

滑坡灾害风险区划与预测研究综述^{*}

高华喜

(浙江海洋学院 船舶与建筑工程学院, 浙江 舟山 316004)

摘要: 对前人关于滑坡灾害风险区划与预测研究的成果进行了分析概括, 同时, 也指出了存在5方面的问题。根据我国国土在地形地貌上存在“南北分区, 东西分带, 交叉成网”, 及今后随着社会经济不断向地质环境条件恶劣的山区与海岸带发展、滑坡灾害的威胁和可能受到滑坡灾害威胁的地区将进一步增加的特点, 指出面对严峻的滑坡灾害, 传统的以单个滑坡机理研究和整治为目的的方法和手段在减轻滑坡灾害方面已显得力不从心, 区域性的、超前性的预测研究已迫在眉睫。

关键词: 滑坡灾害; 风险区划; 预测; 综述

中图分类号: P642.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2010)02-0124-05

0 引言

滑坡作用过程属于一种自然地质现象, 但其造成的后果却是一种社会和经济现象, 具有灾害性, 不仅给人类生命安全带来威胁, 而且对财产、环境、资源等具有破坏性。世界各国每年因滑坡灾害造成的经济损失达数百亿美元及数千人伤亡。

值得欣慰的是, 滑坡灾害已得到各国政府的高度重视, 各种勘查、治理及监测等手段得到广泛的应用, 而其中风险预测已渐渐地成为国际地质灾害研究领域的前沿课题。1960年代以前, 滑坡灾害的研究主要侧重在单个滑坡形成机理及预测方面, 重点是调查分析滑坡形成条件与活动方式; 到1980年代, 随着灾害破坏损失的急剧增加, 促使人类把减灾防灾工程提高到前所未有的高度, 经过近30余年的发展研究, 国内外已做了大量的研究工作并取得了较为丰硕的研究成果。

1 滑坡灾害风险研究现状

1.1 国外研究现状

美国首先对加利福尼亚州的洪水、地震、滑坡等10种自然灾害进行了风险评价, 得出1970-2000年加利福尼亚州10种自然灾害可能造成的损

失为550亿美元。如果采取有效的防治措施, 人员伤亡可减少90%, 经济损失也可以大大减少。该项风险评价与减灾政策研究, 其目的是在于提高对自然灾害危害水平的认识^[1-6]; Aleotti^[7]通过对意大利北部阿尔卑斯山前缘 Piedmont 地区滑坡调查的分布资料和有关地质资料研究, 利用滑坡面积与地区面积之比, 以及特定地质因素状态下的滑坡面积与该因素的分布面积之比, 构造了滑坡敏感性指标来反映滑坡灾害的危险性, 进而对意大利北部阿尔卑斯山前缘 Piedmont 地区的滑坡灾害的危险性及总的风险进行了区划制图研究。评价指标既考虑了以往滑坡灾害的历史分布规律又考虑了控制因素对未来滑坡的影响程度, 即历史与预测的结合; Michael-Leiba^[8]以GIS软件为技术平台, 将滑坡灾害的危险性、承灾体的易损性、风险评价为一体, 分别采用平面和三维评价系统, 对 Cairns 地区进行了滑坡灾害的危险性和风险区划研究。这一成果的推广与应用, 代表了滑坡灾害及风险区划制图技术应用的国际最新水平和发展方向^[9]; Einstein^[10]通过概率的统计评价方法, 从地质环境因素角度出发, 提出了多层次的滑坡灾害评价系统, 对滑坡灾害的危险性、风险评价及灾害风险管理进行了系统分析; Ragozin^[11]从理论方面深入研究了当前滑坡灾害风险评价中的危险性、易损性和风险三个基本概念, 对单个滑坡灾害危险性指标认为可用其主要控制因素的概率乘

^{*} 收稿日期: 2009-09-30

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(Y6080139)

作者简介: 高华喜(1976-), 男, 江西九江人, 博士, 主要从事自然灾害及其风险研究. E-mail: ghx2001408@126.com

积来表示。而对于区域研究, 滑坡灾害的危险性则可通过特定地区的面积、灾害发生面积、灾害数量和时间之间的关系表达式来建立定量模型进行评价与区划。另外, 国外还有不少专家与学者, 在滑坡灾害风险评估理论与方法、风险图的编制及灾害管理等方面进行了大量的研究与探索工作。

1.2 国内研究现状

我国比较系统深入的灾害风险评估当属地震灾害^[12], 其代表性的工作成果首先是由中国地震局先后完成的四代《中国地震烈度区划图及使用规定》。该图在对全国区域地震危险性评估基础上, 确定了不同地区一般场地条件下在 50 年可能遭遇超越概率为 10% 的烈度值, 即地震基本烈度。与此同时, 中国地震局震害防御司等先后进行了“中国地震灾害损失预测研究”、“未来地震损失评估方法”等研究; Malone, 黄润秋^[13]介绍了 1970 年以来, 香港边坡安全管理体系的建立过程和滑坡风险的控制。到今天, 香港已建立起了完善的边坡安全管理体系, 称为“边坡安全系统”, 其主要目的在于降低滑坡风险和提高公众的风险意识, 采取风险管理技术, 尤其是定量风险分析技术, 作为管理滑坡风险的手段, 并由土力工程处 (GEO) 负责执行; 殷坤龙、晏同珍等^[14]重点探讨了滑坡灾害空间区划的理论体系、灾害风险评估的基本术语定义及 GIS 制图的基本原理, 采用 MAPGIS 软件平台及其二次开发的滑坡灾害信息分析系统; 殷坤龙^[15]系统地介绍了滑坡灾害区划研究的国内外研究现状, 提出滑坡灾害区划的核心是: 灾害、易损性和风险三要素的综合分析。把传统的滑坡单体稳定性分析延伸到以 Monte - Carlo 方法的概率模拟分析, 在信息论原理的基础上, 建立了滑坡灾害分区的信息分析系统, 从而建立了多因素分析的滑坡灾害预测分区方法, 并结合我国多滑坡的重庆市进行了滑坡灾害预测区划的应用研究; 殷跃平^[16]指出地质灾害减灾目前面临的主要问题是: 地质灾害基础理论和防灾技术落后, 并提出了 21 世纪初我国地质灾害减灾战略的初步建议, 即开展地质灾害风险区划, 并作为国家减灾强制性标准加以实施, 建立减灾科学体系, 加强综合减灾能力建设, 从对国家、区域、城市、乡村的承灾载体出发, 依靠科技进步, 建立并逐步完善地质灾害监测预报群专结合体系; 殷坤龙、张梁等^[17]以 GIS 为平台, 采用信息量模型和专家评分模型, 进行了全国崩塌滑坡和泥石流灾害危

险性、易损性和风险的区划。该项研究成果不仅预测了全国 2 000 多个县的滑坡灾害危险性程度, 而且根据历史灾害的灾情, 研究了滑坡灾害的易损性, 进一步预测了全国 2 000 多个县在未来一段时期内的人员伤亡数。

从国内的研究可以看出, 前人用近 20 年的时间对滑坡风险研究做出了重大贡献, 同时地理信息系统也在这一领域得到了快速发展与充分的应用。殷坤龙^[18]在 2000 年发表《国际滑坡研究的新进展》一文中, 指出滑坡灾害风险评价与 GIS 技术是未来滑坡灾害评估与管理的发展趋势。在不断深入的灾害风险研究中, 还有其它学者与专家从不同的角度分别对滑坡灾害危险性评价、风险分析评价进行过研究。如晏同珍^[19]系统地研究了滑坡灾害区域空间危险性预测的理论问题; 雷明堂^[20]等人运用 GIS 距离分析、标量分析、网格叠加分析、分级分组分析等功能, 进行了塌陷危险性评价及分区; 柴贺军^[21]对滑坡堵江危险度的分析与评价; 冯利华^[22]、高吉喜^[23]、高兴和^[24]、汪敏^[25]滑坡灾害风险分析中的易损性及破坏损失评价研究; 任鲁川^[26]、卢全中^[27]区域自然灾害风险分析研究进展; 张勇^[28]基于 GIS 技术的滑坡灾害风险评价模型研究, 等等。他们对滑坡灾害属性特征、风险构成、指标体系、易损性、评价模型等进行了全面研究, 使自然灾害风险评价理论与方法得到不断发展丰富。所有这些, 不但为滑坡灾害防治提供了依据, 而且从理论上和实践上为滑坡灾害风险评估提供了有益的经验与探索。

1.3 防灾减灾成为国际国内会议的主题

为了推进广泛的国际间的协调与合作, 联合国于 1987 年通过决议, 确定在 20 世纪最后 10 年开展“国际减轻自然灾害十年”活动; 1991 年, 联合国国际减灾十年科技委员会又提出: 各个国家需对自然灾害进行评估, 把自然灾害评估纳入减灾目标。在联合国的组织与号召下, 各个国家积极响应, 在世界范围内的重视程度也越来越高, 如 1982 年、1986 年、1988 年、1991 年、1993、1994 年、2000 年等分别在不同的国家不同的地区组织召开了多次“国际自然和人为灾害会议”, 这些会议的内容虽然不同, 但其中都是围绕一个共同的主题——灾害评估与管理。

近 20 年来, 我国还曾多次召开有关自然灾害风险评估的学术会议, 对灾害风险评估的理论、方法、实践成果进行了比较频繁的总结交流。如: 1988 年召开了全国森林灾害经济学术讨论会;

1991 年召开了全国水利经济效益研讨会；1991 年召开了全国灾害经济损失评估学术讨论会；1991 年和 1992 年两次召开云南省灾害经济损失评估座谈会；1992 年和 1996 年召开了全国首届灾害风险评估研讨会；1997 年召开了全国滑坡灾害经济学术研讨会；以及近年来由中国地质调查局连续在中国地质大学(武汉)组织召开的地质灾害培训班。这些活动不仅促进了部门之间、地区之间以及不同学科之间的交流，而且对灾害风险评估起到了重要的推动作用。

2 存在的主要问题

2.1 风险评价结果的时间概念不明确

从已有的研究成果来看，大多数研究者都没有考虑灾害风险随时间而变化这一特点。虽然有一部分研究者冠以灾害风险时间尺度，如 10 年或 50 年^[29]，但仍然认为在这 10 年或 50 年时间段内是稳定的、不会变化的量。后者较前者有所进步，考虑了 10 年或 50 年之后随着控制与诱发滑坡内外因素的变化其风险结果也将发生由量变到质变的特点。其实滑坡风险是受内外环境的影响而变化，有其相对较高的年份，也有其相对较低的年份，而政府需要的恰恰是滑坡活跃易发的年份或风险较高的年份，因此，已有的研究成果在指导防灾减灾过程中就不可避免遇到许多棘手的问题。

2.2 评价指标量化与选取不规范

在指标量化计算过程中，对连续变量(如斜坡坡度)的划分标准不统一，有研究者直接利用已发生滑坡与其坡度资料进行统计，将斜坡坡度划分成等距离区间；也有研究者将原始资料进行加工，通过其面积比将斜坡坡度划分成多个不等距离区间。通过这两种方法进行划分得出的权重计算结果也往往不相同，因此给评价模型带来不确定性，造成危险性区划结果多解性。再如，对线性变量(断层、河流及公路)，已有的成果都是采用 GIS 的缓冲分析功能，计算其影响范围(缓冲半径)，在缓冲分析时，受研究范围(比例尺)的影响，在小比例尺危险性区划时，将滑坡作为点处理，通过点来统计滑坡与这些线性变量的距离，这种处理姑且认为合适。但在大比例尺危险性区划中，如果仍用此法就不合适，因此有研究者将滑坡作为一个面来对待，此时不同的研究者统计的距离标准更是多样，有人用滑坡后缘到线性变量的距离，也有人用滑坡前缘到线性变量的距离，还有

人用滑坡体中心到线性变量的距离，结果导致同一地区同一影响因素的缓冲半径大相径庭。

另外，区域上对滑坡灾害进行区划评价，现有的风险评价方法主要是在工程地质类比的基础上延伸，采用各种评价模型，如专家评分模型、层次分析模型、信息量模型、BP(神经网络)模型等等，来量化滑坡内外影响因素的作用程度，即权重。当前，不同的研究者对于同一区段计算，出现不同获取方式得到的权重不同。

对于评价指标的选取也完全取决于研究者所掌握的资料丰缺程度，掌握的资料越丰富，其评价模型中考虑的指标越全面，评价的精度越高，可信度越大；反之，如果掌握的资料越小，其评价模型中的指标也就越少，评价的精度就越低，可信度越差。即评价指标选取，具有很大的随机性与人为性。

2.3 风险高低产出原因不明确

已有的研究成果在进行风险区划制图时，采用滑坡危险性区划图与承灾体易损性区划图两者进行叠加，将高危险性或高易损性单元作为高风险区，即认为高危险性意味着高风险性，或者高易损性意味着高风险性，结果很多预测单元出现了不同程度的夸大现象，这种结果主要是忽视了滑坡灾害风险是其自然属性与社会属性的统一体。我们知道，一个滑坡即使很危险，但如果是发生在一个荒无人烟的山区，一般情况难以构成直接灾害；相反，对于一个人口与建筑密集的城镇，滑坡灾害风险是极大的。因此传统的风险区划图在应用时，无法识别风险高低的产出原因，其成果也就不能满足人类社会经济发展规划及防灾减灾工程的需求。

2.4 缺乏可接受的风险水平的规范

当前，对滑坡防治能力严重受到当地经济水平的制约与影响。经济发达地区，滑坡灾害少，因此对于少量的滑坡可以投入大量的财力进行防治，以防万一；而经济落后的地区，往往滑坡灾害多，成群成带，因此投入的财力对于一个具体的滑坡也就非常有限，很大程度上也只是听天由命。这是导致建立一套可接受风险水平的一个瓶颈。另外，关于此方面的研究目前还是空白。

2.5 风险意识不强

当前，对于滑坡灾害的研究，主要是滑坡发生后对人类生命财产构成威胁或破坏时，才开始去调查和研究，而缺乏区域的、超前的防灾减灾意识，并且已有的研究工作也主要限于在滑坡形

成机理上，对灾害现象只是一些传统模式的统计与描述，其造成的损失评价也大多是基于专家经验而得出的一个估计。只注重自然属性的研究，而对社会属性关注不够，这是当前研究者普遍忽视的一个问题。

总之，在滑坡灾害风险评价这一领域的研究还远不成熟，风险评价理论还未完全建立起来。无论是滑坡灾害的危险性评价，还是滑坡灾害承灾体易损性评价，以及滑坡期望损失评价与管理，国内外的研究都很薄弱，都有待于在实践中进一步发展和完善。

3 开展风险预测研究已迫在眉睫

我国国土在地形地貌上存在“南北分区，东西分带，交叉成网”的特点，山区面积约占 70%^[30-31]，致使我国滑坡发生密度大、频率高、分布范围广，受滑坡灾害威胁和可能受到滑坡灾害威胁的地区约占全国陆地面积的 20%~25%，成为世界上受滑坡危害最严重的国家之一。今后，随着社会财富的进一步增长，自然灾害的绝对风险将普遍提高，与现状相比，一般地区将上升 30%~50%，严重地区将上升 80%~100%，即灾害经济损失额可能翻一番^[32]。城市滑坡灾害造成的损失将更为显著，面对严重的滑坡灾害，采取切实措施有效防治和减轻这些滑坡灾害，已到了刻不容缓的地步。

随着我国经济快速增长，基础设施、工民建筑等生存空间不断向地质环境恶劣的山区及沿海地带扩展，使得滑坡、库岸及海岸等灾害的发生越来越频繁。面对严峻滑坡灾害，传统的以单个滑坡机理研究和整治为目的方法和手段在减轻滑坡灾害方面已显得力不从心，区域性的、超前性的预测研究迫在眉睫。失败的经验告诉我们，对待滑坡灾害最行之有效的方法是在土地利用的规划阶段就考虑到滑坡灾害这一问题。通过滑坡灾害风险区划研究，从区域上预测预防滑坡灾害，不断提高人类抗御自然灾害的能力，对做好减灾防灾、保护国家人民的生命财产安全、实现人与环境和谐相处、和谐发展具有重要的现实意义。

参考文献：

[1] 张梁，张业成，罗元华，等. 地质灾害灾情评估理论与实践[M]. 北京：地质出版社，1998：1-380.

[2] Schuster R L. Landslide Hazard Management Experience in the United States [M]. Proceedings of the International Conference on Slope Stability, 1991：253-263.

[3] Chung R M. Natural Disaster Studies [M]. Washington D C: Natural Academy Press, 1994：1-77.

[4] Christopher S Hitchcock. Mapping liquefaction hazards in Simi Vally Veutura County California [J]. Environmental & Engineering Geoscience, 1999, 5(4)：441-458.

[5] Flanklin J. Predictive Vegetation Mapping: Geographic modeling of biospatial patterns in relation to environment gradients [J]. Progress in Physical Geography, 1995, 19(2)：80-92.

[6] Kolluru R V. Risk assessment and management handbook for environmental [M]. New York: Health and safety professionals. McGraw-Hill, 1996：10-92.

[7] Aleotti P, Chowdhury R. Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives [J]. Bull Eng Geol Env, 1999 (58)：21-44.

[8] Michael-Leiba M. Quantitative Landslide Risk Assessment of Cairns [M]. Australia, Landslides in research, theory and practice, Thomas Telford, 2000：2-91.

[9] 殷坤龙. 滑坡灾害预测预报[M]. 武汉：中国地质大学出版社，2004：1-100.

[10] Einstein H H. Special lecture: Landslide risk assessment procedure [J]. Proc. 5th Int. Symp, Landslide, Lausanne, 1988 (2)：1075-1090.

[11] Ragozin A L. Landslide hazard, vulnerability and risk assessment [J]. Landslides in research, theory and practice, Thomas Telford, London, 2000(4)：1257-1262.

[12] 罗元华，张梁，张业成，等. 地质灾害风险评估方法[M]. 北京：地质出版社，1998：1-90.

[13] Malone A W, 黄润秋. 香港的边坡安全管理与滑坡风险防范[J]. 山地学报, 2000, 18(2)：187-192.

[14] 殷坤龙，晏同珍. 江汉河谷旬阳段区域滑坡规律及斜坡不稳定性预测[J]. 地球科学, 1987, (6)：631-638.

[15] 殷坤龙，柳源. 滑坡灾害区划系统研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2000, 11(4)：28-32.

[16] 殷跃平. 中国地质灾害减灾战略初步研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004, 15(2)：1-8.

[17] 张梁，殷坤龙，雷明堂，等. 全国地质灾害风险区划报告[R]. 北京：中国国土资源经济研究院，2002.

[18] 殷坤龙，韩再生，李志中. 国际滑坡研究的新进展[J]. 水文地质工程地质, 2000, 19(5)：1-4.

[19] 晏同珍，杨顺安，方云. 滑坡学[M]. 武汉：中国地质大学出版社，2000：1-56.

[20] 雷明堂. GIS 技术在地质灾害信息管理系统中的应用[J]. 中国岩溶, 1998, 17(2)：125-132.

[21] 柴贺军，黄润秋，刘汉超. 滑坡堵江危险度的分析与评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1997, 8(4)：1-8.

[22] 冯利华，吴樟荣. 区域易损性的模糊综合评判[J]. 地理学与国土研究, 2001, 17(2)：63-66.

[23] 高吉喜，中村武洋，潘英姿. 洪水易损性评价-洞庭湖地区案例研究[M]. 北京：中国环境科学出版社，2004：1-86.

[24] 高兴和. 地质灾害承灾体易损性探究[J]. 中国地质矿产经

济, 2002(4): 20-24.

[25] 汪敏, 刘东燕. 滑坡灾害风险分析中的易损性及破坏损失评价研究[J]. 工程勘察, 2001(3): 7-12.

[26] 任鲁川. 区域自然灾害风险分析研究进展[J]. 地球科学进展, 1999, 14(3): 242-246.

[27] 卢全中, 彭建兵, 赵法锁. 地质灾害风险评估(价)研究综述[J], 灾害学, 2003, 18(4): 59-63.

[28] 张勇. 基于 GIS 技术的滑坡灾害风险评价模型研究[D]. 成都: 南京工业大学, 2004.

[29] 向喜琼. 区域滑坡地质灾害危险性评价与风险管理[D]. 成都: 成都理工大学, 2005.

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

[31] 廖兴发. 地质勘察与地质灾害监测评估防治技术[M]. 北京: 世图音像电子出版社, 2002: 30-180.

[32] 张业成. 中国自然灾害综合风险预测与分区减灾对策[J]. 地质灾害与环境保护, 1998, 9(1): 1-5.

Overview on Landslide Risk Zoning and Prediction Research

Gao Huaxi

(School of Naval Architecture and Civil Engineering, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316004, China)

Abstract: Achievements of research on landslide hazard zoning and prediction by our predecessors are analyzed. Meanwhile, the existing five problems are pointed out. According to geographical characteristics in China as north-south regionalization and west-east zonation which cross into nets and the future development of social economy toward mountainous and coastal areas with hard geological conditions, the landslide hazard threats are analyzed. The result indicates that the areas prone to landslide hazards will further increase. It is pointed out that, faced with serious landslide hazards, the traditional methods and means used in the research on mechanism of a single landslide and landslide treatment seem to be inadequate for landslide hazard mitigation. So, regional and foresighted prediction research is a matter of great urgency.

Key words: landslide disaster; risk zonation; prediction; overview

(上接第 123 页)

Development in Disaster Information Extraction from Web Pages

Li Weijiang and Wen Jiahong

(Department of Geography, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China)

Abstract: Web is full of disaster information and knowledge, which is non-structural and described in natural language. Automatic extraction and construction of structural, comprehensive disaster information from Web is an advanced issue in the fields of disaster information. Currently, some information systems of disaster data extraction from Web have been applied in disaster emergency response and rescue, disaster early warning and risk analysis. Meanwhile, several key techniques such as semantic understanding of Web pages and information extraction, temporal-spatial matching of disaster information, and uncertainty and reliability evaluation of disaster information, are emphasized. The research of key technology, software and administrative management of disaster information extraction from web should be enhanced in China, which would effectively overcome the difficulties of information sharing in disaster research and management and cover the shortage of dynamic, real time and comprehensive information of disasters.

Key words: Web pages; disaster information; spatial information; data extraction