

上海近海一次低压控制下春季海雾空间差异分析

王紫竹¹, 胡松^{1,2,3}, 刘旺⁴

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 2. 国家渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 3. 上海河口海洋测绘工程技术研究中心, 上海 201306; 4. 上海海洋气象台, 上海 201306)

摘要: 根据海上浮标实测数据和再分析数据,发现2016年4月20—23日长江口航道附近南北海雾存在的显著空间差异主要受到水汽以及风场的影响。分析表明:(1)本次海雾过程高空受低压槽控制近地面处低压过境,切变线东移导致低空风向的迅速转变,此后受到暖锋影响,导致短时小雨过程的发生;(2)此次海雾过程受风场的影响较大,盛行南风时水汽充足,湿度较大,容易产生海雾,受西北风主导时,则容易出现海雾消散的情况;(3)长江口外北部站点和南部站点存在显著空间差异性,北部站点能见度明显好于南部站点,并且在此次海雾过程中北部站点先于南部站点出现一次能见度好转的情况,这是由于低压过境导致风向骤变,北部未获得充分的水汽供给所致。此次低压槽天气过程在长江口南北产生区域差异显著的海雾,对这种典型风向骤变过程分析有助于为航运密集的长江口海雾预报提供参考。

关键词: 海雾;上海长江口;浮标观测;低压槽;风向骤变

中图分类号: P732 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2020)01-0033-10

1 引言

上海地处东海之滨,又属长江三角洲之地,是我国重要的经济发展区域。上海近海属于海雾频发区,春冬多雾,夏秋少雾^[1]。上海港船只众多,且航道大部分狭窄(见图1),在此区域内,若发生海雾则极易引发事故,经粗略估计,上海沿海因海雾造成的海上事故大约占海上各类事故总数的40%^[1]。对此区域的海雾研究相对较少,且研究往往以统计分析为主^[2-4],因此研究上海近海海雾有重要意义。

以往研究表明,海雾时空结构复杂,例如2008年4月黄海发生两次连续海雾过程,两次过程对沿海地区的影响程度不同,孙建翔等^[5]通过对水汽来源,垂直层结构以及雾顶长波辐射的分析,解释了其影响程度不同的原因;朱佳蓉等^[6]则对上海一次长时间,且变化剧烈的辐射雾过程进行研究,分析

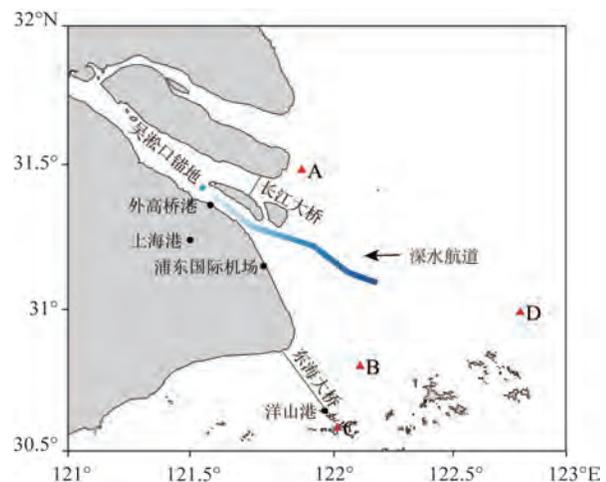


图1 站点示意图

了其演变过程,发现辐射降温冷却是此次辐射雾起雾时间较早的原因。海雾形成主要是由降温以及

收稿日期: 2019-07-04; 修回日期: 2019-09-05。

基金项目: 农业部项目(D-8002-15-8003-2); 全球变化研究国家重大科学研究计划项目(2015CB953901); 海洋环境安全保障国家重点研发计划项目(2018YFC1406801)。

作者简介: 王紫竹(1993-),女,硕士在读,主要从事海雾预报工作。E-mail: wzz0877@126.com

通讯作者: 胡松(1978-),男,教授,博士,主要从事物理海洋学和海洋生态系统动力学工作。E-mail: shu@shou.edu.cn

增湿引起^[7],变化复杂,因此对于海雾的高精度时空结构研究十分必要。

空间上需要有海上不同站点观测浮标数据的支撑,以及高精度卫星图片的支持,才能捕捉到海雾的精细结构,时间上需要有连续的遥感资料或者各类天气要素实测数据的支撑,才能监控到海雾随时间变化的过程。实测数据十分宝贵,尤其是多个站点连续时间的实测数据,在实测数据的帮助下能够具体分析海雾过程每个小时的精细结构。过去缺乏长时间多站点精确的气象数据,包括能见度、风速方向、相对湿度等,而现在能获取到时间分辨率为1h的长江口南北部两个站点的气象数据,结合当时的天气情况,可以更加准确的分析南北两个站点在这种天气过程中海雾发生的精细过程。

上海近海海雾持续时间一般在1d左右,持续2d及以上的海雾过程较为少见。2016年4月20—23日,上海近海发生了一次大范围持续性海雾过程,过去认为长江口附近的海雾空间上差异性不大,但对多个海上浮标站点的实测数据研究之后发现并非如此。本文利用实测资料,结合再分析数据以及卫星遥感图像,对此次海雾过程大气层结特征、天气形势、水汽条件、海气交换特征的对比,结果表明此次海雾过程空间差异性较大是由于低压过境风向骤变所导致。本文对此次海雾过程精细结构的分析为海雾预报提供参考。

2 资料与方法

本研究采用日本高知大学提供的Himawari卫星可见光卫星云图,以用于分析雾过程的整体变化趋势,采用欧洲中期天气预报中心(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF)所提供的ERA-Interim格点再分析数据,时间分辨率为6h,水平分辨率为 $0.75^{\circ} \times 0.75^{\circ}$,包括位势高度、风速风向以及各层温度;海表面温度(Sea Surface Temperature, SST)采用ECMWF所提供的SST数据,时间分辨率为6h,水平分辨率为 $0.125^{\circ} \times 0.125^{\circ}$;实测资料采用长江口外北部站点A(121.93°E , 31.49°N)、长江口外南部站点B(122.1696°E , 30.8135°N)和站点C(122.08°E , 30.6°N)以及站点D(122.8°E , 31°N)的实测资料,包括气温、露点温度、

能见度、相对湿度、风速风向等。

利用上述资料对2016年4月20—23日的一次典型上海近海春季海雾的天气环流背景、气象要素、水汽输送以及海气温差等方面进行分析。

3 海雾特征观测

3.1 卫星图像分析

近年来随着卫星的不断发展,空间以及时间分辨率的大幅度提高,它所能提供给海雾监测的保障日益强大。根据傅刚等^[8]提供海雾的判别方法:海雾云团无积云结构,外表质地相对光滑且均一,边界明显且移动速度较慢。因图2a和图2b受到高云的遮挡,无法清晰的判别出海雾的发生情况,因此结合站点B和站点D的能见度,参考日本高知大学提供的可见光卫星云图进行分析,2016年4月20日08时(北京时,下同,见图2a),上海近海海域海雾逐渐于近海岸生成。20日15时海雾逐渐向东扩散并逐渐变浓(见图2b),扩散至上海近海整个海域,根据B站点和D站点的能见度(见图2f),20日18时D站点能见度小于10km,出现轻雾,B站点能见度明显下降并于20日14时降至1km以下。尽管D站点能见度小于B站点,但在4月20日08—15时,D站点能见度呈明显下降趋势的时间晚于B站点,B站点较D站点位于偏西位置,因此可以判定在此时间段内,海雾在上海近海海域内生成,并东向移动。21日16时,雾气逐渐消散,但上海近海海域仍受轻雾影响(见图2c)。22日10时之后雾区逐渐消散(见图2d)。

3.2 站点数据分析

本文选取了长江口外南北两个站点的实测资料具体分析4月20—23日海雾过程。A、B站点分别位于长江口北部和南部(见图1),A站点毗邻崇明岛,位于上海近海偏北位置,靠近陆地,受陆地影响较大。B站点位于偏南位置的舟山群岛北部,较A站点相比更远离内陆,受陆地影响相对较小。根据能见度数据从整体上看,A站点的能见度起伏较为剧烈且平均能见度较高,其平均能见度达到23271m,能见度最高为70245m,最低为741m,达到了大雾

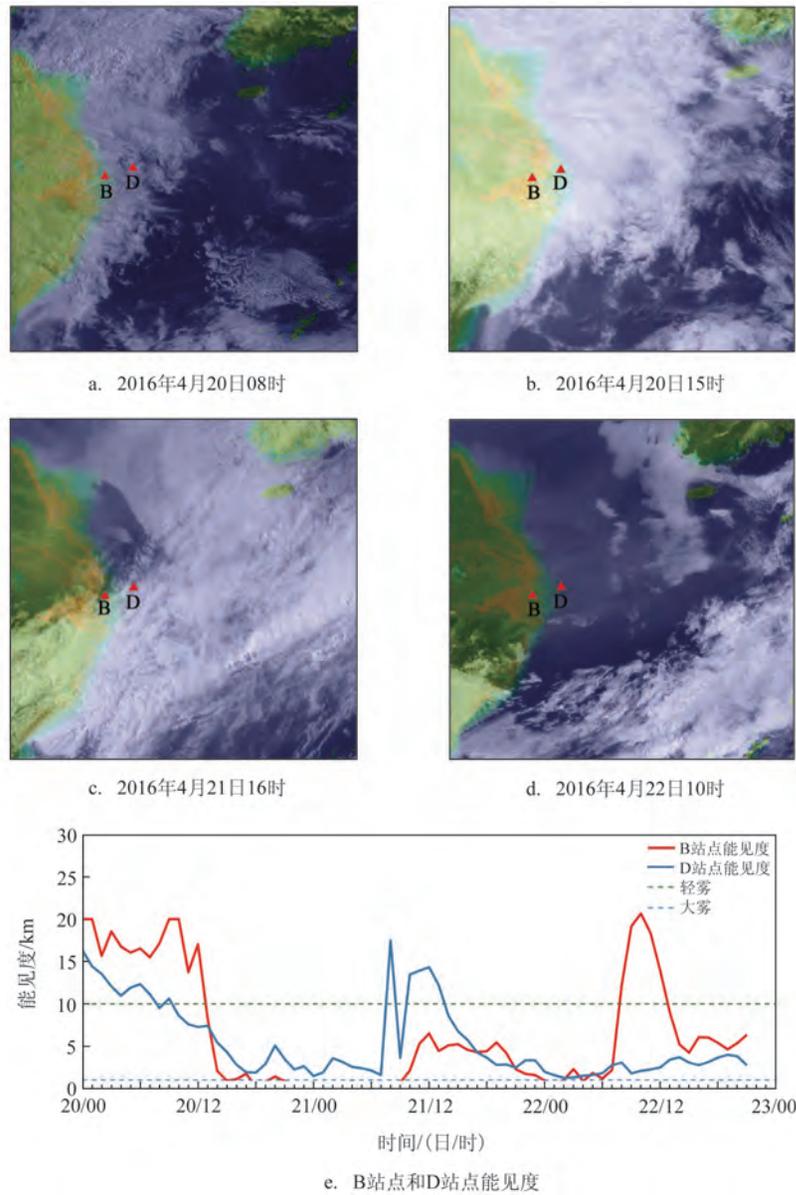


图2 日本高知大学Himawari卫星可见光卫星云图(单位:km)

的状态。而相对远离陆地的B站点能见度起伏较为平缓,且能见度较低,平均能见度为6 466 m,最大能见度为20 657 m,最低时能见度为72 m,为强浓雾。两个站点能见度发展趋势基本一致,但A站点海雾发生时间明显晚于B站点,并且可以观察到此次海雾过程中A、B站点均出现一次能见度好转的情况,但A站点发生能见度好转情况的时间早于B站点,随后能见度再次下降,大雾再次生成,与初始阶段生成的平流雾不同,此时生成的为雨雾,本文将对此情况进行具体分析。

根据中国气象局地面观测规范^[9],基于能见度(V)可将雾划分为:轻雾($1\text{ km} \leq V < 10\text{ km}$)、大雾($500\text{ m} \leq V < 1\text{ km}$)、浓雾($200\text{ m} \leq V < 500\text{ m}$)、强浓雾($50\text{ m} \leq V < 200\text{ m}$)、特强浓雾($V < 50\text{ m}$)。本文将此次海雾过程分为5个阶段(见图3):

海雾生成阶段:4月20日00—12时,A站点海雾生成时间迟于B站点,能见度于20日22时后降至10 km,此前B站点能见度为20 km左右,A站点能见度为20 km以上。

维持阶段:4月20日12时—4月21日08时,A

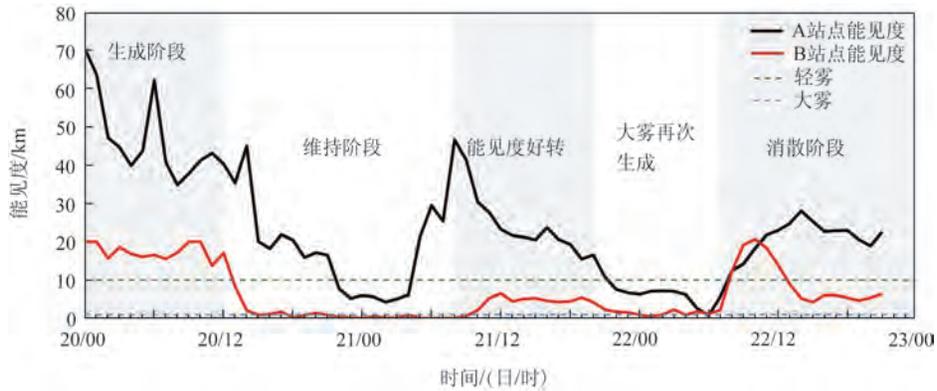


图3 长江口南支两个站点A、B的能见度(单位:km)

站点能见度持续下降至5 km左右,并于4月21日04时出现能见度好转的情况,B站点能见度维持在500 m左右,最低能见度为72 m,出现强浓雾。

能见度好转阶段:4月21日08—20时,此时B站点能见度明显好转,但能见度仍小于10 km,属于轻雾,A站点能见度好转明显并且大于10 km,此时A站点属于无雾状态,并且A站点出现能见度好转的情况时间早于B站点。A站点能见度好转的过程中出现一次能见度急剧下降的过程,主要是由于雨雾的产生,雨雾是指在发生雾之前几小时或者雾过程中出现降水现象^[10],通常发生在暖锋前期^[11-13]。

大雾再次生成阶段:4月21日20时—4月22日07时,A、B站点的能见度下降到1 km以下,A站点能见度下降显著,根据后文分析,能见度下降的过程伴随着短时小雨天气,故此时为雨雾过程,在此过程中风场对水汽的输送也有帮助作用。

消散阶段:4月22日7时之后由于温度的上升,空气中水汽逐渐消散,A、B站点能见度上升至10 km以上,海雾逐渐消散。

4 大气层结特征

以往研究表明,合理的大气环境配置,稳定的高空层结有助于海雾的产生^[14]。图4为利用ERA-interim数据所绘制的4月20日14时、4月21日08时以及4月21日20时1000hPa,850hPa以及500hPa的天气形势图,包括位势高度、风场以及温度场。图4a、图4b、图4c为500hPa,图4d、图4e、图4f为850hPa,图4g、图4h、图4i为1000hPa。根据前文将

海雾整体分为5个阶段,选取的3个时间分别为海雾生成阶段、能见度好转阶段以及大雾再次生成时刻,重点分析此次能见度好转而后又迅速下降的原因。

4月20日20时(见图4a、4d、4g),500 hPa高空处上海近海区域处于低压槽槽前位置,受到低压槽东移以及副热带高压的影响,盛行西南气流,高空层结略有不稳。中层850 hPa处,上海近海区域受我国内陆低压外缘及日本海延伸出来的高压影响,为西南气流控制。低空1 000 hPa处上海近海区域处于大陆低压边缘,大陆低压呈东北向移动,上海近海长江口处于低压边缘,盛行东南气流,在海雾生成之前12 h内长江口处一直处于偏南气流控制,偏南气流将南方的暖湿气流输送至长江口附近为海雾的生成提供了水汽基础。

4月21日08时(见图4b、4e、4h),高空500 hPa处上海近海处于槽前区域,等压线密集说明风速较大,盛行西风。850 hPa长江口附近受到朝鲜半岛低压冷涡外围影响,产生对流天气,西南气流与东北气流在长江口处交汇,低空1 000 hPa长江口附近处于切变线自西北向东南移动的影响,长江口南北部出现风向骤变的情况,结合后文实测天气要素分析,此时长江口北部A站点受到西北气流控制,长江口南部站点B仍受东南气流影响,A站点风向的转变导致水汽的流失。

4月21日20时(见图4c、4f、4i),长江口附近高空处于较为平直的西风控制,850 hPa处于弱脊区,逐渐受到内陆风影响,但在低空1 000 hPa出现较弱的温带气旋,温带气旋带来的暖锋使得长江口附近

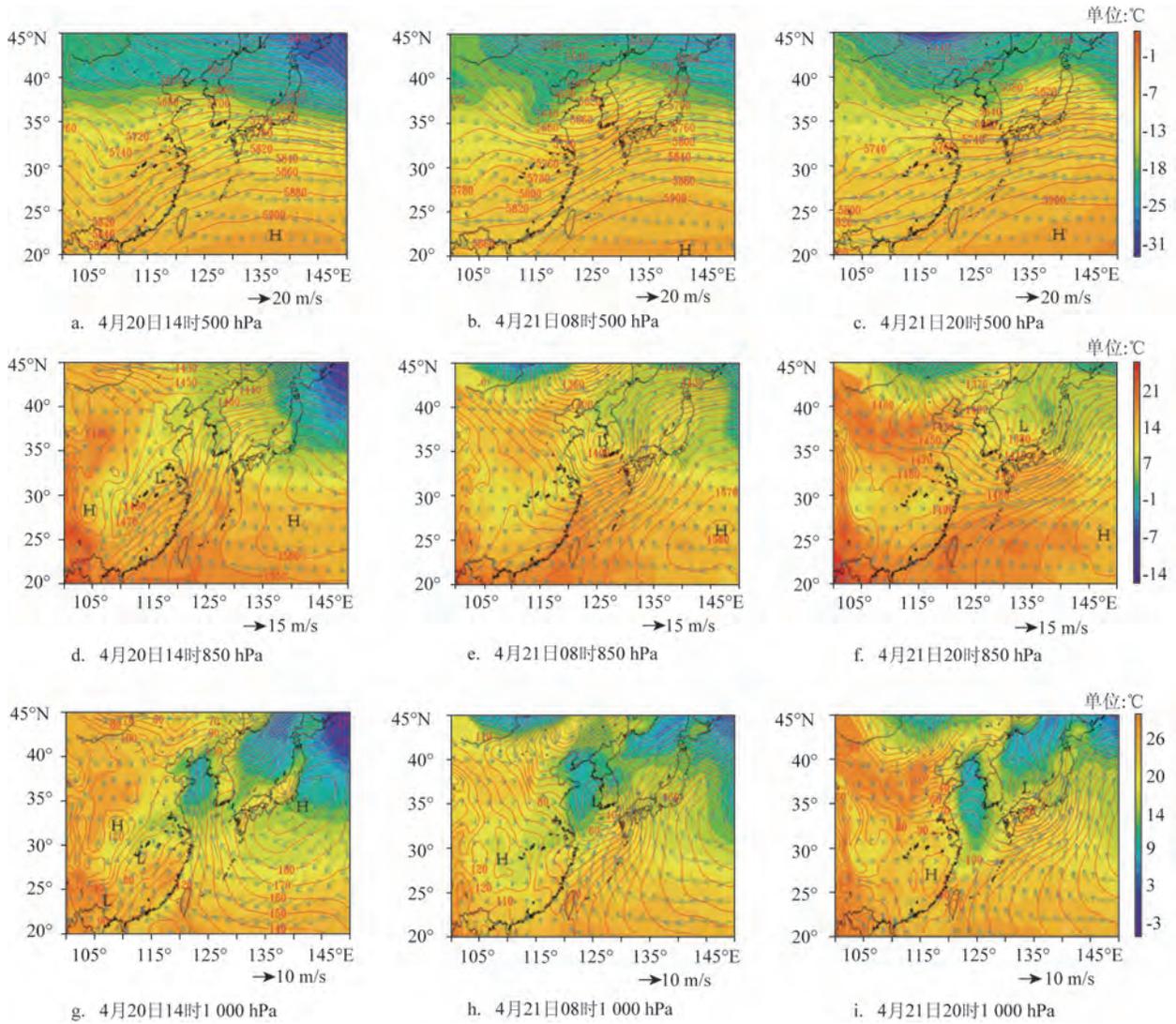


图4 不同时刻的位势高度场(等值线)、风场和温度场(填色,单位:℃)

出现暖切现象,在暖锋过境的作用下使得长江口附近出现短时降水,伴随能见度下降的情况,出现雨雾。

根据不同时刻的天气形势图,发现在此次海雾过程中,天气背景形势的不同导致大气出现不同的天气状况,而伴随着能见度下降海雾的生成,不同的天气状况会对海雾产生不同的影响。在本次上海近海海雾过程中,生成阶段受到长时间东南气流的控制,上海近海受到暖湿空气影响,水汽增加,为平流雾过程,但在能见度好转至再次下降的过程中,出现了短时小雨天气,因此海雾后阶段为雨雾过程。值得一提的是,低压过境导致风向骤变,货

运密集的长江口区域风向相反(见图4b),从而影响北站的水汽持续供给。

5 海雾变化原因分析

5.1 天气要素分析

通过对比站点实测数据与卫星数据,发现在风速较小的情况下,B站点的风向误差较大,而B站点与C站点相距约20 km,通过对比分析B站点与C站点各气象要素(图略),B站点与C站点天气情况相似,且C站点风场要素数据相对准确,故用C站点的

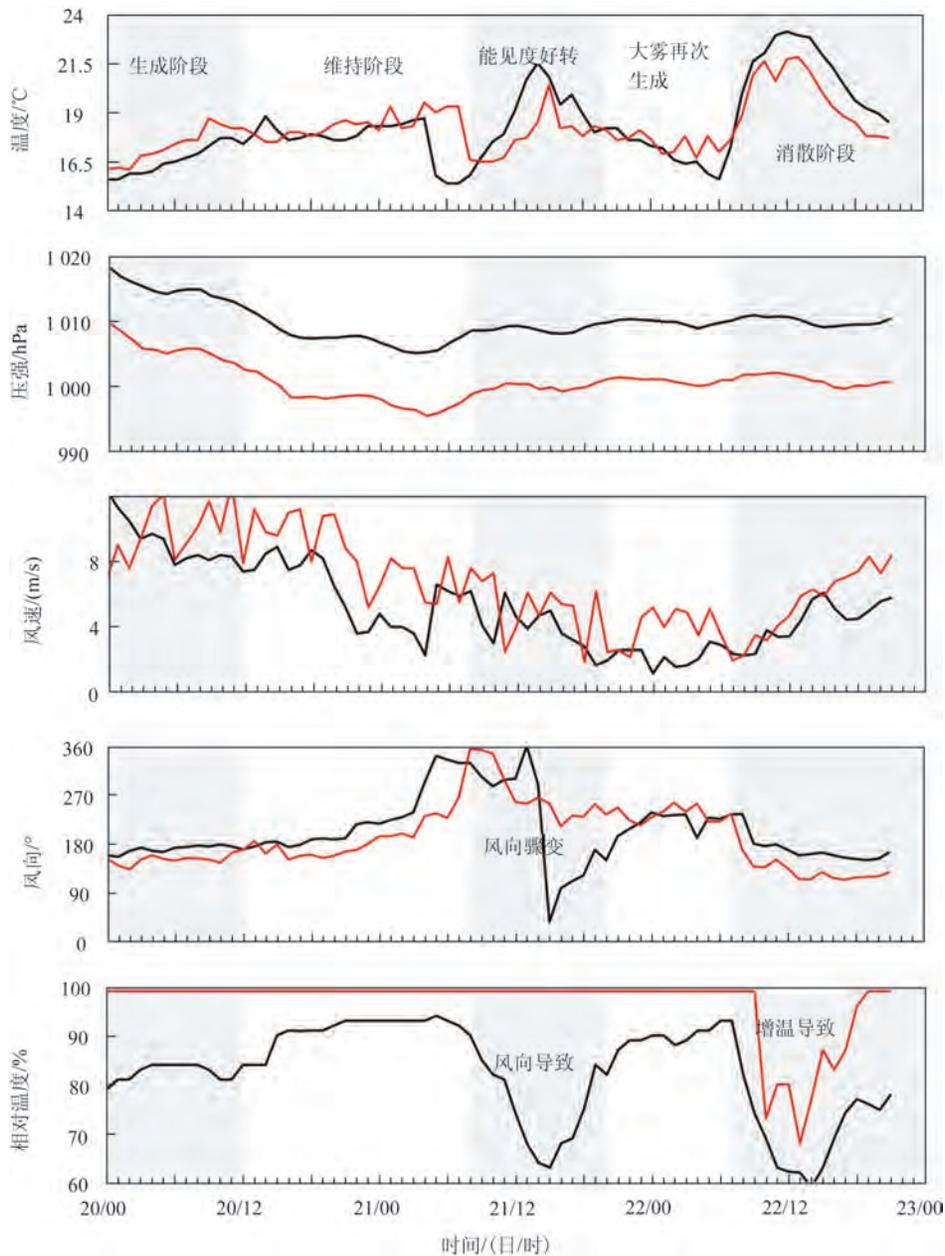


图5 A、B站点各天气要素(黑线为A站点,红线为B站点,风速和风向数据由C站点提供)

风速和风向数据代替B站点的风速和风向数据进行分析。对比A、B站点各气象要素(见图5),发现在海雾生成阶段,A、B站点相对湿度较大,皆高于80%,其中B站点相对湿度甚至达到90%以上,根据上文分析此时长江口附近盛行东南风,持续时间在12 h以上,东南气流将南方的暖湿空气输送至上海近海表面,空气中水汽充足,有利于海雾的形成。根据以往的研究表明海雾多发生在风速小于7 m/s的情况下^[15],A站点实测平均风速为5.31 m/s,C站

点实测平均风速为6 m/s,有助于海雾形成。在海雾维持阶段,A、B气压均略有下降,在维持阶段的前半段,气温基本保持不变,而在维持阶段的后半段,即能见度即将出现好转时A、B站点出现气温小幅度降温,A站点降温出现在B站点之前。4月21日08时出现能见度好转的情况,是由于风向突然转变,C站点由此前盛行的偏南风突变为西北风,西北风将北方的干冷空气输送至上海近海表面,气温降低能见度转好,但此时空气中相对湿度仍然较大,

故仍有轻雾,而A站点由偏南风突然转向为西北内陆风,并且先于C站点发生风向的转变,内陆风使水汽加速消散,此时A站点相对湿度降至80%以下,故能见度较高。21日14时之后,A、B站点温度下降,A站点此时受到南风影响,C站点此时受到西南风控制,皆能带来水汽,故空气中水汽含量较高,相对湿度较大,根据上文天气形势图以及上海历史天气查询,此时出现短时降水,故此时生成的雾为雨雾。22日07时之后,A、B站点气温升高,相对湿度显著下降,导致雾气逐渐消散。

5.2 海气界面

海气温差在海雾过程中有着重要影响,在黄海海域,出现海雾时,气温明显下降,海雾消散时,气海温差加大^[16],对于上海沿海区域,海气温差在 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内,则都有可能形成海雾^[1],海气温差在 $-1\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间时是成雾的适宜条件^[17],但合适的海气温差是海雾形成的必要非充分条件^[18],前人研究表明大部分平流冷却雾中气温(Surface Air Temperature, SAT)大于SST的雾发生时,其主导因子为暖湿空气的输送^[19]。

本文海表温数据为ECMWF所提供的ERA-interim数据提供的SST,海气温差主要由SAT所决定。根据上文分析以及海气温差值(见表1),在本次海雾过程发生前,上海近海长时间受到来自南方暖湿气流的影响(见图4a),气温略有上升。根据表1,在海雾生成以及发展维持过程中A、B站气海温差处于 $1\sim 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,有助于海雾的形成。在起雾阶段,A站点海气温差条件甚至略好于B站点,但并未产生浓雾,说明风向和水汽输运在此次过程中更为重要。

表1 A、B站点的气海温差(单位: $^{\circ}\text{C}$)

时间	A 站点	B 站点
2016年4月20日08时	2.24	2.94
2016年4月21日08时	1.11	1.91

5.3 水汽条件分析

根据前文的分析,上海近海附近以及舟山附近受偏南气流的影响,来自南方的暖湿空气流经冷海面时,由于冷却作用,空气中的水汽凝结成为小

水珠并悬浮在空气中,因此能见度下降,从而导致海雾发生。如图6表示4月20日14时、4月21日08时、4月21日20时以及4月22日08时的水汽通量和水汽通量散度,箭头表示水汽通量,表现了水汽的输送方向以及大小,水汽通量散度表示水汽的辐合与辐散的情况,当水汽通量散度为正时,水汽辐散,水汽通量为负时,水汽辐合。

4月20日14时(见图6a),上海近海长江口低层大气受偏南气流的控制,东南向水汽输送至上海近海长江口附近,出现水汽辐合高值区,图5中A、B站点相对湿度也印证此点,上海近海附近相对湿度达到90%~95%。随后由于东南风逐渐转为西南风,因此水汽辐合高值区并未继续向北或者内陆发展,而是由西南风输送至朝鲜半岛以及东海外海发展。

此后由于切变线东移,西北气流逐渐增强,南方水汽的北向输运受到阻碍,于4月21日08时左右(见图6b),原本出现在上海近海的水汽辐合高值区逐渐东向发展并在日本海附近逐渐减小最终消散,上海近海出现小范围水汽辐散,结合前文站点的相对湿度数据,此时上海近海海域相对湿度降至70%~80%。水汽辐合高值区的移动以及相对湿度高值区的移动与从卫星云图上观测到的海雾的发展基本一致。

4月21日20时(见图6c),由于暖锋过境,上海近海附近受温带气旋影响产生短时降水,我国北部沿海地区均出现水汽辐合现象,以上海近海地区尤其明显,出现水汽辐合区,此时为能见度再次下降的时刻,随后由于西向气流加强,暖锋过境之后上海近海地区受到暖空气的控制,温度上升,长江口附近水汽逐渐消散。4月22日08时(见图6d),上海近海处于水汽辐散区,水汽得不到补充,海雾逐渐消散。

上述分析表明,底层充足的水汽为海雾的形成以及发展维持提供了条件。此次海雾过程的水汽主要来自于东南方的暖湿气流,而这股暖湿气流来自于西北太平洋。气流首先经过舟山群岛附近,随后逐渐向北推移,水汽随之推移,最后在上海近海海域聚集,相对湿度逐渐增大,上海近海出现海雾,当风向转为西北风时,切变线东南向移动,水汽也向东南方推移,上海近海海域能见度逐渐转好,随

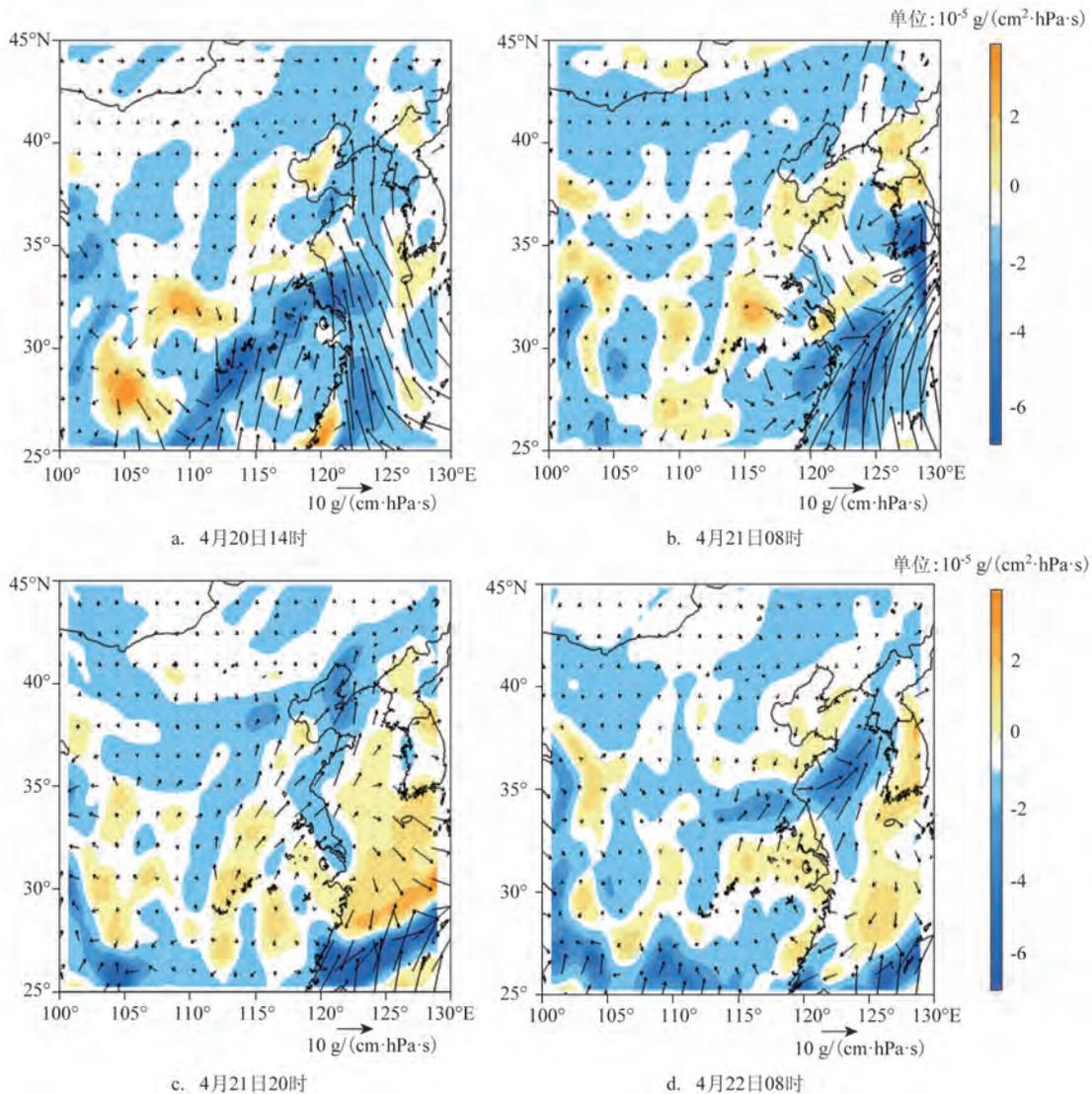


图6 不同时刻1000 hPa水汽通量(箭头,单位: $\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$)以及水汽通量散度(填色区域,单位: $10^{-5}\text{g}/(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$)

后由于暖锋过境的影响,能见度下降的同时产生降水过程而产生雨雾,暖锋过境之后温度上升导致海雾消散,发展趋势与卫星所观测到的趋势基本一致。

6 结论

本文通过对2016年4月20—23日一次典型上海近海春季海雾南北差异分析,分析了天气形势、大气层结、海气界面以及水汽输送对此次海雾过程的影响,发现导致此次海雾过程发生的主要原因是东南气流带来的暖湿空气,而低压过境风向骤变影

响海雾发展和分布,具体结论如下:

(1)此次海雾过程先后经历了平流雾和雨雾过程,在第一次生成发展阶段,底层盛行偏南风,高空层结稳定有利于平流雾形成,随后低压过境风向骤变,从而导致长江口北部能见度好转,而后由于暖锋过境,出现短时小雨天气导致雨雾过程;

(2)长江口南北海雾存在复杂的空间和时间变化,特定的天气形势会影响海雾的生成发展与消散。长江口外北部站点能见度明显好于南部站点,并且北部站点先于南部站点出现能见度好转的情况,这是由于低压槽控制下的低压过境,切变线东移所导致。其后由于暖锋过境产生雨雾,导致能见

度再次下降,随后暖锋过境、温度上升导致海雾消散。因此,此次海雾过程受到低压槽控制下的低压过境、切变线东移以及暖锋过境的共同作用,导致长江口南北能见度差异较大的情况发生;

(3)通过对此次上海近海海雾过程中天气要素、海气界面以及水汽条件的分析,发现风为此次上海近海海雾南北差异性较大的主要影响因子,主要控制该海域水汽的聚集与消散。盛行南风时水汽充足,来自南方的水汽在上海近海海域聚集,湿度较大,容易产生海雾,而受西北风主导时,水汽向东南方向推移,容易出现海雾消散的情况。

考虑到长江口深水航道区域航运密集,监测长江口风向骤变过程以及海上水汽通量是该天气特征下精细化预报海雾的关键。此外,此种天气过程发生的历史频率,以及在全球气候变化背景下的未来变化趋势也需进一步研究。

参考文献:

- [1] 于芸. 上海沿海海雾特征分析[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
- [2] 阙成蛟. 舟山地区海雾生成机制研究与探讨[J]. 科技与创新, 2018, (16): 43, 47.
- [3] 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.
- [4] 嵇瑞发. 舟山港域春季海雾的统计分析[J]. 浙江气象科技, 1992, 13(2): 17-19.
- [5] 孙健翔, 黄辉军, 张苏平, 等. 海雾对沿海地区的影响程度初探——2008年春季两次黄海水雾过程分析[J]. 海洋与湖沼, 2017, 48(3): 483-497.
- [6] 朱佳蓉, 漆梁波. 上海地区辐射雾演变成因及模式预报[J]. 气象与环境学报, 2017, 33(1): 1-11.
- [7] 王彬华. 海雾[M]. 北京: 海洋出版社, 1983.
- [8] 傅刚, 王菁茜, 张美根, 等. 一次黄海水雾事件的观测与数值模拟研究——以2004年4月11日为例[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2004, 34(5): 720-726.
- [9] 中国气象局. QX/T 45-2007 地面气象观测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 6-7.
- [10] Tardif R, Rasmussen R M. Process-oriented analysis of environmental conditions associated with precipitation fog events in the New York City region[J]. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2008, 47(6): 1681-1703.
- [11] George J J. Fog: Its causes and forecasting with special reference to eastern and southern United States (I) [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1940, 21(4): 135-148.
- [12] Byers H R. General meteorology[M]. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1959.
- [13] Petterssen S. Introduction to meteorology[M]. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1969.
- [14] 汪靖, 郭玲, 吴振玲, 等. 渤海湾一次罕见持续性海雾过程的成因分析[J]. 环境科学与技术, 2017, 40(4): 112-118, 147.
- [15] 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.
- [16] 张苏平, 任兆鹏. 下垫面热力作用对黄海春季海雾的影响——观测与数值试验[J]. 气象学报, 2010, 68(4): 439-449.
- [17] 宋亚娟. 北太平洋海雾发生频率的气候学特征[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009.
- [18] 史得道, 黄彬, 吴振玲. 2016年春季一次黄渤海明显海雾过程的大气海洋特征分析[J]. 海洋预报, 2018, 35(5): 85-92.
- [19] Huang H J, Liu H N, Huang J, et al. Atmospheric boundary layer structure and turbulence during sea fog on the southern China coast [J]. Monthly Weather Review, 2015, 143(5): 1907-1923.

Analysis of spatial difference of a spring sea fog event offshore Shanghai under the effect of a low pressure system

WANG Zi-zhu¹, HU Song^{1,2,3}, LIU Wang⁴

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306 China; 2. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai 201306 China; 3. Shanghai Engineering Research Center for Estuarine and Oceanographic Mapping, Shanghai 201306 China; 4. Shanghai Marine Meteorological Center, Shanghai 201306 China)

Abstract: Based on the marine buoy observations and reanalysis data, we found that the evident spatial difference of sea fog (the complex generation-dissipation process from April 20th to 23rd 2016) between north and south stations offshore the Yangtze Estuary was mainly caused by vapor transport and wind field. The results show that the sea fog process was influenced by rapid change of wind direction caused by the passage of a low pressure

system, which was controlled by low pressure trough and transient rain resulted from warm fronts. The sea fog process was mainly influenced by wind direction. The moist south wind favors the development of sea fog, while dry northwest wind undermines the development of sea fog. The visibility between north and south stations offshore the Yangtze Estuary was significantly different. The visibility of north station turned to normal earlier than that of south station, since the wind direction suddenly changes and the north station did not received sufficient water vapor supply during the low-pressure passage. By analyzing sea fog difference between north and south stations influenced by low pressure trough, this study helps our understanding for sea fog forecast offshore the Yangtze Estuary in the future, especially for the weather processes characterized by the swift change of wind direction.

Key words: sea fog; Shanghai Yangtze Estuary; buoy observations; low pressure trough; swift change of wind direction