

南岸区水土保持规划的效益预测分析*

魏兴萍, 赵纯勇, 陈 晔
(重庆师范大学地理科学学院, 重庆 400047)

摘要 水土保持作为改善农业生产条件, 提高人口环境容量的一项措施, 是改善生态环境的重要手段。本文对南岸区水土保持规划进行生态效益和静态经济效益预测分析, 应用森林作为“大气的总调度室”, 分析了其环境作用及带来的间接经济价值, 同时通过效益费用比 R 、净效益 C 、投资回收期 T 、内部回收率 I 和敏感性分析, 得出水土保持规划从生态和经济上的可行性。

关键词 水土保持; 生态效益; 经济静态效益预测分析; 南岸区

中图分类号 S157.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-6693(2005)01-0057-05

Benefit Prediction Analyses on Water and Soil Maintenance in the South Bank District

WEI Xing-ping, Zhao Chun-yong, Chen Ye

(College of Geography Science, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

Abstract Water and soil conservation is a measure which can improve agriculture productive conditions and enhance population environmental capability and an important way of improving ecological environments. This paper does ecologic benefit and economical benefit prediction analyses to water and soil conservation to the South Bank district. We analyze forests' environmental action and indirect economic value through forests act as "integral controlling houses of atmosphere". What's more, we make right conclusions of water and soil conservation by benefit cost ratio R , net benefit C , payback period of investment T , internal rate of return I and sensitivity analyses.

Key words water and soil conservation; ecological benefit; economic static benefit prediction analyses; the South Bank district

水土保持是一项公益事业, 是山区发展的生命线。在社会主义市场经济体制条件下, 应遵循市场经济规律, 特别是水土保持规划措施中的开发项目, 应与当地农村主导产业相结合, 培育市场主体, 推动农村产业化进程, 形成农村新的经济增长点, 增加农民收入, 推动农村经济的发展。本文对南岸区水土保持规划进行生态和经济静态效益预测分析, 以此确定水土保持规划的可行性^[1]。

南岸区位于重庆市主城区长江南岸, 东经 $106^{\circ}31'4'' \sim 106^{\circ}47'2''$ 、北纬 $29^{\circ}27'2'' \sim 29^{\circ}37'2''$ 之间, 幅员面积为 262.5 km^2 。坡度 $>25^{\circ}$ 的土地占土地总面积的 4.5% (见表 1)。该区属于亚热带湿润气候, 四季分明, 光照充足, 多年平均气温 18.3°C , 最高气温约为 42.4°C , 最低气温约为 0°C , 日照时数约为

1234h/a 。多年平均降雨量约为 1079.4 mm , 降水年内分布不均, 其中 6、7、8、9 这 4 个月降水量占全年降水量的 60.1% , 且多以暴雨出现, 相对湿度约 81% 。流域内水土流失面积为 134.78 km^2 , 占土地总面积的 51.34% 。治理前土地利用结构见表 2。从表 2 可以看出土地利用状况, 农、林、牧用地的比例为 $173.88:78.62:1$, 农业土地结构比例严重失调, 农业普遍存在广种薄收现象或者抛荒现象, 水土流失严重, 年均侵蚀模数达 2792.74 t/km^2 。结合南岸区的区位优势和特点, 在南岸区规划了水保林 2270.7 hm^2 , 发展经果林 1540.9 hm^2 (果园 502.5 hm^2 , 经济林 1038.4 hm^2), 人工种草 2780.8 hm^2 , 使沿长江、沿城市、沿道路两旁、沿迎龙湖水库都栽满了树, 林草覆盖率由治理前的 20.3% 提高到了 43.25% , 宜

* 收稿日期 2003-09-14

资助项目: 重庆市南岸区水土保持规划课题资助

作者简介: 魏兴萍(1974-), 女, 四川广安人, 硕士研究生, 主要研究方向为地理信息系统。

林宜草地利用率达 92.5%。在治理过程中把耕作层厚、面积集中、坡度在 5~15°之间的旱地 736hm² 实施了坡改梯工程。治理中修建塘堰 30 座,修建蓄水池 196 口,沉沙凼 2 451 个,道路 73.62km,排水沟 70.08km。这次南岸水土保持规划预计治理水土流失面积 12 230hm²,占水土流失面积的 90.7%。南岸区水土保持规划取得了显著的生态效益、经济效益、蓄水保土效益和社会效益^[2]。然后,从生态效益和经济效益对南岸区水土保持进行预测分析。下面

表格数据来自于用 GIS 和 RS 技术,并结合美国土壤侵蚀通用方程式,将土壤图、植被覆盖图、土地利用现状图和降雨等因子,按照不同权重生成数学模型,得出南岸区水土流失侵蚀强度图及其空间数据库。

表1 南岸区坡度表

坡度/°	<5	5~15	15~25	>25	总计
面积/hm ²	4 723	10 445	6 381	4 701	26 250
占总面积/%	18.0	39.8	24.3	17.9	100

表2 南岸区治理前土地利用类型

土地类型	耕地	林地	草地	水域	荒地	非生产用地	合计
治理前面积/hm ²	11 998	5 425	69	2 263.0	45.4	6 449.6	26 250
占总面积/%	45.7	20.7	0.3	8.6	0.2	24.5	100

1 水土保持造林生态效益评价

1.1 土壤减蚀效益

(1)保土减沙效益明显。南岸区在治理之前侵蚀面积占全区面积的 50.81%,达到 134.172km²。

侵蚀模数为 2 792.74t/(km²·a)。经过近 30 年的综合治理,共造林 3 811.6hm²,起到了重要的保土减沙作用(见表 3A),使当地的生态环境有了明显改善,并带来巨大的间接经济效益。

表3 南岸区水土流失强度统计表

年份/a	2002		2030		
	侵蚀模数/(t·km ⁻²)	面积/km ²	侵蚀量/t	面积/km ²	侵蚀量/t
①正常侵蚀	<500	127.82	31 955	209.80	52 455
②轻度侵蚀	500~2 500	49.81	74 745	52.70	79 155
③中度侵蚀	2 500~5 000	32.00	121 904	0	0
④强度侵蚀	5 000~8 000	24.29	148 490		
⑤极强度侵蚀	8 000~15 000	28.48	356 000		
⑥剧烈侵蚀	>15 000	0			
合计①~⑥		262.5	733 094	262.5	131 610
合计②~⑥		134.78	701 139	52.77	79 155

表4 南岸区治理前后土壤侵蚀情况对比

年份/a	2002	预测 2030
轻度以上水土流失面积比/%	51.34	20.08
中度以上水土流失面积比/%	32.37	0
土壤侵蚀总量/(t·a ⁻¹)	733 094	131 610
平均侵蚀强度/(t·km ⁻² ·a ⁻¹)	2 792.74	501.371 4
土壤侵蚀量比/%	100	-82.05

由表 3、4 可知,2002—2030 年,轻度以上水土流失面积减少 60.85%,中度以上水土流失面积减少 100%,侵蚀总量减少 82.05%,土壤侵蚀强度降低,使南岸区水土流失得到治理。

按照土地废弃的机会价值的计算方法^[3],可以得出减少土壤侵蚀的价值(见表 5)(土壤密度

1.35t/m³)。

由表 5 可知,由于水保林的种植,2030 年减少土壤侵蚀的价值为 26.69 万元。

(2)土壤肥力增加。大面积的林地增加,使得水土流失降低,土层厚度增加,加之有机物返田,枯枝落叶层形成腐殖质等作用,土壤养分流失大大减少,这样土壤的肥力不断得到增强。

水土保持使土壤养分流失减少,根据该区土壤普查,土壤养分平均含量为:有机质 2.8%,全氮 0.15%,速效钾 4 494 × 10⁻⁶g,速效磷 394 × 10⁻⁶g,按流失量 50% 计算,10 年保土量为 164.7 万 t,减少养分损失为:有机质 4.612 万 t,全氮 0.247 万 t,速钾 0.74 万 t,速磷 0.065 万 t,合计 5.664 万 t,化肥

市场销售价 1 200 元/t,合计减少损失 $0.805 \times 1\ 200 = 966$ 万元。

(3)土壤蓄水能力增强。森林素有“绿色水库”之称,它具有巨大的渗透能力和蓄水能力^[4],南岸区流域的水保治理过程中,在坡耕地上大面积植树造

林,使土壤的蓄水能力得到大幅度的增强,根据 2002 年和预测 2030 年两年降水资料,根据公式:森林涵养水源总量 = 年平均降水量 × 径流量 × 森林面积^[3]分别得出各自的森林涵养水源量(见表 6)。

表 5 南岸区减少土壤侵蚀价值情况

项目	减少侵蚀总量 ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$)	土层平均厚度/m	废弃土地面积 ($10^4 \text{ hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$)	林业生产平均效益/元. ($10^4 \text{ hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$) (2002 年价格)	减少土壤侵蚀 价值/万元
2030 年(预测)	44.55	0.17	148.29	1 800	26.69

表 6 南岸区流域 2002 年和 2030 年森林涵养水源情况

项目 年份	年平均降水量 /mm	径流系数	森林总面积 /hm ²	年平均径流量 (森林涵养水源量)/ 10^4 m^3
2002	1 100.2	0.32	5 425	1 736
2030	1 260.3	0.32	9 236.6	3 725.08

根据水量平衡计算森林涵养水源总量。采用影子工程法计算水价,以每建设 1 m^3 库容需年投入成本 0.67 元计,由公式

涵养水源总价值 = 总蓄水量 × 单位蓄水量的库容成本,得

涵养水源总价值(2002) = $0.67 \times 1\ 736 = 1\ 163.12$ 万元

涵养水源总价值(2030) = $0.67 \times 3\ 725.08 = 2\ 495.81$ 万元

由上可知,2030 年的森林涵养水量比 2002 年增加了 $1\ 992.08 \text{ 万 m}^3$,这不仅减少和滞后了降水进入江河,削减了洪峰,减少了洪水径流,而且也带来了巨大的经济效益,这就相当于减少了 $1\ 992.08 \text{ 万 m}^3$ 的灌溉用水,折合人民币共计 $1\ 332.69$ 万元。

1.2 调节大气成分

森林在进行光合作用时,吸收空气中的 CO_2 和土壤中的水分,合成有机质并释放 O_2 ,其化学反应式为:



森林的呼吸作用也要排放 CO_2 ,但植物的光合作用比呼吸作用大得多,因此森林是大气中 CO_2 的天然消费者和 O_2 的制造者,起着使大气中碳氧平衡的作用。据测试,当森林覆盖率小于 10% 时, CO_2 质量浓度较高,日平均含量达 480 mg/kg 以上;当森林覆盖率达到 30% 以上时, CO_2 质量浓度呈直线下降;当覆盖率达 40% 时, CO_2 质量浓度保持到正常

含量 320 mg/kg 。在 2030 年南岸区森林覆盖率达到 43.25% 以上时, CO_2 质量浓度已达到其正常的含量 320 mg/kg ,改善了当地的空气质量,见图 1。

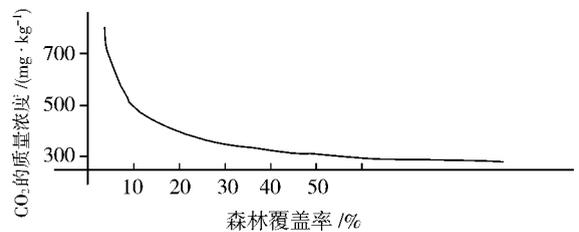


图 1 森林覆盖率与空气中 CO_2 质量浓度的相关曲线 (据冯采芹等,1992)

1.3 净化环境

(1)对 SO_2 的净化效应。森林能够吸收 SO_2 、 FH 、 Cl_2 和其他有害气体, SO_2 在有害气体中数量最多、分布最广,危害也最大,森林对 SO_2 具有一定程度的降解作用,将其转化为无毒物质,这无疑是对大气污染的一种净化作用。

SO_2 的降解同样具有间接经济价值。根据《中国生物多样性国情研究报告》,针叶林和阔叶林对 SO_2 的平均吸收能力值为 $152.3 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,每削减 1 t SO_2 的投资成本为 600 元^[21],据此可算出南岸区水保林 2002 年、2030 年消除 SO_2 的经济效益。2002 年、2030 年林地面积分别为 $5\ 425 \text{ hm}^2$ 和 $9\ 236.6 \text{ hm}^2$,公式为:

总价值 = 森林面积 × 单位森林面积 SO_2 吸收量 × 削减单位重量 SO_2 的成本。由此得 2002 年森林削减 SO_2 的经济价值为 49.82 万元,2030 年为

84.40万元。

(2)森林的减尘效应。森林对灰尘有滞留、吸附、过滤等作用,因此森林对减少大气降尘量和飘尘量的效果非常显著。据测定,夏季成片森林减尘率可达61%,冬季亦有20%左右,这不仅改善了流域内的空气质量,而且对流域周围的城镇空气亦有一定的净化作用。

1.4 森林的增湿效应

森林具有良好的增加空气湿度的效应,这是因为植物特别是树木有蒸腾作用的缘故。再加之空气

不断地湍流和对流,使空气团之间不停地进行着水汽的扩散和交换,现以计算森林周围 $1\ 000\ \text{m}^3$ 空气柱体所增加的相对湿度来反映森林的增湿效应。

$$\text{蒸腾强度 } E_m = g/(m^2 \cdot h)$$

$$\text{绝对温度 } \Delta a = E_m/1000$$

$$\text{水汽压 } e = a \times T/217(T \text{ 为绝对温度 } K)$$

$$\text{饱和水汽压 } \ln e_s = 21.382 - 5\ 347.5/T$$

增加的相对湿度: $\Delta f = \Delta e/e_s \times 100\%$ 。根据公式,计算出2002年南岸区各月相对湿度见表8。

表8 2002年南岸区各月相对湿度情况

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$E_m/(g \cdot m^{-2} \cdot h^{-1})$	1.243	2.563.7	3.003.3	2.848.5	2.330.6	1.890.4	3.573.6	2.330.6	3.418.3	1.165.3	440.23	750.97
$\Delta a/(g \cdot m^{-3})$	1.243	2.56	3.003	2.848	2.331	1.890	3.573	2.331	3.418	1.165	0.44	0.751
T/K	280.9	281	287.8	293.8	296.9	301.3	304.3	299.7	295.8	292.2	288.8	282.8
$\Delta e/hPa$	1.609	3.32	3.983	3.856	3.189	2.624	5.01	3.22	4.659	1.569	0.586	0.979
E_s/hPa	10.43	10.51	16.46	24.07	29.11	37.86	45.11	34.47	27.22	21.80	17.50	11.85
$\Delta f/\%$	15.43	31.59	24.20	16.02	10.95	6.93	11.11	9.34	17.12	7.20	3.35	8.26

由以上测算可知,随森林面积的增加,小流域各月的空气相对湿度都有所上升,改善了当地的气候和农业生产条件。

总之,森林具有调节大气成分、保持水土、含蓄水源、净化空气、增加空气湿度等作用,它不仅保持水土,而且还带来了巨大的间接经济效益^[5]。

下面对南岸区水土保持规划做直接经济效益和投资预算估算,并预测其合理性。

2 经济静态效益分析

(1)直接经济效益。水土保持措施给南岸区流域带来的直接经济效益见表9。

表9 南岸区流域水土保持效益调查

措施	数量 hm^2	单位净增产 $/(\text{万元} \cdot \text{hm}^{-2})$	净增总额 $/\text{万元}$
梯田	736.5	1.500	110.475
水保林	2 270.7	1.800	408.726
经济林	1 038.4	2.500	259.6
果园	502.5	3.000	105.75
疏林地	367.1	900	33.04
人工种草	2 780	1.000	278
合计	9 156.8		1 240.591

(2)水土保持工程投资。重庆市南岸区水土保持总投资4 848.11万元,本着“农民投劳为主,国家

补助为辅,地方适当匹配”的原则^[2],国家、重庆市及区(市、县)地方配套、群众投劳筹资按2:2:6比例分摊,重庆市与区(市、县)地方配套各占50%。

(3)水保工程年运行费。为了保证水保工程能正常进行,对水保工程每年进行维持管理,依据《水利经济计算规范》(SD139-85),按总投资的5%计算年运行费,则年运行费为 $K = W \times 5\% = 242.4$ (万元)。式中:K为水保工程年运行费;W为水土保持工程投资。

(4)水土保持效益估算。南岸区的水土保持效益计算,是根据2003年各项治理措施的实际增产平均数计算的。水保工程年净效益B为1 240.59万元(见表5)。减沙效益主要有:治理水土流失面积 $122.30\ \text{km}^2$ 。年平均减沙 $450\ 985\ \text{m}^3$ ($\gamma = 1.4\ \text{t}/\text{m}^3$)。按修坝每 $1\ \text{m}^3$ 蓄水折资0.3元计算,则减沙效益为13.53万元,年总效益为1 254.04万元。

(5)经济分析。该工程由于水保效益周期长,见效慢,根据《水利经济计算规范》(SD139-85),计算年限采取15年,年利率取6%,基准点取2003年,则投资(W)4 848.1万元,年运行费(K)242.4万元,年效益B为1 254.039 5万元,复利系数 $(P/A)_{15,6\%}$ 为9.712^[6],据此推算出投资现值W'为4 848.1万元,总效益现值B'为12 179.23万元,运行费现值K'为217.55万元。

①效益费用比(R)。 $R = B'/(W' + K') =$

12 179.23 / (4 848.1 + 217.55) = 2.40 > 1, 合理。

②净效益(C)。总净效益: $C' = B' - W' - K' = 7 113.58$ 万元, 年净效益: $C = C' \times (P/A)_{15\%} = 732.45$ 万元。

③投资回收年限(T)。静态: $T_s = W / (B - K) =$

4.79(a) 动态: $T_m = -\ln[1 - W \times i / (B - K)] / \ln(1 + i) = 7.55(a)$ 。

④内部回收率(I)。通过设定不同利率计算、试算内部回收率(见表 10), 内部回收率为 $I = (r_2(i_1 - i_2) / (r_2 - r_1)) + i_2 = 12\%$ 。

表 10 南岸区流域综合治理内部回收率计算表

项目	净效益 ($B^1 - W^1 - K^1$)	$i_1 = 8\%$		$i_2 = 15\%$	
		复利系数	现值 r_1	复利系数	现值 r_2
2004	-3 836.46	1.0	-3 836.46	1.0	-3 836.46
2005	782.15	7.633 5	7 722.35	4.977 8	5 035.74
2006	782.15	-	-	-	-
2019	782.15	-	-	-	-
合计	7 113.58	-	3 885.89	-	1 199.28

⑤敏感性分析。为了检验本次规划成果的抗风险能力,特作经济敏感性分析。本规划以投资、效益这二个最敏感因素作为对象,将总投资增加 20%, 效益减少 20%, 计算其产投比 $R = 6.4$, 因为 $R > 1$, 说明本规划在经济上是可行的。

(6) 综合经济分析评价。从经济效益计算结果可以看出,南岸区治理效益费用比 2.4(大于 1), 年净效益为 732.45 万元(>0), 投资回收年限为 4.79 ~ 7.55a, 内部回收率 12%(>7%), 均符合规范标准。通过计算表明:南岸区综合治理在经济上是合理可行的, 治理成效是显著的, 同时表明该流域治理措施的布局、配置方面是合理的。此外, 流域内生态环境、小气候等方面还有间接效益和社会效益。因此, 无论从那个方面看, 南岸区综合治理都是费省效宏, 功在当代, 利在千秋的伟业^[6]。

参考文献:

[1] 薛丽霞, 赵纯勇, 郭跃, 等. 张家沟小流域水土保持持续发展研究[J]. 重庆师范学院学报(自然科学版) 2001, 18(1): 77-81.

[2] 田法恒, 乔明会, 鹿俊富. 梨园小流域综合治理经济效益分析[J]. 中国水土保持, 1993(10): 43-47.

[3] 薛达元. 生物多样性经济价值评估[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997. 83-104.

[4] 李树德. 长江流域生态环境与可持续发展[J]. 水土保持研究, 1999(4): 14-18.

[5] 薛丽霞. 张家沟小流域水保林生态效益分析[J]. 重庆师范学院学报(自然科学版) 2001, 18(3): 25-29.

[6] 唐慧中, 闫书军, 杨伟, 等. 郭罗沟流域综合治理效益分析[J]. 水土保持研究, 2002, 9(4): 87-89.

(责任编辑 许文昌)