

## 登陆华南台风的频数及强度变化特征分析

罗小莉<sup>1</sup>, 姚才<sup>2</sup>, 谭金凯<sup>3</sup>

(1. 广西壮族自治区气象服务中心, 广西南宁 530022; 2. 广西壮族自治区气象减灾研究所, 广西南宁 530022;  
3. 华东师范大学地理科学学院, 上海 200241)

**摘要:** 利用1949—2015年上海台风所提供的热带气旋资料, 依据热带气旋登陆华南时的强度, 对登陆华南台风的频数、初终旋影响日期、影响期以及登陆位置、强度等气候特征分为3个路段(即西路、中路和东路)进行了分析。结果表明: 全年登陆华南热带气旋TCs(指登陆时底层中心附近最大平均风速 $\geq 8$ 级的热带气旋)和台风以上(指登陆时底层中心附近最大平均风速 $\geq 12$ 级的热带气旋)频数均有不显著的增加趋势, 且登陆华南TYs频数占TCs频数的百分比呈不显著的上升趋势, 年际变化特征明显, 年最多登陆TCs频数是最少登陆TCs频数的9倍, TCs和TYs的年代际变化具有明显的波动特征, 登陆时间主要集中在7—9月。登陆地点主要集中在珠江口以西(西路和中路)。登陆华南TCs的平均影响期为78 d, 多年平均初旋和终旋影响日期分别为7月8日和9月23日, 初旋和终旋影响日期有提早的趋势, 其中东路平均10 a的终旋影响日期提前5.8 d。从登陆强度看, 整个华南、中路和东路各级热带气旋的强度有不同程度的增强趋势, 而从西路进入华南的热带气旋中, 强热带风暴的强度是减弱的, 而热带风暴和台风以上的强度是增强的。值得注意的是, 近十年来以极端强度登陆华南的台风显著增多。

**关键词:** 登陆华南; 台风; 频数; 强度

**中图分类号:** P444 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2018)04-0058-10

### 1 引言

热带气旋是影响我国的主要灾害性天气系统, 其活动过程常伴有暴雨、大风、巨浪和风暴潮, 常给受影响地区带来严重灾害。华南位于我国南部沿海, 是我国受热带气旋影响最多的地区<sup>[1-2]</sup>, 1949—2006年间登陆华南地区热带气旋的总个数占总登陆个数的62%, 且年际和年代际变化特征显著<sup>[3-6]</sup>。平均每年这些台风给华南地区约造成近百亿元经济损失和一百多人的人员伤亡。多的年份可达数百亿和数百人的经济损失和人员伤亡。例如, 在2004—2013年的10 a间, 2008、2009、2013年登陆华南地区的台风均在8个以上, 狂风暴雨给这一地区

带来巨大损失。据统计, 2008年的台风“黑格比”仅在广西就造成70亿的直接经济损失, 因灾死亡21人, 失踪8人<sup>[7]</sup>。但有些年份登陆华南的台风异常偏少, 例如, 2004年仅有两个台风登陆, 华南地区因此发生了罕见的夏秋冬连旱, 对农业生产、水利发电等产生严重影响, 许多地方甚至发生人蓄饮水困难。因此对登陆华南台风的气候学研究具有重要的科学意义, 它不仅可以为登陆华南台风的季节预测提供科学依据, 而且对于台风路径和登陆地点的预报也具有广泛的应用价值, 为防灾减灾提供决策依据。

近年来, 已有气象学者从不同角度对华南地区的热带气旋活动及登陆引起的灾害等进行了分析

收稿日期: 2018-02-23; 修回日期: 2018-04-11。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41465003, 41665006, 41575051)。

作者简介: 罗小莉(1984-), 女, 工程师, 硕士, 主要从事天气预报技术研究。E-mail: xlpeace2003@126.com

通讯作者: 姚才(1963-), 男, 高级工程师, 博士, 主要从事台风预报技术研究。E-mail: dlhntfyj@126.com

和研究,并取得一些成果,杨玉华等<sup>[3]</sup>分析1949—2006年登陆华南地区的热带低压及(强)热带风暴年频数以减少为主,而登陆中国华南和东部地区的台风强度都有增强趋势,而且华南比东部更为显著;张祥玉等<sup>[8]</sup>对1949—1998年登陆华南的热带气旋展开分析,发现登陆岸区较集中,东部海区明显少于西部海区;贺海晏等<sup>[9]</sup>对近50 a登陆广东省热带气旋的气候特征进行了总结;袁金南等<sup>[10]</sup>给出了影响广东热带气旋的频数及年平均强度的变化特征;姚才等<sup>[11]</sup>给出了影响华南地区西部的登陆热带气旋的年际、强度变化特征;李艳兰等<sup>[12]</sup>分析了1951—2007年影响广西的热带气旋频数、强度以及初旋、终旋影响日期的变化;覃卫坚等<sup>[13]</sup>分析了1949—2011年影响广西热带气旋的数量、路径及其影响广西暴雨的特征。

上述研究侧重的区域和角度不同,所用的资料来源、资料序列的长度以及方法也有所不同,从一定程度上说明了影响华南地区台风特征。但一些研究表明<sup>[14-17]</sup>,近年来在气候变暖背景下,尤其是在21世纪以后西太平洋生成台风个数有减少的趋势,而登陆影响中国的热带气旋频数呈弱的减少趋势、但是达到台风强度的登陆气旋频数变化却不明显或略有增加,那么在这一背景下,登陆华南地区台风的活动规律是否也出现了新的特征?例如,登陆频数的变化以及在登陆区域的表现是否一致、强度变化如何、首次和末次登陆影响华南时间的早晚以及影响期的变化特征怎样?另外,华南三省区虽都位于南部沿海,但东西跨度大,天气气候规律仍存在显著的差异<sup>[18-20]</sup>;而且,防灾减灾对登陆台风的地点、强度也提出了更加精细的服务需求。因此,本文针对以上问题,采用更新更完整的热带气旋资料序列,将登陆华南的台风划分为东路、中路和西路3个路段,主要对登陆影响华南台风的频数、强度、初终旋出现时间的变化趋势和月际、年际、年代际变化特征等进行了分析,以期探索登陆影响华南热带气旋的基本规律,为后期开展气候预测研究提供依据。

## 2 资料和方法

本文所使用的资料由上海台风所提供的1949—2015年西北太平洋(含南海)热带气旋资

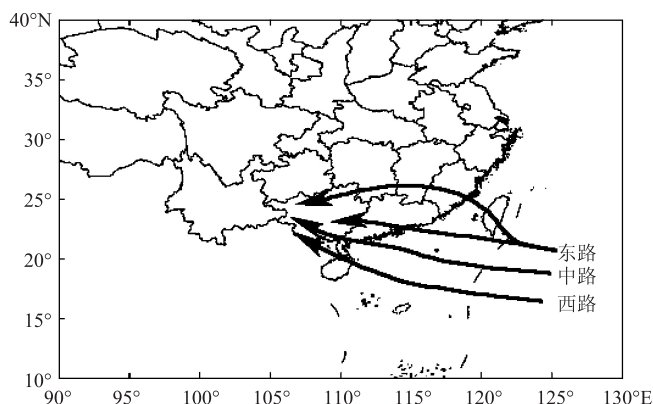


图1 登陆影响华南TCs的基本路径

料。本文所指的华南地区包括广东、广西和海南三省,登陆华南的热带气旋指的是登陆时底层中心附近最大平均风速 $\geq 8$ 级的热带气旋(简称TCs),而台风以上指的是登陆时底层中心附近最大平均风速 $\geq 12$ 级的热带气旋(简称TYs)。

华南沿海岸线漫长,为了更好地分析登陆华南TCs的区域分布特征,根据华南地区台风预报业务和研究的经验和成果<sup>[18-21]</sup>,本文将登陆华南的TCs(包括从台湾登陆后二次进入华南的TCs)划分为3条路径(见图1):第一类是西路,指的是在湛江市以西(或以南)沿海登陆;第二类是中路,指的是在湛江市到珠江口以西之间的沿海登陆;第三类是东路,指的是在珠江口以东至福州之间的沿海登陆。本文分析研究全年登陆华南台风的频数、初终旋影响日期、影响期以及登陆位置和强度等变化特征。

本文主要使用的方法有相关分析、气候倾向率、线性趋势、 $t$ 检验等统计方法。

## 3 登陆华南TCs的基本气候特征

### 3.1 登陆华南TCs的月际变化特征

图2给出了1949—2015年平均登陆华南及各路段TCs及TYs的月际分布,从图2a中可以看出1—3月没有TCs登陆华南,各级登陆华南地区的TCs主要集中在7—9月。在1949—2015年的气候平均中,登陆华南TCs频数呈双峰型分布,4月份开始有热带气旋登陆华南,随后不断增加,到7月份登陆华南的TCs总频数最多,达68个,平均每年7月有

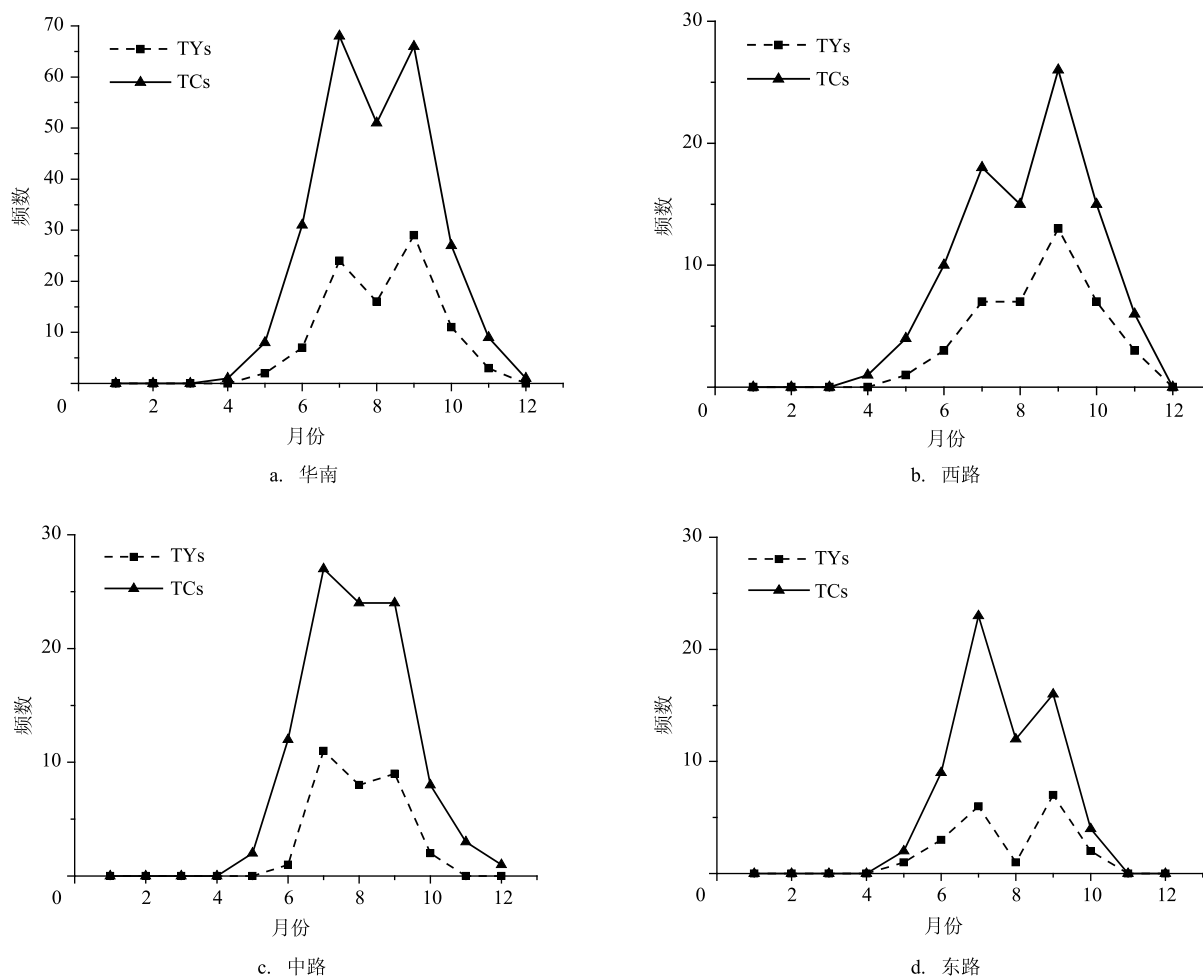


图2 1949—2015年平均登陆华南TCs和TYs频数月变化

1个TCs登陆华南,8月减少,9月又增加,达66个,10月又开始减少,到12月最少,只有1个热带气旋登陆华南;就TYs而言,和TCs有类似的特征,但是9月份登陆华南的TYs频数最多,多达29个,其次是7月,24个。

从图2b、2c、2d可以看出,最早有热带气旋的是西路,在4月出现,最晚有热带气旋登陆的是中路,在12月结束,从西路进入华南TCs频数9月份最多(26个),从中路和东路进入华南TCs个数均是7月份最多,分别达27个和23个。从登陆华南TYs频数而言,西路的最多(41个),其次是中路(31个),最少的是东路(20个),但是各路段登陆的早晚不一致,其中西路开始早结束晚,5—11月均有TYs从西路进入华南,9月份最多有17个,7月和8月相当;中路是6月开始,10月结束,7月份TYs最多有11个;

东路是5月开始,10月结束,从东路进入华南的TYs 9月份最多,7个。

### 3.2 登陆华南TCs季节的影响期

叶英等<sup>[22]</sup>提出,每年热带气旋首次登陆和末次登陆某一些地区的时间间隔反映了登陆某地区热带气旋影响期的长短,本文将每年热带气旋首次登陆和末次登陆华南之间的这段时间,是登陆华南热带气旋季节,将其定义为登陆华南TCs季节的影响期。

#### 3.2.1 登陆华南TCs初终旋的时间变化

华南初旋一般4—10月出现,终旋一般在6—12月出现。图3给出了1949—2015年每年登陆华南和各路段的初、终旋日期的演变曲线,多年平均初旋、终旋影响日期分别为7月8日和9月23日,其中从东路进入华南的初旋、终旋日期为7月27日和8

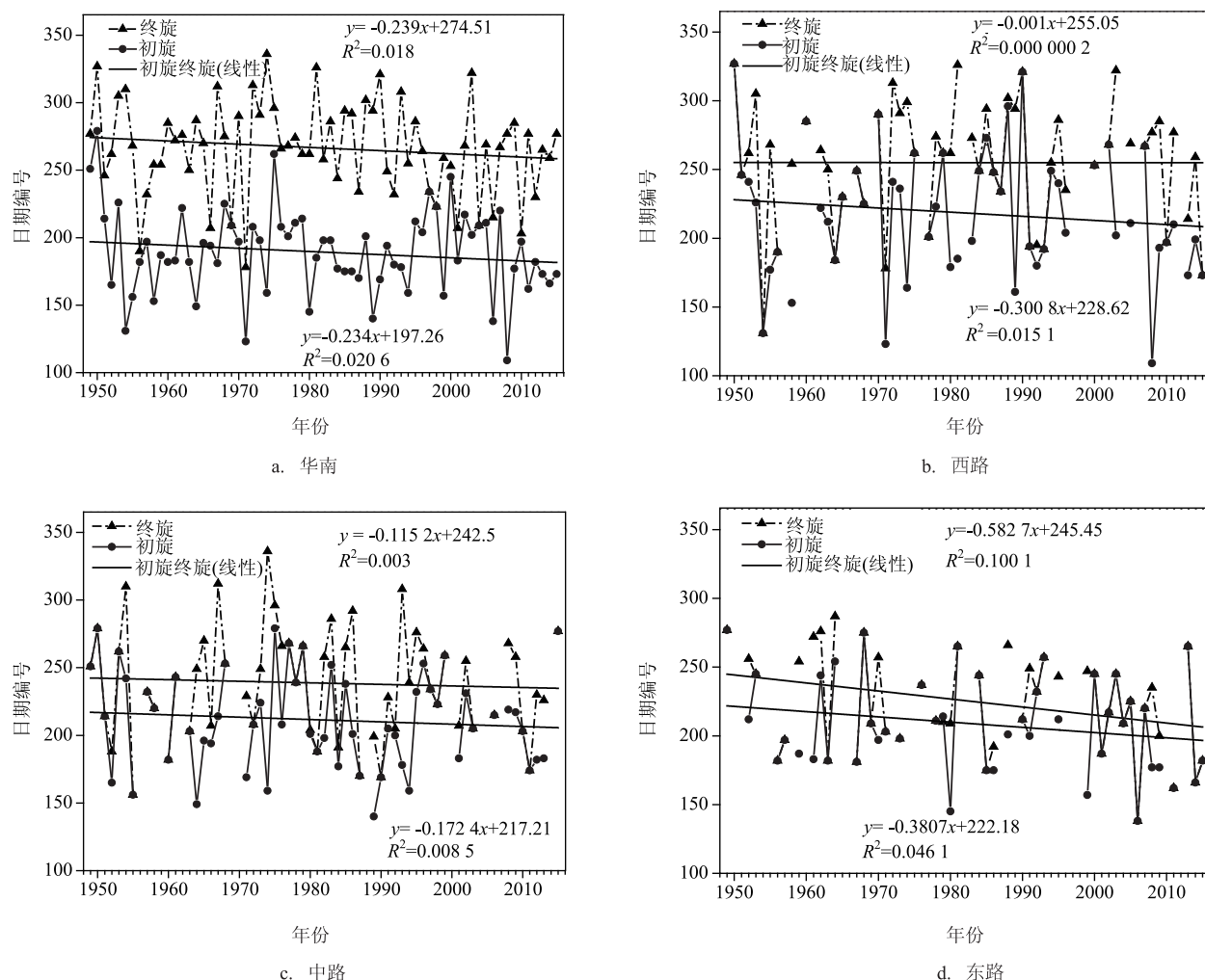


图3 1949—2015年登陆华南初旋和终旋日期变化

(其中日期编号为影响日期序号,每年1月1日编为1,1月2日编为2……以此类推)

月12日,中路进入华南的初旋、终旋日期为7月30日和8月26日,西路进入华南的初旋、终旋日期为8月6日和9月12日,说明从东路进入华南地区的TCs开始早、结束早,中路次之,西路开始晚、结束也晚。由图3a可见,1949—2015年华南初旋和终旋影响日期序号均呈波动性下降(即偏早趋势),初旋从20世纪50年代中期到70年代中期呈缓慢上升趋势,90年代中期到21世纪20年代中期,呈缓慢下降趋势。从各路段的初、终旋影响日期来看(见图3b、3c、3d),除了西路的终旋影响日期无显著的上升下降趋势外,中路和东路的初、终旋以及西路的初旋均有偏早趋势,其中东路的平均每10a终旋影响日期提前5.8d,达到显著性水平5%的统计检验。

### 3.2.2 登陆华南TCs的影响期变化特征

上一节已经对登陆华南初、终旋影响日期的进行了分析发现,总体而言,初、终旋的影响日期普遍提早,接下来本文分析一下历年登陆华南TCs的影响期的演变特征。

通过对华南和各路段TCs登陆季节历年影响期统计分析发现,影响期平均78d,最多的可达6个月(1954年5月11日—11月6日),最少的1969、1997、1998、2004年,只有一个热带气旋登陆华南。统计表明,西路影响期有弱的延长的趋势,而东路有弱的缩短的趋势,华南和中路影响期变化不明显,均未达到显著性水平5%的统计检验(图略)。

### 3.3 登陆影响华南TCs的年际及年代际变化特征

1949—2015年登陆华南TCs总频数为262个,

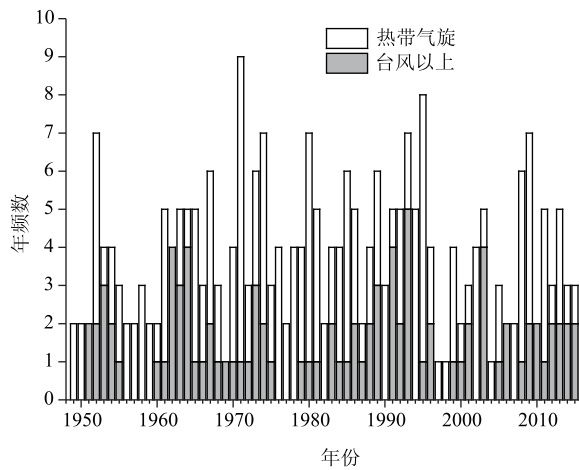


平均每年3.9个,其中登陆TYs共92个,平均每年1.4个。图4a和表1给出了67 a来登陆华南TCs和TYs数的年际变化,可以看出:登陆华南TCs的年际变化显著,登陆最多的年份是1971年,达到9个,明显高于正常年份,登陆最少的年份是1969年、1997年、1998年、2004年,仅1个;登陆华南TYs频数也有较明显的年际变化,最多的年份是1993年有5个,登陆最少的年份没有TYs登陆华南,共有17年,具体年份见表1。从图4a还可以看出:1949—2015年登陆影响华南TCs和TYs频数有弱的增加趋势,气候趋势系数 $R$ 分别为0.0346和0.0831,但两者未达到显著性水平5%的统计检验。而从各个级别的TCs频数变化分析得出(图略),登陆华南的(强)热带风暴和台风频数有弱的减少趋势,而强台风和超强台风频数有弱的增加趋势,两者均未达到显著性

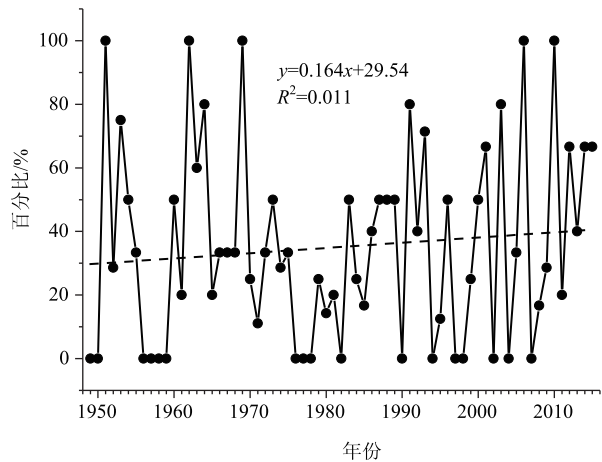
水平5%的统计检验。

为了进一步了解台风以上频数在67 a来的变化特征,计算了台风以上TYs频数占TCs总频数的百分比,得到1949—2015年全年TYs频数占TCs总频数百分比的演变曲线(见图4b),从图中可以看出,全年TYs频数占TCs总频数的百分比呈弱的增加趋势,气候趋势系数 $R$ 为0.104 9,未达到显著性水平5%的统计检验。

表2给出了6个年代全年登陆华南的TCs频数和TYs频数,可以看出全年登陆华南TCs和TYs频数的年代际变化表现为1986—1995年最多,分别为50个和20个,而在1996—2005年登陆华南TCs数最少为28个,1976—1985年登陆华南TYs数最少,仅有7个,而近10 a登陆TYs数次多,有16个,平均每年有1.6个台风登陆华南。可见,登陆华南的TCs



a. 原序列



b. TYs频数占TCs总频数的百分比

图4 1949—2015年登陆华南TCs及TYs综合图

表1 1949—2015年全年登陆华南TCs统计特征表

统计内容	全年登陆华南TCs数/个	全年登陆华南TYs数/个
平均值	3.9	1.4
最多出现的年份及个数	1971(9)	1993(5)
最少出现的年份及个数	1969、1997、1998、2004(1)	1949、1950、1956、1957、1958、1959、1976、1977、1978、1982、1990、1994、1997、1998、2002、2004、2007(0)

表2 不同年代登陆华南的TCs频数、TYs频数

时间尺度/年	1956—1965	1966—1975	1976—1985	1986—1995	1996—2005	2006—2015
全年						
TY数	14	14	7	20	11	16
TC数	35	45	42	50	28	38

和TYs频数的年代有较大差异,具有明显的波动特征。

### 3.4 登陆华南TCs与登陆中国台风及西太平洋(含南海)生成TCs之间的关系

1949—2015年间平均每年有33个热带气旋在西北太平洋(含南海)生成,从图5可以看出,在过去67 a间这一区域热带气旋的生成频数呈波动下降趋势,计算发现年下降速度约0.189个/a,这67 a的气候趋势系数高达-0.558 6,通过了显著性水平1%的统计检验,说明在西北太平洋(含南海)生成的热带气旋个数在逐年减少,其中生成的热带气旋最多的达53个(1967年),其次51个(1971年),远远高于正常年份;2010年生成的热带气旋最少,仅为18个,低于正常年水平约15个。

1949—2015年西北太平洋(含南海)生成的热带气旋中平均每年有7个登陆中国,从图5可以看出,登陆中国TCs频数最多可达12个(1971年),其次是11个(1961、1967、1974、1989、1994年),比正常年份明显多,登陆中国热带气旋频数最少的仅有3个(1950、1951年),每年登陆中国的TCs中有56%登陆华南地区。从登陆中国的热带气旋频数的年际变化趋势来看,在过去的67年登陆中国TCs频数略有增加,气候趋势系数 $R$ 为0.138 9,未通过显著性水平5%的统计检验,而西北太平洋(含南海海域)生成的热带气旋频数呈明显的下降趋势,与王

小玲等<sup>[6]</sup>的研究结果基本一致。

为进一步分析登陆华南TCs频数与登陆中国TCs频数以及各路段登陆TCs频数之间的关系,表3给出了它们之间的相关系数,结果发现平均登陆华南TCs频数与从西路进入华南的TCs频数相关最为密切,相关系数高达0.710 7,其次是与登陆中国TCs频数相关程度高,相关系数高达0.669 5,两者通过了显著性水平1%的统计检验,与从中路和东路进入华南的TCs频数虽不如西路明显,但其达到显著性水平1%的统计检验。

表3 登陆华南TCs与登陆中国以及各路段TCs的相关系数表

类别	中国	西路	中路	东路
登陆华南	0.669 5	0.710 7	0.568 7	0.399 8

上述事实说明,总体而言,登陆华南TCs,无论是个数上,还是分布特征上均与登陆西路和中国TCs有很好的相关性,但个别年份也存在较大差异。

### 3.5 登陆影响华南TCs的强度变化特征

图6给出了从1949—2015年全年登陆华南和各路段TCs登陆时的平均气压(热带气旋首次登陆华南时海平面气压值的平均)和平均风力(热带气旋首次登陆华南时风力级别的平均),由于《台风年鉴》和《热带气旋年鉴》提供的登陆热带强度信息可能不满足风压关系,因此本文对热带气旋强度分析时以登陆时的海平面气压分析为主,风力只是作为参考。

从图6可以看出,全年登陆华南、中路和东路登陆时的平均气压(平均风力)均有弱的有下降(上升)的趋势,说明67 a来登陆华南、中路和东路的热带气旋的平均强度有弱的增强的趋势,但其中华南和中路平均气压的气候趋势系数 $R$ 分别为0.266 7和0.459 8,均达到显著性水平5%的统计检验。全年登陆华南平均登陆强度最强的年份为1969年,平均气压达到936 hPa(平均风力12级),次强年份为2014年,平均强度达到944.7 hPa(平均风力13.3级),最弱年份为1950年,平均登陆强度998 hPa(平均风力8级),次弱年份为2004年,平均强度达995 hPa(平均风力8级)。

为了进一步分析各个区间、各个级别的登陆华

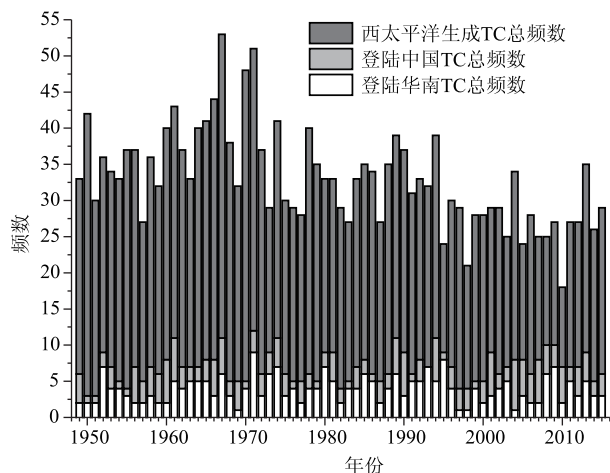


图5 1949—2015年登陆华南TCs与登陆中国及西太平洋生成TCs总数综合图

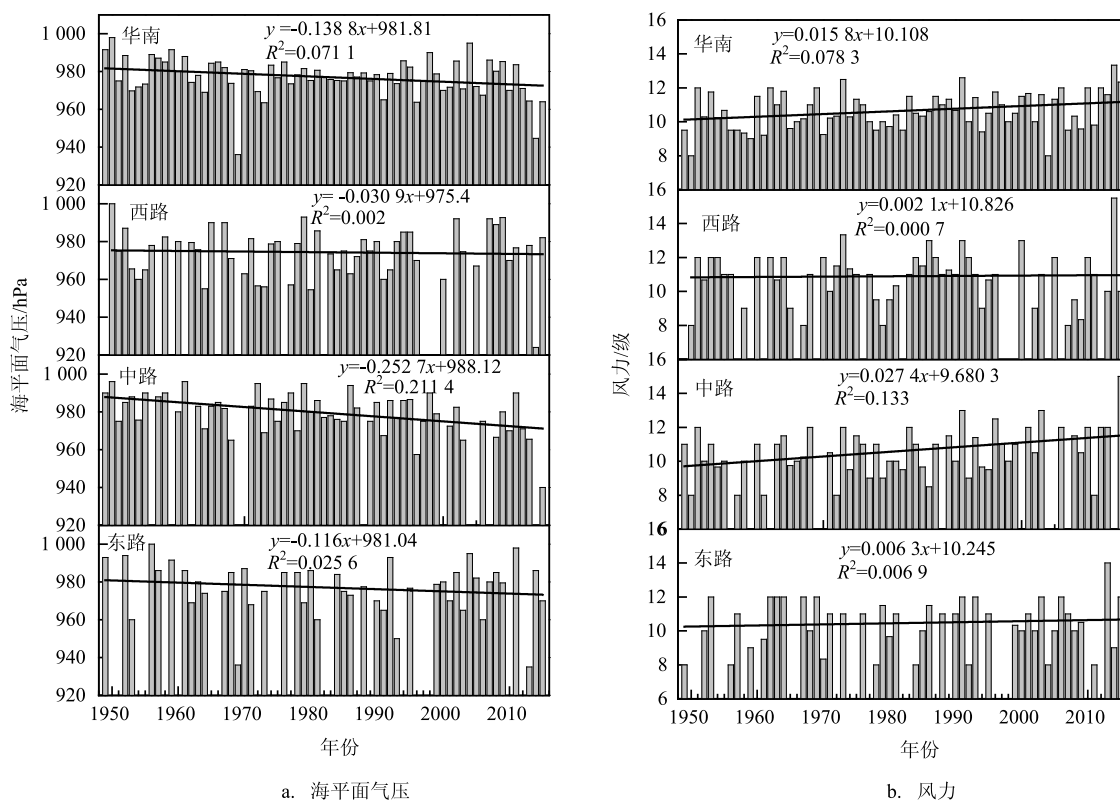


图6 1949—2015年登陆华南TCs年平均强度变化(实心柱为观测值,直线为线性趋势)

南TCs强度对登陆华南TCs总强度的影响,图7给出了热带风暴、强热带风暴以及台风以上的历年热带气旋登陆时平均气压的变化,从图7可以看出,对于整个华南、中路和东路而言,热带风暴、强热带风暴、台风以上的强度均有不同程度的增强趋势,除华南的强热带风暴和东路的热带风暴增强趋势未达到显著性水平5%的统计检验外,其它的增强趋势都是显著的。而从西路进入华南热带气旋中,强热带风暴的强度是减弱的,而热带风暴和台风以上的强度是增强的,均达到了显著性水平5%的统计检验。平均风力与平均气压变化曲线对应(图略)。

图8按登陆时的底层中心附近最大平均风速给出了1949—2015年登陆华南TCs强度排前十的台风出现的年代和空间分布,从图8a可以看出,近10年来极端登陆强度的TCs数有一半以上出现在2005年之后,尤其是2013年以来,几乎每年都有强台风登陆华南,说明近10a来登陆华南台风的极端强度增加趋势明显,这与赵珊珊等<sup>[14]</sup>提出的2000年以后登陆热带气旋的极端登陆强度增强相似。从

图8b中可以看出登陆华南台风强度前十强的台风主要出现在西路和中路偏西的区域,其中从中路登陆的有5个,西路4个,东路1个,最强的两个台风是1973年的“玛琪”和2014年的“威马逊”,均从西路登陆,登陆时最大平均风速达60 m/s。

## 4 结论与讨论

经过以上分析,得到以下几个结论:

(1)平均每年有3.9个TCs登陆华南,其中有1.4个在TYs级别,且具有明显的年际变化特征,年最多登陆华南TCs个数(9个)是年最少登陆华南TCs个数(1个)的9倍。全年登陆华南TCs和TYs频数均有不显著的增加趋势,且登陆华南TYs频数占TCs总频数的百分比呈不显著的增加趋势;

(2)全年登陆华南的TCs频数和TYs频数均有显著的年代际变化,其年代际变化表现TCs和TYs个数分别在1996—2005年和1976—1985年最少,两者均在1986—1995年最多,而近10a的登陆华南

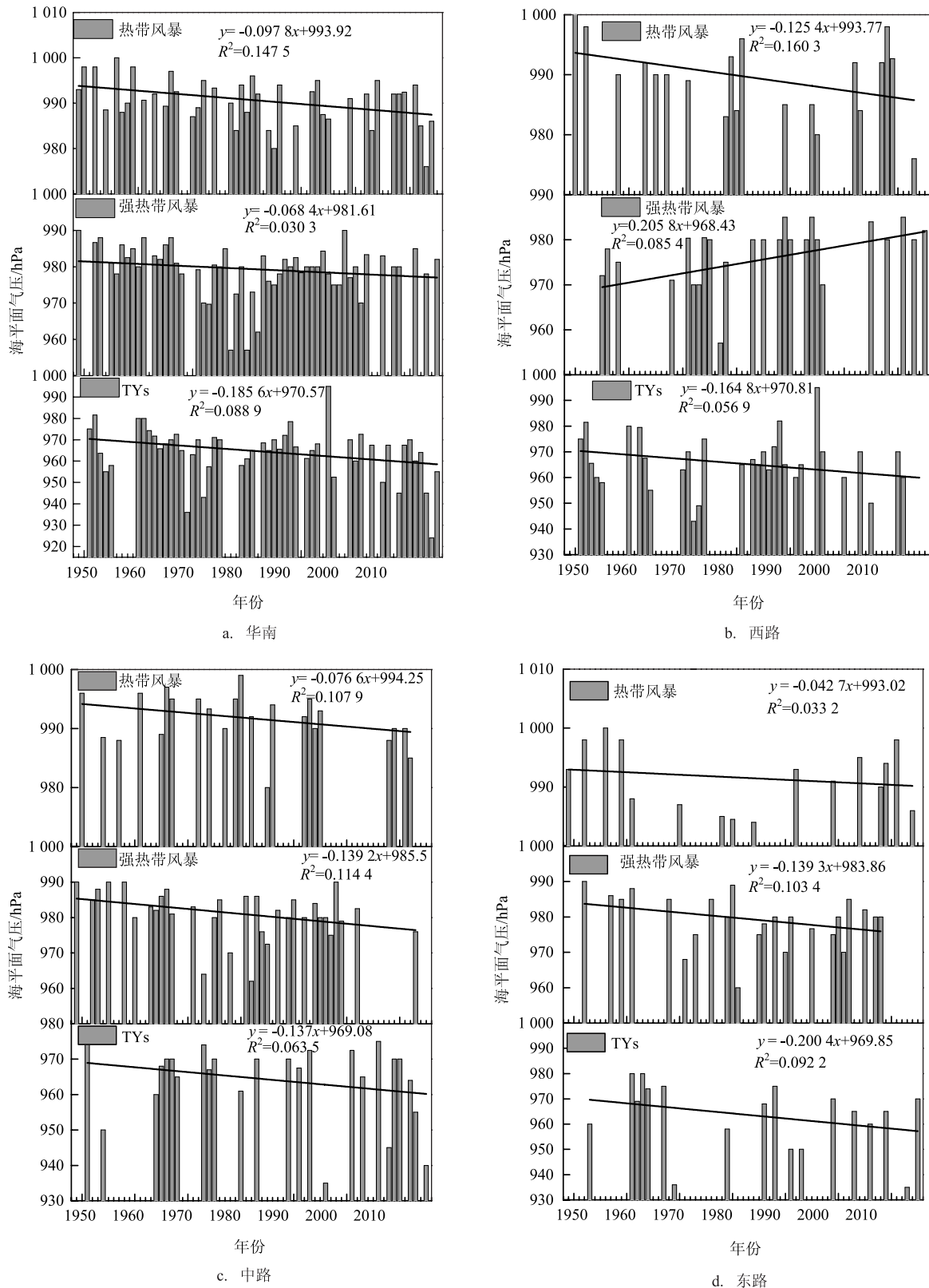


图7 1949—2015年登陆华南热带风暴、强热带风暴、TYs的年平均海平面气压  
(实心柱为观测值, 直线为线性趋势)



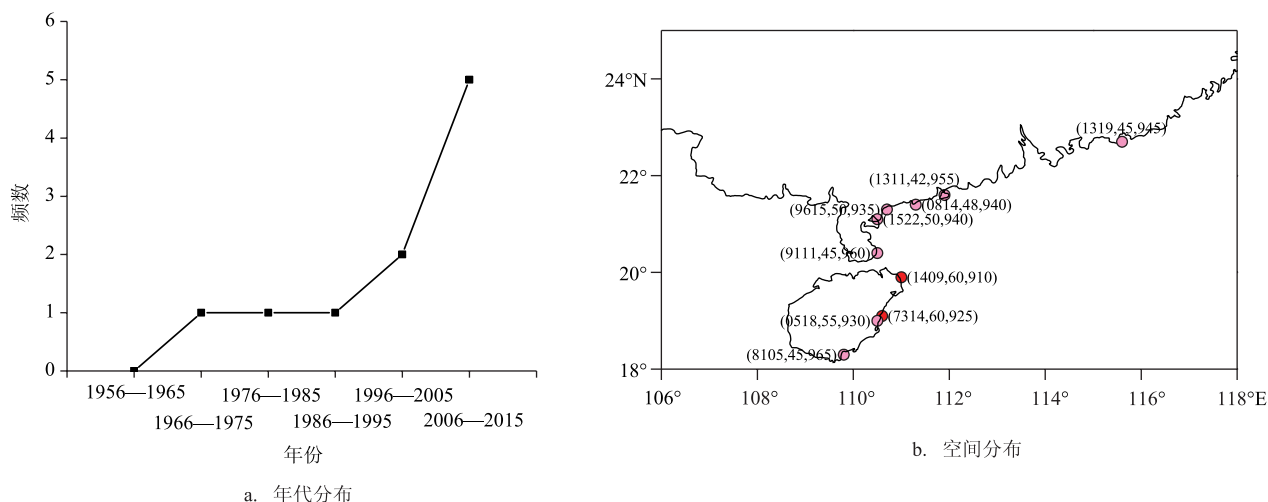


图8 1949—2015年登陆华南TCs强度排名前十的台风分布(其中()内的数字分别为台风编号、登陆风速、登陆气压,红色圆点表示超强台风,粉色圆点表示强台风)

TYs频数次多,达16个,说明登陆华南TCs和TYs的年代际变化有明显的波动特征;

(3)登陆华南TCs和TYs的月际变化特征明显,主要集中在7—9月,其中7月份登陆华南的TCs最多,9月份登陆华南的TYs最多,登陆地点主要集中在珠江口以西(西路和中路);

(4)多年平均初旋、终旋的影响日期分别为7月8日和9月23日,华南初旋和终旋影响日期有提早趋势,东路进入华南地区的热带气旋开始早、结束早,中路次之,西路开始晚、结束也晚,其中东路平均每10a的终旋影响日期提前5.8d。登陆华南热带气旋的影响期平均为78d,全年和中路影响期变化不明显,西路影响期有不显著的延长趋势,而东路有不显著的缩短趋势;

(5)登陆中国和登陆华南的TCs频数有弱的增加趋势,登陆华南TCs与登陆中国TCs有很好的相关性,两者的相关系数高达0.6695,每年登陆中国的TCs中有56%登陆华南地区,两者均有不显著的增加趋势,而西太平洋TCs生成频数呈明显的减少趋势;

(6)从强度变化来看,整个华南、中路和东路的各级热带气旋的强度均有不同程度的增强趋势,而从西路进入华南的各级热带气旋中,强热带风暴的强度有减弱的趋势,热带风暴和台风以上的强度有增强的趋势。1949—2015年间登陆华南台风强度排前十的近10年有5个,说明近10a来登陆华南台风的极端强度增加趋势明显,其中从西路登陆的有

9个。

以上分析给出了近67a来登陆华南TCs的一些新的特征,尤其是近10a来极端强度台风登陆华南显著增多。一些研究表明,全球气候变化可能会影响热带气旋的生成频数、登陆地点及强度等<sup>[23-26]</sup>。那么这些观测事实与全球气候变化有怎样的联系,以及这些年份大气与海洋环境发生了怎样的变化。因此,今后的工作将从大气、海洋以及全球变暖等与登陆华南热带气旋的气候特征关系入手,研究全球气候变化、大气、海洋环境等的变化是否影响了登陆华南热带气旋的减少和强度的增强,并进一步研究它们的影响机理。

#### 参考文献:

- [1] 徐良炎,高歌. 近50年台风变化特征及灾害年景评估[J]. 气象, 2005, 31(3): 41-45.
- [2] 陈联寿,丁一汇. 西太平洋台风概论[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 22-26.
- [3] 杨玉华,应明,陈葆德. 近58年来登陆中国热带气旋气候变化特征[J]. 气象学报, 2009, 67(5): 689-696.
- [4] 雷小途,陈联寿. 热带气旋的登陆及其与中纬度环流系统相互作用的研究[J]. 气象学报, 2001, 59(5): 602-615.
- [5] 雷小途. 热带气旋频数的短期气候预测水平评估[J]. 应用气象学报, 2001, 12(4): 501-506.
- [6] 王小玲,王咏梅,任福民,等. 影响中国的台风频数年代际变化趋势: 1951-2004年[J]. 气候变化研究进展, 2006, 2(3): 135-138.
- [7] 陈见,高安宁,罗建英,等. 0814号台风“黑格比”快速移动及造成广西持续大范围暴雨成因分析[J]. 海洋预报, 2010, 27(1): 1-7.

- [8] 张祥玉, 文日风. 影响华南沿海的热带气旋分析[J]. 海洋通报, 2000, 19(3): 24-29.
- [9] 贺海晏, 简茂球, 宋丽莉, 等. 近 50 a 广东登陆热带气旋的若干气候特征[J]. 气象科学, 2003, 23(4): 401-409.
- [10] 袁金南, 郑彬. 广东热带气旋及其降水的年际变化特征[J]. 自然灾害学报, 2008, 17(3): 140-147.
- [11] 姚才, 黄明策, 贺海晏. 影响华南西部的登陆热带气旋的若干气候特征[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2005, 44(5): 102-107.
- [12] 李艳兰, 欧艺, 唐炳莉, 等. 近 50 年影响广西的热带气旋变化特征[J]. 气象研究与应用, 2009, 30(2): 1-3, 45.
- [13] 覃卫坚, 李耀先, 廖雪萍. 广西热带气旋的暴雨统计分析及数值模拟[J]. 气象研究与应用, 2013, 34(1): 1-6.
- [14] 赵珊珊, 王小玲. 影响中国的热带气旋极端事件年代际变化[J]. 气候变化研究进展, 2012, 8(1): 16-21.
- [15] 黄昌兴, 周国良, 郑磊, 等. 登陆我国台风的时空分布特征及其影响[J]. 水文, 2014, 34(6): 81-85.
- [16] 雷小途, 徐明, 任福民. 全球变暖对台风活动影响的研究进展[J]. 气象学报, 2009, 67(5): 679-688.
- [17] 余帆, 李培, 李向军, 等. 近 60 年西北太平洋台风年代际变化特征及成因的初步分析[J]. 海洋预报, 2012, 29(1): 1-5.
- [18] 林良勋, 冯业荣, 黄忠, 等. 广东省天气预报技术手册[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 35-100.
- [19] 广东省地方志编纂委员会. 广东省志-自然灾害志[M]. 广州: 广东人民出版社, 2001: 121-165.
- [20] 黄海洪, 林开平, 高安宁, 等. 广西天气预报技术和方法[M]. 北京: 气象出版社, 2012: 199-206.
- [21] 唐晓春, 刘会平, 潘安定, 等. 广东沿海地区近 50 年登陆台风灾害特征分析[J]. 地理科学, 2003, 23(2): 182-187.
- [22] 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.
- [23] Webster P J, Holland G J, Curry J A, et al. Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment[J]. Science, 2005, 309(5742): 1844-1846.
- [24] Landsea C W, Nicholls N, Gray W M, et al. Downward trends in the frequency of intense at Atlantic hurricanes during the past five decades[J]. Geophysical Research Letters, 1996, 23(13): 1697-1700.
- [25] Emanuel K. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years[J]. Nature, 2005, 436(7051): 686-688.
- [26] 黄荣辉, 皇甫静亮, 武亮, 等. 关于西北太平洋季风槽年际和年代际变异及其对热带气旋生成影响和机理的研究[J]. 热带气象学报, 2016, 32(6): 767-785.

## Analysis on numbers and intensity characteristics of typhoon landed in the South China

LUO Xiao-li<sup>1</sup>, YAO Cai<sup>2</sup>, TAN Jing-kai<sup>3</sup>

(1. Guangxi Weather Service Center, Nanning 530022 China; 2. Guangxi Meteorological Disaster Mitigation Institute, Nanning 530022 China; 3. School of Geographic Sciences, East China Normal University, Shanghai 200241 China)

**Abstract:** In this study, based on the tropical cyclone data (1949—2015) of three regions (the western track, the mid track and the eastern track) in the South China provided by the Shanghai Typhoon Institute, the numbers, influence date of initial and final tropical cyclone, impact period, landfall position, intensity, and so on of the tropical cyclones are statistically analyzed. The results show that both the annual mean numbers of tropical cyclones ( $\geq 8$  level) and typhoons ( $\geq 12$  level) landed in the South China have a unobvious increase trend. The landing typhoons have an obvious interannual variability with maximum 9 times of the minimum number, and TCs and TYs have obvious fluctuation inter-decadal characteristics. The landfall position are concentrated in the west of the Pearl River Estuary (in western, middle track) and landing time is mainly from July to September. The mean duration cycle of landing in Southern China TCs is 78 days, and the averaged dates of the initial TC and the final TC are July 8 th and September 23rd respectively. The beginning date and end date of TC have got a little earlier trend, especially earlier at the rate of 5.8 d/10 a in the eastern track. As for strength of landing, the landfall intensity of different grade TCs is generally stronger with various degrees in the annual, western, middle and eastern track, but the strength of strong storm entering into South China along the western track is weakened. There was a weak stronger trend of landfall intensity of the storm, typhoon, strong typhoon and super typhoon. It is noteworthy that there is an increase trend of TCs numbers landed in South China with the extreme intensity in the latest 10 years.

**Key words:** landed in the South China; typhoon; numbers; intensity