

西北太平洋台风累积动能的气候特征

黄丽娜¹ 林笑茹² 曾 华¹ 庄淑文¹

(1. 福建省莆田市气象局,莆田 351100; 2. 福建省宁德市气象局)

提 要: 利用 1945—2008 年 JTWC 提供的台风资料,计算了西北太平洋地区台风累积动能,分析了台风累积动能的时间分布特征,统计累积动能与尼诺 3.4 区海温的关系。结果表明:每年台风累积动能主要集中在 6—12 月;累积动能有明显的阶段性;1990 年以后极端台风事件发生频数有增加的趋势;6—12 月台风累积动能与尼诺 3.4 区的海温距平呈正相关;台风累积动能与海温的关系通过沃克环流和局地哈得来环流起作用。

关键词: 累积动能 极端台风事件 越赤道气流 沃克环流

Climatological Characters for Accumulative Cyclone Energy over Western North Pacific

Huang Lina¹ Lin Xiaoru² Zeng Hua¹ Zhuang Shuwen¹

(1. Putian Meteorological Office, Fujian Province 351100; 2. Ningde Meteorological Office, Fujian Province)

Abstract: Based on the 1945—2008 typhoon data from JTWC, the accumulative cyclone energy (ACE) over the western North Pacific is calculated. The characters and the relationship between ACE and SST in NINO3.4 are analyzed. The following results are obtained. ACE is mostly concentrated in June—December. The activity of ACE occurs at regular intervals. After 1990, the frequency of extreme strong typhoon had an increasing tendency obviously. The relationship of ACE in June—December and anomalous SST in NINO3.4 is notable. Abnormal Walker circulation and Hadley cell play an important role in the relationship between ACE and SST.

Key Words: accumulative cyclone energy extreme strong typhoon case cross-equatorial flow Walker circulation

引言

热带西北太平洋位于全球海面温度最高之西太平洋暖池范围内以及有利的环流背景、强暖洋流作用、星罗棋布的岛屿、南半球跨赤道气流等因素的作用使西北太平洋成为全球台风生成最为频繁的区域^[1]。我国东部沿海及台湾省处于台风活动的主要路径上,是亚太地区受台风影响最严重的地区之一。台风影响时可能造成惨重的经济和人员伤亡事故,也可能带来大量的降水,缓解水资源压力。分析和预测好台风,对防灾减灾,科学利用自然资源,意义重大。

对于台风的影响,国内外有众多学者或专家做过研究^[1-2]。近年来,随着资料同化技术及其应用水平的提高,国内专家们对台风影响和台风移动路径的机制和成因的研究也更加深入^[3-7],在热带气旋气候特征方面也做了许多有意义的工作^[8-10]。关于台风能量的研究,近年来有许多成果出现,Emanuel指出,台风的破坏能力与其最大持续风速的立方成正比,故提出 PDI(Potential Destructiveness Index)以估计台风的破坏能力^[11];美国 NOAA 提出以 ACE(Accumulative Cyclone Energy)指数代表全球各热带洋域热带气旋的活动状态;台湾邱品竣、余嘉裕等计算 ACE 以确定台风活跃年与不活跃年^[12]。台风引起的灾害是其强度和持续时间共同作用的结果,但传统的台风多年与少年的表达是以次数而定,没有考虑其强度和持续时间

的影响,即使考虑也未有较好的表达式,例如以次数多少而论,2006 年西太平洋全年达到 TS(Tropical Storm)强度以上的热带气旋只有 24 次,比年均 28.2 次还少,然而这一年是西北太平洋台风灾害最严重的一年,有 4 个达到 Cat 5 的顶级台风,5 个达到 Cat 4 的超级台风,共有 6 个因灾害极其严重而被亚太经社会/世界气象组织台风委员会除名,这一年 ACE 达到 355(单位: 10^4kt^2 ,下同),而 2008 年达热带风暴强度以上的有 28 个,以次数而论,接近年均值,也比 2006 年多 4 次,然而这一年全年没有一个台风达到 Cat 5,达到 Cat 4 的也只有 4 次,而热带风暴多达 15 次,占总数的 53.6%,其 ACE 也只有 161,因而这一年总体上台风强度偏弱,影响也小。

通过这两年的比较可见,用 ACE 总值来表达台风活跃(不活跃)、危害大(不大)具有很好的表达价值,因而 ACE 值的计算成为 NOAA 系统的一个常规项目,列为每个台风多项气候值之一(如表 1),它对于减灾防灾具有很好应用价值。因此建议做台风年度预测时,也要做年度 ACE 预报,如果次数多,ACE 也大,则这年西北太平洋台风危害特大,如果次数少,但 ACE 大,则这年将有强台风多的可能,如 2006 年;如果次数多 ACE 小,则这年台风强度可能较弱,如 2008 年。本文仿效 NOAA-ACE 的计算方法计算台风动能,以此做为量化台风动能的参数;统计 ACE 的时间分布特征;统计极端台风事件的时间变化特征;统计 ACE 与赤道中东太平洋海温的相关性;分析海温对 ACE 作用的物理原因。

表 1 NOAA 系统统计的热带气旋项目

热带气旋名称	热带低压形成日期	热带风暴形成日期	Cat 级别	6 小时最大持续风速/kt	6 小时最大阵风/kt	ACE/ 10^4kt^2
01W	01/14/08	01/14/08	TS	35	45	0.3675
Neoguri	04/15/08	04/19/08	Cat 2	95	115	8.9556
Rammasun	05/07/08	05/13/08	Cat 4	135	165	17.4850

1 资料来源与研究方法

本文采用的台风资料是美军“联合台风警报中心”(JTWC)整理的台风最佳路径资料,每 6 小时一次的时间、位置与最大风速,资料起止时间为 1945—2008 年;尼诺 3.4 区海温用美国 NOAA 气候预测中心提供的每 3 个月滑动平均资料($5^{\circ}\text{N}\sim 5^{\circ}\text{S}$, $120^{\circ}\sim 170^{\circ}\text{W}$)。

ACE 指数计算方法:以常规每 6 小时一次定位中的 sustained wind 的平方和作为该号台风 ACE(单位: 10^4kt^2),计算开始时次:热带气旋初次达到 TS 强度或以上之时;计算结束时次:热带气旋再次减弱到 TS 的最后一个时次,即风速大于 34kt 时参加统计,对于 TD (Tropical Depression)则不列入计算。如 2008 年超强台风 Sinlaku,其风速值 9 月 8 日 18 时(世界时,下同)第一次超过 34kt,9 月 20 日 00 时最后一次超过 34kt,其余时次风速值均小于 34kt,9 月 8 日 18 时至 9 月 20 日 00 时每 6 小时一次风速的平方和即 Sinlaku 的 ACE,其值为 26.5。用某个季节内各个台风 ACE 的总和计算该季节累积台风动能。用小波分析方法分析年累积动能的年代变化,用滑动 t 检验检测多能期和少能期。

2 台风能量的统计特征

2.1 累积动能各月统计特征

统计 1945—2008 年所有编号台风 ACE 表明:单个台风动能平均为 10.9(单位: 10^4kt^2 ,以下类同),最大 85.77,是 2006 年 16 号超强台风(IOKE),其次是 1961 年 18 号超强台风(动能 77.31)和 1997 年 5 号超强台风(动能 71.35)。按月求出每月的平均 ACE(如图 3)。由图 3 可见,ACE 有明显的月际差异,最大的是 9 月,常年平均 64.6(单位: $10^4\text{kt}^2/\text{月}$,下同),其次是 8 月和 10 月,分别为 51.5 和 54.5,最少的是 2 月,平均为 0.9,其次为 1 月和 3 月,分别为 4.1 和 3.3。年累积能量主要集中在 6—12 月,6—12 月平均累积能量占了全年的 90.5%,这与夏季强的跨赤道气流有关,与初秋到仲秋期间东亚东北季风形成时常有冷空气侵入到台风北侧,促使对流不稳定加强,进而促使台风强度加强有关。

2.2 年际分布特征

以每年 1—12 月各个台风动能的总和计算年台风累积动能,各年累积动能序列如图 1,年累积动能多年平均值为 322(单位: $10^4\text{kt}^2/\text{a}^{-1}$,

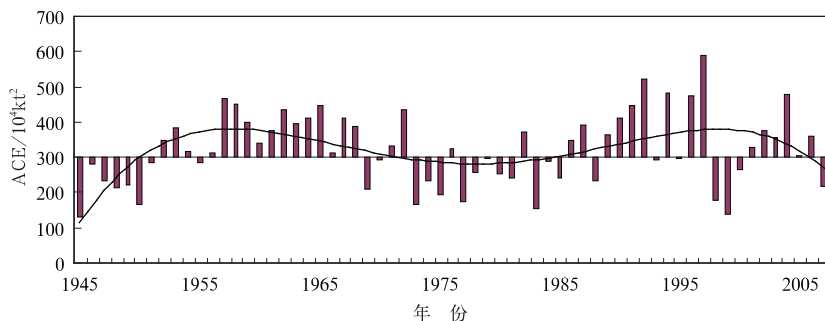


图 1 1945—2008 年逐年累积能量

下同),年最高值为 591,出现在 1997 年;其次为 1992 年,521;最小的是 1945 年,132;次

小的为 1999 年,137。对年累积动能做 Morlet 小波分析,母小波 Morlet 的形式:

$$\Psi(t) = e^{i2\pi t} e^{-\frac{t^2}{2}}$$

图 2 为模平方除以尺度参数 a 平方的等值线。结合图 1 我们可以看出,当放大系数为 $32a$ 时存在明显的多能期和少能期:1945—1956 年为少能期,1957—1968 年为多能期,1969—1985 年为少能期,1986—1997 年为多能期,1998 年起又转为少能期,目前仍处于少能期。1969—1985 年的少能期持续时间长达 17 年,其他少能期和多能期的持

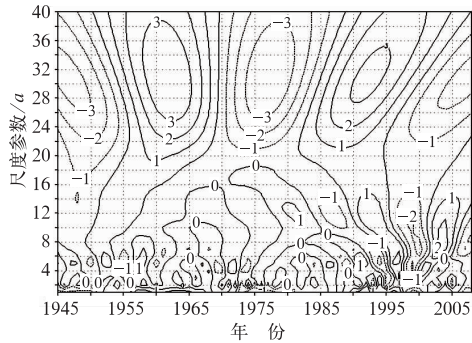


图 2 年台风累积动能小波分析

续时间大概为 12~13 年。为了检验转折是否达到气候突变的标准,对转折年份用滑动 t 检验来检测。

滑动 t 检验:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad s = \sqrt{\frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

其中 \bar{x}_1 和 \bar{x}_2 分别为两个阶段的气候平均值, s_1^2 和 s_2^2 分别为两个阶段的标准差,当 $t > t_{\alpha}(n_1 + n_2 - 2)$ 时,认为气候突变是显著的。表 2 为滑动检验的结果(括号内为 $t_{0.01}$)。由表 2 可见,以上划分的多能期和少能期均通过 $\alpha=0.01$ 的显著性检验。因此我们可以认为,以上划分的多能期和少能期是合理的。由表 2 统计的平均值我们也可以看出 1945—1997 年多能期和少能期各阶段累积能量的平均值相对稳定,1998—2008 年虽然也处在少能期,但平均值较前 2 个少能期提高了 6.6%。

表 2 1—12 月台风累积能量多能期和少能期的划分(能量单位: $10^4 \text{kt}^2/\text{a}^{-1}$)

少能期	平均能量	多能期	平均能量	少能转多能 t 值	多能转少能 t 值
1945—1956	258	1957—1968	394	5.5(2.5)	10.4(2.5)
1969—1985	253	1986—1997	374	4.3(2.5)	2.6(2.5)
1998—2008	273				
平均值	261		384		

3 极端台风事件的变化特征分析

气象上将发生概率在 5% 以内的事件称为极端天气事件,近年来常有媒体称:20 世纪 90 年代以后,环境恶化,全球气候变暖,极端气候事件增多。极端台风事件是否也如此呢? 台风引发的灾害是由其强度和持续时间共同作用的结果,所以在评价一次台风事件是否为极端事件时,用该次台风的 ACE 值作为量化值也是合理的。具体计算如下:每年逐个台风按动能值从小到大排序,计算 95 个百分点值,将该年动能值超过 95 个百分点

值的台风挑选出来,再对挑出来的这些台风动能值求多年平均,定义这个平均值为极端台风事件的动能阈值(由于 ACE 极小值对应的是生命史短的弱台风事件,它们造成的灾害小,不列入统计)。经计算,阈值为 42.6,当某个台风动能超过这个阈值时,称这次台风事件为极端台风事件。经统计,1945—2008 年共出现 37 次极端事件,1997 年出现最多,一年内出现了 4 次,其次是 1957 年和 2004 年,均出现 3 次。统计其月出现频数(图 3)表明,极端事件与累积动能相似,但极端事件的峰值较累积动能滞后 1 个月,主要出现在 8—11 月,共出现 27 次,占总数的

73%；出现最多的月份是 10 月，共 9 次；其次是 9 月和 11 月，分别出现 6 次和 7 次；5 月累计出现了 3 次，比 6 月、7 月和 12 月都多。年份分布统计表明，1990 年以后极端台风事件确实有增多的趋势，主要表现在两个方面：1945—1985 年的 41 年里出现 20 次极端事件，平均每年 0.43 次，1991—2008 年的 18 年里共出现 17 次极端事件，平均每年 0.94 次，是前期的 2 倍以上；能量在 60.0 以上的台风有 8 个，其中有 4 次出现在 1991 年以后。当然这种趋势不排除近年来台风监测技术水平提高这一因素，但这不是主要因素。将极端事件的年际分布与年累积动能的多能期和少能期比较（如表 3），也可以看出极端台风事件更多出现在多能期，多能期出现极端事件的概率是少能期的 2 倍以上（除 1998—2008 年）。

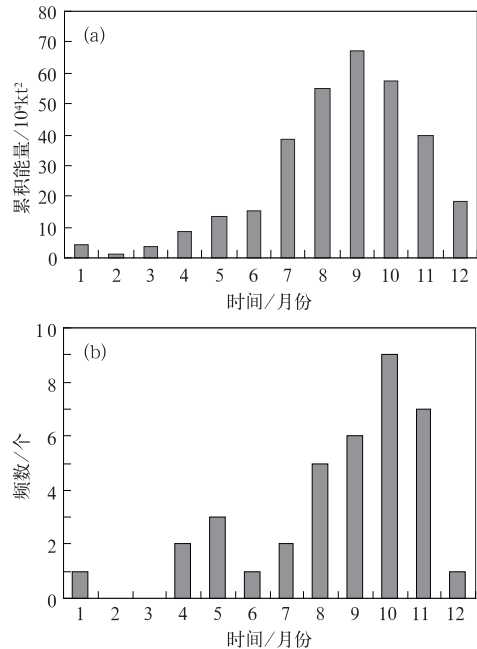


图 3 累积能量(a)和极端台风事件发生频数(b)月分布

表 3 各时期极端台风事件出现频数和概率

少能期	极端事件频数	出现概率	多能期	极端事件频数	出现概率
1945—1956	4	0.36	1957—1968	11	0.92
1969—1985	4	0.24	1986—1997	11	0.92
1998—2008	7	0.64			

4 台风累积能量与赤道中东太平洋海温的关系

海温与台风的关系早已共知，有不少文献[5-6]提出如下观点：当太平洋东部赤道附近海温偏低时，东西太平洋海温梯度加大，沃克环流增强，哈得来环流减弱，副高盛夏主体偏北，受副高引导气流作用，热带气旋移动路径易于西行，我国东南沿海影响台风易于偏多。事实上，海温对大气环流的作用相当复杂，而且台风活动还受到其他因素错综复杂的影响，台风累积能量和极端台风事件出现

频数与 NINO3.4 区海温的关系如何？我们进行了分析。

4.1 累积能量与海温的关系

以往统计表明，海温对大气环流的作用平均滞后 2~3 个月，统计 1950—2007 年 6—12 月台风累积能量与同时期及之前 2~3 个月赤道中东太平洋累积海温距平的相关系数，较好的累积月份如图 4 所示。由图 4 可见，累积海温距平与夏季台风累积能量存在正相关，虽然其他月份的累积海温距平与累积动能的相关系数可通过 $\alpha=0.01$ 的显著性检验，但以 5—8 月和 6—8 月的相关性最好。

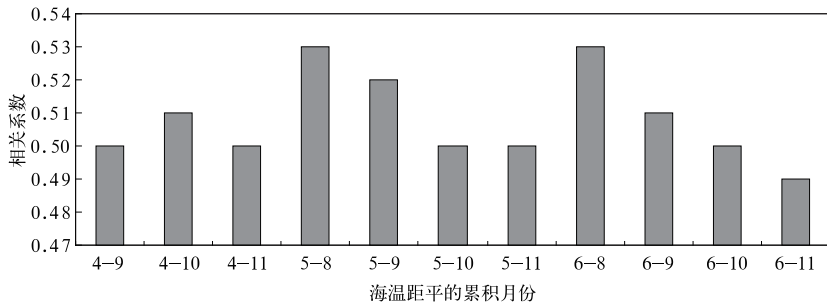


图 4 台风累积能量与累积海温距平的相关系数
临界相关系数 0.21

4.2 极端台风事件与海温的关系

台风累积动能与同时期的海温存在正相关,极端台风事件作为台风动能最强的典型,它们与海温的关系如何?统计表明:1950—2008 年的 36 次极端台风事件中,当前 1 个月海温距平 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ 时,有 3 次出现极端事件(59 年中共有 216 个月海温距平在 -0.5°C 以下),平均每个月 0.014 次,当前一个月的海温距平 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ 时,出现了 19 次极端事件(共有 183 个月海温距平在 0.5°C 以上),占全部极端事件的一半以上,平均每个月 0.104 次,出现几率是海温为负距平时的 9.9 倍,可见极端台风事件更多出现在前一个月海温为正距平的月份。

4.3 台风累积能量与海温关系的原因简析

当赤道中东太平洋海温为正距平时,(1)副高减弱,菲律宾东方海域季风槽增强,有利于台风生成与发展;(2)下垫面作用使沃克环流呈现低层下沉辐散中心位于西太平洋地区并偏向于南半球($10^{\circ}\text{S}, 135^{\circ}\text{E}$),辐合中心位于东太平洋且对称于赤道;高层辐合中心也位于西太平洋地区,辐合中心相对于辐散中心也偏向南半球,这种速度不对称性产生低层跨赤道南风,提供该年台风活动所需要的额外水汽来源;(3)局部哈得来环流距平在南半球热带地区为下沉气流,引发近地面跨赤道南风^[4],进一步提供台风活动的水汽。低层及近地面跨赤道南风将南半球水汽往西北

太平洋地区输送,增强该季节台风累积能量。

当赤道中东太平洋海温为负距平时,(1)副高显著增强,副高脊分为两支,南支脊经菲律宾海西伸到南海,使生成台风的范围减小并局限于 160°E 以西的热带太平洋地区,北支脊经日本海至我国东北,抑制台风路径向北移动,使台风在西北太平洋停留的时间减少,两者都不利于该季节台风累积能量的增加。(2)沃克环流和局部哈得来环流使西太平洋地区低层和近地面为跨赤道北风,带走水汽,不利于台风发展,累积能量减小。

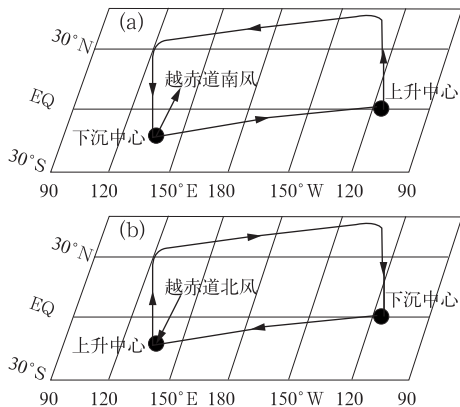


图 5 异常沃克环流示意图
(a) NINO3.4 区海温正距平;
(b) NINO3.4 区海温负距平

前面分析累积台风动能在 1998—2008 年处于少能期,但平均值较前两个少能期提高了,极端台风事件更多发生在多能期,但

1998年后发生的极端事件也不少,其主要原因也在于海温偏高这个因素上,如1996—1997年出现了强厄尔尼诺事件,累积海温距平异常高,该年的ACE和极端事件次数在所有年份中最高,9705号超强台风的ACE值在所有台风ACE中位居第三,从这个特殊年份也可看出海温对ACE的作用。海温、沃克环流、副热带高压可以作为今后预测ACE的重要指标。前面提到:当ENSO为暖事件时,登陆或影响我国东部沿海的台风偏少,这个结论与本节的结论并没矛盾,在37次极端事件中,仅有4次是在我国登陆的。

5 结语

(1) 用年ACE分析台风的年活动特征比用年台风次数好。

(2) 年台风能量累积能量主要集中在6—12月,占全年的90%以上,最大的为9月,其次是8月和10月,最小的为2月。

(3) 年台风累积能量有明显的阶段性,每个少能期或多能期大约持续12年。

(4) 极端台风事件月份分布与月累积能量月份分布相似,但滞后1个月,极端事件更多出现在多能期,20世纪90年代以后增多趋势明显。

(5) 6—12月台风累积能量与5—8月和6—8月尼诺3.4区的海温呈正相关。

(6) 极端台风事件主要出现在上一个月海温距平值 0.5°C 以上的月份,海温为正距平时出现极端事件的概率是负距平时的9.9倍。

(7) 海温为正距平时跨赤道南风,在西北太平洋地区形成水汽辐合,有利台风的发

展,增强台风累积动能,海温为负距平时累积动能减小,沃克环流异常是产生跨赤道气流的动力来源。

参考文献

- [1] 陈瑞因. 台风[M]. 福州:福建科技出版社:39-41, 461-463.
- [2] 陈联寿,丁一汇. 西太平洋台风概论[M]. 北京:科学出版社:440-441.
- [3] 鲁亚斌,普贵明,解明恩,等. 0604号强热带风暴碧利斯对云南的影响及维持机制[J]. 气象,2006,33(11):49-57.
- [4] 黄亿,寿绍文,傅灵艳,等. 对一次台风暴雨的位涡与湿位涡诊断分析[J]. 气象,2009,35(1):65-73.
- [5] 梁卫芳,耿敏,李庆宝. 台风韦帕全区性大暴雨过程分析[J]. 气象,2009,35(1):74-79.
- [6] 刘晓波,邹兰军,夏立. 台风罗莎引发上海暴雨大风的特点及成因[J]. 气象,2008,34(12):72-78.
- [7] 杨昌贤,陈红,郭冬艳,等. 强台风黑格比的路径和降水诊断分析[J]. 气象,2009,35(4):76-86.
- [8] 王秀萍,梁军. 近52年北上热带气旋的若干气候特征[J]. 气象,2006,32(10):76-80.
- [9] 高晓梅,江静,马守强,等. 影响山东的热带气旋年际和年代际变化[J]. 气象,2008,34(3):78-85.
- [10] 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(3):67-73.
- [11] Emanuel, k. A. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years[J]. Nature, 2005, 436:686-688.
- [12] 邱品竣,余嘉裕. 西北太平洋地区台风活跃度分析:活跃年和不活跃年比较[J]. 大气科学(台湾),2006(3):201-214.
- [13] 邓自旺,屠其璞,冯俊茹,等. 我国登陆台风频数变化与太平洋海表温度场的关系[J]. 应用气象学报,1999(10)(增):54-60.
- [14] 何俊,何文玲,陈兴芳,厄尔尼诺和反厄尔尼诺事件与西太平洋台风活动[J]. 热带气象学报,1999,15(1):17-25.