

王磊, 陈光华, 黄荣辉. 近 30 a 登陆我国的西北太平洋热带气旋活动的时空变化特征[J]. 南京气象学院学报, 2009, 32(2): 182-188.

## 近 30 a 登陆我国的西北太平洋热带气旋活动的时空变化特征

王磊, 陈光华, 黄荣辉

(中国科学院 大气物理研究所 季风系统研究中心, 北京 100190)

**摘要:**采用 1979—2006 年美国联合台风预警中心的热带气旋(tropical cyclone, TC)资料,对登陆我国的西北太平洋(Northwest Pacific, NWP) TC 强度、路径、登陆地点的气候特征、年际变化及其演变趋势进行了统计分析。结果表明:登陆我国的 TC 以发源于西北太平洋的西侧以及南海中、北部为主,并且在 NWP 西南区生成的登陆我国的 TC 基本以西北移动路径为主,而在 NWP 西北侧和南海生成的登陆我国的 TC 多为打转或移动路径转向;登陆我国的 TC 不仅在强度上具有明显增强的变化规律,而且在登陆位置上存在向东北方向偏移的演变趋势,使得登陆厦门以北区域的 TC 数量具有增加的趋势,而登陆厦门以南的 TC 数量存在减少的趋势;登陆我国的 NWP TC 移动路径存在年代际的演变特征。

**关键词:**热带气旋活动;时空分布;西北太平洋

**中图分类号:**P447 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-2022(2009)02-0182-07

## Spatiotemporal Distributive Characteristics of Tropical Cyclone Activities over the Northwest Pacific in 1979—2006

WANG Lei, CHEN Guang-hua, HUANG Rong-hui

(Center for Monsoon System Research, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

**Abstract:** In this paper, climatology and interannual variation in the intensity, track and landfalling location of tropical cyclones (TCs) landfalling in China over the Northwest Pacific (NWP) are systematically examined, using the about 30 years (1979—2006) TC dataset from the Joint Typhoon Warning Center. The results indicate that a large proportion of landfalling TCs originates in the western part of the NWP and the mid-north part of the South China Sea. The landfalling TCs forming in the southwest part of the NWP are characterized by northwestward tracks, while those forming in the northwest of the NWP and the South China Sea mainly have meandering and recurving tracks. The intensity of landfalling TCs has a tendency to increase. The landfalling locations of TCs display a trend of northeastward shift, which leads to the increase in landfalling TCs north of Xiamen and the decrease south of Xiamen, thus showing the interdecadal variation in TC tracks over the NWP.

**Key words:** tropical cyclone activity; temporal-spatial distribution; Northwest Pacific

### 0 引言

西北太平洋(Northwest Pacific, NWP)是全球热带气旋(tropical cyclone, TC)和台风生成的主要源地之一,全球约 1/3 的热带气旋在此海域形成。由于受东风带和西太平洋副热带高压的影响,在 NWP

生成的热带气旋(有很多发展成台风)有不少登陆我国,给我国造成巨大的经济损失和重大人员伤亡。近几年登陆我国 TC 的强度不断增大,给沿海地区造成的损失越来越大。如 2006 年有 8 个台风登陆我国,造成了约 800 亿元的经济损失、1 200 人死亡,受灾人数达 7 000 余万。为了减少我国沿海地区的

收稿日期:2009-01-05;改回日期:2009-02-26

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2009CB421505);公益性行业(气象)科研专项(GYHY(QX)200806009);国家自然科学基金重点资助项目(40730952);中国科学院知识创新工程领域前沿项目(IAP07314)

作者简介:王磊(1974—),男,天津人,硕士生,工程师,研究方向为台风及海气相互作用,wl@mail.iap.ac.cn.

损失,必须了解登陆我国 TC 活动的时空变化特征以及演变规律,提高对登陆我国 TC 的强度、路径和登陆地点等的预测能力。

中国是世界上登陆 TC 最多的国家之一,关于登陆中国 TC 的天气气候特征,曾经有过较为系统性的研究。黄荣辉等<sup>[1]</sup>分析了西北太平洋移动路径年际变化及其机理,结果表明:当热带太平洋次表层偏暖,西北太平洋 TC 易在西北太平洋的偏西位置(即 150°E 以西)生成,这种状况下 TC 易往西北方向移动,因而造成登陆我国的台风增多;相反,当热带西太平洋次表层处于冷状态、季风槽位置偏南(即 15°N 以南),TC 易在 15°N、150°E 以东生成,这造成西北太平洋 TC 移动路径易于在 130°E 附近向东北方向转向,这样登陆我国台风偏少。陈光华等<sup>[2,3]</sup>分析了西北太平洋 TC 活动的年际变化,指出热带西太平洋 TC 生成与西太平洋暖池次表层热状态和季风槽的位置密切相关。此外,也有很多学者较全面地研究了热带气旋活动的频率、强度、路径等变化特征<sup>[4-8]</sup>,并对登陆海南和广东 TC 的时空分布特征进行了统计分析<sup>[9-10]</sup>。然而,在登陆 TC 生成区域的气候分布特征、生成地理位置的季节变化以及登陆位置和强度的年际变化方面,以往研究关注较少。因此,需要对登陆我国的 TC 活动的时空变化特征做进一步的统计分析。

本文应用美国联合台风预警中心整编的 NWP 近 30 a(1979—2006 年)TC 资料,对登陆我国的 TC 强度、路径、登陆地点等气候分布及其季节和年际变化特征进行统计分析,从而提高对登陆我国 TC 活动规律的认识。

### 1 资料与方法

本文所用的资料是美国联合台风预警中心(JTWC)的 TC 资料,这个资料集在国际上已得到广泛使用。20 世纪 60 年代中期卫星开始应用于气象监测,使得对 TC 数量的统计更加准确;而 70 年代,新型测量仪器的使用提高了 TC 强度测量的精确度,因此本文选取 1979—2006 年这个时段进行重点分析。在 TC 原始资料中,涵盖了全部生成于西北太平洋的 TC 信息,包括每 6 h 一次的 TC 位置、风速等。为了考察近 30 a(1979—2006 年)登陆我国 TC 的时空变化特征,对登陆我国 TC 的信息进行了筛选,整编得到包含 TC 登陆地点、登陆时间、移动路径和风速的资料。

为研究登陆我国的西北太平洋 TC 活动的区域分布特征,参考陈光华等<sup>[3]</sup>的研究工作,如图 1 所示,将西北太平洋分为 4 个区域(1 区为 120 ~ 150°E,15 ~ 30°N;2 区为 120 ~ 150°E,0° ~ 15°N;3 区为 150°E ~ 180°,0° ~ 15°N;4 区为 150°E ~ 180°,15 ~ 30°N),并将中国南海区域(100 ~ 120°E)定义为第 5 区。

### 2 登陆我国的西北太平洋 TC 的时空分布特征

#### 2.1 气候平均的月际变化特征

陈联寿等<sup>[11]</sup>统计了登陆我国 TC 的月季变化,研究结果表明登陆我国的西北太平洋 TC 主要集中在 6—10 月。每年约有 7 个西北太平洋 TC 登陆我国。登陆我国的西北太平洋 TC 约占西北太平洋 TC 生成总数的 30%。然而,以前的统计部分用的

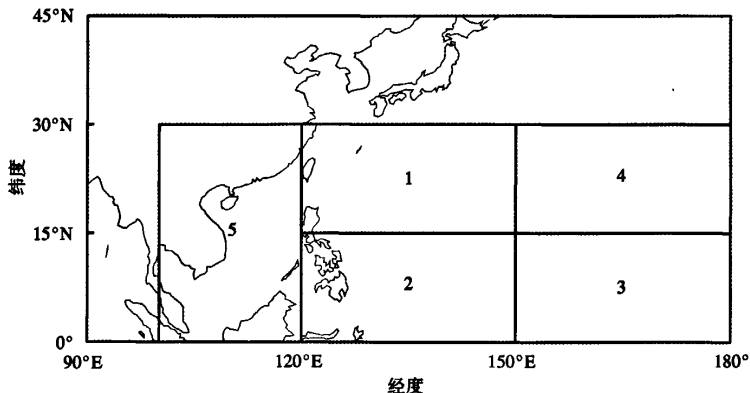


图 1 将西北太平洋和南海划分成的 5 个区域

Fig. 1 Five domains over the Northwest Pacific and the South China Sea

是20世纪80年代以前的资料,随着卫星资料的广泛应用,以前生成于热带太平洋偏东较难发现的TC也能被卫星准确捕捉。因此,很有必要利用80年代之后的TC资料来统计西北太平洋TC的生成以及在我国的登陆情况,为此,本文利用最新资料重新统计气候平均登陆我国TC数量的月际变化。如图2所示,利用登陆我国的TC资料统计近30 a(1979—2006年)平均每年登陆数量的月际变化,可以看到6—10月的登陆TC数量占全年的90%以上,尤其在7—9月登陆我国的TC数量约占全年的80%,这3个月是登陆我国TC的高发期,其中8月为登陆我国TC最多的月份。从12月至第2年的4月,基本上没有TC登陆我国,而5月和10、11月仅有少量TC登陆。因此,登陆我国TC数量的月份分布是以8月为最大峰值的正态分布。

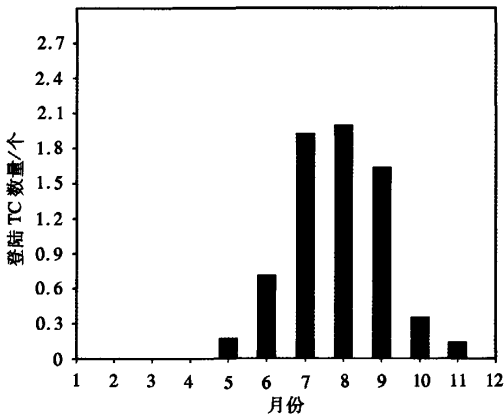


图2 1979—2006年登陆我国TC数量的月际变化

Fig. 2 Monthly variation in the average number of landfalling TC during 1979—2006

## 2.2 生成源地的季节变化特征

陈世荣<sup>[12]</sup>分析了西北太平洋热带风暴的源地,表明源地主要有3个,它们位于15°N纬线附近,西源地在菲律宾海盆,东源地在西马利亚纳海盆和马利亚纳海沟地区,第3个源地在我国的南海海盆。东、西两个源地的地理位置随着月份的不同,有南北方向的移动和东西方向的摆动,并且这两个源地的发生频数也有明显的月际变化。

新TC资料统计结果表明,西北太平洋TC主要在6—10月登陆我国。为此,本研究将这5个月西北太平洋登陆我国的TC按照季节划分为夏季(6—8月)、秋季(9—10月)。图3为1979—2006年夏季和秋季登陆我国TC的生成位置的地理分布。比较图3a和3b可以看到,登陆我国的TC在各区域

中秋季生成TC的数量明显少于夏季。但是,若再进一步分析夏、秋季各区生成登陆我国TC占总区域生成登陆我国TC的比例可以发现,夏季1~5区生成的登陆我国TC数量分别占总区域生成的登陆我国TC数量的16%、46%、15%、4%、19%,而秋季1~5区生成的登陆我国TC数量所占的比例分别为33%、33%、11%、2%、21%。这表明夏季登陆我国的TC在第2区生成的所占比例较高,达到总数的近50%,而在第4区生成的所占比例较低;秋季登陆我国的TC在第1区生成的所占比例比夏季时增加了一倍,而第2区生成的所占比例相对于夏季有所减少;在3~5区生成的TC所占比例在夏、秋两季基本相当,其中第4区生成的所占比例是所有区域中最低的。

上述气候统计的结果表明,登陆我国的西北太平洋TC生成源地有很大的季节变化,这可能与西太平洋副热带高压的位置有关。夏季西太平洋副高主体南压西伸,受其南侧东风气流的引导,造成第2区生成的登陆我国的TC所占比例较大;而秋季西太平洋副高主体北抬东撤,从而使得在第1区生成的登陆我国的TC所占比例有明显增加。

## 3 登陆我国的西北太平洋TC的强度及移动路径变化特征

近几年,Webster等<sup>[13]</sup>、Emanuel<sup>[14]</sup>和Chan<sup>[15]</sup>围绕着全球气候变暖背景下热带太平洋、大西洋和孟加拉湾TC生成数量是否增加、强度是否增强等问题发表了各自的观点与见解,特别是关于西北太平洋TC活动的变化趋势正在引起许多科学家的密切注视,它已成为当前TC研究的前沿课题。

### 3.1 强度变化特征

由于TC风速的平方可表征TC的能量,故下文对在我国登陆时刻TC最大风速的平方做了逐年的统计,美国联合台风预警中心TC资料的风速单位为节(1节 $\approx 0.514$  m/s),故在本研究中仍用节为单位。图4表示1979—2006年TC在我国登陆时刻最大风速平方年平均值的年际变化。从图4中不仅可以近30 a来登陆我国TC的强度具有明显的增强趋势(这造成了近30 a登陆我国的TC的破坏力逐渐增大,如2005年TC最高风速平方达到近7000平方节),而且可看到它具有十分明显的年际变化,特别是从20世纪90年代至今登陆我国时刻TC的风速平方呈现2~3 a的准2 a周期振荡的特征。

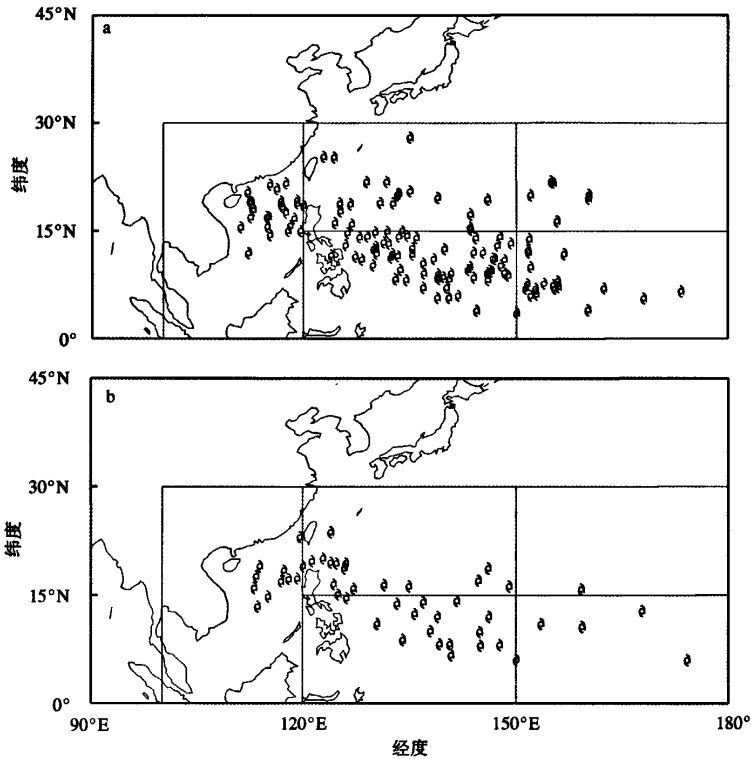


图 3 1979—2006 年夏季(6—8 月;a)和秋季(9—10 月;b)西北太平洋 TC 的生成位置分布  
 Fig. 3 Geographic distribution of landfalling TCs formed in the Northwest Pacific  
 in (a) summer (June—August) and (b) autumn (September—October) during 1979—2006

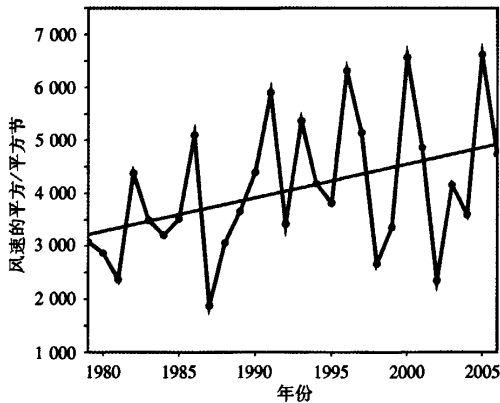


图 4 1979—2006 年西北太平洋 TC 在我国登陆时刻的最大风速平方的逐年变化  
 Fig. 4 Interannual variation in the average of maximum wind speed square of TCs at the time of landfalling China during 1979—2006

### 3.2 移动路径的变化特征

综上所述,登陆我国 TC 在第 1、2 区源地生成

的所占比例较大,下面将进一步探讨在西北太平洋的第 1、2 区生成的登陆我国 TC 的移动路径。图 5a 为 1979—2006 年在西北太平洋第 2 区域生成的登陆我国 TC 的路径。由图 5a 可看到,登陆我国的 TC 路径基本上为直向西北的移动路径,因此在第 2 区(15°N 以南、150°E 以西)生成的登陆我国的 TC 有较多登陆我国华南地区和越南北部。图 5b 为 1979—2006 年在西北太平洋第 1 区域生成的登陆我国的 TC 路径。由图 5b 可看到,生成于第 1 区的登陆我国的 TC 经常表现为盘旋、打转的移动路径,与第 1 区移动路径相似的还有第 5 区生成的 TC(图略)。因此,第 1、5 区生成的登陆我国的 TC 的移动路径是比较难于预测的,这在预测登陆我国台风的移动路径中是应该注意的。

从图 5a 与 5b 的比较中还可以看到,在西北太平洋第 1 区生成的登陆我国的 TC 位置大部分位于浙江、福建等我国东南沿海,而在我国广东、海南省以及越南等地登陆较少。

上述分析结果表明,西北太平洋不同区域生成

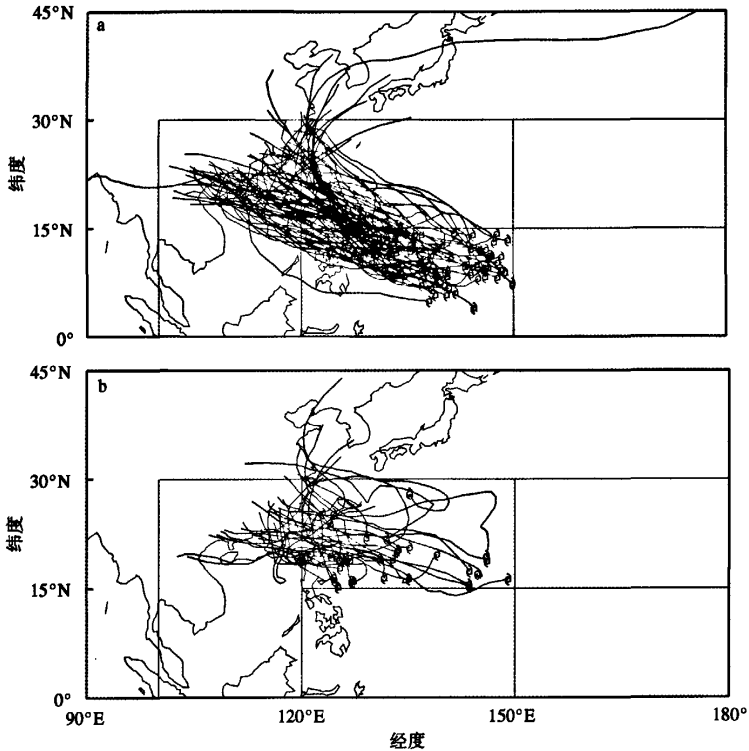


图 5 1979—2006 年在西北太平洋第 2 区域(a)和第 1 区域(b)生成的登陆我国 TC 的路径  
 Fig. 5 The tracks of landfalling China's TCs originating in (a) domain two and (b) domain one over the Northwest Pacific during 1979—2006

的 TC 的移动路径和在我国登陆的位置有很大差别,这可以为我国台风登陆地及其在西北太平洋移动路径的预报提供一些依据。

#### 4 西北太平洋 TC 在我国登陆地点的变化特征

分析结果表明,台风登陆我国的位置与它在西北太平洋生成的海域有一定关系。黄荣辉等<sup>[1]</sup>的研究结果也表明,TC 在西北太平洋的生成海域与当时热带西太平洋的热力及该海域海—气相互作用状况有关。因此,由于热带西太平洋热力的变化就会导致台风在我国登陆位置的变化。为此,本研究利用 1979—2006 年最新 TC 资料来统计近 30 a 来 TC 在我国登陆位置的变化。为了统计近 30 a 西北太平洋 TC 在我国的登陆地点的变化,分别做了 TC 登陆地点位于厦门以北和厦门以南的统计。图 6 是 1979—2006 年西北太平洋 TC 在我国厦门以北和以南登陆数量的年际变化。如图 6a 所示,1979—2006 年西北太平洋 TC 在我国厦门以北登陆数量逐渐增

加,1994 年达到 6 个,比平均数多约 3 个;与其相反,如图 6b 所示,在我国厦门以南登陆数量却逐渐减少,2004 年仅 1 个,比平均数少约 4 个,这导致近几年登陆我国广东的 TC 逐渐减少。

除了上述西北太平洋 TC 在我国登陆地点的位置有明显年代际变化趋势外,从图 6 中还可以看到它存在明显的年际变化。如图 6a 所示,在 1980—2000 年期间 TC 在我国厦门以北登陆的数量存在着 2~3 a 周期,即准 2 a 周期振荡,但如图 6b 所示,在此期间 TC 在厦门以南登陆的数量的准 2 a 周期振荡却不明显,但在 21 世纪初却很明显。

本文进一步对 TC 在我国登陆位置的平均经纬度作了逐年统计,图 7 是西北太平洋 TC 在我国大陆(不包括台湾和海南)登陆点的平均经度和纬度的年际变化。由图 7a 可看到,TC 在我国的登陆地点有明显的向东偏移的趋势,其中 2005 年与平均值相比向东偏移了约 3°。由图 7b 可看到,TC 在我国的登陆地点有明显的向北偏移趋势。这与上面所表明的在我国厦门以北登陆的 TC 数量增多的结论是

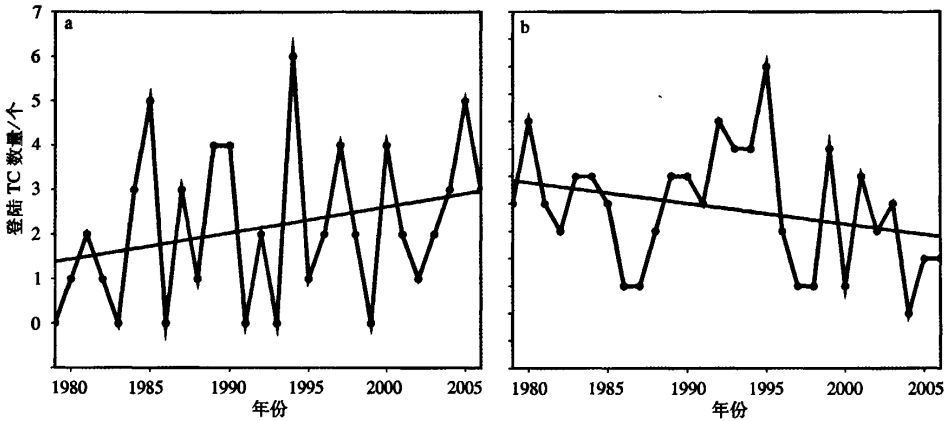


图6 1979—2006年西北太平洋TC在我国厦门以北(a)和以南(b)登陆数量的年际变化  
 Fig.6 Interannual variations in the number of TCs landfalling (a) north and (b) south of Xiamen over the Northwest Pacific during 1979—2006

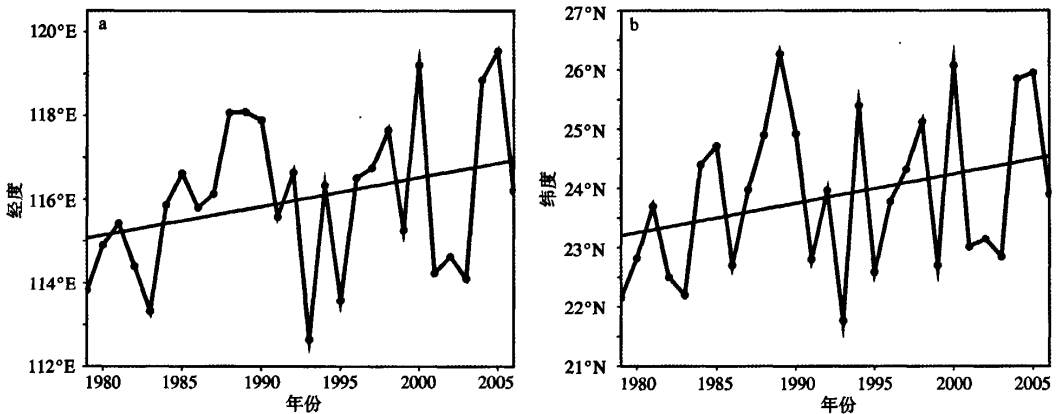


图7 1979—2006年西北太平洋TC在我国大陆(不包括台湾和海南)登陆点平均经度(a)和平均纬度(b)的年际变化  
 Fig.7 Interannual variations of (a) the mean longitude and (b) the mean latitude of the landfalling location of TCs(excluding Taiwan and Hainan provinces) over the Northwest Pacific during 1979—2006

一致的。

TC平均登陆位置的变化特征,与其生成位置以及路径的变化趋势存在密切联系。陈光华等<sup>[2]</sup>的研究表明,从20世纪90年代中期起,热带西北太平洋季风槽位置偏东偏南与导致西北太平洋TC的移动路径偏东有关。

除了上述西北太平洋TC在我国登陆位置的经纬度有明显的年代际变化趋势外,由图7还可以看到,明显的年际变化,图7b表明,西北太平洋TC在我国登陆的纬度存在着明显的2~3a周期振荡,即准2a周期振荡。

上述分析结果表明,西北太平洋在我国登陆TC的平均位置偏南或偏北存在着明显的2~3a周期

振荡。这种周期振荡与登陆我国的西北太平洋TC生成区域有关。由于热带西太平洋西部的热力状态存在着明显的准2a周期振荡,所以热带西太平洋西部热力状态的准2a振荡对TC我国的登陆位置可能存在一定影响,这需要在以后的工作中做进一步研究。

### 5 结论与讨论

本文应用近30a(1979—2006年)的资料,对登陆我国的西北太平洋TC的强度、路径、登陆地点进行了统计分析,结果表明:登陆我国的西北太平洋TC的强度增大趋势明显;在第2、3、4区生成的登陆我国的TC路径基本为平直的西北移动路径为主,

而第1、5区生成的登陆我国的TC路径多为打转或移动路径转向;西北太平洋TC在我国的登陆位置逐渐向东北方向偏移,使得登陆厦门以北的华东区域的TC数量具有增加趋势,而登陆厦门以南的TC数量存在减少趋势。

本文仅统计分析了登陆我国的西北太平洋TC活动的时空分布特征,对这些现象存在的可能原因和物理机制只是简单讨论。由于登陆我国TC的强度、路径、登陆地点受到多种因素的影响,如海洋热状况、大尺度环流型、TC自身结构等,特别是受西太平洋副热带高压的影响。因此,今后将在本工作的基础上对有关的要素进行分析,以期对登陆我国TC活动变化的机理有进一步的认识。

### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 陈光华,黄荣辉.西北太平洋热带气旋和台风活动若干气候问题的研究[J].地球科学进展,2006,21(6):610-616.
- [3] 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.
- [4] 王蔚,朱伟军,端义宏,等.大尺度背景下西北太平洋热带气旋的统计分析[J].南京气象学院学报,2008,31(2):277-286.
- [5] 林健槐.华南近海热带气旋活动的研究[J].台湾海峡,1997,16(4):420-424.
- [6] 穆海振,屠其璞.1949—1995年西太平洋热带气旋活动的气候学特征[J].南京气象学院学报,2000,23(1):81-86.
- [7] 王秀萍,梁军.近52年北上热带气旋的若干气候特征[J].气象,2006,32(10):76-80.
- [8] 曹楚,彭加毅,余锦华.全球气候变暖背景下登陆我国台风特征的分析[J].南京气象学院学报,2006,29(4):455-461.
- [9] 吴慧.影响海南的热带气旋气候特征及其与ENSO的关系[J].气象,2005,31(12):61-64.
- [10] 贺海晏,简茂球,宋丽莉,等.近50a广东登陆热带气旋的若干气候特征[J].气象科学,2003,23(4):401-409.
- [11] 陈联寿,丁一汇.西太平洋台风概论[M].北京:科学出版社,1979.
- [12] 陈世荣.西北太平洋的热带风暴源地[J].气象,1990,16(2):23-26.
- [13] Webster P J, Chang H R. Equatorial energy accumulation and emanation regions: Impacts of a zonally varying basic state [J]. J Atmos Sci, 1988, 45(5):803-828.
- [14] Emanuel K A. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years [J]. Nature, 2005, 436(7051):686-688.
- [15] Chan J C L. Interannual and interdecadal variations of tropical cyclone activity over the western North Pacific [J]. Meteor Atmos Phys, 2005, 89(1/2/3/4):143-152.

(责任编辑:冯怀莹)