

王靖,刘达,董林,等.2021年夏季海洋天气评述[J].海洋气象学报,2021,41(4):82-94.

WANG Qian, LIU Da, DONG Lin, et al. Summer 2021 marine weather review [J]. Journal of Marine Meteorology, 2021, 41(4): 82-94. DOI:10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2021.04.008. (in Chinese)

2021年夏季海洋天气评述

王靖^{1,2}, 刘达¹, 董林¹, 魏娜²

(1. 国家气象中心, 北京 100081; 2. 中国气象科学研究院, 北京 100081)

摘要: 2021年夏季(6—8月)大气环流特征为:北半球极涡呈单极型分布,主体位于北冰洋上空偏向西半球,强度较常年偏强;东亚地区以纬向环流为主,副热带高压较常年平均略偏西偏南。6月,北部海域温度较低,黄渤海海雾天气多发。7月,西南季风推进,热带气旋活跃。8月,副热带高压增强西伸,热带气旋活动频次偏少。夏季共有7次海雾过程,其中6月有4次,7月有3次。我国近海出现了9次8级以上大风过程,其中热带气旋大风过程6次,温带气旋入海影响的大风过程3次。浪高在2 m以上的海浪过程有10次,2 m以上大浪的天数共计38 d。我国北部及东部海域升温明显,从北到南的海面温度梯度减小。西北太平洋和南海有9个台风活动,其中台风“烟花”造成近海一次范围广、时间长、风力大的大风过程。

关键词: 大气环流; 大风; 海雾; 热带气旋; 台风“烟花”

中图分类号: P732.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-3599(2021)04-0082-13

DOI:10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2021.04.008

Summer 2021 marine weather review

WANG Qian^{1,2}, LIU Da¹, DONG Lin¹, WEI Na²

(1. National Meteorological Center, Beijing 100081, China; 2. Chinese Academy of Meteorological Science, Beijing 100081, China)

Abstract The main characteristics of the general atmospheric circulation in summer 2021 (from June to August) are as follows. The polar vortex is characterized by a monopole pattern in the Northern Hemisphere, centers in the Arctic Circle toward the Western Hemisphere, and is stronger than average. East Asia is dominated by zonal circulation, and the subtropical high lies slightly more westward and southward than average. In June, the temperature in the northern sea area is low, leading to frequent sea fog processes over Bohai Sea and Yellow Sea. In July, the southwest monsoon advances and tropical cyclones are active. In August, the subtropical high strengthens and extends to the west, resulting in less tropical cyclone activity. There are seven sea fog processes over offshore areas in summer, including four in June and three in July. There are nine gale processes above 8-grade over offshore areas of China, among which six are related to tropical cyclones and three are influenced by extratropical cyclones entering the sea. There are 10 rough sea wave processes above two meters, and the total number of days is 38 d. The sea surface temperature increase profoundly in the northern and eastern seas of China, which reduces the sea surface temperature north-south gradient. There have been 9 typhoons over the western North Pacific and the South China Sea, among which Typhoon In-fa causes a large-scope, long-lasting,

收稿日期:2021-10-06; 修订日期:2021-10-27

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC1506400);国家自然科学基金项目(42175007)

第一作者:王靖,女,硕士,工程师,主要从事台风及海洋气象预报工作,qianwang@cma.gov.cn。

通信作者:董林,女,博士,正高级工程师,主要从事台风及海洋气象预报工作,donglin@cma.gov.cn。

and intense gale process over the offshore.

Key words atmospheric circulation; gale; sea fog; tropical cyclones; Typhoon In-fa

引言

本文主要分析了 2021 年夏季(6—8 月,下同)北半球的大气环流特征及对我国近海天气的影响,并对我国近海海域发生的主要灾害性天气及其相关影响因素进行了分析。除此之外,还分析了西北太平洋和南海热带气旋的活动特征、我国近海浪高和海面温度等气象、水文要素在夏季的变化特征,简要统计了全球其他海域热带气旋活动的基本情况,针对台风“烟花”造成的大风过程进行分析。

使用 NCEP/DOE 再分析数据、ERA5 再分析数据分析了大气环流特征以及海浪过程。使用沿海自动气象站观测数据、ERA5 再分析数据分析了大风过程及大雾过程。使用美国联合警报中心全球热带气旋最佳路径资料、中央气象台实时台风定位强数据分析了与热带气旋相关的活动。使用 NOAA 最优插值海面温度(optimum interpolation sea surface temperature, OISST)资料分析了海温的特征。

文中提到的海上大风、海雾和大浪等几种重大过程的统计标准同文献[1-7]。

1 环流特征与演变

1.1 环流特征

2021 年夏季 500 hPa 平均位势高度场及距平场(图 1)显示,北半球极涡呈现明显的单极型分布,极涡中心位于北冰洋上空偏向西半球,位势高度约为 540 dagpm,比常年同期偏低 4 dagpm,表明极涡较常年同期偏强。此外,加拿大东北部上空的低涡中心(70°N, 70°W)位势高度为 544 dagpm,较常年同期偏低约 2 dagpm。欧亚大陆为“两槽一脊”的环流型,我国近海在西风槽底部,等高线较为平直。夏季副热带高压(以下简称“副高”)588 dagpm 等位势高度线西脊点位于 21°N, 130°E 附近,较常年平均(24°N, 131°E)略偏西、偏南,副高主体较气候平均而言表现为正距平,距平中心达到 4 dagpm。

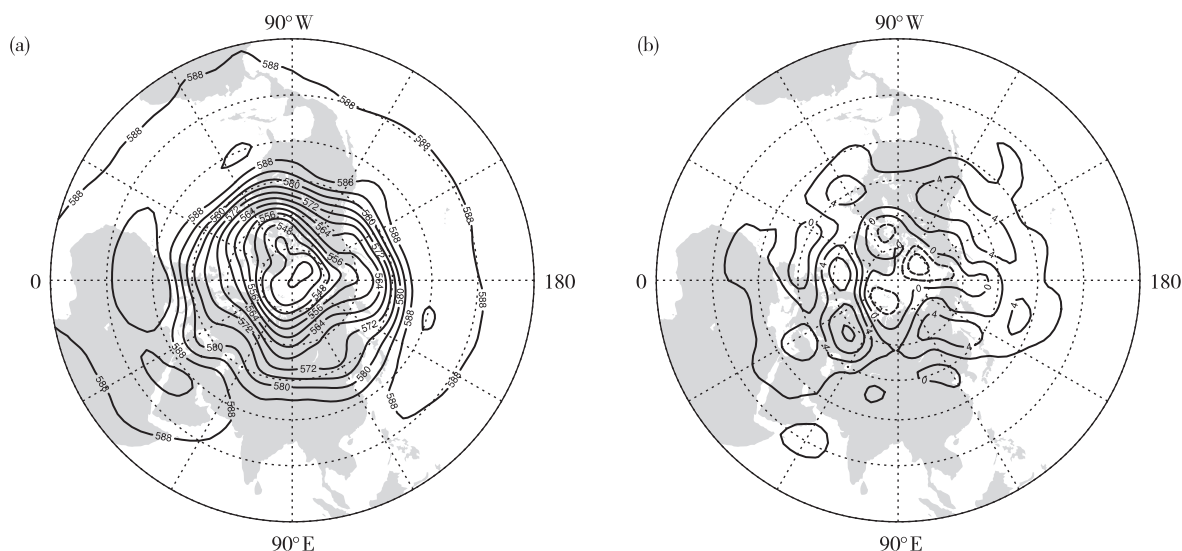


图 1 2021 年夏季北半球 500 hPa 平均位势高度场(a)及其距平场(b)(单位:dagpm)

Fig.1 Mean geopotential height (a) and anomalies (b) at 500 hPa in the Northern Hemisphere in summer 2021 (units: dagpm)

1.2 环流演变对我国近海天气的影响

6 月,欧亚大陆及西北太平洋海域中高纬(图 2a)呈现“西高东低”的环流形势,高压脊位于乌拉尔山以西且伴有明显的正距平(12 dagpm),东侧冷槽的底部向南延伸到我国的新疆北部。东亚上空的脊区位于贝加尔湖附近,向东向北伸展至中西伯

利亚高原,呈现正距平,较常年同期偏强约 6 dagpm。东亚中纬度地区受浅槽控制,强度较常年偏弱。海平面气压距平场(图 2b)显示,亚欧大陆西侧受高压控制,冷高压中心气压值为 1 016 hPa 左右,且为正距平,东亚大陆近海地区为弱低压控制,呈现负距平(约-2 dagpm),西北太平洋大部为高压

控制。这说明6月近海冷空气还有所活跃,我国近海地区仅南海有一个台风生成(2021年第4号台风“小熊”),且生命史短暂,仅维持了18 h。副高位置

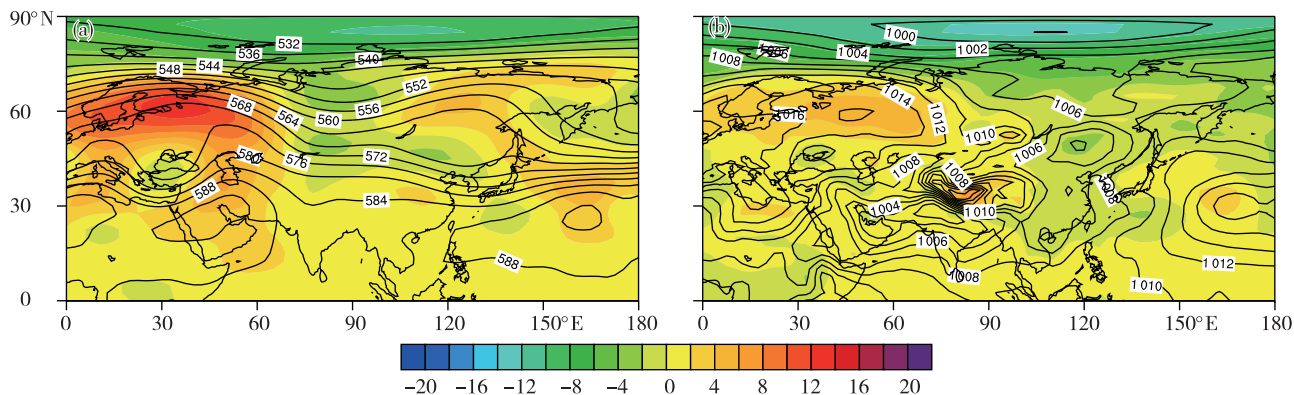


图2 2021年6月北半球500 hPa平均位势高度场(等值线)及距平场(色阶)(a;单位:dagpm)和海平面气压场(等值线)及距平场(色阶)(b;单位:hPa)

Fig.2 Monthly mean geopotential height (isolines) and anomaly (color scale) at 500 hPa (a; units: dagpm) and monthly mean sea level pressure (isolines) and anomaly (color scale) (b; units: hPa) in the Northern Hemisphere in June 2021

7月,500 hPa中高纬欧亚大陆到西北太平洋依然呈现多波型的环流形势(图3a),环流经向度减小,极地冷空气南下受限,贝加尔湖附近为弱高压脊控制,日本北海道及其北部地区受高压脊控制,且对应明显的正距平(8 dagpm),东亚大槽偏弱,我国大部分地区处于正位势高度距平区,冷空气活动

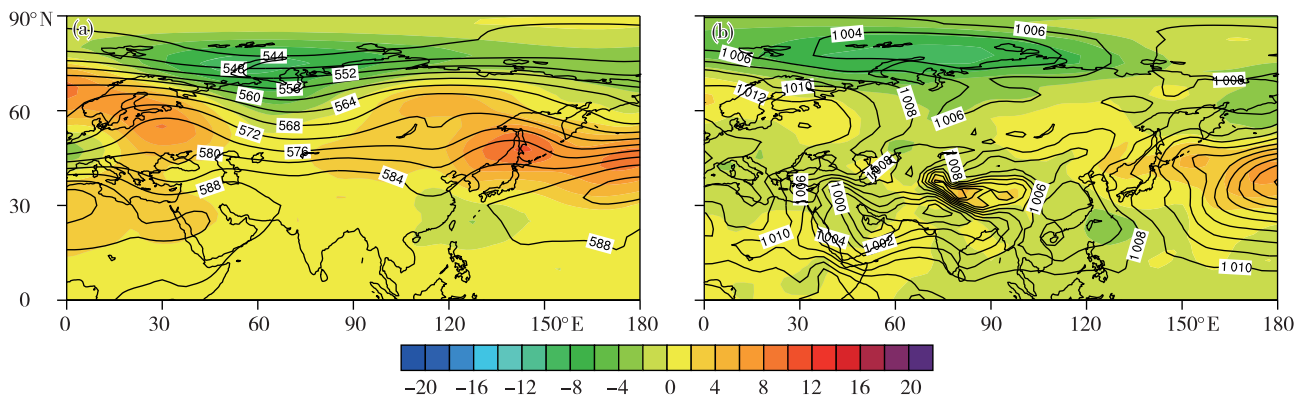


图3 2021年7月北半球500 hPa平均位势高度场(等值线)及距平场(色阶)(a;单位:dagpm)和海平面气压场(等值线)及距平场(色阶)(b;单位:hPa)

Fig.3 The same as Fig.2, but for July 2021

8月,乌拉尔山附近的高压脊发展,较常年同期明显偏强(正距平中心约12 dagpm),对应着地面高压的长时间盘踞(图4),日本北海道及其北部地区依然受高压脊控制,对应明显的正距平(8 dagpm),两高之间为平直的浅槽,我国西北地区、东北地区南部及华北地区处于位势高度负距平区,华南大部地区都位于位势高度正距平区。副高增强西进,西

与往年同期基本一致,另有一个热带气旋“蔷薇”在140°E附近北上,对应着图2b中日本以南洋面的负距平。

受限(图3a)。与此同时,西北太平洋副热带高压的强度与常年同期持平,西伸脊点位于132°E附近。500 hPa高度距平场及海平面气压距平场(图3b)均显示,东亚大陆近海地区为低压控制,表现出负距平(约-4 dagpm),西南夏季风推进,季风槽自南海北部向东延伸至130°E附近,对应热带气旋的活跃。

北太平洋副高主体较常年同期偏强(约6 dagpm),西伸脊点位于109°E附近,较常年平均(133°E)明显偏西。由于副高的加强西伸,不利于热带气旋活动,8月仅有4个热带气旋活动(较常年偏少1.71个,较2020年偏少3个^[5]),其中仅有一个热带气旋“卢碧”在我国近海海区活动。

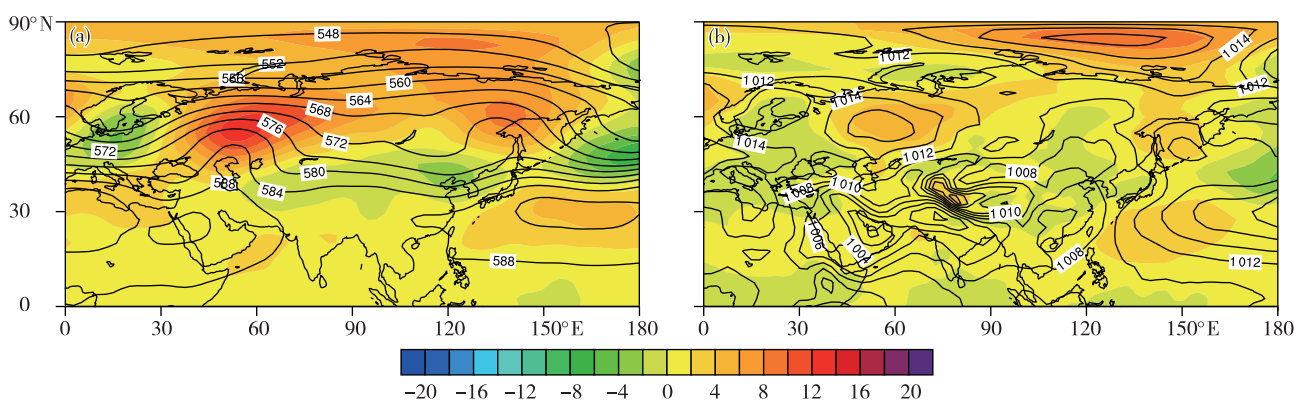


图4 2021年8月北半球500 hPa平均位势高度场(等值线)及距平场(色阶)(a;单位:dagpm)和海平面气压场(等值线)及距平场(色阶)(b;单位:hPa)

Fig.4 The same as Fig.2, but for August 2021

2 我国近海天气分析

2.1 大风过程

2.1.1 概况

2021年夏季我国近海有9次8级(及以上)大风过程(表1),其中6次由热带气旋活动导致,3次由温带气旋入海引起。6月至7月上旬的几次近海海上大风过程最大风力有7~8级、阵风9~10级。7月中下旬及8月上旬,由于台风“查帕卡”“烟花”和

“卢碧”先后在我国近海活动,导致我国南海北部海域、台湾海峡、台湾以东洋面、东海大部海域、黄海南部海域出现大范围的大风过程。其中,由于引导气流弱,登陆台风“烟花”在我国近海海域导致的大风过程长达7 d之久,具备大风覆盖范围广、风力大、持续时间长等特征。8月中下旬,近海海上大风过程主要由温带气旋入海引起,大风持续时间较短,一般不超过2 d。

表1 中国近海2021年夏季主要大风过程

Table 1 Main gale events over offshore areas of China in summer 2021

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	6月3—6日	热带气旋	巴士海峡、台湾以东洋面、南海东北部海域、台湾海峡、东海东南部海域出现了7~8级、阵风9~10级的大风
2	6月12—13日	热带气旋	南海西部海域、北部湾出现了7~8级、阵风9级的旋转风
3	7月3日	入海气旋	黄海大部海域出现了7~8级、阵风9~10级的旋转风
4	7月19—20日	热带气旋	南海西北部海域出现了7~9级、阵风10级的旋转风
5	7月21—27日	热带气旋	黄海南部海域、东海大部海域、台湾以东洋面、台湾海峡、巴士海峡出现了8~10级、阵风11~12级的大风,其中东海的部分海域风力达11~14级
6	8月4—8日	热带气旋	南海北部海域、台湾海峡、台湾以东洋面、东海大部海域出现了7~8级、阵风9级的大风
7	8月20—21日	入海气旋	黄海大部海域、东海北部海域出现了7~8级、阵风9级的大风
8	8月22—23日	热带气旋	东海大部海域出现了7~8级、阵风9~10级的旋转风
9	8月23—24日	入海气旋	黄海大部海域出现了7~8级、阵风9~10级的旋转风

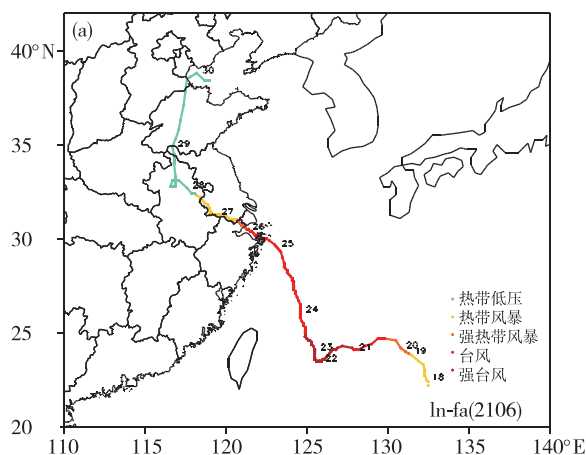
2.1.2 7月21—27日台风“烟花”大风过程

7月21—27日的大风过程是伴随着2021年第6号台风“烟花”在我国近海活动所致(图5a)。“烟花”自7月18日02时(北京时,下同)在西北太平洋洋面上生成后,缓慢向西北转偏西方向移动,19日08时加强为强热带风暴级,20日14时加强为台

风级,21日11时加强为强台风级,维持强台风时段达36 h,并逐渐向台湾以东洋面靠近。“烟花”的七级风圈半径为200~300 km,十级风圈半径为70~100 km,十二级风圈半径为40~60 km,我国东部近海海域开始受其七级风圈影响。“烟花”于23日23时减弱为台风级,并在东海向北偏西方向移动,逐

渐向浙江东北部海面靠近,在此过程中其风圈范围变化不大。7月25日12时30分前后在浙江舟山普陀沿海登陆,登陆时中心最大风力为13级($38 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,台风级),中心气压为965 hPa;7月26日09时50分前后在浙江省平湖市沿海再次登陆,登陆时中心最大风力为10级($28 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,强热带风暴级),中心气压为978 hPa。“烟花”登陆后向西北转偏北方向移动,在陆上长时间维持,最终于30日凌晨以热带低压的强度移入渤海。

台风“烟花”(图5a)造成我国东部近海一次范围广、时间长、风力大的大风过程。7月21—25日,



东海大部、台湾以东洋面、台湾海峡及巴士海峡出现了8~10级、阵风11~12级的大风,其中台风底层中心经过的东海西部部分海域风力高达11~14级、阵风15级。26—27日,随着“烟花”的中心在陆上缓慢移动,黄海南部海域、东海北部海域出现了8~10级、阵风11~12级的大风。浙江东北部沿海、钱塘江口出现了长时间的大风,12级风的持续时间为10~22 h,最大阵风(15级, $48.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)出现在浙江省岱山县泥螺山(图5b)。中央气象台自7月21—28日连续发布20期《台风预警》,对伴随台风“烟花”的大风过程进行预报及服务。

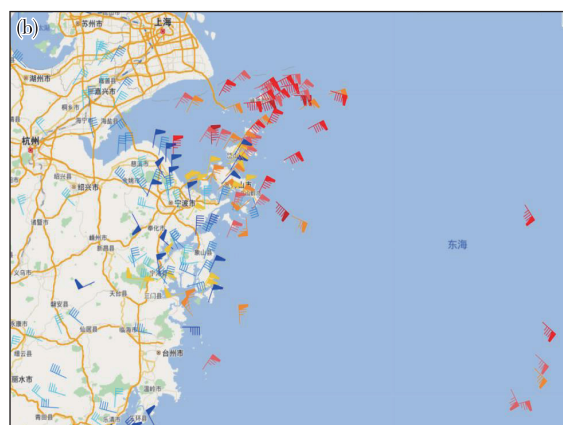


图5 2021年第6号台风“烟花”路径强度(a)和“烟花”在我国东部沿海造成的大风(b)

Fig.5 Track and intensity of Typhoon In-fa (2106) (a) and gale distribution caused by Typhoon In-fa (b)

台风“烟花”在我国近海缓慢移动,从而导致此次长时间维持的大风过程。7月21—22日高空形势场(图6)显示,“烟花”位于副高和大陆高压之间的鞍型场,引导气流弱,烟花原地回旋或缓慢向西偏南方向移动,台湾以东洋面、台湾海峡及东海大部海域受台风外围大风影响。23日开始,随着副高的北段减弱东退、南段西伸加强,“烟花”开始缓慢向北偏西方向移动。25—26日,“烟花”东侧 150°E 附近有第8号台风“尼伯特”活动(图7),在周围多个系统的共同作用下,台风“烟花”在浙江东北部近海海域缓慢向西北方向移动,造成浙江东北部沿海、钱塘江口风力8级及以上的大风长时间维持。登陆后“烟花”依旧维持缓慢移动,时长达2 d之久。

由于中层引导气流与台风移速的相关性最好^[6-7],故计算700~400 hPa台风整层引导气流(中心半径 7° 以内平均),可见台风移动速度的变化基本与大尺度台风引导气流变化趋势一致(图8a)。引导气流在25—27日之间最小,仅有 $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($7.2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$)。25日中高层引导气流的偏北分量

显著减小(图8b),使得台风“烟花”的路径由向北转为向西北方向,从而登陆我国。25—27日引导气流随高度逐渐减小,在中层几乎接近为0,引导气流的减弱导致“烟花”移速放缓,造成了浙江东部沿海长时间受12级风影响。28日14时左右,中层500 hPa引导气流由向西转为向东,出现最小值,对应台风在安徽境内短暂的停滞打转过程(图5a)。

热带气旋大风的相关分析^[4-5]表明,我国近海夏季强台风的活跃将伴随长时间近海大风过程,例如2020年台风“黑格比”、2019年台风“利奇马”等。近年来针对热带气旋移速方面的气候学研究^[8-9]指出,在全球变暖的背景下,热带地区的大气环流运动可能正在减缓,从1949年到2016年,热带气旋在地球上的移动速度减慢了大约10%。热带气旋移动速度减缓最明显的是西北太平洋海域,高达20%^[8],北大西洋海域放慢了6%;尤其热带气旋登陆后的移动速度,下降幅度更大,西北太平洋地区减速达到30%(相比于北大西洋沿岸的20%)。值得注意的是,2021年台风“烟花”整个生命史平均移

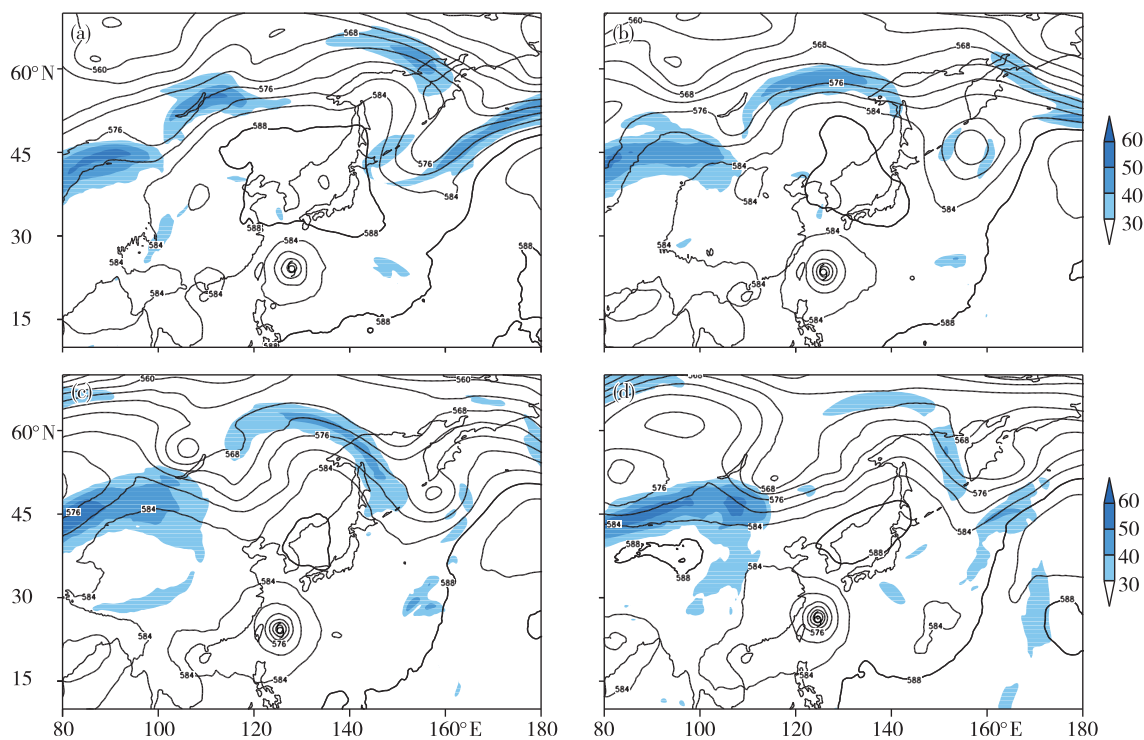


图6 2021年7月500 hPa高度场(等值线,单位:dagpm)和200 hPa风速(色阶,单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)(a. 21日08时,b. 22日08时,c. 23日08时,d. 24日08时)

Fig.6 Geopotential height (isolines, units: dagpm) at 500 hPa and wind speed (color scale, units: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) at 200 hPa (a. 08:00 BST 21, b. 08:00 BST 22, c. 08:00 BST 23, d. 08:00 BST 24 July 2021)

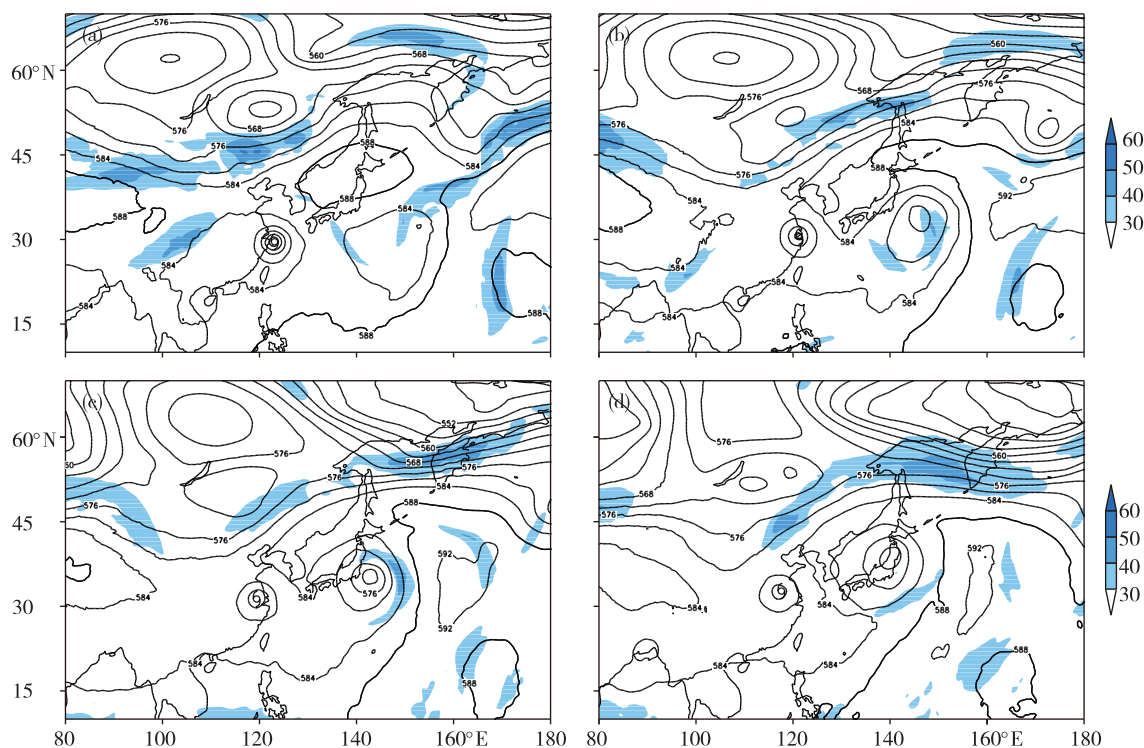


图7 2021年7月500 hPa高度场(等值线,单位:dagpm)和200 hPa风速(色阶,单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)(a. 25日08时,b. 26日08时,c. 27日08时,d. 28日08时)

Fig.7 The same as Fig.6, but for 08:00 BST 25 (a), 08:00 BST 26 (b), 08:00 BST 27 (c), 08:00 BST 28 (d) July 2021

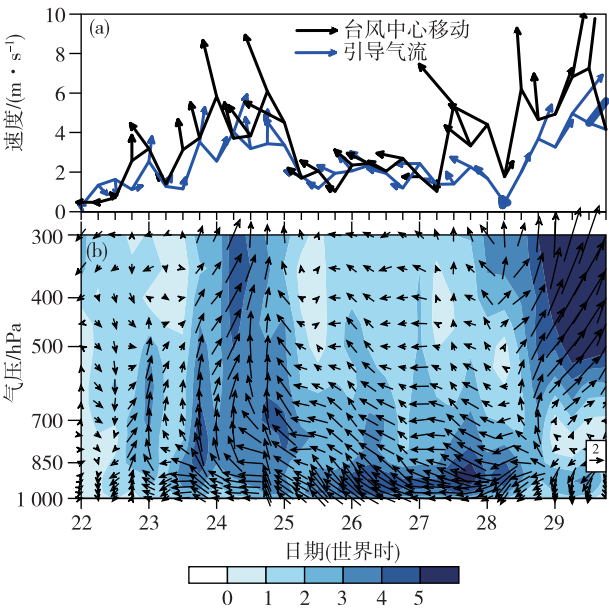


图8 2021年7月22—29日台风移速(黑色箭头;a)、700~400 hPa整层引导气流(蓝色箭头;a)和1 000~300 hPa分层引导气流(箭头和色阶,单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;b)随时间变化

Fig.8 Time evolution of translation speed (black arrow; a) and steering flow (blue arrow; a) of whole layer from 700 hPa to 400 hPa, steering flow (arrows and color scale, units: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) at different layers from 1 000 hPa to 300 hPa of Typhoon In-fa during 22 to 29 July 2021

速在 $10\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 左右,低于热带气旋的平均移速,这不仅影响台风陆上降水过程的预报,也为近岸长时间持续的大风过程预报带来挑战。因此,大尺度环流形势影响下的台风移速,是热带气旋相关的长时段大风过程预报服务的关键因子。

2.2 海雾过程

2.2.1 概况

春末夏初是我国黄渤海易发海雾的时段^[10],2021年夏季,我国近海共出现了7次比较明显的海雾过程(表2)。出现于6月上旬至中旬的3次海雾过程空间范围大,其形成机理为海洋作为冷下垫面,对海面以上的大气有冷却作用,此时当有持续偏南风向北方海域输送暖湿空气时,容易出现平流冷却雾。出现于6月下旬至7月中旬的4次海雾过程均持续时间短,出现时段多为夜间至次日早晨。海雾过程发生的频次与2020年夏季持平^[5]。

2.2.2 6月10—14日海雾个例分析

针对6月10—14日我国北部海域发生的这次海雾过程进行分析(图9)。6月8日白天至9日夜间,黄海中部和南部海域首先出现大雾,之后雾区逐渐扩展到黄海西部、北部、渤海海峡和渤海;受气旋影响,10日白天开始高云增多且出现降水,但是辽东半岛附近海域依然出现大雾。10日夜间降水落区东移离开黄海,随之大雾又开始出现。这次大雾过程白天明显减弱,夜间增强,日变化明显。11—13日,黄海北部和中部海域位于均压场中,水平气压梯度减小,有利于雾区维持。12日夜间至13日上午,海雾的面积进一步扩大,在黄海大部都出现了能见度不足0.1 km的海雾天气,并于13日早晨达到最强,可见光云图(图9c)显示海雾边界清晰,呈亮白色,结构密实,14日早晨(图9d),黄海中部和南部的部分海域仍然有雾,14日下午海雾区域消散,此次海雾过程持续时间较长。

由6月10—16日10 m风场和1 000 hPa相对

表2 中国近海2021年夏季主要海雾过程

Table 2 Main sea fog events over offshore areas of China in summer 2021

序号	海雾过程	天气形势和影响系统	强度	影响范围
1	6月6—7日	锋前暖湿气流及气旋前部高湿环境	大雾,最低能见度低于1 km	黄海北部和中部海域、山东半岛东部沿岸海域
2	6月8—9日	暖湿气流	大雾,最低能见度低于1 km	渤海、渤海海峡、黄海北部和东部海域、辽东半岛沿岸海域
3	6月10—14日	暖湿气流,均压场	大雾,最低能见度低于1 km	渤海海峡、黄海大部海域、辽东半岛东部沿岸海域、山东半岛南部沿岸海域
4	6月28—29日	气旋前部暖湿气流	大雾,最低能见度低于1 km	渤海湾部分海域、辽东半岛南部部分沿岸海域、成山头附近海域
5	7月7—8日	暖湿气流	大雾,最低能见度低于1 km	辽东半岛东部部分海域、成山头附近海域
6	7月11—12日	均压场	大雾,最低能见度低于1 km	黄海东部沿岸海域、成山头附近海域
7	7月17—18日	气旋前部暖湿气流	大雾,最低能见度低于1 km	辽东半岛附近海域、山东半岛东部沿岸海域、渤海海峡、黄海北部和中部海域

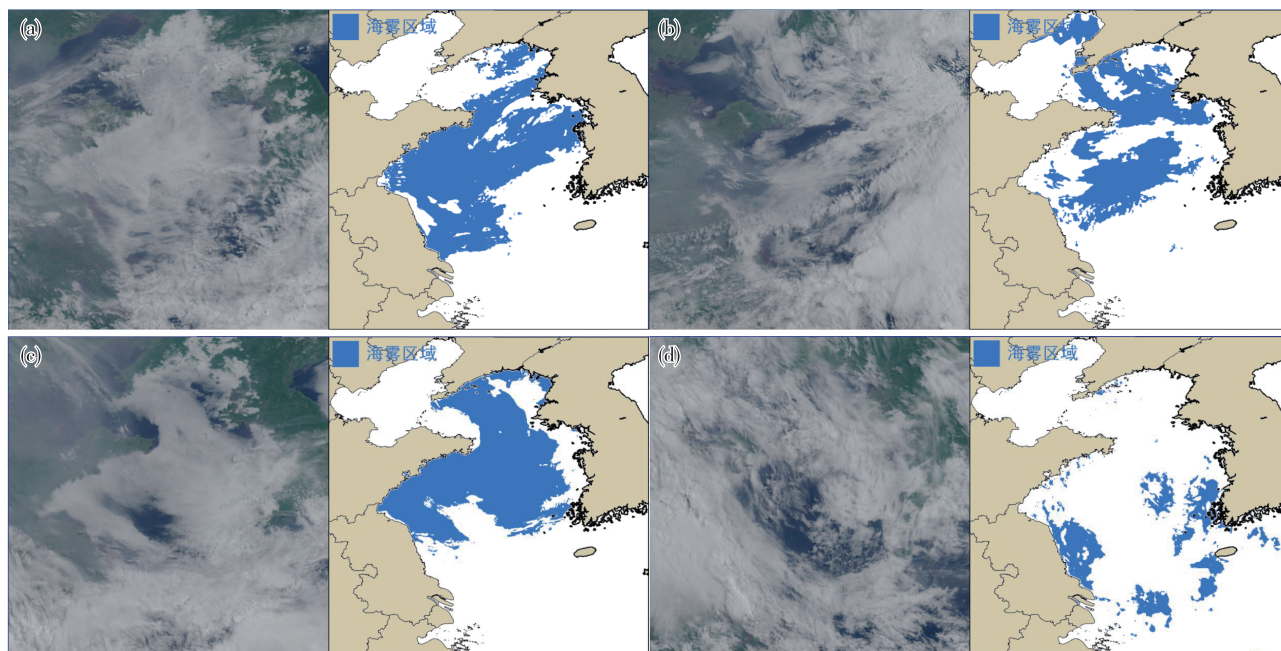


图9 2021年6月葵花8号卫星可见光通道图像及其海雾反演落区(蓝色填充)(a. 11日08时,b. 12日08时,c. 13日08时,d. 14日08时)

Fig.9 Visible cloud imagery of Himawari-8 and derived sea fog zone (blue filled) at 08:00 BST on 11 (a), 12 (b), 13 (c) and 14 (d) June 2021

湿度的演变图(图10)进一步分析此次海雾过程的动力及水汽条件。11—13日,黄海大部位于均压场中,有利于低层暖湿气流向北输送,海洋上空的低层相对湿度不断增加,其中黄海北部和中部海域的相对湿度超过98%,风速小于 $6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,且有利于大范围海雾的发生和维持。12日在山东半岛以东出现反气旋环流,有利于海雾浓度的进一步增大,15日受山东南部入海气旋的影响,黄海海域低层相对湿度降低,10 m 风速增大至 $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,雾区逐渐消散,最终伴随气旋东移,偏北风对水汽的清除和干燥作用使得本次海雾过程结束。

另外,海上大气逆温也是海雾持续的重要条件之一。由成山头的探空曲线可以看出,11日08时开始,925 hPa 以下大气低层的逆温层逐步建立(图略),于13日08时(图11a)达到最强,低层湿度较大。逆温层的存在加强了低层的稳定性,抑制了近海面对流的发展和水汽的扩散,从而防止海雾抬升发展成低云。15日08时(图11b),随着低层风速的加强,成山头附近的逆温层被破坏,湿度条件转差,海雾消散。

2.3 热带气旋

2.3.1 西北太平洋和南海热带气旋

2021年夏季,西北太平洋和南海共有9个台风

活动(表3、图12),台风活动数较多年平均值(1949—2020年,平均11.6个)偏少,9个台风的平均极值强度为 $27.0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,低于常年同期($36.1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)。其中,2106号台风“烟花”、2107号台风“查帕卡”、2109号台风“卢碧”以热带风暴及以上强度登陆我国东南沿海,台风登陆数较多年平均值(1949—2020年,平均4.4个)偏少1.4个,平均登陆(仅统计首次登陆)中心最大风速为 $31.3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,与常年同期的平均登陆中心最大风速($31.0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)持平。

2.3.2 全球其他海域热带气旋概况

2021年夏季,全球其他热带洋面另有23个热带气旋生成(表4),其中东太平洋13个、北大西洋10个,北印度洋及南半球无编号热带气旋生成。北半球正处于气旋活跃季,与常年同期的平均值相比,东太平洋、北大西洋热带气旋的生成个数明显偏多。东太平洋热带气旋活动数较气候平均个数(9.8个)偏多3.2个,北大西洋热带气旋活动数较气候平均个数(4.9个)偏多5.1个(根据各区域专业中心最佳路径及当年报文统计)。

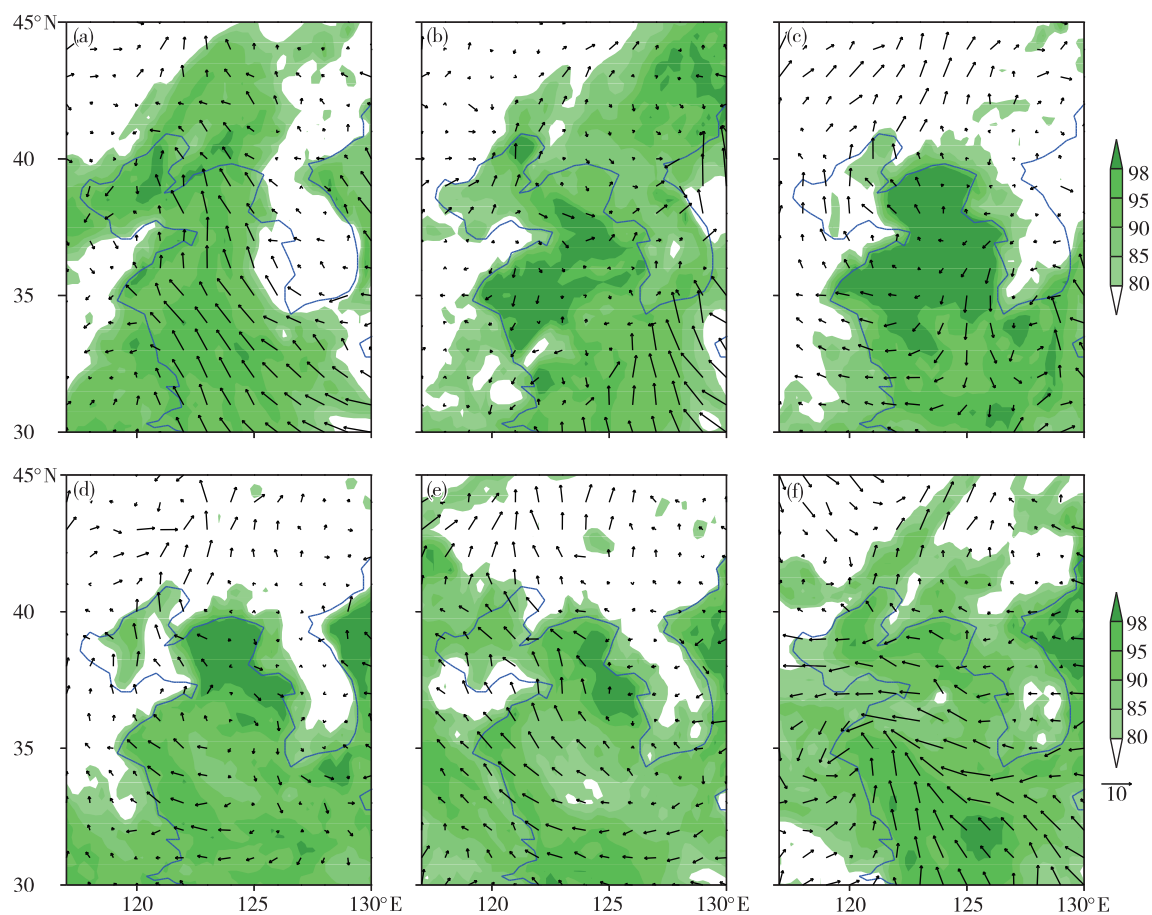


图 10 2021 年 6 月 1 000 hPa 相对湿度场 (色阶, 单位: %) 和 10 m 风场 (风矢, 单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) (a. 10 日 08 时, b. 11 日 08 时, c. 12 日 08 时, d. 13 日 08 时, e. 14 日 08 时, f. 15 日 08 时)

Fig.10 Relative humidity at 1 000 hPa (color scale, units: %) and wind at 10 m height (wind arrow, units: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) at 08:00 BST on 10 (a), 11 (b), 12 (c), 13 (d), 14 (e) and 15 (f) June 2021

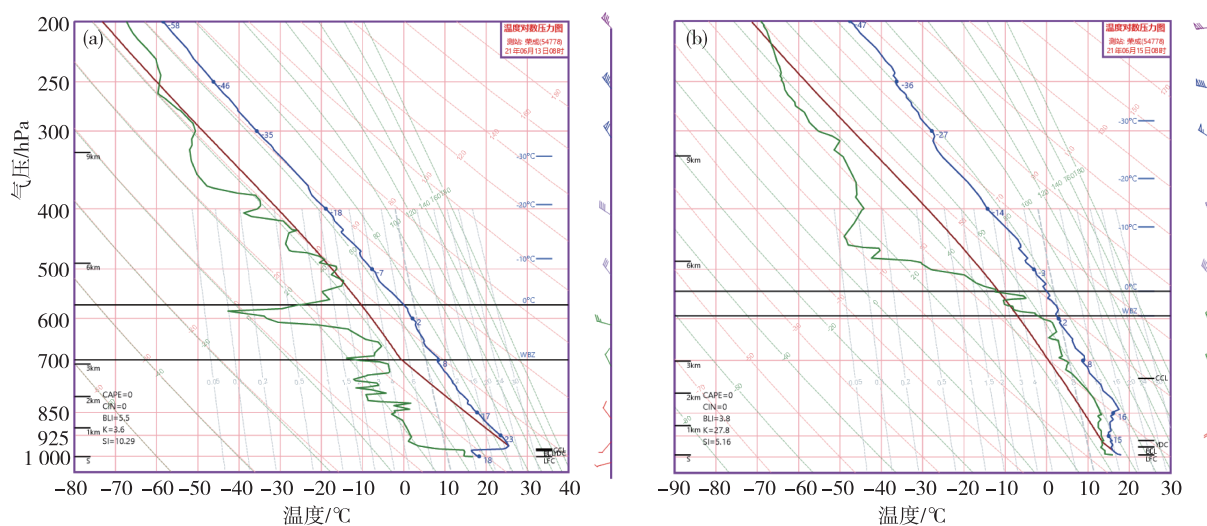


图 11 山东荣成成山头站 t - $\ln p$ 探空曲线图 (a. 13 日 08 时, b. 15 日 08 时)

Fig.11 The t - $\ln p$ diagram of Chengshantou station in Rongcheng Shandong at 08:00 BST on 13 (a) and 15 (b) June 2021

表 3 2021 年夏季西北太平洋和南海热带气旋统计表

Table 3 Tropical cyclone activities in western North Pacific and the South China Sea in summer 2021

编号	热带气旋名称	生成时间和位置			停编时间		极值强度	
		北京时间	纬度/(°N)	经度/(°E)	北京时间	中心气压/hPa	风速/(m·s ⁻¹)	
2104	小熊(Koguma)	6月12日08时	19.0	108.4	6月13日11时	990	20	
2105	蔷琵(Champi)	6月23日08时	15.9	140.8	6月27日20时	978	33	
2106	烟花(In-fa)	7月18日02时	22.2	132.5	7月30日20时	955	42	
2107	查帕卡(Cempaka)	7月19日08时	20.8	113.2	7月24日23时	965	38	
2108	尼伯特(Nepartak)	7月24日02时	25.0	149.5	7月26日08时	998	18	
2109	卢碧(Lupit)	8月4日08时	24.3	118.2	8月9日14时	985	23	
2110	银河(Mirinae)	8月5日14时	27.6	133.8	8月9日20时	990	23	
2111	妮姐(Nida)	8月5日14时	32.7	147.4	8月8日08时	990	23	
2112	奥麦斯(Omais)	8月20日20时	19.2	129.9	9月12日20时	995	23	

表 4 2021 年夏季全球热带气旋统计

Table 4 Global tropical cyclones in summer 2021

发生海域	热带气旋名称	活动时间	极值强度/ (m·s ⁻¹)
东太平洋	Blanca	5月31日—6月4日	25
	Carlos	6月13—16日	23
	Dolores	6月18—20日	30
	Enrique	6月25—30日	40
	Felicia	7月14—22日	62
	Guillermo	7月17—20日	25
	Hilda	7月30日—8月6日	38
	Ignacio	8月2—4日	18
	Jimena	8月5—8日	18
	Kevin	8月7—12日	25
	Linda	8月10—24日	58
	Marty	8月23—25日	20
	Nora	8月26—30日	38
北大西洋	Bill	6月14—16日	25
	Claudette	6月17—22日	20
	Danny	6月28—29日	18
	Elsa	7月1—9日	33
	Fred	8月11—19日	28
	Grace	8月14—21日	55
	Henri	8月16—24日	33
	Ida	8月26日—9月2日	65
	Julian	8月29—30日	25
	Kate	8月30日—9月1日	20

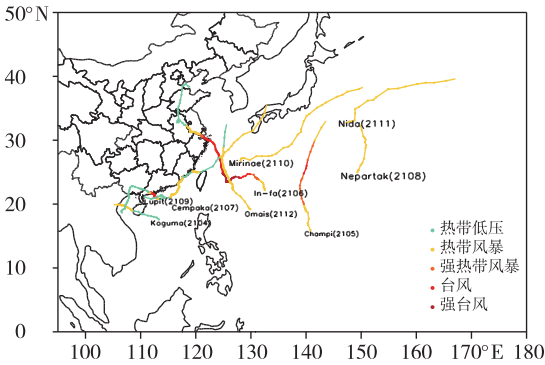


图 12 2021 年夏季西北太平洋和南海热带气旋路径图
Fig.12 Tracks of tropical cyclones in western North Pacific and the South China Sea in summer 2021

和热带气旋活动对应,但影响时段并不完全一致。其中,6月大于2 m浪高的日数为 14 d,7月大于 2 m 浪高的日数为 11 d,8月大于 2 m 浪高的日数为 13 d。由最大浪高来看,受到台风“烟花”的影响,7月20—27日,黄海大部海域、东海、台湾海峡、台湾以东洋面、巴士海峡、南海大部海域浪高达到 3 m 以上,该过程最大浪高出现于 7月23日,伴随着“烟花”维持强台风级的时段,东海南部海域及台湾以东洋面最大浪高达 7.0 m。此外,台风“卢碧”在南海北部、台湾海峡及东北部的活动造成 8月1—8日近海一次海浪过程,最大浪高达 4.6 m。其他过程浪高主要在 2~4 m 之间。

由浪高的月平均变化(图 13)来看,我国东部和南部海域 7 月的浪高明显高于 6、8 月,其中大值区主要为东海、台湾以东洋面,北部海域及北部湾浪高变化较小,均在 1.2 m 以下,浪高的变化与热带气旋的活动和强弱有关。6 月(图 13a),平均浪高的大值区主要分布在东海南部海域、巴士海峡、台湾

3 海洋概况

3.1 浪高

通过再分析浪高资料分析发现,2021 年夏季我国近海有效波高(以下简称“浪高”)在 2 m 以上的海浪过程有 10 次(表 5),海浪过程基本与入海气旋

以东洋面、南海大部海域,平均浪高达到 1.2 m,其中巴士海峡、台湾以东洋面浪高达到 1.8 m 以上。7 月(图 13b),主要受热带气旋活动影响,东部近海的

浪高较 6 月显著增大。8 月(图 13c),由于热带气旋及入海气旋强度较弱,我国近海的浪高下降,平均浪高在 0.6~1.6 m 之间。

表 5 中国近海 2021 年夏季主要大浪(2 m 以上)过程

Table 5 Main wave events (above 2 m) in offshore areas of China in summer 2021

序号	大浪过程	影响海域	最大浪高/m
1	6 月 4—5 日	巴士海峡、台湾以东洋面	2.8
2	6 月 11—13 日	南海西部海域、北部湾	3.8
3	6 月 16—22 日	东海西南部海域、台湾以东洋面、巴士海峡	3.4
4	6 月 28—29 日	东海南部海域、台湾以东洋面、巴士海峡	3.2
5	7 月 6—7 日	南海西北部海域、东海大部海域	3.9
6	7 月 15 日	南海南部海域	3.0
7	7 月 20—27 日	黄海大部海域、东海、台湾海峡、台湾以东洋面、巴士海峡、南海大部海域	7.0
8	8 月 1—8 日	南海大部海域、台湾海峡、台湾以东洋面、巴士海峡、东海大部海域	4.6
9	8 月 13—14 日	东海大部海域	2.8
10	8 月 22—24 日	东海大部海域、黄海中部和南部海域	3.7

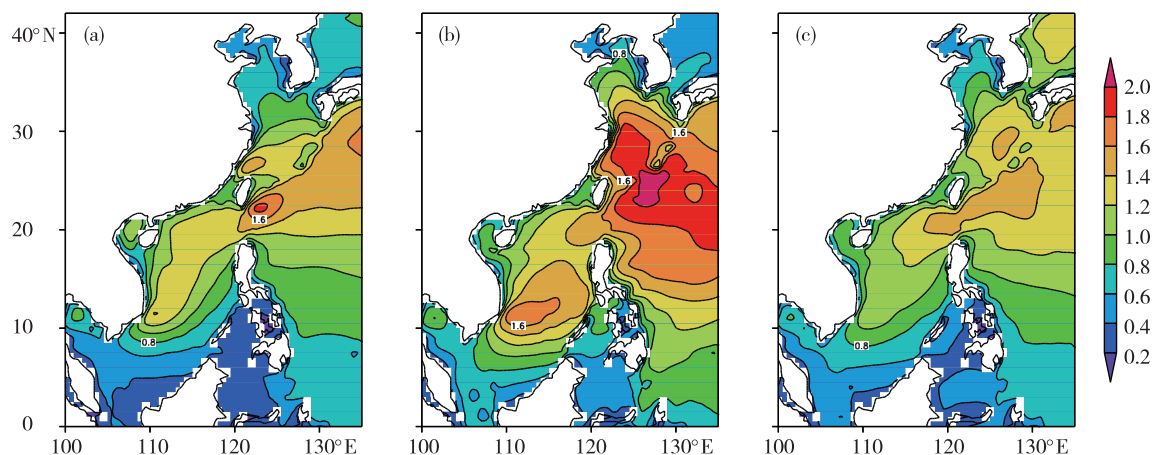


图 13 2021 年夏季月平均浪高(a. 6 月, b. 7 月, c. 8 月; 色阶, 单位: m)

Fig.13 Monthly mean wave height (color scale, units: m) in June (a), July (b), August (c) during summer 2021

3.2 海面温度

由月平均海面温度(以下简称“海温”)分布(图 14)可以看出,6—8 月我国近海海温呈现逐渐升高的趋势,尤其北部和东部海域升温明显。6 月(图 14a),近海海域由北到南的海温为 19~31℃,南北温度差距较为明显,北部海域海洋的“冷垫”效应明显,对应着黄渤海初夏的几次海雾过程。7 月(图 14b),黄渤海海温升至 24℃,经向温差进一步减小。8 月(图 14c),近海海域由北到南的海温为 26~31℃。整个夏季,热带洋面的海温为 29~31℃,这为热带气旋活动提供了有利的海温条件。

与历史同期相比(图 15),2021 年夏季我国近

海大部分海域的海温较常年偏高约 0.5℃,其中黄渤海、东海的海温普遍偏高 1.5℃以上。6 月,东海西部部分海域的海温偏高 3℃,南海北部海域及北部湾的海温偏高 1.0℃以上,为台风“查帕卡”在南海西北部的快速加强过程提供了较好的海洋热力条件。

4 小结

2021 年夏季,北半球极涡为单极型分布,极涡较常年平均值偏强,欧亚大陆为“两槽一脊”的环流型,东亚地区以纬向环流为主,冷空气活动弱,副热带高压较常年平均略偏西偏南,热带气旋活动频次

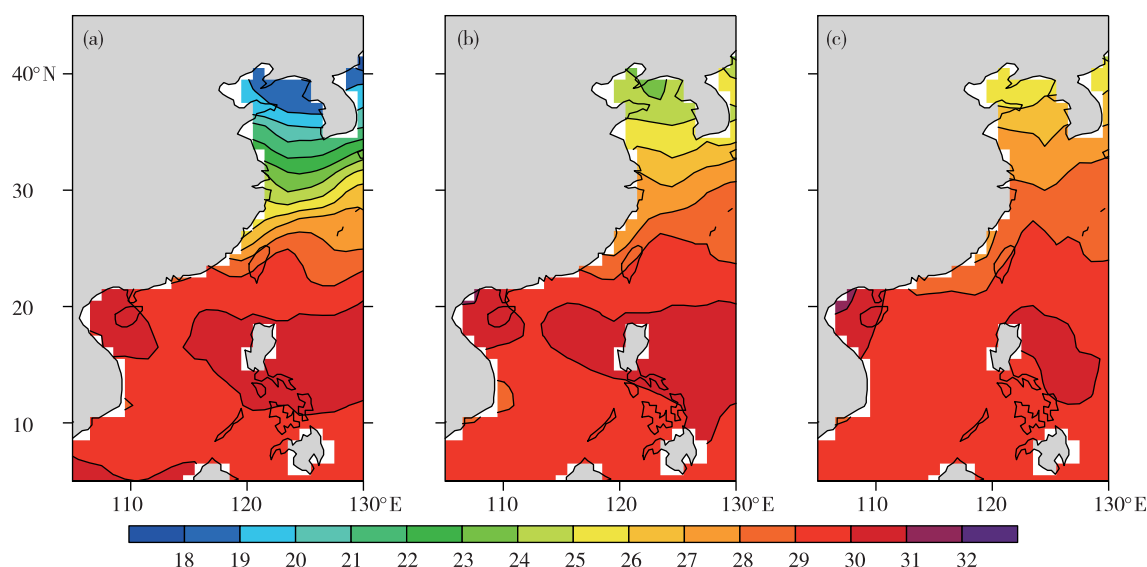


图14 2021年夏季月平均海面温度(a. 6月,b. 7月,c. 8月;色阶,单位:℃)

Fig.14 Monthly mean sea surface temperature (color scale, units: $^{\circ}\text{C}$) in June (a), July (b), August (c) during summer 2021

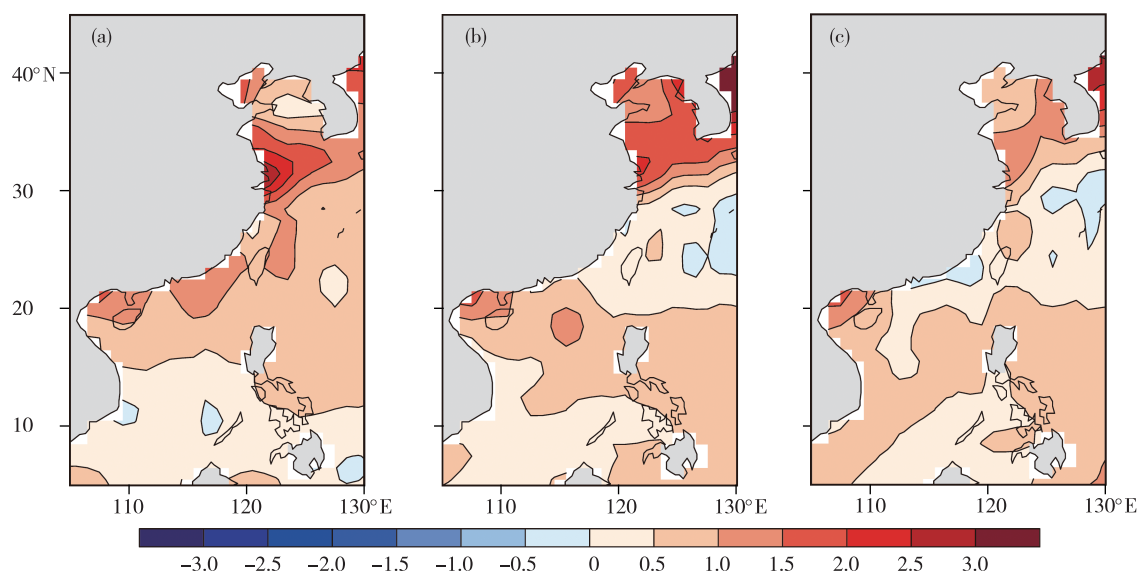


图15 2021年夏季海面温度距平(a. 6月,b. 7月,c. 8月;色阶,单位:℃)

Fig.15 Sea surface temperature anomalies (color scale, units: $^{\circ}\text{C}$) in June (a), July (b), August (c) during summer 2021

偏少。6月,我国北方海域在偏南暖湿气流的作用下多发海雾天气。7—8月,海上大风、大浪过程多伴随热带气旋和入海气旋发生。具体天气总结如下:

1)我国近海出现了9次8级以上大风过程,其中热带气旋大风过程6次,入海气旋影响的大风过程3次。台风“烟花”在我国东部近海活动,造成一次范围广、时间长、风力大的大风过程。

2)我国近海共出现7次比较明显的海雾过程,逐月分布为:6月4次,7月3次。6、7月北方海域海面温度较低,大气升温较快,当有偏南暖湿气流

北上至冷的海洋下垫面时,黄渤海海域多发平流冷却雾。

3)西北太平洋和南海共生成9个台风,较常年平均偏少2.6个,其中登陆台风3个,较常年平均偏少1.4个。全球其他海域共有23个热带气旋生成,分别为东太平洋13个,北大西洋10个。

4)我国近海浪高2 m以上的海浪过程有10次,2 m以上大浪的天数共计38 d,主要的大浪区域有东海东部海域、台湾海峡、台湾以东洋面、巴士海峡。7月受强台风“烟花”活动影响,我国近海平均浪高显著升高。

5)我国北部及东部海域海面温度明显升高,从北到南的海面温度梯度减小,热带洋面海温变化不大。

参考文献:

- [1] 王海平,王慧,杨正龙,等.2017年夏季海洋天气评述[J].海洋气象学报,2017,37(4):75-84.
- [2] 聂高臻,黄彬,曹越男,等.2018年夏季海洋天气评述[J].海洋气象学报,2018,38(4):103-114.
- [3] 王靖,黄彬,聂高臻,等.2018年冬季海洋天气评述[J].海洋气象学报,2019,39(2):94-105.
- [4] 柳龙生,黄彬,吕爱民,等.2019年夏季海洋天气评述[J].海洋气象学报,2019,39(4):97-107.
- [5] 向纯怡,黄彬,柳龙生.2020年夏季海洋天气评述[J].海洋气象学报,2020,40(4):11-21.
- [6] 张江涛,耿飞,于晓龙.台风“利奇马”引导气流的计算方法研究[J].气象科学,2020,40(6):802-809.
- [7] CHAN J C L, GRAY W M. Tropical cyclone movement and surrounding flow relationship [J]. Mon Wea Rev, 1982, 110(10):1354-1374.
- [8] KOSSIN J P. A global slowdown of tropical-cyclone translation speed [J]. Nature, 2018, 558:104-107.
- [9] KNUTSON T, CAMARGO S J, CHAN J C L, et al. Tropical cyclones and climate change assessment: Part II. Projected response to anthropogenic warming [J]. Bull Amer Meteor Soc, 2020, 101(3):E303-E322.
- [10] 傅刚,宋亚娟.北太平洋海雾发生频率的气候特征[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2014,44(10):35-41.