

水土保持生态建设综合效益评价 指标体系及核算方法初探

全 海

(北京林业大学水土保持学院)

摘要:水土保持生态建设能够有效保护水土资源、改善区域生态环境，并促进经济和社会的可持续发展。准确评估水土保持生态建设的生态、经济和社会效益，是衡量其合理性和科学性的根本途径，也是开展水土保持生态工程后续管理、实现水土保持生态建设经济补偿的重要依据。该文通过分析水土保持生态建设对社会生态系统的具体功能，分别针对农业措施、林草措施和工程措施的特点，选定了减少土壤侵蚀、涵养水源、保育土壤、拦蓄泥沙、净化环境、改善气候、提高土地产出、增加生物多样性、固碳制氧、促进农业生产等18项具体效益，构建了水土保持生态建设综合效益评价指标体系，并分别确定了效益核算方法。

关键词:水土保持；生态建设；效益评价；指标体系；核算方法

中图分类号：S718.56 文献标志码：A 文章编号：1000-1522(2009)03-0064-07

QUAN Hai. Evaluating index system and calculating methods for comprehensive benefit of soil and water conservation ecological construction. *Journal of Beijing Forestry University* (2009) 31(3) 64-70 [Ch, 21 ref.] School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, 100083, P.R.China.

Ecological construction based on soil and water conservation can protect resources of water and soil, improve regional ecological environment, and accelerate the sustainable development of economy and society. Accurately evaluating the ecological, economic and social benefit of ecological construction is the essential approach of judging its validity and the important criterion for its follow-up management and ecological compensation. Based on the analysis of functions of ecological construction for social-ecological systems, an evaluation index system of comprehensive benefit of ecological construction was built by considering agricultural, vegetation and engineering measures. The evaluation index system consisted of eighteen benefits, such as decreasing soil erosion, water conservation, soil conservation, sediment trapping and environmental purification, improving microclimate, increasing land productivity, species diversity, carbon dioxide fixation, and oxygen release, etc. Then, accounting methods were developed for each benefit.

Key words soil and water conservation; ecological construction; benefit evaluation; index system; accounting method

我国是世界上水土流失最为严重的国家之一。目前，全国共有 356 km^2 的国土面积存在不同等级和形式的水土流失^[1]。水土流失破坏水土资源，使土地生产力下降，并造成河湖坝库的泥沙淤积，加剧洪涝、干旱等灾害的发生，严重威胁着人类的生存与发展。可以说，治理水土流失已成为保证我国社会、经济和环境可持续发展的关键所在。水土保持生态建设是在促进生态环境良性循环的前提下，运用生态系统的基本原理，有针对性地实施不同层次、

不同水平、不同规模的水土保持措施，改善恢复现存的自然生态系统或模拟设计优化的人工生态系统，充分发挥自然资源生产潜力，有效制止生态环境恶化，实现生态、经济、社会效益的最大化。作为一项系统工程，水土保持生态建设通过造林种草等生物措施和淤地改坡等工程措施，不仅使区域生态环境得到恢复和改善，并且能够促进经济发展，推动社会进步。定性与定量评估水土保持生态建设的生态、经济和社会效益，是衡量生态建设合理性、科学

收稿日期：2008-08-10

<http://www.bjfujournal.cn>, <http://journal.bjfu.edu.cn>

作者简介：全海，研究员。主要研究方向：水土保持与荒漠化防治。电话：010-62338848 Email: qsea@bjfu.edu.cn 地址：100083 北京林业大学水土保持学院。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

性的根本途径,也是开展水土保持生态工程后续管理、实现水土保持生态建设经济补偿的重要依据,得到了国内外的广泛关注。自 20 世纪 50 年代以来,美国、加拿大、法国、德国、挪威、荷兰、英国、日本、韩国、印度尼西亚、菲律宾、哥斯达黎加等国家相继在不同范围就生态建设的效益评价进行了研究,并取得了一系列成果^[2-3]。我国在水土保持生态建设方面投入较大,也随之出现了大量有关效益评价的报道^[4-7],并建立了相应的理论体系^[8]和技术规程^[9]。但现有的研究大多着眼于水土保持生态建设在减少侵蚀、减少径流、控制洪峰、改良土壤、提高生物量等方面的直接物质效应,而对水土保持生态建设综合效益的研究还较少见。同时,国家标准中所包含的效益评价方法主要侧重于工程建设效益的物质量核算,对不同效益的价值量核算还未得到统一和完善。综合现有的研究,有关水土保持生态建设效益的概念、内涵和评价方法等问题仍未形成统一、公认的结论,评价方法或单纯侧重效益的物质量评价,或停留在定性或半价值化程度。因此,提出一套科学、合理的综合效益评价指标体系并建立相应价值核算方法,从价值量的角度定量评价水土保持生态建设的

综合效益,具有十分重要的理论意义和现实需求。

1 水土保持生态建设效益评价指标体系

水土保持生态建设的效益是指在进行水土保持过程中,所采用的各项措施对保护和改良人类社会赖以生存的自然环境条件的综合效用^[10]。在各项功能中,保水和保土是水土保持生态建设的基本功能^[8]。其中,保水作用包括拦蓄地表径流、增加降水入渗等,保土作用则表现为拦蓄坡沟泥沙、减少土壤侵蚀等。另外,水土保持林草措施形成的水土保持林草植被所具有的防风固沙、增加生物多样性、固碳制氧、改善气候、提供游栖等功能也得到了比较普遍的认可。目前,对水土保持生态建设的环境服务功能有很多种分类^[4-5],针对效益评价也建立了一系列不同层次的指标体系^[11-12]。本文以水土保持生态建设的具体措施为基础,分别针对水土保持农业措施、水土保持林草措施和水土保持工程措施的实际功能确定效益评价内容,构建了水土保持生态建设效益评价的指标体系(图 1),并逐一建立了具体的价值核算方法。

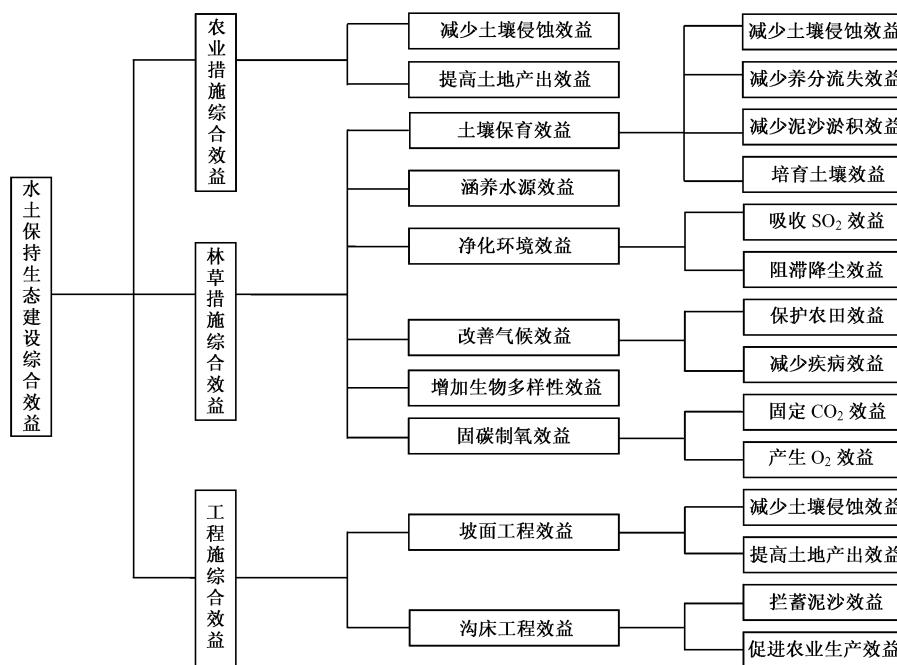


图 1 水土保持生态建设综合效益评价指标体系

FIGURE 1 Evaluating index system of comprehensive benefit of soil and water conservation ecological construction

2 水土保持生态建设效益核算方法

2.1 农业措施效益核算方法

水土保持农业措施既能创造结构良好的疏松土层,又能调节土壤中空气-水分-作物之间的协合关系,可以起到控制水土流失和提高作物产量的双重作用^[13],是发展农业生产、增加经济收入、改善生态

环境的有效途径之一。水土保持农业措施具体可分为耕作措施和覆盖措施两种类型。其中,耕作措施增大了地表粗糙度,提高了土壤入渗,能够有效减少坡耕地侵蚀,提高作物产量,主要包括等高耕作、等高带状间作、沟垄耕作、丰产沟、深耕密植、坑田、间作套种和混种等方法。覆盖措施则主要抑制土壤无效蒸发,从而增加土壤含水量,促进作物生长,主要

包括秸秆覆盖、残茬覆盖和农膜覆盖等。可以看出,虽然农业措施包括很多具体方式,但主要的功能都表现为减少水土流失和提高作物产量两方面。其中,通过减少土壤蒸发和提高土壤入渗,进而减少地表水资源流失的功能,其效益最终也反映在提高作物产量方面。因此,以减少土壤侵蚀和提高土地生产力作为农业措施的具体效益进行核算。

2.1.1 减少土壤侵蚀效益

采用机会成本法,将流失土壤的机会成本作为减少土壤侵蚀的价值^[2]:

$$V_1 = TS\Delta M / (\rho h) \quad (1)$$

式中: V_1 为减少土壤侵蚀价值, T 为核算区域单位面积土地的年均收益, S 为有效措施面积, ΔM 为措施实施前、后的土壤侵蚀强度变化, ρ 为土壤密度, h 为生产土地耕作层的平均厚度。

单位面积土地的年均收益可根据效益核算区域主要生产性土地(耕地、草地和林地)的面积和年产值进行加权平均获得。生产土地平均厚度可按全国平均水平0.6 m计^[14]。其他参数则需针对不同措施和地区通过监测确定。

2.1.2 提高土地产出效益

在发生水土流失的耕地上,采用合理的水土保持农业措施,能有效增加地面粗糙度、改良土壤结构、提高土壤肥力和透水贮水能力,从而达到持续增产的目的。考虑到农业生产中的投入、产出问题,按实施农业措施带来的土地产出净增值,核算农业措施提高土地产出的效益:

$$V_2 = \sum_{i=1}^n S_i B_i P_i - \sum_{i=1}^n S'_i B'_i P_i - \alpha S P_m \quad (2)$$

式中: V_2 为提高土地产出效益, S'_i 和 S_i 分别为采用措施前、后不同作物的种植面积, B'_i 和 B_i 分别为采用措施前、后不同作物的单位面积产量, P_i 为不同作物的核算基准年单价, α 为采用措施后的土地管理费用增幅, P_m 为采用措施前单位土地面积管理费用, i 为不同作物种类。

2.2 林草措施效益核算方法

水土保持林草措施是在水土流失地区为涵养水源、保持水土、防风固沙、改善生态环境、开展多种经营、增加经济与社会效益而采取的人工造林或飞播造林种草、封山育林(草)等一系列生态建设^[13]。在生态脆弱地区,由于自然条件等因素的限制,水土保持林草措施通常首先且主要考虑保护和改善环境的生态功能。因此,主要核算林草措施生态功能的价值。

2.2.1 保育土壤效益

林草措施形成的森林草地利用地上特殊的林冠

结构、地下庞大的根系组织和枯枝落叶层削减侵蚀性降雨,拦截、分散、滞留及过滤地表径流,同时增强土壤腐殖质及水稳定性团聚体含量,起到固持土壤、减少土壤养分流失、改良土壤理化性质等保育土壤的作用^[15]。

2.2.1.1 减少土壤侵蚀效益

林草措施形成的森林草地通过特殊的结构,从削减降雨能量、保持土壤水分、提高土壤抗侵蚀力等多方面减少了土壤侵蚀量,起到良好的保土作用,是保育土壤效益最重要的部分,也是水土保持生态建设最重要的效益之一。采用机会成本法,将流失土壤的机会成本作为减少土壤侵蚀的价值,核算方法同2.1.1。

2.2.1.2 减少养分流失效益

植被减少土壤侵蚀,进而减少随水流失而造成的土壤养分损失。采用替代价格法,以同养分含量的化肥售价作为减少养分流失的效益^[4]:

$$V_3 = \Delta MS \sum_{i=1}^n P_{1i} P_{2i} P_{3i} \quad (3)$$

式中: V_3 为减少养分流失效益, P_{1i} 为土壤氮、磷、钾平均含量, P_{2i} 为氮、磷、钾折算比例, P_{3i} 为化肥市场价格。

目前,通常将磷酸二铵和氯化钾作为替代化肥进行核算,其N、P、K的折算比例分别为132:28、132:31、75:39。

2.2.1.3 减少泥沙淤积效益

采用替代价格法,用人工清淤费用作为减少泥沙淤积的效益^[3]:

$$V_4 = \Delta MS \lambda \beta \quad (4)$$

式中: V_4 为减少泥沙淤积效益, λ 为侵蚀泥沙淤积比, β 为泥沙人工清除费用。

人工清淤费可按全国平均水平20元/t计^[16]。黄河和长江流域的泥沙淤积比例可分别按其平均水平计算,取41%和21%^[3]。

2.2.1.4 培育土壤效益

植被建设形成的森林草地,借助光合作用,吸收土壤和大气中的无机物,合成有机物,并以枯枝落叶的形式将有机物输送到土壤中,在土壤微生物的分解作用下提高土壤腐殖质含量,同时向土壤归还了矿物质元素。其次,植被根系增加土壤通透性,吸收土壤深处矿物元素并将其向上搬运,增加了表层土壤肥力,起到了培育土壤,提高土壤肥力的作用。采用替代价格法,以同养分含量的化肥售价作为植被凋落物提高土壤养分的价值:

$$V_5 = \sum_{i=1}^n P_{4i} P_{2i} P_{3i} WS \epsilon \quad (5)$$

式中: V_5 为培育土壤效益, P_{4i} 为植被凋落物不同养分元素的含量, W 为单位面积植被凋落物的重量, ϵ 为植被凋落物有效分解率。

2.2.2 涵养水源效益

林草植被能够增加土壤孔隙度,增强土壤蓄水能力,同时,植被本身的生物结构也会含蓄大量水分,具有涵养水源的潜在功能。但在一些生态脆弱地区,特别是黄土高原干旱半干旱地区,人工林地的蒸散量大于降水量,植物蒸腾造成土壤水分亏缺。在这种情况下,水土保持林草植被实际上并没有发挥涵养水源效益。因此,当植被生长区域的蒸散耗水小于降水量时,植被涵养水源的潜在功能才会实际产生效益,而当水土保持生态建设形成的植被区域的蒸散量不仅小于降水量,同时小于水土保持生态建设前同区域的蒸散量时,水土保持生态建设才具有实际的水源涵养效益。因此核算水源涵养效益,首先应该确定水土保持措施实施前、后的水量变化。由此可基于水量平衡原理进行评价:

$$Y = \sum_{i=1}^n [(P'_0 - ET'_i - C'_i) - (P_0 - ET_i - C_i)] \quad (6)$$

式中: Y 为林草措施实际涵养水量, P'_0 和 P_0 分别为核算区域效益评价前期和后期的年均降水总量, ET'_i 和 ET_i 分别为核算区域内实施林草措施前、后不同土地利用类型的蒸散总量, C'_i 和 C_i 分别为核算区域内实施林草措施前、后不同土地利用类型的地表径流总量。

确定水土保持林草措施实际的涵养水源量后,可采用影子工程法,以同库容水库工程的修建成本来核算涵养水源效益:

$$V_6 = YG \quad (7)$$

式中: V_6 为涵养水源效益, G 为水库单位库容的修建成本。

2.2.3 净化环境效益

林草植被通过叶片气孔和枝条皮孔吸收并转化 SO_2 等有害物质,同时降低灾害性大风风速、阻滞沙尘,粗糙叶片表面还能吸收一定的粉尘,在有效作用范围内净化了区域环境。

2.2.3.1 吸收 SO_2 效益

采用面积-吸收能力法确定植被吸收 SO_2 量,以人工治理 SO_2 的成本为替代价格核算其价值量:

$$V_7 = \alpha SZ \quad (8)$$

式中: V_7 为吸收 SO_2 价值, α 为单位面积林木平均吸收的 SO_2 量, Z 为工业降解 SO_2 成本。

阔叶林和针叶林吸收 SO_2 的能力可按全国平均

水平计算,分别取 88.65 和 215.6 kg/hm^2 。工业降解 SO_2 平均成本约为 600 元/ $t^{[17]}$ 。

2.2.3.2 阻滞降尘效益

植被建设增加植被覆盖度,降低风速,使一些空气尘粒因风速减弱而在重力作用下沉降于地面;另外,粗糙的叶皮表面也可吸收一部分粉尘,使大气含尘量降低,从而发挥阻滞降尘的作用。利用不同类型植被单位面积滞尘能力与对应面积相乘,计算阻滞降尘总量,并通过人工削减粉尘的成本,等效替代获得阻滞降尘效益的价值量。采用等效替代法计算阻滞降尘价值:

$$V_8 = \gamma Sb \quad (9)$$

式中: V_8 为阻滞降尘价值, γ 为单位面积植被阻滞降尘量, b 为人工削减粉尘成本。

林木阻滞降尘能力可按全国阔叶林和针叶林的平均水平计算,分别为 10.2 和 33.2 kg/hm^2 。人工削减粉尘平均成本约为 170 元/ $t^{[17]}$ 。

2.2.4 改善气候效益

林草植被提高地表反射和空气湿度、调控气温,并抵御沙尘、减少风雨灾害,使小气候改善,降低了呼吸道等疾病的患病率,增加了农田粮食产量。

2.2.4.1 保护农田效益

植被建设可减轻一定区域内的自然灾害,包括降低风速、减少沙尘暴次数,预防或减轻风沙、霜冻、干热风、干旱等对农业的威胁,从而保护农田,增加农业产量。其效益可通过剔除其他技术因素后当地单位农田的作物增产量进行评价,并通过核算期内的农产品价格实现货币化:

$$V_9 = AJd \quad (10)$$

式中: V_9 为保护农田价值, A 为农田面积, J 为粮食价格, d 为农作物增产中植被建设的贡献率。

2.2.4.2 减少疾病效益

采用替代市场法,以实施水土保持措施前后,区域内呼吸道疾病就医减少的费用核算:

$$V_{10} = RU \quad (11)$$

式中: V_{10} 为减少医疗费用价值, R 为减少就医人次, U 为每人次医疗费用。

2.2.5 增加生物多样性效益

水土保持林草措施形成的植被群落为物种恢复和演替创造了良好的环境条件,使群落组成发生变换,物种数量显著增加,成为保护和提高环境脆弱地区生物多样性的有效途径。但是许多物种没有市场价格,因此增加生物多样性的价值很难量化。目前使用较多的是将植被群落在不考虑物种保护条件下的最大经济产出,作为增加生物多样性效益的机会成本^[18]。

$$V_{11} = SF \quad (12)$$

式中: V_{11} 为增加生物多样性效益, F 为单位面积植被的生物多样性机会成本。

2.2.6 固碳制氧效益

森林植被通过光合作用吸收 CO_2 , 产生 O_2 的碳汇功能已被国内外普遍认可, 但目前其碳汇交易价格不统一, 因此以常用的造林成本法计算。

2.2.6.1 固定 CO_2 效益

采用造林成本法核算固碳效益:

$$V_{12} = KS\theta L \quad (13)$$

式中: V_{12} 为固定 CO_2 价值, K 为单位面积林地生物量, θ 为单位数量干物质固定 CO_2 量, L 为固碳造林成本。

根据光合作用方程式, 1 g 干物质可固定 1.63 g CO_2 。固碳造林成本可按全国平均水平 273.3 元/t 计^[3]。

2.2.6.2 产生 O_2 效益

采用造林成本法核算制氧效益:

$$V_{13} = KS\delta D \quad (14)$$

式中: V_{13} 为产生 O_2 价值, δ 为单位干物质释放氧气量, D 为制氧造林成本。

根据光合作用方程式, 1 g 干物质释放 1.2 g O_2 , 制氧造林成本可按全国平均水平 369.7 元/t 计^[3]。

2.3 工程措施效益核算方法

水土保持工程措施是为防治水土流失危害, 合理利用山区水土资源而修筑的各种工程建筑体, 作为流域水土保持综合治理措施体系的主要组成部分, 对改善流域环境具有重要作用。水土保持工程措施根据主要功能及布设位置的不同, 可分为坡面工程和沟床工程^[13]。其中, 坡面工程改变原有坡面的小地形和局部下垫面条件, 具有明显的调水和减沙作用, 通过增加土壤水分还将提高作物产量。主要包括梯田、水平阶及鱼鳞坑等形式。沟床工程是为固定沟床、拦蓄泥沙、防止或减轻山洪及泥石流灾害而在山区沟道中修筑的各种工程措施, 能够防止溯源侵蚀, 固定并抬高侵蚀基准面, 拦蓄泥沙形成的坝地还能为农业生产提供高质量的土地。主要包括谷坊、拦沙坝、淤地坝、小型水库工程和护岸工程等。

由于工程措施通常与林草措施和农业措施以水土保持综合体系的形式同时实施, 共同产生效益。为避免效益重复核算, 仅核算工程措施区别于其他措施的主要功能所产生的效益。

2.3.1 坡面工程效益

坡面工程虽然包括很多形式, 但就其功能而言,

主要表现在减少坡面侵蚀和通过减沙拦水提高作物产量两方面。梯田坡面工程中使用最为频繁和广泛的形式是保持水土和改造农田的基础措施。因此, 以梯田为例核算坡面工程效益。研究认为^[19], 梯田的功能主要表现为减少坡面侵蚀和提高作物产量两个方面。

2.3.1.1 减少土壤侵蚀效益

采用机会成本法, 将流失土壤的机会成本作为减少土壤侵蚀的价值, 核算方法同 2.1.1。

不同地区的梯田具有不同拦沙能力, 需按具体应用区域取值。通常, 黄土高原地区, 水平梯田较一般坡地的侵蚀减少 71.3%~98.4%, 平均减少侵蚀 87.7%^[19], 南方地区建造水平梯田后将减少侵蚀 88.8%~94.8%, 平均减少侵蚀 91.8%^[20]。

2.3.1.2 提高土地产出效益

按实施坡面工程带来的土地产出净增值, 核算坡面工程提高土地产出的效益, 核算方法同 2.1.2。

不同地区的梯田具有不同增产能力, 需按具体应用区域取值。通常, 在黄土高原地区, 水平梯田较一般坡地平均增产 59.14%^[21], 南方地区建造水平梯田后平均增产 46%^[20]。

2.3.2 沟床工程效益

沟床工程虽然包括很多形式, 但就其功能而言, 主要表现在拦蓄泥沙和通过建坝淤地为农业生产提供土地两个方面。淤地坝工程规模较大, 有效面积较广, 既能保持水土又能为农业生产提供大量优质土地, 是产生效益最直接、最明显的沟床工程。因此, 以淤地坝为例核算沟床工程效益。根据其主要功能, 从拦蓄泥沙和促进农业生产两方面进行评价。

2.3.2.1 拦蓄泥沙效益

淤地坝将控制范围内的泥沙拦蓄在坝体内, 从而减轻了下游河道库坝的防洪压力。采用替代价格法, 用人工清淤费用作为淤地坝减少泥沙淤积的效益:

$$V_{14} = O\lambda\beta \quad (15)$$

式中: V_{14} 为减少泥沙淤积效益, O 为拦蓄泥沙量。

需要注意的是, 淤地坝具有一定的坝容, 一定时期后即会淤满, 例如, 黄土高原地区的淤地坝一般在 12 年左右淤满^[16], 当淤满后就不再发挥拦蓄泥沙的效果。

2.3.2.2 促进农业生产效益

以淤成坝地上农业生产的实际产出作为淤地坝促进农业生产的效益:

$$V_{15} = \sum_{i=1}^n F_i T_i P_i \quad (16)$$

式中: V_{15} 为促进农业生产的效益, F_i 为淤成坝地不

同作物的种植面积, T_i 为淤成坝地不同作物的单位面积产量。

不同地区的淤地坝具有不同淤地能力及粮食产量, 需按具体应用区域取值。据统计^[21], 黄土高原地区一般大型淤地坝可淤地 $7\sim70 \text{ hm}^2$, 中型可淤地 $3\sim5 \text{ hm}^2$, 小型可淤地 $1\sim2 \text{ hm}^2$, 坝地玉米平均单产 $3607 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 较一般坡地增产 115.1%。

3 讨论

1) 水土保持生态建设能有效防治水土流失, 提高土地生产力, 改善区域生态和社会环境, 是建设生态文明, 实现社会可持续发展的重要保障。目前, 对水土保持生态建设效益的概念、内涵和评价方法尚未形成统一、公认的结论, 评价方法或单纯侧重效益的物质量评价, 或停留在定性或半价值化程度。本文建立的效益评价指标体系基本包含了水土保持生态建设综合效益的主要内容, 通过其相应的核算方法, 能从价值量的角度定量确定水土保持生态建设的综合效益, 从而为准确衡量工程建设的合理性和科学性、开展工程后续管理及实现水土保持生态建设经济补偿提供重要依据和有效途径。

2) 我国地缘辽阔, 自然条件的空间差异显著, 生态退化的类型和特点不同, 开展水土保持生态建设势必需要因地制宜, 集成不同的措施, 才能产生最佳的治理效果。同时, 水土保持生态建设是一项系统工程, 与自然和社会系统中的多种要素相互作用。因此, 评价水土保持生态建设综合效益, 不能仅仅将各项效益的评价结果盲目地简单累加, 而需要首先确定综合效益的具体内容及其对应的主要措施, 从而合理选择评价对象与核算方法, 才能最终获得具有实际意义的综合效益。

3) 不同区域的水土保持生态建设通常包含不同的具体措施, 从而具有不同的效益内容。即使由相同措施组成的水土保持生态建设, 在不同的区域也会具有不同的效益重点。同时, 随着人类对生态环境认识的不断提高, 水土保持生态建设综合效益的内容也会不断丰富和变化。因此, 很难有一种效益评价的指标体系能够包含所有的效益内容或适用于所有的区域。本文的评价指标体系与核算方法主要选择了目前被大部分地区所普遍认可的效益内容而对于某些在个别区域或个别条件下产生的效益并未考虑, 尚需要在今后的应用和研究中进一步调整和补充。

4) 由于自然条件和社会环境的差异, 相同水土保持生态建设的同一效益内容在不同区域所产生的效益水平不同。因此, 各效益核算方法中所包含的

基础参数需要根据具体的应用区域分别取值。然而由于监测条件的限制, 许多地区还没有对应的实测基础参数, 在效益评价中往往按所在区域或全国的平均水平计算, 很大程度上影响了评价结果的可靠性。因此, 针对相对合理和全面的效益评价指标体系及其核算方法, 建立完整的全国性的基础参数监测网络, 对于水土保持生态建设综合效益评价具有重要意义。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国水利部. 第三次土壤侵蚀遥感调查[EB/OL]. [2006-10-21]. <http://www.swcc.org.cn>.
- Ministry of Water Resources of P. R. China. The third national soil erosion survey [EB/OL]. [2006-10-21]. <http://www.swcc.org.cn>.
- [2] 李金昌, 姜文来, 靳乐山, 等. 生态价值论[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1999.
- LI J C, JIANG W L, JIN L S, et al. Research on ecosystem value [M]. Chongqing: Chongqing University Press, 1999.
- [3] 侯元兆, 张佩昌, 王琦, 等. 中国森林资源核算研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995.
- HOU Y Z, ZHANG P G, WANG Q, et al. Research on China forest resource accounting [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1995.
- [4] 周晓峰, 蒋敏元. 黑龙江省森林效益的计量、评价及补偿[J]. 林业科学, 1999, 35(3): 97-102.
- ZHOU X F, JIANG M Y. Qualification, evaluation and compensation for forest benefits in Heilongjiang Province [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 1999, 35(3): 97-102.
- [5] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报, 1999, 19(5): 607-613.
- OUYANG Z Y, WANG X K, MIAO H. A primary study on Chinese terrestrial ecosystem services and their ecological-economic values [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(5): 607-613.
- [6] 郎奎建, 李长胜, 殷有, 等. 林业生态工程 10 种森林生态效益计量理论和方法[J]. 东北林业大学学报, 2000, 28(1): 1-7.
- LANG K J, LI C S, YIN Y, et al. The measurement theory and method of 10 forest ecological benefits for forestry ecological engineering [J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2000, 28(1): 1-7.
- [7] 秦伟, 朱清科, 赖亚飞. 退耕还林工程生态价值评估与补偿——以陕西省吴起县为例[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(5): 159-164.
- QIN W, ZHU Q K, LAI Y F. Evaluation and compensation of ecological value in the land conversion project: A case study of Wuqi County, Shaanxi Province [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2008, 30(5): 159-164.
- [8] 靳芳, 余新晓, 鲁绍伟. 中国森林生态系统生态服务功能及其评价[M]. 北京: 中国林业出版社, 2007.
- JIN F, YU X X, LU S W. *Forest ecosystem service and its evaluation in China* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2007.

- [9] 中华人民共和国水利部水土保持司. GB/T 15774—1995 水土保持综合治理效益计算方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- Department of Soil and Water Conservation of Ministry of Water Resources of P. R. China. GB/T 15774—1995 *Calculational methods of integrative benefit on resuming of water and soil conservation*[S]. Beijing: Standards Press of China, 2001.
- [10] 余新晓, 吴嵒, 饶良懿, 等. 水土保持生态服务功能评价方法[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(2): 110–113.
- YU X X, WU L, RAO L Y, et al. Assessment methods of ecological functions of soil and water conservation measures [J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2007, 5(2): 110–113.
- [11] 雷孝章, 王金锡, 彭沛好, 等. 中国生态林业工程效益评价指标体系[J]. 自然资源学报, 1999, 14(2): 175–182.
- LEI X Z, WANG J X, PENG P H, et al. The benefit evaluation index of ecological forest engineering of China [J]. *Journal of Natural Resources*, 1999, 14(2): 175–182.
- [12] 沈慧, 姜凤岐. 水土保持林土壤改良效益评价指标体系的研究[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(5): 96–99.
- SHEN H, JIANG F Q. Evaluation index system on soil improvement benefit of water and soil conservation forests [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2000, 22(5): 96–99.
- [13] 王礼先. 水土保持学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997: 298.
- WANG L X. *Water and soil conservation* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1997: 298.
- [14] GUO Z W, XIAO X M, GAN Y L, et al. Ecosystem functions, services and their values—a case study in Xingshan County of China [J]. *Ecological Economics*, 2001, 38(1): 141–154.
- [15] 秦伟, 朱清科. 绿色GDP核算中森林保育土壤价值的研究进展[J]. 中国水土保持科学, 2006, 4(3): 109–116.
- QIN W, ZHU Q K. Review of soil conservation value by forest in green gross domestic products accounting [J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2006, 4(3): 109–116.
- [16] 中华人民共和国水利部水土保持司, 中央农村工作领导小组办公室, 中华人民共和国水利部水土保持监测中心, 等. 黄土高原区淤地坝专题调研报告[R]. 北京: 中华人民共和国水利部, 2002.
- Department of Soil and Water Conservation of Ministry of Water Resources of P. R. China, the Office of Rural Work Leading Group, Soil and Water Conservation Monitoring Center of Ministry of Water Resources of P. R. China, et al. *Special subject report of investigating warped valley dam on the Loess Plateau* [R]. Beijing: Ministry of Water Resources of P. R. China, 2002.
- [17] 中国生物多样性国情研究报告编写组. 中国生物多样性国情研究报告[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.
- Editorial Committee of State Report on Biodiversity of China Committee. *State report on biodiversity of China* [M]. Beijng: China Environmental Science Press, 1998.
- [18] 张颖. 绿色GDP核算的理论与方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.
- ZHANG Y. *Theory and method for green GDP accounting* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2004.
- [19] 吴发启, 张玉斌, 王健. 黄土高原水平梯田的蓄水保土效益分析[J]. 中国水土保持科学, 2004, 2(1): 34–37.
- WU F Q, ZHANG Y B, WANG J. Study on the benefits of level terrace on soil and water conservation [J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2004, 2(1): 34–37.
- [20] 代华龙. 川中丘陵区梯田(土)建设及其效益[J]. 中国水土保持, 1996(4): 33–41.
- DAI H L. Field work efficiency calculation of plowings and its experimental verification[J]. *Soil and Water Conservation in China*, 1996(4): 33–41.
- [21] 彭珂珊. 黄土高原粮食生产中的水土保持耕作技术[J]. 云南地理环境研究, 1999, 11(2): 68–75.
- PENG K S. Ploughing technology of soil and water conservation of grain production in Loess Plateau [J]. *Yunnan Geographic Environment Research*, 1999, 11(2): 68–75.

(责任编辑 李 娴)