

文章编号:1004-4574(2007)03-0018-06

福建台风灾害风险分布的初步估计

陈 香^{1,2}, 陈 静^{2,3}

(1. 莆田学院 环境与生命科学系, 福建 莆田 351100; 2. 北京师范大学 区域地理研究实验室, 北京 100875; 3. 北京师范大学 地理学与遥感科学学院, 北京 100875)

摘要: 建议了一个较简单的台风灾害风险评价模型, 对福建台风灾害危险性、脆弱性和风险进行评价, 应用 Mapinfo 7.0 软件, 编制了福建台风灾害风险分布图。结果表明: 致灾因子危险性高值区主要分布在东部沿海, 这一地区应该采取预留高风险区, 与“台风灾害风险”共存的对策, 提高台风预报准确性; 承灾体脆弱性高值区集中分布在东部沿海的厦门、泉州、福州、莆田和漳州等地, 还零散分布在三明、龙岩等地级市, 这些地区应该采取生态安全条件下的土地利用结构调整、提高防御台风灾害能力和人口素质等对策, 以降低承灾体脆弱性; 风险高值区位于闽南沿海的漳州、长泰、龙海和厦门市, 闽中的泉州东南沿海、莆田市和福州东南沿海, 这些地区应该成为福建省防御台风灾害的重点区域。
关键词: 台风灾害; 危险性; 脆弱性; 风险评价; 风险分布; 福建省。

中图分类号: X4; P444

文献标识码: A

Preliminary estimation of risk distribution of typhoon disaster in Fujian

CHEN Xiang^{1,2}, CHEN Jing^{2,3}

(1. Department of Environment and Life Science, Putian University, Putian 351100, China; 2. Key Laboratory of Regional Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 3. College of Geography & Remote Sensing, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: According to the preliminary typhoon risk assessment model suggested in this paper, typhoon's hazard, vulnerability and risk are assessed, and maps of typhoon risk distribution are compiled. The results show that regions with high-value of hazard mainly distribute at the eastern coast, so the district of high hazard typhoon disaster system which coexists with "typhoon disaster risk" should be obligated in advance, which would improve the precise of typhoon forecast. Regions with high-value vulnerability of hazard-affected body mainly distributes at cities along the eastern coast, such as Xiamen, Quanzhou, Fuzhou, Putian and Zhangzhou, Sanming, Longyan was also scattered. It is necessary to adjust land use structure under the condition of ecological security, and improve the ability to defense typhoon and population's quality to reduce the vulnerability of hazard-affected body. Regions with high-value of risk are centralized in the east seaboard, such as Zhangzhou, Changtai, Longhai and Xiamen, and in the middle of Fujian such as Quanzhou, Fuzhou and Putian, where should be considered as the important district of typhoon disaster prevention.

Keywords: typhoon disaster; hazard; vulnerability; risk assessment; risk distribution; Fujian Province

收稿日期: 2007-01-10; 修订日期: 2007-03-10

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(D0540006); 莆田市科技基金资助项目(2005S09)

作者简介: 陈香(1965-), 女, 副教授, 主要从事自然灾害与环境地理研究. E-mail: lbrex2@21.cn.com

风险(risk)一词至今没有一个统一的严格定义,但各种风险定义的核心内容相似。韦伯字典的定义:风险是“面临着伤害或损失的可能性”;保险业的定义:风险是指“危害或损失的可能性”;Wilson 等 1987 年在《Science》上发表的文章将风险的本质描述为不确定性;黄崇福^[1]定义风险的核心为“人们不喜欢的事发生的可能性”或“不利事件发生的可能性”杜鹏^[2-3]等通过对农业气象灾害风险的研究提出可以用概率密度和方差描述灾害风险;黄崇福基于致灾因子和承灾体综合考虑提出灾害风险是超越某强度致灾因子发生概率与承灾体易损性的乘积^[4]等。综合上述概念,作者认为台风灾害风险是超越某强度的台风发生的可能性与台风灾害承灾体脆弱性的综合。

自然灾害风险评价是指通过风险分析的手段或观察外表法,对尚未发生的自然灾害之致灾因子强度、受灾程度,进行评定和估计,是风险分析技术在自然灾害学中的应用^[11]。目前,国内外学者都非常关注自然灾害风险评价,也取得较大进展。黄崇福、史培军^[5-9]等提出了城市灾害风险评价的两极模型,并对城市地震灾害进行评价;Zhang Jiquan 等对洪水灾害系统进行评估与区划等^[10-13];部分学者从灾害系统角度对自然灾害风险评价体系进行探讨^[14-15];对台风灾害风险评价则侧重从大风和暴雨等致灾因子进行统计分析^[16-17]。基于以上分析,目前对自然灾害风险评价主要集中在地震和洪水方面,对台风灾害的评价主要集中在致灾因子危险性方面,而且从宏观角度研究较多。针对具体区域,把致灾因子和承灾体结合起来,对台风灾害进行风险评价未见刊出。

福建省地处东南沿海,靠近世界上最大的台风源地,是台风灾害较严重的省份之一^[18]。根据福建省台风灾害数据库资料,近 26a 平均每年有 1.5 个台风登陆福建(含二次登陆),4 个台风影响福建,每年造成近百人死亡和 25 亿元的直接经济损失,台风灾害是福建所有自然灾害中危害最大、损失最严重的,已经严重影响福建省经济可持续发展。由于福建属于沿海的山地省份,山地面积占 90%,境内各地经济发展和人口分布不均,承灾体的脆弱性差异很大,对台风灾害灾情的影响悬殊;随着人口的迅速增长和沿海城市的迅速发展,对资源的开发力度加大,造成自然环境破坏严重,灾情迅速增长。研究福建台风灾害风险分布,对福建经济持续发展和最大限度减灾防灾以及灾害区划等具有非常重要的意义。本文基于自然灾害系统理论^[19-20],以福建省为研究区,构建了台风灾害致灾因子危险性与承灾体脆弱性评价指标体系与模型,并应用 Mapinfo7.0 软件,编制了福建省台风灾害致灾因子危险性分布图和承灾体脆弱性分布图,在此基础上,重建福建省台风灾害系统风险分布图,对福建省台风灾害风险分布进行分析,为福建省经济持续发展和防灾减灾政策制定与减灾区划等提供科学依据。

1 数据来源和研究方法

本文数据主要采用福建省气候影响评价^[21]的台风灾害资料和福建省统计年鉴^[22-23]的社会经济数据,应用 Excel 软件建立了 1980 - 2005 年福建省台风灾害数据库和 1978 - 2005 年福建省社会经济系统数据库。台风灾害数据库字段包括台风编号、登陆(影响)时间、强度、风力等级及分布范围、暴雨等级及分布范围、人员伤亡、农作物受灾成灾面积、直接经济损失、水利设施损失、交通通讯等生命线工程损失等;社会经济系统数据库字段包括人口数量、人口构成、出生率、地区 GDP、工农业总产值、财政收支值、城乡收入消费水平、农民人均收入支出值、各类企业数及从业人员和产值、农作物播种面积及结构、医院、交通、在校教师数和学生数等。根据图 1 的技术流程,构建了区域台风灾害风险评价指标,并应用

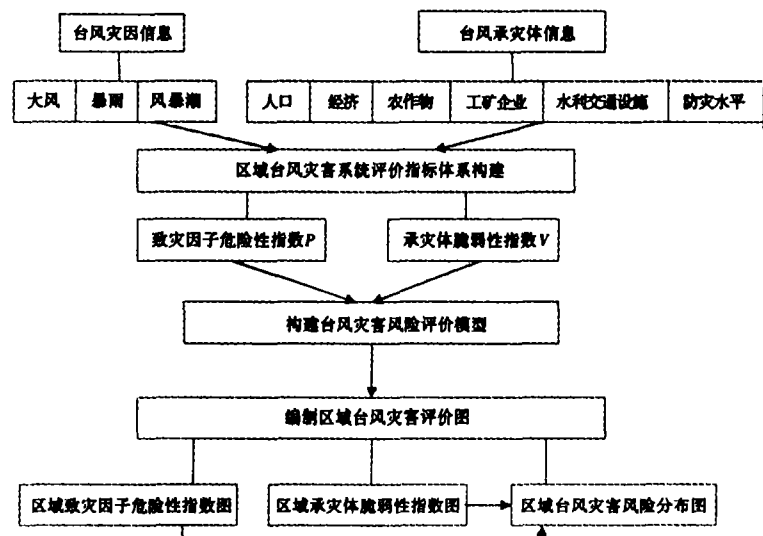


图 1 台风灾害系统风险评价技术框架
Fig. 1 Process of risk assessment of typhoon disaster system

Mapinfo7.0 软件,编制了福建省台风灾害致灾因子危险性指数图和承灾体脆弱性指数图,在此基础上,重建区域台风灾害风险分布图,对区域台风灾害风险进行分析。

2 福建台风灾害风险评价指标体系及模型构建

2.1 台风灾害致灾因子危险性指标体系与评价模型构建

台风灾害致灾因子危险性评价指标的建立是根据台风致灾因子对灾情的贡献率大小,同时考虑资料的详尽程度和易取得性,从福建省台风灾害数据库中提取受台风影响出现风力 8 级以上各县日次、日降水量 50 mm 以上各县日次、日降水量 100 mm 以上各县日次、过程降水量 100 mm 以上各县日次和过程降水量 200 mm 以上各县日次等 5 个指标分为两个灾害等级,即设定日雨 100 mm 以上和过程雨量 200 mm 以上出现次数作为台风重灾等级概率,风力 8 级以上、日雨 50 mm 以上和过程雨量 100 mm 以上出现次数作为台风一般灾害等级概率,构建不同灾害强度台风致灾因子危险性指标。

根据自然灾害风险评价基本理论^[1],构建台风灾害致灾因子风险概率评估模型如下

$$P_j = m_{ij}/n \tag{1}$$

式中, P_j 是第 j 县超越 i 特征值概率, m_{ij} 是第 j 县超越 i 特征值出现次数, n 是总共观测次数。

2.2 台风灾害承灾体脆弱性评价指标体系与评价模型构建

福建台风灾害承灾体脆弱性指标体系的建立体现了综合分析与主导因素相结合的原则,同时考虑资料的详尽程度和易取得性,从社会经济系统数据库中提取包含人口、经济、工农业生产、防灾水平等 10 个指标作为评价台风灾害承灾体脆弱性的指标(表 1)。

表 1 福建台风灾害承灾体脆弱性评价指标及权重

Table 1 Index and weight in vulnerability assessment of typhoon - affected body in Fujian

指 标	权重	影响方向	指 标	权重	影响方向
人口密度/(人·km ⁻²)	0.254	+	地均基建投资/(万元·km ⁻²)	0.042	-
城市人口比重/%	0.130	+	单位从业人员比重/%	0.062	+
地均 GDP/(万元·km ⁻²)	0.254	+	单位面积公路通车里程/(km·km ⁻²)	0.029	-
人均剩余金额/元	0.062	-	中等教育人员比重/%	0.015	-
农作物面积比重/%	0.130	+	卫生技术人员比重/%	0.042	-

指标权重的确定主要采用层次分析法(AHP)中的两两要素相对重要性的比较法构建判断矩阵,本文作者咨询 15 位专家,对所选指标进行重要性排序,构建判断矩阵求算、确定各要素的权重(表 1)。

为了消除各指标的量纲差异,对每一个指标值进行归一化处理。公式为:

$$X_i = X_i / \sum x_i$$

若与承灾体呈正相关的,直接采用归一化值;若与承灾体呈负相关的,则采用负归一化值。

台风灾害承灾体脆弱性评价是综合考虑各个因子对总体对象的影响程度,把各个具体指标的优劣综合起来,用一个数量化指标加以集中表示整个对象的优劣的加权综合评价法(WCA),用公式表示为

$$V_j = \sum_{i=1}^n W_i \cdot D_{ij} \tag{2}$$

式中, V_j 为第 j 县承灾体脆弱性, W_i 为第 i 指标的权重, D_{ij} 为第 j 县第 i 指标的归一化值。

2.3 台风灾害风险评价模型的构建

基于自然灾害系统理论^[19-20],台风灾害风险性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,对于特定区域,孕灾环境的稳定性对台风灾害风险的影响可以不考虑。参照文献[15],根据台风致灾因子危险性(分为一般灾害频率和严重灾害频率)和承灾体脆弱性 3 个因子对台风灾害风险的影响程度大小,分别赋予权重 0.2,0.3 和 0.5,并建议了一个较简单的台风灾害风险评价模型,公式为

$$I_{RISKj} = Y_j \times 0.2 + Z_j \times 0.3 + V_j \times 0.5 \tag{3}$$

式中, I_{RISKj} 为第 j 县台风灾害风险, Y_j 为第 j 县一般灾害频率归一化值, Z_j 为第 j 县严重灾害频率归一化值, V_j

为第 j 县台风灾害承灾体脆弱性值。

3 福建台风灾害风险分布分析

3.1 致灾因子危险性分析

根据概率计算公式(1),采用福建省台风灾害数据库资料,计算了福建省各县城不同灾害等级水平下的概率(表 2)。一般灾害等级,全省各县城台风灾害重现期分布特点是:0.4a 以下发生 1d·次的有 32 个县,0.4~0.8a 发生 1d·次的有 12 县,0.8~1.5 a 发生 1d·次的有 13 县,1.5~3 a 发生 1d·次的有 10 县,3 a 以上发生 1d·次的只有 3 县。重灾等级各县台风灾害重现期分布是:34 个县 3 a 以上发生一日次,7 个县 1.5~3 a 发生 1d·次,26 县 0.8~1.5 a 发生 1d·次,只有 3 个县 0.8 a 以下发生 1d·次。从表 2 可以看出,随着灾害等级的降低,发生台风灾害县市数明显增多,重现期明显缩短。可见,福建省台风灾害风险是相当高且普遍存在的。

为了更直观表达福建省各县城台风灾害致灾因子危险性空间分布状况,采用 Mapinfo7.0 软件编制了不同灾害等级福建台风灾害风险概率分布图(图 2)。图 2 表明:福建台风灾害风险普遍高,但地区差异明显。最高值分布在东部沿海,尤其是闽南沿海,闽中南的厦门、泉州与莆田交界处,闽中北的福州与宁德交界处;台风灾害风险最低值分布在闽西北山区地区,尤其在三明西部和南平西北部县市,反映了地理位置和地形条件对台风致灾因子的影响。这些地区应采取预防为主,防抗结合,预留灾害高风险区,与“台风灾害风险共存”的对策,通过提高致灾因子的预报水平,提前作好防灾预案。

表 2 不同灾害水平下的风险概率

Table 2 Risk probability at different disaster levels

P 频率 /%	重现期 /a	县(市)数及所占比例			
		一般灾害/个	比例/%	重灾/个	比例/%
<0.3	>3	3	4	34	49
0.3~0.6	1.5~3	10	14	7	10
0.6~1.2	0.8~1.5	13	19	26	37
1.2~2.4	0.4~0.8	12	17	3	4
>2.4	<0.4	32	46	0	0

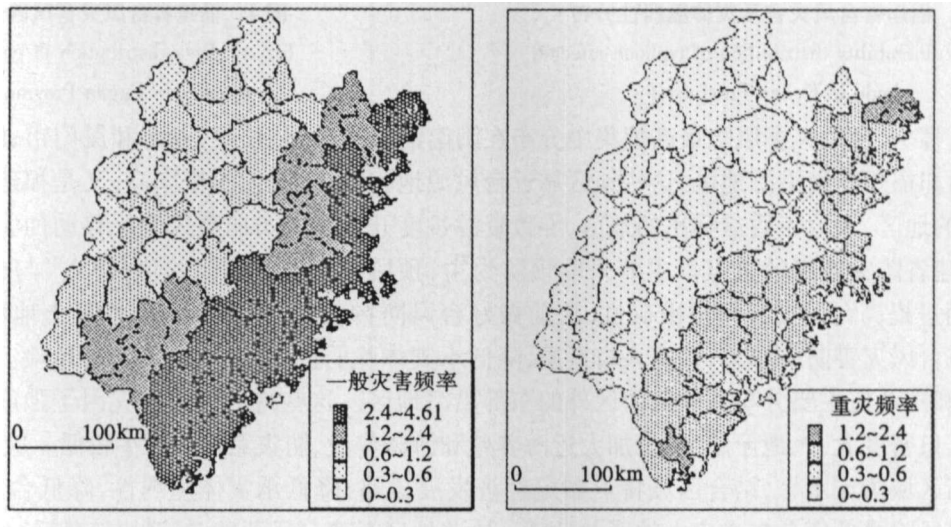


图 2 福建一般灾害等级(左)和重灾等级(右)台风灾害风险分布

Fig. 2 Risk distribution of typhoon disasters at general level (left) and serious level (right) in Fujian

3.2 承灾体脆弱性评价

采用表 1 台风灾害承灾体脆弱性评价指标和式(2)评价模型,以县城为单位,选择 2005 年台风灾害特别严重年份,应用 Mapinfo7.0 软件技术,编制了福建台风灾害承灾体脆弱性分布图(图 3)。结果表明:福建台风灾害承灾体脆弱性最高值集中分布在东部沿海的厦门、泉州、福州、莆田和漳州等地,另外还零散分布在闽南沿海的诏安、云霄,闽东北的福鼎和闽中西部的三明等地级市辖区;次高值分布在东部沿海的其他地市和人口相对多经济相对发达的地区;广大的闽西武夷山区和闽中戴云山区台风灾害承灾体脆弱性最低。台风灾害承灾体脆弱性差异的原因来自人类社会经济发展水平和防灾能力高低两个方面。东部沿海的厦

门、泉州、福州和漳州莆田等地因为地处沿海,交通便利,虽然经济相对发达,但人口高度集中,人口密度最大,人均土地面积小,促使沿海城市和工矿企业快速发展;防御台风灾害工程水平比较薄弱,大多数河流堤坝的防洪水平只有 20 ~ 30 年一遇,沿海的海堤防潮水平也不高;加上相对独立的地块救灾时效差等导致台风灾害脆弱性最大。东部沿海其他县市和地级市由于人口密度相对较大,人地矛盾突出,不合理的土地开发利用导致资源过度开发和环境破坏,经济相对比较发达,成为福建省台风灾害脆弱性次高值分布区。而广大的西北内陆地区,由于远离台风源地,经济相对薄弱,人口密度较小,山区森林植被保持良好等原因,台风灾害脆弱性低。针对台风灾害承灾体脆弱性的地区差异性,各地制定防御台风灾害对策应各有侧重。

3.3 福建台风灾害风险分布分析

根据致灾因子危险性和承灾体脆弱性结果,应用公式(3)模型,采用 Mapinfo7.0 技术编制以县域为单位的福建台风灾害风险分布图(图4)。综合考虑致灾因子危险性和承灾体脆弱性后的福建台风灾害风险分布

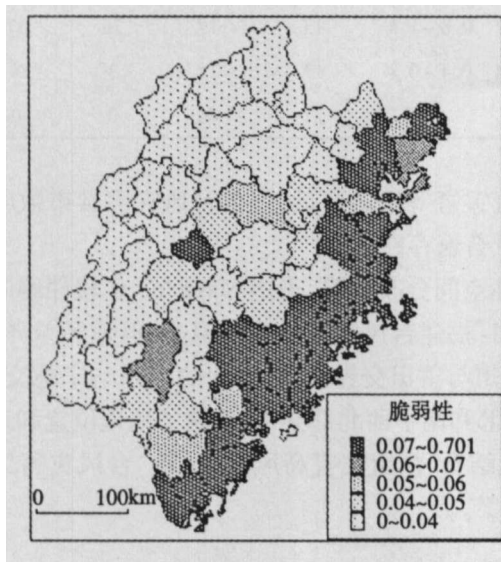


图3 福建省台风灾害承灾体脆弱性分布
Fig. 3 Vulnerability distribution of typhoon-affected body in Fujian Province

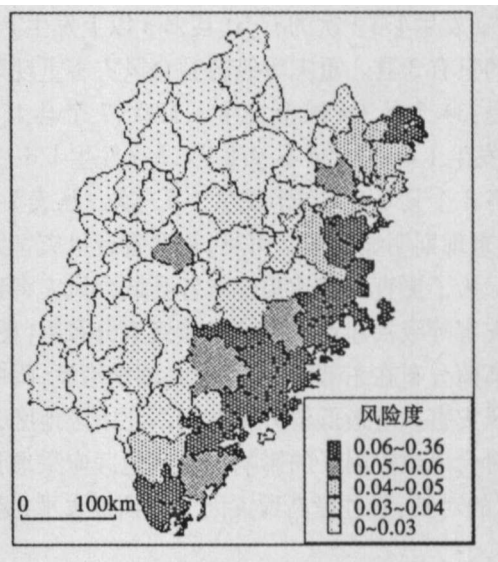


图4 福建省台风灾害风险分布
Fig. 4 Risk distribution of typhoon disaster in Fujian Province

有 3 个特点:第一,台风灾害风险最高值集中分布在闽南沿海的漳州、长泰、龙海和厦门市,闽中的泉州东南部沿海、莆田和福州东南沿海地区,这些地区靠近台风源地,台风致灾因子概率高;又是福建省人口最密集,经济最发达的地区,人地矛盾最突出的地区,导致资源过度开发和人类向高风险区移动加大台风灾害风险,应该成为福建省防灾减灾的重点。主要采取预防为主,预留台风灾害高风险区,建立“与台风灾害风险共存”对策。通过提高台风灾害预报准确性,提前做好台风防御;制定生态安全条件下土地利用结构优化调整,制定区域台风灾害防御政策,提高人口素质,降低承灾体脆弱性,以减小台风灾害风险。第二,台风灾害风险次高值和次低值主要分布在除高值区外的东部沿海地区。这些地区台风致灾因子强度大;经济又相对比较发达,人口密度大,人地矛盾突出,加大近海养殖和海洋作业,防灾意识和水平较低。应该加强人们的防灾意识,提高区域防灾水平,结合区域特点制定经济发展战略,降低承灾体脆弱性,降低台风灾害风险。第三,台风灾害风险最低值分布在广大的西北地区。这些地区远离台风源地,经济比较落后,人口相对较少,但这些地区大多是山区,台风暴雨容易引发山洪暴发和滑坡、泥石流等地质灾害。应该注意加强台风灾害链研究,防范台风次生灾害发生以放大灾情。基于区域台风灾害风险分布,提出不同的防御对策,可为福建省台风灾害防灾减灾提供科学依据。

4 结论与讨论

(1)根据台风灾害致灾因子对灾情的贡献率,构建了台风灾害致灾因子评价指标和评价模型,对福建省台风灾害致灾因子危险性进行分析。福建省台风灾害致灾因子危险性高值区主要分布在东部沿海,尤其集中在闽南沿海、闽中的厦门泉州和莆田交界处以及闽中北的福州与宁德交界处,反映地理位置和地形条件对

台风致灾因子的影响。这些地区应采取预留灾害高风险区,与“台风灾害风险”共存的对策,通过提高致灾因子的预报水平,提前作好防灾预案。

(2)根据综合分析和主导因素相结合的原则,构建了台风灾害承灾体脆弱性评价指标和评价模型,对福建台风灾害脆弱性进行评价。表明承灾体脆弱性高值区集中分布在东部沿海的厦门、泉州、福州、莆田和漳州等地,另外还零散分布在闽南的诏安和云霄、闽东北的福鼎和闽西中部的三明等地,这些地区应该进行生态安全条件下的土地利用结构优化调整,通过提高防御台风灾害的能力和人口素质,降低承灾体脆弱性。

(3)根据致灾因子危险性和承灾体脆弱性对台风灾害风险的贡献率大小,编制了福建台风灾害风险分布图。福建台风灾害风险高值区位于东部沿海的漳州、长泰和龙海,厦门市,泉州东南沿海,莆田市和福州东南沿海,这些地区应该成为福建省防御台风灾害的重点区域。基于区域台风灾害风险分布,提出不同的防御对策,可为福建省台风灾害防灾减灾提供科学依据。

(4)由于资料所限和台风灾害成灾机制的复杂性,本文仅初步分析了台风灾害致灾因子风险概率和个别年份台风灾害承灾体脆弱性与风险性,对于福建台风灾害风险区划以及有效减灾政策制定,还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 黄崇福. 自然灾害风险评价理论与实践[M]. 北京:科学出版社,2005.
- [2] 杜鹃,李世奎. 农业气象灾害风险评价模型及应用[J]. 气象学报,1997,55(1):95-102.
- [3] 杜鹃,李世奎. 农业气象灾害风险分析初探[J]. 地理学报,1998,55(3):202-208.
- [4] 黄崇福. 自然灾害风险分析的基本理论[J]. 自然灾害学报,1999,8(2):21-29.
- [5] 黄崇福,史培军,张远明. 城市自然灾害风险评价的一级模型[J]. 自然灾害学报,1994,3(1):1-8.
- [6] 黄崇福,史培军. 城市自然灾害风险评价的二级模型[J]. 自然灾害学报,1994,3(2):22-27.
- [7] 黄崇福,史培军. 城市地震灾害风险评价的数学模型[J]. 自然灾害学报,1995,4(2):6-8.
- [8] 黄崇福. 自然灾害分析的信息矩阵方法[J]. 自然灾害学报,2006,15(1):1-10.
- [9] 黄崇福,白海玲. 模糊直方图的概念及其在自然灾害风险分析中的应用[J]. 工程数学学报,2000,17(2):71-76.
- [10] 仪垂祥,史培军. 自然灾害系统模型:理论部分[J]. 自然灾害学报,1995,4(3):6-8.
- [11] 周寅康. 自然灾害风险评价初步研究[J]. 自然灾害学报,1995,4(1):6-11.
- [12] 万庆. 洪水灾害系统分析与评估[M]. 北京:科学出版社,1999:20-39.
- [13] Zhang Jiquan, Tomoharu Hori, Hirokazu Tatano, et al. GIS and flood inundation mode - based flood risk assessment in urbanized floodplain[C]//Chen, et al. GIS RS in Hydrology, Water Resources and Environment. Guangzhou: Sun Yat - Sen University Press.
- [14] Zhang Jiquan, Okada Norio, Tatano Hirokazu, et al. Risk assessment and zoning of flood damage caused by heavy rainfall in Yamaguchi Prefecture, Japan[M]//Wu, et al. Flood Defence 2002. New York: Science Press, 2002:162-170.
- [15] 张会,张继权,韩俊山. 基于GIS技术的洪害灾害风险评估与区划研究[J]. 自然灾害学报,2005,14(6):141-146.
- [16] 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.
- [17] 耿进萍,段忠东,常亮. 中国东南沿海重点城市台风危险性分析[J]. 自然灾害学报,2002,11(4):9-17.
- [18] 伍荣生. 现代天气学原理[M]. 北京:高等教育出版社,1999:174-175.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 福建省气象台. 福建省气候影响评价[Z]. 福州:福建省气象台,1980-2005.
- [22] 龚守栋. 福建改革开放25年[M]. 福州:福建人民出版社,2004:365-470.
- [23] 福建省统计局和国家统计局福建调查队. 福建省统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2006:445-493.