

引用格式: 迁婕, 李京梅. 美国“湿地信用”评估与交易及对中国湿地修复的启示[J]. 资源科学, 2021, 43(9): 1918-1931. [Yu J, Li J M. Implications of the evaluation and transaction of “wetland credit” in the United States for wetland restoration in China[J]. Resources Science, 2021, 43(9): 1918-1931.] DOI: 10.18402/resci.2021.09.16

美国“湿地信用”评估与交易及对中国湿地修复的启示

迁 婕¹, 李京梅^{1,2}

(1. 中国海洋大学经济学院, 青岛 266100; 2. 中国海洋大学海洋发展研究院, 青岛 266100)

摘 要: 引入湿地修复第三方、运用市场交易手段实现湿地修复和等效补偿是湿地生态管理模式创新。湿地信用是湿地修复等价交换的媒介物, 科学评估湿地信用并完成湿地功能的等效交易, 是实施生态修复、保障湿地规模和生态系统服务功能不下降的技术依据。本文系统梳理了美国湿地修复补偿中基于面积规模和基于生态系统服务功能两类湿地信用评估模型与参数, 阐释湿地市场化等效补偿交易规则与交易价格制定。研究发现: ①两类湿地信用评估方法同时兼顾了生态服务的功能性和市场交易的灵活性, 是湿地信用评估的有效手段; ②湿地信用交易价格受建设成本、交易时效等影响, 是在湿地修复市场供需关系中形成的均衡价格; ③设定市场交易规则, 制定规范的修复方式, 是实现交易生态等效的重要保障。中国应逐步培育湿地修复第三方产业、探索湿地修复市场化补偿模式、开展湿地修复绩效评估, 探索和完善如何保障与生态系统服务对等的湿地等效评估技术, 为中国开展生态修复市场化改革及湿地修复绩效评价提供科学依据和技术支撑。

关键词: 湿地信用; 湿地修复; 评估方法; 等效交易; 市场化补偿

DOI: 10.18402/resci.2021.09.16

1 引言

湿地在涵养水源、净化水质、调节气候和维护生物多样性等方面发挥着重要生态功能, 然而, 随着经济高速发展及城市化进程的推进, 对湿地资源的无序开发利用导致湿地生态系统日益恶化, 面积大幅受损, 生物多样性急剧下降^[1]。为保护湿地资源, 国家相继发布《湿地保护管理规定》《湿地保护修复制度方案》, 要求对湿地生态损害进行恢复或补救。近年来, 国家开始倡导借助第三方力量进行资源修复和治理, 探索建立资源修复补偿的市场化模式和机制^[2]。2013年11月, 《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》提出要建立生态环境保护市场化机制, 推行环境污染第三方治理。2017年, 党的十九大报告明确提出要探索建立市场化、

多元化生态补偿机制^[3]; 2020年6月, 国家发改委、自然资源部联合颁发《全国重要生态系统保护和修复重大工程规划》, 强调探索重大修复工程市场化建设、运营、管理的有效模式; 2020年11月, 习近平总书记在全面推动长江经济带发展座谈会上再次强调“让保护修复生态环境获得合理的回报, 让破坏生态环境付出相应代价。”资源修复补偿的市场化使得资源修复与治理第三方获得经济收益, 使资源损害、占用者付出使用成本, 能够激发社会参与资源修复补偿的积极性, 解决目前以政府主导的修复工程所面临的资金渠道来源单一、财政压力大、缺少资源修复后期监测及成效评估的问题, 促进资源修复补偿的可持续建设^[4,5]。等价交换和等效补偿是实施市场化补偿的基础^[6], 如何评估湿地修复

收稿日期: 2020-11-06; 修订日期: 2021-04-09

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(16ZDA049); 中国海洋发展研究会重点项目(CAMAZD201908)。

作者简介: 迁婕, 女, 山东淄博人, 博士研究生, 研究方向为海洋经济与资源可持续利用研究。E-mail: yujie1987828@163.com

通讯作者: 李京梅, 女, 河北冀县人, 教授, 博士生导师, 研究方向为资源、环境与贸易政策。E-mail: jingmeili66@163.com

2021年9月

的生态等效,保证修复湿地生态服务等同于受损湿地生态服务,是市场化补偿政策实施的关键环节。因此,分析生态修复市场化补偿制度中的核心要素、量化湿地修复交易标准、制定等效交易规则,是研究探讨如何构建市场化生态修复补偿模式的关键问题。

20世纪90年代,美国以法律形式明确了湿地占用损害修复补偿责任,引发了对湿地修复第三方的市场需求,并逐步发展成为湿地修复领域的市场交易制度。在市场交易中,通过建立湿地信用资产,开展湿地信用评估,实现了市场等效补偿。1980年,美国《清洁水法》404条(b)中规定湿地开发者获取开发许可前,必须完成对湿地损害的修复补偿^[7];开发者自行修复存在一定困难和弊端,逐渐出现了付费委托第三方开展修复或直接购买第三方湿地修复治理服务,替代完成修复补偿责任;逐步形成了专门从事湿地修复并出售湿地修复服务的第三方机构,在受损、废弃的河道、沼泽、开阔水域等地恢复受损湿地、新建湿地、强化现有湿地的某些功能或者特别保存某些湿地,借助一定评估手段,形成湿地信用资产,通过市场交易出售给对湿地造成损害的开发者,完成湿地损害主体的修复补偿责任,该政策即美国的湿地补偿银行政策,借助市场力量,将社会资本引入湿地修复领域,推动了湿地修复产业的发展,实现了经济发展与资源保护的有效统一^[8]。21世纪以来,欧洲及其他发展中国家纷纷借鉴湿地修复补偿领域的第三方修复及市场化交易方法,并将应用领域扩大到生物多样性、物种、栖息地、流域等方面的保护,如法国建立CDC生物多样性银行(CDC Biodiversity Bank)、澳大利亚新南威尔士州设立生物银行(BioBanking)、加拿大建立鱼类生境补偿银行(Fish Habitat Banking)、塞班岛实施高地缓解银行(Upland Mitigation Bank)等^[9],均取得了生态修复与物种保护的良好成效,再次验证了引入资源修复与治理第三方机构、建立市场化交易机制在资源保护中的重要作用。而在此一系列资源保护领域市场化交易实践中,均设置交易媒介物—信用(Credit),并开展受损资源和修复资源的信用评估,通过信用评估对资源生态等效进行“筛选”和量化,保证受损资源生态系统服务等同于

修复资源生态系统服务^[10-12],为生态修复市场化交易提供重要技术支撑。

至今,美国已实施了30多年借助第三方修复的湿地市场化补偿制度,湿地修复市场交易中的湿地信用评估研究取得了丰硕的研究成果,其科学合理的信用评估和湿地等效交易不仅为生物多样性、生物资源的评估交易提供了经验借鉴,也为修复湿地的绩效评价提供了重要参考。鉴于此,本文系统梳理了湿地信用的概念特征、湿地信用的评估方法及等效交易市场规则,讨论了美国湿地信用评估交易中存在的争议,初步提出了中国开展湿地信用评估的基本思路,以期为中国湿地生态修复市场化运作及湿地修复绩效评价提供方法借鉴和科学参考。

2 湿地信用概念

20世纪70年代,为保护湿地资源,美国实施了严格的湿地开发占用许可制度,湿地开发利用主体只有完成修复补偿义务才能获得开发许可。而开发者自行修复暴露出成功率不高、修复效率低下等问题,实践中,逐渐出现了专门的第三方修复机构,并逐渐建立了湿地补偿银行这一市场化补偿交易机制^[13],形成了权责清晰的市场三方体系:买方、卖方和监管方。买方是有修复补偿义务的湿地开发占用者,因无法自行完成修复补偿义务,产生对湿地修复补偿服务的市场需求;卖方是从事湿地保护修复活动的第三方,开展湿地的建造、修复、保护等一系列活动,提供湿地修复补偿服务,形成市场供给;监管方一般由美国陆军工程兵团(ACOE)、美国环保部(EPA)、相关联邦机构、州政府等组成,主要对交易各环节进行审批、监管,确保等价交易,实现湿地“零净损失”(No Net Loss)^[14](图1)。作为一项资源修复领域的市场激励手段,买卖双方为达成交易,需要建立统一的交易单位,达成交易价格;监管方为确保交易对等性,应制定完善的交易规则;为满足这些要求,湿地补偿银行市场化交易政策设计“湿地信用”(Wetland Credit)概念,承担上文所述的湿地交易所需的各项功能。

“湿地信用”是湿地交易的一般等价物,也是湿地修复市场交易媒介物。具体来说,湿地信用是从湿地面积和湿地生态功能角度确定湿地修复补偿活动形成的湿地净增值、湿地开发者造成的湿地净

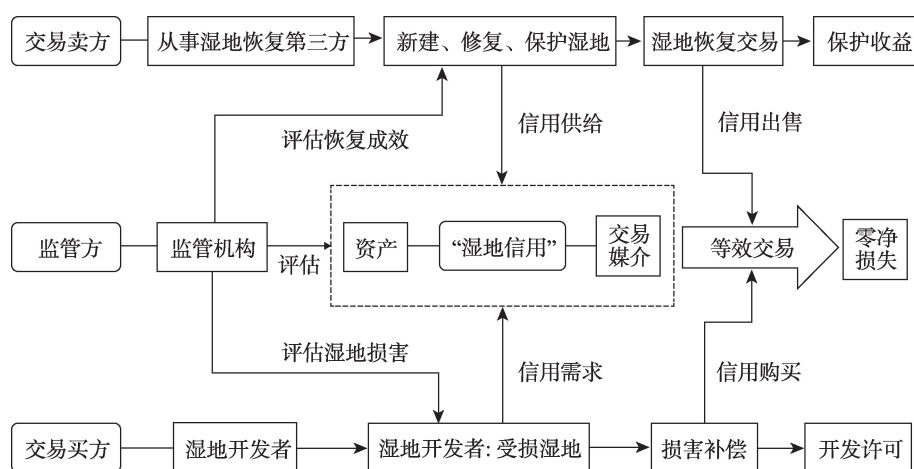


图1 湿地修复市场化交易运作示意图

Figure 1 Schematic diagram of the operation of wetland restoration market transitions

损失值的量化单位^[15]。湿地修复第三方开展湿地生态修复活动形成可供交易的补偿湿地,采用一定评估方法转化为一定数量的湿地信用,作为资产进行出售获取收益;湿地开发者为申请获取开发许可,从修复第三方购买一定数量湿地信用,等价补偿开发活动引起的湿地资源损失;市场交易的监管者,则评估湿地修复第三方和湿地开发者可供和所需求的湿地信用数量,设置等价交易标准或交易价格,确保通过湿地交易实现总体无净损失。

3 湿地信用评估

湿地修复市场化交易实际上是一种湿地信用交易制度^[16],湿地信用的评估过程就是湿地生态等效的“筛选”和量化过程,即湿地信用评估为保证修复湿地生态服务等同于受损湿地生态服务提供量化标准^[17]。理论上,湿地信用的评估确定应该基于专业的生态评估技术,但实践中,湿地生态系统的多样性和复杂性使得既保证简易性、又满足综合性的湿地信用评估技术不太可能实现^[18]。为兼顾湿地信用评估的科学性和灵活性,逐步形成了基于湿地面积规模和基于湿地生态服务功能两类湿地信用评估原则及方法^[19]。

3.1 基于面积的湿地信用评估

保证湿地资源面积不减少原则是实现湿地资源“零净损失”政策目标的最基本要求,因此,将湿地面积作为标准成为湿地信用评估的首选方式。基于面积的湿地信用评估方法即将湿地面积的大

小作为湿地信用评估依据,通常情况下,1英亩补偿湿地即为1单位湿地信用。基于面积的湿地信用评估方法操作简单、适用性强,有效节约了湿地交易的评估时间和监管成本,是美国湿地修复交易实践中最常用的湿地信用评估方法,约50%的湿地交易采用湿地面积法评估湿地信用^[20]。尽管基于面积的湿地信用评估方法易于操作,但有学者提出,该方法忽视了湿地生态系统的服务功能^[21];为同时兼顾湿地生态系统服务功能的不减少,保证湿地修复交易的生态等效性,采用湿地面积评估的湿地信用,在交易中设置了交易比率(湿地补偿率),以实现等价交易。

3.2 基于生态系统服务功能的湿地信用评估

湿地不仅为人类提供了丰富的物质产品,在涵养水源、调节气候、蓄洪防旱、维持生物多样性等方面还发挥着重要生态功能,是人类可持续发展的重要生态屏障,因此有学者提出,进行湿地修复市场交易,用补偿湿地替代受损湿地,不仅要保证湿地面积的不减少,更要保证湿地生态服务功能的零损失,尽管基于面积的评估方法中设置了保证交易生态等效性的湿地补偿率,但始终有学者认为湿地补偿率的确定仍具主观性,且不利于补偿湿地修复质量的提高,进而主张采用科学客观的生态评估技术、依据湿地生态服务功能评估湿地信用^[22],包括基于湿地生态系统结构的评估方法和多因素综合的评估方法。

2021年9月

3.2.1 基于湿地生态系统结构的评估方法

基于湿地生态系统结构的评估方法主要从湿地资源物理特性出发,着重测度补偿湿地和受损湿地的水文水质、生境和动植物群落等资源条件,依据生态学家的专业判断,将湿地资源的物理条件按一定方法折算成生态功能单位,以此标量湿地信用。此类方法相对较多,如生境评估程序(HEP)、水文地貌评估法(HGM)、湿地评估技术(WET)、湿地快速评价法(RAWS)等,其中,应用最为广泛的是生境评估程序和水文地貌评估法。

(1) 生境评估程序(Habitat Evaluation Procedures, HEP)

生境评估程序是美国鱼类和野生动物管理局开发的湿地信用评估技术,也是美国开展湿地修复市场化交易初期联邦政府推荐使用的方法,该方法侧重评估湿地承载某种物种的能力,是一种针对物种的影响和资源评估的方法^[23]。首先由湿地监管部门筛选需要评估的物种类别,结合物种栖息地特征,确定评估变量,再根据评估区域实际状况,对变量进行0~1之间的赋值;其次,平均所有变量的赋值结果,得到栖息地适宜性指数(HSI);最后,用栖息地适宜性指数乘以湿地面积,计算生境单位(HU);将湿地补偿或受损前后生境单位的变化值作为湿地信用的量化值:即增加/减少1个生境单位可获取/需要1个湿地信用单位^[24]。如:面积10英亩的湿地,湿地银行通过增强某项湿地功能的方式进行补偿,如果湿地增强项目使得10英亩湿地栖息地适宜性指数(HSI)由0.1增加到0.8,则生境单位(HU)数量由1单位增加到8单位,增加了7单位的生境单位(HU),那么湿地补偿银行可以获得7单位可供出售的湿地信用。

HEP方法为湿地信用的确定提供了定量评估手段,在补偿湿地交易实施的初期,使用较多,但生物学家发现,生境评估程序主要侧重于物种和场地偏好的评估,只能反映湿地承载某种物种的能力,不能全面反映湿地功能,在湿地交易中受到的质疑逐渐增多^[25]。

(2) 水文地貌评估法(Hydrogeomorphic Method, HGM)

水文地貌评估方法由Brinson等^[26]建立,该方法

的主要特点在于开发了一个水文地貌分类系统,将湿地归类并明确湿地功能,借助逻辑模型对各项湿地功能进行定量评估。首先,根据湿地水文来源、水文状况、地貌环境等特点对湿地进行分类,确定每类待评估湿地具体的功能及评估变量,同时选取区域内具有同一生态地理特征的天然未破坏湿地作为参照湿地,建立各变量参照数据集;其次,确定评估湿地功能的逻辑模型,通过变量特征与参照数据的比照对变量进行0~1之间的赋值,利用逻辑模型,计算得出每一湿地的功能容量指数(FCI);最后,平均湿地所有生态功能容量指数,再乘以湿地面积,得到湿地功能容量单位(FUCs)^[27];功能容量单位的变化量即为受损湿地和补偿湿地需购买及可出售的湿地信用数量。水文地貌评估法减少了评估中自然因素变化对评估结果的影响,并在湿地信用的确定中全面反映了湿地功能的变化,在湿地修复交易的湿地信用评估中应用广泛^[28]。

以美国南卡罗莱纳州机场建设项目占用阔叶林平原湿地的补偿交易为例,评估过程中选取从卡罗莱纳州到德克萨斯州东部的同类相对未被破坏(改变)的湿地作为参考标准,收集野外测量数据,并将湿地功能划分为:保持水文状态、维持营养物质循环、维持动植物群落、保持湿地特定结构^[29]。各项功能的评估指标及逻辑模型如表1所示。

在评估湿地信用过程中,针对指标参数进行实地测量,通过实际测量值与指标参数的参考标准的比较对指标进行赋值,测量值与参考标准值越接近,取值越接近于1。具体评估结果如表2所示,机场建设项目对湿地造成的损害应购买3.65个信用单位予以补偿,湿地修复建设者的修复项目共获取3.90个可供出售的信用单位,其中3.65个信用单位可出售给机场建设项目,剩余信用单位可用于后续销售。

3.2.2 多因素综合评估方法

有学者研究发现,湿地类型、湿地位置等因素对于维持湿地服务功能至关重要,进而指出,仅将湿地生物物理指标作为湿地信用的评估依据,将忽视湿地类型、周边景观复杂性、修复工程成功率等对湿地功能及湿地交易的影响^[29,30];随着湿地修复交易制度的发展完善,评估方法的开发逐渐注重综

表1 湿地功能分类及评估指标

Table 1 Classification and evaluation indicators of wetland functions

功能	评估指标	评估模型
保持湿地水文	树冠底面积(V_{TREE})、子冠层(V_{SUBC})、微观地形复杂性(V_{MICR})、是否含有沟渠(V_{DITC})	$[V_{TREE} + V_{SUBC} + V_{MICR}/3 \times V_{DITC}]^{1/2}$
维持营养物质循环	冠木的密度(V_{SNAG})和体积(V_{CWD})、凋落物深度(V_{LTR})、树冠底面积(V_{TREE})、子冠层(V_{SUBC})、幼苗覆盖度(V_{SDLG})、草本覆盖度($V_{GRAN} + V_{FORB}$)	$\left\{ \frac{[V_{TREE} + V_{SUBC} + V_{SDLG} + (V_{GRAN} + V_{FORB})/2]/4}{(V_{LTR} + V_{SNAG} + V_{CWD})/3} \right\}^{1/2}$
维持植物群落	冠层重要性(V_{CVEG})、下冠层重要性(V_{CVEQ})、树丛覆盖度(V_{FORB})、禾草植物覆盖度(V_{GRAM})	$\{V_{CVEG} + [V_{CVEQ} + (V_{FORB} + V_{GRAM})/2]/2\}/2$
保持湿地特定结构	树冠直径(V_{TDIA})、冠层树密度(V_{TDEN})、子冠层密度(V_{SUBC})、禾草植物覆盖度(V_{GRAM})、树丛覆盖度(V_{FORB})、冠木密度(V_{SNAG})和体积(V_{CWD})	$V_{CVEQ} + V_{TDEN} + [V_{SUBC} + (V_{GRAM} + V_{FORB})/2] + (V_{SNAG} + V_{CWD})/2/3$

资料来源:作者根据参考文献[29]整理而得。

表2 美国南卡罗莱纳州机场建设项目及湿地银行项目湿地信用计算

Table 2 Wetland credit calculation for the airport construction project and wetland bank project in South Carolina, United States

变量	湿地开发项目		湿地银行项目	
	受损前	受损后	补偿前	补偿后
保持湿地水文	0.71	0	0.64	0.91
维持营养物质循环	0.51	0	0.54	0.91
维持植物群落	0.15	0	0.16	0.50
保持特征性的生理结构	0.75	0	0.56	0.96
功能容量均值(FCI)	0.52	0	0.48	0.82
湿地面积	5.80		10.00	
湿地功能容量(FCUs)	3.02	0	4.75	8.20
变化量	3.02		3.45	
湿地信用	3.65		3.90	

资料来源:作者根据参考文献[29]整理而得。

合导致湿地生态系统服务差异的各项因素,使用多因素综合方法以提高评估的准确性和适用性,其中,常用评估方法包括以下几种。

(1)湿地标准操作程序(Standard Operating Procedure, SOP)

湿地标准操作程序是美国南卡罗莱纳州开发的湿地信用评估方法,该方法在进行湿地信用评估时,不只针对湿地自身的物理特性条件进行评估,还将湿地空间特性及湿地景观复杂性等纳入评估程序,通过设置补偿影响因素和受损影响因素,调整湿地功能差异,确定湿地信用标准^[31]。

湿地信用标准操作程序分别用RMC(Required Mitigation Credits)和PMC(Proposed Mitigation Credits)表示湿地开发者所需的湿地信用及湿地修复项目的恢复行为可获取的信用量。具体计算公

式为:

$$PMC = A_i \times M_i \tag{1}$$

$$RMC = AA_i \times R_i \tag{2}$$

式中: A_i 表示第 i 个修复补偿区域湿地面积; M_i 表示湿地补偿影响系数(CMF); AA_i 表示受影响湿地面积; R_i 表示湿地损害影响系数(AIF)。

在计算受损及修复补偿湿地影响值时,对于受损湿地,从评估受损的具有社会价值的湿地功能的角度出发,设置了6项受损评估因素(表3):湿地类型、主导因素、影响时间、湿地现状水平、湿地稀有程度、湿地受损程度;对于补偿湿地,考虑到反映补偿湿地资源条件及生态功能的修复情况,分别从土壤条件、水文条件、植被覆盖、修复情况、监测和应急计划、修复时间计划、湿地类型、补偿湿地位置8个方面设置修复评估因素予以反馈;具体的评估过

2021年9月

表3 基于SOP的湿地信用需求及供给量计算案例

Table 3 A case of wetland credit demand and supply calculation based on standard operating procedure (SOP)

湿地开发项目		湿地银行项目	
评估因素	评分	评估因素	评分
受损湿地类型	1.80	土壤条件	0.60
受损主导因素	2.00	水文条件	0.50
影响时间	1.50	植被覆盖情况	0.40
现状水平	0.10	修复情况	0.60
湿地稀有度	2.00	监测和应急计划	0.30
累积影响	1.00	修复时间计划	0.50
		湿地类型	0.70
		修复地点	0.80
AIF合计	8.40	CMF合计	4.40
受损湿地面积	5.00	修复湿地面积	10.00
信用需求量	42.00	信用供给量	44.00

资料来源:作者根据参考文献[31]整理而得。

程中,各项影响因素下设置细化评估指标,依据生态学家专业判定进行指标赋值,最后将所有指标值进行加权得到受损及补偿湿地影响合计数。

(2) 统一缓解评估法 (Uniform Mitigation Assessment Method, UMAM)

有学者指出,即便基于湿地功能评估湿地信用,还应从动态性角度出发,考虑补偿湿地修复的时间延迟、补偿修复风险等因素对评估结果的影响^[32]。因此,美国佛罗里达州开发了统一缓解评估法,不仅从湿地资源条件、水文特性、湿地位置、鱼类及野生动物利用等方面评估湿地信用,同时将时间延迟和补偿修复风险纳入湿地信用评估系统参考因素,弥补评估偏差^[33]。

采用统一缓解评估法进行湿地信用评估时,首先,从位置与景观支持、水环境、群落结构三方面细化评估指标,进行指标赋值,并平均各项指标赋值结果,得到湿地综合评估结果。在此基础上,分别计算受损湿地和补偿湿地信用数量,其中,计算受损湿地信用需求量时,在采用湿地综合评估结果的基础上,考虑湿地类型因素,根据区域土地利用、覆盖和形式分类系统(FLUCS)的湿地群落分类,设置湿地类型系数,调整综合评估结果,得到湿地开发项目评分(FL),再乘以受损湿地面积得到受损湿地信用需求量;对于补偿湿地,湿地信用计算时加入补偿时间和修复风险因素,各因素指标根据实践经

验值获得,与湿地综合评估结果相乘得到湿地银行项目总评分(RFG),乘以补偿湿地面积即为湿地银行可获得的湿地信用量。

$$MRC = S_i \times FL = S_i \times MD \times PAF \quad (3)$$

$$MDC = SS_i \times FRG = (SS_i \times MD) / (T \times R) \quad (4)$$

式中: MRC 表示受损湿地所需信用量; S_i 表示受损湿地 i 的面积; FL 表示湿地开发项目总分; MD 表示湿地综合得分; PAF 表示湿地类型系数; MDC 表示补偿湿地信用量; SS_i 表示补偿湿地 i 的面积; FRG 表示湿地银行项目总评分; T 表示补偿时间系数; R 表示修复风险系数。

4 市场规则设计

完善的市场交易规则设计和交易定价是保障湿地修复补偿市场机制运转、实现资源等效补偿的基本前提。基于面积规模和基于生态系统服务功能两类评估方法由于评估原则不同,具体实践中分别设置了不同的市场交易规则。

4.1 湿地信用交易规则

4.1.1 基于面积评估的交易规则

(1) 设置湿地补偿率

以湿地面积作为信用评估的方法一般将1英亩的湿地面积确定为1单位湿地信用,而实践研究发现:受损自然湿地与人工修复湿地通常具有不同的自然生态特征和生态功能,Wilen等^[34]比较10 hm²人工修复的湿地和10 hm²自然湿地,发现湿地功能存在巨大差异。为反映自然生态系统和人工生态系统在生态功能上的差异,基于面积评估的湿地信用在进行交易时,设置湿地补偿率(Wetland Compensation Ratio):修复、新建、增强或保存的湿地面积与开发项目占用的湿地面积之间的交易比率^[35];实际应用中,湿地交易比率的确定由湿地监管部门决定,但美国联邦法规(Code of Federal Regulations)规定“在没有明确要求的情况下,湿地补偿率不能低于1:1”,在满足该条件前提下,各州可自行规定湿地补偿率^[36]。

(2) 湿地补偿率确定依据

目前,美国多数州采用的湿地补偿率多为经验值,一般由湿地监管部门根据湿地类型及湿地补偿方式、湿地补偿成功率、湿地区域位置或综合多项

因素评估确定,或者具体案例具体协商。

① 湿地类型及湿地补偿方式

Kelly等^[37]学者研究发现,湿地恢复方式和湿地类型对湿地生态功能的影响最大,因此,许多湿地监管部门按照湿地恢复方式或湿地类型制定湿地补偿率^[38]。

湿地恢复方式主要包括:修复、新建、增强湿地生态功能、保护湿地四大类,不同湿地恢复方式,所带来的单位面积湿地生态功能的提升存在差异,湿地恢复效果自然也有所不同。Kantor等^[39]对美国新泽西州湿地恢复项目案例研究中发现,由于新建湿地的生态功能通常低于受损湿地生态功能,建议新建湿地补偿率高于3:1。Kruczynski^[40]提出新建、修复、增强功能的湿地分别采用2:1、1.5:1和3:1的补偿率。美国环境保护局第四区1992年发布的指导方针草案给出按照不同方式进行交易比率的设定:修复的湿地采用2:1的交易比率,新建湿地的交易比率为3:1,增强湿地生态功能项目的比率为4:1,保护湿地方式创建的补偿湿地因未增加湿地面积,所以补偿比率一般更高,比率为10:1^[27]。

除此之外,学者在对补偿湿地和受损湿地进行功能评估中还发现,不同的湿地类型,其生态服务功能水平也存在一定差异,因此,建议在制定湿地补偿比率时还应参考湿地类型因素,如美国马里兰州规定森林和灌木湿地以2:1的比例替换,美国佛罗里达州湿地交易经营管理中,建立了较为完整的湿地补偿率表,该表根据湿地补偿方式和湿地类型确定了不同的补偿率(表4)^[23]。

② 湿地资源重要程度

Cole^[41]在对美国湿地恢复补偿交易实践中发现,存在用更容易创造的湿地替代稀有的、复杂的以及较难修复的湿地的情形,因此,湿地资源重要程度及湿地恢复难易程度逐渐被纳入湿地补偿率的确定依据。目前,美国多个州的补偿率制定时,首先对其湿地资源进行等级划分,并根据等级划分结果制定湿地补偿率^[42]。如美国华盛顿州部分城市的湿地交易要求在进行补偿湿地交易前,先根据湿地的大小、与河岸廊道的关系及重要程度等因素将其行政区内的湿地资源划分为4个等级,分别设定

表4 美国佛罗里达州湿地交易比率表

Table 4 Wetland compensation ratio of Florida, United States

补偿方式	湿地类型	交易比率
新建湿地	海草、珊瑚礁	2:1到4:1
	红树林、沼泽	2:1到5:1
	盐生植物或河口植被	1.5:1到4:1
修复湿地	海草、珊瑚礁	2:1到4:1
	红树林、沼泽	2:1到5:1
	盐生植物或河口植被	1.5:1到4:1
增强湿地	海草、红树林	4:1到20:1
	其他	4:1到20:1
保存湿地	海草、珊瑚礁	大约60:1
	红树林、沼泽	
	盐生植物或河口植被	

资料来源:作者根据参考文献[23]整理而得。

补偿比率:第I等级的湿地补偿率为6:1,第II至第III等级的湿地,按不同的湿地类型设定1.5:1到3:1的补偿比率,处于第IV等级的湿地采用1.25:1的补偿比率^[29]。加利福尼亚州、佐治亚州、马萨诸塞州的部分城市也采用类似的方法确定湿地补偿率。

③ 湿地补偿成功率

湿地补偿的成功率是指湿地恢复项目建设的补偿湿地能够达到预期目标的比例。部分学者在对湿地恢复项目效果的分析中发现,能够成功达到湿地生态标准条件的比率处于50%左右,接近1/2的湿地恢复建设项目在某些方面(如植被类型、物种丰度、湿地功能等)未能达到湿地无净损失的目标^[43-46],因此提出,不成功的湿地恢复补偿项目将导致更多的湿地损失,建议根据湿地补偿成功率经验值制定湿地补偿比率:湿地补偿的成功率越小,失败率越高,湿地补偿交易的效果就越差,湿地补偿率就应越大^[47,48]。Robb在分析了美国印第安纳州345个湿地恢复交易项目的实践基础上,发现补偿湿地存在补偿失败的风险,联邦和州监管部门制定补偿比率时应考虑湿地补偿失败率因素,以此设计了基于湿地补偿失败率经验数据的补偿比率计算方法。

$$R_i = 1/(1 - E_i) \quad (5)$$

$$E_i = 1 - e/r \quad (6)$$

式中: R_i 为补偿比率; E_i 为补偿失败率; e 为湿地实际补偿面积; r 为管理部门要求的湿地补偿面积。

2021年9月

4.1.2 基于生态系统服务功能的交易规则

(1) 分割湿地功能的交易

实践中,有学者提出了一种将每一个湿地功能看作是分割的商品的交易方法^[49],在进行基于湿地功能的信用评估中,把不同的湿地功能作为独立商品,不同的湿地功能评估结果不进行加权综合,而是直接分别计算不同湿地功能的信用额度^[50]。如湿地开发项目导致湿地水文功能减少了3个单位,动物栖息地功能减少了4个单位,则可以要求影响者分别购买3个单位水文功能湿地信用和4个单位动物栖息地功能信用,甚至可能需要从不同的恢复项目中购买不同湿地功能的信用单位。

(2) 综合湿地功能的交易

该交易规则即将湿地资源具备的各项生态功能作为一个整体,按照各项生态功能的加权平均的评估结果进行交易,即湿地资源生态功能的综合评估结果显示多少交易单位,便获得(或需要)多少个单位的湿地信用^[51]。如前文美国洛杉矶北部湿地交易案例中,湿地开发活动根据对湿地造成影响的综合评估结果,直接购买3.65个湿地信用,来完成自身补偿责任。

4.2 湿地信用交易价格

湿地信用的买卖是双向的市场交易,湿地信用的价格由卖方与买方之间的公开交易确定,最终价格取决于买卖双方的议价能力,不受政府或监管部门控制或影响。湿地恢复项目建设者出售湿地信用的具体价格依据修复湿地的建设成本、预期利润水平、信用销售时效等因素,并在湿地信用供给和需求作用下达到均衡价格^[52]。销售定价时,一般受以下四方面因素影响:一是湿地银行项目建设成本,其中具体包括湿地恢复建设过程中的原料、人力等建设成本以及向湿地管理部门申请建设资格、获取信用额度等相关费用^[53];二是预期利润水平。除政府及非营利组织主导的湿地修复建设外,其余从事湿地修复补偿的第三方的建设公司基本以营利为目的,在不同的预期利润水平驱动下,湿地信用价格也将发生相应变化^[54];三是湿地信用销售时效,即湿地修复建设与信用出售间时间差。原则上,湿地修复建设项目具备完整生态功能后才可获得湿地信用并予销售,考虑到修复建设第三方资金

运转及确保湿地修复生态效果,往往允许湿地建设者在缴纳保证金的前提下可提前出售湿地信用。Shabman^[55]总结了部分湿地银行的信用销售时间与信用价格的关系(图2),发现一般情况下,项目建设和首次信用销售之间的时间越长,湿地信用的价格越高;四是当前市场供需。对湿地信用的需求部分是基于土地市场的发展压力,如沿海地区的经济衰退可能会限制新的商业建设项目,限制湿地开发许可证的申请,从而限制湿地信用的销售,湿地信用的市场需求下降,也将对价格产生影响。

具体来看,湿地信用的实际交易价格从每英亩几千美元到十几万美元不等^[56,57];如美国佛罗里达州售价最高为每单位信用40000美元;加利福尼亚州湿地信用的平均售价为每单位43519美元^[58];俄亥俄州一项非营利组织——湿地基金会建立的湿地修复交易项目,每单位湿地信用以16000美元的价格出售^[59]。

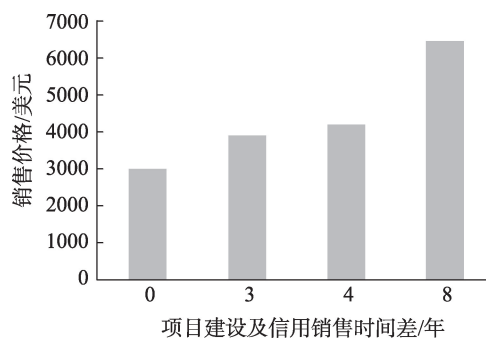


图2 信用销售时间与信用交易价格关系图

Figure 2 Wetland credit price and timing of credit sales

5 争议与讨论

湿地生态系统本身特性决定了恢复湿地的市场化交易必须存在一定的灵活性以应对不可预见的复杂性。基于生态服务功能的湿地信用评估方法采用专业的生态评估技术,结合湿地自身物理特征条件进行定量评估,结果相对客观,有利于实现湿地生态功能的对等,但该方法依赖于科学可靠的测算,对监管部门的人员专业技术水平要求较高,对湿地资源条件、性能的跟踪调查也将耗费监管部门大量的人力、物力资源,且评估时间长、评估效率相对不高;基于面积的湿地信用评估方法主观性强,忽视了湿地生态系统的复杂性,但该方法的操

作简单、适用性强,在湿地修复交易实践中应用广泛^[60]。目前美国的湿地修复市场化交易制度执行中基本形成了基于面积的湿地信用评估与基于生态系统服务功能的信用评估并存的局面,但两种信用评估确认方法在具体使用过程中仍存在诸多争议,具体表现为:

(1) 湿地信用评估的不确定性

基于面积的湿地信用评估方法与基于生态系统服务功能的信用评估方法各自具有其存在的合理性,但对于不同的湿地开发项目,两种方法的使用效率及其效果存在差异。如McCrain对北卡罗来纳州东部15个湿地恢复建设项目的成本效益评价中发现,当受损湿地面积不足5英亩时,采用生境评价程序(HEP)方法评估湿地信用的交易成本是采用面积评估的3~4倍,当受损湿地面积超过5英亩时,两类评估方法的交易成本差异较小,因此,建议对受损湿地面积超过5英亩的湿地项目,考虑生态功能等价,可采用HEP方法进行信用估算,而对于受损面积小于5英亩的项目,采用湿地面积作为信用评估确认方法^[61]。虽然McCrain对两种方法的适用性进行了探讨,但在目前美国湿地修复交易的具体实践中,两种信用评估方法的使用没有明确的界限;各州采用的湿地信用评估方法多数基于监管部门的政策选择,地区间各自为政导致了市场管理体制的混乱,而信用评估方法对于评估交易项目是否是经济上、生态上均有效的方案,并没有进行细致地分析与讨论,这也使得两种信用评估方法在使用过程中受到质疑。

(2) 湿地信用评估的统一性

基于面积和基于湿地生态功能两种湿地信用评估方法虽兼顾了评估的专业性和灵活性,有助于推动补偿湿地的市场化交易,但在两类标准内部,缺乏统一性,如存在多种湿地生态功能评估和湿地补偿率确定方法,而湿地信用的评估方法及标准的不统一将会影响到湿地修复交易的成效^[62]。Vassiere等^[63]研究发现,由于州政府、联邦政府等部门对湿地信用评估标准的差异,使得同等湿地信用在应用于不同类型、程度及范围的受损湿地时,无法完全匹配,模糊了等价交换的标准,同时提高了湿地

市场化交易的成本。Castelle等^[64]指出,虽然美国多数州的湿地交易比率是基于专业判断确定的,但该比率与湿地生态功能和结构之间并不是明确的定量关系,湿地补偿率的确定存在一定主观性,不利于湿地修复质量的提高,尤其是在采用个案(Case-By-Case)分析的地区,湿地补偿率的确定由湿地银行建设者和开发者之间可以通过协商谈判确定,但各方均注重使各自达到利益最大化,无疑增加了湿地无净损失失败的风险。

(3) 湿地信用交易的空间异质性

湿地生态系统功能的形成依赖于一定的空间和时间尺度上的生态系统结构与过程^[65],而湿地恢复项目离受影响湿地越远,就越难实现生态功能的对等性;虽然受损湿地和补偿湿地之间距离的增加可通过购买更多的湿地信用予以弥补,但始终有学者认为,湿地生态功能与其构成景观密不可分,不能忽视生态系统的空间信息,某一生态功能的消失无法用其他生态功能简单替代,否则容易导致某些高质量、稀缺性的湿地资源被大面积低质量湿地替代的现象出现^[66],有学者建议尽可能在同一流域或同一生态功能区进行补偿湿地的交易,减少湿地空间异质性引致的补偿失败风险^[9]。

(4) 湿地信用交易的生态服务价值对等性

由于湿地恢复项目多数情况下不是在受损湿地处进行的就地修复,而是异地补偿,随着受损湿地与修复湿地位置的变动,生态系统服务也随之变动,湿地生态系统服务的经济效益也将发生变化。即便是在同一行政区内进行的湿地交易,湿地资源的转移也可能改变资源的收益分配^[67]。尽管湿地信用的评估方法不断修正和改进,但在信用评估、分配和交易时,几乎没有考虑湿地资源重新分配导致的湿地生态系统服务价值的差异以及湿地资源的社会福利效应变动。Scodari^[68]指出湿地功能评估产生的功能指数只能反映湿地提供某些重要产出的能力,但忽视了湿地资源对人类经济社会的作用。Ruhl^[20]提出,湿地生态系统服务价值的评估能够同时兼顾湿地类型、湿地位置和补偿时间等因素,在湿地信用评估和湿地交易阶段,应该根据湿地生态系统服务价值的对等性进行湿地信用的评估。

6 结论与启示

6.1 结论

湿地修复市场化补偿交易本质上是实现湿地生态效用的等价交换,市场化交易制度的建立不仅要有完善的制度保障,还需要有科学的生态效用评估及交易标准设计,这关系到如何体现公平公正交易原则,关系到湿地总量管控及湿地面积不下降目标的实现。本文系统综述了美国湿地市场化补偿交易过程中湿地信用的评估、交易规则的设计和交易价格的制定,研究结论如下:

(1)湿地信用是湿地修复补偿市场化交易的媒介物,是确保受损湿地损失的生态系统服务等同于修复补偿湿地生态系统服务的量化单位。美国湿地修复补偿交易实践中,逐渐形成了基于面积规模和基于湿地生态服务功能两类湿地信用评估方法。基于面积规模的评估方法以湿地面积大小作为湿地信用多少的评估依据;基于生态服务功能的评估方法采用水文地貌评估、统一缓解评估、湿地标准操作程序等生态评估技术进行信用量评估,且评估方法逐步从单方面注重修复湿地的物理生态系统结构特性向综合湿地生态系统服务差异等因素的多元方向转变。

(2)为保证交易的生态等效性,不同湿地信用评估方法设置了不同的交易规则。基于面积规模评估的湿地信用,交易过程中通过设置湿地补偿率来反映修复湿地与受损湿地间的生态差异,保证交易等效;基于湿地生态服务功能评估的湿地信用,以信用量相等为基本交易原则,并在市场交易中逐步形成了分割湿地功能和综合湿地功能两种交易方法,最大化保障交易的对等性。

(3)湿地信用交易价格受修复湿地的建设成本、预期利润水平、信用销售时效等因素影响,由买卖双方公开交易确定,最终价格取决于买卖双方的议价能力,不受政府或监管部门的控制或影响。

(4)基于面积和基于湿地生态服务功能两大类湿地信用评估是到目前为止相对科学和有效的湿地信用评估方法,但评估方法和交易规则在应用中还面临很多挑战,仍是湿地修复市场交易研究领域的重点问题之一。

6.2 政策启示

开展湿地生态修复补偿是保证湿地资源供给、实现社会可持续发展的重要手段,如何创新湿地修复管理模式、提高修复效率是当前中国湿地资源管理急需解决的首要问题。美国湿地修复补偿领域的市场化交易措施为中国提供了经验借鉴,其中,湿地信用的评估和交易规则的设定是湿地修复市场化交易得以有效实施的核心技术问题。因此,如何构建湿地修复市场化政策模式,制定科学易操作的评估方法及生态等效交易规则,是中国推行湿地修复市场化交易的政策研究重点。

(1)构建湿地修复市场化运作模式

第一,完善湿地保护立法,强化湿地占用补偿政策。加快专门的湿地保护立法,界定各种破坏湿地资源的行为及其损害等效修复补偿责任,明确湿地修复责任主体;加强湿地用途管制,建立湿地开发占用的审批许可制度,明确“占补平衡”政策目标。

第二,培育湿地修复第三方产业,形成湿地修复市场秩序。首先,明确湿地损害修复补偿责任,严格湿地开发占用审批;其次,培育形成专门从事湿地修复的第三方产业,通过财政补贴、税收优惠、技术研发支持等措施促进湿地修复产业的发展。

第三,构建湿地修复市场制度规范,建立湿地修复评价机制。明确湿地修复服务质量标准,建立湿地损害及修复鉴定评估技术体系;搭建市场交易平台,实施修复治理及市场交易信息公开;建立市场化评价制度,规范市场交易秩序。

第四,完善湿地修复交易监管,建立市场监督机制。设计有效的湿地综合管理框架,明确湿地补偿银行主要责任部门,规范相关部门对湿地的监督管理责任;加强市场监督,建立第三方监督机制。

(2)完善湿地信用评估及湿地修复绩效评价

第一,设计兼顾灵活性与统一性的信用评估方法。可借鉴基于面积规模和基于生态服务功能两种方法并存的做法,但要注重各种方法适用性的界限判定和具体交易方法的相对统一。另外,可要求补偿湿地与受损湿地处在相同流域或生态区域,以确保具备相同或相似的土壤、水文和植被等自然条

件,以避免过于多样的湿地信用评估交易方法不利于补偿湿地的跨区域异地补偿实践的弊端。

第二,完善湿地生态量化及湿地信用评估技术。推动湿地生态状况监测与评估,中国作为《湿地公约》缔约国,应参考《湿地公约》中湿地生态指标,建立可量化、可评价的湿地生态评估体系,结合大数据、人工智能、GIS、遥感等技术手段,开展湿地生态状况监测,根据监测结果,综合考虑湿地修复时效、修复效益风险、空间地理差异和区域人类社会福利水平等因素,设计湿地信用量化评估模型,开展湿地信用及生态等效评估。

第三,加强湿地修复后期监测和绩效评价。对修复完成的湿地开展绩效评价,以保证湿地修复效果。借鉴美国湿地信用的评估指标与评估方法,对修复后湿地开展成效监测与评估,为评判修复后湿地是否达到原有湿地基线水平提供标准依据,确保湿地修复成功率。

此外,中国还应加强湿地区域管理目标及决策与信用交易规则设定的联系。为防止湿地补偿交易变成湿地破坏权的交易,对于生态功能难以复制的高质量、稀缺性的湿地资源,应直接划定生态红线,阻止该类湿地的交易,防止通过大面积较低质量湿地进行替换的可能;在进行信用评估时,还需考虑湿地修复建设项目与开发项目相关的生态、经济或人口因素。此外,加快湿地修复补偿市场化交易的政策研究并尽快针对不同地区、不同类型的湿地开展市场化交易试点,采取不同的恢复和重建措施,开展连续的生态监测,对湿地功能和价值的变化进行评估,为补偿湿地市场交易标准的确定提供具有科学依据的参数。

参考文献(References):

- [1] 国家林业局. 第二次全国湿地资源调查结果[J]. 国土绿化, 2014, (2): 6-7. [The State Forestry Administration. Results of the second national survey on wetland resources[J]. Land Greening, 2014, (2): 6-7.]
- [2] 国家发展和改革委员会, 财政部, 自然资源部, 等. 建立市场化、多元化生态保护补偿机制行动计划[R/OL]. (2019-01-11) [2021-04-09]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-01/11/content_5357007.htm. [National Development and Reform Commission,

Ministry of Finance, Ministry of Natural Resources, et al. Establishing a Market-Based and Diversified Action Plan for Ecological Protection Compensation Mechanism[R/OL]. (2019-01-11) [2021-04-09]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-01/11/content_5357007.htm.]

- [3] 刘晓莉. 我国市场化生态补偿机制的立法问题研究[J]. 吉林大学社会科学学报, 2019, 59(1): 49-57. [Liu X L. Research on the legislation of China's market-based eco-compensation mechanism[J]. Jilin University Journal Social Sciences Edition, 2019, 59(1): 49-57.]
- [4] 缪若妮, 田信桥, 王萌. 美国缓解银行制度对我国生态补偿市场化运行的启示[J]. 世界林业研究, 2014, 27(6): 65-70. [Miu R N, Tian X Q, Wang M. Mitigation Banking in the United States and its enlightenment for market-oriented ecological compensation in China[J]. World Forestry Research, 2014, 27(6): 65-70.]
- [5] 徐丽媛. 生态补偿中政府与市场有效融合的理论及法制架构[J]. 江西财经大学学报, 2018, (4): 111-122. [Xu Y L. The theory and legal system framework of the effective integration between government and market in ecological compensation[J]. Journal of Jiangxi University of Finance and Economics, 2018, (4): 111-122.]
- [6] Richard T W, Wui Y S. The economic value of wetland services: A meta-analysis[J]. Ecological Economics, 2001, 37(2): 257-270.
- [7] Connolly K D, Johnson S M, Williams D. Wetlands Law and Policy: Understanding Section 404[M]. Washington DC: American Bar Association, 2005.
- [8] Robertson M M. The neoliberalization of ecosystem services: Wetland mitigation banking and problems in environmental governance[J]. Geoforum, 2004, 35(3): 361-373.
- [9] Madsen B, Carroll N, Moore B K. State of Biodiversity Markets Report: Offset and Compensation Programs Worldwide[M]. Washington DC: Ecosystem Marketplace, 2010.
- [10] Stein E D, Tabatabai F, Ambrose R F. PROFILE: Wetland mitigation banking: A framework for crediting and debiting[J]. Environmental Management, 2000, 26(3): 233-250.
- [11] Wainger L A, King D, Salzman J, et al. Wetland value indicators for scoring mitigation trades[J]. Science Inventory, 2001, 20(1): 414-446.
- [12] BenDor T K, Riggsbee J A. A survey of entrepreneurial risk in U. S. wetland and stream compensatory mitigation markets[J]. Environmental Science & Policy, 2011, 14(3): 301-314.
- [13] Wilkinson J, Thompson J. 2005 Status Report on Compensatory Mitigation in the United States[R]. Washington: Environmental Law Institute, 2006.
- [14] Mitigation Banking: A White Paper Submitted to the Governor Advisory Council for Georgia Land Conservation Partnership [R/OL]. (1999-09-15) [2021-04-09]. <http://www.gadnr.Org/glcp/Assessts/>

2021年9月

- Documents/Mitigation_Banking_White_Paper.
- [15] Robertson M, Hayden N. Evaluation of a market in wetland credits: Entrepreneurial wetland banking in Chicago[J]. *Conservation Biology*, 2008, 22(3): 636–646.
 - [16] 柳荻, 胡振通, 靳乐山. 美国湿地缓解银行实践与中国启示: 市场创建和市场运行[J]. *中国土地科学*, 2018, 32(1): 65–72. [Liu D, Hu Z T, Jin L S. American Wetland Mitigation Bank practice and its implications for China: Market creation and operation[J]. *China Land Science*, 2018, 32(1): 65–72.]
 - [17] Young H S, Wood C L, Kilpatrick A M, et al. Conservation, biodiversity and infectious disease: Scientific evidence and policy implications[J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2017, 372: 1–4.
 - [18] Martin S, Brumbaugh R. Entering a new era: What will RIBITS tell us about mitigation banking?[J]. *National Wetlands Newsletter*, 2011, 33(3): 16–26.
 - [19] Connolly K D, Johnson S M, William D R. *Wetland Law and Policy: Understanding Section 404*[M]. Chicago: American Bar Association, 2005.
 - [20] Ruhl J B, Gregg R J. Integrating ecosystem services into environmental law: A case study of wetlands mitigation banking[J]. *Social Science Electronic Publishing*, 2009, 20(5): 365–389.
 - [21] Levrel H, Pioch S, Spieler R. Compensatory mitigation in marine ecosystems: Which indicators for assessing the “no net loss” goal of ecosystem services and ecological functions?[J]. *Marine Policy*, 2012, 36(6): 1202–1210.
 - [22] Lautin, L. *Roles & Responsibilities of Mitigation Banking*[C]. Ft. Lauderdale, FL: Fourth National Mitigation Banking Conference, 2001.
 - [23] US Fish and Wildlife Service. *Habitat Evaluation Procedures (HEP) ESM 102*[M]. Washington DC: U. S. Fish and Wildlife Service, 1980.
 - [24] Choi J, Lee S. Application of habitat evaluation procedure with quantifying the eco-corridor in the process of environmental impact assessment[J]. *International Research and Public Health*, 2019, 16(8): 1437–1437.
 - [25] Dennison M S. Wetland mitigation: Mitigation banking and other strategies for development and compliance[J]. *Water Environment & Technology*, 1997, 13(2): 60–67.
 - [26] Gebo N A, Brooks R P. Hydrogeomorphic (HGM) assessments of mitigation sites compared to natural reference wetlands in pennsylvania[J]. *Wetlands*, 2012, 32(2): 321–331.
 - [27] Brooks R P, Brinson M M, Havens K J. Proposed hydrogeomorphic classification for wetlands of the Mid- Atlantic Region, USA[J]. *Wetlands*, 2011, 31(2): 207–219.
 - [28] Hauer F R, Smith R D. The hydrogeomorphic approach to functional assessment of wetlands: Evaluating impacts and mitigation on river floodplains in the USA[J]. *Freshwater Biology*, 2008, 40(3): 517–530.
 - [29] Booth T E. Compensatory mitigation: What is the best approach? [J]. *Baltimore Journal of Environmental Law*, 2004, 11(2): 214–218.
 - [30] Kotze D C, Ellery W N, Macfarlane D M, et al. A rapid assessment method for coupling anthropogenic stressors and wetland ecological condition[J]. *Ecological Indicators*, 2012, 13(1): 284–293.
 - [31] Wilkinson J. In-lieu fee mitigation: Coming into compliance with the new compensatory mitigation rule[J]. *Wetlands Ecology & Management*, 2009, 17(1): 53–70.
 - [32] Reiss K C, Hernandez E, Brown M T. An evaluation of the effectiveness of mitigation banking in Florida: Ecological success and compliance with permit criteria[J]. *Fluid Phase Equilibria*, 2007, 152(2): 299–305.
 - [33] Reiss K C. *Wetland and Stream Rapid Assessments: Florida Uniform Mitigation Assessment Method*[M]. Washington DC: Academic Press, 2018.
 - [34] Wilen B O, Bates M K. The US fish and wildlife service’s national wetlands inventory project[J]. *Vegetatio*, 1995, 118(1): 153–169.
 - [35] Boyer T A. *The Wetland Mitigation Banking Credit Market in Minnesota: A Spatial Economic Analysis of its Potential to Achieve Regulatory and Ecological Goals*[D]. Minnesota: University of Minnesota, 2003.
 - [36] Stein E D, Tabatabai F, Ambrose R F. Wetland mitigation banking: A framework for crediting and debiting[J]. *Environmental Management*, 2002, 26(9): 233–250.
 - [37] Kelly C R, Erica H, Brown M T. An evaluation of the effectiveness of mitigation banking in Florida: Ecological success and compliance with permit criteria[J]. *Fluid Phase Equilibria*, 2007, 152(2): 299–305.
 - [38] Vaissière A C, Levrel H, Pioch S. Wetland mitigation banking: Negotiations with stakeholders in a zone of ecological-economic viability[J]. *Land Use Policy*, 2017, 69(9): 512–518.
 - [39] Kantor R A, Charelett D J. *Computerized Monitoring System for Wetlands Mitigation Projects in New Jersey*[R]. New Orleans, LA: Report on Association of State Wetland Managers, 1986.
 - [40] Kruczynski W L. *Options to Be Considered in Preparation and Evaluation of Mitigation Plans*[M]. Washington D C: Island Press, 1990.
 - [41] Cole C A. The assessment of herbaceous plant cover in wetlands as an indicator of function[J]. *Ecological Indicators*, 2002, 2(3): 287–293.
 - [42] Zedler J B. The challenge of protecting endangered species habitat along the southern California coast[J]. *Coastal Management*, 1991, 19(1): 35–53.

- [43] Rubec C D A, Hanson A R. Wetland mitigation and compensation: Canadian experience[J]. *Wetlands Ecology and Management*, 2009, 17(1): 3–14.
- [44] Petrolia D R, Interis M G, Hwang A J. America's wetland? A national survey of willingness to pay for restoration of Louisiana's Coastal Wetlands[J]. *Marine Resource Economics*, 2014, 29(1): 17–37.
- [45] Kusler J A. Proposed Creation Guidelines for Wetland Restoration, Creation and Enhancement[R]. New Orleans, LA: Report on Association of State Wetland Managers, 1986.
- [46] Mann C, Absher J D. Adjusting policy to institutional, cultural and biophysical context conditions: The case of conservation banking in California[J]. *Land Use Policy*, 2014, 36(8): 73–82.
- [47] Kruczynski W L. Wetland Creation and Restoration: The Status of the Science[M]. Washington DC: Island Press, 1990.
- [48] Koch E W. Beyond light: Physical, geological, and geochemical parameters as possible submersed aquatic vegetation habitat requirements[J]. *Estuaries*, 2001, 24(1): 1–17.
- [49] Kieser M. Developing Markets to Manage Ecosystems[C]. Washington: Fifth National Mitigation Banking Conference, 2002.
- [50] Waters S. Issues in the Economic Appraisal of Mitigation[C]. Washington: Fifth National Mitigation Banking Conference, 2002.
- [51] BenDor T, Brozović N. Determinants of spatial and temporal patterns in compensatory wetland mitigation[J]. *Environmental Management*, 2007, 40(3): 349–364.
- [52] Levrel H, Scemama P, Vaissière A C. Should we be wary of Mitigation Banking? Evidence regarding the risks associated with this wetland offset arrangement in Florida[J]. *Ecological Economics*, 2017, 135(5): 136–149.
- [53] BenDor T, Sholtes J, Doyle M W. Landscape characteristics of a stream and wetland mitigation banking program[J]. *Ecological Applications*, 2009, 19(8): 2078–2092.
- [54] Lapeyre R, Froger G, Hrabanski M. Biodiversity offsets as market-based instruments for ecosystem services? From discourses to practices[J]. *Ecosystem Services*, 2015, 15(10): 125–133.
- [55] Shabman L, Stephenson K, Scodari P. Wetland credit sales as a strategy for achieving no-net-loss: The limitations of regulatory conditions[J]. *Wetlands*, 1998, 18(3): 471–481.
- [56] Muradian R, Rival L. Between markets and hierarchies: The challenge of governing ecosystem services[J]. *Ecosystem Services*, 2012, 1(1): 93–100.
- [57] Boisvert V, Méral P, Froger G. Market-Based instruments for ecosystem services: Institutional innovation or renovation?[J]. *Society & Natural Resources*, 2013, 26(10): 1122–1136.
- [58] Kaplowitz M D, Lupi F, Bailey D. Wetland mitigation banking: The bankers' perspective[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2008, 63(3): 162–172.
- [59] Thornton C, Shanahan M, Williams J. From Wetlands to Wastelands: Impacts of Shrimp Farming[J]. *The Society of Wetland Scientists Bulletin*, 2003, 20(5): 48–53.
- [60] McElfish J, Goldberg K, Dycus J, et al. Wetland Mitigation Banking: Resource Document[M]. Washington: Environmental Law Institute, 1994.
- [61] McCrain G R. Habitat evaluation procedures (HEP) applied to mitigation banking in North Carolina[J]. *Journal of Environmental Management*, 1992, 35(2): 153–162.
- [62] Robertson M M. The neoliberalization of ecosystem services: wetland mitigation banking and problems in environmental governance[J]. *Geoforum*, 2004, 35(3): 361–373.
- [63] Vaissière A C, Leverl H. Biodiversity offset markets: What are they really? An empirical approach to wetland mitigation banking [J]. *Ecological Economics*, 2015, 110(2): 81–88.
- [64] Castelle A J. Wetland Mitigation Replacement Ratios: Defining Equivalency[M]. WA Lacey: Washington State Department of Ecology, 1992.
- [65] Kremen C. Managing ecosystem services: What do we need to know about their ecology?[J]. *Ecology of Ecosystem Services*, 2005, 8(5): 468–479.
- [66] Pirard R, Lapeyre R. Classifying market-based instruments for ecosystem services: A guide to the literature jungle[J]. *Ecosystem Services*, 2014, 9: 106–114.
- [67] Brown P H, Lant C L. The effect of Wetland Mitigation Banking on the achievement of No-Net-Loss[J]. *Environmental Management*, 1999, 23(3): 333–345.
- [68] Scodari P F. Measuring the Benefits of Federal Wetland Programs [M]. Washington DC: Environmental Law Institute, 1997.

Implications of the evaluation and transaction of “wetland credit” in the United States for wetland restoration in China

YU Jie¹, LI Jingmei^{1,2}

(1. School of Economics, Ocean University of China, Qingdao 266100, China;

2. Institute of Marine Development, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: The introduction of a third party for wetland restoration and the use of market transactions is a medium of equivalent exchange in wetland restoration. Scientific evaluation of wetland credit provides a technical support to sustain the spatial scales and ecosystem service functions of wetlands and is a key link in establishing wetland restoration market transactions. In this study, the wetland credit evaluation models and parameters were systematically reviewed based on the spatial scales and ecosystem service functions in wetland restoration compensation of the United States. The wetland market-based compensation transaction rules and the pricing for transactions are expounded and analyzed. This research found that: First, the two kinds of wetland credit assessment methods simultaneously take into account the functionality of ecosystem services and the flexibility of market transactions, providing an effective means for wetland credit assessment. Second, the prices in wetland credit transactions are subject to construction costs, transaction timing, and so on, and the equilibrium prices are formed based on the supply and demand balance of wetland restoration market. Third, market trading rules should be set up and standardized restoration methods should be devised in order to ensure the ecological equivalent compensation transactions as much as possible. China should gradually cultivate the wetland restoration third-party industry, and explore market-oriented compensation models for wetland restoration. It should also advance the performance evaluation of wetland restoration, and explore and improve ecological equivalent compensation assessment techniques for securing ecological services. These efforts can help to provide a scientific basis and technical support for the market-oriented reform of ecological restoration and wetland restoration performance evaluation in China.

Key words: wetland credit; wetland restoration; evaluation methods; equivalent trading; market-oriented compensation