

# 重庆市黔江县小流域综合治理效益评估<sup>\*</sup>

周 麟

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

**提 要** 通过对治理和非治理的两个条件相似的小流域的对比分析进行综合治理效益评估, 结果表明: 治理小流域减洪减沙效益及农作物增产增收效益显著。这将为西南山区类似条件的小流域综合治理提供一定的示范作用。

**关键词** 小流域 综合治理 效益评估

**分类号** 《中图法》S157.1, S157.2

## 1 研究区概况

黔江土家族、苗族自治县地处四川盆地东南边缘, 位于  $108^{\circ}26' \sim 108^{\circ}56'E$ ,  $29^{\circ}04' \sim 29^{\circ}52'N$  低山区, 海拔一般在 500~1000m 之间, 县城海拔 607m。境内气候温和, 雨量充沛, 属亚热带湿润季风气候, 地带性植被为常绿阔叶林, 森林覆盖率 12.4%, 地带性土壤为黄壤。年均温  $15.4^{\circ}C$ , 年较差  $21.6^{\circ}C$ , 年降水量 1197.5mm, 日照时数 1240h,  $\geq 10^{\circ}$  积温  $2268 \sim 5358^{\circ}C$ , 无霜期 166~290d<sup>1)</sup>。

全县总人口 49.91 万人(1996 年底), 其中农业人口 40.65 万人; 总耕地面积 3.3 万  $hm^2$ , 其中坡耕地面积占 61%,  $\geq 25^{\circ}$  的坡耕地占总坡耕地面积 52.66%, 而  $\geq 45^{\circ}$  的坡耕地又占  $\geq 25^{\circ}$  坡耕地的 50%。土层  $< 40cm$  的薄层土坡耕地占总耕地面积的 42.3%, 而  $> 100cm$  的厚土层坡耕地面积仅占总耕地面积的 7.2%。土壤肥力贫脊, 按四川省土地生产力分级标准, 一二级生产力的坡耕地仅占总耕地面积的 13%。农业用地中坡耕地比例大, “陡、薄、瘦” 是其耕地最显著的特点。该县能源、交通、通讯等基础设施落后, 是一个周边为少数民族聚集的多山的国家级贫困县。

## 2 研究方法、内容

试验选择位于黔江县城西册山乡的王家湾和华家湾两条微小流域。前者面积  $0.07km^2$ , 作为试验流域(治理流域); 后者面积  $0.078km^2$ , 作为对比流域(非治理流域)。两条沟相邻以一个分水岭相隔, 治理前其地形、植被、土壤、水土流失现状及人为活动等因素相似。所选择的两个流域在该县的西北部页岩、粉砂页岩区域具有代表性。

对试验流域采取的治理措施包括: 山顶及坡顶马尾松封禁抚育; 坡耕地等高带状林(桑)一粮间作; 坡改梯; 改造水坝田; 修建生物谷坊。

在两沟之间的沟脚平台处有一个小型气象观测哨, 进行降雨、蒸发等气象要素观测。每一条沟沟脚出水口各建有一个上游带有沉沙池的三角堰, 沉沙地规格为长 $\times$ 宽 $\times$ 高 =  $5m \times 3m \times 1.5m$ , 以沉积推移质; 下游三角堰开口角为  $90^{\circ}$ , 堰高 0.6m, 每次径流过程从堰口取过程水沙样。每个样 500ml, 然后经过

<sup>\*</sup> 世界银行贷款资助项目。重庆市黔江县世行办杨仕显、黔江水电局简耀协助了此试验的部分工作, 在此表示感谢。

1) 黔江县农业区划办公室, 农业资源调查及区划。

收稿日期: 1998-01-12; 改回日期: 1998-08-05。

沉淀(滤去清水)—烘干—称重, 计算悬移质含沙量。推移质量采用体积× 单位体积烘干重求得, 悬移质与推移质之和即为总输沙量。推移比按照当地经验, 宜采用 0.25。流量计算采用公式  $Q_i = 1.343 H_i^2 \cdot 47$ , 式中:  $Q_i$  为第  $i$  次取样时的流量( $m^3/S$ ),  $H_i$  为第  $i$  次取样时的堰口径流高度( $cm$ )。

年总径流量  $Q_T = \sum Q_j \times T_j$ , 其中  $Q_T$  为年总径流量,  $Q_j$  为第  $j$  次径流过程的平均流量( $m^3/S$ ),  $T_j$  为第  $j$  次产流历时( $s$ )。年总径流量× 悬移质含沙量。研究内容包括年径流量、输沙模数、侵蚀模数和水土保持增产增收效益。

### 3 治理效益与分析

根据 1994~1996 年 3 年的水沙和气象观测资料采用水文法进行减洪减沙效益分析研究。在治理沟, 实施综合水保措施以后, 其减洪减沙效益及农业增产增收情况列表 1~6。

表 1 列出治理流或王家湾治理前、后的土地变化情况; 旧水坝田改造  $0.27hm^2$ , 新修水坝田  $0.33hm^2$ ; 坡耕地减少  $0.4hm^2$ , 被改造为基本农田和梯土; 其余  $1.73hm^2$  为坡耕地, 其中坡度  $\geq 25^\circ$  的约有  $0.93hm^2$ , 全部实行等高带状林(桑)—粮间作、套作; 林灌地抚育、补植  $1.16hm^2$ , 据 1996 年底调查, 成活率达 92%, 林灌覆盖率达 49.4%; 修建生物谷坊 4 座。

通过采取以上水土保持综合措施后, 于 1995 年当年减洪减沙效益情况见表 2。

表 2 治理流域、非治理流域水土保持效益评估表

Table 2 Benefit of control in controlled watershed and the comparison with uncontrolled watershed

流域对比	流域面积 ( $km^2$ )	年径流量 ( $m^3$ )	减洪 <sup>1)</sup> ( $m^3$ )	平均含沙量 ( $kg/m^3$ )	悬移质 ( $T$ )	推移质 ( $T$ )	输沙量 ( $T$ )	输沙模数 $T/km^2 \cdot a$	侵蚀模数 <sup>2)</sup> $T/km^2 \cdot a$	减沙 <sup>3)</sup> (%)
治理流域	0.070	44300	(823115—632857)	0.1431	6.339	30.75	37.089	529.8	2119.2	(778.6—529.8)÷778.6=
非治理流域	0.078	64203	=23.1%	0.1890	12.134	48.60	60.734	778.6	3114.6	32%

- 1) 减洪效益为每平方公里两条流域的年径流量之差除以非治理流域年径流量;
- 2) 侵蚀模数=输沙模数×4(输移比);
- 3) 减沙效益为两条流域输沙模数之差除以非治理输沙模数。

由表 2 看出, 治理流域较之非治理流域年径流量减少 23.1%, 侵蚀量减少 32%。这个比例较长江流域其它地区的试验结果要低。其原因是: 1. 由于治理效益的滞后表现特性, 一般当年效益低, 随后逐渐提高; 2. 流域小、坡度陡, 水沙沿程损失少; 3. 推移质的比重大, 1995-05-31 暴雨, 各时段最大值分别为  $P_{10min}=19.1mm$ ,  $P_{30min}=47.1mm$ ,  $P_{60min}=61.9mm$ 。由表 3 知道这次暴雨产出的推移质是全年总推移质产出量 80% 左右。王家湾推移质产出是悬移质的 4.8 倍, 占总输沙量的 83%。

表 3 1995 年推移质产出情况表

Table 3 Output of bed load in 1995

流域对比	5月31日暴雨		5月31日以外降雨		全年总量 ( $T$ )	5月31日产出量 占全年百分比
	体积( $m^3$ )	重量 <sup>1)</sup> ( $T$ )	体积( $m^3$ )	重量( $T$ )		
治理流域	16.2	24.3	4.3	6.45	30.75	83%
非治理流域	27.5	41.25	4.6	7.35	48.60	85%

1) 重量=体积×1.5(推移质比重)

从表 4 可以看出, 通过对治理流域王家湾采取综合的水土保持措施, 调整种植业结构, 增加对化肥、农药的投入, 加强管理后, 主要粮食作物和经济作物(蚕桑)的种植比例变化较大。虽然粮食作物种植面积降低了 33%, 但由于耕地质量的提高, 粮食总产却增加了 153.2kg; 蚕桑种植面积净增加  $0.81hm^2$ , 毛收入达 1 万元, 种植业总产量值达到 1.5 万余元, 较治理前种植业年总产值增加了 225%。若以治理前

的不变价格作静态分析,治理后,毛收入增加了 10 969.98 元,扣除水土保持治理及化肥、农药、种苗新增加的投入,治理后纯收入增加 5 169.98 元。初步实现了通过采取综合水土保持措施,稳定粮食生产,实行多种经营,增加农民收入,提高当地人民生活水平的目的。

表 4 王家湾主要作物增产增收情况

Table 4 Increase in crops output and income in controlled gully

种 类	治理前					治理后					新增总收入	
	面积 (hm <sup>2</sup> )	单产 (kg/m <sup>2</sup> )	总产 (kg)	单价 (元/kg)	年产值 (元)	面积 (hm <sup>2</sup> )	单产 (kg/m <sup>2</sup> )	总产 (kg)	单价 (元/kg)	年产值 (元)	产量 (kg)	产值 (元)
水 稻	0.27	5070	1368.9	1.00	1368.9	0.60	6750	4050	1.0	4050	2681.1	2581.1
水 麦	0.67	2400	1608	0.8	1286.4	0.33	2625	866.3	0.8	643.04	-741.7	-593.36
玉 米	0.60	3150	1890	0.8	1512	0.27	3540	955.8	0.8	764.64	-934.2	747.36
马铃薯	0.47	2850	1339.5	0.2	267.9	0.13	3750	487.5	0.2	97.50	-852	170.4
蚕 桑	0.06				200	0.87	30张/hm <sup>2</sup>	25张	400元/张	10000	25张	9800
合计	2.07		6206.4		4635.2	2.2		6359.6		15605.18	153.2	10969.98

备注: 1. 水坝田改造 4 500 元/hm<sup>2</sup>; 2. 新修水坝田 9 000 元/hm<sup>2</sup>, 共 3 000 元; 3. 坡改梯 4 500 元/hm<sup>2</sup>, 共 300 元; 4. 新增化肥、农药及蚕桑种苗费共计 1 100 元; 5. 治理后新增加投入合计 5 600.0 元; 6. 新增纯收入 5 169.98

表 5、表 6 是采取了水土保持综合治理措施后典型农户的土地及收益变化情况:

户主: 龚明权, 全家 7 口人, 治理前有水坝田 0.2hm<sup>2</sup>, 坡耕地 0.67hm<sup>2</sup>, 人均占有粮食 434kg, 种植业人均收入 372 元; 治理后, 人均占有粮食 361kg, 可以满足年人均粮食需求, 而该户把坡耕地中的其中 0.07hm<sup>2</sup> 多改造为水坝田, 0.07hm<sup>2</sup> 改造为梯土, 提高了土地质量, 改善了农业基本生产条件, 为以后的稳产、高产打下了较好的基础。其余约 0.47hm<sup>2</sup> 坡耕地沿等高线种植了桑树, 实行桑粮带状种植, 单就发展养蚕一项 1995 年收入 6 400 元, 种植业人均收入增加了 658 元。初步取得的生态效益及较高的经济效益使该户坚定了水土保持的信心, 并对周围农户起到了很好的示范、指导作用。

表 5 典型农户治理前后土地状况变化表(hm<sup>2</sup>)Table 5 Typical farmer's land variation before and after the control(hm<sup>2</sup>)

时间	水坝田	梯土	坡耕地	等高带状种植
治理前	0.20	0.07	0.67	0
治理后	0.27	0.14	0.53	0.53

表 6 典型农户种植业增产增收情况

Table 6 Typical farmer's increase in crops output and income

种类	治理前					治理后					新增总收入	
	面积 (hm <sup>2</sup> )	单产 (kg/hm <sup>2</sup> )	总产 (kg)	单价 (元/kg)	年产值 (元)	面积 (hm <sup>2</sup> )	单产 (kg/hm <sup>2</sup> )	总产 (kg)	单价 (元/kg)	年产值 (元)	产量 (kg)	产值 (元)
水 稻	0.02	5100	1020	1.00	1020	0.27	6825	1842.75	1.0	1842.75	822.75	822.75
水 麦	0.33	2400	792	0.8	633.6	0.13	3540	460.2	0.8	368.0	-331.8	-265.6
玉 米	0.27	3150	850.5	0.8	680.4	0.07	3750	262.5	0.8	210.0	588	470.4
马铃薯	0.13	2850	370.5	0.2	74.1	0.03	3750	112.5	0.2	22.5	-258	-51.7
蚕 桑	0.07				200	0.5	31.5张/hm <sup>2</sup>	18张	400元/张	6400		6200
合计	1		3033		2608.1	1		2677.95		8843.25		6.235.6

备注: 1. 新修水坝田 0.07hm<sup>2</sup>, 投入 600 元; 2. 新修梯土 0.07hm<sup>2</sup>, 投入 300 元; 3. 新增化肥、农药及蚕桑种苗费共计 600 元; 4. 治理后新增加投入合计 1500 元

从表 7、8 可以看出, 经过治理, 治理流域王家湾的主要经济指标及生态指标均达到或超过世界银行对其的定量化要求。相信在以后的运行期间, 随着各项水土保持措施的综合实施及进一步完善, 其生态、经济效益会更加显著, 也将产生较大的社会效益。

表 7 治理后主要作物单产与治理目标对照表(kg/hm<sup>2</sup>)

Table 7 Comparison between the real crops output after control with the project's target one

水 麦			水 稻			马 铃 薯			玉 米			经济作物(蚕桑) <sup>1)</sup>		
治理后	目标	超额 (%)	治理后	目标	超额 (%)	治理后	目标	超额 (%)	治理后	目标	超额 (%)	治理后	目标	超额 (%)
2625	2550	2.9	6750	6000	11.1	3750	3750	0	3540	3540	2.5			

1)经济作物这里只统计了蚕桑,世界银行无单产指标要求,其效益情况将在表 8 值栏目中反映。

表 8 治理后总产值及主要生态指标与治理目标以照表

Table 8 Comparison of total income and ecological indexes with the project's target

总 产 值 <sup>1)</sup>			林 灌 覆 盖 率			侵 蚀 模 数 <sup>2)</sup>			径 流 量 <sup>3)</sup>		
较治理前 增长(%)	目标 (%)	完成 情况	治理后	目标	完成 情况	治理沟 (t/km <sup>2</sup> .a)	对比沟 (t/km <sup>2</sup> .a)	降低 百分数	治理沟 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> .a)	对比沟 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> .a)	减少 百分数
225	26.7	+	47.7	46.6	+	2119.2	3114.6	32	632858	82311	23.1

1)总产值的目标是作者根据单项产值平均计算而来;

2)侵蚀模数的目标要求也不具体;

3)对径流减少无具体要求。

## 4 结论与建议

1. 西北部页岩、粉砂页岩区,坡耕地是水土流失最严重的地质及江河泥沙的主要来源;这类地区水土保持治理的重点在于治坡,治坡的重点在于治理坡耕地,特别是陡坡地。据我们在坡度 30°的坡耕地与林草地(覆盖度 40%)进行土壤侵蚀试验,试验方法是于 1995—01 在耕地和林草地中,沿上、中、下坡位分别打入 10cm 长的铁钉各 9 个,据 1996—10 底调查并推算,坡耕地的侵蚀量是林草地的 4 倍左右;并且陡坡地由于耕作等人为活动及重力、水力的作用,有整体逐年下滑的趋势,坡度越陡,趋势愈为明显。

2. 降雨强度的大小是造成水土流失强弱的另一主要因子。前面已经提到,1995—05—31 一场暴雨,造成了严重的水土流失,土壤侵蚀量占年总侵蚀量的 82.7%;另一特点是,暴雨造成的土壤侵蚀泥沙中,推移质的比重占绝大多数,可达 80%,另据资料,黔江县 1982—07—28 普降特大暴雨,山洪泥石流成灾,沿河乡、镇、村、社均遭洗劫,流经县城的兰溪河,洪峰超出警戒线 1.7m,流量达 1 875m<sup>3</sup>/s,县城防洪堤溃坝,城内水深 1.5~4m,造成 40 人死亡,140 人重伤。冲毁田土二万余亩,房舍无数,水、电、交通、通讯全部中断,总损失折合人民币近 6 000 万元。

由上结论,坡耕地如何整治,在这类地区的水土保持工作中是一大难点。一是由于黔江所处的自然、社会、经济等条件的限制,经济发展还相当落后,农业生产和人民生活还很程度上依赖于坡耕地。其比例占总耕地面积的 59.3%。现阶段,在人均基本农田面积没有较大程度增加的情况下,或未找到其它新的经济生长点之前,行政性的要求≥25°坡耕地全部还林还牧,确实还存在着很多具体问题。并且基本农田的人均实际占有量在分配上很不平衡,往往水土流失严重区,也是人均基本农田占有量最少的地区,其产出也较少。二是坡改梯工程投入高,页岩、粉砂页岩地区的土地稳定性差,宜于发展石坎梯地;而这一类地区恰石料缺乏,异地运输成本太高,按目前的经济水平,大规模地搞石坎梯地,政府和群众都难以承受,土坎或生物梯地的发展较为适合当地的资源特点。

鉴于坡耕地整治存在的困难,提出如下整治原则:

首先坚决将>45°陡坡全部退下来,还林还牧,这类陡坡地,占总坡耕地面积的 25.8%,"陡"、"薄"、"瘦"的特点更为明显,生产能力更低,把它们退下来,对种植业影响较小;相反,林、牧业工作做好了,会有更大的产出。其次,坡度 25°~44°坡耕地,占总坡耕地面积的 25.8%,应通过水土保持示范户、示范村

的带动作用, 坚决推行等高带状林—粮间作、套作制度(如目前效益很好的桑—粮间作、套作技术), 改传统的顺坡种植为横坡种植, 并辅以生物措施稳定坡基。当然, 条件许可的地方应坚决地将这一坡度范围的坡耕地全部或逐步退下来, 还林还收。再次, 坡度  $10^{\circ} \sim 24^{\circ}$  的坡耕地, 占总耕地面积的 57%, 是坡耕地的主体, 坡耕地的产值主要是由这一部分土地所决定的, 适宜发展种植业。如果逐渐增强对这类坡耕地的人力、物力、财力投入, 加以改造、改良, 其生产力还会有较大幅度的提高, 增加部分将可以弥补退下  $\geq 45^{\circ}$  坡耕地的农产品减少量。如何对这一部分中、低产田(地)进行改造, 进一步提高生产能力, 当地政府、科研和生产部门很有必要进行专门研究。最后, 对  $< 10^{\circ}$  缓坡地, 只要能保证季节性自流灌溉, 都应把它改造为水坝田; 不能进行自流灌溉的, 应改造为梯土。这是在目前条件下增加人均基本农田占有量的较为可行的唯一方式, 对此, 政府必须态度坚决地、耐心地去说服、动员群众, 通过采取适当的补助、奖励政策, 把这一关系到广大农民长期利益的大事抓好。基本农田面积的扩大, 将有助于坡耕地的退耕还林还牧; 两者相互促进, 共同发展, 必将产生生态效益与经济效益的合理配置。

### 参 考 文 献

[1] 傅伯杰. 陕北黄土地区土地合理利用的途径与的措施. 水土保持学报, 1989, 3(3): 33~35.

作者简介 见《山地研究》, 1998, 16(3): 243.

## ESTIMATE OF BENEFIT ON THE INTEGRATED CONTROL FOR SMALL AWTERSHERD IN QIAN JIANG COUNTY, CHONG QING CITY

ZHOU Lin

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Science  
& Minstry Water Conservancy, Chengdu 610041*)

### Abstract

The study chooses two small watershed, controlled watershed and uncontrolled watershed, to estimate comparatively the benefit of the integrated control for the controlled small watersheds. The results show that benefit of reduction in runoff and sediment, the benefit of increase in output and income of farming in the contolled watershed are very obvious as compared with the uncontrolled watershed. This will take demonstrational role in the integrated control of small watershed in mountain region of southwestern China. The study draws conclusions that (i) slope farmland is the severest place of soil erosion and main source of river and channel's sediment, (ii) the intensity of rainfall is a key factor that has effect on the intensity of soil erosion. Finally, the control countermeasures are raised as to the slope farmland.

**Key words** small watershed interegrated control, estimate of benefit