

GPS、GIS 技术在西庄河流域 滑坡灾害研究中的应用

高 富¹, 艾夕辉¹, 段尚彪², 李镜宏², 许建初^{1*}

(1. 中国科学院昆明植物研究所, 云南 昆明 650204; 2. 云南省水文水资源局保山分局, 云南 保山 67800)

摘 要: 本文采用了 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(ArcInfo7.0)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, 指出 GPS 和 GIS 技术在流域滑坡灾害研究中具有广泛的应用前景和优越性。

关键词: 西庄河; 山地流域; 滑坡灾害; 时空分布; GPS; GIS
中图分类号: P642. 22 **文献标识码:** A

1 引言

3S 技术是指遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)的有机结合。3S 技术以地理信息系统为核心, 构成了对空间数据实时采集、更新、处理、分析及为各种实际应用提供科学决策咨询的强大技术体系^[1]。正是由于 3S 技术功能强大, 已经逐渐被广泛应用于各个领域的工作实践中, 如作物生长及产量监测^[2, 3]、土地利用变化研究^[4~ 6]、森林资源持续管理^[7]、城市建设^[8]以及生态环境监测^[9]和防灾减灾^[10~ 14]等领域。

资料表明^[15~ 18], 3S(GIS、RS、GPS)技术作为地球信息技术系统的主体内容, 在我国水土保持管理领域中具有广阔的应用前景。目前, 3S 技术在我国水土保持动态监测、规划评价、执法监督和公众宣传等方面都有广泛的应用, 应用的重点包括水土流失

普查、侵蚀预报等。由于水力因子导致的加速土壤侵蚀可分为以下几种类型: 1) 表面侵蚀(Sheet erosion); 2) 细沟侵蚀(Rill erosion); 3) 冲沟侵蚀(Gully erosion); 4) 塌方、滑坡侵蚀(Landslides or slip erosion); 5) 河岸侵蚀(Stream bank erosion)等。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。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^[19~ 26]。根据研究流域所处的地质、地理环境条件, 本文作者以 3S 技术中的 GPS 和 GIS 技术作为工具, 选择水力因子导致的冲沟侵蚀、塌方(塌陷)、滑坡侵蚀作为研究对象进行报道。该研究的目的在于探讨 GPS 与 GIS 技术在流域水平上进行滑坡灾害研究的可行性, 以增强滑坡灾害防治、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。

收稿日期(Received date): 2002- 12- 10; 改回日期(Accepted): 2003- 03- 03。

基金项目(Foundation item): 云南省科委国际合作项目经费资助(2000HC004)。[Supported by International Cooperation Project of Yunnan Science & Technology Committee]

作者简介(Biography): 高 富(1973-), 男, 硕士, 研究实习员。1997 年毕业于信阳师范学院生物系, 2000 年在昆明植物研究所获理学硕士学位。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和自然资源研究; 已发表论文 4 篇, 参与编写专著 1 部。Tel: 86- 871- 5223231(O), 5215515(H), 13668778760(手机), Email: ihe@public.km.yn.cn for ihe@mail.kib.ac.cn [GAO Fu (1973-), Male, From, Queshan county, Henan Province. Master of Science Research Assistant. Major in Biology, and graduated from Xinyang Normal College in 1997, obtain the Master degree of science from Kunming Institute of Botany CAS in 2000. After the MSc, work field focus on soil and water conservation, Eco-hydrology & Resources and Environment study, have published 4 Journal standard articles. Tel: 86- 871- 5223231(O), 5215515(H), 13668778760(Mobile); Email: ihe@public.km.yn.cn or ihe@mail.kib.ac.cn]

* 通讯作者: 许建初[Corresponding author: XU Jian-chu, cbik@public.km.yn.cn]

2 研究地区和研究方法

2.1 研究地区概况

研究地区位于云南省西部保山市隆阳区板桥镇的西庄河山地流域,该流域地理坐标为 $99^{\circ}6'36'' \sim 12'36''E$, $25^{\circ}12'32'' \sim 16'34''N$,流域面积为 33.8 km^2 (见图 1),2001 年底流域总人口 4 300 多人,流域林地覆盖率从 1982 年的 32.18% 逐步上升到超过 54% (截止 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 $> 35^{\circ}$ 极陡坡地,而 $< 15^{\circ}$ 适合农业耕作的平缓坡面积不足总面积的 20%^[27]。流域地表结构的组成情况为滑坡的发生提供了前提条件^[28]。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,此后,开山采石的炮声和运输石头车辆的轰鸣声不绝于耳。流域内发生的滑坡灾害几乎都与这些工程活动有关。

2.2 研究方法

2.2.1 数据采集

流域滑坡灾害基本数据的采集,采用野外调查、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^[29],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。

2.2.2 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他方面的研究做准备。

2.2.3 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。

3 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表现出下列几个显著特点。

3.1 滑坡灾害事件出现频率呈上升趋势

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。在流域 33.8 km^2 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、1990~1997 年、1980~1990 年和 1980 年以前等 8 个不同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

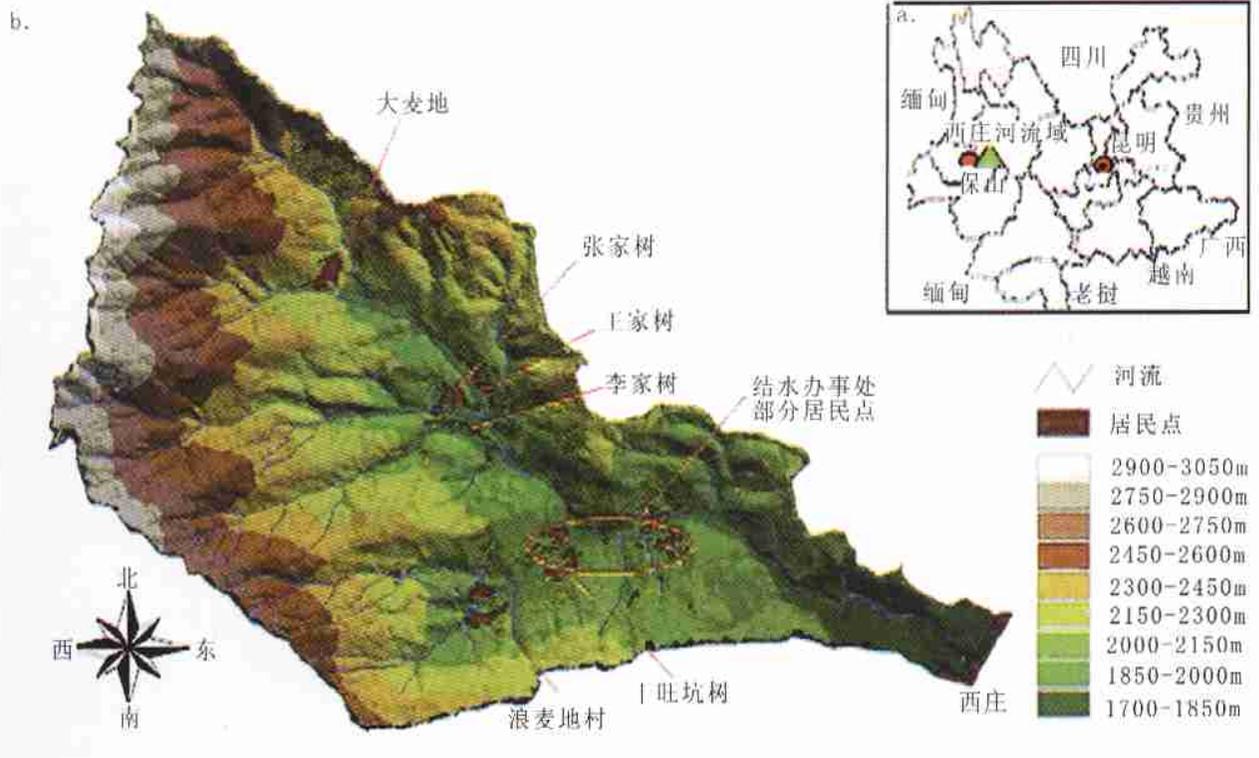


图 1 西庄河山地流域位置图及流域轮廓图(a. 西庄河流域位置图; b. 流域轮廓图及居民点分布略图)

Fig. 1 Location and Sketch Map of Xizhuang Mountainous Watershed

(a. Location map; b. Map of villages distribution and elevation range in xizhuang watershed)

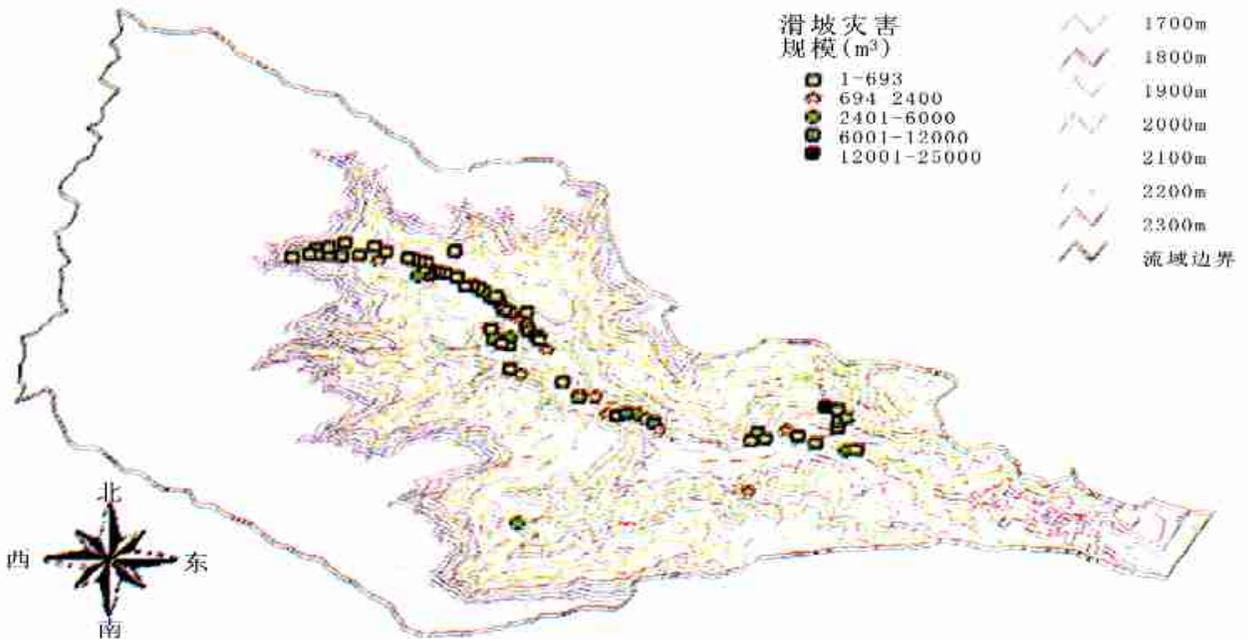


图 2 滑坡灾害调查区域及滑坡空间分布

Fig. 2 Landslide Survey Area & Landslide Spatial Distribution in Xizhuang Watershed

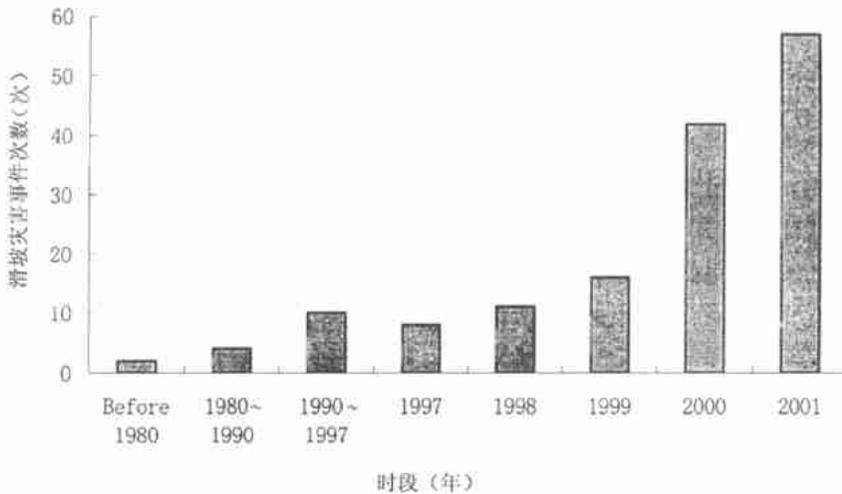


图 3 不同时段内发生滑坡灾害事件数量比较

Fig. 3 Number of Landslides Comparison in Different Durations

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 1997 年以后发生的那些痕迹明显的滑坡灾害事件。统计结果表明,1999 年以后,流域滑坡灾害事件增加迅速。

3.2 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 中不同土地利用类型。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谷间平地(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,即尽管民房附件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^[30]。

3.3 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 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。

3.4 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^[31]。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 a 内(1999~2001)达 $24\,320 \text{ m}^3$,有的河床升高 1 m 以上,显然增加了洪水肆虐的

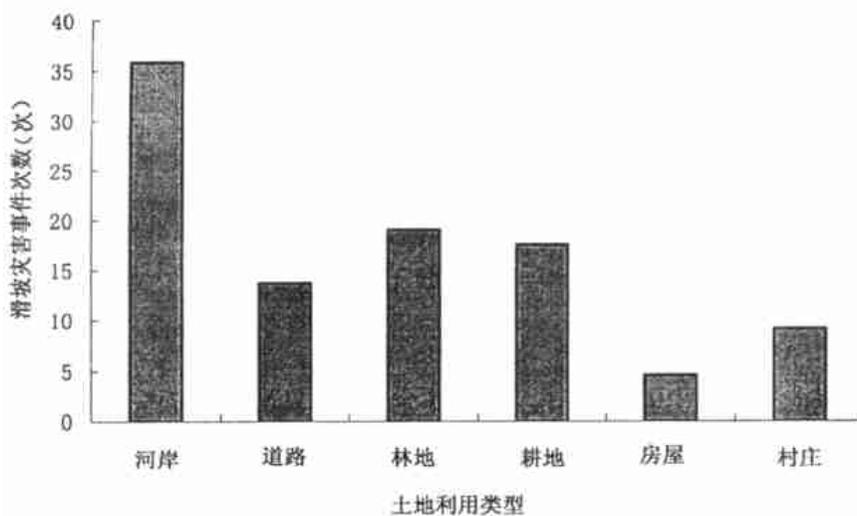


图 4 滑坡灾害事件空间分布出现频数

Fig. 4 Frequency of Landslides Under Different Land Use Types

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^[32]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 1 km 的人工渠,由于流域输出泥沙的淤积,渠底已经上升了 1~ 2 m 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。

4 结论

以上结果表明,西庄河山地流域局部区域存在严重的滑坡灾害现象,其区域性特点表现为 1999 年以后随着丰水年份的到来及人为活动的加剧,发生频率逐渐上升;滑坡主要发生在新修的道路及河岸附近,表明滑坡的发生主要与人为生产活动密切相关;流域发生滑坡的规模存在较明显的差异。严重的滑坡不仅给当地居民造成直接生命、财产损失,而且会导致其他资源和环境的退化,削弱流域持续发展能力。

通过应用 GPS 和 GIS 辅助下的流域滑坡灾害初步研究实践,证明 GPS 和 GIS 技术可以方便的存储、查询、分析和直观显示研究结果。同时,结合遥感(RS)资料可以快速实现调查资料的更新,实现流域水平上的环境动态监测目的,特别是对于滑坡灾害的预防。

致谢:本文作者感谢国际山地中心(ICIMOD),加拿大国际发展研究中心(IDRC)和瑞士联合发展署(SDC)的资助以及中国科学院(昆明植物研究所)知识创新工程项目资助。同时感谢野外工作过程中得到流域内居民的帮助,特别感谢山地中心 Juerg Merz 先生的帮助!

参考文献(References):

- [1] “3S” Techniques (New Technological Words). *China Land Science*, 2002, 16(1): 36. [3S 技术(科技新词)] [J]. 中国土地科学, 2002, 16(1): 36.]
- [2] Jianping, L., Z Youfei, et al. (2001). Application of 3S to Growth Vigor Monitoring for Late Rice of Double Harvest. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology*, 24(1): 106~ 112. [李剑萍, 郑有飞, 殷剑敏, 等. 3S 技术在晚稻长势监测中的综合应用研究[J]. 南京气象学院学报, 2001, 24(1): 106~ 112.]
- [3] LIU Ting, REN Ying-ling, YANG Chun-hua. The application of “3S” technologies in the estimate to the production of winter wheat by remote sensing. *Henan Science*, 2001, 19(4): 429~ 432. [刘婷, 任银铃, 杨春华. “3S” 技术在河南省冬小麦遥感估产中的应用研究[J]. 河南科学, 2001, 19(4): 429~ 432.]
- [4] XU Xin-liang, ZHUANG Da-fang, ZHANG Shi-wen. Field Sampling Design for Land-use and Land-cover Changes Based on 3S Technology - Taking Heilongjiang Province as An Example. *Remote Sensing Technology and Application*, 2002, 17(3): 135~ 139. [徐新良, 庄大方, 张树文. 基于 3S 技术的土地利用土地覆盖变化野外采样框架设计—以东北地区黑龙江省为例[J]. 遥感技术与应用, 2001, 17(3): 135~ 139.]
- [5] ZHANG Ji-xian, CHENG Ye. Upgrading the Map of Land Use under the Support of 3S Techniques. *China Land Science*, 16(1): 20~ 25. [张继贤, 程烨. 3S 技术支持的土地利用现状图更新[J].

- 中国土地科学, 16(1): 20~ 25.]
- [6] REN Wei-chun, WANG Jian-wei, WANG Qi-ling. Monitoring the Land Use Change with Integrated Utilization of "3S" Techniques. *Remote Sensing Information*, 2000, (3): 19~ 22. [任维春, 王建卫, 王岐岭. 综合利用3S技术监测土地利用变化[J]. 遥感信息, 2000, (3): 19~ 22.]
- [7] TANG Xiao-yan, MENG Xian-yu. Sustainable Development of Forest Resources. *Hebei Journal of Forestry and Orchard Research*, 2001, 16(3): 202~ 207. [唐晓燕, 孟宪宇. 森林资源的可持续发展[J]. 河北林果研究, 2001, 16(3): 202~ 207.]
- [8] ZHAO Chang-sheng, CHEN Yan-guo. Digital City and 3S Techniques. *Journal of Liaoning Technical University (Natural Science)*, 2002, 21(1): 31~ 33. [赵长胜, 车延国. 数字城市与3S技术[J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2002, 21(1): 31~ 33.]
- [9] ZHOU Le-qun, YANG Lan. Application of RS, GIS and GPS Technique in Survey of Land and Resources and Dynamic Monitoring of Ecological Environment. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2000, (4): 40~ 46. [周乐群, 杨岚. 基于"3S"技术的国土资源与生态环境动态监测[J]. 华南地质与矿产, 2000, (4): 40~ 46.]
- [10] ZHU Liang-feng, YIN Kun-long, ZHANG Liang etc. Risk Analysis System of Geo-hazards Supported by GIS. *Journal of Yangtze River Scientific Research Institute*, 2002, 19(5): 42~ 45. [朱良峰, 殷坤龙, 张梁, 等. GIS支持下的地质灾害风险分析[J]. 长江科学院院报, 2002, 19(5): 42~ 45.]
- [11] ZHANG Jia-heng, ZHU De-zhu. Conceiving Agriculture Disaster Monitor Information System Based on "3S" Techniques. *Journal of Catastrophology*, 2002, 17(2): 76~ 81. [张金恒, 朱德柱. 基于"3S"技术构建农业灾害监测信息系统[J]. 灾害学, 2002, 17(2): 76~ 81.]
- [12] TANG Xiao-guo, TAN De-bao. Study on Flooding Hazards Assessment in the Downstream of Yangtze River Based on "3S" Techniques. *Yangtze River*, 2000, 31(12): 31~ 33. [唐小国, 谭德宝. 基于3S技术的长江中下游洪涝灾情评估研究[J]. 人民长江, 2000, 31(12): 31~ 33.]
- [13] GENG Guo-liang, ZHU Xiao-hua. Application of GIS Technology in Disaster Prevention and Reduction and Its Future. *Journal of Catastrophology*, 2000, 15(4): 73~ 77. [耿国梁, 朱晓华. 地理信息系统技术在防灾减灾中的应用与前瞻[J]. 灾害学, 2000, 15(4): 73~ 77.]
- [14] NIAN Guang-yan, LI Xi-fu etc. Application of "3S" Techniques in Disaster Prevention and Reduction. *Journal of Plateau Earthquake*, 2001, 13(3): 67~ 70. [年光延, 李锡福, 等. 浅谈"3S"技术在防灾减灾中的应用[J]. 灾害学, 2000, 15(4): 73~ 77.]
- [15] XU Feng, GUO Suo-yan. Application and Development Direction of "3S" Techniques in the Field of Soil and Water Conservation Management (China). *Journal of Mountain Agriculture*, 2001, 20(4): 297~ 300, 315. [许峰, 郭勃彦. 我国水土保持管理领域中3S技术的应用与发展方向[J]. 山地农业生物学报, 2001, 20(4): 297~ 300, 315.]
- [16] LI Zhi-jian, GAO Qi-jiang. Application of "3S" Techniques in the Soil Erosion Survey and Monitoring in Shan-xi Province. *Technology of Shan-Xi soil and water conservation*, 2002, (1): 8~ 11. [李志坚, 高起工. "3S"技术在山西省土壤侵蚀调查与监测中的应用[J]. 山西水土保持科技, 2002, (1): 8~ 11.]
- [17] SHI Ming-chang, JIANG De-wen. Application of 3S Techniques in the Soil and Water Conservation. *China Soil and water conservation*, 2002, (5): 42~ 43. [史明昌, 姜德文. 3S技术在水土保持中的应用[J]. 中国水土保持, 2002, (5): 42~ 43.]
- [18] WANG Zhu-qing. Application Study of the Qualitative Remote Sensing on Soil Erosion Based on "3S" Techniques in the Longchuan River Watershed. *Journal of Yunnan Normal University (Natural Science)*, 2002, 22(2): 65~ 68. [江竹青. 基于3S技术水土流失定量遥感在龙川江流域中的应用研究[J]. 云南师范大学学报: 自然科学版, 2002, 22(2): 65~ 68.]
- [19] WANG She-fa, WANG Shou-gao, WU Zhen-zhen. Mountain Landslides Present Condition and Reasons in Zhejiang Provinces. *Journal of Mountain Science (Past: Journal of Mountain Research)*, 1999, 18(4): 373~ 376. [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.]
- [20] FAN Jun-xi, HOU Jian-jun, XU Yin-gui. Characteristics and Forming Mechanism of Bank Landslides of Wang Yukou Reservoir. *Journal of Mountain Research (Now Journal of Mountain Science)*, 1998, 16(4): 314. [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.]
- [21] WANG Cheng-hua, TAN Wan-pei, LUO Xiao-mei. Study of Hill Slide Danger in the Small Watershed. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18(1): 31~ 36. [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.]
- [22] LI Jun, ZHOU Cheng-hu, XU Zeng-wang. Temporal and Spatial Distribution Patterns of Landslides of Hong Kong Island. *Journal of Mountain Science*, 2001, 19(3): 248~ 252. [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]. 山地学报, 2001, 19(3): 248~ 252.]
- [23] GEO Hong Kong Rainfall and Landslides in 1984 ~ 1996, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Department, Hong Kong.
- [24] P. J. Finaly, R. Fell, P. K. Maguire. The relationship between the probability of landslide and occurrence and rainfall. *Can. Geotech.* 1997, 34: 811~ 824.
- [25] QIAO Jian-ping. Landslide Distribution in China Beijing: Science Press, 1997. [乔建平. 中国滑坡分布[M]. 北京: 科学出版社, 1997.]
- [26] Tanya Pascual. Overview of a Micro-scale Study of the Causes and Effects of Landslides in the High Himalaya, Nepal. *ICIMOD Newsletter*, 2001, No. 40: 4~ 7.
- [27] GAO Fu. An Integrated Study on Water and Soil Resources in Xizhuang Mountain Watershed. Master Thesis in Kunming Institute of Botany, CAS, Kunming, 2000: 66. [高富. 保山西庄山地流域水土资源综合研究[D]. 中国科学院昆明植物研究所硕士学位论文, 昆明, 2000: 66.]
- [28] QIAO Jian-ping. Judgment of Dangerous Degree in the Unstable Slope. *Journal of Mountain Research (Now Journal of Mountain Science)*, 1991, 9(2): 117~ 122. [乔建平. 不稳定斜坡危险度的差别[J]. 山地研究(现《山地学报》), 1991, 9(2): 117~ 122.]
- [29] MA Li, ZENG Xiang-pin, XIANG Bo. Relationship Between the Slope and Precipitation in Chong-qing. *Journal of Mountain*

- Science, 2002, **20**(2): 246~ 249. [马力, 增祥平, 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.]
- [30] A. W. Mabne, HUANG Run- qiu. Slope Security Management and Landslide Hazard Prevention of Hong Kong Island. *Journal of Mountain Science*, 2000, **18**(2): 187~ 192. [A. W. Maline, 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.]
- [31] CAI Zong-xin. Concepts of Mountain Hazards. *Journal of Mountain Science*, 1999, **17**(1): 93. [柴宗新 . 山地灾害概念之我见[J]. 山地学报, 1999, **17**(1): 93.]

Application of GPS & GIS Technology During the Primary Study on Landslide Hazards in the Middle Mountainous Watershed: A Case Study from Xizhuang Watershed, Yunnan, Wouthwest China

GAO Fu¹, AI Xi-hui¹, DUAN Shang-biao², LI Jing-hong², and XU Jian-chu^{1*}

(1. Kunming Institute of Botany, CAS, Kunming 650204 China;

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

Abstracts: 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 1:10000 scales was implemented during dry season 2001~ 2002 year rounds. Especially, March 2002, one detail field survey on landslides related to location, volume of loss, occurring time etc. was carried out. In this essay, the basic information and data are based on this field survey, in the field, special survey tables were filled up and the spatial locations of landslides were put on the topography map. Finishing the field work, in-door work is based on the ArcInfo (Version 7.1), detail data of landslide events, including the indicators mentioned above, are entered the computer and established the Access Dataset, after the processing, the final results are transferred into ArcView (Version 3.1) software package. In the ArcView processing, linking spatial information on different landslide events in Xizhuang watershed, concrete analysis work is done, the results showing: 1) since after 1999, landslide events happening are increasing with the increasing of rainfall amount in xizhuang watershed; 2) most of landslide events appear nearby the river banks, the lowest frequency landslide events is nearby farmhouses; 3) scale of soil loss from landslide events varies from different landslide events (from 1.6m³ to 25000m³); 4) landslide events adversely affected the security of river bank, bridge, road and soil nutrient balance etc. in the watershed. 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 convert 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.

Keywords: Xizhuang he; mountainous watershed; landslide hazards; temporal and spatial distribution; GPS (global position system); GIS (geographical information system)

* Corresponding author: cbik@public.km.yn.cn