

广东省登陆热带气旋的时空分布特征及其影响

徐婉明¹, 邓伟铸²

(1. 国家海洋局南海规划与环境研究院, 广东 广州 510300; 2. 珠江水资源保护科学研究所, 广东 广州 510611)

摘 要: 根据1949—2017年广东省登陆热带气旋最佳路径数据以及1994—2016年广东省重大热带气旋灾害资料,对登陆广东省热带气旋的时空分布特征及其影响进行了统计分析。结果表明:广东省登陆热带气旋频数的年际变化明显,总体上呈下降趋势。7—9月是广东省热带气旋登陆的高频期,登陆地点主要集中在湛江、汕尾、阳江、江门。登陆广东省的热带气旋主要来自南海北部和菲律宾以东洋面;其中登陆最多的是强热带风暴,其次是热带风暴和台风。

关键词: 广东省;登陆;热带气旋;频数;强度

中图分类号: P444 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2020)02-0011-08

1 引言

热带气旋是发生在热带、亚热带地区海面上的气旋性环流,是地球物理环境中最具破坏性的天气系统之一^[1]。强烈的热带气旋,不但形成狂风、巨浪,而且往往伴随发生暴雨、风暴潮,造成严重的灾害。据统计,全球每年平均发生80~100个热带气旋,带来60~70亿美元的经济损失和1.5~2.0万人死亡^[2]。

广东省位于我国经济最发达、人口最稠密的东南沿海地区,由于其特殊和复杂的地理环境,广东省经常遭受热带气旋的袭击,造成全省国民经济和人民生命财产重大损失。热带气旋已成为广东省发生最频繁、影响最严重的自然灾害。因此,对广东省登陆的历史热带气旋资料进行统计,分析广东省登陆热带气旋的特征及其影响,对广东省区域发展规划和防灾减灾政策制定具有重大的意义。

国内外众多学者已对西北太平洋热带气旋的生成、结构特征、移动路径、登陆过程、时空分布以及热带气旋与其他系统相互作用等方面进行了大量研究、探讨,但结论、方法不尽相同^[3-9]。杨亚新等^[10]利用西北太平洋2006—2015年的热带气旋资

料,对其生成源地、生成频数、移动路径、移动速度、登陆情况、大风范围和波浪特征等进行了全面分析;顾成林等^[11]利用JTWC(Joint Typhoon Warning Center,联合台风警报中心)的热带气旋资料、NCEP/DOE(National Centers for Environmental Prediction/ Department of Energy,美国国家环境预报中心/美国能源部)再分析的风场资料以及UMD(University of Maryland,美国马里兰大学)和TAMU(Texas A&M University,德州农工大学)的海温资料探讨了全球变暖背景下1951—2015年西北太平洋热带气旋活动变化的时空特征;周群等^[12]研究指出,2017年7月西北太平洋热带气旋的活动异常很可能源于同期异常强的北极涛动的影响,北极涛动可以通过改变东亚-西北太平洋上空局地经圈环流,引起西太平洋副热带高压和西风环流位置和强度的变化;杨吕玉慈等^[13]研究发现,季风槽区的高低层环流形式配合垂直风切变及对流层暖湿空气,导致热带气旋的生成位置在冷暖事件中发生变化,强台风和超强台风在暖事件年生成位置偏东偏南,在冷事件年生成位置偏西偏北。纵观前人对西北太平洋热带气旋的研究成果,针对登陆广东省沿海地区热带气旋的研究较少。因此本文基于长时间(1949—

收稿日期: 2018-12-05; 修回日期: 2019-08-05。

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFC1405300)。

作者简介: 徐婉明(1987-),女,工程师,硕士,主要从事海洋灾害研究。E-mail: wmxgz@163.com

2017年)的中国气象局(China Meteorological Administration, CMA)热带气旋资料,统计分析登陆我国广东省沿海地区的热带气旋的活动规律、时空分布特征及灾害损失情况,以期提高广东省热带气旋灾害防御能力和减灾水平。

2 资料与方法

本研究所用的1949—2017年广东省登陆热带气旋资料(包含热带气旋编号、名称、时间、强度、中心位置、中心最低气压和风速等)来自上海台风研究所整编的热带气旋最佳路径数据集^[14],1994—2016年广东省重大热带气旋灾害资料(包含直接经济损失、受灾人口、死亡人数以及房屋、农作物、水产养殖、公路基面、输电线路、堤防、水库、水闸等灾损情况)来自《广东省防灾减灾年鉴》。基于以上资料,运用数学统计、线性回归、曲线拟合等方法分析广东省登陆热带气旋的时空分布特征及其影响。

本文统计的广东省登陆热带气旋是指中心登陆广东省沿海地区的热带气旋,含再次登陆和副中心登陆;广东省近岸岛屿不作为登陆地点处理,广东省内多次登陆的仅将首次登陆的地级市作为登陆地点处理。热带气旋登陆时刻的强度等级按照《热带气旋等级》(GB T 19201—2006)划分。

3 登陆热带气旋特征分析

3.1 年频数分布

根据CMA热带气旋最佳路径数据资料,1949—

2017年69 a期间,共有247个热带气旋登陆广东省,平均每年3.6个。魏娜等^[15]对1949—2008年登陆我国的热带气旋进行统计后发现广东省登陆的热带气旋数量最多。按年份对广东省登陆的热带气旋进行统计发现,1949—2017年每年均有热带气旋登陆广东省,但登陆个数存在较大年际差异(见图1):年登陆最多的为7个,分别出现在1952年和1967年;年登陆最少的为1个,分别出现在1956年、1969年、1997年、2004年、2005年和2010年;年登陆个数最大值是最小值的7倍。对年登陆广东省的热带气旋统计数据线性拟合,结果显示,广东省登陆热带气旋的年频数呈现下降的趋势(见图1)。

研究发现,1949—2017年间发生在西北太平洋的热带气旋频数呈现出显著的年际和年代际变化,并有一定的减少趋势;其中生成频数最多的3年是1967年55次、1971年53次和1970年50次^[16]。虽然西北太平洋生成热带气旋频数较多时会增加广东省登陆热带气旋频数的可能(如1967年),但对1949—2017年间广东省登陆热带气旋和西北太平洋生成热带气旋的年频数进行线性相关分析发现,西北太平洋生成热带气旋年频数与登陆广东省热带气旋年频数无显著的相关关系(见图2)。

3.2 月频数分布

从广东省登陆热带气旋个数的月份分布变化(见图3)来看,除了1月、2月和3月外,其余各月都有热带气旋登陆。其中7—9月是热带气旋登陆的高频期,占全年登陆总数的74%,其前后月份热带

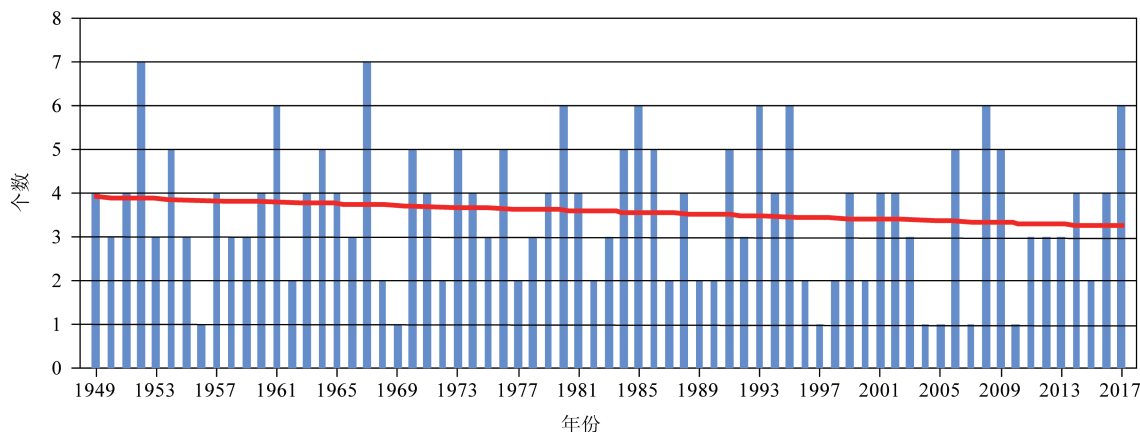


图1 登陆广东省热带气旋的年分布

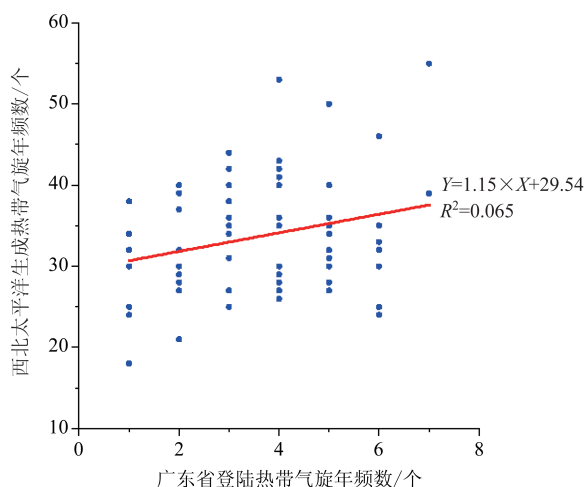


图2 广东省登陆与西北太平洋生成的热带气旋年频数的相关性

气旋登陆数量明显减少,4月和12月仅有1个热带气旋登陆。广东省登陆的热带气旋最早出现在4月,最晚出现在12月;其中最早登陆的热带气旋是2008年的“浣熊”,于2008年4月19日登陆阳江市,属于二次登陆;最晚登陆的热带气旋是1974年的“艾尔玛”,于1974年12月2日登陆江门市,属于直接登陆。从月登陆广东省的热带气旋统计数据的平滑曲线可以看出,广东省各月登陆热带气旋个数近似呈正态分布。另外,热带气旋登陆时间统计结果显示,1966年全年3个登陆广东省的热带气旋,均集中在7月登陆,是登陆时间最为集中的一年。

成晔等^[6]对1949—2017年间西北太平洋热带气旋的季节分布进行统计分析发现,西北太平洋生成的热带气旋春冬两季少,夏秋两季多,主要集中在夏季发生。这一西北太平洋热带气旋生成的季节分布特征与广东省登陆热带气旋的季节分布特征基本一致。本文对1949—2017年间广东省登陆热带气旋和西北太平洋生成热带气旋的月频数进行线性相关分析发现,西北太平洋生成热带气旋月频数与登陆广东省热带气旋月频数有较大的相关性(见图4)。

3.3 生成源地分布

热带气旋生成的源地,一般位于较低纬度,但又离赤道有一定纬距,以保证其生成洋面有足够的能量条件和足够的旋转力条件^[17]。统计发现,西北

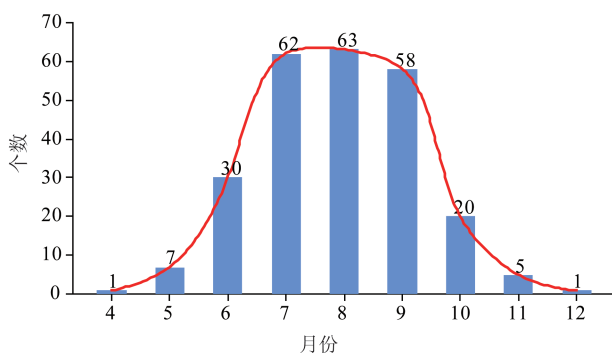


图3 登陆广东省热带气旋的月分布

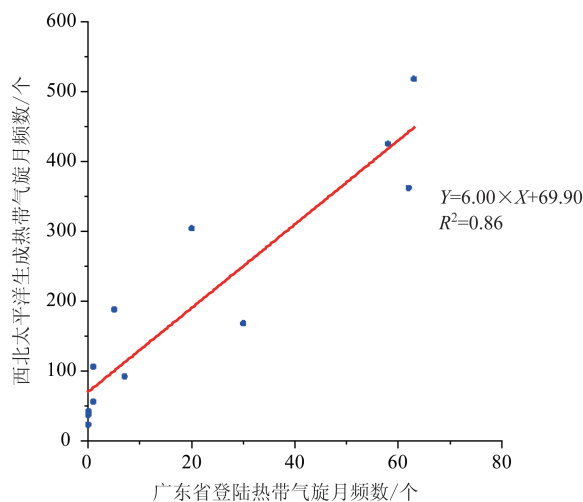


图4 广东省登陆与西北太平洋生成的热带气旋月频数的相关性

太平洋(含南海,赤道以北,东经180°以西,下同)是全球热带气旋发生频数最多、分布范围最广的海域,1949—2017年间平均每年生成热带气旋33.6个。登陆广东省沿海市的热带气旋全部来自西北太平洋,主要分布在南海北部和菲律宾以东洋面(见图5)。在南海北部生成的热带气旋,由于生成源地距离广东省较近,从生成到影响甚至登陆广东省的时间较短,强度增加变化较快,因此需要特别关注。

根据日本气象厅提供的 ENSO (El Niño-Southern Oscillation, 厄尔尼诺-南方涛动) 指数,统计1949—2017年间17个厄尔尼诺年和16个拉尼娜年登陆广东省热带气旋的生成源地分布发现,厄尔尼诺年共有55个西北太平洋热带气旋登陆广东,生成源地分布在110.0°~165.1°E, 5.3°~22.6°N, 平均

经度为 130.4°E , 平均纬度为 14.2°N ; 拉尼娜年共有 54 个西北太平洋热带气旋登陆广东, 生成源地分布在 $111.6^{\circ}\sim 156.0^{\circ}\text{E}$, 北纬 $4.7^{\circ}\sim 21.8^{\circ}\text{N}$, 平均经度为 130.6°E , 平均纬度为 13.1°N (见图 5)。总体上看, 1949—2017 年间厄尔尼诺年和拉尼娜年登陆广东省的热带气旋频数无较大差异, 但厄尔尼诺年广东省登陆热带气旋生成源地的平均经向轴线较拉尼娜年偏西, 平均纬向轴线较拉尼娜年偏北。

3.4 登陆点分布

除东莞市以外, 广东省其余 13 个沿海地级市均有热带气旋登陆。其中湛江市登陆的热带气旋最多, 共 72 个, 约占总数的 30%; 广州市登陆的热带气旋最少, 69 a 来仅两个, 分别为 1971 年的“露丝”和 2017 年的“洛克”; 登陆湛江市的热带气旋数量是登陆广州市的 36 倍 (见图 6)。总的来说, 广东省登陆

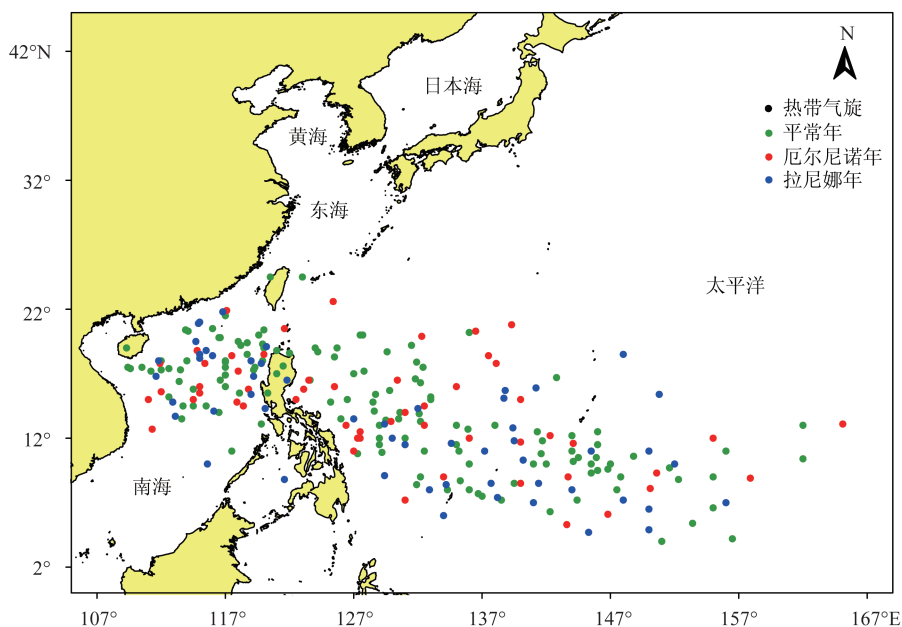


图 5 登陆广东省热带气旋生成源地分布图

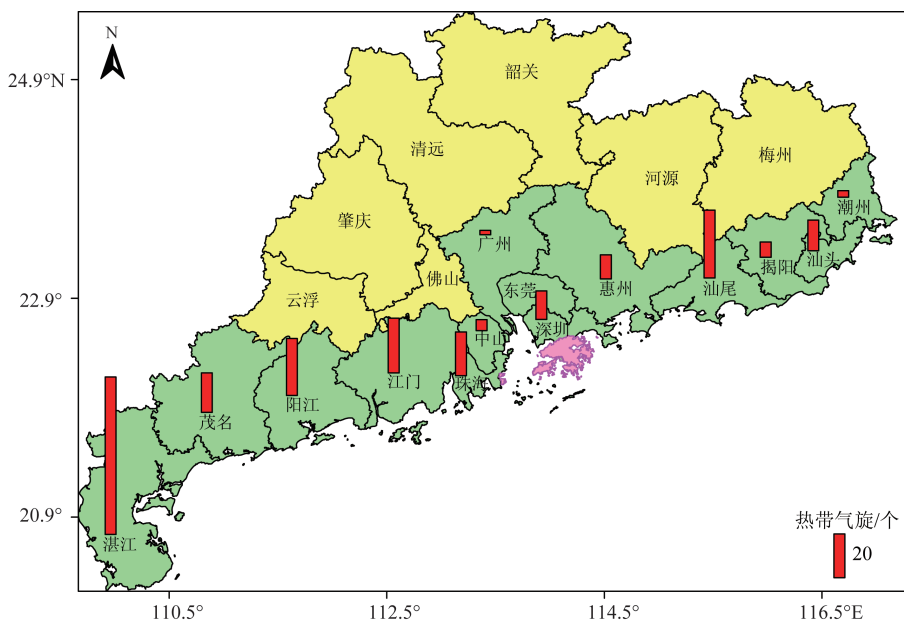


图 6 登陆广东省热带气旋的空间分布

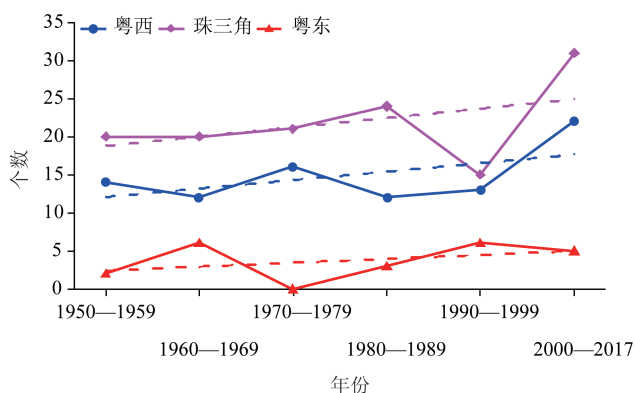


图7 广东省沿海地区登陆热带气旋年代分布

的热带气旋,在空间分布上粤西最多(47%),珠三角次之(31%),粤东最少(22%),表现出由西往东减少的趋势。

对不同年代登陆广东省各沿海地区的热带气旋数量进行线性分析,结果发现,20世纪50年代至2017年,粤东、珠三角和粤西沿海地区登陆热带气旋数量均呈上升趋势,其中珠三角的上升速率略大于粤西,而粤东的上升速度则较为平缓(见图7)。这一变化趋势只是更长时间尺度的年代际变化的一部分,关于广东省不同沿海地区热带气旋频数的年代际变化特征还需要对更长时间的观测资料进行分析,但观测技术和仪器的发展变化使得准确确定广东省各沿海地区热带气旋的长期变化趋势变得更加复杂和困难。

3.5 强度分布

就广东省登陆热带气旋的强度而言,登陆最多的是强热带风暴,共71次;其次是热带风暴和台风,分别为53次和52次;热带低压47次;强台风8次;登陆时达到超强台风级别的,仅有两次,分别是2014年的“威马逊”和2015年的“彩虹”(见图8)。

广东省登陆的台风以上等级热带气旋中,从时间上看,20世纪50年代有1个强台风,60年代、70年代和80年代均未出现登陆时高于台风等级的热带气旋,90年代有两个强台风,2000—2017年有5个强台风和2个超强台风(见图9)。有研究指出,受全球气候变暖的影响,全球强台风、超强台风比例有增大的趋势,但这一变化趋势是否超出了自然变率的范围仍然存在不确定性^[18]。因此,广东省登陆热带气旋强度变化的长期趋势以及全球变暖对其影

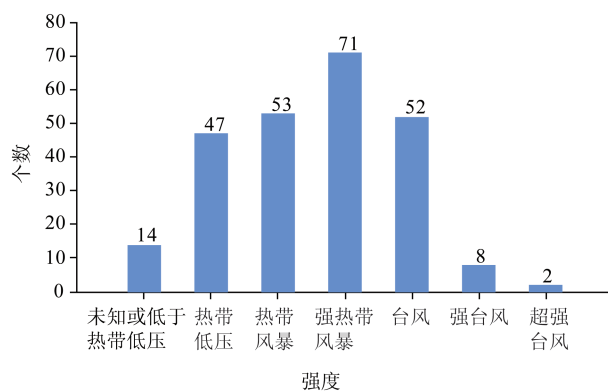


图8 登陆广东省热带气旋的强度分布

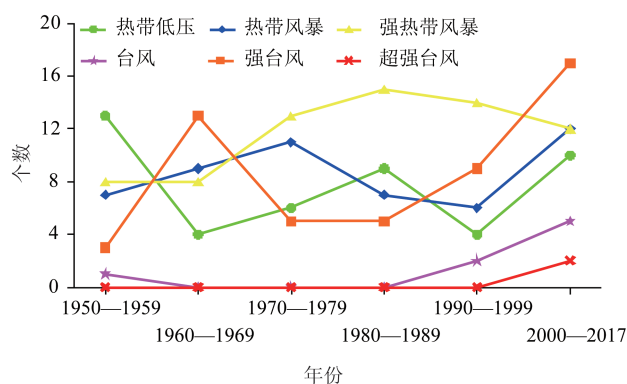


图9 不同强度的广东省登陆热带气旋年代分布

响还有待进一步研究。

按地级市对广东省登陆的热带气旋强度进行统计,结果表明湛江市是台风及以上等级热带气旋登陆的主要沿海城市,其中有两个热带气旋登陆时达到超强台风级别;中山市和广州市登陆的热带气旋登陆时中心风速均较小,强度未达到台风等级;茂名市、阳江市、珠海市和汕尾市均有1个强台风登陆(见图10)。

4 登陆热带气旋灾害影响分析

热带气旋灾害主要由其本身带来的大风、暴雨和风暴潮造成,其中大风是由于热带气旋中心气压低、气压梯度大引起的,暴雨是由于热带气旋具有充足的水汽和强烈的上升运动形成的,风暴潮是由于热带气旋的强大风力和低气压导致的^[19]。另外,热带气旋带来的暴雨和风暴潮还可以引发洪涝、山崩、滑坡、泥石流、水土流失、内涝、土壤盐碱化等次

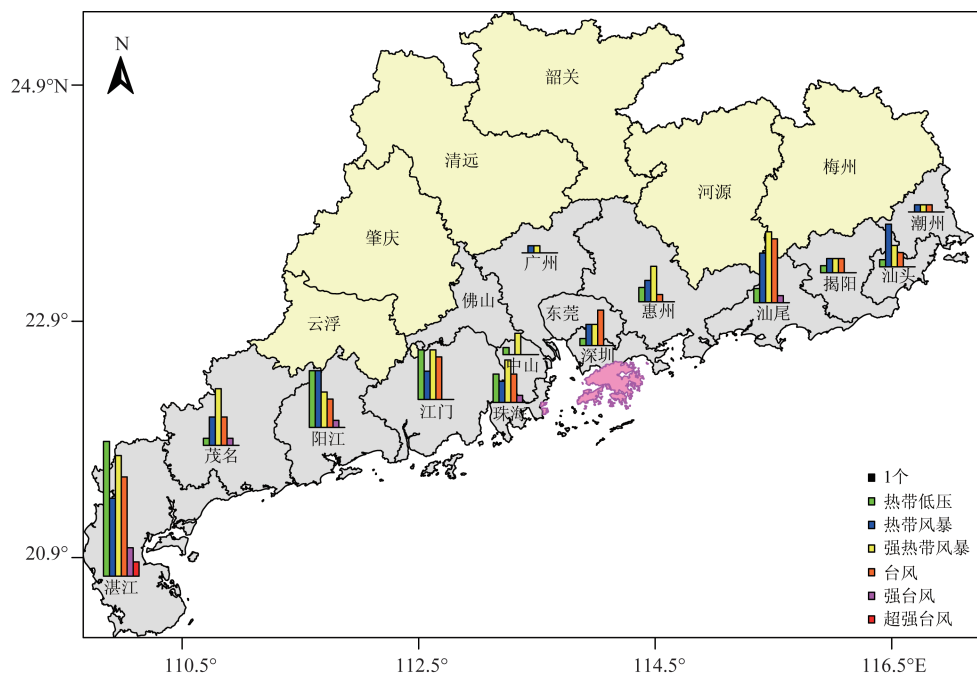


图10 广东省不同强度登陆热带气旋的空间分布

生灾害,形成灾害链,从而增大了热带气旋的危害程度^[20]。热带气旋灾害严重的区域一般发生在登陆点附近一带。

广东省是我国热带气旋灾害风险最高的省份^[21],随着省内国民经济的快速发展和常住人口向沿海地区的迁徙,热带气旋造成的全省经济损失趋向增加^[22]。梁必骥等^[23]在20世纪后期指出,影响广东省的热带气旋灾害具有发生频率高、影响范围广、突发性强、连锁效应显著和成灾强度大等特点。广东省热带气旋灾害次数多、强度大、成灾重的主要原因有:位于西北太平洋热带气旋登陆亚洲大陆的主要路径;海岸线长,与台风路径交角大,地形的抬升加大了热带气旋降水强度;沿海地区江堤、海堤防洪标准不高;热带气旋灾害高风险区人口密度高、经济比较发达^[24]。

广东省登陆热带气旋的主要危害包括损害水稻、香蕉、甘蔗等农作物;损毁堤防、水库、水闸等水利工程;毁坏公路、铁路、桥梁等交通设施;破坏供水、供电、通信等生命线工程;威胁海上航运、海洋捕捞、海洋石油开发等海上人员安全;影响盐业、水产养殖业等海洋利用活动。1996年15号强台风“莎莉”于9月9日登陆广东省湛江市,登陆时中心最大

风力15级(50 m/s),中心最低气压935 hPa,是20世纪90年代登陆广东省的最强台风;受“莎莉”的影响,广东省受灾人口930.0万人,死亡人数216人,倒塌房屋26.8万间,农作物受灾面积44.4万公顷,水产养殖受损面积2.4万公顷,损毁公路基面2 535 km、输电线路1 659 km、通讯线路3 830 km,损坏水库107座、堤防166 km、水闸344座,直接经济损失175.7亿元^[25]。2015年22号超强台风“彩虹”于10月4日登陆广东省湛江市,登陆时中心最大风力16级(52 m/s),中心最低气压935 hPa,是建国以来10月份登陆广东省的最强台风;受“彩虹”的影响,广东省佛山、中山、江门、阳江、茂名、湛江、肇庆、云浮等8市48个县不同程度受灾,受灾人口458.0万人,倒塌房屋7 246间,农作物受灾面积54.1万公顷,直接经济损失250.9亿元,其中农林牧渔业损失67.2亿元,工业交通运输业损失153.8亿元,水利设施损失21.6亿元^[26]。

根据《广东省防灾减灾年鉴》(1995—2017卷),被列入重大自然灾害事件的73个登陆广东省的热带气旋(热带风暴及以上等级)共造成直接经济损失约2 180.52亿元;其中1996年、2006年、2008年和2013—2015年的广东省重大热带气旋灾害产生的直接经济损失均超过150.00亿元。对1994—2016

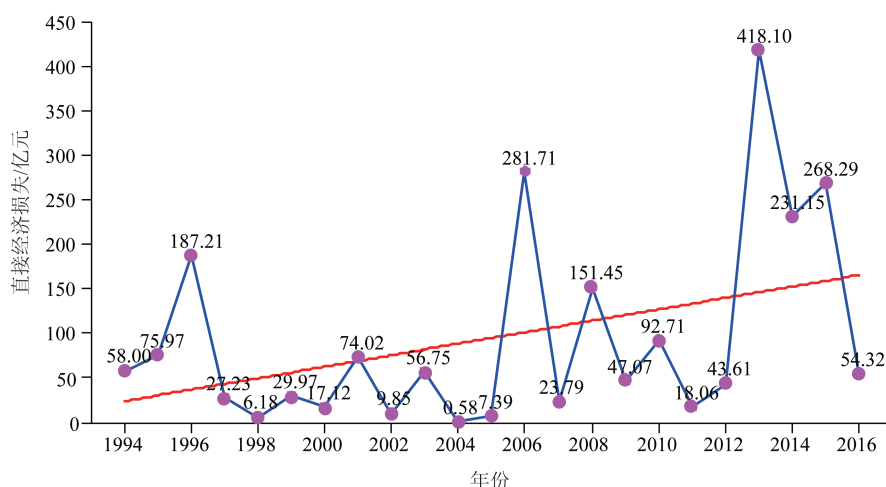


图 11 广东省重大热带气旋灾害直接经济损失

年登陆广东省热带气旋造成重大灾害的直接经济损失统计数据进行了线性拟合,结果显示,建国以来广东省登陆的热带气旋造成的直接经济损失有增加的趋势(见图 11)。这一变化趋势与广东省沿海地区人口增长和社会经济发展密切相关。随着全球气候变暖、海平面上升、极端天气的频繁发生以及社会经济环境的愈加复杂化,热带气旋灾害对沿海地区的影响也越来越大,因此,广东省防台减灾,尤其是对巨灾台风的风险防御能力建设应进一步加强。

5 结论

通过以上分析,初步得到以下结论:

(1)广东省登陆热带气旋频数年际变化较大,总体上呈下降趋势。这一特征与西北太平洋生成的热带气旋年频数分布特征一致,但两者无显著相关关系;

(2)广东省热带气旋登陆的高峰期是 7—9 月,其前后月份热带气旋登陆数量明显减少;广东省登陆热带气旋和西北太平洋生成热带气旋的月频数存在较大的相关关系;

(3)登陆广东省的热带气旋全部来自西北太平洋,主要分布在南海北部和菲律宾以东洋面;厄尔尼诺年广东省登陆热带气旋生成源地的平均经向轴线较拉尼娜年偏西,平均纬向轴线较拉尼娜年偏北;

(4)从空间上看,湛江市热带气旋登陆频次最

高,汕尾市次之,广州市最低;登陆广东省的热带气旋总体上表现出由西往东减少的趋势;

(5)从强度上看,广东省登陆最多的是强热带风暴,其次是热带风暴和台风,超强台风登陆频数最少;其中台风及以上等级热带气旋登陆的沿海城市主要集中在湛江市;

(6)热带气旋登陆广东省会对沿海地区的农业、水利工程、交通运输、海洋开发利用活动等生产不同程度的负面影响;1994—2016 年广东省登陆热带气旋造成的直接经济损失超过 2 000 亿元。

参考文献:

- [1] 马宗晋. 中国减灾重大问题研究[M]. 北京: 地震出版社, 1993.
- [2] 俞布. 杭州市台风灾害风险区划与评价[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2011.
- [3] 方珂, 余锦华. 北半球热带中太平洋与印度洋海表温度梯度对夏季西北太平洋热带气旋生成频数变化的影响[J]. 热带海洋学报, 2019, 38(5): 42-51.
- [4] 张文千. 近 38 年西北太平洋热带气旋路径气候变化模拟与分析[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2018.
- [5] 姚小娟, 张海燕. 2017 年 7-10 月西北太平洋 TC 生成异常特征及成因分析[J]. 海洋预报, 2019, 36(5): 53-62.
- [6] 冯城峰. 西北太平洋热带气旋活动的年代际变化[D]. 南京: 南京大学, 2018.
- [7] 杨诗琪, 李英, 陈联寿. 西北太平洋热带气旋强度变化的若干特征[J]. 热带气象学报, 2017, 33(5): 666-674.
- [8] Takahashi C, Watanabe M, Mori M. Significant aerosol influence on the recent decadal decrease in tropical cyclone activity over the Western North Pacific[J]. Geophysical Research Letters, 2017, 44 (18): 9496-9504.

- [9] Nakamura J, Camargo S J, Sobel A H, et al. Western North Pacific tropical cyclone model tracks in present and future climates[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2017, 122(18): 9721-9744.
- [10] 杨亚新, 夏剑东. 西北太平洋热带气旋活动特征[J]. 中国航海, 2019, 42(2): 114-119.
- [11] 顾成林, 康建成, 闫国东, 等. 全球变暖背景下西北太平洋热带气旋活动的时空变化特征及潜在风险分析[J]. 灾害学, 2019, 34(2): 89-96.
- [12] 周群, 张润宇. 2017年7月西北太平洋热带气旋活动特征及其与北极涛动的联系[J]. 海洋预报, 2018, 35(4): 1-7.
- [13] 杨吕玉慈, 吴立新. 西北太平洋热带气旋活动的年际变化及其与大尺度背景场的关系[J]. 中国海洋大学学报, 2019, 49(5): 11-20.
- [14] Ying M, Zhang W, Yu H, et al. An overview of the China Meteorological Administration tropical cyclone database[J]. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2014, 31(2): 287-301.
- [15] 魏娜, 李英, 胡姝. 1949-2008年热带气旋在中国大陆活动的统计特征及环流背景[J]. 热带气象学报, 2013, 29(1): 17-27.
- [16] 成晔, 高尧, 田敏, 等. 1949~2017年间西北太平洋热带气旋变化特征初探[J]. 海洋湖沼通报, 2019, (1): 32-38.
- [17] 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.
- [18] 雷小途. 全球气候变化对台风影响的主要评估结论和问题[J]. 中国科学基金, 2011, 25(2): 85-89, 104.
- [19] 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.
- [20] 梁必骥. 广东的自然灾害[M]. 广州: 广东人民出版社, 1993.
- [21] 牛海燕. 中国沿海台风灾害风险评估研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2012.
- [22] 叶雯. 广东省台风灾害特点及减灾对策[J]. 灾害学, 2002, 17(3): 54-59.
- [23] 梁必骥, 梁经萍. 广东台风灾害的特点及其对经济发展的影响[J]. 中国减灾, 1993, 3(3): 35-37, 34.
- [24] 广东省地方志志编纂委员会. 广东省志·自然灾害志[M]. 广州: 广东人民出版社, 2001.
- [25] 广东省防灾减灾年鉴编纂委员会. 广东省防灾减灾年鉴-1997卷[M]. 北京: 气象出版社, 1997.
- [26] 广东省防灾减灾年鉴编纂委员会. 广东省防灾减灾年鉴-2016卷[M]. 广州: 岭南美术出版社, 2016.

Characteristics of tropic cyclones landing in Guangdong province and their impacts

XU Wan-ming¹, DENG Wei-zhu²

(1. South China Sea Institute of Planning and Environmental Research, SOA, Guangzhou 510300 China; 2. Scientific Institute of Pearl River Water Resources Protection, Guangzhou 510611 China)

Abstract: The characteristics and impacts of tropical cyclones landing in Guangdong province are statistically analyzed based on the best path data from 1949 to 2017 and the data of major tropical cyclone disasters from 1994 to 2016. The results show that the landing tropical cyclones have obvious interannual variability with a overall decrease trend. The tropical cyclones make landfall in Guangdong province most frequently in July-September, and the landing locations are mainly in Zhanjiang, Shanwei, Yangjiang and Jiangmen. The tropical cyclones landing in Guangdong province mostly generated in the northern South China Sea and the Pacific Ocean east of Philippines. The tropical cyclones landing in Guangdong province are mainly strong tropical storms followed by tropical storms and typhoons.

Key words: Guangdong province; landing; tropic cyclone; number; strength