

DOI: 10.5846/stxb201805181093

钱逸凡, 刘道平, 楼毅, 陈火春, 周固国, 陈国富. 我国湿地生态状况评价研究进展. 生态学报, 2019, 39(9): - .

Qian Y F, Liu D P, Lou Y, Chen H C, Zhou G G, Chen G F. A review of wetland ecological status evaluation in China. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(9): - .

我国湿地生态状况评价研究进展

钱逸凡, 刘道平, 楼毅*, 陈火春, 周固国, 陈国富

国家林业和草原局华东调查规划设计院, 杭州 310019

摘要:从湿地生态状况评价定义、国际重要湿地和全国重点湿地生态状况和主要评价方法等方面研究综述了我国湿地生态状况评价研究进展。对全国 1413 处湿地生态状况的研究显示, 国际重要湿地生态状况总体较好, 重点湿地生态状况较差, 生态状况差有 341 处, 占 24.85%, 并系统分析了各类湿地生态状况评价的方法、内容和结果。认为湿地生态状况评价是满足湿地保护管理需求的一项基本技术研究工作, 开展湿地生态状况评价可以从不同空间、时间尺度反映湿地生态变化趋势, 满足湿地生态系统保护修复的管理要求, 并揭示各生态因子的内在关系, 是提高湿地的保护、管理和合理开发的重要技术手段。最后分析了当前湿地生态状况评价所面临的难点, 并提出了相关对策建议。

关键词:湿地生态系统, 生态状况, 生态评价, 湿地管理, 国际重要湿地

A review of wetland ecological status evaluation in China

QIAN Yifan, LIU Daoping, LOU Yi*, CHEN Huochun, ZHOU Guguo, CHEN Guofu

The East China Institute of Inventory and Planning, The State Forestry and Grassland Administration, Hangzhou 310019, China

Abstract: In this paper, we evaluate the progress of research on wetland ecological status evaluation in China in terms of the definition of wetland ecological status evaluation, the ecological status of internationally and nationally important wetlands, and the main evaluation methods. The study on the ecological status of 1413 wetlands in China shows that the ecological status of internationally important wetlands is generally good. But the ecological status of 341 nationally important wetlands is poor, accounting for 24.85%. The methods, contents, and results of ecological status evaluation of various wetlands were systematically analyzed. It is believed that the evaluation of wetland ecological status is a basic technical research work to meet the needs of wetland protection and management. The evaluation of wetland ecological status can reflect the ecological change of wetlands at different space and time scales. It is an important technical means to improve the protection, management, and rational development of wetlands, to meet the management requirements of wetland ecosystem protection and restoration, and to reveal the internal relationship of various ecological factors. Finally, the difficulties faced in the evaluation of wetland ecological status are analyzed and relevant countermeasures and suggestions have been stated.

Key Words: wetland ecosystem, ecological status, ecological evaluation, wetland management, internationally important wetland

湿地具有调节气候、涵养水源、保护生物多样性、物质生产和维持区域生态平衡等多种功能。我国是世界上湿地类型齐全、数量丰富的国家之一, 至 2013 年, 全国湿地面积为 $5.36 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 占国土面积的 5.58%, 其中约有

基金项目: 国家林业和草原局科技司林业行业标准制订项目 (2018-LY-087)

收稿日期: 2018-05-18; 修订日期: 2019-01-02

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hdyly1968@163.com

69.26%的湿地面临着过度放牧、污染和围垦等威胁,对生态环境的保护和经济社会的发展产生了巨大影响^[1-3]。湿地作为一个国家或地区重要的战略性生态资源,湿地的破坏、退化和消失,将严重威胁生态环境安全。

随着认知水平的提高,湿地的保护和修复越来越被社会各界所重视。国内外研究者相继对湿地开展了大量的生态状况评估研究,国外学者于 20 世纪 50 年代进行了湿地物种编目和湿地评价研究^[4-7],提出了湿地健康评价等方法^[8-9];Costanza R 等对包括湿地在内的全球生态系统价值进行了评价研究^[10]。国内对于湿地生态评价的发展迅速,近年来已成为研究热点,研究者相继开展了湿地生态健康评价^[11-15]、湿地生态状况评价^[16-20]、湿地生态安全评价^[21-22]、湿地生态风险评价^[23-25]、湿地环境影响评价^[26-27]和湿地生态价值评价^[28-31]等方面的研究。但在湿地生态状况评价方面尚未形成统一的指标体系^[32-33],难以有效地掌握全国及各地湿地生态状况,为保护、管理和合理开发利用决策提供科学的数据支撑。为此,本研究综述我国湿地生态状况评价的研究进展,以推广湿地生态状况评价在湿地保护和修复工作中的应用。

1 定义与开展意义

1.1 与其他湿地生态评价的差异

生态评价是进行生态环境保护与管理的一项基础性工作,使用相关指标构建评价模型,可以更加直观、清晰地反映生态系统信息,便于生态系统管理的数字化决策,是联系生态环境监测与管理决策的关键环节^[34]。

在目前的湿地生态评价研究和应用中,基本可以分为湿地生态状况评价、湿地生态健康评价、湿地生态功能评价、湿地生态价值评价、湿地环境影响评价、湿地生态风险评价等,在内涵、方法和结论与应用方法都存在一定的交叉和重叠,见表 1。基于不同的湿地管理目标,各类湿地生态评价均具有重要研究和应用空间。但回溯到湿地本身的生态因子,湿地生态状况评价通过直接观测法等综合评价方法,可以为各类湿地生态评价提供基础研究应用数据,并能直观地反映湿地生态因子的优劣程度,达到湿地管理的快速反映和决策,因此在应用空间上更加广阔。

表 1 湿地生态评价的主要类型、内涵、方法与目标

Table 1 Main Types, Connotations, Methods and Objectives of Wetland ecological evaluation

类型 Type	内涵 Connotation	方法 Method	目标 Objective	文献 Reference
湿地生态状况评价 Evaluation of wetland ecological status	选择以自然环境指标为主,包含威胁因子、人类活动等社会因子在内的主要生态状况因子对湿地生态系统进行定量评判及预测	基于直接观测法的综合评价方法	成为湿地功能评价、湿地生态价值评价的基础数据,反映湿地生态因子优劣程度,并为湿地环境影响评价和湿地生态风险评价提供参考	[35-37]
湿地生态健康评价 Evaluation of wetland ecological health	湿地生态系统所具有的稳定性和可持续性。即在时间上具有维持其组织结构、自我调节和对胁迫的恢复能力	指示物种法和指标体系法	诊断由自然因素和人类活动引起的湿地系统的破坏或退化程度,以此发出预警	[11-13]
湿地生态功能评价 Evaluation of wetland ecological function	定量评定湿地生态系统对人类福祉的直接或间接贡献	直接市场法、替代市场法、模拟市场法	确定湿地单项功能或总体功能与评价标准的符合程度	[38-40]
湿地生态价值评价 Evaluation of wetland ecological value	将湿地生态系统功能转化为货币形式	直接市场法、替代市场法、模拟市场法	直观地反映湿地的功能 and 作用	[41-44]
湿地环境影响评价 Impact evaluation of wetland ecological environment	以湿地生态系统结构与功能为核心的现状评价及影响评价	系统分析法、类比法、生态机理分析法、质量指标指数法等	科学论证湿地开发活动对湿地环境造成的影响,提出降低不利影响的方案、资源可持续利用对策和措施,降低开发活动的破坏程度	[45-47]
湿地生态风险评价 Ecological risk evaluation of wetland	湿地生态系统及其组分所承受的风险	定性方法和熵值法、压力-响应法等定量方法	研究湿地主要风险源可能造成的危害,提出解决措施	[48-49]

1.2 湿地生态状况评价的定义

湿地生态状况评价已经成为湿地生态评价中的重要内容之一,目前还没有统一的定义^[50]。本研究给出的定义为按照一定的评价标准,运用综合评价方法,选择主要生态状况因子对湿地生态系统进行定量评判及预测。

湿地生态状况评价具备以下几个基本特征。(1)评价对象的地域性,其评价的重点是湿地生态系统本身,即在某一湿地生态系统及其相关的自然环境,并包含影响湿地的社会因子,这些具有本地或空间特征的因子信息可以被综合,用来分析斑块尺度、景观尺度、区域尺度甚至更大尺度的趋势和过程^[51]。(2)评价时间的延续性,湿地生态状况评价具有现实性,但基于长期的生态因子监测和研究,可以揭示各评价尺度上湿地数年或几十年的变化趋势^[52]。(3)评价因子的多维性,湿地生态状况评价的设计是提供一系列指示因子,评价它们如何影响生态系统的质量优劣,某一生态因子即是湿地生态状况的一维评价,多个单一因子综合则使其形成了多维的评价模型^[53],分别指示了湿地生态系统的生态状况个性和整体特征。

1.3 湿地生态状况评价开展的意义

1.3.1 满足不同空间尺度湿地生态监测管理的要求

2016年11月,国务院办公厅印发《湿地保护修复制度方案》,提出“增强湿地生态功能,维护湿地生物多样性,全面提升湿地保护与修复水平。”湿地生态状况评价可以在大、中、小各级空间尺度上开展,与地理信息系统技术的结合应用,可掌握湿地生态状况的分布特征,满足各级湿地的监测与管理要求。

1.3.2 体现不同时间尺度湿地生态的变化趋势

通过长期的监测和评价,可以对湿地进行跟踪监测与管理,反映评价时间尺度上的变化程度。理论上,评价可以在不同时间尺度上开展,例如以月为间隔进行评价,可体现湿地生态状况年内变化特征;以年度为间隔进行,就可以反映湿地生态状况的年度变化特征;同样也可以对过去某一时间段进行评价,对未来湿地的变化趋势进行预测。

1.3.3 揭示湿地各生态因子状况和内在关系

通过监测和评价湿地各生态因子状况,为其他类型的湿地生态评价提供基础数据,同时对比各因子对于总体评价结果的重要程度,可以研究非生物环境因子与各生源要素的耦合关系,以及生物库、大气库、土壤库和水环境中生源要素的平衡状况,其中最为突出的作用是发现生态因子中存在的主要胁迫因素,并根据总体评价结果给出相应的抢救性措施。

2 国内研究进展情况

2.1 国际重要湿地评价

湿地生态状况评价主要目标是对湿地生态系统进行预测与管理,傅伯杰等提出生态系统综合评价的内容与方法^[11],为湿地生态状况评价提供了理论基础。应用方面,2005年至2008年,在国家林业局湿地保护管理中心的推动下,我国完成了当时36处国际重要湿地的生态状况进行了评价,将国际重要湿地划分为3种类型,即濒危物种保护类型、近海与海岸湿地类型和内陆湿地类型,并发布了第一次评价公报^[54],其中36处国际重要湿地总体状况较好,3处国际重要湿地的生态状况为“中”,33处为“优”。2009至2012年,又针对41处国际重要湿地进行了第二次湿地生态状况评价^[55],41处国际重要湿地中除5处国际重要湿地生态状况为“中”外,其余均为“优”,生态状况总体较好,见表2。两次评价客观反映了我国国际重要湿地生态状况和动态特征,为我国国际湿地公约履约和国际重要湿地管理提供了重要的数据支撑。

2.2 全国重点湿地评价

自2013年起,全国28个省市(自治区)在第二次湿地调查的基础上,对重点调查湿地进行了生态状况评价。全国1372处评价湿地中,湿地生态状况差的为341处,中的为567处,好的为464处,分别占24.85%、41.33%和33.82%^[56],见表3。全国各个省市(自治区)中,重点湿地生态状况为优的比例达到50%以上的仅

表 2 中国国际重要湿地生态状况评价统计表

Table 2 Statistical table of ecological status of international important wetlands in China

类型 Type	序号 No.	国际重要湿地名称 International important wetlands	面积 Acreage/ hm ²	位置 Position	第一次 First time 2005-2008 年		第二次 Second time 2009-2012 年	
					得分 Score	结果 Result	得分 Score	结果 Result
濒危物种保护类型 Endangered species protection	1	大丰麋鹿国家级自然保护区	78000	大丰市	90	优	90	优
	2	大连斑海豹自然保护区	11700	大连市	70	中	80	优
	3	惠东港口海龟国家级自然保护区	400	惠东县	90	优	90	优
	4	上海长江口中华鲟湿地自然保护区	3760	上海市	90	优	60	中
近海与海岸类型 Offshore and coastal	5	东寨港	5400	海口市	98	优	95	优
	6	米埔内后海湾	1540	香港	100	优	91	优
	7	双台河口	128000	盘锦市	98	优	98	优
	8	上海崇明东滩自然保护区	32600	崇明县	91	优	88	中
内陆湿地类型 Inland wetland	9	山口红树林自然保护区	4000	合浦县	97	优	91	中
	10	盐城国家级自然保护区	453000	盐城市	86	中	86	中
	11	湛江红树林国家级自然保护区	20279	湛江市	100	优	100	优
	12	福建漳江口红树林国家级自然保护区	2358	云霄县	97	优	97	优
	13	广东海丰湿地	11590.5	海丰县	98	优	98	优
	14	广西北仑河口国家级自然保护区	3000	防城港市	100	优	100	优
	15	向海	105467	通榆县	94	优	96	优
	16	扎龙	210000	齐齐哈尔市	91	优	93	优
	17	鄱阳湖	22400	永修县、星子县、新建县	96	优	98	优
	18	东洞庭湖	190000	岳阳市	93	优	93	优
	19	鸟岛	53600	刚察县、海晏县、共和县	98	优	98	优
	20	内蒙古达赉湖国家级自然保护区	740000	新巴尔虎右旗	84	优	89	优
	21	鄂尔多斯国家级自然保护区	7680	鄂尔多斯市	86	优	88	优
	22	洪河国家级自然保护区	21836	农垦建三江分局	96	优	96	优
	23	南洞庭湖湿地和水鸟自然保护区	168000	沅江市	93	优	89	优
	24	三江国家级自然保护区	164400	抚远县	96	优	96	优
	25	西洞庭湖自然保护区	35000	汉寿县	86	优	84	中
	26	兴凯湖国家级自然保护区	222488	密山市	98	优	98	优
	27	碧塔海湿地	1985	中甸县	96	优	100	优
	28	大山包	5958	昭通市	98	优	92	优
	29	鄂陵湖	65907	玛多县	100	优	100	优
	30	拉什海湿地	3560	丽江纳西族自治县	94	优	94	优
	31	麦地卡	43496	嘉黎县	96	优	98	优
	32	玛旁雍错	73782	普兰县	96	优	94	优
	33	纳帕海湿地	2083	中甸县	96	优	86	优
	34	扎陵湖	64920	玛多县	100	优	100	优
	35	湖北洪湖湿地	43450	荆州市	94	优	92	优
	36	四川若尔盖湿地国家级自然保护区	166570	若尔盖县	96	优	96	优
	37	杭州西溪湿地	325	杭州市	/	/	95	优
	38	甘肃尕斯湖湿地自然保护区	247431	碌曲县	/	/	98	优
	39	黑龙江南瓮河自然保护区	229523	松岭区	/	/	96	优
	40	黑龙江七星河国家级自然保护区	20000	宝清县	/	/	96	优
	41	黑龙江珍宝岛湿地国家级自然保护区	44364	虎林市	/	/	96	优

表 3 中国重点湿地生态状况评价统计表

Table 3 Statistical table of ecological status evaluation of important wetland in China

省市(自治区) Provinces and cities (Autonomous regions)	重点湿地评价数量 NO.	差 Poor	中 Well	优 Fine	优的比例 Fine Proportion/%
北京	8	2	3	3	37.50
天津	4	0	0	4	100.00
河北	41	12	21	8	19.51
山西	74	25	17	32	43.24
内蒙古	159	69	51	39	24.53
辽宁	56	15	33	8	14.29
吉林	24	8	8	8	33.33
黑龙江	57	13	31	13	22.81
上海	14	2	4	8	57.14
江苏	44	8	20	16	36.36
浙江	40	10	18	12	30.00
安徽	37	20	11	6	16.22
福建	48	13	21	14	29.17
江西	60	13	29	18	30.00
山东	68	11	31	26	38.24
河南	39	6	22	11	28.21
湖南	34	12	17	5	14.71
广东	32	6	17	9	28.13
广西	75	4	43	28	37.33
海南	35	13	9	13	37.14
重庆	30	0	8	22	73.33
四川	77	31	21	25	32.47
贵州	39	7	23	9	23.08
云南	85	24	35	26	30.59
西藏	59	0	29	30	50.85
青海	32	0	4	28	87.50
宁夏	15	0	4	11	73.33
新疆	86	17	37	32	37.21
合计 Total	1372	341	567	464	33.82

有天津、上海、重庆、西藏、青海、宁夏等 6 省市(自治区),重点湿地生态状况为优的比例低于 30%的有河北、内蒙古、辽宁、黑龙江、安徽、福建、河南、湖南、广东和贵州 10 个省,表明我国各重点湿地生态状况仍普遍处于中差水平。在省级尺度上,程子卿等^[57]研究者在此基础上又对吉林、四川、云南、河南、辽宁、黑龙江湿地生态状况进行了空间分析与探讨^[16-20],掌握了影响各省的湿地生态状况的胁迫因子,并提出了切实有效的管理提升措施。

2.3 各类型湿地评价

在各类型湿地生态状况评价方面,国内学者对河流、湖泊、沼泽、近海与海岸等各类湿地进行专项的生态状况评价研究^[58-59]。

2.3.1 河流湿地

董哲仁等^[60]按照评价指标与参照系统的偏离程度,提出了河流生态状况分级系统的生态指标矩阵方法和指标赋值准则,依据生物质量、水文、物理化学和河流地貌 4 个方面生态因子,将河流生态状况划分为优、良、中、差、劣 5 个等级,在河流生态系统关键胁迫因子识别和河流健康评估方面都有很好应用前景。侯思琰

等^[61]对于海河流域 28 条骨干河流进行水生态状况评价,评价主要包括水文水资源、水环境状况、物理形态、生物状况、河口生态状况及生态需水满足状况评价 5 个方面指标。通过水生态状况评价,对海河流域目前存在的主要水生态问题和主要胁迫因素进行分析,提出了针对性的保护方法和修复建议。Tang Tao 等^[62]利用 pH、盐度、氮吸收代谢、需氧量、腐殖度、营养状态、形态特征、耐污染能力等 13 种硅藻生态状况指标,通过单因素方差分析,构建了河流硅藻指数来评价湘西河流生态系统的生态状况,认为多指标的河流硅藻指数的在河流生态状况评价中具有重要的应用前景。

2.3.2 湖泊湿地

我国在湖泊湿地生态状况评价方面的研究较为丰富^[63]。周驰等^[64]以湖北省 25 个典型湖泊为对象,分析了总磷、总氮、叶绿素 a、透明度和高锰酸盐指数等水体营养指标,对水体富营养化状况作出评价,同时结合浮游植物、浮游动物和底栖生物等水生生物的鉴定和分类,综合评价湖泊水生态状况。解文静^[65]综合应用水量、水质、富营养化和水生生物 4 个方面指标,对南四湖上级湖构建湖泊水生态状况评价模型,探讨了湖泊水生态评价体系构建的原则和方法。张萍等^[58]从水文水资源、水环境、河湖生境形态、生物及栖息地状况等方面,构建了包含生态基流满足程度、水功能区水质达标率、湖库富营养化指数、纵向连通性、重要湿地保留率及鱼类生境等 6 个指标构成的河湖水生生态综合评价体系。在此基础上,对全国 673 条河流、97 座水库和 100 个湖泊湿地共计 1006 个规划河段和湖库的水生态状况进行了评价和分类,分析了我国各大流域河湖面临的水生态问题。

2.3.3 沼泽湿地

我国在沼泽湿地方面的生态状况评价研究相对较少。周林飞^[66]以扎龙沼泽湿地为研究对象,提出了湿地生态环境需水量的概念,并构建了综合评判灰色数学模型,并运用此模型对扎龙湿地水环境质量进行评价与分析,将湿地水生态状况分为 5 个级别;芦康乐等^[67]采用总分类单元数、腹足纲、耐污类群和捕食者构成的水生无脊椎动物完整性指数值对三江平原沼泽湿地进行了湿地健康评价。金晓敏^[68]选取了 10 个评价指标构建了压力—状态—响应模型,对洪河自然保护区沼泽湿地生态脆弱性评价。这些研究成果和方法可指导沼泽湿地生态状况评价的开展。

2.3.4 近海与海岸湿地

近海与海岸湿地生态状况评价相对于其他类型的湿地具有更大的难度,是近年湿地生态状况研究的重点区域^[69]。吴海燕^[70-71]对我国近岸海域生态状况综合评价方法进行了应用研究,以福建省近岸海域的东山湾、同安湾、泉州湾、兴化湾和罗源湾为研究对象,建立了基于" One-out all-out (OOAO)"原则和基于模糊数学理论的近岸海域 EcoQS 综合评价方法,并提出了这两种方法在我国近海湿地评价应用时需要注意的问题以及建立我国近岸海域 EcoQS 综合评价方法的建议。殷鹏等^[72]利用水化学参数,研究了黄河口海域营养要素的分布特征与富营养化水平,成功追踪了污染源并提出了有效管理措施,表明通过生态状况评价可快速提高湿地管理决策时间和水平。缪雄谊等^[73]应用生态危害指数法、单因子及内梅罗污染指数法对黄河三角洲表层土壤的重金属进行了评价,表明土壤环境也是影像湿地生态状况的重要因子。宋伦等^[74]利用 ABC 曲线法结合粒径谱理论对鸭绿江口近岸海域的生物群落特征、优势种演替、多样性水平、稳定性状况等进行了分析,并构建了鸭绿江口近岸海域生物群落稳定性的评估模型。这些研究对近海与海岸湿地生态状况的指标和评价方法选取具有重要的参考意义。

纵观这些研究虽取得了阶段性的成果,但均是多个别区域的零散型研究,他们或者就湿地生态状况评价指标体系和方法提出一些概念性的设想和建议,或者对湿地生态状况某些指标的量值进行测算,均只能进行描述性说明,不能量化表示湿地生态状况的现状或变化趋势,这就使湿地生态状况评价方法难以在湿地管理实践中得到足够的应用。

3 主要评价方法

在生态状况评价研究中,评价方法作为其必不可少的手段而具有重要意义^[75]。国内目前应用的评价方

法通常有层次分析法(AHP法)、指数评价法、模糊评价法、人工神经网络评价法、物元分析评价法、主成分分析法等,见表4。

表 4 湿地生态状况评价的主要方法
Table 4 Main methods of ecological status evaluation

评价方法 Method	原理与过程 Principle and process	优点 Advantage	缺点 Disadvantage	文献 Reference
层次分析法 Analytic hierarchy process	模拟人脑对客观事物的分析与综合过程,将定量分析与定性分析有机结合起来的一种系统分析方法	对多要素评价指标有效梳理	无法有效反映评价结果的空间分布	[76-77]
指数评价法 Index evaluation	从监测点的原始监测数据统计值与评价标准之比作为分指数,然后通过数学综合作为评价尺度	体现评价的综合性、整体性和层次性	指数专一性过强,需要大量研究基础数据	[78-82]
模糊评价法 Fuzzy evaluation	对主观产生的“离散”过程进行综合的处理	契合生态因子优劣状况模糊、不确定的特性	使大量有用信息损失	[71]
人工神经网络评价法 Evaluation method of artificial neural network	由大量简单的基本元件—神经元相互联结,模拟人的大脑神经处理信息的方式,进行信息并行处理和非线性转换的复杂网络系统	有良好的自学习、自适应、联想记忆、并行处理和非线性转换的能力,避免了复杂数学推导	需对已知环境样本进行学习,获得先验知识,需要大量的样本	[83-84]
物元分析评价法 Evaluation method of matter element analysis	利用关联函数可以取负值的特点,来评价与识别能全面地分析湿地生态系统属于某评价等级集合的程度	从变化的角度识别变化中事物,运算简便,物理意义明确,直观性好	关联函数形式确定不能规范,难以通用	[85-86]
主成分分析法 Principal component analysis	对高维变量进行最佳综合与简化,客观确定各个指标的权重	数据信息损失最小	需要大量的因子信息,多数湿地生态因子难以有效满足	[86]

通过分析比较可以看出,湿地生态状况评价的诸多方法各有优缺点。在现实研究中,满足评价方法的使用条件并克服其自身存在的缺点是不容易的,因此必须根据评价对象的特征选用最适宜的评价方法。综合使用多项评价方法,借以消除评价方法对评价结果的影响,是今后湿地生态状况评价的主要趋势。

4 难点与对策

4.1 评价的难点

近年来,由于全国湿地的严重退化,湿地的重要性已经引起了人们的极大关注,关于湿地生态状况的各项研究有了快速的发展,但是仍存在一些问题,需要进一步的完善。

4.1.1 系统性研究成果少,处于起步阶段

我国湿地保护和研究起步较晚,虽然近几年湿地生态状况评价研究成果增加明显,但研究成果总量仍很小,在已有的研究工作中,大多数生态状况评价也是集中于单一湿地生态状况的研究,而缺乏对某一地区某一时期各类湿地全面的生态状况评价的体系和方法。湿地生态状况评价仍处于起步阶段。同时,湿地生态状况评价与湿地健康评价、湿地生态安全评价、湿地生态风险评价、湿地环境影响评价的概念长期混淆,评价指标雷同,评价方法类似,造成成果和技术应用受到局限。

4.1.2 指标和方法多样,难以规范化

我国湿地类型丰富、分布区域广泛、生境复杂多变,湿地本身的特征和差异很大^[33]。湿地本身生态因子繁多,主要包括水、土壤、生物、景观、社会等五大类,不同湿地类型同一类指标中又有多类监测和计算方法各异的分项指标,因此生态状况因子的指标和方法纷繁多样。目前的研究中,对生态状况的评价较为零散,还多是从单一指标或者几个指标的角度来认识和评价湿地生态状况,多片面不完整,要从中遴选监测和分析技术

成熟且易于规范化的指标难度较大。根据评价目的不同,评价指标选取与计算方法会有较大差别。构建评价指标体系时在全面性、代表性、针对性和可操作性、实践指导性等方面不容易做到平衡。

4.1.3 湿地本身自变量影响难以消除

湿地生态系统与森林等其他生态系统相比,对生态因子的变化更加敏感^[50]。因此,湿地在不同时间和不同空间的差异很大,例如湿地水位的月变化和不同区域湿地生物丰富度的差异。但目前生态状况评价多限于自然生态因子或自然资源的变动测定,而对其因子(自变量)与结果(函数)的关联研究和评价还较少有系统的成果。消除湿地本身自变量的影响以提高湿地生态状况评价准确度应该成为该区域当前和今后研究的重点。

4.2 相关对策

4.2.1 加快湿地生态状况评价应用

湿地生态状况评价是湿地保护与管理的一项基础性工作,可以快速、准确、科学的评价湿地生态状况,并通过判断生态因子的优劣程度,找出威胁湿地的胁迫因素,提出合理的保护恢复建议^[87-89]。应加快评价技术和成果应用,将湿地生态状况评价作为日常性的湿地管理工作,定期开展重要湿地生态状况评价,作为退化湿地恢复、湿地健康评估等方面的支撑性技术手段,甚至纳入地方政府生态文明考核的范畴,提升我国湿地保护管理的技术水平。

4.2.2 出台湿地生态状况评价标准

按照全面性、代表性、针对性和可操作性、实践指导性的原则,在国家尺度上率先出台制定湿地生态状况评价行业标准,为湿地生态状况评价的发展提供了必要的依据。标准应选择湿地水、土壤、生物、景观、社会等基本指标,指标宜求同存异,尽可能选择监测技术可行、计算方法成熟、适宜各类型湿地的共性指标。

4.2.3 开拓更新生态状况评价方法

湿地生态状况评价涉及生态学、生物学甚至社会学等学科,指标纷繁、技术复杂,单一的评价方法难以满足评价本身精度的要求。因此,多学科、多方法综合是湿地生态状况评价的发展。特别是在消除湿地本身自变量的影响和评价因子比重的确立方面,现有的方法陈旧、科学性低,应该给予适时改进和更新。未来湿地生态因子监测数据库的建立以及监测技术的改进,都需要研究者用大数据分析的技术手段去探索湿地生态状况评价的技术与方法。

5 结语

生态评价的目的在于管理,而管理的基础是生态状况评价和未来趋势预测,管理的任务则是对生态状况调整^[34]。湿地生态状况评价是满足湿地保护管理需求的一项基本技术研究工作^[37]。湿地生态状况监测数据不仅为其他湿地评价提供基础数据,也可成为湿地生态系统模拟建模、调参的数据库,对理解湿地生态系统、识别不同时空尺度的生态系统过程和功能具有重要意义。

当前我国湿地保护迎来了快速发展的新时代机遇,湿地生态状况评价研究需要向更深层次、更全面的研究方向迈进。特别是湿地生态状况评价中各生态因子指标的权衡、协同作用不可忽视,其影响湿地生态系统健康状况、生态功能和价值的发挥以及生态风险的产生,将成为未来研究的方向之一。为此,厘清湿地生态状况评价定义,分析其基本特征,汇总主要评价方法和国内研究进展具有重要的现实意义。加快湿地生态状况评价应用、出台湿地生态状况评价标准、开拓更新生态状况评价方法是今后研究发展的重点任务。

参考文献(References):

- [1] 牛振国, 张海英, 王显威, 姚文博, 周德民, 赵魁义, 赵惠, 李娜娜, 黄华兵, 李丛丛, 杨军, 柳彩霞, 刘爽, 王琳, 李展, 杨镇钟, 乔飞, 郑姚闽, 陈炎磊, 盛永伟, 高小红, 朱卫红, 王文卿, 王红, 翁永玲, 庄大方, 刘纪远, 罗志才, 程晓, 郭子琪, 宫鹏. 1978~2008 年中国湿地类型变化. 科学通报, 2012, 57(16): 1400-1411.
- [2] 马广仁. 中国国际重要湿地生态系统评价. 北京: 科学出版社, 2016.

- [3] 宫宁,牛振国,齐伟,张海英. 中国湿地变化的驱动力分析. 遥感学报, 2016, 20(2): 172-183.
- [4] Crumpacker D W, Hodge S W, Friedley D, Gregg Jr W P. A preliminary assessment of the status of major terrestrial and wetland ecosystems on federal and Indian lands in the United States. *Conservation Biology*, 1988, 2(1): 103-115.
- [5] Schaeffer D J, Herricks E E, Kerster H W. Ecosystem health: I. Measuring ecosystem health. *Environmental Management*, 1988, 12(4): 445-455.
- [6] Simpson R D. Economic analysis and ecosystems: some concepts and issues. *Ecological Applications*, 1998, 8(2): 342-349.
- [7] Borja A, Bald J, Franco J, Larreta J, Muxika I, Revilla M, Rodríguez J G, Solaun O, Uriarte A, Valencia V. Using multiple ecosystem components, in assessing ecological status in Spanish (Basque Country) Atlantic marine waters. *Marine Pollution Bulletin*, 2009, 59(1/3): 54-64.
- [8] Ferguson B K. The concept of landscape health. *Journal of Environmental Management*, 1994, 40(2): 129-137.
- [9] Sims A, Zhang Y Y, Gajaraj S, Brown P B, Hu Z Q. Toward the development of microbial indicators for wetland assessment. *Water Research*, 2013, 47(5): 1711-1725.
- [10] Costanza R, D'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [11] 马克明,孔红梅,关文彬,傅伯杰. 生态系统健康评价:方法与方向. 生态学报, 2001, 21(12): 2106-2116.
- [12] 崔保山,杨志峰. 湿地生态系统健康评价指标体系 I. 理论. 生态学报, 2002, 22(7): 1005-1011.
- [13] 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. 生态学报, 2002, 22(8): 1231-1239.
- [14] 王一涵,周德民,孙永华. RS 和 GIS 支持的洪河地区湿地生态健康评价. 生态学报, 2011, 31(13): 3590-3600.
- [15] 朱卫红,郭艳丽,孙鹏,苗承玉,曹光兰. 图们江下游湿地生态系统健康评价. 生态学报, 2012, 32(21): 6609-6618.
- [16] 刁宏伟. 吉林省湿地生态评价. 林业勘查设计, 2014, (4): 19-21.
- [17] 宋劲忻,温庆忠,华朝朗,陶晶,余昌元. 云南省湿地生态状况评价. 湿地科学, 2015, 13(1): 35-42.
- [18] 韩子钧,刘贤安,赵丹,王娟,彭培好,顾海军. 四川省湿地生态状况分级与综合评价. 湿地科学, 2016, 14(5): 641-647.
- [19] 王春平. 河南省重要湿地生态状况评价. 林业资源管理, 2016, (3): 86-91.
- [20] 徐志辉. 辽宁省湿地生态资源评价. 安徽农业科学, 2016, 44(4): 94-95, 286-286.
- [21] 刘艳艳,吴大放,王朝晖. 湿地生态安全评价研究进展. 地理与地理信息科学, 2011, 27(1): 69-75.
- [22] 朱卫红,苗承玉,郑小军,曹光兰,王凡凡. 基于 3S 技术的图们江流域湿地生态安全评价与预警研究. 生态学报, 2014, 34(6): 1379-1390.
- [23] 付在毅,许学工,林辉平,王宪礼. 辽河三角洲湿地区域生态风险评价. 生态学报, 2001, 21(3): 365-373.
- [24] 许学工,林辉平,付在毅,布仁仓. 黄河三角洲湿地区域生态风险评价. 北京大学学报:自然科学版, 2001, 37(1): 111-120.
- [25] 张春鹏,李富祥. 鸭绿江口湿地滩涂表层沉积物重金属空间分布特征及生态风险评价. 应用生态学报, 2016, 27(9): 2884-2890.
- [26] 万一,黄永生,王晖. 南水北调东线工程调蓄湖泊湿地环境影响评价及保护措施. 环境科学研究, 2003, 16(4): 5-7.
- [27] 刘伟生,李翔,舒俭民. 湿地生态环境影响评价技术要点探讨. 农业环境科学学报, 2006, 25(6): 1620-1624.
- [28] 傅娇艳,丁振华. 湿地生态系统服务、功能和价值评价研究进展. 应用生态学报, 2007, 18(3): 681-686.
- [29] 张翼然,周德民,刘苗. 中国内陆湿地生态系统服务价值评估——以 71 个湿地案例点为数据源. 生态学报, 2015, 35(13): 4279-4286.
- [30] 庞丙亮. 湿地生态系统服务价值评价的去重复性计算研究[D]. 北京:中国林业科学研究院, 2014.
- [31] 钱逸凡,楼毅,初映雪,刘骏,胡娟娟. 洞庭湖国际重要湿地生态系统健康和价值评价. 湿地科学, 2016, 14(4): 516-523.
- [32] 杨永兴. 国际湿地科学研究进展和中国湿地科学研究优先领域与展望. 地球科学进展, 2002, 17(4): 508-514.
- [33] 武海涛,吕宪国. 中国湿地评价研究进展与展望. 世界林业研究, 2005, 18(4): 49-53.
- [34] 傅伯杰,刘世梁,马克明. 生态系统综合评价的内容与方法. 生态学报, 2001, 21(11): 1885-1892.
- [35] 杨波. 我国湿地评价研究综述. 生态学杂志, 2004, 23(4): 146-149.
- [36] 李世东,闵庆文,陈应发,龙三群. 生态状况判断的理论基础及在中国的应用. 生态环境, 2006, 15(4): 838-843.
- [37] 李世东,张大红,翟洪波. 生态综合指数及其在生态状况评估中的应用研究. 自然资源学报, 2006, 21(5): 782-789.
- [38] 袁军,吕宪国. 湿地功能评价研究进展. 湿地科学, 2004, 2(2): 153-160.
- [39] 李青山,张华鹏,崔勇,王月,段勇,李兴春,李鱼. 湿地功能研究进展. 科学技术与工程, 2004, 4(11): 972-976.
- [40] 王海静,韩美,刘翠翠,上官修敏. 湿地生态系统服务功能研究进展. 山东师范大学学报:自然科学版, 2012, 27(3): 67-71.
- [41] 宗跃光,周尚意,温良,郭瑞华,张振世,徐宏彦,陈红春. 区域生态系统可持续发展的生态价值评价——以宁夏灵武市为例. 生态学报, 2002, 22(10): 1573-1580.
- [42] 崔丽娟,庞丙亮,李伟,马牧源,孙宝娣,张亚琼. 扎龙湿地生态系统服务价值评价. 生态学报, 2016, 36(3): 828-836.
- [43] 吴后建,但新球,刘世好,黄琰,舒勇,曹虹,吴照柏. 湖南省国家湿地公园保护价值评价. 应用生态学报, 2017, 28(1): 239-249.

- [44] 江波, 欧阳志云, 苗鸿, 郑华, 白杨, 庄长伟, 方瑜. 海河流域湿地生态系统服务功能价值评价. 生态学报, 2011, 31(8): 2236-2244.
- [45] 陆琦, 马克明, 倪红伟. 湿地农田渠系的生态环境影响研究综述. 生态学报, 2007, 27(5): 2118-2125.
- [46] 吕宪国, 王起超, 刘吉平. 湿地生态环境影响评价初步探讨. 生态学杂志, 2004, 23(1): 83-85.
- [47] 雷璇, 蒋卫国, 潘英姿, 王文杰. 湿地规划环境影响评价的研究现状及发展趋势. 世界林业研究, 2012, 25(6): 13-19.
- [48] 蔡珍, 聂华. 湿地生态风险管理. 湿地科学与管理, 2007, 3(4): 50-53.
- [49] 刘志杰, 李培英, 张晓龙, 李萍, 朱龙海. 黄河三角洲滨海湿地表层沉积物重金属区域分布及生态风险评价. 环境科学, 2012, 33(4): 1182-1188.
- [50] 李江, 胡雪娇, 石佳, 付长坤, 贺霞利, 郑朗, 苏丹美, 樊春红. 湿地研究现状及保护管理. 生物学通报, 2015, 50(12): 1-5.
- [51] 孙宝娣, 崔丽娟, 李伟, 康晓明, 张曼胤. 湿地生态系统服务价值评估的空间尺度转换研究进展. 生态学报, 2018, 38(8): 2607-2615.
- [52] 申格, 徐斌, 金云翔, 陈实, 张文博, 郭剑, 刘航, 张玉静, 杨秀春. 若尔盖高原湿地研究进展. 地理与地理信息科学, 2016, 32(4): 76-82, 89-89.
- [53] 苏为华. 多指标综合评价理论与方法问题研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2000.
- [54] 中国国际湿地公约履约办公室. 中国国际重要湿地生态状况公报. 北京: 中国国际湿地公约履约办公室, 2009.
- [55] 国家林业局湿地保护管理中心. 中国国际重要湿地生态状况评价公报. 北京: 国家林业局湿地保护管理中心, 2013.
- [56] 国家林业局. 中国湿地资源·总卷. 北京: 中国林业出版社, 2015.
- [57] 程子卿, 李勇, 王薇娜. 黑龙江省湿地生态状况评价体系及空间分布格局研究. 防护林科技, 2016, (5): 40-42.
- [58] 张萍, 高丽娜, 孙翀, 孙政. 中国主要河湖水生生态综合评价. 水利学报, 2016, 47(1): 94-100.
- [59] 陈艳丽. 辽宁省主要河流水生生态状况评价及保护对策. 水生态学杂志, 2014, 35(5): 28-33.
- [60] 董哲仁, 张爱静, 张晶. 河流生态状况分级系统及其应用. 水利学报, 2013, 44(10): 1233-1238, 1248-1248.
- [61] 侯思琰, 刘德文, 郭丽峰. 海河流域水生生态评价及修复措施. 2016 第八届全国河湖治理与水生生态文明发展论坛论文集. 南昌: 中国水利技术信息中心, 东方园林生态股份有限公司, 2016.
- [62] Tang T, Cai Q H, Liu J K. Using epilithic diatom communities to assess ecological condition of Xiangxi river system. Environmental Monitoring and Assessment, 2006, 112(1/3): 347-361.
- [63] 陶淑芸, 王桂林. 连云港市典型河湖水生生态状况调查评价研究. 江苏水利, 2016, (9): 38-42.
- [64] 周驰, 周念来, 苗滕. 湖北省典型湖泊水生生态现状与综合评价. 中国水运, 2015, 15(8): 168-170.
- [65] 解文静, 王松, 娄山崇, 曹升乐, 孙秀玲, 王月敏, 林洁. 山东南四湖上级湖水水质变化评价(2008-2014 年)及成因分析. 湖泊科学, 2016, 28(3): 513-519.
- [66] 周林飞. 沼泽湿地生态环境及水循环评价研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2008.
- [67] 芦康乐, 武海涛, 吕宪国, 管强, 陈展彦. 基于水生无脊椎动物完整性指数的三江平原沼泽湿地健康评价. 湿地科学, 2017, 15(5): 670-679.
- [68] 金晓敏. 针对东方白鹤生境的洪河自然保护区湿地生态脆弱性评价[D]. 长春: 中国科学院大学(中国科学院东北地理与农业生态研究所), 2017.
- [69] 李建国, 王文超, 濮励杰, 刘丽丽, 张忠启, 李强. 滩涂围垦对盐沼湿地碳收支的影响研究进展. 地球科学进展, 2017, 32(6): 599-614.
- [70] 吴海燕, 吴耀建, 陈克亮, 陈朝华, 洪宜斌, 吴吉春, 陈庆辉, 张景飞. 基于“OOAO 原则”的罗源湾生态质量状况综合评价. 生态学报, 2013, 33(1): 249-259.
- [71] 吴海燕. 近岸海域生态质量状况综合评价方法及应用研究[D]. 南京: 南京大学, 2012.
- [72] 殷鹏, 刘志媛, 张龙军. 2009 年春季黄河口附近海域营养状况评价. 海洋湖沼通报, 2011, (2): 120-130.
- [73] 缪雄谊, 叶思源, 郝玉培, 阳莲锦, 陈伟海, 黄保健, 沈利娜. 黄河三角洲表层土壤重金属环境质量评价. 海洋科学, 2016, 40(2): 65-76.
- [74] 宋伦, 王年斌, 杨国军, 宋永刚. 鸭绿江口及邻近海域生物群落的胁迫响应. 生态学报, 2013, 33(9): 2790-2802.
- [75] 何池全, 崔保山, 赵志春. 吉林省典型湿地生态评价. 应用生态学报, 2001, 12(5): 754-757.
- [76] Wondie A. Ecological conditions and ecosystem services of wetlands in the Lake Tana Area, Ethiopia. Ecohydrology & Hydrobiology, 2018, 18(2): 231-244.
- [77] Stoddard J L, Larsen D P, Hawkins C P, Johnson R K, Norris R H. Setting expectations for the ecological condition of streams: the concept of reference condition. Ecological Application, 2006, 16(4): 1267-1276.
- [78] Carvalho S, Gaspar M B, Moura A, Vale C, Antunes P, Gil O, da Fonseca L C, Falcão M. The use of the marine biotic index AMBI in the assessment of the ecological status of the Óbidos lagoon (Portugal). Marine Pollution Bulletin, 2006, 52(11): 1414-1424.
- [79] Borja A, Dauer D M, Díaz R, Llansó R J, Muxika I, Rodríguez J G, Schaffner L. Assessing estuarine benthic quality conditions in Chesapeake Bay: a comparison of three indices. Ecological Indicators, 2008, 8(4): 395-403.

- [80] Blanchet H, Lavesque N, Ruellet T, Dauvin J C, Sauriau P G, Desroy N, Desclaux C, Leconte M, Bachelet G, Janson A L, Bessineton C, Duhamel S, Jourde J, Mayot S, Simon S, de Montaudouin X. Use of biotic indices in semi-enclosed coastal ecosystems and transitional waters habitats—Implications for the implementation of the European Water Framework Directive. *Ecological Indicators*, 2008, 8(4): 360-372.
- [81] Zhang H G, Cui B S, Ou B B, Lei X X. Application of a biotic index to assess natural and constructed riparian wetlands in an estuary. *Ecological Engineering*, 2012, 44: 303-313.
- [82] Bricker S B, Ferreira J G, Simas T. An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status. *Ecological Modelling*, 2003, 169(1): 39-60.
- [83] 卢文喜, 祝廷成. 应用人工神经网络评价湖泊的富营养化. *应用生态学报*, 1998, 9(6): 645-650.
- [84] 邹锐, 董云仙, 张祯祯, 朱翔, 贺彬, 刘永. 程海富营养化机理的神经网络模拟及响应情景分析. *生态学报*, 2012, 32(2): 448-456.
- [85] 门宝辉, 梁川. 物元模型在土地生态系统定量评价中的应用. *水土保持学报*, 2002, 16(6): 62-65.
- [86] Cohen M J, Dabral S, Graham W D, Prenger J P, Debusk W F. Evaluating ecological condition using soil biogeochemical parameters and near infrared reflectance spectra. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2006, 116(1/3): 427-457.
- [87] Wang X G, Lian Y, Huang C, Wang X J, Wang R L, Shan K, Pedroli B, van Eupen M, ElMahdi A, Ali M. Environmental flows and its evaluation of restoration effect based on LEDESS model in Yellow River Delta wetlands. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2012, 17(4): 357-367.
- [88] Dvarskas A. Dynamically linking economic models to ecological condition for coastal zone management: application to sustainable tourism planning. *Journal of Environmental Management*, 2017, 188: 163-172.
- [89] 吴丹, 邹长新, 高吉喜. 我国重点生态功能区生态状况变化. *生态与农村环境学报*, 2016, 32(5): 703-707.