

文章编号:1000-5471(2011)03-0233-07

重庆市沙坪坝区土湾山地复合生态系统 调查及服务功能评价^①

陈艳¹, 王海洋¹, 董力¹, 梁涛², 牛金源³

1. 西南大学 园艺园林学院, 重庆 400716; 2. 重庆市北碚区农业委员会, 重庆 400700;
3. 重庆市合川区古楼镇人民政府, 重庆 合川 401581

摘要: 按照土地利用方式, 根据山地复合生态系统的特点和服务功能的内涵, 采用物质量和价值量相结合的评价方法, 结合实地抽样调查, 定量评价了重庆市土湾复合生态系统服务功能经济价值. 结果表明: 土湾复合生态系统服务功能价值中的正效应平均每年达 50.51 万元, 负效应达 -8.91 万元, 整体效应为 34.56 万元, 整个复合生态系统生态效应较好; 在类似土湾山地复合生态系统的组合方式中, 建设用地的百分比宜 $\leq 54.50\%$.

关键词: 山地复合生态系统; 生态系统服务价值; 土地利用类型; 重庆

中图分类号: X171

文献标志码: A

1974 年 Holdren 等人提出了生态系统服务功能的概念^[1], 现在普遍认为, 生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成的、维持人类赖以生存和发展的自然条件与效用. 它不仅为人类提供了食品、医药及其它生产生活原料, 更重要的是维持了人类赖以生存的生命支持系统^[2].

当前, 生态系统服务功能内涵探讨及其价值评估研究逐渐成为当今生态学的热点和前沿课题^[3]. 学者们从不同的角度研究了生态系统的服务功能价值, 如从区域尺度方面对全球尺度 16 个生态系统的 17 种生态系统服务功能进行的价值分析^[4]; 从不同生态系统类型方面对主要草地类型生态系统服务价值的评估^[5], 对湿地生态系统服务功能的评价^[6], 对城市生态系统服务功能价值的评估^[7]等. 可以看出目前国内对山地复合生态系统的价值评估并不多见, 而且在进行景观生态系统服务功能评价时的尺度较大, 中小尺度下每种组合类型及如何组合的问题研究较少. 在山地城市中, 由于人为干扰、海拔梯度变化导致山地复合生态系统的整体变化很复杂, 且其内部组合也和平原城市不一样, 因此对山地复合生态系统的研究很重要.

本文从景观生态系统服务功能评价的角度出发, 结合土地利用方式对重庆市土湾山地复合生态系统进行了较为细致的评价研究, 力求为重庆市山地复合生态系统的可持续经营管理及保护提供参考和量化指标, 对城市规划设计与合理利用之间如何协调起到一定的指导作用.

1 研究区域概况

调查区域——重庆市沙坪坝区土湾位于北纬 $29^{\circ}33'6.3''$ 至 $29^{\circ}33'25.2''$ 、东经 $106^{\circ}28'43.5''$ 至 $106^{\circ}29'1.5''$, 属于中亚热带季风湿润气候区, 地貌类型属于低山丘陵区, 海拔高度为 183~513 m. 研究区域属于

① 收稿日期: 2011-01-04

基金项目: 西部山地型城市森林生态网络构建与景观建设研究项目(201004064)资助.

作者简介: 陈艳(1985-), 女, 湖南张家界人, 硕士研究生, 主要从事城市园林生态研究.

通信作者: 王海洋, 教授.

重庆都市区中央山脊线范围内^[8], 相对高程在 100 m 以上^[9], 能代表重庆都市区低山丘陵地带的特点.

2 研究方法

2.1 野外调查

根据卫星图片(来自 google earth, 比例尺为 1:600, 时间为 2007 年), 结合对具有山地代表性的重庆市沙坪坝区土湾的植被实地勘察, 于沙滨路至平顶山公园一线沿着海拔高度的变化选取长 600 m、宽 500 m 的样地, 在样地内采用邻接格子法划分 97 个 50 m×50 m 的样方, 研究区总面积约为 23 hm². 根据卫星遥感图片结合野外实地调查结果, 研究区域的土地利用类型、生态系统类型(表 1).

表 1 土湾复合生态系统的生态系统类型

土地利用类型	生态系统类型	
农用地	农田生态系统	农田
		建筑
建设用地	城市生态系统	道路广场
		工业用地
	森林生态系统	阔叶林
生态用地		竹林
	灌丛生态系统	灌丛
	草丛生态系统	草丛

本文按照岳健等划分研究区域的土地利用类型^[10]. 董雅文在我国最早提出“生态用地”一词^[11]. 石元春院士于 2001 年也提出生态用地的概念, 随后石玉林院士作了进一步阐述, 将生态用地作为干旱区防治和减缓土地荒漠化加速扩展的“缓冲剂”, 以达到保护和稳定区域生态系统的目标^[12]. 邓红兵等认为生态用地指的是区域或城镇土地中以提供生态系统服务功能为主的土地利用类型, 即能够直接或间接改良区域生态环境、改善区域人地关系(如维护生物多样性、保护和改善环境质量、减缓干旱和洪涝灾害和调节气候等多种生态功能)的用地类型^[13]. 笔者认为邓红兵等提出的生态用地的概念比较准确和科学, 值得推广和应用.

2.2 生态系统服务功能评价

2.2.1 生态系统服务功能分项评价

根据研究区域土湾的生态系统类型组成特点, 分别对每一种生态系统类型进行以下几方面的生态系统服务功能评价.

1) 植物生产有机质功能: 研究区域该功能主要由森林、灌丛、草丛和农田提供, 根据各生态系统植被的净第一生产力估算其物质量和价值量.

2) 涵养水源功能: 从水量平衡角度计算植被水源涵养量^[14]. 再根据计算出来的涵养水源量和当前发展阶段系数, 采用影子工程法来估算涵养水源的价值^[15].

3) 保持土壤功能: 主要从以下两个方面加以考虑: (1)减少土地损失的价值; (2)减轻泥沙滞留和淤积的价值^[14]. 根据高雪玲等方法估算生态系统减少土壤侵蚀量^[15], 运用机会成本法、市场法和影子工程法对其两方面的价值进行评估^[16].

4) 调节气候功能: 根据植物光合作用方程式, 即植物每生产 1.00 g 干物质需吸收 1.63 t CO₂, 释放 1.19 t O₂, 计算产生的 CO₂ 与 O₂ 的物质量. 最后根据造林成本法来评价其固定 CO₂ 总量和释放 O₂ 总量的价值^[4].

5) 污染净化功能: 依据重庆年鉴^[9], 对于城镇、工矿、交通用地产生的环境污染主要采取防治成本法测算^[17].

3 结果与分析

3.1 研究区域的组成特点

根据卫星遥感图片结合野外实地调查结果, 研究区域的土地利用类型、生态系统类型特点(表 2).

表2 土湾复合生态系统的生态系统类型

土地利用类型	生态系统类型		斑块数	面积/hm ²	百分比/%
农用地	农田生态系统	农田	8	2.553	11.27
		建筑	16	5.648	24.93
建设用地	城市生态系统	道路广场	5	3.863	17.05
		工业用地	3	1.233	5.44
		阔叶林	39	5.406	23.86
生态用地	森林生态系统	竹林	10	0.330	1.46
		灌丛生态系统	28	1.725	7.61
		草丛生态系统	21	1.896	8.37
合计			22.653	100.00	

3.2 各项生态系统的生态系统服务功能分析

3.2.1 生态系统生产有机物价值

本研究对各生态系统的净一性生产力的值引用 Robert、林益明、冯宗炜等的生产力数据^[4,18-19],再估算各生态系统植被有机物质量和价值量,结果见表3。

表3 土湾复合生态系统生产有机物价值结果

土地利用类型	生态系统类型	面积	净第一性生产力	年净生产量	生产有机物价值
		/hm ²	/g·m ⁻² ·a ⁻¹	/kg·a ⁻¹	/元·a ⁻¹
农用地	农田	2.553	675.00	17 230.20	3 980.18
	建筑	5.648	—	—	—
建设用地	道路广场	3.863	—	—	—
	工业用地	1.233	—	—	—
	阔叶林	5.406	1 144.80	61 886.69	14 295.83
生态用地	竹林	0.330	2 146.70	7 092.49	1 638.37
	灌丛	1.725	947.00	16 333.45	3 773.03
	草丛	1.896	478.00	9 060.52	2 092.98
合计		22.653		111 603.36	25 780.38

注:—表示已知该生态系统无此项功能或可忽略不计。

3.2.2 涵养水源物价值

根据长江三峡工程生态与环境监测公报,重庆2007年均降水量1 439.2 mm;年均蒸发量1 165.3 mm。根据前面所提方法,所得结果见表4。

表4 土湾各生态系统涵养水源功能价值量核算

土地利用类型	生态系统类型	面积/hm ²	涵养水源量/m ³ ·a ⁻¹	涵养水源价值/元·a ⁻¹
农用地	农田	2.553	6 991.63	5 992.53
	建筑	5.648	—	—
建设用地	道路广场	3.863	—	—
	工业用地	1.233	—	—
	阔叶林	5.406	14 806.75	12 690.86
生态用地	竹林	0.330	904.94	775.62
	灌丛	1.725	4 724.11	4 049.03
	草丛	1.896	5 191.79	4 449.88
合计		22.653	32 619.22	27 957.94

注:—表示已知该生态系统无此项功能或可忽略不计。

3.2.3 保持土壤价值

由于未对各生态系统土壤侵蚀模数进行研究,故无林地的土壤侵蚀模数采用欧阳志云等的数据^[2],而有林地的土壤侵蚀模数引用李长荣中的数据^[20],根据公式,得到土湾各生态系统可减少的土壤侵蚀量.运用机会成本法、市场法和影子工程法,得到保持土壤价值(表 5).

表 5 土湾生态系统保持土壤价值量核算

土地利 用类型	生态系 统类型	面积 /hm ²	土壤侵 蚀模数	减少的土壤侵 蚀量/t·a ⁻¹	减少土地损 失值/元·a ⁻¹	减轻泥沙滞留和 淤积值/元·a ⁻¹	保持土壤价 值/元·a ⁻¹
农用地	农田	2.553	40.00	714.22	28.47	830.05	858.51
	建筑	5.648	—	—	—	—	—
建设用地	道路广场	3.863	—	—	—	—	—
	工业用地	1.233	—	—	—	—	—
生态用地	阔叶林	5.406	5.80	1 697.45	67.65	1 972.73	2 040.38
	竹林	0.330	7.50	103.18	4.11	119.91	124.03
	灌丛	1.725	4.29	544.18	21.69	632.43	654.12
	草丛	1.896	40.00	530.36	21.14	616.37	637.51
合计		22.653		3 589.40	143.05	4 171.49	4 314.54

注:—表示已知该生态系统无此项功能或可忽略不计.

3.2.4 调节气候价值

由植物光合作用方程式,算出土湾复合生态系统各生态系统固定 CO₂、释放 O₂ 的物质质量;采用我国的造林成本 260.9 元/t,估算出土湾复合生态系统固定 CO₂ 的价值;采用造林成本 352.93 元/t,估算出土湾复合生态系统释放 O₂ 的价值(表 6).

表 6 土湾各生态系统固定 CO₂、释放 O₂ 价值量核算

土地利 用类型	生态系 统类型	年净生产量 /kg·a ⁻¹	固定 CO ₂ 量 /kg·a ⁻¹	固定 O ₂ 量 /kg·a ⁻¹	固定 CO ₂ 价值/元·a ⁻¹	固定 O ₂ 价值/元·a ⁻¹	调节气候 价值/元·a ⁻¹
农用地	农田	17 230.20	28 085.23	20 676.25	7 327.44	7 297.27	14 624.70
	建筑	—	—	—	—	—	—
建设用地	道路广场	—	—	—	—	—	—
	工业用地	—	—	—	—	—	—
生态用地	阔叶林	61 886.69	100 875.31	74 264.03	26 318.37	26 210.00	52 528.37
	竹林	7 092.49	11 560.76	8 510.99	3 016.20	3 003.78	6 019.99
	灌丛	16 333.45	26 623.52	19 600.14	6 946.08	6 917.48	13 863.55
	草丛	9 060.52	14 768.65	10 872.62	3 853.14	3 837.27	7 690.41
合计		111 603.36	181 913.47	133 924.03	47 461.22	47 265.81	94 727.03

注:—表示已知该生态系统无此项功能或可忽略不计.

3.2.5 污染净化功能

根据中国生物多样性国情研究报告计算出土湾森林生态系统在吸收 SO₂、滞尘两方面的物质质量及价值^[21];再引用徐俏等文中的除森林生态系统外的各生态系统单位面积吸收 SO₂、滞尘值^[3],计算出其余生态系统吸收 SO₂、滞尘两方面的价值(表 7).对于城镇、工矿、交通用地产生的环境污染主要采取防治成本法测算^[17].

3.3 各项生态系统的生态系统服务功能综合分析

本研究根据土地利用类型和植被分布状况,用环境经济学价值核算方法,对土湾 3 大土地利用类型和 5 类生态系统类型的植被生产有机物、保持土壤、涵养水源、调节气候、污染净化的 5 大生态价值进行了估算,整个区域生态系统服务功能价值总汇见表 8.

表 7 土湾各生态系统净化大气物质质量与价值量结果

土地利用类型	生态系统类型	面积 /hm ²	吸收 SO ₂ 价值 /元·a ⁻¹	滞尘价值 /元·a ⁻¹	污染净化价值 /元·a ⁻¹
农用地	农田	2.553	66.37	4 387.96	4 454.33
建设用地	建筑	5.648	—	—	—63 504.00
	道路广场	3.863	—	—	—95 976.13
	工业用地	1.233	—	—	—95 976.13
生态用地	阔叶林	5.406	287 539.58	9 373.82	296 913.40
	竹林	0.330	42 739.31	1 797.32	44 536.64
	灌丛	1.725	167.30	2 964.86	3 132.16
	草丛	1.896	49.28	3 258.38	3 307.66
合计		22.653	330 561.85	21 782.34	192 864.05

注: — 表示已知该生态系统无此项功能或可忽略不计。

表 8 土湾复合生态系统服务功能价值汇总表

土地利用类型	生态系统类型	面积 /hm ²	生产有机物 价值/元·a ⁻¹	涵养水源价 值/元·a ⁻¹	保持土壤价 值/元·a ⁻¹	调节气候 /元·a ⁻¹	污染净化价 值/元·a ⁻¹	合计
农用地	农田	2.553	3 980.18	5 992.53	858.51	14 624.71	4 454.33	29 910.25
建设用地	建筑	5.648	—	—	—	—	—63 504	—63 504
	道路广场	3.863	—	—	—	—	—95 976.13	—95 976.13
	工业用地	1.233	—	—	—	—	—95 976.13	—95 976.13
生态用地	阔叶林	5.406	14 295.83	12 690.86	2 040.38	52 528.37	296 913.40	378 468.84
	竹林	0.330	1 638.37	775.62	124.03	6 019.99	44 536.64	53 094.64
	灌丛	1.725	3 773.03	4 049.03	654.12	13 863.55	3 132.16	25 471.89
	草丛	1.896	2 092.98	4 449.88	637.51	7 690.41	3 307.66	18 178.45
合计		22.653	25 780.38	27 957.94	4 314.54	94 727.03	192 864.05	345 643.94

注: — 表示已知该生态系统无此项功能或可忽略不计。

3.3.1 不同生态系统的服务功能总价值分析

由于土湾复合生态系统是在土地利用类型的基础上划分的生态系统类型,而且受到各类生态系统分布广度和单位面积生态服务功能强弱的综合作用,导致土湾复合生态系统的生态系统服务功能价值有正负之分,并且各类生态系统的生态服务价值对总价值的贡献率差异较大;从各生态系统的正价值来看,从高到低依次为阔叶林(占总正价值的 84.27%),竹林(12.64%),农田(1.26%),草丛(0.94%),灌丛(0.89%)。工矿、道路广场等人类活动剧烈的土地利用方式产生巨大的自然资本负价值,其中工矿占 60.18%,建筑和道路广场共占 39.82%。

3.3.2 不同生态服务功能类型价值分析

本研究主要对土湾复合生态系统的植被生产有机物、保持土壤、涵养水源、调节气候、污染净化 5 大类生态价值进行经济评估,从总体上说,土湾复合生态系统具有污染净化价值(49.29%),调节气候价值(固定 CO₂、释放 O₂)(24.21%),涵养水源价值(7.14%),生产有机物价值(6.59%),保持土壤价值(减少土地损失、减轻泥沙滞留和淤积两方面的值)(1.10%)的特点,非常清楚地表明了土湾复合生态系统在固碳制氧、净化环境、保持水土流失等方面有重要作用,如果可以充分利用和合理保护,将会为人类带来更大的财富。

3.3.3 山地复合生态系统组合方式讨论

土湾内建设用地占整个山地复合生态系统的 47.42%,平均每年产生的生态系统服务功能价值约 34.6 万元,本研究认为研究区域目前的组合方式较好,根据表 8,得到各种生态系统单位面积价值(元/m²·a),以平均值估算出当建设用地占整个山地复合生态系统的百分比达到 54.50%的时候,整个复合系统的服务功能价值为 0,即当建设用地占山地复合生态系统的百分比达到 54.50%的时候是临界值,比例再大时复合

生态系统的生态系统服务功能价值将为负,对周围环境不仅起不到积极的生态作用,还会产生负面效应,并且不利于自身生态系统的稳定性,这一结论可推广到类似研究区域的山地复合生态系统中。

4 结论与讨论

1) 从复合生态系统的角度来看,土湾生态系统不仅为人类提供林产品和生物资源,更重要的是它还具有调节水文、保持土壤、维持生物多样性等方面的功能,同时创造了适合于人类及其他生物生存繁衍的条件,其总价值为 34.6 万元。

2) 在类似土湾山地复合生态系统组合方式中,建设用地的百分比宜 $\leq 54.50\%$,这对城市规划设计与合理利用之间的协调关系将起到一定的指导作用,否则,复合生态系统对周围环境将起不到积极的生态作用,也不利于自身生态系统的稳定性。

3) 本研究从人类不同土地利用方式产生价值量的角度出发,研究了生态系统服务功能价值体系及其基本估价方法。根据人类活动的影响使自然资本具有正负价值之分;在测算方法上,尽可能地把生态系统服务功能细化,通过多种方法测算其可比价值。应该指出的是,文中所算的价值量低于土湾生态系统的服务功能总价值。这是因为只估算了研究区森林生态系统最主要的 5 项间接的服务功能,而其他功能如降低噪音、生物多样性保护和文化等方面的价值未全面估算。并且对于保持土壤价值中的保护土壤肥力这一方面的价值由于资料不足没有进行估算。因此,所做出的评估价值并未反映出其全部的效益,还有待于今后进一步研究。

4) 本研究对各生态系统服务功能的评价主要基于各生态系统类型的面积数据,而生态系统的功能和价值除了与其面积相关外,还与其空间分布格局等特征有关,这一部分将会进一步研究。

参考文献:

- [1] HOLDERN J, EHRLICH P R. Human Population and Global Environment [J]. American Scientist, 1974, 62: 282-297.
- [2] 欧阳志云,王如松,赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价 [J]. 应用生态学报, 1999, 10(5): 635-640.
- [3] 徐 倩,何孟常,杨志峰,等. 广州市生态系统服务功能价值评估 [J]. 北京师范大学学报:自然科学版, 2003, 39(2): 268-272.
- [4] Robert Costanza,等. 全球生态系统提供的服务和自然资源之价值 [J]. 许国平,译. 生态学杂志, 1999, 18(2): 70-78.
- [5] 王 蕾,孙玉荣,黄文广. 宁夏主要草地类型生态系统服务价值评估 [J]. 黑龙江畜牧兽医:科技版, 2010: 97-98.
- [6] 吴玲玲,陆健健,童春富,等. 长江口湿地生态系统服务功能价值的评估 [J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12(5): 411-416.
- [7] 彭 建,王仰麟,陈燕飞,等. 城市生态系统服务功能价值评估初探—以深圳市为例 [J]. 北京大学学报:自然科学版, 2005, 41(4): 594-604.
- [8] 王 琛,周建华,王海洋. 重庆市主城区城市生态廊道景观构成及结构特点 [J]. 西南大学学报:自然科学版, 2010, 32(12): 169-174.
- [9] 重庆市人民政府. 重庆年鉴(资料卷). 北京:中国统计出版社, 2008.
- [10] 岳 健,张雪梅. 关于我国土地利用分类问题的讨论 [J]. 干旱区地理, 2003, 26(1): 78-87.
- [11] 董雅文,周 雯,周 岚,等. 城市化地区生态防护研究—以江苏省南京市为例 [J]. 城市研究, 1999, (2): 6-10.
- [12] 张红旗,王立新,贾宝全. 西北干旱区生态用地概念及其功能分类研究 [J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(2): 5-8.
- [13] 邓红兵,陈春娣,刘 昕,等. 区域生态用地的概念及分类 [J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1519-1524.
- [14] 靳 芳,张振明,余新晓,等. 甘肃祁连山森林生态系统服务功能及价值评估 [J]. 中国水土保持科学, 2005, 3(1): 53-57.
- [15] 高雪玲,刘 康,康 艳,等. 秦岭山地生态系统服务功能价值初步研究 [J]. 中国水土保持, 2004(4): 19-21.
- [16] 任志远,张艳芳. 土地利用变化与生态安全评价 [M]. 北京:科学出版社, 2003: 124-163.
- [17] 宗跃光,徐宏彦,汤艳冰,等. 城市生态系统服务功能的价值结构分析 [J]. 城市环境与城市生态, 1999, 12(4): 19-22.

- [18] 林益明, 杨志伟, 李振基. 武夷山常绿林研究 [M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2001: 43—50.
- [19] 冯宗炜, 王效科, 吴 刚. 中国森林生态系统的生物量 and 生产力 [M]. 北京: 科学出版社, 1999: 190—191.
- [20] 李长荣. 武陵源自然保护区森林生态系统服务功能及价值评估 [J]. 林业科学, 2004, 40(2): 16—20.
- [21] 中国生物多样性国情报告编写组. 中国生物多样性国情研究报告 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.

A Survey of the Mountain Compound Ecosystem of Tuwan in Shapingba District of Chongqing and Assessment of Its Service Functions

CHEN Yan¹, WANG Hai-yang¹,
DONG Li¹, LIANG Tao², NIU Jin-yuan³

1. School of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. Council of Agriculture, Beibei District, Chongqing 400700, China;

3. People's Government of Ancient Tower Town, Hechuan, Chongqing 401581, China

Abstract: This paper assesses quantitatively the economic values of mountain compound ecosystem services of Tuwan in Chongqing by the material and value quality assessment methods in combination with field sampling survey. The results show that the ecological effect of the whole compound ecosystem (345,000 yuan) is satisfactory, with an average positive effect of 505,1000 yuan and a negative effect of -89,1000 yuan. The percentage of land for construction should be $\leq 54.50\%$ in mountain compound ecosystems like Tuwan.

Key words: mountain compound ecosystem; value of ecosystem services; land use type; Chongqing

责任编辑 欧 宾