

影响华南西部的登陆热带气旋的若干气候特征*

姚才¹, 黄明策¹, 贺海晏²

(1. 广西气象减灾研究所, 广西南宁 530022;

2. 中山大学大气科学系, 广东广州 510275)

摘要: 利用 1950—1999 年台风年鉴资料, 结合广西 89 个测站的降水资料, 统计和分析了登陆影响华南西部热带气旋的若干气候特征。结果表明, 进入华南西部的热带气旋数占登陆华南沿海地区总数的 75%; 年均共有 1.9 个热带风暴级别以上的热带气旋进入广西, 其中强热带风暴强度以上的占 84%。进入华南西部和登陆华南地区的热带气旋都具有显著的年际变化特征。不同月份、不同热带气旋登陆后的维持时间差异极大, 平均维持时间的长短与登陆后 12 h 内强度的衰减程度密切相关。热带气旋引起暴雨的多寡和低压环流在广西境内的滞留时间成正相关, 而与登陆时的强度没有明显的关系。

关键词: 登陆热带气旋; 华南西部; 广西; 气候特征

中图分类号: P444 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2005) 05-0102-06

登陆热带气旋常常给登陆地区造成严重的灾害, 一直是气象业务和科研关注的热点和难点问题^[1-3]。华南沿海地区(这里指 25°N 以南, 119°E 以西)是我国沿海热带气旋活动最频繁、影响程度最严重、全年影响时间最长的区域^[4-5]。因而弄清影响该地区热带气旋的气候特征是进一步开展热带气旋研究和提高预报服务水平的重要基础性工作。近年来, 已有气象学者对这一地区的热带气旋活动及登陆引起的灾害进行了分析和研究, 并取得一些成果^[6-13]。我们将主要关注影响华南西部特别是广西的热带气旋。本文将以 113°E 为华南西部和东部的分界线, 着重分析登陆或进入西部、强度在 8 级以上(含 8 级)的热带气旋的气候特征, 尤其是进入西部重要省区广西的热带气旋的时空分布、陆上维持时间、强度变化及暴雨分布特征, 以期更加全面地了解影响西部热带气旋的气候规律。

1 资料和分析方法

热带气旋(或简记为 TC)资料取自 1950—1988 年的《台风年鉴》^[14]和 1989—1999 年的《热带气旋年鉴》^[15]。从 1989 年起, 中国采用国际热带气旋等级划分标准: 台风(最大中心风速 > 32.6 m/s, 相当于 12 级)、强热带风暴(最大中心风速 24.5~32.6 m/s, 相当于 10—11 级)、热带风暴(最大中心风速 17.2~24.4 m/s, 相当于 8—9 级)

和热带低压(最大中心风速 10.8~17.1 m/s, 相当于 6—7 级)。由于《台风年鉴》把热带气旋只分为: 强台风、台风、低压三个等级, 为了统计的一致性, 本文把最大中心风速 > 24.5 m/s 的台风记为强热带风暴, 否则记为热带风暴。同时, 为了叙述的简便, 有时用英文缩写 TD、TS、STS 和 TY 分别表示热带低压、热带风暴、强热带风暴和台风。

降水资料取自广西气象台雨量库, 包括 1970—2002 年全区 89 个测站的日降水量(08 时—08 时)。分析方法为常规的统计分析方法。

2 影响华南西部热带气旋的基本特征

2.1 年际和月际变化特征

1950—1999 年 50 a 间, 登陆华南地区的热带气旋(包括 TD、TS、STS 和 TY)总数为 336 个, 年均 6.7 个; 其中, 进入华南西部的 TC 为 252 个, 年均 5 个, 占登陆华南地区 TC 总数的 75%。

图 1a 给出 50a 来登陆华南地区和进入华南西部的 TC 数的年际变化。可以看出, 进入华南西部的 TC 数年际变化显著, 最多的年份 1952、1953 和 1971 年, 达到了 8 个, 1997 年进入华南西部的 TC 最少, 仅有 1 个。50 年的资料统计表明, 登陆华南地区的 TC 数的标准差为 2.19 个, TC 数超过 7 个(平均值, 图中虚线)的有 20 a, 少于 7 个的有 22 a, 等于 7 个的有 8 a; 影响华南西部的 TC 数的

* 收稿日期: 2004-09-21

基金项目: 广西自然科学基金资助项目(0144026); 广西科学攻关资助项目(0322022-4)

作者简介: 姚才(1963 年生), 男, 高级工程师; 通讯联系人: 贺海晏; E-mail: eeshhy@zsu.edu.cn

标准差为 1.7 个，TC 数超过 5 个（平均值，图中实线）的有 21 a，少于 5 个的有 18 a，等于 5 个的有 11 a。登陆华南地区的 TC 数和影响华南西部的 TC 数两者呈正相关（相关系数达 0.8），年际变化趋势也基本一致，这与登陆、影响我国的 TC 活动情况大致相似^[6,16]。另外，从月际分布来看（图 1b），50 a 间，登陆华南沿海地区的平均 TC 数的逐月分布呈“单峰”型，1~3 月无 TC 在华南沿海登陆，4 月开始出现，到 8 月达到峰值，9~12 月又逐渐下降。登陆 TC 主要集中在 6~10 月，占全年总数的 90% 以上；进入华南西部的 TC 数的月际分布趋势与之类似，也集中在 6~10 月，占全年总数的 92.5%。就多年平均而言，7~9 月为 TC 登陆华南地区和进入华南西部的活跃季节，其中以 8 月份最高，8 月份平均登陆华南的 TC 数为 1.78 个，

进入华南西部的为 1.4 个，占该月总数约 79%。

在登陆的 TC 中，STS 和 TY 常常带来狂风暴雨，可能造成重大灾害。与 TC 的情况类似，STS 也具有明显的年际变化（图略）：50a 中，登陆华南地区的 STS 总数共 252 个，年均约 5 个，最多的年份是 1971 和 1973 年，达到 10 个；1969 和 1998 年最少，各自只有 1 个；能进入西部的 STS 数有 181 个，年均 3.6 个，占登陆华南地区 STS 总数的 71.8%。进入华南西部 STS 数目最多的年份是 1971 年，达 8 个，1959 年最少（0 个）。另外，从月际分布情况（图略）来看，登陆华南沿海和进入华南西部的 STS 数高峰期均为 7~9 月，但两者峰值并不重合，前者出现在 9 月份，而后者出现在 8 月份。

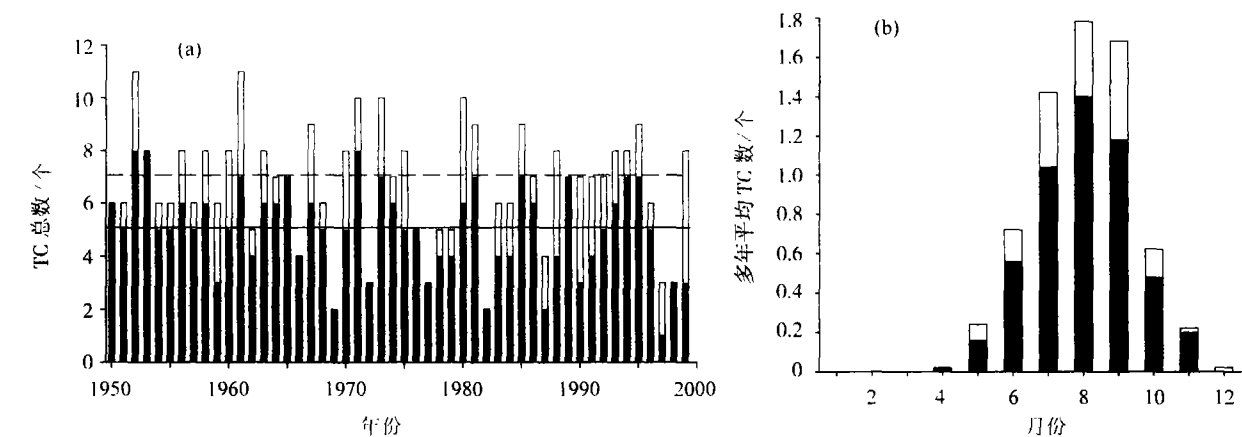


图 1 登陆华南（黑 + 白）与进入华南西部（黑色）的 TC 数年际（a）、月际（b）变化对比图。
Fig.1 The annual (a) and monthly (b) variations of the numbers of tropical cyclones (TC) landed onto South China (black plus white) in contrast with those moved into the western part of South China (black) during 1950-1999.

上述事实表明，总体而言，登陆或进入华南西部的 TC，无论从个数上，还是分布特征上与登陆华南地区的 TC 有很好的相关性，但个别年份也存在较大差异，例如，1989 和 1990 年均有 7 个 TC 登陆华南，但进入华南西部的 TC 则分别为 7 个和 3 个，差异悬殊。

2.2 年代际变化统计特征

表 1 给出的是按年代统计的登陆华南沿海地区和进入华南西部的 TC 数目。由该表可见，20 世纪 50-90 年代间，登陆华南地区的 TC 数目并无显著的年代际变化，都接近平均数 67 个；而进入华南西部的 TC 数呈现逐渐减少的趋势，其变化幅度也较大，达 13 个。强度达 STS 以上的情形则表现出相对较为明显的年代际变化特征，50 年代明显偏少，70 年代明显偏多。此外，由表 1 还可看到另

一个显著特征，在 50 年代，登陆华南的 TC 数最多（71 个），但是，登陆华南和进入华南西部、强度达到 STS 的数目却最少，分别只有 39 个和 29 个；而在 70 年代，登陆华南的 TC 数最少（64 个），但是，登陆华南和进入华南西部、强度达到 STS 的数目却最多，分别有 54 个和 41 个。

表 1 20 世纪登陆华南、进入华南西部的 TC/STS 数目
Tab.1 Decadal records of the TCs (or STSs) during 1950-1999

年代	TC		STS	
	登陆华南	进入华南西部	登陆华南	进入华南西部
1950	71	57	39	29
1960	67	52	52	38
1970	64	50	54	41
1980	68	49	54	38
1990	66	44	53	35

3 进入广西境内的 TC

3.1 年际和月际变化特征

广西是华南西部的重要省区,若按首次登陆统计,近 50 a (1949—2000 年),进入北部湾直接登陆广西的 TC 数非常少(总数为 2 个)^[11]。但中心二次登陆或经广东省进入广西、强度仍维持在 8 级以上(TS)的 TC 却比较频繁。因此,广西也是受 TC 影响较为严重的省区之一。分析中心进入广西境内、强度达 TS 和 STS 以上的 TC 数的年际分布对比图(图 2)可见,50 a 间,进入广西、TS 量级以上的 TC 数共有 94 个,年均 1.9 个;其中,STS 强度以上有 79 个,年均 1.58 个,占 84%。两者都存在显著的年际变化,1995 年最多,达 5 个,而最少的年份为 1950、1955、1956、1959、1983、1987 和 1997 年,均为 0 个。但 STS 与 TS 年际变化并不一致,以 1967 和 1980 年为例,1967 年 4 个进入广西的 TC 均达到 STS,而 1980 年却没有一个 TC 的强度能达到 STS。从两者的月际分布(图略)来看,分布较为一致,高发期为 7~9 月,以 7 月份为最多,且 STS 占了该月 TS 以上强度的 TC 数的 80%,以后则逐月递减,这与华南西部登陆 TC 的情形有所不同。

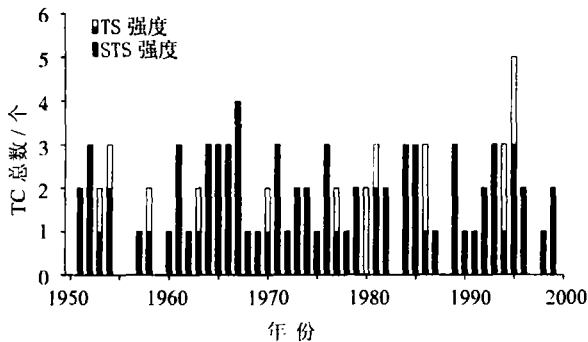


图 2 1950–1999 年间进入广西的 TS 与 STS 强度以上的 TC 的年际变化

Fig.2 The annual variations of the numbers of tropical storms (TS) and STS invaded Guangxi province during 1950–1999

3.2 TC 的维持时间与强度变化特征

热带气旋登陆后所造成的灾害与它在陆上维持时间的长短密切相关。图 3 是进入广西的 TC 在陆上的平均维持时间及其在广西境内的持续时间逐月分布对比图。从图可见,不同月份的 TC 的平均维持时间很不一样,陆上维持时间以 8 月份最长,达 30 h,其次为 9 月,为 28 h,最短为 5 月,不足 15 h。相比之下,TC 在广西境内的持续时间以 9 月最长,但各月相差并不大,除 11 月小于 6 h 外,其

余均在 10–15 h 之间。在所研究的 50 年中,陆上维持时间最长的是 6008 号 TY,达 80 h,在广西境内持续了 6 h。另外,同一月份,不同 TC 的维持时间相差也相当悬殊,如 8 月份,陆上持续时间最长的达 80 h,而最短的(9506 号)才 4 h。这说明影响广西的 TC 在陆上和广西境内的持续时间除了受季节影响外,可能还受其本身强度、登陆地点、下垫面状况及大气环流形势等诸多其他因素的影响。

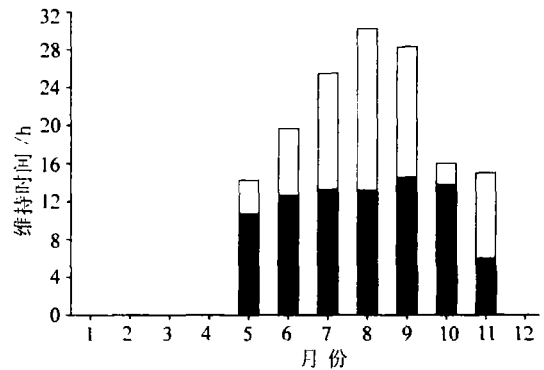


图 3 进入广西的 TC 平均在陆上(黑+白)及在广西境内(黑色)的维持时间的逐月分布

Fig.3 The monthly mean duration (hours) of the TCs over the land in South China (black plus white) and those inside Guangxi (black) during 1950–1999

为了说明 TC 登陆后的持续时间与本身强度的关系,图 4 给出了登陆时强度达到 TS 和 STS 的 TC 在陆上的平均维持时间对比图。从图 4 可见,TC 在陆上的维持时间与其登陆时的强度有明显的关系,STS 强度以上的 TC 平均要比 TS 的持续时间更长一些。但各月差异明显,差异较大的是 6 月和 8 月。在广西境内持续时间的长短与 TC 登陆时的强度似无明显关系(图略);总体上说来,STS 的持续时间通常要比 TS 长,但 7 月却出现相反的情形,两者差异最显著是 6 月。

热带气旋登陆后持续时间的长短还与其登陆后不同阶段 TC 的强度变化密切相关。为了考查登陆华南 TC 的衰减情况,定义 TC 的衰减率(D)

$$D = \frac{\Delta P}{\Delta T} \quad (1)$$

式中, ΔP 和 ΔT 分别为 TC 从登陆至减弱为 TD 时的中心气压增量及其所历经的时间。较大的 D 值对应较大的 ΔP (中心气压升高较大)或较小的 ΔT (历经时间较短),表明 TC 衰减较快。

逐个计算中心进入广西、登陆时强度具有 STS 以上的 TC 的 D 值,然后分别将值最大和最小的 10 个 TC 组成快速减弱的(A)和缓慢减弱的(B)两

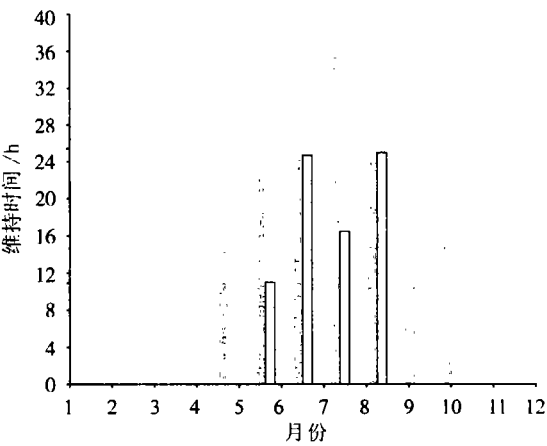


图 4 进入广西的 STS (黑) 与 TS (白) 在陆地上的平均持续时间

Fig.4 Monthly mean duration (hours) of the STSs (black) and the TSs (white) over the land in South China during 1950 - 1999.

组, A 组的平均值为 3.2, 维持时间为 24 h (1 d); B 组的平均值为 0.6, 维持时间为 41 h, 缓慢减弱组的维持时间大约是快速减弱组的 2 倍。图 5 是用 A、B 两组样本制作的 TC 登陆后 0~12 h 和 12~24 h 两个时段中心气压和风速的衰减图。由图可见, 登陆后的 0~12 h, 快速减弱的 TC 平均中心气压上升 33hPa, 升幅比缓慢减弱的 TC 大 26 hPa, 但在 12~24 h 的时段内, 两者的差值不足 4 hPa。中心风速的衰减也具有类似的特征。因此, TC 登陆后 0~12 h 内的中心强度变化与其陆上维持时间的相关性要比 12~24 h 的强度变化与陆上维持时间的相关性更显著。

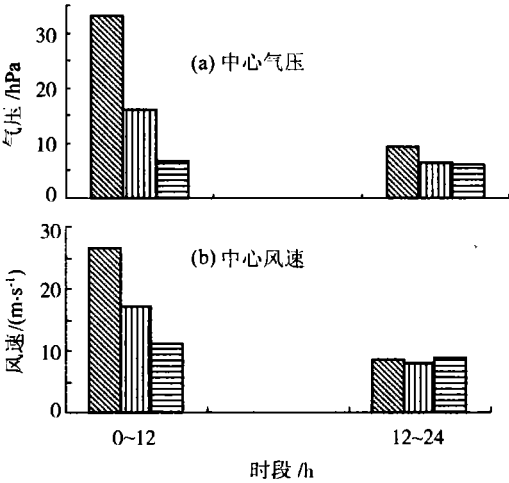


图 5 进入广西 STS 强度以上的 TC 登陆后中心气压 (a) 和风速阶段衰减图 (b)

Fig.5 Comparisons of the variation in the central pressure and wind speed between a group of fast decaying STSs and that of slow decaying STSs after landfall

3.3 TC 登陆地段与广西降水分布特征

按照文献^[17]划分的方法将登陆华南 TC 的登陆地段划分为 3 类: 湛江市以西为 I 类 (西路), 湛江市到 113°E 为 II 类 (中路), 113°E 以东至 119°E 为 III 类 (东路)。统计进入广西的 TC 的登陆地段逐月分布 (表 2) 表明, II 类登陆 TC 数最多, 其次是 I 和 III 类。I、II 类 7 月最多, 而 III 类则集中在 8 月份。在统计的 50 年中, 冬季和初春季节 (12 月至翌年 4 月) 无 TC 进入广西内陆。进入广西内陆最早的是 1954 年 2 号强台风 (Elsie), 5 月 12 日在北海登陆后移入内陆; 而最迟的是 6720 号强台风 (Emma), 11 月 8 日在湛江-海康登陆后移入广西。从表 2 还可以发现, 前汛期的 5、6 月份和冬半年的 10、11 月份进入广西的 TC 中, 多半是属于 I 类 (57%), 其次是 II 类 (38%); 在 TC 活跃期 7~9 月, II 类最多 (占 42%), 其次是 III 类 (占 33%), I 类最少 (占 25%)。可见中心进入广西的 TC 主要来自中路和东路。这种登陆地段的季节性分布特征是否与西太平洋副热带高压的平均位置有直接的关系, 还有待进一步深入研究。

表 2 1950-1999 年中心进入广西的 TC 在不同地段登陆数目逐月分布

Tab.2 Monthly mean numbers of TCs made landfall over different land sectors and entered into Guangxi during 1950 - 1999

类别	月 份												合计
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
I	0	0	0	0	3	5	11	5	5	3	1	0	33
II	0	0	0	0	1	5	14	12	9	2	0	0	43
III	0	0	0	0	0	1	9	11	7	0	0	0	28
合计	0	0	0	0	4	11	34	28	21	5	1	0	104

根据 1970-2002 年的统计结果 (表略) 看来, 从不同地段登陆、移入广西的 TC 对广西出现暴雨的贡献差别很大。在 33 a 中, III 类登陆的 TC 数最少为 12 个, 但出现暴雨的站数最多, 达 32 站; I 类登陆 TC 数为 23 个, 出现暴雨的站数为 27 站; II 类登陆的 TC 数最多, 达 35 个, 但暴雨站数却最少, 仅有 24 站。

进一步分析 TC 登陆及进入广西时的强度与 TC 暴雨的关系 (图略), 发现 TC 登陆或进入广西时的强度与 TC 造成的暴雨站数没有明显的相关。不同的 TC, 即使其登陆时的强度相同, 其造成的降水分布和强度差别非常明显。TC 暴雨可能与 TC 的涡旋环流在广西境内滞留的时间及环境场的配置有更密切的关系。为进一步了解这种关系, 我们还统计分析了 TC 造成的暴雨站数与 TC 涡旋环流在广西境内滞留时间 (表略)。以产生暴雨站数最多的

和最少的10个TC分别代表“强”暴雨和“弱”暴雨两类,强暴雨类的平均暴雨站数达50多站,涡旋环流在境内的停留时间超过1d(24h);弱暴雨类的暴雨站数则不足5站,环流的停留时间仅为9h。1970年来,TC过程暴雨站数最多的是1985年序号17的STS在广西南部沿海回旋造成的,达80多站;最少的是9910号(York),暴雨站数为0。同一日特大暴雨(>250mm)站数最多是2001年的03号“榴莲”TY造成的,达到4站。因此,TC涡旋环流在广西境内维持时间的长短与暴雨的范围有着密切的相关,这更值得在TC暴雨预报中引起重视。

4 结 论

(1) 影响华南西部的TC占整个登陆华南TC的75%以上,与登陆华南的TC一样,具有明显的年际和月际变化特征。两者的年际变化呈正相关。

(2) 年均均有1.9个TS强度以上的TC进入广西,其中STS以上强度的占84%以上,两者都存在显著的年际变化。

(3) 影响广西的TC陆上持续时间的月际差别很大,以8月份最长,达30多h,其次为9月。在广西境内持续的时间以9月最长,但各月相差不大。

(4) 从年代际变化看,20世纪50-90年代间,登陆华南地区的TC数目没有显著的年代际变化,但进入华南西部的TC数呈现逐渐减少的趋势;强度达STS以上的TC则表现出相对较为明显的年代际变化特征,50年代明显偏少,70年代明显偏多。在50年代,登陆华南的TC数最多,但是,登陆华南和进入华南西部、强度达到STS的数目却最少;而在70年代,登陆华南的TC数最少,但是,登陆华南和进入华南西部、强度达到STS的数目却最多。

(5) STS以上强度的TC比TS的平均持续时间长,但月份差异明显。登陆后12h内TC中心强度的衰减程度对陆上的维持时间起着关键的作用。

(6) TC造成暴雨站数多寡与TC涡旋环流境内滞留时间的长短密切相关,而与登陆时的强度没有显著的相关。TC造成暴雨站数多的可达50站以上,其低压涡旋环流在境内的停留时间可超过1d;

而少的不足5站,停留时间仅为9h。

(7) 中心进入广西的TC主要来自中路和东路,即主要是在湛江至119°E登陆的TC。

参考文献:

- [1] 陈联寿,徐祥德,罗哲贤,等. 热带气旋动力学引论[M]. 北京:气象出版社,2003.
- [2] CHEN L S, LUO H B, DUAN Y H, et al. An overview of tropical cyclone and tropical meteorology research progress[J]. Advances in atmospheric sciences, 2004, 21(3): 505 - 514.
- [3] CHEN P Y, YU R L. Review on the North-western Pacific tropical cyclone in 2002[J]. Atmospheric Science Research and Application, 2003(1): 101 - 113.
- [4] 张祥玉,文日凤. 影响华南沿海的热带气旋分析[J]. 海洋通报, 2000, 19(3): 24 - 29.
- [5] 马奋华,陈玉林. 登陆台风研究概述[J]. 气象教育与科技, 2003, 25(4): 8 - 18.
- [6] 李英,陈联寿,张生军. 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.
- [7] 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.
- [8] 简茂球,王婷,牛晓蕾,等. 登陆我国的热带风暴近海异常路径的统计分析[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2003, 42(2): 93 - 96.
- [9] 张祥玉. 影响电白县及邻近海区强热带气旋的统计分析[J]. 南海研究与开发, 2000, 19(3): 24 - 29.
- [10] 黄忠,林良勋. 快速西行进入南海台风的统计特征[J]. 气象, 2004, 30(9): 14 - 18.
- [11] 贺海晏,简茂球,宋丽莉,等. 近50a广东登陆热带气旋的若干气候特征[J]. 气象科学, 2003, 23(4): 401 - 408.
- [12] 王同美,温之平,李彦. 登陆广东热带气旋统计及个例的对比分析[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2003, 42(5): 97 - 100.
- [13] 吴兴国. 五十年来影响广西的热带气旋统计特征分析[J]. 广西气象, 1998, 19(4): 28 - 31.
- [14] 中国气象局. 台风年鉴(1950~1988)[Z]. 北京:气象出版社, 1951~1989.
- [15] 中国气象局. 热带气旋年鉴(1989~1999)[Z]. 北京:气象出版社, 1990~2000.
- [16] 叶英,董波. 登陆我国热带气旋活动的年代际变化分析[J]. 海洋预报, 2002, 19(2): 23 - 30.
- [17] 蒙远文,蒋伯仁,韦相轩,等. 广西天气及其预报[M]. 北京:气象出版社, 1989.

Climatic Features of Tropical Cyclones Invaded Southwestern China

YAO Cai¹, HUANG Ming-ce¹, HE Hai-yan²

(1. Guangxi Institute of Meteorological Disaster Reduction, Nanning 530022;

2. Department of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275)

Abstract: In this study, the climatic features of the tropical cyclones (TCs) affecting Southwestern China including Guangxi province is analyzed based on the data from the typhoon year-books (1950-1999). Statistical analyses show that TCs landfalling in western part in South China account for 75% of the total numbers of those making landfall in south-China. On the average, the numbers of TCs invaded Guangxi (with their center positions located within Guangxi and the maximum sustained surface winds greater than 17 m/s – tropical storms) are about 1.9 cases per year. And among them, those with maximum sustained surface winds greater than 24 m/s (severe tropical storms) may account for 84% of the total. Both the number of TCs made landfall onto South China and the number of TCs entered into the south-western China show distinct annual variations. It is also found from the analyses that among those TCs having great impacts on Guangxi, the TCs of longest-duration time over land area after landfall occur in August, and the second longest duration ones are found in September. However, in Guangxi province, the longest duration TCs are observed in September. The duration time of landfalling TCs is quite different from case to case, depending on their intensity and weakening process within 12 hours after landfall. The amount of heavy rain caused by the TCs is more closely related to the duration time of their low pressure cyclonic circulation within Guangxi province than their intensity at landfall.

Key words: landfall typhoon; southwestern China; Guangxi Province; climatic features