

# 2017年7—10月西北太平洋TC生成异常特征及成因分析

姚小娟, 张海燕

(国家海洋局南海预报中心, 广东 广州 510300)

**摘要:** 利用CMA-STI热带气旋最佳路径数据集和NCEP/DOE再分析资料,对2017年7—10月西北太平洋热带气旋(TC)生成异常特征及大尺度环流成因进行了分析。结果表明:(1)2017年7月西北太平洋TC生成个数异常偏多、生成时间集中,7—10月TC生成位置异常偏西;(2)西北太平洋副热带高压7月下旬持续减弱东退和20~60 d季节内振荡异常活跃是该时期西北太平洋TC频繁生成的重要原因;(3)西北太平洋上空大尺度环流异常造成了2017年7—10月西北太平洋TC生成位置偏西。西北太平洋中、东部海域为强盛副高控制,但在南海至菲律宾以东洋面季风槽活跃,该海域对流层低层形成气旋性涡旋、高空散度和低层涡度大、垂直风切变偏小、对流层中层湿度大。而西太平洋越赤道气流与西北太平洋上空大尺度环流一致变化,越赤道气流偏弱,仅有位于105°E的越赤道气流较强,使得西北太平洋上空利于TC生成的环流西移;(4)受La Nina事件发展影响,赤道太平洋出现东风异常以及Walker环流异常偏西,使得与TC生成有关的大尺度辐合中心西移,造成TC生成位置偏西。

**关键词:** TC生成特征;大尺度环流;La Nina事件

**中图分类号:** P444 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2019)05-0053-10

## 1 引言

西北太平洋(包括南海)热带气旋(Tropical Cyclone, TC)是全球TC发生最多的海域,我国东临西太平洋,是世界上受TC影响最频繁、受灾最严重的地区之一。每年中国东部、南部地区都可能面临着TC正面袭击,因TC造成的损失难以估计,一次TC登陆,其带来的狂风、暴雨、巨浪和风暴潮给当地造成严重灾害,防台抗台已成为每年台风季节沿海各级政府部门和气象海洋等部门的一项重要任务。TC生成对其未来的发展趋势有很重要影响,研究TC的生成特征,对于认识TC的活动规律,预防和减少灾害有着重要意义。

关于TC生成的研究,国内外学者很早就开展了大量研究工作,并发现了很多有价值的结论和规律。研究成果<sup>[1-20]</sup>表明,西北太平洋TC的生成往往

受大尺度海、气环流影响,如ENSO(El Niño-Southern Oscillation,厄尔尼诺-南方涛动)、西北太平洋海域关键区海温、副热带高压(副高)、季风槽、环境风垂直切变、高空散度、低层相对涡度、越赤道气流、热带大气季节内振荡(Madden-Julian Oscillation, MJO)、对流层中层湿度条件等诸多因素影响。很多研究工作集中于某个因素异常对TC产生的影响,如陈光华等<sup>[14]</sup>研究了西太暖池热状态对TC活动的影响,发现暖池次表层海温与生成的TC个数具有显著相关,暖池处于热状态时TC偏少,TC生成位置偏向西北太平洋西北侧,暖池处于冷状态时TC偏多,TC生成位置偏向西北太平洋东南侧。陈光华等<sup>[15]</sup>从动力和能量转换方面深入分析了西北太平洋低频振荡对TC生成的调制作用,认为西北太平洋西侧MJO活动频繁,西风位相活跃,利于该区域TC生成。孙长等<sup>[16]</sup>分析1991年夏季大气季节内振荡

收稿日期: 2018-10-08; 修回日期: 2018-12-07。

基金项目: 国家重点研发计划重点专项项目(2016YFC1401503);国家海洋局海洋公益性行业科研专项(201505014-6)。

作者简介: 姚小娟(1985-),女,工程师,硕士,主要从事南海气象和热带气旋活动研究工作。E-mail:402570795@qq.com

和 TC 生成的关系时发现 20~60 d 的准周期振荡与西北太平洋夏季 TC 活动有很好对应关系,对 TC 群发有明显影响。冯涛等<sup>[19]</sup>研究指出,西太平洋赤道气流与西北太平洋 TC 生成有密切关系,并从正压能量转换的角度分析了赤道气流对 TC 生成的动力作用,赤道气流强,西太平洋季风槽容易东伸,东部的扰动容易从基本气流获得动能加强形成 TC,最终导致西太平洋中、东部海域 TC 生成较多,反之则情况相反。有些研究在探索某个因素异常对 TC 产生的影响时发现某个因素起主导作用或某个因素与其他因素之间存在相互作用,例如周学鸣等<sup>[13]</sup>系统分析了 1951—2003 年夏季西太平洋台风频数异常与 ENSO 事件的关系及大气环流异常特征,认为大气环流异常并非单一因素的影响,海气及南北半球大气环流的相互作用相当复杂,当夏季南半球马斯克林高压和澳大利亚高压无明显系统性异常时,热源强迫出来的 Walker 环流异常的影响占主导作用,并遵循 ENSO 事件对大气环流及台风频数影响的基本规律,反之则情况相反。事实上,每年影响西北太平洋 TC 活动的主导因素不尽相同,导致各年 TC 活动出现不同情况,给 TC 预报带来很大的难度。本文旨在从大尺度环流系统演变及其异常特征入手,分析 2017 年台风季节(7—10 月)西北太平洋 TC 生成的异常特征及可能成因,以提高对 TC 的预报水平。

## 2 资料和方法

本文采用的 TC 资料取自中国台风网(<http://www.typhoon.gov.cn>)“CMA-STI 热带气旋最佳路径数据集”。大气资料采用 NCEP/DOE 再分析资料,包括逐月高度场、风场、相对湿度、气温和 NCEP/DOE AMIP-II 逐日风场等,水平空间分辨率为  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ,垂直方向从 1000~100 hPa 共 12 层等压面。变量的气候平均值均为 1981—2010 年的 30 a 平均值。

本文使用的 TC 强度根据《热带气旋等级》国家标准(GB/T19201—2006)。定义当 CMA-STI 热带气旋最佳路径数据集中近洋面上的 TC 最大风速首次达到或超过 10.8 m/s 的时刻,作为该 TC 的生成时刻,并把该时刻 TC 所处的经纬度作为其生成位置。本文仅统计强度达热带风暴级以上强度的 TC。计算大气低

层和高层水平风场的垂直切变大小的公式如下:

$$U_{850-200} = \sqrt{(u_{850} - u_{200})^2 + (v_{850} - v_{200})^2}$$

式中: $u_{200}$  和  $u_{850}$  分别是 200 hPa 和 850 hPa 面上各格点的纬向风速, $v_{200}$  和  $v_{850}$  分别是 200 hPa 和 850 hPa 面上各格点的经向风速。为了研究西北太平洋上空低频振荡对 TC 生成的影响,本文使用了谐波分析方法<sup>[21]</sup>。

## 3 2017 年 7—10 月西北太平洋 TC 生成异常特征

### 3.1 7 月 TC 生成个数偏多、生成时间集中

2017 年 7—10 月是 TC 高发期,这期间西北太平洋共有 22 个 TC 生成(见表 1),较多年平均(17.7 个)明显偏多。考查 TC 个数逐月分布后发现,2017 年 7—10 月西北太平洋 TC 生成个数明显偏多主要是 7 月 TC 生成个数异常偏多导致(见图 1a)。2017 年 7 月有 8 个 TC 生成,是常年平均(3.7 个)的两倍多,也是历史上罕见,1981—2017 年 7 月西北太平洋 TC 生成个数最多 8 个的仅出现在 1994 年和 2017 年(见图 1b)。7 月 TC 生成时间也相对集中,7 月上中旬仅有 2 个生成,其余 6 个集中在 7 月下旬生成,7 月 20—21 日有 4 个 TC 生成,生成个数集中爆发。

### 3.2 TC 生成位置异常偏西

多年平均 7—10 月西北太平洋 TC 生成位置的平均经度为  $138.0^{\circ}\text{E}$ ,2017 年 7—10 月 TC 的平均生成经度为  $134.9^{\circ}\text{E}$ ,生成位置偏西  $3.1^{\circ}$ 。TC 生成位置异常偏西,大部分集中在南海中北部至菲律宾以东洋面(见图 2)。如表 1 所示,在  $135^{\circ}\text{E}$  以西海域生成的 TC 有 14 个,占生成总数的 65.2%,其中在  $130^{\circ}\text{E}$  以西生成的就有 12 个,南海( $105^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ )生成的有 5 个; $135^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$  之间海域和  $150^{\circ}\text{E}$  以东海域生成的分别为 4 个,各占总数的 17.4%。

## 4 7—10 月 TC 生成异常的可能成因分析

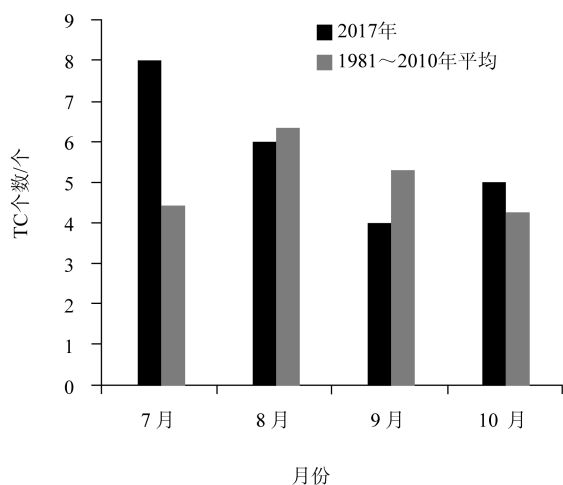
### 4.1 7 月 TC 生成个数偏多、生成时间集中的成因分析

7 月 TC 生成个数偏多、生成时间集中与 7 月副

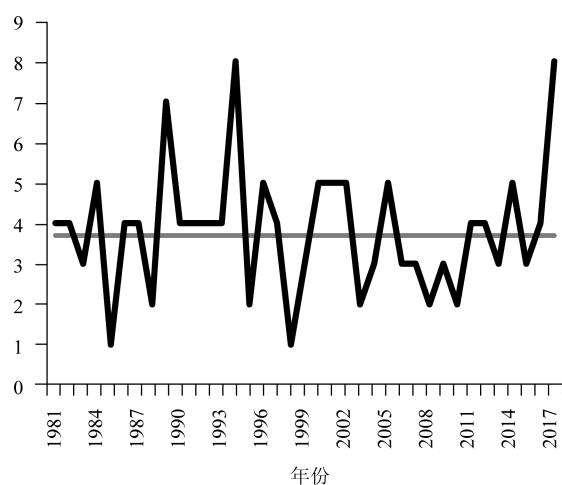
表1 2017年7—10月西北太平洋热带气旋(TCs)生成信息

国际编号	命名	生成日期/UTC	生成纬度/°N	生成经度/°E	最强强度/级
1703	NANMADOL	2017070106	15.8	132.2	STS
1704	TALAS	2017071406	16.2	113.3	STS
1705	NORU	2017071918	26.4	161.2	SuperTY
1706	KULAP	2017072006	23.2	177.5	TS
1707	ROKE	2017072106	18.7	124.2	TS
1708	SONCA	2017072100	17.5	114.5	TS
1709	NESAT	2017072500	12.7	128.9	TY
1710	HAITANG	2017072712	19.2	117.9	TS
1711	NALGAE	2017080100	26.5	162.4	TS
1712	BANYAN	2017081018	15.9	170.7	STY
1713	HATO	2017081918	18.7	129.6	SuperTY
1714	PAKHAR	2017082400	15.4	128.7	STS
1715	SANVU	2017082712	18.8	147	TY
1716	MAWAR	2017083100	19.3	119.9	STS
1717	GUCHOL	2017090400	16.3	128.3	TS
1718	TALIM	2017090900	14.9	145.2	SuperTY
1719	DOKSURI	2017091100	14.8	126.1	STY
—	Nameless	2017092312	17.3	116.2	TS
1720	KHANUN	2017101106	16.3	132.2	STY
1721	LAN	2017101506	8.7	137.4	SuperTY
1722	SAOLA	2017102206	9.2	148.2	TY
1723	DAMREY	2017103100	11.1	127.8	STY

注: TS: Tropical Storm, 热带风暴; STS: Severe Tropical Storm, 强热带风暴; TY: Typhoon, 台风; STY: Severe Typhoon, 强台风; SuperTY: Super Typhoon, 超强台风



a. 2017年7—10月生成个数逐月分布



b. 1981—2017年7月生成个数 (黑线, 直线代表多年平均值)

图1 西北太平洋TC生成个数

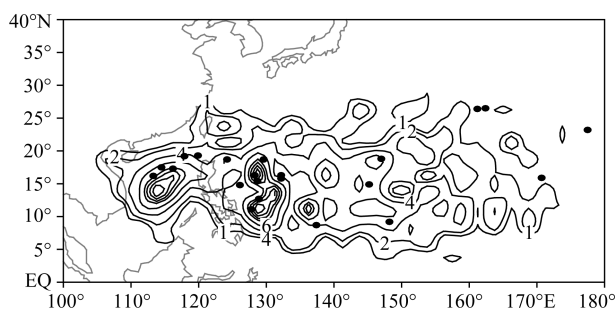


图2 西北太平洋7—10月多年平均TC生成位置密度分布(等值线,单位:个)和2017年TC生成位置(黑色实心圆点)

高变化密切相关。如图3所示,7月1—11日西北太平洋中低纬大部分地区500 hPa位势高度正异常,表明西北太平洋副高偏强,7月12—17日西北太平洋低纬地区位势高度略偏低,表明副高略有北抬,7月18日西北太平洋低纬地区副高重新加强。整个7月上中旬西北太平洋大部海域为副高强势控制,使得该区域处于反气旋环流控制下,形成下沉气流,抑制TC生成发展,因此整个7月上中旬西北太平洋仅有台风“南玛都”(NANMADOL)和“塔拉斯”(TALAS)生成。7月20日开始,西北太平洋15°~30°N区域的位势高度出现明显负异常,并持续到7月末,意味着副高明显减弱东退。7月下旬生成的6个TC出现在副高明显减弱阶段,其中7月20—21日西北太平洋便有4个TC生成。可见,西北太平洋副高在7月下旬持续减弱东退是该时期西北太平洋TC频繁生成的重要原因。副高持续减弱东退为西北太平洋TC生成提供了良好大气环流条件。副高明显减弱东退使得西风明显加强东进,整个7月下旬,南海至菲律宾以东洋面、西北太平洋中纬大片海域对流层低层均表现为气旋性环流(见图4)。南海至菲律宾以东洋面这一范围形成季风槽,热带辐合带明显增强,为热带扰动发展成为TC提供了重要的动力和热力条件。值得注意的是,7月20—21日生成的4个TC是发生在副高由强转弱时期,两个在季风槽生成,分别发生在南海和菲律宾以东附近洋面,两个在东风波型环流<sup>[22-23]</sup>中生成。分析发现(图略),在季风槽生成的台风“洛克”(ROKE)和“桑卡”(SONCA)生成时刻刚好位于季风槽的槽线附近。在副高东退过程中,其南侧仍维持较强的偏东

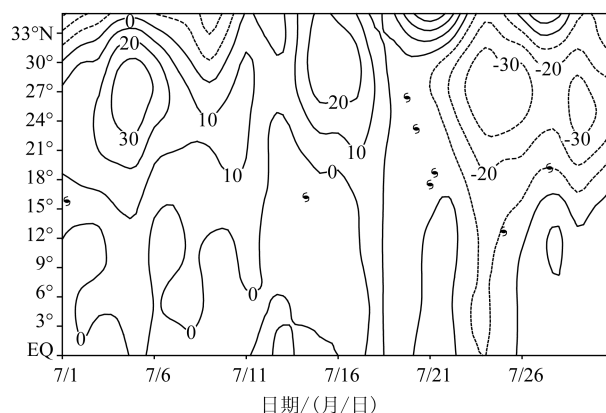


图3 2017年7月西北太平洋500 hPa面上110°~180°E平均的位势高度距平(单位:gpm)的时间-纬度剖面

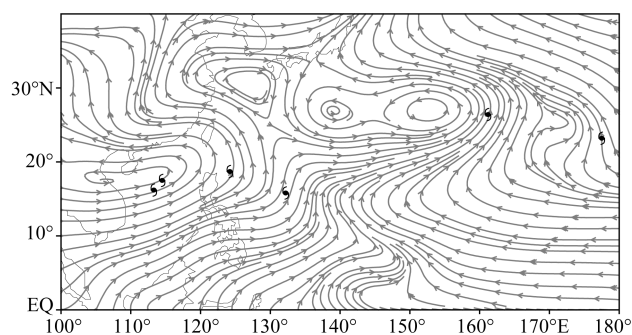


图4 2017年7月20—31日850 hPa风场(流线)以及TC生成位置(图中“s”)

气流,同时增强的西南风不断向东北方向推进,较强的东西风在南海至菲律宾以东附近洋面汇合,形成强烈的纬向风辐合,东西风水平切变加强,低层涡旋加剧,从而产生强烈的上升气流,且风速垂直切变变小,更容易形成TC。另外副高在东退过程中仍维持带状分布,西北太平洋大部海域仍为副高南侧深厚的偏东气流控制,容易产生东风波,东风波在适合条件下发展为TC。Feng等<sup>[23]</sup>认为TC在东风波环流型中生成是一种局地事件。

周群等<sup>[24]</sup>研究认为2017年7月西北太平洋热带气旋活动异常可能与同期异常强的北极涛动(North Atlantic Oscillation, AO)信号有密切联系。本文从季节内振荡的角度分析了其对7月热带气旋活动异常的影响。以往的研究<sup>[15-16,20]</sup>已经表明,季风槽的加强东伸受到热带大气低频振荡影响。分析



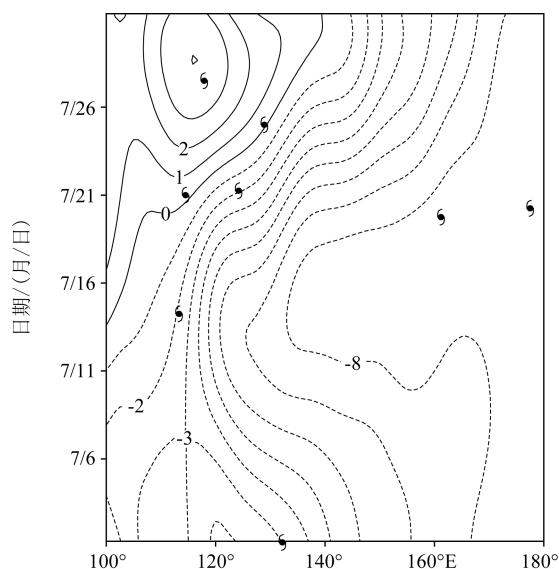


图5 2017年7月西北太平洋850 hPa面上20~60 d低通滤波后的5°~20°N平均纬向风(单位:m/s)的时间-经度剖面

发现7月西北太平洋TC生成与20~60 d的季节内振荡有较好对应关系。图5为7月西北太平洋850 hPa面上20~60 d低通滤波后的5°~20°N平均纬向风的时间-经度剖面。可以看到,7月1—19日,西北太平洋上空的850 hPa表现为纬向东风,季风槽处于不活跃状态,因此,这期间只生成了NANMADOL、TALAS。7月20—31日,西风迅速加强东进将纬向风的强烈辐合区一直推进到135°E附近,相应东风迅速减弱东退,除了台风“奥鹿”(NORU)和台风“玫瑰”(KULAP)是在东风波型环流<sup>[22-23]</sup>中生成外,其他4个TC在西风迅速加强东进过程中的西风带或东西风交汇处附近生成。分析了850 hPa涡度、200 hPa散度和OLR的20~60 d低频滤波后演变(图略),它们与7月西北太平洋TC生成都有很好的对应关系。

#### 4.2 TC生成位置偏西的成因分析

TC生成位置与大尺度海、气环流分布密切相关。在满足海温对西北太平洋TC生成发展需求的条件下,西北太平洋上空的大气环流则成了西北太平洋TC生成发展的主要影响因素。该部分从大尺度环流因素的特征入手,详细探讨2017年7—10月TC生成位置偏西的成因。

2017年7—10月副高偏强偏西,总体呈带状分布,西侧窄小,控制南海北部及以东地区,东侧宽大,控制西北太平洋大部海域(见图6a)。副高的这种分布形态,一方面使得西北太平洋大部海域处于反气旋环流控制下,形成下沉气流,抑制TC生成发展,另一方面也为TC生成发展腾出了南海至菲律宾以东洋面这一狭窄空间。副高南侧东南风异常强盛,限制了西南季风北上东进,西南季风偏弱,导致季风槽位置东西向不发展,7—10月季风槽平均位置异常偏西(见图6b),季风槽平均范围较气候平均明显向西收缩,自南海向东延伸至及菲律宾以东135°E附近。在135°E以西的季风槽内就有14个TC生成,占TC总数的63.3%,在135°E以东的季风槽内有3个TC生成,其余5个是在热带东风型大尺度环流<sup>[22-23]</sup>中生成。

季风槽为TC生成提供必要的气旋性涡旋、水汽辐合和适宜的垂直风切变等动力和热力条件,季风槽强度及分布对于TC的活动具有决定性意义,研究<sup>[1,7,22,25-28]</sup>表明,每年西北太平洋和南海有70%以上的TC生成于季风槽中。在南海至菲律宾以东洋面的季风槽平均位置,是低层涡度(见图6c)和高空散度大值中心区(见图6d),850 hPa涡度中心南海高于 $9 \times 10^{-5}/s$ 、菲律宾以东附近海域高于 $6 \times 10^{-5}/s$ ,与TC生成位置高度重合,200 hPa高空散度中心较TC生成位置略偏南,中心值大于 $6 \times 10^{-5}/s$ 。高空散度和低层涡度位置基本上一致,为垂直运动的加强提供有利的动力条件,利于TC生成。如图6e所示,该海域对流层低层形成气旋性环流,利于水汽辐合抬升,同时200 hPa和850 hPa的垂直风切变偏小,TC生成位置垂直风切变基本上低于10 m/s,垂直风切变最小值低于6 m/s,小的垂直风切变使凝结潜热聚集在有限空间内,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偏高,利于凝结潜热的释放和上升运动的加强,则该区域TC生成就多。图6(f)为年7—10月700~500 hPa平均的相对湿度分布,热带西太平洋上空700~500 hPa平均的相对湿度大值区大致位于105°~135°E的区间。尽管西北太平洋副高异常强大,但其与季风槽相互配置,使得南海至菲律宾以东洋面对流层低层形成气旋性涡旋、高空散度和低层涡度大、垂直风切变偏小、对流层中层相对

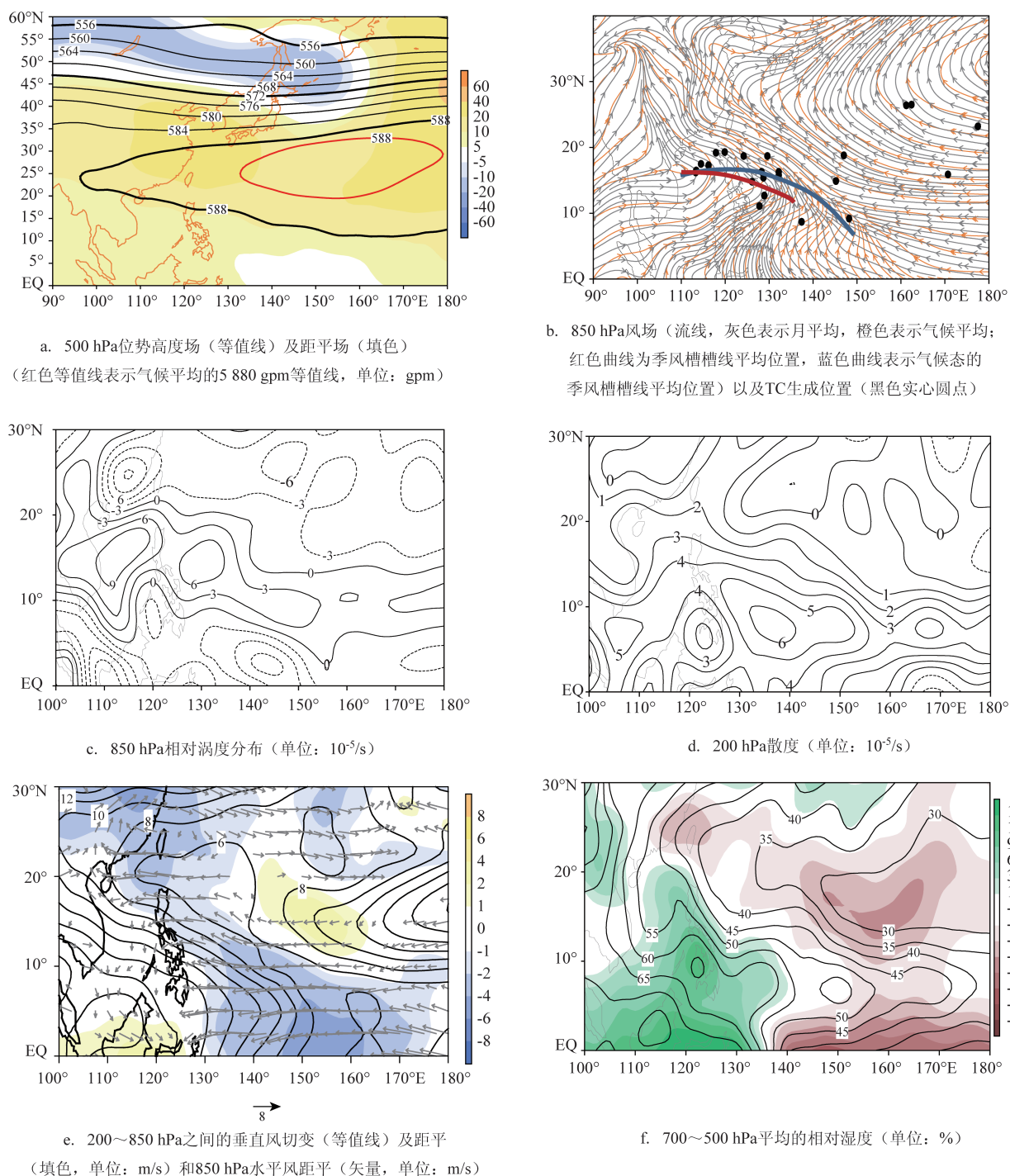


图6 2017年7—10月平均大气环流及距平场

湿度大,形成利于TC生成的大尺度环流条件。

冯涛等<sup>[19]</sup>、刘向文等<sup>[29]</sup>的研究表明,越赤道气流的增强与北半球季风槽与ITCZ(Intertropical Convergence Zone,热带辐合带)的加强东进有很好的对应关系,越赤道气流的位置与强弱直接影响了季风

槽和ITCZ的位置与强弱。在图7中我们注意到,越赤道气流对2017年7—10月西北太平洋TC生成的影响。澳大利亚高压和马斯克林高压环流系统没有出现较大系统性加强,导致越赤道气流偏弱,其东北部的异常东南气流仅到达赤道印度洋中部至

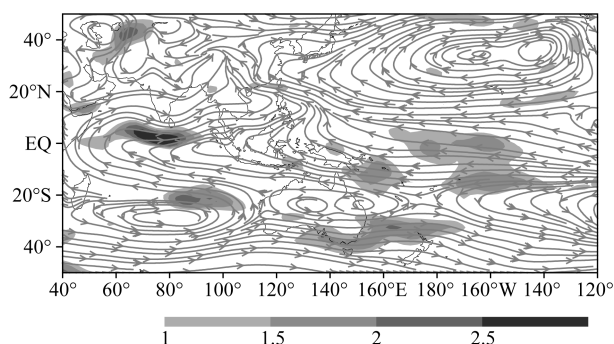


图7 2017年7—10月西北太平洋平均的850 hPa  
风场(流线)和风速距平(填色部分为风速距平 $\geq 1$  m/s)

索马里半岛附近越过赤道在 $0^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 产生较强的西风距平。本文利用冯涛<sup>[17]</sup>定义的越赤道气流强度指数,分别计算了位于 $105^{\circ}\text{E}$ 、 $125^{\circ}\text{E}$ 和 $150^{\circ}\text{E}$ 的3支越赤道气流的强度指数并去掉长期变化趋势,发现仅位于 $105^{\circ}\text{E}$ 的越赤道气流强度较强(见图8a),其余两支越赤道气流强度指数均偏弱(见图8b、8c),越赤道气流总体偏弱,导致西太平洋海域中、东部海域ITCZ偏弱,季风槽也东伸困难,扰动难以从基本气流获得动能加强形成TC。越赤道气流与西北太平洋上空大尺度环流一致变化,越赤道气流偏弱,仅位于 $105^{\circ}\text{E}$ 的越赤道气流较强,使得西北太平洋上空利于TC生成的大尺度环流西移,从而造成2017年7—10月TC生成位置偏西,这与冯涛等<sup>[19]</sup>、刘向文等<sup>[29]</sup>的研究结果一致。在对流层低层越赤道气流最终在南海至菲律宾以东洋面与副高南侧的偏东风汇合,形成季风槽,使得该海域上空大尺度环流利于TC生成。

#### 4.3 La nina事件对2017年西北太平洋7—10月TC生成的影响

2017年是一次弱La Nina事件的发展年,2017年春夏季,赤道东太平洋海温正常,8月开始,赤道东太平洋冷海温迅速发展,并在秋冬季形成一次较弱La Nina事件,此次La Nina事件于2018年初结束(图略)。TC活动的季节变化一定程度上受ENSO的调制,研究表明<sup>[11]</sup>,ENSO事件通过海气相互作用引起西北太平洋上空的大气环流异常,从而导致西北太平洋TC活动异常,ENSO事件主要影响西北太平洋TC活动的生成位置偏东或偏西,La Nina年TC

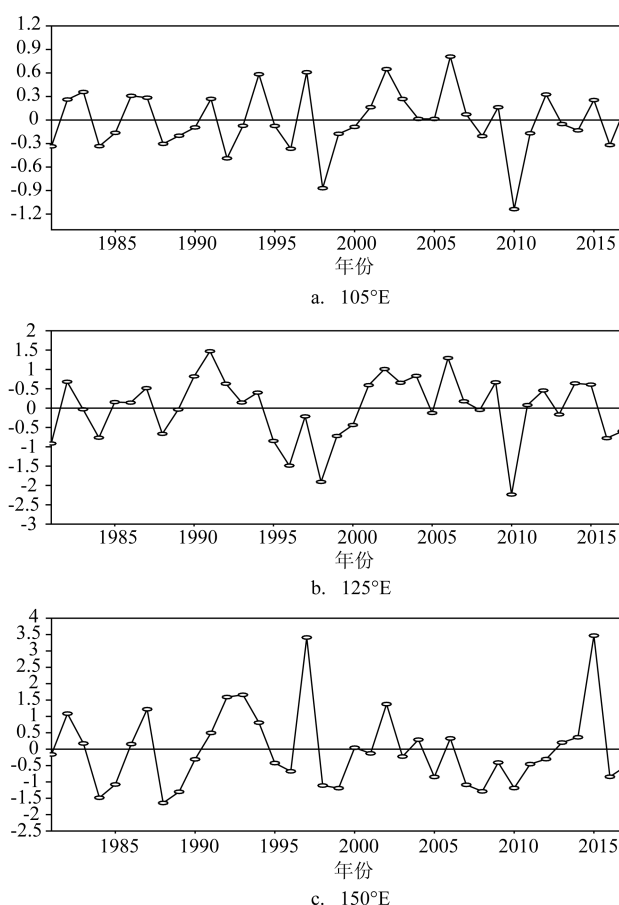


图8 位于不同经度的3支越赤道气流强度指数去掉长期趋势后的时间序列(单位:m/s)

生成位置多数位于 $145^{\circ}\text{E}$ 以西地区,个数偏多但强台风以上的个数偏少。通过与历史上La Nina事件演变特征的比较分析,发现1981年以来冬季发生La Nina事件的共有13年(1983、1984、1988、1995、1998、1999、2000、2005、2007、2008、2010、2011、2016)。选取这些年份进行合成,发现7—10月西北太平洋TC生成位置均偏西,在南海至 $140^{\circ}\text{E}$ 之间生成的TC个数占了76.7%,赤道太平洋低空东风异常,Walker环流加强,位置西移,上升支出现在 $105^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ ,与TC生成位置高度吻合,下沉支出现在 $140^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{W}$ (图略)。2017年7—10月西北太平洋TC生成及相应大气环流特征符合La Nina年份TC生成及相应大气环流的一般统计特征及物理规律。2017年7—10月大气低层赤道太平洋东风异常加强(见图7),向西推进至 $135^{\circ}\text{E}$ 附近。由于偏东风长时间维持,季风槽未能进一步东伸,而是在 $135^{\circ}\text{E}$



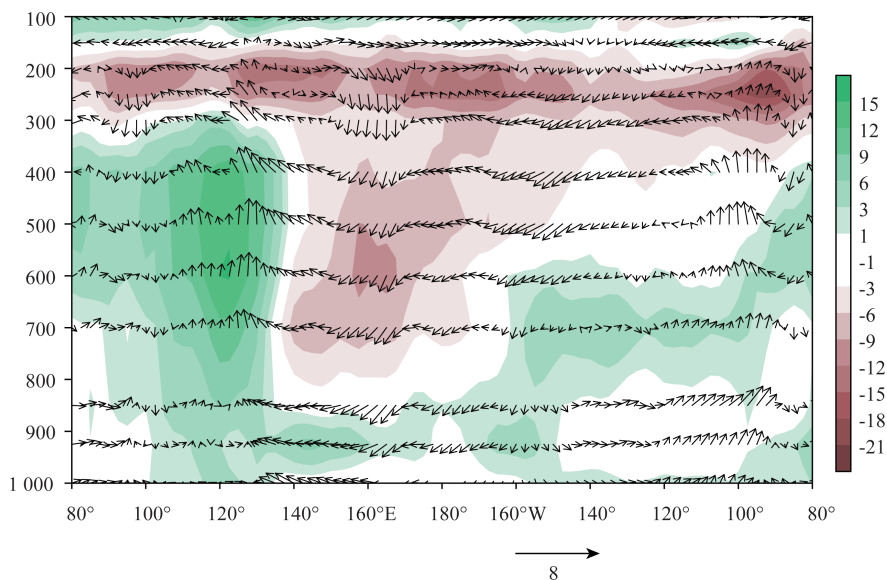


图9 2017年7—10月平均的 $0^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{N}$ 的垂直风场距平(矢量,压力垂直速度距平扩大100倍)和相对湿度距平(填色,单位:%)

附近维持较强的纬向风辐合。TC在这种东西风辐合区中生成。图9为2017年7—10月热带太平洋 $0^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{N}$ 的垂直风场距平及相对湿度距平垂直剖面图,可以看到热带太平洋Walker环流加强,Walker环流的上升支和下沉支的分布偏西,上升支大致位于 $110^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ ,对应对流层中层为高湿区, $140^{\circ}\text{E}$ 以东为宽广的下沉支,下沉支中心位于 $160^{\circ}\text{E}$ 附近,对应对流层中层为干区,Walker环流上升支异常偏西使得与TC生成有关的大尺度辐合中心更趋向西,基本上局限在南海至菲律宾以东洋面。

## 5 总结

本文利用CMA-STI热带气旋最佳路径数据集和NCEP/DOE再分析资料,对2017年7—10月西北太平洋TC生成异常特征及大尺度环流成因进行了分析。结论主要有以下几方面:

(1)2017年7—10月西北太平洋TC生成7月生成个数异常偏多、生成时间集中,7—10月TC生成位置异常偏西;

(2)西北太平洋副高7月下旬持续减弱东退和20~60 d季节内振荡异常活跃是该时期西北太平洋TC频繁生成的重要原因。两者为西北太平洋TC生成提供了良好的大尺度环流条件。副高由强转弱

时期台风生成个数较多主要是该时期副高西南侧东西风势均力敌,较强东西风汇合形成强烈辐合上升区且风速垂直切变迅速变小导致季风槽生成的TC个数增多,另外东风波发展为TC的个数增多;

(3)西太平洋上空大尺度环流条件异常造成了2017年7—10月西北太平洋TC生成位置偏西。西北太平洋中、东部海域为强盛副高控制,缺乏TC发展的动力和热力条件,但在南海至菲律宾以东洋面季风槽活跃,该海域对流层低层形成气旋性涡旋、高空散度和低层涡度大、风垂直切变偏小、对流层中层湿度大,大尺度动力和热力条件利于该海域水汽凝结潜热的释放和上升运动的加强,利于TC生成。而西太平洋越赤道气流与西北太平洋上空大尺度环流一致变化,越赤道气流偏弱,仅有位于 $105^{\circ}\text{E}$ 的越赤道气流较强,使得西北太平洋上空利于TC生成的环流偏西,从而造成TC生成位置偏西;

(4)受2017年La Nina事件发展影响,2017年7—10月赤道太平洋出现东风异常以及Walker环流异常。赤道太平洋东风异常向西推进至 $135^{\circ}\text{E}$ 附近,Walker环流异常偏西,上升支在 $110^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ ,下沉支在 $140^{\circ}\text{E}$ 以东,使得与TC生成有关的大尺度辐合中心局限在南海至菲律宾以东洋面,造成了TC生成位置异常偏西。



## 参考文献:

- [1] Gray W M. Global view of the origin of tropical disturbances and storms[J]. *Monthly Weather Review*, 1968, 96(10): 669-700.
- [2] 丁一汇, 范惠君, 薛秋芳, 等. 热带辐合区中多台风同时发展的初步研究[J]. *大气科学*, 1977, 1(2): 89-98.
- [3] Gray W M. Hurricanes: Their formation, structure and likely role in the tropical circulation[M]//Shaw D B. *Meteorology Over the Tropical Oceans*. Bracknell, UK: Royal Meteorological Society, 1979: 351-354.
- [4] 陈联寿, 丁一汇. 西太平洋台风概论[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 193-204.
- [5] 丁一汇, 莱特 E R. 影响西太平洋台风形成的大尺度环流条件[J]. *海洋学报*, 1983, 5(5): 561-574.
- [6] 董波, 叶英. 西北太平洋热带气旋异常年的气候背景分析[J]. *海洋预报*, 1996, 13(3): 30-37.
- [7] Gray W M. The formation of tropical cyclones[J]. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 1998, 67(1-4): 37-69.
- [8] Ritchie E A, Holland G J. Large-scale patterns associated with tropical cyclogenesis in the western Pacific[J]. *Monthly Weather Review*, 1999, 127(9): 2027-2043.
- [9] Chan J C L. Tropical cyclone activity over the western North Pacific associated with El Niño and La Niña events[J]. *Journal of Climate*, 2000, 13(16): 2960-2972.
- [10] Chia H H, Ropelewski C F. The interannual variability in the genesis location of tropical cyclones in the northwest Pacific[J]. *Journal of Climate*, 2002, 15(20): 2934-2944.
- [11] Wang B, Chan J C L. How strong ENSO events affect tropical storm activity over the western North Pacific[J]. *Journal of Climate*, 2002, 15(13): 1643-1658.
- [12] 陈美榕. 2003年西北太平洋热带气旋活动特征分析[J]. *海洋预报*, 2005, 22(2): 77-82.
- [13] 周学鸣, 魏应植, 吴陈锋. 夏季西太平洋台风频数异常与 ENSO 事件的关系及大气环流异常特征[J]. *热带气象学报*, 2006, 22(1): 34-40.
- [14] 陈光华, 黄荣辉. 西北太平洋暖池热状态对热带气旋活动的影响[J]. *热带气象学报*, 2006, 22(6): 527-532.
- [15] 陈光华, 黄荣辉. 西北太平洋低频振荡对热带气旋生成的动力作用及其物理机制[J]. *大气科学*, 2009, 33(2): 205-214.
- [16] 孙长, 毛江玉, 吴国雄. 大气季节内振荡对夏季西北太平洋热带气旋群发性的影响[J]. *大气科学*, 2009, 33(5): 950-958.
- [17] 余帆, 李培, 李向军, 等. 近 60 年西北太平洋台风年代际变化特征及成因的初步分析[J]. *海洋预报*, 2012, 29(1): 1-5.
- [18] 曹智露, 胡邦辉, 杨修群, 等. ENSO 事件对西北太平洋热带气旋影响的分级研究[J]. *海洋学报*, 2013, 35(2): 21-34.
- [19] 冯涛, 沈新勇, 黄荣辉, 等. 热带西太平洋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.
- [20] 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.
- [21] 冯康. 数值计算方法[M]. 北京: 国防工业出版社, 1978.
- [22] 冯涛, 黄荣辉, 陈光华, 等. 近年来关于西北太平洋热带气旋和台风活动的气候学研究进展[J]. *大气科学*, 2013, 37(2): 364-382, doi: 10.3878/j.issn.1006-9895.2012.12307.
- [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] 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, doi: 10.11737/j.issn.1003-0239.2018.04.001.
- [25] 黄荣辉, 陈光华. 西北太平洋热带气旋移动路径的年际变化及其机理研究[J]. *气象学报*, 2007, 65(5): 683-694.
- [26] Chen T C, Wang S Y, Yen M C, et al. Role of the monsoon gyre in the interannual variation of tropical cyclone formation over the western North Pacific[J]. *Weather and Forecasting*, 2004, 19(4): 776-785.
- [27] 高建芸, 张秀芝, 江志红, 等. 西北太平洋季风槽异常与热带气旋活动[J]. *海洋学报*, 2008, 30(3): 35-47.
- [28] 高建芸, 吕心艳, 鲍瑞娟, 等. 南海—西北太平洋季风槽中热带气旋群发的研究: I. 热带气旋群发的基本特征[J]. *海洋学报*, 2010, 32(6): 64-71.
- [29] 刘向文, 孙照渤, 倪东鸿, 等. 105°E 和 125°E 赤道气流与南、北半球环流变化的关系[J]. *大气科学*, 2009, 33(3): 443-458.

## Abnormal characteristics and causes analysis of tropical cyclogenesis over the western North Pacific from July to October 2017

YAO Xiao-juan, ZHANG Hai-yan

*(South China Sea Marine Prediction Center of the State Oceanic Administration, Guangzhou 510300 China)*

**Abstract:** The abnormal characteristics of tropical cyclogenesis over the western North Pacific (WNP) and the causes of large scale circulation from July to October 2017 are analyzed based on CMA-STI Tropical Cyclones (TCs) Optimal Tracks and NCEP/DOE reanalysis dataset. The results show that the number of TCs generated over the WNP in July 2017 is abnormally high and the generation time of TCs is concentrated. The TCs generation location is abnormally westward during July-October 2017. The continuously weakening WNP ocean subtropical high (WNPSH) and the extremely active 20-60 days intra-seasonal oscillations are the two main reasons that cause the frequent occurrence of TCs over the WNP in late July. The abnormal large-scale circulation conditions cause the TCs over the WNP to be located westward during July-October 2017. The central and eastern parts of the WNP are dominated by strong WNPSH, but for the South China Sea and the east of the Philippines where the Monsoon trough is active. The cyclonic vortex is formed in the lower troposphere, where high-level divergence and low-level vorticity are large, the vertical wind shear of the ambient wind becomes small and the tropospheric middle layer humidity is high. The cross-equatorial flow over the western Pacific is weak but for the one near 105°E, and varies consistently with the large-scale circulation over the WNP. Therefore, the large-scale circulation conditions that facilitate the genesis of TCs over the WNP shift westward. As a result, the TCs generation location has move westward. Furthermore, the development of La Nina event is the main reason that causes the east wind anomalies and Walker circulation anomalies over the equatorial Pacific, which result in westward shifting of the TC generation location over the WNP.

**Key words:** characteristics of tropical cyclogenesis; large-scale circulation; La Nina event