

# 人工次生湿地 生态系统健康评价的 理论与实践

——以广州南沙区万顷沙湿地为例

邱彭华 徐颂军 著



STUDY ON THEORIES  
AND PRACTICE OF HEALTH ASSESSMENT FOR  
SEMI-CONSTRUCTED WETLAND ECOSYSTEM  
A case of Wangqingsha wetland in Nansha District, Guangzhou



SEU 2628227

中国环境科学出版社

X703  
206

国家自然科学基金项目(40971040)资助  
海南师范大学生态学科博士点经费资助  
海南师范大学学术著作出版基金资助

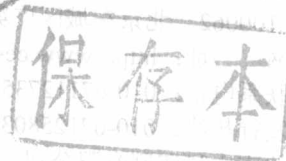
# 人工次生湿地生态系统健康评价的理论与实践

## ——以广州南沙区万顷沙湿地为例

Study on Theories and Practice of Health Assessment for Semi-constructed  
Wetland Ecosystem

——A case of Wanqingsha wetland in Nansha District, Guangzhou

邱彭华 徐颂军 著



中国环境科学出版社·北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

人工次生湿地生态系统健康评价的理论与实践: 以广州南沙区万顷沙湿地为例/邱彭华, 徐颂军著. —北京: 中国环境科学出版社, 2012.3

ISBN 978-7-5111-0833-3

I. ①人… II. ①邱… ②徐… III. ①人工湿地系统—生态系—评价—广州市 IV. ①X703②P942.653.78

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 277055 号

责任编辑 黄晓燕  
助理编辑 赵楠婕  
文字编辑 董蓓蓓  
责任校对 唐丽虹  
封面设计 玄石至上

出版发行 中国环境科学出版社  
(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)  
网 址: <http://www.cesp.com.cn>  
联系电话: 010-67112735, 67112765 (总编室)  
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司  
经 销 各地新华书店  
版 次 2012 年 3 月第 1 版  
印 次 2012 年 3 月第 1 次印刷  
开 本 787×1092 1/16  
印 张 19 彩插 8 页  
字 数 430 千字  
定 价 47.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】  
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

## 摘 要

健康的湿地生态系统对区域乃至全球生态平衡,以及人类健康都有着非常重要的影响。目前,国内外关于湿地的健康评价研究主要集中在自然湿地与大尺度研究上,缺少针对人工次生湿地和中小尺度的深入研究。本书在全面综述生态系统健康概念、湿地定义及其相关研究概况的基础上,从剖析几种湿地评价之间的关系入手,寻找出关于人工次生湿地生态系统健康评价的切入点和思路,试图将人工次生湿地生态系统健康评价由理论引入实践,并提供典型的实证研究范例。

本书的主要研究内容包括:(1)人工次生湿地生态系统健康评价基础理论探讨。分析了复合生态系统理论、生态承载力理论、生态系统稳定性理论、可持续发展理论、系统理论、景观格局-过程理论及其在湿地生态系统健康评价中的表现。(2)人工次生湿地、人工湿地与自然湿地的比较分析。从区位、背景、结构、功能、干扰、分类系统、利用及景观等方面,全面比较分析了自然湿地、人工次生湿地和人工湿地的差异。(3)人工次生湿地生态系统承载力分析。基于承载力的再认识,提出了湿地承载力认识与理解的一般分析框架,探讨了人工次生湿地生态承载力计量的方法论体系,尝试构建了人工次生湿地各类承载力的一般计算模型,以及区域人工次生湿地生态系统相对剩余承载力计量模型。(4)人工次生湿地生态系统健康表现分析。从群落、景观两种尺度,对人工次生湿地生态系统健康的结构表现进行了间接分析。利用群落结构指数、景观格局指数构建了结构表现综合评价模型,通过相对健康分析途径探讨了人工次生湿地结构表现的健康诊断方法。归纳比较了不同人工次生湿地类型的主要功能类型,探讨了人工次生湿地生态系统服务功能的价值评估问题。讨论了人工次生湿地生态系统健康评价的参照问题,并基于“影子参照”法,分析了人工次生湿地生态系统功能评价问题。(5)人工次生湿地生态系统健康压力分析。通过剖析人工次生湿地生态系统的各种压力来源、途径,重点分析了湿地生态系统的健康压力强度表征问题,包括表征指标的选取、评价方法和评价模型的选用。较全面地剖析了河口型人工次生湿地生态系统的主要干扰类型、干扰途径及其影响,并探讨了河口型人工次生湿地生态系统综合干扰强度表征问题。(6)人工次生湿地生态系统内在健康和整体健康分析。重点探讨了人工次生湿地生态系统内在健康与整体健康评价的基本思路和诊断模型。(7)人工次生湿地生态系统健康评价实证研究。基于相关理论,以广州市南沙区万顷沙第19~21围的人工次生湿地生态系统为对象,进行了人工次生湿地生态系统健康评价的实证研究。

主要研究结论:(1)人工次生湿地是指对天然湿地生态系统构件进行一定程度的改造,使其适合于人类需求的湿地生态系统。除有特殊的人为目的性外,它更强调同时兼备先天的自然成因和后天的人为成因。它不同于为处理污水或废水而完全人为设计建造的、工程化了的人工湿地(即工程湿地)。(2)人工次生湿地在区位、背景、结构、主导功能、

干扰、分类系统、利用及景观等方面与自然湿地均存在着一些差异。(3) 承载力只是针对承载主体(承载物)而言的,是承载主体的内属物或固有物,是一种能力(支持能力、抵抗能力或承受忍耐能力),其本质是一种阈值,一种度量尺度。承载力的大小既取决于承载主体本身,又受承载客体和外部环境条件的制约。(4) 从湿地生态承载力角度进行人工次生湿地承载力计算,比单独从资源或环境角度计算更合理与完善。因为无论是湿地资源承载力,还是湿地环境承载力都只顾及了湿地生态系统的一类功用表现。将资源和环境从生态系统中割裂开来,而不考虑生态系统的整体效应,常会造成严重的资源浪费、环境污染和生态破坏,最终降低生态承载力。湿地生态承载力则强调从系统整体上来探讨承载力问题,充分考虑了湿地资源承载力、湿地环境承载力和湿地生命系统自我调节能力等方面的因素。(5) 人工次生湿地生态系统承载力包括自然初始承载力和社会获得性承载力两个方面。具体来说,包括自然资源初始承载力、自然环境初始承载力、生态系统初始弹性力、获得性自然资源承载力、获得性环境承载力、获得性生态系统弹性力,等等。(6) 人工次生湿地生态系统功能的价值评估,是对湿地所提供的服务功能总“价值”的估算,而非对人工次生湿地价值构成的总“价值”(它包括成本价值和湿地服务功能“价值”两部分)估算,这是两个不同的层次。(7) 影子湿地指在现实真实湿地基础上进一步理想化或虚拟化了的湿地。建立这种影子湿地参照的必要性,首先,除现行真实参照湿地法存在不足之外,还因为“健康”本身就是一个不精确的概念。其次,健康多数情况下反映了现实中人们的一种渴求或期望。再次,影子参照湿地法具有较好的重现性和相对简单易行的优点。(8) 人工次生湿地生态系统的内在健康诊断模型需要考虑系统内部各子系统的有机整合,包括它们之间的协调性程度。整体健康诊断模型——健康商数,是人工次生湿地生态系统健康发展趋势的一种表征方式,它能反映人工次生湿地生态系统健康的动态变化趋势。但只有将湿地整体健康商数与湿地内在健康度结合起来,才能比较清楚地了解系统的总体健康状况。(9) 实证研究的主要结论,包括:① 从资源综合承载力相对剩余值看,研究区水资源最大,土地资源其次,生物资源最小。总体上,资源承载力尚处于弱载状态和健康轨道,但已隐藏了潜在危机,那就是人们到目前为止仍仅注重初始承载力的使用,却忽略了获得性承载力的提升。② 研究区水环境承载力已处于超载状态,土壤环境相对剩余综合承载力呈微弱正数值,但单因子(尤其是 Cd)的严重限制,使土壤环境总体处于临界超载状态。③ 大气环境承载力总体上表现出轻度弱载现象,但个别因子有不同程度的超载现象。④ 研究区 2006 年、2007 年与 2008 年的现实生态弹性力分别为 0.814 3、0.978 6、0.392 2。从气温和降雨量的年变率趋势图推测,如不采取积极措施,进一步增加绿化面积和提高绿化成活率,研究区生态弹性力有向病态演化的态势。⑤ 研究区人工次生湿地结构表现综合指数为 0.303 6,属于基本健康水平级。功能表现综合指数(即实际近似价值/理想近似价值)为 0.754 8,属于良好健康水平级。⑥ 研究区人工次生湿地内在健康综合指数、内在协调发展系数、内在健康度依次为 0.472 5、0.915 7、0.657 8。湿地内在健康处于良好健康级别。⑦ 研究区人工次生湿地整体健康商数为 0.959 2,小于 1。表明当前研究区人工次生湿地生态系统整体上处于逆健康发展状态,外界干扰对湿地生态系统健康的负面影响占主导地位。结合内在健康情况,可知研究区人工次生湿地生态系统因外部干扰特别是人为干扰的强烈作用,系统整体有由良好健康级向一般病态级发展的趋势。⑧ 探讨了研究区人工次生湿地生态系统开发与利用的三种可能模式——现代集约型基塘系统生态工程模式、湿

地自然保护区模式、湿地公园模式。虽然这三种模式均有其实践的可行性,但从管理目标、保护对象、综合效益、发展趋势与潜力等方面进行综合比较而言,湿地公园模式略为胜出,不会出现大的顾此失彼弊端,能使人工次生湿地生态系统处于一种积极而平稳协调的发展状态。

**关键词:** 人工次生湿地生态系统 健康评价 承载力 内在健康 整体健康 广州万顷沙



## ABSTRACT

A healthy wetland ecosystem has a vital important effect on the ecological balance of region, even the globe, and on the health of human. With regard to wetland health assessment, academia now focuses on the nature wetland and large scale, and ignores the semi-constructed or semi-nature wetland and small level. On the basis of the comprehensive summarization of ecosystem health concept, wetland definition and their general research, the book analyzes the connection of several kinds of wetland assessments, for seeking cut-in spot and train of thoughts for health assessment of semi-constructed wetland ecosystem. The book tries to make the health assessment of semi-constructed wetland ecosystem not only on theory but in practice, and gives a typical case study.

The main research of the book includes: (1) exploration of basic theories on health assessment of semi-constructed wetland ecosystem. This section analyzes the complex ecosystem theory, ecological carrying capacity theory, ecosystem stability theory, sustainable development principle, systemic theory, landscape pattern-process principles, and the manifestations of these theories in health assessment of semi-constructed wetland ecosystem; (2) comparisons of semi-constructed wetland, engineered wetland and natural wetland. This section gives a comprehensive differentiation for three wetland types from their distributions, resource-environment backgrounds, structures, main functions, disturbances, classification systems, landscape and utilization, and so on; (3) carrying capacity analysis of semi-constructed wetland ecosystem. Based on a second comprehension of carrying capacity concept, this section presents a general analysis framework for understanding and discerning the carrying capacity connotation of wetland. And this section also considers a calculating methodology of eco-carrying capacity for semi-constructed wetland ecosystem. In addition, there is a trial to construct quantitative models for different types of carrying capacity, including the relative residual carrying capacity models for semi-constructed wetland ecosystem in region; (4) health manifestation analysis of semi-constructed wetland ecosystem. This section gives a health analysis of structure manifestations for semi-constructed wetland ecosystem on community level & landscape scale. It combines the community structure index and relative landscape pattern index to develop a complex model of structure manifestations. Also it discusses the health diagnosis approach of the structure manifestations for semi-constructed wetland ecosystem by way of relative health analysis. And then, it provides a sum-up of main function types for different semi-constructed wetland types, and monetary valuation techniques of goods and services provided by semi-constructed wetland ecosystem. The issue of reference wetland for health assessment in



semi-constructed wetland ecosystem is discussed in this part, too. Based on a “virtual reference”, it analyzes the function evaluation of semi-constructed wetland ecosystem; (5) health stress analysis of semi-constructed wetland ecosystem. After deeply analyzing the stress sources and stress forms of semi-constructed wetland ecosystem, this section lays an emphasis on the analysis of expression of health stress intensity for semi-constructed wetland, including the selection of expression indicators, assessment approaches and evaluation models. Then it gives a comprehensive analysis for estuary semi-constructed wetland ecosystem on its major disturbance types, disturbance ways and their effects, and discusses the expression of integrated disturbance intensity; (6) internal health and holistic health analysis for semi-constructed wetland ecosystem. This section gives a highlight to discuss the basic train of thoughts and diagnosis models of internal health & holistic health for semi-constructed wetland ecosystem; (7) case study of health assessment for semi-constructed wetland ecosystem. This section links the above theorized chapters to practice, and makes the semi-constructed wetland ecosystem of Wangqingsha in Nansha district, Guangzhou as a health assessment object, which has a scope of 17 km<sup>2</sup> or so from the 18th river branch to 21st river branch.

The book reaches several main conclusions:

- (1) Semi-constructed wetland refers to the wetland whose components have taken a certain degree of transformation from the natural wetland ecosystem, so that the wetland can meet human need. Apart from the special man-made teleosis, it emphasized that the wetland is caused by nature and human beings at the same time. It is different from constructed wetlands which are completely designed and constructed by human for the disposal of sewage or waste water.
- (2) There are some differences between semi-constructed wetland and natural wetland in locations, backgrounds, structures, main functions, interferences, classification systems, utilization and landscapes.
- (3) Carrying capacity, whose essence is a kind of threshold and a measure of scale, is a natural capability such as supporting ability, resistant ability and endurance ability, and only for bearing subject. Its capacity is determined by bearing subject itself, but also restricted by carrying object and external conditions.
- (4) It is more reasonable and complete to calculate the carrying capacity of semi-constructed wetland from ecological carrying capacity of wetland rather than calculation from resource or environment of wetland. Because the latter are concerned with a certain kind of function of wetland ecosystem solely and ignore the whole effect of the ecosystem, which often lead to serious waste of resources, environmental pollution and ecological damage, and ultimately reduce the ecological carrying capacity. On the contrary, the former stresses on exploring the issue from the whole, considering the bearing capacity of wetland resources, environmental carrying capacity and self-control capacity of life-support systems of wetlands.
- (5) Carrying capacity of semi-constructed wetland ecosystem includes natural initial bearing capacity and social acquired bearing capacity. To be specific, it includes the initial carrying capacity of natural resources, the initial bearing capacity of natural environment, the

initial resilience of ecosystem, and acquired bearing capacity of natural resources, acquired bearing capacity of the environment, acquired resilience of ecosystem, and so on.

(6) The valuation of the functions of semi-constructed wetland ecosystem refers to estimation of the total “value” of the service functions provided by wetlands, rather than that of the value composition of semi-constructed wetland, which includes cost value and service value of wetlands estimates.

(7) Shadow wetlands refer to the further idealized or virtualized wetland on the base of the true wetland. The establishment of such a reference is necessary for the current true reference method has some weakness, but also because “health” itself is an imprecise concept. Secondly, in most cases health reflects a desire or expect of people in the reality. Furthermore, the method of shadow-reference wetland has good reproducibility, and is simple and convenient.

(8) The model of health diagnosis for semi-constructed wetland ecosystem has to consider the organic combination of the various subsystems, including the coordination degree between them. The model of holistic health diagnosis - Health Quotient is a representation way of trends of semi-constructed wetland ecosystem health development. It can reflect the trend of dynamic change of semi-constructed wetland ecosystem health. But only combining the holistic health quotient of wetlands to its inner health degree can people obtain a clear picture of the overall health system.

(9) Eight conclusions are drawn in case study: ① The relative residual value of the synthetic carrying capacity of water resource in the study area is the largest, followed by land resources, the last is biological resources. Overall, the resource carrying capacity is still in the weak load and health status, but has been lurking in a potential crisis, namely, that people so far only focus on the use of initial carrying capacity, but neglect to upgrade the acquired capacity. ② The carrying capacity of water environment in the study area is already in a state of overload, and the relative residual value of the synthetic carrying capacity of soil is a little bit positive, but single factors (especially Cd) restrict so severely that the value of the overall carry capacity of soil environment are in the state of the critical overload. ③ Bearing capacity of the atmospheric environment is less-loaded, but some factors are overloaded. ④ The real resilience of ecosystem in case study in 2006, 2007 and 2008 were 0.8143, 0.9786, and 0.3922 respectively. The figure of the trend of temperature and precipitation changing rate per year shows that the resilience of ecosystem in study area would evolve to morbid level over the next few years if positive measures wouldn't be taken to further increase the green area and improve the survival rate of afforestation. ⑤ The manifestation integrated index of the structure of semi-constructed wetland is 0.3036, contributing to the level of common morbidity class. The function performance index (that is, actual approximate value/ideal approximate value) is 0.7548, contributing to the level of good health class. ⑥ In the study area the internal health composite index of semi-constructed wetland, the internal harmony coefficient, and the integrated internal health index is 0.4572, 0.9157, and 0.6578 respectively. Intrinsic health of wetlands is in good health level. ⑦ In the study area, the holistic health quotient of

semi-constructed wetland is 0.9592, less than 1. It indicates that the current semi-constructed wetland ecosystem is in a state of overall healthy development inversely and the adverse impact of outside interferences to the health of wetland ecosystems plays a dominant role. Combined with the internal health of the study area, we can see that the semi-constructed wetland ecosystem trends to develop from good health state to the general pathological degree due to external interference, especially strong anthropogenic disturbances. ⑧ The book discusses the three possible models of semi-constructed wetland development and utilization in the study area, that is the modern intensive dike-pond system model of ecological engineering, the natural wetland reserve model, and the wetland park mode. Compared from the management objectives, protection objects, comprehensive benefits, trends and potential, the wetland park mode has great advantages that can make the semi-constructed wetland ecosystem be in a state of positive, smooth and coordinated development, even although these three models have the possibility of practice.

**Key words:** Semi-constructed wetland ecosystem, health assessment, carrying capacity, internal health, holistic health, Wangqingsha of Guangzhou

# 目 录

第1章 绪论	1
1.1 选题背景	1
1.2 文献综述	2
1.3 本书的研究内容、意义和路线	21
1.4 本章小结	29
第2章 人工次生湿地生态系统健康评价基础理论探讨	30
2.1 复合生态系统理论	30
2.2 承载力理论	31
2.3 生态系统稳定性理论	31
2.4 可持续发展理论	32
2.5 系统理论	33
2.6 景观格局-过程理论	34
2.7 本章小结	36
第3章 人工次生湿地、人工湿地与自然湿地比较分析	37
3.1 区位比较	37
3.2 资源环境背景比较	38
3.3 结构比较	40
3.4 功能比较	43
3.5 干扰比较	45
3.6 分类系统比较	47
3.7 利用方式及景观格局分析	51
3.8 本章小结	51
第4章 人工次生湿地生态系统承载力分析	54
4.1 承载力的概念与内涵	54
4.2 湿地承载力的认识与理解	57
4.3 人工次生湿地生态承载力估算的方法论体系	60
4.4 本章小结	80

第5章 人工次生湿地生态系统健康表现分析.....	81
5.1 结构表现分析.....	81
5.2 功能表现分析.....	90
5.3 本章小结.....	115
第6章 人工次生湿地生态系统健康压力分析.....	117
6.1 干扰研究进展简述.....	117
6.2 人工次生湿地干扰类型分析.....	118
6.3 河口型人工次生湿地综合干扰强度评价.....	123
6.4 本章小结.....	131
第7章 人工次生湿地生态系统内在健康与整体健康分析.....	132
7.1 人工次生湿地内在健康分析.....	132
7.2 人工次生湿地整体健康分析.....	136
7.3 本章小结.....	137
第8章 广州南沙区万顷沙人工次生湿地生态系统健康评价实证研究.....	138
8.1 研究区背景概况.....	138
8.2 研究区湿地及景观分类.....	139
8.3 研究区基础数据采集.....	142
8.4 研究区人工次生湿地健康基础评价.....	180
8.5 研究区人工次生湿地健康表现分析.....	208
8.6 研究区人工次生湿地健康压力评价.....	234
8.7 研究区人工次生湿地内在健康与整体健康评价.....	241
8.8 研究区人工次生湿地健康管理.....	244
8.9 本章小结.....	251
第9章 结论与展望.....	254
9.1 主要研究结论.....	254
9.2 主要创新点.....	260
9.3 本书的不足.....	260
9.4 研究展望.....	261
参考文献.....	262
附录.....	284
研究区植物名录.....	284
研究区鸟类名录.....	289

# 第1章 绪论

## 1.1 选题背景

环境与发展是当前国际社会普遍关注的重大问题。据不完全统计,近年来由于生态问题(生态破坏和环境污染)所造成的经济损失,约占全球总收入的14%。生态问题已成为事关国家或区域生态安全的战略性问题,引起了全世界的普遍关注。作为区域环境管理的新目标和分析研究的新方法,生态系统健康研究被许多组织和学者所重视,成为目前生态环境研究中的一个热点。

湿地是由喜水生物和过湿环境构成的特殊自然综合体,是具有多种环境功能的生态系统。它位于生物圈、水圈、岩石圈和大气圈的交汇处,是一种典型的地理界面系统,成为各种能流、物流和信息流的交换与作用场所。由于湿地的这些特殊性,决定了湿地生态系统容易受到干扰,也易于遭受破坏,而且难以恢复;湿地健康状况又直接影响着毗邻的陆地和海洋深水生态系统的健康,直接或间接地影响着人类的健康水平。在世界自然保护联盟(IUCN)、联合国环境规划署(UNEP)和世界自然基金会(WWF)发表的《世界自然保护大纲》中,湿地与森林、海洋一起并称为全球三大生态系统(王洋,2005;陈华芳,2004)。它不但具有丰富的资源潜力,还具有巨大的环境调节功能、广泛的生态功能和环境生态效益,被誉为“地球之肾”。湿地是人类最重要的环境资本之一,与人类的生存和社会发展息息相关。然而,长期以来,由于人类的认识不足和掠夺性开发,湿地业已成为全球最受威胁的生态系统之一。城市化、工业化、道路建设及废物处理等导致湿地面积不断萎缩;农业灌溉、挖渠、拓荒、围堰、筑堤等引发湿地水文状况急剧改变;工业和生活废物排放、农业营养物及农药流失、表层及地下水盐渍化等引起湿地水质不断恶化;过度捕、猎、牧、采则直接造成湿地产品利用的不可持续性;而外来物种入侵、不合理的管理及失误的恢复操作造成湿地严重改变,甚至丧失。据 Maltby 研究,1900—1980年,全球湿地减少了约50%,美、葡、荷、法、德、意、西班牙等国已损失了本国一半以上的湿地。而在中国,近40年来由于围垦造地、乱砍滥伐等活动使沿海湿地减少了50%以上。目前,中国约40%的重要湿地正因社会经济发展而受到严重退化的威胁(吕宪国,2004)。因此,在全球资源、环境、人口等问题多重挑战面前,湿地无论是作为一种多功能的生态系统,还是作为一种具有生物多样性的人类生存环境,对它进行深入系统的研究、合理利用和科学保护已成为当前环保的热点,受到世界各国政府,以及地理学、生物学、环境学等学科的众多学者越来越多的关注。

现代社会,科学由“各立门户”走向“综合”是时代的潮流与必然。一门学科借鉴其他学科的一些知识,可能使之找到一条崭新的发展思路和途径。这种学科间的联盟,可以

消除不同领域科学工作者之间的鸿沟,使之能够共同应对人类面临的挑战,为区域实现可持续发展提供强有力的科学支持。从区域角度观察和研究自然综合体,是地理学的学科优势。在地理学综合思维的指导下,综合环境学、生态学、经济学等学科知识,从资源方面分析区域自然条件、评价地理单元,使自然资源得到持续保持与利用;从环境和生态方面,根据生态系统中非生物成分和生物成分的变化,判断区域环境生态目前是否恶化以及未来恶化的可能,预测环境生态的变化趋势,为区域环境生态的评价、整治和保护提供科学的决策依据。湿地生态系统的界面特性,决定了其多学科综合研究的必要性和可能性。

由于科技的发展、资源的开发和经济的增长,20世纪成为至今人类物质文明最发达的时代。但是,同时由于人口爆炸、资源短缺、环境恶化和生态失衡,这个世纪也是地球生态环境和自然资源遭到破坏最为严重的时期,世界大多数国家的植被生态系统都在不同程度地退化。正是在这一背景下产生了生态系统健康研究。湿地是地球上一种独特的自然综合体和水陆复合生态系统。它不仅为人类的生产、生活提供了多种资源,而且还具有巨大的环境功能和效益,与人类的生存、繁衍、发展息息相关。然而,随着人口和经济的增长,人口与资源、环境与发展的矛盾日趋尖锐,兼有水陆生态系统双重特征的湿地,因其具有多种生态功能和社会经济价值,长期以来一直成为人类开发利用的对象,湿地正遭受着不断被开发、围垦和污染的威胁与压力。近年来,湿地日益受到世界各国众多学科学者与政府管理部门的极大关注,成为国内外研究的热点领域,而作为全新研究领域的湿地健康研究更是备受关注。

## 1.2 文献综述

### 1.2.1 生态系统健康及相关研究进展

#### 1.2.1.1 生态系统健康学的产生与发展

(1) 生态系统健康学发展简史。“健康”是一个复杂的生物学现象和社会学现象(任晓晖,2001)。它原是医学上的一个概念,被定义为“无疾病,或没有生理机能失调”,“是一种在身体、精神和社会上的完好与协调状态”。在医学上,“健康”一词最初用于人体,后来逐渐用到动植物体上。自工业化以来,人类破坏和改变自然生态系统的规模和强度越来越大,地球生态环境和自然资源的破坏不断加剧,出现了许多严重的环境污染和破坏事件,直接或间接地影响到了人类自身的健康。基于人类自身保护即公众健康的环境保护,使得医学专家率先将医学模型扩展到自然环境保护,“健康”概念被应用到环境学和医学的交叉研究领域,出现了环境健康学和环境医学。自然地,“健康”一词被引入了生态学,但这只是一种暗喻或拟人化手法。在科学领域中,暗喻经常用来指那些领域间差别很大却又有共同之处的现象,用它通过相应的规则来恰当地转换概念和模型(Rapport, 1977)。在生态系统评价中,健康暗喻提供了一种交流的语言,即信号、诊断指标、功能障碍、生态系统疾病,而这些措辞都是公众所熟知的。用健康来比拟生态系统,其实无形之中已将其看作了一个“有机体”。虽然生态系统不是有机体,但却是包含着生命超有机体的复杂组织,生态系统的一些特征,如波动和衰退,都可认为是生态系统健康与否的某些症状。

因此,“健康”的概念也可用于各类生态系统。将描述个体和种群健康的概念扩展到生态系统,有助于提醒我们不仅要关注无机领域的环境破坏,更应关注整体(包括无机成分和生物成分)的生态系统状况。

第一个提出健康与生态系统关系的人是苏格兰医学家、地质学家 James Hutton, 他于 1788 年提出把整个地球看作一个大的完整的有机体的观点。

1881 年,动物学家 Semper 把有机体比拟扩大到物种之间的关系上,认为群落是“一个庞大的有机体”,“这些物种经由最为纷繁复杂的生理关系而相互依赖着,其情形像一个健康生活着的有机体的器官”。

1916 年,生态学家 Clements F. E. 提出群落演替概念和顶极群落论断,认为生态系统(当时尚未使用此术语)是一个生命个体,有健康和不健康的属性,并用生命循环来描述生态演替现象。

美国生态学家、土地伦理学家 John A. Leopold 于 1941 年提出著名的“land health”概念,把“土地有机体健康”作为内部的自我更新能力,认为考虑“土地有机体健康”应当与人们考虑个人有机体的健康一样,并使用“land sickness”来描述土地的功能紊乱。20 世纪 60 年代,他将此概念进一步升华为“landscape health”,认为土地的自我再生能力是景观健康的重要表现。

英国科学家 Lovelock J.E. 于 1969 年提出 Gaia 假说。1979 年在《*Gaia: a New Look at Life on Earth*》一书中,系统地阐述了 Gaia 理论假说,认为地球生物圈作为一个整体与生命有机体个体是对等的,生态系统包括像景观这样复杂的系统也同生物个体一样存在着健康的优劣问题,但并不是说这些高等级的系统与个体以同样的方式起作用,而是阐述一个功能正常、可持续的生态系统是可能存在的。

20 世纪 70 年代,在 Odum 倡导下兴起了生态系统生态学,继承了 Clements 的演替观。Odum (1979) 认为,顶极生态系统即是健康的生态系统。与此同时,Woodwell (1970) 和 Barrett (1976) 极力提倡胁迫生态学,指出生态系统在外界胁迫下产生的种种不健康症状。70 年代末,Rapport 等提出“ecosystem medicine”概念,将生态系统作为一个整体进行评估,认为由于人类的影响,致使生态系统遭受破坏,对其症状的诊断需要多学科综合进行。此后,该理念逐渐发展成为“生态系统健康”的概念。

进入 20 世纪 80 年代,Costanza 和 Rapport 等科学家认为,现在世界上的生态系统在胁迫下出现了问题,不能像过去一样为人类服务。他们认为,生态系统健康的概念可引起公众对环境退化问题的关注。1988 年,Schaeffer 等首次探讨了生态系统健康的度量问题;1989 年,Rapport 论述了生态系统健康的内涵。1989 年,国际“水生生态系统健康与管理学会”在加拿大成立,这是国际上首次成立的有关生态系统健康的学术团体。

1990 年 10 月,学术界、政府、商业和私人组织等各界代表在美国召开了关于生态系统健康定义专题讨论会。1991 年 2 月,国际环境伦理学会召开了“从科学、经济学和伦理学定义生态系统健康”讨论会。1992 年,美国国会通过了《森林生态系统健康和恢复法》。同年,《*Journal of Aquatic Ecosystem Health*》杂志诞生。1994 年,第一届“国际生态系统健康与医学研讨会”在加拿大渥太华召开,就生态健康评价、人与生态系统关系、生态系统健康政策等方面展开了讨论,并成立了“International Society for Ecosystem Health”学会(简称 ISEH)。由此,在全球展开了生态系统健康的基本理论与方法研究。1995 年,



《Ecosystem Health》和《Journal for Ecosystem Health and Medicine》两个杂志创刊。1996年, ISEH 在丹麦哥本哈根召开第二届“国际生态系统健康学研讨会”。1999年, “国际生态系统健康大会——生态系统健康的管理”在美国加州召开。

Costanza、Rapport 等主编的有关生态系统健康的专著, 对生态系统健康进行了较全面的论述。生态系统健康研究相关杂志的发行、专著的出版、相关学术团体的成立及其活动, 有力地推动了生态系统健康的研究。

综上所述, 可以看出, 直到 20 世纪 80 年代末期“生态系统健康”才被真正提出来, 并于 90 年代初在可持续发展思想的推动下, 在传统的自然科学、社会科学和健康科学相互交叉和综合的基础上发展成为一门新学科——生态系统健康学。国际生态系统健康学会将生态系统健康定义为: “研究生态系统管理的预防性的、诊断性的和预兆性的特征, 以及生态系统健康与人类健康之间关系的一门综合的科学”。它强调生态系统直接功能和潜在功能的效益范围、效益发挥过程及其引发的社会环境系统和人类系统的健康程度。

虽然作为全新研究领域的“生态系统健康学”进行系统研究的时间只有 10 余年, 但与之相关的理念与思想却有不短的历史, 近年来与之相关的研究也异常活跃。迄今, 全球的生态系统健康研究已经涉及了绝大多数的生态系统类型。

(2) “生态系统健康”概念与特征。虽然“健康”是医学中最重要的概念之一, 但至今尚未有一个科学的定义。同样地, “生态系统健康”的概念与内涵至今在学术界也未取得共识, 不同学者对生态系统健康的理解和表述不同。国际上关于“生态系统健康”概念表述较有代表性的观点简列如下:

Karr 等 (1986, 1987, 1993) 认为无论是个体生物系统或是整个生态系统, 如果其潜能能够得到实现, 状态稳定, 受干扰时具有自我修复能力, 管理也只需要最小的外界支持, 这样的生态系统就是健康的。并从生物群落结构和功能的完整性出发, 指出健康的生态系统是“有能力供养并维持一个平衡、完整、适应的生物群落, 此群落由若干物种组成并且构成一个有功能的组织”。1993 年 Karr 进一步认为生态系统健康就是生态完整性, 并率先在对河流评价中建立和使用“生物完整性指标”(Index of biotic integrity, IBI)。

Holling (1986) 认为一个健康生态系统在面对干扰时, 有保持其结构和功能的能力, 恢复能力越大, 系统越健康。

Schaeffer 等 (1988, 1992) 指出健康即“没有疾病”(absence of disease), 认为当生态系统的功能阈限没有超过时, 生态系统就是健康的。

Rapport (1989, 1998, 1999) 认为生态系统健康的定义可以根据人类健康的定义类推而来, 指出一个健康的生态系统表现出某些复杂自组织系统的基本特征, 如一体化、分异和集中化等特征。他于 1998 年和 1999 年总结认为“以符合适宜的目标为标准来定义一个生态系统健康的状态、条件或表现”, 并强调生态系统健康概念不单纯是一个生态学上的概念, 而是一个将生态、社会经济、人类健康三个领域整合在一起的综合性概念, 它包含了对生态系统功能状态与维持能力以及被人类活动损害程度等多方面的评价, 其目标是建立兼顾社会经济价值和生态保护的双赢策略, 其内涵表现为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。

Costanza (1992, 1999) 认为“如果一个生态系统稳定而且可持续, 即踏实活跃的, 并且随时间的推移能够维持其组织力和自主性, 对外界压力具有抵抗力(即弹性), 那么