

黄荣辉, 王磊. 2010. 台风在我国登陆地点的年际变化及其与夏季东亚/太平洋型遥相关的关系 [J]. 大气科学, 34 (5): 853–864. Huang Ronghui, Wang Lei. 2010. Interannual variation of the landfalling locations of typhoons in China and its association with the summer East Asia/Pacific pattern teleconnection [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 34 (5): 853–864.

台风在我国登陆地点的年际变化及其与夏季 东亚/太平洋型遥相关的关系

黄荣辉 王磊

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 本文利用 1979~2007 年日本气象厅 JRA-25 风场和高度场再分析资料和美国 JTWC 热带气旋的观测资料分析了 7~9 月份西北太平洋台风和热带气旋 (TC) 在我国登陆地点的年际变化及其与北半球夏季大气环流异常的东亚/太平洋型 (即 EAP 型) 遥相关的关系, 特别是分析了 7~9 月份在厦门以北登陆台风和 TC 数量的年际变化与夏季 (6~8 月) EAP 指数的相关。分析结果表明: 当夏季 (6~8 月) EAP 指数为高指数时, 则 7~9 月份在东亚和西北太平洋上空 500 hPa 高度场异常将出现“一, +, -”EAP 型遥相关的波列分布, 这时西太平洋副热带高压的位置偏北、偏东。在这种情况下, 西北太平洋上较多的台风和 TC 的移动路径偏北, 这引起了 7~9 月份在我国厦门以北沿海登陆的台风和 TC 数量偏多。反之, 当夏季 (6~8 月) EAP 指数为低指数时, 在东亚和西北太平洋上空 500 hPa 高度场异常为“+, -, +”的 EAP 型遥相关的波列分布, 这时西太平洋副热带高压的位置偏南、偏西。在这种情况下, 西北太平洋上较多的台风和 TC 移动路径偏南, 这引起了 7~9 月份在我国厦门以北沿海登陆的台风和 TC 数量偏少, 较多的台风和 TC 在厦门以南的华南沿海登陆。

关键词 台风 登陆地点 年际变化 东亚/太平洋型遥相关

文章编号 1006-9895 (2010) 05-0853-12

中图分类号 P461

文献标识码 A

Interannual Variation of the Landfalling Locations of Typhoons in China and Its Association with the Summer East Asia/Pacific Pattern Teleconnection

HUANG Ronghui and WANG Lei

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

Abstract The interannual variation of the landfalling locations of the western North Pacific typhoons and tropical cyclones (TCs) in China from July to September and its association with the summer East Asia/Pacific pattern (i. e., EAP pattern) teleconnection of the atmospheric circulation anomalies over the Northern Hemisphere are analyzed by using the data of wind and geopotential height fields from JRA-25 analysis of Japan Meteorological Agency during 1979–2007 and the observational data of tropical cyclones from the US Joint Typhoon Warning Center (JTWC). Especially the correlation between interannual variation of the numbers of landfalling typhoons and TCs to the north of Xiamen and the summer (June–August) EAP index is analyzed. The results show that in summer (June–August)

收稿日期 2009-08-26, 2010-02-23 收修定稿

资助项目 国家自然科学基金委员会海峡两岸合作研究项目 40921160379, 国家科技支撑计划项目 2008BAK50B02, 公益性行业 (气象) 科研专项 GYHY200806009

作者简介 黄荣辉, 男, 1942 年出生, 中国科学院院士/研究员, 主要从事行星波动力学、大气环流和气候动力学的研究工作。
E-mail: hrh@lasg.iap.ac.cn

with a high EAP index, the wave-train distribution of “—, +, —” EAP pattern teleconnection of geopotential high anomalies will appear over East Asian and the western North Pacific, and the position of the western Pacific subtropical high will shift northward and eastward at 500 hPa from July to September. In this case, most of the moving tracks of typhoons and TCs over the western North Pacific will be more northward, which can cause more landfalling typhoons and TCs to the north of Xiamen. On the contrary, in summer (June – August) with a low EAP index, the wave-train distribution of “+, —, +” EAP pattern teleconnection of geopotential height anomalies at 500 hPa will appear over East Asia and the western North Pacific, and the position of the western Pacific subtropical high will shift southward and eastward from July to September. In this case, most of the moving tracks of typhoons and TCs over the western North Pacific will be more southward. Therefore, this will cause less landfalling typhoons and TCs on the coast of Southeast China to the north of Xiamen from July to September, and more typhoons and TCs will make landfall on the coast of South China to the south of Xiamen.

Key words typhoon, landfalling location, interannual variation, the East Asia/Pacific pattern teleconnection

1 引言

西北太平洋 (WNP) 是全球热带气旋 (TC) 和台风活动最为频繁的海域, 每年全球 TC 和台风约三分之一在 WNP 海域上空生成。由于受西太平洋副热带高压的影响, 在 WNP 海域上空生成的 TC 和台风一部分移向中国、日本、韩国、菲律宾和越南等地登陆, 给这些国家造成巨大的经济损失和重大人员伤亡。我国是全世界受台风灾害最为严重的国家之一, 平均每年约 7~8 个台风登陆我国。据近年来的统计, 我国每年台风灾害约造成 250 亿元以上的经济损失, 死亡人数高达数百人, 登陆台风多的年份, 台风造成的经济损失和人员伤亡更加严重。如 2006 年 7 月 14 日“碧丽斯”台风在福建霞浦登陆后往西移动, 给福建、江西和湖南南部、广东北部造成了 600 多人死亡, 200 多人失踪; 2006 年 8 月 10 日在浙江苍南登陆的“桑美”台风是 50 多年来登陆我国大陆最强的台风, 中心风力达到 17 级, 中心气压为 920 hPa, 给福建沙埕港造成了 980 艘船沉没和 200 多人死亡; 2009 年 8 月 7 日“莫拉克”台风在我国台湾花莲登陆之后又在福建霞浦再度登陆, 在台湾南部造成 3000 mm 以上超记录的降水, 不仅给福建北部、浙江南部造成了重大经济损失, 而且给台湾南部造成近千亿元新台币巨大经济损失以及 461 死亡和 192 人失踪 (见 2009 年 8 月 30 日灾害防御简讯)。因此, 关于台风生成、移动路径、强度和登陆地点的预报一直是我国气象界热门的研究课题之一。

为了更准确地进行台风生成、移动路径、强度和登陆地点的预报, 近年来国际上许多科学家开展

关于 TC 和台风生成的年际变化的研究。如 Chan (1985) 提出 WNP 海域 TC 和台风生成与 ENSO 循环有密切关系。而 Wang and Chan (2002) 提出热带西太平洋上空 TC 和台风生成个数在 ENSO 事件发生年似乎没有明显的变化, 但 ENSO 事件对 TC 和台风移动路径有一定影响, 在 ENSO 年 WNP 海域上空 TC 和台风向北转向偏多。陈光华和黄荣辉 (2006)、黄荣辉和陈光华 (2007)、Chen and Huang (2008) 的研究表明了热带西太平洋热力状态严重地影响着西北太平洋上 TC 和台风的生成和移动路径。他们的研究表明: 热带西太平洋的热力 (特别是海洋热容量) 调制着热带西太平洋季风槽位置的变化, 而季风槽通过对赤道波动的转换严重影响着西北太平洋上 TC 和台风活动以及登陆我国的地点。

西北太平洋台风和 TC 的移动路径及其在我国的登陆地点受着牵引气流的影响, 特别是受西太平洋副热带高压位置的影响 (陈联寿和丁一汇, 1979; 张庆云和彭京备, 2003; 王磊等, 2009b)。而由于东亚/太平洋型遥相关之原因, 西太平洋副热带高压严重地受着西太平洋暖池热力状态的影响 (Nitta, 1987; Huang and Li, 1987; 黄荣辉和李维京, 1988; Huang and Sun, 1992)。正如 Huang and Sun (1992) 所指出: 当夏季西太平洋暖池处于偏暖状态, 菲律宾周围对流活动强, 这种情况下, 由于东亚/太平洋型 (EAP 型) 遥相关, 西太平洋副热带高压位置偏北; 相反, 当夏季西太平洋暖池处于偏冷状态, 菲律宾周围对流活动弱, 这种情况下西太平洋副热带高压位置偏南。因此, 由于受到西太平洋副热带高压的影响, 西北太平洋台风的移动路径及其在我国的登陆地点可能与夏季 EAP 型

遥相关存在着密切的关系。为此，本文利用 1979～2007 年日本气象厅 JRA-25 再分析资料和美国 JTWC (Joint Typhoon Warning Center) 热带气旋的观测资料来分析西北太平洋 TC 和台风在我国登陆地点的年际变化及其机理，特别是探讨它与北半球夏季大气环流异常的东亚/太平洋型 (EAP 型) 遥相关的关系。

2 西北太平洋台风和 TC 在我国登陆地点的年际变化及其与夏季 EAP 指数的关系

根据王磊等 (2009a) 的研究，7～9 月份登陆我国的台风和 TC 数量约占登陆我国台风和 TC 全年总数的 80% 左右。因此，本研究主要研究 7～9 月份西北太平洋和 TC 在我国登陆地点的年际变化。

2.1 7～9 月份台风和 TC 在我国登陆地点的年际变化

黄荣辉和陈光华 (2007) 的研究表明：西北太平洋上空 TC 和台风移动路径有明显的年际变化，它与西太平洋暖池的热力状态 (特别是次表层海温) 有密切的关系。当西太平洋暖池处于暖状态，西北太平洋的 TC 和台风的移动路径偏西、偏北，影响中国的台风个数偏多；相反，当西太平洋暖池处于冷状态，西北太平洋的 TC 和台风的移动路径偏东、偏南，并且易于 130°E 附近向东北转向，从而导致影响日本的 TC 和台风个数增多，而影响中国的 TC 和台风个数偏少。

由于受西太平洋暖池热力状态的影响，西北太平洋的台风和 TC 移动路径有很大年际变化，西北

太平洋上空 TC 和台风的移动路径势必影响它们在我国登陆地点的位置，故它们在我国登陆地点也会有很大的年际变化。为此，本节利用美国 JTWC 的 TC 和台风移动路径和登陆地点资料来分析西北太平洋上空 TC 和台风在我国登陆地点的年际变化。图 1 是 1979～2007 年 7～9 月份登陆我国台风和 TC 数量的年际变化 (实线)。从图 1 可以看到，7～9 月份登陆我国台风和 TC 数有很大的年际变化，在一般年份，7～9 月份有 5 个台风和 TC 登陆我国，最多于 1994 年登陆我国的台风和 TC 数量达到 10 个，而最少于 1986 年登陆我国的台风和 TC 数量只有 2 个。

如图 2 所示，由于厦门的位置在 7～9 月份处于西太平洋副热带高压和热带西太平洋季风槽西侧之间，因此，它是西北太平洋台风和热带气旋在我国登陆地点偏北和偏南的“分水岭”。为了更好分析西北太平洋上空台风和 TC 在我国登陆地点的年际变化，故我们把在我国登陆的台风和 TC 划分为在厦门以北和厦门以南登陆两种。图 3a 是 1979～2007 年 7～9 月份在我国厦门以北登陆的台风和 TC 数量的年际变化。从图 3a 可以看到，7～9 月份在我国厦门以北登陆的台风和 TC 的个数有很明显的年际变化，最多于 1994 年在厦门以北登陆的台风和 TC 达到 5 个，而最少于 1999 年没有台风和 TC 在厦门以北登陆。并且，从图 3a 还可以看到，从 20 世纪 80 年代至 2007 年 7～9 月份在我国厦门以北登陆的台风和 TC 数量有增多的趋势。图 3b 是 1979～2007 年 7～9 月份在我国厦门以南登陆的

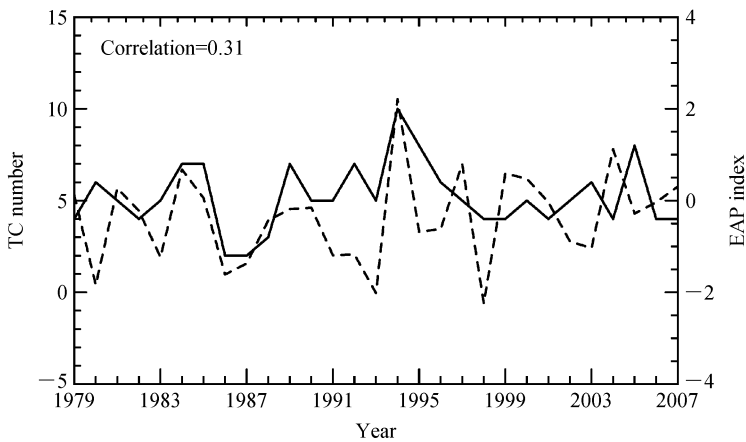


图 1 1979～2007 年 7～9 月份在我国登陆的台风和 TC 数量 (实线) 和夏季 (6～8 月) EAP 指数 (虚线) 的年际变化

Fig. 1 Interannual variations of the numbers of the landfalling typhoons and tropical cyclones (TCs) in China (solid line) from Jul to Sep and the summer (Jun – Aug) EAP (East Asia/Pacific) index (dashed line) during 1979 – 2007

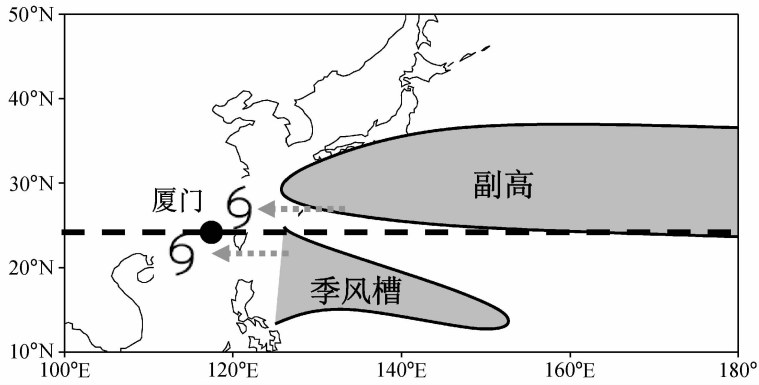


图 2 厦门的地理位置与西太平洋副热带高压和季风槽位置示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the geographic position of Xiamen and the positions of the western Pacific subtropical high and the monsoon trough

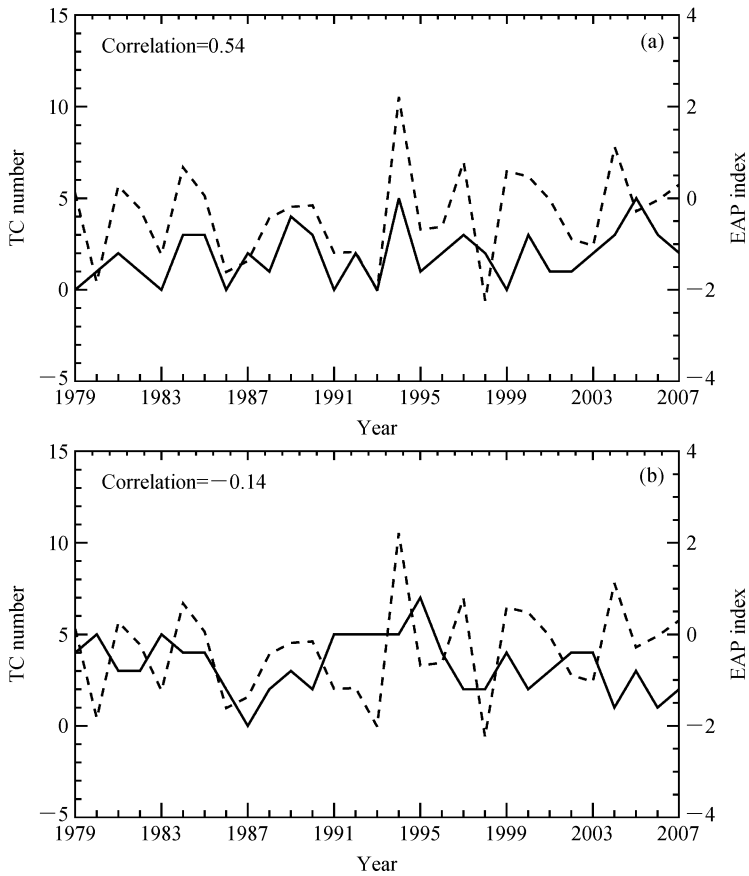


图 3 1979~2007 年 7~9 月份在我国厦门以北 (a) 和以南 (b) 登陆的台风和 TC 数量 (实线) 和夏季 (6~8 月) EAP 指数 (虚线) 的年际变化

Fig. 3 Interannual variations of the numbers of the landfalling typhoons and TCs (solid line) (a) to the north of Xiamen and (b) to the south of Xiamen from Jul to Sep and the summer (Jun - Aug) EAP index (dashed line) during 1979 - 2007

台风和 TC 数量的年际变化。从图 3b 可以看到, 7~9 月份在我国厦门以南登陆的台风和 TC 也有明显的年际变化, 最多于 1995 年, 在厦门以南登陆的台风和 TC 数量达到 7 个, 而最少于 1987 年没有台风和 TC 在厦门以南登陆。并且, 从图 3b 还

可以看到, 从 20 世纪 80 年代 7~9 月份在厦门以南登陆的台风和 TC 数量有减少的趋势, 如 1998、2004、2006 年在厦门以南登陆的台风和 TC 数量只有 1 个。这个结果与 Wu and Wang (2004) 以及 Wu et al. (2005) 的研究结果是一致的, 他们指出,

从 1965 年以来西北太平洋路径总体向西偏移, 影响南海的台风明显减少。

2.2 7~9 月份台风和 TC 在我国登陆地点的年际变化与夏季 EAP 指数的关系

Nitta (1987) 从观测事实指出了夏季菲律宾周围与日本周围大气环流异常存在着相反的振荡, 即 P-J 振荡。与此同时, Huang and Li (1987), 黄荣辉和李维京 (1988) 利用北半球夏季准定常行星波的传播规律, 并从观测事实、动力理论和数值模拟研究了北半球夏季大气环流异常的遥相关及 Rossby 波列在北半球大气的传播特征, 从而提出东亚/太平洋型遥相关, 即 EAP 型遥相关。随后, Huang (2004) 利用上述东亚/太平洋型遥相关 (或 EAP 型遥相关), 并利用东亚夏季风系统异常的空间分布特征定义了一个能够很好地表征东亚夏季风系统变化的指数, 即 EAP 指数 (I_{EAP})。这个指数定义如下:

$$I_{\text{EAP}} = -0.25Z'_s(60^\circ\text{N}, 125^\circ\text{E}) + 0.50Z'_s(40^\circ\text{N}, 125^\circ\text{E}) - 0.25Z'_s(20^\circ\text{N}, 125^\circ\text{E}), \quad (1)$$

式中, $Z'_s = Z' \sin 45^\circ / \sin \varphi$ 是某一格点夏季 (6~8 月) 平均的 500 hPa 标准化高度距平, Z' 是该格点夏季平均的 500 hPa 高度距平, φ 是该格点所在的纬度。

利用 NCEP/NCAR 再分析资料, 并应用 Huang (2004) 所提出 EAP 指数的定义计算了 1979~2007 年每年夏季 (6~8 月) EAP 指数 (见图 1~3 的虚线)。从图 3a 中可以看到, 7~9 月份在厦门以北登陆台风和 TC 的数量 (实线) 与夏季 (6~8 月) EAP 指数有很好的正相关, 它们之间相关达到 0.54, 超过 99% 的信度。这表明: 当夏季 (6~8 月) EAP 指数为高指数时 (即西太平洋副热带高压偏北), 则登陆我国厦门以北台风和 TC 的数量偏多; 相反, 当夏季 (6~8 月) EAP 指数为低指数时 (即西太平洋副热带高压偏南), 则登陆我国厦门以北台风和 TC 的数量偏少。然而, 从图 3b 可以看到, 每年 7~9 月份在厦门以南登陆台风和 TC 的数量与夏季 (6~8 月) EAP 指数却没有什麼相关, 它们相关系数只有 -0.14。这表明 7~9 月份登陆厦门以南的台风和 TC 多少并不依赖于西太平洋副热带高压的位置, 它可能受热带西太平洋季风槽及其它环流系统的影响。由于 7~9 月份在我国厦门以南登陆台风和 TC 的数量与夏季 EAP 指数并没有什麼相关, 故 7~9 月份在我国东南沿海登陆台风和 TC 的数量与夏季 EAP 指数之间的相

关系系数如图 2 所示只有 0.31, 只达到 90% 的信度。这表明 7~9 月份在我国东南沿海地区登陆的台风和 TC 的数量与夏季 EAP 指数也存在一定的关系。

3 7~9 月份西北太平洋台风和 TC 移动路径及其在我国登陆地点的年际变化与西太平洋副热带高压位置的关系

台风和 TC 的移动路径受环境气流的引导, 特别是受对流层中层气流的引导 (Hope and Neumann, 1970; Kutzbach, 1979; Chan and Gray, 1982; McBride, 1995)。研究表明, 7~9 月份西北太平洋台风和 TC 的移动路径受到西太平洋副热带高压位置的严重影响。西北太平洋副热带高压的位置不仅影响西北太平洋台风和 TC 的形成 (Chia and Ropelewski, 2002), 而且影响西北太平洋台风和 TC 的移动路径 (Ho et al., 2004)。张庆云和彭京备 (2003) 指出: 在西太平洋副热带高压的脊线偏北时, 则登陆我国台风的数量偏多; 相反, 若西太平洋副热带高压的脊线偏南时, 则登陆我国台风的数量就偏少。王磊等 (2009b) 指出: 当 7~9 月份西太平洋副热带高压偏西、偏北, 则登陆我国厦门以北的台风和 TC 的数量偏多; 相反, 当西太平洋副热带高压偏东、偏南, 则登陆我国厦门以北的台风和 TC 的数量偏少。

夏季西太平洋副热带高压的位置是受热带西太平洋热力状态的严重影响。黄荣辉等许多研究表明了热带西太平洋的热力状态不仅影响南海夏季风的爆发, 而且影响着西太平洋副热带高压的位置 (Huang and Sun, 1992; 黄荣辉等, 2005; Huang et al., 2006, 2007)。他们的研究表明: 当热带西太平洋处于暖状态, 菲律宾周围对流活动强, 则夏季西太平洋副热带高压偏北, 在这种情况下, EAP 指数为高指数; 相反, 当热带西太平洋处于冷状态, 菲律宾周围对流活动弱, 则夏季西太平洋副热带高压偏南, 在这种情况下, 夏季 EAP 指数为低指数。并且, 黄荣辉和陈光华 (2007) 的研究表明: 当热带西太平洋处于暖状态 (次表层海温偏高), 则西北太平洋台风和 TC 移动路径偏西, 并导致在我国东南沿海登陆的台风和 TC 数量偏多; 相反, 当热带西太平洋处于冷状态 (次表层海温偏低), 则西北太平洋台风和 TC 移动路径偏东, 易于 130°E 附近转向东北方向移动, 并导致在日本登陆的台风和

TC 数量增多。因此, 热带西太平洋热力状态影响着西太平洋副热带高压, 而西太平洋副热带高压影响着西北太平洋台风和 TC 的移动路径。为此, 本节在上一节研究基础上利用 JRA-25 再分析资料来分析 7~9 月份西北太平洋台风和 TC 的移动路径及其在我国的登陆地点与西太平洋副热带高压的关系。

图 4 是 7~9 月份西北太平洋台风和 TC 在我国厦门以北登陆数量偏多和偏少年份 7~9 月平均的东

亚和西北太平洋上空 500 hPa 环流合成图。从图 4a 和图 4b 可以看到, 西北太平洋台风和 TC 在我国厦门以北沿海登陆数量多的年份与在我国厦门以北沿海登陆数量少的年份 7~9 月份东亚和西北太平洋上空的环流有明显的差别, 其主要差别是西北太平洋副热带高压的位置。在我国厦门以北沿海登陆的台风和 TC 数量偏多的年份, 如图 4a 所示, 7~9 月份平均的西太平洋副热带高压的位置偏北、偏东, 它的脊

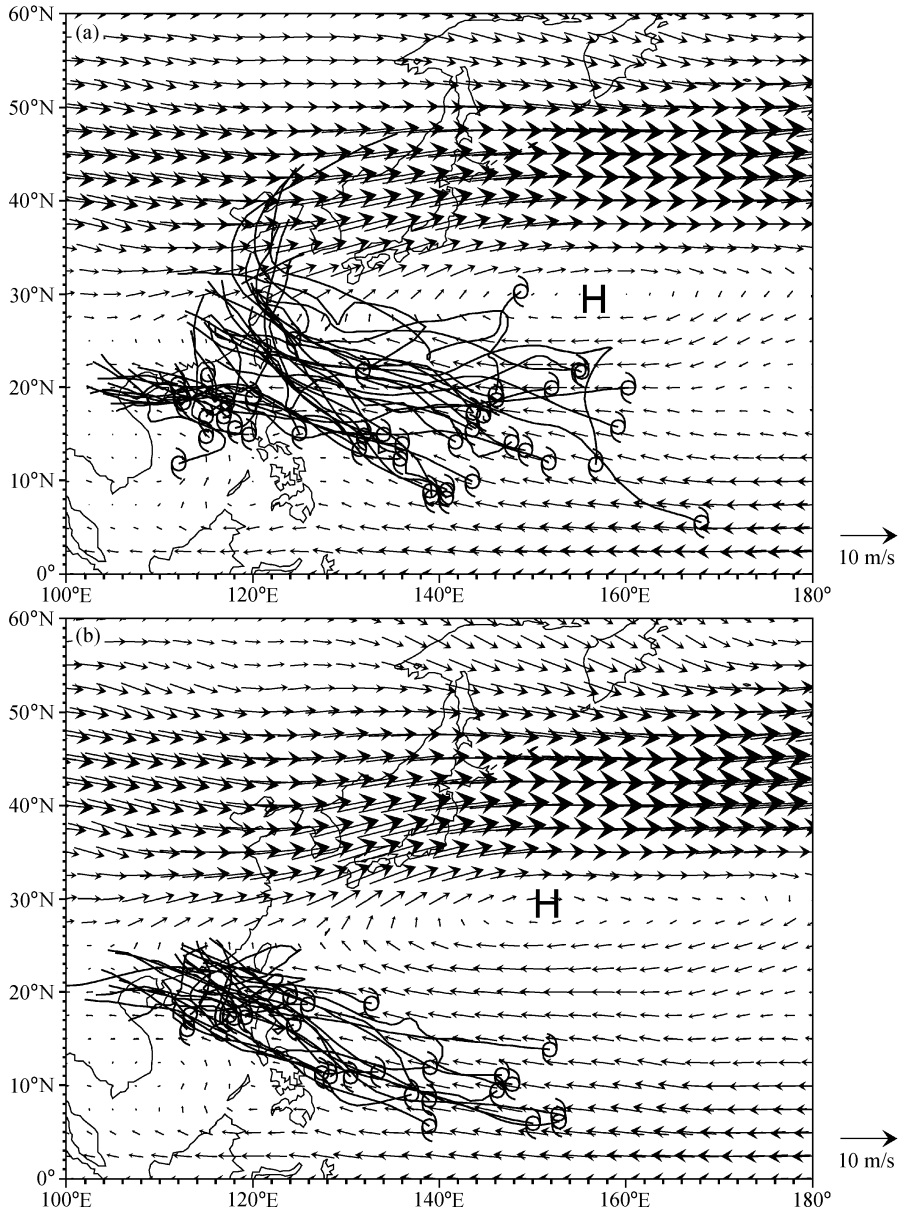


图 4 在我国厦门以北登陆的台风和 TC 数量 (a) 偏多和 (b) 偏少年份 7~9 月份平均的东亚和西北太平洋上空 500 hPa 风场合成图 (风场资料取自 JRA-25 再分析资料)。细实线: 台风和 TC 路径

Fig. 4 Composite distributions of 500-hPa wind fields over East Asia and the western North Pacific averaged for Jul-Sep for the years with (a) more and (b) less landfalling typhoons and TCs to the north of Xiamen from Jul to Sep. The thin solid lines indicate moving tracks of typhoons and TCs, and the data of wind fields are from JRA-25 reanalysis

线大约位于 30°N ，西伸到 130°E 左右；相反，在我国厦门以北沿海登陆的台风和 TC 数量偏少的年份，如图 4b 所示，7~9 月份平均的西太平洋副热带高压的位置偏南、偏西，它的脊线大约位于 28°N ，西伸到 120°E 左右。因此，如图 4a 所示，正是由于西太平洋副热带高压位置偏北、偏东，它引起了西北太平洋台风和 TC 移动路径偏北，这才导致在厦门以北登陆的台风和 TC 数量偏多；相反，如图 4b 所示，由于西太平洋副热带高压偏南、偏西，它引起了西北太平洋台风和 TC 的移动路径偏南，这才导致在厦

门以北登陆的台风和 TC 数量偏少。

为了凸显西北太平洋上空台风和 TC 在我国的登陆地点与西太平洋副热带高压的关系，我们进一步分析 7~9 月份西北太平洋上空台风和 TC 在我国厦门以北登陆数量偏多和偏少年份 7~9 月平均的东亚和西太平洋上空 500 hPa 环流异常合成图（见图 5）。从图 5a 可以看到，在厦门以北登陆台风和 TC 数量偏多的年份，7~9 月份平均的东亚和西太平洋上空 500 hPa 环流异常是：在我国东南沿海和菲律宾以东的热带西太平洋上空为气旋（C）

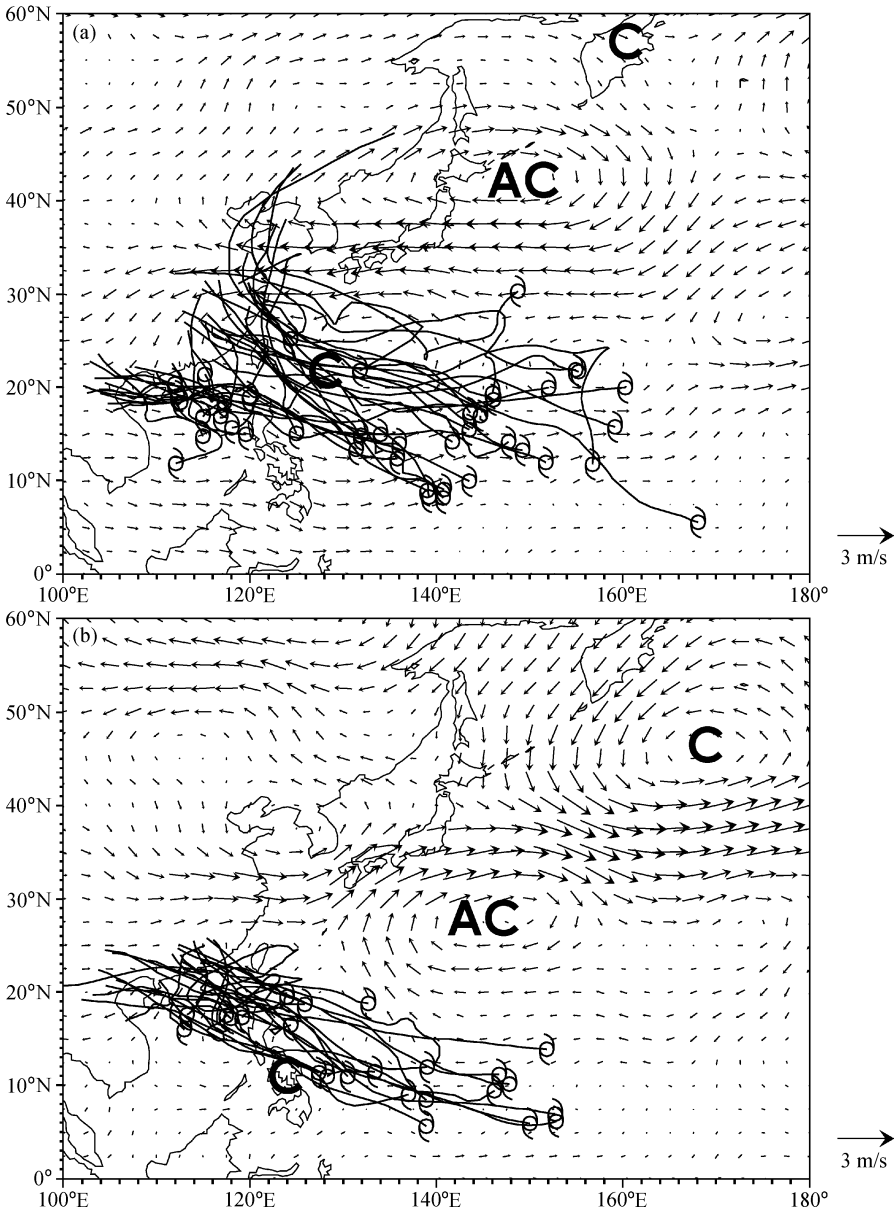


图 5 同图 4，但为 500 hPa 风场距平（取 1979~2007 年气候平均的 7~9 月风场为正常值）

Fig. 5 As in Fig. 4, except for wind field anomalies at 500 hPa. The climatological mean wind field for the period of Jul - Sep of 1979 - 2007 is taken as the normal

性距平环流,而在我国华北、东北和日本北部及以东上空的西北太平洋上空为反气旋(AC)性距平环流,这正是西太平洋副热带高压偏北的情况,并且在勘察加半岛以东的西北太平洋上空为气旋性距平环流。这是“一,+,−”的EAP型遥相关的波列分布(Nitta, 1987; Huang and Li, 1987; 黄荣辉和李维京, 1988)。在这种情况下,从日本以南和我国江淮流域上空为明显的东风距平环流,因此,如图5a中细实线所示,西北太平洋台风和TC的移动路径偏北,从而导致台风和TC在厦门以北登陆的数量偏多。另一方面,从图5b可以看到,在厦门以北登陆台风和TC数量偏少的年份,7~9月份平均的东亚和西北太平洋上空500 hPa环流异常正好与在厦门以北登陆台风和TC数量偏多的情形相反,即,在菲律宾以南的热带西太平洋上空为气旋性距平环流,而在我国台湾以东和日本南部的西北太平洋为反气旋性距平环流,这正是西太平洋副热带高压偏南的情形,并且在堪察加半岛以南和以东西北太平洋上空为气旋性距平环流。把图5b与图5a相比较,可以看到,虽然在图5b所示的东亚和西北太平洋上空500 hPa环流异常也呈现“一,+,−”的EAP型遥相关的波列分布,但图5b所示的整个环流系统异常比图5a所示的环流系统异常的位置不仅偏南15个纬距,而且偏西了5个经度。因此,在这种情况下,如图5b所示,在菲律宾以东热带西太平洋上空为明显的偏东风距平环流,而我国华南和长江中、下游地区和东海上空为西风距平环流,这导致西北太平洋台风和TC的移动路径偏南,从而引起西北太平洋台风和TC在厦门以南的华南沿海登陆偏多,而在厦门以北的东南沿海地区登陆的台风和TC数量偏少。

上述分析结果表明,7~9月份在厦门以北登陆的台风和TC的数量与西太平洋副热带高压的位置之间存在着密切关系。

4 7~9月份西北太平洋台风和TC在我国登陆地点的年际变化、西太平洋副热带高压位置和夏季EAP遥相关型之间的关系

4.1 7~9月份西太平洋副热带高压位置与夏季EAP型遥相关之间的关系

Huang (2004)的研究表明了夏季(6~8月)

EAP指数的年际变化能够很好地反映西太平洋副热带高压位置的年际变化。当夏季EAP指数为正,则西太平洋副热带高压位置偏北;相反,当夏季EAP指数为负,则西太平洋副热带高压的位置偏南。7~9月份西太平洋副热带高压位置与夏季EAP指数之间是否还存在一定关系,这是值得进一步研究的问题。为此,本节利用JRA-25再分析资料来分析7~9月份平均的西太平洋副热带高压的位置与夏季(6~8月)EAP指数之间的关系。

为了分析夏季(6~8月)EAP指数与7~9月份西太平洋副热带高压位置的关系,我们选取6~8月份平均的EAP指数等于或大于0.5,即 $I_{\text{EAP}} \geq 0.5$,为高指数,而6~8月份平均的EAP指数小于或等于−0.5,即 $I_{\text{EAP}} \leq -0.5$,为低指数。这样,夏季高EAP指数年有1981、1984、1985、1989、1994、1997、1999、2000、2004年;而夏季低EAP指数年有1980、1983、1986、1987、1988、1991、1993、1995、1996、1998、2002、2003年。研究表明:由于西太平洋副热带高压位置的关系,在高EAP指数年时,江淮流域夏季风降水偏少,并往往出现干旱;而在低EAP指数年时,江淮流域夏季风降水偏多,并往往出现洪涝(Huang et al, 2007)。

图6是分别对应于夏季(6~8月)EAP指数为高指数(a)和低指数(b)7~9月份东亚和西北太平洋上空500 hPa位势高度距平合成图。从6a可以看到,当夏季EAP指数为高指数时,7~9月份平均的东亚和西北太平洋上空500 hPa高度场异常是:在我国东南沿海和菲律宾以东的热带西太平洋上空为负距平区域,而在我国华北、朝鲜半岛和日本以东西北太平洋上空为正距平区域,这正是西太平洋副热带高压偏北的情况,并且,在鄂霍茨克海和堪察加半岛上空为负距平区域。这个分布型与夏季的“一,+,−”EAP型遥相关的波列分布相似。另一方面,从图6b可以看到,当夏季EAP指数为低指数时,7~9月份平均的东亚和西北太平洋上空500 hPa高度距平分布正好与高EAP指数年时的高度场距平分布相反,即,在华南、南海和菲律宾以东的热带西太平洋上空为正距平区域,而在我国江淮流域、华北、朝鲜半岛、日本及以东的西北太平洋上空为负距平区域,这正是西太平洋副热带高压位置偏南的情况,并且,在鄂霍茨克海和堪察加半岛上空为正距平区域。这个分布型与夏季

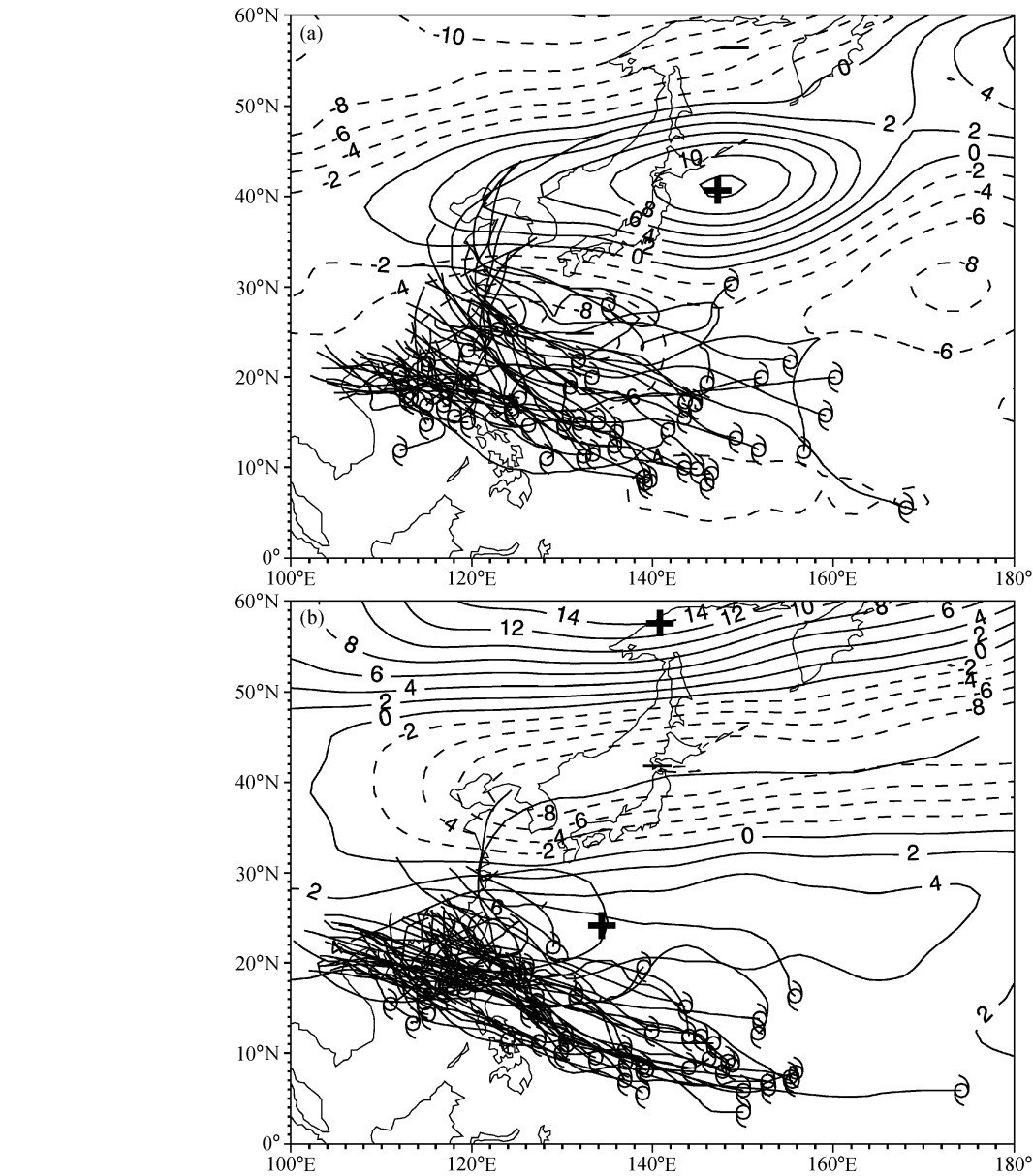


图 6 夏季 (6~8 月) EAP 指数为 (a) 高指数年和 (b) 低指数年 7~9 月份东亚和西北太平洋上空 500 hPa 高度场距平合成分布图 (单位: gpm)。取 1979~2007 年 7~9 月份高度场气候平均为正常值, 高度场资料取自 JRA-25

Fig. 6 Composite distributions of geopotential height anomalies (gpm) at 500 hPa over East Asia and the western North Pacific averaged for Jul-Sep for the years with (a) the high summertime (Jun-Aug) EAP index and (b) the low summertime EAP index. The climatological mean geopotential height field for the period of Jul-Sep of 1979-2007 is taken as the normal, and the data of geopotential height are from the JRA-25 reanalysis

“+，-，+” EAP 型遥相关的波列分布相似。

从上述分析可以看到，夏季 EAP 指数能够很好反映 7~9 月份东亚和西北太平洋上空 500 hPa 高度场距平的分布，特别是能够很好反映 7~9 月份西太平洋副热带高压的南北位置。因此，夏季 EAP 指数的年际变化不仅能够反映夏季东亚/太平洋遥相关的年际变化，而且能够反映 7~9 月份西

太平洋副热带高压南北位置的年际变化。

4.2 7~9 月份在我国厦门以北沿海登陆台风和 TC 的数量、西太平洋副热带高压与夏季 EAP 型遥相关的关系

上两节分析结果表明，不仅 7~9 月份在我国厦门以北登陆的台风和 TC 数量与夏季 EAP 指数有很好的关系，而且 7~9 月份西太平洋高压的位

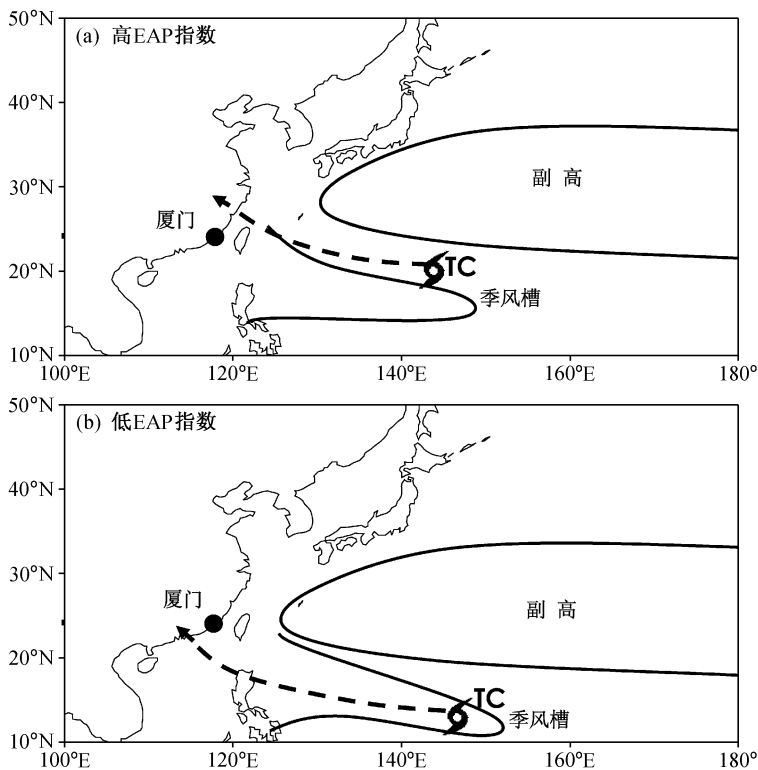


图7 夏季(6~8月)EAP指数、7~9月份西太平洋副热带高压的位置、7~9月份在厦门以北登陆台风和TC数量之间的关系示意图
Fig. 7 Schematic diagrams of the relationship among the summer (Jun–Aug) EAP index, the position of the western Pacific subtropical high from Jul to Sep, and the numbers of landfalling typhoons and TCs to the north of Xiamen from Jul to Sep

置与夏季EAP指数也有很好的相关。因此,7~9月份西北太平洋的台风和TC在我国厦门以北登陆的数量、西太平洋副热带高压的位置与夏季EAP指数之间也可能有很好的关系。为此,本节在前面分析的基础上进一步分析上述三者之间的关系。

图6a和图6b中细实线分别是在夏季EAP指数为高指数年和低指数年7~9月份西北太平洋台风和TC的移动路径。从图6a细实线可以看到:当夏季(6~8月)EAP指数为高指数时,7~9月份在东亚和西北太平洋上空500 hPa高度场异常出现“—, +, —”的EAP型遥相关的波列分布,这时西太平洋副热带高压的位置偏北。在这种情况下,西北太平洋较多的台风和TC的移动路径偏北,从而这引起7~9月份在我国厦门以北沿海登陆的台风和TC数量偏多。相反,当夏季(6~8月)EAP指数为低指数时,7~9月份在东亚和西北太平洋上空500 hPa高度场异常出现“+, —, +”的EAP型遥相关的波列分布。在这种情况下,如图6b细实线所示,西北太平洋较多的台风和TC的移动路径偏南,这引起7~9月份在我国厦门以北沿

海登陆的台风和TC数量偏少,而较多的台风和TC在厦门以南的华南地区登陆。

上述分析结果表明了7~9月在我国厦门以北登陆的台风和TC数量以及西太平洋副热带高压的南北位置与夏季(6~8月)北半球大气环流异常的东亚/太平洋型遥相关之间有很好的关系。为了更形象地显示它们三者之间的关系,图7给出了夏季(6~8月份)EAP指数、7~9月份西太平洋副热带高压位置、7~9月份在厦门以北登陆的台风和TC数量之间的关系示意图。

5 结论与讨论

本文利用1979~2007年日本气象厅JPA-25风场和高度场再分析资料和美国JTWC热带气旋的观测资料分析了7~9月份西北太平洋台风和TC在我国登陆地点的年际变化及其与东亚和西北太平洋上空500 hPa环流异常的东亚/太平洋型(即EAP型)遥相关的关系,特别是分析7~9月份在厦门以北登陆台风和TC数量的年际变化与夏季(6~8月份)EAP指数的相关。分析结果表明:当

夏季(6~8月)EAP指数为高指数时,7~9月份在东亚和西北太平洋上空500 hPa高度场异常为“一,+,−”的EAP型遥相关的波列分布,这时西太平洋副热带高压的位置偏北,在这种情况下,西北太平洋上较多的台风和TC的移动路径偏北,这引起了7~9月份在我国厦门以北沿海登陆的台风和TC数量偏多。反之,当夏季(6~8月)EAP指数为低指数时,7~9月份在东亚和西北太平洋上空500 hPa高度场异常为“+,−,+”的EAP型遥相关的波列分布,这时西太平洋副热带高压的位置偏南。在这种情况下,西北太平洋上台风和TC的移动路径偏南,这引起了7~9月份在我国厦门以北沿海登陆的台风和TC数量偏少,较多的台风和TC在厦门以南的华南沿海登陆。上述结果可以作为西北太平洋台风登陆我国地点的季节预报的参考。

本文的分析结果表明了夏季EAP指数为高指数时,仍有部分台风和TC在厦门以南的华南沿海地区登陆,这造成了7~9月份在厦门以南登陆的台风和TC数量与夏季EAP指数相关并不好。这部分台风主要在第2区(即15°N以南,150°E以西)生成,这部分台风移动路径偏西,易在菲律宾、我国华南沿海和越南登陆。这表明7~9月份在厦门以南登陆的台风和TC数量并不完全依赖于西太平洋副热带高压的位置,它可能还受到热带西太平洋季风槽以及另外大尺度环流系统的影响,这是需进一步分析研究的问题。

参考文献 (References)

Chan J C L. 1985. Tropical cyclone activity in the northwest Pacific in relation to the El Niño/southern oscillation phenomenon [J]. *Mon. Wea. Rev.*, 113: 599–606.
Chang J C L, Gray W M. 1982. Tropical cyclone movement and surrounding flow relationships [J]. *Mon. Wea. Rev.*, 110 (10): 1354–1374.
陈光华, 黄荣辉. 2006. 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*, 22: 527–532. Chen Guanghua, Huang Ronghui. 2006. The effect of warm pool thermal states on tropical cyclones in western North Pacific [J]. *J. Tropical Meteor.* (in Chinese), 22: 527–532.
Chen Guanghua, Huang Ronghui. 2008. Influence of monsoon over the warm pool on interannual variation of tropical cyclone activity over the western North Pacific [J]. *Adv. Atmos. Sci.*, 25: 319–328.

陈联寿, 丁一汇. 1979. 西北太平洋台风概论 [M]. 北京: 科学出版社. 491pp. Chen Lianshou, Ding Yihui. 1979. The Perspective of Typhoon in the Western Pacific (in Chinese) [M]. Beijing: Science Press. 491pp.
Chia H H, Ropelewski C F. 2002. The interannual variability in the genesis location of tropical cyclones in the northwest Pacific [J]. *J. Climate*, 15: 2934–2944.
Ho C H, Baik J J, Kim J H, et al. 2004. Interdecadal changes in summertime typhoon tracks [J]. *J. Climate*, 17: 1767–1776.
Hope J R, Neumann C J. 1970. An operational technique for relating the movement of existing tropical cyclones to past tracks [J]. *Mon. Wea. Rev.*, 98 (12): 925–933.
Huang Gang. 2004. An index measuring the interannual variation of the East Asian summer monsoon—The EAP index [J]. *Adv. Atmos. Sci.*, 21: 41–52.
Huang Ronghui, Li Weijing. 1987. Influence of the heat source anomaly over the tropical western Pacific on the subtropical high over East Asia [C]. *Proceedings of International Conference on the General Circulation of East Asia*, Chengdu, April 10–15, 1987, 40–51.
黄荣辉, 李维京. 1988. 夏季热带西太平洋上空的热源异常对东亚上空副热带高压的影响及其机理 [J]. *大气科学*, 12 (特刊): 107–116. Huang Ronghui, Li Weijing. 1988. Influence of heat source anomaly over the western tropical Pacific on the subtropical high over East Asia and its physical mechanism [J]. *Chinese J. Atmos. Sci.* (in Chinese), 12 (Special Issue): 107–116.
Huang Ronghui, Sun Fengying. 1992. Impact of the tropical western Pacific on the East Asian summer monsoon [J]. *J. Meteor. Soc. Japan*, 70 (1B): 243–256.
黄荣辉, 顾雷, 徐予红, 等. 2005. 东亚夏季风爆发和北进的年际变化特征及其与热带西太平洋热状态的关系 [J]. *大气科学*, 29: 20–36. Huang Ronghui, Gu Lei, Xu Yuhong, et al. 2005. Characteristics of the interannual variations of onset and advance of the East Asian summer monsoon and their associations with thermal states of the tropical western Pacific [J]. *Chinese J. Atmos. Sci.* (in Chinese), 29: 20–36.
Huang Ronghui, Gu Lei, Zhou Liantong, et al. 2006. Impact of the thermal state of the tropical western Pacific on onset date and process of the South China Sea summer monsoon [J]. *Adv. Atmos. Sci.*, 23: 909–924.
Huang Ronghui, Chen Jilong, Huang Gang. 2007. Characteristics and variations of the East Asian monsoon system and its impacts on climate disasters in China [J]. *Adv. Atmos. Sci.*, 24: 993–1023.
黄荣辉, 陈光华. 2007. 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*, 65: 683–694. Huang Ronghui, Chen Guanghua. 2007. Research on interannual variations of tracks of tropical cyclones over the Northwest Pacific and their physical mechanism [J]. *Acta Meteorologica Sinica* (in Chinese), 65: 683–694.

- Kutzbach G. 1979. The Thermal Theory of Cyclones [M]. Boston: Amer. Meteor. Soc., 255pp.
- McBride J L. 1995. Tropical cyclone formation [C]. Global Perspectives on Tropical Cyclones, WMO/TD-No. 693, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 63–105.
- Nitta T. 1987. Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation [J] J. Meteor. Soc. Japan, 64: 373–400.
- Wang B, Chan J C L. 2002. How strong ENSO events affect tropical storm activity over the western North Pacific [J]. J. Climate, 15: 1643–1655.
- 王磊, 陈光华, 黄荣辉. 2009a. 近 30a 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, 32: 182–188. Wang Lei, Chen Guanghua, Huang Ronghui. 2009a. Spatio-temporal distributive characteristics of tropical cyclone activities over the Northwest Pacific in 1979–2006 [J]. J. Nanjing Institute of Meteor. (in Chinese), 32: 182–188.
- 王磊, 陈光华, 黄荣辉. 2009b. 影响登陆我国不同区域热带气旋活动的大尺度环流定量分析 [J]. 大气科学, 33: 916–922. Wang Lei, Chen Guanghua, Huang Ronghui. 2009. Quantitative analysis on large scale circulation system modulating landfalling tropical cyclone activity in the diverse Chinese regions [J]. Chinese J. Atmos. Sci. (in Chinese), 33: 916–922.
- Wu L, Wang B. 2004. Assessing impacts of global warming on tropical cyclone tracks [J]. J. Climate, 17: 1686–1698.
- Wu L, Wang B, Braun S A. 2005. Impact of air–sea interaction on tropical cyclone track and intensity [J]. Mon. Wea. Rev., 133: 3299–3314.
- 张庆云, 彭京备. 2003. 夏季东亚环流年际和年代际变化对登陆中国台风的影响 [J]. 大气科学, 27: 97–106. Zhang Qingyun, Peng Jingbei. 2003. The interannual and interdecadal variations of East Asian summer circulation and its impact on the landing typhoon frequency over China during summer [J]. Chinese J. Atmos. Sci. (in Chinese), 27: 97–106.