

陆庆轩 何兴元 主编

城市森林健康管理 及案例分析

——以沈阳为例



辽宁科学技术出版社

A photograph showing a well-maintained green lawn with several active sprinklers. Water is being sprayed in multiple arcs across the grass. In the background, there are large, leafy trees and a portion of a white house is visible through the foliage. The scene is captured in a slightly desaturated, vintage-style color palette.

陆庆轩 何兴元 主编

沈 陽

图书在版编目 (CIP) 数据

城市森林健康管理及案例分析——以沈阳为例 / 陆庆
轩, 何兴元主编. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2008.7
ISBN 978-7-5381-5505-1

I. 城… II. ①陆… ②何… III. 城市-森林-生态
系-管理 IV. S731.2 S718.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 082901 号

出版发行者: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 29 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳全成广告印务有限公司

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 184mm × 260mm

印 张: 9.5

字 数: 200 千字

印 数: 1—1700

出版时间: 2008 年 7 月第 1 版

印刷时间: 2008 年 7 月第 1 次印刷

责任编辑: 刘兴伟

封面设计: 刘 兰

版式设计: 于 浪

责任校对: 刘 庶

书 号: ISBN 978-7-5381-5505-1

定 价: 80.00 元

序

城市森林健康管理是城市生态系统健康管理的重要内容，也是全球生态系统研究的热点领域。从20世纪60—70年代开始，世界各国对城市森林及其健康进行了广泛的研究。从城市森林的规划布局、城市森林结构、城市森林健康理论到城市森林健康管理技术与实践等诸多方面，广大科研工作者和实践管理者都提出了许多有益的观点和实践策略，在城市森林健康管理领域引起了极大的反响，取得了许多可以用于管理实践的有益成果，推动了城市森林健康管理的研究和管理实践的进一步发展。

经过10多年的努力，中国科学院沈阳应用生态研究所和沈阳市城管系统的科研人员，收集了大量的技术资料，总结国内外城市森林健康管理领域的理论成果，在管理实践中取得的成功经验和失败教训，结合申请国家、省、市各种基金开展城市森林健康管理研究取得的科研成果，结合沈阳市城管系统广大科研、管理人员开展城市森林健康管理工作的实践经验，撰写了《城市森林健康管理及案例分析》一书。这是国内第一部关于城市森林健康管理的专著，其内容系统、广泛，从理论到实践，是国内城市森林健康管理领域极具参考价值的行业专著。

我相信，本书的出版一定会对中国城市森林健康管理的研究和实践起到积极的推动作用，同时，我也对本书的编著者表示祝贺。更重要的是，我祝愿祖国的城市森林健康管理事业不断取得进步，在不远的将来，中国城市森林健康管理研究及实践能够走在世界的前列，为全球生态系统健康作出更大的贡献。

美国海湾地区气候变化评估中心主任
美国南方大学A & M学院教授

宁祝华

2008年4月17日

前言

随着人类社会的发展和城市化进程的加快,城市环境污染所带来的问题日益受到各国政府、环境生态学家和城市居民的极大关注,城市生态系统健康成为生态系统健康研究领域的重要课题。

生态系统健康学是近年来环境资源管理领域中出现的一门新兴的综合性学科。它主要研究人类活动、社会组织、自然系统及人类健康的整体性;研究自然系统自身健康以及人类活动对自然系统和人类健康的影响。

城市森林是城市生态系统的重要组成部分,城市森林健康是城市生态系统健康的重要保障。健康的城市森林应该做到布局 and 结构合理、生态功能完善、景观优美,并能够维持可持续发展。只有健康的城市森林才能使城市森林所具有的释放 O_2 、吸收 CO_2 、水源涵养、吸尘减噪、缓解城市热岛效应等生态功能得以充分地发挥,才能使城市生态系统满足适合人类居住的条件。

国内城市森林健康研究刚刚起步,城市森林健康管理工作还需要理论的指导,城市森林健康管理的实践经验也需要不断地总结。为了适应国内城市森林健康管理的要求,沈阳市园林绿化监管中心、中国科学院沈阳应用生态研究所和沈阳市城管系统的部分城市森林管理技术人员查阅了大量的文献资料,总结了近年来开展城市森林健康管理的实践经验,以沈阳城市森林为例,在国家自然科学基金项目——城市森林对全球气候变化的响应与反馈(90411019)和沈阳市财政资金的资助下,撰写了《城市森林健康管理及案例分析》一书,以期能够对我国城市森林健康管理的研究和实践起到抛砖引玉的作用,并借此推动我国城市森林健康管理的研究。

本书从城市森林健康管理的理论和实践方面进行了论述,主要包括以下几方面:生态系统健康与管理、城市森林健康与管理、沈阳城市森林区域概况、沈阳城市森林健康和管理状况、沈阳城市森林健康管理对策和沈阳城市森林健康管理案例分析。

城市森林健康管理研究涉及多学科、多领域,综合面广、实践性强。由于该领域的研究处于起步阶段,加之编著者的水平有限,书中难免有不足之处,敬请读者批评指正。

在本书的编著过程中,得到了国内外许多城市森林及相关专业专家、学者的热心帮助和指教,在此一并致以谢意。

本书可供从事城市森林教学与科研工作的教师、学生、科技人员和管理人员参考。

编者

2008年3月20日

主 编 陆庆轩 何兴元
副 主 编 陈 玮 徐文铎 郑 伟 关正君 史 丹
参编人员 (以姓氏笔画为序)

尹 公	王殿伟	王 霞	王 巍	冯 涛
田 伟	刘常富	刘 宁	刘玉霞	刘石军
刘志奇	刘晓砚	刘 巍	孙志诚	孙若晖
何金光	杨泽春	张宝国	李万桥	李 伟
李娜娜	李 雪	陈新宇	孟慧莉	郑 伟
修 莉	姜丽红	姜会洪	胡 凤	胡志斌
海泽宇	高 震	秦忠民	贾允涛	常秀丽
黄 光	盛瑞芳	彭 成	温军红	董德俊
谢文田	翟小鹏	肇岐瑞		

目 录

第1章 生态系统健康与管理	1
1.1 生态系统健康理论	1
1.1.1 生态系统健康的概念及研究简史	1
1.1.2 生态系统健康的理论基础	3
1.2 生态系统健康评价	5
1.2.1 生态系统健康评价的方法	6
1.2.2 生态系统健康评价的指标体系	7
1.3 生态系统健康管理	10
1.3.1 生态系统(健康)管理的内涵	10
1.3.2 生态系统健康管理的基本要素和一般原则	10
1.3.3 生态系统健康管理的最终目标和实现途径	11
1.3.4 应用于生态系统健康管理的若干原理	12
1.3.5 生态系统健康与生态系统可持续性管理	13
1.4 城市生态系统健康与管理	16
1.4.1 城市生态系统及其组成部分	16
1.4.2 城市生态系统健康及其管理的内涵	16
1.4.3 影响城市生态系统健康的因素及评价	17
1.4.4 城市生态系统健康管理措施	17
第2章 城市森林健康与管理	19
2.1 城市森林	19
2.1.1 城市森林概念	19
2.1.2 城市森林与自然森林生态系统的区别	20
2.1.3 城市森林的布局和植被结构	23
2.1.4 城市森林的功能	24
2.2 城市森林健康	25
2.2.1 城市森林健康的内涵	26
2.2.2 影响城市森林健康的要素	26
2.2.3 城市森林健康是城市生态系统健康的前提	29

2.3 城市森林健康评价	30
2.3.1 城市森林健康评价的目的	30
2.3.2 城市森林健康评价的理论基础	30
2.3.3 城市森林健康评价的方法和内容	31
2.3.4 城市森林健康评价的指标体系	32
2.4 城市森林健康管理	33
2.4.1 城市森林健康管理的意义	33
2.4.2 城市森林健康管理的目标和策略	33
2.4.3 城市森林健康管理的内容和措施	34
2.4.4 国外城市森林健康管理案例	37
第3章 沈阳城市森林区域概况	38
3.1 地理位置	38
3.2 地质地貌	39
3.2.1 区域地质	39
3.2.2 地貌	39
3.3 气候特征	39
3.3.1 太阳辐射	40
3.3.2 温度	41
3.3.3 降水	41
3.3.4 风	42
3.4 土壤特征	43
3.5 植被特征	44
第4章 沈阳城市森林健康和管理状况	46
4.1 沈阳城市森林布局与结构	46
4.1.1 沈阳城市森林植被覆盖率和林地布局	46
4.1.2 沈阳城市森林的林地类型结构	50
4.1.3 沈阳城市森林的植被组成结构	50
4.1.4 沈阳城市森林植被组成的生物多样性	60
4.1.5 沈阳城市森林不同类型林地主要树种胸径分布	66
4.2 沈阳城市森林的功能	69
4.2.1 沈阳城市森林生态功能	69
4.2.2 沈阳城市森林的景观价值	72
4.3 沈阳城市森林的病虫害及树木健康状况	74
4.3.1 沈阳城市森林病虫害发生情况	74
4.3.2 沈阳城市森林树木健康状况	88

4.4	沈阳城市森林的自然资源和社会经济状况	91
4.4.1	沈阳城市森林的自然资源状况	91
4.4.2	沈阳市区人口和社会经济状况	93
4.5	沈阳城市森林健康管理状况	94
4.5.1	沈阳城市森林健康管理的历史与实践	94
4.5.2	沈阳城市森林健康管理存在的问题	95
第5章	沈阳城市森林健康管理对策	101
5.1	沈阳城市森林健康管理遵循的原则	101
5.2	沈阳城市森林健康管理对策	102
5.2.1	开展城市森林健康管理研究, 为沈阳城市森林健康管理提供 技术保证	102
5.2.2	建立沈阳城市森林健康管理系统	104
5.2.3	普及城市森林健康的相关知识	105
5.2.4	科学规划、精心管护, 解决影响沈阳城市森林健康的关键问题	105
第6章	沈阳城市森林健康管理案例分析	111
6.1	树木枯死	111
6.1.1	树木枯死原因	111
6.1.2	对城市森林健康和景观的影响	111
6.1.3	防控措施	111
6.2	树木枯黄	113
6.2.1	树木枯黄的原因	113
6.2.2	对城市森林健康和景观的影响	114
6.2.3	防控措施	114
6.3	树木倒伏	114
6.3.1	树木倒伏的原因	114
6.3.2	对城市森林健康和景观的影响	115
6.3.3	防控措施	115
6.4	树木折枝	116
6.4.1	树木折枝的原因	116
6.4.2	对城市森林健康和景观的影响	116
6.4.3	防控措施	117
6.5	保护架缺损及管理	117
6.5.1	保护架缺损的原因	117
6.5.2	对城市森林健康和景观的影响	118
6.5.3	防控措施	118

6.6 树木栽植问题	118
6.6.1 树木栽植存在的问题	118
6.6.2 对城市森林健康和景观的影响	118
6.6.3 防控措施	119
6.7 树木修剪存在的问题	119
6.7.1 树木修剪存在的问题	119
6.7.2 对城市森林健康和景观的影响	120
6.7.3 防控措施	120
6.8 行道树树池管理存在的问题	121
6.8.1 行道树树池管理中存在的问题	121
6.8.2 对城市森林健康和景观的影响	121
6.8.3 防控措施	121
6.9 花卉管理问题	122
6.9.1 花卉管理存在的问题	122
6.9.2 对城市森林健康和景观的影响	123
6.9.3 防控措施	123
6.10 草坪管理问题	123
6.10.1 草坪管理存在的问题	123
6.10.2 对城市森林健康和景观的影响	124
6.10.3 防控措施	124
6.11 水、肥管理问题	124
6.11.1 水、肥管理存在的问题	124
6.11.2 对城市森林健康和景观的影响	125
6.11.3 防控措施	125
6.12 病虫害防治存在的问题	125
6.12.1 病虫害防治存在的问题	125
6.12.2 对城市森林健康和景观的影响	127
6.12.3 防控措施	127
6.13 绿地卫生管理存在的问题	127
6.13.1 绿地卫生管理中存在的问题	127
6.13.2 对城市森林健康和景观的影响	128
6.13.3 防控措施	128
6.14 绿地枯枝落叶处理存在的问题	128
6.14.1 绿地枯枝落叶处理存在的问题	128
6.14.2 对城市森林健康和景观的影响	129
6.14.3 防控措施	129



6.15 城市水系管理问题	129
6.15.1 城市水系管理中存在的问题	129
6.15.2 对城市森林健康和景观的影响	130
6.15.3 防控措施	130
6.16 绿地基础设施管理存在的问题	130
6.16.1 绿地基础设施管理中存在的问题	130
6.16.2 对城市森林健康和景观的影响	131
6.16.3 防控措施	131
6.17 降雪对绿地的影响问题	131
6.17.1 降雪及除雪对城市绿地的影响	131
6.17.2 对城市森林健康和景观的影响	132
6.17.3 防控措施	132
6.18 毁绿占绿问题	132
6.18.1 毁绿占绿的具体现象	132
6.18.2 对城市森林健康和景观的影响	133
6.18.3 防控措施	133
参考文献	134





生态系统健康与管理

1.1 生态系统健康理论

1.1.1 生态系统健康的概念及研究简史

生态系统健康是近年来环境资源管理领域中出现的一门新兴的综合性学科。它主要研究人类活动、社会组织、自然系统及人类健康的整体性；研究自然系统自身健康以及人类活动对自然系统和人类健康的影响。生态系统健康鼓励各学科之间以及跨生态系统和健康科学的方法论之间的综合研究（Costanza 等，1992；Rapport 等，1995，1998；曾德慧等，1999；蔡晓明，2000；任海等，2000，2001；赵晓英等，2001）。

Karr and Dudley（1981）认为，健康的生态系统能够支撑并维持一个平衡的整体，并具有适应性的有机群体，该群体具有一定的物种组成和功能组织，并与其所在的地理区域内的自然生态系统有可比性。1986年，Karr等又指出，无论是个体生物系统还是整个生态系统，它能实现内在潜力、状态稳定，受到干扰时仍具有自我修复能力，管理它也只需要最小的外界支持，这样的生态系统被认为是健康的。Holling认为，一个系统在面对干扰时，具有维持其结构和功能的能力。系统能力越大，系统越健康（刘建军，2002）。

生态系统健康是人类社会期望的体现，往往是建立在不同生态系统的比较基础之上的。判断某一个生态系统比另一个生态系统更加健康，可以促进管理活动，使生态系统达到最大程度的健康。生态系统健康的定义虽然将一个系统的生态属性与人们赋予系统的社会期望结合在一起，但仍具有强烈的主观色彩（Levin，1989；O' laughline et al.，1994）。从Levin等对生态系统健康的理解可以看出，社会期望在很大程度上限制了对一个健康生态系统的理解。尽管这些影响有时是间接的，但在很多有关生态系统健康的定义中都留下了社会期望的影子。

Bormann（1993）认为，生态系统健康是生态学的可能性与当代期望二者之间的重叠程度。

Haskell（1992）等认为，健康和不受疾病困扰的生态系统是稳定的和可持续的，或者说生态系统是活跃的，能够保持自身的组织和自主性，对压力具有恢复能力。

Ulanowicz（1992）指出，健康是生态系统向顶点运行的轨迹相对没有受到阻碍，当受到外界影响，可能导致生态系统返回到以前的演替状态时，结构能保持原状稳定。

Costanza（1992，1999）把生态系统健康的概念归纳如下：①健康是生态系统内稳定



现象；②健康是没有疾病；③健康是多样性或复杂性；④健康是稳定性或可恢复性；⑤健康是有活力或增长的空间；⑥健康是系统要素间的平衡。从这个概念看出健康的生态系统是一个可持续的、完整的、在外界胁迫情况下完全具有维持其结构和功能能力的生态系统。

生态系统健康是生态系统的一种状态，在该状态下，地理位置、辐射输入、有效的水分和养分以及再生资源处于最佳状态，使该生态系统处于活力水平状态（Woodly, 1993）。

美国国家资源中心（NRC, 1994）认为，如果一个生态系统有能力满足我们的价值需求，并能以可持续的方式生产期望的产品，则可以认为该生态系统是健康的。

Rapport（1995）认为，生态系统健康是与自然、社会和健康科学相关联的交叉学科概念。健康的生态系统是稳定及可持续的社会和生态单元，能够长期维持自身的组织和机构，对胁迫具有弹性，能够维持经济活力和人类社会的稳定和发展。

国际生态系统健康学会（ISEH）将生态系统健康定义为：生态系统健康是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系统的科学（McMichael AJ, 1999）。

尽管生态系统健康概念的提出只有10余年的时间，但生态系统健康的研究可以追溯到20世纪40年代初。

1941年，美国著名生态学家、土地伦理学家Aldo Leopold首先定义了土地健康（land health），并使用了“土地疾病”（land sickness）这一术语来描述土地功能紊乱（dysfunction），对土地疾病的种类、形成方式、演化途径、危害结果及“治疗”措施等进行了开拓性研究。在《A Sand County》一文中，Aldo Leopold提出了土地疾病的症状是动植物的神秘消失，或者虽然采取了一些措施，但也无法摆脱土地上动植物不断消失的状况（David, 1993）。

20世纪80年代以后，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，生态系统健康纳入了可持续发展的框架之中。1984年，在美国生物科学联合年会上，美国生态学会主办了题为“受胁迫生态系统描述与管理的整体方法”研讨会（Rolston, 1985）。

1988年，Schaeffer等首先探讨了有关生态系统健康量度的问题。

1989年，Rapport论述了生态系统健康的内涵，并笼统地定义了生态系统健康。他指出，一个健康的生态系统表现出某种复杂自组织系统的基本特征，包括Bertalanffy（1950）复杂生态系统进化的主要特征：一体化、分异、机械化和集中化。

1989年，国际水生生态系统健康与管理学会（Aquatic Ecosystem Health and Management Society）在加拿大成立。

1992年，美国国会通过了“湿地生态系统健康和恢复法”。此后，美国农业部组织专家对美国东、西部的森林、湿地等进行了评价（USDA, 1993, 1995）。

1994年，在加拿大的渥太华召开了全球第一届国际生态系统健康与医学研讨会。会议的主要议题是评价生态系统健康，检验人与生态系统之间的相互作用，提出基于生态

系统健康的政策等。会议同时宣布了国际生态系统健康学会 (International Society for Ecosystem Health, ISEH) 成立。

1999年,“国际生态系统健康大会——生态系统健康的管理”在美国召开,这次会议有三个主题:生态系统健康评价的科学与技术,影响生态系统健康的政治、文化和经济问题,案例研究与生态系统管理对策。

1999年, Costanza 又撰写了题为“什么是生态系统健康”(What is Ecosystem Health) 的文章,对生态系统健康的概念进行了专门的论述。他认为健康生态系统是可持续的、完整的,在外界胁迫情况下,能够维持其结构和功能。

2002年6月, ISEH在美国华盛顿组织召开了生物多样性、生态系统健康与人类健康学术研讨会,大会的主题是“健康的生态系统与健康的人”,充分地讨论了生态系统健康与人类健康的关系和人类活动与生态系统健康的关系。

总之,在生态系统健康研究近半个多世纪的历史中,不同国家的学者从不同的角度阐述了对生态系统健康的理解,对生态系统健康给出了不同的概念,但这些概念大都体现了生态系统健康的本质,即系统的稳定性、可恢复性和系统内单元要素之间的相互作用。

1.1.2 生态系统健康的理论基础

生态系统健康关心的是生态系统功能紊乱的诊断、有效指标的设计及健康评价体系,因此,生态系统健康是一门实践科学。生态系统健康强调以人类科学、医学、环境科学、生物学、生态学的理论为基础 (Ryder, 1990)。生态系统健康同时也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、兼容性,因此,社会科学和经济科学的理论也是生态系统健康的理论基础。

1.1.2.1 生态系统健康与生态学分支学科的关系

生态系统健康与恢复生态学、保护生物学、景观生态学、胁迫生态学、生态系统生态学、环境生态学、生态系统管理学、生态工程学、生态经济学等生态学的分支科学有密切关系 (见图1-1)。生态学所有分支学科的研究中都涉及格局与进化、进化与适应等问题。

恢复生态学是研究生态系统退化的机理,退化生态系统恢复与重建的技术和方法,生态过程与机理的科学。干扰后的森林生态系统恢复是高成本的,主要靠森林下被层的能量、营养来支持。森林下被层是生态系统活动的调节器,在系统稳定时期储存能量和营养,在系统受到胁迫时释放能量和营养 (Bormann et al., 1979) (见表1-1)。因此,城市森林健康管理过程中应按生态系统恢复的要求,尽量保留一定量的下被层生物量,以支持整个城市森林的干扰恢复和可持续发展。

生态经济学是运用自然生态系统的物质循环原理和食物链法则建立农、林、牧、渔综合发展的生态农业体系,对生态系统的结构、功能、目标进行生态效益、经济效率评价,建立有利于经济发展又有利于生态平衡的决策机构,制定符合生态经济原理的政策和法令 (姜学民等, 1985)。城市森林健康管理也应遵循生态经济学原理,要在尽量减少

经济成本, 提高城市森林的生态和经济效益的基础上开展城市森林健康管理。通过对城市森林健康的管理, 促进城市森林平衡的发展, 提高城市森林生态效益和经济效益, 促进城市森林对人类健康有益作用的发挥。

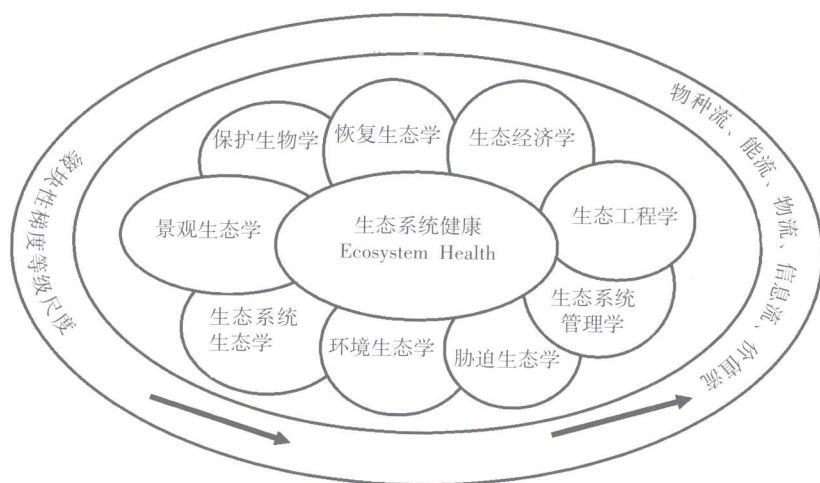


图 1-1 生态系统健康与相关学科的关系
Fig. 1-1 The relationship between ecosystem and other sciences

表 1-1 评价牧场生态系统恢复机制成就的指标 Tab. 1-1 Indicators for evaluation on the restoration mechanism of pasture ecosystem			
指 标	健康的	有风险的	不健康的
龄级分布	分布反映所有种	缺乏幼苗和幼小植株	出现基本老化或正在退化的植物
植物活力	植物展现正常的生长型	植物正向不正常生长型发展	多数植物呈现非正常生长型
萌发微立地	存在适宜微立地, 微立地遍布整个立地	土壤移动或其他因子正使微立地退化	土壤移动足以抑制多数植物种子萌发或幼苗建立

景观生态学内涵建立在种群动力学基础之上, 如斑块—廊道—基底模型、绿色通道、关联性、生态基础设施、栖息地网络、生态屏障、生态中心和生物廊道等形成了生态质量和生态稳定性的框架。景观生态学的显著特点在于侧重于景观的结构、过程 and 变化、空间及等级差异和景观范围内各种因素的复杂性等 (Bastian, 2001)。景观生态学强调的结构、过程 and 变化以及要素的复杂性都与生态系统健康学有密切的关系。景观生态学将人类、生物景观与自然资源管理的物理学上的三维空间有机结合起来, 最终达到全部资源的可持续性和健康发展。从景观生态学的角度出发, 城市、城市周边和城市外围森林不是彼此分离的局部, 而是一个相互关联的有机整体 (USDA Forest Service, 1990)。

1.1.2.2 生态系统健康的等级理论

等级理论 (Hierarchy theory) 是关于复杂系统的结构、功能和动态的系统理论。该理论认为等级系统中高层次的行为或动态常表现为大尺度、低频率、慢速度特征, 而低层次的行为、过程或动态则表现出小尺度、高频率、快速度的特征。不同层次之间具有

相互作用的关系。等级理论要求在研究复杂系统时,一般至少考虑核心层、上一层、下一层3个相邻的层次(Noes, 1990; Wu等, 1995; Ren等, 1999; 邬建国, 1996)。

Ren等(1999)首次提出了在时间和空间格局上对生态系统健康进行研究和评价的等级概念,生态系统的基本性质包括结构、功能、动态与服务,而生态系统又可以分为基因、物种—种群、群落—生态系统、区域景观—全球景观4个层次,两者通过巢式等级整合。

1.1.2.3 生态系统健康中的生态动力学

生态动力学揭示了各种动力源与生态系统稳定性、可持续性和生物产量等的关系,这些动力源包括太阳辐射动力源、重力动力源、风雨动力源、物种动力源、营养动力源和人类活动动力源等(裴铁璠等, 2001)。生态动力源的变化影响到生态系统的各个组分、组分之间的相互作用,最终也会对生态系统健康产生影响。

开展城市森林健康管理就是要提供城市森林植物生长的各种有益的动力源,尽量减少人类活动动力源的负面影响,如污染、森林经营中的乱砍滥伐等。

植物病害的发生主要取决于菌源、植物生育阶段和生态条件,适应于菌源生存和繁殖的生态因子就是植物病害发展的生态动力源。在诸多生态因子中,温度和湿度又是最主要的生态动力源。因此,开展温度和湿度这两个生态动力源与植物发病相互关系的研究,可以应用于城市森林植物病害的预测预报,指导城市森林健康管理。

1.1.2.4 生态系统健康与生态系统的稳定性和完整性

生态系统健康与干扰和生态系统稳定性有密切的关系。一般地讲,稳定的生态系统是健康的,但健康的生态系统不一定是稳定的;干扰作用于稳定的生态系统或健康的生态系统,会导致不稳定或不健康,在一定强度范围内,干扰可能导致生态系统不健康,但仍是稳定的;健康的生态系统是未受到干扰的生态系统,但稳定的生态系统可能受到干扰,适度干扰仍然是健康的。

Karr and Chu(1999)认为,生态系统健康是在人类活动(农耕、城市环境、机场和管理的森林等)影响下的生态系统的最佳状态。生态系统完整性是指没有或极少数人类活动影响的没有遭受损害的状态。

目前大量的生态政策是有关生态系统健康,而不是生态系统完整性(Westra, 1998)。尽管在生态系统健康的形式中没有很明确的陈述,但都有自然系统较人工改变的系统更健康的假定(Wicklum and Davies, 1995)。

1.2 生态系统健康评价

生态系统健康评价是生态系统健康管理的基础和前提。生态系统的核心内容是生态系统的结构和功能。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相互作用和作用机制。生态系统健康评价就是要对生态系统的结构、功能、演变和可持续发展进行综合的评价,进而指导生态系统健康管理。

1.2.1 生态系统健康评价的方法

健康的生态系统是稳定和可持续的，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。健康的生态系统具有很强的对胁迫的负荷能力和适应能力，因此，衡量生态系统健康最重要的指标是生态系统的完整性（integrity）、适应性（adaptability）和效率（efficiency）。评价生态系统健康首先要选用能够代表生态系统主要特征的参数，即生态系统健康指标，如森林和草地生态系统的健康指标包括：①森林生境数量的变化；②森林覆盖率的变化；③森林中与病虫害相关的死亡率；④森林中的野火；⑤森林的可持续性；⑥生物多样性等（USDA，1999）。其次要对这些特征参数进行归类，分析各个特征对生态系统健康的意义；再次要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；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。

1.2.1.1 生物标记物方法

在种群、群落和生态系统健康背后的种群结构和生态过程是相当复杂的，要了解这些，就需要引入迅速而低成本的生态健康监测参数。其中生物标记物的使用可以达到这一目的。

鉴于生态系统的复杂性，我们经常需要采用一些指示类群（Indicator taxa）来监测生态系统健康（Leopold，1997）。某些夜生动物如OWL（猫头鹰）可以作为生物多样性的一个重要指标，进而监测生态系统健康（NRC，1987）。

指示物种评价生态系统健康，主要是依据生态系统的关键物种、特有物种、指示物种、濒危物种、长寿命物种和环境敏感物种等的数量、生物量、生产力、结构指标、功能指标及其一些生理生态指标来描述生态系统健康状况。生态系统在没有外界胁迫的条件下，通过自然演替为这些指示物种造就了适宜的生境，致使这些物种与生态系统趋于和谐的稳定发展状态。当生态系统受到胁迫后，生态系统的结构和功能受到影响，这些指示物种的适宜生境受到胁迫，指示物种结构和功能指标将产生明显的变化（Noble，1997）。

指示物种评价法比较适用于一些自然生态系统的健康评价，如森林生态系统、草地生态系统、湿地生态系统、荒漠生态系统和水生生态系统等。

虽然生物物种指示生态系统健康的研究取得了很大的进展，成为生态系统健康研究的常用方法，但目前仍然存在一些问题。如指示物种的筛选不明确，有些采用了不合适的类群等（孔红梅，2002）。在生物系统或样本中，由于受到外界因素的影响，生物标记物要发生可以观测或计量的细胞或生物化学组分的变化，或代谢过程、结构，或功能的变化。由于生物标记物所发生的诸多变化极其复杂，某些生物标记物方法只能用于学术研究，不具有广泛的公共应用价值（NRC，1987）。

1.2.1.2 结构、功能指标法——综合评价法

生态系统是在一定环境中相互作用的生命和非生命组分的集合体。所有的生态系统都易遭受自然的胁迫，如火灾、水灾、风灾和人类活动的胁迫，如栖息环境的改变、有