

荀伟唯,李秀英,庄萌,等.清河秋冬季雾变化规律及相关气象要素分析[J].陕西气象,2022(5):42-46.

文章编号:1006-4354(2022)05-0042-05

清河秋冬季雾变化规律及相关气象要素分析

荀伟唯¹,李秀英²,庄萌¹,李诺冰³

(1. 清河县气象局,河北清河 054800;2. 沙河市气象局,河北沙河 054100;
3. 柏乡县气象局,河北柏乡 055450)

摘要:利用清河国家气象观测站1960—2020年雾日数和2016—2020年逐时地面气象资料,分析清河雾的年、季、月变化规律和各等级雾在一日中生成消变化规律、持续时长及与气象要素的相关性。结果表明:清河雾日数呈缓慢增长趋势,线性趋势率为0.99 d/10 a,秋冬季雾占总雾日的82%,是雾的高发季节;秋冬季浓雾和强浓雾的日变化规律基本一致,强浓雾出现频次最多,累计时间最长,特强浓雾出现频次最少;秋冬季雾的生成时间主要分布在后半夜到清晨,其次是19—20时,11—17时较少有雾生成,消散时间主要在09—12时;雾的浓度越高,持续时间越长,清河秋冬季雾持续时长在5 h以下占比最多,占48%。通过分析秋冬季雾的能见度和气象要素的相关性得出,能见度和相对湿度、10 min平均风速显著相关,当湿度大于90%时,10 min平均风速小于3.0 m/s时,更利于雾的生成和发展。

关键词:秋冬季雾;变化规律;浓雾;强浓雾;生消变化;持续时长

中图分类号:P426.4

文献标识码:A

在地面气象观测规范^[1]中,雾的定义为大量微小水滴悬浮空中,常呈乳白色,使水平能见度小于1.0 km。其中水平能见度的观测一般指人工观测能见度。人工观测仅定时观测(02时、08时、14时、20时或者08时、14时、20时),一天只进行4次或者3次观测。2016年以前自动能见度观测尚未完善,对于雾发展规律特征及相关因子分析多采用人工观测能见度数据^[2-10]。随着自动化观测不断推进,能见度观测普遍实现自动化,实现了24 h每分钟不间断地数据采集传输,地面观测中雾的识别利用地面综合观测业务软件综合视程障碍算法每分钟自动判别,提升了资料的时间精度。为了提高雾的精细化预报能力,预报服务中开始利用雾天气过程中逐时能见度数据分析雾的空间分布及天气成因^[11-12]。邓小丽等^[13]利用监测站的逐时能见度资料分析了高速公路的低能见度及其影响因子,卢盛栋^[14]研究了大气能见度对相对

湿度及PM_{2.5}颗粒物质量浓度的响应关系。李慧晶等^[15]分析了水平能见度低于1 000 m和相对湿度大于等于90%时,四川地区不同等级雾的时空分布特征和生消变化规律。胡跃文等^[16]利用自动站逐时资料分析了能见度在500 m以下贵州大雾天气的时空分布特征。为了保持人工和自动观测能见度数据序列化,按照中国气象局预报与网络司要求,将能见度阈值在人工观测基础上下调25%^[17-18]。地面综合观测业务软件中利用自动观测能见度综合判别雾的标准已经改变,目前利用国家气象观测站自动观测能见度综合判别结果分析雾发展规律及其气象要素的相关性研究较少。2016年清河国家气象观测站开始利用前向散射能见度仪采集的能见度作为正式上传数据,实现了能见度的自动化观测,视程障碍现象(大雾、轻雾、霾、扬沙、沙尘暴等)由ISOS软件根据视程障碍算法综合判别。本研究利用1960—

收稿日期:2021-12-12

作者简介:荀伟唯(1982—),女,汉族,河北隆尧人,学士,高工,从事综合气象观测业务工作。

基金项目:邢台市科学技术局软科学领域专项(清河县秋冬大雾发展规律及气象因素研究(2020ZC388))

2015年人工观测雾和2016—2020年综合自动判别的雾数据资料,分析清河秋冬季雾变化规律特征及其与气象要素的相关性,以期为雾的预报预警提供参考。

1 资料来源

从2016年1月1日(即北京时2015年12月31日20时01分)开始,能见度开始由人工观测改为自动观测,实现了能见度的分钟级采集,全天24小时连续观测。自动观测能见度数据分为1 min平均能见度和10 min平均能见度,为了保持数据的连续性,在分析雾数据时采用10 min滑动能见度(用 V 表示)。2016年3月,在《地面气象观测业务技术规定实用手册》^[19]中,明确雾的自动观测判别标准为小于750 m。《雾的预报等级》(GB/T 27964—2011)规定了雾的判定标准:大雾为 $500\text{ m} \leq V < 1\ 000\text{ m}$,浓雾为 $200\text{ m} \leq V < 500\text{ m}$,强浓雾为 $50\text{ m} \leq V < 200\text{ m}$,特强浓雾为 $V < 50\text{ m}$ 。所以,在统计分析自动观测的逐小时能见度数据时,将大雾区间范围订正为 $500\text{ m} \leq V < 750\text{ m}$,其他等级范围不变。

利用河北省综合气象信息共享平台^[20]中清河国家气象观测站1960—2020年雾日数分析清河雾的年、季、月变化规律,利用2016年1月1日—2020年12月31日小时和分钟数据中的10 min滑动能见度分析秋冬季雾的日变化、生消变化、持续时长及与气象要素的相关性。按照《地面气象观测业务技术规定实用手册》^[19]要求,剔除因受降水影响产生的能见度小于750 m的数据及缺测数据。

2 雾的变化特征

2.1 年变化

1960—2020年期间,清河雾日总数为1 308 d,年平均雾日数为21.4 d,最多为1972年(47 d),最少为2008年(仅有9 d)。由图1可知,近61 a来雾日数呈波动式缓慢增长趋势,线性趋势率为0.99 d/10 a,其中出现三个明显峰值和三个相对低谷期,峰值分别出现在1964年、1972年和2004年,相对低谷期出现在1965—1971年、1973—1984年、2008—2018年。为了分析雾日数的年代际变化,统计各年代雾日数平均值和历年平均值做对比,可以看出20世纪60年代、80年代雾日

数低于平均值,70年代雾日数与平均值基本持平,90年代雾日数开始高于平均值,21世纪初期(2001—2010年)雾日数达到最高,为27.2 d,2011—2020年雾日数低于平均值。雾日数变化和城市发展及人类环境发生变化有直接关系^[21],但无法确定雾日增减变化是否和城市颗粒物或者其他因素影响有关,其原因需要进一步研究。

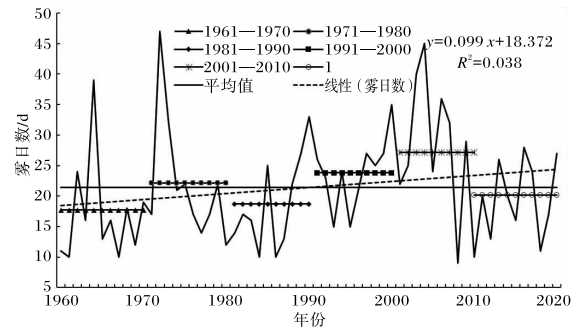


图1 1960—2020年清河雾日数年际变化

2.2 月、季变化

如图2所示,对1960—2020年各月雾日数进行统计发现,清河各月均有雾出现,出现最多的为12月,其次为1月和11月。12月、1月和11月的平均雾日分别为4.5 d、4.0 d和3.8 d,最少为4—6月,平均雾日为0.3 d。按照目前最常用的气象季节划分法,春季为3—5月,夏季为6—8月,秋季为9—11月,冬季为当年12月—次年2月。清河春季雾日数共87 d,占全年的7%,夏季雾日数145 d,占11%,秋季雾日数434 d,占33%,冬季雾日数642 d,占49%。秋冬季雾共占82%,是雾的高发季节。秋冬季雾持续时间长,影响范围广,所以进一步利用自动站逐小时能见度数据分析秋冬季节(当年9月至次年2月)雾的日变化、生消变化、持续时长和气象要素的相关性,这对了解雾特性至关重要。

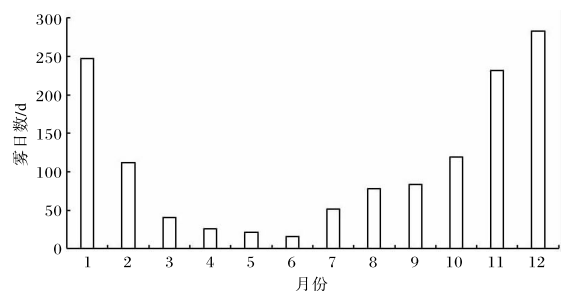


图2 1960—2020年清河雾日数月变化

2.3 日变化

利用 2016—2020 年秋冬季每日逐时 10 min 滑动能见度数据,统计大雾、浓雾、强浓雾、特强浓雾在每个时刻的出现频次,出现相应等级雾记 1 次。统计得出,秋冬季共出现雾 771 次,其中大雾、浓雾、强浓雾、特强浓雾出现频次分别为 172 次、170 次、425 次、4 次。同时按照未订正之前大雾标准($500\text{ m} \leq V < 1\ 000\text{ m}$)进行了统计,出现频次为 444 次,明显高于订正后标准($500\text{ m} \leq V < 750\text{ m}$)。如图 3 所示,浓雾和强浓雾日变化规律基本一致,强浓雾出现频次最多,特强浓雾出现频次最少。秋冬季大雾频次最多时间为 04 时、07—08 时、10 时和 22 时,出现时间相对分散;浓雾频次最多时间为 05—09 时,占比 46.4%;强浓雾频次最多时间为 03—09 时,占比 57.8%,特强浓雾频次最多时间为 00 时,占比 50%;各等级雾频次最少时间在 14—17 时,占比仅 3.9%。图 3 中 4 条曲线下方的面积分别代表在 5 a 内不同等级雾的累计频次。可以看出,清河出现强浓雾(能见度 $50 \sim < 200\text{ m}$)的累计频次最多,占比 55.1%,说明秋冬季大雾在发展过程中大概率会发展为强浓雾,在发布大雾预警信号过程中,升级大雾橙色预警信号的概率为 55.1%;但特强浓雾出现频次较少,因此升级大雾红色预警的概率较小。

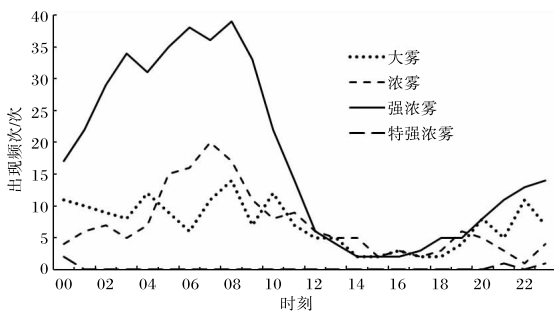


图 3 2016—2020 年清河秋冬季不同等级雾出现频次的日变化规律图

2.4 生消变化

利用 2016—2020 年秋冬季逐时 10 min 滑动能见度数据统计雾开始生成时间和消散时间,统计方法:雾生成过程中能见度逐渐降低,前一时刻无雾出现,当前时刻达到大雾判别标准($V < 750\text{ m}$)时记为此时刻雾生成 1 次;雾消散时,能见度

增大到 750 m 以上,记为此时刻雾消散 1 次。对每个时刻的雾生成和消散次数进行统计,结果如图 4 所示,秋冬季雾最多生成时间为 08 时,主要生成时间分布在后半夜到清晨,19—20 时是雾生成的另一主要时段,11—17 时较少有雾生成。秋冬季雾消散时间主要为 09—12 时。以上分析表明,清河秋冬季雾多为辐射雾,一般在晴朗少云的夜间或清晨,地面辐射冷却,使空气中的水汽达到饱和所致,地面风速保持微风时,大气存在一定的湍流运动,更有利于形成浓雾或强浓雾。日出后随着太阳辐射增强,气温升高,低空逆温层减弱,雾逐渐趋于消散。

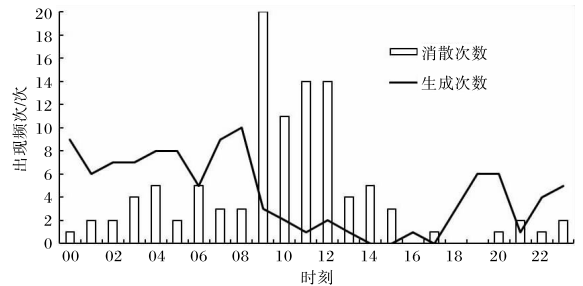


图 4 2016—2020 年清河秋冬季雾生消变化

2.5 持续时长

利用 2016—2020 年秋冬季逐时 10 min 滑动能见度数据,将每次雾过程的最小能见度按照大雾、浓雾、强浓雾、特强浓雾进行分级,达到相应等级雾标准记为开始时间;雾消散时,能见度增大到 750 m 以上,记为结束时间,统计各等级雾的过程持续时长,利用箱线图对各等级雾持续时长进行平均值和离散值统计分析,结果如图 5 所示。由

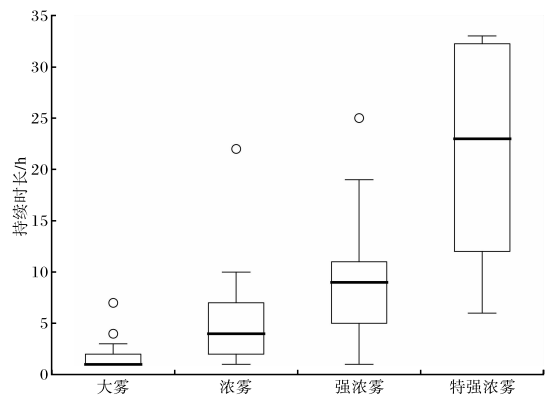


图 5 2016—2020 年清河秋冬季不同等级雾持续时长

于大雾的持续时长多在 1 h,所以最低值和平均值重合,浓雾的平均持续时长为 4 h,强浓雾平均持续时长为 9 h,特强浓雾持续时长为 23 h,说明浓度越高雾持续时间越长。统计发现,2016—2020 年秋冬季共出现雾 105 d,其中持续时间最长的为 33 h,最短持续时长不到 1 h,平均持续时长为 7.1 h。持续时长 5 h 以下占比最多,约占总数的 48%;持续 5~10 h 雾占 31.5%,持续时长 10 h 的占 20.5%。

3 雾的相关气象要素分析

3.1 与气象要素的相关性

为研究清河秋冬季雾和各气象要素的关系,利用 SPSS 中的 Pearson 相关系数法对 2016—2020 年秋冬季逐时 10 min 滑动能见度和气象要素进行相关性分析。分析得出:10 min 滑动能见度与相对湿度呈显著负相关,相关系数为 -0.632 (通过 $\alpha=0.01$ 显著性检验);与 10 min 平均风速为显著正相关,相关系数为 0.323 (通过 $\alpha=0.01$ 显著性检验);与露点温度、水汽压、10 min 平均风向相关性较低。可见,在雾生成和消散过程中,相对湿度和风速的影响尤为重要。

3.2 相对湿度阈值

由相关性分析得知,相对湿度和 10 min 滑动能见度呈显著负相关,相对湿度越大,能见度越低,越有利于雾的形成。为进一步了解相对湿度对雾的影响,统计生成各等级雾的逐分钟相对湿

度,结果显示大雾、浓雾、强浓雾和特强浓雾生成时,对应的相对湿度至少应为:90%、92%、95%和 99%,说明相对湿度越大,越有利于高浓度雾的生成。随着相对湿度不断增大,雾出现频次也在不断增加;但是统计结果显示相对湿度为 100%时雾出现频次最多,这主要与湿度传感器的工作特性有关,相对湿度传感器在高湿状态下有滞后特性,即当雾已经消散,能见度增大到 750 m 以上时,相对湿度分钟数据却长时间保持 100%,造成统计结果存在一定误差。

3.3 风速阈值

对 2016—2020 年逐分钟综合判识结果中雾和 10 min 平均风速进行统计发现,出现大雾、浓雾、强浓雾和特强浓雾时,其对应的 10 min 平均风速的平均值分别为 1.4 m/s、1.4 m/s、1.0 m/s 和 0.5 m/s,表明雾浓度越高,能见度越低,对应的 10 min 平均风速平均值越小。

在雾形成和消散过程中,即 10 min 滑动能见度小于 750 m 时,对逐分钟能见度对应的 10 min 平均风速(用 f 表示)所占比例按照 5 个区间进行分段统计(表 1)。不同等级雾对应的 f 区间范围占比不同,但至少 97% 的雾相应的 $f < 3$ m/s,仅有 2% 左右的雾相应的 $f \geq 3.0$ m/s。分析发现, $f \geq 3.0$ m/s 时,雾正趋于消散,能见度正在逐渐增大。除雾在消散情况下以外,出现强浓雾和特强浓雾时基本上均为 $f < 3.0$ m/s。

表 1 2016—2020 年清河不同等级雾在 10 min 平均风速区间范围的占比

雾的等级	[0,1)m/s	[1,2)m/s	[2,3)m/s	[3,4)m/s	[4,5)m/s	$f \geq 5$ m/s	%
大雾	27.91	46.96	23.09	1.79	0.25	—	
浓雾	29.71	45.34	22.52	1.94	0.49	—	
强浓雾	48.95	38.76	11.38	0.70	0.19	0.02	
特强浓雾	78.97	21.03	—	—	—	—	

注:—为未出现

4 结论与讨论

(1)1960—2020 年清河雾日数年变化呈缓慢增多趋势,20 世纪 90 年代雾日数开始高于平均值,21 世纪初期(2001—2010 年)雾日数达到最高,2011—2020 年雾日数低于平均值。一年中雾

主要出现在 12 月、1 月和 11 月,秋冬季是雾的高发季节。

(2)2016—2020 年清河浓雾和强浓雾日变化规律基本一致,强浓雾(能见度 50~<200 m)出现频次最多,累计时长最长,特强浓雾出现频次最

少,仅出现4次。在发布大雾预警信号过程中,升级大雾橙色预警信号的概率为55.1%,升级大雾红色预警的概率较小。

(3)秋冬季雾主要在后半夜到清晨生成,其次为19—20时,11—17时较少有雾生成,消散时间主要在09—12时;秋冬季雾浓度越高,持续时间越长,平均持续时长为7.1 h,持续时长5 h以下占比最多,约占48%。

(4)10 min滑动能见度与相对湿度呈显著负相关,与10 min平均风速呈显著正相关,相对湿度越大,风速越小,越有利于高浓度雾的生成。秋冬季,当相对湿度大于90%,10 min平均风速小于3.0 m/s时,当地业务人员要注意结合天气形势,关注雾的生成和发展,及时发布相关预警信息。

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,2003:24.
- [2] 王淑英,徐晓峰. 北京地区低能见度的气候特征及影响因素[J]. 气象科技,2001,29(4):23-26.
- [3] 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.
- [4] 李江波,赵玉广,孔凡超,等. 华北平原连续性大雾的特征分析[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版),2010,40(7):15-23.
- [5] 王雯燕,张颖梅,曹红丽,等. 西安城区大雾气候特征分析[J]. 陕西气象,2014(3):20-22.
- [6] 陈东辉,尚可政,赵中军,等. 环渤海地区雾特征及其影响因子分析[J]. 气象与环境学报,2015,31(4):74-81.
- [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] 明惠青,孙丽,王艳丽,等. 沈阳近60年大雾发生规律及与气象条件关系[J]. 中国农学通报,2014,30(26):248-252.
- [9] 白小云. 咸阳机场大雾天气能见度的观测[J]. 陕西气象,2005(4):42-43.
- [10] 李建芳,庞翻. 宝鸡市冬季大雾气候特征分析[J]. 陕西气象,2013(3):10-13.
- [11] 阎琦,李爽,滕方达,等. 2018年辽宁地区两次大雾天气成因分析[J]. 气象与环境学报,2020,36(6):91-97.
- [12] 旦增卓玛,旺堆杰布,桑秋璐,等. 藏北一次局地爆发性浓雾特征与成因分析[J]. 气象与环境学报,2021,37(5):1-7.
- [13] 邓小丽,乔娟,张楠,等. 西咸高速公路低能见度特征及影响因子分析[J]. 陕西气象,2021(5):36-41.
- [14] 卢盛栋,赵俊杰,于小红,等. 太原大气能见度对相对湿度及颗粒物质量浓度的响应关系研究[J]. 陕西气象,2020(5):21-26.
- [15] 李慧晶,余芳,李洪梅,等. 四川不同等级雾的时空分布及其生消时间[J]. 高原山地气象研究,2021,41(2):88-93.
- [16] 胡跃文,秦杰,苏静文,等. 2016—2017年贵州大雾时空分布及气象要素演变分析[J]. 气象,2019,45(5):659-666.
- [17] 司鹏,高润祥. 天津雾和霾自动观测与人工观测的对比评估[J]. 应用气象学报,2015,26(2):240-246.
- [18] 任芝花,余予,韩瑞,等. 自动与人工观测霾日、雾日序列连续性分析[J]. 高原气象,2018,37(3):863-871.
- [19] 中国气象局气象探测中心. 地面气象观测技术规范实用手册[M]. 北京:气象出版社,2016:14.
- [20] 孙超,霍庆,任芝花,等. 地面气象资料统计处理系统设计与实现[J]. 应用气象学报,2018,29(5):630-640.
- [21] 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(2):220-230+271.