

生态恢复与重建研究综述

米文宝^{1,2}, 谢应忠¹

(1. 宁夏大学草业科学研究所; 2. 宁夏大学资源环境学院, 银川 750021)

摘 要: 生态恢复与重建是当前学术界关注的热点问题之一。对生态恢复与重建的相关概念、理论基础、研究现状、问题进行了分析, 并指出了未来研究的趋势。

关键词: 生态恢复; 重建; 恢复生态学; 综述

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)02-0049-05

The Comprehensive Summarization of Ecological Restoration and Reconstruction

M I W en-bao^{1,2}, X I E Y ing-zhong¹

(1. Research Institute of Pratacultural Science, Ningxia University;

2. School of Resource and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: The ecological restoration and reconstruction has become the hot spot of academia right now. The authors mainly analyze the relative concept of ecological restoration and reconstruction, theory foundation, study actuality as well as issues, finally point out the future study trend

Key words: ecological restoration; reconstruction; restoration ecology; comprehensive summarization

人类正处于对自然环境和生态系统影响最广泛、最深刻的历史时期。工业革命后, 随着科学技术的飞速发展和应用, 自然受到了人类前所未有的干扰和胁迫, 以至于自然环境大量地转化为次生自然环境或人为环境(人化自然), 其中最明显的表现和反映是生态系统的退化, 这昭示着“自然的终结”(The end of nature)^[1], 生态系统的退化和破坏已成为人类面临的最迫切需要加以解决的问题, 在这种形势下, 生态恢复与重建的思想应运而生。

1 退化生态系统及生态恢复的内涵

1.1 退化生态系统

任何一个生态系统均处于动态变化之中, 其结构、功能会由于物种组成、复杂程度、物质循环、能量流动及信息传递的变化而发生变化, 正常的生态系统由于其具有抵抗力和恢复力稳定性, 系统结构和功能不会因外部干扰而发生大的变化, 总是在一定范围内波动, 在生物群落和自然环境之间取得一种平衡。王^[2]认为, 当生态系统的结构和功能如果在干扰的作用下发生位移(displacement), 位移的结果打破了原有生态系统的平衡状况, 使系统的结构和功能发生变化和障碍, 形成破坏性波动或恶性循环, 这样的生态系统即受害(损)生态系统(damaged ecosystem)或退化生态系统(degraded ecosystem)。康乐认为^[3], 所谓生态系统是相对于正常的顶级生态系统(群落)而言的, 顶级生态系统是一种结构相对稳定、功能高效、信息畅通, 并处于动态平衡中的系统。退化生态系统系列是指由于人类和自然灾害的干扰, 破坏了生态系统的原有的特性, 使系统的物质循环、能量流动、

信息联系发生了变化和障碍, 形成破坏性的波动或恶性循环。生态恢复是针对退化生态系统的, 其目的是为了打破退化生态系统破坏性的波动, 恢复系统的结构和功能。

1.2 生态恢复的内涵

生态恢复作为一种新的思想, 最早是由Leppold 于 1935 年倡导的^[4]。1935 年在Leppold 指导下在美国的Madison 的一块废弃地上种植高草草原, 同时又在威斯康星河沙滩海岸附近的另一块废弃地上进行恢复工作, 他们成功创造了今天的威斯康星大学种植园景观和生态中心。这是在对自然最精密、最细致的模仿基础之上的植被恢复, 它的意义在于使人们认识到, 把过度放牧、侵蚀等致损因素造成的废弃地恢复到原来的草原、森林, 在理论上和技术上都是可能的。

1980 年Cairns 主编了《受损生态系统的恢复过程》一书, 该书从不同角度探讨了受损生态系统在恢复过程中的重要生态学理论和应用问题, 他将生态恢复定义为^[5]: 恢复被损害生态系统到接近于它受干扰前的自然状态的管理与操作过程, 即重建与该系统干扰前的结构与功能有关的物理、化学和生物特征。但一些学者认为这一概念不甚全面, Cairns 过分强调了恢复(restoration), 而对重建(reconstruction)一个新的生态系统未给予足够重视^[6]。

Egan 认为, 生态恢复是重建某区域历史上有的植被和动物群落, 而保持生态系统和人类的传统文化功能的持续性的过程^[7]。

以上学者对生态恢复的理解强调受损生态系统只有回到理想状态才是生态恢复, 但现实中这种理想状态很难实现, 因为一是受损生态系统受损的原因、特征表现非常复杂;

收稿日期: 2005-05-28

作者简介: 米文宝(1962-), 男, 陕西富平人, 宁夏大学草业科学研究所博士研究生, 研究草地生态、资源与环境, 发表论文 50 余篇, 出版著作 2 部; 通讯作者: 谢应忠。

二是人类往往缺乏对受损生态系统演化状况的了解;三是受损生态系统过去曾处的气候、环境状况处于不断变化之中,人类的干扰与胁迫作用无时无刻不在,难以全面消除。

Bradshaw 基于对生态学理论的深刻认识,他认为生态恢复是有关生态学理论的一种酸性试验(严密验证)(restoration: an acid test for ecology),它主要研究生态系统自身的性质、受损机理及修复过程^[8]。这种认识把生态恢复提升到理论与实践的密切结合,引起广泛的争论和思考。徐嵩龄认为,生态恢复的意义,不仅在于它为已有(生态学)理论提供了判决性检验(acid test),而且也在于它能使已有理论在生态恢复过程中,得到相当精确的表述,从而使理论在应用中更具操作性^[9]。

Diamond(1987)认为,生态恢复就是再造一个自然群落,或再造一个自我维持,并保持后代具有持续性的群落,这一定义又有了新的拓展,体现了可持续发展的思想。

Harpor(1987)则认为,生态恢复是关于组装并试验群落和生态系统如何运转的过程。

国际恢复生态学会曾几次对生态恢复修订定义^[10],1994年,在美国召开的年会上,提出了“生态恢复是修复被人类损害的原生态系统的多样性级动态的过程”;1995年补充提出“生态恢复是维持生态系统健康及更新的过程”;后将生态恢复定义为“生态恢复是帮助研究生态整合性的恢复和管理过程的科学,生态整合性包括生物多样性、生态过程和结构、区域及历史情况、可持续的社会实践等广泛领域”。

中国科学家对生态恢复有独到见解,马世骏先生在20世纪70~80年代提出生态恢复是一项复杂的系统工程,这种学术思想具有划时代的意义,迄今仍作为我国进行生态恢复与重建的重要指导思想。

彭少麟、余作岳、任海等认为,与生态恢复的相关概念还有:重建(Rehabilitation),即去除干扰因素并使生态系统恢复到原有的利用方式;改良(Reclamation),即改良土地条件以便使原有的生物生存,一般指原有景观彻底破坏后恢复;改进(Enhancement),即对原有受损系统进行改进,提高某方面的结构与功能;修补(Remediation),即修复部分受损结构;更新(Renewal),指生态系统发育及更新;再植(Revegetation),指恢复生态系统的部分结构和功能,或先前的土地利用方式。这些概念可看作广义的生态恢复概念,一般所说的“恢复”实际上包括了这些内容^[11,12]。

章家恩、徐琪认为,所谓生态恢复与重建是指依据生态学原理,通过一定的生物、生态以及工程的技术与方法,人为地改变和切断生态系统退化的主导因子或过程,调整、配制和优化系统内部及其与外界的物质、能量和信息的滚动过程及其时空秩序,使生态系统的结构、功能和生态学潜力尽快成功地恢复到一定的或原有的乃至更高的水平^[13],生态恢复过程一般由人工设计和进行的,并是在生态系统层次上进行的。

Kloor 通过对北美森林的恢复研究认为,应该淘汰“恢复”这个词,他的理由是生态恢复中存在三个问题,一是恢复的目标具有不确定性,二是“恢复”这个词具有静态的含义,因而恢复不仅要试图重复过去的环境,而且要通过管理以维持过去的状态,但事实上自然界是动态的;三是由于气候的变化,关键种缺乏或新种入侵,完全的恢复是不可能的。Davis(2000)进一步指出,依据“恢复”过程中所做的工作,将恢复换成生态改进(ecological enhancement 或 ecological enrichment)会更精确^[14]。

赵晓英认为^[15],恢复是指生态系统原貌或原来功能的

再现,重建则是指不可能或不需要再现生态系统原貌的情况下营造一个不完全雷同于过去的甚至全新的生态系统,生态恢复重建最关键的是系统功能的恢复和合理结构的重建。

综上所述可以看出,生态恢复的概念是随之人们对退化生态系统研究的深化而逐渐明晰的,现代生态恢复不仅包括退化生态系统结构、功能和生态学潜力的恢复与提高,而且包括人们依据生态学原理,使退化生态系统的物质、能量和信息流发生改变,形成更为优化的自然—经济—社会复合生态系统。

1.3 恢复生态学

恢复生态学(restoration ecology)作为一门学科是始于20世纪80年代,这个学科术语最初是由英国生态学者Aber和Jordan于1985年提出的,他们虽然没有给出恢复生态学明显的学科定义,但是强调了恢复与生态管理技术的概念,奠定了恢复生态学的基础。

恢复生态学是一门独立的学科,是应用生态学的分支学科之一。对恢复生态学而言,由于其研究内容较广,学科创立时间不长,对这一学科的内涵仍有不同的理解。Aronson^[16]等人把恢复生态学定义为“有意识的改造一个地点,建成一个确定的、本土的、历史的生态系统的过程。这个过程的目的是竭力仿效生态系统的结构、功能、多样性和动态。”

蒋高明^[17]将恢复生态学定义为“对退化生态系统或破坏的生态系统或废弃地进行人工恢复途径研究的科学。”余作岳、彭少麟^[18]则认为恢复生态学是研究生态系统退化的原因,退化生态系统恢复与重建的技术和方法、生态学过程与机理的学科。张光富、郭传友认为,恢复生态学是这样一门学科,它研究退化生态系统的成因与机理,兼顾社会需求,在生态演替理论的指导下,结合一定的技术措施,加速其进展演替,最终恢复建立具有生态、社会、经济效益的可自我维持的生态系统^[19]。

以上关于恢复生态学的定义虽然各有不同,但其共同点均认为恢复生态学是研究退化或受损的生态系统的恢复或重建,是关于生态恢复的一门科学,不同点则反映了恢复生态学具有主观特征,由于不同学者着眼点不同,在恢复生态学研究中的过程和目标也就不同。

生态恢复是与恢复生态学紧密相关的术语,是恢复生态学的核心,因此恢复生态学可以概括为生态系统的恢复和重建^[9],在这里,恢复(Restoration)与重建(Reconstruction)有语义上的区别,恢复是指原貌或原先功能的再现,重建则可以包括在不可能或不需要再现原貌的若干情况下营造一个不完全雷同于过去的甚至是全新的自然生态系统。简言之,更多情况下,学者们通常将生态恢复等同于恢复生态学。

2 生态恢复与重建的理论基础

恢复生态学是一门综合性很强的学科。生态恢复与重建是一项十分复杂的系统工程,许多生态学理论均可以在这个过程中得到检验和完善。不仅如此,生态恢复与重建还涉及许多相关学科,如地理学、土壤学、环境化学、工程学、经济学等,因此生态恢复与重建的理论往往是多学科交叉、渗透所形成的。

自退化生态系统的恢复为人们关注以来就伴随着理论的探讨,尤其是近些年来,许多学者为生态恢复与重建理论的发展做出了贡献。

舒俭民、刘晓春认为^[20],群落的自然演替机制奠定了恢复生态学的理论基础。在自然条件下,如果群落一旦遭到干扰和破坏,它还是能够恢复的,尽管恢复的时间有长有短。首

先是被先锋植物的种类侵入遭到破坏的地方并定居和繁殖。先锋植物改善了被破坏地的生态环境,使得更适宜其它物种的生存并被其取代,如此渐进直到群落恢复它原来的外貌和物种成份为止。这一系列变化就是演替。演替可以在地球上几乎所有类型的生态系统中发生。演替理论,是恢复生态学认识论的基础,也是生态恢复与重建的基本前提和理论依据。

岑慧贤、王树功认为干扰和演替是生态恢复与重建的理论基础^[21]。演替是一个生态系统被另一个生态系统所代替,直到建立起一个最能适应那个环境的生态系统,生态演替可看作是在外界压力不复存在之后,生态系统所经历的一系列恢复。理论上给以足够时间,演替在任何情况下都能恢复所有干扰,重建原来的顶级群落,但事实并非如此,实践证明修复过程是有限的,生态演替在人为干预下可能加速、延缓、改变方向以致向相反方向进行,这取决于人类的行为。

彭少麟认为,退化生态系统的恢复与重建需要生态理论的指导^[22],这些生态理论包括:(1)与物质相关的生态原理(主导生态因子原理,元素的生理生态原理);(2)与能量有关的生态原理(能量守恒定律尤其是生态系统能量转换的食物网原理);(3)与空间有关的生态原理(种群密度制约原理,种群空间分布格局原理,边缘效应原理及生态位原理);(4)与时间有关的生态原理(演替理论);(5)与多样性有关的生态原理(多样性导致稳定性,植物多样性是生态系统其它生物多样性的基础)。

肖天贵等^[23]基于生态重建本身是一项复杂的巨大的系统工程的认识,认为生态(系统)重建的复杂性体现在人与自然矛盾和冲突的协调重构上。这种重构从自然层面上去认识,重构的应该是按生态演替规律和生态发展规律制约的优良生态结构。从社会管理层上去认识,生态重建涉及到各种层次不同方面的利益关系。因此生态重建必须与可持续发展的框架相整合,换句话说,就是说可持续发展是生态重建的基本理论基础。方创琳、徐建华^[24]将生态重建与入地系统优化的理论基础概括为:区域可持续发展理论基础,恢复生态学理论基础和社会生态学与地生态学理论基础三方面,扩大了生态恢复与重建的内涵。

宋乃平等^[25]将西北地区植被重建的理论基础归结为顶级群落理论,多样性理论,景观异质性理论,生态系统自我恢复与循环理论,以及地域分异理论,为西北植被恢复与重建提供了基本原则和理论依据。

李明辉等^[26]在分析研究景观生态学和退化生态系统恢复关系中指出,景观生态学中的核心概念和其一般原理斑块形状、生态系统间相互作用、镶嵌系列等都与退化生态系统的恢复有密切关系,他们认为景观生态学理论如景观格局与景观异质性理论,干扰理论和尺度理论都能够指导退化生态系统的恢复实践,是生态恢复与重建的新的理论基础。

张厚华等^[27]认为森林植被恢复重建有四大具体理论,即植被的发生与气候及气候变迁耦合或生物的发生与环境耦合理论是最基本理论;植物多样性是生态系统稳定性的基础,是森林植被恢复重建的指导性理论;其三是生态演替理论以及由此理论发展而来的新理论如“撂荒理论”、“宫胁森林重建法”(新演替理论)和“生态恢复自我设计与人为设计理论”(selfdesign versus design);第四个理论是生态系统结构与功能相适应理论。

任海等^[28]认为恢复生态学的理论主要是演替理论,但远不止演替理论,其核心原理是整体原理、协调与平衡原理、自生原理和循环再生原理,恢复生态学的理论基础可分为5

个方面,即土壤层次、种群生物学、群落生态学、生态系统生态学 and 景观生态学。

目前,惟一从恢复生态学中产生的理论^[29]是自我设计与人为设计理论,该理论是Vander Valk提出的。自我设计理论认为,只要有足够的时间,随之时间的进程,退化生态系统将依据环境条件合理地组织自己并会最终改变其成分。而人为设计理论认为,通过工程方法和植物重建可直接恢复退化生态系统,但恢复的类型是多种多样的。这一理论把物种的生活史作为植被恢复的重要因子,并认为通过调整物种生活史的方法可以加速植被的恢复。这两种理论的不同点在于:自我设计理论把恢复放在生态系统层次考虑,未考虑到缺乏种子库的情况,其恢复的只能是环境决定的群落;而人为设计理论把恢复放在个体或种群层次上考虑,恢复的可能是多种结果。

综上所述,生态恢复与重建由于其复杂性而与许多学科有紧密的联系,其理论基础来自于许多方面,包括可持续发展理论、景观生态学理论、地生态学理论、生态经济学理论、地域分异理论、自我设计与人为设计理论,以及一般生态理论。在这些理论中,自我设计理论与人为设计理论是惟一从恢复生态学中产生的理论,生态理论是生态恢复与重建的主要理论。所有这些理论的进一步整合以及新理论的引入和提出不仅将有力地指导和推进生态恢复和重建实践工作的深入,而且也将是恢复生态学今后的研究热点。

3 生态恢复与重建的研究现状与展望

3.1 生态恢复与重建研究的基本特点

生态恢复与重建研究以及恢复生态学提出、崛起到现在仅仅20多年的时间,然而,它的发展是惊人的,如今生态恢复与重建的研究已成为当前科学发展的前沿领域之一。

从恢复生态学的发展历史看,生态恢复与重建的研究大致可分为三个阶段^[30]:20世纪80年代以前是其奠基时期,实际上20世纪30年代之后,生态恢复就已为学术界所注意;20世纪80~90年代中期,是其学科的形成和发展时期,这一阶段最显著的标志就是生态恢复及恢复生态学定义的科学定义,并在国际上召开了多次恢复生态学学术会议;20世纪90年代中后期之后,生态恢复与重建研究进入快速发展时期,学科的理论框架和方法初步形成,理论、技术得到广泛应用。

总结生态恢复和重建的现状,不难发现,生态恢复和重建研究和实践具有以下特点:

(1)理论研究取得了重大进展,生态恢复和重建的核心概念,理论基础取得共识。从本文前述可知,生态恢复和重建自20世纪80年代之后随之实践的开展,理论研究和探讨逐渐深化,到目前为止,关于生态恢复与重建、恢复生态学的定义虽然不同学科的不同学者在认识上未取得完全一致,但是从整体上来讲,一般是没有异议的,这为恢复生态学学科体系的形成,生态恢复与重建内容、方法、技术等的发展提供了良好的理论保障。目前学术界普遍认为,生态恢复与重建包括植被的恢复、土壤生态系统的恢复以及生态系统功能(结构和功能)的恢复,这种认识,为生态恢复与重建理论的探讨提供了广阔的空间和层次,以植被恢复与重建理论为基础的生态重建理论体系逐渐形成,这些理论包括了源自恢复生态学的自我设计与人为设计理论以及生态学基本理论及相关学科的理论。随之研究的深入,人们发现生态恢复与重建是一个巨大的系统工程,因而以协调人—地关系为宗旨的可持续发展理论随即成为生态恢复与重建理论的不可或缺的重要理论。

(2) 研究类型日趋多样化。生态恢复与重建的实验最早是 1935 年 Leopold 等对于草场的恢复, 随后其研究类型日趋多样化。据向成华等统计^[31], 国外的研究主要有森林的恢复、湿地的恢复、废矿地恢复和草地恢复。其中欧洲侧重于矿地恢复, 北美侧重于水体和林地恢复, 新西兰和澳洲侧重于草原管理与恢复。

我国生态恢复与重建研究由于生态多样性和生态系统退化严重也呈现明显的多样化特点。在森林恢复方面, 余作岳等(1996)对热带亚热带退化生态系统植被恢复与重建中的系统问题进行了研究, 任海等(2002)提出, 对次生林生态系统恢复采取封山育林等方法, 喻晓飞(2002)对退化喀斯特森林恢复进行了研究, 王国梁(2002)对黄土高原丘陵沟壑及植被恢复进行了研究。在湿地恢复方面, 杨永兴(1993)对三江平原退化湿地恢复, 王克林(1998)对洞庭湖湿地恢复进行了研究。在退耕还林及退化荒山恢复方面, 郭晓敏(2002)、刘建军(2002)、周禾(1999)、李永宏(1994)等进行了研究。此外我国学者对废矿地恢复也开展了多方面的研究。总体上看, 我国生态恢复与重建的研究从类型上来讲, 研究的生态系统类型越来越全面。

(3) 我国生态恢复与重建的研究特征显著, 典型区研究备受重视。我国生态恢复与重建的研究虽然起步较晚, 但发展迅速, 表现出明显的特征: 首先, 就研究的范围和广度而言是其它国家所不能比拟的, 我国由于历史悠久, 人口众多, 人类活动对自然界影响深刻, 退化生态系统类型多, 因此我国生态系统恢复与重建的研究范围和类别广, 从干旱区到湿润区、高寒区, 从热带到寒带均有。其次, 近些年国家层面对生态恢复和重建的研究给予了高度重视, 仅就国家自然科学基金而言, 就在生命科学、地理科学中就筛选了多个优先资助方向给予资助, 同时还启动了重大科学研究计划“中国西部环境与生态科学研究计划”,^[32]与此同时科技部还专门设立了“西部研究专项”, 对西部生态恢复研究给予资助。第三, 我国生态恢复研究方面, 典型区研究倍受重视, 已开展了多个典型区的研究, 如余作岳、彭少麟等对热带亚热带植被恢复的研究, 中国工程院、中国科学院对西北生态恢复与水资源调配的研究, 南方喀斯特区生态恢复的研究, 北方农牧交错带草地恢复的研究等。第四, 实行定点观测, 我国自 1988 年起开始建立“中国生态系统研究网络(CERN)”, 已有 29 个网络试验站投入运行, 代表了不同地域退化生态系统类型。CERN 为中国生态恢复研究的深入提供了良好的观察手段和场所, 有利于研究向定量化、预测化方向发展。

(4) 新技术、新方法成为生态恢复研究的重要内容。恢复生态学研究的内容不仅包括生态恢复和重建的理论研究, 更重要的是它包括生态恢复与重建的技术方法, 正是由于这一点, 恢复生态学才被称之为生态工程学(Ecological Engineering)或在生态水平上的生物技术学(Biotechnology)^[33]。生态恢复与重建的技术体系章家恩等^[34]针对非生物环境、生物因素和生态系统将其归为 16 类, 任海等^[14]针对非生物环境、生物因素、生态系统和景观将其归为 17 类, 其中均包括了新技术的应用, 如 4S(RS、GIS、GPS 和 ES)辅助技术。这些技术主要是用于退化生态系统诊断和生态恢复、重建的后续监测、预测和评价。

(5) 退化生态系统退化程度诊断作为生态恢复的前提和基础受到重视。生态系统退化程度诊断是采用一定方法和途径对生态系统退化程度进行界定, 以确定退化生态系统的退化等级。生态系统退化程度诊断对于生态恢复实践的重要性, 已被国内外很多学者所重视。杜晓军指出^[35]生态系统退

化程度的诊断是生态恢复的基础和前提。国内外研究表明, 当前生态系统退化程度诊断的研究已引起人们高度关注, 其研究正在由定性向定量化发展, 这必将有力地促进生态恢复与重建实践的开展。

(6) 注重从协调人—地关系和区域发展出发研究和实践生态恢复, 表现出明显的综合性特征。历史表明, 退化生态系统生产力和结构的破坏, 功能的下降有自然的因素, 但更多是人类不合理干扰、破坏造成的。因此生态恢复与重建在消除生态系统的干扰时不仅要考虑自然因素, 更重要地是消除人类的不合理的干扰和对生态系统的胁迫。当前生态恢复和重建的研究和实践已经从关注自然转向关注人地关系的协调, 就生态重建的措施上来讲从单一的生态工程建设转向生态工程建设、生态经济建设、生态文化建设和生态体制建设多方面相结合^[36], 表明出明显的综合性。不仅如此, 生态恢复与重建已不仅仅是恢复生态学、生态学所关注的, 众多学科如工程学、土壤学、地理学、经济学等均从不同的角度来研究。

3.2 生态恢复与重建研究存在的问题

生态恢复与重建的研究虽然取得很大的进步和发展, 但由于以生态恢复和重建为核心的恢复生态学形成不久, 加之退化生态系统的复杂性和人类活动影响的深刻性, 生态恢复与重建的研究还有许多问题需要深化, 这些问题主要有:

(1) 受实践不足以及不同学科的局限, 学术界虽然对生态恢复与重建的核心概念和理论基础有了较为一致的意见, 但是仍然没有形成明确统一的认识, 理论的整合是生态恢复与重建研究面临的首要问题。

(2) 退化生态系统的诊断方法目前仍以定性为主, 缺乏有效的准确的定量方法, 因此在解决生态恢复与重建的目标如黄土高原地区是以恢复森林还是以恢复草场为目标时仍显得缺乏说服力。

(3) 生态恢复与重建中的新方法、新技术的应用缺乏理论上的总结和提高, 缺乏系统的、连续的、动态的定量研究, 因而不能很好地揭示系统退化的本质规律并影响系统恢复的程度和速度的确定。

(4) 研究中缺乏对生态系统及生态恢复与重建具有可操作性指标的监测、评价指标, 从而影响恢复效果的评价和管理技术的选择。

(5) 退化生态系统退化的原因具有复杂性, 目前对其退化机理的研究是薄弱环节。

(6) 生态恢复与重建研究中, 对于涉及人地关系协调的社会学的研究如生态恢复与重建的国家政策的研究如生态补偿、生态产业等亟待加强。

3.3 生态恢复与重建研究未来的发展趋势

随人类追求生态稳健、社会进步、经济繁荣的可持续发展目标, 生态恢复与重建的研究会越来越深入, 未来将呈现以下发展趋势。

(1) 强调自然恢复社会、人文的耦合。恢复生态, 维持生态稳健是社会经济可持续发展的基础和前提, 生态恢复与重建研究与实践不仅涉及自然恢复, 而且由于退化生态系统退化原因的复杂性、人为性, 生态恢复与重建将更涉及多方面人为因素和社会因素, 诸如人的生态意识、生活与生产方式、贫困、经济目标追求以及一系列和生态恢复与重建相关的政治、经济制度。因此未来的生态恢复与重建将更强调自然恢复与社会、人文的耦合^[37]。从现实看, 恢复生态系统的结构和功能, 重建符合可持续发展的自然—经济—社会复合生态系统可能是更多地区生态恢复与重建比较实际、科学的目标。

(2) 生态恢复与重建理论需要深化和集成。生态恢复与重建的理论支撑来自于实践,来自于相关的学科,目前还不成熟,随着实践的深入,现行理论必将得到修正和发展,理论的发展同时还有赖于相关学科的发展和集成,尤其是可持续发展理论和景观生态学的景观异质性理论的发展将促进生态恢复与重建理论体系的发展。

(3) 生态恢复和重建的一些重点问题的研究将日益受到关注并取得突破。生态恢复与重建研究经过 20 多年的发展取得了很大发展,到目前为止,一些重点问题已引起学者们极大的关注,并在开展持续的研究,如退化生态系统的退化机理、生态恢复与重建的关键技术的研究和应用,退化生态系统恢复过程中生态补偿和支撑产业构建的政策体系,退化生态系统恢复与重建的监测、评估的指标体系和技术方法等,所有这些问题将在未来被重点研究并取得突破,从而使恢复生态学的发展进入一个崭新的可以真正被称之为具有可预测性(interpretation)的学科的时期。

(4) 退化生态系统恢复、重建与区域可持续发展关系的研究将是未来生态恢复研究中关注的一个焦点。可持续发展是 20 世纪后期人们在反思传统发展战略所造成的资源破坏、生态恶化等严重问题之后提出的一种新的发展理论,它是人地关系协调论的新发展。可持续发展(Sustainable Development)源于西方发达国家,其语义具有生态学和经济学的双重特性。我国学者刘培哲在吸取了马世骏、王如松教授社会—经济—自然复合生态系统理论的基础之上认为可持续发展是综合调控社会—经济—自然三维结构的复合系统,以期实现世世代代的经济繁荣、社会公平和生态安全^[38]。

生态是可持续发展的重要组成部分和基础,退化生态系统的恢复和重建与区域可持续发展密切相关,可持续发展是生态恢复与重建的终极目标,生态恢复与重建的研究和实践必须围绕可持续发展来进行,因此退化生态系统的恢复和重建与区域可持续发展关系的研究必然是人们关注的焦点。

参考文献:

- [1] Bill M c dibben. 自然的终结[M]. 孙晓春译. 长春: 吉林人民出版社, 2001.
- [2] 王. 草地植被恢复与重建[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004. 19.
- [3] 康乐. 生态系统的恢复与重建[A]. 马世骏. 现代生态学透视[M]. 北京: 科学出版社, 1990. 300- 307.
- [4] Jordan W. R., et al. Restoration ecology: A synthetic approach to ecological research[C]. Cambridge: Cambridge Press, 1987.
- [5] Cairns J Jr. The recovery process in damaged ecosystem [M]. Michigan: Science Publishers, Ann Arbor, , 1980. 1- 160.
- [6] Ewell J.J. Restoration is the ultimate test of ecology theory [A]. In: Restoration Ecology [M]. Cambridge University Press, 1987. 31- 33.
- [7] Hobbs, R. J., Norton D. A. Towards a conceptual framework for restoration ecology. Restoration Ecology, 1996, 4(2): 93- 110.
- [8] Bradshaw A. D., The reconstruction of ecosystems [M]. Washington DC: Natick Press, 1992. 1- 552.
- [9] 徐嵩龄. 恢复生态学的理论性质[J]. 科学导报, 1995, (3): 18- 21.
- [10] 王. 草地植被恢复与重建[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004. 4- 5.
- [11] 彭少麟, 陆宏芳. 恢复生态学焦点问题[J]. 生态学报, 2003, 23(7): 1251.
- [12] 任海, 彭少麟, 陆宏芳. 退化生态系统恢复与恢复生态学[J]. 生态学报, 2004, 24(8): 1761- 1762.
- [13] 章家恩, 徐开琪. 生态退化研究的基本内容与框架[J]. 水土保持通报, 1997, 17(3): 29- 37.
- [14] 任海, 彭少麟. 恢复生态学及其发展[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [15] 赵晓英, 等. 恢复生态学及其发展[J]. 地球科学进展, 1998, 18(5): 475.
- [16] Aronson J, Floret C, Floch E L., et al. Restoration and rehabilitation of ecosystems in arid and semi-arid lands. I A view from the south restoration and rehabilitation [J]. Restoration Ecology, 1993, 1: 8- 17.
- [17] 蒋高明. 矿业废弃地恢复生态学的理论与实践[A]. 见: 陈灵芝, 陈伟烈. 中国退化生态系统研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995. 234- 246.
- [18] 余作岳, 彭少麟. 热带亚热带退化生态系统的植被恢复生态学研究[M]. 广州: 广东科技出版社, 1996. 1- 9.
- [19] 张光富, 郭传友. 恢复生态学研究历史[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2000, 23(4): 395- 398.
- [20] 舒俭民, 刘晓春. 恢复生态学的理论基础、关键技术与应用前景[J]. 中国环境科学, 1998, 18(6): 540- 543.
- [21] 慧贤, 王树功. 生态恢复与重建[J]. 环境科学进展, 1999, 77(6): 110- 115.
- [22] 彭少麟. 南亚热带退化生态系统恢复与重建的生态学理论和应用[J]. 热带亚热带植物学报, 1996, 4(3): 36- 44.
- [23] 肖天贵, 金琳琅. 重建生态环境体系的系统思考[J]. 系统辩证法学报, 2001, 9(1): 46- 51.
- [24] 方创琳, 徐建华. 西北干旱区生态重建与人地系统优化的宏观背景的理论基础[J]. 地理科学进展, 2001, 20(1): 21- 28.
- [25] 宋乃平, 张凤荣, 李国旗, 等. 西北地区植被重建的生态学基础[J]. 水土保持学报, 2003, 17(5): 1- 4.
- [26] 李明辉, 彭少麟, 等. 景观生态学与退化生态系统恢复[J]. 生态学报, 2003, 23(8): 1622- 1628.
- [27] 张厚华, 傅德志, 孙谷畴. 森林恢复与重建的理论基础[J]. 北京林业大学学报, 2004, 26(1): 98- 99.
- [28] 任海, 彭少麟, 陆宏芳. 退化生态系统与恢复生态学[J]. 生态学报, 2004, 24(8): 1760- 1768.
- [29] Van der Vald. Succession theory and wet land restoration. Proceedings of NTECOL'S V international wetland conference[C]. Perth, Australia, 1999. 162.
- [30] 王. 草地植被恢复与重建[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004. 10- 11.
- [31] 何成华, 刘洪英, 何成元. 恢复生态学的研究动向[J]. 四川林业科技, 2003, 24(2): 17- 21.

(下转第 77 页)

表 2 参数综合分析反算成果表

方案	内聚力 kPa	内摩擦角/°	稳定性系数							
			1—1 剖面		2—2 剖面		3—3 剖面		4—4 剖面	
W-1	35	28	0.949	0.975	0.920	0.981	0.947	0.975	0.921	0.968
W-2	35	28.5	0.953	0.980	0.923	0.985	0.948	0.977	0.923	0.972
W-3	36	29	0.957	0.983	0.931	0.993	0.959	0.988	0.931	0.980
W-4	36	29.5	0.962	0.989	0.924	0.988	0.945	0.974	0.933	0.983

备注 为瑞典条分法, 为传递系数法

参考文献:

[1] 马骥 滑坡推力计算中强度指标的反算[A] 第三届土力学及基础工程学术会议论文选集[C] 北京: 中国建筑工业出版社, 1998

[2] 潘家铮 建筑物的抗滑稳定和滑坡分析[M] 北京: 水利出版社, 1980

[3] 祝玉学 边坡可靠性分析[M] 北京: 冶金工业出版社, 1993

(上接第 53 页)

[32] 谢运球 恢复生态学[J] 中国岩溶, 2003, 22(1): 28- 34

[33] 吴祥云 荒漠化防治中的恢复生态学研究热点[J] 沈阳农业大学学报, 2000, 31(3): 290- 294

[34] 章家恩, 徐琪 恢复生态学研究的一些基本问题探讨[J] 应用生态学报, 1999, 10(1): 109- 113

[35] 杜晓军, 高贤明, 马克平 生态系统退化程度诊断: 生态恢复的基础和前提[J] 植物生态学报, 2003, 27(5): 700- 708

[36] 米文宝, 等 宁夏西海固贫困少数民族地区可持续发展研究[M] 西安: 西安地图出版社, 2001. 96- 98

[37] 彭少麟, 陆宏芳 恢复生态学焦点问题[J] 生态学报, 2003, 23(7): 1251

[38] 刘培哲 可持续发展理论与中国 21 世纪议程[M] 北京: 气象出版社, 2001. 31

(上接第 65 页)

的应急治理要做好以下几点: (1) 通过堪察的地质资料和监测资料找准滑坡的原因和滑动带, 然后有针对性的进行制定有效的治理方案; (2) 要根据现场的施工条件进行制定方案; (3) 后缘被拉裂的裂缝一定要进行灌浆处理, 做好排水系统, (4) 前缘进行堵截; (5) 用预应力锚索进行对滑坡体加固处理是科学的; (6) 配合信息化施工, 指导施工设计。

参考文献:

[1] 徐邦栋 滑坡分析与防治[M] 北京: 中国铁道出版社, 2001. 63- 72

[2] 二滩水电开发有限责任公司 岩土工程安全监测手册[S] 北京: 中国水利水电出版社, 1999. 458- 483

(上接第 68 页)

[22] 江忠善, 王志强, 刘志 应用地理信息系统评价黄土丘陵区小流域土壤侵蚀的研究[J] 水土保持研究, 1996, 3(2): 84- 97.

[23] 江忠善, 王志强, 刘志 黄土丘陵区小流域土壤侵蚀空间变化定量研究[J] 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(1): 1- 9

[24] 游松财, 李文卿 GIS 支持下的土壤侵蚀量估算- 以江西省泰和县灌溪乡为例[J] 自然资源学报, 1999, 14(1): 62- 68

[25] 蔡崇法, 丁树文, 史志华, 等 应用 USLE 模型与地理信息系统 DRISI 预测小流域土壤侵蚀量的研究[J] 水土保持学报, 2000, 16(2): 19- 24

[26] 倪九派, 傅涛, 李瑞雪, 等 应用 ARC/INFO 预测芋子沟小流域土壤侵蚀量的研究[J] 水土保持学报, 2001, 15(4): 46- 50

[27] 徐天蜀, 彭世揆, 岳彩荣 基于 GIS 的土壤侵蚀评价研究[J] 南京林业大学学报(自然科学版), 2002, 26(4): 43- 46

[28] 陈一兵 土壤侵蚀建模中 ANSWERS 及地理信息系统 ARC/INFO 的应用研究[J] 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 3(2): 1- 13

[29] 马修军, 谢昆青 GIS 环境下流域降雨侵蚀动态模拟研究- 以 PCRaster 和 LISEM 模型为例[J] 环境科学进展, 1999, 7(5): 137- 144

[30] 李清河, 孙宝平, 孙立达 黄土区小流域土壤侵蚀系统模拟的研究[J] 水土保持学报, 2002, 16(3): 1- 4

[31] 卫海燕, 张科利, 王敬义 分布式侵蚀预报模型中网格面积的选定- 以黄土高原丘陵沟壑区为例[J] 地理研究, 2002, 21(5): 578- 584

[32] 曹瑜, 杨志峰, 袁宝印, 等 基于 GIS 黄土高原土壤侵蚀因子的厘定[J] 水土保持学报, 2003, 17(2): 93- 96

[33] 李锐, 杨勤科 空间信息技术在水土保持规划中的应用[J] 水土保持通报, 1999, 16(1): 114- 118

[34] 门宝辉 VB5.0 在初步开发小流域水土保持规划信息体统中的应用[J] 水土保持通报, 1999, 19(6): 36- 38

[35] 史志华, 蔡崇法, 丁树文, 等 基于 GIS 和 RUSLE 的小流域农用地水土保持规划研究[J] 农业工程学报, 2002, 18(4): 172- 175

[36] 刘高焕, 刘俊卫, 朱会义 基于 GIS 的小流域地块单元划分与汇流网络计算[J] 地球科学进展, 2002, 21(2): 139- 145

[37] 杨联安, 杨凯 GIS 软件在小流域规划与管理中的应用初探[J] 西北大学学报(自然科学版), 2002, 32(6): 672- 676