

百余年来影响福建热带气旋的变化特征^{* 1}

高建芸¹⁾²⁾ 江志红¹⁾ 游立军²⁾ 张容焱²⁾

¹⁾(南京信息工程大学, 南京 210044)

²⁾(福建省气候中心, 福州 350001)

摘 要

应用 1884—2003 年影响福建的热带气旋资料, 采用突变分析、最大熵谱分析、连续小波变换以及正交小波变换等方法研究百余年来影响福建热带气旋频数变化的多时间尺度特征及其异常年份的海气背景场特征。结果表明: 百余年来福建经历了 3 次少台期和 2 次多台期, 影响福建热带气旋频数具有准 13 年、准 4 年和准 2.5 年的振荡周期, 1971 年为年频数变化的突变点; 影响福建热带气旋频数近百年呈弱的上升趋势, 但近十几年略微下降, 未来有偏多的趋势; 影响福建热带气旋异常偏多(少)的年份, 夏季 500 hPa 高度场上, 鄂霍次克海地区位势高度偏低(高), 从高纬到低纬呈“一十—”(“十—十”)的距平型, 纬(经)向环流占优势, 西风带低槽偏北(南), 副热带高压北界偏北(南), 副热带高压脊线偏北(南); 赤道中、东太平洋为明显的带状负(正)SSTA 距平区, 同时西太平洋热带气旋主要源区和西北太平洋上皆为正(负)SSTA 距平。由此可见, 影响福建热带气旋频数多寡与西太平洋热带气旋生成区的海温有关, 同时大气环流系统的位置和强弱对热带气旋路径的变化起着关键性作用, 从而使影响福建热带气旋频数的变化。

关键词: 热带气旋; 变化特征; 影响福建

引 言

福建省地处东南沿海, 濒临西北太平洋, 热带气旋影响之频繁仅次于广东省、海南省和台湾省, 是福建夏季的主要气象灾害。近年来, 不少学者从不同角度对西太平洋热带气旋与季风环流的关系进行了探讨, 并揭示出一些重要的事实: 陶诗言^[1]、丁一汇等^[2]对影响西北太平洋热带气旋形成的大尺度环流条件的分析表明, 大尺度环流条件可能是影响热带气旋频数变化的重要原因。孙秀荣等^[3]分析东亚夏季季风与西北太平洋地区(包括中国南海)热带气旋频数的关系, 结果表明, 在强夏季风年西北太平洋地区热带气旋频数偏多, 而弱夏季风年同期热带气旋频数异常偏少而后期趋于正常, 正常夏季风年热带气旋频数基本正常。张庆云等^[4]研究表明: 夏季 200 hPa 风场上南亚高压中心位置偏北(南)其形态表现向东北(东南)伸展, 西太平洋热带地区上空(200 hPa)的东风急流加强(减弱), 中层(500 hPa)西

太平洋副热带高压脊线位置偏北(南), 低层(850 hPa)东亚夏季风环流偏强(弱), 登陆中国台风数偏多(少)。潘怡航^[5]、李崇银^[6]对 ENSO 循环与西太平洋和南海台风数以及登陆我国大陆台风数的关系进行了研究, 认为 El Niño 年西太平洋和南海台风数以及登陆我国大陆的台风数均较常年偏少, La Niña 年则明显偏多。邓自旺等^[7]进一步研究了我国登陆台风频率变化与太平洋海表温度场的关系表明, El Niño 年登陆台风偏少, 第二类 La Niña 年的当年登陆台风也偏少, 而相邻年登陆台风将偏多。陈联寿^[8]认为季节内热带气旋发生频率与 ENSO 的关系不是十分显著, 但还是影响其生成海域的变迁, 暖的 ENSO 常使台风形成于西北太平洋的东南海域, 一般年份台风不一定在这一海域生成。目前对热带气旋的年代际变化分析得还不多^[9-10], 本文首先分析百余年来影响福建热带气旋活动的变化特征, 在此基础上, 分析影响福建热带气旋异常的海气背景场特征, 揭示其可能的物理联系, 为影响福建热带气旋的短期气候预测提供依据。

* 科技部“福建省灾害气候短期气候预测业务服务系统”项目(2001DIB20116)资助。

2006-04-06 收到, 2006-12-18 收到再改稿。

1 资料和方法

本文采用的资料包括:① 1884—2003年影响福建热带气旋(简称TC)年、季频数。影响福建TC年频数是指年内正面登陆福建或登陆邻省(广东、海南等)之后,中心再进入福建的TC,以及登陆杭州湾以南浙江沿海、珠江口以东广东沿海,中心未进入福建,但中心位置进入福建省海岸线3个经、纬距范围内的TC总数,统称为影响福建TC年频数;影响福建TC季频数指7—9月影响福建TC总数。② 环流场资料:1951—2002年北半球500 hPa月平均高度场($5^{\circ} \times 10^{\circ}$ 网格点)。③ 1951—2002年北太平洋286个格点逐月海温资料,网格距为 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 。

应用的方法有:相关分析、趋势分析、滑动 t -检验法、Cramer法、最大熵谱分析、连续小波变换、正交小波变换等。

2 百余年来影响福建热带气旋频数的年代际变化

2.1 趋势分析

1884—2003年影响福建的TC总数为584个,平均每年4.87个,均方差1.91,最多年份为1961年(13个),最少为1896年和1993年(1个)。从近百年影响福建TC年频数的累积距平曲线图(图略)可以看出,120年间影响福建TC年频数可分为3次少台期和2次多台期,其中少台期为:1884—1902年、1932—1955年和1972—2003年;多台期为:1903—1931年,1956—1971年。各活动期特征数列于表1。由表1可以看出,多台期与少台期维持时间大约为15~35年左右。5次活动期中,以多台期1956—1971年最为明显,16年中偏少年仅为2年,平均每年6.2个,偏多1.3个;1972—2003年的少台期累积

表1 1884—2003年影响福建TC年频数变化

Table 1 Variation of the annual frequency of Fujian-affecting TC during 1884—2003

阶段	少台期	多台期	少台期	多台期	少台期
起止年份	1884—1902年	1903—1931年	1932—1955年	1956—1971年	1972—2003年
间隔年数	19	29	24	16	32
TC平均数	4.1	5.3	4.3	6.2	4.7
距平	-0.8	0.4	-0.6	1.3	-0.2
偏少年数(<5个)	12	10	14	2	13
正常年数(=5个)	4	7	5	6	12
偏多年数(>5个)	3	12	5	8	7

距平曲线变化较为平缓,是近百年中影响福建TC年频数累积距平变化最小的阶段,32年间偏多年数仅7年。

2.2 最大熵谱分析

应用最大熵谱分析,取最大后延数 $M=N/2$ 。图1给出影响福建TC年频数的最大熵谱的谱图,由图可知,突出的峰值出现在4.14年左右的周期上,其次在13~14年和2.5年周期上也出现较大值。

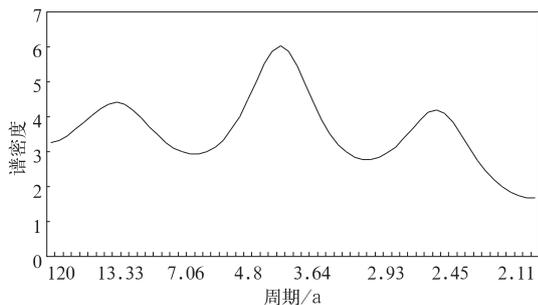


图1 影响福建TC年频数的最大熵谱
Fig.1 Spectral values from the maximum entropy analysis of the annual frequency of Fujian-affecting TC

由此可知:影响福建TC年频数具有准13年的中周期振荡和准4年和准2.5年的短周期振荡,尤其是4年的短周期振荡最为显著。

2.3 突变分析

分别利用滑动 t -检验和Cramer方法对1884—2003年影响福建TC年频数进行突变检验,子序列样本长度 N_1 分别取5,7,10,15,20年,显著性水平 $\alpha=0.01$,由滑动 t -统计量曲线(图略)可以看出,当 $N_1 < 10$ 时,1931年 $|t|$ 值较大,通过0.01的显著性检验;当 N_1 取值为15和20时,通过0.01的显著性检验的年份是1971年和1955年。Cramer曲线(图2)表明无论 N_1 取何值, $|t|$ 最大值都出现在20世纪60年代末和70年代初附近,且通过0.01的显著性检验。

结合累积距平的分析结果最终可以得出:1902,1931,1955年是福建TC年频数变化的转折点,其中1902年和1955年是少台期向多台期转换的转折

点,1931 年则是多台期向少台期转换的转折点,1971 年为影响福建 TC 年频数变化的突变点,此时

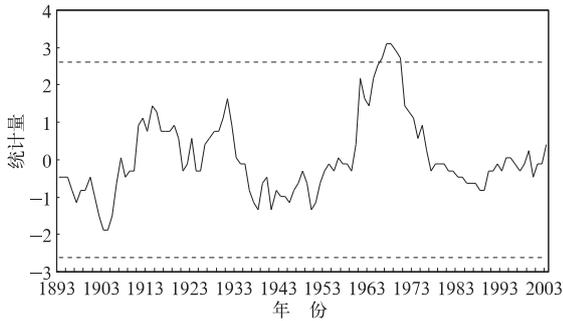


图 2 1884—2003 年影响福建 TC 年频数的 Cramer 曲线 (N₁ 为 10 年,虚线为 $\alpha=0.01$ 显著性检验值)

Fig. 2 Cramer curve denoting the annual frequency of Fujian-affecting TC during 1884—2003 (where N₁ = 10 years, with dotted showing the interval at 0.01 significance level)

正是近百余年来最明显的一次多台风活动期的结束和新的少台期开始的转折点。

2.4 墨西哥帽小波分析

应用墨西哥帽小波变换得到影响福建 TC 年频数的小波变换系数如图 3 所示。由图 3 可见,影响福建 TC 年频数在 16 年左右尺度的小波系数变化表现为负(少)-正(多)-负(少)-正(多)-负(少)5 个变化阶段,与趋势分析的结果是比较一致的,即 19 世纪末至 20 世纪初、20 世纪 30—40 年代和 70 年代至今为福建的少台期,而 20 世纪初至 30 年代初以及 50 年代至 70 年代初为福建的多台期,目前处于少台期向多台期的过渡。另外根据该小波变换系数绝对值的大小和正负交替也可以看出影响福建 TC 频数不同时间尺度变化的嵌套结构。根据年代际变化特征,在不考虑长期趋势的情况下,下一个 10 年福建省应该是一个相对多台期。

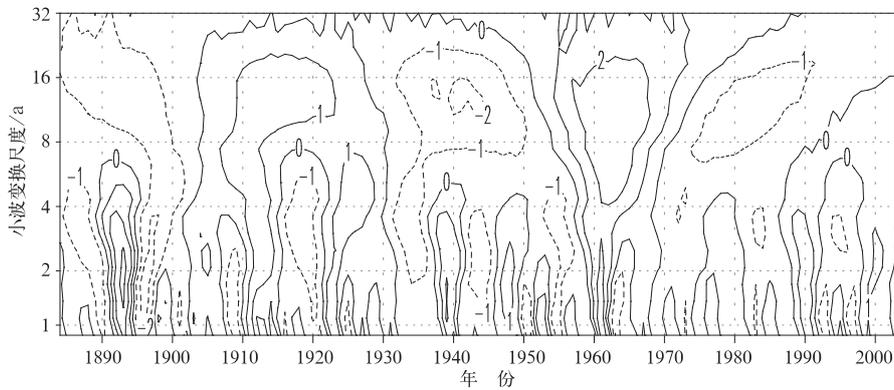


图 3 影响福建 TC 年频数标准化序列小波变换系数

Fig. 3 Transform-obtained coefficients of normalized series of the annual frequency of Fujian-affecting TC

2.5 正交小波分析

利用 DB16 为母小波对影响福建 TC 年频数标准化序列进行正交分解,结果如图 4 所示。得到相互正交的 7 个频带成分,其中 6 个高频成分(图 4b~g)和平滑信息(图 4h)。由图 4h 可见,从基本气候背景来看,百年来影响福建热带气旋呈逐渐增加的趋势,尤其 20 世纪 60 年代前增幅较大,60 年代后增幅较小。从图 4b~e 可以看出,自 20 世纪 70 年代后序列明显与前期不同,影响福建热带气旋年频数的年际变化和年代际变化振幅变小,异常年份出现的机率变小。

由于各成分之间两两正交,因此总方差等于各分量方差之和。由表 2 可以看出,方差贡献最大的

是周期 < 3.5 年的成分,占 37.6%;其次是 3.5~7 年周期占 35.1%;7~15 年周期占 16%。可见影响福建 TC 年频数的年际变化最明显,解释了总体方差的 88.7%。在其他尺度上的变化是:15~30 年周期成分解释了方差的 3.7%,30~60 年年代际尺度解释了方差的 6.5%,反映周期为 60~120 年的长期变化尺度,可解释 0.4% 的方差,而长期变化趋势部分则可解释 0.7%。将影响福建 TC 年频数变化分为年际变化、年代际变化和长期变化,则可得到 3 个成分的方差贡献率分别为 88.7%,10.2% 和 1.1%。

根据表 2 重构长期变化、年代际变化和年际变化成分,可得到以下结论:影响福建 TC 长期变化的趋势是近百年有弱的上升趋势,但近十几年有小的

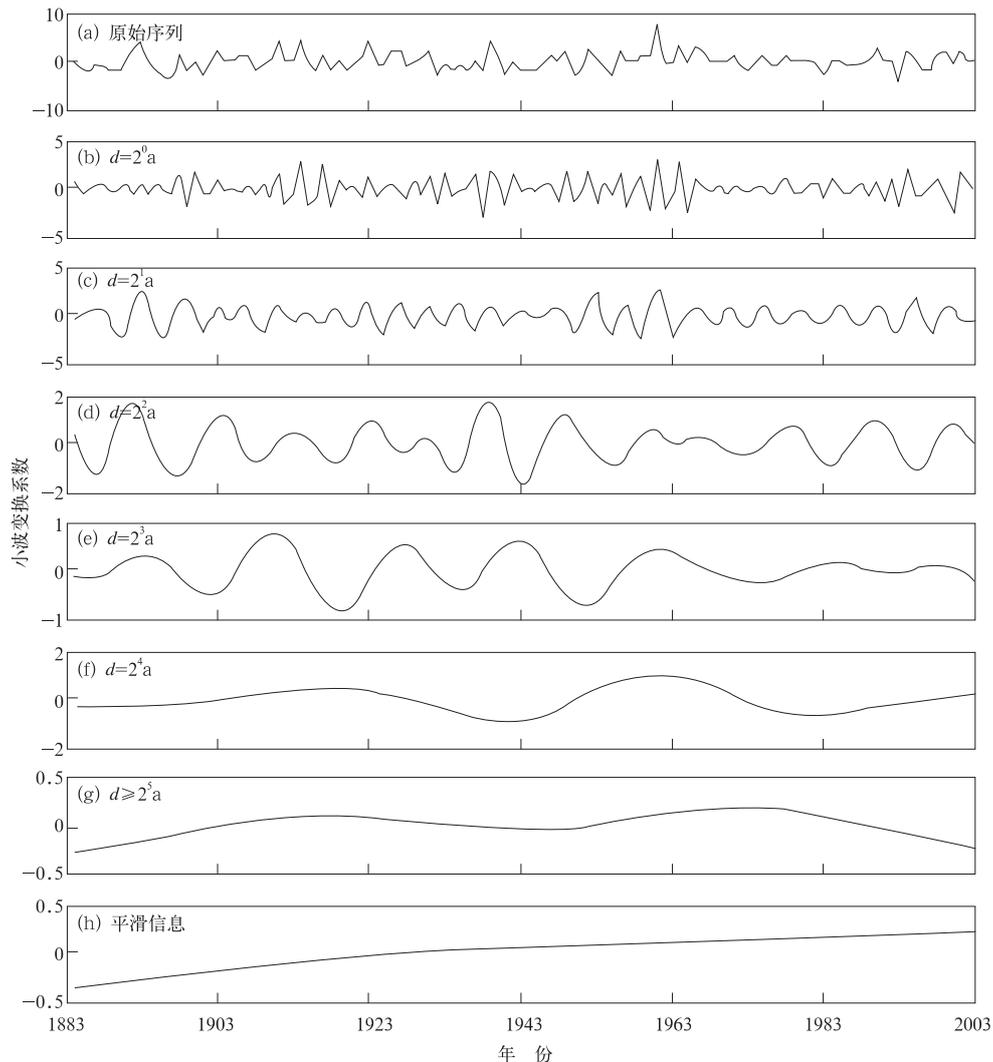


图 4 影响福建 TC 年频数在 6 个时间尺度(d)上的分量
Fig. 4 The annual frequency of Fujian-affecting TC at 6 temporal scales (d)

表 2 影响福建 TC 年频数 7 个尺度变化的方差贡献率

Table 2 Variance contribution of the annual frequency of Fujian-affecting TC variation at 7 scales

时间尺度	年 际			年 代 际			长 期 变 化
变换尺度/ a	2^0	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5	$\geq 2^5$
对应周期/ a	<3.5	$3.5\sim 7$	$7\sim 15$	$15\sim 30$	$30\sim 60$	$60\sim 120$	>120
方差贡献/%	37.6	35.1	16.0	3.7	6.5	0.4	0.7

下降,具体分为 4 个阶段:19 世纪 80 年代至 20 世纪初逐渐增加,20 年代至 40 年代基本不变,50 年代至 70 年代有逐渐增加的趋势,80 年代后有逐渐减少的趋势。从年代际变化来看:大致经历了少台-多台-少台-多台-少台 5 个时期,20 世纪 10~20 年代和 50,60 年代年代际变化较为明显,振幅较大,而近 30 年年年代际变化不明显,未来有偏多的趋势。从年际变化的尺度来看,从 60 年代中期至 90 年代初,影响福建热带气旋年频数随时间变化振幅较前期小,即年际变化不明显,台风异常年份出现几率较小。

3 影响福建热带气旋频数异常的环流与海温特征分析

3.1 影响福建热带气旋频数异常年份的确定

根据均方差(σ)将影响福建 TC 频数划分为以下 5 级(表 3):异常偏少年为 8 年、偏少年为 10 年、正常年为 25 年、偏多年为 6 年以及异常偏多年为 5 年。影响福建的 TC 出现在 4—11 月,其中 7—9 月共出现 211 个,占年总频数 78%。全年影响福建

TC 频数曲线和 7—9 月影响福建 TC 频数曲线(图略)趋势一致,两者间存在着很好的相关关系,相关系数达 0.83,因此 7—9 月影响福建 TC 趋势可以代表全年趋势。因此,着重分析夏季(7—9 月)大气环流及海温场与影响福建 TC 年频数的关系。

表 3 1950—2003 年影响福建 TC 异常年份的划分
Table 3 The classification of the annual frequency of Fujian-affecting TC during 1950—2003

等级	年份
异常偏多	1952,1961,1964,1966,1990
偏多	1949,1956,1967,1994,1999,2001
正常	1953,1957,1958,1959,1960,1962,1968,1969,1970,1971,1974,1975,1978,1979,1980,1981,1984,1985,1988,1989,1991,1992,1995,1998,2002
偏少	1954,1963,1965,1972,1976,1977,1982,1986,1987,2000
异常偏少	1950,1951,1955,1973,1983,1993,1996,1997

3.2 影响福建热带气旋频数异常年份夏季 500 hPa 高度场特征

TC 频数正常年 7—9 月的 500 hPa 高度场(图略)表明,副热带高压呈带状分布,中心位置大致位于 24°N , 150°E , 588 dagpm 线向西伸展到 120°E 附近,中高纬度盛行纬向环流,西风带南缘大概位于 35°N 左右。

夏季 500 hPa 高度场 TC 频数异常偏多年和 TC 频数异常偏少年与正常年的偏差场分布表现为明显不同的特征。图 5a 为 TC 频数异常偏多年的

偏差场,鄂霍次克海地区位势高度呈负偏差,不利阻塞形势发展,从高纬到低纬呈“一十一”的距平型,纬向环流占优势。反之,TC 频数异常偏少年(图 5b)鄂霍次克海地区位势高度出现正偏差,有利阻塞形势发展,导致中纬度西风分支,经向度加大,副热带锋区南压,从高纬到低纬呈“十—十”的距平型。可见,不同 TC 频数异常年份所对应的副热带高压和西风带的强度和位置也不同。TC 频数异常偏多年,热带气旋源区为负偏差区,有利于热带气旋的生成,而日本及其以东洋面出现正偏差区,表明副热带高压位置偏北,西风带比正常年份偏北,这种大气环流形势有利于热带气旋移动路径偏北,造成影响福建 TC 频数增多;而 TC 频数异常偏少年则正好有相反的分布。

由 TC 频数异常年份副热带高压 588 dagpm 线分布图(图略)可见,TC 频数异常偏多年份的特点是:西风带低槽偏北,副热带高压北界偏北,副热带高压脊线偏北,位于 27°N 左右,热带辐合带活跃并向北推进,有利于 TC 生成,此时福建省正好处于副热带高压南侧,TC 在副热带高压南侧偏东气流引导下,较多地移近福建,导致影响福建的 TC 频数异常偏多。TC 频数异常偏少年份则相反,西风带低槽偏南,副热带高压北界偏南,副热带高压脊线也偏南,在 25°N 附近,热带辐合带不活跃,不利于 TC 生成,且西太平洋 TC 平均路径偏南,TC 多移向华南,导致影响福建 TC 频数异常偏少。

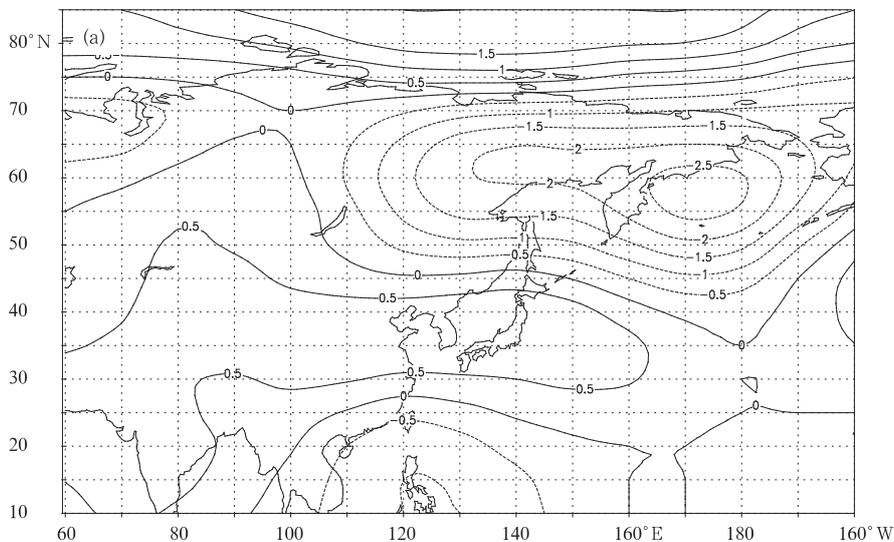
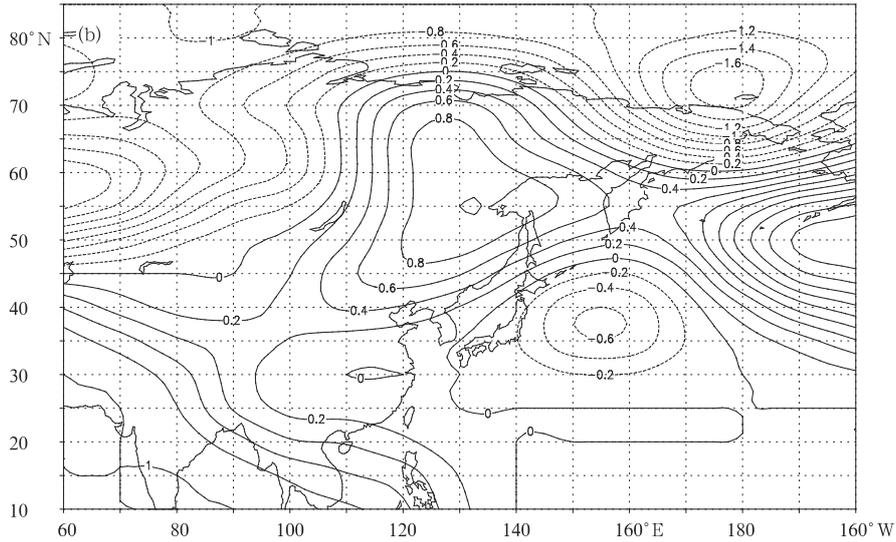


图 5 TC 频数异常偏多(a)和异常偏少(b)年份相对于正常年份夏季 500 hPa 高度场偏差(单位: dagpm)

Fig. 5 The summer 500 hPa height anomaly of normal to very higher (a) and very lower (b) frequency of Fujian-affecting TC (unit: dagpm)



续图 5

3.3 影响福建热带气旋频数异常年份夏季 SST 场特征

图 6a 为 TC 频数异常偏多年 7—9 月的 SST 距

平图, 赤道中、东太平洋为负距平区, 偏低 0.1~0.9 °C, 西北太平洋上为正距平, 偏高 0.1~0.5 °C。

而 TC 频数异常偏少年(见图 6b)则相反, 赤道中、东

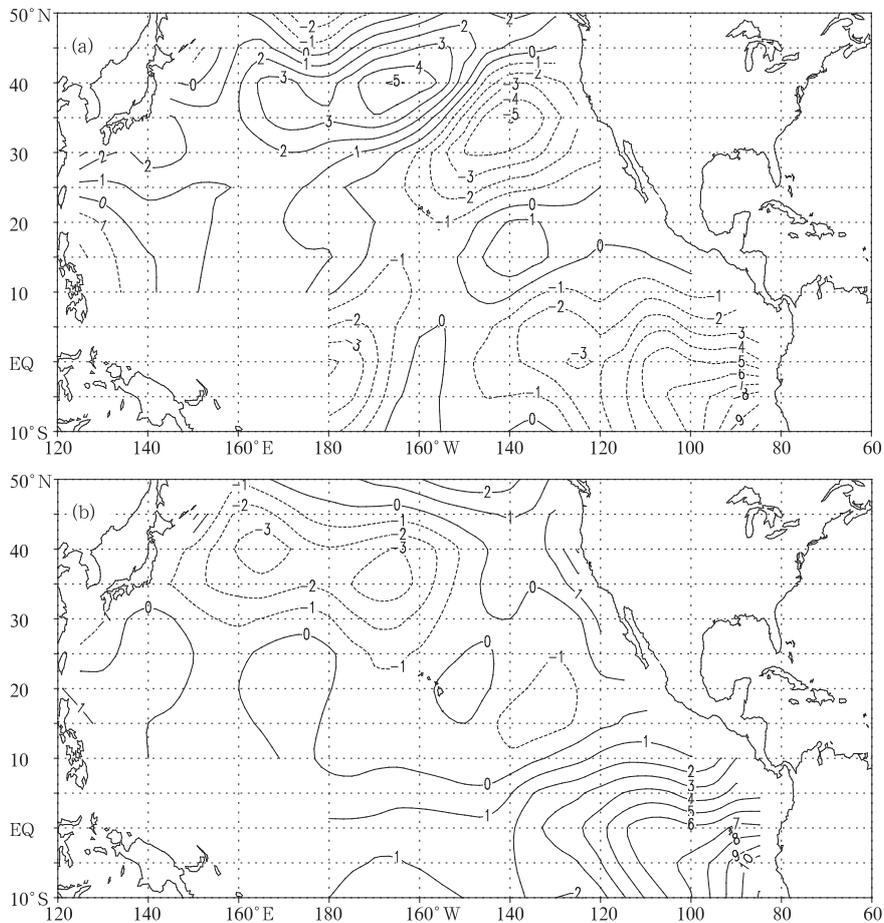


图 6 TC 频数异常偏多(a)和异常偏少(b)年份 SST 距平图

Fig. 6 Distribution of SSTA for the year of anomalous higher (a) and lower (b) frequency of Fujian-affecting TC

太平洋为明显的带状正距平区, 偏高 $0.1 \sim 1.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$; 同时西太平洋 TC 主要源区和西北太平洋上皆为负距平, 偏低 $0.1 \sim 0.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 距平中心分别出现在 40°N , 165°E 和 37°N , 170°W 附近。由此可以得出: 西太平洋 TC 主要源区海温偏低不利于 TC 生成, 赤道中、东太平洋海温异常偏高(即 El Niño 年), 西北太平洋海温偏低, 影响福建 TC 年频数偏少。

表 4 表明影响福建 TC 年频数与夏季 500 hPa 阻塞高压、西风带及副热带高压的强度和位置有关, 同时与西太平洋 TC 源区海温、西北太平洋海温和赤道中、东太平洋海温关系密切。

表 4 影响福建 TC 异常年份的大气环流及海温场特征
Table 4 Features of 500 hPa atmospheric circulations and SST field in relation to anomalous Fujian-affecting TC frequency

统计项目		TC 异常偏多年	TC 异常偏少年
500 hPa	鄂霍次克海地区	负距平	正距平
高度场	朝鲜至日本以东洋面	正距平	负距平
	南海及菲律宾附近	负距平	正距平
	阻塞高压	不发展	发展
	西风带低槽	偏北	偏南
	副热带高压北界	偏北	偏南
	副热带高压脊线	偏北	偏南
SST	西北太平洋	正距平	负距平
	西太平洋 TC 源区	正距平	负距平
	赤道中、东太平洋	负距平	正距平

由表 4 可知: 影响福建热带气旋频数异常偏多(少)的年份, 夏季 500 hPa 高度场上鄂霍次克海地区位势高度偏低(高), 从高纬到低纬呈“一十—”(“+—+”)的距平型, 纬(经)向环流占优势, 西风带低槽偏北(南), 副热带高压北界偏北(南), 副热带高压脊线偏北(南); 影响福建热带气旋频数异常偏多(少)的年份, 赤道中、东太平洋为明显的带状负(正)距平区, 同时西太平洋 TC 主要源区和西北太平洋上皆为正(负)距平。

4 结论与讨论

1) 百余年来福建经历了 3 次少台期和 2 次多台期, 转折点分别为 1902, 1931, 1955 年和 1971 年, 其中 1971 年为影响福建热带气旋年频数变化的突变点。影响福建热带气旋频数具有准 13 年的周期振荡和准 4 年和准 2.5 年的短周期振荡, 尤其是 4 年的短周期振荡最为显著。

2) 影响福建热带气旋频数近百年长期变化呈弱的上升趋势, 但近十几年有略微的下降; 从年代际

变化来看: 大致经历了少台-多台-少台-多台-少台 5 个时期, 未来有偏多的趋势; 从年际变化的尺度来看, 从 20 世纪 60 年代中期至 90 年代初, 影响福建热带气旋年频数随时间变化振幅较前期小, 即年际变化不明显, 台风异常年份出现几率较小。

3) 影响福建热带气旋频数异常偏多(少)的年份, 夏季 500 hPa 高度场上鄂霍次克海地区位势高度偏低(高), 从高纬到低纬呈“一十—”(“+—+”)的距平型, 纬(经)向环流占优势, 西风带低槽偏北(南), 副热带高压北界偏北(南), 副热带高压脊线偏北(南); 赤道中、东太平洋为明显的带状负(正)SST 距平区, 同时西太平洋热带气旋主要源区和西北太平洋上皆为正(负)SST 距平。

由正交小波分析可以看出: 20 世纪 70 年代后影响福建热带气旋年频数发生突变, 年际变化和年代际变化振幅较前期变小, 异常年份出现的几率也变小, 其原因值得探究。百余年来影响福建热带气旋频数的变化特征表明影响福建热带气旋年频数有准 4 年和准 2.5 年的周期振荡(可能与 QBO 有一定的关联), 20 世纪 70 年代初期为影响福建热带气旋年频数变化的突变点, 这些事实表明影响福建热带气旋频数与 ENSO 事件的发生存在某种联系, 但众所周知, ENSO 的突变点发生在 70 年代中后期。可见, 太平洋热带海气状况不是影响福建热带气旋频数多寡的唯一因素, 大气环流系统的位置和强弱对热带气旋路径的变化起着关键性作用, 其机理还需进一步研究。

参考文献

- [1] 陶诗言. 西太平洋台风频数与大气环流的联系 // 中国夏季副热带天气系统若干问题的研究. 北京: 科学出版社, 1965.
- [2] 丁一汇, 莱特 E R. 影响西太平洋和北大西洋热带气旋发生频数相关的大尺度环流分析. 海洋学报, 1984, 6(4): 542-552.
- [3] 孙秀荣, 端义宏. 对东亚夏季季风与西北太平洋热带气旋频数关系的初步分析. 大气科学, 2003, 27(1): 67-74.
- [4] 张庆云, 彭京备. 夏季东亚环流年际和年代际变化对登陆中国台风的影响. 大气科学, 2003, 27(1): 97-106.
- [5] 潘怡航. 赤道东太平洋热力状况对西太平洋台风发生频率的影响. 气象学报, 1982, 40(1): 24-34.
- [6] 李崇银. 厄尔尼诺影响西太平洋台风活动的研究. 气象学报, 1987, 45(2): 229-235.
- [7] 邓自旺, 屠其璞, 冯俊茹, 等. 我国登陆台风频率变化与太平洋海表温度场的关系. 应用气象学报, 1999, 10(增刊): 55-60.
- [8] 陈联寿. 国际热带气象研究的现状和发展 // 新世纪气象科技创新与大气科学发展——热带气旋和季风. 北京: 气象出版社, 2003.
- [9] 张艳霞, 钱永甫, 王谦谦. 西北太平洋热带气旋的年际和年代

际变化及其与南亚高压的关系. 应用气象学报, 2004, 15(1): 74-80.

[10] 蒋乐贻, 应明. 华东地区热带气旋年频数异常的分析. 应用气象学报, 2002, 13(1): 88-95.

Variations in Activities of Fujian-affecting Tropical Cyclones During 1884—2003

Gao Jianyun¹⁾²⁾ Jiang Zhihong²⁾ You Lijun¹⁾ Zhang Rongyan¹⁾

¹⁾ (*Fujian Climate Center, Fuzhou 350001*)

²⁾ (*Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044*)

Abstract

Situated in the Southeast seaboard of China and facing the western North Pacific, Fujian Province is influenced by tropical cyclones (TC) as one of the major summer meteorological disasters at just a lower frequency than Guangdong, Hainan and Taiwan. The 1884—2003 tropical cyclone (TC) data affecting Fujian Province are utilized to investigate the variations of their activities in the Province by means of the trend analysis, mobile t -test, Cramer's scheme, maximum entropy spectrum technique, continuous and orthogonal wavelet transforms. On this basis, the atmospheric circulation and SST are examined in the year of TC anomaly influencing Fujian in an attempt to reveal the possible mechanisms for a scientific basis, with which to predict short-term climate.

During the research period Fujian experiences three (two) stages of a lower (higher) number of typhoons hitting Fujian, with the turning points in 1902, 1931, 1955 and 1971 with the last being the year of abrupt change in the annual frequency. Affecting the frequency are the quasi-periodic oscillations at about 13, 4 and 2.5 years, particularly pronounced being the quasi-4 year mode.

The annual TC frequency shows a weak rise during the 100 years on the whole but a slight drop in the past several decades. In terms of interdecadal variation, the frequency experiences the decrease-increase-decrease-increase-decrease phases, ushering in the increase in the next phase. From the interdecadal scale between the mid 1960s to the early 1990s, the time-dependent amplitude of the frequency is small compared to the anterior stage, meaning insignificant interannual variation and low probability of TC anomaly years in this period.

In the year of more (fewer) TC battering Fujian, the geopotential height on the summertime 500 hPa height field over the Okhotsk Sea is lower (higher), with the anomalies arranged as “- + -” (“+ - +”) from high to low latitudes, and zonal (meridional) circulations prevail, leading to the westerly trough northward (southward) of the mean, the northernmost limit and thus the ridge of the subtropical high northward (southward) of the mean and associated with this, a significant banded negative (positive) SSTA zone covers the middle-eastern Pacific at equatorial latitudes in contrast to a positive (negative) SSTA swathe that emerges in the dominant source of TC in the western Pacific and the northwestern Pacific. It follows that a higher or lower frequency of typhoons striking Fujian is related to SST at the source region for TC in the western Pacific and their tracks are strongly affected by the position and intensity of atmospheric circulation systems so that the Fujian-hitting typhoons' frequency changes accordingly.

Key words: tropical cyclone; variation features; Fujian-affecting