

# 2019年11月西北太平洋热带气旋生成频数 异常偏多的成因分析

周群, 黄焕卿, 张润宇, 邓小花

(国家海洋环境预报中心, 北京 100181)

**摘要:** 基于1979—2019年NCEP-DOE再分析资料、中国气象局发布的热带气旋(TC)最佳路径数据集和HadISST全球海温资料等,研究了2019年11月西北太平洋TC生成频数异常偏多的可能原因。结果表明:2019年11月西太平洋副热带高压(WPSH)强度偏强、脊线偏北,其南侧偏东气流与越赤道气流交汇形成的西北太平洋热带辐合带偏强偏北、向东延伸,为TC生成创造了低层强的辐合、高层强的辐散、小的风速垂直切变以及对流层中层充足的水汽等有利的大尺度环境条件,导致TC生成频次异常偏多、生成位置偏北偏东。采用EOF方法进行分析,发现11月东亚大槽年际变化的第二模态为南北反位相型分布,对应的第二特征向量(PC2)与WPSH脊线指数具有高度一致性,且与同期西北太平洋上空TC生成频数呈显著的正相关关系。即当11月东亚大槽北部加深而南部变浅时,对应WPSH脊线偏北,TC生成频数偏多,表明深秋季节西风带槽脊活动对西北太平洋TC生成有一定的调制作用。进一步的诊断分析揭示了北太平洋海温异常可能是造成东亚大槽经向偶极子型变异的重要因子。

**关键词:** 热带气旋;西太平洋副热带高压;东亚大槽

**中图分类号:** P444 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2021)01-0018-08

## 1 引言

据统计,全球约1/3的热带气旋(Tropical Cyclone, TC)在西北太平洋海域上空生成,每年由于TC活动带来的狂风巨浪和灾害性风暴潮给中国、菲律宾、越南、韩国和日本等国家造成严重的经济损失和重大人员伤亡<sup>[1]</sup>。长期以来,关于TC生成的气候学研究以及TC生成异常的成因研究在气象学界受到高度重视<sup>[2-5]</sup>。已有的结果表明西北太平洋季风槽(热带辐合带)可以为TC生成提供有利的大尺度环境条件<sup>[6-7]</sup>,在季风槽中生成的TC占西北太平洋上空生成TC总数的80%以上<sup>[8]</sup>。许多海洋和大气模态通过影响季风槽,能够调制西北太平洋TC的生成频次和生成位置<sup>[9-11]</sup>。这些研究对全面认识

影响TC生成的环境因子以及提高西北太平洋TC活动的季节预测水平都有着重要的科学意义和实用价值。

由于海洋具有较高的热容量,西北太平洋秋季(9—11月)海温较夏季(6—8月)偏暖,故秋季是TC平均强度最强的季节<sup>[12]</sup>。随着冷空气逐步活跃,秋季西太平洋副热带高压(Western Pacific Subtropical High, WPSH)变异与中纬度西风带系统的活动密不可分,无疑加大了TC活动的预报难度。因此,秋季TC活动具有预测难度大和致灾性强等特点<sup>[13]</sup>。已有的工作揭示了热带印度洋偶极子和不同的厄尔尼诺-南方涛动(El Niño - Southern Oscillation, ENSO)事件等与秋季西北太平洋TC活动的可能联系<sup>[13-15]</sup>,但总体来说,此前聚焦秋季西北太平洋TC

收稿日期: 2020-02-12; 修回日期: 2020-04-03。

基金项目: 中国科学院海洋环流与波动重点实验室开放基金项目(KLOCW1902)。

作者简介: 周群(1986-),女,助理研究员,博士,主要从事台风气候学及季风动力学方面的研究。E-mail: zhouqun1224@163.com

生成频次的研究工作相对较少。另一方面,一系列工作揭示了东亚大槽引导的冷空气入侵到热带地区与湿热的空气汇合能产生活跃的对流<sup>[16-18]</sup>,然而,针对秋季热带外大气环流异常与TC活动的联系的研究较少涉及。

我国是受西北太平洋TC活动影响最严重的国家之一,平均每年由此产生的经济损失可达200多亿元,人员伤亡可达数百人<sup>[1]</sup>。对秋季TC生成的预测是一个十分复杂的问题。2019年11月,西北太平洋TC生成频次(6个)异常偏多,为历史同期最多的年份之一(同1991年),其原因何在?是否与西风带槽脊活动有关?为此,本文首先考察了2019年11月有利于西北太平洋上空TC生成的大尺度环境条件,结合热带辐合带、WPSH位置及强度的改变,全面分析了造成2019年11月西北太平洋TC生成频次异常的环流背景。接下来的诊断分析从东亚大槽变异的角度出发,揭示深秋季节(11月)影响TC生成的关键环流因子,以期对TC生成的季节预报带来一定的帮助。

## 2 资料与方法

文中所使用的数据资料包括:(1)美国国家环境预报中心(National Centers for Environmental Prediction, NCEP)提供的1979—2019年NCEP-DOE全球大气月平均再分析数据集<sup>[19]</sup>。该资料水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ,垂直方向从1 000~10 hPa共计17层,所用变量包括:海平面气压、水平风、位势高度和相对湿度;(2)中国气象局TC资料中心发布的最佳路径数据集;(3)海温资料取自英国气象

局哈德利(Hadley)中心提供的水平分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 的月平均海表面温度(Sea Surface Temperature, SST)数据集HadISST,其水平分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ ;(4)WPSH指数由中国气象局国家气候中心提供。本研究只考察西北太平洋( $180^{\circ}$ 以西,赤道以北)范围内生成的TC(中心附近最大风速 $\geq 18$  m/s)。文中采用的方法包括合成分析、相关分析以及经验正交函数(Empirical Orthogonal Function, EOF)分析,主要利用 $t$ 检验来验证统计分析的显著性。

## 3 2019年11月TC生成频数异常偏多的环流背景分析

2019年11月西北太平洋及南海海域上空共生成6个TC,较多年(1979—2019年)平均值偏多3.7个,为历史同期TC生成最多的年份之一;TC平均生成位置( $139.8^{\circ}\text{E}$ ,  $13.7^{\circ}\text{N}$ )较多年平均值( $136.5^{\circ}\text{E}$ ,  $9.4^{\circ}\text{N}$ )偏东且偏北(见图1)。西北太平洋热带辐合带是TC生成的重要大尺度环流背景,热带西北太平洋的海温异常对TC生成也有着重要的作用<sup>[20-21]</sup>。那么,2019年11月TC生成频数(Tropical Cyclone Genesis Index, TGI)和区域的异常与热带西北太平洋的热力状态以及热带辐合带强度和位置的变化是否有关呢?

从南半球越赤道而来的偏南气流在科氏力作用下转向西南,此西南气流在西北太平洋上空与热带中东太平洋对流层低层而来的偏东气流汇合并沿WPSH西南侧向西北方向吹,从而形成热带辐合带<sup>[1]</sup>。图1分别给出多年平均和2019年11月西北太平洋的热力状态及其上空对流层低层流场、对流层

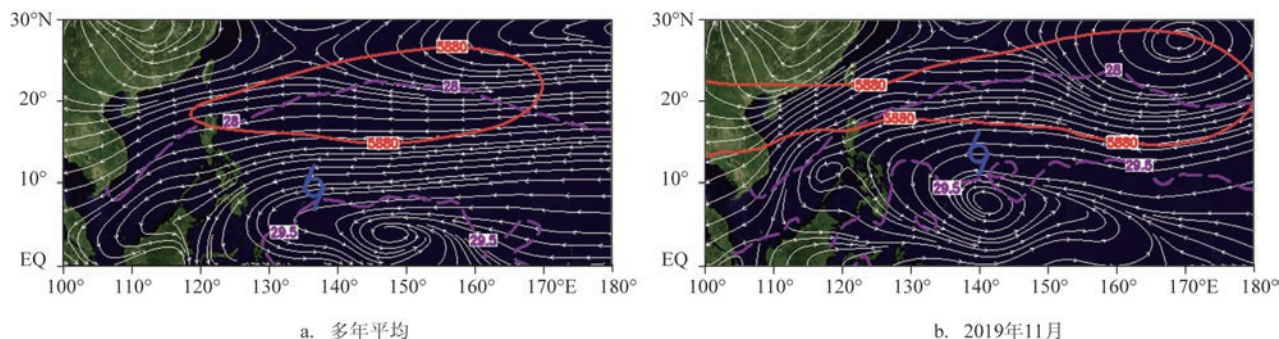


图1 西北太平洋上空850 hPa相对涡度(阴影:  $\times 10^{-6}/\text{s}$ )和流场(流线)分布(●:热带气旋平均生成位置;蓝色实线:WPSH 5 880 gpm等值线;紫色虚线:28.5℃和29.5℃ SST等值线)



中层 WPSH 特征线的分布情况。一般而言,深秋季节菲律宾以东和  $18^{\circ}\text{N}$  以南洋面的海温大都高于  $28^{\circ}\text{C}$ , 满足 TC 生成的热力条件(其中,  $130^{\circ}\sim 165^{\circ}\text{E}$  的近赤道地区海温高于  $29.5^{\circ}\text{C}$ )。WPSH 主体位于  $120^{\circ}\text{E}$  以东的西北太平洋洋面上空, 热带辐合带位于  $5^{\circ}\text{N}$  以南的近赤道地区, 自我国南海海域一直向东南方向延伸到  $160^{\circ}\text{E}$ , 即越赤道气流和副热带高压脊南侧的偏东气流形成的切变线延伸到  $160^{\circ}\text{E}$  附近。与此不同的是, 2019 年 11 月热带西北太平洋海温更加偏暖(赤道附近海温高于  $29.5^{\circ}\text{C}$  的区域呈带状分布), 海温高于  $28^{\circ}\text{C}$  的区域范围向北扩展(覆盖菲律宾以东和  $20^{\circ}\text{N}$  以南的广阔洋面), WPSH 呈东西带状分布、面积偏大、强度偏强且脊线位置明显偏北, 越赤道气流和偏东风汇合而成的切变线北移至  $10^{\circ}\text{N}$  附近且东端延伸到近  $170^{\circ}\text{E}$ , 较多年平均态偏北 5 个纬度且偏东 10 个经度, 对应 TC 生成位置偏北且偏东。由于 850 hPa 相对涡度场能够反映热带辐合带的强度, 故相较于多年平均态, 2019 年 11 月西北太平洋上空的热带辐合带强度明显偏强, 从而能为 TC 的生成和发展提供更有利的大尺度环境条件。这里的结果表明, 2019 年 11 月西北太平洋具备 TC 生成基本条件的暖海温(达到  $28^{\circ}\text{C}$ )区域很

广, 对 TC 的生成十分有利; 热带辐合带强度和位置的异常与 WPSH 的变化密切相关, 也与同期 TC 生成频次偏多、生成位置偏东偏北相吻合。

图 2 给出了影响 TC 生成的各环境因子的合成分布。对流层低层气旋式相对涡度可为 TC 的生成和发展提供大尺度的辐合上升运动<sup>[23]</sup>, 合成场显示 2019 年 11 月热带西北太平洋基本为 850 hPa 正涡度区域覆盖(见图 2a)。较强的对流层高层辐散使得大尺度上升运动加剧, 促进对流层中层正相对涡度的发展, 对 TC 生成起到了关键作用<sup>[23]</sup>, 合成结果显示西北太平洋上空的高层散度以正异常为主(见图 2b)。较小的风切变使得初始扰动的对流凝结所释放的潜热能更好地集中在对流层中上层有限的空间范围内, 形成暖心结构, 故 TC 往往生成于垂直风切变较小的区域<sup>[23]</sup>。由图 2c 可以看到 2019 年 11 月整个西北太平洋上空的垂直风切变较多年平均态明显偏小, 有利于 TC 生成。水汽对于 TC 生成也是一个重要的环境因子, 若某区域对流层中层的相对湿度不高, 不利于凝结潜热的释放和上升运动的加强, 则此区域 TC 生成少<sup>[8]</sup>。从图 2d 中可见热带西北太平洋几乎为一致的相对湿度正异常区, 表明 2019 年 11 月中层大气的水汽更加充足, 对 TC 的生成更

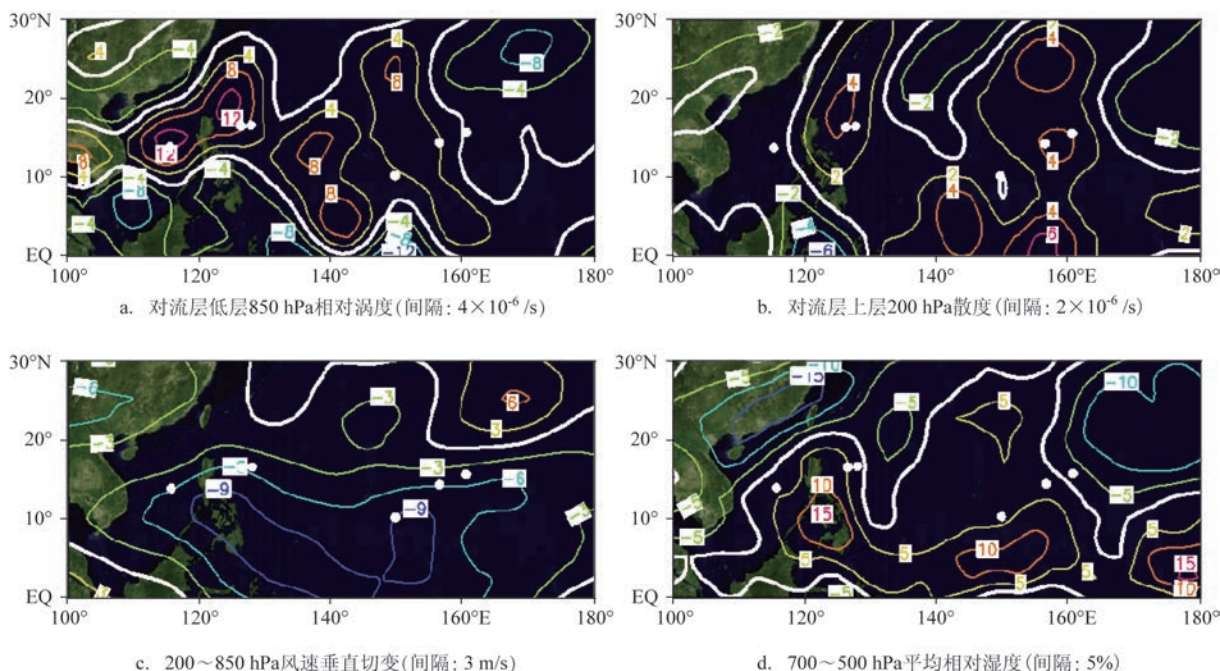


图2 西北太平洋上空11月合成(2019年减去1979—2019年平均)的大尺度环境因子距平分布  
(白色圆点表示2019年11月热带气旋的生成位置。白色等值线表示零线)

为有利。因此,2019年11月西北太平洋上空对流层低层正的涡度、高层强的辐散、小的垂直风切变以及对流层中层较好的水汽条件等有利于TC生成的大尺度环境因子较多年平均态强度明显偏强(在TC生成位置附近尤为明显),并且一直向东延伸到日界线附近,这可以很好地解释TGI及源地异常的特征。

#### 4 热带外大气环流异常对11月TC生成的可能影响

秋季TC活动往往受到中高纬系统和热带系统

的共同影响<sup>[13]</sup>。为了深入研究影响11月TGI的热带外大气环流异常,我们计算了WPSH各指数(面积、强度、脊线和西伸脊点指数)与TC生成频次的相关系数。其中WPSH脊线指数与11月TC生成数具有显著的正相关关系,1979—2019年(共计41 a)期间二者的相关系数为0.34(高于95%的信度检验水平)。从标准化的11月TGI与WPSH脊线指数的时间演变序列来看,二者具有同位相变化的特征(见图3a),表明WPSH脊线位置的南北偏移对深秋季节西北太平洋TC生成具有重要影响。当WPSH脊线位置偏北时,更多的TC在西北太平洋上空生成;相反,当WPSH脊线位置偏南时,西北太平洋TC

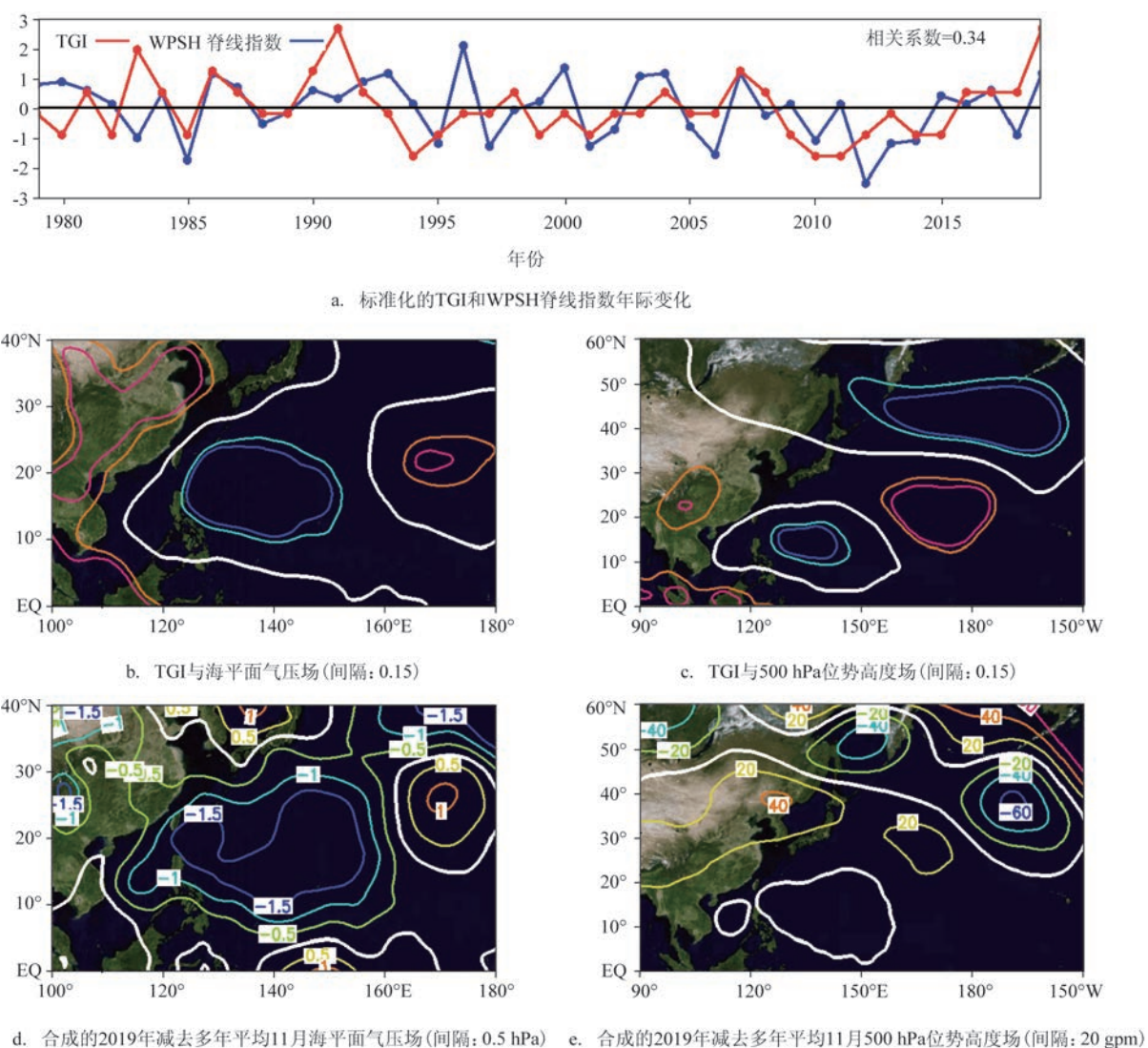


图3 1979—2019年11月TGI及其与环流场的相关分布(红(橙)、深蓝(浅蓝)色线分别表示正、负值通过95%(90%)信度检验的区域,白色等值线表示零线。)



生成个数偏少。将TGI时间序列与同期环流场做相关分析(见图3b和3c),发现TC生成偏多时,菲律宾以东海域上空存在一个海表面气压场的负异常区;对流层中层位势高度场的相关结果表现为自菲律宾附近地区向东北方向依次为负-正-负的三极型分布,其中热带地区的负值区与西北太平洋热带对流活动发展旺盛相对应,而中高纬度地区的偶极型分布则与东亚大槽活动的异常密切相关。与此同时,合成的环流异常结果显示(见图3d和3e),在菲律宾以东海域上空存在负异常区,表明该区域存在辐合上升运动,在中高纬度地区有北负南正的500 hPa位势高度异常分布,这些均与TC偏多年的环流诊断结果相一致。

为了系统地研究深秋季节热带外大气环流异常对西北太平洋上空TC生成的可能影响,我们选取秋季东亚大槽所在关键区( $100^{\circ}\text{E}\sim 180^{\circ}$ ,  $32.5^{\circ}\sim 57.5^{\circ}\text{N}$ ;图3e中红色方框区域),对经标准化处理后的500 hPa位势高度场进行EOF分析。这主要是因为受到临近区域较大方差的影响,如果直接采用距平场对东亚大槽区域的位势高度场进行EOF分解,结果可能存在一定偏差<sup>[25]</sup>。11月东亚大槽年际变化的第一模态(EOF1)表现为日本附近为中心的全区一致变化的空间型,反映了大槽强度的变化,能够解释东亚大槽40.3%的年际变化方差(图

略)。第二模态(EOF2)表现为中心位于 $165^{\circ}\text{E}$ 的经向偶极子分布型,描述的是大槽位置的南北变化,其方差贡献为23.2%(见图4a)。对应的第二主分量(PC2,见图4b)时间序列与同期WPSH脊线指数具有高度一致性,研究时段内二者的相关系数高达0.64,远超过99%的信度检验水平;计算PC2时间序列与同期西北太平洋TGI之间的相关系数为0.34(通过95%信度检验水平),表明二者具有显著的正相关关系。也就是说,当PC2处于高位相时,东亚大槽北部加深而南部变浅,对应WPSH脊线位置明显偏北,西北太平洋上空TC生成频次偏多;相反,当PC2处于低位相时, $40^{\circ}\text{N}$ 以北地区大槽减弱而中纬度短波槽加深,对应WPSH脊线位置明显南落,不利于西北太平洋TC的生成。

鉴于西风带槽脊活动与西北太平洋TC生成频次紧密联系,如何预测东亚大槽的变化显得十分重要。前人的研究工作指出北太平洋海温异常对冬季东亚大槽变异有一定的预测意义<sup>[25]</sup>,所以有必要考察与PC2时间序列有关的同期北太平洋海温的异常分布情况。由图4c可以看出,最显著的特征即为中心位于日界线以西和 $40^{\circ}\text{N}$ 附近,范围覆盖日本海和鄂霍次克海并向东扩展直至日界线以东的负相关区,表明当东亚大槽位置偏北时,上述地区(尤其是 $150^{\circ}\text{E}\sim 170^{\circ}\text{W}$ ,  $35^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 区域范围内)为海

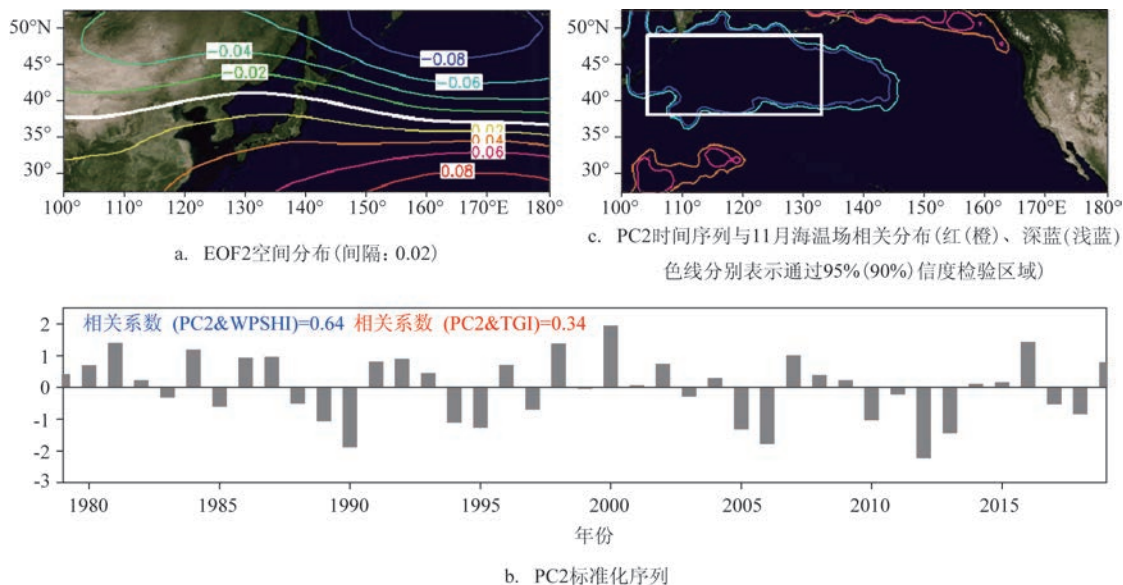


图4 1979—2019年11月东亚大槽槽区500 hPa位势高度场EOF分解展开的空间模态、对应的时间系数及其与同期海温场的联系(红(橙)、深蓝(浅蓝)色阴影分别表示正、负值通过95%(90%))

温负异常占据。事实上,北太平洋海温距平与PC2时间序列间的显著关系从当年夏季就已经存在,夏季(6—7月)北太平洋中高纬度海域的冷海温信号首先出现在日界线附近,转入秋季(8—9月)冷海温异常强度增强、范围向西延伸至日本附近海域,至深秋(10—11月)这一异常信号迅速发展、范围显著增大(覆盖 $150^{\circ}\text{E}\sim 170^{\circ}\text{W}$ 、 $35^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 海区)(见图5)。也就是说,北太平洋中高纬度地区的冷海温信号可以从夏季一直持续到秋季,表明前期该地区的

海温异常对深秋季节东亚大槽的年际变化可能存在强迫作用。这与前人基于资料诊断的研究结果相一致,北太平洋海温异常对东亚大槽结构的影响可能是通过激发垂直传播的大气准定常波来实现的<sup>[25]</sup>。以上分析结果表明,作为中高纬天气系统的重要成员,东亚大槽活动的年际变化与深秋季节TC生成数有着密切的关系,而东亚大槽变异又受到北太平洋海温异常的调制。由于海洋比大气具有更高的可预报性,因此,北太平洋中高纬度海温异常的建立和维持可以为TC生成的短期气候预测业务预报提供重要参考。

## 5 结论

本文利用1979—2019年NCEP-DOE再分析资料、中国气象局发布的TC最佳路径数据集以及HadISST海温资料等,首先对2019年11月西北太平洋上空有利于TC生成的环境场因子进行诊断分析,随后探讨了热带外大气环流变化与TC生成频次的可能联系。主要结论如下:

(1)相较于多年平均态,2019年11月西北太平洋满足TC生成条件的暖海温区域范围更广,WPSH强度偏强、脊线偏北,共有6个TC在西北太平洋上生成,生成频数异常偏多且生成位置偏东偏北,这与同期热带辐合带强度偏强、位置偏北并向东延伸相一致。西北太平洋热带辐合带为TC生成和发展提供了包括850 hPa强的辐合、200 hPa强的辐散、小的风速垂直切变以及对流层中层充足的水汽等有利的大尺度环境因子,2019年11月上述因子强度偏强并向东扩展,很好地解释了TC生成频次偏多且源地偏东偏北的特征。

(2)诊断结果表明11月TC生成频次与WPSH脊线指数呈显著的正相关关系,即当WPSH脊线偏北时,有利于西北太平洋上空TC生成,而WPSH脊线偏南时,西北太平洋上空TGI偏少。深秋季节WPSH脊线的南北偏移与热带外大气环流异常是密不可分的。利用EOF分析发现东亚大槽年际变化的第二空间模态表现为经向的偶极子型,对应的PC2与WPSH脊线指数和TC生成频次的相关系数分别为0.64和0.34(分别能通过99%和95%的信度检验),表明东亚大槽北部加深而南部变浅时,

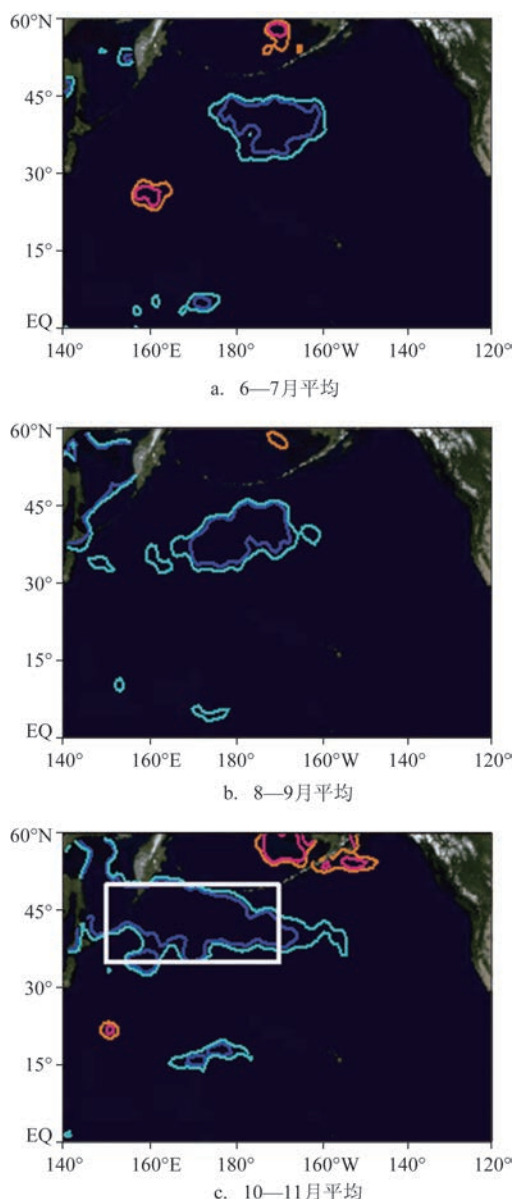


图5 1979—2019年PC2时间序列与北太平洋海温场演变的相关分布(红(橙)、深蓝(浅蓝)色阴影分别表示正、负值通过95%(90%)信度检验的区域)

WPSH脊线偏北,有利于深秋季节西北太平洋上空TC的生成。

(3)进一步的分析显示北太平洋中高纬度海温异常对东亚大槽的南北振荡型模态可能存在强迫作用,可以作为11月西北太平洋TC生成频次的预测因子,为台风灾害的季节预测提供一定的参考依据。然而,北太平洋海温通过怎样的物理过程影响东亚大槽变异还需要全面系统的考察,此外,秋季早期(9—10月)西风带槽脊活动是否也会对西北太平洋TC活动有重要影响仍需要利用再分析资料和数值模拟等手段进行深入的分析 and 探究。

### 参考文献:

- [1] 黄荣辉, 皇甫静亮, 武亮, 等. 关于西北太平洋季风槽年际和年代际变异及其对热带气旋生成影响和机理的研究[J]. 热带气象学报, 2016, 32(6): 767-785.
- [2] 陈联寿, 丁一汇. 西太平洋台风概论[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 491.
- [3] 曹剑, 吴立广, 潘维玉. 2006年7-9月西北太平洋热带气旋季节活动的数值模拟[J]. 大气科学学报, 2012, 35(2): 148-162.
- [4] 冯涛, 沈新勇, 黄荣辉, 等. 热带西太平洋越赤道气流的年际变化对西北太平洋热带气旋生成的影响[J]. 热带气象学报, 2014, 30(1): 11-22.
- [5] CAO X, CHEN S F, CHEN G H, et al. On the weakened relationship between spring Arctic Oscillation and following summer tropical cyclone frequency over the western North Pacific: a comparison between 1968-1986 and 1989-2007[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2015, 32(10): 1319-1328.
- [6] 冯涛, 黄荣辉, 杨修群, 等. 2004年与2006年7~9月西北太平洋上空大尺度环流场与天气尺度波动的差别及其对热带气旋生成的影响[J]. 大气科学, 2016, 40(1): 157-175.
- [7] 张翔, 武亮, 皇甫静亮, 等. 西北太平洋季风槽的季节和年际变化特征及其与热带气旋生成大尺度环境因子的联系[J]. 气候与环境研究, 2017, 22(4): 418-434.
- [8] Huang R H, Huangfu J L, Wu L, et al. Research on the interannual and interdecadal variabilities of the monsoon trough and their impacts on tropical cyclone genesis over the western North Pacific ocean[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2018, 24(4): 395-420.
- [9] 周群, 张润宇. 2017年7月西北太平洋热带气旋活动特征及其与北极涛动的联系[J]. 海洋预报, 2018, 35(4): 1-7.
- [10] 周群, 魏立新. 两类ENSO与IOD对西北太平洋季风槽及热带气旋生成的影响[C]//中国海洋学会2019海洋学术(国际)双年会论文集. 三亚: 中国海洋学会, 2019.
- [11] Zhou Q, Chen W. Unstable relationship between spring NAO and summer tropical cyclone genesis frequency over the western North Pacific[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2020, 39(5): 65-76.
- [12] 吴彦洁, 黄菲, 许士斌, 等. 秋季西北太平洋热带气旋累积能量的年际变化及其预报[J]. 海洋气象学报, 2018, 38(4): 19-27.
- [13] Zhou Q, Wei L X, Zhang R Y. Influence of Indian Ocean Dipole on tropical cyclone activity over western North Pacific in boreal autumn[J]. Journal of Ocean University of China, 2019, 18(4): 795-802.
- [14] 朱赛智, 孟祥凤. 两类El Niño Modoki事件时西北太平洋秋季热带气旋生成地的差异[J]. 海洋环境科学, 2015, 34(2): 255-260.
- [15] Wu M C, Chang W L, Leung W M. Impacts of El Niño-Southern Oscillation events on tropical cyclone landfalling activity in the western North Pacific[J]. Journal of Climate, 2004, 17(6): 1419-1428.
- [16] Li C Y. Interaction between anomalous winter monsoon in East Asia and El Niño events[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 1990, 7(1): 36-46.
- [17] Trenberth K E, Hurrell J W, Stepaniak D P. The Asian monsoon: global perspectives[M]//Wang B. The Asian Monsoon. Berlin: Springer, 2006: 67-87.
- [18] Wang L, Wang L. Impact of the East Asian winter monsoon on tropical cyclone genesis frequency over the South China Sea[J]. International Journal of Climatology, 2020, 40(2): 1328-1334.
- [19] Kanamitsu M, Ebisuzaki W, Woollen J, et al. NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2)[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2002, 83(11): 1631-1644.
- [20] Chen G H, Huang R H. Influence of monsoon over the warm pool on interannual variation on tropical cyclone activity over the western North Pacific[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2008, 25(2): 319-328.
- [21] 曹西, 陈光华, 黄荣辉, 等. 夏季西北太平洋热带辐合带的强度变化特征及其对热带气旋的影响[J]. 热带气象学报, 2013, 29(2): 198-206.
- [22] Li C F, Lu R Y, Chen G H. Promising prediction of the monsoon trough and its implication for tropical cyclone activity over the western North Pacific[J]. Environmental Research Letters, 2017, 12(7): 074027.
- [23] Feng T, Chen G H, Huang R H, et al. Large-scale circulation patterns favourable to tropical cyclogenesis over the western North Pacific and associated barotropic energy conversions[J]. International Journal of Climatology, 2014, 34(1): 216-227.
- [24] Wang L, Chen W, Zhou W, et al. Interannual variations of East Asian trough axis at 500 hPa and its association with the East Asian winter monsoon pathway[J]. Journal of Climate, 2009, 22(3): 600-614.

## Study of the causation of anomaly higher tropical cyclone genesis frequency over the western North Pacific in November 2019

ZHOU Qun, HUANG Huan-qing, ZHANG Run-yu, DENG Xiao-hua

(National Marine Environmental Forecasting Center, Beijing 100081 China)

**Abstract:** Based on the tropical cyclone (TC) data from CMA, NCEP-DOE reanalysis and HadISST datasets, this study investigates the possible reason for the above-normal tropical cyclogenesis frequency over the western North Pacific (WNP) in November 2019. The intensity of the western Pacific subtropical high (WPSH) is found to be much stronger with the ridge line shifting northward in November 2019. The related WNP monsoon trough tends to be intensified, move northward and extend eastward, accompanied by the enhanced lower-level convergence, stronger upper-level divergence, weaker vertical zonal wind shear and a positive mid-level relative humidity anomaly in the tropical western-central Pacific, which favors the increased tropical cyclogenesis frequency in the WNP. The EOF analysis reveals that the second mode of the annual variations of East Asian trough (EAT) is a meridional dipole distribution. The corresponding second eigenvectors are in high consistency with the WPSH ridge index and in significantly positive correlation with the TC genesis frequency during November of 1979—2019, suggesting the modulation effect of the extra-tropical circulation on the WNP TC genesis. Further examinations indicate that the meridional dipole pattern of the EAT may be attributed to the anomalous SST over the North Pacific.

**Key words:** tropical cyclone; western Pacific subtropical high; East Asian trough