



基于外部性理论的湿地退化成因分析及对策研究

肖红叶^{1,2}, 房娜娜^{1,2}, 戴慧敏^{1,2}, 韩晓萌^{1,2}

1. 中国地质调查局 沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110034;

2. 自然资源部 黑土地演化与生态效应重点实验室, 辽宁 沈阳 110034

摘 要: 基于生态经济学中的外部性原理, 结合湿地生态系统的准公共物品属性、外部经济性、外部不经济性以及代际外部性等属性, 分析湿地退化的成因。结果表明: 湿地萎缩加剧、生态服务功能衰退主要是由于人类缺乏对湿地功能与效益的正确认识, 以及不合理的利益分配机制导致的成本外溢现象, 从事湿地保护的正当外部性行为未得到应有的补偿, 负外部性行为未付出应有的代价, 并提出应建立因地制宜的多元化生态补偿机制。

关键词: 外部性; 湿地退化; 生态补偿; 外部经济; 代际外部性

EXTERNALITY THEORY-BASED ANALYSIS ON CAUSES AND COUNTERMEASURES OF WETLAND DEGRADATION

XIAO Hong-ye^{1,2}, FANG Na-na^{1,2}, DAI Hui-min^{1,2}, HAN Xiao-meng^{1,2}

1. Shenyang Center of China Geological Survey, Shenyang 110034, China;

2. Key Laboratory of Black Land Evolution and Ecological Effects, Ministry of Natural Resources, Shenyang 110034, China

Abstract: Based on the externality principle of ecological economics, combined with the properties of quasi-public goods, external economy, external diseconomy and intergenerational externality of wetland ecosystem, the paper analyzes the causes of wetland degradation. The results show that the worsening of wetland shrinkage and declining ecological service function are mainly due to lack of correct understanding of wetland function and benefit, and cost spillover caused by unreasonable profit distribution mechanism as well. The positive externalities engaged in wetland conservation have not been compensated, while the negative externalities have not paid due costs. Therefore, it is suggested that diversified eco-compensation mechanisms be established according to local conditions.

Key words: externality; wetland degradation; eco-compensation; external economy; intergenerational externality

0 引言

湿地是地球上生物多样性最为丰富、生产力最高

的生态系统之一, 被誉为“物种基因库”, 与海洋、森林并称为三大生态系统^[1]。根据《拉姆萨尔(Ramsar)公

收稿日期: 2021-03-09; 修回日期: 2021-06-20。编辑: 李兰英。

基金项目: 中国地质调查局基础性公益性土地调查项目“兴凯湖平原及松辽平原西部土地质量地球化学调查”(DD20190520); 国际地学对比计划项目“全球黑土地关键带土地资源演化与可持续利用”(IGCP665)。

作者简介: 肖红叶(1987—), 女, 硕士, 工程师, 主要从事湿地与黑土地生态研究, 通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区黄河北大街 280 号, E-mail//kaolakaola1987@163.com

通信作者: 房娜娜(1982—), 女, 博士, 工程师, 主要从事土地生态研究, 通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区黄河北大街 280 号, E-mail//125373376@qq.com

约》,湿地包括“天然或人工、永久或暂时性的沼泽、泥炭或水域地带,带有静止或流动的淡水、半咸水或咸水水体,包括低潮时水深不超过六米的海岸地带。”^[2]

湿地生态系统具有调蓄洪水、涵养水源、净化水质、维持碳循环、提供食品与薪柴、保护生物多样性等多种重要的生态服务功能^[3],它吸收和固定大量的碳成为碳汇,可以有效地缓解城市热岛效应,是全球气候变化的关键控制因子。据联合国环境署(UNEP)2002年的测算数据,湿地生态系统的经济价值年均为1.4万美元/hm²,是热带雨林生态系统的7倍左右,农田生态系统的160倍^[4]。

湿地生态系统具有脆弱性、动态性、过渡性及不可逆性^[5]。全球气候变化、经济社会发展、城市建设扩张、水库大量兴建、湿地开垦农田等因素,导致近年来湿地退化现象日益严峻。据专家估测,受自然及人为因素的影响,从19世纪70年代起,全球有一半以上的湿地已经或正在退化^[6]。目前关于湿地退化的研究多集中在湿地退化的机理与特征分析、运用遥感等手段预测退化趋势、退化湿地的生态修复等领域^[7]。其中,湿地退化机理多是从生态学、生物地球化学、生物学、土壤学等角度进行分析,忽略了经济因素造成的人类不合理的湿地破坏行为。湿地干涸是自然进程的必然结果,但人类不合理的经济活动加速了湿地的退化和萎缩^[8-9],导致湿地生态功能下降。因此,从生态经济学的角度对湿地退化成因进行分析,是对湿地保护与恢复的前提。

1 中国湿地退化现状

湿地退化是指受自然及人为因素影响,湿地生态系统结构和功能发生改变,最终导致生态环境逐渐恶化的现象^[10]。与20世纪50年代相比,中国滨海湿地面积丧失近一半,天然红树林湿地面积由 5×10^4 hm²下降到 1.4×10^4 hm²^[11];红军长征“过草地”走过的若尔盖湿地在50年间沼泽、湖泊和河流类型湿地分别萎缩了20%、34%和48%,而沙化地却增长了350%^[12],导致以其为重要源头的黄河水量大量减少;从1990年至今,黄河三角洲退化湿地占自然湿地总面积近40%^[13-14]。中国退化湿地呈现生物多样性下降、湿地生产力降低、景观破碎化、土壤有机质下降和水体富营养化增加等特征,天然湿地面积不断萎缩,湿地生态功能持续退

化^[15-16]。近年来,受湿地退化的影响,一些内陆湿地逐渐丧失了存储淡水、调蓄洪水的功能,加剧了区域水资源危机和洪涝灾害风险。同时,作为地球陆地表面最大的碳汇,随着湿地萎缩及退化,湿地中储存的大量温室气体被释放,加剧了全球气候变暖进程及温室效应^[17-18]。

2 生态经济学中的外部性理论

20世纪初期,剑桥大学的A. Marshall^[19]和A.C. Pigou^[20]教授相继提出外部性的概念。历经近100年的发展和演变,不同学派的经济学家对外部性给出了不同的定义,美国著名经济学家萨缪尔森(P.A. Samuelson)认为“外部性是指某些生产或消费的行为对其他团体强征了不可补偿的成本或给予了无需补偿的收益的情形”,也有人认为“外部性概念是指某个经济单位的经济活动对其他经济单位产生的非市场性影响”^[21]。这两种定义,都是指某一经济主体对另一经济主体产生了不能通过市场定价进行买卖的受益或亏损。外部性本质上是一种成本外溢现象,是某种商品的生产者或消费者自身并不承担生产或消费这种商品的有益、有害的副作用,它反映了经济当事人之间多元利益的交叉,同时,它还是经济主体间缺乏合作、没有实现利益分享和成本负担不均衡的表现。

外部性分为外部经济(正外部性)和外部不经济(负外部性)两种现象^[22]。其中,外部经济是指某一经济主体付出时间、劳动和金钱等成本从事经济活动,使另一经济主体受益,又无法向其索取费用的现象^[23];外部不经济是指某一经济主体从事生产或消费,使另一经济主体受到损害,却没有向后者提供补偿的现象^[24]。例如,当河流上游居民对水源周边的天然林进行保护,对于上游居民来说损失了林地开垦成农田所能带来的经济收入,换来了整个流域的水质安全和生态健康,对于下游居民来说没有付费就享受到了上游居民保护环境带来的福利,这就是外部经济;若上游居民修筑水库拦截水系,导致下游河流断流、河道干涸,这种现象是外部不经济。

湿地生态系统的经济属性是指其生态功能在特定的时间、空间条件、社会经济与制度背景下,满足社会个体、团体及社会经济发展需求呈现的经济特征。当某种物品同时满足消费的非竞争性、受益的非排他性、

效益的不可分割性时,称为公共物品^[25],反之,是私人物品.湿地产品具有私人物品属性,而湿地的功能大多具有公共物品的特性,如湿地调节大气组分、净化空气和水源、为动物提供栖息地等.由于湿地的非排他性特点,它作为公共资源有被过度利用的可能,比如河岸上游的居民担心沙石被其他人采走大量开采沙石,造成水土流失.因此,湿地生态系统被认为是一种“准公共物品”^[26].这种“准公共物品”属性不利于湿地的保护与恢复.

3 结合外部性理论分析湿地退化成因

3.1 外部经济

基于生态经济学的观点,外部经济就是一些人的生产或消费使另一些人受益而又无法向后者收费的现象^[27].环境保护者对天然林、水源林实施保护、退耕还林等正外部性行为可以有效地减缓周边湿地萎缩,提升区域内衰退的生态系统功能,但享受到这些生态福利的周边居民并不会对环境保护者的正外部性行为进行补偿.

当边际私人成本等于边际社会成本时,社会资源得到最有效利用,实现帕累托最优配置.若存在外部经济效益,纯粹个人主义机制则不能实现社会资源的帕累托最优配置^[28].以扎龙为例,作为中国最大的以丹顶鹤等珍稀水禽及其生态系统为保护对象的国家级自然保护区,近几十年受自然和人类活动影响,湿地出现干涸萎缩现象,为遏制湿地退化趋势,采取向上游买水的生态补水策略^[29].扎龙自然保护区为湿地补水买单,而得到保护的湿地生态系统由于具有“准公共物品”属性,生态功能造福于周边地区,社会收益大于私人收益,私人成本与社会成本无法趋于均衡,从而不能达到帕累托最优配置,不能实现社会资源的最充分利用.

湿地保护的正外部性行为未得到应有补偿,环境保护者既负担生态保护与恢复等正外部性行为带来的社会成本,又承受一定的经济损失,如由于退耕还林而丧失种植农作物的机会成本.理性经济人是一种基于经济决策极端理性的人类经济学行为的假设,即决策者的每个决定都为寻求自身利益最大化,对于消费者来说,理性经济人指的是追求效用最大化,对于生产者来说,理性经济人指的是追求利润最大化^[30].假设环

境保护者均为追求利益最大化的理性经济人,那么其在实际行动中不仅不会对湿地资源进行恢复与保护,反而可能破坏生态,从事乱砍乱伐、排放污水、过度捕捞及采沙等行为,加速湿地退化的进程.

3.2 外部不经济

由于湿地生态系统具有“准公共物品”属性,许多人会有搭便车的心理,造成湿地资源的过度利用,这种毁灭性的负外部性行为将打破原有的生态平衡,使湿地日益萎缩,是目前湿地生态系统退化的最严重威胁^[31-32].我国的滨海湿地、湖泊和河流都面临着过度捕捞、竭泽而渔的威胁,捕捞鱼虾的渔网越来越密,一网打尽的破坏性捕捞行为比比皆是^[33].根本原因是破坏湿地的负外部性行为未付出应有代价,鼓励了一部分居民继续实施生态破坏行为,其从事负外部性行为所带来的私人收益由于未付出相应的成本远远高于社会收益,出现了社会收益小于私人收益,私人成本与社会成本无法趋于均衡的现象,从而不能达到帕累托最优配置^[34],不能实现社会资源的最充分利用.由于外部性具有非市场性的特点,当市场失灵时,生产者无法从外部收益中获得补偿,受益者无需向外部成本付费,导致市场配置资源效率降低,湿地破坏行为时有发生.

3.3 代际外部性

外部性实质上就是一种成本的转嫁,根据成本转嫁的时间又可分为代内外部性和代际外部性.当成本转嫁过程发生在一代人之内,称其为代内外部性,当成本转嫁过程跨越了一代人及以上,称为代际外部性.代际外部性在生态经济学上的表现是当代人将生产行为的成本或收益转嫁给子孙后代^[35].代际外部性又分为代际外部经济和代际外部不经济.“前人栽树,后人乘凉”这种典型的当代人保护环境造福后人的正外部行为,属于代际外部经济.而追求短期经济利益、竭泽而渔使后代无鱼可捞的负外部性行为,属于湿地的代际外部不经济.由于人类缺乏对湿地价值的正确认识及合理的代际自然资源分配机制,湿地退化的外部性结果又有一定的滞后性,导致代际外部性问题日益突出,生态破坏、环境污染、资源枯竭、淡水短缺都将影响我们子孙后代的生存环境.

4 湿地退化的生态补偿建议

为遏制湿地的人为破坏,加强湿地保护,在出台有

效的法律约束机制同时,应对从事湿地保护的经济主体进行直接或间接的生态补偿.生态补偿是指为保护和恢复湿地生态,向破坏环境、获取利益的个人或群体征收费用,向牺牲利益、付出劳动的个人或群体奖励或支付费用的经济补偿行为,是一种内化外部成本的经济手段^[36-38].通过对消耗资源、破坏生态系统健康的行为征收费用,用来保护和修复退化湿地,实质是让资源使用和环境保护的受益者对受损失者给予合理的经济补偿,解决人地矛盾突出、生态环境恶化的问题,从而达到帕累托最优配置,使湿地生态系统能够可持续发展.由于湿地生态系统的“准公共物品”属性,目前我国的湿地修复和保护主要依靠中央和地方政府的支持,然而,通过政府实施补偿只是其中一种途径,在增加公共财政对生态补偿投入的同时,应该积极引导社会各方参与,鼓励政府主导型、政府-市场型和市场主导型等多种生态补偿融资模式,摸索一条多渠道多形式的生态补偿方案^[39].除现金补偿外,还应兼顾生态效益与周边居民的经济效益,因地制宜地采取项目、技术、政策等多元化生态补偿形式.

5 结论

笔者针对当前湿地退化的现象,基于生态经济学中涉及到的外部性理论,结合湿地生态系统的经济属性归纳了湿地退化的经济学成因.

1)从事湿地保护的负外部性行为未得到应有的补偿,从事湿地破坏的负外部性行为未付出应有的代价,私人成本与社会成本无法趋于一致,从而不能达到帕累托最优配置,社会资源无法实现最有效利用.

2)由于湿地生态系统具有“准公共物品”的经济学属性,湿地的资源和功能大多具有公共物品特性,使湿地破坏行为持续增加,湿地资源过度利用和浪费,湿地生态功能逐渐衰退.

3)由于人类缺乏对湿地功能与效益的正确认识,而当代人对湿地资源的开发利用享有绝对优先权,部分当代人只顾眼前利益,竭泽而渔,对湿地生态系统造成了不可逆的破坏行为.

4)为解决湿地日益退化的问题,各地方政府应出台多元化的生态补偿机制,积极引导社会各方参与,共同遏制湿地退化,鼓励湿地保护行为,修复退化湿地,提升湿地生态系统功能,实现湿地生态可持续发展.

参考文献(References):

- [1]Das A, Basu T. Assessment of peri-urban wetland ecological degradation through importance-performance analysis (IPA): A study on Chatra Wetland, India [J]. *Ecological Indicators*, 2020, 114: 106274.
- [2]匡耀求, 黄宁生. 关于《湿地公约》中“湿地”定义的汉译[J]. *生态环境*, 2005, 14(1): 134-135.
Kuang Y Q, Huang N S. On the Chinese translation of the definition of wetland in the Convention on Wetlands [J]. *Ecology and Environment*, 2005, 14(1): 134-135.
- [3]王立, 王强, 马放, 等. 湿地生态系统服务功能评估研究[C]//中国环境科学学会 2009 年学术年会论文集(第三卷). 北京:北京航空航天大学出版社, 2009.
Wang L, Wang Q, Ma F, et al. Research of wetland ecosystem services [C]//Chinese Society for Environmental Sciences Proceedings of 2009 annual meeting (Volume 3). Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2009. (in Chinese)
- [4]方亮. 基于小基线子集方法的黄河三角洲湿地水位变化监测研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2013.
Fang L. Monitoring water level change in Yellow River delta using small baseline subset approach [D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2013. (in Chinese)
- [5]陈阳. 城市湿地生态地质环境演变及脆弱性研究[D]. 济南: 山东大学, 2020.
Chen Y. Analysis on eco-geologically environmental evolution and vulnerability in urban wetland [D]. Ji'nan: Shandong University, 2020.
- [6]廖玉静, 宋长春. 湿地生态系统退化研究综述[J]. *土壤通报*, 2009, 40(5): 1199-1203.
Liao Y J, Song C C. Research advances for the degradation of wetland ecosystem [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2009, 40(5): 1199-1203.
- [7]刘峰, 高云芳, 李秀启. 我国湿地退化研究概况[J]. *长江大学学报(自然科学版)*, 2020, 17(5): 84-89.
Liu F, Gao Y F, Li X Q. The study on Chinese wetland degradation [J]. *Journal of Yangtze University (Natural Science Edition)*, 2020, 17(5): 84-89.
- [8]侯鹏, 申文明, 王桥, 等. 基于水文平衡的湿地退化驱动因子定量研究[J]. *生态学报*, 2014, 34(3): 660-666.
Hou P, Shen W M, Wang Q, et al. Quantitative analysis of driving factors for wetland degradation based on hydrology balance [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(3): 660-666.
- [9]艾彬, 徐晓苹, 马世发, 等. 2035 年珠江三角洲核心区湿地退化风险评估研究[J]. *湿地科学*, 2020, 18(3): 320-327.
Ai B, Xu X P, Ma S F, et al. Risk assessment of wetland degradation in the core area of the Pearl River delta in 2035 [J]. *Wetland Science*, 2020, 18(3): 320-327.

- [10]韩大勇, 杨永兴, 杨杨, 等. 湿地退化研究进展[J]. 生态学报, 2012, 32(4): 1293-1307.
Han D Y, Yang Y X, Yang Y, et al. Recent advances in wetland degradation research [J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(4): 1293-1307.
- [11]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.
Zhang X L, Liu L J, Li P Y, et al. Evaluation of coastal wetland degradation in China [J]. Marine Science Bulletin, 2014, 33(1): 112-119.
- [12]高洁. 四川若尔盖湿地退化成因分析与对策研究[J]. 四川环境, 2006, 25(4): 48-53.
Gao J. Degradation factor analysis and solutions of Ruoergai wetland in Sichuan [J]. Sichuan Environment, 2006, 25(4): 48-53.
- [13]于森, 栗云召, 屈凡柱, 等. 黄河三角洲滨海湿地退化过程的时空变化及预测分析[J]. 农业资源与环境学报, 2020, 37(4): 484-492.
Yu M, Li Y Z, Qu F Z, et al. Spatio-temporal changes and trend prediction of degraded coastal wetlands in the Yellow River delta [J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2020, 37(4): 484-492.
- [14]赵小莹, 韩美, 于佳, 等. 基于遥感影像的黄河三角洲湿地退化研究[J]. 人民黄河, 2016, 38(4): 59-64.
Zhao X X, Han M, Yu J, et al. Research on degradation of the Yellow River delta wetland based on remote sensing image [J]. Yellow River, 2016, 38(4): 59-64.
- [15]鄢雪英, 丁建丽, 李鑫, 等. 艾比湖湿地退化对盐尘暴发生及运移路径的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(17): 5856-5865.
Yan X Y, Ding J L, Li X, et al. Effect of salt dust storm migration pathways on degradation of Ebinur Lake wetland [J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(17): 5856-5865.
- [16]Wu J Q, Ma W W, Li G, et al. Vegetation degradation along water gradient leads to soil active organic carbon loss in Gahai wetland [J]. Ecological Engineering, 2020, 145: 105666.
- [17]高莹, 胡雪瑛, 孙喜军. 我国湿地退化过程中土壤理化性质变化特征研究进展[J]. 陕西农业科学, 2019, 65(8): 83-85.
Gao Y, Hu X Y, Sun X J. Advance of change characteristics of soil physical and chemical properties in wet-land degeneration process in China [J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2019, 65(8): 83-85. (in Chinese)
- [18]王淇, 王立, 马维伟, 等. 尕斯库勒湖湿地退化过程中土壤微生物生物量碳、氮的动态变化[J]. 甘肃农业大学学报, 2017, 52(4): 103-109.
Wang Q, Wang L, Ma W W, et al. Dynamic changes of soil microbial biomass C and N during degradation process of the wetland in Gahai [J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2017, 52(4): 103-109.
- [19]Marshall A. Principles of economics: An introductory volume [M]. 9th ed. London: Macmillan, 1890.
- [20]Pigou A C. The economic of welfare [M]. 4th ed. London: Macmillan, 1920.
- [21]邓培雁, 刘威, 陈桂珠. 湿地退化的经济成因分析[J]. 生态科学, 2005, 24(3): 261-263, 267.
Deng P Y, Liu W, Chen G Z. Economical analysis of the wetlands degradation [J]. Ecologic Science, 2005, 24(3): 261-263, 267.
- [22]鲁照旺. 从外部性看主流经济学的谬误[J]. 学术界, 2019(8): 66-74.
Lu Z W. The fallacy of mainstream economics from the perspective of externality [J]. Academics, 2019(8): 66-74. (in Chinese)
- [23]刘华, 杜金梅. 循环经济的外部经济效应[J]. 经济论坛, 2004(23):9.
Liu H, Du J M. External economic effect of circular economy [J]. Economic Tribune, 2004(23):9. (in Chinese)
- [24]邓大跃, 李楠, 王汉玉. 协商和侵权行为法解决环境外部性问题经济学分析[J]. 可持续发展, 2015, 5(4): 113-117.
Deng D Y, Li N, Wang H Y. Negotiation and tort law to address environmental externalities of economic analysis [J]. Sustainable Development, 2015, 5(4): 113-117.
- [25]周游. 公共经济学概论 [M]. 武汉: 科学出版社, 2002.
Zhou Y. An introduction to public economics [M]. Wuhan: Science Press, 2002.
- [26]黄春潮. 湿地保护机制的法经济学分析——基于美国经验展开[J]. 华北电力大学学报: 社会科学版, 2020(4): 82-91.
Huang C C. Legal economic analysis of wetland protection mechanism: Based on U.S. experience [J]. Journal of North China Electric Power University: Social Sciences, 2020(4): 82-91.
- [27]张元. 北京湿地退化的经济学分析[J]. 林业经济, 2009(5): 46-47, 70.
Zhang Y. Economic analysis of wetlands degradation in Beijing [J]. Forestry Economics, 2009(5): 46-47, 70.
- [28]张志奇. 从经济学角度分析湖泊湿地保护[J]. 中国林业经济 2019(4): 128-129.
Zhang Z Q. Analysis of lakewetland protection from the perspective of economics [J]. China Forestry Economics, 2019(4): 128-129.
- [29]吴季松. 从扎龙湿地补水探讨生态水权问题[J]. 中国水利, 2004(6): 19-21.
Wu J S. A discussion on ecological water right issues regarding water recharge to the Zhalong wetland [J]. China Water Resources, 2004(6): 19-21.
- [30]赵新泉, 王闪闪, 李庆. 市场交易补偿可再生能源的正外部性研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(8): 42-50.
Zhao X Q, Wang S S, Li Q. Research on the compensation of positive externality of renewable energy through market trading [J]. China Population, Resources and Environment, 2020, 30(8): 42-50.
- [31]王昌海, 崔娟娟, 马牧源, 等. 湿地资源保护经济学分析——以北京野鸭湖湿地为例[J]. 生态学报, 2012, 32(17): 5337-5344.

- Wang C H, Cui L J, Ma M Y, et al. Economic analysis of wetland resource protection: a case study of Beijing Wild Duck Lake[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(17): 5337-5344.
- [32]王小平, 陈先刚. 湿地退化的人为因子研究进展[J]. *科技创新与应用*, 2019(3): 147-148.
- Wang X P, Chen X G. Research progress on human factors of wetland degradation[J]. *Technology Innovation and Application*, 2019(3): 147-148. (in Chinese)
- [33]李团结, 马玉, 王迪, 等. 珠江口滨海湿地退化现状、原因及保护对策[J]. *热带海洋学报*, 2011, 30(4): 77-84.
- Li T J, Ma Y, Wang D, et al. Status, degradation causes, and protection measures of the Pearl River estuary seashore wetland[J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2011, 30(4): 77-84.
- [34]刘玉龙, 胡鹏. 基于帕累托最优的新安江流域生态补偿标准[J]. *水利学报*, 2009, 40(6): 703-708.
- Liu Y L, Hu P. Ecological compensation standard for Xinanjiang River basin based on Pareto optimization[J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2009, 40(6): 703-708.
- [35]罗冰. 浅论代际外部性[J]. *福建质量管理*, 2020(4): 249.
- Luo B. On intergenerational externality[J]. *Fujian Quality Management*, 2020(4): 249. (in Chinese)
- [36]邝奕轩. 湿地利用转型研究: 基于发展经济学的视角[J]. *农村经济*, 2013(9): 21-25.
- Kuang Y X. Study on wetland utilization transition: based on development economics[J]. *Rural Economy*, 2013(9): 21-25. (in Chinese)
- [37]严有龙, 王军, 王金满, 等. 湿地生态补偿研究进展[J]. *生态与农村环境学报*, 2020, 36(5): 618-625.
- Yan Y L, Wang J, Wang J M, et al. Study of wetland ecological compensation: A review[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2020, 36(5): 618-625.
- [38]段艺璇, 林田苗, 赵晓迪, 等. 湿地生态补偿标准与模式研究进展[J]. *林业经济*, 2018, 40(7): 76-81.
- Duan Y X, Lin T M, Zhao X D, et al. Research progress on standards and models of wetland ecological compensation[J]. *Forestry Economics*, 2018, 40(7): 76-81.
- [39]全世文, 秦光远, 王昌海. 北京市城市湿地价值评估[J]. *中国人口·资源与环境*, 2018, 28(7): 54-64.
- Quan S W, Qin G Y, Wang C H. Valuation of urban wetlands in Beijing[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2018, 28(7): 54-64.

(上接第 560 页/Continued from Page 560)

- [14]吴朝东, 杨承运, 陈其英. 新晃贡溪-天柱大河边重晶石矿床热水沉积成因探讨[J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 1999, 35(6): 774-785.
- Wu C D, Yang C Y, Chen Q Y. The hydrothermal sedimentary genesis of barite deposits in West Hunan and East Guizhou[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 1999, 35(6): 774-785.
- [15]Ohmoto H. Formation of volcanogenic massive sulfide deposits: The Kuroko perspective[J]. *Ore Geology Reviews*, 1996, 10(3): 135-177.
- [16]魏菊英, 王关玉. 同位素地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1988.
- Wei J Y, Wang G Y. Isotope geochemistry[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988. (in Chinese)
- [17]张革利, 田涛, 王瑞廷, 等. 凤太矿集区东塘子铅锌矿床 S、Pb 同位素组成对成矿物质来源的示踪[J]. *中国地质*, 2020, 47(2): 472-484.
- Zhang G L, Tian T, Wang R T, et al. S, Pb isotopic composition of the Dongtangzi Pb-Zn deposit in the Fengtai ore concentration area of Shaanxi Province for tracing sources of ore-forming materials[J]. *Geology in China*, 2020, 47(2): 472-484.
- [18]杨荣勇, 徐兆文, 任启江, 等. 河南南召水洞岭铜矿床的类型及成矿条件[J]. *中山大学学报(自然科学版)*, 1996, 35(4): 95-100.
- Yang R Y, Xu Z W, Ren Q J, et al. The type and metallogenic conditions of Shuidongling zinc copper deposit in Nanzhao, Henan Province[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 1996, 35(4): 95-100.
- [19]Ohmoto H. Systematics of sulfur and carbon isotopes in hydrothermal ore deposits[J]. *Economic Geology*, 1972, 67(5): 551-578.
- [20]葛军. 水洞岭铜锌矿床硫、铅同位素地球化学特征及成矿机理探讨[J]. *化工矿产地质*, 2003, 25(4): 213-218.
- Ge J. Sulfur and lead isotopic geochemistry of Shuidongling copper-zinc deposit and ore-forming mechanism[J]. *Geology of Chemical Minerals*, 2003, 25(4): 213-218.
- [21]吴开兴, 胡瑞忠, 毕献武, 等. 矿石同位素示踪成矿物质来源综述[J]. *地质地球化学*, 2002, 30(3): 73-81.
- Wu K X, Hu R Z, Bi X W, et al. Ore lead isotopes as a tracer for ore-forming material sources: A review[J]. *Geology-Geochemistry*, 2002, 30(3): 73-81.
- [22]Zartman R E, Doe B R. Plate tectonics: The model[J]. *Tectonophysics*, 1981, 75(1/2): 135-162.