

广西沿海风暴增水特征分析

黄子眉^{1,2}, 李小维^{1,2}, 姜绍材^{1,2}, 陈剑锋^{1,2}

(1. 广西近海海洋环境科学重点实验室, 广西科学院, 广西南宁 530000; 2. 国家海洋局北海海洋环境监测中心站, 广西北海 536000)

摘 要: 根据1965—2016年间影响广西沿海的热带气旋资料和风暴增水资料, 分析研究广西沿海风暴增水特征。结果表明: 在时间分布上, 广西沿海平均每年发生风暴增水过程1.8次, 每年6—10月均有可能发生风暴增水, 且集中在7—9月。在空间分布上, 广西沿海风暴增水过程呈现出规律性: 在不同路径热带气旋影响下, 各观测站风暴增水均是先减水, 后增水, 最后逐渐回落至正常状态; 观测站距离热带气旋登陆地点越近, 其最大增水值越高; 反之, 其最大增水值越低。另外, 还采用Pearson-III型分布计算广西沿海不同重现期的高潮位值。

关键词: 广西沿海; 风暴增水; 重现期

中图分类号: P731.23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2019)06-0029-08

1 引言

广西沿海位于北部湾湾顶, 是我国常年受风暴潮影响的地区之一^[1]。近年来, 随着广西沿海旅游业的发展和公众对海洋灾害意识的增强, 人们对海洋灾害信息的要求越来越高, 为了满足人们的需求, 开展广西沿海风暴潮研究显得尤为重要。目前, 国内关于风暴潮的研究成果较多, 冯士桢^[2]分别从封闭和半封闭海域及大洋大陆架的风暴潮问题出发, 建立了我国风暴潮理论体系; 徐灵芝等^[3]从风暴潮异常增水过程进行分析得出不同风向下的风暴潮机制不尽相同; 许金电等^[4]对风暴增水过程进行分析研究得出福建近海台风风暴潮特征; 刘秋兴等^[5]建立了粤东沿海台风风暴潮数值预报模拟; 邓辉等^[6]从风暴潮发生记录分析得出苏沪浙地区风暴潮分布的时空变化特征; 董剑希等^[7]从风暴增水和超警戒潮位方面进行分析得出福建省风暴潮时空分布特征。相对而言, 关于广西沿海风暴潮的研究工作仍处于起步阶段, 李树华等^[8-9]建立台风风暴潮数值模拟分析了风暴增水的原因; 陈波等^[10]根据风暴

潮数值模拟分析广西沿海风暴潮特征; 蒋昌波等^[11]建立台风数值模式分析广西沿海风暴潮特征并对风暴增水情况进行风险分析。以上关于广西沿海风暴潮研究大多属于运用数值模式来分析风暴增水特征。而本文选取了代表广西沿海的3个潮位站(北海、钦州和防城港海洋观测站), 分析了广西沿海风暴潮资料, 探讨了广西沿海风暴增水的时间分布特征和空间分布特征, 对广西沿海风暴潮研究、风暴潮预警及灾害预防具有参考价值。

2 影响广西沿海的热带气旋特征

2.1 影响频度

统计过程中所选取的热带气旋必须满足以下条件: 广西沿海出现风暴增水过程, 作为一个个例进行统计。据统计, 1965—2016年共52 a间影响广西沿海的热带气旋有127个, 平均每年2.4个。由表1可以看出影响广西沿岸的热带气旋集中发生在6—10月, 其中7—9月份占影响总数的71.7%, 而12月

收稿日期: 2018-11-02; 修回日期: 2019-01-15。

基金项目: 广西近海海洋环境科学重点实验室开放基金(GXKLHY15-08)。

作者简介: 黄子眉(1981-), 女, 副高, 在职研究生, 主要从事海洋预报工作。E-mail: 674161278@qq.com

表1 影响广西沿海热带气旋个数的逐月分布表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计	平均
影响个数	0	0	0	1	1	12	30	30	31	18	4	0	127	2.4

表2 影响广西沿海的热带气旋强度逐月分布表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计	年均
7—9级	0	0	0	1	1	8	16	15	18	12	1	0	72	1.38
10—11级	0	0	0		0	1	6	4	5	2	0	0	18	0.35
12级以上	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1	1	0	8	0.15

至翌年3月则没有热带气旋影响广西沿海。这与热带气旋季节分布有关。

2.2 影响强度

热带气旋对广西沿海的影响程度,以其影响期间广西沿海出现的最大平均风力划分,如表2所示,7—9级的最多,其次是10—11级,12级以上的最少,三者分别占影响总数的56.7%、14.2%、6.3%。

3 风暴增水的时间分布

3.1 年内分布特点

本文依据表3的标准^[7]将风暴增水划分为5个级别,将风暴潮灾划分为4个级别。

本文根据1965—2016年广西沿海(北海海洋观测站、钦州海洋观测站和防城港海洋观测站,以下简称观测站)的实测潮位资料和天文潮汐资料,进行统计并计算得出风暴增水,风暴增水采用通用的方法即用实测潮位减去天文潮位得到^[12]。据统计,1965—2016年在热带气旋影响期间,广西沿海风暴增水大于或等于50 cm(一个站位或以上)的过程共有94次,如表3所示,影响广西沿海Ⅰ(一般)级别的风暴增水过程有78次,占总数的82.9%;Ⅱ(中

等)级别的风暴增水过程有15次,占总数的15.9%;Ⅲ(较大)以上级别的风暴增水过程仅有1次。由于在风暴增水过程中天文潮的高潮位均不是很高,故都没有造成Ⅲ(较重)以上级别的风暴潮灾,据统计,广西沿海历年来在热带气旋影响下超过警戒水位的仅有4次,且只是达到Ⅱ(一般)级别的风暴潮灾。

这里再将94次风暴增水过程逐月进行数量统计,得到广西沿海风暴增水数量逐月分布柱状图(见图1)。结果表明,广西沿海风暴增水主要发生在6—10月份,其中7—9月份占总数的71.3%;12月—3月没有风暴增水活动。比较分析显示,广西沿海风暴增水的逐月分布特点与广西沿海的热带气旋活动有比较好的相关性。

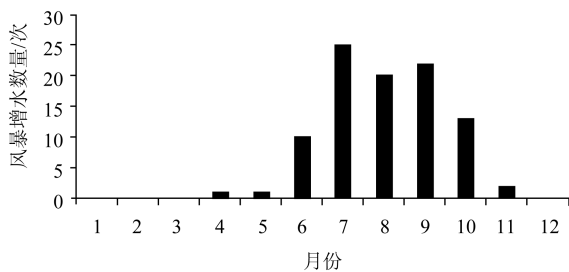


图1 1965—2016年广西沿海风暴增水数量逐月分布图

表3 1965—2016年广西沿海风暴增水次数和风暴潮灾次数统计

风暴增水级别	风暴增水/cm	增水过程/次	风暴潮灾级别	超警戒水位/cm	超警戒过程/次
Ⅰ(一般)	50~100	78	—	—	—
Ⅱ(中等)	101~150	15	Ⅱ(一般)	0~30	4
Ⅲ(较大)	151~200	1	Ⅲ(较重)	31~80	0
Ⅳ(大)	201~250	0	Ⅳ(严重)	81~150	0
Ⅴ(特大)	≥251	0	Ⅴ(特大)	≥151	0

3.2 年际分布特点

对收集到的94次风暴增水过程进行逐年统计,绘制出1965—2016年广西沿海风暴增水数量逐年分布曲线(如图2),结果表明:广西沿海平均每年发生风暴增水次数为1.8次。

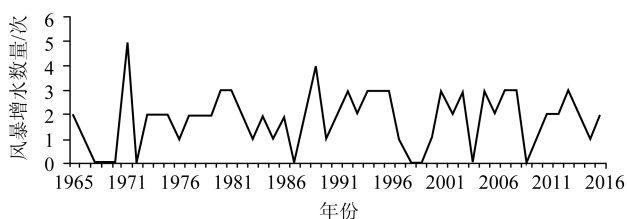


图2 1965—2016年广西沿海风暴增水数量逐年分布曲线

4 风暴增水的空间分布

由于钦州海洋观测站潮汐资料开始于2010年,为了研究内容的统一性和代表性,故本节采用2010—2016年的热带气旋资料和风暴增水资料进行统计。据资料分析,选出6次(风暴增水 ≥ 80 cm)具有代表性的风暴增水过程,分别是1002号台风“康森”、1213号台风“启德”、1330号超强台风“海燕”、1409号超强台风“威马逊”、1415号台风“海鸥”和1621号台风“莎莉嘉”影响下的风暴增水过程。图3是3个海洋观测站的位置和6个热带气旋的移动路径。

由图4可见,当热带气旋进入北部湾的时候,广

西沿海各观测站潮位在5个热带气旋影响下均属于减水阶段,甚至达到最大减水时刻,而各观测站潮位在1621号强台风“莎莉嘉”影响下属于增水阶段,但其同样存在先减水后增水的特征,只因其由减水转为增水是发生在进入北部湾之前;当热带气旋登陆广西沿海或在越南沿海登陆的时候,广西沿海各观测站潮位在所有热带气旋影响下均属于增水阶段,甚至达到最大增水时刻;当热带气旋登陆广西沿海或在越南沿海登陆之后,广西沿海各观测站潮位在所有热带气旋影响下均属于逐渐回落至正常状态。

为了更好地表达各观测站的风暴增水过程特征,本文分别对6个热带气旋影响下的3个观测站的逐时增水过程采用11点(11h)滑动平均进行了平滑滤波(见图5),滑动平均是趋势拟合技术最基础的方法,它相当于低通滤波器,用确定时间序列的平滑值来显示变化趋势^[13]。由图5和表4可知,逐时增水过程采用滑动平均平滑滤波后,在1002号台风“康森”、1330号超强台风“海燕”和1415号台风“海鸥”影响下,防城港站最大增水值最高,其次是钦州站,最后才是北海站;在1213号台风“启德”和1409号超强台风“威马逊”影响下,钦州站最大增水值最高,其次是防城港站,最后才是北海站;在1621号强台风“莎莉嘉”影响下,钦州站最大增水值最高,其次是北海站,最后才是防城港站。在不同路径热带气旋的影响下,各观测站最大增水值呈现出规律性:观测站距离热带气旋登陆地点越近,其最大增

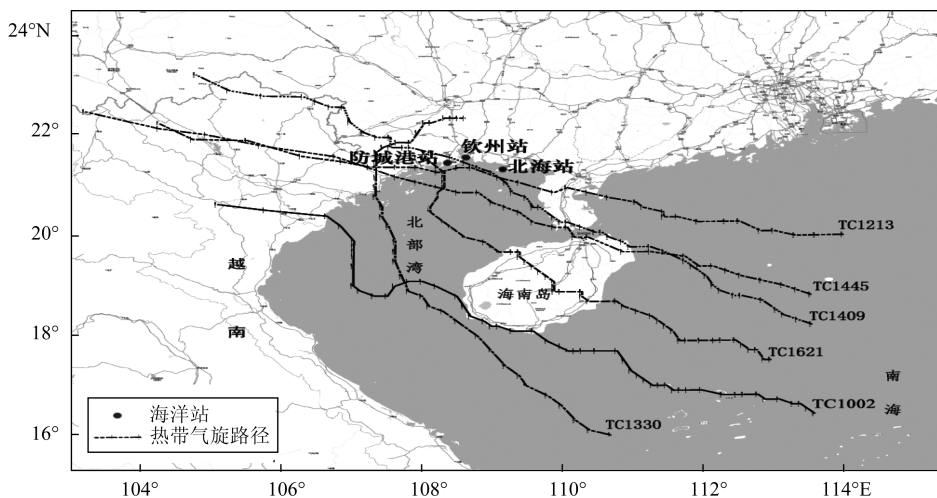


图3 2010—2016年广西沿海受影响的热带气旋路径和观测站示意图

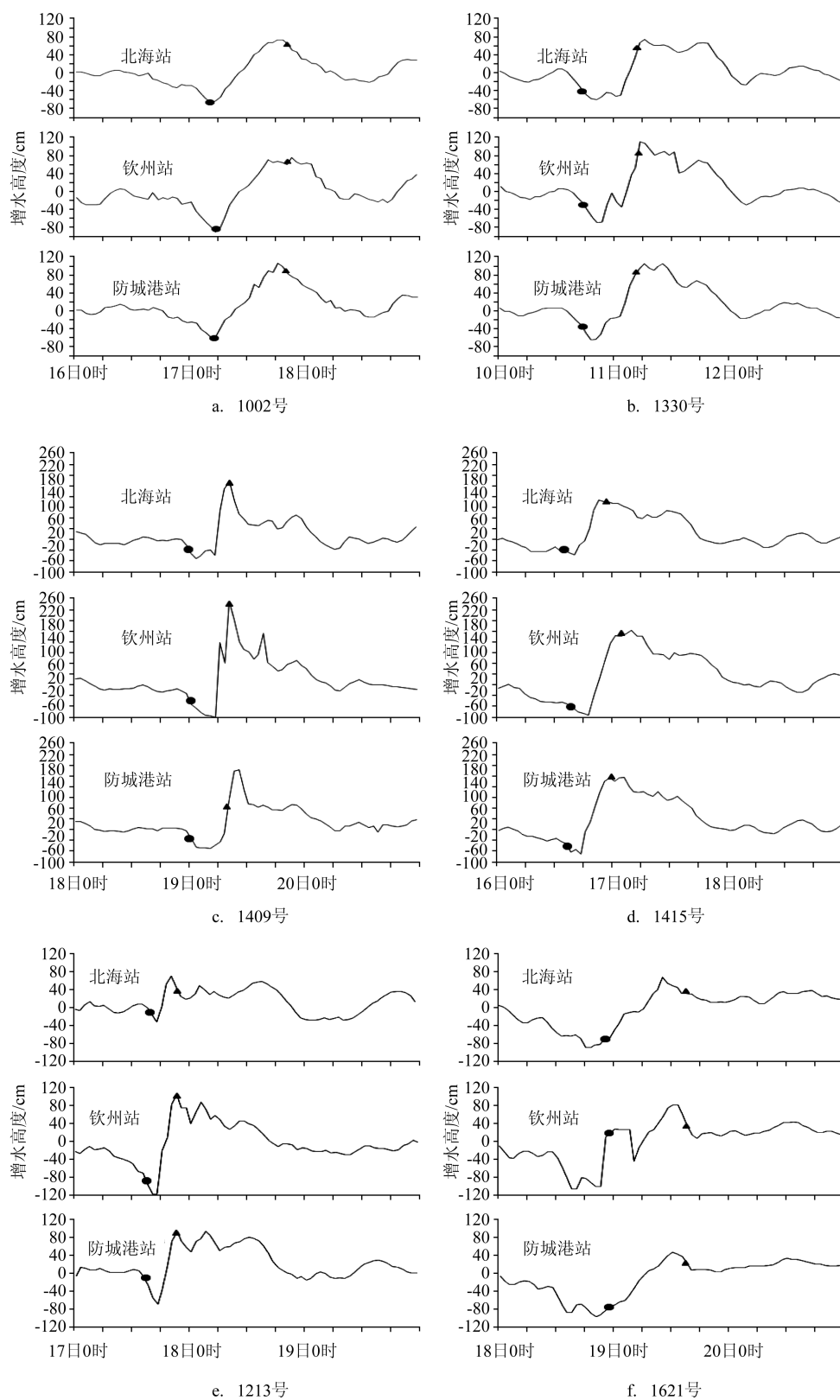


图4 在热带气旋影响下各观测站增水过程曲线

(●表示台风进北部湾的时间, ▲表示台风登陆的时间)

水值越高;反之,其最大增水值越低。

5 重现期高潮位计算

根据 Pearson-III 型分布曲线绘制方法^[14],当 $n=52$ 时, $\bar{h}=3.4\text{ m}$, $c_v=0.0507$, 假设 $c_s=2c_v=0.1014$, 算出 p 、 x_p 值, 绘制北海站潮位 Pearson-III 型分布曲线

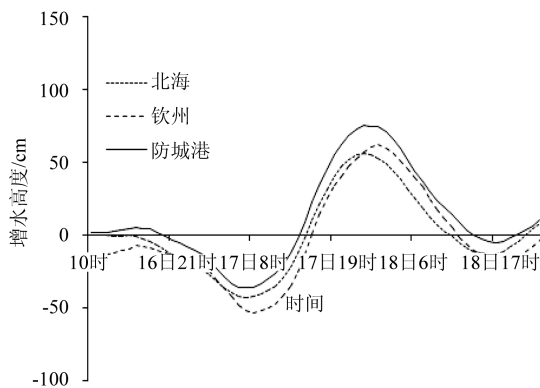
(见图 6a)。当 $n=21$ 时, $\bar{h}=3.4\text{ m}$, $c_v=0.0729$, 假设 $c_s=2c_v=0.1458$, 算出 p 、 x_p 值, 绘制防城港站 Pearson-III 型分布曲线(见图 6b)。由于钦州站的潮位资料只有 6 a, 根据极值同步差比法^[14], 采用北海站为核定站, 算出钦州站的 p 、 x_p 值, 得出重现期潮位。3 个观测站的重现期估算潮位如表 5 所示, 在 85 基面下, 2 a 重现期潮位北海站是 340 cm、钦州站

表 4 在热带气旋影响下各观测站最大增水值和平滑后最大增水

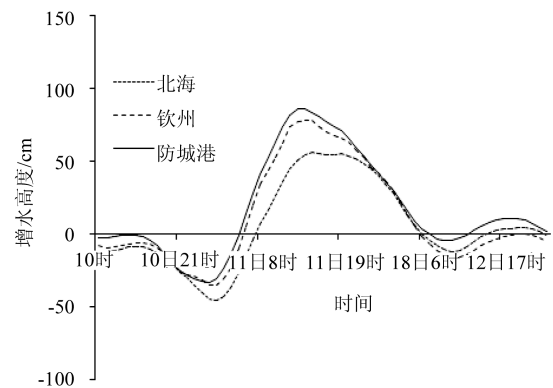
热带气旋	项目	北海站	钦州站	防城港站	热带气旋	项目	北海站	钦州站	防城港站
1002	最大增水值/cm	73	73	104	1330	最大增水值/cm	72	109	103
	出现时间/(日/时)	17/18	17/21	17/18		出现时间/(日/时)	11/06	11/05	11/06
	平滑后最大增水值/cm	56	62	75		平滑后最大增水值/cm	56	78	86
	出现时间/(日/时)	17/23	18/01	17/21		出现时间/(日/时)	11/15	11/14	11/13
1409	最大增水值/cm	170	250	180	1415	最大增水值/cm	115	161	155
	出现时间/(日/时)	19/08	19/08	19/10		出现时间/(日/时)	16/21	17/01	17/02
	平滑后最大增水值/cm	79	124	95		平滑后最大增水值/cm	94	128	130
	出现时间/(日/时)	19/16	19/16	19/18		出现时间/(日/时)	17/06	17/01	17/07
1213	最大增水值/cm	70	106	93	1621	最大增水值/cm	67	84	48
	出现时间/(日/时)	17/20	17/21	17/21		出现时间/(日/时)	19/10	19/12	19/12
	平滑后最大增水值/cm	44	73	70		平滑后最大增水值/cm	38	47	25
	出现时间/(日/时)	18/19	18/06	18/06		出现时间/(日/时)	19/17	19/16	19/17

表 5 广西沿海年极值潮位重现期分布表(85基面)

重现期 T_R/a	2	5	10	20	25	50	100
北海站估算潮位/cm	340	354	362	369	371	376	381
钦州站估算潮位/cm	426	440	448	455	456	462	467
防城港站估算潮位/cm	339	306	372	382	385	393	400



a. 1002号



b. 1330号

图 5 在热带气旋影响下各观测站增水(平滑滤波后)过程曲线

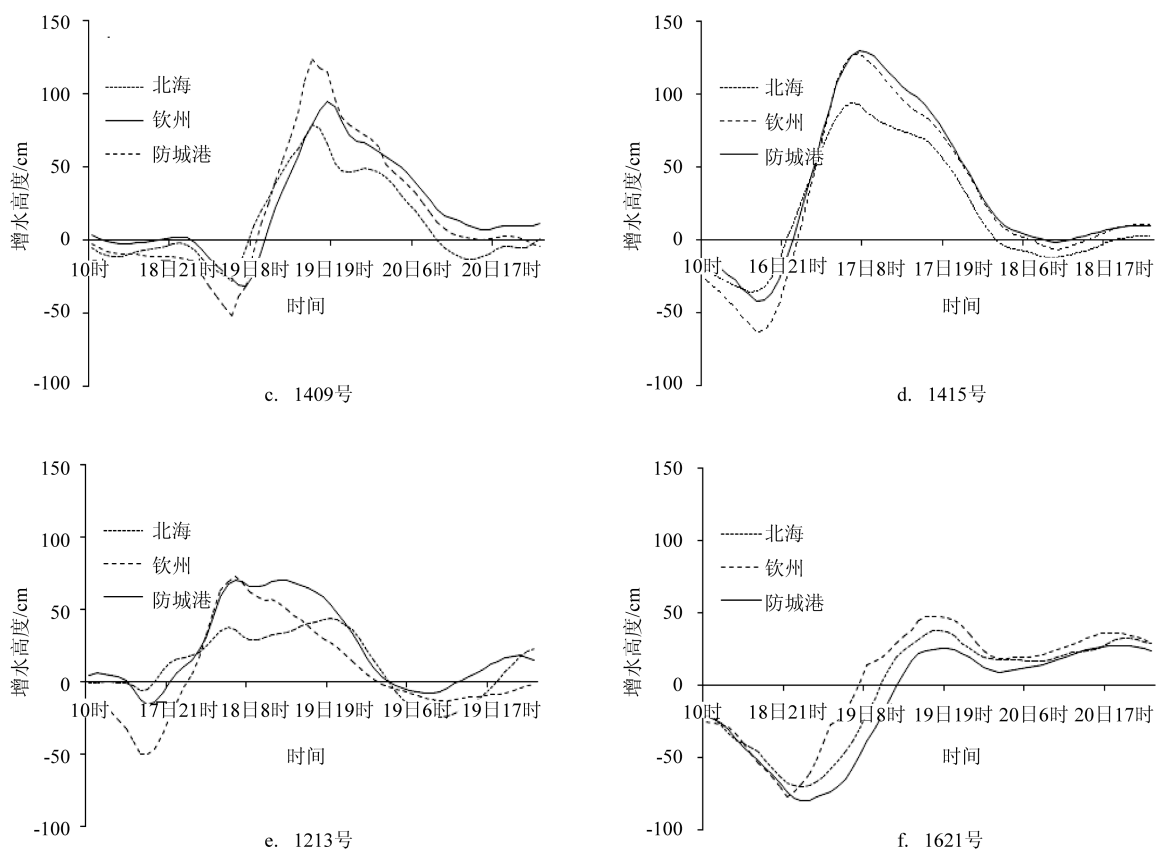


图 5 (续)

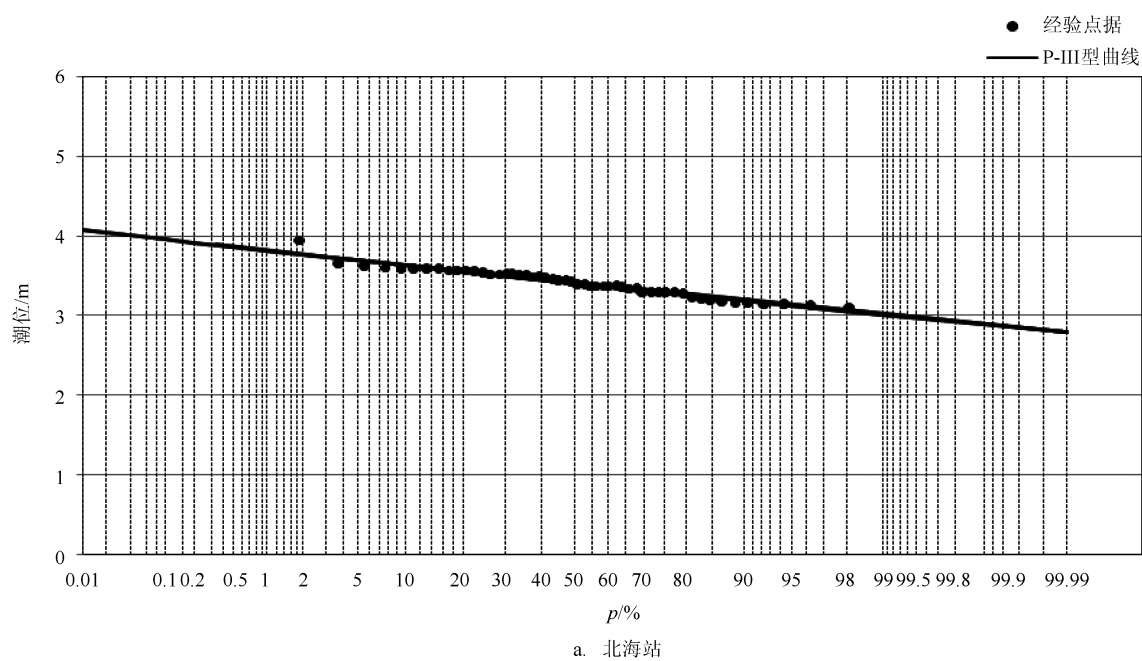
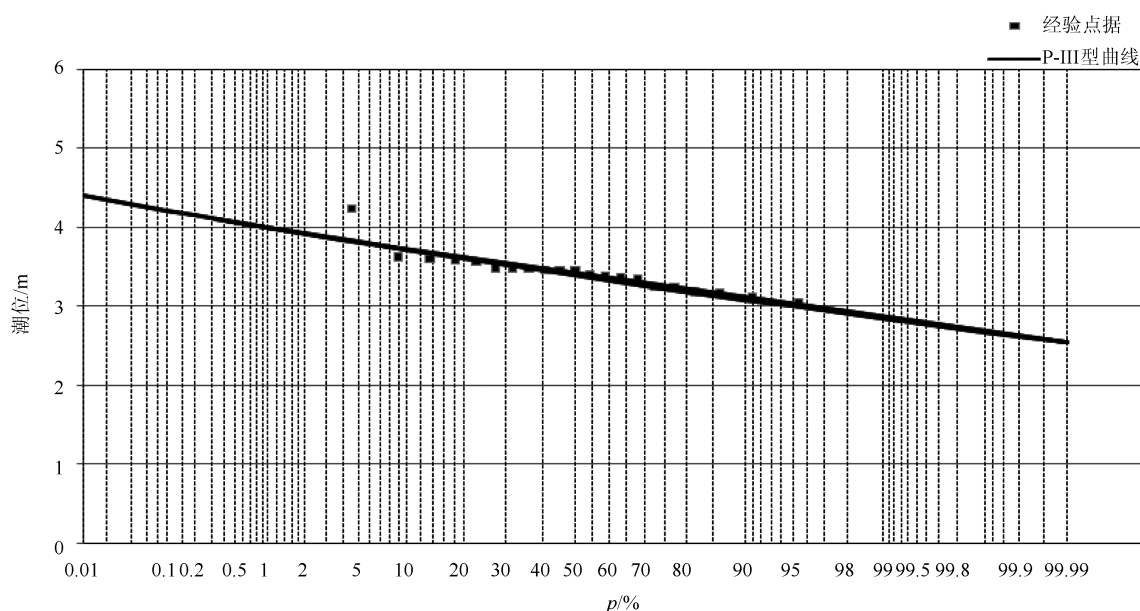


图 6 不同站点 Pearson-III 型分布曲线与经验点据拟合



b. 防城港站

图6 (续)

是426 cm、防城港站是339 cm。

6 结论

(1)广西沿海平均每年发生风暴增水过程1.8次,每年6—10月均有可能发生风暴增水,且集中在7—9月;

(2)当热带气旋进入北部湾的时候,广西沿海各观测站风暴增水一般属于减水阶段,甚至达到最大减水时刻;当热带气旋登陆广西沿海或在越南沿海登陆的时候,广西沿海各观测站风暴增水均属于增水阶段,甚至达到最大增水时刻;当热带气旋登陆广西沿海或越南沿海之后,广西沿海各观测站风暴增水均属于逐渐回落至正常状态。在不同路径热带气旋影响下,观测站距离热带气旋登陆地点越近,其最大增水值越高;反之,其最大增水值越低;

(3)采用Pearson-III型分布来计算广西沿海3个观测站不同重现期的高潮位值。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 冯士筭. 风暴潮导论[M]. 北京: 科学出版社, 1982: 2-40.
- [3] 徐灵芝, 赵玉洁, 宋国辉, 等. 离岸风背景下风暴潮异常增水特征分析[J]. 气象, 2010, 36(5): 56-63.
- [4] 许金电, 郭小钢, 黄奖. 2006年夏季福建近海台风风暴潮特征分析[J]. 台湾海峡, 2011, 30(4): 473-482.
- [5] 刘秋兴, 于福江, 吴少华, 等. 粤东沿海台风风暴潮特征及数值模拟[J]. 海洋预报, 2011, 28(6): 1-6.
- [6] 邓辉, 王洪波. 1368-1911年苏沪浙地区风暴潮分布的时空特征[J]. 地理研究, 2015, 34(12): 2343-2354.
- [7] 董剑希, 李涛, 侯京明. 福建省风暴潮时空分布特征分析[J]. 海洋通报, 2016, 35(3): 331-339.
- [8] 李树华, 陈文广, 陈波, 等. 广西沿海台风风暴潮数值模拟试验[J]. 海洋学报, 1992, 14(5): 15-25.
- [9] 李树华, 陈文广, 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.
- [10] 陈波, 魏更生. 广西沿海风暴潮的数值计算研究[J]. 海洋湖沼通报, 2002, (1): 1-8.
- [11] 蒋昌波, 赵兵兵, 邓斌, 等. 北部湾台风风暴潮数值模拟及重点区域风险分析[J]. 海洋预报, 2017, 34(3): 32-40.
- [12] 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.
- [13] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 47-49.
- [14] 国家质量技术监督局. GB/T 17839-1999 警戒潮位核定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.

[1] 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

The characteristics of storm surge along the coast of Guangxi

HUANG Zi-mei^{1,2}, LI Xiao-wei^{1,2}, JIANG Shao-cai^{1,2}, CHEN Jian-feng^{1,2}

(1. Guangxi Key Laboratory of Marine Environmental Science, Guangxi Academy of Sciences, Nanning 530000 China; 2. The ocean environment monitors master station of Beihai of State Oceanic Administration, Beihai 536000 China)

Abstract: The characteristics of storm surge along the coast of Guangxi is investigated in this study using the tropical cyclone and storm surge data from 1965 to 2016.. The results show that storm surge occurs 1.8 times per year on average along the coast of Guangxi. Storm surge usually occurs between June and October, and occurs most frequently between July and September. In terms of spatial distribution, the process of storm water increase in Guangxi coast shows regularity: Under the influence of tropical cyclones with different tracks, the water level of all observation stations tends to increase at the beginning and decrease thereafter, which gradually returns to normal condition in the end. The closer the observation station is to the tropical cyclone landing location, the higher the water level of the maximum storm surge will be, and vice versa. In addition, the maximum water level of different return period along the coast of Guangxi is calculated using Pearson-III distribution in this paper.

Key words: the coast of Guangxi; storm surge; return period