

# 小良水土保持试验站综合治理效益分析

陈法扬 王志明 傅贵增

(水利部南昌水利水电专科学校·南昌市·330029)

## 提 要

本文应用广东省小良水土保持试验站综合治理取得的实际效益,用静态、动态、分析方法,并参考有关技术规范,对小良水保站的经济效益、生态效益、社会效益等各个方面进行了定量或定性的深入研究。结果表明:该站的综合治理效益费用比为1.33;内部回收率为34%;保土效率为82%;现有森林覆盖率达到51%。这些结果表明,小良水土保持试验站综合治理的经济效益是明显的,生态、社会效益也是好的。在对已取得的效益进行国民经济分析和财务分析的基础上,还对未来效益作了科学的预测。

关键词: 综合治理 效益分析

## An Analysis of Comprehensive Control Benefits at Xiaoliang Water and Soil Conservation Experiment Station

*Chen Fayang Wang Zhiming Fu Guizheng*

*(Nanchang Water Conservancy Faculty of the Ministry  
of Water Resources, Nanchang Municipality)*

### Abstract

This paper deals with the actual economic benefits in comprehensive control over soil erosion at xiaoliang water and Soil conservation station. The static and dynamic state analytical methods were used to make a quantitative or qualitative studies of economic returns, ecological benefits and social benefits at xiaoliang water and soil conservation station with the reference to some related technical specifications. The results showed that the ratio of expenses on comprehensive control was 1.33; internal recovering rate was 34%; soil conservation efficiency was 82%; the existing forest cover percentage reached 51%. These results showed the economic returns of comprehensive control over soil erosion at xiaoliang water and

soil conservation station are apparent and so the better of ecological and economical returns. Based on the analysis of economic returns and finances, the scientific estimation or prediction for the future was made as well,

**Key words** comprehensive control benefit analysis

## 一、概 况

(一) **自然情况** 小良水土保持试验站位于北纬 $21^{\circ}27'49''$ 、东经 $110^{\circ}54'18''$ ，地处广东省电白县西南部小良镇滨海台地；属热带气候北缘地区，原始植被类型为热带季雨林。

全站总面积 $3.166\text{km}^2$ ，多荒山荒坡，少耕地。地形起伏、地势较低、相对高度50m左右，坡度平缓，在 $5^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 之间。

本区气候温暖，常年高温多雨。年平均温度为 $23^{\circ}\text{C}$ 左右，最热月是7月份，平均为 $29^{\circ}\text{C}$ ，极端最高气温 $36.5^{\circ}\text{C}$ ；最冷月是1月份，平均为 $15^{\circ}\text{C}$ 。极端最低气温是 $4.7^{\circ}\text{C}$ ，裸露地地表最高温度达 $62.9^{\circ}\text{C}$ ，有“火焰山”之称。年降雨量 $1400\sim 1700\text{mm}$ ，多集中在5~9月份(即为雨季)，其降雨量占全年总降雨量的75.8%。而10月至次年4月为旱季，降雨量仅占全年总降雨量的24.2%。干湿季节分明，旱季长达半年。降雨方式多以暴雨或台风雨，最大日降雨量200mm以上。每年平均蒸发量 $1200\sim 2300\text{mm}$ ，蒸发量高的年份比年平均降雨量多出800mm，5~9月份雨季的降雨量和蒸发量相当，较少旱情发生，10月至次年4月份旱季的蒸发量大于降雨量。例如，12月份的平均蒸发量为降雨量的18倍。

由于本站距南海岸较近，只有5km，常年受海风影响，风力2~5级，每年要遭受4~5次台风袭击，最大风力超过12级，加剧了水土流失。

本区地带性土壤为砖红壤，成土母质是花岗岩风化物，红色风化壳厚达20m。由花岗岩风化物形成的红壤土渗透性较差，土层中还隔有铁锰结核或铁盘。土壤呈强酸性反应，pH值4.2~5.0之间；土壤贫瘠，有机质含量仅0.76%~1.5%。

据历史记载，100多年前，这里还是茂密的森林。后来，由于滥伐、乱垦，发生了严重的水土流失。建站前，这里光山秃岭，沟壑纵横，有26个光秃山头，1537条大崩沟，207条侵蚀沟。据当时调查，水土流失类型以沟蚀为主，沟蚀面积占总面积的60%，面蚀占40%。

(二) **社会经济情况** 全站现有干部职工83人，站部设人秘、保卫、生产和科技4个股，下设水保、先锋、共青、山心和菠萝山五个生产队。职工收入靠工资或完成承包任务后由超额部分所得，另加超额奖金。同时除完成站的生产任务外，还搞各种副业。

(三) **水土保持科研开展情况** 小良水土保持试验站创建于1957年，当初只有9名干部。他们在极端恶劣的自然环境条件下，发扬南泥湾精神，天天开山不止，年年种树不休，同时开展了许多有推广应用价值的科研活动。

70年代以前，主要进行基础性的生物工程防治措施，到1967年，已将26座光山全部绿化成林。其中营造桉树林3000亩，松树林900亩。建土谷坊1522座，修沟道工程27000m。山坑水库3座，开垦梯田640亩，完成总土方 $46000\text{m}^3$ 。这些措施对保持小良站的水土资源，改善生态环境起到了积极的作用。

70年代以后，为了取得一定的经济效益，开始走边治理开发、边利用的路子，因地制宜，开辟了10个果区。还为当地农民培养了大量苗木。收到了一定的经济效益和社会效益。

与此同时，经过多年定位观察，对各种林区的防护效益和生态效益进行了深入的对比分析，取得了较多的科研成果。

**(四) 土地利用现状** 该站3个试验地面积分别为: 1号(混交林)96.14亩; 2号(纯桉林)56.92亩; 3号(光板地)55.92亩。

该站土地利用分布统计。房屋: 站部及5个生产队住宅及其范围内的利用地, 合计45.8亩; 果园区: 荔枝300亩, 杨桃24亩, 橙子9亩, 黄皮5亩, 龙眼30亩, 合计368亩; 经济园: 胡椒70亩, 蒲葵150亩, 合计220亩; 林区: 混交林400亩, 湿地松400亩, 马尾松12亩, 外国松试验林60亩, (包括试验地) 其他草木林27亩, 纯桉林2958.86亩, 光板地55.92亩合计3913.78亩; 农作耕地: 水田13亩, 旱地33亩, 山圩7.4亩, 合计53.4亩; 水库及土坝: 水库72.12亩, 土坝12亩, 合计84.12亩; 道路占地: 全长9470m, 平均宽4.3m, 计40721m<sup>2</sup>, 合计61.05亩。

## 二、投入产出说明

**(一) 投入说明 原则:** (1) 投物、投劳均按当时价格折算为货币, 并和投入资金相加; (2) 投入分年、分类、分项, 分别统计; (3) 这里的投资只限于纯治理性质的投资, 失败的治理试验投资则不计入; (4) 对于公共部分, 如办公楼, 道路, 以及其他公共设施的投资, 由于是试验, 治理后共同使用, 可以以各自的投资额作为权重, 进行费用分摊。

1. 梯田: 梯田投资按亩数乘以平均单位面积造价来计算。同一年内修筑梯田的总投资除以当年修筑梯田面积数, 即为平均单位面积投资。

梯田投资包括: 砖、石、水泥、钢筋等材料投资; 桥、涵、路的建筑费; 梯田的机械施工、人工施工等费用、另加规划设计费。

2. 人工造林: 按亩数乘以平均单位面积造价来计算。同一年内人工造林总投资除以当年人工造林面积数, 即为平均单位面积造价。

人工造林投资具体包括: 苗木种子费、栽植费。对于本站抚育的苗木也按当时的价格折算计入。

3. 水平沟、鱼鳞坑、谷坊。水平沟: 长度乘以平均长度造价; 鱼鳞坑、谷坊: 个数乘以平均单个造价。

4. 人工种草: 参照人工造林。

5. 其它一切一次性投资、投劳、投物。

**(二) 年运行费** 1. 生产维护费: 苗木种植、打农药、施肥料、灌溉、工程维护、果实采摘、销售、房屋、农具等固定资产维护; 2. 管理费: 管理人员工资、附加工资; 3. 其它一切日常开支: 如税金、招待费等。1983年后开始有税金, 每年2500元。

**(三) 综合经济效益** 1. 混交林, 纯桉林。①乔木: 活立木蓄积: 通过调查得出现有活立木蓄积量, 再据其各年生长情况推算出历年活立木蓄积量。间伐采割: 按实际收入记入。

②草: 饲料, 药材等实际采割收入;

③拦泥减沙: 采用替代法, 每年拦蓄的泥沙量乘以小型水库平均单位面积造价;

④其它: 种籽, 绿肥、燃料等直接收入。

2. 果园、经济园。各类果实历年实际产量乘以当时销售价格。销售部分以及赠送给别人的部分, 均按当时销售价格折算计入总产值。

3. 其它效益。(1) 乔木效益: 参照混交林、纯桉林

(2) 其它: 除乔木外其它一切经济效益, 如养殖业、小型加工业、粮食、蔬菜及其它副业。

由于原始资料中未计入拦沙效益，现计算如下：

①混交林、果园、经济园及其它用地，采用1号试验地侵蚀模数资料，（采取了综合措施），纯桉林采用2号试验场侵蚀模数资料。（表1）

表1 三个径流径流场土壤侵蚀模数 [t/(km<sup>2</sup>·a)]

年份	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	平均	和1号场相比减少量
1号	3.37	98.12	29.15	0	0.08	0	0	19	6 104
2号	899	1 457	2 233	1 194	1 119	427	1 253	1 226	4 897
3号	2 870	5 096	11 712	6 006	6 852	5 258	5 070	6 123	0

②据调查，80年代当时小水库平均单位库容造价为0.2元/m<sup>3</sup>，泥沙比重取1.5t/m<sup>3</sup>。

③采用替代法计算。

④各类地开始有其它效益产出时，开始计入拦沙效益（表2）。

表2 各类地年拦沙效益折算值

混交林 (元)	纯桉林 (元)	果 园 (元)	经济园 (元)	其它用地 (元)
(400亩)	(2958.86亩)	(368亩)	(220亩)	(499亩)
217	1288	200	119	271

### 三、经济效益分析

**（一）分析前的说明** 1. 本文仅作小良站综合经济效益分析，其原因是：（1）本站未进行各种措施增产的分摊调查研究；（2）到目前为止，造林种草措施效益都算作水保，还是要和其它生产来分摊，如分摊又怎样分摊，尚是研究中的问题。

2. 本文财务分析属治后评价，即对小良站综合治理以来已发生的实际投入产出进行分析。

国民经济分析中，则把投入产出预测至2000年，再进行分析，这是符合有关规范规定30~50年分析期的。

**（二）财务分析** （1）原则：只考虑技术内部直接费用和效益；（2）价格：采用当时价格；（3）投资：国家加集体（水保事业公益性很强，国家投资纯属财政补贴，无偿还回收，这一点和一般企业不同）；（4）运行费：除一般性的生产、维护、管理外，还包括税金等；（5）效益：本站实际获得的各项收入。

分别进行静态、动态分析。方法指标依据《水利经济计算规范》，详见表3（原始资料略）。

**（三）关于经济分析** 原则：既考虑技术内部的直接费用和效益，也考虑技术外部效果的间接费和效益，不考虑原属于国民经济内部转移的效益和费用；（1）价格：以不变价代替影子价格。全部投入费用，效益产出、均按物价上涨指数折算到1980年；（2）投资：国家加集体；

表3 小良站效益分析结果表

项 目		静 态 分 析			动 态 分 析			
		累计净效益 (元)	效益费用比	投资回收年限	累计净效益 (元)	效益费用比	投资回收 年 限	内部收益率 (%)
财 务 分 析	混交林	148 387	3.29	9.1	198 318	2.58	9.4	—
	纯桉林	2 113 092	13.81	3.6	4 531 923	12.34	3.7	—
	果 园	281 994	2.65	—	391 007	1.94	—	—
	经济林	949 804	2.06	3.2	2 201 613	2.39	3.3	—
	其 它	—	—	—	—	—	—	—
	全 站	759 333	1.27	6.4	2 830 332	1.33	7.7	41
经济分析	全 站	2 622 292	1.23	6.0	3 904 735	1.30	6.9	34
说 明		①财务分析年限：1957—1989年 ②国民经济分析年限：1957—2006年			①参照《水利经济计算规范》贴现率取6%， ②基准点取1990年年初； ③财务分析年限：1957—1989年；国民经济 分析年限：1957—2006年			

(3) 运行费：一般按生产、维护、管理等项费用，不包括税金； (4) 效益：指本站自身直接的经济收入，另加用替代法估算的拦沙效益。

预测：(1) 投资。考虑到目前小良站已达到相当规模，1990—2006年间不予投资；(2) 年运行费。取1989年值；(3) 效益产出。取1987年、1988年、1989年3年平均值为水平值，再向后推算，以消除林木生长大小年、病虫害等自然因素的影响。

由于1989年前后进行了一次较大规模的人工造园(果园，经济园)，按照林木生长规律，参考有关资料，并留有充分余地，果园产值按20%递增至2000年，经济林按20%递增至1995年，然后正常产出，其它用地维持水平值产出。分别进行静态、动态分析。方法、指标、依据《水利经济计算规范》。

由于国民经济分析进行了预测，为测定方案的稳定程度，特进行了敏感性分析，详见表4。

表4 小良站敏感性分析表

变动因子	原值	投资增加10% 投资减少10%		运行费增加 运行费减少		效益增加 效益减少	
				10%	10%	15%	15%
投 资 (元)	1 555 134	1 710 647	1 399 621	1 555 134	1 555 134	1 555 134	1 555 134
运行费 (元)	11 299 090	11 299 090	11 299 090	12 428 999	10 169 181	11 299 090	11 299 090
毛效益 (元)	16 758 959	16 758 959	16 758 959	16 758 959	16 758 959	19 272 803	14 245 115
净效益 (元)	3 904 735	3 749 222	4 060 248	2 774 826	5 034 644	6 418 579	1 390 891
效益费用比	1.30	1.29	1.32	1.20	1.43	1.50	1.11

分析结果表明,各项指标均符合规范规定。证明本方案在财务上是可行的,经济上是合理的。

#### 四、蓄水保土效益

水土保持各种措施的根本目的是蓄水保土,只有蓄水保土取得了效益,才有可能产生经济、社会、生态效益。

##### 1. 蓄水效率 $\eta_1$ :

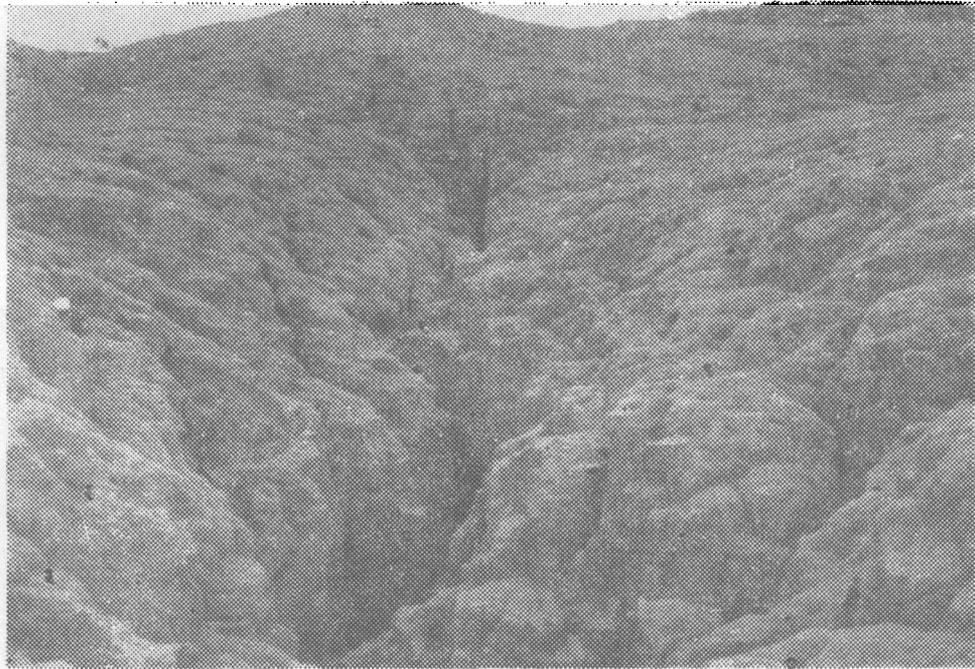
$$\eta_1(\%) = \frac{\Delta W}{W} \times \left( \frac{H_n}{H_{cp}} \right)^{n'} \times 100\%$$

由于治理前后都采取多年平均降雨量 $\bar{X}$ 年

$$\therefore \text{上式 } \eta_1 = \frac{\Delta W}{W} = \frac{W - W'}{W} = \frac{\alpha - \alpha'}{\alpha} = \frac{\alpha_3 - \alpha'}{\alpha_3} = 1 - \frac{\alpha'}{\alpha_3}$$

$$\alpha' = \frac{F_{\text{光}}}{F} \alpha_3 + \frac{F_{\text{纯}}}{F} \alpha_2 + \frac{F_{\text{综}}}{F} \alpha_1$$

式中:  $w$ ——治理前多年平均径流量;  $\Delta w$ ——治理后多年平均拦蓄量;  
 $w'$ ——治理后多年平均径流量;  $\alpha$ ——治理前多年平均径流系数;  
 $\alpha'$ ——治理后多年平均径流系数;  $\alpha_3$ ——光板地试验区多年平均径流系数  
 0.186 (实测值);  
 $\alpha_2$ ——纯桉林试验区多年平均径流系数0.306 (实测值);  
 $\alpha_1$ ——混交林试验区多年平均径流系数 0.006 (实测值);  $F_{\text{光}}$ ——光板  
 地、房屋、道路用地 (165.62亩);  
 $F_{\text{纯}}$ ——纯林地面积 (3430.86亩);  $F_{\text{综}}$ ——综合措施面积 (混交林、果园、



照片1 光板地水土流失情况

经济园、耕地，共1068.4亩）， $F$ ——全站面积：4 749亩

由于3号实验区基本上保持了治理前的情况，（照片1）可采用3号区试验资料作为治理前有关数据的参考。

计算求得： $\alpha' = 0.229$

$$\eta_1(\%) = 1 - \alpha'/\alpha = 1 - 0.229/0.186 = -23\%$$

$\eta_1$ 为负值，说明治理后形成径流的能力比以前更大，土壤保水量反而减少。

分析原因有两点：一是纯桉林面积大，约占林地总面积的70%左右。因而纯桉林的保水效益好坏，对整个治理区的保水效益产生很大影响；二是纯桉林下既无草皮保护又无枯枝落叶，（枯枝落叶经常被群众扒走）势必加剧地表径流而减少土壤蓄水量。见照片2。此外，桉树根系发育，吸水力极强，树体蒸发量大，当地群众称为“抽水机”。由此而产生负蓄水效率。由此可见，大面积纯桉林的保水效益不好。



照片2 纯桉林地表水土流失情况

要想改变这种情况，必须保住林下的枯枝落叶层，禁止在林区内捡拾柴薪。同时要改造林相，变纯桉林为混交林。这样，蓄水效率必然会增大。

## 2. 保土效率：

$$\eta_2(\%) = 1 - M'/M = 1 - 1104/6123 = 82\%$$

$M'$ ——混交林试验区多年平均侵蚀模数：19t/km<sup>2</sup>年（实测值）；

$M_2$ ——纯桉林试验区多年平均侵蚀模数：1 226t/km<sup>2</sup>年（实测值）；

$M_3$ ——光板地试验区多年平均侵蚀模数：6 123t/km<sup>2</sup>年（实测值）；

$F_{光}$ ， $F_{纯}$ ， $F_{混}$ ， $F$ 意义同前；

计算求得： $M' = 1104(t)$

## 3. 削峰效率 $\eta_3$ ：

由于小良站地形平坦,不能形成封闭、半封闭的地表径流,站域内所有地表径流都是分散的,因此无法测定其流量,故削峰效率 $\eta_3$ 难以计算。

## 五、生态效益

随着植物群落从荒坡→松桉纯林→多层多种阔叶混交林的过渡,其林间湿度也随之增加。人工森林生态系统逐渐由恶性循环变为良性循环。

1. 保护野生动物,增加生物群落。随着植被的恢复,出现了多样性的昆虫、鸟类、土壤动物和微生物,并且它们之间形成了一个相互依存、相互制约、相互促进的食物链关系。结果,不但减轻了人工林的病虫害,而且还促进了植物群落的生长、发育和后代的繁衍。

2. 植被增加率。 
$$\eta_4 (\%) = \frac{F_2 - F_1}{F} \times 100\%$$

这里:  $F_1$ 为0  $F$ 为4749亩

下面计算 $F_2$ : 据实地调查,几类地地表覆盖情况如下:

混交林: 100% 果园: 100% 纯林、经济园: 45%

求得:  $F_2 = 2438$ 亩

$$\eta_4 (\%) = \frac{F_2 - F_1}{F} = \frac{2438 - 0}{4749} \times 100\% = 51\%$$

目前植被覆盖率达到51%。

3. 小气候效应。①温度年振幅度小。据测定,气温年振幅从荒坡的14.3℃下降为混交林的13℃(林间平均);且阔叶混交林全年各月温度均低于桉树林和荒坡地;②大气相对湿度增大。荒坡: 83.2%;混交林: 87.3%(150cm处)

4. 水文效应。①地表径流泥沙冲刷量显著降低。据实测资料,多年平均荒坡地为19 897kg/(ha·a);混交林为3 kg/(ha·a)。前者为后者的6 600倍;②表层土壤含水量逐渐提高。如1982年1月份10cm土层含水量情况:荒坡地9.8%,混交林地13.2%。③地下水位提高:垂直变化(离地表高程):荒坡: 3 m~5 m;混交林1 m~4 m。

虽然林冠蒸散使混交林水分耗量加大,但由于其涵养水源功能提高,故总的水分补给量大于水分消耗量,地下水位高而稳定。

5. 土壤效应。①土壤透水性和保水性越来越好。容重降低,土壤团粒结构增加,土壤含水量、最大毛管持水量提高。②土壤理化性质越来越好。有机质含量:据测定,荒坡地土壤有机质含量只有0.6%;而混交林为1.13%。最高的达1.70%。

土壤pH值:荒坡: 4.5 混交林: 5.7

6. 风蚀危害大大减轻。由于采取了强有力的水保措施,特别是林草措施,大大抑制了台风对土壤的侵蚀。

## 六、社会效益

小良水保站在取得可观的经济效益、生态效益的同时,也取得显著的社会效益。

1. 水旱灾害减轻,附近农村生产有了保障。在治理水土流失以前,这里都是一片红色风化壳。每遇降雨,大量的黄泥水向低处倾泻,淹没了不少农田。据调查,该站周围四五十km<sup>2</sup>范围内,从30年代到1957年建站前,有将近10 000亩耕地被泥沙埋没而荒废了。因此,过去的农业生产没有保障,稻谷十种九不收,有收也只有100~200kg。与此形成鲜明对比的是:1959年6月

份下了一场100mm的暴雨，由于小良站水保措施的拦沙作用，使附近数千亩水田免遭淹没之灾。

2. 科研成果显著。小良站在艰苦条件下坚持了30多年的科学试验，终于把光板地恢复为森林，为荒山绿化、水土保持、发展生产提供了样板。

综合试验成果：广东热带沿海侵蚀地的植被恢复途径及其效应，1986年6月获中科院科技进步一等奖，1989年7月获国家科技进步二等奖。又如：引种澳大利亚相思树取得了成功，为华南水土保持增添了新的树种。

3. 示范推广，星火燎原。为了让更多的群众了解水保，力争尽快使科技成果转化为社会生产力，促进国民经济的发展，该站十分重视科研成果的示范推广工作，他们及时组织人员到小良站参观，为他们举办各种形式的短期训练班。

60年代以来，采取了试验站与群众相结合的方式，深入到农村，发动群众开展群众性的水土保持工作，并为当地培训了60多名技术干部，建立了11个水保专业队，同时先后到水土流失比较严重的小良、旦场、南海、七径等地帮助培训了1200多名农民技术员，积极推广该站的成功经验。

4. 开放交流，影响扩大。自1977年以来，共接待过世界各地10多个国家共60多人次的专家、教授前来参观访问。水利、林业、环保部门还先后在该站召开了各种类型的现场经验交流会，进一步扩大了影响。

## 七、评 价

1984年，中科院生物学部组织27个单位的专家、教授、学者对小良站的成果鉴定后认为，“小良试验站成功的人工森林群落样板地是国内首创的。水平是先进的，它的成果在经济效益、生态效益、社会效益等方面都提供了有益的经验，这一经验是成功的，可以在华南类似地区推广使用”。这是对小良站自建站以来，经过艰苦奋斗所获得的科学成果的精辟总结。小良站的理论成果和科研成果，在我国南方类似地区有一定的借鉴作用。

### 参 考 文 献

- [1] 谢安周. 《水利技术经济学》. 南昌水专, 1987年
- [2] 许志方等. 《水利工程经济学》. 武汉水利电力学院, 1986年
- [3] 黄委会黄河中游治理局. 《水土保持效益计算法》. 1988年
- [4] 《水利经济计算规范》. 北京: 水利电力部水利电力出版社, 1986年
- [5] 水利电力部. 《水土保持技术规范》. 北京: 水利电力部出版社, 1988年
- [6] 中科院华南植物研究所. 《广东热带沿海侵蚀地的植被恢复途径及其效应》. 1984年