

莫迪. 西太平洋副热带高压耦合模态对台风生成的影响[J]. 气象研究与应用, 2021, 42(1): 07–12.

Mo Di. Effects of coupling mode of the Western Pacific Subtropical High on typhoon generation[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2021, 42(1): 07–12.

西太平洋副热带高压耦合模态对台风生成的影响

莫 迪

(河池市气象局, 广西 河池 547000)

摘要: 西太平洋副热带高压(西太副高)是影响东亚夏季气候的主要环流系统。利用再分析资料和美国联合台风预警中心的热带气旋最佳路径资料,研究了西太副高耦合模态对西北太平洋 7—9 月的台风生成的影响。结果表明:西太副高耦合模态与西太平洋地区的台风生成有显著抑制作用,且主要发生在西北太平洋北部;当西太副高偏强(弱)时,西北太平洋地区的台风生成频数偏少(多)。进一步研究表明西太副高耦合模态可以通过调节影响台风生成的 850hPa 涡度、垂直速度、600hPa 相对湿度、垂直风切变等关键大尺度环境参数进而影响台风活动。

关键词: 西太平洋副热带高压;耦合模态;台风生成

中图分类号: P457.8

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2021.1.02

OSID:



引言

7—9 月是西北太平洋热带气旋活动的高峰期,多数学者的研究^[1-7]也发现很多有严重破坏力的台风及以上强度的热带气旋都在这一时段生成和发展。西太副高是东亚夏季风和热带风暴活动的重要控制系统,它的年际变化反映了亚洲夏季风强弱的变化,同时其东西振荡与亚洲季风区热带地区对流异常变化有关系密切^[8],其变率对西太平洋热带气旋活动有着重要的指示意义,此外副高在动力模式中对热带气旋的可预报性较高,认识副高对热带气旋生成的影响,可提高我们对热带气旋活动的预测能力^[9];同时,研究发现西太副高年际变率表现为两个模态,分别为西太平洋副热带高压耦合模态(EOF-1 模式)和海温异常强迫大气造成的第二种模态(EOF-2 模式)也称为 ENSO 发展模态。850hPa 位势高度的 EOF-1 模式是一个副热带高压与西太平洋和印度洋海温异常的耦合模态,它可通过局部海气相互作用来维持。EOF-1 模式存在的前提是在初夏要有比较强的冷海温异常,在 850hPa 位势高度的 EOF-2 模式中相关的副高在年代际的时间尺度

上相比于 EOF-1 模式更强^[10]。

Bin Wang^[10]和 Chao Wang^[11]的研究发现,EOF-1 模式对热带气旋的总生成频数具有显著相关,而 EOF-2 模式对热带气旋的生成频数影响不明显,只是影响热带气旋生成的位置向东南和西北方向偏移。相对而言,大多数学者主要关注西太副高对台风路径的影响,有关其如何影响西北太平洋台风生成的研究较少。因此,就西太副高如何影响西北太平洋的台风生成展开研究,探究与之相联系的大气环流以及大尺度环境参数的动力因子和热力因子,进一步认识西太副高对热带气旋活动的影响很有意义。

1 数据与方法

1.1 资料

所用资料数据来自美国国家环境预报中心的 NCPE 再分析资料(<https://rda.ucar.edu/>),美国国家海洋和大气管理局 NOAA(<https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>)提供的逐月海温资料 ERSST 和美国联合台风预警中心的台风数据资料(JTWC Best Track Data, <https://www.jtwc.nmcc.navy.mil/>)。

收稿日期: 2020-03-05

作者简介: 莫迪(1995—),男,本科,助理工程师,主要从事天气预报工作。E-mail: 278992846@qq.com

metoc.navy.mil/jtwc/jtwc.html), 以 JTWC 的第一个观测记录为此热带气旋的生成时刻与生成位置。分析时间段为 1979—2016 年的热带气旋活动高峰期(7—9 月), 主要关注区域为 ($0^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$, $100^{\circ}\sim 180^{\circ}\text{E}$)。

1.2 方法

主要应用 EOF 分析方法以及合成分析方法, 对西太平洋副热带高压耦合模态进行研究分析。由于 500hPa 位势高度场表示的副高和 850hPa 风场是基本一致的, 但 850hPa 风场可能消除全球变暖对等压面高度的影响, 故利用 EOF 分析方法对 850hPa 风场处理后, 提取出该模态的空间分布(图 1a)和时间演变规律(图 1b)。图 1b 以零值为副高指数正常值, 偏离 X 轴越远表示系数越异常。本文分别选取

偏离 X 轴最远的 5 个正值和负值所对应的年份为副高异常强年(1983 年、1993 年、1995 年、2014 年、2015 年)和异常弱年(1981 年、1994 年、2001 年、2011 年、2012 年)作为研究讨论对象, 下文强年和弱年均分别指其所对应的 5a, 且异常年差值均为强年减弱年。600hPa 相对湿度可表示大气层中层湿度, 可用作表征大气热力条件对台风生成的影响^[10], 故本文选取 600hPa 相对湿度运用合成分析法作为大尺度环境参数中的热力因子加以探究, 同时运用合成分析法对动力因子(850hPa 涡度、垂直风切变和垂直速度)以及海温场进行分析讨论, 探究他们对西太平洋副热带地区台风生成频数分布的影响。

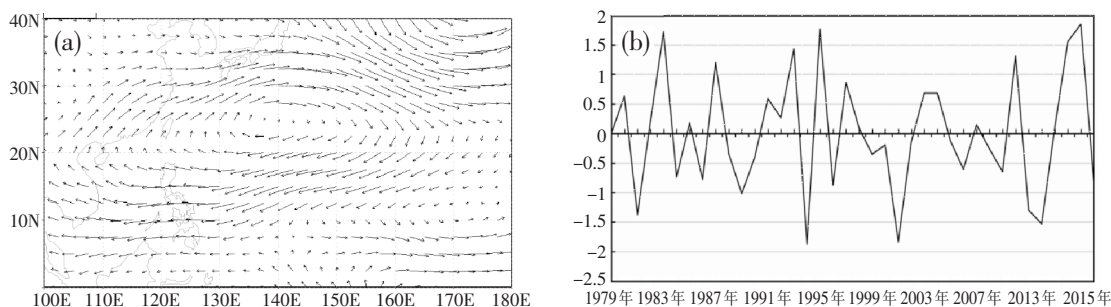


图 1 1979—2016 年 7—9 月 850hPa 风场 EOF-1 模式

(a)特征向量图(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$); (b)标准化时间权重系数

2 西太平洋 7—9 月台风生成分布特征

董伟杰^[12]对夏季西北太平洋台风活动特征的研究发现, 夏季西太平洋上的台风强度虽偏弱但是频数多, 主要影响的区域偏西北。根据 Chao Wang^[13]等人的研究, 以及便于讨论研究不同区域对西太平洋台风生成的影响, 将 $0^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$, $100^{\circ}\sim 180^{\circ}\text{E}$ 区域分为五个区域, 分别为我国南海海域 SCS 以及西太平洋的西北海域 NW ($17.5^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$, $120^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$)、东北海

域 NE ($17.5^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$, $140^{\circ}\sim 180^{\circ}\text{E}$)、西南海域 SW ($0^{\circ}\sim 17.5^{\circ}\text{N}$, $120^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{N}$) 和东南海域 SE ($0^{\circ}\sim 17.5^{\circ}\text{N}$, $140^{\circ}\sim 180^{\circ}\text{E}$)。

根据美国联合台风预警中心的台风数据资料可得到西北太平洋 1979—2016 年 7—9 月的台风生成总频数分布情况(图 2a), 副高强年(图 2b)和弱年的台风生成频数分布情况(图 2c), 以及台风生成频数统计情况(表 1)。

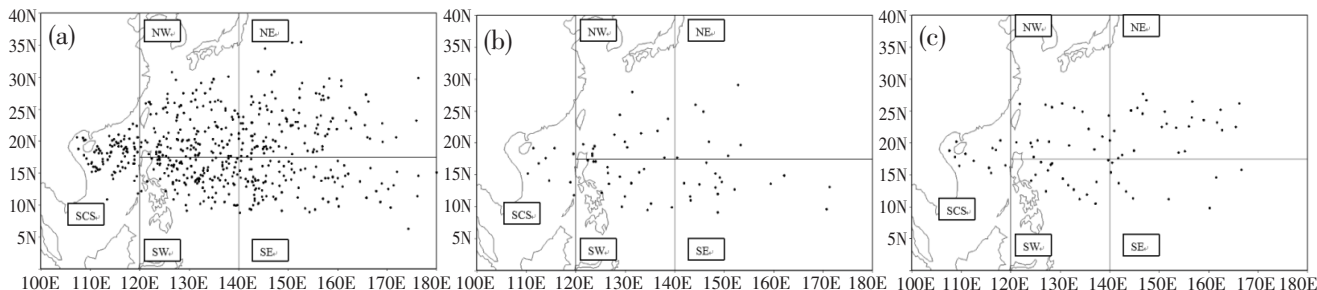


图 2 台风生成位置分布

(a)1979—2016 年; (b)强年; (c)弱年

表 1 1979—2016 年间 7—9 月生成台风总数以及西太副高耦合模态异常年在各区域的生成频数(单位:个)

	SCS	NW	NE	SW	SE	总数
台风总数	83	121	116	108	96	524
强年	9	14	7	16	16	62
弱年	12	18	24	15	9	78

从图 2 和表 1 的统计中可明显看出,1979—2016 年间,夏季绝大部分台风生成源地位于西太平洋上,仅有少数台风在我国南海区域生成的。在西太平洋上台风生成源地整体表现为偏向西北部。副高表现为强年时,台风生成数南部海域明显多于北部,西部略多于东部。主要造成南北台风生成数差异的区域为 NE 和 SE,SE 区域的生成数是 NE 区域的两倍以上。

3 西太平洋副热带高压耦合模态

西太副高耦合模态 850hPa 风场(图 1a)在西太平洋有明显的异常反气旋环流特征,中心约为(25°N,140°E),且副高中心东南侧有异常的气旋环流。其北部的反气旋会加强副高的反气旋环流,增强副高。图 3 显示的是副高异常年海温差值。从图中可看出,副高强年对海温异常主要存在以下特征:北印度洋和南海的海温异常变暖,西太平洋东南侧存在微弱的海温负异常,同时赤道东太平洋有一个海温变暖的信号。此外北太平洋副热带地区海温存在显著的负异常。Bin Wang^[10]和 Chao Wang^[11]的研究表明,这种海温的分布形态其实是大气海洋相互作用的结果。结合图 1a 发现副高东部区域存在异常叠加在信风带上的偏东风,使水汽蒸发增强,海温下降,呈现微弱的负异常。同时,在南海—西太平洋季风带有一块海温正异常区域,东西部海温的差异使异常的偏东风得到维持与增强,削弱了该区域的夏季风,使洋面水汽蒸发减弱,进一步升高该区域的海温,呈现出正异常。同时,异常反气旋环流东侧有较强劲的偏北风,为该区域带来了冷空气,减弱了反气旋东侧与东南侧的对流不稳定性,热对流的减弱产生下沉的罗斯贝波,促进反气旋的生成,进而增强副高。副高的增强进一步降低印度洋的云量以及减弱洋面蒸发,使海温异常升高,令异常反气旋南侧的东风带得到维持和增强。可简单理解为海温、大气环流以及副高强度形成相互促进影响的循环,形成了一种由北印度洋和副热带海温异常影响的可以维持副高的大

气—海洋热力反馈机制^[14],故西太平洋副热带高压耦合模态即可看作是一种海气耦合模态。

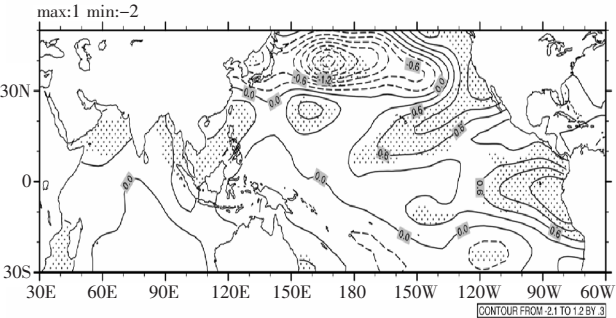


图 3 西太副高耦合模态强年与弱年海温差值图,打点部分为通过 95%显著性检验(单位:℃)

4 西太平洋副热带高压耦合模态相对应的大尺度环流系统

200hPa 上,副高强年(图 4a)比弱年(图 4b)的西风急流带密集区域更长,强度也更强,且南亚高压一般位于西风急流南侧,表明强年受到南亚高压影响更大,即在西太平洋北部海域副高强年在对流层高层的辐散强于弱年。同时这两个系统使处于 200hPa 高度的洋中槽得到维持与发展,但弱年的洋中槽更深。从异常年的平均风场差值图(图 4c)可发现在西太平洋北部区域有一明显的反气旋环流,而南部区域表现为气旋性环流,表明西太平洋北部区域在副高强年的辐散程度强于弱年,南部则相反。

850hPa 上,主要影响夏季台风生成的系统为季风槽和副高。强年的夏季季风槽相对更浅,表明在我国南海区域,弱年更利于气旋生成。副高的对比中,强年的东西跨度更大,即抑制气旋生成的下沉运动范围更广。异常年的平均风场差值图(图 4f)中,整个西太平洋大部区域受到反气旋环流控制,仅在东南部受到气旋性环流影响。总体而言,副高强年的大尺度环流系统不利于台风的生成。

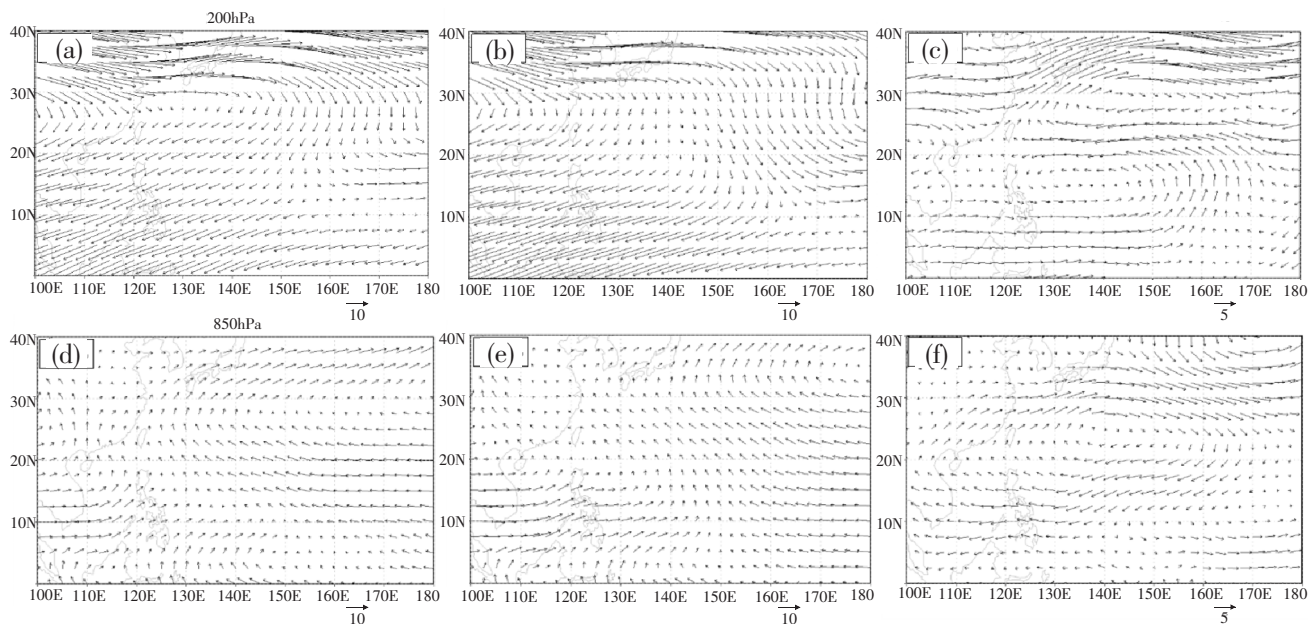


图4 副热带高压 200hPa 和 850hPa 平均风场图(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

200hPa: (a)强年、(b)弱年、(c)强年减弱年;850hPa: (d)强年、(e)弱年、(f)强年减弱年

5 西太副高耦合模态对大尺度环境参数的影响

大尺度环境参数对台风生成有着重要的影响。有足够大的外力作用促使台风生成的前提下,还须有足够强的涡度和大规模的高湿条件,才构成台风生成必须满足的有利条件^[15],同时 Richie 和 Holland^[16]对西北太平洋热带气旋的研究也发现,在天气尺度的扰动触发以及大尺度环境参数提供有利的环境背景两者的相互配合下,热带气旋才有可能顺利生成并发展。所以研究西太副高耦合模态异常年的大尺度环境参数条件可能有助于阐明该模态对7—9月西太平洋台风生成频数以及地理分布的影响。

对流层低层的辐合使得局地的涡度增加从而增强气旋性环流,因而可根据 850hPa 涡度因子来大致判断该模态副高强年与弱年的台风生成地理分布。通过作异常年差值后发现在西太平洋的中部偏东北区域有异常反气旋涡度(负涡度),东南区域呈气旋涡度(正涡度),与弱年台风生成频数更多,且北部多于南部的分布情况基本一致,约在($15^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$)区域尤为显著。作 600hPa 异常年相对湿度差值分析后,发现大部分区域尤其是中部偏东南和南部热带区域表现为弱年时对流层中层湿度条件更好,中层干空气侵蚀作用较弱,气柱内总水汽辐合量也较好,约在

($15^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$)区域尤为显著,表明副高弱年在这些区域更有利于气旋生成的,而强年仅在东南部更利于热带气旋生成。

有研究表明,相对较弱的垂直风切变更有利于热带气旋增强^[17],对流层深层的弱垂直风切变可使积云对流所产生的凝结潜热始终加热一个有限范围内的气柱,利于暖心结构的维持和发展^[18]。何敏等^[19]的研究表明垂直风切变对西北太平洋的热带气旋生成频数有一定影响。同时,白莉娜等^[20]对影响热带气旋生成环境的研究,发现西北太平洋的风速垂直切变呈负异常年时,其东部海域的热带气旋生成频数偏多。因此,7—9月的风速垂直切变可作为研究影响西北太平洋台风生成的重要因素之一。

分析垂直风切变异常年差值后,发现强年在西太平洋东南和西北区域上的垂直风切变更有利于气旋生成,东北与东南区域存在明显差异,这也可能是造成这两区域在异常年台风生成频数差异的因素之一。以 20°N 和 140°E 为分界线,发现四个海域的垂直风切变在副高异常年有比较明显的不同,绝大部分区域表现为弱年更利于台风生成,强年仅在东南以及西北较小范围的区域表现为利于台风生成。同时通过分析异常年的垂直速度差值,发现强年在东南海域表现为更有利于气旋生成的上升运动,而弱年在大约 15°N 以北的海域和西南海域有比较良好的上升运动。

总体而言,在西太平洋绝大部分区域副高强年对应的大尺度环境参数因子表现为不利于台风的生成,仅在东南海域上各因子是有利于台风生成的,而弱年对应的大尺度环境因子,在大部海域均更利于台风生成的。

6 大尺度环境参数与台风生成频数地理分布的关系

从大尺度参数因子中,也可看出 850hPa 涡度、600hPa 相对湿度以及垂直速度三个因子的分布情况与台风生成频数的分布差异几乎一致,同时也均呈现为副高弱年其产生的变化更利于台风生成,尤其是北部海域,但是垂直风切变的分布则与台风生成频数的分布存在出入,在西部海域表现得尤为明显,与弱年台风生成数的分布并不十分一致,表明副高的变化对其变化影响较弱。由于造成副高强年与弱年台风生成频数差异最大的为东部海域,SE 区域强年的台风生成数是弱年的近两倍,而 NE 区域则是弱年甚至达到了强年的三倍。故对各划分区域以及总体的台风总数与西太副高耦合模态时间权重系数做相关分析后发现,台风生成数与副高呈现显著的负相关,相关系数为-0.43,即副高为强年时,西太平洋台风生成频数偏少,且这种异常偏少在其东北区域尤为显著,相关系数达到了-0.60。

7 结论和讨论

通过 EOF 分析法以及合成分析法对 1979—2016 年的 7—9 月份西太平洋台风生成进行分析,得出以下主要结论:

(1)西太副高耦合模态是一种海气耦合模态,受北印度洋和副热带海温异常的影响使副高可以得到维持,形成一种大气-海洋热力反馈机制,同时该模态对西太平洋地区台风生成有抑制作用,且对台风生成数的地理分布具有显著影响。

(2)当副高表现为强年时西北太平洋的大尺度环流系统不利于台风生成,仅在东南海域表现为气旋性环流,促进台风生成。

(3)西太平洋区域各参数因子副高强年均表现为不利于台风生成,仅在东南海域表现为利于台风生成的背景环境,并且各参数中,850hPa 涡度和垂直速度因子表现尤为显著,600hPa 相对湿度因子与台风生成分布也相对符合,表明这三个因子随副高变化所产生对台风生成的影响呈正相关,而垂直风

切变表现出来的随着副高变化所产生的变化对影响台风生成关联程度较弱。

(4)西太平洋台风生成频数在副高强年和弱年的地理分布存在明显差异,弱年在北部海域的生成频数是强年的两倍,而强年在南部海域的生成频数略多于弱年,东部海域强年表现为南多于北,弱年则相反。弱年在东北海域台风生成频数是强年的三倍,强年在东南海域则为弱年的近两倍。

热带气旋生成的年际变率一直是作为热带气旋研究的重要方面之一,本文的研究也仅仅表明了西太副高耦合模态中副高异常变化对西太平洋区域台风生成的地理分布有显著的影响,但是该模态下相关影响因子的相互配合关系尚未十分明确,以及是否还存在其他的大尺度环境参数对该地区造成影响,这些都尚未探究清楚,仍需要今后有更多的研究进行补充。

参考文献:

- [1] 姚才,罗小莉,张成扬,等.7—9 月登录华南台风气候气候变化特征及大尺度环流系统分析[J].气象研究与应用,2019,40(1):1-6.
- [2] 黄滢,黄春华,林文桦.台风“威马逊”登陆后长时间维持原因分析[J].气象研究与应用,2019,40(4):25-27.
- [3] 覃焱,黄芊庭,李华实,等.1508 号台风“鲸鱼”路径与强度分析[J].气象研究与应用,2016,37(1):3-4.
- [4] 李妍君,陈耀登.台风“凡亚比”的诊断分析和数值模拟研究[J].气象研究与应用,2017,38(3):1-7.
- [5] 胡勇林,洪展,苏尉宣,等.1306 号台风“温比亚”影响广西特点分析[J].气象研究与应用,2014,35(1):25-28.
- [6] 杨柳,张银河,吴蔚.台风“巨爵”强度突变及惠州局地强降水成因分析[J].气象研究与应用,2013,34(1):86-88.
- [7] 蓝春灵.强台风“黑格比”分析[J].气象研究与应用,2009,30(1):63-65.
- [8] 余丹丹,张韧,赵越超,等.西太平洋副高的东西进退与东亚季风系统的相互影响与关联[J].大气科学学报,2014,37(3):304-312.
- [9] 杨淑瑞,战淑芸,林玉英.一九八七年西北太平洋台风和副热带高压的特点[J].海洋预报,1989,6(2):44-47.
- [10] Bin Wang, Baoqiang Xiang, June -Yi Lee. Subtropical High predictability establishes a promising way for monsoon and tropical storm predictions [J]. PANS. 2013, 110(8):2718-2722.
- [11] Chao Wang, Bin Wang. Tropical cyclone predictability shaped by western Pacific subtropical high: integration of trans-basin sea surface temperature effects [J]. Springer

- Link, 2019(53):2697–2714.
- [12] 董伟杰.1998–2017 年夏季西北太平洋台风活动特征研究[J].中国高新科技,2019(1):124–126.
- [13] Chao Wang, Bin Wang, Liguang Wu.A Region-Dependent Seasonal Forecasting Framework for Tropical Cyclone Genesis Frequency in the Western North Pacific [J]. Journal of Climate .2019,32(23):8415–8435.
- [14] 温娜.广义平衡反馈方法及其在研究海洋对大气反馈中的初步应用[D].山东:中国海洋大学,2009.
- [15] 李宪之.台风生成的综合学说[J].气象学报,1956,27(1):93–95.
- [16] Richie 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.
- [17] 苏丽欣,周锁铨,吴战平,等.西北太平洋热带气旋强度与环境气流切变关系的气候分析[J].气象科技,2008,36(5):564–565.
- [18] 李华实,廖胜石,李露芳,等.1409 超强台风“威马逊”近海急剧加强特征及成因分析[J].气象研究与应用,2016,37(1):47–51.
- [19] 何敏,龚振淞,徐明,等.高低层纬向风异常与西太平洋热带气旋生成年频数关系的研究[J].热带气象学报,2007,23(3):282–283.
- [20] 白莉娜,何敏,王元,等.西北太平洋风速垂直切变异常对热带气旋活动年际变化的影响[J].气象学报,2010,68(6):880–881.

Effects of coupling mode of the Western Pacific Subtropical High on typhoon generation

Mo Di

(Hechi Meteorological Bureau, Hechi Guangxi 547000)

Abstract: The Western Pacific Subtropical High is the main circulation system that affects the summer climate in East Asia. Based on the reanalysis data and the best track data of tropical cyclones from Joint Typhoon Warning Center of the United States, this paper studied the influence of the coupling mode of the West Pacific Subtropical High on the typhoon generation in the Northwest Pacific from July to September. The results showed that the coupling mode of the West Pacific Subtropical High had a significant inhibitory effect on typhoon generation in the Western Pacific, mainly in the northern part of the Northwest Pacific. When the West Pacific Subtropical High was strong (weak), the typhoon frequency in the Northwest Pacific was less (more). Further research showed that the coupling mode of the West Pacific Subtropical High could affect typhoon activity by adjusting the key large-scale environmental parameters such as 850hPa vorticity, vertical velocity, 600hPa relative humidity, and vertical wind shear.

Key words: Western Pacific Subtropical High; coupling mode of subtropical high; typhoon generation