

1980—2015年间北部湾海域热带气旋的变化及特征分析*

乔守文¹, 边志刚², 隋 意¹, 王立杨¹, 钟 超¹, 石洪源^{1,3**}

(1. 鲁东大学土木工程学院, 山东烟台 264025; 2. 交通运输部北海航海保障中心, 天津海事测绘中心, 天津 300222; 3. 广西科学院, 广西北部湾海洋研究中心, 广西近海海洋环境科学重点实验室, 广西南宁 530007)

摘要: 由于地理特征独特, 北部湾地区常年遭受热带气旋的影响。热带气旋引起的波浪灾害和风暴潮灾害对广西沿海经济、生活造成了巨大影响。本文采用中国气象局热带气旋最佳路径数据集, 研究了1980—2015年间进入北部湾的热带气旋的变化及特征, 对北部湾海域内热带气旋的频数、强度、持续时长、功耗指数等年际趋势变化进行分析。结果表明: 1980—2015年, 北部湾地区热带气旋的频数、持续时长呈波动减小趋势, 其强度呈波动增加趋势, 整体上功率耗散系数(Power Dissipation Index, PDI)的正效应大于负效应。本研究为北部湾地区的海洋防灾减灾提供了相关科学依据。

关键词: 北部湾海域 热带气旋 台风 台风特征 功耗指数

中图分类号: P47 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2019)06-0663-06



微信扫一扫, 与作者在线交流(OSID)

0 引言

北部湾(Beibu Gulf), 位于中国南海的西北部, 是一个半封闭的海湾, 海岸线长达1 500 km, 是广西主要的对外经济开放区, 东临雷州半岛和海南岛, 北临广西壮族自治区, 西临越南, 与琼州海峡和中国南海相连。虽然其东部有海南岛和雷州半岛作为屏障, 但每年仍然会受到热带气旋的影响, 给广西沿海地区带来暴雨、大风等灾害性天气, 同时也会引起灾害性波浪。正因此处复杂的地理环境等因素导致了北部湾热带气旋的特殊性^[1]。广西以往的研究主要侧重热带气旋引起的暴雨、大风等灾害^[2-5], 而热带气旋引起的波浪灾害和风暴潮对广西沿海海洋防灾减灾的

影响的研究相对较少。过去, 学者对热带气旋变化规律的研究主要集中在西北太平洋区域。例如, 有研究指出登陆我国的台风强度及频率都在增加^[6-7]; 成晔等^[8]对近70年来西北太平洋区域的热带气旋情况进行了统计分析, 指出各种类型热带气旋波动状态并不一致, 除热带风暴和强台风频数呈现波动增加状态外, 其余频数均为波动减少。针对广西北部湾热带气旋变化特征的研究很少且统计不全面^[9-11], 因此本文主要研究1980—2015年间进入北部湾的热带气旋资料, 分析其变化特征, 为开展北部湾海域热带气旋的防灾减灾工作提供科学依据。

* 国家重点研发计划项目(2018YFB1501901)和广西近海海洋环境科学重点实验室开放基金项目(GXKLYH18-02)资助。

【作者简介】

乔守文(1997—), 男, 硕士研究生, 主要从事海气相互作用、海洋模式开发与应用研究, E-mail: qiaoshouwen1997@163.com。

【**通信作者】

石洪源(1986—), 男, 博士, 讲师, 主要从事海洋数值模拟及海岸带防灾减灾研究, E-mail: hyshi@ldu.edu.cn。

【引用本文】

DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.20191231.010

乔守文, 边志刚, 隋意, 等. 1980—2015年间北部湾海域热带气旋的变化及特征分析[J]. 广西科学, 2019, 26(6): 663-668.

QIAO S W, BIAN Z G, SUI Y, et al. Analysis of the variation characteristics of tropical cyclones affecting Beibu Gulf between 1980 and 2015 [J]. Guangxi Sciences, 2019, 26(6): 663-668.

1 材料与方法

本文研究区域为北部湾海域,经纬度范围为 $18^{\circ}-22^{\circ}\text{N}$, $106^{\circ}-110^{\circ}\text{E}$ (图1红色框内)。台风资料来源于中国气象局西北太平洋(CMA-STD)热带气旋最佳路径数据集,该数据集由上海台风研究所按照《台风业务和服务规定》,在每年热带气旋季节过后根据所收集到的常规和非常规气象观测资料,对当年热带气旋的路径和强度资料进行整编而成。本文采用广泛使用的 Saffir-Simpson 热带气旋等级分类法,按最大风速(V_{\max})将热带气旋分为热带低气压(TD, $V_{\max} < 18 \text{ m/s}$),热带风暴(TS, $18 \text{ m/s} < V_{\max} \leq 33 \text{ m/s}$)和台风($V_{\max} > 33 \text{ m/s}$)。其中台风又可以分为5个等级,分别记为C1~C5(对应 V_{\max} 范围为(33, 43], (43, 50], (50, 56], (56, 67], > 67 , m/s)。1980—2015年间进入北部湾海域的热带气旋情况见图1。

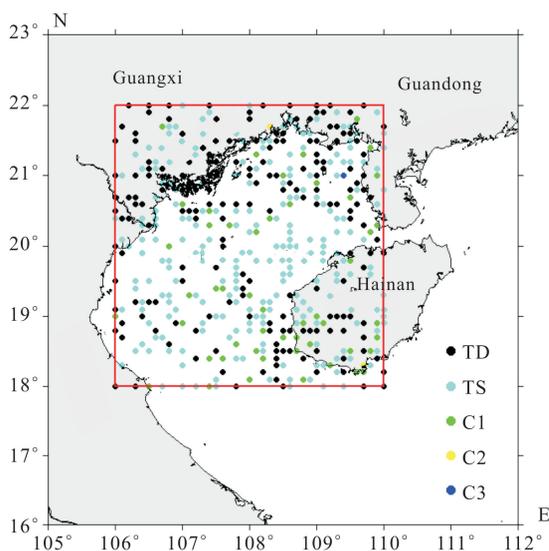


图1 1980—2015年间北部湾海域(红线区域)热带气旋分布
Fig. 1 Distribution of tropical cyclones in the waters of Beibu Gulf (red line zone) between 1980 and 2015

波浪资料来自于欧洲中期天气预报中心(ECMWF),ECMWF是全球几家主要的再分析数据中心之一。ERA-Interim是ECMWF为全球用户提供的最新全球大气数值预报再分析资料,该数据使用了最新的4D-Var同化技术,对ERA-40等资料进行了完善,解决了ERA-40中存在的一些关键问题,预报的准确度得到显著提高^[12]。ERA-Interim再分析数据可提供较高精度的全球范围内的波浪场数据,提供的波浪要素主要包括:有效波高(H_s)、平均周期(\bar{T})

以及平均波向($\bar{\theta}$)。作为ERA-40的更新换代产品,其提供的海浪参数的精确度较ERA-40有明显的提高,ECMWF内部的技术备忘录中开展了浮标数据和再分析数据提供的海浪场参数的对比研究, H_s 的均方根误差(RMES)是0.395 m, \bar{T} 的RMES为0.73 s,表明该数据的精度较高^[13]。

2 结果与分析

2.1 北部湾海域热带气旋基本特征

2.1.1 强度特征

1980—2015年间北部湾区域内共出现126个热带气旋,其中TD共39个,占总热带气旋的31.0%;TS共65个,占总热带气旋比例为51.6%。达到台风级别的热带气旋总数为22个,其中C1共20个,占总热带气旋的15.8%;C2、C3各1个。在北部湾海域内,平均每年会有1个台风经过。台风的经过,会给北部湾海域带来大浪海况以及在近岸地区产生明显的增水,对我国广西近海的海洋工程和海洋活动产生影响。

2.1.2 月际分布特征

对1980—2015年间经过北部湾的热带气旋进行发生月份统计(图2),得出北部湾热带气旋发生月份为4—11月,主要发生月份为7—9月,高峰月份为7月。对于进入北部湾海域仍能达到台风级别的热带气旋而言,10月发生频数最多,为6次,7—9月间每月约4—5次,而6月和11月仅有个别达到台风级别,其余月份均无。虽然7月热带气旋发生频数远大于10月,但台风以上级别热带气旋发生频数并不具有明显差别,可知北部湾海域内的热带气旋强度与发生频数之间无明显相关。

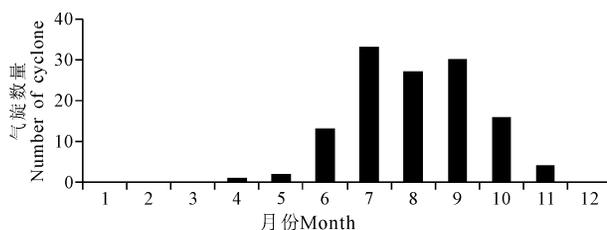


图2 1980—2015年间北部湾海域的热带气旋月分布

Fig. 2 Monthly distribution of tropical cyclones in the waters of Beibu Gulf between 1980 and 2015

2.1.3 持续时长特征

将1980—2015年间经过北部湾海域的热带气旋进行持续时长统计,最短的维持时间为1.75 d,而最长的维持时长为21.7 d,平均时长为6.75 d,其中在

影响区域内,最短的影响时长为0.4 d,最长的影响时长为12.5 d,平均影响时长1.3 d。

2.1.4 源地特征

前人研究结果^[14]指出,西北太平洋区域热带气旋的源地主要有3个,分别为西马利亚纳海盆和马里亚纳海沟地区,菲律宾海盆以及我国的南海。统计表明,影响北部湾的热带气旋也主要集中在这3个区域(表1),其中生成于南海的热带气旋数量最多,达57个,占总数的45.24%;菲律宾海盆次之,有37个,占

表1 近30年来经过北部湾海域的不同源地热带气旋特征统计结果

Table 1 Statistical results of tropical cyclone characteristics in different cradle and passing Beibu Gulf waters in the past 30 years

源地 Cradle	频数 Frequency	最大平均风速 Maximum mean wind velocity (m/s)	北部湾海域平 均最大风速 Mean maximum wind velocity over the Beibu Gulf (m/s)	持续时间 Duration (d)	北部湾海域持续时间 Duration of Beibu Gulf (d)
南海 South China sea	57	23.21	20.3	5.0	2.36
菲律宾海盆 Philippine basin	37	32.3	25.9	11.1	1.44
西马利亚纳海盆和马里亚纳海沟 Western Mariana basin and Mari- ana trench	30	46.83	30.0	15.6	1.44

南海虽然是影响北部湾海域热带气旋的主要源地,但是其达到的最大强度通常低于源地为菲律宾海盆和西马利亚纳海盆的热带气旋,其最大平均风速仅有23.21 m/s,菲律宾海盆生成热带气旋强度次之,最大平均风速为32.3 m/s,西马利亚纳海盆生成的热带气旋强度最高,最大平均风速为46.83 m/s。当进入北部湾海域时,不同源地的热带气旋强度也呈现出类似特征,其中南海源地的热带气旋在进入北部湾海域后最大平均风速为20.3 m/s,菲律宾海盆源地的热带气旋进入北部湾海域后最大平均风速为25.9 m/s,西马利亚纳海盆生成的热带气旋进入北部湾海域后最大平均风速为30 m/s。从台风生成上看,菲律宾海盆和西马利亚纳海盆属于开阔海域,可以从赤道地区获得足够的热量和水汽,而南海属于半封闭海域,其热带气旋成长空间有限,因此强度不如另外两个区域。这点从热带气旋持续时间上也可以看出,对于不同源地热带气旋,南海区域生成的热带气旋其持续时长平均为5.0 d,菲律宾海盆区域生成的热带气旋其持续时长平均为11.1 d,而西马利亚纳海盆区域生成的热带气旋其持续时长平均为15.6 d。对于北部湾海域,不同源地的热带气旋持续时间不同,南海生成的热带气旋在北部湾海域平均影响时间最长,平均达2.36 d,菲律宾海盆和西马利亚纳海盆生成的热

总数的29.36%,生成于西马利亚纳海盆和马里亚纳海沟及其东南地区的热带气旋有30个,占总数的23.81%;还有2个热带气旋是21°N以北或其他地区。造成这种分布的原因主要是科氏力的影响,在西马利亚纳海盆和马里亚纳海沟地区生成的热带气旋虽然总数较多,但是在西移过程中,受科氏力影响逐步北偏,多在浙闽一带登陆,或者北上日本等区域,因此进入北部湾海域的相对较少。

带气旋在北部湾海域影响时间接近,平均约1.44 d。

2.1.5 路径特征

以往学者的研究结果表明^[15-16],影响广西近海的热带气旋路径可以分为如下两类:第一类为不经过北部湾海区,热带气旋的外围风速造成广西近海风暴潮增水和涌浪;另一类是经过北部湾,直接影响北部湾,此类热带气旋经过北部湾时移向基本不变,按其移向可以分成:(1)西行,穿过雷州半岛或者海南岛后向西,最终在越南北部登陆;(2)西北行,斜穿过雷州半岛或海南岛,在越南北部或广西沿海西部登陆;(3)北上,绕过海南岛,在北部湾湾口北上,在广西沿海登陆。本文对经过北部湾海域即北部湾的热带气旋进行统计分析,可知在北部湾海域中,1980—2015年间热带气旋路径主要以西行和西北行为主,分别占总数的26.3%和35.7%。这两种路径热带气旋容易给广西沿海带来显著增水和大浪,对沿海工程造成威胁。

2.1.6 登陆特征

之前学者指出,经过北部湾海域的热带气旋大部分会在越南或者广西一带登陆,对广西近海而言,登陆纬度达到20°N或者直接在广西近海登陆的热带气旋通常会带来大浪和风暴潮增水。1980—2015年间,北部湾海域内共有62个热带气旋在广西近海或者20°N以北区域登陆,占北部湾海域总热带气旋数

量的 49.2%，其中以越南北部登陆的热带气旋个数最多，达到 40 个，占影响广西近海热带气旋总数的 64.5%。对北部湾海域而言，其三面被大陆（越南和广西）、半岛（雷州半岛）和岛屿（海南岛）包围，对于西进和西北进热带气旋而言，需要穿过雷州半岛或者海南岛，因此对于登陆气旋而言，大部分属于第二次登陆或者第三次登陆，根据统计分析结果，研究期间内，初次登陆时气旋强度最大，未出现登陆后强度增强现象。

2.2 北部湾海域热带气旋的年际变化

2.2.1 频数和强度年际变化特征

1980—2015 年间，经过北部湾海域的热带气旋每年有 3.7 个，最多的年份为 1989 年，有 7 个；最少为 1999 年和 2004 年，0 个。图 3 给出研究海域热带气旋发生频次变化特征，可以看出热带气旋在 1980—1990 年间属于热带气旋高峰期，其后至 21 世纪初呈现波动减小趋势，近 10 年来又呈现波动增加，总体而言，1980—2015 年间北部湾海域热带气旋总体呈现波动减小趋势，强度为每 10 年减少 0.56 个。

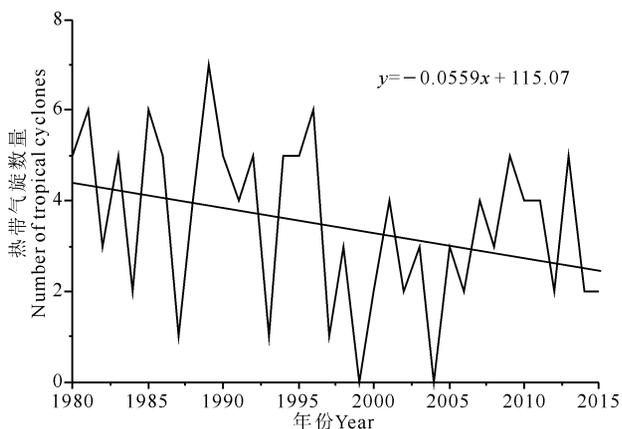


图 3 1980—2015 年间进入北部湾海域热带气旋个数及发展趋势

Fig. 3 Number and development trend of tropical cyclones entering Beibu Gulf waters between 1980 and 2015

对 1980—2015 年间进入北部湾海域的热带气旋等级进行统计分析(图 4)，达到台风级别的热带气旋总数为 22 个，其中 C1 共 20 个，C2、C3 各 1 个。北部湾海域年间最大风速平均为 25.34 m/s，其中最大值为 47.0 m/s，最小值为 12.5 m/s。1980—1997 年间最大风速相对平稳，2006 年后呈现波动增大趋势，总体而言，1980—2015 年间北部湾海域热带气旋年最大风速均值呈现波动增大趋势，表明研究区间热带气旋强度增大。对进入北部湾海域的热带气旋持续时长进行年际统计，结果见图 5，可知途径北部湾的热

带气旋持续时长年际变化较大，其中 1985 年、1994 年、1996 年和 2001 年持续时长最大，均高于 40 h，1999 年和 2004 年持续时长最少，为 0 h。其余年份均在 30 h 以下。总体而言，研究期间内热带气旋年持续时长成波动降低趋势。

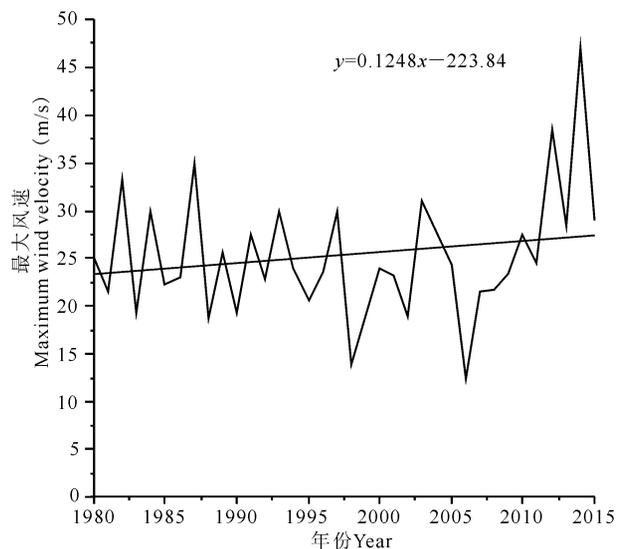


图 4 1980—2015 年间进入北部湾海域热带气旋年均最大风速

Fig. 4 Annual average maximum wind velocity of tropical cyclones entering Beibu Gulf waters between 1980 and 2015

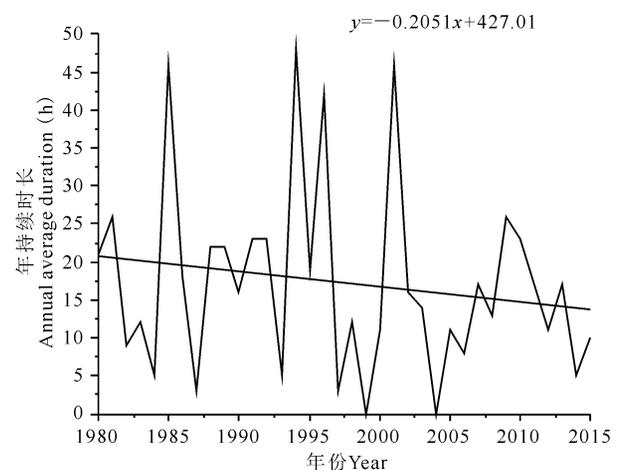


图 5 北部湾海域热带气旋年均持续时长

Fig. 5 Annual average duration of tropical cyclones in Beibu Gulf waters

2.2.2 功耗指数年际变化特征

Emanuel^[17]提出了用来衡量台风破坏潜能的参数——功耗指数(Power Dissipation Index, PDI)，其计算公式为

$$PDI = \sum_{1}^{N} \sum_{0}^{\tau} V_{\max}^3,$$

式中, N 是指目标年份台风的数量, τ 是指每个台风的持续时间, V_{\max} 为最大风速。本文应用该参数计算进入北部湾海域的热带气旋功耗指数变化(图 6), 可知, 在 1980—1996 年间, PDI 基本保持在 1.5×10^6 左右, 之后 3 年(1997—1999 年)急剧下降, 2000—2015 年, 波动增加。虽然研究时间阶段整体属于波动下降趋势, 但是值得注意的是近十几年来 PDI 在北部湾海域呈现出增加趋势, 结合热带气旋个数、强度和持续时间变化一起研究, 可以看出: 2000—2015 年, 北部湾海域热带气旋个数略有增加, 且平均最大风速的增长均对 PDI 的增加起到了促进作用; 在此期间, 进入北部湾的热带气旋平均持续时长却呈现减少趋势, 这对 PDI 的增长起到了抑制作用。PDI 的变化趋势表明, 在 2000 年之后, 虽然影响北部湾海域的热带气旋平均持续时长在降低, 但是在热带气旋强度和个数均呈现增加趋势的条件下, 热带气旋总耗散功率指数仍呈现增加趋势, 这就意味着进入北部湾的热带气旋对该海域的影响程度呈增加趋势, 带来的灾害性影响更大。

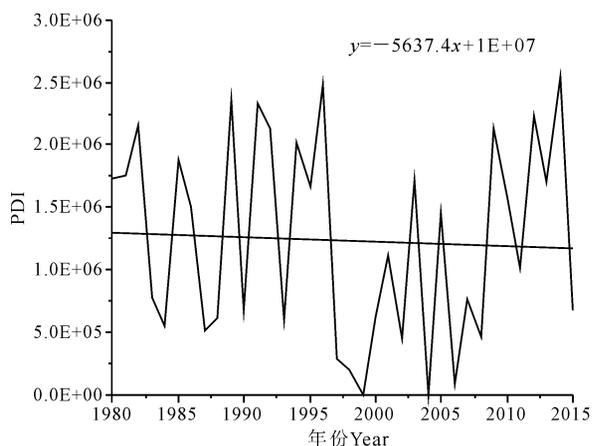


图 6 1980—2015 年间进入北部湾海域热带气旋 PDI 变化

Fig. 6 PDI changes of tropical cyclones entering Beibu Gulf waters between 1980 and 2015

3 结论

通过对 1980—2015 年间北部湾海域的热带气旋资料进行统计分析, 得出如下结论:

(1) 该时期北部湾海域内共出现 126 个热带气旋, 其中台风级热带气旋 22 个, 平均每年出现 1 个; 热带气旋的发生频数总体呈现波动减小趋势, 其强度呈波动增加趋势, 且 2006 年后波动幅度变大。

(2) 该时期经过北部湾海域的热带气旋平均持续时长为 6.75 d, 平均影响时长 1.3 d。热带气旋的持

续时长总体上呈现波动减小的趋势, 2005 年后的波动幅度明显减小。

(3) PDI 的变化趋势表明, 在 2000 年之后, 虽然影响北部湾海域的热带气旋平均持续时长在降低, 但是在热带气旋强度和个数均呈现增加趋势的条件下, 热带气旋总耗散功率指数仍呈现增加趋势, 这就意味着进入北部湾的热带气旋对该海域的影响程度呈增加趋势, 带来的灾害性影响更大。

参考文献

- [1] 陈波. 北部湾台风风暴潮研究现状与展望[J]. 广西科学, 2014, 21(4): 325-330.
- [2] 秦曾灏, 刘凤珍. 北部湾中平台海域热带气旋的气候特征[J]. 海岸工程, 1990(1): 67-74.
- [3] 梁经萍, 周飞. 广西热带气旋统计分析[J]. 中山大学学报论丛, 1994(5): 7-13.
- [4] 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): 28-30.
- [5] 何小娟. 影响广西北部湾台风暴雨的统计及数值研究[D]. 南京信息工程大学, 2007.
- [6] GUAN S D, LI S Q, HOU Y J, et al. Increasing threat of landfalling typhoons in the western North Pacific between 1974 and 2013 [J/OL]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2018. DOI:10.1016/j.jag.2017.12.017
- [7] MEI W, XIE S P. Intensification of landfalling typhoons over the northwest Pacific since the late 1970 [J]. Nature Geoscience, 2016, 9(10): 753-757.
- [8] 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): 31-38.
- [9] 罗红磊, 凌丽嘉, 苏志, 等. 影响广西沿海风电场的热带气旋特征分析[J]. 气象研究与应用, 2017, 38(3): 41-44, 144.
- [10] 张操, 胡松, 陈默. 影响广西沿海的热带气旋分析[J]. 海洋预报, 2014, 31(5): 37-42.
- [11] 陈波, 董德信, 陈宪云, 等. 历年影响广西沿海的热带气旋及其灾害成因分析[J]. 海洋通报, 2014(1): 2-14.
- [12] 马志泉, 陈钦明, 高德政. 用中国地区 ERA-Interim 资料计算 ZTD 和 ZWD 的精度分析[J]. 大地测量与地球动力学, 2012, 32(2): 100-104.
- [13] BIDLOT J R. Comparison of ECMWF re-analyses with in-situ wind and wave data[R]. ECMWF Technical Memorandum, 2012.
- [14] 陈世荣. 西北太平洋的热带风暴源地[J]. 气象, 1990, 16(2): 23-27.
- [15] 陈波, 邱绍芳. 广西沿海港湾风暴潮增减水与台风路径

- 和地形效应的关系[J]. 广西科学, 2000, 7(4): 282-285.
- [16] 李树华, 陈文广, 彭云胜, 等. 广西沿海港口台风暴潮数值预报诺模图及最大增水预测[J]. 海洋通报, 1992, 11(4): 7-16.
- [17] EMANUEL K A. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years [J]. Nature, 2005, 436: 686-688.

Analysis of the Variation Characteristics of Tropical Cyclones Affecting Beibu Gulf between 1980 and 2015

QIAO Shouwen¹, BIAN Zhigang², SUI Yi¹, WANG Liyang¹, ZHONG Chao¹, SHI Hongyuan^{1,3}
(1. School of Civil Engineering, Ludong University, Yantai, Shandong, 264025, China; 2. Tianjin Hydrography Centre, The Navigation Guarantee Centre of North China Sea, Ministry of Transport of the People's Republic of China, Tianjin, 300222, China; 3. Guangxi Key Laboratory of Marine Environmental Science, Beibu Gulf Marine Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China)

Abstract: Due to the unique geographical characteristics, Beibu Gulf area has been affected by tropical cyclones all year round. Wave disasters and storm surge disasters caused by tropical cyclones have a great impact on the economy and life in Guangxi coastal areas. In this paper, adopting the best tropical cyclone track dataset from China Meteorological Administration, the changes and characteristics of tropical cyclones entering the Beibu Gulf between 1980 and 2015, including the inter-annual trends of the frequency, intensity, duration and power consumption index of tropical cyclones in the study area were analyzed. The results show that from 1980 to 2015, the frequency and duration of tropical cyclones in Beibu Gulf area showed a trend of decreasing fluctuations, and their intensity showed an increasing trend of fluctuations. The positive effect of the power dissipation index (PDI) was greater than the negative effect on the whole. This study provides a relevant scientific basis for the prevention and reduction of marine disaster in Beibu Gulf area.

Key words: Beibu Gulf, tropical cyclone, typhoon, typhoon characteristics, power consumption index

责任编辑: 符支宏



微信公众号投稿更便捷

联系电话: 0771-2503923

邮箱: gxkx@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxkx.ijournal.cn/gxkx/ch>
