

近十年江苏省公路绿化综合效益评估与分析

王志科^{1a}, 余 华^{1b,①}, 殷云龙², 马元岫^{1a}, 王中生^{1a}

[1. 南京大学: a. 生命科学学院, b. 国际地球系统科学研究所, 江苏 南京 210093;

2. 江苏省·中国科学院植物研究所(南京中山植物园), 江苏 南京 210014]

摘要: 在数据收集、文献查阅及实地调查的基础上,采用市场价值法计算江苏省公路绿化的直接经济效益;采用当量法及 LY/T 1721—2008 评估法分别计算在涵养水源、保育土壤和维持生物多样性方面以及在固碳释氧和净化空气方面的生态经济效益;采用替代市场价值法和当量法分别计算社会经济效益所包括的减少交通设施投入和景观美学价值,并据此对 2000 年至 2010 年江苏省公路绿化综合效益以及 2000 年至 2002 年的投资收益率进行了评估和分析。结果表明:江苏省公路绿化综合效益从 2000 年的 3.25×10^8 元增加到 2010 年的 9.40×10^8 元,年均增长 10% 以上;其中,直接经济效益、生态经济效益和社会经济效益分别占总效益的约 20%、76% 和 3%~5%,生态经济效益的比例最高;在 2010 年的生态经济效益中按价值量由高至低各指标依次排序为固碳释氧(60.00%)、净化空气(22.80%)、维持生物多样性(6.15%)、涵养水源(5.59%)、保育土壤(5.45%)。此外,公路绿化作为森林碳汇,具有一定的固碳能力。公路绿化产生的综合效益随绿化投入的增加而增加,其中,当年的直接经济效益(即木材价值)远小于当年的绿化投入,而当年的生态经济效益则高于其绿化投入,在综合效益中占主要地位。总体上看,2000 年至 2002 年公路绿化的投资收益率都在 60% 以上。研究结果表明:公路绿化乔木林的效益小于自然森林,但公路绿化的主要功能在于固碳释氧和净化空气,因而,应注重与完善公路绿化在净化空气方面的功能效益。从长远的角度看,公路绿化是一项投资收益率较高的公益性基础设施项目。

关键词: 公路绿化; 综合效益; 评估; 江苏省; 生态经济效益; 当量法

中图分类号: S731.8; S7-9; X196 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2012)04-0094-06

Assessment and analysis on comprehensive benefit of highway greening in Jiangsu Province in recent ten years WANG Zhi-ke^{1a}, YU Hua^{1b,①}, YIN Yun-long², MA Yuan-shen^{1a}, WANG Zhong-sheng^{1a} (1. Nanjing University: a. Institute of Life Science, b. International Institute for Earth System Science, Nanjing 210093, China; 2. Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2012, 21(4): 94-99

Abstract: Based on datum collection, literature consulting and field investigation, the direct economic benefit of highway greening in Jiangsu Province was calculated by market value method; the ecological economic benefit in water conservation, soil conservation and biodiversity maintaining and in carbon fixation and oxygen release and air purification were calculated by equivalent method and LY/T 1721—2008 evaluation method, respectively; the social economic benefit including traffic facility input reducing and landscape aesthetic value were calculated by substitute market value and equivalent methods, respectively. According to these calculation results, the comprehensive benefit of highway greening in Jiangsu Province from 2000 to 2010 and the rate of return on investment from 2000 to 2002 were evaluated and analyzed. The results show that the comprehensive benefit of highway greening in Jiangsu Province increases from 3.25×10^8 yuan in 2000 to 9.40×10^8 yuan in 2010 with an average annual increasing rate more than 10%. In which, direct, ecological and social economic benefits account for about 20%, 76% and 3%–5% of comprehensive benefit, respectively, and the proportion of ecological economic benefit is the highest. In accordance with index value quantity from big to small, the index

收稿日期: 2012-05-10

基金项目: 江苏省自然科学基金重点项目(BK2006711-2)

作者简介: 王志科(1987—),男,江苏溧阳人,硕士研究生,研究方向为生态系统生态学。

①通信作者 E-mail: yuhua@nju.edu.cn

order in ecological economic benefit in 2010 is carbon fixation and oxygen release (60.00%), air purification (22.80%), biodiversity maintaining (6.15%), water conservation (5.59%), soil conservation (5.45%). Moreover, as one of carbon sink of forest, highway greening has a certain carbon sequestration capability. Comprehensive benefit produced by highway greening increases with increasing of greening investment, in which direct economic benefit, that is wood value, is much smaller than greening investment in the same year, but ecological economic benefit is higher than greening investment in the same year and occupies the main position in comprehensive benefit. In general, the rate of return on investment from 2000 to 2002 is above 60%. It is suggested that arbor forest benefit of highway greening is less than that of natural forest, but the main function of highway greening is carbon fixation and oxygen release and air purification. Therefore, the benefit of air purification function of highway greening should be paid attention and improved. Highway greening is a public welfare infrastructure project with higher rate of return on investment in the long run.

Key words: highway greening; comprehensive benefit; evaluation; Jiangsu Province; ecological economic benefit; equivalent method

森林生态系统是陆地上最复杂的生态系统之一,具有多重服务价值。森林生态系统不仅可以提供直接进入市场的林产品、生物资源和旅游资源,还具有涵养水源、调节气候和净化大气等重要生态功能^[1]。对不同森林生态系统服务功能的研究已成为当前生态学和生态经济学的前沿课题和研究热点^[2]。1997年, Costanza 等在《自然》杂志上发表了“全球生态系统服务价值和自然资本”一文,对生态系统服务功能进行了划分,并首次计算了全球生态系统每年能产生的总服务价值^[3]。

目前,国内学者从不同角度和范围对森林生态系统的服务功能进行了研究。赵同谦等^[4]对全国森林生态系统的服务功能和价值进行了评价;韩素芸等^[5]对湖南省主要森林类型生态服务功能价值进行评价;冉红等^[1]研究探析了庐山森林生态系统的服务功能。2008年,谢高地等^[6]基于 Costanza 的方法,结合中国国情创立了当量法,评估了包括森林生态系统在内的中国生态系统单位面积的生态服务价值。中国林业科学研究院根据全国森林生态站长期连续观测的实测数据,创建了 LY/T 1721—2008 森林生态系统服务功能评估规范^[7]。2011年,张乐勤等^[8]采用上述2种评估方法对秋浦河源森林生态系统进行了比较研究。但迄今为止,研究者大都将研究目标集中在天然森林生态系统中,对人工林生态系统服务价值的研究鲜见报道。

公路绿化是道路交通建设的重要组成部分,其绿化主体是人工乔木林。与天然森林生态系统类似,公路绿化具有涵养水源、保育土壤、固碳释氧和维持生物多样性等功能。此外,公路绿化还能够吸收汽车尾

气中的有害物质、消减交通噪音、阻挡及过滤吸收道路粉尘和颗粒物,从而可减轻道路交通带来的环境污染并因此提高人们的生活质量^{[9]191}。为此,研究者们对公路绿化带的各种功能进行了研究。例如:杜振宇等^[10]对山东高速公路路侧主要绿化树种对污染物 S 和 Pb 的吸收能力进行了比较研究;王慧等^[11]以山西典型公路绿化带为研究对象,通过拟合回归模型,分析了绿化带的降噪机制;姜卫红等^[12]探究了苏州高速公路绿化常用植物的滞尘效果。但目前研究目标主要针对公路绿化的某一特定功能,没有从经济效益角度对公路绿化的功能进行评价。

公路绿化是政府交通建设投资的重要方面,以货币形式对公路绿化综合效益开展研究,可以为科学评估公路绿化的投资效益提供依据,籍此也可以提高公众对其必要性和重要性的认识。作者参考森林生态系统服务功能的评估方法,结合江苏省公路绿化的具体特点,对2000年至2010年江苏省公路绿化的综合效益及2000年至2002年的投资收益率进行了评估和分析。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

江苏位于中国大陆东部沿海中心,地理坐标为东经 116°18' ~ 121°57'、北纬 30°45' ~ 35°20',总面积为 $1.026 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。气候具明显的季风特征,处于亚热带向暖温带过渡地带,大致以淮河—灌溉总渠一线为界,该线以南属亚热带湿润季风气候、以北属暖温带湿润季风气候。气候温和,各地年平均气温 13℃ ~

16 ℃;雨量丰富,各地年降水量 800 ~ 1 200 mm。

至 2000 年江苏省公路总里程为 28 198 km,绿化里程为 22 956 km,至 2010 年底江苏省公路总里程达 150 307 km,绿化里程达 129 442 km。根据不同的公路等级(高速、一级、二级、三级和四级)配置了不同标准的绿化模式,主要绿化乔木包括杨树(*Populus* spp.)、水杉(*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng)、雪松[*Cedrus deodara* (Roxb.) G. Don]、柳树(*Salix* spp.)、香樟[*Cinnamomum camphora* (L.) Presl]、女贞(*Ligustrum lucidum* Ait.)、银杏(*Ginkgo biloba* L.)、广玉兰(*Magnolia grandiflora* L.)和冬青(*Ilex* spp.)等^{[9]124-135,[13]}。

1.2 数据收集

1.2.1 2000 年至 2010 年公路绿化数据调查 查阅江苏省公路统计年鉴,获取了 2000 年至 2010 年江苏省所有行政区各级公路(高速路和国道、省道、县乡道、村道)的绿化里程数,以及 2000 年至 2002 年的乔木株数和绿化投入费用。

1.2.2 公路绿化情况实地调查 于 2011 年 10 月上旬在苏南地区实地抽样调查,用皮尺测量各级公路两侧乔木带的宽度以及乔木冠幅、株距和行距、树高和胸径等基础数据,并计算各级公路的乔木密度。

1.2.3 文献资料查阅 查阅文献,收集江苏省各行政区的气候、土壤和植被地带性分布及乔木生产力等数据。

1.2.4 乔木绿化面积计算 根据公路绿化乔木的栽植特点,由单株乔木的冠幅乘以乔木密度来计算各级公路的单位里程乔木绿化面积。

1.3 计算方法

公路绿化综合效益^{[9]8-9}包括:①直接经济效益:公路绿化乔木的木材价值;②生态经济效益:包括涵养水源、保育土壤、维持生物多样性、固碳释氧(包括固定二氧化碳和释放氧气)以及净化空气(包括提供负离子、吸收污染物、滞尘和降低噪音);③社会效益:包括减少交通设施投入和景观美学价值。

依据目前对森林生态系统服务价值研究的 2 种主要方法计算生态经济效益和社会经济效益中的景观美学价值。

1.3.1 直接经济效益计算 利用市场价值法^[14]计算公路绿化的直接经济效益。每年由乔木蓄积量增长而产生的木材价值的计算公式为 $U_{\text{木材}} = A \times P \times E \times NPP_{\text{地上}} / D$ 。式中, $U_{\text{木材}}$ 为年木材价值(元·a⁻¹); A 为

乔木绿化面积(hm²); P 为平均木材价格,其值为 700 元·m⁻³; E 为出材率,其值为 75%^[2]; $NPP_{\text{地上}}$ 为乔木地上部的净生产力(t·hm⁻²·a⁻¹); D 为木材密度,即木材干质量与鲜材积的比值,其值为 0.47 t·m⁻³^[15]。根据江苏各地气候带^[16]确定 $NPP_{\text{地上}}$ 值,其中,暖温带地区^[17](徐州、宿迁和连云港)的 $NPP_{\text{地上}}$ 值为 6.2 t·hm⁻²·a⁻¹,北亚热带地区^[17](其他各市)的 $NPP_{\text{地上}}$ 值为 6.5 t·hm⁻²·a⁻¹。

1.3.2 生态经济效益计算 利用当量法^[6]评估江苏省公路绿化在涵养水源、保育土壤及维持生物多样性方面的生态经济效益价值;利用 LY/T 1721—2008 评估法^[7]计算江苏省公路绿化在固碳释氧和净化空气方面的生态经济效益价值。

1.3.2.1 涵养水源价值计算 通过专家问卷调查得到的涵养水源(水文调节)的生态服务价值当量为 4.09^[6],那么,其价值的计算公式为 $U_{\text{涵水}} = A \times 4.09 \times 54 \times E_{\text{汇率}}$ 。式中, $U_{\text{涵水}}$ 为公路绿化年涵养水源的价值(元·a⁻¹); A 为乔木绿化面积(hm²); $E_{\text{汇率}}$ 为当年汇率。

1.3.2.2 保育土壤价值计算 保育土壤(保持土壤)的生态服务价值当量为 4.02^[6],那么,其价值的计算公式为 $U_{\text{保土}} = A \times 4.02 \times 54 \times E_{\text{汇率}}$ 。式中, $U_{\text{保土}}$ 为公路绿化年保育土壤的价值(元·a⁻¹); A 为乔木绿化面积(hm²); $E_{\text{汇率}}$ 为当年汇率。

1.3.2.3 维持生物多样性价值计算 维持生物多样性的生态服务价值当量为 4.51^[6],那么,其价值的计算公式为 $U_{\text{多样性}} = A \times 4.51 \times 54 \times E_{\text{汇率}}$ 。式中, $U_{\text{多样性}}$ 为公路绿化年维持生物多样性的价值(元·a⁻¹); A 为乔木绿化面积(hm²); $E_{\text{汇率}}$ 为当年汇率。

1.3.2.4 固碳释氧价值计算 固碳价值的计算公式为 $U_{\text{碳}} = A \times C_{\text{碳}} \times (1.63R_{\text{碳}} \times B_{\text{年}} + F_{\text{土壤碳}})$ 。式中, $U_{\text{碳}}$ 为公路绿化年固碳价值(元·a⁻¹); A 为乔木绿化面积(hm²); $C_{\text{碳}}$ 为固碳价格,其值为 1 200 元·t⁻¹; $R_{\text{碳}}$ 为 CO₂ 中碳的含量,其值为 27.27%^[8]; $B_{\text{年}}$ 为林分净生产力(t·hm⁻²·a⁻¹); $F_{\text{土壤碳}}$ 为单位面积林分土壤年固碳量,其值为 1.48 t·hm⁻²·a⁻¹^[18]。根据江苏各地气候带^[16]确定 $B_{\text{年}}$ 的值,其中,暖温带地区^[17](徐州、宿迁和连云港) $B_{\text{年}}$ 值为 6.4 t·hm⁻²·a⁻¹,北亚热带地区^[17](其他各市) $B_{\text{年}}$ 值为 8.9 t·hm⁻²·a⁻¹。

释氧价值计算公式为 $U_{\text{氧}} = 1.19 \times C_{\text{氧}} \times A \times B_{\text{年}}$ 。式中, $U_{\text{氧}}$ 为公路绿化年释氧价值(元·a⁻¹); $C_{\text{氧}}$ 为氧气

价格,其值为 $1\ 000\ \text{元} \cdot \text{t}^{-1}$; A 为乔木绿化面积 (hm^2); $B_{\text{年}}$ 为林分净生产力 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$), 其值同上。

1.3.2.5 净化空气价值计算 根据相关研究,当空气中负离子浓度在 $700\ \text{cm}^{-3}$ 以上时,人体感觉舒适;在 $1\ 000\ \text{cm}^{-3}$ 以上时,有利于人体健康;在 $8\ 000\ \text{cm}^{-3}$ 以上时,可以起到治病作用^[19]。而道路绿地的空气负离子浓度通常在 $600\ \text{cm}^{-3}$ 以下^[20-21],因此,公路绿化提供负离子的价值可忽略不计。

吸收污染物价值的计算公式为: $U_{\text{吸}} = K_{\text{二氧化硫}} \times Q_{\text{二氧化硫}} \times A + K_{\text{氮氧化物}} \times Q_{\text{氮氧化物}} \times A + K_{\text{氟化物}} \times Q_{\text{氟化物}} \times A$ 。式中, $U_{\text{吸}}$ 为公路绿化年吸收污染物价值 ($\text{元} \cdot \text{a}^{-1}$); $K_{\text{二氧化硫}}$ 、 $K_{\text{氮氧化物}}$ 和 $K_{\text{氟化物}}$ 分别为二氧化硫、氮氧化物和氟化物的治理费用,其值分别为 1.20 、 0.69 和 $0.63\ \text{元} \cdot \text{kg}^{-1}$ ^[7]; $Q_{\text{二氧化硫}}$ 、 $Q_{\text{氮氧化物}}$ 和 $Q_{\text{氟化物}}$ 分别为单位面积林分年吸收二氧化硫、氮氧化物和氟化物的量,其值分别为 88.65 、 6.00 和 $4.65\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ^[2]; A 为乔木绿化面积 (hm^2)。

滞尘价值计算公式为 $U_{\text{滞}} = K_{\text{滞}} \times Q_{\text{滞}} \times A$ 。式中, $U_{\text{滞}}$ 为公路绿化年滞尘价值 ($\text{元} \cdot \text{a}^{-1}$); $K_{\text{滞}}$ 为降尘清洁费用,其值为 $0.15\ \text{元} \cdot \text{kg}^{-1}$ ^[7]; $Q_{\text{滞}}$ 为单位面积林分年滞尘量,其值为 $10\ 110.33\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ^[2]; A 为乔木绿化面积 (hm^2)。

降噪价值计算公式为 $U_{\text{降噪}} = K_{\text{降噪}} \times A_{\text{降噪}}$ 。式中, $U_{\text{降噪}}$ 为公路绿化年降噪价值 ($\text{元} \cdot \text{a}^{-1}$); $K_{\text{降噪}}$ 为降噪费用,其值为 $13\ 333\ \text{元} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ ^[7]; $A_{\text{降噪}}$ 为森林面积折合为隔音墙的公里数 ($\text{km} \cdot \text{hm}^{-2}$), 因 $30\ \text{m}$ 宽的林带与 $4\ \text{m}$ 高隔音墙的隔音效果近似^[22], 故可由乔木绿化面积 A 换算得到 $A_{\text{降噪}}$ 。

1.3.3 社会经济效益计算 社会经济效益是指公路绿化为社会经济的发展和人类活动提供的服务,主要体现在交通服务方面。其效益包括减少交通设施投入和景观美学价值,其中减少交通设施投入的价值依据替代市场价值法^[14]计算,景观美学价值采用当量法^[6]计算。

1.3.3.1 减少交通设施投入的计算 道路的中央绿化带可以代替防眩板的作用,减少交通设施的投入,其价值以节省道路中央防眩板建设的费用来计算。计算公式为 $U_{\text{减投}} = S_{\text{绿化}} \times K_{\text{防眩板}}$ 。式中, $U_{\text{减投}}$ 为公路绿化年减投资价值 ($\text{元} \cdot \text{a}^{-1}$); $S_{\text{绿化}}$ 为有中央绿化带公路的里程数 (km); $K_{\text{防眩板}}$ 为防眩板造价 ($\text{元} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$)。

1.3.3.2 景观美学价值计算 森林提供景观美学的生态服务价值当量为 2.08 ^[6],那么,其价值的计算公式为 $U_{\text{美学}} = A \times 2.08 \times 54 \times E_{\text{汇率}}$ 。式中, $U_{\text{美学}}$ 为公路绿化年景观美学的价值 ($\text{元} \cdot \text{a}^{-1}$); A 为乔木绿化面积 (hm^2); $E_{\text{汇率}}$ 为当年汇率。

1.3.4 公路绿化综合效益计算 将上述各项效益计算值相加,得到当年江苏省公路绿化的综合效益。

1.3.5 投资收益率计算 投资收益率为投资净收益与投入成本的比率,以百分数计。

2 结果和分析

2.1 2000年至2010年江苏省公路绿化综合效益评估结果

2000年至2010年江苏省公路绿化综合效益评估结果见表1。由表1可见,2000年江苏省公路绿化的综合效益为 3.25×10^8 元,随着公路绿化里程的不断增加,全省公路绿化综合效益逐年稳步增长,2010年已高达 9.40×10^8 元,是2000年的2.9倍,年均增长10%以上。此外,2000年至2010年间,公路绿化的直接经济效益占综合效益的比例约为20%,生态经济效益在综合效益中的比例约为76%,社会效益最低,仅占综合效益的3%~5%。

以2010年数据为例,对当年江苏省公路绿化综合效益具体组成进行分析。2010年江苏省每个行政区公路绿化综合效益占全省的比例约为5%~12%,其中,常州最低,为4.63%;南通、盐城和徐州所占比例均在10%以上。按地区分,苏南占32.51%,苏中占23.40%,苏北占44.09%。在2010年江苏省公路绿化的综合效益组成中,社会效益的比例最低,为3.51%;生态经济效益的比例(76.06%)最高,占综合效益的3/4以上,是直接经济效益(20.43%)的近4倍。在构成生态经济效益的5项价值类型中,按占生态经济效益的比例由大到小依次排序为:固碳释氧(60.00%)、净化空气(22.80%)、维持生物多样性(6.15%)、涵养水源(5.59%)、保育土壤(5.45%)。

另外,公路绿化对减少碳排放也有一定的贡献。以2007年为例,2007年江苏省交通运输及仓储邮政业的终端能源消费碳排放量为 $5.583\ 4 \times 10^6\ \text{t}$ ^[23],而当年全省公路绿化固碳量为 $1.023 \times 10^5\ \text{t}$,约占前者的1.8%。可见公路绿化作为森林碳汇,在减少碳排放方面起了一定的作用。

表 1 2000 年至 2010 年江苏省公路绿化综合效益评价结果

Table 1 Assessment result of comprehensive benefit of highway greening in Jiangsu Province from 2000 to 2010

效益和指标类型 Type of benefit and index	各年份的价值量/ $\times 10^8$ yuan Value quantity in different years										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
直接经济效益 Direct economic benefit											
木材价值 Wood value	0.64	0.93	0.96	1.00	1.14	1.21	1.28	1.43	1.76	1.84	1.92
生态经济效益 Ecological economic benefit											
涵养水源 Water conservation	0.16	0.24	0.24	0.26	0.29	0.31	0.32	0.34	0.38	0.39	0.40
保育土壤 Soil conservation	0.16	0.23	0.24	0.25	0.29	0.30	0.31	0.33	0.37	0.38	0.39
固碳释氧 Carbon fixation and oxygen release	1.42	2.04	2.10	2.19	2.50	2.65	2.84	3.17	3.92	4.11	4.29
净化空气 Air purification	0.54	0.79	0.81	0.85	0.97	1.02	1.09	1.21	1.49	1.56	1.63
维持生物多样性 Biodiversity maintaining	0.18	0.26	0.27	0.28	0.32	0.34	0.34	0.37	0.41	0.43	0.44
社会经济效益 Social economic benefit											
减少交通设施投入 Traffic facility input reducing	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.12	0.12	0.13
景观美学价值 Landscape aesthetic value	0.08	0.12	0.12	0.13	0.15	0.16	0.16	0.17	0.19	0.20	0.20
合计 Total	3.25	4.68	4.82	5.04	5.75	6.08	6.43	7.11	8.64	9.03	9.40

2.2 2000 年至 2002 年江苏省公路绿化投资收益分析

利用 2000 年至 2002 年江苏省公路绿化的投入费用,结合对应年份公路绿化产生的经济效益绘制公路绿化投资收益表,结果见表 2。由表 2 可见:公路绿化产生的综合效益随绿化投入的增加而增加。公路绿化每年产生的木材价值(直接经济效益)远小于当

年的绿化投入费用,而当年公路绿化的生态经济效益价值则高于其绿化投入费用,在综合效益中占主要地位。2000 年和 2001 年公路绿化的投资收益率都在 100% 以上,虽然 2002 年的综合效益最高,但由于当年的绿化投入明显增加,导致其投资收益率在这 3 年中最低,但也达到 65% 以上。

表 2 2000 年至 2002 年江苏省公路绿化投资收益分析

Table 2 Analysis on return on investment of highway greening in Jiangsu Province from 2000 to 2002

年份 Year	价值量/ $\times 10^8$ yuan Value quantity						投资收益率/% Rate of return on investment
	绿化投入 Investment of greening	直接经济效益 Direct economic benefit	生态经济效益 Ecological economic benefit	社会经济效益 Social economic benefit	综合效益 Comprehensive benefit	投资净收益 Net investment income	
2000	1.21	0.64	2.46	0.15	3.25	2.04	168.60
2001	1.91	0.93	3.56	0.19	4.68	2.77	145.03
2002	2.91	0.96	3.66	0.20	4.82	1.91	65.64

3 讨论和结论

2000 年江苏省公路绿化综合效益为 3.25×10^8 元,随着绿化里程的不断增加以及公路绿化的不断建设,2010 年的综合效益已高达 9.40×10^8 元,相当于当年全省 GDP 的 0.023%。由于区域面积、各级道路里程及绿化情况的不同,各行政区对江苏省公路绿化综合效益的贡献不一。

以 2010 年为例,江苏省公路绿化的直接经济效益、生态经济效益和社会经济效益分别占综合效益的

20.43%、76.06% 和 3.51%,其中生态经济效益占了绝大部分。薛建辉^[24]认为森林生态效益是直接效益的 3~9 倍,与作者的研究结果基本一致。在构成公路绿化生态经济效益的 5 项价值类型中,按价值量由大到小的顺序依次排序为固碳释氧、净化空气、维持生物多样性、涵养水源、保育土壤。其中,固碳释氧和净化空气 2 项指标的价值量占生态经济效益的 80% 以上,可见公路绿化的主要功能在于固碳释氧和净化空气 2 方面。

研究结果表明:2010 年江苏省公路乔木绿化单位面积产生的综合效益为 $35\ 031$ 元 \cdot hm^{-2} ,而湖南省森

林生态系统单位面积服务价值为 $60\ 750\ \text{元} \cdot \text{hm}^{-2[5]}$, 苏州森林生态系统的单位面积服务价值为 $69\ 225\ \text{元} \cdot \text{hm}^{-2[25]}$, 可见,人工营造品种较单一的公路绿化乔木林的效益小于自然条件下生长的多品种林木组成的森林。

在2010年江苏省公路绿化的生态经济效益中,包括吸收污染物、滞尘和降噪在内的净化空气效益占22.80%,与文献[5,25]报道的湖南省森林生态系统和苏州森林生态系统的净化空气效益在总效益中所占的比例(分别为6.75%和5.74%)相比,江苏省公路绿化净化空气价值占生态经济效益的比例较高。随着经济的发展以及机动车辆的不断增加,道路噪声和空气污染将会越来越严重,因而,在今后的公路绿化建设中应注重、发挥与完善公路绿化在净化空气方面的功能效益。

公路绿化也具有一定的固碳能力,2007年全省公路绿化固碳量为 $1.023 \times 10^5\ \text{t}$,在减少碳排放方面起了一定的作用。2000年至2002年公路绿化的投资效益分析结果表明:虽然公路绿化每年产生的直接经济效益小于绿化投入费用,但公路绿化产生的生态经济效益却高于绿化投入,其年投资收益率均在60%以上。由于公路绿化在投入的当年以及以后多年都可以产生效益,因而,从长远的角度看,公路绿化可以获得更高的投资收益率。因此,公路绿化是一项投资收益率较高的公益性基础设施项目。

由于完整的高等级公路绿化包括路侧绿化、中央分隔带绿化和边坡绿化3部分,而本文主要考虑了路侧乔木绿化构成林网骨架,尚未将江苏省高等级公路绿化中的中央分隔带绿化和边坡绿化考虑在内;此外,还应该综合考虑公路建设过程中开挖土方以及土地利用变化等对环境带来的负效益。因此,公路绿化的价值评估需要进一步深入和完善。

参考文献:

- [1] 冉红,陈峰云.庐山森林生态系统服务功能探析[J].资源与环境,2008,24(10):891-893,932.
- [2] 范繁荣.宁化牙梳山自然保护区森林生态系统服务功能及价值评估[J].福建农林大学学报:自然科学版,2006,35(3):283-287.
- [3] COSTANZA R, D'ARCE R, GROOT R D, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [4] 赵同谦,欧阳志云,郑华,等.中国森林生态系统服务功能及其价值评价[J].自然资源学报,2004,19(4):480-491.
- [5] 韩素芸,田大伦,闫文德,等.湖南省主要森林类型生态服务功能价值评价[J].中南林业科技大学学报:自然科学版,2009,29(6):6-13.
- [6] 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):911-919.
- [7] 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:国家林业局,2008.
- [8] 张乐勤,荣慧芳,曹先河.两种森林生态系统价值评估方法实证评述[J].水土保持通报,2011,31(1):169-174.
- [9] 殷云龙,王双生.江苏公路绿化建设理论与实践研究[M].上海:上海科学技术出版社,2012.
- [10] 杜振宇,刑尚军,宋玉民,等.山东省高速公路主要绿化树木叶片硫、铅含量分析[J].生态环境,2007,16(6):1608-1611.
- [11] 王慧,郭晋平,孙芸香,等.公路绿化带降噪效应及其影响因素研究[J].生态环境学报,2010,19(6):1403-1408.
- [12] 姜卫红,朱旭东,孙志海,等.苏州高速公路绿化滞尘效果初探[J].福建林业科技,2006,33(4):95-99.
- [13] 殷云龙,徐建华,张光宁,等.江苏公路绿地系统的树种结构与水平评价[J].植物资源与环境学报,2002,11(3):46-52.
- [14] 柏玉芬,石惠春.浅述生态系统服务功能价值的估算方法[J].经济研究导刊,2011(6):168-170.
- [15] IPCC. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry[M]. Hayama: IPCC/IGES, 2000.
- [16] 刘昉勋,黄致远.江苏省植被区划[J].植物生态学与地植物学学报,1987,11(3):226-233.
- [17] 刘世荣,徐德应,王兵.气候变化对中国森林生产力的影响I.中国森林现实生产力的特征及地理分布格局[J].林业科学研究,1993,6(6):633-642.
- [18] 许信旺,潘根兴,孙秀丽,等.安徽省贵池区农田土壤有机碳分布变化及固碳意义[J].农业环境科学学报,2009,28(12):2551-2558.
- [19] 华国峰,税珺,戴智明,等.城市公园绿地空气负离子相关研究[J].安徽农学通报,2009,15(15):146-147.
- [20] 蒋文伟,张振崢,赵丽娟,等.不同类型森林绿地空气负离子生态效应[J].中国城市林业,2008,6(4):49-51,57.
- [21] 蔡春菊,王成,陶康华,等.城市绿地对空气负离子水平的影响研究[J].浙江林业科技,2007,27(4):17-20.
- [22] 田卓林.大连市森林生态系统服务功能评价[D].大连:辽宁师范大学生命科学学院,2010:20.
- [23] 赵欣,龙如银.江苏省碳排放现状及因素分解实证分析[J].中国人口·资源与环境,2010,20(7):25-30.
- [24] 薛建辉.森林生态学[M].修订版.北京:中国林业出版社,2006.
- [25] 冯育青,陈月琴,陶隽超.苏州森林生态服务功能价值评估[J].华东森林经理,2009,23(1):37-43.

(责任编辑:张明霞)