

云南省玉龙县天保工程森林生态系统 服务功能价值评估

杨芳¹ 支玲¹ 郭小年² 王晨炜¹

(1. 西南林业大学经济管理学院, 云南 昆明 650224; 2. 厦门大学经济学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 参照 LY/T 1721—2008 《森林生态系统服务功能评估规范》, 结合云南省玉龙县天保工程森林生态服务功能特点, 借鉴国内外对森林生态系统服务功能研究成果, 筛选评价指标并建立指标体系; 利用玉龙县森林资源清查报告、玉龙县天保工程基础数据、玉龙县林业统计年报、玉龙县统计年鉴、已有生态监测研究成果等资料, 对天保工程 1998 年至 2015 年森林生态系统服务功能价值进行评估。结果表明: 1998 年至 2015 年玉龙县天保工程区森林生态系统服务功能总价值约为 4 945. 15 亿元。从变化趋势看, 其总价值随时间推移呈上升趋势。最后根据评价结果得出相应的政策启示。

关键词: 天保工程; 森林生态系统服务功能; 价值评估; 云南省玉龙县

中图分类号: X30

文献标志码: A

文章编号: 2095-1914(2017)01-0069-08

Assessment on Forest Ecosystem Services Function Value of Natural Forest Protection Project in Yulong

Yang Fang¹, Zhi Ling¹, Guo Xiaonian², Wang Chenwei¹

(1. College of Economics and Management, Southwest Forestry University, Kunming Yunnan 650224, China;

2. College of Economics, Xiamen University, Xiamen Fujian 361005, China)

Abstract: According to the LY/T 1721-2008 specifications for assessment of forest ecosystem services, the paper had combined with forest ecological services of natural forest protection project in Yulong County of Yunnan province features, from domestic and abroad on forest ecosystem services research, screening evaluation index and establish the index system. With Yulong County inventory report, Yulong County forest resources of natural forest protection project of basic data, Yulong County forestry statistics statistical report, Yulong County Yearbook, ecological monitoring data existing research results, the paper had evaluated of the natural forest protection project of forest ecosystem service function value from 1998 to 2015. The results showed that in 1998-2015, the total value of forest ecosystem services of natural forest protection in Yulong natural forest protection project's area is about 4 945. 15 Billion RMB. From the change in trend, the total value of forest ecosystem services showed an upward trend over time. Finally, according to the evaluation results, the paper reached the corresponding policy implications.

Key words: natural forest protection project, forest ecosystem service function, value evaluation, Yulong County of Yunnan Province

森林不仅是重要的经济资产, 也是巨大的环境资产, 为社会经济发展提供着不可替代的生态

服务。森林资源与水资源、土地资源一样, 是绿色发展的战略资源, 也是保障国土生态安全不可

收稿日期: 2016-12-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(71273215)资助。

作者简介: 杨芳(1981—), 女, 讲师, 主要从事生态学和管理学的研究。Email: 38379208@qq.com。

通信作者: 支玲(1958—), 女, 博士, 教授, 主要从事林业投资项目评价、林业政策的研究。Email: zhi_ling166@aliyun.com。

替代的重要组成部分。天然林资源保护工程通过对天然林禁伐以及大幅减少商品木材产量,在很大程度上解决了我国天然林休养生息和恢复发展问题。对森林生态系统服务功能的价值进行评估可以提高人们对森林保护的意识,也可以对天保工程的顺利开展提供建议。

本文以云南省玉龙纳西族自治县天保工程森林生态系统为研究对象,借鉴国内外对森林生态系统服务功能研究成果,并参考国家林业局 LY/T 1721—2008《森林生态系统服务功能评估规范》建立适合于当地的评估体系,收集相关社会公共数据及参数,对玉龙县天保工程森林生态系统的涵养水源、保育土壤、固碳制氧、积累营养物质、净化大气、维持生物多样性以及森林游憩等7个方面的功能进行物质量与价值量的计算与分析。

一、研究区概况

玉龙纳西族自治县位于云南省西北部,地势西北高、东南低。全县面积 6 392.6 hm^2 ,其中山区和半山区占 95%,县内相对高度 3 190 m,最高点海拔 5 596 m。玉龙县地处低纬度高原,属温带大陆性季风气候区,具有独特的山地气候特色。干湿季分明,冬春多旱,夏秋多雨,四季不分明,雨热同季。根据多年气象资料统计,县城年平均温度为 12.7 $^{\circ}\text{C}$,年平均降水量为 953.6 mm,相对湿度为 63%,年平均日照时数为 2 463.4 h。玉龙县属高原亚热带北部常绿阔叶林地带,滇中、滇东高原半湿润常绿阔叶林、云南松林区,滇中西北部高原云南松林,云、冷杉林区。由于地处滇中高原和横断山脉结合部及复杂多样的地理条件,使得该地区具有植物种类繁多,植被类型多样的特点,据丽江县资料统计,该地区有种子植物 3 200 余种、蕨类植物 220 种、被子植物 2 558 种、花卉植物 200 多种、药材 2 000 多种。据玉龙雪山自然保护区有关资料及《云南植被》记载,结合森林资源清查结果,参照《云南植被》分类原则、系统和分类单位,将玉龙县主要植被初步划分为 9 个植被型,15 个植被亚型,36 个群系^[1]。

玉龙县从 1998 年开始实施天然林保护工程试点项目,2000 年正式启动实施天然林保护工程的建设项目,迄今为止玉龙县已经完成了天保工程一期任务,目前为天保工程二期的实施中。

二、评估数据来源

为掌握基础资料,课题组成员于 2013 年 8 月

深入到玉龙县的天保工程区进行实地调研,采用农户问卷调查、座谈会等方法了解天保工程实施对案例县产生的影响,为掌握评价对象奠定基础。本研究资料主要包括以下方面:1) 收集基础数据。基础数据来源于《云南省天保工程基础数据表》、《云南省玉龙县天保工程进度月报表》、《丽江玉龙县天保二期实施方案》、《玉龙县森林资源规划设计调查报告》等。2) 收集相关参数。主要收集的渠道有《玉龙县志》、《玉龙县统计年鉴》、相关生态监测文献等和走访水利水文局、气象局等获取相关监测指标。3) 收集公共数据。在计算森林生态系统服务功能价值时参照国家权威部门发布的社会公共数据以及前人总结的一些经验参数。

三、评估指标体系的构建及计算

(一) 指标体系构建

本研究以 LY/T 1721—2008《森林生态系统服务功能评估规范》为指标体系建立的基本依据,借鉴他人森林生态系统服务功能价值评估构建的评估体系,结合玉龙县天保工程的实际情况以及指标计算的可行性,将森林生态系统服务功能分为 7 项具体功能,选取 13 项评价指标,选用替代工程法、市场价值法等评估方法对玉龙县天保工程森林生态系统服务功能的物质量与价值量进行评估与计算,评估指标体系见表 1。

(二) 相关计算公式及参数

1. 涵养水源

森林的涵养水源功能主要体现在森林的蓄水、调节水量、缓洪补枯和净化水质等方面,本文选取调节水量和净化水质 2 个指标对玉龙县天保工程的涵养水源功能进行评估。

(1) 森林年调节水量。

$$G_{\text{调节}} = (R - E) \times A = \theta \times R \times A \quad (1)$$

式中: $G_{\text{调节}}$ 为林分年调节水量 (t/a); R 为年均降水量 (mm); E 为林分蒸散量 (mm); θ 为径流系数; A 为林分面积 (hm^2)。

根据云南林业调查规划院的《森林资源规划设计调查报告》以及《玉龙县县志》^[1],净流系数 θ 取 0.41,年均降水量 R 为 953.6 mm。林分面积 (A) = 森林管护面积 + 新造林面积,其中新造林面积 = 人工造林面积 \times 成活率 + 飞播造林面积 \times 成活率 + 封山育林面积。由于新造林无法立即发挥生态效益,按规定新造林 3 a 后检查验收其最终保存面积。因此采用 3 年后的保存面积合格的实际新造林

面积与管护面积之和来计算天保工程面积, 其数据来源于《玉龙县天保工程月报表》和《人工造林(更新)省级验收核实面积、保存面积统计表》。

(2) 调节水量价值量。运用替代工程法, 选取以修建水库的建设成本来确定森林调节水量的价值。

$$U_{\text{调节}} = G_{\text{调节}} \times C_{\text{库}} \quad (2)$$

式中: $U_{\text{调节}}$ 为林分年调节水量价值 (元/a); 水资

源市场交易价格 $C_{\text{库}}$ 取 4.48 元/t^[2]。

(3) 净化水质价值量。

$$U_{\text{净化}} = G_{\text{调节}} \times K_{\text{水}} \quad (3)$$

式中: $U_{\text{净化}}$ 为林分年净化水质价值 (元/a); $K_{\text{水}}$ 为污水的净化费用 (元/t)。借鉴《生态文明制度构建中的中国森林资源核算研究》一书中的数据^[2], $K_{\text{水}}$ 取 1.00 元/t。

表 1 玉龙县天保工程森林生态系统服务功能价值评估指标体系

Table 1 The index system of research on evaluation of forest ecosystem service in Yulong

生态服务功能	评价指标	物质量计算方法	价值量计算方法
涵养水源	调节水量	水量	替代工程法
	净化水质	平衡法	
保育土壤	固土	土壤侵蚀差异	影子工程法
	保肥	对比法	市场价值法
固碳制氧	固碳	光合作用化学	碳税法
	制氧	平衡法	市场价值法
积累营养物质	营养物质积累	林木生长积累营养法	替代价值法
净化大气	吸收二氧化硫	面积-吸收能力法	替代工程法
	吸收氟化物		
	吸收氮氧化物		
	滞尘		
维护生物多样性	保育物种	Shannon-Wiener 指数法	市场价值法
森林游憩	森林旅游	游客流量	森林旅游收入

2. 保育土壤

本文主要从固土和保肥 2 个方面进行了保育土壤功能的评估。

(1) 固土物质量。

$$G_{\text{固土}} = A(X_2 - X_1) \quad (4)$$

式中: $G_{\text{固土}}$ 为林分年固土量 (t/a); X_2 为无林地土壤侵蚀模数 ($t \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$); X_1 为有林地土壤侵蚀模数 ($t \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$); A 为林分面积 (hm^2)。根据彭建等^[3]对云南省丽江市土壤侵蚀研究, 有林地土壤侵蚀模数 X_1 取 $6.12 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 荒草地土壤侵蚀模数 X_2 取 $99.77 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。

(2) 固土价值量。运用影子工程法, 以挖取等量土壤运输转移的费用作为森林每年固土的价值。

$$U_{\text{固土}} = A \times (X_2 - X_1) \times C_{\pm} / \rho \quad (5)$$

式中: $U_{\text{固土}}$ 为林分年固土价值 (元/a); C_{\pm} 为挖取和运输单位体积土壤的费用 (元/ m^3); ρ 为林地土壤容重 (t/m^3)。借鉴《生态文明制度构建中的中国森林资源核算研究》一书中的数据^[2], C_{\pm} 取 63.00 元/t。根据《丽江玉龙县天保二期实施方案》, 林地土壤容重 (ρ) 为 1.35。

(3) 保肥物质量。

$$G_{\text{N}} = A \times N(X_2 - X_1) \quad (6)$$

$$G_{\text{P}} = A \times P(X_2 - X_1) \quad (7)$$

$$G_{\text{K}} = A \times K(X_2 - X_1) \quad (8)$$

式中: G_{N} 为林分年减少氮的流失量 (t/a); G_{P} 为林分年减少磷的流失量 (t/a); G_{K} 为林分年减少钾的流失量 (t/a); N 为森林土壤平均含氮量 (%); P 为森林土壤平均含磷量 (%); K 为森林土壤平均含钾量 (%)。利用国政在西南地区天然林保护工程综合效益评价中使用的土壤养分监测数据^[4], 土壤含氮量 (N) 取 0.24%, 土壤含磷量 (P) 取 0.08%, 土壤含钾量 (K) 取 0.09%。

(4) 保肥价值量。

$$U_{\text{肥}} = A(X_2 - X_1) (NC_1/R_1 + PC_1/R_2 + KC_2/R_3) \quad (9)$$

式中: $U_{\text{肥}}$ 为林分年保肥价值 (元/a); R_1 为磷酸二铵化肥含氮量 (%); R_2 为磷酸二铵化肥含磷量 (%); R_3 为氯化钾化肥含钾量 (%); C_1 为磷酸二铵化肥价格 (元/t); C_2 为氯化钾化肥价格 (元/t)。借鉴《生态文明制度构建中的中国森林资源核算研

究》的数据^[2], R_1 、 R_2 、 R_3 分别取值 14.00%、15.01%、50.00%, C_1 、 C_2 分别取值 3 300、2 800 元/t。该公式是将森林土壤保持氮磷钾的功能价值折算成农业化肥磷酸二铵和氯化钾的价值。

3. 固碳制氧

根据《玉龙县森林资源规划设计调查报告》, 云南松 (*Pinus yunnanensis*), 高山松 (*Pinus densata*), 栎类 (*Lithocarpus cleistocarpus*), 冷杉 (*Abies karena*) 4 类树种合计面积占总面积的 77.84%, 蓄积占 86.03%。因此本论文在计算时将这 4 类树种作为主要树种来进行计算。

(1) 固碳释氧物质质量。

$$G_{\text{固碳}} = 1.63R_{\text{碳}} \times A \times B_{\text{年}} \quad (10)$$

$$G_{\text{释氧}} = 1.19A \times B_{\text{年}} \quad (11)$$

式中: $G_{\text{固碳}}$ 为林分年固碳量 (t/a); $G_{\text{释氧}}$ 为林分年固碳量 (t/a); $R_{\text{碳}}$ 为 CO_2 中碳的含量, 取 27.27%; $B_{\text{年}}$ 为林分净生产力 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)。

(2) 固碳制氧价值。

$$U_{\text{固碳}} = 1.63R_{\text{碳}}A \times B_{\text{年}} \times C_{\text{碳}} \quad (12)$$

$$U_{\text{释氧}} = 1.19A \times B_{\text{年}} \times C_{\text{氧}} \quad (13)$$

式中: $U_{\text{固碳}}$ 为林分年固碳价值 (元/a); $U_{\text{释氧}}$ 为林分年释氧价值 (元/a); $C_{\text{碳}}$ 为固碳的价格 (元/t); $C_{\text{氧}}$ 为释氧的价格 (元/t)。根据《森林生态系统服务功能评估规范》, 固碳价格 $C_{\text{固碳}}$ 取 1 200 元/t, $C_{\text{制氧}}$ 取 1 000 元/t。

4. 积累营养物质

不同的林木有不同的遗传特性, 它们对营养元素的吸收能力也不同。由于西藏和云南丽江同属一个森林生态系统区位, 玉龙县天保工程主要树种的 N、P、K 含量参考《西藏林芝地区森林生态系统服务价值评估研究》一文中的数据^[5-6] (数据见表 2)。

表 2 森林各林分 N、P、K 含量数据表

Table 2 The investigation date of forest N, P, K content

森林类型	含氮量/%	含磷量/%	含钾量/%
阔叶林	1.98	0.06	1.58
针叶林	1.12	0.25	1.15
针阔混交林	1.56	0.19	1.32

根据表 2 以及公式 (14)、(15)、(16)、(17), 可计算出云南松、高山松、栎类以及冷杉年吸收氮、磷、钾的量以及它们带来的价值。

(1) 积累营养物质质量。

$$G_{\text{N}} = A \times N_{\text{营养}} \times B_{\text{年}} \quad (14)$$

$$G_{\text{P}} = A \times P_{\text{营养}} \times B_{\text{年}} \quad (15)$$

$$G_{\text{K}} = A \times K_{\text{营养}} \times B_{\text{年}} \quad (16)$$

式中: G_{N} 为林分年固氮量 (t/a); G_{P} 为林分年固磷量 (t/a); G_{K} 为林分年固钾量 (t/a); $N_{\text{营养}}$ 为林木氮元素的含量 (%); $P_{\text{营养}}$ 为林木磷元素的含量 (%); $K_{\text{营养}}$ 为林木钾元素的含量 (%)。

(2) 积累营养物质价值量。

$$U_{\text{营养}} = A \times B_{\text{年}} (N_{\text{营养}}C_1/R_1 + P_{\text{营养}}C_1/R_2 + K_{\text{营养}}C_2/R_3) \quad (17)$$

式中: $U_{\text{营养}}$ 为林分年积累营养物质价值量 (元/a); R_1 为磷酸二铵化肥含氮量 (%); R_2 为磷酸二铵化肥含磷量 (%); R_3 为氯化钾化肥含钾量 (%); C_1 为磷酸二铵化肥价格 (元/t); C_2 为氯化钾化肥价格 (元/t)。 R_1 、 R_2 、 R_3 、 C_1 、 C_2 的取值同公式 (9)。

5. 净化大气

(1) 吸收污染物及滞尘物质质量。本文以二氧化硫、氟化物、氮氧化物作为森林吸收大气污染物的主要对象进行计算。

$$G_{\text{二氧化硫}} = A \times Q_{\text{二氧化硫}} \quad (18)$$

$$G_{\text{氟化物}} = A \times Q_{\text{氟化物}} \quad (19)$$

$$G_{\text{氮氧化物}} = A \times Q_{\text{氮氧化物}} \quad (20)$$

$$G_{\text{滞尘}} = A \times Q_{\text{滞尘}} \quad (21)$$

式中: $G_{\text{二氧化硫}}$ 为林分年吸收二氧化硫量 (t/a); $G_{\text{氟化物}}$ 为林分年吸收氟化物量 (t/a); $G_{\text{氮氧化物}}$ 为林分年吸收氮氧化物量 (t/a); $G_{\text{滞尘}}$ 为林分年滞尘量 (t/a); $Q_{\text{二氧化硫}}$ 为林分单位面积吸收二氧化硫量 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$); $Q_{\text{氟化物}}$ 为林分单位面积吸收氟化物量 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$); $Q_{\text{氮氧化物}}$ 为林分单位面积吸收氮氧化物量 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$); $Q_{\text{滞尘}}$ 为林分单位面积吸收二氧化硫量 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)。由于不同树种对吸收大气污染物及滞尘能力不同, 所以本研究采用《中国森林生态效益资源价值评估》报告中的计量标准^[7-8], 以及赵元藩等对云南省森林生态系统服务功能价值评估的计算中的参数^[9]。

(2) 吸收污染物及滞尘价值量。

$$U_{\text{二氧化硫}} = K_{\text{二氧化硫}} \times G_{\text{二氧化硫}} \quad (22)$$

$$U_{\text{氟化物}} = K_{\text{氟化物}} \times G_{\text{氟化物}} \quad (23)$$

$$U_{\text{氮氧化物}} = K_{\text{氮氧化物}} \times G_{\text{氮氧化物}} \quad (24)$$

$$U_{\text{滞尘}} = K_{\text{滞尘}} \times G_{\text{滞尘}} \quad (25)$$

式中: $U_{\text{二氧化硫}}$ 为林分年吸收二氧化硫价值 (元/a); $U_{\text{氟化物}}$ 为林分年吸收氟化物价值 (元/a); $U_{\text{氮氧化物}}$ 为林分年吸收氮氧化物价值 (元/a); $U_{\text{滞尘}}$ 为林分年滞尘价值 (元/a); $K_{\text{二氧化硫}}$ 为二氧化硫治理费用 (元/t); $K_{\text{氟化物}}$ 为氟化物治理费用 (元/t);

$K_{\text{氮氧化物}}$ 为氮氧化物治理费用 (元/t); $K_{\text{滞尘}}$ 为降尘的治理费用 (元/t)。

6. 维护生物多样性

$$U_{\text{生物}} = A \times S_{\text{生物}} \quad (26)$$

式中: $U_{\text{生物}}$ 为林分年生物多样性保护价值 (元/a); $S_{\text{生物}}$ 为单位面积生物多样性保护价值 (元·hm⁻²·a⁻¹)。根据赖亚飞等^[10-11]的研究, 西南地区实施天然林资源保护工程产生的生物多样性价值为 400 美元/hm², 折合成人民币为 3 320 元/hm²。由此计算出玉龙县天保工程森林生态系统保护生物多样性功能价值。

7. 森林游憩

目前, 森林游憩价值的评估尚未统一方法。本文根据玉龙县森林旅游直接收入进行统计, 其数据来源于《玉龙县统计年鉴》和《玉龙县林业统计年报》。

8. 林分净生产力的计算方法

由于上述计算方法中涉及到林分净生产力, 所以本文对林分净生产力进行单独介绍。本研究首先通过天保工程主要林分蓄积量以及蓄积量与生物量的函数关系来计算出各林分的生物量, 再通过林分生物量与林分生产力的函数关系来计算出各林分的生产力, 结合方精云等^[12]研究出的结

论, 分别求出云南松、高山松、冷杉以及栎类这几种树种每年的林分净生产力。

四、森林生态系统服务功能价值评估结果

(一) 生态系统的主要构成

根据《2009 年玉龙县森林资源规划设计调查报告》, 全县各类森林面积 489 537.7 hm², 蓄积量为 4 571.623 万 m³。其中: 云南松的面积为 199 923.1 hm², 蓄积量为 1 519.300 万 m³, 分别占森林面积、蓄积的 40.84% 和 32.23%; 高山松的面积为 69 148.9 hm², 蓄积量为 718.611 m³, 分别占森林面积、蓄积的 14.13% 和 15.72%; 栎类的面积为 71 101.1 hm², 蓄积量为 748.099 万 m³, 分别占森林面积、蓄积的 15.52% 和 16.36%; 冷杉的面积为 35 997.8 hm², 蓄积量为 993.065 万 m³, 分别占森林面积、蓄积的 7.35% 和 21.72%。4 个树种面积合计占总面积的 77.84%, 蓄积合计占 86.03%。在计算时将此 4 个树种作为主要树种来进行计算。

如前所述, 本研究涉及的林分面积包括森林管护面积和新造林面积 2 个部分, 玉龙县天保工程 1998 年到 2015 年的面积见表 3。

表 3 玉龙县 1998—2015 年天保工程面积
Table 3 The area of natural forest protection project in Yulong County (hm²)

年份	森林管护面积	公益林建设			合计
		人工造林	飞播造林	封山育林	
1998	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1999	474 680.00	800.00	0.00	10 733.33	474 680.00
2000	487 973.33	1 233.33	2 200.00	0.00	488 053.33
2001	487 973.33	366.67	2 126.67	1 066.67	497 280.00
2002	487 973.33	20.00	0.00	1 033.33	499 340.00
2003	487 973.33	23.33	295.33	1 358.00	502 188.00
2004	487 973.33	6.67	200.00	1 913.33	503 030.67
2005	487 973.33	0.00	133.33	2 666.67	504 455.83
2006	487 973.33	0.00	0.00	1 600.00	506 257.83
2007	487 973.33	0.00	0.00	2 333.33	509 057.83
2008	487 973.33	0.00	0.00	2 106.67	510 657.83
2009	487 973.33	0.00	0.00	3 333.33	512 991.17
2010	487 973.33	0.00	0.00	3 333.33	515 097.83
2011	484 744.00	333.33	0.00	1 733.33	514 535.17
2012	484 744.00	0.00	0.00	1 000.00	517 625.17
2013	484 744.00	0.00	0.00	1 000.00	519 596.77
2014	484 744.00	133.33	0.00	1 333.33	520 298.77
2015	484 744.00	0.00	0.00	666.67	521 298.77

(二) 玉龙县天保工程森林生态系统服务功能实物量

根据前面的指标计算公式及参数, 得出1998—2015年云南省玉龙县天然林保护工程森林生态系统服务功能实物量: 涵养水源的实物总量为3 376 642.7万 m^3 , 年均实物量为187 591.3万 m^3 ; 固土的实物总量为80 880.31万t, 年均实物量为4 493.35万t; 保肥的N实物总量为194.11万t, 年平均实物量10.78万t, P的实物量为64.70万t, 年平均实物量3.59万t, K的实物量为72.79万t, 年平均实物量4.04万t; 积累营养物质的实物总量

为169.72万t, 年均实物量为9.43万t; 固碳的实物总量为2 936.55万t, 年均实物量为163.14万t; 释氧的实物总量为7 861.6万t, 年均实物量为436.76万t; 吸收二氧化硫的实物总量为129.35万t, 年均实物量为7.19万t; 吸收氟化物的实物总量为1.4万t, 年均实物量为0.08万t; 吸收氮氧化物的实物总量为4.44万t, 年均实物量为0.25万t; 滞尘的实物总量为18 105.38万t, 年均实物量为1 005.85万t。各年度详细情况见表4, 可以看出, 玉龙县天保工程森林生态系统服务功能实物量中, 涵养水源, 固土以及滞尘实物量最多。

表4 玉龙县天保工程森林生态服务实物量
Table 4 The Material of forest ecosystem service in Yulong

年份	涵养水源 /万 m^3	固土 /万t	保肥/万t			固碳 /万t	制氧 /万t	积累营 养物质 /万t	吸收二 氧化硫 /万t	吸收 氟化物 /万t	吸收氮 氧化物 /万t	滞尘 /万t
			N	P	K							
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	185 588.5	4 445.38	10.67	3.56	4.00	154.50	413.61	8.85	7.11	0.077	0.244	995.12
2000	190 817.1	4 570.62	10.97	3.66	4.11	159.69	427.52	9.15	7.31	0.079	0.251	1 023.15
2001	194 424.5	4 657.03	11.18	3.73	4.19	163.57	437.91	9.39	7.45	0.081	0.256	1 042.49
2002	195 230.0	4 676.32	11.22	3.74	4.21	165.13	442.07	9.48	7.48	0.081	0.257	1 046.81
2003	196 343.5	4 702.99	11.29	3.76	4.23	166.96	446.98	9.60	7.52	0.081	0.258	1 052.78
2004	196 672.9	4 710.88	11.31	3.77	4.24	168.14	450.13	9.68	7.53	0.081	0.259	1 054.55
2005	197 230.1	4 724.23	11.34	3.78	4.25	169.53	453.85	9.77	7.56	0.082	0.259	1 057.54
2006	197 934.7	4 741.10	11.38	3.79	4.27	171.05	457.94	9.87	7.58	0.082	0.260	1 061.31
2007	199 029.4	4 767.33	11.44	3.81	4.29	172.93	462.97	9.99	7.62	0.082	0.262	1 067.18
2008	199 655.0	4 782.31	11.48	3.83	4.30	174.42	466.96	10.09	7.65	0.083	0.263	1 070.54
2009	200 567.2	4 804.16	11.53	3.84	4.32	176.18	471.67	10.21	7.68	0.083	0.264	1 075.43
2010	202 694.1	4 855.11	11.65	3.88	4.37	178.98	479.16	10.38	7.76	0.084	0.267	1 086.84
2011	202 474.2	4 849.84	11.64	3.88	4.36	179.73	481.16	10.43	7.76	0.084	0.266	1 085.66
2012	203 682.3	4 878.78	11.71	3.90	4.39	181.75	486.58	10.56	7.80	0.084	0.268	1 092.13
2013	204 453.1	4 897.24	11.75	3.92	4.41	183.40	491.00	10.67	7.83	0.085	0.269	1 096.27
2014	204 727.6	4 903.81	11.77	3.92	4.41	184.62	494.26	10.76	7.84	0.085	0.269	1 097.74
2015	205 118.6	4 913.18	11.79	3.93	4.42	185.96	497.84	10.85	7.86	0.085	0.270	1 099.83
合计	3 376 642.7	80 880.31	194.11	64.70	72.79	2 936.55	7 861.60	169.72	129.35	1.400	4.440	18 105.38
年均值	187 591.3	4 493.35	10.78	3.59	4.04	163.14	436.76	9.43	7.19	0.080	0.250	1 005.85

(三) 玉龙县天保工程森林生态系统服务功能价值量

将涵养水源、保育土壤、固碳释氧、积累营养物质、净化大气、维持生物多样性以及森林游

憩的价值相加, 即为森林生态系统服务功能的总价值。从表5可以看出, 云南省玉龙县1998—2015年天然林保护工程的森林生态系统服务功能价值总量为4 945.15亿元, 年均均为274.74亿元。

表 5 玉龙县天保工程森林生态服务价值量
Table 5 The value of forest ecosystem service in Yulong (亿元·a⁻¹)

年份	涵养水源	固土保肥	净化空气	固碳	积累营养	制氧	维持生物多样性	森林游憩	合计
1998	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
1999	101.7	55.95	20.04	18.54	13.60	41.36	15.76	0.01	266.96
2000	104.6	57.53	20.60	19.16	14.07	42.75	16.20	0.01	274.92
2001	106.5	58.62	20.99	19.63	14.43	43.79	16.51	0.01	280.48
2002	107.0	58.86	21.08	19.82	14.58	44.21	16.58	0.01	282.14
2003	107.6	59.19	21.20	20.04	14.76	44.70	16.67	0.01	284.17
2004	107.8	59.29	21.23	20.18	14.88	45.01	16.70	1.03	286.12
2005	108.1	59.46	21.29	20.34	15.02	45.38	16.75	1.03	287.37
2006	108.5	59.67	21.37	20.53	15.17	45.79	16.81	1.45	289.29
2007	109.1	60.00	21.49	20.75	15.36	46.30	16.90	1.43	291.33
2008	109.4	60.19	21.55	20.93	15.51	46.70	16.95	1.54	292.77
2009	109.9	60.47	21.65	21.14	15.68	47.17	17.03	1.76	294.80
2010	111.1	61.11	21.88	21.48	15.95	47.92	17.21	1.84	298.49
2011	111.0	61.04	21.86	21.57	16.03	48.12	17.19	2.10	298.91
2012	111.6	61.41	21.99	21.81	16.23	48.66	17.30	3.32	302.32
2013	112.0	61.64	22.07	22.01	16.40	49.10	17.36	3.27	303.85
2014	112.2	61.72	22.10	22.15	16.53	49.43	17.38	3.27	304.78
2015	112.4	61.84	22.14	22.31	16.67	49.78	17.42	3.94	306.50
合计	1 850.4	1 018.01	364.54	352.39	260.87	786.16	286.73	26.05	4 945.15
年均值	102.8	56.56	20.25	19.58	14.49	43.68	15.93	1.45	274.74

五、结论与启示

(一) 结论

本文借鉴已有研究成果,结合玉龙县 1998—2015 年天保工程的实际情况建立评价指标体系,通过相应的评估方法计算出玉龙县天保工程森林生态系统服务功能的价值得出:玉龙县 1998—2015 年天保工程森林生态系统服务功能价值的总和为 4 945.15 亿元。在玉龙县天保工程中,其中涵养水源所提供的价值最高,其价值为 1 850.4 亿元,其次是固土保肥功能,价值为 1 018.01 亿元,再次是释氧功能,其价值为 786.16 亿元,三项功能价值占总价值的 73.9%。剩余的服务功能提供的价值由大到小依次是净化大气、固碳、维持生物多样性、积累营养物质、森林游憩。

结果显示,玉龙县天然林保护工程的森林生态系统服务功能的物质质量和价值量均随着新造林成林面积的增加和森林管护面积的增加而增加。由此说明,玉龙县通过实施全面停止天然林采伐、

森林资源管护和新造林等举措,全县森林资源得到有效保护,生态植被得到较好的修复。在森林生态系统服务的各项功能中,森林游憩的增长率最高,从而促进了当地旅游业的发展。

(二) 启示

目前,玉龙县需开展的中低产林改造、中幼林抚育的森林面积大,因此,森林林分结构单一、质量不高,极大制约了生态功能发挥。国家应提高林业补贴项目投资标准,地方应积极开展中幼林抚育和中低产林改造项目,提高林分的质量,从而提高森林生态系统服务功能的总价值。

随着天保工程公益林建设和其他林业工程建设的推进,人工造林和封山育林的规模不断扩大,放牧地块也随之越来越少,林牧矛盾十分突出,人工造林等地块经常遭受到牲畜的破坏,从而加大了管护难度。另外由于玉龙县近年来频频发生冰雹、雪灾、霜冻和持续干旱等自然灾害,公益林建设与森林管护受到了不同程度的影响。因此,应科学制定国土空间规划,积极发展天保区后续

产业,创新森林保险机制,减少林分的破坏程度,充分发挥森林生态系统的服务功能。

玉龙县森林游憩服务功能带来的价值较大,而且年价值增长速率最快,应继续发挥玉龙县地处少数民族的聚集地、民族文化相对浓厚的优势,在保护生态环境的前提下发展一些富有当地特色的旅游项目,以带动当地经济的更快发展。

致谢:感谢云南省玉龙县林业局和云南省林业调查规划院提供资料并给予帮助。

[参 考 文 献]

- [1] 玉龙纳西族自治县史志办公室. 玉龙纳西族自治县志 [R]. 2015.
- [2] “中国森林资源核算研究”项目组. 生态文明制度构建中的中国森林资源核算研究 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2015.
- [3] 彭建, 李丹丹, 张玉清. 基于 GIS 和 RUSLE 的滇西北山区土壤侵蚀空间特征分析: 以云南省丽江市为例 [J]. 山地学报, 2007, 25(5): 549-555.
- [4] 国政. 西南地区天然林保护工程综合效益评价研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2011: 99-101.
- [5] 郭其强, 罗大庆, 方江平, 等. 西藏林芝森林生态系统服务功能价值评估 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(18): 8746-8749.
- [6] 苏讯帆. 西藏林芝地区森林生态系统服务价值评估研究 [D]. 陕西: 西北农林科技大学, 2008: 29-33.
- [7] 余新晓, 鲁绍伟, 靳芳, 等. 中国森林生态系统服务功能价值评估 [J]. 生态学报, 2005, 25(8): 2096-2102.
- [8] 靳芳, 鲁绍伟. 中国森林生态系统服务功能及其价值评价 [J]. 应用生态学报, 2006, 16(8): 1531-1532.
- [9] 赵元藩, 温庆忠, 艾建林. 云南森林生态系统服务功能价值评估 [J]. 林业科学研究, 2010, 23(2): 184-190.
- [10] 赖亚飞. 吴起县退耕还林工程效益评价及其绿色 GDP 核算 [D]. 北京: 北京林业大学, 2007.
- [11] 杨琼, 陈章和, 沈鸿标. 白云山森林生态系统间接经济价值评估 [J]. 生态科学, 2002, 21(1): 72-75.
- [12] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产量 [J]. 生态学报, 1996, 16(5): 497-508.

(责任编辑 曹 龙)