

石先武, 国志兴, 林国斌, 等. 河北省风暴潮灾害风险评估研究[J]. 灾害学, 2017, 32(2): 85–89. [SHI Xianwu, GUO Zhixing, LIN Guobin, et al. Research on storm surge risk assessment in Hebei Province [J]. Journal of Catastrophology, 2017, 32(2): 85–89. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.03.015.]

河北省风暴潮灾害风险评估研究^{*}

石先武¹, 国志兴¹, 林国斌², 谭 骏¹, 高 廷¹, 左丽明³, 刘钦政¹

(1. 国家海洋局海洋减灾中心, 北京 100194; 2. 北京师范大学 减灾与应急管理研究院, 北京 100875;

3. 河北水文工程地质勘察院, 河北 石家庄 050021)

摘 要: 依据区域灾害系统理论, 基于河北省沿海岸段风暴增水和超警戒潮位分布评估了河北省沿海地区风暴潮灾害危险性等级, 利用土地利用分布数据评估了河北省沿海风暴潮灾害脆弱性等级, 综合风暴潮灾害危险性和脆弱性等级分布, 对河北省沿海乡镇风暴潮灾害风险等级进行了综合评估。结果表明河北省沿海 2 个乡(镇)处于 1 级风险等级区, 4 个乡(镇)处于 2 级风险等级区, 13 个乡(镇)处于 3 级风险等级区, 22 个乡(镇)处于 4 级风险等级区, 其中唐山市的曹妃甸区滨海镇和沧州市的黄骅镇是河北省沿海乡(镇)的 1 级风险区。基于河北省沿海风暴潮灾害风险等级评估结果, 提出了有针对性的河北省沿海地区风暴潮灾害防灾减灾对策与建议。

关键词: 风暴潮灾害; 危险性; 脆弱性; 风险评估; 河北省

中图分类号: X43; O213.9; P731.23 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2017)02-0085-05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.02.015

风暴潮是河北省沿海地区影响最严重的自然灾害之一。河北省沿岸位于半封闭的渤海湾内, 属于喇叭口状及平缓的海岸地形, 渤海出现强烈而持久的偏东大风时, 海水便会不断地在渤海湾内堆积, 极易形成风暴潮灾害^[1]。1895 年 4 月 28 日至 29 日发生的渤海风暴潮几乎摧毁大沽口全部建筑物, 整个地区变为泽国, 造成两千余人死亡^[2]。9711 号台风风暴潮造成河北省沧州、唐山、秦皇岛沿岸大面积受灾, 经济损失超过 10 亿元^[3]。

风暴潮灾害风险评估是风暴潮灾害风险管理的基础, 可为沿海城市规划、应急疏散、灾害保险提供直接参考依据。国内的风暴潮风险评估主要侧重风暴潮灾害的危险性研究, 而对风险的综合评估还不能满足风暴潮灾害风险管理的需求^[4-6]。美国、日本、澳大利亚等国家编制了风暴潮灾害风险评估技术方法和产品制作的技术规范和行业标准, 绘制了一系列风暴潮灾害区划及人员应急疏散图, 为风暴潮灾害的应对提供了有力支撑^[7-9]。2008 年国家海洋环境预报中心在河北省黄骅市开展探索研究, 绘制了我国第一张高分辨率、大比例尺风暴潮灾害应急疏散和风险分布图。

国家海洋局在日本“3.11”地震海啸之后启动了海洋灾害风险评估和区划工作, 编制了《风暴潮灾害风险评估和区划技术导则》^[10], 开展国家、省、市、县四个尺度风暴潮灾害风险评估和区划, 并选择河北省作为省尺度试点区域对省尺度风暴潮灾害风险评估和区划技术方法进行了探索。本文是该项工作的主要成果之一, 基于区域灾害系统理论, 利用土地利用分布数据评估河北省沿海风暴潮灾害脆弱性, 基于数值模式模拟的河北省沿岸风暴增水和超警戒潮位分布, 评估了河北省风暴潮灾害危险性, 综合危险性和脆弱性评估结果对河北省沿岸乡镇风险等级进行了划分, 基于此提出了河北省沿岸防范风暴潮灾害的对策与建议。

1 风暴潮灾害危险性分析

河北省风暴潮危险性评估综合考虑风暴增水和超警戒潮位两个因子, 利用数值模拟方法构建了河北省沿岸风暴增水和潮位分布。具体方法是

^{*} 收稿日期: 2016-10-13 修回日期: 2017-01-09

基金项目: 国家自然科学基金(41501560); 2017 年中国气象局气候变化应对专项“基于多元相似性的台风快速损失评估方法研究”; 北京师范大学国际减轻灾害风险合作研究中心项目; 海洋公益性行业科研专项(201505018, 201305020); 财政部沿海大型工程风险排查及海洋灾害风险评估工作专项

第一作者简介: 石先武(1986-), 男, 湖北大冶人, 助理研究员, 主要从事风暴潮灾害风险评估研究。

E-mail: xianwu.shi@mail.bnu.edu.cn

通讯作者: 国志兴(1982-)男, 汉族, 内蒙古赤峰人, 副研究员, 主要从事海洋灾害风险管理研究。E-mail: wguozhixing@126.com

基于中尺度数值预报系统构建高分辨率气压场和风场资料序列,作为风暴潮数值模型驱动场,利用成熟的风暴潮和天文潮耦合数值模式,模拟渤海及黄海北部地区风暴潮过程,计算得到2'岸段长时间序列(1981–2011年)逐时的风暴增水和潮位时空场。运用资料同化技术,对模拟的风暴潮增水和潮位空间场进行订正,得到沿海各岸段更符合实际的最大风暴增水和高潮位年极值序列(详见参考文献[11])。基于年极值序列利用极值I型分布构建了覆盖河北省2'岸段的风暴增水和潮位分布,计算了每个岸段风暴增水和超警戒潮位的期望值,参照表1基于期望值划定了每个岸段风暴增水和超警戒潮位危险性等级^[12]。

表1 基于风暴增水和超警戒潮位期望的危险性等级划分

	1级	2级	3级	4级
风暴增水/cm	<80	80~100	100~120	>120
超警戒潮位/cm	<0	0~10	10~20	>20

风暴增水的危险性用 H_z 来表示,超警戒潮位的危险性用 H_s 表示,每一个2'岸段,取风暴增水和超警戒潮位危险性等级较高者作为该岸段的危险性等级。每个岸段的风暴潮综合危险性用 H 表示:

$$H = \max(H_z, H_s)。(1)$$

对于每个沿海乡镇,找到每个乡镇所包含的2'岸段单元,每个乡镇所辖岸段的风暴潮综合危险性等级最高者代表该乡镇的风暴潮综合危险性。每个乡镇的风暴潮综合危险性等级用 H_c 表示:

$$H_c = \max(H_1, H_2, \dots, H_n), n=1, 2, \dots, i。(2)$$

基于公式(1)和(2)计算得到河北省沿海乡镇危险性等级分布(图1),从图1可以看出河北省沿海乡镇风暴潮灾害危险性等级分布呈现一定空间分布特征。1级危险性等级区域主要分布在沧州市的海兴县香坊乡,黄骅市的黄骅镇、南排河镇、羊二庄镇,唐山市丰南区黑沿子镇,曹妃甸区的滨海镇和滦南县的南堡镇、滦南县直属地区;2级危险等级主要分布在唐山市曹妃甸区的十里海养殖场和乐亭县沿海岛屿地区;3级危险等级主要分布在曹妃甸区八里滩养殖场,滦南县的柳赞镇,唐山市乐亭县古河乡、王滩镇、马头营镇、翔云岛林场、长芦大清河盐场以及菩提岛月坨岛等地区;4级危险等级主要分布在唐山市乐亭县的海港区、姜各庄镇、银丰盐场、汤家河镇以及乐亭县县级国有土地和秦皇岛沿海各乡镇。根据河北省风暴潮危险等级分析结果可以看出,河北省风暴潮危险等级从渤海湾北部至南部依次递减。

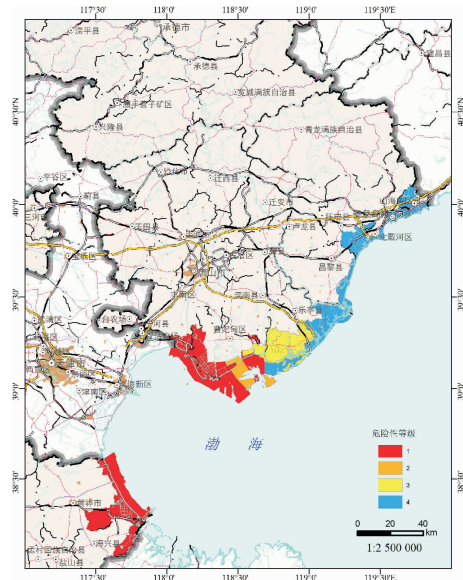


图1 河北省沿岸乡镇风暴潮灾害危险性等级分布

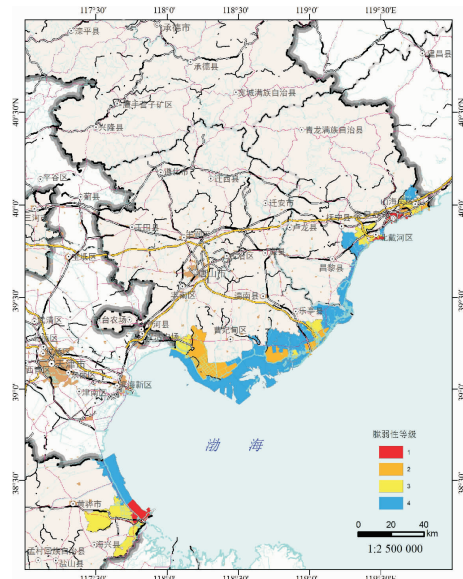


图2 河北省沿岸乡镇脆弱性等级分布

2 风暴潮灾害脆弱性分析

风暴潮灾害脆弱性可分为物理脆弱性和社会脆弱性。物理脆弱性一般针对典型承灾体,常以脆弱性曲线或脆弱性矩阵形式表征^[13];社会脆弱性更关注整个社会系统对灾害的响应能力,一般进行定性或半定量的等级评估^[14]。本文侧重对风暴潮灾害的社会脆弱性进行评估,综合反映河北省沿海不同区域风暴潮灾害脆弱性等级大小。风暴潮灾害社会脆弱性评估重点在于选择合适的评价指标,土地利用分布能够较好反映一个区域的经济状况和人口分布特征,本文选择土地利用类型对河北省沿岸进行风暴潮灾害脆弱性等级

表2 河北省土地利用现状分类与脆弱性等级范围对应关系

土地利用现状一级类			土地利用现状二级类		
编码	名称	脆弱性范围	编码	名称	脆弱性范围 脆弱性等级
01	耕地	0.1 ~ 0.2	011	水田	0.1 IV
			012	水浇地	0.2 IV
			013	旱地	0.2 IV
02	园地	0.1 ~ 0.3	021	果园	0.3 IV
			023	其他园地	0.1 IV
03	林地	0.1	031	有林地	0.1 IV
			032	灌木林地	0.1 IV
			033	其他林地	0.1 IV
04	草地	0.1	041	天然牧草地	0.1 IV
			043	其他草地	0.1 IV
05	城镇村及工矿用地		201	城市	1 I
			202	建制镇	1 I
			203	村庄	1 I
			204	采矿用地	0.6 ~ 1 II ~ I
			205	风景名胜及特殊用地	0.5 III
06	交通运输用地	0.6 ~ 1	101	铁路用地	0.9 I
			102	公路用地	0.7 ~ 0.8 II
			104	农村道路	0.6 II
			105	机场用地	0.8 II
			106	港口码头用地	0.6 ~ 1 II ~ I
11	水域及水利设施用地	0.1 ~ 0.8	111	河流水面	0.1 IV
			112	湖泊水面	0.1 IV
			113	水库水面	0.2 IV
			114	坑塘水面	0.3 IV
			115	沿海滩涂	0.1 IV
			116	内陆滩涂	0.1 IV
			117	沟渠	0.1 IV
			118	水工建筑用地	0.8 II
12	其他土地	0.1 ~ 0.5	122	设施农用地	0.5 III
			123	田坎	0.1 IV
			124	盐碱地	0.1 IV
			125	沼泽地	0.1 IV
			126	沙地	0.1 IV
			127	裸地	0.1 IV

划分, 不同的土地利用类型对应的风暴潮灾害脆弱性等级如表2所示, 基于土地利用二级类分布并计算了河北省沿海每个乡镇的风暴潮灾害脆弱性等级。当沿海乡镇包含多种土地利用类型时, 以沿海各乡镇不同二级土地利用现状类型的面积百分比作为权重, 利用加权综合评分法进行脆弱性评价, 其公式如下:

$$A = \sum_{i=1}^n a_i v_i \quad (3)$$

式中: A 为沿海乡镇风暴潮灾害脆弱性大小, a_i 为第 i 个二级土地利用类型的权重, v_i 为第 i 个二级土地利用类型的脆弱性值, n 为二级土地利用类型的个数。

基于 GIS 空间分析操作, 利用上述公式(3)计算得到了河北省风暴潮灾害沿海乡镇空间单元脆弱性分布(图2)。从图2中可以发现, 河北省沿岸1级脆弱性等级区3个, 2级脆弱性等级区9个, 这些地区既包括了河北省沿海秦皇岛港、京唐港、曹妃甸港和黄骅港等4大沿海港口, 也包括了人口

密集区、社会经济较发达地区以及重要的盐场; 3级脆弱性等级区9个, 4级脆弱性区23个, 这些地区主要是河北省沿海的林场、养殖区、岛屿以及乐亭县和滦南县部分沿海乡镇。

3 风暴潮灾害风险等级评估

综合考虑河北省沿海乡镇风暴潮灾害危险性与脆弱性等级分布, 对河北省沿海乡镇的风暴潮灾害风险等级进行划分。本文将风暴潮灾害风险等级分为高风险(1级)、较高风险(2级)、较低风险(3级)、低风险(4级), 采用风险矩阵(表3)计算河北省沿海乡镇风险等级, 由此得到河北省沿岸各乡镇风险等级分布(图3)。表4统计了河北省沿海各县所处的风暴潮灾害风险等级, 结果表明河北省沿海2个乡(镇)处于1级风险等级区, 4个乡(镇)处于2级风险等级区, 13个乡(镇)处于3级风险等级区, 22个乡(镇)处于4级风险等级区。

表 3 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

危险性	脆弱性			
	低（4级）	较低（3级）	较高（2级）	高（1级）
低（4级）	低风险（4级）	低风险（4级）	较低风险（3级）	较低风险（3级）
较低（3级）	低风险（4级）	较低风险（3级）	较高风险（2级）	较高风险（2级）
较高（2级）	较低风险（3级）	较高风险（2级）	较高风险（2级）	高风险（1级）
高（1级）	较低风险（3级）	较高风险（2级）	高风险（1级）	高风险（1级）

表 4 河北省沿海各乡镇风暴潮灾害风险等级分布

风险等级	乡镇数	分布区域
I 级(高)	2	唐山市：曹妃甸区滨海镇。 沧州市：黄骅镇。
II 级(较高)	4	唐山市：乐亭县的长芦大清河盐场，丰南区黑沿子镇。 沧州市：黄骅市羊二庄镇，海兴县香坊乡。
III 级(中等)	13	秦皇岛市：海港区的秦皇岛市区和东港镇，山海关区的东开发区，北戴河城区。 唐山市：乐亭县的翔云岛林场、银丰盐场、海港区、沿海岛屿，滦南县南堡镇和县直属土地，曹妃甸区十里海养殖场，丰南区渤海。 沧州市：黄骅市的南排河镇。
IV 级(低)	22	秦皇岛市：山海关区的一关镇、石河镇、山海关林场，北戴河区的滨海镇、海滨林场，抚宁县的留守营镇、牛头崖镇、渤海林场，昌黎县的昌黎县林场。 唐山市：乐亭县的汤家河镇、王滩镇、马头营镇、姜各庄镇、古河乡、县级国有土地、菩提岛、月坨岛、乐亭与秦皇岛争议区，滦南县的柳赞镇，曹妃甸区的八里滩养殖场。

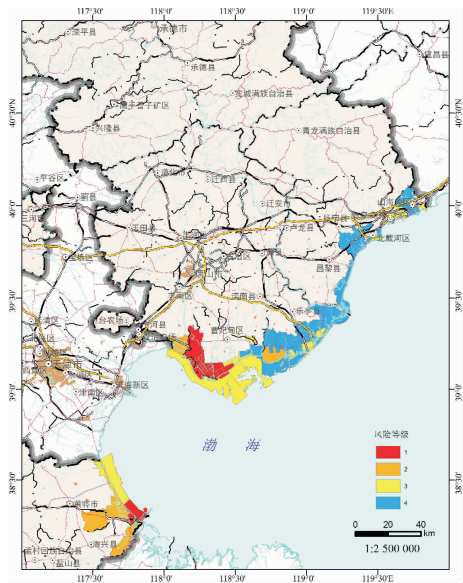


图 3 河北省沿岸风暴潮灾害风险等级分布

唐山市的曹妃甸区滨海镇和沧州市的黄骅镇是河北省沿海乡镇的 1 级风险区，这两个区域是河北省

沿海最主要的重工业港口基地，危险性等级和脆弱性等级都较高，也是河北省沿岸温带风暴潮灾害的易发多发区。

4 对策与建议

河北省沿海地区是环渤海经济圈核心地带，伴随着河北省沿海开发利用和经济快速发展，风暴潮灾害给沿海经济社会造成的损失越发严重。河北省沿海防潮设施主要是土堤、浆砌石挡土墙，部分区域分布混凝土护坡，且多处海堤年久失修，沿海防潮工程总体防御能力水平不高^[15]。针对河北省沿海地区风暴潮灾害风险评估结果，提出如下对策与建议：

对于 1 级风险区，风暴潮灾害危险性和脆弱性都较高，这些区域是河北省沿海地区风暴潮灾害风险防范关注的重点区域。应提高验潮站观测密度和精度，实现多要素的实时观测。加强风暴潮

监测预报能力建设; 提高海堤等风暴潮防潮设施防御标准, 重点工程防御能力达到 50 年一遇以上, 沿海重点工程建设时在可行性论证阶段必须考虑风暴潮灾害影响。在沿海市(县)应建立风暴潮灾害辅助决策支持平台, 在沿海乡村或社区做好风暴潮灾害应急演练和风暴潮灾害防灾避灾的宣传教育。

对于 2 级风险区, 加强预警报能力建设, 能够在汛期实时发布预警报; 沿海防护工程的防潮设施应达到 20~50 年一遇, 地方政府应具备应对特大潮灾能力。在非工程风暴潮防御措施方面, 应普及沿海地区居民的风暴潮防灾减灾常识, 加强汛期风暴潮应急演练。

对于 3 级风险区, 应能够在风暴潮灾害影响期间发布灾害预警报, 地方政府须具备严重潮灾应对能力, 沿海工程防御能力应达到 10~20 年一遇的防御标准, 脆弱性较高的人口稠密和经济发达地区工程防御标准应为 20 年一遇以上。在非工程风暴潮防灾措施方面, 加大风暴潮灾害宣传普及教育。对于 4 级风险区, 发生潮灾强度较小, 频率也较低, 一般不需要建设防潮设施, 应适当开展风暴潮灾害宣传普及教育, 提高沿海居民的风暴潮灾害防灾减灾意识。

参考文献:

[1] 郭迎春. 河北省沿海风暴潮的发生规律研究[J]. 自然灾害学

报, 1997(4): 82~89.

- [2] 温克刚. 中国气象灾害大典(综合卷)[M]. 北京: 气象出版社, 2008.
- [3] 国家海洋局. 2014 年中国海洋灾害公报[R]. 北京: 国家海洋局, 2014.
- [4] 石先武, 谭骏, 国志兴, 等. 风暴潮灾害风险评估研究综述[J]. 地球科学进展, 2013, 28(8): 866~874.
- [5] 宋学家, 刘钦政, 王彰贵, 等. 海洋环境预测中的关键科学问题[J]. 海洋预报, 22(S1): 7~16.
- [6] 殷杰. 中国沿海台风风暴潮灾害风险评估研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2011.
- [7] 津波・高潮ハザードマップ研究会事務局. 津波・高潮ハザードマップマニュアル[R]. 2003.
- [8] Department of Environmental and Heritage Protection. Coastal hazard technical guide Determining coastal hazard areas[R]. 2013.
- [9] United States Nuclear Regulatory Commission. Guidance for Performing a Tsunami, Surge, or Seiche Hazard Assessment[R]. 2013.
- [10] 国家海洋局. 风暴潮风险评估和区划技术导则[Z]. 北京: 国家海洋局, 2015.
- [11] 李涛, 吴少华, 侯京明, 等. 资料同化在渤海海风暴潮重现期计算中的应用研究[J]. 海洋通报, 2015, 34(6): 631~641.
- [12] 石先武, 刘钦政, 王宇星. 风暴潮灾害等级划分标准及适用性分析[J]. 自然灾害学报, 2015, 24(3): 161~168.
- [13] Fussler HM. Vulnerability: a general applicable conceptual framework for climate change research[J]. Global Environmental Change, 2007, 17(2): 155~167.
- [14] 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.
- [15] 河北省海洋环境监测中心. 河北省沿海警戒潮位核定技术报告[R]. 石家庄: 河北海洋环境检测中心, 2013.

Research on Storm Surge Risk Assessment in Hebei Province

SHI Xianwu¹, GUO Zhixing¹, LIN Guobin², TAN Jun¹, GAO Ting¹,
ZUO Liming³ and LIU Qinzhen¹

- (1. National Marine Hazard Mitigation Service, Beijing 100194, China;
2. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;
3. Institute of Hydrogeology and Engineering Geology Investigation in Hebei, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: Storm surge is one of the most serious natural disasters in coastal areas of Hebei Province. Based on the theory of regional disaster system, we evaluate the hazards level of storm surge according to the surge and the alert warning tide level distribution in the coastline of Hebei Province, and the land use and land cover data was used to calculate storm surge vulnerability in the coastal of Hebei province. Taking into the hazards and vulnerability assessment results, the storm surge risk level was evaluated for each coastal town in Hebei Province. The results show that two towns are located in the first risk level zone, four towns in the second risk level zone, and 13 towns in the third risk level zone, 22 towns in the fourth risk level zone. Exactly, the Caoheidian town in Tangshan city and Huanghua port in Cangzhou city are located in the highest storm surge risk level. Based on the assessment results of storm surge risk distribution in the coastal areas of Hebei Province, the countermeasures and suggestions for the prevention and mitigation of storm surges are proposed.

Key words: storm surge disaster; hazards; vulnerability; risk assessment; Hebei Province