文章编号：1674－9057(2018)01－0117－07 doi:10.3969/j.issn.1674－9057.2018.01.017

广西猫儿山国家级自然保护区森林生态系统生态服务价值评估

王海伦[1a]，王金叶[2]，闫文德[1b]，秦丽玲[3]，王绍能[3]

（1. 中南林业科技大学 a. 林学院；b. 生命科学与技术学院，长沙 410004；2. 桂林理工大学，广西 桂林 541004；
3. 广西桂林猫儿山国家级自然保护区管理局，广西 桂林 541316）

摘 要：按照《森林生态系统服务功能评估规范》要求，基于猫儿山国家级自然保护区森林资源调查、野外观测研究和当地社会经济发展数据，评价保护区森林生态系统生态服务价值。结果表明：① 2014年保护区森林生态系统生态服务总价值为165 557.736万元·a^{-1}，单位面积森林生态系统生态服务价值为10.802万元·hm^{-2}·a^{-1}。② 保护区森林生态系统生态服务价值从大到小依次：涵养水源、生物多样性保护、固碳释氧、净化大气环境、保育土壤、森林游憩、积累营养物质，其中涵养水源占总价值量的58.35%，生物多样性保护价值占总价值量的17.27%。③ 保护区典型森林生态系统生态服务总价值从大到小依次为：阔叶林、灌木林、马尾松林、杉木林、毛竹林，单位面积森林生态系统提供的生态服务价值排序不同于总价值，毛竹林最大。说明相同面积的森林生态系统生态服务价值受到系统结构和活力等因素的影响，表现出较大的差异。

关键词：森林生态系统；生态服务功能；价值评估；猫儿山

中图分类号：X826 **文献标志码：**A

0 引 言

森林生态系统是陆地生态系统的主体，除具有重要的经济价值外，还具有涵养水源、调节径流、保持水土等多种生态价值。随着一些全球性和区域性的环境问题加剧，国内外对森林生态系统服务功能的研究越来越重视。李文华、傅伯杰等认为生态系统服务功能已成为当前国际上科学研究的前沿和热点[1-2]。Costanza 等于1997年对全球生态系统服务功能进行了划分和评价[3]；联合国于2001年启动了千年生态系统评估(millennium ecosystem assessment，MA)，其中生态系统服务功能评价是MA的核心内容之一；2006年英国生态学会组织科学家与政府决策者一起提出了14个与政策制定相关的生态学主题，其中第一个主题就是生态系统服务功能研究[4]。国外学者研究认为森林生态系统服务功能价值主要体现为：维持生命物质的生物地球化学循环与水文循环、维持生物物种多样性与遗传多样性、净化大气环境、维持大气化学平衡与稳定、提供人类生存所需要的林产品等[3,5-8]。国内学者侯元兆等首次较为全面地对我国森林资源的涵养水源、保护土壤、固碳释氧等生态系统服务功能的总价值进行了评价[9]。随后国内先后有学者对生态系统服务功能评价理论、技术、方法等进行了研究和探索[10-13]，发布了林业行业标准《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T 1721—2008)[14]，从不同尺度对多种森林类型进行了生态系统服务功能评价[15-23]。其中蒋延

收稿日期：2017－10－16

基金项目：国家科技支撑计划课题(2012BAC16B04)；国家自然科学基金项目(41261006；30860058)；桂林市科技攻关课题(20140117－3)；广西桂林猫儿山国家级自然保护区管理局项目

作者简介：王海伦（1995—），女，硕士研究生，研究方向：水土保持与荒漠化防治，664065642@qq.com。

通讯作者：王金叶，博士，教授，539995984@qq.com。

引文格式：王海伦，王金叶，闫文德，等. 广西猫儿山国家级自然保护区森林生态系统生态服务价值评估［J］. 桂林理工大学学报，2018，38（1）：000－000.

玲等根据全国第三次森林资源清查资料，以 Constanza 生态系统服务功能的估算为依据，对我国 38 种主要森林类型生态系统服务功能的价值进行了评价，证明森林生态系统的最大价值反映在生态效益上，而非实物资源价值，前者是后者的 3.92 倍[24]。但由于区域经济发展水平的差异性、森林生态系统的复杂性，以及对生态服务价值的支付意愿不同，研究结论存在差异。

广西猫儿山国家级自然保护区是世界上最具典型特征的常绿阔叶林原生性植被保存最完好的地区之一，也是广西中部主要的水源林区之一[25-27]。漓江上游森林通过提供木材、林副产品和生态功能，对维护漓江流域的生态安全和区域经济社会可持续发展具有重要作用[28-32]。近年来，由于气候变化和社会经济发展对漓江流域的影响，致使流域内水资源短缺与分配不均、生态防护功能减弱、生物多样性和生产功能下降、视觉与美学景观环境恶化等生态环境问题日益突出[33-36]。生态补偿由于缺乏有力的支撑没有得到落实，使因对生态保护作出贡献而经济受到影响的保护区和周边居民没有得到合理的补偿。因此，对广西猫儿山国家级自然保护区森林生态系统服务价值评估，旨在准确认识保护区森林生态系统的重要作用，为漓江流域生态建设和经济社会可持续发展，以及对漓江上游生态补偿提供可靠的决策依据，促进漓江流域生态安全和区域经济社会可持续发展。

1 研究区概况

广西猫儿山国家级自然保护区地处广西兴安、资源、龙胜三县交界处，属南岭山地越城岭山系，相对高差在 800 ~ 1 000 m 以上，山峦起伏，沟壑纵横，地形复杂，地势陡峭，主峰猫儿山为华南第一高峰，海拔 2 141.5 m；属中亚热带湿润山地季风气候，山地气候特征明显，具有春夏多雨，秋冬干冷，日照时数短，光热雨同季的特点。受地形垂直变化影响，保护区植被分布具有典型的垂直地带性，类型复杂多样，共有维管束植物 215 科 782 属 2 120 种，其中蕨类植物 40 科 83 属 157 种；裸子植物 7 科 17 属 29 种；被子植物 168 科 682 属 1 934 种，珍贵稀有植物共 32 种。保护区总面积 17 008.5 hm^2，森林覆盖率 96.48%，原生性植被为典型的常绿阔叶林，保存最完好，涵养水源能力强，是一座“天然绿色水库”。发源于保护区的各河流，每年出山口径流量达 3.14 亿 m^3，是漓江、浔江和资江的主要发源地，连接着长江、珠江两大水系[37]。

2 研究方法

森林生态系统服务价值评估研究主要采用能值分析法、物质量评价法、价值量评价法，以及动态模拟和“3S”技术等方法[38-39]。《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T 1721—2008)采用物质量和价值量相结合的方法，具体包括森林生态系统生态服务功能的物质量测定和价值量转换。

2.1 评价内容与指标

根据《森林生态系统服务功能评估规范》确定的指标体系和猫儿山国家级自然保护区实际情况，选定从涵养水源、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、森林游憩等 7 方面评价保护区森林生态系统的生态服务价值，详见评估结果与分析。

2.2 评价模型

森林生态系统生态服务价值评估采用分布式模型，将保护区各典型森林生态系统 7 大类服务功能的价值分别测算后再综合，具体测算公式及参数释义见文献［14］。

2.3 数据来源

根据森林生态系统生态服务价值评价要求，需要反映保护区森林资源状况、典型森林生态系统服务功能的物质量、价值量 3 大类数据。其中：①保护区森林资源状况数据，包括林地面积、森林面积、蓄积量和森林生长量等，根据保护区 2009 年森林资源规划设计调查报告和 2010—2014 年保护区森林资源更新数据获取；② 森林生态系统服务功能的物质量数据，主要通过在保护区开展森林生态环境监测 、森林生态系统定位研究以及文献查阅等方法获取；③ 服务功能的价值量数据，参考文献［14］2009 年的推荐价格，并根据 2014 年广西经济社会发展的实际情况进行修正后获取。其中生物多样性保护价格受森林生态系统不同香农指数(Shannon-Wiener)对应的单位面积年物种损失机会成本影响。

3　结果与分析

3.1　森林生态系统生态服务功能的基本特征

3.1.1　资源量特征　2014 年，保护区土地总面积 15 686.8 hm^2，其中林地占保护区土地面积的 98.14%，非林地占 1.86%。保护区森林主要由乔木林、竹林和灌木林组成，典型森林生态系统主要是阔叶林、杉木林、马尾松林、竹林和灌木林，其中阔叶林面积最大，占森林总面积的 88.1%，灌木林次之(表 1)。保护区乔木林平均蓄积生长量为 48.8 m^3，总蓄积连年生长量为 93 513 m^3，年均蓄积生长率 4.72%，其中阔叶林、杉木林、马尾松林总蓄积连年生长量和年均蓄积生长率分别为 90 605 m^3，4.70%；609 m^3，5.98%；2 299 m^3，5.42%。

3.1.2　物质量特征　保护区主要森林生态系统生态服务功能的物质量指标差距较大。如反映森林生态系统涵养水源功能的林分蒸散量，阔叶林是毛竹林的 1.02 倍；反映森林生态系统保育土壤功能的林地侵蚀量，马尾松林是阔叶林的 2.22 倍；反映森林生态系统固碳释氧功能的林分净生产力，毛竹林是阔叶林的 3.78 倍。各具体指标参数详见表 2。

表 1　保护区森林面积与蓄积

Table 1　Forest area and volume in the Nature Reserve

森林类型	优势树种(组)	面积		蓄积	
		hm^2	%	m^3	%
乔木林	阔叶树	13 502.3	88.1	2 326 776.1	97.2
	杉木	87.3	0.6	13 701.2	0.6
	马尾松	387.8	2.5	52 268.9	2.2
	小计	13 977.4	91.2	2 392 746.2	100.0
竹林		10.6	0.1	–	–
灌木林		1 337.9	8.7	–	–
散生木和四旁植树		–	–	1 115.9	0.0
合计		15 325.9	100	2 393 862.1	100.0

注：数据来源于保护区 2009 年森林资源规划设计调查报告和 2010—2014 年保护区森林资源更新调查报告。

3.2　森林涵养水源功能及价值

森林涵养水源功能主要体现在调节径流、增加可利用水资源、净化水质等方面。经测算，2014 年保护区森林生态系统涵养水源总价值量为 96 607.759 万元·a^{-1}，单位面积年涵养水源价值量为 6.304 万元·hm^{-2}·a^{-1}。森林涵养水源价值以调节水量价值为主，占森林生态系统涵养水源总价值量的 72.63%，净化水质价值占其总价值量的 27.37%。保护区阔叶林涵养水源作用最为强大，占森林生态系统涵养水源总价值量的88.17%；其次

表 2　保护区森林生态系统生态服务功能的物质量指标

Table 2　Mass index of the forest ecosystem service function in the Nature Reserve

生态服务功能	评估指标	阔叶林	杉木林	马尾松林	毛竹林	灌木林	备注
涵养水源	林分蒸散量/mm	1 022.9	1 187.0	1 013.5	998.1	1 012.0	测算
	地表径流量/mm	847.1	793.2	852.5	861.2	853.4	实测
保育土壤	林地侵蚀量/(t·hm^{-2}·a^{-1})	0.730	1.814	1.623	1.470	1.032	实测
	土壤容重/(t·m^{-3})	0.852 8	0.906 1	0.862 5	0.915 7	0.859 2	实测
	土壤氮含量/%	0.202	0.172	0.269	0.129	0.193	实测
	土壤磷含量/%	0.037	0.053	0.028	0.075	0.048	实测
	土壤钾含量/%	0.424	0.463	0.450	0.464	0.450	实测
	土壤有机质含量/%	3.576	2.428	3.282	3.842	3.282	实测
固碳释氧	林分净生产力/(t·hm^{-2}·a^{-1})	5.012	8.603 2	8.125 3	18.962 7	11.326 2	测算
	生物量/(t·hm^{-2})	57.612 3	37.615 2	15.687 3	76.016 3	20.076 0	资料
积累营养物质(w/%)	N	0.944 7	0.365 6	0.33	0.621 8	1.828 2	实测，其中马尾松 N、P、K 据文献[40]计算
	P	0.081 1	0.027 3	0.04	0.050 5	0.090 4	
	K	0.239 3	0.192	0.23	0.095 8	0.516 7	
净化大气环境	负离子浓度/(万个·cm^{-3})	4.0	3.1	3.2	3.0	3.0	实测
	吸收二氧化硫量/(kg·hm^{-2}·a^{-1})	88.65	264.61	117.60	88.65	88.65	据文献[17，32，41－44]计算
	吸收氮氧化物量/(kg·hm^{-2}·a^{-1})	6.0～11.33	6.0～13.24	6.0～－10.02	2.96～13.29	6.0～11.33	
	吸收氟化物量/(kg·hm^{-2}·a^{-1})	4.65～12.40	4.28～4.65	0.50～9.85	1.27～4.20	2.58～12.40	
	滞尘量/(kg·hm^{-2}·a^{-1})	36 383～45 230	32 020	34 450～33 200	24 200～10 998	24 200～33 209	
生物多样性保护	香农指数(Shannon-Wiener)	3.665	1.568	1.234	1.64	2.735	参见文献[14]

注：(1)2014 年保护区平均降水量 2 509.1 mm；(2)无林地侵蚀量为 37.891 t/(hm^2·a)；(3)区间参数在计算时取其平均值；(4)生物量根据猫儿山保护区 2009 年森林资源规划设计调查报告和年生长量推算。

为灌木林，占 8.79%。单位面积森林涵养水源的价值量从大到小依次为杉木林、毛竹林、灌木林、马尾松林和阔叶林，但差距较小(图 1)。

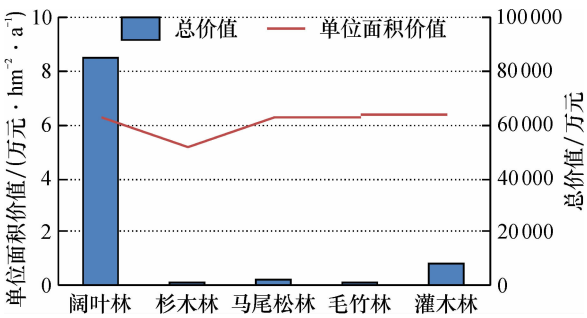


图 1 保护区森林生态系统涵养水源价值

Fig. 1 Value of the forest ecosystem water conservation function in the Nature Reserve

3.3 森林保育土壤功能及价值

森林生态系统保育土壤功能主要包括固土和保肥两大部分。经测算，2014 年，保护区森林生态系统年保育土壤总价值量 8 694.045 万元·a^{-1}，单位面积年保育土壤价值量 0.567 万元·hm^{-2}·a^{-1}。其中，森林生态系统单位面积年固土价值为 0.274 万元·hm^{-2}·a^{-1}，单位面积年保肥价值为 0.294 万元·hm^{-2}·a^{-1}。各森林类型中，阔叶林保育土壤贡献最大，保育土壤价值量占总价值量的 88.34%；其次为灌木林，占 8.65%；人工林(杉木林、毛竹林)仅占 0.63%。各森林生态系统单位面积保育土壤价值量之间差异较小(表 3)。

表 3 保护区森林生态系统保育土壤总价值量

Table 3 Value of the forest ecosystem reserve soil in the Nature Reserve

森林类型	固土总量/万 t	固土价值量/万元	保肥价值量/万元	保育土壤总价值量/(万元·a^{-1})	单位面积价值量/(万元·hm^{-2}·a^{-1})
阔叶林	50.176	3 706.709	3 973.666	7 680.375	0.569
杉木林	0.315	21.898	28.119	50.017	0.573
马尾松林	1.406	102.734	102.928	205.662	0.530
毛竹林	0.039	2.656	2.967	5.623	0.530
灌木林	4.931	361.588	390.780	752.368	0.562
合计	56.867	4 195.585	4 498.460	8 694.045	0.567

3.4 森林固碳释氧功能及价值

森林生态系统固碳释氧功能主要指固碳和释氧，固碳包括森林本身固碳和森林土壤固碳。经测算，2014 年保护区森林生态系统固碳释氧总价值量为 15 058.407 万元·a^{-1}，单位面积年固碳释氧价值量为 0.983 万元·hm^{-2}·a^{-1}。其中，森林生态系统单位面积年固碳价值量为 0.308 万元·hm^{-2}·a^{-1}，单位面积年释氧价值量为 0.675 万元·hm^{-2}·a^{-1}。不同森林生态系统之间，阔叶林固碳释氧总价值最大，毛竹林单位面积年固碳释氧价值最大（图 2）。

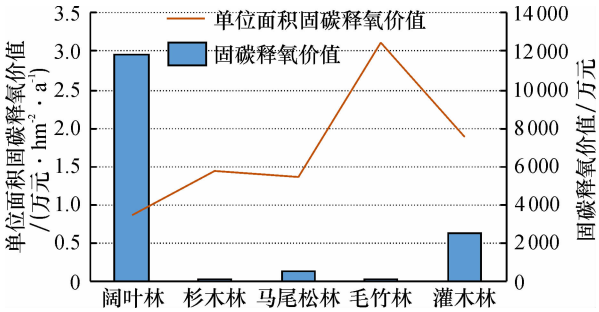


图 2 保护区森林生态系统固碳释氧价值

Fig. 2 Value of the forest ecosystem solid carbon releasing oxygen in the Nature Reserve

3.5 森林物质积累功能及价值

据测算，2014 年保护区森林植被积累营养物质总价值量为 2 094.96 万元·a^{-1}，单位面积年积累营养物质的价值量为 0.14 万元·hm^{-2}·a^{-1}。其中阔叶林积累营养物质总价值量最大，灌木林单位面积年积累营养物质价值量最大（表 4）。

表 4 保护区森林植被积累营养物质价值

Table 4 Value of the forest vegetation nutrition accumulation in the Nature Reserve

森林类型	营养物质积累量/t			积累营养物质总价值量/(万元·a^{-1})	单位面积价值量/(万元·hm^{-2}·a^{-1})
	N	P	K		
阔叶林	639.31	54.88	161.94	1 447.72	0.11
杉木林	2.75	0.21	1.44	6.47	0.07
马尾松林	10.40	1.26	7.25	26.13	0.07
毛竹林	1.25	0.10	0.19	2.77	0.26
灌木林	277.03	13.70	78.30	611.87	0.46
合计	930.74	70.15	249.12	2 094.96	0.14

3.6 森林净化大气环境功能及价值

根据保护区森林环境特点，主要从提供负氧离子和吸收大气污染物两个方面评价净化大气价值。经测定，2014 年保护区森林生态系统年净化大气环境总价值量为 11 809.213 万元·a^{-1}，单位面积年净化大气环境价值量为 0.771 万元·hm^{-2}·a^{-1}。其中，年产生负氧离子总价值量为 90.781 万元·a^{-1}，年吸收大气污染物总价值量为 214.170 万元·a^{-1}，年滞尘总价值量为 11 504.262 万元·a^{-1}，单

位面积年产生负氧离子价值量平均为 0.006 万元·hm^{-2}·a^{-1}(表 5)。不同森林生态系统中,阔叶林净化大气价值最高。

3.7　生物多样性保护价值

猫儿山国家级自然保护区植被繁茂，动植物资源非常丰富，拥有多种珍稀濒危物种，生物多样性保护价值高。经测算，2014 年保护区森林生态系统保护生物多样性总价值量为 28 585.35 万元·a^{-1}，其中阔叶林在保护生物多样性中居核心地位，其价值量占保护区森林生态系统保护生物多样性总价值量的 94.47%，其次为灌木林，占 4.68%，其余生态系统类型所占比例很小，在生物多样性保护中的作用甚至可以忽略。

3.8　森林游憩价值

森林游憩价值采用旅行费用法，根据当年游客的实际消费水平计算。2014 年进入保护区的旅游人数为 7.6 万人(次)，经测算，当年的森林游憩总价值量为 2 708 万元·a^{-1}。结合广西当前经济发展水平、保护区森林环境状况及人们愿意付费的程度等估算，保护区森林游憩潜在价值较高。按规划接待 20 万人次的规模及桂林市旅游人均消费 600 元估算，保护区每年森林游憩的潜在价值约为 12 000 万元·a^{-1}。

3.9　森林生态系统生态服务总价值

综上，2014 年猫儿山国家级自然保护区森林生态系统生态服务总价值量为 165 557.736 万元·a^{-1}，单位面积生态服务价值量为 10.802 万元·hm^{-2}·a^{-1}。其中阔叶林的生态服务功能最为强大，其价值量占森林生态系统生态服务总价值量的 86.89%；其次为灌木林，占 8.74%，毛竹林仅占 0.07%；单位面积生态服务价值量，毛竹林最大，但各生态系统类型之间差距较小(表 6)。保护区森林生态系统生态服务价值中，涵养水源价值量最大，占总价值量的 58.35%；其次为生物多样性保护价值，占总价值量的 17.27%(图 3)。评价结果与保护区主体功能相一致。

4　结果与讨论

研究认为，广西猫儿山国家级自然保护区单位面积森林生态系统年提供的生态服务价值量远高于生态系统提供木材等林产品的价值量，也远高于广西单位面积森林生态系统生态服务价值的平均值(6.07 万元·hm^{-2}·a^{-1})[32]。其中森林生态系统涵养水源价值量最大，其次为生物多样性保护价值量。涵养水源和生物多样性保护是保护区最重要的两大功能,充分说明了猫儿山国家级

表 5　保护区森林净化大气环境功能价值

Table 5　Value of the forest air purification in the Nature Reserve

森林类型	提供负氧离子总价值量/(万元·a^{-1})	吸收污染物价值量/(万元·a^{-1})	滞尘价值量/(万元·a^{-1})	总价值量/(万元·a^{-1})	单位面积价值量/(万元·hm^{-2}·a^{-1})
阔叶林	87.864	185.648	10 468.704	10 742.216	0.796
杉木林	0.367	3.346	53.112	56.825	0.651
马尾松林	1.795	6.762	249.229	257.786	0.665
毛竹林	0.029	0.140	3.544	3.713	0.350
灌木林	0.726	18.274	729.673	748.673	0.560
合计	90.781	214.170	11 504.262	11 809.213	0.771

表 6　保护区森林生态系统生态服务总价值

Table 6　Total value of the forest ecosystem service function in the Nature Reserve　　万元·a^{-1}

森林类型	涵养水源总价值	保育土壤值量	固碳释氧价值	积累营养物质总价值	净化大气总价值	生物多样性保护总价值	游憩总价值	生态服务总价值	单位面积总价值/(万元·hm^{-2}·a^{-1})
阔叶林	85 128.241	7 680.375	11 850.997	1 447.724	10 742.216	27 004.600		143 854.154	10.654
杉木林	455.496	50.017	126.226	6.468	56.824	43.650		738.682	8.461
马尾松林	2 460.274	205.662	524.969	26.133	257.786	193.900		3 668.723	9.460
毛竹林	67.949	5.623	33.136	2.768	3.713	5.300		118.490	11.178
灌木林	8 495.799	752.368	2 523.079	611.867	748.673	1 337.900		14 469.687	10.815
合计	96 607.759	8 694.045	15 058.407	2 094.960	11 809.212	28 585.350	2 708.000	165 557.736	10.802

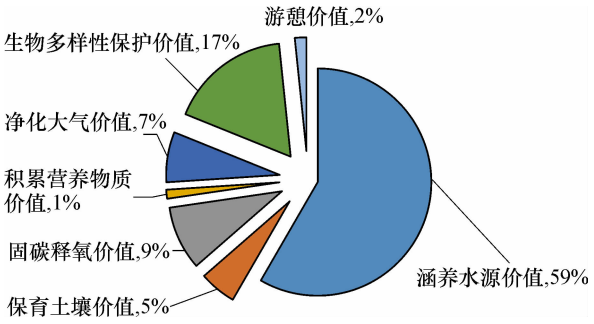


图 3 保护区森林生态系统服务功能构成

Fig. 3 Value components of the forest ecosystem service function in the Nature Reserve

自然保护区作为重要水源涵养林区和世界上最具典型特征的常绿阔叶林原生性植被保护区的重要性。保护区森林生态系统生态服务总价值受森林面积大小的影响差距较大，总价值量从大到小依次为阔叶林、灌木林、马尾松林、杉木林、毛竹林；单位面积生态服务价值量从大到小依次为毛竹林、灌木林、阔叶林、马尾松林、杉木林，其排序与价值总量排序不一致，说明森林生态系统生态服务价值除受面积影响外，还受到生态系统功能、活力等因素的影响。毛竹林是人工林，林分净生产力远高于其他系统，致使其单位面积生态服务价值量最大。因此，在面积稳定的情况下，优化森林生态系统结构、增强活力是提高其生态服务价值最重要的手段之一。目前，森林生态系统生态服务价值评价主要依据是《森林生态系统服务功能评估规范》，关键是反映生态服务功能的物质量指标，但由于研究水平和手段的差异，物质量指标量化存在不确定性或准确性有待提高的问题，森林生态系统生态服务价值评价研究仍然需要不断深入。

参考文献：

[1] 李文华，张彪，谢高地. 中国生态系统服务研究的回顾与展望 [J]. 自然资源学报，2009，24 (1)：1 - 10.

[2] 傅伯杰，周国逸，白永飞，等. 中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全 [J]. 地球科学进展，2009，24 (6)：571 - 576.

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

[4] Sutherland W J，Armstrong-Brown S，Armsworth P R，et al. The identification of 100 ecological questions of high policy relevance in the UK [J]. Journal of Applied Ecology，2006，43：617 - 627.

[5] Isbell F，Calcagno V，Hector A，et al. High plant diversity is needed to maintain ecosystem services [J]. Nature，2011，477：199 - 203.

[6] Reid W V，Mooney H A，Capistrano D，et al. Nature：the many benefits of ecosystem services [J]. Nature，2006，443：749.

[7] Boumans R，Costanza R，Farley J，et al. Modeling the dynamics of the integrated earth system and the value of global ecosystem services using the GUMBO model [J]. Ecological Economics，2002，41：529 - 560.

[8] Bolund P，Hunhammar S. Ecosystem services in urban areas [J]. Ecological Economics，1999，29：293 - 301.

[9] 侯元兆，王琦. 中国森林资源核算研究 [J]. 世界林业研究，1995 (3)：51 - 56.

[10] 孙纲，盛连喜，周道玮，等. 生态系统服务及其保护策略 [J]. 应用生态学报，1999，10 (3)：365 - 368.

[11] 方精云. 中国森林生产力及其对全球气候变化的响应 [J]. 植物生态学报，2000，24 (5)：513 - 517.

[12] 肖寒，欧阳志云，赵景柱，等. 森林生态系统服务功能及其生态经济价值评估初探——以海南岛尖峰岭热带森林为例 [J]. 应用生态学报，2000，11 (4)：481 - 484.

[13] 张志强，徐中民，程国栋，等. 生态系统服务与自然资本价值评估 [J]. 生态学报，2001，21 (11)：1918 - 1926.

[14] 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.

[15] 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.

[16] 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.

[17] 靳芳，鲁绍伟，余新晓，等. 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，2005，16 (8)：1531 - 1536.

[18] 王兵，任晓旭，胡文. 中国森林生态系统服务功能及其价值评估 [J]. 林业科学，2011，47 (2)：145 - 153.

[19] 关文彬，王自力，陈建成，等. 贡嘎山地区森林生态系统服务功能价值评估 [J]. 北京林业大学学报，2002，24 (4)：80 - 84.

[20] 郭浩，王兵，马向前，等. 中国油松林生态服务功能评估 [J]. 中国科学 C 辑 (生命科学)，2008，38 (6)：565 - 572.

[21] 张彪，史芸婷，李庆旭，等. 北京湿地生态系统重要服务功能及其价值评估 [J]. 自然资源学报，2017，32 (8)：1311 - 1324.

[22] 魏云龙，蔡建国. 杭州市绿地生态系统服务功能价值评估及可持续性发展研究 [J]. 浙江农林大学学报，2017，34 (4)：695 - 703.

[23] 刘胜涛，高鹏，刘潘伟，等. 泰山森林生态系统服务功能及其价值评估 [J]. 生态学报，2017，37 (10)：3302 - 3310.

[24] 蒋延玲，周广胜. 中国主要森林生态系统公益的评估 [J]. 植物生态学报，1999，23 (5)：426 - 432.

[25] 郭琪，吴虹，秦润君，等. 漓江下游河流地貌 50 年变化

的高分遥感影像解译分析［J］. 桂林理工大学学报，2014，34（3）：452－459.
［26］陈余道，蒋亚萍，朱银红. 漓江流域典型岩溶生态系统的自然特征差异［J］. 自然资源学报，2003，18（3）：326－332.
［27］向悟生，李先琨，丁涛，等. 漓江流域上游植被景观格局演变特征分析[J]. 广西科学，2009，16(4)：455－459.
［28］吕仕洪，向悟生，李先琨，等. 漓江上游植被类型的水文特征与功能评价［J］. 水土保持通报，2002，22（5）：24－28.
［29］李先琨，吕仕洪，黄玉清，等. 漓江流域红壤侵蚀区植被演替与复合农林试验［J］. 生态环境，2007，16（1）：140－148.
［30］李海防，王金叶，刘兴伟，等. 广西猫儿山主要林型水源涵养功能研究［J］. 西北林学院学报，2012，27（1）：50－53.
［31］向悟生，李先琨，丁涛，等. 土地利用变化对漓江流域生态服务价值影响［J］. 水土保持研究，2009，16（6）：45－50，55.
［32］王兵，魏江生，俞社保，等. 广西壮族自治区森林生态系统服务功能研究[J]. 广西植物，2013，33(1)：46－51.
［33］吴虹，郭远飞，郭建东，等. 基于 TM/ETM＋和 MODIS 的漓江流域生态环境遥感动态监测［J］. 国土资源遥感，2007（3）：56－62.
［34］蔡德所，马祖陆. 漓江流域的主要生态环境问题研究［J］. 广西师范大学学报（自然科学版），2008，26（1）：110－112.
［35］陈炜，李军辉. 漓江流域竹筏旅游安全风险评价指标体系的构建［J］. 桂林理工大学学报，2016，36（4）：859－864.
［36］蔡德所，赵湘桂，陈求稳，等. 桂林青狮潭水库补水对漓江岸边带植被的影响［J］. 广西师范大学学报（自然科学版），2009，27（2）：158－161.
［37］黄金玲，蒋得斌. 广西猫儿山自然保护区综合科学考察［M］. 长沙：湖南科学技术出版社，2002.
［38］赵景柱，肖寒，吴刚. 生态系统服务的物质量与价值量评价方法的比较分析［J］. 应用生态学报，2000，11（2）：290－292.
［39］Costanza R. Social goals and the valuation of ecosystem services［J］. Ecosystems，2002，3（1）：4－10.
［40］温庆忠，魏雪峰，孔德昌，等. 滇池流域森林生态服务功能价值评估［J］. 云南大学学报（自然科学版），2010，32（3）：365－372.
［41］王永安，黄金玲，孙志立，等. 猫儿山自然保护区生态系统复杂性特征及初步评估［J］. 中南林业调查规划，2002，21（1）：29－30，60.
［42］黄道京. 姑婆山森林生态系统服务功能评价［J］. 内蒙古林业调查设计，2015，38（2）：35－38.
［43］郭阳，梁东方，王洪俊. 大石门沟森林公园生态系统服务功能及其价值评估［J］. 安徽农业科学，2015，43（8）：133－135.
［44］王光军，莫蕙榕，张洪江，等. 株洲云龙示范区绿地系统生态服务功能评价与优化［J］. 中南林业科技大学学报，2015，35（2）：59－65.

Evaluation of ecological service value of forest ecosystem in the Maoer Mountain National Nature Reserve of Guangxi

WANG Hai-lun[1a], WANG Jin-ye[2], YAN Wen-de[1b], QIN Li-ling[3], WANG Shao-neng[3]
(1. a. College of Forestry; b. College of Life Science and Technology, Central South University of Forest and Technology, Changsha 410004, China; 2. Guilin University of Technology, Guilin 541004, China; 3. The Maoer Mountains National Nature Reserve Administration in Guangxi, Guilin 541316, China)

Abstract: On the basis of the "*Forest Ecosystem Service Function Evaluation*" and the data collected from forest resources survey, field observation study and local socioeconomic development in the Maoer Mountain National Nature Reserve of Guangxi, this paper evaluated the service value of the forest ecosystem. The results showed that ① The total service value provided by the forest ecosystem was 1.65×10^9 yuan/a, and the per unit area value was $1.080\,2 \times 10^5$ yuan/(hm^2 · a) in 2014. ② The service values of the 7 components in descending order were water conversation(58.35%), biodiversity protection(17.27%), air purification, soil conservation, forest recreation, accumulation of nutrient substance, carbon fixation and oxygen release. ③ The total service values of the 5 forest ecosystem types in descending order were broad-leaf forest, shrub forest, Masson pine forest, fir forest and Moso bamboo forest. The sequencing of per unit area service values was not the same as that of the total service values. The per unit area service value of Moso bamboo forest was the top among the 5 forest ecosystem types. The value of ecosystem service was affected by the system structure, vitality and so on, with apparent differences.

Key words: forest ecosystem; ecological service function; value assessment; Maoer Mountain