

西北太平洋热带气旋源地变化特征 及与局地海表温度的关系

杨亚新¹ 邱新法²

- (1. 江苏南通航运职业技术学院航海系, 南通 226010;
2. 南京信息工程大学遥感学院地理信息系统系)

提 要: 为提高热带气旋的短期气候预测水平, 利用 1950—2005 年西北太平洋热带气旋(TC)和表层水温(SST)资料, 分析了西北太平洋 TC 生成位置分布的一般气候特征, 季节、年际变化特征及其与局地 SST 之间的关系, 同时还探讨了 TC 强度、路径与 TC 生成位置之间的关系。结果表明, 西北太平洋存在 4 个 TC 高频源地, 分别是南海中北部偏东洋面、菲律宾以东附近洋面、关岛附近洋面和马绍尔群岛附近洋面, 其中关岛附近洋面 TC 发生数最多, 是 TC 发生的一个主要源地。TC 生成位置分布存在显著的季节和年际变化特征, 这种变化与局地 SST 存在密切的关系, 局地 SST 升高, TC 生成位置偏西、偏北, 反之, 则偏东、偏南。同时发现, TC 生成位置西北边界与月平均 SST 的 27.5℃等温线具有较好的匹配关系, 绝大多数 TC 都发生在月平均 SST ≥ 27.5℃的海区。TC 强度、路径与 TC 生成位置之间存在一定的关系。TC 生成位置偏东偏南, 其发展强度相对较强, 路径偏东偏南, 可导致影响我国南部海区和日本东部沿海的 TC 个数增加; TC 生成位置偏西偏北, 其发展强度相对较弱, 路径偏西北, 可导致影响我国东部和北部沿海的 TC 个数增加。

关键词: 热带气旋 生成位置 变化特征 海表温度

Variation Features of the Tropical Cyclone Formation Region in NWP and the Relations with Local SST

Yang Yaxin¹ Qiu Xinfa²

- (1. Marine Department, Nantong Vocational and Technical Shipping College, Nantong 226010;
2. School of Remote Sensing, Nanjing University of Information Science and Technology)

Abstract: Based on the relevant reference data of the tropical cyclone (TC) in North-West

基金项目: 江苏省中青年学术带头人培养基金和江苏省气象灾害重点实验室项目(KLME050102)共同资助

收稿日期: 2008年7月26日; 修定稿日期: 2009年1月10日

Pacific (NWP) regions and the sea surface temperature (SST) from 1950 to 2005, the general climatic features of the TC in NWP, the seasonal and inter-annual variations and the relationship with SST were analyzed. The TC intensity, track, the formation regions and their relations were also investigated. In NWP there are four areas where TCs frequently occur, i. e., the northeastern area of South China Sea, eastern Philippine Sea, adjacent sea areas of the Guam and the Marshall Islands. Among them the Guam area is the main origin where the TC frequently occurs. The seasonal and inter-annual variations of TC over NWP are obvious and closely associated with the local SST. The TC formation regions shift westward and northward in warm years of SST and eastward and southward in cold years. The northwest line of the TC formation location is well matched to the monthly mean SST isotherm of 27.5°C. Most of TCs are formed in the areas where the monthly mean SST is equal to or higher than 27.5°C. The intensity and the track of TC are associated with the TC formation regions. When the TC formation regions move westward and northward, the TC intensity is lower and the TC tracks move northwestward, the number of TCs affecting eastern and northern China seas may be increased. On the contrary, when the TC formation regions move eastward and southward, the TC intensity is higher and the TC tracks move eastward and southward too, and the number of TCs affecting the southern China seas and the seas of Japan may be increased accordingly.

Key Words: tropical cyclone(TC) formation regions variation feature sea surface temperature(SST)

引 言

全球气候变暖已成共识。这种变化的气候背景可能会影响海洋上生成的热带气旋发生频率、发生地点、发展强度、移动路径等,从而导致一些极端气候事件的发生。近年来,台风灾害频发,损失也愈来愈严重。如2005年9月初,“卡特里那”飓风袭击美国南部沿海地区,造成数千人丧生和失踪,数十万美国普通民众无家可归。因此,在全球气候变暖背景下进一步开展热带气旋活动的气候规律研究,对于提高对热带气旋的短期预测水平,做好防灾减灾工作,具有重要意义。

近年来,国内外在热带气旋活动的气候规律方面研究较多,取得了不少研究成果。Johnny 等^[1-2]、Chang-Hoi Ho 等^[3]、Balling Jr. 等^[4]分别对热带气旋的发生频率、强度、

路径等的气候变化特征进行了分析。吴慧^[5]、耿淑琴等^[6]、王东生等^[7]分别分析了我国南海、近海、西北太平洋(含南海)热带气旋的气候特征及其与大尺度环境场、ENSO 等的关系。但这些研究较多地集中在热带气旋的频数、强度、路径等方面,而在热带气旋生成位置,特别是其年际变化特征方面近年来研究相对较少。由于热带气旋的发展强度、移动路径与其生成位置有着较密切的关系,因此本文以热带气旋生成位置为着眼点,研究其一般气候特征,季节及年际变化规律及其与西北太平洋海表温度之间的关系,同时对 TC 强度、路径与 TC 生成位置之间的关系作初步探讨,希望通过上述研究一方面来进一步验证以前一些学者在热带气旋生成位置方面的论述,另一方面为利用海表温度来预测热带气旋发生、发展及移动路径等提供科学依据。

本文所用的热带气旋资料来源于中国气象局编著的1949—1988年的《台风年鉴》和1989—2005年的《热带气旋年鉴》。文中TD、TS、STS、TY分别指热带低压、热带风暴、强热带风暴和台风。月平均海表温度资料来自英国气象局Hadley气候预测和研究中心,网格距为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$,年限为1950—2005年。

1 西北太平洋热带气旋生成位置的一般气候特征

图1为1950—2005年间 $0^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{N}$, $100^{\circ} \sim 180^{\circ} \text{E}$ 范围内每 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 经纬度网格中TS等级以上热带气旋的生成总数的地理分布。由图1可见,TC生成数的空间分布很不均匀,在 4°N 以南与 30°N 以北,及 110°E 以西与 170°E 以东,很少有TC生成。TC生成数存在4个高频中心:我国的南海中北部偏东洋面($14^{\circ} \sim 18^{\circ} \text{N}$, $114^{\circ} \sim 120^{\circ} \text{E}$)、菲律宾以东的附近洋面($10^{\circ} \sim 14^{\circ} \text{N}$, $130^{\circ} \sim 134^{\circ} \text{E}$)、关岛附近洋面($8^{\circ} \sim 12^{\circ} \text{N}$, $140^{\circ} \sim 145^{\circ} \text{E}$)和马绍尔群岛附近洋面($6^{\circ} \sim 8^{\circ} \text{N}$, $164^{\circ} \sim 168^{\circ} \text{E}$)。自东向西,以上4个TC高频中心依次向北推移,马绍尔群岛附近洋面位置最南,南海中北部源地位置最北。TC生成数以这4个区域为中心向各个方向呈辐射状减少。在以上4个TC高发源地中,西太平洋中源地(关岛附近洋面)TC生成数最多,是TC发生的一个主要源地,其次为南海中部偏东海面和菲律宾以东的附近洋面,马绍尔群岛附近洋面TC生成数最少。以上结论与1970年代陈联寿等^[8]提出的“南海中北部海面、菲律宾群岛以东和琉球群岛附近海面、马里亚纳群岛附近海面和马绍尔群岛海面”4个TC高频源地以及1990年代陈世荣^[9]提出的“菲律宾海盆、马里亚纳群岛两侧的海面和南海海盆”三个TC高频源地的结论不完全一致。与文献^[8]相比,其中一个源地的位置稍有不同

(本文为关岛附近洋面,文献^[8]为马里亚纳群岛附近海面),与文献^[9]相比,除有一个源地位置不同外,还多了一个源地(马绍尔群岛附近洋面)。这可能是由于所采用的资料年限不同造成的。

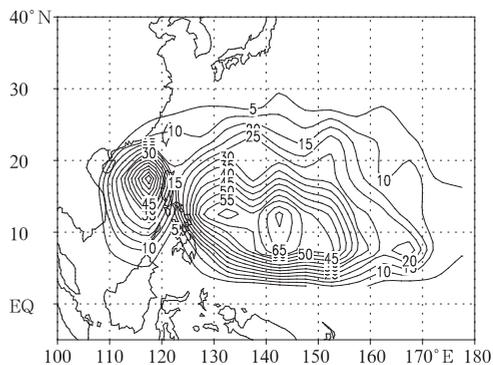


图1 1950—2005年 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 网格内TS等级以上热带气旋生成总数的地理分布

2 西北太平洋热带气旋生成位置的季节变化及与海表温度的关系

2.1 TC生成位置的季节变化特征

TC生成位置具有显著的季节变化特征。图2为1950—2005年西北太平洋各月热带气旋生成位置和各月平均海表温度 $\geq 27^{\circ} \text{C}$ 等温线分布图。由图2可见,1—4月,TC一般生成于 10°N 以南, 130°E 以东的洋面,我国南海及菲律宾以东附近洋面TC生成较少。从5月一直到8月,TC生成位置逐渐向西、向北扩展,我国南海及 10°N 以北的西北太平洋生成的TC逐渐增多,8月TC生成位置最北,可达 30°N 以北。9月到12月,TC生成位置逐渐南移,南海及 20°N 以北生成的TC数逐渐减少,12月TC生成位置基本上又回到了 10°N 及以南的洋面上。从生成数目看,7—10月是TC生成的高峰期,期间生成的TC数占西北太平洋TC总生成数的70%左右,其中8月生成的TC数目最多,占TC生成总数的21%左右。1—4

月是全年 TC 生成较少的月份,期间生成的 TC 数不到西北太平洋 TC 总生成数的 7%,

其中 2 月生成的 TC 最少,不到 TC 生成总数的 1%。

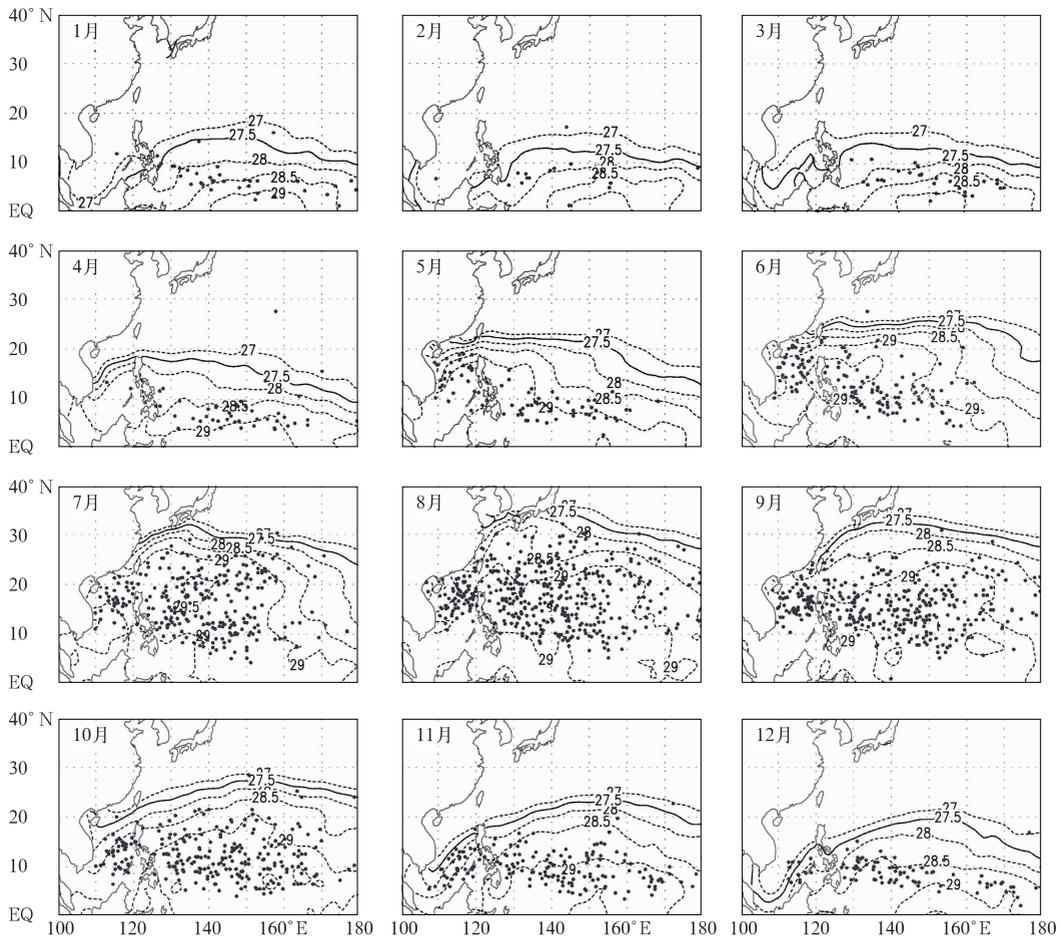


图2 1950—2005年西北太平洋各月热带气旋生成位置和各月平均海表温度 $\geq 27^{\circ}\text{C}$ 的等温线分布图

2.2 TC 生成位置的季节变化与海表温度的关系

TC 生成位置的季节变化与局地海表温度密切相关。由图 2 可见,1—3 月(冬季),受海陆热力性质差异的影响,西太平洋西部 SST 低于同纬度的中东部海区,130°E 以西的南海及菲律宾东部附近海域水温较低,而 10°N 以南,130°E 以东的洋面水温较高,导致 1—3 月 TC 生成位置偏东偏南,而我国南海、菲律宾东部海域及 10°N 以北的西北太

平洋地区 TC 生成很少。4 月,西太平洋西部开始升温,生成于 130°E 以西的 TC 开始增多。5—8 月,受大陆增温的影响,南海中东部和菲律宾东部附近海域升温明显,同时西太平洋中东部高温水域也向北推进,从而导致 TC 生成位置向西、向北扩展,南海、菲律宾东部附近海域及 10°N 以北的西北太平洋地区 TC 生成数目逐渐增多,并于 8 月达到最多,位置达到最北。9 月,暖水范围较 8 月略有收缩,该月 TC 发生频率仍然很高,发生数仅次于 8 月,且生成位置仍较偏北。

10—12月,暖水范围迅速开始收缩,且由于受海陆热力性质的影响,陆地降温快于海洋,南海中东部及菲律宾东部附近海域降温明显,致使南海及菲律宾东部沿海 TC 发生数迅速减少,TC 源地逐渐南移,10月位于 20°N 以南,11月位于 15°N 以南,12月位于 10°N 左右。从图2还可以看出,TC生成位置的西北边界与月平均 SST 的 27.5°C 等温线(图中实线所示)具有较好的匹配关系,绝大多数 TC 都发生在月平均 SST $\geq 27.5^{\circ}\text{C}$ 的海区。这与何丽萍等^[10]最近的研究基本一致。

3 西北太平洋热带气旋生成位置的年际变化及其与海表温度的关系

3.1 TC 平均生成位置的年际变化特征

图3为 TS 等级以上 TC 生成的平均纬度(一年中生成 TC 发现点纬度的算术平均值)和平均经度(一年中生成 TC 发现点经度的算术平均值)的时间序列曲线。由图3可见,TC 生成的平均纬度和平均经度具有显著的年际变化特征。TC 生成的平均纬度最大年超过 17°N ,最小年不到 11°N ,最大最小年相差6个纬度以上。TC 生成的平均经度

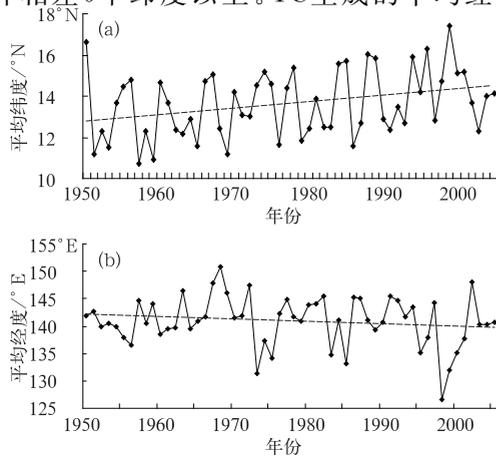


图3 TS等级以上热带气旋生成的平均纬度(a)和平均经度(b)的时间序列曲线

最大年超过 150°E ,最小年不到 130°E ,两者相差20个经度以上。从总的变化趋势(图中虚线所示)看,随着时间的推移,TC生成的平均位置有逐渐向北、向西偏移的趋势。

3.2 TC 生成位置的年际变化与海表温度的关系

TC生成位置的年际变化与海表温度同样有着密切的关系。图4为西北太平洋 TC 主要生成源地($5^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 、 $125^{\circ}\sim 155^{\circ}\text{E}$)年平均 SST 距平的时间序列曲线。由图4可见,SST 在呈现明显的年际变化的同时呈现出一个明显的上升趋势,这种变化趋势与 TC 生成的平均纬度的变化趋势相同,与 TC 生成的平均经度的变化趋势相反。TC 生成的平均纬度、平均经度与 TC 生成源地 SST 的相关系数分别为 0.55 和 -0.38 ,均通过了显著水平为 0.01 的显著性检验。即 TC 生成源地 SST 高,TC 生成的平均纬度高(偏北)、经度小(偏西);TC 生成源地 SST 低,TC 生成的平均纬度低(偏南)、经度大(偏东)。近年来,由于 TC 生成源地 SST 的升高,导致 TC 生成的平均位置向西向北偏移。

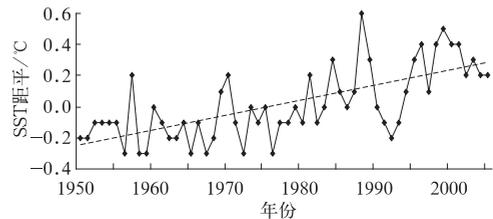


图4 西北太平洋 TC 源地($5^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 、 $125^{\circ}\sim 155^{\circ}\text{E}$)年平均 SST 距平的时间序列曲线

为进一步验证以上结论,我们分别计算了西北太平洋偏暖年($5^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 、 $125^{\circ}\sim 155^{\circ}\text{E}$ 海域年平均 SST 正距平年)和偏冷年($5^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 、 $125^{\circ}\sim 155^{\circ}\text{E}$ 海域年平均 SST 负距平年)每 $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 经纬度网格中平均每10年 TC 生成的数目以及偏暖年和偏冷年 TC 生

成数目的差值,并绘制了相应的等值线图,计算结果见图5。由图5a可见,偏冷年TC生成位置分布出现3个明显的高频中心,分别位于我国南海中东部、142°E附近的关岛附近洋面和168°E附近的马绍尔群岛附近。其中,142°E附近的关岛附近洋面TC发生频数高于南海中东部及其他海域。而偏暖年,TC生成位置的地理分布与前者有较大的差异(见图5b),TC发生的3个高频中心分别位于我国南海中东部、菲律宾东部附近海域和关岛附近洋面,且自西向东,3个中心的TC

发生频数逐渐减少,即南海中东部最多,菲律宾东部附近海域次之,关岛附近洋面最少。从TC生成的高频中心纬度来看,偏暖年高于偏冷年。这说明,偏暖年TC生成的高频源地有向西、向北偏移的趋势。从图5c偏暖年和偏冷年TC生成数的差值分布图上可以清楚看出,偏暖年南海中东部、菲律宾东部附近海域以及西太平洋东北部部分海区TC生成频数是增加的,其中菲律宾东部附近海域增加最明显,而其余海区TC生成频数都是减少的,其中关岛附近洋面减少最显著。偏暖与偏冷年之间各地TC生成数的增减程度可能与各地SST变化有一定的关系,这有待今后作进一步探讨。

4 热带气旋强度、路径与其生成位置之间的关系

TC生成位置与其发展强度关系密切。图6为1950—2005年每 $5^\circ \times 5^\circ$ 经纬度网格中不同发展强度等级TC生成数目的地理分布图。由图6可见,TC发展强度越强,其生成地的高频中心逐渐向东、向南偏移。发展强度为TD(热带低压)、TS(热带风暴)+STS(强热带风暴)的TC生成地的高频中心在南海中北部偏东海域,次高频中心在菲律宾以东附近海域,140°E以东发生较少,而发展强度为TY(台风)及以上的TC生成地的高频中心则在140°E以东的关岛附近洋面,南海发生数较少。由此可知,局地SST升高导致的TC生成位置的偏西偏北,有可能导致强热带气旋发生数的减少。

TC生成位置的变化还将影响其路径。TC生成位置偏东偏南将导致其路径偏东偏南,TC容易发生向东北方向的转向,从而可能导致影响日本沿海的TC增加,而影响我国东部沿海的TC减少;TC生成位置偏西偏北,其路径也将偏西偏北,从而可能导致影响

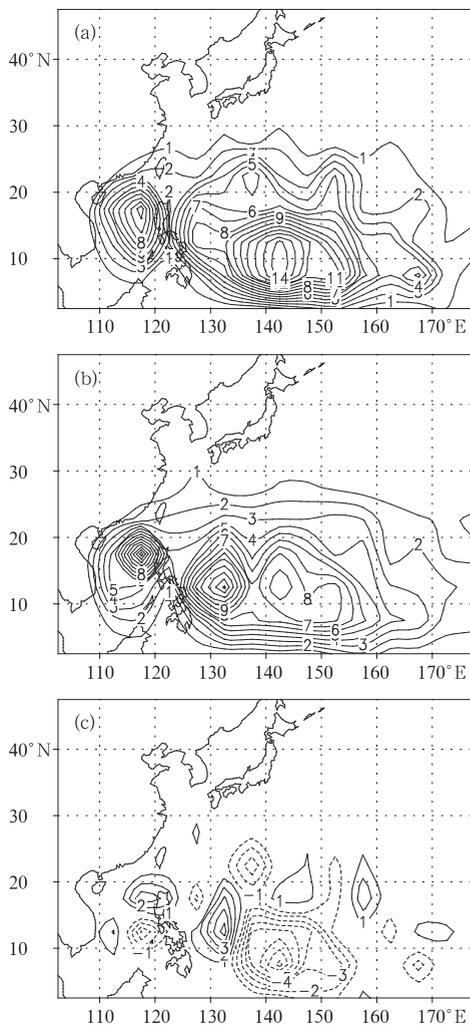


图5 $5^\circ \times 5^\circ$ 经纬度网格中平均每10年TS等级以上热带气旋的生成频数的地理分布
(a) 偏冷年; (b) 偏暖年; (c) 偏暖年-偏冷年

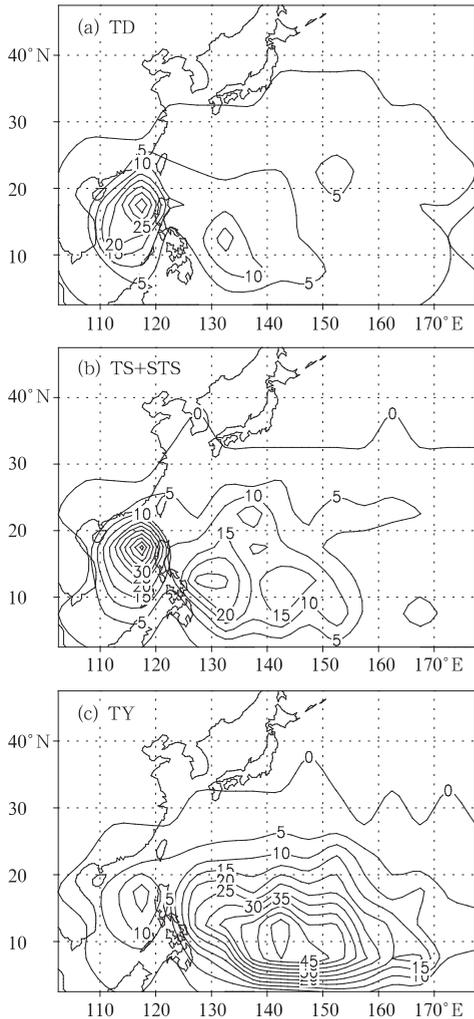


图6 1950—2005年每 $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 经纬度网格中不同发展强度等级TC生成数目的地理分布

我国东部沿海的TC增加,而影响日本沿海的TC减少。为验证以上结论,我们利用1950—2005年西北太平洋生成的所有TS等级以上TC每6小时的位置数据(经、纬度表示),分别计算了西北太平洋偏暖年和偏冷年每 $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 经纬度网格中TC年平均通过的数目以及两种年份间TC年平均通过数目的差值,并绘制了相应的等值线图。为减少篇幅,本文只给出偏暖年和偏冷年每 $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 经纬度网格中TC年平均通过数目的差值分布图(见图7)。由图7可见,在西北太平洋偏暖

年,TC年平均通过数目增加较为明显的海区为我国东部及北部沿海地区,而日本在内的其他海区都是减少的。偏冷年的情况正好相反。这一结论与陈光华^[11]等的研究基本一致。

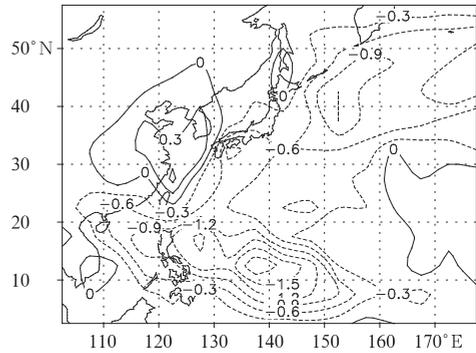


图7 西北太平洋偏暖年和偏冷年每 $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 经纬度网格中TC年平均通过数目的差值分布

5 结论

通过对TC生成位置分布的一般气候特征,季节、年际变化特征及其与局地海表温度的关系分析,以及TC强度、路径与TC生成位置之间关系的探讨,得到以下几点主要结论:

(1) 西北太平洋存在4个TC高频源地:南海中北部偏东洋面、菲律宾以东附近洋面、关岛附近洋面和马绍尔群岛附近洋面,其中关岛附近洋面TC发生数最多,是TC发生的一个主要源地。自东向西,4个源地的高频纬度逐渐增大。

(2) TC生成位置分布存在显著的季节变化特征,且这种变化与局地SST存在密切的关系。1—4月,因SST相对较低,TC生成源地偏东偏南,主要生成于 10°N 以南, 130°E 以东的洋面;5—8月,随着SST的上升,TC生成源地逐渐向西、向北推移,8月可达 30°N 以北地区;9—12月,随着SST的下降,TC生成源地逐渐向南向东收缩,12月退

到 10°N 及以南地区。同时发现, TC 生成位置西北边界与月平均 SST 的 27.5°C 等温线具有较好的匹配关系, 绝大多数 TC 都发生在月平均 $\text{SST} \geq 27.5^{\circ}\text{C}$ 的海区。

(3) TC 生成位置分布存在显著的年际变化特征, 且这种变化与局地 SST 也密切相关。西北太平洋偏暖年, TC 发生地偏西、偏北; 西北太平洋偏冷年, TC 发生地偏东、偏南。

(4) TC 强度、TC 路径与 TC 生成位置存在密切的关系。TC 发生源地偏东偏南, 可导致强热带气旋数目增多, 路径偏东偏南, 影响我国南部海区和日本东部沿海的 TC 个数增加; TC 发生源地偏西偏北, 可导致强热带气旋数目减少, 路径偏西北, 影响我国东部和北部沿海的 TC 个数增加。

以上结论为利用海温来预测 TC 生成位置分布, 进而预测 TC 强度、路径等提供参考依据。当然影响 TC 生成位置分布的不仅有海温一个因子, 还有其他热力和动力因子, 在这方面还值得进一步研究。

参考文献

- [1] Johnny C L Chan, Interannual variations of intense typhoon activity[J]. *Tellus*, 2007, 59:455-460.
- [2] Johnny C L Chan, Kin Sik Liu. Global warming and Western North Pacific typhoon activity from an observational perspective[J]. *Journal of Climate*, 2004, 17:4590-4601.
- [3] Chang-Hoi Ho, Jong-Jin Baik, Joo-Hong Kim, et al. Interdecadal changes in summertime typhoon tracks[J]. *Journal of Climate*, 2004, 17:1767-1776.
- [4] Balling Jr R C, Cerveny R S. Analysis of tropical cyclone intensification trends and variability in the North Atlantic basin over the period 1970—2003[J]. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2006, 93:45-51.
- [5] 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.
- [6] 耿淑琴, 夏冬冬. 我国近海热带气旋活动的气候特征及其与大尺度环境场的关系[J]. *海洋学报*, 2006, 28(4):36-42.
- [7] 王东生, 屈雅. 西北太平洋和南海热带气旋的气候特征分析[J]. *气象*, 2007, 33(7):67-74.
- [8] 陈联寿, 丁一汇. 西太平洋台风概论[M]. 北京: 科学出版社, 1979:13-14.
- [9] 陈世荣. 西北太平洋的热带风暴源地[J]. *气象*, 1988, 16(2):23-26.
- [10] 何丽萍, 王元, 马辛宇. 西北太平洋 TC 高频源地与 GMS-SST 暖水区及 ITCZ 的匹配关系[J]. *南京气象学院学报*, 2006, 29(4):440-447.
- [11] 陈光华, 黄荣辉. 西太平洋暖池热状况对热带气旋活动的影响[J]. *热带气象学报*, 2006, 22(6):527-532.