

玉溪市江川区渔村河生态清洁小流域综合治理工程效益分析评价

凤文仙^{1*}, 林子尧¹, 普继雄¹, 邵鸿阳¹, 李永恒¹, 李桥红², 肖文贤², 王帅兵^{1#}

¹玉溪师范学院化学与环境工程学院, 云南 玉溪

²玉溪市江川区水利局, 云南 玉溪

收稿日期: 2026年3月13日; 录用日期: 2026年4月5日; 发布日期: 2026年4月17日

摘要

渔村河小流域曾面临严重的水土流失与生态系统服务功能退化。通过对江川区渔村河小流域生态环境问题调查研究, 采取水土流失治理工程、水系整治工程、万亩梯田示范工程、农业面源污染治理工程、人居环境整治工程等治理措施, 并对流域内的水土保持措施进行效益监测, 进而分析和预测综合治理措施的效益, 结果表明: (1) 流域内年均减少水土流失量4.22万t, 水土流失治理率达99.89%; (2) 年蓄水103.71万m³, 蓄水保土缓洪效益显著, 使得流域平均土壤侵蚀模数降至1276 t/km²·a; (3) 污水收集处理率达到80%以上; (4) 森林覆盖率从29.04%提高至50.58%。可见, 渔村河生态清洁小流域采取不同综合治理措施, 形成水土保持综合治理措施体系, 在生态效益上, 工程有效改善了流域内的水质, 减少水土流失, 恢复和保护了生态系统的稳定性与生物多样性; 经济效益方面, 促进了流域内农业产业的优化升级, 带动了相关产业发展, 增加了居民收入; 社会效益上, 提升了当地居民的生活环境质量, 增强了公众的生态保护意识。研究表明, 该工程取得了显著的综合效益, 为类似小流域的治理提供了可借鉴的经验与模式。

关键词

清洁小流域, 综合治理效益, 水土保持, 效益分析(生态效益, 经济效益, 社会效益)

Benefit Analysis and Evaluation of Comprehensive Management Project of Ecological Clean Small Watershed in Yucun River, Jiangchuan District, Yuxi City

Wenxian Feng^{1*}, Ziyao Lin¹, Jixiong Pu¹, Hongyang Shao¹, Yongheng Li¹, Qiaohong Li²,

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 凤文仙, 林子尧, 普继雄, 邵鸿阳, 李永恒, 李桥红, 肖文贤, 王帅兵. 玉溪市江川区渔村河生态清洁小流域综合治理工程效益分析评价[J]. 水污染及处理, 2026, 14(2): 98-108. DOI: 10.12677/wpt.2026.142011

Wenxian Xiao², Shuaibing Wang^{1#}¹School of Chemistry and Environmental Engineering, Yuxi Normal University, Yuxi Yunnan²Water Conservancy Bureau of Jiangchuan District, Yuxi City, Yuxi Yunnan

Received: March 13, 2026; accepted: April 5, 2026; published: April 17, 2026

Abstract

The Yucun River small watershed once faced severe soil erosion and ecosystem degradation. Through ecological investigation in Jiangchuan District's Yucun River basin, comprehensive measures including soil erosion control projects, water system rehabilitation, 10,000-mu terraced field demonstration projects, agricultural non-point source pollution control, and human settlement improvement were implemented. Benefit monitoring of soil conservation measures revealed: (1) Annual soil loss reduction reached 42,200 tons with 99.89% control rate; (2) 1.0371 million cubic meters of annual water storage significantly reduced soil erosion to 1276 tons/km²/a; (3) Sewage collection and treatment exceeded 80%; (4) Forest coverage increased from 29.04% to 50.58%. This ecological clean watershed demonstrates that integrated management measures form a comprehensive soil conservation system. Ecologically, the project improved water quality, reduced erosion, and restored ecosystem stability and biodiversity. Economically, it optimized agricultural industries, boosted related sectors, and increased residents' income. Socially, it enhanced living environments and public conservation awareness. The study shows the project achieved remarkable comprehensive benefits, providing replicable models for similar small watershed management.

Keywords**Clean Small Watershed, Comprehensive Management Benefits, Soil and Water Conservation, Benefit Analysis (Ecological Benefits, Economic Benefits, Social Benefits)**

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Open Access

1. 引言

生态清洁小流域是在传统小流域治理的基础上增加了保护水质、面源污染控制和改善人居环境等效益目标,具有良好的生态、经济和社会效益[1]-[5]。近年来,生态清洁小流域建设积极探索治理路子,不断助推乡村振兴和水利事业高质量发展[6]-[9]。2006年以来,云南省在水利部的统一部署下,九大高原湖泊通过实施生态清洁小流域综合治理,取得了一定的生态、经济和社会效益[10][11]。但面对云南省水脏、水少和水土流失等问题[10],高原湖泊治理持续开展的同时还需对其治理前后的生态、经济和社会效益分析,这有利于构建与当地生态清洁型小流域建设相适宜的效益评价体系,降低治理过程中建设的出发点和目标不尽相同带来的负面影响[12][13]。

云南九大高原湖泊之一的星云湖既是江川人民的“母亲湖”,又是抚仙湖的上游湖泊,每年向抚仙湖输水约5000万m³,对抚仙湖水位起到了决定性作用,因此星云湖区域的水土流失防治和水土保持设施建设十分必要。20世纪的90年代以来,星云湖流域水质从III类降为劣V类,这与星云湖重要入湖河流渔村河水环境问题突出、水土流失严重等有关。为了改善星云湖流域水质和充分发挥渔村河

流域内自然资源的生态、经济和社会效益,构建了渔村河生态清洁小流域综合治理措施体系,从而达到保护、改良和合理利用小流域内自然资源的目的。通过对流域内综合治理措施进行效益监测,掌握各综合治理措施的实施效果,科学合理分析治理后的生态效益、经济效益和社会效益,旨在了解小流域在不同治理措施下的治理特征及成效,为高原湖泊科学进行小流域长期综合治理提供理论和实践依据。

2. 小流域环境概况

小流域位于云南省玉溪市江川区境内(东经 102°39'6.43"~102°47'45.54",北纬 24°19'3.69"~24°26'32.86"),东西长约 14 km,南北长约 13.4 km,土地总面积 102.04 km²,海拔 1722.5~2190 m,相对高差 467.5 m。小流域所在地属中亚热带半干燥半湿润高原季风气候,年平均气温 15.7℃,多年平均降雨量 872.9 mm,多年平均蒸发量 1977.3 mm,无霜期 256 天,多年平均相对湿度 76%。小流域 10 年一遇的 1 小时暴雨量为 47.78 mm,6 小时暴雨量为 76.50 mm,24 小时的暴雨量为 99.45 mm。流域内土壤类型主要为水稻土、紫色土、红壤为主。农作物以种植烤烟、玉米、小麦、蔬菜为主;植被类型以针叶林及常绿阔叶林为主,疏幼林地的郁闭度和覆盖度较低,现状林草覆盖率 49.35%。

3. 小流域水环境现状分析

3.1. 水土流失现状

小流域水土流失面积 4329.12 hm²,占流域总面积 42.43% [14]。土壤侵蚀以水力侵蚀和重力侵蚀为主,土壤侵蚀模数 1693 t/km²·a,年土壤侵蚀总量 17.29 万 t¹。相比流域内的其他土地利用类型,坡耕地上水土流失比较严重,水土流失面积 1545.71 hm²,占水土流失总面积的 72.68%;平均每年坡耕地上的水土流失量达到 9.16 万 t,占流域内年水土流失总量的 52.98%。

3.2. 水资源及环境现状

渔村河综合水质类别以 V 类为主,其中劣 V 类水质占比 16.7%~25.0%,V 类水质占比 58.3%~66.7%,IV 类水质占比 16.7%²;主要污染源包括农村生活污水直排、农业面源污染、河道垃圾堆积等。流域内污水收集处理率低,生态环境脆弱,水资源保护形势严峻。

3.3. 农村产业现状

流域内种植结构仍以烤烟、水稻为主,生态农业建设规模普遍较小,经济作物产业结构不合理,主要农作物经济效益不高、经济来源少、生态农业建设滞后。此外,虽然渔村河小流域内村庄区位、风光及民族文化特色明显,但开发不足,当地群众生态保护综合意识不高,缺少长效的管理组织和制度。

4. 小流域综合治理措施

4.1. 综合治理总体目标

该治理项目的总体目标是以保护星云湖为核心、构建渔村河河流生态清水廊道为主要目标。同时探索高原湖泊保护与绿色发展的小流域建设新路子,建成集星云湖水源区保护、生态农业发展及民族特色生态旅游等功能于一体的生态清洁示范区,打造高原湖泊流域保护治理和绿色发展的“江川样板”。项目完工后既能改善流域地表水环境与村庄人居环境、削减入湖污染物,还能助力“梯田+”农业产业和乡

¹数据来源于《玉溪市江川区 2020 年水土流失监测公报》。

²渔村河水质类别比例:来源于 2020~2021 年玉溪市生态环境局江川分局水质监测报告。

村休闲旅游发展, 实现生态、经济、社会效益共赢。

4.2. 水土流失治理工程

水土流失治理工程包括营造水土保持林、封育治理和沟道治理工程, 规划水土流失综合治理面积为 2197.55 hm²。对流域内现状为林地的火烧迹地营造水土保持林, 提高植被覆盖度, 防治水土流失, 提升涵养水源的功能。

4.3. 水系整治工程

水系整治工程包括库塘水环境保护与恢复和渔村河岸线生态整治, 规划水系整治工程治理面积为 1.11 hm²。针对流域内水系周边的垃圾、农业废弃物进行清理整治, 对河道及库塘进行水环境恢复, 在周围河滩及裸地布设植物带, 对侵占河滩进行退耕还湿, 恢复水系生态净化功能; 渔村河岸线生态治理包括: 缓冲带、生态湿地、岸线绿化、堤防外的农田面源污染控制等措施, 营造生态廊道和生态屏障, 在农田与水系之间营造生物隔离屏障, 利用植被拦截及土壤下渗作用, 减缓地表径流并去除径流中的污染物, 保护渔村河水质, 实现渔村河清水通道。

4.4. 农业面源污染治理工程

通过源头控制、过程阻断和末端强化, 在流域内全面开展面源污染控制和治理。通过在小流域实施采用秸秆还田(减少农田固废产生, 提高土壤的渗透率, 减缓地表径流)、测土配方施肥(精准施肥, 改善农作物品质, 改良土壤)、休耕或免耕(减少土壤养分流失)、太阳能宽谱杀虫灯(减少农药使用)等技术措施, 从源头有效减轻农业面源的污染; 围绕水库之间的河流水体, 营造生态塘堰(见图 1)、植物过滤带、生态步道, 形成一条对两岸农田污染进行过滤处理的生态净水带, 从治理过程中有效减轻农业面源的污染; 通过在农田汇水出口处、河流水系两岸设置生态沟渠、人工湿地, 净化和处理流域内的面源污染, 保护流域水体水质, 从末端强化对农业面源污染的治理。



Figure 1. Construction site of circular reservoir in mountainous area
图 1. 山区圆形蓄水池施工现场

4.5. 梯田示范工程

万亩梯田示范工程(见图 2)主要包括梯田工程、坡面水系工程、田间道路工程和保土耕作以及休闲观光农业, 万亩梯田整治面积为 454.35 hm²。对流域内集中连片的坡耕地实施高标准、高质量、高效益的坡改梯工程; 以管道、蓄水池为骨架, 实施节水灌溉示范工程; 配套修建田间道路, 形成完善的路网工程; 在坡耕地区域开展免耕、轮耕、秸秆还田等先进的保土、保墒耕作技术, 改善土壤结构和肥力, 增产增收, 保持耕作面积 1672.26 hm²; 利用田园资源, 打造休闲观光农业, 建设观光平台 1 座。



Figure 2. Aerial image of terraced field rehabilitation
图 2. 梯田整治航拍图

4.6. 居住环境整治工程

为提高村民水环境、人居环境保护、水土保持意识，在村庄公共活动区域绘制宣传漫画、宣传栏；对流域内村庄堆存的生活垃圾、堆土等废弃物清理；村庄内的空地或路边种植景观绿化树种，使绿化景观和村落民居及村民活动空间相互融合。采取对流域内村庄内部的土质道路采用混凝土硬化，对流域内的村庄实施亮化工程。对流域内村庄建立垃圾收集及处理的长效运行机制；流域内村庄采用雨污分流的方式进行收集，采用集中或分散的处理模式进行处理，处理方式为一体化的污水处理设备 + 生态湿地治理。

5. 小流域效益分析

5.1. 效益分析方法

本流域的水土保持效益分析以《水土保持综合治理效益计算方法》(GB/T15774-2008) [13]为依据并结合实地调查进行分析。蓄水保土效益主要与水土保持措施经济计算期、始效期、单位指标等密切相关。

(1) 经济计算期和始效期

本项目实施期为 1 年，经济计算期为 20 年。效益始效期和前期效益年限根据不同的措施而不同，具体见表 1 和表 2。

Table 1. Initial effect period of benefits for each measure

表 1. 各项措施效益始效期表

始效期	措施类型				
	坡改梯	水土保持林	保土耕作	小型水利水保工程	封禁治理
经济效益始效期(年)	2	4	0	0	0
蓄水保土效益始效期(年)	1	2	0	0	0

注：数据来源：GB/T 15774-2008 + 工程经验，计算依据：不同措施效益启动时间。

Table 2. Initial benefit periods for each measure

表 2. 各项措施前期效益年限

效益年限	措施类型		
	坡改梯	水土保持林	其他措施
经济前期效益年限(年)	5	5	0
蓄水保土前期效益年限(年)	0	3	0

注：数据来源：GB/T 15774-2008，计算依据：效益从启动到稳定的年限。

(2) 蓄水保土效益单位指标

蓄水保土效益单位指标主要指减蚀模数及蓄水指标。减蚀模数与治理前水土流失强度有关，根据治理前流失强度及治理后流失强度对比可以确定其减蚀模数，蓄水指标按经验取值。各措施蓄水、减蚀指标确定见表 3。

Table 3. Unit indicators of water storage and soil conservation benefits for each measure
表 3. 各措施蓄水保土效益单位指标

效益单位指标	措施类型					
	坡改梯	水保林	封禁治理	保土耕作	坡改梯	小型水利水保工程
保土指标(吨/hm ²)	32	30	10	5	32	根据相应库容确定
蓄水指标(m ³ /hm ²)	900	550	275	200	900	

注：数据来源：GB/T 15774-2008、SL 190-2007，计算依据：单位面积蓄水、减蚀定额。

(3) 设计保存率

各项水土保持措施实施后，由于受多方面因素的影响，例如洪、涝、旱、病、虫等灾害，水土保持生物措施不可能全部保存下来，根据以往小流域实施后各项措施的保存情况，确定各项水土保持措施的设计保存率见表 4。

Table 4. Design retention rate of soil and water conservation measures
表 4. 水土保持措施设计保存率

措施类型	坡改梯	水土保持林	保土耕作	封禁治理	其他措施
设计保存率(%)	95	90	100	90	100

注：数据来源：GB/T 15774-2008 + 工程统计资料，计算依据：工程/林草/农艺措施保存率。

(4) 蓄水保土效益计算

根据《水土保持综合治理效益计算》GB/T 15774-2008 规定，计算期内各项措施累计有效面积计算如式(1)：

$$F = \left(\frac{1}{m} + \frac{2}{m} + \dots + \frac{m}{m} + (n - t - m) \right) \times f = fR \quad (1)$$

F ——单项措施累计有效面积，(hm²)； n ——经济计算期，(年)； t ——始效期，(年)； m ——前期效益年限，(年)； f ——规划期末单项措施实施总面积，(hm²)； R ——有效面积累计系数。

采用水保法计算各项措施的蓄水保土量，蓄水总量和保土总量分别为：

$$\Delta W = \Delta W_1 + \Delta W_2 + \dots + \Delta W_n \quad (2)$$

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \dots + \Delta S_n \quad (3)$$

ΔW ——蓄水总量，(万 m³)； ΔS ——保土总量，(万 t)； ΔW_1 、 ΔW_2 等——各项措施蓄水总量，(万 m³)； ΔS_1 、 ΔS_2 等——各项措施保土总量，(万 t)。

各项措施蓄水保土量计算如式(4)、式(5)：

$$\Delta W_n = F \Delta W'_n \quad (4)$$

$$\Delta S_n = F \Delta S'_n \quad (5)$$

ΔW_n ——各项措施蓄水总量，(万 m³)； $\Delta W'_n$ ——各项措施蓄水单位指标，(m³/亩)； F ——各项措施

累计有效面积, (万亩); ΔS_n ——各项措施保土总量, (万 t); $\Delta S_n'$ ——各项措施减蚀模数, (t/亩)。
 各项措施蓄水保土效益见表 6:

Table 5. Cumulative effective area of various soil and water conservation measures
表 5. 各项水土保持措施累计有效面积

措施类型	坡改梯	水土保持林	封禁治理	保土耕作
经济效益(hm ²)	8632.65	2141.15	41432	1672.26

注: 数据来源: 规划面积 + 表 4 保存率, 计算依据: GB/T 15774-2008, 公式: 有效面积 = 面积 × 保存率 × 累计系数。

Table 6. Soil and water conservation benefits of water storage and soil conservation
表 6. 水土保持蓄水保土效益表

措施类型	治理数量	保土效益定额数量	保土效益(万 t)	蓄水效益定额数量	蓄水效益(万 m ³)
坡改梯	454.35 hm ²	32 t/hm ² ·a	27.62	900.00 m ³ /hm ² ·a	776.94
保土耕作	1672.26 hm ²	5 t/hm ² ·a	0.84	200 m ³ /hm ² ·a	33.45
谷坊	5 座	800 t/座·a	8.00	20 m ³ /座·a	0.10
生产道路	6.15 km				
生产道路排水沟	5.97 km				
道路排水沟沉砂井	14 口	1 t/口·a	0.03		
蓄水池	24 座			146.15 m ³ /座·a	6.31
水窖	9 座			50 m ³ /座·a	0.23
水土保持林	125.95 hm ²	30 t/hm ² ·a	6.42	550 m ³ /hm ² ·a	117.76
封禁治理	2071.60 hm ²	10 t/hm ² ·a	41.43	275m ³ /hm ² ·a	1139.38
合计			84.34		2074.17

注: 在蓄水保土效益计算过程中充分考虑了各项措施的效益始效期、前期效益年限、设计保存率, 数据来源: 表 5 有效面积 + 表 3 单位指标, 计算依据: GB/T 15774-2008, 公式: 效益 = 有效面积 × 单位指标。

5.2. 生态效益分析

5.2.1. 水土保持效益分析

在计算期内渔村河小流域总蓄水效益为 2074.17 万 m³, 总保土效益为 84.34 万 t, 年减蚀量达 4.22 万 t, 年蓄水效益 103.71 万 m³, 土壤侵蚀模数由原来的 1693 t/km²·a 降到 1276 t/km²·a。

5.2.2. 垃圾, 污染治理效益分析

流域内年产生农村生活垃圾量 188.36t, 结合现有生活垃圾收集处理长效运行机制, 可保证流域内的垃圾收集达到 100%; 流域日排生活污水 1585.94 m³, 按照雨污分流的方式进行收集, 收集率达到 90%, 收集后的污水采用“一体化污水处理设备 + 生态湿地”设备集中处理, 处理率达 80%。

渔村河生态清洁小流域综合治理工程, 通过工程措施和林草措施等综合治理防护措施, 系统有效地控制流域内的污染源, 增强流域生态功能, 减少流域污染负荷排放量。据估算, 每年削减污染负荷渔村河小流域不同污染类型流失总量占比(如图 3), 小流域综合治理措施的实施可有效削减流域内的污染物, 改善渔村河水环境, 促进星云湖水质改善。

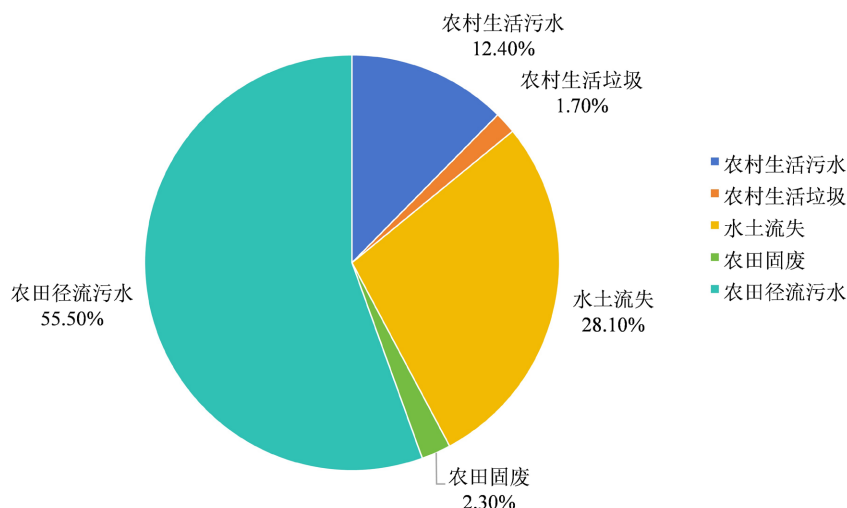


Figure 3. Proportion of total runoff by different pollution types in the Yucun River small watershed
图 3. 渔村河小流域不同污染类型流失总量占比

各类污染的总流失量为对应类型下 COD、TN、TP 流失量的数值之和，计算公式为：采用 AnnAGNPS 模型模拟流域农业面源污染负荷，结合现场监测数据率定模型参数，计算 COD、TN、TP 削减量：

$$L_{(\text{削减})} = L_{(1)} - L_{(0)}$$

$L_{(\text{削减})}$ ：污染物削减量(t/a)；

$L_{(0)}$ ：治理前污染负荷(t/a)，模型输入参数来源于《星云湖流域面源污染现状调查报告》及 2020 年现场监测数据；

$L_{(1)}$ ：治理后污染负荷(t/a)，模型输入参数为 2023 年工程实施后土地利用、施肥水平及水土保持措施数据。

模型关键参数：SCS 径流曲线数(CN)取值为 65~75，土壤可蚀性因子(K)取值为 0.25~0.35 t·hm²·h/(hm²·MJ·mm)，参数来源为《土壤侵蚀分类分级标准》(SL 190-2007)。

削减量(kg) = (进水浓度 - 出水浓度) × 处理水量 ÷ 1000；

COD 削减量(kg) = (COD 进 - COD 出) × Q ÷ 1000；

TN 削减量(kg) = (TN 进 - TN 出) × Q ÷ 1000；

TP 削减量(kg) = (TP 进 - TP 出) × Q ÷ 1000。

具体计算结果如下：

1. 农村生活污水：COD: 56.51 (t/a) + TN: 17.23 (t/a) + TP: 1.52 (t/a) = 75.26 (t/a)；
2. 农村生活垃圾：COD: 9.19 (t/a) + TN: 0.929 (t/a) + TP: 0.37 (t/a) = 10.48 (t/a)；
3. 农田径流污水：COD: 273.39 (t/a) + TN: 54.68 (t/a) + TP: 8.47 (t/a) = 336.54 (t/a)；
4. 农田固废：COD: 0.00 (t/a) + TN: 11.70 (t/a) + TP: 2.34 (t/a) = 14.04 (t/a)；
5. 水土流失：COD: 142.03 (t/a) + TN: 21.31 (t/a) + TP: 7.10 (t/a) = 170.44 (t/a)。

从图 3 可以看出，农田径流污水的污染流失总量占比最高，其次是水土流失，是该流域的主要污染源。农田径流污水成为污染源总量占比最高的原因可归纳为以下几点：

1. 污染来源面广且分散：农田覆盖范围大，流域内农业生产活动涉及大量耕地，降雨径流会冲刷农田地表，携带大面积农田中累积的污染物，相较于农村生活污水、生活垃圾等点状污染源，其污染贡献

的空间范围更广。

2. 污染物输入量大：农业生产中会施用化肥、农药，这些物质难以被作物完全吸收，大量氮(TN)、磷(TP)及有机物会残留于土壤中；同时，农田秸秆、农膜等废弃物的残留也会增加污染物基数，降雨径流会将这些残留污染物大量冲刷汇入水体，导致 COD、TN、TP 流失量居高不下。

3. 径流冲刷的季节性与强度：小流域内降雨集中期易形成较强地表径流，对农田土壤的冲刷力大，会加速污染物迁移；且农田多为坡耕地(若存在)时，水土流失会进一步加剧，携带更多污染物进入水体，而渔村河小流域原本水土流失严重的背景也会放大这一效应。

4. 污染削减措施效率受限：从数据看，农田径流污水的削减比例(COD 20%、TN 15%、TP 20%)低于农村生活垃圾(45%)，现有治理措施对分散性农田径流的拦截、净化难度较大，难以全面控制污染物流失，导致其总流失量占比偏高。

5.2.3. 水资源及环境保护效益分析

项目实施后，库塘水环境恢复面积 1.11 hm²；针对石河水库周边村庄实施污水集中收集处理工程，新建一体化污水处理设备 1 套，人工湿地 1 处；针对水域上游农田实施面源污染综合防治，面积为 454.35 hm²。通过以上综合治理措施的实施，将有效清理河道垃圾，处理农村污水、垃圾，减少入河垃圾及其他污染物，控制和减少化肥、农药使用量，减轻面源污染对河流及水体的污染，最终实现有效保护和改善流域水环境和水质目标，实现水清、岸绿、村美、民富。

5.2.4. 生态环境保护效益分析

工程通过实施河道清淤疏浚、岸坡整治、植被恢复与水源涵养林建设等措施，有效控制了水土流失，提升了水源涵养能力。治理后的渔村河水质得到明显改善，水体自净能力增强，恢复了“清水廊道”的功能。流域内生物多样性得到保护与恢复，构建了健康的河岸生态系统。项目实施后，渔村河小流域内的水土流失将得到有效控制，林草覆盖率提高到 50.58%，人为水土流失得到有效控制，生态环境得到明显改善，生态环境步入良性循环。项目区内植被的恢复，增加了地表入渗量，降低暴雨地表径流，减少径流的泥沙携带量，滞后和减小洪峰流量，增加常水流量，有效地保护土地不遭沟蚀破坏，减轻项目区洪涝灾害，减轻干旱对农业生产的威胁。随着区域植被覆盖度的提高，增加了植物对 CO₂ 的吸收，美化、绿化了区域生态环境，将有效提升生物多样性和促进生态系统修复，逐步形成生态系统的良性循环。

5.3. 社会效益分析

工程的实施不仅美化了家园，更凝聚了民心。通过广泛的宣传和参与，村民的生态环保意识普遍增强，从“旁观者”转变为生态建设的“参与者”和“维护者”。治理后安全、整洁、优美的生活环境，显著提升了居民的幸福感和获得感和安全感。同时，完善的基础设施也为村民的日常生产和生活提供了极大便利，促进了乡风文明和社会和谐，为江川区的乡村振兴战略实施提供了可复制的成功样板。

通过渔村河小流域工程建设，不但可以增强流域范围内的水源涵能力，同时还可以提高土壤的抗蚀、保水、保肥能力，减少地表径流对地面的侵蚀，从而增加流域内的林草资源，调节地下水情况，改善生态环境、打造宜居的生产生活环境，使流域内达到“山青水净、村容整洁”之目的，进一步推动乡村振兴。

大力推进开展 115 余条生态清洁小流域建设，以“山清、水净、村美、民富”为目标，以流域为单元，以水系、村庄和城镇周边为重点，山水林田路统一规划，治山、治水、治污协同推进，统筹实施水土流失综合治理、流域水系整治、生活污水和农村生活垃圾治理，区域水土流失得到全面治理，人居环境与村容村貌大幅改善，景区整体旅游形象提升。

各项治理措施实施并发挥作用后,有助于土地利用结构与农村产业结构的优化调整,使人口、资源与经济协调良性发展,群众整体生活水平得到提高。各项水土保持措施在控制水土流失的同时,可提升流域景观效果,促进生态文明建设和社会全面进步,实现山青、水净、村美、民富的目标,具有良好的社会效益。

5.4. 经济效益分析

综合治理为当地经济发展注入了新活力。经济效益包括直接经济效益和间接经济效益,从渔村河小流域定位及综合治理措施布局可以看出,本项目的直接经济效益体现在通过梯田工程、保土耕作实现的粮食增产,以及通过封育治理、水土保持林增加木材蓄积量。按照江川区小流域治理经验,梯田工程面积为 454.35 hm²,按增产量估算年增加经济收入约为 187.42 万元;保土耕作面积为 1672.26 hm²,按增产量估算年增加经济收入约为 40.13 万元;水土保持林 125.95 hm²,按增产量估算年增加经济收入约为 4.94 万元;封禁治理 2071.6 hm²,按增产木材蓄积量估算年增加经济收入约为 34.18 万元³。

渔村河生态清洁小流域综合治理工程是一项成功的民生工程 and 生态工程。它实现了生态保护、经济发展与社会进步的有机统一,其成功经验对于类似地区的流域治理与可持续发展具有重要的借鉴和推广价值。

6. 讨论

水土流失治理工程通过封山育林、沟道整治、荒山造林等水土保持措施实施,综合有效地改善了流域内因水土流失造成的生态问题,优化了调整土壤物化性质,使得单位土地经济产量和粮食产量增加,为生态环境的改善提供了较大的空间,是水土保持生态环境建设得以持续发展的重要保证[14][15]。水系整治工程通过采取生态河道库塘和生态岸坡工程措施,恢复河流生态功能,实现生态廊道的营造,有效解决流域内存在的生态环境问题和增加生态效益。

万亩梯田示范工程有效提高土地生产力,进而促进农民增收,从而实现产业优、百姓富的目标,其原因是土地生产力的提高可以有效地降低人均最小耕地面积,大大减缓由于人口增长而引起的农耕地的扩张,间接促进农耕地向林草等生态用地的转移,有效促进生态环境改善和增加经济效益[14]-[16]。农业面源污染治理工程和生态农业工程的实施,利于面源污染防治,发展生态农业,优化流域农业产业结构和水循环。

通过对渔村河生态清洁小流域各种实施措施效益分析,可以估算项目实施的成本与效益,可以使人们直观、有效地了解到国家实施水土保持治理工程项目的意义和价值。分析结果表明,渔村河生态清洁小流域治理建设是可行的,而且还具有一定的生态效益、经济效益和社会效益,对整个区域的可持续发展具有重要意义。

7. 结论与展望

渔村河生态清洁小流域综合治理工程成效显著,在控制水土流失方面取得了突破性进展。项目区内水土流失总面积达 4329.12 公顷,通过系统规划与科学治理,实际完成治理面积 4324.16 公顷,治理程度高达 99.89%,小流域森林覆盖率从治理前的 29.04% 大幅提升至 50.58%,植被恢复效果显著。流域内年均减少水土流失量 4.22 万 t,年蓄水 103.71 万 m³,蓄水保土缓洪效益显著,使得流域平均土壤侵蚀模数降至 1276 t/km²·a⁴。

³经济效益数据:通过实地走访农户、合作社调研获取,结合《云南省农产品价格年鉴 2023》。

⁴水土流失、水质、森林覆盖率等数据:来源于 2023 年项目现场监测及第三方评估报告。

通过对水环境、人居环境、面源污染的综合防治,小流域内污水收集处理率达到 80%以上,使得小流域农业面源污染得到有效防治,农药、化肥使用在国家规定标准范围内,有效减少流域污染负荷排放量,改善渔村河水环境,促进星云湖水质改善。项目的实施,促进了当地产业结构优化,促进了流域内水源区保护及农村经济的可持续发展,本项目的建设能获得很好的水源保护效益、生态效益、经济效益和社会效益。

基金项目

玉溪师范学院 2024 年大学生创新训练计划项目“玉溪市江川区渔村河生态清洁小流域综合治理工程效益分析评价”(项目号: 2024A001)。

参考文献

- [1] 中华人民共和国水利部. SL/T534-2013 生态清洁小流域建设技术导则[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.
- [2] 王礼先. 小流域综合治理的概念与原则[J]. 中国水土保持, 2006(2): 16-17, 52.
- [3] 王纪杰, 程训强, 尹忠东. 川中丘陵区小流域综合治理措施及效益分析[J]. 中国水土保持科学, 2011, 9(6): 38-42.
- [4] 段兴凤. 云南省西畴县实施国家水土保持重点工程小流域综合治理措施探讨——以甘塘子小流域为例[J]. 亚热带水土保持, 2020, 32(1): 31-33.
- [5] 何汶峰, 贾宁, 丁一凡, 等. 国内外中小流域治理模式案例分析与启示[J]. 环境保护科学, 2025, 51(3): 18-25.
- [6] 朱莉莉, 祁宇麟, 许林军, 等. 黄土高原小流域“水土保持 + 特色产业”综合体治理模式研究[J]. 中国水土保持, 2024(7): 21-24, 47.
- [7] 姜德文. 引领新时代水土保持之科技前瞻[J]. 中国水土保持科学(中英文), 2024, 22(2): 1-8.
- [8] 申季维. 加强新时代水土保持工作谱写水生态文明建设河南篇章[J]. 中国水土保持, 2024(4): 1-3, 71.
- [9] 税永红, 曹鹤舰, 周建民. 乡村振兴视域下的小流域综合治理[J]. 成都理工大学学报(社会科学版), 2024, 32(3): 22-33.
- [10] 贺莉莎, 王伟. 云南省生态清洁小流域治理探析[J]. 中国水土保持, 2021(2): 26-29.
- [11] 付斌, 刘宏斌, 鲁耀, 等. 高原湖泊典型农业小流域氮、磷排放特征研究——以凤羽河小流域为例[J]. 环境科学学报, 2015, 35(9): 2892-2899.
- [12] 高娜, 杨雨欣, 郝蕊芳, 等. 北京市北沙河上游典型小流域水环境治理措施的生态效益分析[J]. 环境科学学报, 2022, 42(2): 32-41.
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 水土保持综合治理 效益计算方法: GB/T 15774-2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [14] 史海静, 李锐. 水土保持工程综合效益评价研究——以陕西省长江流域水土流失综合治理工程为例[J]. 水土保持研究, 2008(2): 40-43.
- [15] 张鹤, 王安民, 赵建龙, 等. 基于山水林田湖草塘生态保护的实践与探索——以平凉市为例[J]. 中国水土保持, 2024(7): 13-18.
- [16] 张洁瑕, 陈佑启, 万利, 等. 我国土地生产力研究进展与展望[J]. 中国农业大学学报, 2009, 14(3): 135-144.