

泥石流危险度区划与土地利用规划

东野光亮¹, 王霖琳², 刘洪义¹, 李传荣¹

(1. 山东农业大学资源与环境学院, 泰安 271018; 2. 中国矿业大学土地复垦与生态重建研究所, 北京 100083)

摘要: 泥石流是发生在山区的一种自然灾害现象, 它的发生发展受到自然条件和人为因素的综合影响, 在山区经济建设发展过程中, 必须考虑灾害危险程度的影响。该文通过对研究区土地的自然条件和人类活动等因素的综合分析, 进行了研究区泥石流危险度区划, 找出了当地泥石流危险性最大的区域, 继而又根据区划结果对当地土地利用规划提出建议, 对国民经济规划决策及持续、稳定发展, 将有重要的参考价值。

关键词: 泥石流; 危险度区划; 土地利用规划

中图分类号: P642.23; F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)07-0056-05

东野光亮, 王霖琳, 刘洪义, 等. 泥石流危险度区划与土地利用规划[J]. 农业工程学报, 2005, 21(7): 56-60

Dongye Guangliang, Wang Linlin, Liu Hongyi, et al. Debris flow hazard mapping and land use planning[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(7): 56-60 (in Chinese with English abstract)

0 引言

人类生存发展的环境, 在各种自然因素和人为活动的共同作用下, 不断发展和演化。泥石流活动是在环境的发展、演化过程中, 产生恶化而引起的一种不利于人类生存的自然灾害现象^[3]。引起灾害发生的自然因素主要是地形地貌、地质构造、植被等内外动力因素, 这些因素时刻都在影响或促使环境退化; 人类不合理的经济活动破坏了自然资源生态平衡, 地表土壤和风化破碎岩石直接被侵蚀冲刷, 也已成为激发泥石流活动发生的直接因素。近年来, 随着山区经济的不断发展以及人口的日益膨胀, 需要更多的土地来生产粮食, 也需要占用更多的土地来扩大居住区, 修建公路和铁路、航空运输和修建水库等等。因此, 越来越多的未利用地或者林业用地等需要被转变为耕地或者建设用地, 人类社会的经济发展总是伴随着土地利用的变化。但是, 如果决策者在对灾害风险一无所知的情况下对灾害易发地区的土地利用规划做出决策, 那么, 这样的决策肯定不可能使土地利用得到可持续发展。而且土地利用方式转变或者布局不合理, 就有可能造成对自然环境的破坏, 继而可能又会造成更严重的破坏性灾害, 所以利用已有的灾害评价结果对土地利用规划提出指导, 寻求合理的土地利用布局方式, 已成为山区经济建设过程中不可缺少的研究过程。

1 泥石流危险度区划

1.1 研究区概况

山东省泰安市岱岳区下港乡位于泰山山脉的东北

端, 北与济南市的章丘市历城区为邻, 南同祝阳乡搭界, 东与莱芜市接壤, 西与黄前镇相连。研究区总面积 154.22 km²。境内为纯山区, 海拔 197~976 m。区内年均降水量 670 mm。土壤以棕壤为主。矿藏主要有石英、花岗石等。全乡 41200 人, 区内耕地 1995 hm², 人均 0.0487 hm²。年均工农业总产值 3.51 亿元, 农林牧渔业总产值 1.64 亿元, 农村经济总收入 1.74 亿元, 财政收入 515 万元。

2000 年 8 月 8 日, 该乡吕庄村发生泥石流, 造成 1800 余间房屋被毁, 21 人遇难, 直接经济损失达 1 亿多元, 敲响了泰山地区地质灾害防治的警钟。灾害过后经实地调查, 此乡仍潜在巨大危险性, 本文以山东省泰安市岱岳区下港乡为例, 首先对当地进行了泥石流危险度区划, 继而根据区划结果提出了土地利用规划的指导性建议, 试图对当地经济建设的发展提供帮助。

1.2 危险度区划指标选取

泥石流危险度是评价可能遭受泥石流损害的危险程度的定量指标。由于研究区当地实际以及泥石流历史资料的限制, 作者认为山东省的泥石流危险度区划只能采用间接指标法, 即通过分析泥石流发生的孕灾环境来分析泥石流发生的可能性的^[14]。根据泥石流形成过程, 可将影响泥石流危险性评价的因子划分为: 主控因子和触发因子。

指标的选取主要是在结合当地实际的基础上, 并通过特尔菲法向本地有关方面专家学者征求意见确定的, 舍弃了对当地泥石流发生影响不大的因子以及同其它因子相关性较好的因子, 最终确定山东下港泥石流危险度区划评价指标。

1.3 指标权重确定

本次试验指标权重的确定采用层次分析法。通过建立评价指标的递阶层次结构, 利用特尔菲法确定评价指标重要性比较, 构造判断矩阵, 然后计算单一准则下元素的相对权重并进行一致性检验, 最后综合计算指标权重, 最终确定地层岩性、距断裂带距离、主沟分布、相对

收稿日期: 2004-12-08 修订日期: 2005-04-20

基金项目: 山东省自然科学基金项目(Y2000D06); 山东省教育厅项目(J01L03)

作者简介: 东野光亮(1950-), 男, 教授, 研究方向为土壤地质、土壤微形态、土地退化等。山东泰安 山东农业大学资源与环境学院, 271018, Email: dyg12736@163.com

高度、山坡坡度、山坡坡向、植被覆盖、垦殖状况、道路与工矿用地、土壤侵蚀度共 10 个因子相对于危险性评价的权重为: 0.1809, 0.0891, 0.1365, 0.0741, 0.1365, 0.0429, 0.13, 0.0525, 0.0525, 0.105。

1.4 研究区评价指标知识库的建立

1.4.1 地形地貌

地形条件是对泥石流发育分布起控制性作用的条件^[4]。地表崎岖、山高坡陡、高差悬殊、切割强烈是泥石流分布区的重要地形特征。但是在千沟万壑的丘陵山区,地形复杂,泥石流研究所需地形指标的获取需耗费大量的人力、物力。DEM (Digital Elevation Model) 作为空间数据库的某个特定结构的数据集合,可以自动提取各种因子,对地面形态进行分析,因此成为资源和环境信息调查中不可缺少的组成部分。在地形图的基础上,通过数字化等高线建立 DEM, 然后在此基础上以 GIS 为工具,提取研究区主沟分布、地形坡度、坡向以及高差等信息,并根据分级进行赋值。

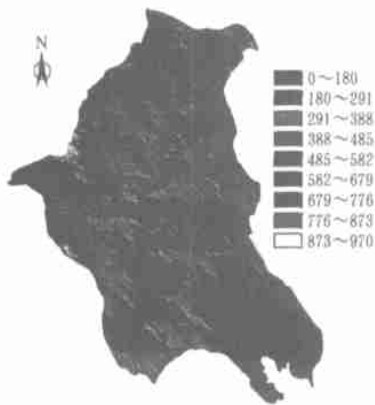


图 1 研究区域数字高程模型 (DEM)

Fig 1 Digital Elevation Model (DEM) of study area



图 2 研究区地质图

Fig 2 Geological map of study area

1.4.2 地质构造

下港、黄前一带地质和构造都比较复杂。由图 2 可以看出,研究区内分布地层主要有太古代前震旦系泰山群变质岩以及太古代侵入岩。另外,由单斜断块组成的低山丘陵区泰山群变质岩地层分布广泛,其中太平顶

组、雁岭关组等组各期地层都可以见到,也有零星的不同时代岩浆岩侵入体,常以脉状产出。

研究区内构造以系列弧形断裂、北西向断裂为主,也有北东向及南北向的构造形成,发生泥石流的小山谷则依北东向构造线分布。复杂的地质构造和岩性为风化壳的形成奠定了基础。根据研究区不同地层出露时代以及不同地层矿物成分的风化特点 (P. 李希, 1945), 将研究区地层风化程度确定为角闪石岩 > 雁岭关组岩石 > 太平顶组岩石 > 混和花岗岩。对断裂带则对其进行缓冲分析,从而确定断裂构造对泥石流的形成和分布的影响。

1.4.3 植被

植被对泥石流形成具有重大影响。在森林覆盖下的土地对于降水的截留以及土壤性能的保持上,具有良好的作用,但可以想象已转换为耕地或者已成为工矿、居民点用地的地域,该项功能迅速减弱。研究区原本森林覆盖较好,但随着近年来人口数量的增加及经济建设的发展,有大量的未利用地及林地转换为耕地或者建设用地,森林植被的减少导致坡体抗冲能力的降低,裸露土壤增加,使雨水更加容易入渗,也增加了滑塌的危险性,从而加大了泥石流发生的可能性。因此以下港土地利用现状图为依据,将土地利用类型为林地的部分确定为最不利于泥石流发生的区域;利用形式为荒草地、园地的次之;利用为耕地的以及居民点、工矿用地最容易发生泥石流 (图 3)。

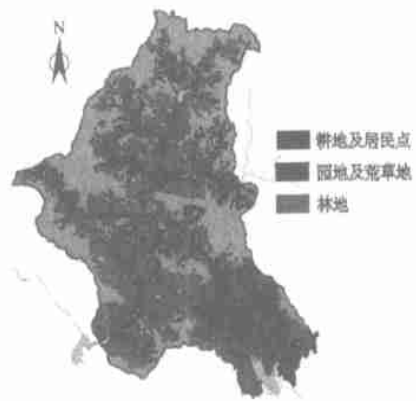


图 3 研究区植被分布图

Fig 3 Variation plant distributing map

1.4.4 人类活动

人类经济活动对自然环境是以各种不同的方式经常地产生着不同程度的影响和作用。当人类经济活动破坏泥石流分布地带的山地环境在历史过程中所形成的相对稳定状态时,就会促进泥石流的形成,当人类活动维护和促进自然平衡状态时,就会抑制和避免泥石流的发生,前者就叫做人类不合理经济活动。而比较合理的开发利用途径和方式,不仅可避免和减少泥石流灾害,而且还可保护自然资源的永续利用价值和再生产能力。

1) 垦殖状况

研究区垦殖状况分布如图 4 所示。人类活动中,陡坡垦耕是最普遍的,对山区面貌影响最深刻的人类活动

方式。山区坡耕地及其进一步退化而形成的荒坡裸岩在水土流失过程中, 不仅可为泥石流的发育带来巨量的松散岩土物质, 而且在暴雨过程中更会产生暴涨暴落的强大沟谷径流, 为泥石流的形成和运动提供强大的水动力条件。根据前人研究^[5], 将研究区耕地按坡度 $< 8^\circ$; $8\sim 25^\circ$; $> 25^\circ$ 进行划分, 可以认定坡度越大处开垦耕地越易促使泥石流的形成。

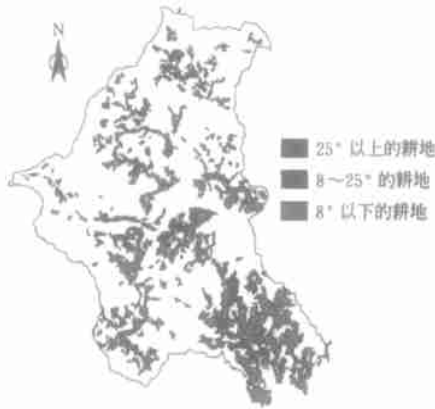


图 4 研究区耕地开垦状况分布图

Fig 4 Reclamation condition of fam land in the study area

2) 道路与工矿用地

研究区建设除有大量的房屋外, 还需建若干公路、铁路以及开石采矿(图 5), 在此过程中, 人工开挖边坡、爆破等现象比较常见, 这些工作的进行松动了岩体, 使坡体抗剪程度降低而形成滑坡(崩塌), 累积了大量松散固体物质, 如遇大的暴雨则有可能形成泥石流。在采矿工业中, 如果废石和尾矿处理不当, 也将大量增加固相物质, 促进泥石流爆发。因此, 对道路以及工矿点进行缓冲分析, 从而确定其对泥石流发生的影响程度。



图 5 研究区道路、工矿分布图

Fig 5 Distributing map of road and mining spot

3) 土壤侵蚀程度

研究区土壤侵蚀度状况如图 6。土壤侵蚀程度是指土壤侵蚀发展相对阶段或相对强度的差异。土壤侵蚀强度是指单位面积和单位时间内土壤的流失量, 与泥石流活动有一定的对应关系, 它反映流域内细颗粒物来源

的程度。土壤侵蚀越严重, 水土流失越严重, 则相应的易于滑动的固体物质越多, 因此大多数土壤剧烈侵蚀区都是泥石流活跃区。

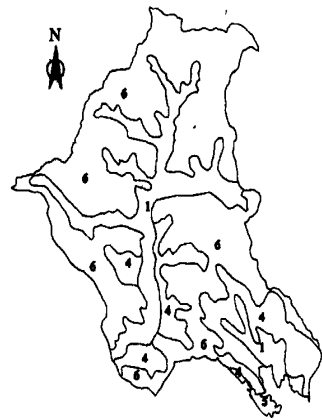


图 6 研究区土壤侵蚀度图

Fig 6 Map of variation degrees of soil erosion of study area

对于土壤侵蚀的研究, 依据泰安市土壤肥料工作站编制的泰安市侵蚀图, 图中侵蚀强度由 1 到 6 分别为微度侵蚀、轻度侵蚀、中度侵蚀、强度侵蚀、极强度侵蚀、剧烈侵蚀。从图 6 可以看出, 研究区侵蚀程度较为严重, 剧烈侵蚀的区域占整个研究区域的 62.54%。一般前三级土壤侵蚀地区多分布在地势较为低平处, 农用地也一般有一定的水土保持措施, 因此, 对泥石流形成的影响不是很严重。但后三级多分布在地势或者丘陵的中上层, 梯田也不完整, 植被稀疏, 可为泥石流松散堆积物的形成提供基础, 且高差、坡度较大, 为堆积物的下滑创造良好的势能条件, 可加剧泥石流的形成。因此将研究区按侵蚀强度进行赋值, 确定不同土壤侵蚀程度对泥石流形成的影响。

1.5 研究区泥石流危险度评价

根据间接指标法的工作原理, 评价模型的建立采用叠置分析方法, 它和数据库技术相结合, 将空间数据与属性数据统一操作, 将信息系统中存储的多种资源与环境因素叠加起来, 以研究不同因素在不同组合中的状况和变化, 并进行多要素综合分析和评价。利用属性的综合得到每一评价单元危险度评价指数, 从而确定泥石流发生的危险程度。

下港乡泥石流危险度区划统计总分值最小值 0.013, 最大值 0.796, 乘以 100 后, 最小值 1.3, 最大值 79.6。本试验结合总分频率直方图的频率突变处, 又计算了多个不同百分位数进行划分比较, 最终在等四分位数的基础上, 进行轻微调整, 将评价单元总分值由高到低排列分别计算第 21、44、69 百分位数得: $P_{21} = 0.619$, $P_{44} = 0.567$, $P_{69} = 0.498$, 以此为区间划分界限进行泥石流危险度的初步划分, 在本次试验中, 对应用间接指标法所确定的泥石流危险度区划按照袭扰系数法所确定的危险度等级区段以及土地利用现状或者村镇界线对个别评价单元进行调整。最后将岱岳区下港乡泥石流危险性划分 4 个等级, 分别为泥石流高易发区、

泥石流中易发区、泥石流低易发区以及泥石流不易发区。由此形成的危险度区划见图 7。

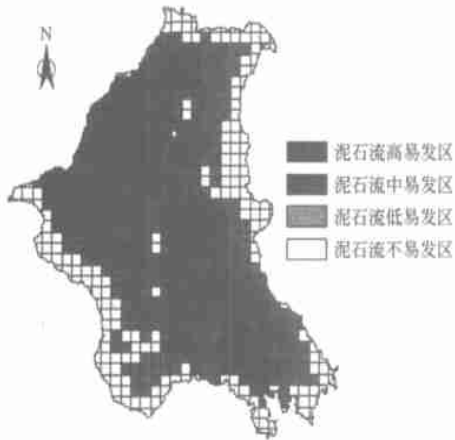


图 7 研究区泥石流危险度划分结果

Fig 7 Regionalization of debris flow risk of study area

2 研究区土地利用规划

针对泥石流对发生地的灾害损失程度是由危险度和易损度共同构成的这一基本事实^[9], 同时依据前面所述各影响因子对泥石流发生的决定作用来看, 泥石流危险度结果对土地利用方式的指导主要从减少泥石流发生的可能性和降低灾害发生时的易损性方面进行考虑。

2.1 农用地土地利用

研究区泥石流的发生在很大程度上是由于陡坡开垦造成的。从危险度区划结果可以看到, 坡度 25 以上的山坡仍被开垦的区域都处于泥石流高易发区内。这样的土地利用形式人为扰动剧烈, 土层深厚, 一方面容易为泥石流的形成提供充足的松散碎屑物, 另一方面又因为缺少作物根系的固土作用, 坡面侵蚀也比较严重, 所以加大了泥石流发生的可能性, 因此为降低泥石流危险度, 适度的退耕还林还草是非常必要的, 特别是对于研究区内坡度大于 25 的山坡必须退耕还林。另外还要在滑坡体内以及泥石流活动区种植各种阔叶乔木和灌木, 保持地表土层稳定性, 减少地表径流, 减少水土流失, 从而达到减少泥石流发生的目的。

2.2 建设用地选址

减少泥石流灾害损失, 一方面是要减少泥石流发生的可能性, 另一方面就是要减少受灾体的数量。山区城镇农村为了接近水源和便利交通, 大多建在河谷沟口、地势平坦的堆积台地和堆积扇上, 但是泥石流灾害流通性的特点也决定了山谷谷口也是泥石流的必经之处, 因此这也是泥石流往往造成巨大生命财产损失的重要原因之一。

因此, 对于研究确定的泥石流高易发区和中易发区, 对处在泥石流流通区内的居民点及工矿企业, 一定要坚决地搬迁, 转移到安全区。实在不能搬迁的也一定要在充分掌握泥石流灾害发展趋势的前提下, 有计划有步骤地撤离部分人口, 疏散部分财产到安全地区, 另外区内不宜投资建设国防工业、能源基地、交通干线和大型工矿企业。同时一般的工矿企业、公共交通、通讯线

路和其它公益设施也应精选精建, 同时配以适当的防护工程。

对于泥石流低易发区和不易发区, 一般来说通过生物措施和工程措施可以控制泥石流的发生, 因此可以作为山区经济建设的可投资区, 但对受泥石流严重威胁的重点项目和场所, 应建有适当的防护工程, 同时所有泥石流可能发生区建立泥石流监测预警机制, 力求做到灾害早知道, 对防灾减灾做出指导。

3 建立泥石流预警监测系统

虽然可以利用已有的危险度区划研究结果对土地利用进行有效的指导, 但是泥石流作为一种自然现象, 它的发生与发展仍然具有人类不可控制的随机性, 因此要想尽可能避免泥石流灾害可能造成的损失, 还需要在当地政府领导下, 开展泥石流全面调查, 建立泥石流信息系统库, 另外对大型泥石流沟作为监测点进行长期监测, 包括对气象、植被等的联合监测, 建立泥石流预警监测系统, 进而确定泥石流发生的雨量、水位、裂隙发展速度等的临界状态, 以及相应的信息联络标志、交通管制、人财物疏散转移计划, 充分降低泥石流的危险性。

4 结 论

山地是泥石流与人类共存的环境^[13]。一方面, 山地环境和人类经济活动对泥石流的发生发展起着严重的制约作用; 另一方面, 泥石流作用于山地环境, 也强烈地影响人类经济活动。山区的自然、地形等条件决定了合理的土地利用方式是保证山区经济可持续发展的重要因素, 因此本文通过对研究区进行泥石流危险度区划, 然后在评价结果的基础上对泥石流易发区, 尤其是高易发区和中易发区内的土地利用方式及各种不同用地的布局等进行调整和规划, 可充分考虑泥石流危险性对经济建设的影响, 最大限度地减少泥石流危险性和易损性, 指导经济建设, 保障国民经济持续快速发展。

[参 考 文 献]

- [1] 陈晓清, 谢洪. 基于 GIS 的泥石流危险度区划研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(6): 46-50
- [2] 陈冶, 郑永胜, 王莹. 泥石流危险度的分类评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1997, 8(1): 27-31.
- [3] 李树德, 岳升阳, 徐海鹏. 泥石流灾害与水土流失[J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 28-29
- [4] 唐邦兴, 吴积善. 山地自然灾害(以泥石流为主)及其防治[J]. 地理学报, 1990, 645(2): 202-209
- [5] 朱德举, 刘友兆, 王秋兵, 等. 土地资源学教程[M]. 北京: 海洋出版社, 1999, 3: 33-34
- [6] Dhakal A S. Landslide hazard mapping and the application of GIS in the Kulehani watershed Nepal[J]. Mountain Research and Development, 1999, 19(1): 3-16
- [7] Dhakal A S, Amada A, Anly M. Landslide hazard mapping and its evaluation using GIS: an investigation of sampling schemes for a grid cell based quantitative method[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1999, 66(8): 981-989

- [8] 刘希林 泥石流风险区划研究[J] 地质力学学报, 2000, 6(4): 37- 42
- [9] 刘希林, 莫多闻 泥石流风险管理和土地规划[J] 干旱区地理, 2002, 25(2): 155- 159
- [10] 刘希林 区域泥石流危险度评价研究进展[J] 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13(4): 1- 9
- [11] 廖赤眉, 刘燕华, 胡宝清, 等 喀斯特土地石漠化的图谱分析与生态重建[J] 农业工程学报, 2004, 20(6): 266- 271
- [12] 张荣群, 林 培 论土地利用规划的研究模式[J] 中国土地科学, 2000, 14(2): 22- 25
- [13] 钟敦伦, 谢 洪 泥石流与人类经济活动[J] 长江流域资源与环境, 1999, 8(3): 327- 333
- [14] 钟敦伦, 谢 洪, 韦方强 长江上游泥石流危险度区划研究[J] 山地研究, 1994, 12(2): 65- 70

Debris flow hazard mapping and land use planning

Dongye Guangliang¹, Wang Linlin², Liu Hongyi¹, Li Chuanrong¹

(1 College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China; 2 The Institute of Land Reclamation and Ecological Reconstruction of China, University of Mining and Technology, Beijing 100083, China)

Abstract Debris flow is a natural disaster that happens in mountaineous areas and is affected by many natural conditions and human activities. In the process of economy development of mountaineous areas, the effects by debris flow must be taken into account. This paper analyzed the cause and characteristics of the debris flows and assessed the hazard grade of the study area. Then, some guidances were put forward for land use planning. These suggestions must be valuable to guarantee the economic development in mountaineous areas.

Key words: debris flow; hazard mapping; land use planning

《农业遥感监测》内容介绍

由杨邦杰研究员等编著的《农业遥感监测》专著, 已于 2005 年 5 月由中国农业出版社出版发行。

该书是一本探讨农情遥感监测运行系统的技术体系、关键技术与应用的专著。全书全三部分: 第一部分讨论农情遥感监测的概念与技术体系; 第二部分分析农情遥感监测的关键技术, 包括遥感图像融合与多源数据复合分析方法, 以及作物识别、长势评估、面积量算、灾害监测、产量估计等应用分析模型; 第三部分介绍国家级农情遥感监测运行系统的实现与运行, 并

展望应进一步研究的问题。

该书是作者近 10 年来在农业部农业资源监测总站从事国家级农情遥感监测系统研究、开发与运行工作的初步总结, 书中提供的方法通过实践证明是实用可行的。该书重在系统性、可操作性与实际运用, 可供从事资源、环境、农情遥感监测与决策的科研与管理人 员, 以及相关专业的院校师生参考。

(本刊编辑部)