term variation trend are analyzed by using the correlation analysis, trend analysis and Mann-Kendall test methods. Results show that annual fog days are 15 d in Hebei Province, those in plain are more than 20 d, and in plateau, mountains and hills are less than 10 d. The fog-prone season is in autumn and winter, the 15.7% of fog frequency in November is the highest. Except summer, foggy days in plain are more than other topographic regions in general. The turning point of fog in Hebei Province is in the early 1970s. First, it is less from 1965 to 1971 then, after 1972 it experiences a more—less—more variational process. Frequency that fog occurs is the highest at 05:00 BT accounting for 22.2%, and frequency that fog dissipates is the highest at 08:00 BT accounting for 18.8%. The short-time fog within 3 hours occurs easily. Foggy days in Hebei Province have a change trend, stations in piedmont plain show an upward trend mostly, but stations in other topographic regions show a downward trend commonly.

**Key words:** fog, spatial and temporal characteristics, diurnal variation, trend analysis

\* 国家科技支撑计划项目(2007BAC29B02)资助

2009 年 12 月 30 日收稿; 2010 年 7 月 23 日收修定稿

第一作者:周贺玲,主要从事可持续发展天气气候与环境研究工作. Email:zhltangxx@sina.com

引 言

根据地面观测规范定义<sup>[1]</sup>,雾是指大量微小水滴浮游空中,常呈乳白色,使水平能见度小于 1.0 km 的天气现象。根据雾发生时的能见度大小,业务观测中雾可分为雾(能见度 0.5 km 至小于 1.0 km)、浓雾(能见度 0.05 km 至小于 0.5 km)、强浓雾(能见度小于 0.05 km)。雾的发生几率高、发生范围广、危害程度大,对交通、航运和环境都有严重影响,因此关于雾的研究越来越多,如:邓雪娇、吴兑、李子华、江玉华等<sup>[2-5]</sup>研究了局地雾的宏微观结构及物理成因;康志明、王玮、何立富等<sup>[6-8]</sup>诊断分析了典型雾天气形成过程和维持的原因;曹治强、毛冬艳、吴滨、刘小宁、孙丹、郑玉萍、陈连友等<sup>[9-15]</sup>对雾天气的气候特征及发生条件等进行了分析;迄今对雾的研究大多停留在局地特征分析、个例分析、数值模拟以及雾预报方面<sup>[16-23]</sup>,目前对河北省雾变化特征及其历史演变趋势的系统研究却很少,本文着重分析河北省雾的时空特征、日变化规律、长期变化趋势,旨在认识河北省雾的发生、发展规律,为雾的预报预测以及灾害防御等提供科学依据。

1 资料及技术方法

1.1 资料

(1) 河北省 49 个代表站 1965—2006 年的逐日雾资料、逐日相对湿度资料。这 49 个代表站在河北省内分布比较均匀,资料的完整性也比较好(图略)。综合考虑行政区域和气候区域特点,将河北省分为 5 个区域<sup>[16]</sup>:冀北高原区、燕山丘陵区、冀东平原区、太行山区和山前平原区。

(2) 河北省 16 个观测站(基本站与基准站,属于 24 小时值班站)1965—2006 年历次雾日的生消时间。

1.2 方法及技术约定

采用线性倾向估计及相关分析等方法分析雾日的变化趋势,利用 Mann-Kendall 方法研究河北省雾日的年代际变化,由于方法比较成熟<sup>[24]</sup>,在这里不作详细介绍。用能见度小于 1 km 和相对湿度大于 90%作为雾的判别标准<sup>[9]</sup>。测站在一个观测日内的水平能见度与相对湿度同时满足上面两个条

件,则认为该站点当日出现了雾,记为一个雾日。

2 河北省雾的时空特征分析

2.1 河北省雾的年变化

统计发现 1965—2006 年河北省 49 个代表站年平均雾日为 15 d,42 年中,1990 年的雾日最多为 28.2 d,1981 年的雾日最少只有 8.9 d,最多年与最少年相差近 20 d。

雾日的分布受地形影响很大<sup>[16]</sup>。河北省地形复杂,高原、山地、丘陵、盆地、平原类型齐全,因此雾日分布具有明显的区域地理特征。49 个代表站 42 年平均的年雾日数分布如图 1 所示,整体来看,高原、山区、丘陵的雾日较少,一般年雾日<10 d,而平原的雾日较多,大部站点年雾日>20 d。冀北高原区年雾日数明显偏少,大部分地区≤5 d,个别站点甚至≤1 d;燕山丘陵区除承德南部和唐山北部的几个站年雾日≥8 d 外,其余站点年雾日大多≤5 d;山前平原区与冀东平原区,年雾日大多>20 d,乐亭年雾日最多为 31 d;保定、石家庄、邢台、邯郸的西部与张家口南部属于太行山区,年雾日多<10 d,其中阜平、涉县属于深山区年雾日≤5 d。

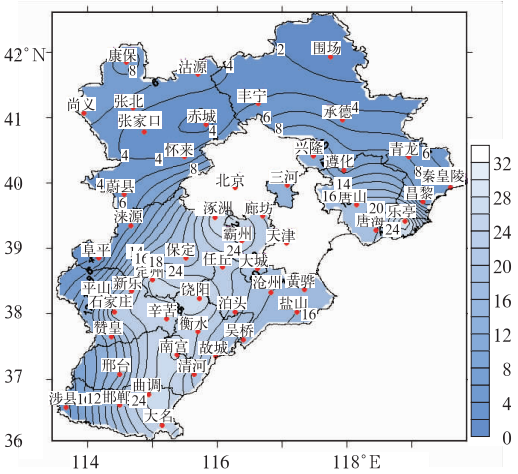


图 1 1965—2006 年 49 个代表站年平均雾日数分布(单位: d)

Fig.1 Distribution of annual fog days for 49 stations from 1965 to 2006 (unit:d)

2.2 河北省雾的月变化

将 49 个站累年逐月及逐年的雾日数进行平均,得到河北省累年各月及年的平均雾日数。累年各月雾日数分别除以年雾日数,即为各月雾日占全年雾

日的百分率。由图 2 可以看到,11 月是河北省雾日数最多的月份,出现频率达到 15.7%,其次为 12 月,出现频率为 15.6%,5 月河北的雾日最少,仅占

全年的 2.6%。总体来看,3—6 月属于河北省的少雾时间段,4 个月总的雾出现频率只有 13.4%。

2.3 河北省不同季节雾的变化

分析多年平均的各季节雾日数,春、夏、秋、冬四季雾所占的百分比分别为 10.4%,19.2%,35.0%和 35.5%,春季与夏季雾出现的频率较低,而秋、冬季是雾易出现的季节,两个季节雾所占的百分比达到 70.5%。

研究不同季节雾的地理分布(见图 3)。除夏季外,其他三个季节均表现为平原地区的雾日数多于山区与高原。春季,全省的雾日都在 4 d 以下,平原区的雾日多在 2d 以上,高原、山区与丘陵地带的雾

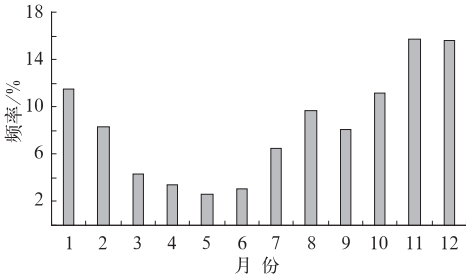


图 2 1965—2006 年 49 个代表站  
各月平均雾出现频率(单位:%)  
Fig.2 Monthly frequency of fog for 49  
stations from 1965 to 2006 (unit: %)

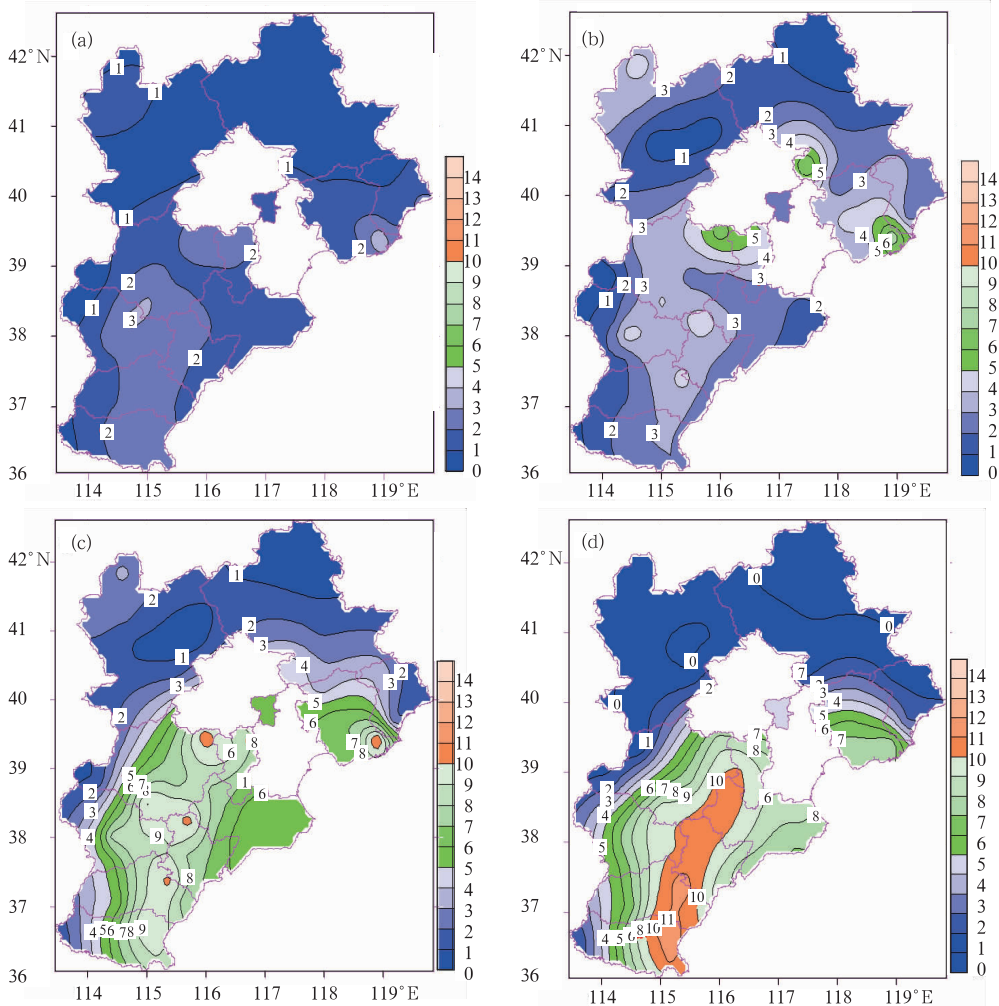


图 3 49 个代表站各季平均雾日数分布  
(a) 春季; (b) 夏季; (c) 秋季; (d) 冬季 (单位: d)  
Fig.3 Distribution of seasonal fog days for 49 stations;  
(a) spring, (b) summer, (c) autumn, and (d) winter (unit:d)

日都不足 2 d,有些地方甚至低于 1 d;夏季,有 3 个雾日大值区,分别在山前平原、冀东平原及丘陵地带,雾日数大多在 3 d 以上,其中冀东平原站乐亭的

雾日最多为 8 d,秦皇岛、沧州、衡水、邢台 4 个市的东部平原站点雾日不足 3 d,可能与东部地区靠近渤海有关,除了张家口西北部的几个高原站点雾日数

在 3 d 以上外,其余的高原与山区测站雾日基本不足 3 d;秋季,除唐山北部外,平原雾日数基本大于 5 d,明显高于山地与高原,大值中心有 2 个,1 个在冀东平原的乐亭雾日为 11.3 d,1 个在山前平原区的涿州雾日为 10.6 d;冬季,雾日的大值区域与秋季类似,只是在山前平原地带有一个范围较大的大值区,雾日数在 10 d 以上,南宫雾日最多达 11.6 d。

总之,河北省雾日分布具有明显的季节特征:在春、秋、冬季,平原的雾日数一般多于山区、高原与丘陵地带;高原站点雾日数在夏季最多;在夏季,丘陵

地区雾日较多;秋、冬季沿海地区的雾日一般少于内陆的平原区。

2.4 河北省雾的年代际变化

对河北省 49 个气象站 1965—2006 年年雾日数距平进行分析(图 4a),发现全省年雾日数呈现增加的趋势,并有明显的年代际转折特征,河北省雾日数在 1972 年以前是偏少期,其中 1967 年雾日最少,1972—1980 年为偏多期,1980—1984 年为偏少期,1984 年以后又进入偏多期,22 年中只有 7 年偏少,

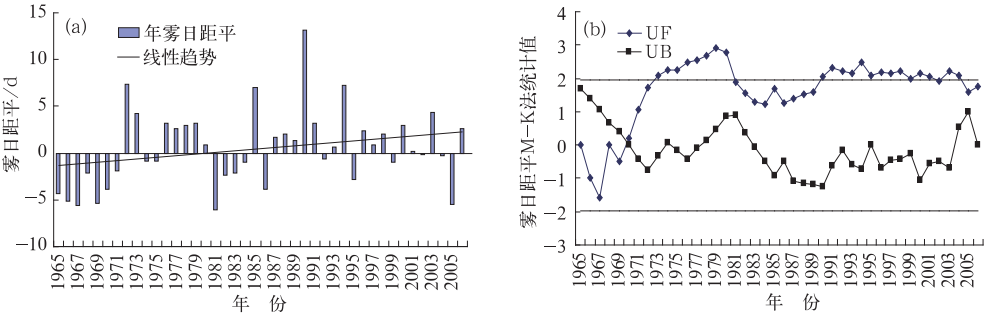


图 4 1965—2006 年雾日距平变化(a)及 Mann-Kendall 检验曲线(b)

Fig. 4 Anomaly change of fog days (a) and the Mann-Kendal test curve (b) from 1965 to 2006

雾日最多的年份是 1990 年。

采用 Mann-Kendall 法对 42 年雾日数距平进行计算,进一步检验突变点,给定显著性水平 0.05,根据 UF 与 UB 曲线的交点,检测得到 20 世纪 70 年代初期(即 1970 年)为非常明显的突变点(图 4b),除 20 世纪 80 年代及 2005 和 2006 年雾增多趋势不明显外,70 年代中后期及 90 年代至 2004 年河北省雾增加的趋势均比较显著(UF 线超过了 0.05 临界线),这与前文的雾日距平分析基本吻合。

3 河北省雾的日变化特征

采用河北省 16 个观测站 1965—2006 年历次观测的雾日生消时间来分析雾的日变化特征,雾开始、结束时间分析时取整点时间。约定在 1 日内发生的雾,无论发生次数及时间间隔,都记为一次雾日,连续出现的雾日(前一天结束时间与第二天开始时间相同),定义为一次雾日。

3.1 雾开始时间的变化规律

雾日数按照雾发生时间进行分类,将 16 个站累年逐时的雾日数进行平均,得到累年逐时平均雾日

数。逐时平均雾日数分别除以 24 个时刻累加平均的总雾日数,即为雾生在 24 个不同时刻的频率分布(图 5a)。总体来看雾生的峰值时间段在晚上 20 时后到次日 08 时以前,在 24 个时刻内,凌晨 05 时雾生的频率最高,达 22.2%,06 时次高为 16.6%,09—19 时雾生的频率很低,11 个时次总频率只有 3.64%。雾一般由于夜间的强辐射降温、逆温等形成,而温度在 1 天内有明显的变化特点,最低气温往往出现在 05 时左右,温度的迅速下降,有利于近地层水汽凝结形成辐射雾。

3.2 雾结束时间的变化规律

同理得到雾消在 24 个不同时刻的频率分布(图 5b)。发现雾消的主要时间段在凌晨 05 时到中午 12 时之间,8 个时次总频率为 86.2%,其中雾消在 08 时的频率最高,达 18.8%。这可能由于 08 时太阳一般已经升起,温度在短时间内迅速升高,加速了水汽蒸发,从而雾易消散。

3.3 雾持续时间的变化

雾的持续时间越长,造成的灾害及影响越大,因此有必要对每次雾过程的持续时间进行详细分析。

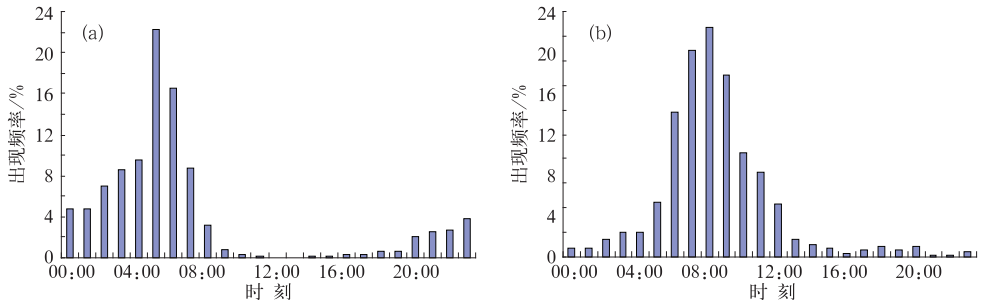


图 5 16 个代表站雾开始(a)及结束(b)时间在不同时刻出现的频率

Fig. 5 Diurnal variations of fog starting and fog ending for 16 stations (unit: %)

参照刘小宁等<sup>[12]</sup>对雾的持续时间进行分级,计算各站出现各级雾持续时间频率。规定在 1 天内出现的雾,无论出现的次数及时间间隔,均记为一次雾过程,连续两日出现的雾当时间间隔在 4 小时以内时,定义为一次雾,雾持续时间等级定义为 0~3 h,3~6 h,6~12 h 和大于 12 h。图 6 为 16 个站雾各级持续时间所占百分比分布,由图中可以看到,各站雾均表现为持续时间越长,出现的频率越低。持续时间在 3 h 以内的雾最容易出现,出现频率在 36%~84%,围场最多,出现频率达到 83.3%,邢台最少为 36.7%;3~6 h 的雾出现频率次高,在 16%~31%

之间,邢台与石家庄最多为 31%,张家口最少只有 16.1%;6~12 h 雾出现频率为 0~22%,保定最多为 21.3%,围场最少为 0;大于 12 h 的雾很少出现,特别是属于高原与山地测站的张家口、怀来、丰宁、围场 42 年中没有出现大于 12 h 的雾,出现频率在 10%以上的 5 个站均属于平原地区。雾的持续与天气系统的维持、当地的地形作用关系密切<sup>[3]</sup>,近地面层逆温、充沛的水汽以及较弱的地面风速往往对雾的维持起着重要作用<sup>[8,20]</sup>,高原与山地测站的海拔较高,其雾的类型一般为平流雾或爬坡雾,因此与地面辐射雾有明显的差别<sup>[3]</sup>。

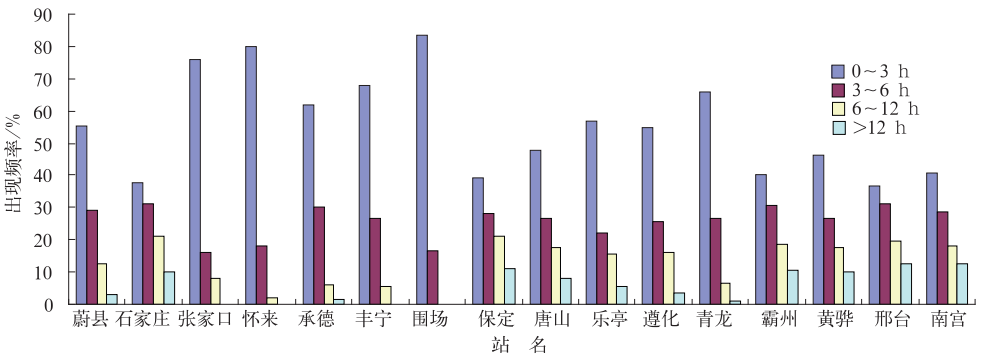


图 6 1965—2006 年 16 个代表站不同级别雾的持续时间频率分布(单位:%)

Fig. 6 Frequency distribution of different duration of fog for 16 stations from 1965 to 2006 (unit: %)

4 河北省年平均雾日数的趋势变化

为了研究河北省年均雾日数的长期变化趋势,对 49 个代表站 42 年的年雾日数分别计算其趋势系数,用来表示 1965—2006 年河北省年雾日数的长期变化特征,并绘制出线性趋势分布图(图 7)。该图可能还不能准确代表河北省雾变化的总趋势,但是从图中仍然可以看到,雾日数在河北省的大概变化

趋势,位于冀东平原、冀北高原、太行山区以及燕山丘陵地区的站点多数雾日数变化不大或为下降趋势,通过对相关系数进行显著性检验,发现负趋势系数中通过 0.05 显著性水平检验的站有 6 个,其中有 1 个站显著性水平超过 0.01,下降最显著的站是位于冀北高原区的康保,趋势系数为-0.15;位于山前平原区站点则一般呈现上升趋势,正趋势系数中通过 0.05 显著性水平检验的站有 16 个,其中有 13 个站显著性水平超过 0.01。刘小宁等<sup>[12]</sup>研究认为,我



国大部地区雾日数呈减少的趋势,但在辽宁全省、华北平原南部、山东半岛、黄河下游至长江中下游、四川盆地东部、云南东部的大部分地区雾日数基本变化不大或呈上升趋势,河北省雾的变化情况基本与此相符。

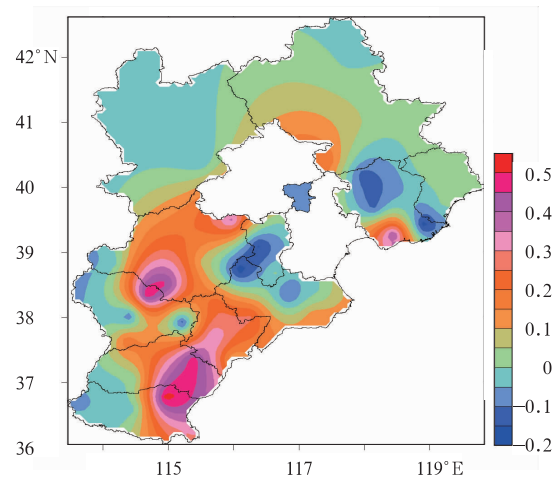


图 7 49 个代表站年均雾日趋势系数分布  
Fig. 7 Trend coefficient distribution of annual fog days for 49 stations

5 结 论

(1) 秋、冬季是河北省的多雾季节;高原、山区、丘陵的年雾日数明显少于平原,除夏季外,在春、秋、冬季,平原的雾日数一般多于山区、高原与丘陵地带。雾有一定的年代际变化特征,20 世纪 70 年代初是河北省雾的拐点。

(2) 凌晨 05 时雾生的频率最高,达 22.2%,06 时次高,09—19 时之间雾生的频率很低;雾消的主要时间段是在凌晨 05 时到中午 12 时之间。3 h 以内的短时雾在 42 年中发生频率最高,高原、山地与丘陵测站雾持续时间大多在 6 h 以内,大于 12 h 的雾在平原区出现较多。

(3) 河北省年均雾日趋势变化存在一定的地域性特征,位于冀东平原、冀北高原、太行山区以及燕山丘陵地区站点一般呈现负变化趋势,而山前平原的站点则一般具有正变化趋势。

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, 2003:21-23.

[2] 邓雪娇,吴兑,史月琴,等. 南岭山地浓雾的宏微观物理特征综合分析[J]. 热带气象学报,2007,23(5):424-434.

[3] 吴兑,邓雪娇,毛节泰,等. 南岭大瑶山高速公路浓雾的宏微观结构与能见度研究[J]. 气象学报,2007,65(3):406-414.

[4] 李子华,张利民,楼小凤. 重庆市区冬季雾的宏微观结构及其物理成因[J]. 南京气象学院学报,1993-16(1):48-54.

[5] 江玉华,王强,王正兴,等. 一次平流辐射雾的边界层特征及雾水离子组分研究[J]. 气象,2009,35(2):20-28.

[6] 康志明,尤红,郭文华,等. 2004 年冬季华北平原持续大雾天气的诊断分析[J]. 气象,2005,31(12):51-56.

[7] 王玮,黄玉芳,孔凡忠,等. 中国东部一场持续性大雾的诊断分析[J]. 气象,2009,35(9):84-90.

[8] 何立富,陈涛,毛卫星. 华北平原一次持续性大雾过程的成因分析[J]. 热带气象学报,2006,22(4):340-350.

[9] 曹治强,吴兑,吴晓京,等. 1961—2005 年中国大雾天气气候特征[J]. 气象科技,2008,36(5):556-560.

[10] 毛冬艳,杨贵名. 华北平原大雾发生的气象条件[J]. 气象,2006,32(1):78-83.

[11] 吴滨,施能,李玲. 福建近 44 年雾日趋势变化特征及可能影响因素[J]. 应用气象学报,2007,18(4):497-505.

[12] 刘小宁,张洪政,李庆祥,等. 我国大雾的气候特征及变化初步解释[J]. 应用气象学报,2005,16(2):220-229.

[13] 孙丹,朱彬,杜昊鹏. 我国大陆地区浓雾发生频数的时空分布研究[J]. 热带气象学报,2008,24(5):497-501.

[14] 郑玉萍,李景林. 乌鲁木齐近 31 年大雾天气气候特征分析[J]. 气象,2008,34(8):22-28.

[15] 陈连友,李月英,曹秀芝,等. 秦皇岛地区雾天气气候特征及预报[J]. 气象,2009,35(12):126-132.

[16] 安月改. 京津冀区域近 50 年大雾天气气候变化特征[J]. 电力环境保护,2004,20(3):1-4.

[17] 王丽荣,连志鸾. 河北省中南部一次大雾天气过程分析[J]. 气象,2005,31(4):65-68.

[18] 赵玉广,李江波,康锡言. 用 PP 方法做河北省雾的分县预报[J]. 气象,2004,30(6):43-47.

[19] 郭立平,张素云. 冀中滨海平原大雾的形成特征及变化[J]. 南京气象学院学报,2007,30(3):359-363.

[20] 李江波,沈桐立,侯瑞钦,等. 华北平原一次大雾天气过程的数值模拟[J]. 南京气象学院学报,2007,30(6):819-827.

[21] 王婷,潘蔚娟,湛志刚,等. 珠江口持续性雾生消的环流特征和成因分析[J]. 气象,2010,36(6):13-20.

[22] 吴彬贵,解以扬,吴丹朱,等. 京津塘高速公路秋冬雾气象要素与环流特征[J]. 气象,2010,36(6):21-28.

[23] 严文莲,刘端阳,濮梅娟,等. 南京地区雨雾的形成及其结构特征[J]. 气象,2010,36(10):29-36.

[24] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,1999.