

Analysis of Anomalous Tropical Cyclone Activities over the Western North Pacific and the South China Sea in 2015

Dandan Yu Lishan Li Lei Wan

2433 Mailbox, Beijing 100081, China

2015年西北太平洋和南海热带气旋活动特征及成因分析

余丹丹 李荔珊 万雷

北京市 2433 信箱, 北京, 100081, 中国

Abstract

Tropical cyclone (TC) activities over the western North Pacific and the South China Sea in 2015 have such characteristics as so many typhoons in winter and spring, so few typhoons in the South China Sea, generated source is easier than usual. Based on NCEP/NCAR reanalysis data, and the Outgoing Long wave Radiation (OLR) data from NOAA, some primary researches are performed. The results show that the abnormal warmer SST in the western North Pacific and the South China Sea is the key factors in TC abnormal activities; and external forcing of sea surface temperature anomalies caused by Walker circulation ascending area is located in the central and eastern equatorial Pacific, the vast west Pacific is a descending area, the Pacific subtropical high strengthens and spreads westward, East Asian summer monsoon is weak, ITCZ location is southerly, abnormal heat is easterly, which leads to the TCs generated source is easier than usual and TC number in the South China Sea is less than normal.

Keywords: synoptic meteorology; tropical cyclones; non-uniform heating; the subtropical high;

摘要

利用 NCEP / NCAR 再分析资料和美国 NOAA 向外长波辐射 (OLR) 等资料, 对 2015 年西北太平洋和南海热带气旋活动具有冬春台风数量多、南海台风数量少、生成源地偏东等主要特点及其成因进行了初步分析。结果表明: 赤道中东太平洋海温异常偏暖是导致热带气旋活动异常的重要原因, 海温外强迫异常造成沃克环流上升区位于赤道中东太平洋, 广阔的西太平洋为下沉区, 西太平洋副热带高压偏强, 位置偏西, 东亚夏季风偏弱, 热带辐合带偏南, 异常热源偏东, 导致热带气旋生成源地位置偏东, 南海热带气旋生成个数偏少。

关键字: 天气学; 热带气旋; 非绝热加热; 副热带高压

1. 引言

西北太平洋是全球热带气旋发生频数最多、分布范围最广的海域。我国濒临西北太平洋, 每年热带气旋灾害造成的损失高居其他自然灾害之首。随着全球变暖的持续发展, 全球高影响热带气旋事件的频发, 热带气旋灾害造成的损失日趋严重, 影响范围呈现扩大化的态势, 由沿海地区向内陆深入^[1]。1504号超强台风“美莎克”是北半球有气象记录以来, 3月生成的最强热带气旋, 是继2008年台风“浣

熊”之后，7年来首个在4月进入南海北部的热带气旋。1522号超强台风“彩虹”为1949年以来10月登陆广东最强热带气旋，登陆时中心附近最大风力有15级（50m/s）。

ENSO事件与西北太平洋热带气旋发生频数关系密切。赤道东太平洋海温异常可以通过影响太平洋低纬地区的纬圈环流、热带辐合带、海温等、对流，风切变幅度进而影响西太平洋台风的频次，强度，位置^[2-5]。西北太平洋副热带高压（以下，简称副高）的位置和强度等特征的演变对热带气旋的生成、发展和移动都有重要影响^[6-8]，同时，它也是预测热带气旋频数的一个重要的气候因子^[9]。2015年爆发了一次极强厄尔尼诺事件，全球诸多异常天气事实都与赤道中东太平洋海温持续变暖有关，2015年副高异常偏强、偏南、偏西，南海热带气旋异常偏少，这无疑也与该年太平洋海温的反常行为密切相关。

基于此，本文采用上海台风所提供的1949~2015年西北太平洋编号热带气旋资料，源于美国国家环境预报中心NCEP(National Centers for Environmental Prediction)和国家大气研究中心NCAR(National Centers for Atmospheric Research)的同期的逐日再分析资料(风场、高度场、温度场、湿度场和垂直速度场)以及美国国家海洋和大气管理局NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)卫星观测的OLR资料(2.5°×2.5°网格)。对2015年西北太平洋和南海热带气旋活动特点进行了回顾，揭示ENSO事件期间东亚夏季风活动异常与西北太平洋热带气旋活动异常的关系，建立东亚夏季风系统成员对热带气旋影响的天气学图像，为热带气旋活动的长期气候预测提供有益的参考。

2. 2015年热带气旋活动概况

(1) 起编时间偏早，冬春台风偏多

2015年第1号台风“米克拉”于1月14日生成，比常年(3月20日)明显偏早。2015年是自1971年以来冬春台风最活跃的一年，1~5月西北太平洋(含南海)共有7个热带气旋生成，较常年(2.9个)异常偏多，尤其是2015年春季(3月~5月)，热带气旋生成个数明显偏多，强度偏强，历史罕见，春

季生成的5个热带气旋中有3个达到超强台风级，其中1504号超强台风“美莎克”是北半球有气象记录以来，3月生成的最强热带气旋，它以偏西路径长驱直入南海，是继2008年台风“浣熊”之后，7年来首个在4月进入南海北部的热带气旋。

表1 2015年西北太平洋(含南海)热带气旋各月生成个数(平均值:1949-2014年)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
2015年	1	1	2	1	2	2	4	3	5	4	1	1
平均值	0.5	0.2	0.4	0.7	1.1	2.0	4.1	5.7	5.1	3.8	2.3	1.2

(2) 源地偏东，强度偏强

2015年热带气旋生成源地位置偏东，平均经度149.7°E，有7个热带气旋生成于160°E以东海域，有3个热带气旋生成于170°E以东海域。由于热带气旋生成源地偏东，西行距离较长，宽阔暖洋面为台风发展提供有利条件，因此，2015年热带气旋强度偏强，台风级别(含)以上的热带气旋个数占总个数77.8%，有超过一半的热带气旋达到超强台风级(14个)，超强台风的数量是常年的2倍。

(3) 南海台风偏少，影响偏弱

2015年影响南海海域热带气旋有7个，较常年平均偏少(10个)，影响范围强度偏弱。1522号强台风“彩虹”以西北路径横穿南海，并以强台风级在广东省湛江沿海登陆，为本年度对华南沿海造成影响最严重的南海台风。除此以外，其它5个南海热带气旋影响强度范围均偏弱。

(4) 西行台风偏多，北上台风偏少

2015年西太平洋(含南海)生成的27个热带气旋中，以偏西路径影响我国的热带气旋有10个，占总个数37.0%；近海北上影响我国的热带气旋有3个，占总个数11.1%。

(5) 7月台风集中频发

2015年7月，1509号超强台风“灿鸿”、1510号台风“莲花”、1511号超强台风“浪卡”接踵而至，同时在西北太平洋上活动，形成了“三旋共舞”的局面。

总的来说，2015年热带气旋生成个数基本接近多年平均值，但是热带气旋生成位置普遍偏东，有近一半在150°E以东生成，南海和菲律宾群岛以东台风源地生成的热带气旋

相对偏少；冬春台风偏多，1~5月生成熟热带气旋个数均高于多年平均值，夏秋台风略偏少，8月热带气旋个数较常年同期偏少2个。那么造成热带气旋活动异常的原因是什么？

3. 热带气旋生成频数异常的成因分析

3.1 厄尔尼诺事件的影响

2014年5月赤道太平洋发生的厄尔尼诺事件，截止到2016年4月，已经持续了23个月，峰值出现在2015年11月。此次厄尔尼诺事件持续时间、累计强度(29.7°C)和峰值强度(2.9°C)都达到了历史最高，已成为20世纪以来最强的厄尔尼诺事件，也是自1951年以来持续时间最长的厄尔尼诺事件。虽然目前本次超强厄尔尼诺事件已进入快速衰减过程，但其后续影响仍将持续。

从2015年赤道太平洋地区各季海温距平分布(图1略)可以看出：从前冬到秋季，赤道中东太平洋大部分地区海温为正距平分布，暖海温中心范围和强度不断扩大，表明厄尔尼诺事件持续发展，前冬，赤道太平洋中部海温升温明显，春季，暖海温范围扩大到赤道东太平洋，暖海温中心位于日界线附近，中心强度超过1.5°C，秋季，暖海温中心东扩到110°W附近，中心强度超过3°C。由于赤道西太平洋附近(120°E-140°E)海域海温持续偏低，对流活动受到抑制，导致该海域生成的热带气旋明显偏少，相反，冬春季，赤道太平洋中部(150°E)异常海温暖中心有利于热带气旋在该海域生成和发展，这也是2015年冬春热带气旋生成个数偏多，生成源地偏东的最主要原因。值得注意的是，前冬和春季，南海-菲律宾以东海域海温整体偏低，无法为热带气旋提供足够的能量，不但导致该海域生成的热带气旋偏少，而且使得经过该海域的热带气旋途中减弱消散(如1504号超强台风“美莎克”)，夏秋季，该海域海温逐渐升高，正距平范围不断扩大，导致夏秋季影响我国的热带气旋多而集中。由此可见，赤道太平洋海温异常特征与2015年热带气旋的活动特点密切相关，赤道太平洋中部的异常暖水状态对热带气旋的发生和加强尤为有利，该地区海温持续偏高，导致热带气旋生成位置异常偏东。

从纬圈环流来看，2015年“东暖西冷”

的厄尔尼诺年海温分布，直接导致沃克环流发生异常(图2略)，从前冬到秋季，沃克环流的主要上升区从西太平洋东移到日界线附近，尤其是到了夏秋季，广阔的西太平洋(120°E-160°E)皆为下沉区，沃克环流异常上升支位于160°E以西海域，这里海温偏高，对流旺盛，从而造就了2015年台风源地异常偏东的事实。

3.2 东亚夏季风系统活动异常的影响

南海夏季风强度指数的逐候演变显示(图3a)，2015年南海夏季风5月5候爆发，爆发时间与常年基本一致，除6月下旬到7月中旬，南海夏季风出现阶段性偏弱外，其余时段强度总体较常年同期异常偏弱。根据文献(陶诗言等,2001)关于东亚季风指数定义，计算1979~2015年间，(10°N-20°N, 100°E-150°E)区域的6~8月平均850 hPa的U分量减去(25°N-35°N, 100°E-150°E)区域的6~8月平均850 hPa的U分量(图3b)，发现2015年基本属于夏季风正常年。再以4~10月850 hPa纬向风沿100°E~150°E平均的纬度-时间剖面(图4)，来看东亚夏季风的强弱变化。总的来说，4~10月赤道西风偏强，这与本年度发生厄尔尼诺事件相吻合，5月中旬，伴随南海夏季风全面爆发，南海一带东风迅速转为西风，副高南撤东退。随后，季风云涌中断，南海一带又被副高占据，6月中旬，低纬地区出现了一次明显的季风北涌，西风向北扩展至20°N附近，副高也向北挺进，之后季风一直偏弱，副高偏南。

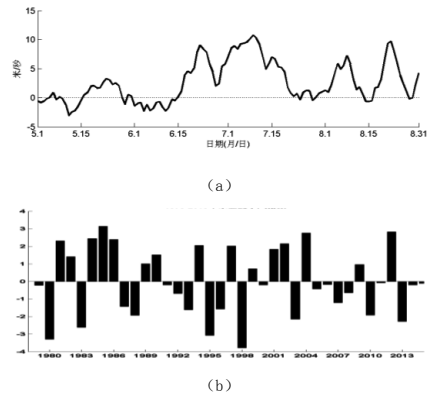


图3 (a) 2015年5-8月南海夏季风强度指数

逐日变化 (b) 1979-2015 年东亚夏季风强度指数的逐年变化

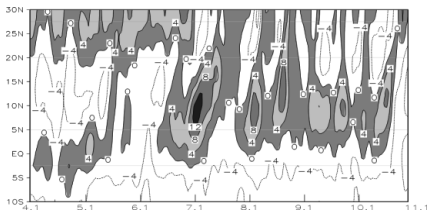


图 4 沿 100° E~150° E 平均的 850 hPa 纬向风纬度-时间剖面(单位: $m \cdot s^{-1}$)

3.3 副热带高压的影响

2015 年西太平洋副热带高压的主要特点表现为: 副高强度异常偏强、西伸脊点异常偏西, 脊线在夏季后期到秋季偏南, 从 2015 年副高强度、西伸脊点及脊线指数^[10]逐月演变(图 5)可以看出: 除了 2 月, 几乎全年副高面积指数都在均值以上, 副高西脊点指数都在均值以下, 7~10 月, 副高脊线位置异常偏南。从 2015 年副高脊线指数和东西位置指数的逐日演变(图 6)也可以看出: 整体上, 副高脊线基本没有越过 30° N, 副高关键区以负涡度为主, 位置偏西, 尤其是 8 月, 副高异常南落, 向西扩展。在这种强大的副高体的控制下, 南海-西太平洋海域(100° E~140° E, 5° N~25° N)都被副高所控制, 以下沉气流为主, 抑制了该地区对流的发展, 不利于热带气旋的生成, 从而导致南海热带气旋明显减少。8 月副高脊线的异常南压也是导致该月热带气旋生成偏少的重要原因, 9 月随着副高北跳, 热带气旋的活动才开始活跃起来。

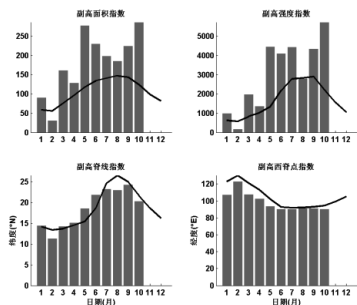


图 5 2015 年副高面积指数和西脊点指数的逐月变化(粗实线为多年平均值)

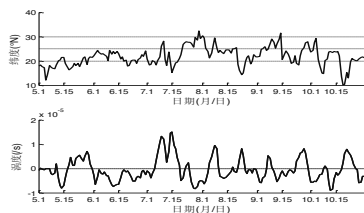


图 6 2015 年 5~10 月逐日 (a) 副高脊线指数和 (b) 副高东西位置指数的变化曲线

进一步分析可知, 由于赤道中东太平洋海温异常偏暖, 整个赤道地区平均海温上升, 南北温度梯度进一步加剧, 促使赤道哈得来环流发展, 副热带的下沉分支强烈发展, 使得副高加强。副高的异常强大, 热带辐合带偏弱, 位置偏南, 热带西太平洋上空的对流活动受到抑制, 热带气旋生成缺乏必要的初始扰动条件, 故生成个数较常年偏少。为此下面将进一步探讨热带辐合带对热带气旋活动的影响。

3.3.1 热带辐合带

图 7(图略)上可以清楚地看到副高和热带辐合带的强弱和位置关系。从前冬到秋季, 共同特征是副高异常强大, 向西伸展, 西北太平洋完全在副高的控制下, 南海和菲律宾以东为 OLR 高值区, 对流不活跃, 这与厄尔尼诺引起的沃克环流异常下沉支位置相吻合, 而赤道太平洋中东部为 OLR 低值区, 对应沃克环流异常上升支, 对流活动频繁。夏季, 赤道西风向东发展, 它们与副高南侧的东风在赤道太平洋中部汇合, 使得热带气旋源地偏东, 热带辐合带偏弱, 位置偏南, 不利于热带气旋生成。

3.3.2 大气视热源

绝大多数的热带环流是热力驱动的, 为此下面将从热源的角度进行讨论。文中大气视热源 Q_1 的计算方案^[11]如下:

$$Q_1 = c_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla T + \omega \left(\frac{p}{p_0} \right)^k \frac{\partial \theta}{\partial p} \right)$$

其中 T 为温度, q 为比湿, θ 为位温, ω 为 p 坐标的垂直速度, $k=R/C_p$, R 和 C_p 分别为干空气气体常数和定压比热, L 为潜热, \vec{v} 为水平风矢量。将上式分别垂直积分可得整层的视热源 $\langle Q_1 \rangle$

$$\langle Q_1 \rangle = \frac{1}{g} \int_{p_0}^{p_s} (Q_1) dp$$

Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

式中 P0 指 1000 hPa, PS 指的是 100 hPa。图 8 为 2015 年各季平均对流层整层垂直积分的大气视热源的距平分布。图中, 异常热源偏东, 主要分布在赤道太平洋中东部上, 南海及菲律宾以东上空皆为干燥和辐射冷却区, 视热源较

常年明显减弱, 热带气旋主要源区的热力条件不利于热带气旋的生成和发展, 因此造成热带气旋活动偏少。由于副热带高压及平均脊区大气辐射冷却并失去水分, 因此图上负距平区的分布很好地反映了副高异常强大和位置偏西。

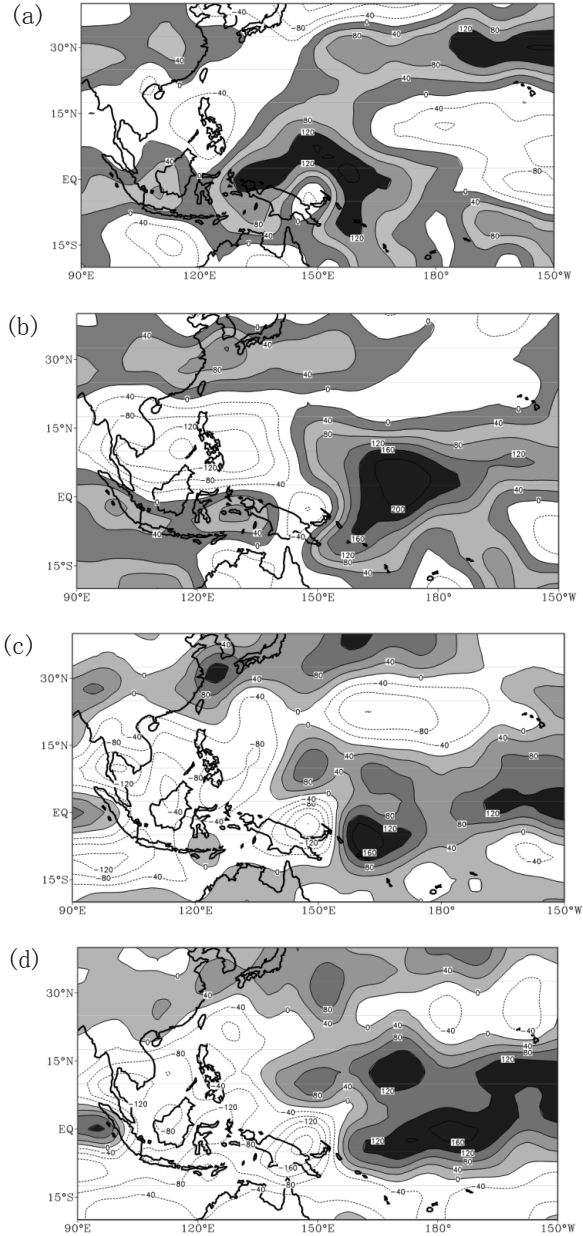


图 8. 2015 年 (a) 前冬 (翌年 12-2 月)、(b) 春季 (3-5 月)、(c) 夏季 (6-8 月)、(d) 秋季 (9-11 月) 对流层整层垂直积分的大气视热源 Q1 距平分布

总的来说伴随着年内的厄尔尼诺事件,海温外强迫的异常造成垂直环流异常,东亚夏季风活动异常,从而影响热带气旋活动异常。具体来讲,由春入夏,赤道东太平洋海温异常偏暖,沃克环流上升区位于赤道中东太平洋,广阔的西太平洋为下沉区,西太平洋副热带高压偏强,位置偏西,东亚夏季风偏弱,西南季风与副高南缘东南风形成的气旋性切变偏弱,不利于热带气旋的生成,热带辐合带偏南,热带对流活跃区位于赤道以南,异常热源偏东,南海和菲律宾以东地区对流活动受到抑制,热带气旋生成个数偏少。

4. 小结

(1) 2015年是西北太平洋和南海上热带气旋主要呈现冬春台风数量多、南海台风数量少、生成源地偏东等主要特点。

(2) 2015年赤道中太平洋海温异常偏暖可能是导致冬春台风频数异常偏多、“初台”来得早的重要原因。

(3) 2015年热带气旋活动异常与东亚夏季风活动异常有关,东亚夏季风偏弱,副高南压,热带辐合带偏南,南海和菲律宾以东地区为沃克环流下沉区,对流活动受到抑制,这是造成2015年南海热带气旋偏少的直接原因。

(4) 2015年赤道中东太平洋海温异常偏暖,南北温度梯度进一步加剧,促使Hadley环流下沉支强烈发展,使得副高偏强。副高异常强大、持续偏西、呈带状分布从而导致热带气旋多西行影响我国。

参考文献

- [1] 雷小途,徐明,任福民.全球变暖对台风活动影响的研究进展[J].大气科学,2009,67(5):680-688.
- [2] 王会军,范可,孙建奇等.2007.关于西太平洋台风气候变异和预测的若干研究进展.大气

科学,31(6):1076-1081.

- [3] 陶丽,靳甜甜,濮海娟.2013.西北太平洋热带气旋气候变化的若干研究进展[J].大气科学学报,36(4):504-512.
- [4] 朱伟军,胡瑞卿,徐明等.2014.西北太平洋和南海不同时段生成热带气旋频数及其水汽条件的分类[J].大气科学学报,37(3):344-353.
- [5] Camargo S J, Sobel A H. 2005. Western North Pacific tropical cyclone intensity and ENSO[J]. J. Climate,18(15):2996-3006.
- [6] 陈联寿.盛夏亚洲中高纬流型与西太平洋热带气旋路径的关系[J].气象学报,1965,35(4):476-485.
- [7] Wang B, Wu R R. Peculiar temporal structure of the South China Sea summer monsoon [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 1997,14: 177-194.
- [8] 龚振淞,陈丽娟.2010年西北太平洋与南海热带气旋活动异常的成因分析[J].气候与环境研究,2013,18(3):342-352.
- [9] 范可.西北太平洋台风生成频次的新预测因子和新预测模型[J].中国科学(D辑),2007,37(9):1260-1266.
- [10] 余丹丹,张韧等.基于交叉小波与小波相干的西太平洋副高与东亚夏季风系统的关联性分析[J].南京气象学报,2007,30(6):755-769.
- [11] Yanai M, Esbensen S and Chu J H. Determination of bulk properties of tropical cloud clusters from large-scale heat and moisture budgets [J]. J. Atmos. Sci., 1973,30: 611-627.