

基于现场调查的台风“天鸽”(1713)和台风“山竹”(1822) 风暴潮灾害影响和致灾对比分析

贾宁¹, 刘强¹, 石先武¹, 赵明利², 刘珊¹, 杨雅煜¹

(1. 自然资源部海洋减灾中心, 北京 100194; 2. 自然资源部南海规划与环境研究院, 广东 广州 510310)

摘要: 基于现场调查, 科学识别 1713 号台风“天鸽”和 1822 号台风“山竹”两次风暴潮灾害对珠海造成的海水淹没和承灾体受损情况, 并对致灾差异和受影响情况进行对比分析。结果表明: 两次台风的路径、登陆点和强度高度相似, 因此珠海市出现大面积海水淹没和灾害损失的区域也高度相似, 但由于台风“天鸽”路径更偏北、登陆时间恰逢珠江口天文大潮期以及台风结构更紧实、冲击力更强等原因, 导致台风“天鸽”风暴潮灾害造成的海水淹没区域范围和深度大于台风“山竹”。此外, 由于群众防灾减灾意识进一步加强, 海岸工程设施进一步加固等原因, 也使台风“山竹”风暴潮灾害损失远小于台风“天鸽”。

关键词: 现场调查; 风暴潮; 台风“天鸽”; 台风“山竹”; 致灾差异

中图分类号: P731.23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2022)05-0094-06

1 引言

广东省珠海市位于珠江口西岸, 南濒南海, 海岸线长达 690 km。珠江口是广东沿海台风风暴潮灾害最严重的岸段之一^[1-2], 据统计, 1953—2017 年, 影响珠海市的台风共有 166 个, 年平均为 2.6 个, 最多年份(1974 年)有 7 个, 除 1956 年、1998 年和 2005 年无台风外, 其余年份都至少有一个台风登陆或影响珠海^[3]。随着经济的飞速发展和人口的日益密集, 风暴潮造成的损失日趋严重。据统计, 仅 9316 号“贝姬”台风风暴潮造成的直接经济损失就高达 19 亿元, 风暴潮已成为制约珠海市经济发展的重要因素之一。珠海市是珠江三角洲岸段珠江口(深圳—台山)的一部分, 而珠江口是一个喇叭口和河网区并存的复式河口, 当强大的台风把海水由喇叭口向内推进时, 海水可向河网扩散, 因此袭击珠江口的台风极易在珠海引发淹没形成风暴潮灾害^[4]。

风暴潮灾害现场调查具有直观性、准确性和可信度高等特点, 及时有效地开展风暴潮灾害实地调查, 对于了解风暴潮灾害的成因、确定损失和影响、实施应对措施、查明薄弱环节和判断防灾减灾措施的效果具有重要意义^[5-7]。2017 年第 13 号台风“天鸽”和 2018 年第 22 号台风“山竹”先后影响珠江口, 两个台风路径相当, 强度相当, 且均出现了破纪录的高潮位^[8]。自然资源部按照《海洋灾害应急预案》(来源: http://gi.mnr.gov.cn/202004/t20200424_2509811.html), 对两个台风引发的台风风暴潮灾害启动了 I 级应急响应, 并派出调查组赴受灾地区开展了现场调查。本文主要通过现场踏勘、走访询问和专题座谈等方式, 并利用实时动态载波相位差分(Real-Time Kinematic, RTK)等技术手段进行现场测量, 科学识别了两次台风风暴潮灾害对珠海市造成的影响, 并对比分析了致灾差异, 以期对风暴潮预警报业务验证以及各地方有针对性地开展海洋灾害风险普查和防御工作提供参考。

收稿日期: 2021-09-22; 修回日期: 2021-12-02。

基金项目: 国家自然科学基金青年基金(41701596)。

作者简介: 贾宁(1986-), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事海洋灾害现场调查评估研究。E-mail: jianing123@126.com

通讯作者: 石先武(1986-), 男, 正高级工程师, 博士, 主要从事海洋灾害风险评估研究。E-mail: Xianwu.shi@mail.bnu.edu.cn

2 方法

2.1 现场踏勘

自然资源部历来高度重视海洋灾害的现场踏勘工作。在近年工作的基础上,自然资源部于2019年制定了《风暴潮、海浪灾害现场调查技术规范》(HY/T 0275-2019)^[9],对风暴潮和海浪灾害的现场调查内容和技术要求进行了明确。本次现场踏勘按照标准的要求,重点开展了海水淹没范围、深度以及承灾体受损情况的调查。在调查海水淹没情况时,调查组根据现场实际情况选择漂浮物聚集法和淹没痕迹判定法对淹没范围和深度进行判定和测量。调查组广泛寻找了可能受灾害影响区域内被搬运至陆地的枯树枝和海上垃圾等漂移物的聚集位置,并现场查看了沿海建筑物上残留的淹没痕迹,以此确定淹没区域的边缘位置。边缘位置判定完成后,利用RTK和手持定位系统等技术手段和设备对海水上溯边缘位置的经度、纬度和高程进行确认,根据边缘位置布设平面测网,当出现拐角或者周边房屋、学校和养殖区等重要承灾体分布密集时,则对平面测网进行加密布设,测点间距一般小于300 m。在确定的淹没区域内,沿海岸垂直角度向纵深寻找残留在商店和居民楼墙体、路灯、电线杆以及停靠在路边汽车上的淹没痕迹,通过测量淹没痕迹线确定不同区域的淹没深度。

调查组根据珠海承灾体分布的实际情况,先后在渔港、重点养殖区和海岸防护工程等重要承灾体的分布区域进行灾害现场调查。在调查渔港受损情况时,调查组了解了渔港停泊的渔船数量、不同马力渔船的受损情况以及渔港、码头等的受损情

况。在调查重点养殖区的受损情况时,调查组重点了解了养殖类型、养殖物价格、养殖设备受损数量和养殖受损面积等。在调查海岸防护工程时,调查组主要了解了建造材质,并利用皮尺测量了防护设施的受损长度和宽度等。在实际踏勘中,技术人员从远、近多角度对承灾体进行照片记录,单个特征点拍摄照片的数量不少于6张,可以充分反映承灾体的受损部位和受损程度等。

2.2 走访询问

在开展淹没调查和承灾体受损调查时,调查组深入受灾群众中,详细询问了灾害的影响时间和影响程度。特别是在淹没调查时,超过50%的淹没痕迹点位均有灾害见证人的验证。同时,调查组与当地海洋减灾主管部门进行了专题座谈,对承灾体受损和实际淹没情况进行了进一步核实。

3 结果

3.1 自然过程对比

2017年第13号台风“天鸽”于8月20日14时(北京时,下同)在西北太平洋洋面上生成,并于8月23日12时50分左右在广东省珠海市金湾区附近沿海登陆,登陆时中心附近最大风力为14级(45 m/s),中心最低气压为950 hPa。2018年第22号台风“山竹”于9月7日20时在西北太平洋洋面上生成,并于9月16日17时前后在广东省台山市海宴镇附近沿海登陆,登陆时中心附近最大风力为14级(45 m/s),中心最低气压为955 hPa。两次过程的基本情况见表1。

表1 “天鸽”和“山竹”台风基本情况

Tab.1 Basic information of typhoons "Hato" and "Mangkhut"

台风名称	生成时间	生成地点	基本路径	成为强台风时间	登陆时间	登陆地点	登陆级别	七级风圈半径/km	最大风力/(m/s)	登陆地附近最大瞬时风力/(m/s)	中心气压/hPa
“天鸽”	2017年8月20日	西北太平洋	稳定西行后转为西北行	8月23日07时	8月23日12时	珠海市金湾区	强台风	280	45	66.9	945
“山竹”	2018年9月7日	西北太平洋	稳定西行后转为西北行	9月15日09时	9月16日17时	台山市海宴镇	强台风	400	45	54.6	955

从表1可以看出,两次台风均在菲律宾以东的西北太平洋洋面上生成,路径为先稳定西行后转为西北行^[10],登陆点在珠江三角洲沿海地区,登陆强度为强台风级别,中心最大风力基本一致。与台风“天鸽”相比,台风“山竹”登陆点更偏西、7级风圈半径更大、登陆时中心气压更高以及登陆地附近最大瞬时风力更小^[11]。

从两次台风过程引发的风暴增水来看,在台风“天鸽”影响期间,广东汕头—汕尾沿海出现了50~120 cm的风暴增水,广东惠州—珠海沿海出现了120~310 cm的风暴增水,广东江门—阳江沿海出现了60~110 cm的风暴增水,广东惠州、盐田、珠海、赤湾、黄埔和横门潮位站出现了达到当地红色警戒潮位的高潮位,并破历史最高潮位记录。在台风“山竹”影响期间,广东汕头—汕尾沿海出现了90~180 cm的风暴增水,广东惠州—江门沿海出现了150~340 cm的风暴增水,广东阳江—雷州半岛东岸沿海出现了60~150 cm的风暴增水,广东惠州、盐田、珠海、赤湾、黄埔、横门和三灶潮位站出现了超过当地红色警戒潮位的高潮位。从引发的增水来看,台风“山竹”造成的最大增水高于台风“天鸽”,且超过当地红色警戒潮位的高潮位站点个数也多于台风“天鸽”,说明台风“山竹”的影响范围更大。从对珠海市的影响来看,在台风“天鸽”影响期间,珠海潮位站观测到的最大增水和最高潮位均高于台风“山竹”。

3.2 灾害影响对比

3.2.1 海水淹没

两次台风均引发了较大的风暴增水和高潮位。

珠海海洋站(简称珠海站)位于珠海市香洲区,其观测数据可有效反映研究区域内的增水和潮位情况。在台风“天鸽”影响期间,珠海站观测到了614 cm的高潮位,超过当地红色警戒潮位147 cm;在台风“山竹”影响期间,根据水痕迹线测得珠海站的高潮位为588 cm,超过当地红色警戒潮位121 cm。较高的潮位造成珠海市城区出现了大范围海水淹没现象。两次风暴潮灾害影响期间,调查组先后前往香洲区、角门区和金湾区对淹没情况进行实地调查和测量,鉴于两次台风过程影响区域相似,两次调查测量区域基本一致,测量点位均超过120个。

经实地踏勘,“天鸽”台风风暴潮灾害导致的海水淹没区域主要集中在香洲区情侣北路、中路和南路地区,南坪镇的湾仔码头、横琴镇湿地公园和客运码头也出现了海水淹没情况,金湾区和斗门区的海水淹没情况并不明显。淹没类型以漫堤、漫滩和管涌淹没为主(见表2),最大淹没深度达200 cm。“山竹”台风风暴潮灾害导致的海水淹没也主要集中在香洲区情侣北路、中路和南路地区,南坪镇的湾仔码头、横琴镇码头及度假村也出现了海水淹没现象。淹没类型主要以漫堤、漫滩和管涌淹没为主,最大淹没深度为100 cm。从淹没区域来看,两次台风风暴潮造成的淹没区域基本一致,情侣路附近受海水淹没严重。从淹没深度来看,“天鸽”台风风暴潮引发的淹没深度普遍超过“山竹”台风风暴潮。从淹没范围来看,“天鸽”台风风暴潮造成的淹没总面积大于“山竹”台风风暴潮。

3.2.2 主要承灾体受损

调查组查看了珠海市堤防设施、渔港、渔船和养殖区等的受灾情况。经调查,两次灾害过程均对

表2 调查区域内珠海市主要淹没情况

Tab.2 The main inundation situation in Zhuhai survey area

灾害过程	淹没区域	淹没类型	淹没深度/cm	淹没面积/km ²
“天鸽” 台风风暴潮	香洲区	情侣路	100~200	1.73
		横琴镇	30~80	1.10
		南坪镇	漫堤	0.38
“山竹” 台风风暴潮	香洲区	情侣路	30~100	2.24
		横琴镇	越浪	—
		南坪镇	漫堤	—

注:“—”表示局部淹没,淹没面积较小。

珠海市沿海道路及海堤护岸等造成一定损失,重点受灾区域集中在情侣路香洲渔港—九州港沿线海堤护岸。两次灾害过程中珠海市海堤护岸受损情况见图1。台风“天鸽”导致珠海市情侣北路海堤护岸受损严重(见图1a),较多海堤石料等被海水搬运至数米,而在台风“山竹”期间,海堤护岸虽然也遭受了一定损毁,但未见较多石料堆积或被搬运至其他区域(见图1b),因此从整体来看台风“天鸽”对海堤护岸的影响程度更大。两次灾害过程对渔船的影响相对较轻,仅在台风“天鸽”事件中发现部分船只被海水冲上岸导致搁浅,两次灾害过程中均未发现大范围渔船倾覆事件,相关损失为船只停靠期间受风浪影响相互碰撞产生。两次灾害过程对海水养殖业的影响较为相似,受灾主要体现在风浪导致的养殖设施受损和养殖物逃逸,以及台风导致的部分养殖区停电,由于无法增氧,导致养殖物大量死亡。

“天鸽”和“山竹”台风风暴潮袭击珠海市造成的损失情况见表3。2017年和2018年广东省发布的《广东省海洋灾害公报》显示,“天鸽”台风风暴潮灾害造成的死亡(含失踪)人数、损坏船只数量和直接经济损失均高于“山竹”台风风暴潮。“天鸽”台风风暴潮导致珠海市2人死亡(含失踪),且为城市居

住人员,为近年罕见。“天鸽”台风风暴潮造成的直接经济损失更是达到台风“山竹”的40倍。

3.3 两次风暴潮影响原因分析

3.3.1 淹没差距分析

台风“山竹”和台风“天鸽”两次过程的强度、路径和登陆地等具有明显相似性,但在珠海市造成的总淹没面积却差异明显。原因如下:

(1)台风路径。从两个台风的移动路径来看,台风“天鸽”比台风“山竹”的移动路径偏北,更容易引起风暴增水,水体在三角洲河道堆积从而引发珠海市沿岸地区被海水淹没。

(2)登陆时间。台风“天鸽”登陆于农历七月初二,恰好处于三角洲地区的天文大潮期,而台风“山竹”登陆于农历八月初七,处于三角洲地区的天文小潮期。风暴增水叠加较高的天文大潮,更容易形成高水位从而导致珠海市等地区出现淹没情况^[12]。

(3)瞬时风力。台风“天鸽”结构更为紧密,体积更小,极大风范围易集中在登陆点附近,造成短时间海水上涨较快,冲击力更强,近岸浪导致护岸损坏较重,因此漫堤和溃堤淹没较为严重。



图1 两次风暴潮过程造成珠海情侣路堤防设施受损严重

Fig.1 The two storm surge processes caused serious damage to the guardrail of Qinglv Road in Zhuhai

表3 “天鸽”和“山竹”台风风暴潮灾害给珠海市造成的损失情况

Tab.3 Losses and damages caused by typhoon storm surge disasters of "Hato" and "Mangkhut" in Zhuhai

灾害过程	死亡(含失踪)人数	水产养殖受灾面积/hm ²	损坏船只/艘	直接经济损失/亿元
“天鸽”台风风暴潮	2	80	188	44.01
“山竹”台风风暴潮	0	570	99	1.09

3.3.2 损失差距分析

造成“天鸽”台风风暴潮灾害损失远超过台风“山竹”的原因主要有两个。

(1)群众防灾意识。台风“天鸽”是近50 a来登陆珠海的最强台风,引发了重大的风暴潮灾害,海水大范围淹没珠海市区道路,多处沿海居民小区车库进水。由于近年来珠海市未发生如此重大的风暴潮灾害,沿海群众对风暴潮灾害的威力及可能造成的影响认识不足,两名前往地下车库的人员死亡。台风“天鸽”灾害发生后,当地政府采取了多种措施,进一步提高了群众的防灾减灾意识和自救互救能力。在“山竹”台风风暴潮灾害影响期间,群众对重特大风暴潮的认识和防灾意识已经有所增强,因此采取了严密的防范措施,沿海居民区未出现车库大量进水的现象,当地居民也未在台风影响期间前往危险地区或开展危险活动,“山竹”台风风暴潮灾害未造成人口死亡。

(2)地方防御准备。台风“天鸽”登陆前的预报路径与实际路径相差较大,且近海增强明显^[13-14],地方应对的经验和准备时间不足。一方面,部分区域出现了停电现象,养殖户无法使用增氧机,渔业养殖受损惨重;另一方面,由于防御准备不足,海岸防护设施未能有效加固,堤防系统薄弱环节(内部隐患)与外来作用(荷载)的共同作用导致海岸防护设施受损严重^[11]。台风“天鸽”灾害发生后,当地政府深刻总结了灾害的惨痛教训,对香洲区情侣路、金湾区机场路和桂山岛等重灾区进行改造,增种了抗台风植被,并对受损的防护设施进行了加固和重建,改造后的防护设施整体的抗风和抗潮能力显著提升。综上,虽然两个台风造成的海洋灾害影响区域基本相同,但整体损失差距较大。

4 结论与讨论

台风“天鸽”和台风“山竹”两次台风风暴潮过程给珠海市造成了严重的风暴潮灾害。本文采用实地踏勘、现场测量和座谈访问等方式,获取了两次台风风暴潮造成的淹没和灾害损失情况。通过对比发现,两次台风过程在基本路径、登陆级别和登陆地点等方面具有较大的相似性,但台风“天鸽”造成的风暴潮淹没深度、淹没范围、人员死亡(含失

踪)数量和直接经济损失均高于台风“山竹”。鉴于两次灾害在珠海市形成的淹没区域具有较高的重合度,因此仍需进一步加固珠海市区部分海岸防护设施,同时继续加强海洋防灾减灾意识宣传和海洋灾害风险评估与区划工作,进一步提升海洋灾害应对能力。

本文全面分析了给珠海市带来重大灾害影响的两次台风风暴潮过程,但研究还存在许多可改进之处。一是对于淹没范围的测量主要基于现场走访,可能存在对淹没范围了解不全面的情况;二是在承灾体受损调查中,对海上养殖的受损情况关注较少,同时对于卫星遥感和无人机航拍等技术手段的应用还不够;三是未对红树林、盐沼和珊瑚礁等生态系统受风暴潮灾害的影响情况进行调查,未来迫切需要建立一套针对生态系统的风暴潮灾害现场调查技术方法体系。

参考文献:

- [1] 广东省地方志编纂委员会. 广东省志: 自然灾害志[M]. 广州: 广东人民出版社, 2001: 408.
Compilation Committee of Local Historical Records of Guangdong Province. Chronicles of Guangdong province: chronicles of natural disasters[M]. Guangzhou: Guangdong People's Publishing House, 2001: 408.
- [2] CHOY C W, WU M C, et al. Assessment of the damages and direct economic loss in Hong Kong due to Super Typhoon Mangkhut in 2018[J]. Tropical Cyclone Research and Review, 2020, 9(4): 193-205.
- [3] 庞古乾, 黄玉明, 何健, 等. 珠海市台风及其次生风暴潮特征分析与评估[J]. 热带气象学报, 2020, 36(1): 42-50.
PANG G Q, HUANG Y M, HE J, et al. Analysis and assessment of the characteristics of typhoon induced storm surge in Zhuhai[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2020, 36(1): 42-50.
- [4] 史键辉, 王永信, 于斌, 等. 珠江口纵深的风暴潮和增水特征[J]. 海洋预报, 2000, 17(4): 47-51.
SHI J H, WANG Y X, YU B, et al. Characteristics of storm surge and water increase in depth over the pearl river estuary[J]. Marine Forecasts, 2000, 17(4): 47-51.
- [5] TASNIM K M, SHIBAYAMA T, ESTEBAN M, et al. Field observation and numerical simulation of past and future storm surges in the Bay of Bengal: case study of cyclone Nargis[J]. Natural Hazards, 2015, 75(2): 1619-1647.
- [6] SHIBAYAMA T, TAKAGI H, NGUN H, et al. Field survey of storm surge disaster due to cyclone Nargis in Myanmar[J]. Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering), 2009, 65(1): 1376-1380.

- [7] WIDIYANTO W, SANTOSO P B, HSIAO S C, et al. Post-event field survey of 28 September 2018 Sulawesi earthquake and tsunami[J]. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2019, 19 (12): 2781-2794.
- [8] YANG J, LI L L, ZHAO K F, et al. A comparative study of typhoon Hato (2017) and typhoon Mangkhut (2018) - their impacts on coastal inundation in Macau[J]. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 2019, 124(12): 9590-9619.
- [9] 中华人民共和国自然资源部. HY/T 0275-2019 风暴潮、海浪灾害现场调查技术规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- Ministry of Natural Resources, People's Republic of China. HY/T 0275-2019 Technical specification for field survey of storm surge and wave disasters[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.
- [10] 植江玲, 黄先香. 1713号台风“天鸽”与1822号台风“山竹”大风过程对比及成因分析[J]. *中低纬山地气象*, 2020, 44(5): 54-60.
- ZHI J L, HUANG X X. Comparison and cause analysis of high wind processes in NO.1713 Typhoon Hato and NO.1822 Typhoon Mangkhut[J]. *Mid-Low Latitude Mountain Meteorology*, 2020, 44 (5): 54-60.
- [11] 涂金良, 罗庆锋, 刘海洋. “天鸽”和“山竹”台风沿海部分海堤损毁调查及对策分析[J]. *广东水利水电*, 2021(5): 12-16, 39.
- TU J L, LUO Q F, LIU H Y. Investigation and countermeasures analysis of damages of coastal seawalls by Typhoons Hato (1713) and Mangkhut (1822) [J]. *Guangdong Water Resources and Hydropower*, 2021(5): 12-16, 39.
- [12] 韩晶. 台风山竹和天鸽对珠海沿海风暴潮增水影响[J]. *吉林水利*, 2019(8): 47-49, 53.
- HAN J. Effect of typhoon "Hato" and "Mangkhut" on rainfall of storm surge in Zhuhai coastal area-taking Sanzao hydrological station as an example[J]. *Jilin Water Resources*, 2019(8): 47-49, 53.
- [13] 韩慎友, 陈伟斌, 陈见. 超强台风“天鸽”(1713)近海急剧加强特征及诊断分析[J]. *气象研究与应用*, 2020, 41(1): 70-74.
- HAN S Y, CHEN W B, CHEN J. Characteristics and diagnostic analysis on rapid intensification of super typhoon "Hato" (1713) over the offshore area[J]. *Journal of Meteorological Research and Application*, 2020, 41(1): 70-74.
- [14] WANG Y X, GAO T, JIA N, et al. Numerical study of the impacts of typhoon parameters on the storm surge based on Hato storm over the Pearl River Mouth, China[J]. *Regional Studies in Marine Science*, 2020, 34: 101061.

Comparative analysis of the impact of typhoon storm surge disaster and the disaster-causing difference between typhoon "Hato"(1713) and "Mangkhut"(1822) based on field survey

JIA Ning¹, LIU Qiang¹, SHI Xianwu¹, ZHAO Mingli², LIU Shan¹, YANG Yayu¹

(1. National Hazards Mitigation Service, Beijing 100194, China; 2. South China Sea Institute of Planning and Environmental Research, Guangzhou 510300, China)

Abstract: Typhoon "Hato" (1713) and typhoon "Mangkhut" (1822) struck the Pearl River Delta in two years, resulting in large areas of coastal inundation and damage to disaster-bearing bodies, especially in Zhuhai, Guangdong Province that was most severely affected. Based on field survey, the situation of seawater inundation and damage of disaster-bearing body caused by the two storm surge disasters of typhoon "Hato" (1713) and typhoon "Mangkhut" (1822) in Zhuhai are scientifically identified, and the difference in disaster-causing and affected conditions are analyzed in this paper. The results show that the paths, landfall points and intensities of the two typhoons are highly similar, which causes the areas of large-scale seawater inundation and disaster losses in Zhuhai are also highly similar. However, the inundation area and depth caused by typhoon "Hato" is greater than that caused by typhoon "Mangkhut" due to the more northerly path, the coincidence between the landing time and the astronomical spring tide period in the Pearl River Estuary region and the compact structure and strong impact force of typhoon "Hato". At the same time, the damage of "Mangkhut" storm surge is much less than that of "Hato" storm surge because of the further strengthened public awareness of disaster prevention and mitigation as well as the further reinforced coastal engineering facilities. The analysis of the two disaster processes can provide references for the validation of storm surge early warning and the targeted implementation of marine disaster risk survey and prevention in each local area.

Key words: field survey; storm surge; typhoon "Hato"; typhoon "Mangkhut"; difference in disaster-causing