

沿海港口自然灾害风险评价

王静静, 刘 敏, 权瑞松, 陆 敏, 牛海燕, 许世远

(华东师范大学地理学系, 地理信息科学教育部重点实验室, 上海 200062)

摘要:以多灾种复合为背景, 选取沿海城市中重要的基础设施——港口为研究区域, 包括大连港、天津港、青岛港、上海港、宁波—舟山港、厦门港、深圳港、广州港, 从危险性、暴露性和脆弱性等方面选取指标, 探讨构建了沿海港口自然灾害风险评价指标体系与评估模型。评价结果为: 沿海港口的灾害风险指数相差较大, 风险值在空间上表现出长江三角洲沿岸 > 珠江三角洲沿岸 > 环渤海沿岸。评价结果可以为沿海港口防灾减灾提供理论依据。

关 键 词:沿海港口; 自然灾害; 指标体系; 风险评价

中图分类号: X43 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2012)04-0516-05

自然灾害风险评估是对区域遭受不同强度灾害的可能性及其可能造成的后果进行的定量分析和评估^[1]。它不仅是一项以预防为主、防患于未然的重要防灾减灾措施, 也是开展综合减灾和制定应急管理对策的基础和依据, 其中以沿海城市为研究对象的自然灾害风险研究是国际社会高度重视的热点问题之一^[2-5]。港口作为沿海城市重要基础设施之一, 国内外学者多从以下两方面进行研究: ① 沿海港口自然灾害的研究, 各学者仅从单灾种着手^[6-9], 通过对气象站实测资料的整理与分析, 总结出单灾种致灾因子的发生特征及规律, 继而对典型灾害特例进行模拟及验证; ② 沿海港口风险评估的研究, 学者多从港口溢油灾害、环境污染与保护、海上交通安全等方面进行风险评估^[10-15]。而从地理角度出发, 进行港口自然灾害风险评估的研究几乎为零。

港口作为海洋和陆地的衔接点, 在陆地经济向海洋延伸的过程中起到了至关重要的作用。然而, 作为国际供应链体系上的重要环节, 港口却往往容易遭受多种自然灾害的侵袭, 其中台风、风暴潮、台风大风、雾最为严重。因此, 开展沿海港口多灾种风险评估, 不仅可以充实和发展自然灾害风险评估理论和方法, 而且可以为沿海港口防灾减灾提供理论依据, 具有重要的科学价值与实践意义。

1 中国沿海港口灾害概况

沿海港口作为国民经济和社会发展的基础设施, 有力支撑了中国经济和贸易的发展以及人民生活水平的提高, 在国家综合实力的提升、综合运输网的完善中具有重要作用。在 1980 ~ 2008 年的 28 a 间, 中国沿海港口吞吐量由 2.17×10^8 t 增长到 4.489×10^9 t, 增长了 20 倍。未来 10 a 中国沿海港口货物吞吐量仍将处于快速增长时期。利用各种方法综合预测, 2020 年中国沿海海上货运需求约为 $6.5 \times 10^9 \sim 7 \times 10^9$ t^[14]。

中国沿海港口沿海岸线(包括岛屿海岸线)分布, 受雾、台风等自然灾害影响较大。雾会影响船只航行, 严重的可能造成船相撞或触礁、搁浅。台风引起的大风对港口影响显著, 风直接吹到建筑物、装卸机械和船上, 会造成物品坠落等灾害, 风作用在水面上形成浪或增水等, 给海上作业带来影响。台风风暴潮灾害居海洋灾害之首, 世界上绝大多数因强风暴引起的特大海岸灾害都是由风暴潮造成的。随着人类活动对海洋、大气系统影响的迅速扩大, 全球变暖、海平面上升已经成为全球性重大环境问题, 加剧了中国沿海地区风暴潮灾害破坏程度, 减弱了港口功能。其中环渤海地区、长江三角洲和珠江三角洲是全国经济发展的龙头, 但同时也是受海平面上升影响最为严重的脆弱地区^[15]。

收稿日期: 2010-12-18; 修订日期: 2011-03-25

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40730526)资助。

作者简介: 王静敏(1986-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为城市自然灾害。E-mail: bisheng03@163.com

通讯作者: 刘 敏, 教授, 博士生导师。E-mail: mlm@geo.ecnu.edu.cn

本文依据灾害风险评估的理论和方法,探讨构建沿海港口自然灾害风险评价指标体系与评估模型,对中国沿海 8 个港口,即大连港、天津港、青岛港、上海港、宁波—舟山港、厦门港、深圳港、广州港,进行自然灾害风险评价,以期为沿海港口的风险管理、防灾减灾规划提供科学依据。

2 研究方法及数据来源

2.1 研究方法

自然灾害风险系统由致灾因子危险性、承灾体暴露性和脆弱性三部分组成。自然灾害风险是三者相互作用的产物,其大小也由三者的大小共同决定,相应的风险评估包括致灾因子危险性评估、承灾体暴露性评估和脆弱性评估^[6]。依据自然灾害风险评价的理论和方法,参考国内外自然灾害风险评价指标体系方法^[1,16,17],构建了沿海港口自然灾害风险指标体系与评价模型。本论文采用的评价模型为:

$$R = \sum_{i=1}^n F_i * W_i \quad (1)$$

式(1)中, R 表示沿海港口自然灾害风险指数; F_i 表示某港口一级指标第 i 种指标指数; W_i 表示一级指标第 i 种指标所占权重。

本文对风险评价指标体系中的一级指标进行分析,采用的分析模型为:

$$F = \sum_{i=1}^n U_i * W_i \quad (2)$$

式(2)中, F 表示中国沿海港口的一级指标危险性、暴露性和脆弱性指数; U_i 表示某港口二级指标第 i 种指标的标准值; W_i 表示二级指标第 i 种指标所占权重。

2.2 数据来源

本文收集的数据主要来自相关年鉴、网络与报刊资源。年平均雾日数来自于各港口气象简介。1990~2005 年台风风暴潮次数和台风大风次数来自于《气象灾害大典》^[18] 和中国台风网(<http://www.typhoon.gov.cn/>)。海平面上升速率来自于中国海平面公报(<http://www.soa.gov.cn/>)。集装箱吞吐量、货物吞吐量、旅客吞吐量、外贸货物比重来自于航运在线网(<http://news.sol.com.cn/>)。装卸机械的数量、灯塔数量、锚地数量来自于各港口章程。国际航运中心竞争力来自于舟山网([http://www.zhoushan.cn/gkcb/xwj/201003/t20100310_](http://www.zhoushan.cn/gkcb/xwj/201003/t20100310_424691.htm)

424691.htm)。政府支配能力来自于中国统计年鉴数据库(<http://number.cnki.net/tablemeta/>)。

3 沿海港口自然灾害风险评估

3.1 构建指标体系

构建指标体系是自然灾害风险评价研究中最重要的一步。根据评价指标体系的构建原则,通过借鉴国内外各种研究方法^[1,7,16],本文从致灾因子危险性、承灾体暴露性和脆弱性 3 个方面进行沿海港口自然灾害风险评价指标的选取,共选取了 13 个指标进行风险评估(表 1)。

由于沿海港口位于海洋与陆地的交汇处,冬春季冷空气与海上暖湿气流形成对峙形势,常常形成大雾天气,给海上作业、船舶航运带来了极大危害,因而选取年平均雾日数来反映致灾因子雾对沿海港口造成的影响。1990~2005 年台风风暴潮次数和台风大风次数分别反映沿海港口受台风引起的风暴潮及大风的影响。海平面上升速率反映了各港口潜在的危险性。港口是供船舶进出、靠泊作业和旅客与货物集散的水域和陆域设施,营运最主要的指标是港口年吞吐量,因而选取集装箱吞吐量、货物吞吐量、旅客吞吐量代表港口不同承灾体的暴露性。装卸机械是为车、船等设备进行装卸作业的搬运机械,易受大风等自然灾害的影响,代表承灾体的暴露性。外贸货物比重、国际航运中心竞争力分别反映了出口货物的比例、港口的重要程度,其值越大,可能受灾风险和损失越大。政府支配能力、锚地数量、灯塔数量分别反映了政府防灾减灾经济实力、应急疏散能力和灾后应急救助能力,其值越大,可能受灾损失越小。

3.2 确定评价指标权重

由于每个指标在评价中的重要程度不同,所以需要确定各指标的权重。权重的确定有多种方法,其中层次分析法(AHP)是一种定性与定量相结合的方法,能把定性因素定量化,将人的主观判断用数学表达处理,使评价趋于科学化。本文运用 AHP 法确定各指标权重并通过了一致性检验(表 1)。

3.3 指标的标准化处理

由于不同评价指标数据往往具有不同的单位和量纲,其数值之间的差异可能很大,这会对评价结果产生一定影响。为统一评价标准,必须对具有不同量纲的原始数据进行标准化处理。本文选用极值标准化方法对指标体系中的原始数据进行标

表 1 沿海港口自然灾害风险评价指标体系

Table 1 Natural disaster risk assessment index system of coastal ports

目标层	一级指标	权重	二级指标	权重
风险	危险性	0.558	年平均雾日数	0.182
			1990~2005 年台风风暴潮次数	0.364
			1990~2005 年台风大风次数	0.364
			海平面上升速率	0.090
	暴露性	0.122	集装箱吞吐量	0.286
			货物吞吐量	0.286
			旅客吞吐量	0.286
			装卸机械的数量	0.142
	脆弱性	0.320	外贸货物比重	0.200
			国际航运中心竞争力	0.200
			政府支配能力	0.200
			锚地数量	0.200
			灯塔数量	0.200

准化处理。将所有指标按照正向指标(即指标值越高风险越大)与逆向指标(即指标值越高风险越小),分别采用公式(3)和公式(4)进行处理^[19]。

对于正向指标: $x_i = x_i' / \max(x_i')$ (3)

对于逆向指标: $x_i = \min(x_i') / x_i'$ (4)

式(3),(4)中, x_i 、 x_i' 分别为第*i*个指标的标准化值和原始值, $\max(x_i')$ 表示第*i*个指标的最大值, $\min(x_i')$ 表示第*i*个指标的最小值。

3.4 自然灾害风险评价

首先,将一级指标分为正向指标:年平均雾日数、1990~2005 年台风风暴潮次数、1990~2005 年台风大风次数、海平面上升速率、集装箱吞吐量、货物吞吐量、旅客吞吐量、装卸机械的数量、国际航运中心竞争力、外贸货物比重,以及逆向指标:政府支配能力、锚地数量、灯塔数量。然后根据公式(3)和(4),计算得出一级指标标准化值。最后将经标准化处理后的数据依据风险评估模型公式(1)和(2),计算得出沿海各港口一级指标值和自然灾害风险值(图 1)。

根据图 1 所反映的沿海港口自然灾害危险性、暴露性、脆弱性和风险的分析表明,沿海港口自然灾害风险存在着区域差异,主要规律有:

1) 沿海港口的危险性指数差别较大,在空间上主要表现为环渤海沿岸港口的危险性指数整体较低,长江三角洲和珠江三角洲沿岸港口的危险性指数整体偏高。这主要是由于各港口所受台风影响的差异所致。夏秋季节,在西太平洋和中国南海易形成台风,严重影响东部和南部沿海地区;而

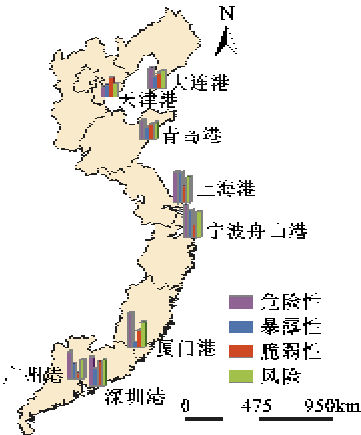


图 1 中国沿海港口自然灾害风险

Fig. 1 Natural disaster risk of coastal ports of China

环渤海地区受台风影响的次数较少。

2) 沿海港口的暴露性指数差异显著,长江三角洲沿岸港口的暴露性指数远远高于其它港口,珠江三角洲沿岸港口的暴露性指数处于整个指数序列的中段,环渤海沿岸港口的暴露性指数偏低。造成这种情况的主要原因在于,长江三角洲沿岸港口是中国海上南北运输通道的交汇点,是中国沿海的主要枢纽,港口年吞吐量大,因而暴露性指数高;深圳港和广州港年吞吐量位居中国沿海港口前列,导致暴露性指数也较高。

3) 沿海港口的脆弱性指数差别不是很大,最高的是深圳港和天津港,由于应急疏散能力和灾后应急救助能力偏小,往往使得港口在灾害面前,容易暴露出脆弱的一面。最低的是广州港,政府支配能力、锚地数量、灯塔数量各指标值均较大,即政府

防灾减灾经济实力、应急疏散能力和灾后应急救助能力较强,遇到灾害时可能受灾损失较小。其余港口的脆弱性指数均为中等。

4) 沿海港口的自然灾害风险指数相差较大,风险值在空间上表现出长江三角洲沿岸 > 珠江三角洲沿岸 > 环渤海沿岸。这主要是由于长江三角洲沿岸灾害发生频率较高,经济、基础设施密度大,表现出极高的暴露性和较高的脆弱性,可能造成的灾害损失和影响很大,所以灾害风险指数较大。珠江三角洲沿岸灾害发生频率较高,经济密度处于中等水平,而政府防灾减灾经济实力、应急疏散能力和灾后应急救助能力较强,暴露性和脆弱性较低,因而灾害风险指数处于中等。环渤海沿岸港口的危险性、暴露性、脆弱性指数均较低,灾害风险指数也较低。

4 结论与展望

本文以多灾种复合为背景,选取沿海城市中重要的基础设施——港口为研究区域,根据研究区域的特殊地理位置,开展自然灾害风险评价指标体系、评价模型与方法等方面的探讨,并对沿海港口自然灾害风险进行了定量评估,得到以下主要结论:沿海港口的危险性指数差别较大,在空间上主要表现为环渤海沿岸港口的危险性指数整体较低,长江三角洲和珠江三角洲沿岸港口的危险性指数整体偏高。沿海港口的暴露性指数差别显著,长江三角洲沿岸港口的暴露性指数远远高于其它港口,珠江三角洲沿岸港口的暴露性指数处于整个指数序列的中段,环渤海沿岸港口的暴露性指数偏低。沿海港口的脆弱性指数差别不是很大,最高的是深圳港和天津港,最低的是广州港,其余港口的脆弱性指数均为中等。沿海港口的灾害风险指数相差较大,风险值在空间上表现出长江三角洲沿岸 > 珠江三角洲沿岸 > 环渤海沿岸。本文在研究方法上只是一种尝试,由于致灾因子信息可得性的限制,选取危险性指标时未考虑冰冻、温带风暴潮等自然灾害给沿海港口带来的影响,在进一步的研究中有待完善。

参考文献:

[1] 尹占斌. 城市自然灾害风险评估与实证研究[D]. 上海:华东

师范大学,2009.

- [2] Dille M, Chen R. S, Deichmann U, et al. Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis Synthesis Report [R]. Washington D C: Hazard Management Unit, World Bank, 2005: 1 - 132.
- [3] United Nations Development Programme (UNDP). A global report reducing disaster risk: A Challenge for Development [R]. New York: UNDP, 2004: 1 - 144.
- [4] 史培军. 四论灾害系统研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(6): 1 ~ 7.
- [5] 张继权, 冈田光夫, 多多纳裕一. 综合自然灾害风险管理——全面整合的模式与中国的战略选择[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(1): 29 ~ 37.
- [6] 薛蓓蓓, 姜衍祥, 周俊, 等. 天津市滨海地区地面沉降灾害风险评估与区划[J]. 地理科学, 2008, 28(5): 693 ~ 697.
- [7] 权瑞松, 刘敏, 张丽佳, 等. 基于情景模拟的上海中心城区建筑暴雨内涝暴露性评价[J]. 地理科学, 2011, 31(2): 143 ~ 152.
- [8] 孙阿菲, 石纯, 石勇. 基于情景模拟的暴雨内涝危险性评价——以黄浦区为例[J]. 地理科学, 2010, 30(3): 465 ~ 468.
- [9] 石勇, 许世远, 石纯, 等. 沿海区域水灾脆弱性及风险的初步分析[J]. 地理科学, 2009, 29(6): 853 ~ 857.
- [10] Ketkar K W, Babu A J G. An analysis of oil spills from vessel traffic accidents [J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 1997, 2(1): 35 ~ 41.
- [11] Hans Rømer, Lars Broekhoff, Palle Haastrop, et al. Marine transport of dangerous goods. Risk assessment based on historical accident data [J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 1993, 6(4): 219 ~ 225.
- [12] 李品芳. 厦门港船舶溢油环境风险评估[D]. 大连: 大连海事大学, 2000.
- [13] 金海明. 宁波港油船溢油风险评估应用研究[D]. 上海: 上海海事大学, 2006.
- [14] 桑维新. 五大因素导致沿海港口过度扩张[N/OL]. 中国海洋报, 2010-8-24. <http://epaper.oceanol.com>.
- [15] 高志刚. 平均海平面上升对东中国海潮汐、风暴潮影响的数值模拟研究[D]. 山东: 中国海洋大学, 2008.
- [16] 石勇. 灾害情景下城市脆弱性评估研究——以上海市为例[D]. 上海: 华东师范大学, 2010.
- [17] Norman F, Emdad HC. Hazards risk assessment methodology for emergency managers: A standardized framework for application [J]. Natural Hazards, 2003, 28(2): 271 ~ 290.
- [18] 温克刚. 中国气象灾害大典[M]. 北京: 气象出版社, 2006.
- [19] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.

Natural Disaster Risk Assessment of Coastal Ports in China

WANG Jing-jing, LIU Min, QUAN Rui-song, LU Min, NIU Hai-yan, XU Shi-yuan

(Department of Geography, Key Laboratory of Geographic Information Science of the Ministry of Education, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: Natural disaster risk assessment is a process or application of a methodology for quantitatively analyzing and evaluating the possibility of different intensity disasters and the possible consequence of the disasters. On the background of multi-disasters, the eight ports, namely Dalian port, Tianjin port, Qingdao port, Shanghai port, Ningbo-Zhoushan port, Xiamen port, Shenzhen port, Guangzhou port, which are the important infrastructure in the coastal cities of China, are selected as the study area. Based on the natural and social characteristics of the study area, three factors have been selected as indices for a quantitative evaluation, including the hazard, the exposure and the vulnerability. At last, this paper establishes natural disaster risk assessment index system and evaluation model of the coastal ports. The analysis result shows that the integrated risk of coastal ports in China presents spatial disparities evidently, which can be rank as Yangtze River Delta > Pearl River Delta > annulus Bohai Sea. Qingdao Port, Shanghai Port and Ningbo – Zhoushan Port should protect themselves from the wind caused by typhoon. Xiamen Port and Shenzhen Port should pay attention to the typhoon wind and typhoon storm surge. Tianjin Port and Guangzhou Port should give attention to the typhoon storm surge, because that both of them are seriously affected by the storm surge. The exposure of container and goods is high in Tianjin, Shanghai, Qingdao, Xiamen, Shenzhen and Guangzhou Port. When natural disaster is coming, they must move the container and goods in time. The goods and the passengers highly exposed to the natural disaster in Dalian and Ningbo – Zhoushan Port. This must be concerned by related departments. At the same time, the disaster prevention facilities should be strengthened. When maintaining and expanding ports scale, administration departments should increase the number of anchorages and lighthouses to improve the ship's navigation according to relevant disaster prevention and mitigation requirements. The results which have important scientific value and practical significance, agrees with the reality.

Key words: coastal ports; natural disaster; index system; risk assessment