

影响广东省中部沿海热带气旋大风 气候特征和重现期分析*

郑运霞 应明 李永平^①

(中国气象局上海台风研究所 上海 200030)

提要 利用广东省中部沿海台站气象资料, 统计分析影响该地区的热带气旋频数、强度、发生源地、大风风速等气候特征及变化趋势, 并进行了台站资料的重现期风速计算。结果表明, 热带气旋影响广东省中部沿海多出现于 6—9 月, 其中尤以 8 月最多; 影响热带气旋以强热带风暴和台风最多, 它们多生成于南海北部和菲律宾群岛以东洋面; 在过去 50 年间影响热带气旋频数总体上略有下降, 在 1970 和 1980 年代较多, 1960 年代和 1995—2010 年期间较少, 影响热带气旋的强度有减弱的趋势。重现期风速极值分布总体上呈从沿岸向内陆迅速减小, 以及西部略大、东部略小的特点。

关键词 影响热带气旋; 频数; 强度; 源地; 大风风速; 重现期

中图分类号 P732 **doi:** 10.11693/hyh20121128001

广东沿海地区处于西北太平洋热带气旋登陆亚洲大陆的主要路径上, 每年夏秋季节受到热带气旋的频繁侵袭, 是全国热带气旋影响发生频率最高、受灾最严重的省份(唐晓春等, 2009)。另一方面, 热带气旋也带来了丰富的风能和雨水等有利的自然资源。位于广东中部沿海的珠江三角形地区是我国人口密度最大, 经济最发达的地区之一, 该地区电力资源需求量大, 大规模工程建设项目众多, 深入开展影响广东中部沿海热带气旋活动及其大风影响特征的研究不仅对防台减灾, 也对风能利用以及工程建设均具有重要的现实意义。

过去几十年来, 热带气旋活动倾向于在东亚副热带地区频次增多而南海北部海域减少(Wu *et al.*, 2005); 登陆我国的热带气旋也有向华东地区南部集中的趋势(曹楚等, 2006; 杨玉华等, 2009), 而指出登陆粤西和珠三角的热带气旋频数呈减少的趋势(胡娅敏等, 2011)。Li *et al.*(2007)指出近 20 年及未来西北太平洋热带气旋生成频数可能呈减少的趋势。胡娅敏等(2011)指出热带气旋登陆粤东的强度要强于粤西。唐

晓春等(2003)利用 1949—1998 年的《热带气旋年鉴》资料对登陆广东沿海地区的热带气旋的灾害损失进行了分析, 但其并不涉及热带气旋的大风或降水的特征。任文斌(2012)根据《热带气旋年鉴》资料分析指出, 近 30 年登陆广东的热带气旋强度变化有减弱趋势。而事实上, 能在沿海地区造成大风影响的还包括近海未登陆的热带气旋(杨玉华等, 2004)。Ying 等(2011)的分析表明, 过去 50 多年间广东沿海测站观测到的热带气旋大风有减弱的趋势。

综上所述, 影响广东沿海热带气旋的大风气候特征已有初步的认识, 但缺乏系统性的认识, 而且多数分析以《热带气旋年鉴》中热带气旋最佳路径资料的近中心最大风速为基础, 难以反映热带气旋影响时大风的分布特征。本文利用广东省中部沿海(台山、珠海和惠东三市沿海)共 14 个台站建站以来所观测到的热带气旋大风资料, 结合《热带气旋年鉴》中热带气旋最佳路径资料, 统计了影响该地区热带气旋频数、强度、源地及大风风速等气候特征, 并估算了各站热带气旋大风的重现期风速特征值, 可

* 国家重点基础研究发展计划项目, 2013CB430305 号; 国家自然科学基金项目, 40921160381 号; 国家自然科学基金资助项目, 41075071 号。郑运霞, E-mail: zhengyx@mail.typhoon.gov.cn

通讯作者: 李永平, E-mail: liyp@mail.typhoon.gov.cn

收稿日期: 2012-11-28, 收修改稿日期: 2013-02-21

为评估该地区的热带气旋风能资源、防范热带气旋风灾、工程建设以及气候变化评估提供参考。

1 资料和方法

选取广东省中部沿海(台山、珠海和惠东三市)区域全部 14 个气象观测站资料用于热带气旋大风特征的分析,测站的地理位置分布如图 1 所示。其中台山沿海海域以阳江、闸坡、上川岛、台山和斗门 5 个站为代表,珠海沿海海域以斗门、珠海、中山和深圳 4 个站为代表,惠东沿海海域以深圳、惠阳、惠东、汕尾、海丰、陆丰和遮浪 7 个站为代表。表 1 给出了上述 14 个测站的建站年份。鉴于 1950 年代观测站数量迅速增加,根据大风观测确定的热带气旋频数在时间上掺杂了观测站网发展的影响;为了消除这种影响带来的虚假变化,作者主要分析 1961—2010 年热带气旋活动的特征。

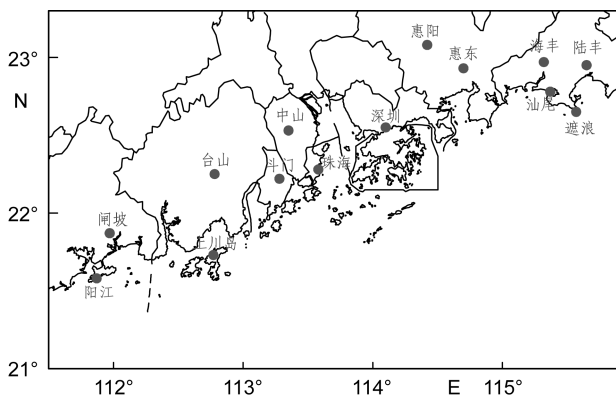


图 1 广东省中部沿海 14 个气象观测站空间分布

Fig.1 Distribution of 14 weather stations in the coastal region of middle Guangdong

表 1 广东省中部沿海 14 个气象观测站建站年份

Tab.1 Establish time of the 14 weather stations in the coastal region of middle Guangdong

站点	建站年份	站点	建站年份	站点	建站年份
陆丰	1959	惠东	1970	台山	1953
遮浪	1960	深圳	1952	上川岛	1958
汕尾	1952	中山	1951	闸坡	1960
海丰	1955	珠海	1960	阳江	1952
惠阳	1950	斗门	1966		

热带气旋个例的挑选还用到了《热带气旋年鉴》所提供的热带气旋最佳路径资料。历年影响热带气旋样本根据两个标准来挑选:一是上述 14 个气象观测站中有任一个站观测到热带气旋引起了大风(2 分钟

平均风速达到 6 级以上,即 $\geq 10.8\text{m/s}$),这也是《热带气旋年鉴》(中国气象局出版)确定热带气旋大风的标准;二是导致上述 14 个观测站出现大风的热带气旋中心与这 14 个观测站的最短距离不超过 4.5 纬距(约 500km),以剔除倒槽、热带气旋与其它系统相互作用等引起的大风。按以上标准确定的影响广东中部沿海的热带气旋不仅包括登陆广东省的热带气旋,同时也包括了在近海活动未曾登陆或登陆广东以外省份的热带气旋。根据上述标准,选出 1961—2010 年共 59 年间影响广东省台山、珠海和惠东三市海域的热带气旋个例共 302 个,其中 257 个在台山海域造成了大风影响,174 个在珠海海域造成大风影响,190 个在惠东海域造成大风影响。

热带气旋风速极值的重现期是研究热带气旋大风特征评估的一个重要方面,也是风工程设计领域的重要参考。常用的极值风速理论分布模型有威布尔分布、极值 $P(, ,)$ 型分布、广义 Pareto 分布(GPD)和 Gumbel 分布等(段忠东等, 2002; 李宏男等, 2009; 范文亭, 2012)。赵林等(2005)利用热带气旋年鉴资料、上海崇明岛侯家镇气象站风速资料和基于越界峰值法(POT)探讨了工程场地极值风速分布概型(GPD 分布)参数拟合方法,推算出场地重现期内的热带气旋设计风速。吴樟荣(2002)根据热带气旋年鉴资料,采用 $P(, ,)$ 型分布函数进行了广东省热带气旋最大风速的概率计算。本文应用 Gumbel 分布函数(Gumbel, 1960)计算各站的大风重现期估算值。这是一类形状参数 ξ 趋近于 0 的广义极值(General Extreme Value, GEV)分布函数。但实际样本很难得到 ξ 趋近于 0, 因此用 GEV 函数进行分布拟合。GEV 函数的一般形式为:

$$G(x) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-\frac{1}{\xi}} \right\} \Big|_{\xi \rightarrow 0} \quad (1)$$

其中 $\mu \in (-\infty, \infty)$ 为分布的位置参数, $\sigma > 0$ 为尺度参数, ξ 为形状参数。这些参数可以极大似然法进行估计(陈元芳等, 2008)。

若重现期为 T , 则相应的极值出现的概率为 $p = 1/T$, 即重现期为 T 的极值的估计值为 $p = 1 - F(X)$ 的分位数 X_p, X_p 可由下式估算:

$$X_p = \begin{cases} \mu - \frac{\sigma}{\xi} \left\{ 1 - [-\log(1-p)]^{-\xi} \right\} & \xi \neq 0 \\ \mu - \sigma \log[-\log(1-p)] & \xi = 0 \end{cases} \quad (2)$$

2 影响广东中部沿海热带气旋活动的基本特征

2.1 频数

根据 1961—2010 年的统计结果, 每年影响台山海域的热带气旋平均为 5.2 个, 影响珠海海域的为 3.5 个, 影响惠东海域的为 3.8 个。

历年影响广东省中部沿海的热带气旋频数如图 2 所示。图 2a 表明: 影响广东省中部沿海的热带气旋年频数除了年际变化之外, 自 1960 年代以来亦表现出明显年代际的振荡(实线), 1970 和 1980 年代较多, 1960 年代和 1995—2010 年期间较少。已有研究表明(王金博等, 2005; Goh, 2010), 影响我国及南海沿海热带气旋年际和年代际变化的可能因素很多, 其中 ENSO 循环和太平洋年代际变化(PDO)等可以通过改变大气环境状况来间接影响热带气旋的生成频率、位置变化和路径。

影响各市沿海的热带气旋频数年际和年代际变化均有各自的特点。影响台山沿海的热带气旋频数(图 2b)在 1970 年代至 1995 年期间较多, 1960 年代及 1995 年以后较少; 影响珠海沿海的热带气旋频数(图 2c)则在 1970 年代至 1980 年代前期较多, 1960 年代和 1990 年代以后较少; 影响惠东沿海的热带气旋频数(图 2d)在 1960 年代至 1995 年期间较多, 而 1995 年以后较少。

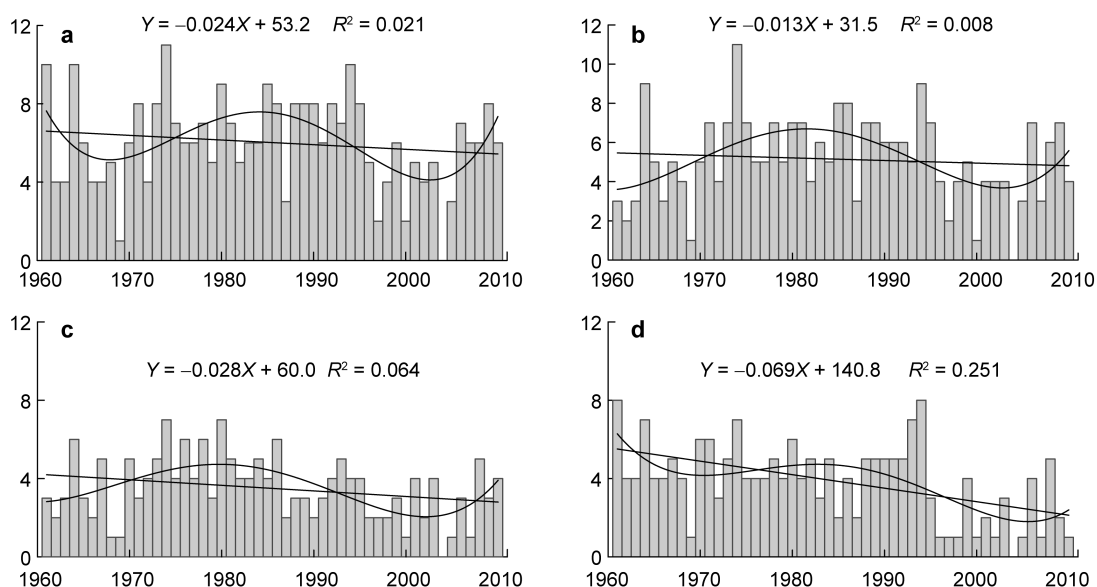


图 2 1961—2010 年历年影响广东省中部沿海的热带气旋年频数

Fig.2 The annual frequency of affecting TCs in the coastal region of middle Guangdong in 1961—2010

(a) 影响广东省中部沿海, (b) 影响台山沿海, (c) 影响珠海沿海, (d) 影响惠东沿海。直方柱为年频数, 曲线为年频数的 4 次多项式拟合; 虚线为线性趋势拟合, 拟合方程及 R^2 值在图下方给出

图 3 为 1961—2010 年累计的广东省中部沿海逐日热带气旋影响频次。影响广东省中部沿海的热带气旋多出现于 6—9 月(占总数的 87%), 其中尤以 8 月最多, 占总数的 25%(图 3a); 影响台山沿海的热带气旋多出现于 6 月底—9 月, 也是 9 月最多, 占总数的 25%(图 3b); 影响珠海沿海的热带气旋多出现于 6 月底—9 月初, 其中 9 月初最多, 其次是 7 月份(图 3c); 影响惠东沿海的热带气旋则多出现 7—9 月(占总数的 76%), 其中 8 月份最多, 占总数 33%(图 3d)。

2.2 强度

影响广东中部沿海的热带气旋在其生命史内达到的最大等级强度的分布如图 4 所示。由图可见, 影响广东中部三市沿海的热带气旋以 STS(强热带风暴)和 TY(台风)最多, 三市沿海分别为 58.1%、61.1%和 54.5%, STY(强台风)和 SuperTY(超强台风)也不在少数, 三市沿海分别为 26.7%、30.9%和 37.2%。相对而言 TD(热带低压)和 TS(热带风暴)较少, 三市沿海分别为 15.1%、8.0%和 8.4%。另一方面, STS 和 TY 影响台山沿海的最多, STY 和 SuperTY 则影响台山和惠东沿海的较多; 而 TD 和 TS 也是影响台山沿海的最多。

2.3 源地和路径

以热带气旋近中心风速首次达到或超过 17.2m/s 为热带气旋生成的标准, 影响广东省中部沿海的热带气旋的频次及其差值分布如图 5 所示。由图可见, 影响台山沿海的热带气旋多数生成于南海北部和菲

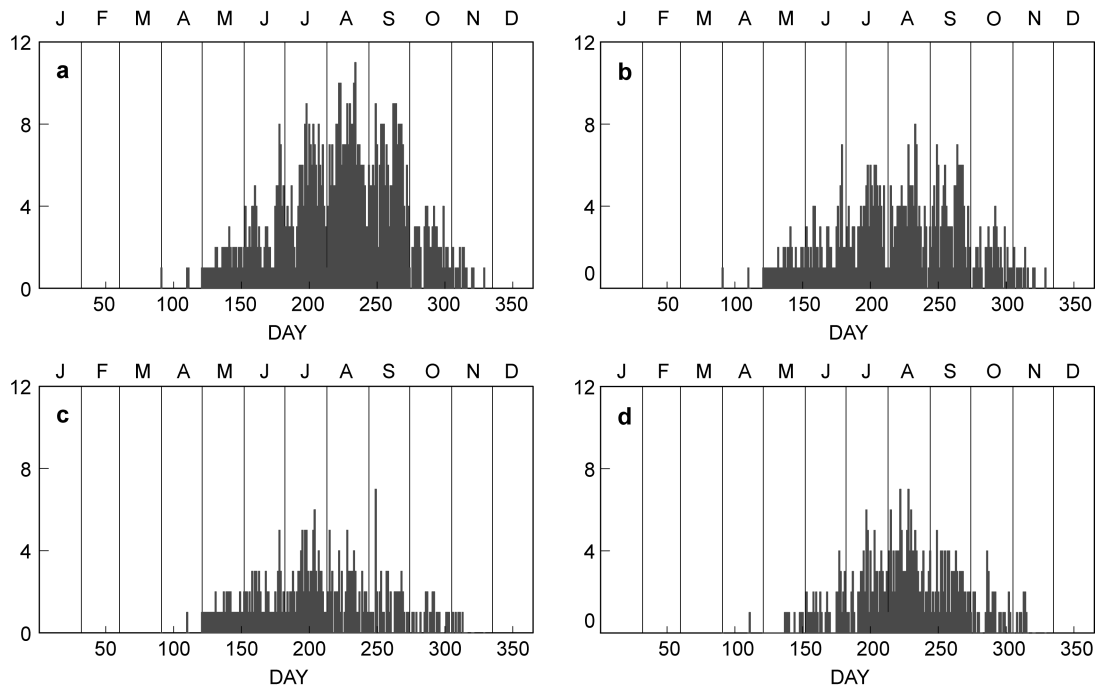


图3 1961—2010年累计的热带气旋影响频次(每6小时计)

Fig.3 The 6-hourly frequency of affecting TCs in middle of Guangdong coast in 1961-2010

(a)影响广东省中部沿海, (b)影响台山沿海, (c)影响珠海沿海, (d)影响惠东沿海。(上横坐标为1—12月份首字母缩写, 下横坐标为1月1日开始的日数, 纵坐标为频次)

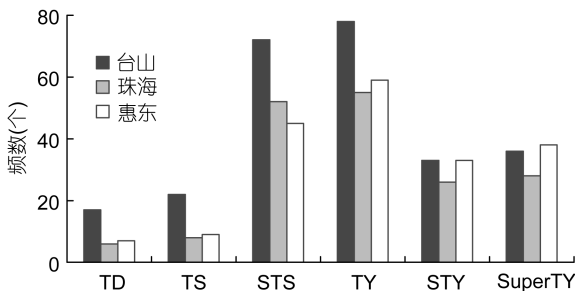


图4 1961—2010年影响台山、珠海和惠东沿海不同等级强度热带气旋的总频次(单位: 个)

Fig.4 The frequency of different intensities of TCs affecting Taishan, Zhuhai and Huidong coast in 1961—2010 (Unit: ind)

律宾群岛以东洋面, 这两处是最为密集的地区, 源地最东的约在 153°E 附近, 最南约在 7°N 附近, 最北约在 21°N 附近。影响珠海沿海的热带气旋也多生成于南海北部和菲律宾群岛以东洋面, 其中尤以南海东北部最为密集, 源地最东的将近 158°E , 最南约在 7°N , 最北约在 21°N ; 较之影响台山沿海的热带气旋源地的范围延伸得更东一些。影响惠东沿海的热带气旋源地最密集的为南海东北部海域(图 5c), 其次是菲律宾群岛以东洋面, 源地最东约在 158°E 附近, 最南约在 4°N 附近, 最北则在 26°N 附近。由此可见, 影

响惠东沿海的热带气旋源地南北向的分布范围更广一些。图 5 给出了影响珠海沿海热带气旋每 6 小时的发生频次以及影响台山和惠东沿海的热带气旋发生频次与其差异。由图 5a 可见, 影响珠海沿海的热带气旋的发生频次有西北向的大值轴, 表明了以西北行为主的路径特征。相比之下, 位于珠海西侧的台山沿海, 其影响的热带气旋路径较之影响珠海的偏西, 表现为图 5a 的大值轴西南侧有明显的正异常中心(图 5b); 而位于珠海东侧的惠东沿海, 其影响的热带气旋路径则较影响珠海的偏东, 具体表现为在图 5a 的大值轴东北侧有正异常而西南侧有负异常。

3 影响广东中部沿海热带气旋的大风风速特征

3.1 热带气旋大风的基本统计特征

图 6 给出了不同海域大风风速的概率分布。由图 6 可见, 台山沿海热带气旋大风风速(均指 2 分钟平均)介于 $10\text{—}15\text{m/s}$ 和 $15\text{—}20\text{m/s}$ 的比率最高, 分别占 35%; 珠海沿海的风速则是 $10\text{—}15\text{m/s}$ 的比率最高, 占 58%; 惠东沿海 $10\text{—}15\text{m/s}$ 的风速占 46%; 这说明多数情况下观测到的热带气旋大风小于 20m/s 。图 7 给出的广东省中部沿海 14 个观测站的大风分布特征

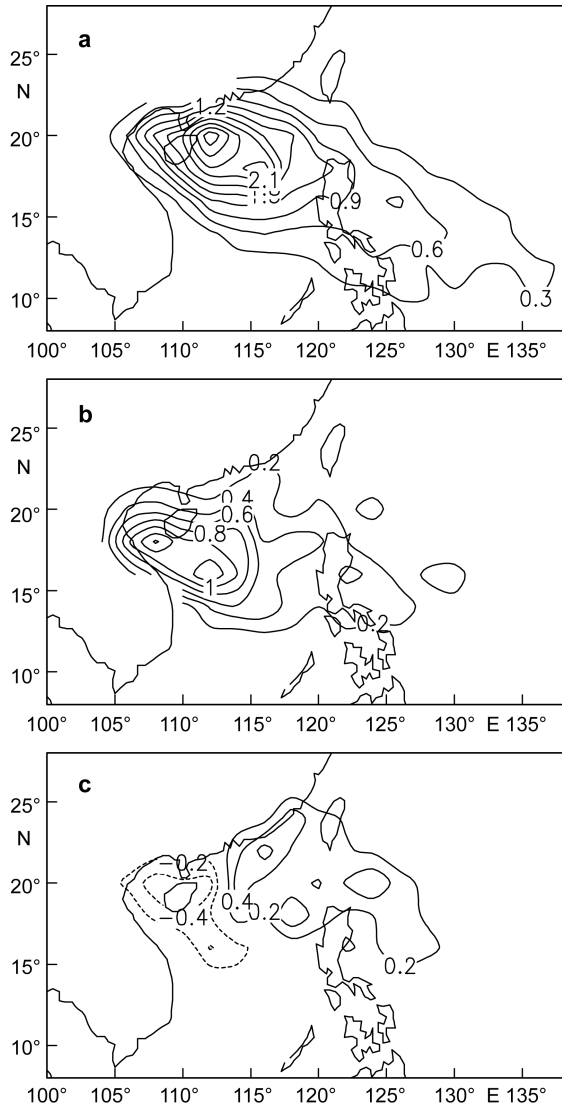


图5 1961—2010年平均的热带气旋年频次及其差值分布
 Fig.5 The average frequency of affecting TCs in 1961—2010 and their difference
 (a) 影响珠海沿海的热带气旋频次, (b) 影响台山沿海与影响珠海沿海热带气旋频次的差值, (c) 影响惠东沿海与影响珠海沿海热带气旋频次的差值

则说明, 平均而言(图 7a), 热带气旋在广东省珠海和惠东沿海造成的风速介于 14—16m/s, 而在台山沿海介于 10.8—18m/s 之间; 但热带气旋大风极值(图 7b)在台山沿海最大达 33—37m/s, 珠海沿海最大达 37—42m/s, 惠东沿海最大可超过 42m/s。

3.2 热带气旋大风的变化趋势

图 2 表明, 影响广东中部沿海的热带气旋频数在过去 50 年间略有下降; 仔细分析可见, 影响台山沿海的热带气旋频数没有显著的线性趋势; 影响珠海沿海的热带气旋频数也略有下降; 而影响惠东沿海

的热带气旋频数减少的趋势较明显。这与一些文献根据《热带气旋年鉴》资料分析的结果(Wu *et al*, 2005; 胡娅敏等, 2011)是一致的。

图 8 为 1961—2010 年台山、珠海和惠东沿海所观测到的热带气旋大风的变化。由图 8a 可见, 台山沿海的热带气旋大风在 1970 年代中期和 1990 年代早期出现过两个高峰, 但 95%分位数的趋势并不显著, 说明大风的极值分布并没有显著的趋势; 另外, 中位

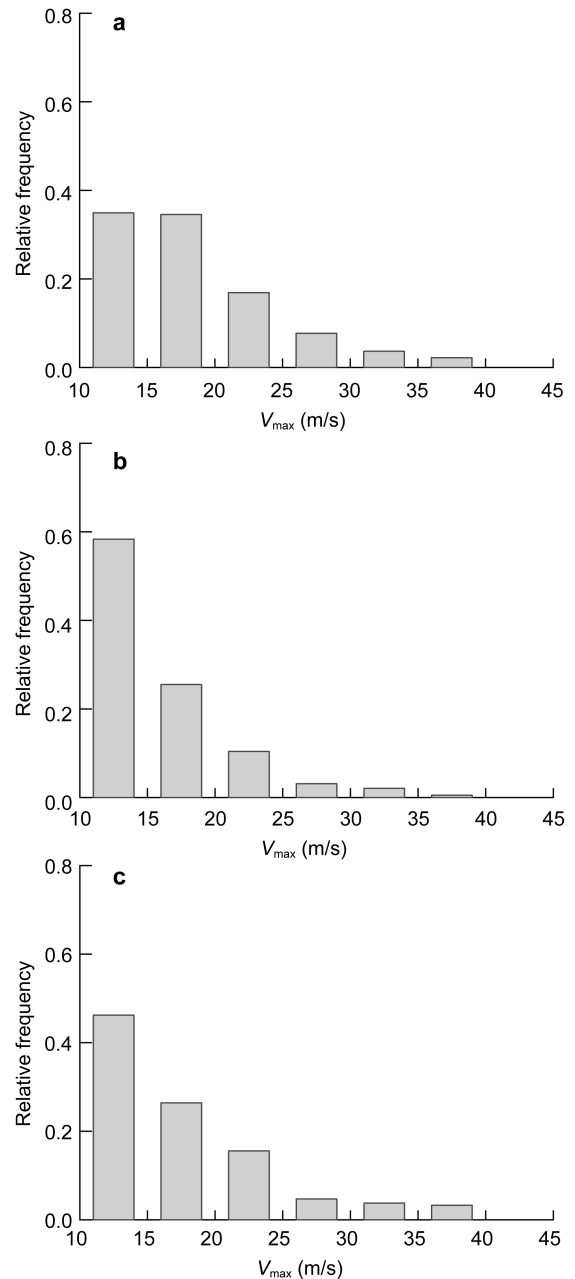


图6 广东中部沿海热带气旋大风风速的概率分布
 Fig.6 The frequency of high wind speed of TCs affecting the coastal region of middle Guangdong
 (a) 台山沿海, (b) 珠海沿海, (c) 惠东沿海

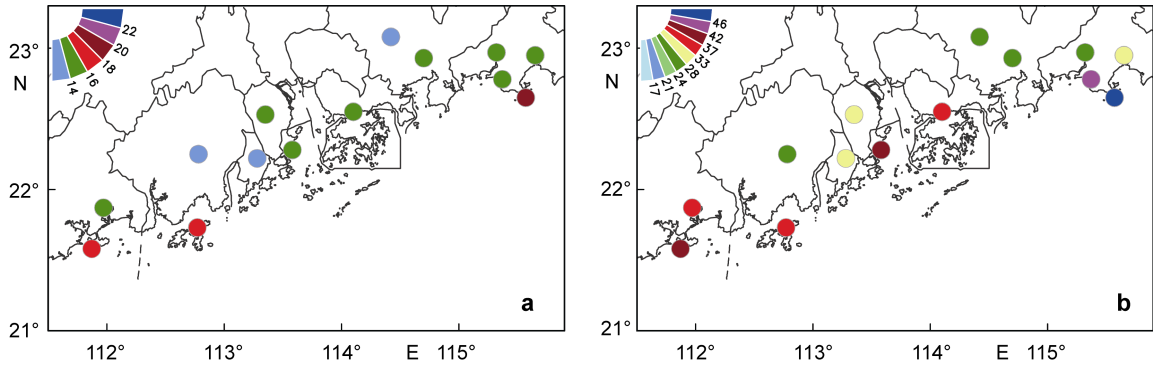


图 7 1961—2010 年广东中部沿海的热带气旋大风风速(单位: ms^{-1})

Fig.7 High wind speed of TCs affecting the coastal region of middle Guangdong in 1961—2010 (Unit: ms^{-1})
(a) 均值; (b) 极大值

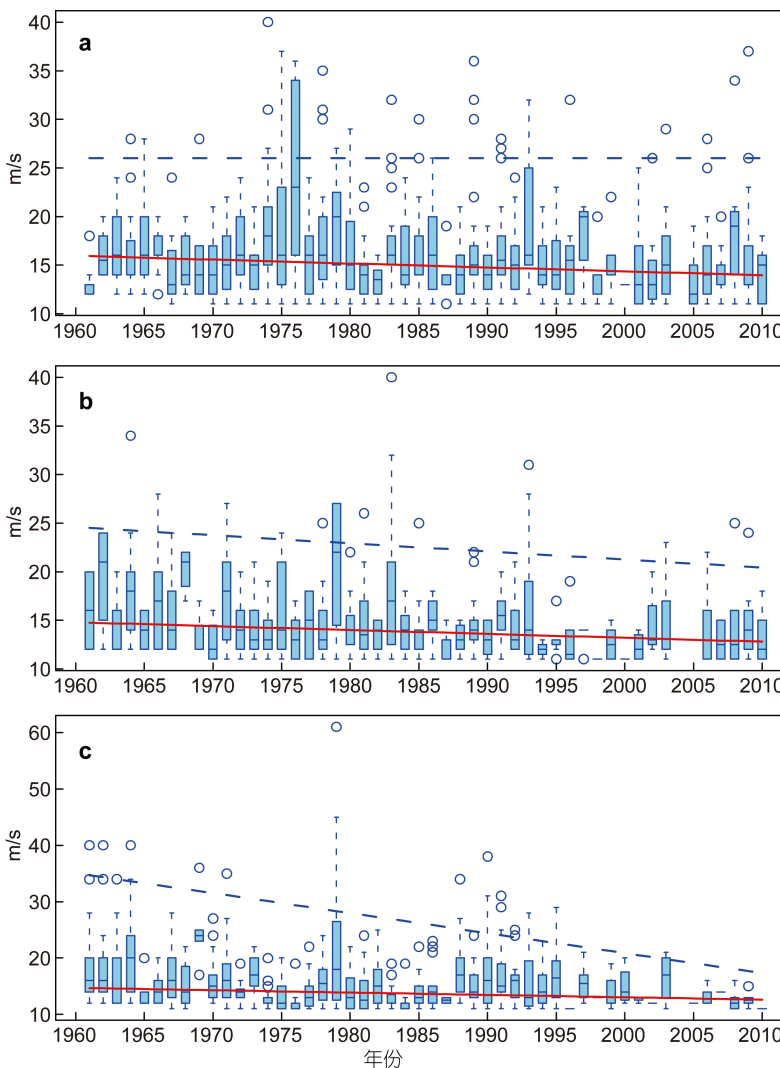


图 8 1961—2010 年广东台山(a)、珠海(b)和惠东(c)沿海热带气旋大风年际变化(单位: ms^{-1})

Fig.8 The interannual variation of high wind speed of TCs (a) Taishan, (b) Zhuhai, (c) Huidong (Unit: ms^{-1})
一年中各热带气旋导致的各站最大平均风速以箱线图表示, 红色实线为中位数的线性趋势, 蓝色虚线为 95%百分位数的线性趋势

数略呈下降的趋势则说明平均而言热带气旋大风略有减小。珠海沿海的热带气旋大风(图 8b)在 1970 年代末期至 1980 年代初期出现过高峰, 从过去 50 年来看, 其中位数和 95%分位数均呈下降的趋势, 说明无论是平均而言还是极值均呈减小的趋势。而图 8c 表明, 平均而言, 过去 50 年间热带气旋大风在惠东沿海亦有所减小, 而极值的减小趋势更为显著。这与一些文献(如 YING *et al*, 2011)报道的我国东南沿海热带气旋所引起的极端风速的减小趋势是一致的, 这说明影响广东省中部沿海的热带气旋强度有减弱的趋势。

3.3 热带气旋大风的重现期估计

由表 1 可知, 广东省中部沿海 14 个气象站的建站历史各不相同, 为了尽可能充分地利用气象站观测资料, 大风重现期估计运用各气象站自建站以来所有的热带气旋大风资料。图 9 给出各台站热带气旋的大风极值的分布。

根据 14 个观测站的热带气旋大风观测记录, 求得 GEV 分布函数(式 2)的参数如表 2 所示。由表 2 可知, 热带气旋大风的 GEV 分布参数 ξ 趋近于零但不为零, 应用公式 (4.2)可得各站的重现期估算值, 见图 10。

由图 10 可见, 广东省中部沿海风速极值重现期分布从总体上呈现从沿岸向内陆迅速减小的趋势, 这与陆地摩擦对热带气旋的减弱作用有关。东部的遮浪站由于在离海岸较远一些的海岛上, 故其风速极值明显大于其它测站。该站 10 年、30 年、50 年

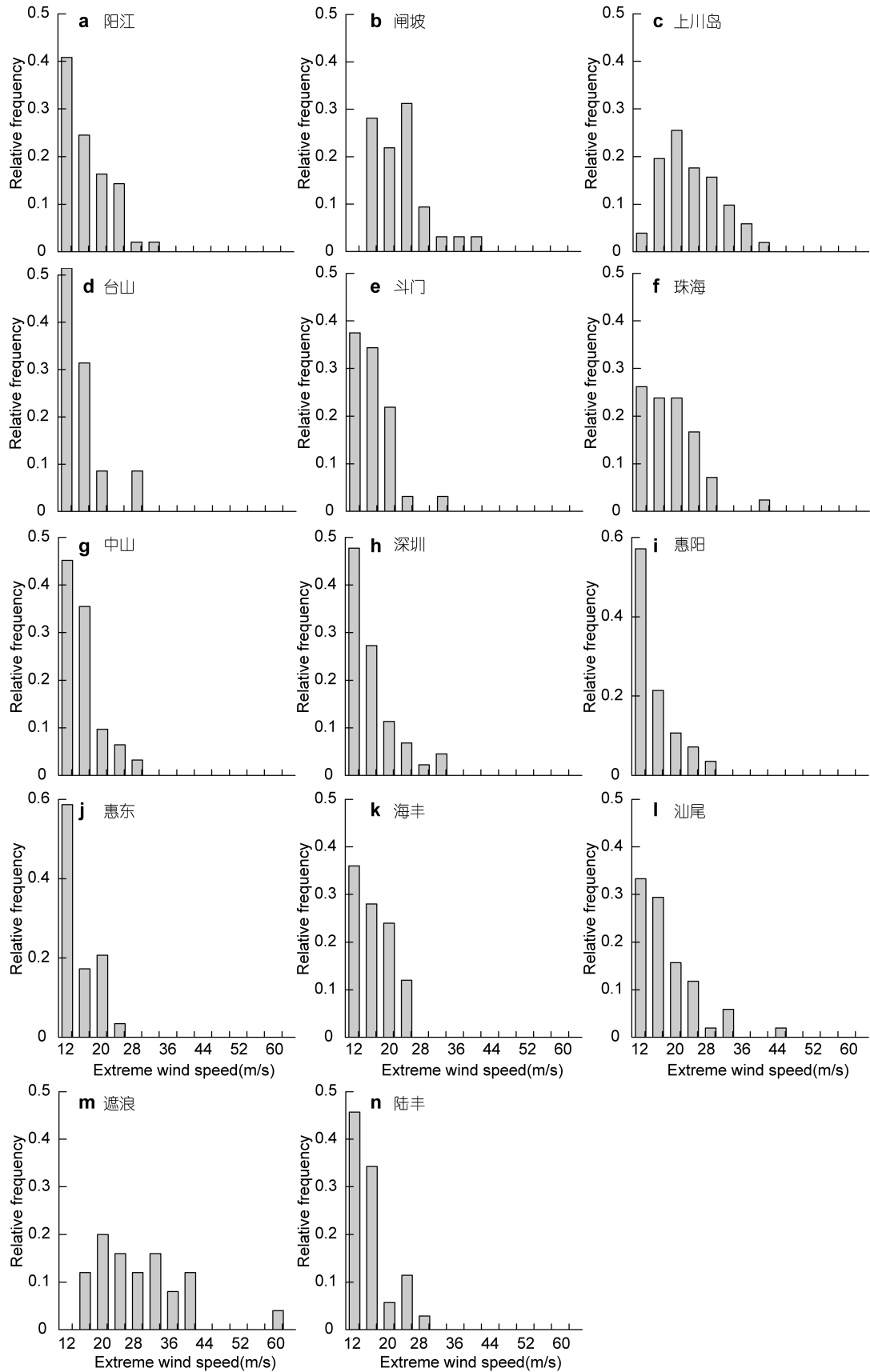


图9 广东省中部沿海 14 个气象站的热带气旋大风分布特征(单位: ms^{-1})

Fig.9 The probability distribution of high wind at 14 weather stations in the coastal region of middle Guangdong (Unit: ms^{-1})

表 2 各站热带气旋大风 GEV 分布函数参数估计值
Tab.2 The parameters estimation of GEV distribution function for high wind

站名	μ	σ	ξ	站名	μ	σ	ξ
惠阳	12.62	1.94	0.62	海丰	13.77	3.20	0.16
台山	13.59	2.67	0.22	汕尾	15.78	4.20	0.20
中山	13.44	2.58	0.30	陆丰	14.13	2.80	0.32
斗门	13.73	3.07	0.35	遮浪	24.77	6.24	0.20
珠海	16.76	4.53	0.02	阳江	15.35	3.23	0.21
惠东	12.98	2.10	0.38	闸坡	20.63	4.14	0.12
深圳	14.14	2.93	0.34	上川岛	21.73	5.74	-0.13

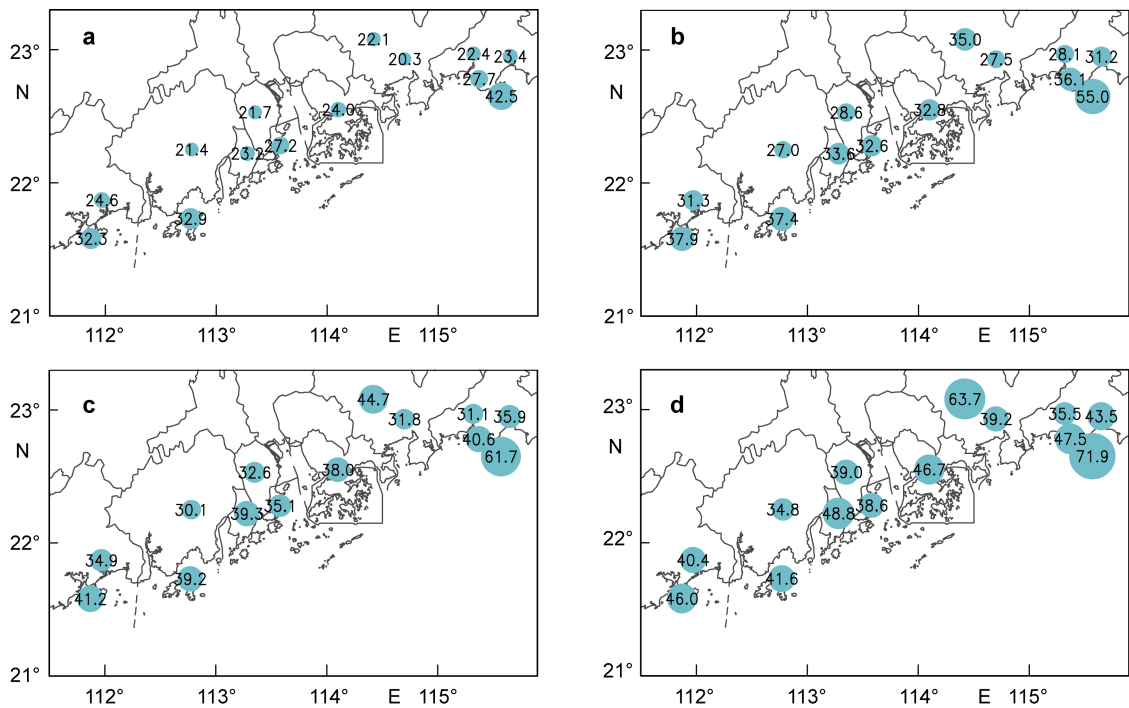


图 10 不同重现期热带气旋大风风速分布(单位: m/s)

Fig.10 The tropical cyclone wind speed with different return period

(a) 重现期为 10 年; (b) 重现期为 30 年; (c) 重现期为 50 年; (d) 重现期为 100 年

和 100 年一遇的风速极值分别达到 42.5、55.0、61.7 和 71.9m/s。除去东部海上个别测站外, 总体而言, 风速极值分布呈西部略大, 东部略小的特点。

4 主要结论

本文依据近 50 年来广东省中部沿海(台山、珠海和惠东三市沿海)14 个气象台站观测到的热带气旋大风资料, 确定了热带气旋影响的个例, 并统计了其源地、发生时间、路径、强度和频数等气候特征, 并对热带气旋影响之下测站大风的重现期风速进行了估算。得到的主要结论如下:

(1) 每年影响广东省中部沿海西部台山地区的热带气旋频数最多, 为 5.2 个, 其次为东部的惠东地

区和中部的珠海地区, 分别为 3.8 个和 3.5 个。

(2) 影响该地区热带气旋频数在 1970 和 1980 年代较多, 1960 年代和近 10 年期间较少。

(3) 影响热带气旋以 STS(强热带风暴)和 TY(台风)最多, 其次是 STY(强台风)和 SuperTY(超强台风), 相对而言 TD(热带低压)和 TS(热带风暴)较少。

(4) 过去 50 年间影响热带气旋频数总体上略有下降, 分区域分析表明, 影响西部台山地区的热带气旋频数没有显著的变化趋势, 影响中部珠海地区的热带气旋频数略有下降, 而影响东部惠东地区的热带气旋频数减少的趋势较明显。这与胡娅敏等(2011)的研究结果是一致的。

(5) 过去 50 年间影响广东省中部沿海的热带气

旋强度有减弱的趋势, 与任文斌(2012)的结论相一致。

(6) 广东省中部风速极值重现期分布总体上呈从沿岸向内陆迅速减小的趋势。除去东部海上个别测站外, 总体上风速极值分布呈西部略大、东部略小的特点, 这与影响广东沿海热带气旋的强度密切相关。

参 考 文 献

- 王金博, 钱维宏, 2005. 半个世纪来热带海洋风暴对中国大陆的影响. 地球物理学报, 48(5): 992—999
- 邓 松, 任品德, 2007. 广东省海洋灾害调查分析及减灾对策. 海洋开发与管理, 24(5): 129—133
- 任文斌, 杨 新, 陈桂标等, 2012. 广东登陆台风影响下建筑物抗风能力分析. 广东水利水电, (5): 34—38
- 李宏男, 王 杨, 伊廷华, 2009. 极值风速概率方法研究进展. 自然灾害学报, 18(2): 15—26
- 杨玉华, 应 明, 陈葆德, 2009. 近 58 年来登陆我国热带气旋气候变化特征. 气象学报, 67(5): 689—696
- 杨玉华, 雷小途, 2004. 我国登陆台风引起的大风分布特征的初步分析. 热带气象学报, 20(6): 633—642
- 吴樟荣, 2002. 基于 P-III 型分布函数的台风风险分析. 浙江师范大学学报(自然科学版), 25(2): 166—168
- 应 明, 杨玉华, 陈葆德, 2011. 近 50 年影响中国热带气旋的气候变化特征. 中国科学: 地球科学, 41(9): 1352—1364
- 陈元芳, 李兴凯, 陈 民等, 2008. 可考虑历史洪水信息的广义极值分布线性矩法的研究. 水文, 18(3): 8—13
- 范文亭, 李正良, 张 培, 2012. 风向风速的联合概率建模. 土木工程学报, 45(4): 81—90
- 赵 林, 葛耀君, 项海帆, 2005. 台风随机模拟与极值风速预测应用. 同济大学学报, 33(7): 885—889
- 胡娅敏, 宋丽莉, 罗晓玲, 2011. 近 58 年登陆广东热带气旋位置和生成源地的变化. 中山大学学报, 50(4): 113—120
- 段忠东, 欧进萍, 周道成, 2002. 极值风速最优概率模型. 土木工程学报, 35(5): 11—16
- 唐晓春, 刘会平, 潘安定, 2003. 广东沿海地区近 50 年登陆台风灾害特征分析. 地理科学, 23(2): 182—187
- 唐晓春, 梁梅青, 2009. 登陆广东的热带气旋及其产生的灾害链. 灾害学, 21(3): 47—53
- 曹 楚, 彭加毅, 余锦华, 2006. 全球变暖背景下登陆我国台风特征的分析. 南京气象学院学报, 29: 455—461
- Goh A Z C, Chan J C L, 2010. Interannual and interdecadal variations of tropical cyclone activity in the South China Sea. Int'l J Climatology, 30: 827—843, DOI: 10.1002/joc.1943
- Gumbel E J, 1960. Multivariate extreme distributions. Bulletin of the International Statistical Institute, 39(2): 471—475
- LI Yongping, WANG Xiaofeng, QIN Zenghao, 2007. Climatological analysis and prognosis of tropical cyclone genesis over the Western North Pacific on the background of global warming. Acta Oceanologica Sinica, 26(1): 23—34
- Wu L, Wang B, Geng S, 2005. Growing typhoon influences on east Asia. Geophysical Research Letters, 32: L18703, 1—4
- YING M, Chen B, Wu G, 2011. Climate trends in tropical cyclone induced wind and precipitation over mainland China. Geophysical Research Letters, 38: L01702, 1—5

CLIMATIC VARIATION AND RETURN PERIOD OF TROPICAL CYCLONES IN COAST AREAS OF MIDDLE GUANGDONG

ZHENG Yun-Xia, YING Ming, LI Yong-Ping

(Shanghai Typhoon Institute of China Meteorological Administration, Shanghai 200030, China)

Abstract Using the observation data from 14 weather stations in the past 59 years (1952—2010) in the coastal regions of the middle Guangdong, South China, tropical cyclones (TCs) and their frequency, scale, source region distribution, and interannual and decadal variability were studied. Meanwhile, strong wind (velocity $\geq 10.8\text{m/s}$) and their return periods were analyzed. The results indicate that the affecting TCs in the region occurred mainly from June to September, and particularly in August. Most of the TCs were severe tropical storm or tropical storm and the most of them were generated at the northern South China Sea or the ocean east of the Philippines. During the 59-year period, the frequency of the TCs increased in 1970's and 1980's but decrease in 1960's and 1995 to 2010; in overall, it trended down in frequency and in strength. The extreme wind in return period showed a rapid decrease from coast to inland, and it is slightly larger in western than in eastern part of the study region.

Key words affecting TC; frequency; wind strength; generation area; high wind velocity; return period