

中国沿海地区近20年台风灾害风险评价

牛海燕, 刘 敏, 陆 敏, 权瑞松, 张丽佳, 王静静

(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:依据自然灾害系统理论, 综合考虑致灾因子和承灾体特征, 提出台风灾害风险评价方法。在GIS环境下对中国沿海地区台风灾害危险性、脆弱性和风险进行分析评价。评价结果显示: 海南省、上海市和广东省、福建省、浙江省的沿海区域台风灾害危险性较高; 北京市、天津市、上海市和江苏省、山东省的大部分地区及广东省、福建省、浙江省、河北省的沿海区域承灾体脆弱性较高; 海南省、上海市和广东省、福建省、浙江省的沿海区域台风灾害风险较高; 而北京市、天津市以及河北省、辽宁省和山东省的大部分区域台风灾害风险较低。

关键词:台风灾害; 危险性; 脆弱性; 风险评价; 中国沿海地区

中图分类号: X43 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2011)06-0764-05

台风是一种发生在热带或副热带海洋上的气旋性涡旋, 常通过狂风、暴雨和风暴潮致灾。台风灾害发生频率高、影响范围广、破坏强度大, 是人类面临的最严重环境问题之一。中国沿海地区是中国经济发达、人口稠密的地区, 集中了70%的大城市, 55%的国民收入, 每年因台风造成的直接经济损失达百亿元^[1, 2]。台风灾害研究一直以来都受到国内外学者的关注, 但对台风灾害的研究主要集中在时空分布特征、致灾因子危险性和小区域风险评价等方面^[3~15], 而对大区域风险评估的研究较少。本文借鉴国内外研究, 依照自然灾害系统理论^[16, 17], 以中国沿海地区11省市为研究区域(缺少台湾省资料, 故研究区未包括其在内)(图1)根据1990~2007年台风灾害和社会经济资料, 结合致灾因子和承灾体特征, 以地级市为基本单元, 对研究区台风灾害风险进行评估。沿海地区台风灾害风险研究可为中国沿海省市的可持续发展以及减灾、防灾政策的制定等提供重要的科学依据。

1 资料与方法

1.1 数据来源

台风灾害数据采用《中国气象灾害大典》(辽宁卷、北京卷、天津卷、河北卷、山东省、江苏卷、上海卷、浙江卷、福建卷、广东卷、广西卷、海南卷)和

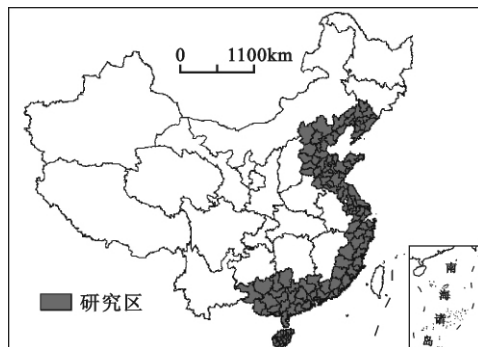


图1 研究区

Fig. 1 Sketch map of study area

《热带气旋年鉴》(2000、2001、2002、2003、2004、2005、2006、2007年)中的台风资料^[1, 2], 以地级市为单元, 建立了沿海地区1990~2007年的台风灾害数据库。社会经济数据主要采用《中国年鉴全文数据库》(辽宁、北京、天津、河北、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、广西、海南)中的经济资料^[18], 以地级市为单元, 建立了沿海地区2006年的社会经济指标数据库。

1.2 研究方法

本文台风灾害致灾因子危险性和承灾体脆弱性评价指标分别采用灾次指数 T_{zc} 和承灾体指数 C_{zt} 。灾次指数 T_{zc} 是指某时段台风灾害发生的次数^[19]。本文根据灾情报告, 某一地级市凡是有灾情

收稿日期: 2010-10-23; 修订日期: 2010-08-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(40730526)资助。

作者简介: 牛海燕(1985-), 女, 山西吕梁人, 硕士研究生, 研究方向为城市自然灾害风险评价。E-mail: niuhy0102@163.com

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

发生的记为 1 次,无灾情发生的记为 0 次,计算出中国沿海地区 1990~2007 年的灾情灾次。计算公式如下:

$$T_{z_{c j}}=\sum N_{i j} \quad (1)$$

式中 $T_{z_{c j}}$ 指第 j 地级市的灾次指数; $N_{i j}$ 指第 j 地级市第 i 年的灾情灾次。

承灾体指数 $C_{z i}$ 是指台风灾害发生区域的承灾体强度^[19]。本文根据自然灾害系统理论,同时考虑资料的详尽程度和易取得性,选取人口密度(人/km²)、人均 GDP(万元/人)、地均 GDP(万元/km²)、城市人口比重(%)、第一产业占 GDP 的比

重(%) 作为承灾体脆弱性指标。由于各指标的计量单位不同,因此需对每个指标值进行标准化处理。即根据各指标属性及其对承灾体脆弱性的影响方向进行划分,分别按数值 5、4、3、2、1 代表高、较高、中等、较低、低脆弱界限值赋给每个研究单元。本文采用层次分析法^[20] 确定了上述 5 个指标的权重(表 1)。利用加权综合评价法计算出承灾体指数 $C_{z i}$, 计算公式如下:

$$C_{z j}=\sum_{i=1}^n W_i \times D_{i j}(i=1,2, \ldots, n) \quad (2)$$

式中 $C_{z j}$ 指第 j 地级市的承灾体指数; W_i 指第 i 指标的权重; $D_{i j}$ 指第 j 地级市第 i 指标的标准化值。

表 1 台风灾害承灾体脆弱性指标等级

Table 1 Rank and weight of vulnerability index of typhoon disaster bearing body

等级	人口密度 (人/km ²)	地均 GDP (万元/km ²)	城市人口比重 (%)	第一产业占 GDP 的比例(%)	人均 GDP (万元/人)
1	<225	<250	<0.26	<5.4	≥3.80
2	225≤X<415	250≤X<645	0.26≤X<0.32	5.4≤X<9.6	2.15≤X<3.80
3	415≤X<555	645≤X<1250	0.32≤X<0.40	9.6≤X<15.0	1.50≤X<2.15
4	555≤X<730	1250≤X<2325	0.40≤X<0.56	15.0≤X<22.2	1.15≤X<1.50
5	≥730	≥2325	≥0.56	≥22.2	≤1.15
权重	0.31	0.31	0.10	0.10	0.18

基于自然灾害系统理论^[16,17],台风灾害风险是台风致灾因子危险性、孕灾环境稳定性和承灾体脆弱性共同作用的结果,但对于特定区域,孕灾环境稳定性对台风灾害风险的影响可以不考虑。本文根据上述理论,采用自然灾害风险指数法^[21],对沿海地区台风灾害风险进行评估。计算公式如下:

$$W_{x d j}=\left(T_{z c j} / n\right) \times C_{z j} \quad (3)$$

式中 $W_{x d j}$ 指第 j 地级市的风险指数; $T_{z c j}$ 指第 j 地级市的灾次指数; $C_{z j}$ 指第 j 地级市的承灾体指数; n 指数年。

2 结果与分析

2.1 台风灾害危险性空间格局

采用 1990~2007 年中国沿海地区台风灾害数据库资料,应用公式(1) 计算出中国沿海地区各区域台风灾害灾次指数 $T_{z c}$,在 ArcGIS 中将结果进行展布并将其输出(图 2)。

图 2 表明:中国沿海地区各省市台风灾害危险性空间分布差异显著。广东省危险性最高,67% 的地级市灾情发生 12 次以上;福建省和浙江省次之,其灾情发生 12 次以上的地级市占所属省的比例分别为 66% 和 36%;广西省和江苏省危险性中等,其

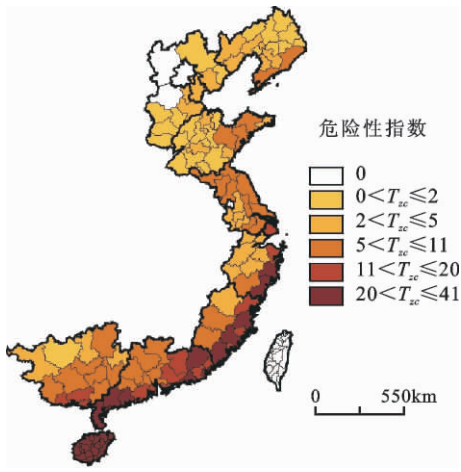


图 2 中国沿海地区台风灾害危险性分布

Fig. 2 Hazard distribution of typhoon disaster in Chinese coastal area

灾情发生 12 次以上的地级市占所属省的比例分别为 21% 和 0%,灾情发生 6~11 次的地级市占所属省的比例分别为 50% 和 69%;河北省危险性最低,灾情都发生 5 次以下,其中张家口、保定灾情发生 0 次;辽宁省和山东省危险性较低,其灾情发生 5 次以下的地级市占所属省的比例分别为 86% 和 82%。海南省、上海市、北京市和天津市灾情依次

发生 41、15、0 和 4 次。

中国沿海地区台风灾害危险性空间分布呈现出一定的规律: ① T_{zc} 在 12 次以上的高危险区主要分布在海南省、上海市和广东省、福建省、浙江省的沿海区域, 其中海南省、广东省的阳江、茂名、汕头、梅州、汕尾、湛江、福建省的福州、漳州、泉州、浙江省的台州、温州地区危险性最高, T_{zc} 都在 21 次以上。② T_{zc} 在 5 次以下的低危险区主要分布在北京市、天津市、河北省和山东省、辽宁省的内陆地区。③ 中国沿海地区台风灾害危险性南方比北方高, 沿海比内陆高。

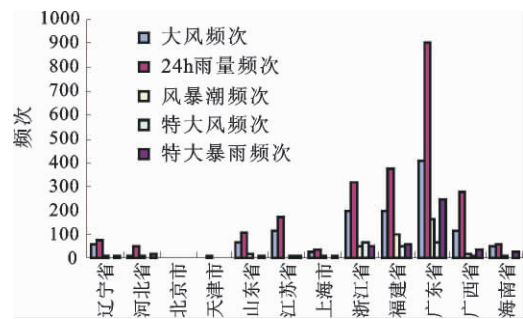


图3 大风、24 h 雨量和风暴潮频次和强度分布
Fig. 3 Frequency and intensity distribution of wind , 24 - hour rainfall and storm surge

通过对 1990 ~ 2007 年中国沿海地区台风引起的大风、暴雨、风暴潮等发生频次的统计分析(图 3), 发现台风引起的大风、暴雨和风暴潮发生频次、强度的区域差异显著是造成上述现象的主要原因。危险性较高的广东省、福建省和浙江省的大风频次、24 h 雨量频次和风暴潮频次都较多, 危险性较低的河北省、辽宁省和山东省的大风频次、24 h 雨量频次和风暴潮频次都较少; 从强度上分析也可知, 广东省、福建省和浙江省发生的特大风(≥ 10 级) 和特大暴雨(24 h 雨量 ≥ 200 mm) 的次数较多, 河北省、辽宁省和山东省的特大风和特大暴雨频次较少。但危险性较高的海南省和上海市的台风引起的大风、暴雨、风暴潮的发生频次和强度都较低, 这可能与其较小的空间区域等特征有关。

2.2 台风灾害脆弱性空间格局

采用 2006 年中国沿海地区社会经济指标数据库资料, 应用公式(2) 计算出中国沿海地区各区域台风灾害承灾体指数 C_{zi} , 在 ArcGIS 中将结果进行空间展布并将其输出(图 4)。

图 4 表明: 中国沿海地区各省市承灾体脆弱性

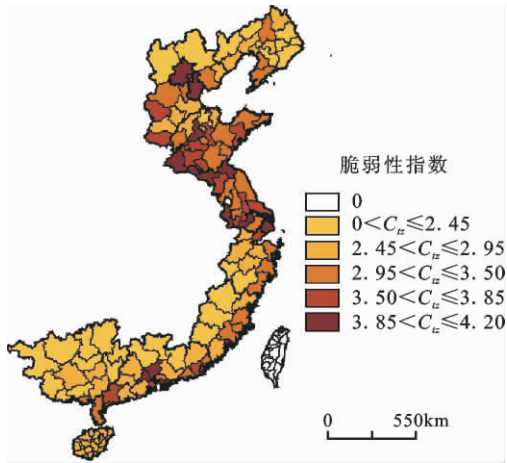


图4 中国沿海地区台风灾害脆弱性分布
Fig. 4 Vulnerability distribution of typhoon disaster in Chinese coastal area

空间分布不均匀。江苏省脆弱性最高, 62% 的地级市 C_{zi} 值在 3.50 以上; 其次为山东省和广东省, 其 C_{zi} 值在 3.50 以上的地级市占所属省的比例分别为 41% 和 33%; 福建省、浙江省和河北省脆弱性中等, 其 C_{zi} 值在 3.50 以上的地级市占所属省的比例分别为 11%、18% 和 17%, C_{zi} 值在 2.95 ~ 3.50 之间的地级市占所属省的比例分别为 33%、27% 和 25%; 广西省脆弱性最低, 92% 的地级市 C_{zi} 值在 2.95 以下; 辽宁省脆弱性较低, 79% 的地级市 C_{zi} 值在 2.95 以下。海南省的 C_{zi} 值为 2.76, 北京市、天津市和上海市的 C_{zi} 值都为 3.88。

中国沿海地区台风灾害承灾体脆弱性空间分布有 3 个特点: ① C_{zi} 值在 3.50 以上的高脆弱区主要分布在江苏省、山东省的大部分地区和广东省、福建省、浙江省、河北省的沿海区域, 其中山东省的济南、江苏省的徐州、南京、无锡、广东省的汕头、广州、深圳、福建省的厦门、北京市、天津市和上海市的脆弱性最高, C_{zi} 值都在 3.85 以上。② C_{zi} 值在 2.95 以下的低脆弱区主要分布在海南省和广西省、辽宁省的大部分地区及河北省、浙江省、福建省、广东省的内陆地区。③ 中国沿海地区北方(辽宁省除外) 台风灾害脆弱性比南方大。

2.3 台风灾害风险空间分布及其评价

根据灾次指数 T_{zc} 和承灾体指数 C_{zi} 结果, 应用公式(3) 计算出中国沿海地区各区域台风灾害风险指数 W_{xd} , 并采用聚类分析方法^[22] (即最优分割法) 对风险指数 W_{xd} 进行分级, 在 ArcGIS 中展布结果并将其输出(图 5)。

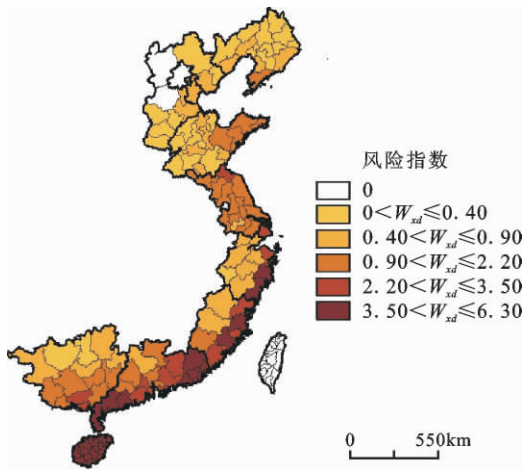


图 5 中国沿海地区台风灾害风险分布

Fig. 5 Risk distribution of typhoon disaster in Chinese coastal area

评价结果表明: 中国沿海地区各省市台风灾害风险空间分布差异显著。广东省风险最高, 71% 的地级市 W_{xd} 值在 2.20 以上; 福建省和浙江省风险较高, 其 W_{xd} 值在 2.20 以上的地级市占所属省的比例分别为 66% 和 36%; 广西省和江苏省风险中等, 其 W_{xd} 值在 2.20 以上的地级市占所属省的比例分别为 14% 和 8%, W_{xd} 值在 0.90 ~ 2.20 之间的地级市占所属省的比例分别为 43% 和 77%; 河北省风险最低, W_{xd} 值都在 0.90 以下, 其中张家口、保定 W_{xd} 值为 0; 辽宁省和山东省风险较低, 其 W_{xd} 值在 0.90 以下的地级市占所属省的比例分别为 93% 和 76%。海南省、上海市、北京市和天津市的 W_{xd} 值依次为 6.29、3.23、0 和 0.86。

中国沿海地区台风灾害风险空间分布有 2 个特点: ① W_{xd} 值在 2.20 以上的高风险区主要分布在海南省、上海市和广东省、福建省、浙江省的沿海区域, 其中海南省、广东省的汕头、汕尾、阳江、湛江、潮州、梅州、揭阳、福建省的福州、泉州和浙江省的台州、温州、舟山地区风险最高, W_{xd} 值都在 3.50 以上。这些地区台风灾害发生频次高, 强度大, 危险性高, 又是中国沿海人口密集、经济发达, 台风灾害造成的破坏损失最多的地区, 应成为台风灾害防御的重点。② W_{xd} 值在 0.90 以下的低风险区主要分布在北京、天津市、河北省和辽宁省、山东省的大部分地区及浙江省、广西省的内陆地区。这可能与登陆台风多以偏西路径移动^[23], 且在向内陆移动的过程中强度减弱有关。另外, 在北京、天津、河北、辽宁和山东登陆或过境的台风次数较少, 在一

定程度上缩小了上述区域台风风险。

3 结论与讨论

1) 采用 1990 ~ 2007 年台风相关资料和 2006 年经济相关资料, 建立了中国沿海地区台风灾害数据库和社会经济指标数据库, 为台风灾害研究提供丰富的信息资料。

2) 中国沿海地区台风灾害风险评价结果表明, 海南省、上海市和广东省、福建省、浙江省的沿海区域台风灾害风险较高。这些地区由于台风灾害危险性高, 脆弱性也较高, 所以风险最大, 应该成为防御的重点区域; 北京市、天津市、河北省和辽宁省、山东省的大部分区域台风灾害风险较低。

3) 评价结果具有一定的实用价值, 可为防灾减灾政策的制定提供科学依据。但是本文台风灾害风险是在假设中国沿海地区孕灾环境稳定性一致的情况下评价的, 评价结果有一定的片面性。笔者将在以后的研究中进一步完善。

参考文献:

- [1] 温克刚. 中国气候大典(海南卷, 广西卷, 广东卷, 福建卷, 浙江卷, 江苏卷, 上海卷, 山东卷, 河北卷, 北京卷, 天津卷, 辽宁卷) [M]. 北京: 气象出版社, 2006.
- [2] 张维, 鲁小琴, 邵德民, 等. 热带气旋年鉴(2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007) [M]. 北京: 气象出版社, 2002 ~ 2007.
- [3] Knutson T R, Tuleya R E, Kurihara Y. Simulated increase of hurricane intensities in a CO_2 warmed climate [J]. Science, 1998, 279(5353): 1018 ~ 1020.
- [4] Henderson S, Zhang H, Berz G, et al. Tropical cyclones and global climate change: a post-IPCC assessment [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1998, 79(1): 19 ~ 38.
- [5] Yan J Y, Zhang X Z, Li J L, et al. Climatological features of rapidly intensifying tropical cyclones in NW Pacific west of $135^\circ E$ [J]. Journal of Tropical Meteorology, 1998, 4(1): 8 ~ 15.
- [6] 叶英. 登陆中国热带气旋活动的年代际变化分析 [J]. 海洋预报, 2002, 19(2): 23 ~ 30.
- [7] 唐晓春, 彭鹏. 厄尔尼诺事件的强度与登陆广东热带气旋数量的关系初探 [J]. 地理科学, 2005, 25(6): 690 ~ 696.
- [8] 高建华, 朱晓东. 我国沿海地区台风灾害影响研究 [J]. 灾害学, 1999, 14(2): 73 ~ 77.
- [9] 丁燕, 史培军. 台风灾害的模糊风险评估模型 [J]. 自然灾害学报, 2002, 11(1): 34 ~ 43.
- [10] 陈香, 陈静. 福建台风灾害风险分布的初步估计 [J]. 自然灾害学报, 2007, 16(3): 34 ~ 43.
- [11] 唐晓春, 刘会平, 潘安定, 等. 广东沿海地区近 50 年登陆台风灾害特征分析 [J]. 地理科学, 2003, 23(2): 182 ~ 187.
- [12] 李加林, 王艳红, 张忍顺, 等. 海平面上升的灾害效应研究——

- 以江苏沿海低地为例[J]. 地理科学 2006 26(1): 87~93.
- [13] 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.
- [14] 殷 杰, 尹占娥, 许世远. 上海市灾害综合风险定量评估研究[J]. 地理科学 2009 29(3): 450~454.
- [15] 胡蓓蓓, 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.
- [16] 史培军. 再论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 1996 5(4): 6~17.
- [17] 史培军. 三论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 2002 11(3): 1~9.
- [18] 中国年鉴全文数据库(挖掘版) [EB/OL]. <http://number.cnki.net/tablemeta/AreaNavi.aspx?code=xj19>.
- [19] 王静爱, 徐 伟, 史培军, 等. 2000 年中国风沙灾害的时空格局与危险性评价[J]. 自然灾害学报 2001, 10(4): 1~7.
- [20] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京: 高等教育出版社 2002: 69~84, 224~249.
- [21] Davidson R A, Lamber K B. Comparing the hurricane disaster risk of U. S. coastal counties[J]. Natural Hazards Review 2001, 2(3): 132~142.
- [22] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 1990 265~268.
- [23] 张丽佳, 刘 敏, 陆 敏, 等. 中国东南沿海地区台风危险性评价[J]. 人民长江 2010 41(6): 81~83.

Risk Assessment of Typhoon Disasters in China Coastal Area During Last 20 Years

NIU Hai-yan, LIU Min, LU Min, QUAN Rui-song, ZHANG Li-jia, WANG Jing-jing

(Key Laboratory of Geographic Information Science of Ministry of Education, School of Resources and Environment Science, East China Normal University, Shanghai, 200062, China)

Abstract: The risk assessment method of typhoon disasters was proposed according to the nature disaster system theory and considering the characteristics of hazard factor and bearing body. And in the GIS environment the hazard, vulnerability and risk of typhoon disasters in China coastal area were assessed. The assessment result showed that the hazard of typhoon disaster is higher in Hainan Province, Shanghai and the coastal areas of Guangdong, Fujian, Zhejiang provinces. The vulnerability of bearing body is higher in Beijing, Tianjin, Shanghai, the most parts of Jiangsu, Shandong provinces, and the coastal areas of Guangdong, Fujian, Zhejiang, Hebei Provinces. The risk of typhoon disaster is higher in Hainan Province, Shanghai and the coastal areas of Guangdong, Fujian, Zhejiang provinces, while in Beijing, Tianjin and the the most parts of Hebei, Liaoning, Shandong provinces, it is lower the risk.

Key words: typhoon disaster; hazard; vulnerability; risk assessment; China coastal area