

## ◆海洋科学◆

## 1621号超强台风“莎莉嘉”风暴潮特征分析\*

黄子眉<sup>1,2</sup>, 李小维<sup>1,2\*\*</sup>, 姜绍材<sup>1,2</sup>, 陈剑锋<sup>1,2</sup>

(1. 广西科学院, 广西近海海洋环境科学重点实验室, 广西南宁 530007; 2. 国家海洋局北海海洋环境监测中心站, 广西北海 536000)

**摘要:**为积累风暴潮预报经验, 本文采用统计分析法和对比分析法, 对1621号超强台风“莎莉嘉”影响广西沿海时的台风资料和风暴潮资料进行研究。结果表明: 超强台风“莎莉嘉”路径稳定、强度强、移动速度不稳定, 其造成的风暴减水明显, 风暴增水周期性明显, 多为单峰型, 最大增水一般出现在台风登陆前3-5 h; 风暴过程中, 广西沿海3个监测站最大增水出现时间、强度基本一致; 随着风向转变和风速增大, 风暴增水呈现逐渐增大的趋势, 台风强度越强最大增水越大, 最大增水出现时间与台风移动路径有关。

**关键词:**台风 风暴潮 风暴增水 预报 广西沿海

中图分类号: P731.23 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2021)01-0046-06

DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.20210309.003

## 0 引言

广西沿海频繁遭受台风影响, 北部湾是典型的全日潮海区, 其天文大潮的高潮位一般较高, 其间若遇上台风, 极易造成风暴潮灾害。我国学者对台风风暴潮进行了大量研究和对比分析, 但对广西沿海台风风暴潮的研究较少。如施素芬<sup>[1]</sup>探讨9711号台风特大风暴潮预报及灾害成因, 发现海门港台风暴增水与风切应力、气压下降密切相关。李文欢等<sup>[2]</sup>对0312号台风“科罗旺”风暴潮预报过程进行分析, 结果表明海南岛东北部岸形特征有利于风暴增水。陈宇东等<sup>[3]</sup>对0709号超强台风“圣帕”风暴潮特征与预报进行分

析, 发现当台风横穿台湾海峡时福建沿海易出现双增水现象。石海莹等<sup>[4]</sup>对0715号台风“利奇马”风暴潮进行研究, 结果表明风暴增水与地形特点及气旋自身结构密切相关。吴元锋<sup>[5]</sup>对0908号台风“莫拉克”特征及风暴增水进行分析, 发现风暴增水与高潮位、风速、大风持续时间以及浪高等因素有关。卢小鹏<sup>[6]</sup>对1014号台风“暹芭”期间浙北海域风暴潮特征进行分析总结, 结果表明浙北海域的风暴潮半日周期特征明显, 最大增水出现于高潮位后约2 h。还有部分学者利用不同数值模式对整个台风风暴潮过程进行后报检验, 并得出风暴潮实况和模拟结果的对比结

\* 广西近海海洋环境科学重点实验室开放基金项目(GXKLHY15-08)和国家海洋局南海分局海洋科学技术局长基金项目(1737)资助。

## 【作者简介】

黄子眉(1981-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事海洋预报工作, E-mail: 674161278@qq.com。

## 【\*\*通信作者】

李小维(1981-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事海域使用论证工作, E-mail: 16878852@qq.com。

## 【引用本文】

黄子眉, 李小维, 姜绍材, 等. 1621号超强台风“莎莉嘉”风暴潮特征分析[J]. 广西科学, 2021, 28(1): 46-51.

HUANG Z M, LI X W, JIANG S C, et al. Characteristic Analysis of Storm Surge Caused by Super Severe Typhoon "Sarika" (No. 1621) [J]. Guangxi Sciences, 2021, 28(1): 46-51.

论<sup>[7-13]</sup>。1621 号超强台风“莎莉嘉”(以下简称“莎莉嘉”)是近年来直接登陆广西沿海的台风之一,前人对这一类直接登陆型台风的风暴潮研究较少,仅有陈宪云等<sup>[14]</sup>对广西重要海洋灾害风险进行分析,陈波等<sup>[15-17]</sup>对北部湾风暴潮现状、台风对广西近岸水位变化的影响、风暴射流产生与增减水异常现象进行研究,张敏等<sup>[18]</sup>基于模型耦合进行北部湾风暴增水与风浪模拟研究,故对“莎莉嘉”风暴潮特征进行分析总结十分必要。本文对“莎莉嘉”影响时期,广西沿海 3 个监测站的台风数据和风暴潮数据进行总结分析,研究其风暴潮特征,并讨论其与各有关因素的相关性,为今后该类台风的风暴潮预报积累经验。

## 1 材料与方法

本文主要研究方法是统计分析法和对比分析法。所采用的热带气旋数据来源于中央气象台官网(www.nmc.cn)发布的台风资料。实测潮位数据来源于广西沿海 3 个国家海洋观测基本站的每 5 min 潮位观测资料,它们分别是北海海洋监测站(以下简称北海站),坐标为 21.5°N,109.1°E;钦州海洋监测

站(以下简称钦州站),坐标为 21.7°N,108.6°E;防城港海洋监测站(以下简称防城港站),坐标为 21.6°N,108.3°E。天文潮位数据来源于国家海洋信息中心计算的天文潮资料。风暴增水采用通用的方法计算<sup>[19]</sup>,即风暴增水 = 实测潮位 - 天文潮位。风向、风速数据来源于上述 3 个观测站的每分钟风向、风速观测资料。依据常规方法,将北海站潮位超过警戒水位 550 cm、钦州站潮位超过警戒水位 600 cm 和防城港站潮位超过警戒水位 510 cm 作为风暴潮的基准。

## 2 结果与分析

### 2.1 台风特点

#### 2.1.1 路径稳定

1621 号超强台风“莎莉嘉”于 2016 年 10 月 13 日 20 时生成于菲律宾以东洋面上(128.6°E,13.5°N),后向偏西方向移动,14 日 05 时转向偏西北方向移动,16 日 05 时又转成偏西向移动,之后逐渐北移,总体表现为一直沿着偏西方向或西北方向移动(表 1)。

表 1 台风“莎莉嘉”特征参数

Table 1 Characteristic parameters of typhoon "Sarika"

时间 Time	经纬度 Latitude and longitude	中心最 低气压 Minimum central air pressure (hPa)	最大风速 Maximum wind speed (m/s)	时间 Time	经纬度 Latitude and longitude	中心最 低气压 Minimum central air pressure (hPa)	最大风速 Maximum wind speed (m/s)
14T08	126.8°E,13.9°N	990	23	17T08	114.8°E,17.2°N	965	38
14T14	128.4°E,13.9°N	985	25	17T14	113.1°E,17.5°N	960	40
14T20	126.0°E,13.9°N	985	25	17T20	112.5°E,18.0°N	955	42
15T02	125.3°E,14.1°N	982	28	18T02	111.6°E,18.2°N	955	42
15T08	124.5°E,14.3°N	970	35	18T08	110.9°E,18.7°N	950	45
15T14	123.9°E,14.7°N	960	40	18T14	109.9°E,13.9°N	970	40
15T20	122.9°E,15.1°N	950	45	18T20	128.6°E,19.0°N	982	30
16T02	121.8°E,15.7°N	935	55	19T02	108.9°E,20.0°N	982	30
16T08	120.0°E,16.2°N	955	42	19T08	108.2°E,20.9°N	985	25
16T14	118.2°E,16.6°N	965	38	19T14	108.2°E,21.5°N	985	25
16T20	117.4°E,16.8°N	965	38	19T15	108.0°E,21.5°N	985	25
17T02	116.0°E,17.0°N	965	38	19T16	107.9°E,21.7°N	995	18

#### 2.1.2 强度强

由表 1 可见,“莎莉嘉”与 10 月 13 日 20 时生成后,能量迅速聚集,强度级别增高,于 10 月 14 日 11 时加强为强热带风暴级别,于 15 日 05 时加强为台风

级别,于 15 日 17 时加强为强台风级别,于 15 日 23 时加强为超强台风级别,中心最低气压为 935 hPa。10 月 15 日一天之内由强热带风暴级别直接加强为超强台风级别,强度增强之迅速十分罕见。“莎莉嘉”

登陆菲律宾后,受到陆地摩擦阻隔强度稍微削弱,但进入南海后仍然维持台风级别,随后又加强为强台风级别。18日09时前后,“莎莉嘉”在海南岛万宁市和乐镇沿海第二次登陆,登陆时中心附近最大风力达14级(风速45 m/s),中心最低气压为950 hPa。19日15时前后,“莎莉嘉”在广西壮族自治区东兴市沿海第三次登陆,登陆时中心附近最大风力为11级(风速23 m/s),中心最低气压为990 hPa。总体上,“莎莉嘉”先由热带风暴加强到超强台风,又由超强台风减弱为台风,再由台风加强到强台风,最后逐渐减弱为台风、强热带风暴,强度提升迅速,变化快。

### 2.1.3 移动速度不稳定

气象数据表明,“莎莉嘉”的移动速度很不稳定。生成后的31 h内,移动速度为10–15 km/h。15日03时,移速开始逐渐加快,于16日02时达到最大速度(26 km/h)。之后速度不断减小,先是以20–25 km/h的速度前进30 h,再是以15–20 km/h的速度前进27 h,最后以10–15 km/h的速度前进5 h。18日16时后,速度又逐渐加快,以15–20 km/h的速度前进13 h。19日05时后,速度再次减小,以10–15 km/h的速度前进,直到第三次登陆。

## 2.2 风暴潮特征

### 2.2.1 前期减水明显

10月18日,“莎莉嘉”靠近海南岛,其外围风力开始影响广西沿海。广西沿海受台风北侧风力覆盖,盛行离岸偏北风,受此影响沿海潮位开始进入减水阶段,且减水明显,如图1所示。

### 2.2.2 增水周期性明显

10月19日0时,“莎莉嘉”进入北部湾海面,风向开始转成偏东至西南风,广西沿海潮位开始进入增水阶段(图1)。19日10–12时,各监测站风暴增水达到最大值。19日15时至20日23时,“莎莉嘉”在广西沿海登陆直至消散阶段,其间广西沿海潮位一直处于增水阶段。从图1可以得出,“莎莉嘉”风暴增水周期性明显,增水周期为单峰型,最大增水出现在台风登陆前的3–5 h。

### 2.2.3 各站增水周期相近

图1可以看出,“莎莉嘉”引起的增水较大,主要原因是其强度级别高(登陆海南省时中心附近最大风

力达14级,中心最低气压为950 hPa)。由表2可见,该台风引起的广西沿海最大增水出现时间均落后于监测站天文高潮发生的时间,如果恰好叠加就会超过当地的警戒水位,造成风暴潮灾害。因此,台风过程中最大风暴增水出现时间和达到高度的预报十分重要。由图1、图2和表2可以看出,10月19日和20日,3个监测站的最大风暴增水出现时间、强度基本一致。

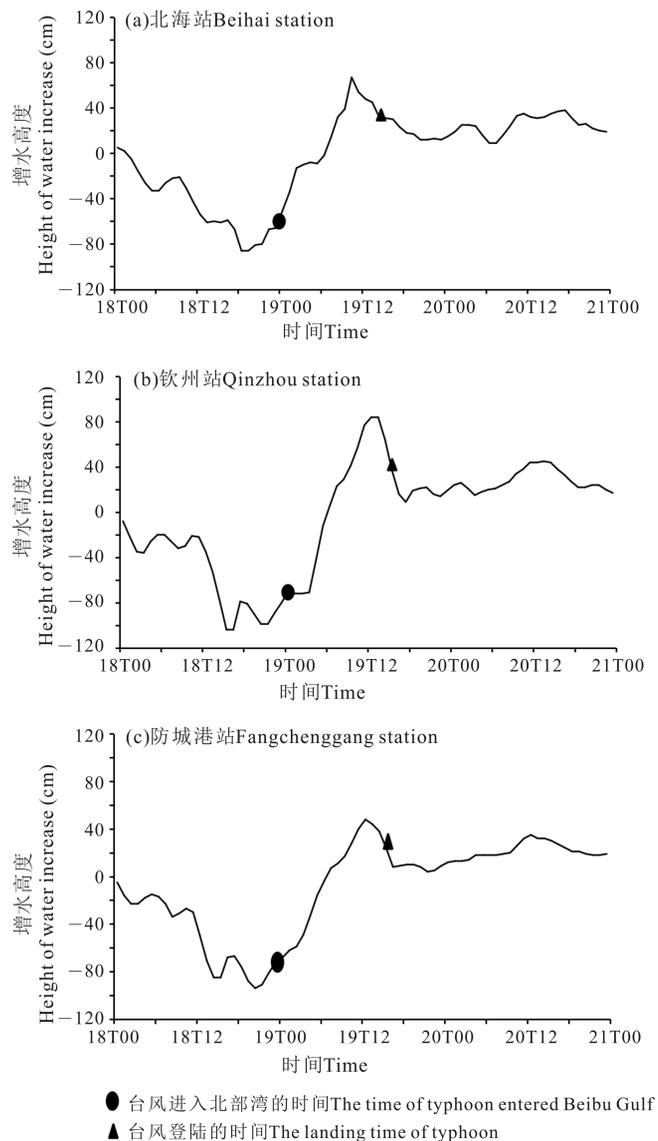


图1 “莎莉嘉”台风期间广西沿海风暴增水

Fig. 1 Storm surge elevation in the coast of Guangxi during typhoon "Sarika"

表 2 “莎莉嘉”台风期间广西沿海监测站实测高潮位和最大增水(基面:当地水尺零点)

Table 2 Measured high tide level and maximum water increase of typhoon "Sarika" at each station in the coast of Guangxi (Base level: Local water gauge zero point)

站名 Station	最大增水时间 Maximum water increase time	实测高潮潮时 Measured high tide time	警戒潮位 Warning tide level (cm)	实测高潮位 Measured high tide level (cm)	最大增水 Maximum water increase (cm)
北海 Beihai	10月19日10:00 October 19th, 10:00	10月19日07:43 October 19th, 07:43	550	483	67
钦州 Qinzhou	10月19日12:00 October 19th, 12:00	10月19日07:40 October 19th, 07:40	600	580	84
防城港 Fangchenggang	10月19日12:00 October 19th, 12:00	10月19日07:26 October 19th, 07:26	510	427	48

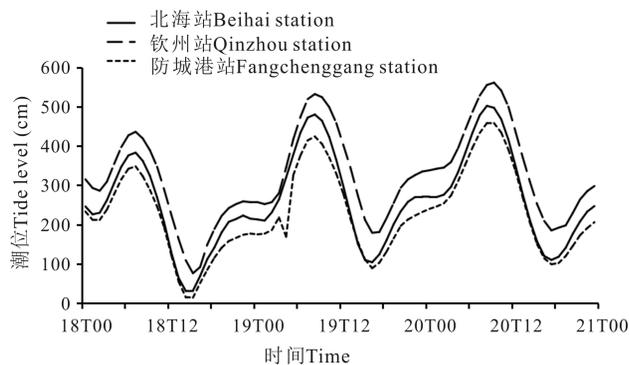


图 2 “莎莉嘉”台风期间广西沿海潮位变化

Fig. 2 Tide level change in the coast of Guangxi during typhoon "Sarika"

### 2.3 风暴增水原因

#### 2.3.1 风暴增水与风向、风速有关

分析“莎莉嘉”影响期间的逐日每小时风向、风速资料可以看出(图 3),北海站于 19 日 02 时开始由偏北风转成偏东至西南风,转风向后于 19 日 08 时风速达到最大值(10.4 m/s),而风暴增水于 19 日 07 时开始出现,于 19 日 10 时达到最大值(67 cm)。钦州站于 19 日 09 时开始由偏北风转成偏东至西南风,转风向后于 19 日 11 时风速达到第二峰值(12.3 m/s),而风暴增水于 19 日 06 时开始出现,于 19 日 12 时达到最大值(84 cm)。防城港站于 19 日 11 时开始由偏北风转成偏东至西南风,转风向后于 19 日 22 时风速达到第二次峰值(14.4 m/s),而增水于 19 日 07 时开始出现,于 19 日 12 时达到最大值(48 cm)。从图 3 可以看出,“莎莉嘉”影响期间,随着风向的转变和风速的增大,3 个监测站风暴增水呈现逐渐增大的趋势,风暴增水与风向、风速的变化趋势基本一致,风向转成偏东至西南风后才开始进入增水阶段。

#### 2.3.2 风暴增水与台风移动路径、强度有关

在“莎莉嘉”的风暴增水过程中,北海站、钦州站

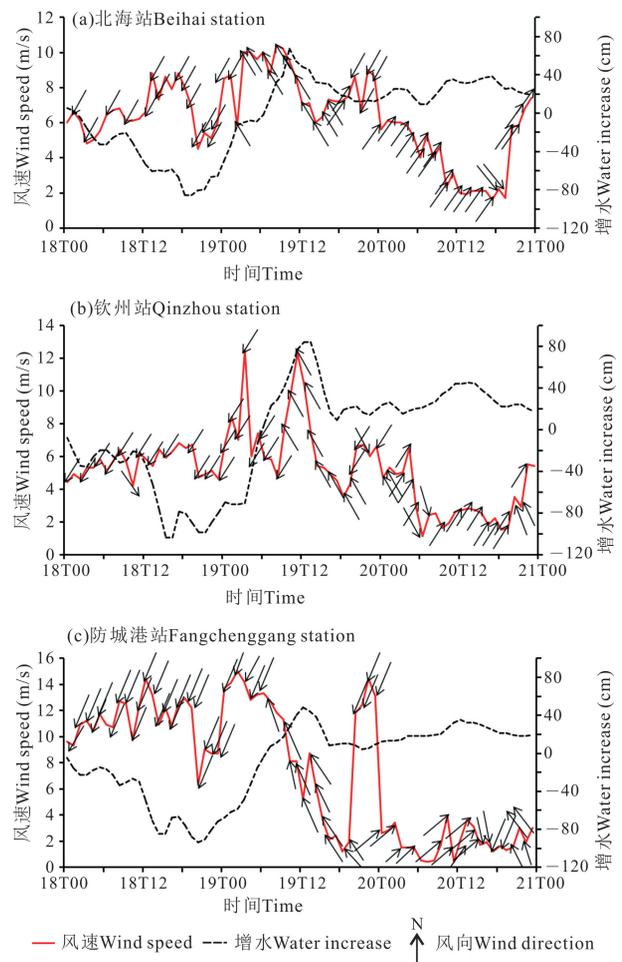


图 3 “莎莉嘉”台风期间广西沿海风暴增水、风向及风速

Fig. 3 Storm surge elevation, wind direction and wind speed in the coast of Guangxi during typhoon "Sarika"

和防城港站最大增水时间分别出现在 10 月 19 日 10 时(67 cm)、12 时(84 cm)和 12 时(48 cm),3 个监测站的最大增水时间间隔很短,处于台风登陆广西沿海前 3-5 h 的时间段内,其间“莎莉嘉”强度一直维持在强热带风暴级别。对比广西沿海历史上最强直接登陆型台风——1409 号超强台风“威马逊”(图 4),北

海站、钦州站和防城港站最大增水时间分别出现在2014年7月19日08时(170 cm)、08时(250 cm)和10时(180 cm), 3个监测站的最大增水时间间隔同样很短, 不同的是处于台风登陆广西沿海后1-3 h的时间段内, 其间“威马逊”强度虽然由强台风逐渐减弱为台风级别, 但是强度仍高于“莎莉嘉”。

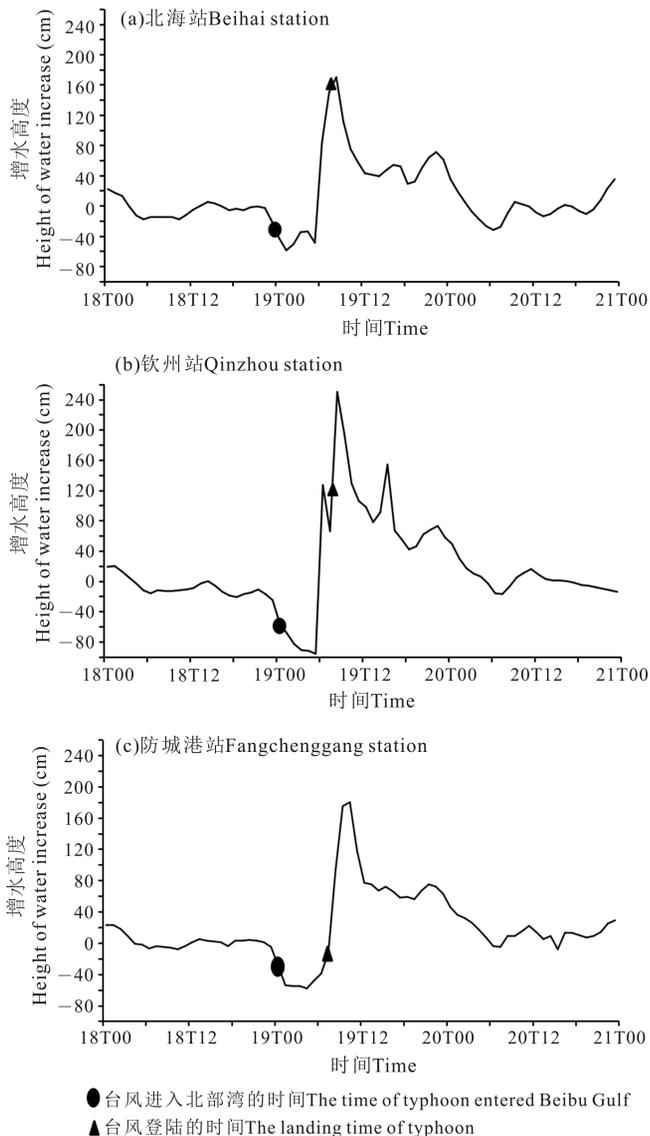


图4 “威马逊”台风期间广西沿海风暴增水

Fig. 4 Storm surge elevation in the coast of Guangxi during typhoon "Rammasun"

通过对比2个台风的相关数据可以发现, 2个台风最大风暴增水处于的时间段显著不同, 主要是因为两者移动路径存在巨大差异。“莎莉嘉”在海南岛中部沿海登陆后进入北部湾, 先沿着西北向移动后转成偏北向移动, 故最大增水出现在台风登陆广西沿海前3-5 h。而“威马逊”在海南岛北部沿海登陆后进入北部湾, 一直向西偏西北方向移动, 且路径更靠近广

西沿海, 因此最大增水出现在台风登陆广西沿海后1-3 h。这一现象表明风暴最大增水与台风的移动路径有关。“莎莉嘉”影响期间, 广西沿海3个监测站的最大增水为48-84 cm, 而“威马逊”引起的最大增水值为170-250 cm, 说明风暴增水与台风强度有关, 台风强度越强最大增水越大。

#### 2.4 预报服务概况

“莎莉嘉”一经形成, 广西海洋预报台立即进行跟踪监测, 密切关注台风发展动态。根据“莎莉嘉”发展趋势, 广西海洋预报台于10月14日17时向广西区防汛应急单位发布“海浪消息”和“风暴潮消息”, 预计10月18-19日广西沿海和北部湾将有1次大浪和风暴潮过程。于18日08时发布“风暴潮Ⅳ级警报(蓝色)”“海浪Ⅱ级警报(橙色)”, 预计19日白天, 广西沿海将出现40-90 cm的风暴增水过程, 各监测站将于19日上午出现接近当地警戒潮位的高潮位。事后经实测资料(表2)验证, 此次台风风暴预报与实际情况基本一致, 说明台风预报可在台风灾害预警中发挥重要作用, 有效减轻灾害损失。

### 3 结论

1621号超强台风“莎莉嘉”登陆广西防城港市沿海, 广西沿海出现48-84 cm的最大风暴增水过程, 本文分析其相关数据获得了以下结论:

(1)“莎莉嘉”是源自海上的直接登陆型台风, 台风路径稳定、强度等级高、移动速度不稳定, 此类台风一般会引起较大的风暴增水, 如遇上天文大潮期, 极易造成风暴潮灾害。

(2)“莎莉嘉”风暴潮前期减水明显, 然后一直处于增水阶段, 增水周期性明显, 多为单峰型, 最大增水出现在台风登陆前3-5 h; 3个监测站的最大增水出现时间、强度基本一致。

(3)影响“莎莉嘉”台风风暴增水的因素主要有2个: 一是风向转变和风速增大, 一般风向转成偏东至西南风后才开始进入增水阶段; 二是台风的移动路径和强度等级, 最大增水出现时间与台风移动路径有关, 强度等级越高最大增水越大。

(4)此次台风风暴潮预报与实际情况基本一致。在台风风暴潮预报中, 对最大风暴增水出现时间和水位高度进行预判具有重要意义。

#### 参考文献

[1] 施素芬. 9711号台风特大风暴潮预报及致灾成因探讨

- [J]. 浙江气象科技, 1999, 20(1): 14-16, 25.
- [2] 李文欢, 石海莹, 黄厚衡. 0312号台风(科罗旺)风暴潮预报过程分析[J]. 海洋预报, 2004, 21(2): 64-69.
- [3] 陈宇东, 吴向荣. 0709号超强台风“圣帕”风暴潮特征分析与预报[J]. 海洋预报, 2008, 25(4): 46-52.
- [4] 石海莹, 黄厚衡. 0715号台风“利奇马”风暴潮分析[J]. 海洋预报, 2009, 26(1): 36-42.
- [5] 吴元锋. 0908号台风“莫拉克”特征及风暴增水分析[J]. 海洋预报, 2011, 28(4): 6-13.
- [6] 卢小鹏. 1014“暹芭”期间浙北海域风暴潮特征分析[J]. 海洋预报, 2011, 28(5): 9-13.
- [7] 张保明, 吴少华. 9204号台风风暴潮的预报[J]. 海洋预报, 1992, 9(4): 64-68.
- [8] 李树华, 陈广文, 梁善任, 等. 广西沿海8007号台风风暴潮数值模拟及台风风暴潮某些特性的分析[J]. 广西科学, 1994, 1(2): 14-20.
- [9] 夏丽花, 邬惠明, 刘铭, 等. 热带气旋影响福建沿海风暴潮特征分析[J]. 热带海洋学报, 2014, 33(3): 40-45.
- [10] 赵长进, 葛建忠, 丁平兴. 长江口及其邻近海区无结构网格风暴潮预报系统的研制与分析[J]. 海洋科学进展, 2015, 33(2): 182-194.
- [11] 傅赐福, 董剑希, 刘秋兴, 等. 1409号和1415号台风风暴潮预报的数值研究[J]. 海洋预报, 2016, 33(4): 26-33.
- [12] 杨金湘, 袁方超, 李郅明, 等. EMD方法在中国沿岸风暴潮增水分析中的应用[J]. 海洋通报, 2016, 35(2): 157-162, 169.
- [13] 刘秋兴, 傅赐福, 李明杰, 等. “天鸽”台风风暴潮预报及数值研究[J]. 海洋预报, 2018, 35(1): 29-36.
- [14] 陈宪云, 刘晖, 董德信, 等. 广西主要海洋灾害风险分析[J]. 广西科学, 2013, 20(3): 248-253.
- [15] 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.
- [16] 陈波, 陈宪云, 董德信, 等. 登陆北部湾北部台风对广西近岸水位变化的影响分析[J]. 广西科学, 2015, 22(3): 245-249, 254.
- [17] 陈波, 朱冬琳, 牙韩争, 等. 台风“纳沙”期间广西近岸风暴射流产生与增减水异常现象[J]. 广西科学, 2019, 26(6): 626-633.
- [18] 张敏, 米婕, 赵振宇, 等. 基于模型耦合的北部湾风暴潮增水与风浪模拟研究[J]. 广西科学, 2019, 26(6): 655-662.
- [19] 张文舟, 胡建宇, 商少平, 等. 福建沿海风暴潮特征的分析[J]. 海洋通报, 2004, 23(3): 12-19.

## Characteristic Analysis of Storm Surge Caused by Super Severe Typhoon "Sarika" (No. 1621)

HUANG Zimei<sup>1,2</sup>, LI Xiaowei<sup>1,2</sup>, JIANG Shaocai<sup>1,2</sup>, CHEN Jianfeng<sup>1,2</sup>

(1. Guangxi Key Laboratory of Marine Environmental Science, Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China; 2. North China Sea Environmental Monitoring Center, State Oceanic Administration, Beihai, Guangxi, 536000, China)

**Abstract:** In order to accumulate the experience of storm surge forecasting, this article uses the methods of statistical analysis and comparative analysis to study the typhoon data and the storm surge data when the super severe typhoon "Sarika" (No. 1621) affected the coast of Guangxi. The results show that the path of super severe typhoon "Sarika" is stable, the intensity is strong, and the moving speed is unstable. The storm water reduction caused by the super typhoon is obvious, and the periodicity of storm surge is obvious. Most of them are unimodal. The maximum water increase generally occurs 3 - 5 h before typhoon landing. In the process of storm, the time and intensity of maximum water increase at three monitoring stations along Guangxi coast are basically the same. With the change of wind direction and the increase of wind speed, the storm water increases gradually. The stronger the typhoon is, the greater the maximum water increase value is. The occurrence time of the maximum water increases is related to the moving path of the typhoon.

**Key words:** typhoon, storm surge, storm water increase, forecast, the coast of Guangxi

责任编辑: 符支宏