

郭腾蛟, 徐新良, 王召海. 1990年以来我国沿海地区台风灾害对土地利用影响的风险分析[J]. 灾害学, 2014, 29(2): 193-198. [Guo Tengjiao, Xu Xinliang, Wang Zhaozhai. Typhoon Disasters in China's Coastal Areas and Risk Assessment of its Impact on Land Use Since 1990 [J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(2): 193-198.]

1990年以来我国沿海地区台风灾害对土地利用影响的风险分析^{*}

郭腾蛟¹, 徐新良², 王召海¹

(1. 山东师范大学 人口·资源与环境学院, 山东 济南 250014;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101)

摘 要: 在分析我国东南沿海台风灾害时空特征的基础上, 揭示了1990年以来土地利用变化所导致的台风灾害风险的演变特征。研究发现: 在台风灾害危险性方面, 沿海地区受台风影响的空间差异较大, 灾次指数呈明显的带状特征, 由东南向西北递减, 台湾、广东省、福建省沿海地区, 受灾次数在50次以上。在台风风险性方面, 上海、杭州、南京、福州和广州等城市及周边县区, 由于建设用地高度集中, 风险指数高达1.0以上。在1990-2000以及2000-2008年间, 由于土地利用类型变化导致风险指数变化较为显著。其中风险指数增高的地区多为林、草地转为居民地、建设用地和耕地, 而风险指数降低的地区, 多数为耕地转成林、草地。

关键词: 沿海地区; 台风灾害; 土地利用; 风险评估

中图分类号: P444; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2014)02-0193-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2014.02.036

台风是世界上最严重的自然灾害之一, 台风以台风中心为圆心在数十千米范围内形成气旋风暴, 具有极强的破坏力。我国是世界上受台风影响严重的国家之一, 根据1988年以来台风数据研究结果表明, 台风灾害每年造成约440人死亡^[1], 29.3万间房屋坍塌, 农作物年平均受灾面积278万hm², 直接经济损失年平均约286亿元。

由于台风灾害对社会和经济造成了严重的影响和破坏, 国内外许多学者对台风风险开展了研究^[2-3]。在台风灾害危险性分析方面, Mark A提出一种基于统计分析理论评估热带气旋登陆概率及强度的方法^[4], 该方法利用Monte Carlo(蒙特卡罗)算法模拟台风路径, 在北亚特兰大海湾飓风危险性分析中取得了较好效果。曾令锋分析了广西沿海台风灾害危险度的影响因素, 并用打分法给沿海16个区段划分了台风灾害风险等级^[5]。丁燕等主要从台风暴雨和台风大风的角度分析了台风致灾因子的时、空分布规律, 承灾体的易损性,

并对台风灾害的潜在损失风险进行了评估^[6]。叶小岭等提出基于PSO优化BP神经网络算法对台风灾情进行研究^[7]。张颖超等采用主成分分析法对多个评价指标进行客观赋权, 建立基于改变的加权TOPSIS法的抗台风减灾能力评估模型, 对浙江省的抗台风减灾能力进行定量评估^[8]。

东南沿海地区是我国受台风影响最严重的区域, 历年来该地区都会因台风灾害造成巨大的经济损失和人员伤亡^[9-14]。改革开放30多年来, 我国东南沿海经济得到了快速发展。近年来随着人口的增长和城市化进程的快速推进, 我国东南沿海地区土地利用发生了巨大变化, 从而导致该地区台风灾害的风险程度急剧增加。

本文在收集整理1990-2011年登陆我国的台风路径数据的基础上, 通过分析沿海地区土地利用变化过程, 揭示了1990年以来我国沿海地区的台风灾害对土地利用影响的风险程度, 以期对东南沿海地区土地资源开发利用和未来规划发展以

^{*} 收稿日期: 2013-09-11 修回日期: 2013-10-31

基金项目: 环境保护部和中国科学院全国生态环境十年变化遥感调查与评估项目(STSN-14-00); 中国科学院西部行动计划项目(KZCX2-XB3-08-01); 国家科技支撑计划(2013BAC03B01)

作者简介: 郭腾蛟(1988-), 女, 山东潍坊人, 硕士研究生, 主要从事土地利用变化生态环境效应研究。

E-mail: guotengjiao@126.com

通讯作者: 徐新良(1972-), 男, 山东青岛人, 博士, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事土地利用/土地覆被变化与陆地生态系统综合监测与评估研究。E-mail: xuxl@lreis.ac.cn

及防灾减灾提供科学依据。

1 研究资料和方法

1.1 数据源

本文用到的主要数据包括:1990-2011年登陆我国的台风路径数据;1990年、2000年和2008年3期土地利用数据。台风路径数据来源于日本国立情报学研究所网站提供的台风基本信息,选取台风7级风圈半径作为台风影响半径。土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心土地利用现状数据库。该数据库是在国家科技支撑计划、中国科学院知识创新工程重要方向项目等多项重大科技项目的支持下经过多年的积累而建立的覆盖全国陆地区域的多时相1:10万比例尺土地利用现状数据集^[15-22]。该数据集是以Landsat TM/ETM遥感影像为主要数据源,通过人工目视解译生成。土地利用类型包括耕地、林地、草地、水域、居民地和未利用土地6个一级类型以及25个二级类型。本研究利用GIS技术,从土地利用数据中切割出我国东南沿海台风影响区范围的数据用于开展近20多年来我国沿海地区的台风灾害对土地利用影响的风险程度分析。

1.2 研究方法

联合国“国际减灾战略(ISDR)”提出了自然灾害风险的概念公式(式1),概括了构成自然灾害风险的两个因素为致灾因子的危险度以及承灾体本身对致灾因子的脆弱性。

$$\text{Risk(风险)} = \text{Hazard(危险度)} \times \text{Vulnerability(脆弱性)}。 \quad (1)$$

基于自然灾害基础理论,本文采用自然灾害综合风险指数法^[23],对近年来我国台风灾害风险进行评估。公式如下:

$$W = (T/n) \times C。 \quad (2)$$

式中: W 指风险指数; T 的灾次指数; n 指年数; C 指承灾体脆弱性指数。灾次指数 T 是指某时段台风灾害发生的次数^[24],灾次指数越大,说明该地区台风灾害危险性越高。脆弱性包括来自自然、社会、经济和环境等因素的综合状态或过程,并决定了在给定致灾因子的作用下遭受破坏的可能性和大小^[25],承灾体脆弱性指数 C 数值愈高,灾害风险愈高。我们主要分析土地利用承灾体的脆弱性及其变化所带来的台风灾害风险程度的变化。

(1) 台风灾次指数 T

灾次指数 T 的计算公式如下:

$$T = \sum N。 \quad (3)$$

式中: T 为灾次指数; N 为研究区受台风影响次数。

我们依据台风影响半径,对历次登陆我国的台风做缓冲区分析,进而通过叠加统计分析,获得1990-2011年我国东部沿海地区受台风影响次数的空间分布图。

(2) 土地利用脆弱性指数 C

土地利用脆弱性指数 C 的计算公式如下

$$C = \sum W_i \times D_i。 \quad (4)$$

式中: C 为土地利用承载体脆弱性指数; i 为不同土地利用类型的脆弱性指标,包括居民地、耕地、林地、草地、水域、未利用土地6个一级类型以及25个二级类型, W_i 指第 i 指标的脆弱性权重; D_i 指第 i 指标的标准化值。 W_i 采用层次分析法^[26]确定各土地利用类型的脆弱性权重(表1)。

表1 不同土地利用类型的台风灾害脆弱性指标权重

一级类型	一级类型权重	二级类型	二级类型权重	总权重
耕地	0.25	水田	0.4	0.1
		旱地	0.6	0.15
林地	0.16	有林地	0.09	0.014 4
		灌木林	0.16	0.025 6
		疏林地	0.28	0.044 8
		其它林地	0.47	0.075 2
草地	0.1	高覆盖度草地	0.54	0.054
		中覆盖度草地	0.3	0.03
		低覆盖度草地	0.16	0.016
水域	0.07	河渠	0.25	0.017 5
		湖泊	0.15	0.010 5
		水库坑塘	0.4	0.028
		永久性冰川雪地	0.06	0.004 2
		滩涂	0.07	0.004 9
		滩地	0.07	0.004 9
城乡、工矿、居民用地	0.38	城镇用地	0.54	0.205 2
		农村居民点	0.3	0.114
		其它建设用地	0.16	0.060 8
未利用土地	0.04	包括沙地、戈壁、盐碱地、沼泽地、裸土地、裸岩石质地、其它	1	0.04

2 结果分析

2.1 台风灾害危险性分析

1990-2011年登陆我国的台风运移路线显示,影响我国的台风移动路径主要有以下4条:①西行路径,一般从菲律宾以东洋面一直向西移动,经过我国南海,在华南沿海、海南岛或者越南一带登陆。西行路径的纬度随季节南北移动,从初春至夏秋,此路径约占影响我国的19%;②西北路径,一般从菲律宾以东向西北偏西方向移动,在台湾、福建一带登陆;或者从菲律宾以东向西北方向移动,穿过琉球群岛,在浙江一带登陆,约占27%,盛行季节在每年的7-9月份;③转向路

径(也称抛物线型),一般在菲律宾以东洋面或者台湾以东或者日本以南洋面上先向西北移动,再转北上,然后向东北方向,此类路径约占西北太平洋热带气旋的49%;④异常路径,有时出现复杂多变的异常路径,比如蛇行、摆动行、停滞、突然加速和突然变向等没有规律的路径,约占5%。

台风影响次数在一定程度上反映了台风灾害对我国东南沿海地区的影响程度。通过分析可以得出台风灾害对我国东南沿海地区的影响具有以下规律:①我国东南沿海地区受台风影响的空间差异较大,台风灾次指数呈明显的带状分布,由东南向西北递减,靠近台风发源地的台湾和广东省、福建省沿海地区,1990-2011年受灾次数在50次以上;上海、浙江、福建、广东、海南、江西大部,以及江苏、安徽和广西东南部受灾次数在35~50次之间;②1990-2000年和2000-2011年两个时段发生台风的次数大体相同,但2000-2011年频繁受台风影响(50次以上)区域的面积要远远高于1990-2000年(图1、图2)。

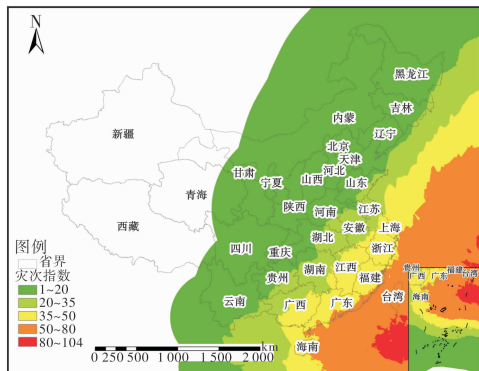


图1 1990-2000年影响我国的台风灾次指数空间分布图

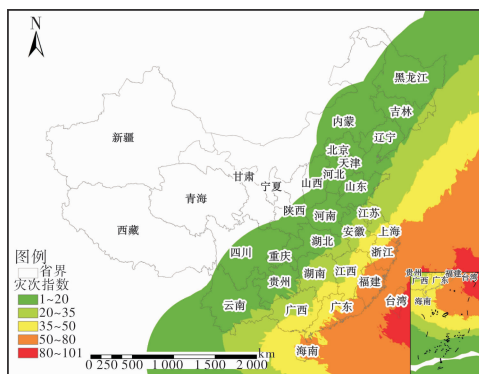


图2 2000-2011年影响我国的台风灾次指数空间分布图

2.2 台风灾害对土地利用影响的风险分析

2.2.1 台风灾害对土地利用影响的风险现状分析

从2000-2011年台风影响区域土地利用类型的空间分布看(图3),土地利用类型的空间分布差

异明显,北京、天津、唐山、石家庄、上海、南京、广州、深圳等东部特大城市或城市经济发达,城乡、工矿、居民用地面积比例均在30%以上,而京津唐、长江三角洲、珠江三角洲近年来城镇化发展迅速,城市和工业的快速发展导致城乡、工矿、居民用地密集增加,大部分地区城乡、工矿、居民用地面积比例在10%~30%之间;从耕地的分布看,东北平原、黄淮海平原、长江三角洲、四川盆地是我国主要耕地分布区,其中黑龙江省的西南部、吉林和辽宁中部、河北南部、河南东部、安徽西北部以及四川省的东部地区,部分县区耕地面积占全县面积的比例在80%以上。

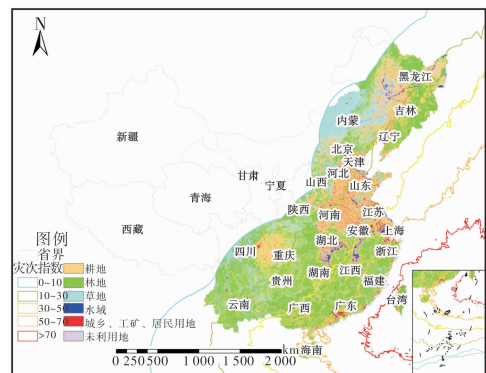


图3 2000-2011年台风灾次指数与土地利用类型分布图

从表2中可以看出,我国受台风灾害影响危险性最高的地区为台湾省,台风灾次指数在70次以上,影响的主要土地利用类型为林地,面积为2.48万 km^2 ,占该地区总面积的68.2%;台风灾次指数50~70次影响的地区包括上海东南部、浙江省、福建省、广东省和海南省,影响的主要土地利用类型为林地,面积为17.23万 km^2 ,占该地区总面积的61.5%,其次为耕地,面积为5.96万 km^2 ,占该地区总面积的21.3%。

台风灾害对土地利用影响的风险指数是台风灾害灾次指数和土地利用载体脆弱性指数的综合反映。从台风灾害对土地利用影响风险指数空间分布格局看(图4),台风灾害对土地利用影响的风险指数空间分布差异比较显著,从东南沿海向西北内陆,风险指数呈明显降低的趋势。台湾半岛、长江三角洲、珠江三角洲以及浙闽沿海地区,城乡居民地和建设用地高度集中,受台风灾害影响的风险程度最高,风险指数在0.61以上,其中台湾、江苏、上海、浙江、福建、广东,其中台湾、上海、杭州、南京、福州和广州等城市及周边县区,台风灾害风险程度特别高,风险指数高达1.0以上。此外,山东半岛、江苏西北部、安徽、湖北东南部、湖南东部、江西以及广西地区,

表 2

不同灾次指数下各土地利用类型面积及所占比例统计表

土地利用类型	灾次指数									
	0 ~ 10		10 ~ 30		30 ~ 50		50 ~ 70		> 70	
	面积/万 km ²	比例/%	面积/万 km ²	比例/%	面积/万 km ²	比例/%	面积/万 km ²	比例/%	面积/万 km ²	比例/%
耕地	71.92	35.6	56.08	38.1	20.08	31.1	5.96	21.3	0.68	18.7
林地	58.48	28.9	65.93	44.8	35.46	54.8	17.23	61.5	2.48	68.2
草地	53.69	26.6	12.05	8.2	2.99	4.6	2.37	8.5	0.11	3
水域	3.64	1.8	4.81	3.3	3.16	4.9	0.9	3.2	0.17	4.7
工矿、居民用地	6.45	3.2	7.02	4.8	2.87	4.4	1.52	5.4	0.19	5.3
未利用地	7.98	3.9	1.12	0.8	0.09	0.2	0.03	0.1	0.004	0.1
合计	202.16	100	147	100	64.65	100	28.01	100	3.634	100

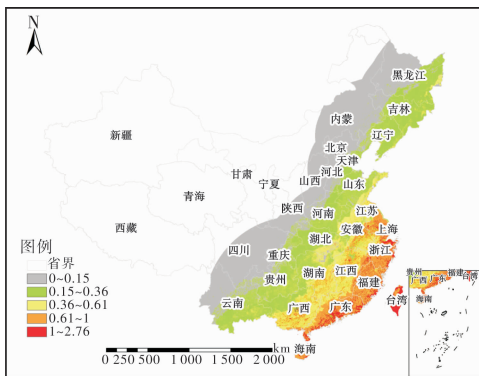


图4 2000 - 2011 年台风灾害对我国土地利用影响风险分布图

受台风灾害影响的风险程度也相对较高, 风险指数在 0.36 ~ 0.61 之间。

2.2.2 土地利用变化对台风灾害风险的影响

(1) 1990 - 2000 年土地利用变化与台风灾害风险变化分析

从 1990 - 2000 年台风灾害对土地利用影响风险变化分布图(图 5)看, 1990 - 2000 年期间, 台风灾害风险总体呈现增加的趋势, 特别是东部沿海地区, 增加趋势较为明显。在东部沿海地区以及中部局部地区, 如京津唐、珠三角、长三角以及四川省成都市、重庆市、安徽省合肥市、福建沿海等部分地区, 10 年间由于大量耕地转变成成为城乡、工矿、居民用地, 风险指数增加 0.4 以上;

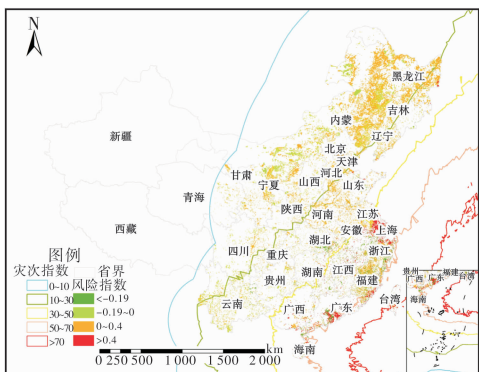


图5 1990 - 2000 年台风灾害对土地利用影响风险变化分布图

在东北地区, 由于大量的林地和草地被开垦为耕地, 风险增加, 风险指数提高了 0 ~ 0.4 左右; 此外, 浙江省、福建省等大部分地区, 部分草地转化成林地, 风险指数有所增加; 在内蒙古自治区以及宁夏回族自治区, 部分草地转化成耕地, 风险增加; 而湖北省东南部地区, 部分耕地转化成水域, 风险相对减小。

从 1990 - 2000 年台风灾害不同风险指数变化下各土地利用类型转换面积统计表(表 3)可以看出, 风险指数增高的地区多为林、草地转为居民地、建设用地和耕地, 以及草地转为林地, 而风险指数降低的地区, 多数为耕地转成林、草地。其中风险指数增加 0.4 以上的地区, 主要分布在珠三角、长三角、闽浙沿海地区, 居民地和建设用地扩展面积 5 631 km², 占该地区总面积的 84%, 其次为耕地开垦, 面积为 1 103 km², 占总面积的 16%; 风险指数增加 0 ~ 0.4 的地区主要分布在东三省、京津冀、鲁西南、安徽省东南部以及闽浙大部分地区, 主要的土地利用变化类型为耕地开垦, 耕地开垦面积高达 55 134 km², 占总面积的 62%, 其次为林地增加, 面积为 19 170 km², 占总面积的 22%; 风险指数降低小于 0.19 的地区主要分布在内蒙古以及云南部分地区, 主要的土地利用变化类型为草地增加, 草地增加的面积为 21 522 km², 占总面积的 74%, 其次为林地增加, 面积为 3 645 km²,

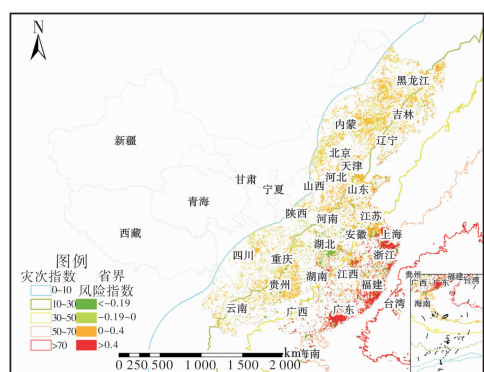


图6 2000 - 2008 年台风灾害对土地利用影响风险变化分布图

表 3 1990 - 2000 年不同风险指数变化下土地利用类型面积变化统计表

风险指数变化	居民建设用地扩展		耕地开垦		林地增加		草地增加	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
-1.52 ~ -0.19					2 589	31	2 682	33
-0.19 ~ 0					3 645	12	21 522	74
0 ~ 0.4	11 743	13	55 134	62	19 170	22		
0.4 ~ 1.6	5 631	84	1 103	16				

表 4 2000 - 2008 年风险指数变化下土地利用类型面积变化统计表

风险指数变化	居民建设用地扩展		耕地开垦		林地增加		草地增加	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
-2.01 ~ 0.19					767	17	896	19
-0.19 ~ 0					3 768	26	7 237	50
0 ~ 0.4	13 906	41	11 031	33	7 336	22		
0.4 ~ 1.6	11 045	94	746	6				

占总面积的 12%；风险指数降低大于 0.19 的地区，主要分布在湖北省东南部、福建省东北部沿海地区以及浙江省东部地区，主要的土地利用变化类型为草地和林地增加，草地和林地增加的面积分别为 2 682 km² 和 2 589 km²，分别占总面积的 33% 和 31%。

(2) 2000 - 2008 年土地利用变化与台风灾害风险变化分析

从 2000 - 2008 年台风灾害对土地利用影响风险变化分布图可以看出(图 6)，东部沿海地区台风灾害风险性指数显著增加。京津唐、珠三角、长三角地区以及闽浙沿海地区大量耕地转化成居民地和建设用地，风险指数增加了 0.4 以上，在黄河三角洲地区，部分草地和未利用地转化成耕地和建设用地，风险指数集中在 0 ~ 0.4 之间；贵州省大部分地区以及重庆市东南部地区，部分草地转化成林地，风险指数有所增加。而在湖北省东南部地区，由于有大面积的耕地转化成水域，风险指数降低了 0.19 左右。

从 2000 - 2008 年台风灾害不同风险指数变化下各土地利用类型转换面积统计表(表 4)可以看出，风险指数增高到 0.4 以上的地区，主要分布在长三角、珠三角以及福建省东部地区，居民地和建设用地扩展面积 11 045 km²，占总面积的 94%；风险指数增加 0 ~ 0.4 的地区主要分布在京津冀、鲁西北、江苏省南部、安徽中部以及贵州省大部分地区，主要的土地利用变化类型为居民地和建设用地扩展，居民地和建设用地扩展面积高达 13 906 km²，占总面积的 41%，其次为耕地开垦和林地增加，增加面积分别占总面积的 33% 和 22%。风险指数降低小于 0.19 的地区主要分布在四川省、重庆市等地区，主要的土地利用变化类型为草地增加，草地增加的面积为 7 237 km²，占总面积的 50% 左右，其次为林地增加，增加面积占全区面积

的 26%；风险指数降低在 0.19 以上的地区，转入的林草面积大致相当，草地面积比例略高。

3 结论和讨论

东南沿海地区是我国受台风影响最严重的区域，本文在分析我国东南沿海台风灾害时空特征的基础上，揭示了近 20 年来土地利用变化所导致的台风灾害风险的演变特征。通过综合上述分析，可以得到以下结论：

(1) 影响我国的台风移动路径主要有 4 条，西行路径、西北路径、转向路径和异常路径。我国东南沿海地区受台风影响的空间差异较大，台风灾次指数呈明显的带状分布，由东南向西北递减，靠近台风发源地的台湾和广东省、福建省沿海地区，1990 - 2011 年受灾次数在 50 次以上；在时间尺度上，2000 - 2011 年频繁受台风影响(50 次以上)区域的面积要远远高于 1990 - 2000 年。

(2) 我国土地利用风险指数空间分布差异比较显著。长江三角洲、珠江三角洲以及浙闽沿海地区，由于城乡、工矿居民建设用地高度集中，受台风灾害影响的风险程度最高，上海、杭州、南京、福州和广州等城市及周边县区，风险指数高达 1.0 以上。

(3) 在 1990 - 2000 以及 2000 - 2008 年间，由于土地利用类型变化导致台风灾害风险程度变化较为显著。其中风险指数增高的地区多为林、草地转为居民地、建设用地和耕地，以及草地转为林地，而风险指数降低的地区，多数为耕地转成林、草地。

1990 年以来，我国东南沿海地区城市化发展迅速，土地利用状况发生了重大的变化，大量林、草地转为居民地、建设用地和耕地，草地转为林地，导致台风灾害风险程度增加，受台风影

响较为显著。因此,我们要合理利用土地利用,保护现有耕地,提高沿海地区抵御台风灾害的能力。

参考文献:

- [1] Wang B, Xu Y L, Bi B. Forecasting and warning of tropical cyclones in China[J]. Data Science Journal(Supplement), 2007, 6: 723-737.
- [2] 陈仕鸿, 隋广军, 唐丹玲. 一种台风灾情综合评估模型及应用[J]. 灾害学, 2012, 27(2): 87-91.
- [3] 魏章进, 隋广军, 唐丹玲. 台风灾情评估及方法综述[J]. 灾害学, 2012, 27(4): 107-113.
- [4] Lander, Mark A, Guam Mangilao. A look at global tropical cyclone activity with respect to the Atlantic change-point year of 1995 [C]//25th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology San Diego: AMS, 2002.
- [5] 曾令锋. 广西沿海台风灾害风险评估初探[J]. 灾害学, 1996, 11(1): 43-47.
- [6] 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.
- [7] 叶小岭, 施珮, 匡亮. 基于粒子群优化 BP 神经网络的台风灾损预测模型研究[J]. 灾害学, 2013, 28(4): 11-15, 21.
- [8] 张颖超, 范金平, 邓华. 基于加权 TOPSIS 法的浙江省抗台风减灾能力评估[J]. 灾害学, 2013, 28(4): 74-80.
- [9] 姜允迪. 强台风韦帕登陆浙江, 滇贵局地遭暴雨洪涝[J]. 气象, 2007, 33(12): 126-128.
- [10] 姜允迪. 渭河江汉流域秋雨成灾, 台风龙王造成福建严重损失[J]. 气象, 2006, 32(1): 126-128.
- [11] 梁潇云, 任福民. 2005 年全球重大天气气候事件概述[J]. 气象, 2006, 32(4): 74-77.
- [12] 顾华. 华北中南部出现强降水, “麦莎”、“珊瑚”登陆我国[J]. 气象, 2005, 31(11): 89-94.
- [13] 郭艳君, 任福民. 2004 年全球重大气候事件概述[J]. 气象, 2005, 31(4): 32-34.
- [14] 王晓玲, 郭艳君. 2008 年全球重大天气气候事件概述[J]. 气象, 2009, 35(4): 108-111.
- [15] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.
- [16] 刘纪远. 国家资源环境遥感宏观调查与动态监测研究[J]. 遥感学报, 1997, 1(3): 225-230.
- [17] 刘纪远, 布和敖斯尔. 中国土地利用变化现代时空特征的研究: 基于卫星遥感数据[J]. 第四纪研究, 2000, 20(3): 229-239.
- [18] 刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析[J]. 中国科学(D 辑), 2002, 32(12): 1031-1040.
- [19] 刘纪远, 张增祥, 庄大方, 等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析[J]. 地理研究, 2003, 22(1): 1-12.
- [20] 刘纪远, 张增祥, 庄大方, 等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化的遥感时空信息研究[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 241-243.
- [21] 刘纪远, 张增祥, 徐新良, 等. 21 世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J]. 地理学报, 2009, 64(12): 1411-1420.
- [22] 徐新良, 刘纪远, 庄大方. 国家尺度土地利用/覆被变化遥感监测方法[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(4): 2365-2369.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] UNDP. Reducing Disaster Risk: A challenge for development[M]. New York, United Nations Development Programme, 2004.
- [26] 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.

Typhoon Disasters in China's Coastal Areas and Risk Assessment of its Impact on Land Use Since 1990

Guo Tengjiao¹, Xu Xinliang² and Wang Zhaohai¹

(1. Population, Resource and Environment College, Shandong Normal University, Jinan 250014, China;

2. State Key Laboratory of Resources and Environmental Information Systems, Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: Based on the analysis of typhoon disaster on the southeastern coast of China on the basis of characteristics of time and space, characteristics of typhoon disaster risk evolution as a result of land cover change since 1990 are revealed. Results show that coastal regions presented a significant spatial diversity in the aspect of typhoon disaster risk. Disaster frequency index appeared significant zonal distribution, on a diminishing scale from southeast to the northwest. Among them, the coastal regions of Taiwan, Guangdong and Fujian are affected over 50 times. Due to the high density build-up area, risk index of urban areas, such as Shanghai, Hangzhou, Nanjing, Fuzhou, Guangzhou and surrounding counties, reached above 1.0 in the aspect of typhoon disaster carrying ability. Risk index changed significantly because of land cover change in the period of 1990-2000 and 2000-2008. The most prominent transition in the regions where the risk index increased was the conversion from forestland/grassland to build-up area/arable land. The most prominent transition in the regions where the risk index decreased was the conversion from arable land to forestland or grassland.

Key words: coastal area; typhoon disaster; land use; risk assessment