

【调查与研究】

海洋动力灾害承灾体脆弱性评价分析——以海口市为例

刘雪琴¹, 张淑芳¹, 于丹竹¹, 于文博²

(1.国家海洋环境监测中心, 辽宁 大连 116023; 2.大连海事大学 航海学院, 辽宁 大连 116026)

摘要:科学地进行海洋承灾体灾害脆弱性评价,是完善海洋灾害监测、预警、防控体系的基础,是海洋灾害风险管理的重要组成部分。本文以海洋动力灾害多发的海口市为例,在系统开展承灾体调查分析的基础上,从自然和社会属性两个方面对该市进行了脆弱性分析和评价。利用 GIS 技术,对研究结果进行了标准化制图。结果表明,海拔较低的港湾地区、人口密集区更易受到海洋动力灾害的影响。海口市极高脆弱性区域共 439 km²,主要集中在人口和重要承灾体较密集的市中心秀英区、龙华区、美兰区北部沿海区域和西秀镇西部等区域。本文关于海洋动力灾害承灾体脆弱性的评价结果属于海口市专题海洋灾害风险调查和评价结果,可为海口市规划布局、海洋动力灾害风险防范提供重要参考。

关键词:海洋动力灾害; 承灾体; 脆弱性; 风险防范

中图分类号:X820.4

文献标识码:A

文章编号:1007-6336(2022)02-0161-06

Vulnerability assessment and analysis of marine dynamic disasters hazard-bearing body——A case study of Haikou city

LIU Xue-qin¹, ZHANG Shu-fang¹, YU Dan-zhu¹, YU Wen-bo²

(1.National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, China; 2.College of Navigation, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China)

Abstract: Scientific vulnerability assessment of marine disasters is the basis of improving marine disaster monitoring, early warning, prevention and control system, and is an important part of marine disaster risk management. In this paper, Haikou city, which is prone to marine dynamic disasters, is taken as the research object. Based on the systematic investigation and analysis of disaster-affected bodies, the vulnerability of Haikou city is analyzed and evaluated from two aspects of natural and social attributes. Using GIS technology, the research results were standardized mapped. The results show that the coastal areas and densely populated areas with low altitudes are more susceptible to marine dynamic disasters. The extremely high vulnerability area of Haikou city is 439 km², which is mainly concentrated in the areas of Xiuying district, Longhua district, the northern coastal area of Meilan district and the western area of Xixiu town. The vulnerability assessment results of this paper are the results of the first thematic Marine disaster risk survey and assessment conducted in Haikou city, which can directly serve the planning layout of Haikou city and the prevention of Marine power disaster risk.

Key words: marine dynamic disasters; hazard bearing body; vulnerability; risk prevention

收稿日期:2020-12-14, 修订日期:2021-03-12

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFA0604904, 海岸带和沿海地区全球变化综合风险评估研究);国家自然科学基金面上项目(42077445);海口市海洋灾害风险评估与区划项目(2019Z14)

作者简介:刘雪琴(1985—),女,副研究员,自然灾害学博士,主要从事海洋环境监测和风险研究, E-mail: liuxueqin2009@126.com

通讯作者:张淑芳(1977—),女,高级工程师,物理海洋学博士,主要从事海洋环境监测和风险研究, E-mail: sfzhang@nmemc.org.cn

受全球气候变化和极端气候事件频发的影响,我国沿海地区各类海洋灾害发生的频率和损失不断增大^[1]。海洋动力主要是海水运动过程中产生的潮汐能、波浪能、海流能及海水由温差和盐度差所引起的温差能与盐差能等,灾害性的强海洋动力过程实际上是风、浪、流及风暴潮等共同作用于同一水体的过程。海洋动力灾害一般包括风暴潮、灾害性海浪、海啸等,是对我国沿海地区造成破坏和损失最大的自然灾害之一^[1]。据统计,2000年至2019年中国海洋灾害年平均直接损失为118.41亿元,其中,风暴潮灾害和灾害性海浪造成的直接损失占海洋灾害直接损失的93.7%^[2]。改革开放以来,我国经历了世界历史上规模最大、速度最快的城市化进程,特别是广大沿海城市,迅速聚集了大量的人口、产业和财富,沿海发生重大海洋灾害的风险日益突出。在这一背景下,聚焦城市安全,强化海洋灾害风险防控,成为海洋防灾减灾工作的重中之重。加强对海洋灾害致灾因子精准预测和沿海城市承灾体的脆弱性评价是提高城市防灾减灾能力的基础。

海南省位于中国最南端,孤悬海外,台风引发的风暴潮增水、灾害性海浪现象频繁。据统计,大于30 cm的风暴增水现象平均每年有3.8场,大于100 cm的风暴增水现象平均每两年有1场。2014年,台风“海鸥”引起的风暴潮最高潮位已超过秀英验潮站的历史记录,秀英站观测的最大高潮位达到4.37 m,超警戒潮位1.47 m,市区沿岸大部分区域被海水淹没,风暴潮叠加近岸浪,造成海口沿岸护堤尽数被毁^[3]。2014年全省因风暴潮、海浪灾害带来的直接经济损失达36.61亿元^[2]。海口市位于海南省北端,海岸线长172.7 km。海口市由于其独特的地理、资源和生态环境优势,肩负着“21世纪海上丝绸之路”重要支点、南海资源开发服务保障基地和海上救援基地、海南国际旅游岛建设主引擎等重要使命。由于海口市地处热带西太平洋,台风、强降雨等极端天气多发,由此造成的风暴潮、灾害性海浪等海洋动力灾害事件频发,给沿岸的经济体和人类活动造成极大的损害,有效防范海洋灾害、降低社会经济损失的需求十分突出。

2016年6月,国家海洋局印发了《关于开展海洋灾害风险评估和区划工作的指导意见》,海口市政府高度重视,将“防范海洋灾害”作为五项主要职责任务之一。2017年9月,原海口市海洋和渔业局组织编制了《海南省海口市“湾长制”试点工作方案》,将“加强海洋灾害应急预警,提升灾害风险防控”列为八项主要任务之一。加强海洋防灾、减灾、救灾的能力建设,提升海洋防灾、减灾、救灾的能力水平,对于保障海口市沿岸经济社会的安全稳定、和谐发展至关重要,而城市脆弱性调查和评价是以上工作开展的基础之一。海洋动力灾害脆弱性是指人类社会和各类经济体在风暴潮、灾害性海浪、海啸等海洋动力灾害的威胁和影响下,表现出的可承受能力和抗损失特性^[4-5]。科学地进行海洋灾害脆弱性评价,是完善海洋灾害监测、预警、防控体系的基础,是海洋灾害风险管理的重要组成部分。

因此,本文在系统开展海口市海洋灾害承灾体调查分析的基础上,面对海口市主要的、频发的海洋动力灾害,掌握了各灾种的主要影响区域和经济体,结合全市备灾、救灾能力和需求,进行了城市承灾体的脆弱性分析和评价,为海口市制定高效的防灾、减灾、救灾方案,加强海洋灾害风险防控与管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区域和数据来源

海口市位于110°07'22"E—110°42'32"E,19°31'32"N—20°04'52"N。地处海南岛北部,东邻文昌市,南接定安县,西连澄迈县,北临琼州海峡,与广东省隔海相望。海口市东起大致坡镇老村,西至西秀镇拔南村,两端相距60.6 km;南起大坡镇五车上村,北至大海,两端相距62.5 km。海口市总面积3119 km²,其中陆地面积2289 km²,管辖海域包括澄迈湾(金沙湾)、海口湾和铺前湾,海域面积830 km²,占总面积的26.61%。海口市海岸线长172.7 km^[6],处于热带地区的北部,属于热带海洋性气候。

本文中海口市脆弱性指标数据为2017年的数据,主要为海口市基础地理信息资料、2017年国情地理普查和2017年土地利用现状数据、社

会经济资料等,来源于2018年海口市统计年鉴、海口市人民政府网站、海口市国土局、原海口市海洋局等。本文收集的文字和数据资料以当地权威部门发布的信息为准,尽可能全面和详尽。

1.2 研究方法

研究方法根据《海洋灾害风险评估和区划技术导则 第1部分: 风暴潮》(HY/T 0273—2019)(以下简称《技术导则》)和《自然灾害风险分级方法》(MZ/T 031—2012)中的脆弱性评价方法^[7-8]。第一步,以土地利用现状二级分类作为脆弱性评价的自然属性指标,对评价区域进行脆弱性等级划分。土地利用现状二级分类与脆弱性等级赋值的对应关系详见《技术导则》附录E表E.1^[7],技术导则中有详细表述,限于篇幅,本文不再列举。第二步,将人口密度、评估单元内重要经济体等作为脆弱性评价的社会属性指标进行脆弱性等级二次赋值计算。根据各评估单元的面积和人口,计算该区域人口分布密度,若该单元内有重要的承灾体,或者有因风暴潮、海啸等海洋灾害易发次生灾害的承灾体,根据《技术导则》附录E(表E.2“重要承灾体脆弱性等级赋值表”)确定^[7]。按照以上方法得到脆弱性赋值后,根据表1进行脆弱性等级划分,随后进行脆弱性分布制图,制图标准依据《海洋灾害风险图编制规范(HY/T 0297—2020)》进行^[9]。

表1 承灾体脆弱性赋值和脆弱性等级对应关系^[7]

Tab.1 Correspondence between vulnerability assignment and vulnerability level of hazard-bearing bodies

脆弱性赋值范围	0.1 ~ 0.3	0.4 ~ 0.5	0.6 ~ 0.8	0.9 ~ 1.0
脆弱性等级	IV	III	II	I

2 结果与讨论

2.1 海口市土地利用状况及脆弱性分析

依据海口市2017年土地利用现状数据,用不同土地利用类型表征各类承灾体及空间分布。海口市地势为长心形,整体地势较平缓,绝大部分地区海拔在100 m以下。北部多为沿海平原,东部和南部为台地,西部为岩溶台地区,中部有南渡江穿过。城镇建设区域大多沿海分布,主要集中于海口市西北部区域。中心城区内交

通基础设施较好,粤海铁路和东西环高铁贯通岛内外,海榆东、中、西线公路和海文高速、东线高速、海屯高速、西线高速穿过市区连接全岛,主城区架起了“八纵六横”的主干路网和“一横六纵”的对外交通公路体系。村庄布局分散,农田主要集中分布在地势低平地区。

对海口市进行承灾体脆弱性分析,首先根据含有地物属性的大比例尺底图、高分辨率遥感图像和实地考察来完成前期准备工作,将反映海口市社会经济情况的各种地物进行分类,分类标准按照国家土地利用现状一级类、二级类分类进行。然后按照本文1.2所述方法,以土地利用现状二级类空间单元作为脆弱性评估的空间单元,进行不同地块的脆弱性初次赋值。不同的土地利用类型对海洋灾害的承受能力不同,其中涉及生命财产安全的人口密集区、重要公共设施等属于自然脆弱性较高的区域,而其他非重要用地如荒地、滩涂等,对海洋灾害具有一定的抵抗和消化能力,属于自然脆弱性较低的区域。

2.2 重要承灾体分析

2.2.1 人口密集区、学校和医疗机构

依据土地利用现状二级分类进行承灾体脆弱性初次赋值过程中,若评估单元内有重要或敏感的承灾体,或者有因风暴潮、海啸等海洋灾害易发次生灾害的承灾体,应根据当地实际情况并参照重要承灾体脆弱性等级赋值表进行脆弱性分析的二次赋值^[7]。

对于海洋灾害而言,人口集聚区域是最为敏感的承灾体。根据2017海口市乡镇(街道)户籍总人口数据,海口市常住人口为227.21万人,户籍人口为171.05万人。从2017年年末区域常住人口分布来看,秀英区38.78万人,龙华区66.98万人,琼山区51.17万人,美兰区72.28万人。通过计算单位面积人口密度可知,人口较密集的区域主要分布在海口市的西北部,人口超过5.5万人的地区有秀英区的东山镇、龙华区的海垦办事处、琼山区的府城街道办事处和美兰区的海府办事处、灵山镇;人口较少的区域主要分布在海口市的东南部。人口的分布特点很大程度上决定了其他重要承灾体的分布,比如学校、医院等的分布都与人口密度密切相关。

学校是学生集中的区域,在灾害发生时,也属于重要的避灾场所,是海洋灾害的重要承灾体之一。海口市共有小学 321 所,初中 73 所,高中 26 所,学校的空间分布与人口密度的分布相一致。医疗机构是灾害发生后伤病救助的主要承

担单位,也是海洋灾害的重要敏感承灾体之一。海口市共有社保定点医院 47 家,公共卫生机构 13 家,卫生服务站和疫苗接种点 98 家。医疗机构也主要分布在中心城区,学校和医疗机构的空间分布详见图 1,脆弱性赋值结果见表 2。

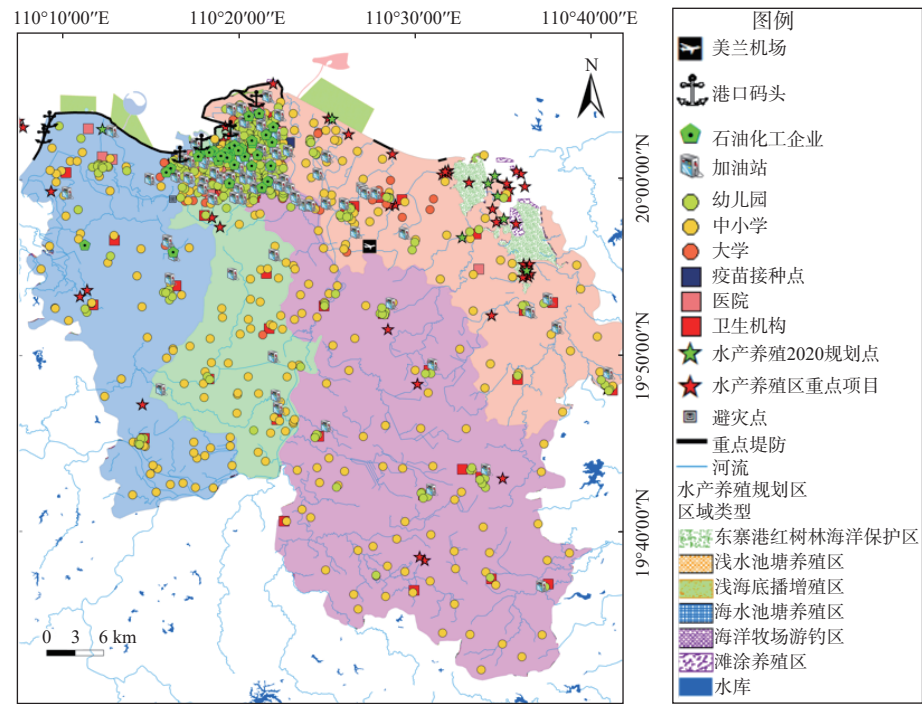


图 1 海口市海洋动力灾害重要承灾体分布

Fig. 1 Distribution of key hazard-bearing bodies of marine dynamic disasters in Haikou

表 2 重要承灾体脆弱性赋值和等级划分

Tab.2 Vulnerability assignment and classification of key hazard-bearing bodies

承灾体名称	属性	脆弱性赋值	脆弱性等级
美兰机场	机场用地中的国际机场	1	I
港口码头	1.游艇码头属于文体娱乐用地	0.6	II
	2.货港属于交通运输中港口码头用地	0.8	I
石油化工	属于工业用地中的中型或小型企业	0.6 ~ 0.7	II
加油站	属于批发零售用地中的二级类	0.9	I
学校	属于科教用地	1	I
医疗机构	属于医疗慈善用地	1	I
水产养殖	1.渔家乐和钓鱼等划为文体娱乐用地	0.6	II
	2.养殖用地划为设施农用地	0.4	III
道路	1.快速路相当于高速	0.8	II
	2.主干路相当于二级公路	0.7	II
	3.次干路和支路相当于三、四级公路	0.6	II
堤防	属于公共设施用地一类	0.8	II

2.2.2 其他重要承灾体

其他重要承灾体还包括港口码头、水产养殖区、机场、加油站、石油化工企业等,根据统计分析成图,其空间分布详见图2。

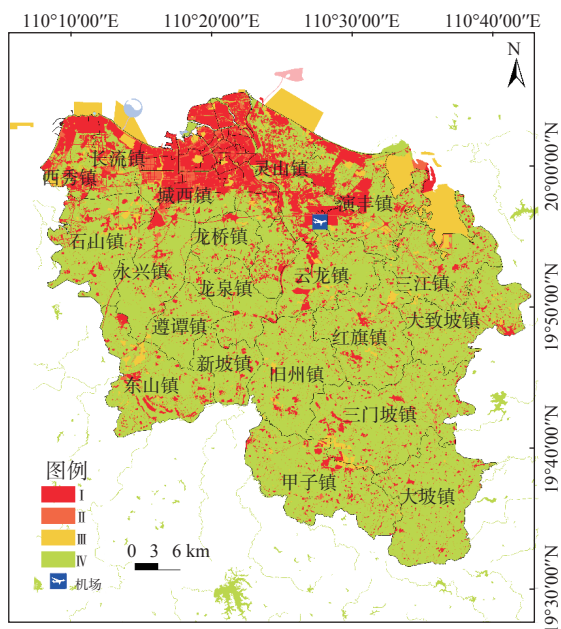


图2 海口市主要承灾体脆弱性等级分布

Fig.2 Vulnerability level distribution of key hazard-bearing bodies in Haikou

海口港群是海南省对外交通和外贸运输的主要口岸,承担了全省大部分货运和客运交通,是海南能源、原材料的转运中心,也是我国沿海的主要枢纽港之一,属于重要承灾体。海口港包括秀英港区、新港港区、马村港区、新海港区共4个港区,其中马村港区位于澄迈县,秀英港区、新港港区和新海港区位于海口市境内。海口秀英港是目前海口港的主要港区,是全国73个对外开放的一类沿海水运口岸之一,现有三家码头区,泊位23个,主要经营大宗散杂货、集装箱、货车滚装运输,在整个海口港的货物吞吐量构成中占有50%以上的份额。新港港区是海口港的公用港区之一,由多家企业码头组成。马村港区位于澄迈湾东侧岸线上,主要由业主码头组成,主要经营油气危险品和煤炭,还有少量建筑材料。新开辟的新海港区位于海口湾西端,有火车轮渡码头和油气码头泊位3个,经营火车货客滚装轮渡和油气危险品。

海口市海水养殖区主要分布在东寨港区域,约占全市海水养殖总面积的75.5%,占全市海水养殖总产量的56.8%。目前海口市海水养殖仍以滩涂养殖为主,其次是池塘养殖,且主要分布在东寨港区域。

港湾地区和养殖区经济状况较好,人口也较多,这种情况加重了港湾区域和养殖区受海洋灾害影响的敏感程度。

2.2.3 防灾工程区

海口市沿海区堤内地势较低,作为海洋灾害的主要防护措施,海堤修建的高度和分布情况直接决定了风暴潮来袭时海水能否漫过堤坝淹没道路、城镇,也直接决定了堤坝内承灾体的脆弱性等级。

2.3 重要承灾体综合分布状况

综合以上重要、敏感承灾体信息,依据《海洋灾害风险图编制规范》(HY/T 0297—2020),做出海口市重要承灾体分布图(图1)。从图1可以看出,海口市重要、敏感承灾体集中分布于海口市西北部区域,也是市中心和人口密集分布区。越往南部区域,重要敏感承灾体越稀疏。

2.4 脆弱性评价与等级分布

依据土地利用现状分类与脆弱性等级范围的对应关系^[7],对海口市承灾体脆弱性进行了初次赋值,然后结合海口市人口分布密度、学校、医疗机构、重要社会经济体、堤防工程等重要、敏感承灾体的实际分布情况和属性信息,依据标准进行脆弱性的二次赋值和等级划分,如果某个区域有多种重要承灾体,该区域则按照脆弱性赋值最高的那类承灾体进行赋值(表2)。最终形成海口市风暴潮灾害承灾体脆弱性等级分布(图2)。

分析结果表明,海口市海洋动力灾害承灾体脆弱性较高的区域(I级、II级脆弱区)主要分布在海口市市区、灵山镇、西秀镇、长流镇、海秀镇和城西镇,这里人口密集,经济发达,重要承灾体种类和数量较多,应是风暴潮灾害重点防御区。III级脆弱区主要分布在演丰镇、三江镇和长流镇北区区域,甲子镇、三门城镇的部分区域和红旗镇北部区域。经计算,海口市承灾体脆弱性四个等级分布面积分别为:极高脆弱性区域

(Ⅰ级)439 km², 高脆弱性区域(Ⅱ级)58 km², 中脆弱性区域(Ⅲ级)67 km², 低脆弱性区域(Ⅳ级)1727 km²。

综上所述, 建议当地开展高和极高脆弱区海洋动力灾害防护设施安全性定期核查工作。如定期开展海口市沿岸防浪防潮海堤及其防护设施的安全隐患排查工作, 尤其重点关注和保障市中心秀英区、龙华区、美兰区北部沿海区域和西秀镇、灵山镇、演丰镇等区域内防护设施的安全性。定期核查论证已有海堤的实际防御能力及完善程度, 查找薄弱区和危险区, 加强防浪防潮海堤及其防护设施的修缮与建设。风暴潮、海浪灾害的发生与天气过程密切相关。为了做到灾害的事前防范, 建议在海口市北部沿岸高脆弱以上区域布设风暴潮、海浪现场视频监控监测系统; 在澄迈湾东岸、海口湾湾底、演丰镇邻近海域布设实时在线监测浮标, 用以监测海面风、海浪、水位等要素, 为海洋动力灾害预报、风险预警及时提供第一手数据资料。

3 结论

(1)海口市主要海洋动力灾害承灾体的自然脆弱性分析表明: 不同土地利用类型对应的脆弱性程度存在明显差异, 其中, 住宅用地、商服用地、工矿仓储用地等类型的用地脆弱性较强, 此类用地多集中分布于沿岸地区, 海洋动力灾害上岸后对此类承灾体影响较大。公共服务用地、交通运输用地的脆弱性其次, 农、林、草用地和水域及水利设施用地的脆弱性较低。

(2)依据重要敏感承灾体对研究区的脆弱性进行了社会经济因素分析, 进行自然脆弱性基础

上的二次赋值和完善。结果显示, 海口市市区、灵山镇、西秀镇等区域的住宅餐饮、商服机构、工业设施、港口码头等社会经济体的分布较集中, 增强了该区域的整体脆弱性程度。因此, 可以适当增加应急避灾场所、加固沿海堤坝、完善区域应急疏散路径等措施来降低该区域的整体脆弱性。

(3)结合承灾体脆弱性评价结果可知海口市极高脆弱区、高脆弱区和中、低脆弱区的面积和具体分布区域。在海口市北部沿岸海洋动力灾害承灾体高脆弱区, 应根据避灾点的设置和避灾人员数量, 统计物资需求, 梳理应急物资清单, 建立应急物资储备库, 常备部分紧急必要物资。建立应急物资供应商信息清单, 确定物资调用机制, 做好应急物资调用准备。

参考文献:

- [1] 侯一筠, 尹宝树, 管长龙, 等. 我国海洋动力灾害研究进展与展望[J]. 海洋与湖沼, 2020, 51(4): 759-767.
- [2] 中华人民共和国自然资源部. 中国海洋灾害公报(2000—2019)[R]. 北京: 中华人民共和国自然资源部, 2000—2019.
- [3] 石海莹, 李文欢, 吕宇波, 等. 海南省2014年两次特大风暴潮比较分析[J]. 海洋预报, 2015, 32(4): 75-82.
- [4] 杨林, 李渊. 海洋灾害脆弱性综合评价指标体系的设计[J]. 海洋技术, 2013, 32(3): 133-137.
- [5] 石先武, 国志兴, 张尧, 等. 风暴潮灾害脆弱性研究综述[J]. 地理科学进展, 2016, 35(7): 889-897.
- [6] 海口市统计局. 2018海口市统计局年鉴[R]. 海口: 海口市统计局, 2018.
- [7] HY/T 0273—2019, 海洋灾害风险评估和区划技术导则 第1部分: 风暴潮[S].
- [8] MZ/T 031—2012, 自然灾害风险分级方法[S].
- [9] HY/T 0297—2020, 海洋灾害风险图编制规范[S].