

秋浦河流域生态补偿标准实证研究

张乐勤¹, 许信旺¹, 曹先河², 荣慧芳¹

(1. 池州学院 资源环境与旅游系, 安徽 池州 247000; 2. 石台县林业局, 安徽 石台 245100)

摘要: 流域生态补偿标准是流域生态补偿研究的核心内容, 国内外对此观点不一。以秋浦河为例, 以 2007 年为基准, 采用国家林业局发布的“森林生态系统服务功能评估规范(LY/T1721-2008)”, 评估了其上游生态服务价值为 5.47 亿元。并基于“外部性理论”提出了流域生态补偿标准应本着因地制宜原则, 视生态服务的空间差异而定。补偿的上限为外部经济性行为的全部, 即生态服务价值的全部 5.47 亿元, 补偿的下限为生态系统服务功能中主导效应因子的价值, 即直接使下游受益的水源涵养及土壤保育价值 2.16 亿元。

关键词: 秋浦河; 生态服务价值; 生态补偿标准

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)02-0238-04

中图分类号: S718.557

Ecological Compensation Standard for Qiupu River Basin

ZHANG Le-qin¹, XU Xin-wang¹, CAO Xian-he², RONG Hui-fang¹

(1. Resource Environment and Tourism Department, Chizhou College, Chizhou, Anhui 247000, China;

2. State Forestry of Shitai, Shitai, Anhui 245100, China)

Abstract: Ecological compensation standard constitutes the core of payment for watershed ecosystem, on which tremendous amount of researches have been done with debating perspectives. Based on the “Assessment Standard for Forest Ecosystem Services (LY/T1721-2008)” published by the Department of Forestry, a case study was conducted on the forest ecosystem of Qiupu River in the base year of 2007. The results show that total value of the forest ecosystem services was about 5.47×10^8 yuan. Based on the externality principle, ecological compensation standards should be established according to spatial variations of ecosystem services. The upper limit of ecological compensation should not be higher than the total value of forest ecosystem services, while the lower limit should be set as the value of the leading function (e. g, water resources conservation and soil conservation), which was 2.16×10^8 yuan for the study site.

Keywords: Qiupu River; ecosystem service value; ecological compensation standard

流域水环境保护的生态补偿是 4 类生态补偿补偿之一^[1], 流域生态补偿标准是建立流域生态补偿机制的关键和难点所在, 是实施生态补偿研究的核心内容。目前国际上普遍接受补偿机会成本的观点^[2], 已有不少例案^[3-4]。国内大多学者主张生态补偿标准理论上为生态服务价值的全部^[2], 现实层面, 对补偿标准观点不一。毛显强^[5]的研究表明, 与资源相关的成本归结为两种类型, 一是生态服务功能价值, 二是产权主体的机会成本, 由于生态系统服务功能价值难以准确计算, 且常常数字巨大, 支付生态服务功能价值难以实现, 因而, 主张补偿产权主体环境经济行为的机会成本; 任勇^[6]等主张补偿包括生态建设和保护的额外成本和发展损失的机会成本, 额外成本是指被补偿主体为了完成国家环境保护相关法律对所有(地区)人规定

的基本责任以外的要求而投入的生态建设和保护成本, 发展机会成本是指被补偿地区为了保护环境限制了一些污染和破坏生态的产业发展等经济活动而带来的损失; 王金南^[7]主张根据生态服务价值核算结果进行协商确定补偿标准; 谢利玉^[8]主张以补偿保持生态系统健康、持续发挥服务所需的各项经营成本为基础来确定补偿金额; 张耀启^[9]的研究表明, 补偿额不仅取决于生态产品的效应大小, 而且取决于生产者花费的机会成本和需求者的边际效用; 温作民^[10]的研究表明, 补偿标准应介于生态服务价值与放弃发展机会成本之间, 根据受益地区的经济承受能力采取综合评价方法, 最终提出补偿标准。实践方面, 沈满洪^[11]从供给与需求方面, 以千岛湖地区为研究载体分析了生态保护投入限制发展机会成本, 从成本角度提出了

补偿标准的计算方法。中国水利水电科学研究院^[12]在新安江流域生态补偿中,在核算上游生态保护投入的基础上,按流域生态共建共享理念,提出了按共享区内各地区受益主体的受益比例作为补偿标准。

鉴于对流域生态补偿标准下限,理论界尚未形成共识的现实,本研究以长江一级支流秋浦河为例,采用实证研究、比较研究和文献研究等方法,在评估生态服务价值基础上,实证提出秋浦河流域生态补偿标准的下限,理论层面,可为我国小流域生态补偿标准研究提供借鉴;现实层面,也可为政府部门对秋浦河流域上、下游间的生态补偿问题提供决策依据,具有重要的理论价值与现实意义。

1 秋浦河流域概况

秋浦河系长江支流,位于安徽省池州市境内,上游主体在石台县,下游在贵池区,全长 145.3 km,流域总面积 2 828 km²^[13]。石台县地形以低山、高丘为主,气候属于中亚热带湿润季风气候,石台县森林资源丰富,森林总面积 111 000 hm²^[14],其中,阔叶林面积 58 410 hm²,针叶林面积 41 098 hm²,灌木林面积 5 344 hm²^[32],森林覆盖率 81.7%^[14]。

2 秋浦河上游森林生态系统生态服务价值评估

2.1 评估方法与指标选取

中国林业科学院基于全国森林生态系统基础上创立了 LY/T1721-2008 评估法^[15]。本研究采用该方法对秋浦河上游森林生态系统生态服务价值进行评估。LY/T1721-2008 评估法指标类别包括 8 方面,指标因子包括 14 方面(表 1)。计算公式采用表 2 中公式进行计算。

2.2 数据来源

数据来源分为 3 个方面,包括社会公用数据、文献获取数据和研究地域数据。其中,阔叶林、针叶林、灌木林面积由石台县林业局曹先河提供。计算结果如表 3 所示。

2.2.1 社会公用数据 来源于中国林业科学院创立的 LY/T1721-2008 评估规范。其中,C_库取 6.110 7 元/t;K 取 2.09 元/t;C_土取 12.6 元/m³;R₁取 14.0%;R₂取 15.01%;R₃取 50%;C₁取 2 400 元/t;C₂取 2 200 元/t;C₃取 320 元/t;C_碳取 1 200 元/t;C_氧取 1 000 元/t;K_{负离子}取 5.818 5 × 10⁻¹⁸ 元/个;K_{二氧化硫}为 1.2 元/kg²;K_{氮氧化物}为 0.63 元/kg²;K_{氟化物}为 0.69 元/kg²;K_{滞尘}取 0.15 元/kg²。

2.2.2 文献获取数据 来源于公开发表学术期刊中

同类研究成果。其中,E 为 742.2 mm/a^[17];R_碳为 27.27%^[18];(X₂-X₁)根据邱玮玮等^[16],取安徽省针叶林、阔叶林和灌木林 3 种林地侵蚀模数差值的平均值 316.86 t/(hm²·a);ρ 取 1.3 t/m³^[19];B_年由单位面积木材蓄积量 49.44 t m³/(hm²·a)^[16]及木材绝对干质量换算 1 m³=0.46t^[20]得 22.742 4 t/(hm²·a);F_{土壤碳}取 3.297 t/(hm²·a)^[21];B_{年氧}取 2.589 t/(hm²·a)^[21];Q_{负离子}取 5 500 个/cm³^[22];L 采用浙江林学院章志攀等人在浙江省科技计划项目(2003C33057)中数据,为 20 min;Q_{二氧化硫}^[18]阔叶林取 88.65 kg/(hm²·a),针叶林取 215.60 kg/(hm²·a);Q_{氮氧化物}^[18]阔叶林、针叶林均取 6.0 kg/(hm²·a);Q_{氟化物}^[18]阔叶林取 4.65 kg/(hm²·a),针叶林取 0.5 kg/(hm²·a);Q_{滞尘}^[23]阔叶林取 10 110 kg/(hm²·a),针叶林取 33 200 kg/(hm²·a);N_{营养},P_{营养},K_{营养}根据宋君等^[24]计算结果分别为 0.0067%,0.0445%,0.8904%;S_生为 1 780.74 元/(hm²·a)^[16]。

表 1 森林生态系统生态服务价值评估指标体系

价值类型	指标类别	指标因子	
生态服务价值	涵养水源	调节水量	
		净化水质	
	保育土壤	固土	
		保肥	
	固碳释氧	固碳	
		释氧	
	净化大气环境	提供负离子	
		吸收污染物	
		滞尘	
	其他	降低噪声	
		积累营养物质	林木营养积累
		森林防护	森林防护
		生物多样性保护	物种保育
		森林游憩	森林游憩

2.2.3 研究地域数据 来源于池州年统计年鉴,石台县林业局,石台县水土保持站提供及实地调研资料。其中,A 为 111 000 hm²^[14];A_{阔叶林}为 58 410 hm²;A_{针叶林}为 41 098 hm²;A_{灌木林}为 5 344 hm²;C 由研究区地表径流总量 5.56 × 10⁹ m³^[14]及面积 1 403 km²^[14],计算得 C 为 396 mm/a;N,P,K,M 根据程鹏伟提供分别为:0.12%,0.059%,1.68%,0.68%;H 实地测量为 6 m。

3 秋浦河流域生态补偿标准

3.1 秋浦河流域生态补偿上限标准

秋浦河上游石台县居民保护森林的行为使位于

下游贵池区的居民受益(享受水质清澈、降低洪涝灾害发生频率),属环境外部经济性行为。“外部性理论”,“公共产品理论”,法学的价值论和可持续发展理论^[1,5,25]认为,下游地区应给予上游地区补偿,以使上游保护生态环境的外部性行为“内部化”。根据环境经济学外部性理论^[26],当外部边际成本等于外部收

益时可达到环境效益最大化,基于此,流域生态最佳补偿额是外部经济性行为的全部,即私人成本与社会成本的差额,因此,流域上游生态系统服务价值可作为补偿标准的上限^[2]。2007年,秋浦河流域上游生态系统生态服务价值为 54 665.42 万元,此价值可做为补偿的上限。

表 2 秋浦河上游森林生态系统生态服务价值评估公式

指标类别	指标因子	计算公式
涵养水源	调节水量	$U_{\text{调}} = 10 \cdot C_{\text{库}} \cdot A \cdot (P - E - C)$
	净化水质	$U_{\text{水质}} = 10 \cdot K \cdot A \cdot (P - E - C)$
保育土壤	固土	$U_{\text{固}} = A \cdot C_{\text{土}} \cdot (X_2 - X_1) / \rho$
	保肥	$U_{\text{肥}} = A \cdot (X_2 - X_1) \cdot (N \cdot C_1 / R_1 + P_{\text{磷}} \cdot C_1 / R_2 + K \cdot C_2 / R_3 + M \cdot C_3)$
固碳释氧	固碳	$U_{\text{碳}} = A \cdot C_{\text{碳}} \cdot (1.63R_{\text{碳}} \cdot B_{\text{年}} + F_{\text{土壤碳}})$
	释氧	$U_{\text{氧}} = 1.19C_{\text{氧}} \cdot A \cdot B_{\text{年氧}}$
净化大气环境	提供负离子	$U_{\text{负离子}} = 5.256 \cdot 10^{15} \cdot A \cdot H \cdot K_{\text{负离子}} \cdot (Q_{\text{负离子}} - 600) / L$
	吸收污染物	$U_{\text{吸}} = K_{\text{二氧化硫}} \cdot Q_{\text{二氧化硫}} \cdot A + K_{\text{氮氧化物}} \cdot Q_{\text{氮氧化物}} \cdot A + K_{\text{氟化物}} \cdot Q_{\text{氟化物}} \cdot A$
	滞尘	$U_{\text{滞尘}} = K_{\text{滞尘}} \cdot Q_{\text{滞尘}} \cdot A$
	降低噪声	$U_{\text{噪声}} = K_{\text{噪声}} \cdot A$
积累营养物质	林木营养积累	$U_{\text{营养}} = A \cdot B_{\text{年}} \cdot (N_{\text{营养}} \cdot C_1 / R_1 + P_{\text{营养}} \cdot C_1 / R_2 + K_{\text{营养}} \cdot C_2 / R_3)$
森林防护	森林防护	$U_{\text{防护}} = A \cdot Q_{\text{防护}} \cdot C_{\text{防护}}$
生物多样性保护	物种保育	$U_{\text{生物}} = S_{\text{生}} \cdot A$
森林游憩	森林游憩	根据邱玮玮等方法 ^[16]

注:(1)表中公式来源于 LY/T1721-2008 森林生态系统服务功能评估规范^[15]。(2)表中公式: $U_{\text{调}}$ ——调节水量价值(元/a); $U_{\text{水质}}$ ——净化水质价值(元/a); $U_{\text{固}}$ ——固定土壤价值(元/a); $U_{\text{肥}}$ ——保持土壤肥力价值(元/a); $U_{\text{碳}}$ ——固碳价值(元/a); $U_{\text{氧}}$ ——释氧价值(元/a); $U_{\text{负离子}}$ ——提供负离子价值(元/a); $U_{\text{吸}}$ ——吸收污染物价值(元/a); $U_{\text{滞尘}}$ ——滞尘价值(元/a); $U_{\text{噪声}}$ ——降低噪声价值(元/a); $U_{\text{营养}}$ ——积累营养物质价值(元/a); $U_{\text{防护}}$ ——森林防护价值(元/a); $U_{\text{生物}}$ ——保护生物多样性价值(元/a); A ——林分面积(hm^2); $C_{\text{库}}$ ——同期全国水库单位库容造价(元/ m^3); P ——年降水量(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); $C_{\text{土}}$ ——挖取和运输单位体积土方所需费用(元/ m^3); X_2 ——无林地侵蚀模数 [$\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; X_1 ——有林地侵蚀模数 [$\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; ρ ——土壤容重 (t/m^3); N ——土壤平均含氮量(%); $P_{\text{磷}}$ ——土壤平均含磷量(%); K ——土壤含钾量(%); M ——土壤有机质含量(%); R_1 ——磷酸二铵化肥含氮量(%); R_2 ——磷酸二铵化肥含磷量(%); R_3 ——氯化钾化肥含钾量(%); C_1 ——磷酸二铵化肥价格(元/t); C_2 ——氯化钾化肥价格(元/t); C_3 ——有机质价格(元/t); $C_{\text{碳}}$ ——固碳价格(元/t); $R_{\text{碳}}$ —— CO_2 中碳的含量(%); $B_{\text{年}}$ ——林分净生产力 [$\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; $F_{\text{土壤碳}}$ ——单位面积固碳量 [$\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; $C_{\text{氧}}$ ——氧气价格(元/t); $B_{\text{年氧}}$ ——单位面积释氧量 [$\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; H ——森林平均高度(m); $K_{\text{负离子}}$ ——负离子生产费用(元/个); $Q_{\text{负离子}}$ ——负离子浓度(个/ cm^3); L ——负离子寿命(min); $K_{\text{二氧化硫}}$ ——二氧化硫治理费用(元/ kg^2); $K_{\text{氮氧化物}}$ ——氮氧化物治理费用(元/ kg^2); $K_{\text{氟化物}}$ ——氟化物治理费用(元/ kg^2); $Q_{\text{二氧化硫}}$ ——单位面积吸收二氧化硫量 [$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; $Q_{\text{氮氧化物}}$ ——单位面积吸收氮氧化物量 [$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; $Q_{\text{氟化物}}$ ——单位面积吸收氟化物量 [$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; $K_{\text{滞尘}}$ ——降尘清理费用(元/ kg^2); $Q_{\text{滞尘}}$ ——单位面积滞尘量 [$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; $K_{\text{噪声}}$ ——降低噪音费用(元/km); $B_{\text{年}}$ ——林分净生产力 [$\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; $N_{\text{营养}}$ ——林木含 N 量(%); $P_{\text{营养}}$ ——林木含 P 量(%); $K_{\text{营养}}$ ——林木含 K 量(%); $Q_{\text{防护}}$ ——由于森林存在增加的单位面积农作物年产量 [$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; $C_{\text{防护}}$ ——农作物价格(元/kg); $S_{\text{生}}$ ——单位面积物种损失的机会成本(元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。

3.2 秋浦河流域生态补偿下限标准

流域生态补偿标准下限,国内众多学者观点不一^[5-10]。不同流域生态服务功能效应因子不同。例如,北京的密云水库,其周边的生态系统服务功能主要是水源涵养^[27]。皖南山区森林生态系统主要服务功能为土壤保护及水源涵养^[19]。因此,本研究认为流域生态补偿标准应本着因地制宜,因时制宜的原则,视生态服务的时空差异而定,补偿标准下限不能低于生态系统服务功能中主导效应因子的价值。秋浦河流域上游森林生态系统相对下游的外部经济性,主要

体现在于水源涵养及土壤保育功能,上游森林生态服务的涵养水源、水土保持功能直接使位于下游贵池区的居民直接受益(如享受水质清澈、降低洪涝灾害发生频率),为生态服务的主导因子,此可作为秋浦河流域生态补偿标准的下限,即年最低补偿 21 588.39 万元。

4 结论

基于外部性理论,公共产品理论,法学的价值论和可持续发展理论,流域上游保护森林资源使下游地区受益的行为属外部经济性行为,应给予补偿,以协

调平衡流域间经济利益、环境利益、社会利益,达到促进、激励这种保护行为持续的目的。环境经济学外部性理论认为,当外部边际成本等于外部收益时可达环境效益最大化,基于此,流域生态补偿的上限应为外部经济性行为的全部,即整个生态系统服务价值。流域生态补偿下限标准应本着因地制宜原则,视生态服务的空间差异而定,下限标准不能低于生态系统服务功能中主导效应因子的价值。

表 3 2007 年秋浦河上游森林生态系统生态服务价值

指标类别	价值量/万元	指标因子	价值量/万元
涵养水源	20 423.48	调节水量	15 064.52
		净化水质	5 358.96
保育土壤	1 164.91	固土	34.08
		保肥	1 130.83
固碳释氧	21 275.19	固碳	17 855.39
		释氧	3 419.8
净化大气环境	3 100.68	提供负离子	49.90
		吸收污染物	118.32
		滞尘	2 932.46
		降低噪声	—
积累营养物质	11.97	林木营养积累	11.97
森林防护	79.57	森林防护	79.57
生物多样性保护	1 976.62	物种保育	1 976.62
森林游憩	6 633	森林游憩	6 633
合计	54 665.42		54 665.42

注:噪声价值由于较小,研究区域人口少,故予以忽略。

本研究以 2007 年为基准年,采用国家林业局发布的 LY/T1721-2008 评估规范,计算出研究区域生态服务价值为 54 665.42 万元,此可作为秋浦河流域间年生态补偿的上限,秋浦河上游森林生态服务的涵养水源、水土保持功能直接使位于下游贵池区的居民直接受益(如享受水质清澈、降低洪涝灾害发生频率),为生态服务的主导因子,此可作为秋浦河流域生态补偿的下限,即 21 588.39 万元。

对森林生态系统价值评估国内外有多种方法^[28-29],因目前尚无统一标准,不同学者对不同区域评估出的结果偏差大。如余新晓等^[23]计算北京森林生态服务价值为 16 778 000 万元,是直接价值的 16.43 倍;许信旺^[30]计算安徽省森林生态价值为是经济价值的 3.76 倍。中国林业科学院基于全国森林生态系统基础上创立的 LY/T1721-2008 评估法^[15],选取的指标类型、采用的基础数据客观、细致,适合区域森林生态系统价值评估。王兵^[18]、伍泽洪^[31]等使用该方法分别对江西省和峨眉山森林生态系统的服务功能进行了评估,其成果被引用频次较高,说明该方法具有一定的理论与现实意义。

本研究区数据采用池州统计年鉴及研究区政府职能部门提供,社会公共数据采用的是 LY/T1721-2008 森林生态系统服务功能评估规范中公布的数据,真实可靠,文献获取数据来源于公开发表学术期刊中,由于不同学者研究地域空间不同、时间不同,因此,引用这类数据的科学性值得探讨。本研究虽采用国家林业局推广的生态服务功能评估规范,但未对森林类型进行分类,因此,计算结果可能存在偏差,恳请同行专家批评、指正,以便今后进一步修正。

[参 考 文 献]

- [1] 赵春光. 流域生态补偿制度的理论基础[J]. 法学论坛, 2008, 23(4): 90-96.
- [2] 杨光梅, 闵庆文, 李文华, 等. 我国生态补偿研究中的科学问题[J]. 生态学报, 2007, 27(10): 4295.
- [3] Simon Zbinden, David R L. Paying for environmental services: An analysis of participation in Costa Rica's PSA program[J]. World Development, 2005, 33(2): 255-272.
- [4] Chomitz K, Brenes E, Constantino L. Financing environmental services: The Costa Rican experience and its implications[J]. The Science of the Total Environment, 1999, 240: 157-169.
- [5] 毛显强, 钟瑜, 张胜. 生态补偿的理论探讨[J]. 中国人口·资源与环境, 2002, 12(4): 39.
- [6] 任勇, 俞海, 冯东方. 生态补偿机制的概念需界定[N]. 中国环境报, 2006-09-15(1).
- [7] 王金南, 万军, 张慧远. 关于我国生态补偿机制与政策的几点认识[J]. 环境保护, 2006(19): 24-28.
- [8] 谢利玉. 浅论公益林生态效益补偿问题[J]. 世界林业研究, 2000, 13(3): 70-76.
- [9] 张耀启. 森林生态效益经济补偿问题初探[J]. 林业世界, 1997(2): 70-76.
- [10] 温作民. 略论森林生态效益补偿资金的有效使用[J]. 林业经济, 2001(11): 16-18.
- [11] 沈满洪. 在千岛湖引水工程中试行生态补偿机制的建议[J]. 杭州科技, 2004(2): 12-15.
- [12] 中国水利水电科学研究院. 新安江流生态共建共享机制研究报告[R]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2006.
- [13] 胡和兵. 秋浦河流域生态环境问题及整治对策[J]. 池州师专学报, 2003(5): 50.
- [14] 池州市统计局. 2008 池州统计年鉴[R]. 池州: 池州市统计局, 2008: 20-246.
- [15] 中国林业科学院林业生态环境与保护研究所. LY/T1721-2008 森林生态系统服务功能评估规范[S]. 北京: 国家林业局, 2008: 4-12.
- [16] 邱玮玮, 李进华. 新安江上游地区黄山市生态补偿价值初探[J]. 生物学杂志, 2009, 26(2): 39-42.
- [17] 田向东. 安徽省蒸发量时空分布及变化趋势分析[J]. 安徽水利水电职业技术学院学报, 2006, 6(1): 52.

(下转第 246 页)

应,影响了生态系统的健康发展。生态系统功能的正常发挥,是实现可持续发展的一个重要目标,也是桥梁建设决策中应考虑的必要因素之一。应从保护桥梁生态系统的角度,在分析了桥梁工程行为对生态系统的作用过程及其生态效应的基础上,设计阶段充分考虑桥梁工程对生态环境的影响,运营阶段加强桥梁生态系统的监测与评价,从环境立法方面出发,建立生态补偿机制,以确保桥梁生态系统功能的正常发挥。因此,需要运用桥梁工程行为生态化理念及策略,使桥梁工程在满足人类社会需求的同时,兼顾生态系统健康和可持续性的需求,实现人类与自然生态的和谐与统一。

[参 考 文 献]

- [1] 李森焱,朱晓燕. 跨河桥梁对河道行洪的影响分析[J]. 海河水利, 2007(4): 53-55.
- [2] 魏华兵,朱颖彦,葛永刚,等. 桥梁环境刍议[J]. 云南地理环境研究, 2006,10(3): 29-33.
- [3] 樊洪涛,杨文韬. 桥梁设计中的自然、生态倾向与人文文化[J]. 城市道桥与防洪, 2005(4): 36-38.
- [4] 万敏. 与生态立交:绿色桥梁的理论与实践[J]. 世界桥梁, 2005(4): 68-71.
- [5] 阚译. 桥渡冲刷[M]. 北京:中国铁道出版社, 2004.
- [6] 杨凯,赵军. 城市河流生态系统服务的 CVM 估值及其偏差分析[J]. 生态学报, 2005,25(6): 1391-1396.
- [7] 邵旭东. 桥梁设计百问[M]. 北京:人民交通出版社, 2003.
- [8] 黄荣敏,陈立,谢葆玲,等. 建桥对河流洲边滩的影响[J]. 水利水运工程学报, 2006(2): 51-55.
- [9] Kszos L A, Winter J D, Storch T A. Toxicity of Chau-tauqua lake bridge runoff to young-of-the-year sunfish (*Lepomis macrochirus*) [J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 1990,45: 923-930.
- [10] 王毅,刘晓滨. 北京市高架道、桥交通噪音状况调查与对策研究[J]. 中国环境监测, 1999,15(2): 47-50.
- [11] Widman J. Environmental impact assessment of steel bridges[J]. Journal of Constructional Steel Research, 1998,46: 291-293.
- [12] Roman C T, Garvine R W, Portnoy J W. Hydrologic modeling as a predictive basis for ecological restoration of salt marshes[J]. Environmental Management, 1995,4: 559-566.
- [13] 许雯雯,马俊杰,王晓岩,等. 山区公路建设项目的生态环境影响与保护对策[J]. 水土保持通报, 2009,29(1): 160-163.
- [14] Struck S D, Craft C B, Broome S W, et al. Effects of bridge shading on estuarine marsh benthic invertebrate community structure and function [J]. Environmental Management, 2004,1: 99-111.
- [15] 李正玲,陈明勇,吴兆录. 生物保护廊道研究进展[J]. 生态学杂志, 2009,28(3): 523-528.
- [16] 裘丽,冯祚建. 青藏公路沿线白昼交通运输等人类活动对藏羚羊迁徙的影响[J]. 动物学报, 2004,5(4): 669-674.
- [17] 席绪荣. 桥梁景观的内涵研究[J]. 中国水运, 2007,7(6): 76-77.
- [18] 董哲仁,孙东亚. 生态水利工程原理与技术[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2007.
- [19] 钱炜,肖玉德. 绿色桥梁设计[J]. 工程与建设, 2006,20(6): 750-752.
- [18] 王兵,李少宁,郭浩. 江西省森林生态系统服务功能及其价值评估研究[J]. 江西科学, 2007,25(5): 554-559.
- [19] 许信旺,朱诚. 皖南山区生态系统经济价值损失估算方法[J]. 山地学报, 2004,22(6): 735-741.
- [20] 伍国勇. 林业多功能货币价值测量研究[J]. 安徽农业科学, 2009,37(34): 17159-17161.
- [21] 余新晓,吴岚,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.
- [22] 徐昭晖. 安徽省主要森林旅游区空气负离子资源研究[D]. 合肥:安徽农业大学, 2004.
- [23] 余新晓,秦永胜,陈丽华,等. 北京山地森林生态系统服务功能及其价值初步研究[J]. 生态学报, 2002,22(5): 783-786.
- [24] 宋君,王伯荪,彭少麟,等. 南亚热带常绿阔叶林黏木种群营养元素的分布与循环[J]. 生态学报, 1999,19(2): 224.
- [25] 沈满洪,杨天. 生态补偿机制的三大理论基石[N]. 中国环境报, 2004-03-02(3).
- [26] 马中. 环境与自然资源经济学概论[M]. 北京:高等教育出版社, 2006: 34.
- [27] 高阳,高甲荣. 密云水库集水区水源涵养林生态价值计算的一种新方法[J]. 林业调查规划, 2006,31(1): 63-66.
- [28] Costanza R. The value of the world's ecosystem service and natural capital[J]. Nature, 1997,387: 253-260.
- [29] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报, 2008,23(5): 911-917.
- [30] 许信旺. 安徽省森林生态系统服务价值评估[J]. 资源开发与市场, 2005,21(2): 96.
- [31] 伍泽洪,唐志华,苏子友,等. 峨眉山有林地生态服务功能价值评估[J]. 林业调查规划, 2010,35(2): 130-135.
- [32] 曹先河. 石台 2007 资源林报告[R]. 安徽石台:石台县林业局, 2007.

(上接第 241 页)