

李宁, 王焯, 张正涛. 从科技论文数量和内容看自然灾害风险度评估方法的转变[J]. 灾害学, 2016, 31(3): 8-14. [LI Ning and WANG Ye, ZHANG Zhengtao. Transformation of Natural Disaster Risk Assessment Method Based on Number and Content of Scientific Papers[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(3): 8-14.]

从科技论文数量和内容看自然灾害风险度 评估方法的转变*

李 宁^{1,2,3}, 王 焯^{1,3}, 张正涛^{1,3}

(1. 北京师范大学 地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875; 2. 北京师范大学 环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875; 3. 民政部/教育部减灾与应急管理研究院, 北京 100875)

摘 要: 灾害风险评估是灾害管理的有效手段之一, 如何使评估的内容更加贴近灾害管理的需求是我们关注的焦点。通过统计 20 年来自然灾害主流期刊的 251 篇有关自然灾害风险评估的文献, 将风险度计量方法归纳为两种, 一是指标综合风险度, 二是损失概率风险度。系统地总结了两种方法应用数量的总体占比和发展趋势, 并分析其变化原因。结果显示, 从自然灾害系统的角度出发, 考虑到致灾因子危险性、孕灾环境脆弱性和承灾体暴露度的求解指标综合风险度的论文占比 53%, 数目逐年上升; 关注灾害可能性与后果的严重程度的求解损失概率风险度的论文占比 23%, 2006 年以来有较大的上升趋势。应用损失概率风险度方法的论文数量的快速上升显示研究内容从风险识别向着减少损失的风险评价发生转变。这表明中国正有更多的学者在关注求解灾害损失概率的风险度。

关键词: 自然灾害风险; 自然灾害系统; 损失概率; 易损性; 评估方法

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2016)03-0008-07

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2016.03.002

随着经济的发展和人口的增长, 自然灾害后果的放大效应更为显著。如何减轻自然灾害造成的后果, 最大限度地减少生命财产的损失是防灾减灾工作的重要内容, 而风险评价越来越被认为是自然灾害预防及治理的有效工具之一。

2005 年 1 月, 联合国第二届全球减灾大会的减灾战略将自然灾害风险的识别、评价、监测与预警列为未来 10 年减灾的五个优先领域之一。10 年后的 2015 年 3 月, 联合国第三届全球减灾会议确定了到 2030 年大幅降低灾害死亡率、减少全球受灾人数及直接经济损失等全球性的七大目标和四项优先行动事项, 呼吁全球各国加大减灾投入力度, 加强能力建设, 减少自然灾害带来的损失。20 年的国际减灾战略表明, 减灾的优先领域正从风险识别向着减少损失的风险评价发生转变。

加大减灾投入力度和降低损失的基础是了解损失了多少和未来损失的风险有多大, 风险评估方法的进步可以让减灾目标得以实现, 而灾害风

险评价方法是围绕灾害风险的定义展开的。虽然不同背景的学者对风险的定义没有完全达成共识^[1], 但是, 对风险的本质还是取得了一致性见解。研究者普遍认为风险是对未来损失不确定性的描述。在风险本质问题的研究上, Kaplan^[2] 在 1981 年就将这个普遍的定义进行了分解。他指出, 虽然我们很难对风险做出一个可以让大家普遍接受的定义, 但可以确定的是, 风险包含了三个科学问题: ①有灾害事件②有害事件发生的可能性③如果有有害事件发生了, 后果是什么。因此, 要回答这三个问题, 风险的评估应归纳为三个变量的函数, 用 $R=f(E, P, C)$ 表示, 其中, E 代表某个有害事件, P 代表此有害事件发生的概率, C 代表此有害事件发生后所造成的后果(图 1 左), 有了这三个变量, 灾害风险的评估就归结到自然灾害风险度的求解问题上。当针对特定灾害事件时, 风险度就变成了可能性与后果的函数, 用概念模型 $R=f(P, C)$ 表示。如果灾害的可能性与后

* 收稿日期: 2015-10-28 修回日期: 2016-03-09

基金项目: 国家自然科学基金项目“基于多维联合分布理论的灾害风险评估模型研究”(41171401); 中央高校基本科研业务专项资金资助; 国家重大科学研究计划“全球变化与环境风险演变过程与综合评估模型”(2012CB955402)

第一作者简介: 李宁(1958-), 女, 江苏镇江人, 教授, 主要从事自然灾害及风险管理研究. E-mail: ningli@bnu.edu.cn

果能够准确评价了, 风险度的评估问题就迎刃而解了。

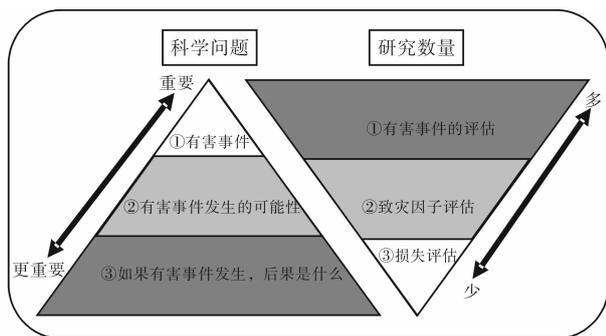


图1 风险三个科学问题的重要性及其论文数量

围绕这个一致性见解, 在联合国(United Nations, 2004)“国际减灾战略”^[3]项目中针对风险给出了比较权威的定义, 它指出风险是自然或人为灾害与承灾体易损性之间相互作用而导致的有害结果或预期损失发生的可能性, 将问题③中有害结果的研究放在了首要的位置。基于此, 应该有大量的科学研究去关注这个科学问题。

然而, 我们所看到的更多的论文是研究灾害事件发生的次数以及针对致灾因子的评估, 有关自然灾害风险的研究在数量上没有与三个科学问题的重要性有着很好的对应关系, 如图1所示。关于损失评估的研究数量较少, 而对于致灾因子评估的研究数量较多。这主要是由于自然灾害风险评估是在以保险业为服务对象的风险分析的基础上发展起来的, 评价的早期工作主要是针对工程项目, 比较重视自然灾害发生的可能性研究。这些研究关注灾害事件的概率分布形态并建立了危险性曲线, 基本回答了Kaplan在问题①及问题②中提出的是否有灾害事件和有害事件发生的可能性问题, 而且这类论文的数量还在继续增加。大量的统计研究结果显示, 中国是自然灾害发生较多的国家, 灾害每年都对经济产生不同程度的影响。因为问题①和问题②没有涉及到灾害风险的本质, 这里不再赘述。本文关心的是, 自我国参与“国际减灾十年”活动以来, 自然灾害风险度的评价研究得到相应的重视, 现代科技为人们系统地研究风险问题提供了重要帮助, 风险问题的数学化加深了人们对风险的认识, 并开展许多有益探索。但针对问题③的研究仍相对较少, 解决的问题的程度也值得总结。

因此, 本文调查了中国自1993年以来与灾害风险相关的研究论文, 比较全面地对其中使用的不同风险分析方法情况进行了统计分析, 从论文

数量、比例和随时间变化的趋势上探究风险分析的数学方法是否从风险识别向着减少损失的风险评价进行着相应的变化, 并分析其变化原因, 由此系统定量地分析风险科学的发展趋势。因为主流的风险分析方法, 代表着学者对于灾害风险的认识水平, 也显示了政府和企业对于风险评估的需求所制定项目指南的方向。

1 评估方法

归纳起来, 自然灾害风险度的评价内容是围绕两种方法展开的, 一是指标综合的风险度量方法, 二是承灾体的期望损失度量方法。

1.1 指标综合的风险度量方法

方法1: 风险度 = 危险度 × 易损度的评价数学模式^[4]。

$$R = H \times V, \quad (1)$$

式中: R 为自然灾害风险度; H (hazard) 为致灾因子危险度; V (Vulnerability) 为承灾体的易损度。危险度体现致灾因子某强度条件下的发生概率, 易损度表示易于遭受自然灾害的破坏和损害, 是使用最广泛的定义。涵盖了引言中Kaplan提出的三个科学问题。

由于表达式考虑致灾因子的发生概率以及承灾体的抗灾能力, 实际上得出的灾害风险度应该是承灾体在某一强度致灾因子作用下发生破坏的概率, 也称损失概率。

然而, 由于灾害事件本身的极端性和灾害受损记录的不完备性, 常常因为统计样本不满足常规统计分析的信度检验要求, 使损失概率的求解难度较大, 实际应用上更多的是对式(1)进行转化, 采用满足求解的指数综合数学模式:

$$R = H \times V \times E, \quad (2)$$

式中: R 为自然灾害风险度; H (hazard) 为致灾因子危险度指数; V (vulnerability) 与式(1)中的 V 不同, 表示承灾体的脆弱性指数; E (exposure) 为某承灾体在该致灾因子作用下的暴露度指数。其中各个因子还要根据其风险度的贡献大小乘以权重系数 w ^[5-6]。

式(2)中的风险度是这三个指标综合的结果, 要得到风险度, 首先需要建立包括式(2)中三个指标在内的指标体系表(表1), 致灾因子危险度指数主要是由危险因子活动规模(强度)和活动频次(频率)决定的。一般认为危险因子强度越大, 频次越高, 灾害所造成的破坏损失越严重, 灾害的风险也越大。承灾体的脆弱性指数, 是指危险地区存在的所有的生命财产, 由于潜在的危险因素受到

不利影响的程度和趋势、大小与其物质成分、结构有关，也与防灾力度有关。一般脆弱性愈低，灾害损失愈小，灾害风险也愈小。暴露度指数是指可能受到危险因子威胁的所有人和财产，如人员、房屋、农作物、生命线等。一个地区暴露于危险因子的人和财产越多，受灾财产价值密度越高，可能遭受的潜在损失就越大，灾害风险也越大。

表1 灾害风险评估指标体系表

事件编号	灾害类型	致灾因子	脆弱性	暴露度	权重系数
1	t_1	h_1	v_1	e_1	w_1
2	t_2	h_2	v_2	e_2	w_1
...
n	t_n	h_n	v_n	e_n	w_n

仔细分析我们认识到，式(2)是半定量模型，鉴于不同承灾体对灾害的抗灾性能和脆弱程度不同，该模型同时考虑灾害系统包含的三个要素，将致灾因子的危险性和承灾体的脆弱性、暴露度等多个指标进行综合考虑，利用相加或相乘方法集成得到的综合结果表达风险度。这个风险度的数值是相对等级，反映自然灾害系统内部相互作用这个复杂过程中可能产生的综合结果，间接地表示了致灾因子作用下产生破坏的可能性，既满足灾害系统的全面综合性，也通过了由于损失数据不足导致无法求解损失概率的瓶颈。获取的评价单元的相对风险等级可以用来反映灾害风险度在空间上的分布情况及区域差异，而且可以通过对指标的分析得到造成灾害风险度差异的具体原因，有利于从宏观角度认识、了解灾害风险，为国家政府机构制定土地利用规划、社会经济发展规划提供参考。式(2)求解相对简单，操作性强，由此产生了一批灾害风险的研究成果。

式(2)也存在不足之处。①评价指标的选择主观性强，研究者在指标选取原则上除强调其科学性，综合性外，还会加上“可获得性”这一条。这种多由数据的可获取程度决定的指标选取原则，可以说是至今还不能形成相对统一的、有共识的评估指标体系的根本。②在综合集成时需要确定指标的权重系数，为此研究者各执己见，导致评估结果的客观性出现差异。③数学表达式没有涉及损失参数，评估结果显示的风险度是相对等级，在损失程度上不具有明确的物理意义，距离风险评估科学问题中急需了解的“可承受的最大灾害规模”还存在一定的差距。

1.2 承灾体的期望损失度量方法

方法2：风险源造成的承灾体的期望损失的评价数学模式。

$$R = P \times E \times L, \quad (3)$$

式中： R 为自然灾害风险度，也称损失概率； P (Probability)为某一特定强度的致灾因子的发生概率； E 为某承灾体在特定致灾因子作用下的暴露度(同式(2))； L (Loss)为相应承灾体的损失或损失率^[7-8]。

该方法关注的是自然灾害事件引起的生命财产和经济活动的期望损失值，因此通常以经济损失货币价值为度量对象。经济损失分为直接损失和间接损失，因为间接损失的度量难度较大，目前的损失度量以直接损失为主。

根据式(3)可以求出某个承灾体在特定强度的致灾因子作用下产生损失的概率，如果这个问题得到圆满解决，则定量地解决了本文引言中Kaplan指出的损失发生可能性的科学问题③，即如果有害事件发生了，后果是什么？

解决这个问题采取的方法有求解损失的超越概率和损失评估两种。

(1) 损失的超越概率评估

要得到损失的超越概率曲线，首先需要建立灾害事件损失表(表2)。一般来说，事件表应包括灾害事件的类型(type)、持续时间(duration)、强度(intensity)、灾害的年发生率(frequency)、造成的直接损失(Loss)等一系列的信息。中国现有的灾害事件记录主要来自地震部门、水文部门、气象部门、民政部门和保险部门等，部门之间统计标准不一致且尺度较粗，损失的统计样本较少，导致损失的超越概率曲线的求解非常困难，精度较低。通常的解决方法是通过蒙特卡洛法循环M年，生成一个虚拟的事件损失表，这里有两重假设。假设灾害事件发生次数服从的分布形式，一般假设为泊松分布。再根据假设的分布函数先验概率求得年发生次数，之后，则需要进一步模拟每次事件造成的损失。理论上讲，损失分布应该通过实际的灾害损失样本数据确定，但由于损失数据的缺乏导致无法达到统计的需求，因此需要第二重假设，一般假设事件造成的损失符合正态分布。用损失的正态分布与上述先验概率的发生次数的关系生成随机数，作为每一次的损失值。最后可依照此事件的损失表来计算损失的超越概率曲线。但几乎没有人对损失值进行实证检验，研究损失的超越概率曲线是否较好地拟合了实际数据。多数研究都会在述“生成大量符合历史样本特征的随机事件样本集，在时间和空间两个方面弥补历史灾害事件样本不足的问题”之后，加上一段说明，大体意思是，生成每个虚拟事件灾害类型的随机数都要符合历史资料的统计特征。这说明研究人

员注意到灾害事件的损失资料的重要性。

表 2 灾害事件表

事件编号	灾害类型	持续时间	灾害强度	年发生频率	直接损失
1	t_1	d_1	i_1	f_1	L_1
2	t_2	d_2	i_2	f_2	L_2
...
n	t_n	d_n	i_n	f_n	L_n

(2) 损失评估

为了克服这个困难, 国内开展了损失评估的研究, 对灾害快速损失评估的研究多数是基于遥感(RS)技术和地理信息系统(GIS)以及实地调查, 往往受到数据获取难度大以及成本高的限制。2008年后, 一些研究注重从资产和存量估计的角度来进行灾害快速损失评估及风险分析, 通过将资本存量评估与损失率研究相结合, 来评估灾害事件的直接损失^[9]。资本存量指的是固定资产保留于物质形态中的价值。损失率是在特定灾害的影响范围内, 不同资产形式承受灾害打击被破坏的程度。

综上所述, 式(2)和式(3)代表的两种方法有着各自的优势, 分别解决了防灾减灾的不同问题。与国际减灾计划从风险等级评估向损失的可能性评估的方向转变相对应, 我国自然灾害风险评价的研究内容也发生着改变。本文从二者数量的变化上探讨近 20 年来学者对灾害风险认识的变化趋势, 较全面地了解研究者在灾害风险认识上的转变。这一方面传达了灾害风险评估技术层面存在的现实问题, 另一方面, 从理论上揭示以灾害损失及可能性为基础的风险评估的重要性。

2 资料来源

本文根据期刊的影响因子排名选取了 11 个与自然灾害风险有关的中文核心期刊(表 1), 资料来源于中国知网、维普网、万方数据库 1994 年 1 月 1 日 - 2014 年 12 月 31 日所收录的文章, 共计 251 篇中文文献, 由此统计灾害风险文献的变化。

表 3 期刊影响因子及刊登自然灾害风险文章数量

期刊名	影响因子	文章数量
地理学报	3.958	3
地理科学	2.408	15
地理科学进展	2.246	10
暴雨灾害	1.815	9
灾害学	1.796	74
地球科学进展	1.668	2
干旱气象	1.533	10
自然灾害学报	1.057	98
气象与减灾研究	1.000	7
中国地质灾害与防治学报	0.739	21
防灾减灾工程学报	0.675	2

3 结果分析

3.1 灾害风险文献的数量随年份的变化

图 1 中显示, 关于灾害风险的相关研究越来越多, 1990 年代, 平均每年有 3 篇文献; 2001 - 2006 年间, 平均每年有 9 篇文献; 2007 年以后, 灾害风险文献数量迅速上升, 2007 - 2014 年间, 平均每年有 22 篇文献, 在 2012 年达到 32 篇。

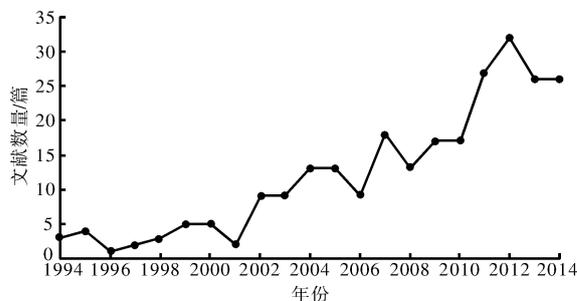


图 2 灾害风险文献的数量随年份的变化

3.2 灾害风险文献的作者单位

表 3 显示了上述文献的作者所在的研究机构, 可以看到, 气象科学研究所、国家气候中心、各省市气象局、各省市气象台、北京师范大学、中国科学院、华东师范大学、南京信息工程大学发表的灾害风险文章数目较多。

表 4 中文期刊发表灾害风险文章的机构和数量

机构	文献数目
气象科学研究所、气候中心、省市气象局	55
北京师范大学	40
中国科学院	33
华东师范大学	13
南京信息工程大学	15
南京大学	12
东北师范大学	10
北京大学	7
中国地质大学	9

3.3 使用方法 1 和方法 2 的论文的比较

3.3.1 论文数量的比较

本文统计了使用各类风险评估方法的文献数目及所占比例(图 3)。使用方法 1 的文章共有 132 篇, 占文章总数的 53%, 数量较多, 比例较大。使用方法 2 的文章共有 57 篇, 占灾害风险文章数的 23%, 数量较少, 比例较小, 此外还有用致灾因子的频率、强度描述风险的, 这类文章有 44 篇, 所占比例为 17%, 还有一些文章利用其他方式评估风险, 或对已有的灾害风险评估研究进行综述, 这类文章共有 18 篇, 占比为 9%。由此可见, 大多数研究都是围绕方法 1 展开的。

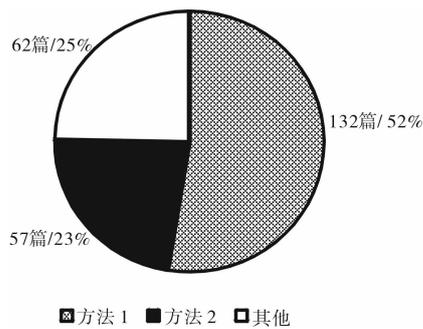


图3 两种方法数量比较

3.3.2 时间变化的比较

本文探究了使用方法1和方法2的文献数目随着时间的变化(图4),总的说来,使用两种方法的文章数目均有增加趋势;在使用方法1的文章数量呈逐年增加的趋势,使用方法2的文章数量表现出明显的上升趋势。

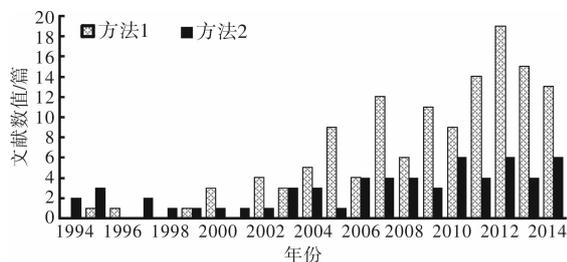


图4 应用两种方法的文章数量随时间的变化

由图5可知,方法2在2005年前对于损失可能性概念模式的定性讨论较多,2006年以后的研究集中于其定量化,定量分析的论文逐渐取代了定性分析的论文,而且数量增速较快。

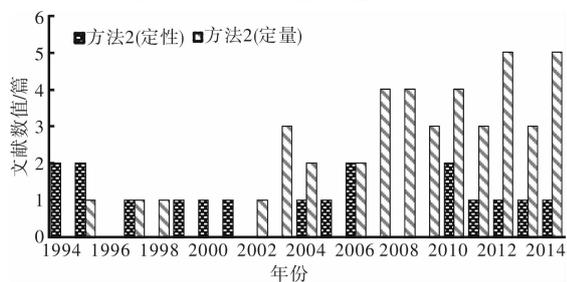


图5 应用方法2进行定性与定量研究的文章数量随时间的变化

因为损失数据是方法2应用的重要基础,鉴于目前历史灾情数据不足的现状,该方法的应用受到一定程度的限制,需要多年的收集与积累。因此,实地调查收集损失数据、对历史灾情资料进行优化处理、评估灾害事件损失、构建灾害损失数据库是当务之急。

3.3.3 方法2中损失研究的变化

易损性能够衡量承灾体遭受损害的程度,是灾损估算和风险评估的重要要素,是致灾因子与

灾情联系的桥梁。这里的关键要素是损失,无论用什么方法生成虚拟事件损失表,其基础都离不开真实的损失样本数据,样本信息的有效性是限制易损性度量的重要因素。于是,长期以来,不同的学者按照自己的理解设计和使用了一些变量或指标来描述易损性的大小。

可喜的是,统计结果显示(图6),从1991年开始,有学者进行了针对灾害事件的损失评估研究,论文的数量也有明显上升的趋势。并且在内容上表现出直接损失与间接损失相结合的特点,在方法上表现出由比例系数法向经济学模型的转变。

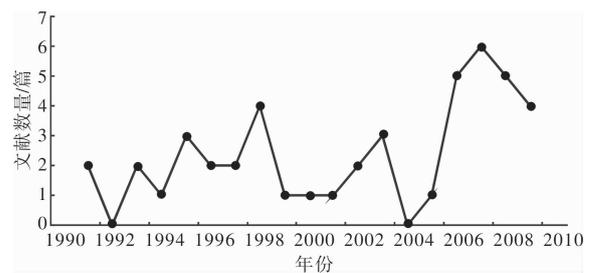


图6 损失研究论文的数量变化

这些论文都提及研究的难点是损失数据的不确定性。随着灾情数据收集手段的提升、数据共享程度的提高、损失数据完备性的改善,应用方法2进行评估风险的文章将继续增多。

4 结论与讨论

本文统计的近20年来的论文数量显示,灾害风险分析的研究集中在两个方面:一是指标综合的风险度量,二是承灾体的期望损失度量。2006年之前是以前者的研究为主。这两种研究方法相辅相成,互相补充,从不同视角为灾害风险评估做出了一定的成绩。前者主要从灾害系统的角度去理解风险,侧重风险形成过程,后者主要从损失可能性的角度去理解风险,侧重风险可能后果。前者的研究通过构建灾害风险评估的指标体系获取评价单元的相对风险度的等级,其结果很好地体现了风险度的空间差异性,使政府和企业的决策者了解区域灾害的时空分布格局和灾害风险度大小,可以为国家政府机构制定土地利用规划、社会经济发展规划提供参考。同时,政府和企业的决策者在面对灾害风险时,除了要了解该区域灾害的时空分布格局和相对风险度的大小外,也需要通过后者研究获知灾害发生的概率以及可能导致的直接经济损失,以确定其可承受的最大灾害规模,并研究制定相应的风险减轻或风险转

移对策。本文统计结果显示, 随着灾害风险认识水平的提高、灾情资料记录的进步, 人们开始认识到这些研究各自都在某种程度上存在需要改进的地方, 研究内容和评估方法也在从定性描述到定量求解发生着转变。

在损失难以定量计量的条件下, 一般将易损性用承灾体的暴露度和脆弱性替代。这里涉及到很多指标的决策计算, 于是产生了专家判断方法、模糊层次分析法等定性和定量分析相结合的系统分析方法, 它把一个复杂问题转化为有序的递阶层次结构, 从而使得一个复杂的决策问题能够使用简单的两两比较的形式导出, 实现了系统中各风险要素的重要度排序, 计算结果得到的风险度简单明确。然而, 这样仍不能有效地解决损失的可能性问题。虽然行业标准提倡的风险分级需通过损失与概率组成的风险矩阵法来确定, 但它属于定性地将概率与潜在损失分别进行大小分级, 利用矩阵组合成新的风险等级, 适用于灾害资料不足且难以准确定量分析的情况。

风险分析的目的是认识风险, 为风险管理提供科学依据, 使未来情景向好的方向转变^[10]。因此, 自然灾害风险研究不应该脱离损失的可能性评估这个科学问题, 较为可靠和普遍的风险评估方法体系也是按照三个阶段进行的。第一阶段: 构建危险性曲线; 第二阶段: 构建易损性曲线^[11]; 第三阶段: 由危险性曲线和易损性曲线综合得到损失率曲线(图 7)。国际上近来已经研制出概率风险评估系统, 国内也有研究者尝试构建单一灾害风险的损失率概率曲线^[12]。

第一阶段是风险源分析。它主要是根据多历史资料的充分调查分析, 获得致灾因子发生的不同强度及对应的频率值, 构建风险源强度 - 频率曲线(图 7a), 这样就可以针对不同发生频率下的特定强度的风险源进行定量分析。第二阶段是易损性曲线分析(图 7b), 通过损失评估、灾情反演

情景模拟法获取承灾体对不同强度致灾因子的损失响应的组合样本, 从而得到风险源强度 - 损失率曲线, 即易损性曲线(图 7c)。它作为定量精确评估承灾体脆弱性的方法, 近年来在多领域被广泛运用, 成为灾情估算、损失风险定量分析以及风险地图编制的关键环节。从研究区域上看, 易损性曲线的研究主要集中于发达国家, 尤其是自然灾害高风险区, 如美国、日本和欧洲莱茵河流域等地的洪水易损性曲线^[13], 欧洲阿尔卑斯山区的滑坡^[14]与泥石流易损性曲线研究等, 还有研究构建了一些灾害对应的承灾体的易损性曲线。如木结构房屋的飓风易损性曲线、建筑物冰雹的易损性曲线、钢筋混凝土桥的地震易损性曲线等。

而统计结果显示, 虽然我国的研究论文中已经认识到承灾体的损失是易损性研究的关键问题, 但 20 多年来损失评估一直未成进入灾害研究的主流, 易损性曲线和损失率曲线的研究进展起色不大。要解决风险评估的科学问题, 达到损失概率风险度评估的目的, 针对灾害事件的损失评估力度有必要加强, 包括直接损失和间接损失。虽然损失评估的模型构建面临灾害学与经济学相结合的学科交叉挑战等问题, 但统计结果发现人们已经开始设法解决这些问题, 这是一件值得庆贺的事^[15-16]。因为这样的风险度对于政府和企业确定其可承受的最大灾害规模、制定相应的风险减轻或风险转移对策来说, 是迫切需要的必要条件。

灾害风险科学不仅需要寻找中国自然灾害发生的时空规律, 还需要揭示灾害发生导致的损失可能性的风险, 使损失概率风险评估方法中的参数中国化, 达到构建适合中国的损失率曲线进行风险评估的目的应该是我们努力的方向。国外期刊论文的统计工作正在进行, 作者将从中外研究的论文数量进行对比, 了解国际国内自然灾害风险度的方向和差异。

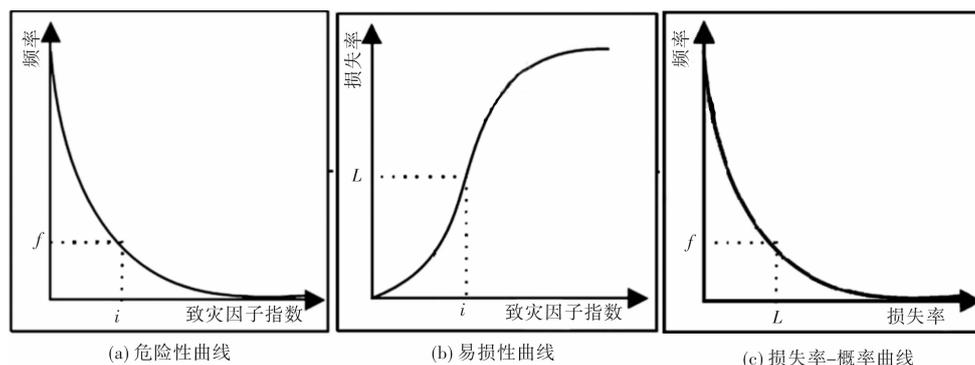


图 7 自然灾害风险定量评估步骤

参考文献:

- [1] 马保成. 自然灾害风险定义及其表征方法[J]. 灾害学, 2015, 30(3): 16-20.
- [2] Kaplan S, Garrick B J. On the quantitative definition of risk[J]. Risk Analysis, 1981, 1(1): 11-27.
- [3] International Strategy for Disaster Reduction. Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives[M]. United Nations Publications, 2004.
- [4] 刘希林, 陈宜娟. 泥石流风险区划方法及其应用——以四川西部地区为例[J]. 地理科学, 2010, 30(4): 558-565.
- [5] 张继权, 冈田宪夫, 多多纳裕. 综合自然灾害风险管理[J]. 城市与减灾, 2005(2): 2-5.
- [6] 张继权, 赵万智, 冈田宪夫, 等. 综合自然灾害风险管理的理论、对策与途径[J]. 应用基础与工程科学学报, 2004(S1): 263-271.
- [7] Tiedemann H. Earthquakes and volcanic eruptions; a handbook on risk assessment. Catalogue of earthquakes and volcanic eruptions; this catalogue pertains to the world map of historical and instrumental earthquakes and of volcanoes and volcanic eruptions[M]. Switzerland: Swiss Reinsurance Company, 1991.
- [8] 唐川, 师玉娥. 城市山洪灾害多目标评估方法探讨[J]. 地理科学进展, 2006, 25(4): 13-21.
- [9] 解伟, 李宁, 胡爱军, 等. 基于 CGE 模型的环境灾害经济影响评估——以湖南雪灾为例[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(11): 26-31.
- [10] 尚志海, 刘希林. 自然灾害风险管理关键问题探讨[J]. 灾害学, 2014, 29(2): 158-164.
- [11] 周瑶, 王静爱. 自然灾害脆弱性曲线研究进展[J]. 地球科学进展, 2012, 27(4): 435-442.
- [12] 景垠娜, 尹占娥, 殷杰, 等. 基于 GIS 的上海浦东新区暴雨内涝灾害危险性分析[J]. 灾害学, 2010, 25(2): 58-63.
- [13] TeLinde A H, Bubeck P, Dekkers J E C, et al. Future flood risk estimates along the river Rhine[J]. Nat. Hazards Earth Syst. Sci, 2011, 11(2): 459-473.
- [14] Ruff M, Czurda K. Landslide susceptibility analysis with a heuristic approach in the Eastern Alps (Vorarlberg, Austria)[J]. Geomorphology, 2008, 94(3): 314-324.
- [15] 吴吉东, 李宁, 温玉婷, 等. 自然灾害的影响及间接经济损失评估方法[J]. 地理科学进展, 2009, 28(6): 877-885.
- [16] 刘希林, 赵源. 地貌灾害间接经济损失评估——以泥石流灾害为例[J]. 地理科学进展, 2008, 27(3): 7-12.

Transformation of Natural Disaster Risk Assessment Method Based on Number and Content of Scientific Papers

LI Ning^{1, 2, 3}, WANG Ye^{1, 3} and ZHANG Zhengtao^{1, 3}

(1. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resources Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, Ministry of Education of China, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 3. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education, Beijing 100875, China)

Abstract: Risk assessment is one of the effective means to disaster management. How to make the content of assessment more close to the demand of disaster management is the focus of this article. We counted 251 natural disaster risk literatures in 20 years mainstream journals and divided the risk measurement into two kinds, one is the risk degrees with index comprehensive, and the second is the risk degrees with risk loss probability. It systematically summarizes the number proportion and trend of applied methods of these literatures, and analyzes the reasons for such changes. Results show that the index comprehensive method considering from the natural disaster system, which includes hazard, vulnerability and exposure, approach 53% more greatly, the article number increased year by year. The proportion of literatures considering loss probability paying attention to the hazard possibility and consequences is 23% and it rised rapidly from 2006. The fast increase in the number of literatures using the second method shows the research content is changing from risk identification to risk evaluation for reducing losses. More and more scholars in China are focusing on solving the risk degree of disaster loss probability.

Key words: natural disaster risk; natural disaster system; loss probability; vulnerability; assessment methods