

赤水市水土保持生态修复工程生态效益评价研究

刘瑞禄¹, 周国富², 龙成昌²

(1. 贵州省水土保持监测站, 贵州 贵阳 550002; 2. 贵州师范大学地理系, 贵州 贵阳 550001)

摘要: 以赤水市水土保持生态修复工程为依托, 对水土保持生态修复效益评价方法进行了探索, 建立了开展水土保持生态修复工程生态效益调查、评价的基本技术与方法。评价中坚持了客观性和系统性原则, 以植被覆盖度、生物多样性、群落生物量、土壤有机质、N、P、K 含量、表土侵蚀和泥沙含量变化为评价指标, 通过野外定位监测获取水土流失、植被覆盖度、生物量等数据, 然后采用定量方法评价工程实施产生的生态效益。结果显示, 赤水市水土保持生态修复工程的实施, 取得了巨大的生态效益, 植被覆盖度、生物多样性、生物量、土壤肥力等都所有增加, 而土壤侵蚀、泥沙含量等则大幅减少。

关键词: 生态修复; 生态效益; 评价; 赤水市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)06-0082-05

中图分类号: S157

Evaluation on Ecological Benefit of Ecology Rehabilitation and Soil Conservation in Chishui City

LIU Rui-lu¹, ZHOU Guo-fu², LONG Cheng-chang²

(1. Soil and Water Conservation Monitoring Station in Guizhou Province, Guiyang 550002, Guizhou Province, China;

2. Department of Geography in Guizhou Normal University, Guiyang 550001, Guizhou Province, China)

Abstract: Based on ecology rehabilitation work in soil and water conservation of Chishui City, the methods about ecological benefit evaluation were explored. The basic techniques and methods of ecological benefit research and evaluation were established. The evaluation adhered to objective and systematic principle, chose indexes of vegetation mulching degree, biological diversity, community biomass, soil organic matter and content of N, P, K and the diversification of surface soil and sediment content, obtained the data about soil and water loss and vegetation mulching degree and biomass, and then estimated the ecological benefits of engineering practices with quantitative method. As a result, engineering practices obtained great ecological benefits, for example, by increasing vegetation mulching degree and biological diversity and biomass as well as soil fertility, and decreasing soil erosion and sediment content, etc.

Keywords: ecology rehabilitation; ecological benefits; estimate; Chishui City

项目区地处贵州高原向四川盆地斜过渡地带, 面积 327.85 km², 包括大同、复兴、天台、金华 4 个乡镇(街道办事处), 人口 78866 人。

气候属中亚热带湿润季风气候区, 气温较高, 热量丰富, 四季分明, 无霜期长(全年 340 d 以上)。多年平均日照数 1150 h 左右, 属全国低日照区。雨量充沛, 水资源丰富, 多年平均降水量 1300 mm 左右。区域内共有大小河流 10 多条, 其中赤水河是长江一级支流。

地貌属于丹霞地貌, 地面崎岖不平, 切割强烈, 坡度大。土壤以紫色砂岩、紫色页岩等风化母质风化发育而成的紫色土为主。植被属中亚热带常绿阔叶林植被带的贵州高原常绿阔叶林带, 树种以竹类为主。

1 研究方法

1.1 原则

(1) 客观性原则。进行生态效益评价, 是为了如实反映森林给小流域的生态、生产、人民的生活带来的重大改善及其产生巨大的间接经济价值, 为将来的措施决策服务。因此, 保证评价指标的全面、可靠, 确保评价的客观性, 避免主观因素的影响是重要的。

(2) 系统性原则。生态修复工程的生态效益离不开整个生态系统的大循环, 而生态系统的循环就是由多个生态因子相互作用、互相制约、共同维持的。因此评价生态效益的指标需要覆盖目标涉及的各个方面, 具有极大的关联性、系统性。

1.2 技术路线

生态修复措施的多样性决定了生态修复效益的广泛性和效益计算、评价的复杂性。在生态修复效益中既有直接效益,又有间接效益;既有经济效益,又有生态和社会效益,因此,应抓住主要效益进行评价。

这里主要评价生态修复的直接生态效益,兼顾间接生态效益。由于生态修复工程的生态效益面广、量低,难于直观体现,因此在评价中采用空间换时间的方法,将评价时限延长。赤水市生态修复工程生态效益评价主要按图 1 所示技术路线完成。

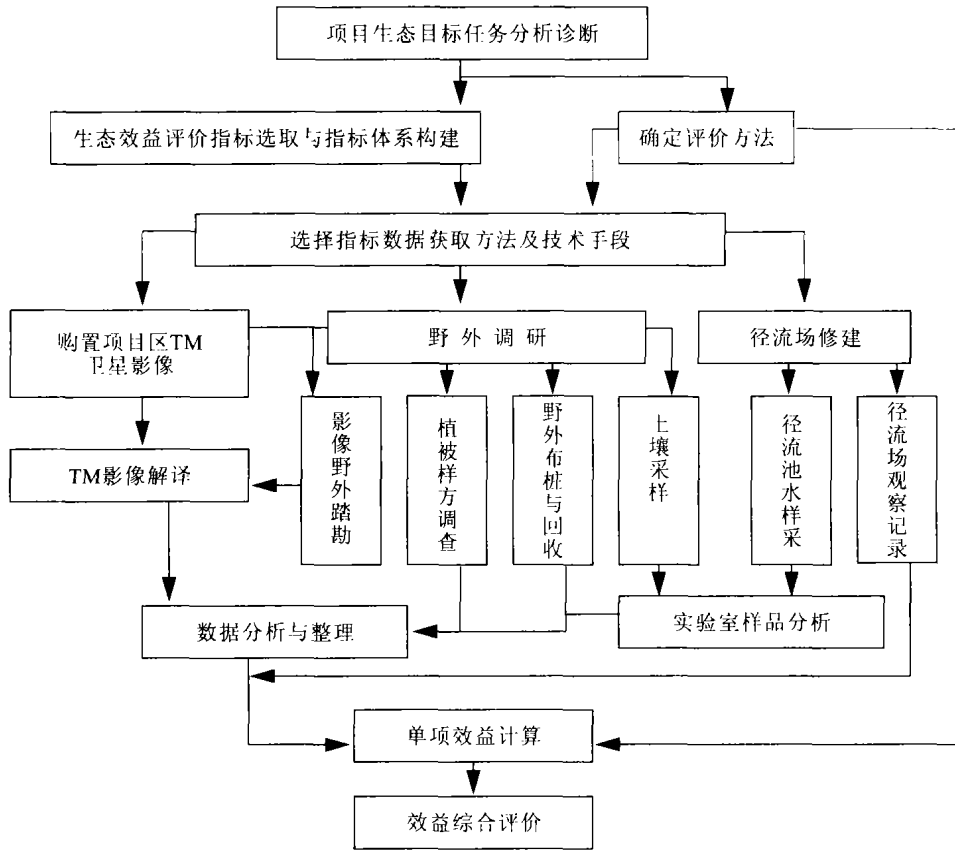


图 1 生态效益评价技术路线

1.3 评价指标体系

根据赤水市水土保持生态修复试点工程的特点,我们从植物群落、土壤理化性质和土壤流失等 3 个方面选取了 14 个指标,构成赤水市水土保持生态修复试点工程生态效益评价指标体系(图 2)。

2 研究内容

2.1 植被覆盖度

项目区植被覆盖度调查采用 GIS 技术手段与实地监测相结合的方法。通过对 2000 年项目区 TM 影像解译来获取项目区植被覆盖的本底资料,在项目区按项目实施批次设置 10 m × 20 m 或 10 m × 10 m 的监测样方 8 个,同时在项目区内的天然杉木林、竹林、阔叶林和耕地内设置 10 m × 10 m 的对照样方各一个。登记每个样方内出现的物种(以维管束植物为主),对所有物种的高度、盖度、胸径(乔木)或地径、数量多度、生活型进行记录。以每个样方的两条对角线

为调查对象,分别量取两条对角线上植被的高度、盖度,按算术平均计算出样方的灌木覆盖度和草本植物覆盖度。

2.2 群落生物多样性

生物多样性是指在一定范围内多种多样活性的有机体(动物、植物和微生物)有规律地结合在一起的总称,是代表群落组织水平及其功能特性的。有许多种生物多样性指数来分析这一特征,这里我们采用最常用辛普生(Simpson)物种多样性指数(如下)表征这一特性。在野外考察时必须将样方中所有出现的物种及它们的个体数目进行登记。

$$D = \frac{N(N-1)}{\sum_{i=1}^s n_i(n_i-1)}$$

式中: D —— 表示生物多样性指数; N —— 所有种的个体总数; n —— 第 i 个种的个体数; s —— 种的数目。

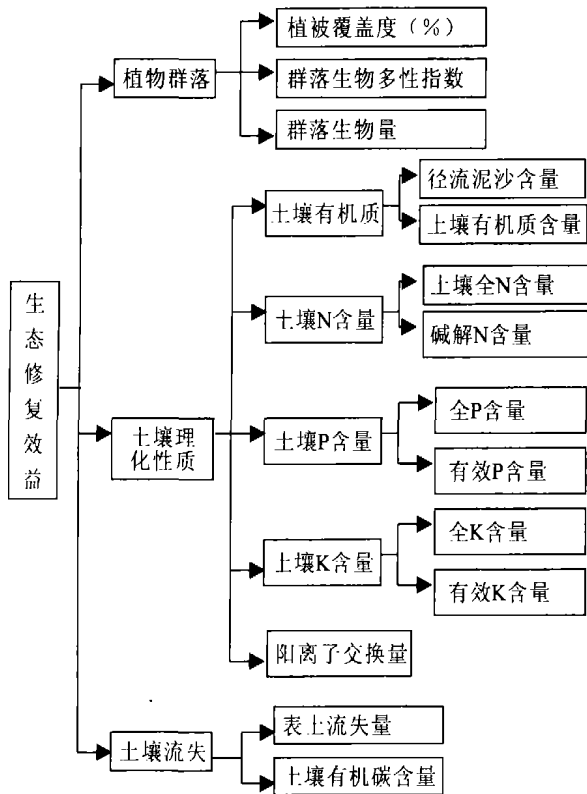


图 2 赤水市生态修复工程生态效益评价指标构成图

2.3 群落生物量

生物量测度方法采用标准木法+收获法。在设置的各样方内对于乔木树种、竹类、大型灌木采用标准木法进行测度。在测定时除应计算主干外,还应包括林木的枝量、叶量和根量的测定,目前在这方面的研究还很少,并无较成熟的方法,且测定过程繁琐,成为生物量测定中最困难的环节。在测量过程中,就形体较大的乔灌类植物体地下部分和枝叶部分的生物量我们采用比率(表 1)折算法进行计算,表内系数是根据实验情况并结合有关专家建议作出的估计值。

$$\text{个体总生物量} = \text{主干重量} / (1 - R)$$

式中: R —— 地下部分与枝叶合计占总生物量比例。

表 1 主要林木地下部分及枝叶生物量折算比率

| 林木种类 | 阔叶乔木 | 针叶乔木 | 竹类 | 大型灌木 |
|------|------|------|---------|------|
| R | 32% | 28% | 20%~15% | 40% |

草本层生物量采用收获法进行测度,直接在样方内四角和中心设置 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 小样方 5 个,对它的全部草本植物连根拔出,去土,称重,将小部分作为样品带回烘干,再称重,算出失水率,再算出净生物量。

2.4 土壤理化性质

土壤肥力变化主要通过土壤样品的化学成分分析获取数据来进行评价。土壤采样于植被样方调查

时完成,在研究区内选不同植被类型的样点,在取样点周围随机选择 5 个点,用土钻取其 0—20 cm 土壤混合样。同时,观测并记录取样点的地形、地貌、坡度及植被等环境因子。在实验室测定土壤有机质、土壤 N、土壤 P、土壤 K、阳离子交换量等 5 大类 9 项指标。

2.5 土壤流失

土壤流失评价主要选用坡面地表径流泥沙含量、和表土流失量 2 个指标进行评价。坡面径流泥沙含量由监测点径流场进行监测。

选择在竹林、坡耕地(对照)、退耕还竹地 3 种地表覆被类型上共建径流场 3 个。1 号径流场为竹林,植被覆盖率常年保持在 70% 以上,灌木及草本层植被缺乏。

枯枝落叶层 3~18 mm 不等;2 号径流场为现用耕地作为参照样,地表覆被季节变化大,表土松散,无成层枯枝落叶层;3 号径流场为退耕还竹地,竹高 2.5 m 以上,林下草本植物生长较好,有少量枯落物。径流场由专人负责进行观察记录和采样,采样时 3 个径流场同时采集平行样。样品在实验室经称量、过滤、烘干处理,得出泥沙含量。

表土流失量监测主要是采用国内水土流失监测广泛使用的打桩法进行。桩签布于项目区内主要的沟谷、坡面地形上的坡耕地、退耕还竹地、荒草坡、经果林、竹林、杉木林、阔叶林等几种主要植被类型上。每种植被类型选择 3 个以上样点,分别布桩 4~6 根。每根桩上作好表征当前土壤高度的标记。经过 1 a 后,测量各根桩的土壤面与桩上标记之间的高度即为 1 a 内该处的表土流失厚度。

3 生态效益评价

3.1 植物群落变化评价

3.1.1 植被覆盖评价 分析显示,项目实施以来,原来作为耕地使用的土地在进行生态修复后,随时间变化群落的植被覆盖度有了大幅的增加,从退耕初期的 92% 上升到 96% 的稳定状态。退耕初期由于人为活动干扰骤然减少,原是耕地的地块上草本植物(主要是农田杂草)迅速生长,形成了以草本植物为主的单一结构。退耕第 2 a 后群落在结构上逐渐发生了变化,从单一的草本群落向乔—灌—草的立体复合结构转变。

群落中乔+灌的覆盖度随着退耕时间的增加而明显增加,到了退耕第 5 a 时,竹基本成林,加上其它乔灌木,乔灌覆盖度达到了 84% 以上,群落结构逐渐趋于稳定。群落总覆盖度也趋于稳定,保持在 96% 左右(表 2)。

表 2 生态修复群落各层覆盖度变化

| 退耕时间/ <i>a</i> | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------|-----|----|-----|----|-----|----|----|
| 总覆盖度/% | 92 | 90 | 94 | 98 | 100 | 99 | 96 |
| 草本层覆盖度/% | 90 | 90 | 92 | 95 | 78 | 55 | 32 |
| 乔+灌层覆盖度/% | 7.6 | 10 | 16 | 21 | 46 | 63 | 84 |

3.1.2 群落生物多样性评价 赤水市生态修复工程实施以来项目区生物多样性发生了变化。(1)在生态修复初期,群落物种总数呈上升趋势,样方调查结果显示,退耕 0.5~3 a 期间,群落植物种数(维管束植物)、生物多样性指数(辛普生指数)不断上升,植物种数从 20 个增加到 30 个,生物多样性指数从 5.6 上升到 8.4。(2)退耕 3~5 a 期间,群落植物种数和生物多样性指数处于波动阶段。根据表 2,植物种数从 30 下降到 24 种,减少了 12 个物种,而生物多样性指数从 8.4 降到 7.0(项目区内的天然阔叶林和次生针叶林生物多样性指数分别为 7.2, 8.0),并逐渐稳定下来(表 3)。

3.1.3 生物量变化评价 生态修复项目实施以来,项目区各种植物群落的生物量逐渐增加。以退耕还竹地为例,实施修复工程的地块生物量由修复初期的 2.35 kg/m² 上升到 7.16 kg/m²,平均 1 m² 增加了 4.81 kg。在增加的生物量中具有经济价值的竹类生物量累积最快,竹类生物量在群落总生物量中所占比重由退耕初期的 5.3% 上升到 97%。

3.2 土壤肥力变化评价

在实验室对土壤样品进行化学分析,其指标有有机碳含量、有机质含量、全 N 含量,分析结果如表 4。

表 3 退耕时间与群落主要指标变化

| 退耕时间/ <i>a</i> | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 |
|---------------------------|------|------|------|-----|------|------|------|
| 覆盖度/% | 92 | 90 | 94 | 98 | 100 | 99 | 96 |
| 生物量/(kg·m ⁻²) | 2.35 | 2.89 | 2.98 | 3.1 | 5.22 | 5.25 | 7.16 |
| 植物种数 | 20 | 29 | 33 | 29 | 30 | 26 | 24 |
| 生物多样性指数 | 5.6 | 7.7 | 8.2 | 8.1 | 8.4 | 7.6 | 7.0 |

表 4 赤水生态修复工程土壤样品化学成分分析数据

| 样品编号 | 样地类型 | 有机碳含量/(g·kg ⁻¹) | 有机质含量/(g·kg ⁻¹) | 全 N 含量/(mg·kg ⁻¹) | 全磷 P/(g·kg ⁻¹) | 全钾 K/(g·kg ⁻¹) | 碱解氮/(mg·kg ⁻¹) | 有效磷/(mg·kg ⁻¹) | 阳离子交换量/[cmol(+)·kg ⁻¹] |
|-------|------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| 大同 10 | 退耕还竹 0.5 a | 12.717 | 21.913 | 189 | 0.124 | 21.32 | 83.4 | 4.6 | 12.4 |
| 天台 1 | 退耕还竹 1 a | 14.213 | 24.173 | 22 | 0.427 | 16.21 | 71.8 | 9.8 | 6.9 |
| 复兴 3 | 退耕还竹 1~2 a | 10.159 | 17.513 | 10 | 0.470 | 23.15 | 80.9 | 8.1 | 11.8 |
| 大同 9 | 退耕还竹 2 a | 8.713 | 15.022 | 19 | 0.140 | 12.37 | 75.3 | 4.8 | 7.5 |
| 大同 1 | 退耕还竹 3 a | 6.548 | 11.289 | 32 | 0.214 | 16.72 | 95.2 | 7.7 | 12.3 |
| 大同 4 | 退耕还竹 3 a | 18.767 | 32.343 | 157 | 0.131 | 21.89 | 129.8 | 7.0 | 15.5 |
| 天台 3 | 退耕还竹 3 a | 7.770 | 13.396 | 685 | 0.417 | 23.56 | 58.7 | 7.2 | 8.6 |
| 大同 2 | 退耕还竹 4 a | 13.027 | 22.458 | 33 | 0.717 | 15.11 | 114.8 | 3.3 | 13.5 |
| 大同 3 | 退耕还竹 4 a | 41.010 | 70.701 | 115 | 0.131 | 18.25 | 141.3 | 8.0 | 21.4 |
| 大同 6 | 退耕还竹 5 a | 9.265 | 15.974 | 137.5 | 0.130 | 11.65 | 59.3 | 6.0 | 8.2 |
| 大同 7 | 经果林 | 13.348 | 23.012 | 75 | 0.247 | 18.97 | 36.6 | 4.5 | 12.6 |
| 大同 11 | 竹林 | 33.431 | 57.637 | 109 | 0.204 | 10.18 | 138.6 | 1.2 | 19.4 |
| 复兴 1 | 竹林 | 17.646 | 30.422 | 117 | 0.237 | 12.55 | 126.0 | 12.4 | 15.8 |
| 大同 8 | 杉木林 | 15.784 | 27.212 | 157 | 0.248 | 17.65 | 62.4 | 5.8 | 23.6 |
| 复兴 2 | 阔叶林 | 11.568 | 19.833 | 22 | 0.254 | 12.41 | 159.5 | 8.8 | 13.1 |
| 大同 5 | 阔叶林 | 12.717 | 42.636 | 147 | 0.165 | 16.08 | 129.8 | 5.1 | 18.2 |

从表 4 数据分析显示,土壤有机碳含量和有机质含量在退耕之后变化并不明显,仍然处于波动阶段。有机碳含量维持在 0.8%~1.5% 之间,有机质含量也在 1.5%~2.5% 之间波动。但两者均小于同期的竹林(2.55%; 4.41%)、阔叶林(1.81%; 3.13%)、杉木林(1.58%; 2.71%)。经果林中有机碳含量(1.33%)与有机质(2.30%)也均高于多数退耕还竹林地。土壤全 N 含量在退耕第 3 a 以后明显增加。

平均水平退耕 1~2 a 为 0.006%,退耕 3~5 a 为 0.024%,高于经果林地(0.008%),甚至高于竹林地(0.012%)、杉木林地(0.011%)和阔叶林(0.009%)地,退耕还竹地平均年累积增长率为 100%。各类研究样地随修复时间增加,土壤肥力指标碱解氮、全磷、有效磷、全钾、速效钾、阳离子交换量等等均发生一定程度的变化。但是这种变化表现出了一定的随机性(详见图 3)。

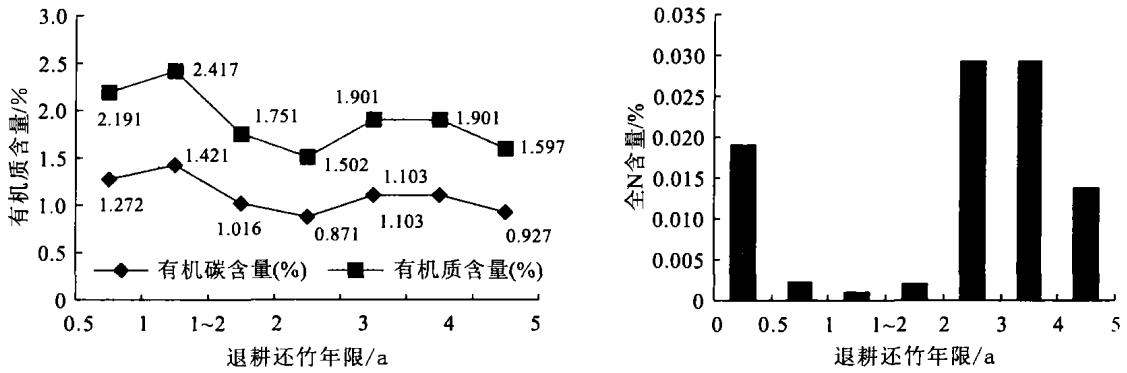


图3 土壤有机质等的变化

4 土壤有机质等的变化

4.1 土壤流失评价

4.1.1 表土流失量变化评价 分析得知,表土流失量最大的仍是坡耕地,平均流失厚度为0.41 cm,其次

为退耕还竹林地0.13 cm,坡耕地与退耕还竹林地之间的流失厚度之差为0.28 cm。表土流失最少的是阔叶林0.03 cm,杉木林、竹林、疏林灌丛、草坡分别为0.08,0.04,0.1,0.09 cm。说明退耕还竹、还林的水土保持效果显著(图4)。

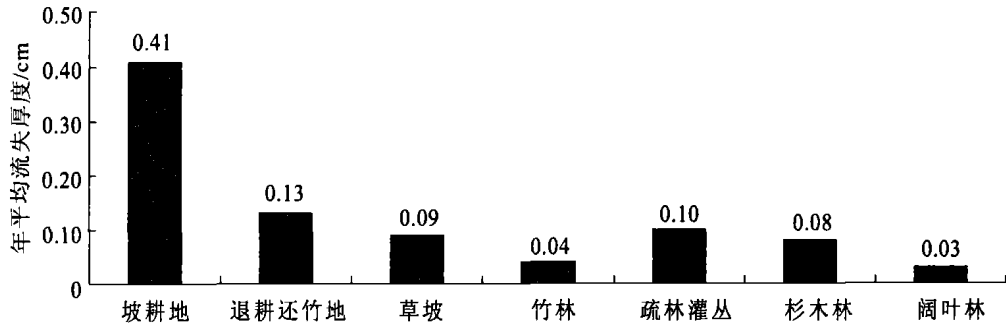


图4 各样地表土平均侵蚀厚度

4.1.2 坡面径流泥沙含量变化评价 由表5可见。监测期地表坡面流泥沙平均含量水平1号径流场(竹林地)为0.43 g/L,对号样地2号径流场(耕地)为0.92 g/L,3号径流场(退耕还竹地)为0.48 g/L。

表5 各径流场泥沙含量特征值 g/L

| 项目 | 1号径流场 | 2号径流场 | 3号径流场 |
|-----|-------|-------|-------|
| 样本数 | 26.00 | 25.00 | 25.00 |
| 最小值 | 0.07 | 0.09 | 0.07 |
| 最大值 | 1.48 | 5.37 | 1.83 |
| 合计 | 11.21 | 22.90 | 12.05 |
| 平均 | 0.43 | 0.92 | 0.48 |

与对号样地2号径流场相比,1号径流场(退耕还竹地)坡面径流泥沙含量平均减少0.48 g/L,减少了52.9%(表5)。

[参 考 文 献]

- [1] 邓贤贵. 长江上游典型流域水土保持效益分析[J]. 水土保持通报, 1998, 18(21): 68—88.
- [2] 徐东瑞, 马礼. 坝上生态农业工程生态效益监测与评价研究[J]. 华北农学报, 2003, 18(2): 114—117.
- [3] 罗海波, 钱晓刚, 刘方, 等. 喀斯特山区退耕还林(草)保持水土生态效益研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(4): 31—37.
- [4] 阎波. 洹河综合整治及其生态效益分析[J]. 城市环境与城市生态, 2000, 13(4): 61—63.