江西省阔叶林生态系统服务功能价值动态分析*

曾 伟[1] 熊彩云[1] 肖复明[1**] 余 林[1] 林小凡[1] 李光运[2]
([1]江西省林业科学院,南昌 330032;[2]江西省信丰县金盆山营林林场,江西信丰 341500)

摘 要 依据林业行业标准《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T 1721—2008),利用江西省第五、第六次森林资源清查资料、森林生态站长期观测数据、公开发表文献数据及社会公共数据,对江西省"九五"和"十五"期间阔叶林生态系统服务功能价值进行了动态分析。结果表明:江西省阔叶林在"九五"期间生态系统服务功能年均总价值为1880亿元,单位面积价值为11.1万元·hm^{-2}·a^{-1};"十五"期间生态系统服务功能年均总价值为2010亿元,单位面积价值为11.0万元·hm^{-2}·a^{-1};年均总价值增长了6.91%,但单位面积价值减少了0.95%;其中,生物多样性保护和固碳释氧价值及其在总价值中所占比重增加最快;江西省阔叶林净生产力增长缓慢,致使2个时期6项服务功能价值大小排列顺序略有差异,但涵养水源、生物多样性保护和固碳释氧价值等前3项功能约占年均总价值的95%;在确保森林质量的同时,通过阔叶林保护和恢复、低效残次林改造及退耕还林工程等方式增加阔叶林面积,是提高阔叶林生态系统服务功能总价值的有效方式。

关键词 阔叶林;生态系统服务功能;价值评估;江西省
中图分类号 S718.55+6 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2012)5-1296-06

Dynamic analysis of broadleaved forest ecosystem services values in Jiangxi Province of China. ZENG Wei[1], XIONG Cai-yun[1], XIAO Fu-ming[1], YU lin[1], LIN Xiao-fan[1], LI Guang-yun[3] ([1] *Jiangxi Academy of Forestry*, *Nanchang* 330032, *China*; [2] *Jinpenshan Forest Farm in Xinfeng County of Jiangxi Province*, *Xinfeng* 341500, *Jiangxi*, *China*). *Chinese Journal of Ecology*, 2012, **31**(5): 1296-1301.

Abstract: According to the Specifications for Assessment of Forest Ecosystem Services in China (LY/T 1721-2008), and based on the fifth and sixth forest resource investigation data of Jiangxi Province, long-term monitoring data from Jiangxi forest ecology stations, published data, and social public data, a dynamic analysis was made on the broadleaved forest ecosystem services values in Jiangxi Province between the ninth (1996-2000) and the tenth (2001-2005) five-year periods. The total value of the services in the ninth and tenth five-year periods was 188 and 201 billion Yuan per year and 111 and 110 thousand Yuan per hectare, respectively, with the total value per year from the ninth to the tenth five-year periods increased by 6.91% and that per area decreased by 0.95%. In the total services value, the services values of biodiversity conservation, carbon fixation, and oxygen release as well as their proportions increased most rapidly. In the two five-year periods, the net productivity of the broadleaved forests in the Province had a slow increase, which might lead to a slight difference in the permutation order of six services values. Nevertheless, the services values of water conservation, biodiversity conservation, carbon fixation, and oxygen release composed about 95% of the total services value. At the time of guaranteeing forest quality, to increase the broadleaved forest area through the preservation and restoration of broadleaved forest, reconstruction of deteriorated forest, and conversion of farmland to forest land could be the efficient way to improve the total services value of the broadleaved forest ecosystem in the Province.

Key words: broadleaved forest; ecosystem services; value assessment; Jiangxi Province.

*江西省林业科学院青年基金项目(2011521101)、博士启动项目(2011521106)和江西省财政林业重大专项(200651010301)资助。
**通讯作者 E-mail: jxxiaofuming@163.com
收稿日期:2011-11-09 接受日期:2012-02-08

森林是陆地生态系统的主体,对其生态系统服务功能价值的正确评估,能有效指导森林资源的合理利用和可持续经营,并为促进森林生态系统的健康发展提供有力保障。近年来森林生态服务功能已成为研究的热点(欧阳志云等,1999;王兵等,2004,2009;靳芳等,2005;杨光梅等,2006;侯元兆和吴水荣,2008;史娜娜等,2009)。Costanza 等(1997)对全球生物圈生态系统服务功能价值进行了估算,全球生态系统的服务每年总价值为 16×10^4 ~ 54×10^4 亿美元,平均为 33×10^4 亿美元。20 世纪 80 年代以来,中国学者开始基于国外的研究方法和评估指标体系开展森林生态系统服务评价工作(陈江生等,2006;邓红兵等,2006;王兵等,2007;田石磊等,2009;王兵和鲁绍伟,2009),但大多采用了各自不同的评估指标体系和参数,从而导致评估结果差异较大,可比性差(王兵等,2010),同时也制约了森林生态系统服务功能研究的发展。因此,基于统一的评估指标体系开展森林生态服务功能价值研究变得势在必行。2008 年国家林业局发布实施了林业行业标准《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T 1721—2008)(国家林业局,2008),建立了适用于中国森林生态系统服务功能的评估指标体系,为今后森林生态系统服务功能评估提供了技术参考。

亚热带阔叶林为人们提供大量木材和林副产品的同时,在区域生物多样性保护、水源涵养、土壤肥力维持、碳吸存等生态服务功能方面起着十分重要作用。但长期以来,由于人们对阔叶林功能认识不够,视阔叶林为"杂木林",并进行大面积砍伐,从而造成亚热带阔叶林面积不断缩减,生态系统功能受到严重破坏,已引起学术界的广泛关注(黄清麟和李元红,1999;卢刚等,2010)。近 20 多年来,地处中亚热带的江西省阔叶林面积占森林总面积的比重呈下降趋势,其平均蓄积量更是呈现急剧下降趋势(曹福祥,2010),且针对江西省阔叶林生态服务功能价值的动态评估鲜有报道。目前在省级尺度上估算亚热带阔叶林生态系统服务功能价值的研究较少(韩素芸等,2009),鉴于统一评估指标体系的重要性及江西省阔叶林生态服务功能价值动态分析的紧迫性,本研究在林业行业标准《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T 1721—2008)的基础上,并结合数据指标的可获得性和可靠性,对江西省"九五"和"十五"期间阔叶林生态系统服务功能价值进行动态分析,为阔叶林恢复与重建提供科学依据,同时为江西省森林可持续发展提供数据支持。

1　研究地区与研究方法

1.1　研究区域概况

江西省地处中国东南偏中部,长江中下游交接处的南岸,位于 24° 29′ 14″ N—30° 04′ 41″ N、113°34′36″E—118°28′58″E。该省地处属亚热带季风湿润气候区,年平均气温 18 ℃左右,年均降水量 1640.5 mm,主要集中在 4—6 月。全省森林覆盖率为 60.05%。有代表性的植被类型为亚热带常绿阔叶林、针叶林、针阔叶混交林、常绿/落叶阔叶混交林和落叶阔叶林,经济林以及竹林。

1.2　数据来源

江西省第 5 次(1994—1998 年)和第 6 次(1999—2003 年)森林资源调查数据;公开发表的文献资料;1989—2004 年《中国统计年鉴》发布的社会公共数据(表 1)。

1.3　评估指标体系

根据数据指标的可获得性和可靠性,本研究评估指标体系选择涵养水源、保育土壤、固碳释氧、积累营养物质、净化大气环境、生物多样性保护 6 项功能、13 个指标(表 2)(余新晓等,2005;王兵等,2007;赵军和杨凯,2007;国家林业局,2008)评估江西省阔叶林生态服务功能价值。

表 1　社会公共数据
Table 1　Social public data

名称	参数	名称	参数
水库建设单位库容投资	6.11 元·t^{-1}	磷酸二铵含氮量	14.00%
水的净化费用	2.09 元·t^{-1}	磷酸二铵含磷量	15.01%
磷酸二铵价格	2400 元·t^{-1}	氯化钾含钾量	50.00%
氯化钾价格	2200 元·t^{-1}	二氧化硫治理费用	1.20 元·kg^{-1}
有机质价格	320 元·t^{-1}	氟化物治理费用	0.69 元·kg^{-1}
固碳价格	1200 元·t^{-1}	氮氧化物治理费用	0.63 元·kg^{-1}
制造氧气价格	1000 元·t^{-1}	降尘清理费用	0.15 元·kg^{-1}

数据引自《中国统计年鉴》(1989—2004)。

表 2　江西省阔叶林生态系统服务功能评估指标体系
Table 2　Assessment index system of broadleaved forest ecosystem services of Jiangxi Province

6 项功能	13 个指标
涵养水源功能	调节水量、净化水质
保育土壤功能	固土、保肥
固碳制氧功能	固碳、制氧
林木营养积累功能	林木营养积累
净化大气环境功能	释放负氧离子、吸收二氧化硫、氟化物、氮氧化物、滞尘
生物多样性保育功能	生物多样性保育

1.4 评估方法

本研究按照森林生态系统服务功能评估的理论和方法,结合《森林生态系统服务功能评估规范》(国家林业局,2008),基于以下计算公式从物质量和价值量2个方面对江西省阔叶林的生态服务功能进行评估。

1.4.1 涵养水源 涵养水源功能价值是基于水平衡法测算出森林涵养水源的能力,再运用影子工程法(即环境遭到破坏后,人工建造一个代替原来环境功能的耗费视为原环境的价值)估算生态系统对涵养水源的间接经济价值。涵养水源价值包括调节水量价值和净化水质价值。

1)调节水量价值。由于森林调节水量与水库蓄水的本质相同,因此根据水库工程的蓄水成本(影子工程法)来确定,从而计算出森林生态系统调节水量的价值,公式为:

$$U_{调}=10C_{库}A(P-E-C_{径}) \quad (1)$$

式中,$U_{调}$为森林调节水量价值(元·a^{-1}),$C_{库}$为水库库容造价(元·m^{-3}),P为降水量(mm·a^{-1}),E为林分蒸散量(mm·a^{-1}),A为林分面积(hm^2);$C_{径}$为地表径流量(mm·a^{-1})。从1989—2004年的《中国统计年鉴》获得"九五"和"十五"期间江西省年平均降水量,分别为1798.90和1744.72 mm,林分蒸散量和地表径流量则从文献资料(王兵等,2007)和江西省森林生态观测站中获取。

2)净化水质价值。森林生态系统年净化水质价值采用网格法得出的全国城市居民用水平均价格计算,公式为:

$$U_{水质}=10A\cdot K_{水}(P-E-C_{径}) \quad (2)$$

式中,$U_{水质}$为森林年净化水质价值(元),$K_{水}$为居民用水平均价格(元·t^{-1})。

1.4.2 保育土壤 森林植被对大气降水的截留减少或避免了雨滴对土壤表层的直接冲击,降低了地表径流对土壤的冲蚀,使土壤流失量大大降低,同时也减少了土壤养分的损失,从而起到保育土壤的作用。森林保育土壤功能价值主要包括固土价值和保肥价值。

1)森林固土价值。森林的固土价值采用林地土壤侵蚀模数与无林地侵蚀模数的差值乘以修建水库的成本(替代工程法)来计算,公式为:

$$U_{固土}=AC_{库}(X_2-X_1)/\rho \quad (3)$$

式中,$U_{固土}$为森林年固土价值(元),A为林分面积(hm^2),ρ为泥沙的平均容重(t·m^{-1}),$C_{库}$为水库工程费用(元·m^{-1}),X_1为林地土壤年侵蚀模数(t·hm^{-2}),X_2为无林地土壤年侵蚀模数(t·hm^{-2}),取值17.66 t·hm^{-2}(张佳华和姚凤梅,2004)。

2)森林保肥价值。森林保肥价值计算公式为:

$$U_{肥}=A(X_2-X_1)(NC_1/R_1+PC_1/R_2+KC_2/R_3+MC_3) \quad (4)$$

式中,$U_{肥}$为森林年保肥价值(元),N、P、K分别为土壤氮、磷、钾的平均含量(%),R_1为磷酸二铵含氮量(%),R_2为磷酸二铵含磷量(%),R_3为氯化钾含钾量(%),C_1、C_2分别为磷酸二铵、氯化钾的平均价格(元·t^{-1}),M为林分土壤有机质含量(%),C_3为有机质价格(元·t^{-1})。

1.4.3 固碳释氧 森林植物通过光合作用把大气中的二氧化碳吸收固定在植被和土壤中,同时放出氧气,从而达到固碳释氧的功效。

1)固碳价值。森林植被固碳价值的计算公式为:

$$U_{碳}=AC_{碳}(163R_{碳}B_{年}+F_{土壤碳}) \quad (5)$$

式中,$U_{碳}$为林分年固碳价值(元·a^{-1}),A为林分面积(hm^2),$C_{碳}$为固碳价格(元·t^{-1}),$R_{碳}$为CO_2中碳的含量,$B_{年}$为林分净生产力(t·hm^{-2}·a^{-1}),$F_{土壤碳}$为单位面积林分土壤年固碳量(t·hm^{-2}·a^{-1})。该部分数据源自文献(王兵等,2007)。

2)释氧价值。森林释氧价值计算公式如下:

$$U_{氧}=1.19C_{氧}AB_{年} \quad (6)$$

式中,$U_{氧}$为林分年释氧价值元(元·a^{-1}),$C_{氧}$为氧气价格(元·t^{-1}),A为林分面积(hm^2),$B_{年}$为林分净生产力(t·hm^{-2}·a^{-1})。

1.4.4 森林积累营养物质 森林植被在其生长过程中不断地从生长环境中吸收N、P、K等营养物质,并贮存在各器官中,同时起到降低土壤及水源污染的作用。积累营养物质量计算公式为:

$$U_{营养}=AB_{年}(N_{营养}C_1/R_1+P_{营养}C_1/R_2+K_{营养}C_2/R_3) \quad (7)$$

式中,$U_{营养}$为林分年营养物质积累价值(元·a^{-1}),A为林分面积(hm^2),$B_{年}$为林分净生产力(t·hm^{-2}·a^{-1}),$N_{营养}$为林木含氮量(%),C_1为磷酸二铵化肥价格(元·t^{-1}),R_1为磷酸二铵化肥含氮量(%),$P_{营养}$为林木含磷量(%),R_2为磷酸二铵化肥含磷量(%),$K_{营养}$为林木含钾量(%),C_2为氯化钾化肥价格(元·t^{-1}),R_3为氯化钾化肥含钾量(%)。

1.4.5 净化大气环境 除固碳释氧外,森林生态系

统还可以吸收和净化大气中的二氧化硫、氟化物、氮氧化物、粉尘等有害物质,并提供有益于人类的负离子、萜烯类(如芬多精)等物质,从而起到净化大气环境的作用。本研究选择吸收二氧化硫、氟化物、氮氧化物、滞尘、提供负离子这5个指标来体现净化大气环境的功能。

吸收二氧化硫计算公式如下:

$$U_{二氧化硫}=K_{二氧化硫}Q_{二氧化硫}A \quad (8)$$

式中,$U_{二氧化硫}$为林分年吸收二氧化硫价值(元·a^{-1}),$K_{二氧化硫}$为二氧化硫治理费用(元·kg^{-1}),$Q_{二氧化硫}$为单位面积林分年吸收二氧化硫量(kg·hm^{-2}·a^{-1}),A为林分面积(hm^2)。

吸收氟化物计算公式如下:

$$U_{氟}=K_{氟化物}Q_{氟化物}A \quad (9)$$

式中,$U_{氟}$为林分年吸收氟化物价值(元·a^{-1}),$K_{氟化物}$为氟化物治理费用(元·kg^{-1}),$Q_{氟化物}$为单位面积林分年吸收氟化物量(kg·hm^{-2}·a^{-1}),A为林分面积(hm^2)。

吸收氮氧化物计算公式如下:

$$U_{氮氧化物}=K_{氮氧化物}Q_{氮氧化物}A \quad (10)$$

式中,$U_{氮氧化物}$为林分年吸收氮氧化物价值(元·a^{-1}),$K_{氮氧化物}$为氮氧化物治理费用(元·kg^{-1}),$Q_{氮氧化物}$为单位面积林分年吸收氮氧化物量(kg·hm^{-2}·a^{-1}),A为林分面积(hm^2)。

提供负离子计算公式如下:

$$U_{负离子}=5.256\times AHK_{负离子}(Q_{负离子}-600)/L \quad (11)$$

式中,$U_{负离子}$为林分年提供负离子价值(元·a^{-1}),A为林分面积(hm^2),H为林分高度(m);

$K_{负离子}$为负离子生产费用(元·个$^{-1}$);$Q_{负离子}$为林分负离子浓度(个·cm^{-3});L为负离子寿命(min)。

滞尘计算公式如下:

$$U_{滞尘}=K_{滞尘}Q_{滞尘}A \quad (12)$$

式中,$U_{滞尘}$为林分年滞尘价值(元·a^{-1}),$K_{滞尘}$为降尘清理费用(元·kg^{-1}),$Q_{滞尘}$为单位面积林分年滞尘量(kg·hm^{-2}·a^{-1}),A为林分面积(hm^2)。

1.4.6 生物多样性保育　生物多样性维护了自然界的生态平衡,并为人类的生存提供了良好的环境条件(靳芳等,2007)。生物多样性保育价值计算公式如下:

$$U_{生物}=S_{生}A \quad (13)$$

式中,$U_{生物}$为林分年物种保育价值,$S_{生}$为单位面积年物种损失的机会成本,A为林分面积(hm^2)。

物种保育价值根据Shannon-Wiener指数计算,并划分为7级:当指数<1时,$S_{生}$为3000元·hm^{-2};当1≤指数<2时,$S_{生}$为5000元·hm^{-2};当≤2指数<3时,$S_{生}$为10000元·hm^{-2};当3≤指数<4时,$S_{生}$为20000元·hm^{-2};当4≤指数<5时,$S_{生}$为30000元·hm^{-2};当5≤指数<6时,$S_{生}$为元40000元·hm^{-2};当指数≥6时,$S_{生}$为50000元·hm^{-2}。

2　结果与分析

2.1　涵养水源功能价值

通过公式(1)、(2)计算出"九五"期间江西省阔叶林调节水量价值和净化水质价值分别为9.29×10^{10}、3.18×10^{10}元·a^{-1},其涵养水源功能价值为1.25×10^{10}元·a^{-1};"十五"期间调节水量价值和净化水质价值分别为9.70×10^{10}、3.32×10^{10}元·a^{-1},其涵养水源功能价值为1.30×10^{11}元·a^{-1}。从"九五"到"十五"期间,江西省阔叶林调节水量价值、净化水质价值和涵养水源功能价值分别增加了4.41%、4.40%和4.00%。

2.2　保育土壤功能价值

通过公式(3)、(4)计算出"九五"期间江西省阔叶林固土价值和保肥价值分别为1.46×10^{8}和3.17×10^{9}元·a^{-1},其保育土壤功能价值为3.32×10^{9}元·a^{-1};"十五"期间固土价值和保肥价值分别为1.57×10^{8}、3.42×10^{9}元·a^{-1},其保育土壤功能价值为3.58×10^{9}元·a^{-1}。从"九五"到"十五"期间,江西省阔叶林固土价值、保肥价值和保育土壤功能价值分别增加了7.53%、7.89%和7.83%。

2.3　固碳释氧功能价值

通过公式(5)、(6)计算出"九五"期间江西省阔叶林固碳价值和释氧价值分别为7.56×10^{9}和1.49×10^{10}元·a^{-1},其固碳释氧功能价值为2.25×10^{10}元·a^{-1};"十五"期间固碳价值和释氧价值分别为8.36×10^{9}和1.65×10^{10}元·a^{-1},其固碳释氧功能价值为2.49×10^{10}元·a^{-1}。从"九五"到"十五"期间,江西省阔叶林固碳价值、释氧价值和固碳释氧功能价值分别增加了10.60%、10.70%和10.70%。

2.4　积累营养物质功能价值

通过公式(7)计算出"九五"期间江西省阔叶林积累营养物质功能价值为2.83×10^{9}元·a^{-1},"十五"期间其积累营养物质功能价值为2.95×10^{9}元·

a^{-1}。从“九五”到“十五”期间,江西省阔叶林积累营养物质功能价值增加了4.24%。

2.5 净化大气环境功能价值

通过公式(8)、(9)、(10)、(11)、(12)计算出“九五”期间江西省阔叶林吸收二氧化硫、氟化物、氮氧化物、滞尘和提供负离子功能价值分别为1.81×10^{8}、5.94×10^{5}、6.41×10^{6}、2.58×10^{9}和1.68×10^{7}元·a^{-1},其净化大气环境功能价值为2.78×10^{9}元·a^{-1};“十五”期间吸收二氧化硫、氟化物、氮氧化物、滞尘和提供负离子功能价值分别为1.95×10^{8}、6.41×10^{5}、6.92×10^{6}、2.79×10^{9}和1.85×10^{7}元·a^{-1},其净化大气环境功能价值为3.01×10^{9}元·a^{-1}。从“九五”到“十五”期间,江西省阔叶林吸收二氧化硫、氟化物、氮氧化物、滞尘、提供负离子和净化大气环境功能价值分别增加了7.73%、7.91%、7.96%、8.14%、10.10%和8.12%。

2.6 生物多样性保护功能价值

通过公式(13)计算出“九五”期间江西省阔叶林生物多样性保护功能价值为3.12×10^{10}元·a^{-1},“十五”期间其生物多样性保护功能价值为3.61×10^{10}元·a^{-1}。从“九五”到“十五”期间,江西省阔叶林生物多样性保护功能价值增加了15.70%。

2.7 江西省阔叶林生态系统服务功能价值

基于上述6项服务功能价值可计算出森林生态系统服务功能价值。“九五”期间江西省阔叶林生态系统服务功能价值为1.88×10^{11}元·a^{-1},单位面积价值为11.1万元·hm^{-2}·a^{-1},其6项服务功能价值大小排序为:涵养水源价值>生物多样性保护价值>固碳释氧价值>保育土壤价值>积累营养物质价值>净化大气环境价值。其中,涵养水源价值占生态系统服务功能总价值的66.60%;生物多样性保护价值占16.60%;固碳释氧价值占12.00%;保育土壤价值占1.77%;积累营养物质价值占1.51%;净化大气环境价值占1.48%。“十五”期间江西省阔叶林生态系统服务功能价值为2.01×10^{11}元·a^{-1},单位面积价值为11.0万元·hm^{-2}·a^{-1};其6项服务功能价值大小排序为:涵养水源价值>生物多样性保护价值>固碳释氧价值>保育土壤价值>净化大气环境价值>积累营养物质价值。其中,涵养水源价值占生态系统服务功能总价值的64.80%;生物多样性保护价值占18.00%;固碳释氧价值占12.40%;保育土壤价值占1.79%;净化大气环境价值占1.50%;积累营养物质价值占1.47%。从“九五”到“十五”期间,江西省阔叶林生态系统服务功能年均价值增加了6.91%,单位面积价值减少了0.95%;6项服务功能价值各自增加速率大小排序为:生物多样性保护价值>固碳释氧价值>净化大气环境价值>保育土壤价值>积累营养物质价值>涵养水源价值。6项服务功能价值占生态系统服务功能总价值比重的增加速率大小排序为:涵养水源价值(负增长)>生物多样性保护价值>固碳释氧价值>积累营养物质价值(负增长)>保育土壤价值=净化大气环境价值。可见,江西省阔叶林生态系统生物多样性保护和固碳释氧价值及其在总价值中所占比重增加速率最快,生物多样性保护和碳增汇潜力巨大。

通过对生态系统服务功能价值计算公式分析发现,13个指标价值与林地面积呈线性正相关。而这期间,江西省阔叶林生态系统服务功能单位面积价值减少了0.95%,“十五”期间的林地是“九五”期间的1.08倍。由于江西省阔叶林质量下降幅度不大,而各指标价值与林地面积呈线性正相关,随林地面积的增加而增加,所以两个不同时期指标价值具有良好的线性关系。可见,在森林质量变化不大的前提下,大力恢复和增加林地面积是快速提高森林生态系统服务功能总价值的有效方式。

3 讨 论

亚热带阔叶林具有极高的综合生态功能效益,了解其生态服务功能价值动态有利于为阔叶林恢复与重建提供科学依据,同时为江西省森林可持续发展和政策的制定提供数据支持。“九五”和“十五”期间,江西省阔叶林生态系统6项服务功能价值大小排列顺序有所差异,分别为涵养水源价值>生物多样性保护价值>固碳释氧价值>保育土壤价值>积累营养物质价值>净化大气环境价值和涵养水源价值>生物多样性保护价值>固碳释氧价值>保育土壤价值>净化大气环境价值>积累营养物质价值,但是前三项功能的价值约占年均生态系统服务功能总价值的95%。可见,阔叶林具有极高的涵养水源价值、保护生物多样性价值和固碳释氧价值。因此,在水土流失严重的江西应该大力恢复和发展阔叶林,同时有利于增加江西物种多样性和积极有效地应对气候变化。积累营养物质价值取决于林分面积、净生产力及林木营养物质含量。净化大气环境价值取决于林分面积和林分净化大气环境能力,而单位面积林分净化能力为常量。在林分面积增量相同、单

位面积林分净化能力一定、林木营养物质平均含量变化不大的条件下,近 20 多年来江西省阔叶林平均蓄积量呈现下降趋势(曹福祥,2010),其净生产力增长缓慢,致使“十五”期间积累营养物质价值反而小于净化大气环境价值了,从而导致不同时期服务功能大小排序略有差别。

江西森林资源丰富,森林覆盖率高达 60.05%,但林分结构很不合理,其中阔叶林约占 23%,以杉木和松树为主的针叶林约占 77%。针叶林酸化土壤,林下灌草难以生长,难于形成类似阔叶林内乔、灌、草有机结合的良好生态系统结构,从而导致林下植被单一,抵御自然灾害的能力不强,林内凋落物周转慢,土壤透性差,致使针叶林涵养水源、生物多样性保护、保育土壤等生态服务功能远小于阔叶林,使森林生态效益尚未充分发挥出来。从“九五”到“十五”期间,江西省森林生态系统服务功能单位面积价值减少了 1.26%(王兵等,2007),而本研究中阔叶林生态系统服务功能单位面积价值减少了 0.95%。这说明江西省阔叶林森林质量呈下降趋势,而针叶林下降速率更快。因此,江西省应在稳定现有森林覆盖率的基础上调整林分结构和提高森林质量,积极推动森林由数量型向质量型转变,从而提高江西省森林生态系统服务功能。

另外,由于各项功能价值都是用单位面积森林生态系统服务功能价值乘以总面积换算而成,在保持森林质量变化不大的前提下,大力恢复和增加阔叶林林地面积是快速提高森林生态系统服务功能总价值极其有效的方式。因此,在充分利用江西省丰富的水热条件和林业经营技术提高森林质量的同时,还应通过阔叶林保护和恢复、低效残次林改造、退耕还林工程、城乡绿化工程及防护林建设等方式来提高阔叶林面积,从而更好地发挥阔叶林的生态系统服务功能效益。

本研究基于国家林业局颁布的林业行业标准《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T 1721—2008)开展,但该评估标准没有考虑林地、林木资源及林副产品价值等指标,其评估体系及评估方法的机制性、时空动态性及多学科有机结合方面还有待完善。

参考文献

曹福祥, 祁承经, 喻勋林, 等. 2010. 中国中部亚热带常绿阔叶林保育的重要性及其恢复重建策略. 中南林业科技大学学报, **30**(11): 95-104.

陈江生, 王　斌, 王彩绒, 等. 2006. 天津市森林资源生态服务价值评估. 西北农林科技大学学报(自然科学版), **34**(10): 123-127.

邓红兵, 王英明, 张巧显, 等. 2006. 江西省生态系统服务评价. 经济问题探索, (10): 31-35.

国家林业局. 2008. 林业行业标准《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T 1721—2008). 北京: 中国标准出版社

韩素芸, 田大伦, 闫文德, 等. 2009. 湖南省主要森林类型生态服务功能价值评价. 中南林业科技大学学报, **29**(6): 6-13.

侯元兆, 吴水荣. 2008. 生态系统价值评估理论方法的最新进展及对我国流行概念的辨正. 世界林业研究, **21**(5): 7-16.

黄清麟, 李元红. 1999. 中亚热带天然阔叶林研究综述. 福建林学院学报, **19**(2): 189-192.

靳　芳, 余新晓, 鲁绍伟, 等. 2007. 中国森林生态系统生态服务功能及其评价. 北京: 中国林业出版社.

靳　芳, 鲁绍伟, 余新晓, 等. 2005. 中国森林生态系统服务功能及其价值评价. 应用生态学报, **16**(8): 1531-1536.

卢　刚, 沈爱华, 张　健, 等. 2010. 浙南次生阔叶林群落结构特征研究. 浙江林业科技, **30**(1): 36-40.

欧阳志云, 王效科, 苗　鸿. 1999. 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. 生态学报, **19**(5): 607-613.

田石磊, 廖超英, 王小翠, 等. 2009. 蓝田县森林生态系统服务价值的评价. 西北农林科技大学学报(自然科学版), **37**(5): 133-138.

史娜娜, 战金艳, 吴　锋, 等. 2009. 生态系统服务功能动态区划系统及其在鄱阳湖湖区的应用. 生态学杂志, **28**(9): 1909-1914.

王　兵, 崔向慧, 杨锋伟. 2004. 中国森林生态系统定位研究网络的建设与发展. 生态学杂志, **23**(4): 84-91.

王　兵, 李少宁, 郭　浩. 2007. 江西省森林生态系统服务功能及其价值评估研究. 江西科学, **25**(5): 553-587.

王　兵, 鲁绍伟. 2009. 中国经济林生态系统服务价值评估. 应用生态学报, **20**(2): 417-425.

王　兵, 马向前, 郭　浩, 等. 2009. 中国杉木林的生态系统服务价值评估. 林业科学, **45**(4): 124-130.

王　兵, 任晓旭, 胡　文, 等. 2010. 森林生态系统服务功能评估区域差异性. 东北林业大学学报, **38**(11): 49-53.

杨光梅, 李文华, 闵庆文. 2006. 生态系统服务价值评估研究进展:国外学者观点. 生态学报, **26**(1): 205-212.

余新晓, 鲁绍伟, 靳　芳, 等. 2005. 中国森林生态系统服务功能价值评估. 生态学报, **25**(8): 2096-2102.

张佳华, 姚凤梅. 2004. 江西兴国土壤侵蚀动态的研究. 北京林业大学学报, **26**(1): 53-56.

赵　军, 杨　凯. 2007. 生态系统服务价值评估研究进展. 生态学报, **27**(1): 346-356.

Costanza R, d'Arge R, de Groot R, *et al*. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, **387**: 253-260.

作者简介　曾　伟,男,1982,博士,主要从事森林生态及生态系统模型研究。E-mail: wuhuanzi@126.com

责任编辑　王　伟