

# 近百年西北太平洋热带气旋频数变化特征 与 ENSO 的关系

黄 勇<sup>1</sup>, 李崇银<sup>1,2</sup>, 王 颖<sup>3</sup>, 宋 彬<sup>1</sup>

(1. 解放军理工大学气象学院, 南京, 211101; 2. 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029;  
3. 总参气象水文局, 北京 100081)

摘 要: 本文根据西北太平洋近 106 年(1899 ~ 2004 年)热带气旋系列资料, 分析了热带气旋年频数多年变化的统计特征。结果表明: 西北太平洋台风频数既存在明显的短周期的年际变化也存在明显长周期的年代际变化, 是一种短周期与长周期相互作用的多时间尺度的变化。年际变化与 ENSO 有明显关系, ENSO 事件的当年 9 月到次年 8 月冷事件年相对与暖事件年会有更多的台风生成和登陆。在年代际尺度上, 106 年的台风活动可以分为几个明显的活跃期和不活跃期, 这种年代际的变化可能与海气耦合的经向模式调制有关系。

关键词: 热带气旋; 变化特征; ENSO

中图分类号: P731 文献标识码: A 文章编号: 1003 - 0239(2008)1 - 0080 - 08

## 1 引言

西北太平洋是全球热带气旋发生频数最多、分布范围最广, 同时也是全球唯一全年各月均可观测到气旋活动的海域。热带气旋对我国的领海以及沿海地区的危害性是十分严重的, 2006 年夏秋季西北太平洋一系列严重台风灾害至今令人记忆犹新。人们在反思台风灾害时一直在想, 是否能找到有关台风变化的一些客观规律。

西北太平洋台风的活动、变化及其影响是国内气象工作者十分关注的问题, 多年来从不同的角度进行了研究, 在台风频率变化的研究方面也有不少<sup>[1~4]</sup>。在 2005 年美国受到大西洋强飓风的异常严重的影响, 近年来, 美国一些科学家进行了一些关于台风频数变化规律的研究。2005 年 Kerry Emanuel<sup>[5]</sup> 进行的研究表明, 热带气旋的破坏潜力在过去的 30 年里几乎增加了一倍, 并且与热带海洋表面温度高度相关, 全球变暖似乎是唯一能解释全球强热带气旋(4~5 级飓风强度) 在过去 30 年不同海域显著增加的因素。同年 P. J. Webster<sup>[6]</sup> 在他的研究中指出, 在过去的 35 年里, 随着海表温度的增加, 在北太平洋、印度洋和西南太平洋伴随着总气旋数目和发展期的减少, 强度达到 4~5 级的强台风不管是在数量还是比例上都大大增加。但也有一部分科学家认为, 全球变暖对热带气旋的影响没有那么明显。他们的主要依据是: 30 年的资料太短, 无法说明长期的热带气旋变化趋势; 过去 30 年强热带气旋增加的趋势可能是观测手段改变和对气旋强度确

收稿日期: 2007-06-21; 修订日期: 2007-12-10

基金资助: 国家自然科学基金项目(No: 40675051)和国家 973 项目(2006CB403600)资助。

作者简介: 黄 勇(1979-), 男, 博士生, 主要从事热带气旋研究。

定过程中所造成的误差的产物;由于在全球变暖的同时使对流层上部增暖等因素,将完全或部分抵消海温增暖对热带气旋强度变化的影响。不过,是否可以用当前气候系统的内在周期变化解释过去 30 年的热带气旋频率及强度变化至今还是一个有待进一步研究的问题。鉴于以前一些工作资料较短的问题,本文以中国的台风资料为基础,对 1899 ~ 2004 年 106 年间台风频数的年际和年代际变化趋势进行分析,希望使用相对较长的台风资料,揭示台风频数的变化规律;分析 ENSO 事件对台风频数变化的影响。所得到的结果可为台风的短期气候预测提供有益的信息。

## 2 资料和方法

在本研究中,1899 ~ 1948 年的台风资料取自高由禧等的《台风的路径图及其一些统计》,1949 ~ 1988 年的取自中国气象局编的《台风年鉴》,1989 ~ 2004 年的取自中国气象局编的《热带气旋年鉴》。这里所统计的台风包括热带风暴(中心风速 17.2 ~ 24.4m/s)、强热带风暴(中心风速 24.5 ~ 32.6m/s)、台风(中心风速大于 32.6m/s)。文中规定热带风暴、强热带风暴、台风均统称为西北太平洋台风。

文中使用的海温资料为英国气象局 Hadley 气候预测和研究中心编辑的网格距为  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  月平均的全球海冰和海表温度资料 (GISST2.2)。

分析方法:本文利用了 Morlet 小波分析来讨论热带气旋年频数的时间变化特征。

## 3 西北太平洋台风和登陆台风频数的变化特征

由于解放前、后两个时段在统计台风时所取的范围存在差异,1899 ~ 1948 年的台风资料为  $150^{\circ}\text{E}$  以西,赤道以北范围的;而 1949 ~ 2004 年为日界线以西、赤道以北范围内,这种范围的差异就引起了西北太平洋每年生成台风频数的差异,统计结果显示 1899 ~ 1948 年平均每年有 22 个台风生成,1949 ~ 2004 年平均每年有 28 个台风生成。为了滤除这种差异,我们对 106 年的频数资料分前后两个部分分别做了距平处理,这样既保存了频数变化的年际年代际趋势,又滤除了资料差异造成的影响,图 1 即为生成台风频数距平的逐年变化曲线,其中细实线为生成台风频数距平曲线,粗实线为 5 年滑动平均,点线为年代际距平平均趋势。从图 1 可见,在 106 年里西北太平洋生成台风频数存在明显的年际和年代际变化趋势,总的来讲可以分为以下几个台风活动变化较活跃和不活跃的阶段:

(1) 台风活动较活跃,频数较高,有明显的正距平的阶段:1905 ~ 1915 年、20 至 40 年代、60 年代至 70 年代中叶、80 年代中叶至 90 年代中叶;

(2) 台风活动不活跃,频数较低,有明显的负距平的阶段:1915 ~ 1920 年、40 年代至 60 年代、70 年代中叶到 80 年代中叶、90 年代后期到本世纪。

因为登陆台风的数目不会受到观测区域差异的影响,为了验证这两个时段资料的一致性,我们又对 106 年的登陆我国的台风做了统计分析,结果显示,登陆我国的台风 106

年平均频数为 8 个。1899 ~ 1948 年登陆台风平均频数为 8.1 个, 1949 ~ 2004 年登陆台风平均频数为 7.9 个。可见这两种资料的年平均登陆台风都维持在 8 个左右。前后的资料有较好的一致性。图 2 即为登陆台风频数距平的逐年变化曲线, 其中细实线为登陆台风频数距平曲线, 粗实线为 5 年滑动平均, 点线为年代际距平平均趋势。从图 2 可见, 这 106 年里登陆我国台风频数也和生成台风一样存在明显的年际和年代际变化趋势, 而且就台风的活跃和不活跃的阶段而言登陆台风也具有和生成台风相同的分布。

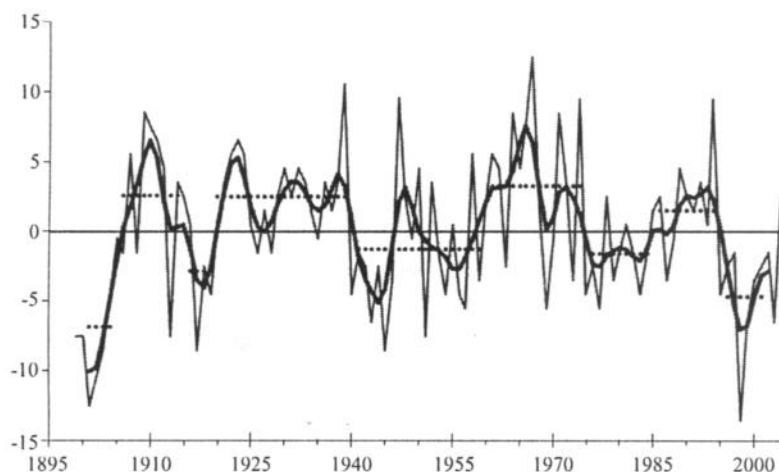


图 1 西北太平洋生成台风频数距平逐年变化曲线

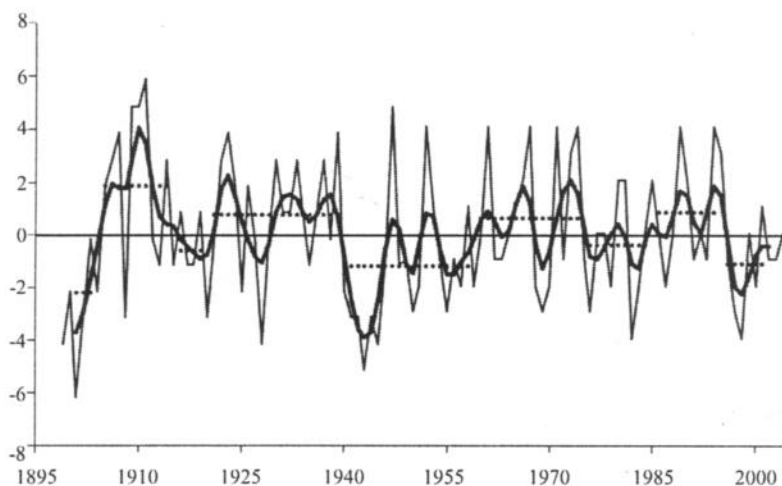


图 2 登陆我国台风频数距平逐年变化曲线

小波分析是一种可以把信号在时间和频率上进行展开的方法, 该方法最大的优点在于能够得到频率变化的局部化信息。因此为了进一步研究西北太平洋生成台风年际、年

代际周期分布,得到台风频数不同周期随时间演变的特征,我们对生成台风的频数进行了小波分析。具体的小波变换是选用的 Morlet 母小波函数进行的。

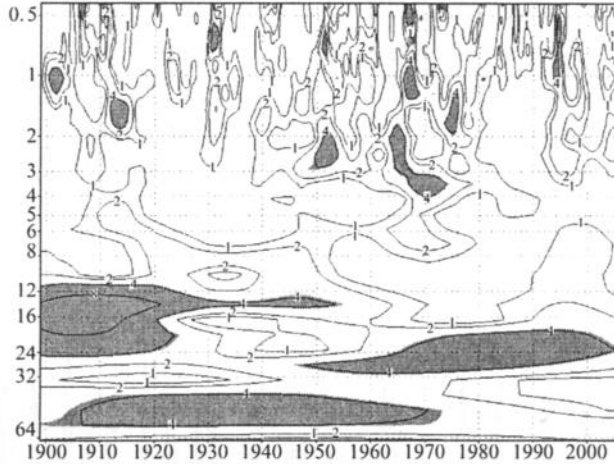


图 3 西北太平洋生成台风频数序列小波能量谱

图 3 是生成台风频数变化的波谱能量的小波分析结果,横坐标为时间,纵坐标为傅立叶周期,单位为年,上部为高频变化部分,下部为低频变化部分,阴影区表示超过 0.1 信度检验的区域。由图 3 可见,台风频数的不同周期随时间的演变特征是不相同的,50 年代至 70 年代中叶 2 ~ 4 年的周期比较明显,而且信度较高,其他年份(40 年代至 80 年代、90 年代至本世纪初)也存在 2 ~ 4 年的周期,但是信度不高。这表明台风频数变化存在 2 ~ 4 年的短周期。周期能量图上年代际的长周期能量也比较显著,上个世纪前 20 年 12 ~ 24 年的周期比较显著,随后的 30 年(1920 ~ 1950 年)14 ~ 15 年的周期比较显著,前半个世纪 50 年的长周期都比较显著,而后 50 年至本世纪初 20 ~ 30 年的周期比较显著,这表明台风频数变化存在几十年的长周期。这种年代际尺度上的周期差异可能与更长时间尺度的气候调制有关,具体的机制还有待进一步研究。综上可知,台风的生成频数具有明显周期性变化,这种周期变化是一种短周期与长周期相互作用的多时间尺度的变化。

#### 4 ENSO 对西北太平洋生成台风频数变化的影响

自然界中在不同时空尺度的系统之间,存在着明显的层次性,较大的系统对于较小的系统,在一定条件下往往有着极为重要的控制作用或调制作用。El Niño 是秘鲁沿岸及赤道东太平洋地区海水温度的异常持续升高现象。一般都用赤道东太平洋地区的平均海表温度(SST)的持续异常偏高作为 El Niño 出现的标志,如果赤道东太平洋 SST 出现异常的负距平,相应的将该年称为 La Niña 年。ENSO 年的 SST 的正距平通常由 3 ~ 4 月开始,大约维持一年或更长的时间,最大正距平出现在 11 ~ 12 月,强度可达 1 左右。El Niño 事件是影响大气环流和气候异常的强信号,台风活动的异常与热带大尺度环流的异

常密切相关,所以 ENSO 事件必然会对台风的发生频数、强度、位置等台风活动特征的异常产生影响。以下是 1899 ~ 2004 年 106 年间 El Niño 和 La Niña 事件期间西北太平洋台风频数的一些统计结果。

本文根据 1899 ~ 1998 年的 ENSO 事件 (取自王绍武<sup>[7]</sup>《近百年来的 ENSO 事件及其强度》) 及 Niño3.4 区 ( $170^{\circ}\text{W} \sim 120^{\circ}\text{W}$ ,  $5^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}$ ) 海表温度异常序列 (见图 4), 将 Niño3.4 指数持续 6 个月大于等于 0.5 定义为暖事件 (El Niño 年), Niño3.4 指数持续 6 个月小于等于 -0.5 定义为冷事件 (La Niña 年), 综合考虑确定 1899 ~ 2003 年 106 中有以下 ENSO 事件年份。

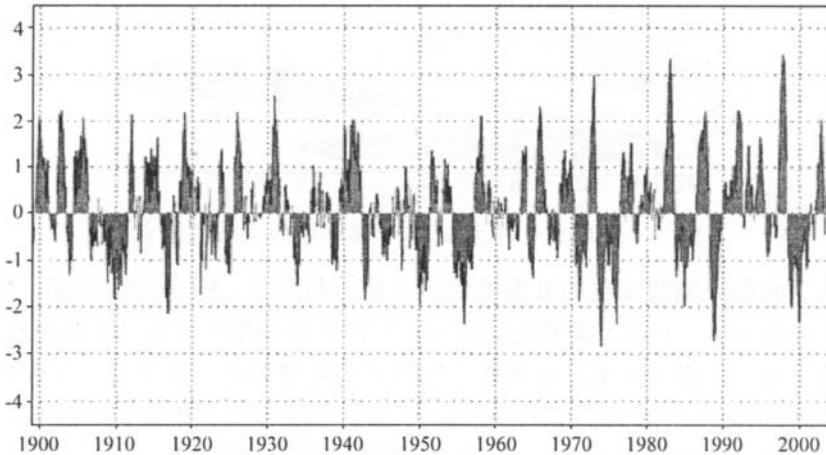


图 4 Niño3.4 区海温指数变化曲线图

El Niño 年: 1899、1902、1904、1905、1911、1913、1914、1918、1919、1923、1925、1930、1940、1941、1951、1953、1957、1963、1965、1968、1969、1972、1976、1982、1983、1986、1987、1991、1997;

La Niña 年: 1903、1909、1910、1916、1924、1933、1938、1942、1949、1950、1954、1955、1964、1970、1973、1975、1984、1988、1998、1999。

其中 29 个暖事件年, 20 个冷事件年, 这 106 年中平均每年会在西太平洋生成 24.7 个台风, El Niño 年的平均台风数偏少, 每年为 23.1, La Niña 年的平均台风数偏多一些, 每年为 24.9。

为了进一步研究 ENSO 对西北太平洋台风活动的影响过程, 以下进行了 ENSO 当年和 ENSO 次年连续 24 个月的逐月台风发生数距平统计分析。

图 5 给出了 ENSO 当年次年连续 24 个月的逐月距平统计结果。横坐标为 ENSO 当年和次年的 1 ~ 24 个月, 纵坐标为频数距平, 实线是 El Niño 年的状况, 虚线是 La Niña 年的状况。从图中我们可以看出: 对于 El Niño 年, 台风频数从当年的 8 月份开始直到次年的 9 月份有连续 14 个月的负距平; 对于 La Niña 年, 台风频数从当年的 9 月份开始

直到次年的 9 月份基本都以正距平为主 (除了 12 月份出现了负距平), 而这段时间 (当年的 8、9 月份到次年的 9 月份) 包含了 ENSO 事件由发展到成熟再到衰亡的整个过程, 可见在研究 ENSO 对台风影响的时候我们应该着重考虑这段时间, 另一方面也可以看出在当年 9 月到次年 8 月 ENSO 的冷事件年相对与暖事件年会有更多的台风生成。

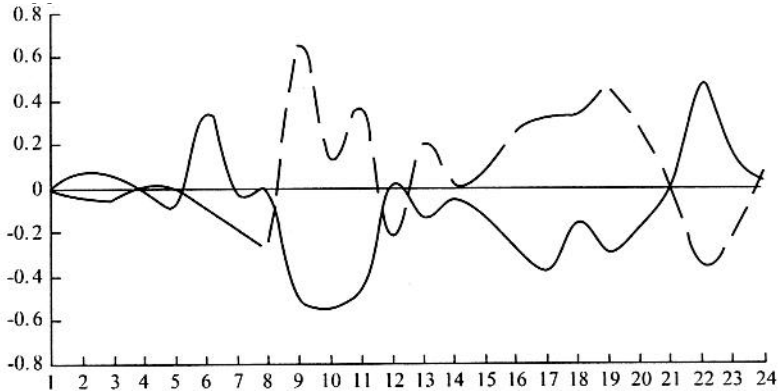


图 5 西北太平洋台风逐月平均发生数距平 (实线为 El Niño 年, 虚线为 La Niña 年)

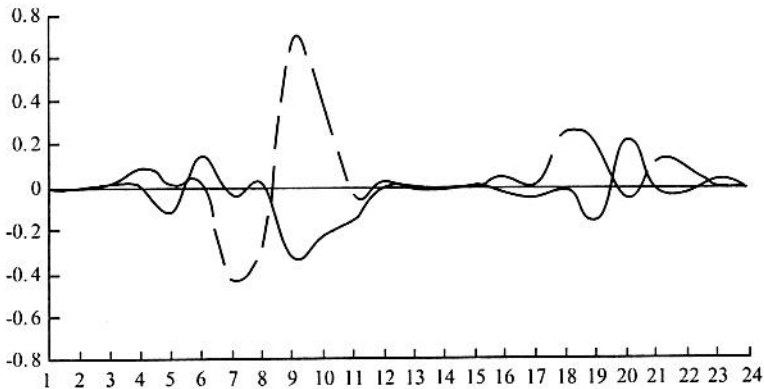


图 6 西北太平洋登陆台风逐月平均发生数距平 (实线为 El Niño 年, 虚线为 La Niña 年)

1899 ~ 2004 年中的 29 个 El Niño 年和 20 个 La Niña 年里, El Niño 年登陆的台风数偏少, 平均每年为 7.2 个, La Niña 年登陆的台风数比 El Niño 年多, 平均每年为 8.1 个。可见登陆我国的台风在 La Niña 年多于 El Niño 年。图 6 同图 5, 只是考虑的是登陆台风的状况, 由图 6 可见对于 El Niño 年, 台风频数在当年的 9 ~ 11 月份和次年 4 ~ 7 月份的有明显的负距平, 对于 La Niña 年, 台风频数在当年的 9、10 月份和次年的 6、7 月份有正距平, 这个形势与太平洋生成台风较为相似, 而且正负距平的大值都出现在当年, 可见对于次年的登陆台风 ENSO 的影响由于跨度时间较长, 相对于当年有所削弱, 另一方面考虑到每年的 1 ~ 3 月份没有台风登陆, 所以在当年 9 月到次年 8 月 ENSO 的冷事件年相对与暖事件年会有更多的台风登陆。

表 1 ENSO 年当年和次年台风数与平均台风数的比较

分 类	多于平均的年数	少于平均的年数
El Niño	14	15
La Niña	12	8
El Niño 次年	11	18
La Niña 次年	11	9

表 1 是 1899 ~ 2004 年中的 29 个 El Niño 年和 20 个 La Niña 年里 ENSO 年当年和次年台风数与平均台风数的比较，从表中可见，29 个 El Niño 年中有 14 个当年生成的台风比平均数目多，有 15 个少于平均数；而在次年有 11 个当年生成的台风比平均数目多，有 18 个少于平均数；所以 El Niño 年生成的台风一般偏少，尤其是次年有 62% 以上的年份生成的台风少于平均数。20 个 La Niña 年中有 12 个当年生成的台风比平均数目多，有 8 个少于平均数；而在次年有 11 个当年生成的台风比平均数目多，有 9 个少于平均数；所以 La Niña 年生成的台风一般相对于多年平均偏多。

通过以上的统计分析，可见 ENSO 对台风的频数在年际尺度上存在影响，冷事件当年 9 月到次年 8 月会有相对更多的台风生成和登陆，暖事件年反之。产生这样的异常主要是由于 ENSO 冷暖位相年海温异常所造成的，大气环流异常影响了台风生成和运动的大尺度环境从而影响台风的频数。在暖事件年，赤道东太平洋上空会出现异常上升运动，而在西太平洋有异常下沉运动，这种异常的下沉运动会抑制西太平洋的对流活动，不利于台风的发生发展。而在冷事件年西太平洋有较强上升运动，有利于台风生成，使台风频数偏多。

5 小结

本文分析了 1899 ~ 2004 年 106 年间西太平洋台风频数的变化特征，结果表明：(1) 台风频数的变化具有明显周期性，不仅存在着 2 ~ 4 年短周期的年际变化，而且存在十几到二十几年和 50 年长周期的年代际变化，反映了明显的年际和年代际特征，是一种短周期与长周期相互作用的多时间尺度的变化。从时间上讲西太平洋台风频数变化有多重时间尺度，从机理上分析，他是年际和年代际因素相互作用的结果；(2) 对于年际变化而言，西北太平洋台风频数变化与 ENSO 有明显关系，ENSO 事件的当年 9 月到次年 8 月冷事件年相对与暖事件年会有更多的台风生成和登陆，El Niño 年生成的台风一般偏少，尤其是 El Niño 次年有 62% 以上的年份生成的台风少于平均数。La Niña 年生成的台风一般相对于多年平均偏多，尤其是 La Niña 年当年会有 60% 的年份生成的台风多于平均数；(3) 在年代际尺度上，106 年的台风活动可以分为以下几个明显的活跃期和不活跃期，台风活动活跃阶段：1905 ~ 1915 年、20 至 40 年代、60 年代至 70 年代中叶、80 年代中叶至 90 年代中叶；台风活动不活跃阶段：1915 ~ 1920 年、40 年代至 60 年代、70 年代中叶到 80 年代中叶、90 年代后期到本世纪。这种年代际的变化可能与海气耦合的经向模态调制有关系，相应的研究工作将另文发表。

国际上已经开展了许多有关热带气旋活动尤其是北大西洋飓风频数的几十年至上百年变化规律的研究,目前在这一领域的工作我国还不多。面对全球变化的大背景,和日益增多的台风灾害,寻找台风长期变化的机制,提高台风活动的气候预测能力意义重大。

### 参考文献:

- [1] 陈联寿,丁一汇. 西太平洋台风概论 [M]. 北京: 科学出版社, 1979, 399 ~ 410.
- [2] 陈联寿, 孟智勇. 我国热带气旋研究十年进展 [J]. 大气科学, 2001, 25 (3): 420 ~ 432.
- [3] 李 英, 陈联寿, 张胜军. 登陆我国热带气旋的统计特征 [J]. 热带气象学报, 2004, 20 (1): 14 ~ 23.
- [4] 李崇银. 厄尔尼诺与西太平洋台风活动 [J]. 科学通报, 1985, 14: 1087 ~ 1089.
- [5] Emanuel K A. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. Nature, 2005, 436: 686 ~ 688.
- [6] PJ Webster, et al. Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. Science, 2005, 309: 1844 ~ 1846.
- [7] 王绍武, 龚道溢. 近百年来的 ENSO 事件及其强度 [J]. 气象, 1999, 25 (1): 9 ~ 13.
- [8] Johnny C L Chan. Tropical Cyclone Activity in the Western North Pacific in Relation to the Stratospheric Quasi-Biennial Oscillation [J]. Notes and Correspondence, Aug 1995: 2567 ~ 2571.
- [9] Nakazawa T. Intraseasonal variation of OLR in the tropics during the FGGE year [J]. Meteor Soc Japan, 1986, 64: 17 ~ 34.
- [10] Libermann, B H H Hendon, J D Glick. the Relation between Tropical Cyclones of Western Pacific and Indian Oceans and the Madden-Julian Oscillation [J]. Meteor Soc Japan, 1994, 72: 401 ~ 411.
- [11] Hall J A, Matthews J, Karoly D J. The modulation of tropical cyclone activity in the Australian region by the Madden-Julian Oscillation [J]. Mon Wea Rev, 2001, 129: 2970 ~ 2982.

## Study on the variation characteristics of annual frequency for tropical cyclones in western north pacific during the last hundred years and relationship with enso

HUANG Yong<sup>1</sup>, LI Chong-Yin<sup>1, 2</sup>, WANG Ying<sup>3</sup>, SONG Bin<sup>1</sup>

(1. Institute of Meteorology, PLA University of Science and Technology, Nanjing, 211101 China; 2. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029 China; 3. Meteorological and Hydrographic Department of General Staff, Beijing, 100081 China)

**Abstract:** In this paper, we concluded the characteristics of Tropical Cyclones (TCs) activity over the western north Pacific from 1899 to 2004 by using data of serially numbered TCs in northwestern Pacific. The results show that, Firstly, TCs activity variation in northwestern Pacific show clearly interannual and interdecadal periods cycle. It's the interactional result of interannual and interdecadal periods cycle. Secondly, interannual periods cycle has relationship with ENSO. El Niño has more TCs frequency than La Niña from September to next August. Thirdly, interdecadal periods cycle can be composed of several active and fallow phases. It's possible caused by Pacific Meridional Mode.

**Key Words:** Tropical Cyclones; variation characteristics; ENSO