

ZHONGGUO SHENGTAI HUANJING
ZHILIANG PINGJIA YANJIU

中国 **生态环境**
质量评价研究

中国环境监测总站

中国环境科学出版社

中国生态环境质量评价研究

中国环境监测总站

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

中国生态环境质量评价研究 / 中国环境监测总站. —北京: 中国环境
科学出版社, 2004.1

ISBN 7-80163-808-5

I. 中… II. 中… III. 生态环境—环境质量—评价—研究—中国
IV. X171.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 002106 号

三叶草工作室



即中国环境科学出版社环境科学编辑部。

工作室以出品环境类图书为宗旨, 服务社会。

工作室同仁愿成为您的朋友。

责任编辑: 黄晓燕

版式设计: 郝 明

封面设计: 陆 臻

出版发行 中国环境科学出版社

(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)

网 址: <http://www.cesp.cn>

电子信箱: sanyecao@cesp.cn

电话: 010-67112735 传真: 010-67113420

印 刷 北京市联华印刷厂

经 销 各地新华书店

版 次 2004 年 1 月第一版 2004 年 1 月第一次印刷

印 数 5 000

开 本 787×960 1/16

印 张 10.25 插页 2

字 数 210 千字

定 价 22.00 元

【版权所有, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本工作室更换

目 录

第一章 生态环境质量评价概述	1
第一节 生态环境及其质量评价	1
第二节 生态环境质量评价类型	5
第三节 生态环境质量评价指标体系研究	12
第四节 生态环境质量评价中存在的问题	20
第二章 生态环境质量评价方法研究	22
第一节 生态环境质量评价指标的选择	22
第二节 生态环境质量评价指标的计算方法	24
第三章 全国生态环境质量评价结果	31
第一节 全国各省（自治区、直辖市）生态环境质量评价	31
第二节 全国各县（市）生态环境质量评价	33
第四章 全国省（区、市）生态环境质量评价分析	35
第一节 北京市生态环境质量评价分析	35
第二节 天津市生态环境质量评价分析	36
第三节 上海市生态环境质量评价分析	38
第四节 重庆市生态环境质量评价分析	40
第五节 河北省生态环境质量评价分析	42
第六节 山西省生态环境质量评价分析	48
第七节 内蒙古自治区生态环境质量评价分析	52
第八节 辽宁省生态环境质量评价分析	56
第九节 吉林省生态环境质量评价分析	59

第十节 黑龙江省生态环境质量评价分析	61
第十一节 江苏省生态环境质量评价分析	65
第十二节 浙江省生态环境质量评价分析	69
第十三节 安徽省生态环境质量评价分析	73
第十四节 福建省生态环境质量评价分析	76
第十五节 江西省生态环境质量评价分析	80
第十六节 山东省生态环境质量评价分析	84
第十七节 河南省生态环境质量评价分析	88
第十八节 湖北省生态环境质量评价分析	93
第十九节 湖南省生态环境质量评价分析	96
第二十节 广东省生态环境质量评价分析	101
第二十一节 广西壮族自治区生态环境质量评价分析	105
第二十二节 海南省生态环境质量评价分析	108
第二十三节 四川省生态环境质量评价分析	111
第二十四节 贵州省生态环境质量评价分析	116
第二十五节 云南省生态环境质量评价分析	120
第二十六节 西藏自治区生态环境质量评价分析	126
第二十七节 陕西省生态环境质量评价分析	129
第二十八节 甘肃省生态环境质量评价分析	134
第二十九节 青海省生态环境质量评价分析	138
第三十节 宁夏回族自治区生态环境质量评价分析	140
第三十一节 新疆维吾尔自治区生态环境质量评价分析	143
参考文献	147

第一章 生态环境质量评价概述

第一节 生态环境及其质量评价

一、生态环境

保护生态环境，走可持续发展道路，已成为世人的共识。然而，目前国内外的各种文献资料对“生态环境”的确切涵义仍有不同理解，尚未形成统一的认识，《中国大百科全书·环境科学》对“生态环境”也未做出明确的定义。在国内外各种文献中，一些学者认为“生态环境”是指生态系统中除人类以外不同层次的生物组成的生命系统；另一些学者认为“生态环境”是指由各种自然要素构成的自然系统，具有环境与资源的双重属性；有的学者认为“生态环境”就是生境（habitat），即物种的生活环境，主要包括地理位置、地形地貌、水热条件等；还有的学者认为“生态环境”就是人类周围的自然界，是人类生存与发展的物质基础和空间条件，是生命系统和环境系统通过物质循环、能量流动和信息交换而形成的有机整体。其中环境系统是指生物以外的自然条件，包括地质地貌、气候、水文、土壤等因子。生命系统是指人类以外的生物界，主要研究对象是生物多样性特征和生物对生境的影响等；环境科学中的“生态环境”是指以人类为中心的生态系统。在这个系统中，人类是主体，并具有双重属性，即生物属性和社会属性。人类的生物属性主要表现为：人类作为食物链的一个环节，参与自然界的物质循环和能量转换，具有新陈代谢的功能。人类的社会属性主要表现为：人类能通过一定的生产方式干预自然界的物质循环和能量转换，进而间接地影响人类自身的生存与发展。由此可见，生态环境凝聚着自然因素和社会因素的相互作用，其内涵与复杂程度远远超过了传统生态学对“生态环境”的定义。

从上述各种观点中可以看出，尽管研究的角度不同，对“生态环境”的理解也不尽相同，但都强调了以下两点：（1）生态环境包括生物因素和非生物因素。（2）人类是生态环境的主体，人类周围的自然界是客体，主体与客体相互联系、相互作用、相互影响。

因此，在环境科学的研究范畴内，可将生态环境定义为：以人类为中心的各种自然要素（生物要素、非生物要素）和社会要素的综合体。其中的自然要素在

人类活动的影响下,不再是原始的、纯粹的自然,而是人化的自然。其中的社会要素因受自然环境的影响,无不打上自然的深深烙印而成为自然化的社会。

二、生态环境问题

随着科学技术的不断进步,世界经济的飞速发展,人类社会发生了巨大的变化。同时,人类的生产活动、生活方式对生态系统的影响不断加大。从一定意义上来说,经济水平的提高和物质享受的增加,在很大程度上是以牺牲环境与消耗资源为代价的,并由此产生了各种生态环境问题,对人类未来社会的可持续发展造成了严重危机。

改革开放以来,我国的社会经济得到迅猛发展,同时,也不可避免地带来了生态环境问题,主要表现在以下几个方面:

1. 生态系统退化

由于过度开采森林资源、过度放牧、围湖造田、开垦湿地、大量使用化肥和农药等因素,森林生态系统、草地生态系统、水域湿地生态系统、农田生态系统等的面积逐年减少或质量不断下降,生态系统功能也不断退化,主要表现在:

(1) 多样性丧失,包括景观多样性和物种多样性都在大幅度地减少。由于草原退化,内蒙古锡林郭勒草原的珍稀物种——单花郁金香现在已基本绝迹,黄羊数量也在急剧减少。

(2) 生产力降低。如内蒙古锡林郭勒草原,不同退化程度的植物群落生产力比原生群落要下降 20%~100%,较之 1950 年代下降 60%左右。2001 年更为严重,在旱灾、风沙灾害、过度放牧以及蝗灾的影响下,某些典型针茅草原生态系统的现实生产力几乎为零,成了光板地。秋天,地面仅残存灌木小叶锦鸡儿被蝗虫啃食后的残枝以及少量不能食用的一年生植物猪毛菜。

(3) 植物群落简单化。如大片的原始林被采伐后种植的人工林林种单一,群落结构单一。退化草原生态系统植物群落结构与外貌也发生了很大变化,植株个体小型化、矮化,种类组成简单化,优良牧草与有害或有毒植物之比大大减小,只剩下有毒或有害植物。植物群落平均高度降低,地面凋落物也大大减少,为沙尘暴的发生提供了条件。

(4) 生态环境恶化。在人为压力影响下,脆弱生态系统逐渐退化,土壤的理化性质、生物状况以及微气候环境发生不可逆转的变化。

2. 资源面临危机

我国幅员辽阔,资源丰富,但由于人口众多,以及传统的粗放式经济模式造成的资源大量浪费,资源危机日益严重。

在我国,水资源是许多地区经济发展的制约因素,由于降水量南北分布严重不均和年际间变异过大,以及经济发展对水量需求的无节制增长,使水资源短缺问题日益突出。大面积灌溉特别是使用地下水灌溉的地区增多,使华北地区已形成 $(1.5\sim 2)\times 10^4\text{ km}^2$ 的地下水位漏斗区。由于黄河上游及中游地区不断引黄灌溉,再加上近几十年干旱频繁,黄河已连续十几次断流,1997年断流达226天,创历史纪录。我国600多座城市中,约有1/3的城市处于缺水状态,其中100多座城市处于严重缺水的状态,水成为制约这些城市发展的主导因素。

我国森林覆盖率低,仅为13.92%,人均森林面积为 0.11 hm^2 ,是世界平均数的17%。长期的乱砍滥伐使天然成熟林的保存面积减少,次生林、幼林和人工林面积比重增大,使我国成为世界上天然林覆盖率最低的国家之一。单位面积林木蓄积量低,全国林分平均郁闭度为60%,用材林平均蓄积量为 $71.26\text{ m}^3/\text{hm}^2$,林木年均净增长率只有3.98%。长期的乱砍滥伐也使优质木材比重不断下降,阔叶林面积比重较大,造成蓄积木材的质量不高。以上指标都远远低于世界林业平均水平。

我国湿润区草原、大部分半湿润区草原和部分半干旱区草原开垦严重,现存的草原绝大部分是分布在远离海洋的大陆腹地的干草原、荒漠草原和处于世界屋脊青藏高原的高山、亚高山草原或草甸草原,草场产量很低。天然草场的产草量年际变化很大,冬夏草场产量不平衡,加之缺少足够的人工改良草场和割草场的调剂,造成冬季储草不足,若遇到雪灾,不利牲畜过冬。

由于粮食需求压力大,开垦了许多干旱和半干旱地区、山地丘陵区 and 低洼易涝地区的土地,使耕地总体质量不高。质量相对较好、有灌溉设施的保收田只占耕地总面积的40%,另外60%的耕地受坡度、干旱、洪涝、盐碱等各种限制因素的制约,质量相对较差,严重影响着农业生产。

我国是世界上土地开发利用率最高的国家之一,目前未利用土地面积不到3亿 hm^2 ,可开发利用的农用地后备资源4078万 hm^2 ,其中后备耕地资源只有800万 hm^2 ,而且这些待开发土地都存在种种限制性因素,如质量不高,生态环境脆弱,开发难度大。

我国湿地面积因开垦、围湖造田等不断减少,湿地生境遭到前所未有的破坏。2000年,国家环境保护总局生态遥感调查表明,1995—2000年,我国水域、湿地面积共减少1046.7 hm^2 。

3. 自然灾害频发

由于河流源头区森林植被破坏,河流中上游积水区荒坡地被广泛垦殖,导致涵养水源能力下降,洪水泛滥,水土流失严重。南方红黄壤的山地丘陵区水土流失达 2 cm/a ,肥沃的表土层变薄,农作物产量下降。同时,大量的泥沙流入河川,

造成河床抬高, 水库淤积, 严重威胁人民群众的生命财产安全。仅黄河每年出三门峡的泥沙就约 16 亿 t, 河道堵塞引发河水暴涨, 导致下游洪涝频繁, 冲毁耕地、淹没村庄。

据统计, 1980 年代我国近海记录到的赤潮 75 次, 1990 年代则高达 262 次, 2000 年 28 次, 比 1999 年增加了 13 次, 累计面积 $1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。2000—2001 年仅东海海域因赤潮造成的直接经济损失达数十亿元。由于近海水体的富营养化程度加重, 为赤潮爆发提供了必要的物质条件。

4. 土地退化

虽然我国农业生产取得了巨大成就, 但长期以来对土地资源的不当利用和掠夺式经营方式造成了严重的土地退化。

据统计, 2000 年全国中度及中度以上水土流失面积为 297 万 km^2 , 约占国土面积的 31.39%。水土流失不仅使当地土地资源退化和生态环境遭受破坏, 人民生活贫困, 甚至威胁到人民群众的生活和生存条件, 而且泥沙大量下泄, 淤高下游河床, 使河道行洪能力降低, 造成严重洪涝, 直接危害国民经济建设和人民生命财产安全。修梯田、植树造林等水土保持措施在局部地区收到了效果, 但治理的速度远远赶不上破坏的速度, 水土流失面积和程度仍在不断扩大和加重。

我国是世界上荒漠化最严重的国家之一, 沙质荒漠化土地面积占国土面积的 16%, 而且面积还在不断扩大。中原地区人地矛盾比较突出, 历史上曾多次向北部草原区移民并开荒造田。开垦以后的草原在非耕期失去植被保护, 在冬春大风的剥蚀下, 土壤颗粒变粗, 导致土地沙化、荒漠化。另外, 草场超载过牧也是导致土壤沙化、荒漠化的重要因素。

土地盐碱化是我国半湿润半干旱、干旱地区土地退化的一种重要类型, 广泛分布于平原、盆地、河谷、阶地、低地等排水不畅的地段。吉林省西部盐碱化土地面积为 1.65 万 km^2 , 占土地面积的 35.4%, 且目前每年仍以 1.5% 的速度递增。在盐碱化最严重的地块, 碱斑面积已占草地面积的 30%~50%。

5. 污染问题严重

随着工业化和城市化进程的加快, 工业“三废”和生活污水以及农药化肥的大量使用, 对空气、地表水和土壤造成严重的污染。

大量使用化肥和农药, 在提高农作物产量的同时, 也对土壤环境和水体造成了污染。目前, 我国化肥施用量已达 375 kg/hm^2 , 按复种指数折算已达 242 kg/hm^2 , 已高出发达国家为防止化肥对水体造成污染而设置的安全上限 (225 kg/hm^2)。我国农药用量每年以 10% 左右的速度递增, 农药、化肥的过量使用, 使地表水及地下水污染加重, 如太湖等湖泊中化肥氮贡献了入湖氮的 29%, 加剧了湖泊富营

养化。此外,农业生产的废弃物也成为一大公害,如机械化养殖场的迅猛发展,使大量的畜禽粪便不加处理地堆放,严重污染了地表水和地下水。1988年,全国畜禽粪便排放量为18.84亿t,到2000年达27亿t,对农业生产环境安全产生了巨大影响。

2000年,全国二、三、四类 and 劣四类水质海域面积分别为 $10.2\times 10^4\text{ km}^2$ 、 $5.4\times 10^4\text{ km}^2$ 、 $2.1\times 10^4\text{ km}^2$ 、 $2.9\times 10^4\text{ km}^2$ 。沿海省市中,上海、浙江、辽宁、天津、江苏近岸和近海海域污染较重,海水中的主要污染因子是无机氮、磷酸盐、油类以及汞、铅等。

陆源污染对近海水质造成严重影响,如渤海污染物的80%以上来自陆地。每年由陆地排入渤海的污水总量约30亿t,所携带污染物约70万t。

如前所述,经济开发活动已经对我国生态系统的结构和功能造成了很大的影响,并产生了土地退化、荒漠化等一系列生态问题,生态环境形势十分严峻。因此,从保护生态环境的角度出发,科学、全面、准确地评价生态环境质量状况及其变化趋势,为生态保护、建设和监督管理提供科学依据和技术支持是十分必要的。在此基础上提出对策、采取措施将有利于生态环境的良性循环,促进我国经济、社会和环境的可持续发展。

三、生态环境质量评价

生态环境质量是指生态环境的优劣程度,它以生态学理论为基础,在特定的时间和空间范围内,从生态系统层次上,反映生态环境对人类生存及社会经济持续发展的适宜程度,是根据人类的具体要求对生态环境的性质及变化状态的结果进行评定。由于人们对生态环境的要求和关注的角度不同,对其本质属性的外部特征——生态环境状态的理解也有所不同。

生态环境质量评价就是根据特定的目的,选择具有代表性、可比性、可操作性的评价指标和方法,对生态环境质量的优劣程度进行定性或定量的分析和判别。

第二节 生态环境质量评价类型

生态环境的层次性、复杂性和多变性决定了对其质量进行评价的难度。由于不同时期生态系统出现的问题不同,人们对生态系统的认识程度也不同,因此,反映在人们观念意识中的生态环境质量也就不同,基于此基础之上的生态环境质量评价也就不同。从生态环境质量评价的类型来看,主要包括:关注生态问题的生态安全评价和生态风险评价,关注生态系统对外界干扰的抗性和稳定性评价、关注生态系统服务功能与价值的生态系统服务功能评价以及从生态系统健康角度

进行的生态系统健康评价。现将国内外各种文献资料中的主要生态环境质量评价类型简述如下：

一、生态安全评价

生态安全是国家安全和社会稳定的重要组成部分，具有战略性、整体性、层次性、动态性和区域性特点，保障生态安全是任何国家或区域在发展经济、开发资源时所必须遵循的基本原则之一。已有许多学者从生态安全的角度研究国家安全和社安全问题，如 Mark Halle 将人类安全系统分为经济安全子系统、政治安全子系统、人口安全子系统、文化安全子系统和生态安全子系统等，并特别强调生态安全子系统在人类安全系统中的重要性；Cynil Obi 也曾专题研究生态安全与国家安全的关系。

生态安全分为广义生态安全和狭义生态安全。广义生态安全指人类的健康、生活、娱乐、基本权利、生活保障、必要资源、社会秩序和适应环境变化的能力等不受威胁的状态，内容主要包括自然生态安全、经济生态安全和社会生态安全。狭义生态安全指自然和半自然生态系统的安全，即保持生态系统的健康状态和完整性。

无论是广义的还是狭义的生态安全，其本质就是使经济、社会和生态三者和谐统一，促进人类社会的可持续发展。其中社会安全是生态安全的出发点，经济安全是生态安全的动力，生物安全和环境安全是生态安全的物质基础，生态系统安全是生态安全的核心。

生态安全评价是对特定时空范围内生态安全状况的定性或定量的描述，是主体对客体需要之间价值关系的反映。生态安全评价的主要内容包括评价主体、评价方案、评价指标及信息转换模式等。评价对象是在一定时空范围内的人类开发建设活动对环境、生态的影响过程与效应。生态安全的自身特点要求生态安全评价的结果必须体现出整体性、层次性和动态性。

二、生态风险评价

生态风险评价是伴随着环境管理目标和环境观念的转变而逐渐兴起并得到发展的一个新的研究领域，它区别于生态影响评价的重要特征在于其强调不确定性因素的作用。

1970 年代，工业化国家的环境管理政策目标是力图完全消除所有的环境危害，或将危害降到当时技术手段所能达到的最低水平。但这种趋于“零风险”的环境管理方式逐渐暴露出高成本、可操作性差等弱点。因此，在 1990 年代后期，逐渐形成了风险管理这一全新的环境管理理念。风险管理着重权衡风险级别与减少风险成本、风险级别与一般社会所能接受的风险之间的关系。生态风险评价正

是由于为风险管理提供了科学依据和技术支持,因而得到迅速发展。

生态风险评价是一个从环境影响评价到环境风险评价的过程。环境影响评价(Environmental Impact Assessment, EIA)是对某项人类活动将来所可能产生的环境影响(环境质量变化)进行的预测和评估,其目的是为全面规划、合理布局、防治污染和其他公害提供科学依据。环境风险评价(Environmental Risk Assessment, ERA)是对某建设项目或区域开发行为诱发的灾害,对人体健康、经济发展、工程设施、生态系统等可能带来的损失进行识别、度量和和管理。根据环境风险评价中的风险承受者(即风险受体)的不同,可将环境风险评价分为健康风险评价(Health Risk Assessment, HRA)和生态风险评价(Ecological Risk Assessment, ERA)。其中生态风险评价从关注人类自身扩展到关注整个生态系统,对环境综合整治、自然保护和生物多样性保护等都具有重要意义。

生态风险就是生态系统及其组分所承受的风险,它指在一定区域内具有不确定性的事故或灾害对生态系统及其组分可能产生的作用,这些作用的结果可能导致生态系统结构和功能的损伤,从而危及生态系统的安全和健康。生态风险评价一般包括四个部分:危害评价(Hazard Assessment)、暴露评价(Exposure Assessment)、受体分析(Receptor Assessment)和风险表征(Risk Characterization)。

区域生态风险评价是生态风险评价的重要内容,是在特定的区域尺度上描述和评估环境污染、人为活动和自然灾害对生态系统及其组分产生不利影响的可能性及大小的过程,其目的在于为区域风险管理提供理论和技术支持。与单一地点的生态风险评价相比,区域生态风险评价所涉及的环境问题(包括自然和人为灾害)的成因以及结果具有区域性和复杂性。由于区域生态风险评价主要研究较大范围的区域生态系统所承受的风险,在评价时,必须考虑参与评价的风险源和其危害的结果以及评价受体的空间异质性,而这种空间异质性在非区域风险评价中是不必考虑的。

三、生态系统健康评价

生态系统健康评价是研究生态系统管理的预防性、诊断性和预兆性特征,以及生态系统健康与人类健康之间关系的综合性科学。自1980年代末提出生态系统健康概念及形成生态系统健康学以来,不同类型的生态系统健康评估、评价技术及体系成为生态系统健康和恢复生态研究的焦点。1988年, Schaeffer 等首次探讨了生态系统健康度问题;1999年8月,“国际生态系统健康大会—生态系统健康的管理”在美国召开,将“生态系统健康评估的科学与技术”列为核心问题之一,提出“生态系统健康评价方法及指标体系”将成为21世纪生态系统健康研究的核心内容。作为全球陆地生态系统的重要类型和组成部分,国际上对森林生态系统的健康问题特别关注。许多学者对森林生态系统健康的定义、测度、

评估和管理进行了积极地探讨和实践,提出了一些理论、评价方法、评估途径,为解决陆地生态系统危机提供了新的概念和研究手段。

生态健康是指生态系统处于良好状态。处于良好健康状况下的生态系统不仅能保持化学、物理及生物完整性(指在不受人为干扰情况下,生态系统经生物进化和生物地理过程维持生物群落正常结构和功能的状态),还能维持其对人类社会提供的各种服务功能。从生态系统层次而言,一个健康的生态系统是稳定和可恢复的,即生态系统随着时间的进程有活力并且能维持其自组织性(Autonomy),在受到外界胁迫发生变化时较容易恢复。衡量生态系统健康的因子有活力、组织、恢复力、生态系统服务功能的维持、管理选择、减少外部输入、对邻近系统的影响及对人类健康影响等八个方面,它们分属于不同的自然科学和社会科学研究范畴。衡量生态系统健康的因子中,活力、组织和恢复力最为重要,活力(Vigor)表示生态系统功能,可根据新陈代谢或初级生产力等来评价;组织(Organization)即生态系统组成及结构,可根据系统组分间相互作用的多样性及数量评价;恢复力(Resilience)也称抵抗能力,根据系统在胁迫出现时维持系统结构和功能的能力来评价。由于生态系统类型的多样性及复杂性,不同的生态学家提出了不同的生态系统健康评价模式。为了便于比较,Costanza等提出了一个基于系统层次的生态健康指数(Health Index, HI): $HI = V \times O \times R$, 其中V代表活力, O代表组织水平, R代表系统恢复力。近年来,一些国家级和国际间的环境工程在实践中从生物物理角度扩展了生态系统健康指标。随着研究的逐步深入,生态系统健康评价研究的发展方向是从社会经济与人类健康角度对生态系统健康状况进行综合评价。例如,加拿大和美国曾经联合对五大湖区进行生态系统健康状况评价。1997年,美国实施了全国生态系统健康状况评价项目,计划在4年的时间内完成全国的森林、农田、海岸和海洋等主要生态系统健康状况评价报告。在加拿大,生态系统健康已经成为国际发展研究中心(International Development Research Center, IDRC)的关注热点和主要研究领域。IDRC目前实施的一项核心计划是“人类健康的生态系统方法”。这个项目主要资助发展中国家开展人口增长、资源利用、技术进步与人类健康间关系的研究,利用生态系统方法促进人类健康与环境可持续发展。另外,“政府间气候变化委员会”(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)领导的一个人类健康工作组,正在进行气候变化对人类健康风险的调查研究。

四、生态系统稳定性评价

生态系统稳定性是指生态系统在自然因素和人为因素共同影响下保持自身生存与发展的能力。

有的学者认为,稳定性是系统受到外部干扰后保持或变化后能够恢复其初始

状态的能力,是一个基于热力学原理的概念(Hurd 等, 1971)。生态系统稳定性一般包括抵抗力(resistance)、恢复力(resilience)、持久性(persistence)和变异性(ariability)等四个方面(Pimm, 1984)。近年来,有的学者还提出了可靠性(reliability)(Naeem, 1998)、预测性(predictability)(McGrady-steed 等, 1997)等概念。但从其属性上看,二者亦分别属于持久性和变异性的范畴(Loreau, 2000)。稳定性有两种涵义:其一,把抵抗性和恢复力定义为生态系统对外界干扰的响应,持久性和变异性是两个描述性概念,没有涉及生态系统应付外界干扰的能力(周集中, 马世骏, 1990);其二,把抵抗力、恢复力、持久性和变异性均归属于扰动后系统的反应(黄建辉, 1994)。在上述两种稳定性内涵中,前者过于理想化,后者更具合理性,但却没有反映出不同的性质和强度。将生态系统(或其他组织层次)区分为受非正常外力干扰(如火烧、异常干旱、水灾、病虫害以及人类活动等)和时间尺度上受环境因子正常波动干扰的两类系统可能更具实际意义。从抵抗力、恢复力、持久性和变异性的角度可将生态系统稳定性理解为:对于受非正常外力干扰的系统而言,抵抗力和恢复性是测试其稳定性的主要指标;对于受环境因子正常波动干扰的系统而言,持久性和变异性是衡量系统稳定性的指标。那些能适应环境因子的自然波动,并能保持其自身生存与繁衍的系统就是稳定的生态系统。McCann 对稳定性的定义提出了一个新的解释,即种群密度离极端密度越远(越接近平衡密度),稳定性就越高,变异性就越低。在野外生态学研究,利用变异性测试可以反映群落的稳定性特征(McCann, 2000)。McCann 的定义中突出了功能多样性(种群密度波动)对群落稳定性的作用,但淡化了扰动在稳定性内涵中的作用。此外,仅仅通过变异性的测试不能全面反映系统对扰动的响应机制。

Hastings 认为,空间尺度也是与生态系统稳定性相关的一个重要因素,如同一个系统在不同的空间尺度上稳定性特征是不同的。因此,在一些系统中,稳定性是可以探讨的,而在不同层次系统中,稳定性也许是一个不适合研究的问题(Hastings, 1968, 1988)。评价生态系统稳定性的某个指标不可能对处于不同性质扰动下的所有系统都是适用的,应根据扰动的性质采用相应的指标进行衡量。

生态系统稳定性评价应体现生态系统的层次性特点。稳定性的外延包括局域稳定性、全局稳定性、相对稳定性和结构稳定性等(黄建辉, 1994)。稳定性的一些本质特征往往出现在较低的(群落以下)生物组织层次上(Hastings, 1988)。Tilman(1996)曾在生态系统、群落和种群层次上提出了各自的稳定性特征。Loreau (2000)认为,种群层次的稳定性特征可能与群落及生态系统层次的稳定性不同。事实上,扰动胁迫可能会涉及特定生态系统或群落中的各个生物组织层次,分别探讨各层次对扰动的响应机制以及层次之间的相互关系,对客观地反映生态系统稳定性本质可能更具积极意义。因此,在稳定性的外延中应反映生物组织层次的

内涵,如生态系统的稳定性、群落稳定性和种群稳定性等。

五、生态系统服务功能评价

生态系统不仅创造和维持了地球生命支持系统,形成了人类生存所必需的环境条件,还为人类提供了生活与生产所必需的食品、医药、木材及工农业生产的原材料。因此,良好的生态系统服务功能是健康的生态系统的重要反映,生态系统健康是保证生态系统功能正常发挥的前提,结构和功能的完整性、抵抗干扰和恢复能力、稳定性和可持续性生态系统健康的特征。生态系统的服务功能主要包括有机质的合成与生产、生物多样性的产生与维持、调节气候、营养物质贮存与循环、植物花粉的传播与种子的扩散、有害生物的控制、减轻自然灾害等许多方面。最主要的生态系统功能体现在两个方面,一是生态服务功能,二是生态价值功能,这些功能是人类生存和发展的基础。

生态系统服务功能的研究与评价工作开始于 1960 年代,当时日本开展了森林公益机能的经济学价值评价工作,主要应用替代成本法对生态系统的服务功能进行了评价。之后,出现了多种具体的评价方法,如:基于生态系统进入 GDP 账户的可能性,Alexander (1998)通过假定一个在全球经济中拥有所有生态系统的独占者(Monopolist),测算其在生态系统市场建立后所能获得的最大收益,以此来评价未来有可能包含在 GDP 账户中的生态系统服务经济上的逻辑价值;利用物流和能流,Klauer (2000)提出了一种生态系统和经济系统类比估算自然商品价值的方法;Woodward (2001)总结了湿地生态系统服务功能价值评价案例及方法,阐述了湿地生态系统的服务功能,提出了非市场价值评价的工具—复合分析法(Meta-analysis),同时指出以往多个湿地研究中价值估算出现偏差的原因及其影响湿地价值估算的因素;Costanza 等(1997)评价了全球生态系统服务功能的价值,其成果发表后,学术界引起了极大的震动和争议,主要是以 Costanza 为代表的“生态经济学派”和以 Pearce 为代表的“环境经济学派”围绕该论文的一些观点、计算方法和有关内容展开激烈的争论。中国的生态系统服务功能及其价值评价工作始于 1980 年代初,主要侧重于森林、湿地生态系统的服务功能评价。

总的来说,生态系统服务功能评价的方法主要有两种:一是指示物种评价,二是结构功能评价。结构功能评价包括单指标评价、复合指标评价和指标体系评价。指标体系评价又包括自然指标体系评价、社会—经济—自然复合生态系统指标体系评价。

六、生态环境承载力评价

生态环境承载力评价是区域生态环境规划和实现区域生态环境协调发展的前

提，目前尚处于研究探索阶段。区域生态环境承载力是指在某一时期的某种环境状态下，某区域生态环境对人类社会经济活动的支持能力，它是生态环境系统物质组成和结构的综合反映。区域生态环境系统的物质资源以及其特定的抗干扰能力与恢复能力具有一定的限度，即具有一定组成和结构的生态环境系统对社会经济发展的支持能力有一个“阈值”。这个“阈值”的大小取决于生态环境系统与社会经济系统两方面因素。不同区域、不同时期、不同社会经济和不同生态环境条件下，区域生态环境承载力的“阈值”也不同。生态环境承载力的涵义如图 1.1。

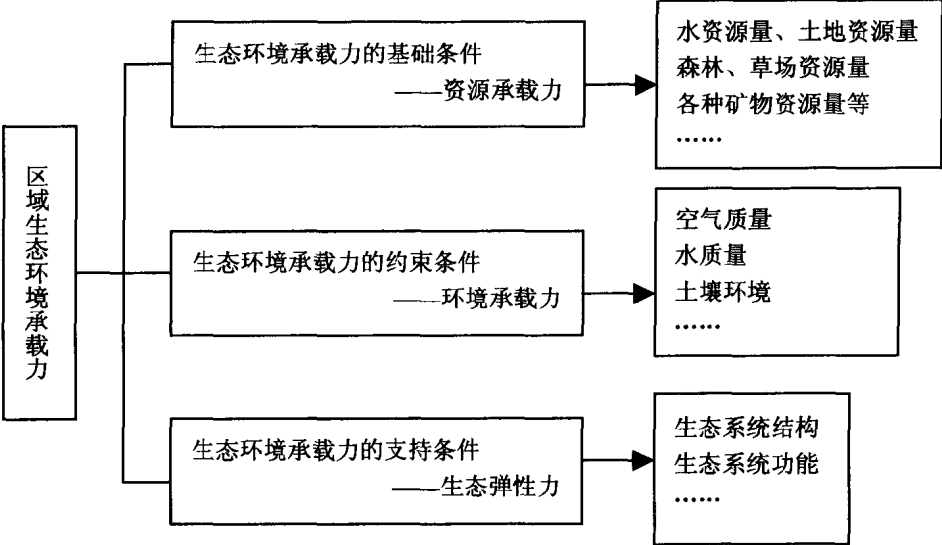


图 1.1 区域生态环境承载力涵义图

人们通常将资源承载力与某一时期、某一地区的自然资源所能支持的人口数量联系起来，其大小直接取决于对资源的利用方式与手段，利用方式不同，产生的后果就不同。人们可通过各种手段想方设法提高资源的利用率，以达到最大的经济效益，即达到最大资源承载力；也可适度地利用资源，在不损害生态系统的前提下达到资源与环境的双重效益，即适度资源承载力。在可持续发展前提下，需要的是生态承载力的提高，而不是片面追求某一单要素承载力的提高。因此，资源承载力应该是生态系统整体的承载力，即在一定时间，一定区域范围内，在不超出生态系统弹性限度条件下的各种自然资源的供给能力以及所能支持的经济规模和可持续供养的具有一定生活质量的人口数量。

环境承载力指在一定生活水平和环境质量要求下，在不超出生态系统弹性限度条件下环境子系统所能容纳的污染物数量，以及可支撑的经济规模与相应人口

数量（高吉喜，2001）。影响环境承载力的因子有三个：环境标准、环境容量和人类的生产生活方式。因为环境标准是人为制定的，不同情况下执行的标准不同，因此环境承载力的大小也不是固定不变的。环境容量是环境的自净同化能力，是环境标准与本底值确定的基本环境容量和自净同化能力确定的变动环境容量之和，环境容量的差异直接导致环境承载力的不同。人类活动直接影响到污染物的排放量，也关系到环境承载力的大小。

生态弹性力指生态系统的自我维持、自我调节及其抵抗各种压力与扰动的能力。生态弹性力对生态系统具有极其重要的意义，使生态系统在面临各种压力如自然灾害的侵袭、全球气候变化的影响下能保持正常运转而不至于崩溃。但生态系统的弹性力是有限度的，超过这个限度，系统就会发生质的变化甚至导致系统崩溃。

第三节 生态环境质量评价指标体系

一、国外生态环境质量评价指标体系研究

（1）1990年，经济合作与发展组织（OECD）遵照1989年七国首脑会议的要求，启动了生态环境指标研究的项目，首创了“压力—状态—响应”（PSR）模型的概念框架，如图1.2。该模型是衡量生态环境承受的压力、这种压力给生态环境带来的影响及社会对这些影响所做出的响应等。随后人们对该模型进行推广，建立了针对不同问题的PSR模型。

压力指标表征人为经济活动对生态环境所造成的压力，如地下水的超采量、木材砍伐超过再生量、没有保护措施的山地开垦、土壤有机质和养分的损失量、乡村农业人口密度、耕地占可耕地的比重、森林覆盖面积减少量等。

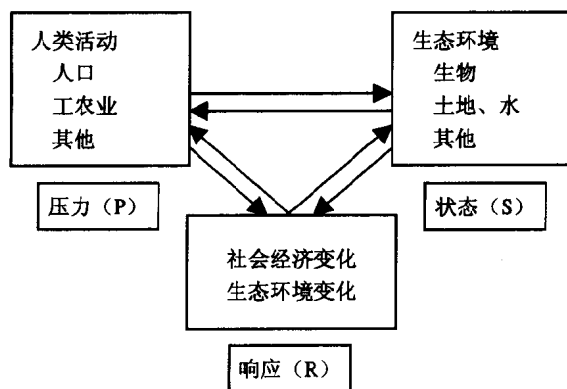


图 1.2 压力—状态—响应概念框架模型