

田小毅, 张志薇. 长江沿海地区雾的特征及影响因子分析[J]. 灾害学, 2019, 34(1): 51–55. [TIAN Xiaoyi and ZHANG Zhiwei. Analysis of the characteristic and influencing factors of fog events around Yangtze River coastal area [J]. Journal of Catastrophology, 2019, 34(1): 51–55. doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2019.01.011.]

长江沿海地区雾的特征及影响因子分析^{*}

田小毅^{1,2}, 张志薇^{1,2}

(1. 中国气象局交通气象重点开放实验室, 江苏 南京 210008; 2. 江苏省气象服务中心, 江苏 南京 210008)

摘 要: 利用长江沿海地区启动中远海工站 2010–2016 年每分钟 1 次的能见度、相对湿度、温度、风向风速等实况监测资料, 分析长江沿海地区雾发生的时间分布特征; 提炼出雾发生时气象要素指标及其变化特征。结果表明: 长江沿海雾主要发生于 6 月, 其次是 2 月和 11 月; 主要形成于 19 时至次日 04 时, 结束于 06–09 时, 而且持续时间较长, 以 2~11 h 雾为主; 雾发生前 1 h 主要以东到东南风为主, 雾发生时以东北风和东风至东到东南风为主; 雾发生时的风速总体是减小的, 但夏季是增大的; 雾发生时温度在 2~25℃ 之间, 出雾频次较高的温度区间为: 春季 8~15℃、夏季 20~23℃、秋季 15~17℃、冬季 4~10℃; 春夏秋三季雾发生时温度基本以下降为主, 而冬季除了温度下降外, 当温度上升 0.5~0.7℃ 仍是雾的高发期。

关键词: 雾; 分布特征; 气象因子; 长江沿海地区

中图分类号: X43; P429 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2019)01–0051–05

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2019.01.011

大雾是影响长江航运安全最危险的灾害性天气, 素有长江水上航运安全的头号“隐形杀手”之称; 而长江作为世界第三、中国第一大河, 在中国航运业中发挥着越来越重要的作用。根据最近的统计表明, 进出长江江苏段的船舶日平均流量达 2 700 多艘次, 高峰时达到 5 000 艘次, 长江成为了名副其实的黄金水道^[1]。尤其是长江南通段位于长江入海处, 江面宽阔, 最宽处有 20 km, 支流较多, 航道弯曲狭窄交叉, 水流条件复杂, 常常受到大雾这种灾害性天气影响, 使得船只无法正常航行, 造成船只相撞、触礁等事故, 严重威胁水上交通安全。2002 年 2 月 19 日, 一场海雾笼罩浙沪海域, 上午 7 时许, 在浙江洋山港水域航行的“浙象渔 70031”被一迎面驶来的船舶撞击沉没, 船上 7 人全部落水; 上午 09:05 分, 在长江口南支航道航行的 890 t 的货运船“浙岱 66210”与一艘 100 t 左右的“苏天航 2 号”发生严重碰撞, 约 10 min 后被撞船“苏天航 2 号”沉没; 2007 年 1 月 18 日晚, 在外高桥航道发生一起因能见度不良导致的船舶碰撞事故, 一船沉没, 14 名船员遇险, 30 个集装箱漂失。类似事故几乎每年都有发生, 给人民生命财产带来严重损失, 必须引起人们的警觉。而且下垫面水陆的变化往往是引起气象要素突变而引发气象灾害的直接原因, 气象部门常

规的地面气象观测站, 距离江边较远, 统计结果不能准确地反映出江边及江面上的气象状况。于是 2009 年江苏省气象局和江苏海事局联合在长江江苏段全线 364 km 江段上共布设 36 个自动监测站, 可以获得 1 min 一次的能见度、降雨量、温度、相对湿度、风向风速等高密度实况监测资料。

我国沿海地区多有雾发生, 在一定条件下, 海雾能够深入内陆几十、甚至几百公里远, 造成沿海地区出现低能见度的大雾天气, 对海上航行、沿海地区交通航运、海洋捕捞和水产养殖、港务活动及农作物和人类身体健康等带来不利影响, 长江南通段由于其特殊地理位置, 在适宜的条件下, 海雾也会向沿海以及长江口江面一带移动, 导致沿海周边地区大气水平能见度降低, 从而对长江航道船只安全航行产生影响。许多专家学者对陆地雾和沿海雾从天气形势背景、出现的统计规律和成因、发生的气象条件、海面风、大气层结稳定性、海表温、水汽输送以及雾灾对交通的影响等多方面进行研究^[2–11]; 对长江山区的雾情陈正洪等也做过一些研究^[12–17], 孙锦铨等^[18]也只是简单提出海雾在适当的风向风速条件下, 可以平流输送到长江口江面。但是对因海雾的移动造成的长江东部沿海地区能见度下降的规律和影响因子并没有进行深入的研究。本文主要利用长江沿海地区布设的自动站 1 min 一

^{*} 收稿日期: 2018–05–29 修回日期: 2018–08–02

基金项目: 江苏省气象局科研基金项目(KM201405); 江苏省北极阁基金项目(BJG201706); 2016 年中国气象局小型建设项目(长江黄金水道及近海航运交通气象服务系统建设)

第一作者简介: 田小毅(1975–), 女, 陕西西安人, 高级工程师, 主要从事灾害性天气预报与服务研究。E-mail: yxt–2003@126.com

次高密度资料, 对大雾发生时的气象要素特征以及发生前 1 h 的气象要素的变化特征进行分析, 提炼出预报指标, 在大雾发生前 0.5 ~ 1 h 向江苏海事局决策部门提供准确的预警预报信息, 为其采取相应防范措施提供依据并争取时间, 减少或避免事故发生, 同时也减少了无效的封航时间。

1 资料说明

本文选用 2010 年 1 月至 2016 年 12 月长江沿海地区启东中远海工站 1 min 一次的气象要素实况观测数据资料, 包括能见度、温度、相对湿度、风向风速、降水量等要素, 因其处于长江东部最靠近沿海的位置, 而且又在 36 站中以最早出现雾的概率最高, 占 73%, 因此可以作为海雾西移对长江航运影响的指标站来研究。

文中将一次雾过程定义为从能见度下降至 1 000 m 或以下开始, 到下次能见度上升为 1 000 m 以上结束, 其间至少有一个连续 30 min 能见度小于 1 000 m 的过程。

2 长江沿海雾的分布特征

2.1 月分布特征

通过对 2010 - 2016 年长江沿海地区启东中远海工站实况监测资料进行分析, 其月平均次数占总次数的百分率显示(图 1), 长江沿海雾主要出现在 2 月、6 月和 11 月, 以 6 月最多, 占全年 26.7%, 2 月和 11 月次之, 8 - 10 月最少。从季节分布来看, 秋季雾最少, 其它三季雾分布较多, 这与田心如等^[19], 魏建苏等^[20]研究的江苏陆地和沿海地区陆地雾的分布特征有些差异。

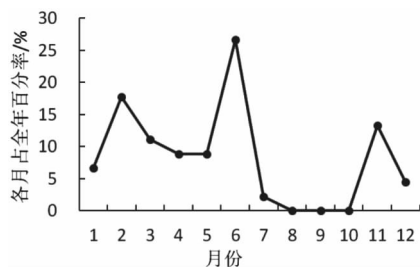


图1 长江沿海雾的平均月分布

2.2 日分布特征

长江沿海雾的生消具有明显的日变化特征(图 2), 日落至早晨能见度逐渐下降, 日出后能见度逐渐上升。其开始时间主要集中在 19 时至次日 04 时, 占总次数 95.6%; 消散时间一般在日出前后至正午前, 其中 02 - 11 时消散占总次数 87.0%, 又以 06 - 09 时消散最为集中, 占总次数 56.5%。统计沿海雾持续时间(图 3), 发现沿海雾持续时间有长有短, 以持续 2 ~ 11 h 的概率较大, 占总次数的 78.3%。

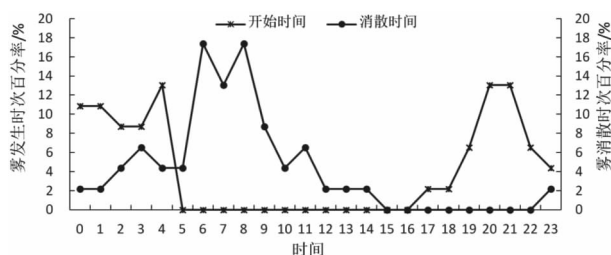


图2 长江沿海雾的开始时间和消散时间分布

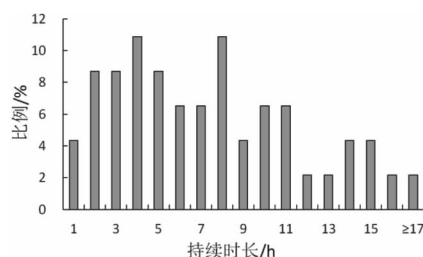


图3 长江沿海雾维持时间所占比例

2.3 能见度下降的类型

分析长江沿海雾在出现前 1 h 的能见度和相对湿度的数据资料(图 4), 发现能见度值比较离散, 范围较为宽泛, 最低值在 400 m, 最高值达 5 000 m, 这就给预报增加了难度, 于是将能见度在下降至 1 000 m 或以下前, 根据能见度下降的特征, 将其分为 3 种类型(图 5), 分别是缓慢下降类(能见度在 2 ~ 3 h 以上从 3 000 m 左右下降到 1 000 m 以下)、快速下降类(能见度在几分钟至十几分钟内从 3 000 m 以上下降到 1 000 m 以下)和有“象鼻形”前兆类^[21]。长江沿海雾以出现“象鼻形”前兆和快速下降类为主, 占总次数的 93.5%, 其中出现“象鼻形”前兆占总次数的 52.2%。

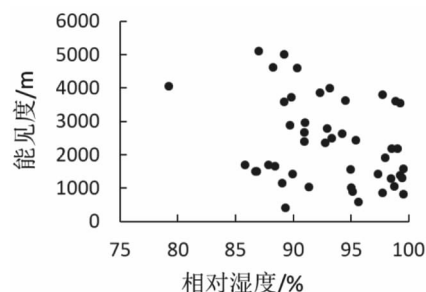


图4 长江沿海雾出现前 1 h 能见度与相对湿度散点图

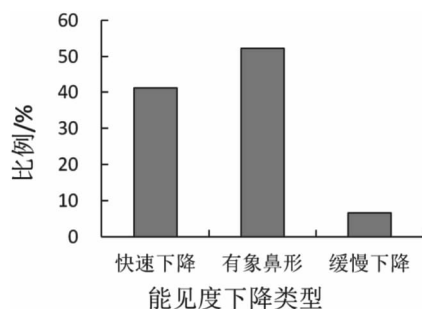


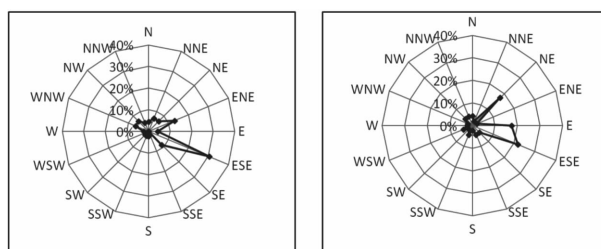
图5 长江沿海雾能见度下降类型所占的比例

3 长江沿海雾与气象因子的关系

从本质上讲雾的产生, 首先在空气中必须有凝结核作为依附, 其次便是在降温和增湿两种过程作用下, 空气中相对湿度增加到一定程度使水汽达到饱和从而凝结而成; 同时适宜的风向和风速是雾产生的重要条件。于是将温度、相对湿度、风向风速作为沿海雾的影响因子进行研究。提炼出长江沿海雾发生时的特征及其与发生前 1 h 气象影响因子的变化特征指标, 为今后长江沿海雾的预报服务提供参考依据。

3.1 与风向及其变化的关系

雾的生成与风向有密切的关系。通过对雾发生时和雾发生前 1 h 的风向资料统计分析(图 6), 发现雾发生前 1 h 主要以东到东南风为主, 西风 and 南风出现的概率很小; 雾发生时以东北风和东风至东到东南风为主, 占 56.5%, 西到西北风至西北风和东到东南风至东南风概率减小, 东风和东北风概率增大, 这说明了东风和东北风不仅为雾的产生带来海上的水汽, 而且带来较冷的温度, 使得气温下降, 有利于水汽达到饱和状态。从季节分布来看(图 7), 春季雾发生前 1 h 主要以东到东南风为主, 其次是东到东北风; 发生时以东风至东到东南风为主, 西风至北风概率减小, 东风概率明显增大。夏季雾发生前 1 h 主要以东到东南风为主; 发生时以东风至东到东南风为主, 西风概率减小, 北风至东风概率增大。秋季雾发生前 1 h 主要以东到东南风为主; 发生时以东风至东到东南风为主, 西风概率明显减小, 东北风和西南风概率增大。冬季雾发生前 1 h 主要以东南风为主; 发生时以东北风为主, 西风至北风概率增大, 东风至南风概率明显减小。



(a) 长江沿海雾发生前 1h

(b) 长江沿海雾发生时

图 6 长江沿海雾发生前 1 h 和雾发生时风向概率分布

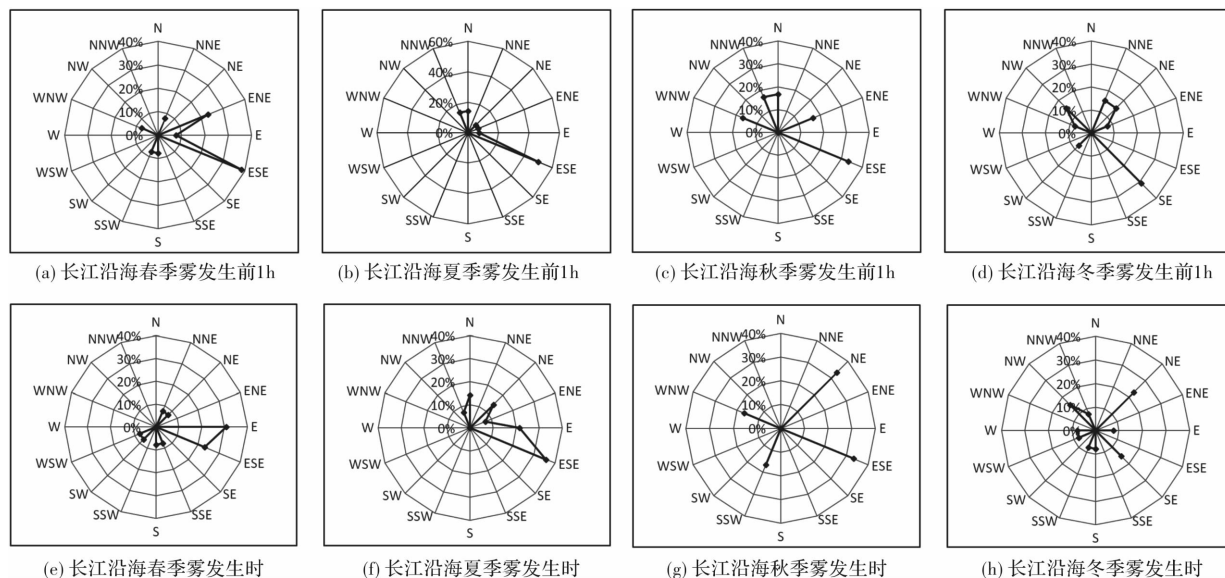
3.2 与风速及其变化的关系

长江沿海雾发生前 1 h 风速在 $0.4 \sim 5.3 \text{ m/s}$, 雾发生时风速略有减小, 基本在 $0.4 \sim 5 \text{ m/s}$, 最集中在 3 m/s 以内, 雾发生时 $0.4 \sim 2 \text{ m/s}$ 的概率由 68% 增大到 78%, 可见适宜的风速既能使冷却作用扩展至适当的气层中去, 又不影响下层空气的充分冷却和水汽的保存, 最有利于雾的形成; 最小风速不是静风, 这说明风速过小或静风时既不利于江面降温效应向近地层空气的传送及水汽的湍流输送, 也不利于雾滴间的初始碰并增长, 难以形成因雾滴曲率差异而导致的链锁反应, 因而不利于浓雾的形成(图 8)。

不同季节的风速及其变化也有所不同, 春季雾发生时风速在 $0.6 \sim 3.5 \text{ m/s}$, 较发生前基本是减小的; 夏季雾发生时风速在 $0.7 \sim 5 \text{ m/s}$, 较发生前以增大为主; 秋季雾发生时风速在 $0.8 \sim 2.6 \text{ m/s}$, 较发生前既有减小也有增大, 但幅度基本在 1 m/s 以内; 冬季雾发生时风速在 $0.4 \sim 2.7 \text{ m/s}$, 较发生前基本是减小的。由此可见, 冬季雾发生时风速比较小, 且发生时比发生前是减小的; 而夏季雾发生时风速比较大, 且发生时比发生前是增大的。

3.3 与相对湿度及其变化的关系

雾的形成与发展与大气湿度有密不可分的关系。形成雾时的大气湿度应该是饱和或者接近饱和,



(a) 长江沿海春季雾发生前 1h

(b) 长江沿海夏季雾发生前 1h

(c) 长江沿海秋季雾发生前 1h

(d) 长江沿海冬季雾发生前 1h

(e) 长江沿海春季雾发生时

(f) 长江沿海夏季雾发生时

(g) 长江沿海秋季雾发生时

(h) 长江沿海冬季雾发生时

图 7 长江沿海雾不同季节发生前 1 h 和雾发生时风向概率分布

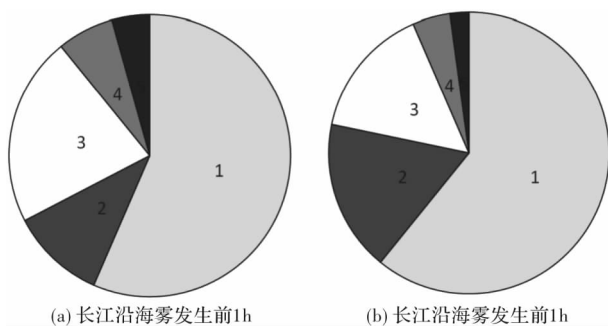


图8 长江沿海雾发生前1h和雾发生时风速分布

由于空气中有大量的凝结核存在,因此相对湿度不一定达到100%时就可能达到饱和从而形成雾或浓雾。

长江沿海雾形成时相对湿度基本在85%以上,当相对湿度在90%以上时雾发生的频率为89%。统计雾发生前1h的相对湿度(图9a),发现雾在形成前相对湿度基本是增加的,只有当相对湿度达到97%以上时,个别个例相对湿度会有小幅减小,但减小幅度在0.1%~0.2%。统计不同季节雾发生时与发生前1h的相对湿度差值(图9b),相对湿度增幅概率较大区间为:春季0~1.6%;夏季0~0.9%;秋季0~0.5%;冬季0~3.6%,可见冬季雾发生时相对湿度增幅最大,其次是春季,秋季增幅最小。

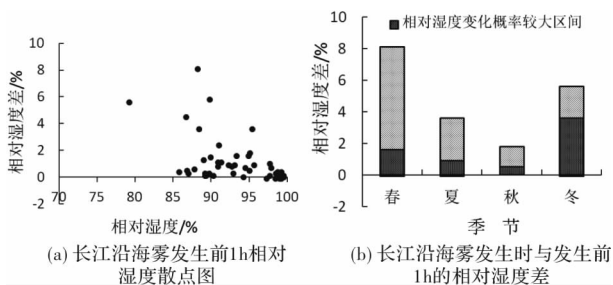


图9 长江沿海雾发生前1h相对湿度散点图和发生时与发生前1h的相对湿度差

3.4 与温度及其变化的关系

由于饱和水汽压是随着温度的下降而降低,因此空气温度的变化对雾的形成具有重要影响,温度下降,如果此时近地层的空气又相当潮湿,那么当气温降到一定程度时,空气中一部分水汽就会凝结成微小水滴,悬浮在近地层空气中,从而形成雾。统计长江沿海雾出现时的温度,最高温度在24.9℃,最低温度在1.9℃,其中温度在4~23℃之间时雾发生频率为96%,这比长江江苏段雾发生时温度范围要小一些^[21]。

分析不同季节雾发生时的温度(图10a),发现春季温度在7.5~20.0℃,温度在8~15℃雾发生的频次较高;夏季温度在19.5~24.9℃,温度在20~23℃雾发生的频次较高;秋季温度在9.4~17.1℃,温度在15~17℃雾发生的频次较高;冬季温度在1.9~10.1℃,温度在4~10℃雾发生的频次较高。分析雾发生时和发生前1h的温度变化特征(图10b),发现其中有17%个例温度是上升

的,13%个例温度不发生变化,70%个例温度出现下降,温度变化范围为:春季-1.6~0.4℃;夏季-1.6~0.2℃;秋季-0.6~0.9℃;冬季-3.1~0.7℃,其中雾发生频次较高的温度变化范围为:春季-0.5~0℃;夏季-0.3~0℃;秋季-0.6~0℃;冬季-1.0~0℃和0.5~0.7℃,说明春夏秋三季雾发生时温度以下降为主,冬季除了温度下降外,温度上升0.5~0.7℃也是雾的频发期。

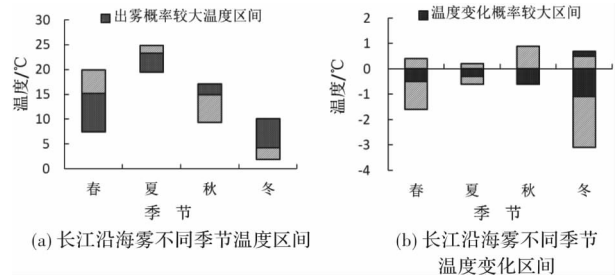


图10 长江沿海雾不同季节温度及温度变化分布

4 结论

(1) 长江沿海雾主要发生于6月,2月和11月次之;主要形成于19时至次日04时,结束于06~09时,而且持续时间较长,以2~11h雾为主。

(2) 雾发生前1h主要以东到东南风为主,西风和南风出现的概率很小;雾发生时以东北风和东风至东到东南风为主,占56.5%,东风和东北风概率增大,这说明了东风和东北风为雾的形成提供充足的水汽条件。

(3) 雾发生时风速比发生前1h总体是减小的,但夏季雾发生时风速比春夏秋三季都大,而且比发生前是增大,这与其它三个季节是不同的。

(4) 雾在形成前相对湿度基本是增加的,冬季雾发生时相对湿度的增幅最大,其次是春季,秋季增幅最小。

(5) 雾发生时的温度范围在1.9~24.9℃,出雾频次较高温度范围为:春季8~15℃;夏季20~23℃;秋季15~17℃;冬季4~10℃。与雾发生前1h的温度比较,83%的个例温度是下降或维持不变,只有17%个例温度是上升的;春夏秋三季温度下降时,雾发生的频次较高,而冬季除了温度下降外,当温度上升0.5~0.7℃也为雾的频发期。

(6) 长江沿海雾以出现“象鼻形”前兆和快速下降类为主,其中出现“象鼻形”前兆占总次数的52.2%,为雾的预报提供参考依据。

参考文献:

- [1] 蒋夕良. 长江江苏段近年船舶碰撞事故的统计与分析[J]. 中国水运, 2010, 10(9): 46-48.
- [2] 王亚男, 李永平. 冷空气影响下的黄海海雾特征分析[J]. 热带气象学报, 2009, 25(2): 216-221.
- [3] 曹祥村, 邵利民, 李晓东. 黄渤海一次持续性大雾过程特征和成因分析[J]. 气象科技, 2012, 40(1): 92-99.
- [4] 侯伟芬, 王家宏. 浙江沿海海雾发生规律和成因浅析[J].

- 东海海洋, 2004, 22(2): 9-12.
- [5] 黄彬, 毛冬艳, 康志明, 等. 黄海海雾天气气候特征及其成因分析[J]. 热带气象学报, 2011, 27(6): 920-929.
- [6] 徐燕峰, 陈淑琴, 戴群英, 等. 舟山海域春季海雾发生规律和成因分析[J]. 海洋预报, 2002, 19(3): 59-64.
- [7] 周福, 钱燕珍, 金靓, 等. 宁波海雾特征和预报着眼点[J]. 气象, 2015, 41(4): 438-446.
- [8] 史达伟, 李超, 史逸民, 等. 基于机器学习的大雾天气背景下特强浓雾本地化诊断研究[J]. 灾害学, 2018, 33(2): 193-199.
- [9] 纳丽, 冯瑞萍. 宁夏大雾的气候特征及变化[J]. 灾害学, 2008, 23(1): 61-64.
- [10] 张振东, 黄亮, 于庚康, 等. 宁沪高速公路雾事故特征及雾危险指数研究[J]. 灾害学, 2016, 31(4): 37-41.
- [11] 周慧, 解以扬, 高鹰. 京津塘高速公路大雾天气气候特征及其对交通的影响[J]. 灾害学, 2008, 23(3): 48-53.
- [12] 陈正洪, 田树青, 武泉, 等. 长江山区航道雾情联合调查考察报告[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2014(1): 158-163.
- [13] 胡昌琼, 田树青, 武泉, 等. 长江山区航道雾情调查问卷分析[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2014(1): 152-157.
- [14] 代娟, 陈正洪, 田树青, 等. 长江山区航道雾的时空分布特征分析[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(2): 333-338.
- [15] 王林, 陈正洪, 代娟, 等. 气象因子与地理因子对长江三峡库区雾的影响[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(10): 1799-1804.
- [16] 王林, 陈正洪, 汤阳, 等. 长江山区航道雾情等级插值方法研究[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(2): 346-352.
- [17] 白永清, 陈正洪, 陈鲜艳, 等. 长江山区航道剖面能见度分析及局地影响因素初探[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(2): 339-345.
- [18] 孙锦铨, 任遵海. 江面雾的形成及其预报[J]. 气象科学, 1997, 17(3): 280-289.
- [19] 田心如, 韩永翔, 陈广昌, 等. 江苏省大雾的变化特征及气溶胶对其影响[J]. 中国环境科学, 2014, 34(10): 2485-2489.
- [20] 魏建苏, 朱伟军, 严文莲, 等. 江苏沿海地区雾的气候特征及相关影响因子[J]. 大气科学学报, 2010, 33(6): 680-687.
- [21] 田小毅, 朱承瑛, 张振东, 等. 长江江苏段江面雾的特征和预报着眼点[J]. 气象, 2018, 44(3): 408-415.

Characteristics and Influence Factors of Fog in the Coastal Area of Yangtze River

TIAN Xiaoyi^{1,2} and ZHANG Zhiwei^{1,2}

(1. Key Laboratory of Transportation Meteorology, CMA, Nanjing 210008, China;

2. Jiangsu Meteorological Service Center, Nanjing 210008, China)

Abstract: Based on the real-time monitoring data of visibility, relative humidity, temperature, wind direction and wind speed once a minute from 2010 to 2016, the temporal distribution characteristics of fog occurrence in the coastal area of the Yangtze River are analyzed, and the meteorological factors and their variation characteristics are extracted. The results show that the fog mainly occurs in June, followed by February and November; it mainly forms from 19:00 to 04:00 on the next day and ends at 06-09:00, and lasts for a long time, mainly 2-11 h fog; the east-southeast wind is the main one hour before the fog occurs, and the northeast wind and the east-southeast wind is the main one when the fog occurs; The wind speed decreases as a whole, but increases in summer; the temperature ranges from 2 When the temperature rises 0.5 to 0.7 degrees, it is still the high occurrence period of fog.

Key words: fog; distribution characteristics; meteorological factors; coastal areas of the Yangtze River