浙 江 农 林 大 学 学 报，2020，**37**(5)：891–897
Journal of Zhejiang A&F University
doi: 10.11833/j.issn.2095-0756.20190573

浙江乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统服务价值评估

李左玉[1]，董红先[2]，刘雷雷[2]，雷祖培[2]

（1. 福建省寿宁县林业局，福建 寿宁 355500；2. 浙江乌岩岭国家级自然保护区管理中心，浙江 泰顺 325500）

摘要：【目的】乌岩岭国家级自然保护区能够提供多功能的生态服务，对保护和改善泰顺县和温州市的生态环境起着至关重要的作用。**【方法】**以乌岩岭国家级自然保护区为研究区，通过实地调查，参照 LY/T 1721−2008《森林生态系统评估规范》的方法，定量评估了乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统生态服务的物质量和价值量。**【结果】**2017 年乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统生态服务的总价值量为 100.24×10^8 元·a^{-1}，单位面积森林生态服务价值为 3.92×10^5 元·hm^{-2}·a^{-1}。乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统服务价值所占比例从大到小依次为保育土壤、涵养水源、积累营养物质、固碳释氧、生物多样性保护、净化大气环境。可见，保育土壤、涵养水源和积累营养物质是乌岩岭森林生态系统主要的服务，三者比例之和高达 91.92%，占有重要地位。乌岩岭国家级自然保护区不同森林类型生态系统服务价值从大到小依次为常绿阔叶林、杉木 *Cunninghamia lanceolata* 林、竹林、马尾松 *Pinus massoniana* 林、针阔混交林、柳杉 *Cryptomeria fortunei* 林、经济林。常绿阔叶林对乌岩岭森林生态系统服务价值贡献在 50% 以上，占据绝对地位。**【结论】**乌岩岭国家级自然保护区常绿阔叶林的单位面积生态服务价值远远高于其他林分，因此通过把针叶林改造成阔叶林等林相改造技术，提高林分质量，优化生态系统结构，进而增加生态系统服务的产出和价值。表 5 参 27

关键词：森林生态学；森林生态系统；生态服务价值；评估；乌岩岭国家级自然保护区
中图分类号：S718.5　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**2095-0756(2020)05-0891-07

Evaluation of forest ecosystem service value in Wuyanling National Nature Reserve of Zhejiang Province

LI Zuoyu[1]，DONG Hongxian[2]，LIU Leilei[2]，LEI Zupei[2]

（1. Forestry Bureau of Shouning County, Fujian Province, Shouning 355500, Fujian, China; 2. Wuyanling National Nature Reserve Management Center of Zhejiang, Taishun 325500, Zhejiang, China）

Abstract: [**Objective**] The multi-functional ecological services provided by Wuyanling National Nature Reserve play a vital role in protecting and improving the ecological environment of Taishun and Wenzhou. [**Method**] Taking Wuyanling National Nature Reserve as the research area, the quality and value of the ecological services of the forest ecosystem in Wuyanling National Nature Reserve were quantitatively evaluated with reference to the Forest Ecosystem Assessment Standard (LY/T 1721−2008). [**Result**] The total value of forest ecosystem ecological services in Wuyanling National Nature Reserve in 2017 was 100.24×10^8 yuan·a^{-1}, and the value of forest ecological service per unit area was 3.92×10^5 yuan·hm^{-2}·a^{-1}. The proportion of forest ecosystem service value from large to small in Wuyanling National Nature Reserve was soil conservation, water conservation, accumulation of nutrients, carbon fixation and oxygen release, biodiversity protection, and purification of the atmospheric environment. It could be seen that conservation soil, water conservation and accumulation of nutrients were the main services of Wuyanling forest ecosystem, and the sum of the three

收稿日期：2019-09-29；修回日期：2020-03-25
基金项目：泰顺县科技计划项目 (泰财教〔2017〕238 号)
作者简介：李左玉，工程师，从事自然资源保护研究。E-mail: 674909177@qq.com。通信作者：雷祖培，高级工程师，从事自然资源保护研究。E-mail: 582400465@qq.com

accounted for 91.92%, occupying a dominant position. The service value of different forest types in Wuyanling National Nature Reserve ranging from large to small was evergreen broad-leaved forest, Chinese fir forest, bamboo forest, Masson pine forest, coniferous and broad-leaved mixed forest, cedar forest, and economic forest. The evergreen broad-leaved forest contributed more than 50% to Wuyanling forest ecosystem service value, occupying an absolute position. [**Conclusion**] The ecological service value per unit area of evergreen broad-leaved forest in Wuyanling National Nature Reserve is much higher than that of other forest types. Therefore, through forest facies transformation technologies such as transforming coniferous forest into broad-leaved forest, the quality of forest stands can be improved, the structure of ecosystems can be optimized, and the output and value of ecosystem services can be increased. [Ch, 5 tab. 27 ref.]

Key words: forest ecology; forest ecosystem; ecological service value; evaluation; Wuyanling National Nature Reserve

森林与湿地、海洋并称为全球三大生态系统，被誉为“地球之肺”“绿色水库”和“物种基因库”[1]。森林生态系统是陆地生态系统中面积最大、组成结构最复杂、生物种类最丰富、适应性最强、稳定性最大、功能最完善、与人类生存发展关系最密切的一种自然生态系统，对改善和维护生态环境起着决定性的作用[2−3]。森林不仅能够为人类提供清新的空气、清洁的水源和舒适宜人的气候环境等生态产品，还能够提供保持水土、涵养水源、防风固沙、调节气候、生物多样性保育等生态服务[4]。CONSTANZA 等[5] 对全球生态系统服务价值进行较为全面的评估，算出全球陆地生态系统服务功能平均每年的价值高达 33 万亿美元，相当于当年全世界国民生产总值的 1.8 倍，不仅在国际上引起了广泛关注，而且掀起了对生态系统服务价值研究的热潮。联合国千年生态系统评估组 (millennium ecosystem assessment，MA) 开展了全球尺度和 33 个地区的生态系统与人类福利的研究，对生态系统的内涵、分类、评价基本理论和方法均进行了深入的阐述，极大推进了生态系统服务在世界范围内的理论方法及应用方面的研究[6]。侯元兆等[7] 在国外生态服务价值评估的基础上，第 1 次估算出中国森林资源的价值约 13.7 万亿元，开创了国内森林生态系统生态服务价值评估的先河。有学者分别从不同尺度对中国、浙江省、泰顺县的森林生态系统服务价值进行评估[8−10]。也有学者分别对草原、湿地、森林等不同类型的生态系统进行价值评估[11−14]。本研究依据 LY/T 1721−2008《森林生态系统服务功能评估规范》[15]，对乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统服务的物质量及价值量进行评估，有助于增进人们对森林环境的保护意识以及对自然保护区的重视程度。

1 研究区概况

乌岩岭国家级自然保护区 (27°20′52″~27°48′39″N，119°37′08″~119°50′00″E) 地处浙江省泰顺县西北部，总面积约 18 861.5 hm^2，其中林业用地 17 605.1 hm^2，占土地总面积的 93.3%。乌岩岭在全球陆生生物圈的地带生物群落分类中属于热带、暖温带交错区，由于地理位置处于 28°N 附近的敏感区，且靠近太平洋，加上保护区西北面高山阻隔，温度偏高。乌岩岭有 775 属种子植物，其中，包括中国种子植物属的 15 个分布区类型。乌岩岭国家级自然保护区是中国—日本森林植物亚区华东区与华南区过渡地带，无论是地形、地势、气候等非生物因素和动植物种群都呈现明显过渡性。乌岩岭国家级自然保护区被誉为物种基因库，森林覆盖率为 92.8%，其中阔叶林蓄积量达 28 万m^3以上，所占比例为 45%，是华东地区保存最完善的大面积原生性中亚热带常绿阔叶林[16]。

2 研究方法

2.1 数据来源

数据来源有乌岩岭国家级自然保护区典型森林样地调查数据 (2017 年)、乌岩岭国家级自然保护区森林资源二类清查数据 (2017 年)、泰顺县气象局监测数据和中华人民共和国林业行业标准 LY/T 1721−2008《森林生态系统服务功能评估规范》。不同类型林分净生产力和土壤年固碳量采用华东地区森

林生态系统定位站的观测数据[17]。

2.2　评估内容与指标体系

依据 LY/T 1721−2008《森林生态系统服务功能评估规范》，同时结合乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统的实际情况，本次评估选取固碳释氧、涵养水源、积累营养物质、保育土壤、净化大气环境、生物多样性保护等 6 项服务 15 项指标(表 1)，并从物质量和价值量 2 个方面对乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统服务进行评估。

表 1　乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统服务评估指标体系

Table 1　Evaluation index system of forest ecosystem service in Wuyanling National Nature Reserve

服务类别	评估指标
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
积累营养物质	林木营养积累(氮、磷、钾)
净化大气环境	负离子量、二氧化硫量、氟化物量、氮氧化物量、滞尘量
生物多样性保护	物种保育

2.3　评估方法

参照 LY/T 1721−2008《森林生态系统服务功能评估规范》，对以上指标进行评估。乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统服务的物质量结合表 2 计算得出，价值量结合表 3 计算得出。林分类型分为针叶林 (杉木 *Cunninghamia lanceolata* 林、马尾松 *Pinus massoniana* 林、柳杉 *Cryptomeria fortunei* 林)，常绿阔叶林，针阔混交林，经济林 (主要为茶树 *Camellia sinensis*、猕猴桃 *Actinidia chinensis* 林)，竹林。

表 2　乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统服务物质量的参数数据

Table 2　Material quality parameter data of forest ecosystem services in Wuyanling National Nature Reserve

林分类型		涵养水源		保育土壤						积累营养物质		
		地表径流量/mm	林分蒸散量/mm	土壤侵蚀模数/(t·hm^{-2}·a^{-1})	土壤容重/(t·m^{-3})	土壤氮/%	土壤磷/%	土壤钾/%	土壤有机质/%	氮/%	磷/%	钾/%
针叶林	马尾松林	5.70	916.08	0.11	1.396	0.090	0.084	1.293	2.156	0.325	0.160	0.680
	杉杉木林	5.70	1 072.92	0.16	1.200	0.096	0.082	1.333	2.516	0.324	0.165	0.700
	柳杉林	5.70	1 072.92	0.11	0.956	0.081	0.087	1.342	3.270	0.324	0.165	0.700
常绿阔叶林		2.60	667.63	0.14	0.901	0.149	0.088	1.333	3.391	0.237	0.972	1.390
针阔混交林		2.60	966.05	0.13	1.372	0.090	0.075	1.233	3.059	0.280	0.566	1.0325
经济林		6.30	914.69	0.13	1.407	0.154	0.119	1.073	3.139	0.180	0.072	0.390
竹林		6.30	902.20	0.11	1.242	0.138	0.109	1.109	3.256	0.031	0.012	0.562

林分类型		净化大气环境						生物多样性保护
		负离子量/(个·cm^{-3})	平均树高/m	吸收二氧化硫量/(kg·hm^{-2}·a^{-1})	吸收氟化物量/(kg·hm^{-2}·a^{-1})	吸收氮氧化物量/(kg·hm^{-2}·a^{-1})	滞尘量/(kg·hm^{-2}·a^{-1})	香农-威纳多样性指数
针叶林	马尾松林	6 678	13.75	117.60	4.65	6.0	33 200	2.29
	杉木林	4 880	13.36	117.60	4.65	6.0	33 200	0.83
	柳杉林	7 335	16.83	117.60	4.65	6.0	33 200	1.62
常绿阔叶林		24 175	14.02	88.65	2.58	6.0	21 655	3.03
针阔混交林		9 825	11.50	152.13	2.58	6.0	21 655	2.03
经济林		877	1.20	152.13	2.58	6.0	21 655	0.45
竹林		11 753	14.06	152.13	2.58	6.0	21 655	0.84

说明：年平均降水量采用保护区2010−2016年生态站监测数据，为2 405.36 mm·a^{-1}；无林地水土流失土壤年侵蚀模数参照中国科学院观测点泥沙流失量，为17.66 t·hm^{-2}·a^{-1}[18]。土壤氮、土壤磷、土壤钾、土壤有机质、氮、磷、钾均为质量分数

3　评估结果与分析

3.1　乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统服务的物质量

由表 4 可知：2017 年乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统净化大气环境服务的物质量最大，其次为涵养水源的物质量，为 3.99×10^8 m^3。

表 3 乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统服务价值量的参数数据

Table 3 Value parameter data of forest ecosystem services in Wuyanling National Nature Reserve

单位库容造价/(元·t^{-1})	水质净化费用/(元·t^{-1})	运输和挖取单位体积的土方花费/(元·m^{-3})	磷酸二铵化肥价格/(元·t^{-1})	氯化钾化肥价格/(元·t^{-1})	有机质价格/(元·t^{-1})	固碳费用/(元·t^{-1})
6.11	2.09	12.60	2 400.00	2 200.00	320.00	1 200.00
氧气制造费用/(元·t^{-1})	负离子制造费用/(10^{-18}元·个$^{-1}$)	二氧化硫排污费/(元·kg^{-1})	氟化物排污费/(元·kg^{-1})	氮氧化物排污费/(元·kg^{-1})	滞尘排污费/(元·kg^{-1})	
1 000.00	9.46	1.85	0.69	0.97	0.23	

表 4 乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统服务的物质量

Table 4 Material quality of ecosystem services in Wuyanling National Nature Reserve

林分类型		固碳量/(t·a^{-1})	释氧量/(t·a^{-1})	固碳释氧量/(t·a^{-1})	调/净水量/(m^3·a^{-1})	积累营养物质量/(t·a^{-1})	固土量/(t·a^{-1})
针叶林	马尾松林	5.96×10^3	1.19×10^4	1.78×10^4	4.75×10^7	1.16×10^4	5.62×10^4
	杉木林	2.20×10^4	4.82×10^4	7.02×10^4	7.57×10^7	4.82×10^4	9.99×10^4
	柳杉林	9.78×10^2	2.25×10^3	3.23×10^3	2.77×10^6	2.25×10^3	3.67×10^3
常绿阔叶林		3.91×10^4	9.19×10^4	1.31×10^5	1.97×10^8	2.01×10^5	1.99×10^5
针阔混交林		9.84×10^2	1.97×10^3	2.95×10^3	5.71×10^6	3.10×10^3	6.97×10^3
经济林		4.58×10^1	1.04×10^2	1.50×10^2	2.55×10^5	6.07×10^1	3.02×10^2
竹林		2.50×10^4	6.08×10^4	8.58×10^4	7.00×10^7	3.23×10^4	8.21×10^4
均值		1.34×10^4	3.10×10^4	4.45×10^4	5.70×10^7	4.26×10^4	6.40×10^4
合计		9.41×10^4	2.17×10^5	3.11×10^5	3.99×10^8	2.98×10^5	4.48×10^5

林分类型		保肥量/(t·a^{-1})	负离子量/(个·a^{-1})	二氧化硫/(kg·a^{-1})	氟化物/(kg·a^{-1})	氮氧化物量/(kg·a^{-1})	滞尘量/(kg·a^{-1})
针叶林	马尾松林	2.04×10^5	1.55×10^{23}	3.77×10^5	1.49×10^4	1.92×10^4	1.06×10^8
	杉木林	4.02×10^5	1.96×10^{23}	6.71×10^5	2.65×10^4	3.43×10^4	1.90×10^8
	柳杉林	1.75×10^4	1.36×10^{22}	2.46×10^4	9.72×10^2	1.25×10^3	6.94×10^6
常绿阔叶林		9.88×10^5	2.02×10^{24}	1.01×10^6	2.93×10^4	6.82×10^4	2.46×10^8
针阔混交林		3.10×10^4	2.36×10^{22}	6.04×10^4	1.03×10^3	2.38×10^3	8.60×10^6
经济林		1.34×10^3	9.51×10^{18}	2.62×10^3	8.00×10^1	1.03×10^2	3.72×10^5
竹林		3.78×10^5	4.06×10^{23}	7.11×10^5	1.21×10^4	2.81×10^4	1.01×10^8
均值		2.89×10^5	4.03×10^{23}	4.08×10^5	1.21×10^4	2.19×10^4	9.42×10^7
合计		2.02×10^6	2.82×10^{24}	2.85×10^6	8.49×10^4	1.53×10^5	6.59×10^8

3.2 乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统服务的价值量

由表 5 可知：2017 年乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统服务的总价值为 100.24×10^8 元·a^{-1}，单位面积生态服务价值为 3.92×10^5 元·hm^{-2}·a^{-1}。马尾松林、常绿阔叶林、针阔混交林、杉木林、柳杉林、经济林、竹林生态服务价值分别为 1.00×10^9、5.33×10^9、1.34×10^8、1.93×10^9、7.59×10^7、5.32×10^6 和 1.55×10^9 元·a^{-1}。马尾松林、常绿阔叶林、针阔混交林、杉木林、柳杉林、经济林、竹林的单位面积生态服务价值分别为 3.21×10^5、4.69×10^5、3.36×10^5、3.38×10^5、3.63×10^5、3.10×10^5、3.31×10^5、3.51×10^5 和 3.92×10^5 元·hm^{-2}·a^{-1}。

保护区森林生态系统服务价值所占比例分别为保育土壤 39.00%、涵养水源 32.65%、积累营养物质 20.27%、固碳释氧 3.29%、生物多样性保护 2.95%、净化大气环境 1.83%。可见，保育土壤、涵养水源和积累营养物质是乌岩岭森林生态系统主要的服务价值，三者比例之和高达 91.92%，占据绝对优势。

保护区不同森林类型生态系统服务价值从大到小依次为常绿阔叶林、杉木林、竹林、马尾松林、针阔混交林、柳杉林、经济林，其对应的生态系统服务价值所占比例分别为 53.20%、19.24%、15.43%、

表 5　乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统服务的价值量

Table 5　Value quality of ecosystem services in Wuyanling National Nature Reserve

林分类型		生态系统服务价值量/(元·a^{-1})							单位面积生态服务价值/(元·hm^{-2}·a^{-1})
		固碳释氧价值	生物多样性保护价值	涵养水源价值	积累营养物质价值	保育土壤价值	净化大气价值	生态服务总价值	
针叶林	马尾松林	1.90×10^{7}	3.20×10^{7}	3.90×10^{8}	8.15×10^{7}	4.50×10^{8}	2.76×10^{7}	1.00×10^{9}	3.21×10^{5}
	杉木林	7.46×10^{7}	1.71×10^{7}	6.21×10^{8}	3.36×10^{8}	8.34×10^{8}	4.65×10^{7}	1.93×10^{9}	3.38×10^{5}
	柳杉林	3.43×10^{6}	1.05×10^{6}	2.28×10^{7}	1.57×10^{7}	3.12×10^{7}	1.76×10^{6}	7.59×10^{7}	3.63×10^{5}
常绿阔叶林		1.39×10^{8}	2.27×10^{8}	1.62×10^{9}	1.43×10^{9}	1.85×10^{9}	7.72×10^{7}	5.33×10^{9}	4.69×10^{5}
针阔混交林		3.15×10^{6}	3.97×10^{6}	4.68×10^{7}	2.20×10^{7}	5.54×10^{7}	2.30×10^{6}	1.34×10^{8}	3.36×10^{5}
经济林		1.59×10^{5}	5.16×10^{4}	2.09×10^{6}	4.17×10^{5}	2.51×10^{6}	9.07×10^{4}	5.32×10^{6}	3.10×10^{5}
竹林		9.08×10^{7}	1.40×10^{7}	5.74×10^{8}	1.51×10^{8}	6.88×10^{8}	2.83×10^{7}	1.55×10^{9}	3.31×10^{5}
均值		4.71×10^{7}	4.22×10^{7}	4.68×10^{8}	2.90×10^{8}	5.59×10^{8}	2.63×10^{7}	1.43×10^{9}	3.51×10^{5}
合计		3.30×10^{8}	2.96×10^{8}	3.27×10^{9}	2.03×10^{9}	3.91×10^{9}	1.84×10^{8}	1.00×10^{10}	3.92×10^{5}

9.98%、1.33%、0.76%、0.05%。可见，常绿阔叶林对乌岩岭森林生态系统服务价值贡献在 50% 以上，占绝对地位。

4　讨论

乌岩岭国家级自然保护区不同森林类型的生态服务价值与单位面积服务价值的排序并不一致，这说明生态系统服务价值除受各林分面积大小的影响外，还受林分的结构、活力、生态力的影响[19–21]。常绿阔叶林的单位面积生态服务价值远远高于其他林分，因此可在森林总面积保持不变的情况下，通过把针叶林改造成阔叶林等林相改造技术，提高林分质量，优化生态系统的结构，进而增加生态系统服务的产出和价值[22–24]。

乌岩岭国家级自然保护区提供的主要生态服务是保育土壤、涵养水源，这与付梦娣等[10] 对泰顺县生态服务的研究一致，但乌岩岭国家级自然保护区的单位面积生态服务价值 (3.92×10^{5} 元·hm^{-2}·a^{-1}) 是泰顺县单位面积生态服务价值 (1.90×10^{5} 元·hm^{-2}·a^{-1}) 的 2 倍多。可见，乌岩岭国家级自然保护区对维护泰顺县生态安全具有重要作用。

乌岩岭国家级自然保护区净化大气环境服务价值达 1.84×10^{8} 元，这其中还不包括可吸入颗粒物 (PM_{10})，细颗粒物 ($PM_{2.5}$) 等服务价值。可见，保护区在养生保健、预防疾病等方面具有巨大的潜力，十分适合建设成为森林康养基地[25]。借助乌岩岭的生态优势，整合森林康养资源，丰富生态旅游产品的内涵，提高康养的层次和满意度，从而实现保护区的可持续发展，开辟绿水青山转化为金山银山的另一种途径。

自然保护区生态补偿资金的分配与生态系统服务长期脱钩，是造成保护区与周边村民矛盾的重要因素。生态补偿的本质就是对生态系统服务的外溢效益进行补偿[26]。评估生态系统的服务价值可作为生态补偿标准的依据[27]。

5　参考文献

[1] 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.
ZHAO Tongqian, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, *et al*. China's forest ecosystem service function and its value evaluation [J]. *J Nat Resour*, 2004, **19**(4): 480 – 491.

[2] 蒋有绪. 中国森林生态系统结构与功能规律研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996.

[3] 薛达元, 包浩生, 李文华. 长白山自然保护区森林生态系统间接经济价值评估[J]. 中国环境科学, 1999, **19**(3): 247 – 252.
XUE Dayuan, BAO Haosheng, LI Wenhua. A valuation study on the indirect values of forest ecosystem in Changbaishan Mountain Biosphere Reserve of China [J]. *China Environ Sci*, 1999, **19**(3): 247 – 252.

[4] 高艳妮, 张林波, 李凯, 等. 生态系统价值核算指标体系研究[J]. 环境科学研究, 2019, **32**(1): 58 − 65.
GAO Yanni, ZHANG Linbo, LI Kai, *et al*. An indicator system for estimating ecosystem values [J]. *Res Environ Sci*, 2019, **32**(1): 58 − 65.

[5] 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.

[6] Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-Being* [R]. Washington D C: Island Press, 2005.

[7] 侯元兆, 王琦. 中国森林资源核算研究[J]. 世界林业研究, 1995, **8**(3): 51 − 56.
HOU Yuanzhao, WANG Qi. China forest resources accounting research [J]. *World For Res*, 1995, **8**(3): 51 − 56.

[8] 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.
WANG Bing, REN Xiaoxu, HU Wen. Assessment of forest ecosystem services value in China [J]. *Sci Silv Sin*, 2011, **47**(2): 145 − 153.

[9] 刘东, 黄海清, 张琳, 等. 浙江省森林生态服务价值估算及其逐月变异分析[J]. 地球信息科学学报, 2014, **16**(2): 225 − 232.
LIU Dong, HUANG Haiqing, ZHANG Lin, *et al*. Estimation of forest ecological service value in Zhejiang Province and its monthly variation analysis [J]. *J Geo-Inf Sci*, 2014, **16**(2): 225 − 232.

[10] 付梦娣, 李俊生, 章荣安, 等. 浙江省南部山区生态系统服务价值评估[J]. 生态经济, 2016, **32**(4): 189 − 193.
FU Mengdi, LI Junsheng, ZHANG Rongan, *et al*. Valuation of the ecosystem services in southern mountain of Zhejiang Province [J]. *Ecol Econ*, 2016, **32**(4): 189 − 193.

[11] 池永宽, 熊康宁, 刘肇军, 等. 我国天然草地生态系统服务价值评估[J]. 生态经济, 2015, **31**(10): 134 − 139.
CHI Yongkuan, XIONG Kangning, LIU Zhaojun, *et al*. Study on value evalution of natural grassland ecosystem services in China [J]. *Ecol Econ*, 2015, **31**(10): 134 − 139.

[12] 陈翠, 刘贤安, 闫丽丽, 等. 四川南河国家湿地公园生态系统服务价值评估[J]. 湿地科学, 2018, **16**(2): 238 − 244.
CHEN Cui, LIU Xian'an, YAN Lili, *et al*. Evaluation on ecosystem service values of Sichuan Nanhe National Wetland Park [J]. *Wetland Sci*, 2018, **16**(2): 238 − 244.

[13] 李楠, 李龙伟, 张银龙, 等. 杭州湾滨海湿地生态系统服务价值变化[J]. 浙江农林大学学报, 2019, **36**(1): 118 − 129.
LI Nan, LI Longwei, ZHANG Yinlong, *et al*. Changes of ecosystem services value of Hangzhou Bay Wetland [J]. *J Zhejiang A&F Univ*, 2019, **36**(1): 118 − 129.

[14] 魏长源. 南平茫荡山国家级自然保护区森林生态服务功能价值评估[J]. 安徽农学通报, 2019, **25**(5): 139 − 142.
WEI Changyuan. Value evaluation of forest ecological service function of Nanping Mangdang Mountain National Nature Reserve [J]. *Anhui Agric Sci Bull*, 2019, **25**(5): 139 − 142.

[15] 国家林业局. 森林生态系统服务功能评估规范: LY/T 1721−2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

[16] 乌岩岭自然保护区志编纂委员会. 乌岩岭自然保护区志[M]. 北京: 中国时代经济出版社, 2014.

[17] 王希华. 中国生态系统定位观测与研究数据集·森林生态系统卷: 浙江天童站 (1983−2009)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.

[18] 张永利, 鲁绍伟, 王兵, 等. 中国森林生态系统服务功能研究[M]. 北京: 科学出版社, 2010.

[19] 阎恩荣, 王良衍, 杨文忠, 等. 浙江天童生态公益林养分循环生态服务价值评估[J]. 浙江林学院学报, 2010, **27**(4): 585 − 590.
YAN Enrong, WANG Liangyan, YANG Wenzhong, *et al*. Ecological benefit from nutrient cycling in the Tiantong regional forests of Zhejiang Province [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2010, **27**(4): 585 − 590.

[20] 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): 117 − 123.
WANG Hailun, WANG Jinye, YAN Wende, *et al*. Estimation of the value of the service status of the forest ecosystem in the Maoershan National Family Natural Conservation Area in Guangxi [J]. *J Guilin Univ Technol*, 2018, **38**(1): 117 − 123.

[21] 陈花丹, 郭国英, 岳新建, 等. 福建省森林生态系统服务功能价值评估[J]. 林业勘察设计, 2018(1): 5 − 10.
CHEN Huadan, GUO Guoying, YUE Xinjian, *et al*. Evaluation of the service function value of forest ecosystem in Fujian Province [J]. *For Surv Des*, 2018(1): 5 − 10.

[22] 翁国杭, 毛晓鹏, 潘成秋, 等. 黄腹角雉栖息地恢复重建研究[J]. 浙江林业科技, 2007, **27**(4): 29 − 33.

WENG Guohang, MAO Xiaopeng, PAN Chengqiu, *et al*. Restoration and reconstruction of *Tragopan caboti* habitats [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2007, **27**(4): 29 − 33.

[23] 王祖华, 蔡良良, 关庆伟, 等. 淳安县森林生态系统服务价值评估[J]. 浙江林学院学报, 2010, **27**(5): 757 − 761.
WANG Zuhua, CAI Liangliang, GUAN Qingwei, *et al*. Evaluation of forest ecosystem services in Chun'an County [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2010, **27**(5): 757 − 761.

[24] 胡露云, 周亚峰, 伊力塔, 等. 遂昌县主要森林类型水源涵养与保育土壤功能及其价值评估[J]. 世界生态学, 2013, **2**(2): 7 − 14.
HU Luyun, ZHOU Yafeng, YI Lita, *et al*. Evaluation of soil and water conservation capacity and value of main forest types in Suichang County [J]. *Int J Ecol*, 2013, **2**(2): 7 − 14.

[25] 龚细成, 章书声, 潘成松, 等. 乌岩岭自然保护区发展生态旅游 SWOT 分析[J]. 华东森林经理, 2015, **29**(3): 45 − 49.
GONG Xicheng, ZHANG Shusheng, PAN Chengsong, *et al*. SWOT analysis of developing ecological tourism in Wuyanling Nature Reserve [J]. *East China For Manage*, 2015, **29**(3): 45 − 49.

[26] 吴强, PENG Yuanying, 马恒运, 等. 森林生态系统服务价值及其补偿校准: 以马尾松林为例[J]. 生态学报, 2019, **39**(1): 117 − 130.
WU Qiang, PENG Yuanying, MA Hengyun, *et al*. Research on the value of forest ecosystem services and compensation in a *Pinus massoniana* forest [J]. *Acta Ecol Sin*, 2019, **39**(1): 117 − 130.

[27] 盛文萍, 甄霖, 肖玉. 差异化的生态公益林生态补偿标准: 以北京市为例[J]. 生态学报, 2019, **39**(1): 45 − 52.
SHENG Wenping, ZHEN Lin, XIAO Yu. Distinct eco-compensation standards for ecological forests in Beijing [J]. *Acta Ecol Sin*, 2019, **39**(1): 45 − 52.