

2007年西北太平洋热带气旋活动综述

应 明 余 晖 梁旭东 李 佳

(中国气象局上海台风研究所, 中国气象局上海台风预报技术重点实验室, 200030)

提 要: 利用热带气旋年鉴、海温和大气环流再分析资料, 分析 2007 年西北太平洋 (包括南海) 的风暴级以上热带气旋 (简称 TC) 活动状况及海-气条件。结果表明, 相对于气候平均值, 2007 年西北太平洋 TC 活动的季节峰期推后了约 2 个月, 源地明显偏北, 生成点纬度发生了 2 次明显跃变, 年度 TC 的总体活动较弱, 但个体的强度较强, 路径以西北行为主, 登陆比例偏大。影响上述 TC 活动特征的一个重要原因是年内 ENSO 循环的位相使得上半年的大气环流不利因素居多, 而下半年大尺度上升运动、热带辐合带均较强, 副高偏北、局地垂直风切变较小和对流层低层较强的扰动活动等条件, 也十分有利热带气旋活动。

关键词: 热带气旋 年度活动 西北太平洋

Review of the Tropical Cyclone Activities over the Northwest Pacific in 2007

Ying Ming Yu Hui Liang Xudong Li Jia

(Shanghai Typhoon Institute; Laboratory of Typhoon Forecast Technique, CMA, Shanghai 200030)

Abstract: In 2007, the tropical cyclone activity over the Northwest Pacific exhibits the following features as compared to normal years: (1) the active tropical cyclone season shifts about 2 months later; (2) the area of tropical cyclogenesis is more northward and abrupt changes in latitudes of genesis occur twice in the year; (3) the intensity of tropical cyclone as a whole is slightly weaker while individual one is more intense; and (4) there is a higher rate of landfall tropical cyclones. These characteristics are associated with ENSO phenomenon which turns from El Nino to La Nina in the year. Consequently, a more favorable environment for tropical cyclones occurs since August, including the strengthened largescale ascending motions and ITCZ, the northward subtropic high, small local vertical shear, and active turbulences in low troposphere.

Key Words: tropical cyclone annual activities northwest Pacific

引 言

西北太平洋是世界上热带气旋活动最为频繁的海区,沿岸各国受其影响灾害深重。每年热带气旋的活动特征都大不相同。2007 年,西北太平洋及南海海区共生成 25 个风暴级以上强度的热带气旋,总体活动强度较气候平均值偏弱,但个体强度则较强,登陆我国的比例偏大。造成 2007 年热带气旋的活动特征的原因,主要是年内热带海气系统经历了从 El Nino 至 La Nina 的位相转变,本文将侧重海气背景条件对热带气旋活动的影响对此作简要分析。

2006 年我国颁布的《热带气旋等级国家标准》^[1]将热带气旋分为 6 个强度等级:热带低压(TD)、热带风暴(TS)、强热带风暴(STS)、台风(TY)、强台风(STY)和超强台风(SuperTY)。由于各国对编号风暴的认定往往更为慎重,而对热带低压则常常只关注明显影响本国的个例,考虑到不同热带气旋资料集之间的可比性和气候统计的延续性,本文以编号热带风暴(以下称作 TC)为对象进行分析。往年热带气旋活动综述参见文献^[2]等。

1 资料和方法

1.1 资料

所用热带气旋历史资料取自中国气象局上海台风研究所(CMA-STI)热带气旋最佳路径数据集^[3],该数据集包含《热带气旋年鉴》所整编的每 6 小时的热带气旋最佳路径和强度记录。

大气环流资料为美国 NOAA/OAR/ESRL PSD 月平均和日平均资料^[4-5],海温资料为美国 NOAA Extended Reconstructed

SST(V2)^[6],此外还使用了美国 CDC Interpolated OLR 逐日资料^[7]。

1.2 方法

分析中所用到的相关量定义如下:

(1) 热带辐散环流指数

采用 Zhang 等^[8]定义的 Walker 环流和 Hadley 环流指数来分析热带的大尺度环流特征:

$$I_W(\lambda) = -\frac{1}{Y_2 - Y_1} \int_{Y_1}^{Y_2} (D_{u200} - D_{u850}) dy \quad (1)$$

$$I_H(\varphi) = -\frac{1}{X_2 - X_1} \int_{X_1}^{X_2} (D_{v200} - D_{v850}) dx \quad (2)$$

其中 D_u 和 D_v 分别为纬向和经向辐散风的散度,数字下标表示等压面层次; X_1 、 X_2 和 Y_1 、 Y_2 分别为特征经度和特征纬度。 $I_W(\lambda)$ 和 $I_H(\varphi)$ 的本质是散度,其正值表示高层辐散,低层辐合(对应上升运动)。

(2) 扰动动能

扰动动能(E_{TK})的定义如下:

$$E_{TK} = \frac{1}{2} \overline{(u'^2 + v'^2)}, \quad (3)$$

其中 u' 、 v' 分别为相对多年平均的逐日纬向和经向风扰动分量;上划线表示时间平均,在本文中取为 5 天平均。

2 2007 年 TC 活动特点

2.1 频数、强度和生命史特征

2007 年共有 25 个 TC 生成,较 30 年气候平均值(1971—2000 年,下同) 27 个偏少,其中生成于我国南海海域的 TC 比例(20%)与气候平均值持平;2007 年 TC 发生的季节峰期比 30 年气候平均滞后了近 2 个月(图 1)。

在西北太平洋洋面,往往有多个 TC 共存的现象,称为“多热带气旋”。多热带气旋出现的频次也是年度 TC 活动强弱的指标

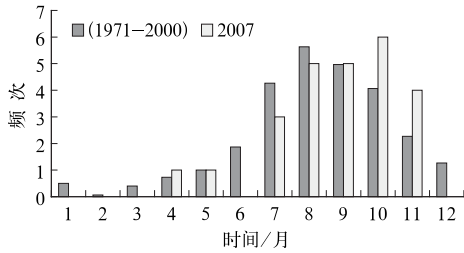


图1 2007年逐月TC频数与30年的气候平均值的比较

之一。定义一次多热带气旋过程为自洋面上同时出现2个以上TC开始,至仅余1个TC止。2007年共发生了5次多热带气旋过程,其中共出现5对双热带气旋和1组三热带气旋,较之30年的气候平均值(分别为17对和6组)而言显著偏少。这也说明本年度TC

活动总体而言较气候平均值偏弱。

表1为TC活动的相关统计量。从强度等级看,2007年台风级TC(TY,STY和SuperTY)生成频数接近气候平均值,风暴级TC(TS和STS)以TS居多。

以最佳路径数据集的观测记录次数(每6小时一次)统计TC出现的频次,年均TC出现频次比30年气候平均值偏少约3成(表1),各等级频次也相应偏少。相应的百分比显示,本年度TC在TY,STY和SuperTY强度上维持的频次比例比气候均值增加了5%,说明本年度TC个体的强度较气候平均值偏强。此外,由风暴出现频次推算,可知本年度TC的平均生命史(约90h)较气候平均值偏短(约120小时)。

表1 2007年各强度等级TC特征量统计

	生成频数		出现频次*					
	1971—2000 年均	2007 年	1971—2000 年均		2007 年			
TS	~4	15%	9	36%	154	27%	132	34%
STS	~7	27%	2	8%	191	33%	85	22%
TY	6~7	25%	6	24%	137	24%	106	27%
STY	4~5	17%	4	16%	33	6%	22	6%
SuperTY	4~5	17%	4	16%	33	6%	22	6%
总计	~27		25		573		390	

*按每日4次计,据此可推算风暴的生命史时数

2.2 源地、路径和移速特征

2007年TC生成位置较气候平均状况略偏北(图略),密度最大区域位于菲律宾东北方海域(15~25°N、125~145°E)。在西北太平洋开阔洋面上空生成的20个TC中,其生成点的纬度有两次突变:一是7月下旬从10°N附近明显北跳至20°N附近,二是11月后期明显的向南回落(图3)。

从实际业务考虑,以24小时警戒线^[2]划分我国的近海区域。2007年在我国近海生成的有2个南海TS,而移入我国近海的则有9个,较30年气候平均值(总计13个)偏少。这11个近海TC中有7个登陆了我国(包括台湾),与气候平均值持平。换言之,2007

年近海TC登陆比例大。此外,还有4个TC分别登陆了韩国和日本。2007年转向TC的比例(12/25)接近30年气候平均值(13/27);按出现的频次统计,路径以西北行为主。转向点位置(图2)的统计特征值表明,2007年转向点经度和纬度的离散度均较气候平均偏大,且平均(中位数)转向点偏北偏西。

热带气旋之间的相互作用可能导致路径预报的困难。2007年出现的多热带气旋中,有2对TC满足腾原效应的距离条件($\leq 10^3$ km);Pabuk(0707)和Wutip(0708)在24小时的相互作用中发生了明显的互旋,旋转角近30°;另一对热带气旋Haiyan(0717)和Podul(0719)很快就合并了(图略)。

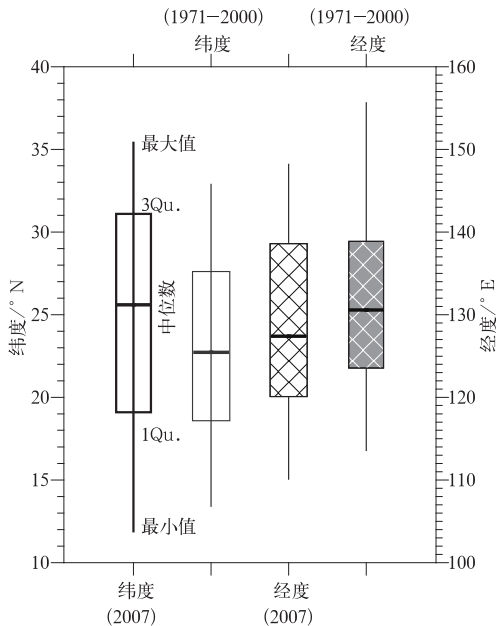


图 2 2007 年 TC 转向纬度和经度的统计特征值与 30 年气候平均值的比较
1Qu. 和 3Qu. 为第 1 和第 3 四分位数

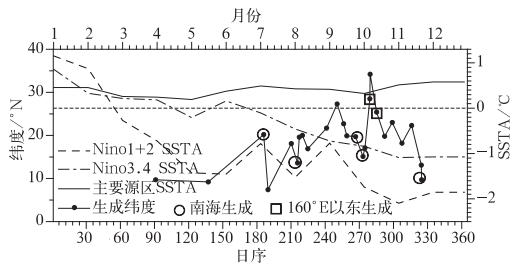


图 3 2007 年 TC 生成纬度的变化
主要 TC 源区 (5~30°N、120~160°E, 实线)、
Nino1+2 区 (虚线) 和 Nino3.4 区 (点划线)
月平均海表温度相对于 30 年的气候平均的异常

3 西北太平洋的海气状况

3.1 热带 ENSO 循环的影响

热带地区有足以影响全球的强年际振荡信号——ENSO, 热带海洋又为热带气旋提供必要的能量来源, 因此热带地区的海气状况是热带气旋活动的重要气候背景之一。

继 2006 年发生 El Nino 事件之后, 2007 年下半年发生了中等偏弱的 La Nina 事件 (图 3), 东太平洋的 Nino1+2 区 (0~10°S、80~90°W) 自 3 月开始出现了明显的负海温距平; 中太平洋 Nino3.4 区 (5°S~5°N、170°E~120°W) 海温 4—7 月在气候平均值附近振荡, 而后自 8 月开始出现明显的负距平; 西太平洋的主要 TC 源区 (5~30°N、120~160°E) 全年维持弱的正海温距平。

ENSO 最显著的特征是海洋和大气的耦合变化。年内热带西太平洋 Walker 环流的上升支在 160°E 附近摆动, 强度除年初偏弱、11 月偏强外相差不大; 东太平洋下沉支 5—11 月较强。120°E 附近的下沉支在 7、9 和 10 月最强 (图 4a)。纬向辐散风高低层差值的距平 (图 4a) 表明, 5 月之前, 热带太平洋 Walker 环流的水平支在中东太平洋区较强, 西太平洋区较弱; 而 6—12 月则是西太平洋上空的水平支较强。

TC 主要发源纬度带的高低空速度势差值距平 (图 4b) 表明, 5 月之前西北太平洋及南海海区的异常环流以高层辐合低层辐散为主, 不利 TC 活动; 8 月之后则以高层辐散低层辐合为主, 有利于 TC 活动。逐月 200~850hPa 垂直风切变 (图 4b) 也表明, 年初 TC 主要源区上空垂直风切变偏大, 不利 TC 活动; 而 5—11 月间较小, 有利于 TC 活动。此外, 对 120~160°E 的经圈环流的分析表明 (图略), Hadley 环流的上升支自 7 月起强度明显增强; 自 8 月起其范围扩张到 25°N 以北, 而此前基本上维持在 15°N 以南。

因此, 8—11 月热带中西太平洋区大尺度上升运动增强, 高低空辐散辐合的配置和较小的局地垂直风切变均有利于 TC 的发展, 这是 2007 年 TC 活跃季节偏迟的原因之一。

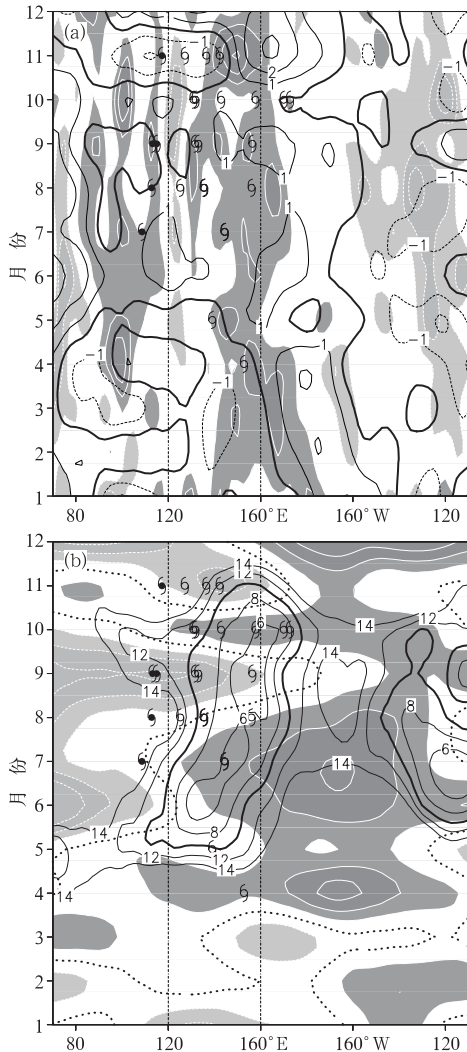


图 4 2007年逐月的(a)5°S~15°N纬度带的 $I_w(\lambda)$ (阴影, 深色表示上升区, 浅色表示下沉区)和纬向辐散风200~850hPa差值距平(等值线, 粗实线为0线); (b)TC主要发源纬度带(5~30°N)内高空(200~850hPa)速度势差值距平(阴影, 浅色表示高层辐散低层辐合, 深色为高层辐合低层辐散, 粗点线为零线)和200~850hPa垂直风切变(等值线, 粗实线为 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), 图上均标记当月TC的生成经度 (“9”生成于南海, “6”生成于西北太平洋海域)

3.2 西北太平洋区的热带辐合带和副热带高压

热带辐合带(ITCZ)作为热带地区有组

织的对流性系统,是西北太平洋区大多数TC发生发展的温床^[9]。ITCZ的强度和位置常常决定TC的源地,北面的副热带高压也会影响TC的移动路径。

图5为2007年3—12月120~160°E经度带平均的外逸长波辐射(OLR)演变,图中浅色阴影为OLR低值区,深色阴影为OLR高值区。7月以前西北太平洋地区的强对流区持续维持在较低纬度上,且强度很弱,不利TC发展;而其北侧副热带高压强度偏强,脊线持续维持在20°N以南,限制了TC的活动范围。6月后期副热带高压发生第一次北跳,但ITCZ并没有相应地增强北抬,反而明显减弱,这个时期的TC活动仍处于低潮。7月底副热带高压第二次北跳,脊线移至30°N附近,此时ITCZ加强北抬,西北太平洋热带地区为强对流区所控制,TC活动也开始变强,并且生成点的纬度也北跳至20°N附近,活动的范围较为偏北。直到11月下旬,副热带高压才又回到年初的纬度带上,TC的生成纬度南落,活跃季节趋于结束。由此可见,西北太平洋ITCZ和副热带高压对TC的生成纬度和活跃的区域起到调控作用。

3.3 西北太平洋低层扰动

对流层低层的扰动被认为是激发热带气旋涡旋组织的有利条件^[10-11]。2007年TC主要源区850hPa的扰动动能及其散度的变化(图6)显示,7月之前,热带气旋主要源区的扰动动能处于较低水平,且从TC活动的主要源区向外辐散,不利于TC涡旋的组织形成;而下半年低层扰动动能向主要源区辐合,相应地主要源区内扰动动能明显强于上半年,有利于TC涡旋的组织。同时图6也证实,扰动动能及其散度与区域内TC的活动对应得好。

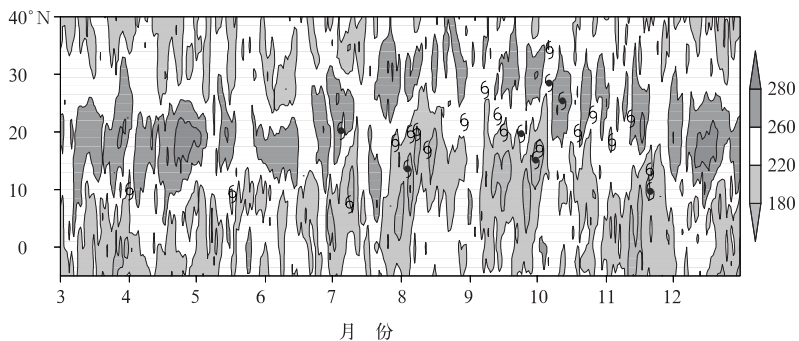


图 5 2007 年 3—12 月 120~160°E 经度带平均 OLR 逐日演变及对应的 TC 生成位置

(“6”表示 120~130°E 间生成的个例, “9”为 120~160°E 以外生成的个例)

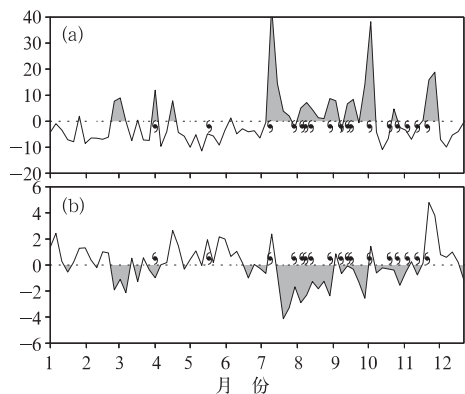


图 6 2007 年 TC 主要源区(5~30°N、120~160°E)850hPa 的扰动动能 (单位: $m^2 \cdot s^{-2}$) 相对于当年平均的差值(a) 和扰动动能散度(b, 单位: $10^5 m^2 s^{-3}$) 图中“6”为区域内生成的 TC

综上所述,伴随着年内的 ENSO 循环,8 月之前 TC 主要源区的对流活动受到大尺度环流的抑制,高低空辐散辐合条件不佳,垂直风切变也较大,同时 ITCZ 偏弱偏南,副热带高压偏强偏南,对流层低层的扰动动能处于较低水平,这些条件均不利于 TC 活跃,因此造成 TC 活动偏少;而 8 月之后,前述大气环流条件均转为有利于 TC 活动加强的状态。正由于前述大气环流条件有如此明显的季节对比,导致 2007 年前半年 TC

发生较少而后半年 TC 频繁活动,并且活动高峰期也后推了约 2 个月。

4 总结

综上所述,根据对 2007 年 TC 活动情况的分析,初步得到以下结论。

(1) 2007 年 TC 的活动总体而言较 30 年气候均值偏弱,季节峰期明显推后,但个体强度偏强,登陆比例偏大。TC 的源地较气候平均位置明显偏北,生成点纬度有 2 次明显的跃变;路径以西北行为为主,转向比例高于气候平均值,平均转向点位置偏北偏西;有两对 TC 发生了明显的互旋。

(2) 2007 年经历了从 El Nino 向中等偏弱的 La Nina 事件的过渡,La Nina 事件的振幅自 8 月开始加强。在 8 月之前,西北太平洋的大气环流条件多处于不利 TC 活动的状态;而随着 La Nina 信号的加强,西北太平洋的大气环流条件转为有利 TC 活动。年内大气环流条件的前后对比,使得 TC 活动的峰期明显滞后于气候平均值;而局地环流系统 ITCZ 和副热带高压的变化,也使得热带气旋的生成的纬度发生了跃变。

参考文献

- [1] 热带气旋等级国家标准[Z]. GB/T 19201—2006.
- [2] 吴达铭, 陈雪峰, 邱君瑞. 1994 年西北太平洋热带气旋综述[J]. 大气科学研究与应用, 1995(9): 91-102.
- [3] 中国气象局上海台风研究所. <http://www.typhoon.gov.cn/en/data/>
- [4] Kalnay E., M. Kanamitsu, R. Kistler, et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project [J]. Bull. Amer. Meteor. Soc., 1996; 77, 437-470.
- [5] NCEP Reanalysis data provided by the NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, from their Web site at <http://www.cdc.noaa.gov/>
- [6] <http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/sst/sst.html>
- [7] Liebmann, B., C. A. Smith. Description of a Complete (Interpolated) Outgoing Longwave Radiation Dataset [J]. Bull. Amer. Meteor. Soc., 2006, 77: 1275-1277.
- [8] Zhang, Y., and S. Jiang. Retrieval of the Tropical Divergent Wind from OLR and Its Application in ENSO Diagnosis [J]. Acta Meteor. Sinica, 2000; 14(1): 62-81.
- [9] 陈联寿, 丁一汇. 西太平洋台风概论 [M]. 北京: 科学出版社, 1979: 491.
- [10] Gray, W. M., Tropical Cyclone Formation and Intensity Change [C]. ICSU/WMO International Symposium on Tropical Cyclone Disasters, Beijing: Peking Univ. Press, 1992: 123-135.
- [11] Emanuel, K. The Physics of Tropical Cyclogenesis over the Eastern Pacific [C]. ICSU/WMO International Symposium on Tropical Cyclone Disasters, Beijing: Peking Univ. Press, 1992: 136-142.