

# 浅谈滨海湿地生态环境退化监测与评价

葛伟<sup>1</sup>, 蔡琨<sup>2</sup>, 马晶晶<sup>1</sup>, 王甜甜<sup>2</sup>, 张悦<sup>2</sup>

(1. 盐城市环境监测中心, 江苏 盐城 224002; 2. 江苏省环境监测中心, 江苏 南京 210036)

**摘要:**指出了滨海湿地面临的主要环境问题。简述了美国、欧洲、澳大利亚等滨海湿地现状及监测评价方法。对我国滨海湿地管理与研究进展进行了分析探索。

**关键词:**滨海湿地; 退化; 评价

中图分类号: X820

文献标志码: B

文章编号: 1674-6732(2016)05-0010-04

## Preliminary Discussion on Monitoring and Evaluation of Ecological Environment Degradation in Coastal Wetland

GE Wei<sup>1</sup>, CAI Kun<sup>2</sup>, MA Jing-jing<sup>1</sup>, WANG Tian-tian<sup>2</sup>, ZHANG Yue<sup>2</sup>

(1. *Yancheng Environmental Monitoring Center, Yancheng, Jiangsu 224002, China*; 2. *Jiangsu Environmental Monitoring Center, Nanjing, Jiangsu 210036, China*)

**Abstract:** Coastal wetland is facing serious environmental problems. This paper introduced the current status and monitoring evaluation methods of coastal wetland in United States, Europe, Australia. Management and research progress of coastal wetland in China were analyzed and explored.

**Key words:** Coastal wetland; Degradation; Evaluation

### 1 滨海湿地的定义和面临的主要环境问题

滨海湿地是一种介于陆地生态系统和水生生态系统之间的特殊生态系统,生态价值非常巨大<sup>[1]</sup>。湿地由于其内部生态系统的丰富性、复杂性和多样性,国内外不同部门、不同专业的研究学者对湿地有不同的界定和解释<sup>[2]</sup>。《湿地公约》全称为《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》(Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat),其对湿地定义为:“不管其为天然或人工、长久或暂时的沼泽地、泥炭地、水域地带,静止或流动的淡水、半咸水、咸水,包括低潮时水深不超过6 m的海水水域”。第2条的第1款又补充规定,湿地的边界“可包括与湿地毗邻的河岸和海岸地区,以及位于湿地内的岛屿或低潮时水深不超过6 m的海洋水体”。

美国《净水法案》(Clean Water Act)提出:湿地是地表水和地面积水浸淹的频度和持续时间很充分,能够供养那些适应于潮湿土壤的植被的区域,通常包括灌丛沼泽、草本沼泽、苔藓泥炭沼泽以及

其他类似的区域。加拿大、英国等国对湿地也有不同的定义。

湿地概念被引入中国的时间并不长,1992年中国加入《湿地公约》之后湿地概念才更多地为人所知。2014年3月1日我国修订施行的《海洋环境保护法》中,定义“滨海湿地,是指低潮时水深浅于6 m的水域及其沿岸浸湿地带,包括水深不超过6 m的永久性水域、潮间带(或洪泛地带)和沿海低地等”。

滨海湿地是陆源污染物的最终承泻区,生活污水、工农业废水排放及养殖业发展,使得滨海湿地极易遭受污染。近50年来,人类开发建设强度剧增,加之对湿地资源的不合理开发利用,滨海湿地生态环境遭受到了极大破坏<sup>[3-4]</sup>。

收稿日期:2016-07-18;修订日期:2016-07-28

基金项目:江苏省高校自然科学基金资助项目(15KJB420001)

作者简介:葛伟(1969—),女,工程师,本科,研究方向为生态环境监测。

## 2 国外滨海湿地现状及监测评价方法

### 2.1 美国滨海湿地现状及监测评价方法

美国东部仅在 1998—2004 年期间消失的滨海湿地就达到了 36.1 万  $\text{hm}^2$ , 相当于平均每年净损失 5.9 万  $\text{hm}^2$ ; 美国国家海洋与大气管理局发布的报告称, 2004—2009 年, 美国沿海地区共约 14.6 万  $\text{hm}^2$  滨海湿地消失。因此监测、管理和恢复湿地已成为美国滨海湿地保护的重要任务。

美国对滨海湿地开展研究起步较早, 建立了较为完整的滨海湿地监测与评价系统。自 1986 年美国湿地保护法案颁发之后, 美国环保署、交通部、国防部、鱼类和野生动物保护协会等先后开展了湿地评估技术 (Wetland Evaluation Technique, WET)、湿地快速评价方法 (Wetland Rapid Assessment Procedure, WRAP) 和生物完整性指标法 (Index of Biotic Integrity, IBI) 等湿地监测评价技术研究<sup>[5]</sup>。2013 年, 南佛罗里达沿海海洋研究所建立综合生态系统概念模型 (Integrated Conceptual Ecological Model, ICEM)<sup>[6]</sup>, 用于河口三角洲、沙洲、群岛类滨海湿地生态系统评估。

ICEM 基于驱动 - 压力 - 状态 - 影响 - 响应模型, 将人为活动作为生态系统的组成部分参与生态环境整体评价, 采用遥感手段、实地调查、例行监测等综合手段获取指标参数 (见表 1), 进而对滨海湿地服务功能进行评估, ICEM 涉及指标众多 (二级指标还细分若干三级指标), 评价结果具有很高的科学性、全面性和综合性。但该模型参与评价指标涉及多个专业领域, 调查评价过程需极大的人力和资金支持, 此外, 模型中可选指标的变动对评估结果也存在一定影响。

表 1 ICEM 评价指标

一级指标	二级指标
驱动	海洋酸化
	海平面上升
	热带暴风强度变化、持续时间及发生频率
	区域降水和蒸发变化模式
	水和空气温度上升
状态	淡水流入变化
	物理、化学、生物指标状态
	鱼类和贝类等指示性生物状态
	水域和陆域栖息地生境状态
	礁石群落生境状态
	挺水植物状态
	近海底栖生物状态
其他环境质量	

续表

一级指标	二级指标
压力	商业及娱乐活动
	捕捞、养殖等生产活动
	海洋溢油、病源发生、疾病传染
	海洋废弃物
	水域和陆域污染物排放
	外来物种入侵
影响	审美与遗产影响
	娱乐活动影响
	科学与教育影响
	文化精神体验影响
	食物供给影响
	生物医药技术资源影响
	自然灾害调节影响
	污染、垃圾和废物降解等影响
大气循环及气候调节影响	
响应	国家、地方出台的保护性行动计划、规范、政策、法规等

### 2.2 欧洲滨海湿地现状及监测评价方法

2004 年统计资料显示, 欧盟国家滨海湿地面积约为 5.1 万  $\text{km}^2$ 。近年来, 欧盟国家滨海湿地面临严重的环境退化问题, 滨海湿地功能大为削弱。丹麦、荷兰、德国、芬兰、英国、西班牙、希腊、意大利、法国、波兰、罗马尼亚、葡萄牙以及瑞典的部分地区湿地减少了 50% 以上, 有些地区甚至减少了 80%。

为构建能够量化表征湿地退化程度的评估模型, 1990 年欧洲多国启动了“欧洲湿地生态系统功能评估” (Functional Analysis of European Wetlands, FAEWE) 项目, 经过二次修正并结合欧洲湿地功能性分析技术规范 (Procedures for the Operationalization of Techniques for the Functional Analysis of European Wetland Ecosystems, PRO-TOWET), 从科学基础上建立起了欧洲湿地生态系统功能特征的评估方法<sup>[7]</sup>。FAEWE 主要用于河缘湿地这一包含诸多亚类的湿地类型, 通过识别、评估和测量河源湿地生态系统主要特征, 结合动态模型和人为干扰影响评估, 从水文功能、生化功能、生态功能 3 个主要功能对湿地生态系统进行综合评估。FAEWE 目前广泛应用于欧洲湿地生态系统的评估, 但该模型评价主体为河源湿地及其包含的诸多亚类湿地类型, 对滨海湿地生态系统功能评估适用性存在一定欠缺。

### 2.3 澳大利亚滨海湿地现状及保护管理方法

澳洲大陆原有湿地面积约 24 万  $\text{km}^2$ , 现消失

比例已远远大于50%，特别是新南威尔士滨海平原和西澳大利亚州斯万滨海岸平原，均有超过70%的湿地已消失。

20世纪90年代，澳大利亚政府出台了一系列政策法规，特别是1997年颁布的《国家湿地政策》，该政策是澳大利亚湿地保护的重要文件。政策正式明确了湿地的价值，促进了湿地的保护和恢复，并将合理开发利用湿地纳入政府有关日常工作中。《国家湿地政策》提出了六大湿地战略，以完善相关的法律和项目，激励联邦、州、地方政府共同努力，参与湿地保护与合理开发利用的工作。此六大湿地战略为：(1) 管理联邦土地与水体的湿地；(2) 执行联邦政策与法律，并启动联邦湿地项目；(3) 吸引澳大利亚民众参与湿地管理；(4) 与各州、特别行政区及地方政府合作；(5) 保证湿地政策与管理具有充足的科学依据；(6) 开展国际合作。

### 3 我国滨海湿地研究与管理进展

#### 3.1 我国滨海湿地现状及管理

截至2000年底我国已丧失滨海滩涂面积约119万 $\text{hm}^2$ ，城乡工矿占用湿地约100万 $\text{hm}^2$ ，两者累计约占当前滨海湿地的50%<sup>[8]</sup>。人工湿地日渐增多，天然湿地逐渐被人工湿地所代替<sup>[9]</sup>。然而沿海地区因土地开发压力大，需求紧迫，对滨海湿地的围垦仍在发生。

1979年开始，国家海洋局组织开展了全国范围内海岸带和滩涂资源综合调查，同时对海岸带包括气候、生物、土壤、地质、水文、土地及经济发展等在内各方面状况和资源现状进行了全面、深入的调查，并提出相应的保护利用对策。

1995—2003年和2009—2013年，国家林业局组织开展了两次全国范围湿地资源调查。结果显示，我国自然湿地面积4667.47万 $\text{hm}^2$ ，占全国湿地总面积的87.08%，受各级保护区保护的湿地面积2324.32万 $\text{hm}^2$ ，两次调查期间，自然湿地面积减少了337.62万 $\text{hm}^2$ ，受保护湿地面积增加了525.94万 $\text{hm}^2$ 。调查结果反映出我国湿地保护依然面临着面积减少、功能减退、受威胁压力持续增大，缺乏相关法律法规及长效保护机制，社会湿地保护意识薄弱等问题。

江苏湿地资源丰富，沿海滩涂辽阔，是全国湿地资源最丰富的省份之一。其中近海与海岸湿地

99.22万 $\text{hm}^2$ 。东部近海与海岸湿地为亚洲最大规模同类湿地，是东亚候鸟重要迁徙通道，其盐城珍禽湿地、大丰麋鹿国家级自然保护区于2002年列入《湿地公约》国际重要湿地名录，盐城滨海湿地列入了国家重要湿地名录。

2015年5月，经江苏省政府批复，江苏省发改委联合省林业局联合发布《江苏省湿地保护规划(2015—2030年)》(以下简称《规划》)<sup>[10]</sup>，《规划》把湿地的重要性提高到与森林资源一样的高度，同时滨海湿地被列入2015—2020年自然湿地抢救性保护与生态修复治理重点加强区域，规定典型的潮间带必须保留，绝对不能围垦。《规划》重点明确了“滨海湿地地区”保护的目标和任务，要求连云港市、盐城市和南通市三市沿海县(市、区)重点加强现有湿地保护及退化湿地修复，合理利用滨海湿地资源。

#### 3.2 我国学者对滨海湿地研究工作进展

近年来我国很多学者对滨海湿地开展了一系列的研究工作，主要集中在生态景观、生态健康、生态修复与重建等几个方面。

湿地生态景观研究多结合遥感(RS)、地理信息系统(GIS)等新技术。王宪礼、李晓文、肖笃宁等<sup>[11-13]</sup>分别基于黄河三角洲、辽河三角洲、环渤海三角洲景观格局进行了湿地景观生态学相关研究；牛振国和宫鹏等<sup>[14-15]</sup>分别收集了1990和2000年前后的美国陆地卫星资料，制作的相应时期的中国湿地分布遥感图表明，10年间中国湿地面积丧失了14%，其中滨海湿地面积由14335 $\text{km}^2$ 减少到12015 $\text{km}^2$ ，减少了16%，湿地减少主要是人为因素所致。

湿地生态系统健康研究是在生态系统健康理论和方法的基础上进行的。崔保山等<sup>[16]</sup>提出了建立湿地生态系统评估指标体系的理论和方法，研究了三角洲湿地生态特征；蒋卫国等<sup>[17]</sup>在此基础上以生态系统健康及压力-状态-响应(PSR)模型作为研究方法，建立一套湿地生态系统健康评估指标体系，并对辽河三角洲湿地进行了生态系统健康评估。韩美等<sup>[18]</sup>以寿光沿海湿地为例，运用二级模糊综合评判模型对湿地生态系统的健康进行了综合评估。

湿地生态系统的恢复与重建是目前湿地研究的一大热点。我国滨海湿地的恢复研究主要集中在南方生物海岸湿地的恢复和重建上，包括红树林

和珊瑚礁生态系统两大部分。彭逸生等<sup>[19]</sup>对红树林生态学方面的研究已取得重要成果,红树林海岸的恢复研究与人工造林等也有了很大的发展。珊瑚礁生态系统修复重建的主要对象是造礁石珊瑚,现有的一些研究已从理论上提出了保护或移植关键种改善群落空间格局而缩短向顶极群落生态演替时间的恢复战略<sup>[20-21]</sup>。

### 3.3 环保部门对滨海湿地研究进展

21世纪以来,我国环保部门组建了全国近岸海域环境监测网,近年来着重开展滨海湿地生态环境监测与评价工作。2013年来,中国环境监测总站、江苏省环境监测中心、盐城市环境监测中心站选择江苏盐城湿地珍禽自然保护区开展典型滨海湿地退化评价方法研究及应用示范。

研究综合应用遥感技术与地面生态调查手段,结合我国近岸海域环境监测工作实际,基于压力-状态-响应(PSR)框架模型,遵循代表性原则、普适性原则、适用性原则、科学性原则等对国内外湿地生态评价常用指标进行筛选,并侧重可以通过遥感技术获取的指标,尽可能实现滨海湿地的实时动态监测与评价。测度湿地生态系统健康状况的指标类型主要包括:生物指标,包括生物多样性、固有种与外来种的比例、优势种分布尺度等;物理指标,包括水分循环、土壤有机质保持度、水及能流的生物圈控制等;社会经济指标,包括农业、林业、渔业的投资和效益等;遥感指标,包括斑块破碎度、NDVI、景观格局比例、LCCI、EC动态度、聚合度等。研究最终筛选了8个指标作为滨海湿地环境质量评价因子,并通过层次分析法(Alytic Hierarchy Process, AHP)确定了各指标权重,见表2<sup>[22]</sup>。

表2 基于PSR模型的滨海湿地环境质量评价指标体系及权重

总目标层 权重	分目标层 权重	指标层 权重	最终 权重
滨海湿地 环境质量	压力	0.26	建设用地比例 0.75 0.195 0
			景观破碎度 0.25 0.065 0
状态	0.33	海水水质类别	0.18 0.057 6
		底栖生物多样性指数	0.23 0.074 7
		自然植被覆盖率	0.45 0.147 1
		植被指数	0.15 0.048 1
		响应	0.41
		自然湿地面积比例 0.67 0.275 1	

取2002和2013年盐城湿地珍禽自然保护区指标数据,计算评价滨海湿地退化状况。评价结果显示,相比于2002年,2013年盐城湿地珍禽自然保护区压力类指标,人类干扰强度有所增加,景观区域破碎化;状态类指标自然植被覆盖率略有降低,底栖生物多样性略有升高;响应类指标自然湿地面积有所萎缩。总体评价结果显示,区域滨海湿地陆域生境人类干扰程度仍有所增加,建议地方主管部门予以关注<sup>[22]</sup>。

## 4 结语

滨海湿地作为湿地的一种重要类型,不仅承载着水源涵养、海岸带保护、环境质量调节的作用,而且还是野生动物栖息和繁殖的区域,具有极高的经济价值和生态价值。由于自然和人为因素的影响,特别是人类对海岸湿地资源的不合理开发利用,全球范围滨海湿地的环境都受到严重的破坏。美国、欧盟、澳大利亚和中国等国家颁布了一系列的法律、规范等行政管理措施,众多学者和研究机构也研究提出了科学有效的滨海湿地监测评价技术方法。这些法律法规及滨海湿地相关研究成果为遏制滨海湿地退化,保护环境状况,修复相关生态功能作出了一定的贡献。

环保部门对滨海湿地监测与评价开展了相关工作及研究,其提出的评价方法体系在保证较高科学性的基础上,有效针对我国滨海湿地监测、评价及保护能力现状,选用规范、统一、易得的指数,极大地提升了评价结果的可比性。

### [参考文献]

- [1] 董毛毛,钱晓荣,郁桂云. 滩涂湿地污灌系统生态监测指标体系的研究与构建[J]. 环境监控与预警,2012,4(6):54-56.
- [2] 李玉凤,刘红玉. 湿地分类和湿地景观分类研究进展[J]. 湿地科学,2014(1):102-108.
- [3] 国家环保总局华南环境科学研究所. 中国华南沿海地区陆源污染[R]. 广州:国家环保总局华南环境科学研究所,2004.
- [4] 鹿守本. 中国沿海湿地开发利用、管理与保护. 湿地保护与合理利用——中国湿地保护研讨会文集[C]. 北京:中国林业出版社,1996:41-45.
- [5] 陈展,高鹤,姚斌. 美国湿地健康评价方法[J]. 生态学报,2009(9):5015-5022.
- [6] WINGARD G L, JEROME J L. Integrated conceptual ecological model and habitat indices for the southwest Florida coastal wetlands [J]. Ecological Indicators,2014,44:92-107.

利用卫星遥感、地面调查、资料搜集等方式获

(下转第41页)

表4 精密度 Na 测试数据汇总<sup>①</sup>

mg/kg

实验室号	试样1			试样2			试样3		
	$X_i$	$S_i$	$RSD_i/\%$	$X_i$	$S_i$	$RSD_i/\%$	$X_i$	$S_i$	$RSD_i/\%$
1	3 323	118.0	3.55	4 352	58.9	1.35	11 181	302	2.70
2	3 319	122.3	3.68	4 334	90.9	2.10	10 961	218	1.99
3	3 286	149.0	4.53	4 345	81.8	1.88	11 312	491	4.34
4	3 287	74.6	2.27	4 376	96.9	2.21	11 651	255	2.19
5	3 314	147.7	4.46	4 338	86.8	2.00	11 690	308	2.63
6	3 175*	83.5	2.63	4 341	46.7	1.08	11 484	393	3.42
重复性限 $r$		334			221			952	
再现性限 $R$		342			221(235)			1 176	

①\*为歧离值,括号内数据为标注方差  $S$  为负而取值错误得到的错误计算结果。

### 3 结语

相比较2号实验室的精密度较差,其次为5号和6号实验室。监测分析方法验证数据必须经异常值检验,剔除离群值,标注异常数据,再正确计算重复性限  $r$  和再现性限  $R$ 。一些元素的精密度测试数据统计中的问题不是《HJ 168—2010》规定的离群值剔除方法有局限性,而是数据统计者没有理解相关规定《GB/T 6379.2—2004》。希望以上经验能对监测分析方法验证实验中异常值的剔除和标示有所帮助。

### [参考文献]

(上接第13页)

- [7] MALTBY E, HOGAN D V, MCINNES R J. Functional Analysis of European Wetland Ecosystems: Improving the Science Base for the Development of Procedures of Functional Analysis. the Function of River Marginal Wetland Ecosystems [M]. Office for Official Publications of the European Communities, 1996.
- [8] 华泽爱,贾泓. 中国沿海湿地开发利用,管理与保护[J]. 海洋通报,1996,15:78-83.
- [9] 刘红玉,吕宪国,刘振乾. 环渤海三角洲湿地资源研究[J]. 自然资源学报,2001,16(2):101-106.
- [10] 江苏省发展和改革委员会. 关于印发《江苏省湿地保护规划(2015—2030年)》的通知[EB/OL]. [2015-05-25]. [http://www.jsdpc.gov.cn/fgwxgk/xxgkqkml/201506/t20150626\\_408154.htm](http://www.jsdpc.gov.cn/fgwxgk/xxgkqkml/201506/t20150626_408154.htm).
- [11] 王宪礼,肖笃宁. 湿地的定义域类型. 中国湿地研究[M]. 长春:吉林科学技术出版社,1995:34-14.
- [12] 李晓文,肖笃宁,胡远满. 辽河三角洲滨海湿地景观规划预案设计及其实施措施的确定[J]. 生态学报,2001(3):353-364.
- [13] 郭笃发. 黄河对沿岸缓冲带土地利用格局的影响——以近代黄河三角洲段为例[J]. 农业环境科学学报,2005,24:757

- [1] 环境保护部. 环境监测 分析方法标准制修订技术导则: HJ 168—2010 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2010.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 测量方法与结果的准确度(正确度与精确度)第2部分: 确定标准测量方法的重复性和再现性的基本方法: GB/T 6379.2—2004 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [3] 徐建平. EXCEL在确定监测方法重复性与再现性中的运用[J]. 环境监测管理与技术, 2010, 22(1): 54-58.
- [4] 牛振国, 宫鹏. 中国湿地初步遥感制图及相关地理特征分析[J]. 中国科学: 地球科学, 2009, 39: 188-203.
- [5] 宫鹏, 牛振国, 程晓, 等. 中国1990和2000基准年湿地变化遥感[J]. 中国科学: 地球科学, 2010, 40: 768-775.
- [6] 崔保山, 杨志峰. 湿地生态系统健康评价指标体系II——方法与案例[J]. 生态学报, 2002(22): 1231-1239.
- [7] 蒋卫国, 李京, 李加洪, 等. 辽河三角洲湿地生态系统健康评价[J]. 生态学报, 2005(3): 408-414.
- [8] 韩美, 张晓惠, 刘丽云. 黄河三角洲湿地研究进展[J]. 生态环境, 2006, 15: 872-875.
- [9] 彭逸生, 周炎武, 陈桂珠. 红树林湿地恢复研究进展[J]. 生态学报, 2008(2): 786-797.
- [10] 高永利, 黄晖, 练健生, 等. 大亚湾造礁石珊瑚移植迁入地的选择及移植存活率监测[J]. 应用海洋学学报, 2013(2): 243-249.
- [11] 李元超, 黄晖, 董志军, 等. 珊瑚礁生态修复研究进展[J]. 生态学报, 2008(10): 5047-5054.
- [12] 姜晟. 滨海湿地环境评价方法研究[J]. 环境监控与预警, 2015, 7(5): 52-56.