

生态环境综合整治 和恢复技术研究

第 一 集

赵桂久 刘燕华 主编
赵名茶 申元村

北京科学技术出版社

序 言

世界已步入了人类利用自然、改造自然与控制自然的时代。这个时代是我们的祖先梦寐以求的时代。但是人类要想彻底地征服大自然，自如地改造自然环境，控制自然环境的演化和长期持久地利用自然资源，还需要自然科学工作者们付出艰辛的努力和贡献出自己的毕生精力。

科学技术是世界上最伟大、最神奇的力量，她改造了世界和人类，促使人类社会不断地向前发展。但是，与此同时我们也应看到科学技术和人类社会的飞速发展给人类赖以生存的自然环境所带来的威胁。目前，日益恶化的自然环境，已向人类提出了保护自然环境、维持生态平衡与自然资源持续利用，以及社会经济持续发展这一当今最紧迫的问题。为此，联合国召开了“环境与发展”大会，制定了《21世纪议程》，把保护自然环境和自然资源的问题推向了一个空前的高潮。为了实现这一《议程》，国家在“八五”期间开展了“生态环境综合整治与恢复技术的研究”。

由中国科学院作为组织部门的“生态环境综合整治与恢复技术研究”项目具有以下三个特点：第一、具有很强的综合性。它包括了地理学、生物学、农学、林学、畜牧学、环境科学、社会科学以及高技术科学等许多学科的分支学科；第二、涉及的地域面广。这项研究涉及到云南、海南、浙江、江西、江苏、四川、内蒙、陕西、山西、山东、河南、黑龙江、辽宁、新疆、河北等十五个省(区)；第三、整治的类型多样复杂，具有很强的典型性和代表性。它包括干热河谷区、农牧交错带、风蚀水蚀交错带、沙漠向绿洲的过渡带。在这些地区内，研究的问题涉及到：土地沙漠化的治理；水土流失区的治理；其它退化土地的治理；矿山开发后生态环境的综合整治（包括：土地复垦、环境污染的治理和废弃物的回收与综合利用技术的研究等）；生物多样性的保护技术研究（包括：森林生态系统，海洋生态系统，草原生态系统及濒危与稀有物种的保护技术研究等）；我国脆弱生态环境形成、演化机理与评价指标等基础理论的研究；以及贫困丘陵山区自然资源的综合开发利用技术的研究等。由于本项目有以上三个特点，因此，如果能达到本项目预期研究目标，这项研究除了对中国生态环境的综合治理与自然资源的合理开发利用具有重要的现实意义，将产生巨大的经济、社会、环境效益外，对于世界同类型区域的综合开发与治理也将会有重大的科学价值。

本项目虽然从1992年才正式开始实施，但是在短短一年的时间里，每个课题都已取得了可喜的进展。

为了及时交流科研成果，互相学习，互相促进，“生态环境综合整治与恢复技术研究”项目的组织部门——中国科学院，将组织有关科研单位定期编辑出版《生态环境综合整治与恢复技术研究》文集。希望这一工作能够实现《21世纪议程》所确定的宏伟目标作出一份贡献。



孙雪军

一九九三年一月

目 录

序 学部委员、中国科学院副院长 孙鸿烈

第一部分 脆弱生态环境研究理论与方法

脆弱生态环境问题初探	刘燕华(1)
生态过渡带研究的历史发展与现实意义	陈昌笃(11)
脆弱生态环境决策支持系统数据库及数字模型的探讨	赵名茶(18)
脆弱生态环境综合治理与决策支持系统	甘国辉(31)
我国脆弱生态环境形成演变原因及其区域分异探讨	申元村等(38)
我国典型生态脆弱类型浅析	吕昌河(46)
环境脆弱形势及其制图	杨勤业(55)

第二部分 区域和专题脆弱生态问题研究

北方农牧交错区

中国北方农牧交错带生态脆弱特征、环境问题及综合整治战略	罗承平、薛纪渝(61)
鄂尔多斯脆弱生态环境特征及类型	冷疏影(71)
河北坝上区域生态脆弱性特征及其对经济发展影响的初步研究	张强等(81)
冀北坝上脆弱生态环境综合整治原理与措施	宝音等(94)
脆弱生态区的一个典型例子——坝上康保县的生态变化及改善途径	刘雪华(99)
赤峰市生态脆弱性的气候表征	刘继韩、赵昕奕(105)
西辽河流域生态脆弱度分析	崔海亭、张建平(119)
科尔沁沙漠化草场植被恢复过程中的种源特性研究	赵哈林(126)

几种固少植物生物量动态与环境因子关系的研究 常学礼等(134)

西南山地区

论云贵高原脆弱生态环境整治战略 李荣生(141)

山地生态环境脆弱带初步研究 方光迪(152)

南方丘陵区

红壤丘陵脆弱生态环境综合整治战略研究初探 张更生等(160)

矿山复垦

安太堡露天煤矿废弃地复垦植被及土地生产力的研究 ... 马志本等(169)

有色金属工业环境整治及矿山土地复垦

..... 高林、张文敏、施之献、杨新海(179)

编后 (190)

第一部分 脆弱生态环境研究 理论与方法

脆弱生态环境研究初探*

刘燕华 执笔

(中国科学院 地理研究所)
(国家计划委员会)

摘 要

环境与发展是当今世界上普遍关注的问题,而脆弱生态环境则是环境与发展问题的焦点之一。本文讨论了脆弱生态环境的基本性质,并在脆弱生态环境研究的部分方法与途径方面进行了探讨,目的在于为更进一步的工作提供参考。

文章首先把脆弱生态环境定义为对环境因素改变的反应敏感而维持自身稳定的可塑性小的生态环境系统。随后就脆弱生态环境敏感性和不稳定性两个主要特性进行了分析。在脆弱生态环境类型划分讨论中,文章提出了类型划分原则应为:(1)综合性与主导因素相结合的原则;(2)多级层次划分的原则;(3)合理进行资源开发利用的原则,并提出了类型划分体系和三级类型划分的方案及依据。在脆弱生态环境指标体系讨论中,文章从系统科学的角度,提出了定性指标判别、结构判别和定量(半定量)指标判别的基本框架和方法,特别在定量(半定量)指标讨论中,结合资源—环境—人口—发展问题的主要方面,提出主因素分析、承载背景(脆弱度)分析和承受能力分析的方法和可尝试的操作方案

关键词: 脆弱、环境、特性、类型、指标

脆弱生态环境是一种对环境因素改变的反应敏感,而维持自身稳定的可塑性较小的生态环境系统。从绝对意义上讲,没有任何一种生态环境系统是完全稳定或脆弱的,因而脆弱生态环境的概念总是相对的。脆弱生态环境研究是以资源、环境、人口与发展综合的观点,通过对自然、社会经济各因素相互联系与作用的分析,探讨脆弱环境的开发、利用和整治问题,以利于使得作为人类赖以生存的环境向良性循环的方向发展。

* 此文是在刘燕华撰写文章原稿基础上,于1992年5月下旬,“在生态环境整治和技术研究”项目(85-910)研讨会上,经过与会专家、学者讨论,提出修改意见后,由刘燕华执笔修改完成。

一、脆弱生态环境的特性

脆弱生态环境在不同时间尺度和空间尺度的表现形式有所差异,从广义角度讲,脆弱生态环境具有敏感性和不稳定性这两个主要特性。

1. 敏感性

脆弱生态环境是一独具特色的环境系统,这一系统内部各种因素的联系关系易于产生变化。往往由于一个因素的变化或扰动会触发其它多个因素的“链式”反应,进而对环境整体的质、量关系产生根本的影响。脆弱生态环境敏感性的突出表现形式在于主导因素的改变而使环境整体发生了变化,且变化幅度较明显。一方面,脆弱生态环境下的主导因素条件处于临界(边际)状态,其保持稳定的临界范围也较窄;另一方面,脆弱生态环境本身对于干扰因素的抗逆性、承受能力相对较差,其生态环境系统的自我维持能力较弱。

脆弱生态环境敏感性特征是与环境结构特点相联系的。在大多数情况下,脆弱生态环境属“串联系统”(Cascade System),即环境各子系统间以“环环相扣”的方式相联系。在这类系统中,子系统的稳定性比系统整体的要强。只要系统中某一个子系统产生了变化,会导致其它子系统产生相应的反应,而且其它变化由于积累放大作用更显著,甚至于使生态环境系统整体受到了破坏。

2. 不稳定性

脆弱生态环境不稳定性的突出表现在于环境从地域和时间两方面的波动和变化,从自然—生态—经济综合的角度,则表现于生物生产能力的波动和变化。

脆弱生态环境的分布是与地域分异组合特征紧密联系的。脆弱生态环境是个开放系统,它不断与外界环境交换物质和能量,以从外界引入负熵流和自身增熵流的增减情况而决定系统稳定的变化和程度。无论在何类型的地域单元中,其内部环境的稳定性总比外围的稳定性要强,主要是由于外围的环境既有与内部环境相似的特点,又有易于受到相邻地域单元环境影响的特点。因此,就一般规律而言,大部分脆弱生态环境分布于不同地域单元的过渡、交错区(带),因为这一区(带)的环境因子的波动和变化的频率和幅度都较明显。应指出,脆弱生态环境的分布并不指所有的过渡、交错区(带)都是脆弱的,或所有的脆弱生态环境均分布于过渡、交错区(带),需要对脆弱生态环境在地域变化特点做具体的和综合的分析。

脆弱生态环境不稳定性的地域体现在于环境的质量关系和范围的变化,环境质的变化指某种环境类型被另一种类型所替代;环境量的变化指某种环境类型生物生产能力的大小;环境范围指某种环境类型波动和变化范围的扩展或缩大幅度。

脆弱生态环境是处于动态变化过程中的系统。由于受到人类与环境各种社会、自然因素既相互联系,又相互作用的干预,通过各种运动形式之间的物质、能量、信息的传递交换,使系统的结构发生频繁的变化。脆弱生态环境随时间演进的周期性变化具有波动、脆弱性特点,取决于振幅的大小和周期的长短。当环境干扰因素超过了环境整体自我维持能力承受极限时,环境会发生不可逆的转变。这类环境转变经历了渐进的累积过程和突变的过程。渐进的方向、速率和突变的条件则是决定不可逆转变的重要因素。

与人口、经济与发展紧密相联的脆弱生态环境不稳定性特征体现于环境生物生产能力的波动和变化。在目前及近期生产能力与水平条件下,人类的生存仍主要依赖于生物产量的多

少。因而一定区域内生物生产能力的可能性与区域自然—经济—社会的承受能力相关联。生物生产能力的不稳定性在一定程度上也表明自然—经济—社会综合关系的脆弱。

二、脆弱生态环境的类型划分

中国的地域辽阔，自然地理条件复杂，人类活动的历史悠久，脆弱生态环境类型也多种多样。从脆弱生态环境特性及研究的目的出发，其类型划分应具一定的原则和依据。

1. 类型划分原则

脆弱生态环境类型划分是从地理环境中与人类生存密切相关生物环境的脆弱性问题为对象；以脆弱生态环境相似性与差异性代表特征为基础，其划分原则为：

（1）综合性与主导因素相结合的原则

脆弱生态环境是由自然因素和人为相互作用、影响而形成的。在类型划分中，必须将地带性因素、非地带性因素、内生因素、外生因素、现代因素、历史因素以及人类活动等因素进行综合分析。脆弱生态环境是多种因素构成的整体，其中一个因素的改变会引起其它因素，甚至于环境整体的改变，因此，以综合的观点，从环境发生、发展规律中认识主导因素的作用和联系，才能达到对脆弱生态环境进行改造和整治的真正理解。

在类型划分中，应注意区分导致脆弱生态环境的成因及环境条件的关系，其中成因是引起环境变化的主导因素，而环境条件则是可能产生环境脆弱的背景，背景只能通过主导因素的变化而改变。

（2）多级层次划分的原则

由于认识脆弱生态环境的空间尺度和时间尺度是相对的，因此类型划分必须具有层次性。在空间尺度方面，较高层次的脆弱生态环境所包括的地域范围要广，较低层次的代表范围要小，高层次类型的环境变化会使相应低层次的环境产生影响，而低层次的变化不会使高层次环境发生明显改变。在时间尺度方面，往往较短时间内环境的变化仅仅是长期环境演变周期性波动的一部分，或长期环境结构变化累积过程中的一部分，它只是在某一时段和局部范围内有影响，而对长期环境整体性质并不产生根本性的作用。

脆弱生态环境类型须进行多级划分，高级类型划分具更广泛的概括性，低级类型划分对脆弱生态环境改造、利用方式和措施具更有针对性的指导意义。

（3）合理进行资源开发利用服务的原则

脆弱生态环境研究的主要目的是了解：1）脆弱生态环境是怎样产生的；2）有哪些脆弱类型？分布在什么地方？3）脆弱性表现特点是什么？并如何进行综合整治？因此，脆弱生态环境类型划分不仅要有科学依据，而更重要的是要使科学研究向生产实践转化，以利于资源开发、利用的应用实践。在脆弱生态环境类型划分体系中，各级别的类型应与资源利用方向、改造利用方式以及改造利用措施相联系。

2. 类型划分的依据

脆弱生态环境类型是在类型划分体系基础上，根据脆弱因素、特点关系为依据进行多级划分的。

（1）类型划分体系

类型划分体系是区别不同脆弱生态环境类型的量纲。这一体系提供了从不同角度认识脆

弱生态环境的依据。以中国环境基本特征出发，类型划分体系可包括成因、生态景观类型、脆弱特征和脆弱强度几个方面（图1）。

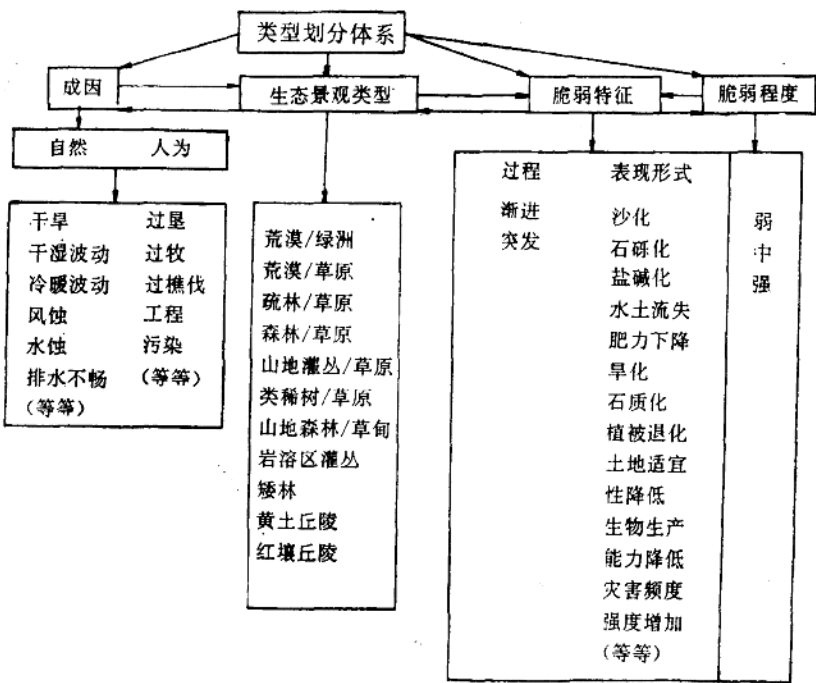


图1 脆弱生态环境类型划分体系

（2）类型划分及其依据

脆弱生态环境类型可按三个层次等级进行划分。

1）一级脆弱生态环境类型

一级类型是以成因特征为主要依据的分类，以导致生态环境脆弱的主导因素差异进行类型划分。由于在生态环境中自然因素是导致环境变化的基础，而人为因素则起着加速或延缓自然过程的作用。因此，成因分析的重点应着重于自然因素，同时把人类活动的影响作为重要参考。在有些情况下，脆弱生态环境的主导因素不仅仅只是一个，两个（或以上）因素交互作用的影响可能才是导致环境脆弱的根本原因。

一级脆弱生态环境类型的命名采用主导因素名+脆弱生态环境的命名方法。

2）二级脆弱生态环境类型

二级类型为一级类型的续分单位，二级类型的区分以生态景观类型与脆弱特征组合为依据。由于大部分脆弱生态环境过程特征为渐进的，因而脆弱特征主要侧重于表现形式。二级脆弱生态环境类型命名采用主导因素名+生态景观类型名+脆弱特征名+类型的三段命名法。

3）三级脆弱生态环境类型

三级类型为二级类型的续分单位，以脆弱程度的大小为划分依据，其命名采用二级类型名后加脆弱程度名的命名方法。

总之，一级脆弱生态环境类型的划分能够回答有哪些主要原因(why)造成了脆弱，二级

类型划分能够回答在什么地方(where)及在什么环节上(what)发生了脆弱, 三级类型划分能够回答脆弱程度怎么样(how)。

三、脆弱生态环境的指标体系

脆弱生态环境是与自然、社会、经济紧密联系的, 是自然环境条件与人类生产活动, 以及历史发展过程相互联系和作用的结果。因此, 脆弱生态环境的指标体系实际上是估价人口、生产、社会发展, 环境整体生产能力及潜力的程度, 以及环境能否被持续、稳定利用的综合性衡量标准。

脆弱生态环境研究是系统性的研究, 它包括信息子系统、指标判别子系统和动态预测一整治决策子系统这三个主要部分。指标判别子系统(指标体系)则起着承上启下的关键作用, 如图2所示。

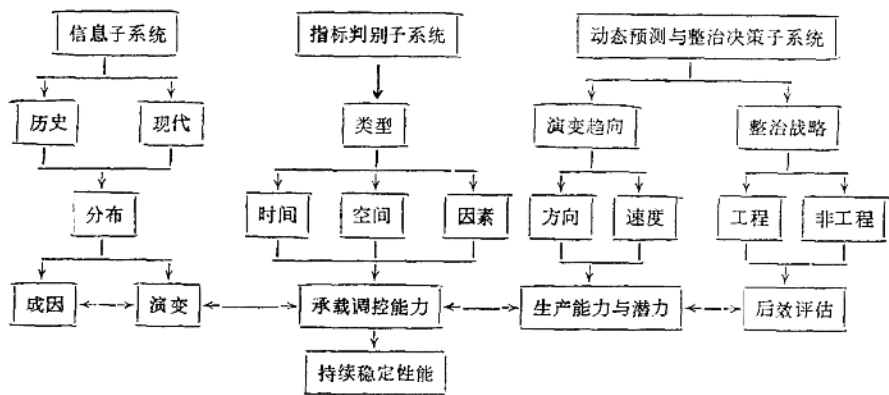


图2 脆弱生态环境研究的系统联系

脆弱生态环境的指标体系的确定是从定性判别着手, 通过指标的分析使定性指标数值化(或称量化), 最后以定性定量相结合的方式来完成。当然, 以不同的地域尺度, 不同的脆弱生态环境类型的指标体系都有可能存在一定的差异。

1. 定性指标判别

它是确定指标体系的第一步工作, 其目的旨在提出环境脆弱的主要表现形式和各形式之间存在的关系。这一工作不仅仅只是对脆弱现象的罗列, 而是为下一步定量分析和综合分析提供线索, 因而需要根据历史及现代的各类信息资料, 依靠已有的和所进行的调查成果, 依靠认真的分析与筛选来完成。按照脆弱生态表现形式的特点, 定性指标判别可从脆弱生态环境背景和性质这两个方面来考虑。环境背景包括自然环境、生产过程和环境管理的背景情况; 脆弱环境性质包括可见的、隐含或伴生的潜在的脆弱性表现。把脆弱环境背景与性质的联系关系作为框架, 即可初步确定脆弱生态环境定性判别指标的范畴, 并依此进一步列出各主要的定性指标。表1是按上述方法, 以青藏高原半干旱一半湿润过渡带为例, 说明定性脆弱生态环境指标判别格式。由于脆弱生态环境的一些表现特征是由诸多因素影响的, 因此, 有些定性的指标可出现于不同的环境背景与背景不同脆弱性质的联系中。

2. 脆弱生态环境的结构判别

表1 藏南半湿润-半干旱过渡带
脆弱生态环境定性指标

背景性质	自然环境	生产过程	环境管理
可见的	土地砂砾化 植被覆盖度低 侵蚀沟谷 草场退化 风沙地 表土层缺失	弃耕地 过牧超载 陡坡开荒 砍伐迹地增多	公路、采矿、和建筑对环境的破坏，粗放的管理（土地利用）缺乏环境保护措施
伴生或隐含的	干旱河谷带上升 林地面积减少 部分山地荒芜 森林下线上升 森林上线下降 沙丘面积扩展	耕地减少 草地载畜能力下降 土地生产能力降低 土地瘠薄 燃料短缺	局部的滑坡，泥石流，资源利用不均衡，资源利用低率
潜在的	被砍伐林地难以恢复，自然更新缓慢，气候趋于旱化，局地不可逆的环境转化	土地生产潜力下降，高投入低产出，自然灾害频度强度加强	抗御灾害能力降低，生态环境脆弱的恶性循环（局部）

它是在定性指标判别基础上对脆弱环境构成关系的分析，并依此判断影响脆弱生态环境的主导因素，以及可能的环境演化趋向。脆弱生态环境结构是指环境各组成部分之间相互排列、相互联系的整体。相互排列关系是各环境组成实体的分布形式及组合；相互联系是环境组成关系的制约、依存和变化，以及整体与个体关联的格局。脆弱生态环境结构研究由分布结构、要素组合结构和时间演替结构这三个主要结构形式，可由图3所概括。

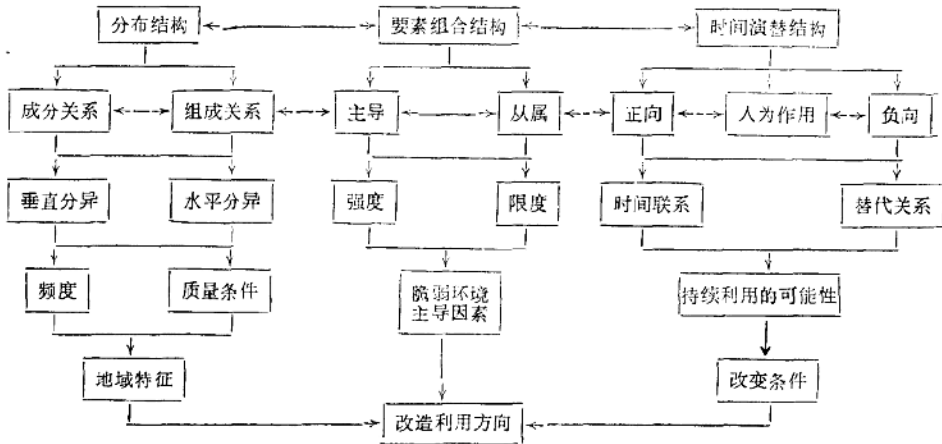


图3 脆弱生态环境结构研究框图

脆弱生态环境的分布结构是不同类别的环境、资源在空间的排列、组合关系和方式。其垂直分异和水平分异复合联系在一定程度上反映了一定范围内资源环境质量的整体特征。研究、分析环境的分布结构是以现象间的相互联系中了解规律，以掌握不同类别资源的质、量关系，即是认识有哪些环境类型（质量），各类型所占面积、比例、出现频度等。

脆弱生态环境要素组合结构研究是分析构成资源环境各要素间的相互联系和要素与整体间的联系。从集合论的观点出发,环境本身是具有一定性质的事物全体,称之为集合(简称集),这个集由许多元素构成,而每个元素都有一定的作用和性质。各个元素的性质和关系也决定了整体的性质。在要素组合分析中,一般是以一定的区域为对象,以影响环境适宜性与生产能力的主要因素关系为重点内容,通过对限制资源环境永续利用的因素种类,主导、从属因素关系,限制因素的影响强度等的分析,结合区域社会经济—社会发展水平的分析,达到了解区域对脆弱生态环境承受能力的基本状况的目的。

脆弱生态环境的演替结构研究是分析环境条件 and 生产能力随时间的变化,在自然和人为作用下发生、发展趋势,进行其分析的目的在于掌握环境条件是否稳定或能够在一定时间内资源的持续利用程度。环境演替有演替方向、演替强度和演替速率几个方面。演替方向有可逆与不可逆两种变化;演替强度和速率需以一定的时间尺度来衡量,并与引起动态变化的因素有关。有时,一种因素的作用就足以使环境产生根本的改变。在环境演替的分析中,环境组成与时间过程应作为重点。图4表示了演替结构分析的框架。

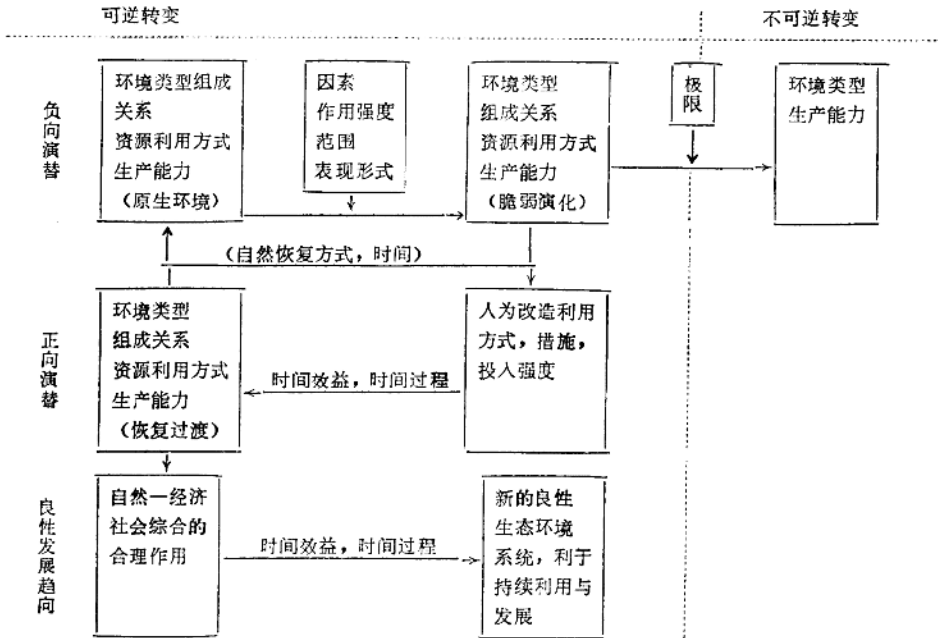


图4 脆弱生态环境演替结构分析框架

值得注意的是,环境结构是多层次的结构系统,结构分析中需区分时间尺度和空间尺度的层次关系,短时间、小范围的结构属低级系统,长时间、大范围的结构属高级系统,低级系统和高级系统之间又不是孤立存在的,它们之间有关组成和包含的关系联系。

3. 定量、半定量的指标判别

它是通过对环境各要素的特殊属性及要素组合的整体效应,对脆弱生态环境范围及演变趋向的认识,结合对脆弱生态环境成因与环境受体的综合分析,以定量、半定量的分析方法,达到对脆弱生态环境整体的概括。这一工作不仅有利于区域间的量化对比,也为脆弱生态环境的综合整治提供了依据。

脆弱生态环境定量(半定量)指标判别包括主因素分析, 承载背景(脆弱度)分析和区域脆弱承受能力分析这三个方面。第一方面分析的作用是辅助对主导因素的判别, 以及利于对不同主导因素及在不同地域的量化对比; 第二方面的分析是为了辨别生态环境的脆弱程度, 它可作为三级类型划分的指标依据; 第三方面的分析主要服务于脆弱生态环境整治战略的研究, 为宏观决策提供参考。

(1) 主因素分析

主因素分析是对导致环境脆弱的主要自然因素(结合人为因素)变化及其后果进行估价, 采用公式为:

$$E = \sum_{i=1}^n M_i / n \dots\dots\dots (1)$$

式中E(element)为主要因素影响效应值, 其值范围在0~1之间, 代表主要因素变化对自然、经济影响的几个重要测度内容的综合性指标, 其值越高则说明影响效应越大; i代表不同的参评指标, 分别为主导因素的变率, 频度, 影响范围和导致的经济衰退变率; n=1, 2, 3, 4, 代表参评因素种类; M(Major factors)则是参评指标的数值。

在估价E值时, M1用因素变化绝对值与多年(周期)均值的关系来表示, 从历史变化的统计规律分析中得出; M2用因素变化频度表示, 通过所变化年份与波动周期年份的比值求得; M3是因素变化的影响范围度, 通过脆弱地域面积与地域单位面积之比求得; M4是由于因素变化所产生的经济损失度, 通过国民生产总值(GNP)减少数与统计规律的产值之比求得(也可扣除工业部分进行计算)。在主因素分析中, 应确定因素变化的正常允许范围, 只对非正常变化年份的情况加以分析。一般而言, 气候因素变化值超过(或低于)平均值15%即可认为属非正常变化, 如年降水量低于多年平均值的15%即为旱年等等。

当然, 影响生态环境脆弱的主导因素可能不只一个, 且在一定条件下, 某些从属因素会转化为主导因素。因此, 主因素分析也可进行复合分析, 多重对比, 以及因素转化条件的分析与判别, 依具体情况做具体处理。另外, 在主因素分析中, 允许根据实地情况对参评指标做相应的转换。如在中国西北干旱区的主要问题是干旱, 但对绿洲农业来说, 降水的变化并不能对绿洲农业产生根本的影响, 因为绿洲农业主要依靠的是冰雪融水。因而, 山地湿度的变化则可作为反映冰雪融水量多与少的测定内容。

(2) 承载背景(脆弱度)分析

承载背景分析是以自然、人口、经济及发展因素进行综合评价, 以说明由于生态环境脆弱所导致区域整体脆弱的程度, 其分析采用式:

$$U = \sum_{i=1}^n M_i \dots\dots\dots (2)$$

式中U(unsustainability)为承载背景(脆弱度); 是综合指标值, 其值范围幅度较宽, 值较高则说明脆弱程度更严重; i代表不同参评指标, 分别为脆弱范围度, 人口-土地关系值, M3是脆弱经济损失度, M4为环境恢复的投入比; n=1, 2, 3, 4; M是参评指标的数值。

在估价U值时M1(脆弱范围度)用目前区域内所有脆弱生态环境面积与区域面积之比求得; M2是人口对土地压力程度, 用人口数和土地人口承载力数之比求得; M3指标内容与计算方法与式(1)中的M4相同; M4为把脆弱生态环境改造、恢复到原有生产能力和水平的

一定时间内所需经济投入与同期国民生产净产值(NGP)之比, 可通过统计分析及典型调查的推算求得(也可扣除工业部分的NGP)。

在脆弱度的参评因素中, M_2 的值在不同区域的差异较大, 其值也有超过 1 的可能性。测度人口对土地压力程度问题较为复杂, 须考虑人口增长率、消费水平、投入和时间多种因素关系。鉴于此, 可暂把土地-人口关系仅作目前及近期的分析, 未来人口增长率按中等水平计算, 至 2000 年时以人均消耗达到中等水平, 投入为中等能力计算, 至 2020 年时人均消费及投入按高等水平计算。

(3) 承受能力分析

承受能力分析是根据历史的、现代的及预测的实际和可能的情况, 定量说明一定区域和时间内生态环境稳定(可持续利用)程度与区域经济发展的关系, 可用下式表示。

$$I = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n L_i - \sum_{j=1}^m R_j}{G} \dots\dots\dots (3)$$

式中 I (Indicator of Sustainability) 为承受能力指标值, 其值范围在 0~1 之间, 值越高说明区域承受能力越强; L (Lesses) 为某一种脆弱环境导致的经济损失, 以多年平均值计算, $n=1, 2, 3, \dots, n$; i 代表脆弱环境的种类; R (Reduction) 某一改造措施(包括技术投入)的减损, 以多年平均值计算; $m=1, 2, 3, \dots, m$; j 代表措施种类; G (GNP) 为一定时段内多年平均国民生产总值。

在实际分析中, 经济损失量(L_i)较难以各类脆弱环境分别计算, 因而可以考虑根据脆弱波动期间产值与统计规律产值之差的均值作为依据; 改造措施的减损量(R_j)也是不易于精确统计的, 因而可暂以典型调查研究结果及地域代表性结果进行推算求得。

承受能力分析之后, 须进一步探讨的问题是区域自然-人口-经济对脆弱性的承受极限。不同主导因素、生态、经济、社会背景等条件下的区域承受极限差异可能很大。所以。只有依实际、具体情况, 以动态的观点, 把人口生存的基本需求作为衡量标准, 通过深入研究, 才能逐步对承受极限问题有所认识。

参 考 文 献

- [1] N.S.Jodha, 1990, Mountain Agriculture; Search for Sustainability, Kathmandu, ICIMOD.
- [2] 阳含熙、卢泽愚, 1981, 植物生态系的数量分类方法, 科学出版社。
- [3] 牛文元, 1990, 中国自然灾害总体评价的指标体系研究, 《中国自然灾害灾情分析与减灾对策研讨会》报告。
- [4] 刘燕华, 1992, 雅鲁藏布江中游地区的土地系统, 科学出版社。
- [5] 安德烈亚斯、吉岗, (漆冰丁译), 生态稳定性与不稳定性的类型与原则, Mountain Research and Development, Vol 3.No.2, 1983, 地理译丛, 1684, No.2-.
- [6] 周硕愚, 1988, 系统科学导论, 地震出版社。

Preliminary Discussion on Fragile Environment Study

Liu Yanhua

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences
and China National planing Committee)

Abstract

Recently, Problem of environment and development has become the world wide concern, while the fragile environment is one of the key subject of the problem. This paper discusses the essential characters of fragile environment and proposes approaches for the study. It aims at providing basic references for the further consideration.

The paper begins with difining the fragile environment as an ecosystem which is sensitive to the changes of the factors and the sustaining capacity, as a whole, is weak. Followed that, the paper discusses key characters of the fragile environment---sensitivity and unsustainability, in detail.

With regards to the classification of fragile environment types, the paper suggestes three classification principles: (1) combine leading factors with the integrated impact; (2) analyze with consideration of multural--levels; and, (3) serve for the utilization of resources. Then, the paper designs the outline of fragile environment classification.

Related to the indicator system in fragile environment study, the paper, from systematic point of view, indicates ways and means inidentifying indicators by terms of qualitive, structural and quantitative analyze. Concerned with the major factors of [resources--environment--population--development, the paper suggests feasible approaches for key factor analyzes, degree of fragilify analyzes and sustaining capability analyses for quantitative studies.

Key words: Fragility, Environment, Characters, Types, Indicators

生态过渡带研究的历史发展与现实意义

陈 昌 笃

(北京大学景观生态学研究室)

摘 要

作者认为,“生态过渡带”即为两个生态系统(或斑块)之间的接触带。这一术语是1905年由F.E.Clements首先提出的。此后或与此同时,其过渡带的学术思想虽为动物学家和自然地理学家所注意,但以全新观点看待生态过渡带问题则是从20世纪80年代中期才开始的。究其原因,主要是生态过渡带本身所具有的复杂性和独特性质逐渐为科学家认识。其独特性至少表现在下列四个方面:1.资源的丰富度在过渡带增高;2.过渡带对相邻生态系统起重要控制作用;3.生态过渡带的一部分往往是潜在敏感地点(生态脆弱带);4.生态过渡带常常是风险易发生的所在。

关键词: 生态过渡带 景观生态 潜在敏感

我们所居住的环境实际上是一个不同空间和时间尺度的由边界(生态过渡带)部分地调节的相互作用的斑块系统(patchs system)。当前全球环境正在经历着历史上从未有过的快速改变,这种改变不论是气候的变暖以及随之而会发生的海平面上升、降水的增加或减少、臭氧层的耗损、酸沉降的蔓延等等,都必然会反映在景观要素的结构和功能上。作为景观结构单位之间的交接带或生态过渡带,对环境的改变要比结构单位本身更为敏感,因此,它正在受到科学界的越来越大的注意。

所谓“生态过渡带”,即两个生态系统(或斑块)之间的接触带。它的原文是“ecotone”*,这个字来源于希腊文“oikos”(住所)和“lonos”(紧张)两字的合并。F.E.Clements(1905)首先使用此字,他把它理解为相邻两个群落之间的过渡带^[24]。1987年1月,环境问题科学委员会(SCOPE),人与生物圈计划(MAB)和国际生物科学联合会(IUBS)联合召开的巴黎工作组会议上,M.M.Holland对ecotone给出下列科学定义^[23]:

生态过渡带是“相邻生态系统之间的过渡带,具有一组为空间和时间尺度以及相邻生态系统之间相互作用力量所独特地确定的特征。”

生态过渡带可以发生于多种多样的空间和时间尺度。Clements仅注意植物群落之间的空间过渡带,但他把生态过渡带看成是一种紧张带(zone of lention),对后代的生态学家是有启发意义的。Holland的定义显然比Clements前进了一步,在内涵上要广阔和深刻得多。

* “ecotone”或译“生态交错带”,但群落交错带仅是过渡带的一部分情况,群落之间的过渡也有不是交错形式的。至于译为“脆弱带”则更不合适,因为脆弱性仅为一部分过渡带具有。

一、生态过渡带研究的历史发展

Clements提出ecotone一词之后,1933年,野生动物学家Leopold注意到生态过渡带物种数目特别丰富,提出著名的“边缘效应”(edge effect)思想。但此后50年,生态学工作的注意力一直集中在群落或生态系统本身的结构、功能和动态的分析,而对于群落或系统之间的生态过渡带或边界很少给予足够的重视,仅有少数地植物学家对某些群落或植被地带的界线加以讨论^[31,35]。

在自然地理学领域,比生态学还要更早就注意到不同自然地理区(或带)之间的边界问题。早在上世纪末,俄国土壤学家和自然地理学家В.В. Докучаев(1883)在他的《俄国的黑钙土》(Русский Чернозем)(1936年2版)名著中,就探讨了黑钙土的北界问题。他认为黑钙土的北界…以或多或少广阔(有时其断面达100维尔斯特或更多)的带的形式出现。他并指出,既要注意界线的区分(разделение)性质,又要注意它的联合(Соединение)性质;既有急变(Резкость),也有渐变(Постепенность),而后者是自然历史体(如土壤、植被区、自然地理区等)的联合和结合的表现^[28]。

从50年代开始,苏联自然地理学家之间对界线问题曾经展开了热烈的讨论^[27,28,32,33]。但讨论的内容不外界线如何划定(采用什么标准)和界线如何分类。得到公认的是地理综合体之间的边界有两种类型:明晰的(Резкий)和渐变的(постенный)。个别科学家并试图使边界的确定量化,以数学式表达过渡的相对明显性^[27],但他们的思想并没有获得进一步的发展。

我国的情况也与俄国和苏联类似。新中国成立以后的40多年中,在学术刊物上出现的讨论自然地理界线或植被界线的文章有20余篇,讨论的中心内容是界线应划在什么地方。热带北界或南亚热带南界尤其是讨论的焦点^[1,2,3,4,5,6,7,8,13,16,21,]。少数文章涉及其它省区的植被界线^[9,11,12,14,17,19,22]。

完全以新的观点看待生态过渡带问题是从80年代中期开始的,有两个平行的发展促使生态学家对过渡带重新加以认识:一个是淡水生态研究的进展。淡水生态学工作者通过大量的实际工作开始认识到,大陆水体的健康主要取决于它们的陆地环境。国际湖沼学会曾经举行数次学术讲座,阐述这一思想。另一个是景观生态学的发展。景观生态学使生态学家把注意力放在研究异质景观各组分之间的相互作用和交换(物质、能量和物种)、异质性对生物和非生物过程的影响等等,从而推动了对在这种相互作用和交换过程中起重要作用的生态过渡带的研究。

1986年4月,由人与生物圈计划(MAB)、联合国教科文组织(UNESCO)与法国国家科学研究中心(CNRS)的学科间环境研究计划(PIREN)联合发起,在法国图卢兹(Toulouse)举行了一次“土地利用对水生生态系统的影响:科学信息的利用”专题讨论会(workshop)。该讨论会分成4次会议:科学信息的利用、土地利用对养分输出的影响、城市地区以及河岸系统和湿地。讨论会的一个重要结果是,认识到生态过渡带调节越境的生物化学过程以及景观镶嵌的性质方面起决定性作用。会议的参加者建议,生态过渡带的作用、它们的管理和恢复应该成为MAB的一项研究焦点^[26]。

1987年1月,SCOPE与MAB联合在巴黎召开了一次非正式的技术评议会(Technical

consultation), 专门讨论了生态过渡带概念^[23]。会上提出一个生态过渡带的工作定义, 这就是在本文开始时引用的Holland(1988)的定义。

1985年5月在匈牙利的Sopron举行了MAB-5学术讨论会, 讨论会的中心议题是水—陆生态过渡带的生态学与管理^[26]。

随后, SCOPE在以Francesco di Castri为主席的科学顾问委员会的指导下, 设立了一个组织三次专题讨论会的计划。第一次讨论会于1988年11月在巴黎召开, 有约30个科学家参加, 探讨了生态过渡带在影响生物多样性和能量、物质及有机体之流方面的作用。第二次讨论会于1991年在美国Michigan州Hickory Corners的Kellge生物站举行, 讨论全球变化对生态过渡带的影响, 最后一次讨论会是关于生态过渡带的管理, 计划于1991或1992年在独联体举行。这几次专题讨论会无疑对生态过渡带的深入研究起了促进作用。

二、生态过渡带研究的现实意义

如上所述, 地理边界现象在上世纪末就引起了注意, 生态过渡带概念在本世纪初也已提出, 但为什么经历了近一百年, 到本世纪80年代中期才引起生态学家和自然地理学家的广泛兴趣, 一下子成为研究讨论的热点? 其原因除了前面谈到的淡水生态学家认识到陆地环境对水体健康的关键影响和致力于研究异质地表的景观生态学的发展的刺激以外, 最根本的原因是生态过渡带本身所具有的复杂的和独特的性质, 这些性质以前并未被认识, 直到最近, 在生态学取得了很大进展之后才逐渐有所揭露。

就现在已了解的情况看, 生态过渡带的独特性至少有下列四个方面:

1. 资源的丰富度在过渡带增高

因为生态过渡带处于两个或多个生态系统(广义)的交接带, 它包含来自两方面的物种, 另外还有以生态过渡带为栖息地的种类, 所以一般说来, 它有较丰富的动物、植物和微生物区系, 它较大的生物多样性。野生动物学家很早就发现, 在某些森林边缘有较多的狩猎动物, 提出所谓“边缘效应”(Leopold, 1933)。“边缘效应”虽然不一定适用于所有生态过渡带, 但生态过渡带所形成的独特环境对于吸引生物物种是起作用的, 有些物种成为生态过渡带的特征, 另一些物种则在过渡带进行它们生存所需要的活动(例如两栖类, 以及在一个系统采食, 在另一个系统中营巢的鱼类和鸟类, 有些农业害虫和捕食者把生态过渡带作为避难所或源区等等。)

还应该考虑, 由于过渡带小环境的特殊, 为生物的“微演化”(microevolution)提供了基础, 所以有些生态过渡带有可能成为遗传基因库(genetic pool)。

这一切都导致在生态过渡带有较多的生物种类和数量, 不仅生物资源如此, 非生物资源方面, 过渡带又往往是地下水出露、土壤肥力增高和某些矿层露头的地方。

2. 过渡带对相邻生态系统起重要控制作用

景观各组分之间或两个生态系统之间的相互作用, 积极地发生在边界(生态过渡带), 这种相互作用具体表现为物质、能量和有机体通过边界的流动, 即所谓生态流(ecological flows), 生态过渡带正是通过控制景观组分之间的生态流施加控制影响, 从而影响景观动态。

在这里, 生态过渡带是作为过滤器和障碍物起作用的, 其功能类似于生物膜。化学物、颗粒物、有机体、能量在被风、水、动物等媒介物携带、搬运, 通过生态过渡带时, 有些通过, 有些被阻留, 有些被改向。这种影响当然与过渡带的形状、结构等有关, 也与季节有关, 但不管