

On the Risk Assessment of Storm Surge Disasters in the Coastal Areas of Qingdao

Song Gao^{1,2}, Shan Zhong^{1,2}, Xihu Lian^{1,2}, Lingjuan Wu^{1,2}, Tao Bai^{1,2}, Yaru Li^{1,2}

¹North China Sea Marine Forecasting Center of State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China

²Shandong Provincial Key Laboratory of Marine Ecological Environment and Disaster Prevention and Mitigation, Qingdao 266061, China

青岛市沿海地区风暴潮灾害风险评估研究

高松^{1,2}, 钟山^{1,2}, 连喜虎^{1,2}, 吴玲娟^{1,2}, 白涛^{1,2}, 李亚汝^{1,2}

¹ 国家海洋局北海预报中心, 山东青岛 266061, 中国

² 山东省海洋生态环境与防灾减灾重点实验室, 山东青岛 266061, 中国

Abstract

Based on the regional disaster system theory, the risk and vulnerability of storm surges in the coastal areas of Qingdao are assessed quantitatively and qualitatively respectively, and a risk index system of storm surge disasters in coastal areas of Qingdao is constructed in this paper. A storm surge inundation model is employed to calculate and determine the storm surge inundation areas and depth of the maximum probability, and the risk assessment of storm surges in different regions is performed. Based on the land classification for exploitation and utilization, the vulnerability of different regions is evaluated and classified. The risk of storm surge disasters in the coastal areas of Qingdao is classified with the aid of GIS spatial analysis. This assessment and classification system is scientific and user friendly, and the assessment results can be used straightforwardly to determine the risk of a hazard-bearing body, which provides guide and suggestions to hazard prevention and land utilization.

Key words: storm surges; risk assessment of hazards; Qingdao

摘要

本文基于区域灾害系统理论,通过对风暴潮危险性的定量评估和脆弱性的定性评估,构建青岛市沿海地区风暴潮灾害的风险指标体系,通过对风暴潮危险性的定量评估和脆弱性的定性评估。采用风暴潮漫滩模

式,计算确定风暴潮最大可能淹没范围和淹没深度,对不同区域风暴潮的危险性进行分析评价;以土地利用类型二级分类作为脆弱性评价指标,对评估区域进行定性脆弱性等级划分,利用GIS的空间分析功能进行风暴潮灾害风险等级区划。该评估体系科学、简单、易操作,评价结果能够很直观的判断承灾体风险性的空间分布,便于指导灾害风险防范和土地利用规划。

关键词: 风暴潮;灾害;风险评估;青岛市

1. 引言

台风风暴潮(文中简称“风暴潮”)是由于台风过境所伴随的强风和气压骤变而引起的局部海面震荡或非周期性异常升高(降低)现象[1]。由风暴潮、天文潮和近岸海浪结合引起的沿岸涨水造成的巨大灾害,通常称之为风暴潮灾害。风暴潮灾害是人类面临的巨大的海洋灾害,目前人类尚无有效的方法阻止。风暴潮灾害的轻重,除受风暴增水的大小和当地天文大潮高潮位的制约外,还取决于受灾地区的地理位置、海岸形状和海底地形、社会及经济情况等。因此,客观地对风暴潮灾害的风险进行评估区划,对防灾减灾决策和社会经济发展具有十分重要的意义。

20世纪80年代以来,国外纷纷开展风暴潮灾害风险研究,已形成较为科学有效的评估理论与方法,并在很多沿海城市得到应用[2,3]。相比而言,我国风暴潮灾害风险评估研究起步较晚,主要始于国际减灾十年活动的启动[4-6]。国家海洋局于2012年颁布了《风暴潮灾害风险评估与技术导则(试行)》,并于

Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

2015年进行了较大的订正,在一定程度上为我国风暴潮灾害风险评估研究指明了方向[7]。前人对青岛市风暴潮风险区划研究开展了一定的工作,取得了一些成果,但由于评估方法不统一和基础资料的缺乏,未能对实际的防灾减灾工作起到显著作用[8-9]。

2. 青岛市风暴潮灾害概况

青岛市是一座海滨城市,海岸线漫长。2014年青岛市经济总量达9340亿元,常住人口1000余万[10]。在其辖的6个市辖区和代管的4个县级市,中有8个区域存在发生风暴潮灾害的风险。根据1949~2013年间资料统计,青岛沿海地区的台风风暴潮灾害,较重(含)以上者平均不到4年发生一次,严重或特别严重者平均不到8年发生一次。其中,8509台风风暴潮特重灾害,造成直接经济损失达5.0811亿元,全市有29人死亡、368人受伤。9711台风风暴潮特重灾害,造成船只毁坏436条,房屋倒塌1120间,海堤冲毁18处4.1km,虾池冲毁1.5万亩,伤亡25人(其中死亡5人),直接经济损失约9亿元人民币。

3. 风险评估方法与数据处理

3.1. 风险评估指标体系构建

对于灾害风险系统的构成,不同学者有不同的见解[11-14]。本文基于区域灾害系统理论,构建风暴潮灾害的风险指标体系,通过对风暴潮危险性的定量评估和脆弱性的定性评估,进行风暴潮灾害风险评估指标的半定量分析后,利用GIS的空间分析功能将各评价指标按权重进行叠加分析,并进行风暴潮灾害风险等级区划。

风险等级评估公式为:

$$R=H \times V$$

其中,R(Risk)代表风险,H(Hazard)代表危险性等级分布,V(Vulnerability)代表脆弱性等级分布。“ \times ”风险等级识别矩阵。基于风暴潮灾害危险性等级评估结果、脆弱性等级评估结果,以及二者与灾害风险等级的对应关系(表1),确定评估空间单元的风险等级。[7]危险性等级分为4级,采用淹没水深作为指标进行危险性等级划分。脆弱性评价以土地利用类型二级分类作为脆弱性评价指标,对评估区域进行定性脆弱性等级划分(具体对应关系参见文献7)。

表1 风暴潮灾害风险等级与危险性等级及脆弱性范围对应关系表

脆弱性 \ 危险性	低(Ⅳ级)	较低(Ⅲ级)	较高(Ⅱ级)	高(Ⅰ级)
	值域[0.1,0.3]	值域(0.3,0.5]	值域(0.5,0.8]	值域(0.8,1]
低(Ⅳ级)	低风险(Ⅳ级)	低风险(Ⅳ级)	较低风险(Ⅲ级)	较低风险(Ⅲ级)
较低(Ⅲ级)	低风险(Ⅳ级)	较低风险(Ⅲ级)	较高风险(Ⅱ级)	较高风险(Ⅱ级)
较高(Ⅱ级)	较低风险(Ⅲ级)	较高风险(Ⅱ级)	较高风险(Ⅱ级)	高风险(Ⅰ级)
高(Ⅰ级)	较低风险(Ⅲ级)	较高风险(Ⅱ级)	高风险(Ⅰ级)	高风险(Ⅰ级)

3.2. 数据处理

本文的资料和数据主要围绕风暴潮灾害危险性评价和脆弱性评价2个方面进行收集和整理。其中,青岛市1:5万DEM数据,测量时间为2010~2012年。水深数据来源于电子海图和调查数据。岸线数据利用高分辨率卫星影像进行获得。防潮设施位置、高程、海

岸属性、防潮质量等属性数据,采用现场调查的

方法获得。潮位站长期水位、波浪和气象资料选用五号码头验潮站和小麦岛海洋站数据,并收集大港验潮站历史潮汐资料。台风数据采用上海台风研究所研发的CMA-STI热带气旋最佳路径数据集[15]。土地利用现状数据主要来源于2010年完成全国第二次全国土地调查数据。

4. 危险性评价分析

4.1. 风暴潮数值模式设置

本项目采用丹麦水力学研究所研制的数值模型 MIKE21FM 来计算青岛市沿海风暴潮淹没过程[16]。风暴潮数值模式计算海域范围为 117° E~133° E, 22° N~42° N (图 1), 模式采用非结构三角网格,

为了精确的模拟风暴增水淹没范围和水深, 网格在岸线附近进行加密, 空间网格分辨率约为 50m。海水淹没计算范围重点考青岛市沿海 10m 高程线以下的范围, 整个模拟区域内由 51111 个节点和 100417 个三角单元组成, 开边界采用静压条件。采用 MIKE21 中的堤防模块, 根据青岛市各岸段防潮设施调查和收集的防潮堤设计数据, 在模型中对每一点进行具体堤

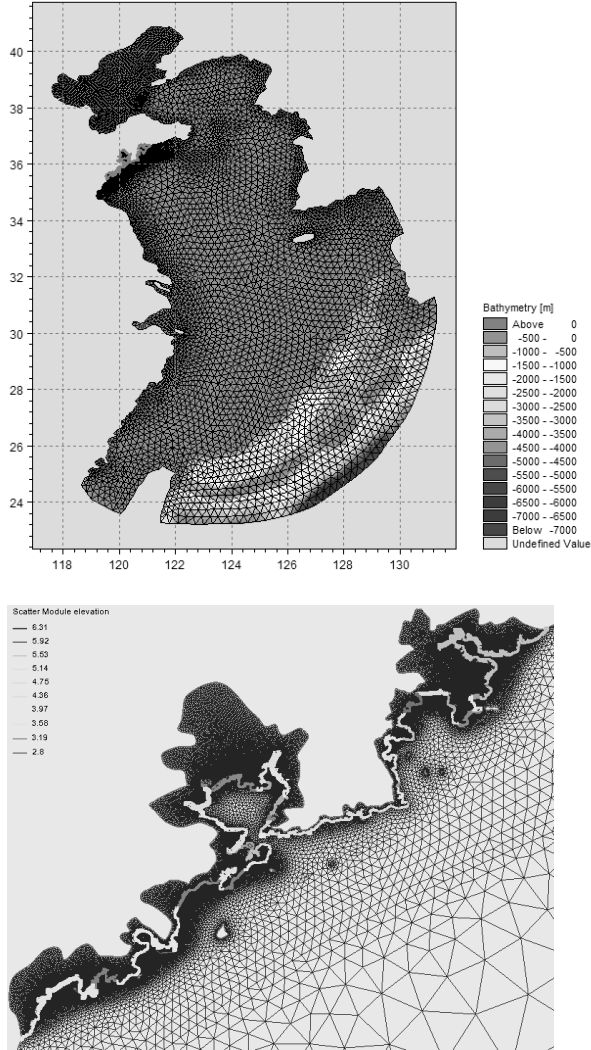


图 1 风暴潮模式网格与堤防高程值图 (单位: m)

Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

防高程的设置。

本文基于可能最大风暴潮 (ProbableMaximum Storm Surge, PMSS) 方法, 设计影响青岛沿岸最大风暴增水的台风路径集[17]。采用 CMA-STI 数据集 (1949 年~2014 年), 在 (110° E~130° E, 31° N~41° N) 范围内, 采用极值 I 型分布计算 1000 年一遇最低气压值为 894hPa, 作为可能最大台风中心气压。选取五号码头站作为研究区域内的代表性验潮站, 潮位数据年限为 1990~2013 年, 取累年各月平均天文潮 10%超越高潮位值为 272cm, 作为天文潮潮位起算面。

4.2. 危险性等级评价分析

图 2 为青岛市风暴潮危险性等级图。青岛市沿岸区域主要高危险区分布在丁字湾西侧、鳌山湾顶部、胶州湾西北侧及顶部、前湾港和琅琊台湾等区域。各级危险性总影响面积总和为 691.57 km², I 级、II 级、III 级和 IV 级危险性面积分别为 141.22km²、309.39km²、213.60km²、27.36km²。从各区的角度来分析, 城阳区、胶州市和西海岸新区(东区)受风暴潮淹没影响最为严重, 即墨市风暴潮淹没影响较为严重, 崂山区、市南区、市北区和李沧区风暴潮淹没影响相对较轻。

5. 脆弱性评价分析

本文利用青岛市第二次全国土地调查数据, 依据文献 7 进行青岛市可能淹没范围内的脆弱性评价, 评价结果见图 3。从图可以看出, 即墨市脆弱性部分区域为 IV 级; 沿岸存在部分 III 级区域基本为养殖用地; 零星分布的 I 级区域, 多为村庄; 鳌山湾顶部及西侧为青岛蓝色硅谷核心区, 大量建设临海新城, 脆弱性 I 级区域面积较大。崂山区沙子口以东岸线区域多为 IV 级脆弱性区域, 沙子口及以西至麦岛以东的海岸区域经济相对发展较好岸段, 住宅及商服用地密集, 脆弱性等级多为 I 级。市南区的小麦岛至团岛岸段, 经济发达, 人口密度大, 脆弱性等级多为 I 和 II 级。胶州湾东岸集港航、商务、旅游、休闲等功能于一体, 脆弱性等级多为 I 和 II 级。城阳区大姑河两侧区域, 脆弱性等级多为 I 和 II 级; 大姑河两侧区域, 多为养殖区, 脆弱性等级为 III 级。红岛区域南侧岸段主要为渔港码头区, 脆弱性等级多为 I 和 II 级; 红岛区北部为高新技术产业区的中心区域, 地势低平, 建筑密集, 数条人工河道横贯其间, 该区脆弱性等级部分为 I 级、II 级, 分布在 IV 级区域内。胶州湾西北侧胶州市区域是为黄岛产业配套的现代物流、生产性服务业、新兴制造业为主的现代都市工业园区, 沿岸区域分布 I 级高脆弱区。西海岸新区(东区)前湾港区为重大港口区域, 脆弱性等级多为 I 级; 西海岸新区(东区)唐

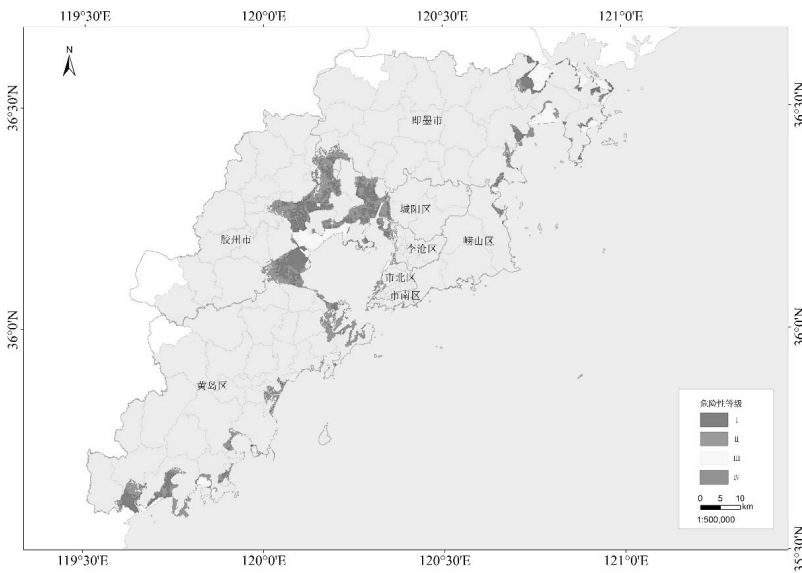


图 2 可能最大风暴潮危险性等级图

Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

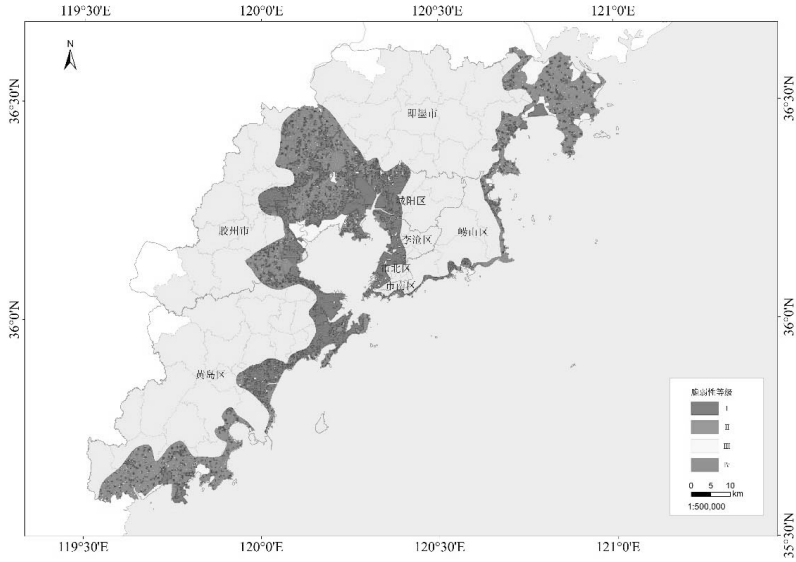


图3 青岛市风暴潮脆弱性等级图

岛湾顶部与西岸区域为行政商贸中心区,是青岛保税港区、青岛高新技术产业开发实验区,脆弱性等级多为 I 级;西海岸新区(东区)原胶南区域,多为脆弱性 IV 级区域,其中董家口港区脆弱性等级为 I 级。

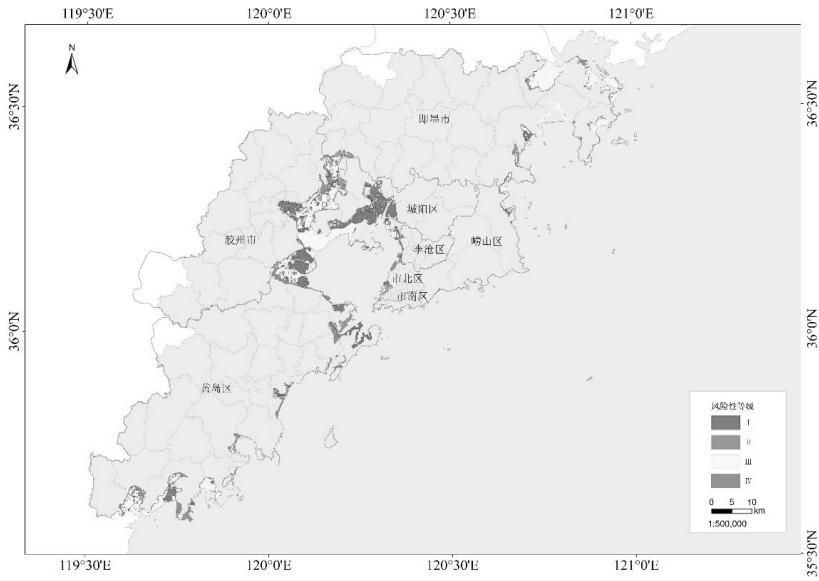


图4 最大风暴潮风险性等级图

6. 风险性评估与区划分析

青岛市风暴潮灾害 I 和 II 级高风险区划主要集中在(图 4): 1) 胶州湾东北部的女姑河两岸及红岛北侧区域, 即城阳区流亭街道和城阳街道西部区域, 棘洪滩街道西部、上马街道西部和南部和红岛街道北部。2) 胶州湾西北侧的大沽河区域, 即城阳区的河套街道、上马街道东部、棘洪滩街道东部、李哥庄镇; 胶州市的阜安街道、云溪街道、胶东街道、九龙街道东部及东北部, 南关街道东北部。3) 胶州湾西侧的红石崖区域, 即胶州市的九龙街道南部, 西海岸新区(东区)的红石崖街道。4) 胶州湾西侧的前湾港区域, 即西海岸新区(东区)的黄岛街道、辛安街道东部、长江街道东北部、薛家岛街道北部。5) 胶州湾东侧区岸段, 即市南区的小港街道和大港街道、市北区的水清沟和洛阳路街道西部、李沧区的振华路街道东部局部、兴城路街道和楼山街道局部。6) 鳌山湾区域, 即墨市的王村镇南部、温泉镇东部局部。7) 黄岛董家口港区岸段, 即西海岸新区(东区)泊里镇南侧区域。III 级较低风险区划主要集中在近岸的养殖区域, 及发生淹没但脆弱性较低的大沽河河套区域、丁字湾西岸区域、琅琊台湾顶部区域。IV 级低风险区划主要分布在淹没区域向陆的边缘地带和岸边受浪影响严重区域。

7. 讨论

风暴潮灾害风险区划的研究旨在指导合理的土地利用布局, 尽量降低风险, 减少损失。无论是定量还是半定量风险评估方法, 都存在机制的解释和应用的直观性问题。为了避免这一问题, 本文建立了以风暴潮淹没深度为量化危险性指标和土地利用类型为定性脆弱性指标的风暴潮风险评估体系。该评估体系科学、简单、易操作, 评价结果能够很直观的判断承灾体风险性的空间分布, 便于指导灾害风险防范和土地利用规划。该评估方法的缺点在于无法量化评估脆弱性, 对于如何在具体的灾害应急指挥中发挥作用, 尚需进一步研究。

参考文献

- [1] 冯士筭. 风暴潮导论. 北京: 科学出版社, 1982.
- [2] Cheng X F, Sun H H, Zhang Y, Xu G L. Flood Disaster Risk Assessment and Spatial Distribution Characteristics along the Yangtze River in Anhui. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 4(4), 238 - 242.
- [3] Brian A. Colle, Frank Buonaiuto, Malcolm J. Bowman, Robert E. Wilson, Roger Flood, Robert Hunter, Alexander Mintz, and Douglas Hill. New York City's Vulnerability to Coastal Flooding Storm Surge Modeling of Past Cyclones. *Bull.amer.meteor.soc*, 2008, 89(6):829.
- [4] 李阔, 李国胜. 广东沿海地区风暴潮易损性评估. *热带地理*, 2011, 31(2): 153-158, 177.
- [5] 谢翠娜. 上海沿海地区台风风暴潮灾害情景模拟及风险评估. 上海: 华东师范大学, 2010.
- [6] 曹琼珊, 基于 GIS 技术的风暴潮灾害风险评估研究——以舟山市定海区为例. 上海, 华东师范大学, 2015
- [7] 国家海洋局. 风暴潮灾害风险评估与区划技术导则(试行), 2015.
- [8] 殷克东, 刘士彬, 王冰. 青岛近海地区风暴潮灾害风险区划研究. *中国渔业经济*, 2011, 29(1):41-47.
- [9] Yuhong Zhang, qiangliu. 青岛地区风暴潮灾害易损性风险区划建模. *海洋地质前沿*, 2012, 28(9):46-53.
- [10] 2015 年青岛市年鉴, 青岛市史志办公室, 2015.
- [11] Okada N, Tatano H, Hagihara Y, et al. Integrated Research on Methodological Development of Urban Diagnosis for Disaster Risk and its Applications. *Annuals of Disaster Prevention Research Institute Kyoto University*, 2004, 47C: 1-8.
- [12] 张继权, 李宁. 主要气象灾害风险评价与管理的数量化方法及其应用. 北京: 北京师范大学出版社, 2007.
- [13] 史培军. 三论灾害研究的理论与实践. *自然灾害学报*, 2002, 11(3): 1-9.
- [14] UN/ISDR. Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives. United Nations Publication, 2004.
- [15] <http://www.typhoon.gov.cn>
- [16] Elsaesser B. Storm surge hind- and forecasting using Mike21FM - simulation of surges around the Irish Coast. 2010.
- [17] 王喜年. 风暴潮预报知识讲座.