

“天鸽”台风风暴潮预报及数值研究

刘秋兴, 傅赐福, 李明杰, 李涛

(国家海洋环境预报中心, 北京 100081)

摘 要: 介绍1713号“天鸽”台风风暴潮过程, 并利用不同数值模型对整个台风风暴潮过程进行了后报检验, 从风速和风暴潮实况角度发现中央气象台给出的台风强度弱于实况, 并依据风暴潮实况分析出了“天鸽”台风可能的最大强度, 指出“天鸽”登陆前后强度很可能已经达到超强台风级别, 对于此类我国近海突变型台风风暴潮过程需要引起风暴潮预报工作者的高度关注。

关键词: 数值模拟; 珠江口; 台风风暴潮; 天鸽

中图分类号: P731.23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2018)01-0029-08

1 引言

珠江口是我国第二大河珠江的入海河口, 该区域是三角洲网河和残留河口湾并存的河口。径流大, 潮差小, 含沙量相对较小。河口区域河汉发育程度较高, 水网密布。珠江水系的几条干流到下游相互沟通, 呈8条放射状排列的分流水道流入南海。与我国其他重要河口一样, 珠江口区域人口密集, 经济发达, 同时也是风暴潮灾害的重灾区。新中国成立以来, 数十次台风风暴潮过程影响珠江口沿海地区, 造成了大量的财产损失和人员伤亡^[1]。国内外很多学者在风暴潮数值预报技术和预报实践中做了大量有益的探索^[2-4]。2017年“天鸽”台风给珠海、深圳、香港和澳门等地区带来了重大破坏, 其引起的最大风暴潮与当地较高的天文潮叠加, 致使珠江口地区遭受了1949年有统计数据以来的最严重海洋灾害, 沿岸深圳市、珠海市和澳门等多地出现海水迅速倒灌现象, 香港尖鼻咀站观测到的最大风暴潮达到2.42 m, 澳门观测到5.5 m的高水位, 淹没了澳门境内近三成的陆地, “天鸽”共造成了中国大陆和港澳地区至少26人死亡和43.1亿美元的经济损失, 其中18.7亿美元来自中国大陆, 10.2亿

美元来自香港, 14.2亿美元来自澳门。为了再现此次严重的风暴潮过程并分析其演变发展, 本文首先检验了风暴潮数值模型的可靠性, 并且以“天鸽”台风风暴潮过程为实例, 系统的分析了突变型台风“天鸽”的强度变化及其诱发的灾害性风暴潮过程, 初步厘清了此次风暴潮灾害的主要原因并为今后的风暴潮预报提供了重要的经验。

2 珠江口区域台风和风暴潮特征

从1949年以来(1949—2016年)影响珠江口区域的热带气旋来看, 总共有297次热带风暴级别以上过程影响该区域($112^{\circ}\sim 115^{\circ}\text{E}$, $20^{\circ}\sim 23^{\circ}\text{N}$), 年均4.4次。其中有56次达到热带风暴级别, 69次达到强热带风暴级别, 57次达到台风级别, 只有15次热带气旋达到强台风级别, 没有超强台风级别的热带气旋直接登陆珠江口附近区域^[5]。图1给出了1949年以来热带风暴级别以上影响珠江口区域的热带气旋分布。影响珠江口区域的台风以热带风暴级和强热带风暴为主。其中以强台风级别以上正面袭击台山到珠海一带沿海的仅有5711号“Gloria”、8309号“Ellen”和1208号“Vicente”。

收稿日期: 2017-12-05; 修回日期: 2017-12-14。

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC1401503)。

作者简介: 刘秋兴(1982-), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事风暴潮的预报和研究工作。E-mail: lqx@nmefc.cn

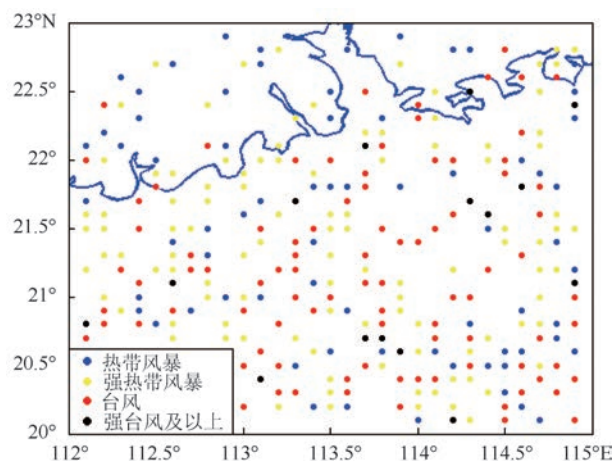


图1 1949年以来热带风暴级别以上影响珠江口区域的热带气旋分布

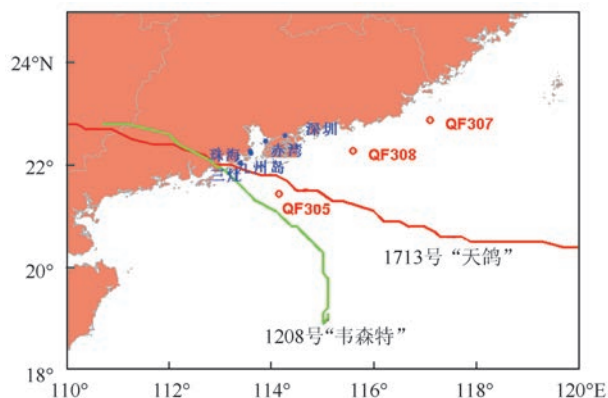


图2 台风路径和站点分布图

3 “韦森特”和“天鸽”台风风暴潮数值检验

“韦森特”于2012年7月21日23时(北京时,下同)在南海北部海面生成,沿偏西方向移动,22日11时加强为强热带风暴,原地徘徊少动,随后受副高西伸引导,向西北方向移动,并加强为台风,由于近海海温较高,“韦森特”在近岸迅速加强并于24日04时15分前后在广东省台山市沿海登陆。此次过程期间广东汕头到汕尾沿海出现了50~100 cm的风暴增水,广东深圳到台山沿海出现了80~250 cm的风暴增水。广东三灶、珠海、黄埔、横门和广州等多站的最高潮位超过当地警戒潮位^[6]。

2017年第13号台风“天鸽”于8月20日14时生成于西北太平洋洋面上,之后沿西北方向移动,强度不断加强,8月22日08时加强为强热带风暴,8月22日15时加强为台风,8月23日07时加强为强台风,一天之内强度连跳两级,强度增强之迅速十分罕见,8月23日12时50分前后,“天鸽”在广东珠海市金湾区沿海登陆,登陆时中心附近最大风力有14级(45 m/s),中心最低气压为950 hPa(中央气象台台风网:<http://typhoon.nmc.cn>),为2017年登陆中国的最强台风。“天鸽”台风风暴潮的主要影响区域位于广东汕尾到台山一带沿海,沿岸出现了120~310 cm的最大风暴增水,影响期间珠江口区域沿岸天文潮较高,同时以几乎最有利于增水的路径登陆

珠江口区域,珠江口内普遍出现了200 cm以上的风暴增水。珠江口沿岸惠州、盐田、赤湾、黄埔、珠海和横门等潮位站出现了破历史记录的高潮位。

“韦森特”和“天鸽”是新中国成立以来影响珠江口区域最强的两次台风过程,两者有着明显的相似之处:(1)两者登陆地点均登陆在珠江口左侧的珠海到台山一带沿海;(2)两者均以40 m/s以上速度登陆;(3)两者均表现出明显的近岸加强态势。“韦森特”登陆前24 h中心气压最多下降25 hPa,而“天鸽”台风在登陆前24 h中心气压至少下降了45 hPa,这在1949年以来影响珠江口的历次台风中是没有的。

为了再现“韦森特”和“天鸽”台风风暴潮过程的影响,本文先后采用国家海洋环境自主研发的风暴潮数值模型(CTS)和引进的ADCIRC精细化的风暴潮数值模型进行数值模拟。CTS模型采用的气压场由Takahashi和Fujita气压场进行嵌套,风场由相对于中心对称的风场和基本风场两个矢量场叠加而成。ADCIRC模型采用Holland模型风场^[7-8]。

从图3可以看到,无论ADCIRC模型还是CTS模型对“韦森特”风暴潮过程均表现出较好的模拟能力,此外作为业务化的风暴潮数值模型,两模型在历次影响广东沿岸的风暴潮过程中均表现较好。从图4可以看出该模型对台风“天鸽”过程期间珠江口的三灶和赤湾站的风暴潮模拟明显偏小。即使大风半径加大到50 km,风暴潮模拟值仍然远小于实测值。从各浮标站的风速的模拟情况来看,

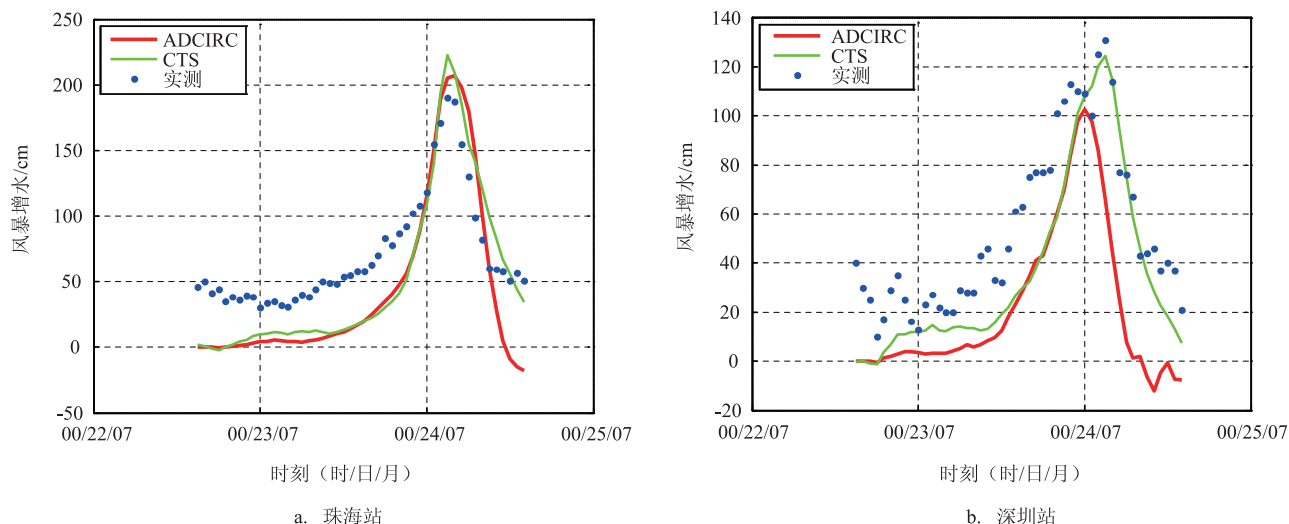


图3 “韦森特”台风影响期间两站的数值模拟结果和实况对比

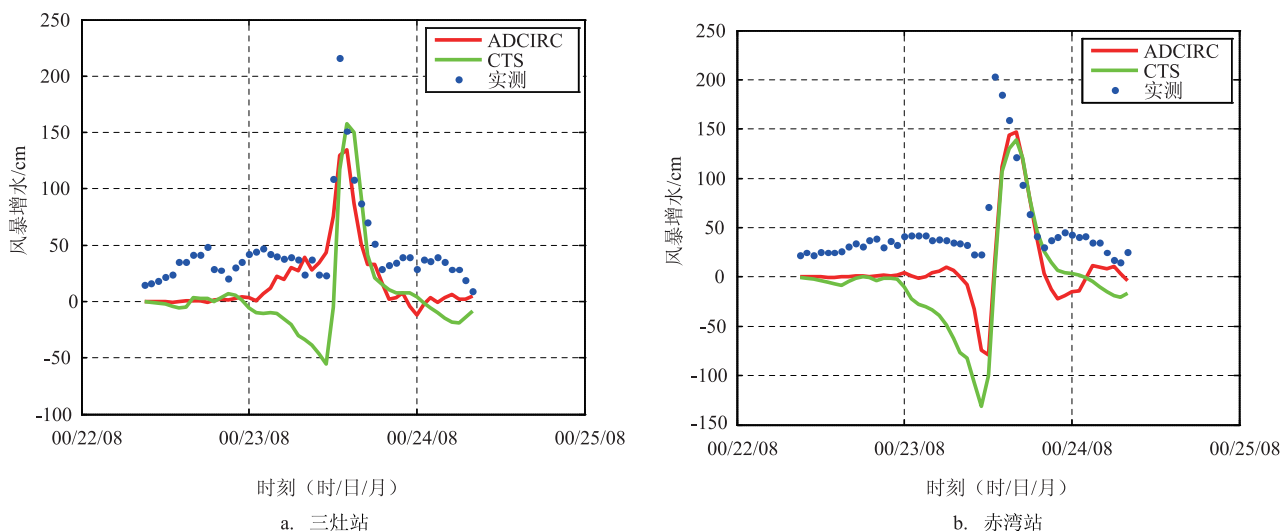


图4 “天鸽”台风影响期间两站的数值模拟结果和实况对比

QF305、QF307 和 QF308 观测到风速均不同程度的大于模型计算风速,特别是在距离台风中心较近的 QF305 浮标观测到的风速明显大于模型模拟风速。珠海站观测到的风速明显小于模型计算风速,风向也与实测风向有着较大的偏差,主要由于陆地障碍物对风场的影响,而模型中没有考虑到陆地障碍物对风速的影响,风暴潮主要受海面风场的影响,海上浮标测得的风速更加具有代表性。

由此可见,无论是对“天鸽”风暴潮过程的模拟,还是对“天鸽”过程风速的模拟,模型计算结果都是偏小的。

4 “天鸽”以超强台风登陆情景假设

“天鸽”台风过程期间,广东珠三角及沿海地区出现 11—14 级大风,珠海、澳门、香港、珠江口阵风 16—17 级,珠海桂山岛阵风 66.9 m/s (17 级),九州岛中午 12 时 10 分录得最高 2 min 平均风速 47.8 m/s。监测显示,珠海 12 时 10—15 分之间观测到 51.9 m/s 的瞬时大风,打破当地风速纪录(原纪录为 1993 年 9 月 17 日 44.6 m/s)。从云图可见台风在 10 点前后风眼清晰可见,形成明显的眼墙。观测表明,“天鸽”

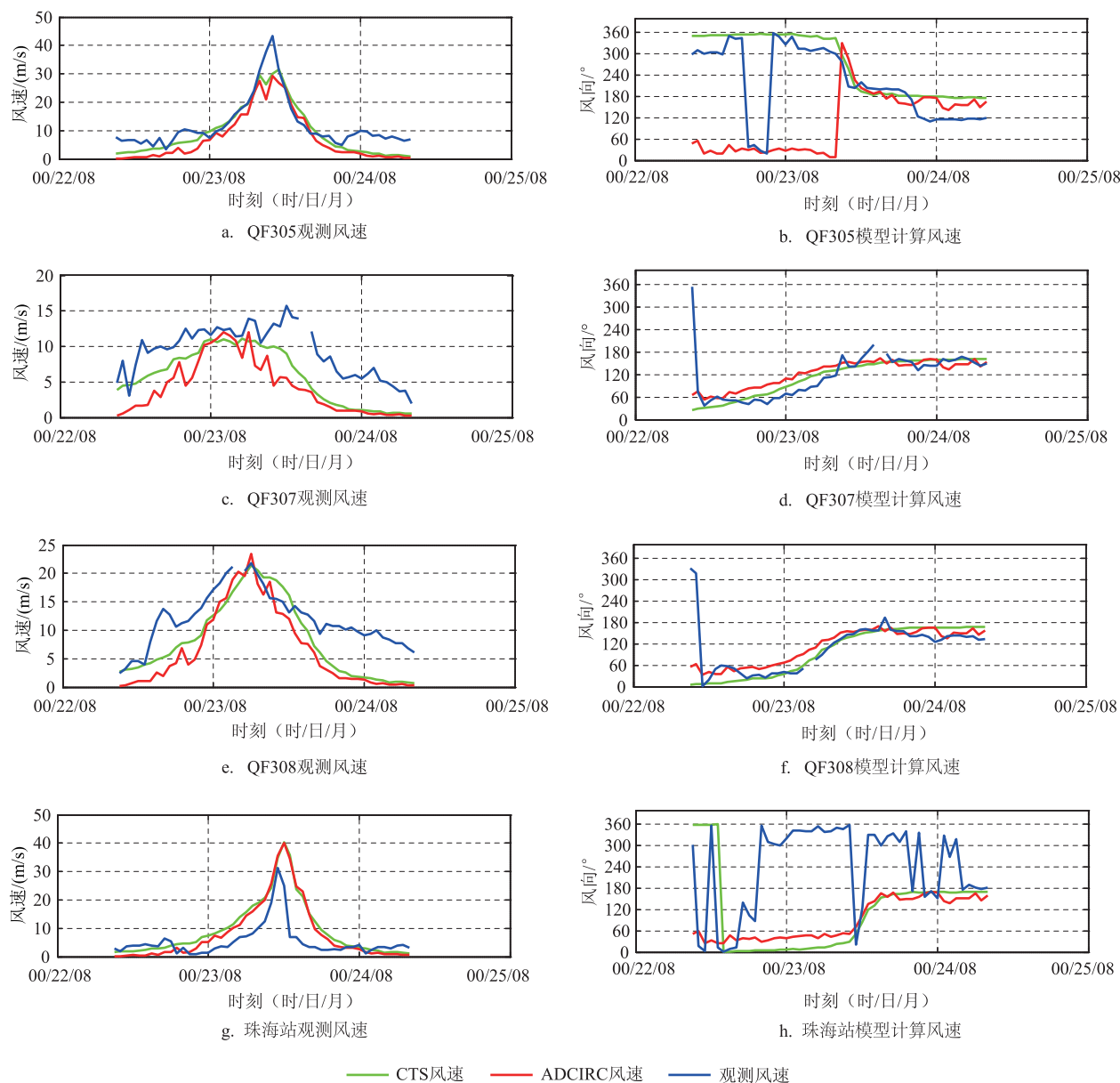


图5 QF305、QF307、QF308和珠海站的观测风速与模型计算风速的对比

台风强度明显强于目前中央气象台给出的实况。根据上述原因,我们对台风“天鸽”登陆前后的强度进行了调整,将台风登陆前2 h的风速调整到超强台风级别(52 m/s, 10 min平均风速),并且大风半径增大到48 km,对“天鸽”进行了模拟和检验(见图6)。九州岛站观测得到的为2 min平均风速,模式计算的为10 min平均风速。由于2 min平均风速略高于10 min平均风速,但相差不大,没有固定换算关系,此处近似相等。从图6可以看到,调整台风参数后的模型风场对QF305浮标和九州岛站的风速无论

是位相还是大小均有较好的模拟。从图7可以看到,台风在登陆前后(12时、13时),无论是ADCIRC模型风场还是CTS模型风场,其对台风右半圆风速和风向的刻画都是十分相近的,这也给出了ADCIRC模型和CTS模型对风暴潮刻画较为一致的原因。台风“天鸽”登陆的13时前后,风向直吹对珠江口,对该区域的增水最为有利,赤湾和三灶等站都于此时前后出现了最大增水值。

从图8可以看出,假设“天鸽”以超强台风登陆,模型对珠江口的赤湾和三灶等潮位站均能表现出

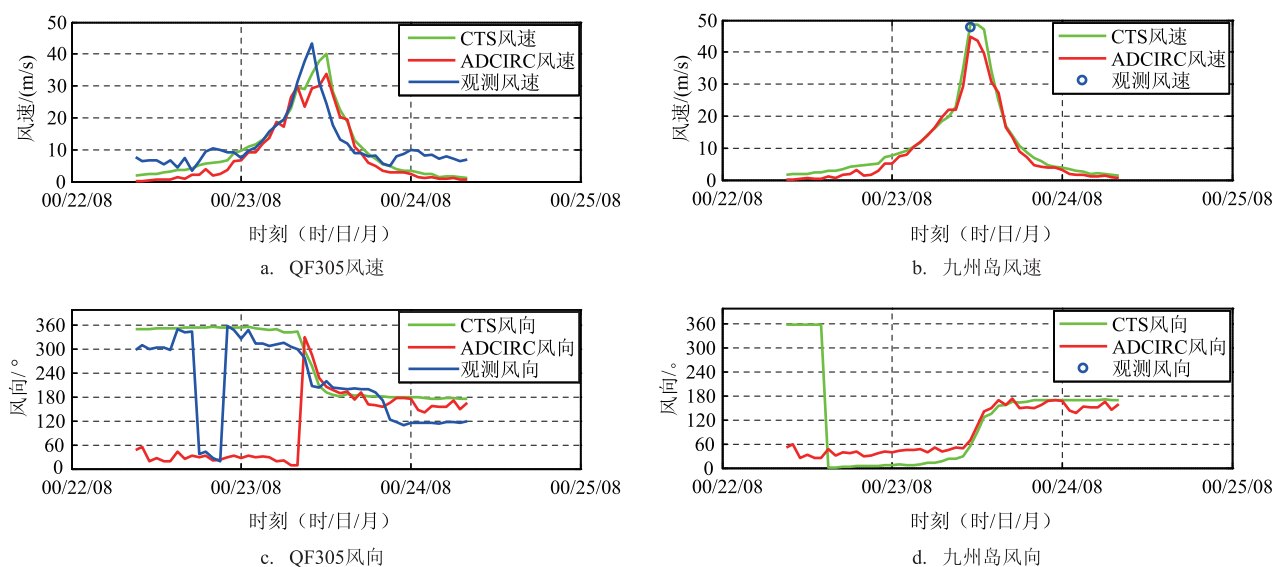


图6 超强台风级别(52 m/s)登陆影响下两个模型风场对QF 305和九州岛测得风速对比

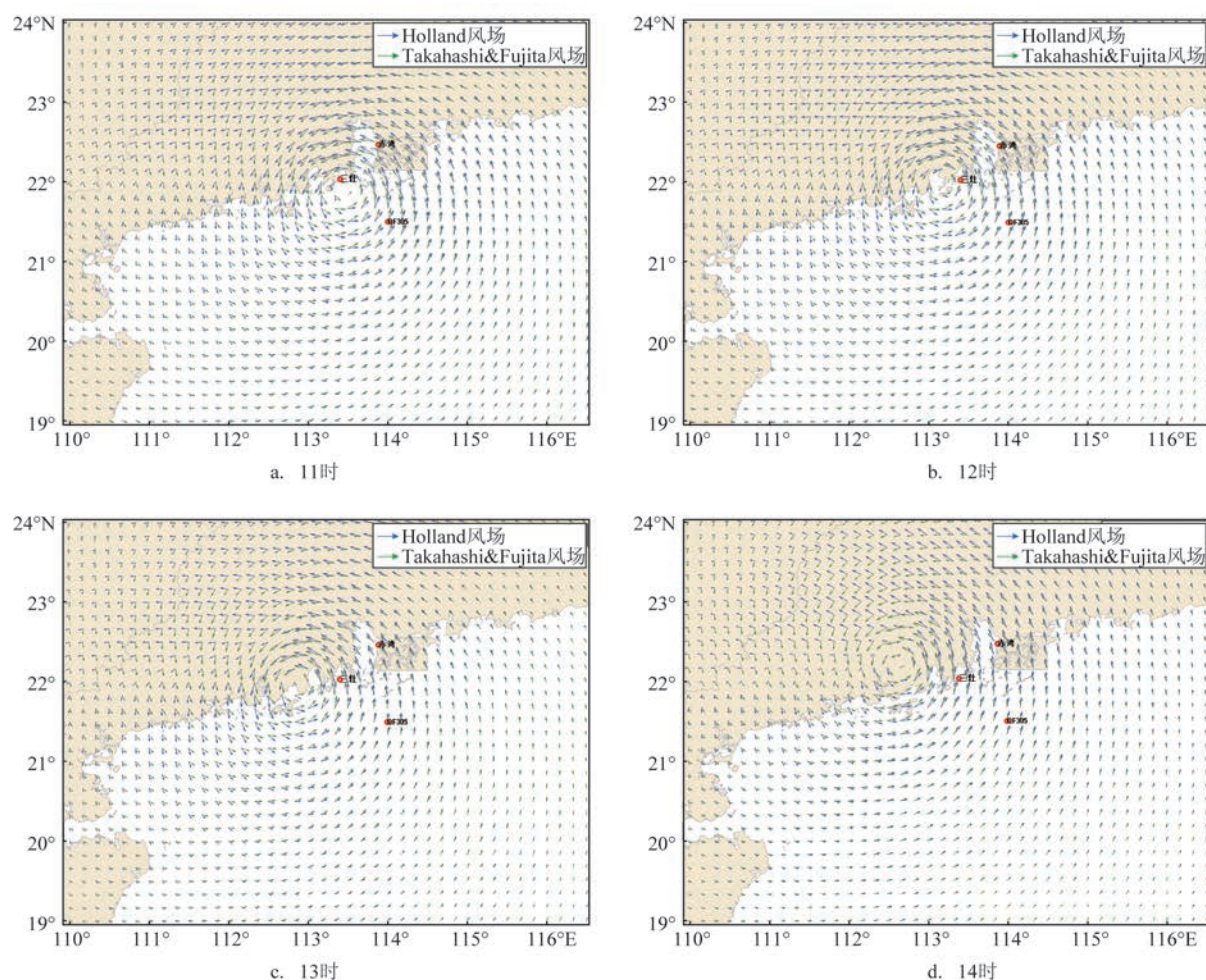


图7 2017年8月23日台风登陆前后的风场

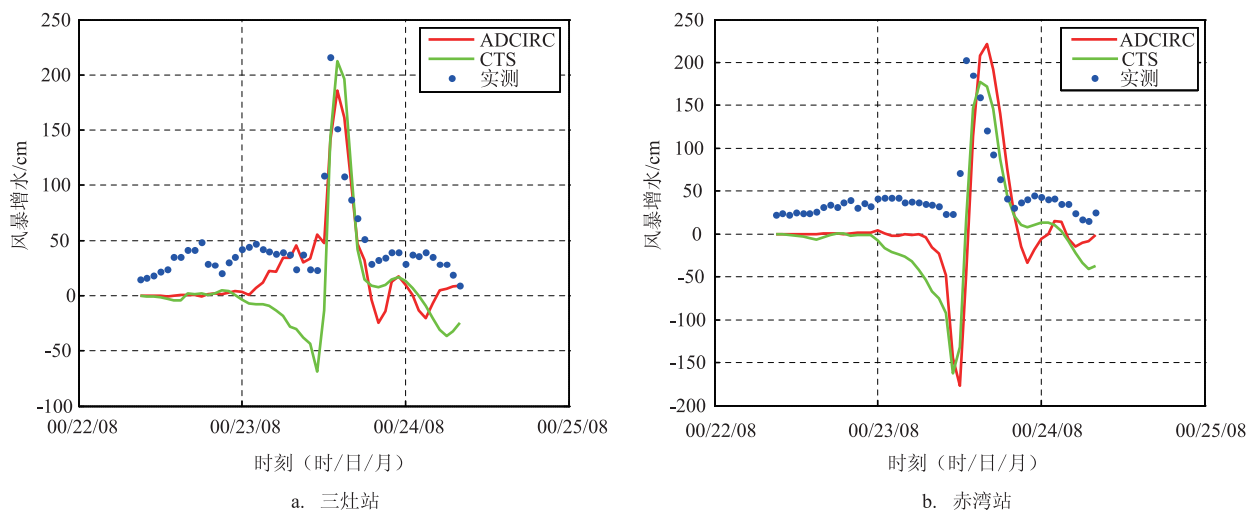


图8 超强台风级别(52 m/s)登陆影响下两模型对赤湾和三灶站的风暴潮模拟与实测对比

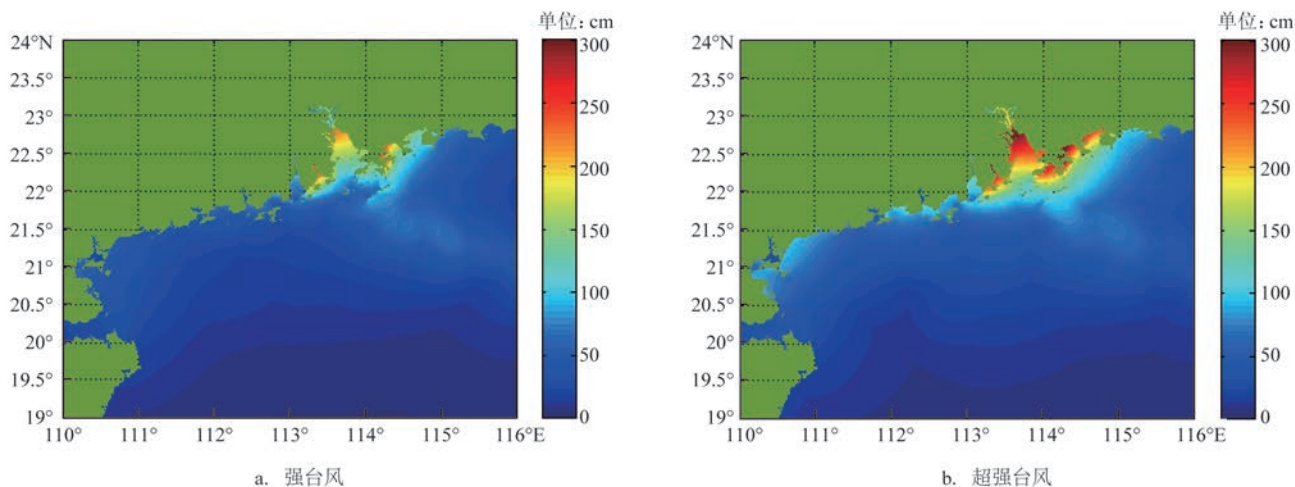


图9 “天鸽”分别以强台风和超强台风登陆时的最大增水场分布

较好模拟能力。从台风风场和风暴潮的模拟情况来看,位相出现一定的滞后效应,主要是由于台风中心定位的问题,此处不做讨论。

“天鸽”以超强台风登陆时,其引起的最大增水场明显高于以强台风登陆时的最大增水场,图9分别给出了以强台风登陆和超强台风登陆的过程最大增水场分布。从站点增水的情况来看,两种不同强度的台风登陆引起的最大增水相差在70~100 cm,在局部区域可能最大增水相差100 cm以上。

从驱动力的角度来分析,“天鸽”以超强台风登陆(52 m/s),其引起的最大增水与中央气象台给出的以强台风登陆(45 m/s)相比,前者产生的风暴潮量值应比后者高30%以上。这也印证了模型对两

种不同强度台风风暴潮计算结果的差异。

5 “天鸽”风暴潮过程预报分析

台风“天鸽”8月23日登陆前,各家主流预报机构普遍认为“天鸽”台风尺度小,从8月22日22时的云图也可以看到“天鸽”形态并不完整,结构较为松散;23日06时,“天鸽”明显加强,形成较对称的台风结构;23日10时,“天鸽”强度进一步加强,达到巅峰阶段,台风眼清晰可见,此时的“天鸽”已经加强成一个强度强并且影响范围大的台风;23日12时,“天鸽”结构仍然完好且大风范围仍在增长(见图10)。

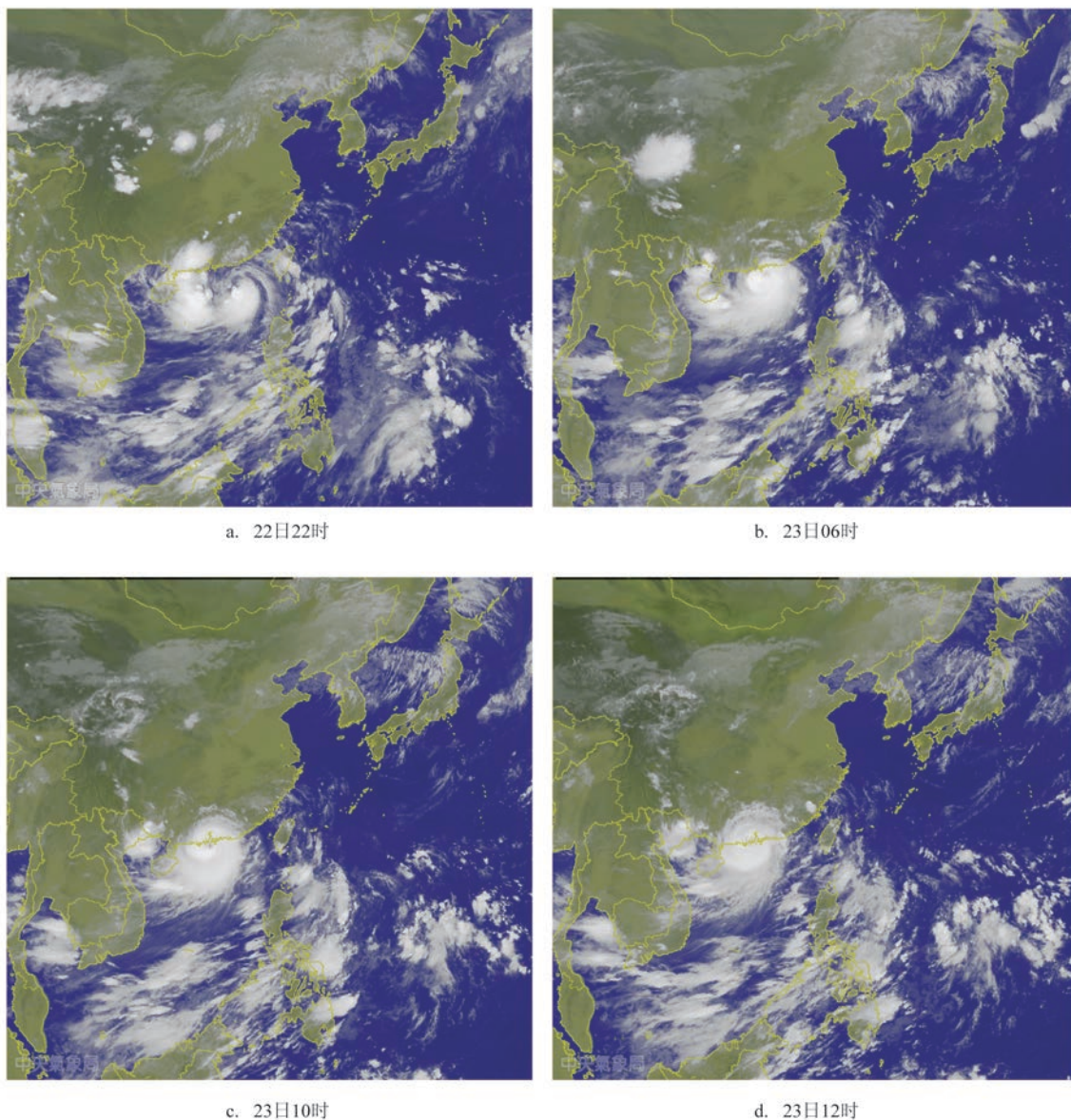


图 10 “天鸽”台风卫星云图(源自:中国台湾中央气象局)

从 QF 305 和 QF 308 浮标监测到实况可以看到,随着“天鸽”逐渐靠近 QF305 浮标,该浮标测得的风速在 08 时后开始迅猛加强,而 QF 308 浮标测得的风速随着“天鸽”中心的远离仍然在加强;从风暴增水实况来看,23 日上午 08 时珠江口内沿岸各站增水还普遍在 40 cm 以下。由此可见“天鸽”台风在 8 月 23 日 08 时以后开始迅猛加强,伴随着中心气压的迅速降低,同时“天鸽”的最大风速半径在悄然增大。

从天文潮配合情况来看:“天鸽”登陆前后适逢农历七月初二,沿岸处于天文大潮期,天文潮普遍

较高;而“天鸽”引起的最大增水又恰好发生在当天天文高潮后的 1~2 h,由于珠江口区域天文潮潮差不大,此时沿岸天文潮仍然较高。较高的天文潮与强风暴潮相叠加,造成了珠江口区域多站出现了破历史记录的高潮位。

一般来说,海温对南海台风的强度和个数都会产生影响^[9],特别是今年以来,我国沿海海温较常年同期一直是偏高的,从“天鸽”影响期间的海温情况来看,华南沿海地区的海温一直在 30℃ 以上,这为“天鸽”近岸加强提供了充足的能量来源。恰巧的是几乎同时期在美国登陆的飓风“哈维”也是一直

在加强,直到登陆前几小时还升级成了4级飓风,而在过去的30 a里,佛罗里达州以西还没有一个飓风在登陆前最后12 h还在加强的。

5 结论

(1)结合海上浮标风速观测的实际情况,指出了中央气象台台风强度和模型风场计算结果明显弱于实况;从风暴潮实况与模拟结果的对比来看,风暴潮实况明显强于模拟结果。因此有理由相信台风实况强于中央气象台给出的结果。本文从风暴潮实况角度出发,给出了“天鸽”台风可能达到了超强台风的强度。无论从风场实况还是风暴潮实况的角度分析,“天鸽”过程中央台给出的台风强度均弱于实况;

(2)南海热带气旋近岸加强的个例屡见不鲜,特别是近年来0915号“巨爵”、1208号“韦森特”、1522号“彩虹”^[10]和1713号“天鸽”都是影响珠江口区域的明显近岸加强型台风,并且均造成了严重的风暴潮灾害,这就提示我们在海温明显偏高区域一定要注意台风近岸加强的态势,特别是全球气候变化背景下,偏暖的海温为台风的发展提供了充

足的能量。在预报实践中如果背景环境场和海温场明显有利于台风的进一步加强,预报结论适当保守。

参考文献:

- [1] 于福江,董剑希,叶琳,等.中国风暴潮灾害史料集1949-2009[M].北京:海洋出版社,2015.
- [2] 王燕妮,吕晓凤,郝嘉凌,等.珠江口沿岸极值增水的空间分布[J].海洋预报,2017,34(5): 74-82.
- [3] 张娟,周水华,黄宝霞,等.神经网络在台风风暴潮模拟中的解释应用[J].海洋预报,2016,33(2): 60-64.
- [4] 王如云,汪天,吴楚敏,等.基于WENO格式的高精度高分辨台风风暴潮数值模式[J].海洋预报,2017,34(2): 21-26.
- [5] 中国气象局.热带气旋年鉴(1949-2014)[M].北京:气象出版社,1949-2014.
- [6] 国家海洋局.2012年中国海洋灾害公报[R].北京:国家海洋局,2013.
- [7] 王喜年.风暴潮预报技术(2)[J].海洋预报,2002,19(2): 64-69.
- [8] 傅赐福,董剑希,刘秋兴,等.1409和1415台风风暴潮预报的数值研究[J].海洋预报,2016,33(4): 26-33.
- [9] Kuroda M, Harada A, Tomine K. Some Aspects on Sensitivity of Typhoon Intensity to Sea-Surface Temperature[J]. Journal of the Meteorological Society of Japan, 1998, 76(1): 145-151.
- [10] 刘凯,宋晓姜,王彰贵,等.1522号强台风“彩虹”近海急剧增强特征及机理分析[J].海洋预报,2017,34(4): 32-40.

Storm surge forecast and numerical study of “Hato” Typhoon

LIU Qiu-xing, FU Ci-fu, LI Ming-jie, Li Tao

(National Marine Environmental Forecasting Center, Beijing 100081 China)

Abstract: The storm surge of “Hato” typhoon is briefly introduced and simulated with different numerical models. It is found that the intensity of the typhoon given by the CMA is obviously lower than the actual situation. The maximum intensity of the ‘Hato’ typhoon had probably reached super typhoon intensity before and after its landing. More attention should be paid to such intensity abrupt-change typhoon surge in China.

Key words: numerical simulation; the pearl river mouth; typhoon surge; Hato