生态系统健康与环境管理

孔红梅 ,赵景柱 ,吴钢 ,马克明(中国科学院生态环境研究中心系统生态开放实验室 ,北京 100085)

摘要 :环境管理和生态系统健康是密不可分的 ,生态系统健康是环境管理的目的 ,生态系统健康为环境管理提供了新的思路 、新的方法 ,健康的生态系统为实现区域可持续发展提供技术支撑和发展基础 .生态系统健康的发展演替过程是优化环境管理的步骤 .优化的环境管理为生态系统健康发展提供宏观决策和社会经济保障 .本文从学科发展的角度论述了生态系统健康产生的背景 、理论基础和应用途径 ;从学科交叉的角度论述了生态系统健康的评价和与环境管理的关系 .提出了环境管理的目标 :健康的生态系统 → 健康的环境 → 健康的食品 → 健康的人类生态系统 → 健康的社会发展 .

关键词 :生态系统健康 ;评价体系 ;环境管理
中图分类号 : X22 文献标识码 : A 文章编号 :0250-3301 (2002) 01-05-0001

Ecosystem Health and Environmental Management

Hongmei Kong , Jingzhu Zhao , Gang Wu , Keming Ma(Department of Systems Ecology , Research Center for Eco-Environmental Sciences , Chinese Academy of Sciences , Beijing 100085 , China)

Abstract : Ecosystem health is very relational to environmental management . Ecosystem health is the aim of environmental management . Ecosystem health provides new thoughts and new methods to environmental management . Healthy ecosystem is a fundamental basis to realize regional sustainable development . The succession process of ecosystem health is the preparation to optimize environmental management . At the same time , optimized environmental management provides macro decision-making and social and economic ensurance for ecosystem health . From the view of subject development , this paper deals with the background , theoretical fundament and application process of ecosystem health and also deals with the relationship between ecosystem health assessment and environmental management . The paper puts forward the aim of environmental management : healthy ecosystem → healthy environment → healthy foods → healthy human ecosystem → healthy social development .

Keywords : ecosystem health ; assessment system ; environmental management

由于现代科学技术的高速发展 ,全球经济高速增长 ,与此同时 ,全球性和区域性的环境问题(如温室效应 、水资源和水污染问题 、酸雨 、生物多样性衰减 、水土流失 、土地荒漠化等) 逐渐加剧 ,严重威胁到了人类生态系统的健康 .地球自然的生命支持系统受到了严重的干扰和破坏 ,自然生态系统对人类和环境的服务功能大大减弱 ,人们开始重视人类生存的持续性问题 ,随即出现了“公众健康学(public health science) ”和“环境健康学(environmental health science) ”[1 ,2] .1941 年 ,Aldo Leopold 定义了“Land health” ,并使用“Land sickness”来描述土地功能紊乱(dysfunction)[3] ,1942 年在新西兰出版了《Soil and Health》杂志 ,积极倡导有机农业 ,并以“健康的土壤 → 健康的食品 → 健康的人”为研究主题[4] .Schaeffer 等(1988) 首次探讨了生态系统健康的度量问题 ,但是没有给出明确的定义[5] .Rapport (1989) 首次论述了生态系统健康的内涵 ,认为生态系统健康是指一个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 ,并认为生态系统健康可以通过活力(vigor) , 组织结构(organization) 和恢复力(resilience) 3 个特征来定义 .活力表示生态系统的功能 ,可根据新陈代谢或初级生产力等来测度 ;组织结构可根据生态系统组分间相互作用的多样性及其数量来评价 ;恢复力可根据结构和功能的维持

基金项目 :国家自然科学重点基金项目(79930800) ,中国科学院创新研究项目(KZCX2-405 , RCEES 9903)
作者简介 :孔红梅(1964 ~) ,女 ,副编审 ,在职博士生 .
收稿日期 :2001-07-09

程度和时间来测度[6].

1 生态系统健康学与健康的生态系统的关系

生态系统健康学是研究生态系统的预防性的、诊断的和预兆的特征,以及生态系统健康与人类生态健康之间关系的一门系统的科学[7].它强调生态系统直接功能和潜在功能的效益范围、效益发挥过程及其生态系统引发的社会环境系统和人类系统的健康程度.重点研究生态系统内部及自然生态系统、社会经济系统和人类系统间的健康作用机制、健康标准及其方法学[8].追求生态系统的良性循环和合理结构及其优化管理.

健康的生态系统是生态系统健康学研究的目标和研究结果,是衡量生态系统结构、功能的标准.是实现自然生态系统、社会经济生态系统和人类生态系统协调发展的基本条件.是实现区域可持续发展的保障.

健康的生态系统是针对某一个或某一尺度的生态系统而言的.在一个特定的区域内,一个或单一尺度健康生态系统并不一定决定其它生态系统或区域复合生态系统是健康的,但是一个或某一尺度不健康的生态系统必然会影响到其它生态系统或区域复合生态系统的健康程度.如自然生态系统的破坏,会导致区域自然灾害发生频繁和加剧,致使区域环境恶化,从而必然导致区域社会经济系统不可持续,影响人类生态系统的健康程度.

生态系统健康学是针对特定区域复合生态系统而言的.它是研究多个或多尺度系统内部和之间的健康作用机制和作用过程,它研究生态系统不健康因子对生态系统结构和功能的制约程度及在生态系统间的传递影响过程和影响程度.它追求健康的自然生态系统→健康的环境系统→健康的食品→健康的人类→健康的社会经济系统.

健康的生态系统为生态系统健康学提供评价标准、实体模式和研究条件,生态系统健康学为健康的生态系统提供理论基础、技术支撑和管理方法.

2 生态系统健康的理论基础

生态系统健康最为关心的是生态系统功能紊乱的辨识、诊断方案、有效指标的设计及健康评价体系[9],从这一点上讲,生态系统健康更接近一门实践,但是有很多学科的科学问题体现在生态系统健康学这门实践里.生态系统健康学另一关心的问题是生态系统功能的幅值,组织结构的负荷能力(capacity),生态系统的恢复能力(resilience)和生态系统的扩散能力(irradiation),从这一点上讲它又是多门学科的交叉科学[10].生态系统健康学的理论基础强调人类科学、医学、预防医学与环境科学、生物学、生态学的理论交叉.生态系统健康的目的是为人类提供健康的生存环境、为人类提供健康的食品,从这一点上可见,生态系统健康学必须依据人类科学、医学、预防医学和环境科学、生物学、生态学的理论为基础[11].生态系统健康同时也要关心社会的持续发展、关心人类生态系统、自然生态系统、社会生态系统和经济生态系统的协调性、耦合性,因此,社会科学、经济科学方面的理论也是生态系统健康的理论基础(图1).生态系统健康学的有关问题,必须综合自然科学、社会科学和健康科学等多门学科的理论知识才能得到解决.可见,生态系统健康学既是一门科学,又是科学的实践.

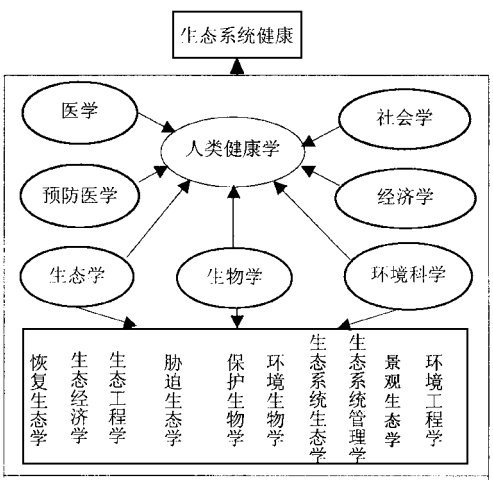

图1 生态系统健康的理论体系

Fig.1 The theoretical system of ecosystem health

3 生态系统健康的评价体系

健康生态系统的核心内容是生态系统健康

的结构和健康的功能,要了解生态系统的结构和功能,就必须了解生态系统的形成、演变、过程、特征及其发展规律,必须了解生态系统与环境因子的作用机制[12].

健康的生态系统是稳定的和可持续的,在时间和空间上,能够维持它的组织结构和系统内部的调节[13].健康的生态系统具有很强的对胁迫因子的负荷能力和恢复能力,因此对生态系统健康评价最重要的指标应是生态系统的完整性(integrity)、适应性(adaptability)和效率(efficiency).这一胁迫因子的负荷能力和恢复能力可以表现在很多方面,如森林生态系统的自我更新能力、抗边际效应能力、系统内食物链的持续能力、生物多样性的维持能力、抗自然灾害能力、抗污染能力等;土地生态系统的抗污染能力、土壤生物(主要是微生物)的多样性维持能力、土壤的酸碱缓冲能力、持水能力、营养元素的持续维持能力等[14].水生态系统可以通过指示生物种(如浮游生物、底栖无脊椎动物、最高营养顶级的生物、最敏感生物等)[15]和指标体系方法(如生态毒理学方法、流行病学方法、兽医学方法、生物药物学方法、完整水生态系统测试实验方法、社会经济学指标和生态指标相结合的方法等)进行健康评价.评价生态系统健康首先要选用能够表征生态系统主要特征的参数;其次要对这些特征进行归类区分,分析各个特征的生态健康的意义;再次是对这些特征因子进行度量,确定每个特征因子在生态系统健康中的权重系数,每类特征因子在生态系统健康中的比重;最后确定生态系统健康的评价方法,建立生态系统健康的评价体系.针对不同区域范围的生态系统、不同类型的生态系统,其特征因子、特征因子的权重、各类特征因子的比重及评价指标体系是不一样的,它要依据生态系统的组织结构、演变规律、服务目标、经营目的的不同而不同[16].评价生态系统健康需要基于生态系统结构的维持能力、生态系统功能过程及生态系统胁迫下的恢复能力等确定指标(图2).但总的来看,可以归纳为5大类,① 生态系统的活力(vigor of ecosystem):表示生态系统的功能,可以根据生态系统的新陈代谢或初级生产力、服务质量和服务能力(直接服务能力和潜在服务能力);② 生态系统的组织结构(organization of ecosystem):可根据生态系统组分间相互作用的多样性及数量、生态系统结构层次多样性和生态系统内部的生物多样性等来评价;③ 生态系统的负荷能力(capacity of ecosystem):可根据生态系统对外来干扰的承受能力来表示;④ 生态系统的恢复力(resilience of ecosystem):当生态系统受到胁迫后,胁迫因子作用过程中或停止胁迫因子作用后,生态系统的自身恢复能力或自救能力[17~20];⑤生态系统的扩散力(irradiation of ecosystem):主要指生态系统对周边环境的影响,它包括生态系统组织结构的扩散和服务功能的扩散,有些生态系统的扩散能力强是有利的(如森林生态系统),有些生态系统的扩散能力强是不利的(如荒漠生态系统)[21].

4　生态系统健康与环境管理

生态系统健康是环境管理的一个新方法.健康的生态系统意味着生态系统能正常发挥功能,能实现生态系统的最佳服务[22].剖析生态系统健康与环境管理的关系(图3),可以体现在5个方面:

(1) 生态系统健康是环境管理的基础.进行生态系统健康研究首先要了解生态系统的演变(或演替规律),了解生态系统的结构功能状况,分析生态系统的直接功能和潜在功能及功能发挥状况,知道怎样度量生态系统健康,用哪些指标定性和定量的度量,如何评价生态系统的健康程度.在特定的区域环境中,这些问题同样也是环境管理必须进行的工作.环境管理强调各个子系统间的和谐性、互促互利性,追求最佳的综合效益(生态效益、经济效益、社会效益和有机耦合的综合效益),追求环境资源、环境效益的可持续性[23].可见,持续健康的生态系统是环境管理的基础.

(2) 生态系统健康是环境管理的目的[24].生态系统持续健康要求自然生态系统为人类生态系统和社会经济生态系统提供最大限度的持

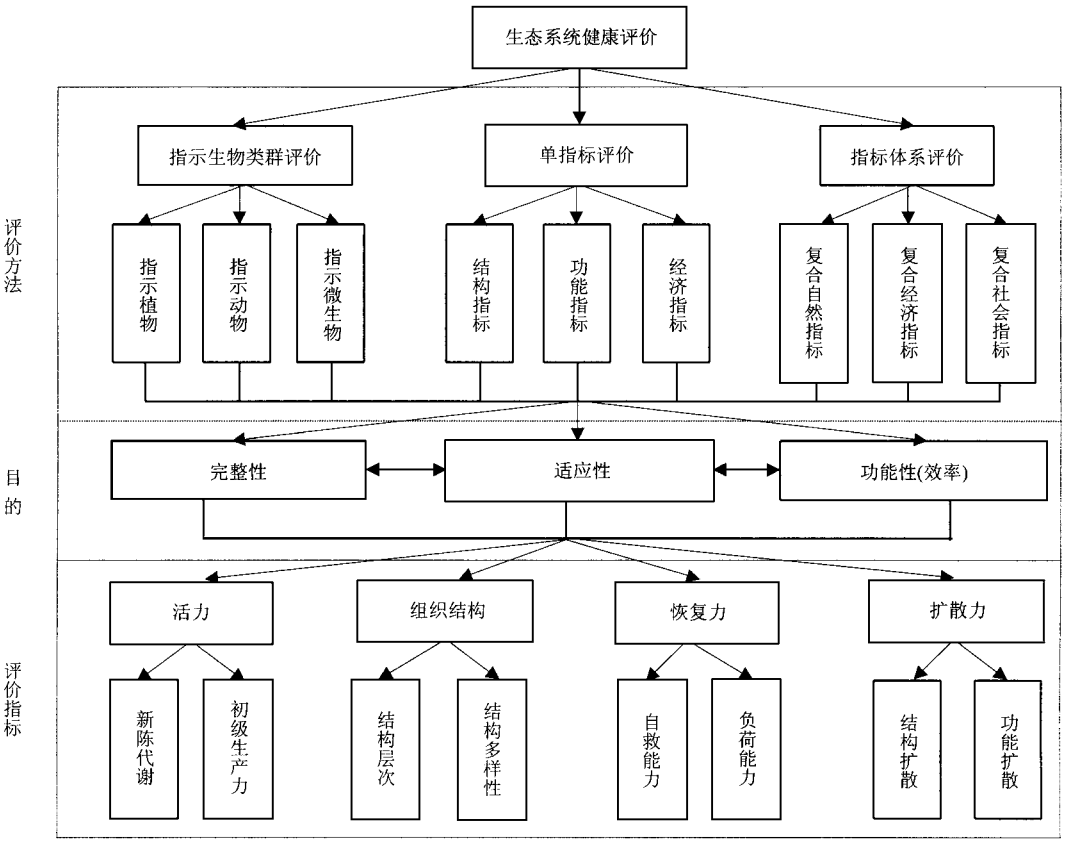

图 2 生态系统健康评价体系

Fig .2 The assessment system of ecosystem health

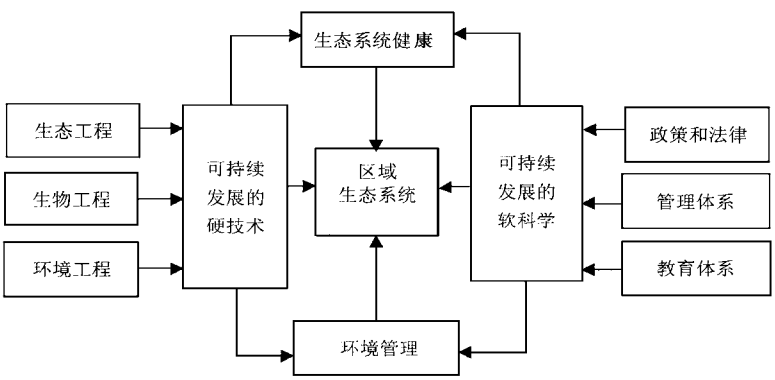

图 3 生态系统健康和环境管理的关系

Fig .3 The relationship between ecosystem health and environmental management

续稳定的服务;人类生态系统和社会经济生态系统为自然生态系统的演变(或演替)、结构和多样性的维持提供最适宜的技术和生境的保障[25].生态系统健康与人类健康的关系、环境变化与人类健康的关系是生态系统健康研究的核心内容,环境管理的目标是自然与人类的和谐,资源和社会经济的可持续发展,可见二者是统一的.

(3) 生态系统健康理论为环境管理提供新的手段、技术支撑和管理方式.生态系统功能的正常发挥是人们普遍关心的问题,是实现可持续发展的基础条件[26].一个健康的生态系统在时间上能够维持它的组织结构和系统自治.生态系统健康是可持续发展的硬技术(生态工程技术、环境工程技术、生物工程技术、生态系统保护和恢复技术等)和软科学(区域内各类型生态系统的科学管理、政策法规、全民环境教育等)的交叉、耦合的结果,因此可以说生态系统健康是环境管理的技术支撑和管理措施[27].

(4) 生态系统健康程度是环境管理中的主要生态问题.生态系统健康与否,主要体现在生态系统的结构、功能、活力(vigor)、恢复力(resilience)、扩散力(irradiation)等特征上[28].功能紊乱、结构退化的生态系统必定造成恢复力弱、负荷能力小的结果.如衡量土地生态系统不健康的特征有:侵蚀量大、肥力丧失、水文反常、某些物种非经常性的数量爆发或莫名其妙的局域性灭绝、农林产品产量减少和质量退化等[29],这些特征的出现或其中某些特征的出现均反映出土地生态系统功能的紊乱,即不健康的标志.这些现象也称生态系统危困综合症(ecosystem distress syndrome).这些问题同样也是环境管理所面临的主要问题,它直接制约着区域的可持续发展.

(5) 优化的环境管理是生态系统健康的社会保障.优化的环境管理和生态系统健康是分不开的,二者缺一均不能实现,优化的环境管理为生态系统健康发展创造了良好的生境,提供了社会保障.生态系统健康是优化环境管理的目的.二者作用于区域复合生态系统,促使区域复合生态系统良性循环,健康发展[30].生态系统健康是探讨区域生态系统和环境因子的作用机制,探讨区域生态系统内部因子间的作用规律,环境管理是保障生态系统健康发展的先决条件.二者存在复杂的作用与反作用的关系.

参考文献:

1 Rapport D J. What constitute ecosystem health? Perspectives in Biology and Medicine, 1989, **33**: 120 ~ 132.
2 Rapport D J, Whitford W G. How ecosystems respond to stress: common properties of arid and aquatic system. BioScience, 1989, **49**: 193 ~ 203.
3 Vitousek P M et al. Human Domination of earth's ecosystems. Science, 1997, **277**: 494 ~ 499.
4 曾德慧, 姜凤岐, 范志平. 生态系统健康与人类可持续发展. 应用生态学报, 1999, **10**(6): 751 ~ 756.
5 Schaeffer D J, Henricks E E, Kerster H W. Ecosystem health: I. Measuring ecosystem health. Environmental Management, 1998, **2**: 397 ~ 402.
6 Rapport D J, Costanza R, Mc Michael A J. Assessing ecosystem health. Trends in Ecology and Evolution, 1998, **13**: 397 ~ 402.
7 Harwell M A, Myers V, Young T et al. A framework for an ecosystem integrity report card. BioScience, 1999, **49**: 543 ~ 556.
8 Costanza R, Mageau M. What is a healthy ecosystem? Aquatic Ecology, 1999, **33**(1): 105 ~ 115.
9 Colwell R. Global climate and infectious disease: the cholera paradigm. Science, 1996, **274**: 2025 ~ 2031.
10 Rapport D J. Ecosystem services and management options as blanket indicators of ecosystem health. J. Aquat. Ecosyst. health, 1995, **4**(2): 97 ~ 105.
11 Ryder R A. Ecosystem health, a human perception: Definition, detection, and the dichotomous key. Journal of Great Lakes Research, 1990, **16**(4): 619 ~ 624.
12 Steedman R J. Ecosystem health as a management goal. Journal of the North American Benthological Society, 1994, **13**(4): 605 ~ 610.
13 Wicklum D. Ecosystem health and integrity? Can. J. Bot./Rev. Can. Bot, 1995, **73**(7): 997 ~ 1000.
14 Costanza R. The value of the word's ecosystem services and natural capita. Nature, 1997, **387**: 253 ~ 260.
15 Leppard G G, Munawer M. The ultrastructural indicators of aquatic ecosystem health. J. Aquat. Ecosystem Health, 1992, **1**(4): 309 ~ 317.
16 Botsford L W, Castilla L C, Peterson C H. The management of fisheries and marine ecosystems. Science, 1997, **277**: 509 ~ 515.
17 Cairns J Jr. Protecting the delivery of ecosystem services. Ecosystem Health, 1997, **3**: 185 ~ 194.
18 Cairns J Jr, Munawar M. Ecosystem health through ecological restoration: Barriers and opportunities. J. Aquat. Ecosyst. Health, 1994, **3**(1): 5 ~ 14.
19 Cairns J Jr, Niederlehner B R. Ecosystem health concepts as a management tool. J. Aquat. Ecosyst. Health, 1995, **4**(2): 91 ~ 95.
20 Cairns J Jr, Atkinson R B, Niederlehner B R. Applying ecosystem health concepts as management tools. 37th Conference of the Internation Association for Great Lakes Research and Estuarine Research Federation: Program and Abstracts. Iagle, Bufalo, NY (USA), 1994, 166.
21 Daily G. Restoring value to the world's degraded lands. Science, 1995, **269**: 350 ~ 354.
22 Kaly U L, Jones G P. Mangrove Restoration: A Potential Tool for Coastal Management in Tropical Developing Countries. Ambio., 1998, **27**(8): 656 ~ 661.
23 Kolb T E. Concepts of forest health: utilitarian and ecosystem perspectives. Journal of Forestry, 1994, **92**: 10 ~ 15.
24 Gallopin G C. The potential of agroecosystem health as a guiding concept for agricultural research. Ecosystem Health, 1995, **1**: 129 ~ 141.
25 Noble I R, Dirzo R. Forests as human-dominated ecosystems. Science, 1997, **277**: 522 ~ 525.
26 Mageau M T, Costanza R, Ulanowicz R E. Quantifying the trends expected in developing ecosystems. Ecological Modelling, 1997, **112**(1): 1 ~ 22.
27 Leopold J C. Getting a handle on ecosystem health. Science, 1997, **276**: 887.
28 Shear H. The development and use of indicators to assess the state of ecosystem health in the Great Lakes. Ecosystem Health, 1996, **2**: 241 ~ 258.
29 Geller E S. Psychological perspectives of ecosystem health. J. Aquat. Ecosyst. Health, 1994, **3**(1): 59 ~ 62.
30 Rolston H. Duties to endangered species. BioScience, 1985, **35**: 718 ~ 726.