地质灾害风险评估(价)研究综述

卢全中，彭建兵，赵法锁
（长安大学地质工程与测绘工程学院，陕西 西安　710054）

摘　要：回顾了国内外地质灾害风险评估的研究现状，总结并讨论了地质灾害风险的概念、评价内容、评价方法和评价模型，分析并提出了地质灾害风险评价研究的发展趋势。

关键词：地质灾害；风险评估（价）；研究进展；发展趋势
中图分类号：P642.22　**文献标识码**：A　**文章编号**：1000-811X(2003)04-0059-05

地质灾害是在地质作用下，地质自然环境恶化，造成人类生命财产损毁或人类赖以生存与发展的资源、环境发生严重破坏的过程或现象，是对人类生命财产和生存环境产生损毁的地质事件[1]。

地质灾害风险评估是一项极具现实意义的重要研究课题和减轻灾害损失的非工程性重要措施，其研究成果具有广泛的应用价值，主要体现在：为区域发展及中长远规划提供基础背景资料；为评价建设工程用地的适宜性及基础设施布设提供依据；为受灾害威胁的地区制定应急措施以及为保障生命及财产安全提供工作基础；直接为科学而经济地组织实施防灾减灾工程服务；为灾害保险及发生次生灾害的可能性及损失提供参考依据[2]。地质灾害风险评估也是地质灾害风险分析的核心内容和重要组成部分，为深入认识地质灾害灾情、制定防灾政策、规划防治区域、实施防治措施以及优选防灾项目、进行项目管理奠定了坚实基础。我国在一些领域进行的灾害评估，已经在减灾、防灾中发挥了重要作用。例如在我国一些区域或城市完成的洪水灾害评估、地震灾害评估等，不但为国家经济规划和工程建设提供了重要依据，而且直接指导了减灾工作[1]。

我国地质灾害的风险评估（价）工作自 20 世纪 80 年代开始兴起，经过 20 多年的发展，在理论和实践方面都取得了丰富成果，然而还未形成系统完善的理论与方法体系，也没有统一的评价标准，国内在这一领域的研究还很薄弱。各专业灾害评估（价）仍处于日益深入的探讨和总结过程。

1　风险及地质灾害风险的概念

关于风险的定义，不同部门的不同学者有不同的认识，至今尚未统一，它的定量表达仍在探索之中。韦伯字典将风险定义为“面临的伤害或损失的可能性”。在保险业中则定义为“灾害或可能的损失”。在金融投资风险的概念中，有三种说法：第一种认为风险就是实现预

收稿日期：2002—05—20
基金项目：国土资源部“县（市）地质灾害调查与区划”项目
作者简介：卢全中（1971—），男，湖北鄂州人，讲师，博士生，现从事地质工程和岩石工程教学与科研工作．

期投资收益的不确定性；第二种认为风险应是投资结果损失的可能性；第三种认为风险是与不确定性和相应的不利投资后果同时相联系，只有在不确定性可能给投资者带来损失时，或者说，只有在投资损失具有不确定性时，才构成投资风险，通常以一定置信水平下投资工具所可能发生的最大投资损失计量风险。

在国外，早期 Devin，等[3]涉及到的风险表达式为“易损性＝风险×敏感性”。Blaikie，等提出的风险表达式为“风险＝危险性＋易损性”。联合国人道主义事务部于 1992 年公布了自然灾害风险的定义：风险是在一定区域和给定时段内，由于特定的自然灾害而引起的人民生命财产和经济活动的期望损失值，并采用了“风险度（R）＝危险度（H）×易损度（V）”的表达式。Shook 进一步解释了风险表达式中为什么危险度和易损度只能相乘而不能相加的问题[4]。设想某地的易损度存在某一数值，但该地不存在泥石流灾害，即该地的泥石流危险度为 0，如果两者相加就会产生某一大于 0 的数值，意味着该地仍可能遭受泥石流灾害损失，存在泥石流风险，显然这是不合逻辑的，两者相乘就排除了出现这一问题的可能[5]。

蒋维，等[6]曾论述到，“风险是指可使未来的管理遭受损失的不确定因素，风险是指发生不幸事件的概率，风险就是一个事件产生我们所不希望的后果的可能性。”他们将风险的定义表达式写成：风险（后果/时间）＝频率（事件数/单位时间）×危害度（后果/每次事件）。

汪敏，等[2]认为风险是指在一定条件下和一定时期内可能发生各种结果的变动程度。

在对风险概念的众多论述中，可以认为风险是不确定性结果的一种度量，所谓不确定性就是一个问题的结果存在两个或更多的选择。风险的不确定性突出在两个方面，即风险发生的不确定性和风险损失的不确定性。风险具有客观性，其大小随时间延续而变化，是一定时期内的风险。虽然风险的定性描述有了较大的统一，但风险的定量表达仍在探索之中。

显而易见，风险是针对不确定事件而言的，在许多情况下，灾害是不确定事件。这就提出了灾害风险和灾害风险分析的问题。罗奇峰[7]认为灾害风险分析是对一定时期内某种灾害在某一地区可能发生的概率和这一灾害发生时它对人们的生命财产构成的危害作出评价，并强调风险评估应是动态变化的。唐少卿，等[8]认为自然灾害的风险评估是对某一区域一种或多种尚未发生、但可能发生的自然灾害，一旦发生，将对社会经济及人员造成危害的评估。地质灾害风险包含两个主导因素，即某种灾害事件的发生概率和事件的后果。张梁，等[9]将地质灾害风险定义为：地质灾害发生并导致一定损失水平的可能性。地质灾害自然属性与社会属性并重，因此，地质灾害的风险特征一方面是自然属性，表现为地质灾害发生、发展内在的随机性和不确定性。地质灾害的发生受内在不确定因素影响，使得人类无法准确预测和完全控制，这就构成了风险的自然属性。第二方面是社会属性，表现为地质灾害的危害对象——受灾体的承受能力的不确定性，各种防灾工程的可变性，人类社会和经济活动的日益加剧而导致不确定性增加等，构成了风险的社会属性。地质灾害发生和危害的不确定因素是导致地质灾害风险的主要原因，地质灾害风险是地质灾害发生及造成损失的可能性或不确定性，是风险源的数量、价值和脆弱性以及人类社会的防灾减灾能力、人类的管理和政策水平等主要因素综合作用的产物。

汪敏，等[2]认为滑坡灾害风险就是斜坡破坏产生不良后果的可能性，即滑坡灾害风险包括胁迫发生破坏的可能性及其所产生的后果（损失）两方面。其风险表达式可表示为：$R=f(p, c)$，其中，R 为滑坡灾害风险，p 为斜坡发生破坏的概率，c 为滑坡灾害产生的损失。

2　地质灾害风险评价的内容

根据联合国人道主义事务部于 1992 年公布的自然灾害风险的定义，风险评价包括危险度评价和易损度评价。刘希林[10]据此对四川省泥石流进行了风险评价。史培军[11]在综合国内外相关研究成果的基础上，提出区域灾害系统论的观点，认为灾情（灾害损失）是由孕灾环境、致灾因子、承灾体之间相互作用形成的，其轻重取决于孕灾环境的稳定性、致灾因子的风险性及承灾体的脆弱性三个因素共同决定的。罗元华，等[1]将地质灾害风险评估分为四个方面，即由地质灾害危险性评价、易损性评价、破坏损失评价和防治工程效益评价构成地质灾害风险评价系统，并认为危险性评价的主要任务是分析地质灾害的活动条件，确定地质灾害的活动强度（规模）、频度、密度、危害范围；易损性评价的基本任务是划分受灾体类型，统计分析可能受灾损失数量、损失程度，并核算价值；破坏损失评价的基本任务是核算人员伤亡及经济损失程度，评定灾度等级和风险等级；防治工程效益评价的基本任务是分析地质灾害的可防治性，评价防治工程的经济效益、社会效益和环境效益。在以上 4 个方面的评价工作中，危险性评价和易损性评价是灾害风险性评价的基础，破坏损失评价是灾害风险评价的核心，防治工程效益评价是灾害风险评价的应用。

张梁，等[9]认为地质灾害风险评价是对这种不确定性进行定量评估与制图，一般包括风险源的危险性评价、受险对象的易损性评价和可能灾情（期望损失）评价三个部分。风险评价的目的是为了风险决策和管理。向喜琼，等[12]将风险评价和风险管理的一般步骤分为五步：①风险鉴别（鉴别风险的来源、范围、特性及与其行为或现象相关的不确定性，这在很大程度上界定了风险的本质特征）；②风险量化与度量（利用主客观概率评估产生灾害的可能性，模拟风险源与其可能产生的影响之间的关系，得出各种可供选择的风险概率）；③风险评价；④风险接受和规避（代表风险决策。它针对每一决策，对所有成本、效益和风险进行评估，包括各种决策的成本核算，可能导致的社会经济、环境或政治问题，以及目前的决策对今后的选择可能产生的影响，即得出风险的可接受程度，相应也得出风险的不可接受程度）；⑤风险管理（是一套用来处理风险的方法的总称）。

3　地质灾害风险评价的方法

随着风险评价研究的进展，研究方法也不断发展，除了灾害动力学分析外，开始融入多种数理分析和社会经济评价方法。如极值分析、概率分析、相关分析、趋势分析、聚类分析、数值分析、系统分析、层次分析、工程分析、价值分析、模糊分析、神经网络分析、信息分析和 GIS 计算机技术分析等，使地质灾害风险评价不断向定量化发展。

运用最早、最多的方法当属概率分析法。蒋维，等[6]提出了灾害概率风险的概念，并用 L 表示自然灾害损失指标，记为：$L=\{l_1, l_2, \cdots, l_n\}$，设损失超越 l_i 的概率为 p_i，$i=1, 2, \ldots, n$，则称概率分布 $P=\{p_1, p_2, \cdots, p_n\}$ 为灾害概率风险。如简单的记为：$L=\{l\}$，$P_T=\{p(l) \mid l\in L\}$，则称 P_T 为 T 年内关于 L 的灾害概率风险函数，而称 $p(l)$ 为灾害概率风险。概率风险评估（PRA）这种传统的方法实际上提出了如下三个基本问题：①失事的对象是什么？②失事的可能性（失事概率）多大？③失事会带来什么样的损害（失事后果）？失

事概率与失事后果的乘积是一个“预期值”，可用来作为风险的度量[13]。

黄崇福[14]分析指出，由于概率风险评价没有考虑灾害描述（包括致灾因子特征的描述和承灾体脆弱性的描述）的模糊不确定性，在用于实际风险估算时，可行性和可靠性仍存在问题。由此他们引入了灾害可能性风险的概念。

近年来随着GIS技术和全球信息化的迅速发展，许多学者对GIS在区域地质灾害风险评价方法和区划制图技术中的应用进行了研究，并取得了可靠的成果。2000年国际滑坡会议所讨论的重点问题之一就是滑坡灾害风险评价与GIS技术，其报道的最新研究成果充分体现了由灾害评价向灾害管理研究方向逐步发展的趋势。运用GIS系统进行地质灾害风险评价的大致过程是：建立完善的研究区综合地学信息系统；进行风险识别和范围划定；研究分析地质灾害风险因子；进行风险评估和划分地质灾害危险区[15]。

4 地质灾害风险评价模型

金融投资风险理论模型有：概率度模型——以投资损失发生的概率计量投资风险的大小；离散度模型——以投资工具价格或损失量波动的均方差计量投资风险的大小。

伴随着风险分析研究的逐渐深入，人们先后提出极值风险模型、概率风险模型和可能性风险模型三类风险估算模型。

黄崇福[16]根据地质灾害风险评价的内容，将地质灾害风险评价模型分为致灾因子模型、易损性模型和经济损失及人员伤亡模型。致灾因子模型 $P_H(T, S, M)$ 目前有三种形式：物理模型关系式 $M=\Phi(T, S)$，即对给定的空间 S，预报何时量值为 M 的地质灾害会发生；概率模型关系式 $Prob(T, S, M)$，即在 T 时（或时间段内），在 S 位置（或区域）上量值为 M 的地质灾害发生的概率值；可能性概率模型关系式 $Poss(T, S, M, P)$，即在 T 时，S 位置上最大值为 M 的灾害发生概率为 P 的可能性。

易损性模型 $D=f(M)$，从理论上讲，或许能依据经衰减后的致灾因子强度 M 由某个函数关系计算出承灾体的破坏强度 D，然而很难找到所需要的函数关系 f，通常用历史灾情资料统计 M 与 D 的关系，或用模糊关系矩阵来代替这种函数关系。

经济损失和人员伤亡模型 $L=g(D)$，多用统计方法并用专家经验加以校正，和模糊关系矩阵来表达函数关系 g，利用模糊综合评价及灰色聚类综合评价技术进行综合评价。

风险区划模型 $P(L, T, S)$ 一般用模糊关系的合成算法，最简单的是 $\max-\min$ 方式。

对于合成结果模型 $P(L, T, S)$，如果 f、g 均是一一对应的数学映射，则在滑坡灾害上表现出的概率特性可以十分容易地过渡到损失上面去。假定 $P_H(T, S, M)$ 已知，则有 $P(L, T, S)=P[g(f(M)), T, S]=P_H[T, S, g(f(M))]$。

5 结论与建议

通过总结近几年地质灾害风险评价的研究进展情况，可得出如下认识：

（1）地质灾害风险评价是跨学科的综合性评价，需要将相关理论融合在一起，形成完整的风险评价理论体系，评价的基本内容包括危险性评价、易损性评价、破坏损失评价等。

（2）风险分析的挑战性工作是去寻找一个科学的途径估计某个概率分布。目前，风险评

估的侧重点已从寻找科学途径转移到使用现成的计算方法来评估风险程度。

（3）风险评估的难点在于掌握风险系统的随机性规律。概率分布仅仅是事件和发生概率的一种关系，对于许多系统来说，不可能精确的估计出所需要了解的概率关系，我们面对着不精确的概率问题。况且，是否存在概率关系有时也是一个问题，而且，概率关系也并不能代替与风险有关的所有关系。

（4）灾害风险评估是一个动态过程。风险的本质是产生不利后果的动力学特性。

鉴于地质灾害风险评估的研究现状，今后应加强以下几个方面的研究：①深入研究地质灾害的孕育、发生机制，克服致灾因子分析的不确定性；②探求合理的风险评价方法，完善风险评价模型，提高评价结果的可靠性；③综合技术的、社会的、政治的、经济的以及文化背景等各因素，对可接受风险水平进行排序，切实实现风险评价的应用可操作性；④制定统一标准，规范评价程序，将是广大灾害风险评估工作者的共同心愿。

参考文献：

[1] 罗元华，张梁，张业成．地质灾害风险评估方法[M]．北京：地质出版社，1998.

[2] 汪敏，刘东燕．滑坡灾害风险分析研究[J]．工程勘察，2001，2：1－6.

[3] Devin，L. B. and Hobba L. J. Considerations for establishing flood mitigation priorities and appropriate level of adjustment(Australia) [A]. Proceedings of the Floodplain Management Conference [C]，Canberra：Australian Government Publishing Service，1997，261－266.

[4] Shook，G. An assessment of disaster risk and its management in Thailand[J]. Disaster，1997，21(1)：77－88.

[5] 刘希林．泥石流风险风险评价中若干问题的探讨[J]．山地学报，2000，18(4)：341－345.

[6] 蒋维，金磊．中国城市综合减灾对策[M]．北京：中国建筑工业出版社，1992. 74－85.

[7] 罗奇峰．都市灾害风险评估中的几个问题[A]．全国首届灾害风险评估研讨会论文摘要集[C]. 1996. 9.

[8] 唐少卿，全美芳．略论自然灾害的风险评估[A]．全国首届灾害风险评估研讨会论文摘要集[C]. 1996. 9.

[9] 张梁，张建军．地质灾害风险区划理论和与方法[J]．地质灾害与环境保护，2000，11(4)：323－328.

[10] 刘希林．四川省泥石流风险评价(1990)[J]．灾害学，2000，15(3)：7－11.

[11] 史培军．再论灾害研究的理论与实践[J]．自然灾害学报，1996，5(4)：6－17.

[12] 向喜琼，黄润秋．生态地质环境风险评价及管理初探[J]．工程地质学报，2002，10(增刊)：177－180.

[13] 萨尔蒙等．大坝安全风险分析[J]．水利水电快报，1995，15：18－26.

[14] 黄崇福，王家鼎．模糊信息优化处理技术及其应用[M]．北京：航空航天大学出版社，1995. 145－159.

[15] 向喜琼，黄润秋．地质灾害风险评价与风险管理[J]．地质灾害与环境保护，2000，11(1)：38－41.

[16] 黄崇福．自然灾害风险分析的基本原理[J]．自然灾害学报，1999，8(2)：21－30.

An Overview on the Study of Risk Assessment of Geological Hazards

LU Quan-zhong，PENG Jian-bing，ZHAO Fa-suo

(*School of Geological Engineering and Surveying Engineering，Chang'an University，Xi'an* 710054，*China*)

Abstract：The development of risk assessment of geological hazards at home and abroad is reviewed. The conception，content，evaluation method and evaluation model of geological hazards are summarized and discussed. And，the study orientation of risk assessment of geological hazards is pointed out and analyzed.

Key words：geological hazards；risk assessment；course of the study；tendency