

马保成. 自然灾害风险定义及其表征方法[J]. 灾害学, 2015, 30(3): 016-020. [Ma Baocheng. Definition and Expression Methods for Natural Disaster Risk[J]. Journal of Catastrophology, 2015, 30(3): 016-020.]

# 自然灾害风险定义及其表征方法<sup>\*</sup>

马保成

(西安科技大学, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 自然灾害风险及风险管理是灾害学科的重要研究领域, 但是自然灾害风险的定义及其表征方法仍未得到统一认识。归纳分析了现有的几种自然灾害风险的定义, 给出自然灾害风险定义的要点, 即风险概率、潜在损失大小和评价时间基准, 据此提出了自然灾害风险三维表达式; 分析了风险概率、损失的构成要素及其计算方法; 总结得出自然灾害风险的三种表征方法, 即风险图法、风险曲线法和公式法。研究对自然灾害风险定量评价具有理论意义。

**关键词:** 自然灾害; 风险; 风险定义; 风险表征

**中图分类号:** X43      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-811X(2015)03-0016-05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2015.03.003

随着科技进步和经济发展, 人类创造的物质财富总量不断增长, 世界文明也发展到新的高度。但是, 灾害与人类的发展史从未分离过, 特别是自然环境遭受严重破坏之后, 自然灾害对人类社会产生的不利影响也显著增强。在全球气候变化的大环境下, 每年受灾害影响的人数以亿计, 灾害问题已经成为全球性的问题之一。通过风险管理来降低灾害风险, 已成为减灾科技界的共识和当务之急<sup>[1-4]</sup>。

风险最早见于19世纪末的西方经济学研究中。到20世纪50年代, 风险和风险管理作为一门学问, 在经济学、社会学和管理科学等领域得到发展。20世纪90年代以来, 灾害风险及其管理在防灾减灾领域得到前所未有的关注, 至今仍是世界范围内的研究热点<sup>[1-10]</sup>。其中, 国际减灾十年(IDNDR)活动产生了深远的影响。21世纪以来开展的自然灾害风险评估国际计划就有灾害风险指标计划(DRI)、多发区指标计划(Hotspots)和美洲计划(American Programme)等<sup>[11]</sup>。

对于风险管理的内容, 较为公认的观点是包括风险识别、风险评估(估计)、风险评价、风险决策与应对以及风险监视与控制等主要环节。其中, 风险识别主要明确可能存在的灾害类型及其主控因素, 并定性判定灾害风险大小; 风险评估一般包括致灾因子危险性评估、承灾体易损性评估以及潜在损失评估, 定量计算得出风险值的大小; 风险评价则是给出风险等级, 判断其可接受水平; 风险决策与应对则需要不同决策主体考虑经济、技术等多种因素, 给出具体的决策方案和

应对计划, 并实施风险减轻、风险回避等处置措施; 风险监控则针对风险计划实施过程中的残余风险或二次风险, 对风险进行生命周期的跟踪, 必要时启动新的风险分析与处置程序。由此可见, 灾害风险评估是防灾减灾工作的基础, 可接受风险标准的确定关系到风险决策的实施。因此, 要加强自然灾害风险管理能力, 就必须回答好灾害风险评估和可接受风险标准这两个关键问题。

要确定风险的可接受水平, 前提是定量回答风险评估的相关问题。近年来, 国内外有关灾害风险评估<sup>[1-15]</sup>和可接受风险标准<sup>[16-18]</sup>的研究越来越多。然而, 目前的风险评估仍以定性或半定量为主, 而定量方法较少。因此, 现有的风险评估方法的实用性是有限的, 尚不能为风险决策提供切实可行的依据。

其中的一个原因是, 灾害风险的定义仍未统一, 基于不同定义也就出现了不同的风险表征方法。由于不同研究者使用了不同的风险评估表达式, 也给可接受风险标准的制定带来了困难。因此, 进一步探讨自然灾害风险的定义, 分析其表征方法, 是十分必要的。

## 1 自然灾害风险定义

“风险”的英文是 Risk。关于风险的定义, 国内外已有很多种, 至今学术界仍未统一。总体上看, 有狭义、广义之分, 狭义的定义主要考虑事

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2015-02-02      修回日期: 2015-03-09

基金项目: 陕西省教育厅科研计划项目资助(14JK1484)

作者简介: 马保成(1982-), 男, 陕西榆林人, 博士, 讲师, 主要从事防灾减灾方面的研究工作。E-mail: mbc\_2002@163.com

表 1 灾害风险定义

| 定义来源                                     | 定义内容  | 定义要点      |
|--|---|-----------|
| 联合国人道主义事务部, 1992                         | 在一定区域和给定时段内, 由于特定的灾害而引起的人们生命财产和经济活动的期望损失值                               | 期望损失值     |
| Maskrey, 1989 <sup>[15]</sup>            | 自然灾害风险是危险性与易损性之代数和  | 危险性 + 易损性 |
| 肖义, 2005 <sup>[16]</sup>                 | 某事故发生的概率和事故后果严重程度的度量  | 概率和后果     |
| 澳大利亚大坝委员会, 2003 <sup>[17]</sup>          | 对生命、健康、财产和环境负面影响的可能性和严重性的度量, 为溃坝可能性和产生后果的乘积                             | 可能性 × 后果  |
| 国际地质科学联盟 <sup>[19]</sup>                 | 对健康、财产和环境不利的事件发生的概率及可能后果的严重程度   | 概率和后果     |
| 联合国国际减灾战略 <sup>[19]</sup>                | 自然或人为灾害与承灾体的脆弱性之间相互作用而导致的有害结果或预料损失(死亡和受伤的人数、财产、生活、中断的经济活动、破坏的环境等)发生的可能性 | 损失发生的可能性  |
| 苏桂武, 高庆华 <sup>[20]</sup>                 | 由风险源、风险载体和人类社会的防减灾措施等 3 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 | 状态        |
| 国家科委、国家计委、国家经贸委自然灾害综合研究组 <sup>[21]</sup> | 面临的或未来若干年内可能达到的灾害程度及其发生的可能性   | 后果及其可能性   |
| Anbalagan 等 <sup>[22]</sup> , 1996       | 由于某种不良自然现象发生后可能造成的损失  | 损失        |
| 黄崇福, 2010 <sup>[23]</sup>                | 由自然事件或力量为主因导致的未来不利事件情景  | 情景        |
| 倪长健, 2012 <sup>[24]</sup>                | 自然灾害系统自身演化而导致未来损失的不确定性  | 损失的不确定性   |

件发生概率, 而广义定义还包括风险事件导致的后果<sup>[16]</sup>。由于研究侧重点的差异, 研究对象的不同, 学者们根据研究需要使用了有区别的风险定义。表 1 中罗列了一些定义方法, 仅供参考。

本文不是要给出权威的、最终的、完备的风险定义, 而是基于原有的研究提炼出定义的要点。由表 1 可见, 不同风险定义反映的侧重点是有差异的, 有的是“加和”论, 有的是“乘积”论, 还有“单值”论、“情景”论等, 均在相关研究中起到积极作用。

风险本质上是多维的<sup>[15]</sup>。因此, 灾害风险较为全面的定义是, 在特定评价时段和空间范围内, 未来灾害造成的潜在损失大小及其发生的可能性, 即损失的概率分布。这一定义包含了灾害造成的潜在损失大小及其可能性(不确定性)两层含义。根据这一定义, 灾害风险大小与致灾因子的强度和活动频率、承灾体的价值及其防灾减灾能力(即易损性)有关。此外, 风险具有动态性, 不同的评价时间、评价周期, 风险大小将会发生变化。强调这一点, 是为了定期进行灾害风险评价, 动态监视风险的发展变化情况<sup>[11]</sup>。

因此, 在特定孕灾环境背景下, 自然灾害风险并不是单一的值, 而实际上包含了三个要素: 风险度  $R$ 、潜在损失大小  $L$ 、评价时间  $T$ 。因此, 要全面刻画某孕灾环境内特定时空条件下的灾害风险大小, 需要具备上述 3 个数值, 这样就构成了一个三维表达式, 即风险数组  $r[3]$ 。

$$r[3] = \{R, L, T\}, \quad (1)$$

式中:  $r[3]$  为自然灾害风险;  $R$  为自然灾害风险度;  $L$

为自然灾害风险损失或潜在损失;  $T$  为自然灾害风险评价时间。

这一定义及其三维表达式(1)尽可能保留了较全面的风险数值, 为风险决策提供了必要的基础信息, 与以往的只给出单一的风险值的做法不同。例如, 某洪水灾害事件情形下可能造成的城市经济损失数额巨大, 超出了一定阶段内社会的承受能力, 但是, 其发生的可能性为千年一遇, 或者该预测评价是在城市发展初期、经济实力较低的时期做出的。显然, 缺少 3 个必要数值的任何一个, 都难以做出有效的风险决策。

再举一例, 在滑坡发展阶段初期评价得出的风险数值, 与即将失稳阶段的风险数值, 是不同的。

因此, 不同评价时间得到的风险值, 就构成了一个“空间”, 或者集合, 当风险信息足够多时, 则构成了“总体”。这样才能更好地描述风险的动态变化过程, 掌握风险总体特征, 有助于把握有利时机, 做出合理可行的决策方案。也就避免了静态的风险评价的不足。

## 2 自然灾害风险表征方法

刘希林<sup>[22]</sup>认为, 风险评价是预评估潜在灾害的重要手段, 涉及致灾体的自然属性和承灾体的社会经济属性。联合国人道主义事务部(Department of Humanitarian Affairs)1992 年给出的风险定义及其数学表达式( $Risk = Hazard \times Vulnerability$ )已

经得到国内外的广泛认同。但是,由于语言表达和研究水平及研究对象等的差异,风险的数学表达式的理解和认识却并不统一。

## 2.1 风险度及其表征方法

风险度,或称为风险概率,实际上是风险源(即致灾体、致灾因子)与承灾体(即受体,风险承受者)相互作用后不利事件发生的可能性。也可以理解为承灾体在风险源影响下的失效概率,或者破坏概率。因此,风险概率需要明确2个重要内容:①风险源的发生概率;②承灾体的暴露性和脆弱性。

### 2.1.1 风险源的发生概率及其表征

危险(Hazard)是在给定时间和区域内一个可能造成潜在损失的现象发生的可能性(联合国人道主义事务部,1992年)。就自然灾害而言,危险是自然灾害这种自然现象发生的可能性,特别是针对其致灾因子而言的。

度量风险源的发生概率是风险评价的难点之一。对于孕灾环境、致灾因子等灾害系统组成要素进行识别、分析的研究已有很多,多是定性或者半定量的,目前的研究热点正集中于其定量化。

衡量致灾因子危险性(H)需要考虑强度(规模,Scale)和概率(Probability)2个要素。例如,在地震多发区,震级大于3级到小于4.5级的有感地震可能频繁发生,即发生概率很大,但通常不会造成严重的人员伤亡和财产损失;而在很少发生地震的地区,有感地震的发生频率很低,但是,由于抗震设防标准较低、人们防震减灾意识较弱,却有可能遭受一定程度的损失。因此,单纯给出某类灾害致因的发生概率,是不够的,必须给定其发生的强度。至于其可能带来的损失,则要考虑具体的风险影响区域和不同受灾体的特点。

在工程建设中,往往根据现有的技术和经济能力,设定某一“设计工况”或“设计标准”,认为在该工况下,工程结构物应保持足够的稳定性和安全性,相应的损失及后果也在允许的、可以控制的范围内;超出该工况,则认为工程结构物不能完全承受相应的破坏荷载,即使损失严重,也不存在事故责任问题。这就是给定了某一灾害风险源的发生频率或致灾因子强度,作为工程设计的参考基准。

为了简化讨论,多数研究和工程实际所指的概率,均是对工程设计或工程设防的强度而言。至于超出或低于该强度的风险致因的概率,一个办法是通过乘以安全系数或者折减系数的方法,进行近似换算、逼近;另一种解决方法是,利用足够的数据求解不同强度所对应的风险致灾因子的发生概率,获得强度-概率的完整序列,从中选取某一强度,作为研究对象的风险基准。

即使对于设计工况而言,要确定致灾因子发生概率也并非易事。这需要考虑灾害类型及其致灾机理,必要时要对各种灾害类型分别进行研究。

随着研究手段的多样化,较为可靠的做法是

可以根据对历史资料的充分调查分析,通过情景模拟、灾情反演、数值试验等,获得致灾因子发生的不同强度和相对应的概率值,绘制出满足减灾实际所需要的风险源强度( $S$ )-概率( $P$ )曲线图(表),或强度-概率拟合方程。这样,就可以针对不同发生概率下的特定强度的风险源进行定性、定量分析,而不会产生混淆。例如,某多雨的城镇,未来雨季遭遇小雨的概率接近于1,但是,由于其强度太低,不会对城镇造成值得关注的损失。再举一例,城市暴雨引起内涝积水的深度达到25 cm时,极易引起交通堵塞、建筑物内资产浸水等灾害,则该强度所对应的暴雨的发生概率,是个重要的待定参数。

### 2.1.2 承灾体的易损性及其表征

易损性(Vulnerability)是在自然灾害影响地区的一切事物由于潜在的危害而导致的潜在的最大损失程度<sup>[22]</sup>。易损性实际上包括暴露性和脆弱性2个要素。

在一定强度(即与之对应的发生频率)的风险致因作用下,承灾体的暴露性和脆弱性直接影响风险后果(即损失)的大小。

暴露性(Exposure)表征不同类型的承灾体是否处于风险致灾因子的作用范围内,如果承灾体在风险源的作用半径之内,则可能遭受不同程度的损害,反之,如果承灾体在风险源的影响范围之外,则其是安全的;脆弱性(或敏感性,Susceptibility)则反映承灾体抵御致灾因子作用的能力,工程及非工程防护措施越好,承灾体就能够抵抗较强的风险源而剩余较高的安全性。因此,暴露性和脆弱性的大小将决定承灾体价值的损失程度。

暴露性的定量表达是暴露度 $e$ ,即某种承灾体各组成部分在多大程度上处于致灾因子影响范围内。脆弱性的定量表达则为脆弱度或损失率 $\eta$ ,即该承灾体在某一强度的致灾因子作用下所暴露的部分遭受了多大程度的破坏而导致损失。暴露度、损失率均为相对值,取值范围在 $[0 \sim 1]$ 闭区间内,表征某承灾体的易损程度。

综上所述,某一承灾体的易损度 $V$ =暴露度 $e$ ×损失率 $\eta$ 。其中,暴露度需要根据不同的灾害情形进行逐一调查统计,可以用暴露于致灾因子下的承灾体面积或体积或长度等占其总量的比值来表示。而损失率则要结合具体的暴露情形,根据经验或实验得出承灾体的潜在损失部分占其总体的比值,可以分别考虑结构上的损失程度或功能上的损失程度。

因此,易损性的定量表征难点在于损失率的求解。通常需要建立某承灾体在完全暴露于不同强度的致灾因子作用下的风险源强度-承灾体损失特性图(表),也称为脆弱性方程,或灾损方程,或灾损曲线。当历史灾害资料充足时,可以利用其进行灾情反演,用来近似估计未来的灾害损失情况。当缺乏灾情资料时,可以进行工程类比,或借助专家经验,还可以进行室内、室外实验或

数值模拟获得可靠的数据。

### 2.1.3 灾害风险度及其表征

前文建立了风险源危险性、承灾体易损性之间的逻辑关系,即特定强度的风险源对应单一的发生概率,以及单一的损失率,便于在此基础上求解自然灾害风险度(或风险概率)。刘希林<sup>[22]</sup>提出了“风险度=危险度×易损度”的评价概念模式:

$$R = H \times V。 \quad (2)$$

式中: $R$ 为自然灾害风险度; $H$ 为自然灾害危险度; $V$ 为承灾体易损度。

根据这一表达式得出的灾害风险度,由于考虑了致灾因子的发生概率以及承灾体的抗灾能力,实质上为承灾体在某一强度致灾因子作用下发生破坏的概率,即破坏概率。

对于自然灾害危险度 $H$ ,由于考虑的是致灾因子的某一特定强度,可以从强度 $S$ -概率 $P$ 曲线图(表)中查出所对应的致灾因子发生概率 $P$ 。因此,式(2)可以改写为:

$$R = P \times e \times \eta。 \quad (3)$$

式中: $R$ 为自然灾害风险概率(破坏概率); $P$ 为自然灾害致灾因子发生概率; $e$ 为某承灾体在该致灾因子作用下的暴露度; $\eta$ 为相应的承灾体损失率。

根据式(3)就可以求出某承灾体在特定强度致灾因子作用下发生破坏或产生损失的概率大小,即定量的回答了损失发生的可能性问题。

### 2.2 风险后果或损失值及其表征

在某一特定区域和时段内,存在一个某种自然灾害风险影响下的潜在损失值。当该损失值超过当前人类社会和国民经济可以承受的限度时,自然灾害风险便不被接受,需要采取特定的风险管理措施,降低风险损失,直至该损失值低于某一风险水平、人们可以接受为止。

对于风险损失的度量,习惯上以伤亡人数或货币价值损失为单位。其中,伤亡人数涉及道德、法律等问题,精确计算和分级难度很大;经济损失有直接经济损失和间接经济损失之分,通常有相对值和绝对值两种表示方法。例如,文献[25]中按照人员伤亡、经济损失的大小,将地质灾害分为特大型、大型、中型和小型等4个等级,把“因灾死亡3人以上10人以下或者直接经济损失100万元以上500万元以下”记为“中型”。间接经济损失一般难以估算,目前以直接经济损失计算为主。直接经济损失的绝对值可以明确损失的货币价值总量,相对值则是绝对值与该区域当年的国民生产总值的比值,反映自然灾害风险造成的损失严重程度。

自然灾害风险直接经济损失的绝对值可以用下式计算:

$$L = e \times \eta \times Value。 \quad (4)$$

式中: $L$ 为某一强度的致灾因子作用下的自然灾害潜在经济损失; $e$ 为某承灾体在该致灾因子作用下的暴露度; $\eta$ 为该承灾体相应的损失率; $Value$ 为该承灾体的灾前资产总价值,用货币表示。

根据式(4),可以统计不同致灾因子强度、暴露

度、损失率情形下的各个承灾体直接经济损失值,累加求和就得到了某自然灾害情景下的总体潜在损失值。

根据数学定义,可以通过下式求得某风险源造成的承灾体期望损失值:

$$L' = \Sigma(P_i \times L_i) = \Sigma(R_i \times Value_i)。 \quad (5)$$

式中: $L'$ 为不同强度(情景)的致灾因子作用下的自然灾害期望损失值; $i$ 为灾害事件情景个数;其余符号意义同上。

### 2.3 自然灾害风险表征方法

目前的国内外自然灾害风险评价研究主要是针对单一灾种、单一情景、基于某一评价时间段而进行的,其局限性是显然的。由于多灾种之间的耦合效应难以定量求解,因此,往往将多个灾种视为相互独立的因素,通过简单加和求出其综合的致灾效应。随着研究手段、资料的扩展,多情景、多时段的灾害研究成为可能。综合自然灾害风险管理涵盖了多灾种、多情景、多时段问题,表征难度大,这是灾害学科研究的发展趋势。

就单一灾种而言,以 $T$ 时段为评价基准,考虑多个灾害发生情景,就可以获得多个灾害评价参数(表2)。变换评价时间基准,仍可以得到多情景下的各评价参数值。这些评价参数(系列)是进行灾害分析的基础,使得不同情景、不同时间之间进行灾害比较成为可能。

表2 某类自然灾害评价参数表(评价时间基准为 $T$ )

| 评价参数   | 事件情景      |           |     |           |
|--------|-----------|-----------|-----|-----------|
|        | 情景1       | 情景2       | ... | 情景 $n$    |
| 致灾因子强度 | $S_1$     | $S_2$     | ... | $S_n$     |
| 致因概率   | $P_1$     | $P_2$     | ... | $P_n$     |
| 破坏概率   | $R_1$     | $R_2$     | ... | $R_n$     |
| 潜在损失值  | $L_1$     | $L_2$     | ... | $L_n$     |
| 灾前价值   | $Value_1$ | $Value_2$ | ... | $Value_n$ |
| 期望损失值  | $L'$      |           |     |           |

表2所示为进行自然灾害风险定量表征的基础,也是式(1)的数值表达,限于资料而多是离散的。需要举例说明的是致因概率与破坏概率的区别。例如,公路上边坡的某个 $1\text{ m}^3$ 危岩体(即公路岩质崩塌灾害的致因)在未来5年内发生概率为0.8,但是,由于坡脚新增的落石平台足够宽,其对公路路基的破坏概率却为0。

由上表可以得出3种常用的风险表征方法:

(1)风险图法。即将不同的灾害评价参数反映到图纸上,可以观察不同情景、不同时段下的风险空间分布图形。可以利用的工具具有GIS等。适用于线状(例如公路、铁路工程)、面状(例如城镇等区域)评价对象的风险空间展示,特点是直观、易懂,便于决策使用。

(2)风险曲线法。即根据需要,建立致灾强度 $S$ 、致因发生概率 $P$ 、潜在损失值 $L$ 、期望损失值 $L'$ 等因素之间的曲线,通过各种曲线可以方便查取

需要的数值,或判断其变化趋势、作用规律等。适用于单点灾害评价对象,特点是直观,便于比较。

(3)公式法。与风险曲线法对应,不同曲线拟合后可以得到相应的拟合方程,经过修正而建立的经验公式,正是灾害风险的定量表达。特点是便于工程应用、相关标准制定。

这里没列入风险矩阵法,是因为该方法属于定性方法,适用于灾害资料不足且难以准确定量分析时,仅将风险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,便于应用。

### 3 结论

(1)在总结分析现有的自然灾害风险定义的基础上,给出自然灾害风险定义要点,即包括评价时间基准、自然灾害潜在损失大小以及该损失发生的可能性3个要素。强调时间基准,是为了实现动态风险评价。提出了后两者的概念表达式。

(2)完整的风险值应同时包括破坏概率或致因概率、潜在损失或期望损失2部分,并注明评价时间。不建议采用概率与潜在损失相乘的关系式,因为这个乘积值是个期望损失,实际上意义不大,不利于全面认识风险;例如,对于发生概率极小、而损失极其严重的情形,采用期望损失值判断风险大小将很容易得出错误的结论。

(3)基于充分的评价参数系列,提出了自然灾害风险的3种表征方法,即风险图法、风险曲线法和公式法。研究为自然灾害风险定量评价提供一点思路。

### 参考文献:

- [1] Ale. Risk assessment practices in the Netherlands [J]. Safety Science, 2001, 40 (1): 105 - 126.
- [2] Guzzetti F. Landslide fatalities and the evaluation of landslide risk in Italy [J]. Engineering Geology, 2000, 58 (2): 89 - 107.
- [3] 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.
- [4] 唐亚明, 冯卫, 李政国, 等. 滑坡风险管理综述[J]. 灾害学, 2015, 30 (1): 141 - 149.
- [5] 杨马陵, 沈繁鑫, 陈大庆, 等. 地震预测预警等级风险评估与分区分级发布方案的研究[J]. 灾害学, 2010, 25 (4): 1 - 10.
- [6] 田玉刚, 覃东华, 杜渊会. 洞庭湖地区洪水灾害风险评估[J]. 灾害学, 2011, 26 (3): 56 - 60.
- [7] 倪长健. 论自然灾害风险评估的途径[J]. 灾害学, 2013, 28 (2): 1 - 5.
- [8] 倪长健. 自然灾害风险评估途径的进一步探讨[J]. 灾害学, 2014, 29 (3): 11 - 14.
- [9] 张鹏, 李宁. 我国自然灾害风险分级方法的标准化[J]. 灾害学, 2014, 29 (2): 60 - 64.
- [10] 金菊良, 郦建强, 周玉良, 等. 旱灾风险评估的初步理论框架[J]. 灾害学, 2014, 29 (3): 1 - 10.
- [11] 黄惠, 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.
- [12] 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.
- [13] 尚志海, 刘希林. 自然灾害生态环境风险及其评价——以汶川地震极重灾区次生泥石流灾害为例[J]. 中国安全科学学报, 2010, 20 (9): 3 - 8.
- [14] 吴越, 刘东升, 陆新, 等. 承灾体易损性评估模型与滑坡灾害风险度指标[J]. 岩土力学, 2011, 32 (8): 2487 - 2492, 2499.
- [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] 肖义, 郭生练, 熊立华, 等. 大坝安全评价的可接受风险研究与评述[J]. 安全与环境学报, 2005, 5 (3): 90 - 94.
- [17] 尚志海, 刘希林. 国外可接受风险标准研究综述[J]. 世界地理研究, 2010, 19 (3): 72 - 80.
- [18] 尚志海, 刘希林. 可接受风险与灾害研究[J]. 地理科学进展, 2010, 29 (1): 23 - 30.
- [19] 张俊玲, 何飞, 王浩. 灾害风险管理及灾害保险[J]. 中国减灾, 2013 (1): 38 - 39.
- [20] 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.
- [21] 国家科委、国家计委、国家经贸委自然灾害综合研究组. 中国自然灾害区划研究进展[M]. 北京: 海洋出版社, 1998.
- [22] 刘希林. 区域泥石流风险评价研究[J]. 自然灾害学报, 2000, 9 (1): 54 - 61.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] 中华人民共和国国务院令(第394号). 地质灾害防治条例[Z]. 2004.

## Definition and Expression Methods for Natural Disaster Risk

Ma Baocheng

(Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** Natural disaster risk and risk management is an important field of disaster research subjects, but the understanding of the definition and expression for natural disaster risk has not been unanimous. After analyzing of several existing definitions of natural disaster risk, the main points of the definition for natural disaster risk, such as the risk probability, the value of potential losses and the evaluation time, are put forward, thus the three-dimensional expression of natural disaster risk is proposed. Then, the elements and the calculation method for risk probability and the loss are analyzed respectively. Finally, three kinds of expression methods for natural disaster risk, namely the risk diagram method, risk curve method and the formula method, are summarized. This research has some theoretical implications for quantitative evaluation of natural disaster risk.

**Key words:** natural disaster; risk; risk definition; risk expression