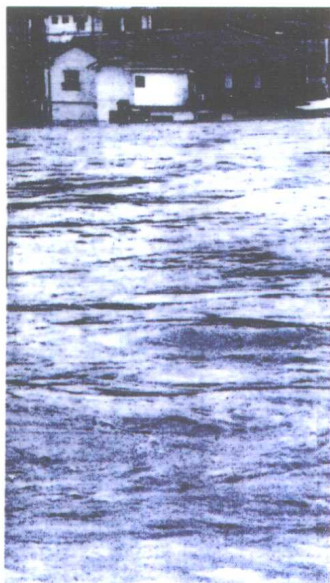
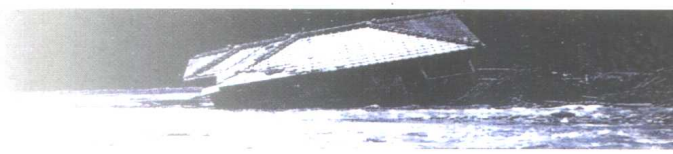




# 灾害风险评估与保险

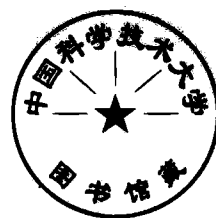
主编：胡 政 孙昭民



地震出版社

# 灾害风险评估与保险

主编 胡 政 孙昭民



地震出版社

## 内 容 提 要

本书由 40 余篇独立的文章组成。分三部分内容。第一,以山东省为例,探讨了干旱、洪涝、冰雹、地质、地震、台风、风暴潮、海浪、农林病虫害等自然灾害和火灾、森林火灾、交通事故、安全生产事故、环境污染(包括海洋环境污染)事故与灾害等人为灾害的预测、损失预测和灾害风险评估,探讨了这些灾害及灾害损失预测和灾害风险评估的理论依据、指标体系、评估的原则与方法。第二,在理论研究方面,分析了灾害风险评估的影响因素,提出了灾害风险评估遵循的原则与综合灾害风险评估的方法。第三,阐述了灾害风险评估在保险经营中的应用,以及在规划建设、投资风险评估、灾害损失评估、城市承灾能力评价、区域开发环境评价等方面的应用。本书对各级政府管理人员、保险经营与管理人员、国土规划建设与工程建设、环境保护、广大从事减灾和保险研究、教学等方面的人员具有参考价值。

### 灾害风险评估与保险

主编 胡 政 孙昭民

责任编辑:马 兰

责任校对:张晓梅

\*

地 震 出 版 社 出 版

北京民族学院南路 9 号

北京地大彩印厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

\*

787×1092 1/16 12.375 印张 317 千字

1999 年 11 月第一版 1999 年 11 月第一次印刷

印数 0001—1300

ISBN 7-5028-1449-3/F·96

(2125) 定价:20.00 元

## 编委会成员

**主 编：**胡 政 孙昭民

**编委会：**(按姓氏笔划为序)

于进刚 孙永忠 孙昭民 李大秋 杨万海 王会文

张铭德 郭可彩 孟昭翰 周翠英 胡 政 钟国芬

姜立才 高建中 徐振山 聂和平 魏光兴

**顾 问：**张维功 宋金平

## 序

山东省是我国人口众多的经济大省，也是各种灾害相当严重的省份。各种灾害不仅造成了严重的人员伤亡和经济损失，还成为制约山东省由经济大省向经济强省过渡的重要因素。山东省灾害防御协会自1995年成立以来，多次组织召开全省灾情预测研讨会、防灾减灾学术研讨会以及其它防灾减灾活动，为各级政府及有关部门防灾减灾工作提供了科学决策依据，促进了山东省防灾减灾事业的发展，推动了防灾减灾科研和科学知识的普及，取得了很大的社会、经济效益。1998年元月6日，又组织召开了“山东省首届灾害风险评估研讨会”，其目的是探讨符合我国国情、山东省省情的灾害风险评估的思路、方法、依据及规范等，把山东省的防灾减灾工作及其研究推向一个新的阶段和新的领域。

灾害风险评估是在预测灾害发生的可能性和可能造成危害的基础上，评估并确定灾害风险的严重程度。它是防灾减灾、国土规划利用、重大工程建设、金融投资、灾害风险管理与经营、保险费率的制定等领域的基础性工作，是科学管理、科学决策的重要依据。世界上，经济发达的国家灾害风险评估研究起步较早，已经形成了可操作性的规范体系。我国灾害风险评估研究起步晚，与日益严重的灾害威胁和市场经济体制条件下防灾减灾工作的新形势很不适应。为进一步推动灾害损失评估、灾害风险评估及保险工作，山东省灾害防御协会组织专家从研讨会交流论文中选取40多篇优秀文章，编辑出版了“灾害风险评估与保险”一书。本书主要阐述了三个方面的内容：（1）围绕山东省实际，探讨了干旱、洪涝、冰雹、地质、地震、台风、风暴潮、海浪、农林病虫害等自然灾害和火灾、森林火灾、交通事故、安全生产事故、环境污染（包括海洋环境污染）事故与灾害等人为灾害的预测、损失预测和灾害风险评估，探讨了这些灾害及灾害损失预测和灾害风险评估的理论依据、指标体系、评估的原则与方法。（2）在理论研究方面，分析了灾害风险评估的影响因素，提出了灾害风险评估遵循的原则与综合灾害风险评估

的方法。(3) 阐述了灾害风险评估在保险经营中的应用, 以及在规划建设、投资风险评  
估、灾害损失评估、城市承灾能力评价、区域开发环境评价等方面的应用。本书对各级  
政府管理人员、保险经营与管理人员、国土规划建设与工程建设、环境保护, 广大从  
事减灾和保险研究、教学等方面的人员有较重要的参考价值。本书的出版对于我国刚  
刚起步的灾害风险评估工作以及保险工作有着很好的促进作用。



1999年8月

---

注: 郭长才同志, 原山东省人大常委会副主任, 山东省灾害防御协会名誉会长。

# 目 录

《山东省首届灾害风险评估研讨会》纪要 .....	( 1 )
--------------------------	-------

## 一、气象灾害风险评估

气象灾害风险评估方法的探讨 .....	牛叔超 刘月辉等 ( 2 )
山东省主要气象灾害风险分析初探 .....	郑世芳 奚秀芬 ( 7 )
山东省自然降水对旱涝灾害影响的评估分析 .....	奚秀芬 郑世芳等 ( 11 )
山东省洪涝灾害经济损失评估及预测 .....	徐振山 ( 17 )
山东省干旱灾害评估探讨 .....	王玉俭 杨枫林 ( 22 )
山东省水资源匮乏风险分析 .....	孙昭民 胡 政等 ( 26 )
冬小麦风雹灾害的等级划分与灾情评估 .....	山义昌 ( 33 )
山东棉花产量旱灾损失评估模型研究 .....	薛晓萍 赵 红等 ( 37 )
济南市林祥大厦建成对临近居民楼排烟造成的危害及其风险评估 .....	孟昭翰 王栋成等 ( 42 )

## 二、农林病虫害灾害风险评估

山东省农作物病虫害致灾因素分析与减灾对策 .....	杨万海 宋国春等 ( 48 )
山东省林木病虫害灾害与减灾对策浅析 .....	谷昭威 李洪敬等 ( 52 )

## 三、海洋灾害风险评估

青岛风暴潮灾害风险评估若干结果的分析 .....	乐肯堂 ( 56 )
山东沿海海洋灾害及其评估研究 .....	郭可彩 郭明克 ( 64 )
青岛地区的台风灾害分析 .....	穆美舒 徐 青 ( 69 )
山东蓬莱西庄风浪侵蚀海岸机理初探 .....	梁源高 张瑞安 ( 73 )
海洋溢油事故油污染危害评估 .....	张瑞安 董以芝 ( 76 )
“凤凰 35”号沉船对海域污染危害初步评估 .....	任荣珠 梁源高 ( 80 )

## 四、地质与地震灾害风险评估

山东省主要水源地岩溶塌陷地质灾害风险评估初探 .....	王学聚 ( 84 )
地震灾害风险评估初探 .....	何 钧 陈时军 ( 88 )
城市承受地震灾害能力评估探讨 .....	冯志泽 杜宪宋等 ( 94 )
山东省文登市地震地质灾害评估 .....	石荣会 王志才 ( 99 )
燃气管线震害火险隐患防治措施 .....	徐 青 杨博英 ( 107 )

## 五、事故灾害风险评估

- 论重大事故隐患评估与治理 ..... 刘桂法 梁光华 (110)
- 高层建筑火灾风险及其预防对策 ..... 张铭德 (119)
- 济南地区森林火险分析与评估 ..... 范书义 李树山等 (124)
- 山东省交通事故多发原因初步分析 ..... 李发生 (128)

## 六、灾害风险评估综合研究

- 灾害投资效益评价及最优化对策 ..... 邢纪元 王建波 (134)
- 灾害经济损失评估方法浅议 ..... 尹长文 王霞等 (139)
- 灾害风险评估影响因素初步分析 ..... 胡政 孙昭民 (142)
- 灾害风险评估与社会经济发展 ..... 魏光兴 孙昭民等 (145)
- 山东省自然灾害区域组合关系的模糊识别 ..... 任鲁川 魏光兴等 (150)
- 区域规模土地开发的环境风险分析 ..... 江泓 张芹等 (156)
- 关于风险分析的种种误区 ..... 李春 李大秋等 (159)
- 灾害专业地图及其在灾害风险评估中的应用 ..... 吕明辉 张祖陆 (162)
- 工程项目灾害风险评估与决策模型 ..... 李新运 常勇 (167)

## 七、灾害风险评估与保险

- 企业财产保险的风险统计分析及防灾防损对策 ..... 姜立才 (172)
- 从一起遭灾索赔案谈保险核赔与风险评估的重要性 ..... 张春安 张颖等 (178)
- 浅议保险业在完善社会综合减灾机制中的作用 ..... 徐青 卞嘉骅等 (183)
- 沿海巨灾风险与保险保障初析 ..... 常铮传 贺辉 (187)



# 《山东省首届灾害风险评估研讨会》纪要

(1998年1月8日)

由山东省灾害防御协会、中国人民保险公司山东省分公司、中国太平洋保险公司济南分公司、中国平安保险公司济南分公司共同主办的《山东省首届灾害风险评估研讨会》于1998年1月6~8日在济南召开。来自保险、气象、水利、海洋、地震、地质、农业、环保、消防部门及有关大专院校的50多名专家、学者参加了研讨会。山东省人大常委会副主任、省灾协名誉会长郭长才同志出席会议开幕式，并做了重要讲话，省灾协6位副会长及部分常务理事也出席了会议开幕式。国家三委自然灾害综合研究组高庆华教授、天津灾害防御协会龚鸿庆副研究员应邀参加了研讨会并做了专题报告。大会共收到论文40余篇，并经会议专家组评选了优秀论文。

会议认为山东省是我国人口众多的经济大省之一，也是各种灾害相当严重的省份，各种灾害不仅造成了严重的损失，还是制约我省由经济大省向经济强省过渡的重要因素。灾害风险评估是在预测灾害发生的可能性和可能造成的危害的基础上，评估并确定灾害风险严重程度。灾害风险评估作为一门新型学科迅速发展是灾害科学及经济建设所需要的必然结果，它是防灾减灾、国土规划利用、重大工程建设、金融投资、灾害风险管理与经营、保险费率的制定等领域的基础性工作，在社会经济建设中有着重要的科学和应用价值，也是科学决策、管理、规划的重要依据之一。

与会专家重点交流了我省各种自然灾害和人为灾害及其损失评估的研究成果，就我省目前严峻的灾害形势和发展趋势，阐述了开展灾害风险评估工作的重要性，研究和探讨了适合我省省情的灾害风险评估和灾害损失评估思路、方法和原则，对实际工作中遇到的有关灾害损失评估的难点问题进行了深入剖析和研究，对未来各类灾害进行了分析、预测和风险评估，提出了相应的灾害风险决策依据。

与会专家认为当前我省乃至全国的灾害风险评估工作起步较晚，与日益发展的市场经济很不适应。因此，本次研讨会对于推动我省的灾害风险评估和灾害损失评估工作有着重要的意义，必将对我省可持续发展起到积极作用。

郭长才主任要求省灾协，继续开展各类灾害损失评估和灾害风险评估研究，并要求有关部门给以大力协助和资金上的支持，使我省灾害损失评估和灾害风险评估工作逐步走向正规化和法制化。与会专家一致要求省灾协尽快成立“山东省灾害风险评估中心”，开展全省各类灾害损失评估和风险评估工作，为我省的防灾减灾事业做出贡献。

# 一、气象灾害风险评估

## 气象灾害风险评估方法的探讨

牛叔超 刘月辉 王延贵

(济宁市气象局 济宁 272137)

**提 要** 本文初步探讨了气象灾害风险评估的理论依据、主要内容及评估基点,并应用马尔可夫模型和统计决策理论建立了风险评估数学模型、风险函数以及最优决策。此外以本地暴雨灾害为例说明了评估中的基本计算操作过程。

**关键词** 气象灾害 风险评估 数学模型 最优决策

### 1. 引言

随着我国灾害科学研究的兴起和不断深入,防灾减灾理论研究和应用成果直接进入各项经济领域,为改革开放和经济建设服务。灾害风险评估(简称灾评)作为一门新兴学科目前尚处于初级阶段,灾评的一整套方法、规则和程序尚待建立和完善。气象灾害占自然灾害的70%以上,因而灾害发生之前对各种气象灾害作出风险评估并提出防灾抗灾的最佳决策方案,对各级领导和经济部门具有重要意义。

### 2. 气象灾害风险评估的主要内容

#### 2.1 灾害的划分

了解当地各种气象灾害的特点、成因和活动规律,并确定灾害严重程度的划分标准。例如以济宁市主要气象灾害发生频率及受灾损失程度依次为干旱、冰雹、洪涝和霜冻。最近50年来山东省旱涝经历了多涝向多旱的转变过程,前20年涝多于旱,后30年旱远多于涝,并出现了70年代后期至80年代持续十几年长期干旱的形势,旱灾已成为山东省最为严重的气象灾害。其次是冰雹,由原来第三位升居第二位,而洪涝灾害正相反。洪涝灾害自身的演变规律比较复杂,既有持续性,又有交替性,还有突发性。掌握这些灾害的特点和活动规律是搞好灾评的基础。

#### 2.2 损失的划分

针对本地的历史地理状况、生态环境和经济基础,了解某种等级的气象灾害在不同时期可以造成何种等级的损失,这要通过与经济管理部门和企业内部联合调研,建立不同程度的气象灾害与损失程度之间的关系式,即损失函数。例如,山东省1997年遭遇百年一遇的夏旱,

全省轻旱 24 万  $\text{hm}^2$ ，重旱 12.5 万  $\text{hm}^2$ ，经济损失 60 亿元。据此，建立重旱(夏旱)与损失 60 亿元之间的对应关系，其他灾害也依此类推，建立损失函数。

### 2.3 决策评估

根据某种灾害出现的先验分布和未来发生的条件概率分布以及建立的损失函数，应用统计决策理论做以下三方面评估：一是灾害发生严重程度的可能性评估，如未来暴雨、大暴雨、特大暴雨可能出现的概率各占多少；二是可能造成的经济损失、人员伤亡的最坏和最好的评估；三是如何以最少投资以换取防灾抗灾最佳经济效益的决策手段评估。

### 3. 灾害天气防御与否的基点(元来福,1986)

灾害天气风险评估的主要目的是在考虑经济效益的前提下，把灾害的损失降至最低程度，这也是防灾抗灾的基本战略观点。

设  $C$  为成本费，表示依据风险决策所采用的抗灾措施支出费用。 $L$  为收益，即表示采取抗灾措施所避免的损失价值。如果历史上出现了  $N$  次气象灾害，概率都为  $P$ ，每次都采取抗灾措施，收支差额为  $Q$ ，则  $Q = (L \times N \times P) - (C \times N)$ ，为使收入大于支出，必须  $Q > 0$ ，即  $(L \times N \times P) - (C \times N) > 0$ ，得出  $P > C/L$ ，由此得出如下结论：①灾害天气出现概率大于  $C/L$  的地方，气候上的最佳战略是要经常采取防灾措施；②灾害天气出现概率小于  $C/L$  的地方，以不采取防灾措施较为合理，这样就只能容忍灾害所造成的可能恶果；③灾害天气出现概率与  $C/L$  相差不大的地方防御与否没有多大区别。

### 4. 应用统计决策理论建立风险评估模型

若预报因子  $X$ (代表一组  $x_k$  的向量)，预报灾害对象  $Y$ (代表一组  $y_i$  的向量)。在预报中可根据一定的  $x_k$ 、 $y_i$  对应关系作出一系列的风险对策。也就是存在一个决策函数  $d(x)$ ，根据历史资料对每个决策行动可以计算得失比例，所以存在一个得失函数  $L(y_i, d(x_k))$ ，若以  $P(x_k/y_i)$  表示  $y_i$  的条件概率分布，则平均得失为：

$$Y(y_i, d(x)) = \sum_{k=1}^n L(y_i, d(x_k)) P(x_k/y_i) \quad (1)$$

$Y(y_i, d(x))$  称为条件风险函数<sup>①</sup>。若存在某种气象灾害  $y_i$  出现的先验概率分布函数  $q(y_i)$ ，则可以计算平均风险函数：

$$\bar{Y}(y_i, d(x)) = \sum_{i=1}^h Y(y_i, d(x)) q(y_i) = \sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^n L(Y, d(x_k)) \cdot P(x_k/y_i) \cdot q(y_i) \quad (2)$$

在实际风险评估中，求平均风险达最小值，即存在某种决策  $d^*$ ，使  $Y(y_i, d^*) \leq \bar{Y}(y_i, d(x))$ ，则决策行动  $d^*$  是最佳行动。

现将评估模型中三个主要参数——先验概率分布  $q(y_i)$ 、条件概率  $P(x_k/y_i)$  和得失函数  $L(y_i, d(x))$  的求解方法介绍如下。

#### 4.1 灾害天气先验概率分布 $q(y_i)$ 的推算

现以暴雨为例，介绍笔者常用的两种方法。一是用耿贝尔分布拟合暴雨极值(屠其璞等，1984；牛叔超，1989)，这是用适线法将参数估计与模型检验结合的方法，实用效果颇佳，在专业服务中广为使用。其暴雨极值分布如下：

$$q = q(y_i \geq y_c) = 1 - q(y_i < y_c) = 1 - e^{-(\beta/y_c)^2} \quad (3)$$

<sup>①</sup> 李麦林等，近代气象学若干问题进展，中国科学院大气所论文报告，1975。

式中,  $\alpha$ 、 $\beta$  表示离散水平的参数, 可通过各地历年暴雨极值资料应用指数分布, 用最小二乘法求得,  $\alpha=2.60$ ,  $\beta=110.78$ ,  $y_c$  为某年暴雨极值, 如日降雨量大于或等于 100, 200, 300mm 等等。

例如: 当  $y_c=100\text{mm}$  时,

$$q(y_i \geq 100) = 1 - q(y_i < 100) = 1 - e^{-\left(\frac{110.78}{100}\right)^{2.60}} = 0.73$$

同理  $q(y_i \geq 200) = 0.19$ ,  $q(y_i \geq 300) = 0.07$ 。

另外用图解法求暴雨强度公式(刘月辉等, 1997)虽然工作量大, 计算较繁琐, 但精确度高, 可为城市规划设计部门抗洪排涝使用。

#### 4.2 条件概率 $P(x_k/y_i)$ 的预测

用马尔科夫模型预报灾害天气, 出现条件概率  $P(x_k/y_i)$  (南开大学数学系, 1978)。某种灾害的条件概率为:

$$P(x_k/y_i) = 1 - e^{-BFT} \quad (4)$$

例如我们要求得本地出现日雨量  $x_k \geq 300\text{mm}$  特大暴雨的条件概率  $P(x_k \geq 300/y_i)$ , 假定暴雨极值分布具有齐次马尔可夫性, 取历史资料中  $R_{24} \geq 300\text{mm}$  状态为 1,  $50\text{mm} \leq R_{24} < 300\text{mm}$  状态为 2, 目的是为了预报从今( $t_0$ )到以后( $t$ )年内至少发生 1 次  $R_{24} \geq 300\text{mm}$  暴雨概率为  $P = 1 - e^{-BFT}$ , 其中  $B = 1/\lambda_0$ ,  $\lambda_0$  表示二次  $50\text{mm} \leq R_{24} < 300\text{mm}$  暴雨过程平均时间间隔(月); 而  $F = (R_{24} \geq 300\text{mm} \text{ 出现次数}) / (50\text{mm} \leq R_{24} < 300\text{mm} \text{ 出现次数})$ ;  $T$  为预报时效(月), 如 1 年  $T = 12$ (月)。

同理可求得  $P(x_k \geq 200)$  和  $P(x_k \geq 100)$ 。

今以济宁 1959~1996 年 38 年暴雨资料为例计算三级暴雨出现的条件概率。

38 年每年挑选一个极值共 38 个样本, 大于 300mm 的大暴雨共出现 2 次, 50~300mm 暴雨出现 36 次。现今  $T = 1 \text{ 年} = 12$  个月, 即计算今后一年内出现 300mm 以上大暴雨的条件概率。

$$\lambda_0 = \frac{38}{38-2} \times 12 = \frac{38}{3} \text{ 个月}, B = \frac{3}{38}, F = \frac{2}{36} = \frac{1}{18}, \text{ 代入式(4):}$$

$$P(x_k \geq 300/y_i) = 1 - e^{-\frac{3}{38} \cdot \frac{1}{18} \cdot 12} = 1 - e^{-\frac{36}{684}} = 1 - e^{-0.0526} = 1 - 0.95 = 0.05$$

同样 38 年共出现  $200\text{mm} \leq R_{24} < 300\text{mm}$  的暴雨也是 2 次,  $P(200\text{mm} \leq x_k < 300/y_i) = 0.05$ , 出现  $100\text{mm} \leq R_{24} < 200\text{mm}$  的暴雨为 23 次, 得出  $P(100\text{mm} \leq x_k < 200\text{mm}/y_i) = 1 - 0.54 = 0.46$ 。用下列矩阵表示三级暴雨出现的概率为:

$$P \begin{bmatrix} 100 \leq R < 200 \\ 200 \leq R < 300 \\ R \geq 300 \end{bmatrix} \rightarrow P \begin{bmatrix} 0.46 \\ 0.05 \\ 0.05 \end{bmatrix}$$

#### 4.3 不同强度等级的得失函数 $L$

建立各种灾害天气, 不同防灾措施下的得失函数  $L$ , 用矩阵元素表示得失比例最为方便。这需要气象部门和经济部门联手调查统计得到。

$$L = \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{21} & L_{22} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$L_{11}$ 表示灾害天气出现并预先作了防范,避免的损失价值。 $L_{12}$ 表示灾害天气并未出现,但预先根据预报作了防范,多浪费的开支; $L_{21}$ 表示灾害天气出现,但未作预报也未防范造成的巨大损失价值; $L_{22}$ 表示灾害天气未出现,预先也未采取防范措施,因而 $L_{22}=0$ 。

例如本地三次暴雨过程,其中有一个县(市)日雨量分别在100、200、300mm以上时,用三种防灾措施,即采用三种决策预案:Ⅰ为工农业全面防御,投入大量人力物力进行河道清淤加固、加强防洪工程建设等等;Ⅱ为有重点防御,对重要工业区作全面防洪措施,对超标洪水或危险水库重点加强抢修;Ⅲ对人口稠密、经济发达的高新技术开发区全面防御,对直接危及下游重要煤炭基地的水库重点防御,增加坝高,提高泄洪标准。三种决策预案损失矩阵如表1(数据为假设)。

表1 三种决策损失矩阵(万元)

	100~200mm	200~300mm	>300mm
Ⅰ	$\begin{pmatrix} 100 & 50 \\ 300 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 150 & 60 \\ 400 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 200 & 65 \\ 700 & 0 \end{pmatrix}$
Ⅱ	$\begin{pmatrix} 120 & 40 \\ 300 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 180 & 50 \\ 400 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 210 & 50 \\ 700 & 0 \end{pmatrix}$
Ⅲ	$\begin{pmatrix} 150 & 53 \\ 305 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 160 & 60 \\ 350 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 220 & 60 \\ 600 & 0 \end{pmatrix}$

### 5. 气象灾害风险函数及最优决策评估

根据式(3)、(4)、(5)所计算得到的先验概率 $q(y_i)$ 、条件概率 $P(x_k/y_i)$ 、得失函数 $L$ 三个参数的计算结果,本地暴雨三个等级的先验概率矩阵 $q$ 的转置矩阵为 $q^T(0.73 \ 0.19 \ 0.07)$ ;条件概率矩阵为:

$$P = \begin{pmatrix} 0.46 \\ 0.05 \\ 0.05 \end{pmatrix}, \text{得失函数矩阵由表1得出: } L = \begin{pmatrix} 250 & 310 & 565 \\ 220 & 270 & 540 \\ 208 & 250 & 440 \end{pmatrix}$$

$L$ 矩阵中 $L_{11}=250$ ,即从表1中Ⅰ行 $300+50-100=250$ ,也就是多浪费的开支 $L_{12}$ 和造成损失的 $L_{21}$ 两项之和减去避免的损失 $L_{11}$ 为实际的损失。同理,依次类推。

由式(2),平均风险函数 $\bar{Y}=Pq^TL^T$ , $q^TL^T$ 均为 $q$ 和 $L$ 的转置矩阵:

$$\bar{Y} = \begin{pmatrix} 0.46 \\ 0.05 \\ 0.05 \end{pmatrix} (0.73 \ 0.19 \ 0.07) \begin{pmatrix} 250 & 220 & 208 \\ 310 & 270 & 250 \\ 565 & 540 & 440 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 280.95 \\ 249.7 \\ 230.14 \end{pmatrix} \text{ (万元)}$$

由上式风险函数矩阵得出第Ⅰ种决策风险最大为280.95万元,第Ⅲ种决策风险最小,可称为最优决策。灾害风险评估程序可用图1表示。

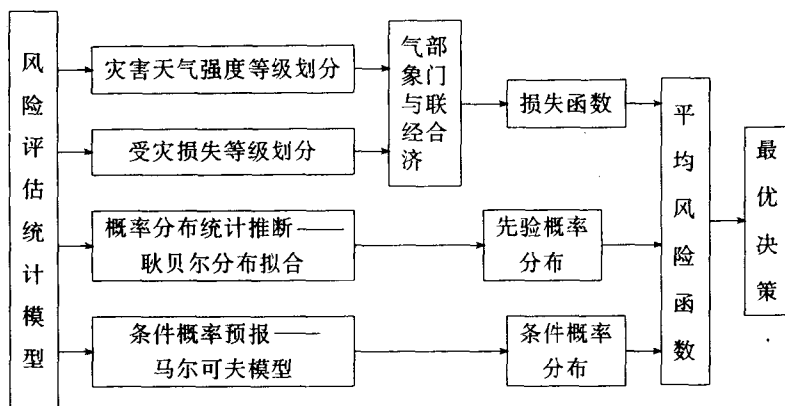


图1 灾害风险评估程序框图

## 参 考 文 献

- 刘月辉, 牛叔超, 用图解法求暴雨强度公式, 气象, No. 3, 1997。  
 牛叔超, 南四湖最大暴雨极值分布求解及拟合优度检验, 山东气象, No. 3, 1989。  
 南开大学数学系, 概率与统计预报及在地震与气象中的应用, 北京: 科学出版社, 1978。  
 元来福译, 根据气象资料采取决策, 气象服务经济效益译文集, 北京: 气象出版社, 1986。  
 屠其璞等, 气象应用概率统计学, 北京: 气象出版社, 1984。

# 山东省主要气象灾害风险分析初探

郑世芳 奚秀芬

(山东省气象台 济南 250031)

**提 要** 本文分析了山东省主要气象灾害发生的种类、特点以及灾害的风险性,提出气象灾害风险评估的主要因素和减灾防灾的对策。

**关键词** 山东省 气象灾害 风险评估

## 1. 气象灾害的种类及其危害

影响山东的气象灾害种类繁多,主要有干旱、洪涝、冰雹、大风、台风、寒潮、霜冻等,还有由气象灾害引发的山洪暴发、泥石流、风暴潮、海水倒灌、地面塌陷、森林火灾、农业病虫害等。上述灾害的发生,给工农业生产及其相关行业均带来巨大经济损失,并威胁人民生命财产的安全。

下面就几种主要气象灾害加以分析。

### 1.1 干旱

干旱是山东省最常见的气象灾害之一。它的影响范围之广、持续时间之长和危害之重是其他灾害所不及。建国以来,发生较严重的干旱主要有1953,1961,1968,1979,1981,1983,1986,1987,1989,1992,1997年(每年干旱面积 $\geq 200$ 万 $\text{hm}^2$ )。尤其是80年代,降水持续偏少,出现了连续严重干旱。90年代进入了旱涝交替、灾害频繁发生的时期,其中1992、1997年严重干旱,而1993~1996年为相对多雨时段。现以1997年干旱为例说明旱灾对国民经济的影响。

1997年整个夏季天气炎热,降水稀少,持续时间之长历史罕见,从6月1日起直至8月17日连续两个半月时间,各地降水偏少6~9成不等,加上高温炎热,促使旱情发展更加严重。到7月中旬,全省干旱面积为362.7万 $\text{hm}^2$ ,其中重旱176.0万 $\text{hm}^2$ ,降水严重不足,致使地下水位明显下降,水资源极度匮乏,部分河道断流,水库干涸;农作物缺苗断垅,死苗现象严重。同时部分地区的工业用水和人畜饮水也日趋紧张。由干旱造成的直接经济损失(仅农业方面)达170亿元。

### 1.2 洪涝

洪涝灾害是山东省仅次于旱灾的第二位气象灾害。建国以来,发生洪涝灾害的年份有1953、1957、1962、1963、1964、1971、1974、1990年,主要集中在1964年以前,最严重的是1962年和1964年,涝灾面积分别为200万 $\text{hm}^2$ 和266.7万 $\text{hm}^2$ ,其中1964年受灾尤为严重。入夏以后,连续普降大雨和暴雨,汛期(6~8月)内全省(13个站)平均降水量为840mm,比历年同期偏多335mm。由于雨量大,暴雨多,持续时间长,河水猛涨,一些中小河流漫溢决口,造成大面积涝灾,加之阴雨连绵,积水时间长,部分丘陵、高地也发生渍涝,对秋作物影响很大,全省受灾面积约333.3万 $\text{hm}^2$ ,成灾266.7万 $\text{hm}^2$ ;这两年仅由冲淹造成的损失

粮食分别达 30 多亿斤，全省受灾较重的达 70 多个县(郑世芳等,1990)。

### 1.3 风雹

风雹是山东省经常发生的气象灾害之一。风雹包括冰雹、雷雨大风和龙卷风等天气现象。若按全省有 3 个站以上出现降雹算作一个降雹日，全省 1950~1995 年平均每年 11.2 个降雹日，其中降雹次数 $\geq 11$  次的年份有 24 年。降雹次数最多的是 1987 年，为 32 次；其次是 1991 年，为 25 次，1959 年、1977 年、1979 年，均为 19 次。

1995 年 7 月 1 日济宁、泰安、聊城、临沂四地市的汶上、兖州、泗水等 13 个县、86 个乡镇、2100 多个行政村遭受特大暴风和冰雹袭击，部分灾区还有龙卷风，最大风力 10 级以上，降雹持续 20 分钟，死亡 26 人，伤 2741 人，重伤 100 多人。农作物受灾面积达 19.8 万  $\text{hm}^2$ ，成灾面积达 15.5 万  $\text{hm}^2$ 。其中绝产 8.9 万  $\text{hm}^2$ ，损坏房屋 18.5 万多间，倒折树木 102 万株，部分重灾县市交通、供电、供水和通讯全部或部分中断，累计经济损失超过 23.2 亿元。

### 1.4 台风

台风是夏秋季影响山东的重大灾害之一，它包括暴雨、大风以及由此引发的风暴潮等灾害，往往来势猛、危害大，损失惨重。每年平均有 2 个台风影响山东省。

1997 年 11 号台风 8 月 18 日 21 时 30 分在浙江温岭登陆，此时近中心最大风速仍有 40m/s，台风登陆后经浙江西北部进入安徽省逐渐转向偏北方向移动，并减弱为热带风暴。风暴中心于 20 日上午进入鲁南，沿鲁中山区东侧北上，当日 17 时从莱州湾进入渤海。受台风倒槽和风暴环流的影响，自 18 日夜，山东省自东向西普降暴雨到大暴雨，全省平均降雨量为 133.6mm。其中，半岛和鲁东南地区有 24 个县(市)降了特大暴雨，即墨市降雨量最大，为 482.5mm；德州、聊城、菏泽三地市降中到大雨。同时，由于正值天文大潮，山东沿海海面普遍出现 7~8 级、阵风 10 级的向岸风，部分海岸遭到风暴潮袭击。这次台风后，除鲁西地区外，全省大部分地市旱情解除，但特大暴雨和风暴潮给山东工农业生产和人民生活造成严重损失。据民政厅统计，全省农作物受灾面积达 214.5 万  $\text{hm}^2$ ，成灾面积为 132.5 万  $\text{hm}^2$ ，倒折树木 2 亿多株，毁坏蔬菜大棚 15 万个，因灾死亡 54 人，失踪 105 人，因伤住院 1858 人。沿海养殖业受损，渔业、盐业等均有不同程度的损害，综合直接经济损失达 115 亿元。

## 2. 气象灾害的特点

分析表明，山东省的气象灾害具有明显的季节性、地域性、普遍性和持续性。

### 2.1 季节性

山东省属暖温带季风气候区，季风气候特征十分明显，降水集中，雨热同季，汛期(6~8 月)降水量占全年的 60%~70%。夏季多暴雨，历时短，雨量大，在平原洼地易形成内涝，在山区则多造成山洪暴发。而其他季节以干旱少雨为主。降水量年际变化大，分布不均，故每年都有旱涝发生。

上述气候特点导致山东省气象灾害季节性比较明显。干旱主要发生在春末夏初、夏季伏期和秋播期间；干旱严重年份，经常出现冬春连旱、春夏连旱和夏秋连旱。洪涝主要发生在盛夏期间。台风多发生在盛夏到初秋(7~9 月上旬)，7~9 月份台风占其总数的 86%，其中尤以 8 月中旬出现的机率最大。风雹灾害主要出现在 4~10 月之间，尤以 6 月份最多，占全年降雹总数的 30%。另外，春季还有晚霜冻、低温阴雨；秋季有初霜冻、连阴雨；冬季有寒潮、大风降温、冻害、暴风雪等。



## 2.2 地域性

受地理位置和地形影响,山东省气象灾害的发生具有一定的地域性。干旱以鲁中山区最重,其次是半岛地区北部和鲁北地区;洪涝主要出现在鲁西北、鲁西南、鲁南平原的低洼地区;其次是鲁中山区和半岛地区。风雹的地理分布大致具有山区多于平原,北部、中部多于南部的特点,春末夏初多在鲁北、鲁中山区北部及胶东半岛西北部一带。台风灾害出现最频繁的地区是黄海海面、山东南部沿海以及鲁东南和胶东半岛地区。受台风影响所造成的大风,主要出现在山东省沿海海面,风力由沿海向内陆明显减小。台风造成暴雨,集中出现在鲁东南和胶东半岛一带,鲁中地区次之。台风造成的风暴潮,主要出现在莱州湾和胶州湾一带(朱官忠等,1994)。

## 2.3 普遍性

从上述气象灾害的时空分布来看,山东年年有灾,处处有灾。春季是大风、干旱,春播期低温阴雨;夏季是冰雹、暴雨、洪涝、台风等;秋季干旱、连阴雨等;冬季主要是低温、干旱。以上各种灾害年年都有不同程度的发生。就地区分布而言,17个地市都有灾害发生。山东气象灾害从春到夏,从夏到秋,一年四季均有发生,不同灾害对各个地区影响程度存在一定的差异,既具有普遍性又存在着明显地区差异。

## 2.4 持续性

山东省气象灾害具有持续性特点。特别是干旱,经常出现冬春连旱、春夏连旱和伏秋连旱。夏季高温、春秋季节低温连阴雨等都有一定持续性。例如:1997年夏旱就是从6月1日至8月17日连续两个半月时间降水持续偏少,并出现持续高温天气,气温从6月中旬开始到8月下旬,连续8个旬明显偏高,许多地区创下了历史极高纪录,像这种持续性高温少雨在山东历史上是少见的。同样,洪涝也具有一定的持续性,如:1961~1964年连续4年出现较大暴雨洪涝灾害;1957年7月份,在鲁南和鲁东南地区连续出现了5次暴雨过程,造成了历史上罕见的大水灾。灾害的持续性加重了灾害的损失。

## 3. 气象灾害的风险评估

综上所述,影响山东的气象灾害种类繁多,又具有明显的季节性、地域性和持续性等特点,不同的气象灾害对各行各业的影响和造成的经济损失也有差异,因此所承受的风险也不相同。所以针对不同的气象灾害的影响程度,做出相应的风险评估,为各级政府和有关部门在投资、规划和建设等方面,提供可靠的科学依据和决策服务。

根据山东气象灾害特点和对国民经济影响的分析,我们认为在进行气象灾害风险评估过程中应着重考虑以下几个因素。

### 3.1 灾害强度

灾害强度不同,影响不同,造成的损失也不同。灾害强度大,影响严重,造成损失明显,风险也就大。比如1997年山东高温少雨干旱,其影响程度明显高于其他年份,所造成的经济损失也是巨大的。暴雨造成的洪涝,取决于暴雨的强度、持续时间等。风雹灾害的损失与降雹的大小、降雹时间有关。所以,灾害强度是灾害风险评估重点考虑的因素。

### 3.2 灾害类型

不同的灾害造成的损失和风险性是不同的,例如,干旱影响范围大、持续时间长,灾害损失程度严重;而冰雹局地性强,受灾面积小,损失相对较小,所以各种气象灾害要分类进行风险评估。