

## 2020年海上灾害天气特征分析

孙舒悦, 黄彬\*, 柳龙生

(国家气象中心, 北京 100081)

**摘要:** 利用中国气象局地面观测资料、卫星遥感监测资料以及ERA5再分析数据等资料,对2020年我国近海海上灾害性天气的主要特征进行了分析。结果表明:2020年,我国近海共发生50次8级以上海上大风过程,其中10月的海上大风日数和过程数均为全年最高;冷空气和温带气旋为2020年我国近海海上大风过程的主要影响系统;我国近海共观测到21次海雾过程,2—3月各海域均有大雾天气出现,9—10月近海为无雾期,各海区均无大雾天气出现;4月仅黄渤海海域有海雾出现,雾日数仅为2 d,远低于常年平均,这与4月东亚大槽偏强、冷空气活动较常年同期频繁、气海温差为负值且较常年同期偏低、大气边界层季节性逆温消失、湿度偏低等不利条件有关。

**关键词:** 海上大风;海雾;影响系统

**中图分类号:** P732.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2023)03-0056-10

### 0 引言

我国拥有长达1.8万公里的大陆海岸线和300万平方公里的管辖海域,涉海的12个省、自治区、直辖市共计约有5.8亿人口。海洋环境复杂多变,海上大风、海雾、强对流等海洋灾害性天气频繁发生,不仅影响沿海和海岛居民、滨海旅游人群、涉海就业人员的生产和生活,也制约着我国海洋经济发展<sup>[1-2]</sup>。海上大风、海雾等恶劣天气也是造成海难事故的主要原因,会给从事海上生产活动人员的生命财产安全造成严重威胁。

海上大风指的是发生在海上或沿海地区近地面层风力达8级或以上的天气现象,其伴随的巨大风力和引发的大浪会毁坏船只和沿岸地面设施及建筑物,并影响航海、海上施工和捕捞等作业,危害极大。造成我国近海大风天气过程的天气系统主要可分为冷空气型、温带气旋型和热带气旋型<sup>[3]</sup>。海雾是受海洋影响发生在低层大气中的凝结现象,

是由于存在悬浮在海面、滨海和岛屿上空大气边界层中的大量水滴或冰晶等可见集合体使水平能见度小于1 km的天气现象。海雾主要分为平流雾、辐射雾、混合雾、地形雾等类型<sup>[4-5]</sup>,我国近海发生海雾的主要天气型包括入海变性高压天气型、气旋或低压槽东部型以及西北太平洋副热带高压型等<sup>[5-9]</sup>。海雾造成的低能见度会给海上船舶航行、港口作业以及沿海地区的公路运输和电力输送等带来较大影响。为了满足日益增长的海洋灾害天气预报服务需求,预报和科研人员积极开展海上大风、海雾等灾害性天气预报技术及机理研究,同时不断开发完善客观预报方法,提高预报水平。目前我国海上大风的预报准确率达80%,但这和与日俱增的精细化海洋气象预报服务需求及发达国家先进的预报水平相比仍有一定差距。由于海上观测资料的匮乏,对海雾的机理认知和预报技术水平仍尚为薄弱,相关科学问题研究和预报服务能力有待进一步提升。

收稿日期: 2021-10-05。

基金项目: 国家重点研发计划重点专项(2019YFC1510102);上海市气象局上海台风研究基金项目(TFJJ202109)。

作者简介: 孙舒悦(1990-),女,高级工程师,博士,主要从事台风与海洋气象预报工作。E-mail:sunshy@cma.gov.cn

\*通信作者: 黄彬(1971-),女,高级工程师,硕士,主要从事台风与海洋气象预报研究工作。E-mail:hbzj199928@163.com

本文利用多种地面和高空观测及再分析资料,对2020年我国近海海上大风及海雾等灾害性天气的主要特征进行了归纳和分析,以期对未来海洋灾害性天气业务预报和研究提供参考。

## 1 资料和方法

本文使用的观测资料来自沿岸及海岛的国家级地面自动气象站、探空站、船舶站、浮标站以及风廓线雷达等,包含风向、风速、气温、海表面温度(海温)、露点温度、相对湿度、水平能见度、天气现象、降水、气压等记录,时间分辨率为逐小时。

为了弥补海洋观测资料稀缺的不足,本文利用基于静止卫星数据的海雾动态阈值反演方法<sup>[10-12]</sup>监测海雾落区,使用的卫星反演数据来自“向日葵8号”(Himawari-8)卫星。

文中选用的再分析资料为欧洲中期数值预报中心(European Center for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF)提供的1950年至今的第五代再分析资料ERA5,该数据使用新一代四维变分同化技术制作,空间分辨率为 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ ,垂直方向分137层,时间分辨率为1 h<sup>[13-14]</sup>。所选用的变量包括位势高度、海平面气压、10 m风场、温度和相对湿度等。

文中海洋灾害天气过程及日数的统计资料选用沿岸及海岛国家级地面自动气象站、船舶站、浮标站的观测数据。具体统计标准为:海上大风过程是指我国近海任一海区观测到两个及以上代表站出现2 min内平均风速达17.2 m/s(风力为8级)以上且持续时间超过3 h的过程;海上大风日数为海上大风过程的持续日数;海雾过程为我国近海至少1个海区内两个以上代表站观测到能见度低于1 km或卫星遥感监测可见海域内出现成片海雾且持续时间达2 h的过程;海雾日数为海雾过程的持续日数。

## 2 2020年海洋灾害天气特征

### 2.1 海上大风过程统计特征

2020年,我国近海共发生50次8级以上海上大风过程(不包括强对流雷暴大风),其中各月的海上

大风过程数和日数分别见图1a和1b。从全年大风过程数来看,9—11月和3—4月的海上大风过程较多,占全年海上大风过程的58%;从大风日数来看,我国近海10—12月的海上大风日数为全年最高,累计达71 d。无论是海上大风过程数还是大风日数,10月均为全年最高,共观测到8次海上大风过程,累计日数长达27 d(见图1a、1b、表1)。在季节特征上,秋季(9—11月)海上大风过程数及日数均为全年最多,累计达19次(见图1a),持续共63 d(见图1b),且大风过程持续时间长,平均每次过程可持续2~3 d,其中10月的海上大风日数较9月出现陡增。

从图1c可以看出,冷空气和温带气旋为造成2020年我国近海海上大风过程的主要影响系统。2020年分别由冷空气、温带气旋独立影响的海上大风过程各有14次,由两者共同影响的大风过程共有8次,此外,还有8次海上大风过程来自冷空气与热

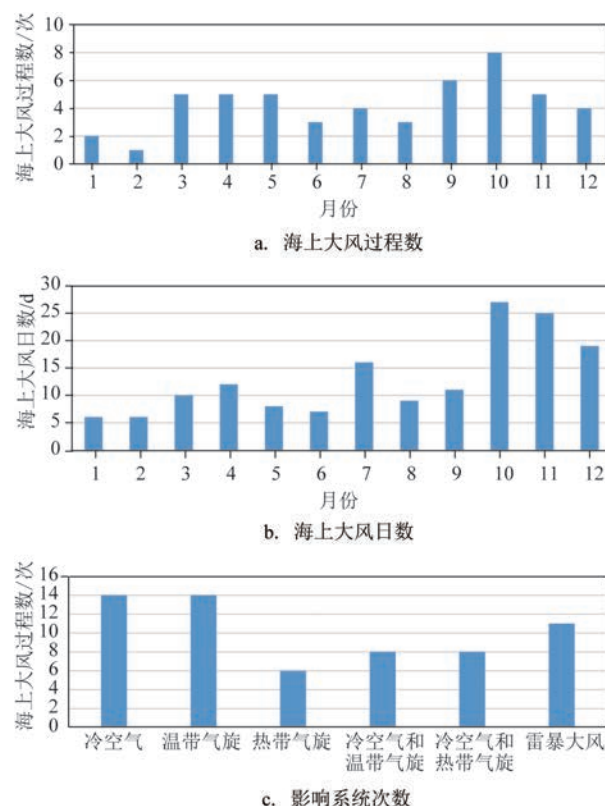


图1 2020年逐月海上大风过程数、海上大风日数和影响系统统计

Fig.1 Histogram of numbers of monthly gale events, monthly gale days and influence systems of gale events over the offshore areas of China in 2020

表1 中国近海2020年10月主要大风过程

Tab.1 Main gale events over the offshore areas of China in October 2020

序号	大风时段	天气形势和影响系统	影响海域和大风等级
1	10月4—5日	冷空气	渤海、渤海海峡、黄海北部和西部海域、东海西北部海域出现6~8级、阵风9级的偏北—西北风
2	10月5—9日	冷空气和台风“灿鸿”共同影响	东海大部海域、台湾海峡、台湾以东洋面、巴士海峡、南海北部和中部海域、北部湾出现6~8级、阵风9~10级的偏北—东北风
3	10月11日	台风“莲花”	南海中西部和西南部海域出现6~8级、阵风9~10级大风
4	10月12—15日	冷空气与台风“浪卡”共同影响	东海西南部海域、台湾海峡、巴士海峡、南海北部海域、琼州海峡、北部湾出现7~8级大风,台风“浪卡”中心经过的附近海域风力达9~10级、阵风11~12级
5	10月15—19日	冷空气与热带低压共同影响	东海西南部海域、台湾海峡、南海北部和中西部海域、琼州海峡、北部湾出现7~9级、阵风10级的偏北或东北风
6	10月20—25日	冷空气与台风“沙德尔”共同影响	东海大部海域、台湾海峡、台湾以东洋面、巴士海峡、南海北部和中部海域、琼州海峡、北部湾出现7~9级大风,台风“沙德尔”中心经过的附近海域风力达10~13级、阵风14~15级
7	10月26—29日	冷空气与台风“莫拉菲”共同影响	台湾海峡、南海大部海域、琼州海峡、北部湾出现7~9级大风,其中南海南部部分海域出现10~12级大风,台风“莫拉菲”中心经过的附近海域风力达13~14级、阵风15~16级
8	10月30日—11月1日	冷空气	东海南部海域、台湾海峡、巴士海峡、南海北部海域出现了6~8级、阵风9级的东北风

带气旋的共同影响。

## 2.2 海上大风过程特征的成因分析

为了分析2020年10月较9月海上大风日数陡增的原因,图2给出了9月和10月500 hPa平均位势高度场(见图2a和2c)和位势高度距平场(见图2b和2d)分布。从图中可以看到,9月北半球极涡呈单极型分布,极涡中心位势高度低于528 dagpm(见图2a),对应区域的500 hPa位势高度为明显的负距平(见图2b),即极涡较气候态偏强<sup>[15]</sup>。我国北部海域位于西风槽控制下,对应的500 hPa位势高度呈较弱的负距平,表明西风槽略有加深,影响我国北部海域的冷空气活动强度较常年同期偏强,但同时该区域的500 hPa环流经向梯度较弱,因此9月我国近海冷空气活动的影响范围和频繁程度并无显著异常。10月北半球极涡加深、加强,中心位势高度低于524 dagpm,并分裂出两个中心(见图2c),伴有位势高度负距平(见图2d),极涡主体较常年同期偏强。从欧亚地区500 hPa月平均位势高度场及海平

面气压场的环流分布也可以看出(见图3),随着东亚大槽的加深,10月影响我国近海的500 hPa环流经向梯度较9月明显增大(见图3a和3c),对应冷空气活动较9月明显活跃;大陆高压较气候态明显偏强,我国黄渤海乃至东海大部海域受高压系统东南侧正距平场控制(见图3d),影响我国北部海域的冷空气势力较常年同期偏强<sup>[15]</sup>。受上述环流背景影响,10月我国近海共出现7次冷空气影响的大风天气过程。

此外,热带气旋的频繁活动也是造成2020年10月海上大风日数明显增多的主要原因之一。10月,西北太平洋和南海共有7个台风生成,较多年平均(3.8个)偏多3.2个,追平10月台风生成数的历史最高纪录,与1992年并列成为10月台风生成数最多的年份<sup>[15-16]</sup>。期间,连续有4个台风和1个热带低压影响我国南海海域,数量之多也较为罕见。从海温及其距平分布来看(见图4),10月南海大部海域及菲律宾以东海域的海温仍大范围高于28℃,且普遍较常年平均异常偏高,海温条件非常利于台风生成;同时,与9月相比,10月西北太平洋副热带高压



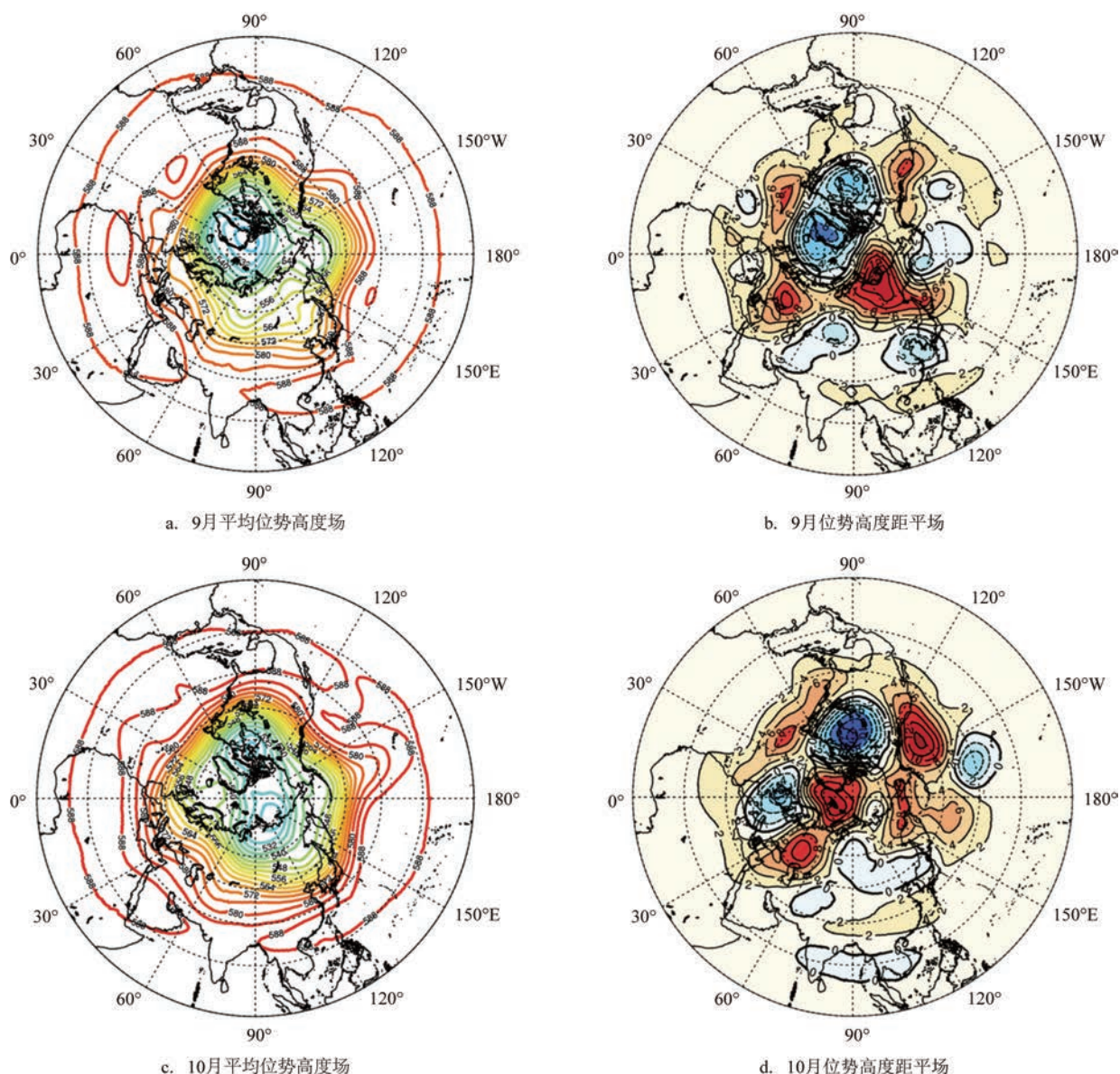
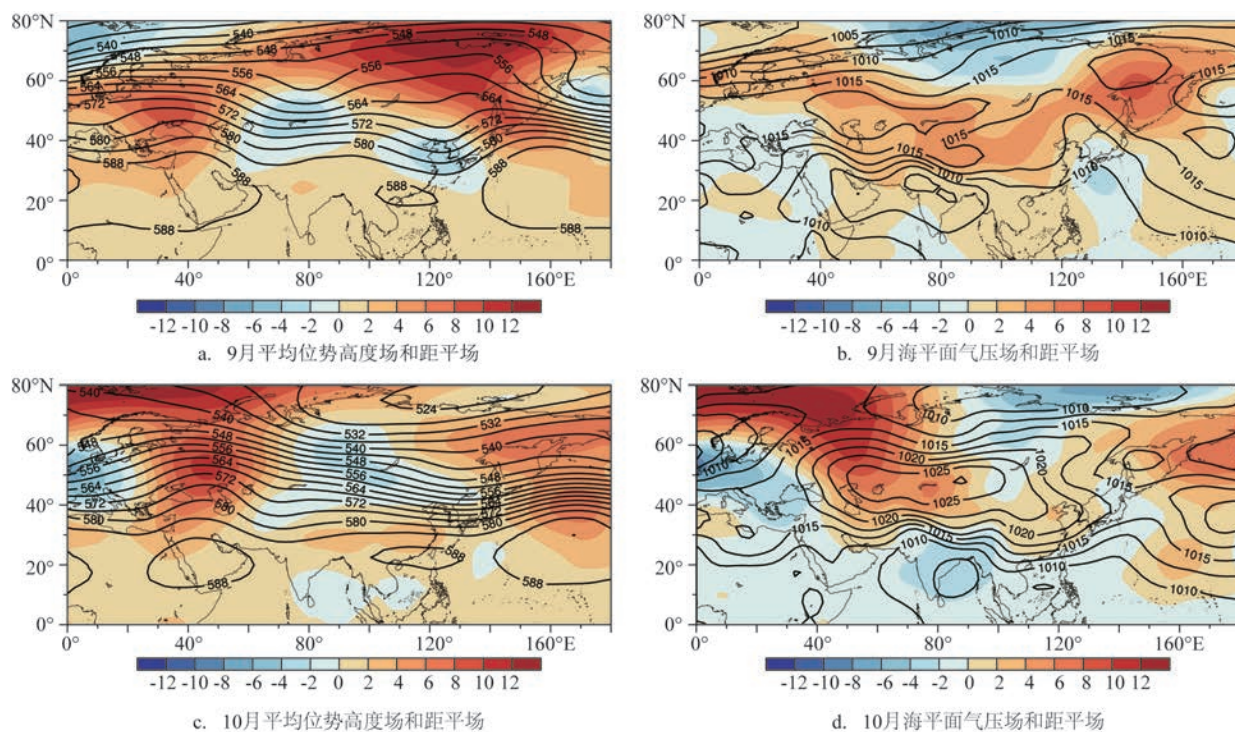


图2 2020年9—10月北半球500 hPa平均位势高度场和位势高度距平场(单位: dagpm)

Fig.2 The average 500 hPa geopotential height and the geopotential height anomaly in the Northern Hemisphere in September and October 2020 (unit: dagpm)

(简称副高)主体收缩、南缘略有北抬,位于我国大陆南部及南海北部上空的部分呈带状分布(见图2a和2c),与多年同期气候态平均相比,副高主体面积偏大、强度偏强,副高脊线位置偏北、西脊点偏西,我国南海大部海域位于副高主体控制以外(见图5),十分有利于台风的生成和西行。从低层环流条件来看,10月气候平均的低层风场表现为从南海中部向东延伸至菲律宾以东海域上空的闭合的气旋性辐合环流(见图6b),而2020年10月底层10 m风

场气旋性环流中心位置偏西,在南海中部上空形成闭合,强度偏强(见图6a),距平场表现为南海上空的低空辐合明显增强、气旋性加大(见图6c),均是对流触发和气旋发展的有利条件;同时越赤道气流明显偏强(见图6c),南海季风结束偏晚(气候平均结束时间为10月1—2候,而2020年10月底季风仍未结束),为低层水汽及能量的持续输入提供了有利条件。受上述条件的共同影响,2020年10月共有2个台风和1个热带低压在我国南海海域生成,另有



注:等值线代表高度场/气压场,填色代表距平场,单位:dagpm

图3 2020年9月和10月北半球500 hPa平均位势高度场、距平场和海平面气压场、距平场

Fig.3 Monthly mean geopotential height and anomaly at 500 hPa, and monthly mean sea level pressure and anomaly in the Northern Hemisphere in September and October 2020

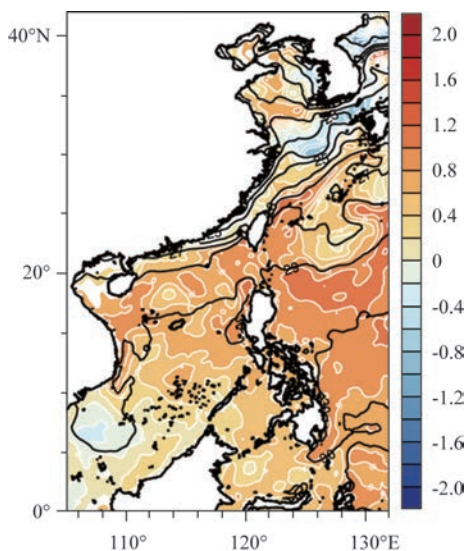


图4 2020年10月我国近海平均海表面温度(等值线)与距平(填色)分布(单位:℃)

Fig.4 Monthly mean sea surface temperature (contour) and anomaly (shaded area) over the offshore areas inshore of China in October 2020(unit:℃)

2个台风经西行路径移入我国南海海域,均造成了影响我国海域的海上大风天气过程。

### 2.3 海雾过程统计特征与成因分析

2020年,我国近海共观测到21次海雾过程。图7a给出了2020年各月我国近海各个海区出现的海雾天数,按地理位置自北向南分成黄渤海、东海、台湾海峡、南部海域(北部湾、琼州海峡和南海)4个区域进行统计。从图中可以看出,我国各个海域海雾天数分布存在明显的季节差异,北部海域出现海雾的日数和月份较南部海域明显偏多,黄渤海、东海海雾主要出现在春季、夏季和冬季,南部海域海雾仅在冬季及早春(11月—次年3月)出现。从全年来看,2—3月,我国南北各海域均出现大雾天气,其中2月各海区的海雾日数均大于7 d;9—10月,我国近海为无雾期,各个海区均无大雾天气出现。值得注意的是,4月我国近海海雾日数明显偏少,仅在黄渤海海域有海雾出现,且雾日数仅为2 d,远低于常年平均(7 d)。从近海海雾的影响系统来看(见图7b),



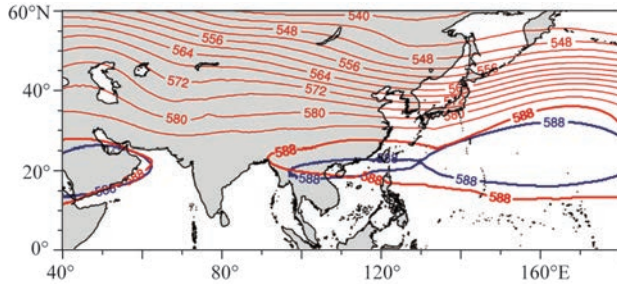


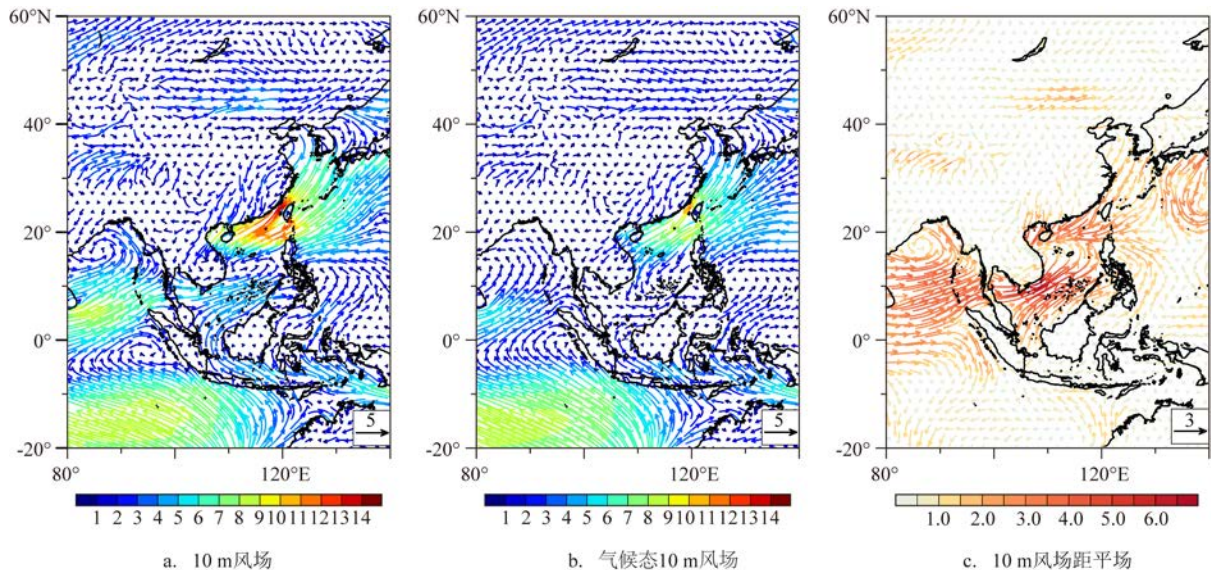
图5 2020年10月(红线)与气候态10月平均(蓝线)西北太平洋副热带高压分布(单位:dagpm)

Fig.5 Spatial distribution of West Pacific Subtropical High in October 2020 (red line) and climatology (blue line) (unit: dagpm)

2020年影响我国近海海雾的主要天气系统包括入海变性高压、大陆东移低压和西北太平洋高压,其中以大陆东移低压类型为主。

多年观测资料的统计分析表明,渤海及黄海北部雾季为4—7月,7月最多<sup>[17-18]</sup>,而2020年4月通过站点及卫星监测到的黄渤海海域海雾日数仅有2 d,且与4月末—5月初的一次长历时海雾过程有关。为了考察2020年4月黄渤海海雾日数异常偏少的原因,以下分别就环流背景、水文气象条件及大气层结条件等方面展开分析。

图8为2020年4月欧亚地区环流分布特征。从500 hPa位势高度和距平分布可以看出(见图8a),4月欧亚大陆及西北太平洋海域的中高纬环流呈“两



注:箭头代表风矢量,填色代表风速,单位:m/s

图6 2020年10月平均表面10 m风场、距平场及气候态10月平均表面10 m风场分布

Fig.6 Monthly mean 10-metre wind field and anomaly in October 2020 and climatology

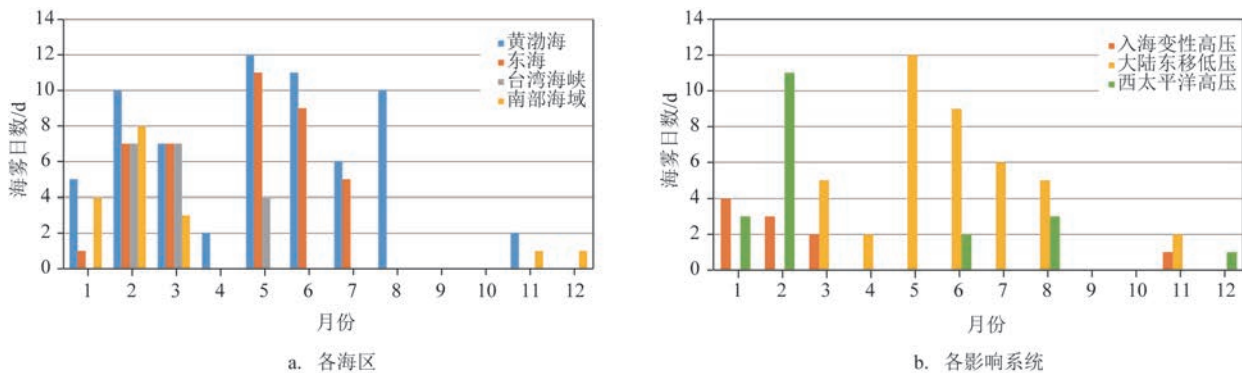


图7 2020年我国近海逐月海雾日数

Fig.7 Monthly numbers of sea-fog days over the offshore areas of China in 2020

槽一脊”型,我国北部及东部海域位于东亚大槽区,槽区所在位置对应明显的负距平,表明4月东亚大槽偏强,有利于冷空气的堆积和南下<sup>[19]</sup>,影响我国近海的冷空气活动较常年同期更为频繁。由海平面气压场及距平分布可以看到(见图8b),4月大陆高压较常年偏强,我国大部地区及近海受高压系统控制,高压系统东南侧影响我国北部及东部近海(渤海、黄海、东海、台湾海峡)的距平场呈较为明显的正距平,表明影响我国近海的冷空气活跃且较常年同期偏强。受上述系统影响,4月我国近海海域观测到5次8级以上的大风过程,其中4次与冷空气活动有关,相较于2017年(2次)、2018年(3次)和2019年(2次)偏多,且累计影响时间长达10 d,也较近3年(2017年4 d、2018年6 d和2019年5 d)明显偏多。

冷空气活动频繁与影响时间偏长给海雾的形成和维持造成了不利条件,是导致北方海域海雾日数异常偏少的因素之一。

海雾以平流冷却雾最为常见<sup>[20-22]</sup>。平流冷却雾是指暖湿空气流经冷海面上空发生凝结而形成的雾。有利于平流冷却雾产生的水文气象条件包括一定的海温梯度、不宜过高的海温以及适宜的气海温差(通常指2 m气温与海温的差值)。王彬华<sup>[5]</sup>研究归纳出的平流冷却雾的成雾条件包括海温需低于25℃、气海温差需在0.5~3℃范围内。从我国近海月平均海温、气海温差及其距平场分布中可以看到(见图9),4月我国近海海温梯度较大,北部和东部海域海温较常年同期明显偏高,气海温差以负值为主并且明显低于常年平均,不利于平流冷却雾的形

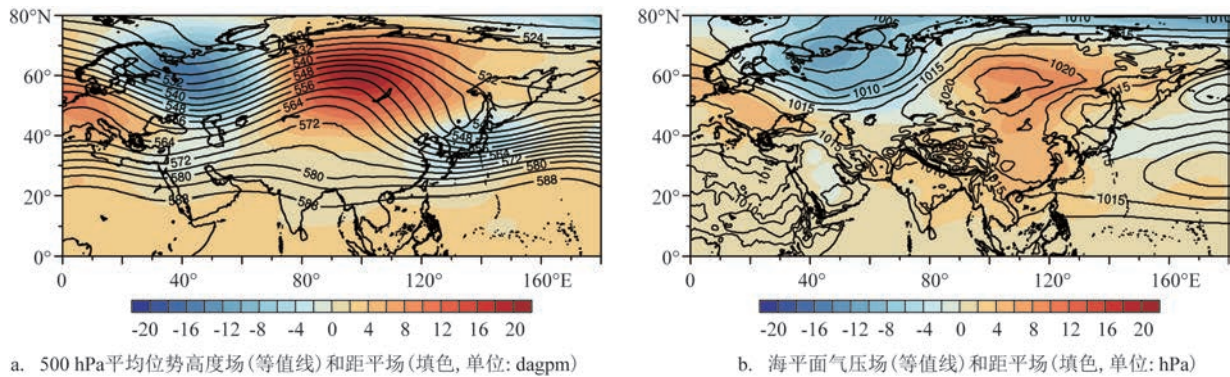
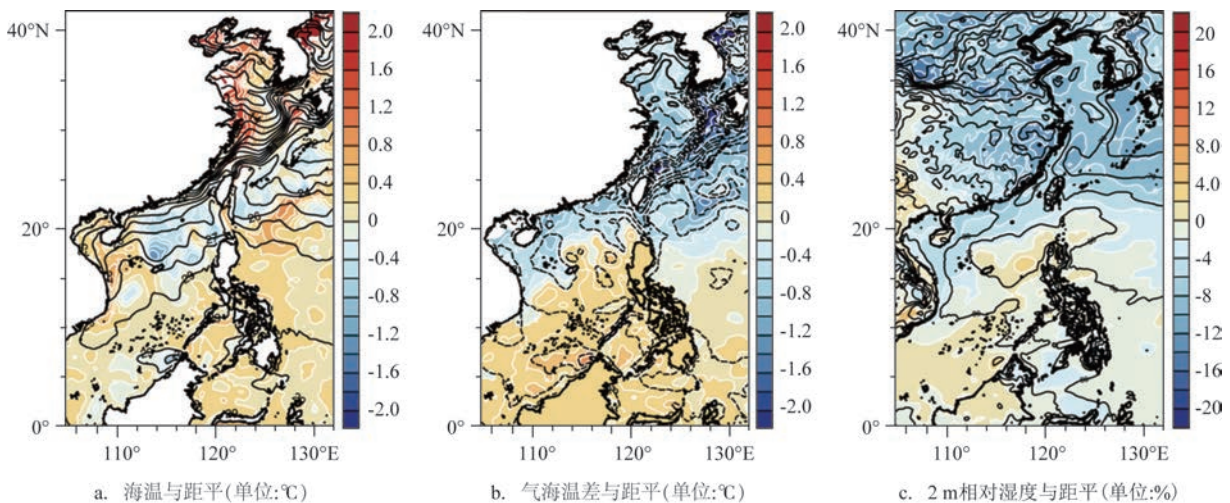


图8 2020年4月北半球环流分布特征

Fig.8 Distribution of atmospheric circulation in the Northern Hemisphere in April 2020



注:等值线代表月平均场,填色代表距平场

图9 2020年4月我国近海平均海温、气海温差、2 m相对湿度及其距平

Fig.9 Monthly mean sea surface temperature, air-sea temperature difference, relative humidity of 2-m height and their anomaly over the offshore areas of China in April 2020



成;此外,对应4月冷空气活动的频繁和持续,我国近海2 m相对湿度也较常年同期异常偏低(见图9c),热力条件和湿度条件均对海雾的形成十分不利。

稳定的大气层结也是海雾发展和维持的重要条件。多年研究表明海雾发生时大气边界层中多存在逆温或等温层<sup>[6-7,23-24]</sup>,近年来的相关研究进一步证实了多地雾季与大气边界层内季节性逆温层的发展变化密切相关<sup>[18]</sup>。为了考察大气边界层条件对4月黄渤海海雾日数异常偏少的影响,图10以沿岸代表站成山头站为例,给出了该站点2020年4月与气候平均的4月的温度和湿度廓线。由温度廓线可以看出,在气候背景上,4月成山头站在975 hPa以下存在气候平均的季节性逆温,对应大气层结的相对稳定,有利于雾的形成;而2020年4月的地面温度及各层温度均较气候态偏低,且海上大气边界层逆温消失,表明2020年4月的低层大气层结较常年平均不稳定,不利于雾的发展和维持。相应地,

2020年4月的低层湿度条件也较气候态明显偏差,各层湿度均较常年平均偏低,不利于饱和凝结。上述分析表明,2020年4月温度和湿度等大气边界层条件对当地海雾的形成十分不利。

对比2020年5月,我国近海海雾日数由4月的仅2 d明显增加至27 d,其中黄渤海海域的海雾日数也陡升至12 d。通过诊断分析表明,5月的环流背景、水文气象条件及大气层结条件等均较4月发生明显的变化。5月东亚大槽明显减弱,地面冷高压强度也减弱,我国近海海域处于两个高压之间的弱低压区控制下且伴有负距平(图略),表明影响我国近海的冷空气较弱<sup>[19]</sup>;我国近海海温梯度明显减弱,黄海海温较常年同期偏低(图略),冷海面的水文条件有利于海雾形成;成山头站点的温度和湿度层结表明(见图11),5月的低层温度虽较气候态偏低但仍有弱逆温层或等温层维持,湿度明显比常年平均偏大,较稳定的大气边界层条件和偏湿的湿度条件

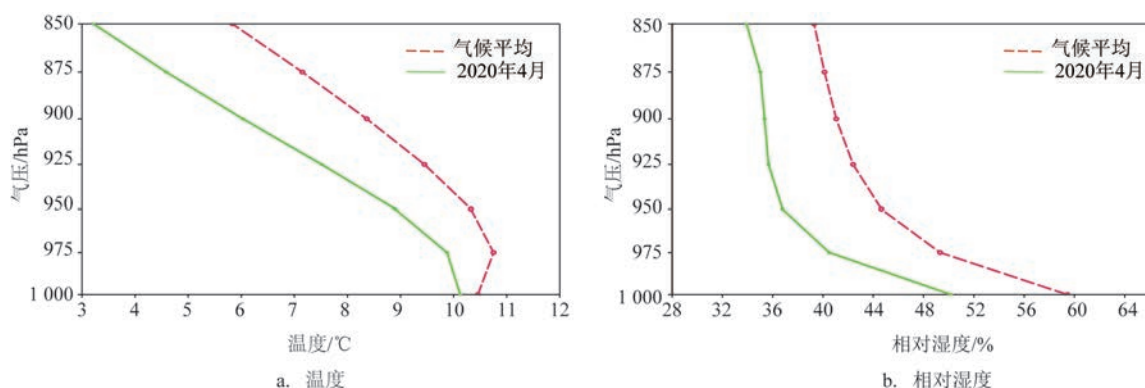


图10 成山头站2020年4月与气候平均态温度和相对湿度垂直廓线

Fig.10 Vertical profiles of temperature and relative humidity of Chengshantou Station in April 2020 and climatology

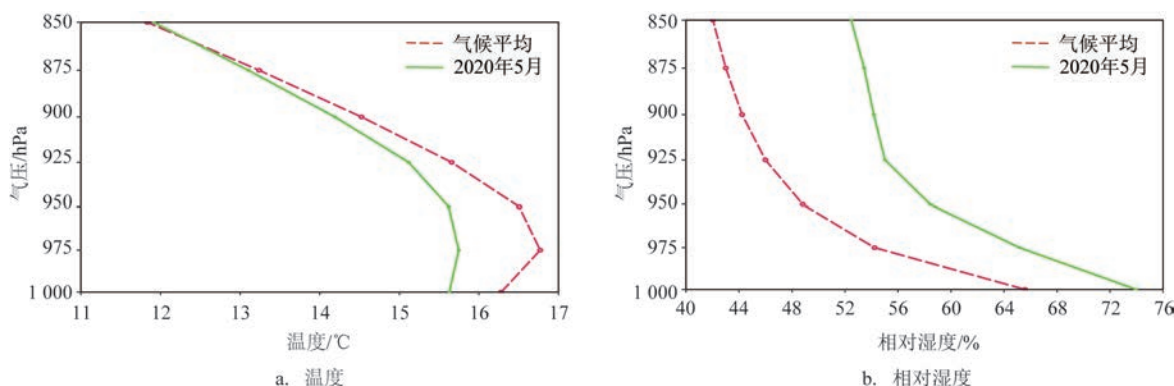


图11 成山头站2020年5月与气候平均态温度和相对湿度垂直廓线

Fig.11 Vertical profiles of temperature and relative humidity of Chengshantou Station in May 2020 and climatology



均有利于海雾的发展和维持。综合上述条件的共同影响,导致5月海雾日数与4月存在明显差异。

### 3 总结与讨论

本文利用中国气象局地面观测资料、卫星遥感监测资料以及ERA5再分析数据等资料,对2020年我国近海海上灾害性天气的主要特征进行了分析。结果表明:

①2020年,我国近海共发生了50次8级以上海上大风过程(不包括强对流雷暴大风),其中9—11月以及3—4月的海上大风过程较多,占全年过程数的58%;秋季(9—11月)海上大风日数占全年最多,累计达63 d,其中10月的海上大风日数和过程数均为全年最高,这与极涡较常年同期偏强、东亚大槽明显加深、地面高压主体强度偏强、冷空气势力偏强以及热带气旋活动频繁有关。冷空气和温带气旋为造成2020年我国近海海上大风过程的主要影响系统。

②2020年,我国近海共观测到21次海雾过程,各海域出现海雾的天数存在明显的季节分布差异,北部海域出现海雾的日数和月份较南部海域明显偏多,黄渤海、东海海雾主要出现在春季、夏季和冬季,南部海域海雾仅在冬季及早春(11月—次年3月)出现。2—3月,我国南北各海域均有大雾天气出现,9—10月,我国近海为无雾期,各海区均无大雾天气出现。

③4月我国近海仅黄渤海海域有海雾出现,且雾日数仅为2 d,远低于常年平均,这是由于4月东亚大槽偏强,冷空气活动较常年同期频繁,SST较常年同期偏高,气海温差以负值为主且低于常年平均,大气边界层季节性逆温消失,湿度偏低,不利于海雾的生成和发展;5月,相应的环流形势条件、水文气象条件及大气层结条件等均发生了明显的调整,海雾日数较4月陡升。

#### 参考文献:

- [1] 周发琇. 第一讲 海雾及其分类[J]. 海洋预报, 1988(1): 78-84.  
ZHOU F X. The sea fog and its classification[J]. Marine Forecasts, 1988(1): 78-84.
- [2] 黄彬, 毛冬艳, 康志明, 等. 黄渤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.  
HUANG B, MAO D Y, KANG Z M, et al. Synoptic and climatic characteristics of Yellow Sea fog and causation analysis[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2011, 27(6): 920-929.
- [3] 吕爱民, 杨柳妮, 黄彬, 等. 中国近海大风的天气学分型[J]. 海洋气象学报, 2018, 38(1): 43-50.  
LYU A M, YANG L N, HUANG B, et al. Classification of synoptic patterns for China offshore gales[J]. Journal of Marine Meteorology, 2018, 38(1): 43-50.
- [4] LEWIS J M, KORAČIN D, REDMOND K T. Sea fog research in the United Kingdom and United States: a historical essay including outlook[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2004, 85(3): 395-408.
- [5] 王彬华. 海雾[M]. 北京: 海洋出版社, 1983.  
WANG B H. Sea fog[M]. Beijing: China Ocean Press, 1983.
- [6] 徐旭然. 胶东半岛北部沿海海雾特征及成因分析[J]. 海洋预报, 1997, 14(2): 58-63.  
XU X R. Characteristics and causes of sea fog in northern Jiaodong Peninsula [J]. Marine Forecasts, 1997, 014(002): 58-63.
- [7] 王厚广, 曲维政. 青岛地区的海雾预报[J]. 海洋预报, 1997, 14(3): 52-57.  
WANG H G, QU W Z. Forecast of sea fog in Qingdao area[J]. Marine Forecasts, 1997, 14(3): 52-57.
- [8] 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.  
XU Y F, CHEN S Q, DAI Q Y, et al. Regularity and formation cause analyses of fog in Zhoushan sea area in spring[J]. Marine Forecasts, 2002, 19(3): 59-64.
- [9] 苏鸿明. 台湾海峡海雾的气候分析[J]. 台湾海峡, 1998, 17(1): 25-28.  
SU H M. Climatic analysis of fog in Taiwan Strait[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 1998, 17(1): 25-28.
- [10] ZHANG S P, YI L. A comprehensive dynamic threshold algorithm for daytime sea fog retrieval over the Chinese adjacent seas[J]. Pure and Applied Geophysics, 2013, 170(11): 1931-1944.
- [11] 王宏斌, 张志薇, 刘端阳, 等. 基于葵花8号新一代静止气象卫星的夜间雾识别[J]. 高原气象, 2018, 37(6): 1749-1764.  
WANG H B, ZHANG Z W, LIU D Y, et al. Detection of fog at night by using the new geostationary satellite himawari-8[J]. Plateau Meteorology, 2018, 37(6): 1749-1764.
- [12] 吴晓京, 李三妹, 廖蜜, 等. 基于20年卫星遥感资料的黄海、渤海海雾分布季节特征分析[J]. 海洋学报, 2015, 37(1): 63-72.  
WU X J, LI S M, LIAO M, et al. Analysis of seasonal characteristics of sea fog distribution in Yellow Sea and Bohai Sea based on satellite remote sensing data for 20 years[J]. Haiyang Xuebao, 2015, 37(1): 63-72.
- [13] HERSBACH H, DEE D. ERA-5 reanalysis is in production[R]. 2016.
- [14] HERSBACH H, BELL W, BERRISFORD P, et al. Global reanalysis: goodbye ERA-Interim, hello ERA5[R]. 2019: 17-24.
- [15] 孙舒悦, 尹尽勇, 张增海, 等. 2020年秋季海洋天气评述[J]. 海洋气象学报, 2021, 41(1): 19-29.

- SUN S Y, YIN J Y, ZHANG Z H, et al. Autumn 2020 marine weather review[J]. *Journal of Marine Meteorology*, 2021, 41(1): 19-29.
- [16] 周冠博, 柳龙生, 董林, 等. 2020年西北太平洋台风活动特征和预报难点分析[J]. *气象*, 2022, 48(4): 504-515.
- ZHOU G B, LIU L S, DONG L, et al. The analysis of characteristics and forecast difficulties of TCs in Western North Pacific in 2020[J]. *Meteorological Monthly*, 2022, 48(4): 504-515.
- [17] 梁军, 李燕. 大连及其近海海雾分析[J]. *辽宁气象*, 2000(1): 5-8.
- LIANG J, LI Y. Analysis of sea fog in Dalian and its coastal areas [J]. *Liaoning Meteorological Quarterly*, 2000(1): 5-8.
- [18] 张苏平, 鲍献文. 近十年中国海雾研究进展[J]. *中国海洋大学学报*, 2008, 38(3): 359-366.
- ZHANG S P, BAO X W. The main advances in sea fog research in China[J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2008, 38(3): 359-366.
- [19] 曹越男, 刘涛, 尹尽勇, 等. 2020年春季海洋天气评述[J]. *海洋气象学报*, 2020, 40(3): 90-101.
- CAO Y N, LIU T, YIN J Y, et al. Spring 2020 marine weather review[J]. *Journal of Marine Meteorology*, 2020, 40(3): 90-101.
- [20] GAO S H, LIN H, SHEN B, et al. A heavy sea fog event over the Yellow Sea in March 2005: analysis and numerical modeling[J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2007, 24(1): 65-81.
- [21] FU G, ZHANG S P, GAO S H, et al. Understanding of sea fog over the China Seas[M]. Beijing: China Meteorological Press, 2011.
- [22] KIM C K, YUM S S. A numerical study of sea-fog formation over cold sea surface using a one-dimensional turbulence model coupled with the weather research and forecasting model[J]. *Boundary-Layer Meteorology*, 2012, 143(3): 481-505.
- [23] 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.
- HOU W F, WANG J H. Analyze Zhejiang inshore fog's law and cause[J]. *Donghai Marine Science*, 2004, 22(2): 9-12.
- [24] 杨悦, 高山红. 黄海海雾天气特征与逆温层成因分析[J]. *中国海洋大学学报*, 2015, 45(6): 19-30.
- YANG Y, GAO S H. Analysis on the synoptic characteristics and inversion layer formation of the Yellow Sea fogs[J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2015, 45(6): 19-30.

## Analysis of marine disaster weather characteristics over offshore areas of China in 2020

SUN Shuyue, HUANG Bin\*, LIU Longsheng

(National Meteorological Center of CMA, Beijing 100081, China)

**Abstract:** The characteristics of China's offshore marine disaster weather in 2020 are analyzed by using the surface observation data of China Meteorological Administration, satellite remote sensing monitoring data and the ERA5 reanalysis data. The results show that: There are 50 gale processes (above 8-grade) in the offshore areas, of which the number of gale days and processes in October is the highest in the whole year; Cold air and extratropical cyclones are the main systems affecting the gale processes in 2020; Totally 21 sea fog processes have been observed in China's offshore areas, and sea fog appears in all the offshore areas of China from February to March, while fog-free period lasts from September to October; In April, there are only two sea-fog days in the Bohai Sea and the Yellow Sea, well below the historical average. This situation likely attributes to the anomalies in the atmospheric state in April 2020, including the more frequently cold air activities associated with stronger East Asian trough, the abnormal negative deviation between air temperature and ocean temperature, the low air humidity, as well as the disappearance of the seasonal inversion layer.

**Key words:** gale; sea fog; influence system