

# 1998 和 1999 年西北太平洋热带气旋的异常特征及其大尺度条件\*

孙颖 丁汇

(中国国家气候中心, 北京, 100081)

## 摘要

应用联合台风警报中心(JTWC)的资料,研究了 1998 和 1999 年西北太平洋(WNP)热带气旋(TC)的活动,发现这两年具有较为相似的异常特征:台风个数明显偏少,台风的生成源地显著偏西。对导致这种异常的大尺度条件场的分析表明,1998 和 1999 年的台风季季风槽、垂直风切变、海平面气压等因子的分布都不利于台风在 WNP 东部海域的生成,因此是导致这两年台风偏少和生成源地异常偏西的重要原因。其中,季风槽的异常偏西及在盛夏的异常偏北对 TC 的异常活动产生了主要影响。

对低纬大气环流异常的进一步分析表明,WNP 地区的环流异常是导致季风槽和垂直风切变场异常的主要原因,而 1999 年异常环流的出现可能是由于低纬大气对印尼附近异常热源强迫的响应所致。由于该热源的存在,在其东侧(WNP 地区)激发出东传的 Kelvin 波,而相应的异常风场则表现为低层盛行异常东风,而高层盛行异常西风,因此造成了 WNP 东部和西部海域垂直切变场的近乎相反的变化。同时,由于低层异常强的东风不利于季风西风的向东延伸,从而使季风槽明显偏西,未到达菲律宾以东的热带气旋频发区的位置。

关键词: 热带气旋, 季风槽, 垂直切变, 异常热源。

## 1 引言

作为一种重要的热带天气系统,热带气旋(TC)的发生存在着明显的年际变化,这种变化既表现在 TC 生成的个数上,也表现在其生成源地位置和路径的变化上。一般而言,热带气旋的这种年际变化主要与其生成条件的差异有关,而这往往联系着大范围背景场环流条件的变化。Gray<sup>[1]</sup>、陈联寿和丁一汇<sup>[2]</sup>在众多分析的基础上,提出了台风(达到热带风暴强度的 TC)形成的 6 个条件。基于这些条件,TC 年际变化的分析多集中在下列几个方面:(1)季风槽的变异对 TC 形成有着重要影响。因为大部分气旋形成在季风西风和信风东风的切变区中,而西北太平洋台风绝大多数(83%)是由热带辐合带的扰动发展起来<sup>[2]</sup>。Ding 和 Reiter<sup>[3]</sup>讨论了北半球影响台风生成频率的大气和海洋条件,指出在多台季风季和少台风季低层季风槽(或 ITCZ)的分布

显著不同。最近 Chen 等<sup>[4]</sup>的分析也指出季风槽的位置对 TC 生成的影响较明显。(2) El Niño/La Niña 事件的影响。该事件和 TC 年际变化的关系已被大量研究所揭示<sup>[5-7]</sup>,目前所得到的较一致的结论是:El Niño 事件发生时,主要影响西北太平洋 TC 的生成位置,而不是生成频率。此时,西北太平洋地区 TC 的生成位置偏东,反之则偏西。(3)海温的长期变化(与全球气候变化有关)。Lighthill 等<sup>[8]</sup>指出,虽然 CO<sub>2</sub> 等温室气体的增加可能造成超过临界海温 26°C 的海域变宽,但由于高 SST 仅是 TC 生成的条件之一,其他影响 TC 形成的大尺度环流变化是否有利于 TC 的生成也必须考虑。他们认为应从台风形成的基本因子,尤其是季风活动的变异去考虑 TC 的年际变化。(4)平流层准 2 a 振荡(QBO)。Angell 等<sup>[9]</sup>和 Gray<sup>[10]</sup>从低频振荡的角度指出台风和飓风生成频率中存在准 2 a 振荡,且这两种振荡之间可能存在联系,但目前 QBO 对热带气旋活动影

\* 初稿时间: 2001 年 1 月 18 日; 修改稿时间: 2002 年 6 月 10 日。

资助课题: 国家重点基础研究发展规划项目(G1998040900)和国家攀登计划 A“南海季风试验研究”。

响的确切机制仍不清楚。(5) 海平面气压(SLP)的变化可能影响热带气旋的活动。如 Shapiro<sup>[11]</sup>和 Gray<sup>[12]</sup>指出偏低(偏高)的海平面气压联系着更多(更少)的大西洋 TC 活动。

由上可见, TC 的年际变化受到了诸多因子的影响。但事实上各个因子对 TC 年际变化的影响程度是不同的,且很多因子之间也存在着相互联系。因此,本文将几个主要因子为基础,对 1998 和 1999 年西太平洋 TC 活动的异常特征和大尺度成因作出分析和讨论。

## 2 资料说明

本文所用的台风资料主要取自美国海军位于珍珠港(原位于关岛)的联合台风警报中心<sup>①</sup>(JTWC),并参考了中国气象局《热带气旋年鉴》<sup>[13,14]</sup>。两种资料虽存在一定差异(分类和最大平均风速的定义不同),但总的来说是相似的。因此,为了讨论的方便,本文的资料均以 JTWC 的资料为准。对热带气旋的分类主要采用如下标准:热带低压(TD),最大风速(指热带气旋中心附近地面最大风速,风速为每分钟

平均,下同)小于 17 m/s;热带风暴(TS),最大风速为 18~32 m/s;台风(TY),最大风速大于 33 m/s。

此外,文中所用的大气和海洋资料取自 NCEP/NCAR 再分析资料,除海温资料从 1982 年 1 月~1999 年 12 月外,其余资料长度均从 1979 年 1 月~1999 年 12 月,分辨率为  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。

## 3 1998 和 1999 年西北太平洋热带气旋的活动特征

1998 年西北太平洋(包括南海,下同)共有 27 个热带气旋生成,其中热带低压 9 个,热带风暴 9 个,台风 9 个。与 40 a(1960~1999 年)平均相比,TC 个数偏少 4 个,而达到热带风暴强度和台风强度的 TC 个数显著偏少,为近 40 a 以来的最低值(图 1)。1999 年西北太平洋(包括南海)共有 34 个热带气旋生成,其中热带低压 10 个,热带风暴 12 个,台风 12 个。与 40 a 平均相比,热带气旋的个数略微偏多,但达到热带风暴强度的 TC 个数较之常年明显偏少。尤其是达到台风强度的 TC 特别偏少,少于 40 a 平均的 1/3(图 1)。

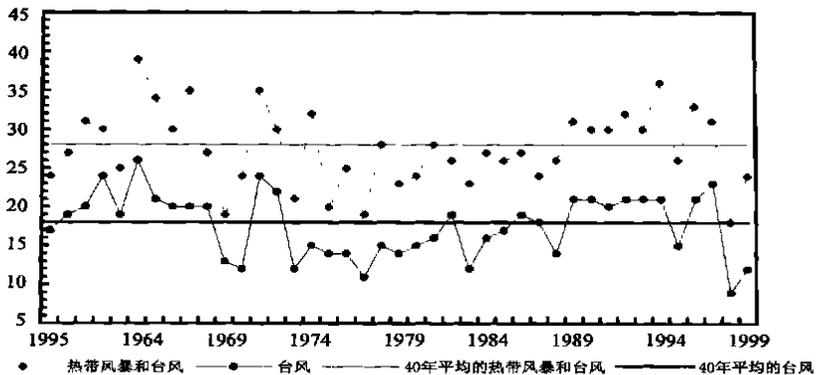


图 1 1959~1999 年西北太平洋热带风暴和台风以及台风的生成个数  
(图中 40 a 平均指 1960~1999 年平均)

从热带气旋的生成源地来看(图 2), 1998 和 1999 年 TC 的生成位置均明显偏西。大部分热带气旋生成在  $145^{\circ}\text{E}$  以西的洋面上,而  $145^{\circ}\text{E}$  以东生成的热带气旋则仅为 15 a 平均的 1/3。而从各月 TS 和 TY 的生成情况来看(图略), 1998 年是近 40 a 以来初台风出现时间最晚的一年,整个上半年没有一个台风生成。

因此, 1998, 1999 年的 TC 活动具有较为相似

的异常特征,即(1)热带风暴和台风的生成个数明显偏少;(2)TC 生成源地显著偏西。

## 4 对 1998 和 1999 年 TC 异常活动产生重要影响的因子分析

### 4.1 季风槽

一般情况下, 7~10 月季风槽(图 3)经历了从南到北推进,然后又南撤的过程。而从其东西的伸

① JTWC: 1998 Annual Tropical Cyclone Report 和 1999 Annual Tropical Cyclone Report.

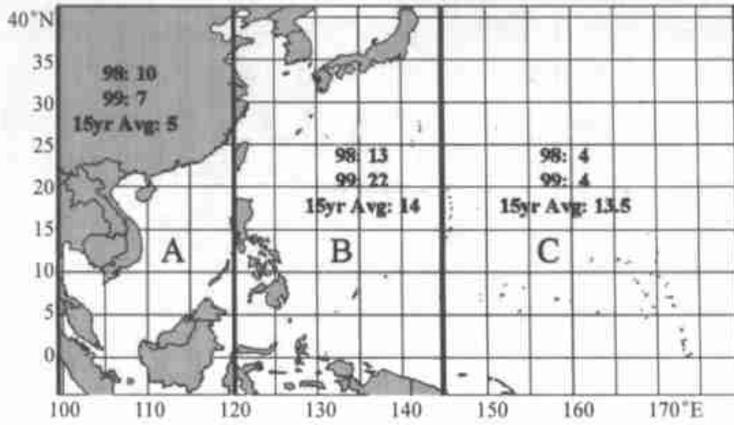


图 2 1998 和 1999 年西北太平洋各海区热带气旋生成数和 15 a (1984~ 1998 年) 平均的比较( 引自 JTWC)

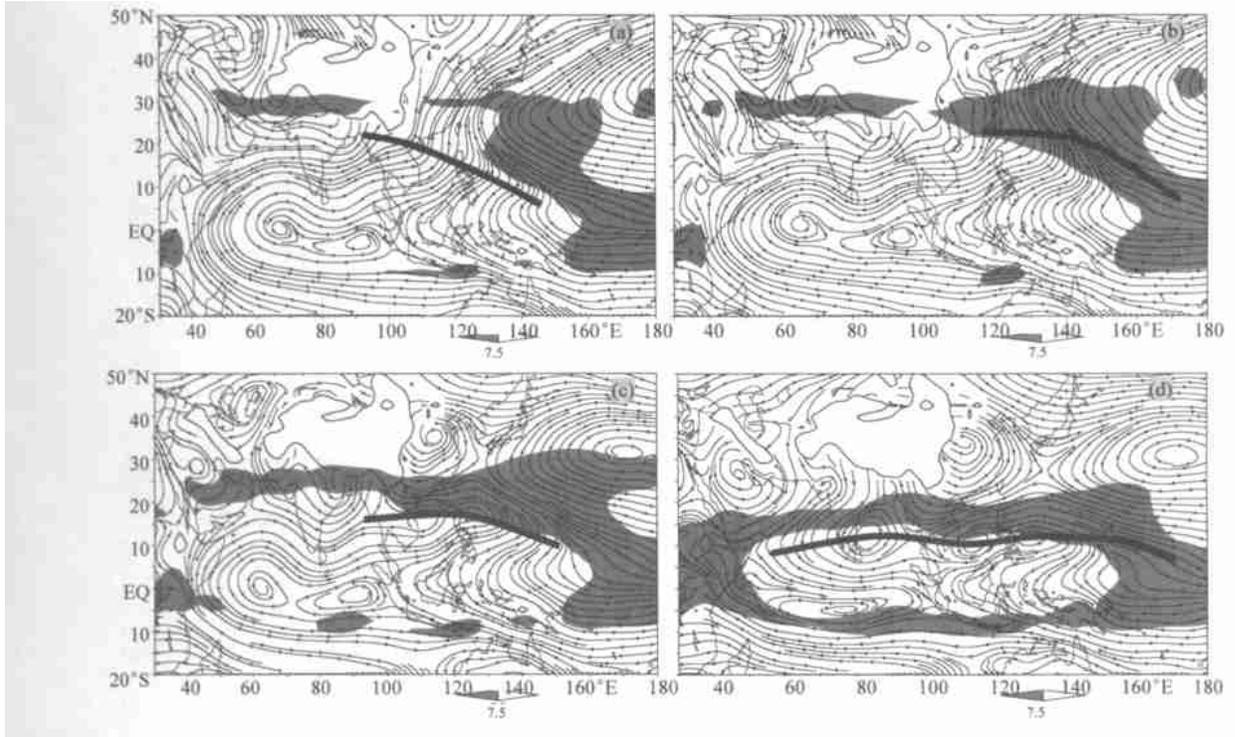


图 3 1979~ 1999 年平均 7~ 10 月 850 hPa 流场、季风槽( 图中粗实线) 和垂直风切变场( 单位: m/s) (a 7 月, b. 8 月, c. 9 月, d. 10 月; 阴影区表示高低层风速垂直切变  $V_{200} - V_{850} < 7.5$  m/s)

展来看, 季风槽的最东端一般位于  $150^{\circ}\text{E}$  附近, 10 月甚至延伸到了  $160^{\circ}\text{E}$ 。东段的大部分基本位于宽阔的太平洋洋面, 暖池附近。暖的海温加上活跃的对流活动, 且相应的高层正是南亚反气旋东部的气流辐散区, 形成了极其有利于台风发生、发展的条件。而 1998 和 1999 年的季风槽活动却出现了显著异常( 图 4, 5), 总的来说均是季风槽异常偏西、偏北。在 1998 年 7, 8 月, 季风槽几乎没有出现, 9 和

10 月虽然出现在低纬海洋, 但最东端仅到  $130^{\circ}\text{E}$  附近, 季风槽的位置显著偏西。1999 年 7, 8 月季风槽是显著偏北的, 基本位于大陆地区。而 9, 10 月季风槽仍然显著偏西, 尤其是 10 月的位置比其正常情形偏西了 40 多个经度, 季风槽仅在印度洋和南海一带活动, 菲律宾以东的太平洋地区基本上没有气旋性涡旋的生成。

因此, 在上述季风槽异常偏北、偏西的情形下,

西太平洋低纬海洋被单一的偏东气流所控制,不利于气旋性涡旋的生成,是造成这两年台风生成位置异常偏西的主要原因。同时,在气候意义下的台风重要源地—— $140^{\circ}\text{E}$  以东的太平洋地区,由于季风槽极少延伸到该海域,缺乏初始扰动生成与台风发

展的有利条件,因而在这气候上的台风生成频发区,在这两年的台风季,台风生成数很少(图 2)。

#### 4.2 垂直风切变

弱的风速垂直切变是台风生成的重要条件之一。在西太平洋台风季(7~10月),季风槽活跃之

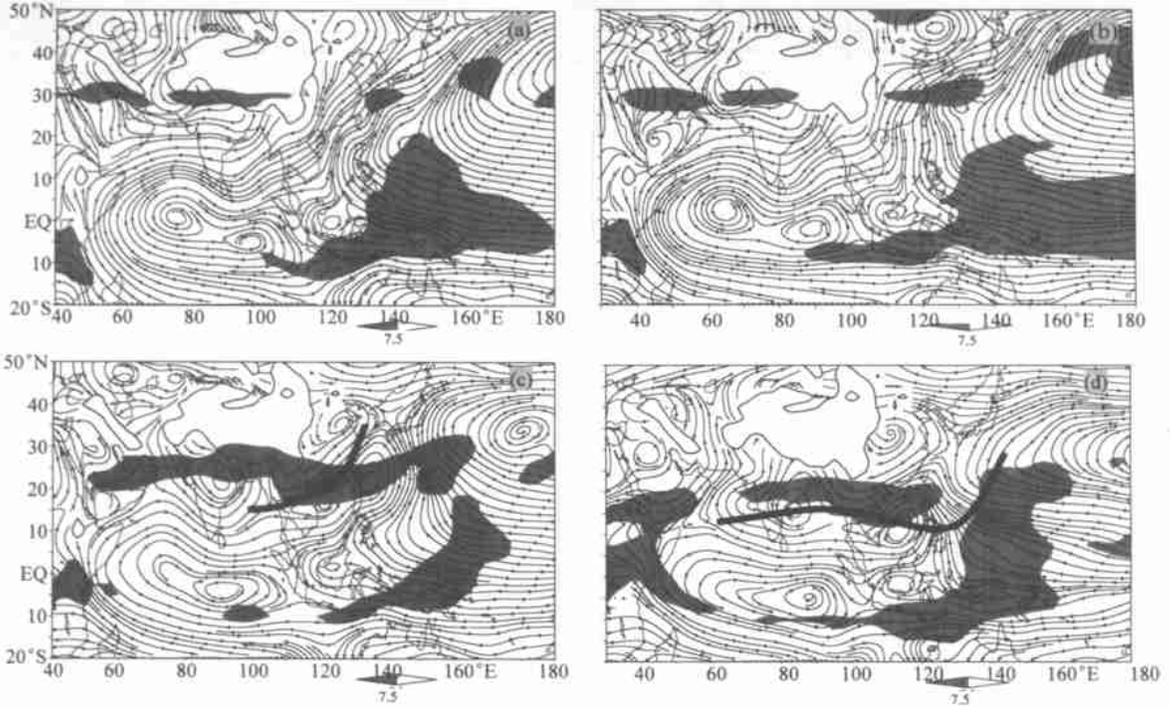


图 4 同图 3, 但为 1998 年 7~10 月(a~d)

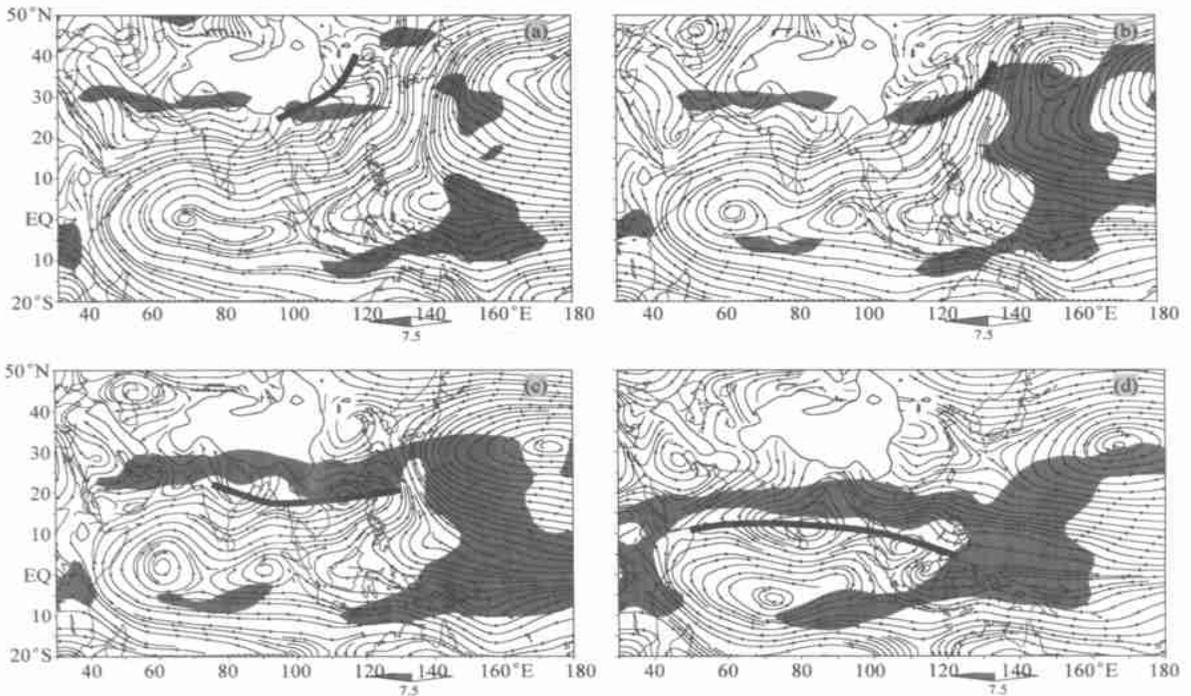


图 5 同图 3, 但为 1998 年 7~10 月(a~d)

处均伴随有弱的风速垂直切变区,形成了非常有利于低压扰动发展形成台风的环流配置(图3)。

1998, 1999年风速垂直切变场的分布则表明(图4, 5), 7~10月在西太平洋上均维持有小的风速垂直切变区, 1998年范围略微偏小。但若结合低层流场和季风槽的分布来看, 大部分的弱垂直切变区并没有季风槽相配合, 尤其是1998年。而1999年则由于季风槽过于偏西, 且7, 8月又几乎位于陆地上, 大部分低纬海洋盛行的是偏东气流, 非常不利于扰动的生成和发展。

进一步考察西北太平洋低纬两个区域高低层纬向风的垂直分布情况, 可以看到, 对于WNP的东部地区( $5 \sim 15^\circ \text{N}$ ,  $150 \sim 180^\circ \text{E}$ ) (图6), 气候意义下(1979~1999年平均, 图中虚线), 7~10月对流层低层为东风, 而高层则为弱东风, 这主要是和Walker环流在西太平洋地区的高低层回流支有关。但1998年则显示了较明显的异常, 自该年4月以后, 纬向风垂直分布即表现为高层西风增强、低层东风也增强的分布, 说明这一地区的垂直风切变明显大于常年。而从1999年来看, 则全年都表现为高层西风增强、低层东风也增强的情形(仅给出7~10月的平均图), 说明这一地区全年的高低层垂直切变均是偏大的。因此, 在西太平洋东部, 1998年4月以后和1999年全年的垂直风切变都明显大于常年。

而在西部地区( $5 \sim 15^\circ \text{N}$ ,  $125 \sim 150^\circ \text{E}$ ) (图7), 气候意义下(图中虚线), 随着夏季环流的转变, 低层来自印度洋、孟加拉湾和南海的西风一直向东延伸到西太平洋, 而高层则处在南亚反气旋东南侧的东风气流控制下, 因此表现为低层西风, 高层东风的分布形式。而从1998, 1999年来看, 在台风季, 两年的纬向风垂直分布非常相似, 高层东风的减弱和低层西风的减弱均表明这两年WNP西部的风速垂直切变显著偏弱, 在该地形成了有利于台风生成的条件, 因此有利于台风源地的偏西。

因此, 在西太平洋地区, 从1998年下半年到1999年全年, 东部海域的垂直风切变均大于气候平均, 而西部海域的垂直风切变则明显小于气候平均。结合上节季风槽的分布情形, 二者的配置均表明在这一时期的台风不利于在WNP的东部海域生成, 这是造成这两年台风源地明显偏西的重要原因。

#### 4.3 海平面气压

1998, 1999年7~10月海平面气压(SLP)的距平分布具有较为相似的异常特征: 基本上表现为东高西低的分布型(图略)<sup>②</sup>。在太平洋中东部, SLP基本为正距平, 而在西部及孟加拉湾一带则为负距平。这表明海平面气压在太平洋中东部明显偏高, 不利于低压扰动在中东海域的发生; 而在其西部则偏低, 有利于这个地区对流活动和低压扰动的发生

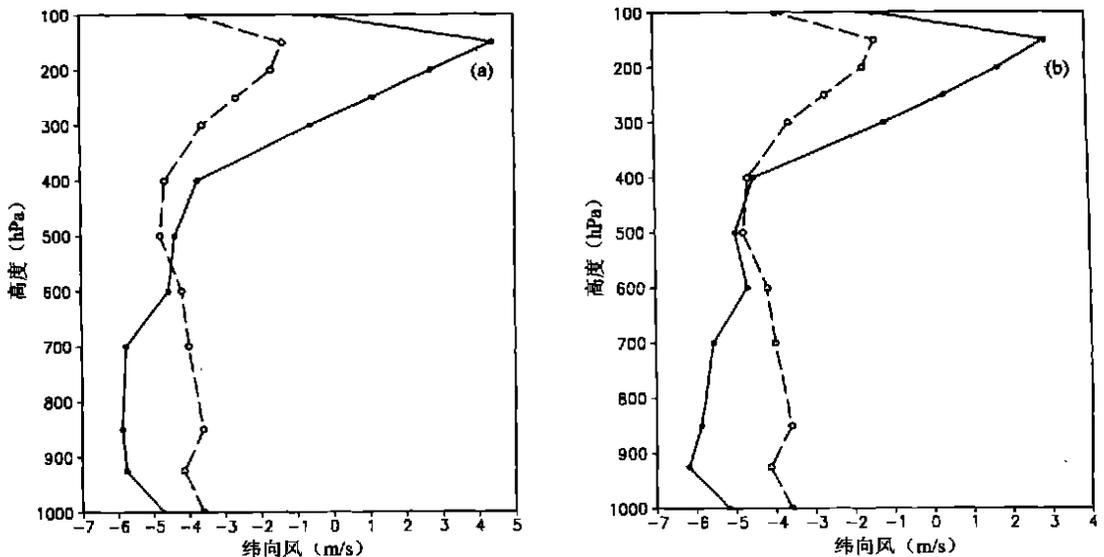


图6 1998和1999年7~10月西太平洋东部地区( $5 \sim 15^\circ \text{N}$ ,  $150 \sim 180^\circ \text{E}$ ) 纬向风速的垂直分布实线分别表示1998(a)和1999(b)年, 虚线均表示1979~1999年平均, 单位:  $\text{m/s}$

② Climate Prediction Center. Climate Diagnostics Bulletin. 1998, 1999, 5-9.

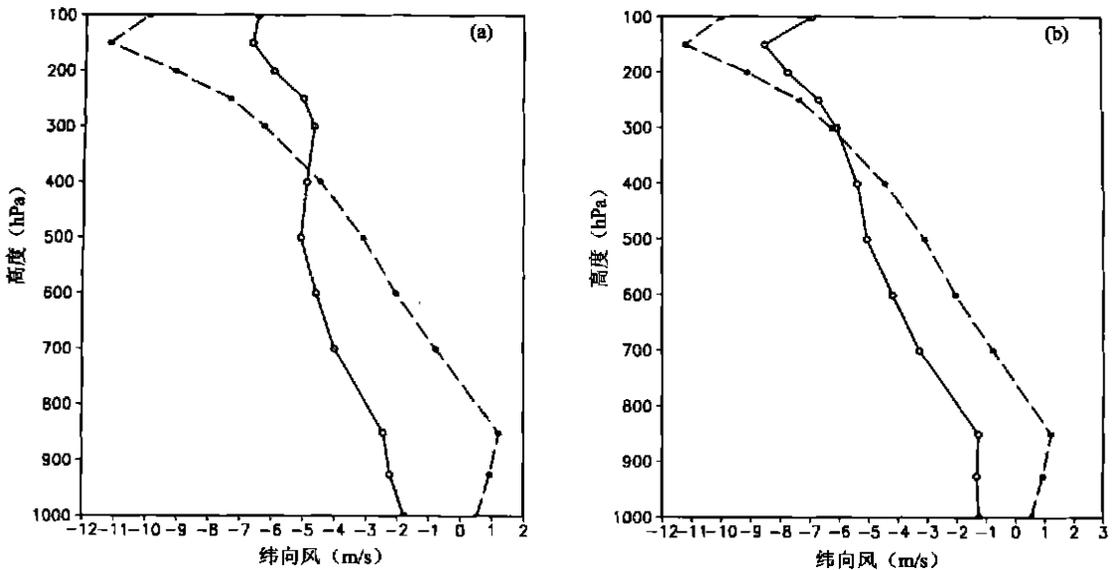


图7 1998年和1999年7~10月西太平洋西部地区(5~15°N, 125~150°E)纬向风分布  
(a. 1998年, b. 1999年; 实线分别表示1998和1999年, 而虚线均表示1979~1999年平均, 单位: m/s)

发展。另一方面, 这种气压距平分布将使得东西的气压梯度也发生明显的改变, 西太平洋地区从东到西的气压梯度增加, 将导致热带地区异常东风的加强。在这种情形下, 偏西季风的强度减弱, 而偏东信风增强, 不利于西风的向东延伸。这与前面所分析的季风槽异常偏西是相一致的。

#### 4.4 海面温度

首先分析 El Niño/La Nina 事件的影响。从 Niño3 指数的演变来看(图略)<sup>②</sup>, 1998 年经历了从 El Niño 事件向 La Nina 事件的过渡, 20 世纪最强的一次 El Niño 事件在 1997 年底达到其峰值后, 在 1998 年春季迅速消亡, 并转为 La Nina 事件。因此, 对 1998 年而言, 在后半年, 中东太平洋已出现异常冷水, 西太平洋地区已为异常暖水, 而该年台风生成源地的异常偏西事实上体现了 La Nina 年台风活动的特征。到了 1999 年, 则基本上全年为 La Nina 年, 而该年台风生成源地明显偏西也体现了 La Nina 年台风活动的重要特征。

而从西北太平洋(WNP)局地的海温来看(图略)<sup>②</sup>, 1998 年上半年在低纬的西北太平洋海域几乎为冷海温距平(图略), 这可能使该地的对流活动受到抑制, 不利于扰动的生成。而到了下半年及 1999 年全年(图略), 则在 WNP 西部一直维持有暖海温距平, 而在其东部洋面则为冷海温距平。此时由于低纬显著的海气相互作用, 将可能使得东部的对流

活动被抑制, 而西部的对流则明显加强, 因此有利于台风在西部海域的生成。

综合以上讨论, 在 1998 年下半年到 1999 年的这一时期内, 上述各因子的分布都有利于台风在 WNP 西部的生成, 而不利于其在东部的发展, 这不仅影响了台风的生成位置, 也影响了的生成个数。因为在气候意义下的台风主要源地之一——WNP 的东部海域几乎没有台风的生成, 这是该年台风偏少的重要原因。

## 5 1998 和 1999 年低纬地区大气环流异常的分析

从上面的分析可看到, 季风槽、垂直切变场的异常是引起该年台风活动异常的主要因子。因此, 下面将对引起这些异常的大尺度环流条件作出讨论, 然后着重分析 1999 年环流异常的可能原因。

### 5.1 低纬地区高低层环流的异常

1998 年 7~10 月低层风场的距平图(图 8a)表明, 在这一时期, 西太平洋低纬地区受异常强的东风控制, 这一异常的东风向西一直延伸到阿拉伯海, 显著削弱了此时的季风西风, 因此是导致这一时期低纬季风西风显著偏弱的原因。而在其高层(图 8b), 与低层流场相对应, WNP 地区一直维持异常西风气流, 这种高低层的异常配置将使得西太平洋地区环流分布和垂直风切变均发生明显改变。

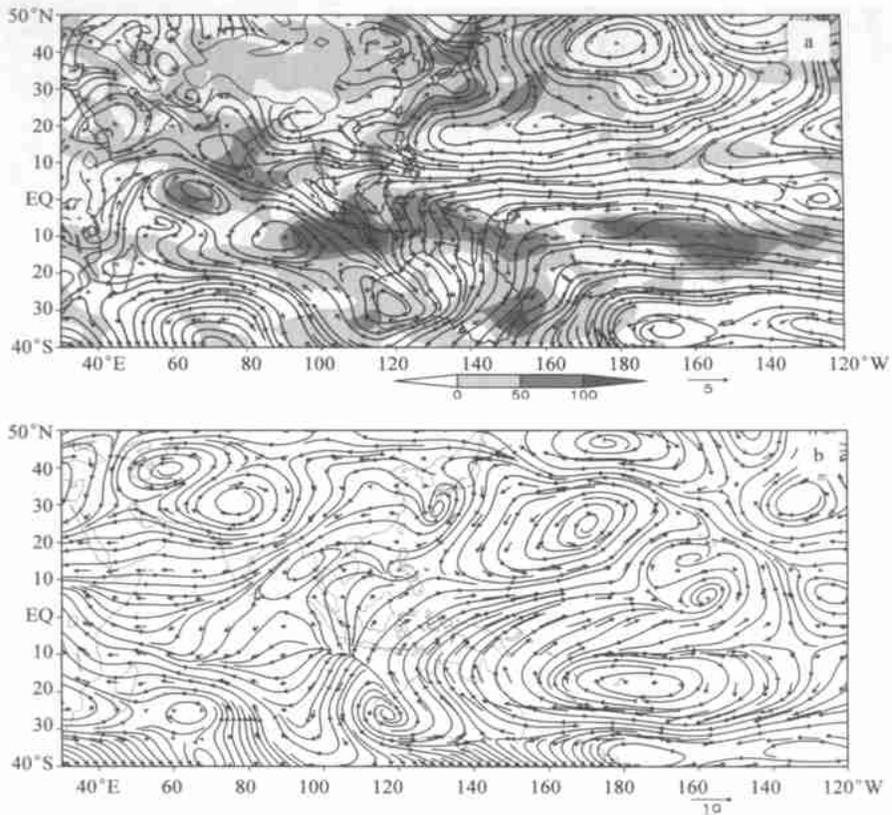


图8 1998年7~10月风场距平和热源距平分布

(a. 850 hPa, b. 200 hPa, 单位: m/s; 风场多年平均取1979~1999,

热源多年值取1990~1999; a中阴影区表示正的异常热源, 单位:  $W/m^2$ )

而1999年低层风场的距平图(图9)表明, 类似于1998年, 西太平洋地区在该年的台风季也出现了异常西风, 但从强度上来看, 这一异常西风要弱于1998年。因此, 这一分布也将使得此时的季风西风显著偏弱。而在高层(图略), 西太平洋上空亦维持有异常的偏西风, 而在印度洋地区, 则有异常的偏东风出现。

因此, 由这两年的高低层环流配置可见, 在1998和1999年的台风季, 在西太平洋地区的对流层低层均出现了异常的东风, 而在高层则出现了异常西风, 因此不利于低层季风西风气流的进一步向东伸展, 使得季风槽明显偏西。特别在1998年的春夏季, 低层的异常东风很强, 导致了该年季风槽很不明显。而结合上节的分析, 季风槽的异常偏西和垂直切变场的变异均是这一低纬异常环流的反映。

## 5.2 低纬地区异常环流的成因分析

大量观测和理论研究已表明, 绝大多数的热带环流是热力驱动的, 赤道上的主要热源驱动和维持了热带地区的主要大尺度运动<sup>[15~17]</sup>。因此, 为了

对上述低纬异常环流的成因作出分析, 文中将从热源的角度来对其进行讨论。分析的重点将在低纬地区, 而不讨论中高纬的情形。

为了讨论的方便, 图10给出1998年11月~1999年6月异常热源和低层异常风场的分布, 而1998和1999年台风季的异常热源分布见图10和11。从1998年异常热源(多年平均值为1990~1999年的平均)的分布来看, 在该年的台风季, 西太平洋地区和印尼附近的热源(汇)分布几乎是反对称的, 即在北半球的近赤道地区为热汇, 而在南半球的近赤道地区为热源。

从1998年11月开始, 低纬西太平洋开始出现近乎沿赤道对称的热源, 该热源在 $100\sim 140^\circ E$ 的地带基本呈南北对称的分布, 且随着季节的推进, 异常热源的位置有所北移, 到1999年4~6月间, 热源对称的相对纬度已从赤道移到了 $5^\circ N$ 附近。而到了1999年7~10月, 日本以南的太平洋地区也出现强的异常热源, 而低纬印尼附近的异常热源较弱, 北印度洋、孟加拉湾和南海则出现异常的热汇, 异常场的

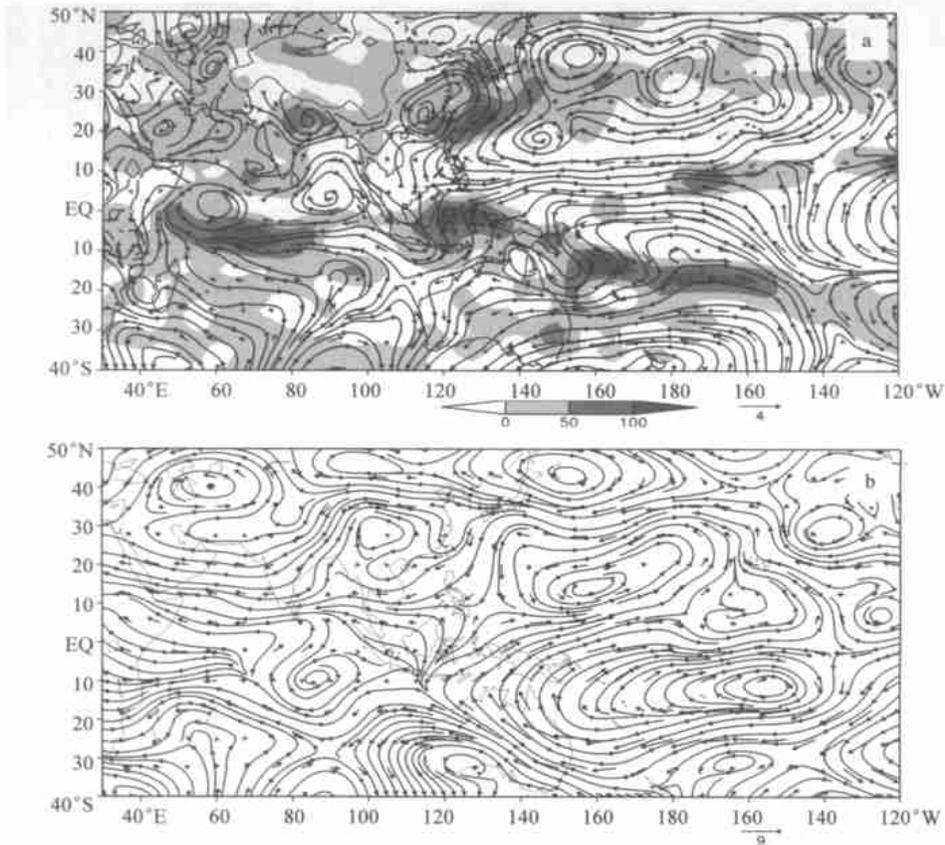


图9 1999年7~10月850 hPa风场距平(m/s)和异常热源( $W/m^2$ )分布  
(a. 850 hPa, b. 200 hPa, 单位: m/s; 风场多年平均取1979~1999,  
热源多年值取1990~1999; a中阴影区表示正的异常热源, 单位:  $W/m^2$ )

分布较之前一时期复杂。因此, 从1998年底到1999年热源分布的重要特征是: 在 $100\sim 140^\circ E$ 的地区维持有近乎南北对称的热源。

在上述异常热源的强迫下, 热带大气环流对其响应是明显的。Gill<sup>[16]</sup>曾用简单的线性理论讨论了在有限热源强迫下, 热带大气对非绝热加热的响应特征。由于该理论的基础是热源范围较小, 而考虑到1998年台风季出现了大范围的反对称热源, 因此本文仅讨论1998年底到1999年热带大气的响应特征。可以看到(图10), 在异常对称热源的强迫下, 在强迫区(对称热源)的东侧, 激发出东传的Kelvin波, 在低层有偏东风流入, 并在强迫区上升, 到高层向东流出(即西风); 在强迫区的西侧为西传的Rossby波, 在低层沿赤道有西风流入强迫区, 而在较高纬度则有较弱的东风; 在强迫区内, 纬向风场辐合, 并伴有上升运动, 但经向风场则为辐散, 偏离赤道向两极方向流出, 且在较西的位置处有气流返回, 在强迫区的西侧形成明显的气旋对。因此, 在这一时期,

低纬异常环流的出现基本上是由于大气对异常加热的响应所致。

值得指出的是, 在1999年7~10月间, 虽然低层太平洋地区存在明显的异常东风, 但在热源西侧的西风范围很小, 有的月份甚至盛行异常东风。这可能和基本流场的变化以及基本流场对波动的线性影响有关。随着季节的推进, 印度洋和孟加拉湾高低层的垂直风切变在冬夏发生显著变化, 由于不同的垂直风切变对Rossby波和Yanai波产生显著影响, 而对Kelvin波基本没有影响, 因此在强迫区的西侧(印度洋), 该地在冬夏近乎相反的垂直切变将使得这里的异常环流型发生较大变化。

既然上述的低纬异常环流是对异常热源的响应, 这里将简单分析一下热源异常的可能成因。图11给出了1998年11月到1999年10月水汽汇 $Q_2$ 的距平场, 在热带地区, 其分布和 $Q_1$ 很相似, 低纬西太平洋和印尼附近几乎一直维持有正的水汽汇, 说明该地异常热源的形成本主要是由于异常降水的出

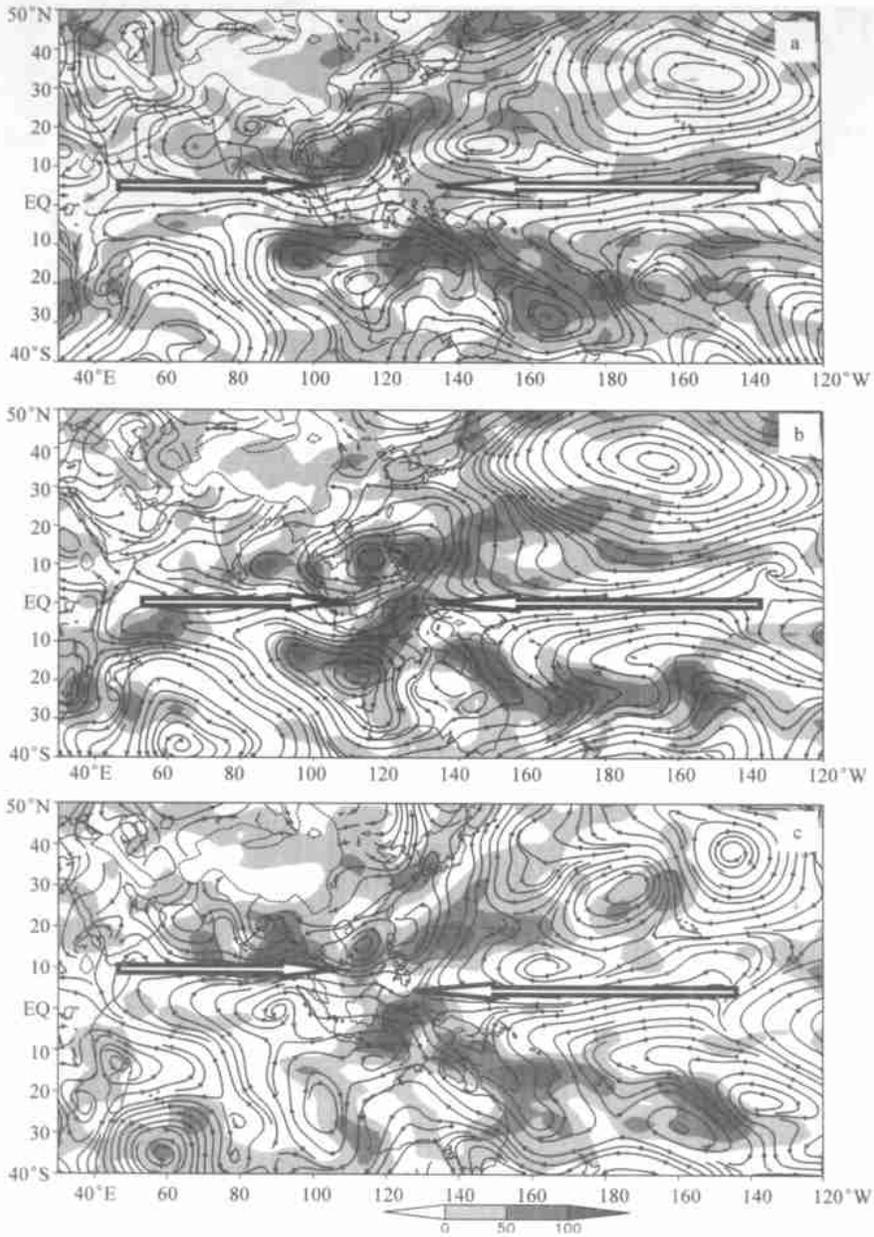


图 10 1998 年 11 月~1999 年 6 月 850 hPa 风场距平( $\text{m/s}$ )和异常热源( $\text{W/m}^2$ )分布  
(a. 1998 年 11~12 月平均, b. 1999 年 1~3 月平均, c. 1999 年 4~6 月平均; 风场距平为各年与 1979~1999 年平均值之差, 热源距平为各年与 1990~1999 年平均值之差, 阴影区表示正的异常热源)

现。而文中的海温距平分布则表明, 由于 WNP 西侧海温的异常偏高, 再加上这一地区原本就是高海温区, 强的对流活动导致了强的降水, 因此产生了大量的凝结潜热释放, 是该地区出现异常热源和水汽汇的重要原因。而相比较而言, 中高纬的海洋显然对这种异常热源的影响较小, 高海温距平并未对应着强的热源和对流中心。

## 6 结 论

在对 1998 和 1999 年西北太平洋热带气旋活动分析的基础上, 讨论了对其异常活动产生主要影响的因子, 并进一步分析了与之相联系的大尺度环流条件, 主要结论如下:

(1) 1998, 1999 年西北太平洋的台风生成个数均明显偏少, 尤其是 1998 年的台风数是近 40 a 来

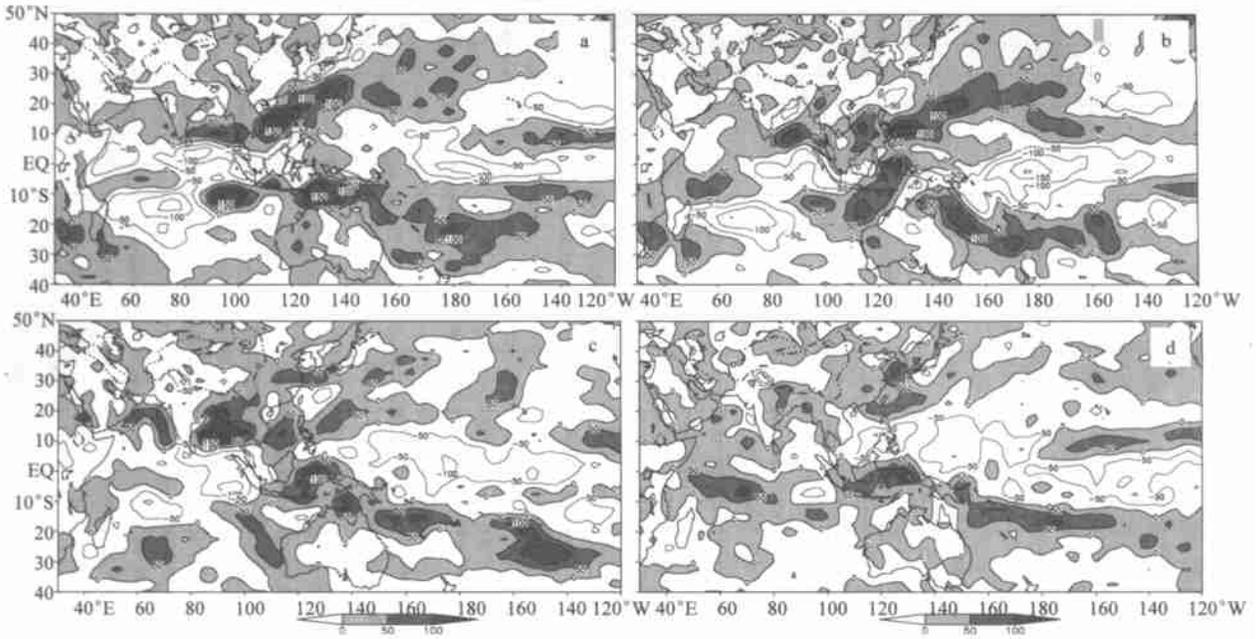


图 11 1998 年 11 月~1999 年 10 月垂直积分的水汽汇距平分布

(a. 1998 年 11~12 月平均, b. 1999 年 1~3 月平均, c. 1999 年 4~6 月平均, d. 1999 年 7~10 月

平均;水汽汇距平为各年与 1990~1999 年平均值之差,阴影区表示正的水汽汇异常;单位:  $W/m^2$ )

的最低值。且这两年的 TC 生成源地均显著偏西,  $145^\circ E$  以东洋面的 TC 个数仅为多年平均的  $1/3$ 。

(2) 在 1998 和 1999 年的台风季, 季风槽、垂直风切变、海平面气压等因子的分布都不利于台风在 WNP 东部海域的生成, 因此是导致这两年台风偏少和生成源地异常偏西的重要原因。其中, 季风槽的异常偏西及在盛夏的异常偏北对 TC 的异常活动产生了主要影响。

(3) WNP 地区的环流异常是导致季风槽和垂直风切变异常的主要原因, 而 1999 年异常环流的出现可能是由于低纬大气对印尼附近异常热源强迫

的响应所致。由于该热源的存在, 在其东侧 (WNP 地区) 激发出东传的 Kelvin 波, 而相应的异常风场则表现为低层盛行异常东风, 而高层盛行异常西风, 因此造成了 WNP 东部和西部海域垂直切变场的近乎相反的变化。同时, 由于低层异常强的东风不利于季风西风的向东延伸, 从而使季风槽明显偏西, 未到达菲律宾以东的热带气旋频发区的位置。

(4) WNP 西侧异常暖的海温所引起的强对流降水可能是该地区在 1999 年出现异常热源的主要原因, 这也从一个侧面反映了东亚附近的海气相互作用可能对东亚地区的天气气候产生十分显著的影响。

## 参考文献

- 1 Gray W M. Hurricanes: Their formation, structure and likely role in the tropical circulation. In: Shaw D B, ed. Meteorology over the Tropical Oceans. Roy Meteor Soc, Bracknell, Britain, 1979. 155~218
- 2 陈联寿, 丁一汇. 西太平洋台风概论. 北京: 科学出版社, 1979. 1~10
- 3 Ding Y H, Reiter E R. Some conditions influencing the variability of typhoon formation over the West Pacific Ocean. Arch Met Geoph Biokl, Ser. A, 1981, 30: 327~342
- 4 Chen T C, Weng S P. Interannual variation in the tropical cyclone formation over the western North Pacific. Mon Wea Rev, 1998, 126: 1080~1090
- 5 Chan J C L. Tropical cyclone activity in the Northwest Pacific in relation to the El Niño/Southern Oscillation phenomenon. Mon Wea Rev, 1985, 113: 599~606
- 6 Dong K. El Niño and tropical cyclone frequency in the Australian region and the Northwest Pacific. Aust Meteor Mag, 1988, 36: 219~255
- 7 Lander M A. An exploratory analysis of the relationship between tropical storm formation in the Western North Pacific and ENSO. Mon Wea

- Rev, 1994, 122: 636~ 651
- 8 Lighthill J, Holland G, Gray W, et al. Global climate change and tropical cyclones. Bull Amer Meteor Soc, 1994, 75: 2147~ 2157
- 9 Angell J K, Korshover J, Cotton G F. Quasi- biennial oscillation in the "centers of action". Mon Wea Rev, 1969, 97: 867~ 872
- 10 Gray W M. Atlantic seasonal hurricane frequency, Part I: El Niño and QBO influences. Atmos Sci Pap, Dept. of Atmos. Sci., Colorado State University, Fort Collins, 1983, 370: 57pp
- 11 Shapiro L J. Hurricane climatic fluctuations. Part II: Relation to large scale circulation. Mon Wea Rev, 1982, 110: 1014~ 1023
- 12 Gray W M. Atlantic seasonal hurricane frequency. Part II: Forecasting its Variability. Mon Wea Rev, 1984, 112: 1669~ 1683
- 13 中国气象局. 热带气旋年鉴(1998). 北京: 气象出版社, 1999. 1~ 20
- 14 中国气象局. 热带气旋年鉴(1999). 北京: 气象出版社, 2000. 1~ 20
- 15 Webster P J. Response of the tropical atmosphere to local, steady forcing. Mon Wea Rev, 1972, 100: 518~ 541
- 16 Gill A E. Some simple solutions for heat- induced tropical circulation. Quart J Roy Meteor Soc, 1980, 106: 447~ 462
- 17 Lau K M, H Lin. Thermally driven motions in an equatorial beta plane: Hadley and Walker circulations during the winter monsoon. Mon Wea Rev, 1982, 110: 336~ 353

## ANOMALOUS ACTIVITIES OF TROPICAL CYCLONE OVER THE WESTERN NORTH PACIFIC AND THE RELATED LARGE- SCALE CIRCULATION FEATURES DURING 1998 AND 1999

Sun Ying Ding Yihui

(National Climate Center, Beijing 100081)

### Abstract

Based on the data from the Joint Typhoon Warning Center (JTWC), the activities of tropical cyclone (TC) in the western North Pacific (WNP) have been studied. The results showed that the TC anomalous activities in these two years were very similar in such a way that the typhoon number was far less than normal and the location was westward off the mean. The analyses of the main factors resulting in these anomalies showed that during the period from April 1998 to 1999, the patterns of the monsoon trough, vertical wind shear and sea-level pressure were all not favorable to the genesis of typhoon in the eastern WNP, which was an important reason causing the decrease of TY number and westward movement of genesis location. And in which the anomalous westward and northward movements of monsoon trough in midsummer exerted a main effect on the TC anomalous activities.

The further analyses of the tropical large-scale anomalous circulation have shown that the anomalies of the circulation over the WNP were the main reason leading to the anomalies of the monsoon trough and vertical wind shear. And the 1999 anomalous circulation may be caused by the response of the tropical atmosphere to the anomalous heat sources around Indonesia. Because of the anomalous heating, the eastward propagating Kelvin waves were excited in its eastern side (eastern WNP) and the corresponding anomalous wind field displayed the pattern that the anomalous easterlies prevailed in the high troposphere and the anomalous westerlies in the low level. This led to the almost reverse change of vertical wind shear in the eastern and western WNP. On the other hand, the anomalous strong easterlies in the low troposphere were not favorable to the eastward extension of the monsoon westerlies, which led to the anomalous westward movement of the monsoon trough so that it can not reach the region east of Philippine where the TC frequently generate climatologically.

**Key words:** Tropical cyclone, Monsoon trough, Vertical wind shear, Anomalous heat sources.