

李雪, 任福民, 杨修群, 等. 2010. 南海和西北太平洋热带气旋活动的区域性差异分析 [J]. 气候与环境研究, 15 (4): 504–510. Li Xue, Ren Fumin, Yang Xiuqun, et al. 2010. A study of the regional differences of the tropical cyclone activities over the South China Sea and the western North Pacific [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 15 (4): 504–510.

南海和西北太平洋热带气旋活动的区域性差异分析

李雪^{1, 2} 任福民² 杨修群¹ 王长金³

1 南京大学灾害性天气气候研究所, 南京 210093

2 国家气候中心, 北京 100081

3 贵州省黎平县气象局, 黎平 557300

摘 要 利用近 58 年 (1950~2007 年) 热带气旋资料, 研究了南海 (5°N~25°N, 110°E~120°E) 和西北太平洋 (5°N~25°N, 120°E~180°) 两个区域热带气旋生成频数的年际变化和季节变化特征, 结果表明西北太平洋热带气旋生成频数明显多于南海, 且两区域的热带气旋活动表现出明显的区域性差异。在年际变化上, 两者之间相关系数仅为 -0.09, 即南海和西北太平洋热带气旋生成频数在变化上相对独立。在季节变化上, 西北太平洋热带气旋生成频数主要决定了整个西北太平洋明显的季节变化特征, 而南海热带气旋生成频数在活跃期 5~11 月内季节差异不够明显, 8~9 月为相对盛期; 特别地, 从热带气旋频数相对于整个西北太平洋所占比率来看, 5~6 月南海区域由前期的寂静期骤然上升至 31.7%~33.8%, 使得 5~6 月成为全年比率中最突出的 2 个月份。对上述热带气旋活动区域性差异的可能原因进行了分析, 初步显示在年际变化上 ENSO 对南海热带气旋生成频数的影响是显著的; 在季节变化上, 5~6 月南海出现了较之西北太平洋更加有利于热带气旋生成的动力条件 (季风槽) 和热力条件 (高海温), 这可能是南海热带气旋生成频数相对于整个西北太平洋所占比率在 5~6 月成为全年最突出的两个月份的主要原因。

关键词 南海 西北太平洋 热带气旋活动 区域性差异

文章编号 1006-9585 (2010) 04-0504-07 **中图分类号** P457.8 **文献标识码** A

A Study of the Regional Differences of the Tropical Cyclone Activities over the South China Sea and the Western North Pacific

LI Xue^{1, 2}, REN Fumin², YANG Xiuqun¹, and WANG Changjin³

1 *Institute of Severe Weather and Climate, Nanjing University, Nanjing 210093*

2 *National Climate Center, Beijing 100081*

3 *Liping County of Guizhou Province Meteorological Bureau, Liping 557300*

Abstract The interannual and seasonal variation features of the tropical cyclone (TC) frequency are analyzed over the South China Sea (SCS) (5°N–25°N, 110°–120°E) and the western North Pacific (WNP) (5°N–25°N, 120°E–180°), using the 58-year (1950–2007) TC dataset from the China Meteorological Administration. The results indicate that the TC frequency over the WNP is higher than that over the SCS, and the TC activities over the

收稿日期 2010-01-18 收到, 2010-03-20 收到修定稿

资助项目 公益性行业 (气象) 科研专项项目 GYHY200806004, 国家重点基础研究发展规划项目课题 2006CB403601、GYHY200706005 和 GYHY200806009, 国家自然科学基金项目 40775046

作者简介 李雪, 女, 1984 年出生, 硕士研究生, 研究方向为 MJO 与西北太平洋热带气旋之间的关系。E-mail: xue-li-2008@hotmail.com

通讯作者 任福民, E-mail: fmren@163.com

two regions show significant regional differences. For the interannual variation, the correlation coefficient is -0.09 between the two regions, which means that the TC frequencies over the SCS and the WNP change almost independently. For seasonal variation, the TC frequency over the WNP shows a clear seasonal variation similar to the well known seasonal variation in the whole WNP (the WNP and the SCS), while in the SCS, the active period of tropical cyclone activity is from May to November, with small intra-seasonal variation showing peak phase from August to September. In particular, from the view of the rate of tropical cyclone frequency to that in the whole WNP, the rate rises sharply to 31.7% – 33.8% during May–June from the inactive period from January to April in the SCS, making May–June being the most prominent period with the biggest rate. Further study shows that ENSO influences TC frequency over the SCS significantly in inter-annual variation, and its role doesn't play through the underlying surface ocean but maybe through other means such as the atmospheric circulation. For the seasonal variation, during May–June, the dynamic conditions (monsoon trough) and thermal conditions (high sea surface temperature) in the SCS are more favorable for TC genesis than those in the WNP, this may be the possible reasons for the rate of TC frequency in the SCS to that of the whole WNP becoming the biggest from May to June.

Key words the South China Sea, the western North Pacific, tropical cyclone activity, regional differences, possible reasons

1 引言

整个西北太平洋是全球范围内热带气旋 (Tropical Cyclone, TC) 活动最频繁的海域 (Yumoto and Matsuura, 2001)。中国是西北太平洋和南中国海沿岸诸国受台风影响最为严重的国家, 因此, 西北太平洋热带气旋的生成和活动规律是我国气象工作者十分关注的问题。前人对热带气旋的季节、年际变化等特征及其影响因子已经做了大量分析和研究, 指出海洋状况和大气环流是影响 TC 活动的重要因子 (陈联寿和丁一汇, 1979; 李崇银, 1985, 1986; 杨桂山和施雅风, 1999; 陈联寿和孟智勇, 2001; 马丽萍等, 2006; 何敏等, 2007; 赵雪等, 2008)。陈世荣 (1990) 发现西北太平洋热带风暴主要有 3 个源地, 它们均位于 15°N 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, 第三个源地在我国的南海海盆。李春晖等 (2007) 研究了近 50 年南海海域生成和经过的热带气旋位置点频数的时空分布特征及其海洋影响因子, 结果表明热带气旋位置点频数表现出明显的地理分布集聚性特征, 并有明显的年代际变化特征。

尽管对热带气旋的气候研究已取得不少成果, 但已有的研究主要集中在针对整个西北太平洋地区, 而分区域研究热带气旋活动之间的差异比较少见。本文拟从区域性差异角度对整个西北太平

洋热带气旋活动特征进行研究, 并探讨其中可能的原因。

2 资料和方法介绍

本文采用的资料包括中国气象局的《台风年鉴》及《热带气旋年鉴》资料集 (时间长度为 1950~2007 年); 1950~2007 年 NCEP/NCAR 逐日风场再分析资料 (850 hPa) 和 1854~2009 年 NOAA 扩展重建的月平均海温资料。

本文将整个西北太平洋区域划分为南海 (5°N ~ 25°N , 110°E ~ 120°E) 和西北太平洋 (5°N ~ 25°N , 120°E ~ 180°) 两个区域, 从年际变化和季节变化的角度分析两个区域热带气旋生成频数的变化特征, 并结合海温与季风槽等主要影响热带气旋活动的因素探讨了两区域之间出现差异的可能原因。

3 热带气旋频数特征分析

3.1 年际变化特征

1950~2007 年整个西北太平洋 (南海和西北太平洋) 一共生成热带气旋 1840 个, 其中南海区域 337 个, 占总数的 18.3% ; 西北太平洋区域 1503 个, 占总数的 81.7% 。图 1 是 1950~2007 年南海与西北太平洋区域 TC 生成频数演变。由图可见, 这两个区域的 TC 生成频数都具有明显

的年际变化特征,从数量上来说,南海区域 1977、1991 和 1993 年生成的 TC 最少,都只有一个;1956、1960 和 1970 年生成的 TC 最多,都有 10 个。西北太平洋区域 1998 年生成 TC 最少,只有 12 个;1967 年最多,一共 43 个。从气候平均上来说,每年在南海区域生成的 TC 大约有 7 个,而在西北太平洋区域有 26 个。

另外,从图 1 还可以看出两个区域 TC 频数的年际变化趋势存在较大差异,相关分析显示,南海和西北太平洋分别与整个西北太平洋热带气旋生成频数之间的相关系数分别为 0.30 和 0.92。尽管相关性都超过了 95% 的信度检验,但是南海与西北太平洋热带气旋生成频数之间相关系数仅为 -0.09,显示出南海与西北太平洋热带气旋生

成频数在变化上相对独立,即表现出明显的区域性差异。

3.2 季节变化特征

从热带气旋活跃程度来看,图 2a 显示西北太平洋表现出与整个西北太平洋类似的明显的季节变化:5~12 月为热带气旋活跃期,其中 7~10 月为盛期。与此不同,南海地区的热带气旋活跃期为 5~11 月,但活跃期内季节差异不够明显,8~9 月为相对盛期。然而,从热带气旋活动相对于整个西北太平洋所占比率来看,南海则表现出显著的季节差异:7~12 月相对稳定在 13.6%~21.6% 之间,1~4 月为寂静期(历史上仅 1 月和 4 月各生成一个热带气旋),而 5~6 月则骤然上升至 31.7%~33.8% (图 2b)。这表明 5~6 月南海

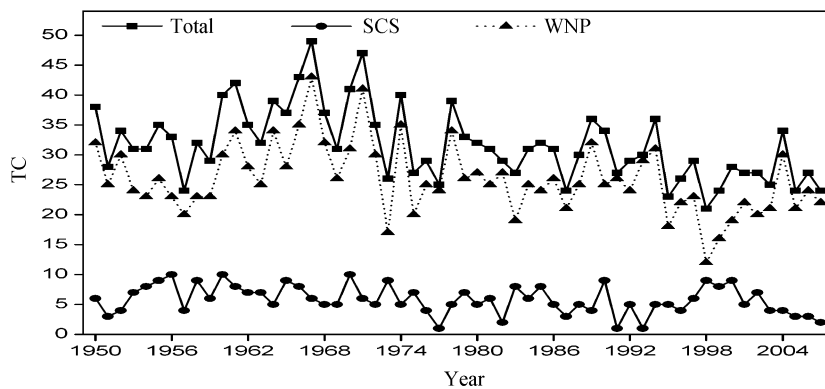


图 1 南海 (SCS)、西北太平洋 (WNP) 以及整个西北太平洋 (Total) TC 生成频数的年际变化

Fig. 1 Variations in annual TC frequencies over the South China Sea (SCS), the western North Pacific (WNP), and the whole western North Pacific (Total)

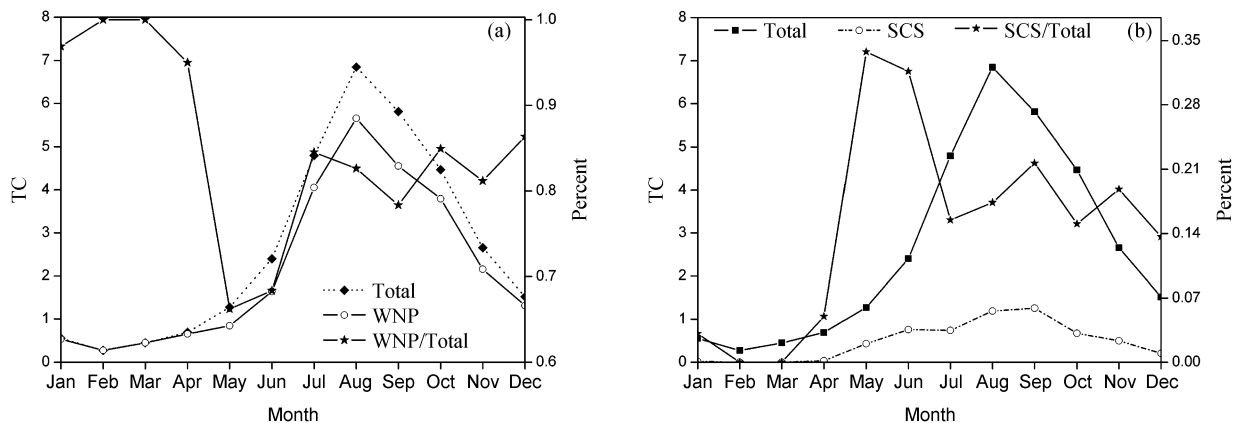


图 2 1950~2007 年整个西北太平洋 (Total) 与 (a) 西北太平洋和 (b) 南海 TC 生成频数及两区域 TC 频数所占比率的季节变化

Fig. 2 Seasonal variation of TC frequency over the whole western North Pacific (total), the SCS, and the WNP, and the rates to the total TC frequency during 1950-2007: (a) The WNP; (b) the SCS

热带气旋活动迅速加强,并在整个西北太平洋热带气旋活动中占有重要的位置。

进一步分析热带气旋源地纬度的季节变化(图3)。对于南海,1~4月份仅1月和4月在 12°N 附近各出现过1个TC,但自5月份,TC活动迅速增多, $10^{\circ}\text{N}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 之间的广阔海域均有TC生成,6~9月这种形势始终维持并略显北抬,进入10月份TC生成源地迅速南撤,11~12月份TC集中在 $6^{\circ}\text{N}\sim 14^{\circ}\text{N}$ 之间生成,这与李春晖等(2007)的结论基本一致。

图3b显示,对于 120°E 以东的西北太平洋,1~3月,TC生成源地一般在 12°N 以南,3月份集中在 7°N 附近,4~5月源地逐渐向北扩展,进入6月份,TC频数迅速增多,源地集中于 $8^{\circ}\text{N}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 之间,7月TC源地迅速向北扩展至 25°N ,8~9月这种形势持续,10月份TC源地出现明显南撤至 $5^{\circ}\text{N}\sim 18^{\circ}\text{N}$,11~12月TC源地集中在 $5^{\circ}\text{N}\sim 13^{\circ}\text{N}$ 。

4 主要特征的可能原因探讨

是什么原因造成南海与西北太平洋的热带气旋活动之间表现出如此显著的差异呢?以下从年际变化和季节变化两个角度进行探讨。

4.1 年际变化

针对年际变化相对独立的特点,重点分析年际变化的重要信号——海温与两个区域热带气旋

生成频数之间的可能联系。

图4是ENSO的重要指标——赤道中东太平洋(NINO Z)海温指数与全球海面温度(Sea-Surface Temperature, SST)场相关关系。不难看出,西北太平洋大部海温与ENSO之间存在明显的负相关关系,而南海海温与ENSO之间则不存在明显的关系,这表明南海与西北太平洋海温对于ENSO的响应是不同的。那么,两区域热带气旋生成频数的差异是否与下垫面对ENSO响应的不同有关呢?进一步分析显示,南海热带气旋生成频数与南海本海域的海温关系并不明显,而与西风漂流区和赤道中东太平洋的海温之间分别存在显著正相关和负相关(图略);西北太平洋和整个西北太平洋的热带气旋生成频数都表现出主要与南海和菲律宾附近海域的海温之间存在负相关关系(图略)。分析还表明,西北太平洋、南海和整个西北太平洋的热带气旋生成频数与NINO Z海温指数之间的相关分别为-0.20、-0.33和-0.32,后两者通过了95%的显著性检验,而西北太平洋未达到显著水平。

上述分析表明,南海和西北太平洋的热带气旋生成频数与ENSO之间尽管都存在负相关关系,但只有南海是显著的,ENSO在年际变化上对南海热带气旋生成频数的影响可能不是通过下垫面海洋,而可能是通过其它途径如环流来实现的。对于整个西北太平洋,ENSO对热带气旋生成频数的显著影响更容易表现在对南海热带气旋生成

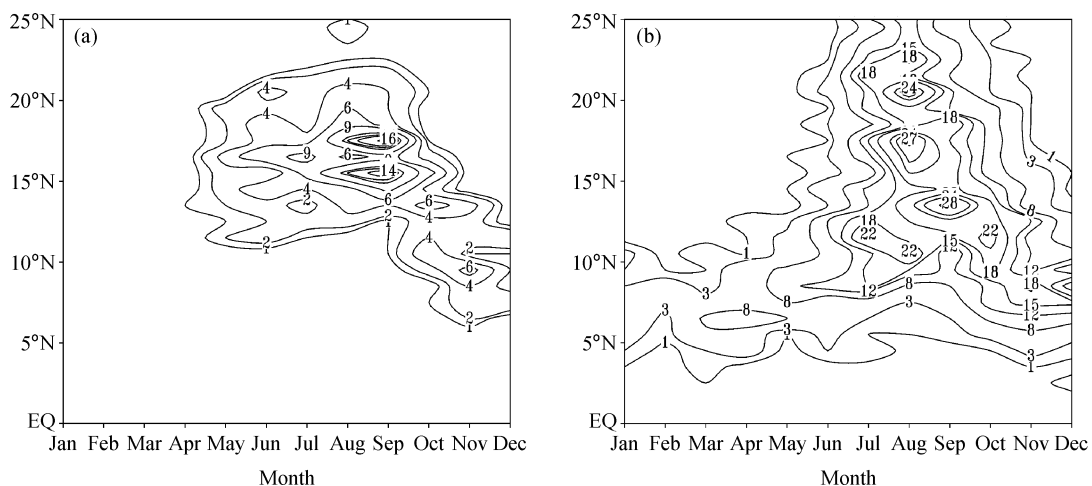


图3 1950~2007年(a)南海和(b)西北太平洋热带气旋生成频数的时间-纬度分布

Fig. 3 The time-latitude distribution of TC frequencies over (a) the SCS and (b) the WNP for 1950-2007

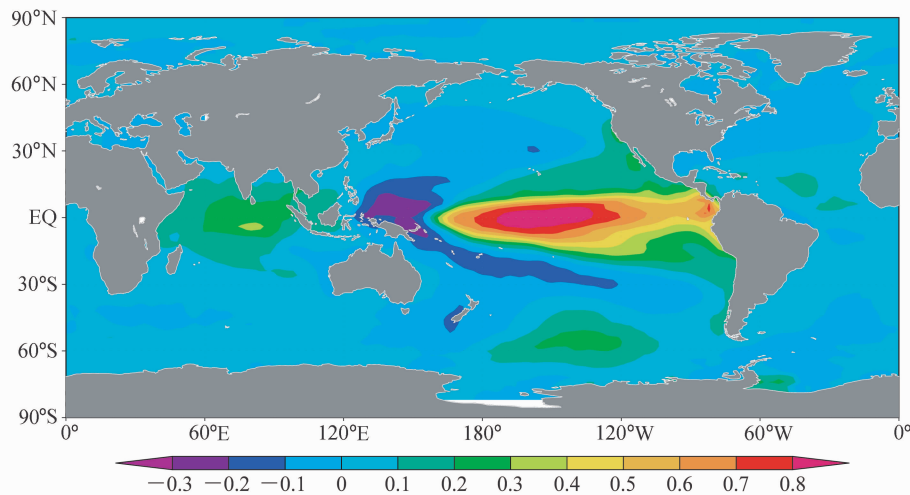


图4 1950~2007年逐月赤道中东太平洋(NINO Z)海温指数与SST场相关系数分布

Fig. 4 Distribution of correlation coefficient between the monthly sea surface temperature index over the central and eastern equatorial Pacific (NINO Z) and global SST field for 1950–2007

频数的影响上。

4.2 季节变化

针对季节变化的特点,重点从下垫面海温的变化和季风槽的变化为切入点来进行分析。

从海温的季节变化来看,图5和图6显示,南海海温进入春季后迅速攀升,5月平均海温达到 28.8°C ,远超过阈值 26.5°C ,6月份南海海温进一步升高并达到峰值, 20°N 以南海域海温普遍高于 29°C ;这期间,西北太平洋海温的上升速度相对缓慢,7月份才迅速攀升至接近峰值的形势。不难发现,5~6月南海出现了较之西北太平洋更加有利于热带气旋生成的热力条件。

热带气旋的生成还受上空大气环流动力条件所约束。图7给出南海和西北太平洋850 hPa平均涡度的时间-纬度分布。

可以看出,1~4月南海 $10^{\circ}\text{N}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 完全为负涡度覆盖,进入5月份涡度分布形势发生跃变,5月中旬开始,南海 $10^{\circ}\text{N}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 骤然转为正涡度,入夏以后进一步增强,这与南海热带气旋5月份突然增多的地理分布十分吻合;在西北太平洋,春季前正涡度出现在 10°N 以南海域,进入春季后,正涡度区逐渐向北扩展,但5~6月正涡度主要限于 13°N 以南的海域。涡度的上述变化与南海夏季风常年的爆发时间为5月第4候是吻合的,

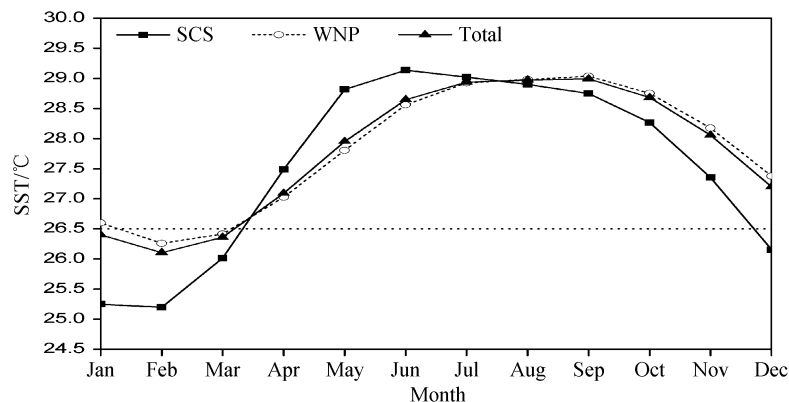


图5 1950~2007年南海(SCS)、西北太平洋(WNP)和整个西北太平洋(Total)区域平均海温的季节变化

Fig. 5 Seasonal variations in area-mean sea surface temperature over the SCS, the WNP, and the whole western North Pacific (Total) for 1950–2007

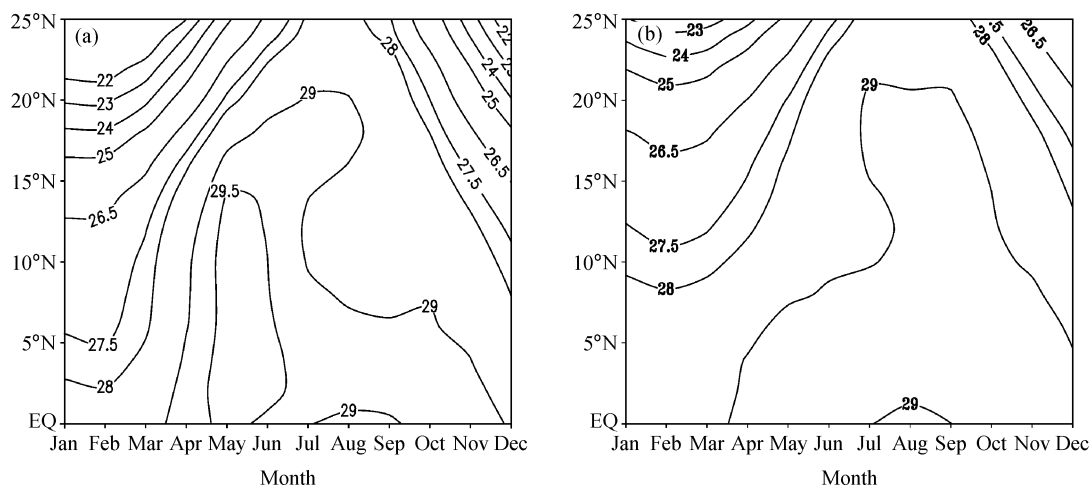


图 6 1950~2007 年 (a) 南海和 (b) 西北太平洋平均海温的时间-纬度分布

Fig. 6 The time-latitude distribution of the average sea surface temperature over (a) the SCS and (b) the WNP for 1950-2007

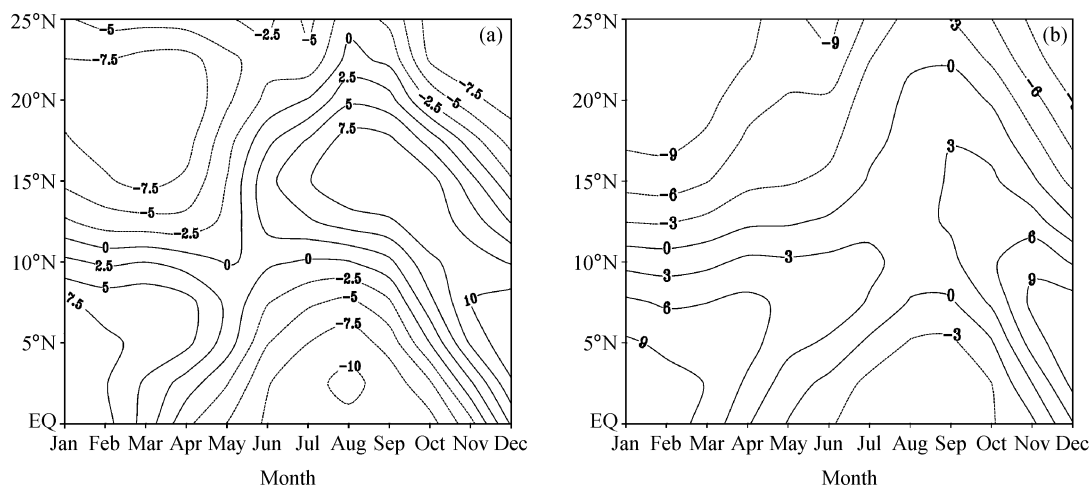


图 7 1950~2007 年 (a) 南海和 (b) 西北太平洋 850 hPa 平均涡度 (单位: 10^{-6} s^{-1}) 的时间-纬度分布

Fig. 7 The time-latitude distribution of the average 850-hPa vorticity (10^{-6} s^{-1}) over (a) the SCS and (b) the WNP for 1950-2007

正是由于夏季风的爆发使得 5~6 月份季风槽主要位于南海上空, 从而在热带气旋生成的动力条件上南海出现了明显强于西北太平洋的形势。

5 结论与讨论

本文分析了南海和西北太平洋两个区域热带气旋生成频数的年际和季节变化特征, 并分析了形成这些特征的可能原因, 主要结论归纳如下:

(1) 1950~2007 年南海区域热带气旋生成频数占整个西北太平洋总数的 18.3%, 西北太平洋热带气旋生成频数占 81.7%, 两者的年际相关系

数仅为 -0.09, 即在年际变化上, 南海和西北太平洋两个区域热带气旋生成频数表现出明显的区域性差异;

(2) 在季节变化上, 西北太平洋热带气旋生成频数主要决定了整个西北太平洋的明显的季节变化特征, 而南海热带气旋生成频数在活跃期 5~11 月内季节差异不够明显, 8~9 月为相对盛期。特别地, 从热带气旋活动相对于整个西北太平洋所占比率来看, 5~6 月南海区域由前期的寂静期骤然上升至 31.7%~33.8%, 使得 5~6 月成为全年比率中最突出的两个月份;

(3) 南海和西北太平洋的热带气旋生成频数

与 ENSO 之间尽管都存在负相关关系,但只有南海是显著的。对于整个西北太平洋,ENSO 对热带气旋生成频数的显著影响更容易表现在对南海热带气旋生成频数的影响上;

(4) 分析表明,5~6 月南海出现了较之西北太平洋更加有利于热带气旋生成的动力条件和热力条件:南海夏季风的爆发使得 5~6 月份季风槽主要位于南海上空和 $10^{\circ}\text{N} \sim 20^{\circ}\text{N}$ 涡度骤然由负值转为正值、海温迅速攀升并于 6 月份达到峰值。这可能是南海热带气旋生成频数相对于整个西北太平洋所占比率在 5~6 月成为全年最突出的两个月份的主要原因。

需要指出的是,关于两区域热带气旋生成频数在年际变化和季节变化上的可能原因探讨,虽然取得了一些有意义的结果,但仍值得做更深入的数值模拟加以验证。

参考文献 (References)

- 陈联寿,丁一汇. 1979. 西太平洋台风概论 [M]. 北京: 科学出版社, 399-410. Chen Lianshou, Ding Yihui. 1979. Introduction to the Typhoon of the Western Pacific [M] (in Chinese). Beijing: Science Press, 399-410.
- 陈联寿,孟智勇. 2001. 我国热带气旋研究十年进展 [J]. 大气科学, 25 (3): 420-432. Chen Lianshou, Meng Zhiyong. 2001. An overview on tropical cyclone research progress in China during the past ten years [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 25 (3): 420-432.
- 李崇银. 1985. 厄尔尼诺与西太平洋台风活动 [J]. 科学通报, 14: 1087-1089. Li Chongyin. 1985. El Niño and the West Pacific typhoon activity [J]. Chinese Science Bulletin (in Chinese), 14: 1087-1089.
- 李崇银. 1986. 厄尔尼诺与南海台风活动 [J]. 热带气象学报, 2 (2): 39-48. Li Chongyin. 1986. El Niño and the South China Sea typhoon activity [J]. Journal of Tropical Meteorology (in Chinese), 2 (2): 39-48.
- 陈世荣. 1990. 西北太平洋的热带风暴源地 [J]. 气象, 16 (2): 23-26. Chen Shirong. 1990. Source regions of tropical storms over northwest Pacific Ocean [J]. Meteorological Monthly (in Chinese), 16 (2): 23-26.
- 何敏, 龚振淞, 徐明, 等. 2007. 高低层纬向风异常与西北太平洋热带气旋生成年频数关系的研究 [J]. 热带气象学报, 23 (3): 277-283. He Min, Gong Zhengsong, Xu Ming, et al. 2007. Relationships between zonal wind anomalies in high and low troposphere and the annual frequency of NW Pacific tropical cyclone [J]. Journal of Tropical Meteorology (in Chinese), 23 (3): 277-283.
- 李春晖, 刘春霞, 程正泉. 2007. 近 50 年南海热带气旋时空分布特征及其海洋影响因子 [J]. 热带气象学报, 23 (4): 341-347. Li Chunhui, Liu Chunxia, Cheng Zhengquan. 2007. The characteristics of temporal and spatial distribution of tropical cyclone frequencies over the South China Sea and its affecting oceanic factors in the past 50 yrs. [J]. Journal of Tropical Meteorology (in Chinese), 23 (4): 341-347.
- 刘炯, 张庆云, 孙淑清. 2007. 2006 年夏季西太平洋热带气旋活动的初步研究 [J]. 气候与环境研究, 12 (6): 738-750. Liu Ge, Zhang Qingyun, Sun Shuqing. 2007. A preliminary study on activities of tropical cyclones over the western North Pacific during the summer in 2006 [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 12 (6): 738-750.
- 马丽萍, 陈联寿, 徐祥德. 2006. 全球热带气旋活动与全球气候变化相关特征 [J]. 热带气象学报, 22 (2): 147-154. Ma Liping, Chen Lianshou, Xu Xiangde. 2006. On the characteristics of correlation between global tropical cyclone activities and global climate change [J]. Journal of Tropical Meteorology (in Chinese), 22 (2): 147-154.
- 杨桂山, 施雅风. 1999. 西北太平洋热带气旋频数的变化及与海表温度的相关研究 [J]. 地理学报, 54 (1): 22-29. Yang Guishan, Shi Yafeng. 1999. Changes in the frequencies of tropical cyclones and there relationships to sea surface temperature in the northwestern pacific [J]. Acta Geographica Sinica (in Chinese), 54 (1): 22-29.
- Yumoto M, Matsuura T. 2001. Interdecadal variability of tropical cyclone activity in the western North Pacific [J]. J. Meteor. Soc. Japan, 79 (1): 23-35.
- 赵雪, 庞海龙, 李希茜, 等. 2008. 1997 年影响南海的热带气旋异常活动特征及成因分析 [J]. 热带海洋学报, 27 (1): 11-15. Zhao Xue, Pang Hailong, Li Xixi, et al. 2008. Abnormal incident analysis of tropical cyclones influencing South China Sea in 1997 [J]. Journal of Tropical Oceanography (in Chinese), 27 (1): 11-15.