

1949—2022年海南省登陆台风特征及致灾分析

唐飞笼 蒋心学

本文引用1949—2022年海南省登陆台风数据资料,分析海南登陆台风频数、强度及危险性特征。结果表明:1949—2022年登陆海南省的台风总数为164个,年均登陆台风约2.2个,登陆频数呈下降趋势。台风登陆点主要集中在东部及东南沿海市县,包括文昌市、万宁市和琼海市等。海南的文昌市、万宁市、琼海市危险性最高,三亚市、陵水县和海口市的危险性次之,登陆台风危险性呈东南向西北的带状分布,东部和东南沿海市县的危险性显著高于内陆市县。

一、引言

海南地处西北太平洋,是世界上受台风影响最严重的地区之一。每年受台风影响个数约6.6个^[1],台风过程产生的强风、暴雨和风暴潮等造成严重灾害^[2]。如2014年的超强台风“威马逊”,海南约325.8万人受灾,直接经济损失超过108亿元^[3]。随着气候变化,台风活动进一步加剧台风灾害损失。因此,分析海南台风危险性,可以有针对性地防灾减灾和为优化灾害风险管理和决策提供参考依据。

近年来,诸多学者对海南相关区域台风特征进行了研究。贺山峰等^[4]研究海南台风频次特征,结果表明沿海危险性高于内陆。

张丽杰等^[5]通过影响力指数分析台风特征,海南高风险台风分布相对集中。龚月婷等^[6]的研究表明南海的加强台风具有距陆地近、演变迅速和强度强等特点。胡皓等^[7]研究南海台风时空分布特征,台风强度增强主要发生在夏秋两季。吴慧等^[8]基于多个环境场,采用模糊神经网络预测海南热带气旋频数。王德运等^[9]的研究结果表明,2004—2016年我国东部和南部登陆的热带气旋频数有增加的趋势。徐庆娟等^[10]通过多维信息扩散模型,估计多致灾因子协同作用下的台风灾害损失风险。

目前,台风的危险性分析主要从台风频数、强度这两方面进行,除了受到频数和强度影响,危险性与台风路径密切相关。基于频数、台风实时强度作为本文引入台风路径因子,对登陆海南的台风危险性进行分析,为防台减灾提供决策依据。

二、数据与方法

(一)数据来源。本文1949—2022年数据来自中国气象局热带气旋资料中心最佳路径数据集和中国台风网^[11]及海南省台风登陆数据集^[12],包括台风等级、风速和经纬度等参数。若某一台风出现多次登陆情况,本文只统计该台风第一次登陆时的信息。

(二)特征分析。线性趋势。气象数据存在时间尺度的变化趋势,检测隐含的变化趋势十分重要^[13]。本文采用线性趋势分析拟合登陆台风频数变量 \hat{y} 与时间变量 $t_i(i=1, 2, \dots, n)$ 之间的相关性,线性回归方程如下:

$$\hat{y} = \theta \cdot t + b \quad (1)$$

式(1)中, θ 为线性趋势回归的斜率, b 为线性趋势回归常数; θ 为正数时,表示台风登陆频数增加,反之则减少。

趋势检测。Mann-Kendall(M-K)是常用序列检测算法^[14],广泛应用于气候变化和水文统计领域。本文采用M-K进行登陆频数检测和显著性检验。对于台风登陆频数时间序列 $\chi_i(i=1, 2, \dots, n)$,定义统计量

S_k ,采用式(2)计算统计量 S_k :

$$S_k = \sum_{i=1}^k r_i, r_i = \begin{cases} 1, x_i > x_j (j=1, 2, \dots, i) \\ 0, other \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中, S_k 表示第 i 个时刻的数值大于第 j 个时刻值累计个数,假设台风登陆个数随机且相互独立,定义统计量 UF :

$$UF_k = \frac{S_k - E(S_k)}{\sqrt{Var(S_k)}} (k=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

式(3)中, $E(S_k)$ 和 $VarE(S_k)$ 分别表示 S_k 的期望和方差;假设 UF 近似服从标准正态分布, UF 的逆序记为 UB ;当 UF 大于0,表示登陆的频数上升,反之则下降。当 UF 超过临界置信水平,表示登陆频数变化趋势达到显著性水平;当 UF 和 UB 曲线相交时,且交点在临界线之间,表示台风登陆频数序列突变的起始时间点。

(三)登陆台风危险性。台风过程包括强风、暴雨和风暴潮等因子,大风是台风灾害直接影响因子。根据《国内航行海船法定检验技术规则》的规定^[15],本文将风力达到8级及8级以上的热带气旋定义为海南登陆台风。并参照我国《热带气旋等级》进行台风等级划分。

本文论述的台风危险性由强度危险性和综合危险性两个部分组成,强度危险性主要基于登陆频数和登陆强度进行评估。危险性评估中,常采用加权求和法计算综合危险性。由于台风路径表征受台风影响的区域,本文利用频数、强度和路径计算综合危险性。某一时刻台风经过的位置为 (χ_k, y_k) , κ 表示第 κ 个记录点, $\kappa=1, 2, \dots, n$;在第 κ 个位置点的登陆强度 $\sigma_i(\chi_k, y_k)$,路径长度 L 和台风强度均值 $\bar{\sigma}$ 采用式(4)和式(6)计算,

$$L = \sum_{\kappa=1}^n \sqrt{(x_\kappa - x_{\kappa-1})^2 + (y_\kappa - y_{\kappa-1})^2} \quad (4)$$

$$p(\sigma_i) = \frac{N(\sigma_i)}{\sum_{i=1}^4 N(\sigma_i)} \quad (5)$$

$$\bar{\sigma} = \sum_{i=1}^4 p(\sigma_i) \cdot \sigma_i \quad (6)$$

公式(5)中, i 为4个台风强度等级,即 $i=1, 2, 3, 4$, σ_i 表示强度等级为 i 的台风, $p(\sigma_i)$ 表示台风的过境概率; $N(\sigma_i)$ 表示等级为 i 的过境频次。采用式(7)求出某一地区台风的危险系数 R ,将 R 从低到高记为轻微、低度、中度、高度和极度5个等级。

$$R = \sum_{i=0}^4 \bar{\sigma}_i \cdot L_i \quad (7)$$

三、台风特征

(一)台风频数特征。根据1949—2022年海南省台风登陆数据,登陆海南的台风共有150个,年均登陆约2.2个;有5个年份登录台风数较多,5个年份登陆数为0,1971年登陆数最多。登陆的TS、STS和TY的个数分别为28个、33个和32个,强台风个数为10个,超强台风个数为1个。图1中,的趋势参数为负数,表明登陆台风数总体呈减少的趋势。1949—2022年登陆台风频数年代际变化显著,台风数量的年际间差异显著。M-K的结果显示,台风登陆频数

的 UF 和 UB 曲线交点为1953年,从1953年后登陆频数出现了趋势变化。

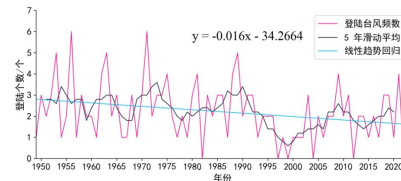


图1 1949—2022年海南省台风登陆频次

图1中,虽然台风登陆频数呈下降趋势,但1949—1953年的 UF 大于0,局部时间段的台风登陆频数呈上升趋势;1949—1995年台风登陆台风的减少趋势未通过显著性检验,而1996—2022年减少趋势则通过显著性检验。5年滑动平均线表明,登陆频数出现周期性波动,1954年、1973年、1990年、2009年为5年滑动平均的峰值点。

表1 1949—2022年海南台风危险等级分布

危险等级	危险分布
轻微危险	东方市、昌江县、儋州市
低度危险	乐东县、五指山市、白沙县、临高县、澄迈县
中度危险	保亭县、屯昌县
高度危险	三亚市、陵水县、琼中县、安定县、海口市
极度危险	文昌市、琼海市、万宁市

表1中,东方市、昌江县、儋州市处于轻微危险,乐东县、五指山市和白沙县等处于低度危险,保亭县和屯昌县处于中度危险,三亚市、陵水县和海口市等处于高度危险,位于沿海的文昌市、琼海市、万宁市处于极度危险。部分市县的登陆频数虽然为0,但台风经过会造成不同程度的影响,如安定县的台风登陆频数为0,但是该县的台风危险性却处于高度危险等级。海南沿海地区的台风危险性显著高于内陆市县,但对于西部部分市县而言,虽然台风登陆为0,但其台风危险性等级却相对较高。这表明,

(二)台风危险性。1949—2022年登陆海南的台风中,部分市县台风登陆数为0,这些市县主要位于海南省中西部及内陆地区,西部市县的台风登陆数也相对较少。琼海市、文昌市和万宁市的台风登陆频数超过31次以上,台风登陆频数远远高于其他市县,台风登陆集中于东部、南部和东北部沿海市县。

海南登陆频数有明显的分布特点,文昌市、三亚市和琼海市的登陆频数远远高于其他市县。登陆强度也有明显的地理分布特点,东部、东南部和东北部沿海城市的台风强度远远高于中部和西部地区,台风强度与台风登陆频数分布一致。从登陆台风的强度频次分布分析,文昌市、琼海市和万宁市的危险性高于其他地区,除了登陆强度大且登陆频数高。采用式(7)计算海南台风危险等级分布,结果如表1所示。

除了台风强度和登陆频数,台风危险性还与台风经过的区域密切相关。

四、结论

依据1949—2022年海南台风数据,本文对海南省的台风危险性特征进行了全面分析,得出的结论是:1949—2022年登陆海南的台风数量呈减少的趋势。文昌市、琼海市和万宁市等东部沿海市县的台风登陆频次高于内陆市县,除了台风登陆频次高,台风登陆强度远远高于内陆地区。沿海市县台风危险性显著高于内陆市县,且危险性呈东南到西北分布,文昌市、万宁市和琼海市危险性最高。

参考文献:

- [1]李慧芹,李江南,于艳,等.一次海南秋季台风暴雨的特征和成因分析[J].热带气象学报,2018,34(01):133-144.
- [2]李柯薇,张界祺,黎伟标.西北太平洋热带气旋强度变化对雨带分布特征的影响[J].热带气象学报,2023,39(05):764-773.
- [3]曹诗嘉,方伟华,谭骏.基于海南省“威马逊”及“海鸥”台风次生海岸洪水灾后问卷调查的室内财产脆弱性研究[J].灾害学,2016,31(02):188-195.
- [4]贺山峰,李铮,陈超冰,等.海南省登陆台风特征演变及其危险性分析[J].地理科学进展,2023,42(07):1355-1364.
- [5]张丽杰,刘建成,朱慧云.影响海南岛台风的时空特征分析[J].灾害学,2019,34(01):135-138.
- [6]龚月婷,程正泉,杨诗琪.南海热带气旋极端快速加强标准研究[J].热带气象学报,2024,40(04):650-658.
- [7]胡皓,端义宏.南海热带气旋迅速加强环境场因子的影响分析[J].热带气象学报,2016,32(03):299-310.
- [8]吴慧,邢彩盈,吴胜安,等.夏季影响海南的热带气旋频数预测[J].热带气象学报,2016,32(03):

377-384.

- [9]王德运,谭亚妮,柯小玲,等.中国热带气旋灾害经济损失时空特征分析[J].灾害学,2020,35(02):62-69.
- [10]徐庆娟,潘金兰,刘合香.基于二维云信息扩散和三维信息扩散的台风灾害风险估计[J].气象研究与应用,2021,42(03):23-30.
- [11]Lu,X.,et al.,Western North Pacific tropical cyclone database created by the China Meteorological Administration.Advances in Atmospheric Sciences,2021,38:690-699.
- [12]李铮,贺山峰,陈超冰,等.1949—2022年海南岛登陆台风特征数据集[J].中国科学数据(中英文网络版),2024,9(02):318-330.
- [13]张嘉仪,钱诚.1960—2018年中国高温热浪的线性趋势分析方法与变化趋势[J].气候与环境研究,2020,25(03):225-239.
- [14]Mann,H.B.,Nonparametric tests against trend. Econometrica:Journal of the econometric society, 1945: 245-259.
- [15]周奇聪.《国内航行海船法定检验技术规则(2020)》8月1日实施[J].中国海事,2020,(08):29.

作者单位:南宁师范大学师园学院。本文为2021年度广西高校中青年教师科研基础能力提升项目(2021KY1751)的研究成果。