

# 滑坡危险度区划研究述评

乔建平, 赵 宇

(成都中国科学院 水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

**摘 要:** 滑坡危险度区划是滑坡研究发展到一定深度所提出的新课题。到目前为止, 我国既无统一的滑坡危险度评价理论体系, 也无统一的滑坡危险度区划制图方法。因此, 该项工作异常薄弱, 这是造成预防不及时, 措施不力, 从而导致广泛、严重滑坡灾害的原因之一。滑坡危险度区划的主要目的是: ① 建立标准化评价体系; ② 滑坡信息库; ③ 评价区域滑坡的危险性; ④ 提供标准化危险度区划图件; ⑤ 减灾防灾的决策依据。文章对此问题的研究动态评述基础上, 提出了危险度区划的内涵和研究目标。

**关键词:** 危险度; 区划; 滑坡; 述评

**中图分类号:** P642.22

**文献标识码:** A

## 1 问题提出

到目前为止, 我国既无统一的滑坡危险度评价理论体系, 也无统一的滑坡危险度区划制图方法。由于一些基层部门缺乏保护斜坡的意识和常识, 往往为了扩大局部利益, 破坏生态环境, 造成惨重损失。如长江上游 95% 以上的地区为山地, 是我国生态环境的重要保护区域。然而, 1998 年长江流域特大洪灾的恶果, 与长江上游多年来乱砍乱伐, 不合理开发斜坡所造成的滑坡有内在的关系。据我所在长江上游多年工作研究结果, 仅在四川境内的岷江上游沿岸、不稳定滑坡体积  $> 2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。长江上游主要支流及干流沿岸的不稳定滑坡体积约  $20.8 \times 10^8 \text{ m}^3$  [1]。这些不稳定滑坡能够为长江提供大量的固体物质, 加重长江防洪的负担。在长江三峡移民搬迁中所面临的保护自然斜坡问题也日趋严重, 如三峡库区某城市 1993 年在城市建设中为了扩大移民搬迁建设用地, 违规增加斜坡荷载, 诱发人为滑坡发生。结果又投巨资治理滑坡, 无形中增大了城市建设的资金投入。1995 年在三峡库区的另一县城搬迁中, 因忽视对斜坡的保护, 触发古滑坡复活, 结果不得不花费大量移民工程费用治理滑坡。由小型煤矿开采引起的斜坡失稳事件更是层出不穷, 仅四川省和重庆市就发生过数百起因小煤窑开

采不当而引起崩塌, 损失十分惨重。随着城市建设和工业发展, 特别是山区地方小企业规模不断扩大, 斜坡遭到破坏的速度加快。有效防止斜坡失稳破坏, 有依据、有规模、有措施地开发利用国土资源, 是政府和产业部门普遍关注的问题。

## 2 研究动态

国外一些山地灾害严重的国家早已将滑坡危险度区划纳入国家建设规范。如日本 1958 年规定, 凡在山区进行交通建设必须先做斜坡危险度评价, 并根据评价结果提出设防标准 [2]。日本专家采用坡度、切割密度、降雨、滑坡分布等因素对日本部分流域滑坡危险度进行区划, 并提交生产部门使用 [3]。美国滑坡专家开展的此项研究也较早, 并逐步标准化。据美国 Wieczork 介绍 [4], 美国 1977 年 (Cotton 和 Assiates) 采用 1:3 000 的土地利用图, 对加利福尼亚 Saratoga 地区进行滑坡编目和危险性区划; 1978 年 (Kienholz) 采用 1:10 000 地形图, 对 Switzerland 地区的建筑、公路以及其它设施区进行了滑坡编目和危险性区划; 1983 年 (Bedrossian) 采用 1:24 000 地形图对加利福尼亚北部的山林伐木规划进行滑坡危险性编目和区划。1988 年 (S.D. Ellen) 通过航片判译对加利福尼亚地区的暴雨滑坡进行危险度区划, 注明了防灾重点地区和一般地区 [5]。美国滑坡专家进行

收稿日期: 2000-09-28; 改回日期: 2000-12-19。

基金项目: 中国科学院“九五”重点研究项目 (编号: KZ952-S<sub>1</sub>-205) 资助。

作者简介: 乔建平 (1953-), 男 (汉族), 研究员, 副所长。主要从事滑坡机理、滑坡危险度评价、滑坡分类、滑坡预测、地震滑坡等领域的研究工作, 发表论文 40 余篇, 主编和编写专著 4 本。

危险度区划主要采用了与滑坡相关的地形因素和岩性因素,以及滑坡分布现状,将滑坡危险性划分为五个等进行评价<sup>[6]</sup>。瑞士国家水文局 1995 年以政府行为规定,对全国的坡地进行危险性评价,其中对滑坡危险度提出特殊评价标准,采用的评价指标主要为坡度和滑动速度,评价等级分为高、中、低三级<sup>[7]</sup>。日本对地震区的滑坡危险性评价采用了地震震级、坡度、降雨量 3 项指标,划分了地震区的滑坡危险度<sup>[8]</sup>。

80 年代初,中科院成都地理所(现成都山地所)应用坡度、地形、滑坡分布密度三种要素对雅砻江二滩水电站库区进行了滑坡危险性分段;1983 年、1985 年中科院成都山地所又先后对黄河龙羊峡水电站库区、长江三峡水电站库区进行滑坡敏感区研究;同期地矿部成都水文队、南江水文队等对四川省山地灾害进行危险性划分;1991 年中科院成都山地所提出采用危险度方法判别滑坡的危险性<sup>[9]</sup>,湖北秭归县有关部门采用此方法预报鸡鸣寺滑坡取得成功<sup>[10]</sup>。1991 年后又将滑坡危险度判别方法进一步应用到区域滑坡危险度区划领域<sup>[11, 12]</sup>。

90 年代以来,国内同行开始重视滑坡危险性区划研究,方法有如下几种:

①斜坡内部因子数字统计迭加法 将区域范围内与滑坡相关的因子,如滑坡分布密度、地形条件、地层岩性赋值后进行数字统计迭加划分危险度<sup>[13~15]</sup>。该方法注重滑坡发生的内部基本条件和滑坡成灾结果分析危险程度。

②多因子模糊数字评价法 将区域范围内与滑坡相关的内部因子及少数影响因子组合,判断区域滑坡危险度<sup>[16, 17]</sup>。

③单因子数字评价法 将区域范围内与滑坡相关性最强的某一主要因子,如地形、渗水作为评价因子<sup>[18]</sup>,判断滑坡危险度。

### 3 危险度区划的内涵

滑坡危险度区划涵盖的因素多、面广,野外数据的可靠性和参数的采集至关重要,决不是仅仅依靠室内的一些数字组合就能达到与实际情况相符合的标准。只有将传统经验与现代技术有机结合,才能得到理想的结果。在我国西南的一些山区,由于人烟稀少,往往产生的滑坡有害无灾,用室内单因素组合数字评价,危险度则很高。如果评价人员的野外工作欠缺,实践经验不足,很可能得出的结果是不准

确的。

滑坡危险度区划与个体滑坡危险度评价不同,前者要解决区域范围内的滑坡危险性问题,从宏观上对滑坡的危险程度作出等级划分,采用的评价指标比较宏观,重点对区域范围孕育滑坡危险性的本底进行统计评价,这个本底采用少量的评价指标是极不完善的。准确评价区域的本底,必须建立系统的、科学的指标体系,将诸多的因素分为三个大类。而个体滑坡危险度评价的指标可以很详细,涉及到任何有可能观测到的微观现象。滑坡危险度区划应将相关性很强的因素进行系统归类:①滑坡的主控因素类;②滑坡的诱导因素类;③滑坡的危害因素类。

#### 3.1 主控因素

滑坡形成的基本条件,包括地形(相对高差),地层岩性(易滑坡地层),地质构造(特殊构造部位,断层破碎带等),切割密度(区域内线性沟谷分布)。主控因素可以从区域宏观上控制滑坡发生的分布数量和格局,在危险度区划中起到了决定作用。研究证明,我国主控因素条件越优的地区,滑坡分布密度越大<sup>[19]</sup>。

#### 3.2 诱导因素

在具备优势主导因素地区,触发因素起到辅助作用,加速了这些地区的滑坡发生,包括降雨强度(年降雨量、季节性降雨量),人为破坏(人为活动频繁区造成的边坡破坏),地震强度(地震的震级、烈度),侵蚀强度(强切割河谷河水冲刷)。这四种因素是诱发我国片状滑坡的主要因素<sup>[20]</sup>。

#### 3.3 危害因素

滑坡发生后的灾害检验不仅仅是对单个滑坡受灾损失量统计,区域滑坡危害偏重综合宏观统计,从总体上做出评价,包括分布密度(滑坡的数量),发生时代(老滑坡、新滑坡分类),规模(滑坡体积),受灾程度(典型滑坡的损失量)<sup>[21]</sup>。

危险度评价中的主控因素和诱导因素、危害因素之间的关系可表达成下式

$$k_i = \frac{\sum_{i=1}^h (d_1 \times d_2 \times d_3 \times d_4) (F_i)}{M}$$

式中  $k$  为判别指数,  $d_1 \sim d_4$  为主控因素,  $F_i$  为诱导因素、危害因素,  $M$  为评价总数。

该式说明,当主控因素中缺少一项,  $d_1 \sim d_4$  其中任一项为零时,  $k_i = 0$ , 即当评价区的任一种主控因素缺失,都将影响总体结果。而其余两项因素中

$F_i$  任一项缺少,  $k_i \neq 0$ , 即不会影响总体的统计结果, 因此在因子赋值的权重上须有所区别。

3 4 研究目标

滑坡危险度区划不同于一般工程意义上的滑坡稳定性分析。前者涉及到一个区域的危险性, 后者仅涉及一个工程点的危险性。危险度区划的研究目标如图 1 所示。

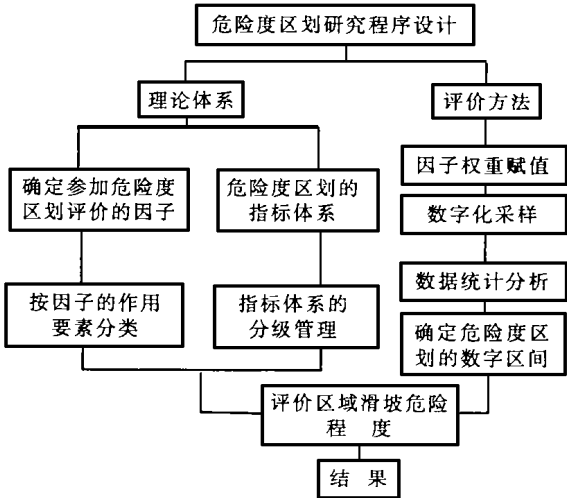


图 1 滑坡危险度区划程序图

Fig. 1 procedure of risk degree regionalization of landslide

滑坡危险度区划的评价指标如图 2 所示, 将评价因素进行三级指标分类统计。

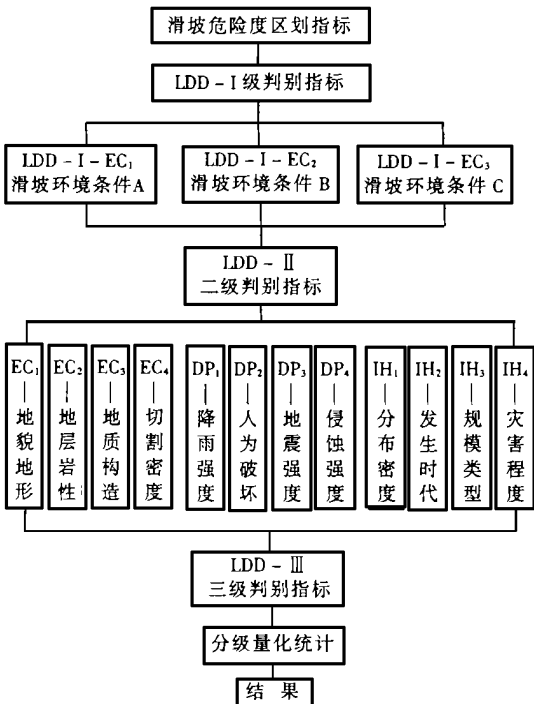


图 2 滑坡危险度区划方案图

Fig. 2 projects of risk degree regionalization of landslide

滑坡危险度应具有与地震烈度相似的功能, 成为我国保护斜坡的重要依据, 并指导减灾防灾和生产建设布局工作。

参考文献:

[ 1 ] 张晓明. 长江上游滑坡分布研究[ A ]. 见: 滑坡研究与防治[ C ]. 成都: 四川科学技术出版社, 1996. 91.

[ 2 ] 申润植. 地すべり工学理論で実践[ M ]. 1990. 1~10.

[ 3 ] 冲村孝. 地形要因ガウた山腹坏发生危险度评价の一手法[ J ]. 新砂防, 35(3): 126~58.

[ 4 ] Wiczork, G. F. Evaluating Danger Landsied Catalogue Map[ J ]. Bulletin of the Association of Engineering Gelogists, 1984, 1(1): 337~342.

[ 5 ] Ellen S. D. et. al. Landslide, Floods and Natine Effects of the Storm of January 1982, in the San Francisco Bay Region[ Z ]. California, V. S. S. 1988. 3~5.

[ 6 ] 舒斯特 R. T. 等. 滑坡的分析与防治[ M ]. 北京: 中国铁道出版社, 1987. 48.

[ 7 ] Kienholz, H.  $\alpha$ . al. Leg ende modulable pour la cartographie des phenomenes[ M ], 1995. 12~16.

[ 8 ] Takashi. Japan-China joint symposium on slope stability and their control [ Z ]. 1995. 114~118.

[ 9 ] 乔建平. 不稳定斜坡危险度的判别[ J ]. 山地研究, 1991, 9(2): 117~122.

[ 10 ] 向立斌. 秭归县鸡鸣寺滑坡监测预报方法初报[ J ]. 中国水土保持, 1992, (11): 25~27.

[ 11 ] 乔建平. 滑坡危险度区划方法研究[ J ]. 国土经济, 1995, (专刊): 35~45.

[ 12 ] 乔建平, 等. 长江上游滑坡危险度区划[ J ]. 水土保持学报, 1994. 8(1): 39~44.

[ 13 ] 张业成, 等. 中国地质灾害危险性分析与灾变区划[ J ]. 地质灾害与环境保护, 1995, 6(3): 1~13.

[ 14 ] Anbal. k. 山区滑坡灾害的评价及分带制图[ J ]. 铁道勘测与设计, 1993, (1): 62~70.

[ 15 ] 钟荫乾. 黄腊石滑坡综合信息预报方法研究[ J ]. 中国地质灾害与防治学报, 1995, 6(4): 68~74.

[ 16 ] 徐刚. 灾害地貌危险度综合评价研究[ J ]. 中国地质灾害与防治学报, 1995, 6(1): 8~14.

[ 17 ] 倪万魁. 钢川市滑坡危险性综合评价[ J ]. 西安地质学院学报, 1996. 18(3): 63~68.

[ 18 ] 张永治, 等. 山地填土边坡场内地表危险参水量的估算[ J ]. 西南公路, 1994, (3): 31~36.

[ 19 ] 乔建平. 中国滑坡分布[ M ]. 北京: 科学出版社, 1997. 44~45.

[ 20 ] 乔建平. 中国滑坡分布[ M ]. 北京: 科学出版社, 1997. 40~41.

[ 21 ] 中国科学院成都山地灾害与环境研究所. 山洪泥石流滑坡灾害防治[ M ]. 北京: 科学出版社, 1994. 412~415.

# Review on Risk Degree Regionalization of Landslide

QIAO Jiang-ping and ZHAO Yu

(Chengdu Institute of Mountain Disasters and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041 China)

**Abstract:** the risk degree regionalization of landslide is a new advanced problem when the landslide studies develop to a definite degree. The study asks the researchers have good foundational theory and rich experience of practice work as well as the foundational theory of related subfields. The primary aim of the landslide risk degree regionalization is: (1) setting up a standardization evaluated system; (2) setting up on regional landslide information data base; (3) to evaluate the regional landslide risk degree; (4) to provide of standardization map of landslide risk degree regionalization; (5) provide of policies basis to government decision.

**Key words:** risk degree; regionalization; landslide; review

## 《山地学报》告作者

尊敬的作者:

为缩短稿件处理周期, 来稿务请按本刊近期“稿约”(见《山地学报》2000 年第 18 卷 6 期 584 页)约定格式和项目编排、打印。现将部分作者容易忽视的几个问题重申如下:

1. 辅文内容不全、位置不当。如, 缺中图分类号(或文章内容所属学科名称); 作者简介缺出生年、籍贯、民族、联系电话, 作者简介的正确位置应在首页下脚; 缺基金项目编号; 英文摘要缺中文对照(审稿用), 且编写不合规范(应包括研究意义、方法、结果、结论), 英文摘要应置于文末(参考文献之后)而不是正文前。

2. 来稿须一式二份, 其中一份必须是打印原件。

3. 本刊对来稿的处理期为三个月, 超过三个月未收到处理意见者, 可自行处理。由于来稿量大, 编辑人手有限, 不能一一回函; 不用稿亦不退还原件。

《山地学报》编辑部