

广东海丰鸟类省级自然保护区湿地生态系统 服务价值评估^{*}

高常军 范秀仪 易小青 蔡 坚 魏 龙

(广东省森林培育与保护利用重点实验室/广东省林业科学研究院/广东海丰湿地生态系统国家定位观测研究站, 广东 广州 510520)

摘要 广东海丰鸟类省级自然保护区作为中国南部亚热带地区滨海湿地的典型代表, 在物质生产、环境调节、人文社会等方面发挥重要服务价值。在全面分析海丰湿地现状基础上, 运用市场价值法、实际调查法、成果参照法、影子工程法、造林成本法、碳税法、工业制氧法和替代成本法等生态经济价值评估方法, 分类逐项地对海丰湿地生态系统服务价值及其构成进行系统评估。研究结果表明, 2013年广东省海丰鸟类省级自然保护区湿地生态系统服务总价值为 107.861×10^6 元, 单位面积价值为 $1.69 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-2}$ 。在所评价的 11 项服务类型中, 生物多样性维持价值最大, 占总服务价值的 44.67%。其后依次为休闲旅游价值、食物供给价值、气候调节价值、水质净化价值、养分累积价值、固碳价值、供水价值、科研教育价值、大气组分调节价值和原材料供给价值。

关键词 湿地; 服务功能; 海丰保护区; 价值评价

中图分类号: Q147 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2017) 02-0014-07

Servies Value Evaluation of Wetland Ecosystem in Guangdong Haifeng Avian Provincial Nature Reserve

GAO Changjun FAN Xiuyi YI Xiaoqing CAI Jian WEI Long

(Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/Guangdong Academy of Forestry/ Guangdong Haifeng Wetland Ecosystem National Research Station, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract Guangdong Haifeng Avian Provincial Nature Reserve is a typical representative of coastal wetlands in subtropical regions of southern China, and it plays an important role in material production, environmental regulation, humanistic society and so on. Based on the comprehensive analysis of the present situation of Haifeng wetlands, this paper used the ecological economic value assessment method, such as market value method, field survey method, benefit transfer method, shadow project method, afforestation cost method, carbon tax method, industrial oxygen generation method and replacement cost method, etc to classify the systematically evaluation of the value and composition of Haifeng wetland ecosystem services. The results showed that the total value of wetland ecosystem service in Guangdong Haifeng Avian Provincial Nature Reserve in 2013 was 107.861×10^6 RMB with an average value of 1.69 RMB/m^2 . The greatest among the indexes was biological diversity maintenance, accounting for 44.67% of the total value, and followed by recreation, food

^{*} 基金项目: 广东省林业科技创新项目“广东典型滨海湿地碳收支监测与评估技术研究”(2016KJCX026)、林业科技创新平台运行补助项目“广东海丰湿地和沿海森林生态系统定位观测研究站运行补助”(2016-LYPT-DW-072、2016-LYPT-DW-074)。

第一作者: 高常军 (1982—), 男, 助理研究员, 主要从事湿地生态学研究, E-mail: gaochangjun015@163.com。

通信作者: 魏龙 (1976—), 男, 高级工程师, 主要从事森林生态学研究, E-mail: weilong@sinogaf.cn。

supply service, climate regulation, water purification, nutrient accumulation, carbon sequestration, water supply, scientific research, atmospheric constituent regulation and raw material supply.

Key words wetland; service function; Haifeng Reserve; value assessment

滨海湿地是一种处于水陆交错带的独特生态系统,具有丰富的自然资源和重要的生态功能^[1]。据统计,湿地面积仅占全球陆地表面的5%~8%,但其提供的服务功能占全球生态系统的14.7%^[2],特别是红树林等滨海类型是全球生物多样性最丰富、生物量最高和最具价值的生态系统之一^[3]。然而,滨海湿地仍面临不断退化和丧失的境地。如,在台风、海浪侵蚀、围垦、养殖和沿海港口扩张等自然与人为活动的双重影响下,约50%的中国滨海湿地面积遭受不同程度退化甚至消失,并导致其服务功能严重受损^[4]。滨海湿地服务价值评估研究是在深入探讨滨海湿地服务功能机理的基础上,对滨海湿地服务价值的科学评估,研究结果可为保护和修复当前残存、受损的滨海湿地提供数据支撑和理论依据。当前,国内外学者对滨海湿地生态系统服务价值评估领域的研究主要集中在以下几个方面,如价值评估理论的探讨、评价指标(方法)的筛选与去重复性、价值评估的尺度效应等^[5-8]。滨海湿地价值评估案例众多,但以滨海区人工湿地生态系统作为研究对象的评估案例则相对较少^[9]。

广东海丰鸟类省级自然保护区以养殖塘等人工湿地为主,同时也是中国南部亚热带地区滨海湿地的典型代表,在提供候鸟栖息地方面具有重要作用。而以往的相关研究多关注保护区的鸟类种群及数量动态^[10-12],对于该保护区以人工湿地为主的生态系统服务价值的研究尚未有报道。本文基于当前最受认可和应用最为广泛的千年生态系统评估体系,采用市场价值法和实际调查法等对保护区湿地生态系统的主要服务价值进行科学评估,以期为保护区的湿地保护、管理与科教宣传提供重要科学依据。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

广东海丰鸟类省级自然保护区位于我国东部沿海地区,地处广东省汕尾市海丰县境内,总面积11 590.5 hm²,由公平、大湖和东关联安围3个

区组成(图1)。其中公平区位于黄江河的上游,而东关联安围和大湖区处于黄江河的两个入海口。保护区的3个分区在湿地类型、水文状况、水鸟资源、植被类型等方面都具有互补性,共同构成了海丰自然保护区复杂多样的复合湿地生态系统^[13]。保护区属亚热带季风气候,年均气温为21~22℃,年均降水量为1 800~2 400 mm,气候适宜、降水充沛,并依托黄江河流域水系,孕育了河流、沼泽、滩涂、河口、养殖塘、红树林和浅海水域等多种湿地类型,是广东湿地的重要组成部分和典型代表^[14],并在提供鸟类栖息地等方面发挥不可替代的服务功能及价值^[15]。

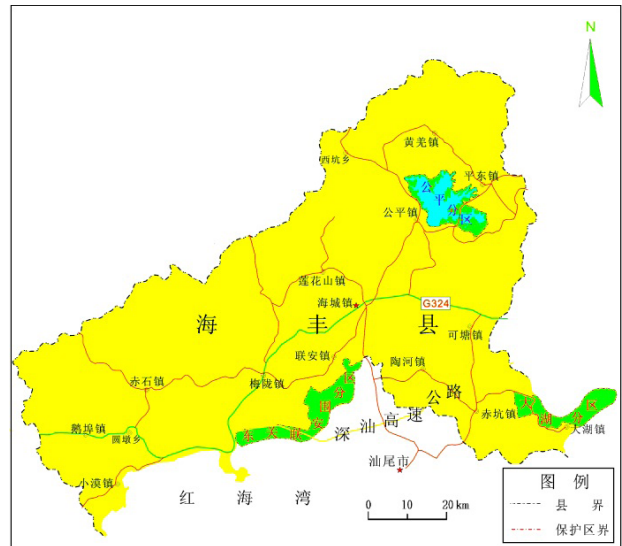


图1 广东海丰鸟类省级自然保护区位置示意图

1.2 数据来源

本文以海丰鸟类省级自然保护区大湖和东关联安围分区为研究区,以Quickbird影像(分辨率0.6 m)作为基础数据源,影像源自Google earth平台,拍摄时间为2013年1月11日。基于野外调查获取的GPS控制点,在ArcGIS 9.3软件中对Quickbird影像做几何精纠正,误差控制在0.5像元以内。影像的投影坐标系采用Google Earth等网络地理通用的地图投影WGS-1984-Web-Mercator。影像分类过程主要采用目视解译的方法,在Arc-

GIS 9.3 中完成。根据东关联安围和大湖两分区地表景观特征, 将其分为近海水域、泥质海滩、海滩(淤泥和沙石)、盐沼湿地、乔灌草丛、养殖塘和红树林 7 种湿地类型(图 2 和表 1)。为保证分类地图精度, 屏幕分辨率控制在 1:1 000 以内。野外考察时间集中在 2016 年 6—10 月, 经过 3 次为期 6 天的野外地类验证调查, 影像解译的总体精度满足研究需求。

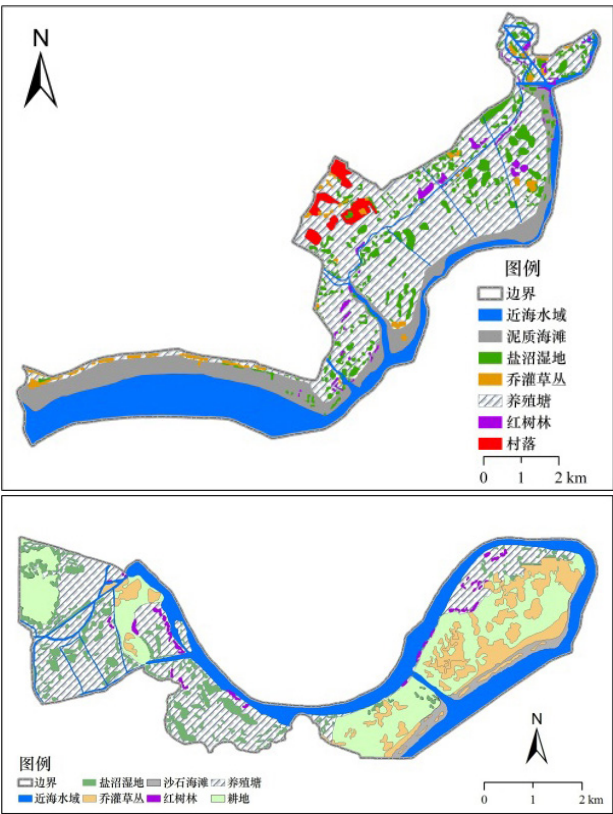


图 2 广东海丰鸟类省级自然保护区东关联安围(上图)、和大湖分区(下图)湿地类型分布图

表 1 广东海丰鸟类省级自然保护区湿地面积统计

湿地类型	东关联安围 /hm ²	大湖区 /hm ²	占保护区面 积比 /%
近海水域	1139.09	549.47	23.99
盐沼湿地	388.81	202.65	8.40
乔灌草丛	100.16	307.81	5.80
海滩	683.10	73.79	10.75
红树林	79.03	26.82	1.50
养殖塘	2060.37	758.96	40.05

注: 近海水域、养殖塘为有明水面湿地, 盐沼湿地、乔灌草丛、海滩、红树林为无明水面湿地。

基于遥感影像的解译数据作为保护区湿地类型、面积及分布的统计依据。相关评估参数来源

及野外调查详见论文 1.3 部分各服务指标价值评估介绍, 所有数据均以 2013 年作为统计基准年。

1.3 湿地服务价值评估指标体系与方法

千年生态系统评估(MA)将生态系统服务分为供给、调节、支持和文化 4 类, 其价值估算方法是目前最受认可和应用最为广泛的方法^[16]。本文基于千年生态系统评估体系, 结合海丰鸟类省级自然保护区湿地特征, 将海丰湿地服务类型分为供给(食物供给、供水和原材料)、调节(气候调节、水质净化、固碳和大气组分调节)、支持(生物多样性维持和养分累积)和文化(休闲旅游和科研教育)4 类服务, 共包括 11 个评价指标(表 2)。

1.3.1 供给服务 (1) 食物供给价值 在海丰鸟类省级自然保护区的东关联安围和大湖分区内, 基围式天然养殖区占保护区养殖塘总面积的 1/100, 约为 28.19 hm², 水产养殖产品的生产能力较高, 常见养殖产品有九节虾(*Penaeus monodon*)、膏蟹(*Scylla serrata*)、丽鱼(*Cichlidae* sp.)、乌头鱼(*Mugilidae* sp.) 和牡蛎(*Ostrea gigas thunberg*)等。其食物(海产品)供给功能可通过市场价值法进行估算, 公式如下:

$$V_s = \sum_{i=1}^n Y_i \times S \times P_i$$

式中, V_s 指食物供给价值, 元; i 是产品的种类; Y_i 是单位面积上第 i 类产品的数量, S 是养殖塘的面积, hm², P_i 是第 i 类产品的价格, 元·t⁻¹。海产品种类、单位产量及价格根据野外现场调查渔户及周边市场所得, 养殖塘面积参照遥感影像解译结果, 评估参数详见表 3。

(2) 供水价值 海丰鸟类省级自然保护区内的红树林长期遭受海水浸泡, 并通过其独特的排盐方法保持水分。红树林湿地独特的水源涵养功能体现在以浅层地下水的形式为当地居民提供农田灌溉用水。其供水价值可通过市场价值法进行估算:

$$V=S \times Q \times P$$

式中, V 为供水价值, 元; S 为保护区红树林面积, hm²; Q 为单位蓄水量 8 100.00 m³·hm⁻²^[17], P 为海丰县 2013 年农业用水均价 1.45 元·m⁻³。

(3) 原材料供给价值 海丰鸟类省级自然保护区内的湿地原材料供给服务主要体现在红树林湿地的木材产品, 可通过红树林单位材积市场价

表 2 海丰湿地生态系统服务价值评估指标体系

服务类型	评价指标	指标含义	评估方法
供给	食物供给	湿地供给鱼类、甲壳类、贝类、藻类等海水养殖产品	市场价值法
	供水	红树林湿地蓄水能力所能提供的潜在工农业生活用水量	市场价值法
	原材料	红树林湿地每年材积生长量	市场价值法
调节	气候调节	湿地通过潜在蒸散，对区域气候进行的降温增湿调控效应	影子工程法 成果参照法
	水质净化	湿地接纳污水并通过物理、化学或生物作用进行降解和去除	成果参照法
	固碳	湿地植物和藻类通过光合作用及贝类（壳）通过生长固定 CO ₂ 量	造林成本法 国际碳税法
	大气组分调节	湿地植物和藻类通过光合作用释放 O ₂ 及湿地土壤通过呼吸作用释放 CO ₂ 和 CH ₄ 量	工业制氧法 替代成本法
支持	生物多样性维持	用于保护湿地动植物生境，维护湿地生态系统健康运行的投入成本	成果参照法
	养分累积	浮游植物对海水中 N、P 元素的吸收	市场价值法
文化	休闲旅游	湿地旅游资源提供的直接和间接旅游收入	成果参照法
	科研教育	用于湿地相关研究的科研经费	实际调查法

表 3 广东海丰鸟类省级自然保护区 2013 年食物供给价值评估参数

养殖类型	产量 / (t · hm ⁻² · a ⁻¹)	单价 / (元 · t ⁻¹)	价值 / (元 · a ⁻¹)
九节虾	0.750	20 × 10 ⁴	4.229 × 10 ⁶
膏蟹	1.250	16 × 10 ⁴	5.639 × 10 ⁶
丽鱼	10.125	2 × 10 ⁴	5.709 × 10 ⁶
牡蛎	2.000	1 × 10 ⁴	4.564 × 10 ⁶
总计	14.125		16.141 × 10 ⁶

格进行估算。

$$V=Q \times S$$

$$V=S \times V_l \times P$$

式中， V 为原材料供给价值，元； S 为保护区红树林面积，hm²； V_l 为红树林年均材积生长量，4.39 m³ · hm⁻² · a⁻¹^[18]； P 为红树林木材单价，参考文献^[19]，并结合保护区当地木材市场确定为 996.725 元 · m⁻³。

1.3.2 调节服务 （1）气候调节价值 海丰鸟类省级自然保护区湿地主要通过地表蒸散发方式，对区域气候进行降温增湿的调节作用。计算公式如下：

$$V=(S_l \times Q_l + S_w Q_w) \times P$$

式中， V 为气候调节价值，元； Q_l 和 Q_w 分别为保护区无明水面和有明水面两类湿地的年均蒸发量，分别为 786 和 1 075 mm^[20]； S_l 和 S_w 为海丰保护区内两类湿地面积，hm²； P 为湿地气候调节功能的单位价值，0.129 元 · m⁻³ ^[21]。

（2）水质净化价值 红树林对有害重金属、氮磷营养盐等多种污染物均具有较强的吸附及净化效果。计算公式如下：

式中： V 表示保护区红树林水质净化价值，元， Q 为单位面积内红树林湿地对氮、磷和重金属等的吸附价值，3.770 × 10⁴ 元 hm⁻² · a⁻¹ ^[22]， S 为红树林面积，hm²。

（3）固碳价值 海丰鸟类省级自然保护区湿地固碳价值主要由红树林地上植被、土壤和近海水域浮游植物光合固碳及有机碳埋藏等形式体现。

$$V=[S_l \times (r_m + r_s) + S_c \times r_p] \times C_c$$

式中， V 为固碳价值，元； r_m 、 r_s 和 r_p 为红树林地上植被 11.35 t · hm⁻² · a⁻¹ ^[18]与土壤 2.789 t · hm⁻² · a⁻¹ ^[23]、浮游植物 2.3 t · hm⁻² · a⁻¹ ^[24] 三者的固碳系数， S_l 和 S_c 分别为保护区内红树林和近海水域的面积，hm²； C_c 为碳税率，选取中国造林成本（250 元 · t⁻¹）和国际碳税标准（770 元 · t⁻¹）两者的均值 ^[25]。

（4）大气组分调节价值 海丰湿地的大气调节作用包括湿地植被通过光合作用释放氧气的正效应和湿地土壤通过呼吸作用释放温室气体（CO₂和 CH₄）的负效应。根据光合作用公式，湿地植

物每生产 1 g 干物质, 释放 1.07 g O₂, 据此求算红树林植被、滩涂 (包括淤泥海滩和潮间盐水沼泽) 植被和浮游植物释放 O₂ 的物质质量。根据保护区红树林和滩涂两类湿地的土壤 CO₂ 单位排放量 (包括 CH₄ 温室效应值折算成 CO₂ 量) 估算其释放温室的物质质量。其计算公式为:

$$V=(S_m \times O_m + S_t \times O_t + S_o \times O_p) C_o - (S_m \times C_m + S_t \times C_t) C_c$$

式中, V 为保护区大气组分调节价值, 元; S_m 、 S_t 和 S_o 为保护区红树林、滩涂和近海水域面积 (表 1); O_m 、 O_t 和 O_p 为保护区内红树林和滩涂植物、近海水域浮游藻类的释氧系数, 分别为 12.14、8.75 和 2.46 t · hm⁻² · a⁻¹ [26]; C_m 和 C_t 分别为保护区内红树林和滩涂两类湿地土壤 CO₂ 单位排放系数, 分别为 12.26 和 9.78 t · hm⁻² · a⁻¹ [27-28]; C_o 为我国工业制氧单价, 400 元 · t⁻¹; C_c 为碳税率, 510 元 · t⁻¹ [25]。

1.3.3 支持服务 (1) 生物多样性维持价值 自然保护区是目前湿地保护的主要形式之一, 可按照保护该类生境所需费用对其进行价值评价。计算公式为:

$$V=S \times C_n$$

其中, V 为生物多样性维持价值, 10⁶ 元; S 为保护区面积, hm²; C_n 为发达国家和发展中国家每年用于自然保护区投入费用的平均值 1 107.5 USD · km⁻² (人民币汇率按 1: 6.83 \$) [29]。

(2) 养分累积价值 海丰湿地养分累积功能主要通过浮游植物通过光合作用对海水中 N 和 P (比例 16:1) 的吸收实现。计算公式为:

$$V=S \times (A_N + A_P) \times P$$

式中, V 为养分累积价值, 元; S 为海丰保护区内近海水域的面积, hm²; A_N 和 A_P 分别为海丰保护区近海水域浮游植物对 N 和 P 元素的吸收速率 0.404 8 和 0.055 2 t · hm⁻² · a⁻¹ [24, 30]; P 为化肥价格 4 250 元 · t⁻¹。

1.3.4 文化服务 (1) 休闲旅游价值 海丰湿地享有“广东十大最美湿地”、“中国水鸟之乡”和“国际重要湿地”等称号。种类多样的湿地资源及珍惜濒危水鸟 (如黑脸琵鹭 *Platalea minor*) 使其具有独特的旅游价值。采用 Costanza 对湿地娱乐价值 (574 hm⁻² · a⁻¹) 的评估作为参考值 [29]。计算公式为:

$$V=S \times R_l$$

式中, V 为休闲旅游价值, 元; S 为保护区面积, hm²; R_l 为 Costanza 界定的湿地娱乐价值标准, 2013 年美元兑换人民币汇率为 6.17 元。

(2) 科研教育价值 通过查阅并计算每年发表与海丰鸟类省级自然保护区有关论文的总投入成本, 以此来估算海丰湿地的科研教育价值。计算公式为:

$$V=N \times C_p$$

式中, V 为科研教育价值, 元; N 为在中国知网上检索到主题中含“海丰湿地”或“海丰鸟类省级自然保护区”的 2013 年文章为 5 篇; C_p 为论文的投入成本以 1.192 × 10⁵ 元 · 篇⁻¹ 为标准 [31]。

2 结果与分析

2013 年, 海丰鸟类省级自然保护区大湖和东关联安围区湿地生态系统服务价值合计为 107.861 × 10⁶ 元, 湿地的单位价值为 1.69 元 · m⁻²。在海丰湿地生态系统提供的各服务类型中, 支持服务价值最高, 为 51.49 × 10⁶ 元, 占总服务价值的 47.73%。其次为文化服务价值和供给服务价值, 分别占总服务价值的 21.47% 和 16.55%。调节服务价值最小, 为 15.372 × 10⁶ 元, 仅占总服务价值的 14.25% (表 4)。

表 4 广东海丰鸟类省级自然保护区 2013 年湿地生态系统服务价值

服务类型	评价指标	价值 / 元	比例 / %
供给服务	食物供给	16.141 × 10 ⁶	14.96
	水供给	1.243 × 10 ⁶	1.15
	原材料供给	0.463 × 10 ⁶	0.43
调节服务	气候调节	8.139 × 10 ⁶	7.55
	水质净化	3.991 × 10 ⁶	3.70
	固碳	2.744 × 10 ⁶	2.54
	大气组分调节	0.498 × 10 ⁶	0.46
支持服务	生物多样性维持	48.185 × 10 ⁶	44.67
	养分累积	3.301 × 10 ⁶	3.06
文化服务	休闲旅游	22.560 × 10 ⁶	20.92
	科研教育	0.596 × 10 ⁶	0.55
合计		107.861 × 10 ⁶	100

在海丰湿地生态系统服务价值的各组分中 (表 4), 生物多样性维持价值最大, 为 48.185 × 10⁶ 元 · a⁻¹, 占总价值的 44.67%, 其次为休闲旅游 (22.56 × 10⁶ 元 · a⁻¹)、食物供给 (16.141 × 10⁶ 元 · a⁻¹)

和气候调节 ($8.139 \times 10^6 \text{ 元} \cdot \text{a}^{-1}$) 服务, 分别占总价值的 20.92%、14.96% 和 7.55%。剩余各类服务功能价值量之和为 $12.836 \times 10^6 \text{ 元} \cdot \text{a}^{-1}$, 占总价值的 11.90%。

3 讨论与结论

广东海丰鸟类省级自然保护区湿地生态系统的主要服务价值主要体现在生物多样性维持、休闲旅游、食物供给和气候调节等服务价值, 这主要归结为海丰湿地自身独特的结构组成。海丰保护区湿地以养殖塘等人工湿地类型为主, 养殖塘原属潮间带沿海滩涂和红树林湿地, 现为基围式粗放养殖区。它是一种随海水涨退设闸围水 (咸淡水自然交替循环) 的天然混合养殖方法^[15]。这种养殖方法不仅为当地渔民生产质量好、价值高的海产品, 更为大批候鸟提供了良好栖息环境。养殖塘、迁徙候鸟及两者和谐共处的模式也吸引了大批的观鸟爱好者和游客等。此外, 养殖塘与近海水域的较高水面比, 再加上盐沼湿地的独特植被等使得该区湿地系统能够在降温增湿、释氧等方面发挥显著的气候调节作用。然而, 海丰湿地作为亚热带地区典型湿地, 在科研教育价值方面比重偏低, 尚不足 0.7%, 表明该区的科研投入及教育宣传水平偏低, 亟待提高。

广东海丰鸟类省级自然保护区湿地生态系统服务单位价值为 $1.69 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 显著低于辽宁省 ($2.916 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)^[30]、浙江省 ($3.664 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)^[32] 和广东省 ($8.147 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)^[26] 等地的滨海湿地单位价值, 也低于漳江口 ($5.999 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)^[22]、湛江市 ($28.28 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)^[33] 和东寨港 ($22.55 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)^[34] 等地红树林等自然湿地的单位服务价值, 以及苏州市水稻田 ($7.31 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)^[35] 等人工生态系统。这主要由 3 方面所致, 一是海丰自然保护区湿地类型单一、结构失衡、人工湿地比例偏高, 如养殖面积占保护区总面积的 40.05%。二是保护区的管护措施得不到有效贯彻。因保护区内养殖塘等土地所有权为当地渔户所有, 当生态保护与经济利益冲突时, 有些措施可能被搁置。三是本文对珍惜濒危物种的存在价值没有单独核算, 部分服务价值 (如保护区的维护成本和鸟类的旅游价值等) 因数据不可获得而参照前人研究成果, 这些均会导致研究区整个生态系统服务功能的价值比实际偏低。

2013 年, 广东海丰鸟类省级自然保护区大湖和东关联安围区湿地生态系统服务总价值为 $107.861 \times 10^6 \text{ 元}$ 。海丰湿地所提供的 11 项服务为食物供给、水供给、原材料供给、气候调节、水质净化、固碳、大气组分调节、生物多样性维持、养分累积、休闲旅游和科研教育; 2013 年, 它们提供的服务价值分别为 $16.141 \times 10^6 \text{ 元}$ 、 1.243×10^6 、 0.463×10^6 、 8.139×10^6 、 3.991×10^6 、 2.744×10^6 、 0.498×10^6 、 48.185×10^6 、 3.301×10^6 、 22.560×10^6 和 $0.596 \times 10^6 \text{ 元}$ 。

在下一步研究中, 要加大对海丰湿地受损或薄弱服务功能的研究, 结合野外长期定位观测实验, 研发新型生态系统服务价值评估理论、指标体系及评估技术, 为湿地生态系统服务的准确量化提供支撑。

参考文献

- [1] LEVENSON H. Coastal systems: On the margin[C]// BOLTONHS, ed. Coastal Wetlands. New York: ASCE, 1991: 75-83.
- [2] MITSCH W J, GOSSELINK J G. The value of wetlands: importance of scale and landscape setting[J]. Ecological economics, 2000, 35(1): 25-33.
- [3] 张莉, 郭志华, 李志勇. 红树林湿地碳储量及碳汇研究进展[J]. 应用生态学报, 2013, 24(4): 1153-1159.
- [4] 张晓龙, 刘乐军, 李培英, 等. 中国滨海湿地退化评估[J]. 海洋通报, 2014, 33(1): 112-119.
- [5] BARBIER E B. Valuing the storm protection service of estuarine and coastal ecosystems[J]. Ecosystem Services, 2015, 11: 32-38.
- [6] BROUWER R, LANGFORD I H, BATEMAN I J, et al. A meta-analysis of wetland contingent valuation studies[J]. Regional Environmental Change, 1999, 1(1): 47-57.
- [7] 李伟, 崔丽娟, 庞丙亮, 等. 湿地生态系统服务价值评价去重复性研究的思考[J]. 生态环境学报, 2014, 23(10): 1716-1724.
- [8] 张平, 马涛. 湿地生态系统服务价值评估的国内研究评述[J]. 湿地科学, 2011, 9(2): 203-208.
- [9] 徐慧娟, 徐慧娟, 李锋民, 等. 国内人工湿地生态系统服务价值评估研究[J]. 环境科学与技术, 2015, 38(6P): 347-353.
- [10] 高常军, 李吉跃, 周平. 海丰湿地留鸟种类及栖息环境[J]. 湿地科学与管理, 2014, 10(1): 34-36.
- [11] 胡军华, 曾向武, 谢钊毅, 等. 广东海丰鸟类自然保护区

- 区黑脸琵鹭越冬种群现状[J]. 动物学杂志, 2009, 44(1): 54-57.
- [12] 曾向武, 高晓翠, 高常军. 广东海丰鸟类自然保护区水鸟多样性[J]. 湿地科学, 2016, 14(5): 611-617.
- [13] 曾向武, 周平, 高常军. 广东海丰自然保护区湿地现状及保护对策[J]. 湿地科学与管理, 2016, 12(1): 34-37.
- [14] 郭盛才. 广东湿地类型及其分布特征研究[J]. 广东林业科技, 2011, 27(1): 85-89.
- [15] 国家林业局调查规划设计院. 广东海丰鸟类自然保护区总体规划(2007—2006) [R]. 北京: 国家林业局调查规划设计院, 2007.
- [16] ASSESSMENT M, E. Ecosystems and human well-being: wetlands and water[R]. Washington, DC: World Resources Institute, 2005.
- [17] 吕宪国. 湿地生态系统保护与管理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [18] 韩维栋, 高秀梅, 卢昌义, 等. 中国红树林生态系统生态价值评估[J]. 生态科学, 2000, 19(1): 40-46.
- [19] 廖宝文, 郑松发, 陈玉军, 等. 海南东寨港几种国外红树植物引种初报[J]. 中南林学院学报, 2006, 26(3): 63-67.
- [20] 范伶俐. 广东区域气象水文环境下蒸发皿蒸发量变化研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2011.
- [21] 张灏孔, 东升. 张掖黑河湿地国家级自然保护区气候调节功能价值评估[J]. 西北林学院学报, 2013, 28(3): 177-181.
- [22] 张和钰, 陈传明, 郑行洋, 等. 漳江口红树林国家级自然保护区湿地生态系统服务价值评估[J]. 2013, 11(1): 108-113.
- [23] 段晓男, 王效科, 逯非, 等. 中国湿地生态系统固碳现状和潜力[J]. 生态学报, 2008, 28(2): 463-469.
- [24] 李小斌, 陈楚群, 施平, 等. 南海1998—2002年初级生产的遥感估算及其时空演化机制[J]. 热带海洋学报, 2006, 25(3): 57-62.
- [25] 王凤珍, 周志翔, 郑忠明. 城郊过渡带湖泊湿地生态服务功能价值评估——以武汉市严东湖为例[J]. 生态学报, 2011, 31(7): 1946-1954.
- [26] 高常军, 魏龙, 贾朋, 等. 基于去重复性分析的广东省滨海湿地生态系统服务价值估算[J]. 浙江农林大学学报, 2017, 34(1): 152-160.
- [27] REN Z Y, LI J. The values of CO₂ fixation and O₂ release by vegetation ecosystem in Qinling-Daba Mountains of Shaanxi Province[J]. Geographical Research, 2004, 23(6): 769-775.
- [28] 康文星, 赵仲辉, 田大伦, 等. 广州市红树林和滩涂湿地生态系统与大气二氧化碳交换[J]. 应用生态学报, 2008, 19(12): 2605-2610.
- [29] COSTANZA R, DARGE R, GROOT R, et al. The value of the world ecosystem and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [30] 张华, 武晶, 孙才志, 等. 辽宁省湿地生态系统服务功能价值测评[J]. 资源科学, 2008, 30(2): 267-273.
- [31] 庞丙亮, 崔丽娟, 马牧源, 等. 若尔盖高寒湿地生态系统服务价值评价[J]. 湿地科学, 2014, 12(3): 273-278.
- [32] 王斌, 杨校生, 张彪, 等. 浙江省滨海湿地生态系统服务及其价值研究[J]. 湿地科学, 2012, 10(1): 15-22.
- [33] 邓培雁, 刘威. 湛江红树林湿地价值评估[J]. 生态经济, 2007(6): 126-128.
- [34] 丁冬静, 廖宝文, 管伟, 等. 东寨港红树林自然保护区滨海湿地生态系统服务价值评估[J]. 生态科学, 2016, 35(6): 18-190.
- [35] 刘利花, 尹昌斌, 钱小平, 等. 稻田生态系统服务价值测算方法与应用——以苏州市域为例[J]. 地理科学进展, 2015, 34(1): 92-99.