

庞西磊, 黄崇福, 张英菊. 自然灾害动态风险评估的一种基本模式[J]. 灾害学, 2016, 31(1): 1-6. [Pang Xilei, Huang Chongfu and Zhang Yingju. A Basic Mode for Dynamic Risk Assessment of Natural Disaster[J]. Journal of Catastrophology, 2015, 31(1): 1-6.]

# 自然灾害动态风险评估的一种基本模式\*

庞西磊<sup>1,2</sup>, 黄崇福<sup>3</sup>, 张英菊<sup>1</sup>

(1. 大连行政学院, 辽宁 大连 110613; 2. 深圳市民太安风险管理研究院, 广东 深圳 518034;  
3. 北京师范大学(民政部/教育部)减灾与应急管理研究院, 北京 100075)

**摘要:** 作为不利事件在未来可能发生的情景, 自然灾害风险的不确定性主要体现在系统性和动态变化性上。从自然灾害风险的系统性和动态变化性出发, 总结了自然灾害动态风险评估的基本内容, 包括灾害风险评估的时间约束、致灾因子的动态分析、承灾体的动态分析、自然灾害动态风险的耦合以及自然灾害动态风险的情景输出等五部分, 给出了一种狭义上的自然灾害动态风险评估基本模式。

**关键词:** 自然灾害; 动态风险评估; 致灾因子; 承灾体; 情景分析

**中图分类号:** X43      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-811X(2016)01-0001-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2016.01.001

自然灾害系统论的提出和不断深入, 使灾害学研究愈加关注灾害系统的多物理、多维度、多尺度的耦合效应。既然自然灾害是“地球表层的孕灾环境、致灾因子和承灾体综合作用的产物”<sup>[1]</sup>, 那么从系统论角度看, 自然灾害风险就是“由风险源、风险载体和人类社会的防灾减灾措施等三方面因素相互作用而形成的、人们不能确切把握且不愿接受的、一种具有不确定性特征的灾害系统状态”<sup>[2]</sup>。从情景角度讲, 自然灾害风险又是“由自然事件为主因导致的未来不利事件可能发生的情景”<sup>[3]</sup>。也可以说, 自然灾害风险是“由自然灾害系统自身演化而导致未来损失的不确定性”<sup>[4]</sup>。

从众多学者的研究观点中不难看出, 自然灾害风险是致灾因子、孕灾环境和承灾体等组成部分各自的发展变化以及它们相互作用影响的复杂过程, 很难用固定的数值或概率分布来精确表达其系统性和复杂性, 其发展一定是在时间、空间和强度上发生着动态变化的。自然灾害风险这种明显的系统复杂性和动态变化性, 告诉我们必须学会使用有限的知识和资料开展动态风险评估。自然灾害风险评估不能一劳永逸地依赖专家经验, 也不能将统计数据和数学模型进行一次性的拼接组合。作为灾害风险管理的基础性工作, 研究自然灾害动态风险评估的基本模式不仅是灾害风险管理研究领域最为紧要的内容之一, 也是关乎当下灾害应急管理工作能否科学实践的重要任务。

基于此, 本文在相关研究的基础上, 尝试性地总结了一种自然灾害动态风险评估的基本模式, 以期对灾害风险管理理论和实践研究提供参考。

## 1 自然灾害风险评估研究进展简评

风险评估的对象多是纷繁复杂的系统, 其评估方法也是多种多样。有学者通过对工程、工业、生产、医药、化工、资源、经济、安全和管理等领域风险评估方法和理论的总结, 将传统领域的风险评估方法分为定性评估法、定量评估法和综合性评估法等三大类<sup>[5]</sup>(表1)。

表1 传统风险评估方法分类

类型	方法
定性风险评估	检查表法、假设分析法、安全审核法、连续事件树图法、危险性与可操作性分析法、等级全息建模风险辨识法
定量风险评估	等比例风险评估法、决策矩阵风险评估法、社会风险定量法、概率定量风险评估法、多米诺定量评估法、诊断风险与错误分析法、预测认知法、权重风险评估法、分割多目标风险评估法
综合性风险评估	人为因素事故分析法、事故树分析法、事件树分析法、风险维护法

表1中列出的这些风险评估方法发展的已经比较成熟, 而人们早期进行自然灾害风险评估研究时一般也是以历史资料为基础, 利用数理统计方法对样本数据进行挖掘、分析和提炼, 用计算得

\* 收稿日期: 2015-05-04      修回日期: 2015-06-10

基金项目: 国家社科基金青年项目“生态文明视角下环境突发事件应急管理问题研究”(13CGL134); 大连行政学院学科建设项目“地方政府应急管理体系建设研究——以大连市政府为视角”

作者简介: 庞西磊(1983-), 男, 河南洛阳人, 博士, 主要研究方向为灾害风险评估、公共安全风险管理、GIS应用。

E-mail: pxl\_bang@163.com

出的灾害发生概率表达自然灾害风险。这种基于数理统计的风险评估研究大致经历了从确定性评估→随机不确定性评估→模糊不确定性评估的发展历程。

(1)确定性评估。最初人们主要依据离散的单值对某一灾害风险进行描述,一般采用极值估计,常常以历史上遭受的最大灾度为标准,采用的模型称为“极值风险评估模型”,包括线性回归模型、最大最小值模型等。采用极值风险评估模型对自然灾害风险进行评估,简单明了、通俗易懂,但其评估结果与实际情形往往存在较大差异,大多数情况下会高估研究对象的风险,有时也会出人预料地低估了风险。这种方法忽略了自然灾害风险的不确定性。

(2)随机不确定性评估。在此阶段,人们主要依据历史资料和经验假设,模拟推算灾害发生的概率,然后根据区域自然和社会经济条件,对灾害造成的可能性后果进行预测。该阶段采用的模型称为概率风险评估模型,包括 Cornell 模型、McGuire 数值模型、Bayes 模型、Monte Carlo 模型、Markov 模型等。概率风险评估模型将灾害的发生视为随机过程,可以较全面地反映灾害事件的随机不确定性,以理论上比较成熟的概率统计为数学工具,应用起来也较为方便。概率风险评估研究的主要内容是在系统参数的概率分布已知的前提下,计算灾害发生的概率。然而,由于现实研究中,会经常出现信息不完备的现象,当给定的样本容量很小时,建立在大数定律之上的统计模型给出的结果就很不可靠。

(3)模糊不确定性评估。模糊不确定性风险评估主要依靠历史灾情数据,对灾害风险中的模糊不确定性因素用模糊集的形式表述,并采用模糊近似推理计算出用模糊集或模糊关系表示的灾害风险,其采用的模型称为模糊风险评估模型,包括模糊层次分析模型、模糊聚类分析模型、模糊逻辑模型、模糊综合评判模型和内集-外集模型等。模糊风险评估模型的优点是考虑了灾害风险描述中的模糊不确定性,并且不需知道参数的概率分布,这样在不排除客观信息的基础上还包括了来自复杂系统的主观信息。但是,模糊风险评估模型的评估结果是模糊关系或模糊集,很难直接进行比较并作为决策依据。另外,当灾害风险评估涉及的参数比较多时,计算就比较复杂,且很可能产生模糊规则爆炸现象。

(4)动态风险评估。1980 年代末到 1990 年代初,最早开发出来的两个动态风险评估系统为 PRISM<sup>[6]</sup> 和 ESSM<sup>[7]</sup>, 分别用于美国和英国的核管网络安全管理。由于动态风险评估系统的作用重大和应用前景广阔,世界各国都开始倾注大量精力,探索和发展适合于高风险行业的动态风险评估系统。目前,在信息网络领域、金融领域、工程建设与项目管理等领域,已有较多的动态风险评估研究。自然灾害领域的动态风险研究相对较少,主要停留在概念模型和理论探讨阶段。例如,有学者用后续转换函数和仿真模拟,建立了多灾种、多承灾体状况下自然灾害的动态风险评估概念模型<sup>[8]</sup>。有研究指出灾害风险的时空分布既包括空间上的分析,也应包括时间上的分析,未来的风险评估应该更多地考虑风险的时间分布及动态风

险评估<sup>[9]</sup>。也有学者将政策变化、人口增长、全球化等动态变化总结为“动态压力”,利用“压力-释放”模型分析了根源因素、动态压力和不确定条件对易损性的作用及其在时间轴上的变化<sup>[10]</sup>。还有人研究了区域飓风风险的动态变化同建筑物在数量、类型、位置、易损性和价值上的变化之间的关系<sup>[11]</sup>。

综上,自然灾害风险评估方法的研究最初是从确定性分析到随机不确定性分析再到模糊不确定性分析,在一定程度上逐步解决了自然灾害风险的不确定性和系统性问题,但是还没有考虑自然灾害风险的动态变化问题。后期,随着对风险科学认识的不断加深,人们才开始逐渐重视动态风险问题的研究。

## 2 自然灾害动态风险评估的概念模型

为了清晰地刻画独立事件或复杂系统的发展变化,人们通常首先采用数学模型进行计算,然后用分布函数、分布曲线或者具体数量值描述的方式表达。那么,针对动态变化的灾害风险,自然也需要采取定性或定量的表达方式来实现其科学评估。当然,对自然灾害风险的描述,并非必须用具体的数值和严谨的函数来表示,我们可以根据风险系统的复杂程度和解决问题时的具体需求,采用定性、定量或者定性定量结合的综合方法开展研究。

### 2.1 灾害风险的动态表达

风险的动态变化是指影响风险产生的各因素会因时间和空间的不同而呈现出差异,同一地区的同一种风险也会随着时间的变化而变化,这些变化有时候可能在量上表现的不够明显,但是其对社会发展的影响可能是深远的。

动态模型就是将时间的变动作为模型关键条件约束的、模型计算的结果也能够体现出随时间约束变化而产生明显变化的一种数学表达。利用动态模型进行数学分析时,首先要根据数据的多少和性质选择分析方法,然后获得其函数分布类型,最后经过估计判断进而确定数学模型。人们一般会通过参数估计和非参数估计两种方法函数分布类型的判定。简单地讲,参数估计就是先假定研究对象具有某种分布特征,再用已知样本估计该分布的参数,常见的参数估计方法有矩法、最小二乘法、极大似然法等。而非参数估计则是不假定样本数据的分布类型,直接用已知样本的先验知识估计分布类型,常见的非参数估计方法有直方图估计、核密度估计和 K 近邻估计等。由于很多情况下难以获得足够的样本数据,且需要假定分布特征前提的参数估计往往会错判样本的真正函数分布类型,因此在不完备信息条件下,人们更倾向于利用非参数估计。

用来描述动态事件或动态系统的表现形式一般包括连续时间、离散时间或离散事件等形式。例如,洪水致灾过程、毒气扩散等灾害现象的发生与发展是时间的连续函数,对这些现象可以用连续时间系统来描述;而地震等灾害现象则发生在离散不规则的时间,并且很难预测,类似这样的时间用离散事件系统来刻画。

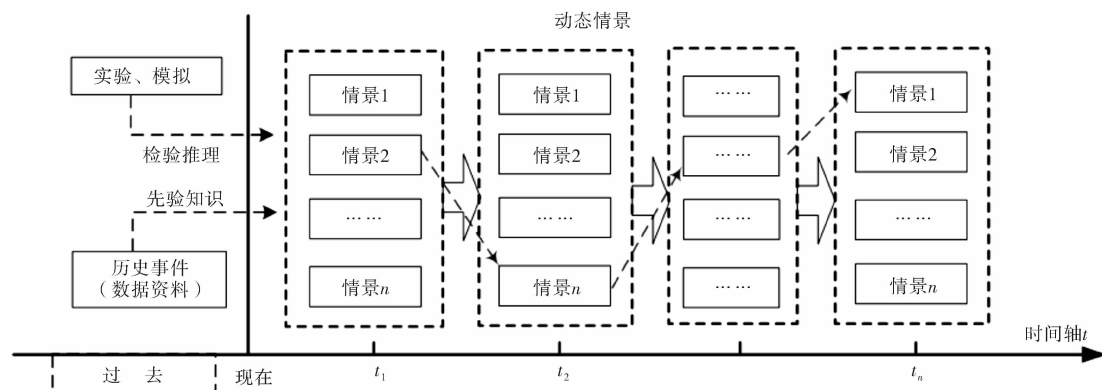


图1 情景的动态表达

## 2.2 灾害风险的情景表达

“情景分析 (Scenario Analysis)”是一种通过对事物未来发展各种态势的基本特征、发生的概率以及后果的表现形式和程度分别进行定性描述或定量计算的一种综合研究方法。情景分析方法一经提出,特别是从壳牌公司运用情景分析成功躲过石油危机以来,其应用和研究迅速流行,众多大型企业和专业机构屡试不爽地用该方法准确地预见了未来变化,使它逐渐被认为是应对风险的有效工具,并被广泛应用于经济、环境、能源、军事和社会等领域。

情景分析方法一般具备四个特性(图1)。<sup>①</sup>多维性:未来的发展是多样的,有多种可能的发展趋势,因而其预测结果也将是多维的。<sup>②</sup>系统性:从全面分析影响未来发展的各种因素出发,对事态的发展做出有联系的、有层次的、有组合的描述,去把握与预测未来。<sup>③</sup>动态性:一个事件在长期发展过程中往往表现出复杂、波动的变化过程,情景分析可以密切跟踪这一动态过程的时变性,并进行调整,达到动态调整的目的。<sup>④</sup>决策性:最终目的是为决策提供支持,情景分析常常将不同的决策行为放入情景中进行分析,使决策者可以进行比较直观的选择,最后判断确定最优的决策方案。

由以上可知,情景分析方法非常适用于解决“曾经或可能会有突发性现象出现并造成较大损失,未来有可能出现新的机遇、挑战和波动性的等不确定性”等问题,自然灾害风险恰恰属于这类问题。

## 2.3 概念模型

自然灾害风险是由致灾因子、孕灾环境和承灾体等因素的发展变化以及它们相互作用影响产生的结果。相对于致灾因子和承灾体,孕灾环境的变化周期相对较大,界限定义相对比较模糊,用目前的方法和技术很难将其量化。本研究暂且忽略孕灾环境因素的影响,结合灾害风险的动态表达和情景表达理念,提出了狭义上的用四元组形式表达的自然灾害动态风险的概念模型,即:

$$Risk(T) = \langle P(T), V(T), *(T), S(T) \rangle. \quad (1)$$

式中:  $T$  表示自然灾害风险发生的时间(时间点或时间段);  $Risk(T)$  代表动态风险;  $P(T)$  表示随时间变化的致灾因子变量;  $V(T)$  表示随时间变化的承灾体变量;  $*(T)$  是指致灾因子变量与承灾体变量之间的耦合关系;  $S(T)$  表示未来的灾害情景。

## 3 自然灾害动态风险评估的基本内容

自然灾害风险评估的目的在于评估未来某灾害发生的可能性及其可能造成的破坏与损失,以便人们采取规避、分散和控制等方式来降低未来灾害对人类生命安全和财产可能造成的损失和影响。通俗地讲,进行自然灾害风险评估研究时,我们应该研究某个区域什么时候最有可能遭受什么样的灾害,灾害发生的可能性和强度有多大,暴露在灾害中的哪些承灾体将会受到哪些影响,这些影响的具体表现形式又是什么(人员伤亡、经济和财产损失、建筑物和其他基础设施的破坏损毁等)。

基于上文给出的自然灾害动态风险的概念模型,认为狭义上的以系统量化为核心的自然灾害动态风险评估的基本内容包括:灾害风险评估的时间约束、致灾因子的动态分析、承灾体的动态分析、自然灾害动态风险的耦合以及自然灾害动态风险的情景输出等五个部分(图2)。其中,致灾因子动态分析的步骤包括:致灾因子识别、致灾过程模拟和灾害发生的可能性评估等;承灾体动态分析的步骤包括:承灾体识别、脆弱性指标选取和承灾体脆弱性评估(脆弱性曲线)等。

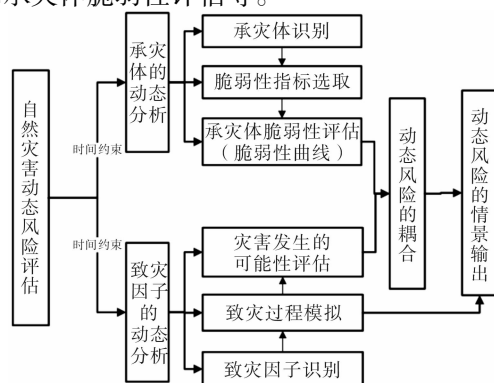


图2 自然灾害动态风险评估的基本内容

### 3.1 灾害风险评估的时间约束

研究与时间有关的问题时,往往会把时间分为连续时间和离散时间,实际上也就是时间尺度问题。在界定自然灾害动态变化的时间尺度时,必须要全面分析孕灾环境、致灾因子和承灾体三者随时间动态变化的规律问题。

(1)孕灾环境是孕育灾害发生的自然与人文环境,一般以自然环境为主,人类对自然环境的影响后果一般较长的反应时间。例如,孕育洪涝灾害产生的自然环境,其相对稳定、不易发生变化,诸如区域地貌和区域气候的通常要经过数十年、数百年甚至更长时间才能发生较明显的变化。我们在进行自然灾害风险评估时,一般只将孕灾环境发生变化的时间周期作为分析计算的一个参考。

(2)致灾因子是导致灾害发生的触发因素,一般通过大量的样本统计,粗略地估计出区域某种致灾因子的发生周期,当我们得不到足够的统计数据时,则可以采用信息扩散等不完备信息处理方法去计算短期内该致灾因子的发生概率。不同致灾因子发生的周期不一样,其持续发生时间也不一样。例如,我国部分沿海城市的台风基本上会一年一遇,一些地方还会在一年内遭遇数次台风袭击,每次台风过境时带来的大风或者暴雨的持续时间可能是几个小时、一天或者数天;我国中部、西南等省份城市遭遇的干旱和洪涝也可能呈1、2或3年等不同年限的周期发生,一个地区在1年内也可能发生数次干旱和暴雨洪涝事件,一次干旱可能是持续发生1个月、数月甚至1年;地震的发生周期可能是几年、几十年或数百年等等,不同等级的地震发生周期也会相差很多,一次地震(而非地震灾害)的持续发生时间可能是数十秒,或者数天(考虑余震),甚至是数月(考虑灾害链)。

(3)承灾体是灾害要素中最重要也是最灵活的要素,没有承灾体,致灾因子导致的灾变就构不成灾害,更谈不上灾害风险,而且承灾体种类与特质的不同还会导致灾害风险时间尺度的多样性。承灾体的状态会随自然界和社会系统的发展而发生规模、行为和价值上的显著变化,主要表现为土地利用、人口分布、GDP、建筑物分布、基础设施分布等会随着区域社会和经济发展规划的更新而发生较大规模的变化,而社会和经济发展规划的更新周期多以数为主(例如:国民经济“五年规划”)。

总之,明确灾害风险的时间尺度是自然灾害动态风险评估工作的基本前提。自然灾害风险的有效时间尺度是判断自然灾害风险评估结果有效期的一个重要指标,并非一次自然灾害风险评估就能永久生效,自然灾害风险评估必须随着数据的更新、理论和技术的改进等而与时俱进。

### 3.2 致灾因子的动态分析

对于自然灾害风险而言,如果提前框定其发展规律是在某种分布函数约束下的平稳马尔科夫过程显得很不合理。传统的用历史预测未来的各种时间序列类预测方法,运行基础是大量的统计数据 and 合理的参数假设,这些方法很少考虑研究对象的系统性和不确定性。

针对自然灾害,人们往往很难获得足够有用的信息或者经验公式,“没有或少有数据,只有先验经验”、“只有数据,但没有先验经验”等情况时有发生。在此情况下,贝叶斯方法又不得不回到假设某事件的发展属于某种分布的状态了。总之,马尔科夫过程预测、蒙特卡洛模拟和贝叶斯等方法都有各自的动态分析优势,可以作为人们用于

分析致灾因子动态变化的方法,它们的分析原理也为致灾因子以及承灾体的动态分析提供了思路(图3)。

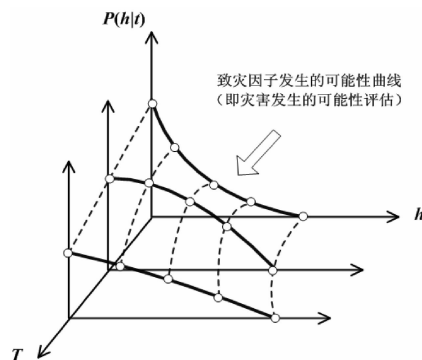


图3 致灾因子可能性动态分析的三维示意图

如果将致灾因子的出现视为随机事件的发生,则致灾因子动态分析的关键内容就是灾害发生的可能性评估,计算致灾因子发生概率的数学前提是首先要确定致灾因子的定义域(测度空间),致灾因子的定义域可以是连续的也可以是离散的。如果我们用 $H$ 代表致灾因子随机变量,则致灾因子定义域中的元素(致灾因子变量)可记作 $h$ 。设 $T$ 是致灾因子的时间变量,则致灾因子定义域中的时间元素可记作 $t$ 。那么,在给定的地理单元中,进行灾害发生可能性评估的任务就是计算某致灾因子变量 $h$ 的条件概率 $P(h|t)$ 。

通常来讲,灾害发生的可能性结果可以由历史统计分析手段计算得到,或用致灾过程的物理分析推理或专家经验实现,有时也可结合两者综合给出,不同灾种可以采用不同的计算模型和分析方法。

用于动态预测的各种数学方法或者数据本身都具有局限性,只能近似地反映客观事物的数量关系或变化趋势,不可能把所有影响预测目标的因素都包括在内。因此,我们在选用计算灾害发生可能性的方法和模型时,必须考虑数据与方法的匹配问题。例如:当数据足够多的时候,可以采用传统的统计方法;当没有数据时,可以在正确的经验指导下,采用蒙特卡洛或贝叶斯方法等;当数据过少时,可以采用模糊算法进行分析计算。

### 3.3 承灾体的动态分析

承灾体一般是指社会经济系统中的GDP、人口、居民地、建筑物、道路、机场、地下管线等一切与人类活动有关的客观存在。人们一般会用城市形态结构、人口结构、基础设施结构,或是人口密度、人口年龄结构、经济密度、建筑物密度、生命线工程密度、道路敏感度等作为承灾体脆弱性的评价指标<sup>[12]</sup>。

承灾体动态分析的基本内容包括以下几个方面:①根据研究需求,在给定的地理单元内,识别该单元内在未来不同时段或时间点可能遭受致灾因子影响的承灾体,即承灾体识别;②确定用于分析承灾体脆弱性的评价指标,即脆弱性指标选取;③通过历史统计、经验公式和物理模拟等手段得到的结果,给出不同时间段内的承灾体脆弱性曲线,即承灾体脆弱性的动态评估。承灾体的脆弱性直接反映了社会经济系统中不同层次的



承灾体遭遇过或有可能在未来遭遇灾害时所表现的某种性质,但是由于不同承灾体的度量单位不一样,往往会造成脆弱性的评估量纲难以统一和标准化。由此建议用经济损失率、受影响人口比例等表示承灾体的脆弱性指标,即灾情与相应社会经济发展指标的比值。若用  $DC$  表示灾情,  $SE$  表示社会经济发展指标,  $VI$  表示承灾体的脆弱性指标,则有:  $VI = DC / SE$ 。

如果用  $VI$  表示承灾体脆弱性指标,用  $h$  代表致灾因子变量,  $T$  为承灾体变化的时间变量。那么,参考“剂量-反应曲线”<sup>[13]</sup>,我们可以把承灾体脆弱性动态评估的基本模式用示意图的形式表达(图4)。

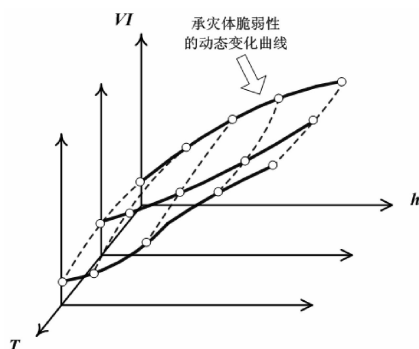


图4 承灾体脆弱性动态评估的三维示意图

进行承灾体脆弱性评估时,也需要考虑承灾体的“时、空、度”等因素。其中,“时”指承灾体遭受灾害影响的时间,此时间可以是时间点,也可以是时间段;“空”指承灾体所处的空间地理位置;“度”指承灾体的受影响程度,比如财产的损失量、建筑物的倒塌数量和破损程度、人员伤亡的数量等等。

### 3.4 自然灾害动态风险的耦合

从某种意义上讲,自然灾害风险评估属于系统预测的研究范畴,即如何利用科学的方法对不利事件的未来发展趋势进行推测,并计算未来情景的相关参数。从理论上讲,或许存在描述风险系统的确定性状态方程或随机状态方程,但存在和能够找到并不是一回事,大多数风险系统都太过复杂,不易建立相关的状态方程。即使我们高度简化抽象地获得了状态方程,要确定合适的边界条件并求解之将是一项难以达成预期效果的庞大工程。自然灾害风险评估并非是研究状态方程,更不是对现有统计资料的简单回归。倘若研究人员能够真正搞清楚灾害发生和发展的机理,并确定出与灾害风险有关各种元素的函数,那自然是最好。但是,在现有条件下,要想确切给出这样的函数并非易事。

鉴于上述情况,有学者提出了一种综合风险评估的基本模式,该模式认为:数学量化意义上的自然灾害风险评估,事实上就是要找出一系列能展示自然灾害系统发展变化的代表函数,例如找出致灾因子的概率密度函数和承灾体脆弱性的“剂量-反应”函数,然后将两者合成来显示风险<sup>[14]</sup>。

基于致灾因子的动态分析结果、承灾体脆弱性的动态评估结果,自然灾害动态风险的耦合方式是:在统一的时间约束下,进行致灾因子发生

的可能性分析,并找出承灾体脆弱性的变化曲线,最后将两者合成为时间轴上的风险值序列(图5)。

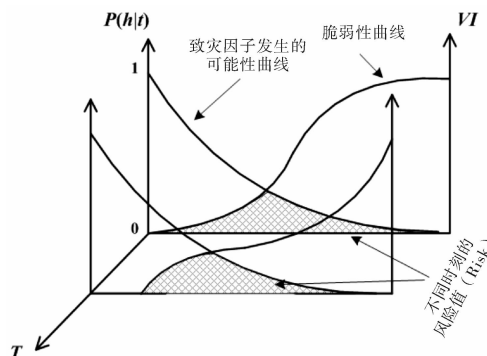


图5 自然灾害动态风险耦合模式的三维示意图

自然灾害动态风险耦合的形式化模型可表示为:  $Risk = P(h/t) \cdot VI$ 。模型公式中的  $Risk$  代表风险,  $P(h/t)$  是指致灾因子发生的可能性,“ $\cdot$ ”是耦合规则,  $VI$  是随时间变化的承载体的脆弱性指标。当  $Risk$  用数值等进行度量时,  $P(h/t)$  就是概率值,  $VI$  也可以表示为损失率,而“ $\cdot$ ”可以是乘法运算、积分运算或者模糊合成算子等。

### 3.5 自然灾害动态风险的情景输出

从情景分析的角度开展灾害风险评估,可以弥补传统方法仅从致灾因子角度或单从承灾体角度进行分析的不足,利用“情景”连接所有参与要素,真正实现“风险”的系统分析,且该方法考虑了风险发展变化的时间参量,注意到了动态分析的必要性,输出成果更具易懂性和多样性,为风险管理的决策工作提供了一种更为直观高效的参考。

综上,通过对致灾因子动态分析、承灾体的动态分析以及自然灾害动态风险的耦合建模,借鉴情景分析理论,我们可以借助各种模拟仿真技术,用情景表达的形式显示动态风险评估结果的系统性、不确定性和时间动态性(图6)。

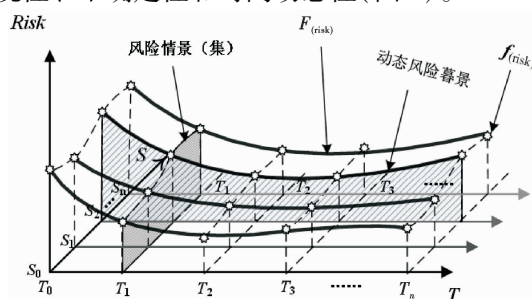


图6 自然灾害动态风险情景输出的三维示意图

图6中,自然灾害动态风险评估的输出结果是由风险值  $Risk$ 、时间  $T$  和情景  $S$  共同组成的。其中,  $T$  是串联自然灾害风险动态变化的时间轴,  $T_0$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$  等是未来某自然灾害可能发生的时间;情景  $S$  也可被称作情景集,由  $S_0$ 、 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $\dots$ 、 $S_n$  等组成,  $S$  是同一种致灾因子同一时刻在不同概率下造成不同损失结果的组合,这种可能性结果可以是一个,也可以是多个。曲线  $F_{(risk)}$  和点  $f_{(risk)}$  分别表示呈连续分布和离散分布形式出现的风险值,风险值的高低起伏,显示了风险值在不同情景和不同时间约束情况下的差异,充分体现了自然灾害风险的动态性和不确定性。为了

区别风险在情景和时间轴上的多维表达,将某一时间发生的风险组合称作风险情景集,由时间轴  $T$  串联的风险情景序列为动态风险暮景。

## 4 结论与展望

### 4.1 结论

自然灾害动态风险评估面对的是瞬息万变的自然系统和社会系统,大多数情况下的灾害数据是不具备统计意义的,历史记录与社会发展信息也没有权重高低可言,因此很难精确地寻找灾害风险的状态方程,更不可能在牺牲人们生命安全的前提下、通过屡次统计灾害发生后的数据资料,再计算灾害可能发生的概率。自然灾害风险是灾害事件在未来的一种表现形式,如果其随着时间的推移而不发生任何变化,未来的样子就是今天的样子,也就不存在自然灾害的“风险”问题了,我们完全可以按照一个标准来防灾减灾。

因此,既尊重过去又正视未来的自然灾害风险评估,需要通过统计、模拟、耦合等综合手段,开展致灾因子动态分析和承灾体动态分析,并结合致灾过程的动态模拟,形成一套动态风险的情景分析方法。本研究认为自然灾害动态风险评估的基本模式为:正视自然灾害风险本身所固有的系统性、不确定性和动态变化性,以框定时间尺度为基本前提,从影响致灾因子和承灾体动态发展变化的基本元素着手分析,然后对其分析结果进行耦合,最后结合物理仿真模拟技术,输出时间轴上的动态风险情景结果。

### 4.2 展望

自然灾害动态风险评估需要自然科学和社会科学领域的多学科交叉理论、方法和技术的全面支持,其评估结果的有效性和科学性取决于对致灾因子、承灾体和孕灾环境等各要素分析的合理性。我们不仅需要提高定量计算方法对灾害风险模拟和预测的精度和可信度<sup>[15]</sup>,更需要从认知角度研究综合环境和内在属性变化对风险源和风险受体的影响<sup>[16]</sup>,从而使风险评估结果在经过人们的主观分析后,更能贴近灾害风险转化为灾害事件的真实效果。

科技进步和管理方法的更新虽然可以提高人们的认知水平,但是作为发生在未来的具有显著不确定性和复杂性的灾害风险,基本不可能被人们精确刻画,灾害风险动态评估研究首要追求的

应该是合理性。为了让其成果更好地服务于防灾减灾和应急管理工作,今后的自然灾害动态风险评估研究需要应该关注以下几个方面的问题:

(1) 不同类型灾害动态风险评估的时间尺度选择问题;

(2) 灾害风险评估研究所需的基础性数据的动态统计和共享以及管理标准化问题;

(3) 灾害仿真模拟技术与数学分析方法的合理利用问题。

## 参考文献:

- [1] 史培军. 灾害研究的理论与实践[J]. 南京大学学报: 自然科学版, 1991(自然灾害研究专辑): 37-42.
- [2] 苏桂武, 高庆华. 自然灾害风险的分析要素[J]. 地学前缘, 2003, 10 (Supp. 1): 272-279.
- [3] 黄崇福. 灾害风险基本定义的探讨[J]. 自然灾害学报, 2010, 19(6): 8-16.
- [4] 倪长健, 王杰. 再论自然灾害风险的定义[J]. 灾害学, 2012, 27(3): 1-5.
- [5] Marhavilas P K, Koulouriotis D, Gemeni V. Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000-2009[J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2011, 24(5): 477-523.
- [6] Campbell D J. User's Guide for PRISM At Arkansas Nuclear One-Unit 1 [M]. Volume 1: Program for Inspectors. NUREG/CR25021, 1988.
- [7] Gordon R. Moir On-line Use of PSA for Risk-Based Configuration Control [C]// IAEA Technical. Committee Meeting on "Procedures for Use of PSA for Optimizing NPP Operational Limits and Conditions". Barcelona, Spain, 1993.
- [8] 王飞, 尹占娥, 温家洪. 基于多智能体的自然灾害动态风险评估模型[J]. 地理与地理信息科学, 2009, 25(2): 85-88.
- [9] 黄蕙, 温家洪, 司瑞洁, 等. 自然灾害风险评估国际计划述评 II - 评估方法[J]. 灾害学, 2008, 23(3): 96-101.
- [10] Piers Blaikie, Terry Cannon, Ian Davis, et al. At Risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters[M]. London: Routledge, 2005.
- [11] Kumar V, Rachel A D, David Rosowsky. Modeling Changes in Hurricane Risk over Time [J]. Natural Hazards Review, 2005, 6(2): 88-96.
- [12] 张斌, 赵前胜, 姜瑜君. 区域承灾体脆弱性指标体系与精细化模型研究[J]. 灾害学, 2010, 25(2): 36-40.
- [13] Covello V T, Merkhofer M W. Risk assessment methods, approaches for assessing health and environmental risks[M]. New York: Plenum Press, 1993.
- [14] 黄崇福. 自然灾害风险分析与管理[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [15] 巫丽芸, 何东进, 洪伟, 等. 自然灾害风险评估与灾害易损性研究进展[J]. 灾害学, 2014, 29(4): 129-135.
- [16] 黄崇福. 自然灾害动态风险分析基本原理的探讨[J]. 灾害学, 2015, 30(2): 1-7.

## A Basic Mode for Dynamic Risk Assessment of Natural Disaster

Pang Xilei<sup>1, 2</sup>, Huang Chongfu<sup>3</sup> and Zhang Yingju<sup>1</sup>

(1. Dalian Administrative College, Dalian 116013, China;

2. Shenzhen MINTAIAN Risk Management Research Institute, Shenzhen 518034, China;

3. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Beijing Normal University, Beijing 100075, China)

**Abstract:** As scenarios of adverse events might occur in the future, the uncertainty of natural disaster risk is mainly reflected in its systematic and dynamic changing features. From the view of systemic and temporal dynamic, it summarizes the basic content for dynamic risk assessment of natural disasters, which refer five parts including time constrained conditions for disaster risk assessment, dynamic analysis on hazard, dynamic analysis on disaster bearing-body, risk coupling calculating and scenario output etc. It gives a basic mode for dynamic risk assessment of natural disaster.

**Key words:** natural disaster; dynamic risk assessment; disaster causing factor; disaster bearing-body; scenario analysis