

生态系统管理的概念及其要素*

任海** (中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

邬建国 (美国亚利桑那州立大学生命科学系, 凤凰城 AZ 85069)

彭少麟 (中国科学院广州分院, 广州 510070)

赵利忠 (内蒙古乌拉特前旗林业局, 乌拉特前旗 013000)

【摘要】 生态系统管理起源于传统的自然资源管理和利用领域, 形成于本世纪 90 年代. 它是指基于对生态系统组成、结构和功能过程的最佳理解, 在一定的时空尺度范围内将人类价值和社会经济条件整合到生态系统经营中, 以恢复或维持生态系统整体性和可持续性. 生态系统管理要求收集被管理系统核心层次的生态学数据并监测生态系统的变化过程. 生态系统管理的要素包括: 有明确的管理目标, 有确定的系统边界和单元, 基于对生态系统的深刻理解, 有适宜的尺度和等级结构, 理解生态系统不确定性, 可适应性管理, 强调部门与个人间的合作, 把人类及其价值取向作为生态系统的成分等. 生态系统管理的目标是实现生态系统的可持续性.

关键词 生态系统管理 生态系统可持续性 尺度

Concept of ecosystem management and its essential elements. REN Hai (South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650), WU Jianguo (Department of Life Sciences, Arizona State University West, Phoenix, AZ 85069 USA), PEN G Shaolin (Guangzhou Branch of Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510070). -Chin. J. Appl. Ecol., 2000, 11(3): 455 ~ 458.

Ecosystem management originates from the tradition fields of natural resources management and utilization, and develops in the 1990's. Based on our best understanding of the ecosystem composition, structure and function, and in definite spatiotemporal scales, it integrates human values and social-economic principles into managing ecosystems to restore and/or sustain ecosystem integrity and sustainability. Ecosystem management requires the collection of field data and the monitoring of ecosystem dynamics at multiple scales. The essential elements of ecosystem management include clear management goals, definite ecological boundaries and units, sound ecological understanding, appropriate scale and hierarchic structure, understanding of ecosystem uncertainty, adaptive management, cooperation between agency and individuals, and viewing human and its value as ecosystem components. The goal of ecosystem management focuses on ecosystem sustainability.

Key words Ecosystem management, Ecosystem sustainability, Scale.

1 引言

自本世纪 40 年代以来, 随着人口的增加、资源的开发、环境的变迁和经济的不断增长, 环境污染、森林破坏、水土流失和荒漠化等一系列世界性问题对人类生存和经济的持续发展构成了严重威胁. 恢复退化生态系统和合理管理现有的自然资源日益受到国际社会的关注. 基于过去的教训, 人们认识到传统的单一追求生态系统持续最大产量的观点必须改为寻求生态系统可持续性的观点, 资源管理也应从传统的单一资源管理转向系统资源管理. 要实现这一目标, 生态系统管理经营者需要与生态学家合作. 生态系统管理正是管理者与科学家之间的桥梁, 可以实现生态系统多个产出目标及其整体性(或可持续性)^[1,3,6,7,26]. 本文介绍生态系统管理的一系列基本概念, 并对该领域的最新进展以及有关重要问题作一总结.

2 生态系统管理的定义

对生态系统管理的定义, 不同群体或个人根据不同的出发点有不同的看法, 目前较有影响的定义有: 1) Agee 和 Johnson (1988): 生态系统管理涉及到调控生态系统内部结构和功能, 输入和输出, 并获得社会渴望的条件^[1]. 2) Overbay (1992): 利用生态学、经济学、社会学和管理学原理仔细地和专业地管理生态系统的生产、恢复, 或长期维持生态系统的整体性和理想的条件、利用、产品、价值和服务^[19]. 3) 美国林学会 (1992): 生态系统管理强调生态系统诸方面的状态, 主要目标是维持土壤生产力、遗传特性、生物多样性、景观格局和生态过程^[2,21]. 4) Goldstein (1992): 生态系统管理强

* 国家自然科学基金重大项目 (39899370)、中国科学院重大项目 (KZ951-B1-110) 和广东省自然科学基金重大项目 (980952) 资助.

** 通讯联系人.

1999 - 08 - 27 收稿, 1999 - 11 - 30 接受.

调生态系统的自然流(如能流、物流等)、结构和循环,在这一过程中要摒弃传统的保护单一元素(如某一群或某一类生态系统)的方法^[11]。5)美国林业署(1992~1994):生态系统管理是一种基于生态系统知识的管理和评价方法,这种方法将生态系统结构、功能和过程,社会和经济目标的可持续性融合在一起^[24]。6)美国内务部和土地管理局(1993):生态系统管理要求考虑总体环境过程,利用生态学、社会学和管理学原理来管理生态系统的生产、恢复或维持生态系统整体性和长期的功益和价值。它将人类、社会需求、经济需求整合到生态系统中^[25]。7)美国东部森林健康评估研究组:对生态系统的社会价值、期望值、生态潜力和经济的最佳整合性管理^[10]。8)Wood(1994):综合利用生态学、经济学和社会学原理管理生物学和物理学系统,以保证生态系统的可持续性、自然界多样性和景观的生产力^[28]。9)Grumbine(1994):保护当地(顶极)生态系统长期的整体性。这种管理以顶极生态系统为主,要维持生态系统结构、功能的长期稳定性^[12]。10)美国环保局(1995):生态系统管理是指恢复和维持生态系统的健康、可持续性和生物多样性,同时支撑可持续的经济和社会^[15]。11)美国生态学会(1996):生态系统管理有明确的管理目标,并执行一定的政策和规划,基于实践和研究并根据实际情况作调整,基于对生态系统作用和过程的最佳理解,管理过程必须维持生态系统组成、结构和功能的可持续性^[6]。12)Christensen(1996):集中在根本功能复杂性和多重相互作用的管理,强调诸如集水区等大尺度的管理单位,熟悉生态系统过程动态的重要性或认识生态过程的尺度和土地管理价值取向间的不相称性^[6]。13)Boyce & Haney(1997):对生态系统合理经营管理以确保其持续性,生态持续性是指维持生态系统的长期发展趋势或过程,并避免损害或衰退^[3]。14)Dale等(1999):生态系统管理是考虑了组成生态系统的所有生物体及生态过程,并基于对生态系统的最佳理解的土地利用决策和土地管理实践过程。生态系统管理包括维持生态系统结构、功能的可持续性,认识生态系统的时空动态,生态系统功能依赖于生态系统的结构和多样性,土地利用决策必须考虑整个生态系统。

由此可见,上述多个定义在许多方面有重复,大多数定义强调在生态系统与社会经济系统间的可持续性的平衡,部分定义强调生态系统的功能特征。这些定义就象6个盲人摸象得出的结论一样。我们认为所有这些定义并没有矛盾,生态系统管理要求我们越过生态系统中什么是有价值的和什么是没价值的问题,而主

要集中在自然系统与社会经济系统重叠区的问题。这些问题包括:生态系统管理要求融合生态学的知识和社会科学的技术,并把人类、社会价值整合进生态系统;生态系统管理的对象包括自然和人类干扰的系统;生态系统功能可用生物多样性和生产力潜力来衡量;生态系统管理要求科学家与管理者定义生态系统退化的阈值;生态系统管理要求人类利用和对生态系统的影响方面的系统的科学研究结果作指导;由于利用生态系统某一方面的功能会损害其它的功能,因而生态系统管理要求我们理解和接受生态系统功能的部分损失,并利用科学知识作出最小损害生态系统整体性的管理选择;生态系统管理的时空尺度应与管理目标相适应;生态系统管理要求发现生态系统退化的根源,并在其退化前采取措施。与生态系统管理相近或相联系,且均用于环境管理方面的术语还有生态系统健康、生态恢复、生态整体性和可持续发展^[5,12,26]。

3 生态系统管理的发展简史

生态系统管理起源于传统的林业资源管理和利用过程^[6]。1864年Marsh出版的“人与自然”专著提出,如果英国合理管理森林资源可减少土壤侵蚀。1870~1890年间,Haeckel(1866)提出了“生态学”的定义,而美国总统Franklin等敦促美国政府在林业资源开发利用中要注意保护问题^[26]。1891~1904年间个体生态学研究比较多,自然资源管理仍以传统管理方式为主,但开始注意保护问题^[1]。1905~1945年间森林学和生态学研究较多,主要集中在群落演替、种群方面,已提出了合理利用自然资源的问题。尤其是美国生态学会提出用核心区和缓冲区的方法合理利用和保护自然生态系统,有些国家开始制定有关法律^[1]。1945~1969年间生态学体系已基本形成,自然资源利用开始强调多用途和持续产量问题^[3]。同时,Carson(1962)出版的“寂静的春天”引起人们对环境恶化的广泛关注。1970~1979年间生态系统生态学发展迅速,Likens(1970)提出现有森林管理方法可能影响生态系统的功能^[19]。Abrahamsen(1972)提出人类活动导致了生态系统的退化,而自然资源管理者强调多重利用、单种种植管理和保护,但人们开始认识到一些传统的资源管理方法并没有起到预期的效果^[26]。1980~1989有大量关于生态系统和管理方面的研究论文出现,生态学开始强调长期定位、大尺度和网络研究,生态系统管理与保护生态学、生态系统健康、生态整体性与恢复生态学相互促进和发展,美国政府(尤其是农业部)及国会积极倡导对生态系统进行科学管理。在此期间,Agee和Johnson

(1988)出版了生态系统管理的第一本专著,他们认为生态系统管理应包括生态学上定义的边界,明确强调管理目标,管理者间的合作,监测管理结果,国家政策层次上的领导和人们参与等6个方面^[1].1990年以来,关于生态系统管理的专著陆续问世.这些专著支持大多数的资源经营活动,而且强调用环境科学知识满足社会经济目标.自此,生态学界开始注意生态系统管理,并将生态管理与可持续发展相联系.美国开始进行森林生态系统管理研究与评估,生态系统管理的基本框架形成^[6].

4 生态系统管理的数据基础

对生态系统进行管理必须搜集一些数据或知识,由于生态系统的复杂性,这些数据或知识可能是个体种群、群落-生态系统、景观、生物圈等空间尺度的,同时这些空间尺度还与时间尺度问题相互交错.这些应收集的数据或知识如下^[3,7,26]:1)在植物个体及种群尺度上:气候与微气候、地形与微地形、土壤的理化特征、消费者的层次、植物的生理生态特征、植物固定碳的格局、植物遗传、共生、营养和水分条件.这些数据的时间尺度是小时、天或年.值得指出的是,不能把幼苗的数据当作成年植株的数据用,在小样方内测定的数据不能当作大样方的用.2)在群落及生态系统尺度上:气候与微气候、地形与微地形、种类组成与多度、土壤的理化特征、消费者的层次、植物组织的流通率及分解、活与死有机质的空间分布、植物对水分和营养利用的形态适应、共生、营养和水分条件.这些数据的时间尺度是年或几年.在收集这一尺度的数据时,气候因素被当作常量,样地太小时应收集更多的数据,可用更多的变量来研究生态过程的控制和反馈,确定均质样方单位比较困难,很难从本层次的样方数据推测景观层次的数据,在研究物质循环和水分关系时尺度非常重要,不能用生态系统尺度研究大动物和鸟类(因其活动范围较大).3)在景观尺度上:气候、地形、群落与生态系统类型、土壤物理特征、生态系统类型的空间分布.这些数据的时间尺度是几年至几十年.在研究景观尺度问题时,要考虑明确的边界和空间异质性,在进行尺度推绎时,部分的叠加可当作整体的性质,主要研究方法有GIS和模型研究,景观尺度是评价动物生境的最佳尺度.4)在生物圈尺度上:气候、地形和植被类型.由于空间尺度太大,一些生态学过程的速率较慢,气候是植被分布的决定因子,时间尺度不重要,海拔对种类分布的影响可忽略.当然,并不是所有的生态系统管理都要收集上述数据,实际管理时只需收集核心层次的数据

据,并适当考虑其相邻的上下层次的部分数据.

5 生态系统变化的度量

生态系统状态的自然变化一直是生态学家关注的问题,考虑干扰情况下生态系统的状态变化更是生态学家和管理者关注的问题.生态系统管理必须考虑这一变化,以确定管理方式,避免生态系统的退化.

生态系统可用抵抗力(resistance,生态系统维持稳定状态的程度或吸收干扰的能力)、恢复力(resilience,在干扰后生态系统返回干扰前状态的速度)和持续力(persistence,系统在某种状态下所延续的时间长度).Westman(1985)又将恢复力分为4个可测量的成分:弹性(elasticity,系统恢复到干扰前状态的时间)、振幅(amplitude,系统受干扰前后状态差异程度)、滞后性(hysteresis,干扰移走后系统的恢复时间)、可塑性(malleability,系统恢复后的状态与干扰前状态间的差异)^[26,27].

研究生态系统变化的参数一般采用生物多样性、生态系统净初级生产力、土壤、非生物资源(营养库及其流动、水分吸收及利用等)和一些生理学指标^[3,7,26].当生态系统退化时比较敏感的指标有:植物体内合成防御性次生物质减少(容易爆发疾病和虫害);植物根系微生物减少或增加太多;物种多样性降低或种类组成向耐逆境种或r对策种转变;净初级生产力和净生产力下降;分解者系统中的年输入物质增加较多;植物或群落呼吸量增加;生态系统中的营养损失增加并限制生态系统中植物的生长;在长期营养库中的最小限制性因子^[12].

确定生态系统上述变化的方法有:比较净初级生产力、分解速率的理论与实际值;估算样地间标准物质或生物体的转移;观察指示种或功能群;稳定性同位素(如C、H、N元素)方法;3S技术(遥感、地理信息系统和全球定位系统)和谱分析方法;空间和时间尺度交叉的整体性方法(如梯度分析、边界分析);大量数据集的合成分析;生态风险评价等^[26].

从管理者和普通角度看,他们更关注的是生态系统产品和服务功能的变化,这些指标包括:可提供的食物、药物和材料,旅游价值,气候调节作用,水和空气的净化功能,为人类提供美丽、智慧的精神生活,废物的去毒和分解,传粉播种,土壤的形成、保护及更新等^[8,9],生态学家与管理者的度量指标的结合可能是生态系统管理发展的方向之一.

6 生态系统管理的要素

生态系统管理的要素包括:根据管理对象确定生

生态系统管理的定义,该定义必须把人类及其价值取向作为生态系统的成分;确定明确的、可操作的目标;确定生态系统管理边界和单位,尤其是确定等级系统结构,以核心层次为主,适当考虑相邻层次内容;收集适量的数据,理解生态系统的复杂性和相互作用,提出合理的生态模式及生态学理解;监测并识别生态系统内部的动态特征,确定生态学限制因子;注意幅度和尺度,熟悉可忽略性和不确定性,并进行适应性管理;确定影响管理活动的政策、法律和法规;仔细选择和利用生态系统管理的工具和技术;选择、分析和整合生态、经济和社会信息,并强调部门与个人间的合作;实现生态系统的可持续性。此外,在生态系统管理时必须考虑时间、基础设施、样方大小和经费等问题^[20]。

生态系统管理要求生态学家、社会经济学家和政府官员通力合作,但在现实中并不容易^[4,14,17,18,22]。生态学家强调政府部门和个人应该用生态学知识更深刻地理解资源问题,理解生态系统结构、功能和动态的整体性,强调要收集生物资源和生态系统过程的科学数据,强调一定时空尺度上的生态整体性与可恢复性,强调生态系统的不稳定性和不确定性,但他们往往不愿把社会价值等问题融入到科学领域内。社会经济学家更注重区域的长期社会目标,强调制订经济稳定和多样化的策略,喜欢多种政策选择,尤其是希望少一些科学研究,期望生态系统的稳定性和确定性。而政府官员则考虑如何把多样性保护与生态系统整体性纳入法制体系,如何有效促进公共部门和私人协作的整体管理,如何用法律和政策促进生态经济的可持续发展,当然他们更希望在把被管理的生态系统放入景观背景中考虑时费用较少。

虽然生态系统管理日益受到管理者和科学家的重视,但有关生态系统管理的具体内容和方法尚有一些争议^[16,17,23]。如上述多个定义表明,现代生态系统管理是基于生态系统生态学以及多个生态学学科(如景观生态学、保护生物学、环境科学、经济学、社会科学)之上的。随着这些学科的发展和完善,生态系统管理的理论和实践也势必会有长足的发展。

参考文献

- Agee J & Johnson D eds. 1988. *Ecosystem Management for Parks and Wilderness*. Seattle: University of Washington Press. 6 ~ 12
- Aplet GH ed. 1993. *Designing Sustainable Forestry*. Washington DC: Island Press. 5
- Boyce MS & Haney A. 1997. *Ecosystem Management: Applications for Sustainable Forest and Wild Life Resources*. New Haven: Yale University Press. 3 ~ 37
- Carpenter RA. 1995. A consensus among ecologists for ecosystem management. *Bull Ecol Soc Amer*, **76**(3): 161 ~ 162
- Chapin FS. 1996. Principles of ecosystem sustainability. *Am Nat*, **148**(6): 1016 ~ 1037
- Christensen NL, Bartuska AM, Brown JH *et al.* 1996. The report of the ecological society of America committee on the scientific basis for ecosystem management. *Ecol Appl*, **6**: 665 ~ 691
- Clark TW. 1991. Policy and programs for ecosystem management in the greater Yellowstone ecosystem: an analysis. *Conser Biol*, **5**: 412 ~ 422
- Constanza RR, Arge R, Groot R *et al.* 1997. The value of the world ecosystem services and natural capital. *Nature*, **387**: 253 ~ 259
- Daily GCS, Alexander PR, Ehrlich PR *et al.* 1997. Ecosystem services: Benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology*, (3): 1 ~ 6
- Falk DA ed. 1993. *Restoring Diversity: Strategies for Reintroduction of Endangered Plants*. Washington DC: Island Press. 71 ~ 73
- Goldstein B. 1992. The struggle over ecosystem management at Yellowstone. *BioScience*, **42**: 183 ~ 187
- Grumbine RE. 1994. What is ecosystem management. *Conser Biol*, **8**(1): 27 ~ 38
- Haeuber R & Ringold P. 1998. Ecology, the social sciences, and environmental policy. *Ecol Appl*, **8**(2): 330 ~ 331
- Keiter R. 1998. Ecosystems and the law: Toward an integrated approach. *Ecol Appl*, **8**(2): 332 ~ 341
- Lackey RT. 1995. Seven pillars of ecosystem management. *Draft*, (3): 13
- Ludwig D. 1993. Uncertainty, resource exploitation, and conservation: Lessons from history. *Ecol Appl*, **3**: 547 ~ 549
- Malone CR. 1995. Ecosystem management: Status of the Federal initiative. *Bull Ecol Soc Amer*, **76**(3): 158 ~ 161
- Norton BG. 1998. Improving ecological communication: the role of ecologists in environmental policy formation. *Ecol Appl*, **8**(2): 350 ~ 364
- Overbay JC. 1992. Ecosystem management. In: Gordon D ed. *Taking an Ecological Approach to Management*. United States Department of Agriculture Forest Service Publication WO - WSA - 3.3 - 15
- Pastor J. 1995. Ecosystem management, ecological risk, and public policy. *BioScience*, **45**(4): 286 ~ 288
- SAF Task Force ed. 1992. *Sustaining long-term forest health and productivity*. Bethesda (Maryland): Society of American Foresters. 2
- Simpson RD. 1998. Economic analysis and ecosystems: some concepts and issues. *Ecol Appl*, **8**(2): 342 ~ 349
- Stanley TR Jr. 1995. Ecosystem management and the arrogance of humanism. *Conser Biol*, **9**: 255 ~ 262
- Under DG. 1994. The USDA forest service perspective on ecosystem management. In: *Symposium on Ecosystem Management and North-eastern Area Association of State Foresters Meeting*. Burlington, Virginia. Washington DC: United States Government Printing Office. 22 ~ 26
- USDO IBLM. 1993. Final supplemental environmental impact statement for management of habitat for late-successional and old-growth related species within range of the northern spotted Owl. Washington DC: U. S. Forest Service and Bureau of Land Management. 19 ~ 21
- Vogt KA ed. 1997. *Ecosystems: Balancing Science with Management*. New York: Springer-Verlag. 1 ~ 470
- Westman WE. 1985. *Ecology, Impact Assessment, and Environmental Planning*. New York: John Wiley & Sons. 31 ~ 60
- Wood CA. 1994. Ecosystem Management: achieving the new land ethic. *Renew Nat Resour J*, **12**: 6 ~ 12

作者简介 任海,男,1970年生,博士,副研究员,主要从事生态系统生态学和恢复生态学研究,发表论著 50 余篇(部),E-mail: renhai @scib. ac. cn