

北京市生态清洁小流域建设的环境效益评估

李忠魁¹, 高发全¹, 张爽¹, 刘心竹²

(1. 中国林业科学研究院 林业科技信息研究所, 北京 100091; 2. 北京林业大学 经济管理学院, 北京 100083)

摘要: 利用环境经济学原理, 分析评估了北京市生态清洁小流域建设措施的环境效益。建立了土地整改、林木生态、湿地生态、绿化种草、污水垃圾处理 and 工程措施效益的价值计算模型, 计算了各类措施的效益价值。在此基础上, 计算分析了北京市昌平区 3 个典型生态清洁小流域建设措施的生态价值和资产价值。结果表明, 果庄、大石坡 2 个小流域的生态价值都集中在生态修复区, 所占各区域总价值的比例分别为 99.99% 和 99.42%; 而羊台子生态价值的 96.99% 则集中在生态治理区。果庄、羊台子、大石坡 3 个流域的资产价值全部集中于生态治理区, 占总资产价值的比例依次为 99.67%, 96.16%, 91.89%。

关键词: 北京; 生态清洁小流域建设; 效益评估

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)05-0196-06

中图分类号: P962

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2014.05.044

Environmental Benefits Evaluation on Ecological and Clean-type Small Watersheds in Beijing City

LI Zhong-kui¹, GAO Fa-quan¹, ZHANG Shuang¹, LIU Xin-zhu²

(1. *Research Institute of Forestry Policy and Information, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China*; 2. *College of Economics and Management, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China*)

Abstract: Environmental economic principles were utilized to analyze and evaluate the environmental achievements and benefits of measures to construct ecological and clean-type small watersheds in Beijing City. The value calculation model of efficiency of land renovation, forest ecological, wetlands, grass planting, sewage and litter management and engineering measures were developed to compute the benefits of each practice. The ecology and assets values of construction measures for 3 typical small watersheds in Changping District were analyzed. The results indicated that ecological value were concentrated in the ecological restoration area in Guozhuang and Dashipo small watersheds, which covered 99.99% and 99.42% of its total ecological value, respectively, but it was centralized in ecological management area for 96.99% in Yangtaizi. Nevertheless, the assets values of all the 3 small watersheds were centralized in ecological management area, and the percentage of the total assets were 99.67%, 96.16% and 91.89%, respectively.

Keywords: Beijing City; ecological and clean-type small watersheds construction; benefit evaluation

生态清洁小流域建设是以小流域为单元, 结合流域地形地貌特点、土地利用方式和水土流失的不同形式, 以流域内各种资源承载力为基础, 以调整人为活动为重点, 坚持生态优先的原则, 将流域从山顶到河谷依次划分为生态修复区、生态治理区、生态保护区进行管理, 并实施综合治理措施。生态清洁小流域建设的目标是促进人与自然和谐相处, 实现流域水土资源可持续利用、生态环境可持续维护、经济社会可持续发展^[1]。

关于小流域建设环境效益评估, 国内外通行的做

法一般是参照小流域综合治理效益评估的分析思路, 即根据评价的目的和原则确定评价指标体系, 依据重要性或作用大小确定指标权重, 在此基础上选择适用的数据处理方法, 计算出流域治理的经济效益、生态效益和社会效益指标值^[2]。对生态清洁小流域建设效益进行评估的案例少见, 典型研究是马丰丰等^[3]以生态清洁小流域为研究对象, 从工程建设的角度出发, 在生态修复、生态治理和生态保护 3 方面选取了植被覆盖率、树种结构指数、林种结构指数等 20 个指标, 按 3 个层次构建了生态清洁小流域评价指标

体系,并确定了各评价指标因子的计算方法和评判标准。从环境经济学的角度分析,现有的效益评价方法还有待改进,对小流域的评价停留在治理前后流域生产力的简单对比阶段,缺乏对数据深入科学的定量分析;没有统一规范和能被广泛认可的效益评价体系。各效益评价指标的内涵界定和数量确定因人而异,指标计算模型及其参数的设定不具有可比性。

本文基于实地调研和相关成果^[4],应用环境经济学原理与方法,拟对北京市生态清洁小流域建设环境效益进行综合评估,以期把建设效益定量化、货币化,扩展和深化效益的范围,发展效益评价的理论与方法。并将研究结果用于指导建设措施的选择与布设和投入产出分析,服务于流域治理实践和发展。

1 生态清洁小流域建设环境效益评估方法

生态清洁小流域建设环境效益评估方法的建立,是在确定评估指标的基础上,根据指标的内涵通过实验、分析建立计算模型,应用环境经济学原理与方法,将环境效益以货币价值的形式反映出来。基本计算方法有市场价值法、条件价值法、旅行费用法、享乐价格法等,具体计算时还有影子工程法、地下径流增长法和采伐损失法等各种方法。

1.1 效益界定

北京市生态清洁小流域建设对于改善自然、经济与社会条件具有十分重要的意义。其效益主要体现在以下 5 个方面^[1]:即保护水资源,保护土地资源,改善环境条件,改善人类生活质量和改善经济社会条件。

1.2 环境效益计算方法

生态清洁小流域建设措施分为林木种植等生物类和土木修建等工程类,其综合效益基于环境经济学原理,以价值的形式来反映。生物类主要计算生态效益价值,工程类主要计算实物资源价值。根据北京市生态清洁小流域建设措施的实施情况,主要研究以下 6 种措施的环境价值。

1.2.1 土地整改的价值 土地整改包括坡地改梯田、方地,修等高垅,以鱼鳞坑营造防护林等水土保持措施。土地整改的价值可用以下公式计算^[5]:

$$V_i = S_i \cdot (P_1 - P_0) \quad (i=1,2) \quad (1)$$

式中: V_i ——土地整改的价值(元); S_1 ——造林面积(hm^2); S_2 ——种草面积(hm^2); P_1 ——采取造林、种草等措施后的土地年租赁价格(元/ hm^2); P_0 ——荒山、荒坡等未采取任何措施的土地年租赁价格(元/ hm^2)。

在北京山区,采取造林、种草等措施后的土地年租赁价格分别为 6 000 和 600 元/ hm^2 。两者的差值为土地整改的价值量 5 400 元/ hm^2 。

1.2.2 林木生态效益价值 水土保持林、经济林,用乔灌木建造园林,建造绿篱等是生态清洁小流域建设的主要措施。考虑到结果期,经济林未统计林果产出。

生态蓄水的价值。林地拦蓄降水的总量是降水量与林地蒸散量及其他消耗的差。其计算公式为:

$$Y = 10A(P - E - C) \quad (2)$$

式中: Y ——林地拦蓄水量(m^3/a); A ——森林拦蓄降水面积(hm^2); P ——降水量(mm/a); E ——蒸散量(mm/a); C ——地表径流量(mm/a)。

林区蒸散量约占年总降水量的 60%,林地拦蓄降水价值相当于等容量水库的价值,计算价格可用水库拦蓄水的建造成本 100 元/ m^3 。北京山区林地面积增加 $1.69 \times 10^5 \text{ hm}^2$,年降水量 584 mm,以此推算,林地拦蓄水量的价值为 400.23 亿元,年产出价值 66.70 亿元或 23.64 万元/ hm^2 。

净化水质的价值。研究表明,有水源涵养林的流域,其水质达到国家地面水质标准的 I, II 类,优于其所属河流和水库的水质。净化水质价值的计算公式为:

$$U_{\text{水质}} = 10KA(P - E - C) \quad (3)$$

式中: $U_{\text{水质}}$ ——林分年净化水质价值(元/a); A ——林分面积(hm^2); P ——降水量(mm/a); E ——林分蒸散量(mm/a); C ——地表径流量(mm/a); K ——水的净化费用(元/t)。在北京山区, $P=638.8 \text{ mm}/\text{a}$, $E=383.3$, C 的数量很小,此处忽略不计; $K=2.09$ 。

据测算,得到生态清洁小流域建设净化水质价值量为 5.34×10^3 元/ hm^2 。

减少土地损失的价值。生态清洁小流域建设各项措施均具有保土作用。减少土地损失的价值计算公式为:

$$E_{gt} = T_{gt} r_{gt} / (\rho h) \quad (4)$$

式中: E_{gt} ——固持土壤价值(元); T_{gt} ——措施的保土量(t); r_{gt} ——土地的相应生产力(元/ hm^2),在此按 1 hm^2 造价 1.5 万元计算; ρ ——土壤容重(g/cm^3),平均为 $1.10 \text{ g}/\text{cm}^3$ ($1.10 \text{ t}/\text{m}^3$); h ——北京山区土壤耕作层平均厚度为 30 cm。

其中,保土量 T_{gt} 的计算公式为:

$$T_{gt} = A_f \delta_{sj} \quad (5)$$

式中: A_f ——林草保持综合措施的实施面积(hm^2); δ_{sj} ——土壤侵蚀平均模数 [$\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$],此处取值 $1\ 214.50 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。

根据北京市林业局的研究结果,桦树林、栎树、山杨林、椴树林和落叶松林等林地比无林地(荒地)平均减少土壤流失量为 335.57 t/(km²·a),林地土壤容重平均为 1.10 g/cm³(1.10 t/m³)。北京市生态清洁小流域建设减少土地损失的价值为 1.5 万元/hm²。

减少土壤肥力损失的价值。用替代成本法计算,即用增施化肥的费用来代替土壤 N, P, K 损失的价值。用式(6)计算:

$$V_f = d \cdot s \cdot \sum P_{1i} \cdot P_{2i} \cdot P_{3i} \quad (6)$$

式中: V_f ——保肥效益经济评价价值(元); d ——单位面积水土流失量(t/km²); s ——林草措施面积(km²); P_{1i} ——林草土壤中氮、磷、钾含量(%); P_{2i} ——纯氮、磷、钾折合成化肥的比例(%); P_{3i} ——各类化肥的销售价(元/t)。

北京山区森林地表层土壤有机质含量平均为 3%,全氮含量平均为 0.19%,全磷含量为 0.02%,全钾含量为 0.08%,森林减少土壤流失量 335.57 t/km²。生态清洁小流域建设减少土壤肥力损失的价值量为 952.2 元/hm²。

减少泥沙淤积的价值。林木减少泥沙淤积量是无林地水土流失量与林地水土流失量的差值。减少泥沙淤积的价值计算公式为:

$$Y_{淤} = 0.24(S_{无} - S_{有})A_{林}/r_{泥} b_{建} \quad (7)$$

式中: $Y_{淤}$ ——森林减少水库泥沙淤积价值(元/a); $S_{无}$, $S_{有}$ ——无林地和有林地的水土流失量[t/(hm²·a)],分别为 1 214.5 和 300 t/(hm²·a); $A_{林}$ ——林地面积(hm²); $r_{泥}$ ——泥沙容重(t/m³), $r_{泥} = 1.28$ t/m³; $b_{建}$ ——水库建造成本(元/m³), $b_{建} = 100$ 元/m³。

同无林地相比,有林地的平均减沙率为 79.7%,减沙效果为 335.57 t/(km²·a)。生态清洁小流域建设减少泥沙淤积的价值为 1.7 万元/hm²。

减少泥沙滞留的价值。减少泥沙滞留的价值根据挖取泥沙费用和林草措施减少的泥沙淤积量计算。其计算公式如下:

$$Y_{淤} = 0.24(S_{无} - S_{有})A_{林} b_{清} \quad (8)$$

式中: $Y_{淤}$ ——森林减少泥沙淤积的价值(元/a); $S_{无}$, $S_{有}$ ——无林地和有林地的水土流失量[t/(hm²·a)],分别为 1 214.5 和 300 t/(hm²·a); $A_{林}$ ——林地面积(hm²); $b_{清}$ ——泥沙清理费用(5.08 元/t)。

生态清洁小流域建设减少泥沙滞留的价值为 1 114.96 元/hm²。

防护价值。林木的防护价值是指林木保护农田、牧场等提高有效产出的价值。防护价值的计算公式为^[6]:

$$U_{防护} = A \cdot Q_{防护} \cdot C_{防护} \quad (9)$$

式中: $U_{防护}$ ——林草措施防护价值(元); A ——林分面积(hm²); $Q_{防护}$ ——由于农田防护林,防风固沙林等的存在增加的单位面积牧草等年产量; $C_{防护}$ ——防护价值均值。据测算,农田防护林、防风固沙林和牧场防护林,3种防护价值均值为 3 824.55 元/hm²。

固碳制氧的价值。根据森林资源清查资料,按照光合作用法计算可得,北京市山地森林每年固定 CO₂ 的数量为 4.09×10⁸ t 或 1 012.91 t/hm²,提供 O₂ 的数量为 3.03×10⁵ t 或 764.92 t/hm²^[4]。固碳造林的成本为 273.3 元/t,氧气生产成本为 369.7 元/t。由此得出林木固碳价值为 27.7 万元/hm²,制氧值为 28.3 万元/hm²。

净化环境的价值。根据造林面积及森林对有害物质、噪声、幅射等的减除能力及影子价格计算。参考已有数据^[4],新增造林面积为 1.69×10⁵ hm²,净化环境的总价值为 1.30×10⁵ 元,即 7 677.5 元/hm²。

保护生物多样性的价值。生物多样性价值用替代法计算:森林采伐造成游憩及生物多样性的价值损失值为 400 \$/hm²,全球社会对保护中国森林资源的支付意愿为 112 \$/hm²。以此计算生态清洁小流域建设后由生物多样性增加所产生的生态价值。

其计算公式为:

$$U_{生物} = S_{生} \cdot A \quad (10)$$

式中: $U_{生物}$ ——林分年物种保育价值(元/a); $S_{生}$ ——单位面积年物种损失的机会成本[元/(hm²·a)]; A ——林分面积(hm²)。

根据 Shannon—Wiener 指数计算物种保育价值,此处保护生物多样性的价值量的取值即为 3 000 元/hm²。

1.2.3 湿地生态效益价值 海河流域湿地生态系统提供 12 项生态系统服务,即提供产品功能包括淡水产品,生产、生活及生态用水,芦苇产品,水电 4 项;调节功能包括气候调节,调蓄洪水,地表水调蓄,地下水补给,水质净化,固碳 6 项;文化服务功能包括娱乐休闲;支持功能包括释氧价值^[7]。参考有关数据确定北京市湿地生态系统提供的生态系统服务价值为 4.71×10⁵ 元/hm²。

1.2.4 绿花草效益价值 居民生活区绿地(草地)系统在维持碳氧平衡、净化空气、涵养水源、土壤保持、降低气温等方面具有重大价值^[8]。西湖风景区草地生态服务功能总价值 6.45 亿元/a,绿花草的价值量为 145 894.59 元/(hm²·a)。

1.2.5 污水垃圾处理效益价值 农村污水处理价值。包括处理生活污水、处理工业污水和处理养殖业污水的价值。采用成本法计算处理农村污水的价值,

即根据 1 m^3 污水的处理费用计算处理污水的价值。其计算公式为:

$$V = T \cdot f \cdot C \quad (11)$$

式中: T ——农村污水排水量(t); f ——污水处理率(%); C ——污水处理成本,取值 0.4 元/t ,即为农村污水处理价值的单位价值量。

农村垃圾处理价值可用公式(12)计算:

$$Q = T \cdot L \cdot F \quad (12)$$

式中: T ——农村生活垃圾量(t); L ——垃圾无害化处理率(%); F ——垃圾处理费用[元/(人·a)],取值为 18 元/(人·a) ,即为农村垃圾处理价值量。

1.2.6 工程措施效益价值 工程措施价值指相关水利措施等的效益产出,以成本或资金投入的3倍计算^[9];北京市森林资源环境价值(间接使用价值)是实物价值的9.36倍,此处种花、修建绿篱、建设景观小品、修筑花栏墙的环境效益价值以实施成本的9倍计算^[10]。

典型生态清洁小流域的治理效益评价的主要方法有生态功能评估法和成本法。对封育保护、栽园林乔灌木、栽植绿化树种和绿花草效益等生物措施的生态价值,用生态功能评估法,评估内容包括涵养水源、保护土壤、固碳、制氧、净化环境、保护生物多样性共6项,造水土保持林、种植经济林和栽植绿化树种的生态价值分别增加了农田防护功能、实物产出、美化环境共3种价值。

治理措施中的封禁标牌、生态治理标牌和设生态保护标牌所用的成本法是指制作成本;种花和修建绿篱是用生态功能评估法和成本法计算生态价值和成本价值;其余25项治理措施均使用成本法计算修筑成本价值。

在实施效果中,垃圾处理率的评价方法是成本法,年污水处理量使用的生态功能评估法,主要包含涵养水土、减少水土流失面积和土壤侵蚀量。

根据北京市生态清洁小流域建设措施种类和效益计算模型,得出各项措施的效益和成本(如表1所示)。

2 北京市典型生态清洁小流域建设环境效益评估

2003年以来,针对北京市水少,水脏的实际情,北京市逐步确立了以水源保护为中心,构筑“生态修复、生态治理、生态保护”三道防线,建设生态清洁小流域,促进人与自然和谐相处的思路。生态清洁小流域建设以“生态优先,治污为本,保护水源,促进发展”为总原则,以小流域村庄(点)、沟道(线)、坡面(面)为治理对象,针对“生态修复区、生态治理区、生态保护区”内水土流失、水环境、水土资源开发利用、人类

活动不同的特点,结合生态清洁小流域建设目标,因地制宜,因害设防,分区布设工程、生物、农业等各种防治措施。生态清洁小流域建设在保护水源,维护河库健康生命,促进新农村建设方面发挥了重要作用。

果庄小流域位于昌平西北部,距著名景区十三陵9 km,距110国道45~50 km,总面积23 km²。实施治理措施之前,该流域存在的主要问题:(1)水体污染;(2)果树无树盘;(3)石坎梯田损坏;(4)交通安全隐患。

羊台子村位于昌平区北部山区龙潭沟内,距八达岭长城仅2 km。目前羊台子村共有民俗旅游户56户,2012年旅游收入130万元,人均劳动所得达1万余元。实施治理措施之前,该流域存在的主要问题:(1)沟道垃圾杂物多,影响排洪;(2)梯田地坎年久失修,水资源利用率低;(3)水土流失和水污染严重。

大石坡流域位于昌平区南口镇西部,总体上分为两部分,一是大石坡沟内,涉及到新元村和兴隆口村;二是沟外山前暖带,涉及到马坊、后洼、前洼、长水峪、檀峪、花塔等村。

涉及到山场面积875.8 hm²。水库3座,后洼村水沟水库,檀峪水库,花塔水库。根据昌平区重点沟域经济发展规划,该流域的发展模式将是一种集生态治理、新农村建设、种植养殖业、民俗旅游业、观光农业发展为一体的山区区域经济。实施治理措施之前,该流域存在的主要问题如下:(1)生活污水影响环境;(2)垃圾淤积沟道;(3)田坎损毁严重;(4)无灌溉设施;五是道路差。

依据存在的主要问题,各生态清洁小流域建设采取了植树绿化、修建水利工程设施和管理措施等。可以看出,生态修复区3个流域均采取了封禁标牌和封育保护的管理措施,以减少人为活动,充分利用自然的自我设计与恢复的能力,达到“养山保水”为目的。其主要目标是保护山顶的绿色植被。因而,该区域的环境价值主要是绿色植物的生态效益价值,3个流域生态修复区的生态效益价值主要取决于修复区面积,依大小次序排列为:羊台子>大石坡>果庄。

生态保护区位于流域的山麓或山脚地带,多河流、湿地等,布设措施以确保河(沟)道清洁,控制侵蚀,改善水质,美化环境,维护湖库及河流健康安全为目的,主要有布设岸坡保护、沟(河)道清理整治、建格滨网防护坝、河岸步道、修建护地坝和栽植绿化树种等措施。该区域的环境价值主要体现为湿地恢复和沟(河)道清理整治的成本价值。果庄无此内容,羊台子的成本价值高于大石坡。

表 1 各类措施的效益和成本核算

项目	治理措施	效益/元	成本	核算依据	
生态 修复区	封禁标牌/块	—	1 500.00		
	封育治理/(hm ² ·a ⁻¹)	850 073.63	333.11		
	生态治理标牌/块	—	1 500.00		
	造水土保持林/hm ²	850 073.63	—		
	种植经济林/hm ²	850 073.63	105 967.74	延庆县投资概算书	
	建土树盘/个	—	7.30	延庆县投资概算书	
	建干砌石树盘/个	—	74.77	延庆县投资概算书	
	栽园林乔灌木/m ²	85.00	28.34	延庆县投资概算书	
	栽植绿化树种/棵	85.00	178.47	延庆县投资概算书	
	绿花种草/m ²	14.49	9.61	草皮铺种	
	种花/m ²	14.59	3.75	草本、目标和花坛等的平均价格	
	修建绿篱/m	7.30	2.61	单排绿篱	
	建设景观小品/m ³	—	133.98	延庆县投资概算书	
	修筑花栏墙/m ²	—	245.93	带空花的砖砌墙	
生态 治理 区	干砌石护地坝/m ³	—	185.34	各种护地坝的平均价格	
	建挡土墙/m ³	—	118.60	浆砌石	
	砖挡土墙/m ²	—	249.45		
	干垒挡土墙/m ²	—	362.87	干垒挡土墙	
	护村坝/m ³	—	252.03		
	建防护坝/m	—	2 713.57	怀柔区京津风沙源小流域综合治理工程初步设计概算	
	干砌谷坊/m	—	953.00		
	砌筑谷坊/座	—	1 647.80	按 70 m ³ 的人工夯实土方量计算(延庆县投资概算书)	
	整修梯田/hm ²	—	19 235.89	推土机修筑土坎梯田的平均价格	
	水源工程/处	—	2 381.46	延庆县投资概算书	
	灌溉工程/hm ²	—	15 366.88	延庆县投资概算书	
	排水工程/m	—	186.24	普通混凝土管水泥砂浆抹带接口	
	排洪渠/m	—	378.67	延庆县投资概算书	
	污水处理站/座	—	5 000.00	集水井(φ1.5 m×3.5 m)	
	铺设污水管线/m	—	105.56	延庆县投资概算书	
	砌检查井/座	—	969.19	4-3-34,圆形,井径为 1 m,井深为 0.8 m	
	设置垃圾箱/个	—	375.00		
	修田间道路/m	—	350.76	延庆县投资概算书	
	修街坊道路/m	—	350.76	延庆县投资概算书	
	浆砌石人行步道/m ²	—	124.03	怀柔区京津风沙源小流域综合治理工程初步设计概算	
	建便桥/m ²	—	4 178.94	木桥	
	栅栏/m	—	135.00	PVC 护栏	
	生态 保 护 区	设生态保护标牌/个	—	1 200.00	怀柔区京津风沙源小流域综合治理工程初步设计概算
		恢复湿地/m ²	—	4 881.25	怀柔区京津风沙源小流域综合治理工程初步设计概算
		草护坡/m ²	—	13.39	
		护岸工程/m ²	—	61.33	沉排护岸
护坡工程/m ³		—	121.61	干砌卵石	
岸坡保护/m		—	2 713.57	怀柔区京津风沙源小流域综合治理工程初步设计概算	
河岸步道/m		—	232.00	延庆县投资概算书	
修护地坝/m ³		—	185.34	延庆县投资概算书	
沟(河)道清理整治/m ³		—	42.62	怀柔区京津风沙源小流域综合治理工程初步设计概算	
砂石坑清理/m ²		—	42.62	怀柔区京津风沙源小流域综合治理工程初步设计概算	

注:①造林、种草、种花、建绿篱等措施计算生态功能效益和成本价值;②建筑工程类措施主要利用建筑成本计算资产价值;③经济林只考虑生态效益暂不考虑经济产出;④每棵树的绿化面积按 1 m² 计算;⑤绿篱每 2 m 按 1 m² 计算效益;⑥建防护坝的数据用护坡成本代替;⑦建设景观小品的成本按碎石垫层的成本计算;⑧挡土墙截面积按 1 m² 计算;⑨河道整治清理断面面积按 0.2 m² 计算;⑩成本核算的单位为元/单位治理措施。

生态治理区是生态清洁小流域建设的主要部位,以加强水利保护基础设施建设,控制点面源污染,调整产业结构,改善生产条件和人居环境为目的,主要实施了栽植绿化树种、修建绿篱、垒树盘、造水土保持

林、干砌石护地坝、整修梯田、建挡土墙、建防护坝、灌溉工程、排洪渠、排水工程、修田间道路、修街坊道路、修筑花栏墙、设置垃圾箱等措施。果庄、羊台子、大石坡均实施了栽园林乔灌木的措施,面积分别为 726,

43 000,27 206 m²。同时,果庄还实施了 2 种植物措施,如垒树盘 3 615 个。建设景观小品 6 处,以及 6 项工程措施。如建挡土墙 358 m,整修梯田 10.13 hm² 等。羊台子实施了种植 5.07 hm² 的经济林和建挡土墙 2 000 m,整修梯田 56 hm² 等 4 项工程措施,大石坡则实施了 9 种工程措施,主要有修田间道路 1 887.8 m,铺设污水管线 530 m 及修筑梯田 85 hm² 等。这些措施与当地自然条件与社会经济环境改善的要求是相符的,体现了较为显著地环境效用。

计算结果表明(表 2),3 个流域的生态价值和资

产价值的平均值分别为 1.29×10^6 和 6.01×10^3 元,其中,羊台子的生态价值和资产价值远高于平均值,分别为 3.77×10^6 和 1.70×10^4 元,原因是较大的封育保护面积和园林乔灌木栽植面积增加了绿色植物生态服务价值,生态保护区的湿地恢复和沟道治理整治具有较大成本价值。

果庄的生态修复区、治理区的生态价值占环境价值的比例分别为 99.99%,0.01%。资产价值占总资产价值的比例分别为 0.33%,99.67%,生态修复区总价值占治理效益总价值的比例为 99.13%。

表 2 北京市昌平区典型生态清洁小流域建设环境价值

项目	治理措施	果庄			羊台子			大石坡		
		数量	生态价值/万元	资产价值/万元	数量	生态价值/万元	资产价值/万元	数量	生态价值/万元	资产价值/万元
生态修复区	封禁标牌/块	3	—	1.35	4	—	1.80	4	—	1.80
	封育保护/km ²	5.57	47 349.10	—	13.35	113 484.83	—	7.67	65 200.65	0.26
	小计		47 349.10	1.35		113 484.83	1.80	—	65 200.65	2.06
生态治理区	垒树盘/个	3 615	—	7.92	—	—	—	—	—	—
	种植经济林/hm ²	—	—	—	5.07	430.99	53.73	—	—	—
	栽园林乔灌木/m ²	726	6.17	—	43 000	3 655 316.61	121.86	27 206	231.25	77.10
	建设景观小品/处	6	—	0.24	—	—	—	—	—	—
	砌筑谷坊/座	—	—	—	—	—	—	10	—	4.94
	建挡土墙/m	358	—	12.74	2 000	—	71.16	—	—	—
	水源工程/处	—	—	—	—	—	—	1	—	0.71
	整修梯田/hm ²	10.13	—	58.46	56	—	323.16	85	—	137.70
	污水处理站/座	3	—	4.50	—	—	—	3	—	4.50
	水源工程/处	—	—	—	1	—	0.71	—	—	—
	铺设污水管线/m	8 523	—	269.91	—	—	—	530	—	16.78
	砌检查井/座	186	—	54.08	—	—	—	19	—	5.52
	建便桥/座	3	—	3.76	—	—	—	1	—	1.25
	修田间道路/m	—	—	—	—	—	—	1 887.8	—	198.65
	灌溉工程/hm ²	—	—	—	2	—	9.22	1.13	—	5.21
小计			6.17	411.60		3 655 747.60	579.85		231.25	452.38
生态保护区	恢复湿地/m ²	—	—	—	31 700	—	15 473.56	200.00	—	97.63
	沟道治理整治/m ³	—	—	—	71 500	—	914.20	16 665	—	14.21
	小计	—	—	—	—	—	16 387.76	—	—	111.83
环境价值合计		—	47 355.27	412.95	—	3 769 340.67	17 042.90	—	65 431.90	566.27

羊台子的生态修复区、治理区、保护区和实施效果的生态价值占环境价值的比例分别为 3.01%,96.99%,0 和 0。资产价值占总资产价值的比例分别为 0.01%,3.4%,96.16%,0.43%,生态治理区总价值占治理效益总价值的比例为 98.68%。

大石坡的生态修复区、治理区、保护区和实施效果中的生态价值占环境价值的比例分别为 99.42%,0.35%,0.17%,0.06%。资产价值占总资产价值的比例分别为 0.42%,91.89%,0 和 7.69%,生态修复区总价值占治理效益总价值的比例为 98.68%。

总体来说,3 个小流域建设措施的生态价值分布规律是,生态修复区、治理区、保护区和实施效果的生态价值占环境价值的比例分别为 67.47%,32.45%,0.06%和 0.02%,资产价值占总资产价值的比例分别为 0.25%,64.99%,32.05%和 2.71%。环境价值数据清晰地反映了工程措施与生物措施的布局特点,说明了不同治理区主导措施的效益。结果还显示,生态价值比例高的流域,主要是采取了以造林为主的生物措施;资产价值比例高的流域,主要是采取了工程措施。

(下转第 207 页)

- 状及生物学特性的影响[J]. 水土保持学报, 2009, 23(5): 215-218.
- [4] Bertin C, Yang Xiaohan, Weston L A. The role of root exudates and allelochemicals in rhizosphere[J]. Plant Soil, 2003, 256(1): 67-83.
- [5] Nye P H. On estimating the uptake of nutrients solubilized near roots or other surfaces[J]. European Journal of Soil Science, 1984, 35(3): 439-445.
- [6] Norton J M. Carbon flow in the rhizosphere of Ponderosa pine seedlings[J]. Soil Biology & Biochemistry, 1990, 22(4): 149-155.
- [7] Wang Xiaoping, Zabowski D. Nutrient composition of Douglas-fir rhizosphere and bulk soil solutions[J]. Plant Soil, 1998, 200(1): 13-20.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [9] 杨守军. 根系调控对枣树(冬枣)生长及代谢影响的效应研究[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2010.
- [10] 刘方春, 邢尚军, 马海林, 等. PGPR 生物肥对甜樱桃 (*Cerasus pseudocerasus*) 根际土壤生物学特征的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2012, 18(5): 722-727.
- [11] 李潮海, 王小星, 王群, 等. 不同质地土壤玉米根际生物活性研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(2): 412-418.
- [12] 孙瑞莲, 赵秉强, 朱鲁生, 等. 长期定位施肥对土壤酶活性的影响及其调控土壤肥力的作用[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(4): 406-410.
- [13] Drever J I, Vance G F. Role of soil organic acids in mineral weathering process[C]// MPittman E D, Lewan M D. Organic Acids in Geological Process. New York: Springer-Verlag, 1994: 138-161.
- [14] 杨洪强, 接玉玲, 张连忠. 断根和剪枝对盆栽苹果叶片光合蒸腾及 WUE 的影响[J]. 园艺学报, 2002, 29(3): 197-202
- [15] Campbell R, Greaves M P. Anatomy and community structure of the rhizosphere[M]// Lynch J M. The Rhizosphere. Chichester: John Wiley and Sons, 1990: 11-34.
- [16] 侯杰, 叶功富, 张立华, 等. 林木根际土壤研究进展[J]. 防护林科技, 2006(1): 30-33.
- [17] 刘久俊, 方升佐, 谢宝东. 生物覆盖对杨树人工林根际土壤微生物、酶活性及林木生长的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(6): 1204-1210.
- [18] 傅友. 果树根剪控冠技术研究[J]. 园艺学报, 1993, 20(4): 346-352.
- [19] 蒋秋怡, 叶仲节. 杉木根际土壤特性的研究(I): 杉木根际与非根际土壤化学性质的比较[J]. 浙江林学院学报, 1990, 7(2): 122-126.
- [20] 井大炜, 邢尚军, 马海林, 等. 鸡粪与化肥配施对杨树根际土壤生物学特征及养分吸收的影响[J]. 水土保持学报, 2012, 26(3): 97-101.

(上接第 201 页)

3 结论

生态清洁小流域建设对于保护水资源和土地资源, 改善环境条件、人类生活质量和经济社会条件具有十分重要的意义。北京市生态清洁小流域建设措施分为林木种植等生物类和土木修建等工程类, 本研究利用环境经济学原理, 分析了建设措施的环境效益及其价值, 建立和应用了土地整改、林木生态效益、湿地生态效益、绿花种草效益、污水垃圾处理效益和工程措施效益价值计算模型, 计算了各类措施的效益价值。

在此基础上, 计算分析了北京市昌平区 3 个典型生态清洁小流域建设效益的生态价值和资产价值。结果表明, 生态清洁小流域建设通过生态建设措施和各类水利、水保措施的实施, 明显改善了山区生产和生活条件, 具有重大的生态环境效益。果庄、大石坡 2 个小流域的生态价值都集中在生态修复区, 所占比例依次为 99.99%, 99.42%, 羊台子生态价值的 96.99% 则集中在生态治理区。果庄、羊台子、大石坡 3 个流域的资产价值全部集中于生态治理区, 所占比例依次为 99.67%, 96.16%, 91.89%。

[参 考 文 献]

- [1] 毕小刚, 杨进怀, 李永贵. 北京市建设生态清洁型小流域的思路与实践[J]. 中国水土保持, 2007(9): 18-20.
- [2] 董仁才, 余丽军. 小流域综合治理效益评价的新思路[J]. 中国水土保持, 2008(11): 22-24.
- [3] 马丰丰, 田育新, 罗佳, 等. 生态清洁小流域评价指标体系的构建[J]. 湖南林业科技, 2010, 37(3): 82-84.
- [4] 李忠魁, 杨进怀, 宋如华, 等. 北京山区水利富民工程的环境价值评估[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 163-167.
- [5] 国家林业局. LY/T 1721—2008 森林生态系统服务功能评估规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [6] 吴岚, 秦富仓, 余新晓, 等. 水土保持林草措施生态服务功能价值化研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(9): 20-24.
- [7] 江波, 欧阳志云, 苗鸿, 等. 海河流域湿地生态系统服务功能价值评价[J]. 生态学报, 2011, 31(8): 2236-2244.
- [8] 陈波, 卢山. 杭州西湖风景区绿地生态服务功能价值评估[J]. 浙江大学学报, 2009, 35(6): 686-690.
- [9] 王浩, 尹明万, 秦大庸. 水利建设边际成本与边际效益评价[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 126-127.
- [10] 高云峰, 江文涛. 北京市山区森林资源价值评价[J]. 中国农村经济, 2005(7): 19-29.