

文章编号: 1004-8227(2009)08-0753-06

# 泥石流滩地农业资源化开发与利用 ——以蒋家沟为例

韩用顺<sup>1</sup>, 崔鹏<sup>2</sup>, 王道杰<sup>2</sup>, 于红波<sup>3</sup>, 杨命青<sup>1</sup>, 李朝奎<sup>1</sup>

(1. 湖南科技大学建筑与城乡规划学院, 湖南湘潭 411201; 2. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川成都 610041; 3. 华南农业大学信息学院, 广东广州 510642)

**摘要:** 泥石流滩地是山区宝贵的土地资源, 其农业资源化开发与利用对促进当地社会经济发展和生态环境改善具有重要意义。以蒋家沟流域为例, 在野外调查、遥感解译和实验分析的基础上, 阐述了泥石流滩地农业资源化的原则和依据, 建立了人畜-土地载荷平衡模型, 分析了滩地开发利用的依据、效益和途径, 并探讨了泥石流滩地未来农业资源化的思路 and 对策。研究结果表明: (1) 建立的人畜-土地载荷平衡模型反映了流域生态环境特征, 能有效评价滩地开发利用的生态效益; (2) 流域滩地农业资源化每年可产生 500 多万元的经济效益, 除满足全流域 6 418 人的粮食需求外, 还可提供 338 t 商品粮, 是促进当地脱贫致富和社会经济发展的重要途径; (3) 泥石流滩地既是宝贵的土地资源又是灾害的场所, 其开发与利用可有效缓解山区人地矛盾, 具有良好的生态效益, 但需要在加强灾害防治和防灾减灾意识的基础上, 进行深度农业资源化开发。

**关键词:** 泥石流滩地; 农业资源化; 人畜载荷; 蒋家沟  
**文献标识码:** A

在巨大的人口增长、粮食需求和生态安全的压力下, 受社会经济发展水平的约束, 我国不可能完全放弃泥石流高风险区(尤其是泥石流滩地)的开发和利用, 靠短期内高投入来消除泥石流灾害的风险, 或者靠严格限制泥石流高风险区的经济发展来减少损失, 均不现实。因此, 在“人地矛盾”突出的山区, 本着“兴利避害、化害为利”原则, 探讨具有中国特色的泥石流风险区的农业资源化开发与利用, 对于保障泥石流灾害影响区内人民生活生产与生态安全, 促进当地社会经济发展具有重要的意义。

因泥石流滩地开阔平坦、水热条件较好、土地生产潜力大、经营管理方便, 使其成为山区极其宝贵的土地资源。近年来, 对泥石流滩地的研究引起了国内外学者广泛重视<sup>[1~12]</sup>。但对于如何进行泥石流滩地农业资源化开发与利用及农业资源化的途径与对策研究较少。本文以小江流域蒋家沟泥石流滩地为例, 通过野外调查、资料分析和定量计算, 初步探讨泥石流滩地农业资源化开发与利用的途径和对策。

## 1 泥石流滩地资源化依据

### 1.1 现实需求

我国是一个多山国家, 山丘区面积约占国土面积的 69.4%, 526 个民族县中有 520 个在山区, 聚集了全国 56% 的人口、50% 以上的草地、54% 的耕地、70% 的道路干线、76% 的湖泊, 以及 90% 以上的森林和水能资源, 全国 2 852 个行政县中有 1 583 个长期受到泥石流灾害的困扰, 7 400 多万人不同程度地受到泥石流的危害和威胁<sup>[13]</sup>。一方面, 山区是我国矿产资源、生物资源的源头, 是天然的生态屏障, 是自然遗产的主要分布地和旅游产业的重点区<sup>[14]</sup>, 中国社会经济的发展, 离不开山区; 另一方面, 我国是世界上泥石流灾害最为严重的国家之一, 尤其是西南地区, 为我国泥石流灾害的高发区和重灾区。此外, 山区也是我国智力资源短缺、财政投入不足、水土流失严重的地区, 资源丰富与生活贫困、经济建设与人多地少、生存发展与灾害危害已成为中国山区

收稿日期: 2008-01-01; 修回日期: 2008-03-01

基金项目: 国家 973 项目(2008CB425802)、中国科学院知识工程重要方向项目(KZCX2-YW-302)、国家自然科学基金项目(40841011)和湖南省教育厅项目(06C319)资助。

作者简介: 韩用顺(1974~), 男, 湖北省麻城人, 博士, 主要从事 3S 技术与数字减灾研究。E-mail: hys\_articles@126.com

社会经济可持续发展的突出矛盾。因此,中国山区迫切需要科学的综合开发,泥石流灾害危害区域需要在加强灾害防治的同时,进行泥石流滩地农业资源化开发与利用。

## 1.2 科学依据

泥石流滩地地势平坦、水源充足、光热丰富,灌溉便利,经验管理方便,是较好的土地资源。据调查,小江两岸  $1 \text{ hm}^2$  泥石流滩地的产量相当于  $5 \text{ hm}^2$  坡耕地的产量;蒋家沟流域泥石流滩地开垦的水稻田年产可达  $10\ 500 \text{ kg/hm}^2$ <sup>[3,9]</sup>,表明泥石流滩地经开发改良后具有巨大的生产潜力。

泥石流滩地资源化就是要根据泥石流具有破坏性与建设性、灾害性与利益性的双重作用与特性(表 1),把可利用的泥石流滩地和闲置的泥石流堆积物作为一种资源,通过一定的途径和工程技术手段加以利用,从而化害为利、变灾为益、变废为宝。

表 1 泥石流的破坏性与建设性、灾害性与利益性的双重作用与特性

Tab. 1 Dual-Function and Characteristic of Debris Flow

观察视角	破坏作用与灾害特性	建设作用与利益特性
短期	造成人员伤亡和经济损失,危害城镇、交通、水电工程,破坏生态环境和社会秩序	提供土地资源,改善土壤条件,扩大生存与发展空间,缓解人地矛盾
时间		
长期	在不良人类活动干扰下,上游水土流失与重力侵蚀加剧,致使生境条件恶化、灾害加重	将上游水土资源输送到下游堆积区和河道,创造了利于生活的空间、资源与环境
空间		
区域	局部地区遭受泥石流危害与破坏,生境条件恶化、伤亡与损失大;某些地区遭受间接泥石流灾害损失	局部区域可能因灾得到治理、保护与补偿,在经济、资源和环境等方面受益
资源环境	破坏水土资源,造成灾害地区荒漠化,阻碍山区发展	提供空间、水土和沙石资源,可进行城镇建设、农业开发、建材原料和景观资源化利用,促进山区建设与发展
可持续发展	造成某些政治和社会经济落后地区的贫困化,制约当地社会经济可持续发展	大自然对人类不良活动的报复与惩罚,是制约人类不良行为的一种力量

长期以来,泥石流被看作“灾害”和“恶魔”,似乎人类总是无辜的受害者。如今,人们开始反思自身活动对自然环境造成的负面影响,意识到日趋频繁和严重的泥石流,在一定程度上也是大自然对人类不良行为的报复和惩罚。真正威胁人类生存与发展

的,恰是人类自身,而泥石流是制约人类不良行为的一种力量。因此,从这个角度讲,泥石流是人类生存与发展的制约因素,但不是妨碍可持续发展的因素,在一定意义上,还是有利于社会经济可持续发展的因素<sup>[15,16]</sup>。

泥石流滩地是泥石流暴发后形成的泥石流堆积物,多存在于泥石流堆积区,存在遭受泥石流冲毁和淤埋的危险,是泥石流高风险区。泥石流滩地农业资源化开发与利用,需要根据研究区自然环境、泥石流活动特征和社会经济状况,进行泥石流滩地风险分析和土地利用规划,合理评价泥石流的流量、流速、危害程度、危害范围和可能造成的社会经济损失,划分风险等级(程度)及其范围,并在此基础上,进行泥石流滩地开发与利用规划和风险控制,通过工程措施与非工程措施相结合,有效抑制和减轻泥石流造成的灾害和损失,优化配置泥石流输出的泥沙资源,到达利益最大化或灾害最小化。

## 2 研究区概况

蒋家沟素有“泥石流天然博物馆”之称,是世界上泥石流活动最为严重的区域之一,属云南省东北部金沙江水系小江右岸的一条支流,其中上游属会泽县大海乡,下游系东川市铜都镇绿茂村,处于云贵高原北部、乌蒙山脉西缘,位于康滇地轴东缘的小江断裂带内( $N26^{\circ}13' \sim 26^{\circ}17'$ ,  $E103^{\circ}06' \sim 103^{\circ}13'$ )。该流域面积  $48\ 6 \text{ km}^2$ ,主沟长  $13\ 9 \text{ km}$ ,相对高差  $2\ 227 \text{ m}$ ,平均纵坡比降  $18\%$ ,有大小沟道  $196$  条,共  $4$  级支沟,其中一级主要支沟有门前沟、多照沟、大凹子沟、查箐沟等(图 1);该流域内断裂纵横、岩层松散、岩性软弱、切割破碎、谷坡陡峻、植被稀疏,气候干湿季分明,气温和降雨的垂直地带性差异明显,泥石流暴发频繁、活动强烈、危害严重,人多地少,生境条件恶劣,土地荒漠化严重。要控制山地荒漠化发展,坡地区应严格做到退耕还林、封山育林、禁止陡坡耕种和放牧。但面临的实际困难是,流域内人口因受传统习惯和现阶段社会经济条件限制,绝大多数只能在流域内安置,人地矛盾异常突出。据 2007 年 7~8 月调查资料,该流域共有  $1\ 335$  户、 $6\ 418$  人,耕地面积  $429\ 73 \text{ hm}^2$ 、粮食产量  $241\ 78$  万  $\text{kg}$ ,家禽家畜数量共  $12\ 018$ (其中,猪  $4\ 970$  头、马  $235$  匹、骡  $20$  匹、驴  $1\ 143$  头、牛  $1\ 140$  头、羊  $1\ 510$  只和鸡  $3\ 000$  只),生境条件差,经济发展滞后,流域内人民生活贫困。长期的毁林开荒、滥砍滥伐、过度放牧、

开山采矿等不合理的人类活动, 导致生态环境不断恶化、植被覆盖率低, 促进和加剧了泥石流的发生, 而泥石流的发生, 进一步恶化了流域的生境条件, 威胁着当地人民的生活生产、加剧了贫困化程度, 长期以来, 形成了人-生态环境-泥石流三者之间恶性循环的怪圈。

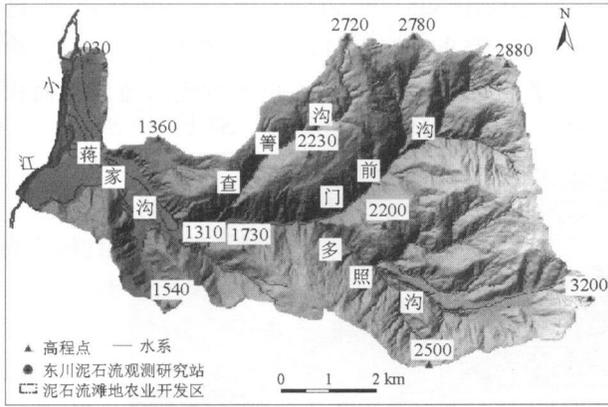


图 1 蒋家沟流域三维数字高程模型

Fig. 1 Digital Elevation Model of Jiangjia Gully Catchment

强烈的山地灾害活动, 使蒋家沟成为小江流域的重要产沙区<sup>[17, 18]</sup>。根据多年观测, 蒋家沟每年都暴发泥石流。其中, 暴发最多的一年达 28 次, 平均每年冲出物达数百万立方米; 一次泥石流最大输出量达 37 万  $m^3$ 。在造成严重危害的同时, 也在中下游及沟口淤积, 生成一系列泥石流滩地, 具有资源化开发和利用的基本条件<sup>[4]</sup>:

(1) 蒋家沟泥石流自 1919 年首次堵断小江以来, 至今共 7 次堵江, 大量松散物回淤在堆积扇以上河段, 造出宽阔、平缓的泥石流滩地;

(2) 小江桥以上至沟内长约 3 km 的河床上游及两岸无泥石流沟, 基本无松散物补给;

(3) 20 世纪 70 年代采取停淤场和导流堤为主的工程措施进行治理, 控制住了蒋家沟泥石流堵江危害, 减少了泥石流汇入小江的固体物质量, 此段河床自 70 年代以来以下切为主, 顺河修筑河堤后, 两岸荒滩即开发为农田<sup>[3, 19]</sup>。

### 3 农业资源化利用与开发

#### 3.1 泥石流滩地土地生产潜力

蒋家沟泥石流滩地与河漫滩耕地及河谷两岸坡耕地处于相似的光热量条件, 但由于水源条件及土壤结构和肥力特性的不同, 其生产潜力差异显著。河漫滩耕地由于土壤结构较好, 肥力较高, 土壤生产

潜力为 35 159  $kg/hm^2$ 。坡耕地由于水土流失严重, 径流量较大, 水分利用率低, 土壤瘠薄, 土壤生产潜力为 16 338  $kg/hm^2$ 。泥石流荒滩地与河漫滩耕地相比, 其生产潜力较低, 仅为河漫滩耕地的 55% 左右; 与坡耕地相比, 虽然其土壤有效系数较坡耕地略高, 但坡耕地水分利用率低, 因此, 泥石流荒滩地生产潜力较坡耕地略高<sup>[20]</sup>。

王道杰(2003 年)的研究结果表明: 蒋家沟泥石流荒滩地土壤贫瘠、养分含量低, 有机质含量通常不足 1%, 有效氮、磷、钾含量中等偏低, 土壤养分除全钾极丰富外, 其它养分含量都处于缺乏或极缺乏状态, 土壤呈碱性; 但泥石流滩地地势平坦, 光照充足, 热量丰富, 水源条件较好, 通过引浑停淤和土壤培肥对泥石流滩地土壤结构和土壤养分含量改良后, 其土地生产潜力由 19 295  $kg/hm^2$  提高到 32 586  $kg/hm^2$ , 同肥力特性比较好的河漫滩耕地生产潜力 (35 159  $kg/hm^2$ ) 非常接近。可见, 泥石流滩地农业资源化开发与利用潜力巨大。

#### 3.2 人畜-土地载荷平衡

人口、牲畜、耕地、草地和森林 5 个因子是构成一个地区人地关系系统的主要因子。在这个系统中, 人口和牲畜总量的变动导致食物量的变化, 从而将引起耕地、草地和森林的变化, 进而导致耕地、草地和森林的相互转化和数量变化, 直到达到如下平衡:

$$N_p \times MF_p + \sum_{i=1}^n N_i \times MF_i = \sum_{j=1}^m A_{ij} \times O_j \quad (1)$$

式中:  $N_p$  为泥石流滩地周边区域所承载的总人口;  $MF_p$  为人均基本粮食需求量;  $n$  为泥石流滩地周边区域所承载的牲畜类型总数;  $N_i$  为所承载的第  $i$  类牲畜的总数;  $MF_i$  为第  $i$  类牲畜基本食物需求量;  $m$  为泥石流滩地土地利用类型, 这里主要指耕地和荒草地中的各种土地利用类型;  $A_{ij}$  为第  $j$  类耕地的总面积;  $O_j$  为第  $j$  类土地的年产量(产率或产值)。

为了便于计算和处理, 可以将各类牲畜的基本食物需求量折算为相应的粮食需求量; 将各种土地利用类型的年产量折算为相应的粮食产量(产率或产值)。因此, 在人口和牲畜不断增长的情况下, 解决人地矛盾的途径是扩大耕地面积和提高耕地生产率。当人畜依靠扩大耕地面积的时候, 则必将引起草地和森林转化为耕地。

对于蒋家沟流域, 在现实情况下, 人地关系总是处于动态不平衡状态, 这种动态不平衡的程度可以表示为:

$$f(P, C, L) = N_p \times MF_p + \sum_{i=1}^n N_a \times MF_a - \sum_{j=1}^m A_{ij} \times O_j \quad (2)$$

式中,  $f(P, C, L)$  值用来表示人口和牲畜对土地利用变化的压力, 在生产率一定的情况下,  $f(P, C, L) = 0$  时, 表明泥石流滩地的资源化利用与开发能承载其周边人畜消耗压力, 现有的土地利用格局保持不变;  $f(P, C, L) > 0$  时, 表明人畜消耗量大于土地供应量, 为了维持平衡, 则需要扩大耕地面积, 减小林



a. 蒋家沟泥石流滩地



b. 小江入汇口泥石流滩地

图 2 蒋家沟泥石流滩地农业资源化开发与利用

Fig. 2 Exploitation and Utilization of Debris Flow Bottomland for Agriculture Development in Jiangjia Gully

### 3.3.1 社会经济效益评价

据调查, 蒋家沟流域泥石流滩地开垦的水稻田耕种多年后年产可达  $10\ 755\ \text{kg}/\text{hm}^2$ , 甘薯年产可达  $14\ 377\ \text{kg}/\text{hm}^2$ , 甘蔗年产可达  $98\ 413\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。则蒋家沟泥石流滩地上  $286\ \text{hm}^2$  耕地中的  $281.6\ \text{hm}^2$  的水田、旱地和轮歇地每年就可以生产  $2\ 713\ \text{t}$  粮食(其中  $1\ 813\ \text{t}$  稻谷、 $900\ \text{t}$  甘薯)和  $4\ 960\ \text{t}$  甘蔗, 产生  $547$  万元的经济效益(表 2)。

表 2 蒋家沟泥石流滩地中的耕地年经济效益

Tab. 2 Annual Economic Benefits of Farmland at Jiangjia Gully Bottomland

耕地	面积 ( $\text{hm}^2$ )	作物	单产 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	产量 ( $\text{kg}$ )	单价 (元/ $\text{kg}$ )	产值 (万元)
水田	168.6	水稻	10 755	1 813 293	1.5	272
旱地	62.6	甘薯	14 377	900 000	1.4	126
轮歇地	50.4	甘蔗	98 413	4 960 015	0.3	149

由表 2 可知: 蒋家沟泥石流滩地开发与利用, 在贫困山区每年能产生  $500$  多万元的经济效益, 是当地脱贫致富的一个重要途径, 促进了当地的社会经济发展, 具有良好的社会效益。

### 3.3.2 生态效益评价

据 2007 年 7~8 月调查资料, 蒋家沟流域现有

地及草地面积, 流域生态环境恶化;  $f(P, C, L) < 0$  时, 表明土地供应量大于人畜消耗量, 则可做到退耕还林还草, 流域环境向生态环境改善的方向发展<sup>[21]</sup>。

### 3.3 实例研究

由东川市和会泽县土壤普查资料与土地类型划分资料, 结合野外调查和文献资料<sup>[3]</sup> 得知, 蒋家沟泥石流滩地面积  $396\ \text{hm}^2$ , 自 20 世纪 80 年代以来, 已开发利用  $286\ \text{hm}^2$ (图 2), 其土地利用的构成是: 耕地、荒草地、其它用地分别占已开发泥石流滩地面积的  $72\%$ 、 $17\%$ 、 $11\%$ 。

人口  $6\ 418$  人、坡耕地  $137.2\ \text{hm}^2$ 。分析时, 坡耕地粮食单产为泥石流滩地的  $1/5$ <sup>[3,10]</sup>, 按照我国最新公布的理想人均粮食标准( $370\ \text{kg}/\text{人}\cdot\text{a}$ ), 暂不考虑流域内家禽家畜对粮食的消耗量, 将相关数据代入式(2), 则有:

$$\begin{aligned} f_{\text{流域}}(P, C, L) &= N_p \times MC_p - \sum_{j=1}^m A_{ij} \times O_j \\ &= 6\ 418 \times 370 - [(137.2 \\ &\quad \times 900\ 000) / 5 + 2\ 713\ 000] \\ &= -732\ 845 < 0, 732\ 845 / 370 \approx 1980 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{\text{滩地}}(P, C, L) &= N_p \times MC_p - \sum_{j=1}^m A_{ij} \times O_j \\ &= 6\ 418 \times 370 - 2\ 713\ 000 \\ &= -338\ 340 < 0, 338\ 340 / 370 \approx 914 \end{aligned}$$

这表明:

(1) 蒋家沟泥石流滩地中耕地粮食供应量大于整个流域总人口的粮食消耗量, 且仅泥石流滩地中的耕地资源化开发与利用后, 不仅能够满足整个流域  $6\ 418$  人的粮食需求, 还可另外承载  $914$  的人口负荷;

(2) 流域总的耕地粮食产量远大于流域总人口

的消耗量,且流域耕地不仅能够满足整个流域现有人口的粮食需求,还可另外承载1 980人的负荷,因此,可以在蒋家沟流域实施封山育林、退耕还林还草、上游居民向下游搬迁等工程,从而使流域环境向生态改善的方向发展;

(3) 蒋家沟泥石流滩地开发与利用,解决了流域内当地居民的温饱问题,并能提供部分商品粮,极大地缓解了人地矛盾,具有良好的生态效益。

## 4 结论与讨论

通过蒋家沟泥石流滩地农业资源化开发与利用研究,初步取得如下结论:

(1) 建立的简单人畜-土地载荷平衡模型,反映了流域生态环境中人畜与土地利用之间的密切关系,能科学评价泥石流滩地农业资源化的生态环境效益,但仍需要进一步完善;

(2) 泥石流滩地农业资源化是当地脱贫致富的重要途径。蒋家沟泥石流滩地上 281.6 hm<sup>2</sup> 的水田、旱地和轮歇地每年就可以生产 2 713 t 粮食和 4 960 t 甘蔗,产生 547 万元的经济效益;

(3) 泥石流滩地农业资源化具有良好生态效益。蒋家沟泥石流滩地开发与利用,可解决全流域 6 418 人的温饱问题,并能提供 338 t 商品粮,可以在流域内实施封山育林、退耕还林还草、上游居民向下游搬迁等工程,从而改善流域生态环境。

泥石流滩地农业资源化开发与利用需要注意如下方面:

(1) 加强泥石流防治规划和综合治理。泥石流滩地既是宝贵的土地资源,也是灾害的场所,其开发利用是有风险的,因此在农业资源化开发与利用中,首先应做好规划,进行泥石流灾害综合治理,特别是上游的源头治理,减少泥石流发生的规模、频率和灾害损失;

(2) 在现有滩地开发利用的基础上,进行深度农业资源化开发。科学改良泥石流滩地,合理利用现有水利资源,加大科技投入力度,扩大荒滩地垦殖率,引进和发展高产农作物和先进生产技术,适当发展立体农业、生态农业、特色农业、规模农业和庭院经济等;

(3) 加强防灾减灾意识,开展泥石流灾害保险。蒋家沟中下游及沟口的滩地农田存在着遭受泥石流冲毁和淤埋的危险,因此仍要加强防灾减灾意识,积累防灾减灾基金,开展泥石流灾害保险,从而最大限

度地预防和减轻泥石流灾害及其造成的损失。

## 参考文献:

- [1] WHITEHOUSE I E, MCSAVENEY M J. Geomorphic appraisals for development on two steep active alluvial fans, Mt Cook, New Zealand[M] // RACHOCKI A H, CHURCH M, eds. Alluvial Fans: a Field Approach, Chichester UK: John Wiley & Sons, 1990: 369~384.
- [2] 唐川,朱静. 云南小江流域泥石流堆积扇研究[J]. 山地研究, 1991, 9(3): 179~184.
- [3] 胡发德,田连权. 云南蒋家沟泥石流滩地开发[J]. 山地研究, 1997, 15(2): 114~118.
- [4] SOHN Y K. Coarse-grained debris-flow deposits in the Miocene fan deltas, SE Korea: A scaling analysis[J]. Sedimentary Geology, 2000, 130(1-2): 45~64.
- [5] 谭万沛. 泥石流扇的类型与土地利用模式[J]. 地理学与国土研究, 2000, 16(1): 71~75.
- [6] OKUNISHI K, SUWA H. Assessment of debris-flow hazards of alluvial fans[J]. Natural Hazards, 2001, 23(2): 259~269.
- [7] 刘玉洁,韦方强,李后强,等. 泥石流滩地的开发利用对流域环境的影响——以云南蒋家沟为例[J]. 灾害学, 2001, 16(2): 18~22.
- [8] 徐世光,李长才,王明珠. 云南小江泥石流与泥石流滩地开发[J]. 地质前缘(中国地质大学,北京), 2001, 8(2): 296~300.
- [9] IBE K M, EBE A M. Impacts of debris-flow deposits on hydro-geochemical processes and the development of dry land salinity in the cross-river catchment, SE, Nigeria[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2002, 64(2): 449~456.
- [10] 王道杰,崔鹏,朱波,等. 云南蒋家沟泥石流滩地土壤肥力特性[J]. 水土保持通报, 2003, 23(6): 7~11.
- [11] 王道杰,崔鹏,朱波,等. 蒋家沟高含沙水流泥沙特性与泥石流滩地的改良[J]. 山地学报, 2003, 21(6): 745~751.
- [12] ZHANG QIUYING, LI FADONG, LIU MENG YU, et al. Effect of land use on soil properties in debris flow bottomland: A case study at Xiaojiang basin, Yunnan exploitation and utilization of debris-flow bottomland for agriculture development—A case study as Jiangjia Gully[J]. Wuhan University Journal of Natural Sciences, 2006, 11(4): 870~874.
- [13] HAN YONGSHUN, LIU HONGJIANG, ZHONG DUNLUN, et al. GIS-based risk assessment of debris flow disasters in the upper reach of the Yangtze River[J]. Wuhan University Journal of Natural Sciences, 2007, 12(4): 657~662.
- [14] 张巧玲,郑千里. 为构建生态文明扛起山地科学大旗——中国山地科学发展战略研讨会综述[N]. 北京: 科学时报, 2008-03-12(A2).
- [15] 杜国志. 洪水资源管理研究[D]. 大连: 大连理工大学博士论文, 2005: 48~103.
- [16] 王延贵,胡春宏. 流域泥沙灾害与泥沙资源性的研究[J]. 泥沙研究, 2006(2): 66~71.
- [17] 李长安,殷鸿福,俞立中. 长江流域泥沙特点及对流域环境的

- 潜在影响[J]. 长江流域资源与环境, 2000, 9(4): 504~509.
- [18] 何易平, 马泽忠, 谢洪, 等. 长江上游地区不同土地利用方式对山地灾害的敏感性分析——以金沙江一级支流小江流域为例[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(4): 528~533.
- [19] 陈月升, 房国庆. 云南省东川市城区泥石流治理[C]//首届全国泥石流滑坡防治学术会议论文集. 昆明: 云南科学技术出版社, 1993: 146~149.
- [20] 王道杰. 泥石流滩地生产潜力评价及土壤肥力重建——以云南小江流域蒋家沟为例[D]. 成都: 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所博士论文, 2003: 14~48.
- [21] 谢高地, 成升魁, 丁贤忠. 人口增长胁迫下的全球土地利用变化研究[J]. 自然资源学报, 1999, 14(3): 193~199.

## EXPLOITATION AND UTILIZATION OF DEBRIS FLOW BOTTOMLAND FOR AGRICULTURE DEVELOPMENT —A CASE STUDY OF JIANGJIA GULLY

HAN Yong-shun<sup>1</sup>, CUI Peng<sup>2</sup>, WANG Dao-jie<sup>2</sup>, YU Hong-bo<sup>3</sup>, YANG Ming-qing<sup>1</sup>, LI Chao-kui<sup>1</sup>

(1. School of Architecture, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China; 2. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Science & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China; 3. College of Informatics, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** In mountainous region, debris-flow bottomland is a precious soil resource with wide and flat terrain, good hydrothermal condition and greatly potential land productivity. Therefore, the exploitation and utilization of debris-flow bottomland for agricultural development can help to improve the status of socio-economy and eco-environment. In this paper, on the base of field investigation, experimental analysis and RS and GIS technologies, the principles and basis for reclaiming agriculture from debris-flow bottomland were expounded on systematically, an equation of the relationship between human and livestock consumption and bottomland yield was established, the socio-economic and ecological benefits of developing debris-flow bottomland were calculated and countermeasures of agricultural development from debris-flow bottomland were explored through a case of Jiangjia Gully in the upper reaches of Xiaojiang Basin. From this research, the following results and conclusions are got: (1) the established equation can effectively assess the socio-economic and ecological benefits of reclaiming agriculture from debris-flow bottomland and reflect the eco-environmental characteristics of a certain valley; (2) the debris-flow bottom of Jiangjia Gully can yield more than 5 million Yuan economic benefits of agriculture every year, which can provide 338 tons of marketable grain production except for producing grain to feed 6 418 persons of the whole valley, so it is an important approach to develop rural socio-economy in the impoverished region by exploiting and utilizing the debris-flow land for agriculture; (3) it is necessary to comprehensively exploit and utilize the bottomland of debris-flow area for agricultural development, as well as to strengthen debris-flow disaster prevention and control and enhance consciousness of disaster prevention and mitigation.

**Key words:** debris-flow bottomland; agriculture development; balance between land yield and human and livestock consumption; Jiangjia Gully