

# 小流域综合治理环境效益分析方法探讨

袁爱萍

(北京市水土保持工作总站, 北京 100036)

**摘要:** 小流域综合治理不仅可以使山区人们脱贫致富, 而且可以明显改善环境。根据系统性、可行性和简明性的原则, 从自然环境、生态环境和社会环境三方面提出了评价小流域综合治理的环境效益指标、计算方法和环境效益评价方法。以怀柔县庄户沟小流域为例进行了环境效益分析, 结果表明, 本文提出的指标、计算方法和评价方法均具有简明性和可操作性。

**关键词:** 小流域综合治理; 环境效益; 指标

**中图分类号:** S157

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2001)04-0165-05

## Discussion on Method of Environmental Benefit Analysis of Comprehensive Control in Small Watershed

YUAN Aiping

(The General Station of Soil and Water Conservation of Beijing, Beijing 100036, China)

**Abstract:** Comprehensive control in small watershed could make the people in mountain area become rich, and could improve environment also. The environmental benefit index, computation method, and evaluation method of environmental benefit were put forward from three aspects, i.e. natural environment, ecological environment, and social environment according to the principles of systematicness, feasibility, and simplicity. Taken Zhuanghugou small watershed of Huairou county for an example, the environmental benefit of this area was analyzed, the result shows that the index, computation method, and evaluation method presented in this article are simple and could be put into practice.

**Key words:** comprehensive control in small watershed; environmental benefit; index

## 1 前言

在我国, 流域治理(又称流域管理、流域经营和集水区经营)的概念是为了充分发挥水土资源及其他资源的生态效益、经济效益、社会效益, 以流域为单元, 在全面规划的基础上, 合理安排农、林、牧、副各业用地, 因地制宜地布设综合治理措施, 对水土及其他资源进行保护、改良与合理利用。

1980年, 水利部在山西省吉县召开13省(自治区、直辖市)的小流域治理工作会议, 交流了流域治

理的经验, 正式提出了“水土保持小流域治理”, 并制订了《水土保持小流域治理办法》, 以小流域为单元进行水土流失综合治理工作已成为中国治理水土流失的重要形式。小流域治理最初意义在于控制水土流失, 减少入河泥沙。随着治理的进展, 特别是开发性治理的进展, 它显示出来的意义已经超越了初始的内涵, 有了质的飞跃, 现随着公众环境意识的不断增强, 在小流域治理中越来越注重贯彻环境与发展和谐统一的思想, 努力在山区实现农业生产与环境

\* 收稿日期: 2001-08-25

作者简介: 袁爱萍, 女, (1967-), 高工, 从事水土保持管理工作。

保护的同步发展。

小流域是山区自然环境的一个基本组成单元,它的存在不是独立的,也不是封闭的。小流域每时每刻都与周围环境进行着物质和能量的交换和流动。其系统内部的任何变化都会对其自身及周围环境带来影响。尤其当降雨产生地表径流后,小流域的水质会对下游水环境产生直接的影响。

我国目前对小流域水土保持综合治理后产生的效果一般从经济效益、社会效益、生态效益进行评价。随着经济和环境保护的发展,小流域综合治理越来越着眼于人口、资源、环境和经济的协调持续发展,以实现流域资源的合理利用。从环境效益角度来评价小流域综合治理的成果不仅是小流域治理工作的需要,也是环境保护工作的需要。但目前还没有小流域综合治理环境效益评价指标体系、成熟的评价方法和标准,本文根据系统性、可行性、简明性的原则,从自然环境、生态环境和社会环境三方面提出了小流域综合治理环境效益评价的指标、指标的计算方法和效益评价的一般标准,并以怀柔县庄户沟小流域为例进行说明。

## 2 环境效益评价指标

### 2.1 建立指标的原则

环境效益评价应体现可持续发展的思想,体现以人为本的理念。建立指标应遵循系统性、可行性、简明性的原则。

2.1.1 系统性 指标体系作为一个有机整体,应能够反映和测度评价系统的主要特征和状况。

2.1.2 可行性 指标应具有可测性和可比较性,同时数据易于收集,计算方法易于掌握。

2.1.3 简明性 指标含义明确,各个指标间无交叉。

### 2.2 环境效益评价指标的建立

环境一般指围绕人类生存的各种外部条件或要素的总体,包括非生命要素和人类以外的所有生物体。小流域综合治理的环境效益方面包括自然环境、生态环境和社会环境。

经过1980年以来水土保持工作的实践表明,小流域综合治理可以产生明显的环境效益。

#### 2.2.1 自然环境

(1) 大气环境。局地小气候:小流域综合治理后,林草覆盖率的提高,增加了植物通过蒸腾作用向大气输送的水分,提高了空气的湿度,夏季还可起到降

温的作用。近地层气流受植物枝叶的碰撞、分割和摩擦作用后,风速降低,从而削弱气流携带尘埃的能力,起到减沙的功效。据国内外研究资料<sup>[1]</sup>,一个地区,森林覆被率达到30%以上,且分布均匀,就可以基本起到调节小气候的作用。

局地小气候评价指标为:温度、湿度、风力等。大气环境质量:小流域林木的增加,还可以净化大气,防治污染。在大气中,二氧化碳的含量随工业化防治和化石燃料的急剧增长而显著增加,1 hm<sup>2</sup>森林(阔叶林)每天可吸收1 000 kg的二氧化碳,释放730 kg的氧气,1 hm<sup>2</sup>树木可以吸附粉尘32~64 t;森林具有吸收有害气体、净化空气的功能,如1 hm<sup>2</sup>的杉木林每年能吸收二氧化硫720 kg<sup>[2]</sup>。

该项评价指标:悬浮颗粒物、二氧化硫。

(2) 水环境。水质:农业面源污染与水土流失是一对共生现象,所以,解决农业污染问题的最有效和最实用的途径就是实施水土保持措施。在小流域中,经过山坡、沟、川综合治理,层层拦蓄,使泥沙、化肥、杀虫剂、营养物质等进入地表水环境的数量大大减少。由于泥沙可通过吸附释放过程,成为污染物的“储备库”,杀虫剂和化肥破坏水的用途,太多的营养物质使无用的藻类繁殖生长,消耗掉动物和其它植物所需的氧气。所以,小流域综合治理可以明显地改善下游水体水质。

水质评价指标:为pH、磷、氮、钾、泥沙、农药、COD、BOD、DO。

水量:水土保持工程可明显削减洪峰,在减缓洪峰消退的同时,拦蓄的洪水又以地下水的方式补充了河流,延长了常水流量。

评价指标为:洪峰流量、常水流量。

(3) 土壤环境。各种水土保持措施下的土壤理化性质、有机质、氮磷钾含量都有不同程度的改善和增加。不仅提高了土地生产力,而且减少了化肥施用量,保护了土壤和水环境。

评价指标:pH、土壤侵蚀模数、土壤水分、氮、磷、钾、有机质、微生物、土壤动物、团粒结构、容重等。

由于小流域内一般不采用污水灌溉,土壤中污染物的含量不作为评价内容。

2.2.2 生态环境 小流域综合治理的生物措施,不仅可以提高植物覆盖度,增加植物种类,还可以改善动物的栖息环境,提高动物的数量和种类。本文提出用生物多样性来评价生态环境的改善效果。

2.2.3 社会环境 通过小流域综合治理,合理规划土地林业,有效地利用水土资源,综合发展农林牧副各业。加强基础设施的建设,促进经济的发展,增加就业机会,提高人们生活水平。

小流域水土保持综合措施的配置,具有减灾防灾的作用,保障人们生命财产的安全。小流域综合治理示范区的建设为水土保持科学发展提供了科研与实践的场所。社会环境评价指标如下:

(1) 减灾防灾。受灾面积、人畜伤亡、作物产量、水毁工程、经济损失等。

(2) 促进社会进步。教育水平、就业率、基础设施、文化价值、旅游、土地利用、人均收入等。

### 3 环境效益评价指标框图及计算方法

#### 3.1 自然环境

各个指标均可定量分析,方法为将治理前后,指标值进行对比。公式为:

$$X\% = (X_{前} - X_{后}) / X_{前}$$

式中: X% ——增加或减少的自然环境指标值的百分数; X<sub>前</sub>——治理前自然环境指标值; X<sub>后</sub>——治理后自然环境指标值。

#### 3.2 生态环境

生物多样性: 植物多样性、动物多样性。

动物多样性计算方法采用多样性指数,公式为:

动物多样性指数= 数量增加百分比+ 种类增加数/原有种类数

植物多样性计算方法参照动物多样性,公式为:

植物多样性指数= 覆盖度增加百分比+ 种类增加数/原有种类数

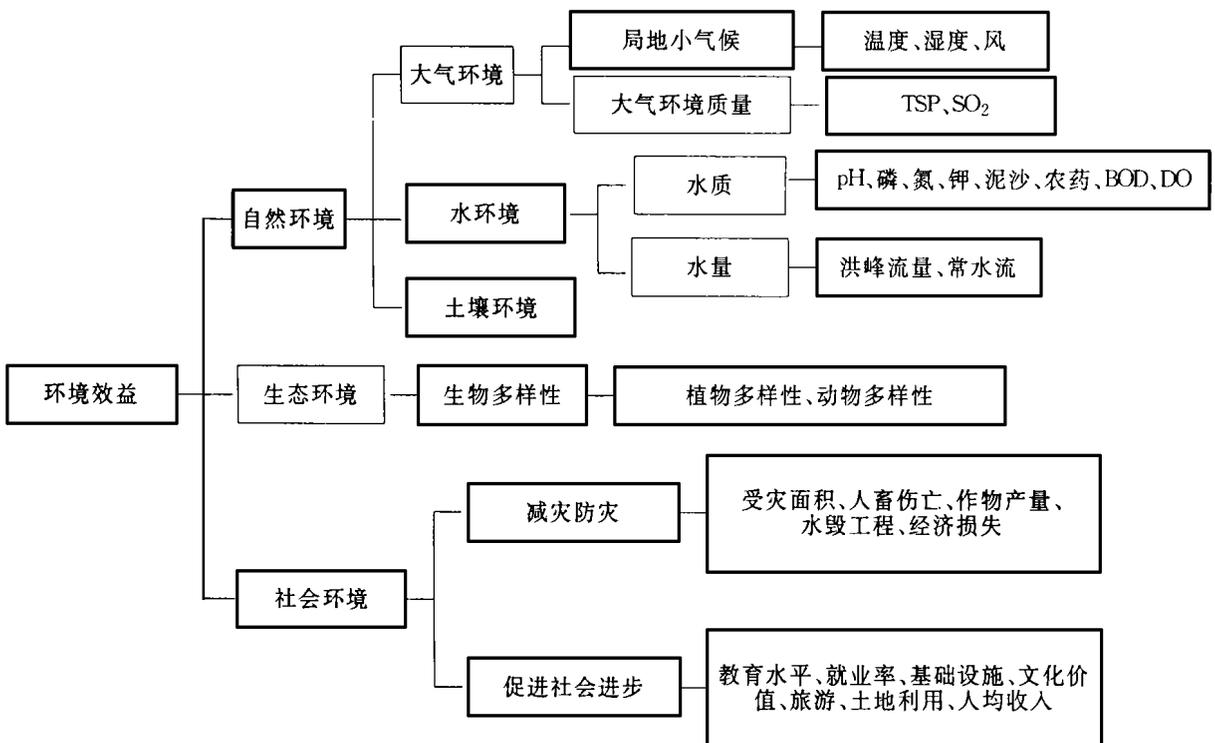


图1 环境效益评价指标框图

#### 3.3 社会环境

指标评价方法多采用调查统计法。有历史记录的小流域可进行纵向对比,没有历史记载的小流域可与对比小流域进行横向对比。

### 4 环境效益评价

环境效益评价要坚持“因地制宜”的原则。不同类型区、不同小流域因其自然、经济和社会条件的不

同,地理位置的不同,生态、经济和社会因子的组合结果不同,流域治理的侧重点不同。因而,治理后产生的环境效益表现的方式和角度多种多样。作分析评价时,应根据其特点,因地制宜地选出相应的评价指标。

环境效益评价还应坚持“分析测试手段与专家系统相结合”的原则。由于小流域系统各因子变化规律的“黑箱”特点,指标值一般可通过测试得到,但由

于环境效益分析工作还没有标准,各指标值增加或减少幅度大多为“好”,更有赖于专家经验。

鉴于目前没有评价标准,如生物多样性指数增加多数为“好”,本文提出将评价的评语集分为“好、一般、差”。效益指标在治理前后没有变化为“一般”,增加或减少为“好”或“差”。在对小流域治理进行环境效益评价所选择的指标中,只要评语为“好”的占到总数的 80%,就认为该小流域综合治理的环境效益明显。

### 5 应用举例<sup>[3]</sup>

本文以怀柔县庄户沟小流域为例,在现有的监测数据基础上,对该小流域综合治理的环境效益作一初步的分析。说明本文提出的环境效益评价的指标、计算方法的应用。

#### 5.1 庄户沟小流域基本情况

庄户沟小流域位于北京市怀柔县汤河口镇,是密云水库上游白河的一级支流,流域面积 85.21 km<sup>2</sup>,海拔 278~1501 m。大于 25° 的坡面占总面积的 60% 以上。岩石种类以安山岩为主,土壤类型主要为褐土。年平均降雨量 511 mm。治理前,流域内水土流失面积 73.26 km<sup>2</sup>,侵蚀模数为 1456.4 t/(km<sup>2</sup>·a)。

流域内有 7 个行政村,13 个自然村,756 户,3671 人,1386 个劳力。生活条件差,治理前有 35% 的人口靠吃国家返销粮,5 个村烧柴困难,旱季有 30% 的人口和 1000 头牲畜吃水困难。

#### 5.2 庄户沟小流域综合治理简介

庄户沟小流域于 1980 年列为海河流域水土保持小流域综合治理试点。以小流域为单元,自上而下地实施生物措施、工程措施和农业耕作措施,从 1980~1990 年,共治理水土流失面积 54.26 km<sup>2</sup>,主要生物和工程措施有:封山育林 1277.6 hm<sup>2</sup>,建塘坝、截流等蓄水工程 8 处,修谷坊 8317 座,修梯田 97.2 hm<sup>2</sup>,闸沟垫地 40 hm<sup>2</sup>,建护树盘 45000 个,营造水保用材林 2987.9 hm<sup>2</sup>,经济林 515.9 hm<sup>2</sup>,灌木林地改造 49.8 hm<sup>2</sup>,种草 358.2 hm<sup>2</sup>,打井 11 眼,恢复和新建扬水站 20 处,修排洪沟 881 m,衬砌渠道 2981 m。

#### 5.3 庄户沟小流域综合治理环境效益分析

通过以综合治理水土流失改善生态环境为中心,从调整土地利用结构入手,实行生物措施、工程措施和农业耕作措施相结合,10 年有计划地治理,

庄户沟小流域的环境得到明显改善。

#### 5.3.1 自然环境

(1) 水环境。在流域上游小沟、黄沟和南沟三条毗邻典型沟道设立量水堰观测。其中南沟和黄沟是经过综合治理,小沟保持原状。在 1984 年 7 月 8 日的一场暴雨中,三条沟道均产流,观测资料见表 1。

泥沙:从表中分析,黄沟比小沟平均含沙量减少 25.0%,输沙总量减少 68.3%。

洪峰流量:黄沟和南沟均比小沟的洪峰流量减少 90.1%。

表 1 黄沟、南沟、小沟径流泥沙观测表

沟道名	流域面积/ km <sup>2</sup>	径流总量/ m <sup>3</sup>	输沙总量/ t	洪峰流量/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	平均含沙量/ (kg·m <sup>-3</sup> )
黄沟	0.09	71.6	0.86	0.03	12.0
南沟	0.13	21.8	未测	0.03	-
小沟	0.14	264.0	4.22	0.33	16.0

(2) 土壤环境。土壤侵蚀模数:试点前,该流域的土壤侵蚀模数经实测为 1456.4 t/(km<sup>2</sup>·a)。1990 年,侵蚀模数为 348.1 t/(km<sup>2</sup>·a),下降 76.1%。不同的治理措施,不同的土地利用对土壤环境的改善作用不同,本文以梯田为例进行分析。

表 2 梯田对土壤的影响

措施	pH	有机质/ %	氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	磷/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	钾/ (g·cm <sup>-3</sup> )	容重/ (g·cm <sup>-3</sup> )
梯田 2a	8.3	0.46	40	9	95	1.31
梯田 10a	7.3	2.27	144	40	200	0.98

由于资料限制,这里将梯田建设 2 年作为效益分析基础年。

经过 10 年建设,土壤 pH 趋于中性。有机质增加 393.5%。氮增加 260%。磷增加 344%。钾增加 111%。容重减少 25.2%。

5.3.2 生态环境 在小流域封山育林之前,植被覆盖度为 60%,植物种类 16 种,封育 10 年之后,植被覆盖度为 90%,植物种类 34 种。

植物多样性指数 = (90% - 60%) + (34 - 16) / 34% = 83%

#### 5.3.3 社会环境

(1) 减灾防灾<sup>[4]</sup>。1991 年 6 月 10 日暴雨之后,对经过 10 年综合治理,已形成防护体系的庄户沟和毗邻的未经过综合治理,只有零星水保工程的古石沟小流域进行调查、比较,来分析庄户沟的减灾防灾的效益。见表 3 和表 4。

表 3 流域基本情况

流域	降雨量 /mm	中心最大雨强 /(mm · h <sup>-1</sup> )	流域面积/ km <sup>2</sup>	主沟道长/ km	纵坡比降/ ‰	岩石	土壤
庄户沟	119.5	30	85.2	31.3	15	安山岩花岗岩	褐土
古石沟	119.5	20	12.3	10.7	12	安山岩花岗岩	褐土

表 4 庄户沟、古石沟损失情况统计

流域	农田/hm <sup>2</sup>		谷坊坝/道		地坝/m	护村坝/m	桥梁/座	扬水站/座
	总面积	冲毁	总数	冲毁				
庄户沟	307	0.67	8314	160	200	-	-	-
古石沟	22	1.33	125	110	640	50	4	1

从上表中得, 庄户沟农田冲毁面积占总农田面积的 0.22%, 古石沟为 5.97%。庄户沟谷坊坝冲毁数量占总数的 1.92%, 古石沟为 88.0%。

经估算, 1991 年“6.10”暴雨给庄户沟、古石沟带来经济损失分别为 3.81 万元和 5.69 万元。由于流域面积相差较大, 为进行直观比较, 将经济损失分配到单位面积上, 庄户沟为 447 元/km<sup>2</sup>, 古石沟为 4622 元/km<sup>2</sup>。

(2) 促进社会进步。基础设施: 打井 11 眼, 恢复和新建扬水站 20 处, 修排洪沟 881 m, 衬砌渠道 2981 m。40% 的农户盖起了新瓦房, 缺粮、缺水、缺柴的问题得到了彻底解决。土地利用: 庄户沟的综合治理调整了产业结构, 促进了农、林、牧、副协调发展, 各业产值比例从治理前 1:0.1:0.14:0.80 转变为治理后的 1:0.45:0.82:2.27。农、林、牧土地利用比例从 1:6:7 转变为 1:15:6。这一比例与经过多目标规划的优化土地利用结构 1:19:3 的比例接近。说明流域的土地利用趋于合理。

人均收入: 该指标从治理前 104.9 元/人增加到治理后 591.3 元/人。提高了 463.7%。

文化价值: 该流域在治理过程中, 与首都高校和

科研机构紧密结合, 提高治理质量, 又把流域办成了科研和教学基地。北京林业大学多次到该流域进行教学实习, 收到了良好的教学效果。同时, 有关部门投入了大量的人力物力进行科学试验, 取得了大量研究数据和治理经验, 为水土保持科学的发展做出了贡献。

#### 5.4 庄户沟小流域综合治理环境效益评价

对庄户沟小流域综合治理进行效益评价时, 由于监测资料的限制, 本文在自然环境、生态环境和社会环境方面选择了泥沙、洪峰流量、土壤侵蚀模数、土壤 pH、氮、磷、钾、有机质、容重、植物多样性、水毁工程、受灾面积、经济损失、基础实施、土地利用、人均收入、文化价值等 17 个指标, 各指标评语均为“好”。因此, 庄户沟小流域综合治理后, 环境得到明显改善。

## 6 结 语

(1) 小流域综合治理是在一定空间实施各种措施, 在短时间内, 对地表景观作较大调整, 势必对自然、社会和生态环境造成影响。这种影响会随着人们的环境意识提高越来越受到重视。本文首次从环境角度提出了对小流域综合治理的成果进行评价分析, 提出评价小流域综合治理的环境效益指标、计算方法和环境效益评价的方法。

(2) 以怀柔县庄户沟小流域为例进行分析, 根据已有的数据对环境效益的部分指标作了分析, 并对综合治理后的环境效益作了评价, 结论为“好”, 庄户沟小流域综合治理的环境得到明显改善。通过实例分析, 本指标、计算方法和评价方法均具有简明性和可操作性。

(3) 本文将小流域综合治理环境效益分析这一问题提出, 并对其分析的指标、计算方法作了初步探讨, 许多方面还有待于理论的升华和实践的完善。

#### 参考文献:

[1] 曲格平, 李金昌. 中国人口与环境[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992  
 [2] 王礼先, K. N. Brooks. 长江中上游水土保持与环境保护[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995  
 [3] 水利部海河水利委员会, 北京市水利局. 庄户沟小流域水土保持综合治理成果汇编[Z]. 1990  
 [4] 水利部农村水利水土保持司水保治理处. 水土保持减灾作用[Z]. 1991