

生态环境综合整治与恢复技术研究

——退化生态系统综合整治、恢复与重建示范工程技术研究

第二集

赵桂久 刘燕华 赵名茶 主编

北京科学技术出版社

序 言

科学技术是世界上最伟大、最神奇的力量，她改造了世界，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。日益恶化的环境向人类提出了保护自然环境、合理利用自然资源，实现社会经济持续发展这一当今最紧迫的问题。为此，国家在“八五”期间开展了“生态环境综合整治与恢复技术研究”。

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、内蒙古、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、整治的类型复杂多样，具有很强的典型性和代表性。它包括农牧交错带、风蚀水蚀交错带、沙漠向绿洲的过渡带、红壤丘陵、岩溶山区和干热河谷。在这些地区内，研究的问题涉及到：土地沙化、水土流失及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。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有一定的参考价值。

本项目从1992年正式实施，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。希望这一工作能够为实现《21世纪议程》所确定的宏伟目标作出一份贡献。



一九九五年二月

目 录

序言	中国科学院院士 孙鸿烈
----------	-------------

第一部分 脆弱环境理论与研究方法

加强防治生态系统退化试验示范研究	赵桂久(1)
中国脆弱环境类型划分与指标	刘燕华(8)
脆弱环境敏感性评价方法探讨	薛纪渝、罗承平(19)
脆弱环境的特性、判别与分类	吕昌河(25)
生态过渡带与生态脆弱性的理论与实例研究	张建平(32)
脆弱生态环境综合整治决策支持系统的设计思想	甘国辉(42)
论中国脆弱环境整治战略	李荣生(48)
人类活动影响下的景观格局与景观变化	张建平 崔海亭(56)
中国脆弱环境区划的初步研究	申元村(69)

第二部分 区域脆弱环境问题研究

北方农牧交错区

中国北方农牧交错带脆弱环境特征研究	薛纪渝 罗承平(77)
坝上疏缓丘陵华北落叶松人工林生长特性研究	赵文智 宝音 赵雪(90)
赤峰市主要气象灾害分析	赵昕奕(98)
坝上高原冷凉环境及其开发整治对策	赵雪 赵文智 哈斯 赵存玉(113)

西南山地区

——生境与贫困——桂西北喀斯特山区研究	赵名茶(118)
中国西南地区脆弱环境类型初探	张信宝 柴宗新 张建平(135)
——元谋干热河谷脆弱环境及其退化	张建平 张信宝(140)
遥感技术在元谋试验区土地荒漠化研究中的应用	刘淑珍 福原道一 今川俊明(146)
元谋干热河谷试区土壤的水分性状及基本物理特性研究	黄成敏 何毓容(155)
云南元谋干热河谷坝周围低山区土壤侵蚀的 ¹³⁷ Cs法研究	张信宝 文安邦(161)
贵州脆弱环境研究与整治	方光迪(167)

西北半干旱、干旱区

甘肃河西武威地区脆弱性评估与生态工程整治	魏斌(179)
脆弱环境区土地退化过程及其防治对策研究	
——以宁夏盐池县为例	张永涛、申元村(187)

第三部分 综合整治与恢复技术

中国有色金属工业环境管理、技术革新与协调持续发展	高林 张文敏 杨新海(193)
--------------------------------	-----------------

夏季灌溉对骆驼刺形态学特征、群落生态结构和天然更新的影响.....	
..... 张立运 买买提 安尼瓦尔 夏 阳(203)	
绿洲边缘沙化地植棉技术.....	杨昌松(210)
用污水污泥作底肥在砾石上种植果树的试验.....	徐林卿 党晋华(213)

第四部分 矿山复垦

黄土区大型露天矿排土场水土流失特征及水保调控技术研究.....	白中科 王治国 赵景遹(219)
安太堡露天煤矿废弃地复垦人工草地研究	
..... 吴增禄 柴清思 佟则昂 陈建军 马志本 芦崇思 高洪文 陆廷璧(229)	
赴加拿大对露天矿废弃土地复垦的考察报告	
..... 马志本 王金良 佟则昂 吴增禄 徐林卿(235)	

第五部分 台站工作介绍

坝上半干旱风蚀沙化环境综合整治与恢复技术试验示范研究	赵文智、赵雪(239)
神木试区自然条件及综合整治途径.....	侯庆春(242)
建设中的元谋水土保持生态试验站.....	高维森 张信宝(249)
策勒试区情况简介.....	张希明(253)
霍林河露天煤矿干旱与半干旱草原区复垦与环境综合整治定点示范研究	
..... 李培军 杨桂芬 李文杰 白云山(255)	

加强防治生态系统退化试验示范研究

赵桂久

中国科学院自然与社会协调发展局

人类社会的可持续发展是仰仗于生态系统的良性循环与可持续利用,这一不可违背的大自然规律已逐渐得到了世界各国有识之士与政府官员们的共识。因此,对于保护自然生态系统,综合整治与恢复退化生态系统,以及重建可持续发展的人工生态系统的示范工程技术研究,已成为世界各国的研究热点。

在联合国召开的环发大会上所制订的《21世纪议程》中指出:“人类站在历史的关键时刻。我们面对国家之间和各国内部长期存在的特殊现象,贫困、饥饿、病痛和文盲有增无减,我们福祉所赖的生态系统持续恶化。然而,把环境和发展问题综合处理并提高对这些问题的注意将会带来满足需要、提高所有人的生活水平,改进对生态系统的保护和管理,创造更安全、更繁荣的未来的结果。没有任何一个国家能单独实现这个目标,但只要我们共同努力,建立促进可持续发展的全球伙伴关系,这个目标是可以实现的。”这个划时代的纲领性文件,将全人类动员起来,拯救整个地球。为此联合国人与生物圈计划及在世界各国所推行的计划,均把其研究重点放在退化生态系统的整治与重建上,并把保护、改造、治理生态系统、合理利用自然资源与协调人与自然的的关系,促进人类可持续发展的问题推向了一个空前的高潮。

联合国所制订的《21世纪议程》共40章,其中以15章的篇幅谈了有关资源与环境问题。在这15章中又以3章的篇幅专门论述了脆弱生态系统管理(防治沙旱、可持续的山区发展)和统筹规划与管理陆地资源问题。在《中国21世纪议程》的优先行动计划和国家科委制订的《中长期科学技术发展纲要(1990-2000-2020年)》中都将资源与环境问题的研究放在了头等重要的

地位。由此而预测在步入21世纪的同时,世界各国对于生态、资源、环境问题的研究将形成规模,进入21世纪以后,这项研究将会成为全球性的系统工程研究。

在人类社会飞速发展的今天,存在着一个永恒的矛盾,那就是一方面要大量地从生态系统中索取资源(能量和物质),另一方面又要克服生态系统的退化,来保证人类社会的可持续发展。这一对矛盾在人口急剧增加,民众的科学文化素质水平又比较低的中国就显得更加突出、尖锐而难以解决。因而摆在中国人民面前的一个长期而艰巨的任务是:协调好人与自然的的关系,防治生态系统的退化,建立可持续利用的人工生态系统。

在我国人均耕地约1.8亩,相当于世界水平的45.5%的情况下,为了解决基本的温饱问题,不得不大面积地毁林开荒,把压力推向了本身就易于退化的生态脆弱区,造成我国现有水土流失地160万平方公里,北方干旱、半干旱牧区退化的草地已达13亿亩。由于过度的开采森林资源,使国土面积13.5%,本来就土壤覆盖度小,地层透水性大的石灰岩山区极度退化,怪石林立,寸草不生。对于矿产资源的掠夺性开采,造成的生态系统的退化就更加难以形容。矿山的开采,给生态系统带来的压力是惊人的,首先是大面积地破坏地形地貌,植被被剥离,然后水土流失、河道阻塞、滑坡、泥石流、地表与地下水系紊乱、土地沙化、盐碱化、环境污染等相继而来。就拿煤炭的开采来说,迄今已造成土地破坏4000万亩以上,并且以每年约30万亩的速度继续增加,煤矸石、粉煤灰、采矿剥离物等固体废弃物累积百亿吨。有色金属矿山每年排出尾矿超过了3亿吨,目前累计堆存量达40多亿吨。这些废弃物不仅占用了宝贵的耕地,而且还严重地污染了环境,

如此发展下去,再不治理,不要说社会的可持续发展,人类到底给自己留下了多少生存的余地?

在中国,为了解决社会、经济、资源与环境协调、稳定的可持续发展问题,已经以不同的形式对于退化的生态系统进行了一系列的治理工程技术研究。例如:区域综合整治、生物多样性保护技术研究、防灾减灾、生态环境综合整治与恢复技术研究、中国生态系统研究网络的建设、社会综合发展实验示范区的建设等等。

在国家科委中长期科学技术发展纲要中指出:“1. 加强城市化进程中环境污染防治技术研究;2. 加强农村环境治理技术和农业生态建设技术的研究;3. 加强不同类型生态区和自然保护区生态环境建设技术研究;4. 加强生态环境规划和标准等软科学研究;5. 研究生态农业与环境的关系,农业生物生长条件的优化,以及建立高效生产的农业、森林、草原、水生生态系统;6. 研究我国生态系统的结构、功能和演化规律的预测、分析和有关理论;7. 可更新自然资源系统的形成、演化规律及其数量预测和综合评价,建立合理的资源环境系统”等等,从中可以使我们认识到国家对面向 21 世纪生态系统研究的基本要求。

根据《中国 21 世纪议程》与《中长期科学技术发展纲要》的要求,我们有必要从以下几个方面来进行防治生态系统退化的试验示范研究:

一、加强应用基础研究的研究

在面向经济建设主战场的同时,我们必须清醒地认识到,对于生态系统的基础与应用基础理论研究的重要性已受到了眼前功利主义的很大的冲击。

人类社会发展的历史已告诫我们:要想谋求社会经济的可持续发展,首先要谋求社会、经济、资源与环境协调、稳定地可持续发展的最佳结合点与最佳途径。这种最佳结合点与最佳途径的寻求建立了“人类不断创造新的人工生态系统的历史”,然而这个历史必须是能够遵循自然生态系统演化规律与促进生态系统良性循环的历史。而眼前功利主义者恰恰违背了这一历史原则,常以

短期的、单一的经济效益指标代替了生态、资源、环境与社会经济协调、稳定地可持续发展的总目标。因此在缺乏应用基础理论指导而建立起来的人工生态系统带有盲目性,经过时空的检验之后,不但再次退化,而且还加速了生态系统的恶性循环,给重新治理带来了更大的难度与资金的浪费。为此我们必须加强退化生态系统综合整治、恢复与重建系统工程的应用基础理论的研究,使“人工生态系统”逐渐地回到大自然的怀抱中,成为良性循环的自然生态系统结构中的一个组成部分。

应用基础理论研究包括以下几个方面:

1. 生态系统的形成、演化规律及未来发展趋势的预测研究;

2. 生态系统结构(包括生物空间组成结构、不同地理单元与要素的空间组成结构,营养结构等)、功能(包括生物功能;地理单元与要素的组成结构对生态系统的影响与作用;能流、物流与信息流的循环过程与平衡机制等)以及生态系统生产能力与可持续发展的相关关系研究;

生态系统是由不同的地理单元、生物群落及各种自然要素而构成的复杂复合系统。这个系统结构空间分布、组分间的量比值及其功能都有极严格的客观规律性。谁违背了这个客观规律,谁就相对地破坏了生态系统的稳定与平衡,促其演替和转化。而人类发展的历史一方面不断地从生态系统中索取资源(能量与物质),另一方面又要克服生态系统的退化,不断改造自然生态系统,创造新的人工生态系统的历史。因此在这个历史长河中如何使生态系统得到良性循环与可持续利用,首先就得研究它的结构、功能与演替规律。通过这项研究我们才能了解生态系统结构与功能之间相互联系,相互影响的机制与系统的整体性、相关性、有序性以及动态过程的实质,来指导人类控制和改造系统中的不利因素,充分地利用其生产潜力,达到可持续利用生态系统之目的。

3. 生态系统承载力的研究

在以往有关承载力的研究中,基本上偏重于从单项资源(如:土地资源、水资源、生物资源)现

有总体数量对人口的承载能力方面进行分析和研究,而忽视了生态系统的整体效应对系统承载力的影响,因而造成了生态系统总是处于超负荷状态。

生态系统是一个非常复杂的物质体系,生态系统中任何一个要素的改变都将引起整个系统为适应这种变化而相应改变,再加上不同等级、不同结构功能、不同质量(资源有效量而不是总量)的生态系统的承载能力是有很大的差别的,因此要正确反映一个生态系统的承载能力是很困难的,必须从理论和方法上加以认真研究。必须在深入研究生态系统内在联系与整体效应(生态系统内的共轭效应、抗干扰能力、自我恢复与资源更新的能力与速率、影响系统内熵值变化的相关因子对系统承载力的影响等)的基础上来确定一个生态系统的承载力才有实际意义和应用的价值。

4. 生态系统生物生态位与生态幅的研究。每种生物的生境都有其最小阈值及生物对环境因子有一定的耐性或适应范围。因此研究生态系统中生物的生态位与生态幅可为我们保护生态系统的生物多样性和合理培育开发生物资源提供可靠的科学依据;

5. 生态化学地理的研究。主要是研究生态系统中化学元素的地理分异、生态效应与生态平衡对生物的影响。特别是要研究生态系统中与生命有关的元素的生态输移、转化与循环,因为它们直接影响着生物的生命过程(生长、发育、繁殖、衰老、死亡)与环境的质量。通过此项研究来促进生态系统的良性循环和提高人类的健康水平、动植物的生产力和质量;

6. 先锋与顶级生态系统发生、发展机理与演替规律的研究

自然生态系统都是由以外部条件控制为主的先锋生态系统向能够做到内部自我调节与控制的相对稳定的顶级生态系统演化,这种演化过程也许是几十年,也许是几百年、几千年。因此靠生态系统的自然演替是无法适应人类时代发展的需求。所以只有在研究自然生态系统的先锋生态系统发生、发展与向顶级生态系统演化的条件

与规律的基础上,人为地加速自然生态系统的演替速率,或建立人工的先锋与顶级生态系统才有可能使社会经济、资源与环境协调稳定、持续地发展。在退化生态系统综合治理、恢复与重建工程技术的研究中,对于先锋生态系统的建立还有一个特殊的要求,那就是必须做到环境与社会经济效益的双丰收,这样才能得到人民大众与社会各界的支持,逐步建立起可持续利用的人工顶级生态系统,由此而增加了我们建立人工生态系统的难度。

7. 在生态系统演化与动态平衡的过程中加强生物作用机理研究

自从地球上有了生命以来,生命有机体就成为了世界的主宰,维持和控制着生态系统的动态平衡与发展,为此人类不遗余力地研究生物在这一过程中的作用机理,寻求生态系统中生产者、消费者、分解者与无机环境之间的协调与统一,维持生态平衡、使人类得以生存的最佳途径。

在以往的工作中,自然科学工作者对于生态系统中的生产者、消费者与环境之间的相互作用关系进行了大量的研究,虽然还有待于深入,但与对分解者的研究相比总还是引起了足够的重视。因此在这里要着重指出:在研究生态系统演化、发展、物质循环与动态平衡的过程中,请自然科学工作者不要忽视了分解者——微生物的作用,这方面的工作还有待于加强。

微生物在生态系统中不仅是分解者,他还是万物生长之源的制造者,是生态系统的最佳医生。微生物最本质、最基础、最关键的作用是促进了岩石风化与土壤形成的速率,提高了土壤肥力的有效性,防治病虫害以及加速了生态系统物质循环过程,促其达到稳定与平衡。

生态系统中的物质循环,支撑着生态系统的运转,如果没有这个循环,生态系统将会成为一潭死水,将无法再有生命存在。而所谓的物质循环实质上就是化学元素在生态系统中的迁移、累积与转化过程。而迁移、累积与转化过程是在化学元素从固着基质中释放的基础上进行的。这种释放的起源不是在高等动植物,而是从厌氧的微生物开始的。虽然人类发展到今天,利用化学技

术可以使固着的化学元素大量地释放出来,并且为了提高生态系统的生产能力大量地施用化肥和农药等,但这不是我们自然科学工作者所提倡的,因为从长远的观点看问题,这是一种污染行为,长期如此循环下去,会使生态系统的生态平衡遭到破坏而导致恶性循环。由此可看出研究生物,尤其是微生物在生态系统平衡、演化与发展过程中的作用机理,发挥生物技术在生态系统良性循环中的作用是何等的重要了。

8. 生态系统动态监测、评价与预警指标体系的研究与建立。

要想对生态系统进行深入的研究,建立可实施的持续发展优化模式,首先要对生态系统进行动态监测、评价与预警的研究。这项研究的准确程度又是建立在合理地制定动态监测、评价与预警的指标体系之上。然而出于不同目的、对于不同类型生态系统动态监测、评价与预警指标体系的建立的背景指标也随之不同。例如:在建立生态系统脆弱程度的评价指标体系时,是以自然生态系统的调节与恢复能力为背景,以影响脆弱生态系统自身调节与恢复能力的各种因素的相关函数来确立评价生态系统脆弱程度的指标体系;在建立生态系统退化程度的评价指标体系时是以未退化的自然生态系统的自然生产能力为背景,并以影响生态系统退化的诸要素的相关函数及突变阈值来确定生态系统退化的程度;再有如果要评价所建立的人工生态系统的优化程度,那么就应以自然生态系统的调节、恢复能力、生产能力、可持续利用能力等的综合指标为背景,建立一个复杂的、系统的评价指标体系。这种指标体系也许需要用一种数理统计模型来代替。到底采用什么样的表达方式更为合理确切,还有待于专家们的研究与探讨。

生态系统是一个组成十分复杂的物质体系,等级镶嵌,变化多端,就是在同一个大区域里也找不到条件完全相同的两个生态系统,这就给建立评价指标体系增加了难度。但是处于同一区域,同一地带的生态系统从本质来说还是有相对的同性和相似性,只不过这种生态系统内部的同性和相似性是随生态系统空间尺度的增

大而减小。

9. 建立生态系统优化经营的管理体系。

二、加强生态农业体系的研究

无论是在中国或是世界其他的农业国,要想得到社会经济与资源环境的协调、稳定地持续发展,必须走生态农业的道路。为什么要搞生态农业,其一是因为生态农业是以生态学理论为主导,运用系统工程的理论和方法,以合理利用农业自然资源和保护良好的生态系统为前提,因地制宜地规划、组织和进行农业生产的一种大农业体系。这种大农业生产体系主要是通过提高太阳能的固定和利用率、生物能的转化(生物循环)率、废弃物的再循环利用率等,促进物质在农业生态系统内部的循环利用和多次重复利用,以尽可能少的投入,求得尽可能多的产出,并获得生产发展,能源再利用,环境的保护与经济效益等相统一的综合性效果,使农业生态系统处于良性循环之中;其二是因为生态农业是对石油农业和中国传统农业的弊端的一种改革,是将其优越性进行有机结合的一种综合体,是符合当前社会经济与资源环境协调、稳定地可持续发展的需求。

自然地理学、农业地理学、生态地理学家黄秉维先生在70年代就指出:中国科学院要建立生态农业试验站,以生态平衡、生态系统的概念来指导农业研究,可以使我们不致顾此失彼,甚至欲益反损。

资源与环境学家孙鸿烈先生将生态农业看作是我国农业现代化的一个重要内容。他认为生态农业的核心是生态效益与经济效益的统一,要发展农业就要谋求一个生产力很高、质量很高的人工生态系统。

三、加强退化生态系统的综合整治、恢复与重建试验示范及跟踪监测、效益评价的系统工程研究

在我国,对于退化生态系统已进行了大量的综合整治技术的研究,建立了许多试验示范区,

也取得了许多可喜的科研成果,但也存在着一些问题。例如:1. 对退化生态系统的研究缺乏系统性与整体性,出现基础研究,应用基础研究与应用研究脱节的现象,有机结合不够,由此而造成了短期效益行为和人力物力上的浪费;2. 对试验示范区与推广区缺少追踪监测与效益评价研究,因此无法评价此人工生态系统是否是最佳模式,是否可以持续利用,也无法对此系统进行更进一步的改造与完善。

在退化生态系统的综合整治、恢复与重建试验示范研究中,应将其研究重点放在脆弱生态系统与矿山生态系统的综合整治上。

四、加强高新技术对生态系统作用机理与技术开发试验示范工程的研究

高新技术(如:航空遥感监测技术,用于退化生态系统与环境污染综合整治的物理、化学、生物、光学、电子学与节水技术等等)在资源与环境科学中的应用,增加了科学研究的准确性、可操作性,加快了治理的速度,促进了资源与环境科学的发展,使其在国民经济与社会的可持续发展中起到了应起的作用。但是由于对高新技术作用于生态系统的机理与技术开发示范工程研究较薄弱,使得一些高新技术步入误区,使生态与经济效益都遭到相应的损失。因此必须在对高新技术作用于生态系统的机理与技术开发示范工程进行系统、充分研究的基础上才可进行使用推广。

再有,由于我国是发展中国家,经济的实力不强,因此比较昂贵的高新技术无法推广,技术再好也会失去实用价值。因此在研究高新技术作用于生态系统的机理之后,可从中选择出成本低、效益高,适合于我国国情的实用技术或土法

上马。

如果我们自然科学工作者能拓宽自己的知识面,将生物学、生态学、化学、物理学、光学、数学等有关学科与资源环境科学研究有机地融合在一起,高新技术理论与老百姓的实际经验融合在一起,中外结合、土洋结合,那我们研制出来的新技术,新方法在生态系统保护治理、恢复与重建过程中将会有极强的生命力,关键的问题是打破学科的框框,大胆地去探索。

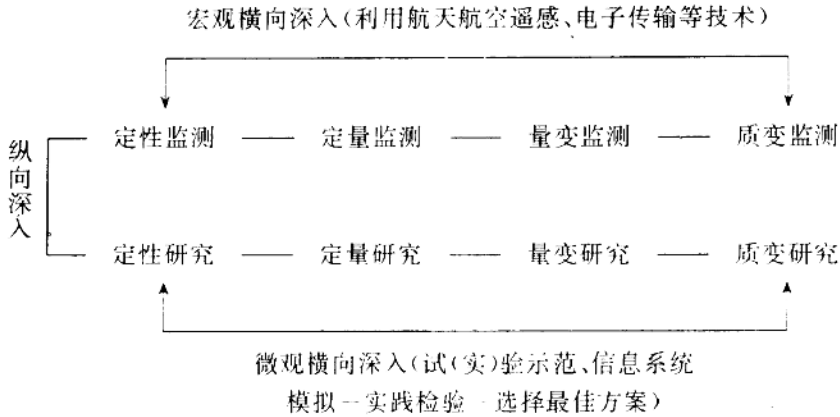
五、加强社会的教育工作

人类社会也是生态系统中的一个组成部分,因此要想治理好、保护好资源与环境必须要有社会力量的参与和支持。

居住在试验示范区的许多老百姓,还极强地保留着靠山吃山、靠水吃水、靠煤吃煤,吃光了算的旧传统、旧观念、旧意识,再加上弃农经商,大办乡镇企业,挣大钱、捞大钱、不捞白不捞的不正确经济意识的干扰,给我们资源环境的保护与治理增加很大的困难。治山、治水先治人,因此希望我们的科技人员能配合各级政府也做一些群众工作,提高他们的文化素质,增强他们的科技意识。这也许是超越了自然科学工作者的职能范围,但通过几十年科研实践表明,这个工作必须得做,并且要把他们作为生态系统中的一个要素来进行研究和治理,否则我们对生态系统的保护与整治工作将会半途而废,因为长期开发利用当地资源与环境的不是几个科研人员而是当地的老百姓,他们是大自然的主人。

六、开展以上研究的技术路线

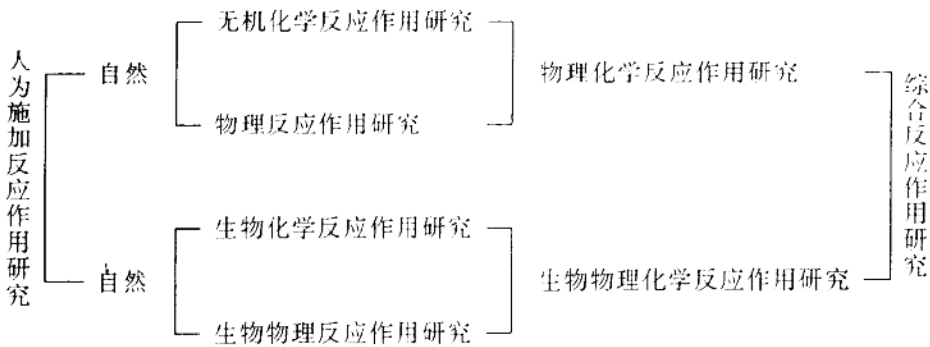
1. 深入研究



2. 综合研究

地球系统中的任何反应与作用都离不开物理与化学反应作用(其中包括自然反应作用和人

为施加反应作用),所以综合研究以下面工艺框图表示:



在地球系统中,这些反应过程有的是可逆的,有的是不可逆的。可逆反应是达到地球系统中生态平衡的关键所在,但是由于人为因素,破坏了这种生态平衡,甚至于使一些可逆反应成为不可逆的反应,严重地影响了可更新资源(或再生资源)的数量和质量,由此而阻碍了社会经济的发展。因此在这一领域中开展以上内容的综合性研究,是维持生态平衡,保护自然资源,使人类社会能够得到持续发展的关键。

3. 最佳实用模型的建立

在以上研究的基础上,建立最佳的实用模型是我们的最终目标。只有建立最佳实用模型,并进行推广后,才能取得社会、经济、环境三大效益,科学技术才能为人类的可持续发展做出应有的贡献。

最佳实用模型的建立,应采取以下方式方法:基础理论研究—应用基础理论研究—系统分析研究成果并建立仿真模型—仿真模型的实践检验—选择制定决策模型—长期的实践追踪研究—在实践中完善—推广—开发—取得效益。

参考文献

- [1]联合国环境与发展会议文件汇编,国家科委社会发展司编.
- [2]中国 21 世纪议程(送审征求意见稿),国家计委、国家科委.
- [3]中长期科学技术发展纲要(1990—2000—2020 年),国家科委.
- [4]生态概念和理论的发展,[美]罗·麦金托什著,徐嵩龄译.
- [5]现代自然地理,赵松乔等编著.
- [6]农业资源与持续农业,孙鸿烈,中国科学报,94. 3. 21.
- [7]建立人类与土地互养共生关系,颜春起,中国科学报,94. 1. 26.
- [8]能“吃”掉蝗虫的真菌,科技日报,94. 4. 23.
- [9]当代生态学博论,刘建国,中华海外生态学者学会.
- [10]自然地理综合工作六十年,黄秉维文集.

中国脆弱环境类型划分与指标^①

刘燕华

中国科学院 地理研究所
国家计划委员会

摘要

中国脆弱环境分布范围广,类型多样,不同类型地域间的差异也很明显。分析脆弱环境特征并对其进行类型划分是为了了解掌握环境脆弱的基本状况,以利于人类对环境的整治和持续利用。

本文首先讨论了脆弱环境类型的含义,指出环境脆弱空间,时间尺度特点与社会经济的联系及其划分的依据。随后,采用分层次逐渐排除非脆弱因素的方法,按四个层次划分了脆弱环境类型,分别为成因类型、环境结构类型、脆弱表现形式类型和脆弱强度类型。文章对每一层次的类型划分均以实际意义、代表性和可操作性为原则,制定了定性与定量相结合的指标体系。

文章对成因类型进行了较详细的讨论,并绘制了中国脆弱环境成因类型图,它仅作为进行更详细分类的基础。文章也提出了从高级到低级脆弱环境类型划分的框架。

关键词:脆弱环境 类型划分 指标

脆弱环境是指环境组成结构相对不稳定,对干扰因素反应敏感且易发生不利于人为利用变化的生态系统。环境的脆弱性特点受诸多自然和人为作用的影响,其发展变化也对自然环境构成关系和人类对环境的利用产生深刻影响。中国是人类活动历史悠久,自然环境条件复杂的国家,脆弱环境分布范围广,类型多样,不同类型地域间的差异也很明显。分析脆弱环境特征并对其进行类型划分的目的是了解掌握环境脆弱的地域差别,以利于对环境的持续利用。

一、脆弱环境类型的含义

在环境演化过程中,其系统总是趋向于稳定。只要输入条件不超过稳定态系统的允许范围,则稳定态将会得以保持。相对于稳定的生态系统而言,脆弱生态系统稳定态的允许范围窄,即保持平衡态和抵抗扰动的能力弱。由于位于相对稳定系统相邻区域(带)的生态系统具有双重(或多重)的边际环境特点,环境因子的改变扰动

很容易使环境整体特征趋向于某一稳定的系统特征,因而脆弱环境多分布于较稳定生态系统的过渡区(带)。但是,并不是所有过渡区(带)环境因子扰动都会超过维持稳定态的允许范围,所以环境过渡区(带)与脆弱生态环境区(带)是不能等同的。

某一生态系统的范围是随时间过程而改变的,它受更大范围的环境变化(如全球气候变化)的影响而有位置的推移或反复。因此,脆弱环境的区域判别需要指明时间尺度(阶段)。再有,环境特征出现位移或反复的区域不见得都属脆弱环境,环境脆弱性地域应从经过变迁之后是否产生了环境性质逆向变化来衡量。

环境变化与社会、经济条件与水平紧密联系。随着人口的增长和人口需求的增加,人类对自然环境的利用强度会逐渐提高,而环境的压力也会越来越大,人类生产活动一方面可能会使在自然状态下并不脆弱的环境成为脆弱的环境,一方面也会通过技术、能力的改善使本来较为脆弱的环境相对比较稳定。由此又可以讲脆弱环境类

① 本文初稿由孙鸿烈教授和郑度教授审阅,并提出修改意见,在此致谢!

型分析需把人类对环境的利用问题考虑在内。

脆弱环境分类首先要确定脆弱区,然后根据脆弱特点的差异划分类型。不管是哪一个步骤,分析判别的依据主要为环境系统结构特征、影响

因素的变化及其脆弱的表现形式,也包括环境敏感性和不稳定性特点。这些依据间的关系可由表一来说明。

表一 脆弱环境类型划分依据间的关系

脆弱特征	影响因素	环境结构	表现形式(特征)
敏感	对环境影响的临界范围(点)。	环境组成要素间的联系构成对影响因素的反应	渐进或突发过程所导致的系列变化以及突出的脆弱标志。
不稳定	影响因素波动超过了环境稳定态的允许范围	环境组成的不稳定性关系以及影响因素波动而出现的结构变化	环境综合体,环境某要素,和由环境条件所决定的人为利用条件

对环境是否脆弱问题可因不同角度的认识而有不同的理解。在许多情况下,环境变为脆弱并不是所有的环境因素都脆弱了,而是环境结构整体中某些环节受到干扰遭到破坏,从而使环境结构部分维持或承载能力降低,并对环境的人为利用产生影响。环境脆弱与否往往与某种利用方式相联系。例如,玉米和小麦对温度条件基本要求的最低临界值相差很大,温度波动变化可能只对喜温作物玉米有影响,而对喜温凉的小麦就不重要。在脆弱环境分类中,地区主导的土地利用方式应成为主要的衡量标志。

环境变化为脆弱是由环境各要素“链式”的发生关系进行的。在初始阶段首先是最敏感要素对输入条件反应而产生变化,随后是这一要素的变化又对其它要素产生影响而出现进一步的变化,之后,新的环境结构又继续发展。在一定程度上,脆弱环境类型的差异也反应于脆弱过程阶段的差异。

还应指出,环境的脆弱性是相对的,它是以社会、经济、人口背景来比较衡量。脆弱环境类型分析不仅只讨论自然环境问题,而且也把人类活动作为环境载体中活跃的组成部分。

二、脆弱环境成因类型的指标和类型划分

脆弱环境类型划分是以能够表明脆弱特点和差异的标准来进行的,它的目的是区分不同形

式脆弱环境的层次关系和类别关系,以其为环境的持续利用,改善人类生存环境和有利于生产持续、稳定的发展而提供依据。类型划分体系可由图1表示。

造成生态环境脆弱的成因有许多,有自然的成因,是受全球或地区性环境变迁所影响,其变化在目前人类能力条件下还不能完全改变;人为作用对环境的影响已愈来愈显著,由于人类活动的干预,环境产生巨变的例子也已较多;外界成因的变化是指对环境系统输入条件的改变,使得系统原有的平衡受到干扰和破坏,例如河流上、中游环境变化对下游产生的影响等;内部成因变化指系统内部由于某一环节的改变而出现的系列变化,往往内部成因所产生的影响更直接。在通常情况下,环境的脆弱是由多种因素相互作用或叠加而形成,但在不同时间和空间尺度条件下,成因类型作用程度和范围有一定差别。衡量脆弱环境成因类型和区域范围主要根据导致环境结构变化或一定利用方式变化的因素选择,成因敏感与不稳定性标准的确定和成因变化幅度的确定。

中国地域辽阔,自然环境条件复杂,人为作用的影响在不同区域的差异显著。从全国的角度,可把造成环境脆弱的主要成因类型、指标归纳于表二。根据表二,以符合不同地域指标进行范围界定为原则又可绘制出中国生态环境易脆弱成因类型区(图2)。

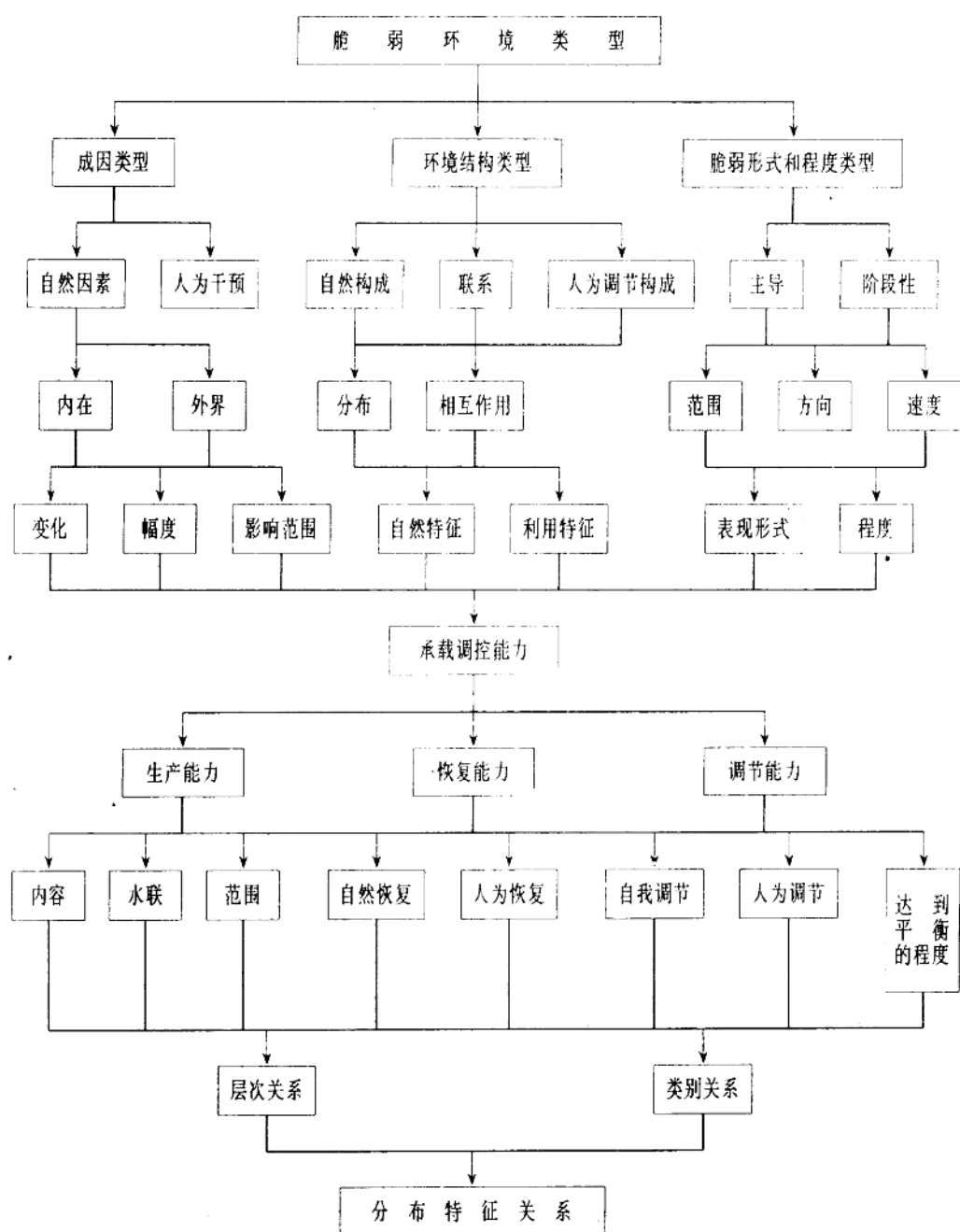


图1 脆弱环境类型划分指标体系

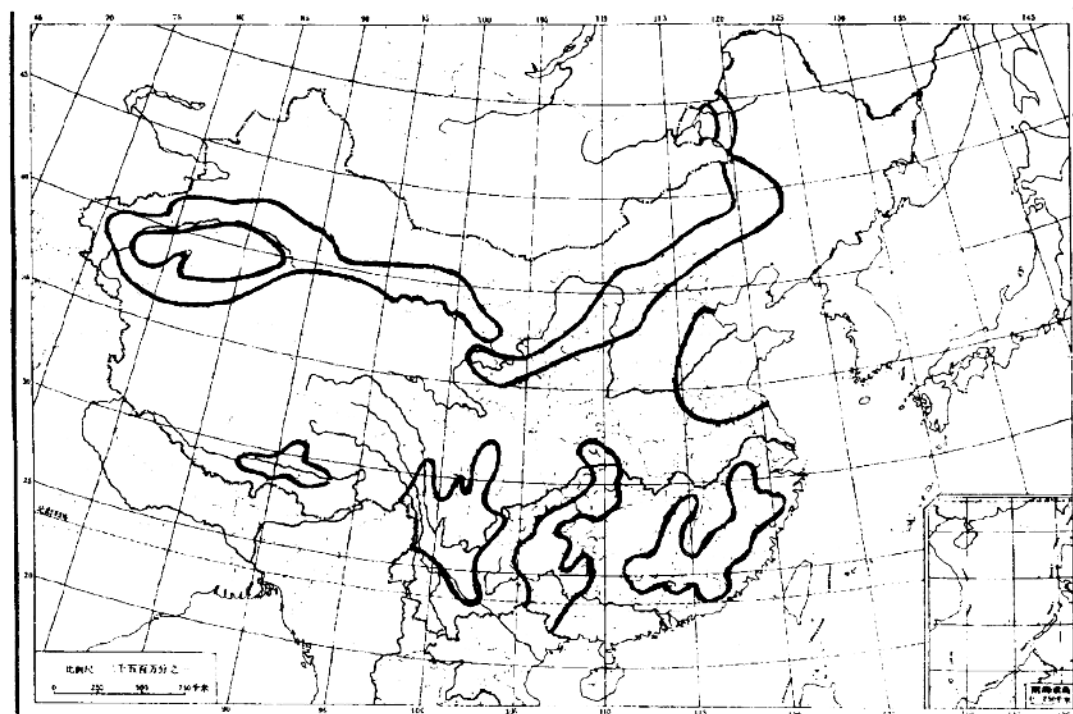


图2 中国环境易脆弱成因类型区

表二 脆弱环境成因类型

区域	成因	指标
北方半干旱 一半湿润区	降水不稳定 蒸发与降水关系对利用的影响	* 400mm 降水保证率 $<50\%$ 350mm 降水保证率 $>50\%$ * 干燥度 1.5—2.0
西北半干旱区	水源缺 水源保证不稳定 风蚀、堆积	* 径流散失区 * 径流变率 $\pm 50\%$ * 周边植被覆盖度 $<10\%$ * 防护林网面积 $<10\%$
华北平原区	排水不畅 风沙风蚀	* 地下水位高于3米 地下水矿化度 >2 克/升 * 黄河故道沙地和新沙地 植被覆盖度 $<30\%$
南方丘陵地区	过垦、过樵 流水侵蚀	* 天然植被覆盖率 $<30\%$ * 红壤丘陵山地 * 暴雨

区域	成因	指标
西南山地区	流水侵蚀 干旱 过垦、过伐、过牧	* 中等以上切割流水侵蚀带的干旱河谷区 * 干燥度 >1.5 * 植被覆盖度 $<30\%$
西南石灰岩山地区	溶蚀、水蚀	* 石灰岩切割山地 * 植被覆盖度 $<30\%$
青藏高原区	流水侵蚀 风蚀 降水不稳定 高寒缺氧 自然条件恶劣	* 河谷农业区周边山地 * 400mm 降水保证率 $<50\%$ * 350mm 降水保证率 $>50\%$ * 干燥度 1.5—2.0 * 植被覆盖度 $<30\%$

中国北方半干旱—半湿润区是耕作业与畜牧业的过渡区,习惯上称之为农牧交错带,是农业历史上农牧界线变化较频繁、波动较大的区域^[1-2],目前的土地利用方式以农牧交错为主,在这一区域,影响土地利用方式的主要因素是水分条件,而水分的主要来源是降水。以旱作农业而言,年降水量大于 400mm 基本上能够满足春麦的基本需求,低于 400mm 则收成不稳定。冷温作物(如苜蓿)和中温作物(如谷子)的起码需水量也在 350mm 以上^[3]。天然乔木林分布界线与降水量的关系也极为明显^[4],凡有天然乔木林生长的地区,其年雨量大都在 400mm 以上。因此,400mm(参考 350mm)降水量可能作为对环境利用特征产生影响的敏感性指标。

降水量的年际变化显著影响旱作农业的稳定性,干燥度^①反映的是水分收支状况和温度、水分间的关系。降水保证率和干燥度指标是确定北方半干旱—半湿润区脆弱生态环境范围的指标,确定方法为:南部界线以 400mm 降水保证率 $\leq 50\%$ 和干燥度 ≥ 1.5 这双重指标来确定;北部界限以 350mm 降水保率 $\leq 50\%$ 和干燥度 ≤ 2.0 这二个标准来衡量。

中国北方半干旱—半湿润脆弱环境区呈宽窄相间的条状分布,其范围北起大兴安岭西麓,

东至科尔沁沙地,西至河西走廊东端。毛乌素沙地到黄土高原段南北范围最宽,达 300 余公里。其中很大一部分属黄土高原区。

西北干旱区水资源短缺是影响环境利用的重要因素。水资源的主要来源为高山冰雪融水,季节性积雪融水、地下水和有限的直接降水。可利用水资源主要为高大山体所截获较多降水而形成的径流。河川径流(包括地下径流)水资源利用是资源、环境利用的关键问题。西北干旱区可划分为两个性质完全不同的径流区^[4],即径流形成区和径流散失区,前者大致分布于海拔 1500—2600 米以上的山地,后者分布于低位山间盆地和山前平原。径流散失区热量条件较好,有灌溉条件就可发展农业,这里也是历史上和现代水资源利用强度最高的区域,同时也是对水资源条件最敏感的区域。已有研究^[5]指出:西北地区水资源并不富裕,在历史干湿波动中逐渐旱化。近三十年来的干旱化在加剧,水资源在减少,由此而使得环境的脆弱性愈为明显。

径流变率^②的变化是影响水资源利用稳定程度的重要因素。其年际变化特点反映水资源可供利用的稳定性。变率值较低则说明径流相对波动小,可利用供水较稳定。变率高则说明可利用

① 指年蒸发力与年降水量之比,蒸发力按彭曼(H.L. Penman)公式计算

② 为平均绝对变率与多年平均值之比

水资源变化明显,利用的保证程度差,缺乏持续利用条件。因此,在一定径流变率范围幅度的区域内水资源与利用间的矛盾由于变化而显得突出。在中国西北地区,径流变率在40—70%间的区域与山前平原带分布区大致吻合,因而可把径流变率40%和70%等值线作为确定干旱区脆弱带不稳定因素指标。

沙漠化对中国干旱、半干旱区的威胁已受到了普遍的重视。历史时期沙漠化土地扩展和绿洲变迁过程已被许多研究证明^[7],近几十年来,一些固定、半固定沙丘和沙地向流动性沙丘演变,新沙漠的形成和流沙入侵加快等^[8]对沙漠边缘绿洲的危害也日趋严重。除气候原因外,人为作用造成天然植被破坏和由于过度开垦而超量用水也是不可忽视的原因,其结果造成绿洲失去屏障保护,一个地方开垦了新农田而另一个地方因得不到灌溉保证变成新沙地。许多实例表明^[8,9],绿洲边缘沙地植被覆盖率低于10%,农区周边防护林网面积低于农区总面积10%时,沙害威胁就明显了。因此上述二个指标也可作为干旱地区农区脆弱环境判别的辅助性指性。

中国西北干旱区脆弱环境分布呈环带分布,基本上是沙漠的边缘区,包括天山山脉南坡和昆仑山北坡的环状带与从祁连山北坡的河西走廊至罗布泊的条带。

华北地区的气候为大陆性季风型暖温带气候,降水不丰、旱涝频繁,土地利用历史也很悠久。黄河的历史变迁及其影响对华北地区环境条件变化起到了重要作用。目前,在农业土地利用中,盐碱与土地沙化是突出的环境退化表现形式,其原因主要在于低洼地的排水不畅及大风对裸露堆积的吹蚀,人为作用对环境的影响也很显著。

据研究^[10-12],华北平原地下水埋深 $<5\text{m}$,地下水矿化度 $>2\text{克/升}$,洼地有潜在盐碱化的可能性。目前华北平原盐碱地的地下水位多在1—3米,地下水矿化度高者可达10克/升以上,虽有些地段经过治理使盐碱得到了改造,但在投入和管理程度有所降低时,盐碱化又会很快恢复。

历史上,黄河携带大量泥沙堆积于华北平原。每次黄河的改道^[13]都使高出地面许多的旧河道成为沙地,每次黄河决溢都导致大量农田被泥沙覆盖。另外,历史上在利用黄河水进行灌溉过程中,用于沉沙地段及渠系两旁(由于清淤而人为堆积)的沙地也在不断扩展。无论是历史形成的和新形成的沙地在华北平原分布均较普遍,在冬春干旱多大风的条件下,风沙侵害农田现象时有发生。据近年来华北地区沙地的改造经验,植树造林和适当的灌溉是沙地治理的有效方法,当沙地乔、灌木覆盖度 $>30\%$ 时,风沙侵害基本上得到控制。因此植被覆盖度是较适宜的衡量沙地对环境影响的指标。

华北平原沙地,盐碱脆弱环境的分布范围大致从黄河花园口至黄河冲积平原并延伸至渤海滨海平原和苏北滨海平原。在这一区域内,脆弱生态环境呈不连续分布,其特点与地貌条件关系密切^[14],同时也与人为利用和改造程度有紧密的联系。

中国南方丘陵山地原始的环境并不脆弱。但是由于过垦、过樵导致天然植被覆盖率降低,而造成地表受流水侵蚀,土地生产能力下降,环境处于退化趋势。“红色荒漠化”过程已使许多土地成为“侵蚀劣地”和“沙石化土地”。

中国南方气候为湿润亚热带季风气候^[15]区,降水丰富,降水量相对变率一般在15—20%,年均温多在16—20℃。这样的气候条件适合于类型多样的植被生长,土壤成土过程较快,生态环境相对并不脆弱。但是,正是由于环境条件较优越,人口集中程度和土地利用程度越来越强,人口的压力和不合理的土地利用使得一方面平缓地段土地出现退化,另一方面因丘陵坡地的开垦、樵伐使退化土地范围逐渐向上扩展,进而平缓地段和起保护作用坡地(Support Land)均有不同程度的退化。但退化了的土地并非全部脆弱,它有一个质变化程度超越了质的突变阈值,也就是超出了土地生态系统自我调节与恢复能力,那就形成了生态系统的后天脆弱区。因此生态系统后天脆弱区的划分是建立在对不同类型与处于不同区域的退化生态系统的自我调节与