

## 西庄河山地流域滑坡灾害初步研究

高 富<sup>1</sup>, 段尚彪<sup>2</sup>, 许建初<sup>1</sup>

(1. 中国科学院昆明植物研究所, 昆明 650204 2. 云南省水文水资源局保山分局, 保山 678000)

**摘 要:** 采用了 GPS 辅助下的野外调查、野外实地填图进行数据采集和室内 GIS (ArcInfo 7.0) 辅助下的数据储存、分析方法, 以西庄河山地流域过去发生的滑坡事件为研究对象, 初步分析了该山地流域内滑坡事件的时空分布特征及近期滑坡发生的可能趋势。最后, 提出防治滑坡灾害事件发生的合理化建议, 为类似流域环境条件下的滑坡灾害的预防与控制提供了参考性意见。

**关键词:** 西庄河山地流域; 滑坡灾害; 时空分布

**中图分类号:** P642.22

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2003)02-0060-04

## Primary Study on Landslide Hazards in the Middle Mountainous Watershed of Xizhuang River

GAO Fu<sup>1</sup>, DUAN Shang-biao<sup>2</sup>, XU Jian-chu<sup>1</sup>

(1. Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204, Yunnan, China)

(2. Baoshan Hydrology and Water Resource Bureau, Baoshan 678000, Yunnan, China)

**Abstract:** In order to obtain the good understanding of the basic condition of serious erosion events, landslide events, in Xizhuang watershed (small scale, middle mountainous watershed), field survey with the assistant of GPS (the global position system) and topography map in 1:10 000 scales was implemented during dry season 2001~2002 year rounds. Finally, the authors give some recommendations for landslides prevention: a) stopping the quarries' work and starting to protect the destroyed area; b) suitable measures should be carried out to protect the river bank for the safety of transportation; c) agroforestry measures for farmland protection; d) forestation activities and converting slope farmland into forest land or grassland for environment health and rehabilitation; e) more research input on landslide in the micro-scale of mountain watershed.

**Key words:** Xizhuang mountainous watershed; landslide hazards; temporal and spatial distribution

土壤侵蚀已经成为资源环境退化的头号杀手。由于引起土壤侵蚀的因素各种各样, 造成各种各样的侵蚀形式, 在我国以风力、水力、冻融侵蚀为主<sup>[1]</sup>。其中我国南方半湿润、湿润地区, 水力侵蚀是形成土壤侵蚀、退化的主要因素。特别是在山区, 由于自身环境的脆弱性, 加上人口急剧增加, 气象灾害频繁, 地质灾害影响严重, 这些因素导致南方山区土壤侵蚀速率增加。

土壤侵蚀的分类上, 有的分为土壤物理侵蚀和土壤化学侵蚀两个过程<sup>[2]</sup>, 而在水土保持教科书上, 往往把土壤侵蚀划分为常规土壤侵蚀和加速土壤侵蚀两个主要侵蚀类型<sup>[3]</sup>。由于水力因子导致的加速土壤侵蚀又可分为以下几种类型:

表面侵蚀 (Sheet erosion); 细沟侵蚀 (Rill erosion); 冲沟侵蚀 (Gully erosion); 塌方、滑坡侵蚀 (Landslides or slip

erosion); 河岸侵蚀 (Stream bank erosion) 等<sup>[3]</sup>。其中, 由于水力因子所导致的塌方、滑坡侵蚀对人们的生命财产所造成的威胁最为严重、最为显著。因此, 国内外学者对于滑坡这一灾害现象进行了全方位的研究报道<sup>[4-11]</sup>。根据研究流域所处的地质、地理环境条件, 本文选择由于水力因子而导致的冲沟侵蚀、塌方 (塌陷)、滑坡侵蚀作为研究对象进行报道。

该研究的目的在于认识引起流域滑坡灾害发生的环境和社会经济过程, 改进滑坡控制技术, 增强滑坡灾害防治、预报水平, 最大限度减少由于滑坡灾害造成的人民生命财产的损失。

### 1 研究地区和研究方法

#### 1.1 研究地区

研究流域位于云南省西部保山市隆阳区板桥镇的西庄

收稿日期: 2002-10-15

基金项目: 云南省科委国际科技合作项目经费资助 (编号: 2000C004); 同时为“山地流域人与资源动态关系项目”成果之一。

作者简介: 高富 (1973-), 男, 河南确山县人, 硕士, 研究实习员, 现为中国科学院昆明植物研究所基地创新组成员, 目前主要工作领域为水土保持、生态水文及资源环境研究, 已发表论文 4 篇, 参与编写专著 1 部。

河山地流域, 该山地流域地理坐标为东经 99°36′~123°6′之间, 北纬 25°12′32″~16°34′之间, 流域面积为 33.8 km<sup>2</sup> (见图 1), 流域总人口达到 4 300 多人 (2001 年底), 流域林地覆盖率从 1982 年的 32.18% 逐步上升到超过 54% (截止到 2001 年底)。在国家实施荒山造林政策后, 特别是实施西部大开发, 退耕还林还草政策后, 流域林地面积将保持持续攀升势头。流域内超过 60% 的面积为 > 35° 极陡坡地, 而小于 15° 适合农业耕作的平缓坡面积不足总面积的 20% [12]。流域

地表结构的组成情况为滑坡的发生提供了前提条件 [13]。与此同时, 随着流域居民生产、生活条件的改善, 基础设施建设步伐加快, 如乡村公路的建设, 房屋建设等人为活动加剧了对流域自然地表的扰动和破坏。从 1999 年初, 大理至保山高速公路保山段开工建设后, 由于经济利益驱动, 在西庄河山地流域内出现了 8 个规模不同的采石场, 流域内发生的滑坡灾害几乎都与这些工程活动有关。

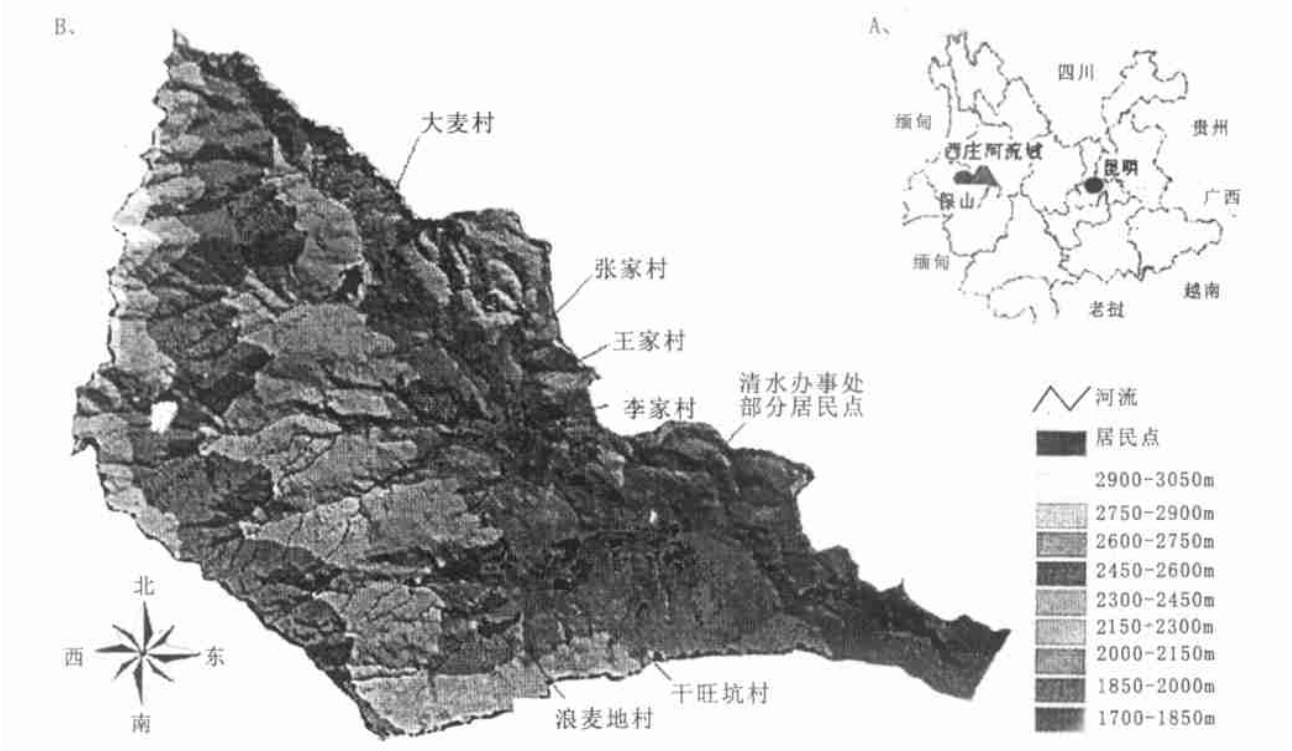


图 1 西庄河山地流域位置图及流域轮廓图(a 西庄河流域位置图; b 流域轮廓图及居民点分布略图)

1.2 研究方法

1.2.1 数据采集 流域滑坡灾害基本情况数据采集, 采用了野外调查、填图(1:1 万地形图)以及访谈当地居民相结合的方法。对流域所有的滑坡灾害案例进行调查和记录的基本信息包括: 时间、地点和规模 [14], 并且用 GPS 记录该地点的空间坐标, 为以后的 GIS 空间分析、制图做准备。在数据野外采集过程中, 由于流域空间范围较大, 调查成员实地勘察流域的每一个角落是不可能的, 因此, 在野外实测、填图过程中, 对塌方不太严重、空间距离较远的区域结合上个世纪 80 年代的航空照片进行了遥测评估和对比分析 (见图 2)。最后, 获得基本信息记录的滑坡灾害个数共计 95 处, 可以用于时空特性分析的滑坡灾害个数为 78 处, 他们无论是规模、发生时间和地点上都能作为研究流域滑坡灾害的典型代表。

1.2.2 数据存储 野外调查得到的滑坡灾害有关信息带回室内后, 主要进行了两项工作: 一是把调查得到的相关信息输入电脑, 建立 Access 数据库, 另一个是把地形图上标注的位置信息结合 GPS 记录的空间信息, 输入 GIS, 建立 GIS 数

据库, 为后面的分析工作和其它方面的研究利用做准备。

1.2.3 数据分析 流域滑坡灾害的发生并不是孤立的一种自然现象, 而是有与其发生、发展的联系紧密的环境和社会经济过程。因此, 在分析得到的这些资料过程中, 同时结合降雨、地质、土壤等环境因素以及流域社会经济因素等进行了综合考虑和分析。重点考察了这些滑坡灾害在小流域空间范围内发生的时空分布特性, 对流域居民生命财产的威胁程度, 同时, 对于小流域内滑坡灾害的发生预测也做了尝试。

2 结果与分析

经过野外调查和室内数据整理、分析后, 我们共记录和在图上标注 95 处滑坡灾害事件, 在对这些典型滑坡灾害事件发生的时间、空间位置以及规模等因素进行统计分析后发现, 在西庄河山地流域滑坡灾害的发生呈现出下列几个显著特点。

2.1 滑坡灾害事件发生频率呈上升趋势

流域滑坡灾害研究过程中, 通过对流域居民访谈的方法获得过去时间段内流域滑坡灾害发生的频率, 获得的数据可

以为解释和预测未来流域环境演化趋势提供一个证据。在流

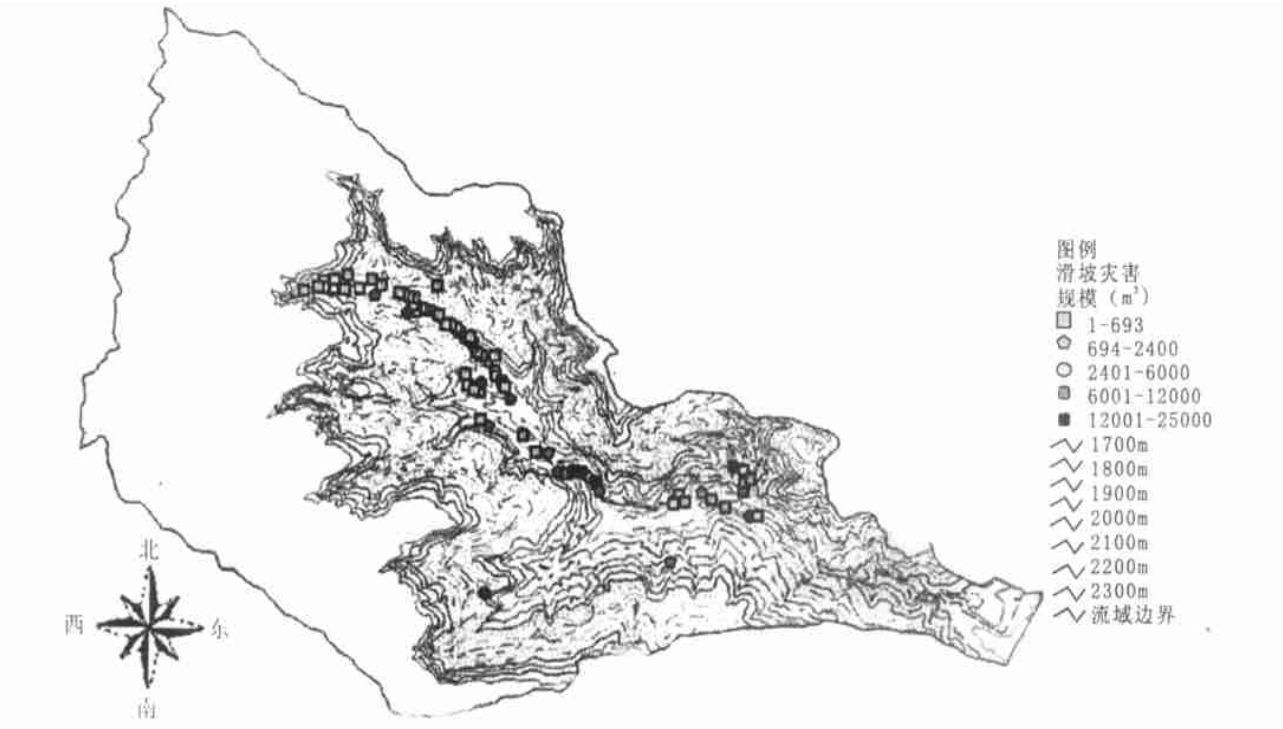


图 2 滑坡灾害调查区域及滑坡空间分布

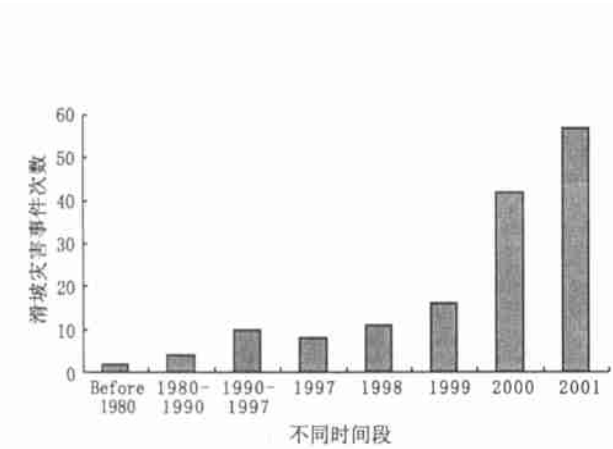


图 3 不同时段内发生滑坡灾害事件数量比较

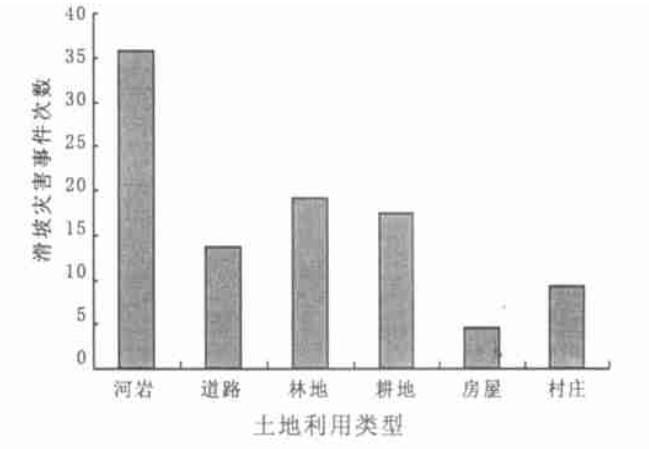


图 4 滑坡灾害事件空间分布出现频数

域 33.8 km<sup>2</sup> 的面积范围内, 组成两个野外调查小组, 在流域内进行了为期一周 (2002 年 3 月第一周) 的滑坡灾害事件调查。历史滑坡灾害事件资料通过保山市有关部门统计资料以及流域居民回忆相结合获得。分别记录流域在: 2001 年、2000 年、1999 年、1998 年、1997 年、1990 到 1997 年、1980 到 1990 年和 1980 年以前, 共计 8 个不同的时间段内的滑坡灾害事件。采用重复记数法来统计在每个时间段内发生滑坡灾害事件的数量, 如某处 2000 年有强烈侵蚀现象发生, 2001 年又发生侵蚀的, 则该位置将被分别统计在两个年份内, 这样也可以研究滑坡灾害的累积效应。选择统计流域滑坡灾害事件发生数量的原因在于流域内缺乏准确、连续的实测滑坡规模数据,

难以估算同一个滑坡位置在不同年份的塌方流失规模, 而塌方痕迹数量是相对稳定的, 相对于塌方规模而言是比较理想的指标。当然, 如果能在每个年份都实测的滑坡规模数据, 会得到更理想的结果。

从图 3 可以看出, 调查时刻所得到滑坡灾害数量从 1980 年以前一直到 2001 年的 8 个时段内, 其发生的频数保持较快的上升势头, 但图 3 并不意味着 1997 年以前的年份里没有发生滑坡灾害事件, 而只表明在我们野外调查时, 从可辨认滑坡痕迹中记录了该灾害事件。限于资料的可信度, 本文中, 我们重点讨论那些痕迹明显, 1997 年以后发生的滑坡灾害事件。统计结果表明, 1999 年以后, 流域滑坡灾害事件增加迅速。

## 2.2 滑坡灾害事件多沿河岸分布

为了探索流域滑坡灾害发生的空间分布与流域土地利用方式之间的关系,在野外调查中,着重记录了滑坡灾害分别临近何种土地利用方式,如河岸、林地、耕地、村庄、道路和房屋共计6种不同土地利用类型。滑坡发生空间位置统计结果表明,滑坡发生频率最高的地点位于河岸处,即河岸侵蚀(Stream bank erosion)。在分析滑坡发生空间分布特点时,采用同上的可重复统计方法,这是因为村庄、道路、房屋,尤其是前两者,大多顺着河床延伸、布局。如上所言,正是因为道路沿河床延伸,这也为河岸侵蚀剧烈发生埋下了伏笔。流域居民在修建通往外界的公路时,由于河道两侧地势比较平坦,可以减少施工劳动量、加快工作进程。因此,新修的乡村道路都是沿着河流方向推进,同时流域村庄散布在两侧山峰间的低地<sup>[15]</sup>(见图1)。公路修建施工对河岸的影响,加上雨季洪水对河岸基部的剧烈冲刷,为河流两侧的山体滑坡发生提供了条件。滑坡灾害事件出现频率最低的位置在居民点的民房附近,这说明当地居民在选择居住点建房时,有一定的经验来避免滑坡灾害的负面影响。但滑坡灾害事件频率分布趋势与其造成的经济损失呈负相关,即尽管民房附近发生滑坡灾害事件的频率低,但造成的经济损失往往较大,而河岸滑坡距离民房或密集居民点较远,所以造成的经济损失不明显。图4显示滑坡灾害事件的出现与上述6种基本土地利用类型的关系。值得指出的是在林地附近出现较高滑坡灾害频率的原因在于一些新修的林区公路穿过林地向山上延伸,滑坡几乎全部沿新修的公路分布,这一现象进一步证明了滑坡灾害发生与人为活动关系密切<sup>[16]</sup>。

## 2.3 滑坡灾害事件的规模差异显著

根据本次野外调查记录的95个滑坡灾害事件中的78个案例的滑坡规模分析结果来看,流域滑坡灾害规模因时间、空间因素以及自然和人为因素的综合影响而彼此之间有着显著差别。其中规模最小的仅为 $1.6\text{ m}^3$ ,最大的高达 $25\,000\text{ m}^3$ ,差距达上万倍。河岸不仅是滑坡灾害多发处,而且也是规模最大的地方,如位于流域上部的李家寺村公所上边的南侧河岸,几乎完全发生了坍塌。耕地附近的滑坡灾害事件频率高,但规模普遍较小(当然也有极个别位置大规模的滑坡)。这说明当地农民对于农田保护工作做的较好。

## 2.4 滑坡灾害的危害

流域滑坡灾害的发生严重威胁着流域居民的生命财产安全,是典型的山地灾害类型之一<sup>[17]</sup>。具体来说,主要表现为:流域部分河床淤积严重,桥梁安全受到威胁。根据本次调查统计结果表明,流域河道总淤积量在过去3年内(1999~2001)达 $24\,320\text{ m}^3$ ,有的河床升高1m以上,显然增加了洪水肆虐的几率。由于滑坡灾害的频繁发生,造成流域大量泥沙及土壤

养分流失,给流域居民造成直接<sup>[18]</sup>和间接的经济损失,同时也给下游居民的生产生活带来障碍,如流域出口处,长达1km的人工渠,由于流域输出泥沙的淤积,渠底已经上升了1~2m不等,造成沿渠道两侧的农田遭受浸害而不能充分发挥基本农田的功能。

## 2.5 滑坡灾害的防治

我国地质灾害的防治方针为“预防为主、防治结合”,滑坡灾害的预报是防治的中心环节<sup>[14]</sup>。有关资料表明,滑坡灾害的发生主要与三大因素有关:特定的地质地貌条件、不合理的人为活动以及较大的降水<sup>[5,6]</sup>。其中降水是滑坡灾害的主要诱发因素,应当成为预防研究的主要对象。西庄河山地流域在1999年以后,流域滑坡灾害事件增加迅速与该期间适逢水文丰水年份(2000年和2001年),降雨量呈现逐年增加的趋势,以及人为活动加剧有关。如该流域通往外界的道路是1996年底至1997年初完工,1999年初经济利益驱动,8个为高速公路建设提供石料的石场的出现。这些现象从一个侧面反映了近几年内流域滑坡灾害事件上升的原因。

只有透彻分析了引起滑坡灾害的基本原因,才能使防治措施做到因地制宜,易于为当地人接受和产生立竿见影的效果。

## 3 建议

以上分析结果表明,西庄河山地流域局部区域存在严重的滑坡灾害现象,严重的滑坡不仅造成当地居民直接的生命、财产损失,而且会导致其它资源和环境的退化,削弱流域持续发展能力。应根据流域滑坡灾害的时空分布特点,采取针对性的防治措施来减少灾害事件的发生。

(1) 尽快停止开山采石等对环境破坏严重的不合理人为活动,转向对已经破坏的场地进行保护和恢复,以扭转滑坡频数日益上升的现状。

(2) 增强河岸堤坡防护强度,阻止洪水对河岸的继续侵蚀,这也是保护沿岸公路,维护当地居民交通安全的必要措施。

(3) 采取多样的耕地边埂保护措施,如混农林的手段,通过种植根系发达,生长迅速,枝叶又可以作为饲料和绿肥的植物种类(如山毛豆(*Tephrosia candada*)、猪屎豆(*Crotalaria mucronata*)、光叶紫花苕(*Vicia villosa*)等来加强耕地保护工作。

(4) 坚持不懈开展植树造林活动,抓住当前党和国家提出的退耕还林、还草的有利机遇,在确保基本农田基础上,大面积退耕还林,为资源的持续利用和子孙后代的优美生存环境打下坚实的基础。

(5) 加强对滑坡灾害的专题科研也是不可缺少的,针对流域的具体情况今后应从实验<sup>[19]</sup>、构造活动<sup>[20]</sup>等滑坡灾害发生的深层次原因进行研究探讨,增强滑坡灾害的防治能力,为流域生态环境的健康、稳定发展奠定良好的基础。

## 参考文献:

- [1] 王思远,刘纪远,张增祥,等.不同土壤侵蚀背景下土地利用的时空演变[J].山地学报,2002,20(1):19-25
- [2] 钟祥浩.土壤侵蚀的评价[J].山地研究(现《山地学报》),1987,5(2):93-98

每年入春以后,大陆冬季风逐渐减弱,热带湿润海洋气流开始影响我国南部沿海地区。雨量较多的雨带在南岭附近出现,5~6月间江南地区多雨,6月初到7月初,主要雨带北移至长江下游一带,多连绵阴雨。进入梅雨期,直至7月上旬,主雨带逐渐向西北移动,梅雨期结束。7月、8月进入盛夏季节,也是夏季风在我国活动最盛时期,主要雨带移至华北、东北地区。入秋后,冬季风迅速增强,夏季风南退,主要雨带又退到长江以南地区,降水量相对减少。在这种季风活动的影响下,我国大部分地区降水量多集中在夏季数月之中,并多以暴雨形式出现,所以洪水发生时间也就比较集中。但随着季风活动时期的变化,洪水发生时间有先后之别,洪涝地区发生迁移。

春夏之交我国华南地区暴雨开始增多,洪水发生几率随之增大,受其影响的珠海流域的东江、北江在5月、6月易发生洪水,西江稍迟至6月中旬至7月中旬。6月、7月主雨带北移,受其影响的长江流域易发生洪水。湘赣地区在4月中

旬即可能发生洪水,5月至7月沅、资、澧江易发生洪水;而清江、乌江洪水易到6~8月发生;四川盆地各水系及汉江流域水系洪水发生时间较长,为7月至10月。7月、8月我国华北地区的淮河流域、黄河流域、海河流域、辽河流域易发生洪水。松花江流域洪水发生时间更晚,为8月至9月,闽浙地区,由于受台风的影响,其雨期发生洪水期较长,为6月至9月。

如果由于某种原因,打破了迁移的自然规律,则雨带停滞期,洪涝灾害严重。降雨带主要出现在副热带高压的边缘,因此,通常华北多春旱,随着副热带高压的北移,华北旱象逐渐缓解,并有时发生雨涝。这时位于副热带高压范围内的华南,则时常发生伏旱,我国西部,由于海洋气候的影响,甚小,经常干旱,但其降雨量的变化仍有南北和东西迁移规律。

综上所述,灾害演化呈现出准周期变化、连锁性、叠加性、放大性、空间迁移性等特征。

#### 参考文献:

- [1] 张家诚 灾害的自然性与社会性准周期振动探讨[J]. 灾害学, 1989(3): 26—28
- [2] 李永善 灾害系统与灾害学探讨[J]. 灾害学, 1986(创刊号): 7—11.
- [3] 中国灾害防御协会 中国减灾问题研究[M]. 北京: 地震出版社, 1992 50—54
- [4] 李永善 灾害的放大过程[J]. 灾害学, 1988(3): 18—23
- [5] 郭增建 灾害物理学[M]. 西安: 陕西科技出版社, 1989 165—194

(上接第 63 页)

- [3] Shukla R S, Chandel P S Plant Ecology and Soil Science [M]. RAMNAGAR, NEW DELHI S CHAND & company LTD. - 110 055, Soil Sciences, 1998 78
- [4] 王深法, 王授高, 胡珍珍 浙江山地滑坡现状及成因[J]. 山地学报(原《山地研究》), 1999, 18(4): 373- 376
- [5] 范俊喜, 侯建军, 许银贵 王峪口水库库岸滑坡特征及形成机制[J]. 山地研究(现《山地学报》), 1998, 16(4): 314
- [6] 王成华, 谭万沛, 罗晓梅 小流域滑体危险性研究[J]. 山地学报, 2000, 18(1): 31- 36
- [7] 李军, 周成虎, 许增旺 香港岛地区滑坡灾害的时空分布模式[J]. 2001, 19(3): 248- 252
- [8] CEO. Hong Kong Rainfall and Landslides in 1984- 1996 [R]. Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Department, Hong Kong, 2000
- [9] P J Finaly, R Fell, P K M aguire The relationship between the probability of landslide and occurrence and rainfall[J]. Can. Geotech. 1997, 34: 811- 824
- [10] 乔建平 中国滑坡分布[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [11] Tanya Pascual Overview of a micro-scale study of the causes and effects of landslides in the high Himalaya, Nepal [R]. IC MOD New sletter, 2001, 40: 4- 7.
- [12] 高富 保山西庄山地流域水土资源综合研究[D]. 昆明: 中国科学院昆明植物研究所, 2000 66
- [13] 乔建平 不稳定斜坡危险度的判别[J]. 山地研究(现《山地学报》), 1991, 9(2): 117- 122
- [14] 马力, 曾祥平, 向波 重庆市山体滑坡发生的降水条件分析[J]. 山地学报, 2002, 20(2): 246- 249
- [15] 高富, 沙丽清, 许建初 西庄河流域土地利用方式对土壤肥力影响的研究[J]. 土壤与环境, 2000, 9(3): 223- 226
- [16] A W Malone, 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
- [17] 柴宗新 山地灾害概念之我见[J]. 山地学报, 1999, 17(1): 93
- [18] 杨子生, 谢应齐 云南省水土流失直接经济损失的计算方法与区域特征[J]. 云南大学学报(自然科学版), 1994, 16(增刊): 99- 106
- [19] 陈洪凯, 唐红梅 散体滑坡室内启动模型实验[J]. 山地学报, 2002, 20(1): 112- 115
- [20] 王帅, 王深法, 俞建强 构造活动与地质灾害的相关性—浙西南山地滑坡、崩塌、泥石流的分布规律[J]. 山地学报, 2002, 20(1): 47- 52