

北印度洋热带气旋月季变化特征及成因分析

吴风电, 罗坚, 叶朝辉

(解放军理工大学气象学院, 江苏 南京 211101)

摘 要:采用美国联合台风警报中心(JTWC)提供的北印度洋 1977 年至 2008 年热带气旋(TC)资料、NOAA 提供提供的 1977—2008 年月平均海表面温度(SST)资料、逐日的高度场(HGT)资料和 NCEP 提供 1982—2008 年全球再分析资料,对北印度洋热带气旋的月季变化的双峰结果进行分析,结果表明:500 hPa 流场上热带辐合带的北进南退和 500hPa 高度场上南亚高压季节性进退跟双峰结构的季节变化有很好的对应关系。此外,海温的季节性变化和季风的爆发对热带气旋的月季变化有很大的影响,海温较高的时期,热带气旋发生频数较多,反之依然。当季风爆发时,存在着强的垂直风切变,不利于热带气旋的生成。正是这些综合因素,才造成了北印度洋热带气旋的双峰结构。

关键词:北印度洋;热带气旋;双峰结构

中图分类号:P444 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-0239(2012)04-0029-06

1 引言

世界气象组织(WMO)将热带气旋海域划分为北大西洋、东部和中部北太平洋、西北太平洋、北印度洋、西南印度洋、澳大利亚海区和南太平洋 7 块^[1]。目前对其他海域上热带气旋的研究有了很大的进展,对于热带气旋的年月季变化有了一个比较清楚的认识,对其形成机理做了深刻大量的研究,而对印度洋特别是北印度洋热带气旋的研究工作开展比较少。北印度洋热带气旋通常生成于阿拉伯海和孟加拉湾,每年平均只有 5—6 个热带气旋生成,与西北太平洋(平均每年有 28 个热带气旋发生)相比,印度洋并不是热带气旋活动频繁的洋面,陈联寿指出尽管印度洋上生成的热带气旋只占全球热带气旋很少的一部分,但是他们是世界上破坏力最强的气旋。在 1970 年,一个发生在孟加拉湾强热带气旋竟可以夺走 30 万人的生命。因此有必要对北印度洋热带气旋进行分析研究。本文从北印度洋热带气旋月季变化的双峰

结构特征出发,试图解释造成这种双峰结构的原因。

2 资料应用

本文所用热带气旋资料包括美国联合台风预警中心(JTWC)提供的 1977—2008 热带气旋资料,NOAA 数据库(<ftp://ftp.cdc.noaa.gov/pub/Datasets/noaa.oisst.v2.highres>)提供的 1977—2008 年月平均海表面温度(SST)资料、逐日的高度场(HGT)资料,美国国家环境预报中心(NCEP)提供的 1982—2008 年全球再分析资料。其中热带气旋基本数据包括:热带气旋编号、起始日期、终止日期、中心最低气压、中心附近最大风速以及中心经纬度位置,NCEP 全球再分析资料网格分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$, 850 hPa、500 hPa 和 200 hPa 上的风场。其中 SST 和 HGT 资料分辨率分别为 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 和 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$

3 月季变化

O.P.Sing^[2]在对北印度洋上热带气旋频数变化

收稿日期:2011-09-22

基金项目:国家自然科学基金(40976015);国家“973”项目(2010CB950302)

作者简介:吴风电(1981-),男,研究生在读,主要从事热带气旋方面的研究。E-mail: salina1982@126.com

分析时发现孟加拉湾上热带气旋在1877—1998年有显著的增加趋势,5月和11月是热带气旋活跃的两个月份,在季风过度时期,7—9月热带气旋呈减少趋势。MARK A. LANDER^[3]在分析1995年北印度洋热带气旋活动特征发现,1995年北印度洋有4个热带气旋生成,其中一个生成于阿拉伯海,另外3个生成于孟加拉湾。北印度洋上通常平均每年有5个热带气旋生成,大约2个发生在春季和3个发生在秋季。1995年北印度洋上热带气旋显著减少的原因可能是很强的垂直风切变造成的。1995年4月北印度洋上层为西风异常,下层为东风异常,导致在北印度洋大部分区域有很强的垂直风切变。

图1是1977—2008年间TC在一年中各月发生的频数,呈明显的双峰变化特征。其中2月份没有TC生成,5月、10月和11月份是TC生成频数较多的月份,其中又以11月居首,有44个TC生成,5—6月和9—12月是全年TC发生的集中时期,在此期间TC的总频数为150个,占总数的89.8%。从季节性变化来看,春季(3—5月)共32个,占19.2%;夏季(6—8月)共19个,占11.3%;秋季(9—11月)共93个,占55.7%;冬季(12月、1月、2月)共23个,占13.8%。在TC季节性变化过程中,秋季频数最大,春季次之冬夏季频数少,且冬季大于夏季。

4 海温和垂直风切变对TC影响

一些研究表明,海表面温度对热带气旋的发

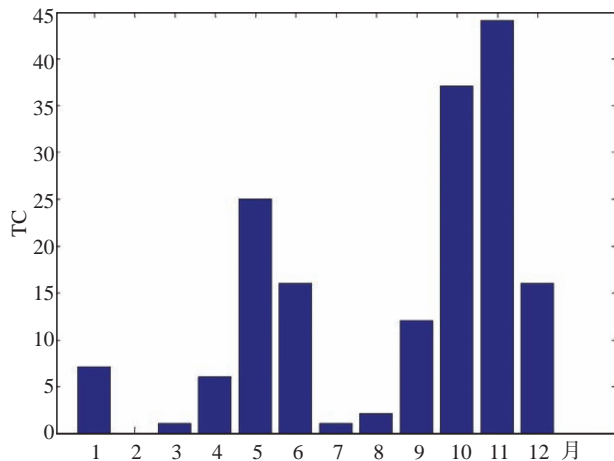


图1 TC各月发生频数

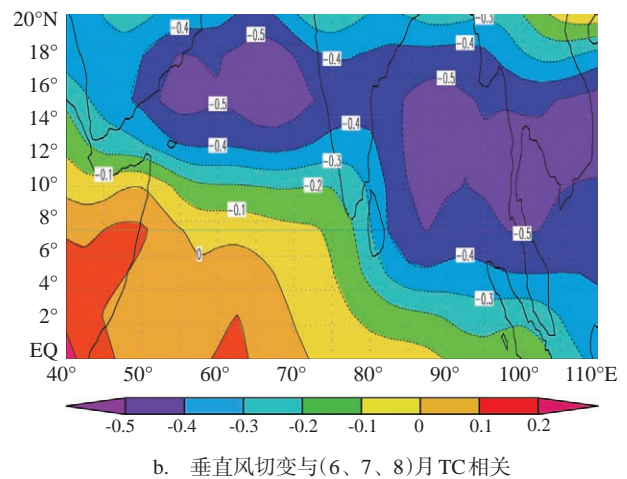
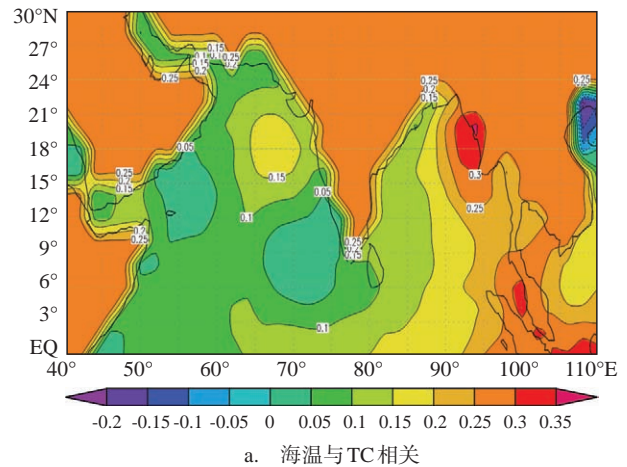
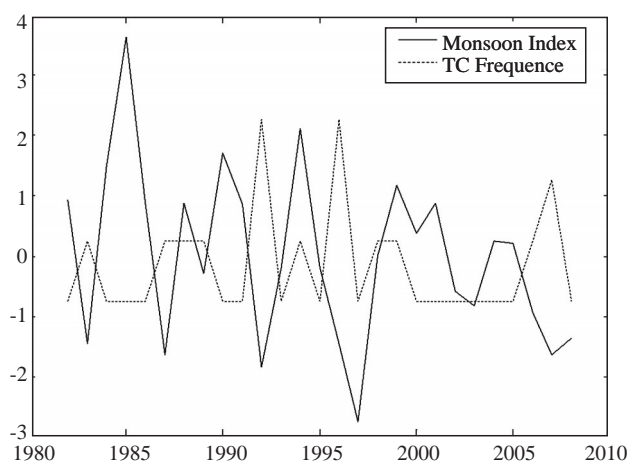


图2 海温和垂直风切变对TC的影响

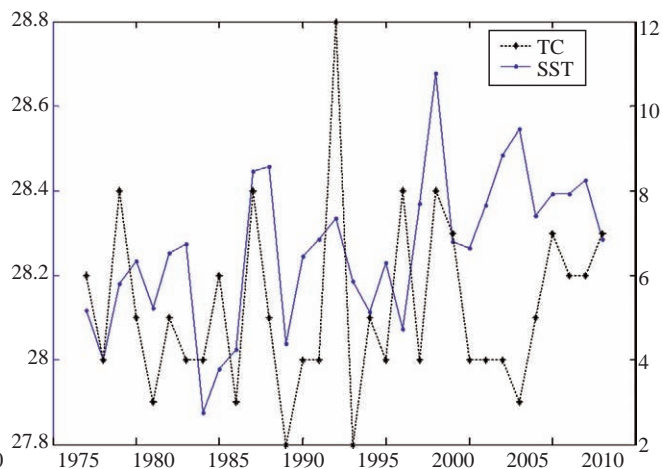
生具有显著影响。海表面温度越高,在海气交换作用下使得低层空气温度越高湿度越大,这种条件会使局地的对流活跃,有利于扰动生成,所以高海温有利于TC的生成^[4]。由于海陆交界的地方资料缺省,为了保证数据的连续性,现对海陆交界处缺省的格点用每年平均海温加以代替。从图2a可以看出海温(SST)与TC的生成有很好的正相关,位于孟加拉湾东部区域相关系数达到了0.25以上。每年夏季是南亚季风爆发的时机,南亚季风不仅范围较大,而且强度很强,其显著特征是底层盛行大范围的西风,通常用WYI指数来定义南亚夏季风的强弱(即850 hPa与200 hPa纬向风切变,范围通常为40°—110°E, 0°—20°N)。本文选取40°—110°E, 0°—20°N范围内垂直风切变的平均值即垂直风切变指数来代表该年垂直风切变的大小。图2b是1977—2008年每年6—8月TC频数

和这段时间内平均垂直风切变指数的相关,可以明显看出,TC频数与垂直风切变有负的相关,位于阿拉伯海和孟加拉湾的北部区域相关系数更是高达-0.5。从图3a可以发现,垂直风切变与该期间

发生TC频数呈负相关,相关系数为-0.41,并且通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验。图3b反映了TC频数与海温的相关性,其中海温是通过计算北印度洋每个格点上海温和的平均,TC频数与海温的相关系数

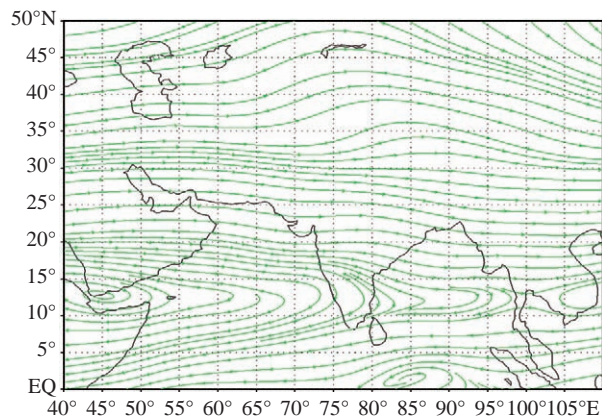


a. 垂直风切变指数和6—8月TC频数相关系数-0.41

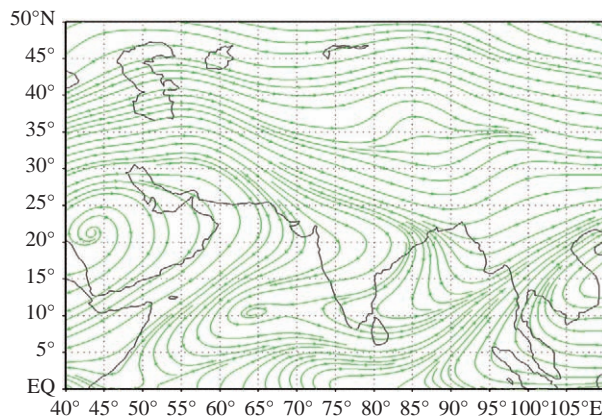


b. 海温和TC频数相关系数为0.258

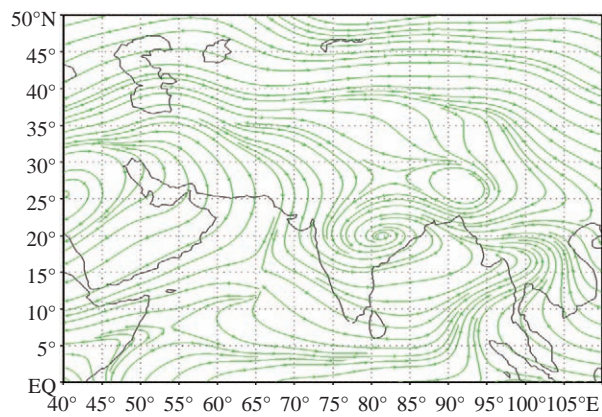
图3 垂直风切变和海温与TC年际变化的相关



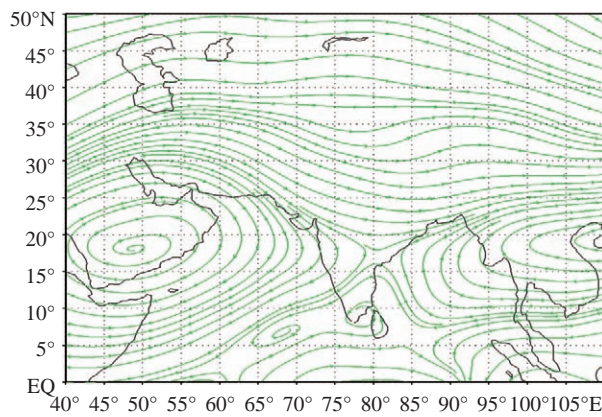
2月



5月



8月



10月

图4 1977—2008年500 hPa平均流场

为0.258,并且通过了 $\alpha=0.2$ 的显著性检验。因此,海温和夏季风是影响TC频数的因素之一。

5 热带辐合带

热带辐合带又称赤道辐合带。是赤道低压带在流场方面的表现,是南北两半球信风气流形成的辐合地带,同时,热带辐合带是热带地区热量、水汽最集中的地区,也是热带扰动发生的主要源地^[5]。图4为1977—2008年北印度洋5月、8月、10月、2月500 hPa上平均流场分布,分别作为春、夏、秋、冬季的代表月份。可以看出,北印度洋上热带辐合带月际变化呈现出2月最南(位于赤道附近),2—5月表现为北进(到达北纬10°—15°),8月抬升至印度半岛(20°N),10月南退至北印度洋(10°N)。这也部分解释了图1热带气旋频数

变化的双峰结构,在2月份,辐合带位于赤道附近,北印度洋为大范围的西风所覆盖,由于缺少合适的初始扰动,因此TC生成较少,5月份热带辐合带位置北印度洋上,为热带气旋生成之前的初始扰动提供了有利的条件。5月份以后随着季风的爆发,辐合带北抬至印度半岛,没有合适的初始扰动,热带气旋频数开始急剧减少。10月份之后,随着辐合带的南退,再一次为热带气旋的产生提供了有利的初始条件。辐合带的北进南退较好的解释了热带气旋频数的季节变化。

6 海温的季节变化

图5是利用NOAA高分辨率合成分析资料,对1982—2008年间2月、5月、8月、10月对北印度洋海温进行27年的平均后得到的,它反映了北印

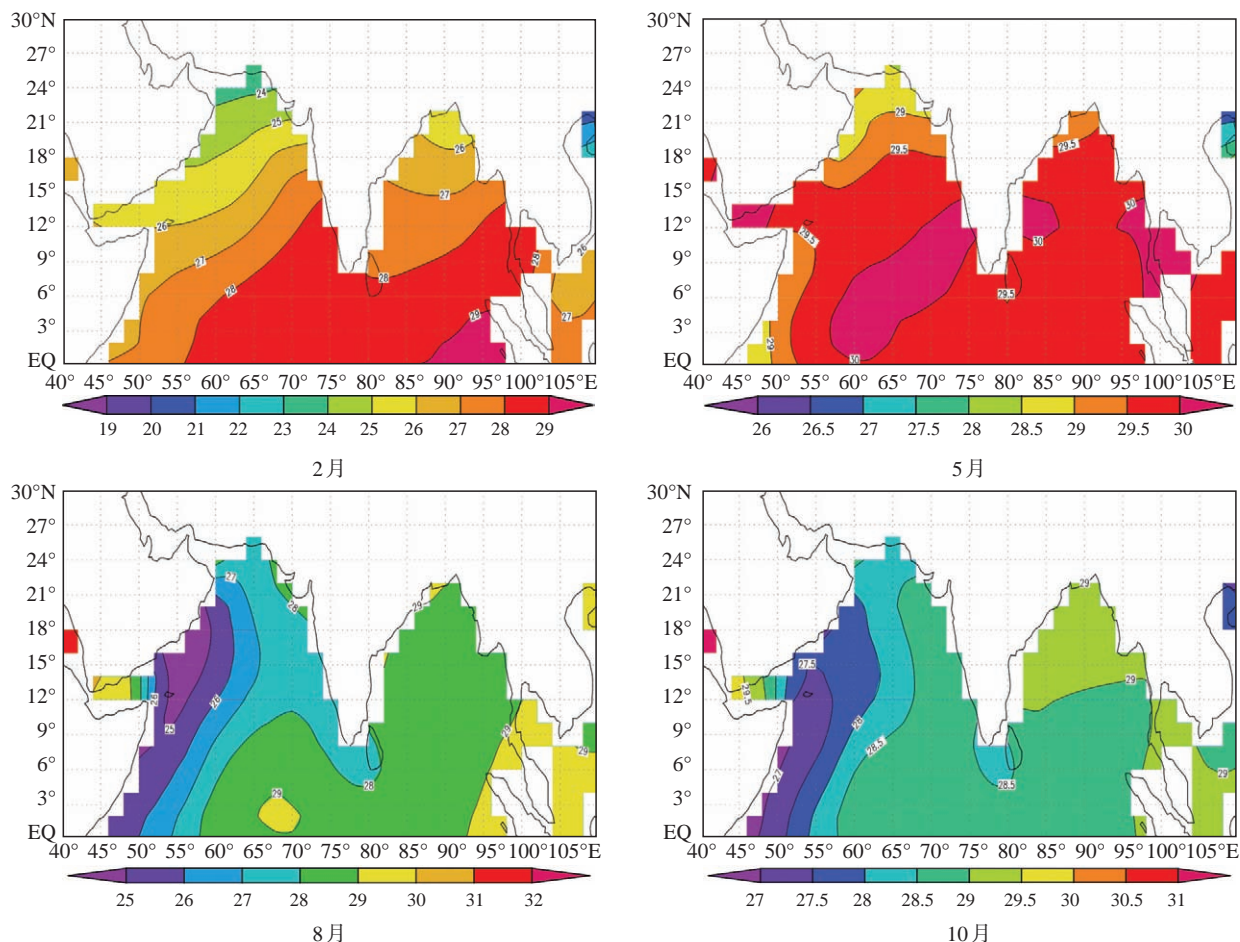


图5 1982—2008年2、5、8、10月北印度洋平均海温分布

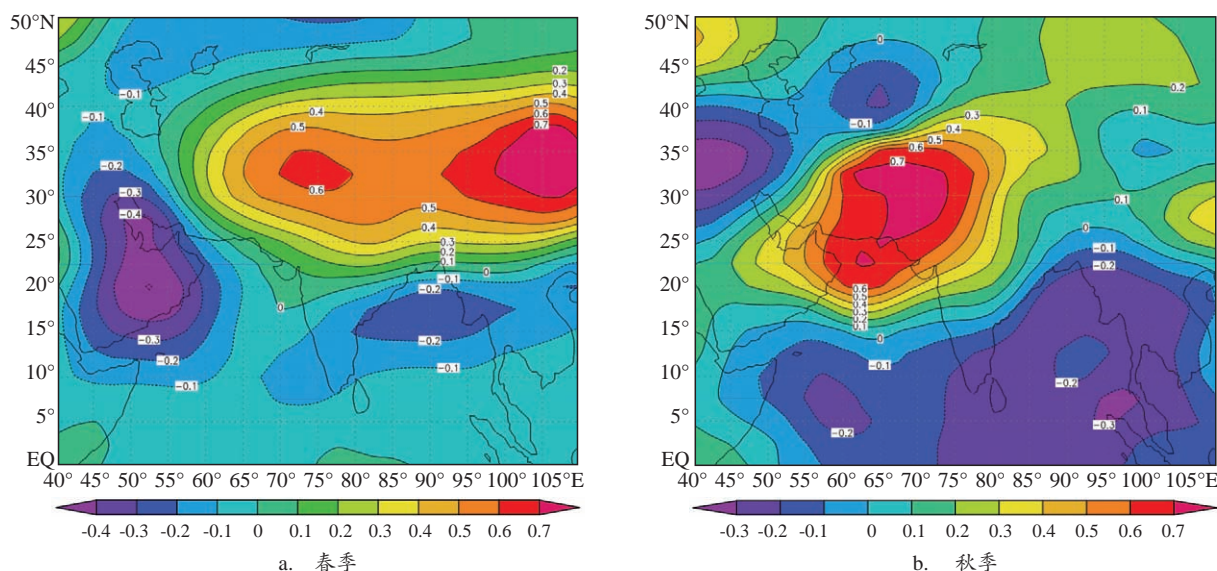


图6 高度场与TC的相关系数

度洋上海温的季节变化(从春季至冬季)呈现出高-低-高-低的变化,春季北印度洋大部分洋面都被29.5℃的高海温所覆盖,呈现出北低南高的形势,南北温差不大。到了夏季,索马里附近有一条狭长的冷舌,最低温度仅仅为25℃,一直延伸到阿拉伯海的中部,呈现出东高西低的形势,这种春季和夏季的海温特征与谷良雷^[6]等人在南亚夏季风典型强弱年与阿拉伯海温一文所反映的现象较为一致,4月份整个阿拉伯海海表面温度呈正距平,索马里也呈现出正距平的变化,7月,阿拉伯海渐渐被海表面负距平占据,索马里附近温度呈现出强负距平中心。到了秋季,北印度洋大部分洋面被28°—29℃的高海温覆盖,高海温出现在孟加拉湾附近,阿拉伯海上的冷舌依然存在,但最低温度已经上升到27.5℃。冬季,仅仅在孟加拉湾的南部靠近赤道地区的海温达到了29℃,其北部阿拉伯海靠近索马里附近最低温度仅有24℃,呈现出北低南高的形势,等温线比较密集。

7 高度场形势

南亚高压是活跃在南亚地区较为深厚的高压系统,在冬季南亚高压主要位于东南亚-菲律宾近赤道上空,这种情况可以持续到4月底,5月份其中心迅速移到孟加拉湾北部地区,7月和8月又跳到高原及其邻近地区,以后再这些位置上成准周期震荡。9月份开始,南亚高压开始南退^[7]。图6

是春季和秋季TC频数与500 hPa各格点平均高度场的相关系数。从图上可以看出,当南亚高压位于北印度洋北部时,有较多的TC产生。而恰恰春季和秋季是北印度洋热带气旋多发时期。当南亚高压位于北印度洋以北,北印度洋上空有强的东风切变,有利于TC的产生和发展,这主要是因为当TC以整层平均速度移动时,低层辐合和高层暖核仍然保持同位相,因此有利于TC的生成和发展^[8]。

此外,每年的夏季和冬季是夏季风和冬季风爆发的时期,在这段时间内由于较大的垂直风切变,不利于TC的生成。由于没有找到合适的冬季风指数,对于冬季风的研究本文没有进行。

8 结论

本文从热带辐合带、海温、季风、高度场的季节变化规律找出了能够合理解释北印度洋热带气旋双峰结构特征,热带辐合带和南亚高压的季节性的北跳南退和海表面温度的季节性特征与这种双峰结构有较好的一致性,另外,南亚地区季风的季节性变化也从某种程度解释了这种双峰结构特征。

参考文献:

- [1] 陈联寿,丁一汇.西太平洋台风概论[M].科学出版社,1979:5-6.
- [2] Singh O P, Khan T M A, Rahman M S. Changes in the frequency of tropical cyclones over the north Indian ocean[J]. Meteorology and Atmospheric physics.2000,75: 11-20.

- [3] Lander M A, Guard C P. A look at global tropical cyclone activity during 1995: contrasting high atlantics activity with low activity in other basins[J]. monthly weather review. 1998, 126: 1163-1173.
- [4] 张文龙, 张大林, 王昂生, 等. 台风榴莲(2001)在季风槽中生成的机制探讨[J]. 气象学报, 2009, 67(5): 811-827.
- [5] 喻世华, 陆元胜. 热带天气学概论[M]. 北京: 气象出版社, 1986.
- [6] 谷良雷, 姚济敏, 胡泽勇. 南亚夏季风典型强弱年与阿拉伯海海温[J]. 热带气象学报, 2006, 22 (4): 374-379.
- [7] 中国科学院地球物理研究所. 东南亚和南亚的大气环流和天气[M]. 北京: 科学出版社, 1966.
- [8] 毛丽娜, 潘益农. 环境风垂直切变对热带气旋“碧利斯”的影响[J]. 气象科学, 2009, 29(4): 507-512.

Monthly characteristics of tropical cyclone in the North Indian Ocean

WU Feng-dian, LUO jian, YE Chao-hui

(Institute of Meteorology, PLAUST, Nanjing 211101 China)

Abstract: Based on the data of tropical cyclone in the North Indian Ocean from 1977 to 2008 from JTWC, the monthly SST and daily HGT from NOAA, and the global reanalysis data from 1982 to 2008 from NCEP, the double peak character of tropical cyclone over the North Indian Ocean is analyzed. The results show that: (1) the position of flow field in the 500 hPa Intertropical Convergence Zone (ITCZ) well explained seasonal changes of tropical cyclone, as well as the seasonally changes of South Asia High in the 500 hPa according to the changes of tropical cyclone; (2) the seasonal variation of SST and the outbreak of the Monsoon show their impacts on occurring frequency of tropical cyclone, which means that high SST and weak vertical wind shear were in favor of the tropical cyclone frequency; (3) When the Monsoon broke out, the strong wind vertical shear was not conducive to the formation of tropical cyclone. Considering all the factors of above, they are the factors that led to the double peak structure of the tropical cyclone in the North Indian Ocean.

Key words: North Indian Ocean; tropical cyclone; double peak