

张增海,刘涛,尹尽勇,等.2022年春季海洋天气评述[J].海洋气象学报,2022,42(3):109-122.
ZHANG Zenghai, LIU Tao, YIN Jinyong, et al. Spring 2022 marine weather review [J]. Journal of Marine Meteorology, 2022, 42(3):109-122. DOI:10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2022.03.011. (in Chinese)

2022年春季海洋天气评述

张增海,刘涛,尹尽勇,郭乙莹,张浩
(国家气象中心,北京 100081)

摘要: 2022年春季(3—5月)北半球极涡呈单极型分布,形状狭长,极涡强度与历史同期相当。北半球中高纬度西风带呈4波型分布。3月,我国北方的大部分地区及北部海域受西北气流控制;4月,东亚大槽加深,高压脊区较历史同期偏强;5月,中高纬环流调整为“两槽两脊”型。我国近海出现12次大风过程,其中冷空气大风过程4次,冷空气和温带气旋共同影响的大风过程3次,温带气旋大风过程4次,冷空气与热带气旋共同影响的大风过程1次。近海共出现10次比较明显的海雾过程,其中3月4次,4月3次,5月3次。西北太平洋和南海有2个热带气旋生成,接近常年同期平均值;全球其他海域有12个热带气旋生成,较历史同期平均值偏少5.7个。近海浪高2.0 m以上的海浪过程有12次,总日数为44 d。春季各月我国近海海面温度整体呈上升趋势,北方海域升温幅度大于南方海域。

关键词: 大风;海雾;冷空气;浪高;海面温度

中图分类号: P732.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-3599(2022)03-0109-14

DOI: 10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2022.03.011

Spring 2022 marine weather review

ZHANG Zenghai, LIU Tao, YIN Jinyong, GUO Yiyong, ZHANG Hao
(National Meteorological Center, Beijing 100081, China)

Abstract The main characteristics of the general atmospheric circulation in spring 2022 (from March to May) are as follows. The polar vortex is characterized by a monopole pattern in the Northern Hemisphere with a long and narrow shape, and the intensity of the polar vortex is close to climatological normal. The westerlies in the middle and high latitudes are in a 4-wave pattern. In March, most of China's northern part and northern seas are under the control of northwest airflow; in April, the East Asia major trough is deepened and the ridge area is stronger than that in the same period in history; in May, the circulation in the middle and high latitudes changes into "two troughs and two ridges" type. There are totally 12 gale processes above 8-grade over offshore areas of China in spring, including 4 produced by cold air, three jointly induced by cold air and extratropical cyclones, 4 generated by extratropical cyclones, and one jointly induced by cold air and tropical cyclones. Ten obvious sea fog processes occur over offshore areas, including 4 in March, three in April, and three in May. There are totally two tropical cyclones generated over western North Pacific and the South China Sea, which is close to the normal average of the same period; in addition, 12 tropical cyclones are generated over the world's other seas, which is 5.7 less than

收稿日期:2022-07-11; 修订日期:2022-08-02

基金项目:国家重点研发计划项目(2019YFC1510105);国家气象中心气象现代化建设专项(QXXDH202111)

第一作者:张增海,男,硕士,高级工程师,主要从事海洋气象预报及远洋气象导航研究工作,zhangzh@cma.cn。

通信作者:尹尽勇,男,正研级高级工程师,主要从事海洋气象预报和研究工作,yin_jinyong@sina.com。

that in normal years. There are 12 rough sea wave processes above 2.0 m with a total number of 44 days. In spring, the sea surface temperature over offshore areas of China shows an upward tendency, while the temperature rising rate in the northern seas is larger than that in the southern seas.

Key words gale; sea fog; cold air; wave height; sea surface temperature

引言

本文主要分析了2022年春季(3—5月,下同)北半球的大气环流特征及逐月演变,对我国近海发生的主要灾害性天气及其相关影响因素进行了总结。春季,我国近海海域的主要灾害性天气是海上大风和海雾。除此之外,分析了我国近海有效波高和海面温度等水文要素在2022年春季的变化特征,统计了全球各海域热带气旋的活动情况。

文中所使用的数据资料主要包括:常规观测资料(含海上浮标和海岛观测等)、ERA5再分析资料、NCEP/DOE再分析资料、NOAA最优插值海面温度资料(Optimum Interpolation Sea Surface Temperature, OISST)、中央气象台实时台风定位数据、日本气象厅台风最佳路径资料等。文中各个要素气候平均值采用的时间范围为1991—2020年的统计结果,其中500 hPa高度场、海平面气压的气候数据从NCEP官方获取,其他要素均由统计计算得到,海上大风、海雾和大浪等几种重大过程的统计标准同文献[1—3]。

1 环流特征与演变

1.1 环流特征

2022年春季500 hPa平均位势高度场及距平场(图1)显示,北半球极涡呈单极型分布,形状狭长,一端伸向加拿大北部的巴芬岛,一端伸向俄罗斯北部的北地群岛。巴芬岛附近位势高度为518 dagpm,高度场上以弱的负距平控制区为主,较常年气候值偏低2 dagpm左右;北地群岛附近位势高度大约为520 dagpm,强度接近常年值。

北半球中高纬度地区环流基本呈4波型分布(图1a)。欧亚大陆为“两槽一脊”的环流型,西风带槽脊较冬季有所减弱。西侧的槽区位于乌拉尔山以西,并向南延伸到地中海,东亚长波槽从贝加尔湖以东地区向西南方向伸展,该槽对我国近海天气有重要影响,脊区位于西伯利亚地区。从距平图(图1b)上看,西侧槽区伴有负距平(-4 dagpm),而高压脊区伴有弱的正距平(2 dagpm),东亚大槽北部与常年相比有负距平(-3 dagpm),南段有弱的正距平。槽脊较常年平均略偏强。

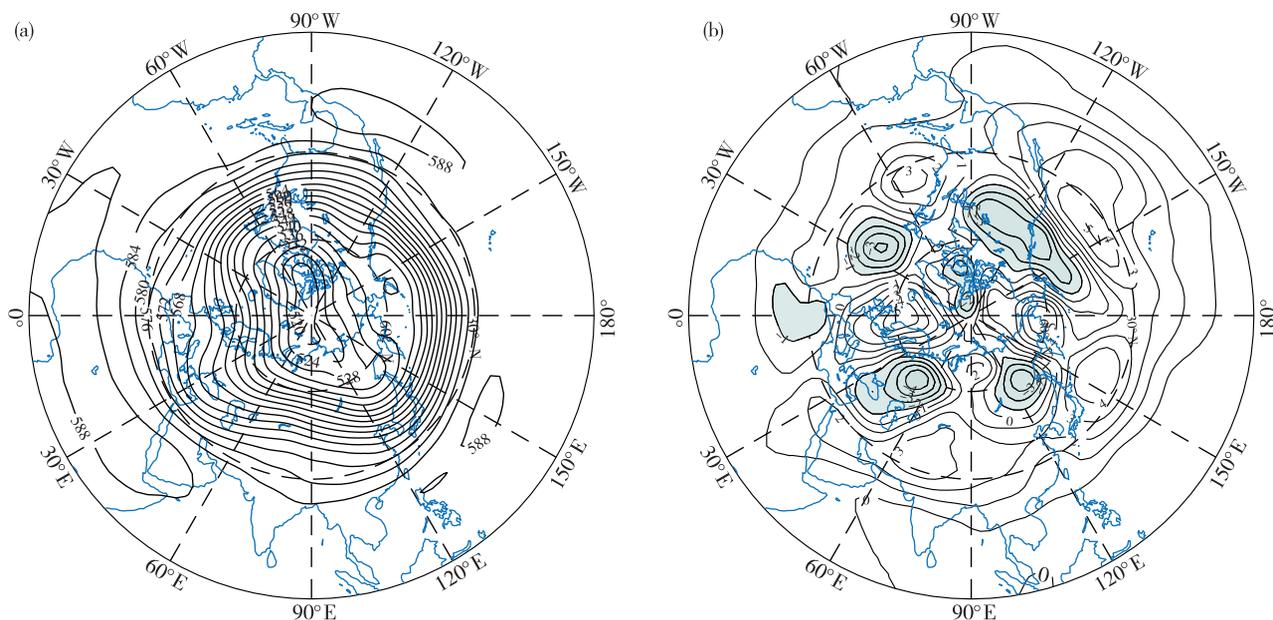


图1 2022年3—5月北半球500 hPa平均位势高度场(a)及距平场(b,浅蓝色区域表示距平小于-1)(单位:dagpm)

Fig.1 Mean geopotential height (a) and anomaly (b, light blue area for anomaly less than -1) at 500 hPa in the Northern Hemisphere in spring 2022 (units: dagpm)

1.2 环流演变对我国近海天气的影响

3月, 欧亚大陆及西北太平洋海域的中高纬环流呈“两槽一脊”型(图2a), 乌拉尔山以东的西西伯利亚地区西侧为宽阔的槽区, 槽区底部向西南延伸到地中海以东地区, 东亚大槽位于鄂霍次克海至日本以南洋面, 亚洲大陆中纬度地区受弱高压脊控制。从距平上看东亚大槽比常年偏弱, 高压脊区40°N以北有负距平, 40°N以南伴有弱的正距平。我国北方的大部分地区及北部海域受西北气流控

制, 冷空气活动主要影响我国北方陆地及北部海域。由海平面气压场和距平场(图2b)可以看到, 冷高压中心位于贝加尔湖以西, 中心气压值为1 026 hPa左右, 高压中心对应负距平区域, 冷高压强度较历史同期略偏弱, 表明影响我国的冷空气势力较常年同期偏弱。我国中东部大部地区和东部海域处于高压前部的低值区中, 并伴有大范围弱负距平(-2 hPa), 入海气旋活动较常年偏多; 渤海和黄海则为均压场所控制, 海雾过程偏多。

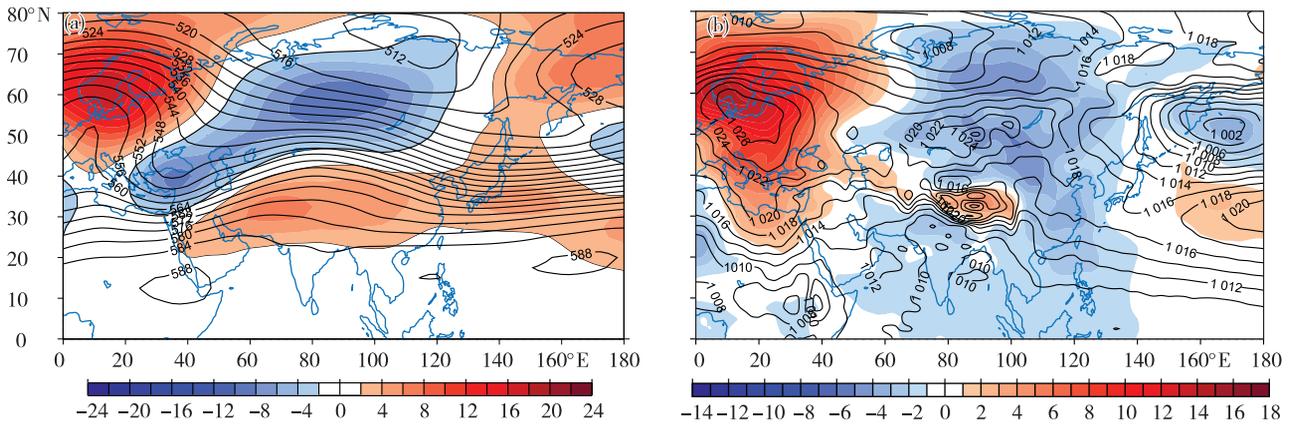


图2 2022年3月北半球500 hPa平均位势高度场(等值线)及距平场(色阶)(a, 单位: dagpm)和海平面气压场(等值线)及距平场(色阶)(b, 单位: hPa)

Fig.2 Monthly mean geopotential height (isoline) and anomaly (color scale) at 500 hPa (a, units: dagpm) and monthly mean sea-level pressure (isoline) and anomaly (color scale) (b, units: hPa) in the Northern Hemisphere in March 2022

4月, 欧亚大陆及西北太平洋海域的中高纬环流仍为“两槽一脊”型(图3a), 乌拉尔山以西的槽有所减弱, 鄂霍次克海西侧出现高空低涡, 贝加尔湖以西的脊区加强北伸, 伴有正距平, 高压脊区较历史同期偏强, 欧亚大陆东部及我国近海海区上空的经向环流加强, 有利于冷空气南下。由对应的海平面气压场和距平场(图3b)可以看到, 4月冷高压

主体仍位于贝加尔湖以西地区, 但强度较3月呈减弱趋势, 表明冷空气影响势力较3月有所减弱, 但我国中东部大部地区为大范围的正距平区所控制, 表明我国大陆的冷高压强度较历史同期偏强, 冷空气影响范围较3月偏南。我国东部及南部沿岸和近海处于高压前部, 黄海、东海北部为弱高压区控制, 有利于低纬暖湿气流北上, 上述海域及沿岸地区出现

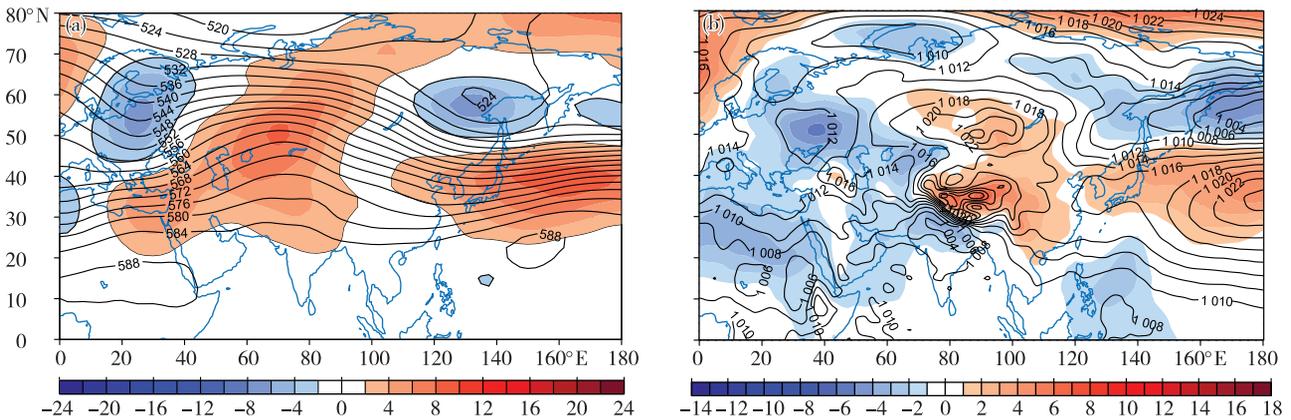
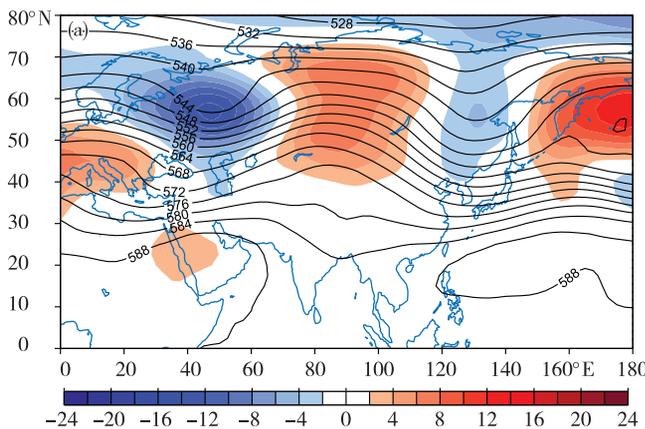


图3 同图2, 但时间为2022年4月

Fig.3 The same as Fig.2, but for April 2022

了3次海雾过程。菲律宾以东海域为气压低值区,并伴有弱的负距平,先后有2个热带气旋生成。

5月,欧亚大陆及西北太平洋海域的中高纬环流调整为“两槽两脊”型(图4a)。“两槽”分别位于东欧和东亚地区,东欧槽在中高纬度地区比常年偏强,东亚大槽位置偏西,强度较常年略偏强;“两脊”位于贝加尔湖以西的中西伯利亚地区和堪察加半岛,强度明显强于历史同期。由海平面气压场和距



平场(图4b)可以看到,贝加尔湖附近的冷高压强度较4月有所减弱,影响我国的冷空气势力较弱;俄罗斯远东地区到我国东北地区有低涡活动,并伴有弱的负距平,由于处于两个高压之间的鞍形场之中,低涡位置稳定少动,导致不断有冷空气伴随锋面东移南下,我国近海海域先后出现了3次冷空气过程;黄海、东海北部为弱高压区控制,有利于低纬暖湿气流北上,上述海域出现了3次海雾过程。

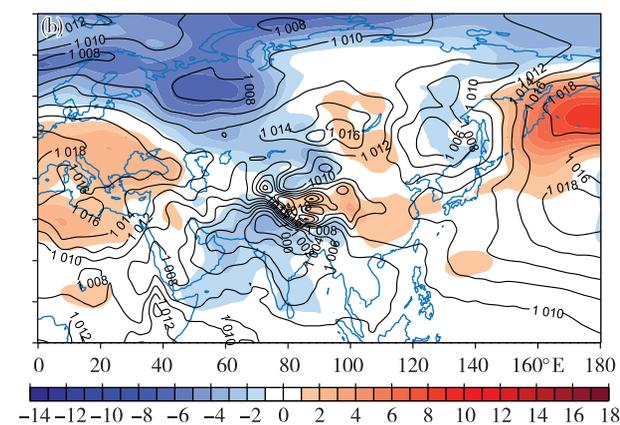


图4 同图2,但时间为2022年5月

Fig.4 The same as Fig.2, but for May 2022

2 我国近海天气分析

2.1 大风过程

2.1.1 概况

2022年春季,我国近海出现12次8级以上大

风过程,其中冷空气大风过程4次,温带气旋大风过程4次,冷空气和温带气旋共同影响的大风过程3次,冷空气与热带气旋共同影响的大风过程1次(表1)。在引发大风过程的影响系统中,冷空气和温带气旋的比例相当。

表1 中国近海2022年春季主要大风过程

Table 1 Main gale events over offshore areas of China in spring 2022

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	3月7—8日	冷空气与温带气旋	东南南部、台湾海峡、台湾以东洋面、巴士海峡、南海东北部出现6~8级、阵风9级的东北风
2	3月16—18日	冷空气与温带气旋	渤海、渤海海峡、黄海、东海出现7~8级、阵风9~10级的东北风,其中黄海和东海北部部分海域出现8~9级,阵风10级的东北风
3	3月18—19日	冷空气	渤海、渤海海峡、黄海北部和中部出现7~8级北到西北风
4	3月21—22日	温带气旋	东海出现7~8级东北风
5	3月25—26日	温带气旋	东海北部、黄海大部海域、渤海出现6~8级南转北风
6	3月31日—4月4日	冷空气	东海、台湾海峡、台湾以东洋面、巴士海峡、南海北部海域、北部湾出现8~9级东北风
7	4月14—16日	冷空气与热带气旋	东海、台湾海峡、台湾以东洋面出现7~8级东北风
8	4月25—26日	温带气旋	黄海大部海面出现6~8级东北风
9	4月29日	冷空气与温带气旋	黄海南部、东海北部海域出现6~8级东北风
10	5月1—2日	冷空气	黄海、东海、台湾海峡、台湾以东洋面、南海北部出现6~8级北到东北风
11	5月4—5日	温带气旋	渤海、黄海大部出现7~8级偏南风
12	5月15—18日	冷空气	东海、台湾海峡、台湾以东洋面、南海北部海域出现6~8级北到东北风

由大风过程的逐月分布来看,3月5次,4月4次(含3月31日—4月4日的冷空气大风过程),5月3次,大风过程频次逐月减少。由影响系统造成大风的持续时间来看,冷空气一般为3~5 d,温带气旋为1~2 d。由近海站点观测出现大风的空间分布(图略)来看,2022年春季8级大风在各个海区均有出现,9级以上大风出现在黄海北部和中部、东海大部、台湾海峡、台湾东南部海域、巴士海峡、南海北部和中西部海域,其中部分海域的站点观测到10级以上大风。

2.1.2 3月31日—4月4日冷空气大风过程分析

3月31日08时—4月4日20时,我国东海、台湾海峡、台湾以东洋面、巴士海峡、南海北部海域、北部湾等海域出现一次大范围海上大风天气过程,上述海域出现8~9级东北风,部分海域的风力达到10~11级。3月31日午后东海海域的部分观测站点(如舟山外海的岛屿站等)开始观测到大风,之后随着冷空气继续南下,大风范围逐渐向南推进,台湾海峡、南海北部和北部湾均观测到了7~8级大风。

图5给出2个参考站点的风速观测变化,包括平均风和阵风,其中泉州浮标站(站号700002)位于台湾海峡,汕头浮标(站号59515)位于广东汕头外海。观测站点的风速变化趋势显示,31日夜间—2日凌晨是2个站点观测到大风速比较多的时段,此次冷空气过程中泉州浮标站监测出现8~9级平均风、阵风9~10级,汕头浮标平均风力为7~8级、阵风8~9级,大风过程影响了东海以南的中国近海大部分海域。

此次海上大风过程与两个高空槽依次东移发展南下有关,致使冷空气持续影响我国近海海域。3月30日20时500 hPa的高空形势场(图6a)上,贝加尔湖以南地区上空有横槽发展,随后横槽东移南下并逐渐转竖加深。至31日08时(图略),主槽区移动到内蒙古地区,并与北侧的高纬度槽进行同位相叠加,20时(图6b),高空槽已经发展成为由俄罗斯远东地区,经日本海海域到我国长江口附近海域的东亚大槽,冷空气中心500 hPa温度达 -44°C ,伴随高空槽的东移,槽后西北气流向南扩散,影响我国东部和南部海域。4月1日20时前后,东亚大槽继续向东移动至日本以东洋面东侧(图6c)。在东亚大槽转竖东移的过程中,我国新疆阿勒泰山脉以南有另一个短波槽发展,31日20时,该槽位于蒙古上空,冷空气开始影响我国大陆地区,之后槽区东

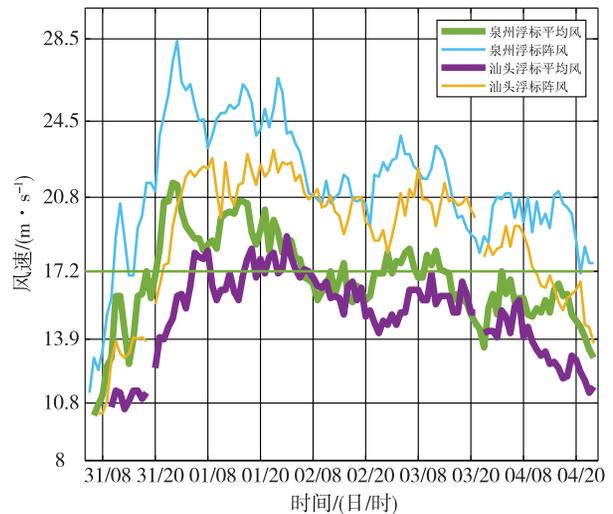


图5 2022年3月31日—4月4日2个站点观测到的大风时间序列

Fig.5 Time series of gale observed at two stations from 31 March to 4 April 2022

移南下,至2日20时(图6d),槽进一步加深发展,槽区呈东北—西南向,由渤海海域直达我国西南部地区东部。随着该槽的东移南下,引导冷空气南下,影响我国东部和南部海域。

地面气压场显示,3月30日的地面冷高压在贝加尔湖附近,我国近海海域处于均压场控制,气压梯度小,海上风力偏弱。随着冷高压的东移南下,海上出现较大的气压梯度,31日20时冷高压中心由蒙古进入我国华北地区,中心气压为1 040 hPa左右,东海海域、长江口附近海域、舟山附近海域出现7~8级的北到东北风,阵风达9级。此时,又一股冷空气在贝加尔湖西南侧堆积发展后东移南下。冷空气前锋到达华北地区,冷高压呈东北—西南向的带状分布,由渤海海域向西南伸展到我国西南地区,东海南部海域、台湾海峡等海域的气压梯度进一步增大,风速加大,部分站点观测到平均风速 $26\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的大风,平均风力为10级,阵风达到11级左右。4月2日,冷空气前锋到达南海北部,高压主体气压仍保持在1 030 hPa以上。3日夜间,高空槽东移至日本海及日本以南洋面,我国东部海域为冷高压控制,台湾海峡和台湾以东及南海北部海域的气压梯度减小,海上风力逐步减弱,直至4日白天,此次海上大风过程结束。

过去的研究认为,冷空气南下过程中,冷平流($-\vec{V}dT$)最强处,风力最大^[4],低层的冷平流对冷空气导致的大风过程具有良好的指示意义^[5-8]。

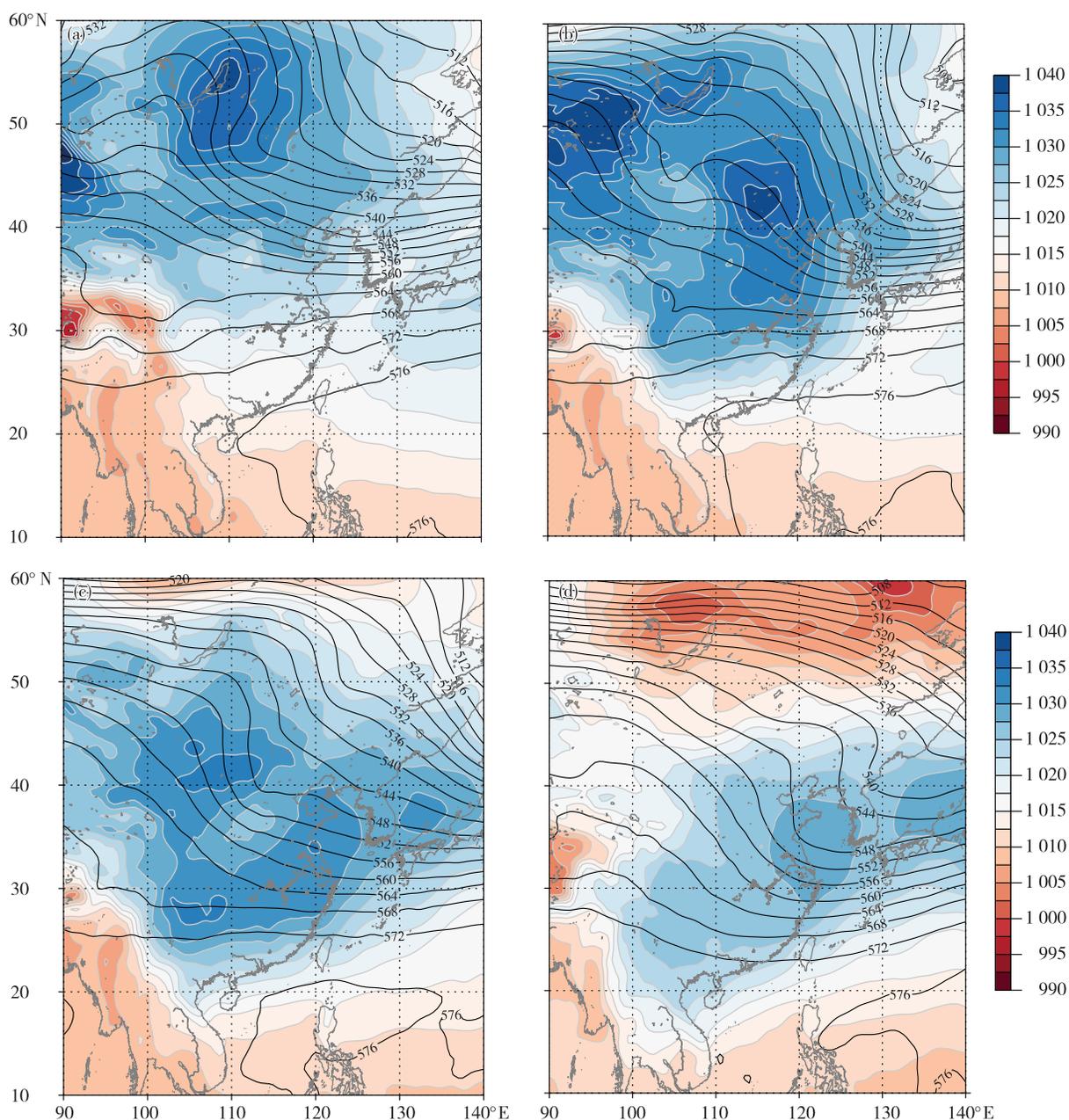


图6 2022年3月30日20时(a)、31日20时(b)、4月1日20时(c)、2日20时(d)500 hPa高度场(等值线,单位dagpm)和海平面气压场(色阶,单位:hPa)

Fig.6 Geopotential height (isoline, units: dagpm) at 500 hPa and mean sea-level pressure (color scale, units: hPa) at 20:00 BST 30 March (a), 20:00 BST 31 March (b), 20:00 BST 1 April (c), and 20:00 BST 2 April (d) 2022

3月31日,我国华南北部、江南东南部、东海南部和台湾海峡存在较强的冷平流(图7a),特别是在东海南部和台湾海峡,冷平流大值中心超过 $-5 \times 10^{-4} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$,冷平流导致地面气压梯度增大,东海南部海域、台湾海峡开始出现大风。4月1日20时,925 hPa的冷平流(图7b)已经伸展到南海北部海域和北部湾海域,冷平流中心达 $-5 \times 10^{-4} \sim -4 \times 10^{-4} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$,近岸岛屿测站风力增大。随后冷平流的高值区域向南扩散,但是极值强度逐渐变小,2日20时冷平流强

度减弱到 $-2 \times 10^{-4} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下,表明冷空气影响趋于减弱。

2.2 海雾过程

2.2.1 概况

2022年春季我国近海出现10次比较明显的海雾过程,逐月分布为:3月4次,4月3次,5月3次(表2),海雾过程数量为过去5a(2017—2021年)的第三多年份(2017—2021年春季的海雾过程个数分别为6、11、13、7和8,平均为9次)。2022年春季

海雾多发在黄海大部至东海北部海域,海雾过程持续时间在2~3 d之间。春季是黄渤海海雾的多发季节^[9-11],海雾发生过程中大气较为稳定,雾区大多

处于均压场或气旋东部,当低层偏南暖湿气流向北移动到较冷的海面时,在适宜的海洋大气条件下,可促进该海域形成海雾,以平流冷却雾为主。

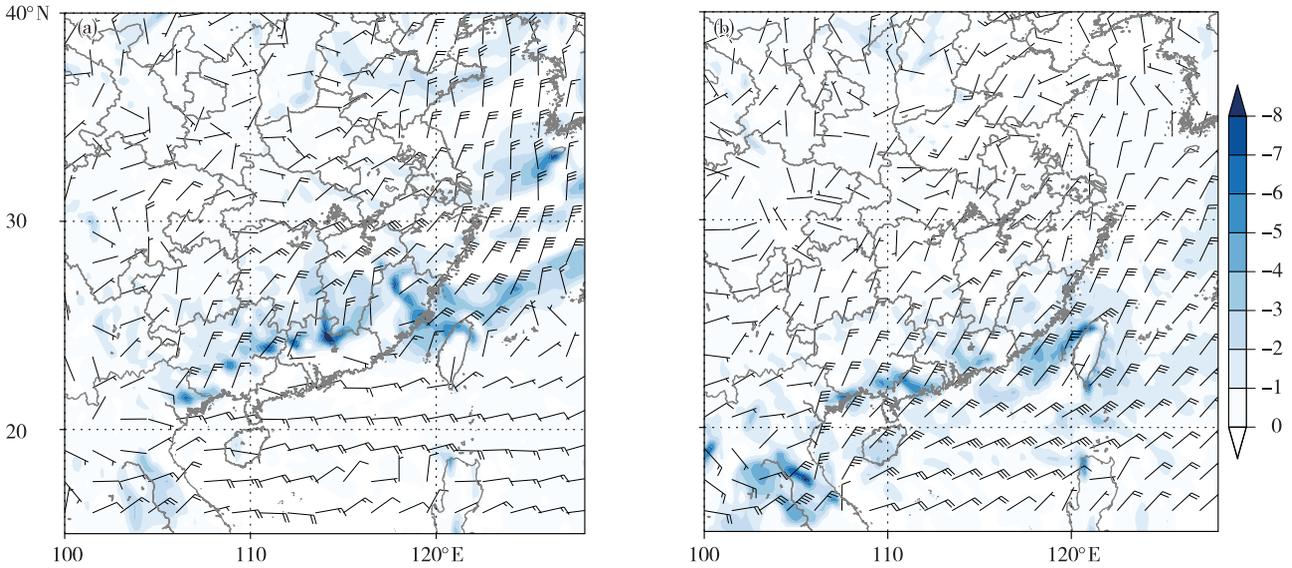


图7 2022年3月31日20时(a)和4月1日20时(b)925 hPa温度平流(色阶,单位: $10^{-4} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$)和10 m风场(风矢,单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig.7 Temperature advection (color scale, units; $10^{-4} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$) at 925 hPa and wind (wind barb, units; $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) at 10 m (a. 20:00 BST 31 March, b. 20:00 BST 1 April 2022)

表2 中国近海2022年春季主要海雾过程

Table 2 Main sea fog events over offshore area of China in spring 2022

序号	海雾时段	天气形势和影响系统	强度	影响范围
1	3月1—5日	均压场	大雾,最低能见度不足1 000 m	北部湾北部海域、琼州海峡、广东中西部沿岸海域
2	3月8—13日	均压场	浓雾,最低能见度不足500 m	渤海、渤海海峡、黄海大部海域、山东半岛沿岸海域、江苏沿岸海域、长江口附近海域、杭州湾附近海域、浙江沿岸海域
3	3月15—16日	气旋东部	大雾,最低能见度不足1 000 m	黄海大部海域、东海北部海域、长江口附近海域
4	3月30日	冷锋	浓雾,最低能见度不足500 m	黄海东南部、东海西部海域、浙江及福建沿岸海域
5	4月6—9日	均压场	浓雾,最低能见度不足500 m	黄海大部海域、东海西部海域、江苏东部沿岸海域、山东半岛南部及东部沿岸海域、辽东半岛东部沿岸海域
6	4月11—12日	气旋东部	大雾,最低能见度不足1 000 m	黄海大部海域、东海北部海域
7	4月22—26日	气旋东部	浓雾,最低能见度不足500 m	黄海大部海域、江苏东部沿岸海域、东海西部海域、辽东半岛东部沿岸海域、山东东部及南部沿岸海域、江苏东部沿岸海域、浙江及福建北部沿岸海域
8	5月5—7日	冷锋	浓雾,最低能见度不足500 m	黄海大部海域、东海西部海域、江苏东部沿岸海域、长江口附近海域、浙江东部沿岸海域、山东半岛南部及东部沿岸海域
9	5月20—22日	均压场	浓雾,最低能见度不足500 m	黄海大部海域、山东东南部沿岸海域、江苏东部沿岸海域、辽东半岛东部沿岸海域
10	5月28—29日	冷锋	浓雾,最低能见度不足500 m	东海北部偏北部分海域、黄海部分海域、山东南部及东部沿岸海域、辽东半岛东部沿岸海域

2.2.2 4月6—9日海雾个例分析

通过葵花8号卫星可见光云图(图8)可以看到,此次海雾的范围涵盖黄海大部海域和渤海部分海域。

6日白天海雾在黄海南部海域生成,然后逐渐向西北推进;7日海雾靠近山东半岛南部海域,覆盖黄海中西部海域;8日早间,黄海中部和北部的大部分海域

均出现明显海雾,山东半岛南部海雾的分布与海岸线的走向基本一致,午后山东半岛南部沿岸的带状雾区减小,同时渤海部分海域也出现海雾,夜间海雾逐渐减弱消散。此次海雾过程的可见光云图上,海雾表现为白色的云区,纹理光滑、分布均匀、边界清晰,与海陆边界线走向一致是海雾的主要特点,也是大部分海雾天气过程呈现在可见光云图中的主要特征。

通过对黄海西南部海域的黄海一号浮标、山东

半岛南部海域的潮连岛和成山头站3个气象观测站的能见度观测资料,分析这次海雾过程的具体演变情况(图9)。可以看到,6日14时,黄海一号浮标能见度由6~7 km快速下降至500 m以下,一直持续至7日05时,均维持在1.0 km以下。潮连岛能见度降低的时间出现在7日下午,直到8日上午才逐渐转好,8日06—08时还出现了能见度在100 m以下的强浓雾^[12]。成山头站的能见度8日凌晨至

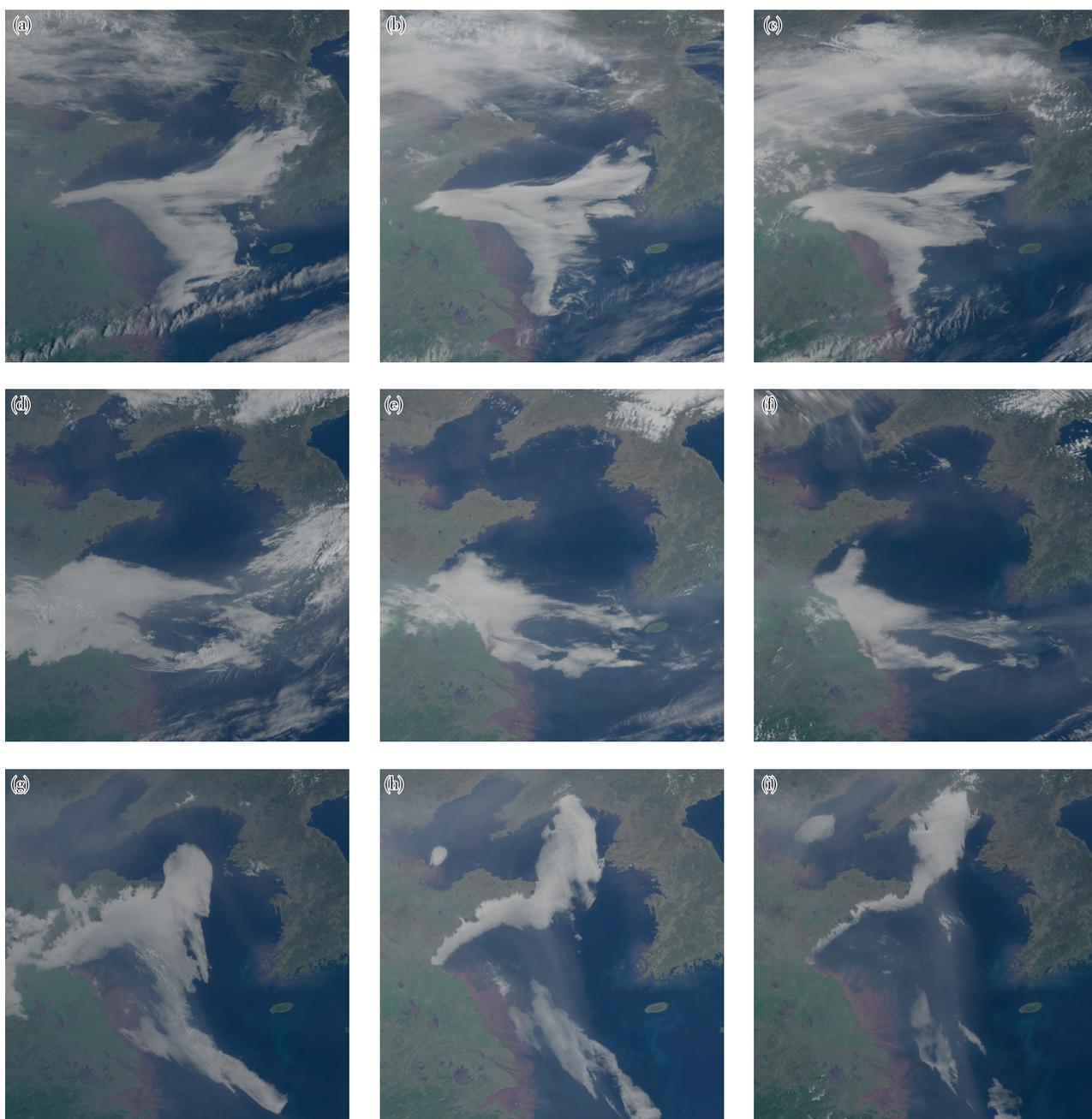


图8 2022年4月6—8日葵花8号卫星可见光云图(a. 6日08时, b. 6日11时, c. 6日14时, d. 7日08时, e. 7日11时, f. 7日14时, g. 8日08时, h. 8日11时, i. 8日14时)

Fig.8 Visible cloud imagery of Himawari-8 satellite at 08:00 BST 6 (a), 11:00 BST 6 (b), 14:00 BST 6 (c), 08:00 BST 7 (d), 11:00 BST 7 (e), 14:00 BST 7 (f), 08:00 BST 8 (g), 11:00 BST 8 (h), and 14:00 BST 8 (i) April 2022

白天的大部分时间里均在 1.0 km 以下,部分时段的能见度低于 200 m。3 个站点能见度的变化与卫星云图上海雾演变基本一致。

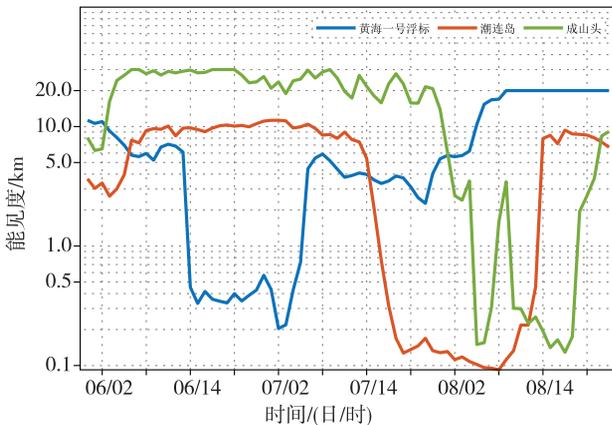


图9 2022年4月6—8日站点观测能见度的时间序列
Fig.9 Time series of visibility observed at three stations from 6 to 8 April 2022

此次黄渤海海雾开始的阶段(图 10a), 500 hPa 形势场上我国黄渤海受槽后西北气流控制,槽后西北下沉气流有利于底层形成稳定的形势场,渤海和黄海北部海域为鞍形气压场,东海东部海域为弱高压系统控制,弱偏南气流将东海海域的水汽向北输送。6日08时10 m 风场(图 10a)上,黄海北部和中部海域为东北风,黄海中部海域形成东西带状分布的高湿区域,而黄海南部海域持续有偏南气流将东

海东北部的水汽持续向西北方向输送,整体风速在 $4\sim 6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间,风速较小,利于海雾生成。1 000 hPa 高度上相对湿度 75% 以上的区域与雾区形状和面积分布基本一致,随后高空维持西北气流控制,大陆弱高压继续东移南下,黄海大部海域受均压场控制,海面风力仍然很弱,有利于海雾的继续维持,相对湿度的分布和卫星监测海雾区域基本一致。8日凌晨,随着大陆弱高压东移,黄海西部处于高压西部,高压西侧的偏南暖湿气流输送促使山东半岛南部近海海域湿度持续增大,并进一步向北推进到黄海北部海域,海雾也向北推进至黄海北部海域(图 10b)。8日夜间至9日上午,随着华北地区地面气旋向东移动,黄海处于气旋东部,大部海域出现西南风,风速逐渐加大,部分站点出现 $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的大风,此次海雾过程基本结束。

黄渤海平流冷却雾发生发展的低层气象条件除了充足的水汽外,还包括较小的气-海温差(气温减去海面温度)、低层等温或逆温和空气层结稳定等。平流冷却雾形成的气-海温差范围为 $0.5\sim 3\text{ }^{\circ}\text{C}$,在气-海温差大于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或者小于 $-0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,平流冷却雾生成概率不高^[9]。6日08时(图 11a),海雾位于黄海西南部海域,大部分区域气-海温差在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,海面温度略低于气温,利于低层大气中水汽冷却凝结,形成海雾。7日08时(图 11b),黄海中部和东南部海域气-海温差低于 $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$,该海域海

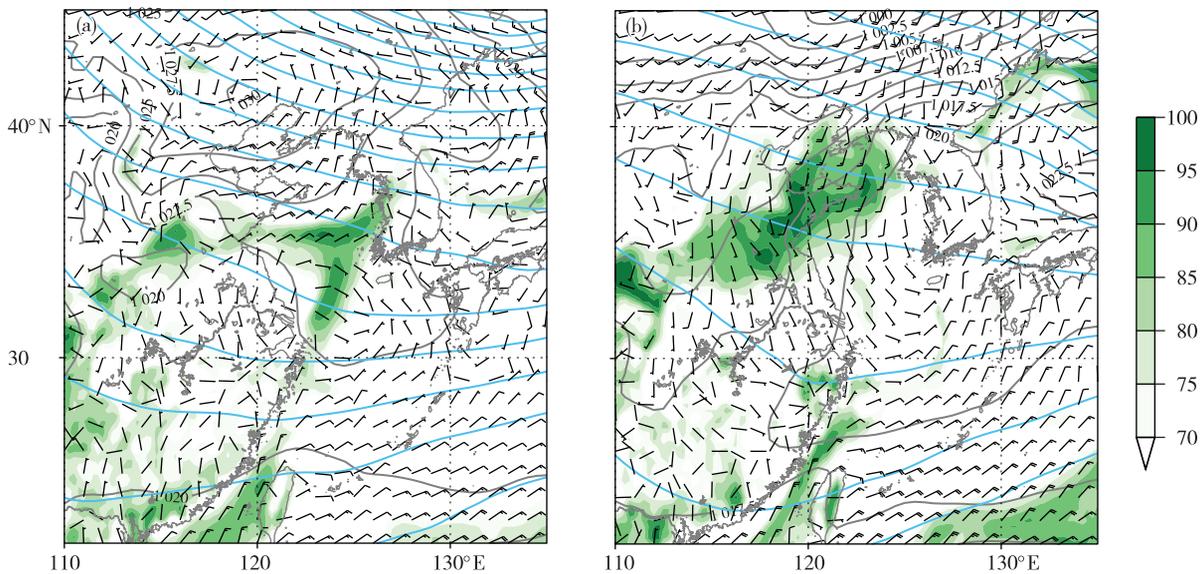


图10 2022年4月6日08时(a)和8日08时(b)海平面气压(黑色等值线,单位:hPa)、500 hPa 高度场(蓝色等值线,单位:dagpm)、10 m 风场(风矢,单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)和1 000 hPa 相对湿度(色阶,单位:%)
Fig.10 Mean sea-level pressure (black isoline, units: hPa), geopotential height (blue isoline, units: dagpm) at 500 hPa, wind (wind barb, units: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) at 10 m, and relative humidity (color scale, units: %) at 1 000 hPa at 08:00 BST 6 (a) and 08:00 BST 8 (b) April 2022

雾消失,海雾位于黄海西南部海域,靠近江苏北部近岸海域,气-海温差为 $-0.5\sim 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。6日08时黄海中南部海域海雾区中间部分区域气-海温差在

$-0.5\sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,7日08时黄海西南部海域海雾区气-海温差范围为 $-0.5\sim 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,与文献[9]中平流雾成雾的温差条件不完全一致。

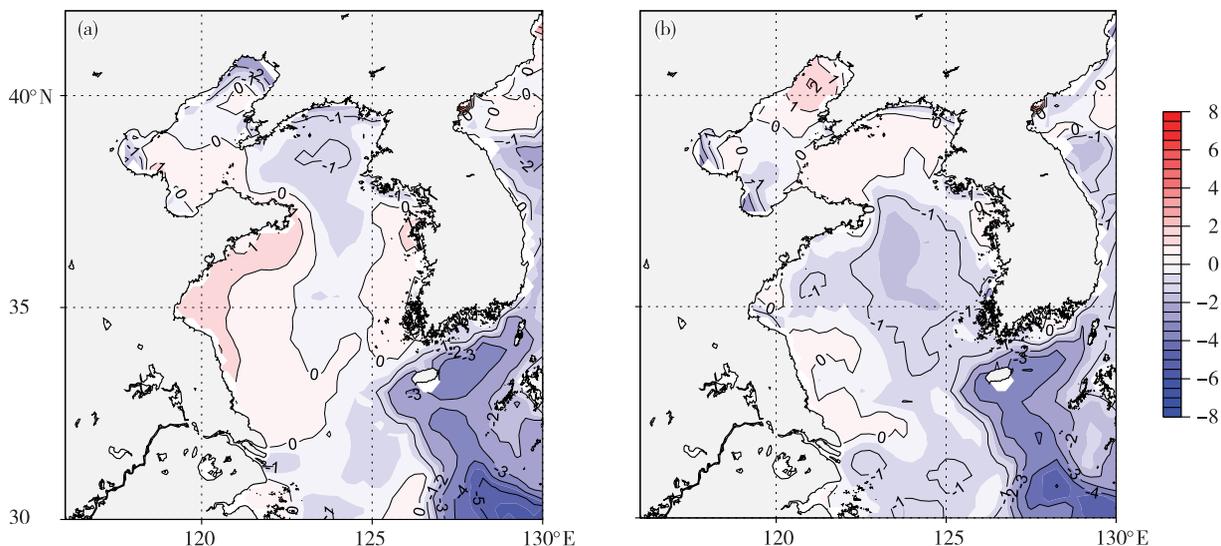


图11 2022年4月6日08时(a)和7日08时(b)气-海温差(色阶,单位: $^{\circ}\text{C}$)

Fig.11 Difference (color scale, units: $^{\circ}\text{C}$) between air temperature at 2 m and sea surface temperature at 08:00 BST 6 (a) and 08:00 BST 7 (b) April 2022

由低层气温差分布来看,6日08时(图12a),黄海南部海域925 hPa和1 000 hPa温差最大在 $0\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,925 hPa以下有弱的逆温层;7日08时(图12b),黄海中南部海域低层稳定性加强,

925 hPa和1 000 hPa最大温差达到 $3\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,大值区分布在黄海西南部海域,与雾区范围对应。之后逆温进一步增强并向北推进,海雾也随之向北推进至黄海北部和山东半岛南部沿岸海面。

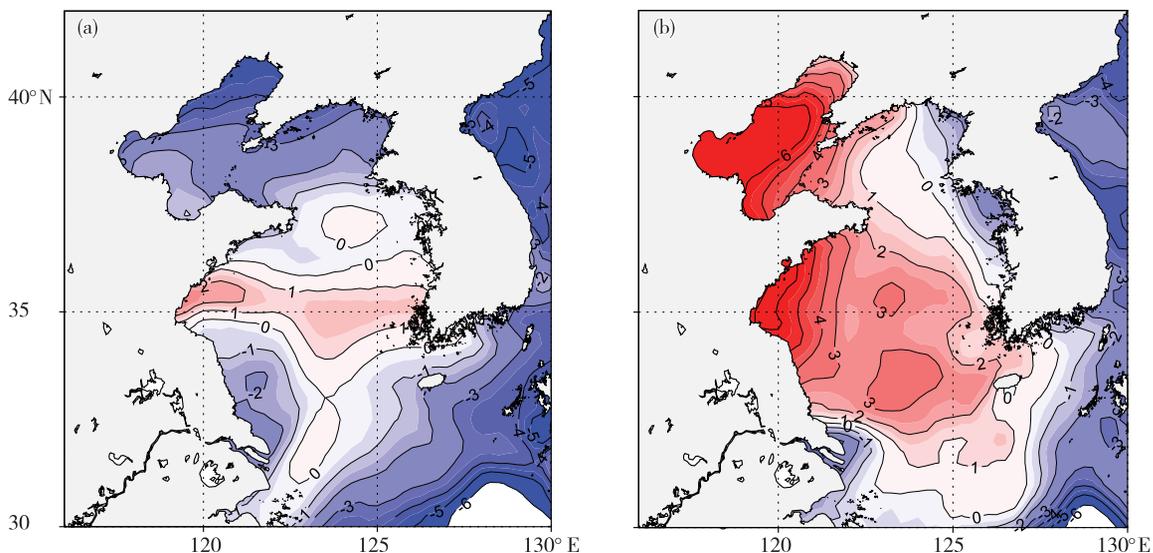


图12 2022年4月6日08时(a)和7日08时(b)925 hPa与1 000 hPa的温度差(色阶,单位: $^{\circ}\text{C}$)

Fig.12 Temperature difference (color scale, units: $^{\circ}\text{C}$) between 925 hPa and 1 000 hPa at 08:00 BST 6 (a) and 08:00 BST 7 (b) April 2022

2.3 热带气旋

2.3.1 西北太平洋和南海热带气旋

2022年春季,西北太平洋和南海有2个台风生

成,与1949—2021年多年同期平均值(2.1个,其中3—5月该海域生成台风个数的平均值分别为0.4个、0.7个和1.0个)基本相当。

2022年第1号台风“马勒卡”(Malakas)于4月8日上午在菲律宾以东洋面生成(图13),随后向西北方向移动,强度逐渐加强,12日17时加强为强台风后转向东北方向,14日02时达到其峰值强度,中心附近最大风速达 $50\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (15级),之后强度逐渐减弱,于15日晚上在西北太平洋洋面变性为温带气旋。受“马勒卡”与冷空气的共同影响,14—16日,东海、台湾海峡、台湾以东洋面出现了7~8级东北风。2022年第2号台风“鲑鱼”(Megi)于4月10日凌晨在菲律宾中部东侧近海海面生成,随后于当日

07:30在菲律宾中部东萨马省吉万市卡利科安岛登陆,登陆时中心附近最大风力为8级($20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)。虽然“鲑鱼”强度弱,中心附近最大风力仅为8级,但登陆菲律宾中部前后,其环流及减弱后的残涡长时间(近72h)在菲律宾中部附近回旋少动,给菲律宾中部部分地区带来强降雨,并引发山体滑坡等气象次生灾害,造成重大人员伤亡,据菲律宾国家减灾委的数据,“鲑鱼”共造成超过200万人受灾,因灾死亡214人、失踪132人。

表3 2022年春季西北太平洋和南海热带气旋

Table 3 Tropical cyclones over western North Pacific and the South China Sea in spring 2022

编号	热带气旋名称	生成时间和位置			极值强度		登陆信息
		北京时间	纬度/(°N)	经度/(°E)	中心气压/hPa	风速/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	
2201	马勒卡(Malakas)	4月8日08时	4.6	146.1	940	50	
2202	鲑鱼(Megi)	4月10日02时	10.8	125.9	995	20	4月10日上午登陆菲律宾东萨马省

注:资料来源于中央气象台(National Meteorological Center, NMC)和日本气象厅(Japan Meteorological Administration, JMA)。

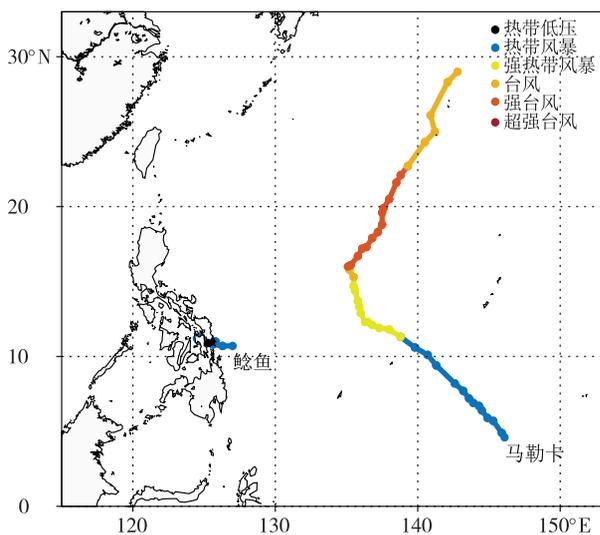


图13 2022年春季西北太平洋和南海热带气旋路径
Fig.13 Tracks of tropical cyclones over western North Pacific and the South China Sea in spring 2022

2.3.2 全球其他海域热带气旋概况

2022年春季,西北太平洋和南海之外的其他海域共有12个热带气旋生成,较历史同期平均值偏少5.7个,其中:西南太平洋3个、西南印度洋5个、东南印度洋及澳大利亚附近海域2个、北印度洋和东北太平洋各1个(表4),北大西洋未生成。与1991—2020年历史同期平均值对比来看,北大西洋与同期平均值(0个)持平,西南太平洋

较同期平均值(8个)偏少5个,南印度洋(含西南印度洋、东南印度洋及澳大利亚附近海域)较同期平均值(8个)偏少1个,北印度洋与同期平均值(1个)持平,东北太平洋较同期平均值(0.7个)偏多0.3个。

3 海洋概况

3.1 浪高

2022年春季,我国近海有效波高在2.0 m以上的海浪过程有12次(表5),大浪过程基本与海上大风过程相对应,但是大风过程的时间与大浪过程并不完全一致,浪高的大小受风时、风区、波浪的成长与传递以及地形等因素影响。

3月,我国近海大于2.0 m浪高的过程有5次,日数为17 d。4月,大于2.0 m浪高的过程为3次,日数为15 d(含3月31日)。5月,大于2.0 m浪高的过程4次,日数为12 d。2022年春季,我国近海大浪总日数为44 d,占总日数的48%。

由浪高场的月平均分布(图14)来看,2022年春季,我国近海海域浪高较小,近海海区平均浪高在2.0 m以下。3月(图14a),平均浪高的大值区在东海南部海域、台湾东南洋面、巴士海峡和南海东北部海域,最高达到1.4 m以上,东海北部海域、台湾海峡、台湾以东洋面、南海西北部和中部海域

的浪高在 1.0 m 以上,其他海域的浪高均在 1.0 m 以下。4 月(图 14b)北部海域平均浪高比 3 月略有减小,台湾海峡以南海域,浪高平均值较 3 月有所增高,北部湾、巴士海峡等海域的平均有效波高均增加了 0.4 m 左右。5 月(图 14c),我国近海各海区的平

均浪高较 4 月整体减弱,尤其是巴士海峡和南海北部海域的浪高下降明显。总体来看,2022 年春季,浪高的大值区主要在东海南部、台湾海峡、台湾以东洋面、巴士海峡、南海北部等海域,从逐月变化上来看,4 月浪高最高。

表 4 2022 年春季全球其他各大洋(除西北太平洋和南海外)热带气旋统计

Table 4 Global tropical cyclones (except western North Pacific and the South China Sea) in spring 2022

发生海域	热带气旋名称	活动时间	极值强度/($m \cdot s^{-1}$)	登陆信息
东南印度洋及 澳大利亚附近海域	比利(Billy)	3月14—17日	31	
	夏洛特(Charlotte)	3月20—26日	46	
	伊娃(Eva)	3月3—4日	18	
西南太平洋	菲利(Fili)	4月4—11日	28	
	吉娜(Gina)	5月18—23日	18	
	贡贝(Gombe)	3月8—13日	51	3月8日上午登陆马达加斯加; 11日上午登陆莫桑比克
西南印度洋	哈利马(Halima)	3月23日—4月4日	62	
	伊萨(Issa)	4月13日	18	
	茉莉(Jasmine)	4月24—28日	28	4月26日夜间登陆马达加斯加西南部
	卡里姆(Karim)	5月7—12日	30	
东北太平洋	阿加莎(Agatha)	5月28—31日	49	5月31日早晨登陆墨西哥瓦哈卡州
北印度洋	阿萨尼(Asani)	5月7—12日	33	5月11日傍晚登陆印度安得拉邦

注:资料来源于美国联合台风警报中心(Joint Typhoon Warning Center, JTWC)和美国国家飓风中心(National Hurricane Center, NHC)。

表 5 中国近海 2022 年春季主要大浪(2.0 m 以上)过程

Table 5 Main sea wave events (above 2.0 m) over offshore areas of China in spring 2022

序号	大浪过程	影响海域	最大浪高/m	最大浪高出现海域
1	3月7—10日	黄海、东海、台湾海峡、台湾以东洋面、 南海东北部、北部湾、巴士海峡	4.5	台湾以东洋面
2	3月16—18日	渤海、黄海、东海	3.5	黄海西南部
3	3月18—19日	渤海、渤海海峡、黄海	3.5	黄海中部
4	3月21—23日	东海、台湾海峡、南海北部、北部湾	3.5	东海南部
5	3月25—29日	黄海、东海、台湾海峡、北部湾、南海东北部	4.5	黄海东南部
6	3月31日—4月8日	东海、台湾海峡、台湾以东洋面、巴士海峡、北部湾、南海大部	5.0	台湾海峡
7	4月14—17日	东海、台湾海峡、台湾以东洋面、巴士海峡、北部湾、南海北部	4.5	东海东南部
8	4月29—30日	东海、台湾海峡	2.5	台湾海峡
9	5月1—4日	东海南部、台湾海峡、台湾以东、南海北部、北部湾、巴士海峡	4.0	北部湾
10	5月14—18日	东海南部、台湾海峡、台湾以东、南海北部、北部湾、巴士海峡	3.0	台湾海峡
11	5月20—21日	东海南部	2.5	东海东南部
12	5月23日	东海	3.0	东海东南部

3.2 海面温度

我国近海海域南北跨度大,海面温度南北差异也大,2022年3月,渤海平均海面温度在 3~4 °C 之间(图 15a),南海南部海面温度高达 28 °C 以上,南北海面温度差达 24 °C;黄海的海面温度自北至南为 4~10 °C,渤海到黄海南部海面温度变化不是很大,但

在东海海域呈现较为密集的等温线分布,等温线自东北向西南方向伸展,东海南部海面温度达到 22 °C 左右。

2022年春季海面温度逐月变化(图 15)显示,海面温度随月份逐渐升高,渤海、黄海北部海域 4 月和 5 月的海面温度分别为 8 °C 和 13 °C 左右(图

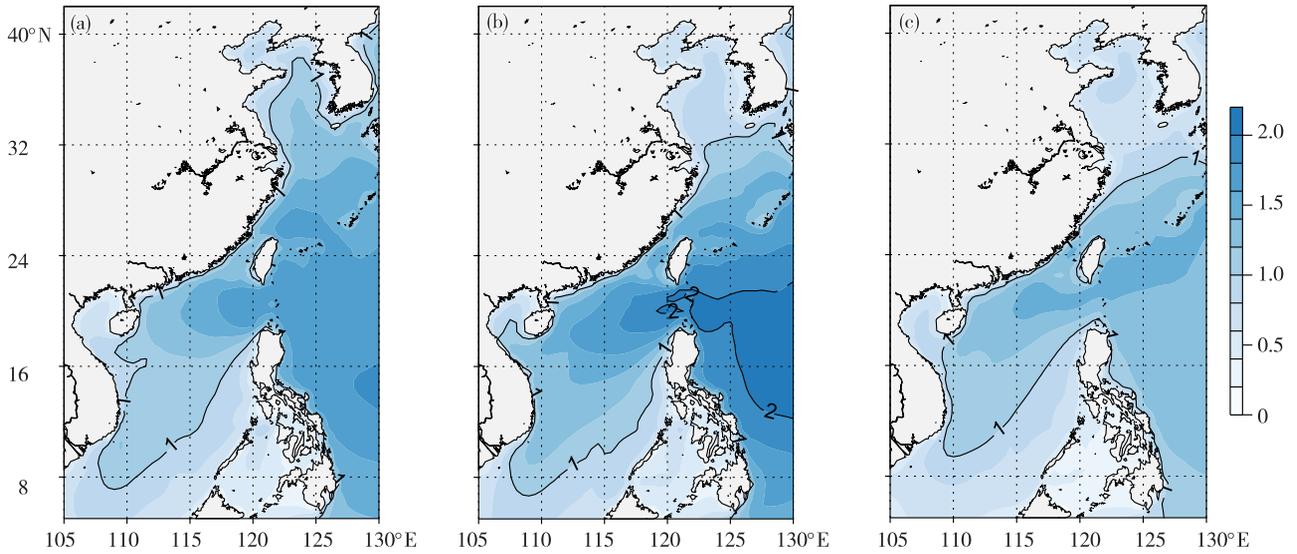


图14 2022年春季逐月平均浪高(色阶,单位:m;a. 3月, b. 4月, c. 5月)
Fig.14 Monthly mean wave height in spring 2022 (color scale, units: m; a. March, b. April, c. May)

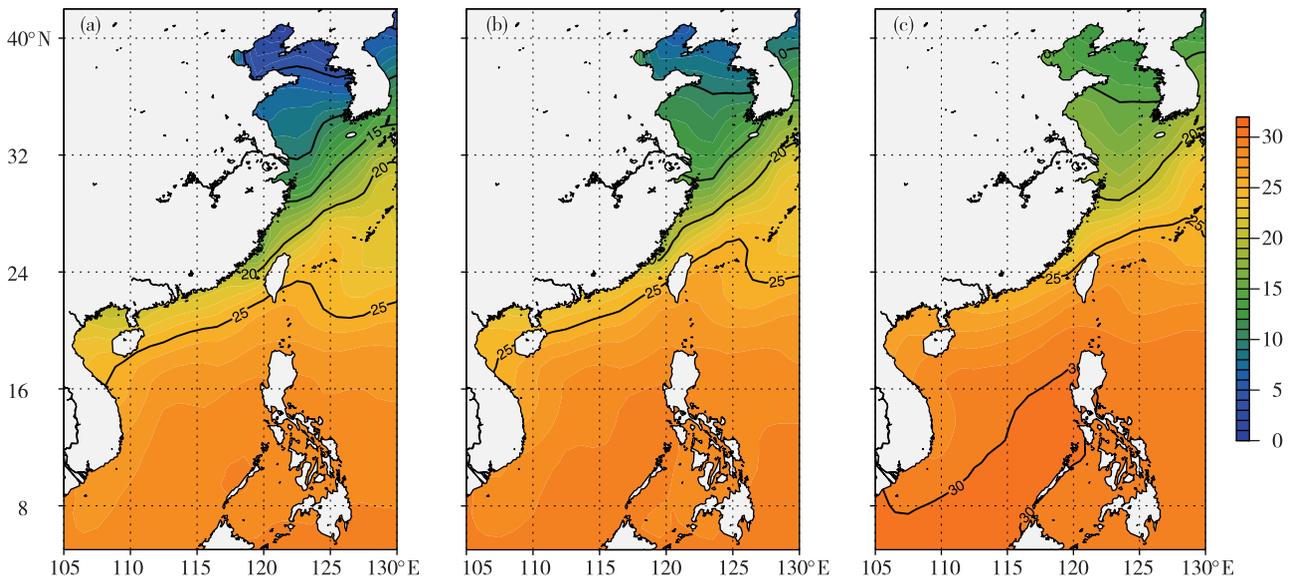


图15 2022年春季逐月平均海面温度(色阶,单位:℃;a. 3月, b. 4月, c. 5月)
Fig.15 Monthly mean sea surface temperature in spring 2022 (color scale, units: ℃; a. March, b. April, c. May)

15b、c),南海南部海域为29~30℃,4月和5月南北海面温度差由21℃减小为17℃。4、5月,东海仍是海面温度梯度变化较大的海域,由升温幅度来看,北部海域升温快于南部海域。

由逐月平均海面温度的距平场(图16)可以看到,2022年春季我国近海除台湾海峡和南海北部沿岸海域外,其他海域海面温度整体较常年平均偏高。3月(图16a),渤海、黄海大部、东海及南海海面温度较常年平均偏高1℃左右,海面温度异常偏高的区域为长江口附近海域,偏高1.5℃以上,台湾海峡偏低0.5℃左右;4月和5月(图16b、c),海面

温度异常呈现大致相同的模态,渤海、黄海、东海北部海域较常年平均偏高,4月偏高1~1.5℃,5月偏高0.5℃左右,但东海南部、台湾海峡、南海西北部 and 北部湾较常年海面温度偏低0.5℃左右。

4 小结

2022年春季北半球极涡呈单极型分布,形状狭长,一端伸向加拿大的巴芬岛,一端伸向西伯利亚北部的北地群岛,极涡强度与历史同期相比差别不大。北半球中高纬度地区环流呈4波型分布,欧亚大陆为“两槽一脊”环流型。3月,东亚大槽较常年

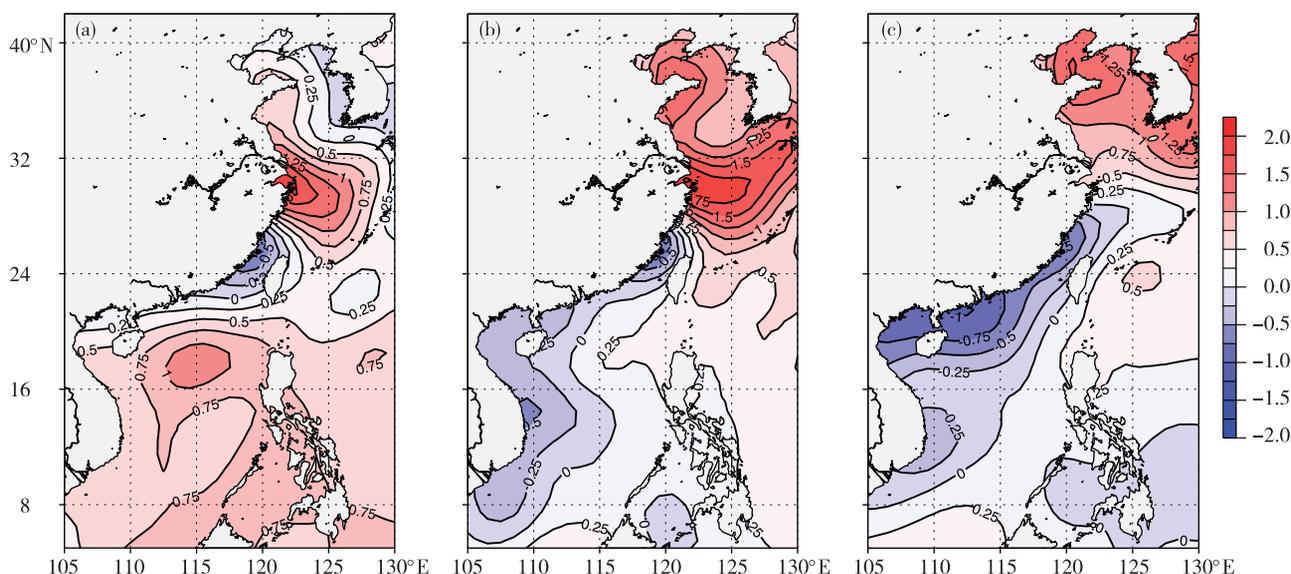


图 16 2022 年春季逐月平均海面温度距平(色阶,单位:°C; a. 3 月, b. 4 月, c. 5 月)

Fig.16 Monthly mean sea surface temperature anomaly in spring 2022 (color scale, units: °C; a. March, b. April, c. May)

略偏弱,北方大部分地区及北部海域受西北气流控制;4月,东亚大槽加深,贝加尔湖以西的脊区加强北伸,高压脊区较历史同期偏强;5月,欧亚大陆中高纬环流调整为“两槽两脊”型,冷空气强度接近历史同期状况。具体天气总结如下:

(1)我国近海出现 12 次大风过程,其中冷空气大风过程有 4 次,冷空气和温带气旋共同影响的大风过程有 3 次,入海温带气旋大风过程有 4 次,冷空气与热带气旋共同影响的大风过程 1 次,8 级以上大风在近海各海区均有出现。

(2)我国近海共出现 10 次比较明显的海雾过程,海雾过程数量为过去 5 a(2017—2021 年)的第三多年份,逐月海雾次数分别为:3 月 4 次,4 月 3 次,5 月 3 次。

(3)2022 年春季西北太平洋和南海共有 2 个热带气旋生成,与历史同期相当,全球其他各大洋共有热带气旋 12 个,较常年同期偏少 5.7 个,其中南太平洋 3 个、南印度洋 5 个、北印度洋和东北太平洋各 1 个、澳大利亚附近海域 2 个,北大西洋无热带气旋生成。

(4)我国近海浪高 2.0 m 以上的海浪过程有 12 次,出现总日数为 44 d,大浪的海区主要分布在东南南部、台湾海峡、台湾以东和南海东北部等海域。

(5)我国近海海域海面温度随月份逐渐升高,北部海域升温幅度大于南部海域,自北至南海面温度差逐渐减小,北部海区海面温度较常年平均偏高。

参考文献:

- [1] 张增海,刘涛,许映龙,等.2019 年春季海洋天气评述[J].海洋气象学报,2019,39(3):103-113.
- [2] 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.
- [3] 刘达,王慧,黄彬,等.2021 年春季海洋天气评述[J].海洋气象学报,2021,41(3):11-23.
- [4] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理和方法[M].4 版.北京:气象出版社,2007:304-305.
- [5] 李霞,王捷纯,何如意.一次春季冷空气引发海上大风天气过程的分析[J].广东气象,2013,35(1):19-23.
- [6] 王雷.一次冷空气强风的成因分析[J].海洋预报,2005,22(4):96-101.
- [7] 盛春岩,杨晓霞.“09.4.15”渤海和山东强风过程的动力学诊断分析[J].气象,2012,38(3):266-273.
- [8] 徐哲永,王雷,王坚侃.舟山群岛海域一次大风过程的诊断分析[J].海洋预报,2012,29(5):53-58.
- [9] 王彬华.海雾[M].北京:海洋出版社,1987:187-188.
- [10] 孙安建,黄朝迎,张富春.海雾概论[M].北京:气象出版社,1985:59-61.
- [11] 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.
- [12] 国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.雾的预报等级:GB/T 27964—2011[S].北京:中国标准出版社,2012.