

对气象致灾因子危险度诊断方法的探讨^{* 1}

杨秋珍¹ 徐明¹ 李军²
YANG Qiuzhen¹ XU Ming¹ LI Jun²

1. 中国气象局上海台风研究所, 上海, 200030
2. 上海区域气候中心, 上海, 200030

1. *Shanghai Typhoon Institute of China Meteorological Administration, Shanghai 200030, China*
2. *Shanghai Regional Climate Center for East China, Shanghai 200030, China*

2008-11-02 收稿, 2009-03-18 改回.

Yang Qiuzhen, Xu Ming, Li Jun. 2010. A quantitative and objective approach to diagnosing the hazard degree of the meteorological disastrous factors. *Acta Meteorologica Sinica*, 68(2): 277-284

Abstract The losses and risks caused by meteorological disasters are determined by the potential hazard of the meteorological events, vulnerability of the hazard-affected body, as well as natural and man-made resilience in the disaster-pregnant environment. Among these factors, two of them related to hazard-affected body or disaster-pregnant environment are comparatively stable for a certain place and period, and meteorological hazards are however changeable. The spatial and temporal distribution patterns of meteorological hazards largely determine the place and evolution of disasters. Accurate diagnosis of the hazard degree is the base for assessing the loss and risk of meteorological disasters. In this paper, the definition of meteorological hazard and its diagnostic model for both local and regional areas are put forward, and the relationship between the value of the random variables and its probability is applied to describe the distribution of weather event hazards and build up the risk threshold field that is composed of hazard threshold values at each risk probability level. The meteorological hazard degree is defined as the integration of the similarity and approach degree of the observational values for an event to the threshold value at various probability risk levels in the risk field. Using the random variable probability distribution model, the meteorological hazard threshold values under the specific risk probability levels in any given place and their threshold field are determined, and the quantitative hazard degree diagnostic model is established by combining the spatial similarity with the distance parameters. As a demonstration, the gale (strong wind) hazard diagnostic model is set up and then the hazard degrees about TC0509, TC0515 and the other gale events in the thirty cases in Shanghai are estimated. The results are as follows: the largest gale hazard degree is from TC 7708, its overall hazard degree level is mostly close to the threshold of maximum wind speed of 8-year return period. The gale hazard degrees of TC 8615 and the case of other weather process in 3 June, 1983 are secondary, with the value close to that of 7-year return period, and the maximum wind speed hazard degrees of TC 9711 and TC 8114 are close to that of 4-year return period. The gale hazard degrees of TC7413, TC7503, TC7909 and TC8506 are close to the 3-year return period, and the TC0509 "Matsa" and the TC0515 "Kanu" are close to 2-year return period. The results also show the main distribution characteristic of annual maximum wind speed with return periods from 1 to several hundreds years in Shanghai. The coastal regions in Shanghai such as Nanhui, Chongming, Jinshan are the areas of high wind speed and also the high-value areas of the maximum wind speed under a certain risk probability level, and, at the same time, the high-frequency and high-risk areas of strong winds more than eight grade are located here as well. In contrast, the inland regions in Shanghai are the low wind speed areas and the low-value areas of maximum wind speed under the certain risk levels where strong winds more than eight grade are rare ob-

* 资助课题: 国家重点基础研究发展计划(2009CB421500)和上海市科技兴农重点攻关项目“林地结构布局与提高生态功能及抗灾能力研究”。

作者简介: 杨秋珍, 主要从事气象灾害成灾机制及影响评估方法研究。E-mail: yangqz@mail.typhoon.gov.cn

served. Application results show that the diagnostic approach is objective and quantitative in assessing the hazard degree of weather events, which provides a reference for the meteorological disaster evaluation.

Key words Meteorological hazard factors, Risk thresholds, Hazard degree diagnosis

摘要 气象灾害损失与风险大小取决于气象致灾因子危险性、承灾体脆弱性、自然与人为防控在孕灾环境中时空配置格局及交互作用。但对于一定区域与时段而言,后两个因素相对稳定,气象致灾因子多变,其不同时空分布格局很大程度上决定了灾害的地域性及时间变化特征。对致灾因子危险性予以准确诊断是客观评估气象灾害损失与风险大小的基本前提。为此,文中提出了气象致灾因子危险度定义及点面相结合的诊断模型:(1)将危险度定义为事件致灾因子量值与风险阈值场中各级风险水平阈值之间的接近程度;(2)采用随机变量概率分布模型估计各地各种特定概率下的气象事件致灾因子量级,构建气象致灾因子风险阈值场;(3)联合空间相似和距离参量构建危险度诊断模型,以刻划事件致灾因子与各级风险阈值分布形态相似性及数值差异大小,据此计算事件致灾因子与风险阈值场中各级风险阈值的接近程度,以接近度最大为原则确定某过程致灾因子总体危险性水平等级。然后以上海地区风致灾因子危险性诊断为例,计算了上海各地不同风险水平下年最大风速阈值以及各地各级年最大风速的风险水平,构建了上海地区年最大风速的风险阈值场,结果表明:上海沿海地区的南汇、崇明、金山等地为年最大风速高值区,也是一定风险水平下的最大风速高值区,同时又是8级以上强风频发区及高危险区;相对地,本市较内陆的区域,则是年最大风速低值区,也是一定风险水平下的最大风速低值区,同时又是8级以上强风稀遇区及低危险区;一定重现期下最大风速阈值地区分布也有类似规律。最后,应用该模型对影响上海地区热带气旋及其他天气过程共30余个例作出风危险度诊断,结果表明,以1977年9月11日的7708号热带气旋风危险度最高,总体上与风险水平为8年一遇的年最大风速阈值最为接近;1986年8月27日8615号热带气旋与1983年6月3日其他天气过程个例风危险度为第2,总体接近于7年一遇年最大风速阈值;8114号与9711号热带气旋风危险度则与4年一遇年最大风速阈值最为接近;7413号、7503号、7909号、8506号热带气旋的风危险度接近3年一遇年最大风速阈值;而0509号热带气旋“麦莎”、0515号热带气旋“卡努”风危险度总体上接近于2年一遇的年最大风速阈值。其他热带气旋影响个例,其风危险度多数与重现期约2年一遇的年最大风速阈值接近。实际应用结果表明,所提出的这一点面结合的危险度的诊断方法,能较客观定量地评定气象致灾因子的危险性程度。

关键词 气象致灾因子,风险阈值,危险度诊断

中图法分类号 P425.6⁺1

1 引言

由灾害学观点可知,所谓致灾因子是指一切可能引起人员伤亡、财产损失及资源破坏的各种自然与人文异变因素,它是各种灾害、事故发生的危险源(刘新立,2005;李新娟,2007; <http://define.cnki.net/WebForms/WebDefines.aspx>)。气象致灾因子就是能造成上述灾难性后果的各种气象影响因素。近年来台风巨灾、暴雨洪涝、高温热浪、寒流冰雪、强对流等极端气象事件频现,对社会、经济、生活等产生严重影响,引起国际社会对灾害影响评估及风险管理的高度关注。风险评估正日益成为整个现代决策、经济评价和预测的真正组成部分(http://www.chinainfo.gov.cn/data/200607/1_20060714_141156.html;SHI Peijun, 2006; Okada N, 2003; Dille M, 2005; <http://www.irgc.org/Definitions-of-risk-governance-and.html>; 史培军, 2005; 刘新立, 2005)。从现时灾害学理论可知,自然灾害风险大小取决于致灾因子危险性、孕灾环境稳

定性、承灾体脆弱性以及抗灾恢复能力等诸风险影响因素相互配置状况(史培军, 2002, 2005; Katharina, 2006)。在一定时段内,气象致灾因子相对于其他风险影响因素具多变性特点,往往在成灾过程中起关键作用,其分布格局很大程度上决定了不同灾情类型及变化特征,对气象致灾因子危险性的时空分布差异予以客观定量诊断是准确评估极端气象事件影响及风险大小的基本前提,不但能满足气象业务与服务对极端或超常气象事件的性质进行快速识别与定量界定的经常性需求,还能为灾前备灾、灾中响应救援、灾后恢复重建决策提供帮助。最近20—30年,风险分析在安全、健康、生态环境、金融、公共福利及信誉等领域发展迅速(Vincent, et al, 1988; Rycroft, et al, 1988; Rao, et al, 1996; Hans, 2005)。自然灾害中应用风险分析方法主要见于地震与山地灾害研究,涵盖了自然灾害事件发生的可能性研究、自然灾害系统理论、危险性评价模型、承灾体脆弱性模型、抗灾恢复能力模型、灾害损失模型、灾害风险评价与管理等方面(黄崇福, 2005; 孙绍

骋,2001;史培军等,2006),但不同学科领域间对于相关概念术语的理解与表述差异仍较大,有时甚至将“危险”与“风险”等同(Katharina,2006; <http://www.irgc.org/-Basic-Concepts-of-Risk-.html>)。如在地震与山地灾害危险度评价中,大多包含了致灾因子、承灾体、自然环境、人为抗性等各类风险影响因素,据此构建评价指标体系,并通过层次分析法(樊晓一等,2004;徐伟等,2004)、模糊综合评判法(陈伟等,2006)、神经网络法(汪明武,2000)、信息熵(杨宗估,2008)等各参评因子的权重做计算,建立危险度评价模型。同时,因上述方法在权重确定客观性及可操作性方面的局限性,近年提出了投影寻踪动态聚类法,力求通过特定的数据处理技术使危险度评价客观与精简(汪明武,2002;倪长健等,2006)。在事故发生危险度(如船舶碰撞事件)研究中,也是在考虑多种主客观因素对空间碰撞影响前提下,基于刺激-反应的理论和改进的神经网络法给出了空间碰撞危险度模型(王则胜等,2007;吴兆麟等,2001)。流行病学方面危险度是指导致不良结果的机会,危险度评价是分析和评估暴露于环境的危害因子与健康 and 安全性关系的过程,作为探索疾病的病因方面的基本研究方法(<http://www.lunwentuanxia.com/product.free.5798302.1.aspx>)。

随着极端气象事件与气象巨灾频发,对气象灾害损失评估及风险分析日益重视,并在台风(林继生,1995;卢文芳,1995;梁必骥,1999;钱燕珍等,2001;丁燕等,2002;周俊华,2004;李春梅等,2006;陈香,2007;马清云等,2008;陈佩燕等,2009)、高温(陈见,2007)、暴雨(杨秋珍等,1997;陈艳秋等,2006;王博等,2007)、沙尘暴(杜子璇等,2007)等气象灾害评估方面进行了相关探索,尤其在农业气象灾害风险评价方面成果更为突出(杜鹃等,1997;霍治国等,2003;李世奎等,2004;王春乙等,2005)。在研究技术和方法上,已注意应用工程力学、数学、统计学与GIS技术。但总体而言,气象灾害损失评估主要集中于将各类灾情损失指标系数化后再与气象因素建立联系,风险评价主要侧重在建立灾害风险影响指标体系及模糊评价模型研究方面,对其中涉及的有关概念性问题及如何从风险形成机制上去研究仍缺乏关注。为此本文从现时对风险的较完整理解入手,着重讨论对气象灾害的“危险”——气象致灾因子危险度的表述、定量诊断模型的构建及实际应用。最后以上海地区风致灾危险性评估为示范,

对影响上海地区的0509“麦莎”、0515“卡努”台风等30余次强风个例,给出气象致灾因子危险度定量诊断模型的应用结果。

2 思路与方法

2.1 极端气象事件中致灾因子危险度诊断模型的构建

鉴于现阶段对于“危险”等相关概念的定义与表述的含糊,本文认为应将自然致灾因子和灾害、灾情加以区别是很重要的。由于自然异变时常存在,只要这样的异变没有对人类社会、资源环境造成破坏,就构不成灾害,所以从风险分析角度,自然灾害“危险”论域侧重在致灾因子方面更为恰当。考虑到极端气象事件中致灾因子是一个随机变量,每次过程影响地点有多有少,强度有大有小,致灾阈值有些地区是常遇的,而有些地区则是稀遇的,如何点面结合量化表述并客观评定某极端气象事件(气象致灾因子)的致灾危险性?为此本文定义了致灾危险度及诊断模型。基本思路是,采用合适的随机变量概率分布模型来描述致灾因子强度概率分布规律,以确定各地的不同风险水平的致灾因子阈值,形成风险阈值矩阵(这里的“不同风险水平”是指不同年超越概率,而“阈值”是指相应年超越概率下致灾因子可能出现的最大数值,下同);在此基础上,用刻划空间分布形态相似及位置接近程度的参量构建点面结合的致灾危险度诊断模型,以计算某一极端气象事件中致灾因子场与风险阈值场各级风险水平阈值在空间上的总体接近程度,以危险度值最大为原则评估某事件致灾因子总体致灾危险性等级。

设气象事件致灾因子风险阈值场 \mathbf{X} , 由 m 个不同风险水平($i = 1, 2, \dots, m$)、 n 个站点($k = 1, 2, \dots, n$)的致灾因子阈值组成,用一矩阵表示(屠其璞,1984)

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \cdots & x_{2n} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \cdots & x_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

设 Z 为待评估气象事件,其在 n 个站点气象致灾因子值为

$$Z = [z_1, z_2, z_3, \dots, z_n] \quad (2)$$

x_{ik} 表示 \mathbf{X} 场的第 i 个风险水平在第 k 个站点的致灾因子阈值; z_k 表示事件在第 k 个站点的致灾因子值。

定义 A_i 为事件 Z 的危险度,它是事件 Z 与 X 场的第 i 个风险水平的 n 个站点致灾因子阈值之间的接近程度,本文采用空间相似系数和空间距离系数来综合表征(黄嘉佑,2004),其中相似系数描述事件 Z 与 X 场各级风险阈值分布形态相似性,距离系数则是主要关注事件 Z 与 X 场中每个风险阈值的数值差异大小。故令危险度 A_i 表达式为

$$A_i = R_i \cdot (1 - D_i/D_{\max}) \quad (3)$$

其中,

$$R_i = \frac{\sum_{k=1}^n (z_k - \bar{z})(x_{ik} - \bar{x}_i)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (z_k - \bar{z})^2 (x_{ik} - \bar{x}_i)^2}} \quad (4)$$

$$D_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (z_k - x_{ik})^2} \quad (5)$$

上述各式中, \bar{z} , \bar{x}_i 分别是待评估气象事件 n 个站点致灾因子的平均值及 n 个站点第 i 个风险水平致灾因子阈值的平均值。

R_i 表示事件 Z 与 X 场的第 i 个风险水平的 n 个站点致灾因子阈值之间的相似系数,它表征了事件与 X 场不同风险水平下致灾因子阈值的空间分布相似程度,其值越大,则事件与 X 场该风险水平阈值的空间形态越相似。

D_i 表示事件 Z 与 X 场的第 i 个风险水平的 n 个站点致灾因子阈值之间的平均距离,它表征了事件与 X 场不同风险水平下致灾因子阈值之间空间位置的接近程度,其值越小,则事件与 X 场该风险水平阈值空间位置越接近。令 D_{\max} 为 X 场的各风险水平之间平均距离的最大值,便于 D_i 无量纲化及可比性。

由上可见,危险度 A_i 是一个既能反映待评估事件样本 Z 与 X 场之间的空间分布的相似程度,也能反映它们之间空间位置接近程度的无量纲值。从上述表达式可知, A_i 随 R_i 增大和 D_i 的减小而增大。也就是说,若 R_i 越大、 D_i 越小, A_i 越大,表明事件 Z 与 X 场相应风险水平阈值之间的空间分布形态越相似、数值差异越小,则危险度越高;反之,危险度越低。可见,用 A_i 来刻画事件 Z 危险度是合适的。

2.2 各级风险水平下致灾因子风险阈值确定

2.2.1 致灾因子分布规律的表达

我们可用随机变量与其取值的概率之间的关系来描述极端气象事件致灾因子的分布规律(屠其璞,

1984)。若设 ξ 为气象致灾因子这一随机变量,则用 ξ 取值小于任意实数 x 的概率 $P(\xi < x)$ 这样的点数来表示 ξ 的分布函数,即令

$$F(X) = P(\xi < x) \quad (6)$$

则其分布密度函数

$$f(x) = F'(X) \quad (7)$$

这样只要确定了 ξ 的分布函数,也就确定了其概率性质。

再由式(7)得到超越概率分布函数

$$P(X) = P(\xi \geq x) = 1 - F(X) \quad (8)$$

2.2.2 气象致灾因子概率分布模型构建及适度检验

根据研究对象观测资料样本的实际频率密度分布态势以构造其可能的理论分布模型 $G_0(x)$ 。

模型参数估计可采用极大似然法与最小二乘法。其中模型参数的极大似然估计的似然函数 $L(\theta)$ 表示为

$$L(\theta) = L(x_1, x_2 \cdots x_n; \theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i; \theta) \quad (9)$$

式中 $x_1, x_2 \cdots x_n$ 是取自总体为 X 的连续型随机变量随机点 $(X_1, X_2 \cdots X_n)$ 的样本值; $f(x; \theta)$ 为 X 的概率密度函数,其中 θ 是未知参数; $\prod_{i=1}^n f(x_i; \theta)$ 为随机点 $(X_1, X_2 \cdots X_n)$ 取值为 $(x_1, x_2 \cdots x_n)$ 时联合密度函数值。

极大似然估计法就是在参数 θ 的可能取值范围内,选取能使 $L(\theta)$ 达到最大的参数 $\hat{\theta}$,即使 $L(\theta) = L(x_1, x_2 \cdots x_n; \hat{\theta}) = \max_{\theta \in \Theta} L(x_1, x_2 \cdots x_n; \theta)$ 的 $\hat{\theta}$ 作为参数 θ 的估计值。

模型的适度检验用柯尔莫哥洛夫法,以便逐点考察实际分布与理论分布的差异,即

$$D(n) = \sup_{-\infty < x < \infty} |F_n^*(x) - G_0(x)| \quad (10)$$

$D(n)$ 表示在所有各点上经验分布与假设的理论分布之差的最大值。由实测的 $D(n)$ 的大小来决定 $G_0(x)$ 是否是总体的分布。

显然, $D(n)$ 是一个随机变量,对任意的 $\lambda > 0$ 有

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P(D_n \sqrt{n} < \lambda) = \theta(\lambda) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} (-1)^k e^{-2k^2 \lambda^2} \quad (11)$$

利用这一分布可以检验关于分布的假设。若假设总体分布函数 $F(x) = G_0(x)$, 根据经验分布函数 $F_n^*(x)$ 及理论分布函数 $G_0(x)$ 可以算出每一样本点上的偏差 $d = |F_n^*(x_m^*) - G_0(x_m^*)|$, 找出这些偏差中的最大值 d_n , 若 n 很大, 则可认为 $D_n \sqrt{n}$ 近似地服从分布 $\theta_n(\lambda)$, 这样, 可以根据信度 α , 找到满足 $\theta(\lambda_\alpha) = 1 - \alpha$ 的临界值 λ_α , 然后比较 $d_n \sqrt{n}$ 与 λ_α , 若 $d_n \sqrt{n} < \lambda_\alpha$, 则接受原假设,

若 $d_n \sqrt{n} \geq \lambda_\alpha$, 则拒绝原假设。

2.2.3 气象致灾因子风险阈值确定

由 $P(X) = P(\zeta \geq x)$, 求出大于等于 x 的相应 $P(X)$, 即为达到某一致灾因子阈值的超越概率; 反之由其反函数求得一定 $P(X)$ 下的 x 值即为某一超越概率下的致灾因子阈值。

3 致灾因子危险度诊断模型在上海风致灾危险性评估中的应用

本文建模选用的资料为 1974—2006 年上海市各气象局年最大风速(任意 10 min 平均)资料; 风致灾危险性评估应用个例资料选用热带气旋资料, 考虑到上海地区将近半数站为非热带气旋资料整编站点, 所以热带气旋最大风速资料统一从影响上海地区逐日最大风

速资料中挑取 30 个热带气旋影响期间极值。

3.1 上海各地最大风速主要统计特征

1974—2006 年, 上海各地年最大风速极值在 15.7—22.0 m/s, 年最大风速累年平均值在 10.9—15.5 m/s。南汇、崇明、金山、青浦为大值区, 较市区龙徐(龙华徐家汇, 下同)及松江、闵行、嘉定、宝山等明显偏大。各地年最大风速变异系数在 12.8%—25.0%, 年际变化以市区及南汇较大, 崇明较小(表 1)。

由表 2 可知, 大部分地区年最大风速 ≥ 10.8 m/s 几乎每年都会出现, 出现年数最多的地区是金山、崇明。年最大风速 ≥ 17.2 m/s(风力 8 级)的年份金山有 8 年, 其次是崇明有 7 年, 南汇与青浦各有 5 年, 龙徐没有出现。年最大风速 ≥ 20.8 m/s(风力 9 级)的年份稀有, 仅南汇出现过 1 年, 其他各地均未出现。

表 1 上海地区 10 min 平均年最大风速特征值

Table 1 The characteristic values of annual maximal ten-minute-averaged wind speeds at the different regions in Shanghai

	松江	龙徐	闵行	嘉定	宝山	青浦	奉贤	金山	南汇	崇明
累年年最大风速平均值(m/s)	13.4	10.9	13.7	13.3	13.5	14.7	14.2	15.4	14.7	15.5
累年年最大风速极大值(m/s)	18.0	15.7	18.0	18.7	17.7	20.0	20.0	20.7	22.0	19.0
年最大风速标准差	2.09	2.73	2.29	2.40	1.93	2.43	2.41	2.46	2.83	1.98
年最大风速变异系数	0.156	0.25	0.167	0.18	0.143	0.165	0.17	0.16	0.192	0.128

表 2 上海各地 10 min 平均年最大风速不同级别的出现年数

Table 2 The year-numbers of different scales of annual maximal ten-minute-averaged wind speeds at the different regions in Shanghai

风力	金山	闵行	龙徐	嘉定	宝山	松江	奉贤	崇明	南汇	青浦
≥ 6 级年数(年)	33	30	19	28	32	31	29	33	32	32
≥ 7 级年数(年)	24	17	5	13	16	13	17	23	19	19
≥ 8 级年数(年)	8	1	0	2	1	2	3	7	5	5
≥ 9 级年数(年)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

从最大风速 ≥ 8 级年均天数来看, 南汇、崇明、金山地区为最多, 月际分布则是 8 月最多, 其次为 7 月与 9 月, 主要与热带气旋影响有关(图 1)。

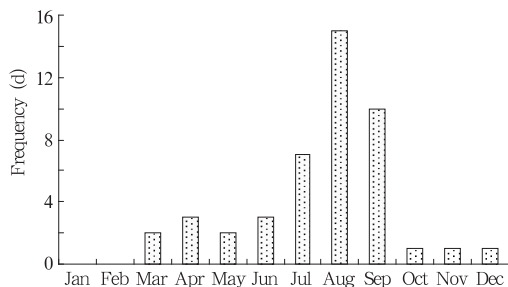


图 1 上海最大风速 ≥ 17.2 m/s 总频次月际分布

Fig. 1 The monthly total days of maximal ten-minute-averaged wind speeds ≥ 17.2 m/s in Shanghai

3.2 上海地区年最大风速的理论分布模型

经适度测验, 上海地区各站点年最大风速实际频率密度分布最接近韦伯分布, 其分布密度函数为

$$f(x) = \frac{k(x-r)^{k-1}}{c} e^{-\frac{(x-r)^k}{c}} \quad (x > r) \quad (12)$$

其中 r 为密度曲线位置参数; k 为决定密度曲线形状的形状参数; c 称为尺度参数。对密度函数积分得到分布函数为

$$F(x) = P(\zeta < x) = 1 - e^{-\frac{(x-r)^k}{c}} \quad (13)$$

超越概率函数

$$P(X) = P(\zeta \geq x) = e^{-\frac{(x-r)^k}{c}} \quad (14)$$

重现期

$$T = 1/P(X) \quad (15)$$

由式(13)、(14)、(15)求得上海各地各级年最大风速

年超越概率及重现期(图2),由式(14)反函数求出各不同年超越概率下的年最大风速值(图3)。

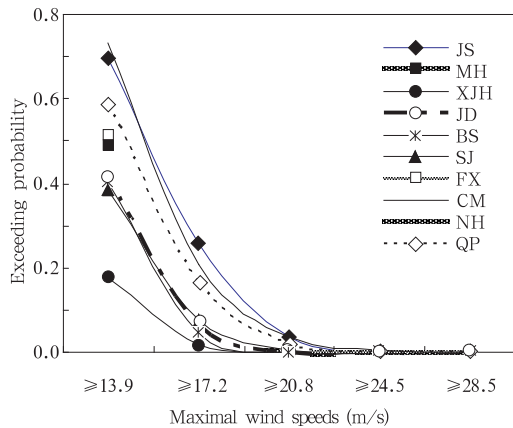


图2 上海地区各级最大风速年超越概率 (JS-金山, MH-闵行, XJH-徐家汇, JD-嘉定, BS-宝山, SJ-松江, FX-奉贤, CM-崇明, NH-南汇, QP-青浦)

Fig. 2 The exceeding probability of different scales of annual maximal ten-minute-averaged wind speeds at the different regions in Shanghai (JS- Jinshan, MH- Minghang, XJH- Xujiahui, JD- Jiading, BS- Baoshan, SJ- Songjing, FX- Fengxian, CM- Chongming, NH- Nanhui, QP- Qingpu)

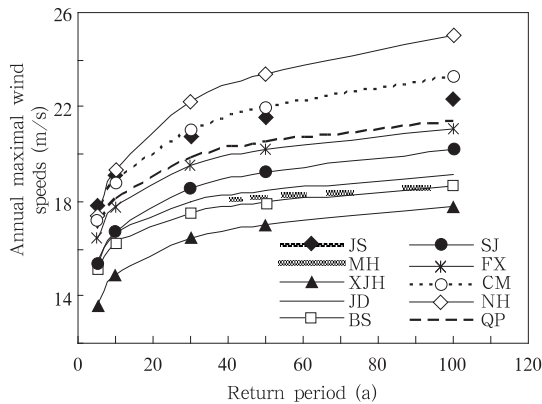


图3 上海各地不同重现期年最大风速值 (JS-金山, MH-闵行, XJH-徐家汇, JD-嘉定, BS-宝山, SJ-松江, FX-奉贤, CM-崇明, NH-南汇, QP-青浦)

Fig. 3 The annual maximal ten-minute-averaged wind speeds of various return periods at the different regions in Shanghai (JS- Jinshan, MH- Minghang, XJH- Xujiahui, JD- Jiading, BS- Baoshan, SJ- Songjing, FX- Fengxian, CM- Chongming, NH- Nanhui, QP- Qingpu)

以年最大风速 ≥ 8 级年超越概率为例,最高区域为金山、南汇、崇明,均高于0.2,年最大风速 ≥ 8 级重现期不到5年,风险最大;其他地区年最大风速 ≥ 8 级风险水平由高及低依次为青浦6—7年一遇、奉贤7—8年一遇、松江约13年一遇、闵行与嘉定约15年一遇、宝山22—23年一遇;龙徐则超过50年一遇,为年最大风速 ≥ 8 级风险最小区域。而一定重现期下年最大风速阈值地区分布也有类似规律,以30年一遇风险水平的年最大风速地区分布为例,除市区龙徐16.5 m/s(不到8级)外,其他均达8—9级,其中南汇、崇明、金山三地均超过9级(20.8 m/s),分别达22.2、21.0、20.8 m/s;青浦、奉贤、松江、嘉定、闵行、宝山均达到8级以上。

由上述诸项统计可知,上海沿海地区(南汇、崇明、金山)为年最大风速高值区,也是一定风险水平下的最大风速高值区,同时又是8级以上强风频发区及高危险区。相对地,上海较内陆的区域,则是年最大风速低值区,也是一定风险水平下的最大风速低值区,同时又是8级以上强风稀遇区及低危险区。这与下垫面粗糙度由沿海向内陆的增加对风速的削减有关。

3.3 影响上海地区热带气旋及其他天气过程个例的风致灾危险度诊断结果

从各年代任选30个热带气旋个例及1个其他天气过程的最大风速,由式(13)、(14)、(15)可求得所在地点(点)的最大风速超越概率及相应重现期;由式(3)、(4)、(5)可求得各个例的风致灾危险度,即与全区域(面)各重现期年最大风速阈值的总体接近度(表3)。

从表3可知,各影响个例最大风速及相应年超越概率地区差异较大。如1977年9月11日的7708号热带气旋产生的最大风速为14.0—19.0 m/s(南汇),嘉定达到约60年一遇的年最大风速,而南部金山约3年一遇。7909号热带气旋上海各地最大风速达11.3—20.0 m/s(青浦最大),青浦接近当地35年一遇最大风速,奉贤相当于当地7年一遇年最大风速,金山、崇明、宝山则与当地1年多一遇最大风速相当,其他地区县接近于当地2年多一遇年最大风速。1997年8月19日9711号热带气旋影响上海时所产生的最大风速为13.7(嘉定)—17.7 m/s(宝山、金山),宝山约相当于36年一遇年最大风速,而嘉定不到3年一遇。8707号、0205号、

0509号热带气旋最大风速重现期地区分布最大约10年一遇,最小地区为1年多一遇。0205号热带气旋在上海各地产生的最大风速为6.3—19.0 m/s(崇明最大),崇明接近当地11年一遇最大风速,南汇相当于当地4.5年一遇最大风速,其他区县接近于当地1年多一遇最大风速。2005年8月6日0509台风“麦莎”影响上海时,上海各区县气象站测得的最大风速6.0 m/s(徐家汇)—18.7 m/s(金山),金山约相当于8年一遇的年最大风速,其他地区多数与1—3年遇年最大风速接近;2005年9月12日0515台风“卡努”影响上海时,上海最大风速为5.8 m/s(徐家汇)—16.8 m/s(金山),约与1—4年一遇的年最大风速相当。其他热带气旋个例影响时,地区间最大风速及相应年超越概率较为接近。

用危险度诊断模型对所选个例进行风危险度计算,得到如下结果:以1977年9月11日的7708号热带气旋风危险度最高,总体上与风险水平为8年一遇的年最大风速阈值最为接近;1986年8月27日8615号热带气旋与1983年6月3日其它天气过程个例风危险度为第二,总体接近于7年一遇最大风速阈值;8114号与9711号热带气旋风危险度则与4年一遇年最大风速阈值最为接近;7413号、7503号、7909号、8506号热带气旋的风危险度接近3年一遇年最大风速阈值;而0509号热带气旋“麦莎”、0515号热带气旋“卡努”风危险度总体上接近于2年一遇的年最大风速阈值。其它热带气旋影响个例,其风危险度多数与重现期约2年一遇的年最大风速阈值接近(表3)。

表3 影响上海热带气旋个例的风危险度
Table 3 The hazard degrees as diagnosed of the maximal wind speed for several TC cases at the different regions in Shanghai

台风编号	最大风速(m/s)	年超越概率	重现期(年)	危险度(年遇)
7413	12.0—17.0	0.2789—0.7278	1.3739—3.5855	3
7503	7.7—11.7	0.4664—0.9584	1.0434—2.1440	3
7704	10.0—15.0	0.3589—0.9584	1.0434—2.7865	2
7708	14.0—19.0	0.0165—0.3634	2.7518—60.6061	8
7815	6.7—9.0	0.9087—0.9910	1.0090—1.1004	2
7909	11.3—20.0	0.0294—0.9847	1.0155—34.0523	3
7919	8.7—12.0	0.7032—0.9974	1.0026—1.4220	2
8104	8.0—11.7	0.7298—0.9972	1.0028—1.3703	2
8114	12.7—20.0	0.0294—0.4066	2.4592—34.0523	4
8209	10.7—16.0	0.3062—0.8663	1.1543—3.2661	2
8310	9.3—17.7	0.1795—0.8231	1.2149—5.5717	2
8406	8.3—16.0	0.3062—0.8262	1.2103—3.2661	2
8506	11.3—17.0	0.1779—0.6485	1.5421—5.6200	3
8615	12.3—20.7	0.0265—0.4553	2.1964—37.7549	7
8707	10.7—18.7	0.1059—0.7046	1.4192—9.4434	2
8807	10.0—15.7	0.4433—0.9302	1.0751—2.2558	2
9005	10.3—16.7	0.2407—0.7501	1.3331—4.1545	2
9015	10.0—16.7	0.3138—0.8663	1.1543—3.1872	2
9219	10.7—14.7	0.3349—0.9584	1.0434—2.9860	2
9417	9.0—14.0	0.3798—0.9765	1.0241—2.6327	2
9608	10.7—15.7	0.2646—0.8432	1.1860—3.7797	2
9711	13.7—17.7	0.0276—0.4390	2.2782—36.2083	4
0008	7.5—12.7	0.5900—0.9823	1.0180—1.6949	2
0012	7.8—16.7	0.2598—0.9974	1.0026—3.8492	2
0108	6.1—13.0	0.7981—0.9792	1.0213—1.2530	2
0205	6.3—19.0	0.0918—0.9293	1.0761—10.8950	2
0407	5.6—13.7	0.6628—0.9996	1.0004—1.5088	2
0509	6.1—18.7	0.1108—0.9499	1.0528—9.0253	2
0515	5.8—16.8	0.3019—0.9475	1.0554—3.3123	2
0604	3.8—12.3	0.8622—0.9900	1.0101—1.1599	2
其他天气过程	12.3—22.0	0.0364—0.6036	1.6567—27.4725	7

4 结 论

本文从概率统计学角度提出了一种对气象致灾因子危险度定量诊断的方法。以上海年最大风速为应用对象,构建了上海风致灾风险阈值及危险性诊断模型。分析结果表明,上海沿海地区南汇、崇明、金山等地为年最大风速高值区,也是一定风险水平下的最大风速高值区,同时又是8级以上大风多发区及高危险区。同时,应用致灾因子危险度定量诊断模型对1974—2006年30余个影响上海的热带气旋及其他大风天气过程进行了风危险度的诊断应用。应用结果表明,所提出的点面相结合的危险度诊断方法,不仅可定量评定具体地点气象致灾因子风险水平,而且可给出整个地区事件总体危险度,其结果也可制定分区域防灾规划提供参考。

参考文献

- 陈见,李艳兰,高安宁等. 2007. 广西高温灾害评估. 灾害学, 22(3): 24-27
- 陈佩燕,杨玉华,雷小途等. 2009. 我国台风灾害成因分析及灾情预估. 自然灾害学报, 18(1): 64-73
- 陈伟,任光明,左三胜. 2006. 泥石流危险度的模糊综合评判. 水土保持研究, 13(2): 138-139, 171
- 陈香. 2007. 福建省台风灾害风险评估与区划. 生态学杂志, 26(6): 961-966
- 陈艳秋,袁子鹏,盛永等. 2006. 基于概率分析的暴雨事件快速评估模型. 气象与环境学报, 22(5): 62-65
- 丁燕,史培军. 2002. 台风灾害的模糊风险评估模型. 自然灾害学报, 11(1): 34-43
- 杜鹏,李世奎. 1997. 农业气象灾害风险评估模型及应用. 气象学报, 55(1): 95-102
- 杜子璇,李宁,刘忠阳等. 2007. 层次分析法在下垫面因子影响沙尘暴危险度研究中的应用. 干旱区地理, 30(2): 184-188
- 樊晓一,乔建平,陈永波. 2004. 层次分析法在典型滑坡危险度评价中的应用. 自然灾害学报, 13(1): 72-76
- 黄崇福. 2005. 自然灾害风险评估理论与实践. 北京: 科学出版社, 222pp
- 黄嘉佑. 2004. 气象统计分析与预报方法(第三版). 北京: 气象出版社, 298pp
- 霍治国,李世奎,王素艳等. 2003. 主要农业气象灾害风险评估技术及其应用研究. 自然资源学报, 18(6): 692-703
- 李春梅,罗晓玲,刘锦奎等. 2006. 层次分析法在热带气旋灾害影响评估模式中的应用. 热带气象学报, 22(3): 223-228
- 李世奎,霍治国,王素艳等. 2004. 农业气象灾害风险评估体系及模型研究. 自然灾害学报, 13(1): 77-87
- 李新娟. 2007. 关于危险源致灾的几点看法. 煤炭科学技术, 35(8): 106-108
- 梁必琪,樊琦. 1999. 热带气旋灾害的模糊数学评价. 热带气象学报, 15(4): 305-311
- 林继生,罗金铃. 1995. 登陆广东的热带气旋灾害评估和预测模式. 自然灾害学报, 4(1): 92-97
- 刘新立. 2005. 区域水灾风险评估的理论与实践. 北京: 北京大学出版社, 53-55
- 卢文芳. 1995. 上海地区热带气旋灾情的评估和灾年预测. 自然灾害学报, 4(3): 40-45
- 马清云,李佳英,王秀荣等. 2008. 基于模糊综合评价法的登陆台风灾害影响评估模型. 气象, 34(5): 20-25
- 倪长健,崔鹏. 2006. 区域泥石流危险度评价的投影寻踪动态聚类方法. 山地学报, 24(4): 442-445
- 钱燕珍,何彩芬,杨元琴等. 2001. 热带气旋灾害指数的估算与应用方法. 气象, 27(1): 14-18
- 史培军,杜鹃,冀萌新等. 2006. 中国城市主要自然灾害风险评估研究. 地球科学进展, 21(2): 170-177
- 史培军. 2002. 三论灾害研究的理论与实践. 自然灾害学报, 11(3): 1-9
- 史培军. 2005. 四论灾害系统研究的理论与实践. 自然灾害学报, 14(6): 1-7
- 孙绍骋. 2001. 灾害评估研究内容与方法探讨. 地理科学进展, 20(2): 122-130
- 屠其璞,王俊德,丁裕国等. 1984. 气象应用概率统计学. 北京: 气象出版社, 208-216
- 汪明武. 2000. 基于神经网络的泥石流危险度区划. 水文地质与工程地质, 27(2): 18-19
- 汪明武. 2002. 投影寻踪新方法在泥石流危险度评价中的应用. 水土保持学报, 16(6): 79-81
- 王博,崔春光,彭涛等. 2007. 暴雨灾害风险评估与区划的研究现状与进展. 暴雨灾害, 26(3): 282-286
- 王春乙,王石立,霍治国等. 2005. 近10年来中国主要农业气象灾害监测预警与评估技术研究进展. 气象学报, 63(5): 659-671
- 王则胜,施朝健. 2007. 基于改进的神经网络的船舶碰撞危险度的模型. 中国航海, (1): 65-67
- 吴兆麟,郑中义. 2001. 船舶空间碰撞危险度的概念及其模型. 大连海事大学学报, 27(4): 1-4, 10
- 徐伟,王静爱,史培军等. 2004. 中国城市地震灾害危险度评价. 自然灾害学报, 13(01): 9-15
- 杨秋珍,李军,谈建国等. 1997. 上海暴雨涝害和叶菜损失综合评估模型及其应用. 自然灾害学报, 6(4): 104-114
- 杨宗信,乔建平. 2008. 基于信息熵的典型滑坡危险度评价研究. 四川大学学报(工程科学版), 40(4): 47-52
- 周俊华,史培军,范一大等. 2004. 西北太平洋热带气旋风险分析. 自然灾害学报, 13(3): 146-151